

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ &  
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ»**

**4<sup>η</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ  
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δ.Π.Θ.**

# ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ

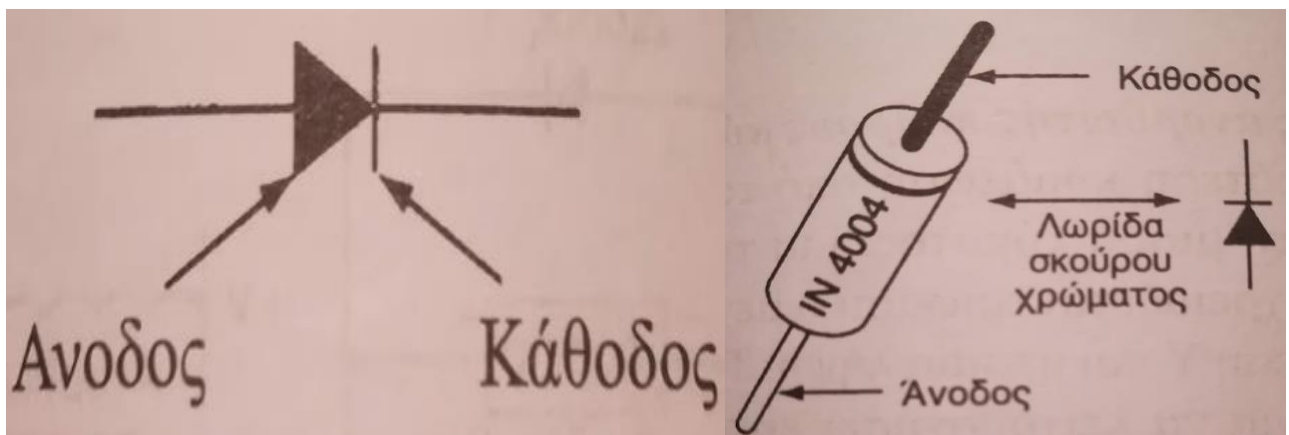
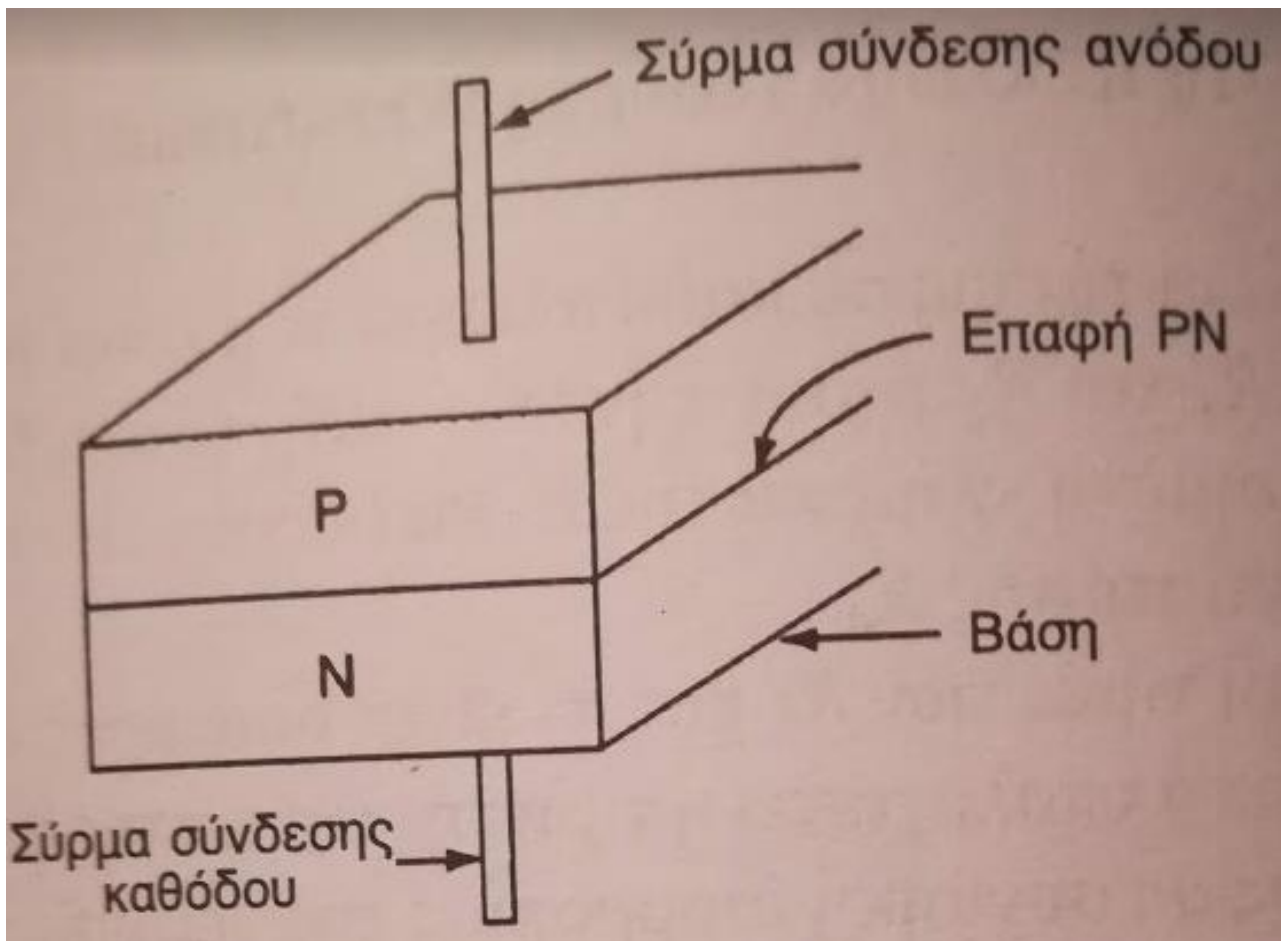
## ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

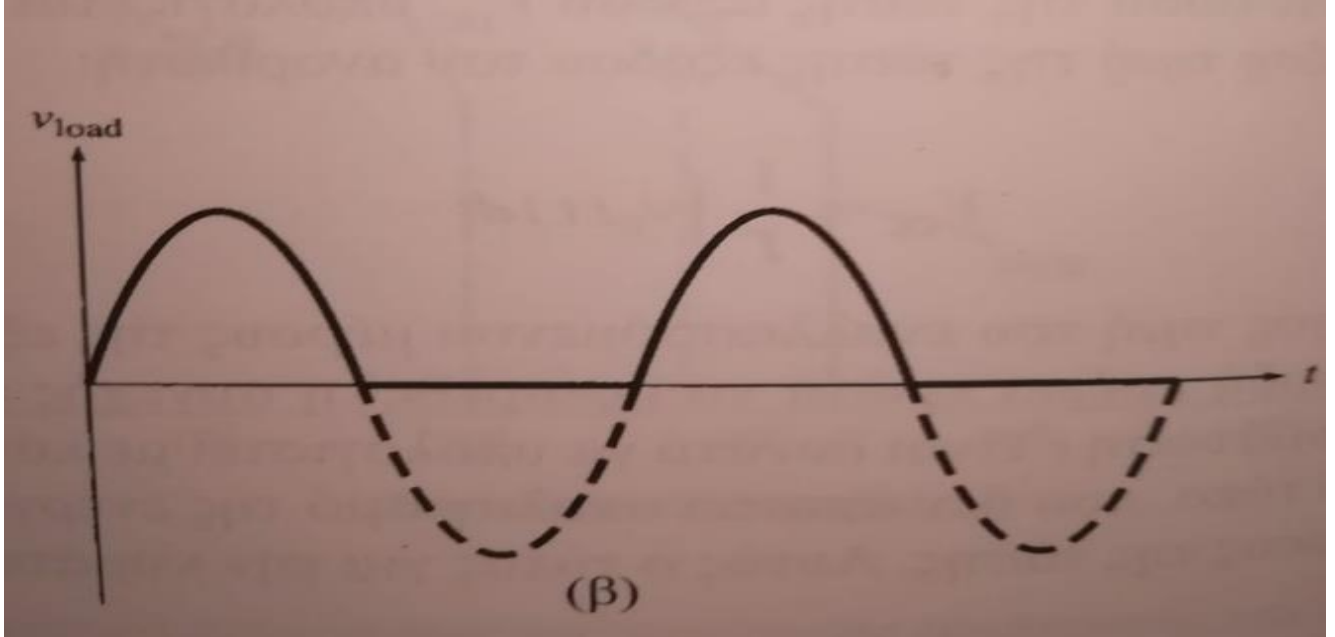
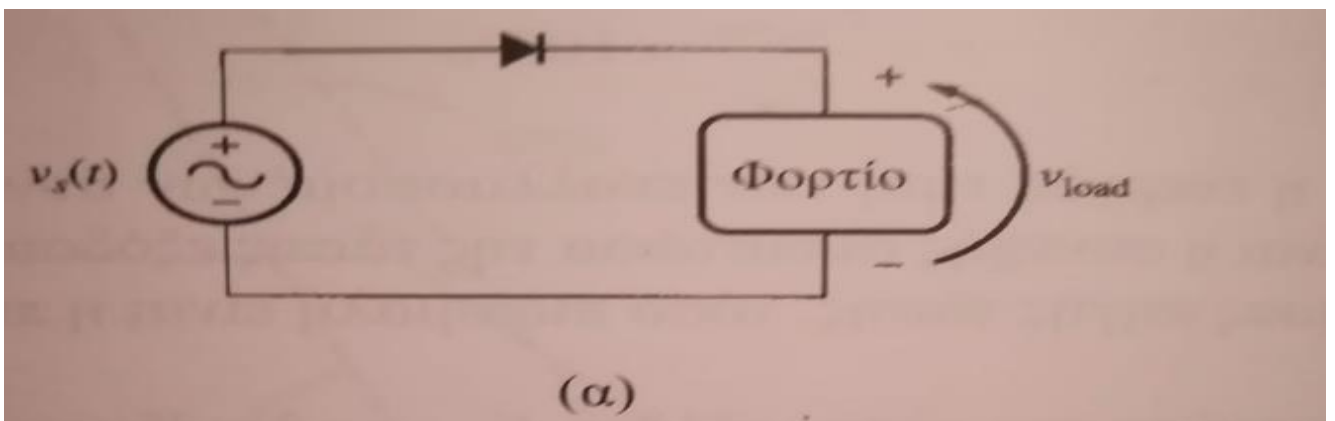
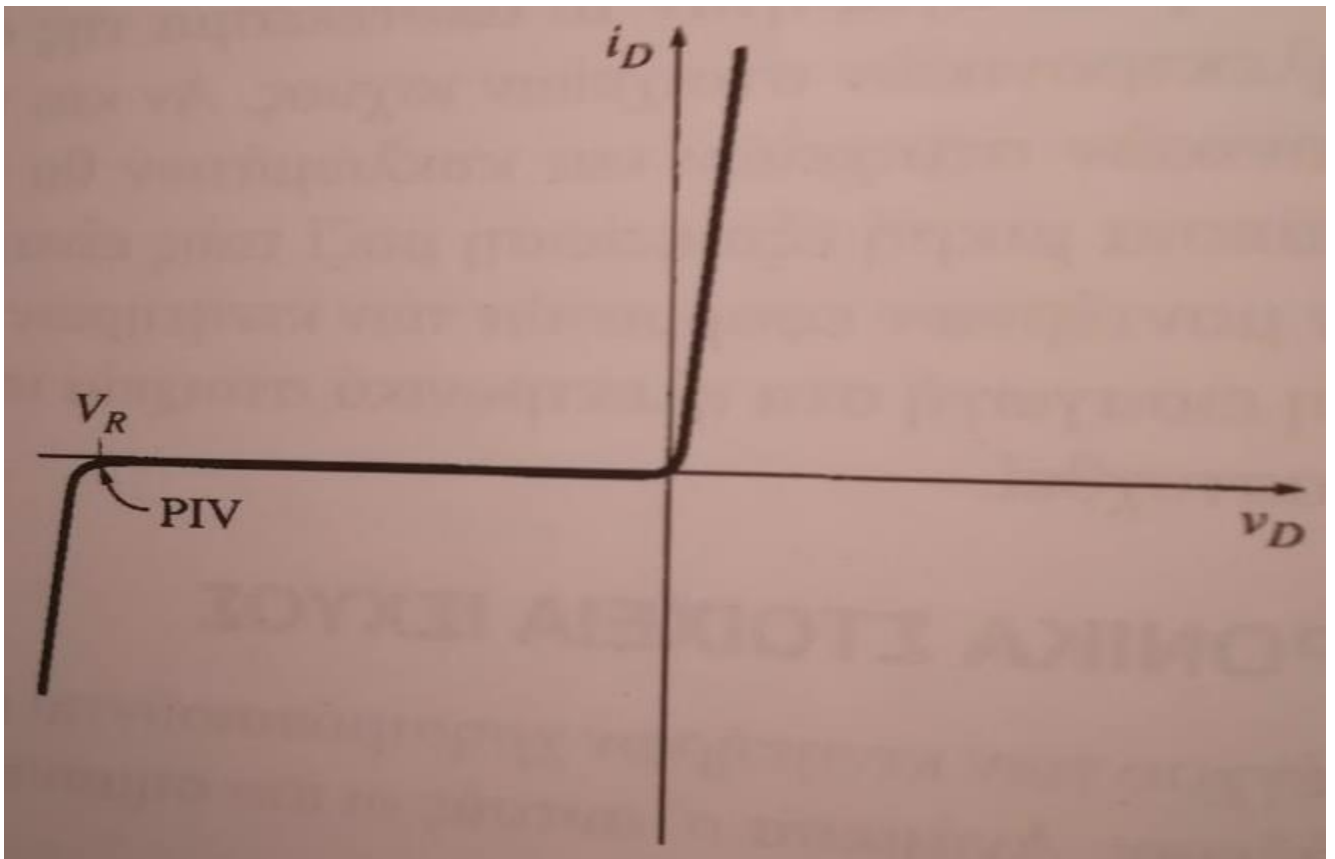
Οι ημιαγωγοί μεγάλης ισχύος πρέπει να έχουν πρόβλεψη απαγωγής θερμότητας έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν στην αναφερόμενη βαθμονόμηση ισχύος τους.

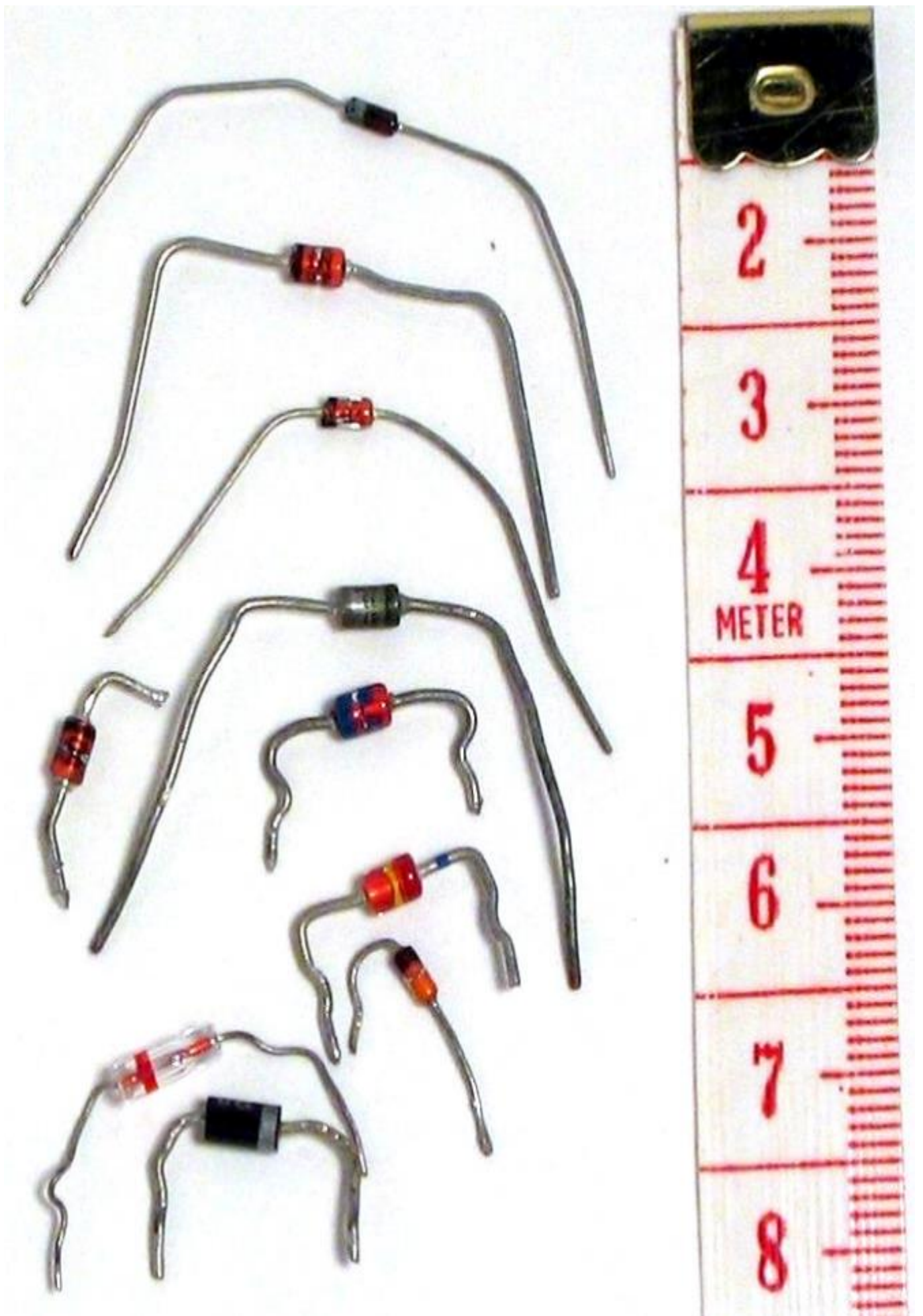
- **ΔΙΟΔΟΣ** Επαφή P–N.

Επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος κατά την μια φορά (ορθή πόλωση) και δεν επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος κατά την αντίθετη φορά (ανάστροφη πόλωση).

