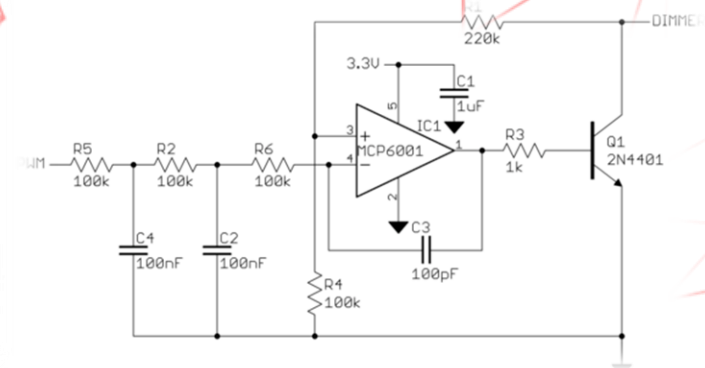
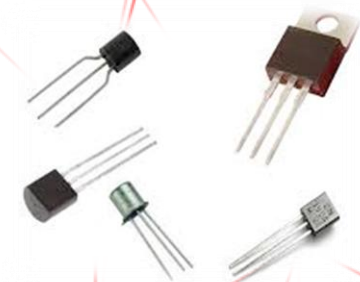
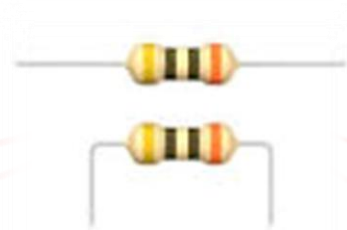
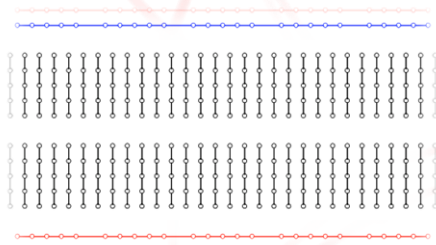


Ηλεκτρονική

➔ Νικόλαος Γιαννακέας



Περιεχόμενα του μαθήματος

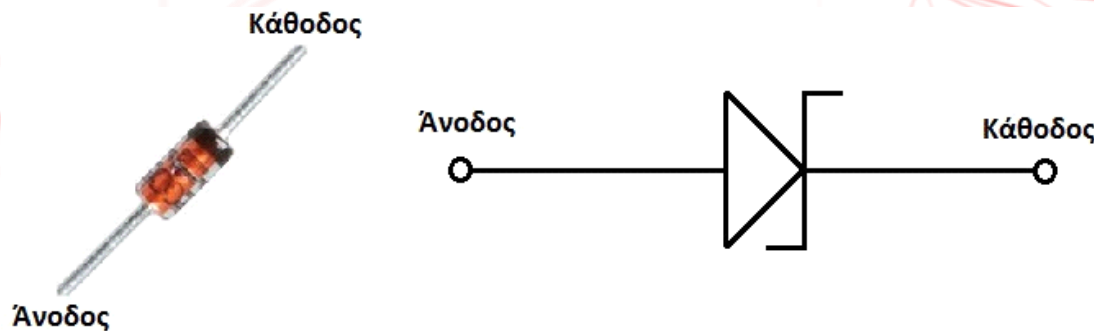
- Δίοδος Ζένερ
 - Χαρακτηριστικά μεγέθη
 - Πρακτικά ζητήματα
- Οπτοηλεκτρονικές διατάξεις
- LED
 - Πλεονεκτήματα Μειωνεκτήματα
 - Εφαρμογές

Ειδικοί Τύποι Διόδων

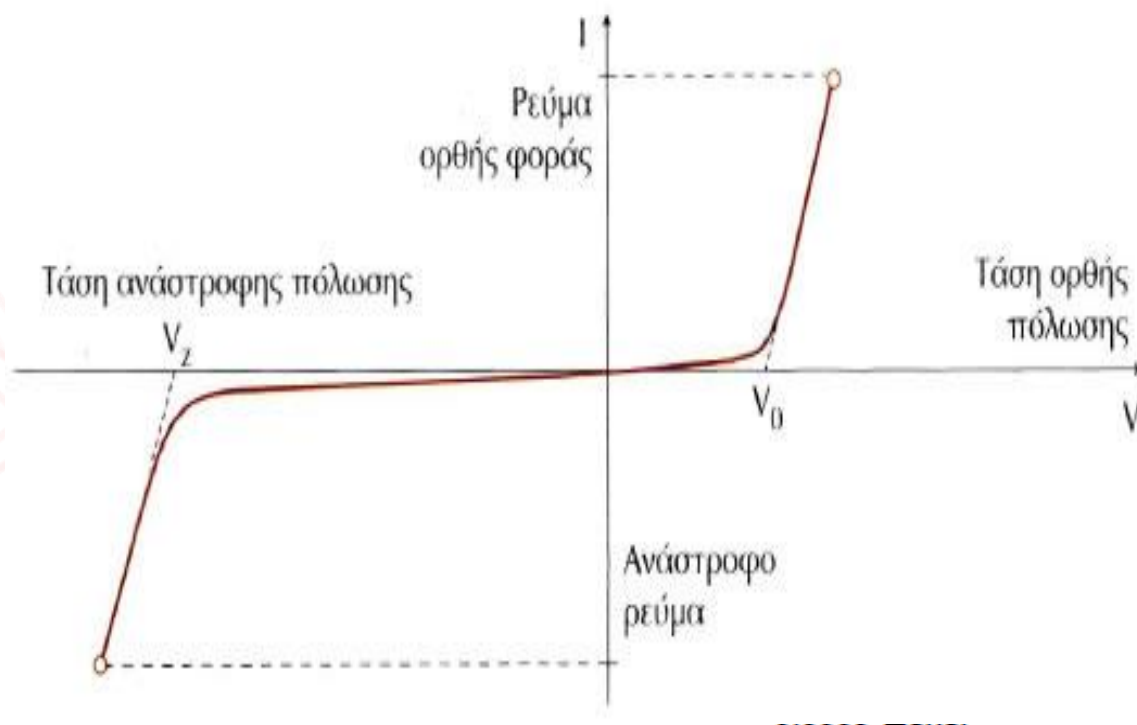
- Με **κατάλληλες διαφοροποιήσεις** στην κατασκευή τους η συμπεριφορά των διόδων μπορεί να τροποποιηθεί, οδηγώντας σε **ειδικούς τύπους** οι οποίοι μπορούν να εξυπηρετήσουν εφαρμογές πέραν των συνήθων εφαρμογών των κοινών διόδων επαφής p-n
- Στη συνέχεια θα εξετάσουμε με συντομία τους συνηθέστερους τύπους ειδικών διόδων

Δίοδος Zener

- Είναι μια δίοδος που **μπορεί να λειτουργεί στην περιοχή κατάρρευσης**, δηλαδή στην περιοχή τάσης στην οποία οι λοιπές διόδους κινδυνεύουν να καταστραφούν.
- Μεταβάλλοντας τη **στάθμη προσμίξεων** των διόδων πυριτίου, στην πράξη μπορούμε να έχουμε τέτοιες διόδους με τάσεις κατάρρευσης από 2 έως 200 βολτ



Δίοδος Zener



➤ Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου zener

Δίοδος Zener

- **Ορθή πόλωση:** σαν απλή δίοδος
- **Ανάστροφη πόλωση:** ρεύμα σταθερό & μικρό στην αρχή, απότομα μεγάλο μετά τάση Zener V_Z .
- Τάση στα άκρα διόδου παραμένει **σταθερή**= V_Z ανάμεσα σε I_{zmin} & I_{zmax}
- **Δίοδοι Zener:** όταν πολωθούν ανάστροφα, κρατούν την τάση στα άκρα τους σταθερή, ανεξάρτητα των μεταβολών του ρεύματος που τις διαρρέει

