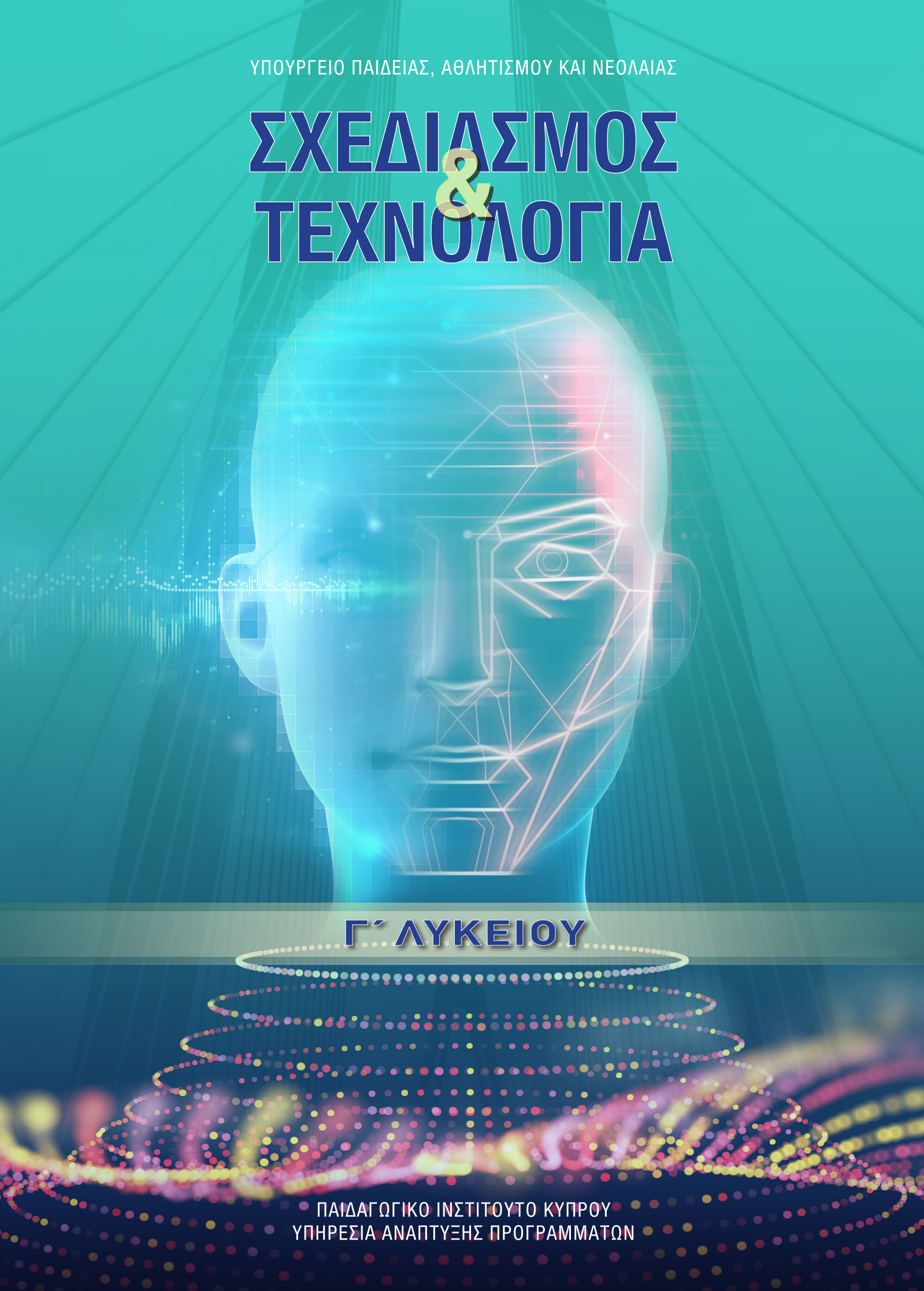
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Η παρούσα έκδοση βασίζεται στις προηγούμενες εκάστοτε δοκιμαστικές εκδόσεις.

Αναλυτικά στοιχεία δίνονται στις σελίδες 282-283.

Επιστημονικός συνεργάτης: Ηλίας Κυριακίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Κύπρου

Επιμέλεια έκδοσης: Στέλιος Κρανιδιώτης
Β.Δ. Σχεδιασμού και Τεχνολογίας
Μαρίνα Άστρα Ιωάννου
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Εποπτεία: Γιώργος Κουτσίδης
Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας

Γλωσσική επιμέλεια: Παναγιώτης Πετρίδης
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Θεόδωρος Κακουλλής
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Ηλεκτρονική σελίδωση: Χρύσης Σιαμμάς
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Σχέδια: Στέλιος Κρανιδιώτης
Β.Δ. Σχεδιασμού και Τεχνολογίας
Χρύσης Σιαμμάς
Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Εικονιστικό υλικό: Αρχείο ΥΑΠ

Συντονισμός έκδοσης: Χρίστος Παρπούνας
Συντονιστής Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Συντονισμός ανατύπωσης: Πέτρος Γεωργιάδης
Συντονιστής Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Ευχαριστίες: Ευχαριστούμε θερμά τους καθηγητές Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, Αλέξανδρο Μέττα, Γιώργο Παμπόρη, Σάββα Σαββίδη, Χριστόφορο Χατζηγεωργίου και την καθηγήτρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, Ιωάννα Ιωαννίδου για την ουσιαστική και πολύτιμη ανατροφοδότηση που παρείχαν για την ετοιμασία της παρούσας έκδοσης.

Α΄ Έκδοση 2019

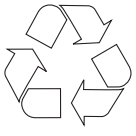
Β΄ Έκδοση 2021

Ανατύπωση 2023

Εκτύπωση: PRESSPACK ΕΚΤΥΠΩΤΙΚΗ Α.Ε.

© ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ISBN: 978-9963-54-294-9



Στο εξώφυλλο χρησιμοποιήθηκε ανακυκλωμένο χαρτί σε ποσοστό τουλάχιστον 50%, προερχόμενο από διαχείριση απορριμμάτων χαρτιού. Το υπόλοιπο ποσοστό προέρχεται από υπεύθυνη διαχείριση δασών.

Πρόλογος

Προλογίζω με ιδιαίτερη χαρά την έκδοση του βιβλίου «Σχεδιασμός και Τεχνολογία Γ΄ Λυκείου», η οποία αποτελεί αξιόλογο βήμα για αναβάθμιση του περιεχομένου των διδακτικών βιβλίων και τον εκσυγχρονισμό της παρεχόμενης παιδείας.

Το βιβλίο έχει διττό ρόλο, αφού το υλικό του, προσαρμοσμένο στους Δείκτες Επιτυχίας και Επάρκειας, λειτουργεί ως βασικό εγχειρίδιο τόσο για τους/τις μαθητές/τριες που επιλέγουν το μάθημα κατεύθυνσης στη Γ΄ Λυκείου όσο και για τους/τις εκπαιδευτικούς. Προσαρμοσμένο στα σύγχρονα δεδομένα, το βιβλίο περιλαμβάνει θέματα εργονομίας, γραφικής επικοινωνίας, ηλεκτρικών μηχανών, πνευματικών συστημάτων και συστημάτων αυτόματου ελέγχου, αντιμετωπίζοντας την Τεχνολογία ως αναπόσπαστο στοιχείο της σύγχρονης πραγματικότητας.

Λειτουργεί ως εφόδιο, για την απόκτηση βασικών γνώσεων και για την ανάπτυξη δεξιοτήτων, αξιών, στάσεων και συμπεριφορών απέναντι σε σύγχρονα προβλήματα, που αφορούν το τεχνητό και ανθρώπινο περιβάλλον.

Ευχαριστώ και συγχαίρω όλους όσοι εργάστηκαν για την επιτυχή έκδοση του βιβλίου.

Δρ Κυπριανός Δ. Λούης
Διευθυντής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης

Περιεχόμενα

1 Σχεδιασμός - Επικοινωνία - Σχέδιο 7

2 Κατασκευαστικά Συστήματα - Αντοχή Υλικών 35

3 Ηλεκτρικές Μηχανές, Μετασχηματιστές και Ανορθωτές 95

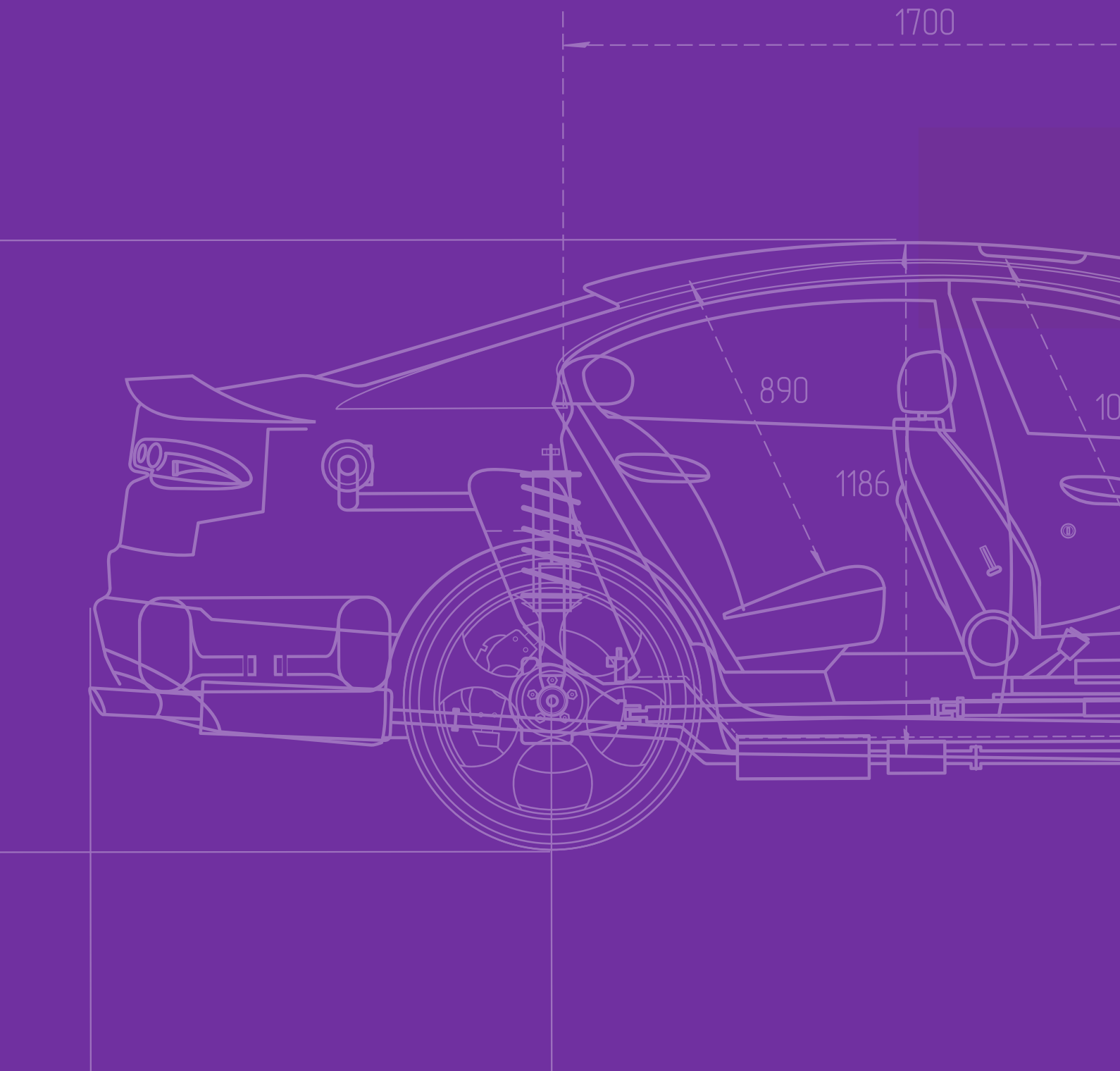
4 Πνευματικά Συστήματα 133

5 Ηλεκτρονική Μνήμη και Μικροελεγκτές 175

6 Εργονομία 235

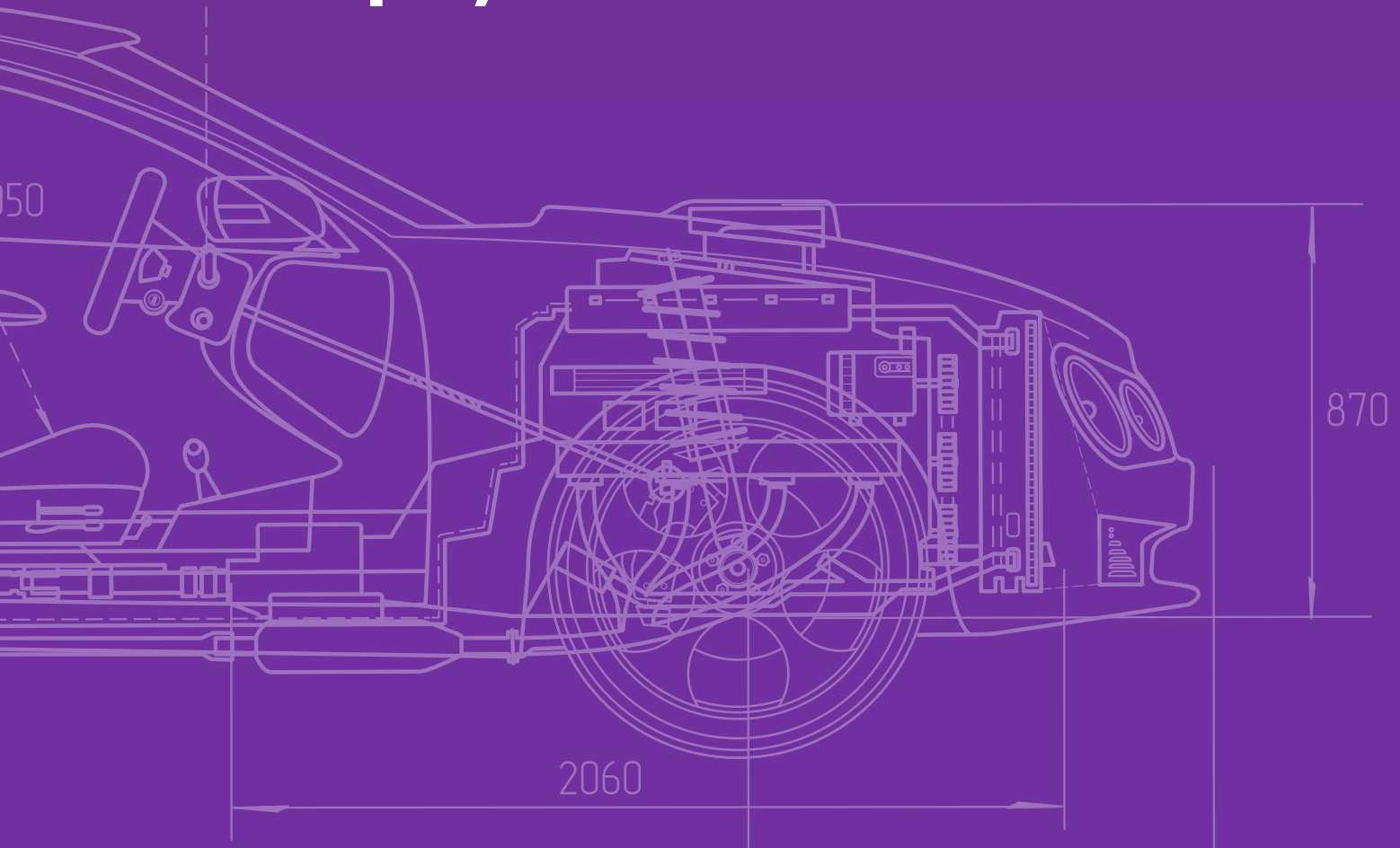
Παραρτήματα 265

Βιβλιογραφία 280


1700
890
1186

1
Ενότητα

Σχεδιασμός - Επικοινωνία - Σχέδιο



1.1 Εισαγωγή

Τα διάφορα προϊόντα και αντικείμενα πρέπει να σχεδιάζονται με τον σωστό τρόπο, ώστε να μεταφέρουν, με τη βοήθεια των σχεδίων που εκπονούνται, όλες τις λεπτομέρειες και την πληροφόρηση σε άλλους ανθρώπους, είτε αυτοί είναι καταναλωτές είτε είναι κατασκευαστές προϊόντων. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου σχεδίασης θα επιτρέψει στον καταναλωτή να αποκομίσει μία πλήρη και λεπτομερή απεικόνιση του πραγματικού προϊόντος και στον κατασκευαστή να το κατασκευάσει χωρίς λάθη και παραλείψεις.

Σχ. 1/1 Μια κατοικία προτού κατασκευαστεί σχεδιάζεται με όλες της τις λεπτομέρειες

1.2 Προβολές

Τα αντικείμενα τα οποία καλούμαστε να σχεδιάσουμε διαθέτουν όγκο, έχουν δηλαδή τρεις διαστάσεις: το μήκος, το ύψος και το πλάτος. Για να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο σε μία επιφάνεια, όπως είναι το χαρτί και η οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, που έχει δύο μόνο διαστάσεις, ακολουθούμε κάποια τεχνική σχεδίασης, όπως είναι η ορθογραφική προβολή, η πλάγια προβολή και η ισομετρική προβολή.

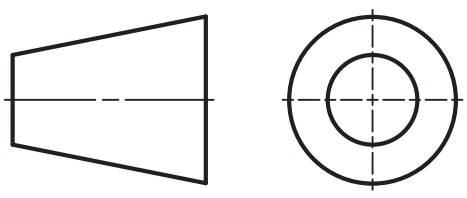
Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε, κυρίως, με τη μετατροπή σχεδίων ορθογραφικής προβολής σε τρισδιάστατα σχέδια, είτε πλάγιας προβολής είτε ισομετρικής προβολής και αντίστροφα.

1.3 Ορθογραφική προβολή

Η ορθογραφική προβολή είναι το σύστημα σχεδίασης, με το οποίο η μορφή ενός αντικειμένου δεν παρουσιάζεται ενιαία, αλλά οι διάφορες όψεις του σχεδιάζονται ξεχωριστά. Η σχεδίαση σε ορθογραφική προβολή, παρόλο που δεν απεικονίζει ρεαλιστικά το αντικείμενο, μας επιτρέπει να παρουσιάζουμε τις όψεις του αντικειμένου στο πραγματικό τους σχήμα και μέγεθος, με όλες του τις λεπτομέρειες.

Η ορθογραφική προβολή χρησιμοποιείται για την κατασκευή αντικειμένων, για αυτό και ονομάζεται και κατασκευαστικό σχέδιο.

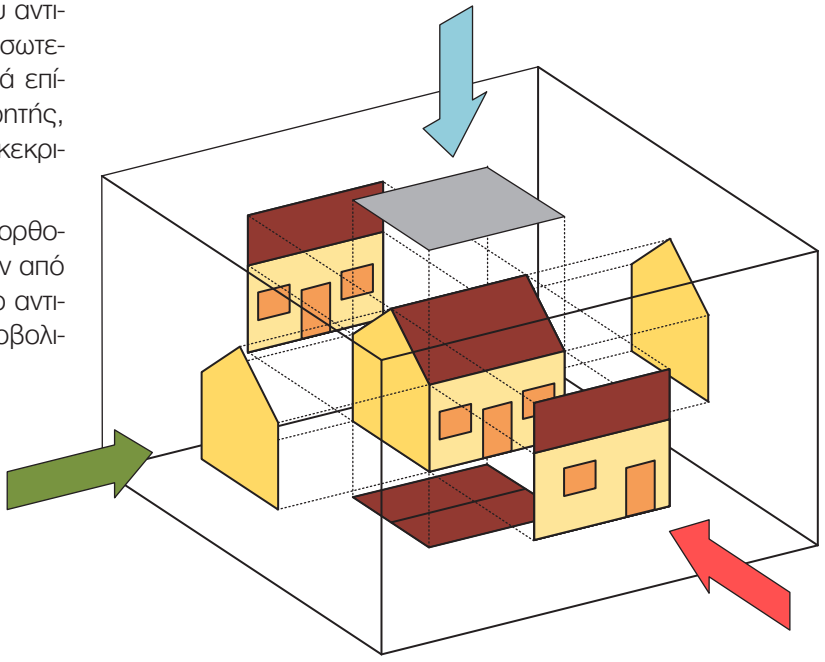
Για τη σχεδίαση σε ορθογραφική προβολή χρησιμοποιείται το ευρωπαϊκό σύστημα σχεδίασης σε προβολή **πρώτης δίεδρης γωνίας**.



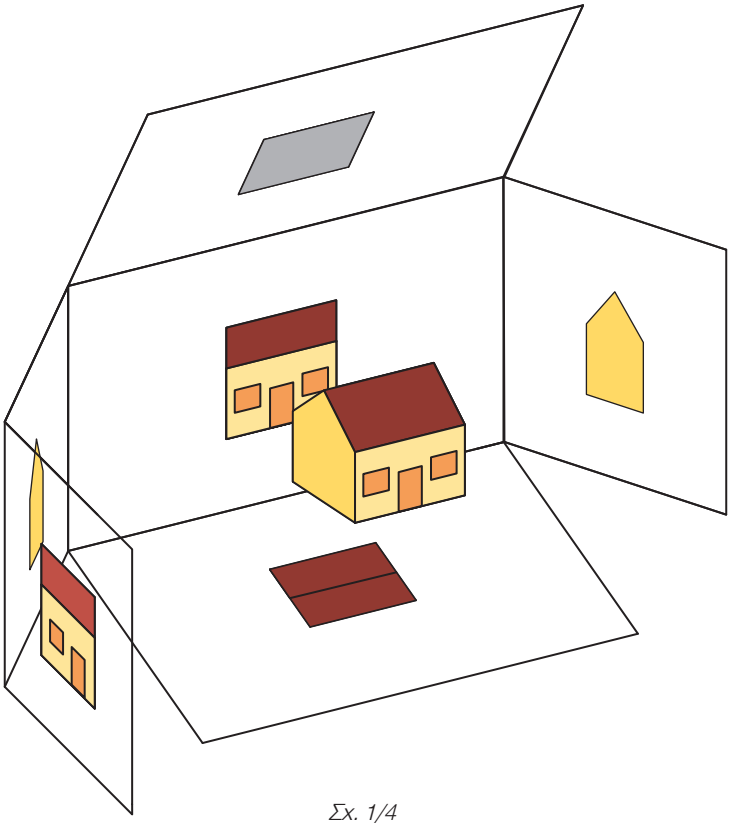
Σχ. 1/2 Το σύμβολο της πρώτης δίεδρης γωνίας. Σχεδιάζεται στον χώρο του υπομνήματος

Φανταστείτε ότι το αντικείμενο που θέλετε να σχεδιάσετε αιωρείται μέσα σε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο κουτί. Η κάθε όψη του αντικειμένου θα εμφανίζεται σε μία από τις εσωτερικές επιφάνειες του κουτιού (προβολικά επίπεδα), όπως θα την έβλεπε ένας παρατηρητής, ο οποίος θα κοίταζε απέναντί του τη συγκεκριμένη όψη του αντικειμένου.

Η συγκεκριμένη προβολή ονομάζεται ορθογραφική, γιατί οι οπτικές ακτίνες ξεκινούν από το μάτι του παρατηρητή, περνούν από το αντικείμενο και προσπίπτουν κάθετα στο προβολικό επίπεδο.



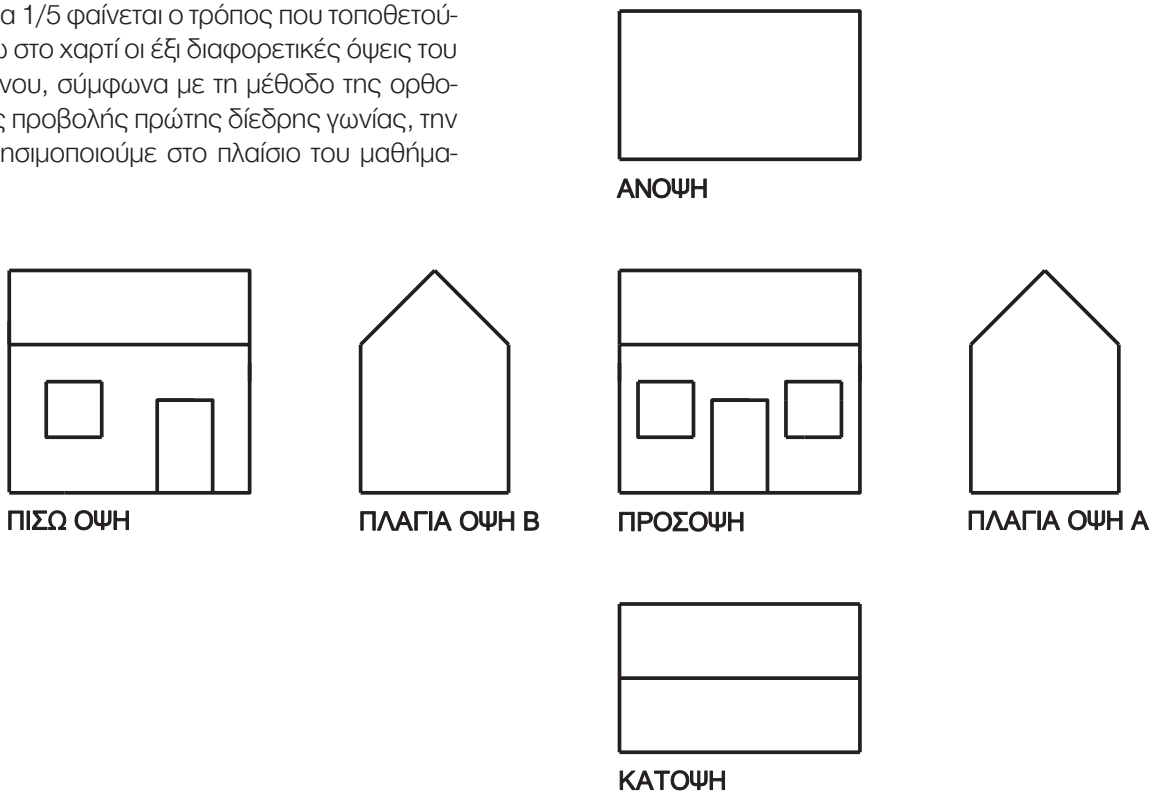
Σχ. 1/3



Σχ. 1/4

Υπάρχουν έξι διαφορετικά προβολικά επίπεδα, πάνω στα οποία προβάλλονται οι έξι όψεις ενός αντικειμένου.

Στο σχήμα 1/5 φαίνεται ο τρόπος που τοποθετούνται πάνω στο χαρτί οι έξι διαφορετικές όψεις του αντικειμένου, σύμφωνα με τη μέθοδο της ορθογραφικής προβολής πρώτης δίεδρης γωνίας, την οποία χρησιμοποιούμε στο πλαίσιο του μαθήματός μας.



Σχ. 1/5

Τις περισσότερες φορές ένα κατασκευαστικό σχέδιο περιλαμβάνει μόνο τρεις όψεις, την πρόσοψη, την αριστερή πλάγια όψη και την κάτοψη. Αυτό συμβαίνει πάντα όταν μας δίνεται ένα τρισδιάστατο σχέδιο με μία άλλη μέθοδο, π.χ. ισομετρική προβολή που περιέχει ούτως ή άλλως πληροφορίες για μόνο τρεις όψεις.

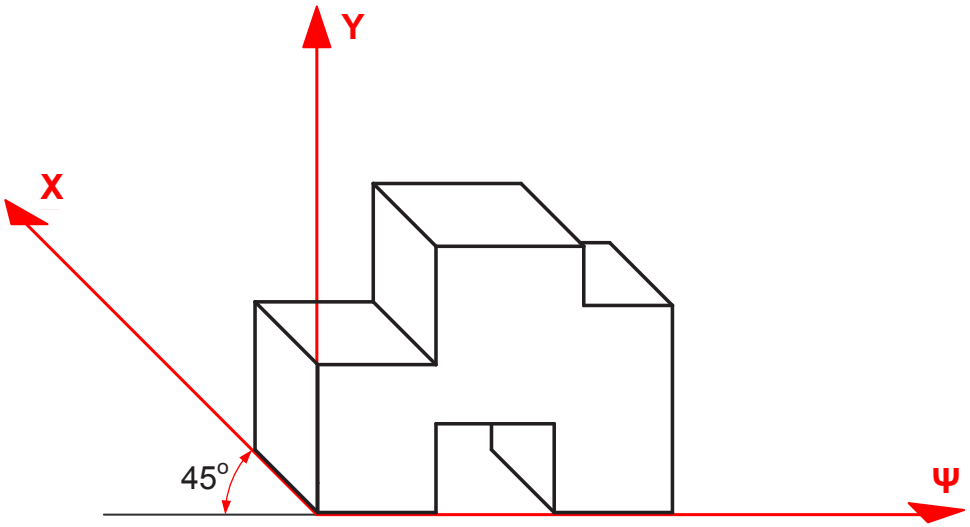
Ακόμα και όταν σχεδιάζεται η ορθογραφική προβολή ενός αντικειμένου από την αρχή, ίσως να μην χρειάζεται η παρουσίαση και των έξι όψεων. Μία σφαίρα περιγράφεται μόνο με μία όψη, ενώ ένας κύλινδρος μόνο με δύο.

Στην ορθογραφική προβολή, η σωστή διάταξη των όψεων του αντικειμένου είναι πολύ σημαντική. Η πρόσοψη σχεδιάζεται στο χαρτί πάνω αριστερά, η πλάγια όψη στα δεξιά της πρόσοψης και η κάτοψη κάτω ακριβώς από την πρόσοψη.

Σχ. 1/6

1.4 Πλάγια προβολή

Η πλάγια προβολή χρησιμοποιείται, κυρίως, στις περιπτώσεις, στις οποίες η μία όψη ενός αντικειμένου θεωρείται ως η πιο σημαντική, αφού σε αυτήν περιγράφονται οι πιο σημαντικές λεπτομέρειες. Η όψη αυτή του αντικειμένου - πρόσοψη - σχεδιάζεται παράλληλα προς το επίπεδο προβολής, όπως θα σχεδιαζόταν με το σύστημα των ορθών προβολών.

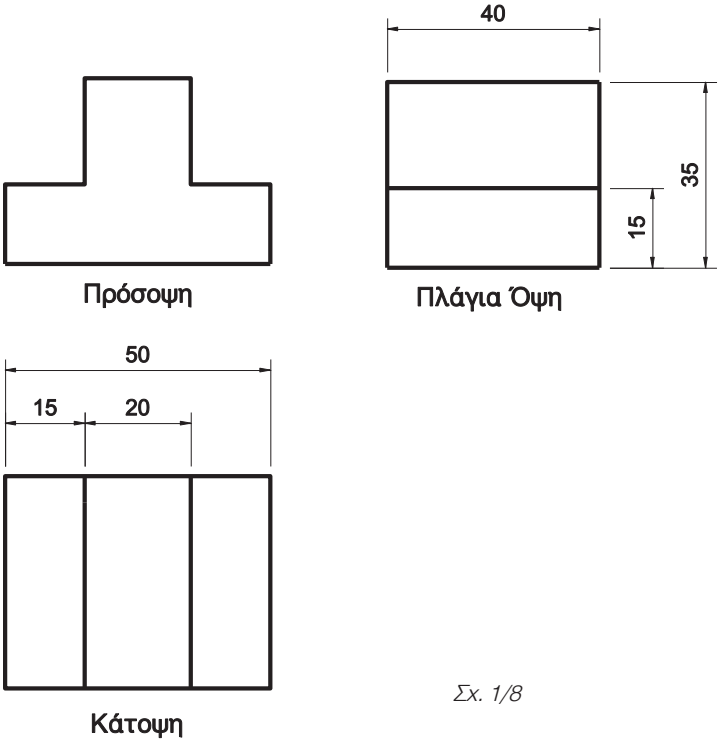


Σχ. 1/7 Αντικείμενο σχεδιασμένο σε πλάγια προβολή

Το πλάτος του αντικειμένου (άξονας Χ) σχεδιάζεται με κλίση 45° από την οριζόντια γραμμή (άξονας Ψ) που περνά από την αρχή των αξόνων. Όλες οι γραμμές, οι οποίες είναι παράλληλες με τον άξονα Χ και παρουσιάζουν το πλάτος του σχεδίου, σχεδιάζονται με το μισό πλάτος από ό,τι το πραγματικό ή από αυτό που επιβάλλει η κλίμακα που χρησιμοποιείται στη σχεδίαση του αντικειμένου.

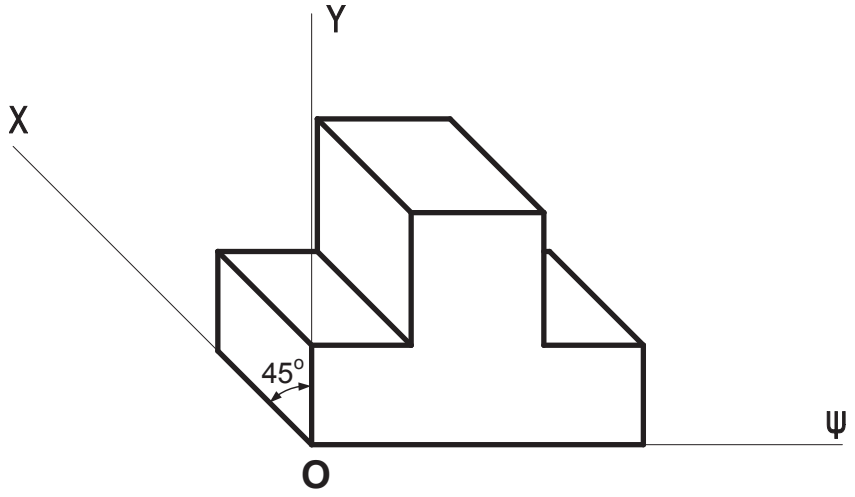
1.4.1 Διαδικασία σχεδίασης στερεού αντικειμένου σε πλάγια προβολή, με δεδομένες τις ορθογραφικές όψεις (πρόσοψη, πλάγια όψη και κάτοψη)

Θα αρχίσουμε εξηγώντας τη διαδικασία με τη χρήση ενός απλού αντικειμένου, όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 1/8.



Σχ. 1/8

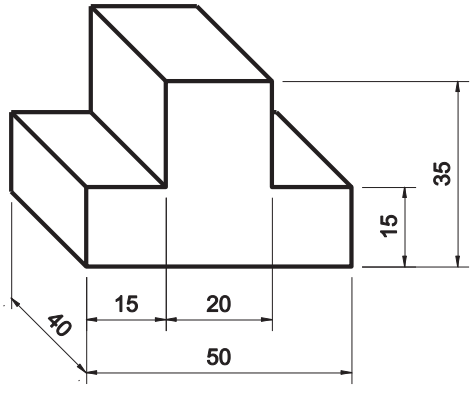
- Αρχίζουμε τη διαδικασία σχεδίασης, σχεδιάζοντας τον οριζόντιο άξονα αναφοράς **ΟΨ** και τους άξονες της πλάγιας προβολής **ΟΥ**, κάθετο στον **ΟΨ** και **ΟΧ**, με κλίση 45° ως προς τον **ΟΨ**. Οι άξονες αυτοί παρουσιάζονται στο σχήμα 1/9 με βοηθητικές (λεπτές) γραμμές.
- Πάνω στον οριζόντιο άξονα **ΟΨ** σχεδιάζουμε το μήκος του αντικειμένου, στον κατακόρυφο άξονα **ΟΥ** το ύψος του και στο κατακόρυφο επίπεδο **ΟΥΨ**, σχεδιάζουμε την πρόσοψη, όπως αυτή φαίνεται στην ορθογραφική προβολή στο σχήμα 1/8.
- Από την όψη που έχουμε σχεδιάσει στο επίπεδο **ΟΥΨ** (που είναι η πρόσοψη στο παράδειγμά μας), σχεδιάζουμε παράλληλες με τον άξονα **ΟΧ** γραμμές από όλα τα σημαντικά σημεία της όψης (συνήθως αυτά είναι οι γωνίες). Στη συνέχεια, σημειώνουμε το πλάτος του αντικειμένου πάνω στις γραμμές αυτές. Μετά, συμπληρώνουμε το σχέδιο, ενώνοντας τα σημεία όπου έχουμε σημειώσει το βάθος του αντικειμένου, φέροντας ανάλογα γραμμές κάθετες και παράλληλες ως προς τον **ΟΨ**. Στην πράξη, όταν το αντικείμενο είναι συμμετρικό ως προς το επίπεδο **ΟΥΨ**, ξανασχεδιάζουμε το σχήμα της πρόσοψης του αντικειμένου, μετατοπισμένο σε απόσταση ίση με το βάθος του αντικειμένου.



Σχ. 1/9

Σημείωση: *Οι γραμμές, οι οποίες παρουσιάζουν το πλάτος του αντικειμένου, σχεδιάζονται με το μισό πλάτος από ό,τι το πραγματικό (ή με αυτό που έπρεπε να σχεδιαστούν, αν το σχέδιο σχεδιαζόταν υπό κλίμακα), για να δοθεί πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Όμως, κατά την τοποθέτηση των διαστάσεων πρέπει να γραφτεί το πραγματικό μέγεθος του πλάτους. Έτσι, στο παράδειγμά μας, όπου το πλάτος είναι 40mm, αυτό σχεδιάζεται ίσο με 20 mm. Κατά την τοποθέτηση, όμως, των διαστάσεων γράφουμε το πραγματικό μέγεθος του πλάτους, δηλαδή 40 mm.*

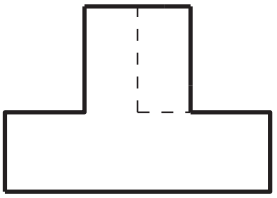
- Όταν συμπληρωθεί το σχέδιο του αντικειμένου, μπορούμε να σβήσουμε όλες τις βοηθητικές γραμμές, γωνίες και ό,τι άλλο δεν χρειάζεται, για να παραμείνει το σχέδιο του αντικειμένου μόνο του, με τις διαστάσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 1/10.



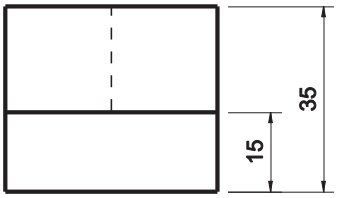
Σχ. 1/10

Παράδειγμα 1

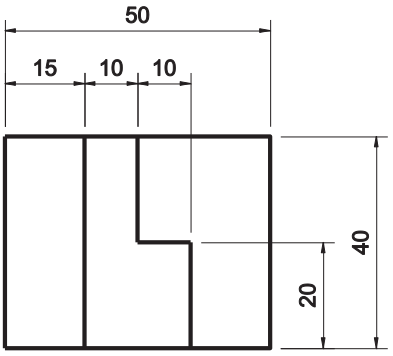
Το στερεό αντικείμενο που φαίνεται δίπλα είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε πλάγια προβολή με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



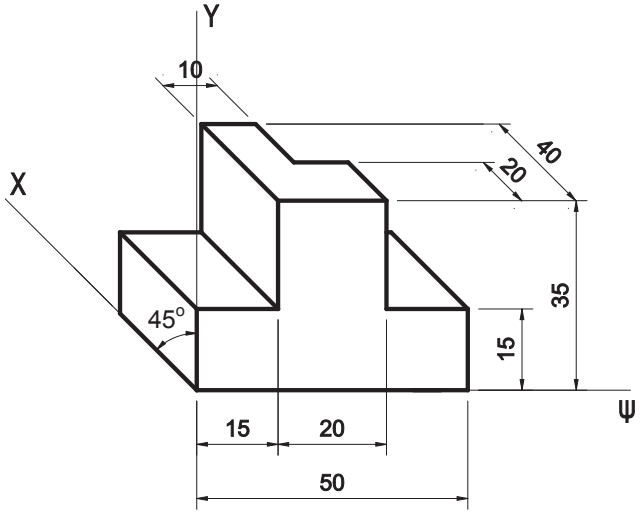
Πρόσοψη



Πλάγια Όψη

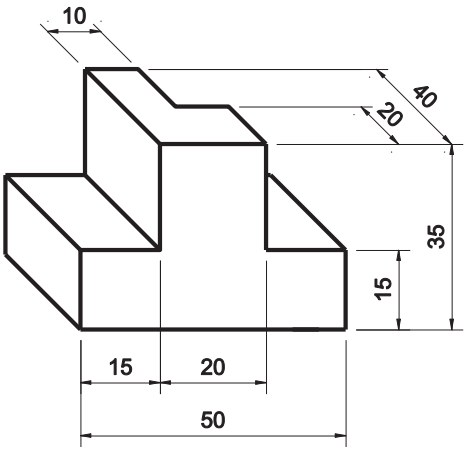


Κάτοψη



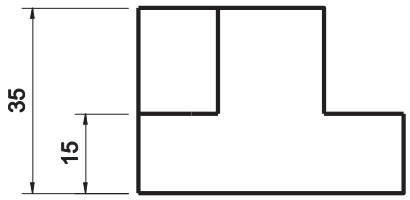
Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην πλάγια προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.4.1, και καταλήγουμε στο διπλανό σχήμα.

Όπως και προηγουμένως, όταν συμπληρωθεί το σχέδιο του αντικειμένου, σβήνονται όλες οι βοηθητικές γραμμές, γωνίες και ό,τι άλλο δεν χρειάζεται και μένει το σχέδιο του αντικειμένου με τις διαστάσεις του, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

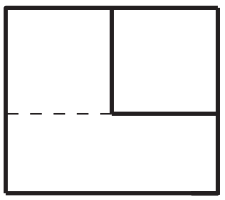


Παράδειγμα 2

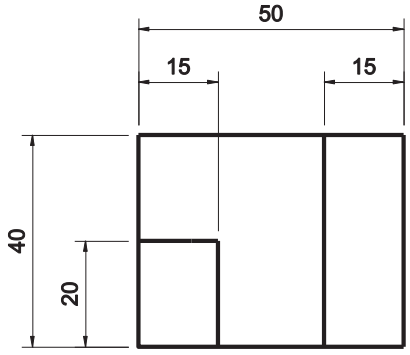
Το επόμενο στερεό αντικείμενο που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε πλάγια προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



Πρόσοψη

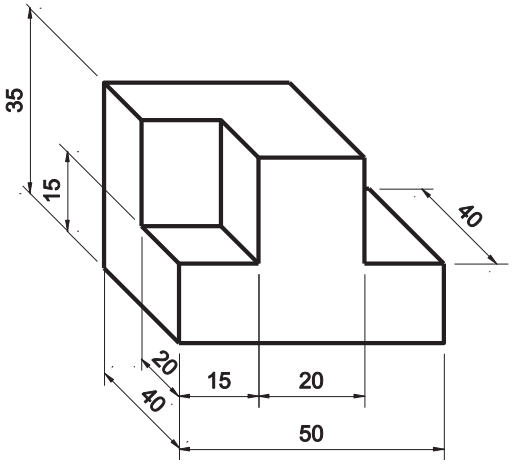


Πλάγια Όψη



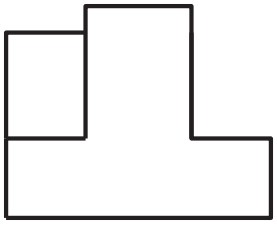
Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην πλάγια προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.4.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.

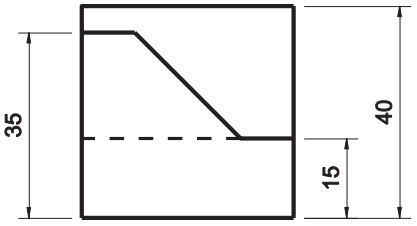


Παράδειγμα 3

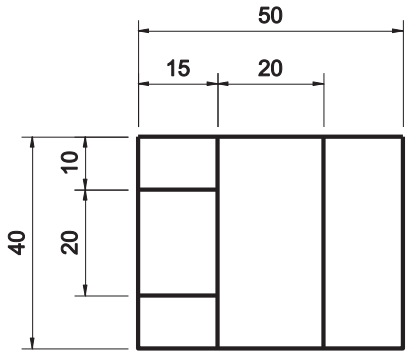
Το επόμενο στερεό αντικείμενο που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε πλάγια προβολή, με κλίμακα 1:1 και να τοποθετηθούν οι διαστάσεις του. Όλες οι διαστάσεις του είναι σε χιλιοστά.



Πρόσοψη

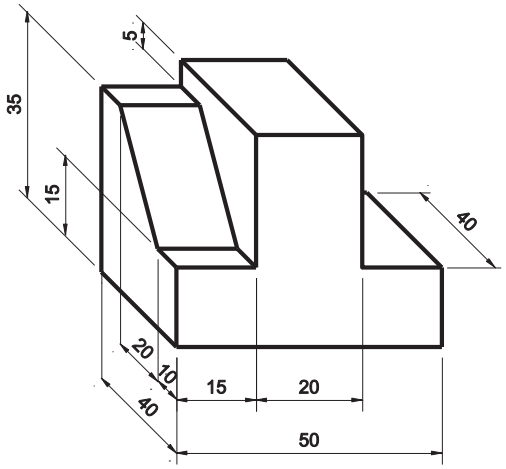


Πλάγια Όψη



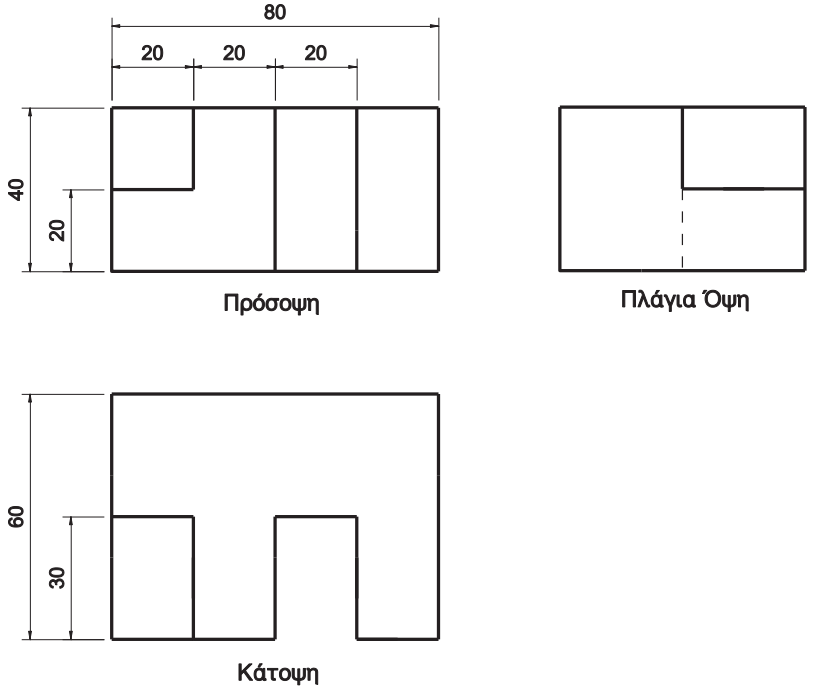
Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην πλάγια προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.4.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.

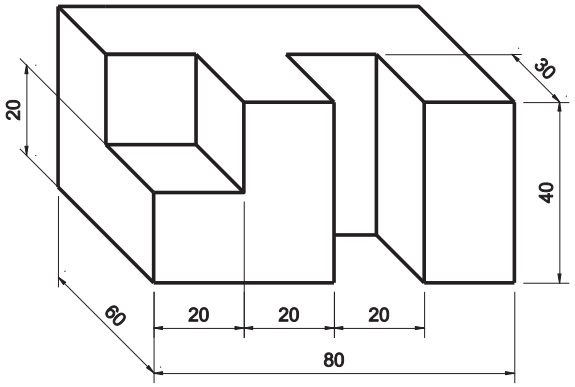


Παράδειγμα 4

Το στερεό αντικείμενο που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε πλάγια προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



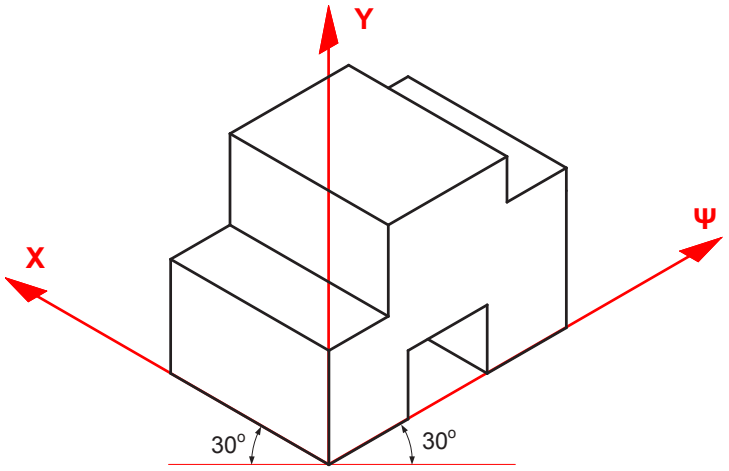
Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην πλάγια προβολή ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.4.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.



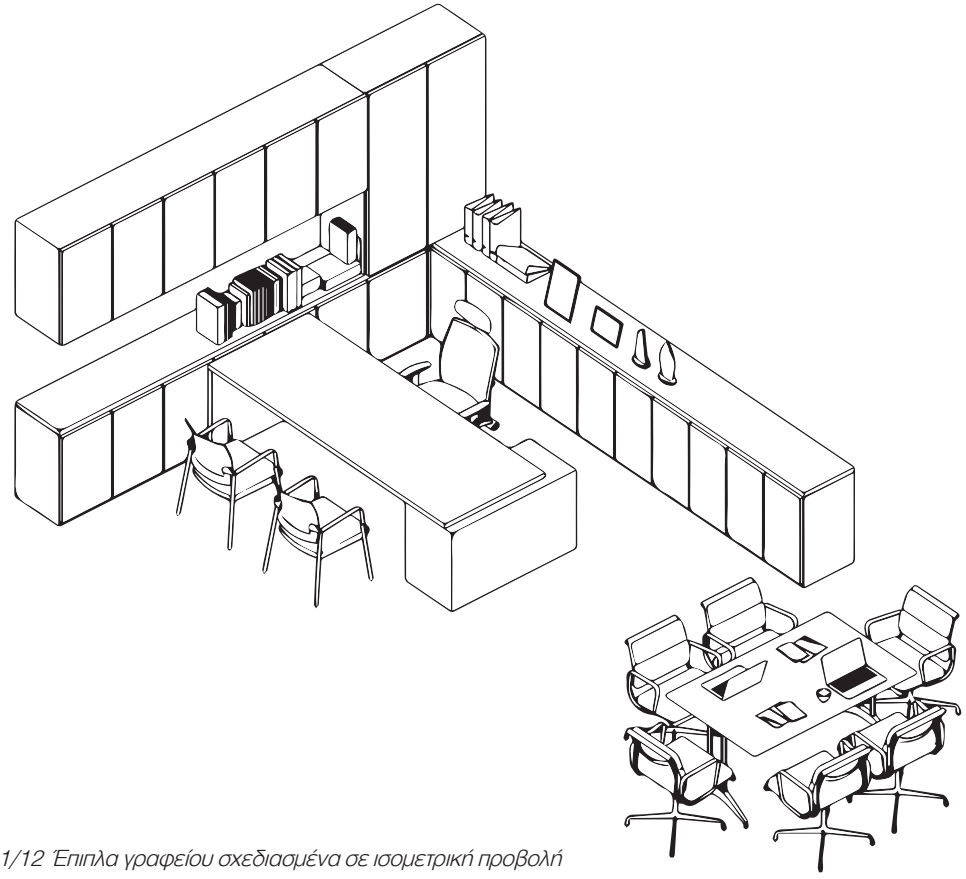
1.5 Ισομετρική προβολή

Ένα αντικείμενο σχεδιάζεται σε ισομετρική προβολή, όταν θέλουμε να δείξουμε λεπτομέρειες του αντικειμένου που βρίσκονται και στις τρεις όψεις που βλέπουμε (πρόσοψη, πλάγια όψη και κάτοψη).

Η σχεδίαση ενός αντικειμένου σε ισομετρική προβολή στηρίζεται πάνω σε τρεις άξονες (Ψ – Υ – Χ), δηλαδή έναν για κάθε μία από τις τρεις διαστάσεις (μήκος – ύψος – πλάτος). Οι άξονες Ψ και Χ έχουν κλίση 30° ως προς την οριζόντια γραμμή, που περνά από την αρχή των αξόνων.



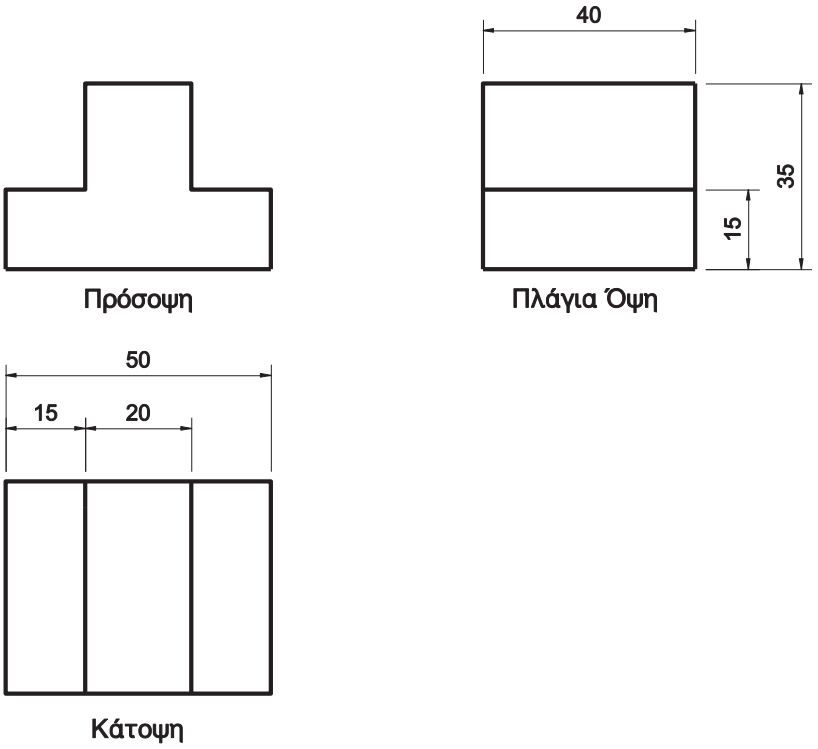
Σχ. 1/11 Αντικείμενο σχεδιασμένο σε ισομετρική προβολή



Σχ. 1/12 Έπιπλα γραφείου σχεδιασμένα σε ισομετρική προβολή

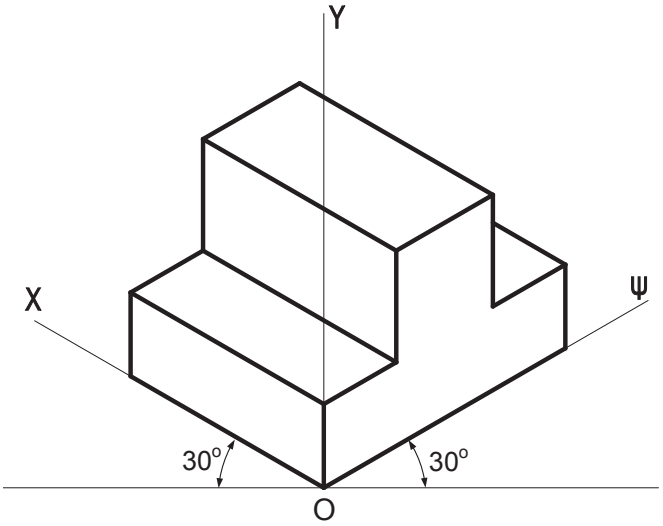
1.5.1 Διαδικασία σχεδίασης στερεού αντικειμένου σε ισομετρική προβολή με δεδομένες τις ορθογραφικές όψεις (πρόσοψη, πλάγια όψη και κάτοψη)

Θα αρχίσουμε εξηγώντας τη διαδικασία με τη χρήση ενός απλού αντικειμένου, όπως αυτό που φαίνεται στο πιο σχήμα 1/13.



Σχ. 1/13

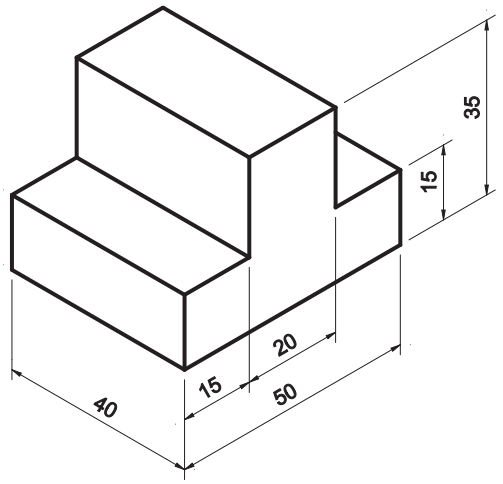
Αρχίζουμε τη διαδικασία σχεδίασης, σχεδιάζοντας μία οριζόντια γραμμή στο επίπεδο αναφοράς και τους άξονες της ισομετρικής προβολής, τον **ΟΥ** που είναι κάθετος άξονας στο επίπεδο αναφοράς και τους **ΟΧ** και **ΟΨ** που βρίσκονται σε κλίση 30^{o} ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Στο σχέδιο οι άξονες **ΟΨ**, **ΟΧ** και **ΟΥ** είναι σχεδιασμένοι με βοηθητική (λεπτή) γραμμή.



Σχ. 1/14

- Στο επίπεδο **ΟΥΨ** σχεδιάζουμε την πρόσοψη του αντικειμένου, παίρνοντας το ύψος πάνω στον άξονα **ΟΥ** και το μήκος πάνω στον άξονα **ΟΨ**. Όλες οι κατακόρυφες γραμμές (παράλληλες προς τη διάσταση του ύψους του αντικειμένου) σχεδιάζονται με γραμμές παράλληλες με τον κατακόρυφο άξονα **ΟΥ** και οι οριζόντιες γραμμές της πρόσοψης του αντικειμένου σχεδιάζονται παράλληλες με τον κεκλιμένο άξονα **ΟΨ**.
- Από την πρόσοψη που σχεδιάσαμε στο επίπεδο **ΟΥΨ** σχεδιάζουμε παράλληλες γραμμές προς τον άξονα **ΟΧ** από όλα τα σημαντικά σημεία της πρόσοψης (τις γωνίες). Στη συνέχεια σημειώνουμε το βάθος του αντικειμένου πάνω στον άξονα **ΟΧ**. Μετά, συμπληρώνουμε το σχέδιο, ξεκινώντας από το σημείο αυτό και φέρνοντας παράλληλες προς όλες τις γραμμές της πρόσοψης.

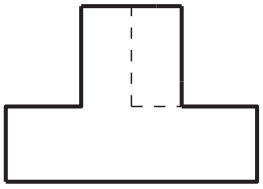
- Όταν συμπληρωθεί το σχέδιο του αντικειμένου, μπορούμε να σβήσουμε όλες τις βοηθητικές γραμμές, γωνίες και ό,τι άλλο δεν χρειάζεται, για να παραμείνει το σχέδιο του αντικειμένου μόνο του με τις διαστάσεις, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



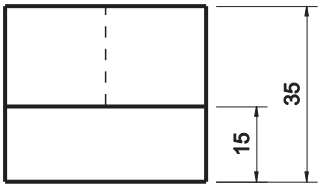
Σχ. 1/15

Παράδειγμα 5

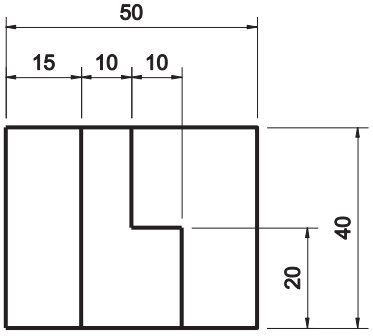
Το διπλανό στερεό αντικείμενο είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε ισομετρική προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



Πρόσοψη

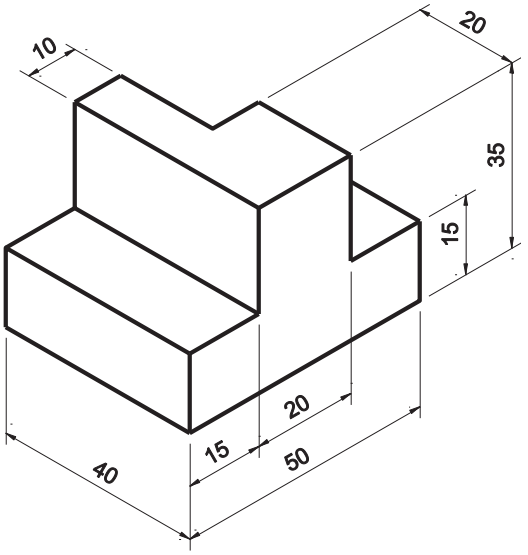


Πλάγια Όψη



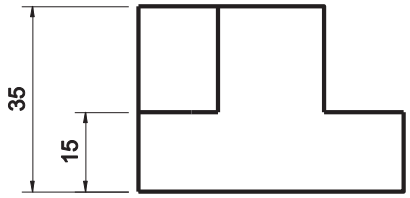
Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο σε ισομετρική προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.5.1 και καταλήγουμε στο σχέδιο του διπλανού σχήματος.

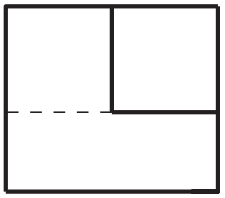


Παράδειγμα 6

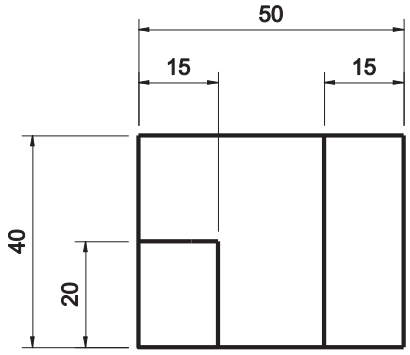
Το πιο κάτω στερεό αντικείμενο είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε ισομετρική προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



Πρόσοψη

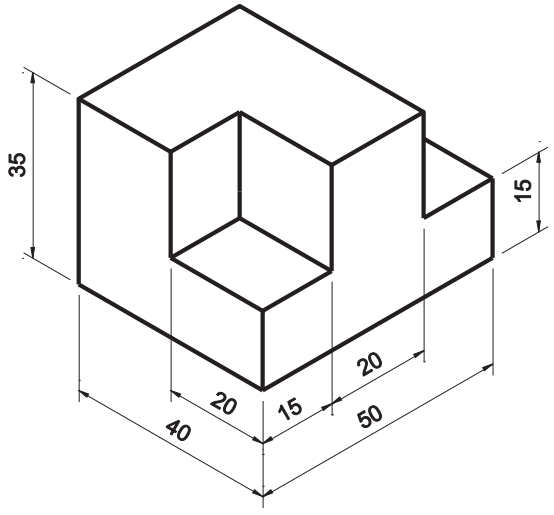


Πλάγια Όψη



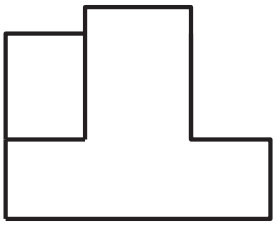
Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο σε ισομετρική προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.5.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.

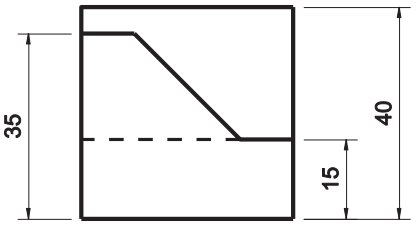


Παράδειγμα 7

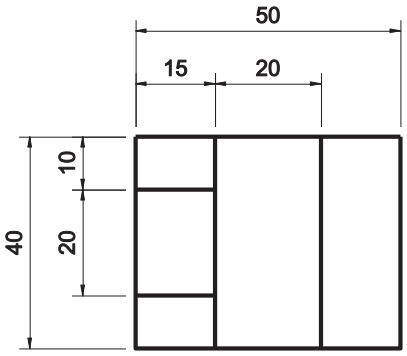
Το επόμενο στερεό αντικείμενο είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε ισομετρική προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστά (mm).



Πρόσοψη

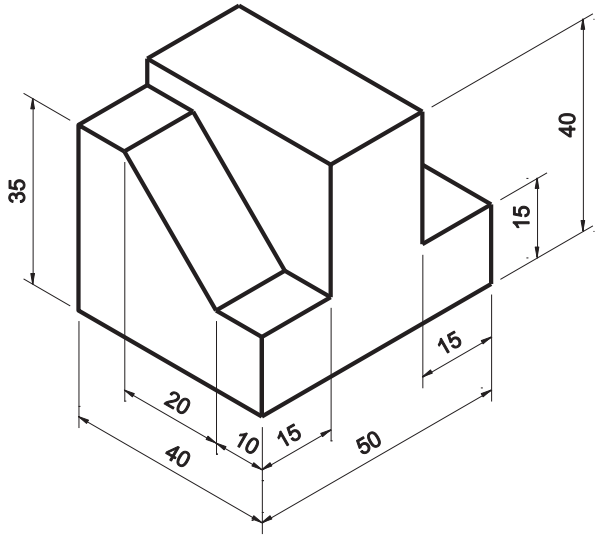


Πλάγια Όψη



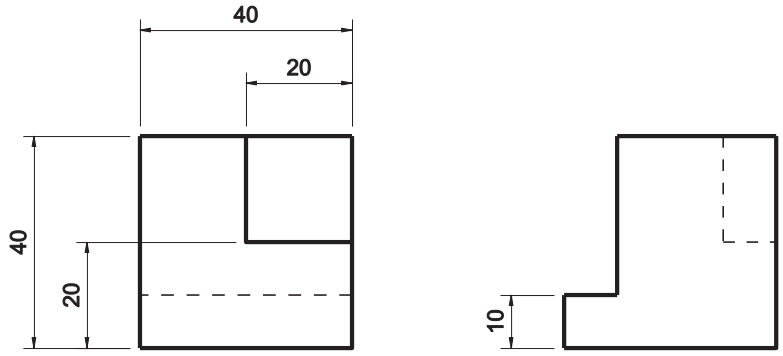
Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην ισομετρική προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.5.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.

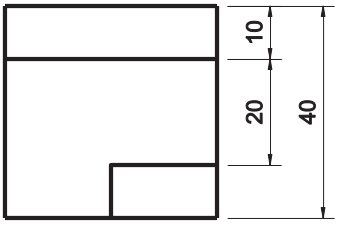


Παράδειγμα 8

Το επόμενο στερεό αντικείμενο είναι σχεδιασμένο σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστεί σε ισομετρική προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις που δίνονται είναι σε χιλιοστά (mm).

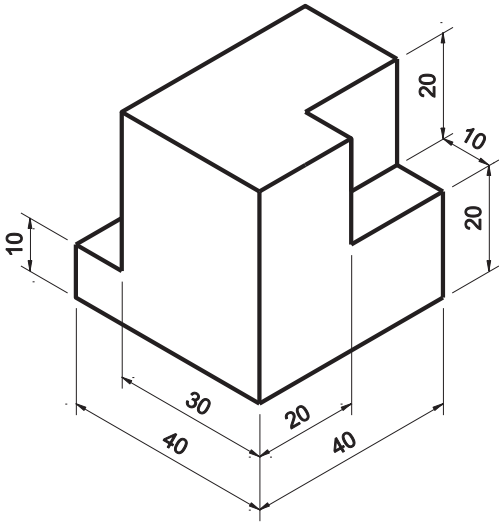


Πρόσοψη Πλάγια Όψη



Κάτοψη

Για να σχεδιάσουμε το αντικείμενο στην ισομετρική προβολή, ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στην παράγραφο 1.5.1 και καταλήγουμε στο πιο κάτω σχήμα.

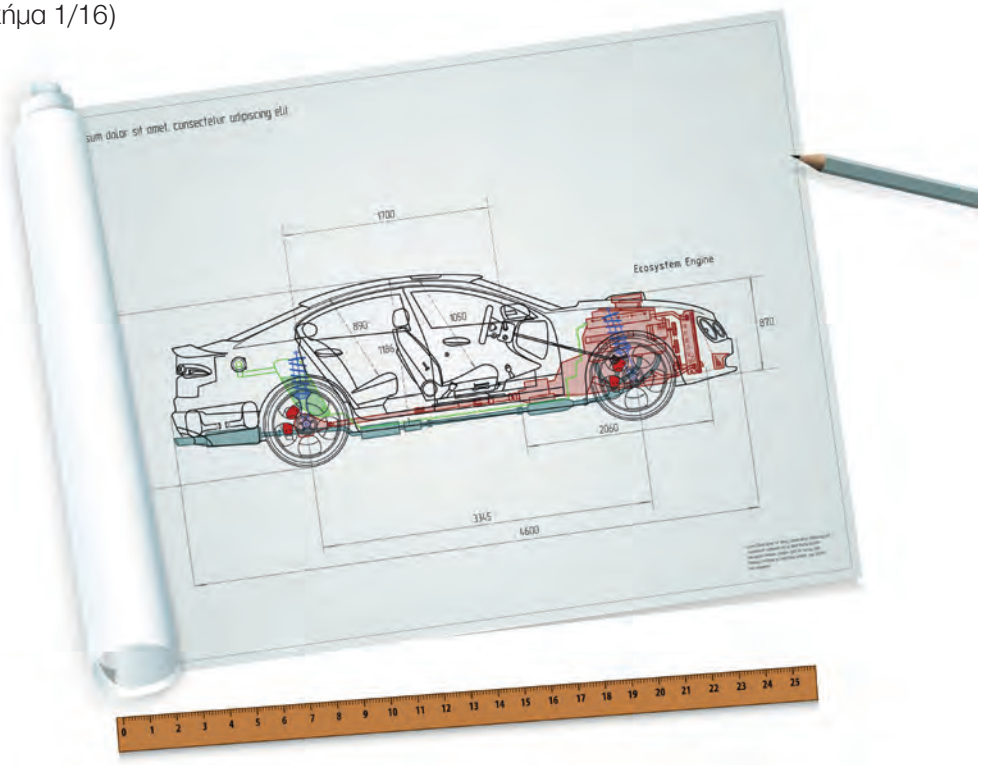


1.6 Κλίμακες

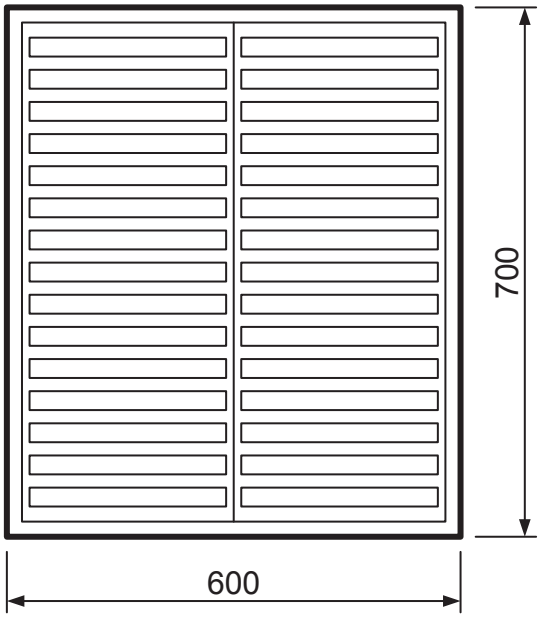
Πολλές φορές θέλουμε να σχεδιάσουμε στο χαρτί αντικείμενα των οποίων το φυσικό μέγεθος είτε είναι πολύ μεγάλο για να χωρέσει στο χαρτί (π.χ. μία κατοικία ή ένα αυτοκίνητο – σχήμα 1/16) είτε είναι πολύ μικρό για να φανεί (π.χ. ένα κόσμημα). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα αντικείμενα σχεδιάζονται υπό κλίμακα, δηλαδή μειώνουμε ή αυξάνουμε αντίστοιχα τις πραγματικές τους διαστάσεις.

Η κλίμακα περιγράφει τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις πραγματικές και τις γραφικές διαστάσεις ενός αντικειμένου.

$$\text{Κλίμακα} = \frac{\text{Γραφικό μήκος}}{\text{Πραγματικό μήκος}}$$



Σχ. 1/16 Σχέδιο αυτοκινήτου με κλίμακα



Σχ. 1/17 Παράθυρο σχεδιασμένο με κλίμακα 1:10

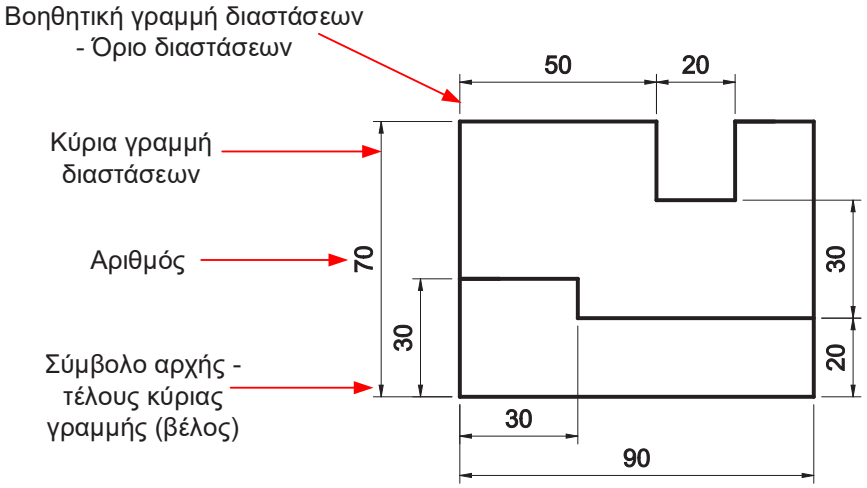
Για παράδειγμα, όταν ένα αντικείμενο είναι σχεδιασμένο με κλίμακα 1:10 (σχήμα 1/17), η κάθε μονάδα μήκους στο σχέδιο αντιστοιχεί σε δεκαπλάσια μονάδα μήκους στο πραγματικό αντικείμενο.

1.7 Τοποθέτηση διαστάσεων στο σχέδιο

Ένα κατασκευαστικό σχέδιο για να θεωρηθεί πλήρες, θα πρέπει να συνοδεύεται με τις απαραίτητες διαστάσεις (σχήμα 1/18).

Όταν τοποθετούμε διαστάσεις σε σχέδια, πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα πιο κάτω:

- Η διαστασιολόγηση πρέπει να είναι πλήρης. Πρέπει να υπάρχουν όλες οι απαραίτητες διαστάσεις σε ένα σχέδιο χωρίς να επαναλαμβάνονται.
- Η αναγραφή των διαστάσεων πρέπει να χαρακτηρίζεται από ευκρίνεια, ώστε να διευκολύνεται η ανάγνωσή τους χωρίς να δημιουργούνται παρερμηνείες και να προκαλούνται λάθη.
- Οι διαστάσεις που αναγράφονται σε ένα σχέδιο αναφέρονται στο πραγματικό μέγεθος ενός αντικειμένου και όχι στο μήκος της γραφικής παρουσίασής του. Η μονάδα μέτρησης είναι το χιλιοστό και δεν αναγράφεται.
- Όταν υπάρχουν περισσότερες από μία δυνατότητες επιλογής των διαστάσεων που θα σημειωθούν σε ένα σχέδιο, πρέπει να κυριαρχούν τα κριτήρια της σαφήνειας και της διευκόλυνσης του κατασκευαστή.

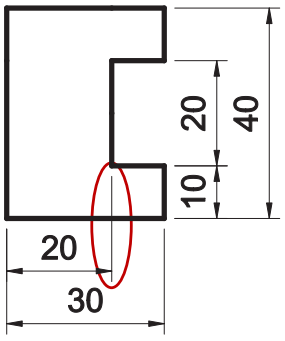


Σχ. 1/18

Για την αναγραφή των διαστάσεων χρησιμοποιούνται τα εξής στοιχεία:

Οι **κύριες γραμμές διαστάσεων** είναι λεπτές και συνέχειες και σχεδιάζονται πάντοτε παράλληλες και ισομήκεις με την ακμή του σχεδίου στο οποίο αναφέρονται. Σχεδιάζονται σε απόσταση 10 mm από την ακμή του σχεδίου.

Οι **βοηθητικές γραμμές διαστάσεων** είναι και αυτές λεπτές και συνεχείς γραμμές. **Αρχίζουν από τα άκρα του τμήματος στο οποίο αναφέρεται η διάσταση ή σε μικρή απόσταση από αυτά**, είναι συνήθως κάθετες στο τμήμα αυτό και πάντοτε παράλληλες μεταξύ τους. Οι βοηθητικές γραμμές διαστάσεων τερματίζουν 2 mm περίπου πέραν της κύριας γραμμής διαστάσεων.



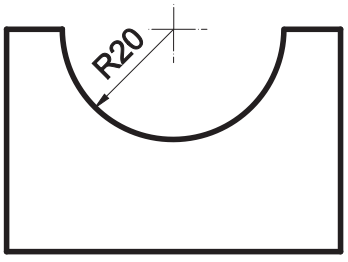
Σχ. 1/19

Τα σύμβολα αρχής – τέλους των κυρίων γραμμών διαστάσεων τοποθετούνται στα σημεία επαφής ή τομής των κυρίων με τις βοηθητικές γραμμές διαστάσεων. Είναι βέλη (χρησιμοποιούνται συνήθως στο μηχανολογικό σχέδιο) ή τελείες ή μικρές λοξές γραμμές.

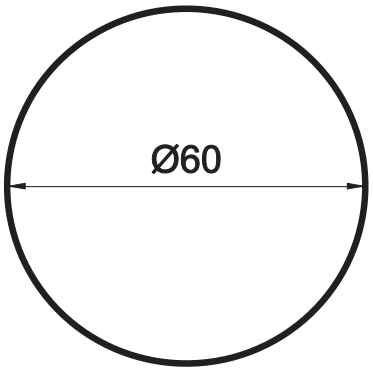
Οι **αριθμοί** γράφονται παράλληλα με την κύρια γραμμή της διάστασης, στη μέση του μήκους της. Αν η κύρια γραμμή διάστασης είναι οριζόντια, τότε ο αριθμός αναγράφεται πάνω από αυτήν ή στο κενό που προκύπτει από τη διακοπή της.

Αν η κύρια γραμμή της διάστασης είναι κατακόρυφη, τότε ο αριθμός γράφεται παράλληλα με αυτή, **στα αριστερά της ή στο κενό που προκύπτει από τη διακοπή της και διαβάζεται πάντοτε από κάτω προς τα πάνω**.

Οι ακτίνες των κύκλων αναγράφονται μετά το γράμμα R, π.χ. R20, και οι διάμετροι μετά το σύμβολο Ø, π.χ. Ø60.



Σχ. 1/20



Σχ. 1/21

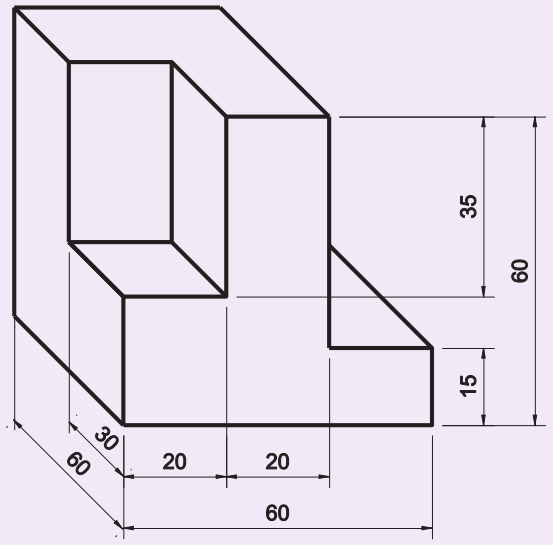
1.8 Ασκήσεις

Άσκηση 1

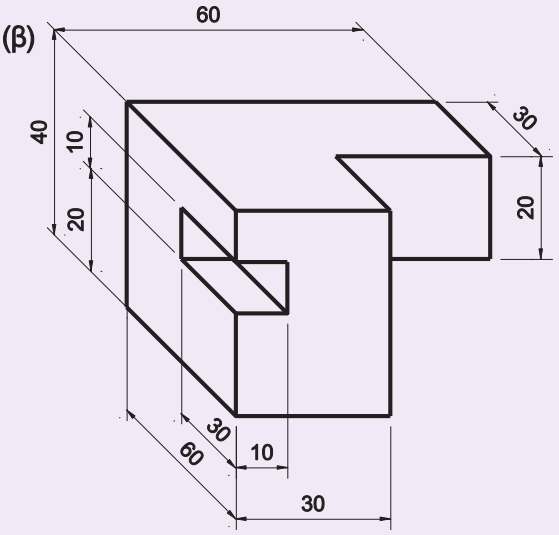
Τα πιο κάτω αντικείμενα είναι σχεδιασμένα σε πλάγια προβολή. Να σχεδιαστούν σε ορθογραφική προβολή (μέθοδος πρώτης δίεδρης γωνίας) και σε κλίμακα 1:1. Στο σχέδιο που θα προκύψει, να τοποθετηθούν οι απαραίτητες διαστάσεις. Οι διαστάσεις που δίνονται είναι σε χιλιοστόμετρα (mm).

(Σημ. Τα σχέδια δεν είναι υπό κλίμακα)

(α)



(β)

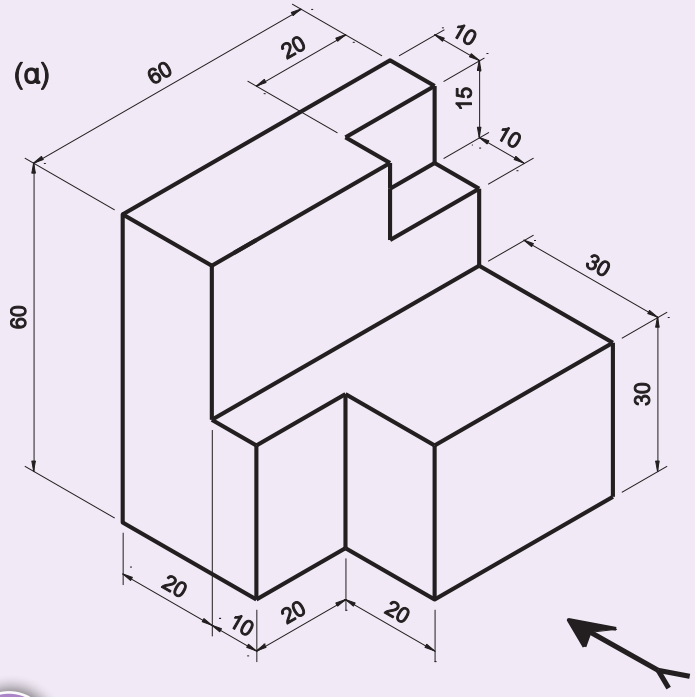


Άσκηση 2

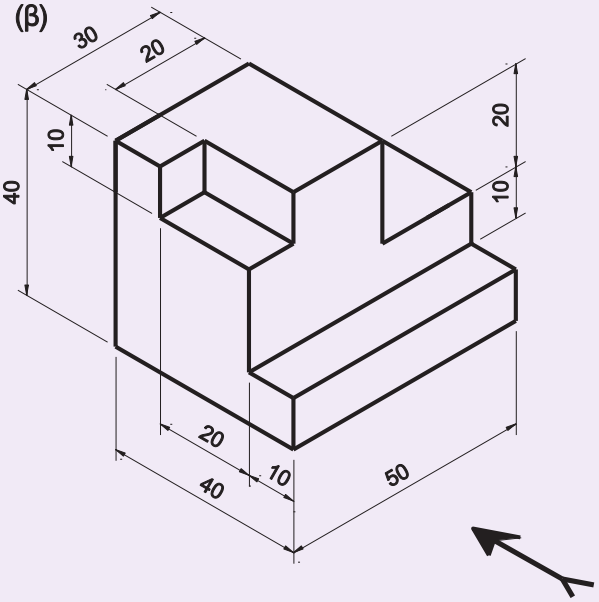
Τα πιο κάτω αντικείμενα είναι σχεδιασμένα σε ισομετρική προβολή. Να σχεδιαστούν σε ορθογραφική προβολή (μέθοδος πρώτης δίεδρης γωνίας) και σε κλίμακα 1:1. Στο σχέδιο που θα προκύψει, να τοποθετηθούν οι απαραίτητες διαστάσεις. Οι διαστάσεις που δίνονται είναι σε χιλιοστόμετρα (mm).

(Σημ. Τα σχέδια δεν είναι υπό κλίμακα και με βέλος σημειώνεται η πρόσοψη)

(α)



(β)

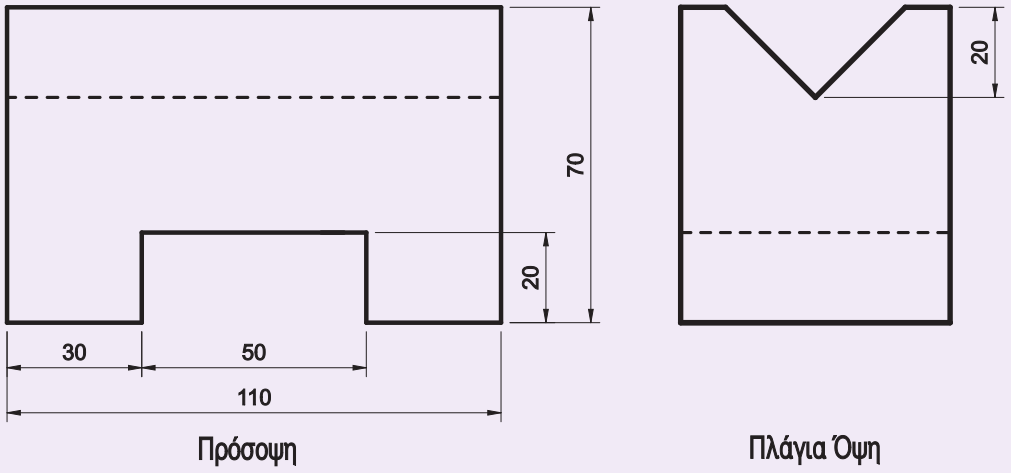


Άσκηση 3

Τα επόμενα στερεά αντικείμενα είναι σχεδιασμένα σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστούν σε πλάγια προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστόμετρα (mm). Στα σχέδια που θα κάνετε, να μην τοποθετήσετε τις διαστάσεις.

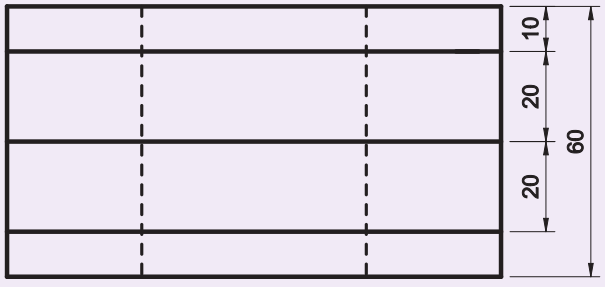
(Σημ. Τα σχέδια δεν είναι υπό κλίμακα)

(α)



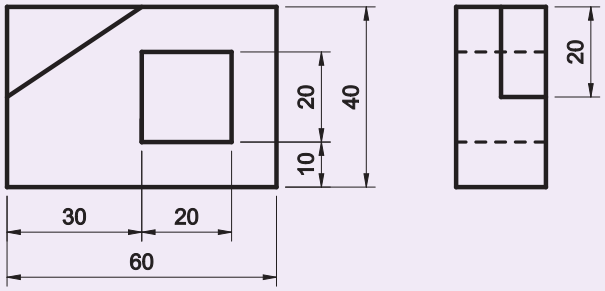
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



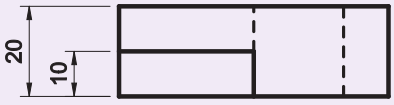
Κάτοψη

(β)



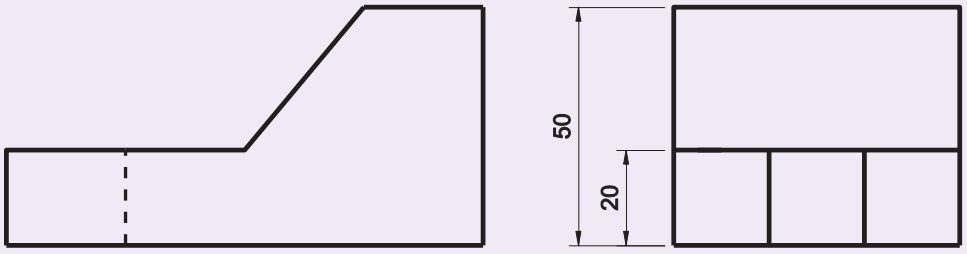
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



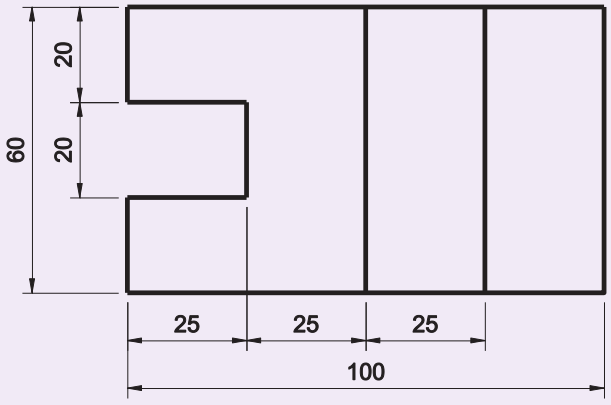
Κάτοψη

(γ)



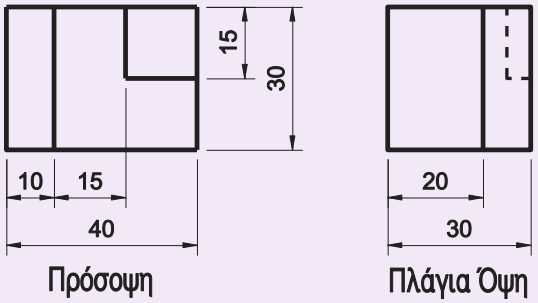
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



Κάτοψη

(δ)

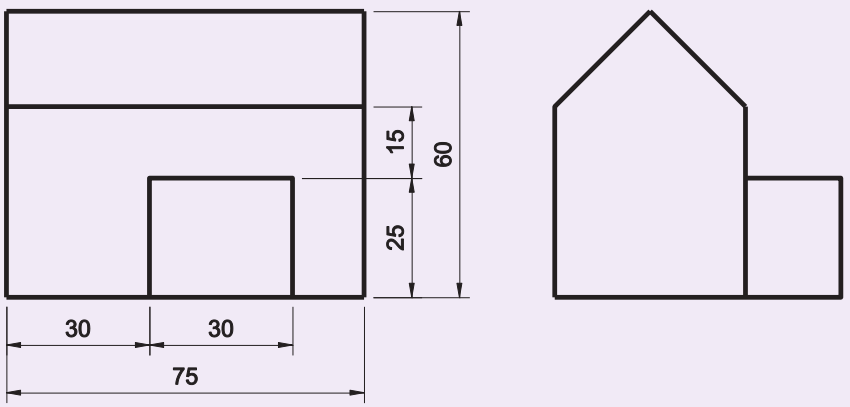


Πρόσοψη

Πλάγια Όψη

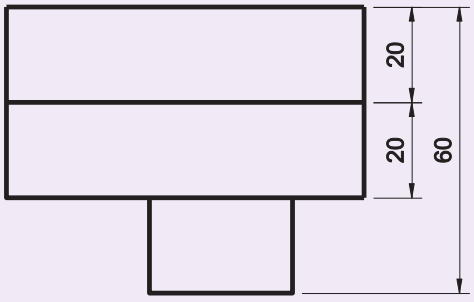
Κάτοψη

(ε)



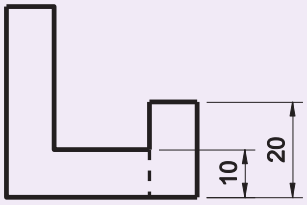
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη

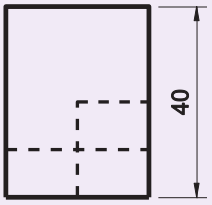


Κάτοψη

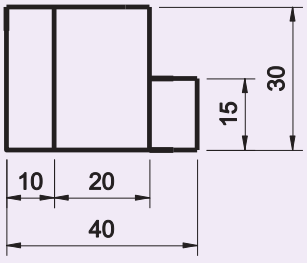
(στ)



Πρόσοψη

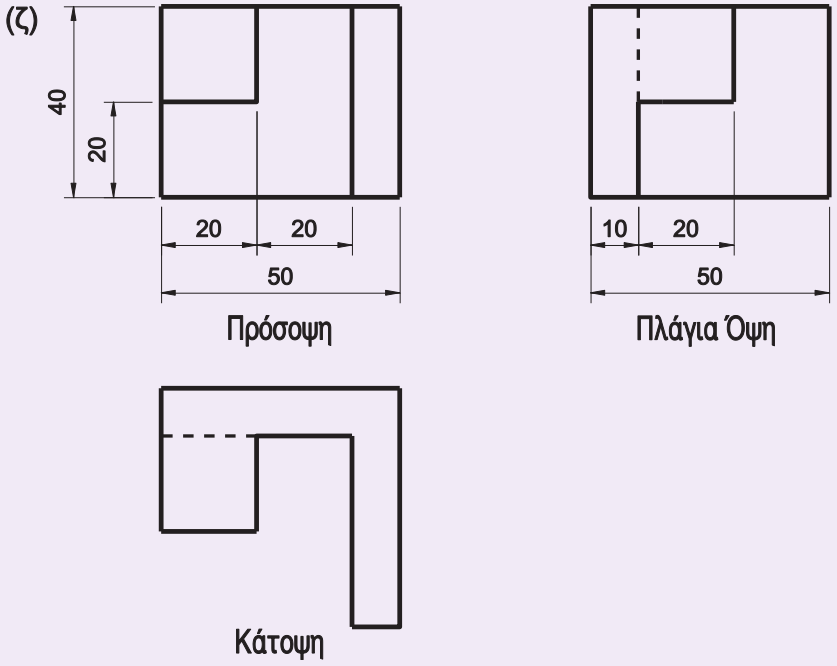


Πλάγια Όψη



Κάτοψη

(ζ)

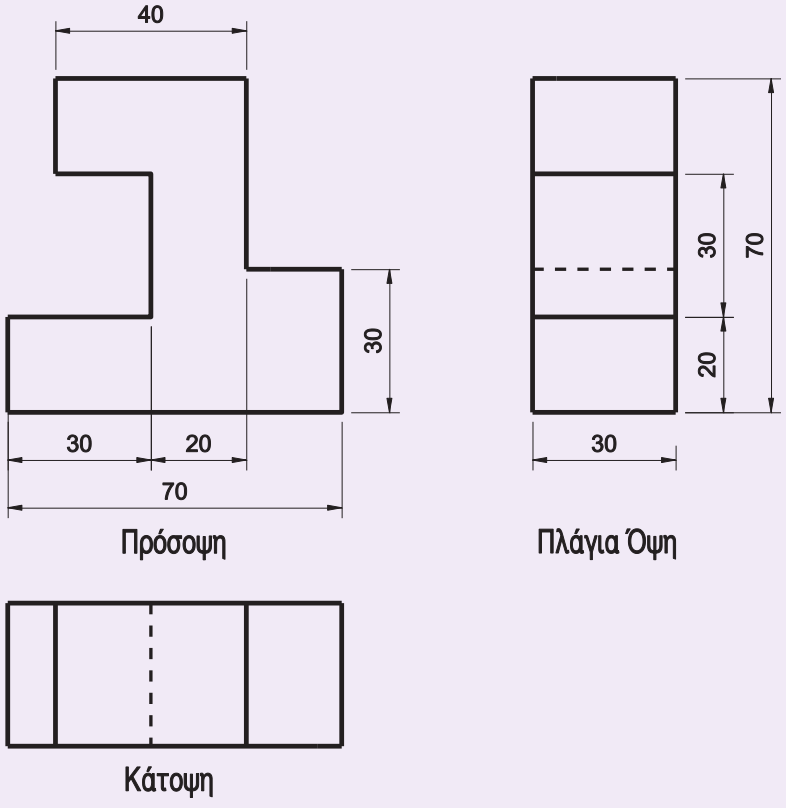


Άσκηση 4

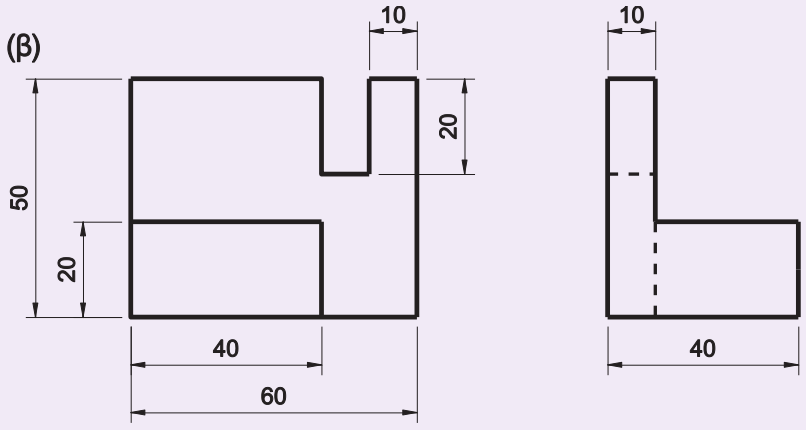
Τα επόμενα στερεά αντικείμενα είναι σχεδιασμένα σε ορθογραφική προβολή. Να σχεδιαστούν σε ισομετρική προβολή, με κλίμακα 1:1. Όλες οι διαστάσεις είναι σε χιλιοστόμετρα (mm). Στα σχέδια που θα κάνετε, να μην τοποθετήσετε τις διαστάσεις.

(Σημ. Τα σχέδια δεν είναι υπό κλίμακα)

(α)

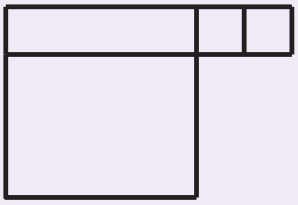


(β)



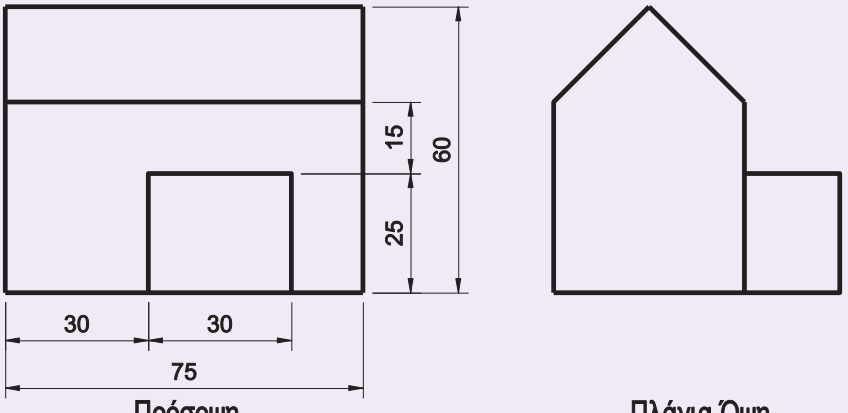
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



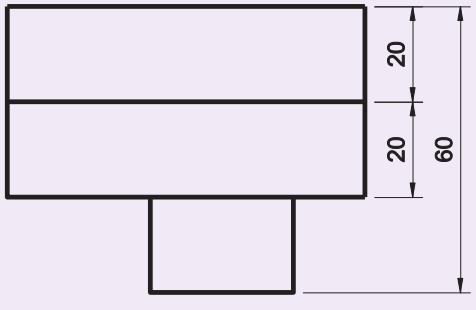
Κάτοψη

(γ)



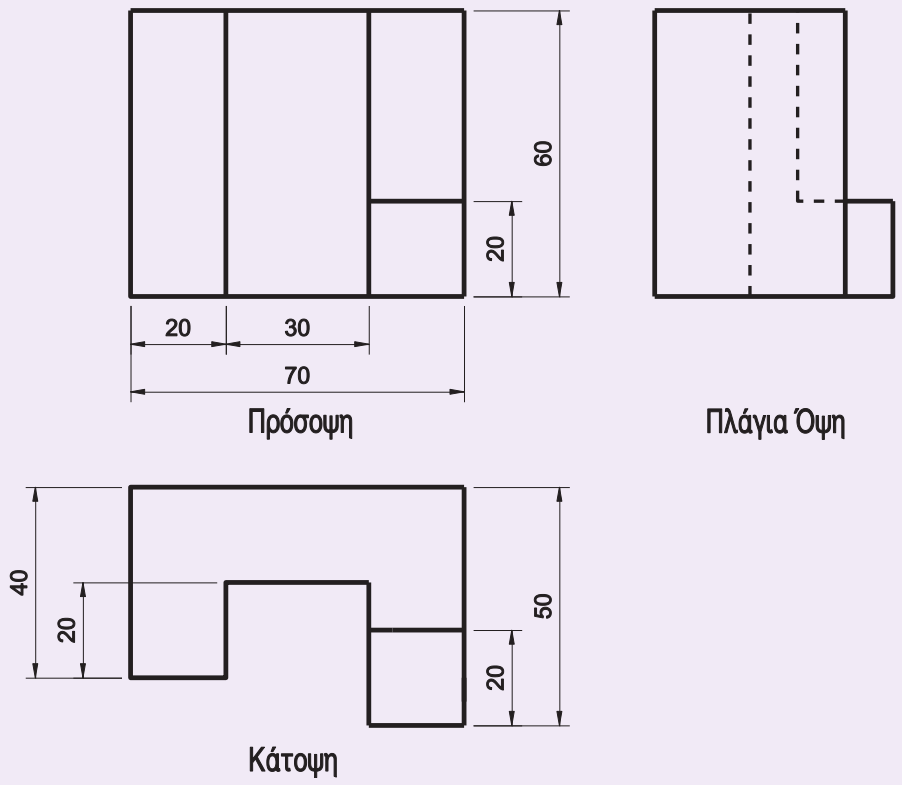
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη

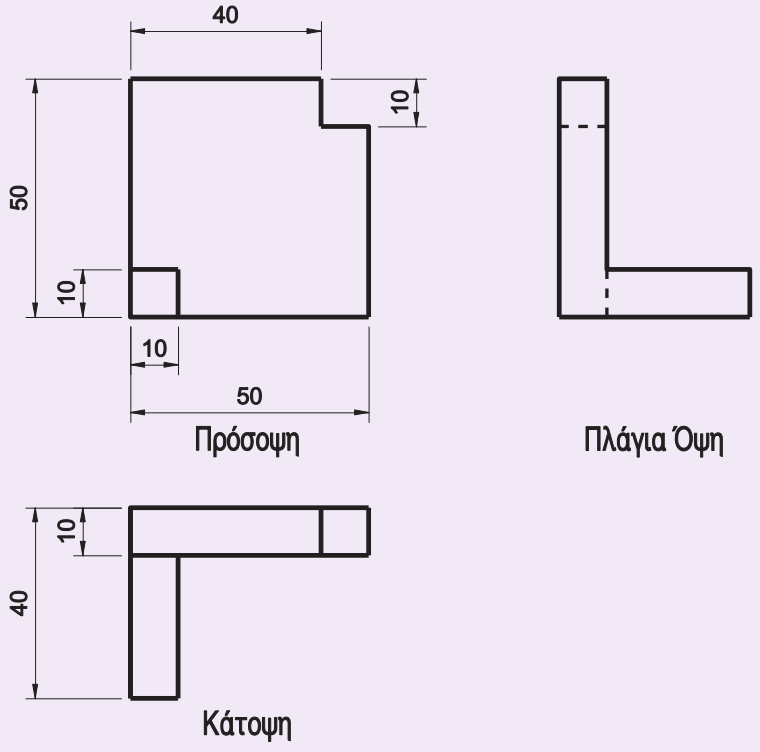


Κάτοψη

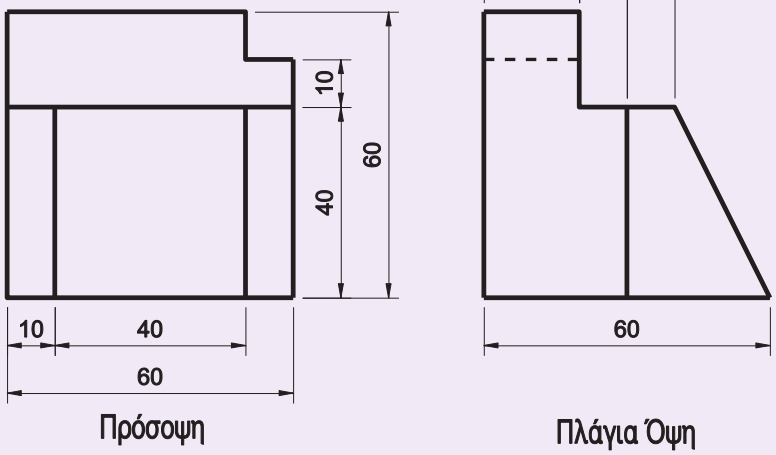
(δ)


60
20
20
30
70
Πρόσοψη
Πλάγια Όψη
40
20
50
20
Κάτοψη

(ε)

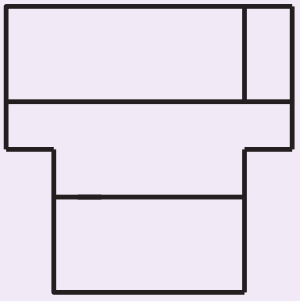

40
10
50
10
10
50
Πρόσοψη
Πλάγια Όψη
10
40
Κάτοψη

(στ)



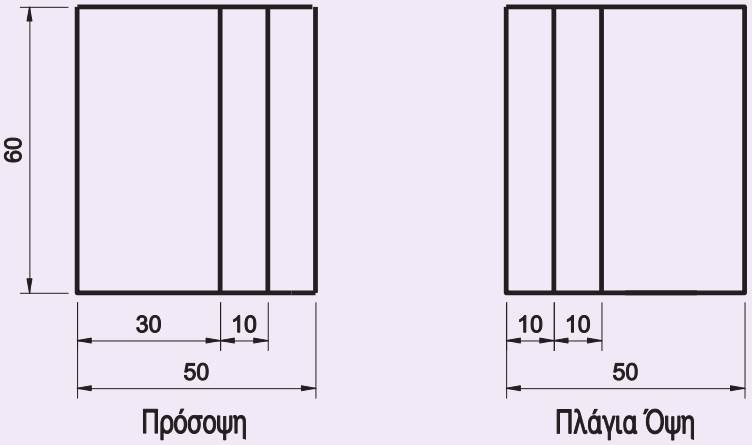
Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



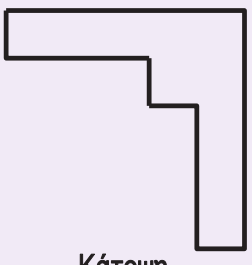
Κάτοψη

(ζ)

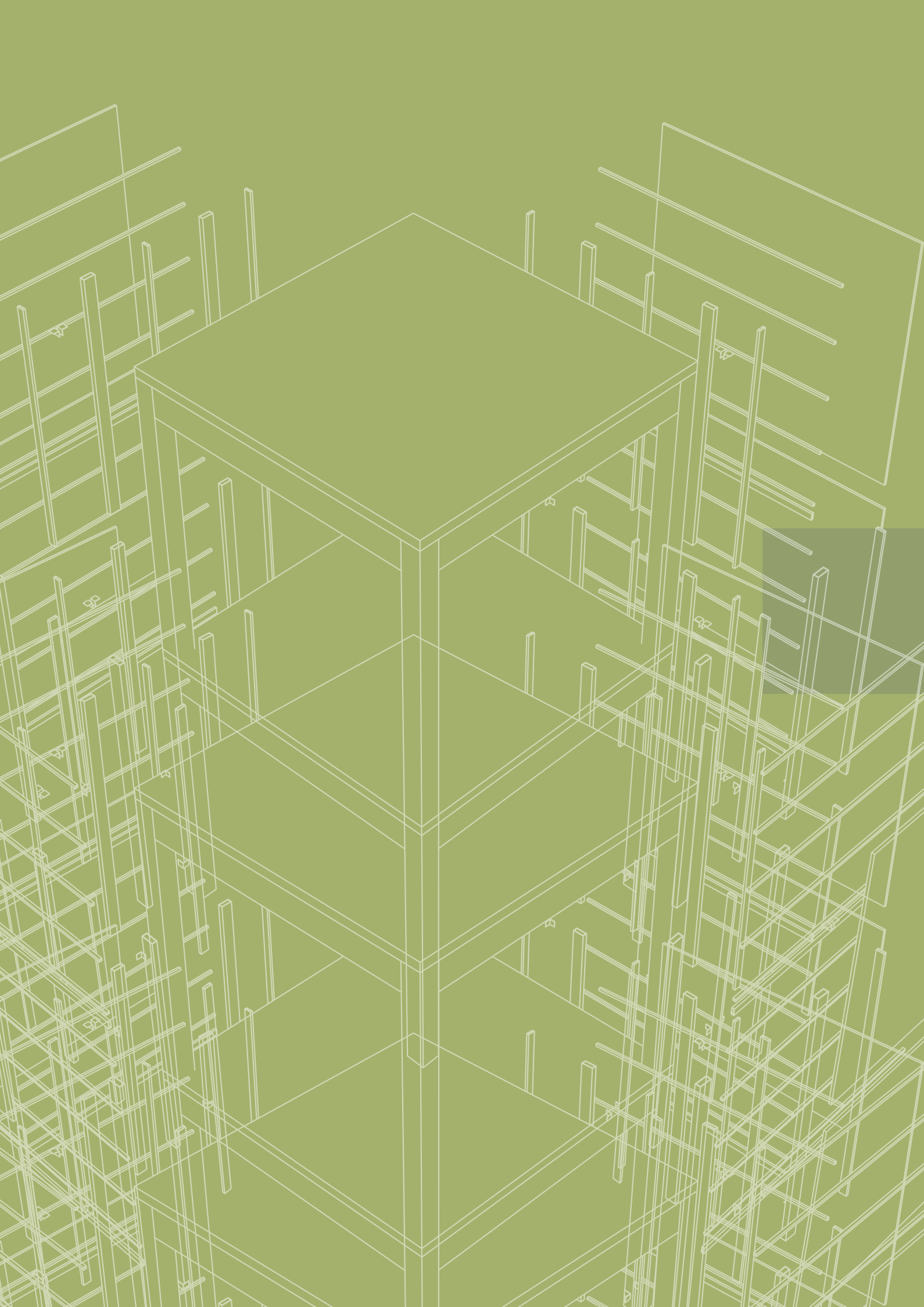


Πρόσοψη

Πλάγια Όψη



Κάτοψη



2 Ενότητα

Κατασκευαστικά Συστήματα - Αντοχή Υλικών

2.1 Εισαγωγή

Η λέξη κατασκευές, συνήθως, φέρνει στο μυαλό μας γέφυρες, πυλώνες της ΑΗΚ και ψηλά κτήρια. Τις κατασκευές αυτές μπορεί κάποιος να τις προσέξει πολύ εύκολα, όμως υπάρχουν αρκετές άλλες που βρίσκονται πολύ πιο κοντά μας και τις χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, όπως για παράδειγμα, οι καρέκλες, τα παγκάκια, τα ερμάρια και οι πόρτες.

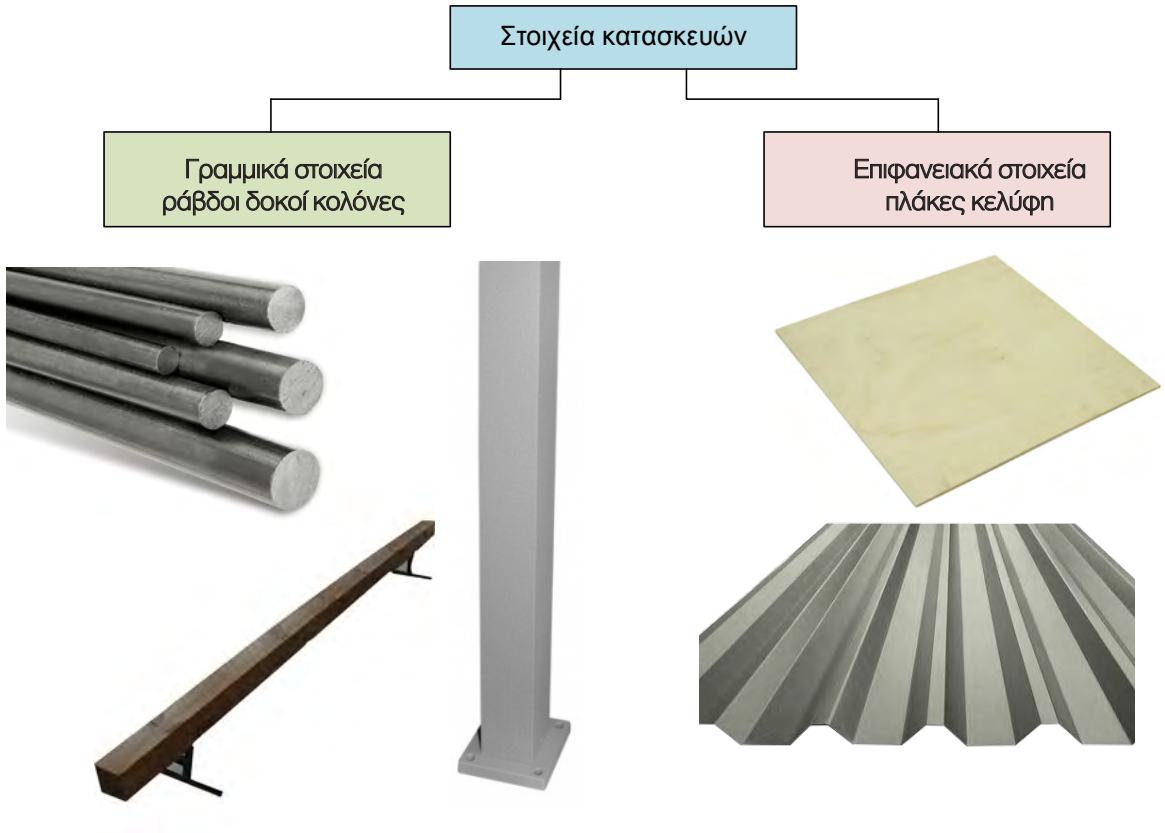
2.2 Κατηγορίες κατασκευών

Πάρα πολλές κατασκευές είναι **τεχνητές** και έχουν γίνει από τον άνθρωπο, για να επιλύσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Όλες έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους την αντοχή που επιδεικνύουν, όταν υφίστανται κάποιες δυνάμεις. Όλες στηρίζουν κάποιου είδους φορτίο. Για παράδειγμα, οι σήραγγες συγκρατούν τις πέτρες και το έδαφος που υπάρχει πάνω από αυτές, οι γέφυρες συγκρατούν τα φορτία που δημιουργούνται από την κίνηση των αυτοκινήτων και των ανθρώπων πάνω σε αυτές και ο σκελετός του ποδηλάτου συγκρατεί τους τροχούς, τα πετάλια και το κάθισμα στη θέση τους. Πολλές ανθρώπινες κατασκευές βασίζονται πάνω στις ίδιες αρχές που υπάρχουν και στις **φυσικές κατασκευές**. Παραδείγματα φυσικών κατασκευών είναι τα δέντρα, τα φυτά, ο ιστός της αράχνης και οι φυσικές σπηλιές. Οι κορμοί των δέντρων στηρίζουν τα κλαδιά και τα φύλλα και οι ρίζες συγκρατούν τον ίδιο τον κορμό. Ο σκελετός του σώματος των ανθρώπων είναι και αυτός μία κατασκευή που χρησιμοποιείται, για να στηρίζει τα μαλακά μέρη του σώματος, όπως είναι και οι στύλοι οι οποίοι στηρίζουν το αντίσκηνο ή το ξύλινο πλαίσιο του καναπέ.

Σχ. 2/1 Φυσικές (αριστερά) και τεχνητές (δεξιά) κατασκευές

2.3 Στοιχεία κατασκευών

Μια απλή κατασκευή μπορεί να προέλθει από τον συνδυασμό γραμμικών και επιφανειακών κατασκευαστικών στοιχείων (σχήμα 2/2). Γραμμικά κατασκευαστικά στοιχεία είναι οι **δοκοί**, οι **κολόνες** και οι **ράβδοι**. Οι δοκοί, συνήθως, βρίσκονται τοποθετημένες οριζόντια και φορτίζονται, κυρίως, με κατακόρυφα φορτία, όπως τα φορτία βαρύτητας. Οι κολόνες βρίσκονται τοποθετημένες κατακόρυφα και δέχονται, κυρίως, φορτία που τις συμπιέζουν κατά μήκος του άξονά τους. Στα γραμμικά κατασκευαστικά στοιχεία, όπως αναφέρθηκε, περιλαμβάνονται και οι ράβδοι (πιο λεπτά στοιχεία), οι οποίες δέχονται φορτία μόνο κατά μήκος του άξονά τους. Στα επιφανειακά κατασκευαστικά στοιχεία περιλαμβάνονται οι **πλάκες** (επίπεδες επιφάνειες) και τα **κελύφη** (επιφάνειες με καμπύλο σχήμα).



Σχ. 2/2 Στοιχεία κατασκευών

2.4 Τύποι κατασκευών

Οι κατασκευές, ανάλογα με τον τρόπο που καταπονούνται ή και μεταφέρουν τις εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους, χωρίζονται σε τρεις τύπους:

2.4.1 Κατασκευές σκελετού

Οι κατασκευές αυτές αποτελούνται, κυρίως, από γραμμικά κατασκευαστικά στοιχεία όπως ράβδους, δοκούς και κολόνες. Από τον συνδυασμό των ράβδων μπορεί να προέλθει ένα δικτύωμα. Στο δικτύωμα οι ενώσεις μεταξύ των ράβδων είναι τέτοιες που επιτρέπουν κάποια περιστροφή των στοιχείων μεταξύ τους.

Σχ. 2/3 Κτήρια

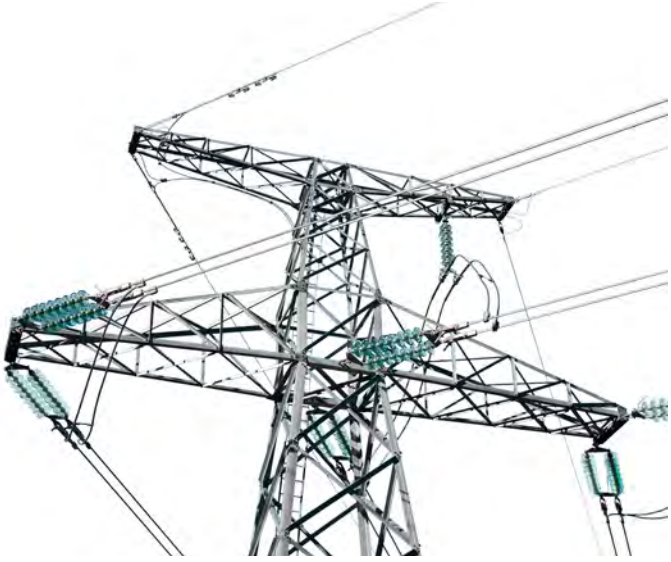
Με τον συνδυασμό των γραμμικών στοιχείων μπορεί να γίνει, επίσης, ένα πλαίσιο, όπου οι ενώσεις των στοιχείων δεν επιτρέπουν την περιστροφή των στοιχείων μεταξύ τους. Τέλος, πιο πολύπλοκες κατασκευές προέρχονται από τον συνδυασμό δικτυωμάτων ή πλαισίων με επιφανειακά στοιχεία. Τέτοιες κατασκευές είναι τα κτήρια που όλοι γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε (σχήμα 2/3).

Το έλκηθρο του σχήματος 2/4 είναι μία κατασκευή, η οποία χρησιμοποιεί πλαίσια και δικτυώματα.

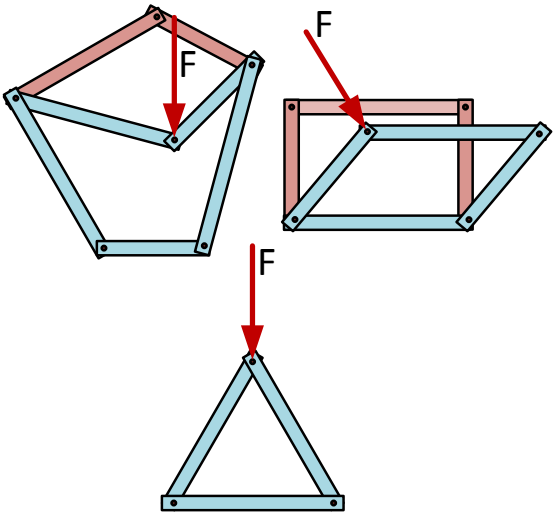
Σχ. 2/4 Έλκηθρο που χρησιμοποιεί πλαίσια και δικτυώματα.

Οι δυνάμεις - φορτία μεταφέρονται πάνω στον σκελετό των κατασκευών, για αυτό και η αντοχή των κατασκευών αυτών εξαρτάται από την ικανότητα του σκελετού τους να διατηρεί την ευστάθειά του όταν δέχεται εξωτερικές δυνάμεις.

Οι κατασκευές που βασίζονται αποκλειστικά στα δικτυώματα, όπως αυτή του σχήματος 2/5, χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό τα τριγωνικά σχήματα, γιατί αυτά είναι πιο ανθεκτικά. Αυτό οφείλεται στο ότι το πολύγωνο σχήμα μπορεί να παραμορφωθεί κάτω από την εξάσκηση κάποιου φορτίου, ενώ το τριγωνικό σχήμα δεν παραμορφώνεται (σχήμα 2/6).

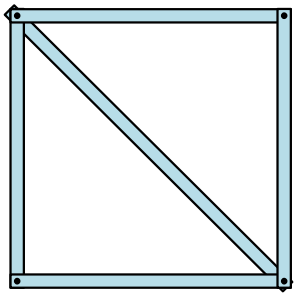


Σχ. 2/5 Πυλώνας μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, του οποίου η κατασκευή βασίζεται στη χρήση δικτυωμάτων με τριγωνισμό.

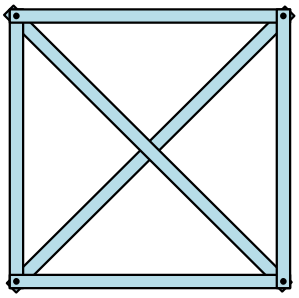


Σχ. 2/6 Τα πολυγωνικά δικτυώματα παραμορφώνονται κάτω από την εξάσκηση κάποιου φορτίου, ενώ το τριγωνικά δεν παραμορφώνονται.

Τα πολύγωνα μπορεί εύκολα να γίνουν άκαμπτα, αν προστεθούν σε αυτά ράβδοι με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματιστούν τρίγωνα. Για παράδειγμα, ένα ορθογώνιο μπορεί να γίνει άκαμπτο με την προσθήκη μίας διαγώνιας ράβδου (σχήμα 2/7) ή και δύο διαγώνιων (σχήμα 2/8). Η χρήση των δύο διαγώνιων είναι αντιοικονομική και δεν επιφέρει ουσιαστική βελτίωση της αντοχής της κατασκευής σε σχέση με την πρώτη μέθοδο.

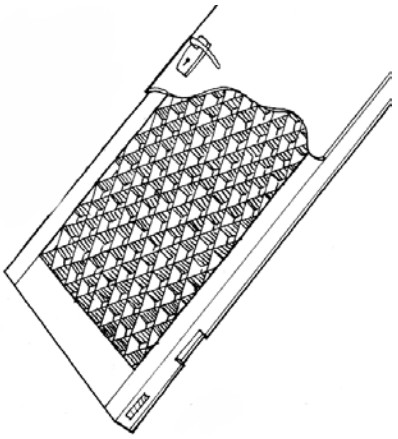


Σχ. 2/7



Σχ. 2/8

Αρκετές κατασκευές πλαισίων μπορεί να έχουν κάποιου είδους επικάλυψη πάνω από το πλαίσιο, ώστε αυτό να μην φαίνεται. Η εσωτερική πόρτα που φαίνεται στο σχήμα 2/9 είναι ένα τυπικό παράδειγμα κατασκευής, που δεν φαίνεται το πλαίσιό της. Έχει ένα ξύλινο πλαίσιο κάτω από την επιφάνεια από κοντραπλακέ. Το κενό μέρος του πλαισίου είναι γεμάτο με λωρίδες χαρτονιού σε μορφή πλαισίου, το οποίο ενισχύει το κοντραπλακέ.



Σχ. 2/9 Εσωτερική πόρτα

2.4.2 Επιφανειακές κατασκευές

Οι επιφανειακές κατασκευές αποτελούνται κυρίως από πλάκες και κελύφη. Η βάρκα που φαίνεται στο σχήμα 2/10 είναι ένα παράδειγμα κατασκευής κελύφους και η αντοχή της βασίζεται στη μορφή που έχει πάρει από το καλούπι χύτευσης. Άλλο παράδειγμα κατασκευής κελύφους είναι αβγοθήκη, που φαίνεται στο σχήμα 2/11. Αν και έχει γίνει από λεπτό ευλύγιστο φύλλο, είναι αρκετά ανθεκτική. Η αντοχή της οφείλεται στις διπλώσεις, στις καμπύλες και στις αυλακώσεις της.

Σχ. 2/10 Βάρκα

Σχ. 2/11 Αβγοθήκη

Σχ. 2/12

Για την κατασκευή αμαξωμάτων αυτοκίνητων, χαλύβδινα ελάσματα πιέζονται, για να πάρουν τη μορφή των διαφόρων μερών, τα οποία στη συνέχεια συγκολλούνται μεταξύ τους. Οι κατασκευές με χαλύβδινα ελάσματα είναι πιο ελαφριές από κατασκευές δικτυωμάτων, για αυτό και προτιμώνται για την κατασκευή αμαξωμάτων. Τα μέρη του αυτοκίνητου που δέχονται το μεγαλύτερο φορτίο, όπως για παράδειγμα το δάπεδο, έχουν τις περισσότερες καμπύλες, διπλώσεις και αυλακώσεις για να είναι πιο ανθεκτικά

Τα μεγάλα επιφανειακά μέρη των αυτοκίνητων, όπως είναι το καπό, δεν είναι αρκετά ανθεκτικά και τις πιο πολλές φορές ενισχύονται από κάποιο πλαίσιο (σχήμα 2/12).

2.4.3 Κατασκευές μάζας

Οι κατασκευές μάζας είναι συμπαγής κατασκευές που χρησιμοποιούν το ίδιο τους το βάρος, για να αντιστέκονται στις εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους. Τέτοιες κατασκευές είναι τα τοιχώματα των φραγμάτων νερού, τα οποία με ίδιο τους το βάρος αντιστέκονται στην πίεση του νερού.

Γενικά, οι κατασκευές που έχουν γίνει από τον άνθρωπο, όπως ήδη έχει αναφερθεί, βασίζονται σε κατασκευές που βρίσκονται στη φύση. Μία ομπρέλα αντέχει στον άνεμο με έναν παρόμοιο τρόπο όπως και ένα φύλλο. Το κέλυφος του αβγού, οι κηρήθρες και οι κούφιοι μίσχοι αρκετών φυτών είναι παραδείγματα κατασκευών κελύφους. Ο κούφιος μίσχος στηρίζει το φορτίο του με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που μία μεταλλική σωλήνα στηρίζει την κεραία της τηλεόρασης.

Σχ. 2/13 Το φράγμα νερού συγκρατεί το νερό με τη μάζα του.

2.5 Φορτία, φόρτιση και καταπόνηση κατασκευών

2.5.1 Είδη φορτίων

Οι κατασκευές γίνονται, για να στηρίζουν ή να μεταφέρουν κάποια φορτία. Φόρτιση μίας κατασκευής ονομάζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται αυτή, όταν εξασκούνται πάνω της κάποια φορτία. Τα φορτία αυτά (τα οποία προκαλούν τις δυνάμεις στις κατασκευές) ανάλογα με τη φύση τους και τον τρόπο που δρουν πάνω στις κατασκευές, μπορούν να χωριστούν σε διάφορα είδη, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του σχήματος 2/14

Σχ. 2/14 Είδη φορτίων

α. *Μόνιμα φορτία* ονομάζονται τα φορτία των οποίων το μέγεθος ή η θέση στην οποία βρίσκονται δεν αλλάζουν κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Για παράδειγμα, το ίδιο το βάρος της κατασκευής (κολόνες, δοκοί, πλάκες, τοίχοι στα κτήρια) και οποιαδήποτε άλλα στοιχεία είναι μόνιμα προσαρτημένα στην κατασκευή (υδραυλική εγκατάσταση, εγκατάσταση θέρμανσης, κλιματισμού, εντοιχισμένα ντουλάπια κ.λπ. στα κτήρια).

β. *Κινητά φορτία* ονομάζονται εκείνα που το μέγεθος και η θέση τους δεν παραμένει σταθερή (όλα τα φορτία που δεν είναι "μόνιμα"). Για παράδειγμα, το βάρος των επίπλων ή των ενοίκων ενός κτηρίου, τα αυτοκίνητα πάνω σε μία γέφυρα (είτε κινούνται είτε είναι σταθμευμένα), η δύναμη του αέρα που ασκείται πάνω σε μία κατασκευή κ.λπ.

Σχ. 2/15 Το βάρος της γέφυρας χαρακτηρίζεται ως μόνιμο φορτίο. Αντίθετα, το αυτοκίνητο χαρακτηρίζεται ως κινητό φορτίο.

γ. *Στατικά φορτία* ονομάζονται τα φορτία που εφαρμόζονται στην κατασκευή τόσο σιγά, ώστε να θεωρείται ότι η κατασκευή παραμένει σε ηρεμία κατά τη διάρκεια της εφαρμογής τους. Παραδείγματα στατικού φορτίου είναι η δύναμη που εξασκεί το βάρος ενός βιβλίου πάνω σε ένα ράφι και η δύναμη που εξασκεί το βάρος της στέγης πάνω στο κτήριο. Οι δυνάμεις που δρουν πάνω σε μια κατασκευή μπορούν να υπολογιστούν αρκετά εύκολα σε αυτές τις περιπτώσεις.

Σχ. 2/16 Το βάρος που ασκεί η στέγη πάνω στο κτήριο αποτελεί στατικό φορτίο.

δ. *Δυναμικά φορτία* είναι τα φορτία τα οποία εφαρμόζονται δυναμικά (απότομα) πάνω στην κατασκευή και αυτή δεν παραμένει σε ηρεμία. Τέτοια φορτία είναι η δύναμη που εξασκεί ο κολυμβητής πάνω στον βατήρα όταν ετοιμάζεται για κατάδυση (σχήμα 2/17), ο δυνατός άνεμος που φυσά πάνω στη σκηνή κ.ά. Τα δυναμικά φορτία τείνουν να δημιουργούν πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις από τα στατικά φορτία. Για παράδειγμα, όταν ο κολυμβητής απλώς στέκεται πάνω στον βατήρα, δημιουργεί μια δύναμη ίση με το βάρος του, αλλά, όταν αρχίσει να χοροπηδά, η δύναμη που θα ασκηθεί πάνω στον βατήρα μπορεί να είναι πέντε ή έξι φορές μεγαλύτερη.

Σχ. 2/17 Η δύναμη που εξασκεί ο κολυμβητής πάνω στον βατήρα χαρακτηρίζεται ως δυναμικό φορτίο.

Πολλές κατασκευές γίνονται, για να αντέχουν σε δυναμικά φορτία, αν και τον περισσότερο χρόνο θα στηρίζουν στατικά φορτία. Το κρεβάτι στο σχήμα 2/18 πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό, για να αντέχει στα δυναμικά φορτία που δημιουργούνται, όταν τα παιδιά παίζουν στο κρεβάτι, αν και ο κύριος σκοπός της κατασκευής του κρεβατιού είναι για να στηρίζει ένα παιδί που κοιμάται, το οποίο είναι βασικά ένα στατικό φορτίο.

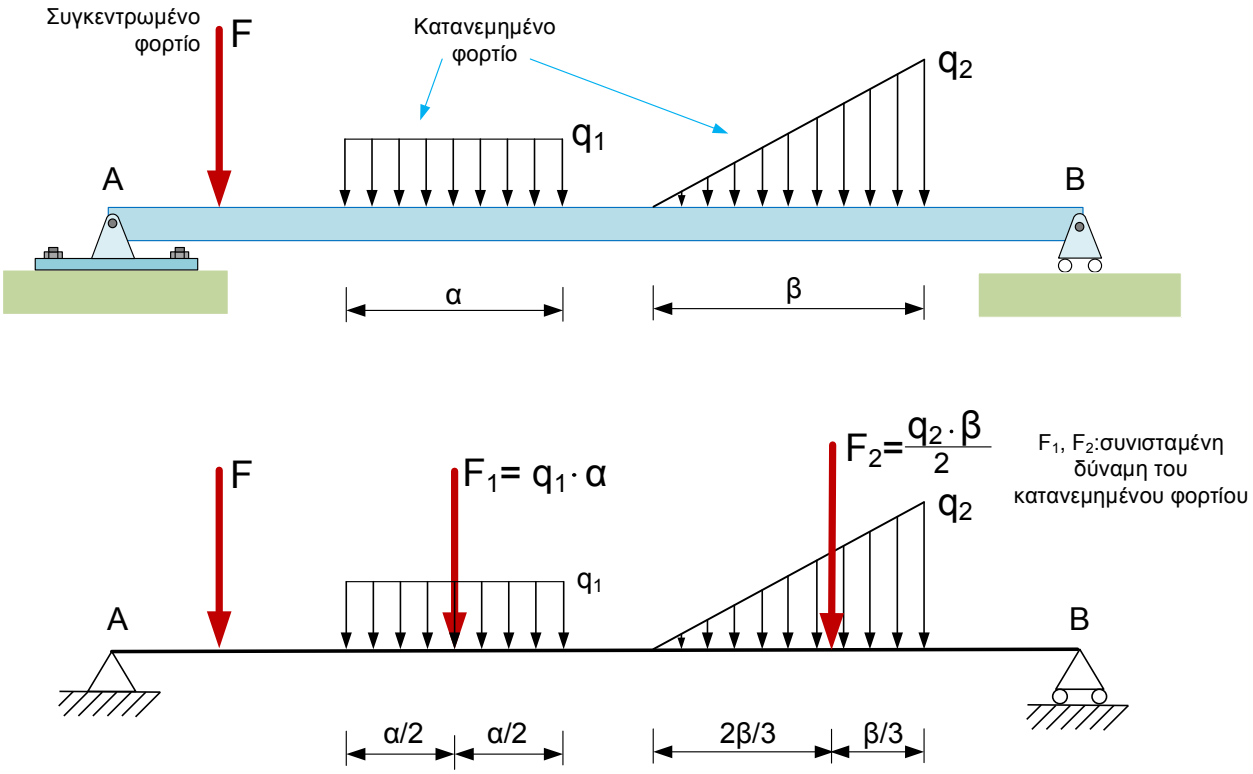
Σχ. 2/18 Ένα κρεβάτι πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό, για να αντέχει στα δυναμικά φορτία που δημιουργούνται, όταν τα παιδιά παίζουν.