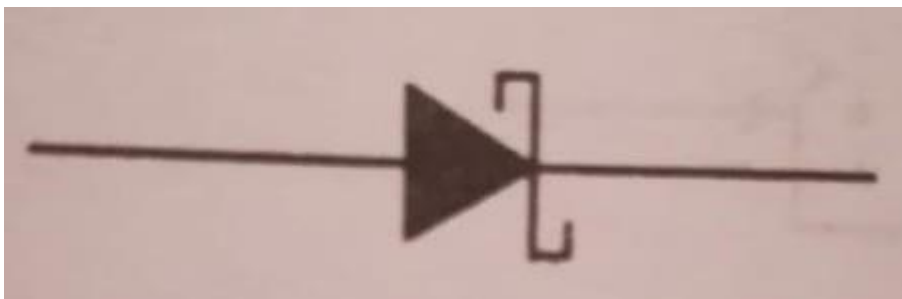
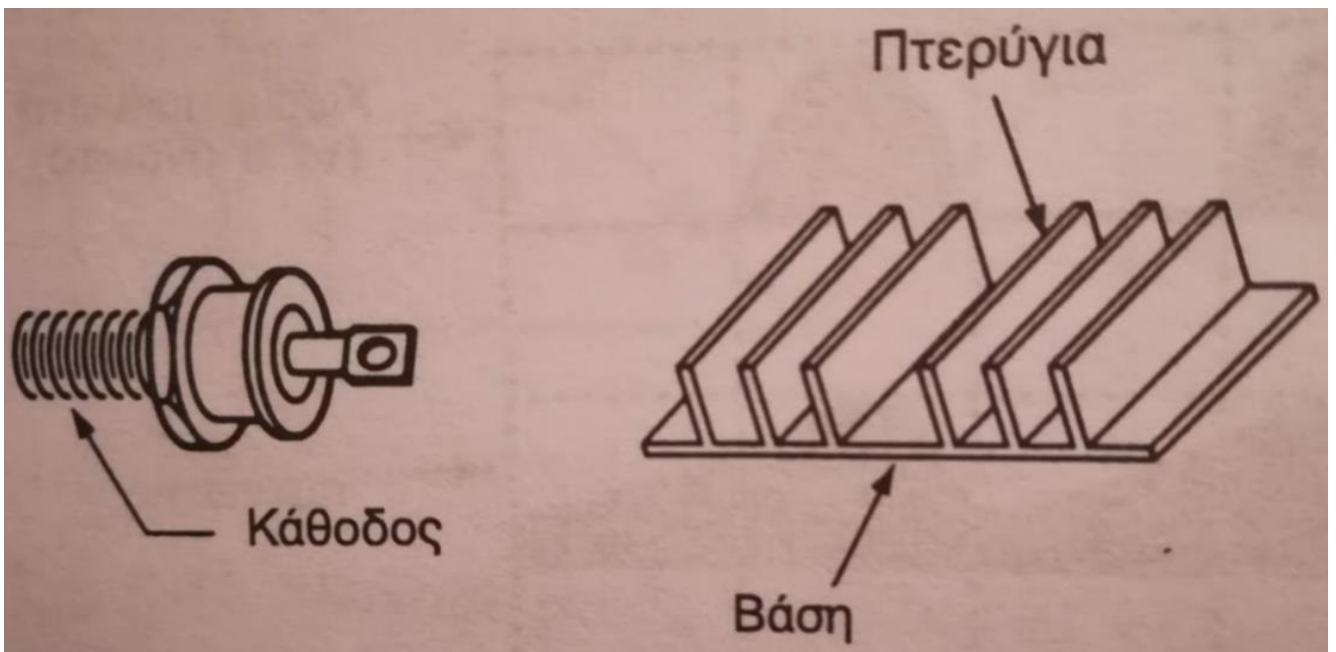
1. **Δίοδοι ανόρθωσης.** Χρησιμοποιούνται στην διαδικασία μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές.
2. **Δίοδος Schottky.** Είδος μονοφασικού ανορθωτή μισού κύματος. Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα μεταγωγής μεγάλων ταχυτήτων.
3. **Δίοδοι σταθεροποίησης τάσης.** Χρησιμοποιούνται σε επαγωγικά κυκλώματα για να περιορίζουν την τάση που παράγεται από το ελαττούμενο μαγνητικό φορτίο.
4. **Δίοδος Zener.** Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα ρύθμισης τάσης. Η δίοδος Zener όταν φτάσει στην βαθμονομημένη τιμή τάσης της, είναι σχεδιασμένη να άγει προς την φορά ανάστροφης πόλωσης.
5. **Δίοδοι φωτοεκπομπής (LED).** Χρησιμοποιούνται σαν λάμπες σηματοδότησης και σε απεικονίσεις. Το LED εκπέμπει φως όταν από μέσα του περάσει ρεύμα.
6. **Δίοδοι Laser.** Είναι ειδικά κατασκευασμένα LED που μπορούν να λειτουργούν σαν Laser.
7. **Φωτοδίοδοι.** Χρησιμοποιούνται σαν αισθητήρες φωτός. Η φωτοδίοδος λειτουργεί με πόλωση κατά την ανάστροφη φορά. Το ρεύμα διαρροής αυξάνει καθώς αυξάνει η ποσότητα φωτός.



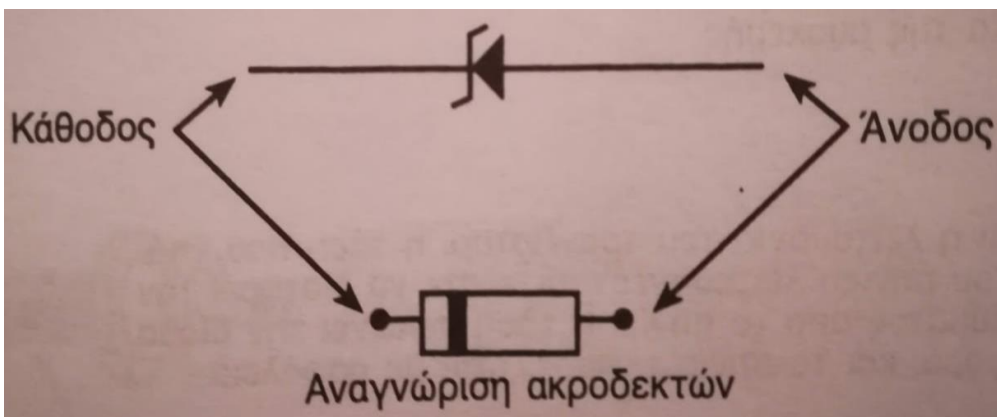




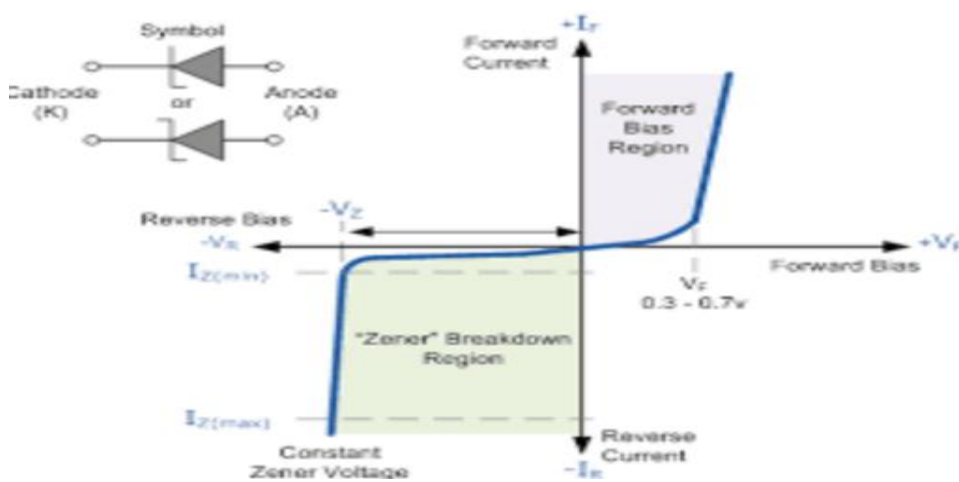




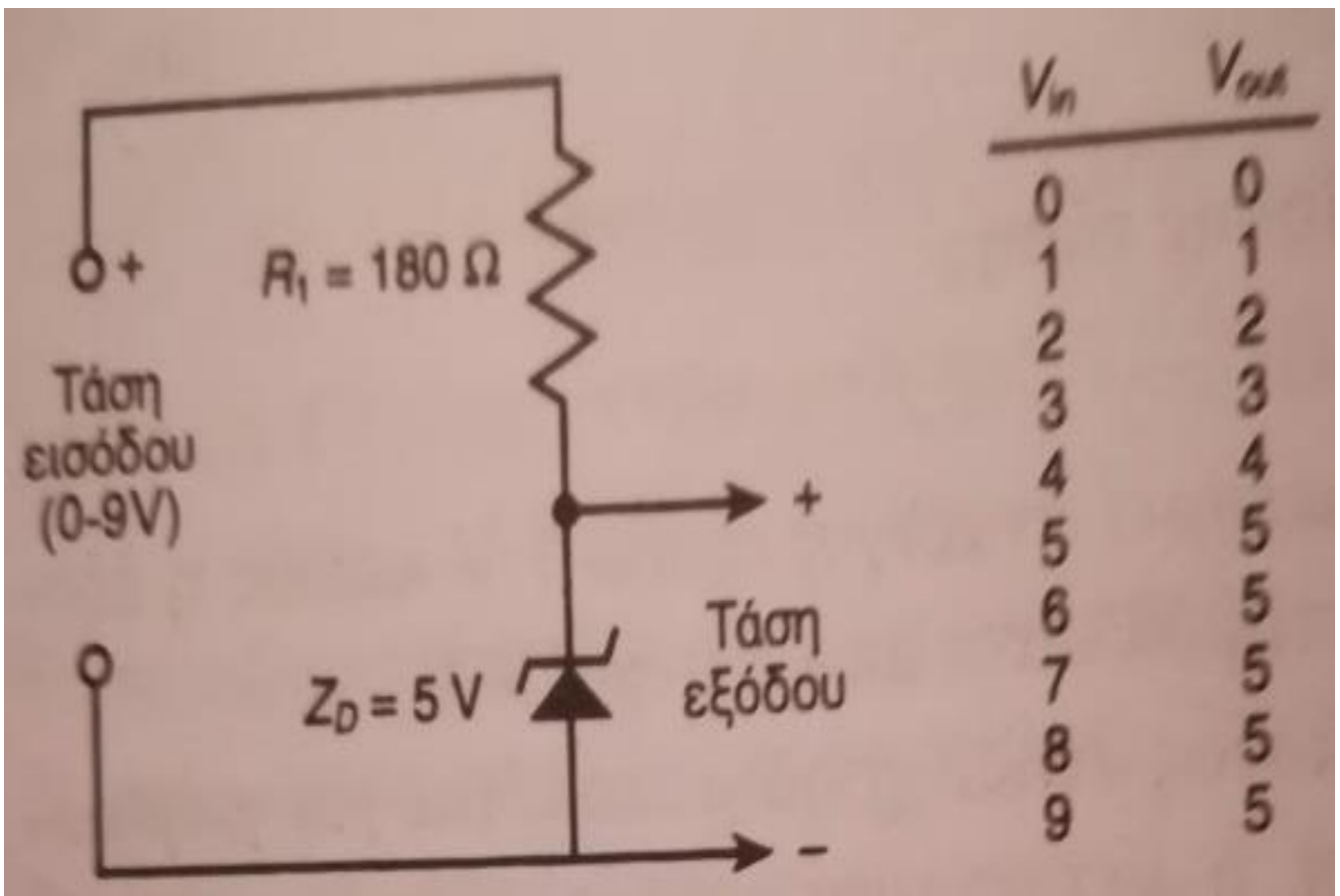
Δίοδος Schottky



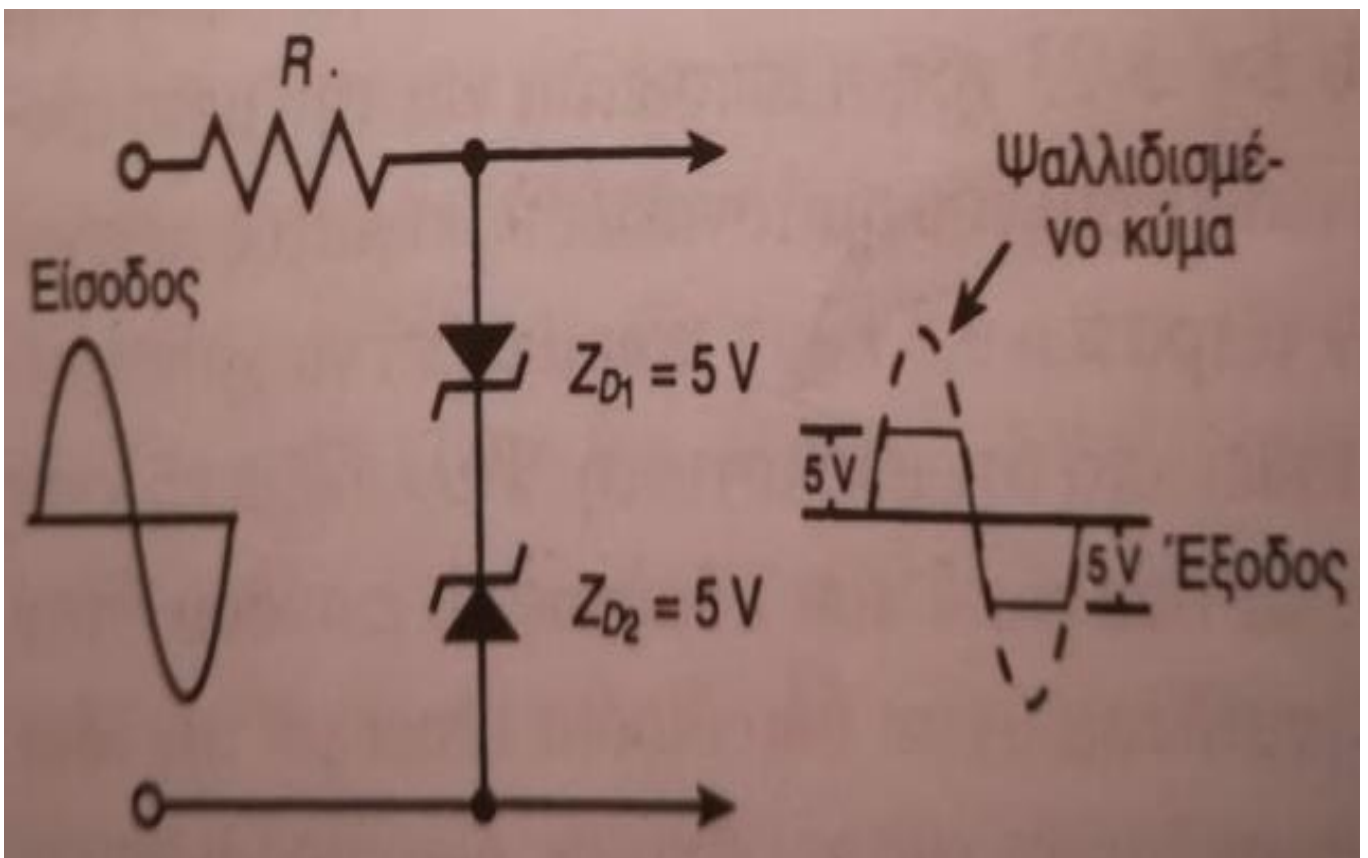
Δίοδος Zener



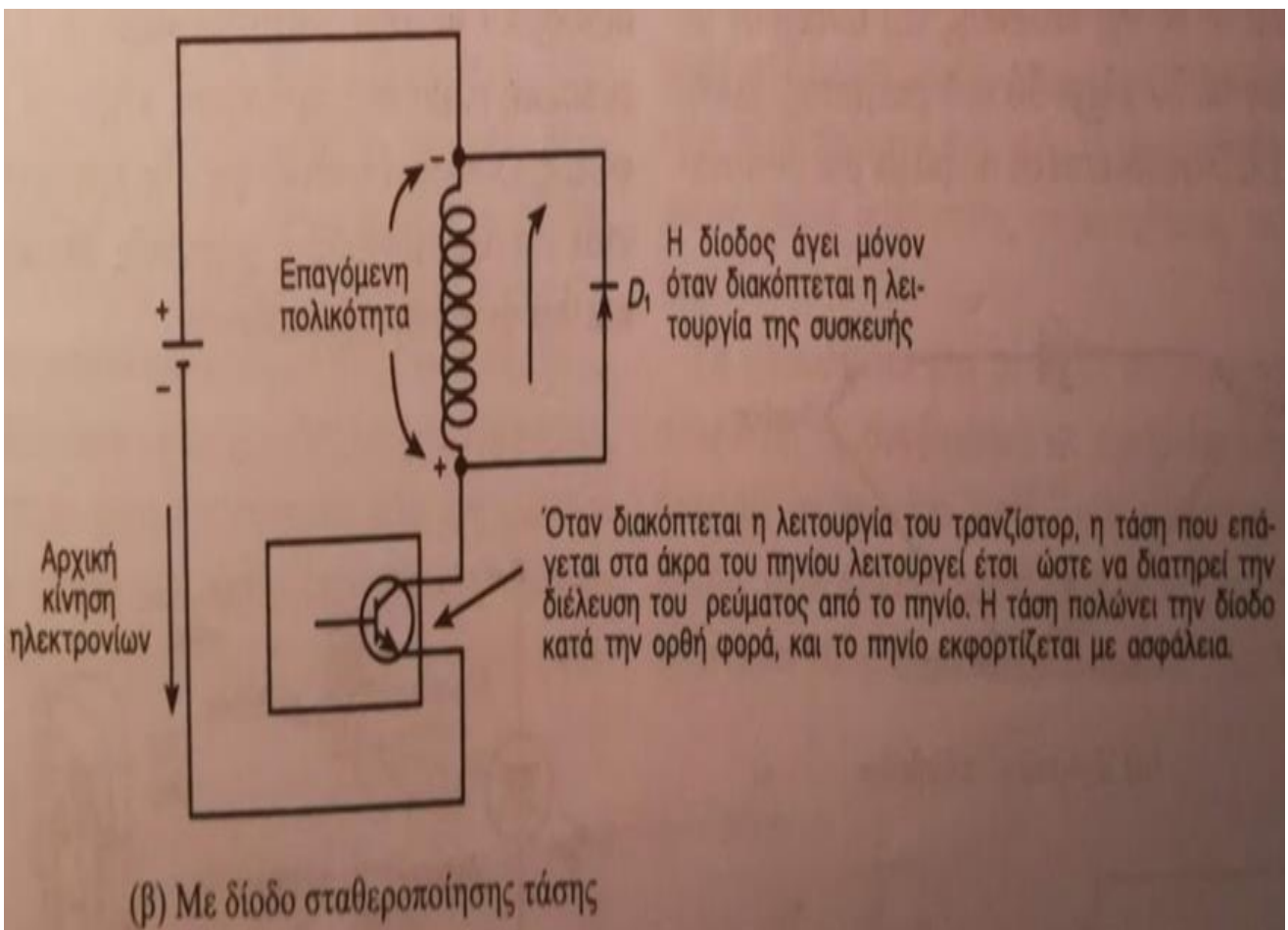
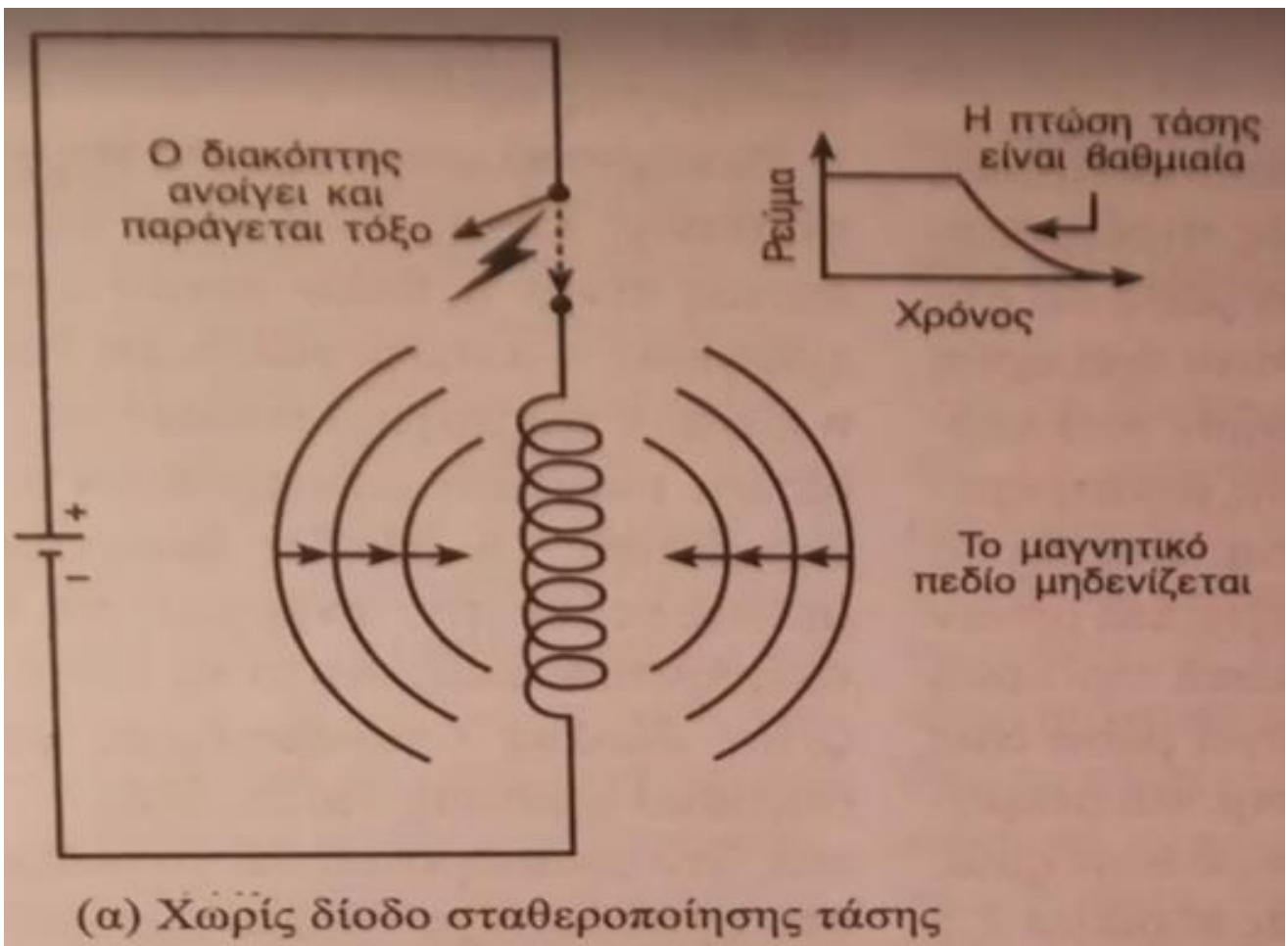
Δίοδος Zener