Δίοδος Zener

➤ Χαρακτηριστικά μεγέθη διόδου zener

- Δίνονται από τους κατασκευαστές
- Υπάρχουν στα φύλλα δεδομένων (data sheets)

➤ Τάση zener V_Z

- Τάση που σταθεροποιεί η zener

➤ Ρεύμα λειτουργίας zener I_{ZT}

- Η τιμή του ρεύματος που αντιστοιχεί στην τάση V_Z

➤ Μέγιστο ρεύμα zener I_{Zmax}

- Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να περάσει από τη zener χωρίς αυτή να καταστραφεί

Δίοδος Zener

- **Η μέγιστη ισχύς zener P_D**
 - Η ονομαστική ισχύ την οποία καταναλώνει η δίοδος
 - Ισχύει: $P_D = I_{Zmax} \times V_Z$
 - Στο εμπόριο υπάρχουν δίοδοι z
- **Το ελάχιστο ρεύμα zener I_{Zmin}**
 - Το ελάχιστο ρεύμα για τη λειτουργία της διόδου
- **Το ανάστροφο ρεύμα zener I_R**
 - Το ρεύμα που αντιστοιχεί σε τάσεις V_R μικρότερες της V_Z
- **Η δυναμική αντίσταση Z_{ZT}** $Z_{ZT} = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$

Formosa MS

BZX55C Series

Zener diode

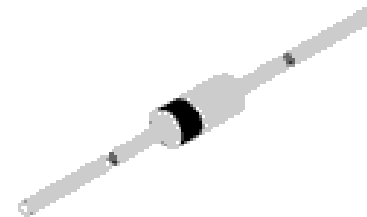
Features

High reliability

Applications

Voltage stabilization

Construction



Absolute Maximum Ratings

T_J=25°C

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power dissipation	I=4mA, T _J ≤25°C		P _Z		0.25		W
Current			I _Z		1.0		mA
Junction temperature			T _J		175		°C
Storage temperature range			T _{stg}	-55	+175		°C

Maximum Thermal Resistance

T_J=25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Junction ambient	I=4mA, T _J =constant	R _{θJA}	300	K/W

Electrical Characteristics

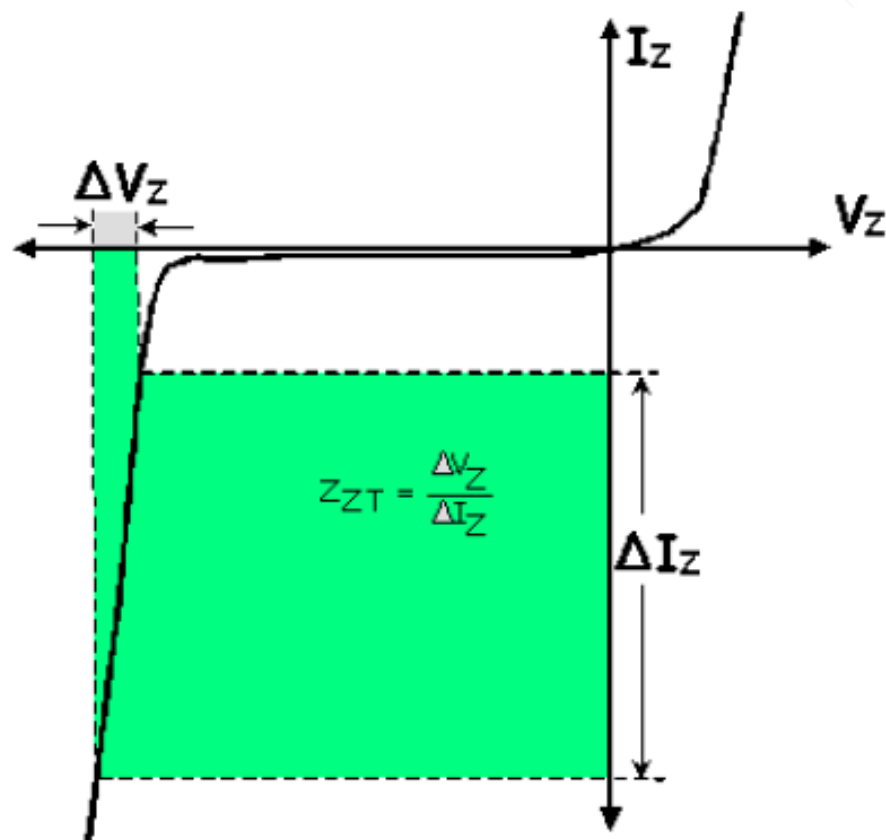
T_J=25°C

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Capacitance	f=100kHz		C _J		1.5		pF

Formosa MS

alldatasheet.com

Δίοδος Zener

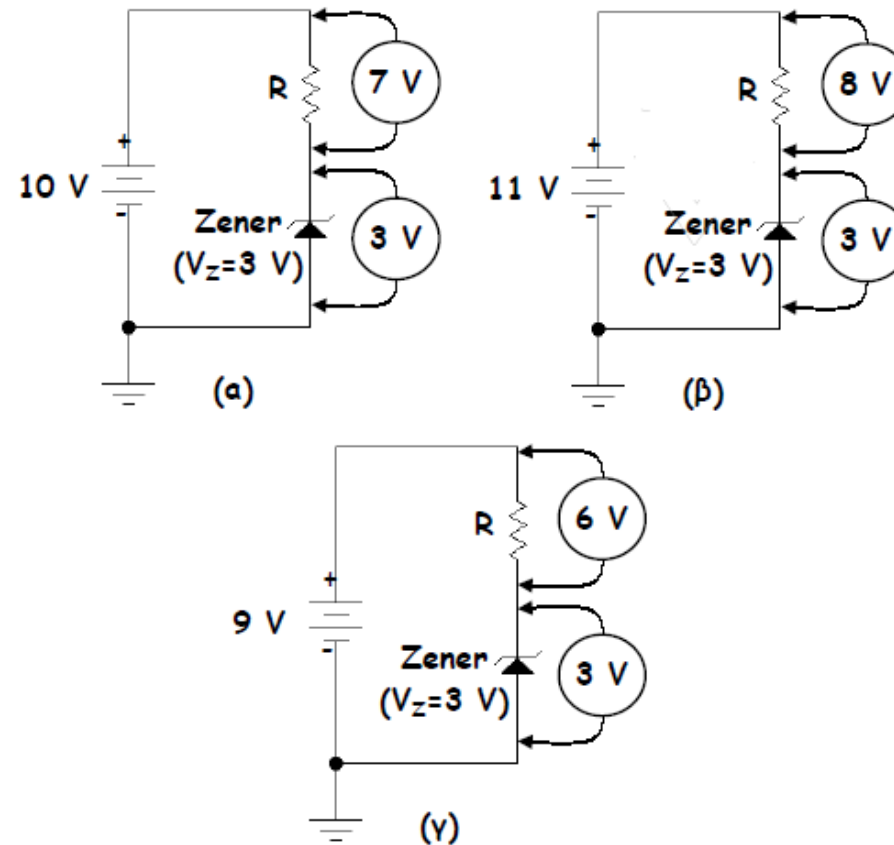


Υπολογισμός της δυναμικής
αντίστασης Zener

Δίοδος Zener

Σταθεροποιητής τάσης με zener

- ➔ Η τάση στα άκρα της διόδου παραμένει σταθερή και ίση με V_Z , παρά τη μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας

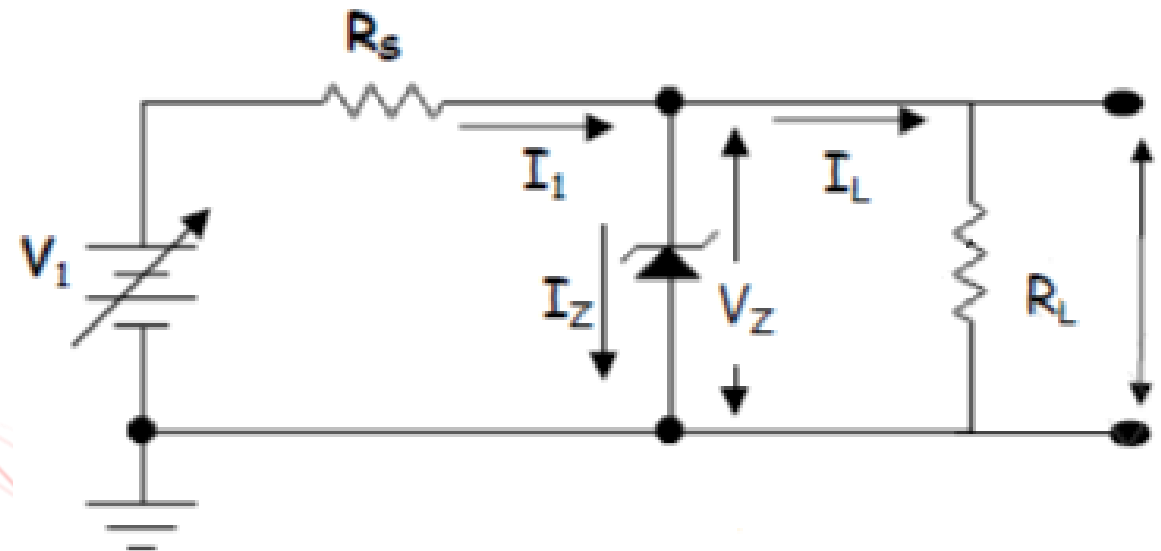


Σταθεροποιητής Zener

Διακρίνουμε δύο είδη:

- **Σταθεροποιητής γραμμής** (σταθερό I_L , μεταβάλλεται η V_1)

Ισχύει: $I_1 = I_Z + I_L$,
 $V_1 = I_1 R_S + V_Z$
 $\Rightarrow V_1 = (I_Z + I_L)R_S + V_Z$

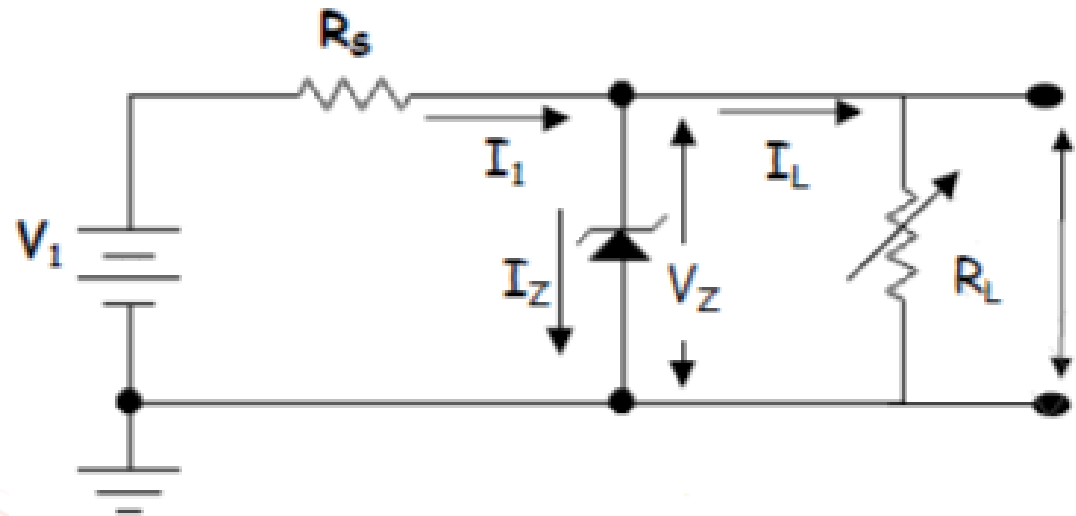


- Όταν V_1 μεταβάλλεται, επειδή I_L , R_S είναι σταθερά \Rightarrow θα μεταβληθεί το I_Z
- Εφόσον οι μεταβολές του I_Z περιοριστούν ανάμεσα σε I_{Zmin} και I_{Zmax} , η V_Z , δεν αλλάζει και επειδή $V_{out} = V_Z$ συμπεραίνουμε ότι **παρά τις μεταβολές της τάσης εισόδου, η τάση στα άκρα του φορτίου παραμένει σταθερή**

Σταθεροποιητής Zener

➔ Σταθεροποιητής φορτίου (σταθερή V_1 , μεταβάλλεται το ρεύμα I_L)

$$I_L = I_1 - I_Z = \left(\frac{V_1 - V_Z}{R_S} \right) - I_Z$$



- Όταν R_L μεταβάλλεται, επειδή V_1 , R_S είναι σταθερά \Rightarrow θα μεταβληθεί το I_L
- Εφόσον μεταβολές του I_Z περιοριστούν ανάμεσα στις τιμές I_{Zmin} και I_{Zmax} , $\Rightarrow V_Z$ δεν αλλάζει και επειδή $V_{out} = V_Z$ συμπεραίνουμε ότι: **παρά τις μεταβολές της αντίστασης φορτίου η τάση στα άκρα του παραμένει σταθερή**

Επί τις εκατό σταθεροποίηση

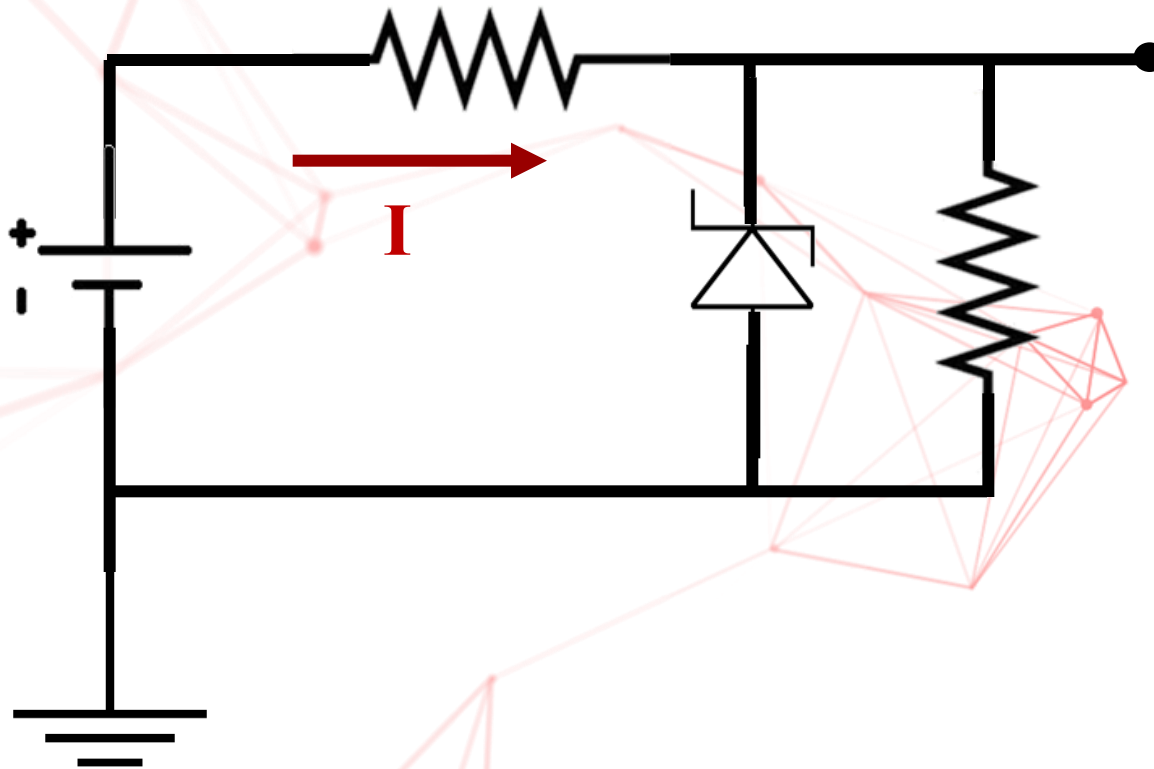
➤ Η απόδοση ενός σταθεροποιητή γραμμής εκφράζεται με τον όρο:

$$\text{σταθεροποίηση γραμμής} = \left(\frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta V_{\text{in}}} \right) \times 100\%$$

