

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ «ΔΡΩΜΕΝΑ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟΥ»**

**ΓΙΩΡΓΟΣ ΚΑΛΑΟΥΖΗΣ
Ε.Ε.ΔΙ.Π.**

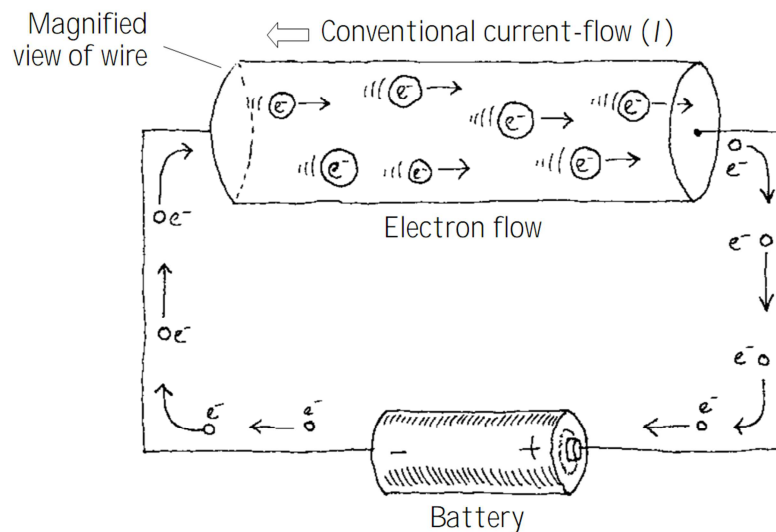
Βασικές έννοιες ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος

Ένταση (I)

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I) είναι η ποσότητα της ροής των ηλεκτρικών φορτίων σε ένα σημείο του ηλεκτρικού κυκλώματος. Η μονάδα μέτρησης είναι το Ampere (A) και ισοδυναμεί με ροή 6.24×10^{18} στοιχειωδών φορτίων ανά δευτερόλεπτο.

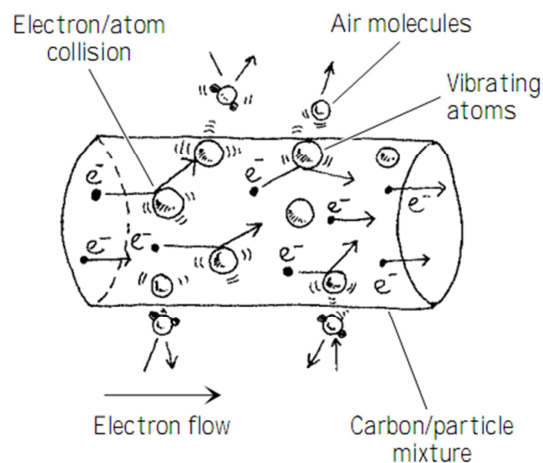
Αυτή η ροή φορτίων είναι ο μηχανισμός που επιτρέπει στα ηλεκτρικά κυκλώματα να παράγουν το χρήσιμο έργο.

Η ροή του ρεύματος σε έναν αγωγό εκφράζεται με μια μη-αρνητική τιμή και για λόγους ιστορικούς έχει κατεύθυνση αντίθετη με αυτήν της πραγματικής κίνησης των ηλεκτρονίων, δηλ. η ροή θεωρείται πως κατευθύνεται από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο μιας γεννήτριας ρεύματος.



Αντίσταση (R)

Η αντίσταση είναι το μέτρο της δυσκολίας της ροής ηλεκτρικού ρεύματος. Όλα τα ηλεκτρικά αγωγικά υλικά εμφανίζουν σε έναν βαθμό μια αντίσταση στην κίνηση των ηλεκτρονίων. Η ενέργεια που αναλώνεται σε αυτήν την αντίσταση μετατρέπεται σε θερμότητα.



Η μονάδα μέτρησης της αντίστασης είναι το ohm (Ω) και ορίζεται ως η αντίσταση του αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης 1A και εκλύει θερμότητα ίση με 1Watt.

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα θεωρούμε ότι οι αγωγοί έχουν αμελητέα αντίσταση και χρησιμοποιούμε ειδικά στοιχεία που τα ονομάζουμε αντιστάσεις, τα οποία έχουν συγκεκριμένη και σταθερή τιμή αντίστασης.