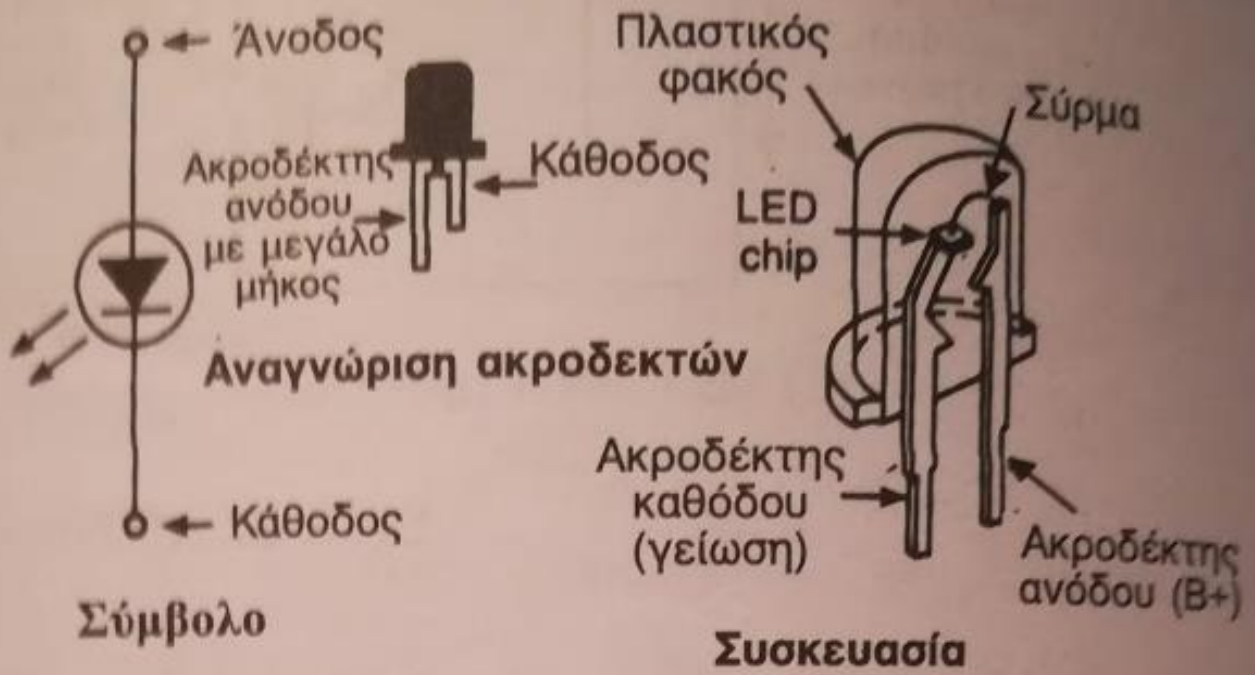
**Κύκλωμα ρύθμισης τάσης 5V με δίοδο Zener**



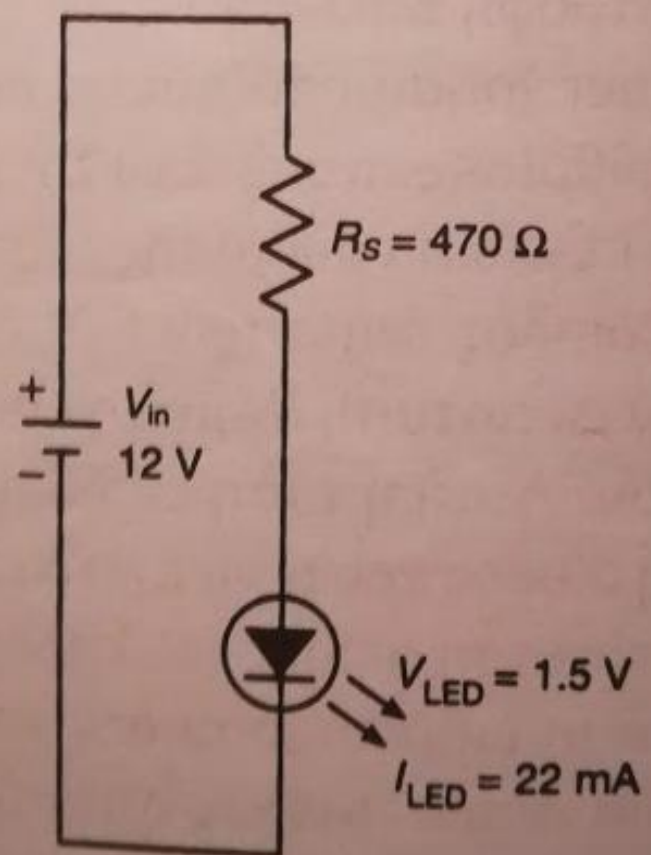
**Κύκλωμα ψαλλιδισμού**





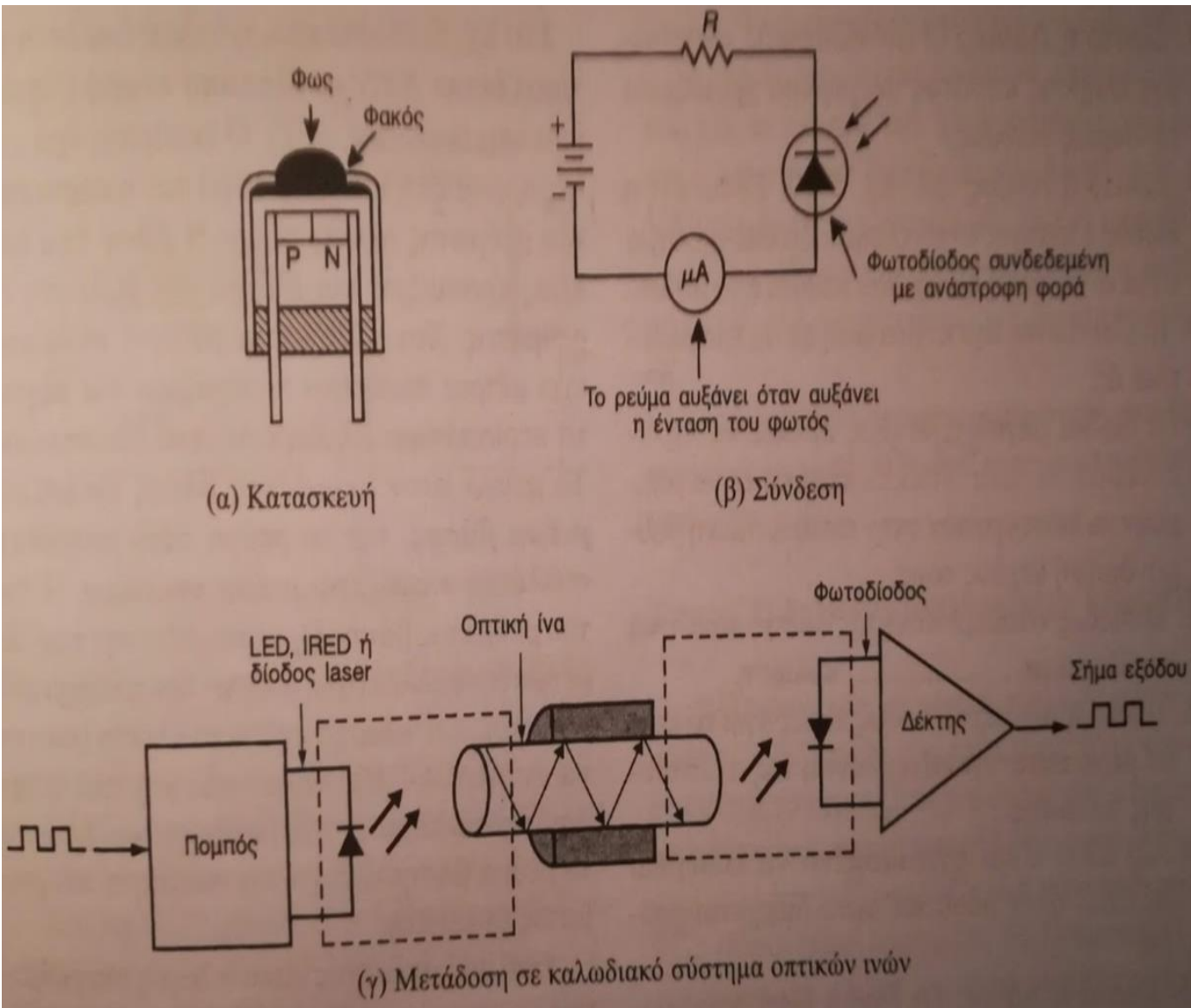


(α) Σύμβολα και κατασκευή



(β) Λειτουργικό κύκλωμα του LED

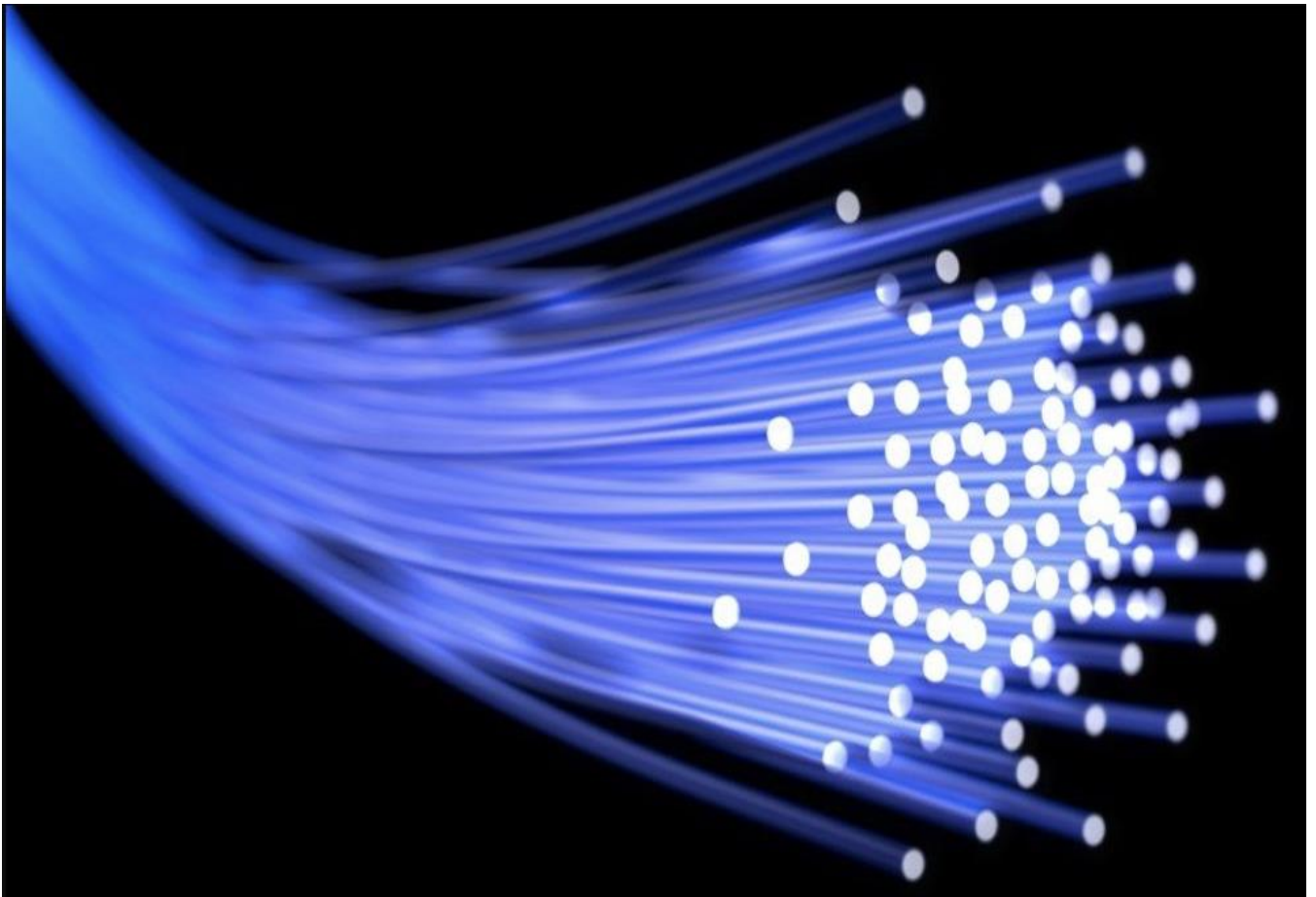
**Δίοδος φωτοεκπομπής LED**



## Φωτοδίοδος



**Laser**



**Οπτικές ίνες**

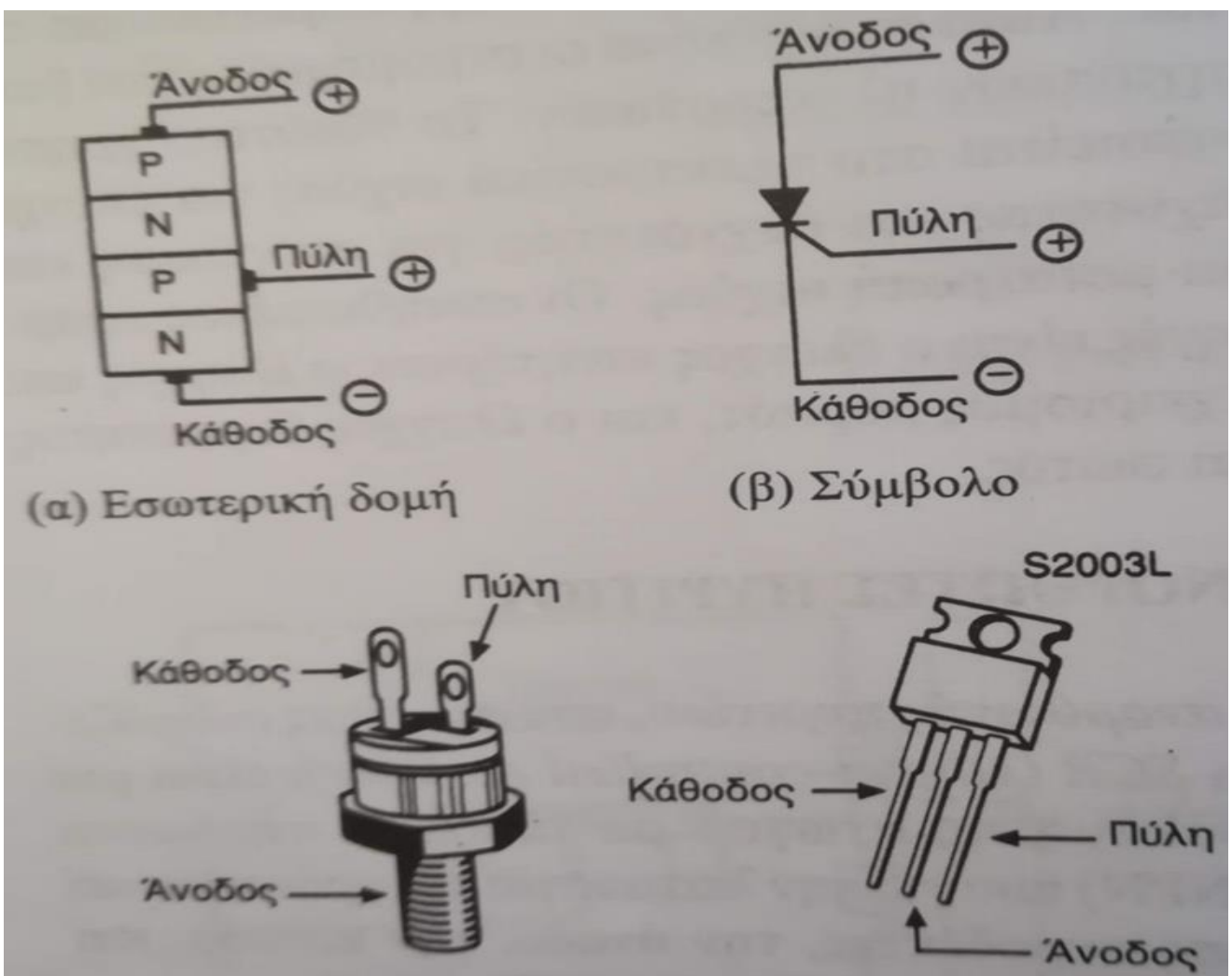
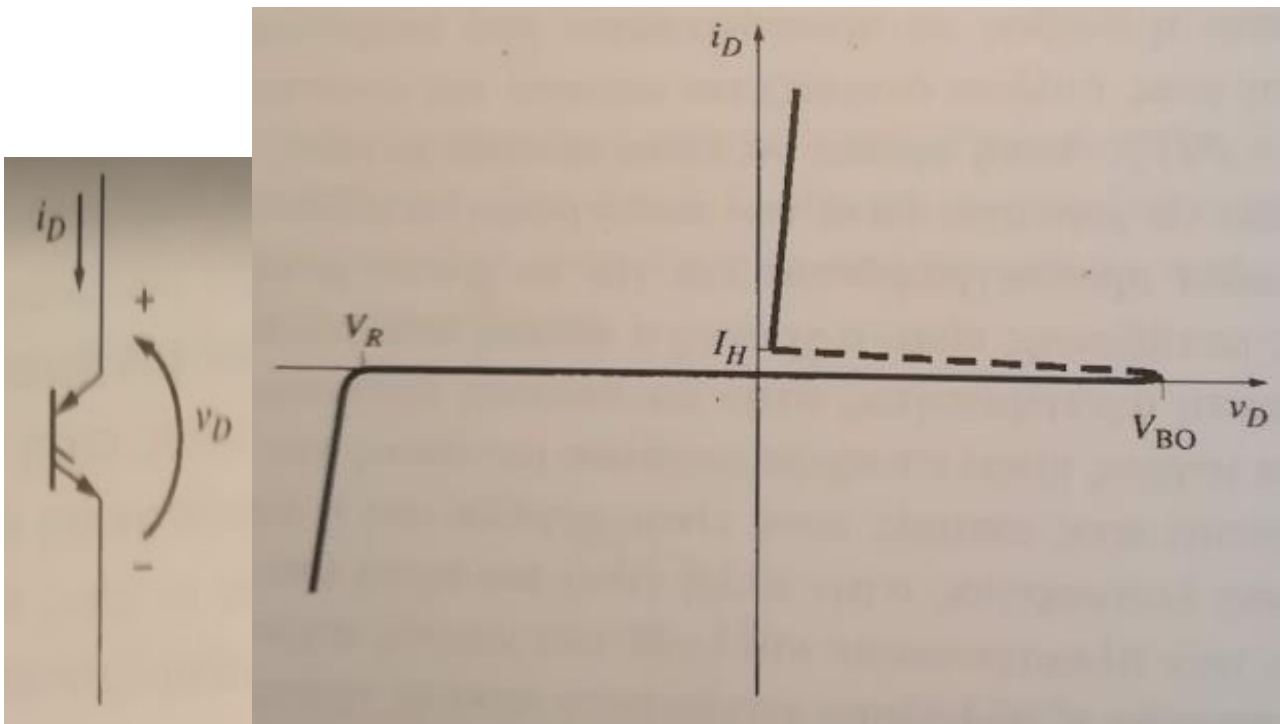
- **ΘΥΡΙΣΤΟΡ ( Thyristor )**

Οικογένεια ημιαγωγικών εξαρτημάτων που κατασκευάζονται από τέσσερα ημιαγωγά επίπεδα.