➤ Η απόδοση ενός σταθεροποιητή φορτίου εκφράζεται με τον όρο:

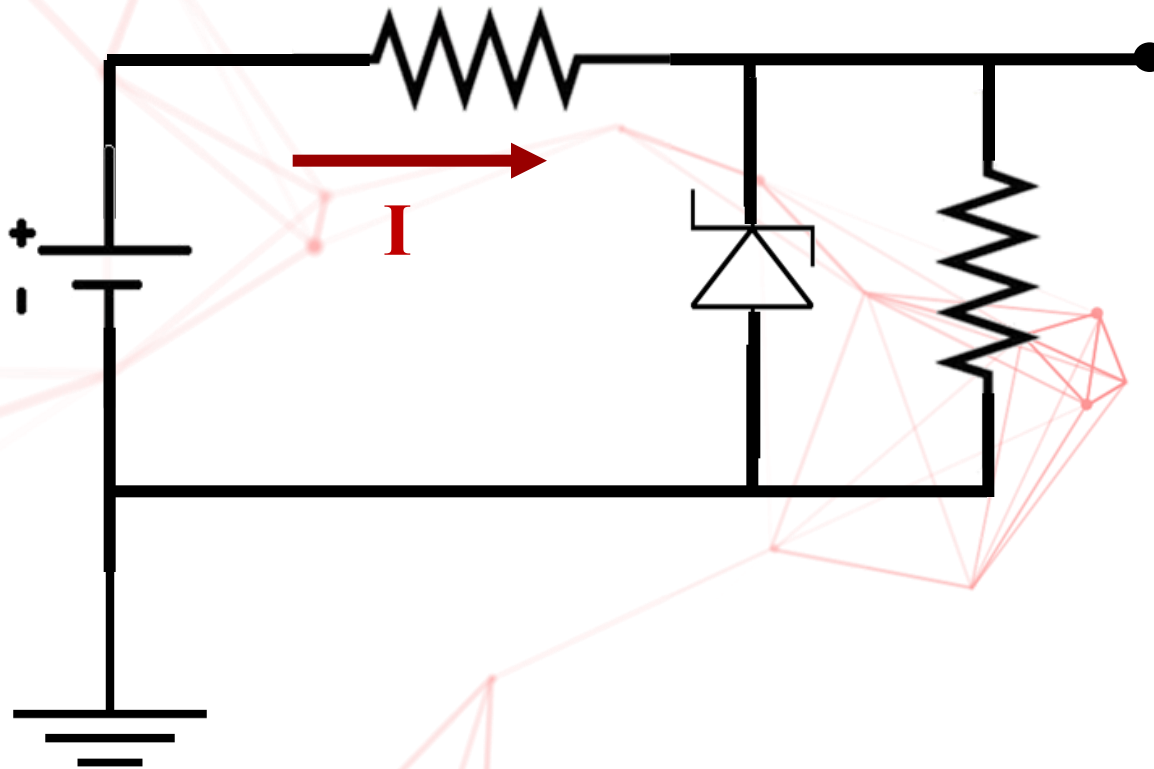
$$\begin{aligned} \text{σταθεροποίηση φορτίου} &= \\ &= \left(\frac{V_{\text{out}}_{\text{χωρίς φορτίο}} - V_{\text{out}}_{\text{με πλήρες φορτίο}}}{V_{\text{out}}_{\text{με πλήρες φορτίο}}} \right) 100\% \end{aligned}$$

Δίοδος Zener - Πρακτικά (μελέτη λειτουργία)



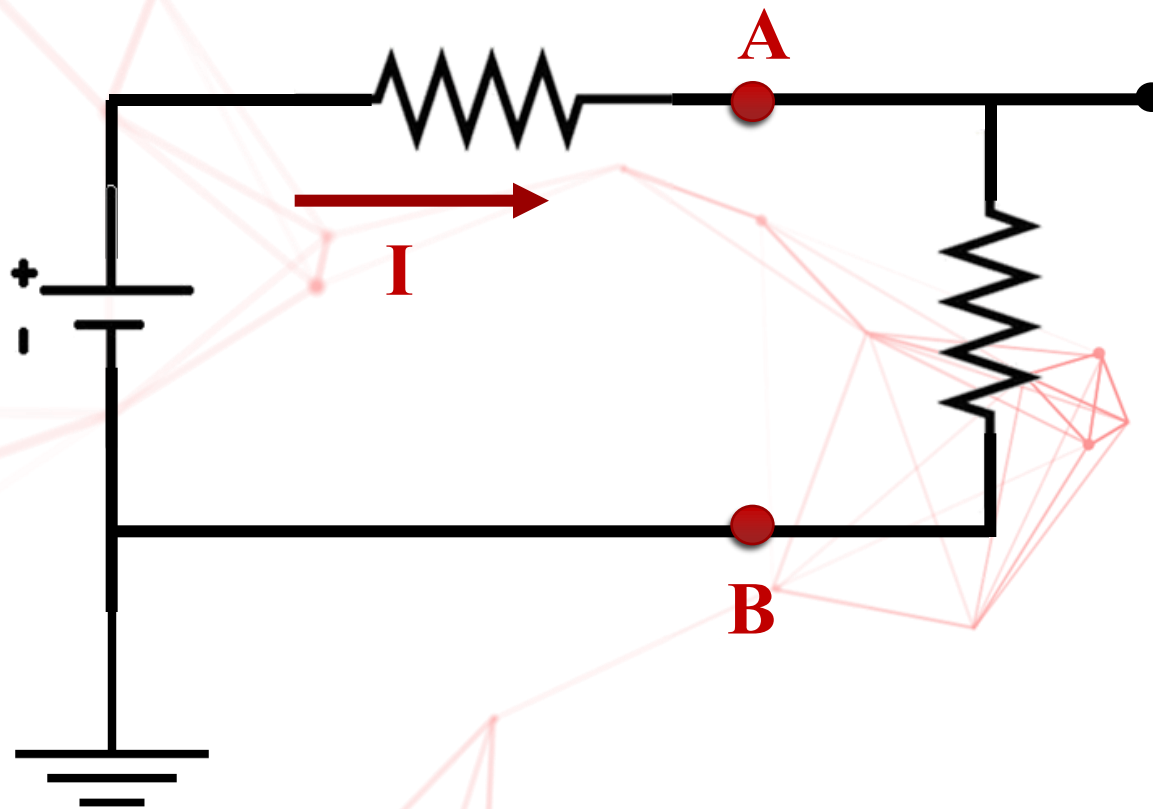
Είναι
ανάστροφα
πολωμένη?

Δίοδος Zener - Πρακτικά (μελέτη λειτουργία)



Ποια είναι η
εργοστασιακή
Τιμή της τάσης
Zener?