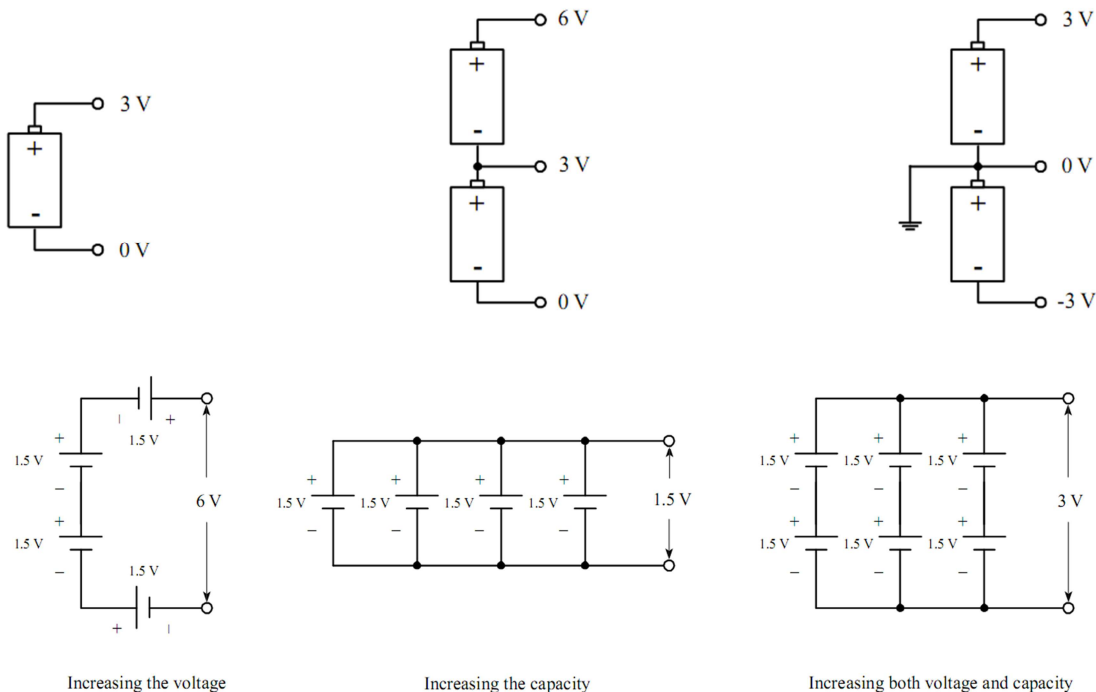
Οι αντιστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον περιορισμό της ροής του ρεύματος στους κλάδους ενός κυκλώματος σε μια επιθυμητή τιμή.

Διαφορά Δυναμικού - Τάση (V)

Η διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ δυο σημείων σε ένα κύκλωμα μπορεί να γίνει κατανοητή ως το μέτρο της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που θα δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα σε έναν υποθετικό αγωγό που θα συνδεθεί σε αυτά τα σημεία.

Η μονάδα μέτρησης της τάσης είναι το Volt (V) και ορίζεται ως η ποσότητα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που απαιτείται για την δημιουργία ρεύματος έντασης ενός Ampere σε έναν αγωγό αντίστασης ενός ohm.

Όπως είναι προφανές, οι μετρήσεις των διαφορών δυναμικού έχουν νόημα μόνο όταν αναφέρονται σε σχέση με ένα μοναδικό σημείο αναφοράς. Στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος αυτό είναι ο αρνητικός πόλος της γεννήτριας (π.χ. μπαταρίας) ο οποίος θεωρείται πως έχει τάση 0Volts.



Χωρητικότητα (C)

Είναι η ικανότητα ενός στοιχείου να αποθηκεύει ηλεκτρικό φορτίο. Το πιο απλό στοιχείο που έχει χωρητικότητα είναι ο πυκνωτής παράλληλων πλακών για τον οποίο ισχύει

$$C = Q / V,$$

όπου Q είναι το αποθηκευμένο φορτίο σε κάθε πλάκα και V η τάση ανάμεσα στις πλάκες.

Επαγωγή (L)

Είναι η ικανότητα ενός στοιχείου να αποθηκεύει ενέργεια με την μορφή μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται όταν το διαπεράσει ηλεκτρικό ρεύμα. Κύριο επαγωγικό στοιχείο είναι το πηνίο.

Ο νόμος του Ohm

Ο νόμος του Ohm είναι ένας από τους πιο σημαντικούς στην περιγραφή της συμπεριφοράς των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, ορίζοντας τη σχέση μεταξύ έντασης, τάσης και αντίστασης.

Ο νόμος ορίζει ότι το σταθερό ρεύμα που διαρρέει έναν αγωγό είναι ανάλογο της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του και αντιστρόφως ανάλογο της αντίστασής του,

$$I = V / R$$

Άμεσες συνέπειες του νόμου είναι ότι

$V = IR$, δηλ. η τάση στα άκρα ενός αγωγού ισούται με το γινόμενο της έντασης του ρεύματος και της αντίστασής του και

$R = V/I$, δηλ. η αντίσταση ενός αγωγού είναι ίση με το πηλίκο της τάσης στα άκρα του και της μετρούμενης έντασης.

Ο νόμος του Joule

Η ισχύς (P) ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο εκτελείται το έργο, ή ο ρυθμός με τον οποίο μετατρέπεται ενέργεια από μία μορφή σε μια άλλη.

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα ο νόμος του Joule ορίζει ότι η ισχύς είναι το γινόμενο της έντασης του ρεύματος που διαρρέει ένα στοιχείο και της τάσης στα άκρα του.

$$P = I V$$

Προφανείς συνέπειες του νόμου είναι:

1. αν από ένα στοιχείο ή κύκλωμα δεν περνάει ρεύμα, τότε αυτό δεν παράγει έργο
2. αν στα άκρα ενός στοιχείου ή κυκλώματος η τάση είναι μηδέν, τότε αυτό δεν παράγει έργο ακόμη κι αν διαρρέεται από ρεύμα

Η ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά ένα κύκλωμα μπορεί να γίνει θερμότητα ή γενικά ακτινοβολία, μπορεί να μετατραπεί σε κινητική, μπορεί να αποθηκευτεί μέσω ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ή ηλεκτροχημικών αντιδράσεων κ.λπ.

Ο νόμος του Joule μας δίνει το άθροισμα όλων των παραπάνω ισχύων μετρώντας ή υπολογίζοντας τις τιμές της έντασης και της τάσης.