- 1. Δύο επαφών (Δίοδος PNP).** Η λειτουργία του θυρίστορ μοιάζει με την λειτουργία του διακόπτη που έχει μόνο δύο θέσεις. Δεν μπορεί να κάνει ενίσχυση. Άγει κατά την ορθή φορά όταν η τάση που εφαρμόζεται ξεπεράσει την ορθή τάση κατάρρευσης.
- 2. Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (SCR) ή thyristor** τριών επαφών. Από ηλεκτρική πλευρά θυμίζει την δίοδο εκτός από το γεγονός ότι χρειάζεται ένα στιγμιαίο ρεύμα στην πύλη για να λειτουργήσει. Από την στιγμή που θα λειτουργήσει παραμένει σε λειτουργία ακόμα και αν διακοπεί το σήμα της πύλης. Για να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές μεταβολής της ισχύος που αποδίδεται στο φορτίο χρειάζεται να συνδυαστεί με κύκλωμα παραγωγής παλμών ή μετατόπισης φάσης.
- 3. Θυρίστορ με διακοπή από την πύλη (GTO).** Είναι ένα SCR που μπορεί να μεταβεί στην κατάσταση αποκοπής με την εφαρμογή ενός αρκετά μεγάλου αρνητικού παλμού στην πύλη του. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ελέγχου κινητήρων.
- 4. DIAC.** Είναι συσκευή δύο ακροδεκτών που μοιάζει με τρανζίστορ και που χρησιμοποιείται κύρια για έλεγχο του σκανδαλισμού σε SCR και TRIAC. Άγει και προς τις δύο κατευθύνσεις όταν η τάση στα άκρα του φτάσει στην βαθμονομημένη τάση διάσπασης.
- 5. TRIAC.** Συμπεριφέρεται όπως δύο SCR συνδεδεμένα πλάτη με πλάτη έχοντας κοινή πύλη. Άγει και στις δύο ημιπεριόδους, πράγμα που το κάνει χρήσιμο στον έλεγχο φορτίων που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα.

