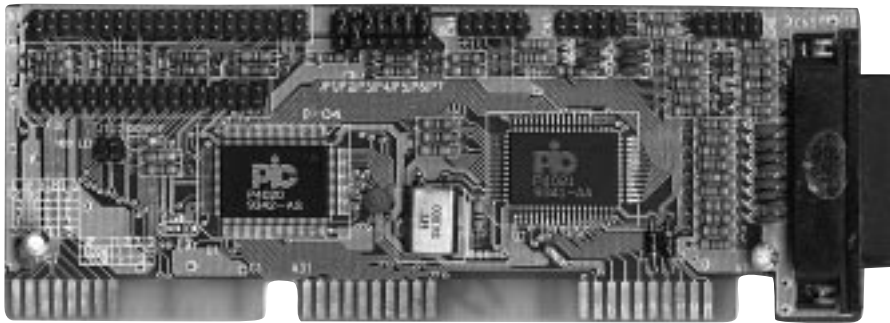


κεφάλαιο 3

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ



- 3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ
- 3.2 ΑΝΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ
- 3.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ - ΤΥΠΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ



ΕΠΙΔΙΩΚΟΜΕΝΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Ο κύριος στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να ικανοποιήσει ο μαθητής την περιέργεια που είναι φυσικό να έχει γύρω από το τι είναι και πως λειτουργούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν οι βασικές έννοιες των αναλογικών ηλεκτρονικών στοιχείων, όπως η δίοδος, το τρανζίστορ, το θυρίστορ. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να αναγνωρίζει τα βασικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα, την τυποποίηση τους καθώς και τη χρήση τους.
- ✓ Να γνωρίζει τις πολώσεις της διόδου και πότε μία δίοδος άγει το ρεύμα.
- ✓ Να γνωρίζει τη χρήση του τρανζίστορ και του θυρίστορ για τον έλεγχο του ρεύματος ενός κυκλώματος

3.1 Βασικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα

Το ηλεκτρονικό μέρος κάθε συσκευής που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή όπως κλιματιστικό, ψυγείο, τηλεόραση κτλ., εκτός από αντιστάσεις, πυκνωτές και πηνία που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 2, αποτελείται και από ορισμένα βασικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα όπως η δίοδος, το τρανζίστορ και το θυρίστορ.

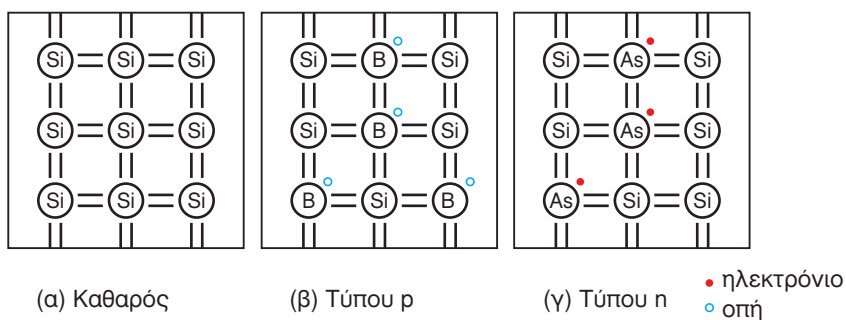
Τα εξαρτήματα αυτά κατασκευάζονται από τα υλικά που ονομάζονται **ημιαγωγοί**, τα οποία είναι το πυρίτιο (Si) και το γερμάνιο (Ge) και στα οποία έχουν προστεθεί μόρια άλλων στοιχείων όπως ο φωσφόρος (P), το αρσενικό (As), το βόριο (B) κτλ.

Η ονομασία **ημιαγωγός** προήλθε από το γεγονός ότι δεν είναι τόσο καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος όπως τα μέταλλα σίδηρος (Fe), χαλκός (Cu), αλουμίνιο (Al), κτλ. αλλά και ούτε κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος, όπως τα μονωτικά υλικά βακελίτης, ξύλο, χαρτί κτλ. Η αγωγιμότητα τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.

Το πυρίτιο που βρίσκεται άφθονο στη φύση υπό μορφή άμμου (SiO_2) είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, δηλαδή έχει τον ίδιο αριθμό θετικών και αρνητικών φορτίων. Αυτό οφείλεται στο ότι έχει τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα και μπορεί να κάνει δεσμούς με γειτονικά άτομα παίρνοντας ή δίνοντας τα ηλεκτρόνια του για να δημιουργηθεί πλήρης στιβάδα από οκτώ ηλεκτρόνια.

Όταν προστεθούν άτομα άλλων στοιχείων όπως φωσφόρος, αντιμόνιο ή αρσενικό, που έχουν πέντε ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, ο ημιαγωγός παραμένει μεν ηλεκτρικά ουδέτερος αλλά γύρω από κάθε άτομο του στοιχείου αυτού (πρόσμιξη) δημιουργείται μια πλήρης στιβάδα από οκτώ ηλεκτρόνια και περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο ($5 + 4 = 9$). Έτσι υπάρχει περίσσεια ηλεκτρονίων τα οποία περιφέρονται μέσα στη μάζα του ημιαγωγού σαν ελεύθερα ηλεκτρόνια και αποτελούν τους φορείς πλειονότητας και ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως **ημιαγωγός τύπου n**.

Το αντίθετο συμβαίνει όταν στον καθαρό ημιαγωγό πυριτίου προστεθούν άτομα βορίου ή ινδίου που περιέχουν τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα. Τότε έχουμε έλλειμμα ηλεκτρονίων ($3+4=7$) και για κάθε άτομο πρόσμιξης δημιουργείται μια θετική «οπή» και ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως **ημιαγωγός τύπου p**. Στην περίπτωση αυτή οι θετικές οπές αποτελούν τους φορείς πλειονότητας και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια τους φορείς μειονότητας. Στο Σχήμα 3.1.1 (α) φαίνεται η μορφή του καθαρού ημιαγωγού μόνο με πυρίτιο, ενώ στα Σχήματα 3.1.1 (β) και (γ) φαίνεται η μορφή των ημιαγωγών με προσμίξεις τύπου p και n αντίστοιχα.