Συνδυάζοντας τους νόμους του Ohm και του Joule προκύπτει ότι η ισχύς που μετατρέπεται σε θερμική σε ένα κύκλωμα αντίστασης R το οποίο διαρρέεται από ρεύμα I και βρίσκεται υπό τάση V είναι:

$$P = I^2 R$$

και επίσης

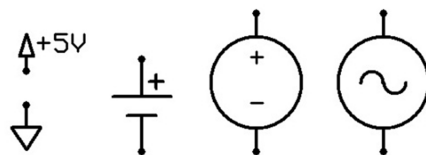
$$P = V^2 / R$$

Βασικά Ηλεκτρονικά Στοιχεία

Γεννήτριες τάσης

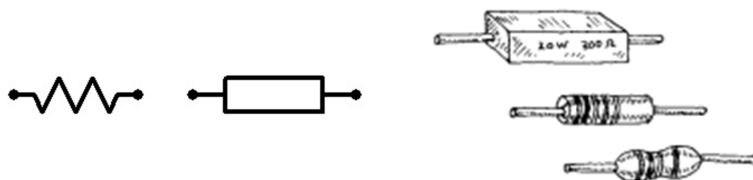
Η ιδανική γεννήτρια τάσης διατηρεί σταθερή τάση στα άκρα της, ανεξαρτήτως από το ρεύμα που παρέχει στο συνδεδεμένο φορτίο. Στην πράξη η τάση στα άκρα της γεννήτριας σχετίζεται με το ρεύμα που αυτή παρέχει.

Στα κυκλώματα που θα χρησιμοποιήσουμε στο μάθημα οι γεννήτριες τάσης θα παρέχουν συνεχή τάση από 5V μέχρι 12V και ρεύμα από 40mA μέχρι αρκετά Amperes, ανάλογα με την εφαρμογή.



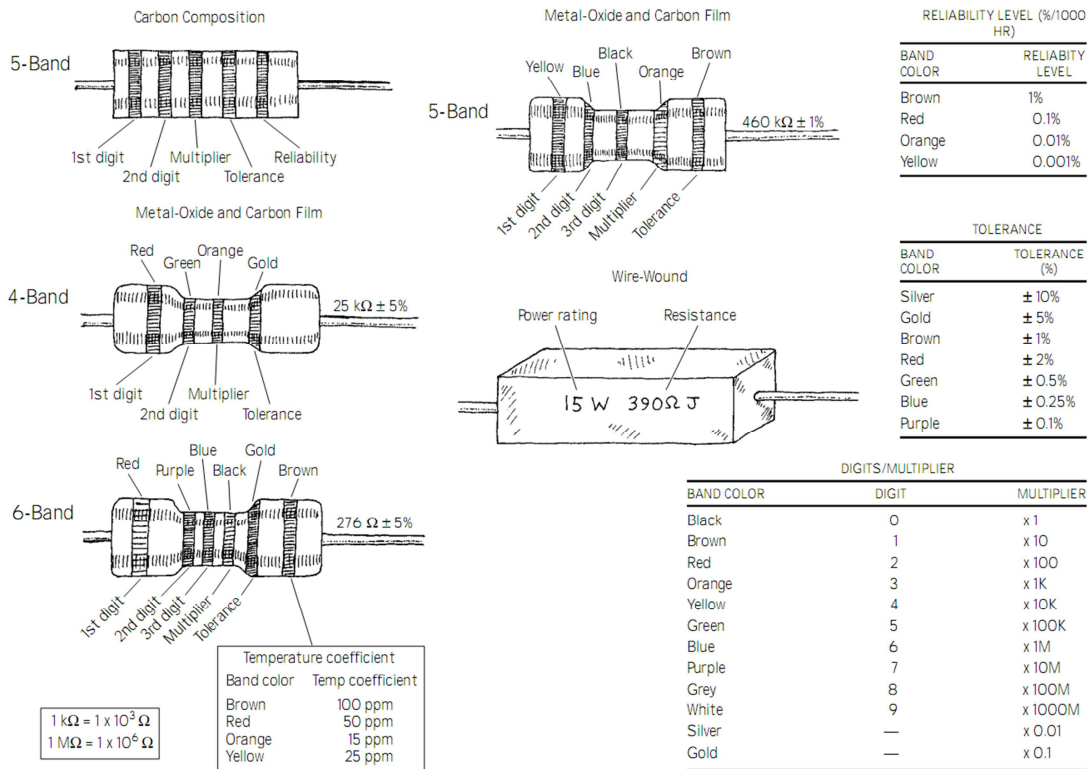
Αντιστάσεις

Είναι βασικό στοιχείο όλων των κυκλωμάτων. Εκτός από την τιμή της αντίστασης που μετρείται σε Ohm, ορίζουμε την ονομαστική ισχύ της, δηλ. τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ που μπορεί να δεχθεί (και φυσικά να μετατρέψει σε θερμική) χωρίς να καταστραφεί π.χ. 0.125W, 0.25W, 0.5W κ.λπ, και την ανοχή της τιμής της αντίστασης σε σχέση με την ονομαστική.