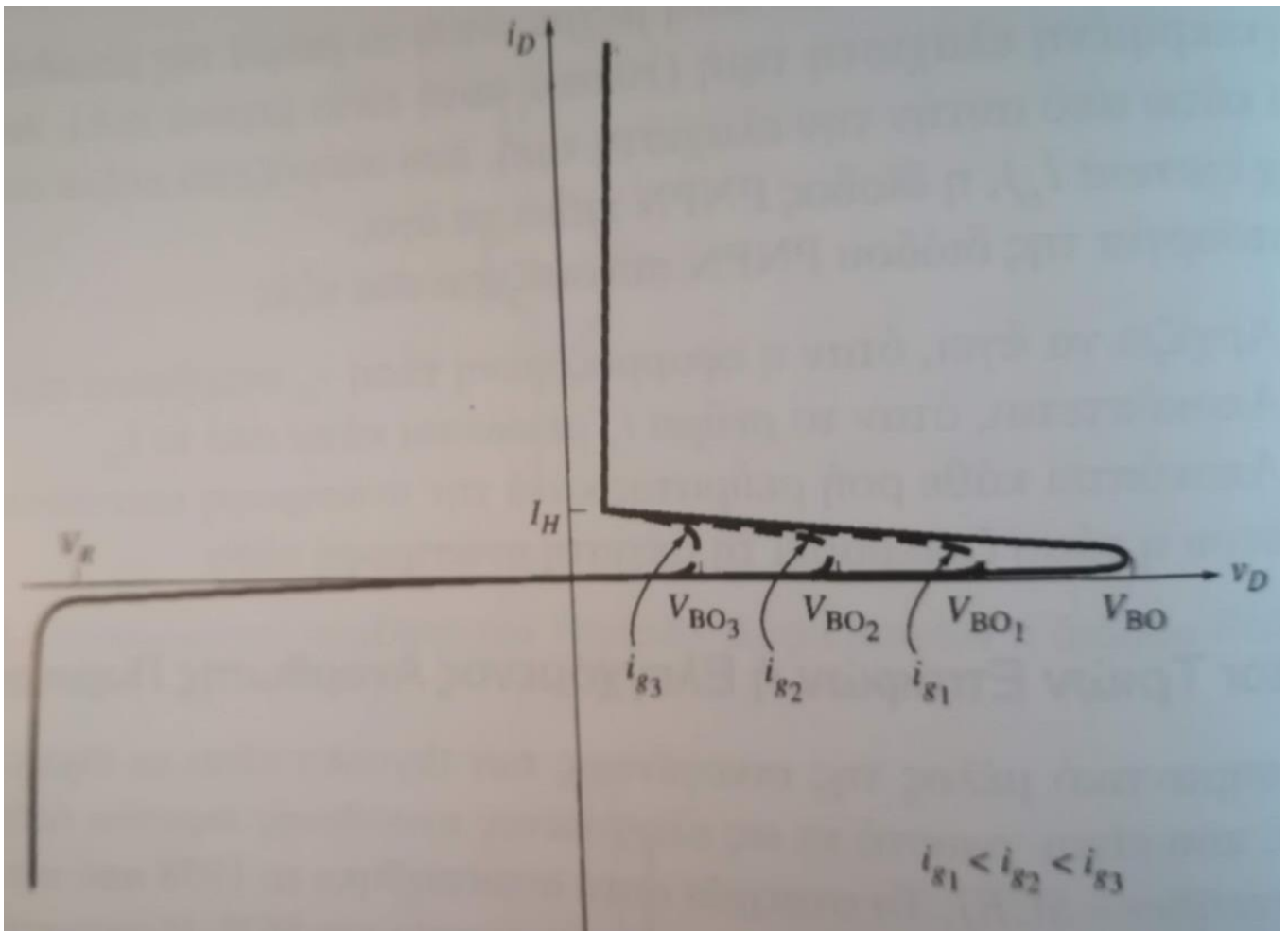


# Δίοδος PNPN

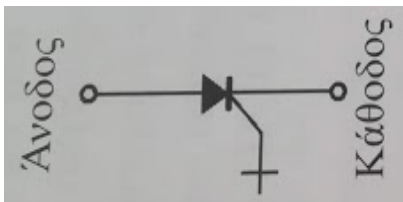


# Ελεγχόμενος Ανορθωτής Πυριτίου – SCR

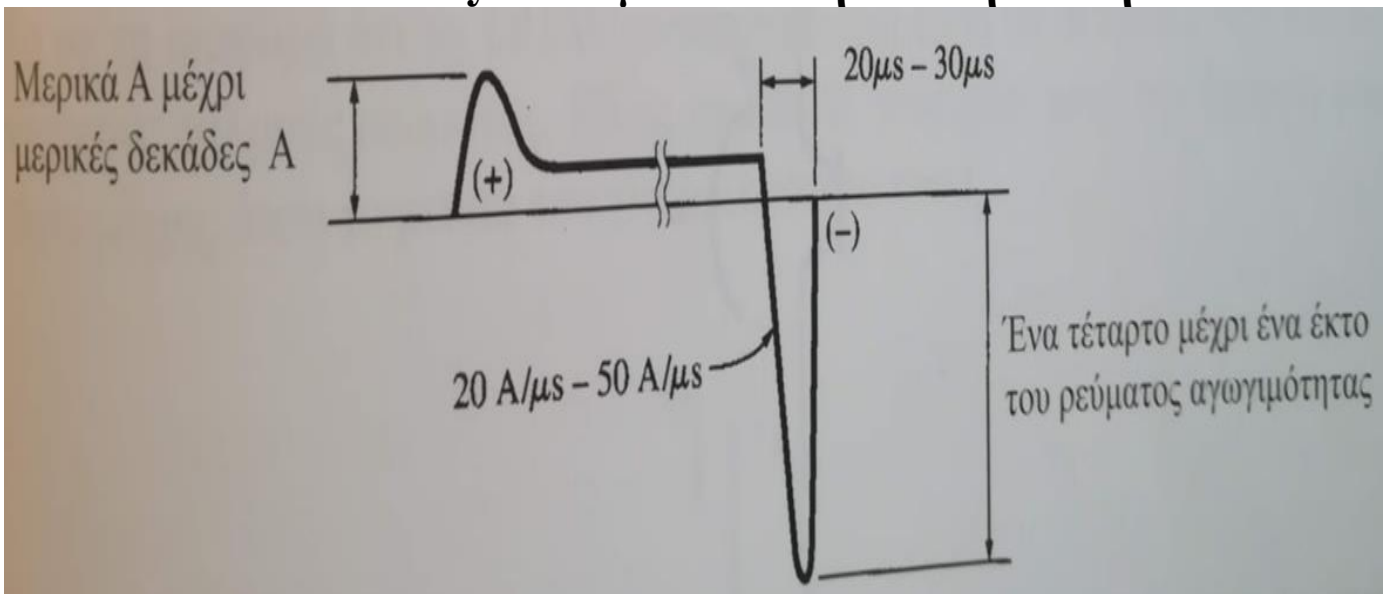


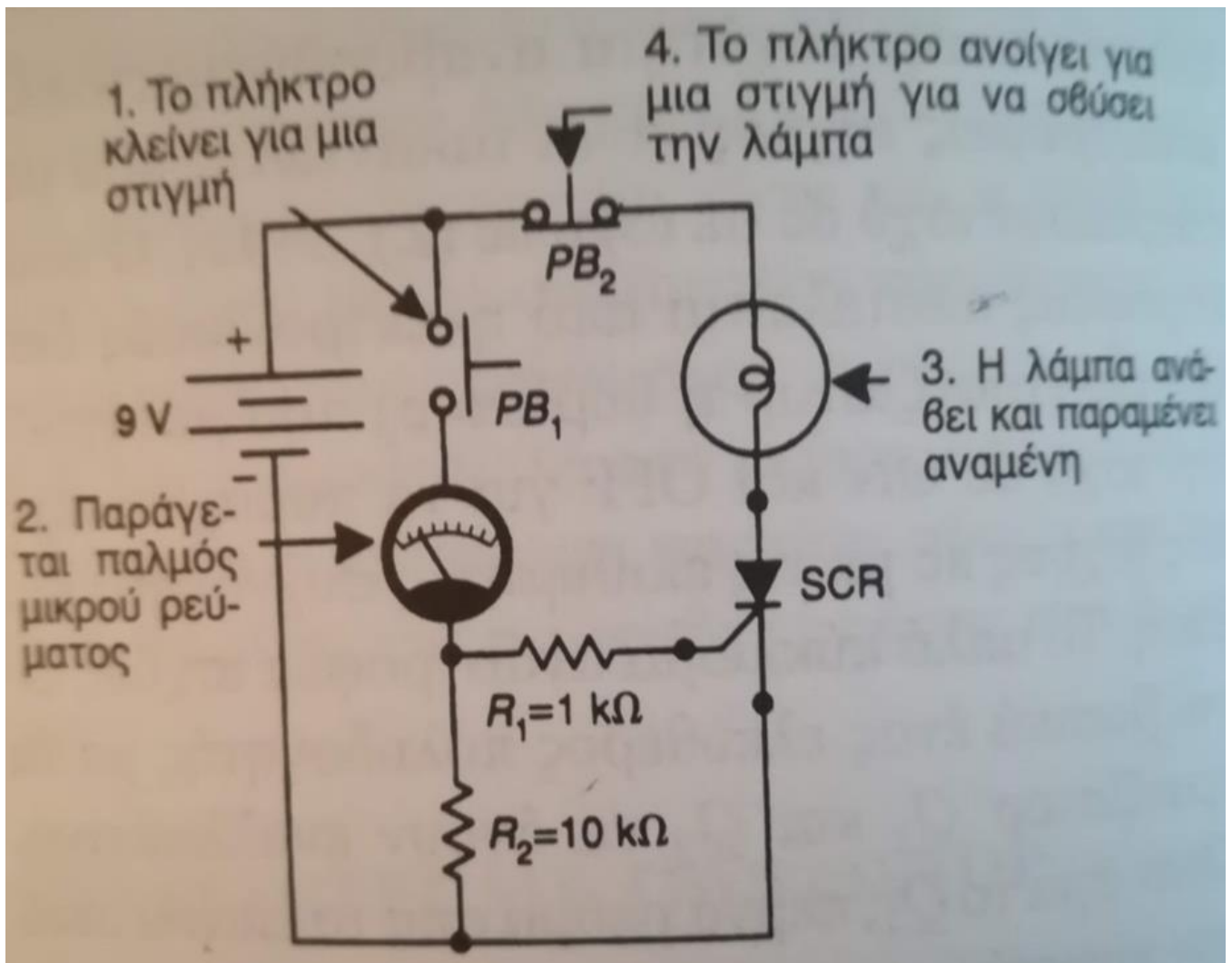


**Χαρακτηριστική λειτουργίας V-I του SCR**

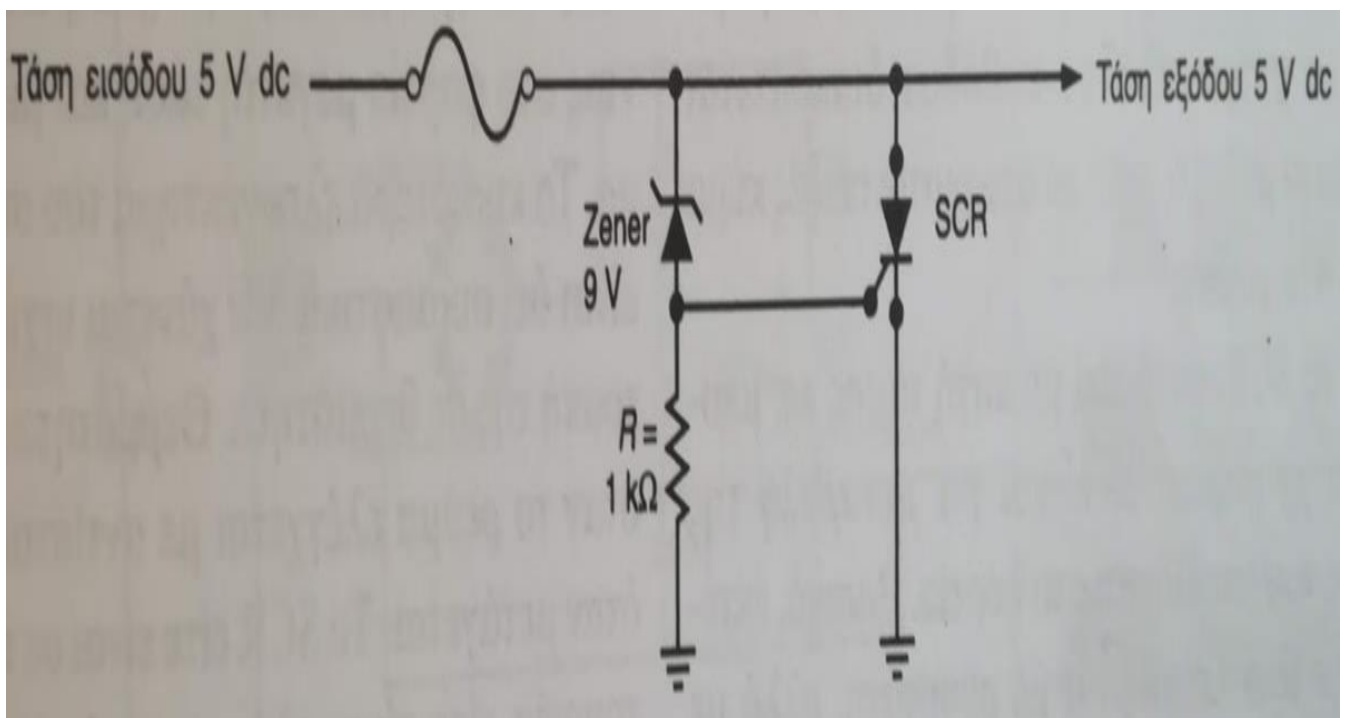


**Thyristor με διακοπή από την πύλη - GTO**

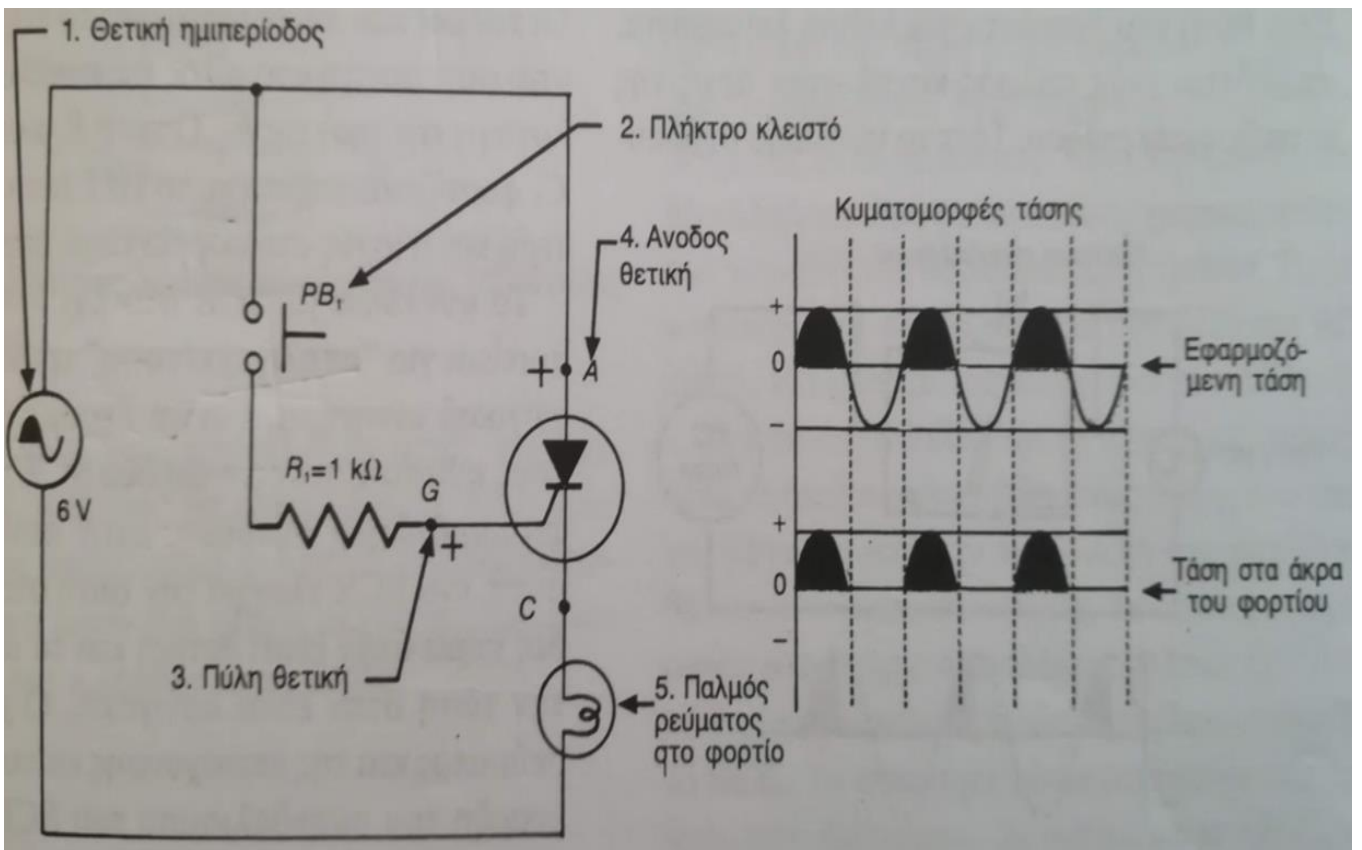




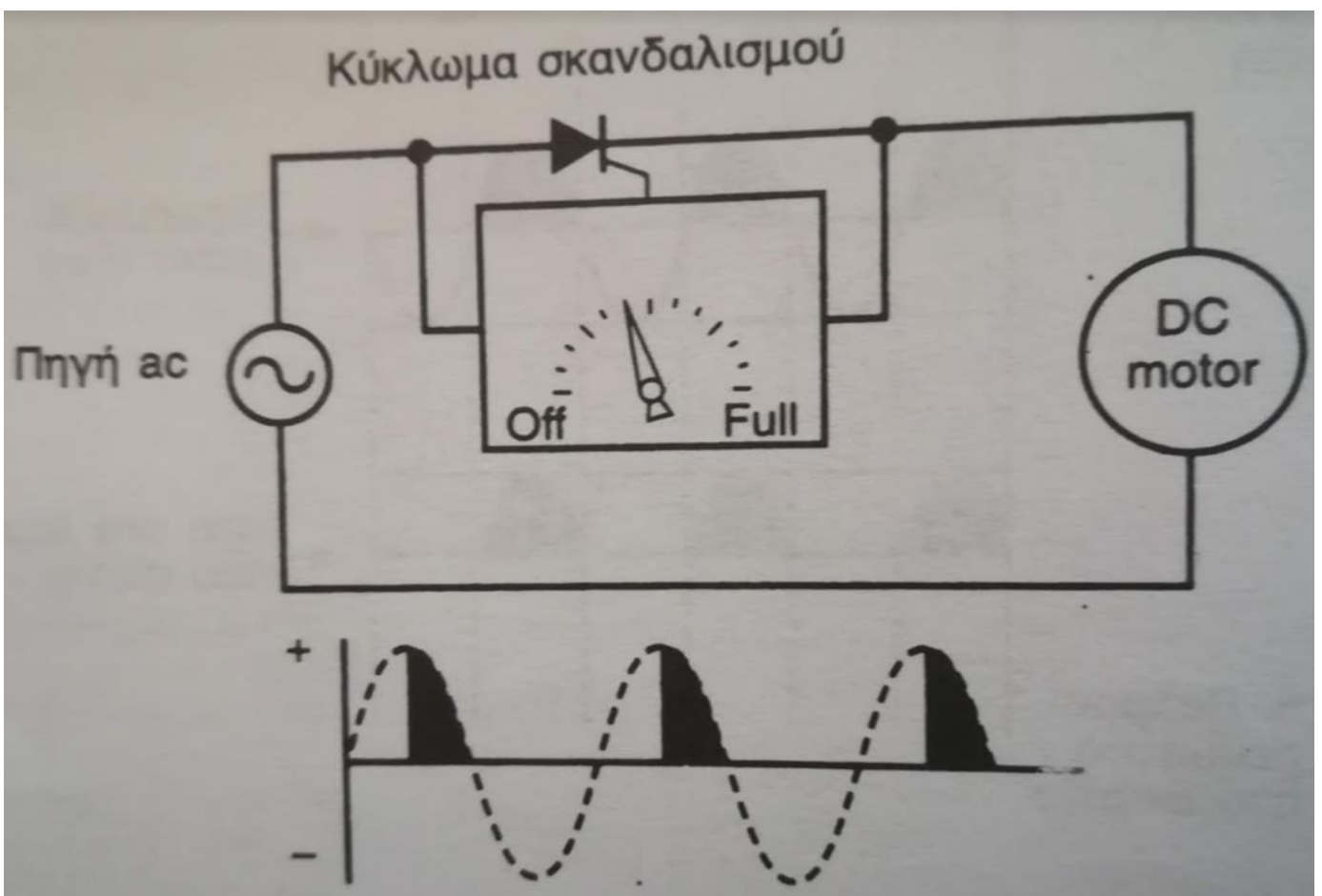
**Λειτουργία του SCR από πηγή DC**



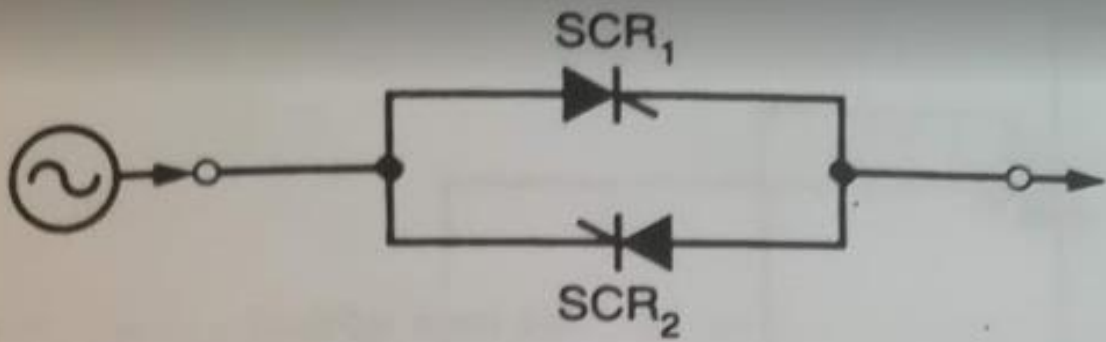
**Κύκλωμα προστασίας από υπερφόρτιση με SCR**



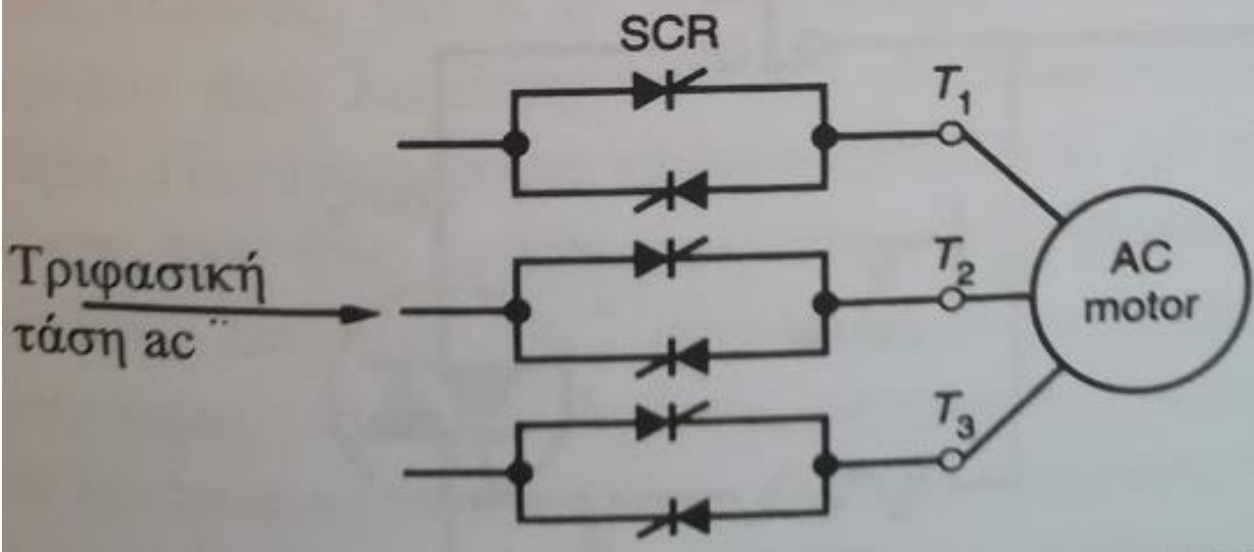
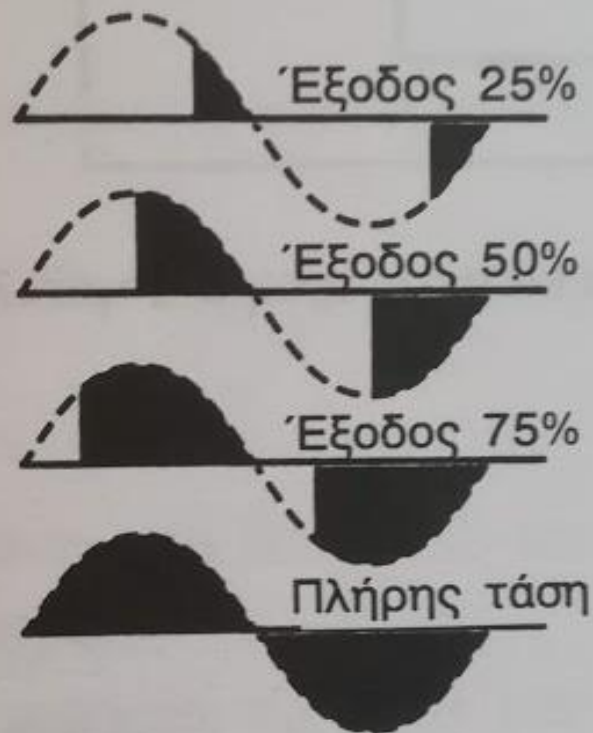
**Λειτουργία SCR από πηγή AC**



**Έλεγχος μεταβλητής εξόδου με SCR**

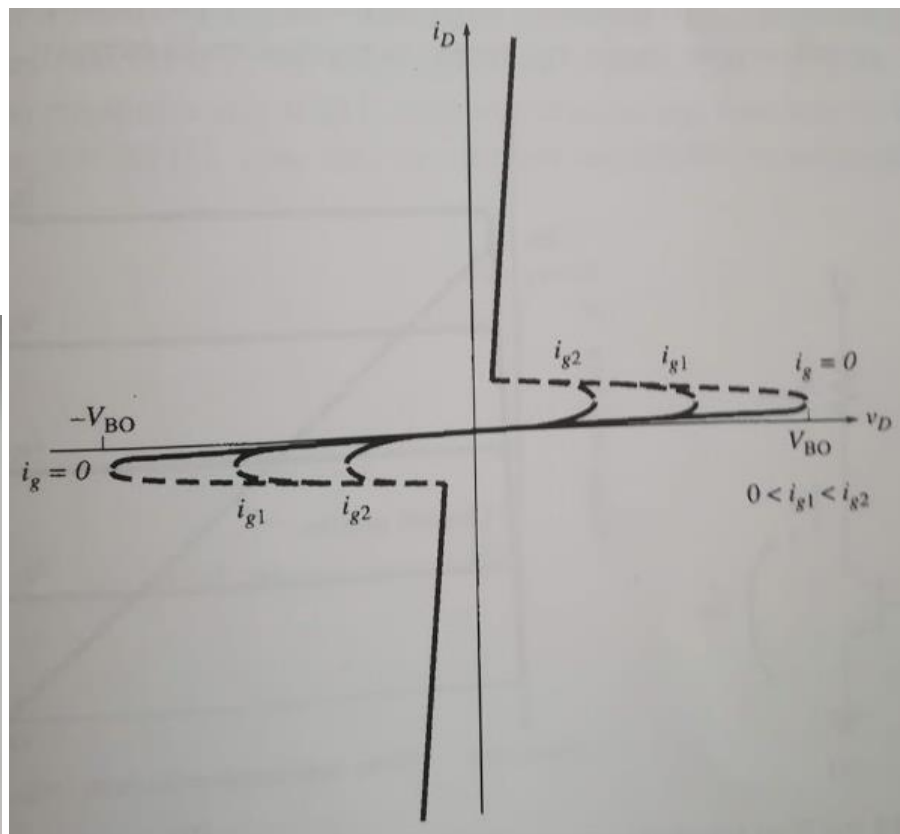
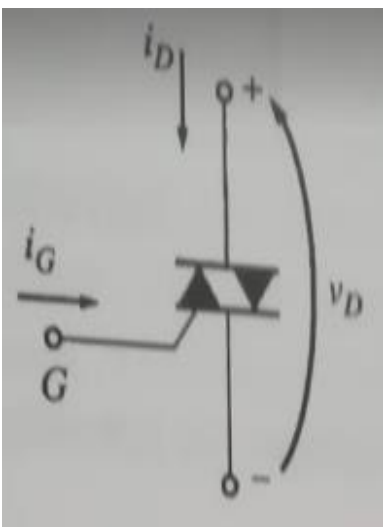
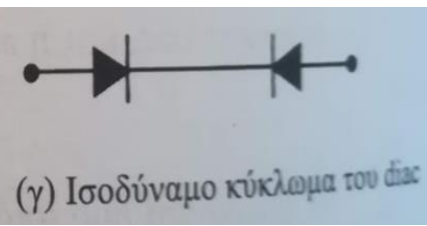
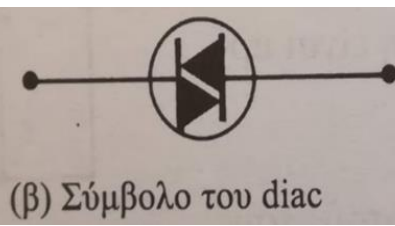
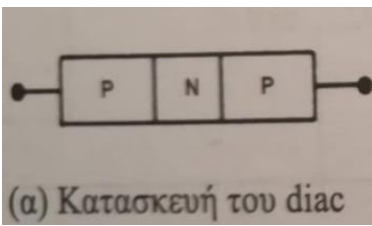
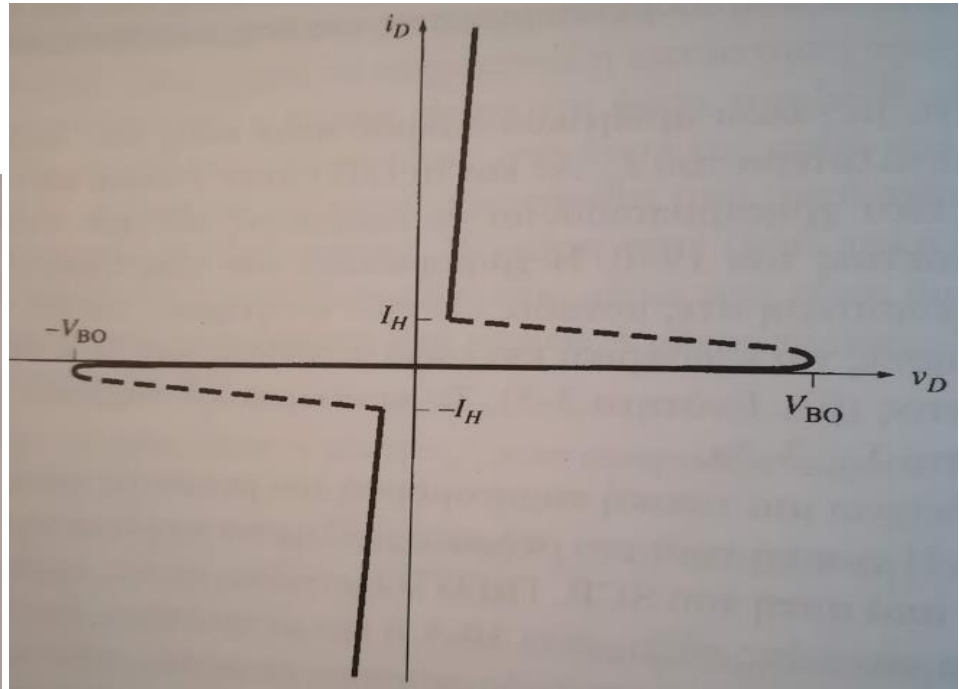
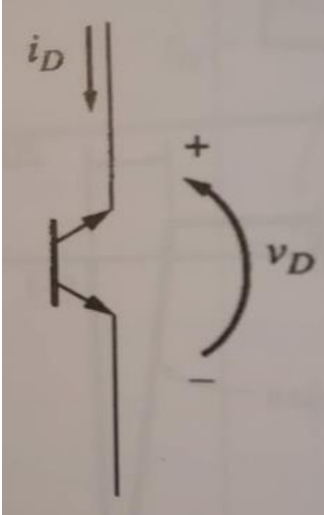


Ανάαστροφα παράλληλα SCR



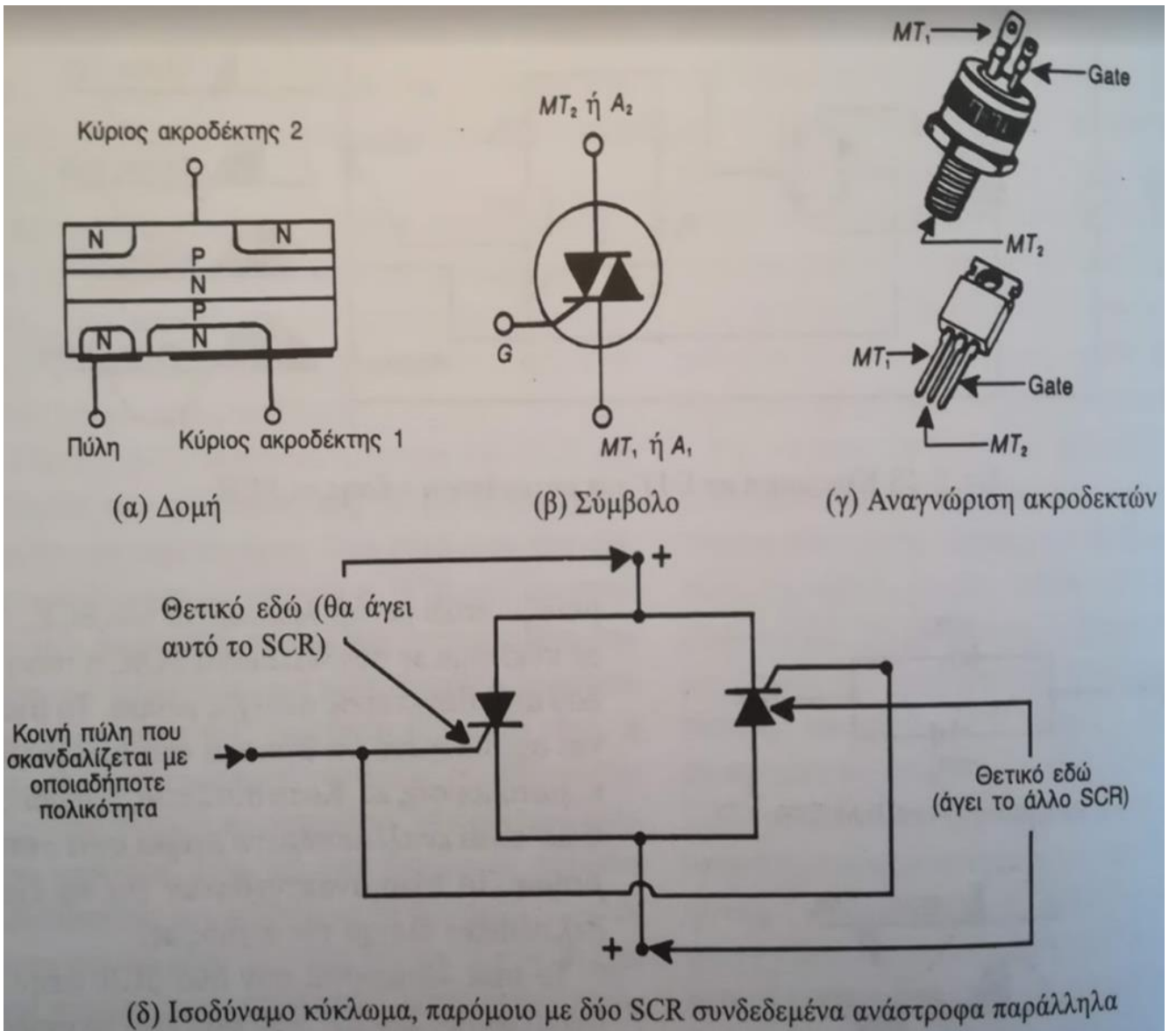
Έλεγχος ομαλής εκκίνησης με SCR σε κινητήρα AC