ε. *Σημειακά ή συγκεντρωμένα φορτία* ονομάζονται εκείνα τα φορτία, τα οποία εφαρμόζονται πάνω στην κατασκευή, σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο.

στ. *Κατανεμημένα φορτία* ονομάζονται εκείνα τα φορτία, τα οποία εφαρμόζονται πάνω σε ολόκληρη την κατασκευή ή σε τμήμα της επιφανείας της.

Σχ. 2/19 Το φορτίο, που εφαρμόζεται στα τοιχώματα του υπερυψωμένου ντεπόζιτου από το υλικό που υπάρχει μέσα στο ντεπόζιτο, χαρακτηρίζεται ως κατανεμημένο. Αντίθετα, το φορτίο που μεταφέρουν οι στηρίξεις/κολόνες στη βάση στήριξης χαρακτηρίζεται ως σημειακό.

Για σκοπούς κάποιων υπολογισμών, όπως θα δούμε αργότερα, το κατανεμημένο φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ως συγκεντρωμένο (συνισταμένη του φορτίου), το οποίο δρα σε άξονα παράλληλο προς την κατεύθυνση του κατανεμημένου φορτίου και περνά από το κέντρο βάρους του σχήματός του (σχήμα 2/20).



Σχ. 2/20 Συγκεντρωμένο και κατανεμημένο φορτίο

2.5.2 Είδη καταπόνησης

Οι κατασκευές, για να θεωρούνται ότι είναι επιτυχημένες και αποτελεσματικές για τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκαν, πρέπει να αντέχουν σε δυνάμεις που δρουν πάνω τους, είτε αυτές είναι στατικές είτε αυτές είναι δυναμικές. Υπάρχουν πέντε βασικοί τύποι δυνάμεων που εξασκούνται πάνω σε μία κατασκευή και προκαλούν και ανάλογη καταπόνηση:

- Δυνάμεις θλίψης
- Δυνάμεις εφελκυσμού
- Δυνάμεις κάμψης
- Δυνάμεις στρέψης
- Δυνάμεις διάτμησης

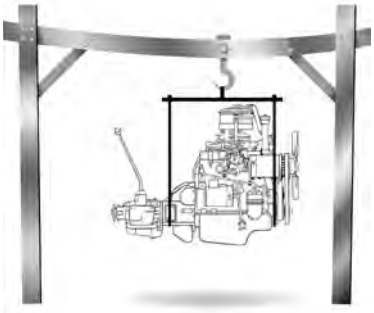
α. *Οι δυνάμεις θλίψης* συμπιέζουν μία κατασκευή:
Ο γρύλος ανύψωσης που τοποθετείται κάτω από τους άξονες του αυτοκινήτου συμπιέζεται από το βάρος του αυτοκινήτου. Στα κτήρια, υφίστανται θλίψη, κυρίως οι κολόνες.

Σχ. 2/21 Ο γρύλος ανύψωσης αυτοκινήτου υφίσταται θλίψη από το βάρος του αυτοκινήτου.

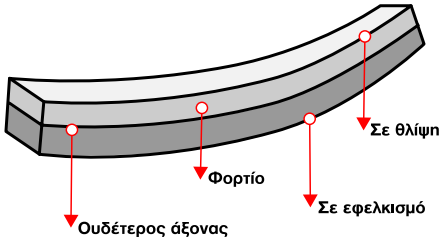
β. *Οι δυνάμεις εφελκυσμού* που τείνουν να επιμηκύνουν μια κατασκευή: Τα συρματόσχοινα που στηρίζουν μια κρεμαστή γέφυρα εφελκύονται (σχήμα 2/22) όπως και τα σχοινιά μίας κούνιας.

Σχ. 2/22 Τα συρματόσχοινα της γέφυρας υφίστανται εφελκυσμό

γ. *Οι δυνάμεις κάμψης* που τείνουν να κάμψουν μία κατασκευή: Η δοκός στο σχήμα 2/23 κάμπτεται από το βάρος της μηχανής. Μία πιο προσεχτική μελέτη της δοκού θα δείξει ότι η δοκός είναι υπό θλίψη στην πάνω επιφάνεια και υπό εφελκυσμό στην κάτω επιφάνειά της (όταν το φορτίο δρα από πάνω προς τα κάτω). Μεταξύ των δύο επιφανειών είναι ο ουδέτερος άξονας της δοκού, που δεν υφίσταται ούτε θλίψη, ούτε εφελκυσμό (σχήμα 2/24). Οι δοκοί από μπετόν ενισχύονται με ράβδους σιδήρου κοντά στην κάτω επιφάνειά τους, επειδή το μπετόν δεν αντέχει σε εφελκυσμό (σχήμα 2/25).

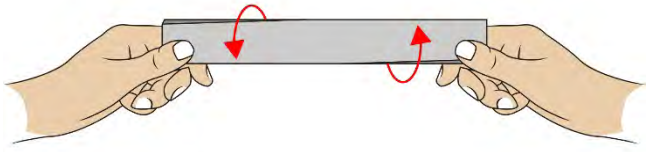


Σχ. 2/23 Δοκός που υφίσταται κάμψη.



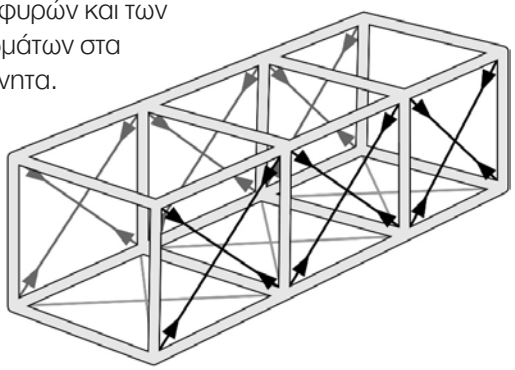
Σχ. 2/24 Η δοκός κάμπτεται. (Το άνω μέρος της δοκού θλίβεται και το κάτω μέρος της εφελκύεται).

Σχ. 2/25 Δοκός από μπετόν ενισχυμένη με ράβδους σιδήρου



Σχ. 2/26 Το χαρτί και το ρούχο υφίστανται στρέψη

δ. *Οι δυνάμεις στρέψης* που τείνουν να στρέψουν μία κατασκευή, όπως μια βρεγμένη φανέλα που τη στρίβεις για να βγει το νερό (σχήμα 2/26). Οι δυνάμεις στρέψης μπορούν να αντιμετωπιστούν διαμορφώνοντας μια κατασκευή, όπως στο σχήμα 2/27. Πολλές κατασκευές χρησιμοποιούν αυτή την ιδέα, συμπεριλαμβανομένων των αεροπλάνων, των γεφυρών και των αμαξωμάτων στα αυτοκίνητα.

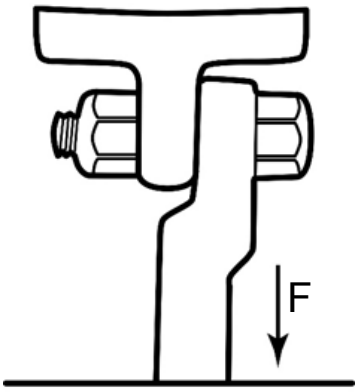


Σχ. 2/27

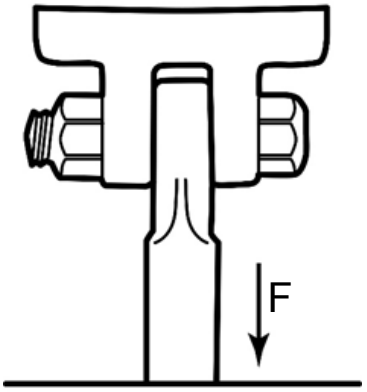
ε. *Οι δυνάμεις διάτμησης* που τείνουν να κόψουν την κατασκευή στα δύο. Η συσκευή κοπής μεταλλικών ελασμάτων κόβει τα ελάσματα, ασκώντας πάνω τους διατμητικές δυνάμεις (σχήμα 2/28). Οι δυνάμεις που δρουν προς αντίθετες κατευθύνσεις πάνω στο μπουλόνι τείνουν να το κόψουν (σχήμα 2/29).

Με τη χρήση διπλής υποστήριξης (σχήμα 2/30), είναι πολύ πιο δύσκολο να κοπεί το μπουλόνι σε σύγκριση με τη χρήση μονής, αφού η δύναμη που προέρχεται από το φορτίο κατανέμεται στις δύο επιφάνειες του μπουλονιού.

Σχ. 2/28 Συσκευή κοπής μεταλλικών ελασμάτων



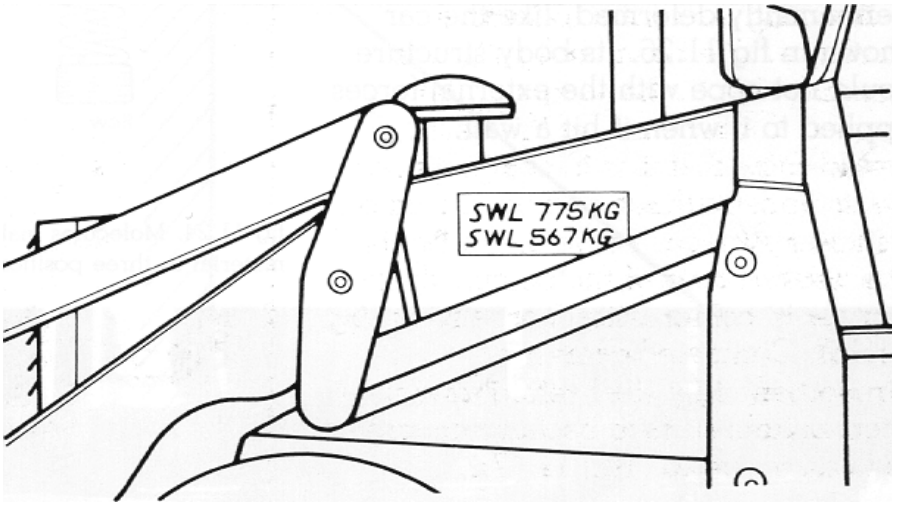
Σχ. 2/29 Μονή υποστήριξη



Σχ. 2/30 Διπλή υποστήριξη

2.5.3 Συντελεστής ασφάλειας

Για να γίνει μία κατασκευή αρκετά δυνατή και ανθεκτική, χωρίς όμως να στοιχίσει υπερβολικά, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι δυνάμεις που θα εξασκούνται πάνω στην κατασκευή. Αυτό όμως δεν είναι εύκολο να γίνει. Ακόμη και οι πιο έμπειροι σχεδιαστές – μηχανικοί δεν μπορούν ποτέ να είναι σίγουροι ότι έχουν υπολογίσει όλες τις δυνάμεις που μπορεί να εξασκηθούν πάνω σε μία κατασκευή κατά τη διάρκεια της ζωής της. Ποιος μπορεί να πει ότι ένας άνδρας 85 kg δεν θα καθίσει πάνω σε μία κούνια που σχεδιάστηκε για πεντάχρονα παιδιά ή ότι ένας γρύλος που σχεδιάστηκε για να ανυψώνει φορτία μέχρι 500 kg, δεν θα χρησιμοποιηθεί για να ανυψώσει φορτία 1000 kg. Λόγω τέτοιων προβλημάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια των χρηστών, αλλά και την αντοχή και μακροζωία των ιδίων των κατασκευών, αυτές σχεδιάζονται πάντοτε λαμβάνοντας υπόψη έναν συντελεστή ασφάλειας.



Σχ. 2/31 Στα ανυψωτικά μηχανήματα αναγράφεται πάνω τους το φορτίο ασφαλούς λειτουργίας

Ο σχεδιαστής – μηχανικός πρέπει να ερευνήσει σχετικούς κανονισμούς – πρότυπα για να χρησιμοποιήσει τους σωστούς συντελεστές ασφάλειας. Εάν, για παράδειγμα, λάβει υπόψη του κατά τους υπολογισμούς μίας κατασκευής, έναν συντελεστή ασφαλείας ίσο με τέσσερα, τότε, αφού υπολογίσει το φορτίο που δρα πάνω σε ένα συγκεκριμένο στοιχείο της κατασκευής, το στοιχείο αυτό θα κατασκευαστεί έτσι, ώστε να αντέχει το τετραπλάσιο φορτίο. Έτσι, λοιπόν, εάν το πλαίσιο μίας κούνιας υπολογίστηκε να δέχεται φορτίο 400 Ν, με τη χρήση ενός συντελεστή ασφαλείας ίσου με τέσσερα, θα πρέπει στην πραγματικότητα να αντέχει σε φορτίο μέχρι 1600 Ν. Στη βιομηχανία, σε όλα τα ανυψωτικά μηχανήματα πρέπει να αναγράφεται εμφανώς πόσο φορτίο μπορούν να ανυψώσουν με ασφάλεια (σχήμα 2/31). Το φορτίο της ασφαλούς εργασίας (λειτουργίας) είναι κατά πολύ μικρότερο από το φορτίο μέγιστης αντοχής της κατασκευής. Οι κατασκευές είναι υπολογισμένες για να αντέχουν φορτία πολύ μεγαλύτερα από τα φορτία ασφαλούς λειτουργίας λόγω του συντελεστή ασφάλειας που λήφθηκε υπόψη. Ο συντελεστής ασφαλείας είναι υπολογισμένος για φορτία πολύ μεγαλύτερα από το φορτίο ασφαλούς εργασίας (λειτουργίας).

Η αδυναμία μίας κατασκευής να αντέξει σε κάποιο φορτίο έχει συνήθως πολύ σοβαρές επιπτώσεις πάνω στους ανθρώπους, οικονομικές, κυρίως, όμως σε ανθρώπινες απώλειες. Μεγάλες κατασκευές όπως γέφυρες και κτήρια, έχουν καταρρεύσει είτε διότι δεν υπολογίστηκαν όλα τα φορτία που δρούσαν πάνω τους είτε διότι δεν λήφθηκε υπόψη στους υπολογισμούς ο κατάλληλος συντελεστής ασφάλειας είτε γιατί τα υλικά κατασκευής τους δεν συντηρήθηκαν σωστά και έχασαν την αντοχή τους (π.χ. από οξείδωση). Στο σχήμα 2/32 φαίνεται μία γέφυρα που κατέρρευσε για τους πιο πάνω λόγους.

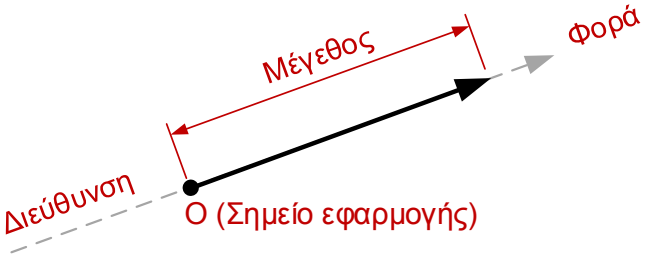
Σχ. 2/32 Στις 28/12/1878, κατά τη διάρκεια σφοδρής καταιγίδας και καθώς περνούσε τραίνο η γέφυρα Tay Railway καταρρέει. Μια από τις αιτίες κατάρρευσης της γέφυρας είναι ότι δεν λήφθηκαν υπόψη τα φορτία που ασκούσαν στη γέφυρα οι δυνατοί άνεμοι.

2.6 Δυνάμεις και ισορροπία δυνάμεων

2.6.1 Δυνάμεις

Η δύναμη είναι η αιτία της μετακίνησης ή της παραμόρφωσης ενός σώματος.

Η δύναμη είναι ανυσματικό μέγεθος, δηλαδή έχει μέτρο, διεύθυνση, φορά και σημείο εφαρμογής. Το μήκος της γραμμής παριστάνει το μέγεθος (μέτρο) της δύναμης και το βέλος δείχνει τη κατεύθυνση στην οποία δρα η δύναμή. Το σημείο "Ο" ονομάζεται σημείο εφαρμογής της δύναμης.



Σχ. 2/33

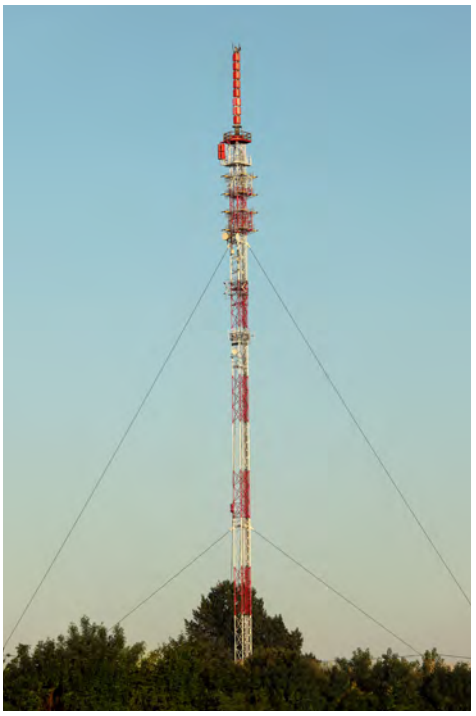
2.6.2 Ισορροπία δυνάμεων

Όταν οι δυνάμεις που δρουν πάνω σε μία κατασκευή ισορροπούν, τότε η κατασκευή βρίσκεται σε ισορροπία. Στο σχήμα 2/34 φαίνεται μία κεραία εκπομπής ραδιοκυμάτων. Τα συρματόσχοινα στήριξης είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να εξασκούν ίσες δυνάμεις στις αντίθετες πλευρές της κεραίας. Σε άλλες κατασκευές οι δυνάμεις εξισορρόπησης δεν είναι τόσο εύκολο να γίνουν αντιληπτές, αλλά είναι πάντοτε εκεί.

Στην ενότητα αυτή θα ασχοληθούμε με τις κατασκευές να βρίσκονται σε "κατάσταση ισορροπίας". Έτσι, οι δυνάμεις που δρουν πάνω τους προκαλούν παραμορφώσεις και όχι κάποια μετακίνηση.

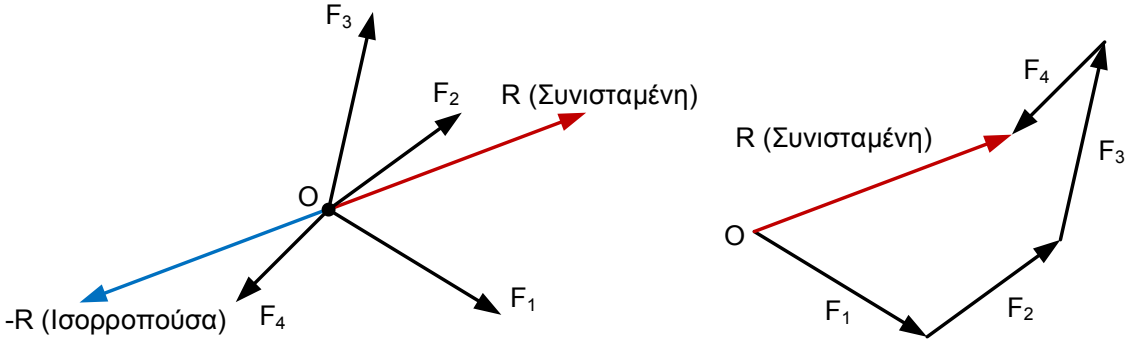
Δύο ή περισσότερες δυνάμεις με κοινό σημείο εφαρμογής, μπορούν να συντεθούν σε μια "συνισταμένη", τη δύναμη δηλαδή που μπορεί να προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα με τις δύο αρχικές ("συνιστώσες") δυνάμεις. Η συνισταμένη αυτή μπορεί να υπολογιστεί, χρησιμοποιώντας τα διανυσματικά διαγράμματα (γραφική μέθοδος).

Δυνάμεις που έχουν το ίδιο σημείο εφαρμογής ισορροπούν με μία δύναμη ίση σε μέγεθος και αντίθετη σε φορά με τη συνισταμένη τους. Η δύναμη αυτή ονομάζεται "ισορροπούσα".



Σχ. 2/34

Στο σχήμα 2/35 φαίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της συνισταμένης δύναμης R των δυνάμεων F_1, F_2, F_3 και F_4 με τη χρήση της γραφικής μεθόδου. Το αποτέλεσμα (η συνισταμένη) παραμένει το ίδιο με οποιαδήποτε σειρά προσθέσουμε τις δυνάμεις. Όμως για την αποφυγή λαθών είναι καλύτερα να τις παίρνουμε με τη σειρά.

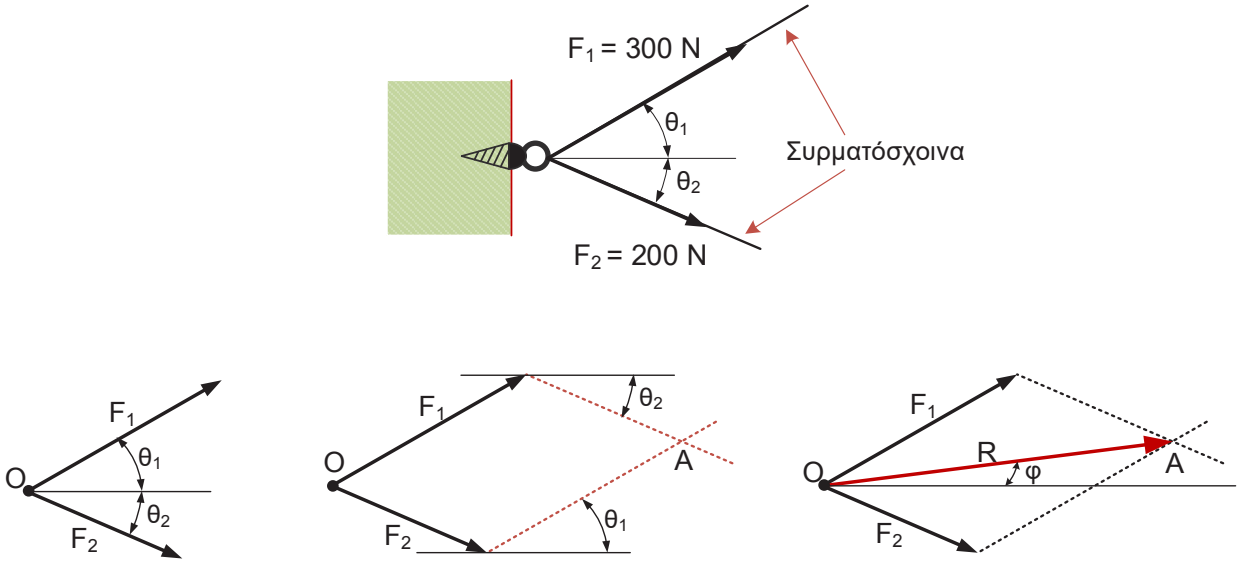


Σχ. 2/35 Γραφική μέθοδος υπολογισμού της συνισταμένης δύναμης

Η δύναμη -R είναι η ισορροπούσα δύναμη, έχει μέτρο ίσο με αυτό της R, αλλά αντίθετη κατεύθυνση.

Το σχήμα 2/36 δείχνει ένα τέτοιο παράδειγμα σε μία πρακτική εφαρμογή. Δύο δυνάμεις των 200 N και 300 N δρουν πάνω σε έναν γάντζο, ο οποίος είναι στερεωμένος στον τοίχο. Το συνδυασμένο αποτέλεσμα των δύο δυνάμεων (συνισταμένη) και η ισορροπούσα δύναμη (αντίδραση) στον τοίχο μπορούν να υπολογιστούν, χρησιμοποιώντας τη γραφική μέθοδο υπολογισμού.

Το σχήμα 2/36 δείχνει τα στάδια που χρειάζονται για τον υπολογισμό των δυνάμεων.



Σχ. 2/36 Γραφική μέθοδος υπολογισμού της συνισταμένης και ισορροπούσας δύναμης στον γάντζο.

Αναλυτική μέθοδος

Εκτός από τη γραφική μέθοδο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η αναλυτική μέθοδος για τον υπολογισμό της συνισταμένης. Για τη χρησιμοποίηση της αναλυτικής μεθόδου πρέπει να γίνουν τα εξής βήματα:

- Οι δυνάμεις οι οποίες δεν είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες αναλύονται στις οριζόντιες και κατακόρυφες συνιστώσες τους.
- Υπολογίζεται το αλγεβρικό άθροισμα τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων συνιστωσών:

$$\Sigma F_X = F_{1X} + F_{2X} = F_1 \cdot \text{συν}\,\theta_1 + F_2 \cdot \text{συν}\,\theta_2 + \cdots$$

$$\Sigma F_Y = F_{1Y} + F_{2Y} = F_1 \cdot \text{ημ}\,\theta_1 + F_2 \cdot \text{ημ}\,\theta_2 + \cdots$$

- Με τη χρήση του Πυθαγόρειου θεωρήματος υπολογίζεται το μέγεθος (μέτρο) της συνισταμένης δύναμης R ή ΣF.

$$R = \Sigma F = \sqrt{(\Sigma F_X)^2 + (\Sigma F_Y)^2}$$

- Η διεύθυνση της συνισταμένης προσδιορίζεται από τη γωνία φ.

$$\varphi = \varepsilon\varphi^{-1}\frac{\Sigma F_Y}{\Sigma F_X}$$

Παράδειγμα 1

Να υπολογιστεί η συνισταμένη R των πιο κάτω δυνάμεων:

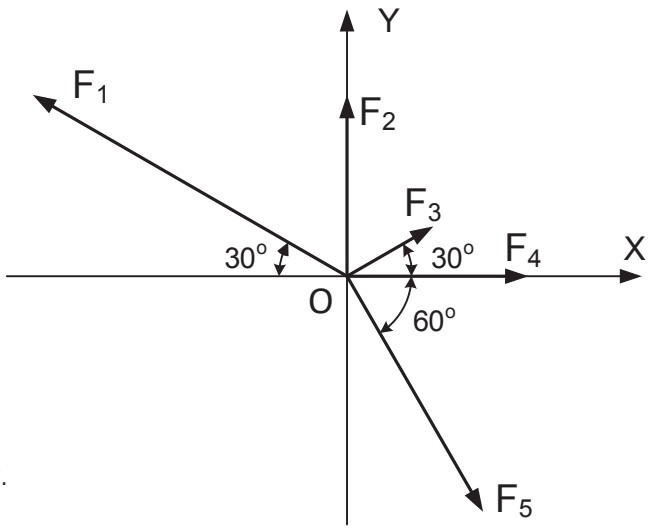
F_1= 400 N

F_2= 200 N

F_3= 100 N

F_4= 200 N

F_5= 300 N



Λύση:

Υπολογίζεται το αλγεβρικό άθροισμα τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων συνιστωσών.

Συνιστώσα ΣF_X :

$$\Sigma F_X = -F_{1X} + F_{3X} + F_4 + F_{5X} = -F_1 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o + F_3 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o + F_4 + F_5 \cdot \sigma\upsilon\nu 60^o$$

$$= -400\ N \cdot 0{,}866 + 100\ N \cdot 0{,}866 + 200\ N + 300\ N \cdot 0{,}5$$

$$= -346{,}4\ N + 86{,}6\ N + 200\ N + 150\ N = 90{,}2\ N$$

Συνιστώσα ΣF_Y :

$$\Sigma F_Y = F_{1Y} + F_2 + F_{3Y} - F_{5Y} = F_1 \cdot \eta\mu 30^o + F_2 + F_3 \cdot \eta\mu 30^o - F_5 \cdot \eta\mu 60^o$$

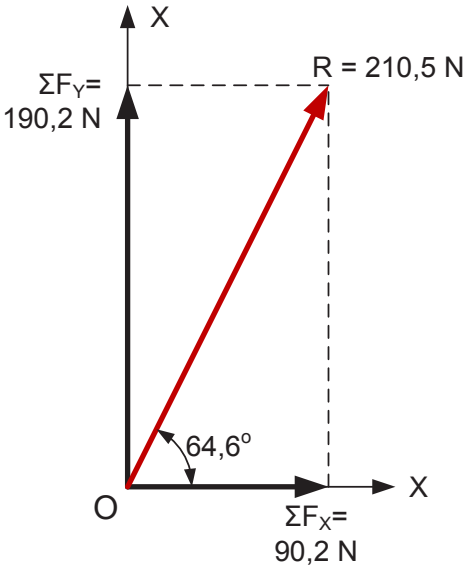
$$= 400\ N \cdot 0{,}5 + 200\ N + 100\ N \cdot 0{,}5 - 300\ N \cdot 0{,}866$$

$$= 200\ N + 200\ N + 50\ N - 259{,}8\ N = 190{,}2\ N$$

Με τη χρήση του Πυθαγόρειου θεωρήματος υπολογίζεται το μέγεθος (μέτρο) της συνισταμένης δύναμης R ή ΣF:

$$R = \sqrt{(\Sigma F_X)^2 + (\Sigma F_Y)^2}$$

$$= \sqrt{(90{,}2\ N)^2 + (190{,}2\ N)^2} = 210{,}5\ N$$



Η διεύθυνση της συνισταμένης R προσδιορίζεται από τη γωνία φ:

$$\varepsilon\varphi\varphi = \frac{\Sigma F_Y}{\Sigma F_X} = \frac{190{,}2\ N}{90{,}2\ N} = 2{,}108 \Rightarrow \varphi = 64{,}6^o$$

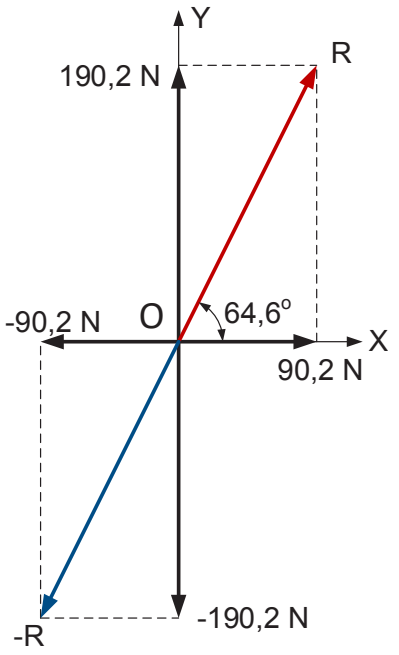
Η φορά της R καθορίζεται από τη φορά των ΣF_x, ΣF_y.

Αν στο σημείο εφαρμογής των δυνάμεων του πιο πάνω παραδείγματος εφαρμόσουμε μία δύναμη ίση και αντίθετη με τη συνισταμένη, την οποία έχουμε ήδη υπολογίσει, τότε το άθροισμα των δυνάμεων ΣF_X στην κατεύθυνση X γίνεται ίσο με μηδέν, όπως και το άθροισμα ΣF_Y στην κατεύθυνση Y. Έτσι, αφού ΣF_X=0 και ΣF_Y=0, το σημείο αυτό ισορροπεί.

$\Sigma F_X = 90,2\ N - 90,2\ N = 0$

$\Sigma F_Y = 190,2\ N - 190,2\ N = 0$

$\Rightarrow$ το σημείο Ο ισορροπεί



Ένα σημείο εφαρμογής δυνάμεων ισορροπεί, όταν το άθροισμα των δυνάμεων ΣF_X στην κατεύθυνση Χ και το άθροισμα των δυνάμεων ΣF_Y στην κατεύθυνση Υ ισούνται με μηδέν. Δηλαδή :

$\Sigma F_X = 0$

$\Sigma F_Y = 0$

R: Συνισταμένη δύναμη

-R: Ισορροπούσα δύναμη

2.7 Ροπή δύναμης

Όπως έχει αναφερθεί, αν σε ένα σώμα εξασκηθεί μια εξωτερική δύναμη, το σώμα αυτό θα μετακινηθεί. Αν το σώμα είναι στερεωμένο σε κάποιο σημείο Ο και η δύναμη F δεν περνά από το Ο, αλλά βρίσκεται σε απόσταση ℓ από αυτό, τότε το σώμα θα περιστραφεί γύρω από το σημείο Ο. Η απόσταση ℓ ονομάζεται μοχλοβραχίονας και το γινόμενο $F \cdot \ell$ ονομάζεται ροπή.

Η ροπή συμβολίζεται, συνήθως, με το γράμμα Μ, οι μονάδες της είναι τα Nm και υπολογίζεται από τη σχέση:

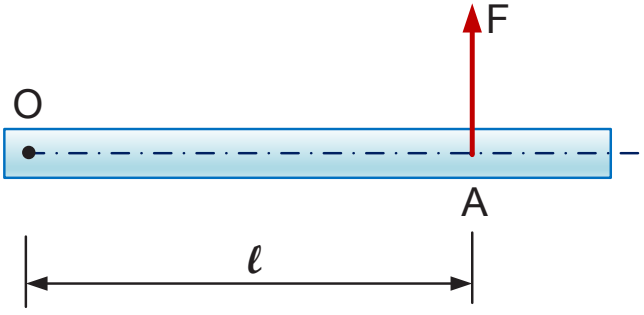
$M = F \cdot \ell$

Όπου:

F = Δύναμη σε N

ℓ = κάθετη απόσταση σε m

M = ροπή δύναμης σε Nm



Σχ. 2/37

Οι εφαρμογές της ροπής δύναμης συναντιούνται, πολύ συχνά, στον σχεδιασμό εργαλείων, μηχανών και κατασκευών.

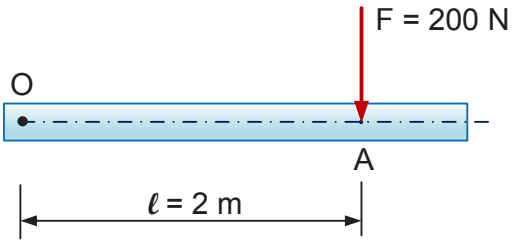
Παραδείγματα υπολογισμού της ροπής

Παράδειγμα 2

Να υπολογιστεί η ροπή της δύναμης F=200 N ως προς το σημείο Ο.

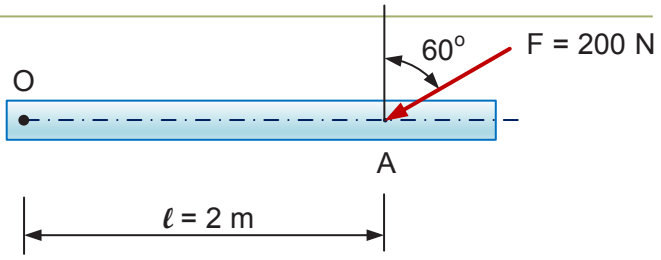
Λύση:

$M= -F\cdot \ell = -200\ N \cdot 2\ m = -400\ Nm$



Παράδειγμα 3

Να υπολογιστεί η ροπή της δύναμης F=200 N ως προς το σημείο Ο. Η δύναμη σχηματίζει γωνιά 60° με την κατακόρυφο.



Επειδή για τον υπολογισμό της ροπής χρησιμοποιούμε την κάθετη απόσταση της δύναμης από το σημείο αναφοράς, υπάρχουν δύο τρόποι για να υπολογίσουμε τη ροπή σε αυτή την περίπτωση:

I. Να αναλύσουμε τη δύναμη σε δύο συνιστώσες F_Y και F_X έτσι, ώστε η μία να είναι κάθετη στην ΟΑ.

Οι δύο συνιστώσες είναι:

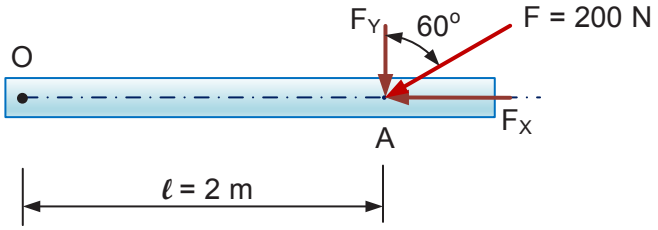
$F_Y = συν60^o \cdot F$

$F_x = ημ60^o \cdot F$

Η Fx δεν έχει ροπή ως προς το Ο επειδή περνά από το Ο. Έτσι η ροπή της δύναμης F είναι:

$M= -F \cdot συν60^o \cdot \ell$

$M= -0,5 \cdot 200\ N \cdot 2\ m = -200\ Nm$

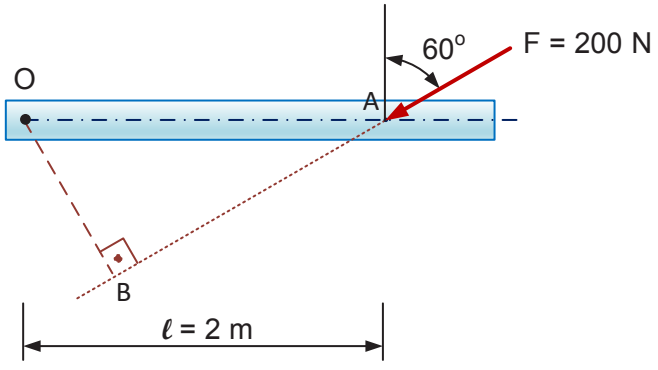


II. Να βρούμε την κάθετη απόσταση ΟΒ της F από το σημείο Ο.

$M= -F \cdot (OB)$

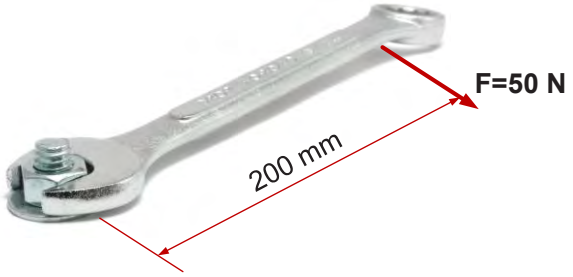
$M= -F \cdot \ell \cdot συν60^o$

$M= -200\ N \cdot 2\ m \cdot 0,5 = -200\ Nm$



Παράδειγμα 4

Το διχαλωτό κλειδί στο διπλανό σχήμα έχει μήκος 200 mm και ασκείται σε αυτό από τον τεχνίτη δύναμη 50 N.
Να υπολογιστεί η ροπή στο περικόχλιο.



Λύση:

Η ροπή στο περικόχλιο δίνεται από τον τύπο:

$M = -F \cdot \ell = -50\ N \cdot 200\ mm = -10000\ Nmm = -10\ Nm$

Το περικόχλιο θα συνεχίσει να γυρίζει σφίγγοντας όλο και περισσότερο. Θα σταματήσει μόνο, όταν η ροπή τριβής, που αντιστέκεται στο βίδωμα, γίνει ίση με 10 Nm. Σε αυτό το σημείο, οι ροπές που δρουν πάνω στο περικόχλιο θα εξισορροπηθούν.

2.8 Τάση και επιμήκυνση

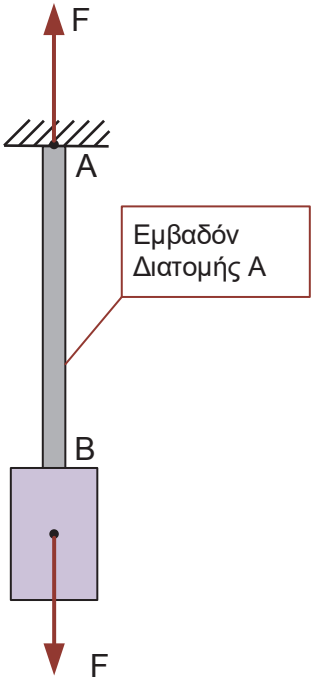
2.8.1 Τάση

Οι δυνάμεις στις κατασκευές προκαλούν παραμορφώσεις. Η παραμόρφωση εξαρτάται από το μέγεθος της δύναμης και από τη διατομή του υλικού στο οποίο εφαρμόζεται η δύναμη. Έτσι, μπορεί να οριστεί η τάση (σ) ως το πηλίκο της δύναμης (F), που εξασκείται πάνω σε ένα κατασκευαστικό στοιχείο, με το εμβαδόν (A) της διατομής του στοιχείου.

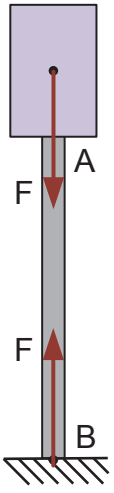
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για την τάση είναι οι μονάδες δύναμης ανά μονάδα επιφάνειας*, N/m^2. Επειδή στην πράξη έχουμε πολύ μεγάλες τάσεις, χρησιμοποιείται και το πολλαπλάσιο της μονάδας αυτής MN/m^2.

Αν στη διπλανή ράβδο ΑΒ (σχήμα 2/38), που έχει εμβαδόν διατομής Α, κρεμάσουμε ένα βάρος F, τότε τα διάφορα μόρια της ράβδου τείνουν να απομακρυνθούν μεταξύ τους.



Σχ. 2/38



Σχ. 2/39

Στην περίπτωση αυτή, λέμε ότι η ράβδος ΑΒ «βρίσκεται σε εφελκυσμό ή η ράβδος εφελκύεται».

Η τάση σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται *εφελκυστική τάση.*

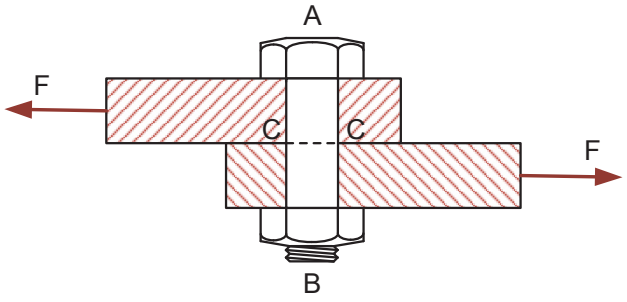
Αν στο πάνω μέρος της ράβδου ΑΒ, με εμβαδόν διατομής Α, τοποθετήσουμε ένα βάρος F, τα διάφορα στοιχεία της ράβδου τείνουν να πλησιάσουν το ένα το άλλο (σχήμα 2/39).

Στην περίπτωση αυτή, λέμε ότι η ράβδος ΑΒ «βρίσκεται σε θλίψη ή η ράβδος θλίβεται».

*Η μονάδα 1 N/m^2 ονομάζεται Pascal (Pa)

Η τάση, σε αυτήν την περίπτωση, ονομάζεται θλιπτική τάση. Η θλιπτική τάση υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και η εφελκυστική. Η εφελκυστική και η θλιπτική τάση ονομάζονται ορθές τάσεις, επειδή ενεργούν κάθετα στο επίπεδο της διατομής.

Η τρίτη βασική τάση είναι η *τάση διάτμησης*, η οποία επενεργεί στο επίπεδο διατομής στη θέση C-C του μπουλονιού ΑΒ, που φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η τάση αυτή προκαλείται από τη δύναμη F, που εφαρμόζεται πάνω στα δύο στοιχεία, τα οποία συνδέονται από το μπουλόνι.



Σχ. 2/40

Η διατμητική τάση συμβολίζεται με το γράμμα τ και δίνεται από τη σχέση:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

(Α: εμβαδόν διατομής μπουλονιού)

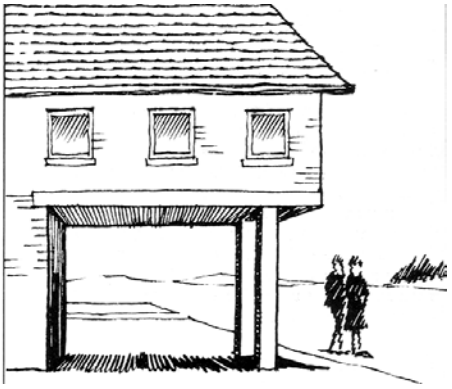
Στον πίνακα του σχήματος 2/41 φαίνονται τυπικές τιμές τάσης εργασίας (λειτουργίας) σε MN/m^2, για μερικά από τα συνηθισμένα βιομηχανικά υλικά.

Υλικά	Τιμή Τάσης σε MN/m^2
Ξύλο	100
Αλουμίνιο	70
Χυτοσίδηρος	150
Μαλακός Χάλυβας	400
Χάλυβας Ψηλού Εφελκυσμού	1000

Σχ. 2/41

Παράδειγμα 5

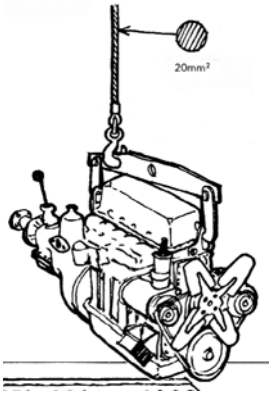
Οι κολόνες από μπετόν της οικοδομής, που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, συμπιέζονται από το βάρος του σπιτιού. Κάθε κολόνα δέχεται φορτίο 100 000 N και έχει διατομή 0,1 m^2.
Να υπολογίσετε τη θλιπτική τάση σε κάθε κολόνα.



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{100\ 000\ N}{0{,}1\ m^2} = 1\ MN/m^2$$

Παράδειγμα 6

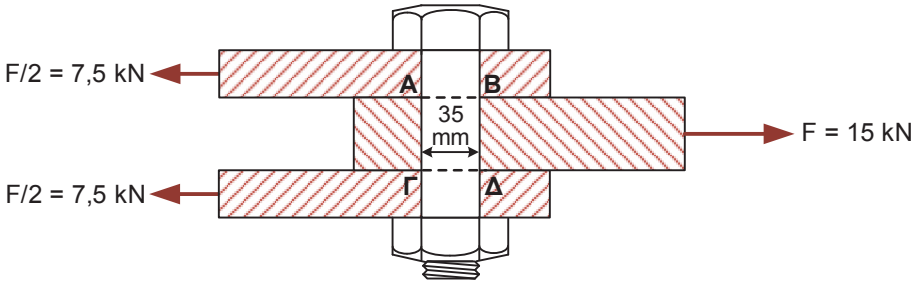
Το συρματόσχοινο του διπλανού σχήματος έχει διατομή 20 mm^2 και χρησιμοποιείται για την ανύψωση μίας μηχανής βάρους 2000 N.
Να υπολογίσετε την τάση στο συρματόσχοινο.



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2\ 000\ N}{20\ mm^2} = 100\ N/mm^2 = 100\ MN/m^2$$

Παράδειγμα 7

Να υπολογίσετε την τάση διάτμησης στο μπουλόνι της κατασκευής του πιο κάτω σχήματος.



Λύση:

Στην προκειμένη περίπτωση η δύναμη των 15 kN μοιράζεται σε δύο επίπεδα διατομής του μπουλονιού, στα ΑΒ και ΓΔ.

Εμβαδόν διατομής μπουλονιού: $A = (\pi \cdot 0{,}035^2) / 4 = 0{,}00096\ m^2$

Διατμητική τάση στο μπουλόνι: $\tau = 15000\ N / (2 \cdot 0{,}00096\ m^2) = 7{,}8 \cdot 10^6\ N/m^2$

$= 7{,}8\ MN/m^2$

2.8.2 Επιμήκυνση

Οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στις κατασκευές που είδαμε πιο μπροστά, προκαλούν παραμορφώσεις στα κατασκευαστικά στοιχεία. Η δύναμη F στα άκρα της ράβδου ΑΒ του σχήματος 2/38 της προκαλεί επιμήκυνση. Θεωρώντας ότι το αρχικό μήκος της ράβδου είναι ℓ, η *επιμήκυνση** μπορεί να ονομαστεί $\Delta\ell$. Η *ανηγμένη μήκυνση*** ε είναι η μήκυνση που αντιστοιχεί στη μονάδα μήκους της ράβδου, δηλαδή:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell}$$

(η ανηγμένη μήκυνση ε είναι καθαρός αριθμός, δηλαδή δεν έχει μονάδα μέτρησης)

Παράδειγμα 8

Ένα συρματόσχοινο με διάμετρο διατομής 6 mm και μήκος 8 m, επιμηκύνεται κατά 5 mm, όταν τραβηχτεί με δύναμη 3,6 kN. Να υπολογίσετε την τάση εφελκυσμού και την ανηγμένη μήκυνση στο συρματόσχοινο.

Λύση:

Εμβαδόν της διατομής: $A = (\pi d^2) / 4 = (\pi \cdot 0{,}006^2) / 4 = 28{,}27 \cdot 10^{-6}\ m^2$

Τάση, $\sigma = F / A = 3600\ N / (28{,}27 \cdot 10^{-6} m^2)$

$= 127{,}32 \cdot 10^6\ N/m^2 = 127{,}32\ MN/m^2$

Ανοιγμένη μήκυνση, $\varepsilon = \Delta\ell / \ell = 0{,}005\ m / 8\ m = 0{,}000625$

(Δηλαδή κάθε μέτρο του συρματόσχοινου μεγαλώνει κατά 0,625 mm)

**Ο όρος επιμηκυνση σε ορισμένη βιβλιογραφία συναντάται και ως παραμόρφωση.*
***Η ανηγμένη μήκυνση σε ορισμένη βιβλιογραφία συναντάται και ως ειδική μήκυνση.*

2.9 Αντοχή και ελαστικότητα

2.9.1 Νόμος του Hooke

Η αντοχή ενός υλικού είναι ένα μέτρο υπολογισμού του μεγέθους της δύναμης που απαιτείται, για να σπάσει ένα υλικό. Με το ίδιο σκεπτικό, η αντοχή μίας κατασκευής είναι ένα μέτρο υπολογισμού της εξωτερικής δύναμης που απαιτείται, για να σπάσει η κατασκευή.

Σε μια ράβδο διατομής Α και μήκους ℓ, που υφίσταται εφελκυσμό (σχήμα 2/42), αν αυξήσουμε σιγά - σιγά την τιμή της δύναμης F που εφαρμόζεται σε αυτή, ξεκινώντας από μηδενική τιμή μπορούμε να καταγράψουμε τις τιμές που παίρνει η ανηγμένη μήκυνση ε_1, ε_2, ... και τις αντίστοιχες τιμές των τάσεων σ_1, σ_2, ...

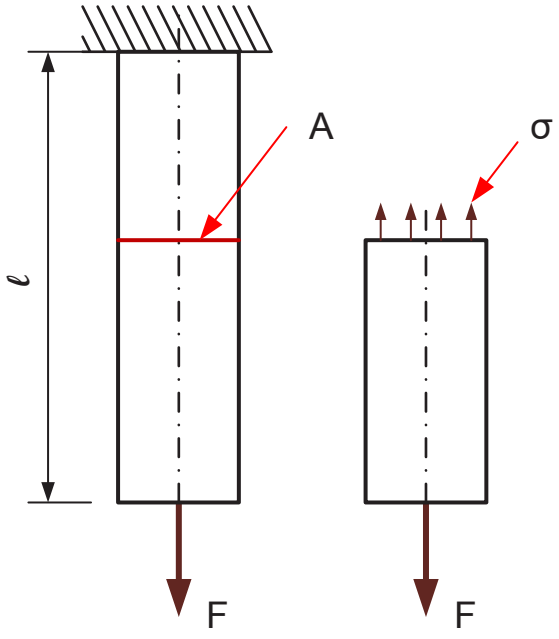
Θεωρώντας ότι Α είναι η σταθερή διατομή της ράβδου έχουμε:

$$\varepsilon_1 = \Delta\ell_1 / \ell, \quad \varepsilon_2 = \Delta\ell_2 / \ell, \ .....$$

$$\sigma_1 = F_1 / A, \quad \sigma_2 = F_2 / A, \ .....$$

Θα παρατηρήσουμε δε ότι η τιμή της τάσης είναι ανάλογη με την τιμή της ανηγμένης μήκυνσης, δηλαδή:
$\sigma \propto \varepsilon$,

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$



Σχ. 2/42

Η πιο πάνω σχέση εκφράζει τον νόμο του Hooke και συνδέει την ανηγμένη μήκυνση ($\varepsilon = \Delta\ell / \ell$) με την τάση (εντατική κατάσταση) ($\sigma = F / A$). Το Ε είναι σταθερό για κάθε υλικό και ονομάζεται μέτρο ελαστικότητας. Επειδή η ανηγμένη μήκυνση είναι αδιάστατο μέγεθος (δεν έχει μονάδες), το μέτρο ελαστικότητας Ε έχει τις ίδιες μονάδες μέτρησης όπως και η τάση N/m^2.

Στον πίνακα του σχήματος 2/43 φαίνεται η τιμή του μέτρου ελαστικότητας μερικών από τα συνηθισμένα βιομηχανικά υλικά.

Τιμές του μέτρου ελαστικότητας, Ε	
Υλικό	**E, kN/m²**
Μαλακός χάλυβας	$194 - 210 \cdot 10^6$
Χαλκός	$108 \cdot 10^6$
Ορείχαλκος	$83 \cdot 10^6$
Αλουμίνιο	$69 \cdot 10^6$
Γυαλί	$69 \cdot 10^6$
Σκυρόδεμα (μπετόν σε θλίψη)	$27 \cdot 10^6$
Ξύλο	$6{,}9 - 13{,}8 \cdot 10^6$
Νάιλον (Nylon)	$27{,}5 - 55 \cdot 10^4$
Μαλακό λάστιχο (Soft Rubber)	$13{,}8 - 55 \cdot 10^2$

Σχ. 2/43 Μέτρο ελαστικότητας συνηθισμένων βιομηχανικών υλικών

Χρησιμοποιώντας τη σχέση που εκφράζει τον νόμο του Hooke και αντικαθιστώντας σε αυτή τις σχέσεις για την τάση και την ανηγμένη μήκυνση, προκύπτει η σχέση που μας δίνει την επιμήκυνση $\Delta\ell$:

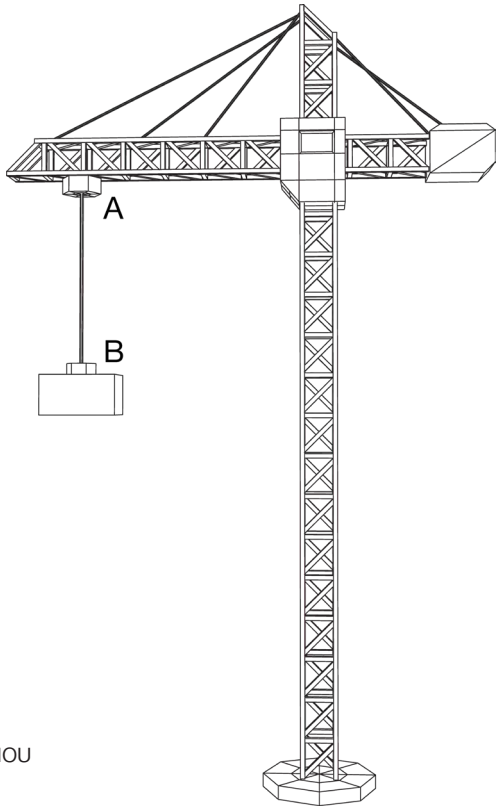
$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad \sigma = F / A, \quad \varepsilon = \Delta\ell / \ell$$

$$\frac{F}{A} = \frac{\Delta\ell}{\ell} \cdot E \Rightarrow \Delta\ell = \frac{F \cdot \ell}{E \cdot A}$$

Οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας είναι, συνήθως, πολύ μεγάλες και αυτό δικαιολογεί και τις πολύ μικρές παραμορφώσεις στα κατασκευαστικά μας στοιχεία, έτσι που να μην αλλάζει το σχήμα των κατασκευών.

Ο νόμος του Hooke ισχύει και στην περίπτωση που η τάση είναι θλιπτική. Στα περισσότερα υλικά το μέτρο ελαστικότητας για τη θλίψη έχει την ίδια τιμή όπως για τον εφελκυσμό.

Παράδειγμα 9



Ο γερανός που φαίνεται στο διπλανό σχήμα ανυψώνει φορτίο 20 kN. Το συρματόσχοινο (AB) έχει αρχικό μήκος 6 m, διάμετρο 12 mm και είναι κατασκευασμένο από υλικό με μέτρο ελαστικότητας $E = 200 \cdot 10^6$ kN/m^2.

Να υπολογίσετε την επιμήκυνση του συρματόσχοινου (AB) λόγω του φορτίου των 20 kN.

Λύση:

Εμβαδόν Διατομής: $A = \pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot 12^2/4 = 113{,}04 \cdot 10^{-6}$ m^2

Τάση: $\sigma = F/A = 20 \text{ kN} / 113{,}04 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 =$

$= 0{,}177 \cdot 10^6$ kN/m^2

$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \sigma/E =$

$= 0{,}177 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 / 200 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 =$

$= 8{,}85 \cdot 10^{-4}$

$\varepsilon = \Delta\ell/\ell \Rightarrow \Delta\ell = \varepsilon \cdot \ell = 8{,}85 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \text{ m} =$

$= 5{,}31 \cdot 10^{-3}$ m

Στο ίδιο αποτέλεσμα για το $\Delta\ell$ θα φτάναμε και με την εφαρμογή του τύπου

$$\Delta\ell = (F \cdot \ell) / (A \cdot E).$$

2.9.2 Τυπική καμπύλη σ, ε για δοκίμιο χάλυβα που υφίσταται εφελκυσμό

Το μέτρο ελαστικότητας Ε για υλικό που υφίσταται εφελκυσμό δείχνει πόσο αντιστέκεται στην παραμόρφωση το υλικό, όταν καταπονείται, και πόση επιμήκυνση θα υποστεί, προτού αυτό παραμορφωθεί μόνιμα. Έτσι, υλικά με μεγάλο μέτρο ελαστικότητας Ε επιμηκύνονται λιγότερο από άλλα που έχουν μικρότερο Ε, όταν καταπονούνται σε εφελκυσμό.

Για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των διαφόρων υλικών σε εφελκυσμό, θα μελετήσουμε τις διάφορες αλλαγές που υφίσταται ένα δοκίμιο χάλυβα, όταν εφελκύεται. Η δοκιμή του υλικού γίνεται με τη βοήθεια της συσκευής δοκιμής αντοχής υλικών. Τέτοια συσκευή υπάρχει στο εργαστήριο Σχεδιασμού και Τεχνολογίας του σχολείου σας και χρησιμοποιείται, εκτός από τη δοκιμή της αντοχής διαφόρων δοκιμίων από χάλυβα, χαλκό, αλουμίνιο κ.λπ., σε εφελκυσμό και για τη δοκιμή τους σε θλίψη, κάμψη, διάτμηση και σκληρότητα (σχήμα 2/44).

Σχ. 2/44 Συσκευή δοκιμής αντοχής υλικών που υπάρχει στο εργαστήριο Σχεδιασμού και Τεχνολογίας

Το διάγραμμα (σ, ε) που μπορεί να πάρει κάποιος κατά τη δοκιμή του δοκιμίου του χάλυβα σε εφελκυσμό φαίνεται στο σχήμα 2/45. Από αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο Νόμος του Hooke ισχύει μόνο στο ευθύγραμμο τμήμα (ΟΕ) της καμπύλης, όπου βασικά ισχύει η αναλογία μεταξύ των μεγεθών σ και ε.

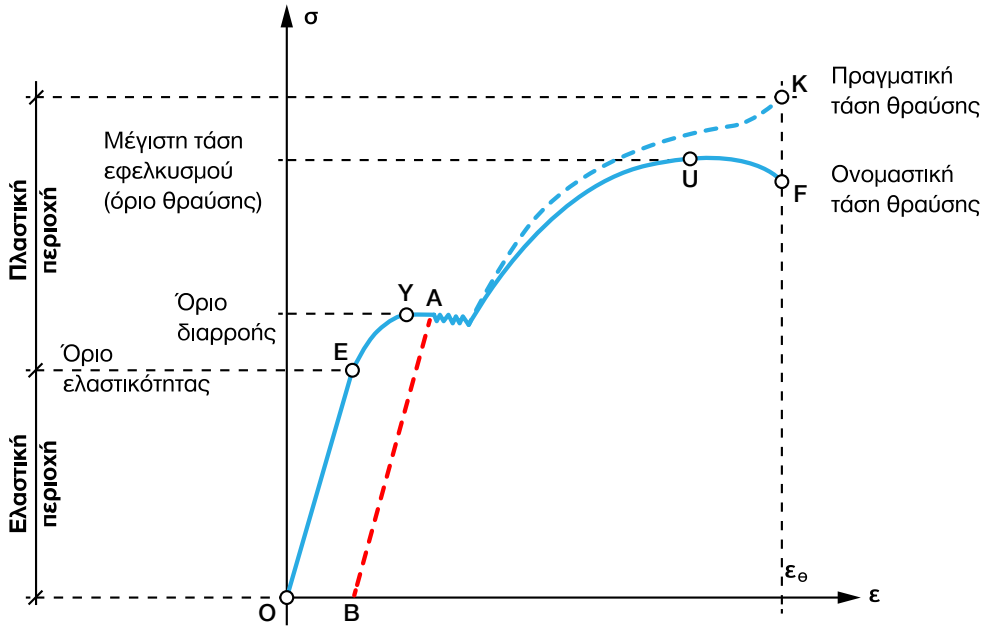
Αναλυτικά κατά την καταπόνηση του δοκιμίου του χάλυβα σε εφελκυσμό συμβαίνουν τα πιο κάτω:

Μεταξύ των σημείων Ο και Ε η τάση είναι ανάλογη της ανηγμένης μήκυνσης και εφαρμόζεται ο νόμος του Hooke. Σε αυτή την περιοχή το δοκίμιο συμπεριφέρεται ελαστικά και επιστρέφει στο αρχικό του μέγεθος, όταν το φορτίο (δύναμη) αφαιρεθεί. Η περιοχή ονομάζεται *ελαστική περιοχή*.

Το μέτρο ελαστικότητας Ε* δίνεται από την κλίση της γραμμής ΟΕ και το σημείο Ε αντιπροσωπεύει το *όριο ελαστικότητας*.

Στο σημείο Υ το μέταλλο επιμηκύνεται χωρίς περαιτέρω αύξηση του φορτίου και η απότομη διαρροή που φαίνεται είναι χαρακτηριστική για τους χαμηλούς σε περιεκτικότητα άνθρακα χάλυβες. Το σημείο Υ ονομάζεται όριο διαρροής (yield point). Στα περισσότερα μεταλλικά υλικά, το όριο διαρροής δεν διακρίνεται εύκολα πάνω στη γραφική παράσταση.

Πέραν του σημείου Υ το μέταλλο συμπεριφέρεται πλαστικά και η περιοχή μέχρι το σημείο Κ ονομάζεται *πλαστική περιοχή*. Αν το δοκίμιο αποφορτισθεί στο σημείο Α, τότε από το σημείο αυτό και πέρα η μόνιμη ειδική επιμήκυνση θα είναι ΟΒ, όπου ΑΒ είναι η γραμμή αποφόρτισης, η οποία είναι περίπου παράλληλη με την ΟΕ. Αν το δοκίμιο ξαναφορτισθεί, η γραφική παράσταση θα ακολουθήσει τη γραμμή ΒΑ και μετά θα συνεχίσει από το Α, όπως προηγουμένως.



Σχ. 2/45 Διάγραμμα σ, ε δοκιμίου χάλυβα που υφίσταται εφελκυσμό

Περαιτέρω επιμήκυνση απαιτεί μια επιπρόσθετη δύναμη, καθώς το μέταλλο όταν τύχει κατεργασίας μηχανικά, σκληρύνεται και αυξάνεται η αντοχή του. Η διαδικασία της διέλκυνσης σε ψυχρό (cold drawing) ή της έλασης σε ψυχρό (cold rolling), αντιπροσωπεύει μία σκλήρυνση με μηχανική κατεργασία ή ενδυνάμωση αυτής της φύσης.
Το U είναι το σημείο της μέγιστης τάσης εφελκυσμού (μέγιστη αντοχή εφελκυσμού) και δείχνει τη μέγιστη τάση στην οποία το δοκίμιο μπορεί να αντέξει. Πέραν αυτού του σημείου, η διάμετρος του δοκιμίου στενεύει, δηλαδή μειώνεται η διατομή του. Η μέγιστη τάση εφελκυσμού είναι ο λόγος του μέγιστου φορτίου διά το αρχικό εμβαδόν της διατομής. Το σημείο F είναι το σημείο όπου το υλικό σπάζει. Η πραγματική τάση, λόγω ακριβώς της μείωσης της διατομής, φαίνεται με τη διακεκομμένη γραμμή.

*Το μέτρο ελαστικότητας Ε ονομάζεται και μέτρο Young

Η *ονομαστική τάση θραύσης* είναι ο λόγος του φορτίου κατά τη θραύση προς το αρχικό εμβαδόν της διατομής. Αυτή είναι μικρότερη της μέγιστης τάσης εφελκυσμού, σε ένα μέταλλο του οποίου η διατομή ελαττώνεται πριν το σπάσιμο.

Η *πραγματική τάση θραύσης* που συμβαίνει στο σημείο Κ είναι ο λόγος του φορτίου κατά τη θραύση προς το τελικό εμβαδόν της διατομής στο σπάσιμο. Αυτή είναι ψηλότερη από την ονομαστική τάση θραύσης και από τη μέγιστη τάση εφελκυσμού για το μέταλλο, του οποίου η διατομή μειώνεται, όταν υφίσταται εφελκυσμό.

Έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 2.5.3 ότι ο συντελεστής ασφάλειας καθορίζει πόσες φορές περισσότερη τάση μπορεί να αντέξει μία κατασκευή σε σχέση με την τάση λειτουργίας (εργασίας) της. Η σχέση που δίνει τον συντελεστή ασφάλειας Σ.Α. είναι:

$$\Sigma.A.=\frac{\sigma_{μεγ}}{\sigma_{λειτ}}$$

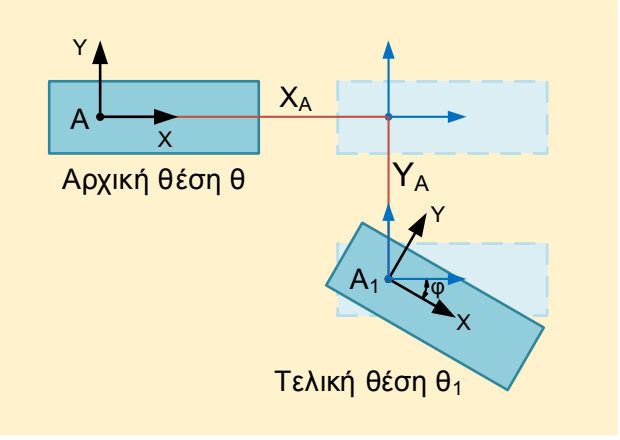
Κατά τους υπολογισμούς του συντελεστή ασφάλειας ως μέγιστη τάση $\sigma_{μεγ}$, ο σχεδιαστής - μηχανικός μπορεί να λάβει είτε τη μέγιστη τάση εφελκυσμού που έχουμε στο σημείο U είτε την τάση που έχουμε στο σημείο διαρροής. Συνήθως για τον χάλυβα, στον οποίο είναι εμφανές το φαινόμενο της διαρροής του υλικού, λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς η τάση στο όριο διαρροής και ο συντελεστής ασφάλειας ονομάζεται *συντελεστής ασφάλειας έναντι διαρροής*.

2.10 Στηρίξεις – αντιδράσεις

2.10.1 Είδη στηρίξεων

Απλό επίπεδο κατασκευαστικό στοιχείο θεωρούμε εκείνο το οποίο λόγω δράσης εξωτερικών δυνάμεων (οι οποίες δεν ισορροπούν) στο επίπεδό του, μετακινείται από την αρχική του θέση θ στην τελική του θέση $θ_1$. Ένα τυχαίο σημείο του Α, που είναι και η αρχή του συστήματος συντεταγμένων ΧΑΥ, το οποίο είναι συνδεδεμένο με το στοιχείο, θα μετακινηθεί στο σημείο A_1. Μπορούμε να πούμε ότι η μετακίνηση αυτή του στοιχείου έγινε με τρεις διαδοχικές "επί μέρους κινήσεις":

1. Μετακίνηση X_A παράλληλη προς τον άξονα Χ.
2. Μετακίνηση Y_A παράλληλη προς τον άξονα Υ.
3. Στροφή φ γύρω από το σημείο A_1.



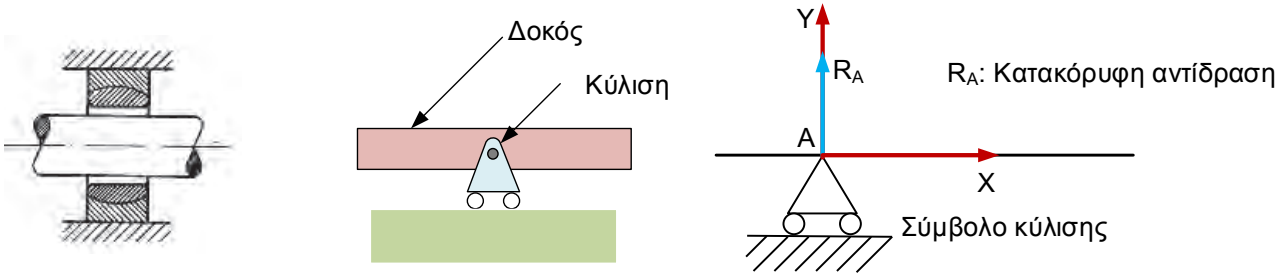
Σχ. 2/46 Μετακίνηση κατασκευαστικού στοιχείου

Έτσι, λέμε ότι το στοιχείο μας έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας κίνησης και κάτω από εξωτερική φόρτιση μπορεί να κινηθεί με τους τρεις αυτούς τρόπους, εκτός αν με κάποιο τρόπο περιοριστεί. Για να περιοριστούν κάποιες ή όλες από τις κινήσεις αυτές, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες στηρίξεις στις κατασκευές μας. Οι στηρίξεις παρεμποδίζουν την κίνηση κάποιου στοιχείου, επιβάλλοντας πάνω σε αυτό δυνάμεις, τις αντιδράσεις που ασκούνται κατά τη διεύθυνση παρεμπόδισης της κίνησης. Οι αντιδράσεις εξισορροπούν τις εξωτερικές φορτίσεις και με αυτό τον τρόπο το κατασκευαστικό στοιχείο ακινητοποιείται.

Βασικά, υπάρχουν τρία είδη στηρίξεων, που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές:

1. Η ***κύλιση***, η πιο απλή μορφή στήριξης, περιορίζει τη μετακίνηση μόνο προς μία κατεύθυνση (π.χ. την κατακόρυφη). Το στοιχείο είναι ελεύθερο να κινηθεί προς την κατεύθυνση (π.χ. την οριζόντια) και να περιστραφεί. Άρα, όταν έχουμε τέτοιου είδους στήριξη έχουμε μόνο μία αντίδραση πάνω στην κατασκευή.

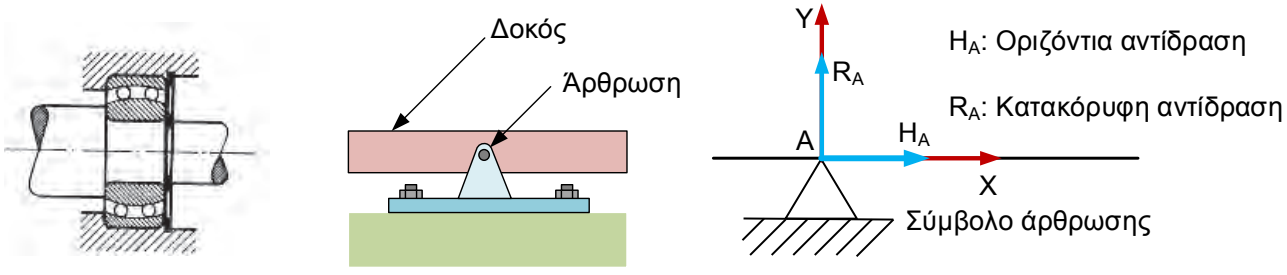
Σχ. 2/47 Στήριξη κύλισης σε πλαστικό σωλήνα



Σχ. 2/48 Συμβολισμοί κύλισης

2. Η ***άρθρωση***, που περιορίζει τη μετακίνηση κατά τη διεύθυνση των δύο αξόνων, επιτρέπει την περιστροφή του στοιχείου. Έτσι, στο σημείο αυτού του τύπου στήριξης εξασκούνται πάνω στο στοιχείο δύο αντιδράσεις.

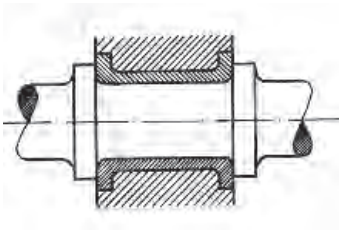
Σχ. 2/49 Στήριξη άρθρωσης σε μεταλλική κατασκευή

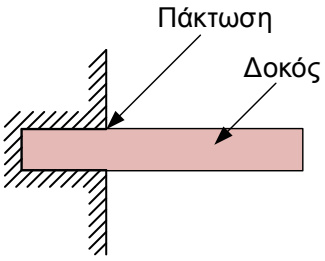


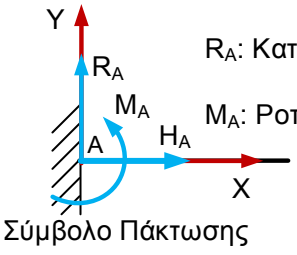
Σχ. 2/50 Συμβολισμοί άρθρωσης

3. Η ***πάκτωση*** περιορίζει και τις τρεις ελευθερίες κινήσεως και έτσι αναπτύσσονται τρεις αντιδράσεις στο κατασκευαστικό στοιχείο.

Σχ. 2/51 Στήριξη πάκτωσης σε μεταλλική κατασκευή







H_A: Οριζόντια αντίδραση

R_A: Κατακόρυφη αντίδραση

M_A: Ροπή πάκτωσης

Σχ. 2/52 Συμβολισμοί πάκτωσης

2.10.2 Συνθήκες ισορροπίας

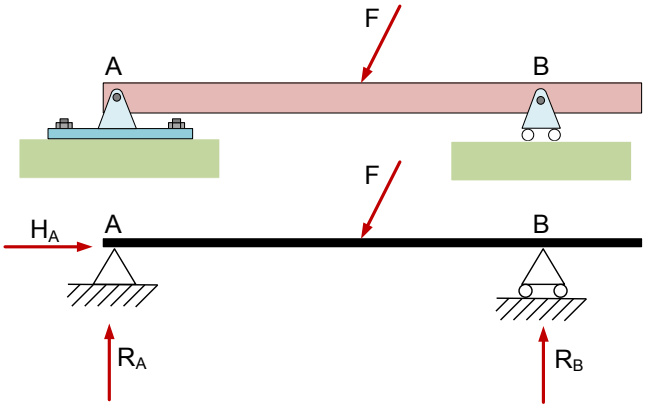
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα κατασκευαστικό στοιχείο ισορροπεί, αν δεν υπάρχει οποιαδήποτε μετακίνηση παράλληλη ως προς τους άξονες των Χ και Υ και αν δεν υπάρχει, επίσης, ούτε περιστροφή του στοιχείου. Αυτό για να συμβεί, πρέπει οι παράλληλες δυνάμεις ως προς τον άξονα Χ να βρίσκονται σε ισορροπία ($\Sigma F_X=0$), οι παράλληλες δυνάμεις ως προς τον άξονα Υ να είναι σε ισορροπία ($\Sigma F_Y=0$) και οι ροπές που προκαλούν την περιστροφή να είναι πάλι σε ισορροπία ($\Sigma M=0$).

Οι τρεις αυτές συνθήκες, $\Sigma F_X=0$, $\Sigma F_Y=0$ και $\Sigma M=0$, ονομάζονται συνθήκες ισορροπίας και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αντιδράσεων στους κατασκευαστικούς φορείς (φορέα ονομάζουμε το κατασκευαστικό στοιχείο, το οποίο μεταβιβάζει τις εξωτερικές φορτίσεις στις στηρίξεις του). Ο σκοπός του υπολογισμού των αντιδράσεων στις κατασκευές είναι να βρούμε το μέγεθος των δυνάμεων που εξασκούνται από τις στηρίξεις πάνω στους φορείς. Ξέροντας τις αντιδράσεις και τις εξωτερικές δυνάμεις, θα επιλέξουμε τις κατάλληλες διατομές του φορέα, έτσι ώστε να αντέχει όλες αυτές τις δυνάμεις.

Η ακινητοποίηση ενός φορέα, π.χ. μίας δοκού, μπορεί να γίνει με έναν από τους δύο πιο κάτω τρόπους:

α. Χρησιμοποιώντας μία άρθρωση και μία κύλιση για στηρίξεις, με την άρθρωση να απαγορεύει την οριζόντια και κατακόρυφη μετακίνηση και την κύλιση να απαγορεύει την κατακόρυφη μετακίνηση του σημείου Β της δοκού, άρα και την περιστροφή της.

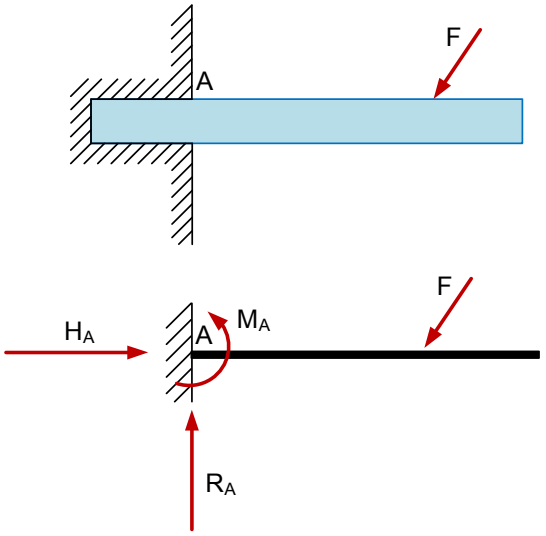
   Στο διπλανό σχήμα έχουμε μία εφαρμογή του τρόπου αυτού, όπου οι τρεις αντιδράσεις R_A, H_A και R_B που έχουμε στις στηρίξεις της δοκού, μπορούν εύκολα να υπολογιστούν, εφαρμόζοντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αφού θα έχουμε τρεις εξισώσεις με τρεις αγνώστους.



Σχ. 2/53 Ακινητοποίηση μίας δοκού με μία άρθρωση και μία κύλιση

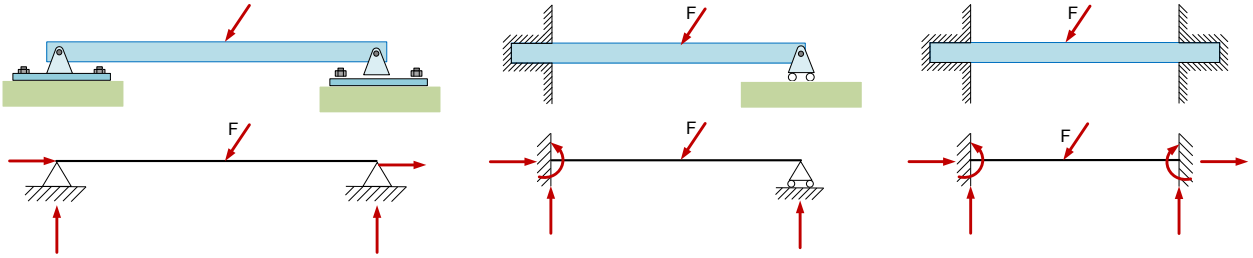
β. Χρησιμοποιώντας μία πάκτωση, η οποία απαγορεύει και την οριζόντια και την κατακόρυφη μετακίνηση, αλλά και την περιστροφή.

Στο σχήμα 2/54 οι τρεις αντιδράσεις R_A, H_A, M_A μπορούν, επίσης, να υπολογιστούν με την εφαρμογή των τριών συνθηκών ισορροπίας.



Σχ. 2/54 Ακινητοποίηση μίας δοκού με μία πάκτωση

Στους πιο πάνω τρόπους ακινητοποίησης των φορέων, οι άγνωστες αντιδράσεις είναι τρεις, όσες και οι συνθήκες ισορροπίας. Άρα, μπορούν εύκολα να υπολογιστούν. Στις περιπτώσεις αυτές, όπου δηλαδή οι άγνωστες αντιδράσεις είναι ίσες με τις συνθήκες ισορροπίας, ο φορέας ονομάζεται "στατικά ορισμένος". Πολλές φορές, όμως, ο τρόπος ακινητοποίησης γίνεται με στηρίξεις που προκαλούν περισσότερες αντιδράσεις από τις συνθήκες ισορροπίας.



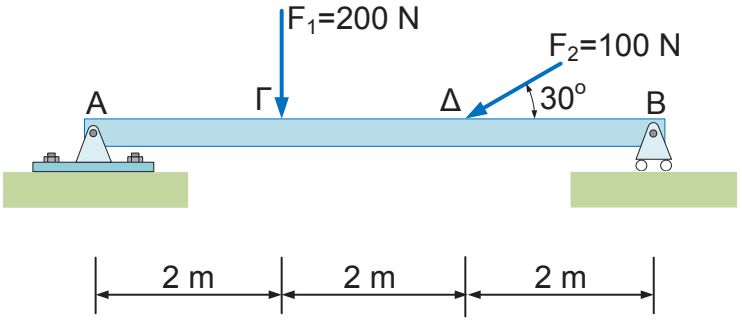
Σχ. 2/55 Στατικά αόριστοι φορείς και τα διαγράμματά τους

Στις περιπτώσεις αυτές, ο φορέας ονομάζεται "στατικά αόριστος" και για τον υπολογισμό των αντιδράσεων ακολουθείται πιο πολύπλοκη διαδικασία, με την οποία όμως δεν θα ασχοληθούμε. Παραδείγματα "στατικά αόριστων" φορέων φαίνονται στο σχήμα 2/55.

Παραδείγματα υπολογισμού αντιδράσεων

Παράδειγμα 10

Η δοκός (ΑΒ) δέχεται φορτίο F_1 = 200 N στο σημείο Γ και φορτίο F_2 = 100 N στο σημείο Δ. Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις, οι οποίες αναπτύσσονται στις στηρίξεις της δοκού, στα σημεία Α και Β.

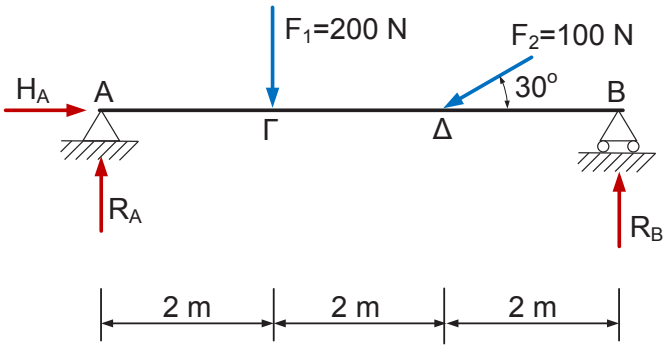


Λύση:

Αναγνωρίζουμε τα δύο είδη στήριξης της δοκού:

Σημείο Α: Άρθρωση

Σημείο Β: Κύλιση



Σχεδιάζουμε το διάγραμμα της δοκού μαζί με τα φορτία που ασκούνται σε αυτήν, τις δύο στηρίξεις της δοκού, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις. Είναι καλύτερα να τοποθετούνται οι αντιδράσεις στο σχήμα, θεωρώντας ότι έχουν θετική φορά. Αν το αποτέλεσμα υπολογιστεί αρνητικό, τότε ξέρουμε ότι οι αντιδράσεις έχουν αντίθετη φορά.

Οι αντιδράσεις στις στηρίξεις είναι τρεις: στην άρθρωση η κατακόρυφη R_A και η οριζόντια H_A και στην κύλιση η κατακόρυφη R_B.

Εφαρμόζουμε τις τρεις συνθήκες ισορροπίας, για να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

$$\Sigma F_X=0 \Rightarrow H_A - F_{2X} = 0 \Rightarrow H_A - F_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o = 0 \Rightarrow H_A = 100 \cdot 0{,}866\ N \Rightarrow H_A = 86{,}6\ N$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_1 - F_{2Y} = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_1 - F_2 \cdot \eta\mu 30^o = 0$$

$$R_A + R_B = 200\ N + 100\ N \cdot 0{,}5 \Rightarrow R_A + R_B = 250\ N$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους (R_A, R_B), άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας ΣΜ=0, για να βρούμε τις R_A και R_B. Ροπές παίρνουμε ως προς όποιο σημείο θέλουμε. Συνήθως, όμως, παίρνουμε ως προς το σημείο από όπου περνούν οι πιο πολλές δυνάμεις (και άρα δεν παράγουν ροπή), για να διευκολύνονται οι υπολογισμοί. Στην προκειμένη περίπτωση παίρνουμε ως προς το Α. Θεωρούμε θετικές τις αριστερόστροφες ροπές και αρνητικές τις δεξιόστροφες.

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -F_1 \cdot 2\ m - F_{2Y} \cdot 4\ m + R_B \cdot 6\ m = 0 \Rightarrow$$

(Να θυμηθούμε ότι η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης 100 Ν δεν παράγει ροπή, διότι περνά από το Α).

$$-F_1 \cdot 2\ m - F_2 \cdot \eta\mu 30^o \cdot 4\ m + R_B \cdot 6\ m = 0 \Rightarrow$$

$$200\ N \cdot 2\ m + 100\ N \cdot 0{,}5 \cdot 4\ m = R_B \cdot 6\ m$$

$$400\ Nm + 200\ Nm = R_B \cdot 6\ m \Rightarrow R_B = 100\ N$$

Αντικαθιστώντας τη R_B στην εξίσωση $R_A + R_B = 250$ Ν, βρίσκουμε την R_A.

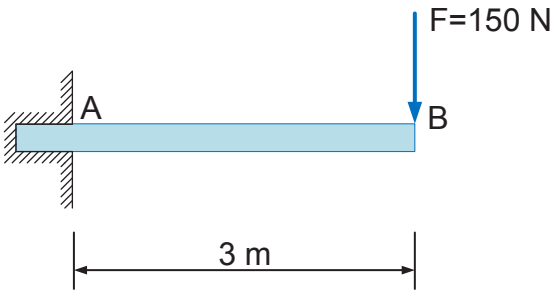
$$R_A = 250 - R_B$$
$$R_A = 150\ N$$

Έχουμε δηλαδή:

$$R_A = 150\ N$$
$$R_B = 100\ N$$
$$H_A = 86{,}6\ N$$

Παράδειγμα 11

Η δοκός στο διπλανό σχήμα δέχεται φορτίο F = 150 N στο σημείο Β. Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις, οι οποίες αναπτύσσονται στο σημείο στήριξης Α.



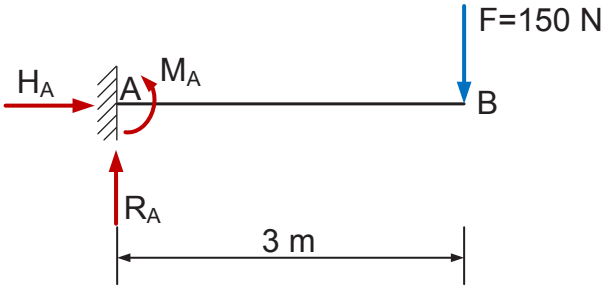
Λύση:

Αναγνωρίζουμε τη στήριξη της δοκού:

Σημείο Α: Πάκτωση

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα της δοκού μαζί με το φορτίο που ασκείται σε αυτήν, τη στήριξη της δοκού καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε αυτήν. Οι αντιδράσεις που αναπτύσσονται στην πάκτωση είναι τρεις, η κατακόρυφη R_A, η οριζόντια H_A και η ροπή M_A.

Μπορούμε να υπολογίσουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις, χρησιμοποιώντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο.



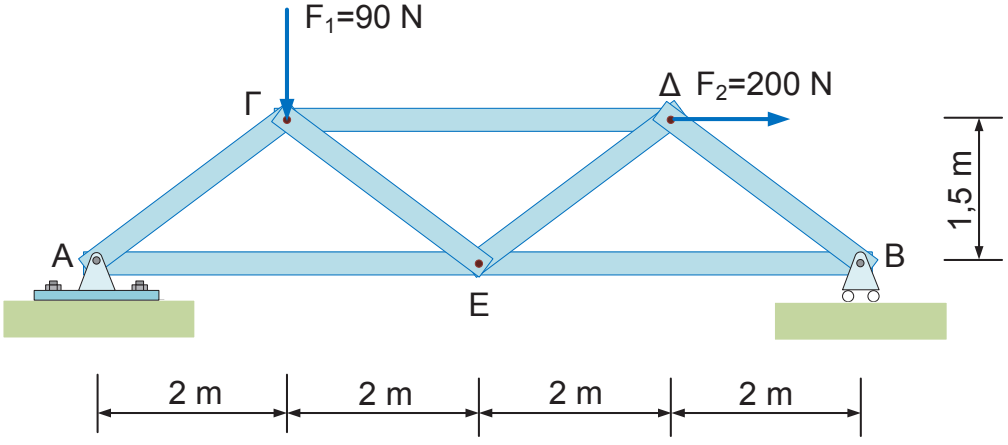
$\Sigma F_X=0 \Rightarrow H_A= 0$ (*Σημ. η H_A είναι μηδέν, γιατί δεν υπάρχει οριζόντια εξωτερική δύναμη*)

$\Sigma F_Y= 0 \Rightarrow R_A - F= 0 \Rightarrow R_A = F \Rightarrow R_A = 150$ N

$\Sigma M_A=0 \Rightarrow M - F \cdot 3\ m = 0 \Rightarrow M = 150\ N \cdot 3\ m \Rightarrow M = 450$ Nm

Παράδειγμα 12

Το δικτύωμα που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα δέχεται φορτίο F_1 = 90 N στο σημείο Γ και φορτίο F_2 = 200 N στο σημείο Δ. Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις, οι οποίες αναπτύσσονται στις στηρίξεις στα σημεία Α και Β.

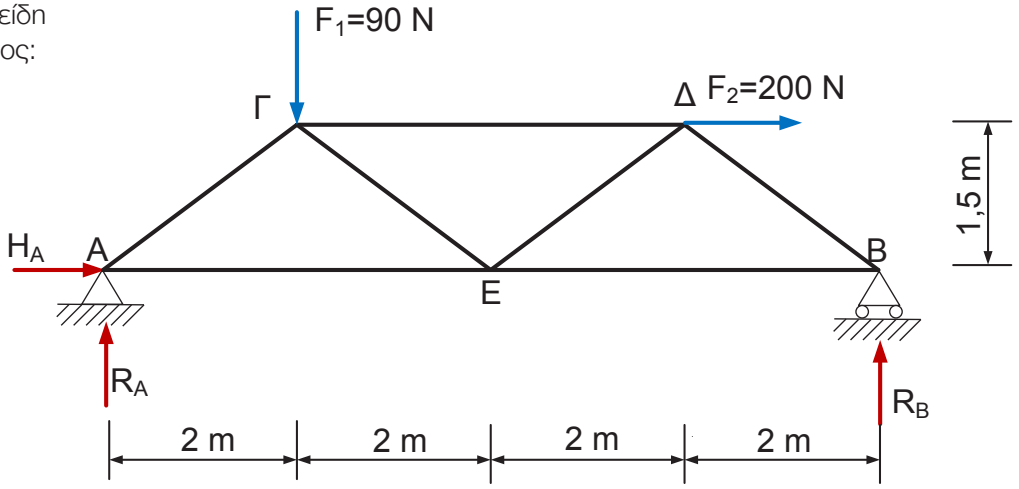


Λύση:

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τα φορτία που ασκούνται σε αυτό, τις δύο στηρίξεις του, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις.

Αναγνωρίζουμε τα δύο είδη στήριξης του δικτυώματος:

Σημείο Α: Άρθρωση
Σημείο Β: Κύλιση



Σημείωση: *Είναι καλύτερα να τοποθετούνται οι αντιδράσεις στο σχήμα, θεωρώντας ότι έχουν θετική φορά. Αν το αποτέλεσμα βγει αρνητικό, τότε ξέρουμε ότι πρέπει να έχουν αντίθετη φορά από αυτή του σχήματος.*

Υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις, χρησιμοποιώντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο.

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_A + F_2 = 0 \Rightarrow H_A + 200\ N = 0 \Rightarrow H_A = -200\ N$$

Η H_A έχει υπολογιστεί ως αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι η H_A, όπως έχει σχεδιαστεί στο διάγραμμα, έχει κατεύθυνση αντίθετη από την πραγματική.

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_1 = 0 \Rightarrow R_A + R_B = F_1 \Rightarrow R_A + R_B = 90\ N$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_A και R_B, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας ΣΜ=0, για να υπολογίσουμε τις R_A και R_B.

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -F_1 \cdot 2\ m - F_2 \cdot 1{,}5\ m + R_B \cdot 8\ m = 0 \Rightarrow$$
$$90\ N \cdot 2\ m + 200N \cdot 1{,}5\ m = R_B \cdot 8\ m \Rightarrow$$
$$R_B \cdot 8\ m = 480\ Nm \Rightarrow R_B = 60\ N$$

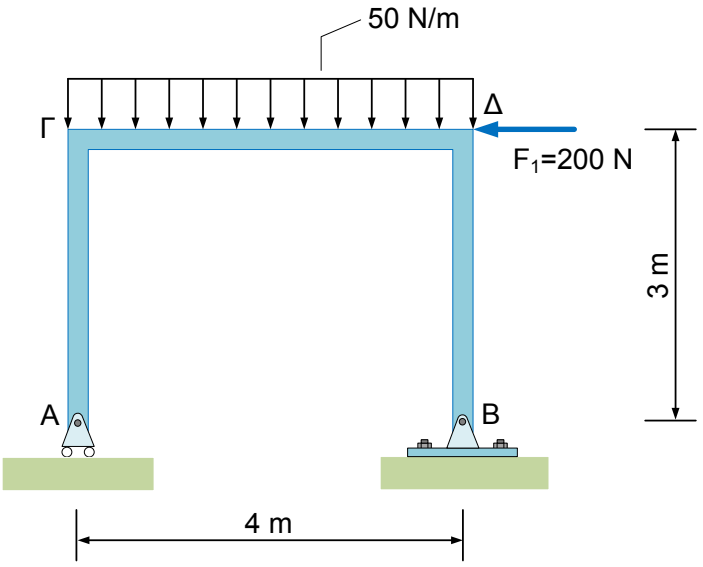
Αντικαθιστώντας την R_B στην εξίσωση $R_A + R_B = 90\ N$, υπολογίζουμε την R_A.

$$R_A + R_B = 90\ N \Rightarrow R_A + 60\ N = 90\ N \Rightarrow R_A = 30\ N$$

Παράδειγμα 13

Η κατασκευή που φαίνεται στο διπλανό σχήμα δέχεται φορτίο F_1 = 200 N στο σημείο Δ και κατανεμημένο φορτίο 50 N/m κατά μήκος της ΓΔ.

Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις οι οποίες αναπτύσσονται στις στηρίξεις στα σημεία Α και Β.



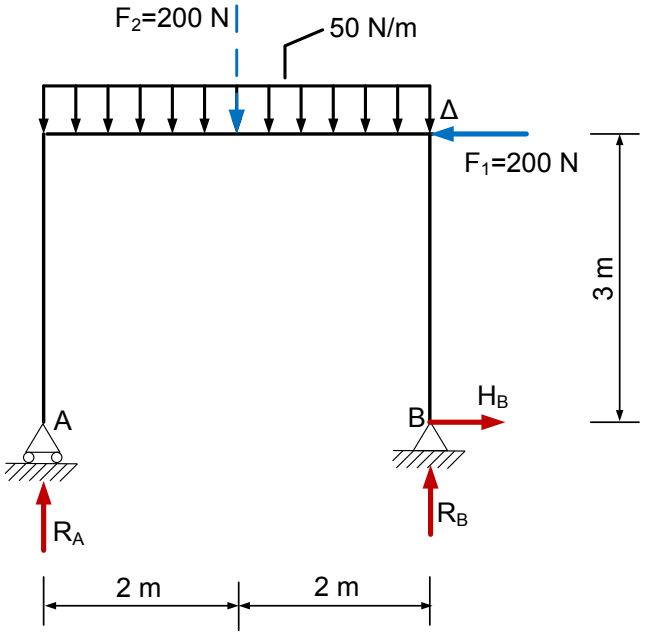
Λύση:

Αναγνωρίζουμε τα είδη στήριξης της κατασκευής:

Σημείο Α: Κύλιση

Σημείο Β: Άρθρωση

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα της κατασκευής μαζί με τα φορτία που ασκούνται σε αυτήν, τις δύο στηρίξεις της, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις.



Το κατανεμημένο φορτίο (50 N/m), για σκοπούς υπολογισμού των αντιδράσεων, μπορεί να μετατραπεί σε συγκεντρωμένο (φαίνεται με διακεκομμένη) στο μέσο του διαστήματος που δρα το κατανεμημένο φορτίο.

$$F_2 = q \cdot \ell \Rightarrow F_2 = 50 \frac{N}{m} \cdot 4\ m = 200\ N$$

Υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις, χρησιμοποιώντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο.

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_B - F_1 = 0 \Rightarrow H_B - 200\ N = 0 \Rightarrow H_B = 200\ N$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_2 = 0 \Rightarrow R_A + R_B = F_2 \Rightarrow R_A + R_B = 200\ N$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_A και R_B, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας ΣΜ=0, για να υπολογίσουμε τις R_A και R_B.

$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow -R_A \cdot 4\ m + F_2 \cdot 2\ m + F_1 \cdot 3\ m = 0 \Rightarrow$

$R_A \cdot 4\ m = 200\ N \cdot 2\ m + 200\ N \cdot 3\ m$

$R_A = 250\ N$

Αντικαθιστώντας την R_A στην εξίσωση $R_A + R_B = 200\ N$, υπολογίζουμε την R_B.

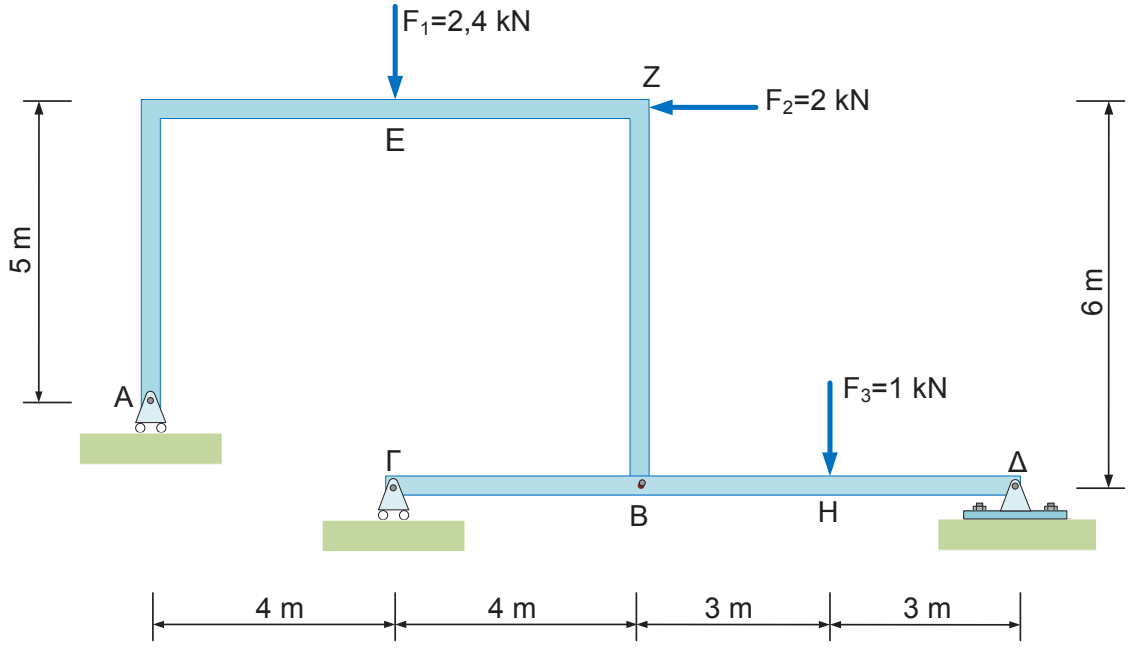
$R_A + R_B = 200\ N \Rightarrow R_B + 250\ N = 200\ N \Rightarrow R_B = -50\ N$

Η R_B έχει υπολογιστεί ως αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι η R_B, όπως έχει σχεδιαστεί στο διάγραμμα, έχει κατεύθυνση αντίθετη από την πραγματική.

Οι συνθήκες ισορροπίας έχουν εφαρμογή όχι μόνο στο σύνολο του φορέα, όπως στα παραδείγματα που έχουμε ήδη δει, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και σε ένα μέρος του φορέα, όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί.

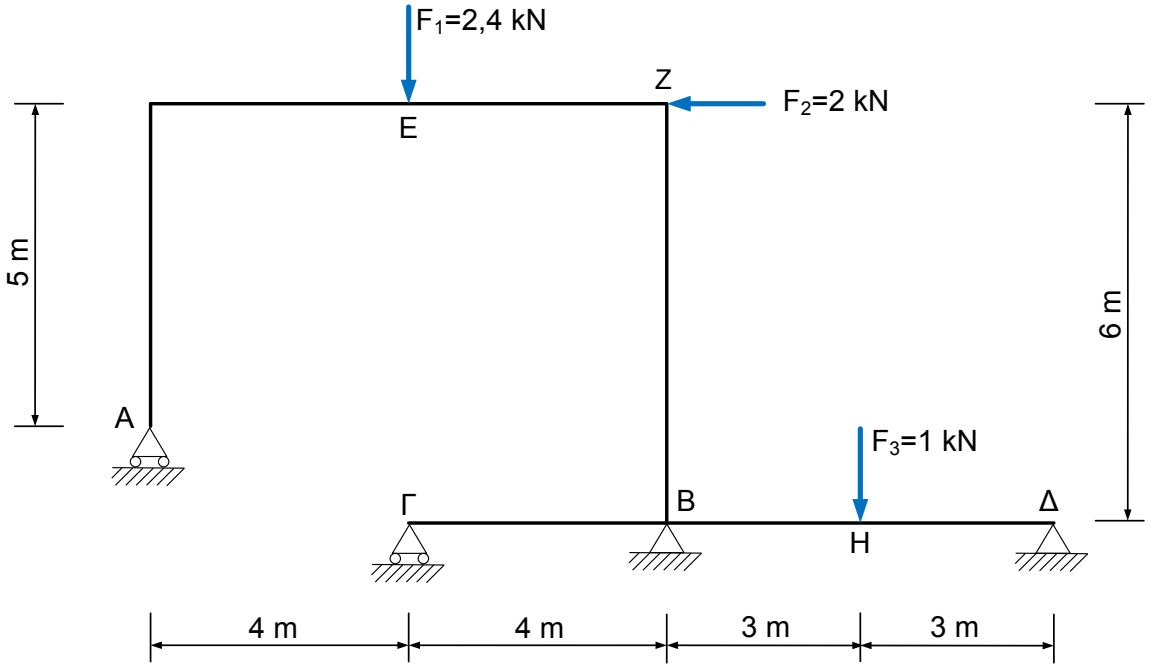
Παράδειγμα 14

Η κατασκευή που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα δέχεται φορτίο $F_1 = 2{,}4$ kN στο σημείο Ε, φορτίο $F_2 = 2$ kN στο σημείο Ζ και φορτίο $F_3 = 1$ kN στο σημείο Η. Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις οι οποίες αναπτύσσονται στις στηρίξεις.

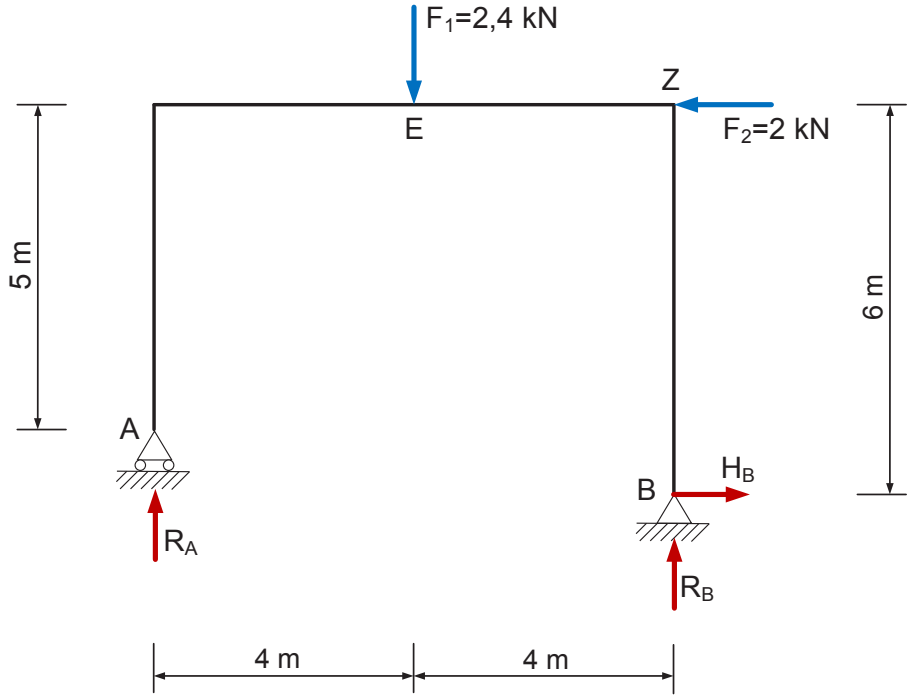


Λύση:

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα της κατασκευής μαζί με τα φορτία που ασκούνται σε αυτήν, τις στηρίξεις, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις.



Για να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στην πιο πάνω κατασκευή, τη χωρίζουμε σε δύο μέρη.



Αρχικά υπολογίζουμε τις αντιδράσεις στο τμήμα της κατασκευής που φαίνεται στο πιο πάνω σχήμα.

Αναγνωρίζουμε τα είδη στήριξης της κατασκευής:
Σημείο Α: Κύλιση
Σημείο Β: Άρθρωση

Εφαρμόζουμε τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο, για να υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις:

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_B - F_2 = 0 \Rightarrow H_B - 2\ kN = 0 \Rightarrow H_B = 2\ kN$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_1 = 0 \Rightarrow R_A + R_B = F_1 \Rightarrow R_A + R_B = 2{,}4\ kN$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_A και R_B, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας ΣΜ=0, για να υπολογίσουμε τις R_A και R_B.

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow -R_A \cdot 8\ m + F_1 \cdot 4\ m + F_2 \cdot 6\ m = 0 \Rightarrow$$

$$R_A \cdot 8\ m = 2{,}4\ kN \cdot 4\ m + 2\ kN \cdot 6\ m \Rightarrow$$

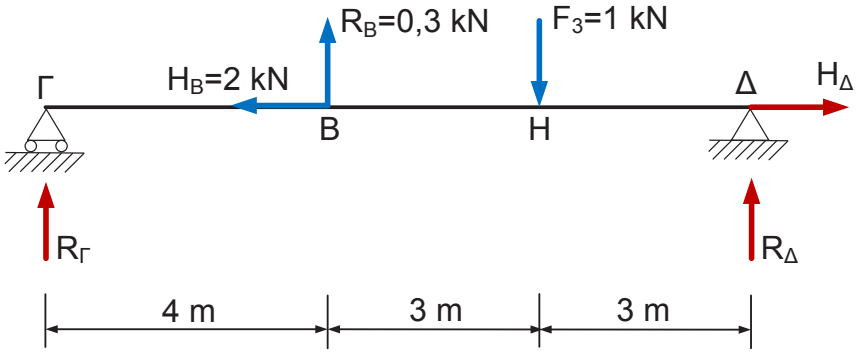
$$R_A = 2{,}7\ kN$$

Αντικαθιστώντας την R_A στην εξίσωση $R_A + R_B = 2{,}4\ kN$, υπολογίζουμε την R_B.

$$R_A + R_B = 2{,}4\ N \Rightarrow R_B + 2{,}7\ kN = 2{,}4\ kN \Rightarrow R_B = -0{,}3\ kN$$

Η R_B έχει υπολογιστεί ως αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι η R_B, όπως έχει σχεδιαστεί στο διάγραμμα, έχει κατεύθυνση αντίθετη από την πραγματική.

Ακολούθως υπολογίζουμε τις άγνωστες αντιδράσεις στα σημεία στήριξης Γ και Δ του άλλου τμήματος της κατασκευής.



Σημείωση: *Στο σημείο Β εφαρμόζονται δυνάμεις R_B και H_B ίσες και αντίθετες με αυτές που βρήκαμε προηγουμένως.*

Αναγνωρίζουμε τα είδη στήριξης της κατασκευής:

Σημείο Γ: Κύλιση

Σημείο Δ: Άρθρωση

Εφαρμόζουμε τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο, για να υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_\Delta - H_B = 0 \Rightarrow H_\Delta - 2\ kN = 0 \Rightarrow H_\Delta = 2\ kN$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_\Gamma + R_\Delta + R_B - F_3 = 0 \Rightarrow R_\Gamma + R_\Delta = -0{,}3\ kN + 1\ kN \Rightarrow R_\Gamma + R_\Delta = 0{,}7\ kN$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_Γ και R_Δ, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας ΣΜ=0, για να υπολογίσουμε τις R_Γ και R_Δ.

$$\Sigma M_\Gamma = 0 \Rightarrow R_B \cdot 4\ m - F_3 \cdot 7\ m + R_\Delta \cdot 10\ m = 0 \Rightarrow$$

$$R_\Delta \cdot 10\ m = -0{,}3\ kN \cdot 4\ m + 1\ kN \cdot 7\ m \Rightarrow$$

$$R_\Delta = 0{,}58\ kN$$

Αντικαθιστώντας την R_Δ στην εξίσωση $R_\Gamma + R_\Delta = 0{,}7\ kN$, υπολογίζουμε την R_Γ.

$$R_\Gamma + R_\Delta = 0{,}7\ kN \Rightarrow R_\Gamma + 0{,}58\ kN = 0{,}7\ kN \Rightarrow R_\Gamma = 0{,}12\ kN$$

2.11 Δικτυώματα

2.11.1 Επίπεδος δικτυωτός φορέας

Επίπεδο δικτύωμα ονομάζεται η κατασκευή που αποτελείται από ράβδους που είναι συνδεδεμένες στα άκρα τους, έτσι ώστε να αποτελούν στερεό σχηματισμό. Τα χαρακτηριστικά του επίπεδου δικτυώματος είναι:

α. Αποτελείται από ένα σύστημα ευθύγραμμων ράβδων, οι οποίες βρίσκονται σε ένα επίπεδο.

β. Οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις, οπότε μόνο δυνάμεις και όχι ροπές μπορούν να μεταφερθούν από μια ράβδο σε άλλη. Οι αρθρώσεις αυτές ονομάζονται κόμβοι του δικτυώματος.

γ. Η φόρτιση του δικτυώματος αποτελείται από συγκεντρωμένα φορτία τα οποία βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και εφαρμόζονται μόνο στους κόμβους.

δ. Η επίδραση του ίδιου του βάρους της κατασκευής είναι πολύ μικρή σε σχέση με τα άλλα φορτία κι έτσι μπορούμε να δεχτούμε ότι και αυτή μοιράζεται εξίσου στους κόμβους.

Οι κόμβοι του δικτυώματος θεωρούμε ότι είναι σταθεροί, δεν παρουσιάζουν δηλαδή μετατοπίσεις. Έτσι, συνήθως, στα δικτυώματα οι ράβδοι συνδέονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας τρίγωνα, εφόσον το τριγωνικό σχήμα, όπως έχει ήδη αναφερθεί και στην παράγραφο 2.4.1, προσφέρει σταθερότητα στις κατασκευές.

Τα δικτυώματα σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται στα ανυψωτικά μηχανήματα (γερανοί), στους πυλώνες στήριξης των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης, για τη στήριξη της οροφής εργοστασίων (ψαλίδια), για τη στήριξη πινακίδων διαφήμισης, για την κατασκευή γεφυρών, πύργων, θερμοκηπίων κ.λπ. Στα πιο κάτω σχήματα φαίνονται κάποιες από τις εφαρμογές των δικτυωμάτων (επίπεδων και τρισδιάστατων).

Σχ. 2/56 Δικτυώματα σε τροχό Λούνα Παρκ

Σχ. 2/57 Δικτυώματα σε γέφυρα

2.11.2 Είδη δικτυωμάτων

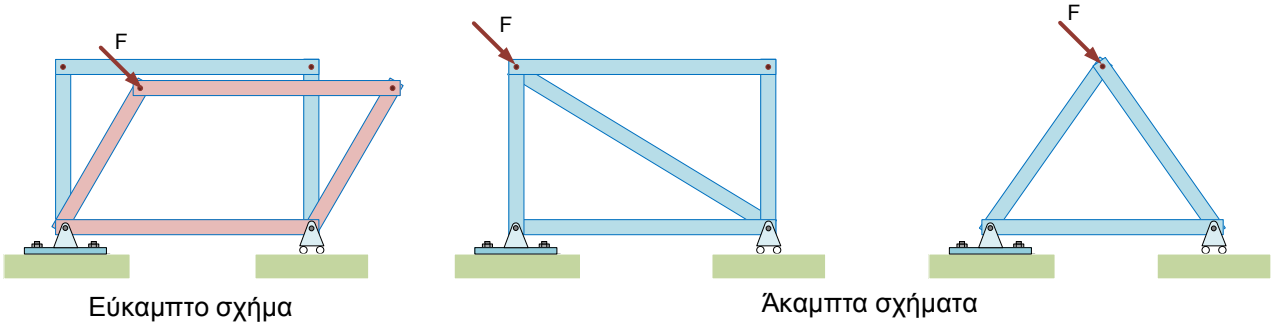
Αν σε ένα δικτύωμα, b είναι ο αριθμός των ράβδων (bars), r ο αριθμός των αντιδράσεων (reactions) και j ο αριθμός των κόμβων (junctions) και ισχύει η πιο κάτω συνθήκη:

$$b + r = 2j$$

τότε το δικτύωμα ονομάζεται **"στατικά ορισμένο"**. Σε αυτή την περίπτωση οι εσωτερικές δυνάμεις του δικτυώματος μπορούν να υπολογιστούν με την εφαρμογή των γνωστών συνθηκών ισορροπίας.

Αν συμβαίνει **b + r > 2j**, τότε το δικτύωμα ονομάζεται **"στατικά αόριστο"** και οι εσωτερικές δυνάμεις δεν μπορούν να υπολογιστούν με την απλή μέθοδο που θα δούμε εδώ.

Αν συμβαίνει **b + r < 2j**, όπως στο αριστερό σχήμα του σχήματος 2/58, τότε το δικτύωμα ονομάζεται **ασταθές**.



Σχ. 2/58 Εύκαμπτα και άκαμπτα δικτυώματα

2.11.3 Υπολογισμός δυνάμεων στις ράβδους δικτυωμάτων

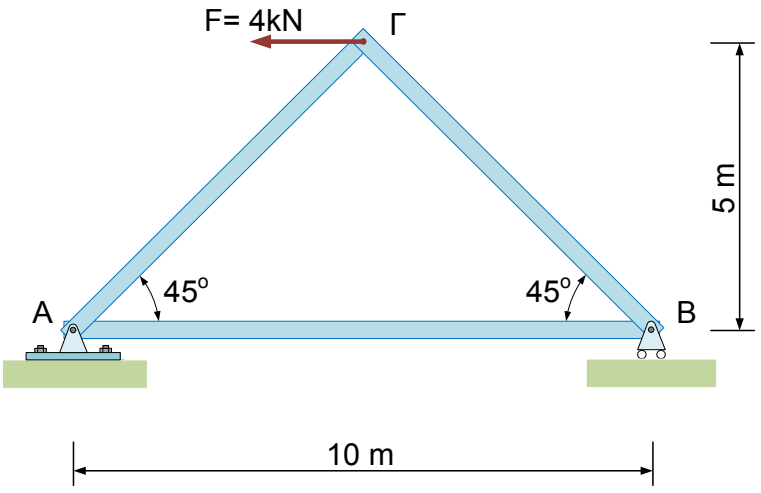
Κάθε ράβδος του δικτυώματος (που θεωρείται ότι είναι ευθύγραμμη) ισορροπεί κάτω από την ενέργεια δύο αξονικών δυνάμεων, οι οποίες ασκούνται στα δύο άκρα της. Οι δύο αυτές δυνάμεις, είτε εφελκύουν τη ράβδο, οπότε θεωρούμε τις δυνάμεις θετικές (+), είτε την θλίβουν, οπότε θεωρούμε τις δυνάμεις αρνητικές (-). Αλλά και η ράβδος ασκεί πάνω στους κόμβους που βρίσκονται στα δύο άκρα της ίσες και αντίθετες δυνάμεις με αυτές που την εφελκύουν ή την θλίβουν. Οι κόμβοι του δικτυώματος βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας. Επομένως, οι δυνάμεις που δρουν πάνω σε κάθε κόμβο, αποτελούν ένα ισόρροπο σύστημα δυνάμεων. Από τη διαπίστωση αυτή προκύπτει ο τρόπος υπολογισμού των δυνάμεων που ασκούνται πάνω στους κόμβους, άρα και των δυνάμεων που εφελκύουν ή θλίβουν τις ράβδους. Οι δυνάμεις αυτές αναπτύσσονται στο εσωτερικό του δικτυώματος. Για αυτό ονομάζονται "εσωτερικές δυνάμεις", για να ξεχωρίζουν από τις εξωτερικές δυνάμεις που φορτίζουν τα δικτυώματα.

Ο σκοπός του υπολογισμού των εσωτερικών δυνάμεων είναι να γίνει η επιλογή της κατάλληλης διατομής των ράβδων του δικτυώματος, η οποία θα αντέξει στη θλιπτική ή στην εφελκυστική τάση που θα προκαλέσουν οι εσωτερικές αυτές δυνάμεις στις ράβδους.

Με βάση τα πιο πάνω, θα γίνει υπολογισμός των εσωτερικών δυνάμεων των ράβδων στα επόμενα παραδείγματα. Φυσικά, πάντοτε πρέπει πρώτα να υπολογίζονται οι αντιδράσεις, αφού στους κόμβους που βρίσκονται στις στηρίξεις, εκτός από τις εσωτερικές δυνάμεις, δρουν και οι αντιδράσεις.

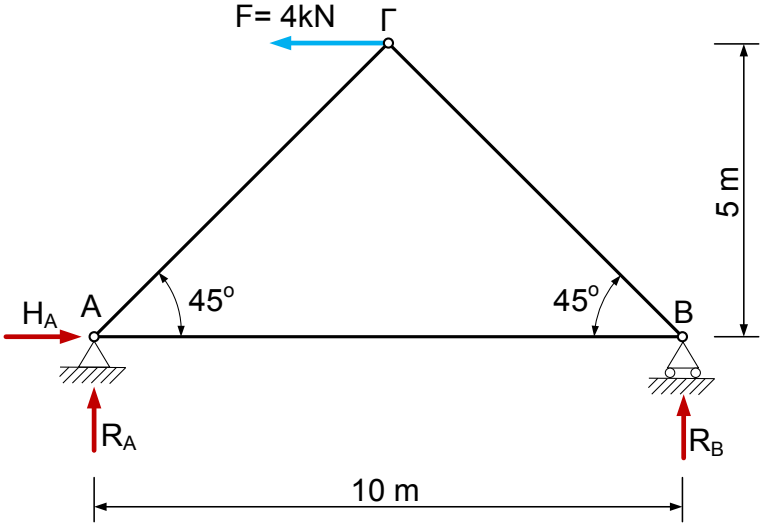
Παράδειγμα 15

Να υπολογίσετε τις εσωτερικές δυνάμεις στο δικτύωμα που φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Λύση:

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα του δικτυώματος, μαζί με το φορτίο που ασκείται σε αυτό, τις δύο στηρίξεις του δικτυώματος, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις.



Αναγνωρίζουμε τα είδη στήριξης της κατασκευής:

Σημείο Α: Άρθρωση

Σημείο Β: Κύλιση

(α) Υπολογισμός αντιδράσεων:

Εφόσον το δικτύωμα ισορροπεί, ισχύουν οι τρεις συνθήκες ισορροπίας: $\Sigma F_X = 0$, $\Sigma F_Y = 0$, $\Sigma M = 0$

Υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις, χρησιμοποιώντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο.

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_A - F = 0 \Rightarrow H_A - 4\ kN = 0 \Rightarrow H_A = 4\ kN$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B = 0$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_A και R_B, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας $\Sigma M = 0$, για να υπολογίσουμε τις R_A και R_B.

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow -R_A \cdot 10\ m + F \cdot 5\ m = 0 \Rightarrow$$

$$R_A \cdot 10\ m = 4\ kN \cdot 5\ m$$

$$R_A = 2\ kN$$

Αντικαθιστώντας την R_A στην εξίσωση $R_A + R_B = 0$, υπολογίζουμε την R_B.

$$R_A + R_B = 0 \Rightarrow R_B + 2\ kN = 0 \Rightarrow R_B = -2\ kN$$

Η R_B έχει υπολογιστεί ως αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι η R_B, όπως έχει σχεδιαστεί στο διάγραμμα, έχει κατεύθυνση αντίθετη από την πραγματική.

(β) Υπολογισμός εσωτερικών δυνάμεων των ράβδων (με τη βοήθεια της αναλυτικής μεθόδου).

Το δικτύωμα είναι στατικά ορισμένο, διότι ισχύει η συνθήκη $b+r=2j$, δηλαδή $(3+3=2 \cdot 3)$.
(αριθμός ράβδων b=3, αριθμός αντιδράσεων r=3, αριθμός κόμβων j=3)

Σημείωση: *Για την επιλογή της σειράς των κόμβων που χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε τις εσωτερικές δυνάμεις, λαμβάνουμε υπόψη τον αριθμό των άγνωστων δυνάμεων που υπάρχουν σε κάθε κόμβο. Έτσι, προχωρούμε πάντοτε σε κόμβο που έχει μόνο δύο άγνωστες δυνάμεις, όσες και οι συνθήκες ισορροπίας που έχουμε στη διάθεσή μας.*

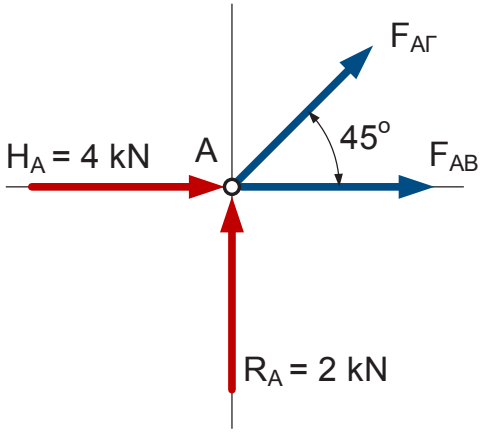
Ισορροπία κόμβου Α

Ο κόμβος Α ισορροπεί κάτω από την ενέργεια των αντιδράσεων $R_A = 2$ kN και $H_A = 4$ kN (εξωτερικές δυνάμεις) και των εσωτερικών δυνάμεων F_{AB} και $F_{A\Gamma}$, που προέρχονται από τις ράβδους ΑΒ και ΑΓ. Όλες αυτές οι δυνάμεις περνούν από το ίδιο σημείο, πράγμα που πάντοτε συμβαίνει με τις δυνάμεις που δρουν στους κόμβους δικτυωμάτων. Εφόσον όλες οι δυνάμεις περνούν από το ίδιο σημείο σε όλους τους κόμβους, η συνθήκη ισορροπίας $\Sigma M = 0$ ισχύει πάντοτε και έτσι μόνο οι άλλες δύο συνθήκες $\Sigma F_X = 0$ και $\Sigma F_Y = 0$ μας είναι χρήσιμες. Επομένως, για κάθε κόμβο, μόνο δύο άγνωστες δυνάμεις μπορούμε να υπολογίσουμε, πράγμα που συμβαίνει και για την περίπτωση του κόμβου Α.

Οι φορές των δυνάμεων F_{AB} και $F_{A\Gamma}$ ορίζονται αρχικά με τέτοια φορά, ώστε να εφελκύουν τον κόμβο Α. Αν το αποτέλεσμα των αριθμητικών πράξεων για τον υπολογισμό της κάθε δύναμης είναι θετικό, τότε η φορά που επιλέχθηκε είναι η σωστή και η δύναμη αυτή εφελκύει τον κόμβο. Αντίθετα, αν το αποτέλεσμα των αριθμητικών πράξεων είναι αρνητικό, τότε η φορά της δύναμης είναι αντίθετη από αυτή που ορίσαμε και η δύναμη θλίβει τον κόμβο.

Τέλος, είναι καλό να παίρνουμε τις συνθήκες ισορροπίας $\Sigma F_X = 0$ και $\Sigma F_Y = 0$ με τη σειρά που μας συμφέρει, για να ευκολύνονται οι υπολογισμοί μας.

Κόμβος Α:



$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + F_{A\Gamma Y} = 0 \Rightarrow R_A + F_{A\Gamma} \cdot \eta\mu 45^o = 0 \Rightarrow$

$2\text{ kN} + F_{A\Gamma} \cdot 0{,}707 = 0 \Rightarrow$

$F_{A\Gamma} = -\frac{2\text{ kN}}{0{,}707} \Rightarrow$ **$F_{A\Gamma} = -2{,}83$ kN Θλιπτική**

$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_A + F_{AB} + F_{A\Gamma X} = 0 \Rightarrow$

$H_A + F_{AB} + F_{A\Gamma} \cdot \sigma\upsilon 45^o = 0 \Rightarrow$

$4\text{ kN} + F_{AB} + (-2{,}83\text{ kN}) \cdot 0{,}707 = 0 \Rightarrow$

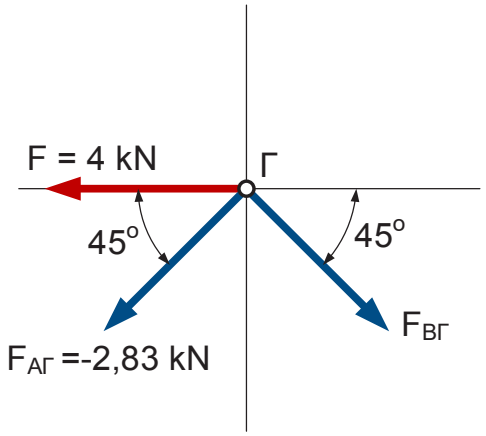
$4\text{ kN} + F_{AB} - 2\text{ kN} = 0 \Rightarrow$ **$F_{AB} = -2$ kN Θλιπτική**

Ο κόμβος Α θλίβεται από δυνάμεις F_{AB} και $F_{A\Gamma}$, ενώ οι ράβδοι ΑΒ και ΑΓ θλίβονται από δυνάμεις ίσες και αντίθετες προς F_{AB} και $F_{A\Gamma}$, αντίστοιχα.

Ισορροπία κόμβου Γ

Στον κόμβο Γ ενώνονται οι ράβδοι ΑΓ και ΒΓ. Ήδη γνωρίζουμε τη δύναμη $F_{A\Gamma}$, που θλίβει τη ράβδο ΑΓ. Ίση και αντίθετη δύναμη θα θλίβει και τον κόμβο Γ. Άρα, έχουμε μόνο μία άγνωστη δύναμη η οποία δρα στον κόμβο Γ, την $F_{B\Gamma}$, την οποία μπορούμε να βρούμε χρησιμοποιώντας τη μία συνθήκη ισορροπίας, ενώ η δεύτερη συνθήκη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

Κόμβος Γ:



$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow - F_{A\Gamma Y} - F_{B\Gamma Y} = 0 \Rightarrow F_{B\Gamma} \cdot \eta\mu 45^o = - F_{A\Gamma} \cdot \eta\mu 45^o \Rightarrow$

$F_{B\Gamma} = - F_{A\Gamma} \Rightarrow F_{B\Gamma} = - (-2{,}83\text{ kN}) \Rightarrow$

$F_{B\Gamma} = 2{,}83$ kN Εφελκυστική

Η δύναμη $F_{B\Gamma}$ στη ράβδο ΒΓ είναι εφελκυστική, εφόσον εφελκύει και τον κόμβο Γ.

Επαλήθευση:

$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow -F - F_{A\Gamma X} + F_{B\Gamma X} = 0 \Rightarrow$

$-F - F_{A\Gamma} \cdot \sigma\upsilon 45^o + F_{B\Gamma} \cdot \sigma\upsilon 45^o = 0 \Rightarrow$

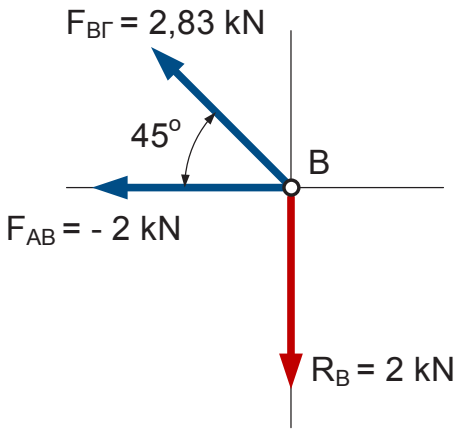
$-4\text{ kN} - (-2{,}83\text{ kN}) \cdot 0{,}707 + 2{,}83\text{ kN} \cdot 0{,}707 = 0 \Rightarrow$

$-4\text{ kN} + 2\text{ kN} + 2\text{ kN} = 0$

Ισορροπία κόμβου Β

Στον κόμβο Β δεν υπάρχει τώρα άγνωστη εσωτερική ή εξωτερική δύναμη, έτσι δεν έχουμε παρά να επαληθεύσουμε το αποτέλεσμά μας.

Κόμβος Β:



$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow -F_{AB} - F_{BΓX} = 0 \Rightarrow$

$-F_{AB} - F_{BΓ} \cdot συν45^o = 0 \Rightarrow$

$-(-2\ kN) - 2,83\ kN \cdot 0,707 = 0 \Rightarrow$

$2\ kN - 2\ kN = 0$ Ισχύει

$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow -R_B + F_{BΓY} = 0 \Rightarrow$

$-R_B + F_{BΓ} \cdot ημ45^o = 0 \Rightarrow -2\ kN + 2,83\ kN \cdot 0,707 = 0 \Rightarrow$

$-2\ kN + 2\ kN = 0$ Ισχύει

Για να συνοψίσουμε, οι εσωτερικές δυνάμεις στις ράβδους ΑΒ , ΑΓ και ΒΓ είναι οι πιο κάτω:

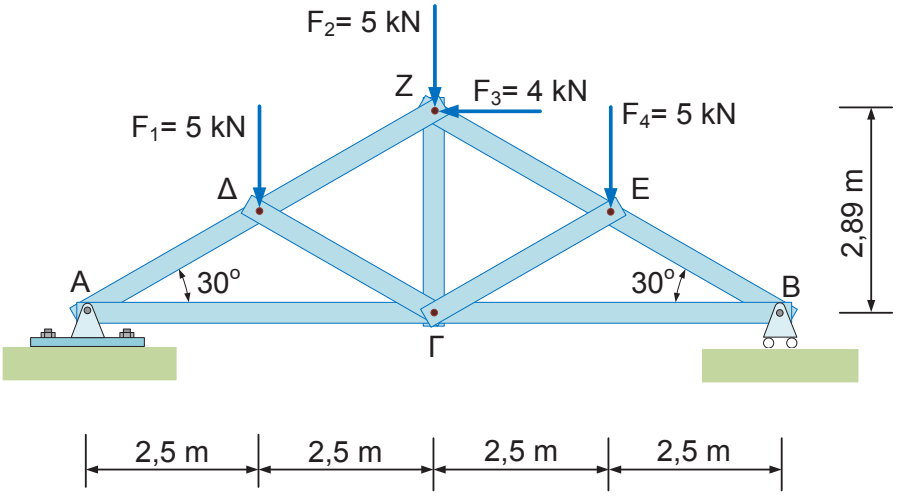
Ράβδος ΑΒ: $F_{AB} = 2$ kN (θλίψη)

Ράβδος ΑΓ: $F_{AΓ} = 2,83$ kN (θλίψη)

Ράβδος ΒΓ: $F_{BΓ} = 2,83$ kN (εφελκυσμός)

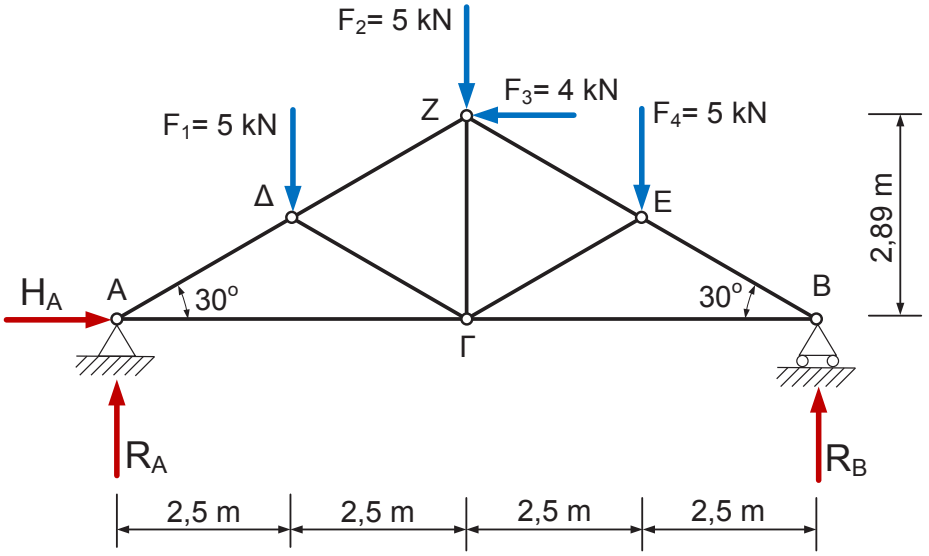
Παράδειγμα 16

Να υπολογιστούν οι εσωτερικές δυνάμεις στο πιο κάτω δικτύωμα:



Λύση:

Σχεδιάζουμε το διάγραμμα του δικτυώματος, μαζί με τα φορτία που ασκούνται σε αυτό, τις δύο στηρίξεις του δικτυώματος, καθώς και τις αντιδράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε μία από τις στηρίξεις.



Αναγνωρίζουμε τα είδη στήριξης της κατασκευής:

Σημείο Α: Άρθρωση

Σημείο Β: Κύλιση

(α) Υπολογισμός αντιδράσεων:

Εφόσον το δικτύωμα ισορροπεί, ισχύουν οι τρεις συνθήκες ισορροπίας: $\Sigma F_X=0$, $\Sigma F_Y=0$, $\Sigma M=0$
Υπολογίζουμε τις τρεις άγνωστες αντιδράσεις, χρησιμοποιώντας τις τρεις συνθήκες ισορροπίας στο επίπεδο.

$$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_A - F_3 = 0 \Rightarrow H_A - 4\ kN = 0 \Rightarrow H_A = 4\ kN$$

$$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - F_1 - F_2 - F_4 = 0 \Rightarrow R_A + R_B - 5\ kN - 5\ kN - 5\ kN = 0 \Rightarrow R_A + R_B = 15\ kN$$

Η πιο πάνω εξίσωση έχει δύο αγνώστους R_A και R_B, άρα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και την τρίτη συνθήκη ισορροπίας $\Sigma M = 0$, για να υπολογίσουμε τις R_A και R_B.