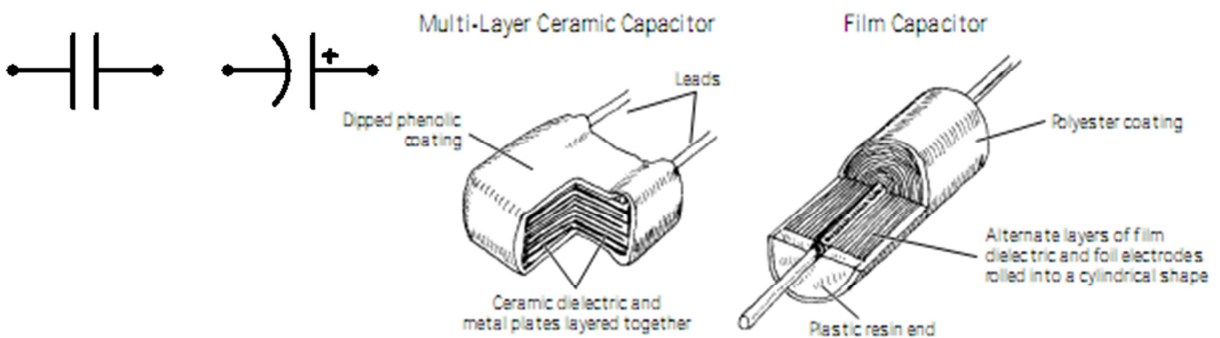
Στα ηλεκτρικά σχεδιαγράμματα η τιμή της αντίστασης σπάνια γράφεται με την μορφή 1500Ω. Το σύμβολο Ω συχνά παραλείπεται και χρησιμοποιούνται τα προθέματα K για τις χιλιάδες και M για τα εκατομμύρια, π.χ. 1.5K αντί για 1500Ω. Επιπλέον, είναι συνηθισμένο το πρόθεμα K ή M να αντικαθιστά την υποδιαστολή π.χ. 1K5 αντί για 1500Ω.

Επειδή το φυσικό μέγεθος του στοιχείου είναι πολύ μικρό, η αναγραφή πάνω του της τιμής της αντίστασης και της ακρίβειας θα ήταν δυσανάγνωστη. Έτσι χρησιμοποιείται ο παρακάτω χρωματικός κώδικας.



Πυκνωτές

Είναι όπως έχουμε πει τα στοιχεία που εμφανίζουν χωρητικότητα. Η χωρητικότητα μετριέται σε Farad (F) και κυμαίνεται στα κυκλώματα που θα συναντήσουμε από 1pF μέχρι 1mF. Η αναγραφή της τιμής της χωρητικότητας πάνω στους μικρούς πυκνωτές ακολουθεί την ίδια λογική με αυτή των αντιστάσεων με βασική μονάδα το pF, π.χ. το «224» αντιστοιχεί σε 22 x 10⁴ pF.



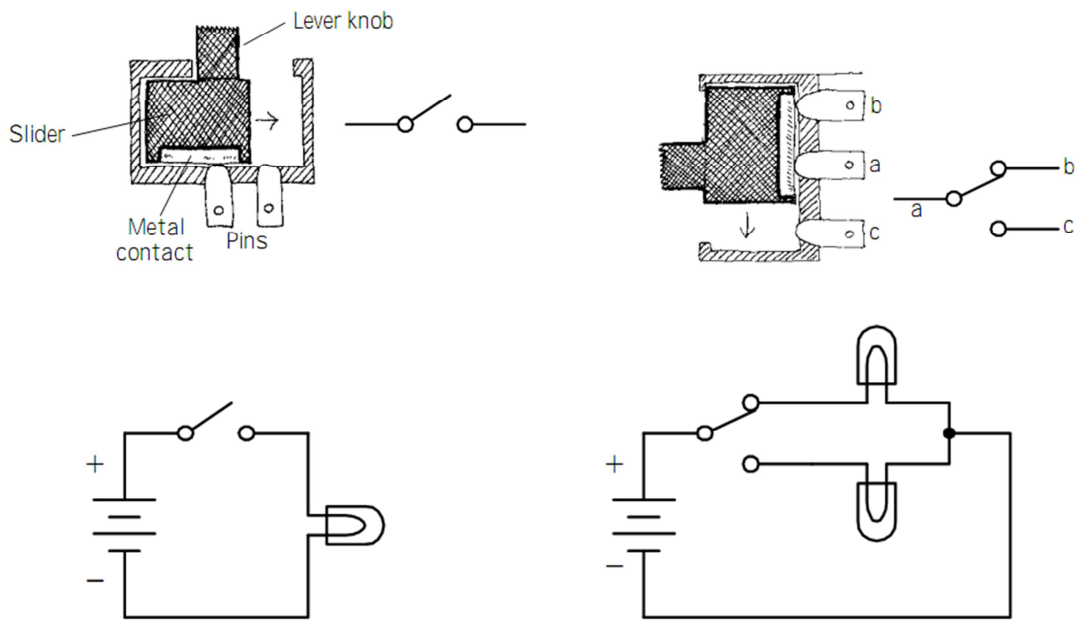
Πηνία

Είναι τα στοιχεία που εμφανίζουν επαγωγή με μονάδα μέτρησης το Henry (H). Τυπικές τιμές πηνίων είναι από 1 μH μέχρι 470 mH. Συνήθως εμφανίζουν και μια μικρή τιμή αντίστασης, εξαιτίας του τρόπου κατασκευής τους, από 0.5Ω ως 20Ω



Διακόπτες - Μεταγωγοί

Χρησιμεύουν όπως είναι προφανές στο να διακόπτουν την ροή του ρεύματος σε ένα κύκλωμα ή στο να μεταγουν τη ροή από έναν κλάδο σε άλλον.