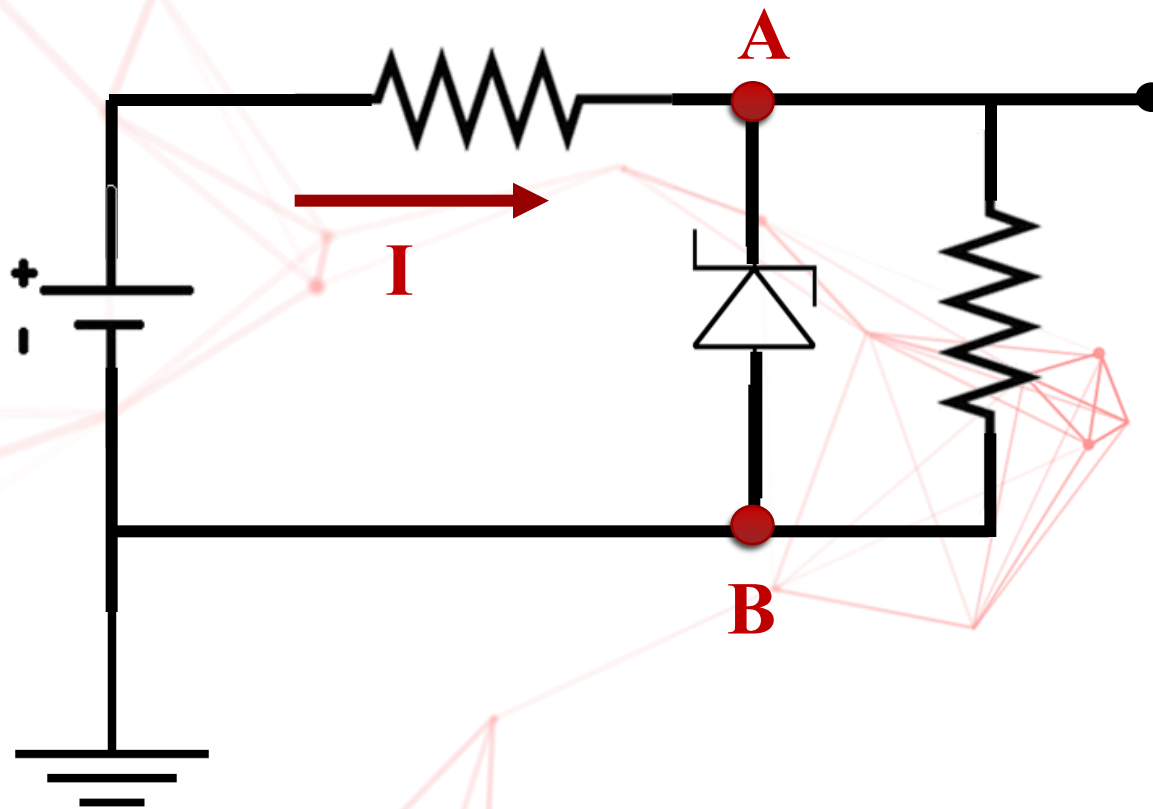
Δίοδος Zener - Πρακτικά (μελέτη λειτουργία)



Εάν δεν υπήρχε
στο κύκλωμα η
δίοδος τι τάση
θα υπήρχε στα
αντίστοιχα
σημεία?

V_{thevenin} ?

Δίοδος Zener - Πρακτικά (μελέτη λειτουργία)

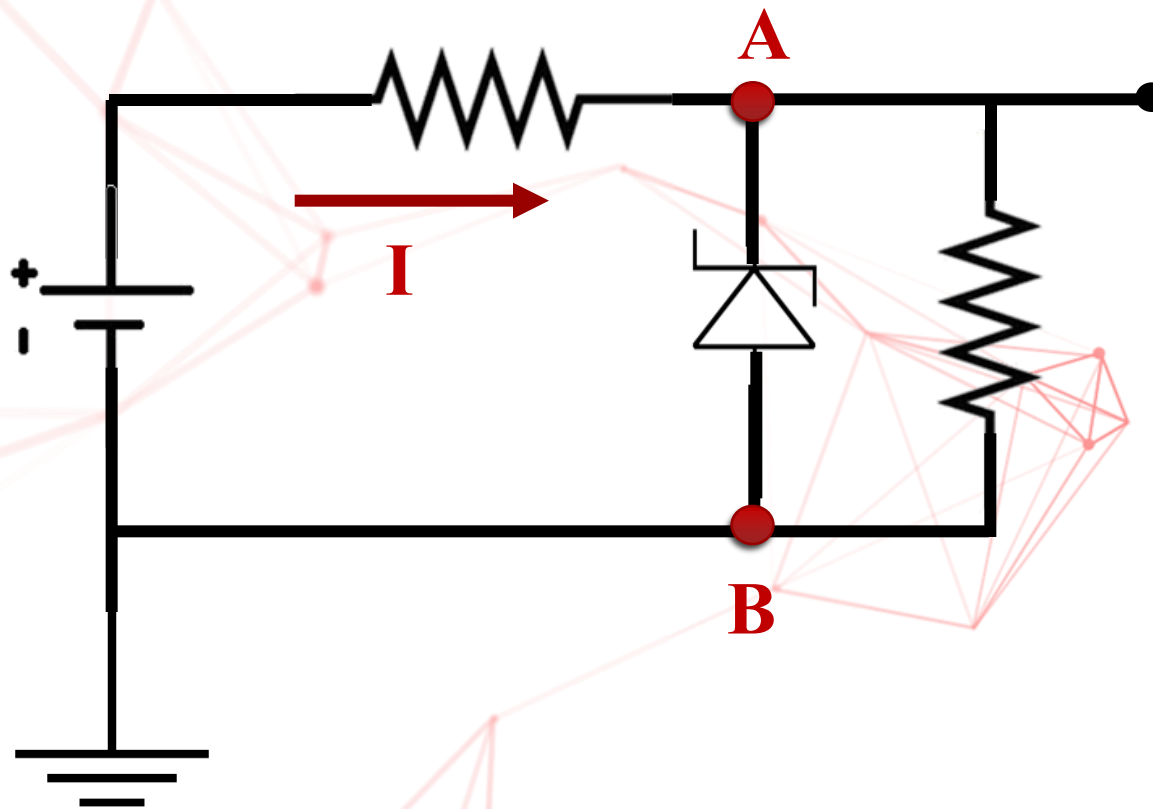


$$V_{\text{thevenin}} > V_{\text{zener}}$$

Τότε η δίοδος
λειτουργεί στην
περιοχή κατάρρευσης

$$V_{AB} = V_{\text{zener}}$$

Δίοδος Zener - Πρακτικά (μελέτη λειτουργία)



$$V_{\text{thevenin}} < V_{\text{zener}}$$

Τότε η δίοδος δεν άγει
ρεύμα

$$V_{AB} = V_{\text{thevenin}}$$

Δίοδος Schottky

- Αντί για επαφή P-N υπάρχει **επαφή ημιαγωγού τύπου N με κάποιο μέταλλο**, όπως χρυσός, ψευδάργυρος κτλ
- Όταν πολώνεται κατά την ορθή φορά οι φορείς πλειονότητας του ημιαγωγού τύπου N εισέρχονται στο μέταλλο μαζί με το νέφος ηλεκτρονίων του
- Τα ηλεκτρόνια **δεν «συνωστίζονται»** για να κερδίσουν κάποια οπή και για το λόγω αυτό η εναλλαγές στις καταστάσεις γίνονται πολύ πιο γρήγορα



Οπτοηλεκτρονικές διατάξεις

➤ Οπτοηλεκτρονική

➤ η τεχνολογία που συνδυάζει την οπτική & τα ηλεκτρονικά

➤ Περιλαμβάνει πολλές διατάξεις που βασίζονται στην **επαφή p-n**

➤ Οπτοηλεκτρονικές δίοδοι

Κατηγορίες:

