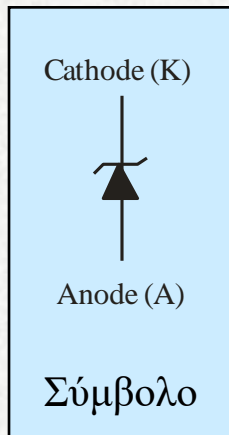


# Δίοδος Zener

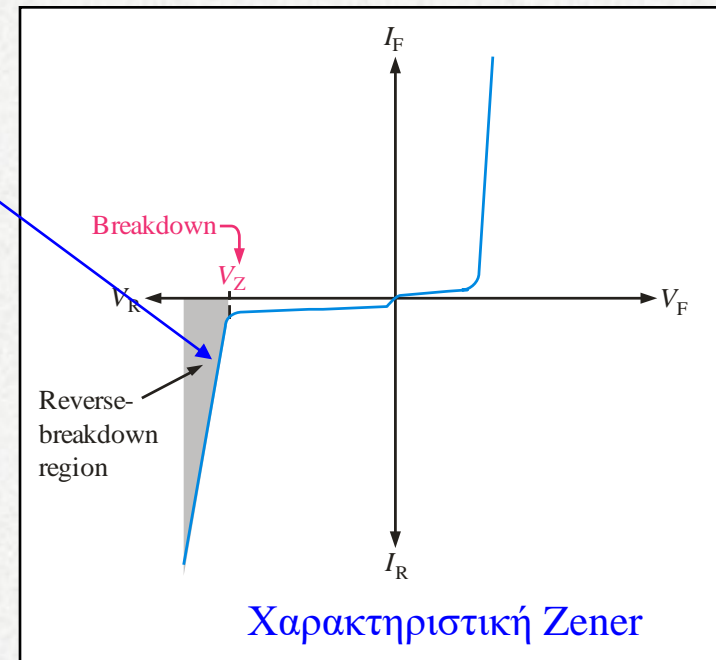
# Δίοδος Zener

## Χαρακτηριστική V-I διόδου Zener

Η δίοδος Zener έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί στην περιοχή κατάρρευσης.



Στην ιδανική περίπτωση, η κατάρρευση συμβαίνει σε συγκεκριμένη ανάστροφη τάση. Αυτό την καθιστά χρήσιμη ως αναφορά τάσης, η οποία είναι η κύρια εφαρμογή της.



## Η κατάρρευση της διόδου Zener:

συμβαίνει στη Zener σε χαμηλές ανάστροφες τάσεις. Η Zener είναι έντονα νοθευμένη για να μειωθεί η τάση κατάρρευσης. Αυτό προκαλεί μια πολύ λεπτή περιοχή απογύμνωσης. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει ένα ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο μέσα στην περιοχή απογύμνωσης. Κοντά στην τάση κατάρρευσης Zener ( $V_Z$ ), το πεδίο είναι αρκετά ισχυρό ώστε να διεγείρει ηλεκτρόνια από τη ζώνη σθένους και να δημιουργηθεί ρεύμα.

Οι διόδοι Zener που έχουν τάσεις κατάρρευσης περίπου 5 V ή λιγότερο λειτουργούν κυρίως στη λεγόμενη περιοχή Zener. Αυτές που έχουν τάσεις κατάρρευσης μεγαλύτερες από 5 V λειτουργούν στη λεγόμενη **περιοχή χιονοστοιβάδας**. Και οι δύο τύποι ονομάζονται **διόδοι Zener**. Οι εμπορικά διαθέσιμες Zener έχουν τάσεις κατάρρευσης από 1 V έως 250 V με ανοχές της τάξης του 1% έως 20%.

**Σταθεροποίηση με Zener.** Η ικανότητα της Zener να κρατάει σταθερή την τάση στα άκρα της είναι η πιο σημαντική της ιδιότητα. Λειτουργώντας στην περιοχή κατάρρευσής της η Zener λειτουργεί σαν σταθεροποιητής διότι διατηρεί την τάση σταθερή σε μια ευρεία περιοχή ρεύματος στην ανάστροφη πόλωση.