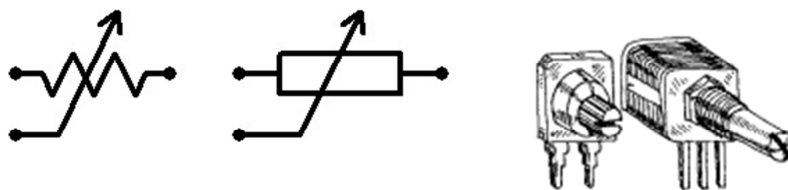
Πιεζο-ηλεκτρικοί κρύσταλλοι

Δημιουργούν τάση όταν υπόκεινται σε μηχανική πίεση και το αντίστροφο, όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα τους διαστέλλονται ή συστέλλονται.



Ποτενσιόμετρα, Ροοστάτες

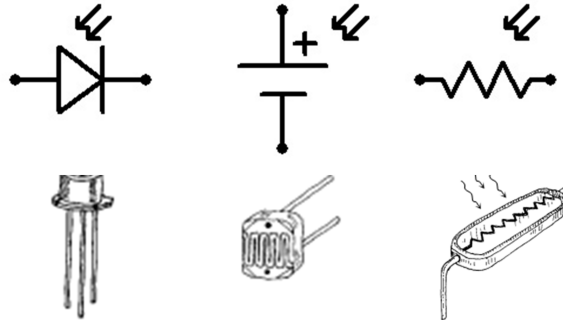
Είναι αντιστάσεις που μεταβάλουν την τιμή τους ανάλογα με τη θέση του χειριστηρίου τους.



Αισθητήρες φωτός

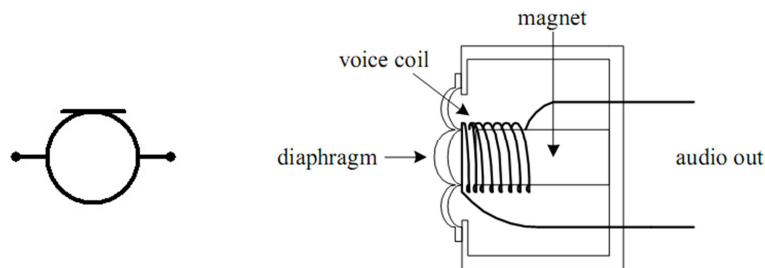
(φωτοβολταϊκές κυψέλες, φωτοαντιστάσεις, φωτοдиодοι)

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες δημιουργούν ρεύμα όταν διεγερθούν από το φως, οι φωτοαντιστάσεις μεταβάλουν την αντίστασή τους ανάλογα με το φως που προσπίπτει πάνω τους και οι φωτοδιόδοι μεταβάλουν το ρεύμα που περνάει από αυτές ανάλογα με το φως που προσπίπτει πάνω τους. Οι φωτοδιόδοι σε σχέση με τις φωτοαντιστάσεις έχουν πολύ ταχύτερη απόκριση στις μεταβολές του φωτός, αλλά δεν έχουν τόσο μεγάλη ευαισθησία στις μικρές διακυμάνσεις του.



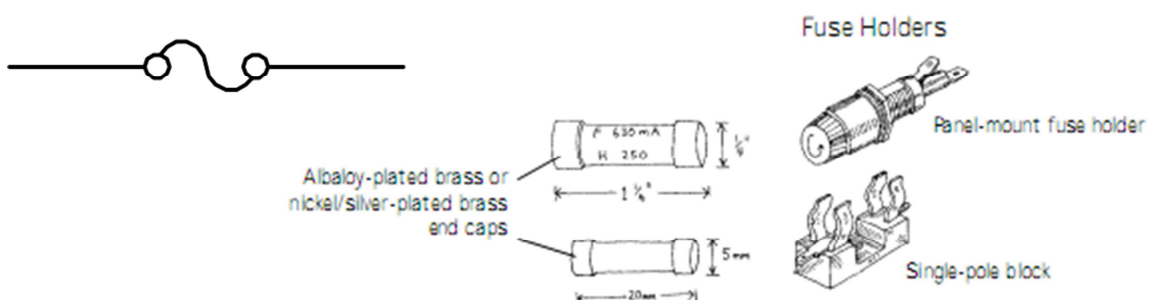
Μικρόφωνα

Χρησιμοποιούν μια ποικιλία από ηχο-ευαίσθητες διατάξεις προκειμένου να μετατρέψουν τις διακυμάνσεις της πίεσης του αέρα σε αντίστοιχες διακυμάνσεις του ηλεκτρικού ρεύματος.