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow R_B \cdot 10\ m - F_1 \cdot 2{,}5\ m - F_2 \cdot 5\ m + F_3 \cdot 2{,}89\ m - F_4 \cdot 7{,}5\ m = 0 \Rightarrow$$

$$R_B \cdot 10\ m = 5\ kN \cdot 2{,}5\ m + 5\ kN \cdot 5\ m - 4\ kN \cdot 2{,}89\ m + 5\ kN \cdot 7{,}5\ m \Rightarrow$$

$$R_B \cdot 10\ m = 63{,}44\ kNm \Rightarrow$$

$$R_B = 6{,}34\ kN$$

Αντικαθιστώντας την R_B στην εξίσωση $R_A + R_B = 15\ kN$, υπολογίζουμε την R_A.

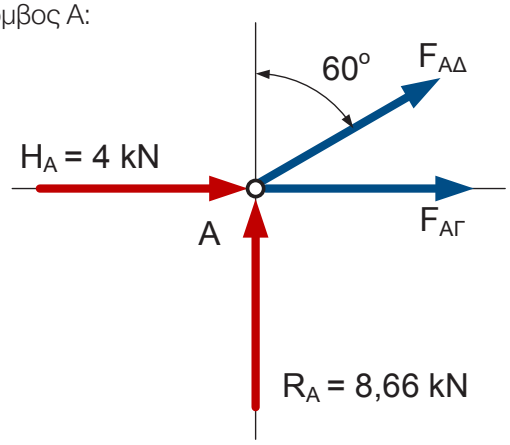
$$R_A + R_B = 15kN \Rightarrow R_A + 6{,}34\ kN = 15\ kN$$

$$\Rightarrow R_A = 8{,}66\ kN$$

(β) Υπολογισμός εσωτερικών δυνάμεων:

Το δικτύωμα είναι στατικά ορισμένο, διότι ισχύει η συνθήκη $b+r=2j$, δηλαδή $(9+3=2\cdot 6)$.
(αριθμός ράβδων $b=9$, αριθμός αντιδράσεων $r=3$, αριθμός κόμβων $j=6$)

Κόμβος Α:



$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow R_A + F_{A\Delta Y} = 0 \Rightarrow R_A + F_{A\Delta} \cdot \sigma\upsilon\nu 60^o = 0 \Rightarrow$

$8{,}66\ kN + F_{A\Delta} \cdot 0{,}5 = 0 \Rightarrow$

$F_{A\Delta} = -\frac{8{,}66\ kN}{0{,}5} \Rightarrow$ **$F_{A\Delta}$ = -17,32 kN Θλιπτική**

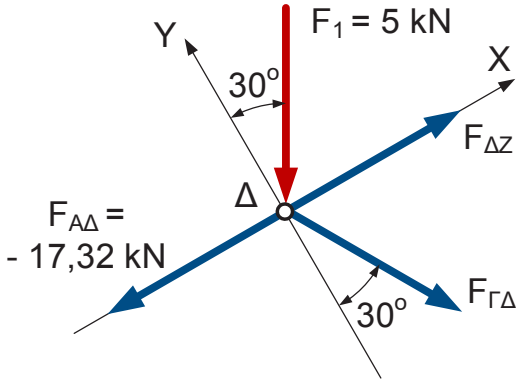
$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow H_A + F_{A\Gamma} + F_{A\Delta X} = 0 \Rightarrow$

$H_A + F_{A\Gamma} + F_{A\Delta} \cdot \eta\mu 60^o = 0 \Rightarrow$

$4\ kN + F_{A\Gamma} + (-17{,}32\ kN) \cdot 0{,}866 = 0 \Rightarrow$

$4\ kN + F_{A\Gamma} - 15\ kN = 0 \Rightarrow$ **$F_{A\Gamma}$= 11 kN Εφελκυστική**

Κόμβος Δ: (Περιστρέφουμε τους άξονες κατά -30°)



$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow -F_{1Y} - F_{\Gamma\Delta Y} = 0 \Rightarrow$

$-F_1 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o - F_{\Gamma\Delta} \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o = 0 \Rightarrow$

$-5\ kN - F_{\Gamma\Delta} = 0 \Rightarrow$ **$F_{\Gamma\Delta}$ = -5 kN Θλιπτική**

$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow + F_{\Delta Z} - F_{1X} - F_{A\Delta} + F_{\Gamma\Delta X} = 0 \Rightarrow$

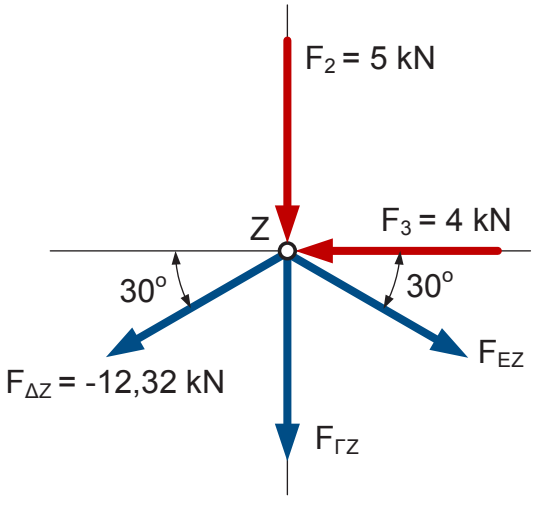
$F_{\Delta Z} - F_1 \cdot \eta\mu 30^o - F_{A\Delta} + F_{\Gamma\Delta} \cdot \eta\mu 30^o = 0 \Rightarrow$

$F_{\Delta Z} - 5\ kN \cdot 0{,}5 - (-17{,}32\ kN) + (-5\ kN) \cdot 0{,}5 = 0 \Rightarrow$

$F_{\Delta Z} - 2{,}5\ kN + 17{,}32\ kN - 2{,}5\ kN = 0 \Rightarrow$

$F_{\Delta Z}$ = -12,32 kN Θλιπτική

Κόμβος Ζ:



$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow - F_3 - F_{\Delta ZX} + F_{EZX} = 0 \Rightarrow$

$- F_3 - F_{\Delta Z} \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o + F_{EZ} \cdot \sigma\upsilon\nu 30^o = 0 \Rightarrow$

$-4\ kN - (-12{,}32\ kN) \cdot 0{,}866 + F_{EZ} \cdot 0{,}866 = 0 \Rightarrow$

$-4\ kN + 10{,}67\ kN + F_{EZ} \cdot 0{,}866 = 0 \Rightarrow$

$F_{EZ} = \frac{-6{,}67}{0{,}866} kN \Rightarrow$ **F_{EZ} = -7,70 kN Θλιπτική**

$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow -F_2 - F_{\Delta ZY} - F_{\Gamma Z} - F_{EZY} = 0 \Rightarrow$

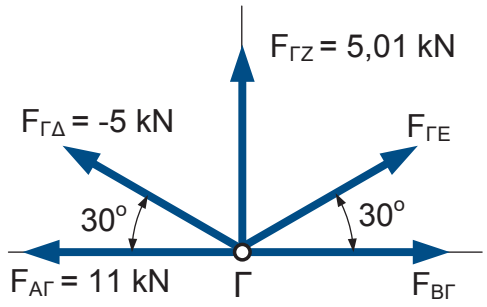
$-F_2 - F_{\Delta Z} \cdot \eta\mu 30^o - F_{\Gamma Z} - F_{EZ} \cdot \eta\mu 30^o = 0 \Rightarrow$

$-5\ kN - (-12{,}32\ kN) \cdot 0{,}5 - F_{\Gamma Z} - (-7{,}7\ kN) \cdot 0{,}5 = 0 \Rightarrow$

$-5\ kN + 6{,}16\ kN - F_{\Gamma Z} + 3{,}85\ kN = 0 \Rightarrow$

$F_{\Gamma Z}$ = 5,01 kN Εφελκυστική

Κόμβος Γ:



$\Sigma F_Y = 0 \Rightarrow F_{\Gamma EY} + F_{\Gamma Z} + F_{\Gamma\Delta Y} = 0 \Rightarrow$

$F_{\Gamma E} \cdot \eta\mu 30^o + F_{\Gamma Z} + F_{\Gamma\Delta} \cdot \eta\mu 30^o = 0 \Rightarrow$

$F_{\Gamma E} \cdot 0,5 \cdot + 5,01\ kN + (-5\ kN) \cdot 0,5 = 0 \Rightarrow$

$F_{\Gamma E} \cdot 0,5 \cdot + 5,01\ kN - 2,5\ kN = 0 \Rightarrow$

$F_{\Gamma E} = \frac{-5,01\ kN + 2,5\ kN}{0,5} \Rightarrow$ **$F_{\Gamma E}$ = - 5,02 kN Θλιπτική**

$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow F_{B\Gamma} + F_{\Gamma EX} - F_{\Gamma\Delta X} - F_{A\Gamma} = 0 \Rightarrow$

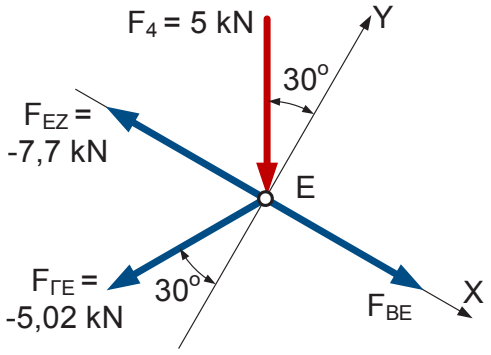
$F_{B\Gamma} + F_{\Gamma E} \cdot \sigma\upsilon 30^o - F_{\Gamma\Delta} \cdot \sigma\upsilon 30^o - F_{A\Gamma} = 0 \Rightarrow$

$F_{B\Gamma} + (-5,02\ kN) \cdot 0,866 - (-5\ kN) \cdot 0,866 - 11\ kN = 0 \Rightarrow$

$F_{B\Gamma} - 4,35\ kN + 4,33\ kN - 11\ kN = 0 \Rightarrow$

$F_{B\Gamma}$ = 11,02 kN Εφελκυστική

Κόμβος Ε: (Περιστρέφουμε τους άξονες κατά 30°)



$\Sigma F_X = 0 \Rightarrow F_{BE} + F_{4X} - F_{EZ} - F_{\Gamma EX} = 0 \Rightarrow$

$F_{BE} + F_4 \cdot \eta\mu 30^o - F_{EZ} - F_{\Gamma E} \cdot \eta\mu 30^o = 0 \Rightarrow$

$F_{BE} + 5\ kN \cdot 0,5 - (-7,7\ kN) - (-5,02\ kN) \cdot 0,5 = 0 \Rightarrow$

$F_{BE} = -2,5\ kN - 7,7\ kN - 2,51\ kN \Rightarrow$

F_{BE} = -12,71 kN Θλιπτική

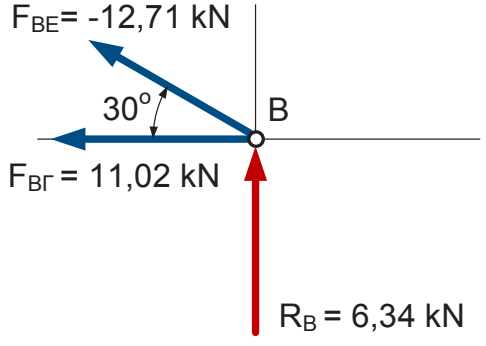
Για επαλήθευση:

$\Sigma F_Y = - F_{4Y} - F_{\Gamma EY} =$

$- F_4 \cdot \sigma\upsilon 30^o - F_{\Gamma E} \cdot \sigma\upsilon 30^o =$

$- 5\ kN \cdot 0,866 - (-5,02\ kN) \cdot 0,866 \approx 0$ Ισχύει

Κόμβος Β:



Για επαλήθευση:

$\Sigma F_X = - F_{BEX} - F_{B\Gamma} = - F_{BE} \cdot \sigma\upsilon 30^o - F_{B\Gamma} =$

$-(-12,71\ kN) \cdot 0,866 - 11,02\ kN \approx 0$ Ισχύει

Για επαλήθευση:

$\Sigma F_Y = R_B + F_{BEY} = R_B + F_{BE} \cdot \eta\mu 30^o =$

$6,34\ kN + (-12,71\ kN) \cdot 0,5 \approx 0$ Ισχύει

Για να συνοψίσουμε, οι εσωτερικές δυνάμεις στις ράβδους είναι οι πιο κάτω:

Ράβδος ΑΓ: $F_{ΑΓ}$ = 11 kN (εφελκυσμός)

Ράβδος ΑΔ: $F_{ΑΔ}$ = 17,32 kN (θλίψη)

Ράβδος ΒΓ: $F_{ΒΓ}$ = 11,02 kN (εφελκυσμός)

Ράβδος ΒΕ: $F_{ΒΕ}$ = 12,71 kN (θλίψη)

Ράβδος ΓΔ: $F_{ΓΔ}$ = 5 kN (θλίψη)

Ράβδος ΓΕ: $F_{ΓΕ}$ = 5,02 kN (θλίψη)

Ράβδος ΓΖ: $F_{ΓΖ}$ = 5,01 kN (εφελκυσμός)

Ράβδος ΔΖ: $F_{ΔΖ}$ = 12,32 kN (θλίψη)

Ράβδος ΕΖ $F_{ΕΖ}$ = 7,70 kN (θλίψη)

2.12 Ασκήσεις

Άσκηση 1

Στην εικόνα 1.α φαίνεται το σχέδιο του ξενοδοχείου «Κιβωτός» και στην εικόνα 1.β ένα όστρακο ναυτίλος.

Εικόνα 1.α

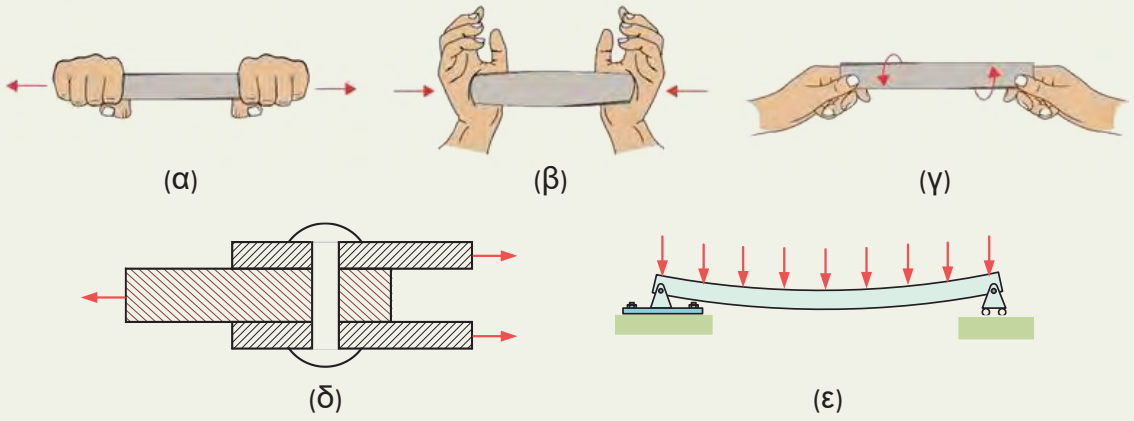
Εικόνα 1.β

α) Λαμβάνοντας υπόψη τα δύο αυτά παραδείγματα, να κατατάξετε τις κατασκευές στις δύο μεγάλες τους κατηγορίες.

β) Να αναφέρετε τα (δύο) κύρια είδη κατασκευαστικών στοιχείων, με τα οποία μπορεί να φτιαχτεί μία κατασκευή. Ποια στοιχεία περιλαμβάνει το κάθε είδος;

Άσκηση 2

Στο πιο κάτω σχέδιο φαίνονται πέντε είδη καταπόνησης, τα οποία προκαλούνται από την εφαρμογή δυνάμεων σε διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία.



α) Να αναφέρετε το είδος της καταπόνησης για την κάθε μία από τις πιο πάνω περιπτώσεις.

β) Να αναφέρετε ένα πρακτικό παράδειγμα για την κάθε μία από τις πιο πάνω καταπονήσεις.

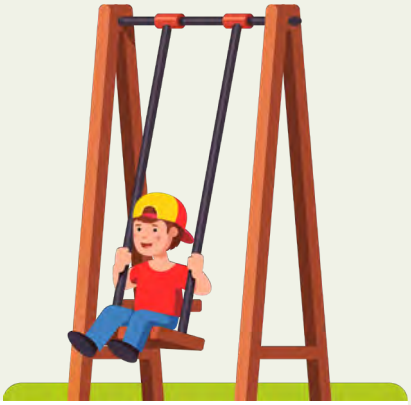
Άσκηση 3

α) Να αναφέρετε και να εξηγήσετε δύο ζεύγη κατηγοριών φορτίων στις κατασκευές.

β) Να αναφέρετε πώς διαφοροποιείται το είδος του φορτίου που δρα πάνω στην κατασκευή που φαίνεται στην εικόνα:

(i) Όταν το παιδί απλώς κάθεται πάνω στην κούνια.

(ii) Όταν το παιδί κουνιέται.

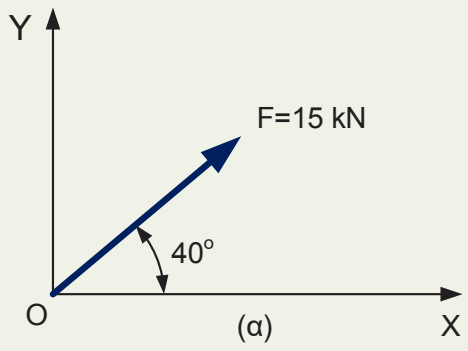


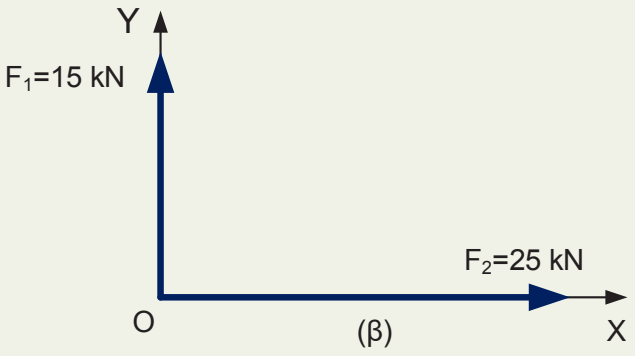
Άσκηση 4

Να υπολογίσετε αναλυτικά:

α) Τις συνιστώσες της δύναμης F του σχήματος (α) και

β) Τη συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 του σχήματος (β).

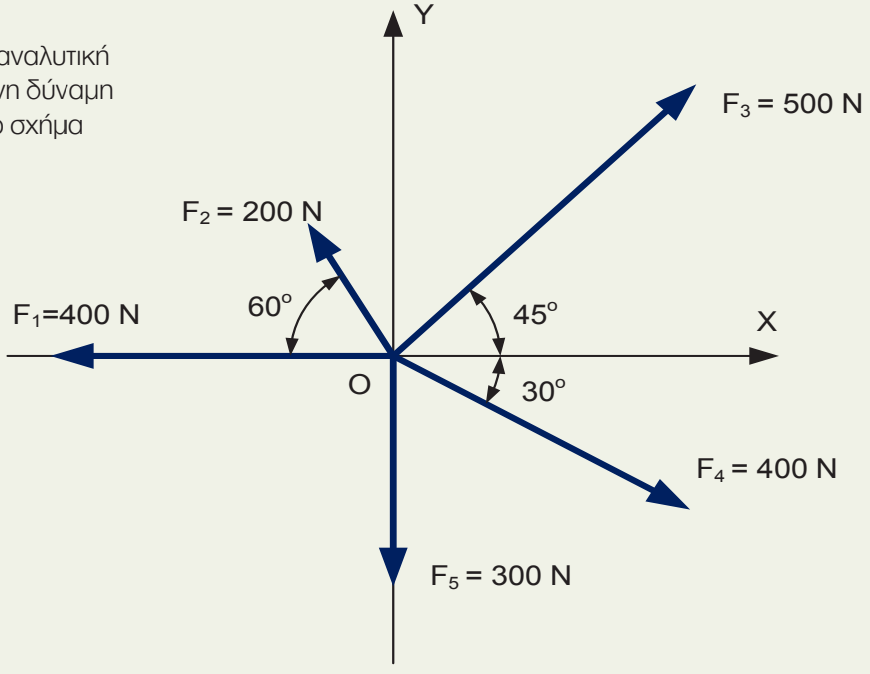




Άσκηση 5

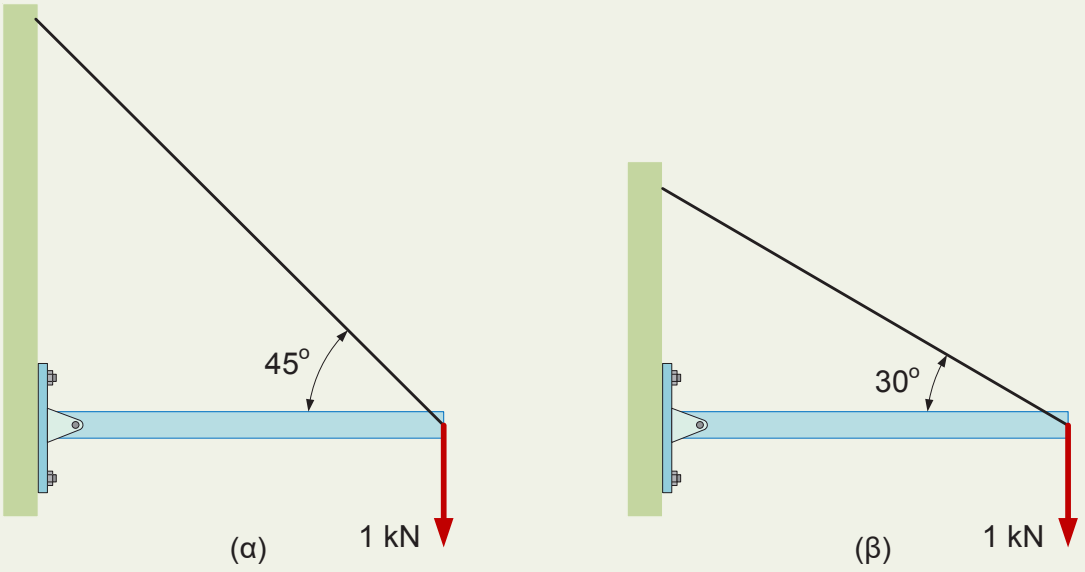
Χρησιμοποιώντας τη γραφική και την αναλυτική μέθοδο να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη των δυνάμεων F_1 έως F_5 στο διπλανό σχήμα που έχουν κοινό σημείο εφαρμογής.

(Κλίμακα 1 cm = 100 N)



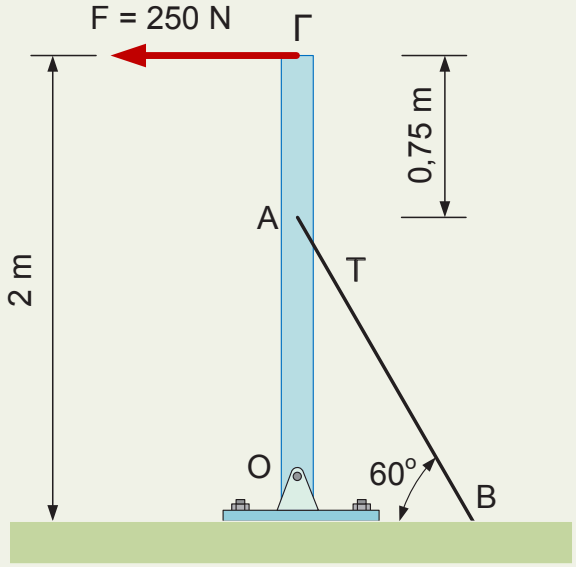
Άσκηση 6

Να αναφέρετε σε ποια από τις δύο περιπτώσεις, α και β, των πιο κάτω σχημάτων θεωρείτε ότι είναι πιο πιθανόν να σπάσει το σχοινί. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Άσκηση 7

Να υπολογίσετε το μέγεθος και τη φορά της δύναμης Τ που ασκείται στο συρματόσχοινο ΑΒ της κατασκευής, στο πιο κάτω σχήμα.

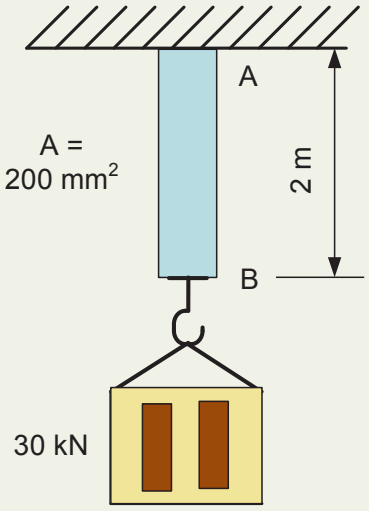


Άσκηση 8

Σε μία μεταλλική ράβδο μήκους 3 m και με εμβαδόν διατομής 50 mm^2, εφαρμόζεται εφελκυστική δύναμη 40 kN και επιμηκύνεται κατά 6 mm. Να υπολογίσετε την εφελκυστική τάση και την ανηγμένη μήκυνση της ράβδου.

Άσκηση 9

Πάνω σε μία μεταλλική ράβδο ΑΒ, μήκους 2 m, με εμβαδόν διατομής 200 mm^2 και μέτρο ελαστικότητας Ε=200 · 10^6 kN/m^2, κρέμεται ένα φορτίο που έχει βάρος ίσο με 30 kN. Να υπολογίσετε την τάση εφελκυσμού και την ανηγμένη μήκυνση της ράβδου.

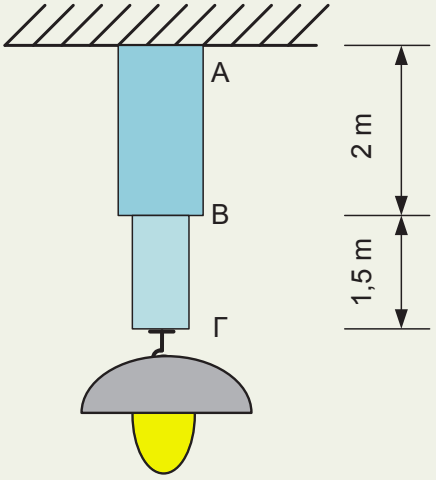


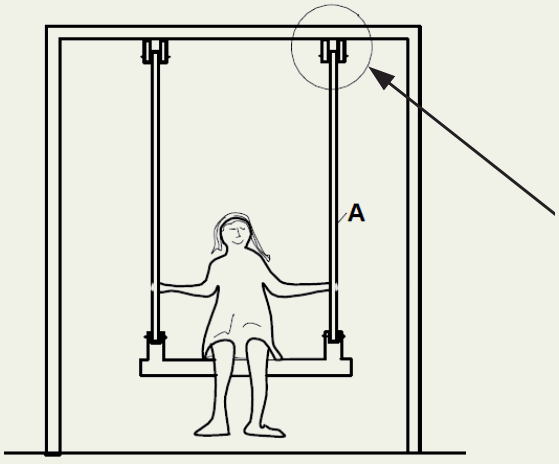
Άσκηση 10

Ένας προβολέας κρέμεται από την οροφή με μία κυλινδρική ράβδο ΑΓ, που αποτελείται από δύο επιμέρους ράβδους ΑΒ και ΒΓ.

Να υπολογίσετε την ολική επιμήκυνση της ράβδου ΑΓ, η οποία δημιουργείται από τη δύναμη F= 70 N που ασκεί το βάρος του προβολέα πάνω στη ράβδο (να αγνοηθεί το βάρος της ράβδου).

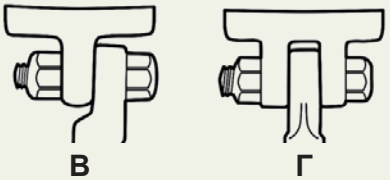
Οι διατομές των τμημάτων ΑΒ και ΒΓ είναι 300 mm^2 και 200 mm^2, αντίστοιχα. Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού και των δυο τμημάτων της ράβδου είναι Ε= 70 · 10^6 kN/m^2.





Άσκηση 11

Για τη στήριξη του κινούμενου μέρους «Α» της κούνιας, η οποία φαίνεται στο διπλανό σχήμα, ο κατασκευαστής μπορεί να χρησιμοποιήσει μία από τις δύο διευθετήσεις, «Β» και «Γ».



α) Να ονομάσετε το είδος της καταπόνησης που υφίσταται το μπουλόνι στήριξης.

β) Αν το εμβαδόν της διατομής του μπουλονιού είναι A=80 mm^2 (και στις δύο διευθετήσεις) και το βάρος του παιδιού που κάθεται στην κούνια είναι 400 N, να υπολογίσετε την τάση στο μπουλόνι τόσο στη διευθέτηση «Β» όσο και στη διευθέτηση «Γ».

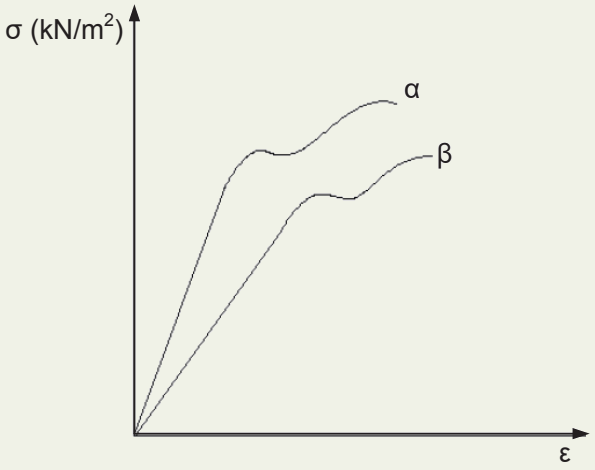
γ) Να υπολογίσετε την ανηγμένη μήκυνση στη ράβδο Α, όταν στην κούνια κάθεται το ίδιο παιδί. Η ράβδος που έχει μήκος 2 m και εμβαδόν διατομής 120 mm^2, έχει κατασκευαστεί με υλικό με μέτρο ελαστικότητας ίσο με $200 \cdot 10^6$ kN/m^2.

Άσκηση 12

Χρησιμοποιώντας τη συσκευή δοκιμής αντοχής υλικών του εργαστηρίου, υποβάλαμε δύο διαφορετικά υλικά (α) και (β) σε εφελκυσμό και πήραμε τα διπλανά διαγράμματα τάσης / ανηγμένης μήκυνσης.

α) Να αναφέρετε ποιο από τα δύο υλικά είναι το πιο ελαστικό, δικαιολογώντας την απάντησή σας.

β) Να αναφέρετε ποιο από τα δύο υλικά έχει το μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας Ε. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



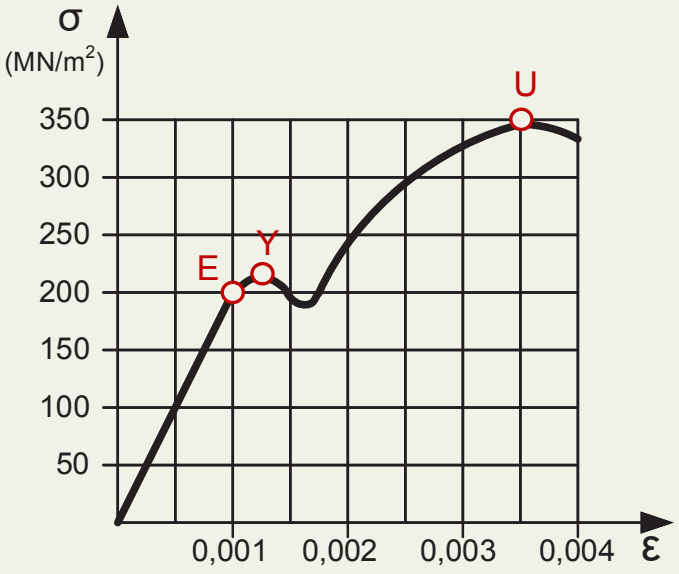
Άσκηση 13

Η γραφική παράσταση, που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, δείχνει την τυπική καμπύλη σ - ε, για δοκίμιο μαλακού χάλυβα που υφίσταται εφελκυσμό.

α) Να αναφέρετε τι αντιπροσωπεύουν τα σημεία Ε, Υ και U, που φαίνονται πάνω στην καμπύλη.

β) Να υπολογίσετε το μέτρο ελαστικότητας (Ε) του μαλακού χάλυβα από τη διπλανή γραφική παράσταση.

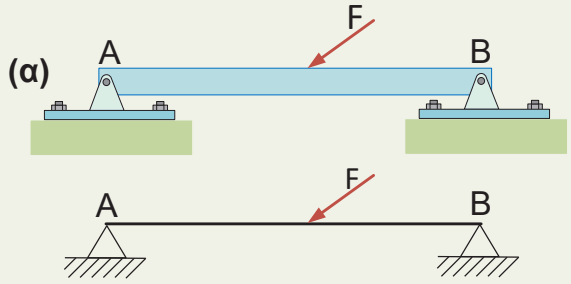
γ) Στο ίδιο σχεδιάγραμμα να σχεδιάσετε το διάγραμμα εφελκυσμού του χαλκού, όταν δίδεται ότι το μέτρο ελαστικότητας του χαλκού είναι $E = 108 \cdot 10^6$ kN/m^2 και δύο τιμές τάσης στην ελαστική περιοχή είναι $50 \cdot 10^3$ kN/m^2 και $100 \cdot 10^3$ kN/m^2.



Άσκηση 14

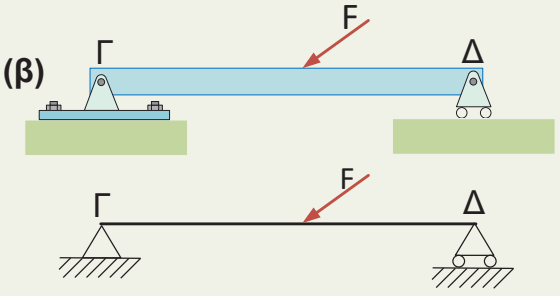
α) «Να εξηγήστε πότε ένας κατασκευαστικός φορέας ονομάζεται «στατικά ορισμένος» και πότε «στατικά αόριστος».

β) Στα πιο κάτω σχήματα φαίνονται τρεις (3) κατασκευαστικοί φορείς (δοκοί) μαζί με τις στηρίξεις τους. Κάτω από κάθε κατασκευαστικό φορέα σχεδιάστηκε το διάγραμμά του. Να σχεδιάσετε στο διάγραμμα του κάθε φορέα τις αντιδράσεις σε κάθε στήριξη. Να αναφέρετε ποιοι από τους πιο κάτω φορείς είναι στατικά ορισμένοι και ποιοι είναι στατικά αόριστοι.



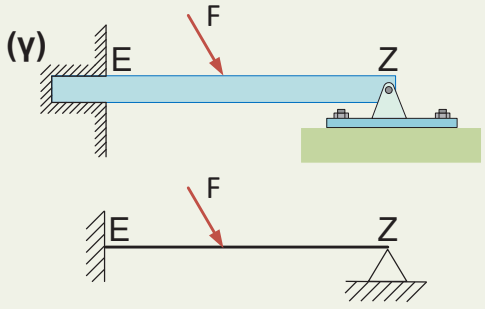
Αριθμός αντιδράσεων……..

Στατικά……..……



Αριθμός αντιδράσεων……..

Στατικά……..……



Αριθμός αντιδράσεων……..

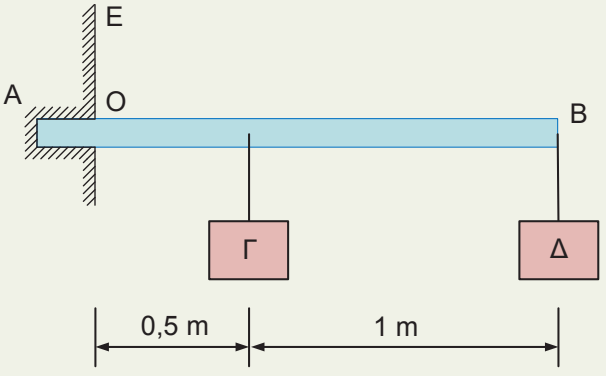
Στατικά……..……

Άσκηση 15

Στον τοίχο Ε του διπλανού σχήματος είναι στερεωμένη η δοκός ΑΒ, από την οποία κρέμονται οι δύο πινακίδες Γ και Δ, βάρους 50 Ν η καθεμιά.

α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα της δοκού μαζί με τη στήριξή της. Σε αυτό να τοποθετήσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στη δοκό από τις δύο πινακίδες, καθώς και τις αντιδράσεις στο σημείο στήριξης.

β) Να υπολογίσετε τις άγνωστες αντιδράσεις στο σημείο Ο της δοκού.

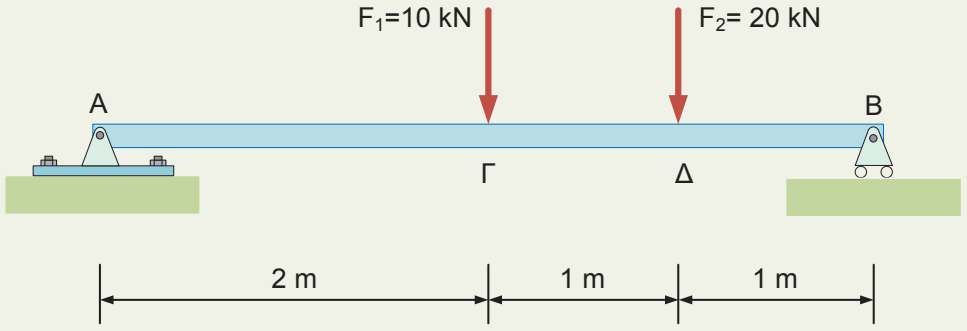


Άσκηση 16

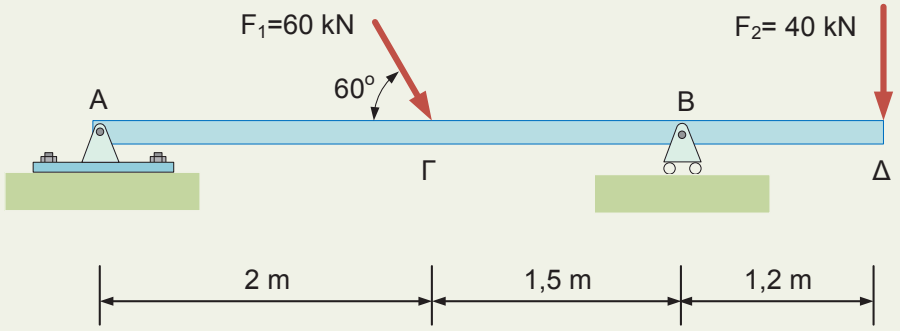
Πιο κάτω δίνονται επτά (7) κατασκευές μαζί με τις στηρίξεις τους και τα φορτία που ασκούνται σε κάθε μία από αυτές.

Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα για κάθε μία από πιο κάτω κατασκευές, μαζί με τις στηρίξεις της. Σε κάθε διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται σε κάθε κατασκευή και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις. Στη συνέχεια, να υπολογίσετε τις αντιδράσεις στις στηρίξεις της κάθε κατασκευής.

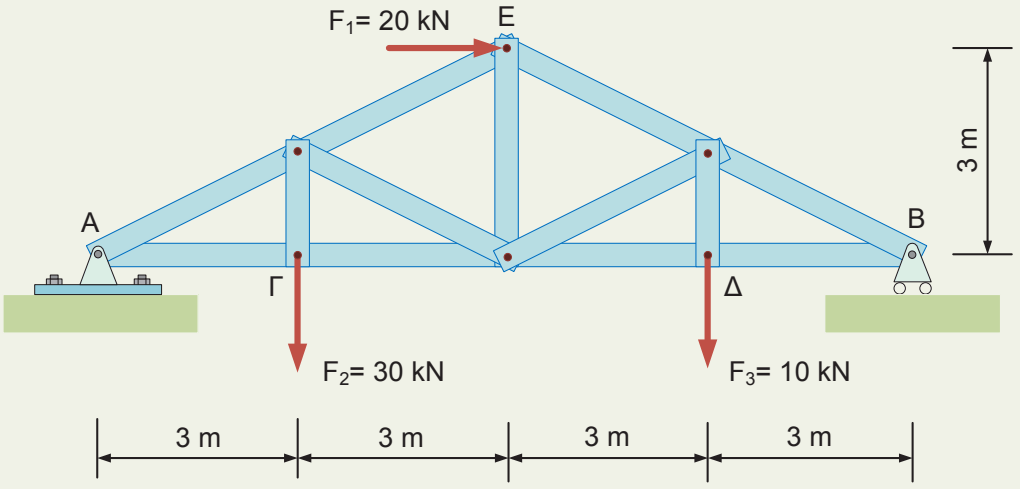
(α)



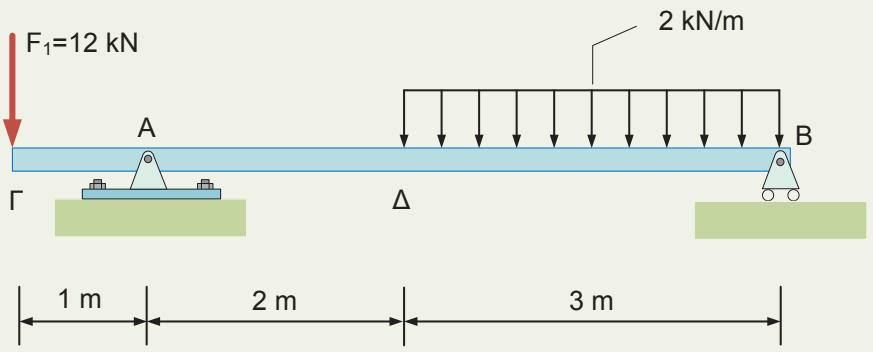
(β)



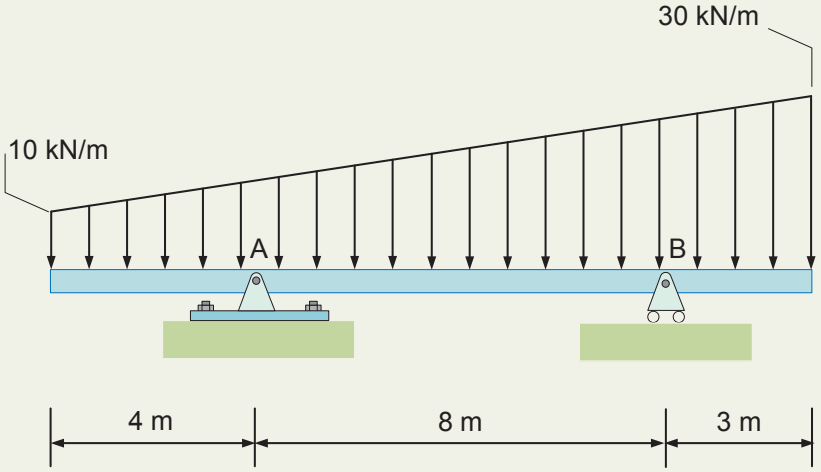
(γ)



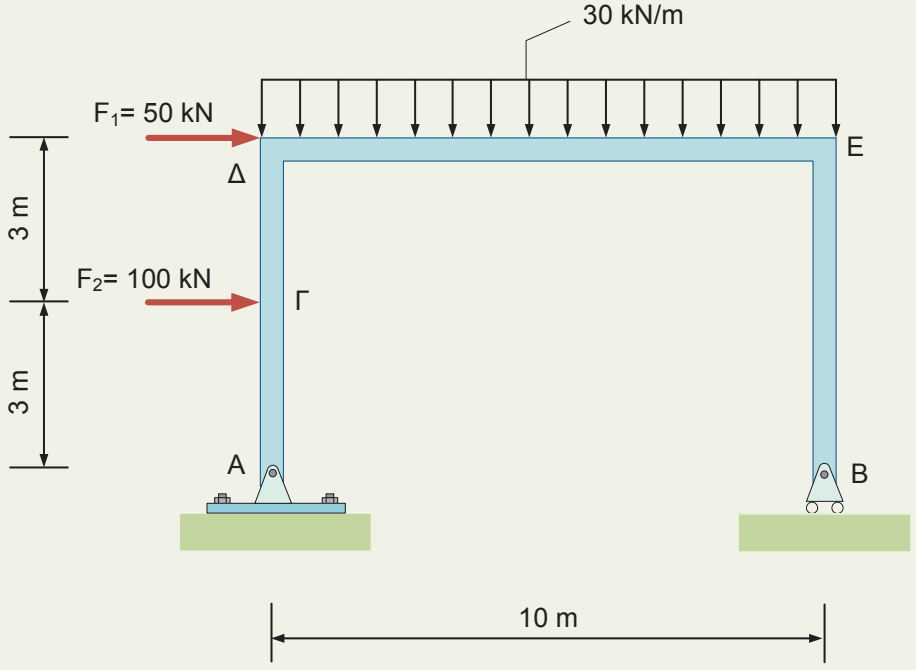
(δ)

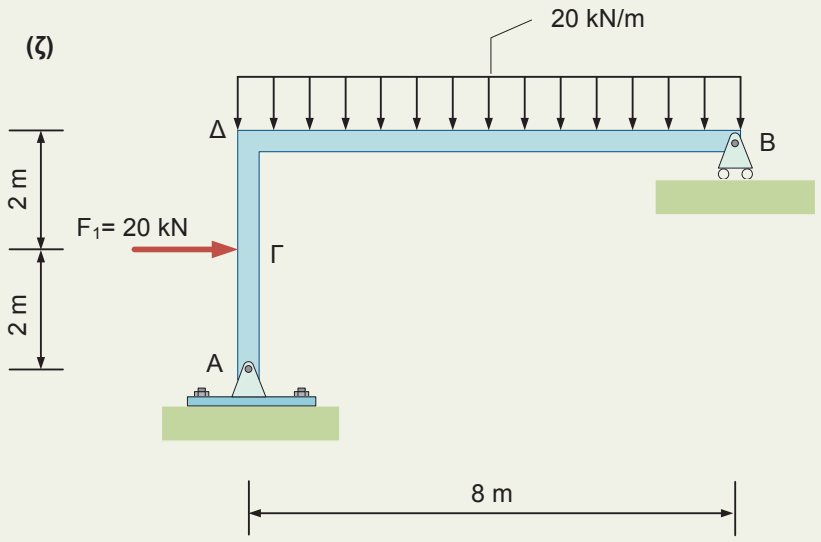

F1=12 kN
2 kN/m
A
B
Γ
Δ
1 m
2 m
3 m

(ε)


30 kN/m
10 kN/m
A
B
4 m
8 m
3 m

(στ)


30 kN/m
F1= 50 kN
F2= 100 kN
Δ
E
Γ
A
B
3 m
3 m
10 m



Άσκηση 17

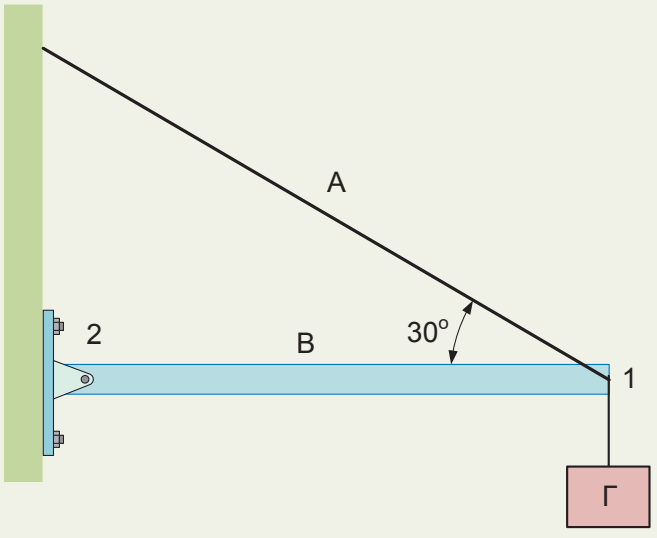
Τι εννοούμε όταν αναφερόμαστε στον «συντελεστή ασφάλειας» μίας κατασκευής;

Άσκηση 18

Η πιο κάτω κατασκευή χρησιμοποιείται για να συγκρατεί στη θέση «1» τη διαφημιστική πινακίδα Γ, βάρους 10 kN.

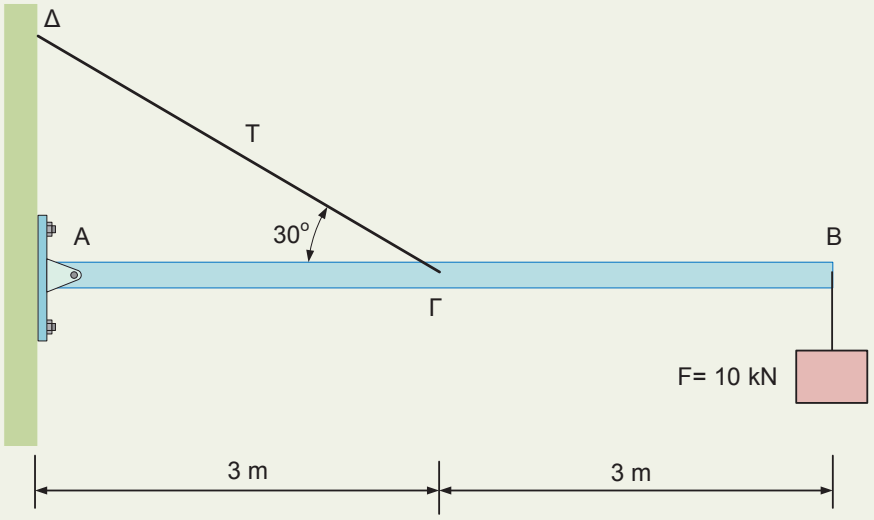
α) Να υπολογίσετε το μέγεθος της δύναμης που ασκείται στο συρματόσχοινο Α και το είδος και το μέγεθος της δύναμης που ασκείται στη ράβδο Β.

β) Αν το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το συρματόσχοινο Α έχει διάμετρο 10 mm και αντέχει σε τάσεις (εφελκυστικές) όχι μεγαλύτερες των 500 MN/m^2, να υπολογίσετε τον συντελεστή ασφάλειας της κατασκευής.



Άσκηση 19

Το δοκάρι που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα, στηρίζεται από δύο παράλληλα συρματόσχοινα Τ, το κάθε ένα από τα οποία έχει εμβαδόν διατομής 400 mm^2. Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού είναι $E= 200 \cdot 10^9$ N/m^2. Το μήκος του κάθε συρματόσχοινου ισούται με 3,46 m.



Να υπολογίσετε:

α) Τη δύναμη σε κάθε συρματόσχοινο.

β) Την επιμήκυνση του συρματόσχοινου λόγω της δύναμης αυτής.

Άσκηση 20

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα δικτύωμα.

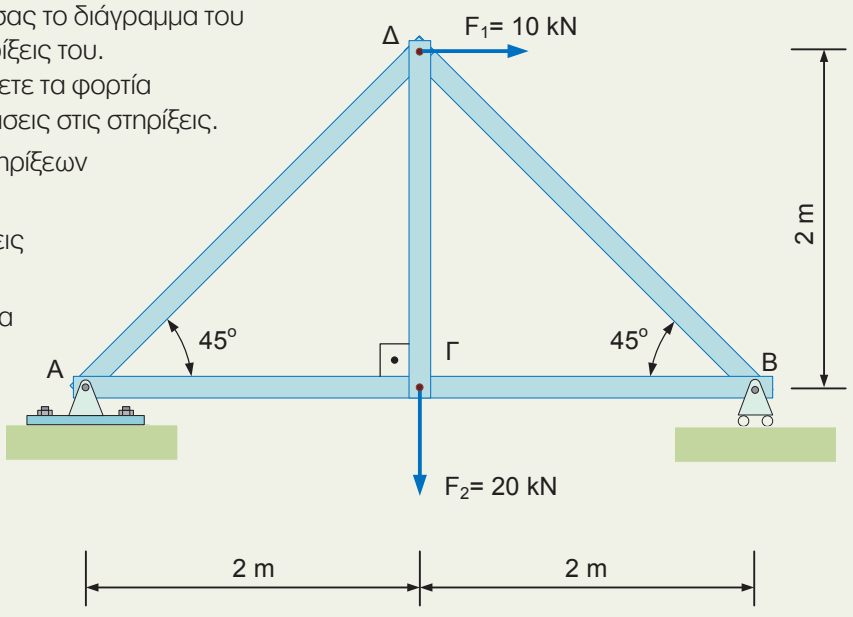
α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος, μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Να ονομάσετε τα είδη των στηρίξεων στα σημεία Α και Β.

γ) Να υπολογίσετε τις αντιδράσεις στα σημεία Α και Β.

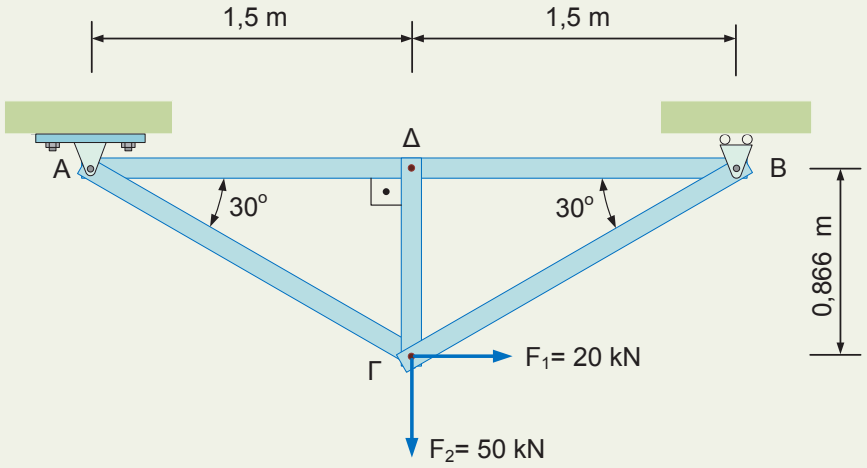
δ) Να αποδείξετε ότι το δικτύωμα είναι στατικά ορισμένο.

ε) Να υπολογίσετε και να χαρακτηρίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στις ράβδους του δικτυώματος.



Άσκηση 21

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένα δικτύωμα.



α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Να αποδείξετε ότι το δικτύωμα του πιο πάνω σχήματος είναι στατικά ορισμένο.

γ) Να υπολογίσετε τις αντιδράσεις στα σημεία Α και Β και τις δυνάμεις που ασκούνται στις ράβδους του δικτυώματος. Να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησης που δέχεται η κάθε ράβδος του δικτυώματος.

δ) Αν το υλικό κατασκευής του δικτυώματος αντέχει σε μέγιστη τάση ($\sigma_{μεγ}$) 400 N/mm^2 και ο συντελεστής ασφάλειας πρέπει να είναι 5, να υπολογίσετε το ελάχιστο εμβαδόν διατομής της ράβδου ΑΓ.

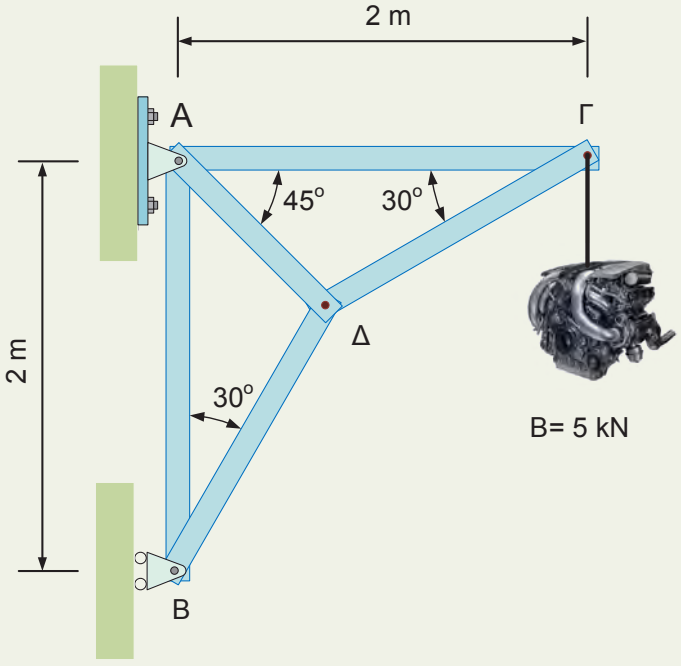
Άσκηση 22

Το δικτύωμα του διπλανού σχήματος σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιείται στα συνεργεία αυτοκινήτων, ώστε να συγκρατεί στο σημείο Γ μηχανές αυτοκινήτων βάρους μέχρι και 5 kN.

α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε το φορτίο το οποίο ασκείται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

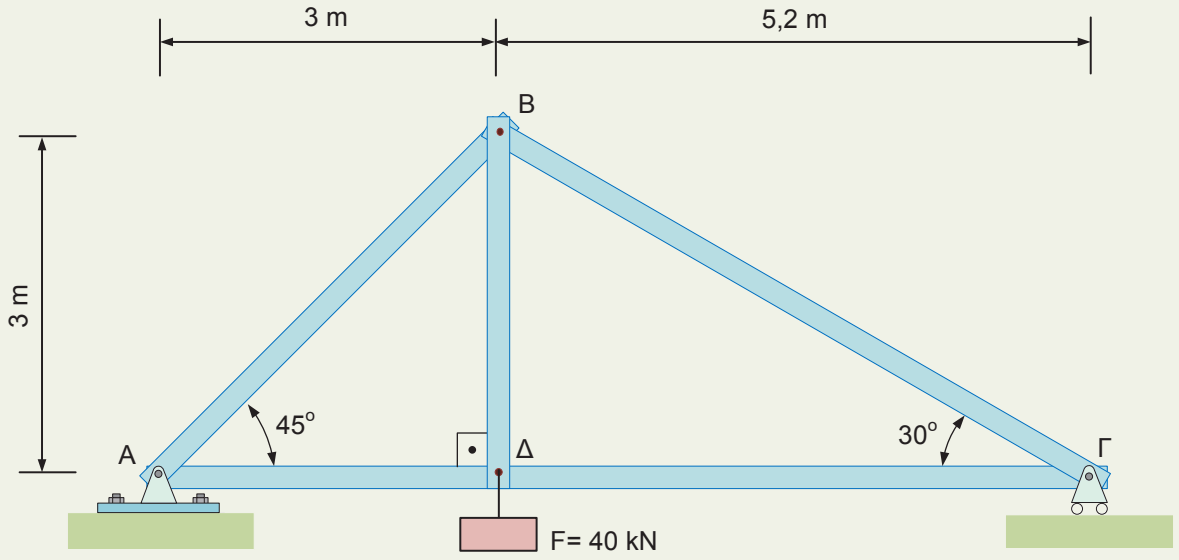
β) Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στις ράβδους του δικτυώματος και να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησης που δέχεται η κάθε ράβδος.

γ) Αν το υλικό κατασκευής του δικτυώματος αντέχει σε τάση $\sigma_{μεγ}$ = 400 N/mm^2 και ο συντελεστής ασφάλειας πρέπει να είναι 4, να υπολογίσετε το ελάχιστο εμβαδόν διατομής της ράβδου ΑΓ.



Άσκηση 23

Το δικτύωμα το οποίο φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα, χρησιμοποιείται για να συγκρατεί στο σημείο Δ φορτίο ίσο με 40 kN.



α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε το φορτίο και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στις ράβδους του δικτυώματος και να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησής τους, εξαιτίας του πιο πάνω φορτίου.

γ) Για την κατασκευή του δικτυώματος λήφθηκε υπόψη συντελεστής ασφάλειας για κάθε ράβδο ίσος με 4. Να υπολογίσετε το εμβαδόν διατομής της ράβδου που δέχεται τη μεγαλύτερη καταπόνηση σε εφελκυσμό, λαμβάνοντας υπόψη ότι χρησιμοποιήθηκε μεταλλικό υλικό με μέγιστη τάση αντοχής $\sigma_{μεγ}$= 750 MN/m^2.

Άσκηση 24

Το δικτυωμα που φαίνεται στην επόμενη σελίδα χρησιμοποιείται για να ανεβάζει φορτία σε μια βιομηχανία. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα δύο συρματόσχοινα στις θέσεις Γ και Δ. Το συρματόσχοινο στη θέση Γ μπορεί να ανεβάσει φορτίο με μέγιστο βάρος 5 kN, ενώ αυτό στη θέση Δ μπορεί να ανεβάσει φορτίο με μέγιστο βάρος 8 kN.

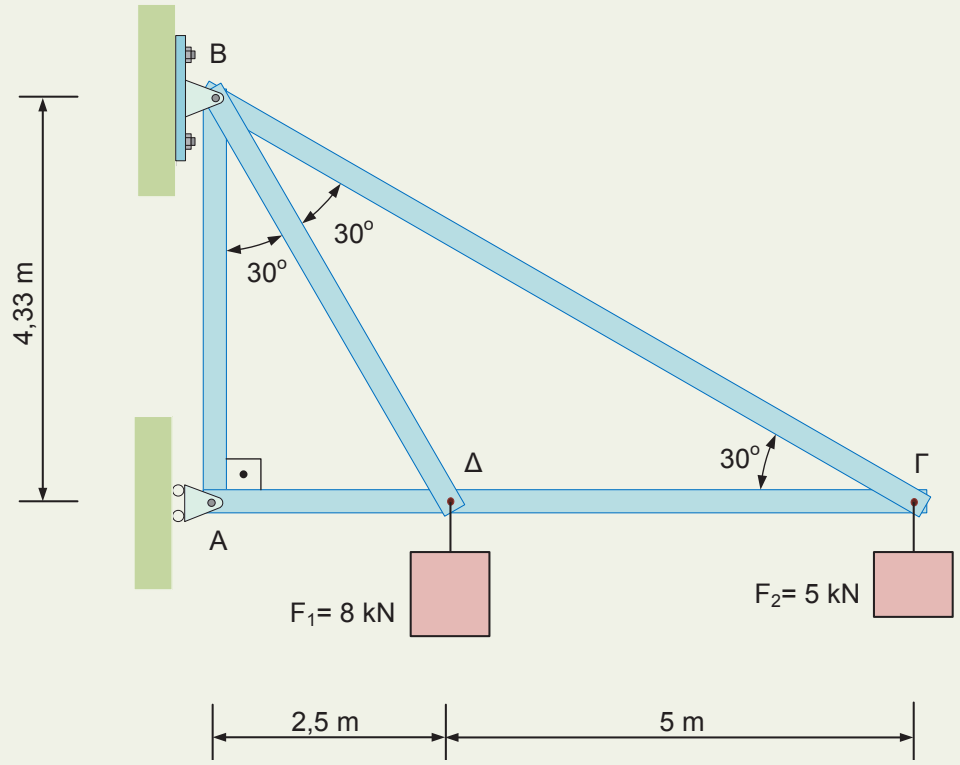
α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στις ράβδους του δικτυώματος της κατασκευής και να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησης που δέχεται η κάθε ράβδος, όταν τα συρματόσχοινα στις θέσεις Γ και Δ ανεβάζουν τα μέγιστα φορτία τους.

γ) Να ονομάσετε τη ράβδο που δέχεται τη μεγαλύτερη καταπόνηση:

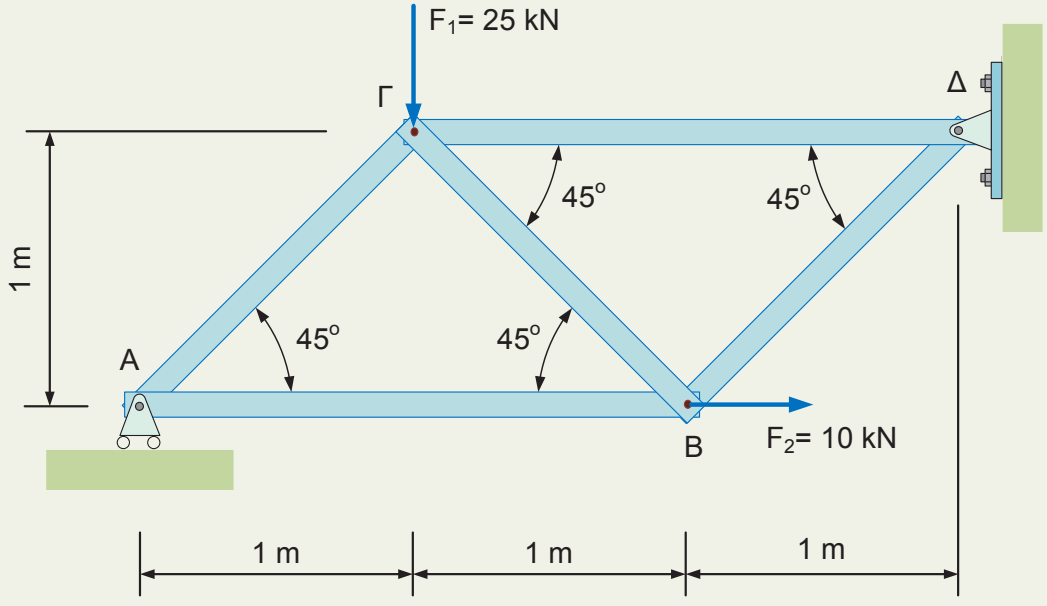
i) σε εφελκυσμό και

ii) σε θλίψη.



Άσκηση 25

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένα δικτύωμα το οποίο αποτελείται από πέντε ράβδους και το οποίο στηρίζεται στα σημεία Α και Δ. Στον κόμβο Γ εφαρμόζεται κατακόρυφο φορτίο 25 kN και στον κόμβο Β οριζόντιο φορτίο 10 kN.



α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Να ονομάσετε τα είδη των στηρίξεων και να υπολογίσετε τις αντιδράσεις στα σημεία στήριξης Α και Δ.

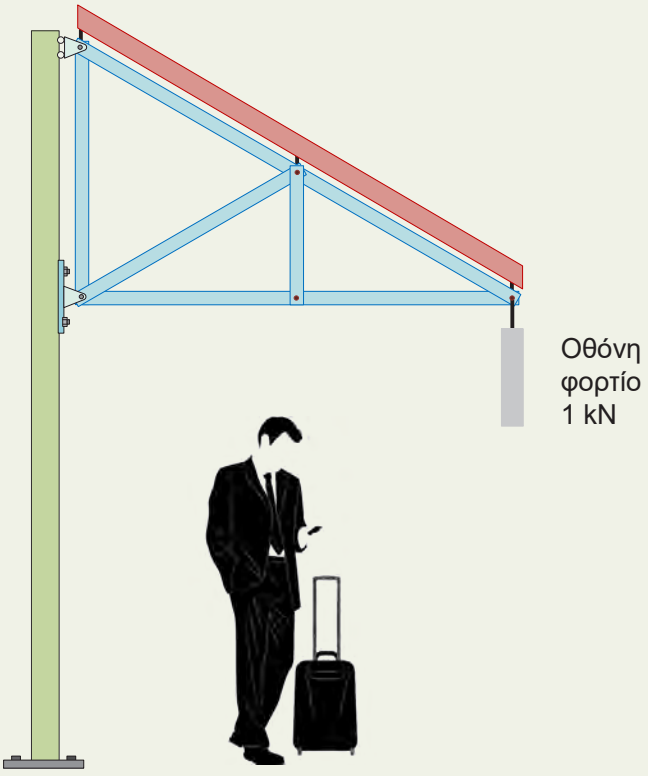
γ) Να αποδείξετε ότι το δικτύωμα είναι στατικά ορισμένο.

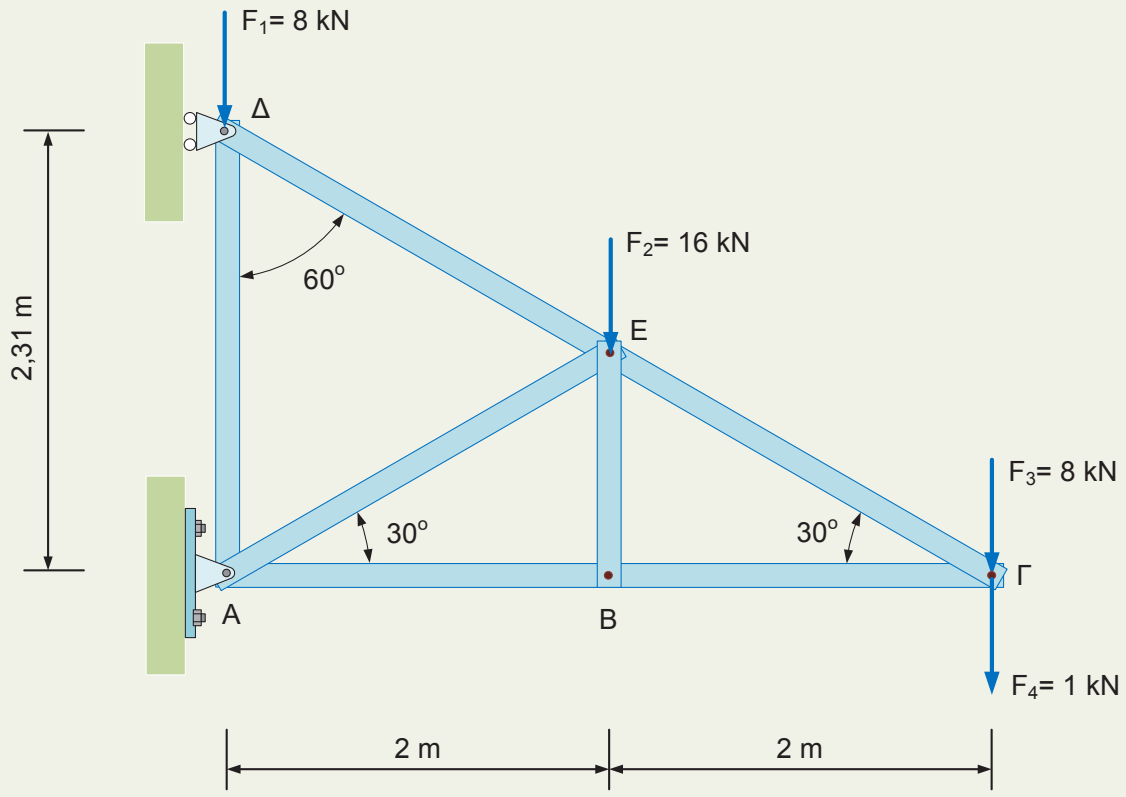
δ) Να υπολογίσετε τις εσωτερικές δυνάμεις στις ράβδους του δικτυώματος και να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησης που δέχεται η κάθε μία από αυτές.

ε) Αν το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του δικτυώματος έχει $\sigma_{μεγ}$= 500 N/mm^2, να υπολογίσετε το εμβαδόν διατομής της ράβδου ΑΒ, έτσι ώστε να επιτευχθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 4.

Άσκηση 26

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένας υπαίθριος καλυμμένος χώρος σταθμού τρένου. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το δικτύωμα, το οποίο στηρίζεται στα σημεία Α και Δ και αυτό, με τη σειρά του, στηρίζει την οροφή και την οθόνη προβολής αναχωρήσεων.

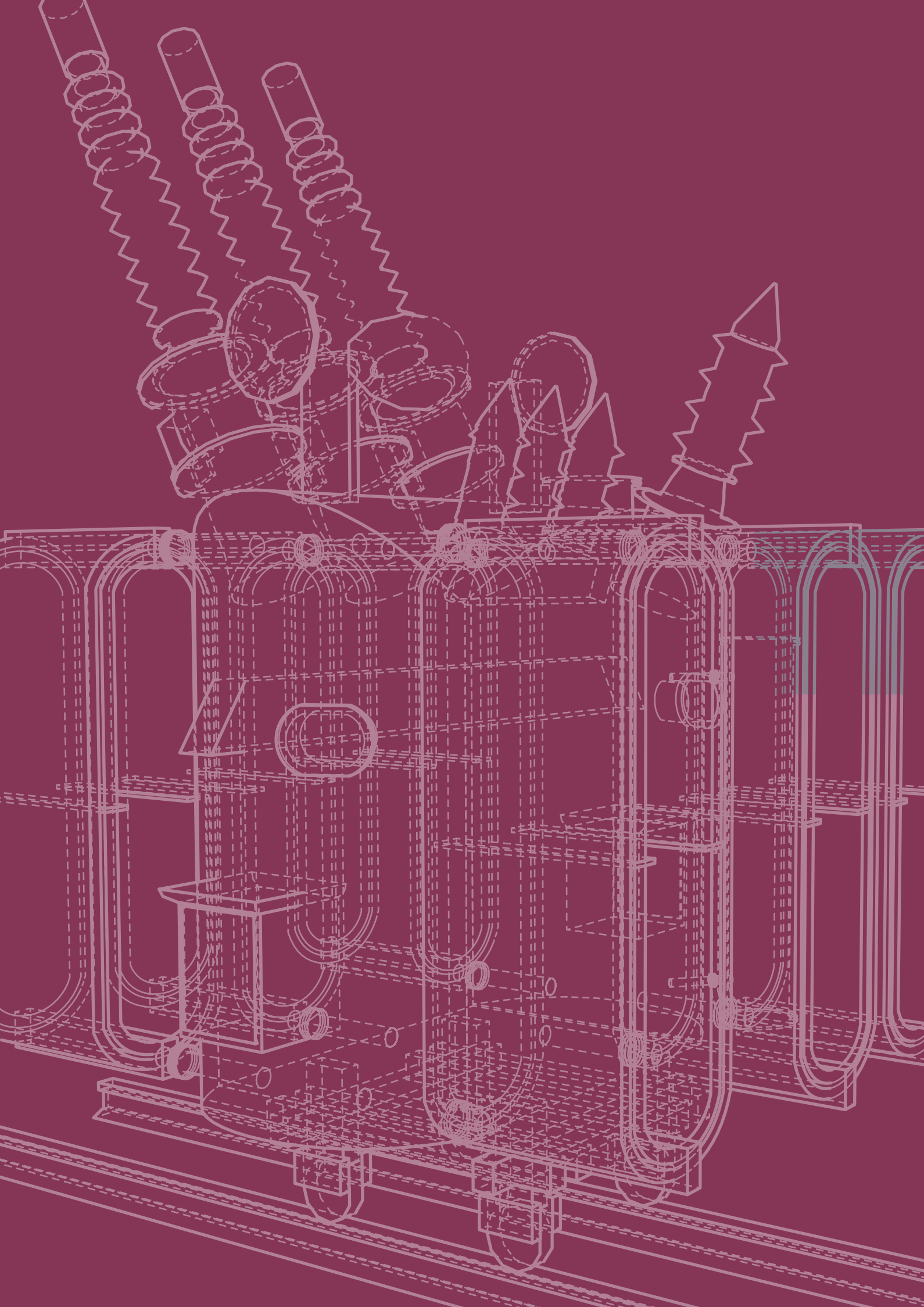




α) Να σχεδιάσετε στο τετράδιό σας το διάγραμμα του δικτυώματος μαζί με τις στηρίξεις του. Στο διάγραμμα να τοποθετήσετε τα φορτία που ασκούνται και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.

β) Αφού αποδείξετε ότι το δικτύωμα είναι στατικά ορισμένο, να υπολογίσετε τις εσωτερικές δυνάμεις στις ράβδους (ΑΔ), (ΑΒ), (ΑΕ) και (ΔΕ) του δικτυώματος και να χαρακτηρίσετε το είδος της καταπόνησης που δέχεται η καθεμιά από αυτές.

γ) Αν το εμβαδόν διατομής της ράβδου (ΔΕ) είναι 370 mm^2 και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του δικτυώματος έχει $\sigma_{μεγ}$= 400 N/mm^2, να υπολογίσετε τον συντελεστή ασφάλειας που λήφθηκε υπόψη για την επιλογή της πιο πάνω ράβδου.



Ενότητα 3

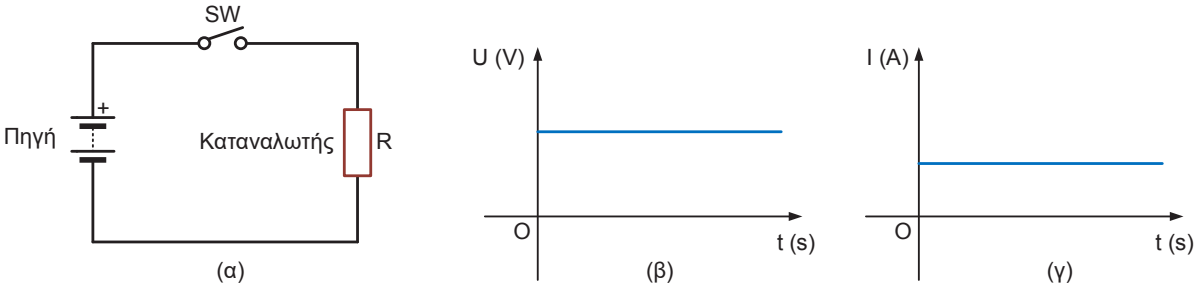
Ηλεκτρικές Μηχανές, Μετασχηματιστές και Ανορθωτές

3.1 Ηλεκτρικό ρεύμα

Ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων ή φορέων ηλεκτρικού φορτίου, κατά μήκος ενός ηλεκτροφόρου αγωγού. Ανάλογα με την εξάρτηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με τον χρόνο διακρίνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα σε διάφορα είδη. Υπάρχουν δύο κύρια είδη ηλεκτρικού ρεύματος το συνεχές και το εναλλασσόμενο.

Συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα (d.c.- direct current). Είναι το ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο σε ένα κύκλωμα ρέει πάντοτε προς την ίδια κατεύθυνση, από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής (συμβατική φορά του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος). Η τιμή της έντασής (I) του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος είναι σταθερή ως προς τον χρόνο*.

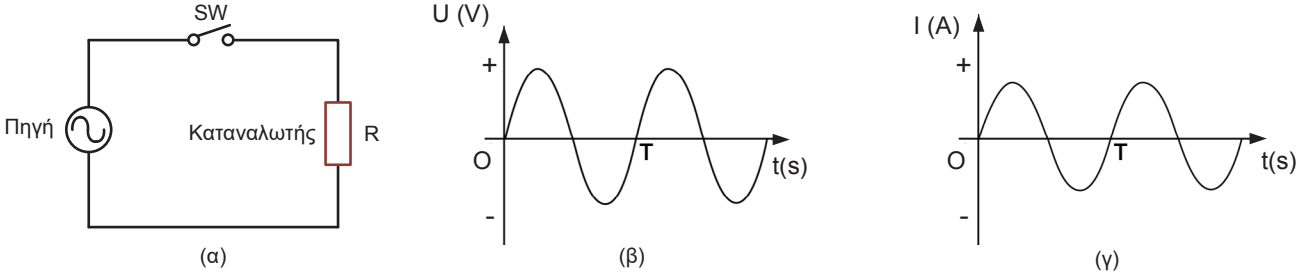
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος είναι αυτό που δίνει μία μπαταρία. Στο σχήμα 3/1α φαίνεται ένα απλό κύκλωμα με μπαταρία και στις γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 3/1β, 3/1γ φαίνονται η τάση (U) και η ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος αντίστοιχα, οι οποίες παραμένουν σταθερές σε όλο το χρονικό διάστημα (μέχρις ότου βέβαια η αποθηκευμένη ενέργεια της μπαταρίας αρχίσει να εξαντλείται).



Σχ. 3/1 Απλό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος και γραφικές παραστάσεις τάσης και έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με τον χρόνο.

Εκτός από τις μπαταρίες, το συνεχές ρεύμα μπορεί να παραχθεί και από ειδικές μηχανές που ονομάζονται γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (d.c. generators).

Το **εναλλασσόμενο ρεύμα** (a.c.- alternating current) ρέει για κάποιο χρονικό διάστημα με θετική κατεύθυνση και μετά για το ίδιο χρονικό διάστημα με αρνητική κατεύθυνση. Η συνηθέστερη μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην πράξη είναι το ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα, όπου η τιμή της έντασης του ρεύματος μεταβάλλεται χρονικά σύμφωνα με μια ημιτονοειδή καμπύλη. Την ίδια κυματομορφή βέβαια ακολουθεί και η τάση. Στο σχήμα 3/2α φαίνεται ένα απλό κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος και στις γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 3/2β και 3/2γ, φαίνονται η τάση και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αντίστοιχα.



Σχ. 3/2 Απλό κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος και γραφικές παραστάσεις τάσης και έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με τον χρόνο.

**Στην πράξη σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα τα ηλεκτρόνια ρέουν με κατεύθυνση από τον αρνητικό πόλο στον θετικό. Επεκράτησε όμως η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που έχει ακριβώς αντίθετη κατεύθυνση.*

Το εναλλασσόμενο ρεύμα παράγεται από ειδικές μηχανές που ονομάζονται γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος (a.c. generators).

Στη συνέχεια, θα μελετήσουμε την παραγωγή, τη χρήση και τις εφαρμογές, τόσο του εναλλασσόμενου όσο και του συνεχούς ρεύματος.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιείται στην πράξη περισσότερο από το συνεχές για τους πιο κάτω λόγους:

- Το εναλλασσόμενο μετασχηματίζεται εύκολα σε πιο υψηλές ή πιο χαμηλές τάσεις (χρησιμοποιώντας μετασχηματιστές), ανάλογα με τις ανάγκες.

Με την ανύψωση της τάσης η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται (αφού η ισχύς παραμένει η ιδιά). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- τη μείωση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς, από τον σταθμό παραγωγής στον καταναλωτή
- τη δυνατότητα χρήσης γραμμων μεταφοράς μικρότερης διατομής, οι οποίες είναι φυσικό να τοποθετούνται πιο εύκολα και να κοστίζουν λιγότερο.

Ένα μειονέκτημα, όμως, που παρουσιάζεται με τη χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ότι δεν είναι δυνατόν αυτό να τροφοδοτήσει απευθείας τις διάφορες οικιακές ηλεκτρονικές συσκευές (π.χ. τηλεόραση, βίντεο, ηχοσυστήματα κ.λπ.), οι οποίες χρειάζονται συνεχές ρεύμα για να λειτουργήσουν. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ανορθωτική διάταξη (που υπάρχει στο εσωτερικό των ηλεκτρονικών συσκευών), η οποία μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές.

Υπάρχουν όμως και οικιακές ηλεκτρικές συσκευές (πλυντήριο, συσκευές κλιματισμού, αντλίες θέρμανσης, ανεμιστήρες κ.λπ.) και μηχανήματα στα διάφορα εργαστήρια και στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν μικρής ως μεγάλης ισχύος κινητήρες (μοτέρ), τα οποία λειτουργούν απευθείας με εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.

Οι πολύ μεγάλοι κινητήρες, συνήθως λειτουργούν πιο αποτελεσματικά με τροφοδοσία συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Για τον λόγο αυτό οι ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι και τα συστήματα τραμ, τα οποία περιλαμβάνουν μεγάλους κινητήρες, τροφοδοτούνται με συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, είτε από ειδικούς ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς ή από το δίκτυο, αφού μετατραπεί πρώτα σε συνεχές.

3.2 Ηλεκτρικές Μηχανές

3.2.1 Γενικά

Ηλεκτρικές μηχανές ονομάζονται οι διατάξεις που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ή αντίστροφα.

Ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν, οι ηλεκτρικές μηχανές διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

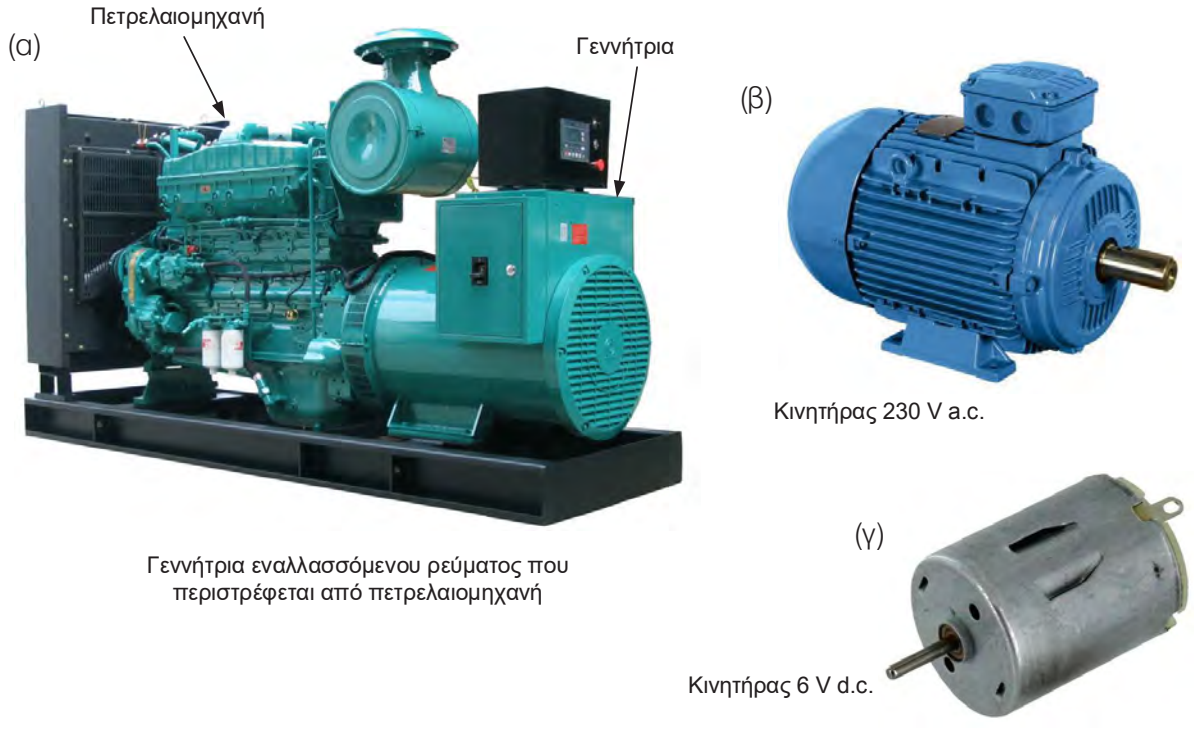
α) στις **γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος** ή απλά γεννήτριες (παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος)

β) στους **ηλεκτρικούς κινητήρες** ή απλά κινητήρες (μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική)

Οι γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος είναι μηχανές με κινούμενα μέρη, οι οποίες παραλαμβάνουν μηχανική ενέργεια και αποδίδουν ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι μηχανές με κινούμενα μέρη, οι οποίες παραλαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια και αποδίδουν μηχανική ενέργεια.

Στο σχήμα 3/3 φαίνονται μερικές από τις ηλεκτρικές μηχανές που χρησιμοποιούνται σήμερα.



Γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος που περιστρέφεται από πετρελαιομηχανή

Σχ. 3/3 Ηλεκτρικές μηχανές

3.2.2 Γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος

Ανάλογα με το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγουν οι γεννήτριες διακρίνονται σε γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος (a.c. generators) και σε γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (d.c. generators). Το ίδιο και οι κινητήρες, διακρίνονται σε κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (a.c. motors), όταν τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο ρεύμα και σε κινητήρες συνεχούς ρεύματος (d.c. motors), όταν τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα.

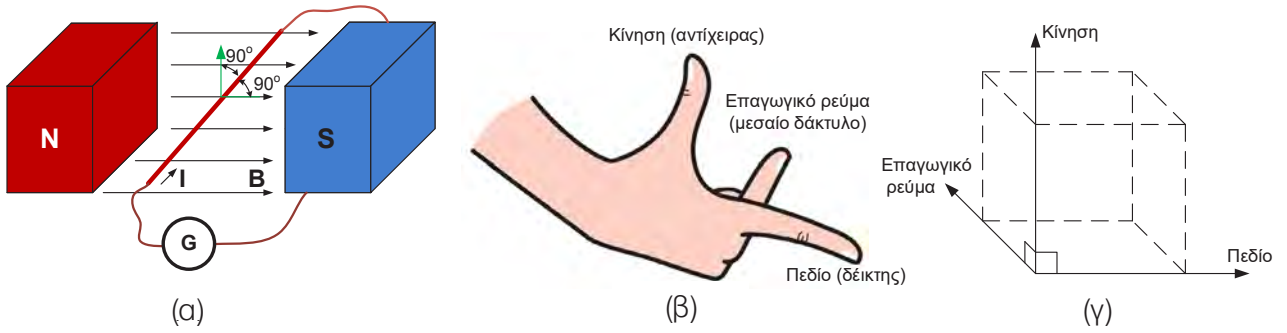
Μία ηλεκτρική γεννήτρια είναι δυνατόν κάτω από κάποιες προϋποθέσεις να λειτουργήσει και ως κινητήρας και ένας ηλεκτρικός κινητήρας είναι δυνατόν να λειτουργήσει και ως γεννήτρια.

3.2.3 Γεννήτρια εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (a.c. generator)

α) Αρχή λειτουργίας

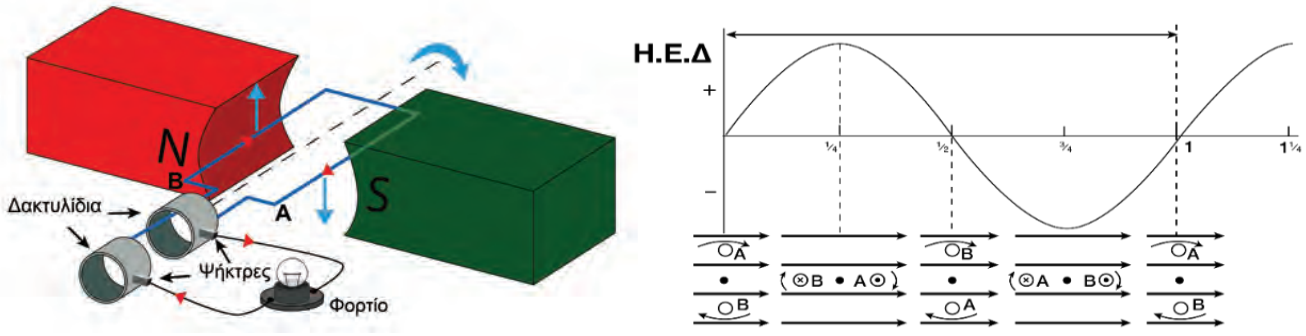
Αν και η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού είναι εκτός στόχων στο παρόν στάδιο, η κατανόηση του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής είναι σημαντική, για να μπορέσουν οι μαθητές να αντιληφθούν την αρχή λειτουργίας των γεννητριών και των κινητήρων. Από τη Φυσική είναι γνωστό ότι, *όταν ένας αγωγός κινείται κάθετα προς ένα μαγνητικό πεδίο, ώστε οι γραμμές του πεδίου να «κόβονται» από τον κινούμενο αγωγό, τότε δημιουργείται στα άκρα του αγωγού ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) από επαγωγή.*

Αν ο αγωγός είναι μέρος ενός κλειστού κυκλώματος (σχήμα 3/4α), τότε η δημιουργία της ηλεκτρεγερτικής δύναμης έχει ως αποτέλεσμα το κύκλωμα να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, του οποίου την κατεύθυνση βρίσκουμε με τον κανόνα Fleming (δεξιού χεριού) (σχήμα 3/4β). Το φαινόμενο αυτό είναι η αρχή λειτουργίας της ηλεκτρικής γεννήτριας.



Σχ. 3/4

Το σχήμα 3/5α δείχνει την κατασκευή μιας απλής γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος. Η απλή αυτή μηχανή αποτελείται από σύρμα σε σχήμα ορθογώνιου πλαισίου, το οποίο περιστρέφεται σε μαγνητικό πεδίο μεταξύ των πόλων ενός μόνιμου μαγνήτη. Τα άκρα του σύρματος (αγωγού) ενώνονται με δύο **δακτυλίδια**, στα οποία ακουμπούν ελαφρά (τρίβονται) δύο ψήκτρες από άνθρακα. Μέσα από αυτές τις **ψήκτρες** περνά το ρεύμα που παράγεται και παίρνει τη διαδρομή προς το εξωτερικό κύκλωμα/φορτίο.



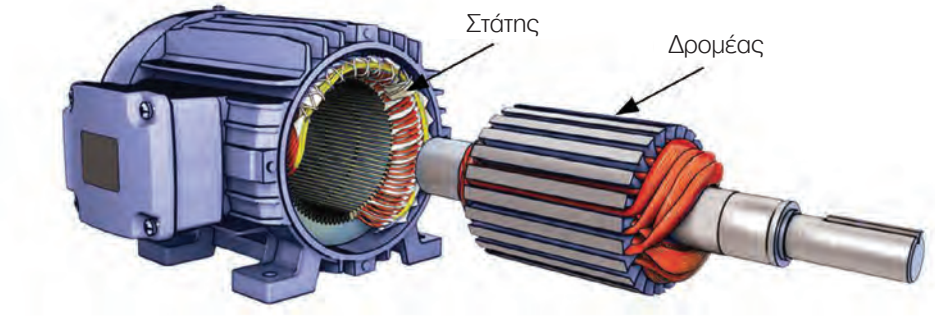
Σχ. 3/5

Η γραφική παράσταση του σχήματος 3/5β δείχνει πώς η ηλεκτρεγερτική δύναμη που παράγεται ακολουθεί την ίδια κυματομορφή για κάθε περιστροφή του πλαισίου.

Στην πράξη οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνήτες αντί μόνιμους μαγνήτες, οι οποίοι διεγείρονται από πηγές συνεχούς ρεύματος (μπαταρίες), είτε από μικρές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (διεγέρτριες), οι οποίες παίρνουν κίνηση από τον άξονα περιστροφής της κύριας γεννήτριας. Το περιστρεφόμενο μέρος της γεννήτριας λέγεται **δρομέας** και το ακίνητο μέρος λέγεται **στάτης** (σχήμα 3/6).

Οι ηλεκτρομαγνήτες, δηλαδή τα τυλίγματα του πηνίου που δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο διέγερσης, τοποθετούνται είτε στη θέση του στάτη (γεννήτρια με εξωτερικούς πόλους), είτε στη θέση του δρομέα (γεννήτρια με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους). Οι γεννήτριες με εξωτερικούς πόλους είναι συνήθως χαμηλής ισχύος, διότι η χρήση αυτού του τύπου γεννητριών, σε γεννήτριες υψηλής ισχύος δημιουργεί σοβαρά προβλήματα κατά τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου των ψηκτρών και των δακτυλίων.

Για να κινείται συνεχώς ένας αγωγός μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, πρέπει με κάποιο τρόπο αυτός να περιστρέφεται. Στην ηλεκτρική γεννήτρια του σχήματος 3/6 – που είναι γεννήτρια με εξωτερικούς πόλους – οι αγωγοί επαγωγής τοποθετούνται στην κυρτή επιφάνεια ενός κυλίνδρου κατά μήκος του άξονά του και ο κύλινδρος περιστρέφεται με τη βοήθεια άλλης κινητήριας μηχανής, μέσα στο μαγνητικό πεδίο που σχηματίζεται από τον ηλεκτρομαγνήτη του στάτη.



Σχ. 3/6

Η κινητήρια μηχανή μπορεί να είναι μία πετρελαιομηχανή, ένας ατμοστρόβιλος, ένας υδροστρόβιλος, ένας έλικας (ανεμογεννήτρια) κ.λπ. Για εργοστάσια και απομονωμένους χώρους συνήθως χρησιμοποιείται πετρελαιομηχανή για την περιστροφική κίνηση της γεννήτριας (σχήμα 3/7).

Σχ. 3/7 Γεννήτρια που έχει σαν κινητήρια μηχανή μια πετρελαιομηχανή

Σε ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς οι γεννήτριες κινούνται συνήθως με ατμοστρόβιλο. Ο ατμός παράγεται με την καύση πετρελαίου (όπως συμβαίνει στην Κύπρο), άνθρακα (όπως συμβαίνει στην Αγγλία), φυσικού αερίου ή ακόμη και με χρήση πυρηνικής ενέργειας.

Σε χώρες με μεγάλους ποταμούς χρησιμοποιείται η ενέργεια του νερού από τις υδατοπτώσεις (σχήμα 3/8) για να κινήσει υδροστρόβιλους, οι οποίοι με τη σειρά τους θα δώσουν κίνηση στη γεννήτρια.

Σχ. 3/8 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδατοπτώσεις

Σε περιοχές, όπου υπάρχουν ισχυροί άνεμοι, χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες. Στις γεννήτριες αυτές η κίνηση του πλαισίου (δρομέα) επιτυγχάνεται με τη σύνδεσή του σε μεγάλα πτερύγια που περιστρέφονται με τη δύναμη του ανέμου (σχήμα 3/9).

Σχ. 3/9

β) Μεταβολή τάσης (U) και έντασης (I)

Γενικά, οι τιμές που παίρνουν η τάση και η ένταση ενός μεταβαλλόμενου ηλεκτρικού ρεύματος σε μια χρονική στιγμή, ονομάζονται στιγμιαίες τιμές. Στην περίπτωση του ημιτονοειδούς εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, οι τιμές αυτές εκφράζονται με τις πιο κάτω μαθηματικές σχέσεις:

στιγμιαία τάση $U = U_o \cdot \eta\mu\omega t$ ή $U = U_o \cdot \eta\mu\varphi$

στιγμιαία ένταση $I = I_o \cdot \eta\mu\omega t$ ή $I = I_o \cdot \eta\mu\varphi$

Οι πιο πάνω σχέσεις δίνουν την τιμή της τάσης U (σχήμα 3/10α) και της έντασης I (σχήμα 3/10β) για οποιαδήποτε χρονική στιγμή t.

Το ω είναι η γωνιακή ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται το πλαίσιο.
Το φ που ισούται με το γινόμενο ωt, ονομάζεται γωνία φάσης ή απλά φάση της τάσης ή της έντασης.

Η τιμή της τάσης (ή της έντασης) γίνεται μέγιστη:

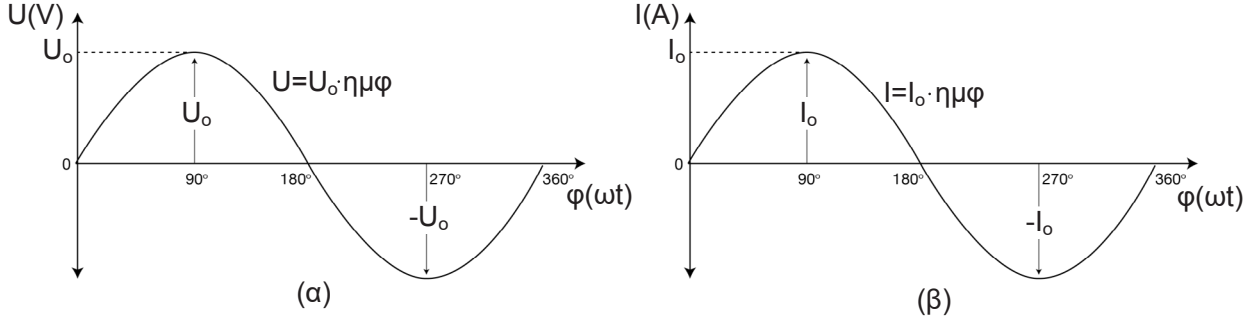
α) θετικά όταν το ημφ (ή ημωt) παίρνει την τιμή 1 ($\varphi=90°, \frac{\pi}{2}$)

β) αρνητικά όταν το ημφ (ή ημωt) παίρνει την τιμή −1 ($\varphi=270°, \frac{3\pi}{2}$)

Οι μέγιστες αυτές τιμές αντιπροσωπεύουν το U_o και I_o των ημιτονικών συναρτήσεων.

Το U_o ονομάζεται **πλάτος της τάσης** και το I_o **πλάτος της έντασης**.

Οι τιμές αυτές φαίνονται στις γραφικές παραστάσεις U = f(φ) και I = f(φ) του σχήματος 3/10.



Σχ. 3/10

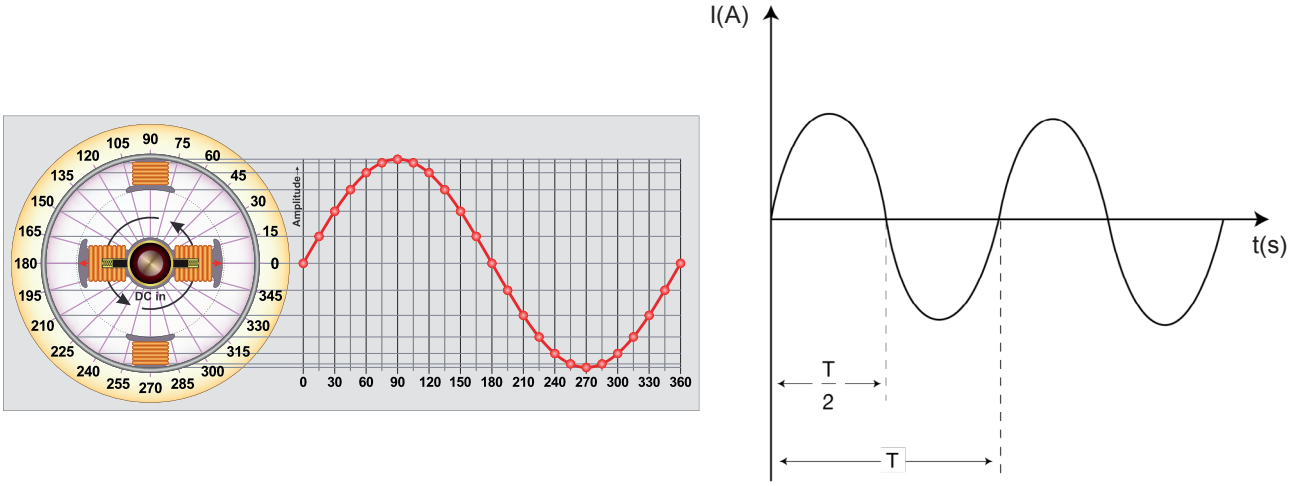
γ) Κύκλος, περίοδος, συχνότητα εναλλασσόμενων μεγεθών

Μία πλήρης μεταβολή του εναλλασσόμενου μεγέθους (τάσης ή έντασης) ονομάζεται **κύκλος** (σχήμα 3/11α).

Το χρονικό διάστημα (σε δευτερόλεπτα) για τη συμπλήρωση μίας πλήρους μεταβολής ονομάζεται **περίοδος** και συμβολίζεται με **T** (σχήμα 3/11β).

Μετά από έναν κύκλο επαναλαμβάνεται η ίδια ημιτονοειδής κυματομορφή, ώσπου να συμπληρωθεί ένας νέος κύκλος κ.ο.κ.

Παρατηρούμε ότι σε κάθε θετική στιγμιαία τιμή αντιστοιχεί μία ίση αρνητική, που εμφανίζεται μετά από χρόνο T/2, ενώ η ίδια τιμή (θετική ή αρνητική) εμφανίζεται μετά από χρόνο T.



(α) (β)

Σχ. 3/11

Ο αριθμός των κύκλων ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται **συχνότητα**, συμβολίζεται με το γράμμα **f** και συνδέεται με την περίοδο με τη σχέση:

$$f = \frac{1}{T}$$

Μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hz (Hertz – Χερτς).

Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος του δικτύου στην Κύπρο και στην Ευρώπη είναι 50 Hz, ενώ στις ΗΠΑ είναι 60 Hz.

Στην περίπτωση του περιστρεφόμενου πλαισίου μίας γεννήτριας, ένας κύκλος συμπληρώνεται μετά από μία πλήρη περιστροφή του πλαισίου (στην περίπτωση που έχουμε δύο πόλους). Άρα ο αριθμός των στροφών του πλαισίου ανά δευτερόλεπτο είναι ίσος με τη συχνότητα f του εναλλασσόμενου ρεύματος που παράγεται. Εφόσον το πλαίσιο περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω, αυτό διαγράφει σε ίσα χρονικά διαστήματα t ίσες γωνίες περιστροφής φ.

Η γωνιακή ταχύτητα δίνεται από τον τύπο $\omega = \varphi/t$

Όταν το πλαίσιο συμπληρώνει μία πλήρη περιστροφή, έχει διαγράψει γωνία $\varphi = 2\pi$ και έχει περάσει χρόνος T.

Έχουμε λοιπόν, $\omega = 2\pi/T$ και $\omega = 2\pi f$ (εφόσον $f = \frac{1}{T}$)

$$U = U_o \cdot \eta\mu 2\pi f \cdot t$$

δ) Ενεργός τιμή εναλλασσόμενων μεγεθών

Επειδή η στιγμιαία τιμή της τάσης και της έντασης του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος μεταβάλλεται συνεχώς, δεν μπορούμε στην πράξη να το εκτιμήσουμε ποσοτικά, όπως κάνουμε στο συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, για τον ποσοτικό χαρακτηρισμό του εναλλασσόμενου ρεύματος χρειαζόμαστε ένα σταθερό χρονικά μέγεθος, που να μετριέται εύκολα και να εκφράζει την ολική συμπεριφορά του ρεύματος. Ένα τέτοιο μέγεθος είναι η **ενεργός τιμή.**

Η ενεργός τιμή $I_{εν}$ της έντασης I του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος είναι η ένταση ενός (ισοδύναμου) συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος, που όταν διαρρέει έναν ωμικό αντιστάτη για ορισμένο χρονικό διάστημα παράγει το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, όταν αυτό διαρρέει τον αντιστάτη στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Η ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος είναι:

$$I_{εν} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

Δηλαδή η ενεργός τιμή του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος ισούται με το 70% περίπου της μέγιστής του τιμής.

Ενεργός τιμή τάσης.

Η ενεργός τάση $U_{εν}$ ενός εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος είναι η τάση ενός (ισοδύναμου) συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος, που όταν εφαρμοστεί σε ένα ωμικό αντιστάτη δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα με ένταση ίση με την ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, όταν διαρρέει τον αντιστάτη.

Η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης είναι: $U_{εν} = \frac{U_o}{\sqrt{2}}$

Όταν στην καθημερινή χρήση αναφερόμαστε στην τάση ή ένταση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος, εννοούμε πάντοτε την ενεργό τιμή.

Έτσι, όταν λέμε ότι η Α.Η.Κ. τροφοδοτεί τα σπίτια με 240 V, αυτή είναι η ενεργός τιμή της τάσης (σχήμα 3/12).

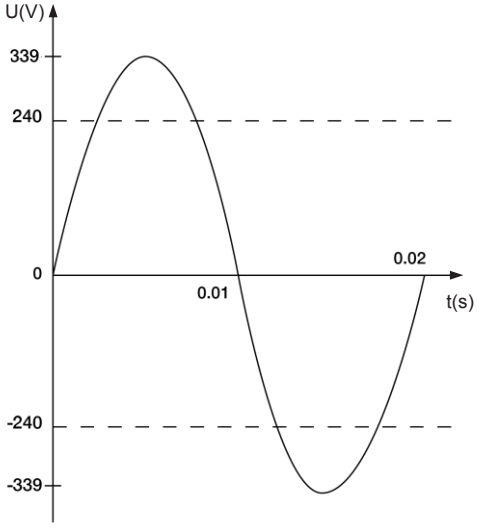
Αν θέλουμε να βρούμε τη μέγιστη τιμή της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος με το οποίο μας τροφοδοτεί η Α.Η.Κ., πρέπει να υπολογίσουμε τη U_o:

$$U_{εν} = \frac{U_o}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_o = U_{εν} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow$$

$$U_o = 240\ V \cdot \sqrt{2} = 339\ V$$

Η συχνότητα του δικτύου της Α.Η.Κ. είναι 50 Hz, επομένως η περίοδος Τ είναι:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50\ Hz} = 0{,}02\ s$$



Σχ. 3/12

ε) Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος

Η πραγματική ισχύς P, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε εξωτερικό κύκλωμα (δηλαδή στον καταναλωτή) από μία γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος, είναι το γινόμενο της ενεργού τάσης και της ενεργού έντασης επί του συντελεστή ισχύος. Η ισχύς αυτή εκφράζεται από τη σχέση:

$P = U \cdot I \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi$ για μονοφασική γεννήτρια

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi$ για τριφασική γεννήτρια

όπου P = πραγματική ισχύς, σε W

U = ενεργός τάση, σε V (π.χ. το U είναι 240 V για τη μονοφασική και 415 V για την τριφασική γεννήτρια)

I = ενεργός ένταση, σε A

συνφ = συντελεστής ισχύος.

Σημείωση: *Ο συντελεστής ισχύος είναι το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζουν τα διανύσματα της ενεργού τάσης και της ενεργούς έντασης.*

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ισχύος τόσο περισσότερη πραγματική ισχύς είναι δυνατόν να μεταφερθεί από τη γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος προς το εξωτερικό κύκλωμα, δηλαδή τον καταναλωτή.

Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος αυξάνει το κόστος παραγωγής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, η Α.Η.Κ. απαιτεί απο όλους τους βιομηχανικούς καταναλωτές, να βελτιώνουν τον συντελεστή ισχύος των εγκαταστάσεών τους, ώστε αυτός να μην είναι χαμηλότερος του 0,85.

Οι **απώλειες** στις γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος, διακρίνονται σε:

α) Απώλειες σταθερές - μηχανικές και μαγνητικές απώλειες (ή απώλειες σιδήρου) οι οποίες είναι ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας.

β) Απώλειες μεταβλητές - ηλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου του δρομέα της γεννήτριας - οι οποίες είναι μεταβαλλόμενες ανάλογα με την τιμή του φορτίου.

Οι απώλειες μίας γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος είναι: $P_{απ} = P_1 + P_2$ όπου,

P_1 = σταθερές απώλειες

P_2 = μεταβλητές απώλειες

Ο βαθμός απόδοσης, η, της γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος είναι ο λόγος της πραγματικής ισχύος P που αποδίδει η γεννήτρια, προς τη μηχανική ισχύ $P_{εισ}$ η οποία προσδίδεται από την κινητήρια μηχανή στον άξονα της γεννήτριας. Συμβολίζεται με το γράμμα η. Δηλαδή:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} \quad \text{όμως} \quad P_{εισ} = P + P_{απ} \quad \text{άρα} \quad \eta = \frac{P}{P + P_{απ}} < 1$$

Είναι προφανές ότι ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα.

** Η ενέργεια που καταναλώνει μια συσκευή ανά μονάδα χρόνου (δευτερόλεπτο) ονομάζεται **φαινόμενη ισχύς (S)** και μετριέται σε KVA. Αυτή χωρίζεται σε δύο υποσύνολα:*

- *Την **ενεργό** ή **πραγματική ισχύ (P)** που είναι ηλεκτρική ενέργεια ανά δευτερόλεπτο, που παράγει πραγματικό/ ωφέλιμο έργο και μετριέται σε kW.*
- *Την **άεργο ισχύ (Q)** η οποία δεν μετατρέπεται σε έργο, αλλά αντανακλάται από τη συσκευή και επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετική μορφή και μετριέται σε kVAr. Συσκευές που δημιουργούν άεργο ισχύ είναι, κυρίως, αυτές με επαγωγική συμπεριφορά, δηλαδή αυτές που ενσωματώνουν πηνία, π.χ. κινητήρες, φωτιστικά φθορίου, μετασχηματιστές κ.ά.*

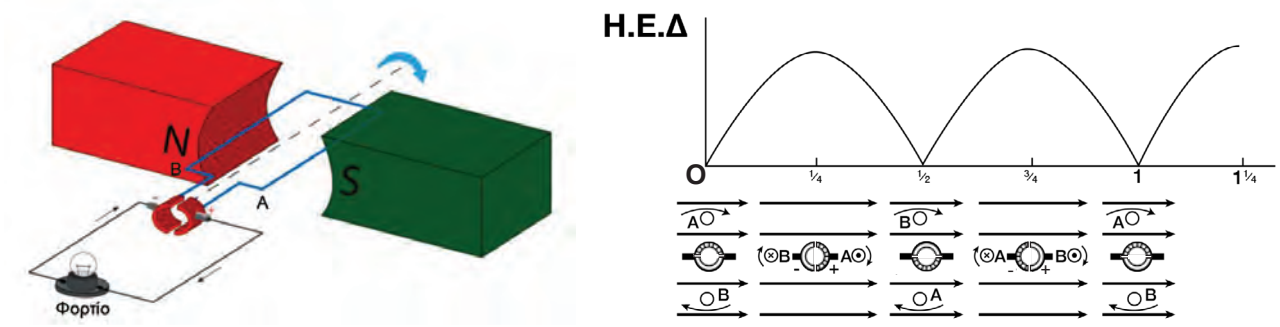
3.2.4 Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (d.c. generator)

α) Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας της γεννήτριας συνεχούς ρεύματος είναι η ίδια με εκείνη του εναλλασσόμενου ρεύματος. Δηλαδή, το τύλιγμα αγωγού κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) στα άκρα του αγωγού, λόγω του φαινομένου της επαγωγής.

Η κύρια διαφορά από τη γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος, είναι ότι ο συλλέκτης της γεννήτριας συνεχούς ρεύματος αποτελείται από ένα δακτυλίδι μοιρασμένο στα δύο, όπως φαίνεται στο σχήμα 3/13α (να θυμηθούμε ότι ο συλλέκτης της γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος αποτελείται από δύο δακτυλίδια).

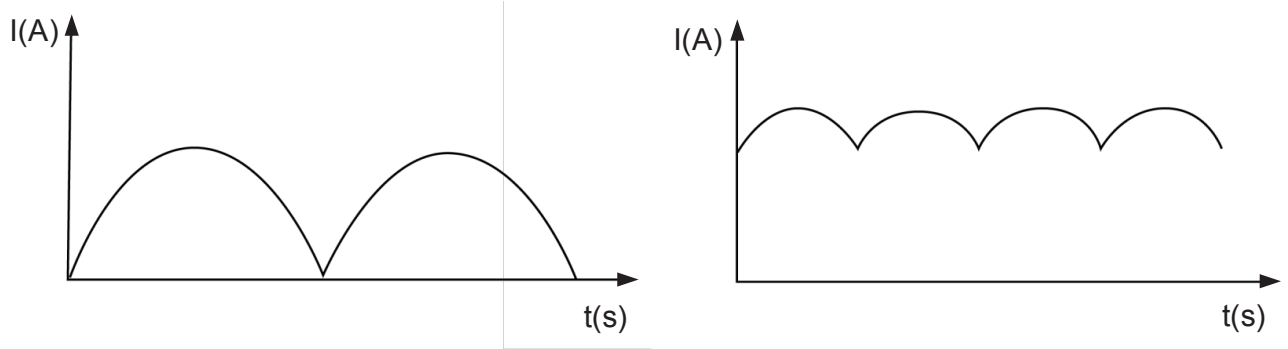
Η γραφική παράσταση του σχήματος 3/13β δείχνει πώς παράγεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη για κάθε περιστροφή του πλαισίου.



(α) (β)

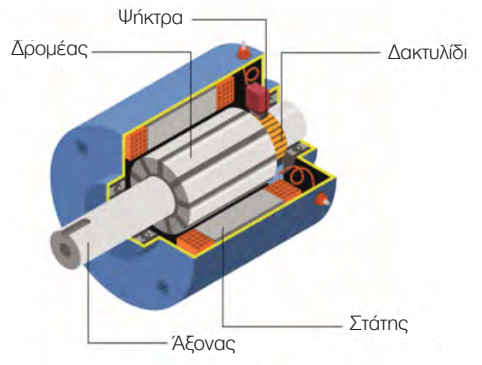
Σχ. 3/13

Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, που χρησιμοποιούνται για τις καθημερινές ανάγκες, περιέχουν πολλά πλαίσια υπό διαφορετικές γωνίες, τα οποία περιστρέφονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Κάθε πλαίσιο είναι ενωμένο με τους δύο τομείς του συλλέκτη. Όσο περισσότερα πλαίσια υπάρχουν, τόσο πιο σταθερή θα είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται (σχήμα 3/14).



Σχ. 3/14

Στην πράξη μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος – όπως συμβαίνει και στις γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος – αποτελείται από τον στάτη και τον δρομέα. Στις μεσαίας και μεγάλης ισχύος γεννήτριες ο μόνιμος μαγνήτης αντικαθίσταται από ηλεκτρομαγνήτη, που βρίσκεται περιτυλιγμένος στο τμήμα του στάτη, ενώ στον δρομέα περιτυλίγεται το επαγωγικό πηνίο συνεχούς ρεύματος.



Σχ. 3/15 Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος

β) Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης των γεννητριών συνεχούς ρεύματος

Η **ισχύς** που λαμβάνεται από μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ισούται προς το γινόμενο της τάσης U επί την ένταση I.

$P = U \cdot I$ (W – Watts) ή Ως γνωστόν 1 kW = 1000 W

όπου: U = η τάση που επικρατεί στους ακροδέκτες της γεννήτριας κατά τη στιγμή των μετρήσεων (σε βόλτ – V)
I = η ένταση του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (σε αμπέρ – A)

Ονομαστική ισχύς γεννήτριας καλείται η μεγαλύτερη τιμή ισχύος που μπορεί να προσφέρει συνεχώς η γεννήτρια, όταν εργάζεται με την **ονομαστική τάση** και **ταχύτητα**, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη η μηχανή από υπερφόρτωση.

Το μεγαλύτερο μέρος της μηχανικής ενέργειας που παραλαμβάνει μία γεννήτρια από κάποια κινητήρια μηχανή, με σκοπό να τη μετατρέψει σε ηλεκτρική, μετατρέπεται σε ηλεκτρική, ενώ ένα μικρό μέρος της χάνεται, επειδή υπάρχουν απώλειες κατά τη λειτουργία της γεννήτριας.

Οι **απώλειες** γεννήτριας είναι το συνολικό ποσό της κινητικής ενέργειας, το οποίο δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια αλλά σε θερμότητα και θερμαίνει τα μέρη της μηχανής.

Οι απώλειες των γεννητριών συνεχούς ρεύματος διακρίνονται σε:

α) Απώλειες σταθερές - μηχανικές και μαγνητικές απώλειες (ή απώλειες σιδήρου) - οι οποίες είναι ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας.

β) Απώλειες μεταβλητές - ηλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού των διαφόρων κυκλωμάτων της γεννήτριας - οι οποίες είναι μεταβαλλόμενες ανάλογα με την τιμή του φορτίου.

Οι απώλειες μίας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος είναι:

$P_{απ} = P_1 + P_2$ όπου,

P_1 = σταθερές απώλειες

P_2 = μεταβλητές απώλειες

Ο **βαθμός απόδοσης η** της γεννήτριας συνεχούς ρεύματος είναι ο λόγος της πραγματικής ισχύος P που αποδίδει η γεννήτρια, προς τη μηχανική ισχύ $P_{εισ}$, η οποία προσδίδεται από την κινητήρια μηχανή στον άξονα της γεννήτριας. Συμβολίζεται με το γράμμα η. Δηλαδή:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} \quad \text{όμως} \quad P_{εισ} = P + P_{απ} \quad \text{άρα} \quad \eta = \frac{P}{P+P_{απ}} < 1$$

Είναι προφανές ότι ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα.

Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο τους.

Οι περισσότερες γεννήτριες έχουν μέγιστο βαθμό απόδοσης, όταν αποδίδουν ισχύ λίγο μικρότερη της ονομαστικής τους ή ίση με αυτή.

3.2.5 Ηλεκτρικοί κινητήρες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί προηγουμένως, ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι μηχανή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, δηλαδή τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα και παράγει περιστροφική κίνηση. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

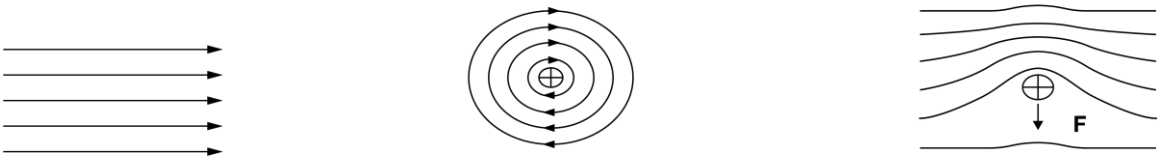
α) Τους **κινητήρες συνεχούς ρεύματος** (d.c. motors), οι οποίοι τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα.

β) Τους **κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος** (a.c. motors), οι οποίοι τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο ρεύμα.

3.2.6 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

α) Αρχή λειτουργίας

Γνωρίζουμε από τη Φυσική, από τον νόμο του Laplace ότι, όταν ένας ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο (σχήμα 3/16α), τότε αναπτύσσεται στον αγωγό μια δύναμη F (σχήμα 3/16γ) που τείνει να τον κινήσει προς ορισμένη κατεύθυνση.



(α) Ομογενές μαγνητικό πεδίο

(β) Μαγνητικό πεδίο ρευματοφόρου αγωγού

(γ) Ρευματοφόρος αγωγός μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

Σχ. 3/16

Το μέγεθος της δύναμης F είναι ανάλογο προς:

α) Τη μαγνητική επαγωγή (B) του πεδίου (σε Tesla –T).

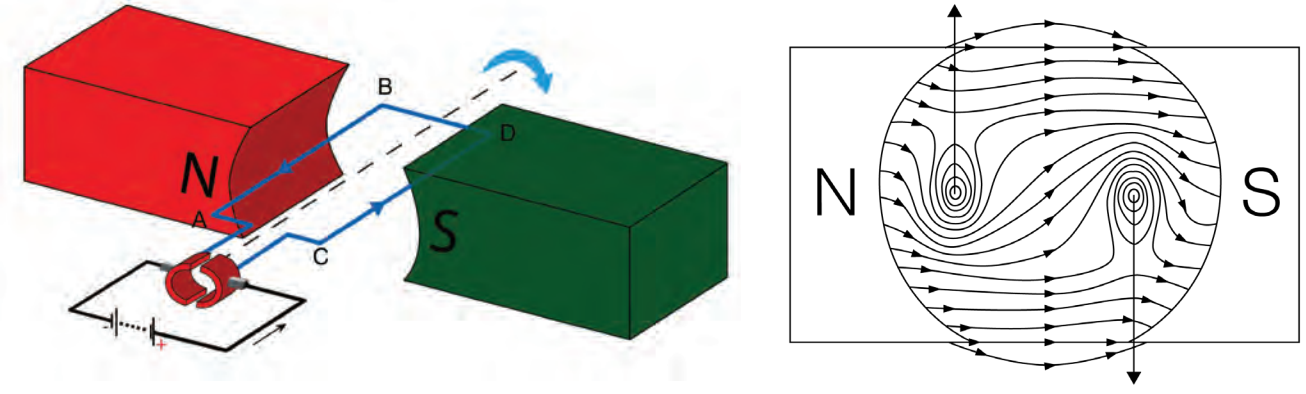
β) Την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I), που διαρρέει τον αγωγό (σε Αμπέρς – A).

γ) Το μήκος του αγωγού (ℓ), ο οποίος βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο (ενεργό μήκος σε μέτρα – m).

δ) Τη γωνία (α), την οποία σχηματίζουν οι διευθύνσεις του αγωγού και του πεδίου.

Η δύναμη (F) που ασκείται στον αγωγό, δίνεται από τη σχέση
$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \eta\mu\alpha$ (σε N)

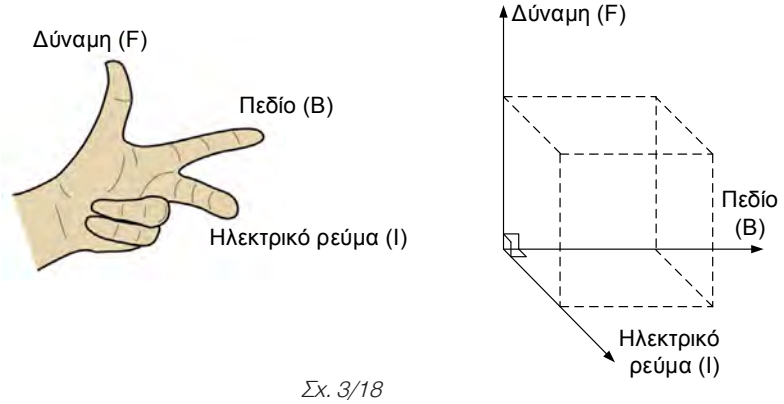
Στο πιο πάνω φαινόμενο στηρίζεται η αρχή λειτουργίας του ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος, όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 3/17. Οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες προς τον αγωγό του πλαισίου,
άρα $\eta\mu\alpha = 1$ και $F = B \cdot I \cdot \ell$ (μέγιστη δύναμη).



Σχ. 3/17

Το ρευματοφόρο πλαίσιο είναι στερεωμένο πάνω σε ένα τύμπανο (δεν φαίνεται στο σχήμα), που τοποθετείται μεταξύ των πόλων ενός μόνιμου πεταλοειδούς μαγνήτη. Τα δύο άκρα του πλαισίου συνδέονται αντίστοιχα στα δύο όμοια μέρη ενός «μοιρασμένου» δαχτυλιδιού, που ονομάζεται συλλέκτης. Δύο ψήκτρες (από άνθρακα) πιέζουν ελαφρώς τα δύο μέρη του δαχτυλιδιού, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ηλεκτρική επαφή. Όταν οι δύο ψήκτρες συνδεθούν με πηγή συνεχούς ρεύματος (π.χ. μπαταρία), το πλαίσιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και εξασκείται σε αυτό η δύναμη Laplace, που το περιστρέφει στην κατεύθυνση που φαίνεται στο σχήμα 3/17.

Με τη βοήθεια του κανόνα Fleming του αριστερού χεριού (σχήμα 3/18) μπορούμε να βρούμε την κατεύθυνση της δύναμης. Στην πλευρά ab του πλαισίου ασκείται δύναμη κάθετη προς τα πάνω και ταυτοχρόνως στην πλευρά cd δύναμη προς τα κάτω, με αποτέλεσμα το ζεύγος ροπών που δημιουργείται να δίνει περιστροφική κίνηση στο πλαίσιο.



Σχ. 3/18

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος - όπως συμβαίνει και στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος - αποτελούνται από τον στάτη και τον δρομέα. Ο στάτης μπορεί να είναι ένας μόνιμος μαγνήτης ή ένας ηλεκτρομαγνήτης, ενώ στον δρομέα περιτυλίγεται το πηνίο του πλαισίου που διαρρέεται από το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Για τη δημιουργία ισχυρού κινητήρα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούνται πολλά πλαίσια, ώστε να δημιουργείται μεγάλη ροπή στον δρομέα.

Μικροί κινητήρες συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος με μόνιμο μαγνήτη στον στάτη, χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας των σχολείων για τη λύση απλών προβλημάτων με μηχανισμούς (σχήμα 3/19).

Ένα χαρακτηριστικό των κινητήρων συνεχούς ρεύματος είναι η ανάλογη μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής τους, όταν μεταβληθεί η τιμή της τάσης που τους τροφοδοτεί.

Σχ. 3/19 Μικρός κινητήρας συνεχούς ρεύματος, τάσης λειτουργίας 4,5 V-6 V d.c. που χρησιμοποιείται στα σχολικά εργαστήρια τεχνολογίας

β) Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης των κινητήρων συνεχούς ρεύματος

Ο κινητήρας απορροφά ηλεκτρική ισχύ από την πηγή τροφοδοσίας του. Η ισχύς $P_{εισ}$ την οποία απορροφά, δίνεται από τη σχέση:

$P_{εισ} = U \cdot I$ (σε W) ή $P_{εισ} = U \cdot I / 1000$ (σε kW)

Η ισχύς P, που αποδίδει ο κινητήρας στον άξονά του υπό μορφή μηχανικής ενέργειας, είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ $P_{εισ}$, που απορροφά από την πηγή τροφοδοσίας.

Αν η $P_{απ}$ παριστάνει την ισχύ των απωλειών, τότε:

$P = P_{εισ} - P_{απ}$

Οι απώλειες αυτές είναι της ίδιας μορφής με τις απώλειες που αναφέραμε πιο πάνω για τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος.

Ο βαθμός απόδοσης η του κινητήρα είναι ο λόγος της ισχύος P, την οποία μας δίνει ο κινητήρας στον άξονα προς την ηλεκτρική ισχύ $P_{εισ}$, την οποία παίρνει από την πηγή τροφοδοσίας. Δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} \quad \text{όμως} \quad P_{εισ} = P + P_{απ} \quad \text{άρα} \quad \eta = \frac{P}{P+P_{απ}} < 1$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας.

3.2.7 Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος

Ο κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η μηχανή η οποία, αφού τροφοδοτηθεί από πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος (συνήθως το δίκτυο), μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.

Τα βασικά ηλεκτρικά μέρη ενός κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος (a.c.) είναι ο **στάτης**, που είναι το ακίνητο μέρος και ο **δρομέας**, που είναι το περιστρεφόμενο κινούμενο μέρος στο οποίο είναι τοποθετημένος ο άξονας του κινητήρα.

Ισχύς, απώλειες και βαθμός απόδοσης μονοφασικού κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος

Ο κινητήρας απορροφά ηλεκτρική ισχύ από την πηγή τροφοδοσίας του. Η ισχύς $P_{εισ}$ την οποία απορροφά δίνεται από τη σχέση:

$P_{εισ} = U \cdot I \cdot συνφ$ (σε W) ή $P_{εισ} = U \cdot I \cdot συνφ / 1000$ (σε kW)

όπου $P_{εισ}$ = απορροφούμενη ισχύς, σε W

U = ενεργός τάση, σε V

I = ενεργός ένταση, σε A

συνφ = συντελεστής ισχύος.

Η ισχύς P που αποδίδει ο κινητήρας στον άξονά του υπό μορφή μηχανικής ενέργειας, είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ $P_{εισ}$ που απορροφά από την πηγή τροφοδοσίας.

Αν $P_{απ}$ παριστάνει την ισχύ των απωλειών, τότε:

$P = P_{εισ} - P_{απ}$

Οι απώλειες αυτές είναι της ίδιας μορφής με τις απώλειες που αναφέραμε πιο πάνω για τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος.

Ο βαθμός απόδοσης **n** του κινητήρα είναι ο λόγος της ισχύος **P**, την οποία μας δίνει ο κινητήρας στον άξονα, προς την ηλεκτρική ισχύ $P_{εισ}$, την οποία παίρνει από την πηγή τροφοδοσίας. Δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} \quad \text{όμως} \quad P_{εισ} = P + P_{απ} \quad \text{άρα} \quad \eta = \frac{P}{P+P_{απ}} < 1$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας.

Παράδειγμα 1

Ηλεκτρικός μικροκινητήρας 4,5 V συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιείται σε μία κατασκευή στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, για να περιστρέφει μια φτερωτή. Ο μικροκινητήρας απορροφά ηλεκτρικό ρεύμα 1500 mA από την μπαταρία στην οποία είναι συνδεδεμένος. Αν η ισχύς που δίνει ο μικροκινητήρας στον άξονα περιστροφής του είναι 6 W, να υπολογίσετε:

α) Τον βαθμό απόδοσης του μικροκινητήρα.

β) Τις απώλειες του μικροκινητήρα.

Λύση:

α) Ο βαθμός απόδοσης η του μικροκινητήρα ισούται:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} \quad (1)$$

Όπου P η ισχύς που δίνει ο κινητήρας στον άξονα και $P_{εισ}$ η ηλεκτρική ισχύς την οποία παίρνει από την πηγή τροφοδοσίας:

$$P_{εισ} = U \cdot I \Rightarrow P_{εισ} = 4{,}5\ V \cdot 1{,}5\ A = 6{,}75\ W$$

επίσης P= 6 W, αντικαθιστώντας στη σχέση (1) έχουμε:

$$\eta = \frac{P}{P_{εισ}} = \frac{6\ W}{6{,}75\ W} \Rightarrow \eta = 0{,}88$$

β) Οι απώλειες του μικροκινητήρα μπορούν να υπολογιστούν από τη σχέση:

$$P_{εις} = P + P_{απ} \Rightarrow P_{απ} = P_{εισ} - P \Rightarrow P_{απ} = 6{,}75\ W - 6\ W = 0{,}75\ W$$

Όπου Pεισ = 6,75 W και P = 6 W

3.3 Μετασχηματιστές

3.3.1 Γενικά

Οι μετασχηματιστές (transformers) είναι ηλεκτρικές μηχανές χωρίς κινούμενα μέρη, που χρησιμεύουν στην ανύψωση ή στον υποβιβασμό της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο μετασχηματιστής παραλαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια υπό ορισμένη τάση από μία πηγή ή από ένα δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος και αποδίδει σε καταναλωτές το ίδιο ποσό ενέργειας – αν εξαιρέσουμε ένα μικρό ποσοστό απωλειών που δημιουργείται – με διαφορετική τάση. Ταυτόχρονα με την τάση μεταβάλλεται και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αλλά σε αντίστροφη αναλογία, ενώ η συχνότητα παραμένει σταθερή.

Η μεταβολή της τάσης - έντασης που πραγματοποιεί ο μετασχηματιστής ονομάζεται **μετασχηματισμός** των μεγεθών αυτών και στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.

Οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε όλες τις συσκευές που λειτουργούν με διαφορετική τάση από αυτή που παρέχει το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, π.χ. σε ηλεκτρικά κουδούνια, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κ.ο.κ. Μία άλλη σπουδαία χρήση των μετασχηματιστών – όπως θα δούμε και αργότερα – είναι στον τομέα της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ανάλογα με το μέγεθος των τάσεων και τον σκοπό της χρήσης τους, οι μετασχηματιστές κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

α) στους μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης

β) στους μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης.

Ανάλογα με τον προορισμό τους, οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε:

α) μονοφασικούς

β) πολυφασικούς (συνηθέστεροι είναι οι τριφασικοί).

Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους διακρίνονται σε:

α) ξηρούς μετασχηματιστές

β) μετασχηματιστές λαδιού (ορυκτέλαιο)

Ένας μετασχηματιστής υπερθερμαίνεται όταν δεν ψύχεται ικανοποιητικά (π.χ. αν είναι του τύπου που ψύχεται με λάδι και το λάδι στο δοχείο ψύξης είναι λίγο). Ακόμη ένας μετασχηματιστής υπερθερμαίνεται όταν το ηλεκτρικό ρεύμα που περνά από το δευτερεύον (και φυσικά και από το πρωτεύον) ξεπεράσει το όριο που καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Πιο κάτω στο σχήμα 3/20 φαίνονται μερικά είδη μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές της τεχνολογίας.