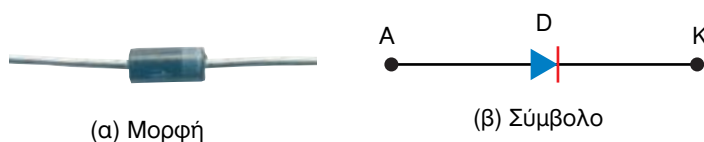
Σχήμα 3.1.1 Ημιαγωγοί πυριτίου

3.1.1 Δίοδοι

Οι δίοδοι κατασκευάζονται με την ένωση δύο τμημάτων ημιαγωγών. Το ένα είναι ημιαγωγός τύπου **p** και το άλλο ημιαγωγός τύπου **n**. Επειδή, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, ο ημιαγωγός τύπου **p** θετικές οπές, ενώ ο ημιαγωγός τύπου **n** έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια, με την ένωση των δύο τμημάτων, παρατηρείται στην επιφάνεια επαφής μία ροή ηλεκτρονίων από τον ημιαγωγό τύπου **n** στον ημιαγωγό τύπου **p**. Η διάχυση των ηλεκτρονίων προς την περιοχή τύπου **p**, οφείλεται στην άτακτη κίνηση τους. Εκεί επανασυνδέονται με τις οπές. Έτσι, δημιουργούνται ζεύγη οπών-ηλεκτρονίων γύρω από την ένωση σε μια περιοχή που ονομάζεται **περιοχή απογύμνωσης**.

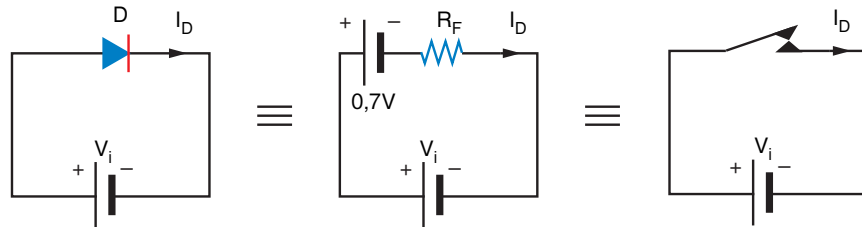
Στην περιοχή απογύμνωσης δημιουργείται από ένα δυναμικό που ονομάζεται **δυναμικό φραγμού** και για το μινιμάλιο είναι 0,7 V ενώ για το γερμάνιο είναι 0,3 V.

Αν στο άκρο του **ημιαγωγού τύπου p** συνδεθεί μια μεταλλική επαφή, αυτή ονομάζεται **άνοδος** και συμβολίζεται με το “A” της διόδου, ενώ αν συνδεθεί στο άκρο του **ημιαγωγού τύπου n** μία μεταλλική επαφή προκύπτει η **κάθοδος** της διόδου που συμβολίζεται με το “K”. Στο Σχήμα 3.1.2(α) φαίνεται η μορφή της **διόδου pn** και στο σχήμα 3.1.2(β) το σύμβολό της. Το τμήμα **p** συμβολίζεται με ένα βέλος, ενώ το τμήμα **n** με μία κατακόρυφη γραμμή.



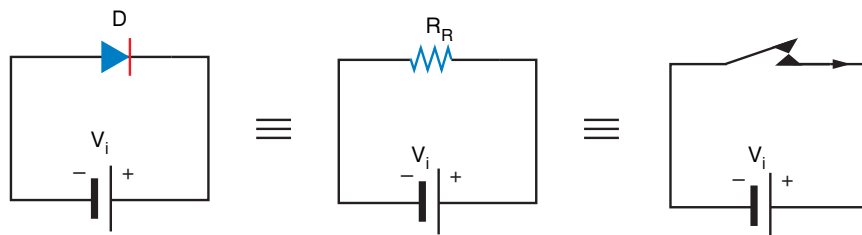
Σχήμα 3.1.2 Δίοδος pn

Αν εφαρμοσθεί στα άκρα της διόδου pn εξωτερική τάση V_i , έτσι ώστε, ο θετικός πόλος της πηγής να είναι συνδεδεμένος στην άνοδο και ο αρνητικός πόλος στην κάθοδο εντάσεως, τότε, θα υπάρχει ροή ρεύματος από την άνοδο προς την κάθοδο I_D . Αυτή η διάταξη ισοδυναμεί με ένα κλειστό διακόπτη και ονομάζεται **σύνδεση (ή πόλωση) διόδου κατά την ορθή φορά**. Κατά την ορθή φορά η διόδος παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση (R_F = μερικές δεκάδες Ω). Στο σχήμα 3.1.3 τα τρία κυκλώματα είναι ισοδύναμα.



Σχήμα 3.1.3 Σύνδεση της διόδου πυριτίου κατά την ορθή φορά και συμπεριφορά της σε ηλεκτρικό κύκλωμα. Το δυναμικό φραγμού για το πυρίτιο είναι 0,7 V.

Αν εφαρμοσθεί στα άκρα της εξωτερική τάση V_i , έτσι ώστε ο θετικός πόλος της πηγής να είναι συνδεδεμένος στην κάθοδο και ο αρνητικός πόλος στην άνοδο, δεν θα υπάρχει διέλευση ρεύματος και η διάταξη ισοδυναμεί με ανοικτό διακόπτη και ονομάζεται **σύνδεση ή πόλωση διόδου κατά την ανάστροφη φορά**. Κατά την ανάστροφη φορά η διόδος παρουσιάζει πολύ μεγάλη αντίσταση ($R_R = \text{μερικά } \text{M}\Omega$). Στο σχήμα 3.1.4 τα τρία κυκλώματα είναι ισοδύναμα.