# Δίοδος Zener

*Η Zener είναι μια δίοδος που λειτουργεί με αντίστροφη πόλωση στην τάση Zener ( $V_Z$ ).*

**Όταν  $V_i \geq V_Z$**

Η Zener είναι ON

Η τάση πάνω στη Zener είναι  $V_Z$

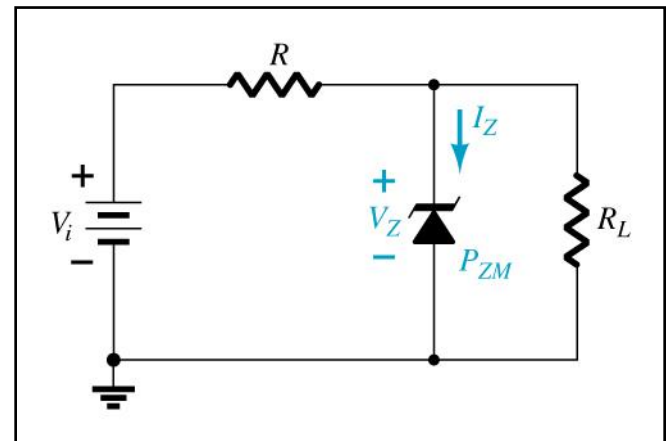
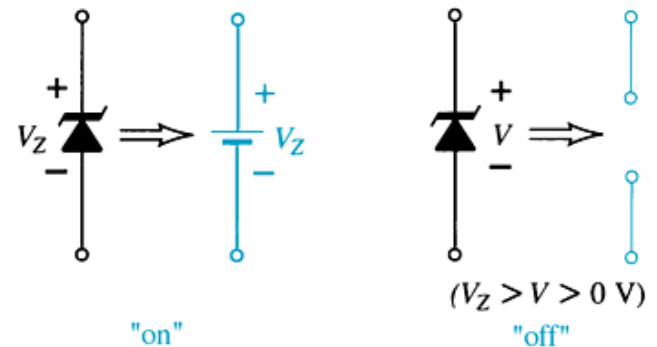
Ρεύμα Zener:  $I_Z = I_R - I_{RL}$