Τριφασικός μετασχηματιστής που χρησιμοποιείται για την ανύψωση της τάσης των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

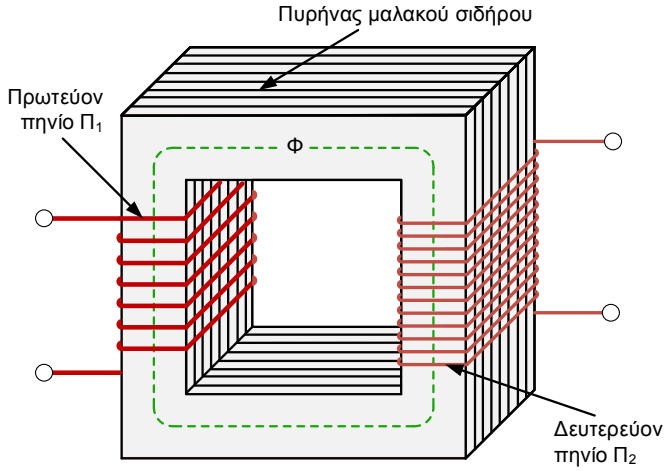
Τριφασικός μετασχηματιστής πάνω σε ξύλινους πασσάλους που χρησιμοποιείται για τον υποβιβασμό της τάσης των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Μονοφασικός μετασχηματιστής που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα για τον υποβιβασμό της τάσης παροχής

Σχ. 3/20 Μετασχηματιστές

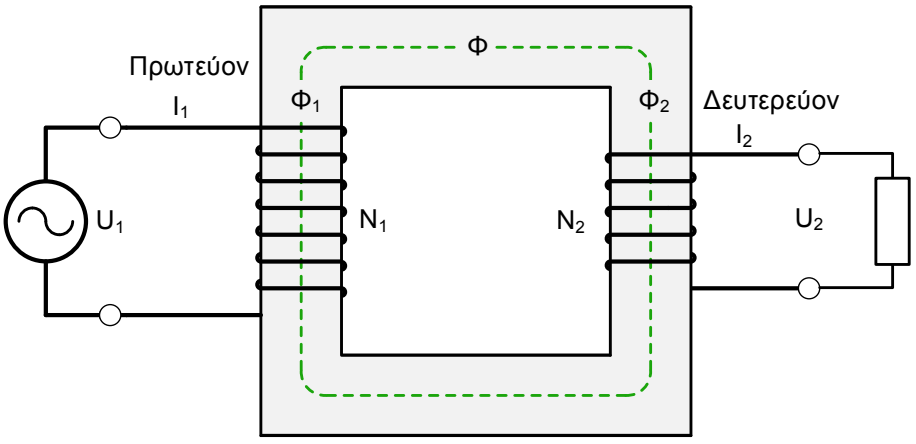
3.3.2 Κατασκευή και αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή

Η αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Ο μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία (γνωστά ως περιελίξεις) τα οποία είναι περιτυλιγμένα γύρω από κλειστό πυρήνα μαλακού σιδήρου και είναι μονωμένα μεταξύ τους, δεν έχουν δηλαδή καμιά ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους (σχήμα 3/21). Το πηνίο $Π_1$ συνδέεται με πηγή εναλλασσόμενης τάσης και ονομάζεται πρωτεύον πηνίο, ενώ το πηνίο $Π_2$ συνδέεται στο φορτίο και ονομάζεται δευτερεύον πηνίο.



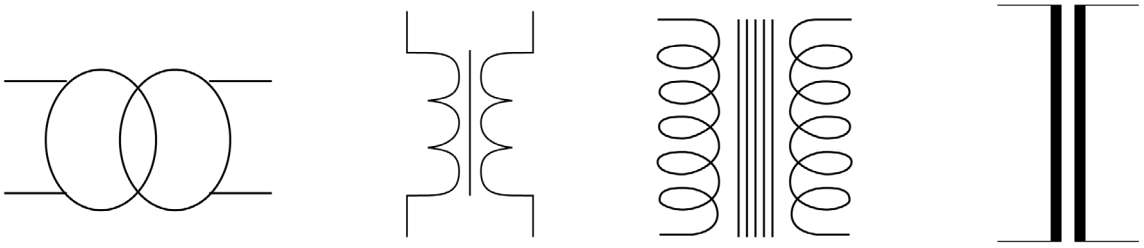
Σχ. 3/21 Μετασχηματιστής

Όταν το πρωτεύον πηνίο συνδεθεί και τροφοδοτηθεί με την εναλλασσόμενη τάση U_1 τότε σε αυτό δημιουργείται μαγνητική ροή Φ.



Σχ. 3/22

Η εναλλασσόμενη μαγνητική ροή του πρωτεύοντος πηνίου, ακολουθώντας τον «δρόμο» που προσφέρεται από το μαγνητικό υλικό (πυρήνα μαλακού σιδήρου), περνά μέσα από τις σπείρες του δευτερεύοντος πηνίου Π_2. Σύμφωνα με τον νόμο της επαγωγής, στο δευτερεύον πηνίο δημιουργείται εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) U_2. Αν στα άκρα του δευτερεύοντος συνδεθεί ηλεκτρικό φορτίο, τότε στο δευτερεύον κύκλωμα κυκλοφορεί το ηλεκτρικό ρεύμα I_2 και στο πρωτεύον κύκλωμα το ηλεκτρικό ρεύμα I_1.



Σχ. 3/23 Διάφοροι συμβολισμοί του μετασχηματιστή

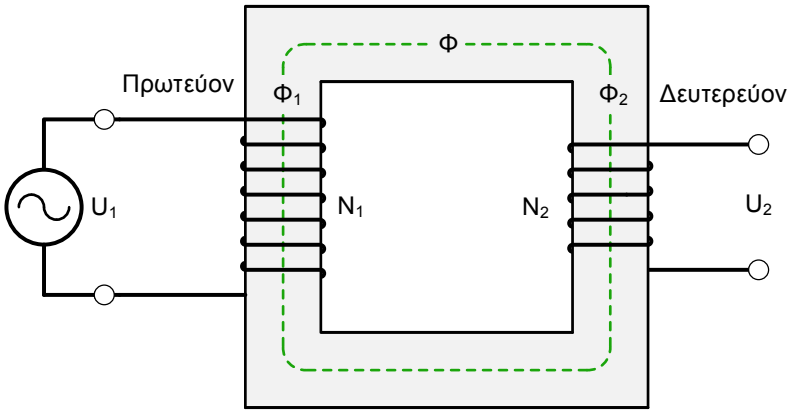
Ένας μετασχηματιστής μπορεί να λειτουργήσει με δύο τρόπους:

α) Λειτουργία σε κενό (ανοικτό το δευτερεύον).
β) Λειτουργία υπό φορτίο.

α) Λειτουργία του μετασχηματιστή σε κενό. Όταν το κύκλωμα του δευτερεύοντος είναι ανοικτό, η ένταση I_2 του ρεύματος στο δευτερεύον είναι μηδέν. Λέμε τότε ότι ο μετασχηματιστής λειτουργεί σε κενό (σχήμα 3/24).

Κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή σε κενό ισχύει μεταξύ των τάσεων U_1 και U_2 η σχέση: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$

όπου N_1 και N_2 είναι ο αριθμός των σπειρών του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος πηνίου αντίστοιχα.



Σχ. 3/24

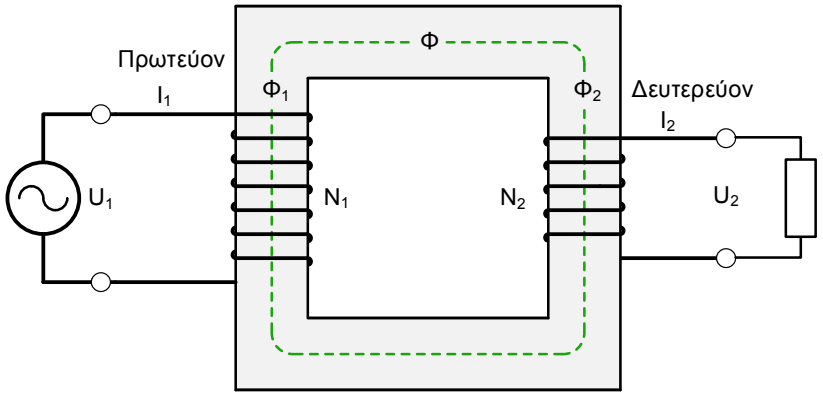
Ο λόγος $\frac{N_1}{N_2}$ λέγεται **λόγος μετασχηματισμού (λ)**

Από την πιο πάνω σχέση προκύπτει ότι, αν θέλουμε να έχουμε στο δευτερεύον πηνίο τάση μικρότερη από την τάση του πρωτεύοντος, τότε πρέπει ο αριθμός των σπειρών του δευτερεύοντος να είναι μικρότερος του αριθμού των σπειρών του πρωτεύοντος. Μπορεί να γίνει και το αντίστροφο.

Παράδειγμα 2

Αν θέλουμε να υποβιβάσουμε την τάση από 240 V σε 24 V, πρέπει ο λόγος μετασχηματισμού να είναι $\frac{240\ V}{24\ V}$, δηλαδή 10 : 1.
Το δευτερεύον πηνίο πρέπει να έχει το $\frac{1}{10}$ των σπειρών του πρωτεύοντος.

β) Λειτουργία του μετασχηματιστή υπό φορτίο. Ο μετασχηματιστής λειτουργεί υπό φορτίο, όταν το κύκλωμα του δευτερεύοντος είναι κλειστό, είναι δηλαδή ενωμένο με φορτίο (σχήμα 3/25). Στην περίπτωση αυτή μεταφέρεται ισχύς από το πρωτεύον στο δευτερεύον.



Σχ. 3/25

Σε όλους τους μετασχηματιστές υπάρχουν μερικές απώλειες ενέργειας. Θεωρούμε ιδανικό μετασχηματιστή εκείνον τον μετασχηματιστή με αμελητέες απώλειες ενέργειας. Συνεπώς, σε έναν ιδανικό μετασχηματιστή όλη η ισχύς του πρωτεύοντος πηνίου μεταφέρεται στο δευτερεύον. Με άλλα λόγια, σε έναν ιδανικό μετασχηματιστή, η ισχύς που απορροφάται από το πρωτεύον, δίνεται ολόκληρη στο κύκλωμα του δευτερεύοντος.

Δηλαδή:

Προσφερόμενη Ισχύς (Ισχύς Εισόδου) = Αποδιδόμενη Ισχύς (Ισχύς Εξόδου).

$$P_1 = P_2$$

$$U_1 \cdot I_1 \cdot συνφ_1 = U_2 \cdot I_2 \cdot συνφ_2$$

Όπου $φ_1$ και $φ_2$ η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος στο πρωτεύον και το δευτερεύον κύκλωμα αντίστοιχα.

Επειδή οι συντελεστές ισχύος συν $φ_1$ και συν $φ_2$ πρακτικά είναι ίσοι (συν $φ_1$ = συν $φ_2$), η πιο πάνω σχέση γράφεται:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \quad ή \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Από τη σχέση $\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}$, που ισχύει και όταν ο μετασχηματιστής λειτουργεί υπό φορτίο προκύπτει:

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{I_2}{I_1}=\frac{N_1}{N_2}=\lambda$$

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι για δεδομένη ισχύ του μετασχηματιστή, μπορούμε να πάρουμε μεγάλη τάση στο δευτερεύον - κατασκευάζοντας το δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή με μεγάλο αριθμό σπειρών. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος όμως στο δευτερεύον θα είναι μικρή. Μπορεί να γίνει και το αντίστροφο.

Στην πράξη ένας μετασχηματιστής κατά τη λειτουργία του παρουσιάζει απώλειες που οφείλονται σε μαγνητικές και ηλεκτρικές απώλειες.

Έτσι, η ισχύς P_2 που μεταφέρει ο μετασχηματιστής στο δευτερεύον είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ P_1 που απορροφά από την πηγή τροφοδοσίας.

Αν $P_{απ}$ παριστάνει την ισχύ των απωλειών, τότε:

$$P_2 = P_1 - P_{απ}$$

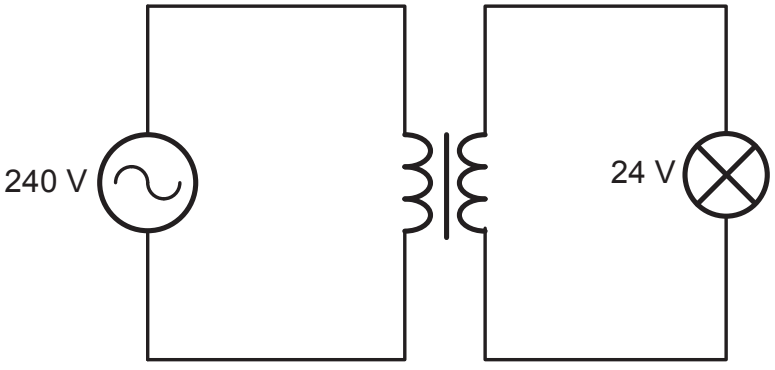
Ο βαθμός απόδοσης η, του μετασχηματιστή είναι ο λόγος της ισχύος P_2, η οποία αποδίδεται στο δευτερεύον, προς την ηλεκτρική ισχύ P_1 του πρωτεύοντος την οποία παίρνει από την πηγή τροφοδοσίας. Δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{απ}} < 1$$

Ο βαθμός απόδοσης των μετασχηματιστών είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας και συνήθως μεταξύ 90 - 95% για μικρούς/μεσαίους και 96 - 99% για μεγάλους μετασχηματιστές.

Παράδειγμα 3

Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης (συνφ=1) χαμηλής τάσης 24 V και με ισχύ 60 W τροφοδοτείται από μετασχηματιστή που λειτουργεί με την παροχή (240 V) του σπιτιού. Ο μετασχηματιστής έχει 800 σπείρες στο πρωτεύον τύλιγμά του.



Αν θεωρήσουμε τον μετασχηματιστή ως ιδανικό (ότι δηλαδή δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας), να υπολογιστούν:

α) ο αριθμός των σπειρών του δευτερεύοντος πηνίου

β) η ένταση του ρεύματος στο δευτερεύον πηνίο

γ) η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον πηνίο.

Λύση:

α) Η τάση στο δευτερεύον U_2 είναι ίση με την τάση στα άκρα του λαμπτήρα, δηλαδή $U_2 = 24$ V.

Η τάση στα άκρα του πρωτεύοντος είναι $U_1 = 240$ V.

Από τη σχέση:

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{240\ V}{24\ V} = \frac{800}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{800 \cdot 24\ V}{240\ V} = 80$$

β) Από τη σχέση:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi \Rightarrow I_2 = \frac{P_2}{U_2 \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{60\ W}{24\ V \cdot 1} \Rightarrow I_2 = 2{,}5\ A$$

γ) Σε ένα ιδανικό μετασχηματιστή θεωρούμε ότι:

Προσφερόμενη ισχύς P_1 = Αποδιδόμενη Ισχύς P_2 = 60 W.

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi \Rightarrow I_1 = \frac{P_1}{U_1 \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{60\ W}{240\ V \cdot 1} \Rightarrow I_1 = 0{,}25\ A$$

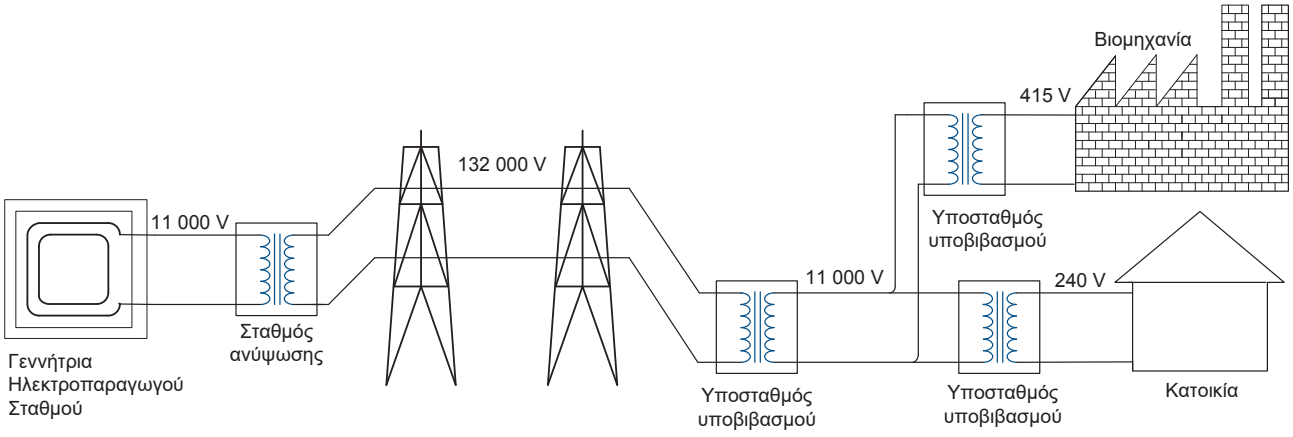
3.3.3 Χρήση και εφαρμογές των μετασχηματιστών

Η χρήση των μετασχηματιστών στην καθημερινή μας ζωή είναι ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο. Επιλύουν το πρόβλημα ανάγκης ανύψωσης ή υποβιβασμού της τάσης για τη λειτουργία συγκεκριμένου κυκλώματος συσκευής, μηχανής, δικτύου κ.λπ.

Χωρίς να χρειαστεί να μπούμε σε τεχνικές λεπτομέρειες στο παρόν στάδιο, πιο κάτω περιγράφονται μερικές από τις πιο γνωστές μας χρήσεις του μετασχηματιστή.

- **Στους ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς**, για ανύψωση (και υποβιβασμό) της τάσης στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανύψωση χρειάζεται να γίνει, για να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες ενέργειας στους αγωγούς μεταφοράς. Επίσης, με την ανύψωση της τάσης επιτυγχάνουμε μείωση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος στους αγωγούς μεταφοράς, άρα με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιούμε αγωγούς με μικρότερη διάμετρο, πράγμα που μειώνει το κόστος και διευκολύνει την εγκατάσταση του δικτύου.

  Στην Κύπρο η τάση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στους ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς είναι 11 000 V (σχήμα 3/26). Με τη βοήθεια μετασχηματιστή, ανυψώνεται στα 66 000 V ή 132 000 V και μεταφέρεται στις διάφορες επαρχίες με τη βοήθεια των πυλώνων. Σε υποσταθμούς κοντά στις πόλεις και τα αγροτικά κέντρα υποβιβάζεται και πάλι με μετασχηματιστές στα 11 000 V. Η τάση αυτή μεταφέρεται στους σταθμούς διανομής (ή σε μετασχηματιστές πάνω σε ξύλινους πασσάλους), για να υποβιβαστεί σε 240 V (μονοφασική παροχή) ή 415 V (τριφασική παροχή) και να γίνει η διακλάδωση στα διάφορα υποστατικά.

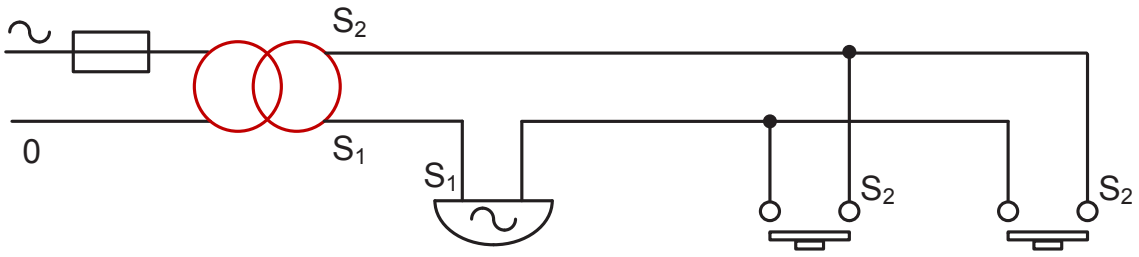


Σχ. 3/26

- **Στα εργαστήρια**, όπου η τάση υποβιβάζεται από 240 V σε χαμηλές τάσεις 48 V, 24 V, 12 V, ανάλογα με την τάση λειτουργίας των διαφόρων μηχανημάτων. Για λόγους ασφάλειας, επίσης, η τάση των 240 V υποβιβάζεται στον εργαστηριακό εξοπλισμό στα σχολεία.
- **Στις διάφορες ηλεκτρονικές οικιακές συσκευές** (τηλεόραση, βίντεο, υπολογιστές κ.λπ.) των οποίων τα ηλεκτρονικά κυκλώματα για να λειτουργήσουν χρειάζονται χαμηλή συνεχή τάση (π.χ. 12 V d.c.). Για τον λόγο αυτό οι ηλεκτρονικές συσκευές έχουν ενσωματωμένο μετασχηματιστή/ανορθωτή, για να υποβιβάζει και να μετατρέπει την τάση σε συνεχή με χαμηλή τιμή.

Πρακτική εφαρμογή ιδανικού μετασχηματιστή στο κενό

Όταν ένας ιδανικός μετασχηματιστής λειτουργεί στο κενό, δεν καταναλώνει ενέργεια. Για τον λόγο αυτό είναι δυνατόν το πρωτεύον πηνίο να είναι μόνιμα συνδεδεμένο με την πηγή της εναλλασσόμενης τάσης χωρίς να καταναλώνεται ενέργεια. Ένα γνωστό σε όλους παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι ο μικρός μετασχηματιστής με τον οποίο λειτουργεί το ηλεκτρικό κουδούνι του σπιτιού, όπου με το στιγμιαίο πάτημα του κουμπιού εισόδου κλείνει το δευτερεύον κύκλωμα και δίνει τον χαρακτηριστικό ήχο (σχήμα 3/27).



Σχ. 3/27

Στοιχεία των μετασχηματιστών

Συνήθως πάνω στους μετασχηματιστές αναγράφονται τα κύρια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους, δηλαδή:

α) Ονομαστική τάση πρωτεύοντος: Ενεργός τάση με την οποία πρέπει να τροφοδοτηθεί το πρωτεύον.

β) Ονομαστική τάση δευτερεύοντος: Η ενεργός τάση που δίνει το δευτερεύον*.

γ) Ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή: Η συνεχής ισχύς την οποία αποδίδει συνεχώς το δευτερεύον χωρίς να υπερθερμανθεί ο μετασχηματιστής. Ως μονάδα μέτρησης της ονομαστικής ισχύος του μετασχηματιστή χρησιμοποιείται το VA (Βολτ-Αμπέρ).

Σημείωση: Φαινόμενη Ισχύς (VA) = U · I
Πραγματική Ισχύς (W) = U · I · συν φ

** Οι ονομαστικές τιμές τάσης για το πρωτεύον και το δευτερεύον αναφέρονται σε λειτουργία του μετασχηματιστή σε κενό.*

3.4 Ανορθωτές

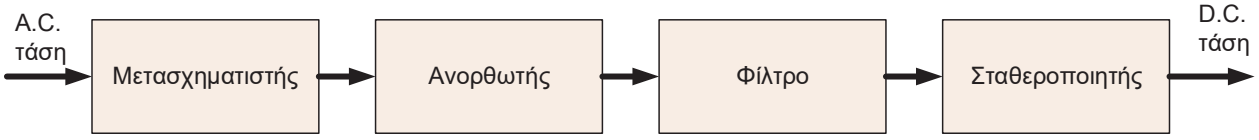
3.4.1 Γενικά

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας με τα οποία τροφοδοτούνται τα σπίτια, η βιομηχανία κ.λπ. παρέχουν, όπως ξέρουμε, εναλλασσόμενο ρεύμα (ac), μονοφασικό ή τριφασικό (στην περίπτωση της Κύπρου 240 V/415 V). Με το ρεύμα αυτό λειτουργούν οι λαμπτήρες φωτισμού, παράγεται θερμότητα σε θερμάστρες, κινούνται μηχανές που αποδίδουν μηχανικό έργο κ.λπ. Γενικά με το εναλλασσόμενο ρεύμα καλύπτονται σε πολύ μεγάλο βαθμό οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν όμως αρκετές περιπτώσεις που απαιτείται συνεχές ρεύμα (dc), όπως είναι για παράδειγμα οι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή (τηλεόραση, ραδιόφωνο, βίντεο, Η.Υ.).

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται **ανορθωτές**, οι οποίοι είναι **συσκευές χωρίς κινούμενα μέρη, που μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές. Η μετατροπή αυτή ονομάζεται ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος.** Πριν όμως γίνει η μετατροπή, η τάση υποβιβάζεται με τη βοήθεια μετασχηματιστή σε πιο χαμηλές τάσεις, ανάλογα με την τάση λειτουργίας της κάθε συσκευής.

Η διάταξη μετασχηματιστής/ανορθωτής που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή, ονομάζεται τροφοδοτικό (power supply), το οποίο μπορεί να είναι ξεχωριστή συσκευή ή ενσωματωμένη στην ηλεκτρική συσκευή.

Το σχήμα 3/28 δείχνει ένα διάγραμμα δόμησης απλού τροφοδοτικού και το σχήμα 3/29 το σχετικό κύκλωμα. Ένα τροφοδοτικό αποτελείται από τα πιο κάτω μέρη:



Σχ. 3/28

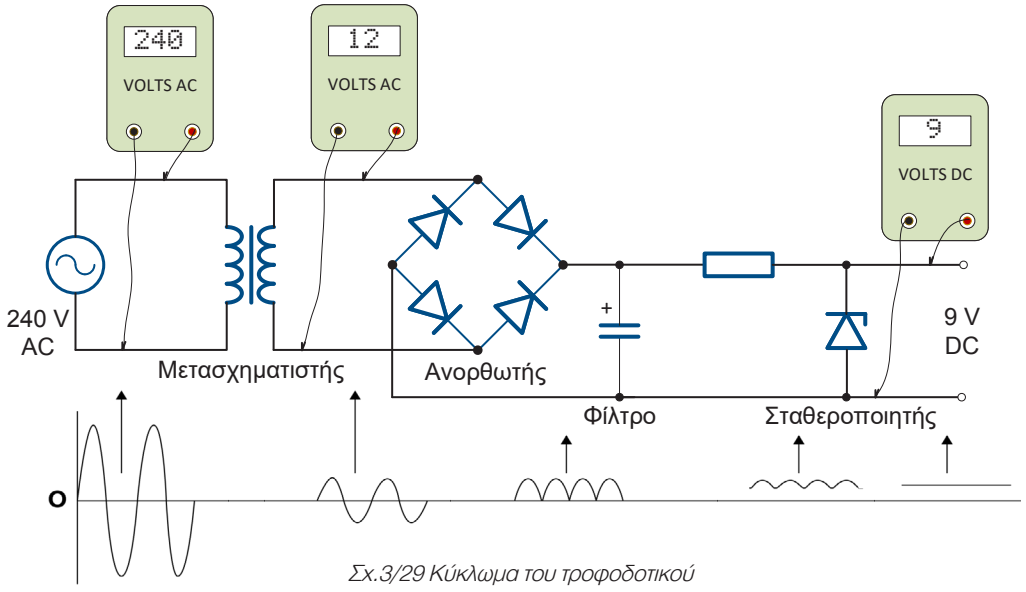
α) Μετασχηματιστής: Υποβιβάζει την τάση ac ανάλογα με την τάση dc που χρειαζόμαστε.

β) Ανορθωτής: Μετατρέπει τις αρνητικές τιμές της τάσης του ac ρεύματος σε θετικές (σε κάποιες περιπτώσεις αντί να τις μετατρέπει τις εξαλείφει).

γ) Φίλτρο: Εξομαλύνει την κυμάτωση της τάσης εξόδου.

δ) Σταθεροποιητής: Διατηρεί την τάση εξόδου σταθερή ανεξάρτητα από την κατάσταση του φορτίου στην έξοδο.

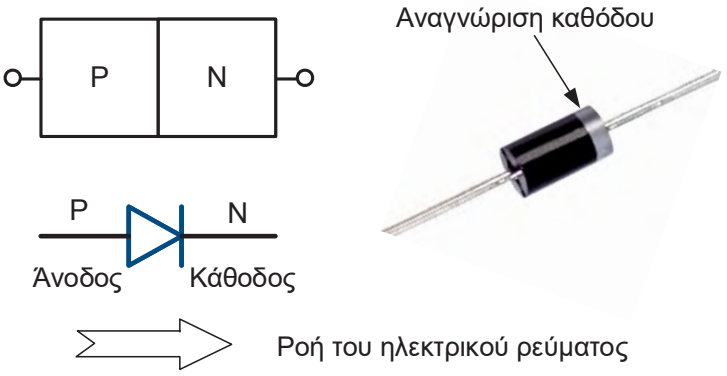
Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε αναλυτικά τη λειτουργία του τροφοδοτικού μέχρι και το φίλτρο.



Σχ.3/29 Κύκλωμα του τροφοδοτικού

Για την κατανόηση της λειτουργίας των ανορθωτών - καθότι η λειτουργία τους βασίζεται στις διόδους ανόρθωσης - θα κάνουμε μία σύντομη επανάληψη πάνω στη θεωρία της διόδου ανόρθωσης, ώστε να μας βοηθήσει να αντιληφθούμε πώς επιτυγχάνεται η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή.

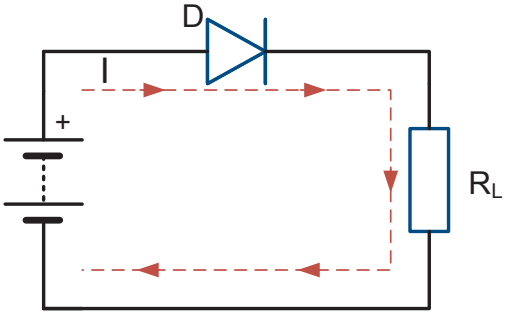
Γενικά η δίοδος ανόρθωσης είναι ημιαγωγός, ο οποίος επιτρέπει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος προς μια μόνο κατεύθυνση - από την άνοδο προς την κάθοδο (σχήμα 3/30).



Σχ. 3/30 Δίοδος ανόρθωσης

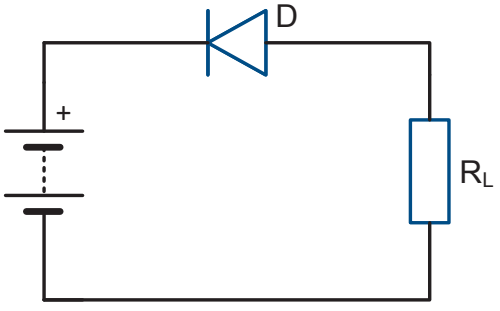
Δηλαδή,

α) Όταν ο θετικός πόλος της πηγής συνδεθεί προς την πλευρά της ανόδου και ο αρνητικός προς αυτή της καθόδου, τότε διαμέσου της διόδου ανόρθωσης ρέει ρεύμα (θετικό), με κατεύθυνση από την άνοδο προς την κάθοδο. Η σύνδεση αυτή λέγεται πόλωση κατά την ορθή φορά (σχήμα 3/31).



Σχ. 3/31 Δίοδος ανόρθωσης ορθά πολωμένη

β) Όταν ο θετικός πόλος της πηγής συνδεθεί προς την πλευρά της καθόδου και ο αρνητικός προς αυτή της ανόδου, τότε η δίοδος ανόρθωσης άγει ελάχιστα με πολύ μικρό (σχεδόν μηδενικό) ηλεκτρικό ρεύμα (αρνητικό), με κατεύθυνση από την κάθοδο προς την άνοδο. Η δίοδος ανόρθωσης στην περίπτωση αυτή συμπεριφέρεται ως μία μεγάλη αντίσταση. Η σύνδεση αυτή λέγεται πόλωση κατά την ανάστροφη φορά (σχήμα 3/32).



Σχ. 3/32 Δίοδος ανόρθωσης ανάστροφα πολωμένη

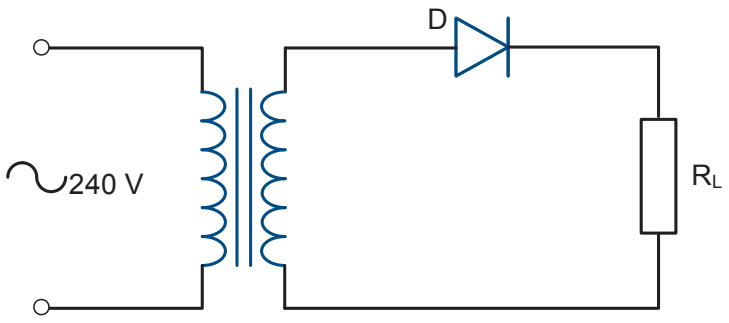
Η ανόρθωση του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος σε συνεχές μπορεί να επιτευχθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους:

α) Με απλή ανόρθωση ή ημιανόρθωση

β) Με πλήρη ανόρθωση.

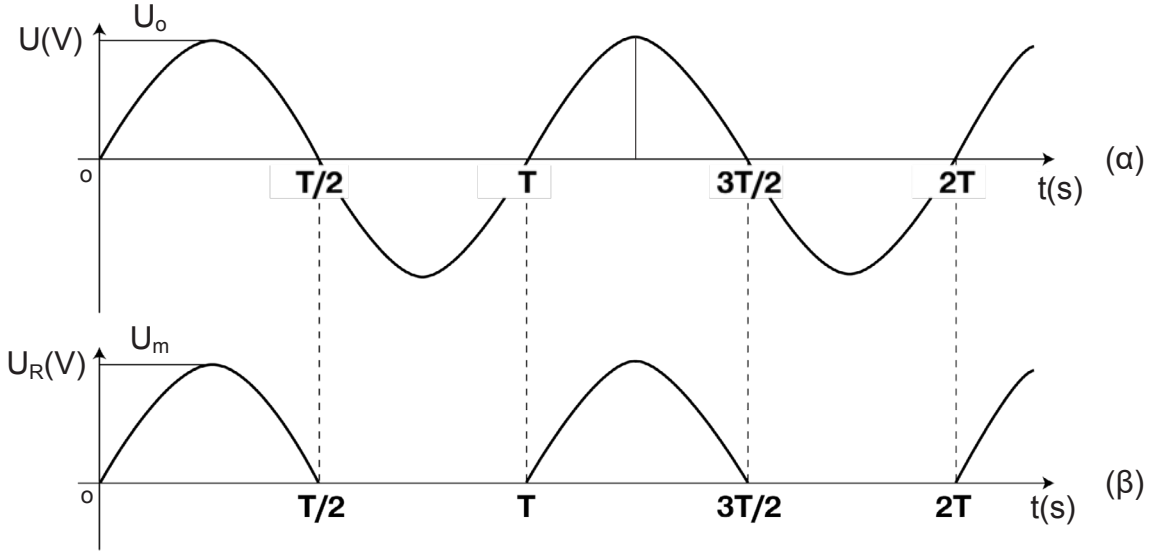
3.4.2 Απλή ανόρθωση ή ημιανόρθωση

Στο σχήμα 3/33 φαίνεται το κύκλωμα της απλής ανόρθωσης, που αποτελείται από την πηγή του εναλλασσόμενου ρεύματος, τον μετασχηματιστή, μία δίοδο ανόρθωσης και έναν αντιστάτη, που αντιπροσωπεύει το φορτίο που θα τροφοδοτηθεί με την τάση εξόδου.



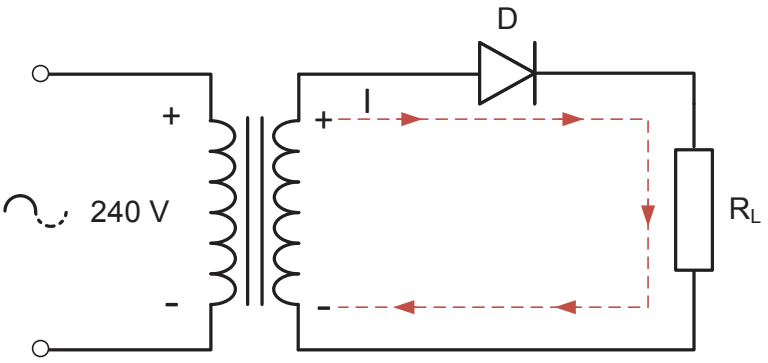
Σχ. 3/33 Κύκλωμα απλής ανόρθωσης ή ημιανόρθωσης

Το σχήμα 3/34α δείχνει τη γραφική παράσταση της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, προτού αυτό περάσει από τη δίοδο ανόρθωσης, ενώ το σχήμα 3/34β δείχνει την κυματομορφή της ανορθωμένης τάσης εξόδου στο φορτίο R_L.



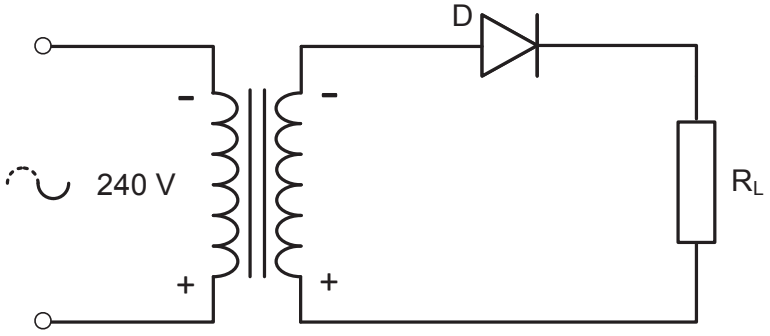
Σχ. 3/34

Οταν η τάση U στο δευτερεύον του μετασχηματιστή παίρνει θετικές τιμές (θετική ημιπερίοδος), η δίοδος ανόρθωσης πολώνεται κατά την ορθή φορά και ως εκ τούτου άγει καθ' όλη τη διάρκεια θετικής ημιπεριόδου (σχήμα 3/35). Έτσι, κατά τη διάρκεια της θετικής ημιπεριόδου στα άκρα του αντιστάτη R_L έχουμε πτώση τάσης $U_R = I \cdot R_L$, όπου I το ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργείται στο δευτερεύον κύκλωμα.



Σχ. 3/35

Όταν η τάση U παίρνει αρνητικές τιμές (αρνητική ημιπερίοδος), η δίοδος ανόρθωσης πολώνεται ανάστροφα και παύει να άγει, με αποτέλεσμα η τάση εξόδου U_R στον αντιστάτη R_L να είναι μηδέν (σχήμα 3/36).



Σχ. 3/36

Είναι φανερό ότι με το πιο πάνω κύκλωμα το ηλεκτρικό ρεύμα περνά διαμέσου του αντιστάτη R_L μόνο κατά τις θετικές ημιπεριόδους (τον μισό χρόνο της περιόδου) και δεν αλλάζει πολικότητα, είναι δηλαδή συνεχές. Επιτυγχάνεται λοιπόν η ημιανόρθωση ή η απλή ανόρθωση της εφαρμοζόμενης τάσης. Το μειονέκτημα της απλής ανόρθωσης είναι ότι το φορτίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα μόνο κατά τη διάρκεια του μισού κύκλου της εφαρμοζόμενης τάσης.

Η μέγιστη τιμή της ημιανορθωμένης τάσης U_m είναι περίπου ίση με τη μέγιστη τιμή της τάσης στο δευτερεύον του μετασχηματιστή U_o. Στην πραγματικότητα όμως η τάση U_m είναι μικρότερη της τάσης U_o περίπου κατά 0,7 V (η πτώση τάσης στα άκρα της διόδου)*.

** Η διαφορά της τιμής των δύο τάσεων μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί, αν εξομοιωθεί το κύκλωμα της ανόρθωσης στην οθόνη του Η.Υ. με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού εξομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.*

3.4.3 Πλήρης ανόρθωση

Πλήρη ανόρθωση έχουμε, όταν ο αντιστάτης του φορτίου R_L διαρρέεται από ρεύμα της ίδιας φοράς **και κατά τις δύο ημιπεριόδους** της εναλλασσόμενης τάσης.

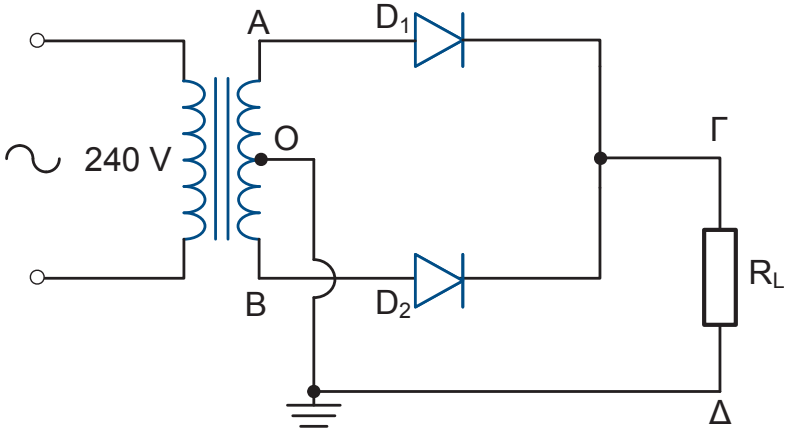
Η πλήρης ανόρθωση μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

α) Πλήρης ανόρθωση με τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης

β) Πλήρης ανόρθωση με τη χρήση γέφυρας.

3.4.3.α Πλήρης ανόρθωση με τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης

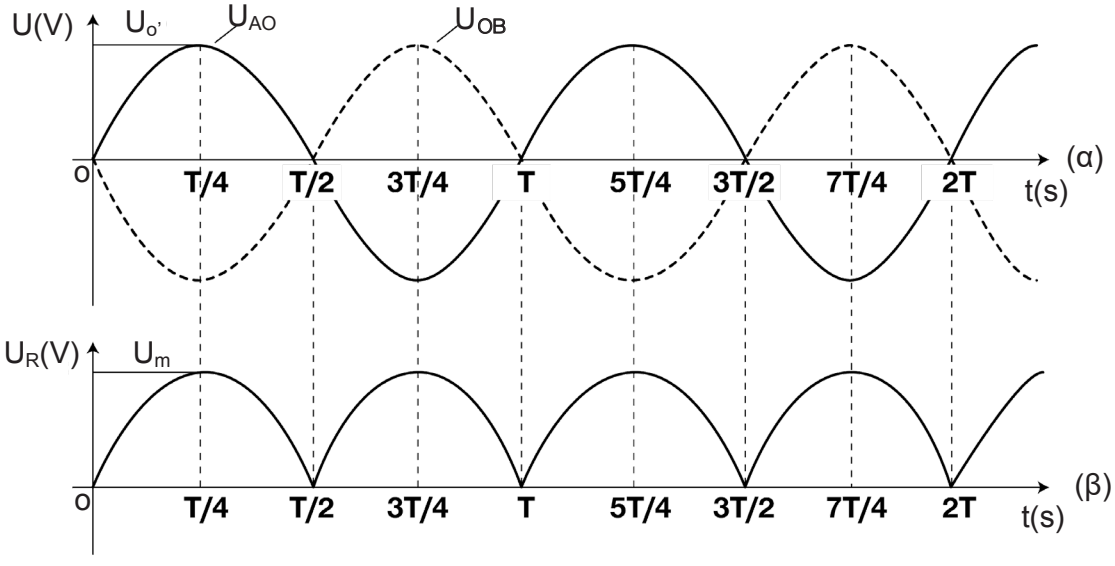
Το κύκλωμα της πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης φαίνεται στο σχήμα 7/37.



Σχ. 3/37 Κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης

Το κύκλωμα περιλαμβάνει μετασχηματιστή με μεσαία λήψη **Ο**, δύο διόδους ανόρθωσης και έναν αντίσταση R_L που εκπροσωπεί το φορτίο.

Το σχήμα 3/38α δείχνει τις γραφικές παραστάσεις των τάσεων $U_{AO} = f(t)$, $U_{OB} = f(t)$ των τμημάτων ΑΟ και ΟΒ του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή σε συνάρτηση με τον χρόνο. Το σχήμα 3/38β δείχνει τη γραφική παράσταση $U_R = f(t)$ της ανορθωμένης τάσης στο φορτίο R_L. Το αποτέλεσμα είναι η πλήρης ανόρθωση.

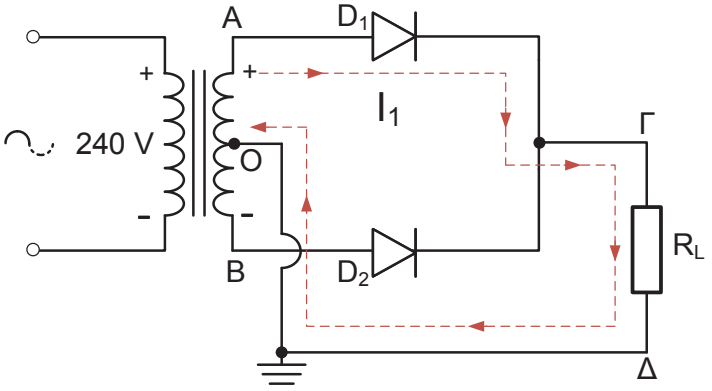


Σχ. 3/38

Για την κατανόηση της πλήρους ανόρθωσης θα μελετήσουμε τη διαδρομή που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα κατά τις δύο ημιπεριόδους (σχήματα 3/39 – 3/40).

Στην πρώτη ημιπερίοδο το άκρο Α είναι θετικό και το Β αρνητικό. Τότε το άκρο Α θα είναι θετικότερο από τη μεσαία λήψη Ο και το άκρο Β αρνητικότερο από το Ο.

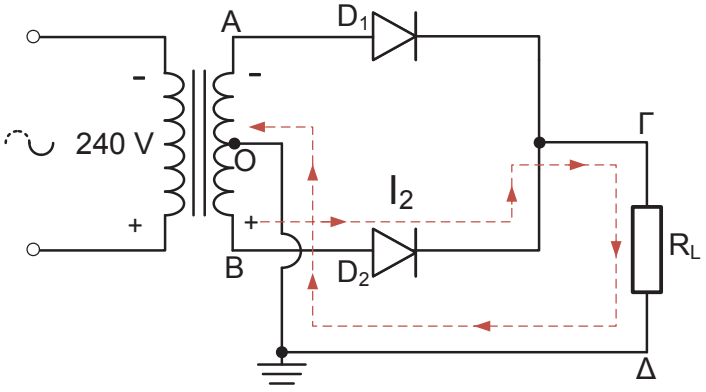
Με αυτόν τον τρόπο άγει η δίοδος ανόρθωσης D_1 και το κύκλωμα ΑΓΔΟ διαρρέεται από το ηλεκτρικό ρεύμα I_1. Η δίοδος ανόρθωσης D_2 σε αυτή την ημιπερίοδο δεν άγει.



Σχ. 3/39

Όταν αναστραφεί η πολικότητα, το άκρο Β γίνεται θετικό και το Α αρνητικό.

Έτσι, το σημείο Β είναι θετικότερο από το Ο, ενώ το Α είναι αρνητικότερο. Με τον τρόπο αυτό άγει η δίοδος ανόρθωσης D_2 και το κύκλωμα ΒΓΔΟ διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα I_2. Η δίοδος ανόρθωσης D_1 δεν άγει σε αυτή την ημιπερίοδο.



Σχ. 3/40

Η φορά όμως του ηλεκτρικού ρεύματος I_2 στον αντιστάτη R_L είναι η ίδια με τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος I_1 στην προηγούμενη ημιπερίοδο. Έτσι, και στις δύο ημιπεριόδους το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον αντιστάτη είναι της ίδιας φοράς και κατά συνέπεια η τάση στα άκρα του, παρόλο που διακυμαίνεται, έχει πάντα την ίδια πολικότητα, είναι δηλαδή συνεχής. Επιτυγχάνεται έτσι πλήρης ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης.

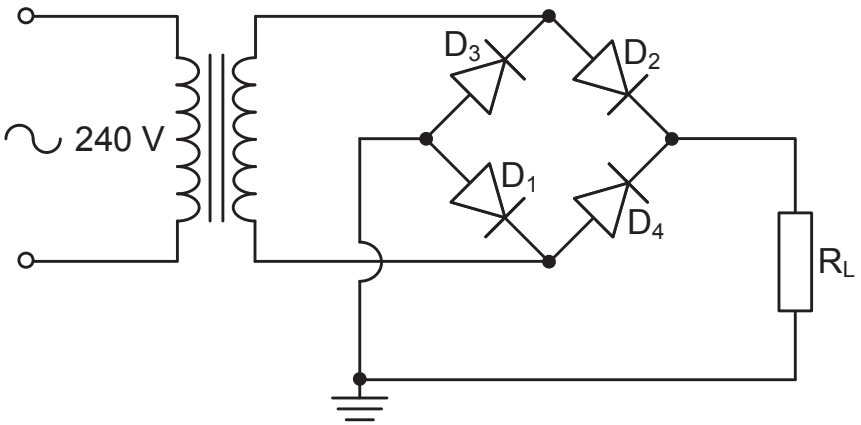
Η μέγιστη τιμή της ημιανορθωμένης τάσης U_m είναι περίπου ίση με τη μέγιστη τιμή της τάσης στο μισό τύλιγμα στο δευτερεύον του μετασχηματιστή U_o'. Στην πραγματικότητα όμως η τάση U_m είναι μικρότερη της τάσης U_o' περίπου κατά 0,7 V (η πτώση τάσης στα άκρα της διόδου ανόρθωσης)*.

Τα μειονεκτήματα του κυκλώματος της πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση μετασχηματιστή με μεσαία λήψη, είναι ότι χρειάζεται ο ειδικός μετασχηματιστής με μεσαία λήψη και ότι χρησιμοποιεί μόνο τη μισή τάση του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή.

3.4.3.β Πλήρης ανόρθωση με τη χρήση γέφυρας.

Το μειονέκτημα του κυκλώματος πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση μετασχηματιστή με μεσαία λήψη μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση κυκλώματος με γέφυρα τεσσάρων διόδων ανόρθωσης (σχήμα 3/41). Το βασικό πλεονέκτημα του κυκλώματος αυτού είναι ότι δεν χρειάζεται μεσαία λήψη στο δευτερεύον του μετασχηματιστή και επομένως ανορθώνει ολόκληρη την τάση του δευτερεύοντος.

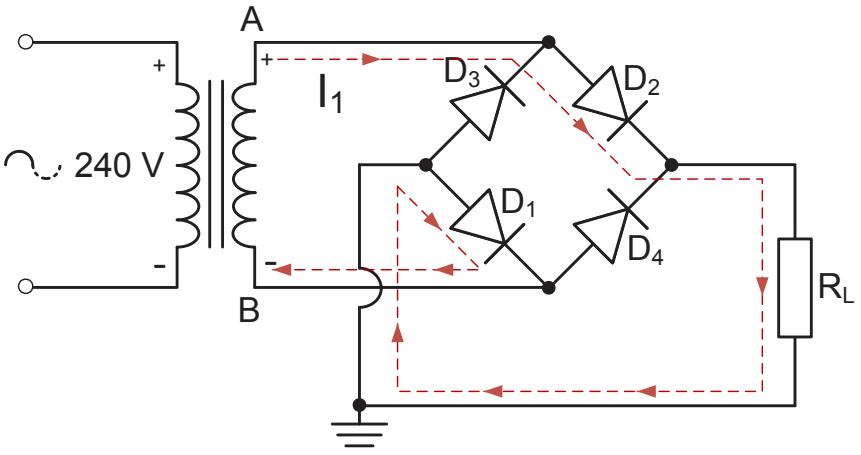
** Η διαφορά της τιμής των δύο τάσεων μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί, αν εξομοιωθεί το κύκλωμα της ανόρθωσης στην οθόνη του Η.Υ. με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού εξομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.*



Σχ. 3/41 Κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση γέφυρας

Η λειτουργία του κυκλώματος μπορεί να επεξηγηθεί, αν μελετήσουμε τη διαδρομή που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα κατά τις δύο ημιπεριόδους (σχήματα 3/42 – 3/43).

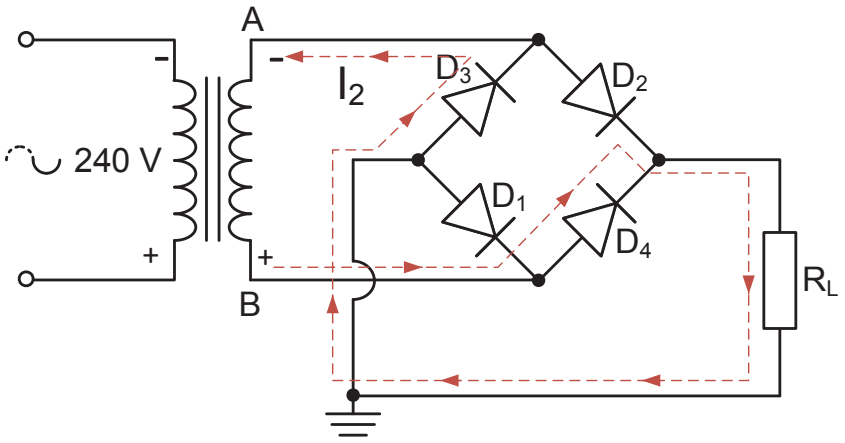
Κατά τη θετική ημιπερίοδο της εναλλασσόμενης τάσης το πάνω άκρο Α του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή είναι θετικό ($U_A > 0$). Έτσι το ηλεκτρικό ρεύμα I_1 ακολουθεί τη διαδρομή $A \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_1 \rightarrow B$. Με τις διόδους ανόρθωσης D_2 και D_1 σε κατάσταση αγωγιμότητας, ολόκληρη η τάση του δευτερεύοντος εφαρμόζεται στα άκρα του αντιστάτη R_L του φορτίου.



Σχ. 3/42

Κατά την αρνητική ημιπερίοδο το πάνω άκρο Α του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή είναι αρνητικό και το κάτω άκρο Β είναι θετικό ($U_B > 0$). Έτσι τώρα το ηλεκτρικό ρεύμα I_2 ακολουθεί τη διαδρομή $B \rightarrow D_4 \rightarrow R_L \rightarrow D_3 \rightarrow A$.

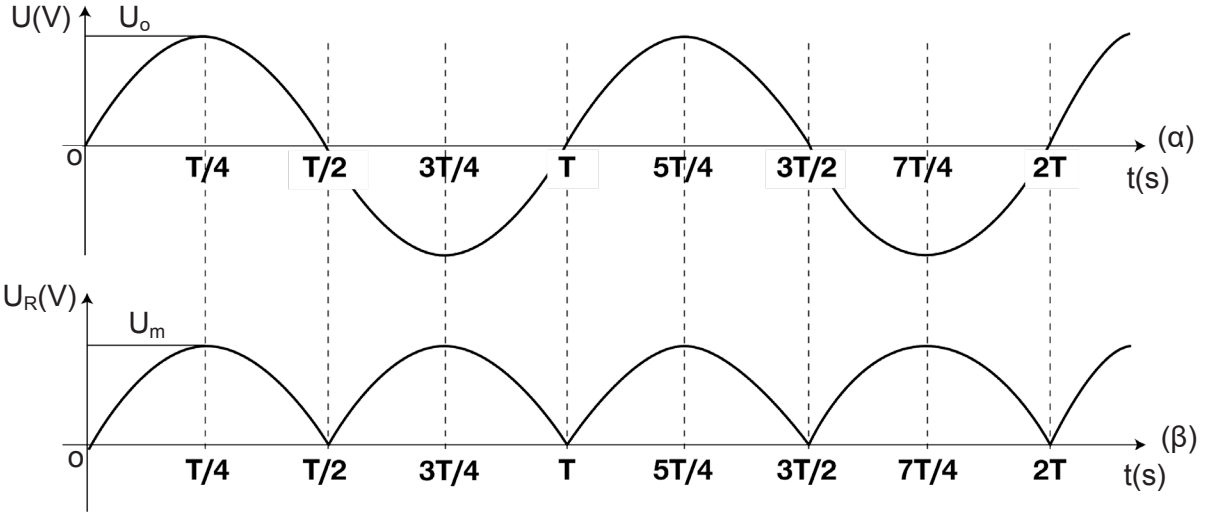
Με τις διόδους ανόρθωσης D_4 και D_3 σε κατάσταση αγωγιμότητας ολόκληρη η τάση του δευτερεύοντος εφαρμόζεται στα άκρα του αντιστάτη R_L φορτίου.



Σχ. 3/43

Παρατηρούμε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τον αντιστάτη R_L του φορτίου είναι και στις δύο περιπτώσεις προς την ίδια φορά.

Το σχήμα 3/44 δείχνει τις γραφικές παραστάσεις U = f(t) της τάσης στα άκρα του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή (σχήμα 3/44α) και εκείνη της τάσης εξόδου U_R στα άκρα του αντιστάτη R_L του φορτίου (σχήμα 3/44β). Παρατηρούμε ότι η τάση εξόδου έχει την ίδια κυματομορφή, όπως στην περίπτωση της πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης.



Σχ. 3/44

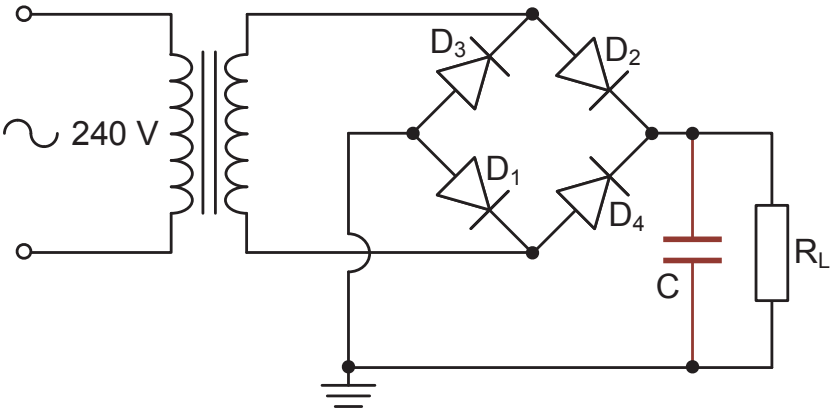
Η μέγιστη τιμή της ανορθωμένης τάσης U_m είναι περίπου ίση με τη μέγιστη τιμή της τάσης στο δευτερεύον του μετασχηματιστή U_o. Στην πραγματικότητα όμως η τάση U_m είναι μικρότερη της τάση U_o περίπου κατά 1,4 V (η πτώση τάσης στα άκρα των δύο διόδων ανόρθωσης)*.

** Η διαφορά της τιμής των δύο τάσεων μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί, αν εξομοιωθεί το κύκλωμα της ανόρθωσης στην οθόνη του Η.Υ. με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού εξομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων*

3.4.4 Εξομάλυνση της ανορθωμένης τάσης

Παρατηρούμε από τα σχήματα 3/44(α), 3/44(β) ότι η ανορθωμένη τάση που εφαρμόζεται στο φορτίο της εξόδου δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά παρουσιάζει κυμάτωση. Η τάση με κυμάτωση δεν είναι κατάλληλη για την τροφοδότηση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, διότι μπορεί για παράδειγμα να δημιουργήσει βόμβο σε έναν ενισχυτή ή σε έναν δέκτη.

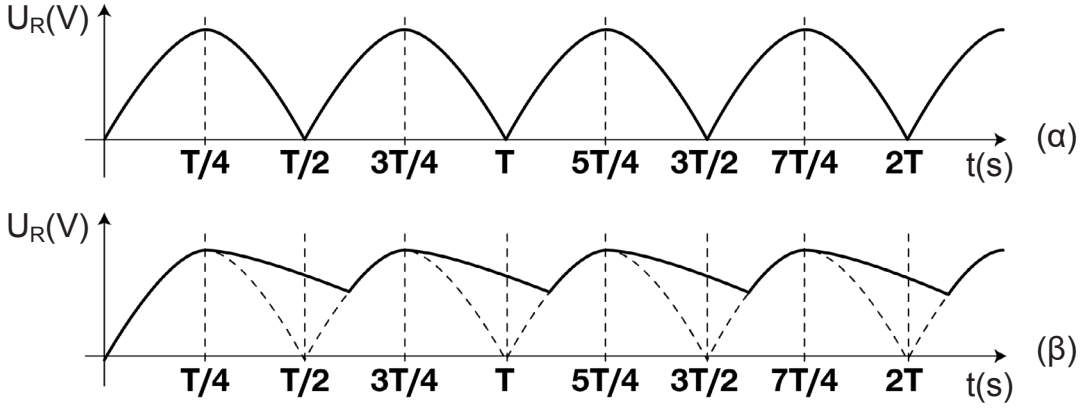
Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα χρειάζονται σταθερή συνεχή τάση, για αυτό και σε όλα τα τροφοδοτικά ο ανορθωτής ακολουθείται από ένα φίλτρο, το οποίο μετατρέπει την τάση με κυμάτωση που δίνει ο ανορθωτής σε πιο σταθερή τάση. Ένα τέτοιο φίλτρο στην πιο απλή του μορφή μπορεί να είναι ένας πυκνωτής που συνδέεται παράλληλα στην έξοδο (σχήμα 3/45).



Σχ. 3/45 Κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση γέφυρας με φίλτρο

Κατά το χρονικό διάστημα 0 – T/4 ο πυκνωτής φορτίζεται. Στη συνέχεια, κατά το χρονικό διάστημα T/4 – T/2 η τάση στα άκρα του πυκνωτή ελαττώνεται και γίνεται εκφόρτωση του πυκνωτή με αργό ρυθμό, μιας και η σταθερά του χρόνου ($T = R_L \cdot C$) είναι σχετικά μεγάλη. Μέχρι την επόμενη κορυφή ο πυκνωτής δεν εκφορτίζεται και πολύ, έτσι αρχίζει και πάλι να φορτίζεται. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται με αποτέλεσμα τη βελτίωση στην κυμάτωση της τάσης, όπως δείχνει η γραφική παράσταση $U_R = f(t)$ του σχήματος 3/46β.

Με σχετική αύξηση της τιμής του πυκνωτή C ή της αντίστασης R, η εξομάλυνση της τάσης στην έξοδο βελτιώνεται. Πλησιάζει δηλαδή την τιμή της μέγιστης τάσης στην έξοδο U_m.



Σχ. 3/46

3.5 Ασκήσεις

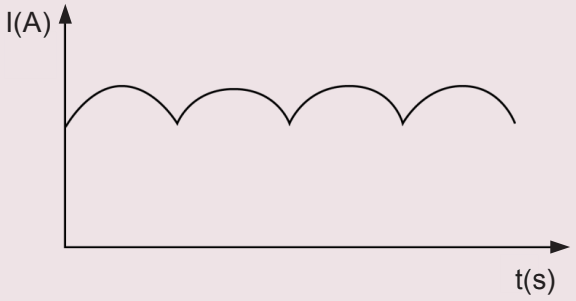
Άσκηση 1

α) Να εξηγήσετε, με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων, τη διαφορά μεταξύ του συνεχούς (d.c.) και του εναλλασσόμενου (a.c.) ηλεκτρικού ρεύματος.

β) Να αναφέρετε τα βασικά πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος έναντι του συνεχούς.

Άσκηση 2

Η πιο κάτω κυματομορφή είναι η γραφική παράσταση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει μια γεννήτρια σε συνάρτηση με τον χρόνο.



α) Να αναφέρετε το είδος της γεννήτριας που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή αυτής της κυματομορφής.

β) Να ονομάσετε ακόμη ένα είδος γεννήτριας που γνωρίζετε και να σχεδιάσετε την κυματομορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει, σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Άσκηση 3

Χρησιμοποιώντας απλά σκίτσα να δείξετε και να εξηγήσετε την κύρια κατασκευαστική διαφορά μεταξύ των γεννητριών εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος.

Άσκηση 4

Μία μονοφασική γεννήτρια περιστρέφεται από μία πετρελαιομηχανή. Η γεννήτρια στη συνέχεια δίνει ηλεκτρικό ρεύμα σε έναν ηλεκτροκινητήρα υδραντλίας.

Αν ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας είναι 0,8 και του ηλεκτροκινητήρα 0,85 και η ισχύς που αποδίδει ο ηλεκτροκινητήρας στον άξονά του είναι 600 W, να υπολογίσετε την ισχύ που αποδίδει η πετρελαιομηχανή.

Άσκηση 5

Μία γεννήτρια δίνει στην έξοδό της τάση ίση με U=155ημωt. Να υπολογίσετε:

α) Την ενεργό τιμή της τάσης.

β) Την τιμή της στιγμιαίας τάσης μετά από 0,02 δευτερόλεπτα, όταν η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι 60 Hz (στη χρονική στιγμή t=0 η τάση θεωρείται μηδέν).

γ) Την ενεργό τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, I, όταν η γεννήτρια τροφοδοτεί ένα ωμικό φορτίο 20 Ω.

Άσκηση 6

Εναλλασσόμενος μονοφασικός ηλεκτρικός κινητήρας περιστρέφει μία αντλία νερού ισχύος 1 kW. Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο τάσης 240 V της Α.Η.Κ. και απορροφά ισχύ 1,1 kW με ένταση ηλεκτρικού ρεύματος 5,5 Α. Να υπολογίσετε:

α) Τον βαθμό απόδοσης η του ηλεκτρικού κινητήρα.

β) Τον συντελεστή ισχύος του κινητήρα.

γ) Ο συντελεστής ισχύος που υπολογίσατε στο ερώτημα β (πιο πάνω) είναι μέσα στα όρια που προβλέπονται από την Α.Η.Κ.; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Άσκηση 7

Μια μικρο-γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, που χρησιμοποιείται για πειραματικούς σκοπούς επίδειξης της αιολικής ενέργειας, περιστρέφεται με τη βοήθεια φτερωτής και ιμαντοκίνησης. Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρικό ρεύμα και τροφοδοτεί έναν λαμπτήρα.

Ο βαθμός απόδοσης της η είναι ίσος με 0,8 και ο λαμπτήρας αποδίδει ικανοποιητικά, όταν η τάση στα άκρα του είναι 6 V και απορροφά ρεύμα από τη γεννήτρια ίσο με 80 mA. Να υπολογίσετε:

α) Την ισχύ που πρέπει να δίνει ο ιμάντας στον άξονα της μικρο-γεννήτριας.

β) Τις απώλειες ισχύος της γεννήτριας.

Άσκηση 8

Σε ένα εργοστάσιο, ένας ηλεκτρικός μονοφασικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος που αποδίδει ισχύ 3,6 kW χρειάζεται αντικατάσταση. Οι τεχνικοί έχουν στη διάθεσή τους στην αποθήκη του εργοστασίου δύο κινητήρες Κ1 και Κ2 με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Κινητήρας Κ1	Κινητήρας Κ2
U = 240 V, 50 Hz	U = 240 V DC
I = 36 A	I = 20 A
n = 0,70	n = 0,75
συνφ = 0,60	————————

α) Να αναφέρετε τον λόγο για τον οποίο δεν μπορεί να επιλεγεί ο κινητήρας Κ2.

β) Κάνοντας τους αναγκαίους υπολογισμούς να δικαιολογήσετε κατά πόσον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κινητήρας Κ1.

Άσκηση 9

α) Να σχεδιάσετε έναν μετασχηματιστή και να σημειώσετε τα διάφορα μέρη του.

β) Να αναφέρετε τη διαφορά του πραγματικού από τον ιδανικό μετασχηματιστή.

γ) Να αναφέρετε πότε υπερθερμαίνεται ένας μετασχηματιστής. Με ποια μέσα και πώς επιτυγχάνεται η ψύξη του;

δ) Όταν μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από τον ηλεκτροπαραγωγό σταθμό σε κέντρα κατανάλωσης, η τάση του ηλεκτρικού ρεύματος ανυψώνεται από τα 11 000 V στα 66 000 V ή στα 132 000 V. Να αναφέρετε δύο λόγους για τους οποίους γίνεται η ανύψωση αυτή.

Άσκηση 10

Ένας μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης έχει λόγο μετασχηματισμού 1:10 με απώλειες 5%. Να υπολογίσετε:

α) Την ισχύ που απορροφά το φορτίο, αν η τάση και το ηλεκτρικό ρεύμα στο πρωτεύον είναι U_1=100 V και I_1= 0,1 A αντίστοιχα και το συνφ=0,85 (και για τα δύο τυλίγματα).

β) Την τάση στο δευτερεύον.

Άσκηση 11

Ένας λαμπτήρας 12 V τροφοδοτείται με τάση U_1=240 V a.c. μέσω ενός (ιδανικού) μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης. Να υπολογίσετε:

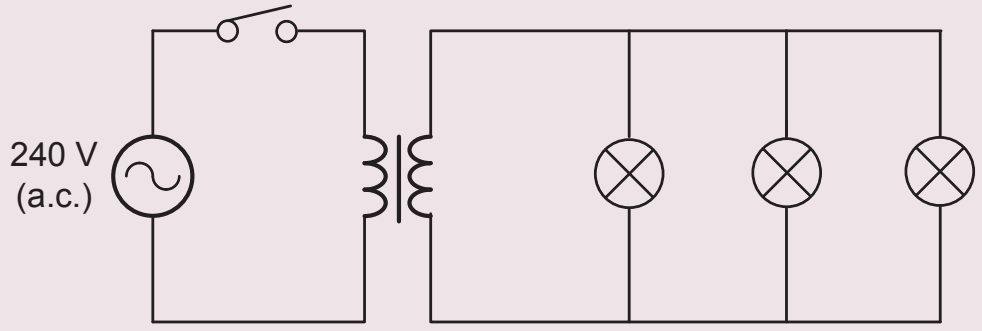
α) Τον λόγο μετασχηματισμού.

β) Τις περιελίξεις που έχει το πρωτεύον εάν οι περιελίξεις στο δευτερεύον είναι 80.

γ) Το ηλεκτρικό ρεύμα του πρωτεύοντος, εάν το ρεύμα που διαρρέει τον λαμπτήρα είναι 2 A.

Άσκηση 12

Μέρος εκθεσιακού χώρου φωτογραφιών φωτίζεται με τρεις ειδικούς λαμπτήρες πυράκτωσης των 60 W, χαμηλής τάσης και με συντελεστή ισχύος συνφ=1. Οι λαμπτήρες τροφοδοτούνται από έναν μετασχηματιστή με λόγο μετασχηματισμού λ=10:1, ο οποίος με τη σειρά του τροφοδοτείται από οικιακή παροχή των 240 V όπως φαίνεται στο κύκλωμα πιο κάτω.



α) Υπάρχουν διαθέσιμοι τρεις τύποι λαμπτήρων Α, Β και Γ όπως φαίνεται στον πίνακα πιο κάτω. Ποιος λαμπτήρας είναι ο καταλληλότερος για να χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Λαμπτήρας τύπου Α	Λαμπτήρας τύπου Β	Λαμπτήρας τύπου Γ
12 V (a.c.), 60 W	24 V (a.c.), 60 W	48 V (a.c.), 60 W

β) Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή όταν ανάβουν και οι τρεις λαμπτήρες.

γ) Με τους τρεις λαμπτήρες αναμμένους η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πρωτεύον πηνίο είναι 0,8 A. Να διαπιστώσετε κατά πόσον ο μετασχηματιστής που χρησιμοποιείται στο κύκλωμα υπόκειται σε κάποιες απώλειες και ακολούθως να υπολογίσετε τον βαθμό απόδοσης του μετασχηματιστή.

Άσκηση 13

Σε μια ηλεκτρική συσκευή που λειτουργεί με εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα τάσης 12 V πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένας μικρός μετασχηματιστής στον οποίο αναγράφονται τα στοιχεία 240 V/12 V, 150 W.

α) Να εξηγήσετε τι σημαίνουν τα στοιχεία 240 V/12 V, 150 W.

β) Αν η ηλεκτρική συσκευή, για να λειτουργήσει χρειάζεται 15 A με συντελεστή ισχύος 0,75, να εξηγήσετε με υπολογισμούς αν ο πιο πάνω μετασχηματιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι στη συγκεκριμένη περίπτωση.

γ) Αν ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή είναι 0,9 να υπολογίσετε το ηλεκτρικό ρεύμα στο πρωτεύον του μετασχηματιστή.

Άσκηση 14

Σε έναν απομακρυσμένο αναμεταδότη εκπομπής τηλεοπτικού σήματος πρόκειται να εγκατασταθεί ειδικός εξοπλισμός που βελτιώνει την ποιότητα του τηλεοπτικού σήματος. Ο εξοπλισμός έχει τάση λειτουργίας 110 V (a.c.) και απορροφά ηλεκτρική ισχύ 1,1 kW.

Για την τροφοδοσία του εξοπλισμού θα χρησιμοποιηθεί γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος η οποία θα περιστρέφεται από έναν πετρελαιοκινητήρα. Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρικό ρεύμα τάσης 240 V (a.c.) και έχει βαθμό απόδοσης 0,80.

Ένας μετασχηματιστής 240 V/ 110 V με βαθμό απόδοσης 0,93 θα χρησιμοποιηθεί για να συνδεθεί με ασφάλεια ο εξοπλισμός στη γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος.

Αν ο συντελεστής ισχύος είναι ίσος με 0,84 (είναι ίδιος στο πρωτεύον και στο δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή) να υπολογίσετε:

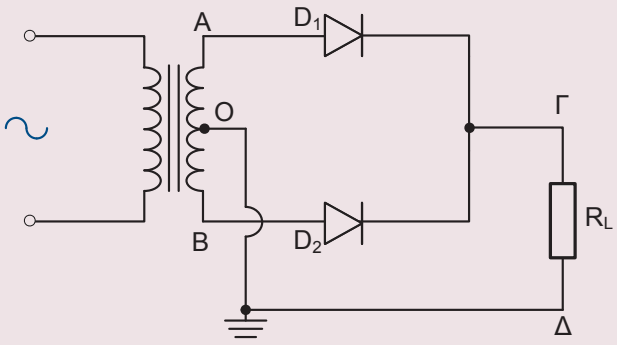
α) Το ηλεκτρικό ρεύμα στο δευτερεύον και στο πρωτεύον πηνίο του μετασχηματιστή.

β) Τις απώλειες ισχύος του μετασχηματιστή.

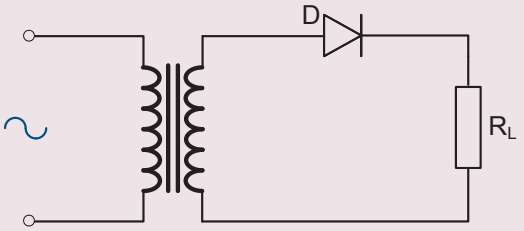
γ) Τη μηχανική ισχύ που πρέπει να αποδίδει ο πετρελαιοκινητήρας στη γεννήτρια για να λειτουργεί ομαλά το σύστημα.

Άσκηση 15

Τα κυκλώματα I και II που φαίνονται πιο κάτω σχεδιάστηκαν για να παρέχουν συνεχή τάση τροφοδοσίας στο φορτίο (R_L).



Κύκλωμα I



Κύκλωμα II

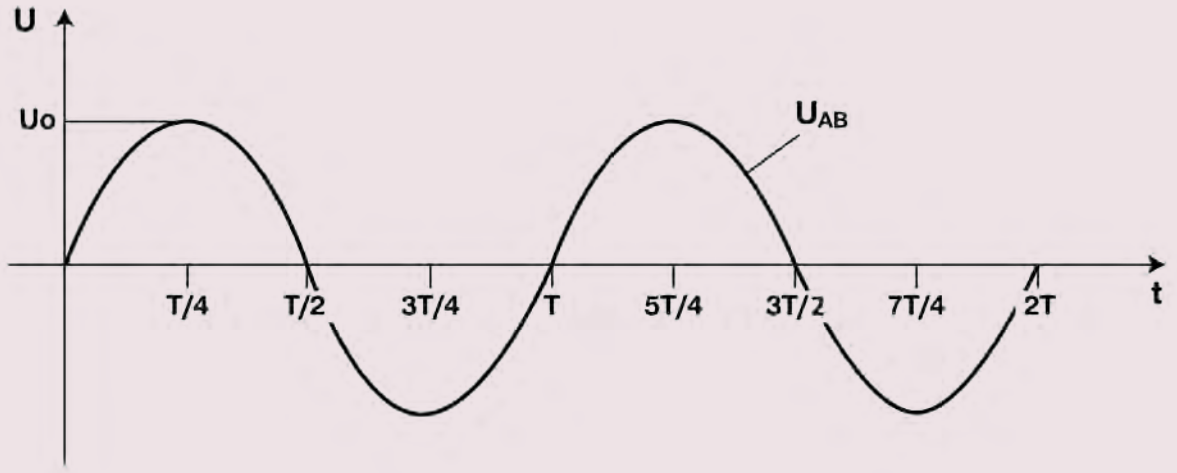
α) Να ονομάσετε τους τρόπους ανόρθωσης που φαίνονται στα πιο πάνω κυκλώματα.

β) Να αναφέρετε τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι πιο πάνω τρόποι ανόρθωσης.

γ) Να σχεδιάσετε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια της θετικής ημιπεριόδου της τάσης του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή στα δύο πιο πάνω κυκλώματα.

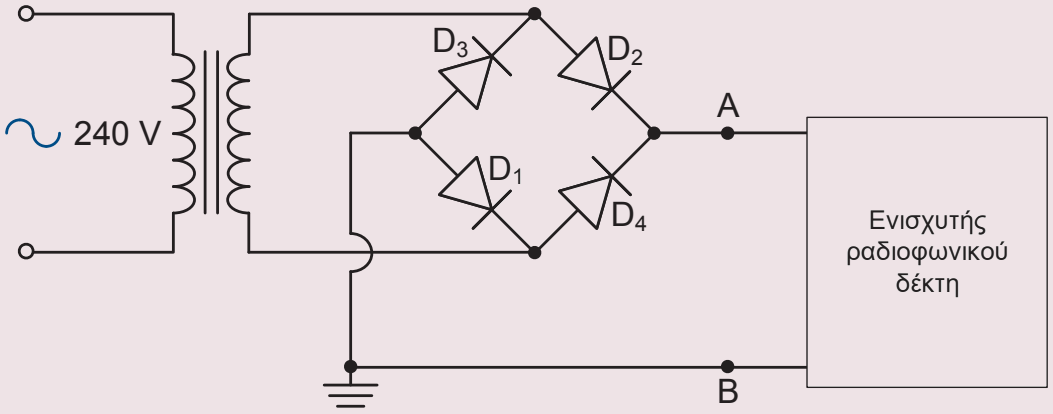
δ) Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται η κυματομορφή της τάσης στα άκρα Α και Β του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή.

Αφού αντιγράψετε στο τετράδιό σας πιο κάτω σχήμα να σχεδιάσετε - στο ίδιο σχήμα - την κυματομορφή της τάσης στα άκρα Γ και Δ του φορτίου του κυκλώματος Ι.



Άσκηση 16

Στο σχεδιάγραμμα πιο κάτω φαίνεται το κύκλωμα ανόρθωσης που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του ενισχυτή σε έναν ραδιοφωνικό δέκτη.



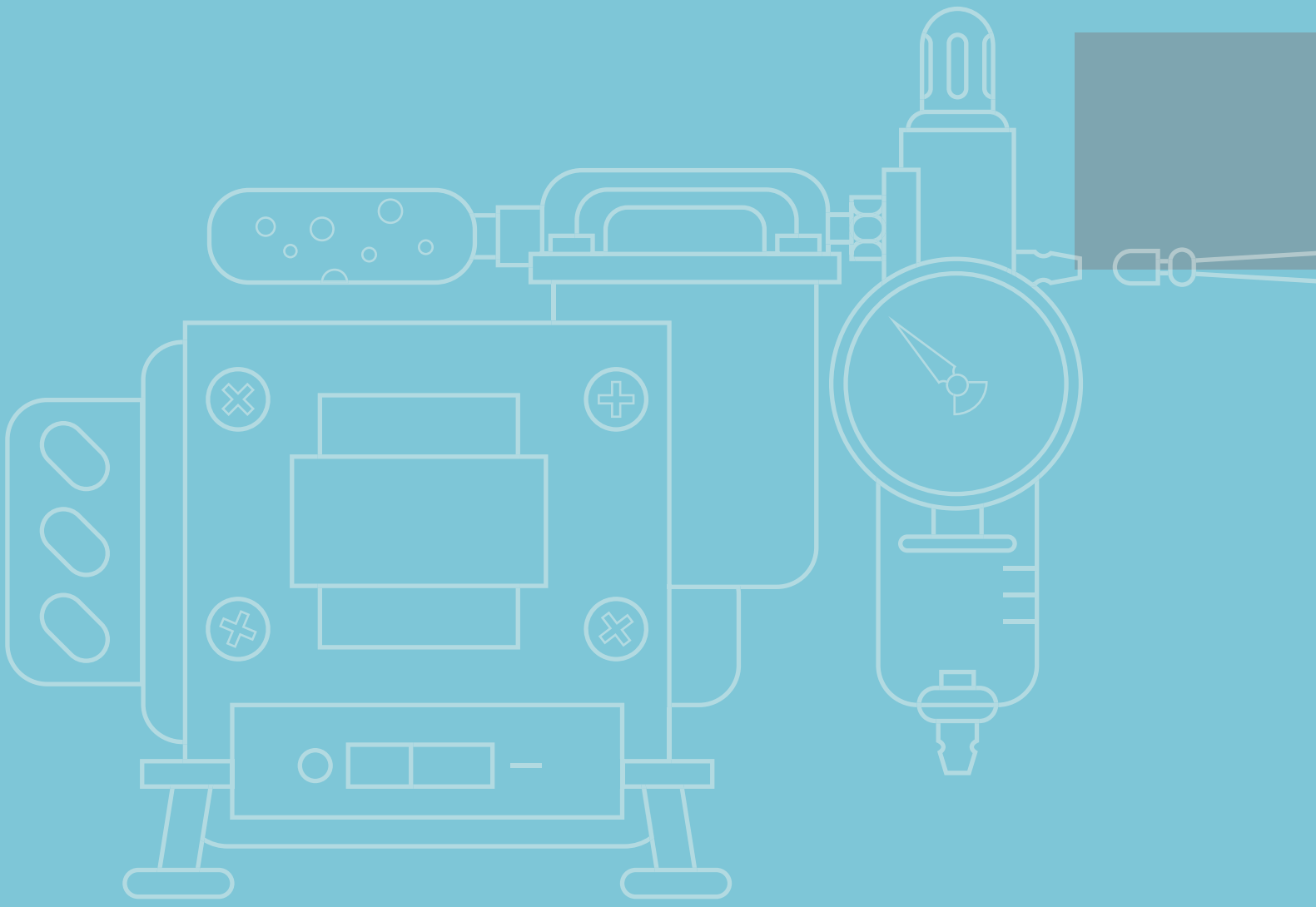
α) Να αναφέρετε το όνομα του κυκλώματος ανόρθωσης που φαίνεται στο σχεδιάγραμμα.

β) Στον ραδιοφωνικό δέκτη παρατηρήθηκε ότι δημιουργείται ανεπιθύμητος βόμβος. Να συνδέσετε στα σημεία Α-Β του κυκλώματος το κατάλληλο ηλεκτρονικό εξάρτημα, ώστε να βελτιωθεί σημαντικά η λειτουργία του δέκτη.

γ) Να σχεδιάσετε την κυματομορφή της τάσης στα άκρα Α-Β, τόσο πριν όσο και μετά την τοποθέτηση του ηλεκτρονικού αυτού εξαρτήματος.

Άσκηση 17

Να σχεδιάσετε το διάγραμμα δόμησης του τροφοδοτικού και να εξηγήσετε με λίγα λόγια τον ρόλο του κάθε μέρους.



Ενότητα

4

Πνευματικά Συστήματα

4.1 Εισαγωγή

Έχουμε ήδη γνωρίσει την προηγούμενη χρονιά τα κυριότερα πνευματικά εξαρτήματα*. Ακόμη, έχουμε μελετήσει τα βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους και τα χρησιμοποιήσαμε για τη λύση απλών τεχνολογικών προβλημάτων. Στην ενότητα αυτή επικεντρωθούμε στο θέμα των πνευματικών συστημάτων και θα δούμε τις εφαρμογές της τεχνολογίας των πνευματικών συστημάτων σε ημιαυτόματα και αυτόματα συστήματα. Επιπρόσθετα, θα γνωρίσουμε τα συστήματα ακολουθίας και τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα.

Προτού αναφερθούμε στα ημιαυτόματα συστήματα, θα γίνει υπενθύμιση για τα πνευματικά εξαρτήματα που ήδη έχουμε γνωρίσει και χρησιμοποιήσει για τη συναρμολόγηση απλών πνευματικών κυκλωμάτων. Αυτά είναι οι διάφορες τρίοδοι και πεντάοδοι βαλβίδες, ο κύλινδρος απλής ενέργειας (ΚΑΕ), ο κύλινδρος διπλής ενέργειας (ΚΔΕ) και άλλα εξαρτήματα, όπως η βαλβίδα OR (διπλής ενέργειας), η βαλβίδα ελέγχου ροής και το αεροφυλάκιο. Επίσης, δεν πρέπει να ξεχνούμε τις βασικές συσκευές και τα εξαρτήματα παροχής και ρύθμισης του αέρα τροφοδοσίας, τα οποία είναι ο αεροσυμπιεστής, ο διακλαδωτής, ο ρυθμιστής πίεσης, το μανόμετρο, το φίλτρο αέρα μαζί με τον αφυγραντήρα, οι σωληνώσεις και οι διάφοροι συνδετήρες.

4.2 Ημιαυτόματα και αυτόματα πνευματικά συστήματα

Σε πολλές περιπτώσεις ο βιομηχανικός σχεδιαστής ή ο μηχανικός (engineer) σχεδιάζει πνευματικά συστήματα, τα οποία, αφού τεθούν σε λειτουργία, στη συνέχεια λειτουργούν απρόσκοπτα από μόνα τους (αυτόματα) ή μετά από την παρέμβαση του χειριστή κάνουν μία συγκεκριμένη λειτουργία και σταματούν, αναμένοντας ξανά την ίδια παρέμβαση (ημιαυτόματα). Οι λόγοι που επιβάλλουν το αν το είδος της λειτουργίας ενός πνευματικού συστήματος πρέπει να είναι αυτόματο ή ημιαυτόματο, συνήθως είναι οι πιο κάτω:

- Η ίδια η λειτουργία του συστήματος (π.χ. σε συγκεκριμένο μηχάνημα απαιτείται η μηχανή να σταματά, όταν κάνει μία κίνηση, για να γίνει έλεγχος από τον χειριστή, κατά πόσο η διαδικασία έδωσε το αναμενόμενο αποτέλεσμα).
- Το κόστος της αυτόματης λειτουργίας, ειδικά στις περιπτώσεις που απαιτούνται ακριβοί αισθητήρες και ανιχνευτές.
- Η ασφάλεια του χειριστή.
- Η επιθυμητή ακρίβεια στην παραγωγή.

Σχ. 4/1 Γέμισμα μπουκαλιών με τη βοήθεια πνευματικού συστήματος σε βιομηχανία

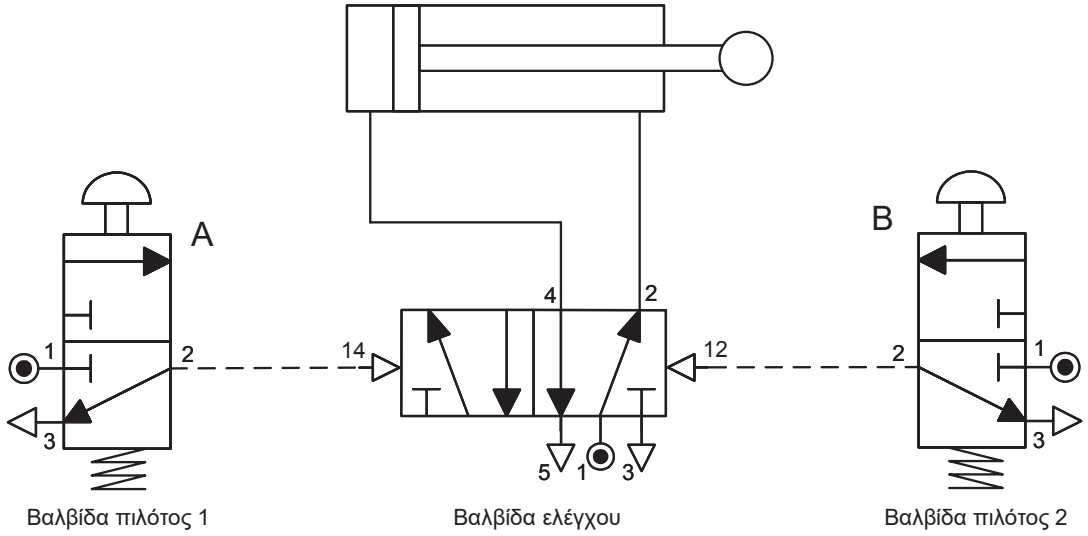
*Τα κυριότερα πνευματικά εξαρτήματα, καθώς και τα σύμβολά τους φαίνονται στο Παράρτημα 3

4.2.1 Ημιαυτόματα συστήματα

Σε ένα ημιαυτόματο σύστημα, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, μπορεί να ακολουθηθεί μία διαδικασία που να έχει ως αποτέλεσμα μία συγκεκριμένη κίνηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος, αλλά πάντοτε το σύστημα αναμένει την ανθρώπινη παρέμβαση για να γίνει η επανάληψή της.

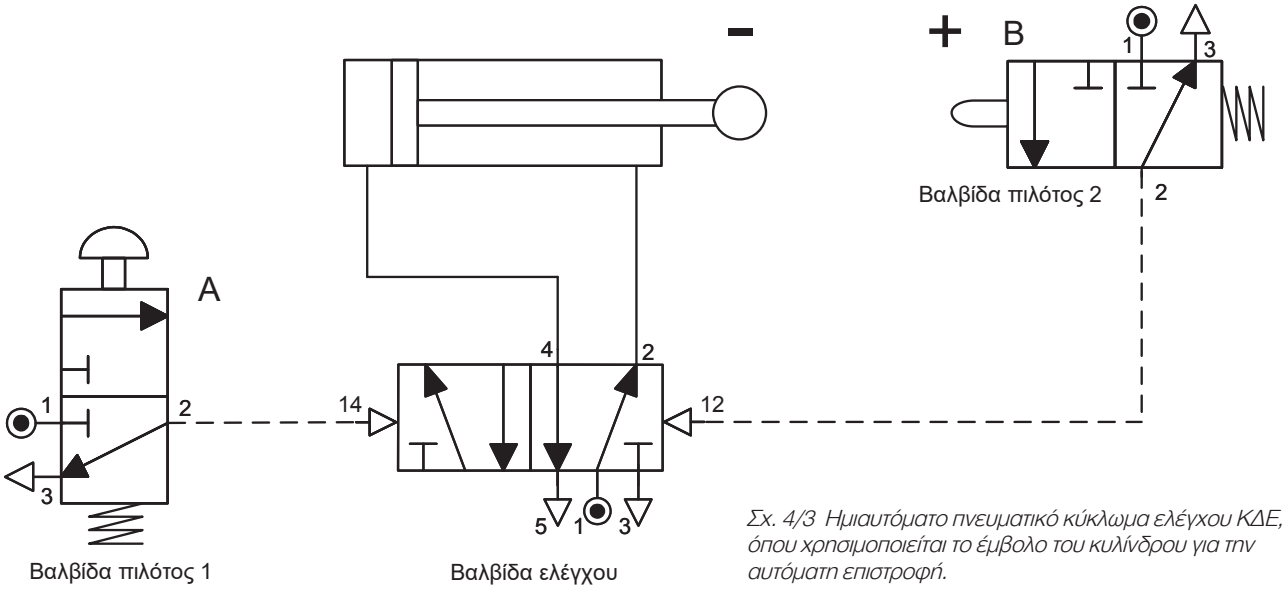
Ημιαυτόματο κύκλωμα με τη χρήση του εμβόλου του κυλίνδρου.

Ένα απλό ημιαυτόματο πνευματικό κύκλωμα μπορεί να κατασκευαστεί, τροποποιώντας το μηχανικό κύκλωμα ελέγχου ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας του σχήματος 4/2.



Σχ. 4/2 Μηχανικό πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ

Στο νέο κύκλωμα που θα προκύψει (σχήμα 4/3), η τρίοδος βαλβίδα ωστικού κομβίου Β έχει αντικατασταθεί με μία τρίοδο βαλβίδα εμβόλου (ή εναλλακτικά με μία τρίοδο βαλβίδα εμβόλου με τροχίσκο), η οποία έχει τοποθετηθεί στο τέλος της θετικής διαδρομής του εμβόλου του κυλίνδρου. Η λειτουργία του συστήματος είναι τώρα ημιαυτόματη. Έτσι, όταν ενεργοποιηθεί (μηχανικά - με το χέρι) η τρίοδος βαλβίδα Α, συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3. Τότε η τρίοδος βαλβίδα Α στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με την 4, η 2 με την 3 και κλείνει η 5) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί θετική κίνηση μέχρι που η ράβδος του να συναντήσει το έμβολο (ή τον τροχίσκο, αν χρησιμοποιηθεί τρίοδος βαλβίδα εμβόλου με τροχίσκο) της τριόδου βαλβίδας Β.



Σχ. 4/3 Ημιαυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, όπου χρησιμοποιείται το έμβολο του κυλίνδρου για την αυτόματη επιστροφή.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί η τρίοδος βαλβίδα Β και να στείλει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη 2, η 4 με την 5 και κλείνει η 3). Τότε, το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί αρνητική κίνηση. Η επανάληψη της διαδικασίας θα γίνει, όταν ενεργοποιηθεί ξανά, μηχανικά, η τρίοδος βαλβίδα Α.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται μεγάλη ακρίβεια για τη ρύθμιση των θέσεων των βαλβίδων που ενεργοποιούνται από τη ράβδο του εμβόλου του κυλίνδρου. Το δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι, σε πρακτικές εφαρμογές, η τοποθέτηση οποιουδήποτε εξαρτήματος στην περιοχή κίνησης (εργασίας) του εμβόλου του κυλίνδρου μπορεί να είναι αδύνατη. Έτσι, οι βαλβίδες που τοποθετούνται σε τέτοιες θέσεις, ώστε αυτές να μπορούν να ενεργοποιούνται από το έμβολο, δημιουργούν πρακτικά προβλήματα. Ενώ αυτό θα μπορούσε να γίνει σε συνθήκες δοκιμής, όταν, όμως, εφαρμοστεί στην πράξη σε μια βιομηχανική εφαρμογή, είναι συχνά πολύ δύσκολο ή ακόμη και αδύνατο να τοποθετηθούν οι βαλβίδες μέσα στην περιοχή εργασίας του κυλίνδρου. Για να αποφευχθεί αυτό, εφαρμόζονται βελτιωμένοι τρόποι που χρησιμοποιούν άλλες μεθόδους. Αυτές είναι:

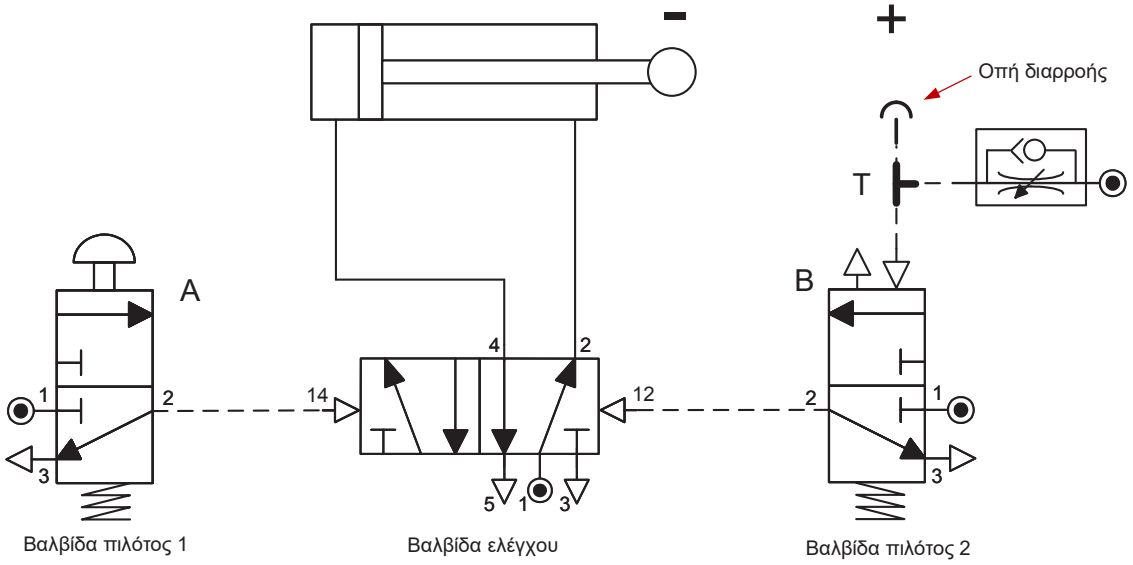
α. Χρήση οπών διαρροής: Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούνται οπές διαρροής αέρα (σημεία εκτόνωσης) οι οποίες κλείνουν ή ανοίγουν ανάλογα με την εμφάνιση ή απομάκρυνση αντικειμένων από μπροστά τους.

β. Χρήση κυκλώματος χρονικής καθυστέρησης: Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται κύκλωμα το οποίο δημιουργεί χρονική καθυστέρηση (αεροφυλάκιο μαζί με βαλβίδα ελέγχου ροής), έτσι ώστε να επιτευχθεί ο σωστός χρόνος λειτουργίας του εμβόλου.

γ. Χρήση ανιχνευτών πίεσης: Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούνται βαλβίδες οι οποίες ενεργοποιούνται με αέρα χαμηλής πίεσης (βαλβίδες διαφράγματος), ώστε, ανάλογα με την πίεση που θα δέχονται, να «ανιχνεύουν» την ακραία θέση του εμβόλου.

Ημιαυτόματο σύστημα με τη χρήση οπής διαρροής

Ένας τρόπος να "καθαρίσει" η περιοχή εργασίας είναι να χρησιμοποιηθεί οπή διαρροής αέρα, σε συνδυασμό με μία τρίοδο βαλβίδα που ενεργοποιείται με την εφαρμογή χαμηλής πίεσης, στη θέση της βαλβίδας Β του σχήματος 4/3. Το σχήμα 4/4 δείχνει ένα ημιαυτόματο κύκλωμα που χρησιμοποιεί τη μέθοδο αυτή και χρησιμοποιείται για την αυτόματη επαναφορά του εμβόλου του κυλίνδρου στην αρχική του θέση.



Σχ. 4/4 Ημιαυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιείται το έμβολο του κυλίνδρου, σε συνδυασμό με οπή διαρροής για την αυτόματη επιστροφή.

Η έναρξη της λειτουργίας του ημιαυτόματου κυκλώματος γίνεται όταν ενεργοποιηθεί η τρίοδος βαλβίδα Α. Τότε συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3 και η τρίοδος βαλβίδα Α στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με την 4, η 2 με την 3 και κλείνει η 5) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί θετική κίνηση.

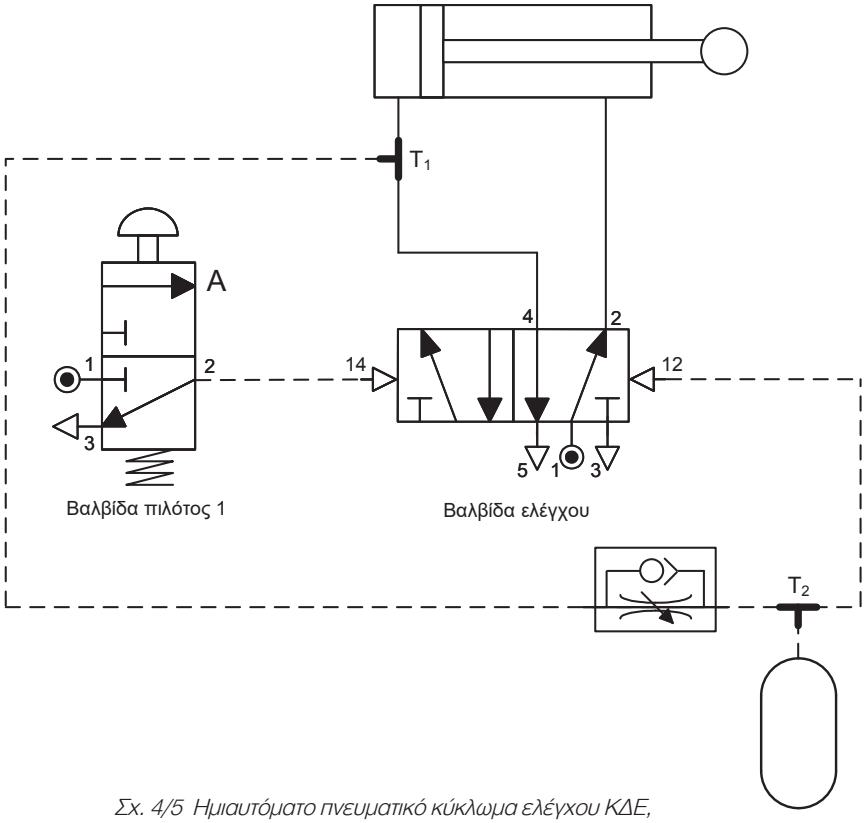
Η οπή διαρροής αέρα τοποθετείται με τέτοιο τρόπο και στην κατάλληλη θέση, ώστε να φράσσεται από το έμβολο του κυλίνδρου, όταν αυτό την προσεγγίζει. Έτσι ο αέρας χαμηλής πίεσης δεν μπορεί να διαφύγει προς το περιβάλλον και ρέει μέσω του συνδετήρα «Τ» προς το διάφραγμα της τριόδού βαλβίδας Β που ενεργοποιείται με χαμηλή πίεση και την ενεργοποιεί. Τότε η τρίοδος βαλβίδα Β στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με την 2, η 4 με την 5 και κλείνει η 3) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί αρνητική κίνηση.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι ότι καταναλώνεται ενέργεια (που χρειάζεται για την παραγωγή του αέρα υπό πίεση), λόγω της διαφυγής του αέρα από την οπή διαρροής και το δεύτερο είναι ότι οι μικρές οπές, από τις οποίες ο αέρας διαφεύγει, μπορεί να κλείσουν, με αποτέλεσμα να μένουν οι βαλβίδες ενεργοποιημένες συνεχώς. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να σταματήσει η λειτουργία του κυκλώματος.

Ημιαυτόματο σύστημα με τη χρήση κυκλώματος χρονικής καθυστέρησης

Ένας άλλος τρόπος, για να είναι καθαρή η περιοχή εργασίας, είναι να χρησιμοποιηθεί κύκλωμα με χρονική συμπεριφορά, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4/5. Όταν ενεργοποιηθεί η τρίοδος βαλβίδα Α (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3), στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με την 4, η 2 με την 3 και κλείνει η 5). Πιεσμένος αέρας μέσω των θυρίδων 1 και 4 της πενταόδου βαλβίδας ρέει προς τον συνδετήρα "T_1". Διάμεσου του συνδετήρα ο πιεσμένος αέρας ρέει ταυτόχρονα προς δύο κατευθύνσεις:

- Προς τον κύλινδρο διπλής ενέργειας, προκαλώντας έτσι τη θετική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου.
- Προς τη βαλβίδα ελέγχου ροής, η οποία ελέγχει τη ροή του. Αφού εξέλθει από τη βαλβίδα ελέγχου ροής ο πιεσμένος αέρας, εισέρχεται, μέσω του συνδετήρα "T_2", και στο αεροφυλάκιο. Καθώς το αεροφυλάκιο γεμίζει η πίεση στο εσωτερικό του αυξάνεται. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η πίεση του αέρα στο τμήμα του πνευματικού κυκλώματος που βρίσκεται μετά τη βαλβίδα ελέγχου ροής και φτάνει μέχρι τη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας, θα εξισωθεί με την πίεση που απαιτείται για να αλλάξει κατάσταση η πενταόδος βαλβίδα. Τότε θα συνδεθεί η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και θα κλείσει η θυρίδα 3. Το έμβολο του κυλίνδρου θα εκτελέσει αρνητική κίνηση.



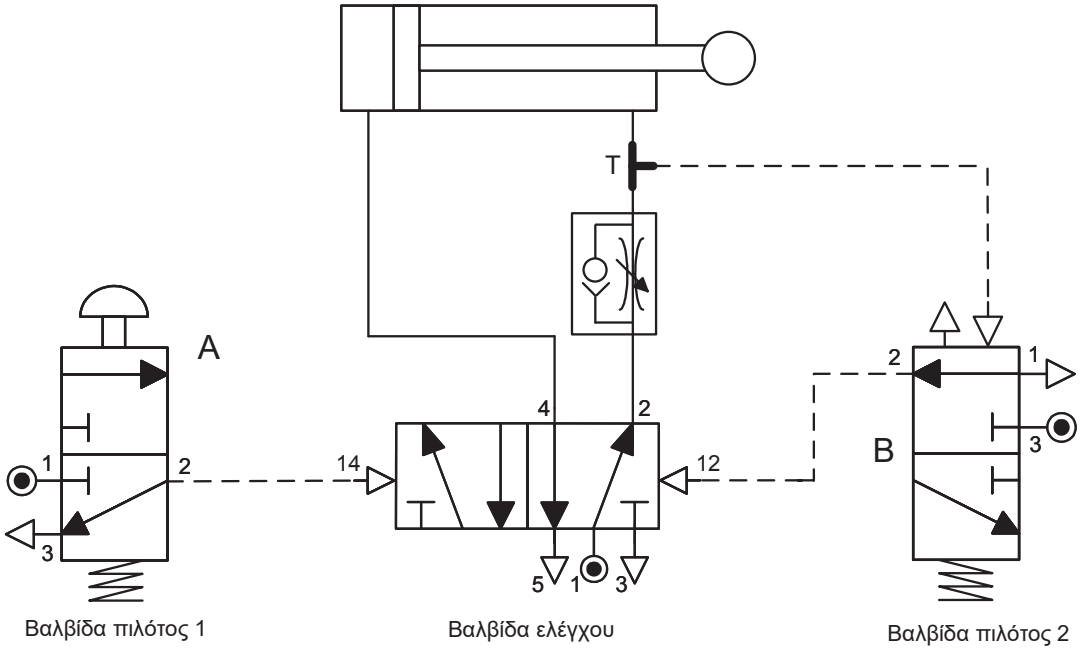
Σχ. 4/5 Ημιαυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιείται κύκλωμα χρονικής καθυστέρησης για την αυτόματη επιστροφή.

Όταν το έμβολο φθάσει στην αρνητική θέση, θα παραμείνει εκεί μέχρι που η τρίοδος βαλβίδα Α να ενεργοποιηθεί ξανά. Με τη μέθοδο αυτή μένει η περιοχή εργασίας πλήρως καθαρή.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι χρειάζεται να γίνει ακριβής ρύθμιση της βαλβίδας ελέγχου ροής, ώστε να επιτευχθεί ο σωστός χρόνος καθυστέρησης, προτού δοθεί η εντολή για την αρνητική κίνηση του εμβόλου.

Ημιαυτόματο σύστημα με τη χρήση ανιχνευτή πίεσης

Ακόμη ένας τρόπος για την επίτευξη ενός ημιαυτόματου κυκλώματος είναι να χρησιμοποιηθεί στη θέση της τριόδου βαλβίδας Β του σχήματος 4/3 μία τρίοδος βαλβίδα, η οποία ενεργοποιείται με την εφαρμογή αέρα χαμηλής πίεσης, σε συνδυασμό με μία βαλβίδα ελέγχου ροής, ώστε να ανιχνεύεται το έμβολο του κυλίνδρου, όταν αυτό θα βρίσκεται στην ακραία θέση της θετικής κίνησής του.



Σχ. 4/6 Ημιαυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιείται ανιχνευτής πίεσης (βαλβίδα που ενεργοποιείται με χαμηλή πίεση) για την αυτόματη επιστροφή.

Για να ανιχνεύσει η τρίοδος βαλβίδα Β την ακραία θέση της κίνησης του εμβόλου του κυλίνδρου, πρέπει να συνδεθεί με ένα μάλλον ασυνήθιστο τρόπο. Το σχήμα 4/6 δείχνει τη σύνδεση αυτή. Ο αέρας τροφοδοσίας, αντί να συνδεθεί στη θυρίδα 1 της τριόδου βαλβίδας Β, συνδέεται στη θυρίδα 3.

Η λειτουργία του ημιαυτόματου κυκλώματος έχει ως ακολούθως:

Μόλις ο αέρας τροφοδοτήσει το σύστημα, πιεσμένος αέρας μέσω των θυρίδων 1 και 2 της πενταόδου βαλβίδας ρέει προς τον συνδετήρα "Τ". Διάμεσου του συνδετήρα "Τ", ο πιεσμένος αέρας ρέει ταυτόχρονα προς δύο κατευθύνσεις: α) προς το μπροστινό μέρος του κυλίνδρου διπλής ενέργειας και αναγκάζει το έμβολο του κυλίνδρου να εκτελέσει αρνητική κίνηση και β) προς το διάφραγμα της τριόδου βαλβίδας, με αποτέλεσμα την ενεργοποίησή της. Τότε συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2 και κλείνει η θυρίδα 3, με αποτέλεσμα να μην στέλνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας.

Όταν το ωστικό κομβίο της τριόδου βαλβίδας Α πιεστεί, η τρίοδος βαλβίδα Α ενεργοποιείται (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2 και κλείνει η θυρίδα 3) και στέλνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Τότε η πενταόδος βαλβίδα θα αλλάξει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 4, η θυρίδα 2 με τη θυρίδα 3 και κλείνει η θυρίδα 5) και το έμβολο του κυλίνδρου θα εκτελέσει θετική κίνηση. Η ταχύτητα του εμβόλου κατά τη θετική διαδρομή ελέγχεται από τη βαλβίδα ελέγχου ροής, η οποία ταυτόχρονα διατηρεί την πίεση στο σημείο Τ (η τρίοδος βαλβίδα Β παραμένει ενεργοποιημένη, δηλαδή οι θυρίδες 1 και 2 είναι συνδεδεμένες), κατά τη διάρκεια κίνησης του εμβόλου.

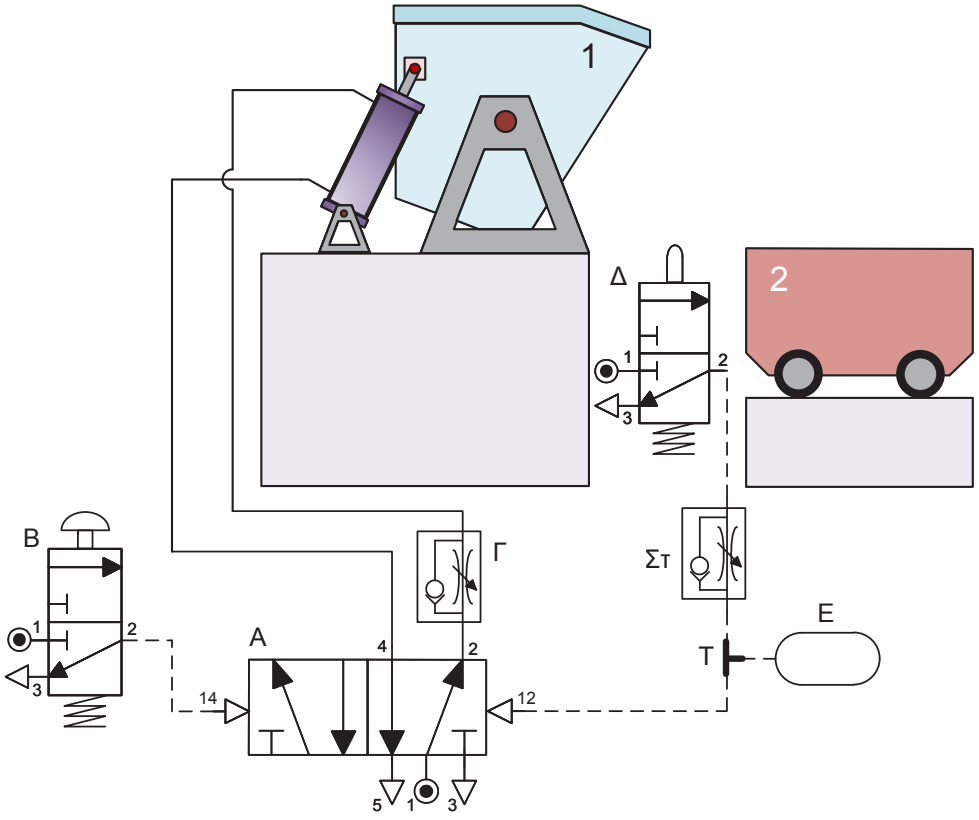
Όταν το έμβολο του κυλίνδρου φθάσει στο τέλος της θετικής του διαδρομής, μηδενίζεται η πίεση στο σημείο Τ. Στο σημείο αυτό, η πίεση είναι σχεδόν μηδενική, για αυτό η τρίοδος βαλβίδα Β, απενεργοποιείται και συνδέονται οι θυρίδες 2 και 3 και κλείνει η θυρίδα 1. Έτσι, η τρίοδος βαλβίδα Β στέλνει μέσω των θυρίδων 3 και 2 σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας. Τότε η πεντάοδος βαλβίδα θα αλλάξει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και κλείνει η θυρίδα 3) και θα στείλει πιεσμένο αέρα προς τον συνδετήρα "Τ", με αποτέλεσμα την αρνητική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου και την ενεργοποίηση της τριόδου βαλβίδας Β.

Το έμβολο σταματά στο τέλος της αρνητικής του διαδρομής, αναμένοντας νέα εντολή από την τρίοδο βαλβίδα Α.

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι χρειάζεται να γίνει ακριβής ρύθμιση της βαλβίδας ελέγχου ροής, ώστε να λειτουργεί αξιόπιστα η τρίοδος βαλβίδα που ενεργοποιείται με αέρα χαμηλής πίεσης.

Παράδειγμα εφαρμογής ημιαυτόματου συστήματος

Στο τμήμα μιας βιοτεχνίας οι εργάτες γεμίζουν τον κάδο "1" με υλικά πρώτης ύλης, για να γίνει ανάμειξη. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή, ο χειριστής ενεργοποιεί το ωστικό κομβίο της τριόδου βαλβίδας Β, για να αδειάσει ο κάδος σε ένα βαγονάκι μεταφοράς 2. Ο κάδος, αφού καθυστερήσει για κάποιο χρονικό διάστημα στη θέση αδειάσματος, επιστρέφει αυτόματα πίσω στη θέση του, για να ξαναγεμίσει.



Εξήγηση λειτουργίας

Αφού γεμίσει ο κάδος "1", ο χειριστής ενεργοποιεί την τρίοδο βαλβίδα Β. Τότε συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3 και η τρίοδος βαλβίδα Β στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Η πεντάοδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με την 4, η 2 με την 3 και κλείνει η 5). Πιεσμένος αέρας μέσω των θυρίδων 1 και 4 της πενταόδου βαλβίδας ρέει προς το πίσω μέρος του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα το έμβολό του να κινηθεί θετικά. Η ταχύτητα με την οποία εκτελείται η θετική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου (και του κάδου) είναι χαμηλή. Αυτό οφείλεται στη βαλβίδα ελέγχου ροής Γ, η οποία ελέγχει τη ροή του αέρα που διαφεύγει από το μπροστινό μέρος του κυλίνδρου.

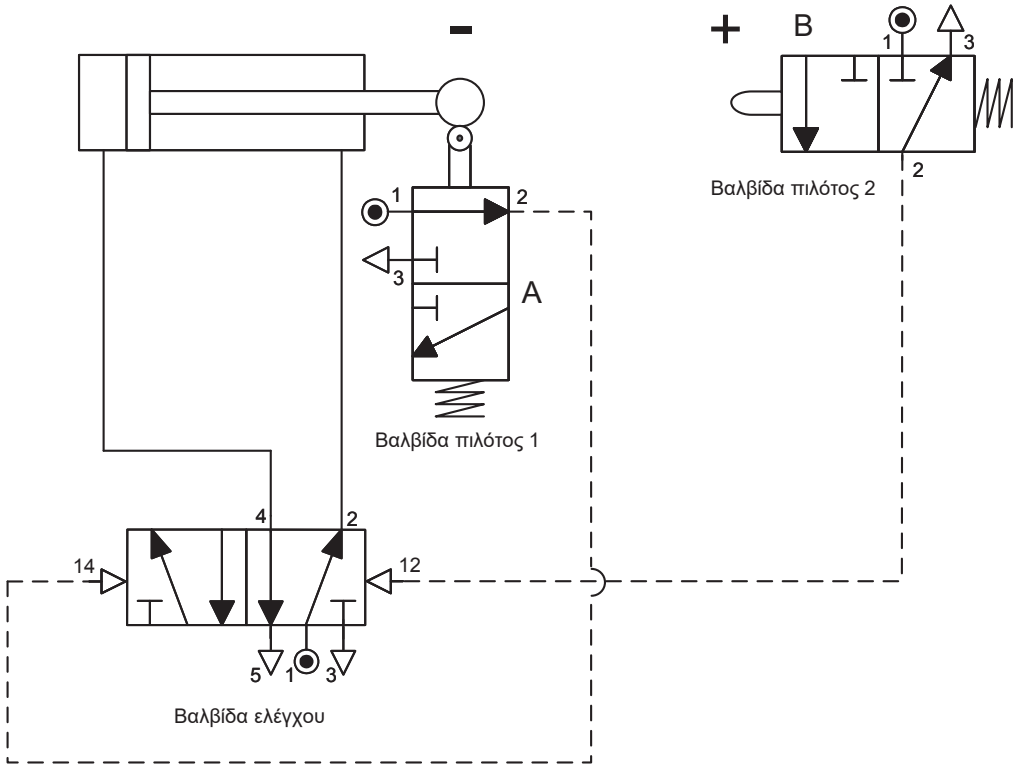
Όταν ο κάδος φθάσει στο κατώτερο σημείο του, κτυπά στο έμβολο της τριόδου βαλβίδας Δ και την ενεργοποιεί (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3). Η τρίοδος βαλβίδα Δ στέλνει σήμα αέρα στο σύστημα χρονικής καθυστέρησης (βαλβίδα ελέγχου ροής Στ και αεροφυλάκιο Ε). Η πίεση του αέρα στο πνευματικό κύκλωμα που βρίσκεται μετα τη βαλβίδα ελέγχου ροής Στ (περιλαμβάνει και το αεροφυλάκιο Ε) και φτάνει μέχρι τη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας αρχίζει να αυξάνεται. Έτσι, μετα από κάποιο χρονικό διάστημα, η πίεση του αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 εξισώνεται με την πίεση που απαιτείται για να αλλάξει κατάσταση η πενταόδος βαλβίδα και να συνδεθεί η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και να κλείσει η θυρίδα 3. Τότε πιεσμένος αέρας, μέσω των θυρίδων 1 και 2 της πενταόδου βαλβίδας, ρέει προς το μπροστινό μέρος του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα το έμβολό του να εκτελέσει αρνητική κίνηση. Ο αέρας που βρισκόταν στο πίσω μέρος του κυλίνδρου διαφεύγει προς το περιβάλλον μέσω των θυρίδων 4 και 5 της πενταόδου βαλβίδας.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται, όταν ενεργοποιηθεί ξανά η τρίοδος βαλβίδα Β.

4.2.2 Αυτόματα συστήματα

Τα αυτόματα πνευματικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές που απαιτείται (συνεχής) παλινδρομική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου. Παραδείγματα εφαρμογών αυτόματων συστημάτων συναντούμε στις μηχανές κοπής, βαφής, λείανσης κ.λπ. Τα αυτόματα συστήματα μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν από τα ημιαυτόματα, που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αν η τρίοδος βαλβίδα Α σε όλα τα κυκλώματα αντικατασταθεί με τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στα αντίστοιχα ημιαυτόματα κυκλώματα για να προκαλέσουν την αρνητική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου. Φυσικά, μπορεί να γίνει και συνδυασμός των μεθόδων που γνωρίσαμε, αλλά θα προκύψει ένα κάπως πιο πολύπλοκο αυτόματο κύκλωμα.

Το πλεονέκτημα των αυτόματων κυκλωμάτων είναι ότι η λειτουργία του συστήματος γίνεται από μόνη της, χωρίς την παρέμβαση του χειριστή. Τα αυτόματα συστήματα, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιούν, παρουσιάζουν τα ίδια μειονεκτήματα με τα ημιαυτόματα.



Σχ. 4/7 Αυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιείται το έμβολο του κυλίνδρου για την αυτόματη λειτουργία.

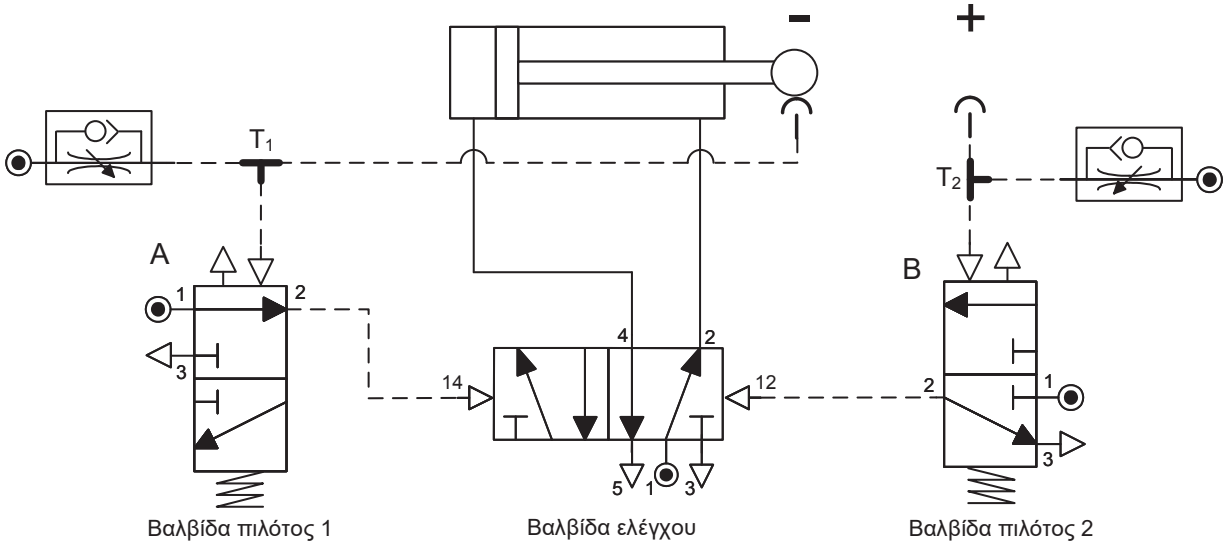
Στα σχήματα 4/7, 4/8, 4/9 και 4/10 φαίνονται τα αυτόματα κυκλώματα τα οποία βασίζονται στις μεθόδους:

α. Χρήση στον χώρο εργασίας βαλβίδων που ενεργοποιούνται από το έμβολο του κυλίνδρου.

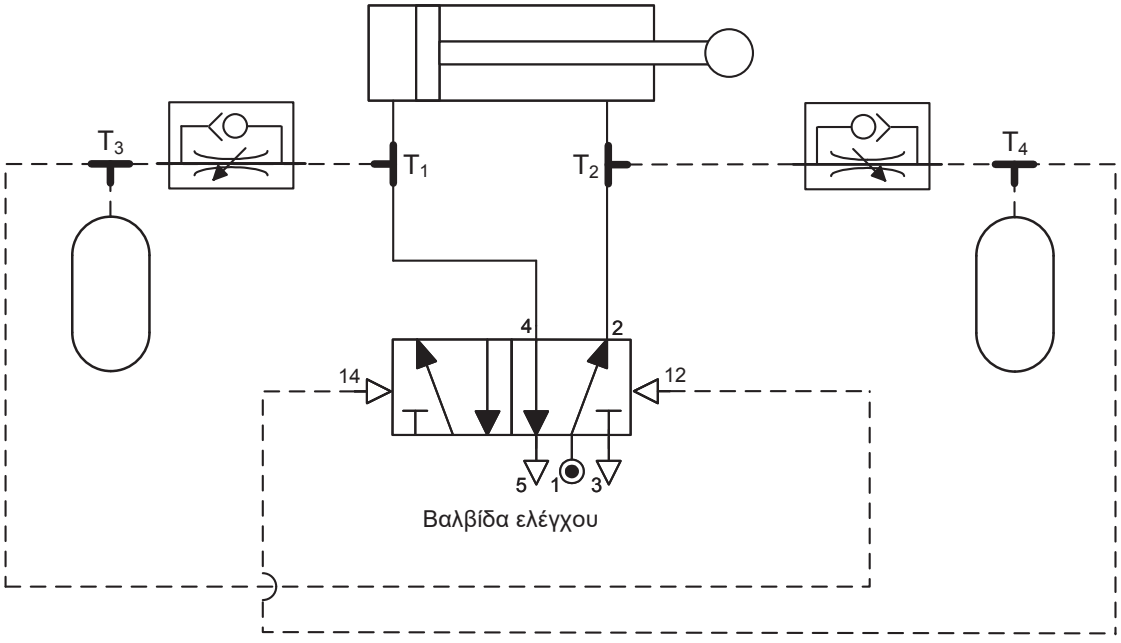
β. Χρήση οπών διαρροής.

γ. Χρήση κυκλωμάτων χρονικής καθυστέρησης.

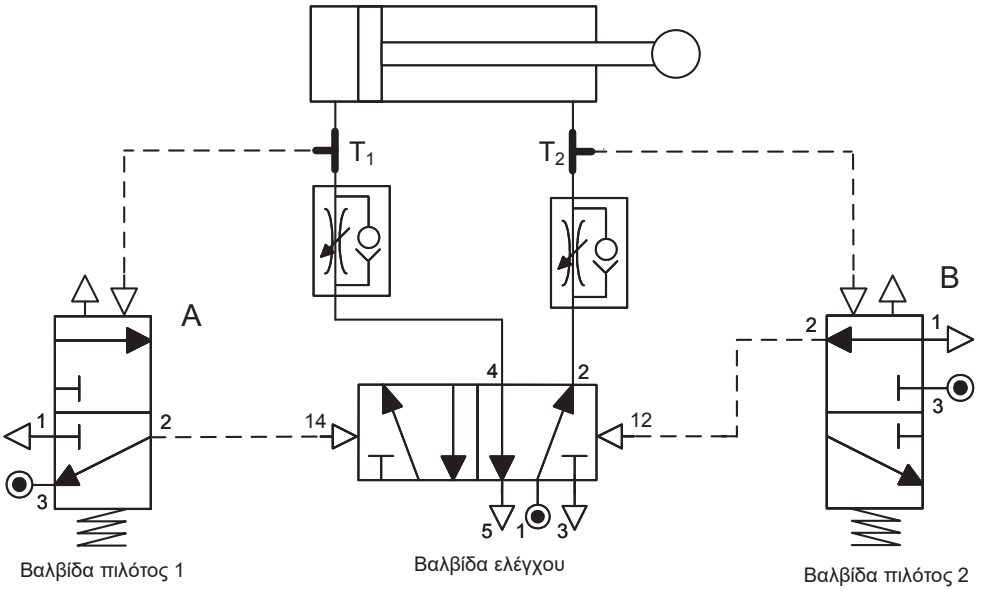
δ. Χρήση ανιχνευτών πίεσης (βαλβίδων που ενεργοποιούνται με χαμηλή πίεση).



Σχ. 4/8 Αυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιούνται οπές διαρροής για την αυτόματη λειτουργία.



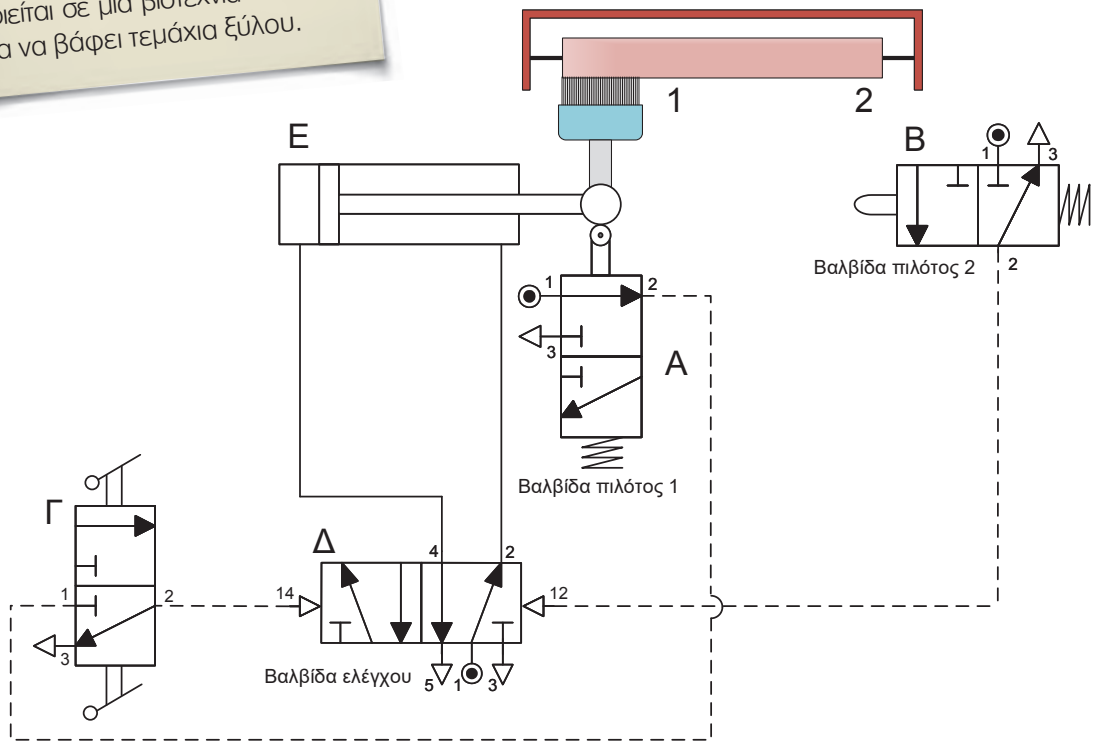
Σχ. 4/9 Αυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιούνται κυκλώματα χρονικής καθυστέρησης για την αυτόματη λειτουργία.



Σχ. 4/10 Αυτόματο πνευματικό κύκλωμα ελέγχου ΚΔΕ, στο οποίο χρησιμοποιούνται ανιχνευτές πίεσης (βαλβίδες που ενεργοποιούνται με χαμηλή πίεση) για την αυτόματη λειτουργία.

Παράδειγμα εφαρμογής αυτόματου συστήματος

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται το πνευματικό σύστημα που χρησιμοποιείται σε μία βιοτεχνία επίπλων, για να βάφει τεμάχια ξύλου.



Επεξήγηση λειτουργίας

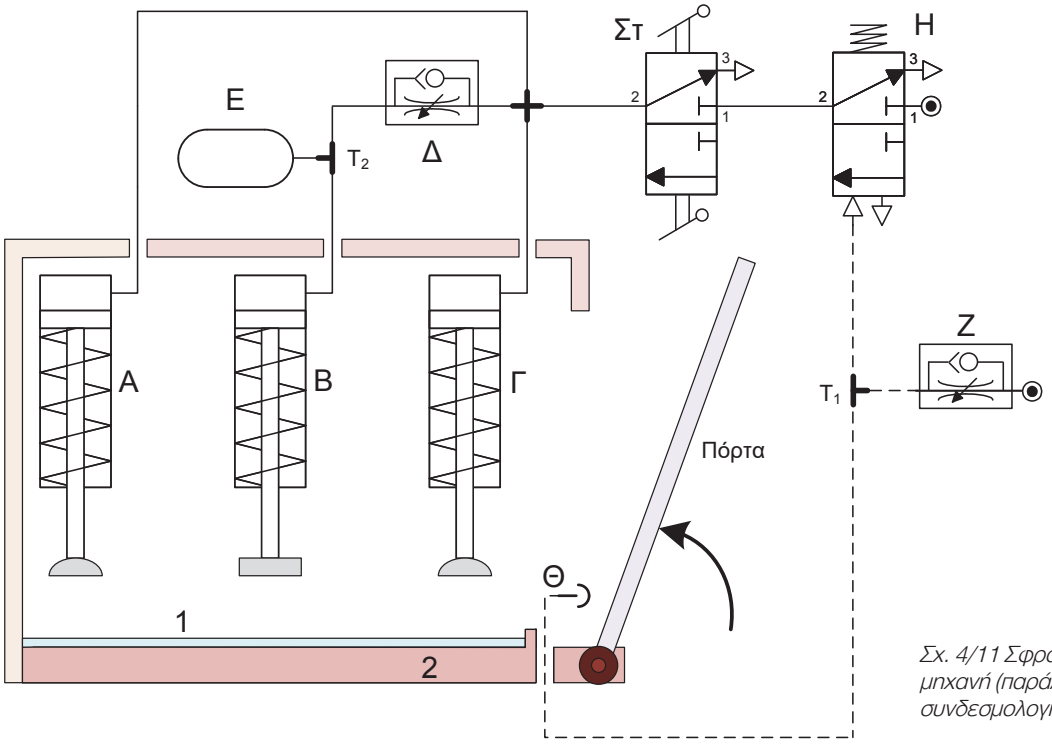
Στην αρχή της διαδικασίας το έμβολο του κυλίνδρου βρίσκεται στην αρνητική του θέση (η βούρτσα στη θέση 1) και πιέζει το έμβολο με τροχίσκο της τριόδου βαλβίδας Α. Η τρίοδος βαλβίδα Α είναι ενεργοποιημένη και μέσω των θυρίδων 1 και 2 στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα 1 της τριόδου βαλβίδας μοχλού Γ. Όταν ενεργοποιηθεί η τρίοδος βαλβίδα μοχλού Γ (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η θυρίδα 3), το σήμα αέρα διέρχεται μέσω αυτής και φτάνει στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας Δ. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 4, η θυρίδα 2 με τη θυρίδα 3 και κλείνει η θυρίδα 5) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί θετική κίνηση. Στην ακραία θετική του θέση το έμβολο του κυλίνδρου πιέζει το έμβολο της τριόδου βαλβίδας Β και την ενεργοποιεί. Τότε η τρίοδος βαλβίδα Β στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας Δ, με αποτέλεσμα η πενταόδος βαλβίδα Δ να αλλάξει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και κλείνει η θυρίδα 3). Το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί αρνητική κίνηση. Στην ακραία αρνητική θέση του το έμβολο του κυλίνδρου πιέζει το έμβολο με τροχίσκο της τριόδου βαλβίδας Α και την ενεργοποιεί. Τότε, η τρίοδος βαλβίδα Α, στέλνει ξανά (μέσω της ενεργοποιημένης τρίοδου βαλβίδας Γ) σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας ελέγχου Δ, η οποία στέλνει ξανά το έμβολο θετικά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και η βούρτσα εκτελεί παλινδρομική κίνηση. Το έμβολο σταματά στην αρνητική θέση, όταν απενεργοποιηθεί η τρίοδος βαλβίδα μοχλού Γ*.