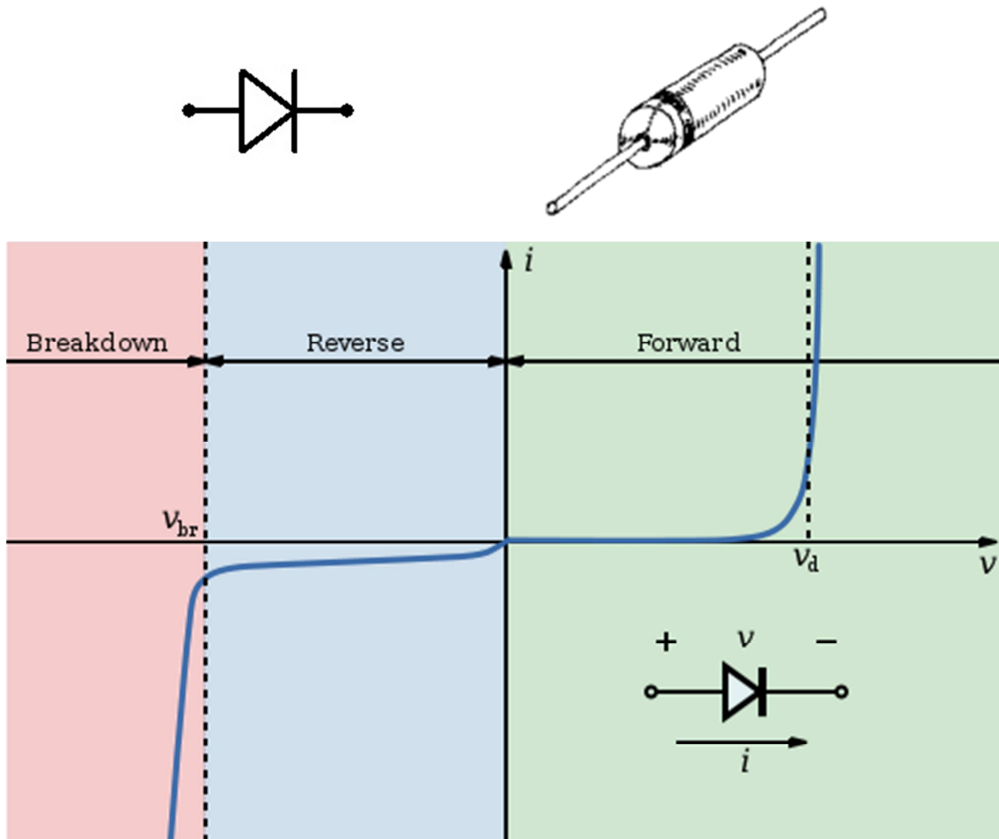
Ασφάλειες

Χρησιμεύουν στη διακοπή του κυκλώματος όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει ένα όριο με κίνδυνο υπερθέρμανσης ή και πυρκαγιάς. Προστατεύουν, επίσης, από την καταστροφή ακριβές ή δύσκολα επισκευάσιμες διατάξεις όταν, λόγω βλάβης, το ρεύμα στο κύκλωμα είναι υψηλό. Όταν μια ασφάλεια ενεργοποιηθεί και διακόψει το κύκλωμα καίγεται και πρέπει να αντικατασταθεί.



Δίοδοι

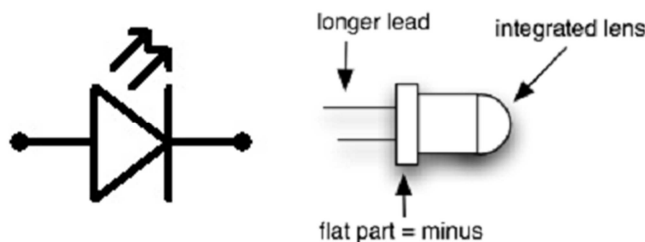
Οι δίοδοι άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα μόνο όταν η τάση στα άκρα τους ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή (V_d περίπου 0,7V). Στην αντίστροφη πόλωση δεν άγουν μέχρι η τάση να ξεπεράσει την τιμή της τάσης κατάρρευσης (V_{br}) η οποία είναι τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από την τάση ευθείας πόλωσης. Χρησιμοποιούνται όταν δεν θέλουμε να επιτρέψουμε τη ροή ρεύματος προς μία κατεύθυνση ενός κλάδου του κυκλώματος.



LEDs (Light-Emitting Diodes)

Είναι ειδικός τύπος διόδου που εκπέμπει φως όταν διαρρέεται από ρεύμα. Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης, δεν σπαταλά μεγάλα ποσά ενέργειας σε θερμότητα και έχει μικρό χρόνο αφής και σβησίματος, δηλ. μπορεί να αναβοσβήνει με αρκετά γρήγορο ρυθμό.

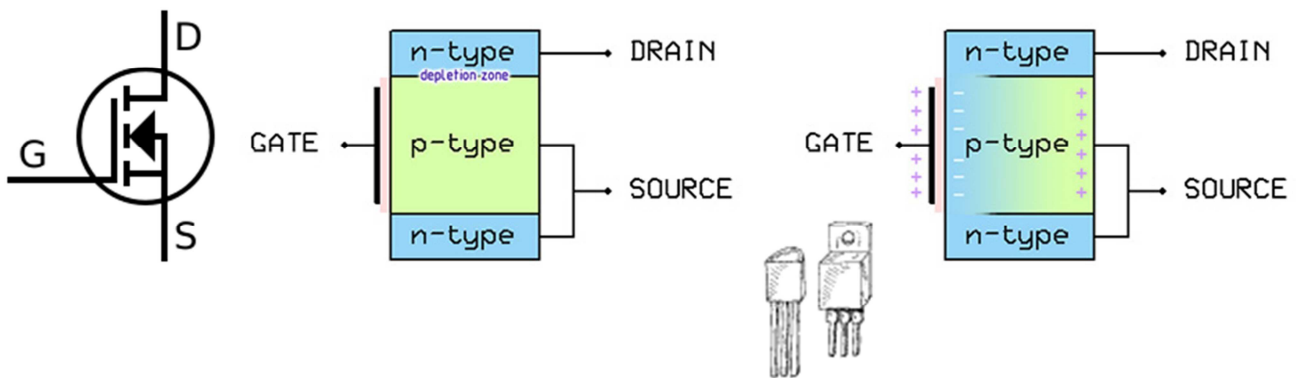
Χρειάζεται προσοχή στη συνδεσμολογία της και περιορισμός στο ρεύμα που την διαρρέει, αλλιώς καταστρέφεται.