➤ **εκπομποί φωτός:** Όπως δίοδοι φωτοεκπομπής LED που ακτινοβολούν υπεριώδη ή υπέρυθρη ακτινοβολία

➤ **αισθητήρες φωτός:** Όπως η φωτοδίοδος που μετατρέπει τη φωτεινή ενέργεια που προσπίπτει επάνω της, σε ηλεκτρικό ρεύμα

Δίοδος φωτοεκπομπής ή Light Emitting Diode (LED)

- Όταν πολωθεί ορθά εκπέμπει φως

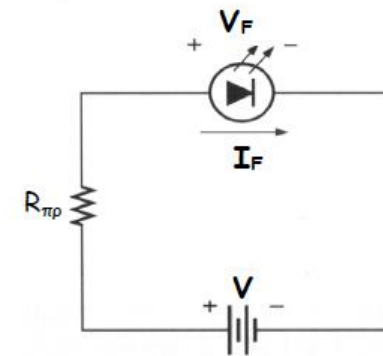


Συμβολισμός φωτοδιόδου (LED)

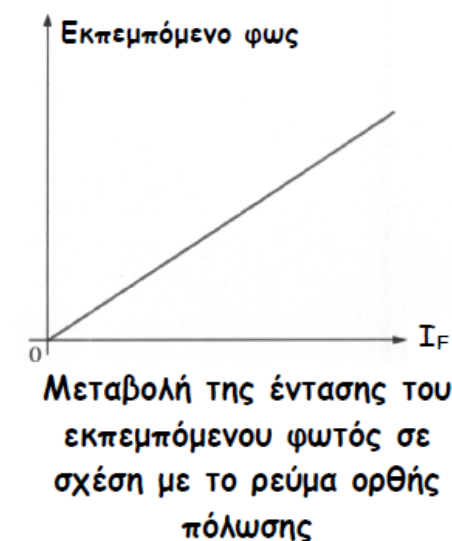
- Υπάρχουν LED διαφόρων ειδών χρώματα όπως **κίτρινο, πράσινο, πορτοκαλί**, κόκκινο ή υπέρυθρο (αόρατο)
- Με ανάστροφη πόλωση η δίοδος δεν εκπέμπει φως

Δίοδος φωτοεκπομπής ή Light Emitting Diode (LED)

- Απαιτούμενο ρεύμα για ικανοποιητικό φωτισμό στα LED του εμπορίου $\approx 10\text{-}20\text{ mA}$
- Τάση στα άκρα της LED κατά τη λειτουργία της: **σταθερή=1,5 V-2,5 V** (εξαρτάται από το χρώμα που εκπέμπει)
- Εάν μια LED πολωθεί ανάστροφα με τάση που ξεπερνάει τα 3 V, κινδυνεύει να καεί




Απλό κύκλωμα συνδεσμολογίας LED



Αντίσταση προστασίας της LED (1)

- Περιορίζει το ρεύμα που περνάει από τη LED, σε μια τιμή που αφ' ενός να μην κινδυνεύει να καταστραφεί, αφ' ετέρου να εκπέμπει ικανοποιητικό φωτισμό
- Αν π.χ. $V=5$ volts dc και συνδέσουμε κατ' ευθείαν μια LED, με μέγιστο ρεύμα ορθής πόλωσης 55 mA & εσωτερική αντίσταση $R_{\epsilon\sigma}=80\Omega$, το ρεύμα της I_F θα είναι:

$$I_F = \frac{5\text{ V}}{R_{\epsilon\sigma}} = \frac{5\text{ V}}{80\ \Omega} = 62\text{ mA} > 55\text{ mA} \Rightarrow \text{LED}$$


- Με αντίσταση $R_{\pi\rho}$ σε σειρά, θα είναι:

$$5\text{ V} = I_F (R_{\pi\rho} + R_{\epsilon\sigma}) \quad (\text{με } I_F=20\text{ mA})$$

Αντίσταση προστασίας της LED (2)

➤ Με αντίσταση $R_{\pi\rho}$ σε σειρά, θα είναι :

$$5\text{ V} = I_F (R_{\pi\rho} + R_{\varepsilon\sigma}) \quad (\mu\epsilon\text{ } I_F = 20\text{ mA})$$

$$\Rightarrow 5\text{ V} = 20\text{ mA} \times (R_{\pi\rho} + 80)\ \Omega \quad \text{και}$$

$$R_{\pi\rho} + 80 = 250\ \Omega \quad \text{ή} \quad R_{\pi\rho} = 170\ \Omega.$$

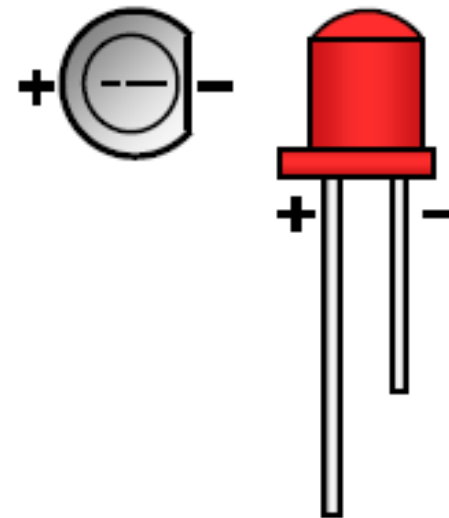
Δίοδος φωτοεκπομπής (LED)



Τυπικές δίοδοι φωτοεκπομπής (LED)



Κυκλωματικό σύμβολο διόδου φωτοεκπομπής (LED)



Πολικότητα ακροδεκτών διακριτής διόδου φωτοεκπομπής (LED)

Εφαρμογές LED

Οι εφαρμογές των LED μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1. **Ορατή απεικόνιση:** όπου το φως κατευθύνεται περισσότερο ή λιγότερο στο ανθρώπινο μάτι για να μεταφέρει ένα μήνυμα ή μια έννοια.
- 2. **Φωταγωγή:** όπου το φως από τα LED ανακλάται από αντικείμενα για να μπορούν αυτά να είναι ορατά
- 3. **Μη ορατές εφαρμογές:** Παράγωγή φωτός για μέτρηση και αλληλεπίδραση με διαδικασίες που δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι.

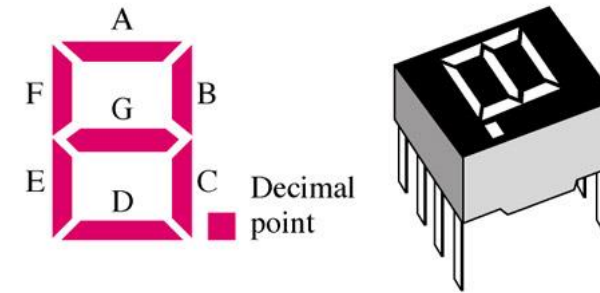
Εφαρμογές LED



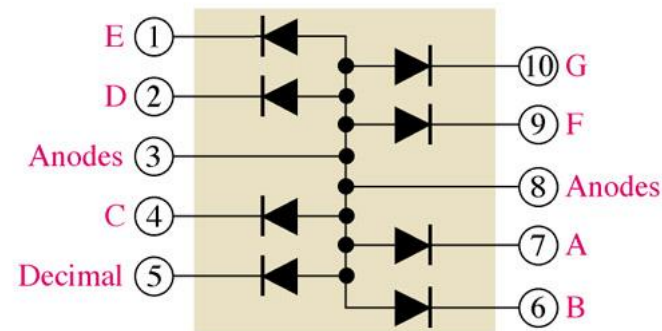
*Compact Fluorescent Lamp – συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού

Εφαρμογές LED

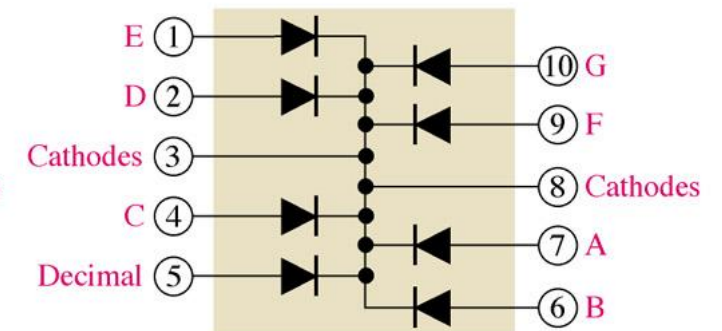
➤ Display 7 Τμημάτων (Seven Segment)



(a) LED segment arrangement and typical device



(b) Common anode



(c) Common cathode

Εφαρμογές LED στην καθημερινότητα



Εφαρμογές LED στην καθημερινότητα

- Έστω τηλεόραση LED με ανάλυση 1366x768. Πόσο ρεύμα απαιτείται να διαρρέει κάθε φωτοδίοδο (LED) εάν η τηλεόραση καταναλώνει 40 watt. (Θεωρείστε ότι η ισχύς καταναλώνεται μόνο στα LED και ότι το κάθε LED απαιτεί 2 Volts τάση)

ΛΥΣΗ

Η τηλεόραση θα έχει συνολικά $1366 \times 768 \times 3 = 3,147,264$ LED

Το κάθε ένα θα καταναλώνει $40 \text{ watt} / 3,147,264 = 1.27 \times 10^{-5} \text{ watt}$

Το ρεύμα LED θα είναι $1.27 \times 10^{-5} \text{ watt} / 2 \text{ V} = 6.35 \times 10^{-6} \text{ A} = 635 \text{ }\mu\text{A}$

Πλεονεκτήματα LED

- **Απόδοση:** Τα LED παράγουν περισσότερο φως ανά watt συγκριτικά με της λάμπες πυράκτωσης.
- **Χρώμα:** Τα LED εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.
- **Μέγεθος:** Τα LED είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm)
- **Χρόνος ON/OFF:** Τα LED έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο **microsecond**. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.

Πλεονεκτήματα LED

- **Ψυχρό φως:** Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν **πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας** που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.
- **Χρόνος ζωής:** Τα LED έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους κυμαίνονται από **35.000 έως 50.000 ώρες**, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.

Πλεονεκτήματα LED

- **Αντίσταση σε κραδασμούς:** Τα LED, όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού
- **Εστίαση:** Τα LED μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο
- **Τοξικότητα:** Τα LED δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

Μειονεκτήματα LED

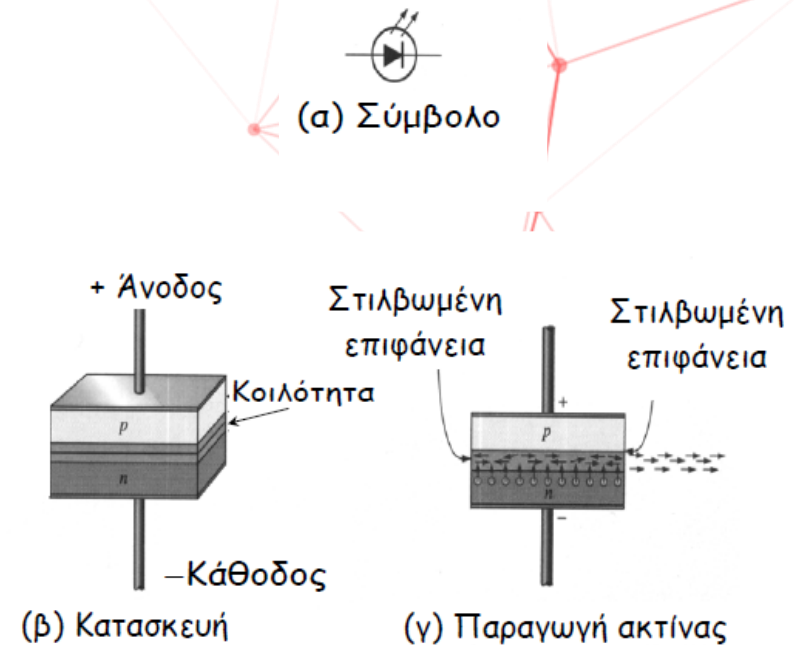
- **Υψηλό αρχικό κόστος:** Τα LED σήμερα είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό **το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας** που έχουν.
- **Εξάρτηση από τη θερμοκρασία:** Η λειτουργία των LED έχει ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει.
 - Σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών, τα LED μπορούν να υπερθερμανθούν και να υποστούν ζημιά
 - Πολύ σημαντικός αν σκεφτούμε ότι **αυτοκινητιστικές, στρατιωτικές και ιατρικές εφαρμογές** απαιτούν η συσκευή να λειτουργεί σε ένα επαρκώς μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να είναι ανθεκτική στις βλάβες.

Μειονεκτήματα LED

- **Ευαισθησία στην Τάση:** Τα LED είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί
- **Ποιότητα φωτός:** Τα περισσότερα ψυχρού λευκού LED έχουν φάσμα που διαφέρει σημαντικά από πηγή φωτός μελανού σώματος όπως ο ήλιος ή ο λαμπτήρας πυράκτωσης.
 - το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια LED ψυχρού λευκού απ' ότι θα φαίνονταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.
- **Μόλυνση από το μπλε:** τα μπλε LED και αυτά του ψυχρού λευκού εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως απ' ότι οι κοινές πηγές φωτός

Δίοδος Laser

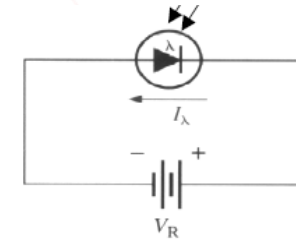
- Αποτελείται από δύο **τμήματα p & n**
- Στην επαφή υπάρχει μια κοιλότητα οι επιφάνειες της οποίας είναι στιλβωμένες
- Το μήκος της καθορίζει & το μήκος κύματος της παραγόμενης ακτινοβολίας
- Η **επαφή p - n** πολώνεται από εξωτερική πηγή & δημιουργείται δέσμη φωτός που εξέρχεται από το άνοιγμα της κοιλότητας



Δίοδος Laser

Δίοδος Laser

➔ Όταν πολωθεί ανάστροφα & φωτιστεί με φως κατάλληλης συχνότητας, δημιουργείται ρεύμα I_λ