Σχήμα 3.1.4 Σύνδεση της διόδου κατά την ανάστροφη φορά και συμπεριφορά της σε ηλεκτρικό κύκλωμα

Π. Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μια διόδος πυριτίου συνδέεται με πηγή τάσης $V_i = 12 \text{ V}$ και φορτίο $R_L = 1 \text{ k}\Omega$. Να βρεθεί το ρεύμα που τη διαρρέει:

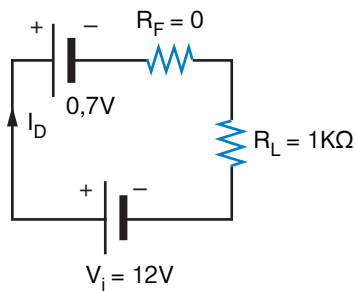
- σε ορθή φορά, όταν παρουσιάζει μηδενική αντίσταση ($R_F = 0$) και
- σε ανάστροφη φορά όταν η αντίσταση της είναι $R_R = 1 \text{ M}\Omega$

Το δυναμικό φραγμού της διόδου πυριτίου είναι 0,7 V.

Λύση

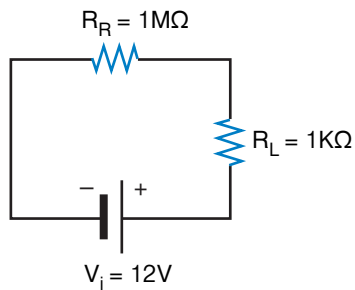
α) Κατά την *ορθή φορά* το ρεύμα θα είναι:

$$I_D = \frac{V_i - 0,7V}{R_L + R_F} = \frac{12V - 0,7V}{1000\Omega + 0} = 11,3mA$$



β) Κατά την *ανάστροφη φορά* το ρεύμα θα είναι:

$$I_D = \frac{V_i}{R_L + R_R} = \frac{12V}{1000\Omega + 1000000} \cong 12\mu A$$



Οι δίοδοι **pn** χρησιμοποιούνται κυρίως σε ανορθωτικές διατάξεις και για τον λόγο αυτό ονομάζονται πολλές φορές ανορθωτικές δίοδοι.

Οι δίοδοι όπως και όλα τα εξαρτήματα έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας μερικά από τα οποία είναι:

- μέγιστη τάση κατά τη ορθή φορά (V_{Fmax}),
- μέγιστη τάση κατά την ανάστροφη φορά (V_{RRM}),
- μέγιστο ορθό ρεύμα I_{Fmax} ,
- μέγιστο ανάστροφο ρεύμα I_R ,

- αντιστάσεις ορθής και ανάστροφης φοράς (R_F, R_R),
- καταναλισκόμενη ισχύς, P_D κτλ.

Εκτός από τις διόδους που υπάρχουν και άλλες διόδοι για διάφορες άλλες εφαρμογές:

- διάδος για εφαρμογές σταθεροποίησης τάσης (διάδος *Zener*),
- διάδος μεταβλητής χωρητικότητας για τηλεπικοινωνίες (διάδος *Varicap*) και
- διάδος *Schottky* για εφαρμογές χαμηλής ισχύος (διάδος *Schottky*).

Οι διόδοι κωδικοποιούνται σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό, ή τον αμερικάνικο κώδικα.

Ο ευρωπαϊκός κώδικας αποτελείται από δύο γράμματα και τρεις αριθμούς π.χ. BB419, AY106.

Ο αμερικάνικος κώδικας αρχίζει με τον αριθμό 1, ακολουθεί το γράμμα N και στη συνέχεια ακολουθούν τέσσερις αριθμοί π.χ. 1N4001.

Οι διόδοι δεν συμβολίζονται όλοι όπως στο σχήμα 3.1.2(β). Ο συμβολισμός του ποικίλει ανάλογα και με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται φαίνεται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Δίοδοι

Ονομασία	Σύμβολο	Εφαρμογή
Ανορθωτής		Ανόρθωση τάσης
Schottly		Σταθεροποίηση τάσης
Varicap		Τηλεπικοινωνίες
Zener		Χαμηλής ισχύος

3.1.2 Τρανζίστορ (*Transistor*)

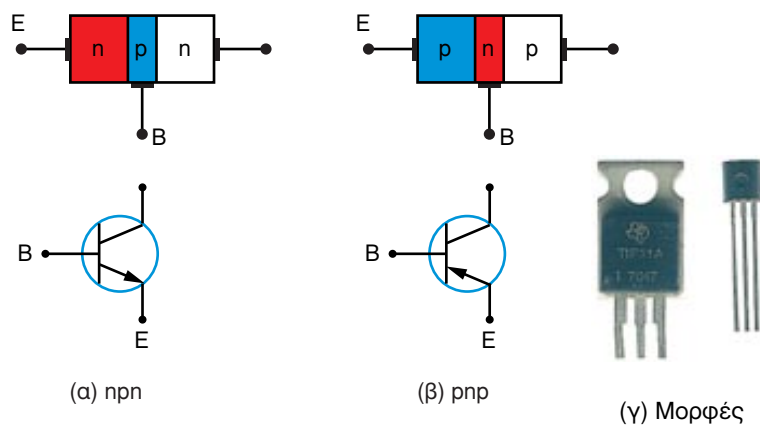
Η λέξη τρανζίστορ προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις TRANSfer reSISTOR (μεταφορά αντίστασης). Άλλες ονομασίες είναι κρυσταλλοτρίοδος και μεταντιστάτης. Κατασκευάζεται με την ένωση τριών τμημάτων ημιαγωγού εμπλουτισμένου με προσμείξεις τύπου **n** και τύπου **p**.