# DIAC

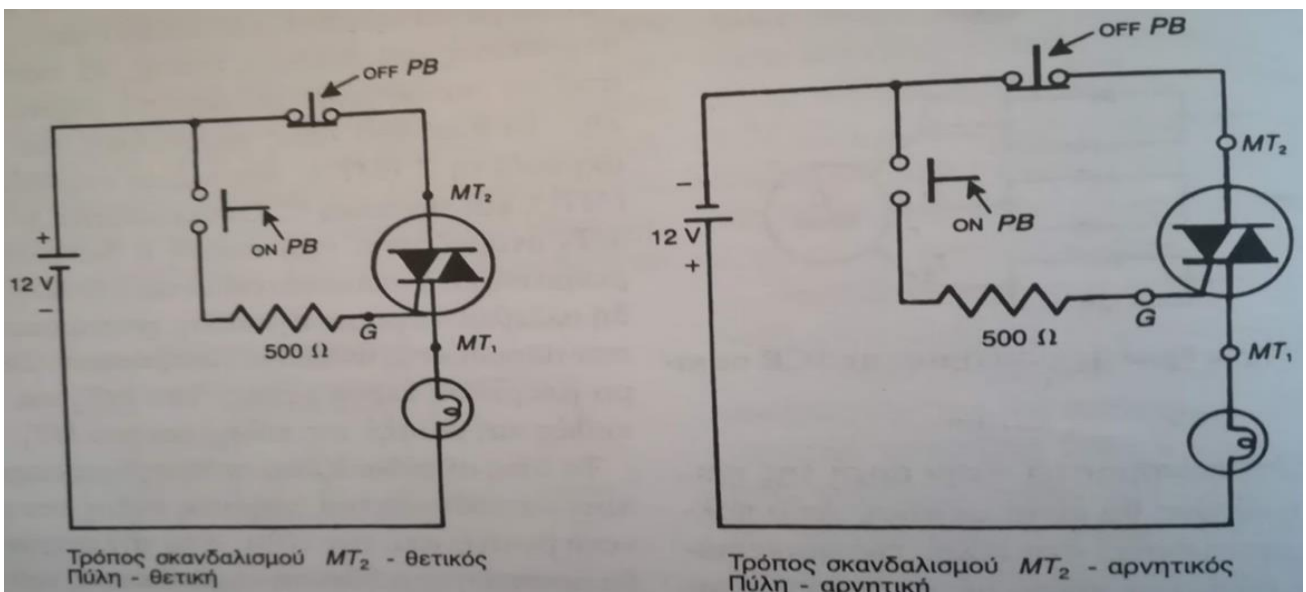


# TRIAC

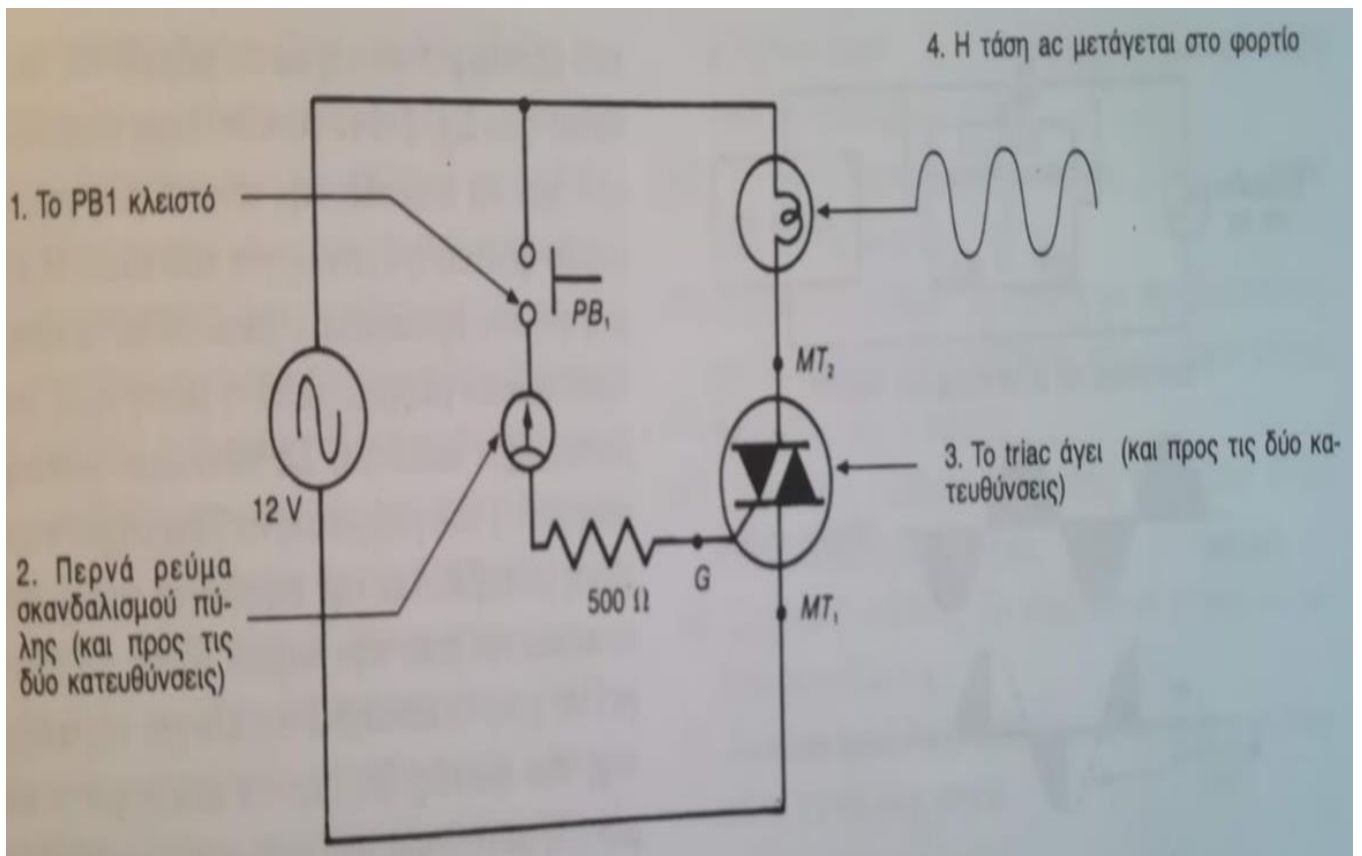




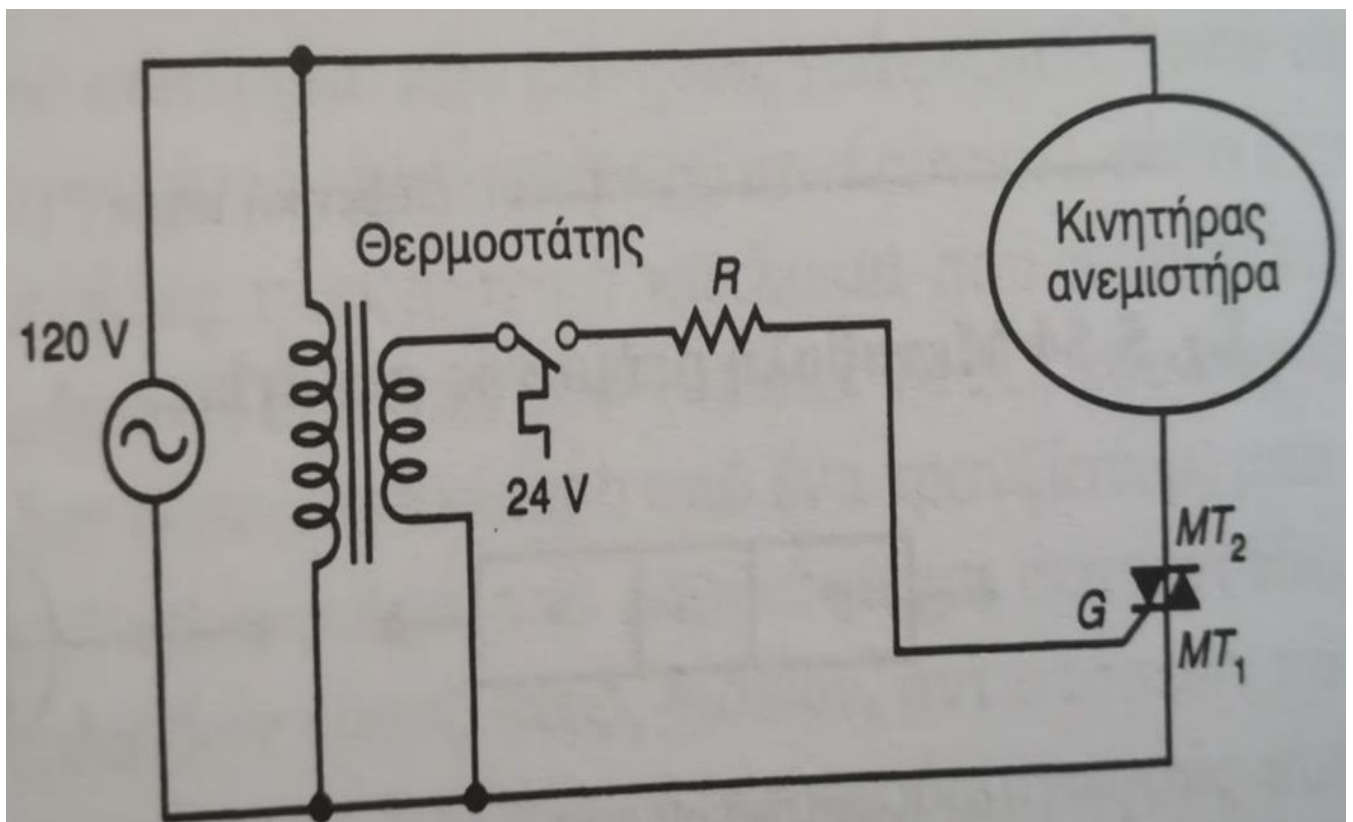
## TRIAC



## Τρόποι σκανδαλισμού σε TRIAC



**Κύκλωμα μεταγωγής AC με TRIAC**



**Κύκλωμα μεταγωγής κινητήρα με TRIAC**

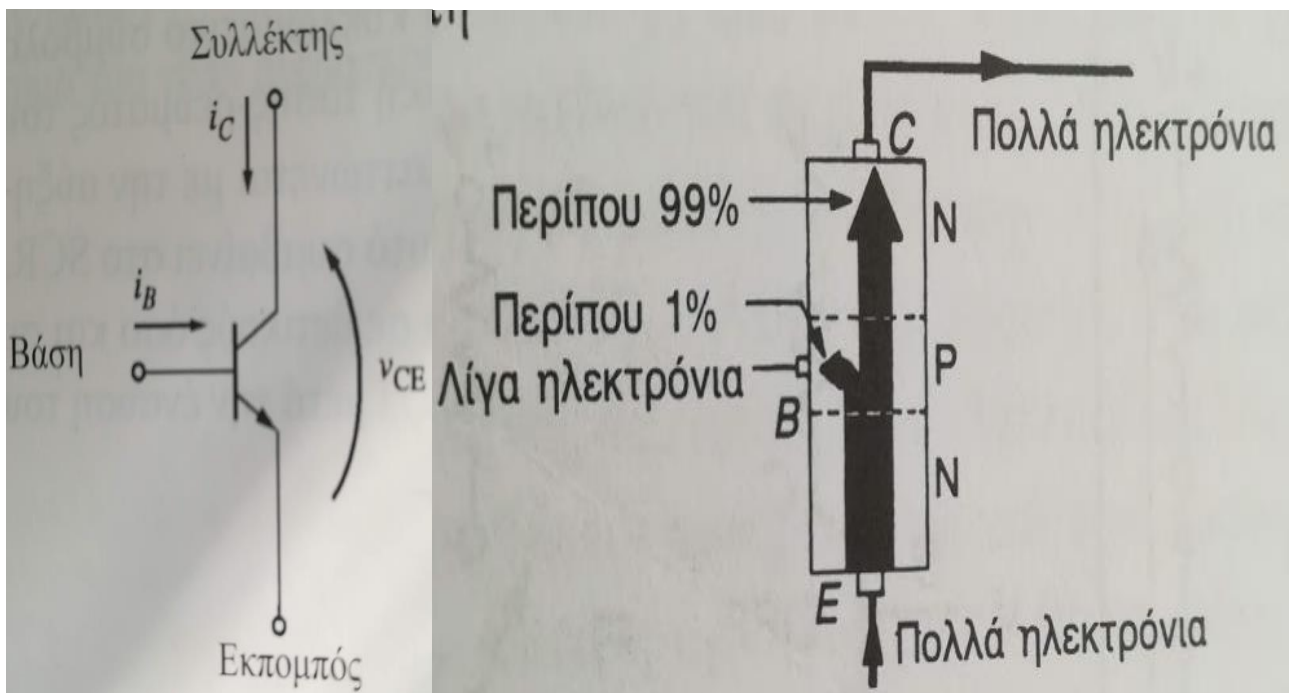


Συνηθισμένες κυματομορφές εξόδου

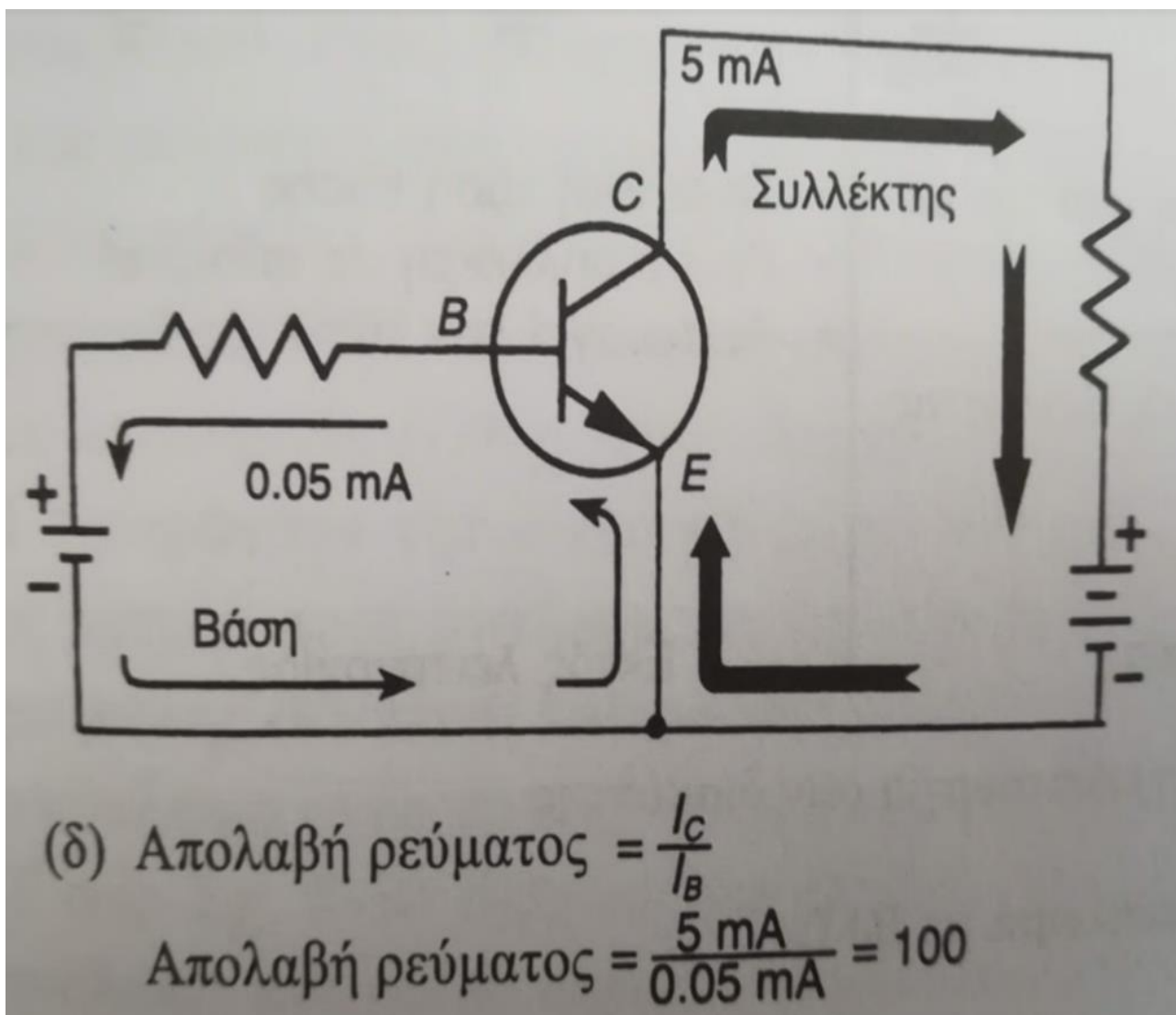


**Έλεγχος μεταβολής ισχύος με TRIAC**

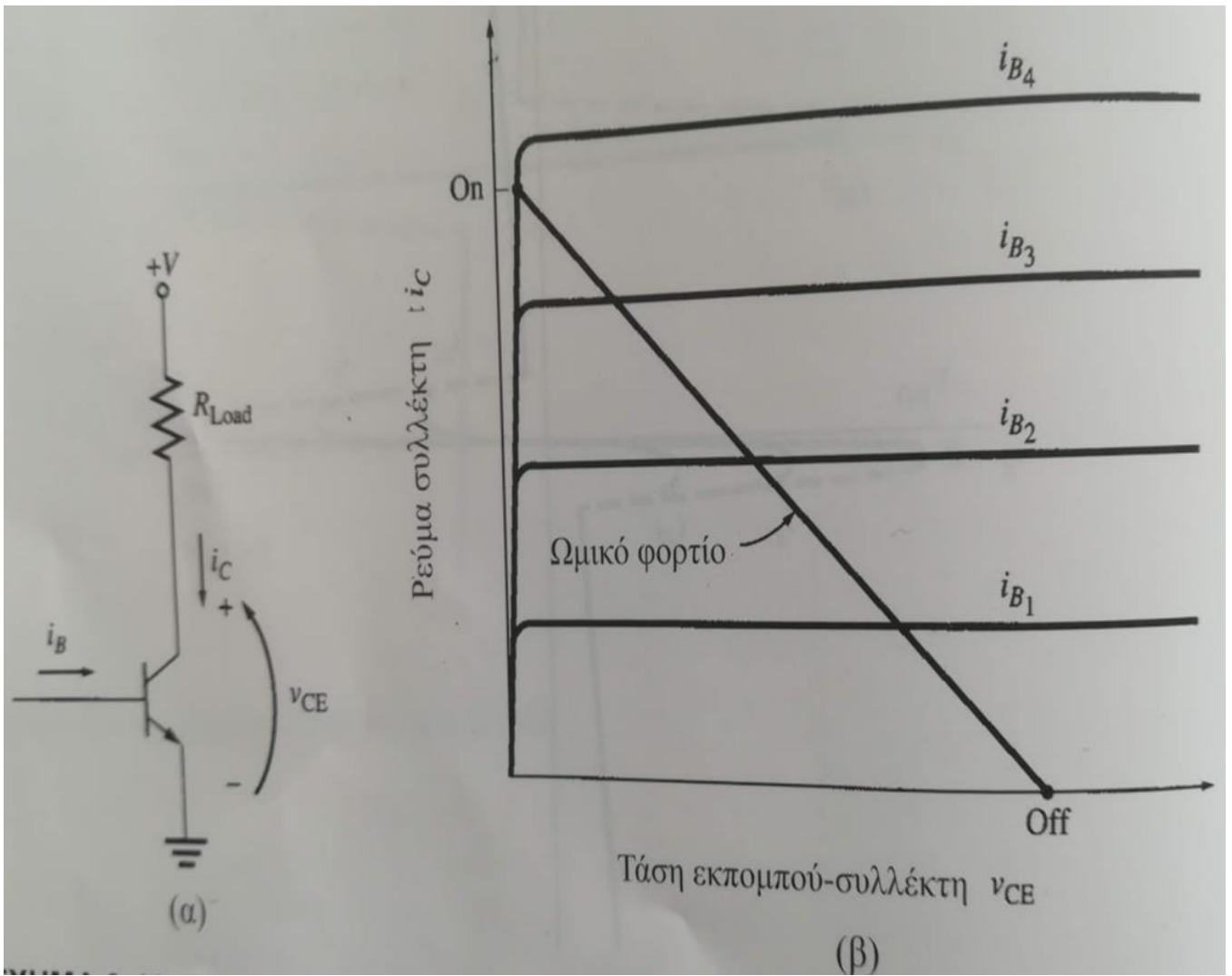
- **ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΙΣΧΥΟΣ** Είναι εξαρτήματα ημιαγωγών που έχουν τρεις ή περισσότερους ακροδέκτες και με τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί ενίσχυση ισχύος. Χρησιμοποιούνται σαν ενισχυτές ηλεκτρικών σημάτων, σαν μεταβλητές αντιστάσεις, ή σαν διακόπτες.
1. **Τρανζίστορ με διπολική επαφή (BJT).** Στο τρανζίστορ διπολικής επαφής ένα μικρό ρεύμα βάσης ελέγχει ένα μεγαλύτερο ρεύμα συλλέκτη.
  2. **Τρανζίστορ φαινομένου πεδίου (FET).** Στο τρανζίστορ φαινομένου πεδίου δεν υπάρχει ρεύμα εισόδου. Αντίθετα το ρεύμα εξόδου ελέγχεται από μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.
    - a. **Επαφής (JFET).** Είναι συσκευές που κανονικά είναι σε λειτουργία (τύπου εκκένωσης) όταν το κύκλωμα πύλης δεν είναι ενεργοποιημένο.
    - b. **Οξειδίου μετάλλου (MOSFET).** Η πύλη του δεν έχει ηλεκτρική επαφή με την πηγή και τον απαγωγό. Μπορεί να είναι κανονικά σε λειτουργία ή κανονικά εκτός λειτουργίας (τύπου ενίσχυσης).