Ισχύς στη Zener:  $P_Z = V_Z I_Z$

**Όταν  $V_i < V_Z$**

Η Zener είναι OFF

Η Zener είναι ανοικτοκύκλωμα



# Δίοδος Zener

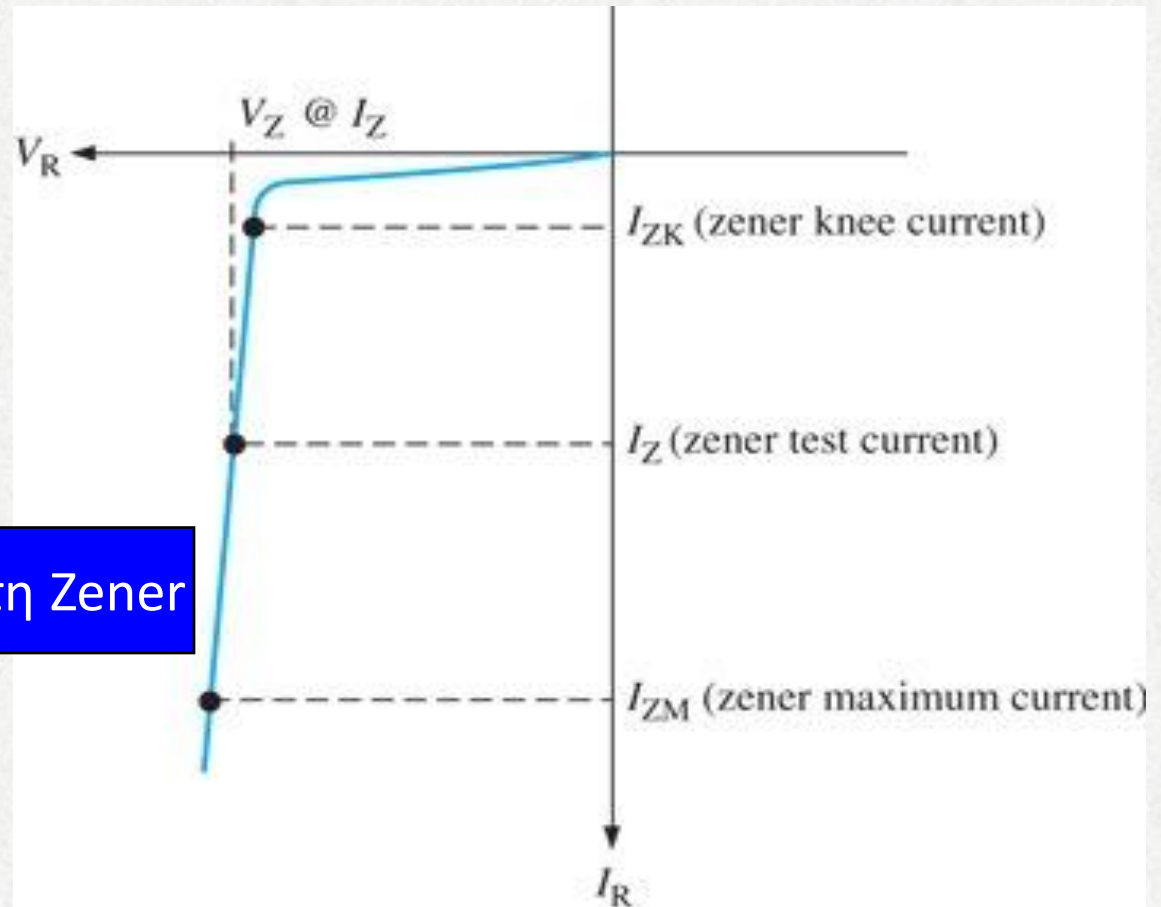
## Χαρακτηριστική V-I διόδου Zener

Χαρακτηριστική ανάστροφης πόλωσης μιας διόδου zener. Το  $V_Z$  καθορίζεται συνήθως σε μια τιμή του ρεύματος Zener που είναι γνωστό ως ρεύμα δοκιμής.