Έχουμε δύο τύπους τρανζίστορ τα **npn** και **pnp**. Αν συνδέσουμε τα ά-

κρα των τριών αυτών κομματιών με μεταλλικές επαφές τότε θα δημιουργηθούν οι τρεις ακροδέκτες του τρανζίστορ:

- ο εκπομπός που συμβολίζεται με “E” (emitter),
- η βάση “B” (base)
- ο συλλέκτης “C” (collector).

Οι ονομασίες αυτές δεν είναι τυχαίες και για κανονική λειτουργία του τρανζίστορ ο εκπομπός εκπέμπει ηλεκτρόνια, ο συλλέκτης τα συλλέγει και η βάση ελέγχει αν η ροή των ηλεκτρονίων θα είναι μικρή ή μεγάλη. Τα σύμβολα του τρανζίστορ για τους δύο αυτούς τύπους φαίνονται στο Σχήμα 3.1.5, (α), (β) ενώ στο σχήμα 3.1.5(γ) φαίνονται οι πραγματικές μορφές των Transistor:



Σχήμα 3.1.5 Τρανζίστορ

Το βέλος στο συμβολισμό βρίσκεται πάντοτε στον εκπομπό και δείχνει τη φορά του ρεύματος. Το τρανζίστορ ουσιαστικά είναι δύο δίοδοι ανάστροφα συνδεδεμένες. Στη συνήθη λειτουργία του τρανζίστορ, ισχύουν τα εξής:

- Η δίοδος εκπομπού-βάσης είναι πάντα ορθά πολωμένη και η δίοδος συλλέκτη-βάσης είναι ανάστροφα πολωμένη.
- Το ρεύμα της βάσης είναι πολύ μικρό ($I_B \ll$, της τάξης των μA).
- Το ρεύμα του εκπομπού και του συλλέκτη είναι περίπου ίσα ($I_E \approx I_C$)

Το τρανζίστορ λειτουργεί σαν ένας ενισχυτής ρεύματος, δηλαδή ενισχύει το ρεύμα της βάσης. Το ρεύμα του συλλέκτη είναι πολλές φορές

μεγαλύτερο από αυτό της βάσης. Ο αριθμός που εκφράζει το μέγεθος της ενίσχυσης ονομάζεται **απολαβή ρεύματος** και συμβολίζεται με β_{DC} , κυμαίνεται δε από 100 μέχρι 300. Ισχύει η κάτωθι σχέση:

$$I_C = \beta_{DC} \cdot I_B$$

Επίσης, λόγω της αρχής διατήρησης του φορτίου ισχύει ότι το ρεύμα του εκπομπού ισούται με το άθροισμα το ρεύματος της βάσης και του συλλέκτη.

$$I_E = I_B + I_C$$

Για να λειτουργήσει το τρανζίστορ πρέπει η διόδος εκπομπού-βάσης να συνδεθεί σε ορθή φορά και η διόδος συλλέκτη-βάσης σε ανάστροφη φορά, με χρήση κατάλληλων πηγών τάσης. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **πόλωση** του τρανζίστορ. Έχουμε τρεις δυνατές συνδεσμολογίες ανάλογα με ποιος ακροδέκτης είναι κοινός. Έτσι διακρίνουμε τη *συνδεσμολογία κοινού εκπομπού ΚΕ (common emitter configuration, CE)*, τη *συνδεσμολογία κοινής βάσης ΚΒ (common base configuration, CB)* και τη *συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη ΚΣ (common collector configuration, CC)*. Από αυτές, η συνδεσμολογία κοινού εκπομπού χρησιμοποιείται περισσότερο και κάνει ενίσχυση του ρεύματος βάσης.

Το τρανζίστορ λειτουργεί επίσης και σαν διακόπτης δηλαδή, υπό ορισμένες συνθήκες, το τρανζίστορ διακόπτει το ηλεκτρικό κύκλωμα.

Σ' ένα τρανζίστορ **npn** η βάση και ο συλλέκτης συνδέονται με τον θετικό πόλο της πηγής, ενώ ο εκπομπός με τον αρνητικό. Σ' ένα τρανζίστορ **pnp** οι συνδεσμολογίες είναι αντίθετες.

Τα τρανζίστορ κωδικοποιούνται, όπως ακριβώς και οι διόδοι, σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κώδικα, ή τον αμερικάνικο κώδικα.

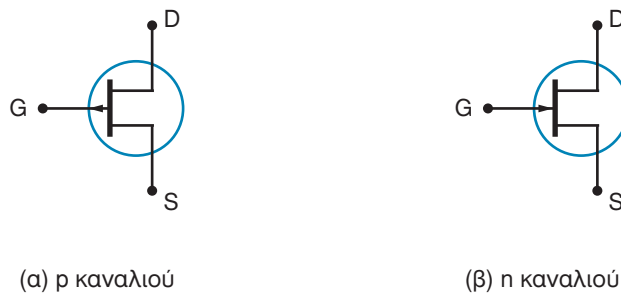
Ο ευρωπαϊκός κώδικας αποτελείται από πέντε χαρακτήρες (δύο ή τρία γράμματα και δύο ή τρεις αριθμούς) π.χ. BC127.

Ο αμερικάνικος κώδικας αποτελείται από τον αριθμό 2 και το γράμμα N ακολουθούμενο από 4 αριθμούς, π.χ. 2N2222 ή 2N2904.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνονται από τους κατασκευαστές είναι:

- τάση συλλέκτη V_{CC} ,
- ρεύμα βάσης I_B ,
- απολαβή ή κέρδος ρεύματος β ή h_{FE} ,
- μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς,
- μέγιστη τάση βάσης-εκπομπού V_{CEO} κτλ.