**Το σύστημα πιο πάνω θα βελτιωνόταν αν υπήρχε μία βαλβίδα ελέγχου ροής, σε κάθε κύρια γραμμή που συνδέει τον κύλινδρο με την πενταόδο βαλβίδα, για να ελέγχουν την ταχύτητα του εμβόλου του κυλίνδρου.*

4.3 Παράλληλη λειτουργία κυλίνδρων

Τα κυκλώματα που έχουμε μελετήσει μέχρι τώρα, χρησιμοποιούν έναν κύλινδρο. Μπορούσαν τα ίδια κυκλώματα να επεκταθούν, λειτουργώντας ταυτόχρονα δύο ή και περισσότερους κυλίνδρους σε παράλληλη συνδεσμολογία.

Το πνευματικό κύκλωμα πιο κάτω (σχήμα 4/11) είναι μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί κυλίνδρους σε παράλληλη συνδεσμολογία. Το σύστημα είναι μία πρέσα που σφραγίζει με το ανάγλυφο λογότυπο (σήμα) μίας εταιρείας τα φύλλα χαλκού. Το σφράγισμα γίνεται από τον κύλινδρο Β, ενώ οι κύλινδροι Α και Γ συγκρατούν το χάλκινο φύλλο 1 στη βάση 2. Το σύστημα δεν ξεκινά, για λόγους ασφάλειας του χειριστή, αν δεν κλείσει η πόρτα.



Σχ. 4/11 Σφραγιστική μηχανή (παράλληλη συνδεσμολογία κυλίνδρων)

Επεξήγηση λειτουργίας

Όταν κλείσει η πόρτα, τότε η οπή διαρροής Θ φράσσεται και η πίεση στον ανιχνευτή πίεσης της τριόδου βαλβίδας Η αυξάνεται, με αποτέλεσμα αυτή να ενεργοποιείται. Τότε συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2, κλείνει η θυρίδα 3 και πιεσμένος αέρας ρέει προς τη θυρίδα 1 της τριόδου βαλβίδας μοχλού Στ.

Όταν ενεργοποιηθεί και η τρίοδος βαλβίδα μοχλού ΣΤ, τότε αέρας υπό πίεση διέρχεται μέσω αυτής και στέλνει ακαριαία τα έμβολα των κυλίνδρων Α και Γ θετικά, τα οποία και συσφίγγουν το φύλλο χαλκού 1 στη βάση 2. Μετά από μια μικρή καθυστέρηση -που οφείλεται στον κύκλωμα επιβράδυνσης που αποτελείται από τη βαλβίδα ελέγχου ροής Δ και το αεροφυλάκιο Ε- το έμβολο του κυλίνδρου Β μετακινείται θετικά και σφραγίζει το φύλλο χαλκού. Και τα τρία έμβολα των κυλίνδρων επιστρέφουν στην αρχική τους θέση, όταν η τρίοδος βαλβίδα μοχλού Στ απενεργοποιηθεί ή όταν ανοίξει η πόρτα. Στη συνέχεια, ανοίγει η πόρτα, απομακρύνεται το φύλλο χαλκού, τοποθετείται καινούργιο φύλλο χαλκού και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

4.4 Συστήματα ακολουθίας

Σε πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν δύο ή περισσότεροι κύλινδροι οι οποίοι λειτουργούν με μία προκαθορισμένη σειρά, η οποία ονομάζεται ακολουθία. Το πνευματικό κύκλωμα που χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή, ονομάζεται κύκλωμα ελέγχου ακολουθίας.

4.4.1 Ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop

Το σχήμα 4/12 δείχνει ένα κύκλωμα ελέγχου ακολουθίας, το οποίο χρησιμοποιεί βαλβίδες που ενεργοποιούνται από τα έμβολα των κυλίνδρων στον χώρο εργασίας.
Η ακολουθία είναι:

1. Το έμβολο του κυλίνδρου Α κινείται θετικά: **A+**
2. Το έμβολο του κυλίνδρου Β κινείται θετικά: **B+**
3. Το έμβολο του κυλίνδρου Α κινείται αρνητικά: **A-**
4. Το έμβολο του κυλίνδρου Β κινείται αρνητικά: **B-**

Η λειτουργία μπορεί να εκφραστεί ως ακολουθία: **start, A+, B+, A-, B-, stop**.

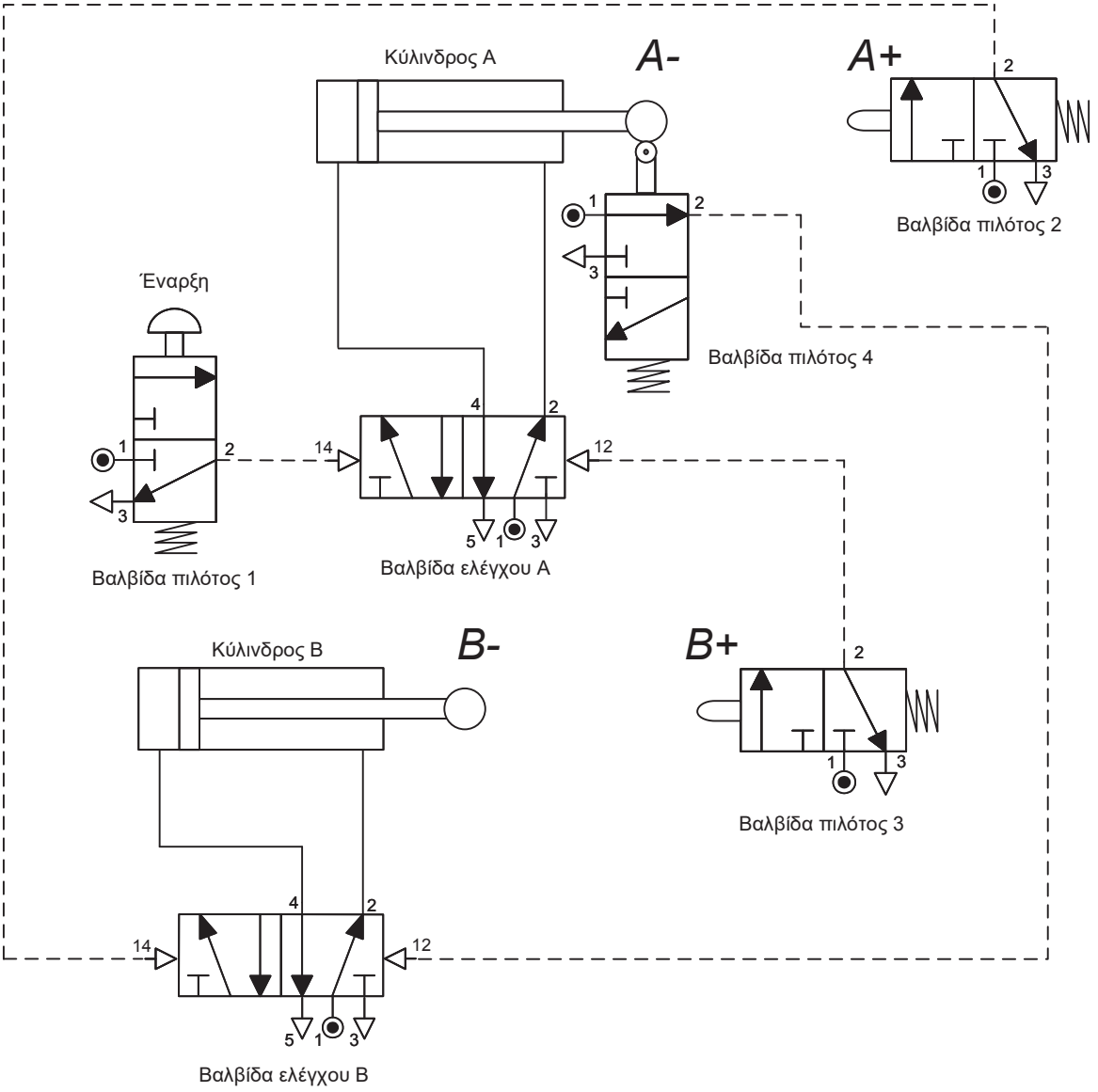
Το κύκλωμα λειτουργεί ως ακολούθως:

Βήμα 1: Η έναρξη της λειτουργίας του συστήματος γίνεται, όταν πιεστεί το ωστικό κομβίο της βαλβίδας πιλότου 1, που έχει ως αποτέλεσμα να δοθεί σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της βαλβίδας ελέγχου Α, η οποία με τη σειρά της στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Α θετικά. **Κίνηση Α+**

Βήμα 2: Το έμβολο του κυλίνδρου Α στην ακραία θετική θέση (Α+) πιέζει και ενεργοποιεί τη βαλβίδα πιλότο 2. Αυτή δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της βαλβίδας ελέγχου Β, η οποία με τη σειρά της στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Β θετικά. **Κίνηση Β+**

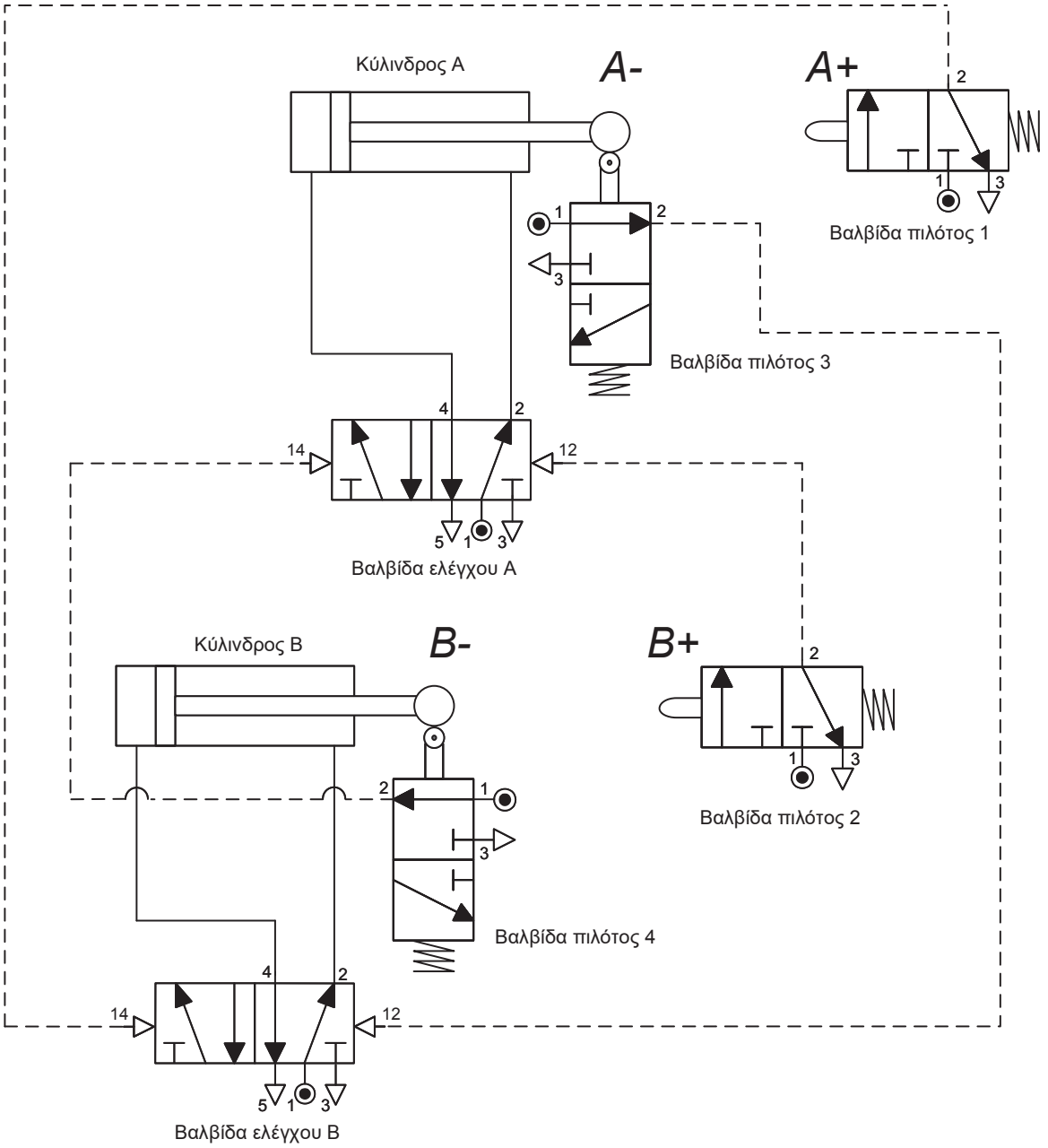
Βήμα 3: Το έμβολο του κυλίνδρου Β στην ακραία θετική του θέση (Β+), πιέζει και ενεργοποιεί τη βαλβίδα πιλότο 3. Αυτή δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 12 της βαλβίδας ελέγχου Α, η οποία με τη σειρά της στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Α αρνητικά. **Κίνηση Α-**

Βήμα 4: Στο τέλος της αρνητικής του διαδρομής (Α-), το έμβολο του κυλίνδρου Α ενεργοποιεί τη βαλβίδα πιλότο 4, με αποτέλεσμα αυτή να δώσει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 12 της βαλβίδας ελέγχου Β, η οποία με τη σειρά της στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Β αρνητικά, οπότε και η λειτουργία του κυκλώματος σταματά. **Κίνηση Β -.**



Σχ. 4/12 Ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop

Έτσι, όταν κάποιος πιέσει το ωστικό κομβίο της βαλβίδας πιλότου 1, εκτελείται μία πλήρης ακολουθία A+, B+, A-, B- και το σύστημα σταματά. Το κύκλωμα θα μπορούσε να γίνει πλήρως αυτοματοποιημένο, αν μετακινηθεί η βαλβίδα εκκίνησης, δηλαδή η βαλβίδα πιλότος 1 σε θέση δίπλα από το έμβολο του κυλίνδρου Β, στην ακραία αρνητική θέση Β-. Η ακολουθία τότε θα επαναλαμβάνεται αυτόματα κάθε φορά που το έμβολο Β θα βρίσκεται στην ακραία αρνητική του θέση. Η ακολουθία, στην περίπτωση αυτή, ονομάζεται συνεχής ακολουθία A+, B+, A-, B- και τίθεται αυτόματα σε λειτουργία, μόλις το κύκλωμα τροφοδοτηθεί με αέρα (σχήμα 4/13).



Σχ. 4/13 Συνεχής ακολουθία A+, B+, A-, B-

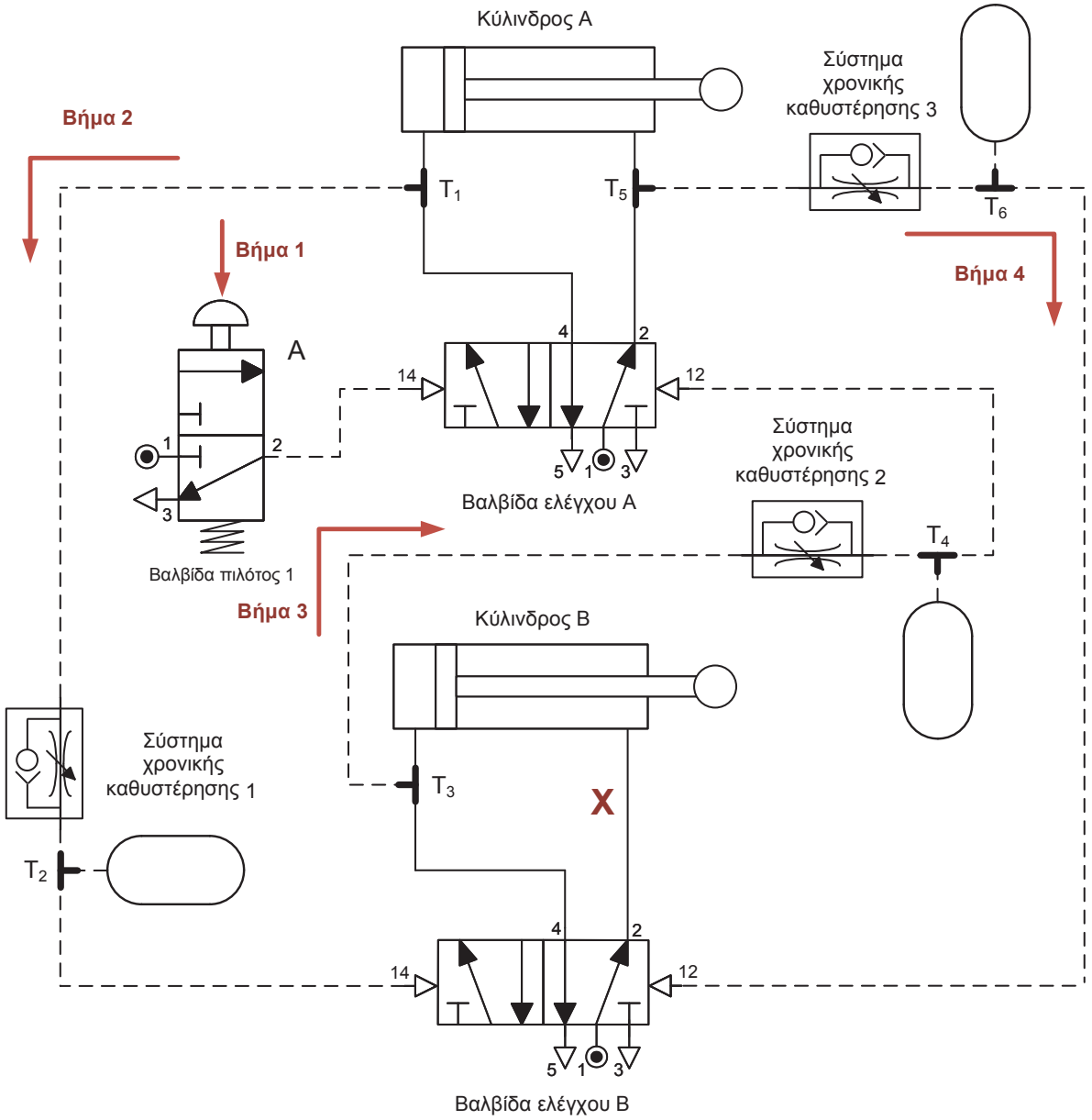
Το συγκεκριμένο κύκλωμα της ακολουθίας παρουσιάζει το ίδιο πρόβλημα που έχει παρατηρηθεί και προηγουμένως στα ημιαυτόματα και αυτόματα κυκλώματα, δηλαδή έχει τις βαλβίδες πιλότους εγκατεστημένες στις περιοχές εργασίας των κυλίνδρων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανεπιθύμητες καταστάσεις. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να υπερπηδηθεί με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι:

α. Με τη χρήση εκκεντροφόρου άξονα που θα θέτει σε λειτουργία τις βαλβίδες.

β. Με τη χρήση κυκλωμάτων επιβράδυνσης.

4.4.2 Ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop με τη χρήση κυκλωμάτων χρονικής καθυστέρησης

Το σχήμα 4/14 δείχνει δύο κυλίνδρους οι οποίοι λειτουργούν με βάση την ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop. Χρησιμοποιεί τρεις μονάδες χρονικής καθυστέρησης, για να δημιουργήσει την απαιτούμενη ακολουθία ενεργοποίησης των βαλβίδων ελέγχου.



Σχ. 4/14 Ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop με τη χρήση κυκλωμάτων χρονικής καθυστέρησης

Το κύκλωμα λειτουργεί ως ακολούθως:

Βήμα 1: Η βαλβίδα εκκίνησης (βαλβίδα πιλότος 1) πιέζεται. Αυτή δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της βαλβίδας ελέγχου Α να στείλει το έμβολο του κυλίνδρου Α θετικά (Α+). Ταυτόχρονα με τη θετική κίνηση του κυλίνδρου Α τροφοδοτείται με αέρα το σύστημα χρονικής καθυστέρησης 1.

Βήμα 2: Μετά από μικρή χρονική καθυστέρησης, λόγω του συστήματος χρονικής καθυστέρησης 1, αυξάνεται η πίεση του αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της βαλβίδας ελέγχου Β, η οποία στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Β θετικά (Β+). Ταυτόχρονα με τη θετική κίνηση του κυλίνδρου Β τροφοδοτείται με αέρα το σύστημα χρονικής καθυστέρησης 2.

Βήμα 3: Μετά από μικρή χρονική καθυστέρηση, λόγω του συστήματος χρονικής καθυστέρησης 2, αυξάνεται η πίεση του αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της βαλβίδας ελέγχου Α, η οποία στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Α αρνητικά (Α-). Ταυτόχρονα με την αρνητική κίνηση του κυλίνδρου Α τροφοδοτείται με αέρα το σύστημα χρονικής καθυστέρησης 3.

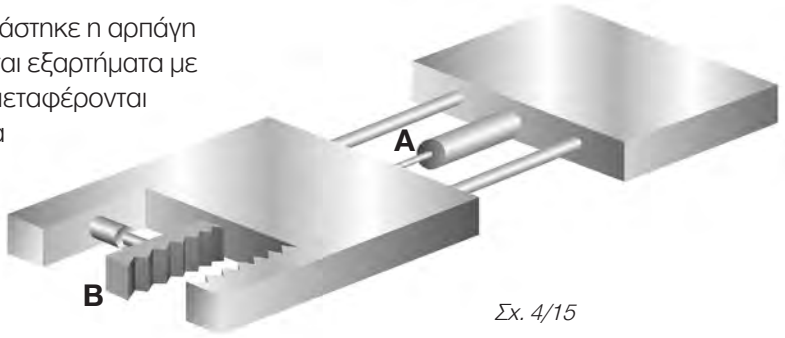
Βήμα 4: Μετά από μικρή χρονική καθυστέρηση, λόγω του συστήματος χρονικής καθυστέρησης 3, αυξάνεται η πίεση του αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της βαλβίδας ελέγχου Β, η οποία στέλνει το έμβολο του κυλίνδρου Β αρνητικά (Β-). Η ακολουθία έχει τώρα συμπληρωθεί.

Το κύκλωμα θα μπορούσε να γίνει πλήρως αυτοματοποιημένο, αν αφαιρεθεί η τρίοδος βαλβίδα ωστικού κομβίου και συνδεθεί τέταρτο σύστημα χρονικής καθυστέρησης, μεταξύ του σημείου Χ και της θυρίδας ελέγχου 14 της βαλβίδας ελέγχου Α.

4.4.3 Παράδειγμα εφαρμογής ακολουθίας

Πνευματική αρπάγη

Στο τμήμα παραγωγής μίας βιομηχανίας σχεδιάστηκε η αρπάγη που φαίνεται στο σχήμα 4/15, ώστε να πιάνονται εξαρτήματα με τη βοήθεια του πνευματικού σφιγκτήρα Β, να μεταφέρονται (γραμμικά) με τη βοήθεια του εμβόλου Α και να τοποθετούνται στα σημεία τοποθέτησής τους.



Σχ. 4/15

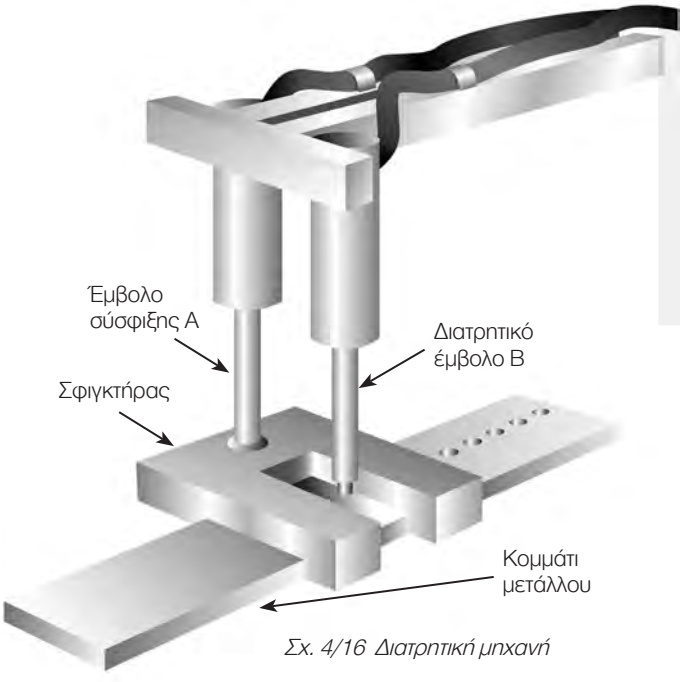
Η αρπάγη λειτουργεί με βάση την ακολουθία:

1. A+: Μετακινείται μπροστά το τμήμα της αρπάγης, το οποίο έχει τον σφιγκτήρα.
2. B+: Η κινητή σιαγόνα του σφιγκτήρα μετακινείται και πιάνει το εξάρτημα.
3. A-: Το τμήμα της αρπάγης που έχει τον σφιγκτήρα μετακινείται προς τα πίσω.
4. B-: Η κινητή σιαγόνα του σφιγκτήρα μετακινείται και αυτή προς τα πίσω και απελευθερώνει το εξάρτημα.

Το πνευματικό κύκλωμα της αρπάγης είναι η ακολουθία start, A+, B+, A-, B-, stop που μελετήσαμε πιο μπροστά (σχήμα 4/12).

4.4.4 Περιορισμοί στις ακολουθίες

Ο μεγαλύτερος περιορισμός στα κυκλώματα ελέγχου ακολουθίας, τα οποία μελετήσαμε μέχρι τώρα, είναι ότι η ακολουθία που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ενεργοποιεί εναλλακτικά τους κυλίνδρους, δηλαδή Α, Β, Α, Β ή Β, Α, Β, Α. Πολλές εφαρμογές, όμως, απαιτούν διαφορετική σειρά ενεργοποίησης από αυτή, όπως για παράδειγμα Α+, Β+, Β-, Α-. Το σχήμα 4/16 δείχνει μία διατρητική μηχανή που λειτουργεί με αυτή τη σειρά. Συγκρατεί ένα κομμάτι από μέταλλο με το ένα έμβολο, ενώ με το άλλο έμβολο ανοίγει μία οπή στο μέταλλο.

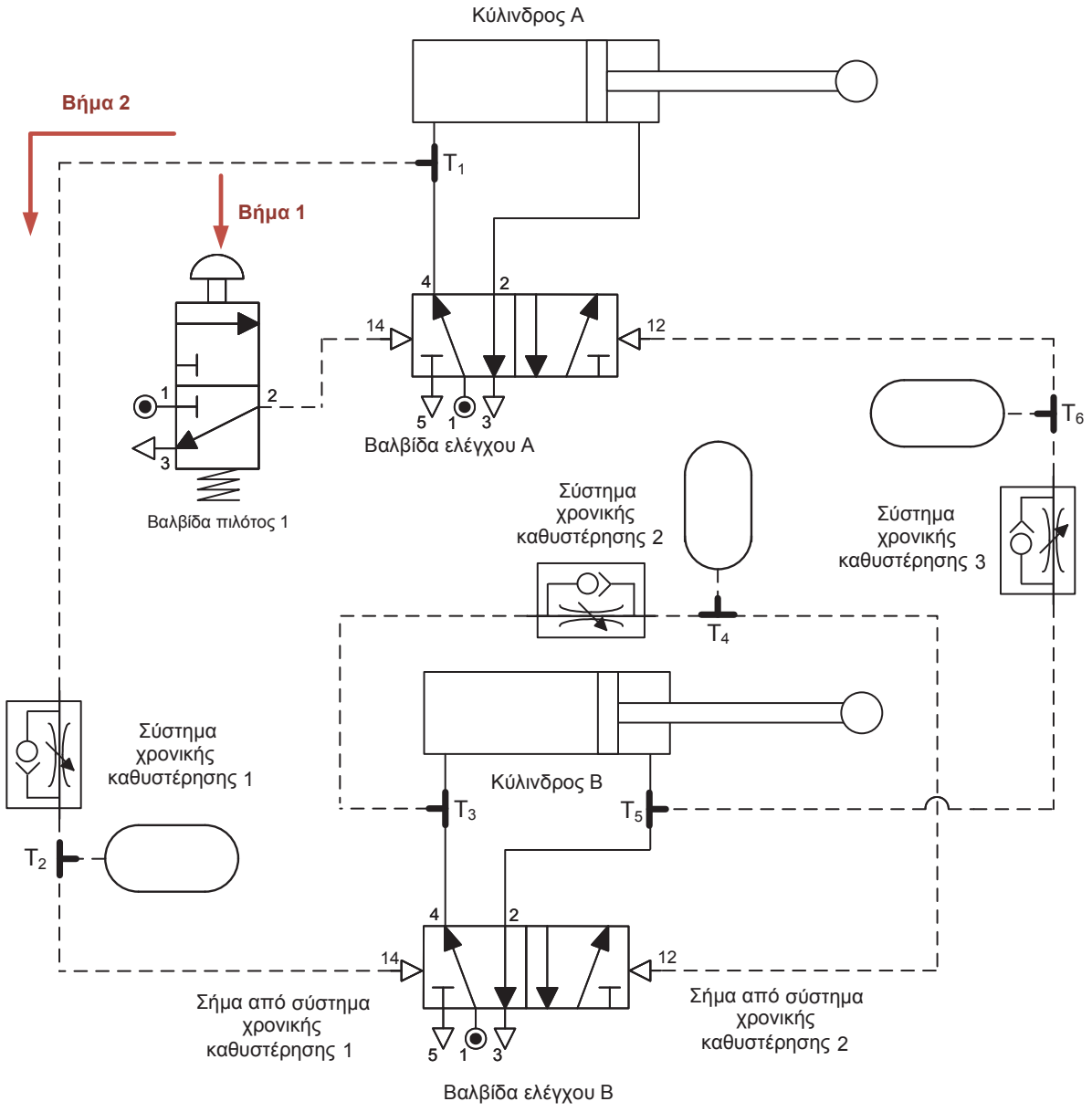


Σχ. 4/16 Διατρητική μηχανή

Η ακολουθία είναι:

1.	Σύσφιγξη μετάλλου	➡ Το έμβολο σύσφιγξης κινείται θετικά.	A+
2.	Το δράπανο κινείται προς τα κάτω.	➡ Το έμβολο του δραπάνου κινείται θετικά.	B+
3.	Το δράπανο τραβιέται προς τα πάνω.	➡ Το έμβολο του δραπάνου κινείται αρνητικά.	B-
4.	Το μέταλλο απελευθερώνεται.	➡ Το έμβολο σύσφιγξης κινείται αρνητικά.	A-

Αν επιχειρούσαμε να δημιουργήσουμε την ακολουθία αυτή, χρησιμοποιώντας με παρόμοιο τρόπο είτε κυκλώματα ακολουθίας που χρησιμοποιούν βαλβίδες στον χώρο εργασίας είτε σύστημα χρονικής καθυστέρησης (σχήμα 4/17), θα αποτυγχάναμε. Αυτό συμβαίνει γιατί η βαλβίδα ελέγχου Β όταν δεχθεί σήμα (από το σύστημα χρονικής καθυστέρησης 2) στη θυρίδα ελέγχου 12 δεν θα αλλάξει κατάσταση και δεν θα προκαλέσει την αρνητική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου Β και αυτό γιατί εξακολουθεί να δέχεται σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 (από το σύστημα χρονικής καθυστέρησης 1).



Σχ. 4/17

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι για να γίνει η ακολουθία A+, B+, B-, A- είναι με τη χρήση:

α) του εκκεντροφόρου άξονα,

β) του κλιμακωτού συστήματος και

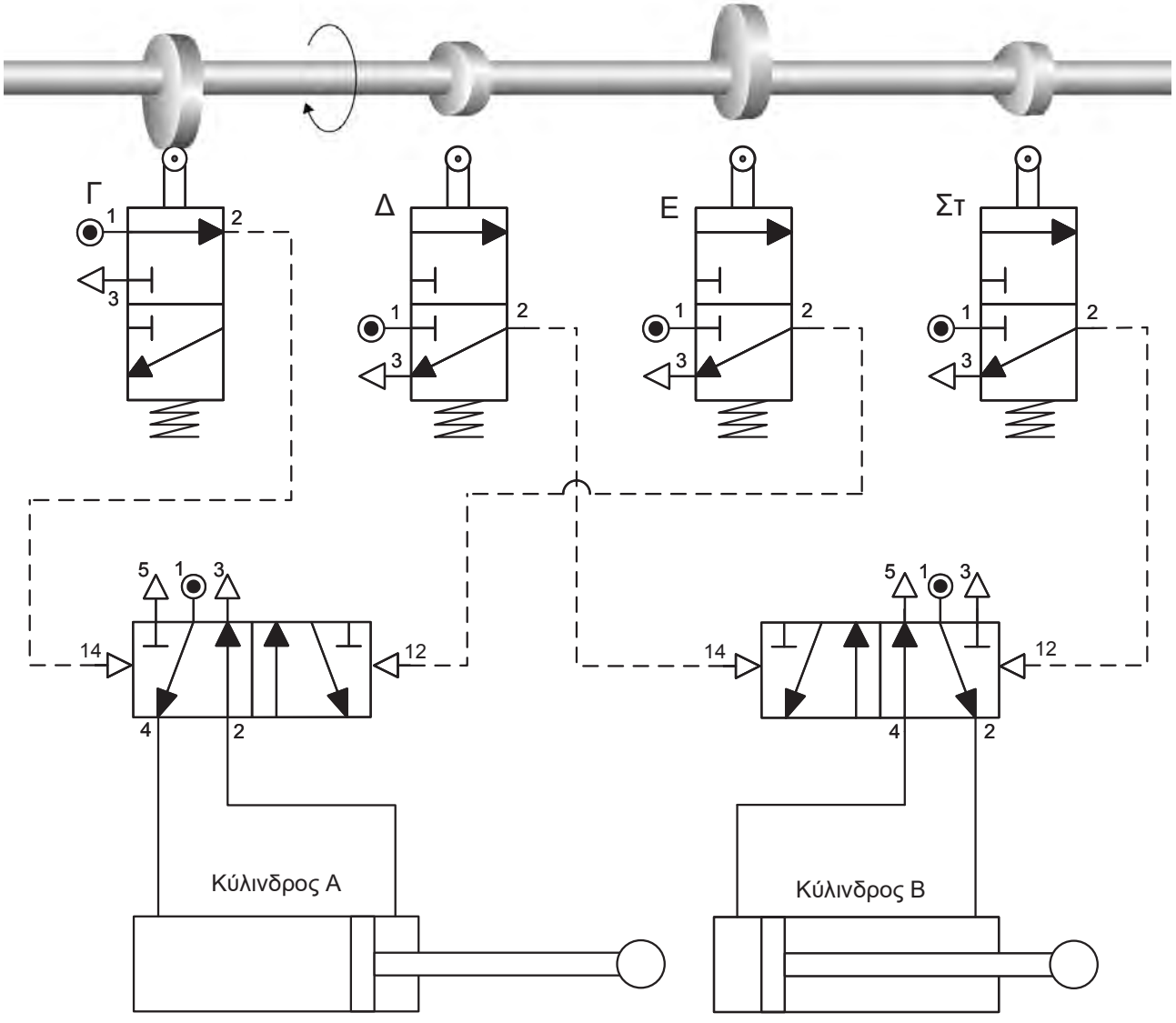
γ) του λογικού ελέγχου.

Στη συνέχεια, θα μελετήσουμε τη χρήση του εκκεντροφόρου άξονα, ενώ με το κλιμακωτό σύστημα και τον λογικό έλεγχο δεν θα ασχοληθούμε, διότι δεν εμπίπτουν στους σκοπούς του μαθήματός μας.

4.4.5 Ακολουθίες με τη χρήση εκκεντροφόρου άξονα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με τη χρήση του εκκεντροφόρου άξονα μπορούμε να δημιουργήσουμε τόσο κλασικές ακολουθίες π.χ. A+, B+, A-, B-, όσο και ακολουθίες με σειρά λειτουργίας A+, B+, B-, A-.

Το κύκλωμα ελέγχου της ακολουθίας το οποίο φαίνεται στο σχήμα 4/13 μπορεί να γίνει με τη χρήση εκκεντροφόρου άξονα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4/18. Ο εκκεντροφόρος άξονας μπορεί να περιστραφεί από έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Όπως περιστρέφεται ο εκκεντροφόρος άξονας, κάθε ένα από τα έκκεντρα πιέζει μία συγκεκριμένη βαλβίδα με κάποια προκαθορισμένη σειρά, συμπληρώνοντας έτσι την ακολουθία A+, B+, A-, B- σε κάθε περιστροφή.



Σχ. 4/18 Συνεχής ακολουθία A+, B+, A-, B- με τη χρήση εκκεντροφόρου άξονα

4.5 Ηλεκτροπνευματικά συστήματα

4.5.1 Σωληνοειδείς βαλβίδες

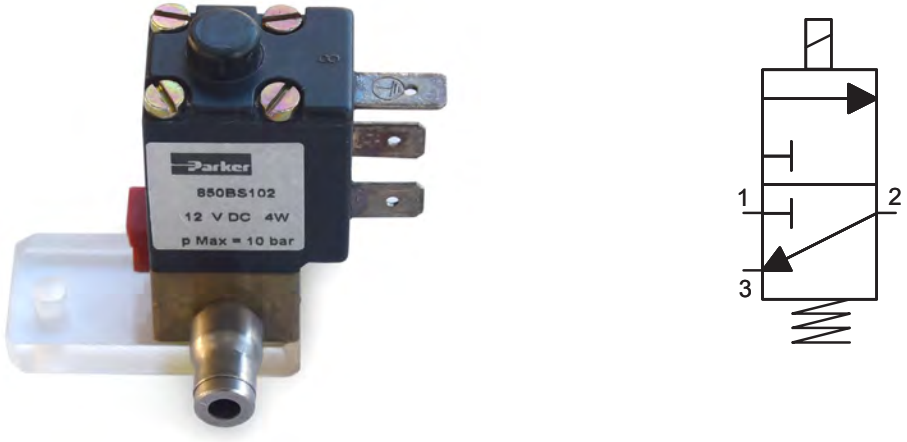
Τα πνευματικά συστήματα, πολλές φορές για λόγους ασφάλειας, τοποθετούνται μακριά από το σημείο ελέγχου τους (π.χ. πνευματικό σύστημα που χρησιμοποιείται σε χημικά ή άλλα τοξικά υγρά). Στις περιπτώσεις αυτές η μεταφορά πεπιεσμένου αέρα, ούτως ώστε να γίνεται ο έλεγχος του συστήματος από μακριά, είναι δαπανηρή και αποφεύγεται. Για τον έλεγχο του συστήματος, στις συνθήκες αυτές, χρησιμοποιείται ένα άλλο είδος βαλβίδων, οι σωληνοειδείς βαλβίδες. Το πνευματικό σύστημα που χρησιμοποιεί τέτοιες βαλβίδες ονομάζεται ηλεκτροπνευματικό, διότι συνδυάζει ταυτόχρονα τη χρήση του ηλεκτρισμού και του αέρα. Οι σωληνοειδείς βαλβίδες έχουν το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν με ηλεκτρισμό και ως εκ τούτου ο έλεγχός τους (και συνεπώς και του ιδίου του πνευματικού συστήματος), γίνεται εύκολα με την τοποθέτηση κάποιου ηλεκτρικού διακόπτη σε μεγάλη απόσταση από το σύστημα. Απλώς ο διακόπτης συνδέεται με τη βαλβίδα με ένα ηλεκτρικό καλώδιο.

Οι **σωληνοειδείς βαλβίδες** ενεργοποιούνται με **σωληνοειδές πηνίο** (ηλεκτρομαγνήτης). Έτσι, όταν το σωληνοειδές πηνίο ενεργοποιηθεί (βρεθεί υπό τάση), το έμβολο της βαλβίδας μετακινείται και η βαλβίδα τίθεται σε λειτουργία επιτρέποντας τη ροή του αέρα. Οι σωληνοειδείς βαλβίδες παρουσιάζουν τα πιο κάτω πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών πνευματικών βαλβίδων:

- Τα ηλεκτρικά σήματα (ηλεκτρικό ρεύμα) που χρησιμοποιούν οι σωληνοειδείς βαλβίδες είναι **γρηγορότερα** από τα πνευματικά σήματα (πεπιεσμένος αέρας). Αυτό σημαίνει γρηγορότερη ανταπόκριση σε απομακρυσμένα σήματα.
- Τα ηλεκτρικά σήματα μπορούν να μεταδοθούν σε **μακρύτερες αποστάσεις** από τα πνευματικά σήματα.
- Τα ηλεκτρικά σήματα χρησιμοποιούν **λιγότερη ενέργεια** από τα πνευματικά.
- Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά σήματα είναι **φθηνότερα και μικρότερα** από τα πνευματικά ισοδύναμά τους.

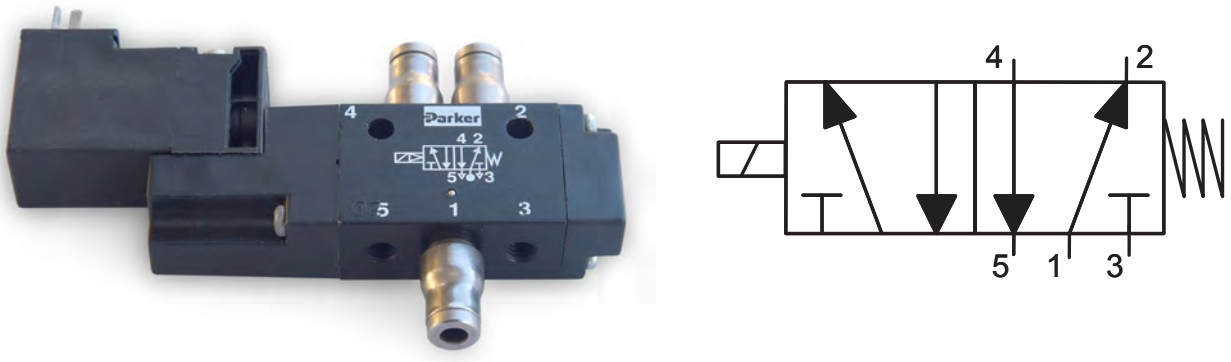
Οι σωληνοειδείς βαλβίδες είναι τρίοδοι (σχήμα 4/19) ή πεντάοδοι (σχήματα 4/20 και 4/22), συνήθως λειτουργούν με τάση 12 V συνεχούς ρεύματος και κάποιες έχουν ελατήριο επαναφοράς, το οποίο τους επιτρέπει να επανέρχονται στην κατάσταση ηρεμίας*, όταν διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα που τις τροφοδοτεί.

Αρκετές σωληνοειδείς βαλβίδες έχουν ενσωματωμένο στο σώμα τους ειδικό κομβίο δοκιμής (test button), το οποίο τους επιτρέπει, για σκοπούς δοκιμής, να λειτουργήσουν χωρίς την ηλεκτρική ενεργοποίηση του σωληνοειδούς πηνίου.



Σχ. 4/19 Τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα με ελατήριο επαναφοράς (αριστερά) και το σύμβολό της (δεξιά)

*Κατάσταση ηρεμίας ονομάζεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα ηλεκτρικό εξάρτημα, όταν δε βρίσκεται υπό τάση.

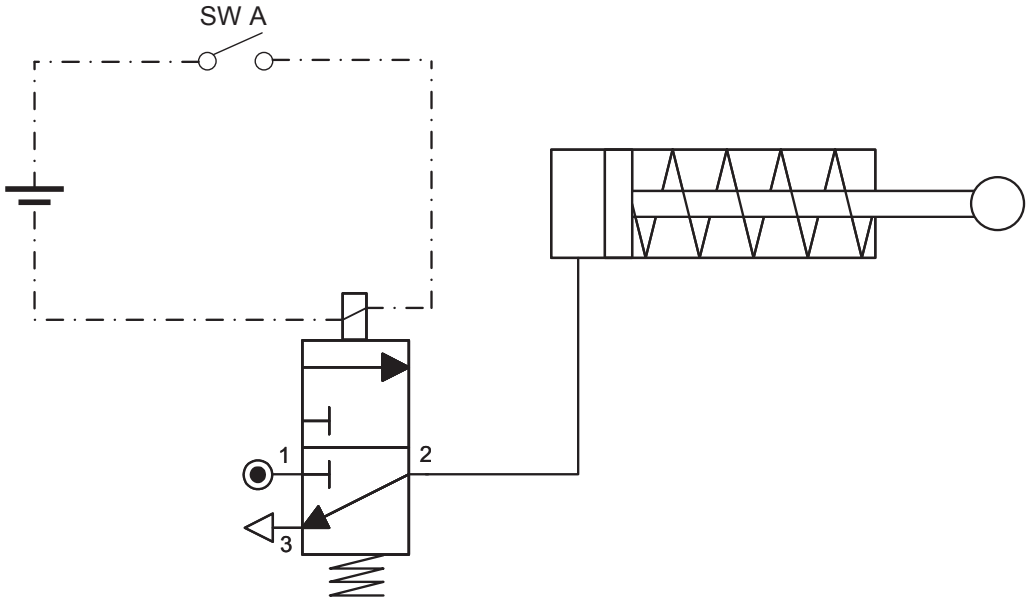


Σχ. 4/20 Πεντάοδος σωληνοειδής βαλβίδα με ελατήριο επαναφοράς (αριστερά) και το σύμβολό της (δεξιά)

Το σχήμα 4/21 δείχνει μία τρίοδο σωληνοειδή βαλβίδα που ελέγχει έναν κύλινδρο απλής ενέργειας (ΚΑΕ). Όταν ο μονοπολικός διακόπτης SWA ενεργοποιηθεί, κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα και το σωληνοειδές της τριόδου βαλβίδας τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Η τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα ενεργοποιείται (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί θετική κίνηση.

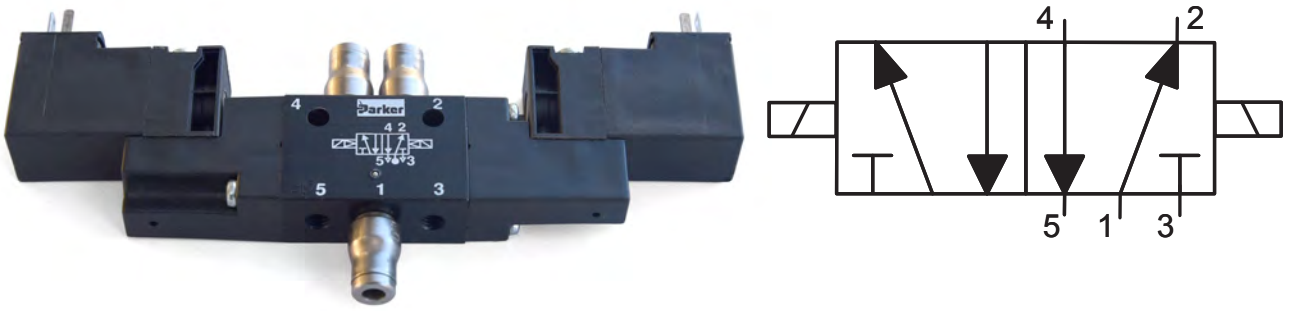
Όταν ο διακόπτης Α απενεργοποιηθεί, ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και διακόπτεται η τροφοδοσία του σωληνοειδούς της τριόδου βαλβίδας. Τότε η τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα απενεργοποιείται (συνδέονται οι θυρίδες 2 και 3 και κλείνει η θυρίδα 1) και το έμβολο του κυλίνδρου εκτελεί αρνητική κίνηση.

Ο μονοπολικός διακόπτης μπορεί να αντικατασταθεί με ωστικό διακόπτη, μικροδιακόπτη, μαγνητικό διακόπτη ή ακόμη από μία επαφή (ΝΟ) ενός ηλεκτρονόμου που ελέγχεται από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα (π.χ. κύκλωμα που ενεργοποιεί έναν ηλεκτρονόμο, όταν το επίπεδο φωτισμού που πέφτει πάνω σε έναν φωτοαντιστάτη ελαττωθεί).



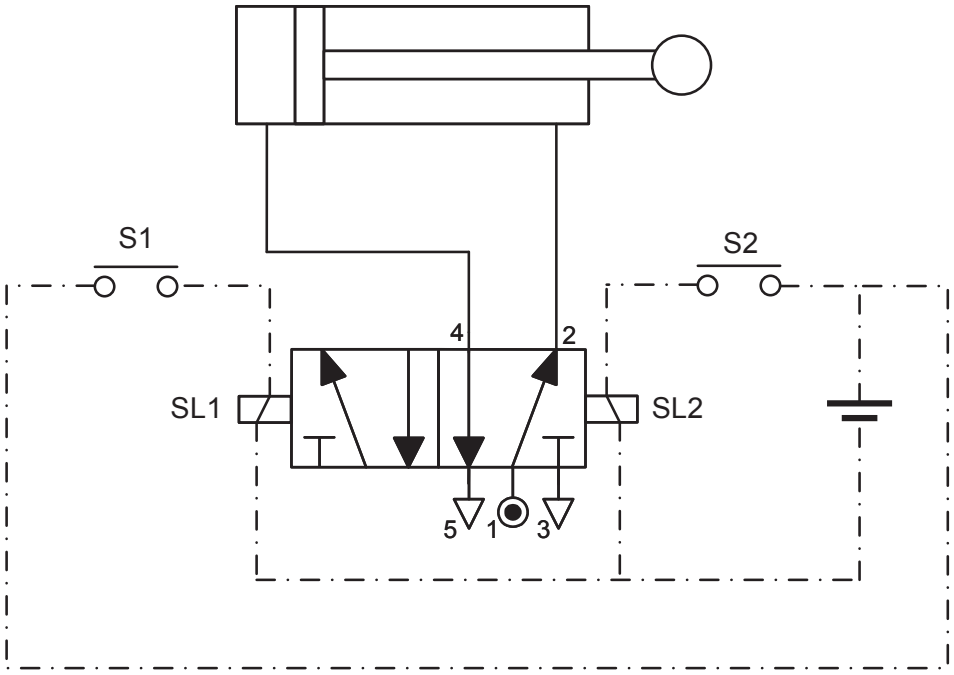
Σχ. 4/21 Έλεγχος ΚΑΕ με τη βοήθεια σωληνοειδούς βαλβίδας

Μία σημαντική σωληνοειδής βαλβίδα είναι η σωληνοειδής-σωληνοειδής πεντάοδος βαλβίδα (σχήμα 4/22), η οποία φέρει και στις δύο πλευρές της σωληνοειδές πηνίο. Η βαλβίδα αυτή είναι μια πολύ χρήσιμη βαλβίδα.



Σχ. 4/22 Σωληνοειδής – σωληνοειδής πεντάοδος βαλβίδα (αριστερά) και το σύμβολό της (δεξιά)

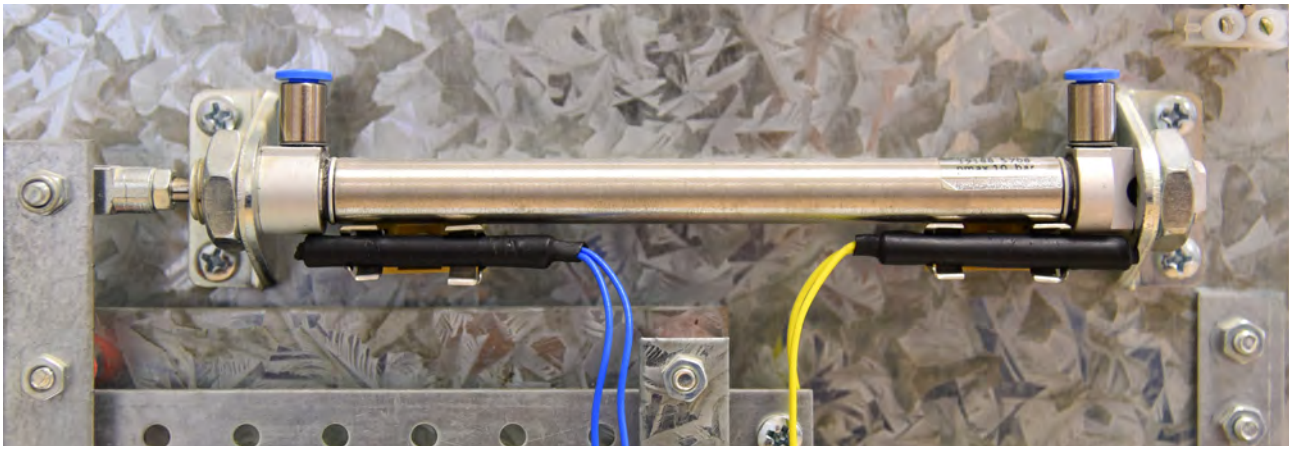
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτοματισμούς και λειτουργεί ως ακολούθως: Με την τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος του σωληνοειδούς πηνίου SL1, η βαλβίδα αλλάζει κατάσταση, δηλαδή συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 4, η θυρίδα 2 με τη θυρίδα 3 και κλείνει η θυρίδα 5. Αν η τροφοδοσία στο SL1 διακοπεί, η βαλβίδα εξακολουθεί να μένει στην ίδια κατάσταση. Η βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και κλείνει η θυρίδα 3), όταν το σωληνοειδές πηνίο της SL2 τροφοδοτηθεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Στο σχήμα 4/23 φαίνεται ο μηχανικός έλεγχος (set-reset) ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας με μία σωληνοειδή-σωληνοειδή πεντάοδο βαλβίδα. Για την ενεργοποίηση των σωληνοειδών βαλβίδων χρησιμοποιούνται οι ωστικοί διακόπτες S1 και S2.



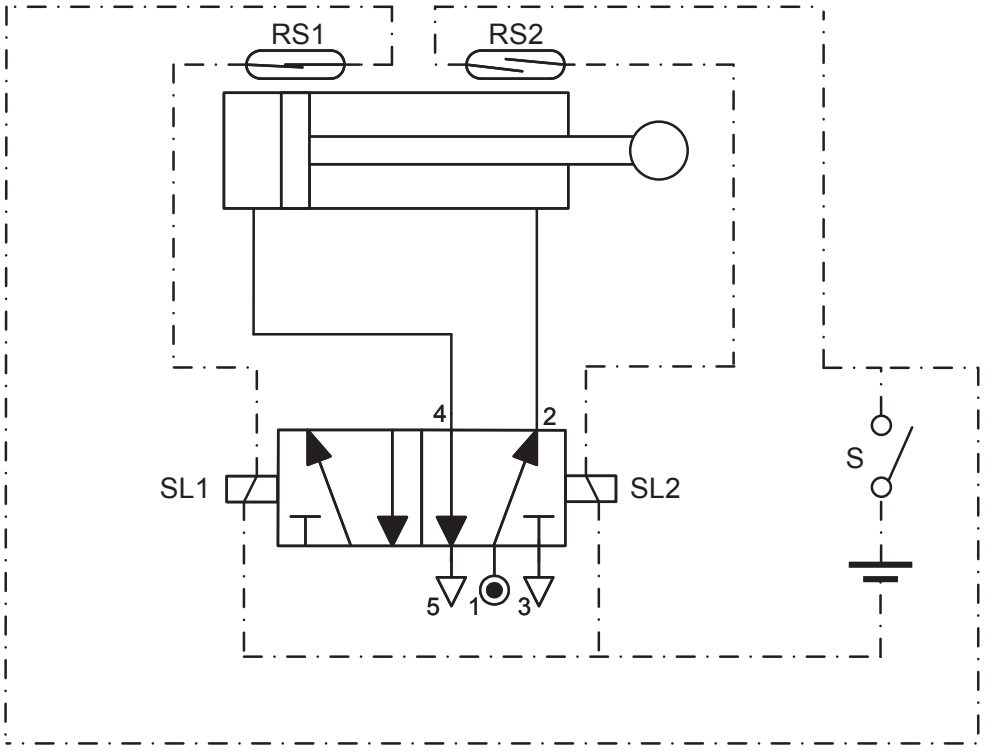
Σχ. 4/23 Ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα με τη χρήση σωληνοειδούς-σωληνοειδούς πενταόδου βαλβίδας και δύο ωστικών διακοπτών

Είναι σημαντικό να αναφερθεί εδώ ότι στο έμβολο του κυλίνδρου πολλές φορές ενσωματώνεται εσωτερικά ένας μαγνήτης, ώστε, όταν αυτό μετακινείται, να παρασύρει και τον μαγνήτη, ενεργοποιώντας έτσι και τυχόν μαγνητικούς διακόπτες που μπορούν να τοποθετηθούν σε προκαθορισμένες θέσεις κατά μήκος της θαλάμης του κυλίνδρου. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει ρύθμιση της απόστασης μετακίνησης του εμβόλου του κυλίνδρου (σχήμα 4/24).

Αν στο κύκλωμα του σχήματος 4/23 οι ωστικοί διακόπτες S1 και S2 αντικατασταθούν με δύο μαγνητικούς διακόπτες RS1 και RS2, οι οποίοι θα τοποθετηθούν στις επιθυμητές θέσεις κατά μήκος της θαλάμης του κυλίνδρου, τότε θα προκύψει το αυτόματο πνευματικό κύκλωμα του σχήματος 4/25, το οποίο δημιουργεί παλινδρόμηση του εμβόλου μεταξύ δύο επιθυμητών θέσεων.



Σχ. 4/24 Μαγνητικοί διακόπτες τοποθετημένοι σε προκαθορισμένη θέση για έλεγχο της απόστασης μετακίνησης του εμβόλου

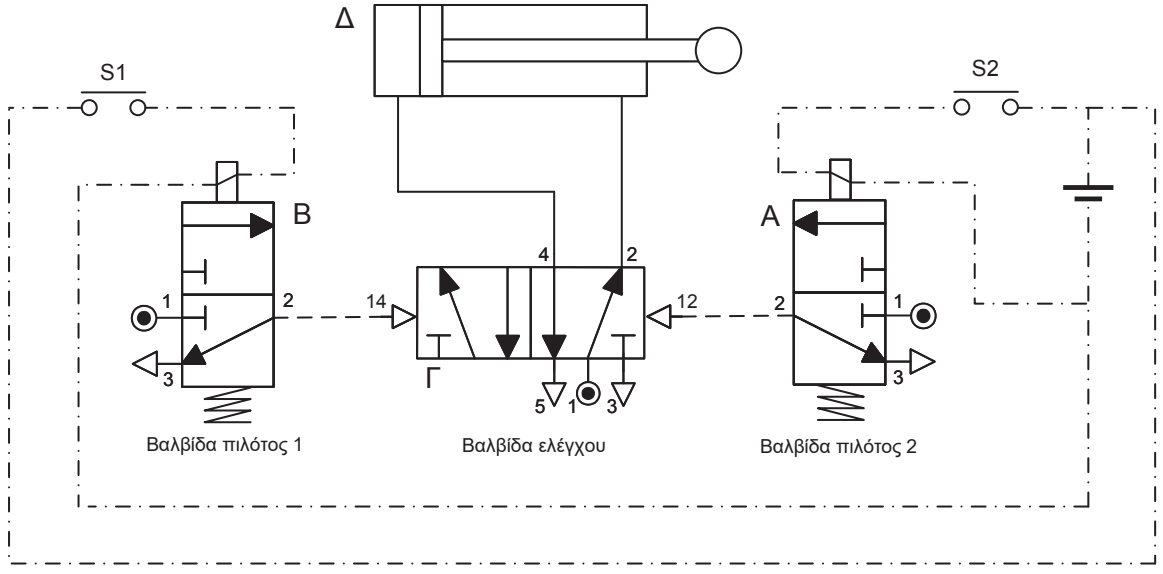


Σχ. 4/25 Ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα με τη χρήση σωληνοειδούς-σωληνοειδούς πενταόδου βαλβίδας και δύο μαγνητικών διακοπτών.

Είναι φανερό από τα πιο πάνω ότι η χρήση ηλεκτροβαλβίδων παρέχει πολλές δυνατότητες για τη λύση σύνθετων τεχνολογικών προβλημάτων με αυτοματισμούς, μιας και μπορεί να συνδυάσει τα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά συστήματα με τα πνευματικά.

4.5.2 Μηχανικό ηλεκτροπνευματικό σύστημα με τη χρήση σωληνοειδών βαλβίδων

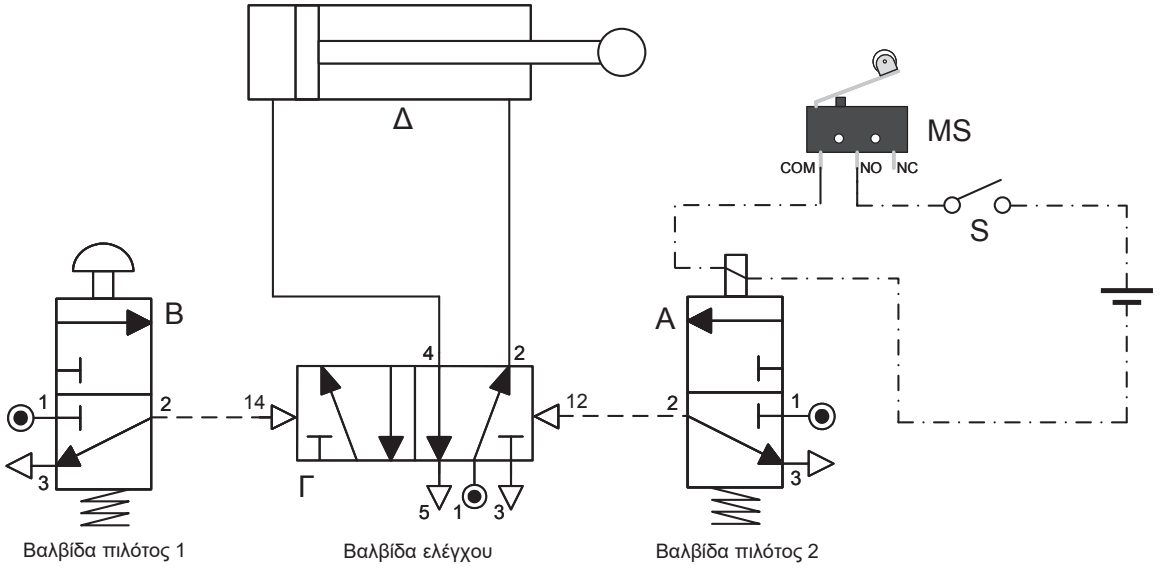
Στο σχήμα 4/26 φαίνεται ένα ηλεκτροπνευματικό σύστημα που χρησιμοποιείται για τον μηχανικό έλεγχο κυλίνδρου διπλής ενέργειας και λειτουργεί με την ενεργοποίηση των ωστικών διακοπτών S1 και S2. Με την ενεργοποίηση του ωστικού διακόπτη S1, αέρας υπό πίεση διέρχεται μέσω της σωληνοειδούς βαλβίδας Β και δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας Γ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το έμβολο του κυλίνδρου Δ να μετακινηθεί θετικά. Αν, στη συνέχεια, ενεργοποιηθεί ο ωστικός διακόπτης S2, τότε αέρας υπό πίεση διέρχεται μέσω της σωληνοειδούς βαλβίδας Α, η οποία δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας Γ. Τότε το έμβολο του κυλίνδρου Δ μετακινείται αρνητικά.



Σχ. 4/26 Μηχανικό ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιεί σωληνοειδείς βαλβίδες και ελέγχει ΚΔΕ.

4.5.3 Ημιαυτόματο ηλεκτροπνευματικό σύστημα με τη χρήση σωληνοειδών βαλβίδων

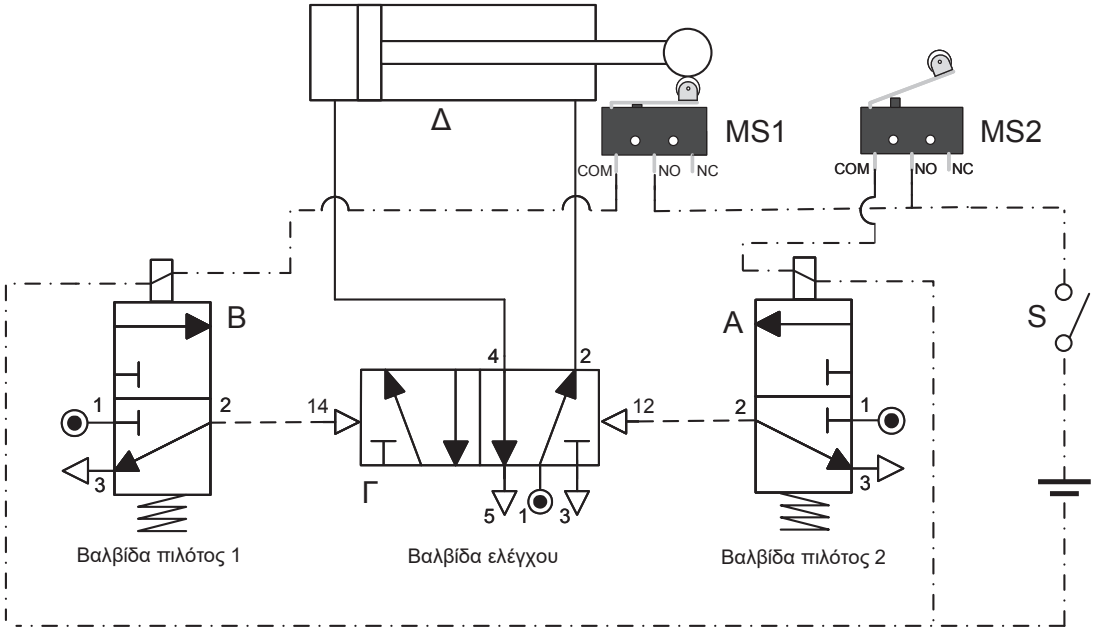
Το ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα του σχήματος 4/27 είναι ημιαυτόματο. Η μετακίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου Δ θετικά, επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση της τριόδου βαλβίδας Β, η οποία επιτρέπει στον αέρα υπό πίεση να δώσει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πεντάοδου βαλβίδας Γ. Η επιστροφή του εμβόλου στην αρχική του θέση (αρνητική κίνηση) γίνεται αυτόματα, όταν ενεργοποιηθεί ο μικροδιακόπτης MS από τη ράβδο του εμβόλου του κυλίνδρου. Αυτό συμβαίνει, διότι με την ενεργοποίηση του μικροδιακόπτη, αυτός κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα (υπό την προϋπόθεση ότι ο μονοπολικός διακόπτης S είναι κλειστός) και επιτρέπει τη λειτουργία της σωληνοειδούς βαλβίδας Α. Η σωληνοειδής βαλβίδα Α, στη συνέχεια, δίνει σήμα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πεντάοδου βαλβίδας Γ, η οποία προκαλεί την αρνητική κίνηση του εμβόλου του κυλίνδρου.



Σχ. 4/27 Ημιαυτόματο ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιεί σωληνοειδή βαλβίδα και ελέγχει ΚΔΕ.

4.5.4 Αυτόματο ηλεκτροπνευματικό σύστημα με τη χρήση σωληνοειδών βαλβίδων

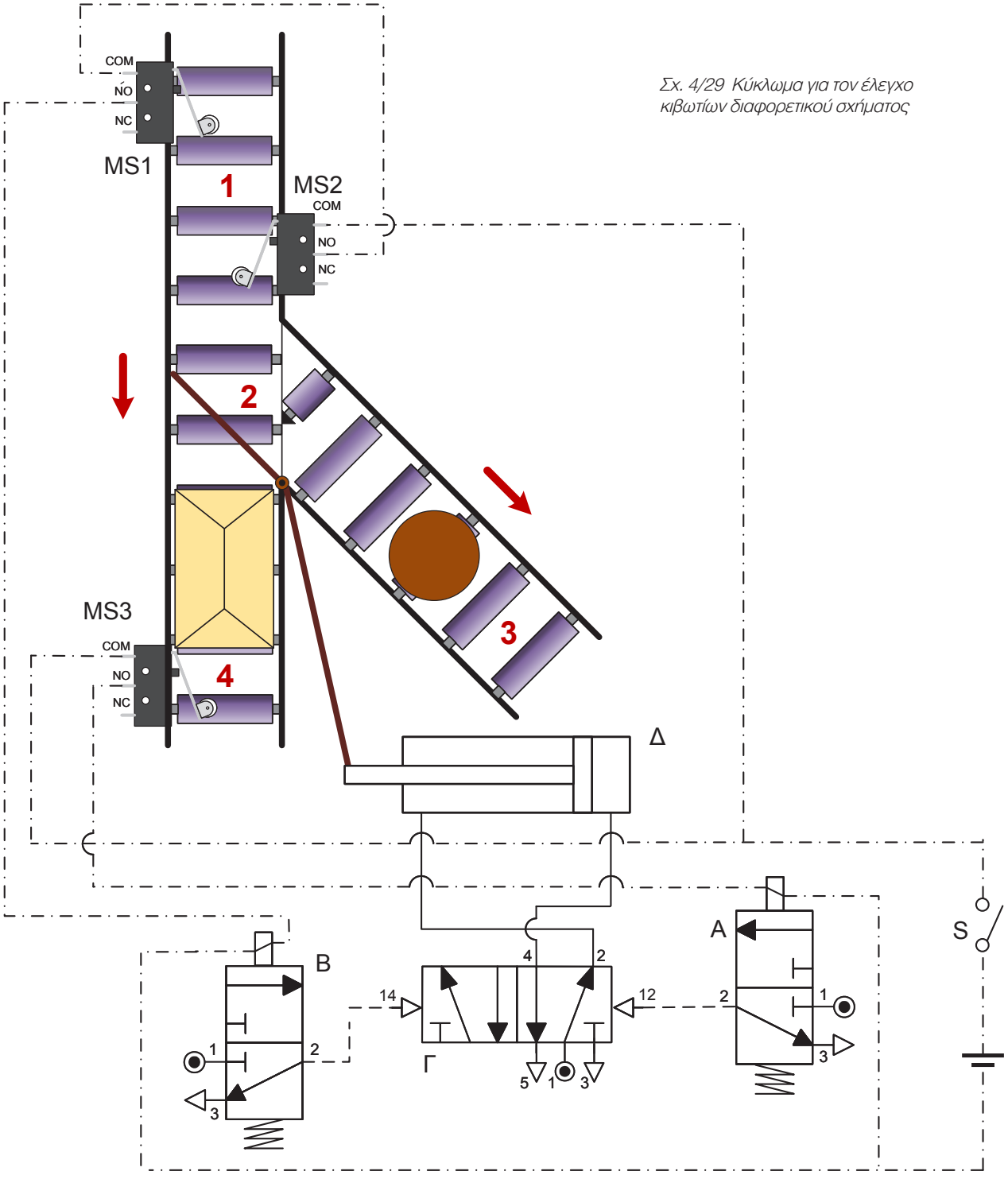
Αν στο κύκλωμα του σχήματος 4/27 η τρίοδος βαλβίδα ωστικού κομβίου αντικατασταθεί με σωληνοειδή βαλβίδα που ελέγχεται από έναν μικροδιακόπτη MS1, ο οποίος έχει τοποθετηθεί στην ακραία αρνητική θέση του εμβόλου του κυλίνδρου Δ, τότε έχουμε ένα αυτόματο ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα (σχήμα 4/28). Η αυτόματη λειτουργία του ηλεκτροπνευματικού συστήματος ξεκινά, όταν κλείσει ο διακόπτης S.



Σχ. 4/28 Αυτόματο ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιεί σωληνοειδείς βαλβίδες και ελέγχει ΚΔΕ.

4.5.5 Εφαρμογή ηλεκτροπνευματικού συστήματος

Το σύστημα του σχήματος 4/29 χρησιμοποιείται σε μία βιομηχανία συσκευασίας προϊόντων, για να ξεχωρίζει δύο τύπους κασονιών. Κασόνια στρογγυλού και ορθογωνίου σχήματος μεταφέρονται με τη βοήθεια της γραμμής μεταφοράς 1 και καταφθάνουν στο σημείο 2, όπου γίνεται η διαλογή των δύο τύπων. Τα κασόνια στρογγυλού σχήματος συνεχίζουν την πορεία τους και κατευθύνονται στη γραμμή μεταφοράς 3, ενώ αυτά του ορθογωνίου σχήματος κατευθύνονται στη γραμμή μεταφοράς 4.



Σχ. 4/29 Κύκλωμα για τον έλεγχο κιβωτίων διαφορετικού σχήματος

Εξήγηση λειτουργίας (Ο μονοπολικός διακόπτης S είναι κλειστός)

Τα κασόνια στρογγυλού σχήματος συνεχίζουν ανενόχλητα την πορεία τους από τον ιμάντα μεταφοράς 1 προς τον ιμάντα μεταφοράς 3, γιατί δεν μπορούν να ενεργοποιήσουν ταυτόχρονα λόγω του σχήματός τους και τους δύο μικροδιακόπτες MS1 και MS2.

Όταν όμως από τον ιμάντα μεταφοράς 1 διέλθει κασόνι ορθογωνίου σχήματος, τότε οι δύο μικροδιακόπτες MS1 και MS2 ενεργοποιούνται σε κάποιο σημείο της διαδρομής ταυτόχρονα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να κλείσει το ηλεκτρικό κύκλωμα και να τροφοδοτηθεί το σωληνοειδές της τριόδου σωληνοειδούς βαλβίδας Β. Τότε η τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα Β ενεργοποιείται (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3) και στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 14 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 4, η θυρίδα 2 με τη θυρίδα 3 και κλείνει η θυρίδα 5). Το έμβολο του κυλίνδρου Δ εκτελεί θετική κίνηση και μετακινεί τη διαχωριστική «λάμα» προς τα δεξιά, καθοδηγώντας έτσι τα ορθογώνια κασόνια στον ιμάντα 4.

Όταν το ορθογώνιο κασόνι περάσει από τον μικροδιακόπτη MS3 και τον ενεργοποιήσει, κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα και τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα το σωληνοειδές της τριόδου σωληνοειδούς βαλβίδας Α. Η τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα Α ενεργοποιείται (συνδέονται οι θυρίδες 1 και 2 και κλείνει η 3) και στέλνει σήμα αέρα στη θυρίδα ελέγχου 12 της πενταόδου βαλβίδας. Η πενταόδος βαλβίδα αλλάζει κατάσταση (συνδέεται η θυρίδα 1 με τη θυρίδα 2, η θυρίδα 4 με τη θυρίδα 5 και κλείνει η θυρίδα 3). Το έμβολο του κυλίνδρου Δ εκτελεί αρνητική κίνηση και μετακινεί τη διαχωριστική «λάμα» προς τα αριστερά, όπως βρισκόταν αρχικά.

4.6 Ασκήσεις

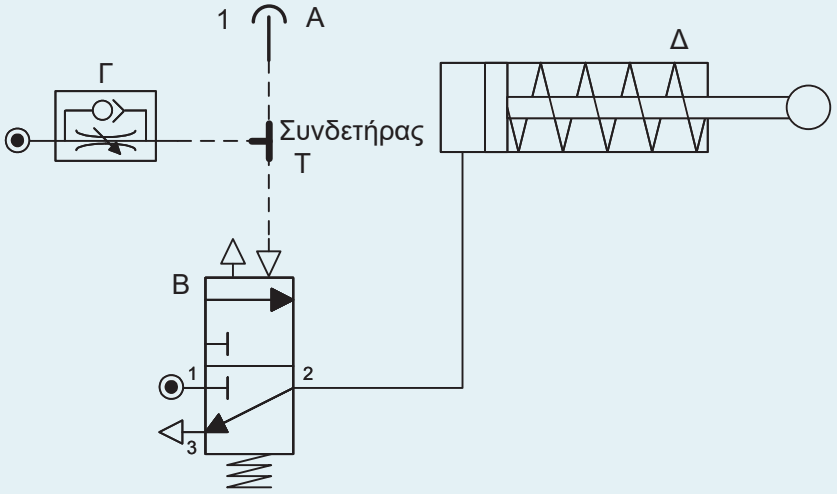
Άσκηση 1

Να αναφέρετε τις τέσσερις μεθόδους με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί ο αυτόματος έλεγχος σε πνευματικά κυκλώματα, καθώς και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου.

Άσκηση 2

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α έως Δ, τα οποία φαίνονται στο πιο κάτω πνευματικό κύκλωμα.

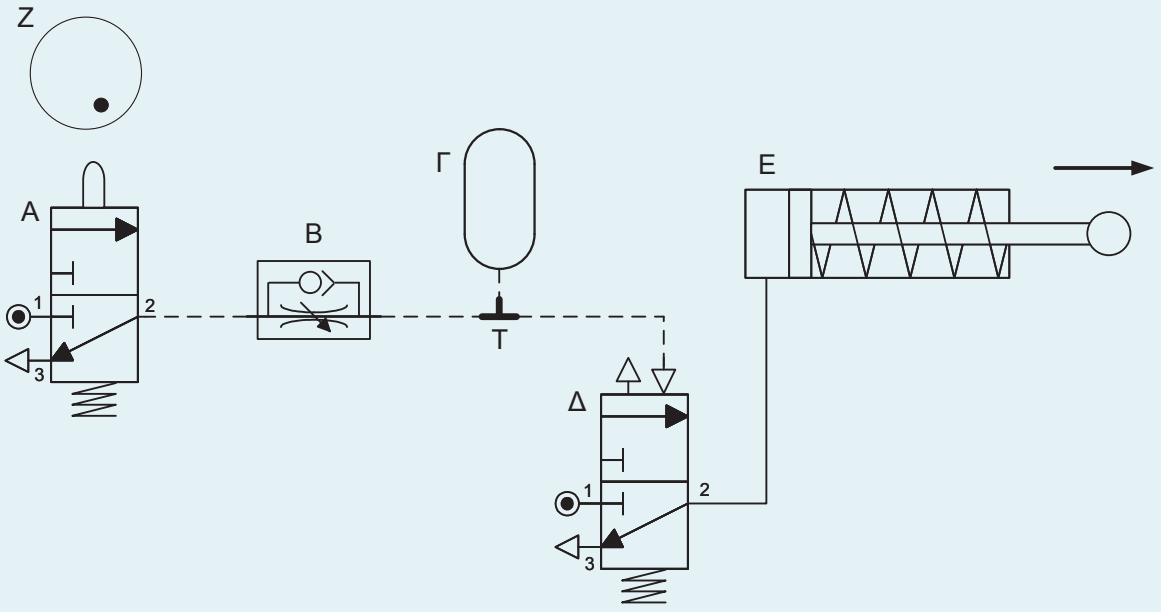
β) Να εξηγήσετε αναλυτικά πώς θα λειτουργήσει το κύκλωμα, αν από το σημείο 1 του εξαρτήματος Α περάσει σε αργό ρυθμό κίνησης ένα κιβώτιο.



Άσκηση 3

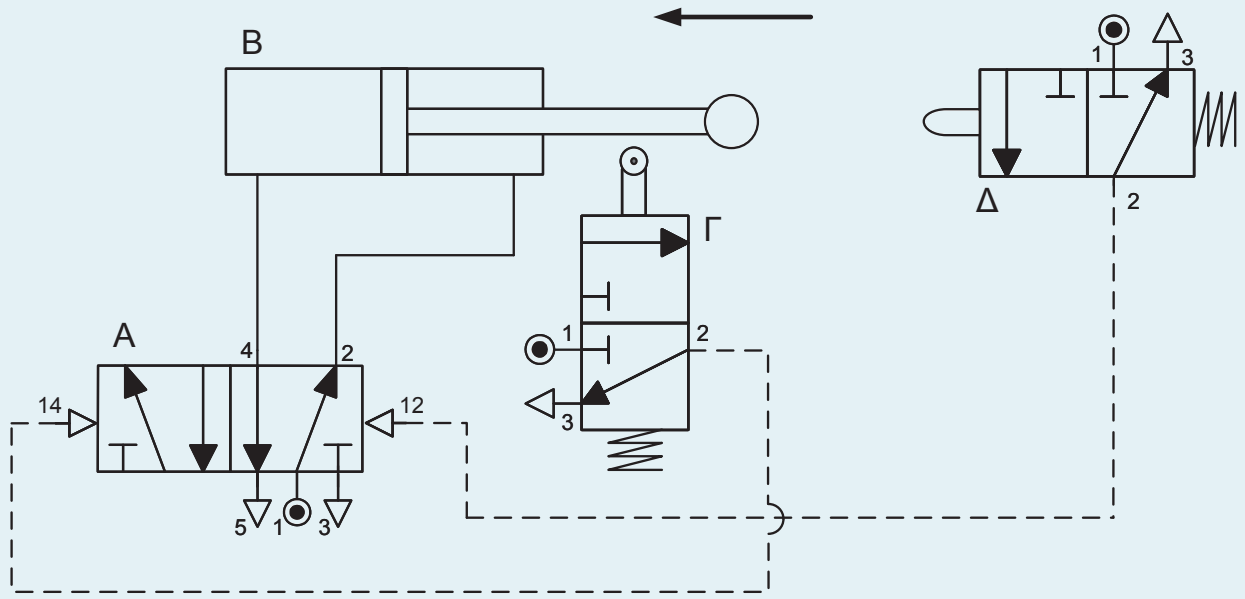
α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α έως Ε, τα οποία φαίνονται στο πιο κάτω πνευματικό κύκλωμα.

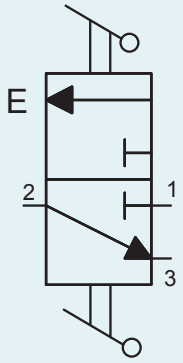
β) Να εξηγήσετε σε συντομία πώς θα λειτουργήσει το κύκλωμα, αν το έκκεντρο Z αρχίσει να περιστρέφεται με πολύ αργό ρυθμό.



Άσκηση 4

Το πιο κάτω πνευματικό κύκλωμα χρησιμοποιείται σε ένα τεχνολογικό έργο.





α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α,Β, Γ και Δ.

β) Να εξηγήσετε αναλυτικά τη λειτουργία του κυκλώματος.

γ) Να αναφέρετε αν το πιο πάνω κύκλωμα είναι αυτόματο ή ημιαυτόματο. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

δ) Να ονομάσετε το εξάρτημα Ε.

ε) Να αναφέρετε μεταξύ ποιων εξαρτημάτων θα τοποθετηθεί το εξάρτημα Ε, ώστε, όταν αυτό απενεργοποιηθεί, το έμβολο του κυλίνδρου να σταματά στην αρνητική θέση.

Άσκηση 5

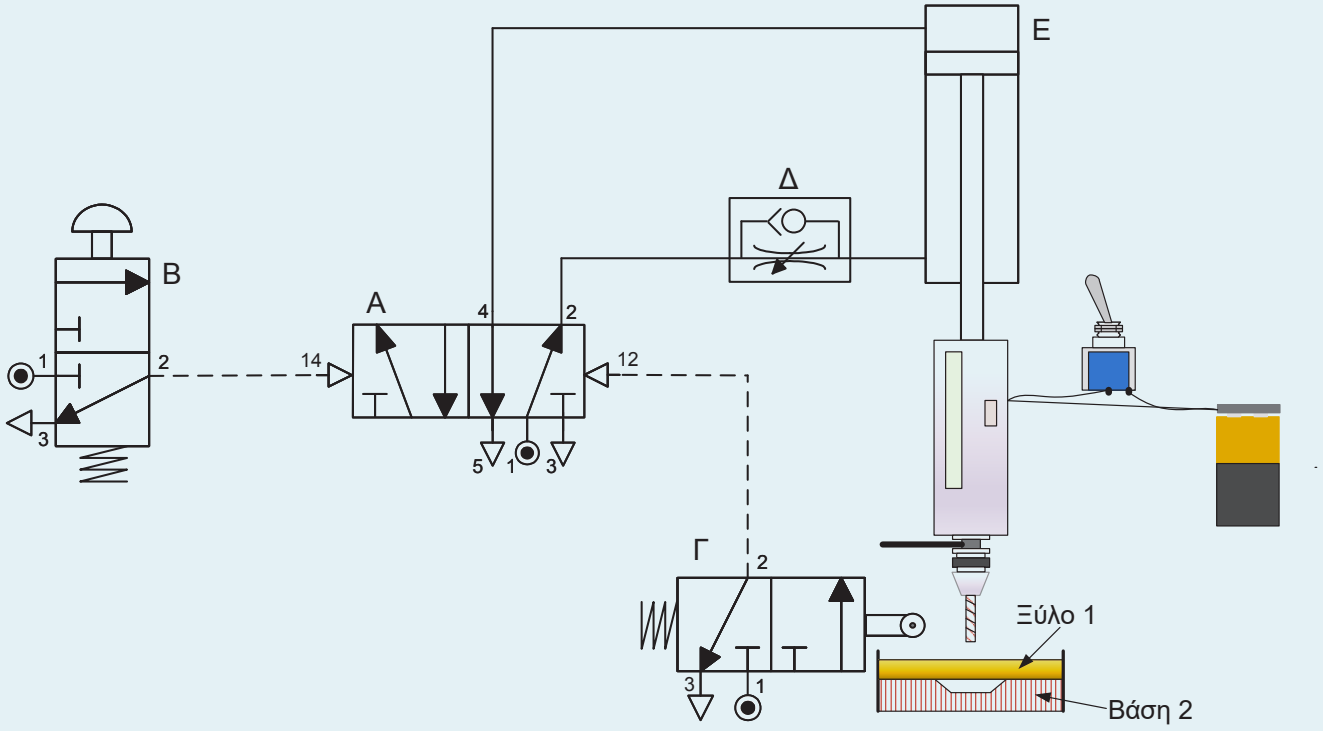
Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται ένα πνευματικό σύστημα, που συνεργάζεται με ένα ηλεκτρικό τρυπάνι, για να ανοίγει τρύπες συγκεκριμένου βάθους και συγκεκριμένης διαμέτρου σε κομμάτια ξύλου. Τα τεμάχια του ξύλου 1 τοποθετούνται από τον χειριστή στη βάση 2. Το ηλεκτρικό τρυπάνι βρίσκεται σε περιστροφική λειτουργία συνέχεια (αφού ενεργοποιηθεί ο σχετικός ηλεκτρικός διακόπτης) και η διαδικασία ξεκινά, όταν ο χειριστής ενεργοποιήσει το εξάρτημα Β. Το τρύπημα γίνεται με αργό ρυθμό, για να μην σπάσει η αρίδα και να είναι καλύτερο το αποτέλεσμα.

α) Να ονομάσετε το εξάρτημα Δ.

β) Να εξηγήσετε σε συντομία τη λειτουργία του συστήματος.

γ) Να αναφέρετε τον πρακτικό ρόλο που παίζει στο κύκλωμα το εξάρτημα Δ.

δ) Να εξηγήσετε με λόγια τι εξαρτήματα πρέπει να τοποθετηθούν μεταξύ των εξαρτημάτων Α και Β, ώστε, όταν το εξάρτημα Β πιεστεί και κρατηθεί στη θέση αυτή για κάποιο χρονικό διάστημα, η μετακίνηση του τρυπανιού προς το ξύλο να γίνεται μετά από μία καθυστέρηση.



Άσκηση 6

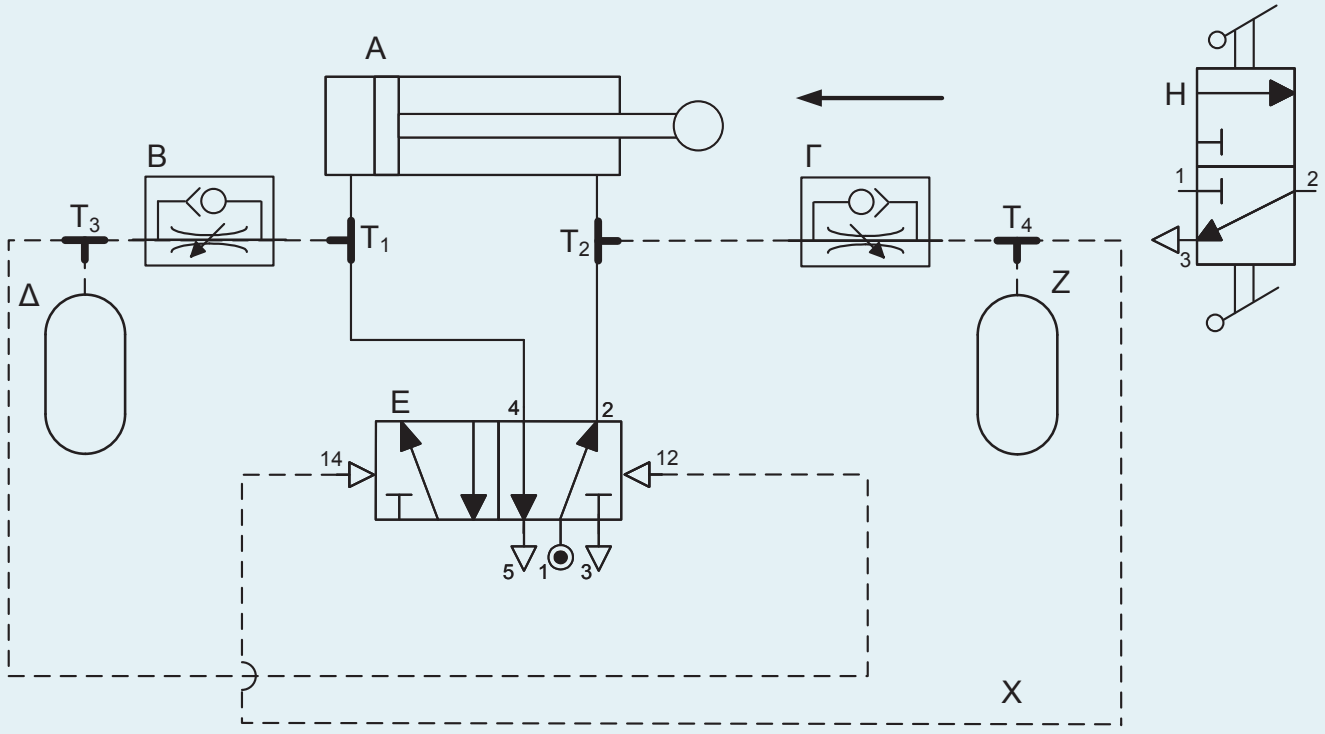
Να μελετήσετε το πιο κάτω πνευματικό κύκλωμα και να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν.

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α, Β, Δ και Ε.

β) Να αναφέρετε αν το πιο κάτω κύκλωμα είναι αυτοματοποιημένο.

γ) Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στην πιο πάνω ερώτηση (β), περιγράφοντας αναλυτικά τη λειτουργία του κυκλώματος και τον ρόλο του κάθε εξαρτήματος.

δ) Να ονομάσετε το εξάρτημα Η. Να τοποθετήσετε το εξάρτημα αυτό στο σημείο Χ του κυκλώματος και να εξηγήσετε τον ρόλο που θα έχει στη λειτουργία του συγκεκριμένου κυκλώματος.



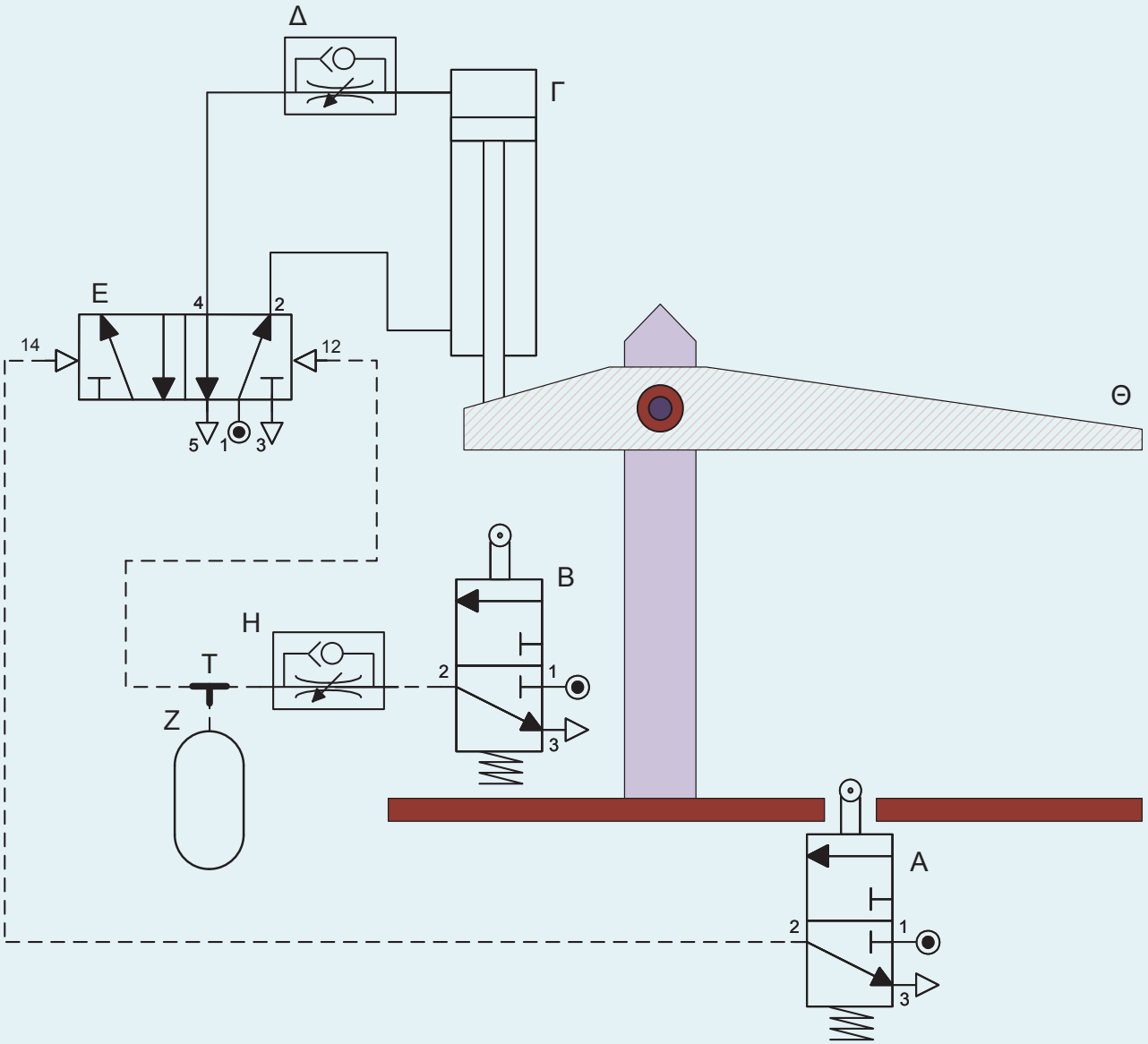
Άσκηση 7

Το πνευματικό κύκλωμα που ακολουθεί χρησιμοποιείται για το αυτόματο άνοιγμα και κλείσιμο της δοκού χώρου στάθμευσης. Το σύστημα τίθεται σε λειτουργία, όταν το αυτοκίνητο «πατήσει» τον τροχίσκο της βαλβίδας Α.

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α έως Η.

β) Να εξηγήσετε αναλυτικά τη λειτουργία του πιο κάτω κυκλώματος.

γ) Να αναφέρετε τον πρακτικό ρόλο που παίζουν στο σύστημα το εξάρτημα Δ και τα εξαρτήματα Η και Ζ.



Άσκηση 8

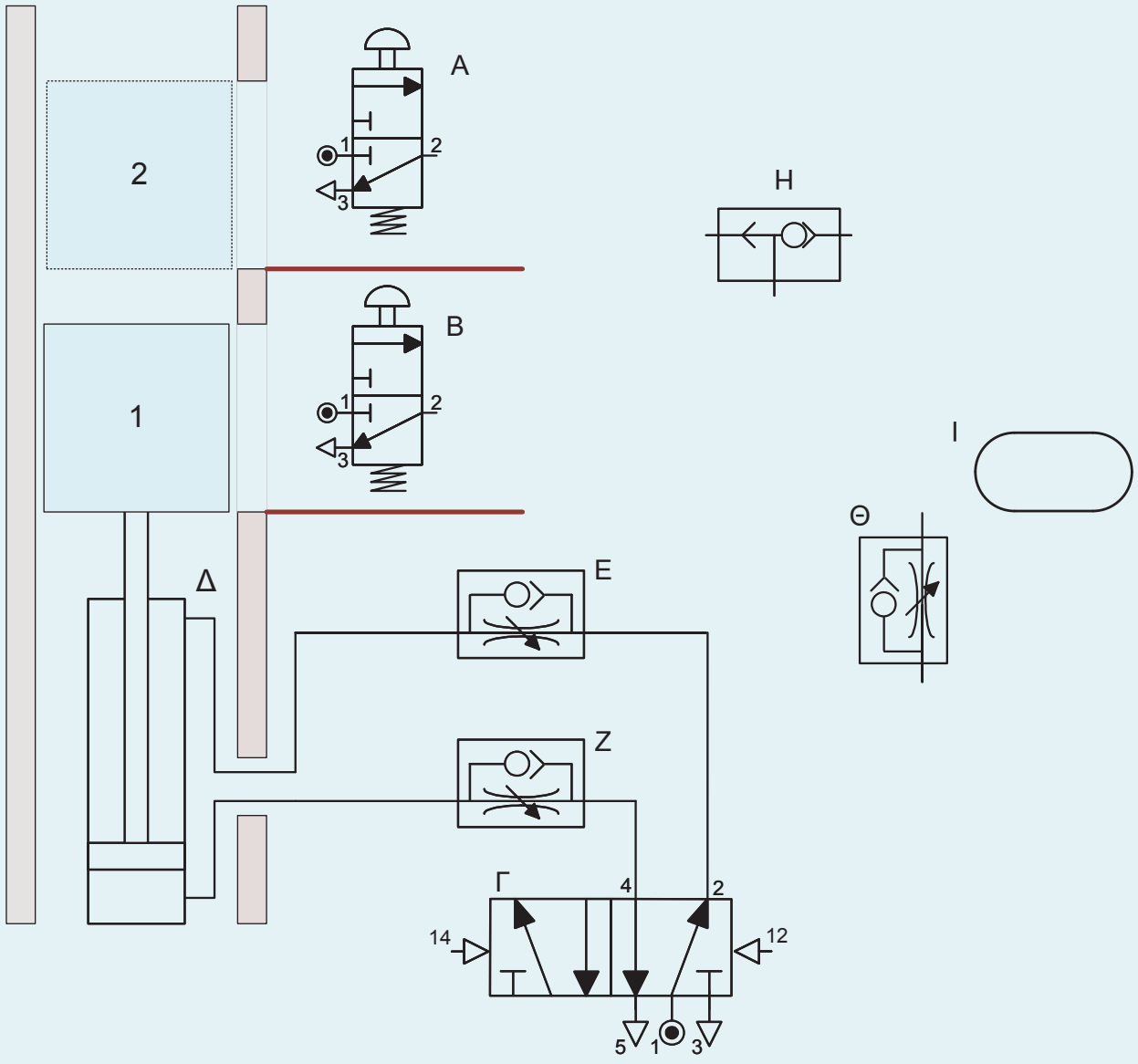
Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται το μοντέλο ενός ανελκυστήρα, ο οποίος λειτουργεί με πιεσμένο αέρα. Ο ανελκυστήρας θα χρησιμοποιηθεί για να ανεβάζει αντικείμενα από τη θέση 1 στη θέση 2.

Ο ανελκυστήρας ανεβαίνει από τη θέση 1 στη θέση 2, όταν ενεργοποιηθεί από κάποιο άτομο η βαλβίδα Α. Επιστρέφει στη θέση 1 από τη θέση 2 που βρισκόταν, είτε αν κάποιος άνθρωπος ενεργοποιήσει τη βαλβίδα Β, είτε αυτόματα από μόνος του όταν περάσει ορισμένος χρόνος και δεν ενεργοποιηθεί η βαλβίδα Β.

α) Να ονομάσετε το εξάρτημα Η.

β) Χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα που φαίνονται στο πιο κάτω σχήμα, σωληνώσεις αέρα και συνδετήρες, να συμπληρώσετε το πιο κάτω κύκλωμα, ώστε να λειτουργεί όπως περιγράφεται πιο πάνω.

γ) Να περιγράψετε σε συντομία τη λειτουργία του πιο κάτω πνευματικού κυκλώματος.



Άσκηση 9

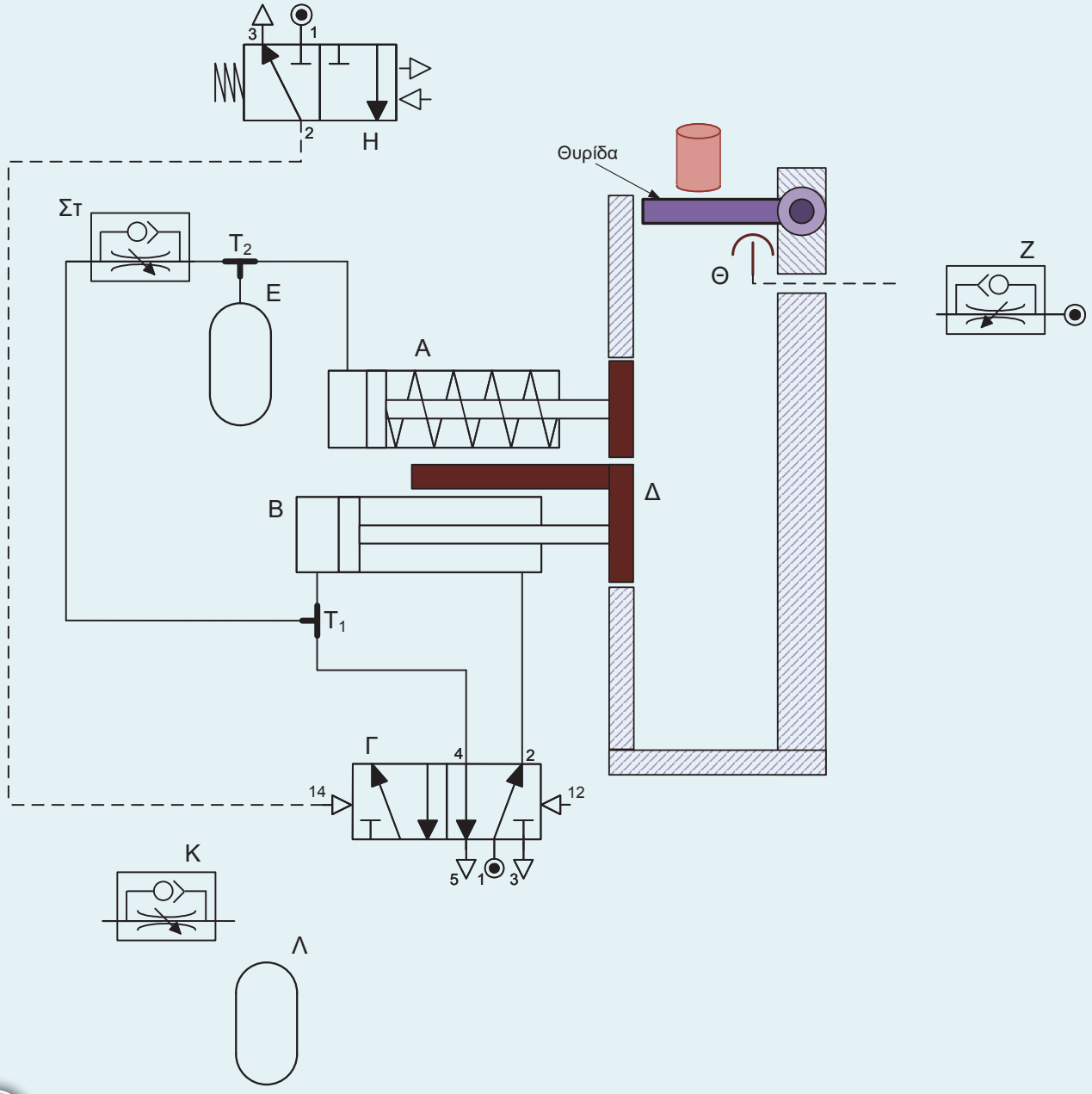
Το πιο κάτω ημιτελές πνευματικό κύκλωμα χρησιμοποιείται σε μία συσκευή συμπίεσης άδειων κουτιών, με σκοπό τη μείωση του όγκου τους, πριν πάνε για ανακύκλωση. Όταν κάποιος ανοίξει τη θυρίδα, σπρώχνοντάς την με την άδεια συσκευασία, ενεργοποιούνται τα έμβολα των κυλίνδρων Α και Β ως εξής:

Πρώτα κινείται θετικά το έμβολο του κυλίνδρου Β, μαζί με τη βάση Δ, για να συγκρατήσει το άδειο κουτί. Μετά από μικρή χρονική καθυστέρηση κινείται θετικά και το έμβολο του κυλίνδρου Α για να συμπιέσει το άδειο κουτί. Ακολούθως, τα έμβολα και των δύο κυλίνδρων επιστρέφουν στην αρνητική θέση μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση. Έτσι, το συμπιεσμένο κουτί αφήνεται να πέσει ελεύθερα προς τα κάτω.

α) Χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα που δίδονται στο σχήμα μόνο μία φορά, σωληνώσεις, καθώς και συνδετήρες Τ, να συμπληρώσετε το πνευματικό κύκλωμα, έτσι ώστε να λειτουργεί όπως περιγράφεται πιο πάνω.

β) Να ονομάσετε τη μέθοδο ενεργοποίησης (έναρξης) αυτού του πνευματικού κυκλώματος. Να αναφέρετε ένα μειονέκτημα που παρουσιάζει.

γ) Να ονομάσετε τη συνδεσμολογία των κυλίνδρων Α και Β.

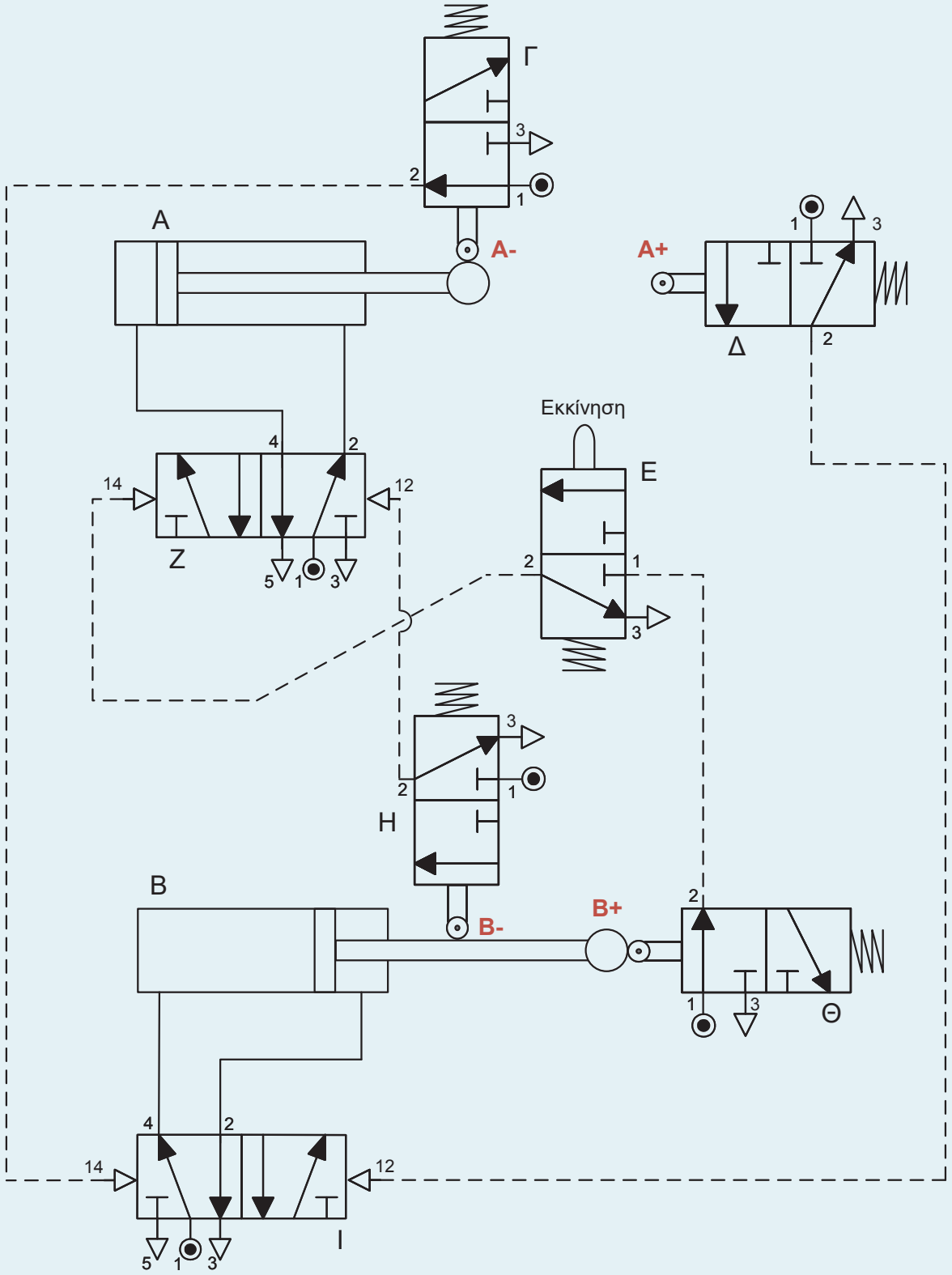


Άσκηση 10

α) Να ονομάσετε τα πνευματικά εξαρτήματα Α έως Ι.

β) Να εξηγήσετε σε συντομία τη λειτουργία του πιο κάτω πνευματικού κυκλώματος.

γ) Να καταγράψετε την ακολουθία των κυλίνδρων.



Άσκηση 11

Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα της χρήσης των σωληνοειδών βαλβίδων έναντι των άλλων κλασικών βαλβίδων στα πνευματικά συστήματα.

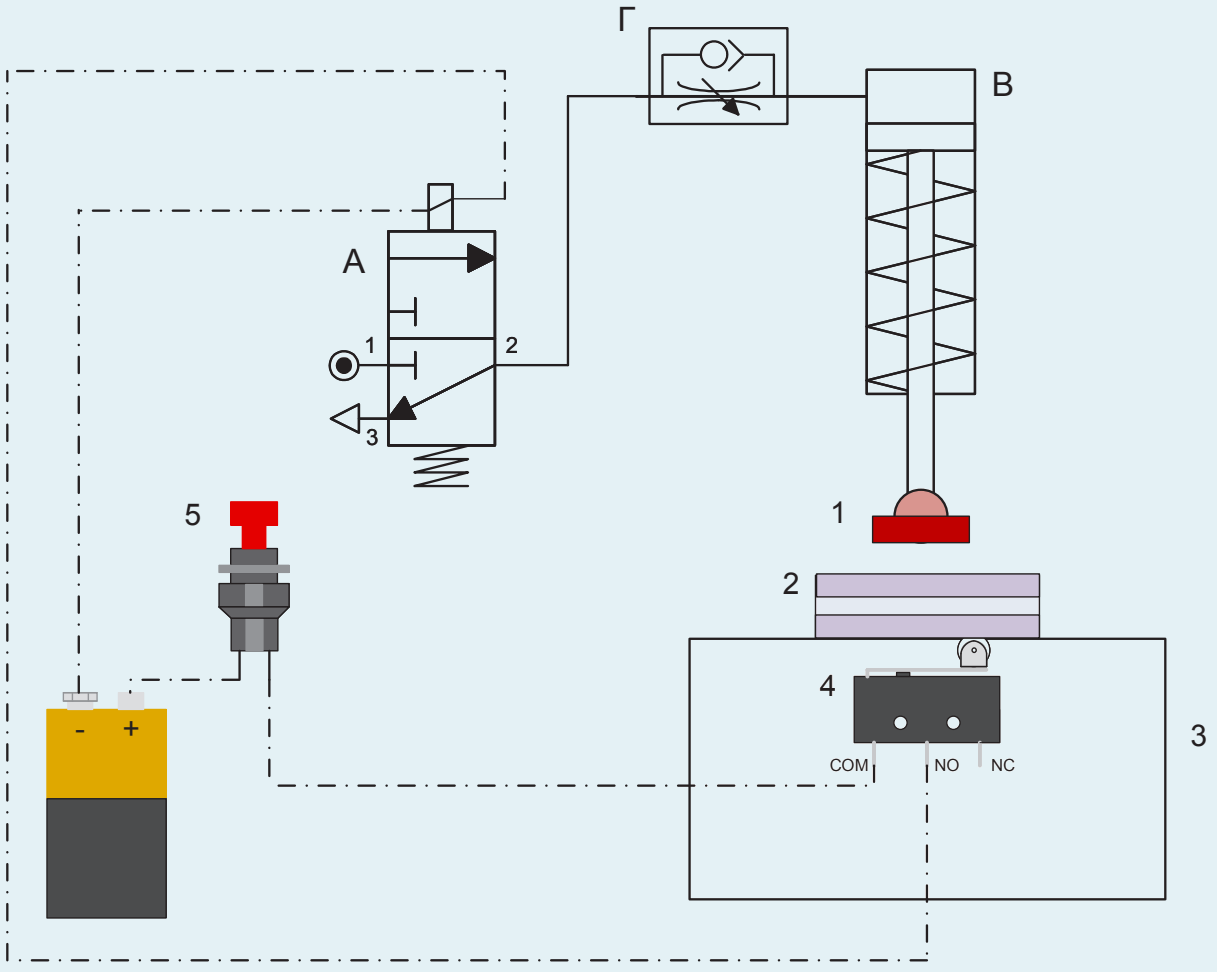
Άσκηση 12

Το πνευματικό κύκλωμα πιο κάτω χρησιμοποιείται για το σφράγισμα ταχυδρομικών δεμάτων με τη βοήθεια του σφραγιστικού μηχανισμού 1. Το δέμα 2 τοποθετείται στη βάση 3 και ανιχνεύεται από το εξάρτημα 4. Ο χειριστής ενεργοποιεί τον ωστικό διακόπτη 5, ο οποίος κρατιέται στη θέση λειτουργίας του μέχρι να γίνει το σφράγισμα.

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α, Β και Γ.

β) Να εξηγήσετε αναλυτικά τη λειτουργία του πιο κάτω κυκλώματος.

γ) Να εξηγήσετε ποιόν πρακτικό ρόλο παίζει στη λειτουργία της συσκευής σφραγίσματος το εξάρτημα Γ.



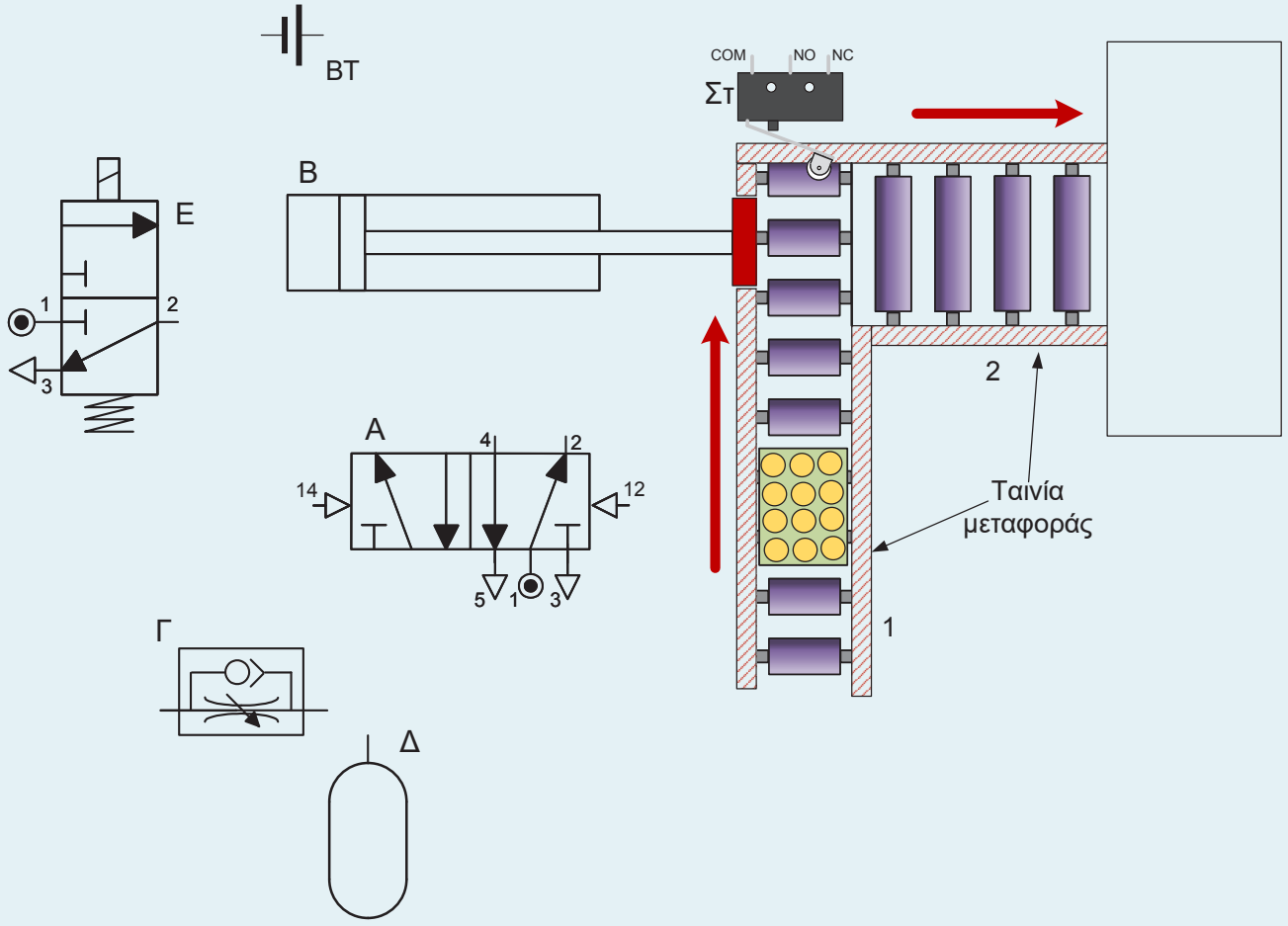
Άσκηση 13

Το πιο κάτω ημιτελές ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα σχεδιάστηκε για να δίνει λύση στο πιο κάτω πρόβλημα μίας βιομηχανίας συσκευασίας εσπεριδοειδών:

"Κασόνια γεμάτα από εσπεριδοειδή μετακινούνται πάνω σε μία ταινία μεταφοράς 1 στην κατεύθυνση που δείχνει το σχέδιο. Όταν το κασόνι φθάσει στο τέλος της ταινίας, ενεργοποιείται ο μικροδιακόπτης Στ, που δίνει με τη σειρά του ηλεκτρικό σήμα σε μία (ειδική) βαλβίδα Ε, ώστε το έμβολο του κυλίνδρου να κινηθεί θετικά και να σπρώξει το κασόνι προς την ταινία μεταφοράς 2, που μεταφέρει τα φρούτα στο φορτηγό φόρτωσης. Το έμβολο επιστρέφει αυτόματα στην αρχική του θέση μετά από κάποια προκαθορισμένη μικρή καθυστέρηση. Όταν εμφανιστεί άλλο κασόνι, θα επαναληφθεί η ίδια διαδικασία."

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α έως Ε.

β) Να συμπληρώσετε το πιο κάτω ημιτελές ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα, έτσι ώστε να λειτουργεί όπως περιγράφεται πιο πάνω.



Άσκηση 14

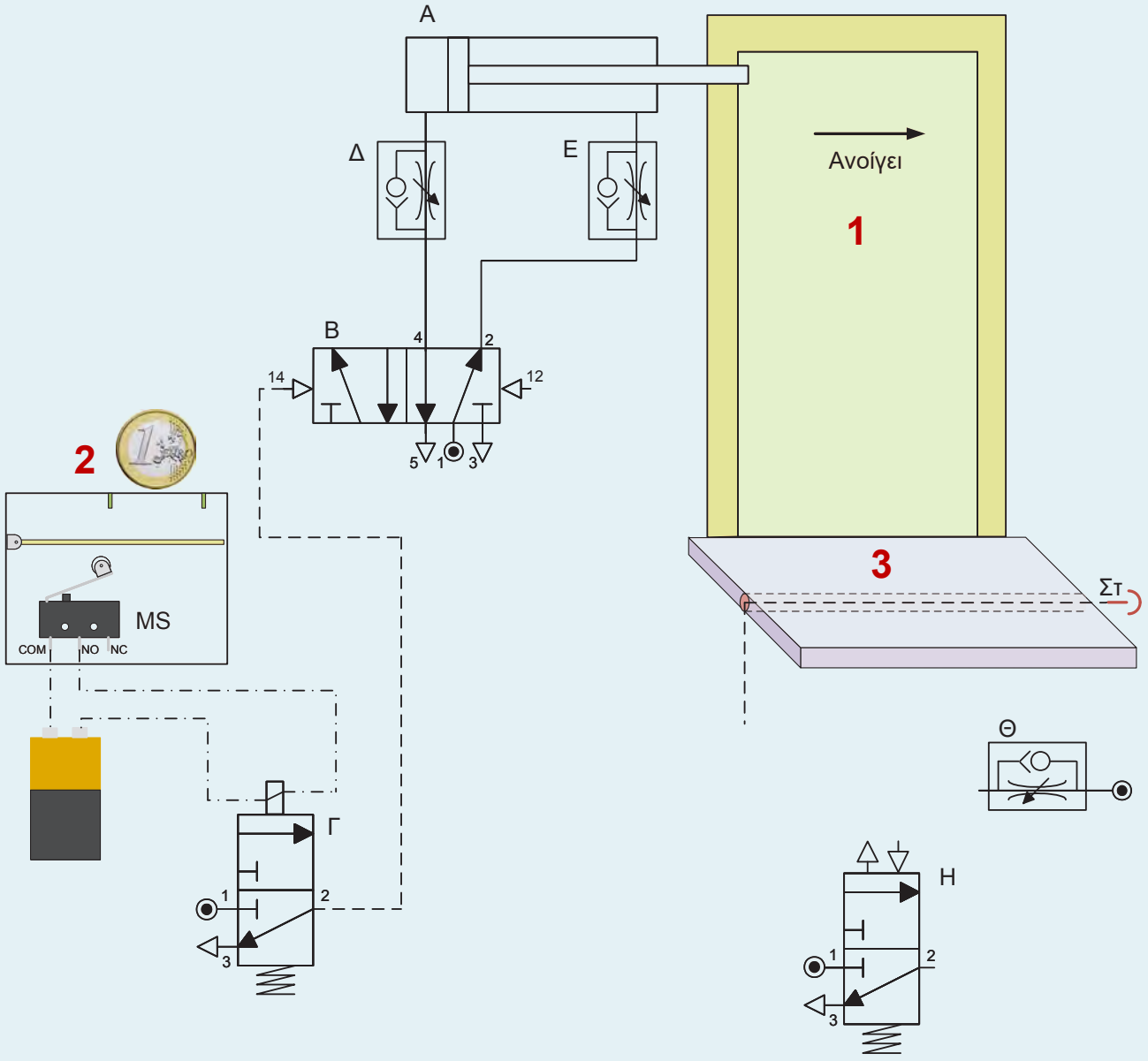
Μία πόρτα εισόδου 1 σε ένα μουσείο λειτουργεί με πνευματικό σύστημα και ανοίγει μόνο όταν ο επισκέπτης ρίξει στον κερματοδέκτη 2 ένα νόμισμα του ενός ευρώ. Η πόρτα κλείνει, όταν ο επισκέπτης περάσει μέσα στο μουσείο και πατήσει πάνω στο χαλί 3 (στο οποίο είναι ενσωματωμένα ένας εύκαμπτος σωλήνας, μέσω του οποίου περνά αέρας χαμηλής πίεσης, και το εξάρτημα ΣΤ).

α) Να ονομάσετε τα εξαρτήματα Α, Β, ΣΤ και Η.

β) Χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα ΣΤ, Η και Θ, έναν συνδετήρα τύπου «Τ», καθώς και σωλήνες παροχής αέρα, να συμπληρώσετε το πνευματικό κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί αυτόματα, όπως περιγράφεται πιο πάνω.

γ) Να εξηγήσετε σε συντομία τη λειτουργία του κυκλώματος.

δ) Να αναφέρετε τον πρακτικό ρόλο που έχουν στο κύκλωμα το εξάρτημα Δ και το εξάρτημα Ε.



Άσκηση 15

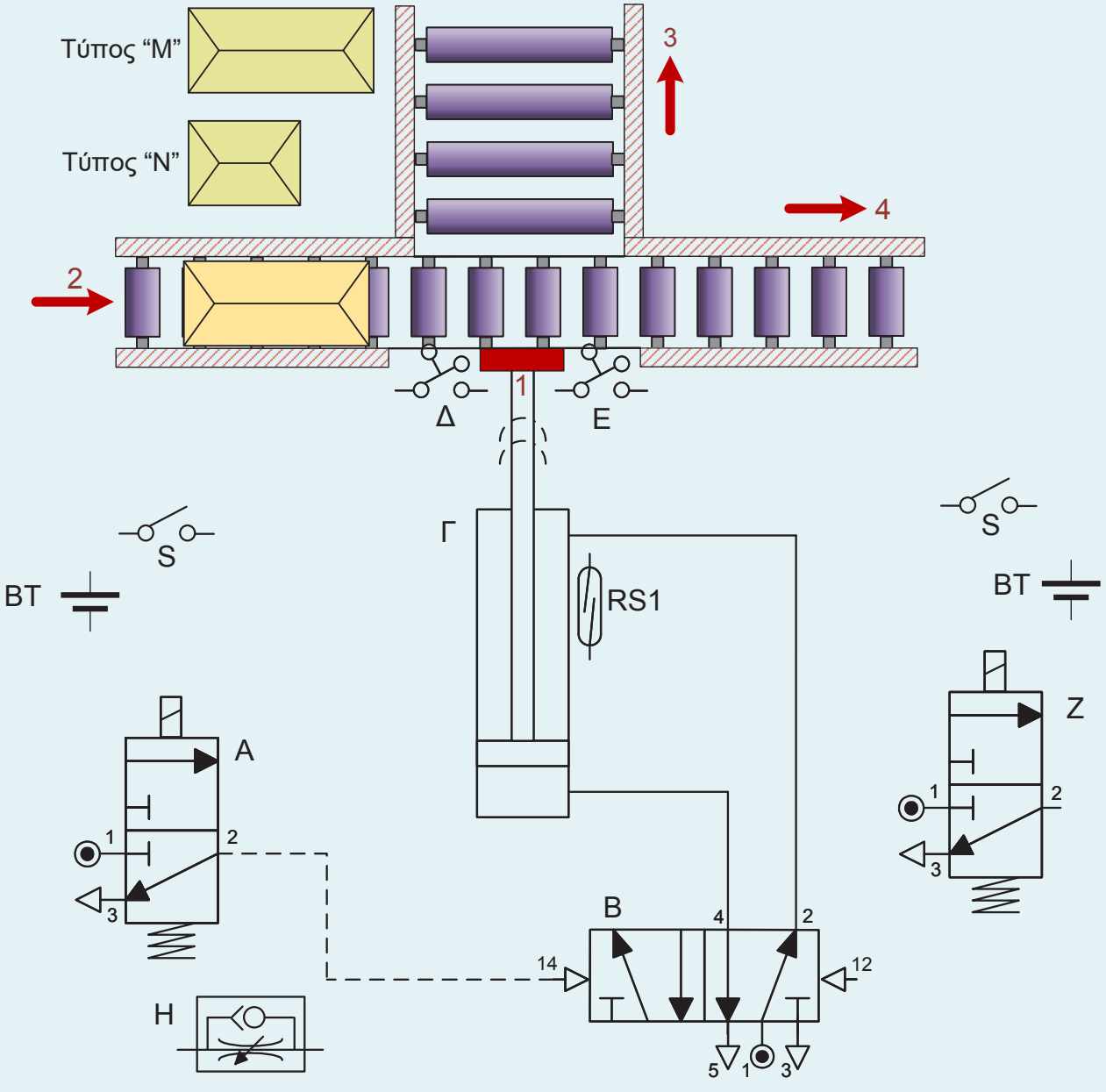
Σε μία βιομηχανία συσκευασίας προϊόντων χρησιμοποιούνται δύο είδη κιβωτίων. Ο τύπος Μ και ο τύπος Ν. Τα δύο κιβώτια έχουν το ίδιο πλάτος (και ύψος), αλλά διαφορετικό μήκος. Ένας εργάτης, αφού κλείσει τους ηλεκτρικούς διακόπτες S, τοποθετεί κατά μήκος του ιμάντα μεταφοράς στο σημείο 2 κιβώτια από τα δύο είδη. Αυτά οδηγούνται, στη συνέχεια, στο σημείο διαχωρισμού κιβωτίων, όπου ένα ηλεκτροπνευματικό σύστημα ξεχωρίζει αυτόματα τα κιβώτια τύπου Μ (κιβώτια με μεγάλο μήκος) και τα κατευθύνει με χαμηλή ταχύτητα προς το τμήμα 3, με τη βοήθεια του εμβόλου 1, ενώ τα κιβώτια τύπου Ν (κιβώτια με μικρό μήκος) τα αφήνει να συνεχίσουν τη διαδρομή τους πάνω στον ιμάντα προς το τμήμα 4. Η αρνητική κίνηση του εμβόλου εκτελείται με τη βοήθεια του εξαρτήματος RS1.

Πιο κάτω φαίνεται το σύστημα διαχωρισμού και το ημιτελές ηλεκτροπνευματικό κύκλωμα του συστήματος.

α) Να ονομάσετε το εξάρτημα RS1.

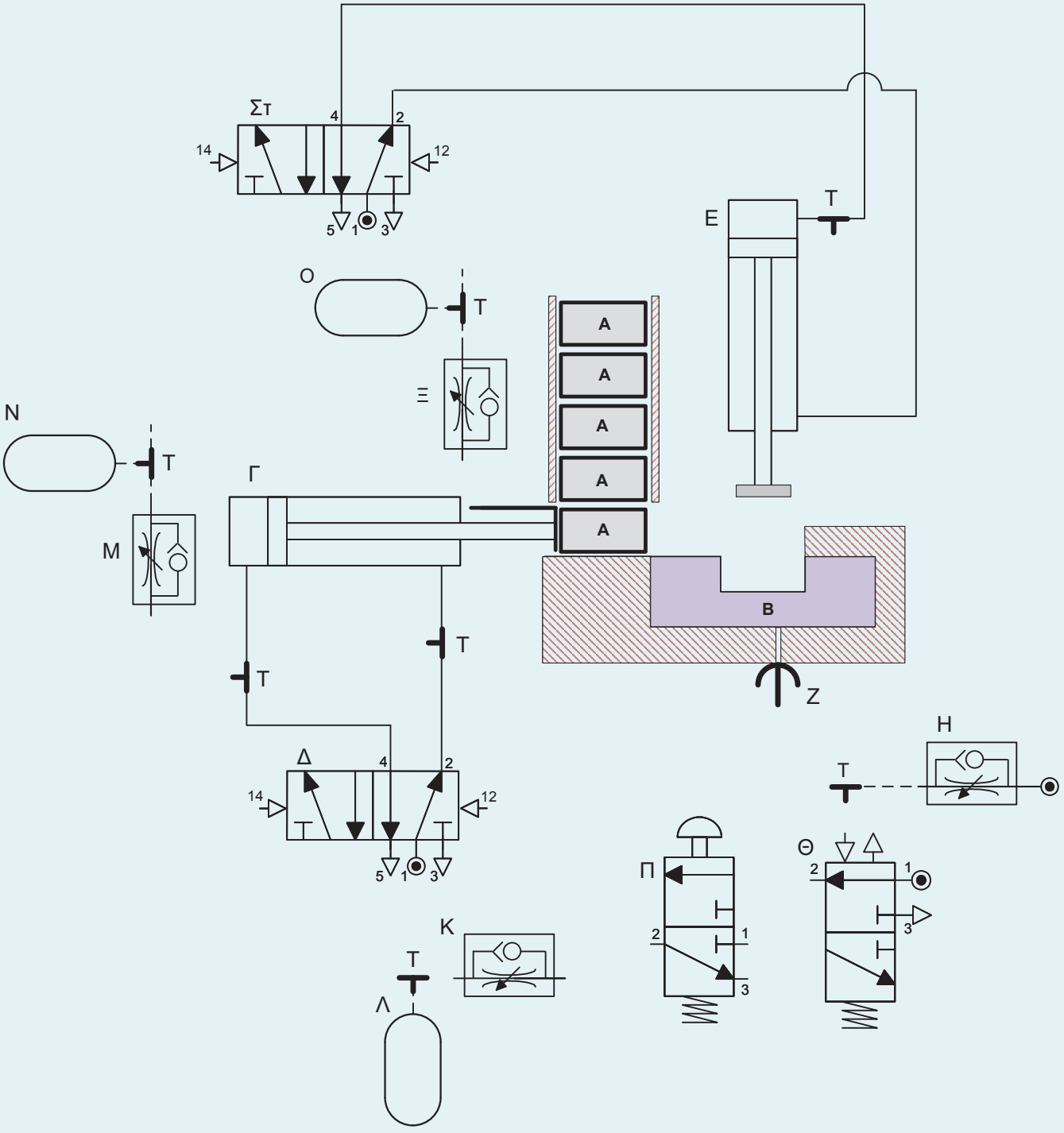
β) Να συμπληρώσετε το πιο κάτω κύκλωμα, έτσι ώστε να λειτουργεί όπως περιγράφεται πιο πάνω.

γ) Να εξηγήστε σε συντομία τη λειτουργία του κυκλώματος.



Άσκηση 16

Το ημιτελές πνευματικό κύκλωμα που παρουσιάζεται στο πιο κάτω σχήμα χρησιμοποιείται σε μία βιοτεχνία, για να συμπιέζει το αντικείμενο “Α” μέσα στο καλούπι “Β”.