## Κατανάλωση Ισχύος στη Zener

$$P_D = V_Z I_Z$$

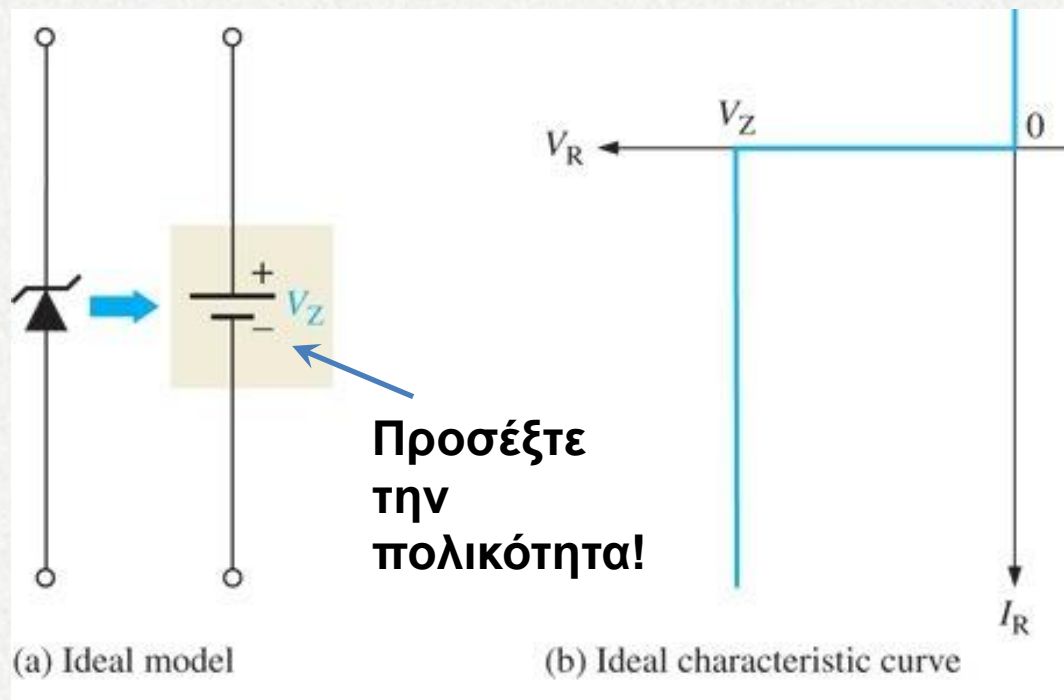
$$P_{D(max)} = V_Z I_{ZM}$$



# Δίοδος Zener

## Μοντέλα διόδου Zener

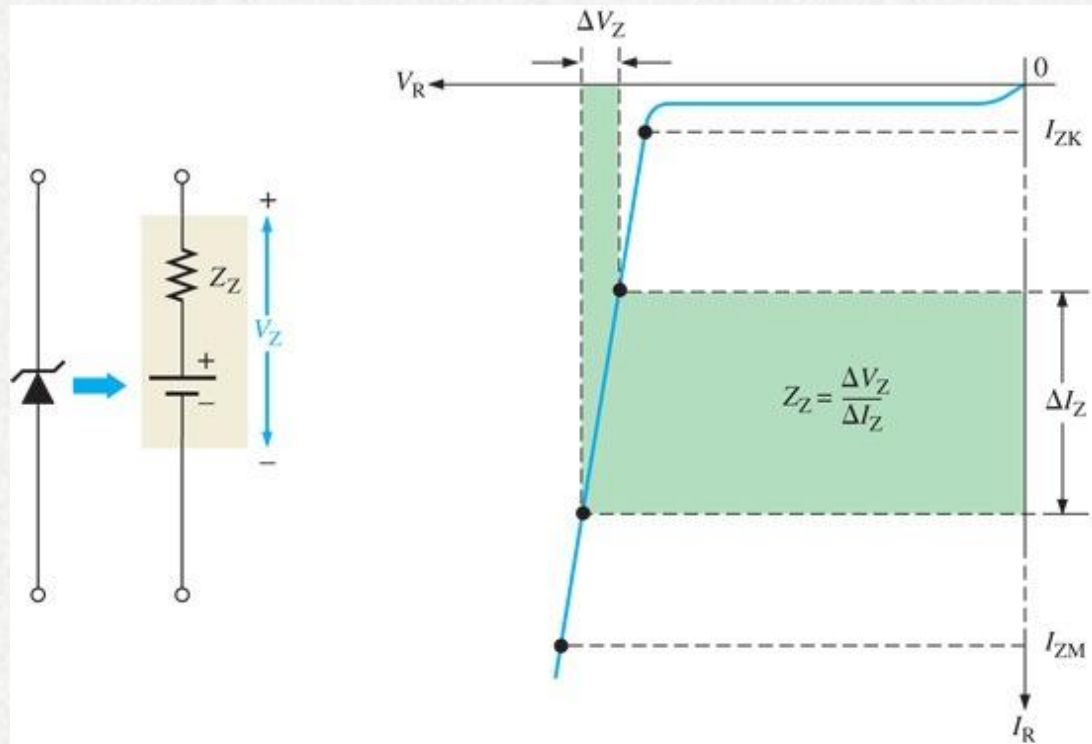
### (1) Ιδανικό Μοντέλο



**Ιδανική δίοδος Zener.** Ισοδύναμο κύκλωμα και χαρακτηριστική.

# Δίοδος Zener

## Μοντέλα διόδου Zener (2) Πρακτικό Μοντέλο



(a) Practical model

(b) Characteristic curve. The slope is exaggerated for illustration.