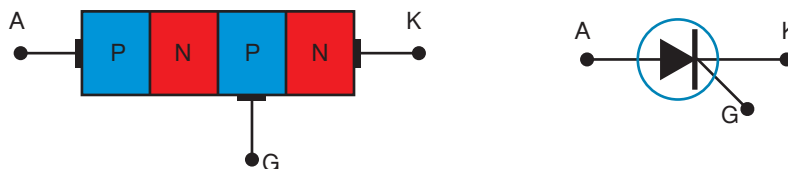
Το τρανζίστορ που περιγράψαμε παραπάνω ονομάζεται *διπολικό τρανζίστορ επαφής (bipolar junction transistor, BJT)*. Εκτός όμως από αυτό υπάρχει και το *τρανζίστορ εγκάρσιου (ή επίδρασης) πεδίου (FET)*, (Σχήμα 3.1.6.), κύριο πλεονέκτημα του οποίου είναι ότι έχει πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου και χρησιμοποιείται σήμερα σε πολλές εφαρμογές. Οι ακροδέκτες του FET ονομάζονται Πύλη (Gate G), Πηγή (Source, S) και Απαγωγός (Drain, D) και αντιστοιχούν στη βάση, εκπομπό και συλλέκτη του transistor.



Σχήμα 3.1. 6 Σύμβολο F.E.T.

3.1.3 Θυρίστορ (Thyristor)

Η συσκευή αυτή κατασκευάζεται από τέσσερα στρώματα που είναι εμπλουτισμένα με προσμίξεις. Είναι τύπου **pnpn** και έχει τρεις ακροδέκτες την άνοδο (A), την κάθοδο (K) και την πύλη (gate, G) που συνδέεται στον εσωτερικό p ημιαγωγό. Όταν το θυρίστορ πολωθεί ορθά, δεν άγει ρεύμα, όταν όμως εφαρμοσθεί μία θετική τάση στην πύλη G, άγει. Με τον τρόπο αυτό η πύλη ελέγχει τη ροή του ρεύματος. Η παλμοδότηση προκαλεί την έναυση του θυρίστορ (firing). Η δομή και το σύμβολο του θυρίστορ φαίνονται στο Σχήμα 3.1.7.



Σχήμα 3.1.7 Θυρίστορ και σύμβολο

Υπάρχουν πολλοί τύποι διόδων τεσσάρων στρωμάτων ημιαγωγών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για έλεγχο φωτισμού, σταθεροποίηση θερμοκρα-

σίας, έναρξη λειτουργίας κινητήρων κτλ. Τα θυρίστορ ή *ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου* (*silicon controlled rectifier, S.C.R*), είναι διακόπτες των οποίων η αγωγιμότητά τους ελέγχεται από την εξωτερική τάση της πύλης.

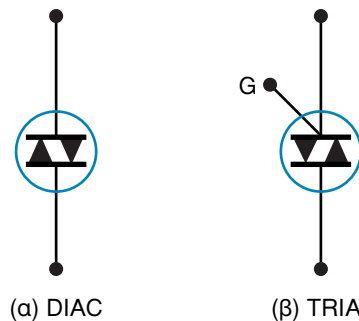
Διαφέρει από τη δίοδο στο ότι ενώ στην ανάστροφη πόλωση συμπεριφέρεται σαν μια κοινή δίοδος (δεν άγει), στην ορθή πόλωση εξακολουθεί να μην άγει έως ότου εφαρμοσθεί μια θετική τάση στην πύλη.

Τα θυρίστορ μπορούν να άγουν μεγάλα ρεύματα και τάσεις (μέχρι 100A και 1000V αντίστοιχα).

Τα χαρακτηριστικά των θυρίστορ είναι:

- τιμή συνεχούς ρεύματος πύλης για έναυση (I_{GT}),
- πτώση τάσης στα άκρα του θυρίστορ (V_T)
- μέγιστη επιτρεπόμενη τάση μεταξύ πύλης-καθόδου (V_{GM}),
- μέγιστη τιμή ανάστροφου ρεύματος (I_{RRM}),
- μέγιστη στιγμιαία ισχύς (P_{GM}) κτλ.

Υπάρχουν και άλλες δίοδοι τεσσάρων στρωμάτων εκτός του θυρίστορ, όπως είναι η δίοδος εναλλασσομένου ρεύματος (DIAC) και η τρίοδος εναλλασσομένου ρεύματος (TRIAC). Οι δίοδοι αυτοί άγουν το ρεύμα και προς τις δύο κατευθύνσεις υπό ορισμένες βέβαια προϋποθέσεις. Το TRIAC διαφέρει από το DIAC στο ότι έχει ένα επιπρόσθετο ακροδέκτη την πύλη. Τα σύμβολα τους φαίνονται στο σχήμα 3.1.8. Τα θυρίστορ DIAC και TRIAC χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ισχύος.



Σχήμα 3.1.8 Σύμβολα DIAC, TRIAC.

3.2 Ανορθωτικές και ενισχυτικές διατάξεις

3.2.1 Ανορθωτικές διατάξεις

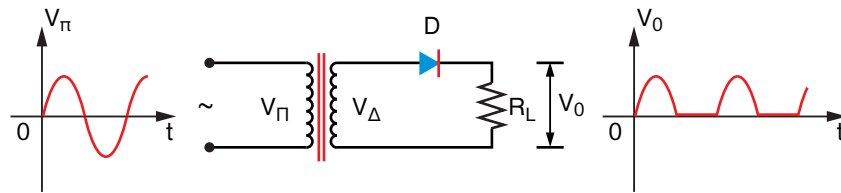
Οι ανορθωτικές διατάξεις αποτελούνται από μία, δύο ή τέσσερις διόδους και χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή μιας εναλλασσόμενης τάσης σε

συνεχή. Αποτελούν, σε συνδυασμό με μετασχηματιστές, συστατικά των τροφοδοτικών που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία κάθε ηλεκτρονικής συσκευής.