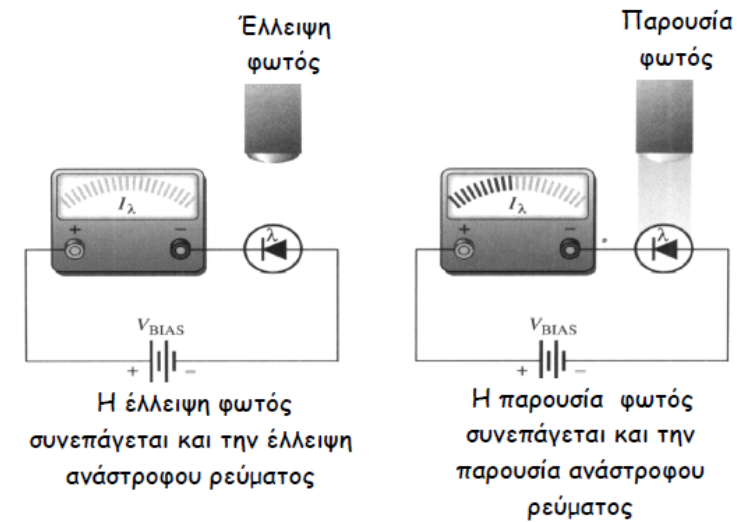


(α) Ανάστροφη πόλωση



(β) Συμβολισμός

Φωτοδίοδος

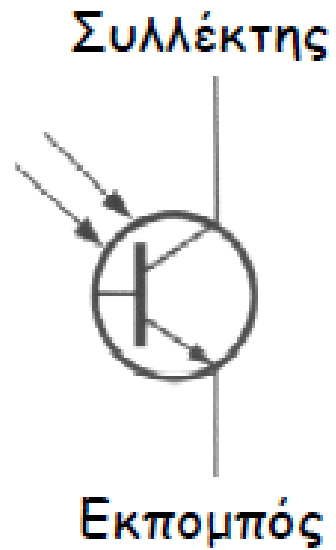


Η έλλειψη φωτός
συνεπάγεται και την έλλειψη
ανάστροφου ρεύματος

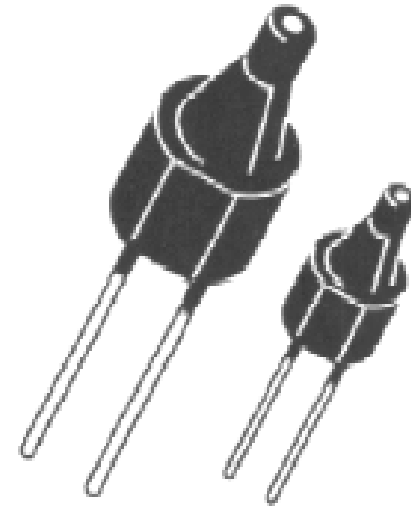
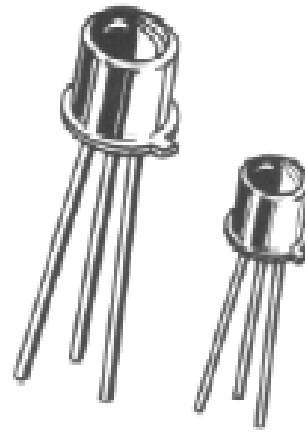
Η παρουσία φωτός
συνεπάγεται και την
παρουσία ανάστροφου
ρεύματος

Λειτουργία φωτοδίοδου

Το φωτοτρανζίστορ (1)



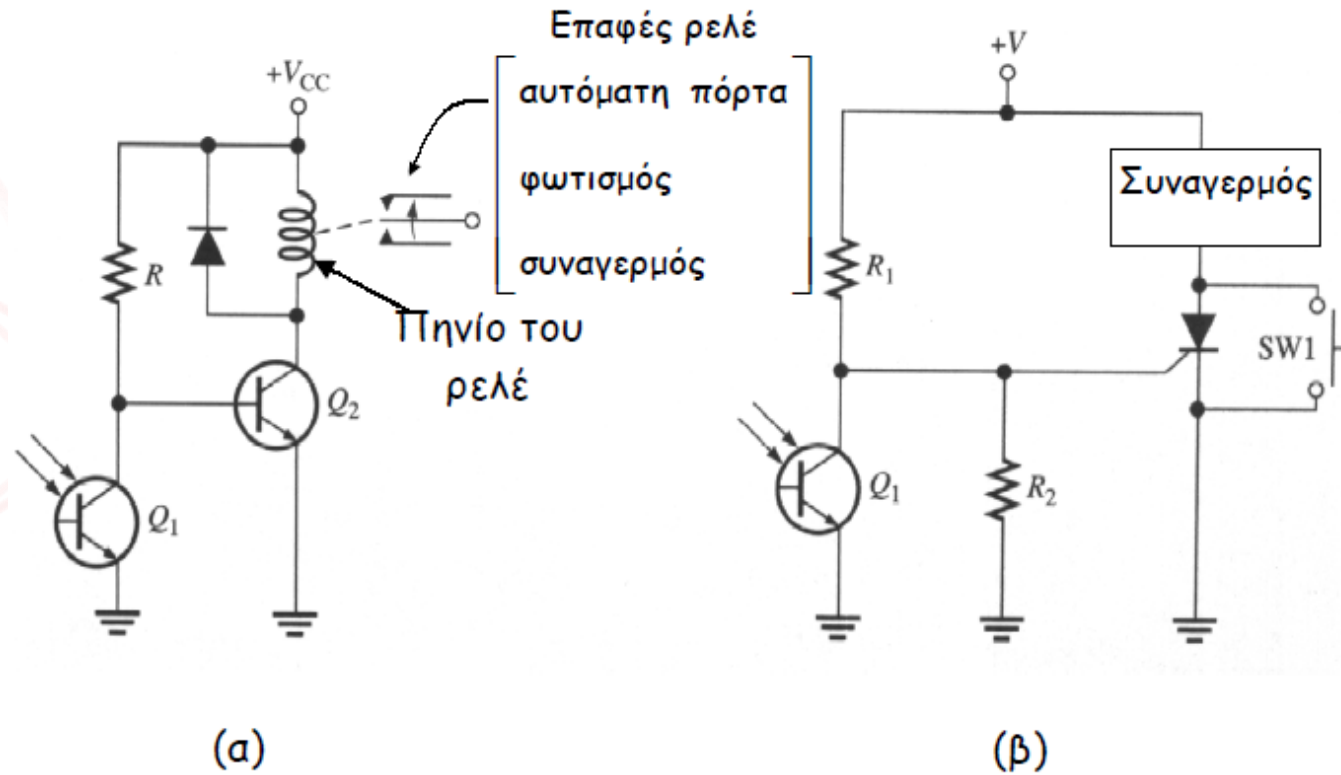
(α) Ηλεκτρονικός συμβολισμός



(β) Τυπικές συσκευασίες

Το φωτοτρανζίστορ

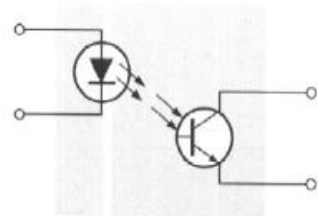
Το φωτοτρανζίστορ (2)



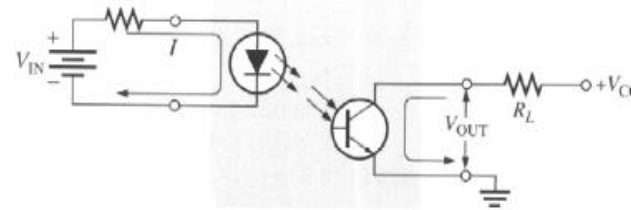
Πρακτικές εφαρμογές του φωτοτρανζίστορ

Οπτοαπομονωτές ή οπτοζεύκτες

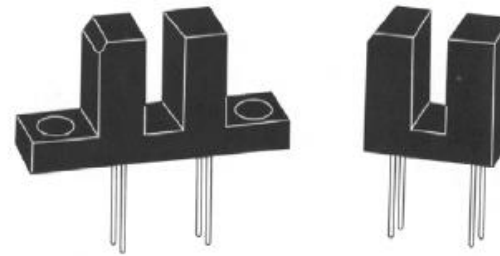
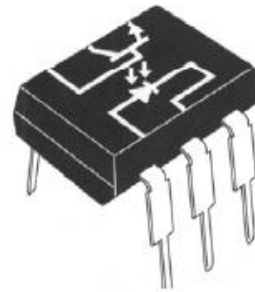
- ➔ Απόλυτη ηλεκτρική απομόνωση μεταξύ εισόδου & εξόδου ενός κυκλώματος



(α) Οπτοαπομονωτής



(β) Οπτοαπομονωτής συνδεδεμένος σε κύκλωμα



(γ) Τυπικές συσκευασίες οπτοαπομονωτών