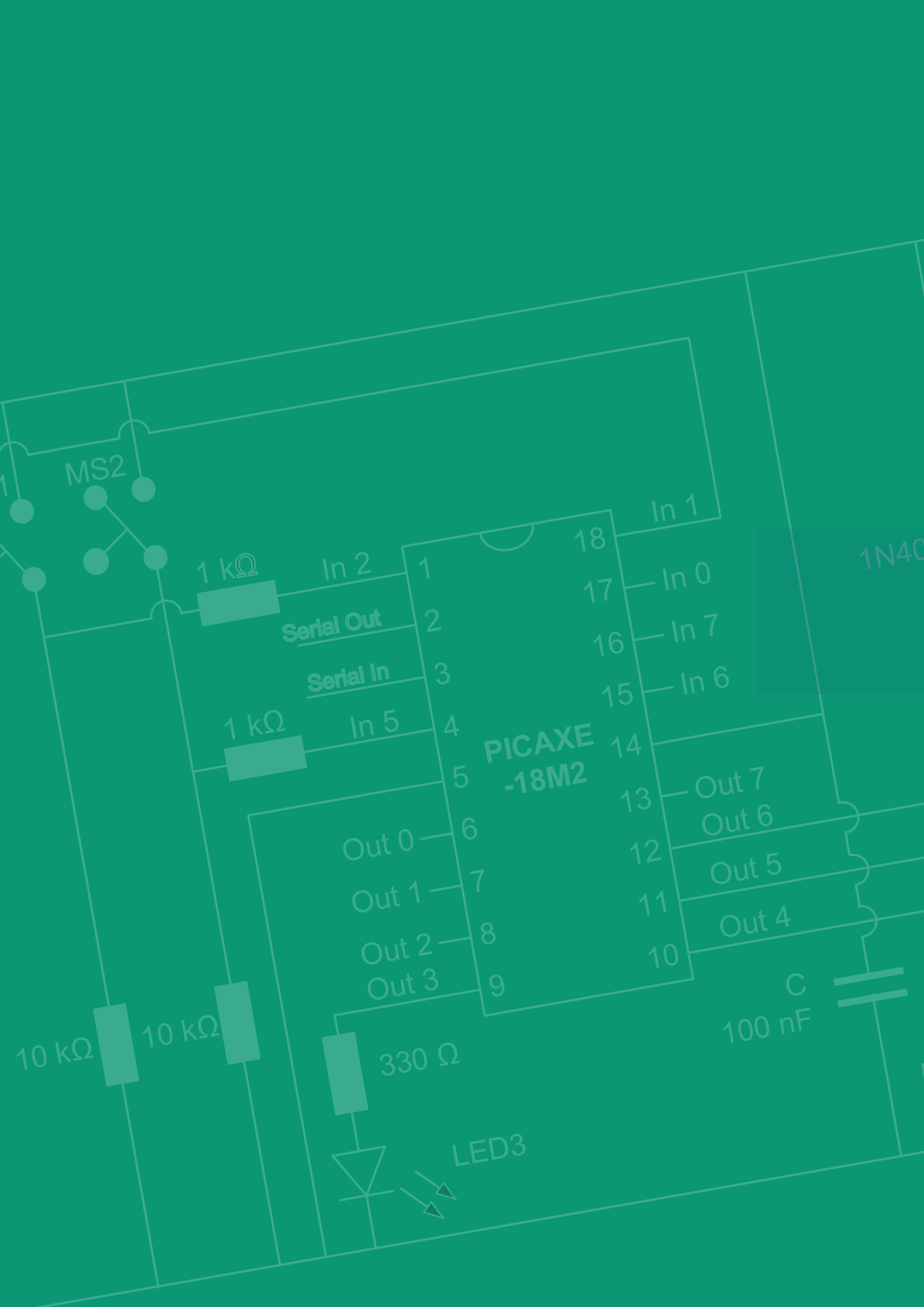


Η διαδικασία ξεκινά μόνο όταν ο χειριστής τοποθετήσει το καλούπι "Β" στην ειδική βάση -κάτι που πρέπει να ανιχνευθεί από το εξάρτημα Ζ- και ο χειριστής ενεργοποιήσει το εξάρτημα Π. Τότε το έμβολο του κυλίνδρου Γ εκτελεί θετική κίνηση και μεταφέρει το αντικείμενο "Α" στη σωστή θέση πάνω από το καλούπι "Β". Μετά από μικρή χρονική καθυστέρηση, το έμβολο του κυλίνδρου Ε εκτελεί θετική κίνηση και συμπιέζει το αντικείμενο "Α" μέσα στο καλούπι "Β". Στη συνέχεια, και πάλι μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση, το έμβολο του κυλίνδρου Γ εκτελεί αρνητική κίνηση. Τέλος, το έμβολο του κυλίνδρου Ε εκτελεί αρνητική κίνηση και πάλι μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση.

α) Χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα που δίδονται στο σχήμα μόνο μια φορά, να συμπληρώσετε το κύκλωμα, έτσι ώστε να λειτουργεί όπως περιγράφεται πιο πάνω.

β) Τα εξαρτήματα Θ, Η και Ζ αποτελούν βασικά εξαρτήματα μίας μεθόδου αυτοματισμού (ή ακολουθίας). Να ονομάσετε τη μέθοδο αυτή.

γ) Να εξηγήσετε σε συντομία πώς θα επηρεαστεί η λειτουργία του πιο πάνω κυκλώματος αν κάποια ακαθαρσία κλείσει το εξάρτημα Ζ. Να αναφέρετε ένα άλλο μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου.


MS2
1 kΩ
In 2
Serial Out
Serial In
1 kΩ
In 5
PICAXE
-18M2
In 1
In 0
In 7
In 6
Out 7
Out 6
Out 5
Out 4
Out 0
Out 1
Out 2
Out 3
10 kΩ
10 kΩ
330 Ω
LED3
C
100 nF
1N40

Ενότητα

5

Ηλεκτρονική Μνήμη και Μικροελεγκτές

5.1 Εισαγωγή

5.1.1 Γενικά

Η πολυπλοκότητα των κυκλωμάτων της ηλεκτρονικής, η σχετικά μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνει ένα κύκλωμα όταν χρησιμοποιεί ξεχωριστά εξαρτήματα και η ανάγκη για τη μείωση του κόστους κατασκευής σύνθετων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών κυκλωμάτων, ώθησε τους βιομηχανικούς σχεδιαστές και τις κατασκευάστριες εταιρείες στον σχεδιασμό και την κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν διάφορα δεδομένα, πληροφορίες ή ακόμη και σειρά προκαθορισμένων λειτουργιών.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας της μικροηλεκτρονικής επέτρεψε την κατασκευή ειδικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων αποθήκευσης δεδομένων και πληροφοριών, τα οποία καταλαμβάνουν λίγο χώρο, έχουν πολλές τεχνολογικές δυνατότητες, μπορούν να προγραμματίζονται και να επαναπρογραμματίζονται εύκολα και έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής. Τέτοια ολοκληρωμένα κυκλώματα συναντιούνται σήμερα σε πολλές προσωπικές και οικιακές συσκευές, όπως σε βιντεοκάμερες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, κάρτες μνήμης, συσκευές DVD, τηλεοράσεις, πλυντήρια, φούρνους μικροκυμάτων κ.λπ. (σχήμα 5/1).

Επίσης, οι σύγχρονες βιομηχανίες έχουν αντικαταστήσει τα παλιά ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά τους συστήματα με νέα μοντέρνα, τα οποία χρησιμοποιούν ειδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα αποθήκευσης δεδομένων και πληροφοριών. Τα νέα αυτά βιομηχανικά συστήματα ονομάζονται προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (programmable logic controllers ή PLC). Αυτά παρέχουν στις βιομηχανίες ευελιξία στη λειτουργία των μηχανημάτων, χαμηλό κόστος παραγωγής και καλύτερο έλεγχο, ενώ συμβάλλουν στην καλύτερη αξιοποίηση των χώρων και στη φθηνότερη συντήρηση και επαναπρογραμματισμό των μηχανημάτων.

Η μεγάλη ανάπτυξη και διάδοση των ηλεκτρονικών υπολογιστών επέδρασε, επίσης, θετικά στην τεχνολογία της κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων αποθήκευσης πληροφοριών, μιας και αυτά είναι απαραίτητα εξαρτήματα για τη λειτουργία, τόσο των τεχνολογικών μερών (hardware) όσο και του λογισμικού (software). Για παράδειγμα οι πληροφορίες (BIOS) του κατασκευαστή του Η.Υ. είναι αποθηκευμένες σε ένα ειδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα ROM (ή EPROM), ενώ η προσωρινή αποθήκευση των στοιχείων κατά τη ροή των υπολογισμών και των δεδομένων, όταν χρησιμοποιείται ο Η.Υ., γίνεται με τη βοήθεια άλλων ειδικών μικροτσίπ, που αποτελούν τη λεγόμενη μνήμη RAM.

Σχ. 5/1 Συσκευές που χρησιμοποιούν ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης

5.1.2 Ηλεκτρονική μνήμη

Η ηλεκτρονική μνήμη κατασκευάζεται από ημιαγωγούς (Si, Ge) σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και χρησιμοποιείται πάρα πολύ στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σε ηλεκτρονικές συσκευές και κατασκευές στον βιομηχανικό τομέα.

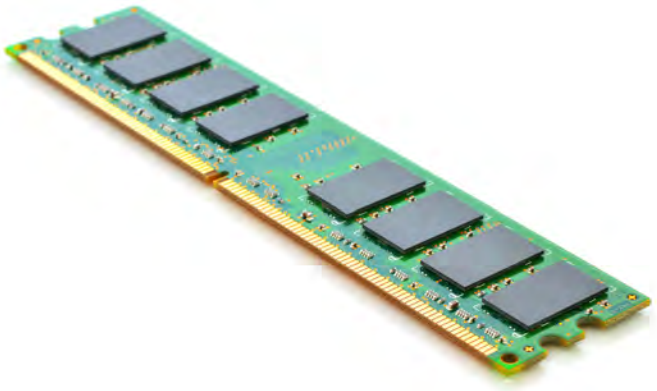
Η ηλεκτρονική μνήμη έχει εκτοπίσει τα τελευταία χρόνια τη μαγνητική μνήμη, η οποία χαρακτηρίζεται από τον μεγάλο της όγκο και την ανάγκη χρήσης ισχυρών ρευμάτων για τη μαγνήτιση και απομαγνήτισή της.

Γενικά, η μνήμη χρησιμοποιείται στην αποθήκευση δεδομένων και εντολών και έχει συγκεκριμένο αριθμό θέσεων. Έτσι, λέγοντας ότι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μνήμης έχει χωρητικότητα 4 kB RAM σημαίνει ότι σε αυτό μπορούμε να εγγράψουμε πληροφορίες ίσες με 4 X 1024 Bytes = 4096 Bytes (διότι 1 kByte ισούται με 1024 Bytes). Ο όρος Byte ονομάζεται στη γλώσσα των υπολογιστών word (ψηφιολέξη) και αποτελείται από οκτώ δυαδικά ψηφία (bits), π.χ. 01100111. Κάθε bit είναι η λογική κατάσταση ενός στοιχείου δεδομένων, που ως γνωστό μπορεί να πάρει την τιμή 0 ή 1. Έτσι, τα 4 kB μνήμης αποθηκεύουν 4096 ψηφιολέξεις ή 4096 X 8 = 32768 bits.

Τα είδη της ηλεκτρονικής μνήμης είναι τα πιο κάτω:

- Μνήμη τυχαίας προσπέλασης RAM (random access memory)
- Μνήμη ανάγνωσης μόνο ROM (read only memory)
- Προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο ανάγνωσης PROM (programmable Rom)
- Επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη EPROM (erasable Prom)
- Ηλεκτρικά διαγραφόμενη επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη EEPROM (electrical erasable Prom)

Μνήμη τυχαίας προσπέλασης RAM (random access memory): μνήμη της οποίας το περιεχόμενο μπορούμε να εγγράψουμε και να διαβάσουμε. Ονομάζεται, επίσης, μνήμη read & write. Υπάρχουν δύο είδη, η στατική και η δυναμική. Η στατική RAM είναι κατασκευασμένη από φλιπ-φλοπ*, ενώ η δυναμική χρησιμοποιεί πυκνωτές για την αποθήκευση των πληροφοριών της. Το είδος της μνήμης αυτής χρειάζεται να τροφοδοτείται συνέχεια με ηλεκτρικό ρεύμα, για να μην χάσει τις πληροφορίες της. Η μνήμη RAM χρησιμοποιείται, ως γνωστό πάρα πολύ στους Η.Υ. για την προσωρινή μεταφορά των στοιχείων κατά τη διάρκεια της χρήσης διαφόρων προγραμμάτων. Στο σχήμα 5/2 φαίνεται μία σειρά από οκτώ μικροτσίπ τύπου RAM, που χρησιμοποιούνται στους Η.Υ.



Σχ. 5/2 Οκτώ μικροτσίπ δυναμικής μνήμης τύπου RAM

Μνήμη μόνο ανάγνωσης ROM (read only memory): μνήμη της οποίας το περιεχόμενο μπορούμε μόνο να διαβάσουμε. Συνήθως σε αυτή εγγράφονται από τους κατασκευαστές σημαντικά χαρακτηριστικά, όπως, για παράδειγμα, το BIOS (Basic Input Output System) ενός Η.Υ. Το περιεχόμενο δεν σβήνεται, όταν αφαιρεθεί η τροφοδοσία του ηλεκτρικού ρεύματος. Κατασκευάζεται με διόδους ή τρανζίστορ.

Προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο ανάγνωσης PROM (programmable Rom): Θεωρείται ότι είναι μία κενή ROM. Σε αυτή μπορούμε να αποθηκεύσουμε, με τη βοήθεια ειδικής συσκευής (προγραμματιστής-programmer), μόνο μία φορά κάποιο περιεχόμενο, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να διαβαστεί.

**Τα φλιπ-φλοπ (flip-flop) είναι δισταθείς πολυδονητές και αποτελούν συνήθως, το βασικό «δομικό υλικό » για την κατασκευή της ηλεκτρονικής μνήμης. Θεωρούνται ως ένα από τα κύρια ψηφιακά κυκλώματα.*

Επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη EPROM (erasable Prom): Στη μνήμη αυτή το περιεχόμενο μπορεί να γραφτεί με τον προγραμματιστή (σχήμα 5/4), να σβήσει και να επαναγραφεί. Το σβήσιμο γίνεται με υπεριώδη ακτινοβολία που παρέχεται από ειδική συσκευή (eprom eraser).

Για τον λόγο αυτό, τα ολοκληρωμένα αυτά κυκλώματα έχουν ένα «παραθυράκι» στην άνω επιφάνειά τους, που επιτρέπει στις υπεριώδεις ακτίνες να περάσουν μέσα από αυτό και να διαγράψουν τις υφιστάμενες πληροφορίες.

Σχ. 5/3 Μικροτσίπ μνήμης τύπου EPROM

Σχ. 5/4 Προγραμματιστής μικροτσίπ μνήμης τύπου EPROM

Ηλεκτρικά διαγραφόμενη επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη EEPROM (electrically erasable Prom): Στη μνήμη αυτή τα δεδομένα μπορούν, μέσω ειδικής συσκευής, να γραφούν, να διαγραφούν και να επανεγγραφούν.

Ένα βελτιωμένο είδος της μνήμης EEPROM είναι η λεγόμενη flash memory, που έχει πολύ μεγάλες εφαρμογές στα φορητά ηλεκτρονικά συστήματα, όπως είναι οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, οι φορητές συσκευές ήχου (MP3 players), τα συστήματα φορητών υπολογιστών και τα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς (3G) (σχήμα 5/5).

Η σημαντική διαφορά της μνήμης EEPROM από τη flash έγκειται στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η διαγραφή της μνήμης. Για την πρώτη, η διαγραφή των δεδομένων γίνεται ανά byte, ενώ στη δεύτερη ανά πακέτο (block) με kbytes.

Σχ. 5/5 Μικροτσίπ μνήμης τύπου flash memory και συσκευές που χρησιμοποιούν αυτό το είδος μνήμης

5.1.3 Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές PLC

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, στις σύγχρονες βιομηχανίες χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα οι λεγόμενοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές PLC (σχήμα 5/6). Αυτοί αποτελούνται από ειδικά προγραμματιζόμενα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC), εφαρμοσμένα σε ειδικές θήκες. Μπορούν να προγραμματιστούν και να επαναπρογραμματιστούν εύκολα, για να επιτελέσουν μία καθορισμένη λειτουργία μέσα στη βιομηχανία. Ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει είτε με διακόπτες που υπάρχουν πάνω στον ίδιο τον PLC, είτε με ειδική συσκευή προγραμματισμού (σχήμα 5/6), είτε ακόμη με τη βοήθεια Η.Υ. και ειδικού λογισμικού (software). Για παράδειγμα, ένας PLC μπορεί να προγραμματιστεί να ελέγχει μία αντλία που στέλνει κάποιο υγρό σε ένα δοχείο. Η λειτουργία της αντλίας είναι προκαθορισμένη και βασίζεται στα διάφορα σήματα που λαμβάνει ο PLC από διάφορους αισθητήρες και ανιχνευτές, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε αυτόν και σχετίζονται με ορισμένους σημαντικούς παράγοντες

λειτουργίας (π.χ. αν το υγρό έχει πάρει μία συγκεκριμένη θερμοκρασία, αν το δοχείο γέμισε, αν η πίεση στις σωληνώσεις είναι υψηλή, αν έχει περάσει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κ.ο.κ.). Αν σε κάποια στιγμή χρειαστεί να αλλάξει, για παράδειγμα, η σειρά λειτουργίας ή κάποιες από τις παραμέτρους στο σύστημα της αντλίας, αυτό μπορεί να γίνει εύκολα και απλά με την επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC.

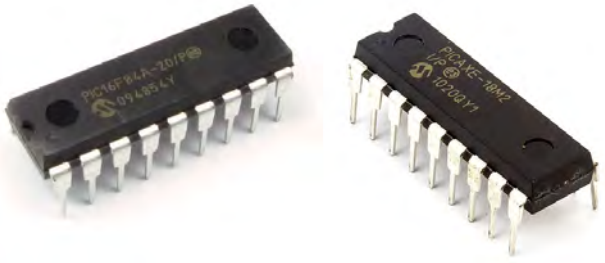
Η εισαγωγή των PLC έχει προσφέρει, τα τελευταία χρόνια, πολλά πλεονεκτήματα στη βιομηχανική τεχνολογία. Τα πιο βασικά είναι τα ακόλουθα:

- Ευελιξία και καλύτερος έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος, διότι με τη χρήση λογισμικών (softwares) μπορεί εύκολα να βελτιωθεί ή να αλλάξει το πρόγραμμα.
- Εξοικονόμηση χώρου, γιατί επέτρεψε τη συρρίκνωση των τεράστιων πινάκων ελέγχου (control panels) που χρησιμοποιούνταν στις βιομηχανίες, αντικαθιστώντας πολλά από τα εξαρτήματα που περιείχαν αυτοί με έναν ή περισσότερους PLC.
- Εξοικονόμηση κόστους στην κατασκευή και συντήρηση των πινάκων ελέγχου λόγω μείωσης των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται.

Σχ. 5/6 PLC - Προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (πάνω) και συσκευές προγραμματισμού (κάτω)

5.1.4 Μικροελεγκτές (microcontrollers) / Μικροελεγκτές PICAXE

Οι μικροελεγκτές (σχήμα 5/7) είναι μικρά ολοκληρωμένα κυκλώματα που εκτελούν σύνθετες εργασίες, γιατί έχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν αρκετές από τις βασικές λειτουργίες άλλων ειδικών μικροτσίπ σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Περιέχουν, συνήθως, τη δική τους μνήμη RAM και EPROM (ή EEPROM) και αριθμό εισόδων και εξόδων, στις οποίες μπορούν να συνδεθούν διάφορα ηλεκτρονικά εξαρτήματα (αισθητήρες, βομβητές, λαμπτήρες κ.ά.).



Σχ. 5/7 Ολοκληρωμένα κυκλώματα μικροελεγκτή: PIC16F84A (αριστερά) και PICAXE-18M2 (δεξιά)

Οι μικροελεγκτές **PICAXE** είναι ουσιαστικά συνηθισμένοι μικροελεγκτές, στους οποίους οι κατασκευαστές έχουν ήδη φορτώσει τον **κώδικα PICAXE** bootstrap (Revolution Education, 2010). Οι κώδικες PICAXE bootstrap είναι ρουτίνες (προγράμματα), οι οποίες φορτώνονται από πριν στους μικροελεγκτές, καθιστώντας τους έτσι ικανούς να προγραμματίζονται πάνω στην ίδια την κατασκευή, μέσω μίας απλής σύνδεσης τριών ακροδεκτών. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η χρήση συσκευών προγραμματισμού. Επιπλέον, οι κώδικες αυτοί περιλαμβάνουν προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους μικροελεγκτές (όπως η δημιουργία της χρονικής καθυστέρησης ή η παραγωγή ενός ήχου), έτσι ώστε να μειώνεται ο όγκος των πληροφοριών και ο χρόνος που απαιτείται όταν φορτώνεται ένα πρόγραμμα (Revolution Education, 2010).

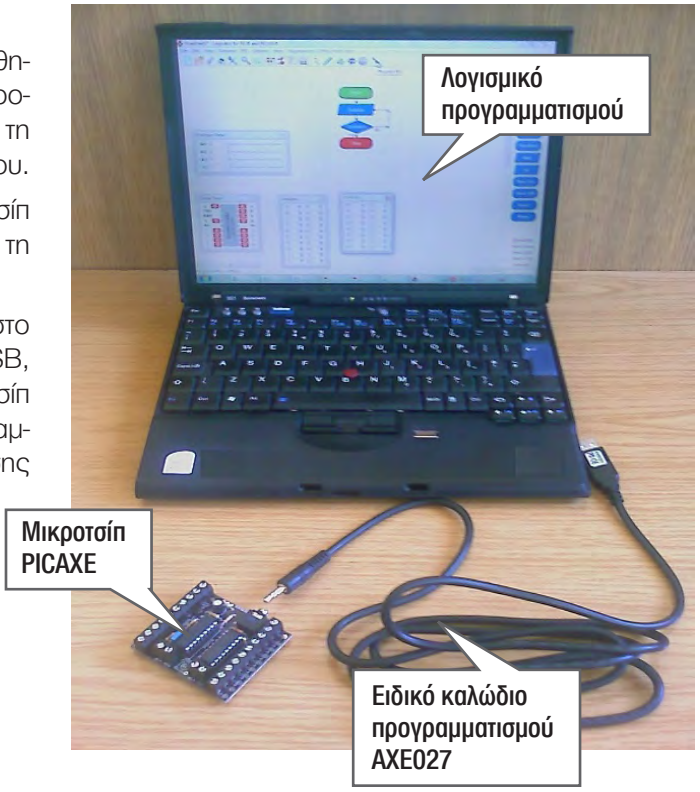
5.2 Οι μικροελεγκτές στο μάθημα του Σχεδιασμού και Τεχνολογίας

5.2.1 Γενικά

Στο μάθημα του Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, οι μαθητές χρησιμοποιούν ολοκληρωμένα κυκλώματα μικροελεγκτών PICAXE, τα οποία προγραμματίζουν με τη βοήθεια ενός λογισμικού και ενός ειδικού καλωδίου.

Στη συνέχεια, τα προγραμματισμένα πλέον μικροτσίπ χρησιμοποιούνται στις κατασκευές των μαθητών για τη λύση απλών τεχνολογικών προβλημάτων.

Το ειδικό καλώδιο προγραμματισμού που φαίνεται στο σχήμα 5/8 συνδέει τον Η.Υ., μέσω μίας θύρας USB, με την κατασκευή. Ο προγραμματισμός του μικροτσίπ επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του λογισμικού προγραμματισμού, σε συνδυασμό με το πρόγραμμα οδήγησης (driver) του καλωδίου.

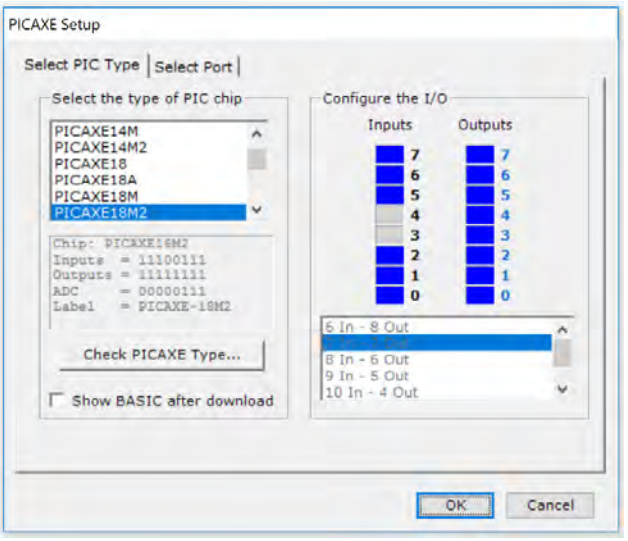


Σχ. 5/8 Συνδεσμολογία προγραμματισμού

Στον διπλανό πίνακα φαίνονται διάφοροι μικροελεγκτές που υποστηρίζονται από το λογισμικό προγραμματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη λύση διαφόρων προβλημάτων.

Ο πίνακας εμφανίζεται, όταν από το μενού του λογισμικού επιλέξουμε <Options/Select PIC Type>.

Τα προηγούμενα χρόνια χρησιμοποιούσαμε στο μάθημα τους μικροελεγκτές PIC16F628 και PIC16F84A. Τώρα, χρησιμοποιούμε, κυρίως, τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2.



Σχ. 5/9 Επιλογή μικροελεγκτή μέσω του λογισμικού

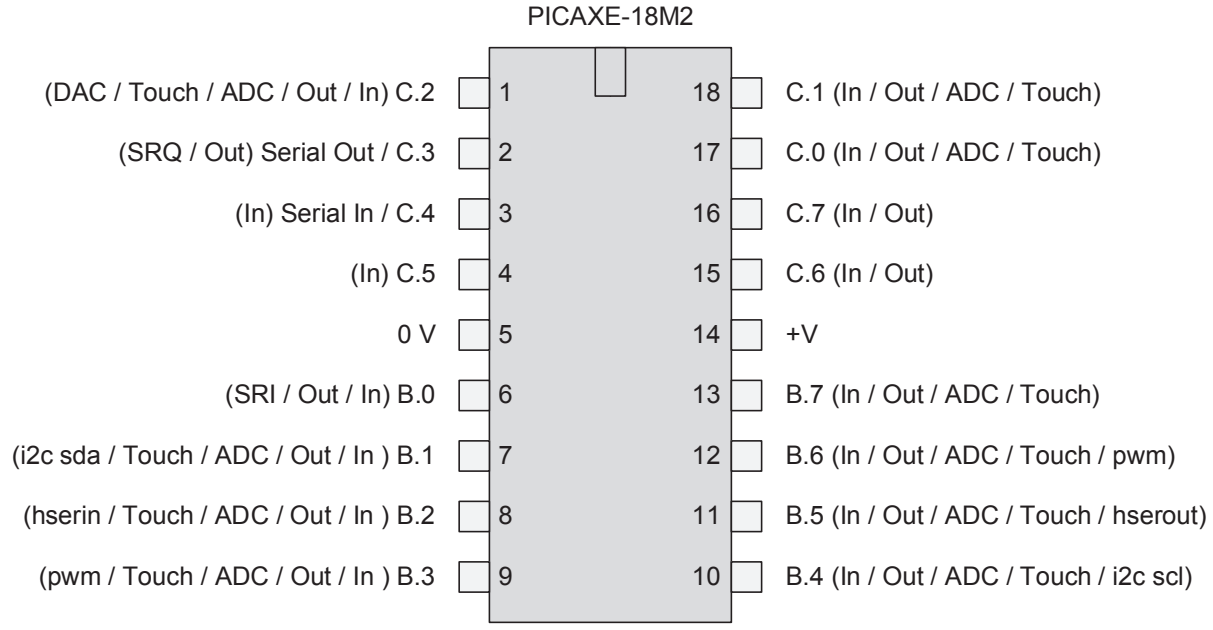
Ο μικροελεγκτής PICAXE-18M2 πλεονεκτεί έναντι των μικροελεγκτών που χρησιμοποιούσαμε παλαιοτέρα στο μάθημα (PIC16F628 και PIC16F84A), γιατί ανήκει στη νέα γενιά μικροελεγκτών PICAXE, οι οποίοι περιέχουν ήδη τον κώδικα "bootstrap" και κατά συνέπεια:

- είναι γρηγορότεροι στον προγραμματισμό και στη λειτουργία τους,
- έχουν πολύ χαμηλό κόστος, γιατί κατασκευαστικά είναι ίδιοι και η λειτουργία τους αλλάζει αναλόγως του κώδικα με τον οποίο έχουν προγραμματιστεί,
- είναι διαμορφώσιμοι – επιτρέπουν δηλαδή στον χρήστη να αλλάξει τη λειτουργία των ακροδεκτών τους (π.χ. ο ακροδέκτης 1 μπορεί να λειτουργήσει ως είσοδος, αλλά και ως έξοδος),
- προγραμματίζονται με πιο απλές εντολές,
- δεν απαιτούν συσκευές προγραμματισμού, οι οποίες έχουν κάποιο κόστος,
- περιέχουν προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούν όταν χρειάζεται και, επομένως, μειώνεται ο όγκος των πληροφοριών, όταν ο χρήστης φορτώνει το πρόγραμμά του.

(Revolution Education, 2010).

5.2.2 Ο μικροελεγκτής PICAXE-18M2

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο μάθημα χρησιμοποιούμε, κυρίως, τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2. Η διάταξη των ακροδεκτών του μικροελεγκτή είναι:



Σχ. 5/10 Διάταξη ακροδεκτών του μικροελεγκτή PICAXE-18M2.

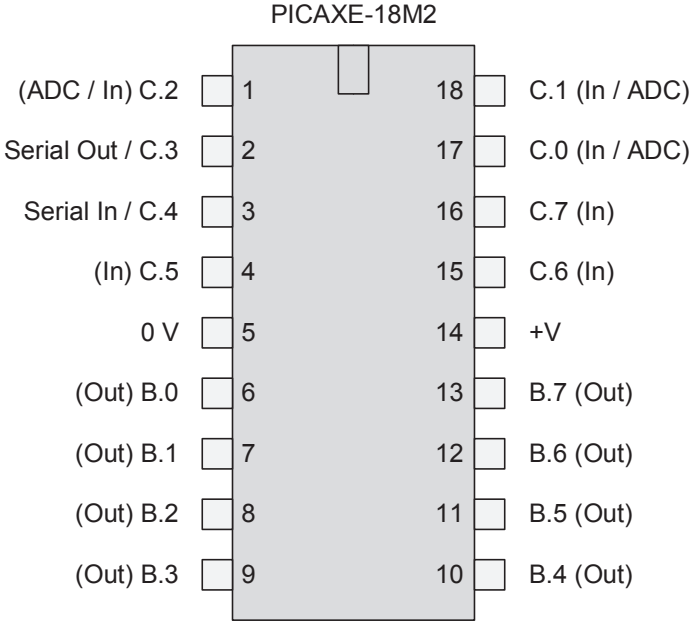
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 είναι:

1. Η μνήμη είναι τύπου CMOS* (enhanced flash).
2. Τα κυκλώματα εισόδου/εξόδου είναι τύπου FET** και είναι TTL*** συμβατά.
3. Περιέχει μικροεπεξεργαστή (CPU)**** .
4. Περιέχει μνήμη δεδομένων 256 bytes RAM και 256 bytes EEPROM.

** CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductors: Ειδικά τρανζίστορ με τα οποία κατασκευάζονται τα μικροτσίπ του τύπου αυτού.*
*** FET: Field-effect transistor: Τρανζίστορ το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρικό πεδίο, για να ελέγχει την αγωγιμότητα σε ένα ημιαγωγό υλικό.*
**** TTL: Transistor–transistor logic: ψηφιακά κυκλώματα φτιαγμένα από διπολικά τρανζίστορ και αντιστάτες.*
***** CPU: Central Processing Unit (Κεντρική μονάδα επεξεργασίας)*

5. Περιέχει μνήμη προγραμματισμού flash memory 2048 bytes.
6. Μπορεί να εκτελέσει 4 εργασίες/προγράμματα ταυτόχρονα (Multitasking).
7. Μπορεί να τροφοδοτηθεί από πηγή 1,8 - 5,5 V.
8. Διαθέτει 18 ακροδέκτες, εκ των οποίων οι 16 μπορούν να διαμορφωθούν ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Ο κάθε ακροδέκτης (εκτός από τον 5 και 14) μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορες ιδιότητες (σχήμα 5/10). Αυτές είναι: In-ψηφιακή είσοδος, Out-έξοδος, ADC-μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, DAC-αναλογική είσοδος, Touch-είσοδος αισθητήρα αφής, Serial Out/in-καλώδιο προγραμματισμού, Hserin/out-πληροφορίες από/προς άλλο μικροελεγκτή, i2c-αναλογική είσοδος υψηλής ανάλυσης/ακρίβειας, pwm-παραγωγή ψευδοαναλογικής εξόδου κ.λπ. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο εγχειρίδιο (datasheet) του μικροελεγκτή.

Πιο κάτω φαίνεται η διαμόρφωση εισόδων/εξόδων, η οποία χρησιμοποιείται και για τους σκοπούς του μαθήματός μας:



Σχ. 5/11 Διάταξη ακροδεκτών του μικροελεγκτή PICAXE-18M2, όπως χρησιμοποιείται στο μάθημα.

- 3 ψηφιακές είσοδοι (digital inputs: μπορούν να πάρουν τιμές 1 ή 0).
- 3 είσοδοι οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αναλογικές είσοδοι (analogue inputs: μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή από ένα συγκεκριμένο πεδίο τιμών) είτε ως ψηφιακές.
- 8 έξοδοι

Η ονομασία και η λειτουργία των ακροδεκτών έχει ως ακολούθως:

Τροφοδοσία (0 V, +V)	Ακροδέκτης 14 (Θετικό πηγής) Ακροδέκτης 5 (Αρνητικό πηγής)
Επαναφορά (reset) μικροτσίπ	Δεν υπάρχει
Ψηφιακές είσοδοι (In)	Ακροδέκτες 4 ,15, 16
Αναλογικές (ADC) ή Ψηφιακές είσοδοι (In)	Ακροδέκτες 1, 17, 18
Έξοδοι (Out)	Ακροδέκτες 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 και 13

5.2.3 Σχεδιασμός κυκλώματος για τη λύση κάποιου προβλήματος με τη χρήση μικροελεγκτών

Η χρήση των μικροελεγκτών για τον σχεδιασμό ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μάς δίνει μεγάλη ευελιξία και απλοποίηση κατά τη διαδικασία αυτή, διότι ελαχιστοποιεί τον αριθμό των εξαρτημάτων που θα περιείχε το κύκλωμα, αν χρησιμοποιούσαμε τα παραδοσιακά ψηφιακά και αναλογικά εξαρτήματα (όπως λογικές πύλες, χρονομέτρες κ.λπ.).

Έτσι, με τη χρήση του κατάλληλου μικροελεγκτή και κάποιων εξαρτημάτων εισόδου (όπως φωτοαντιστάτες, διακόπτες κ.λπ.) και εξόδου (όπως βομβητών, λαμπτήρων κ.λπ.), μπορούμε να λύσουμε αρκετά πολύπλοκα τεχνολογικά προβλήματα, αρκεί να προγραμματίσουμε σωστά τον μικροελεγκτή.

Για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του κυκλώματος που θα δίνει λύση σε κάποιο πρόβλημα, είναι καλό να ακολουθήσουμε τη διαδικασία που φαίνεται στο σχήμα 5/12.

1. Λύση Προβλήματος

- Καθορισμός εξαρτημάτων εισόδου και εξόδου
- Καθορισμός λογικών καταστάσεων εισόδων

↓

2. Επιλογή μικροελεγκτή ανάλογα με τις ανάγκες της λύσης του προβλήματος

Ο μικροελεγκτής μπορεί να είναι (από αυτούς που υπάρχουν στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας):

- Ο **PICAXE-18M2** που παρέχει 3 ψηφιακές εισόδους, 3 αναλογικές/ψηφιακές εισόδους και 8 εξόδους.
- Ο **PIC16F628** που παρέχει 5 ψηφιακές εισόδους, 2 αναλογικές εισόδους και 8 εξόδους.
- Ο **PIC16F84A** που παρέχει 5 ψηφιακές εισόδους και 8 εξόδους (δεν παρέχει αναλογικές εισόδους).

↓

3. Ετοιμασία του προγράμματος λειτουργίας του κυκλώματος

- Με το λογισμικό προγραμματισμού ετοιμάζεται το πρόγραμμα που δίνει λύση στο πρόβλημα.
- Δοκιμάζεται το τελειωμένο πρόγραμμα στην οθόνη του Η.Υ.

↓

4. Επιλογή τυπικού κυκλώματος ή σχεδίαση και κατασκευή πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος PCB

- Επιλογή τυπικού κυκλώματος
  Στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας και στην αγορά υπάρχουν τυποποιημένα κυκλώματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τους μικροελεγκτές που διαθέτουμε στα εργαστήρια. Με τον κατάλληλο προγραμματισμό μπορούν να δώσουν λύση σε μεγάλο αριθμό τεχνολογικών προβλημάτων.
  (Η χρήση τυπικών κυκλωμάτων, κάποιες φορές, μπορεί να θέσει περιορισμούς ως προς την ευελιξία της λύσης, καθώς επίσης και ως προς το κόστος. Σε αυτή την περίπτωση καταφεύγουμε στη σχεδίαση πλακέτας)
- Σχεδίαση διάταξης πλακέτας στο χέρι ή στον Η.Υ. με τη χρήση ειδικού λογισμικού
- Κατασκευή – Μεταφορά της διάταξης της πλακέτας στη χάλκινη πλευρά της με φωτογράφιση ή στο χέρι με ανεξίτηλο μαρκαδόρο και φωτογράφιση.

↓

5. Προγραμματισμός του ολοκληρωμένου κυκλώματος του μικροελεγκτή

- Σύνδεση του Η.Υ. με την κατασκευή μέσω του ειδικού καλωδίου προγραμματισμού
- Τοποθέτηση του ολοκληρωμένου κυκλώματος στην κατασκευή (πλακέτα)
- Μεταφορά του προγράμματος από τον Η.Υ. στη μνήμη του μικροελεγκτή

  <PIC/Program PIC…>

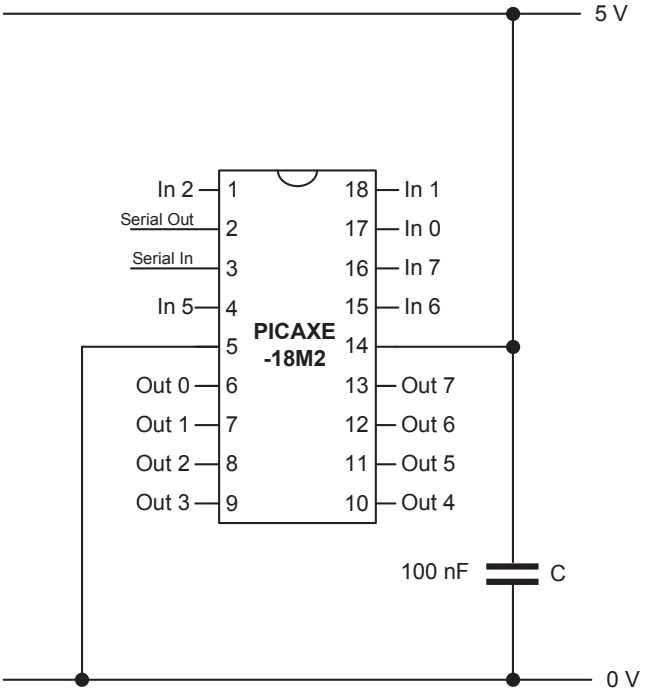
Σχ. 5/12 Διαδικασία σχεδίασης και επιλογής/κατασκευής κυκλώματος που χρησιμοποιεί μικροελεγκτή

5.2.4 Λύση προβλήματος – Είσοδοι και έξοδοι του μικροελεγκτή

5.2.4.1 Γενικά

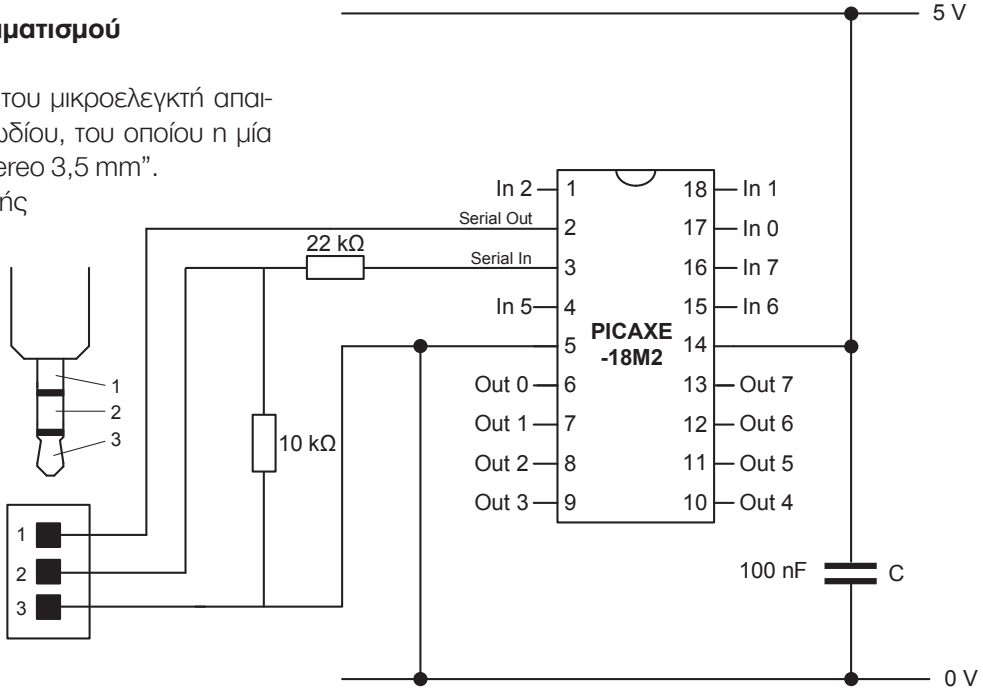
Έχει αναφερθεί προηγουμένως ότι για την έναρξη της διαδικασίας σχεδιασμού και κατασκευής του κυκλώματος και της πλακέτας που δίνουν λύση στο πρόβλημα είναι καλό, ως πρώτο στάδιο, να καθορίσουμε τις εισόδους και τις εξόδους του προβλήματός μας και πώς αυτές συνδέονται στον μικροελεγκτή. Προτού αναφερθούμε, όμως, στη συνδεσμολογία των εισόδων/εξόδων των μικροελεγκτών, θα αναφερθούμε στις γενικές τους συνδεσμολογίες, οι οποίες είναι: η συνδεσμολογία της τροφοδοσίας (+ V, 0 V) και η συνδεσμολογία προγραμματισμού (download circuit).

Συνδεσμολογία τροφοδοσίας (σχήμα 5/13):
Η πηγή τροφοδοσίας του μικροελεγκτή μπορεί να είναι από 2 V μέχρι 5,5 V. Συνήθως, χρησιμοποιείται η τάση των 4,5 V που μπορούμε να πάρουμε από τρεις μπαταρίες ΑΑ. Ωστόσο, η χρήση τεσσάρων μπαταριών ΑΑ είναι δυνατή όταν συνδεθούν σε σειρά με μία δίοδο 1N4001, η οποία, λόγω της πτώσης δυναμικού 0,7 V που θα επιφέρει, η τάση στον μικροελεγκτή θα είναι 5,3 V, τάση που είναι αποδεκτή (Revolution Education, 2010). Στον θετικό ακροδέκτη συνδέεται ένας πυκνωτής 100 nF για την απορρόφηση τυχόν σπινθηρισμών κατά τη λειτουργία του γενικού διακόπτη τροφοδοσίας.



Σχ. 5/13 Συνδεσμολογία τροφοδοσίας

Συνδεσμολογία προγραμματισμού
(σχήμα 5/14):
Κατά τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή απαιτείται η χρήση ειδικού καλωδίου, του οποίου η μία άκρη είναι βύσμα τύπου “stereo 3,5 mm”. Ταυτόχρονα, ο μικροελεγκτής πρέπει να είναι και συνδεδεμένος με τον θετικό και τον αρνητικό δίαυλο της πηγής (+ V, 0 V), διαφορετικά η μεταφορά των δεδομένων από τον Η.Υ. στον μικροελεγκτή δεν είναι δυνατή.



Σχ. 5/14 Συνδεσμολογία προγραμματισμού

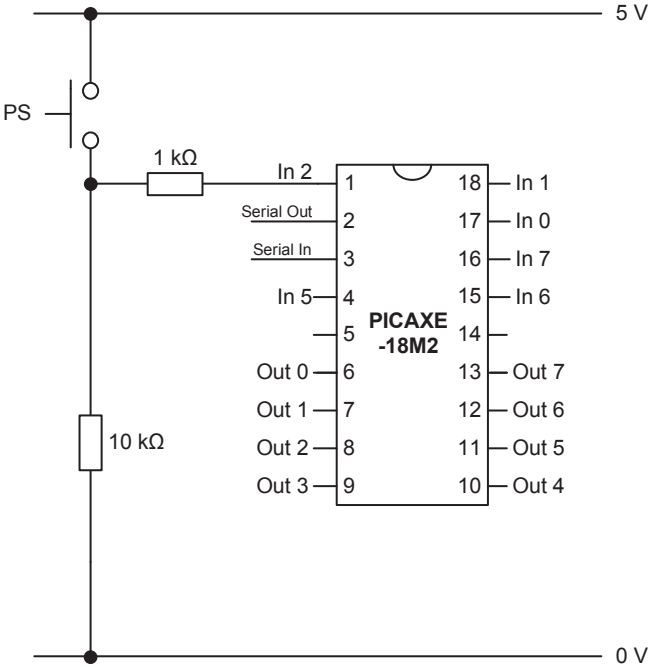
Ο μικροελεγκτής PICAXE–18M2 χρησιμοποιείται, στο πλαίσιο του μαθήματός μας, με την πιο κάτω διαμόρφωση εισόδων / εξόδων:

Αναλογικές ή/και Ψηφιακές είσοδοι	Analogue 0 / In 0	ακροδέκτης 17
	Analogue 1 / In 1	ακροδέκτης 18
	Analogue 2 / In 2	ακροδέκτης 1
Ψηφιακές είσοδοι	In 5	ακροδέκτης 4
	In 6	ακροδέκτης 15
	In 7	ακροδέκτης 16
Έξοδοι	Out 0	ακροδέκτης 6
	Out 1	ακροδέκτης 7
	Out 2	ακροδέκτης 8
	Out 3	ακροδέκτης 9
	Out 4	ακροδέκτης 10
	Out 5	ακροδέκτης 11
	Out 6	ακροδέκτης 12
	Out 7	ακροδέκτης 13

Σχ. 5/15 Πίνακας με την κύρια διαμόρφωση εισόδων και εξόδων του μικροελεγκτή PICAXE-18M2

5.2.4.2 Συνδεσμολογία εισόδων

Στις ***ψηφιακές* εισόδους** του μικροελεγκτή In0, In1, In2, In5, In6 και In7 μπορούν να συνδεθούν όλοι οι γνωστοί από τα προηγούμενα χρόνια *διακόπτες* (ωστικοί, μαγνητικοί, μεμβράνης, κλίσης, μικροδιακόπτες, μονοπολικοί* κ.λπ.), σε συνδυασμό με *αντιστάτες σταθερής τιμής*, οι οποίοι ανάλογα με τη θέση τους ως προς τον διαιρέτη τάσης θα δίνουν το λογικό 1 ή 0, όταν ενεργοποιηθούν.



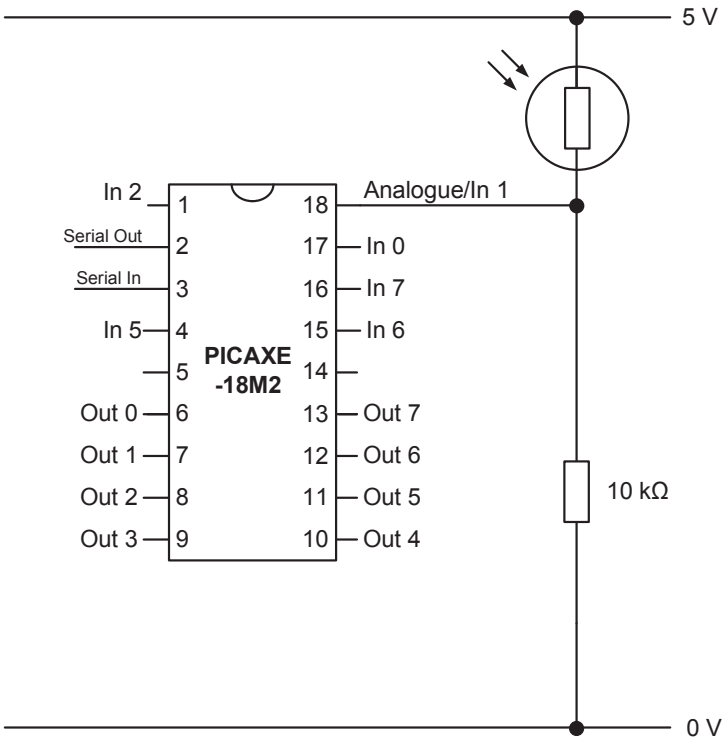
Σχ. 5/16 Τυπική σύνδεση ψηφιακής εισόδου

** Ο μαθητής πρέπει να ανατρέξει για λίγο στους συμβολισμούς και τη λειτουργία των ηλεκτρονικών/ηλεκτρικών εξαρτημάτων εισόδου, εξόδου και επεξεργασίας των προηγούμενων χρόνων. Στο Παράρτημα 4 υπάρχουν συμβολισμοί ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.*

Στο σχήμα 5/16 φαίνεται συνδεδεμένος στην είσοδο In2 (ακροδέκτης 1) του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 ένας ωστικός διακόπτης, ο οποίος όταν ενεργοποιηθεί, θα δώσει το λογικό 1 ως είσοδο στον μικροελεγκτή. Ο αντιστάτης των 10 kΩ επιτρέπει στην είσοδο να λαμβάνει το λογικό 0, όταν ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος, ενώ παράλληλα αποτρέπει τη δημιουργία βραχυκυκλώματος (σύνδεση θετικού και αρνητικού διαύλου) στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο διακόπτης ενεργοποιείται. Επίσης, ο αντιστάτης του 1 kΩ τοποθετείται για να προστατεύει την είσοδο του μικροελεγκτή από πιθανή υπέρταση.

Στις ***αναλογικές* εισόδους** του μικροελεγκτή Analogue In0, In1 και In2 μπορούν να συνδεθούν ως είσοδοι *μεταβλητοί αντιστάτες, καθώς επίσης* και όλοι οι γνωστοί από τα προηγούμενα χρόνια *αισθητήρες* (φωτός, θερμοκρασίας, υγρασίας κ.ά.), σε συνδυασμό με *σταθερούς ή ρυθμιζόμενους* αντιστάτες. Στο σχήμα 5/17 φαίνεται το παράδειγμα σύνδεσης ενός φωτοαντιστάτη με έναν σταθερό αντιστάτη 10 kΩ. Έτσι, ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες (στη συγκεκριμένη περίπτωση την ποσότητα φωτισμού που δέχεται ο φωτοαντιστάτης), ο αισθητήρας δίνει την ανάλογη τάση στην είσοδο του μικροελεγκτή. Για τη σωστή, όμως, λειτουργία του μικροελεγκτή, κατά τον προγραμματισμό του μικροτσίπ, πρέπει να καθοριστεί μέσω του λογισμικού ποιο είναι το επιθυμητό επίπεδο στην κλίμακα 0-255*, στο οποίο θα γίνει η εναλλαγή στη λειτουργία του κυκλώματος.

Έτσι, αν, π.χ., με την τιμή του αντιστάτη 10 kΩ και με φως 150 Lux** ο διαιρέτης τάσης δίνει μια τάση στην είσοδο του μικροελεγκτή που αντιστοιχεί σε τιμή 170 στην κλίμακα 0-255, αυτό σημαίνει ότι κατά τον προγραμματισμό ο αριθμός 170 θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να γίνεται η εναλλαγή στα 150 Lux.



Σχ. 5/17 Τυπική σύνδεση αναλογικής εισόδου μικροελεγκτή PICAXE-18M2

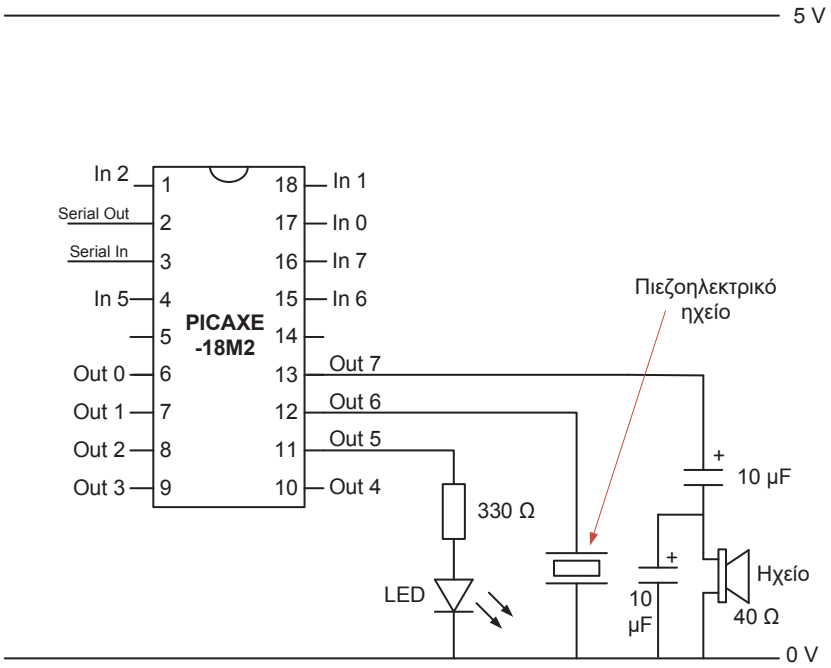
* *Για την εξεύρεση επακριβώς της τιμής που αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο φωτισμού ή θερμοκρασίας στην κλίμακα 0-255, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ειδική συσκευή ρύθμισης αναλογικών εισόδων του κατασκευαστή, η οποία υπάρχει στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας.*

** *Lux: Μονάδα μέτρησης της ποσότητας φωτισμού που πέφτει πάνω σε μια επιφάνεια.*

5.2.4.3 Συνδεσμολογία Εξόδων

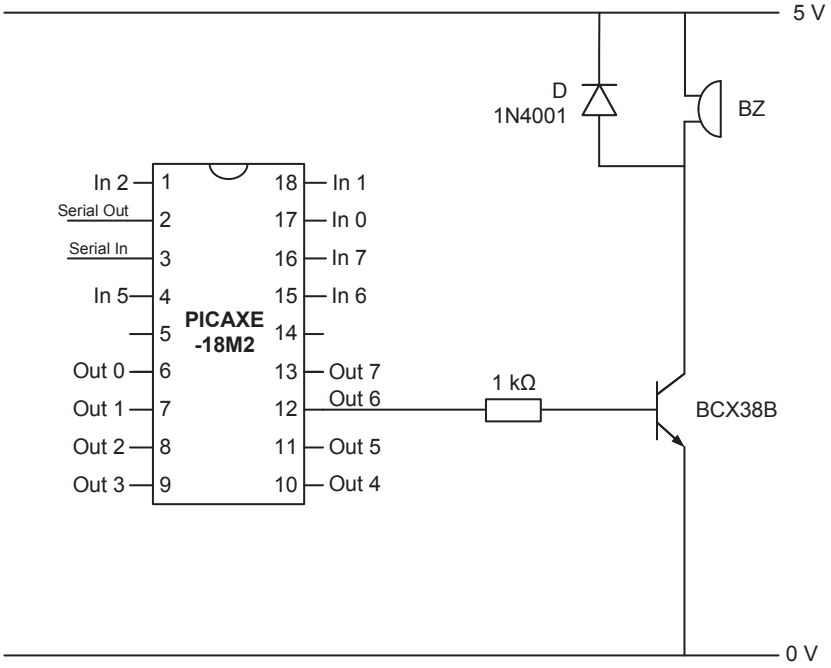
Στις ***εξόδους*** του μικροελεγκτή μπορούν να συνδεθούν *χωρίς ενίσχυση* δίοδοι φωτοεκπομπής, ηχεία και πιεζοηλεκτρικά ηχεία, ενώ μέσω ενίσχυσης (τρανζίστορ, ζεύγους Ντάρλινγκτον, ή ειδικού ολοκληρωμένου κυκλώματος ενίσχυσης) μπορούν να συνδεθούν εξαρτήματα εξόδου, όπως λαμπτήρες, βομβητές, κινητήρες, ηλεκτρονόμοι, σωληνοειδή πηνία, σωληνοειδείς ισονικές βαλβίδες κ.ά. (Revolution Education, 2010).

Στο σχήμα 5/18 φαίνονται συνδεδεμένα *χωρίς ενίσχυση* στις εξόδους Out5, 6 και 7 (ακροδέκτες 11, 12 και 13) του μικροελεγκτή, μία δίοδος φωτοεκπομπής, ένα πιεζοηλεκτρικό ηχείο και ένα ηχείο. Για τη σύνδεση της διόδου φωτοεκπομπής απαιτείται αντιστάτης 330 Ω, ενώ για το ηχείο των 40 Ω απαιτούνται δύο πυκνωτές 10 μF.



Σχ. 5/18 Τυπικές συνδέσεις εξαρτημάτων εξόδου που δεν χρειάζονται ενίσχυση (τρανζίστορ, ζεύγος Ντάρλιγκτον ή ολοκληρωμένο κύκλωμα ενίσχυσης).

Στο σχήμα 5/19 φαίνεται ένας βομβητής συνδεδεμένος *μέσω ενίσχυσης* Darlington BCX38B στην έξοδο Out6 (ακροδέκτης 12). Ο αντιστάτης προστασίας του τρανζίστορ στην περίπτωση αυτή έχει τιμή ίση με 1 kΩ. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα απλό τρανζίστορ BFY51 με αντιστάτη προστασίας διαφορετικής τιμής ή ακόμα ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ενίσχυσης, όπως είναι το ULN2803.



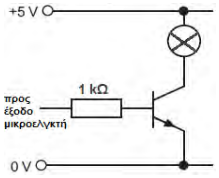
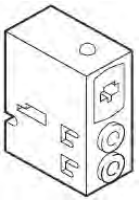
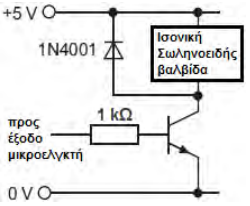
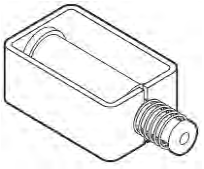
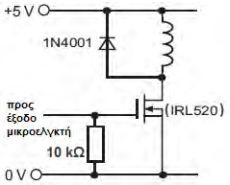
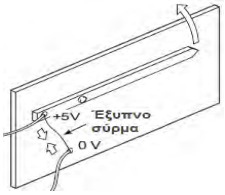
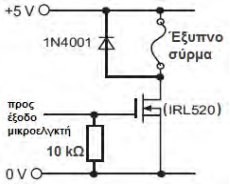
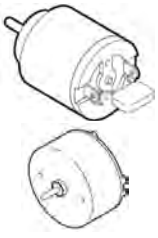
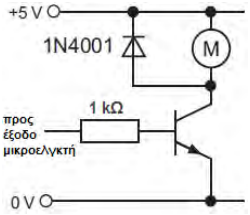
Σχ. 5/19 Τυπική σύνδεση του βομβητή στην έξοδο του μικροελεγκτή

** Ισονικές σωληνοειδείς βαλβίδες: Είναι ιδανικές για συστήματα με μπαταρίες, επειδή απορροφούν πολύ λιγότερο ρεύμα από τις κανονικές σωληνοειδείς βαλβίδες.*

Η δίοδος ανόρθωσης 1N4001, ως γνωστό, τοποθετείται στο κύκλωμα, για να προστατεύει το τρανζίστορ από επαγωγικά ρεύματα που δημιουργούνται εξαιτίας του πηνίου που υπάρχει μέσα στον βομβητή.

Στον πίνακα του σχήματος 5/20 παρουσιάζονται οι τρόποι σύνδεσης διαφόρων εξόδων, οι οποίες μπορούν να συνδεθούν στον μικροελεγκτή *μέσω ενίσχυσης*.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα του σχήματος 5/20, οι μικροκινητήρες που υπάρχουν στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας μπορούν να συνδεθούν στο μικροτσίπ διά μέσου ενός αντιστάτη προστασίας και ενός εξαρτήματος Ντάρλινγκτον, όπως ακριβώς συνδέονται και πολλά άλλα εξαρτήματα εξόδου. Ωστόσο, αυτός ο τρόπος σύνδεσης δεν επιτρέπει στους μικροκινητήρες την εκτέλεση "ΔΥΟ" κινήσεων (δεξιόστροφης ΚΑΙ αριστερόστροφης), επειδή δεν καθίσταται δυνατή η χρήση της εντολής MOTOR του προγράμματος. Δηλαδή, αυτός ο τρόπος σύνδεσης είναι κατάλληλος μόνο αν επιθυμούμε τη μία από τις δύο κινήσεις, π.χ. τη χρήση του μικροκινητήρα ως αντλίας νερού ή ως εξαεριστήρα, όπου ο μικροκινητήρας θα ενεργοποιείται με την εντολή OUTPUTS, κάνοντας χρήση **μίας μόνο** εξόδου του μικροελεγκτή και εκτελώντας **μία μόνο** κίνηση (δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη, αναλόγως της πολικότητας που έχουμε χρησιμοποιήσει).

Περιγραφή	Εμφάνιση / Μορφή	Τρόπος σύνδεσης
Λαμπτήρας		
Ισονική σωληνοειδής βαλβίδα (υγρών ή αέρος)		
Σωληνοειδές *(Σημ: απαιτεί χρήση FET 3 Τρανζίστορ IRL520)*		
Έξυπνο σύρμα *(Σημ: απαιτεί χρήση FET 3 Τρανζίστορ IRL520)*		
Ηλεκτρικοί κινητήρες	 Κανονικός κινητήρας Ηλιακός κινητήρας	

Σχ. 5/20 Τυπικός τρόπος σύνδεσης διαφόρων εξόδων μέσω ενίσχυσης στον μικροελεγκτή
Σημ: Για διαφορετικούς τύπους ενίσχυσης χρησιμοποιείται διαφορετική τιμή αντίστασης.

Αν όμως επιθυμούμε, για παράδειγμα να κατασκευάσουμε έναν ανελκυστήρα, ο οποίος, ως γνωστό, ανεβαίνει και κατεβαίνει, τότε απαιτείται η χρήση της εντολής MOTOR, η οποία επιτρέπει άμεσες εναλλαγές ανάμεσα σε δεξιόστροφη και αριστερόστροφη κίνηση του μικροκινητήρα (Για την εντολή MOTOR δεσμεύονται ταυτόχρονα **δύο διπλανές έξοδοι:** Out0 και Out1 ή Out2 και Out3 ή Out4 και Out5 ή Out6 και Out7).

Επιπλέον, σημειώνεται ότι για να είναι δυνατή η χρήση της εντολής MOTOR, πρέπει να ισχύει μία από τις πιο κάτω προϋποθέσεις:

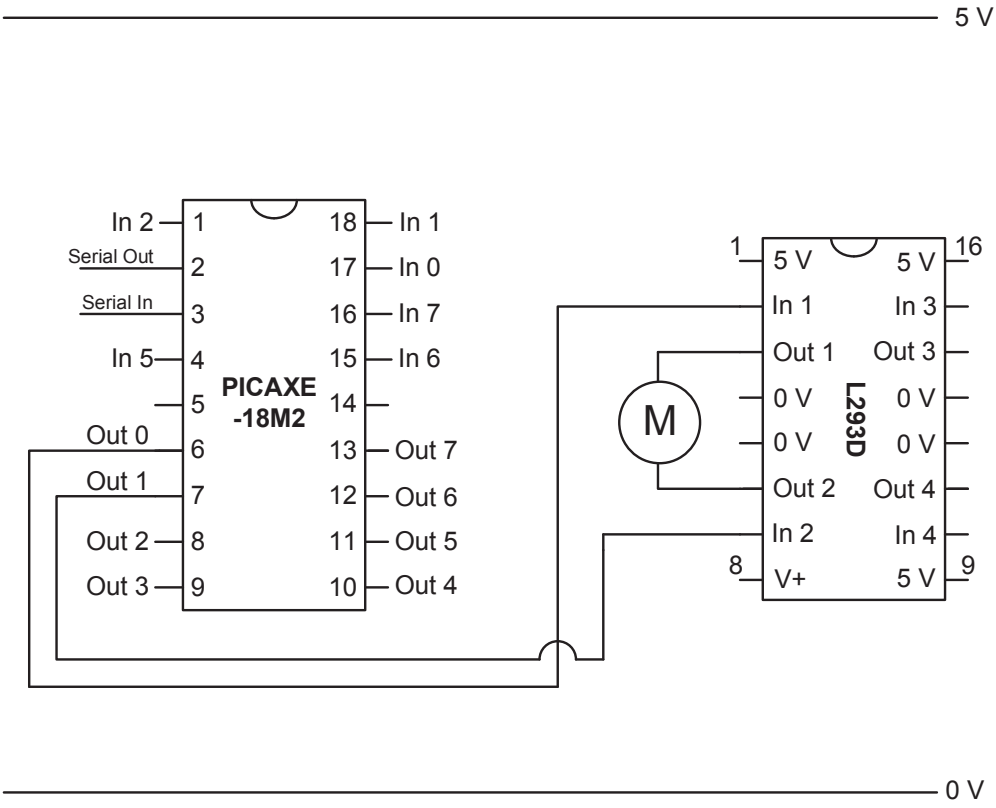
- χρήση ειδικού μικροκινητήρα χαμηλής αδράνειας και υψηλής αποδοτικότητας (σημ. αυτοί οι κινητήρες έχουν πάρα πολύ υψηλό κόστος (R.S. Electronics, 2012), το οποίο είναι συχνά απαγορευτικό για χρήση του σε εργασίες μαθητών) ή
- χρήση ειδικού ολοκληρωμένου κυκλώματος οδήγησης L293D για συνηθισμένους μικροκινητήρες.

Με το μικροτσίπ L293D* μπορούμε να οδηγήσουμε μέχρι και δύο μικροκινητήρες, επειδή διαθέτει μόνο τέσσερις εισόδους και τέσσερις εξόδους. Στο σχήμα 5/21 φαίνεται συνδεδεμένος στον μικροελεγκτή ένας μικροκινητήρας "M", μέσω του ολοκληρωμένου κυκλώματος L293D. Υπενθυμίζεται ότι για κάθε κινητήρα που θέλουμε να εκτελεί δεξιόστροφη και αριστερόστροφη κίνηση απαιτούνται:

- δύο διπλανές έξοδοι του μικροελεγκτή (π.χ. out0 & out1, ή out2 & out3 κ.ο.κ.)
- δύο διπλανές είσοδοι του ολοκληρωμένου κυκλώματος οδήγησης L293D (π.χ. In1 & In2, ή In3 & In4),

καθώς και

- δύο διπλανές έξοδοι του ολοκληρωμένου κυκλώματος οδήγησης L293D (π.χ. out1 & out2, ή out3 & out4).



Σχ. 5/21 Τυπική σύνδεση μικροκινητήρων στον μικροελεγκτή με χρήση ολοκληρωμένου κυκλώματος οδήγησης μικροκινητήρων L293D

** L293D: Για τους σκοπούς του μαθήματος αναμένεται από τους/τις μαθητές/τριες να γνωρίζουν ότι συνδέουμε δύο εξόδους του μικροελεγκτή σε δύο εισόδους του L293D και ότι από δύο εξόδους του L293D καταλήγουμε στον μικροκινητήρα. Οι υπόλοιπες συνδέσεις και η διάταξη των ακροδεκτών του δεν θα μας απασχολήσουν.*

Οι ακροδέκτες 1, 9 και 16 του L293D συνδέονται στα 5 V και οι ακροδέκτες 4, 5, 12 και 13 στα 0 V. Ο ακροδέκτης 8 συνδέεται στα 5 V ή σε πηγή 12 V, αναλόγως της τάσης λειτουργίας του μικροκινητήρα που θα χρησιμοποιηθεί.

Εκτός από τους πιο πάνω τρόπους σύνδεσης, οι κλασικοί μικροκινητήρες του εργαστηρίου μπορούν, επίσης, να συνδεθούν στον μικροελεγκτή και να λειτουργήσουν δεξιόστροφα-αριστερόστροφα, αν σε δύο εξόδους συνδεθούν από ένας ηλεκτρονόμος μέσω ενισχυτή Ντάρλιγκτον. Για να γίνει αυτό, πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα ΔΥΟ εντολές OUTPUTS στο διάγραμμα ροής.

Σημείωση: *Η συνδεσμολογία κλασικού μικροκινητήρα εργαστηρίου, ώστε να λειτουργεί δεξιόστροφα-αριστερόστροφα, με τη βοήθεια του προγράμματος και δύο ηλεκτρονόμων φαίνεται στη σελίδα 209.*

Παράδειγμα 1

Δίνεται το πιο κάτω πρόβλημα για λύση με τη χρήση του μικροελεγκτή PICAXE-18M2.

"Μια βιομηχανία παιχνιδιών, για να εντυπωσιάσει παιδιά ηλικίας μέχρι πέντε χρόνων, σχεδιάζει και κατασκευάζει αρκουδάκια, τα οποία λειτουργούν ως ακολούθως:

Όταν το παιδάκι σταθεί μπροστά από το αρκουδάκι και η σκιά του πέσει πάνω στο αρκουδάκι, ενεργοποιείται ένας μουσικός βομβητής για είκοσι δευτερόλεπτα. Η μουσική συνεχίζει να παίζει, έστω και αν το παιδάκι έχει απομακρυνθεί από κοντά του. Αφού τελειώσει η μουσική, αν το παιδάκι πιάσει το χέρι του αρκούδου, τότε αναβοσβήνουν για δέκα δευτερόλεπτα δύο κόκκινες δίοδοι φωτοεκπομπής που υπάρχουν στα μάτια του".

Να σχεδιάσετε το ηλεκτρονικό κύκλωμα που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.

Λύση:

Αρχικά, γίνεται ανάλυση συστήματος για τον καθορισμό των εισόδων, της επεξεργασίας και των εξόδων, όπως επίσης και των λογικών καταστάσεων των εισόδων, ώστε να συνδεθούν σωστά στον μικροελεγκτή.

1. Είσοδοι:

Είσοδος Α:

Ανίχνευση σκότους (σκιάς παιδιού) → θα χρησιμοποιηθεί φωτοαντιστάτης και, ως εκ τούτου, η είσοδος είναι *αναλογική*.

Είσοδος Β:

Ανίχνευση: το πιάσιμο του χεριού του αρκούδου από το παιδάκι → θα χρησιμοποιηθεί διακόπτης μεμβράνης (ή ωστικός) και, ως εκ τούτου, η είσοδος είναι *ψηφιακή*.

Λογικές καταστάσεις εισόδου Β:

Διακόπτης πατημένος 1 (ON)

Διακόπτης απάτητος 0 (OFF)

2. Έξοδοι

Έξοδος Α: Βομβητής (ήχος)

Έξοδος Β: Δίοδος φωτοεκπομπής (μάτι)

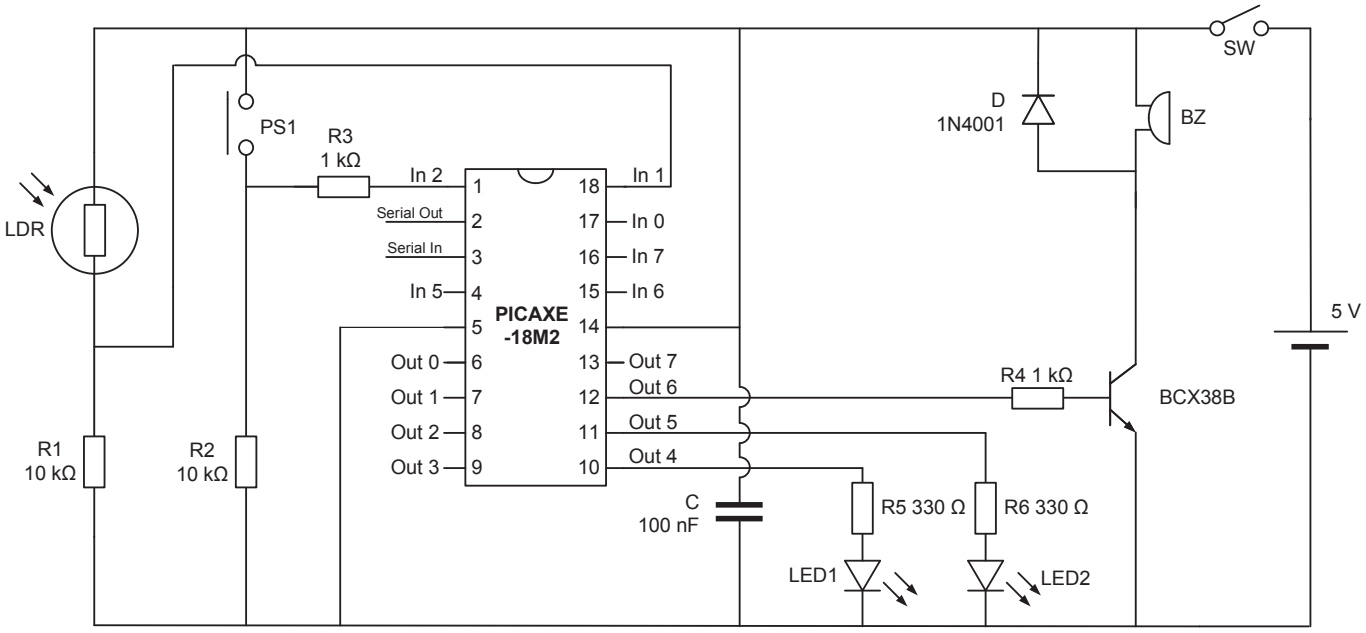
Έξοδος Γ: Δίοδος φωτοεκπομπής (μάτι)

3. Επεξεργασία

Από τα είδη των εισόδων φαίνεται ότι χρειαζόμαστε μία αναλογική είσοδο, μία ψηφιακή είσοδο και τρεις εξόδους. Στη συνέχεια, αποφασίζουμε σε ποιες εισόδους και εξόδους θα συνδεθούν τα διάφορα εξαρτήματα, ώστε να αποφευχθούν λάθη κατά τον προγραμματισμό και αφού λάβουμε υπόψη όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, σχεδιάζουμε τον πίνακα που φαίνεται στο σχήμα 5/22, καθώς επίσης και το κύκλωμα του σχήματος 5/23.

Είσοδος/έξοδος	Εξάρτημα	Κωδικός στο κύκλωμα	Αριθμός εισόδου/εξόδου μικροελεγκτή	Ακροδέκτης μικροελεγκτή
Είσοδος Α	Φωτοαντιστάτης	LDR	Analogue1	18
Είσοδος Β	Διακόπτης μεμβράνης	PS1	In2	1
Έξοδος Α	Βομβητής (μέσω τρανζίστορ)	BZ	Out6	12
Έξοδος Β	Δίοδος φωτοεκπομπής	LED1	Out4	10
Έξοδος Γ	Δίοδος φωτοεκπομπής	LED2	Out5	11

Σχ. 5/22 Πίνακας εισόδων και εξόδων του προβλήματος



Σχ. 5/23 Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που δίνει λύση στο πρόβλημα

5.3 Το λογισμικό προγραμματισμού

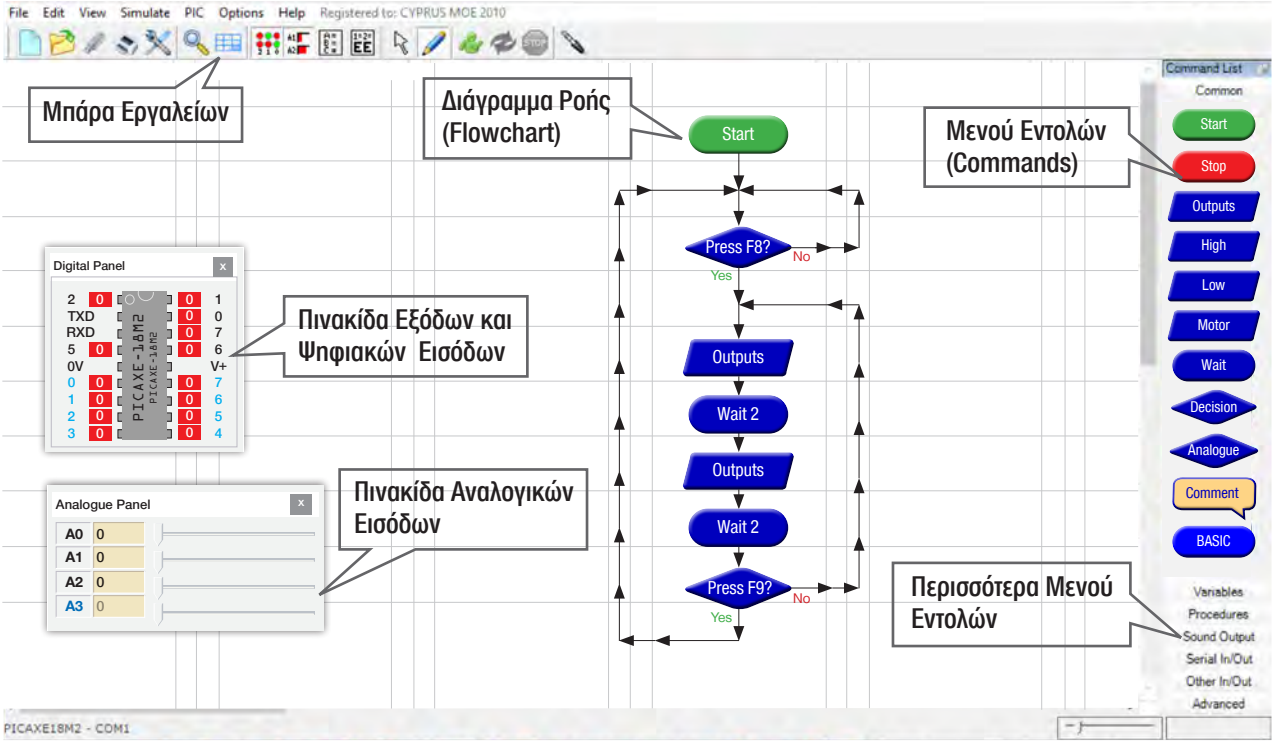
5.3.1 Γενικά

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η λειτουργία του ηλεκτρονικού κυκλώματος που δίνει λύση σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα καθίσταται δυνατή, εφόσον ολοκληρωθούν οι διαδικασίες ετοιμασίας και μεταφοράς του προγράμματος στη μνήμη του μικροελεγκτή.

Η διαδικασία ετοιμασίας του προγράμματος που δίνει λύση σε ένα τεχνολογικό πρόβλημα μπορεί να πάρει τη μορφή διαγράμματος ροής (flowchart) και πραγματοποιείται με τη χρήση των διαφόρων εντολών που περιλαμβάνονται στο λογισμικό προγραμματισμού.

Η διαδικασία μεταφοράς του προγράμματος στη μνήμη του μικροελεγκτή απαιτεί τη χρήση του ειδικού καλωδίου προγραμματισμού (download cable - σχήμα 5/8), το οποίο χρησιμοποιείται για να συνδέσει την κατασκευή με τον Η.Υ.

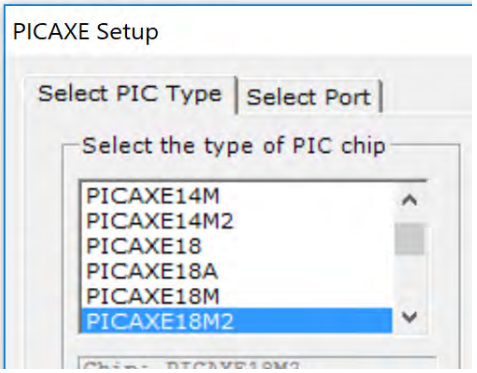
Μία γενική άποψη του λογισμικού προγραμματισμού παρουσιάζεται στο σχήμα 5/24.



Σχ. 5/24 Γενική άποψη του λογισμικού προγραμματισμού

5.3.2 Επιλογή του μικροελεγκτή

Προτού ετοιμαστεί το πρόγραμμα που δίνει λύση σε κάποιο πρόβλημα, πρέπει να ακολουθήσουμε τη διαδικασία που περιγράφεται στο σχήμα 5/12, ώστε να επιλέξουμε το είδος του μικροτσίπ που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μας.



Σχ. 5/25 Πλαίσιο επιλογής του κατάλληλου μικροτσίπ

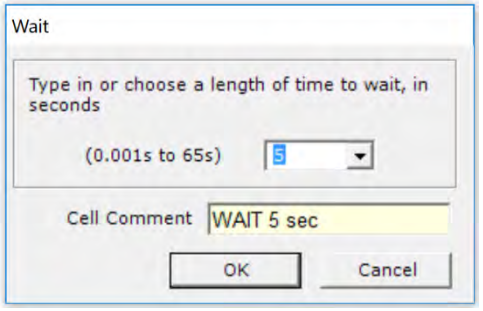
Η επιλογή του μικροτσίπ γίνεται όταν από το μενού επιλέξουμε: **OPTIONS → Select → PIC type....,** οπότε εμφανίζεται το πλαίσιο του σχήματος 5/25, όπου μας δίνεται η δυνατότητα επιλογής του επιθυμητού μικροτσίπ.

5.3.3 Γενικές εντολές του λογισμικού

Start Η εντολή Start χρησιμοποιείται στο σημείο εκκίνησης του διαγράμματος ροής. Από την εντολή αυτή ξεκινά η λειτουργία του προγράμματος (και του κυκλώματος), όταν συνδεθεί η τροφοδοσία στο κύκλωμα ή ενεργοποιηθεί ο διακόπτης επαναφοράς (reset), αν υπάρχει στον μικροελεγκτή. Κάθε διάγραμμα ροής πρέπει να έχει ένα start.

Stop Χρησιμοποιείται στο τέλος του διαγράμματος ποής, για να σταματήσουμε τη ροή των εντολών.

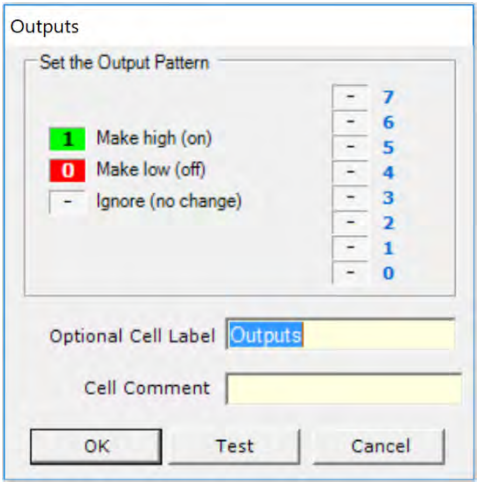
Wait Η χρήση της σε ένα διάγραμμα ροής επιτρέπει την καθυστέρηση καθορισμένου χρόνου (0.001- 65 δευτερόλεπτα), προτού εκτελεστεί η επόμενη εντολή. Με την ενεργοποίηση (διπλό κλικ) του πλαισίου της, εμφανίζεται η ειδική πινακίδα (σχήμα 5/26) από όπου μπορούμε να καθορίσουμε τον χρόνο καθυστέρησης σε δευτερόλεπτα.



Σχ. 5/26 Ειδική πινακίδα εντολής Wait

5.3.4 Εντολές εξόδου

Outputs Χρησιμοποιείται, για να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί οποιοδήποτε εξάρτημα εξόδου (π.χ. βομβητή, led κ.λπ.), που είναι συνδεδεμένο σε συγκεκριμένο ακροδέκτη του μικροελεγκτή. Με διπλό κλικ στο πλαίσιο της εντολής outputs εμφανίζεται η ειδική πινακίδα (σχήμα 5/27) με τις διαθέσιμες εξόδους του μικροτσίπ.



Σχ. 5/27 Ειδική πινακίδα εντολής Outputs

Από την πινακίδα μπορούμε να επιλέξουμε την επιθυμητή κατάσταση (1, 0, ή -) για κάθε έξοδο-ακροδέκτη, όταν κάνουμε κλικ πάνω στην έξοδο που θέλουμε:

0 : Σημαίνει απενεργοποίηση της εξόδου.

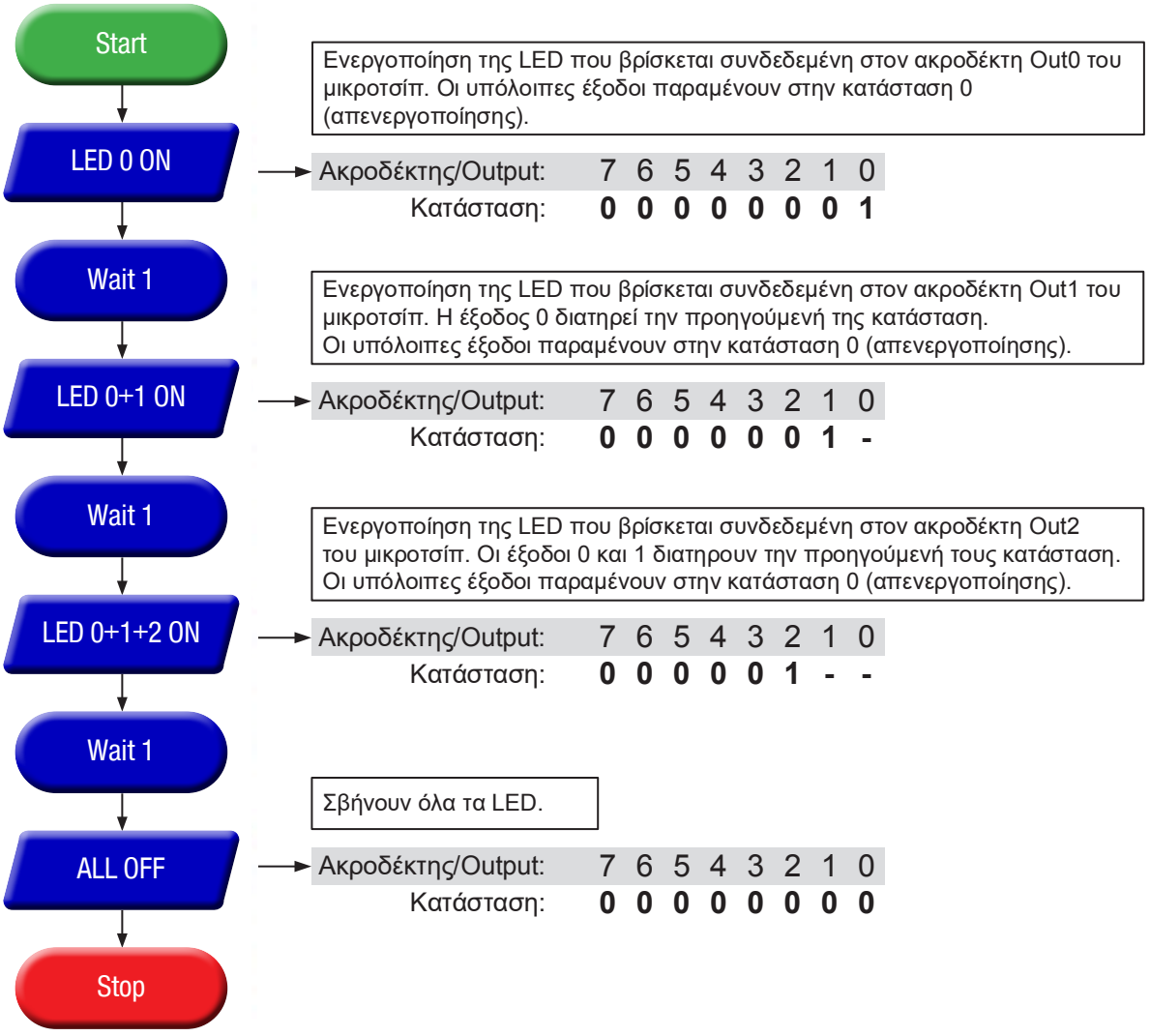
1 : Σημαίνει ενεργοποίηση της εξόδου.

- : Σημαίνει ότι η συγκεκριμένη έξοδος θα παραμείνει χωρίς αλλαγή στην προηγούμενή της κατάσταση.

Πρόβλημα 1α:

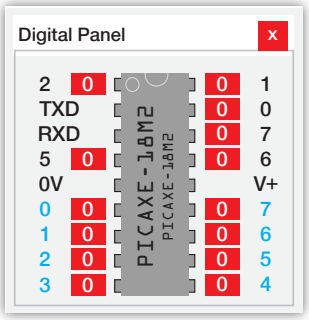
Ένα σύστημα αγγελίας κινδύνου, όταν ενεργοποιηθεί, θέτει σε λειτουργία κάθε ένα δευτερόλεπτο και μία επιπρόσθετη δίοδο φωτοεκπομπής από τις τρεις διόδους φωτοεκπομπής που υπάρχουν στις εξόδους του, έτσι ώστε αυτές να ανάψουν και να σβήσουν μέσα σε τρία δευτερόλεπτα. Ο χρόνος που απαιτείται, για να ανάψει η επόμενη από την προηγούμενη δίοδο φωτοεκπομπής, είναι πάλι ένα δευτερόλεπτο.

Η λύση του προβλήματος 1α, όπως αυτό έχει ετοιμαστεί στο λογισμικό προγραμματισμού φαίνεται στο σχήμα 5/28.



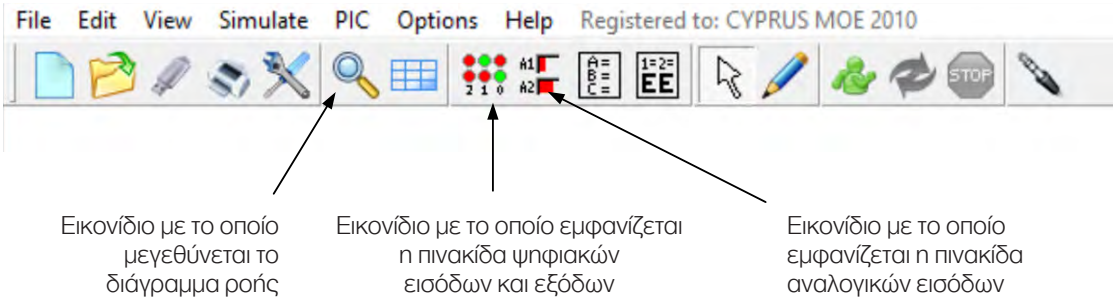
Σχ. 5/28 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 1α

Μπορούμε εύκολα να τρέξουμε το πρόγραμμα και να παρακολουθήσουμε τη ροή του διαγράμματος, αν κάνουμε κλικ πάνω στο πράσινο εικονίδιο **Run Flowsheet** στην μπάρα εργαλείων. Ακόμη, μπορούμε οποιαδήποτε στιγμή να τερματίσουμε τη ροή του διαγράμματος, αν κάνουμε κλικ πάνω στην εντολή **STOP** στην μπάρα εργαλείων.



Σχ. 5/29 Πινακίδα ψηφιακών εισόδων και εξόδων

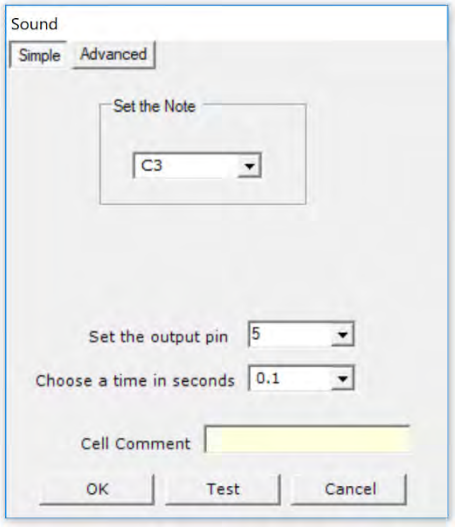
Ταυτόχρονα, με τη ροή της διαδικασίας στο διάγραμμα, μπορούμε να δούμε και την ενεργοποίηση των εξόδων του μικροελεγκτή που επιλέξαμε. Η πινακίδα ψηφιακών εισόδων-εξόδων (σχήμα 5/29) εμφανίζεται όταν από την μπάρα εργαλείων επιλέξουμε το εικονίδιο που φαίνεται στο σχήμα 5/30. Η ίδια επιλογή μπορεί να γίνει και από το μενού, επιλέγοντας: **View → Digital Panel**.



Σχ. 5/30 Μπάρα εργαλείων του λογισμικού

Η μεγέθυνση του διαγράμματος ροής μπορεί να ρυθμιστεί από το κατάλληλο εικονίδιο που φαίνεται στο σχήμα 5/30, ενώ ο ρυθμός/ταχύτητα της ροής ανάμεσα στις εντολές του προγράμματος μπορεί να ρυθμιστεί μόνο από τα μενού, επιλέγοντας: **Options → Set Simulation Run speed...**

Sound Η εντολή αυτή στέλνει ένα προεπιλεγόμενο ήχο σε ένα ηχητικό μέσο (π.χ. πιεζοηλεκτρικό ηχείο), που βρίσκεται συνδεδεμένο σε καθοριζόμενη έξοδο του μικροελεγκτή. Με την ενεργοποίηση (διπλό κλικ) του πλαισίου της εντολής sound εμφανίζεται η ειδική πινακίδα (σχήμα 5/31), που θα μας βοηθήσει να επιλέξουμε το είδος της νότας/ήχου, ανάμεσα σε 49 διαφορετικές νότες, τον χρόνο διάρκειάς της και τον ακροδέκτη στον οποίο θα συνδεθεί το ηχητικό μας μέσο.



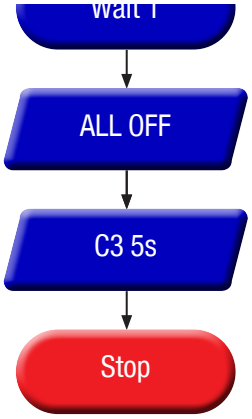
Σχ. 5/31 Ειδική πινακίδα εντολής Sound

Πρόβλημα 1β:

Ένα σύστημα αγγελίας κινδύνου, όταν ενεργοποιηθεί, θέτει σε λειτουργία κάθε ένα δευτερόλεπτο και μία επιπρόσθετη δίοδο φωτοεκπομπής από τις τρεις διόδους φωτοεκπομπής που υπάρχουν στις εξόδους του, έτσι ώστε αυτές να ανάψουν και να σβήσουν μέσα σε τρία δευτερόλεπτα Ο χρόνος που απαιτείται, για να ανάψει η επόμενη από την προηγούμενη δίοδο φωτοεκπομπής, είναι πάλι ένα δευτερόλεπτο.

Αμέσως μόλις σβήσουν και οι τρεις δίοδοι φωτοεκπομπής, ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος (π.χ. ο ήχος C3) για πέντε δευτερόλεπτα.

Στο λογικό διάγραμμα του σχήματος 5/28 προσθέτουμε την εντολή Sound πριν από την εντολή Stop.

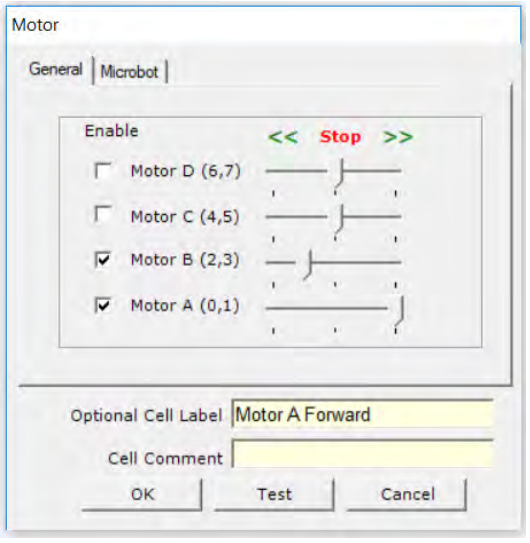


Ενεργοποίηση για 5 δευτερόλεπτα του ηχητικού μέσου το οποίο είναι συνδεδεμένο στον ακροδέκτη Out3.
Επιλέγεται ο ήχος C3.

Σχ. 5/32 Τροποποίηση του διαγράμματος του σχήματος 5/28

Motor Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ειδικών μικροκινητήρων συνδεδεμένων στον μικροελεγκτή ή άλλων μικροκινητήρων συνδεδεμένων μέσω του ειδικού μικροτσίπ L293D (σχήμα 5/21) (σε δύο διπλανούς ακροδέκτες εξόδου ταυτόχρονα ο καθένας). Ο έλεγχος των μικροκινητήρων με το λογισμικό προγραμματισμού μάς δίνει τη δυνατότητα να τους κινούμε δεξιόστροφα και αριστερόστροφα, με διάφορες ταχύτητες περιστροφής*.

Με το συγκεκριμένο λογισμικό μπορούν να ελεγχθούν μέχρι και τέσσερις μικροκινητήρες ταυτόχρονα. Ο καθορισμός της λειτουργίας των μικροκινητήρων γίνεται από την ειδική πινακίδα (σχήμα 5/33) της εντολής Motor, η οποία εμφανίζεται όταν κάνουμε διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της.



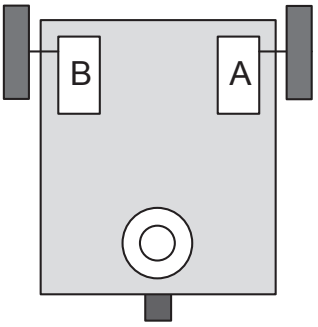
Σχ. 5/33 Ειδική πινακίδα εντολής Motor

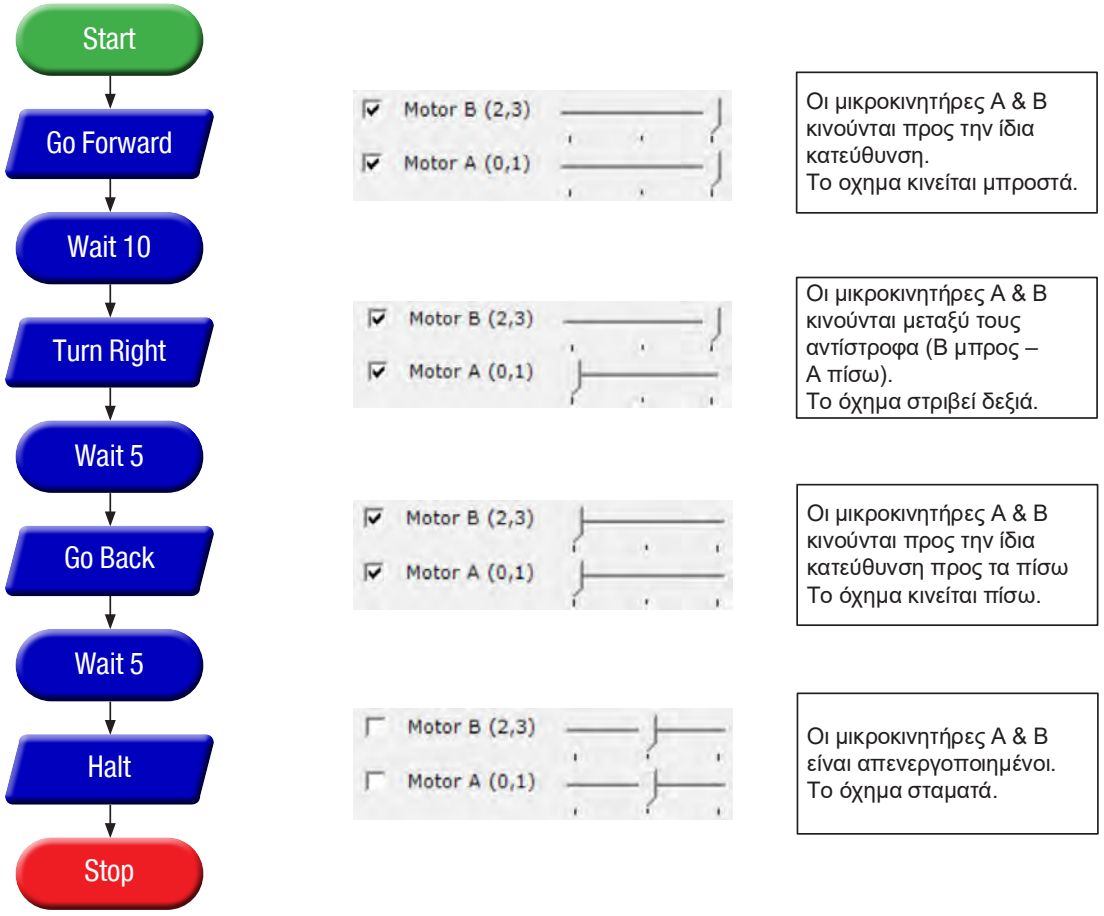
A, B, C, D:	Κάθε γράμμα αναφέρεται σε έναν μικροκινητήρα και σε ένα ζεύγος ακροδεκτών εξόδου του μικροτσίπ (σχήμα 5/21). Π.χ., ο μικροκινητήρας A αντιστοιχεί στους ακροδέκτες Out0 και Out1 του μικροτσίπ κ.ο.κ. (σχήμα 5/33, Motor A (0,1), Motor B (2,3), Motor C (4,5), Motor D (6,7)).
Stop:	Σύροντας τον ολισθητήρα στη μέση της γραμμής που αντιστοιχεί στον κάθε μικροκινητήρα ή αφήνοντας το αντίστοιχο τετραγωνάκι χωρίς <✓>, σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος μικροκινητήρας θα σταματήσει (σχήμα 5/33, Motors C και D).
>> :	Σύροντας τον ολισθητήρα προς τα δεξιά από τη μέση της γραμμής, σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος μικροκινητήρας θα κινηθεί δεξιόστροφα - όσο πιο δεξιά τόσο πιο γρήγορα (σχήμα 5/33, Motor A).
<< :	Σύροντας τον ολισθητήρα προς τα αριστερά από τη μέση της γραμμής, σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος μικροκινητήρας θα κινηθεί αριστερόστροφα - όσο πιο αριστερά τόσο πιο γρήγορα (σχήμα 5/33, Motor B).

** Για τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 η εντολή Motor δεν μπορεί να ρυθμίσει την ταχύτητα περιστροφής λόγω κατασκευαστικών περιορισμών του συγκεκριμένου μικροελεγκτή, που η ανάλυση τους δεν εμπίπτει στα πλαίσια του μαθήματός μας.*

Πρόβλημα 2:

Ένα αυτοκινητάκι που έχει τη δυνατότητα να κινείται μπροστά – πίσω και να στρίβει δεξιά και αριστερά (με την αντιστροφή της φοράς περιστροφής των δύο μικροκινητήρων του, Α και Β) εκτελεί την ακόλουθη διαδικασία, προτού σταματήσει: Κινείται για δέκα δευτερόλεπτα μπροστά, στη συνέχεια στρίβει δεξιά για πέντε δευτερόλεπτα, κινείται πίσω για άλλα πέντε δευτερόλεπτα, και, τέλος σταματά.





Σχ. 5/34 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 2

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι οι όροι "μπροστά", "πίσω", "δεξιόστροφα" ή "αριστερόστροφα", που αφορούν στις κινήσεις των μικροκινητήρων, καθορίζονται από τη φορά ροής του ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτούς, δηλαδή με το πώς έχει γίνει η σύνδεση της πολικότητάς τους. Για τον λόγο αυτό, είναι καλό στην πράξη να ελέγξουμε πώς περιστρέφεται ο κάθε μικροκινητήρας, όταν του δοθούν οι σχετικές εντολές και αν χρειαστεί να αντιστρέψουμε τα καλώδια της τροφοδοσίας του ή την αντίστοιχη εντολή στο πρόγραμμα.

Επιλέγοντας το σχετικό εικονίδιο για τις ψηφιακές εισόδους και εξόδους μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη διαδικασία εναλλαγής των κινητήρων από δεξιόστροφους σε αριστερόστροφους, αν παρατηρήσουμε τις εξόδους ανά ζεύγη (0 και 1, ή 2 και 3 κ.ο.κ.) σε σχέση με τη ροή του διαγράμματος.

Οι μικροκινητήρες που δεν χρησιμοποιούνται (όπως οι C και D στο πιο πάνω πρόβλημα) πρέπει να απενεργοποιηθούν από την ειδική πινακίδα της εντολής motor (σχήμα 5/33).

5.3.5 Εντολές που αφορούν τις εισόδους

Μέχρι τώρα έχουμε εξετάσει τις γενικές εντολές και τις εντολές που σχετίζονται με τις εξόδους του μικροελεγκτή και τα ηλεκτρικά-ηλεκτρονικά εξαρτήματα που συνδέονται σε αυτές. Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε τις εντολές που σχετίζονται με τις εισόδους (ψηφιακές και αναλογικές) του μικροελεγκτή, μέσω της επίλυσης και πάλι κάποιων προβλημάτων.

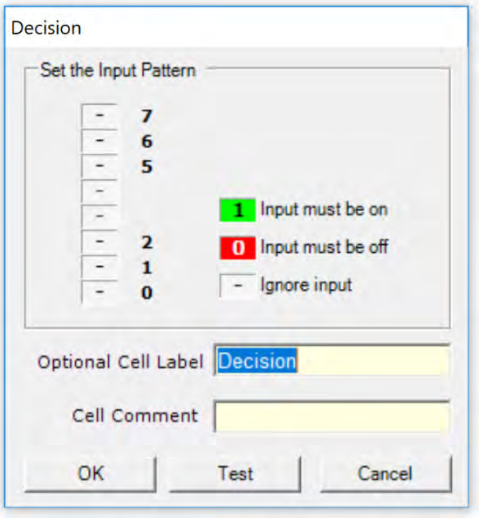
5.3.5.1 Χρήση εντολών για τις ψηφιακές εισόδους

Decision

Η εντολή αυτή σχετίζεται με την κατάσταση των ψηφιακών εισόδων του μικροελεγκτή. Βασικά η εντολή Decision είναι μια εντολή < IF >, η οποία εξετάζει αν έχει ικανοποιηθεί μια προκαθοριζόμενη συνθήκη σε μία ψηφιακή είσοδο (π.χ. αν έχει πατηθεί ένας ωστικός διακόπτης που βρίσκεται συνδεδεμένος στην είσοδο In2). Συνεπώς, η ροή του διαγράμματος προχωρεί στο 'Yes', αν έχει ικανοποιηθεί η συνθήκη ή στο 'No', αν δεν έχει ικανοποιηθεί.

Ο καθορισμός της λειτουργίας της εντολής γίνεται από την ειδική πινακίδα (σχήμα 5/35) της εντολής Decision, η οποία εμφανίζεται αν γίνει διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της.

Στην πινακίδα εμφανίζονται οι διαθέσιμες ψηφιακές είσοδοι του μικροελεγκτή που έχουμε επιλέξει για λύση του προβλήματος. Κάνοντας κλικ πάνω στην αντίστοιχη είσοδο, καθορίζουμε την επιθυμητή κατάσταση (1, 0, ή -) της συγκεκριμένης εισόδου, την οποία θα ελέγξει η εντολή Decision:



Σχ. 5/35 Ειδική πινακίδα εντολής Decision του PICAXE-18M2

1: Ελέγχει αν η συγκεκριμένη ψηφιακή είσοδος είναι ενεργοποιημένη (π.χ. Έχει ενεργοποιηθεί ο ωστικός διακόπτης/Push Button της εισόδου In2;).

0: Ελέγχει αν η συγκεκριμένη ψηφιακή είσοδος είναι απενεργοποιημένη (π.χ. Δεν έχει ενεργοποιηθεί ο ωστικός διακόπτης της εισόδου In5;).

-: Αγνοεί τη συγκεκριμένη είσοδο.

Σημείωση: *Ο μικροελεγκτής είναι διαμορφώσιμος και, επομένως, το λογισμικό μάς επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε όλες τις εισόδους του (ως ψηφιακές ή ως αναλογικές), όπως εμείς θέλουμε. Για τους σκοπούς του μαθήματός μας χρησιμοποιούμε τις εισόδους In0, In1 και In2 είτε ως αναλογικές είτε ως ψηφιακές και τις εισόδους In5, In6 και In7 μόνο ως ψηφιακές.*

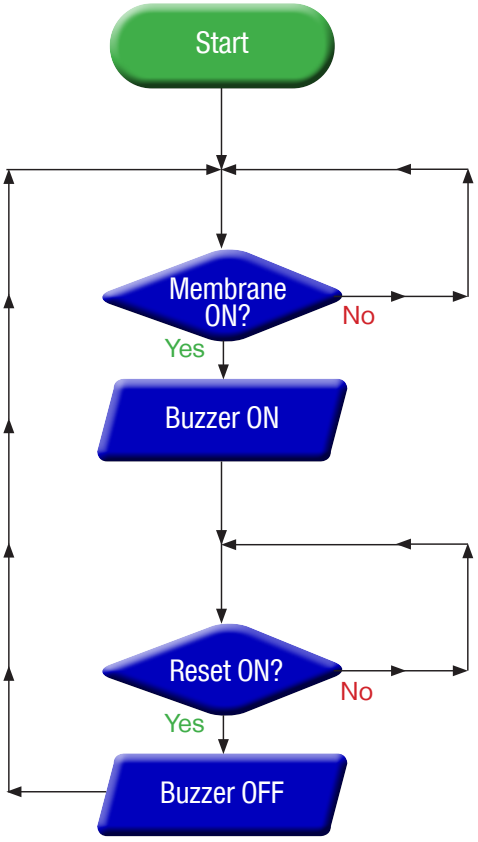
Ωστόσο, στα ειδικά κυκλώματα (παρ.5.4.2) που υπάρχουν στο εργαστήριο, χρησιμοποιούνται ως αναλογικές/ψηφιακές οι είσοδοι In0 και In1 και ως ψηφιακές μόνο οι είσοδοι In2, In5, In6 και In7.

Πρόβλημα 3:

Σε ένα σύστημα συναγερμού ένας βομβητής είναι συνδεδεμένος στον ακροδέκτη εξόδου (Out0), ένας διακόπτης μεμβράνης στον ακροδέκτη εισόδου (In2) και ένας ωστικός διακόπτης για επαναφορά του συστήματος συναγερμού στον ακροδέκτη εισόδου (In5).

Η λειτουργία του συστήματος έχει ως ακολούθως: Όταν παραβιαστεί ο διακόπτης μεμβράνης του συστήματος, ενεργοποιείται ο βομβητής, ο οποίος παραμένει σε λειτουργία μέχρι να απενεργοποιηθεί από τον ωστικό διακόπτη επαναφοράς.

Η λύση του προβλήματος 3, όπως αυτό έχει ετοιμαστεί στο λογισμικό προγραμματισμού, φαίνεται στο σχήμα 5/36.



Ακροδέκτης/Input:	7	6	5	-	-	2	1	0
Κατάσταση:	-	-	-			**1**	-	-

Έχει πατηθεί ο διακόπτης μεμβράνης στην είσοδο In2; Αν ΝΑΙ, τότε η διαδικασία θα προχωρήσει στο Yes και θα ενεργοποιήσει τον βομβητή, αν ΟΧΙ, θα πάει προς το No και από εκεί (σύμφωνα με την κατεύθυνση που έχουν τα βέλη) θα ελέγχει συνεχώς την κατάσταση του διακόπτη μεμβράνης στην είσοδο **In2**.

Ακροδέκτης/Input:	7	6	5	-	-	2	1	0
Κατάσταση:	-	-	**1**			-	-	-

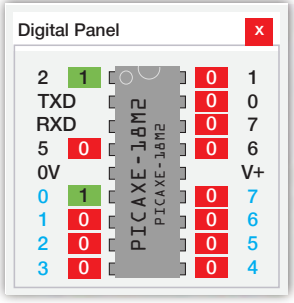
Έχει πατηθεί ο ωστικός διακόπτης επαναφοράς του συστήματος συναγερμού στην είσοδο In5; Αν ΝΑΙ, τότε η διαδικασία θα προχωρήσει στο Yes και θα απενεργοποιήσει τον βομβητή, αν ΟΧΙ, θα πάει προς το No και από εκεί (σύμφωνα με την κατεύθυνση που έχουν τα βέλη) θα ελέγχει συνεχώς την κατάσταση του διακόπτη επαναφοράς στην είσοδο **In5**.

Σχ. 5/36 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 3

Είναι φανερό ότι για να δοκιμάσουμε τη λειτουργία του διαγράμματος ροής που δίνει λύση στο πρόβλημα 3, πρέπει να ενεργοποιήσουμε τις εισόδους In2 και In5. Αυτό εκ πρώτης όψεως δεν φαίνεται να μπορεί να γίνει, διότι δεν έχουμε μπροστά μας μία κατασκευή, τους διακόπτες της οποίας θα μπορούσαμε πολύ απλά να ενεργοποιήσουμε. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει το ίδιο το λογισμικό προγραμματισμου, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα να εξομοιώνεται η λειτουργία των εισόδων των μικροελεγκτών με τη χρήση των "function keys" του H.Y. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα μάς δίνει την επιλογή εξομοίωσης της ενεργοποίησης των εισόδων Inputs 0 - 7 με το πάτημα των πλήκτρων F2 - F9 αντίστοιχα. Δηλαδή, εάν, για παράδειγμα, πατήσουμε το "Function Key" του H.Y. < F4 >, είναι σαν να ενεργοποιούμε τον διακόπτη που είναι συνδεδεμένος στην είσοδο In2.

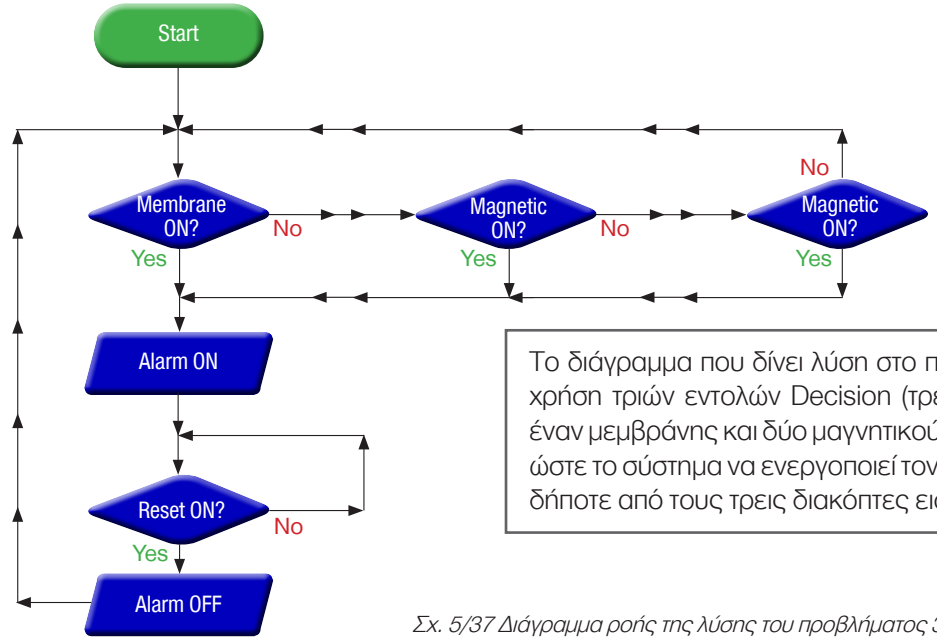
Όταν ενεργοποιηθεί το "function key" F4, θα ενεργοποιηθεί η είσοδος In2 που εξομοιώνει (στην περίπτωσή μας) το πάτημα του διακόπτη μεμβράνης, με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί ο βομβητής που βρίσκεται συνδεδεμένος στην έξοδο Out0.

Στο λογισμικό προγραμματισμού, όταν μια είσοδος ή έξοδος είναι ενεργοποιημένες (σε δεδομένη στιγμή), αυτό εξομοιώνεται στην πινακίδα ψηφιακών εισόδων και εξόδων με τον αριθμό 1 σε πράσινο φόντο, όπως φαίνεται δίπλα.



Πρόβλημα 3α:

Το ίδιο πρόβλημα με το πρόβλημα 3. Αλλά ως είσοδοι στο σύστημα να συνδεθούν και δύο μαγνητικοί διακόπτες στα παράθυρα, έτσι ώστε ο βομβητής να ενεργοποιηθεί, αν παραβιαστεί ένας από τους τρεις διακόπτες (σύστημα OR). Η λύση του προβλήματος 3α δίνεται από το διάγραμμα του σχήματος 5/37, όπου εκτός από την υφιστάμενη εντολή Decision, συνδέονται παράλληλα ακόμη δύο νέες εντολές Decision που αφορούν στους μαγνητικούς διακόπτες.

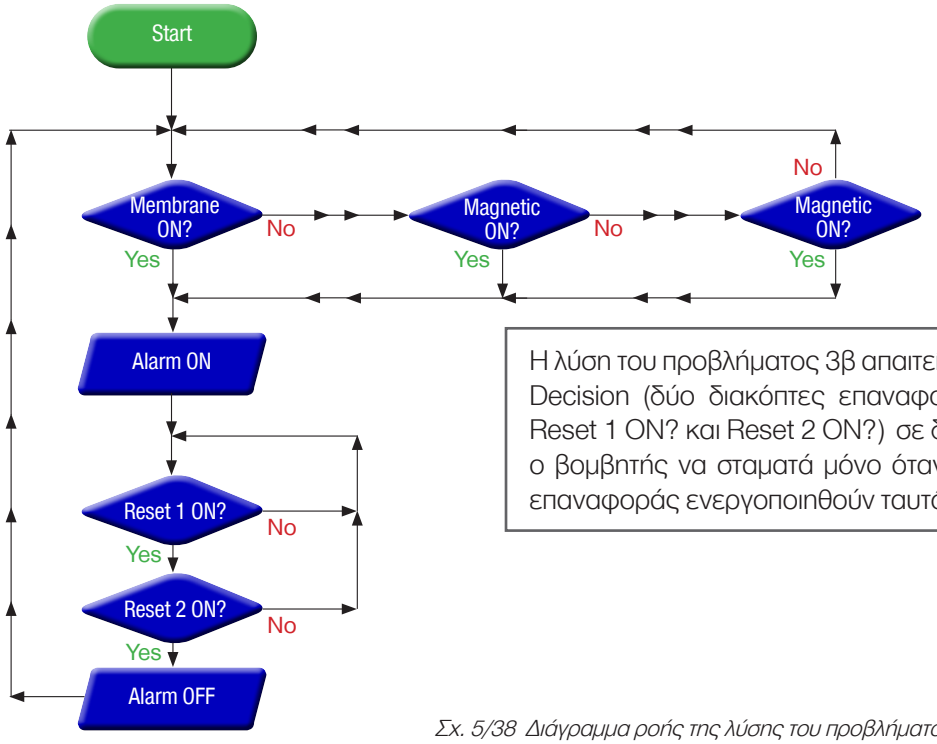


Το διάγραμμα που δίνει λύση στο πρόβλημα 3Α απαιτεί τη χρήση τριών εντολών Decision (τρεις διακόπτες εισόδου: έναν μεμβράνης και δύο μαγνητικούς) σε **διάταξη OR**, έτσι ώστε το σύστημα να ενεργοποιεί τον βομβητή, όταν οποιοσδήποτε από τους τρεις διακόπτες εισόδου ενεργοποιηθεί.

Σχ. 5/37 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 3α

Πρόβλημα 3β:

Να λυθεί το ίδιο πρόβλημα με το πρόβλημα 3α, αλλά η επαναφορά του συστήματος να γίνεται μόνο όταν πατηθούν ταυτόχρονα δύο διακόπτες επαναφοράς (Reset) (σύστημα AND).



Η λύση του προβλήματος 3β απαιτεί τη χρήση δύο εντολών Decision (δύο διακόπτες επαναφοράς: του συστήματος Reset 1 ON? και Reset 2 ON?) σε διάταξη AND, έτσι ώστε ο βομβητής να σταματά μόνο όταν και οι δύο διακόπτες επαναφοράς ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα.

Σχ. 5/38 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 3β

5.3.5.2 Χρήση εντολών για τις αναλογικές εισόδους.

Compare Η εντολή αυτή είναι βασικά ένας συγκριτής που ελέγχει την κατάσταση μίας αναλογικής εισόδου ή μίας μεταβλητής σε σχέση με μία άλλη προκαθορισμένη κατάσταση (expression) ή μια άλλη αναλογική είσοδο (ή και μεταβλητή).

Η συνηθισμένη χρήση της εντολής compare είναι η ενεργοποίηση (ή απενεργοποίηση) μέσω του μικροελεγκτή μιας ή περισσότερων εξόδων (π.χ. βομβητές, λαμπτήρες, leds κ.λπ.), όταν η αντίσταση (και φυσικά η τάση) στα άκρα των αναλογικών αισθητήρων (φωτοαντιστάτες, θερμίστορ κ.λπ.) φτάσει σε συγκεκριμένο προκαθορισμένο επίπεδο. Το επίπεδο καθορίζεται με βάση έναν αριθμό στην κλίμακα 0-255, ο οποίος είναι ανάλογος της αντίστασης (και της τάσης) εξόδου του αισθητήρα στην είσοδο του μικροελεγκτή.

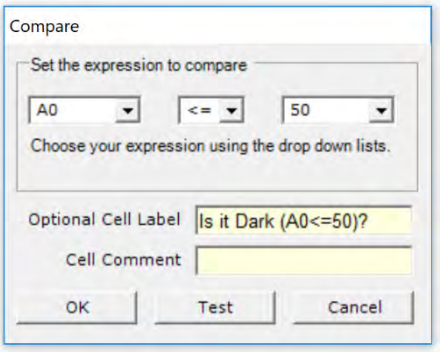
Έτσι, αν, για παράδειγμα, το επίπεδο φωτισμού σε έναν φωτοαντιστάτη φτάσει στον αριθμό 50 στην κλίμακα 0-255, τότε η διαδικασία προχωρεί στο 'Yes', διαφορετικά στο 'No'.

Όπως ήδη αναφέραμε, ο ακριβής καθορισμός του επιθυμητού επιπέδου (αριθμού) εναλλαγής, ο οποίος πρέπει να χρησιμοποιηθεί στην εντολή compare, γίνεται με τη χρήση της ειδικής συσκευής ρύθμισης αναλογικών εισόδων (σχήμα 5/39) ή με τη βοήθεια του λογισμικού προγραμματισμού (PIC → Calibrate analogue sensor). Για πρακτικούς λόγους και, κυρίως, όταν δεν χρειαζόμαστε ακρίβεια, μπορούμε να εργαζόμαστε εμπειρικά, κάνοντας απλή εκτίμηση (περίπου) του αριθμού εναλλαγής.

Σχ. 5/39 Ειδική συσκευή ρύθμισης αναλογικών εισόδων

Ο καθορισμός της λειτουργίας της εντολής γίνεται από την ειδική πινακίδα (σχήμα 5/40) της εντολής compare, η οποία εμφανίζεται αν γίνει διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της.

Στην πινακίδα εμφανίζονται οι διάφορες επιλογές που μπορούν να γίνουν μέσα από τρία πλαίσια:



Σχ. 5/40 Ειδική πινακίδα εντολής Compare

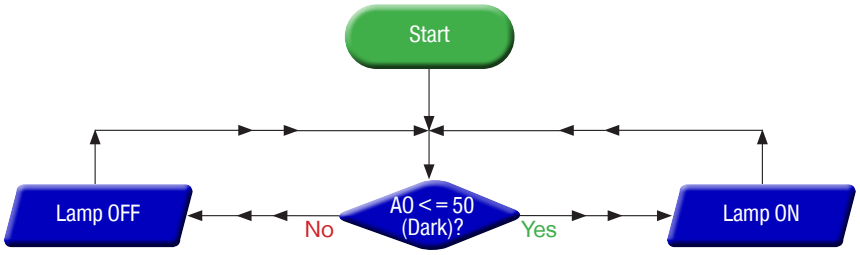
Αριστερό πλαίσιο:	Μπορεί να γίνει επιλογή της αναλογικής εισόδου που θα χρησιμοποιήσουμε, π.χ. A0 (είναι η αναλογική είσοδος 0 - analogue 0). (Επίσης, μπορεί να γίνει και η επιλογή μιας μεταβλητής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα, π.χ. η A)
Μεσαίο πλαίσιο:	Μπορεί να γίνει η επιλογή της έκφρασης (expression) που καθορίζει την κατάσταση ελέγχου, όπως: '>' μεγαλύτερη, '<' μικρότερη ή/και '=' ίση.
Δεξιό πλαίσιο:	Μπορεί να γίνει επιλογή του αριθμού στην κλίμακα 0-255, βάσει του οποίου θα γίνει ο έλεγχος της αναλογικής εισόδου, π.χ. 50. Επίσης, μπορεί να γίνει και η επιλογή μιας δεύτερης μεταβλητής που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα ή μιας δεύτερης αναλογικής εισόδου που θα συγκριθεί με αυτή που έχουμε επιλέξει στο αριστερό πλαίσιο, π.χ. A1 (για παράδειγμα, μπορούμε να ελέγξουμε τη σύγκριση A0<A1;).

Πρόβλημα 4:

Μία λάμπα τίθεται αυτόματα σε λειτουργία όταν υπάρξει σκοτάδι (όταν το επίπεδο φωτισμού γίνει ίσο ή μικρότερο από το επίπεδο των 50 μονάδων στην κλίμακα 0-255). Η λάμπα σβήνει και πάλι αυτόματα όταν έχει φως (επίπεδο φωτισμού μεγαλύτερο από το επίπεδο των 50 μονάδων στην κλίμακα 0-255).

Η λάμπα συνδέεται στην έξοδο 0 (Out0) του μικροελεγκτή (μέσω ζεύγους Ντάρλιγκτον) και ο φωτοαντιστάτης, ο οποίος ανιχνεύει τη μεταβολή του φωτός, συνδέεται στην αναλογική είσοδο 0 (An0).

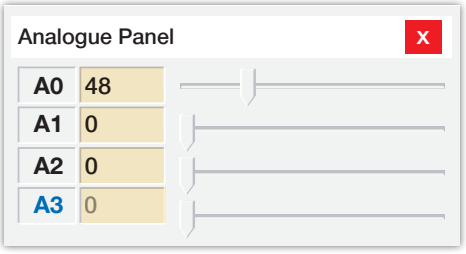
Η λύση του προβλήματος 4, το οποίο έχει ετοιμαστεί στο λογισμικό προγραμματισμού, φαίνεται στο σχήμα 5/41.



Σχ. 5/41 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 4

Η διαδικασία που δίνει λύση στο πρόβλημα 4 λειτουργεί ως συγκριτής. Έτσι, αν είναι σκοτάδι (δηλαδή αν το επίπεδο φωτισμού που πέφτει πάνω στον φωτοαντιστάτη είναι μικρότερο ή ίσο με τον αριθμό 50 στην κλίμακα 0-255), τότε η διαδικασία προχωρεί στο Yes και ανάβει η λάμπα, ενώ αν είναι μεγαλύτερο, η λάμπα σβήνει.

Για να δοκιμάσουμε τη λειτουργία του διαγράμματος ροής που δίνει λύση στο πρόβλημα 4, πρέπει να μεταβάλουμε την αναλογική είσοδο An0. Αυτό μπορούμε εύκολα να το κάνουμε, αν επιλέξουμε το σχετικό εικονίδιο για τις αναλογικές εισόδους από την μπάρα εργαλείων (σχήμα 5/30). Το ίδιο μπορεί να γίνει, αν από τις εντολές της μπάρας εργαλείων επιλέξουμε: **VIEW → ANALOGUE PANEL.**



Σχ. 5/42 Πινακίδα αναλογικών εισόδων

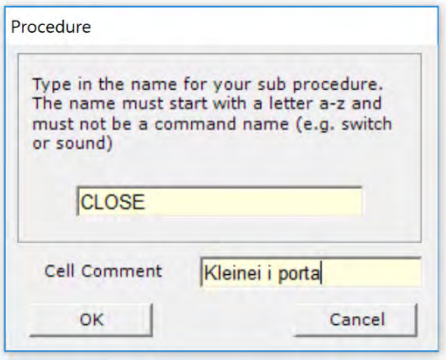
5.3.6 Εντολή υπορουτίνων

Για να διευκολύνουμε την ετοιμασία μιας κάπως σύνθετης διαδικασίας, μπορούμε να «σπάσουμε» το πρόγραμμα σε μικρότερες διαδικασίες που ονομάζονται υπορουτίνες. Με αυτό τον τρόπο, η δημιουργία αλλά και η παρακολούθηση της ροής του διαγράμματος που δίνει λύση σε ένα πρόβλημα γίνεται ευκολότερη. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εντολές που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε και να καλέσουμε τις υπορουτίνες μέσα από την κυρίως διαδικασία (κυρίως πρόγραμμα), ονομάζονται **Procedure** και **Gosub**. Στο λογισμικό προγραμματισμού, μια υπορουτίνα τελειώνει πάντοτε με την εντολή **Return**, οπότε και ο δρομέας επιστρέφει στην κύρια διαδικασία (κυρίως πρόγραμμα) και συνεχίζει με την επόμενη εντολή.

PROCEDURE Χρησιμοποιείται στην αρχή μιας διαδικασίας / υπορουτίνας, στο σημείο εκκίνησής της. Κατονομάζεται με συγκεκριμένη ονομασία που αναγράφεται στο πρώτο από πάνω κουτί (π.χ. CLOSE). Το ίδιο ακριβώς όνομα πρέπει να υπάρχει και στην κύρια διαδικασία, έτσι ώστε από εκεί να μεταπηδά η ροή του προγράμματος και να εκτελεί την υπορουτίνα.

Όλες οι υπορουτίνες πρέπει να τελειώνουν με την εντολή **return**, η οποία επιτρέπει στη ροή του προγράμματος να επιστρέψει στο κυρίως πρόγραμμα.

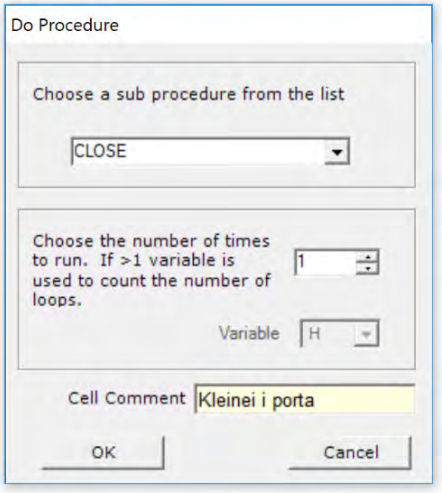
Η ονομασία της εντολής procedure μπορεί να γίνει, όταν ενεργοποιηθεί η ειδική πινακίδα της εντολής, κάνοντας διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της (σχήμα 5/43).



Σχ. 5/43 Ειδική πινακίδα Procedure

Gosub

Χρησιμοποιείται στην κύρια διαδικασία (πρόγραμμα) με την ίδια ακριβώς ονομασία (διάκριση πεζών/κεφαλαίων χαρακτήρων), η οποία δόθηκε στην αντίστοιχη υπορουτίνα. Τοποθετείται στο σημείο που θέλουμε να ξεκινήσει η συγκεκριμένη υπορουτίνα. Όταν τελειώσει η υπορουτίνα, η ροή επιστρέφει στην εντολή αυτή από όπου και συνεχίζει παρακάτω με την εκτέλεση των εντολών που ακολουθούν. Η ονομασία της εντολής Gosub μπορεί να γίνει, όταν ενεργοποιηθεί η ειδική πινακίδα της εντολής, κάνοντας διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της (σχήμα 5/44).



Σχ. 5/44 Ειδική πινακίδα Gosub.

Return

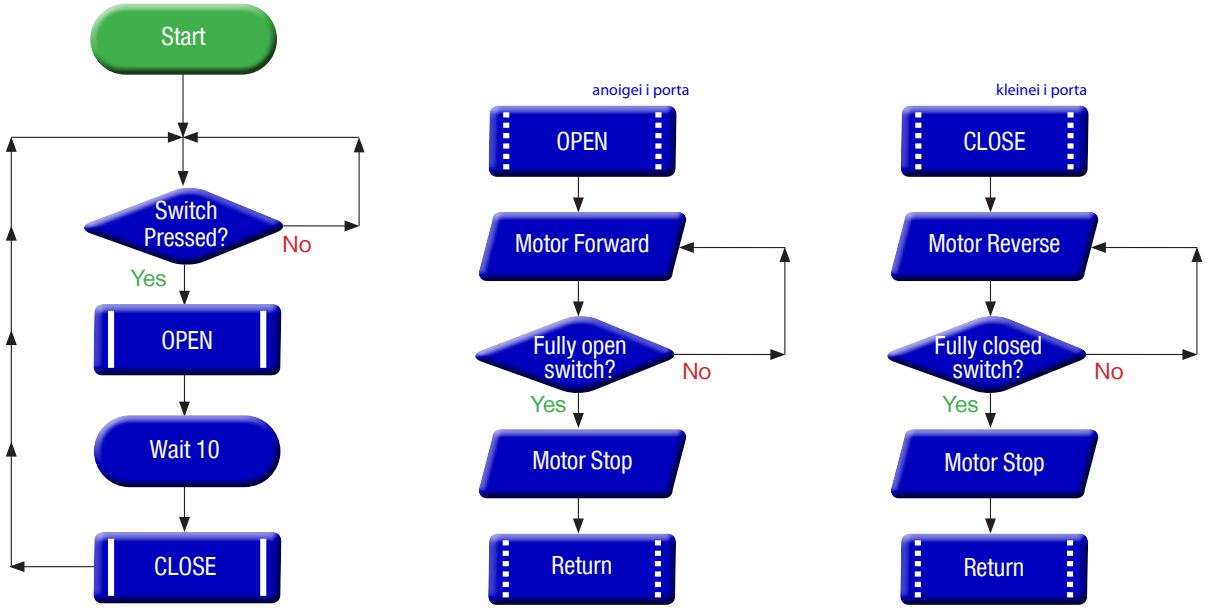
Χρησιμοποιείται πάντοτε στο τέλος της υπορουτίνας.

Πρόβλημα 5:

Μια αυτόματη πόρτα σε μια υπεραγορά λειτουργεί ως εξής: Όταν ένας διακόπτης (που βρίσκεται κάτω από το χαλί) πατηθεί, τότε η πόρτα ανοίγει αυτόματα. Η πόρτα, αφού ανοίξει πλήρως, μένει ανοιχτή για 10 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια κλείνει.

Το σύστημα λειτουργεί με έναν μικροκινητήρα που λειτουργεί μπροστά – πίσω, καθώς και με δύο επιπλέον μικροδιακόπτες, έναν στη θέση πλήρους ανοίγματος και έναν στη θέση πλήρους κλεισίματος της πόρτας.

Η λύση του προβλήματος 5, όπως αυτό έχει ετοιμαστεί στο λογισμικό προγραμματισμού, φαίνεται στο σχήμα 5/45.