Διακρίνουμε βασικά δύο περιπτώσεις ανόρθωσης:

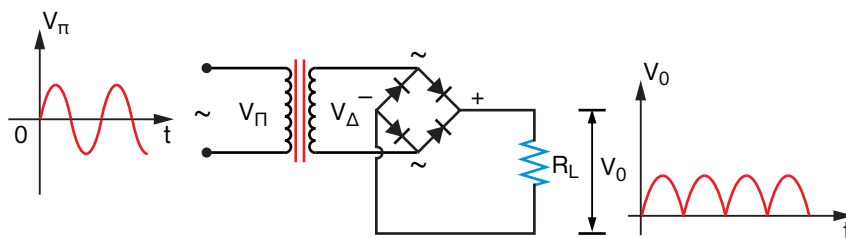
- την απλή ανόρθωση, ή ημιανόρθωση και
- την πλήρη ή διπλή ανόρθωση.

Το κύκλωμα της ημιανόρθωσης φαίνεται στο Σχήμα 3.2.1. Αποτελείται από ένα μετασχηματιστή, μία δίοδο (D) και το φορτίο (R_L), το οποίο μπορεί να είναι λάμπα, κινητήρας κτλ. Όταν στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή εμφανίζεται η θετική ημιπερίοδος, τότε η δίοδος πολώνεται ορθά και διέρχεται ρεύμα από το φορτίο και η τάση εξόδου ακολουθεί την τάση εισόδου. Όταν εμφανίζεται η αρνητική ημιπερίοδος, τότε η δίοδος πολώνεται ανάστροφα, αποτελεί ανοικτό διακόπτη και επομένως το ρεύμα στο φορτίο και κατά συνέπεια και η τάση είναι μηδενική.



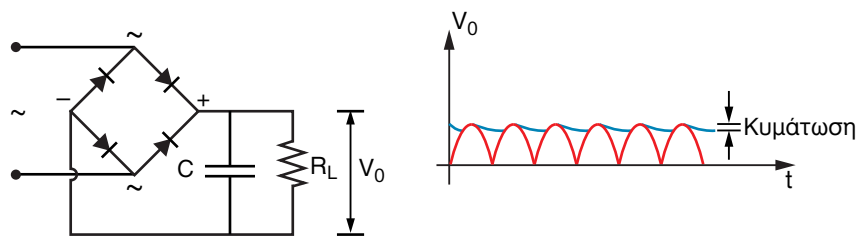
Σχήμα 3.2.1 Ημιανόρθωση

Η πλήρης ανόρθωση επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο διόδων ή τεσσάρων διόδων σε συνδεσμολογία γέφυρας που είναι και η πιο συνηθισμένη περίπτωση (Σχήμα 3.2.2). Στην περίπτωση αυτή η αρνητική ημιπερίοδος της τάσης εισόδου αναστρέφεται και γίνεται θετική μέσα από τη γέφυρα διόδων. Έτσι η τάση εξόδου αποτελείται μόνο από θετικά ημικύματα.



Σχήμα 3.2.2 Πλήρης ανόρθωση τάσης με γέφυρα τεσσάρων διόδων

Αν στην έξοδο της γέφυρας συνδεθεί παράλληλα ένας πυκνωτής, τότε αυτός θα φορτίζεται και θα εκφορτίζεται συνεχώς και κατά συνέπεια η τάση εξόδου θα εξομαλυνθεί και θα γίνει σχεδόν συνεχής (μπλε γραμμή) με ορισμένη διακύμανση ή **κυμάτωση** (*ripple*) όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2.3.

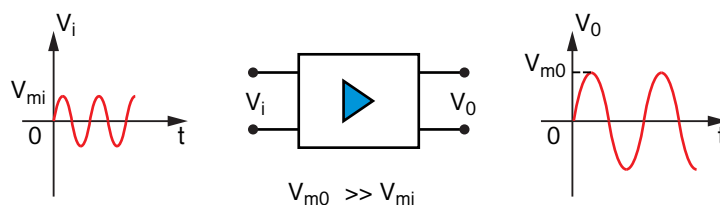


Σχήμα 3.2.3 Εξομάλυνση ανορθωμένης τάσης με πυκνωτή

3.2.2 Ενισχυτικές διατάξεις

Οι ενισχυτικές διατάξεις χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν ένα ασθενές ηλεκτρικό σήμα ώστε αυτό να είναι δυνατόν στη συνέχεια να υποστεί κάποια επεξεργασία και να μεταδοθεί. Τα μικρά ηλεκτρικά σήματα μπορούν να παραχθούν από τη μετατροπή ενός φυσικού μεγέθους σε ηλεκτρικό. Το μικρόφωνο π.χ. μετατρέπει το ηχητικό σήμα σε ηλεκτρικό, το φωτοκύτταρο μετατρέπει τη δέσμη φωτός σε ηλεκτρικό σήμα κτλ. Συνήθως το ηλεκτρικό σήμα είναι ημιτονικό, ή, αν δεν είναι, αναλύεται σε επί μέρους ημιτονικά σήματα διαφόρων συχνοτήτων (θεμελιώδεις και αρμονικές).

Ένας ενισχυτής ενισχύει το πλάτος του ηλεκτρικού σήματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2.4. Αν η μέγιστη τιμή της τάσης εισόδου είναι V_{mi} , τότε η μέγιστη τιμή της τάσης εξόδου είναι $V_{m0} > V_{mi}$.