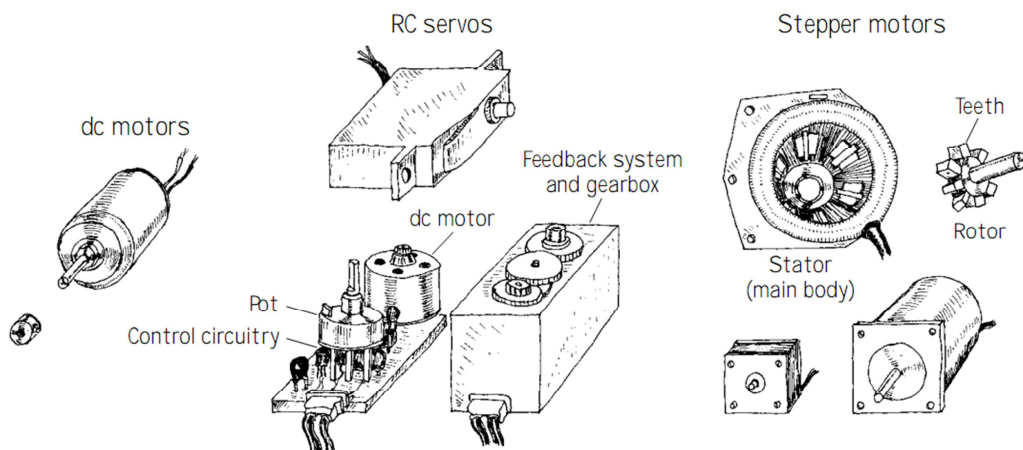
Τρανζίστορ

Γενικά είναι στοιχεία που επιτρέπουν τον έλεγχο ισχυρών ρευμάτων με ασθενή (σκεφθείτε κάτι σαν ηλεκτρονικά ελεγχόμενος ροοστάτης). Χρησιμοποιούνται ως διακόπτες και ενισχυτές σήματος. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες, τα MOSFETs (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistors) και τα BJTs (Bipolar Junction Transistors). Η αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα που αναφέρεται σε τρανζίστορ τύπου FET.

Το τρανζίστορ έχει τρεις ακροδέκτες, Drain, Source και Gate. Όταν στον ακροδέκτη Gate δεν υπάρχει τάση, δεν μπορεί να περάσει ρεύμα από το Drain στο Source. Όταν στο Gate υπάρχει τάση μεγαλύτερη από το Source τότε η διαδρομή Drain->Source είναι αγωγή.



Κινητήρες



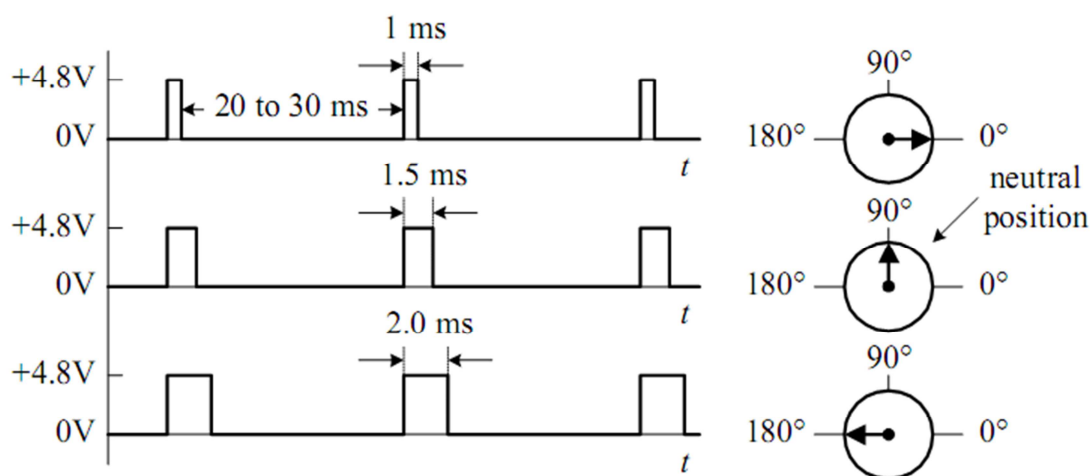
A. Συνεχούς ρεύματος (dc motors)

Είναι απλοί κινητήρες που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα και μπορούν να περιστρέψουν π.χ. τροχούς, γρανάζια, έλικες κ.λπ. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν δεν έχουμε ιδιαίτερες απαιτήσεις ροπής και ελέγχου της θέσης του ρότορα. Παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη ταχύτητα περιστροφής για το μέγεθός τους, από 3000 μέχρι 8000 στροφές ανά λεπτό. Μπορούμε να ελέγξουμε τη φορά περιστροφής αντιστρέφοντας την πολικότητα της τροφοδοσίας τους και την ταχύτητα περιστροφής, μέχρι έναν βαθμό, μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας (με πολύ μικρή τάση δεν θα μπορεί να εκκινήσει, με πολύ μεγάλη θα

καταστραφεί από υπερθέρμανση). Αποδοτικότερος έλεγχος της ταχύτητας γίνεται όταν αντί για μεταβολή της τάσης, χρησιμοποιείται τεχνική PWM (Pulse Width Modulation - διαμόρφωση εύρους παλμού).