  3. **Τρανζίστορ μιας επαφής (UJT).** Τα τρανζίστορ μιας επαφής δεν ενισχύουν. Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σαν διακόπτες που σκανδαλίζουν την αγωγή σε κυκλώματα.
  4. **Τρανζίστορ DARLINGTON.** Είναι δύο διπολικά τρανζίστορ συνδεδεμένα έτσι ώστε ένα μικρότερο τρανζίστορ να παρέχει το ρεύμα βάσης σε ένα μεγαλύτερο τρανζίστορ.
  5. **Διπολικά Τρανζίστορ μονωμένης πύλης (IGBT).** Το διπολικό τρανζίστορ μονωμένης πύλης είναι ένα MOSFET και ένα BJT συνδεδεμένα έτσι ώστε το MOSFET να οδηγεί το BJT. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος και υψηλής συχνότητας.
  6. **Φωτοτρανζίστορ.** Είναι βασικά ένα διπολικό τρανζίστορ με φωτοευαίσθητη επαφή συλλέκτη – βάσης και χρησιμοποιείται για εξαιρετικά ευαίσθητη φωτοανίχνευση.



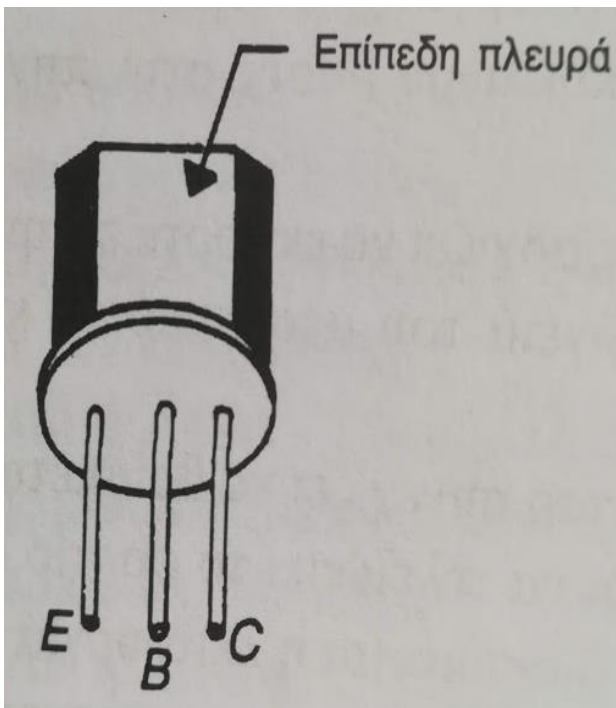
**Τρανζίστορ με διπολική επαφή BJT**



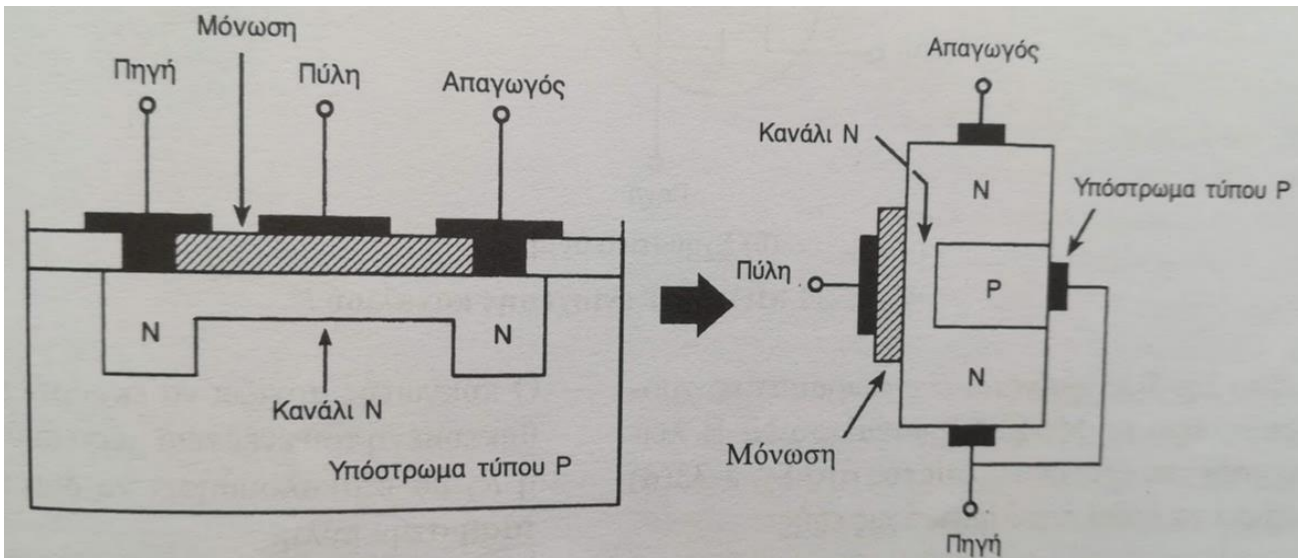




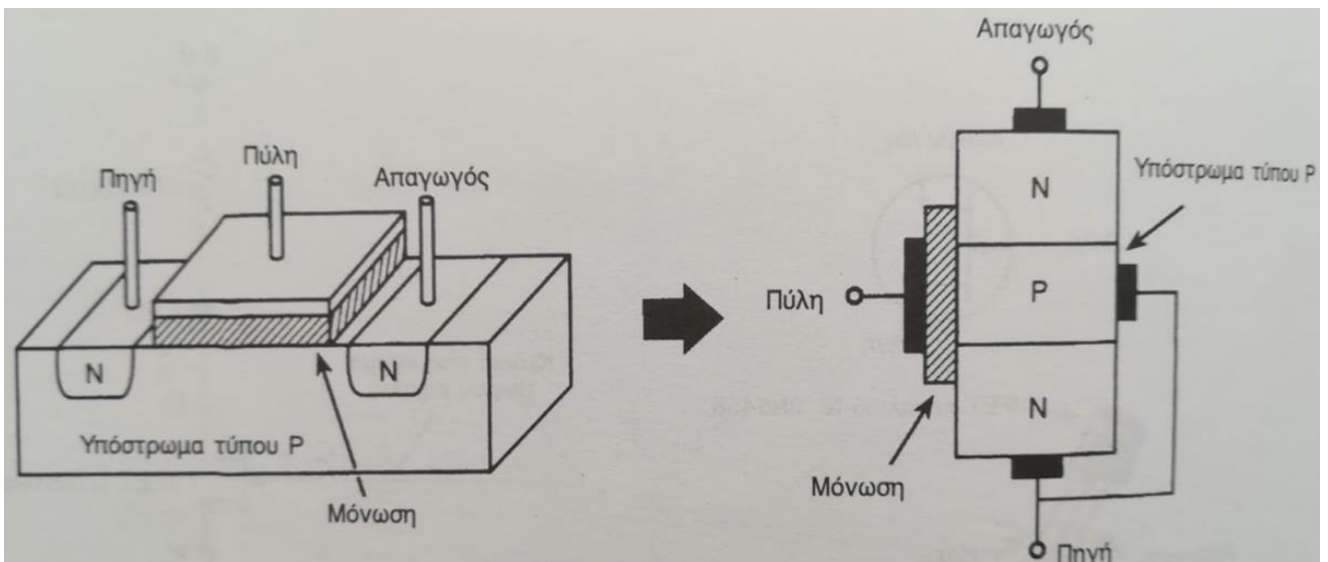
**Τρανζίστορ με ωμικό φορτίο και V-I χαρακτηριστικές του**



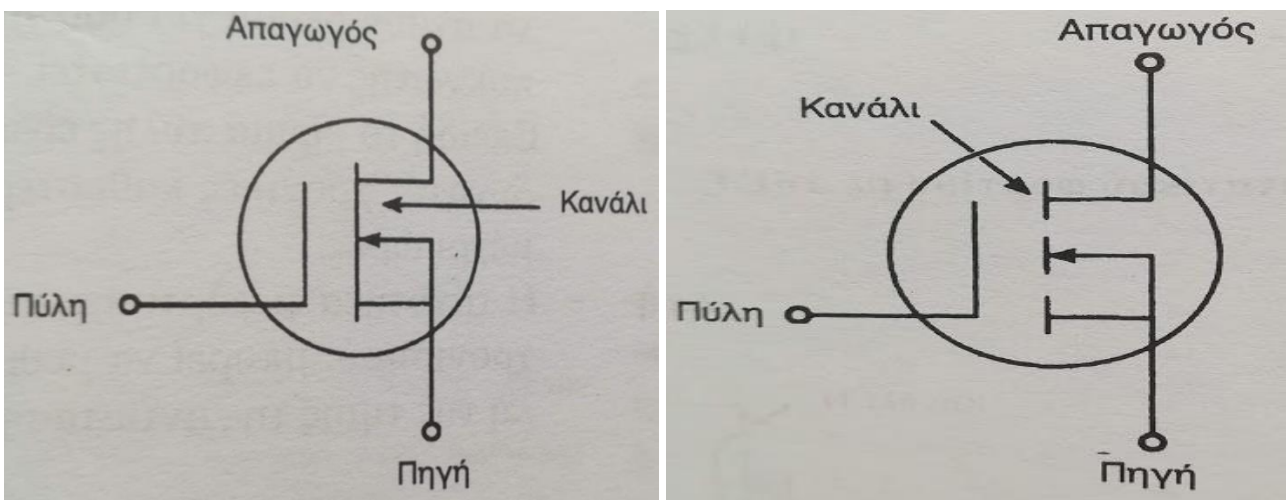




### MOSFET εκκένωσης καναλιού N



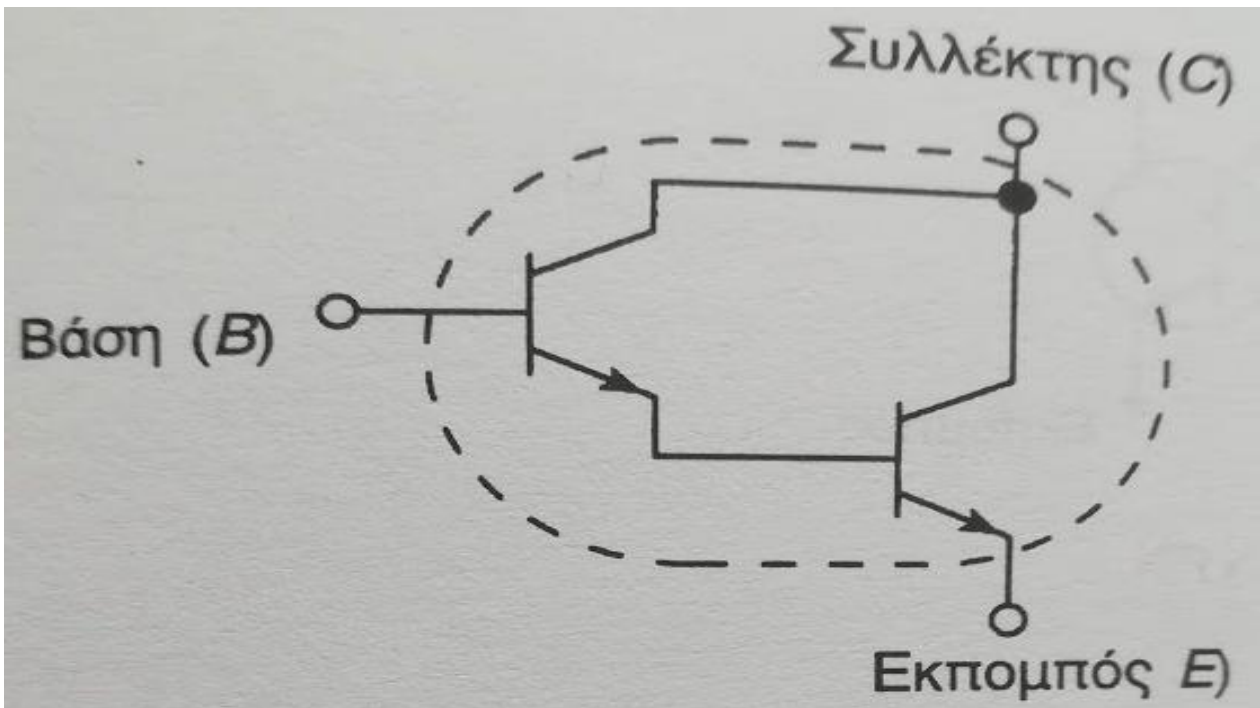
### MOSFET ενίσχυσης καναλιού N



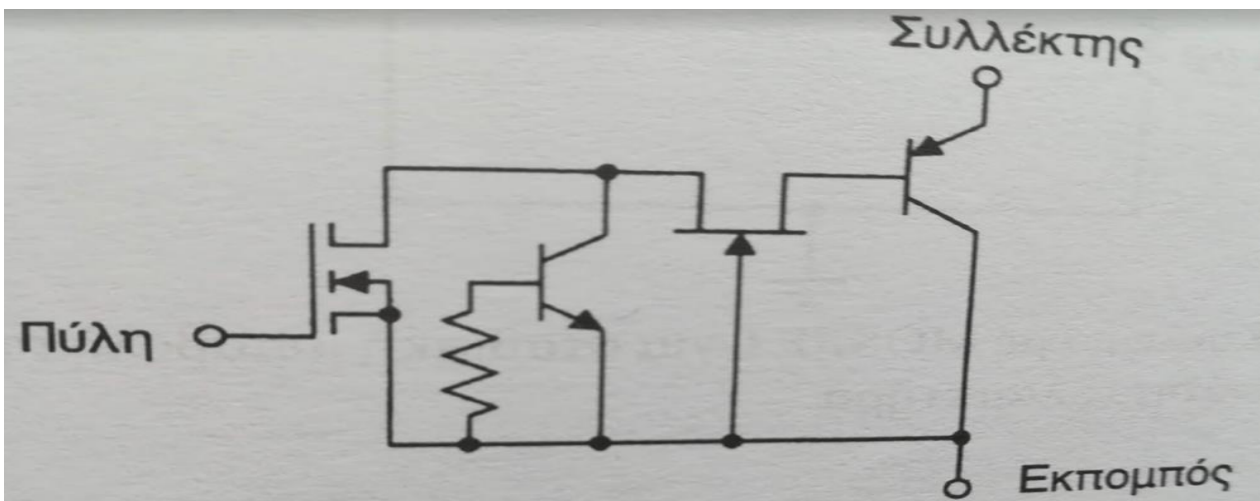
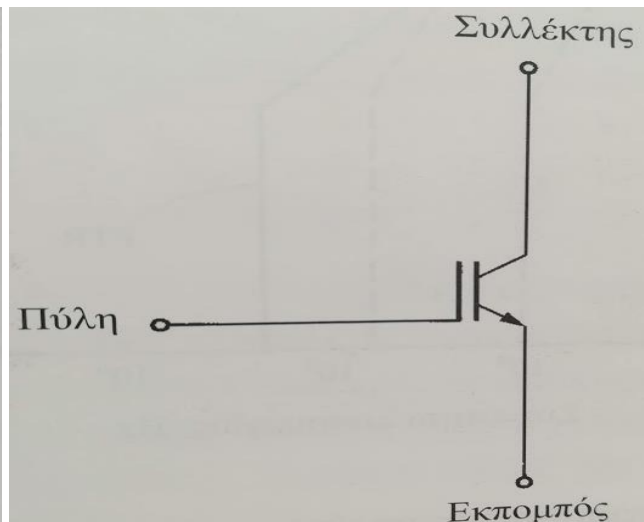
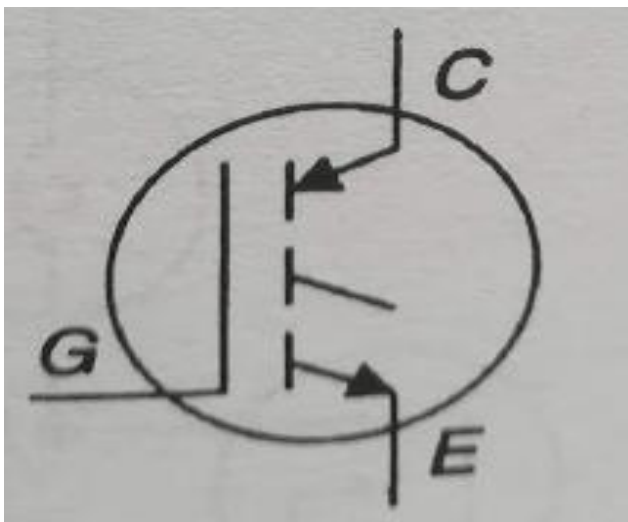
### MOSFET εκκένωσης καναλιού N και ενίσχυσης καναλιού N