Σχ. 5/45 Διάγραμμα ροής της λύσης του προβλήματος 5

Παρακολουθώντας τη διαδικασία που δίνει λύση στο πρόβλημα 5 και εξομοιώνοντας με τα function keys F7, F8 και F9 τη λειτουργία του διακόπτη μεμβράνης, του μικροδιακόπτη στο άνοιγμα και του μικροδιακόπτη στο κλείσιμο αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι το σύστημα λειτουργεί ως ακολούθως:

Η ροή του προγράμματος ξεκινά από την κύρια διαδικασία πάνω αριστερά (START). Όταν πατηθεί το F7 που εξομοιώνει το ότι κάποιος πάτησε το χαλί στην πόρτα (διακόπτης μεμβράνης), τότε η εντολή Decision επιτρέπει στη ροή του προγράμματος να περάσει προς τα κάτω στην εντολή Gosub, OPEN. Αμέσως η ροή μεταφέρεται στην υπορουτίνα (Procedure) OPEN, όπου ενεργοποιείται ο μικροκινητήρας και αρχίζει να ανοίγει η πόρτα. Η πόρτα και κατά συνέπεια ο μικροκινητήρας σταματούν, όταν η πόρτα ακουμπήσει και ενεργοποιήσει τον μικροδιακόπτη (fully open switch) που βρίσκεται στο τέλος της διαδρομής του ανοίγματος της πόρτας. Στο λογισμικό, αυτό εξομοιώνεται με το πάτημα του F8.

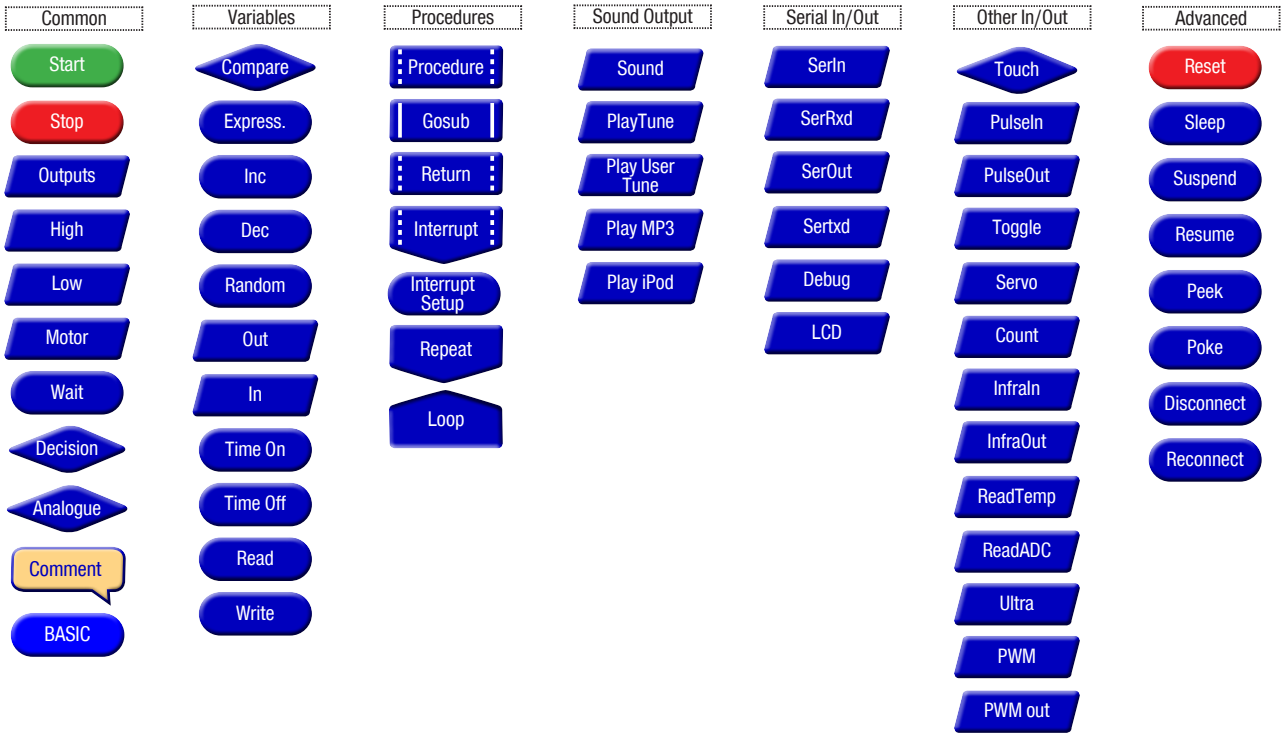
Στη συνέχεια, η ροή επιστρέφει στο κυρίως πρόγραμμα και, αφού υπάρξει αναμονή δέκα δευτερολέπτων, περνά στη δεύτερη εντολή Gosub, CLOSE. Από εκεί μεταφέρεται ακαριαία στην υπορουτίνα CLOSE, η οποία αντιστρέφει τη φορά περιστροφής του μικροκινητήρα και αρχίζει η πόρτα να κλείνει. Η πόρτα και ο μικροκινητήρας σταματούν όταν ενεργοποιηθεί ο μικροδιακόπτης (fully close switch) που βρίσκεται στο τέλος της διαδρομής του κλεισίματος της πόρτας. Στο λογισμικό, αυτό εξομοιώνεται με το πάτημα του F9.

Η ροή επιστρέφει στην αρχική θέση - επειδή υπάρχει βρόχος (loop) που συνδέει την τελευταία εντολή CLOSE με την αρχή της διαδικασίας - αναμένοντας τον επόμενο πελάτη που θα πατήσει στο χαλί, για να επαναληφθεί το άνοιγμα και μετά το κλείσιμο της πόρτας.

Η πιο πάνω διαδικασία συνεχίζεται ασταμάτητα.

5.3.7 Άλλες εντολές του λογισμικού προγραμματισμού

Όπως πιθανόν να έχετε παρατηρήσει, εκτός από τις εντολές που προαναφέρθηκαν στο λογισμικό, υπάρχουν και άλλες εντολές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πιο προχωρημένες εφαρμογές (π.χ. χρήση μεταβλητών, δυαδικών αριθμών, ενδείξεις με οθόνες LCD, εμφάνιση κάποιας εικόνας ή βίντεο στην οθόνη, λήψη ή/και μετάδοση υπέρυθρων σημάτων, αναπαραγωγή μουσικής κ.λπ.). Μερικές από τις εντολές αυτές εμφανίζονται πιο κάτω.



Σχ. 5/46 Οι εντολές του λογισμικού προγραμματισμού

Πιο κάτω περιγράφεται σε συντομία η λειτουργία μερικών από τις πιο πάνω εντολές*:

Interrupt & Interrupt Setup: Οι δύο εντολές χρησιμοποιούνται μαζί. Η εντολή **Interrupt Setup** τοποθετείται κάπου στο κυρίως πρόγραμμα, έτσι ώστε να αναμένεται πιθανή χρήση της εντολής **Interrupt**. Η εντολή **Interrupt** χρησιμοποιείται για να διακόψει τη ροή της διαδικασίας από το κύριο πρόγραμμα και να τη μεταφέρει αυτόματα σε ένα δευτερεύον πρόγραμμα που φέρει το ίδιο όνομα, όταν ικανοποιηθεί μία συγκεκριμένη συνθήκη. Το δευτερεύον πρόγραμμα τελειώνει με την εντολη **Return**, οπότε και η ροή του προγράμματος επιστρέφει και συνεχίζει από το σημείο στο οποίο βρισκόταν πριν από τη διακοπή.

Expression: Χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής μίας μεταβλητής (π.χ. A=10) ή μίας μαθηματικής έκφρασης μεταξύ δύο ή και τριών μεταβλητών (π.χ. A=B+C).

Inc: Αυξάνει την προηγούμενη τιμή που έχει μια μεταβλητή κατά 1, π.χ. INCA σημαίνει ότι κάθε φορά που η διαδικασία του διαγράμματος ροής περνά από την εντολή αυτή θα προστίθεται και μία μονάδα στη μεταβλητή Α.

** Περισσότερες πληροφορίες όπως και παραδείγματα για τις εντολές αυτές υπάρχουν στο εγχειρίδιο του λογισμικού προγραμματισμού, το οποίο μπορείτε να ζητήσετε από τον/την καθηγητή/τριά σας.*

Dec: Είναι παρόμοια με την εντολή **Inc**. Η εντολή αυτή, όμως, μειώνει την προηγούμενη τιμή που έχει μια μεταβλητή κατά 1. Π.χ., DECA σημαίνει ότι κάθε φορά που η διαδικασία του διαγράμματος ροής περνά από την εντολή αυτή, θα αφαιρείται και μια μονάδα από τη μεταβλητή Α.

Read: Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή αριθμητικών τιμών που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη EEPROM του μικροελεγκτή.

Write: Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση αριθμητικών τιμών στη μνήμη EEPROM του μικροελεγκτή.

Out: Συνοδεύεται με έναν αριθμό ή μία μεταβλητή, π.χ. OUT 64, OUTA. Όταν μέσα στο διάγραμμα ροής υπάρχει η εντολή αυτή, τότε οι έξοδοι του συστήματος παίρνουν τη δυαδική τιμή (τίθενται στην κατάσταση 1 και 0) του αντίστοιχου δεκαδικού αριθμού που έχει εκείνη τη στιγμή η εντολή OUT. Έτσι, το OUT64 στέλνει την έξοδο Out6 στην κατάσταση High (διότι ο δυαδικός αριθμός του δεκαδικού 64 είναι το 01000000).

In: Χρησιμοποιείται για να δώσει σε μία μεταβλητή (π.χ. την Α) τιμή ίση με την τρέχουσα δυαδική τιμή όλων των εισόδων. Έτσι, INA σημαίνει ότι κάθε φορά που η διαδικασία του διαγράμματος ροής περνά από την εντολή αυτή, η μεταβλητή Α θα παίρνει την αντίστοιχη τιμή (δεκαδική) που έχουν οι ψηφιακές είσοδοι.

Random: Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή τυχαίων αριθμών από το 0-255. Έτσι, RandomA σημαίνει ότι κάθε φορά που η διαδικασία του διαγράμματος ροής περνά από την εντολή αυτή, η μεταβλητή Α θα παίρνει μια τυχαία τιμή από το 0-255.

SerOut: Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες από τον μικροελεγκτή σε οθόνη τύπου LCD (Liquid Crystal Display) σε έναν εκτυπωτή ή σε έναν άλλο μικροελεγκτή.

PlayTune: Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα πιεζοηλεκτρικό ηχείο, το οποίο θα αναπαραγάγει μια από τις τέσσερις μελωδίες που περιλαμβάνει ο κώδικας Picaxe Bootstrap και είναι ήδη φορτωμένος πάνω στον μικροελεγκτή.

PulseOut: Χρησιμοποιείται για την παραγωγή παλμών στις εξόδους. Αν μία συγκεκριμένη έξοδος είναι off, ο παλμός θα την αλλάξει σε on και αντίστροφα.

Servo: Χρησιμοποιείται όταν πρόκειται να συνδέσουμε έναν σερβοκινητήρα.

Infraln: Χρησιμοποιείται για τη λήψη σήματος από μια πηγή υπέρυθρων ακτίνων. Η πηγή μπορεί να είναι ένα τηλεχειριστήριο τηλεόρασης, ενώ ως είσοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε είσοδος του μικροελεγκτή.

ReadADC: Είναι παρόμοια με την εντολή Expression.

Ultra: Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση συσκευών που φέρουν τον αισθητήρα υπερήχων SRF005.

PWM: Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία "ψευδοαναλογικού" σήματος ημιτονοειδούς ή άλλης μορφής.

Sleep: Βάζει τον μικροελεγκτή στην κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας, ώστε να περιοριστεί η σπατάλη ενέργειας από την μπαταρία. Κατά τη διάρκεια της εντολής αυτής τα σήματα από τις διάφορες εισόδους αγνοούνται. Με τη βοήθεια της ειδικής πινακίδας της εντολής, η οποία εμφανίζεται αν κάνουμε διπλό κλικ πάνω στο πλαίσιό της, μπορούμε να καθορίσουμε τον χρόνο που ο μικροελεγκτής μένει στην κατάσταση sleep.

Παράδειγμα 2

«Ένα σύστημα ανοίγματος πόρτας γκαράζ αυτοκινήτου λειτουργεί ως ακολούθως: Όταν πέσει το φως από τα φώτα του αυτοκινήτου πάνω σε έναν φωτοαντιστάτη που βρίσκεται στην είσοδο του γκαράζ, τότε η πόρτα ανοίγει με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού μικροκινητήρα. Η πόρτα σταματά όταν συναντήσει στο τέλος της διαδρομής της έναν μικροδιακόπτη. Στη συνέχεια, αφού παραμείνει στο σημείο αυτό ακίνητη για δέκα δευτερόλεπτα, ο μικροκινητήρας περιστρέφεται αντίστροφα για να κλείσει η πόρτα. Η πόρτα σταματά όταν αυτή «πιέσει» έναν δεύτερο μικροδιακόπτη. Κατά τη διάρκεια τόσο του ανοίγματος, όσο και του κλεισίματος ανάβει και μία διαφορετική δίοδος φωτοεκπομπής».

α) Να σχεδιάσετε το ηλεκτρονικό κύκλωμα που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.

β) Χρησιμοποιώντας το λογισμικό προγραμματισμού, να σχεδιάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο ίδιο πρόβλημα.

Σημείωση: *Για τη λύση/κατασκευή να χρησιμοποιηθούν οι κλασικοί μικροκινητήρες 3 V - 6 V dc των σχολείων.*

Λύση:

α) Κύκλωμα

Αρχικά, γίνεται ανάλυση συστήματος για τον καθορισμό των εισόδων, της επεξεργασίας και των εξόδων, όπως επίσης και των λογικών καταστάσεων των εισόδων, ώστε αυτές να συνδεθούν σωστά στον μικροελεγκτή.

1. Επεξεργασία

Από την πιο πάνω περιγραφή φαίνεται ότι χρειαζόμαστε μία αναλογική είσοδο, δύο ψηφιακές εισόδους και τέσσερις εξόδους. Επομένως, ο μικροελεγκτής PICAXE-18M2 είναι κατάλληλος.

2. Είσοδοι:

Είσοδος Α:

Ανίχνευση φωτός που πέφτει στον φωτοαντιστάτη από τα φώτα του αυτοκινήτου => θα χρησιμοποιηθεί φωτοαντιστάτης και, ως εκ τούτου, η είσοδος είναι *αναλογική*.

Είσοδος Β:

Μικροδιακόπτης τον οποίο η πόρτα συναντά όταν ανοίξει εντελώς.

Η είσοδος είναι *ψηφιακή*.

Λογικές καταστάσεις εισόδου Β: Μικροδιακόπτης «πατημένος» 1
Μικροδιακόπτης «απάτητος» 0

Είσοδος Γ:

Μικροδιακόπτης τον οποίο η πόρτα συναντά όταν κλείσει εντελώς.

Η είσοδος είναι *ψηφιακή*.

Λογικές καταστάσεις εισόδου Γ: Μικροδιακόπτης «πατημένος» 1
Μικροδιακόπτης «απάτητος» 0

3. Έξοδοι

Έξοδος Α : Δίοδος φωτοεκπομπής που δείχνει ότι η πόρτα ανοίγει.

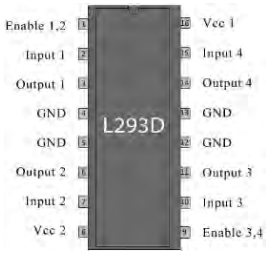
Έξοδος Β : Δίοδος φωτοεκπομπής που δείχνει ότι η πόρτα κλείνει.

Έξοδος Γ: Είναι μικροκινητήρας, ο οποίος πρέπει να μπορεί να κινηθεί και στις δύο κατευθύνσεις, έτσι ώστε να ανοίγει και να κλείνει η πόρτα. Επομένως, υπάρχουν δύο επιλογές/λύσεις:

1. Χρήση του ειδικού μικροτσίπ L293D σε συνδυασμό με την εντολή MOTOR και
2. Χρήση δύο ηλεκτρονόμων σε συνδυασμό με δύο εντολές OUTPUTS.

Πιο κάτω παρουσιάζονται και οι δύο τρόποι λύσης του προβλήματος:

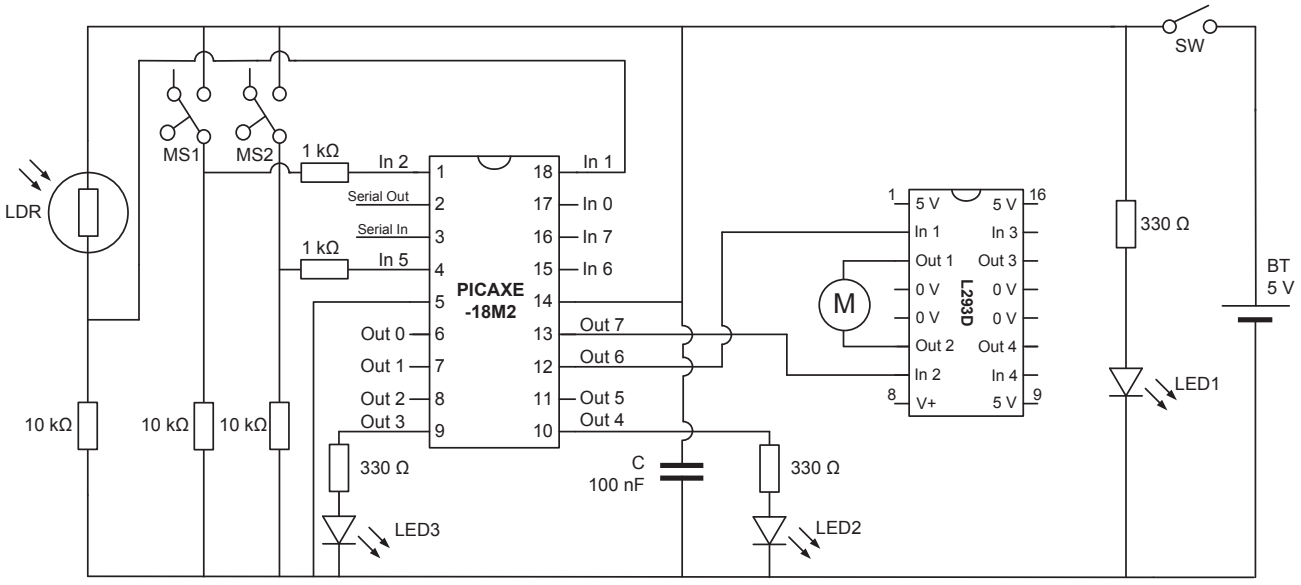
Λυση 1 - Χρήση μικροτσίπ L293D



Έξοδοι Γ1 και Γ2: σύνδεση στον μικροκινητήρα μέσω του ειδικού ολοκληρωμένου κυκλώματος για οδήγηση μικροκινητήρων L293D.

Στη συνέχεια, αποφασίζουμε πού θα συνδεθούν τα διάφορα εξαρτήματα στις εισόδους και εξόδους, ώστε να ληφθεί υπόψη στην ετοιμασία του προγράμματος και δημιουργούμε τον πίνακα και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που φαίνονται πιο κάτω.

Είσοδος/ έξοδος	Εξάρτημα	Κωδικός στο κύκλωμα	Είσοδος/έξοδος μικροελεγκτή	Ακροδέκτης μικροελεγκτή
Είσοδος Α	Φωτοαντιστάτης	LDR	An1	18
Είσοδος Β	Μικροδιακόπτης στο πέρας της διαδρομής του ανοίγματος	MS1	In2	1
Είσοδος Γ	Μικροδιακόπτης στο πέρας της διαδρομής του κλεισίματος	MS2	In5	4
Έξοδος Α	Δίοδος φωτοεκπομπής που ανάβει κατά τη διάρκεια του ανοίγματος.	LED2	Out4	10
Έξοδος Β	Δίοδος φωτοεκπομπής που ανάβει κατά τη διάρκεια του κλεισίματος.	LED3	Out3	9
Έξοδος Γ1	Ειδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα για οδήγηση μικροκινητήρων L293D	L293D (In1)	Out6	12
Έξοδος Γ2	Ειδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα για οδήγηση μικροκινητήρων L293D	L293D (In2)	Out7	13



Σημ.: *Το L293D μπορεί να τροφοδοτηθεί από την πηγή που τροφοδοτεί το υπόλοιπο κύκλωμα ή/και από άλλη πηγή. Ωστόσο, για τους σκοπούς του μαθήματος, θα ασχοληθούμε μόνο με τις συνδέσεις των εισόδων του L293D με τις εξόδους του μικροελεγκτή, καθώς επίσης και με τη σύνδεσή του με τον μικροκινητήρα (όπως παρουσιάζεται πιο πάνω).*

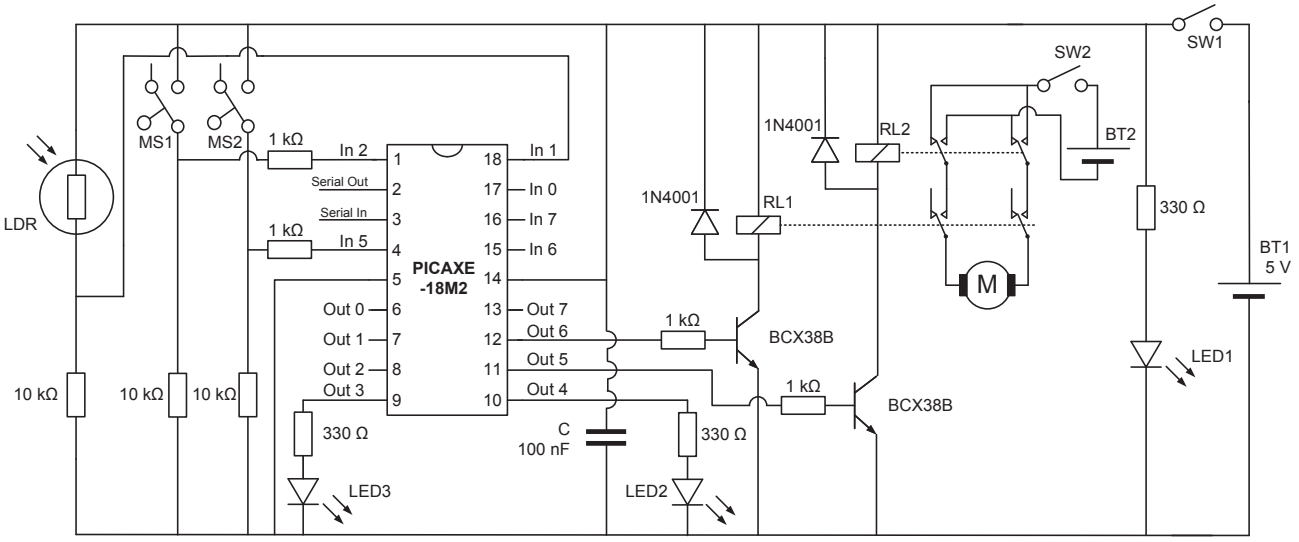
Λύση 2 - Χρήση ηλεκτρονόμων

Έξοδος Γ1: Ηλεκτρονόμος για την ενεργοποίηση του μικροκινητήρα

Έξοδος Γ2: Ηλεκτρονόμος για την ορθή/αντίστροφη περιστροφή του μικροκινητήρα

Στη συνέχεια αποφασίζουμε πού θα συνδεθούν τα διάφορα εξαρτήματα στις εισόδους και στις εξόδους, ώστε να ληφθεί υπόψη στην ετοιμασία του προγράμματος και δημιουργούμε τον πίνακα και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που φαίνονται πιο κάτω.

Είσοδος/ έξοδος	Εξάρτημα	Κωδικός στο κύκλωμα	Είσοδος/έξοδος μικροελεγκτή	Ακροδέκτης μικροελεγκτή
Είσοδος Α	Φωτοαντιστάτης	LDR	An1	18
Είσοδος Β	Μικροδιακόπτης στο πέρας της διαδρομής του ανοίγματος	MS1	In2	1
Είσοδος Γ	Μικροδιακόπτης στο πέρας της διαδρομής του κλεισίματος	MS2	In5	4
Έξοδος Α	Δίοδος φωτοεκπομπής που ανάβει κατά τη διάρκεια του ανοίγματος.	LED2	Out4	10
Έξοδος Β	Δίοδος φωτοεκπομπής που ανάβει κατά τη διάρκεια του κλεισίματος.	LED3	Out3	9
Έξοδος Γ1	Ηλεκτρονόμος για την ενεργοποίηση του μικροκινητήρα	RL1	Out6	12
Έξοδος Γ2	Ηλεκτρονόμος για ορθή/αντίστροφη περιστροφή του μικροκινητήρα	RL2	Out5	11



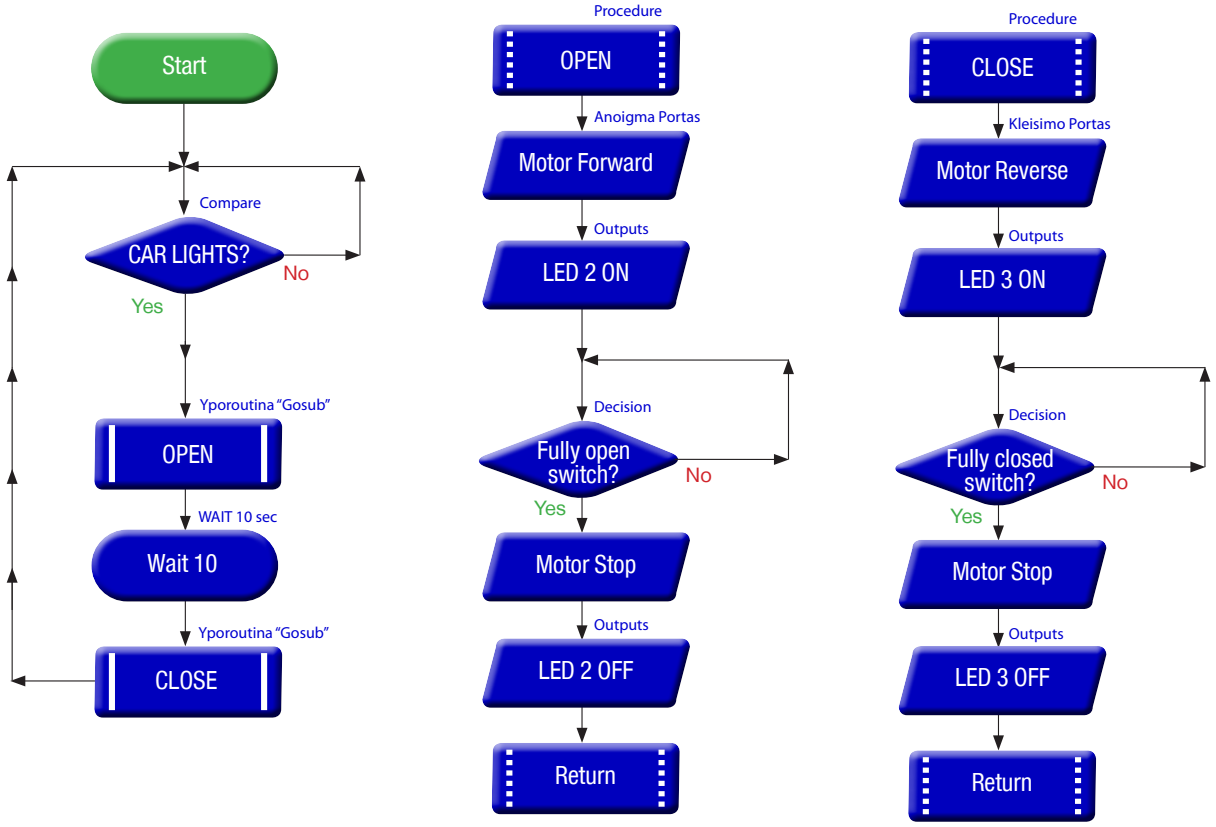
Σημ.: *α) Η τροφοδοσία του μικροκινητήρα γίνεται από ξεχωριστή πηγή.*

β) Όταν ο ηλεκτρονόμος RL2 ενεργοποιηθεί /απενεργοποιηθεί, αντιστρέφει τη φορά ροής του ηλεκτρικου ρεύματος προς τον μικροκινητήρα, έτσι ώστε να περιστρέφεται μπροστά ή πίσω.

γ) Όταν ο ηλεκτρονόμος RL1 ενεργοποιηθεί, θέτει τον μικροκινητήρα σε λειτουργία. (Ο μικροκινητήρας περιστρέφεται ορθά ή αντίστροφα, ανάλογα με την κατάσταση του ηλεκτρονόμου RL2.)

β) Ετοιμασία διαγράμματος ροής – flowchart

Το διάγραμμα ροής για τη λύση του πιο πάνω προβλήματος **με βάση μόνο την πρώτη λύση** (χρήση του L293D) παρουσιάζεται πιο κάτω:



Η ετοιμασία του διαγράμματος ροής βασίστηκε στη χρήση δύο εντολών **Gosub**, που παραπέμπουν σε δύο υπορουτίνες **(Procedure),** μια για το άνοιγμα **(OPEN)** και μια για το κλείσιμο **(CLOSE)** αντίστοιχα. Το κυρίως πρόγραμμα - στα αριστερά - χρησιμοποιεί την εντολή **COMPARE** (CAR LIGHTS?), η οποία επιτρέπει στη ροή του προγράμματος να διέλθει στην υπορουτίνα **OPEN**, όταν πέσει φως στον φωτοαντιστάτη (In1/An1) πάνω από κάποιο προκαθορισμένο επίπεδο. Η υπορουτίνα **OPEN** θέτει τον μικροκινητήρα σε περιστροφή (+Out6 & Out7 - Motor Forward), ανοίγοντας έτσι την πόρτα. Ταυτόχρονα, ανάβει και η δίοδος φωτοεκπομπής Led2, η οποία δείχνει ότι η πόρτα ανοίγει. Ο μικροκινητήρας σταματάει και η Led2 σβήνει, όταν η εντολή **Decision** (Fully open switch?) ανιχνεύσει ότι έχει «ενεργοποιηθεί» ο μικροδιακόπτης MS1, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην ακραία θέση πλήρους ανοίγματος της πόρτας. Στη συνέχεια, η διαδικασία επιστρέφει στο κυρίως πρόγραμμα (στο σημείο που είχε μείνει) και συνεχίζει στην εντολή **Wait**. Μετά από καθυστέρηση 10 δευτερολέπτων περνά στην υπορουτίνα **CLOSE**, θέτοντας τον μικροκινητήρα σε αντίστροφη περιστροφή (+Out7 & Out6 - Motor Reverse) και κλείνει την πόρτα. Ταυτόχρονα, ανάβει και η δίοδος φωτοεκπομπής Led3 η οποία δείχνει ότι η πόρτα κλείνει. Ο μικροκινητήρας σταματά όταν η εντολή **Decision** (Fully closed switch?) ανιχνεύσει ότι έχει «ενεργοποιηθεί» ο μικροδιακόπτης MS2, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην ακραία θέση πλήρους κλεισίματος της πόρτας. Στη συνέχεια, η διαδικασία επιστρέφει στο κυρίως πρόγραμμα (εκεί όπου είχε μείνει) και από τα τόξα επιστρέφει στο πάνω μέρος, όπου και αναμένει την επόμενη φορά που θα πέσει φως στον αισθητήρα, για να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία.

Παράδειγμα 3

Στο **παράδειγμα 2** να γίνουν οι πιο κάτω προσθήκες/αλλαγές, ώστε το σύστημα να βελτιωθεί:

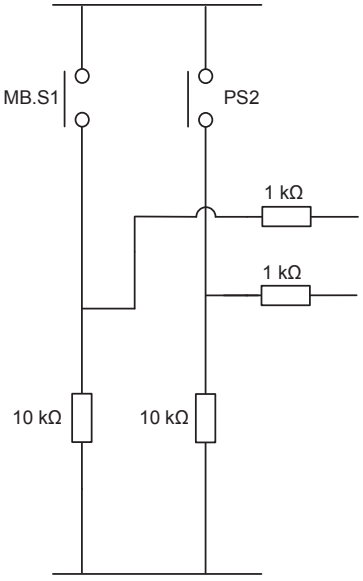
α) Η πόρτα να ανοίγει όταν το αυτοκίνητο πατήσει έναν διακόπτη μεμβράνης στο έδαφος.

β) Η πόρτα να ανοίγει, επίσης, με έναν ξεχωριστό ωστικό διακόπτη μέσα από το γκαράζ. Το κλείσιμό της να γίνεται πάλι αυτόματα.

γ) Το σύστημα να ελέγχει αν το αυτοκίνητο *έχει περάσει*, προτού αρχίσει να κλείνει η πόρτα. Η ανίχνευση της κατάστασης αυτής να γίνεται από μία φωτεινή ακτίνα, η οποία να πέφτει πάνω σε φωτοαντιστάτη, που να είναι τοποθετημένος ακριβώς στη διαδρομή κίνησης της πόρτας.

Στο παράδειγμα αυτό να γίνουν τα πιο κάτω:

1. **Να σχεδιάσετε τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν στο κύκλωμα (να σχεδιαστούν ξεχωριστά από το κύκλωμα).**
2. **Να ετοιμάσετε το βελτιωμένο διάγραμμα ροής**.

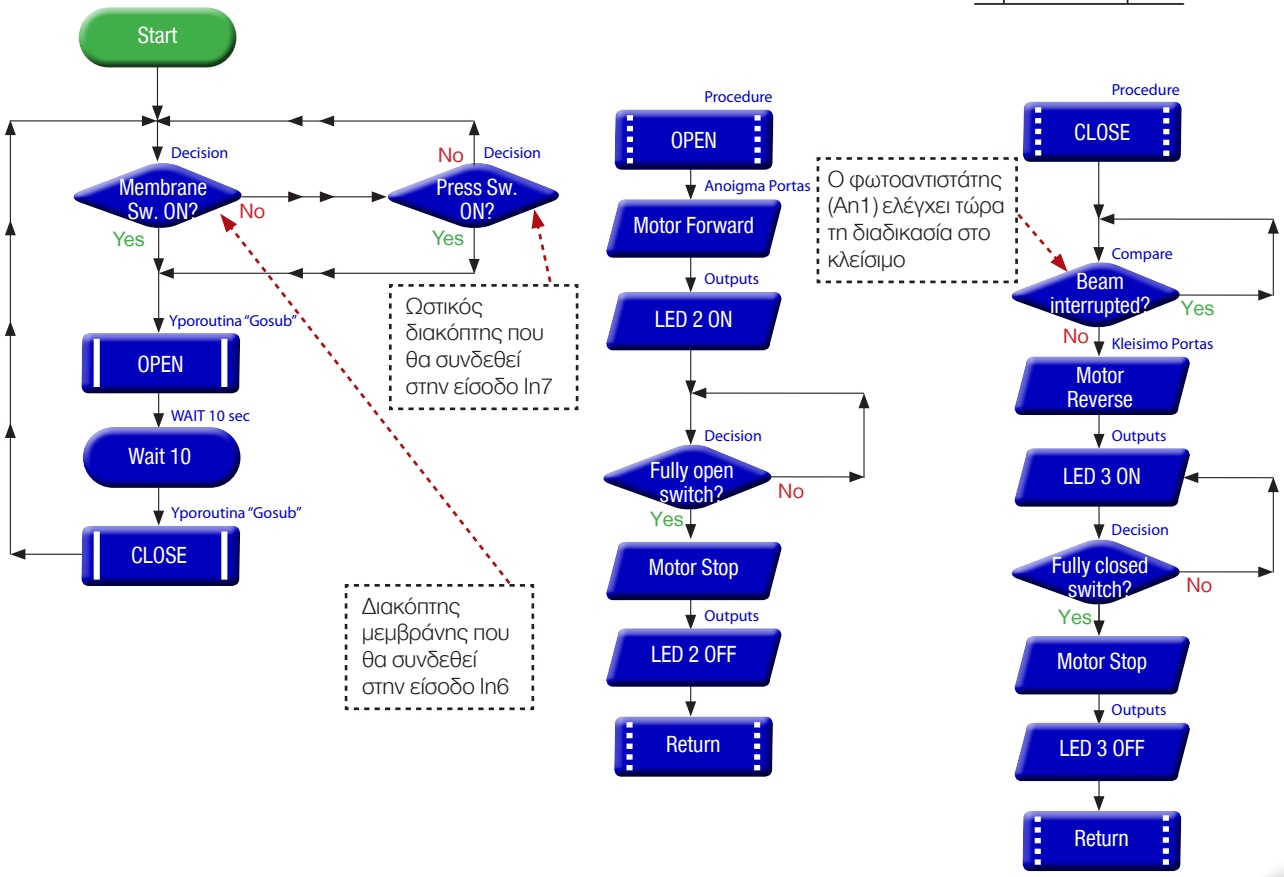


Λύση:

1. Αλλαγές στο κύκλωμα

Στο νέο κύκλωμα θα χρησιμοποιηθούν ακόμη δύο είσοδοι του μικροελεγκτή (In6 και In7), για να ενεργοποιούνται από τον διακόπτη μεμβράνης (MB.S1) και από τον ωστικό διακόπτη (PS2), όπως φαίνονται και στο διπλανό σχέδιο. Η αναλογική είσοδος (In1/An1) θα παραμείνει, αλλά στο νέο βελτιωμένο σύστημα θα ελέγχει αν υπάρχει αυτοκίνητο στη διαδρομή του κλεισίματος της πόρτας. Έτσι, για την περίπτωση αυτή θα γίνουν μόνο οι απαραίτητες αλλαγές στο λογισμικό.

2. Αλλαγές στο διάγραμμα ροής



Παράδειγμα 4

«Ένας ιμάντας μεταφοράς σε μία βιομηχανική μονάδα συσκευασίας κόκκινου κρασιού λειτουργεί ως ακολούθως: Άδεια διαφανή μπουκάλια τοποθετούνται στο ένα άκρο της ταινίας μεταφοράς από τους εργάτες. Καθώς η ταινία κινείται, τα μπουκάλια αυτά προχωρούν για να γεμίσουν. Όταν ένα μπουκάλι φτάσει στη βαλβίδα γεμίσματος, τότε η ταινία σταματά και μετά από καθυστέρηση ενός (1) δευτερολέπτου μία σωληνοειδής βαλβίδα ανοίγει και γεμίζει το μπουκάλι με κρασί. Η ροή στο μπουκάλι σταματά, όταν το επίπεδο του κρασιού φτάσει σε ένα προκαθορισμένο σημείο. Κατά τη διάρκεια του γεμίσματος ανάβει μια δίοδος φωτοεκπομπής. Στη συνέχεια, αφού υπάρξει πάλι μια καθυστέρηση 1,5 δευτερολέπτου, η ταινία ξεκινά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται, όταν φτάσει το επόμενο μπουκάλι κ.ο.κ.».*

α) Χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εξαρτήματα, να σχεδιάσετε το ηλεκτρονικό κύκλωμα που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.

β) Χρησιμοποιώντας το λογισμικό προγραμματισμού, να σχεδιάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο ίδιο πρόβλημα.

Σημειώσεις:

1. *Για τη λύση/κατασκευή να χρησιμοποιηθούν κλασικοί μικροκινητήρες 3 V - 6 V dc των σχολείων.*
2. *Στη θέση της σωληνοειδούς βαλβίδας να χρησιμοποιηθεί η ισονική σωληνοειδής βαλβίδα που παρουσιάζεται στον πίνακα 5/20 και λειτουργεί με τάση 6 V dc.*

Λύση:

α. Κύκλωμα

Αρχικά, γίνεται ανάλυση συστήματος για τον καθορισμό των εισόδων, της επεξεργασίας και των εξόδων, όπως επίσης και των λογικών καταστάσεων των εισόδων, ώστε να συνδεθούν σωστά στον μικροελεγκτή.

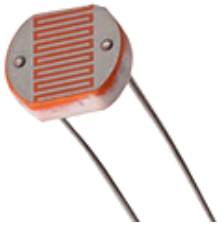
1. Είσοδοι:

Είσοδος Α:

Ανίχνευση μπουκαλιού στη θέση γεμίσματος: θα χρησιμοποιηθεί μικροδιακόπτης και, ως εκ τούτου, η είσοδος θα είναι ψηφιακή.

Λογικές καταστάσεις εισόδου Α:

Μικροδιακόπτης «πατημένος» 1
Μικροδιακόπτης «απάτητος» 0



Είσοδος Β:

Ανίχνευση ώστε να διαπιστωθεί εάν η στάθμη του κρασιού έφτασε στο επιθυμητό επίπεδο: θα χρησιμοποιηθεί φωτοαντιστάτης που δέχεται φως από ακτίνα φωτός, με αποτέλεσμα όταν το μπουκάλι γεμίσει, η ποσότητα φωτισμού που θα πέφτει στον φωτοαντιστάτη να ελαττώνεται (μιας και το κρασί έχει σκούρο χρώμα και απορροφά το φως).
Η είσοδος είναι αναλογική.

2. Έξοδοι

Έξοδος Α: Μικροκινητήρας ταινίας (κινείται προς μία κατεύθυνση μόνο).

** Η σωληνοειδής βαλβίδα είναι παρόμοια με τις ηλεκτροβαλβίδες που γνωρίσαμε στα πνευματικά συστήματα. Η διαφορά είναι ότι μέσω της βαλβίδας αυτής διέρχεται υγρό αντί αέρας υπό πίεση.*

Έξοδος Β: Ισονική σωληνοειδής βαλβίδα (έλεγχος της ροής του κρασιού).

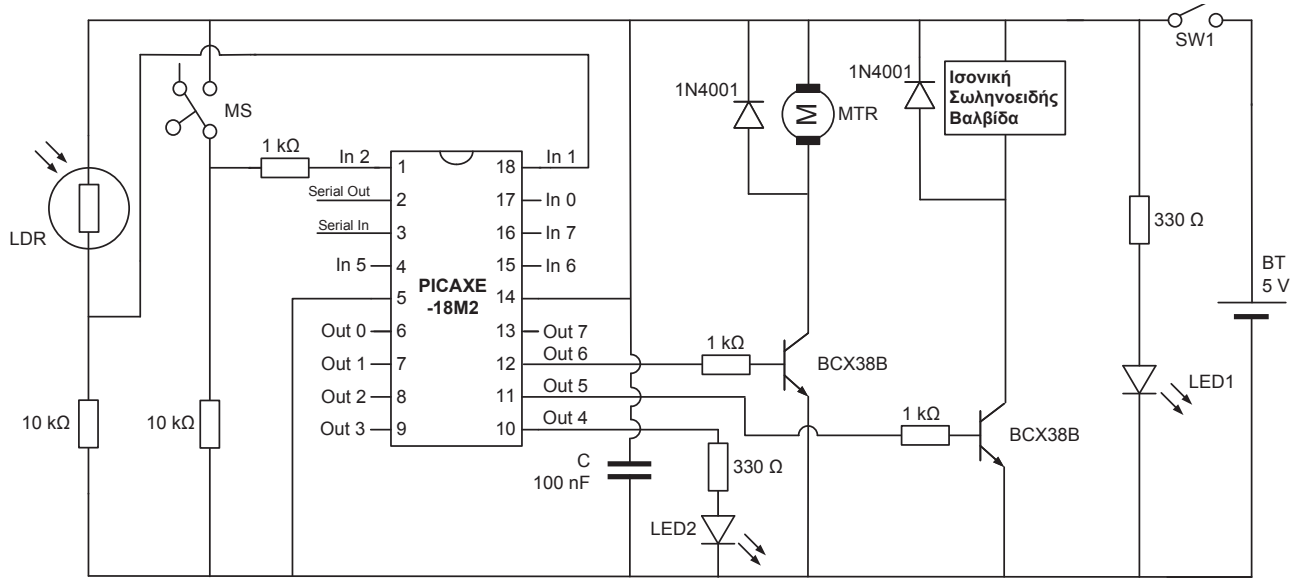
Έξοδος Γ: Δίοδος φωτοεκπομπής (ένδειξη ότι ρέει κρασί στο μπουκάλι).

3. Επεξεργασία

Από τα είδη των εισόδων συμπεραίνουμε ότι χρειαζόμαστε: μία αναλογική, μία ψηφιακή είσοδο και τρεις εξόδους. Επομένως, ο μικροελεγκτής PICAXE-18M2 είναι κατάλληλος για χρήση.

Στη συνέχεια, αποφασίζουμε σε ποιες εισόδους και σε ποιες εξόδους θα συνδεθούν τα διάφορα εξαρτήματα (για να ληφθεί υπόψη κατά την ετοιμασία του προγράμματος) και δημιουργούμε τον πίνακα και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που φαίνονται πιο κάτω.

Είσοδος/ έξοδος	Εξάρτημα	Κωδικός στο κύκλωμα	Αριθμός εισόδου/εξόδου μικροελεγκτή	Ακροδέκτης μικροελεγκτή
Είσοδος Α	Μικροδιακόπτης	MS	In2	1
Είσοδος Β	Φωτοαντιστάτης στάθμης	LDR	An1	18
Έξοδος Α	Δίοδος φωτοεκπομπής που ανάβει κατά τη διάρκεια του ανοίγματος	LED2	Out4	10
Έξοδος Β	Ισονική σωληνοειδής βαλβίδα	VALVE	Out5	11
Έξοδος Γ	Μικροκινητήρας ταινίας μεταφοράς	MTR	Out6	12



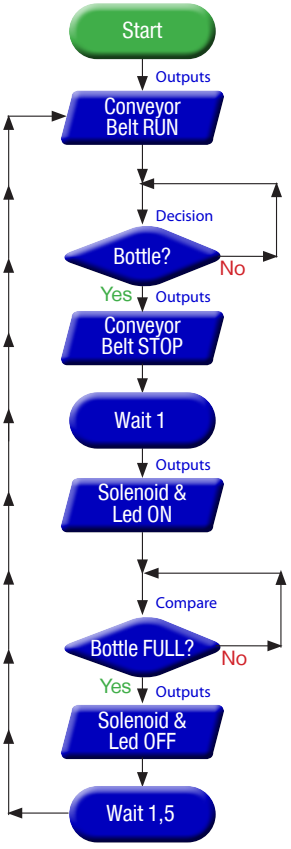
Σημείωση:

α) *Ο μικροκινητήρας συνδέεται στην ίδια πηγή που τροφοδοτεί τον μικροελεγκτή (για καλύτερα αποτελέσματα συνιστάται ξεχωριστή πηγή, ώστε να αποφευχθούν τυχόν σπινθηρισμοί κατά τη λειτουργία του, οι οποίοι δημιουργούν πρόβλημα στον μικροελεγκτή.).*

β) *Η Ισονική σωληνοειδής βαλβίδα επιτρέπει τη ροή του κρασιού στο μπουκάλι, όταν είναι ενεργοποιημένη.*

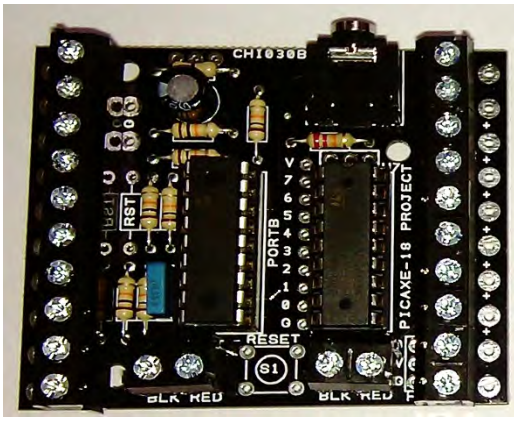
β) Το διάγραμμα ροής που προτείνεται για τη λύση του πιο πάνω προβλήματος παρουσιάζεται δίπλα:

Με την ενεργοποίηση του διαγράμματος ροής η διαδικασία μεταφέρεται αμέσως στην εντολή (Conveyor Belt RUN), η οποία ξεκινά τον μικροκινητήρα της ταινίας μεταφοράς. Με αυτό τον τρόπο τα μπουκάλια μεταφέρονται προς το σημείο γεμίσματός τους. Όταν το μπουκάλι ενεργοποιήσει τον μικροδιακόπτη (εντολή **Decision Bottle?**), ο μικροκινητήρας της ταινίας σταματά (Conveyor belt STOP) και μετά από καθυστέρηση 1 δευτερόλεπτου μία νέα εντολή **OUTPUTS** (Solenoid & led ON) ενεργοποιεί τη βαλβίδα που επιτρέπει τη ροή του κρασιού ενεργοποιώντας και τη σχετική LED. Ο έλεγχος της ποσότητας του κρασιού, που θα δεχθεί το μπουκάλι επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της εντολής **COMPARE** (Bottle FULL?), η οποία βασίζεται στο σήμα που θα δώσει ο φωτοαντιστάτης. Αν το φως που φτάνει στον φωτοαντιστάτη δεν είναι επαρκές (π.χ. Αν A1 < 50 στην κλίμακα 0-255), τότε η ροή του προγράμματος θα περάσει στην εντολή (Solenoid & led OFF), με αποτέλεσμα να σταματήσει η ροή του κρασιού και να σβήσει η LED. Μετά από καθυστέρηση 1,5 δευτερολέπτου, η ταινία μεταφοράς ξαναξεκινά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται όποτε κάποιο μπουκάλι φτάσει στη θέση γεμίσματος και ενεργοποιήσει τον διακόπτη MS ο οποίος βρίσκεται συνδεδεμένος στην είσοδο In2 **(εντολή Decision Bottle?)**.

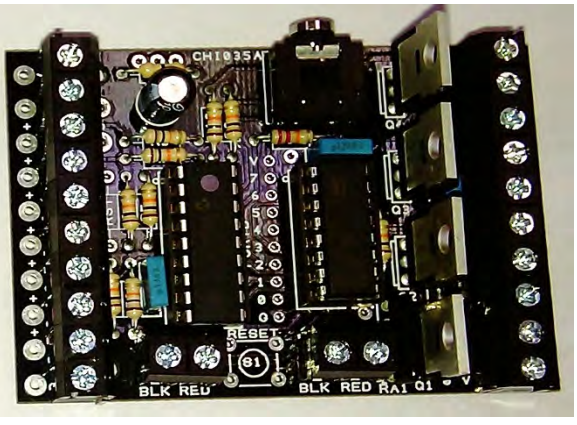


5.4 Τυπικά κυκλώματα με τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2

Για τη λύση προβλημάτων με τη βοήθεια του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν διάφορα τυπικά κυκλώματα για κατασκευές. Στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας διατίθενται δύο είδη τυπικών κυκλωμάτων, τα οποία παρουσιάζονται πιο κάτω.



Σχ. 5/47 Τυπικό κύκλωμα για κατασκευές με 8 εξόδους, 4 ψηφιακές εισόδους και 2 αναλογικές ή/και ψηφιακές εισόδους.



Σχ. 5/48 Τυπικό κύκλωμα για κατασκευές υψηλής ισχύος με 4 εξόδους και δυνατότητα σύνδεσης 2 κινητήρων, 4 ψηφιακές εισόδους και 2 αναλογικές ή/και ψηφιακές εισόδους.

Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, αρκεί να συνδέσουμε στις κατάλληλες εισόδους και εξόδους τα εξαρτήματα που ταιριάζουν στη λύση του προβλήματός μας και να ετοιμάσουμε το διάγραμμα ροής στο λογισμικό προγραμματισμού βάσει αυτών των συνδέσεων.

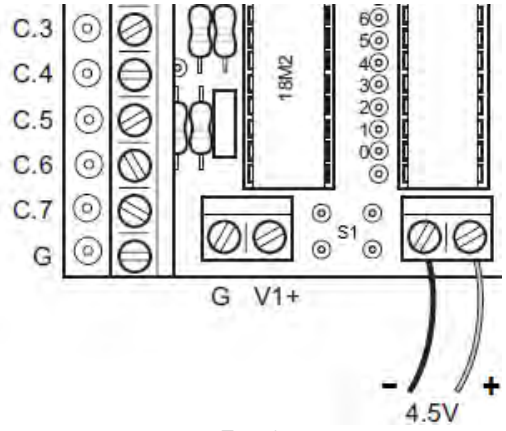
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες των τυπικών κυκλωμάτων που υπάρχουν στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, απαραίτητες για τη σωστή χρήση τους στις σχολικές εργασίες.

5.4.1 Τροφοδοσία

Τα τυπικά κυκλώματα μπορούν να τροφοδοτηθούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

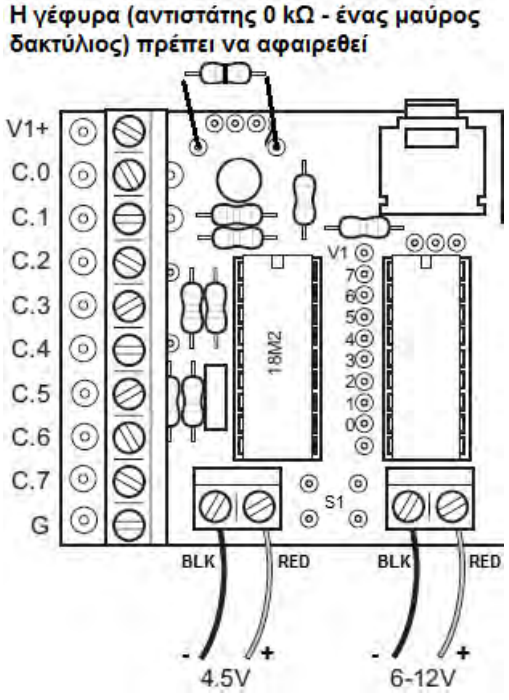
α) Μέσω μίας πηγής 4,5 V (ή 6 V σε σειρά με μία δίοδο 1N4001)
β) Μέσω δύο πηγών (μίας 4,5 V και μίας δεύτερης 6-12 V)
γ) Μέσω μίας πηγής 7,5 - 12 V, σε συνδυασμό με τον ρυθμιστή τάσης 78L05

α)



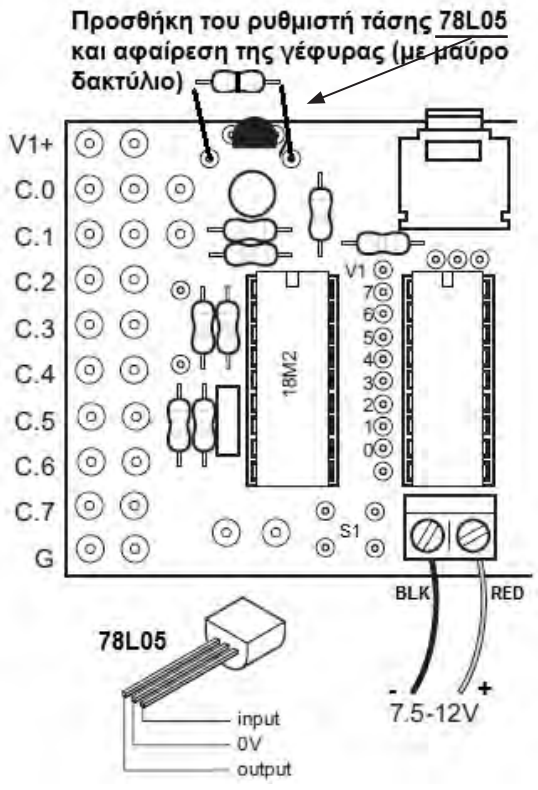
Σχ. 5/49

β)



Σχ. 5/50

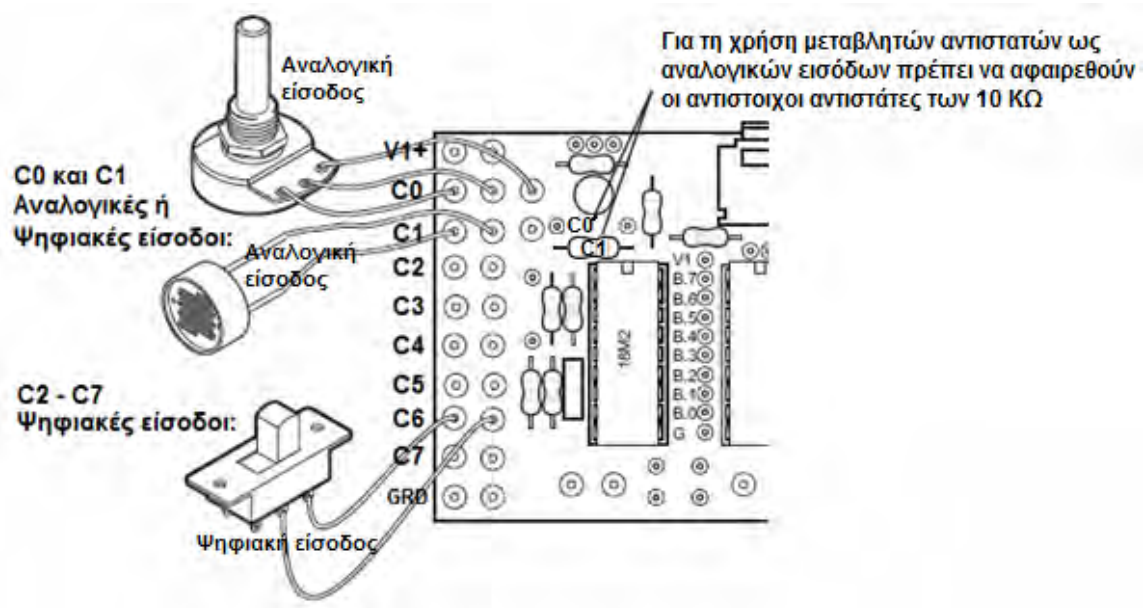
γ)



Σχ. 5/51

5.4.2 Εξαρτήματα εισόδου

Οι ψηφιακές και οι αναλογικές είσοδοι συνδέονται στις εισόδους C0 – C7 του μικροελεγκτή, όπως φαίνεται πιο κάτω. Οι είσοδοι C0 και C1 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ψηφιακές ή/και ως αναλογικές, ενώ οι είσοδοι C2, C5, C6 και C7 μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως ψηφιακές. Στην περίπτωση κατά την οποία απαιτείται χρήση μεταβλητού αντιστάτη ως αναλογικής εισόδου (C0 ή C1), ο αντίστοιχος αντιστάτης των 10 kΩ πρέπει να αφαιρεθεί. Η χρήση των ακροδεκτών C3 και C4 είναι καλό να αποφεύγεται, επειδή αυτές χρησιμοποιούνται και για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή κατά τη σύνδεσή του με τον Η.Υ.

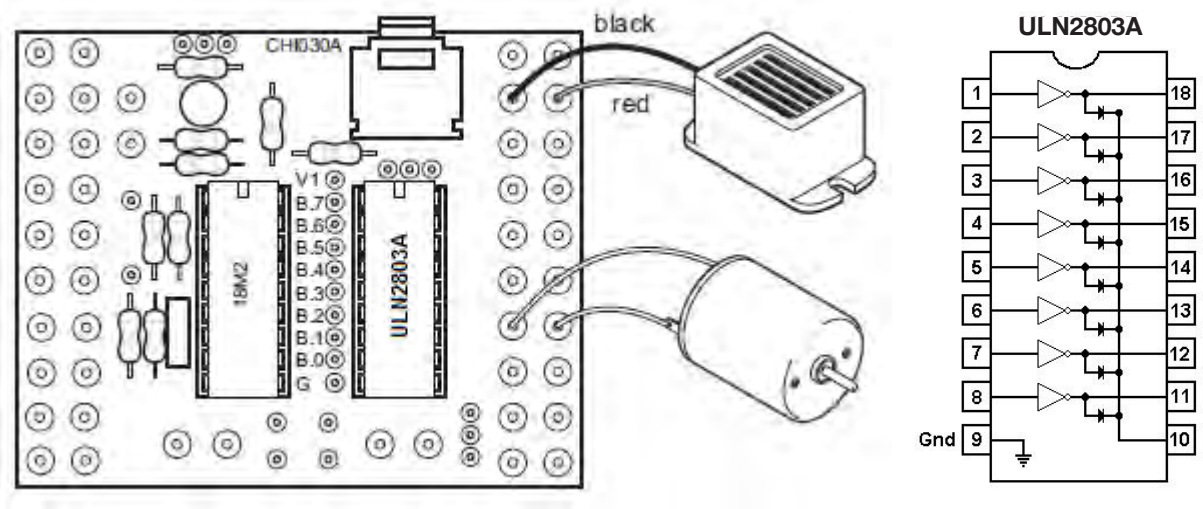


Σχ. 5/52

5.4.3 Εξαρτήματα εξόδου

5.4.3.1 Απλό τυπικό κύκλωμα

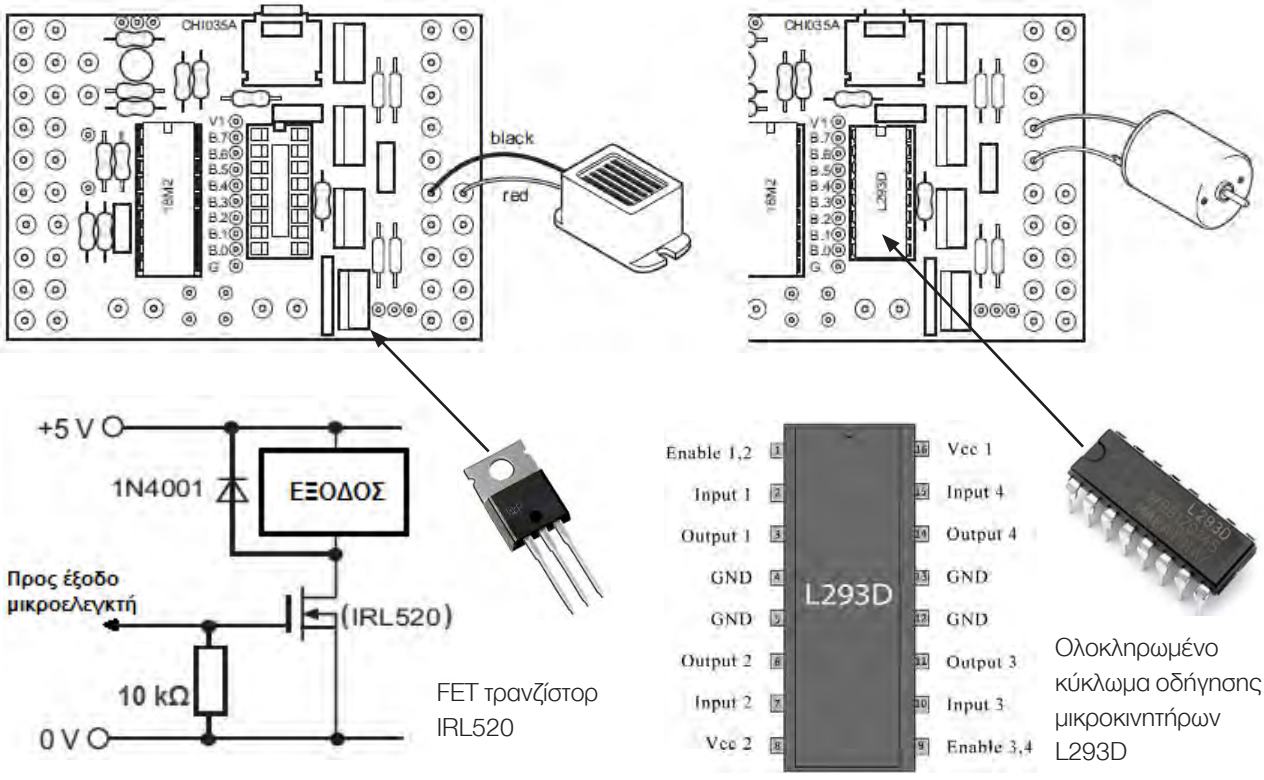
Το απλό τυπικό κύκλωμα χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα ULN2803A, το οποίο περιέχει οκτώ διατάξεις Darlington, με αποτέλεσμα να μπορούμε να αποφύγουμε τη χρήση τρανζίστορ και διόδων ανόρθωσης. Το ULN2803 μπορεί να προσφέρει 8 απλές (ON/OFF) εξόδους μέχρι 500 mA η καθεμιά.



Σχ. 5/53

5.4.3.2 Τυπικό κύκλωμα υψηλής ισχύος

Το τυπικό κύκλωμα υψηλής ισχύος χρησιμοποιεί 4 FET (τρανζίστορ) IRL520N και μπορεί να προσφέρει 4 απλές (ON/OFF) εξόδους μέχρι 1500 mA η καθεμιά. Επιπλέον, παρέχει την επιλογή χρήσης του οδηγού μικροκινητήρων (ολοκληρωμένου κυκλώματος) L293D, δίνοντας δύο αντιστρέψιμες -δεξιόστροφα ή/και αριστερόστροφα- εξόδους για μικροκινητήρες μέχρι 1000 mA (1 A).



Σχ. 5/54

Σημείωση:

α) Στο επίπεδο των σχολικών κατασκευών/πρότζεκτ, τα FET τρανζίστορ μπορούν να αντικαταστήσουν τις διατάξεις Ντάρλιγκτον, όταν απαιτείται περισσότερη ισχύς (π.χ. πάνω από 1 Α).

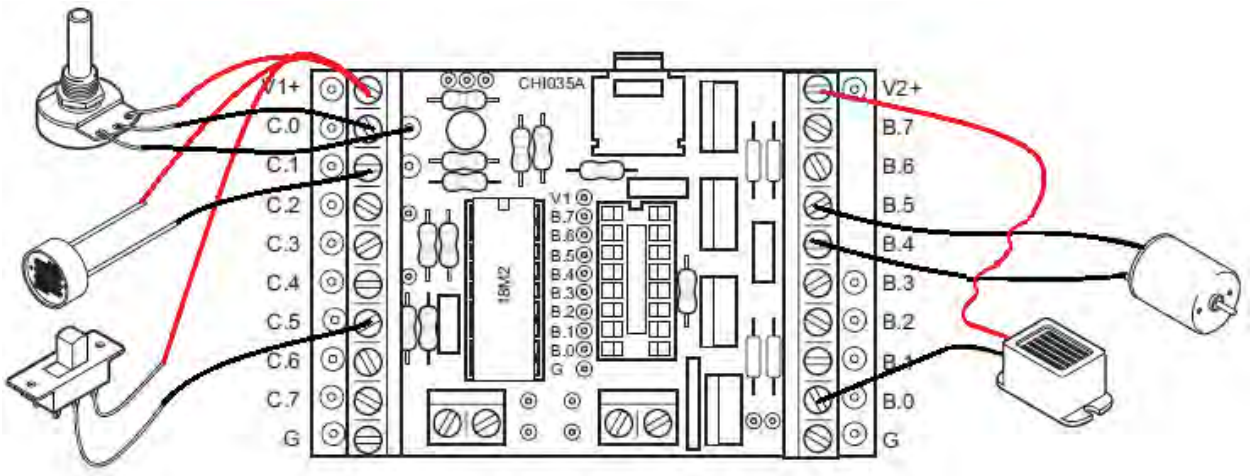
β) Στο συγκεκριμένο κύκλωμα το τσιπάκι L293D χρησιμοποιείται, όταν απαιτείται δεξιόστροφη ΚΑΙ αριστερόστροφη περιστροφή των μικροκινητήρων.

γ) Οι έξοδοι Β0 – Β3 αναφέρονται σε απλές ON/OFF εξόδους (Εντολή: Outputs), ενώ οι έξοδοι Β4/Β5 και Β6/Β7 πρέπει να χρησιμοποιούνται ανά ζεύγη σε συνδυασμό με την εντολή Motor.

δ) Οι έξοδοι Β4 – Β7 δεν λειτουργούν, εάν το ολοκληρωμένο κύκλωμα L293D δεν είναι τοποθετημένο στην πινακίδα, αντίθετα με τις εξόδους Β0 – Β3, οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα.

5.4.4 Χρήση τερματικών ακροδεκτών με βίδα

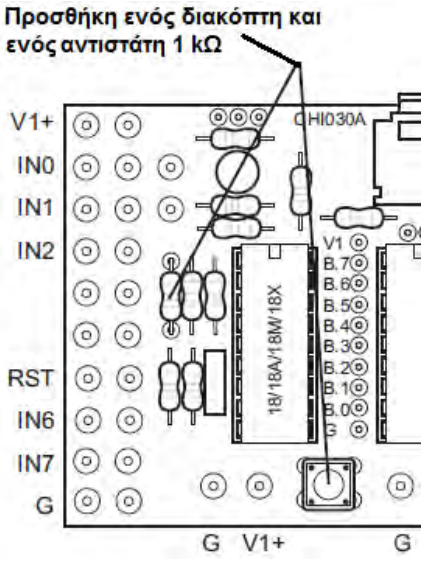
Τα εξαρτήματα εισόδου και εξόδου μπορούν να συγκολληθούν απευθείας στις πινακίδες των τυπικών κυκλωμάτων. Ωστόσο, για να καταστεί δυνατή η εύκολη σύνδεση και αποσύνδεσή τους έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται πολλές φορές, τα τυπικά κυκλώματα διατίθενται στα σχολεία με ειδικούς τερματικούς ακροδέκτες βίδας. Ο τρόπος σύνδεσης των διαφόρων εξαρτημάτων παρουσιάζεται πιο κάτω. Σημειώνεται ότι όλες οι είσοδοι θα πρέπει να μοιράζονται έναν κοινό ακροδέκτη (τον ακροδέκτη V1+) και αντίστοιχα όλες οι έξοδοι (εκτός από τους μικροκινητήρες για τους οποίους επιθυμούμε δεξιόστροφη ΚΑΙ αριστερόστροφη κίνηση) πρέπει, επίσης, να μοιράζονται έναν κοινό ακροδέκτη (τον ακροδέκτη V2+).



Σχ. 5/55 Τερματικοί ακροδέκτες ταχείας σύνδεσης εισόδων και εξόδων.
Κατά τη χρήση των τερματικών ακροδεκτών το ένα άκρο όλων των εισόδων συνδέεται στον ακροδέκτη V1+, ενώ το ένα άκρο όλων των εξόδων συνδέεται στον ακροδέκτη V2+.

5.4.5 Χρήση των τυπικών κυκλωμάτων με άλλους μικροελεγκτές

Τα τυπικά κυκλώματα που διατίθενται στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας μπορούν να δεχτούν όλων των ειδών τους μικροελεγκτές με 18 ακροδέκτες (π.χ. PIC16F628, PICAXE-18, 18A, 18M, 18X κ.λπ.). Για τον λόγο αυτό, έχει ληφθεί πρόνοια έτσι ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί στα κυκλώματα ο διακόπτης επαναφοράς «Reset», ο οποίος είναι απαραίτητος για τους προγενέστερους μικροελεγκτές. Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται οι προσθήκες που πρέπει να γίνουν, για να επιτευχθεί ο πιο πάνω στόχος.



Σχ. 5/56

Ενότητα 5

5.5 Ασκήσεις

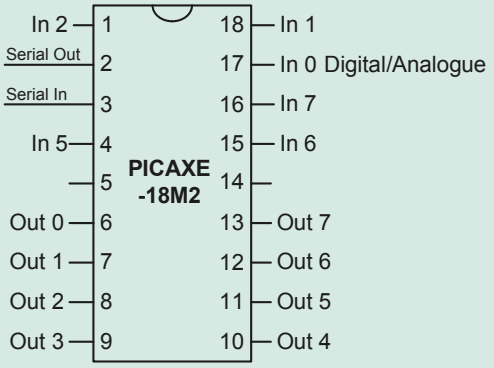
Άσκηση 1

α) Να αναφέρετε τι σημαίνει μνήμη τύπου RAM.
β) Να αναφέρετε τα δύο κύρια χαρακτηριστικά της.
γ) Πόσων ειδών μνήμες RAM υπάρχουν; Να τις ονομάσετε.
δ) Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μνήμης έχει χωρητικότητα 8 kB. Πόσα bits πληροφοριών μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε αυτό;

Άσκηση 2

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η κάτοψη των ακροδεκτών του μικροελεγκτή PICAXE-18M2.

α) Να ονομάσετε τι πρέπει να συνδέσουμε στους ακροδέκτες 5 και 14.
β) Να εξηγήσετε τι σημαίνουν τα: In5, In0 (Digital/ Analogue) και Out4 και τι μπορούμε να συνδέσουμε στο κάθε ένα από αυτά.

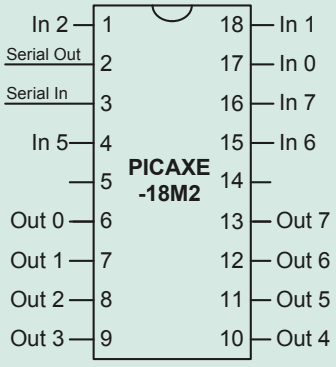


Άσκηση 3

Να αναφέρετε δύο λόγους για τους οποίους οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) πρέπει να χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες αντί των παραδοσιακών ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συστημάτων στους πίνακες ελέγχου.

Άσκηση 4

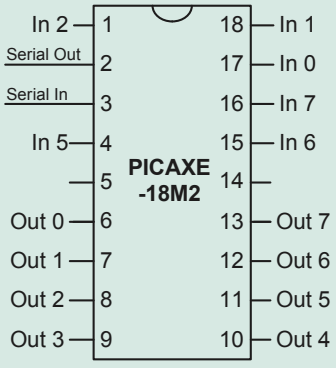
Στο διπλανο σχημα φαίνεται η διάταξη των ακροδεκτών του μικροελεγκτή PICAXE-18M2, ο οποίος διατίθεται στα εργαστήρια Σχεδιασμού και Τεχνολογίας. Να αναφέρετε κατά πόσο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον συγκεκριμένο μικροελεγκτή στην περίπτωση που θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα ηλεκτρονικό σύστημα που θέτει αυτόματα σε λειτουργία έναν ανεμιστήρα, όταν η θερμοκρασία σε ένα δωμάτιο υπερβεί κάποιο προκαθορισμένο όριο. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Άσκηση 5

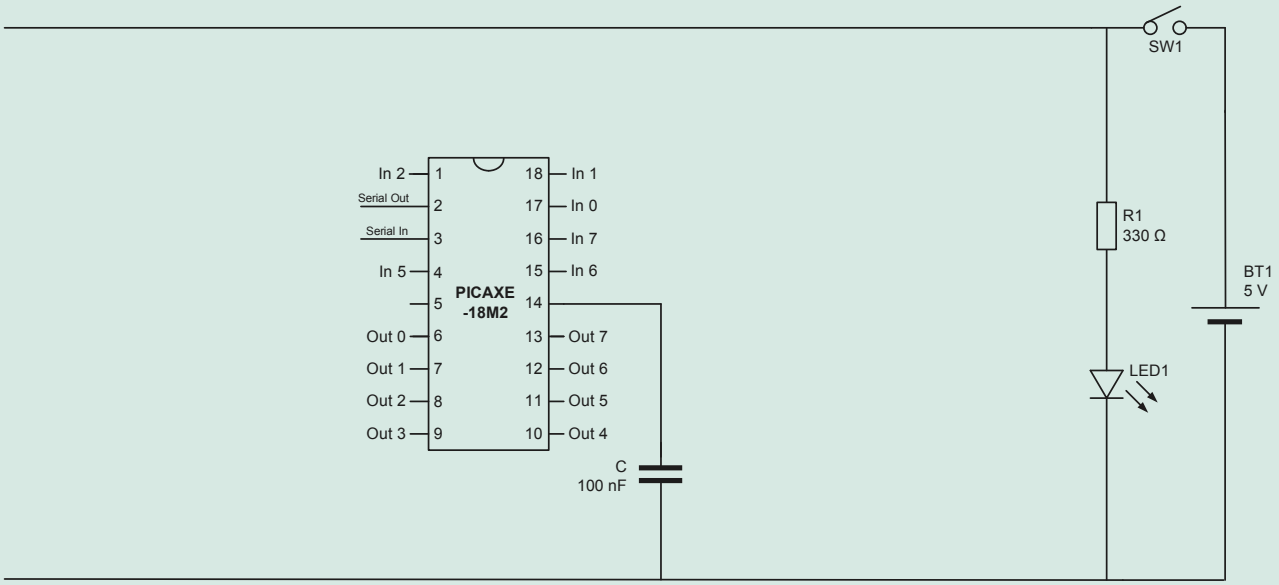
Για την προστασία ενός πολύτιμου αγαλματιδίου σε ένα μουσείο, έχει εγκατασταθεί ένα σύστημα συναγερμού που λειτουργεί με τη βοήθεια του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 που φαίνεται δίπλα.

α) Να αναφέρετε δύο πιθανά εξαρτήματα εισόδου (ένα αναλογικό και ένα ψηφιακό) που μπορούν να επιλεγούν, έτσι ώστε να ανιχνεύεται η πιθανή μετακίνηση του αγαλματιδίου. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
β) Να αναφέρετε τους ακροδέκτες (αριθμούς ακροδεκτών) του μικροελεγκτή στους οποίους μπορούν να συνδεθούν το κάθε ένα από τα εξαρτήματα που αναφέρατε πιο πάνω.



Άσκηση 6

Στο πιο κάτω σχήμα παρουσιάζεται μερικώς σχεδιασμένο το κύκλωμα που δίνει λύση σε ένα απλό τεχνολογικό πρόβλημα. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2.



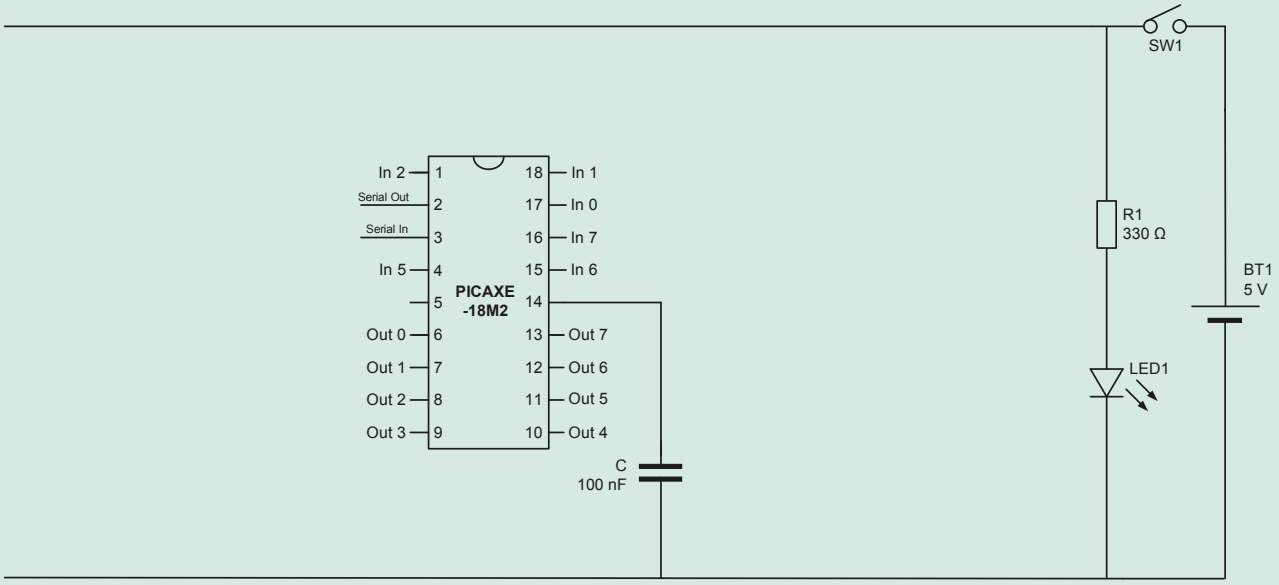
α) Να συμπληρώσετε το κύκλωμα, προσθέτοντας σε αυτό την τροφοδοσία του μικροελεγκτή.

β) Να προσθέσετε στην είσοδο του μικροελεγκτή In5 έναν ωστικό διακόπτη, μαζί με τα βοηθητικά εξαρτήματά του, ώστε όταν ενεργοποιηθεί να δίνει το λογικό 1.

γ) Να προσθέσετε στο κύκλωμα δύο εξαρτήματα εξόδου μαζί με τα απαραίτητα βοηθητικά εξαρτήματά τους. Το πρώτο να είναι μία δίοδος φωτοεκπομπής, η οποία θα συνδεθεί στην έξοδο Out3 και το άλλο μία λάμπα 5 V που θα συνδεθεί στην έξοδο Out4.

Άσκηση 7

Πιο κάτω φαίνεται μερικώς σχεδιασμένο το κύκλωμα που δίνει λύση σε ένα απλό τεχνολογικό πρόβλημα. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2, όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα.



α) Να αναφέρετε τον ρόλο του πυκνωτή C των 100 nF στο κύκλωμα.

β) Να αναφέρετε τον ρόλο της διόδου φωτοεκπομπής LED1 στη λειτουργία του κυκλώματος.

γ) Να προσθέσετε στην είσοδο του μικροελεγκτή In5 έναν μαγνητικό διακόπτη (κανονικά κλειστό – NC) μαζί με τα βοηθητικά εξαρτήματά του, ώστε να δίνει το λογικό 1 όταν ο μαγνήτης απομακρυνθεί από κοντά του.

δ) Να προσθέσετε στο κύκλωμα, στον δέκατο ακροδέκτη (εξόδου) έναν βομβητή μαζί με τα απαραίτητα βοηθητικά εξαρτήματα.

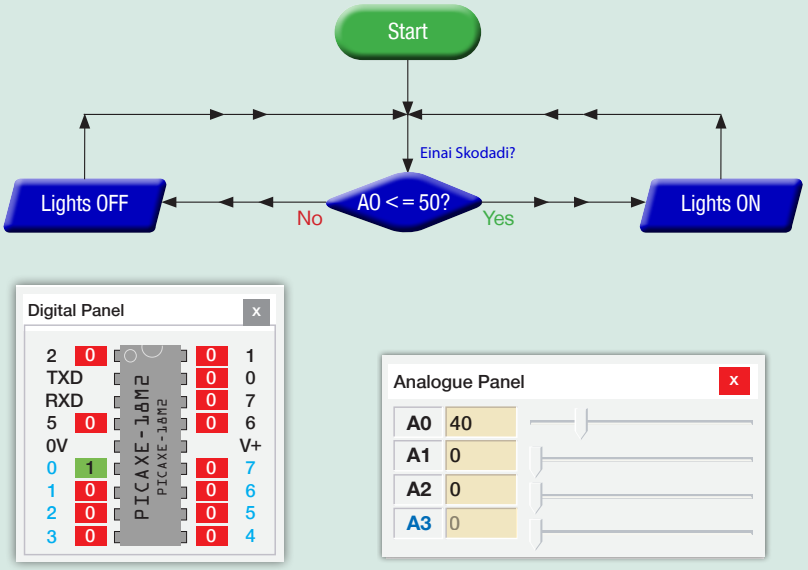
Άσκηση 8

Πιο κάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής που ετοιμάστηκε στο λογισμικό προγραμματισμού και αφορά στη λύση κάποιου απλού τεχνολογικού προβλήματος, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

α) Να διατυπώσετε το πρόβλημα στο οποίο μπορεί να δώσει λύση το σχετικό διάγραμμα.

β) Να εξηγήσετε σε συντομία τι δείχνουν οι πινακίδες (digital και analogue panel).

γ) Παρατηρώντας την κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι πινακίδες, να δείξετε σε ποια βέλη ροής του διαγράμματος τρέχει αυτή τη στιγμή το πρόγραμμα. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Άσκηση 9

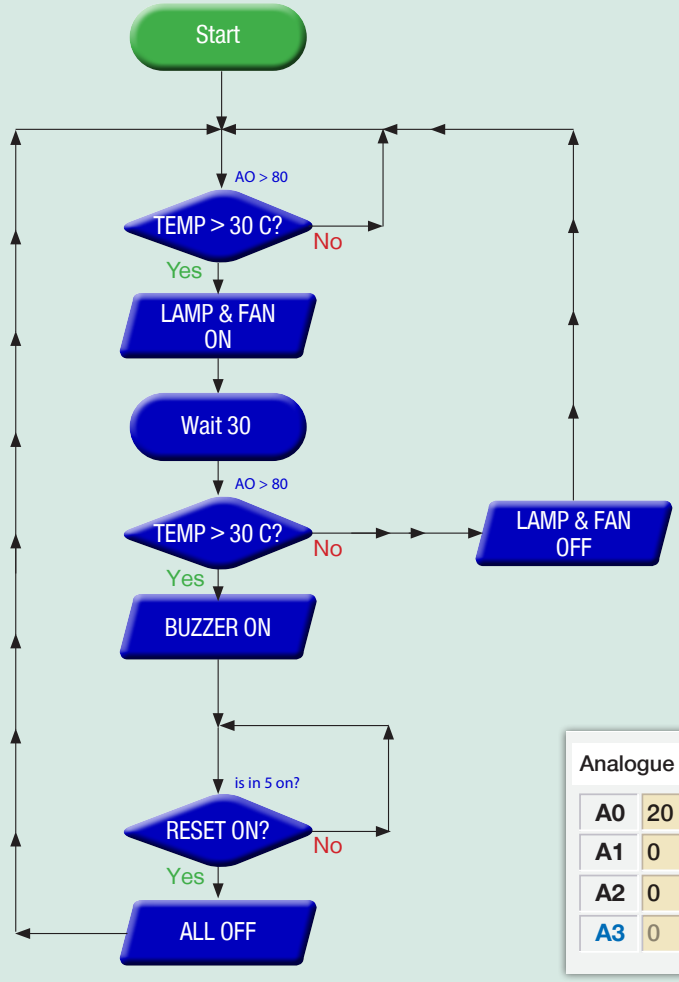
Να λύσετε το πιο κάτω πρόβλημα, ετοιμάζοντας το διάγραμμα ροής στο λογισμικό προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζεστε από αυτές που υπάρχουν δίπλα.

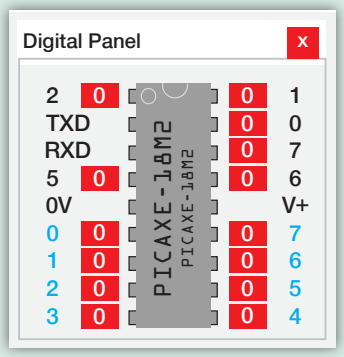
«Σε μία από τις εξόδους του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 είναι συνδεδεμένη μία δίοδος φωτοεκπομπής, η οποία αναβοσβήνει (ανάβει πέντε δευτερόλεπτα και σβήνει πέντε δευτερόλεπτα), όταν η θερμοκρασία σε ένα δωμάτιο φαρμάκων είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από τις θερμοκρασίες T1 και T2 αντίστοιχα. Η δίοδος φωτοεκπομπής δεν σβήνει, έστω και αν η θερμοκρασία επανέλθει στα φυσιολογικά όρια».

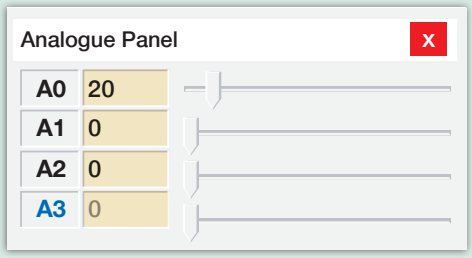
Άσκηση 10

Πιο κάτω φαίνεται ένα διάγραμμα ροής που ετοιμάστηκε στο λογισμικό προγραμματισμού και αφορά στη λύση κάποιου απλού τεχνολογικού προβλήματος, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.



TEMP >30° C	Θερμοκρασία μεγαλύτερη των 30° C (A0 > 80)
LAMP	Λαμπτήρας
BUZZER	Βομβητής
FAN	Ανεμιστήρας
RESET	Διακόπτης επαναφοράς συστήματος





α) Να περιγράψετε το πρόβλημα που, κατά τη γνώμη σας, μπορεί να λύσει το συγκεκριμένο διάγραμμα ροής, λαμβάνοντας υπόψη την κωδικοποίηση σύμφωνα με τον σχετικό πίνακα, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί κατά την ετοιμασία του προγράμματος.

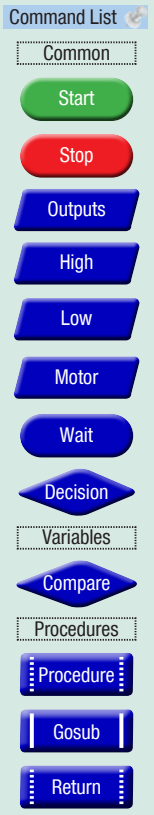
β) Να εξηγήσετε τη λειτουργία του συγκεκριμένου διαγράμματος ροής.

Άσκηση 11

Να μελετήσετε το πιο κάτω απλό τεχνολογικό πρόβλημα και να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν.

«Μία τέντα που προστατεύει μία βιτρίνα από τις ακτίνες του ήλιου, οι οποίες εισέρχονται μέσα σε ένα κατάστημα, λειτουργεί ως ακολούθως:

Όταν το φως από τον ήλιο που πέφτει πάνω σε έναν φωτοαντιστάτη ξεπεράσει το προκαθορισμένο όριο των 150 μονάδων (στην κλίμακα 0-255), τίθεται σε λειτουργία ένας μικροκινητήρας και κατεβάζει την τέντα μέχρι ενός προκαθορισμένου σημείου. Η τέντα επιστρέφει αυτόματα στη θέση της, όταν το επίπεδο φωτισμού που πέφτει πάνω στον φωτοαντιστάτη πέσει κάτω από το προκαθορισμένο όριο των 150 μονάδων. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μικροκινητήρα, για λόγους ασφαλείας, ηχεί ένας βομβητής».

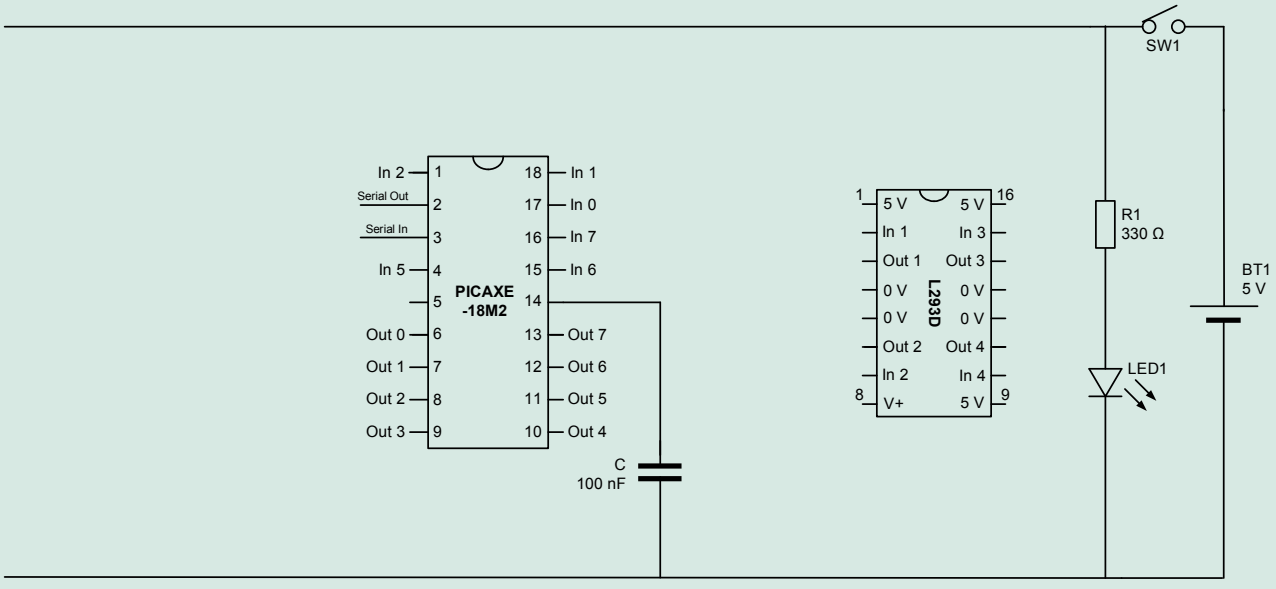


α) Να αναφέρετε τα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά εξαρτήματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε το σύστημα να «αντιλαμβάνεται» ότι η τέντα έφτασε στο κάτω και στο πάνω μέρος της διαδρομής της. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

β) Να ετοιμάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εντολές του λογισμικού προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

Σημείωση: *Για την ετοιμασία του διαγράμματος ροής να χρησιμοποιηθεί η εντολή Motor.*

γ) Να συμπληρώσετε το ημιτελές κύκλωμα.



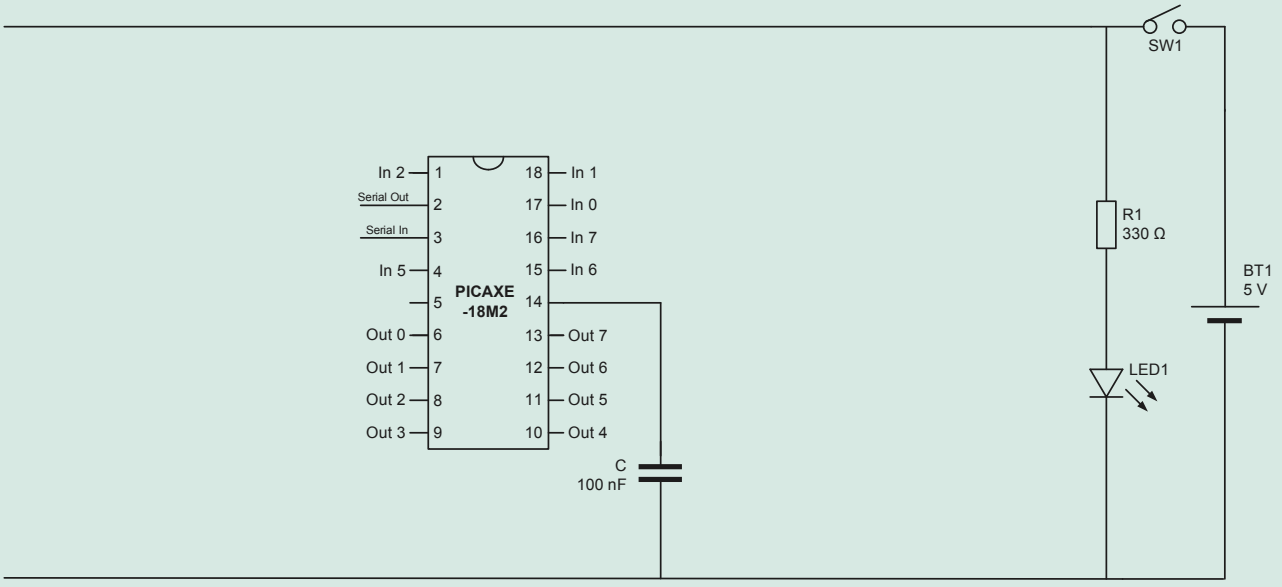
Άσκηση 12

Να μελετήσετε το πιο κάτω κείμενο που δίνει λύση σε ένα απλό τεχνολογικό πρόβλημα και να λύσετε τις ασκήσεις α και β που ακολουθούν:

«Ένα σύστημα προστασίας δύο σπάνιων πινάκων ενός μουσείου λειτουργεί ως ακολούθως:
Πίσω από κάθε πίνακα υπάρχει ένας φωτοαντιστάτης, έτσι ώστε όταν ο πίνακας απομακρυνθεί από τη θέση του να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία ένας βομβητής.

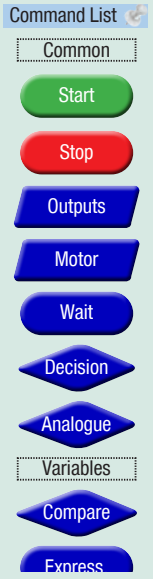
Επειδή μπορεί οποιαδήποτε απόπειρα κλοπής να γίνει νύκτα (που δεν υπάρχει φως), ο σχεδιαστής του συστήματος έλαβε πρόνοια, ώστε πίσω από κάθε πίνακα να υπάρχει και ένας μαγνητικός διακόπτης NC (όταν ο μαγνήτης είναι κοντά στο κέλυφος, ο μαγνητικός είναι ηλεκτρικά κλειστός διακόπτης), ούτως ώστε να παρέχεται και προστασία κατά το βράδυ. Έτσι, με τη μετακίνηση ενός πίνακα τίθεται σε λειτουργία χωρίς διακοπή ο βομβητής. Ο βομβητής απενεργοποιείται μόνο με την απενεργοποίηση του συστήματος (με το κλείσιμο δηλαδή του γενικού διακόπτη του κυκλώματος SW1).»

α) Πιο κάτω φαίνονται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα. Να το συμπληρώσετε σχεδιάζοντας το υπόλοιπο κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί σωστά, δίνοντας λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.



β) Να ετοιμάσετε το διάγραμμα ροής στο λογισμικό προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζονται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.

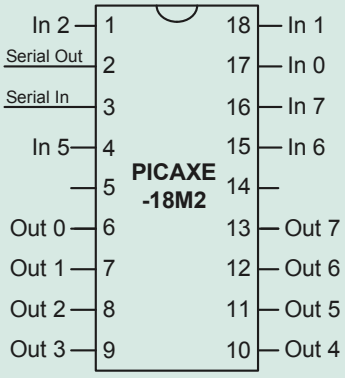


Άσκηση 13

Ένας βιομηχανικός σχεδιαστής σχεδίασε για κάποιον καταστηματάρχη ένα ηλεκτρονικό σύστημα, ώστε αυτό να τον ειδοποιεί, όταν εμφανίζεται πελάτης στην είσοδο του καταστήματος. Ο σχεδιαστής χρησιμοποίησε τον προγραμματιζόμενο μικροελεγκτή PICAXE-18M2. Το σύστημα λειτουργεί ως ακολούθως:

«Όταν κάποιος πελάτης ανοίξει την πόρτα του καταστήματος, ενεργοποιείται μία δίοδος φωτοεκπομπής. Αν ο πελάτης προχωρήσει λίγο πιο μέσα στο κατάστημα, τότε παράλληλα με την αναμμένη δίοδο φωτοεκπομπής, ακούγεται ένας ήχος από έναν βομβητή. Τόσο η δίοδος φωτοεκπομπής όσο και ο ήχος απενεργοποιούνται μόνο από τον ιδιοκτήτη, όταν αυτός αντιληφθεί την παρουσία του πελάτη. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται, όταν μπει στο κατάστημα άλλος πελάτης. Η πόρτα του καταστήματος θεωρείται ότι είναι πάντα κλειστή».

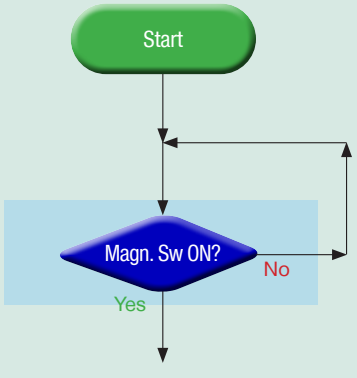
α) Πιο κάτω φαίνονται η διάταξη των ακροδεκτών του μικροελεγκτή και ο ημιτελής πίνακας που ετοίμασε ο σχεδιαστής, όταν έκανε ανάλυση του συστήματος, για να βρει τις εισόδους και τις εξόδους που απαιτούνται για τη λύση του προβλήματος.



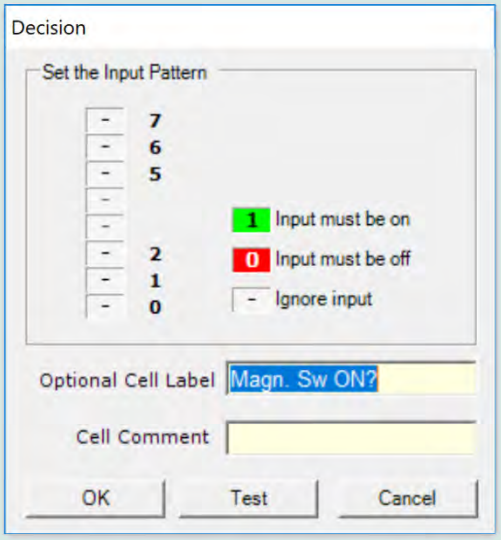
Είσοδος/ έξοδος	Εξάρτημα	Αριθμός εισόδου/εξόδου μικροελεγκτή	Ακροδέκτης μικροελεγκτή
Είσοδος Α	Μαγνητικός Διακόπτης NC		1
Είσοδος Β		In1/an1 (Αναλογική είσ. 1)	
Είσοδος Γ			4
Έξοδος Α			10
Έξοδος Β		Out5	

i. Να συμπληρώσετε τα κενά στον πίνακα, καταγράφοντας τα στοιχεία που λείπουν.
ii. Να σχεδιάσετε μόνο τα κυκλώματα των διαιρετών τάσης των εισόδων Α, Β και Γ στον μικροελεγκτή.

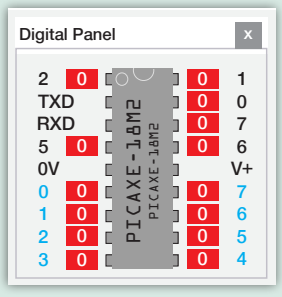
β) Πιο κάτω στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το μερικώς σχεδιασμένο διάγραμμα ροής στο λογισμικό προγραμματισμού, που δίνει λύση στο πρόβλημα που περιγράφεται πιο πάνω.



Σχ.1



Σχ.2



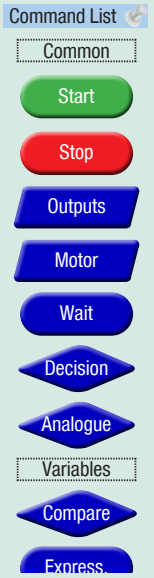
Σχ.3

Με βάση τις επιλογές που έχουν γίνει στο ερώτημα (α) πιο πάνω:

i. Να εξηγήσετε, περιγράφοντας με λόγια, πώς θα λειτουργήσει η εντολή «Decision: Magn.Sw ON», που φαίνεται στο σχήμα 1 και αφορά στην είσοδο Α.

ii. Στο πλαίσιο της εντολής «Decision: Magn.Sw ON» (σχήμα 2) να σημειώσετε τη λογική κατάσταση στην κατάλληλη είσοδο, έτσι ώστε το διάγραμμα ροής να λειτουργήσει σωστά, σύμφωνα με τις επιλογές που έχουν γίνει.

iii. Να συμπληρώσετε το διάγραμμα ροής.



Σημείωση: *Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που απαιτούνται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.*

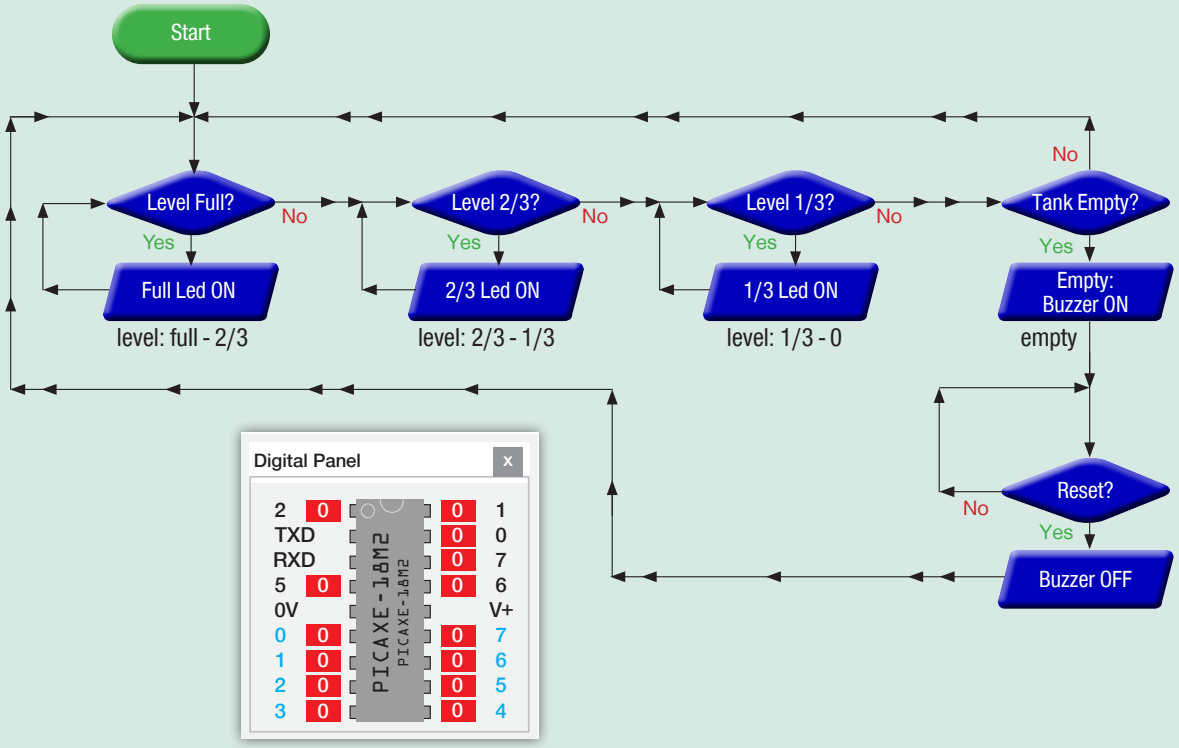
Άσκηση 14

Πιο κάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής που δίνει λύση σε ένα τεχνολογικό πρόβλημα, που αφορά στην ένδειξη του επιπέδου του νερού σε ένα ντεπόζιτο. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή PICAXE-18M2, του οποίου η πινακίδα των ψηφιακών εισόδων και εξόδων φαίνεται, επίσης, πιο κάτω. Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν μαγνήτη, που είναι τοποθετημένος πάνω σε έναν φελλό, ο οποίος επιπλέει και ανυψώνεται ανάλογα με τη στάθμη του νερού. Έτσι, όταν ο μαγνήτης «περάσει» δίπλα από έναν από τους τέσσερις μαγνητικούς διακόπτες (τύπου NC), τότε το σύστημα δίνει και την ανάλογη εντολή:

- Όταν το νερό βρίσκεται **μεταξύ των επιπέδων 2/3 της χωρητικότητας και πλήρους γεμίσματος (full)** του ντεποζίτου: Ανάβει η led με ένδειξη “Full led ON”.
- Όταν το νερό βρίσκεται **μεταξύ των επιπέδων 1/3 και 2/3** της χωρητικότητας του ντεποζιτού: Ανάβει η led με ένδειξη “Led 2/3 ON”.
- Όταν το νερό βρίσκεται **μεταξύ του επιπέδου του πυθμένα του ντεποζίτου και του 1/3** της χωρητικότητάς του: Ανάβει η led με ένδειξη “Led 1/3 ON”.
- Όταν το ντεπόζιτο **αδειάσει εντελώς** (tank empty), τότε παράγεται ένα ηχητικό σήμα από έναν βομβητή.

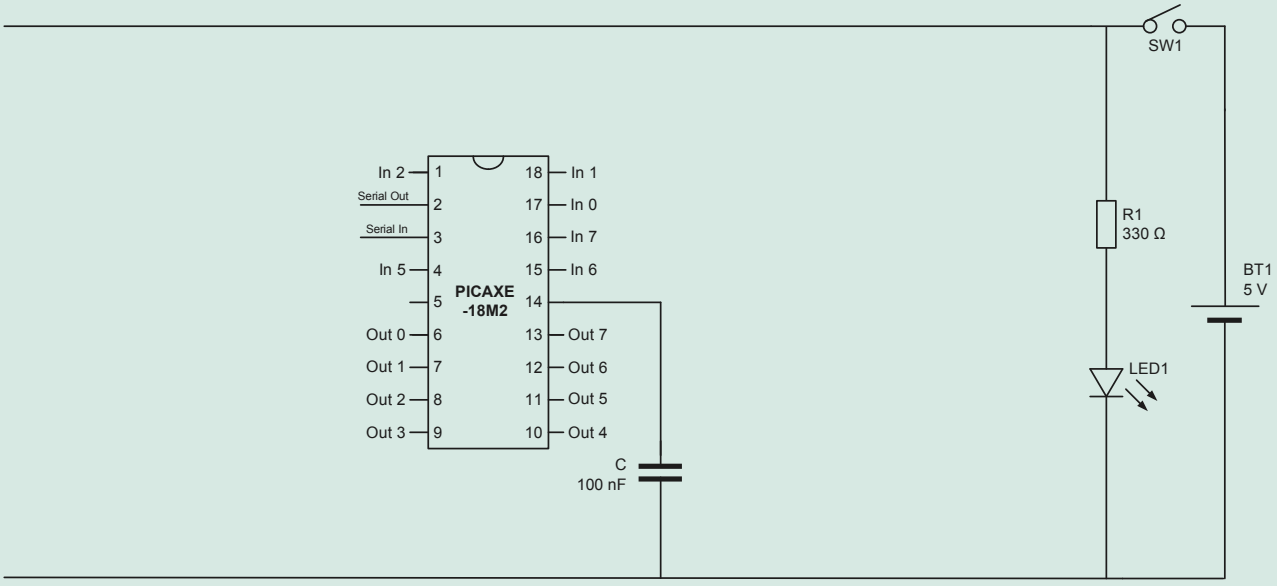
Ο βομβητής σταματά να ηχεί μόνο όταν πατηθεί ένας ωστικός διακόπτης από τον ιδιοκτήτη και εφόσον έχει γεμίσει το ντεπόζιτο.

Σημείωση: *Μόλις το νερό αλλάξει κατάσταση (π.χ. όταν πέσει από το επίπεδο «1/3 με 2/3»προς το «άδειο με 1/3»), τότε σβήνει η προηγούμενη led και ανάβει η επόμενη.*



α) Να εξηγήσετε με απλά λόγια τη λειτουργία του πιο πάνω διαγράμματος ροής.

β) Πιο κάτω φαίνονται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα.
Να συμπληρώσετε το κύκλωμα, έτσι ώστε όταν αυτό φορτωθεί στο μικροτσίπ να λειτουργεί σωστά, με βάση το διάγραμμα ροής που δόθηκε.



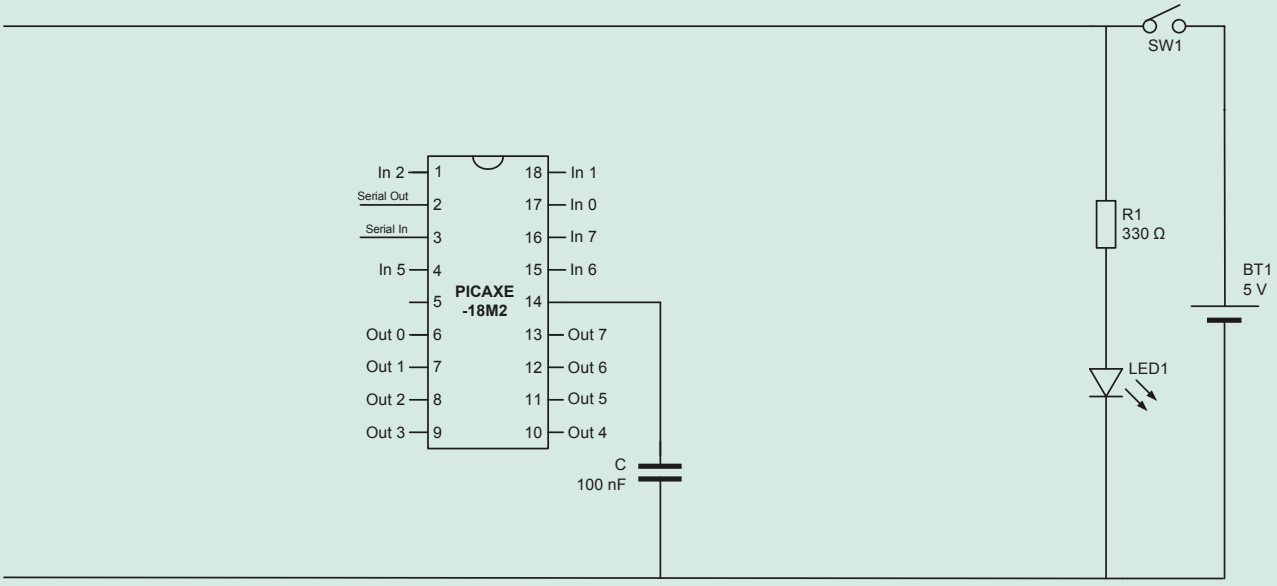
Άσκηση 15

Να μελετήσετε την πιο κάτω παράγραφο που περιγράφει τη λύση σε ένα απλό τεχνολογικό πρόβλημα.

«Τα ξενοδοχεία, για εξοικονόμηση ενέργειας από την αλόγιστη χρήση των συσκευών κλιματισμού από τους πελάτες, έχουν εγκαταστήσει το πιο κάτω ηλεκτρονικό σύστημα στα δωμάτια των επισκεπτών. Ο κλιματισμός τίθεται αυτόματα σε λειτουργία, όταν η θερμοκρασία ανεβεί πάνω από το προκαθορισμένο όριο των 25° C. Με το άνοιγμα, όμως, της πόρτας του μπαλκονιού για χρόνο περισσότερο από 20 δευτερόλεπτα, η συσκευή κλιματισμού τίθεται εκτός λειτουργίας. Η ίδια λειτουργία του συστήματος επαναλαμβάνεται συνέχεια».

α) Πιο κάτω φαίνονται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα.
Να συμπληρώσετε το κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί σωστά, δίνοντας λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.

Σημείωση: *Η συσκευή κλιματισμού να παρουσιαστεί στο κύκλωμα ως ηλεκτρικός μικροκινητήρας.*



β) Να ετοιμάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εντολές του λογισμικού προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

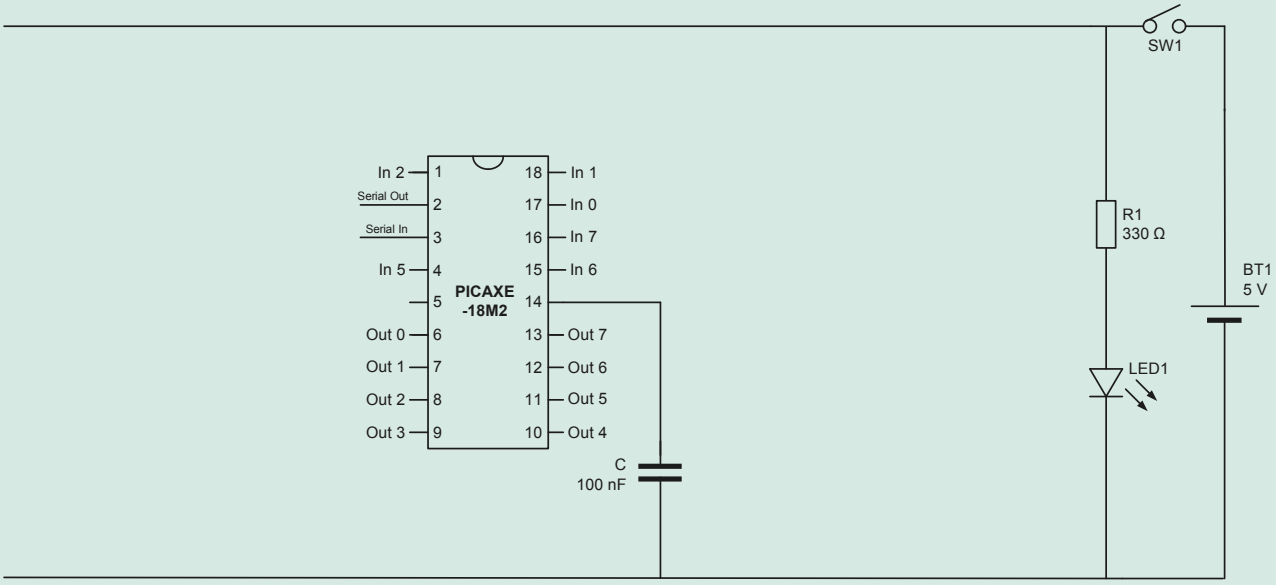
Σημείωση: *Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζονται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.*

Άσκηση 16

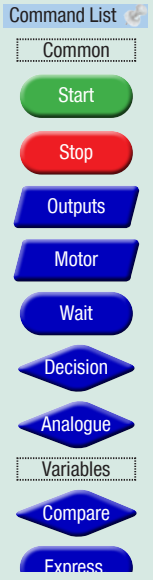
Να μελετήσετε την πιο κάτω παράγραφο, που περιγράφει τη λύση σε ένα απλό τεχνολογικό πρόβλημα και να λύσετε τις ασκήσεις α και β που ακολουθούν:

«Σε ένα εργοστάσιο ένας ιμάντας μεταφοράς περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα, για να μεταφέρει άδεια κιβώτια προς το τμήμα γεμίσματος. Αν κάποιο κιβώτιο τοποθετηθεί λάθος, ώστε ***το ύψος του να προεξέχει πάνω από τα άλλα κιβώτια****, τότε αυτό ανιχνεύεται από έναν αισθητήρα. Το σύστημα ανίχνευσης δίνει εντολή και ο ηλεκτρικός κινητήρας σταματά, ώστε ο χειριστής να τοποθετήσει το κιβώτιο σωστά. Στη συνέχεια, ο χειριστής ενεργοποιεί έναν ωστικό διακόπτη και ο ιμάντας ξεκινά. Το σύστημα επαναλαμβάνει την ίδια διαδικασία συνεχώς».*

α) Πιο κάτω φαίνονται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα.
Να συμπληρώσετε το κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί σωστά, δίνοντας λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.



β) Να λύσετε το πιο πάνω πρόβλημα, ετοιμάζοντας το διάγραμμα ροής και χρησιμοποιώντας τις εντολές του λογισμικού προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.



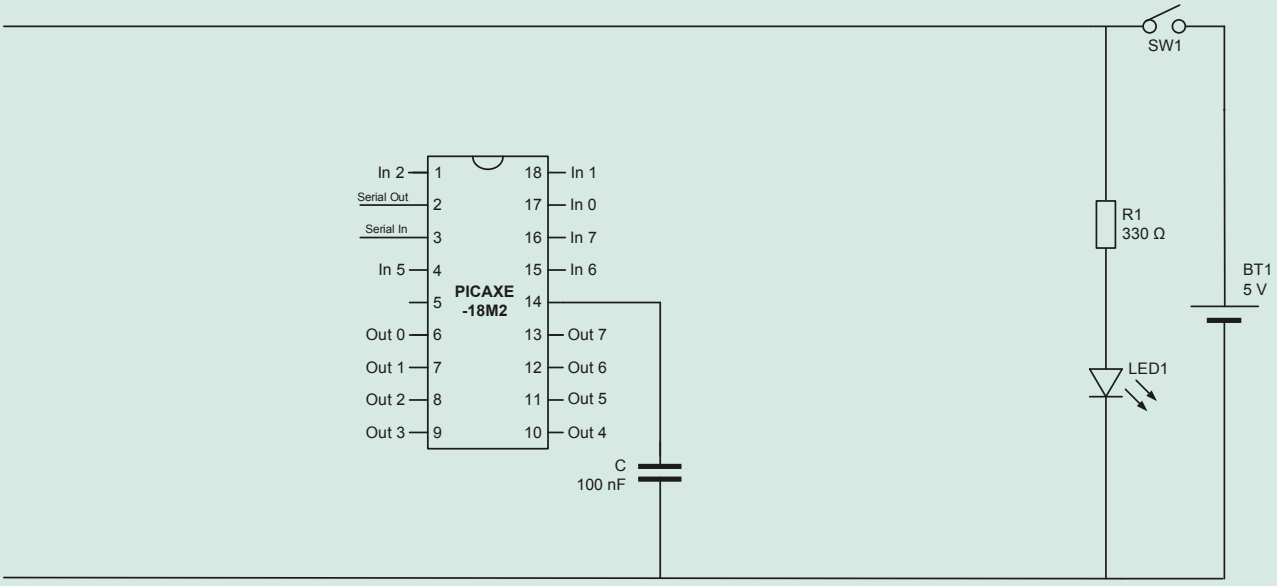
Σημείωση: *Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζονται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.*

Άσκηση 17

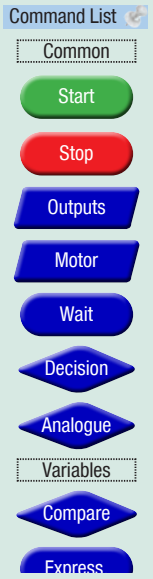
Να μελετήσετε την πιο κάτω παράγραφο που περιγράφει τη λειτουργία ενός ηλεκτρονικού συστήματος.

«Σε ένα αντικλεπτικό σύστημα προστασίας αυτοκινήτου δύο λάμπες (φώτα αυτοκινήτου) και ένας βομβητής «αναβοσβήνουν» (ανάβουν για 0,5΄΄και σβήνουν για 0,5΄΄), όταν παραβιαστεί οποιαδήποτε από τις δύο μπροστινές πόρτες. Ένας (μυστικός) ωστικός διακόπτης απενεργοποιεί τις λάμπες και τον βομβητή, όποτε το σύστημα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση».

α) Πιο κάτω φαίνονται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα.
Να συμπληρώσετε το κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί σωστά, δίνοντας λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.



β) Να ετοιμάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εντολές του λογισμικού προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, το πρόγραμμα να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.



Σημείωση: *Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζονται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.*

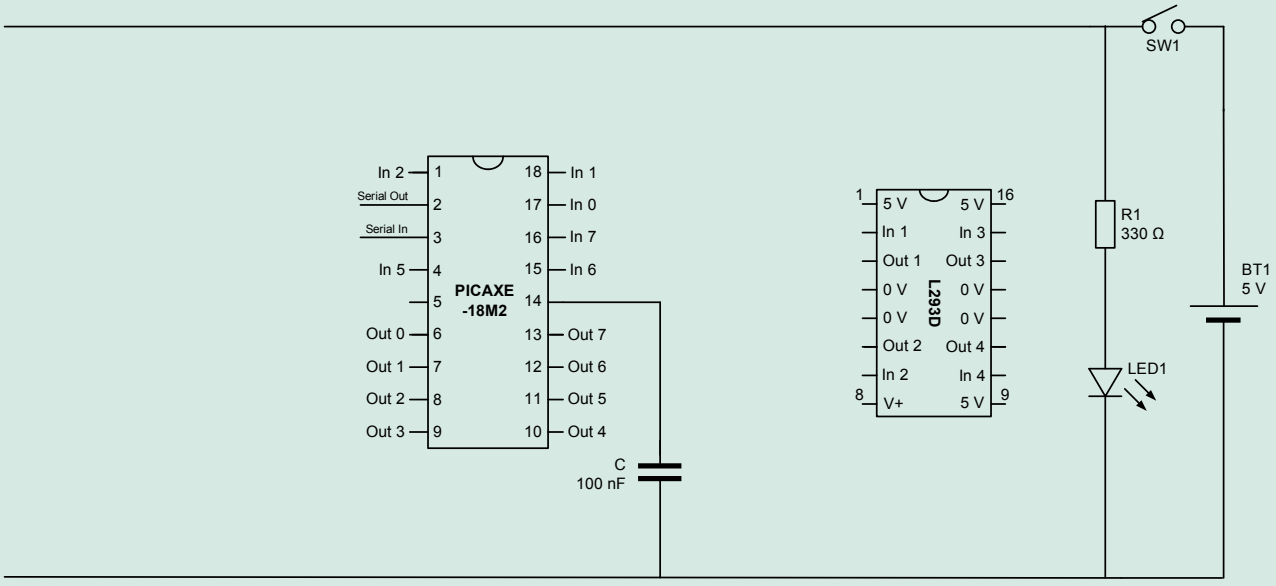
Άσκηση 18

Τα νερά της βροχής στην Κύπρο περιέχουν μεγάλη ποσότητα σκόνης. Ο ιδιοκτήτης μίας πισίνας εγκατέστησε ένα σύστημα, το οποίο θα καλύπτει την πισίνα του, όταν βρέχει. Το σύστημα λειτουργεί ως εξής: Ένας κινητήρας που κινεί το κάλυμμα της πισίνας τίθεται σε λειτουργία και καλύπτει την πισίνα μόνο όταν βρέχει και όταν ο μονοπολικός διακόπτης SW2 του συστήματος είναι στη θέση ON (κλειστός).

Δύο μικροδιακόπτες που βρίσκονται στις δύο άκρες της πισίνας ανιχνεύουν αν το κάλυμμα έχει σκεπάσει πλήρως ή καθόλου την πισίνα, αντίστοιχα. Η πισίνα ξεσκεπάζεται αυτόματα όταν σταματήσει να βρέχει ή όταν ο μονοπολικός διακόπτης SW2 τεθεί στη θέση OFF (ανοικτός).

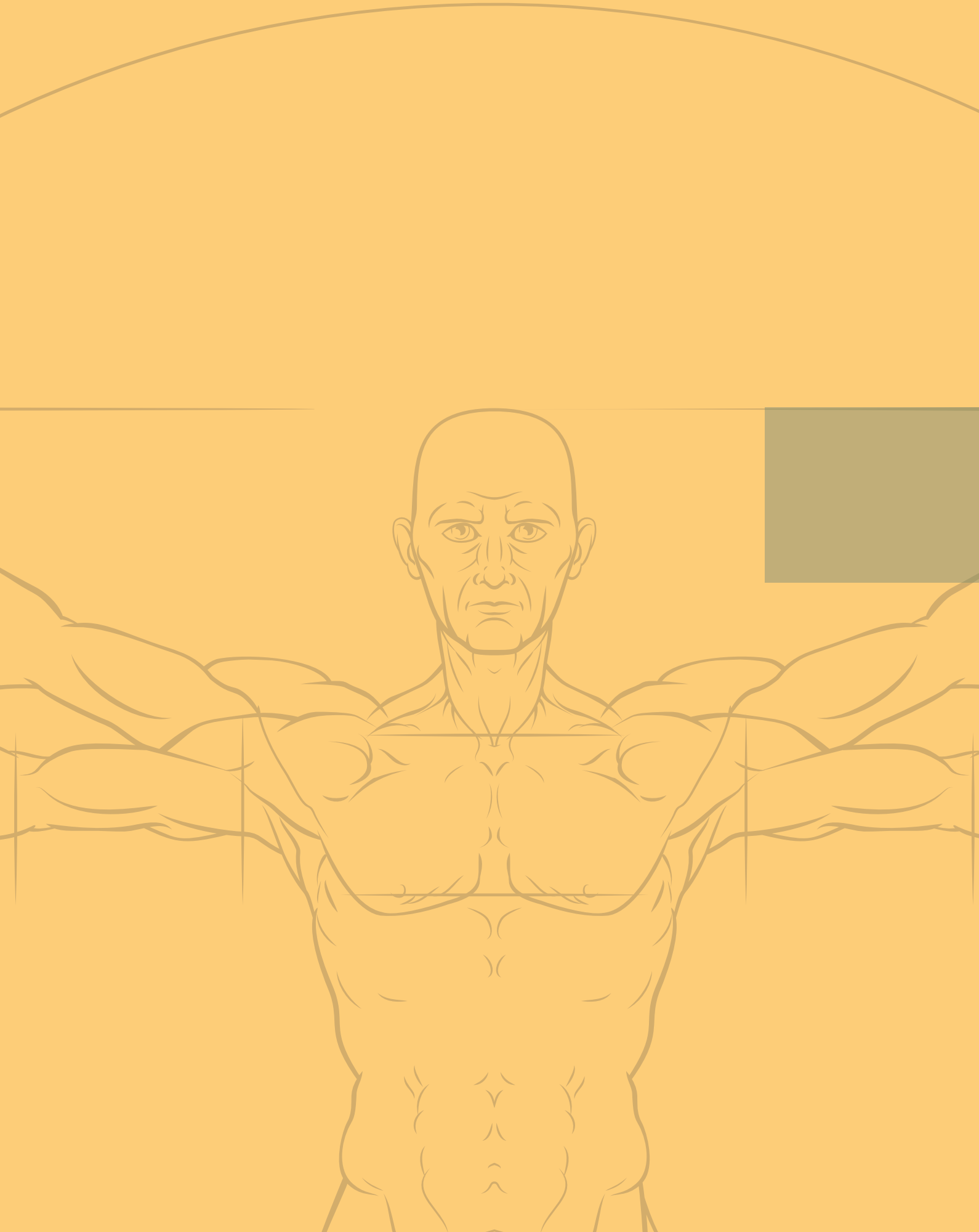
Για όσο χρόνο λειτουργεί ο κινητήρας και κινεί το κάλυμμα (τόσο προς τη μία όσο και προς την άλλη κατεύθυνση) ηχεί ένας βομβητής. Μια πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής ανάβει μόνο όταν η πισίνα είναι πλήρως καλυμμένη.

α) Πιο κάτω φαίνεται η κάτοψη του μικροελεγκτή PICAXE-18M2 με το ημιτελές κύκλωμα. Να το συμπληρώσετε, σχεδιάζοντας το υπόλοιπο κύκλωμα, ώστε αυτό να λειτουργεί, δίνοντας λύση στο πιο πάνω πρόβλημα.



β) Να ετοιμάσετε το διάγραμμα ροής που δίνει λύση στο πιο πάνω πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εντολές του λογισμικού προγραμματισμού, έτσι ώστε, στη συνέχεια, να μπορεί να φορτωθεί στον μικροελεγκτή PICAXE-18M2 και να λειτουργήσει το σχετικό κύκλωμα.

Σημείωση: *Για την ετοιμασία του προγράμματος να χρησιμοποιήσετε μόνο τις εντολές που χρειάζονται από αυτές που υπάρχουν δίπλα.*



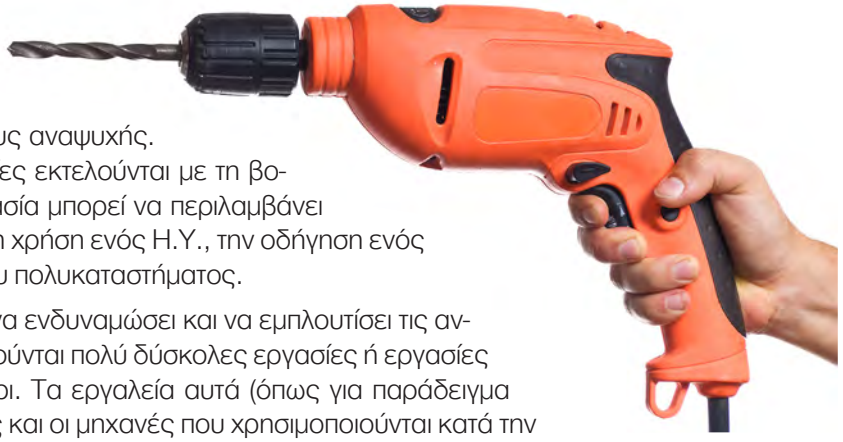
Ενότητα 6

Εργονομία

6.1 Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή, η σωστή χρήση των προϊόντων θεωρείται ως κρίσιμο κριτήριο σχεδιασμού που επηρεάζει την εμπορευσιματικότητά τους. Οι λέξεις **εργονομία** και **εργονομικός** σχεδιασμός έχουν περάσει στις διαφημίσεις και τα εμπορικά φυλλάδια, ενώ συμβουλές για ασφαλή και άνετη χρήση συμπεριλαμβάνονται στα τεύχη οδηγιών χρήσεως πολλών προϊόντων.

Η εργονομία γεννήθηκε ουσιαστικά κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Τα νέα προηγμένα οπλικά συστήματα απαιτούσαν ειδικές ικανότητες από την πλευρά των χειριστών τους, άρα, και συμμετοχή ειδικών για να επιτευχθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός σε ελάχιστο χρόνο.



Σχ. 6/1

Το μεγαλύτερο μέρος της ζωής μας αφιερώνεται σε εργασίες που εκτελούνται σε χώρους εργασίας, στο σπίτι, στον δρόμο και στους χώρους αναψυχής. Οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια εργαλείων ή μηχανών. Μία εργασία μπορεί να περιλαμβάνει τη λειτουργία μίας εργαλειομηχανής, τη χρήση ενός Η.Υ., την οδήγηση ενός αυτοκινήτου ή τη διαχείριση του ταμείου πολυκαταστήματος.

Η χρήση των μηχανών έχει ως σκοπό να ενδυναμώσει και να εμπλουτίσει τις ανθρώπινες δυνατότητες, ώστε να επιτελούνται πολύ δύσκολες εργασίες ή εργασίες που είναι αδύνατο να γίνουν με το χέρι. Τα εργαλεία αυτά (όπως για παράδειγμα ένα φορητό ηλεκτρικό δράπανο), όπως και οι μηχανές που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση διαφόρων εργασιών, πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στους χρήστες τους.

Μία καρέκλα πρέπει να έχει ρυθμίσεις που να επιτρέπουν στον καθήμενο να κάθεται αναπαυτικά, η επικοινωνία με τον υπολογιστή πρέπει να είναι φιλική και κατανοητή από όλους τους χρήστες, οι δείκτες πληροφόρησης, π.χ. στο στροφόμετρο ενός αυτοκινήτου, πρέπει να είναι ευδιάκριτοι και εύκολα κατανοητοί από τους οδηγούς.

Σχ. 6/2 Καρέκλα γραφείου με ρυθμίσεις που επιτρέπουν στον καθήμενο να κάθεται αναπαυτικά

Για πολλά χρόνια, η κοινή λογική του σχεδιαστή ήταν αρκετή για να επιτευχθεί ικανοποιητική προσαρμογή του εργαλείου στον χρήστη του, εφόσον το εργαλείο ήταν σχετικά απλό και οι συνέπειες μίας κακής προσαρμογής δεν ήταν σοβαρές. Τα τελευταία χρόνια, όμως, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί όλο και πιο πολύπλοκο εξοπλισμό, του οποίου η χρήση μπορεί να αποβεί επικίνδυνη και κουραστική, πράγμα που οδήγησε τους σχεδιαστές στη μαζική κατασκευή τυποποιημένων και σωστά σχεδιασμένων προϊόντων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο σχεδιαστής προϊόντων και υπηρεσιών να εφοδιάζει αγορές που περιλαμβάνουν άτομα με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, τόσο από πλευράς ηλικίας και υγείας όσο και από πλευράς φυσικών και διανοητικών δυνατοτήτων.