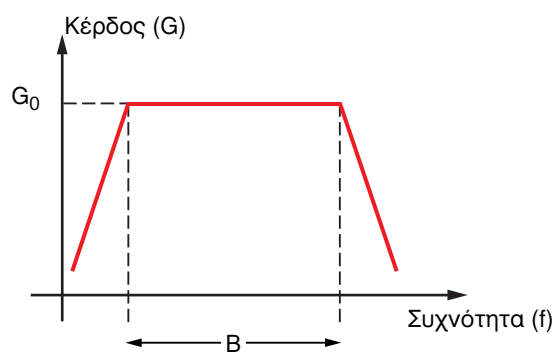


Σχήμα 3.2.4 Ενισχυτής ηλεκτρικού σήματος

Μία ενισχυτική διάταξη ή ενισχυτής όπως ονομάζεται, αποτελείται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα και ένα τρανζίστορ σε συνδεσμολογία κοινού εκ-

πομπού. Ένας ενισχυτής έχει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία είναι:

- Το **κέρδος, ή απολαβή, ή ενίσχυση (Gain, G)** του ενισχυτή είναι ένας ακέραιος καθαρός αριθμός (χωρίς μονάδες) και φανερώνει πόσες φορές το σήμα εξόδου είναι μεγαλύτερο από το σήμα εισόδου. Το κέρδος μπορεί να εκφράζεται και σε λογαριθμικές μονάδες που είναι το db π.χ. 30 db, σημαίνει 1000 φορές ενίσχυση, 20 db 100 φορές 10db = 10 φορές, κ.λπ.
- Το **εύρος ζώνης (Bandwidth)** του ενισχυτή (**B**) αναφέρεται στο εύρος συχνοτήτων της τάσης εισόδου για τις οποίες ο ενισχυτής λειτουργεί με ένα συγκεκριμένο και σταθερό κέρδος G_0 και χωρίς παραμόρφωση. Σε μικρότερες ή μεγαλύτερες συχνότητες το κέρδος είναι μικρότερο. Στις διατάξεις αυτοματισμού μιας εγκατάστασης ψύξης και κλιματισμού χρησιμοποιούνται ευρέως ενισχυτές που έχουν μεγάλο κέρδος και αρκετό εύρος ζώνης. Το σχήμα 3.2.5. δείχνει την καμπύλη μεταβολής του κέρδους ενός ενισχυτή συναρτήσει της συχνότητας.

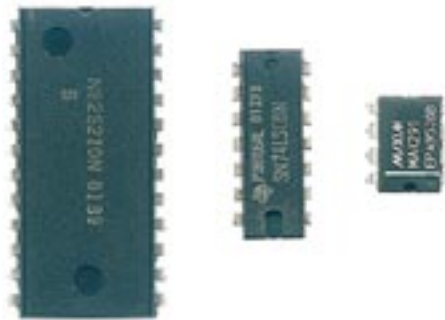


Σχήμα 3.2.5.

3.3 Ολοκληρωμένα - τυπωμένα κυκλώματα

Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο υπό μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (integrated circuits, I.C.). Πάνω σε ένα κοινό υπόστρωμα ημιαγωγού κατασκευάζονται με ηλεκτρονικές ή χημικές μεθόδους πολλές διόδοι ή τρανζίστορ και το σύνολο περικλείεται σε μια θήκη με 4,8,14,16, 24 ή 48 ακροδέκτες (pins). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα διακρίνονται ανάλο-

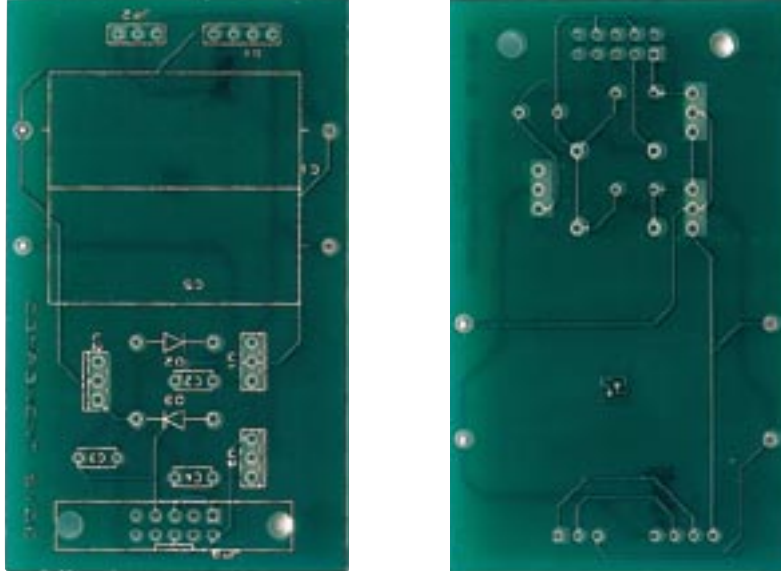
γα με την τεχνολογία κατασκευής τους, καθώς και την ποσότητα και το είδος των κυκλωμάτων που περιέχουν. Έτσι διακρίνονται σε αναλογικά, ψηφιακά, μεικτά (υβριδικά), με μεταλλικό κέλυφος, πλαστικό κέλυφος, κτλ. Μερικά ολοκληρωμένα φαίνονται στο σχήμα 3.3.1.



Σχήμα 3.3.1 Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μαζί με τα μεμονωμένα ηλεκτρικά στοιχεία όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, πηνία, μετασχηματιστές τοποθετούνται πάνω σε **ηλεκτρονικές πλακέτες** σύμφωνα με κάποιο ηλεκτρονικό σχέδιο για να υλοποιήσουν ένα συγκεκριμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα. Έτσι υπάρχουν πλακέτες για τροφοδοτικό, πλακέτες τηλεόρασης, πλακέτες ραδιοφώνου, πλακέτες αυτοματισμών, πλακέτες κλιματιστικού κτλ.