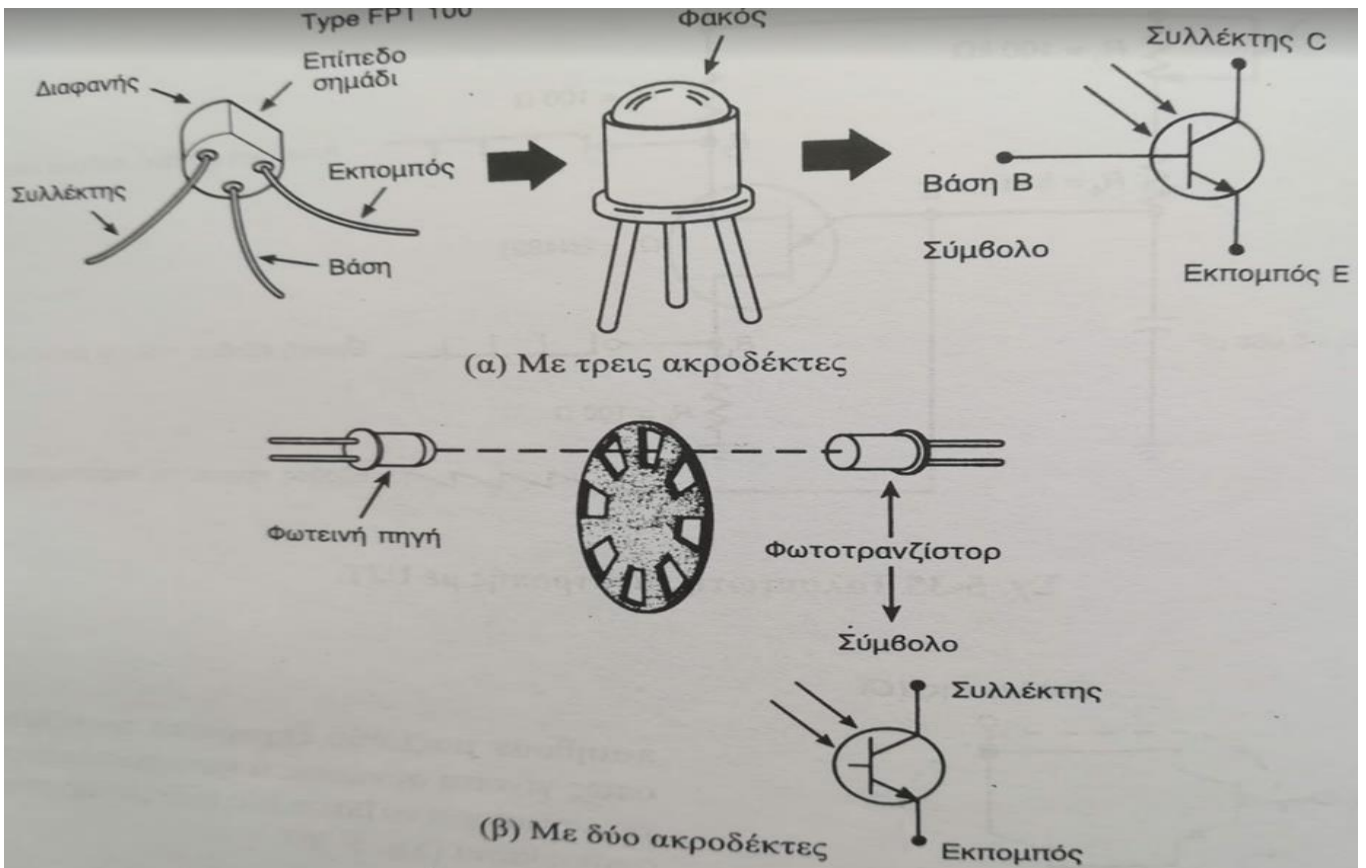


Συνδεσμολογία τρανζίστορ DARLINGTON

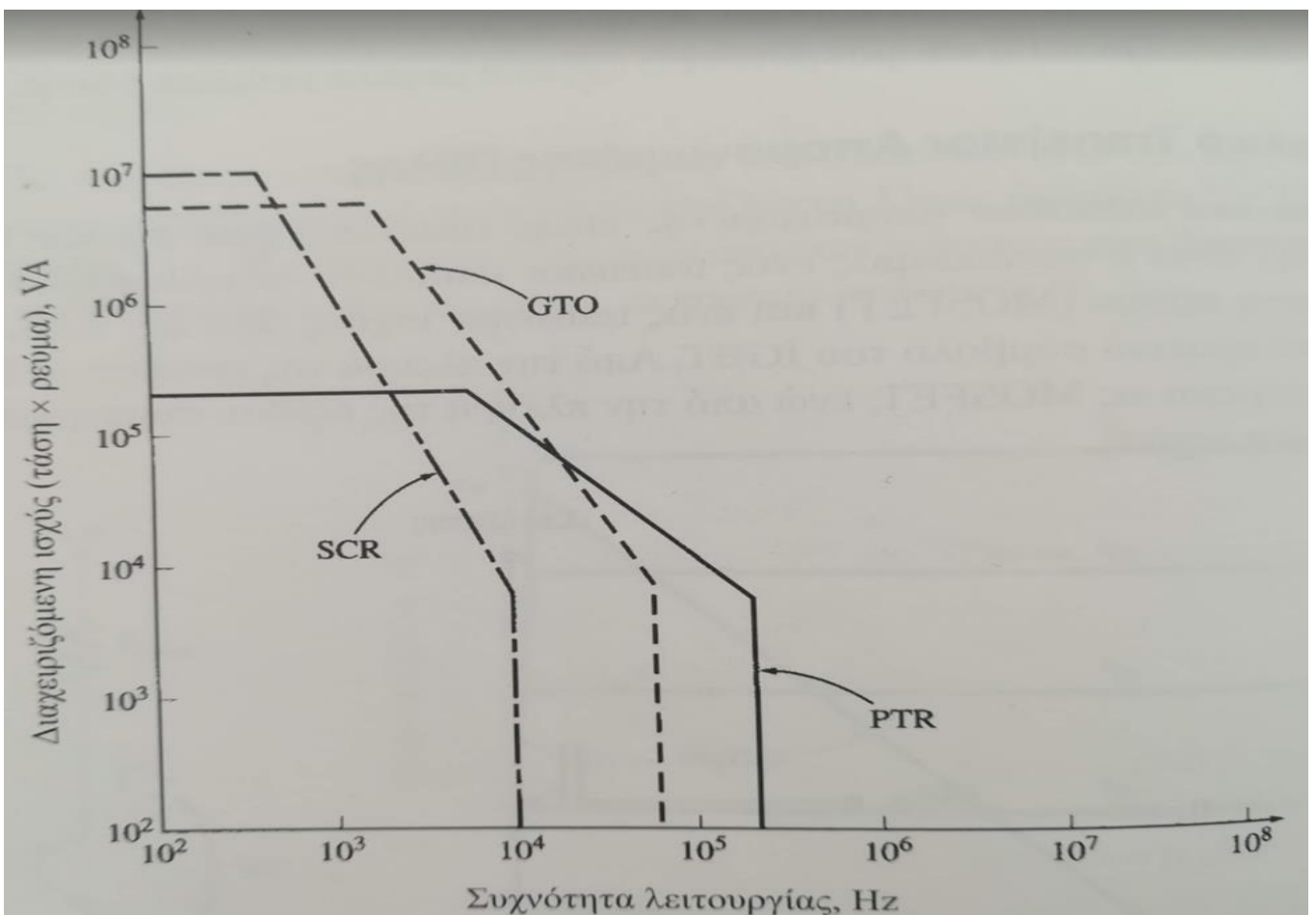


Διπολικό τρανζίστορ μονωμένης πύλης IGBT





## Φωτοτρανζίστορ NPN



## Συγκριτικό Διάγραμμα

- **ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ( IC )** Είναι πλήρη ηλεκτρονικά κυκλώματα που περιέχονται μέσα σε ένα τσιπ από πυρίτιο.

a) **Ψηφιακό IC.** Περιέχει μεταγωγικά κυκλώματα ON/OFF.

b) **Αναλογικό (γραμμικό) IC.** Περιέχει ενισχυτικά κυκλώματα.

1. **Τελεστικοί ενισχυτές.** Είναι ενισχυτές μεγάλης απολαβής που ενισχύουν ασθενή σήματα ac ή dc.

a. **Ενισχυτές αναστροφής.**

b. **Ενισχυτές μη αναστροφής.**

c. **Ακόλουθος τάσης.**

d. **Μετατροπέας ρεύματος σε τάση.**

e. **Ενισχυτής άθροισης.**

f. **Ενισχυτής διαφοράς.**

g. **Κύκλωμα σύγκρισης.**

h. **Κύκλωμα ολοκλήρωσης.**

i. **Ενεργό φίλτρο.**

j. **Ταλαντωτής.**

k. **Κύκλωμα σκανδαλισμού Schmitt.**

2. **Ολοκληρωμένο χρονοκύκλωμα 555.** Είναι ψηφιακό IC που συνήθως χρησιμοποιείται σε κυκλώματα που χρειάζονται λειτουργία χρονικής καθυστέρησης. Χρησιμοποιείται επίσης και σαν ταλαντωτής.

3. **Λογικές πύλες.** Παίρνουν αποφάσεις δίνοντας μια έξοδο που είναι σε κατάσταση High ή Low , ανάλογα με τις συνθήκες εισόδου της. Τα είδη των πυλών περιλαμβάνουν τις AND, OR, NOT, XOR, NOR, και NAND.

4. **Λογικά κυκλώματα.**

a. **Συνδυαστικά:** Δεν έχουν μνήμη.

**Κύκλωμα σύγκρισης (συγκριτής).**

**Κύκλωμα πρόσθεσης (αθροιστής).**

**Αποκωδικοποιητής.**

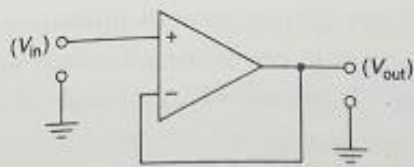
b. **Ακολουθιακά:** Έχουν μνήμη.

**Καταχωρητής.**

**Μετρητής.**

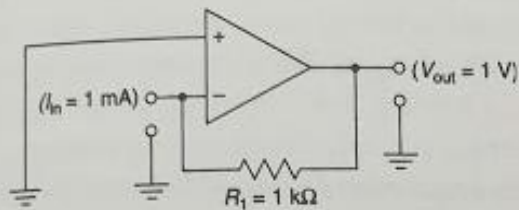
**Μετατροπείς.**

**Πολυπλέκτης και Αποπολυπλέκτης.**



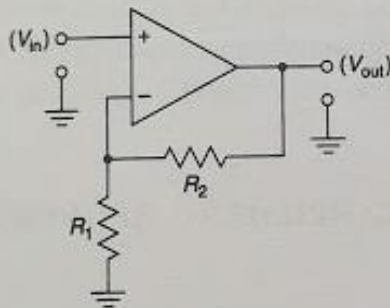
Απολαβή = 1  
Τάση εξόδου = τάση εισόδου

Σχ. 5-59 Ακόλουθος τάσης.



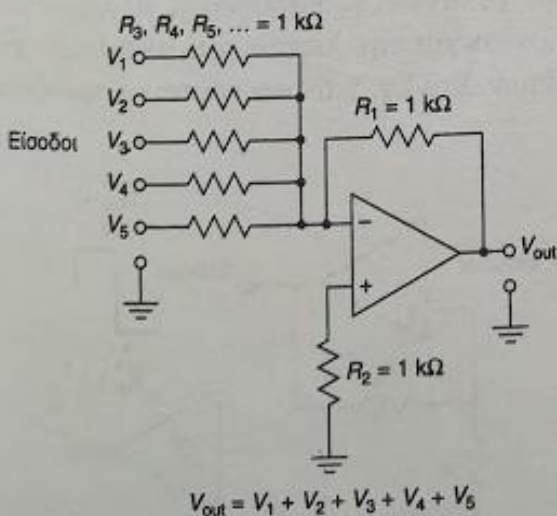
Απολαβή =  $\frac{V_{out}}{I_{in}} = -R_1$

Σχ. 5-60 Μετατροπέας ρεύματος σε τάση.



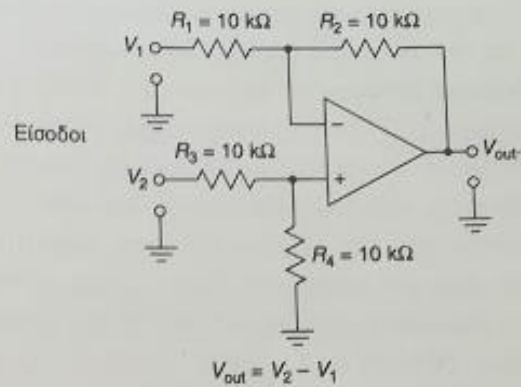
Απολαβή =  $\frac{R_2}{R_1} + 1$

Σχ. 5-61 Ενισχυτής μη αναστροφής.



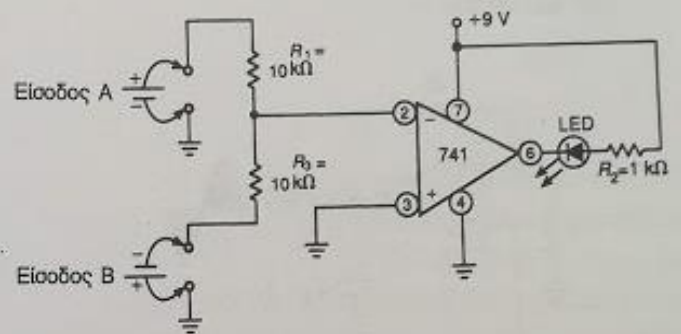
$V_{out} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$

Σχ. 5-62 Αθροιστής.

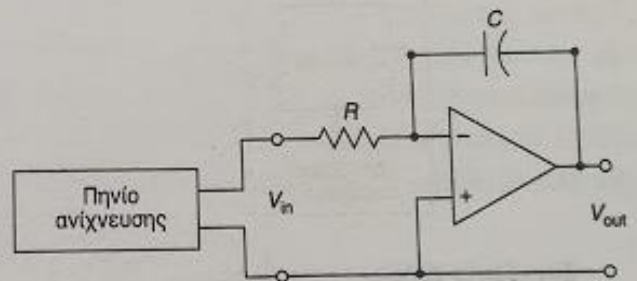


$V_{out} = V_2 - V_1$

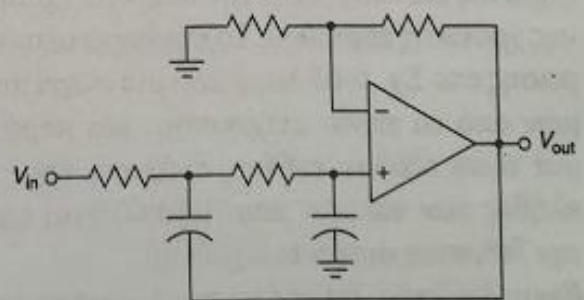
Σχ. 5-63 Ενισχυτής διαφοράς.



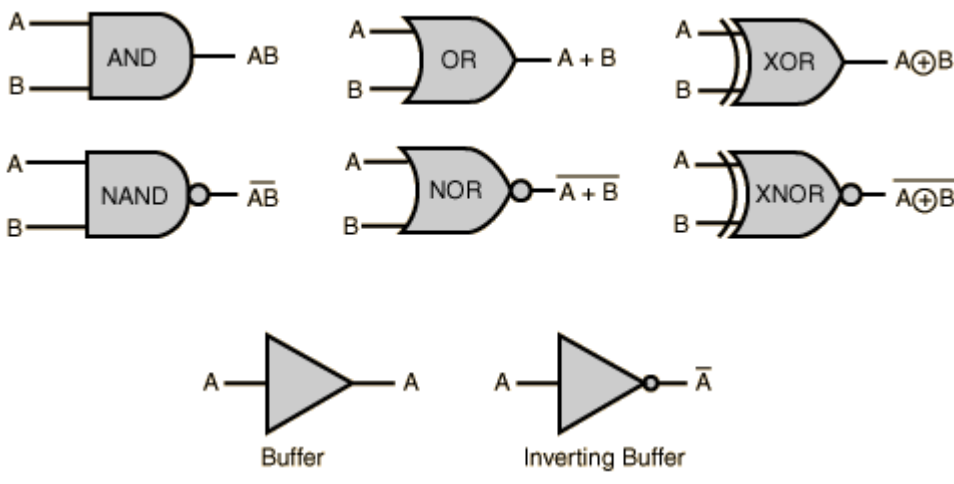
Σχ. 5-64 Συγκριτής.



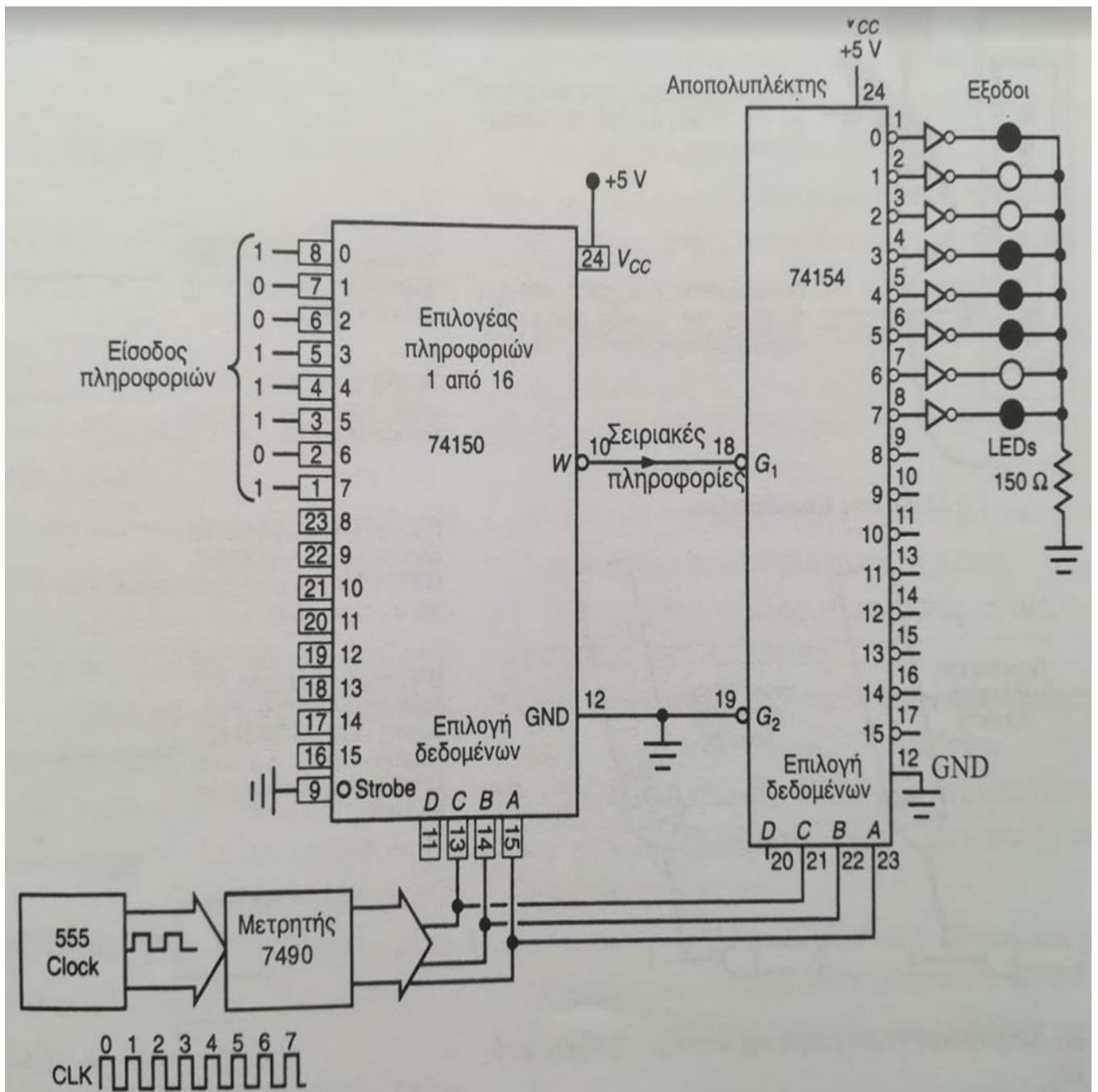
Σχ. 5-65 Ολοκλήρωση.



Σχ. 5-66 Ενεργό φίλτρο.



## Λογικές Πύλες



**Σειριακό σύστημα μετάδοσης πολυπλέκτη και αποπολυπλέκτη**