B. Servos

Είναι κινητήρες που χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται έλεγχος της γωνιακής θέσης του ρότορα, π.χ. για τον έλεγχο του τιμονιού ενός υπό κλίμακα οχήματος. Τα servo δεν μπορούν να περιστρέψουν τον άξονά τους, αλλά έχουν ένα εύρος συνήθως 180° . Έχουν τρεις ακροδέκτες, δύο για την τροφοδοσία και έναν για το σήμα ελέγχου. Το σήμα ελέγχου χρησιμοποιεί την τεχνική PWM όπως στο παρακάτω σχήμα, όπου αριστερά φαίνεται το σήμα ελέγχου και δεξιά η θέση του ρότορα.



Για τον συγκεκριμένο κινητήρα του παραδείγματος: όταν στέλνουμε παλμό με εύρος 1.5ms ο ρότορας μετακινείται στο μέσο του εύρους περιστροφής του, δηλ. στις 90° . Αν θέλουμε να μετακινηθεί ο ρότορας στις 0° στέλνουμε στο σήμα ελέγχου παλμούς εύρους 1ms και αντίστοιχα αν θέλουμε να πάει στις 180° το εύρος του παλμού πρέπει να είναι 2ms. Για τις ενδιάμεσες θέσεις διαμορφώνουμε αναλογικά το εύρος του παλμού. Ο χρόνος ανάμεσα στους παλμούς πρέπει να είναι από 20 μέχρι 30ms. Τα στοιχεία αυτά μας τα δίνει ο κατασκευαστής το κινητήρα.

Γ. Βηματικοί κινητήρες (Stepper Motors)

Είναι κινητήρες στους οποίους ο ρότορας περιστρέφεται κατά έναν συγκεκριμένο αριθμό μοιρών (=βήμα) κάθε φορά που δέχεται έναν παλμό. Ο αριθμός των μοιρών ανά βήμα καθορίζει την αναλυτικότητα (ή ακρίβεια) του κινητήρα και ποικίλει από $0,72^\circ$ ανά βήμα μέχρι και 90° , με συνηθέστερα βήματα αυτά των 15° και 30° . Σε αντίθεση με τα σέρβο, οι βηματικοί μπορούν να περιστρέφονται 360° και επίσης μπορούν να κινούνται ομαλά σαν τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτείται χαμηλή ταχύτητα περιστροφής και μεγάλη ακρίβεια, π.χ. στις κεφαλές εκτύπωσης και στην τροφοδοσία χαρτιού των εκτυπωτών inkjet.

Πρακτικές εφαρμογές

Αντιστάσεις σε σειρά

Όταν πολλές αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες στη σειρά η συνολική αντίσταση είναι:

$$R_{\text{equiv}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Όταν πολλές αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα, η συνολική αντίσταση βρίσκεται από τον τύπο:

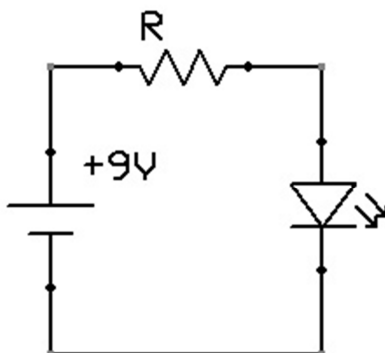
$$R_{\text{equiv}} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots)$$

Αντίσταση για περιορισμό του ρεύματος σε έναν κλάδο

Έστω ότι θέλουμε να ανάψουμε ένα LED με μια μπαταρία 9V.

Επειδή το led στην ορθή πόλωση έχει πολύ μικρή αντίσταση θα πρέπει να περιορίσουμε το ρεύμα στο κύκλωμα, διαφορετικά η τιμή του θα γίνει πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα την καταστροφή του.

Αυτό γίνεται συνδέοντας μια αντίσταση σε σειρά με το LED. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του (συγκεκριμένου) LED γνωρίζουμε ότι ανάβει σωστά όταν η τάση στα άκρα του είναι 1.9V και το ρεύμα που το διαρρέει είναι 20mA



Η τάση της γεννήτρια θα επιμεριστεί στην αντίσταση και στο LED:

$$V_{\text{bat}} = V_R + V_{\text{LED}} \text{ και με αντικατάσταση προκύπτει } V_R = V_{\text{bat}} - V_{\text{LED}} = 9 - 1.9 = 7.1\text{V}$$

Το ρεύμα που θα δίνει η γεννήτρια θα περάσει από την αντίσταση και από το LED και συνεπώς η επιθυμητή τιμή του είναι $I_{\text{bat}} = I_R = I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$

$$\text{Άρα η αντίσταση πρέπει να έχει τιμή } R = V_R / I_R = 7.1\text{V} / 0.020\text{A} = 355\Omega$$

Επειδή δεν υπάρχει ακριβώς τέτοια τιμή αντίστασης επιλέγουμε την αμέσως πλησιέστερη, δηλ. 330Ω

Η ονομαστική ισχύς της αντίστασης θα πρέπει τέτοια ώστε να αντέχει την ισχύ που θα καταναλώνει στο κύκλωμα. Από τον τύπο $P = I^2 R = 0.02^2 \times 330 = 0.132\text{W}$ βρίσκουμε την ισχύ που θα καταναλώνεται και επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη κατηγορία ¼ W.

Άρα απαιτείται αντίσταση 330Ω ¼W.

Στα πλαίσια του μαθήματος δεν θα χρειαστεί να κάνετε επιλύσεις κυκλωμάτων