Οι ηλεκτρονικές αυτές πλακέτες κατασκευάζονται από ορισμένα υλικά και πάνω τους χαράσσεται, με συγκεκριμένη διαδικασία, το ηλεκτρονικό σχέδιο υπό μορφή τυπωμένου κυκλώματος, δηλαδή τυπωμένων αγωγών χαλκού μικρού ή μεγαλύτερου πάχους που ενώνουν τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και τα άλλα ηλεκτρονικά στοιχεία (Σχήμα 3.3.2).



Σχήμα 3.3.2 Τυπωμένες πλακέτες

**ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ**

- Οι ημιαγωγοί είναι κρύσταλλοι που αποτελούνται από πυρίτιο ή γερμάνιο.
- Όταν προστεθούν σ' αυτούς άτομα φωσφόρου, αρσενικού ή αντιμονίου αποκτούν περίσσεια ηλεκτρονίων και ονομάζονται **ημιαγωγοί** τύπου **n**.
- Αντίθετα, όταν προστεθούν άτομα ινδίου, γαλλίου, ή βορίου αποκτούν έλλειμμα ηλεκτρονίων (οπές) και ονομάζονται **ημιαγωγοί** τύπου **p**.
- Όταν ένας ημιαγωγός τύπου **n** ενωθεί με ένα ημιαγωγό τύπου **p** δημιουργείται ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα που λέγεται **δίοδος pn**. Η δίοδος **pn** αφήνει να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα μόνο όταν είναι ορθά πολωμένη. Αντίθετα συμπεριφέρεται σαν διακόπτης όταν είναι πολωμένη ανάστροφα.
- Το **τρανζίστορ** είναι ένωση τριών τμημάτων ημιαγωγού με προσμίξεις και είναι δύο τύπων το **npn** και **pnp**. Έχει τρεις ακροδέκτες, εκπομπό (E), βάση (B), και συλλέκτη (Σ) και χρησιμοποιείται για ενίσχυση ρεύματος και τάσης σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού (ΚΕ ή CE).

- Σ' ένα τρανζίστορ, η δίοδος εκπομπού πρέπει να πολωθεί ορθά , ενώ η δίοδος συλλέκτη ανάστροφα.
- Τα τρανζίστορ χρησιμοποιούνται και σαν διακόπτες σε ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Ένα χρήσιμο ηλεκτρονικό στοιχείο είναι το **θυρίστορ** που αποτελείται από τέσσερα τμήματα εμπλουτισμένου ημιαγωγού και χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο του ρεύματος και συνεπώς της ισχύος σε ένα κύκλωμα.
- Οι δίοδοι χρησιμοποιούνται κυρίως για την μετατροπή μιας εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή, λειτουργία που ονομάζεται ανόρθωση. Υπάρχει η **ημιανόρθωση** και η **πλήρης ανόρθωση**.
- Τα τρανζίστορ χρησιμοποιούνται και σε **ενισχυτικές διατάξεις** με σκοπό την ενίσχυση μιας εναλλασσόμενης τάσης, ή ρεύματος.
- Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (I.C.) περιέχουν χιλιάδες τρανζίστορ, διόδους αντιστάσεις, πυκνωτές σε μικρό όγκο και τοποθετούνται πάνω σε τυπωμένες πλακέτες για να υλοποιήσουν ένα ηλεκτρονικό σχέδιο.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Πόσα είδη ημιαγωγών εμπλουτισμένων με προσμείξεις γνωρίζετε;
2. Πόσα και ποια είδη ηλεκτρονικών στοιχείων γνωρίζετε;
3. Πού χρησιμοποιείται μια ανορθωτική διάταξη;
4. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός ενισχυτή;
5. Τι είναι η ανόρθωση ;
6. Ποιες ανορθωτικές διατάξεις γνωρίζετε ;
7. Που χρησιμοποιείται το τρανζίστορ;
8. Περιγράψτε με λίγα λόγια τη δίοδο.
9. Πότε μια δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη;

Στις ακόλουθες ερωτήσεις σημειώστε το γράμμα που αντιστοιχεί στην σωστή απάντηση.

10. Μια δίοδος είναι ορθά πολωμένη όταν:
 - A. Η κάθοδος είναι αρνητικότερη της ανόδου
 - B. Η άνοδος είναι αρνητικότερη της καθόδου
 - Γ. Ούτε το A ούτε το B
11. Το δυναμικό φραγμού μιας διόδου pn πυριτίου είναι:
 - A. 0,3 V
 - B. 0,5 V
 - Γ. 0,3 - 0,7 V
 - Δ. 0,7V
12. Με ένα πολύμετρο μετράμε την αντίσταση μιας διόδου κατά την ορθή φορά. Το αποτέλεσμα της μέτρησης δείχνει ότι η αντίσταση είναι:
 - A. της τάξης των Ω
 - B. της τάξης των $M\Omega$
 - Γ. μηδενική
13. Ένα τρανζίστορ ηρη συνδέεται σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα :
 - A. Η βάση συνδέεται με αρνητική τάση
 - B. Η βάση συνδέεται με θετική τάση
14. Δίνονται από τον καθηγητή στους μαθητές διάφορες ηλεκτρονικές τυπωμένες πλακέτες με τα ηλεκτρονικά στοιχεία τοποθετημένα πάνω σε αυτές (δίοδοι, αντιστάσεις, πυκνωτές, τρανζίστορ, Ο.Κ.) και ζητείται από τους μαθητές να τα αναγνωρίσουν και να κάνουν ένα κατάλογο με τα υλικά που περιέχονται.
15. Οι μαθητές μαζί με τον καθηγητή τους επισκέπτονται μια εταιρεία παραγωγής ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και γίνεται επεξήγηση των διάφορων σταδίων παραγωγής.