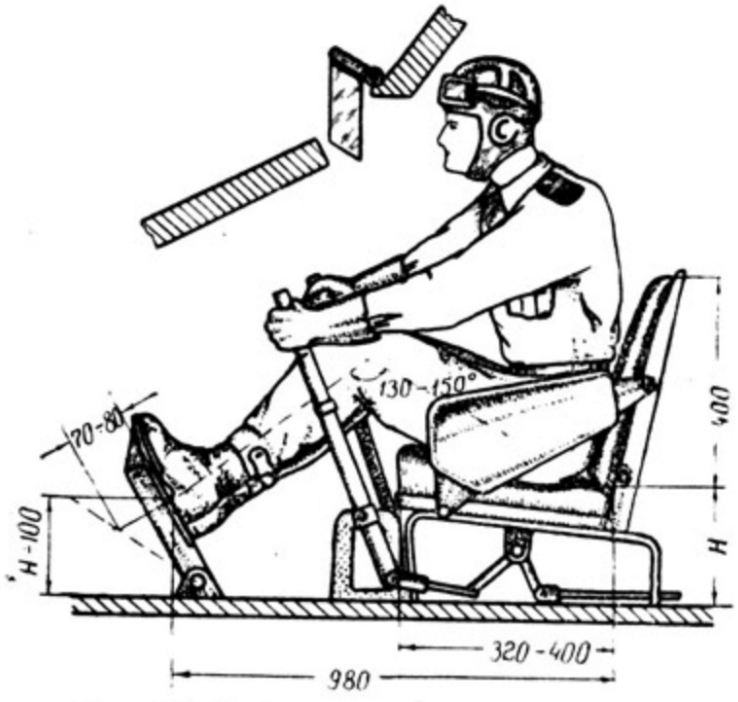
Έτσι, αναπτύχθηκε μια νέα επιστήμη, η **εργονομία**, η οποία είναι αφιερωμένη στο πρόβλημα της εναρμόνισης εξοπλισμού και χρηστών. Η εργονομία απαιτεί επιστημονική προσέγγιση, δεδομένου ότι οι σχεδιαστές προϊόντων μελετούν τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά (μεγέθη, κινήσεις, αισθητηριακές αντιδράσεις) και τις ανθρώπινες λειτουργίες, για να προσδιορίσουν τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος και της ανθρώπινης νόησης. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών εφαρμόζονται στη λύση πρακτικών προβλημάτων, τα οποία προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή προϊόντων και συστημάτων.

6.2 Εργονομία

6.2.1 Γενικά

Η λέξη εργονομία προέρχεται από δύο ελληνικές λέξεις: **«έργον»** και **«νόμος»** και σχετίζεται με τη μελέτη του τρόπου χρήσης τεχνολογικών προϊόντων από τον άνθρωπο και την προσαρμογή του σχεδιασμού των προϊόντων στα αποτελέσματα της μελέτης αυτής.

Οι βάσεις για εργονομικό σχεδιασμό τέθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1940, όταν κατά την περίοδο του πολέμου, η πρακτική κατασκευαστική προσέγγιση συνδέθηκε σε αρκετά ευρεία κλίμακα με την επιστημονικά θεμελιωμένη, ανθρωποκεντρική προσέγγιση. Ώθηση για την ανάπτυξη της εργονομίας έδωσαν οι συχνές αλλαγές και οι τεχνολογικές καινοτομίες στον σχεδιασμό των νέων αεροσκαφών και οπλικών συστημάτων, που έθεταν υπερβολικές απαιτήσεις, διανοητικές και σωματικές, στους χειριστές. Λόγω χρονικής πίεσης, οι ευθύνες των χειριστών ήταν αυξημένες και οι χρόνοι εκπαίδευσης ελάχιστοι. Έτσι, κατέστη αναγκαίο να συνεργαστούν ομάδες ειδικών επιστημόνων (ανατόμοι, φυσιολόγοι και πειραματικοί ψυχολόγοι) με τους μηχανικούς, για να αναδείξουν τον συνδυασμό ανθρώπου - μηχανής σε ένα αποτελεσματικό μαχητικό σύστημα. Αργότερα, η επιτυχία αυτής της ομαδικής εργασίας είχε ως αποτέλεσμα τη συνεχιζόμενη υποστήριξη και επέκταση της εργονομικής έρευνας και την αξιοποίησή της και σε ειρηνικές εφαρμογές.



Σχ. 6/3 Σοβιετικό άρμα, για το οποίο είχαν ληφθεί υπόψη ανθρωπομετρικά δεδομένα κατά τη σχεδίασή του.

6.2.2 Το στοιχείο της προσαρμοστικότητας στην εργονομία

Η καθημερινή εμπειρία δείχνει ότι ένα προϊόν δεν είναι απαραίτητο να είναι ειδικά σχεδιασμένο για έναν μεμονωμένο χρήστη, προκειμένου να γίνει η χρήση του αποδεκτή: μικρές αποκλίσεις από τη "βέλτιστη" λύση μπορούν εύκολα να γίνουν ανεκτές. Για παράδειγμα, τα ρούχα δεν είναι απαραίτητο να ταιριάζουν απόλυτα σε αυτόν που τα φορά για να είναι άνετα και λειτουργικά. Οι καρέκλες πάνω στις οποίες καθόμαστε, μπορεί να είναι λίγο ψηλότερες ή λίγο χαμηλότερες από το κανονικό και όμως είναι αρκετά άνετες, ο φωτισμός σε ένα δωμάτιο μπορεί να είναι λίγο χαμηλότερος από αυτόν που θα θέλαμε, χωρίς όμως να μας εμποδίζει να διαβάσουμε ένα βιβλίο. Το σημαντικό στοιχείο εδώ είναι ότι ο άνθρωπος είναι ευπροσάρμοστος: μπορεί και ανέχεται μικρές αποκλίσεις από τον «βέλτιστο» σχεδιασμό των αντικειμένων που χρησιμοποιεί, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο ζει και εργάζεται. Εάν οι άνθρωποι δεν είχαν δυνατότητες προσαρμογής, τότε το κάθε προϊόν ή ο χώρος εργασίας θα έπρεπε να σχεδιαστεί ειδικά για κάθε συγκεκριμένο άτομο.

Σχ. 6/4 Τα ρούχα δεν είναι απαραίτητο να ταιριάζουν απόλυτα σε αυτόν που τα φορά για να είναι άνετα και λειτουργικά.

Υπάρχει όμως κάποιο όριο στο μέγεθος της προσαρμοστικότητας, το οποίο μπορεί να απαιτηθεί από ένα άτομο. Ορισμένα προϊόντα και χώροι εργασίας μπορεί να είναι τόσο ακατάλληλα για έναν χρήστη, ώστε να γίνεται αδύνατη η εκτέλεση της εργασίας. Σε αυτή την περίπτωση, κανένας βαθμός προσαρμοστικότητας δεν θα κάνει δυνατή την εκτέλεσή της και ο χρήστης μπορεί να υποστεί φυσική βλάβη στην προσπάθειά του να αντισταθμίσει τον άσχημο σχεδιασμό

Σχ. 6/5 Οι αντίξοες συνθήκες εργασίας μπορεί να προκαλέσουν αισθήματα δυσαρέσκειας ή και φυσική βλάβη και απογοήτευση.

Σε λιγότερο ακραίες περιπτώσεις, η προσαρμοστικότητα μπορεί να κάνει δυνατή την εκτέλεση της εργασίας, με τίμημα όμως τη δημιουργία άγχους και έντασης σε βάρος του χρήστη. Αυτό μπορεί να εκδηλωθεί με την αύξηση τόσο στα λάθη όσο και στον χρόνο εκτέλεσης της συγκεκριμένης εργασίας ή καθήκοντος, όπως επίσης και με την ύπαρξη αισθημάτων δυσαρέσκειας και ενόχλησης από την πλευρά του χρήστη. Αυτές οι ατέλειες, αν και είναι σπάνιες, μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες όπως τον προσωπικό τραυματισμό και, ορισμένες φορές, τον θάνατο. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ακόμα και μέτρια προσαρμογή, για μεγάλες χρονικές περιόδους, όπως για παράδειγμα η εργασία σε περιβάλλον που έχει μικρούς αλλά συνεχείς θορύβους, μπορεί να έχει συνέπειες, μακροπρόθεσμα, στην υγεία του ατόμου. Το πρόβλημα εδώ είναι ότι το άτομο μπορεί να μην νιώθει δυσαρέσκεια ή ενοχλήσεις, γιατί η προσαρμογή επήλθε ήρεμα και σταδιακά, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί τελικά η υγεία του. Έτσι οδηγούμαστε στη διαπίστωση ότι πρέπει να γίνεται σοβαρή έρευνα και μελέτη για τον καθορισμό των ορίων προσαρμοστικότητας του ανθρώπου. Αυτό θα συμβάλει στον σωστό σχεδιασμό προϊόντων και συστημάτων που προορίζονται για τον άνθρωπο για αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών.

Η σχετική με την εργονομία έρευνα και μελέτη για τον σχεδιασμό ενός προϊόντος πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τους πιο κάτω τομείς, οι οποίοι αφορούν στα ανθρώπινα χαρακτηριστικά:

- Το μέγεθος του τμήματος του ανθρώπινου σώματος για το οποίο προορίζεται το αντικείμενο και το εύρος των ανθρώπινων κινήσεων που γίνονται κατά τη χρήση του αντικειμένου (φυσικά χαρακτηριστικά).
- Τις αισθητηριακές και νοητικές αντιδράσεις του ατόμου σχετικά με το αντικείμενο (ψυχολογικά χαρακτηριστικά).
- Τις ενεργειακές απαιτήσεις (δύναμη και αντοχή του ανθρώπου) για τη χρήση του προϊόντος και τη συμπεριφορά των μελών του ανθρώπινου σώματος σε διάφορες συνθήκες (λειτουργικά και βιολογικά χαρακτηριστικά).

6.2.3 Παράμετροι αλληλεπίδρασης ανθρώπων και περιβάλλοντος

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εργονομία σχετίζεται με έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και περιβάλλοντος. Ο έλεγχος του αυτοκινήτου επιτυγχάνεται μέσω του τιμονιού, των ποδομοχλών και των διακοπτών για τα φώτα διασταύρωσης, τα φώτα πορείας, τους υαλοκαθαριστήρες κ.λπ.

Σχ. 6/6 Θέση οδήγησης αυτοκινήτου

Δείκτες πληροφοριών και όργανα ελέγχου διαφορετικού βαθμού πολυπλοκότητας υπάρχουν σε όλα τα προϊόντα και τα μέσα εργασίας. Εάν αυτά, λόγω μεγέθους, σχήματος, χρώματος, υφής, τρόπου χειρισμού ή άλλων φυσικών χαρακτηριστικών, αποτρέπουν ή εμποδίζουν την ομαλή χρησιμοποίησή τους από τον χρήστη, τότε πρέπει να μελετηθούν εργονομικά και να βελτιωθούν.

Στο σχήμα 6/7 πιο κάτω φαίνονται οι βασικές παράμετροι αλληλεπίδρασης χρήστη - περιβάλλοντος, οι οποίες πρέπει να μελετούνται κατά τον σχεδιασμό προϊόντων, χώρων, εξοπλισμού κ.λπ.

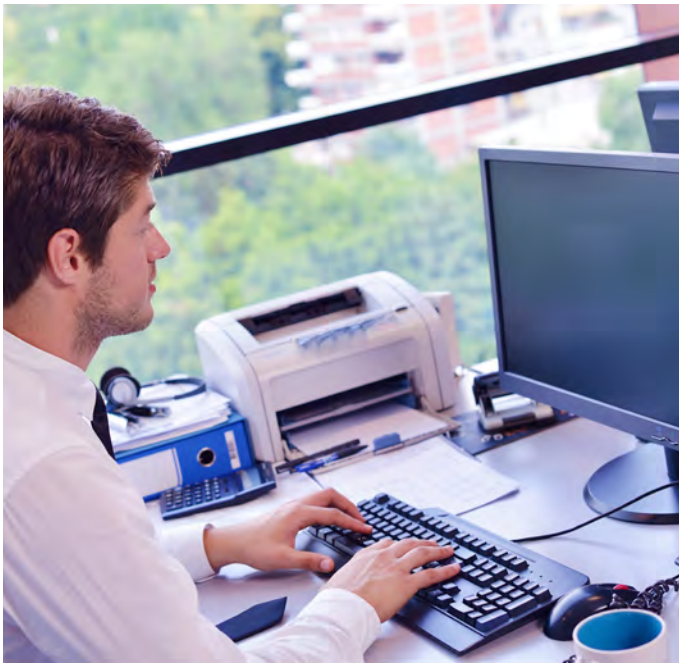
Περιοχές μελέτης (κατηγορίες παραμέτρων)	**Παραδείγματα παραμέτρων**
Παράμετροι που σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά προϊόντος.	Μέγεθος, σχήμα, χρωματισμός, υφή και μέθοδος λειτουργίας δεικτών πληροφόρησης και οργάνων ελέγχου βιομηχανικού και εμπορικού εξοπλισμού, οχημάτων κ.λπ.
Νοητικές παράμετροι	Κατανόηση οδηγιών και άλλων πληροφοριών, επάρκεια επικοινωνίας χρήστη και προϊόντος
Παράμετροι που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και τη διάταξη του χώρου.	Χωροταξία γραφείων, εργοστασίων, δημόσιων χώρων κ.λπ., λεπτομερής περιγραφή των σχέσεων επίπλων με τον συνολικό εξοπλισμό και ανάμεσα στα διάφορα μέρη του εξοπλισμού
Παράμετροι που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον.	Επιδράσεις κλίματος (υγρασία, θερμοκρασία, υψόμετρο), θορύβου και κραδασμών, φωτισμού και χημικής/βιολογικής μόλυνσης στην απόδοση και στην υγεία.

Σχ. 6/7 Βασικές παράμετροι αλληλεπίδρασης χρήστη-περιβάλλοντος

Παράδειγμα αλληλεπίδρασης χρήστη – περιβάλλοντος

Κατά τη χρήση του Η.Υ. πολλές και περίπλοκες εργασίες απαιτούν τη συνεργασία εγκεφάλου, ματιού και χεριών, διότι ο εγκέφαλος λαμβάνει μηνύματα από τα μάτια και δίνει εντολές στα χέρια.

Να αναφέρετε τις κατηγορίες παραμέτρων που εμπλέκονται κατά τη χρήση του Η.Υ., καθώς και παραδείγματα παραμέτρων για κάθε κατηγορία.



Περιοχές μελέτης (κατηγορίες παραμέτρων)	Παραδείγματα παραμέτρων
Παράμετροι που σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά προϊόντος.	Το μέγεθος του Η.Υ. (οθόνη, πύργος (αν υπάρχει), πληκτρολόγιο), γενικά, πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να χρησιμοποιείται άνετα και βολικά από τον μέσο άνθρωπο. Η οθόνη να μπορεί να παίρνει τέτοια κλίση, ώστε να επιτρέπει άνετη, γρήγορη και άμεση αντίληψη αυτού που παρουσιάζεται στην οθόνη σε κάθε στιγμή, χωρίς να κουράζει τον μέσο άνθρωπο. Το σχήμα και το μέγεθος των πλήκτρων του πληκτρολογίου να επιτρέπουν βολική, γρήγορη, εύκολη και άνετη χρήση τους από τον μέσο άνθρωπο.
Νοητικές παράμετροι	Τα διάφορα σύμβολα και πληροφορίες που αναγράφονται στη συσκευή να δίνουν επαρκή και γρήγορη πληροφόρηση στον μέσο άνθρωπο, για τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται. Η θέση των πλήκτρων να επιτρέπει την εύκολη και ταχεία πληκτρολόγηση.
Παράμετροι που σχετίζονται με τον σχεδιασμό και τη διάταξη του χώρου.	Ο Η.Υ. να τοποθετείται εύκολα και γρήγορα σε ένα γραφείο συνήθους χρήσης και να συνάδει αισθητικά με το γενικό περιβάλλον σε ένα συνηθισμένο γραφείο.
Παράμετροι που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον.	Η εκπομπή ακτινοβολίας να είναι μέσα στα επιτρεπτά διεθνή όρια. Τα υλικά κατασκευής του να είναι ανακυκλώσιμα.

6.2.4 Επιπτώσεις εργονομικών προβλημάτων

Η ιδέα της «κακής προσαρμογής», όπως και οι συνέπειές της, έχουν αναφερθεί προηγουμένως και για αυτό είναι απαραίτητο να καθοριστούν σαφώς οι τρόποι με τους οποίους η καλή ή η κακή προσαρμογή είναι δυνατόν να διαπιστωθεί στην πράξη.

Το πρώτο βήμα είναι να ελεγχθεί, εάν το παραγόμενο έργο της αλληλεπίδρασης χρήστη - μηχανής είναι μικρότερο από το αναμενόμενο ή εάν η ποιότητά του είναι απαράδεκτη. Αν αυτό το γεγονός συμβαίνει, μπορεί να οφείλεται σε κακή προσαρμογή και είναι απαραίτητο να γίνει εργονομική διερεύνηση. Η περιγραφή αυτή ισχύει, κυρίως, στην εργοστασιακή παραγωγή από εργάτη ή εργάτες που χρησιμοποιούν μηχανές. Τυχόν μειωμένη απόδοση του τεχνίτη της διπλανής εικόνας πιθανόν να οφείλεται στις αντίξοες συνθήκες που δημιουργεί η σκόνη που παράγει το τριβείο που χρησιμοποιεί.

Σχ. 6/8 Η χαμηλή προσαρμογή του ανθρώπου στο χώρο εργασίας μπορεί να είναι η αιτία μειωμένης απόδοσής του.

Σε ένα τέτοιο σύστημα, όροι, όπως «μηχανές» και «παραγόμενο έργο», μπορεί εύκολα να γίνουν κατανοητοί. Η περιγραφή αυτή, όμως, μπορεί να ισχύει σε κάθε συνδυασμό χρήστη-εξοπλισμού, όπως στην περίπτωση που κάποιος χρησιμοποιεί υπολογιστή, οικιακές συσκευές, αυτοκίνητα ή οδηγίες για τον χειρισμό ενός μηχανήματος.

Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα που καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή της εργονομίας μπορεί να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην αποτελεσματικότητα εργασιακών δραστηριοτήτων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορούσε τη γραμμή συναρμολόγησης τυπωμένων κυκλωμάτων της IBM. Η αύξηση των επιπέδων φωτισμού, η αλλαγή των καθισμάτων, η αυτοματοποίηση μονότονων εργασιών, καθώς και άλλες αλλαγές, επέφεραν πραγματικές αυξήσεις μονάδων παραγωγής κατά 18% και παραγωγικότητας εργαζομένων κατά 23%.

6.3 Τα ανθρωπινά χαρακτηριστικά και η εργονομία

Θα ήταν χρήσιμο να δούμε τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά που εξετάζονται και αποτελούν βασικά δεδομένα της εργονομίας, στα οποία στηρίζονται, κατά κύριο λόγο, οι λύσεις που προτείνονται από αυτή. Τα κύρια χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό προϊόντος, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, είναι τα *φυσικά, τα ψυχολογικά και τα λειτουργικά-βιολογικά χαρακτηριστικά.*

6.3.1 Φυσικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά:

Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν, κυρίως, στο μέγεθος και στο σχήμα του ανθρώπινου σώματος *(στατικά)*, καθώς και στο εύρος των διαφόρων κινήσεών του *(δυναμικά)*.

Οι σχετικές πληροφορίες ως προς το μέγεθος του σώματος δεν περιλαμβάνουν μόνο το ύψος. Τα στοιχεία μπορεί να περιλαμβάνουν και λεπτομέρειες, όπως το πλάτος του χεριού ή το μήκος των δακτύλων, αν, για παράδειγμα, ο σκοπός είναι ο σχεδιασμός γαντιών. Εκτός από τα στοιχεία που αφορούν στις σωματικές διαστάσεις (γνωστά ως *στατικά φυσικά χαρακτηριστικά - στατική ανθρωπομετρία*), απαραίτητα είναι, επίσης, τα στοιχεία που αφορούν στο ανθρώπινο σώμα, όταν εκτελεί κάποια εργασία (*δυναμικά φυσικά χαρακτηριστικά - δυναμική ανθρωπομετρία*). Για παράδειγμα, η απόσταση που μπορεί ένα άτομο να καλύψει με το χέρι του, εξαρτάται από το μήκος του χεριού, αλλά δεν ισούται με αυτό. Έτσι, εκτός από τη στατική ανθρωπομετρία, η χρήση της δυναμικής ανθρωπομετρίας η οποία ασχολείται με το εύρος των διαφόρων κινήσεων του ανθρώπινου σώματος, παρέχει περαιτέρω χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν οι σωματικές διαστάσεις τις διάφορες κινήσεις του ανθρώπινου σώματος. Για παράδειγμα, στον σχεδιασμό ενός εργαλείου ανοίγματος κονσέρβων (σχήμα 6/9) λαμβάνονται υπόψη τόσο το μέγεθος των δακτύλων (στατική ανθρωπομετρια) όσο και το εύρος κίνησής τους (δυναμική ανθρωπομετρία), για να μπορεί ο χρήστης να ανοίγει με ευκολία τις κονσέρβες.

Τέλος, στοιχεία σχετικά με το βάρος και το σχήμα του σώματος συμπληρώνουν τα ανθρωπομετρικά στοιχεία. Η μελέτη των φυσικών χαρακτηριστικών αναφέρεται και ως *ανθρωπομετρία* και εξετάζεται εκτενέστερα στην υποενότητα 6.4.

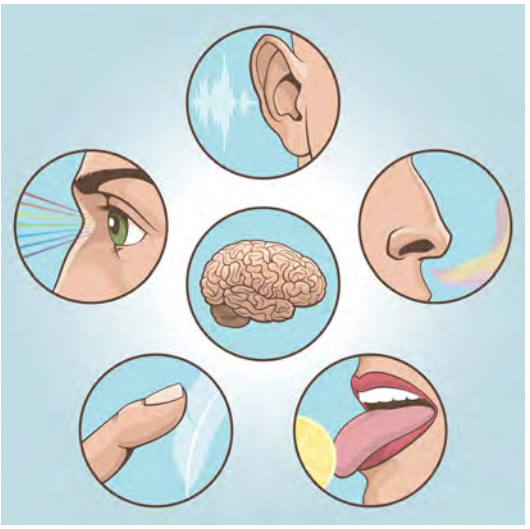
Σχ. 6/9 Για τον σχεδιασμό του εργαλείου ανοίγματος κονσερβών λαμβάνονται υπόψη τόσο το μέγεθος των δακτύλων (στατική ανθρωπομετρια) όσο και το εύρος των κινήσεών τους (δυναμική ανθρωπομετρια).

6.3.2 Ψυχολογικά χαρακτηριστικά

Τα ψυχολογικά χαρακτηριστικά μελετούν τις βασικές περιοχές της ανθρώπινης λειτουργίας που αφορούν στα *αισθητήρια όργανα*, το *νοητικό σύστημα* και τους παράγοντες που *επηρεάζουν την ανθρώπινη κίνηση*.

6.3.2.1 Περιοχή που αφορά τα αισθητήρια όργανα

Η μελέτη της περιοχής αυτής ασχολείται με έναν μεγάλο αριθμό στοιχείων σχετικών με τις αισθήσεις της αφής, της γεύσης, της όσφρησης, της όρασης και της ακοής. Ασχολείται, για παράδειγμα, με το ποιο πρέπει να είναι το μέγεθος κάποιου αντικειμένου, ώστε αυτό να γίνεται ορατό από συγκεκριμένη απόσταση, ποια χρώματα είναι πιο εύκολο να ξεχωρίσουμε, τι ποσοστό αντίθεσης πρέπει να υπάρχει ανάμεσα σε ένα σχέδιο και στο φόντο του, για να μπορέσουμε να το διακρίνουμε, πόσο δυνατός πρέπει να είναι ένας ήχος, για να μπορέσει να ακουστεί, πόσο ευαίσθητη είναι η ακοή μας σε διάφορες συχνότητες κ.λπ.



Σχ. 6/10 Οι αισθήσεις του ανθρώπου

6.3.2.2 Περιοχή που αφορά στο νοητικό σύστημα

Η μελέτη της δεύτερης περιοχής ασχολείται με το νοητικό σύστημα και περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την ανθρώπινη μνήμη, τον τρόπο που αναγνωρίζονται και ερμηνεύονται τα διάφορα σχήματα, την ανθρώπινη ικανότητα να δημιουργεί νοητικούς συσχετισμούς, τις συνέπειες της προσοχής και της συγκέντρωσης στην επεξεργασία των πληροφοριών, τη δημιουργία και την ισχύ των διαφόρων αντιλήψεων, όπως, επίσης, και τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις. Για παράδειγμα, ο άνθρωπος συσχετίζει το κόκκινο χρώμα με την απαγόρευση εκτέλεσης έργου (το κόκκινο στα φώτα τροχαίας απαγορεύει τη διέλευση) ή και με τον κίνδυνο. Αντίθετα, ο άνθρωπος συσχετίζει το πράσινο χρώμα με την εκτέλεση έργου (το πράσινο στα φώτα τροχαίας επιτρέπει τη διέλευση) ή την ασφάλεια.

Σχ. 6/11 Ο άνθρωπος συσχετίζει το κόκκινο χρώμα των φώτων τροχαίας με την απαγόρευση διέλευσης και το πράσινο με τη διέλευση αυτοκινήτου.

6.3.2.3 Περιοχή που αφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση σε σχέση με την αντίδραση του ανθρώπου

Η μελέτη της τρίτης περιοχής ασχολείται με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του ανθρώπινου σώματος και αφορούν σε χρόνους αντίδρασης σε διάφορα ερεθίσματα, στον τρόπο με τον οποίο αποκτούνται οι κινητικές δεξιότητες (manual skills), στα επίπεδα δεξιοτήτων που μπορεί να επιτευχθούν και στην εξάσκηση που απαιτείται για τη διατήρησή τους. Η περιοχή αυτή ασχολείται, επίσης, και με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του ανθρώπινου σώματος κατά την εκτέλεση διαφόρων μη καθαρά χειρωνακτικών εργασιών (non-manual tasks), όπως, για παράδειγμα, η ομιλία.

Πολλές φορές, οι άνθρωποι όταν οδηγούν τα αυτοκίνητά τους, μπορεί να αντιμετωπίσουν κάποιο έκτακτο περιστατικό, όπως για παράδειγμα το απότομο φρενάρισμα του μπροστινού αυτοκίνητου ή τη διασταύρωση του δρόμου από έναν πεζό. Τότε θα πρέπει να αντιδράσουν αστραπιαία, είτε μειώνοντας την ταχύτητα του αυτοκίνητου είτε αλλάζοντας κατεύθυνση οδήγησης. Για να μειωθεί ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού σε αυτά τα περιστατικά, στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα, πολλοί μοχλοί και διακόπτες (π.χ. για έλεγχο της λειτουργίας του ραδιοφώνου, αλλαγής ταχυτήτων, ρυθμίσεων οδήγησης κ.ά.) τοποθετούνται στο τιμόνι οδήγησης ή πίσω από αυτό, έτσι ώστε τα χέρια του οδηγού να βρίσκονται πάντα στο τιμόνι όταν αυτός οδηγεί.

Σχ. 6/12 Στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα πολλές λειτουργίες του αυτοκίνητου ρυθμίζονται από μοχλούς και διακόπτες που βρίσκονται στο τιμόνι.

6.3.3 Λειτουργικά - βιολογικά χαρακτηριστικά:

Οι μελετητές της εργονομίας ενδιαφέρονται, επίσης, ιδιαίτερα για τον τρόπο λειτουργίας των μελών του ανθρώπινου σώματος, επειδή με τη χρησιμοποίηση φυσιολογικών μετρήσεων μπορούν να εκτιμήσουν την αξία των προτεινόμενων εργονομικών λύσεων. Για παράδειγμα, γίνεται μελέτη για εκείνα τα στοιχεία που περιγράφουν την ανθρώπινη δύναμη και αντοχή, τόσο σε σχέση με το βάρος που μπορεί να ασκηθεί σε ένα ανθρώπινο σώμα, χωρίς να του προκληθεί βλάβη, όσο και σε σχέση με τη δύναμη που μπορεί να ασκηθεί από το σώμα σε διαφορετικές στάσεις και για διαφορετικές χρονικές περιόδους. Πολλές φορές, η έντονη ενέργεια σε έναν μυ, μπορεί να σημαίνει ότι ο μυς αυτός έχει υποστεί κόπωση, λόγω της προσπάθειας για διατήρηση της συγκεκριμένης στάσης εργασίας.

Σχ. 6/13 Το ανθρώπινο σώμα υφίσταται κόπωση μετά από μακρά και κοπιαστική εργασία.

Επίσης, γίνεται μελέτη για τα βιολογικά στοιχεία, όπως είναι η ικανότητα του σώματος να προσαρμόζεται σε ζεστά ή κρύα περιβάλλοντα (π.χ. η αντίδραση του ανθρώπου κατά τη χρήση τσαγιέρας με χερούλι από πλαστικό ή μεταλλικό υλικό), για τη συμπεριφορά του ανθρώπινου οργανισμού όταν έρχεται σε επαφή με χημικές ουσίες και για τις επιπτώσεις που έχει στην απόδοση του ανθρώπου η προσαρμογή σε ένα τέτοιο περιβάλλον. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να αφορούν σε ενήλικες, σε παιδιά, σε ηλικιωμένους, σε άτομα με ειδικές ανάγκες ή και σε άλλες πληθυσμιακές ομάδες, ανάλογα με την ομάδα χρηστών στην οποία απευθύνεται το προϊόν.

Πρόσφατα, η Alliance of Automotive Manufacturers (AAM), εκπρόσωπος της βιομηχανίας αυτοκινήτων, διατύπωσε κατευθυντήριες οδηγίες για το πρόβλημα διάσπασης της προσοχής των οδηγών σε οχήματα που διαθέτουν τηλεπικοινωνιακές συσκευές πλοήγησης, υπολογιστές κ.λπ. Μία από τις οδηγίες που δόθηκαν αφορούσε στον αποδεκτό χρόνο που ο οδηγός δεν κοιτά τον δρόμο, αλλά την οθόνη των συσκευών και περιγράφεται ως ακολούθως:

«Ενόσω το όχημα ευρίσκεται σε κίνηση, ο ολικός χρόνος που η προσοχή του οδηγού στρέφεται στη συσκευή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα δέκα δευτερόλεπτα, το βλέμμα κάθε φορά δεν πρέπει να εστιάζεται στη συσκευή περισσότερο από δύο δευτερόλεπτα και ο ολικός χρόνος αλληλεπίδρασης (π.χ. με το κινητό τηλέφωνο) να μην υπερβαίνει τα τριάντα δευτερόλεπτα».

Παράδειγμα εργονομικού σχεδιασμού: Θέση οδήγησης

Ο σχεδιαστής αυτοκινήτου θα πρέπει να έχει υπόψη του τη διαφορετικότητα των ανθρώπων που μπορεί να χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο πρέπει να οδηγείται από τον μέσο άνθρωπο.

Οι άνθρωποι πρέπει να έχουν άνετη θέση, να έχουν τον πλήρη έλεγχο του αυτοκινήτου και να φτάνουν όλους τους μοχλούς ελέγχου του αυτοκίνητου.

Οι μοχλοί και οι διακόπτες του αυτοκίνητου να είναι εργονομικά τοποθετημένοι στο ταμπλό του αυτοκίνητου, ώστε ο μέσος οδηγός να τους ενεργοποιεί εύκολα.

Ο οδηγός πρέπει να βλέπει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται.

Ο τρόπος με τον οποίο το κάθισμα, αλλά και η θέση του τιμονιού, μπορούν να ρυθμιστούν, είναι σημαντικά εργονομικά στοιχεία, ώστε να ταιριάζουν στη θέση διάφοροι τύποι ανθρώπινων σωμάτων. Επιπλέον, πρέπει ο οδηγός να έχει την καλύτερη δυνατή ορατότητα.

6.3.4 Σχεδιασμός χώρων εργασίας

Κλασική περίπτωση εφαρμογής της εργονομίας αποτελεί ο σχεδιασμός χώρων εργασίας. Η μελέτη των φυσικών και των λειτουργικών-βιολογικών χαρακτηριστικών του ανθρώπινου σώματος στην περίπτωση αυτή είναι καθοριστική. Υπάρχουν πολλά εργασιακά καθήκοντα, τα οποία υποχρεώνουν τους ανθρώπους να παραμένουν όρθιοι ή καθιστοί σε μία συγκεκριμένη στάση για μεγάλες χρονικές περιόδους. Η στάση που υιοθετεί ο χειριστής υπαγορεύεται από την ανάγκη να έχει εύκολη πρόσβαση στα διάφορα όργανα χειρισμού, να διατηρεί τα πόδια στους ποδομοχλούς ή να διατηρεί το βλέμμα του σε τέτοια θέση, ώστε να μπορεί να εκτελέσει τη συγκεκριμένη εργασία. Αν η θέση εργασίας δεν είναι εναρμονισμένη με τις διαστάσεις των χειριστών και τις δυνατότητες πρόσβασης που έχουν, τότε καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια, εκ μέρους των χρηστών, για την προσέγγιση των οργάνων ελέγχου πληροφοριών και την ανάγνωση των δεικτών πληροφόρησης.

Σχ. 6/14 Για τη σχεδίαση χώρων εργασίας, όπως ένα γραφείο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά.

Οι δυσκολίες που αφορούν στη στάση, στην πρόσβαση και στην ορατότητα, είναι απαραίτητο να προβλέπονται νωρίς κατά τη φάση του σχεδιασμού, ώστε να γίνονται ρεαλιστικές και αποτελεσματικές προσαρμογές, αν χρειαστεί. Είναι σχετικά εύκολο να διαπιστωθούν λάθη στη διάταξη του χώρου εργασίας όταν έχει γίνει η χρησιμοποίηση του εξοπλισμού, αλλά τότε είναι συνήθως πολύ αργά για να γίνουν αλλαγές και απαιτείται από τον χειριστή να προσαρμοστεί σε αυτά.

6.3.5 Περιορισμοί κατά τον σχεδιασμό

Τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού, συχνά, επιβάλλουν περιορισμούς οι οποιοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό προϊόντων και εξοπλισμού. Γενικά, μπορούμε να αναφέρουμε τέσσερις βασικούς περιορισμούς που επιβάλλονται από τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά:

Ύπαρξη χώρου

Είναι απαραίτητο, κατά τον σχεδιασμό, να διατίθεται επαρκής χώρος, για να κινείται ελεύθερα το ανθρώπινο σώμα. Στα οχήματα θα πρέπει να υπάρχει επαρκής απόσταση μεταξύ της κεφαλής και της οροφής. Στα γραφεία (έπιπλα) πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος για την κίνηση των ποδιών και των χεριών των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν.

Πρόσβαση
Η δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και ο χειρισμός οργάνων ελέγχου σε χώρους εργασίας περιορίζεται από τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος. Στα οχήματα, οι οδηγοί πρέπει να έχουν τη δυνατότητα ελεύθερης επεξεργασίας πληροφοριών από το περιβάλλον και να χειρίζονται ανεμπόδιστα όλους τους διακόπτες.

Στάση χειρισμού
Είναι σαφές ότι η στάση που αναγκάζεται να υιοθετήσει ένας χειριστής επηρεάζει την απόδοση του, αλλά και την υγεία του. Για παράδειγμα, η επιφάνεια εργασίας που χρησιμοποιείται από έναν πληθυσμό χρηστών σε εργοστάσιο δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ ψηλή ούτε πολύ χαμηλή, διότι και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσει διαταραχές στους χρήστες, εξαιτίας της μη κατάλληλης εργονομίας.

Δύναμη
Πολλές φορές, η απαιτούμενη δύναμη για τον χειρισμό οργάνων ελέγχου θέτει περιορισμούς όσον αφορά στους πλέον αδύναμους χρήστες. Η μέγιστη αποδεκτή ροπή χειρισμού προσδιορίζεται από τη δύναμη του - μόλις αποδεκτού - μέλους του πληθυσμού με την ελάχιστη δύναμη. Βεβαίως, είναι πιθανόν, ένας περιορισμός που τίθεται με τη λογική αυτή να προκαλέσει δυσκολίες στους πιο δυνατούς χρήστες.

Ο σχεδιασμός πρέπει σαφώς να ικανοποιεί κριτήρια που αναφέρονται σε ζητήματα *άνεσης, ασφάλειας, αποτελεσματικότητας* ή και *αισθητικής*. Οπωσδήποτε οι περιορισμοί που τίθενται από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δυνητικών χρηστών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία σχεδιασμού.

6.4 Ανθρωπομετρια και εργονομικός σχεδιασμός

6.4.1 Διαστάσεις του ανθρώπου

Οι άνθρωποι διαφέρουν όχι μόνο στο ύψος, αλλά και σε άλλες διαστάσεις τους. Δύο άνθρωποι του ίδιου ύψους και φύλου είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα διαφέρουν στο μήκος του βραχίονα ή του ποδιού, στο ύψος της καθιστής στάσης, στο μέγεθος του χεριού ή σε άλλες σωματικές διαστάσεις. Το ανθρώπινο γένος παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Η ιατρική θεωρεί ως φυσιολογικό ανθρώπινο ύψος αυτό που κυμαίνεται μεταξύ 1,37 και 2,01 m. Ακραίες περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί, π.χ. η περίπτωση ενός Πακιστανού με ύψος 2,51 m και ενός Πορτογάλου με ύψος 0,75 m.

6.4.2 Διαφορές Φύλου

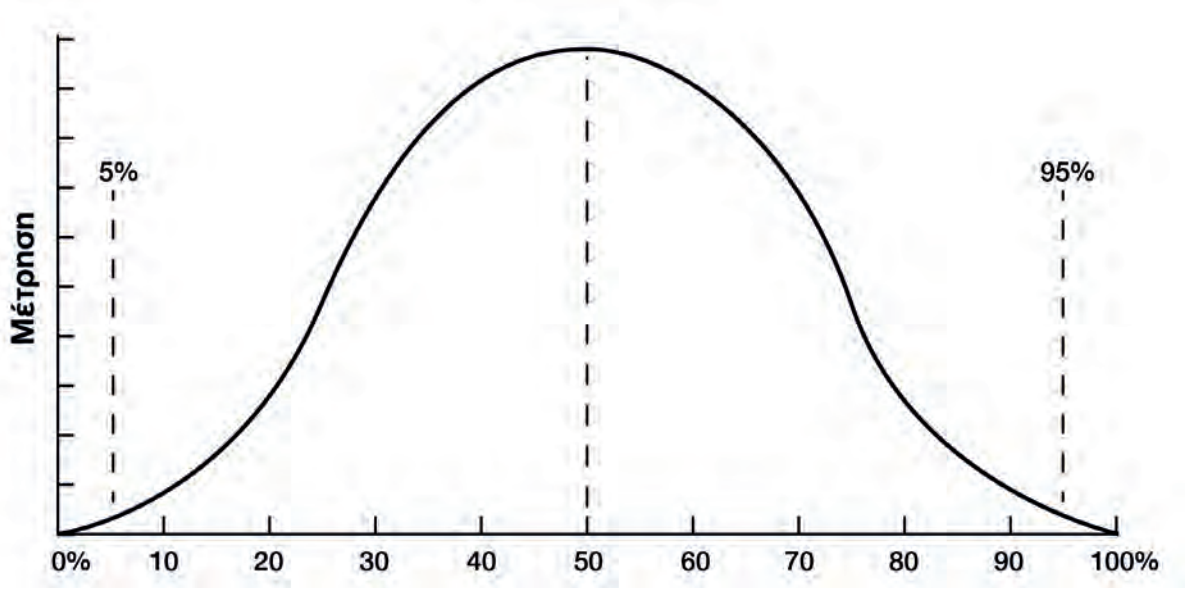
Μεταξύ ανδρών και γυναικών παρατηρούνται διαφορές ως προς τις ανθρωπομετρικές διαστάσεις. Τα μεγέθη των γυναικών είναι γενικώς μικρότερα. Οι γραμμικές διαστάσεις των γυναικών είναι μικρότερες, με εξαίρεση το πλάτος του σώματος στο ύψος των γλουτών. Επίσης, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη, κατά τη σύγκριση, και άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα τη διαφορά ύψους μεταξύ λαών. Κάποιες αναλογίες σε γραμμικές διαστάσεις διαφέρουν ανάμεσα στα δύο φύλα λόγω της διαφορετικής κατανομής των μυϊκών μαζών και του λίπους. Επίσης, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δύο φύλων ως προς τη δύναμη, π.χ. ώθησης ή έλξης. Οι διαφορές είναι αναλογικά μεγαλύτερες στα άνω άκρα σε σχέση με τα κάτω άκρα και σχετίζονται με τις αντίστοιχες ποσότητες των μυϊκών μαζών.

6.4.3 Ανθρωπομετρικές διαστάσεις

Με τον όρο «ανθρωπομετρικές διαστάσεις» εννοούμε, όχι απλώς το ύψος, αλλά κάθε σωματική διάσταση, η οποία είναι σημαντική για τον σχεδιασμό κάποιου προϊόντος, εξοπλισμού ή χώρου εργασίας. Θεωρητικά, ο αριθμός των απαιτούμενων διαστάσεων είναι άπειρος, αφού κάθε θέση εργασίας προσδιορίζει διαφορετικές στάσεις και κινήσεις και το κάθε νέο προϊόν μπορεί να απευθύνεται σε παγκόσμιες αγορές. Όμως, για λόγους οικονομίας, οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις έχουν τυποποιηθεί και παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων. Οι πίνακες κατηγοριοποιούνται κατά ηλικία, φύλο, εθνότητα, στάση κ.λπ.

Οι χρήστες εξοπλισμού, ίσως, αποτελούν μία μεγάλη ομάδα όπως «όλοι οι άνδρες» (π.χ. οι εργάτες οικοδομών) ή «οι άνδρες, οι γυναίκες και οι έφηβοι από 18 ετών και πάνω» (π.χ. οι οδηγοί ιδιωτικών αυτοκινήτων) ή είναι δυνατόν να αποτελούν μια πιο περιορισμένη ομάδα, όπως «όλα τα παιδιά κάτω των 12 ετών».

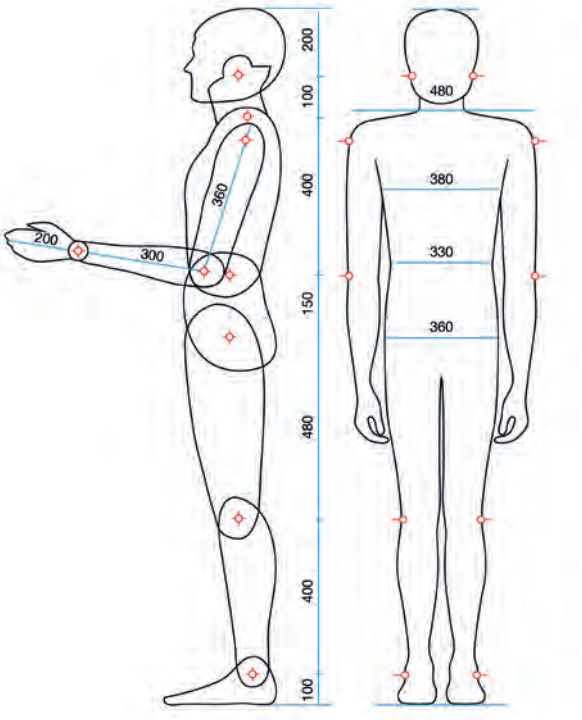
Είναι αντιληπτό ότι οι περισσότεροι άνθρωποι μίας ομάδας είναι κοντά στον μέσο όρο της ομάδας, αλλά και ότι ένας μεγάλος αριθμός βρίσκεται αρκετά πιο πάνω ή πιο κάτω από τον μέσο όρο, και ακόμα ότι ένας μικρός αριθμός βρίσκεται πολύ πιο πέρα από τον μέσο όρο. Η ολική κλίμακα των διακυμάνσεων μπορεί να είναι μεγάλη σε σχέση με τα περιθώρια ελιγμών του σχεδιαστή, ως προς τη δυνατότητα κατασκευής και το κόστος παραγωγής, ώστε είναι αδύνατον να ληφθεί πρόνοια για όλους τους χρήστες. Για τον λόγο αυτό συνηθίζεται, οι εργονομικές προτάσεις να στοχεύουν στην κάλυψη των αναγκών του 90% των χρηστών και να αγνοούν το 5% των συν και το 5% των μείον ακραίων περιπτώσεων, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6/15. Το 90% αντιπροσωπεύει τον λεγόμενο μέσο άνθρωπο στην ανθρωπομετρία.



Σχ. 6/15 Οι εργονομικές προτάσεις στοχεύουν στην κάλυψη των αναγκών του 90% των χρηστών και αγνοούν το 5% των συν και το 5% των μείον ακραίων περιπτώσεων.

6.4.4 Ανθρώπινη φιγούρα

Στο σχήμα 6/16 φαίνεται η ανθρώπινη φιγούρα του «μέσου» ενήλικα ανθρώπου και οι διαστάσεις (σε χιλιοστά) ανάμεσα σε κάθε άξονα κινούμενου μέρους του ανθρώπινου σώματος. Η φιγούρα αυτή, όταν κατασκευαστεί υπό κλίμακα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την κατασκευή εργονομικών μοντέλων αρκετών προϊόντων (π.χ. καρεκλών, πολυθρόνων, ραφιών, επίπλων κ.λπ.).



Σχ. 6/16 Ανθρώπινη φιγούρα

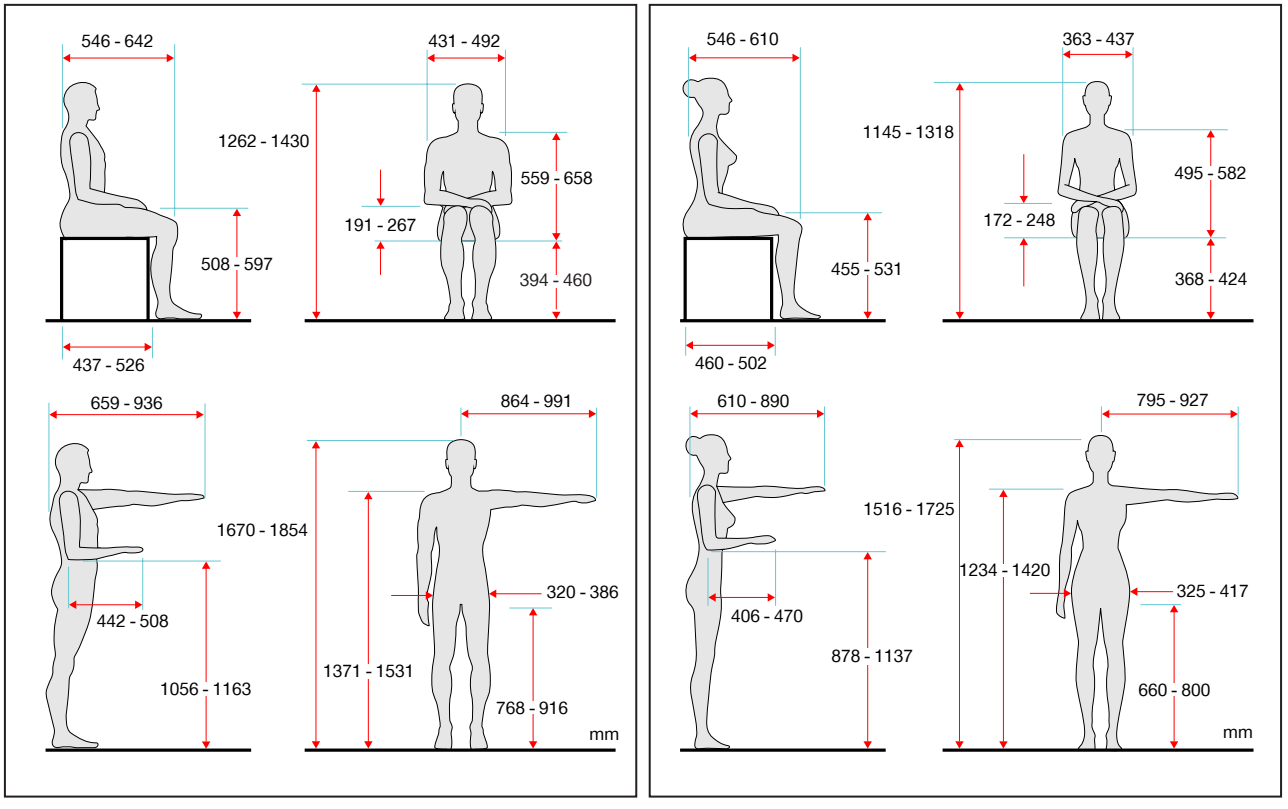
Οι κύριες ανθρωπομετρικές διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος ανάμεσα σε κάθε άξονα είναι:

1. Άνω μέρος της κεφαλής μέχρι την άκρη της σιαγόνας
2. Άκρη σιαγόνας μέχρι το κάτω μέρος του λαιμού
3. Κάτω μέρος του λαιμού έως τη μέση
4. Μέση μέχρι τους γοφούς
5. Ώμος μέχρι τον αγκώνα
6. Αγκώνας μέχρι τον καρπό
7. Από τον καρπό μέχρι τα άκρα των δακτύλων
8. Από τους γοφούς μέχρι τα γόνατα
9. Από τα γόνατα μέχρι τον αστράγαλο
10. Από τον αστράγαλο μέχρι το πέλμα του ποδιού

Οι κύριες ανθρωπομετρικές διαστάσεις του πλάτους του ανθρώπινου σώματος είναι:

1. Το πλάτος του κεφαλιού
2. Το πλάτος των ώμων
3. Το πλάτος του στήθους
4. Το πλάτος της μέσης
5. Το πλάτος των γοφών

Στα σχέδια του σχήματος 6/17 φαίνονται αναλυτικά οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος ανδρών και γυναικών (5% - 95%).

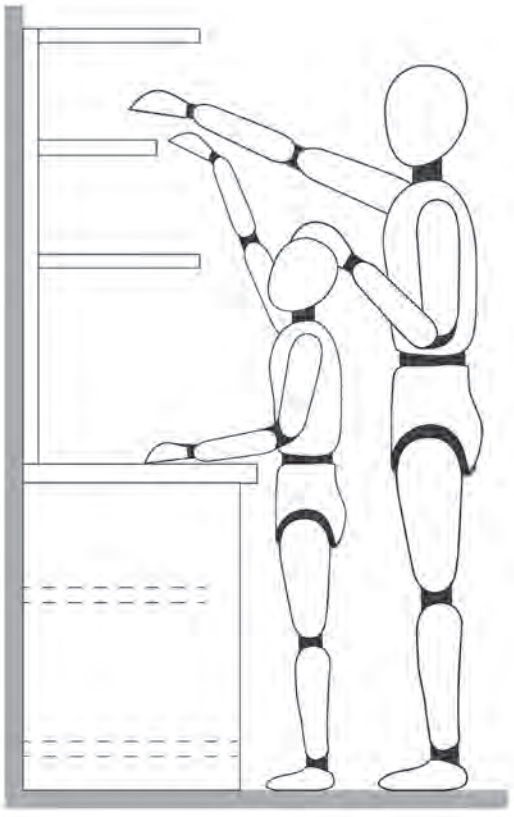


Σχ. 6/17 Οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος ανδρών και γυναικών (5% - 95%)

Παραδείγματα ανθρωπομετρίας

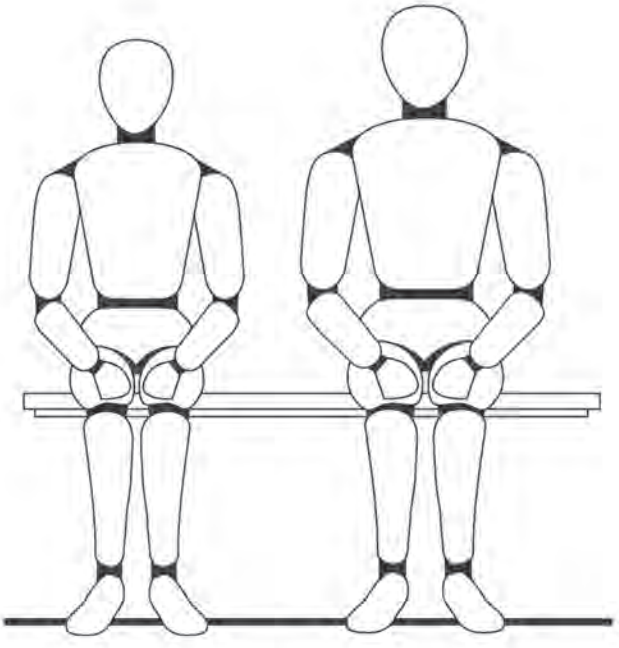
Οι σχεδιαστές προσπαθούν να σχεδιάσουν προϊόντα που να απευθύνονται σε όσο το δυνατόν περισσότερους ανθρώπους. Όμως κάποιοι άνθρωποι που είναι κατανεμημένοι στις δύο άκρες της κλίμακας, μένουν εκτός του στόχου των σχεδιαστών.

Η προσπάθεια των σχεδιαστών είναι να καλύψουν το 90% της κατανομής των ανθρώπων. Αυτό σημαίνει ότι **ένα ποσοστό 10% (5% σε κάθε άκρη) δεν λαμβάνεται υπόψη στη σχεδίαση.**



Το ράφι του τοίχου στο διπλανό σχήμα είναι σχεδιασμένο για να το φτάνει το 95% των ανθρώπων. Αυτό σημαίνει ότι το 5% των ανθρώπων (οι πιο κοντοί) δεν μπορεί να το φτάσει.

Στη σχεδίαση ενός καθίσματος δύο θέσεων, λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος των ανθρώπων που ανήκουν στο 95%. Αυτό σημαίνει ότι το 95% των ανθρώπων μπορεί να καθίσει άνετα δίπλα από άλλον στο κάθισμα. Αποκλείεται μόνο το 5% των ανθρώπων (οι πιο εύσωμοι).



6.4.5 Στατική ανθρωπομετρία

Οι μετρήσεις της στατικής ανθρωπομετρίας αναφέρονται στις πραγματικές ανθρώπινες διαστάσεις και λαμβάνονται με το σώμα ακίνητο σε καθορισμένες στάσεις. Παραδείγματα στατικών μετρήσεων είναι το ανάστημα, το ύψος των οφθαλμών ή του αγκώνα από το έδαφος, με τον άνθρωπο όρθιο ή καθήμενο, το μήκος των ποδιών, το πλάτος του σώματος στο ύψος των ώμων κ.ά. Για τη μέτρησή τους χρησιμοποιούνται τυποποιημένες στάσεις:

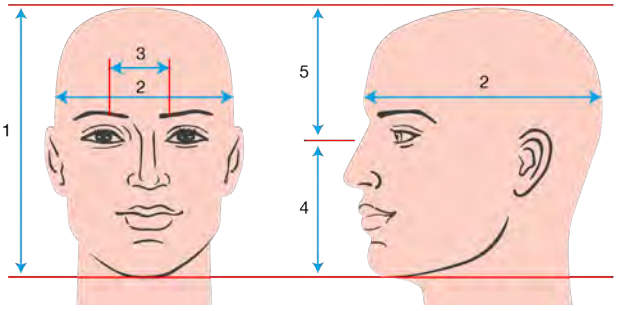
α) Το άτομο στέκεται με την πλάτη του όρθια να εφάπτεται σε κατακόρυφη επίπεδη επιφάνεια, το βάρος του να είναι ίσα κατανεμημένο, με χέρια, δάκτυλα και πόδια σε ευθεία γραμμή. Το σώμα είναι ευθυτενές, αλλά όχι σφικτό.

β) Το άτομο κάθεται σε οριζόντια επιφάνεια ρυθμιζόμενη καθ' ύψος, με τον κορμό ευθυτενή, σε επαφή με κατακόρυφη επίπεδη επιφάνεια, τους μηρούς σε οριζόντια θέση, τις κνήμες κατακόρυφες και το πέλμα σε επαφή με το έδαφος.

Οι μετρήσεις λαμβάνονται μεταξύ των οστικών απολήξεων* και των ακραίων σημείων των μελών του σώματος (αγκώνας έως παράμεσο δάκτυλο), έτσι ώστε να αποφεύγονται μετρήσεις σε μαλακά και ασταθή μέρη του σώματος.

Το κεφάλι: Στο σχήμα 6/18 φαίνονται οι βασικές στατικές ανθρωπομετρικές διαστάσεις του μέσου ανθρώπινου κεφαλιού.

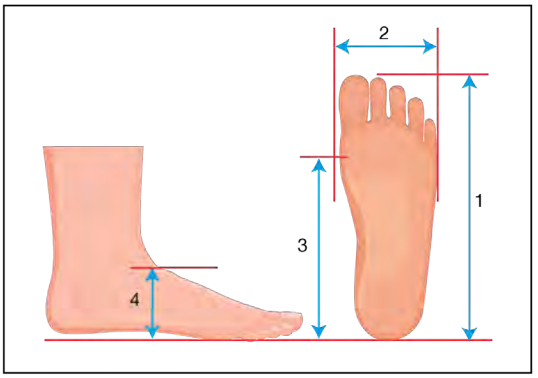
1. Το μήκος
2. Η περιφέρεια
3. Η απόσταση μεταξύ των κόρων των ματιών
4. Η απόσταση πηγουνιού – ματιού
5. Η απόσταση μεταξύ ματιού και άνω μέρους κεφαλιού



Σχ. 6/18 Το ανθρώπινο κεφάλι

Το πόδι: Στο σχήμα 6/19 φαίνονται οι βασικές στατικές ανθρωπομετρικές διαστάσεις που αφορούν στο μέσο ανθρώπινο πόδι.

1. Το μήκος της πατούσας από τη φτέρνα μέχρι το δάκτυλο
2. Το πλάτος της πατούσας
3. Το μήκος από τη φτέρνα μέχρι τη βάση του δακτύλου
4. Το ύψος από τη βάση του ποδιού μέχρι τον ταρσό

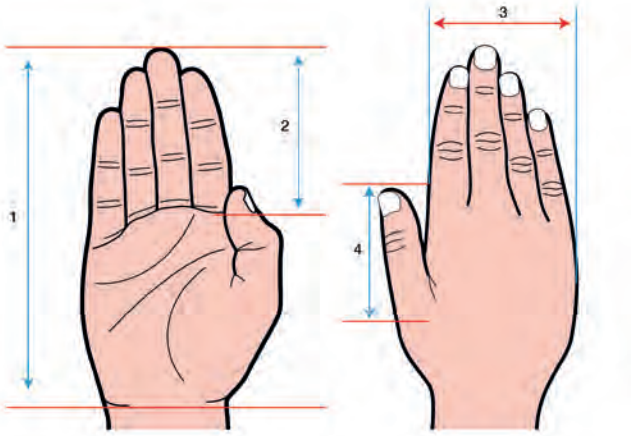


Σχ. 6/19 Το ανθρώπινο πόδι

** Άκρων των οστών*

Το χέρι: Στο σχήμα 6/20 φαίνονται οι βασικές στατικές ανθρωπομετρικές διαστάσεις του μέσου ανθρώπινου χεριού, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη σε σχεδιασμούς που αφορούν στο χέρι.

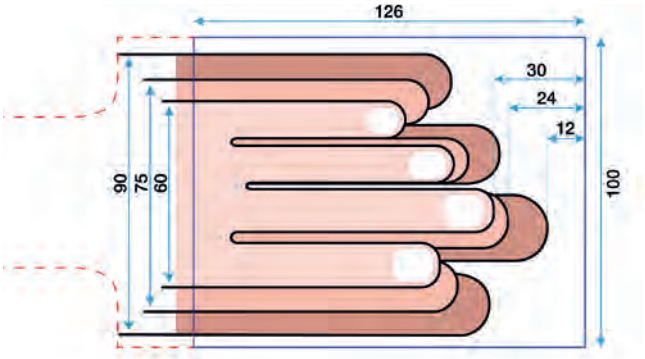
Βασικές διαστάσεις ανθρώπινου χεριού:
1. Ολικό μήκος
2. Μήκος δακτύλων
3. Πλάτος παλάμης
4. Μήκος αντίχειρα



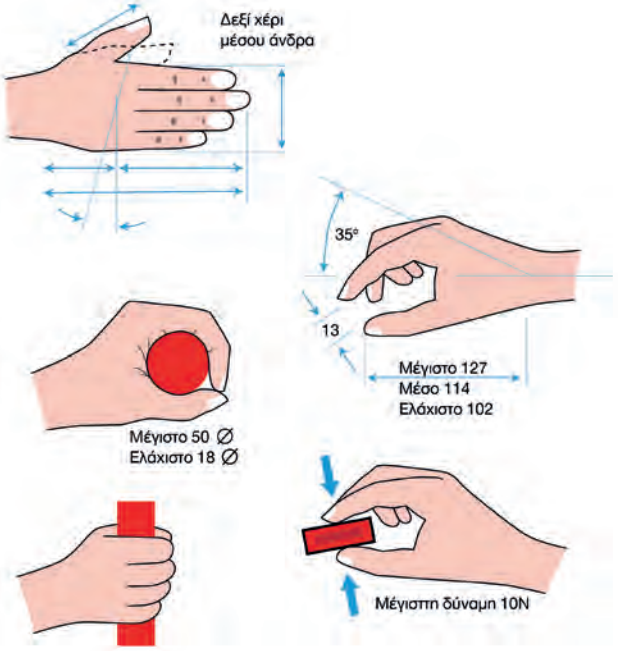
Σχ. 6/20 Το ανθρώπινο χέρι

Το ανθρώπινο χέρι μπορεί να εκτελέσει πολλές και διάφορες κινήσεις και λειτουργίες, λόγω του μεγάλου εύρους κινήσεων του καρπού, των δακτύλων και του αντίχειρα.

Για τα αντικείμενα και τα εργαλεία που σχεδιάζονται για το ανθρώπινο χέρι λαμβάνονται υπόψη οι διαστάσεις του μέσου χεριού, οι διαφορετικές κινήσεις που εκτελεί και η δύναμη που το χέρι μπορεί να δεχτεί ή να εφαρμόσει.



Σχ. 6/21



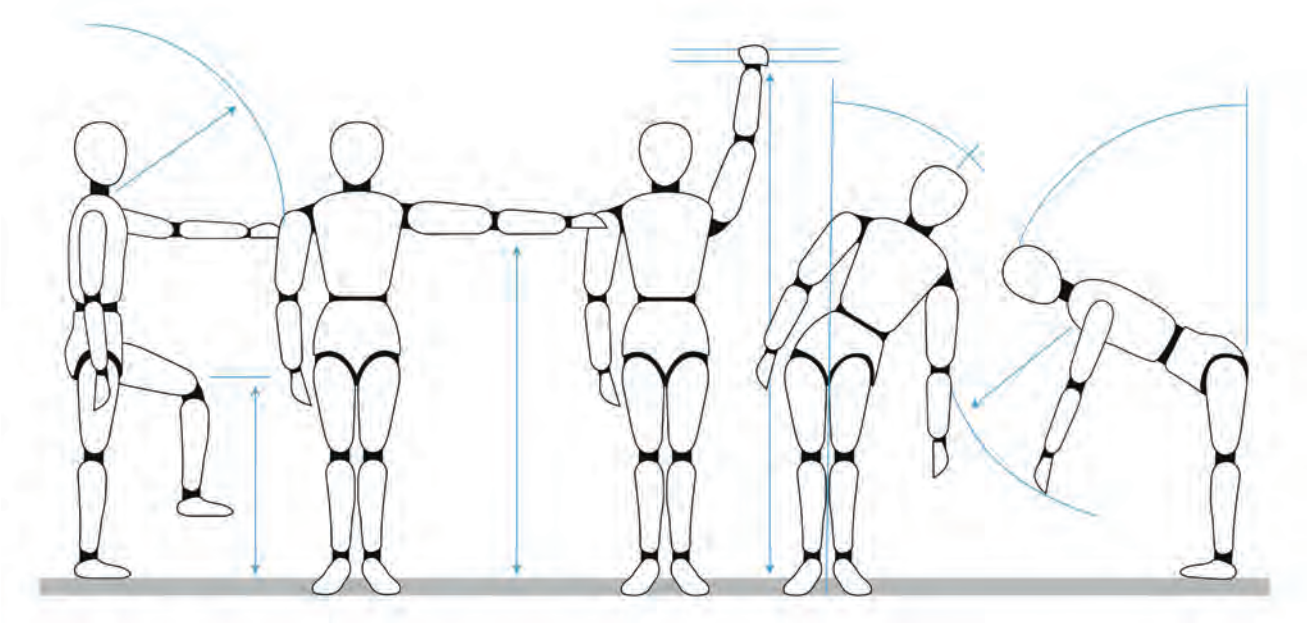
Σχ. 6/22

Σχ. 6/23 Για τα αντικείμενα και τα εργαλεία που σχεδιάζονται για το ανθρώπινο χέρι λαμβάνονται υπόψη οι διαστάσεις του χεριού του μέσου ανθρώπου, οι κινήσεις που εκτελεί και η δύναμη που έχει.

6.4.6 Δυναμική ανθρωπομετρία

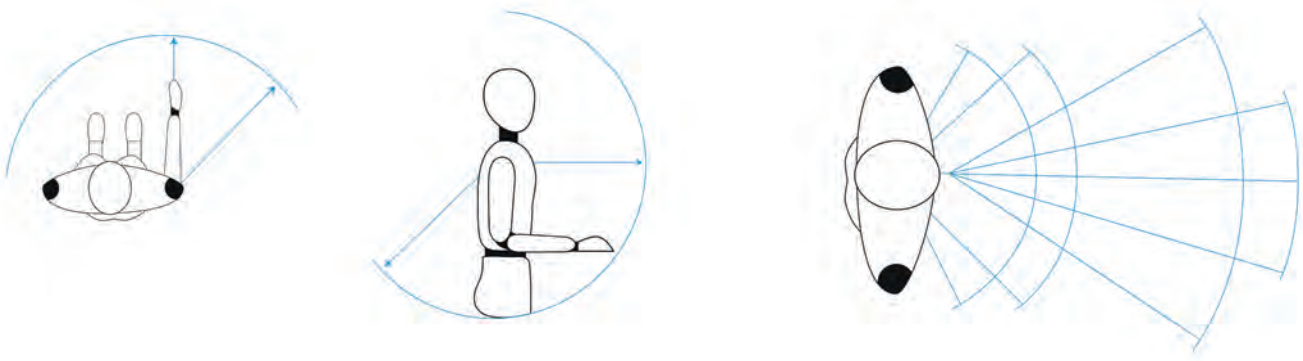
Η ανθρωπομετρία εκτός από τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος, μελετά και το εύρος των κινήσεων που μπορεί να εκτελέσει το ανθρώπινο σώμα. Ο τομέας αυτός ονομάζεται δυναμική ανθρωπομετρία.

Το εύρος των κινήσεων που μπορεί να εκτελέσει το ανθρώπινο σώμα επιτρέπει τη λήψη πολλών διαφορετικών θέσεων και στάσεων.



Σχ. 6/24 Κινήσεις του ανθρώπινου σώματος

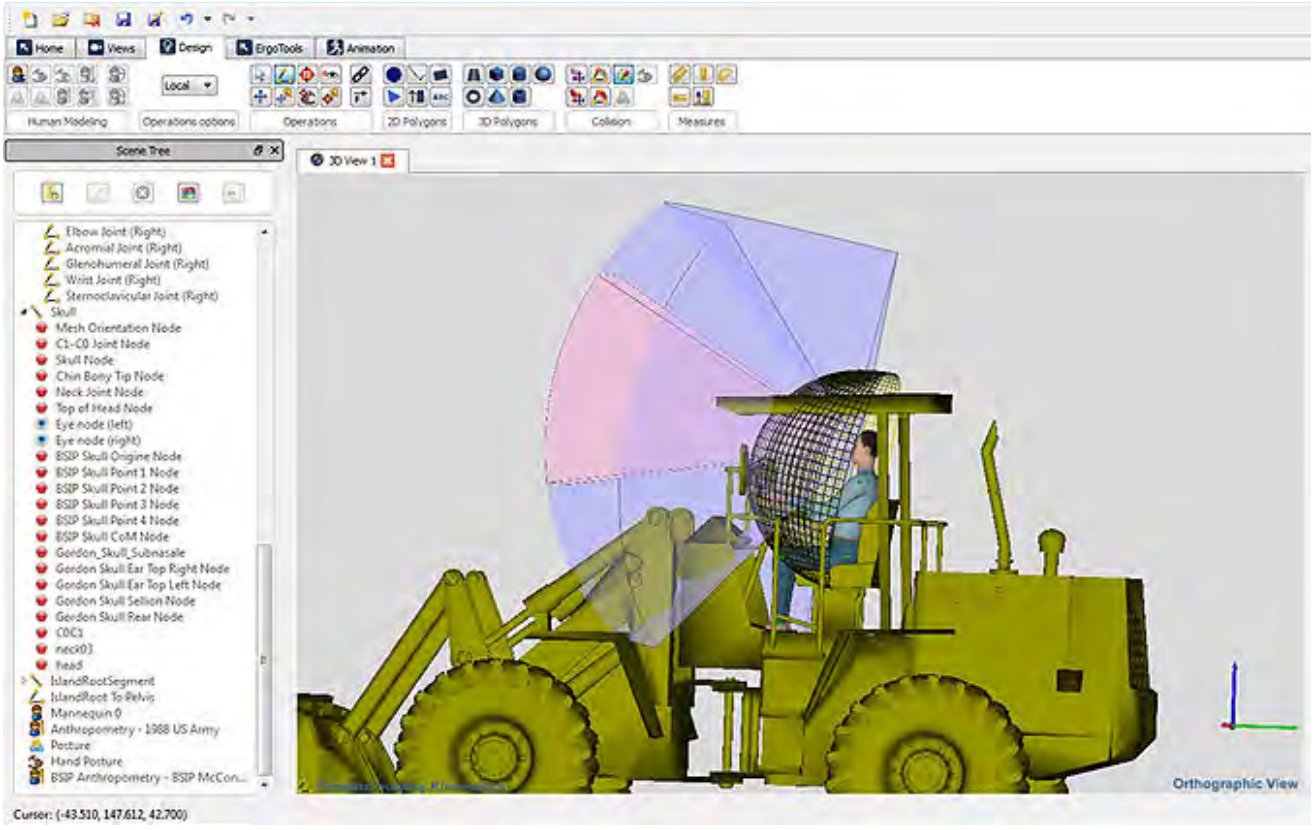
Οι δυναμικές ή οι λειτουργικές μετρήσεις καθορίζουν τις αποστάσεις πρόσβασης ή τις απαραίτητες διαστάσεις χώρου, όταν το ανθρώπινο σώμα εκτελεί ορισμένες εργασίες σε συγκεκριμένες αποστάσεις, περιοχές ή περιορισμένους χώρους. Οι δυναμικές διαστάσεις εξαρτώνται από την εργασία που εκτελείται κάθε φορά. Για παράδειγμα, το μήκος του βραχίονα ενός ατόμου καθορίζει την απόσταση που μπορεί να φτάσει αυτό. Όμως, αυτή η απόσταση μπορεί να επεκταθεί, όταν συμπεριληφθεί και η κίνηση των ώμων και του κορμού. Από την άλλη πλευρά, η απόσταση η οποία πρέπει να καλυφθεί για τη λειτουργία ενός οργάνου χειρισμού το οποίο κρατάει κανείς με ολόκληρο το χέρι, θα είναι μικρότερη από την απόσταση που πρέπει να καλυφθεί, όταν για τη λειτουργία του απαιτείται η χρήση των δακτύλων.



Σχ. 6/25

6.4.7 Υποβοήθηση σχεδιασμού με υπολογιστή

Χρησιμοποιώντας τα μεγέθη της ανθρώπινης φιγούρας, μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα δύο και τριών διαστάσεων στον Η.Υ. Με βάση αυτά τα μοντέλα, μπορούν να σχεδιαστούν τα διάφορα αντικείμενα που αφορούν στο ανθρώπινο σώμα. Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται ευρέως για την εύκολη και γρήγορη εξέταση των διαφόρων σχεδιαστικών λύσεων, που αφορούν στον χώρο εργασίας. Με κατάλληλο λογισμικό, ο σχεδιαστής μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο και προσπάθεια κατά τον σχεδιασμό δισδιάστατων και τρισδιάστατων μοντέλων, λαμβάνοντας υπόψη τις κρίσιμες διαστάσεις και απαιτήσεις, αναπτύσσοντας διάφορες λύσεις στην οθόνη του υπολογιστή και απορρίπτοντας εκείνες τις λύσεις, οι οποίες δεν πληρούν βασικές απαιτήσεις.



Σχ. 6/26 Λογισμικό που χρησιμοποιείται για σχεδίαση χώρων με βάση τις ανθρωπομετρικές διαστάσεις

Τα μοντέλα που δημιουργούνται με τον υπολογιστή μπορεί να παρουσιαστούν σε δύο ή τρεις διαστάσεις και αφού δημιουργηθούν, είναι δυνατόν να μεγεθυνθούν, να σμικρυνθούν, να περιστραφούν και να παρουσιαστούν από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Αυτό επιτρέπει την αξιολόγηση των απαιτήσεων, τόσο από πλευράς όρασης όσο και από πλευράς σωματικών διαστάσεων. Τυπικό παράδειγμα υποβοήθησης εργονομικού σχεδιασμού χώρων μέσω υπολογιστή αποτελεί το ανθρωπομετρικό μοντέλο Mannequin. Στο λογισμικό έχουν ενσωματωθεί ανθρωπομετρικά στοιχεία από αρκετές χώρες. Υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης ανθρωπομετρικών μοντέλων ανδρών, γυναικών και παιδιών διαφόρων μεγεθών (όπως ποσοστώσεις του 2,5%, 5%, 50%, 95% και 97,5%). Υπάρχει δυνατότητα να εισαχθούν νέα στοιχεία και έτσι να παραχθούν ανθρωπομετρικά μοντέλα “κατά παραγγελία”. Τα ανθρωπομετρικά μοντέλα διαθέτουν κινούμενα μέλη, κορμό και κεφαλές με μηχανικά χαρακτηριστικά και γωνίες κίνησης ανάλογες με αυτές του ανθρώπου.

6.5 Εφαρμογές

6.5.1 Η ανθρώπινη όρθια φιγούρα

Σχεδιάζοντας τον περιβάλλοντα χώρο μίας όρθιας ανθρώπινης φιγούρας, θα πρέπει να ληφθούν πολλά δεδομένα υπόψη: το ύψος και οι κινήσεις του ανθρώπινου σώματος, ο χώρος που καταλαμβάνει το ανθρώπινο σώμα, ο χώρος που βρίσκεται άμεσα γύρω του και το πώς τοποθετούνται τα διάφορα αντικείμενα γύρω από το ανθρώπινο σώμα.

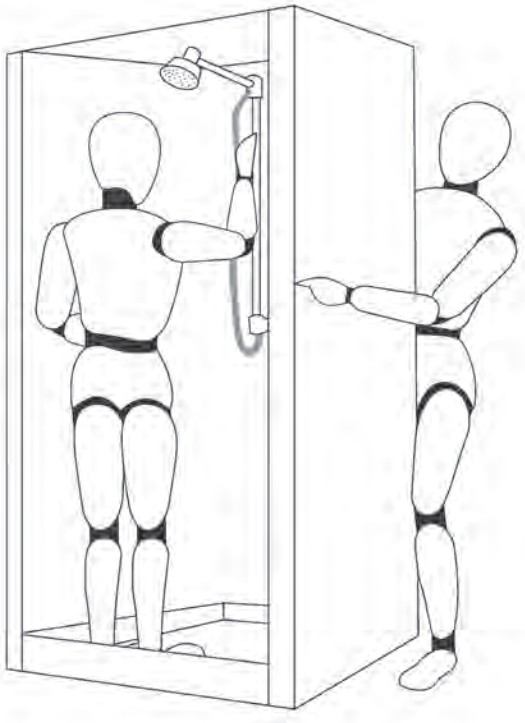
Εφαρμογή 1

Να μελετήσετε τις τρεις περιπτώσεις στο πιο κάτω σχήμα και να απαντήσετε πώς επηρέασε η ανθρωπομετρία τον σχεδιασμό αυτών των χώρων:

α) Όταν ένας άνθρωπος διέρχεται μέσω μιας πόρτας.

β) Όταν δύο άνθρωποι περπατούν σε έναν διάδρομο.

γ) Όταν δύο άνθρωποι χρησιμοποιούν μία σκάλα.



Εφαρμογή 2

Να αναφέρετε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό μίας ντουζιέρας.

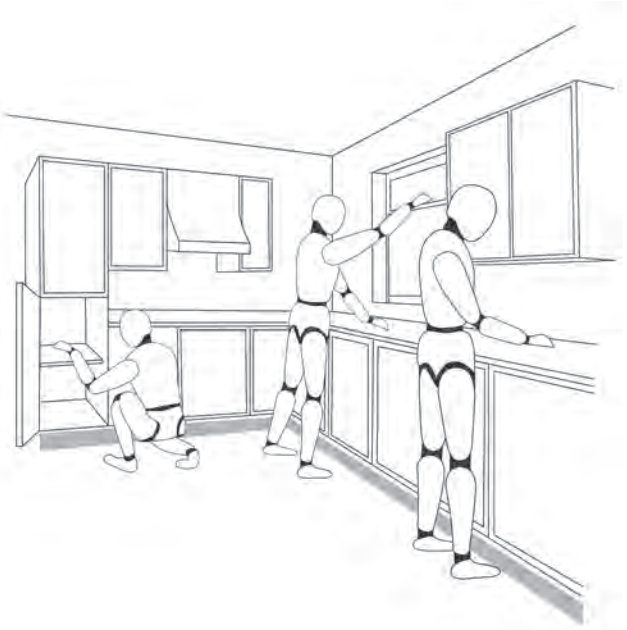
Εφαρμογή 3

Να αναφέρετε ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό ενός τηλεφωνικού θαλάμου.

Να σκεφτείτε, ακόμη, τι γίνεται, όταν βρέχει και δύο άνθρωποι χρησιμοποιούν τον τηλεφωνικό θάλαμο ως κατάλυμα.

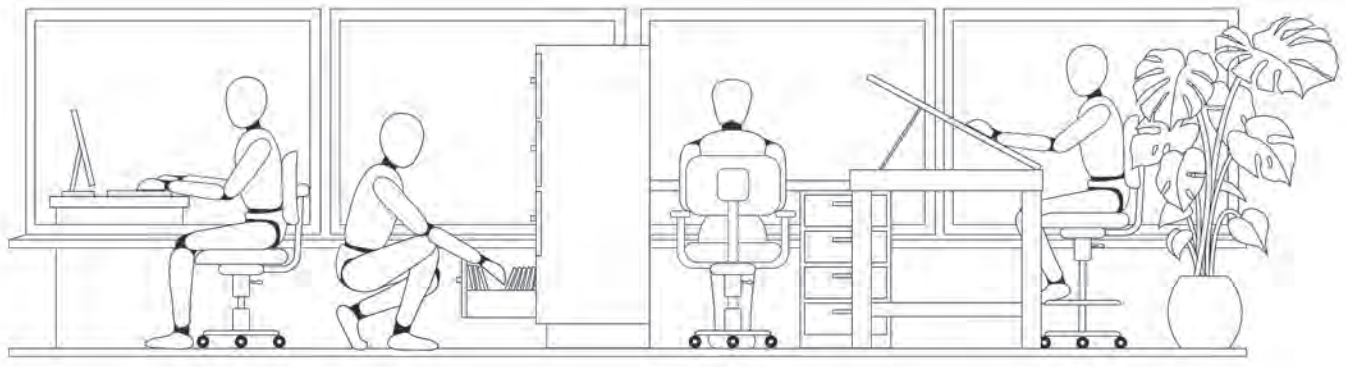
Όταν το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται σε όρθια θέση ή σε κίνηση, μπορεί να εκτελεί διάφορες δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν κίνηση χεριών, αλλά και μεταβολή του οπτικού πεδίου.

Η διπλανή εικόνα δείχνει θέσεις και δραστηριότητες του ανθρώπου, οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβολή του οπτικού πεδίου και διάφορες μορφές κινήσεων.



Σχ. 6/27 Δραστηριότητες του ανθρώπου που περιλαμβάνουν μεταβολή του οπτικού πεδίου και διάφορες μορφές κινήσεων.

6.5.2 Ο άνθρωπος στη θέση καθίσματος εργασίας



Σχ. 6/28 Το ανθρώπινο σώμα στη θέση καθίσματος εργασίας

Πολλές φορές έχουμε ακούσει τη φράση «κάθισε καλά» ή «κάθισε ίσια». Παρατηρώντας το πιο κάτω σχήμα, βλέπουμε τη σημασία αυτής της φράσης, αφού φαίνεται το πόσο άσχημα καταπονείται ο ανθρώπινος σκελετός, όταν ο άνθρωπος κάθεται λανθασμένα.

Σχ. 6/29 Το ανθρώπινο σώμα σε ορθή και λανθασμένη θέση όταν κάθεται.

6.5.3 Ο άνθρωπος σε θέση ξεκούρασης

Τα δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό και στην κατασκευή καθισμάτων για ηρεμία και ξεκούραση είναι διαφορετικά από εκείνα για καθίσματα εργασίας.

Είναι διαφορετική η θέση του ανθρώπινου σώματος, όταν κάθεται για ξεκούραση, από αυτή όταν κάθεται για δουλειά. Οι δραστηριότητες και οι κινήσεις του σώματος διαφέρουν στις δύο θέσεις. Ακόμη και τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα δύο καθίσματα διαφέρουν.

Οι διαστάσεις ενός καθίσματος ξεκούρασης διαφέρουν από τις διαστάσεις ενός καθίσματος δουλειάς.

Σχ. 6/30

Σχ. 6/31 Κάθισμα που ανακλίνεται

Καθίσματα που ανακλίνονται δεν σχεδιάζονται μόνο για σαλόνια. Τέτοια υπάρχουν στα αεροπλάνα, στα τρένα και στα λεωφορεία, όπου ο άνθρωπος θα πρέπει να κάθεται για πολλές ώρες.

Τα δεδομένα που λαμβάνουμε υπόψη μας για τον σχεδιασμό επίπλων ξεκούρασης δεν έχουν να κάνουν μόνο με τα έπιπλα (π.χ. την πολυθρόνα), αλλά και με όλο τον περιβάλλοντα χώρο (όπως, για παράδειγμα, το ύψος που πρέπει να έχει το τραπεζάκι της τηλεόρασης, για να ταιριάζει με το οπτικό πεδίο του ανθρώπου).

Σχ. 6/32

6.6 Ασκήσεις

Άσκηση 1

α) Να εξηγήσετε τον ρόλο του στοιχείου της προσαρμοστικότητας σε θέματα εργονομίας προϊόντων. Να αναφέρετε ένα παράδειγμα.

β) Να αναφέρετε επιπτώσεις εργονομικών προβλημάτων στον άνθρωπο, τα οποία αφορούν στην «προσαρμοστικότητά» του σε βιομηχανικά προϊόντα και σε χώρους εργασίας.

Άσκηση 2

Να αναφέρετε τους περιορισμούς που λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των χώρων εργασίας.

Άσκηση 3

α) Να ονομάσετε τις τέσσερις κατηγορίες παραμέτρων χρήστη περιβάλλοντος, που εμπλέκονται κατά τη χρήση ενός χειριστηρίου παιχνιδιών (joy stick).

β) Να αναφέρετε μία παράμετρο από κάθε κατηγορία, που εμπλέκεται κατά τη χρήση ενός χειριστηρίου παιχνιδιών.

Σε ποια κατηγορία ανήκει η κάθε παράμετρος;

Άσκηση 4

α) Να αναφέρετε δύο παραμέτρους αλληλεπίδρασης χρήστη-περιβάλλοντος, που εμπλέκονται με τη χρήση του φούρνου μικροκυμάτων της διπλανής φωτογραφίας και σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (κατηγορία).

β) Να αναφέρετε, επίσης, μία παράμετρο, που σχετίζεται με τον σχεδιασμό και τη διάταξη χώρου.

Άσκηση 5

Στη διπλανή φωτογραφία φαίνεται ένα παιδικό καροτσάκι.

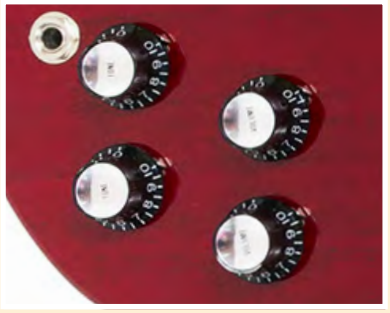
Να αναφέρετε τρεις παραμέτρους αλληλεπίδρασης χρήστη περιβάλλοντος (διαφορετικής κατηγορίας), που εμπλέκονται κατά τη χρήση του. Σε ποια από τις τέσσερις κατηγορίες ανήκουν;

Άσκηση 6

Να αναφέρετε τις τρεις κατηγορίες ανθρώπινων χαρακτηριστικών, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη κατά τον εργονομικό σχεδιασμό προϊόντων και συστημάτων.

Άσκηση 7

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται μία ηλεκτρική κιθάρα. Σε μεγέθυνση φαίνονται οι τέσσερις ρυθμιστές του ήχου της κιθάρας.

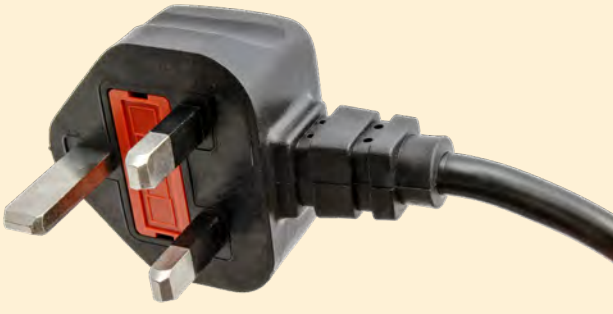


Να γράψετε τρία ανθρώπινα χαρακτηριστικά που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό της πιο πάνω κιθάρας, δικαιολογώντας την απάντησή σας. Να αναφέρετε την κατηγορία στην οποία ανήκει το καθένα.

Άσκηση 8

Στη διπλανή εικόνα φαίνεται ένας ρευματολήπτης ηλεκτρικού ρεύματος (φίσια).

Να γράψετε δύο ανθρώπινα χαρακτηριστικά που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό του ρευματολήπτη. Το ένα χαρακτηριστικό να ανήκει στην κατηγορία των ψυχολογικών χαρακτηριστικών και το άλλο στα βιολογικά – λειτουργικά χαρακτηριστικά.

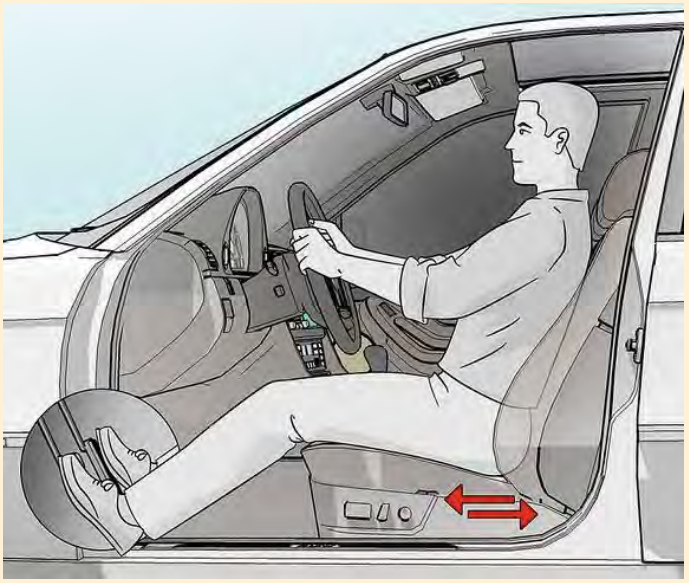


Άσκηση 9

Αφού μελετήσετε τη θέση οδήγησης του αυτοκινήτου που φαίνεται στη διπλανή εικόνα, να γράψετε τρία ανθρώπινα χαρακτηριστικά, που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό της.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Να αναφέρετε την κατηγορία στην οποία ανήκει το κάθε ανθρώπινο χαρακτηριστικό.



Άσκηση 10

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται μία φορητή συσκευή αναπαραγωγής ψηφιακών δίσκων (cd player).

Να γράψετε τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά (δικαιολογώντας την απάντησή σας), που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό της συσκευής σχετικά με τα πιο κάτω:

i. Το μέγεθος των κουμπιών της

ii. Το βάρος της

iii. Το μέγεθος των χαρακτήρων (ενδείξεων) στην οθόνη

iv. Την ένταση του ήχου των ακουστικών

Άσκηση 11

α) Να αναφέρετε δύο φυσικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και ένα βιολογικό λειτουργικό, που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό του ποδηλάτου, που φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

β) Να γράψετε δύο παραδείγματα παραμέτρων αλληλεπίδρασης χρήστη-περιβάλλοντος, τα οποία σχετίζονται με:

i. τα φυσικά χαρακτηριστικά του ποδηλάτου,

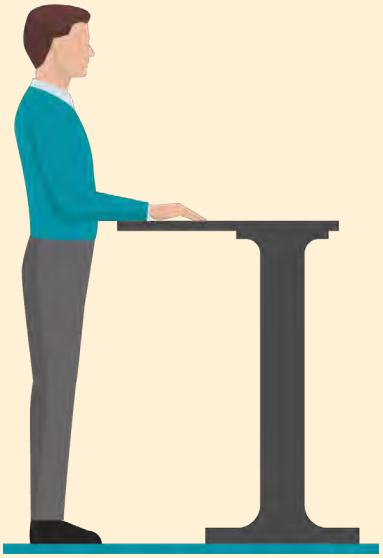
ii. τις νοητικές παραμέτρους χρήσης του.

Άσκηση 12

Αφού μελετήσετε τα σχέδια του σχήματος 6/17, να υπολογίσετε τα πιο κάτω μεγέθη που αφορούν στην εργονομία κατασκευών.

α) Το ελάχιστο ύψος μίας πόρτας, για να διέρχεται ένας μέσος άνθρωπος, αφού προσθέσετε 200 mm σε αυτό.

β) Το ύψος του πάγκου εργασίας (καπάκι), για να εργάζεται άνετα ένας μέσος άνθρωπος.



γ) Τη διάμετρο μίας κυκλικής καταπακτής, για να διέρχεται ένας μέσος άνθρωπος σε έναν χώρο - κρύπτη, αφού προσθέσετε επιπλέον 100 mm σε αυτή.

Άσκηση 13

Στις πιο κάτω εικόνες, φαίνονται οι οθόνες προβολής πληροφοριών για την ποσότητα παρεχόμενων καυσίμων, το πληκτρολόγιο και οι κάνουλες παροχής καυσίμων μίας αντλίας καυσίμων σε ένα πρατήριο καυσίμων εικοσιτετράωρης εξυπηρέτησης πελατών.

Εικόνα 1

Εικόνα 2

α) Να αναφέρετε τρεις παραμέτρους αλληλεπίδρασης χρήστη-περιβάλλοντος, οι οποίοι λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του πιο πάνω συστήματος, εξηγώντας σε συντομία τον λόγο για τον οποίο λήφθηκαν υπόψη.

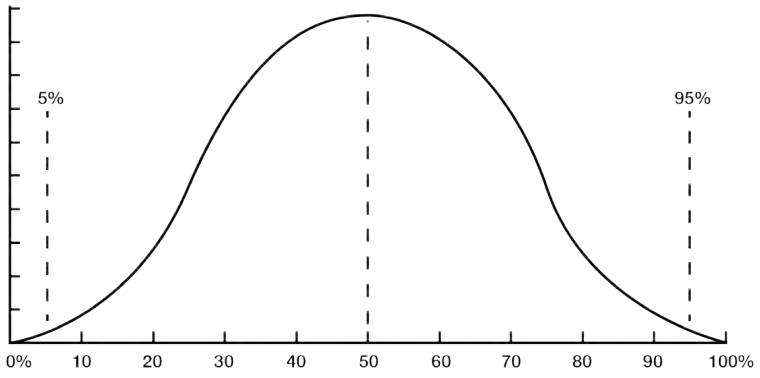
β) Στην εικόνα 2 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης κρατάει την κάνουλα και στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις του πλάτους της παλάμης ενός ενήλικα άνδρα.

I. Τι εννοούμε με τον όρο μέσος άνθρωπος;

II. Να ορίσετε το μήκος της χειρολαβής «Η», ώστε να χρησιμοποιείται άνετα από τον μέσο άνθρωπο (άνδρας).

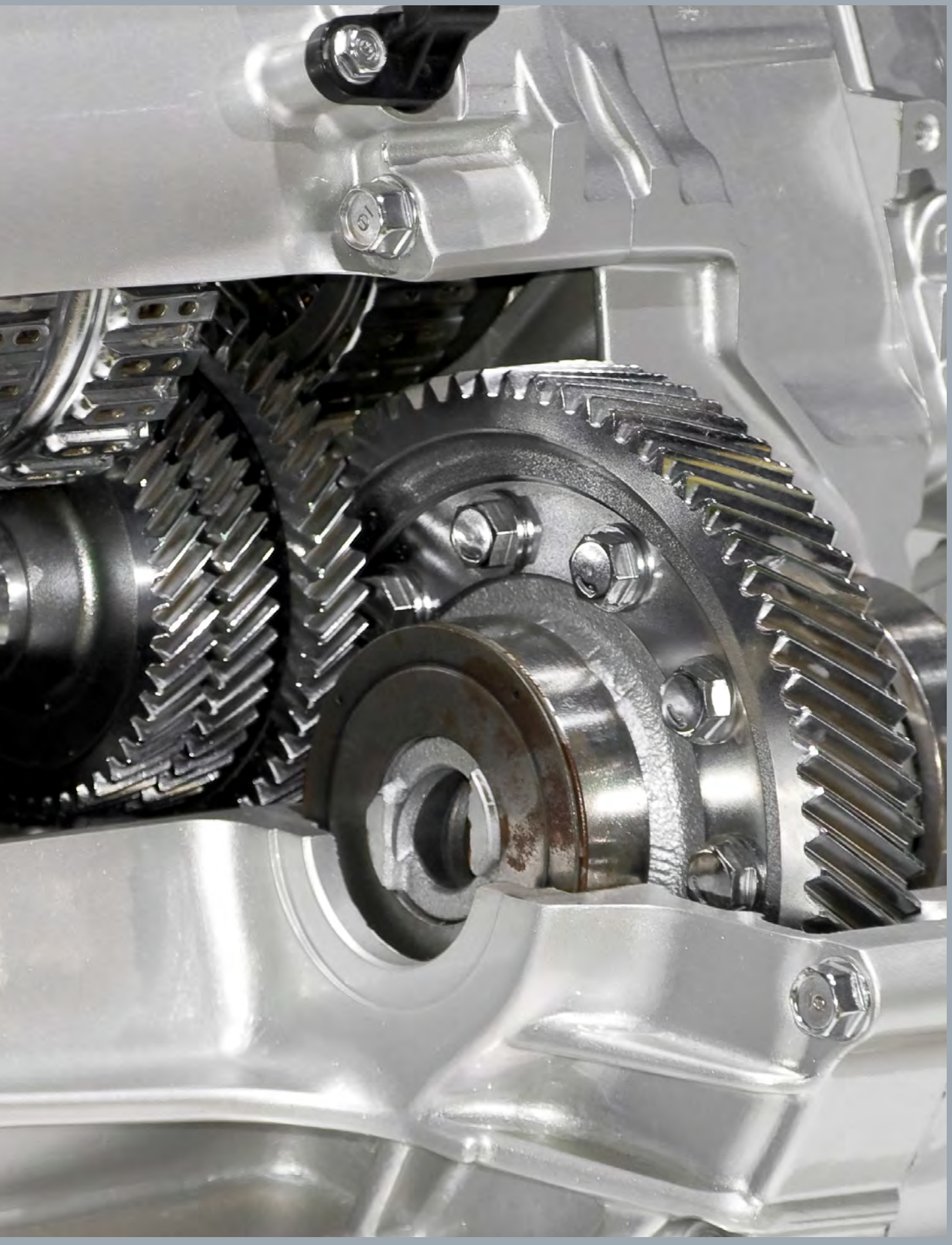
III. Ποιοι άνδρες αποκλείονται από τον σχεδιασμό της κάνουλας;

Ανθρωπομετρικές διαστάσεις του πλάτους της παλάμης, ενήλικα άνδρα.



Πλάτος παλάμης D (mm) σε άνδρες

(%)	1%	2.5%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	97.5%	99%
D(mm)	81	82	84	85	88	90	93	96	97	99	100



Παραρτήματα

Παραρτήματα

Παράρτημα 1:

Κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο Σχεδιασμού και Τεχνολογίας **267**

Παράρτημα 2:

Τριγωνομετρία και μετατροπές μονάδων **269**

Παράρτημα 3:

Πνευματικά εξαρτήματα **270**

Παράρτημα 4:

Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα **275**

Παράρτημα 1:
Κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο Σχεδιασμού και Τεχνολογίας

Συμπεριφορά:

- Δεν τρέχουμε, δεν χειρονομούμε και δεν κινούμαστε άσκοπα μέσα στο εργαστήριο.
- Δεν ενοχλούμε τους συμμαθητές μας, όταν αυτοί εργάζονται.
- Συνεργαζόμαστε και μιλάμε χαμηλόφωνα, χωρίς δυνατές φωνές.

Ενδυμασία:

- Εργαζόμαστε κατάλληλα ενδεδυμένοι, π.χ. δεν φοράμε σακάκι, τυλίγουμε τα μανίκια του πουκαμίσου μας.
- Δεν φοράμε κοσμήματα και δένουμε πίσω τα μακριά μαλλιά, όταν εργαζόμαστε και όταν χρησιμοποιούμε μηχανήματα και εργαλεία.
- Τα κορδόνια των παπουτσιών μας πρέπει να είναι δεμένα.
- Τοποθετούμε την τσάντα μας σε χώρο που θα μας υποδείξει ο καθηγητής μας.

Καθαριότητα στο εργαστήριο:

- Διατηρούμε τον χώρο όπου εργαζόμαστε καθαρό και συγυρισμένο
- Μετά τη χρήση κάποιου εργαλείου το επιστρέφουμε στη θέση του.
- Πετάμε τα άχρηστα υλικά στον κάλαθο.

Στη χρήση των εργαλειομηχανών:

- Χρησιμοποιούμε τα μηχανήματα που υπάρχουν στο εργαστήριο μόνο μετά από άδεια του καθηγητή.
- Ενημερωνόμαστε για τον τρόπο λειτουργίας του κάθε μηχανήματος από τον καθηγητή μας.
- Αποφεύγουμε να χρησιμοποιούμε μηχανήματα που δεν γνωρίζουμε τη λειτουργία τους.
- Μόνο ένα άτομο εργάζεται σε κάθε εργαλειομηχανή.
- Αναφέρουμε τυχόν ζημιές και βλάβες μηχανημάτων στον καθηγητή μας.
- Δεν επιχειρούμε ποτέ να επιδιορθώσουμε κάποιο χαλασμένο μηχάνημα το οποίο βρίσκεται στο εργαστήριο.
- Σε περίπτωση που δούμε κάποιο ατύχημα, κατά τη χρήση κάποιας εργαλειομηχανής, πιέζουμε αμέσως τον διακόπτη ασφαλείας, για να σταματήσει η λειτουργία της και ενημερώνουμε αμέσως τον καθηγητή μας.

Στη χρήση των εργαλείων:

- Ενημερωνόμαστε για τον τρόπο χρήσης του κάθε εργαλείου από τον καθηγητή μας.
- Χρησιμοποιούμε το κατάλληλο εργαλείο για την κάθε περίπτωση.
- Μεταφέρουμε τα αιχμηρά εργαλεία με τη μύτη τους προς το πάτωμα. Τα μαχαιράκια κλείνουν μετά τη χρήση τους και μεταφέρονται κλειστά.
- Όταν δίνουμε ένα εργαλείο σε άλλον, του προτείνουμε τη λαβή.
- Ποτέ δεν κάνουμε χειρονομίες και αστεία με τα εργαλεία.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1:
Κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο Σχεδιασμού και Τεχνολογίας

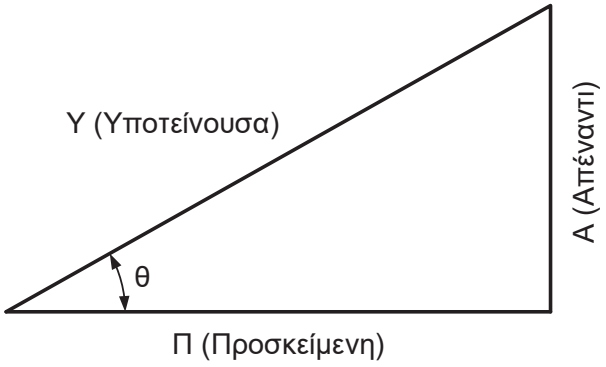
Ηλεκτρισμός:

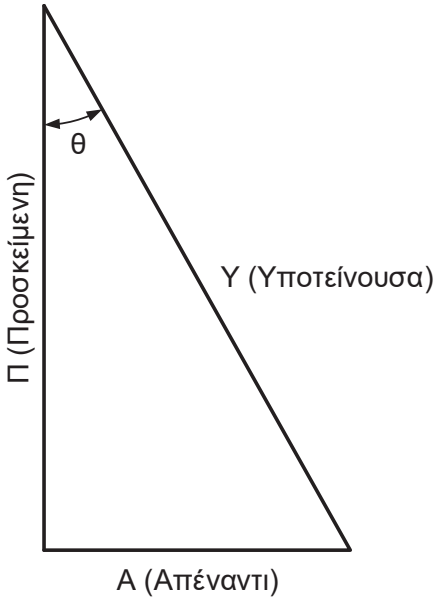
- Δεν αγγίζουμε ποτέ χαλασμένες πρίζες και φθαρμένα καλώδια και ενημερώνουμε αμέσως τον καθηγητή μας σε περίπτωση που υπάρχουν.
- Σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας συμμαθητή μας, πιέζουμε αμέσως τον διακόπτη ασφαλείας και ενημερώνουμε αμέσως τον καθηγητή μας.
- Δεν χειριζόμαστε ποτέ ηλεκτρικές μηχανές με βρεγμένα χέρια.
- Δεν βάζουμε ποτέ αγώγιμα υλικά, όπως κατσαβίδια στους ρευματοδότες.
- Ηλεκτρικά κολλητήρια και πιστολάκια θερμοπλαστικής γόμμας σβήνουν και αφαιρούνται από τους ρευματοδότες, όταν δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για αρκετό χρόνο.
- Τοποθετούμε πάντοτε στις βάσεις τους τα ηλεκτρικά κολλητήρια.
- Δεν ακουμπούμε ποτέ τη μύτη του ηλεκτρικού κολλητηριού σε καλώδια και στα χέρια μας.
- Συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία φυλάσσονται, αφού πρώτα αφαιρέσουμε την μπαταρία.

Πιεσμένος αέρας - Πνευματικά συστήματα:

- Ελέγχουμε τους ρυθμιστές πίεσης και βεβαιωνόμαστε ότι η πίεση του αέρα είναι στα επιτρεπτά για το εργαστήριο επίπεδα των 2-3 bar.
- Δεν φυσάμε ποτέ πιεσμένο αέρα σε κανέναν, ακόμη και στον εαυτό μας. Ο πιεσμένος αέρας μπορεί να εισβάλει στο αίμα μέσω του δέρματος και να προκαλέσει σοβαρούς τραυματισμούς. Αν στραφεί προς το πρόσωπο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στα μάτια.
- Συνδέουμε και ασφαλίζουμε όλα τα εξαρτήματα και μετά ανοίγουμε σταδιακά την τροφοδοσία του πιεσμένου αέρα, αλλιώς, αν κάποια γραμμή αέρα αφεθεί αποσυνδεδεμένη εκτινάσσεται επικίνδυνα.
- Χρησιμοποιούμε πάντα γυαλιά ασφαλείας, όταν θα χρησιμοποιήσουμε πιεσμένο αέρα.
- Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί, όταν θα τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα με αέρα. Υπάρχει πιθανότητα κάποιο έμβολο του κυλίνδρου να κινηθεί θετικά ή αρνητικά, προκαλώντας τραυματισμό.
- Κρατάμε τα χέρια μας μακριά από τον χώρο λειτουργίας των κινούμενων μερών του κυκλώματος.
- Αν χρειαστεί να τροποποιήσουμε ένα κύκλωμα, είναι απαραίτητο να αποσυνδέσουμε την παροχή αέρα προτού κάνουμε οποιεσδήποτε αλλαγές. Το ίδιο πρέπει να ισχύει και όταν θα αποσυναρμολογήσουμε το κύκλωμα.
- Αποφεύγουμε να τοποθετούμε γραμμές αέρα στο πάτωμα ή μεταξύ των τραπεζιών. Κάποιος μπορεί να σκοντάψει πάνω τους.

Παράρτημα 2:
Τριγωνομετρία και μετατροπές μονάδων





$$\eta\mu\theta = \frac{A}{Y} \qquad \sigma\upsilon\nu\theta = \frac{\Pi}{Y} \qquad \varepsilon\varphi\theta = \frac{A}{\Pi}$$

$$A = Y \cdot \eta\mu\theta \qquad A = \Pi \cdot \varepsilon\varphi\theta$$

$$\Pi = Y \cdot \sigma\upsilon\nu\theta \qquad \Pi = \frac{A}{\varepsilon\varphi\theta}$$

$$Y = \frac{A}{\eta\mu\theta} \qquad Y = \frac{\Pi}{\sigma\upsilon\nu\theta}$$

Πυθαγόρειο θεώρημα: $Y^2 = A^2 + \Pi^2$

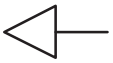
Μετατροπές μονάδων μέτρησης:

1T	$\mathbf{10^{12}}$
1G	$\mathbf{10^{9}}$
1M	$\mathbf{10^{6}}$
1k	$\mathbf{10^{3}}$
1c	$\mathbf{10^{-2}}$
1m	$\mathbf{10^{-3}}$
1μ	$\mathbf{10^{-6}}$
1n	$\mathbf{10^{-9}}$
1p	$\mathbf{10^{-12}}$

Παράρτημα 3:
Πνευματικά εξαρτήματα

Εξαρτήματα/Σύμβολα τροφοδοσίας

Τροφοδοσία αέρα



Διαφυγή αέρα

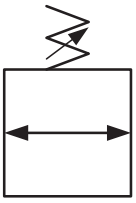
Οπή διαρροής αέρα

Κύρια γραμμή αέρα

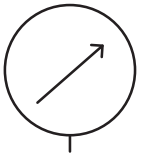
Γραμμή σήματος

Γραμμή ηλεκτρικού σήματος

Ρυθμιστής πίεσης με μανόμετρο

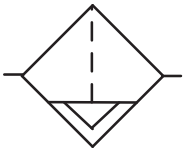


Ρυθμιστής πίεσης (σύμβολο)

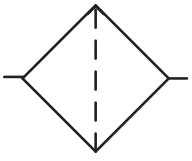


Μανόμετρο (σύμβολο)

Φίλτρο με αφυγραντήρα

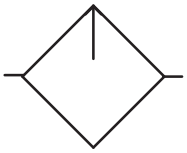


Φίλτρο με αφυγραντήρα (σύμβολο)

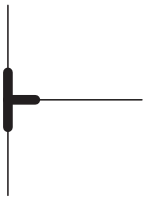


Φίλτρο (σύμβολο)

Λιπαντήρας



Λιπαντήρας (σύμβολο)



Συνδετήρας «Τ» και το σύμβολό του

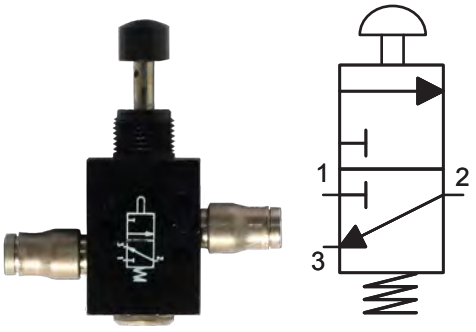
Παράρτημα 3:
Πνευματικά εξαρτήματα

Κύλινδροι

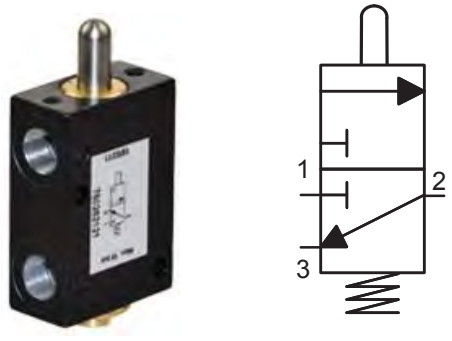
Κύλινδρος απλής ενέργειας με ελατήριο επαναφοράς και το σύμβολό του

Κύλινδρος διπλής ενέργειας και το σύμβολό του

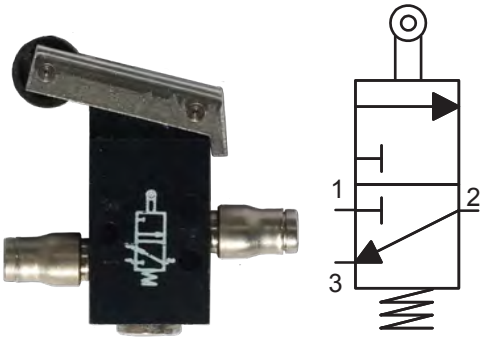
Τρίοδοι βαλβίδες



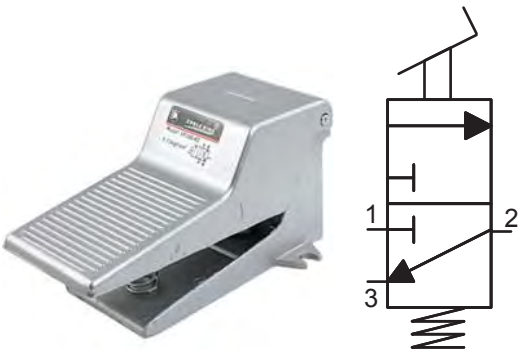
Τρίοδος βαλβίδα με ωστικό κομβίο και με ελατήριο επαναφοράς και το σύμβολό της



Τρίοδος βαλβίδα με έμβολο και με ελατήριο επαναφοράς και το σύμβολό της



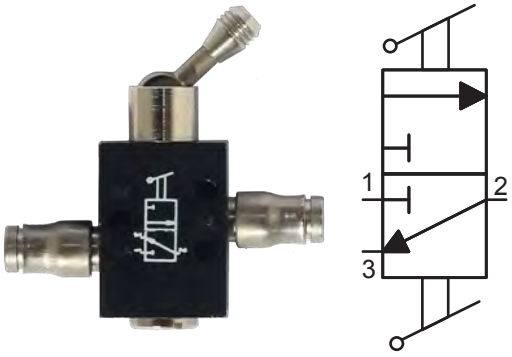
Τρίοδος βαλβίδα εμβόλου με τροχίσκο και με ελατήριο επαναφοράς και το σύμβολό της



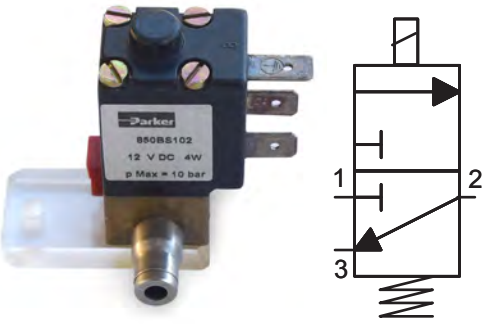
Τρίοδος βαλβίδα με πεντάλι και με ελατήριο επαναφοράς και το σύμβολό της

Παράρτημα 3:
Πνευματικά εξαρτήματα

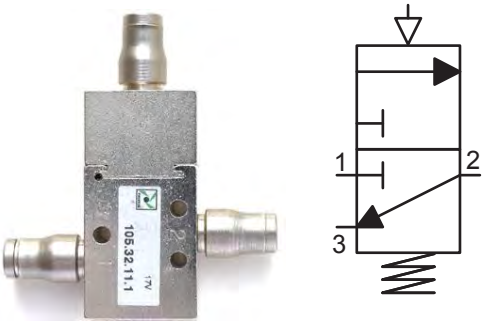
Τρίοδοι βαλβίδες



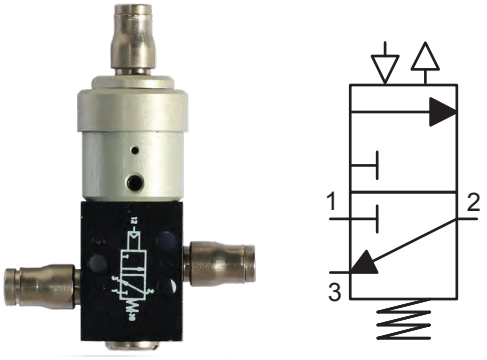
Τρίοδος βαλβίδα
μοχλού και το σύμβολό της



Τρίοδος σωληνοειδής βαλβίδα με ελατήριο
επαναφοράς και το σύμβολό της

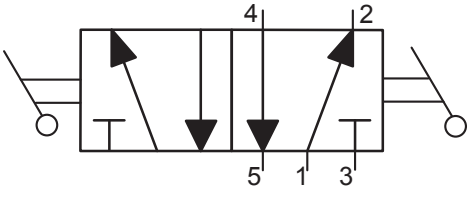


Τρίοδος βαλβίδα που ενεργοποιείται με
αέρα και με ελατήριο επαναφοράς και το
σύμβολό της.



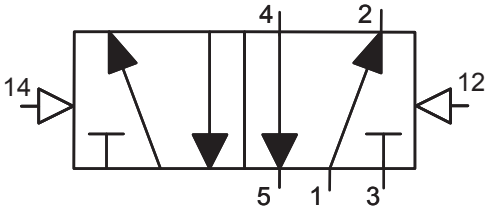
Τρίοδος βαλβίδα που ενεργοποιείται με αέρα
χαμηλής πίεσης και με ελατήριο επαναφοράς
και το σύμβολό της.

Πεντάοδοι βαλβίδες

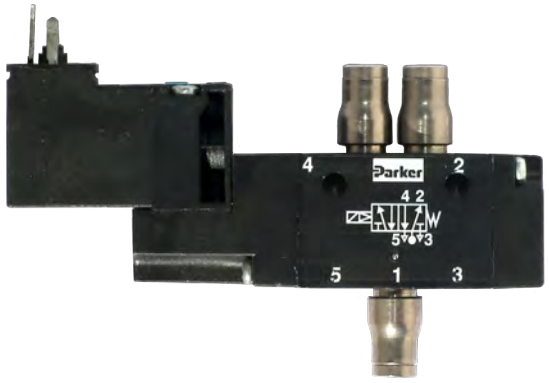


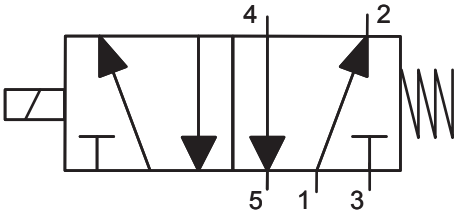
Πεντάοδος βαλβίδα μοχλού και το σύμβολό της

Πεντάοδοι βαλβίδες

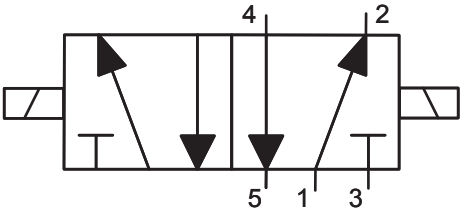


Πεντάοδος βαλβίδα που ενεργοποιείται με αέρα
και το σύμβολό της.





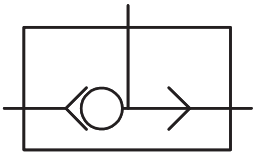
Σωληνοειδής πεντάοδος βαλβίδα με ελατήριο
επαναφοράς και το σύμβολό της



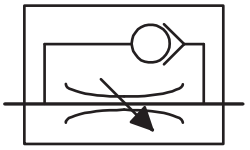
Σωληνοειδής - σωληνοειδής πεντάοδος βαλβίδα
και το σύμβολό της

Παράρτημα 3:
Πνευματικά εξαρτήματα

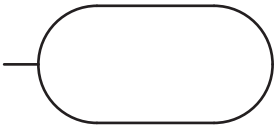
Άλλα εξαρτήματα



Βαλβίδα «OR» ή διπλής ενεργειας και το σύμβολό της

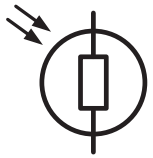
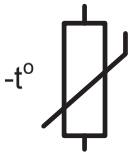
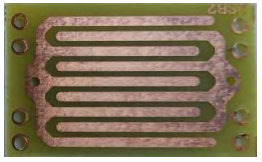
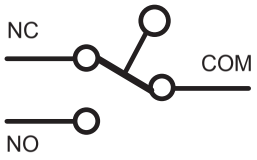


Βαλβίδα ελέγχου ροής και το σύμβολό της

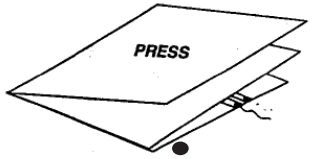


Αεροφυλάκιο και το σύμβολό του

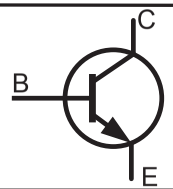
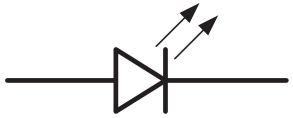
Παράρτημα 4: Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα

α/α	Περιγραφή εξαρτήματος	Μορφή εξαρτήματος	Σύμβολο εξαρτήματος	Παρατηρήσεις
Εξαρτήματα εισόδου				
1	Φωτοαντιστάτης			Η αντίστασή του μειώνεται όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός στο οποίο είναι εκτεθειμένος και αυξάνεται όσο μειώνεται ο φωτισμός.
2	Θερμίστορ (Θερμικός αντιστάτης)			Η αντίστασή του μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία στο περιβάλλον του και αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία.
3	Αισθητήρας υγρασίας			Η αντίστασή του είναι πολύ μικρή όταν είναι βρεγμένος και πολύ μεγάλη (άπειρη) όταν είναι στεγνός.
4	Αισθητήρας στάθμης νερού			Η αντίστασή του είναι πολύ μικρή όταν είναι σε επαφή με τη στάθμη του νερού και πολύ μεγάλη (άπειρη) όταν δεν την αγγίζει.
5	Μικροδιακόπτης			Με πίεση στο έλασμα: συνδεδεμένοι οι ακροδέκτες COM και NO Χωρίς πίεση στο έλασμα: συνδεδεμένοι οι ακροδέκτες COM και NC

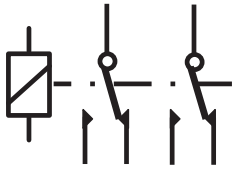
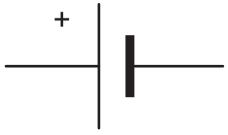
Παράρτημα 4: Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα

α/α	Περιγραφή εξαρτήματος	Μορφή εξαρτήματος	Σύμβολο εξαρτήματος	Παρατηρήσεις
6	Ωστικός διακόπτης NO (κανονικά ανοικτός)			Η αντίστασή του είναι μηδενική όταν είναι πιεσμένος και άπειρη όταν είναι ελεύθερος (κανονική κατάσταση).
7	Ωστικός διακόπτης NC (κανονικά κλειστός)			Η αντίστασή του είναι μηδενική όταν είναι ελεύθερος (κανονική κατάσταση) και άπειρη όταν είναι πιεσμένος.
8	Διακόπτης μεμβράνης			Η αντίστασή του είναι μηδενική όταν είναι πιεσμένος και άπειρη όταν είναι ελεύθερος (κανονική κατάσταση).
9	Μαγνητικός διακόπτης (κανονικά κλειστός)			Η αντίστασή του είναι μηδενική όταν είναι πολύ κοντά με τον μαγνήτη του και άπειρη όταν ο μαγνήτης του είναι σε μεγάλη απόσταση από τον διακόπτη
10	Μαγνητικός διακόπτης (κανονικά ανοικτός)			Η αντίστασή του είναι άπειρη όταν είναι πολύ κοντά με τον μαγνήτη του και μηδενική όταν ο μαγνήτης του είναι σε μεγάλη απόσταση από τον διακόπτη.
11	Διακόπτης κλίσης			Η αντίστασή του είναι πολύ μικρή όταν είναι σε κατακόρυφη θέση και πολύ μεγάλη (άπειρη) όταν είναι σε οριζόντια.

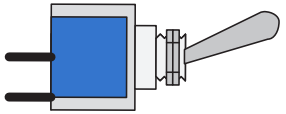
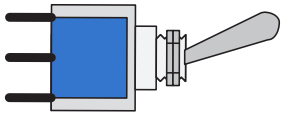
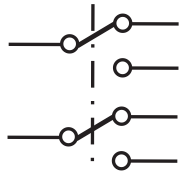
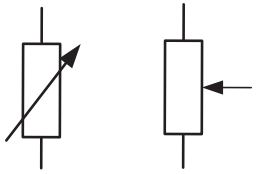
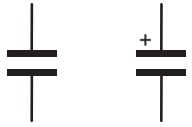
Παράρτημα 4: Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα

α/α	Περιγραφή εξαρτήματος	Μορφή εξαρτήματος	Σύμβολο εξαρτήματος	Παρατηρήσεις
Εξαρτήματα επεξεργασίας				
12	Τρανζίστορ			Χρησιμοποιείται ως αυτόματος ηλεκτρονικός διακόπτης η/και ως ενισχυτής.
13	Θυρίστορ			Χρησιμοποιείται ως αυτόματος ηλεκτρονικός διακόπτης μανδαλώματος (κλειδώματος).
Εξαρτήματα εξόδου				
14	Δίοδος φωτοεκπομπής			Ημιαγωγό εξάρτημα το οποίο εκπέμπει φως. Χρησιμοποιείται τόσο στην έξοδο του κυκλώματος όσο και για την δημιουργία οπτικής ένδειξης τροφοδοσίας του κυκλώματος.
15	Λαμπτήρας			Χρησιμοποιείται για να εκπέμπει φως.
16	Μικροκινητήρας			Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία περιστροφικής κίνησης.

Παράρτημα 4: Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα

α/α	Περιγραφή εξαρτήματος	Μορφή εξαρτήματος	Σύμβολο εξαρτήματος	Παρατηρήσεις
17	Βομβητής			Χρησιμοποιείται για την προειδοποίηση με ήχο για την ύπαρξη κάποιας κατάστασης.
18	Μεγάφωνο			Χρησιμοποιείται για να παράγει ήχους.
19	Ηλεκτρονόμος			Χρησιμοποιείται στην έξοδο για τη δημιουργία ξεχωριστού ηλεκτρικού κυκλώματος, π.χ. όταν το φορτίο λειτουργεί σε διαφορετική τάση ή είναι πολύ μεγάλο και για δημιουργία δεξιόστροφης και αριστερόστροφης περιστροφής κινητήρα.
Άλλα εξαρτήματα				
20	Πηγή τροφοδοσίας (μπαταρία)			Τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα.
21	Δίοδος ανόρθωσης			Συνδέεται (παράλληλα) στην έξοδο για προστασία του τρανζίστορ/θυρίστορ από επαγωγικά ρεύματα που παράγουν κάποια εξαρτήματα, όταν απενεργοποιούνται.

Παράρτημα 4: Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εξαρτήματα

α/α	Περιγραφή εξαρτήματος	Μορφή εξαρτήματος	Σύμβολο εξαρτήματος	Παρατηρήσεις
22	Μονοπολικός διακόπτης μίας θέσης (SPST)			Χρησιμοποιείται, συνήθως, ως γενικός διακόπτης ενός κυκλώματος.
23	Μονοπολικός διακόπτης δύο θέσεων (SPDT)			Χρησιμοποιείται, συνήθως, ως γενικός διακόπτης ενός κυκλώματος και για έλεγχο δύο ξεχωριστών κυκλωμάτων ενωμένων στην ίδια τροφοδοσία.
24	Διπολικός διακόπτης δύο θέσεων (DPDT)			Χρησιμοποιείται ως πιο πάνω και επιπλέον για την αλλαγή φοράς περιστροφής του άξονα ενός κινητήρα.
25	Αντιστάτης σταθερής τιμής			Περιορίζει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα.
26	Ποτενσιόμετρο			Ελέγχει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα.
26	Πυκνωτής			Εξάρτημα το οποίο αποθηκεύει ηλεκτρικό φορτίο και το αποδίδει -όταν αποφορτίζεται- στο υπόλοιπο κύκλωμα, δρώντας ουσιαστικά ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Βιβλιογραφία

Abbott A. F., 1991. *Physics (Fifth Edition)*. Oxford, Heinemann Educational.

Balkham K., Mills R., 1988. *Starting Graphics and Desig*n. Oxford, Heinemann Educational Books.

Bedford J., Pyne C., 1985. *Technical Graphics*. London, John Murray (Publishers) Ltd.

Bishop O., 1989. *Practical Electronics for GCSE*. London, John Murray.

Cyprus Design and Technology Project, 1991. *Ergonomics and Anthropometrics: The Human Factor*. Bedfordshire, Technology Unit Bedfordshire.

Duncan T., 1989. *GCSE Electronics*. London, John Murray (Publishers) Ltd.

Dunn S., 2000. *Collins Electronics Tasks and Assignments*. London, Collins Educational .

Economatics, 2002. *Logicator*. UK, Economatics Education Ltd.

Economatics, 2002. *PIC Microcontrollers*. UK, Economatics Education Ltd.

Economatics, 2001. *Economatics Airways Group Kit Exercises*. UK, Economatics Education.

Fowler, P., Horsley. M., 1993. *Collins CDT –Technology*. London Collins, Educational.

Hibbeler R. C., 1990. *Structural Analysis*. New York, Macmillan Publishing Co.

Marchal. D., 2000. *Συσκευή Δοκιμής Αντοχής Υλικών Unilab*. UK.

McLoughlin, M., 1989. *Electronics for you: A Practical Course For GCSE*. London, Hutchinson.

Neufert, (1996). *Οικοδομική & Αρχιτεκτονική Σύνθεση, από την 33η πλήρως επανεπεξεργασμένη γερμανική έκδοση 1992*. Αθήνα, Μ. Γκιούρδας.

Patient P., Pickup R., 1990. *Modular Courses in Technology: Pneumatics*. UK, Oliver & Boyd.

Penfold R.A, 1989. *Electronic Hobbyists Handbook*. London, Bernard Babani (publishing) Ltd.

Phillips W., 1997. *Discovering Electronis with Crocodile Clips*. London, Doctronics Educational Publishing for Design & Technology.

Todd R.D., Todd K.R., McCrory D.L., 2001. Έρευνα και Πειραματισμός 4: *Οι Επιδράσεις της Τεχνολογίας στη Ζωή μας (μετάφραση)*. Αθήνα, Μακεδονικές Εκδόσεις.

Αγγελίδη Σ., 1975. *Μαθήματα Δομικής Μηχανικής*. Αθήνα, Λένης και Ράλλης.

Βασιλακοπούλου Σ., 1976. *Ηλεκτρικές Μηχανές Εναλλασσσομένου Ρεύματος*. Αθήνα, Ευγενίδειο Ίδρυμα.

Βιδιαδάκης Α., Μπινιάρης Α., Κανελλόπουλος Χ., Χατζαράκης Γ., 1999. *Ηλεκτρολογία Γ΄ τάξης Ενιαίου Λυκείου*. Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Βούτσινος Γ., Ηλιάδης., 1999. Τ*εχνολογία και Ανάπτυξη. Αθήνα*, ΟΕΔΒ.

Γκρος, Γ., 1994. *Αντοχή Υλικών. Αθήνα*, Ευγενίδειο Ίδρυμα.

Παχίτας Ι., Πτωχόπολος ΙΙ., 1998. *Ηλεκτρονικά Β΄ Τάξης (ΤΕ*), Λευκωσία, ΥΑΠ.

Κανελλόπουλος Α., 1973. *Τεχνική Μηχανική: Αντοχή Υλικών*. Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

Κανελλόπουλου Χ., κ. ά., 1995. *Εφηρμοσμένα Ηλεκτρονικά*. Αθήνα, Ευγενίδειο Ίδρυμα.

Κασιουρής Α., Λεπτός Α., Νεοκλέους Α., 1992. *Φυσική Γ΄ τάξη Επαγγελματικής Κατεύθυνσης (Τ.Ε)*. Λευκωσία, ΥΑΠ.

Κουμπανίτσα Θ., κ. ά., 1977. *Ηλεκτρονική Ι*. Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

Κρασιάς Χ., Παπαστυλιανού Α., Σαββίδου Κ., 2001. *Φυσική Γ΄ Ενιαίου Λυκείου (Τόμος ΙΙ)*. Λευκωσία, ΥΑΠ.

Παρτασίδης Λ.Γ., Γωγάκης Γ. Κ., 1987. *Ηλεκτρολογία για την Ε΄ τάξη Τεχνικής Κατεύθυνσης (ΤΕ)*. Λευκωσία, ΥΑΠ.

Πέτρου ΙΙ., 1992. *Οικιακές Συσκευές Α΄ Τάξη Επαγγελματικού (Τ.Ε)*. Λευκωσία ,ΥΑΠ.

Τσαγάκη Ε., 1995. *Γενικά Ηλεκτρονικά*. Αθήνα, Ευγενίδειο Ίδρυμα.

Βιβλιογραφία Ενότητας 6: Ηλεκτρονική μνήμη και μικροελεγκτές

Revolution education ltd (2010). *Logicator manual*, www.picaxe.co.uk http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual1.pdf, (πρόσβ.: 1 Ιουλίου 2012).

Revolution education ltd (2010). *PICAXE manual 1*, www.picaxe.co.uk http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual1.pdf, (πρόσβ.: 8 Ιουλίου 2012).

Revolution education ltd (2010). *PICAXE manual 2*, www.picaxe.co.uk http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual2.pdf, (πρόσβ.: 10 Ιουλίου 2012).

Revolution education ltd (2010). *PICAXE manual 3*, www.picaxe.co.uk http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual3.pdf, (πρόσβ.: 18 Ιουλίου 2012).

Revolution education ltd (2010). *PICAXE USB Download Cable*, http://www.picaxe.com/Hardware/Cables/PICAXE-USB-Download-Cable/, (πρόσβ.: 3 Ιουλίου 2012).

R.S. Electronics (2012), *Products Catalogue*

Sparkfun Electronics. *Products page, Picaxe18M2 datasheet*, https://www.sparkfun.com/products/10187, http://www.picaxe.com/docs/picaxe18m2.pdf (πρόσβ.: 7 Σεπτεμβρίου 2012).

Α΄ Δοκιμαστική έκδοση 2004

Για τη συγγραφή ενοτήτων εργάστηκαν:	Α. Παπαναστασίου Ε.Μ.Ε Γ. Ευθυμίου Β.Δ. Α΄ Κ. Θεοχάρους Β.Δ. Ν. Ιωσηφίδης Β.Δ. Γ. Κουτσίδης
Συνεργασία:	Σ. Κρανιδιώτης
Γενική Επιμέλεια:	Γ. Ευθυμίου Β.Δ. Α΄
Εποπτεία:	Α. Παπαναστασίου Ε.Μ.Ε.

Β΄ Δοκιμαστική έκδοση 2005

Γενική Επιμέλεια:	Κ. Θεοχάρους Β.Δ. Α΄ Γ. Κουτσίδης
Συνεργασία:	Κ. Τόφα
Εποπτεία:	Γ. Ευθυμίου Ε.Μ.Ε. Α. Παπαναστασίου Ε.Μ.Ε.

Γ΄ Δοκιμαστική έκδοση 2006

Επιμέλεια έκδοσης:	Κ.Θεοχάρους Β.Δ. Α΄ Ν. Ιωσηφίδης Β.Δ. Γ. Κουτσίδης
Γλωσσική Επιμέλεια:	Γ. Μύαρης Μ. Χριστόφια Παλάτου
Εποπτεία:	Γ. Ευθυμίου Ε.Μ.Ε. Α. Παπαναστασίου Ε.Μ.Ε.

Δ΄ Δοκιμαστική έκδοση 2009 (Αναθεωρημένη)

Επιμέλεια έκδοσης:	Γιώργος Κουτσίδης
Εποπτεία:	Νίνος Ιωσηφίδης, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας* Ανδρέας Τρακοσιής, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας*
Γλωσσική επιμέλεια:	Μαριάννα Χριστόφια Παλάτου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Συντονισμός έκδοσης:	Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Γενικός Συντονισμός:	Χρίστος Παρπούνας, *Συντονιστής ΥΑΠ*

Ε΄ Δοκιμαστική έκδοση 2013 (Αναθεωρημένη)

Αναθεώρηση/Συγγραφή ενότητας Ηλεκτρονική Μνήμη και Μικροελεγκτές:	Αντώνης Σταύρου, *Καθηγητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας*

Η παρούσα ενότητα είναι βασισμένη εν μέρει στην ενότητα «Ηλεκτρονική Μνήμη και Μικροελεγκτές» του βιβλίου Τεχνολογία Γ΄ Ενιαίου Λυκείου, (Σημειώσεις), ΥΑΠ, Ανατύπωση 2012.

Εποπτεία:	Νίνος Ιωσηφίδης, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας* Ανδρέας Τρακοσιής, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας* Γιώργος Κουτσίδης, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας*
Γλωσσική επιμέλεια:	Μαριάννα Χριστόφια Παλάτου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Συντονισμός έκδοσης:	Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Γενικός Συντονισμός:	Χρίστος Παρπούνας, *Συντονιστής ΥΑΠ*

Στ΄ Δοκιμαστική έκδοση 2015 (Αναθεωρημένη)

Επιμέλεια έκδοσης:	Στέλιος Κρανιδιώτης, *Καθηγητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας* Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Εποπτεία:	Γιώργος Κουτσίδης, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας / Τεχνολογίας*
Γλωσσική επιμέλεια:	Μαριάννα Χριστόφια Παλάτου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Συντονισμός έκδοσης:	Χρίστος Παρπούνας, *Συντονιστής ΥΑΠ*

Ζ΄ Δοκιμαστική έκδοση 2018 (Αναθεωρημένη)

Επιμέλεια έκδοσης:	Στέλιος Κρανιδιώτης, *Καθηγητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας* Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Εποπτεία:	Γιώργος Κουτσίδης, *Επιθεωρητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας*
Σχεδιασμός εξωφύλλου:	Θεόδωρος Κακουλλής, *Λειτουργός ΥΑΠ*
Σχέδια:	Χρύσης Σιαμμάς, *Λειτουργός ΥΑΠ* Στέλιος Κρανιδιώτης, *Καθηγητής Σχεδιασμού και Τεχνολογίας*
Φωτογραφικό υλικό:	Αρχείο ΥΑΠ
Συντονισμός έκδοσης:	Χρίστος Παρπούνας, *Συντονιστής ΥΑΠ*

Ευχαριστίες
Ευχαριστούμε θερμά τους καθηγητές Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, για την ουσιαστική και πολύτιμη ανατροφοδότηση που παρείχαν για την ετοιμασία της παρούσας έκδοσης:
Ανδρέα Ζαντή, Κωνσταντίνο Λεωνίδου, Σάββα Μακρυνικόλα, Σάββα Σαββίδη και Χριστόφορο Χατζηγεωργίου.