**Πρακτική δίοδος Zener.** Ισοδύναμο κύκλωμα και χαρακτηριστική όπου φαίνεται η αντίσταση σειράς  $Z_Z$ .

# Δίοδος Zener

## Μοντέλα διόδου Zener

Η αντίσταση σειράς zener,  $Z_Z$ , είναι ο λόγος μεταβολής της τάσης στην περιοχή κατάρρευσης προς την αντίστοιχη αλλαγή ρεύματος:

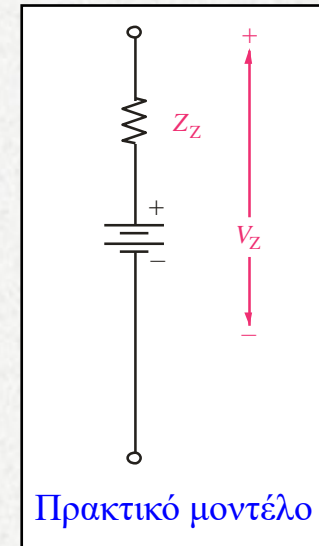
$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

**Παράδειγμα:**

Πόση είναι η αντίσταση zener εάν η τάση της διόδου zener μεταβάλλεται από 4.79 V σε 4.94 V όταν το ρεύμα μεταβάλλεται από 5.00 mA σε 10.0 mA?

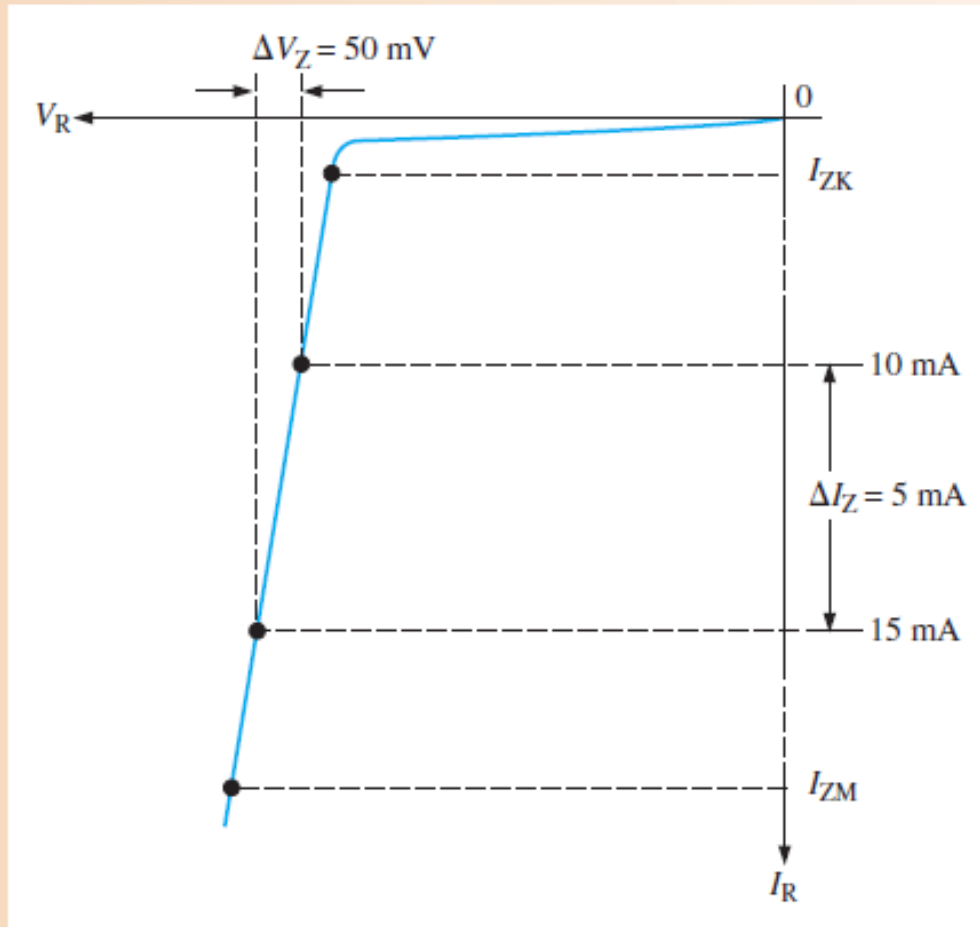
**Λύση:**

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z} = \frac{0.15 \text{ V}}{5.0 \text{ mA}} = 30 \Omega$$





A zener diode exhibits a certain change in  $V_Z$  for a certain change in  $I_Z$  on a portion of the linear characteristic curve between  $I_{ZK}$  and  $I_{ZM}$  as illustrated in Figure 3–6. What is the zener impedance?



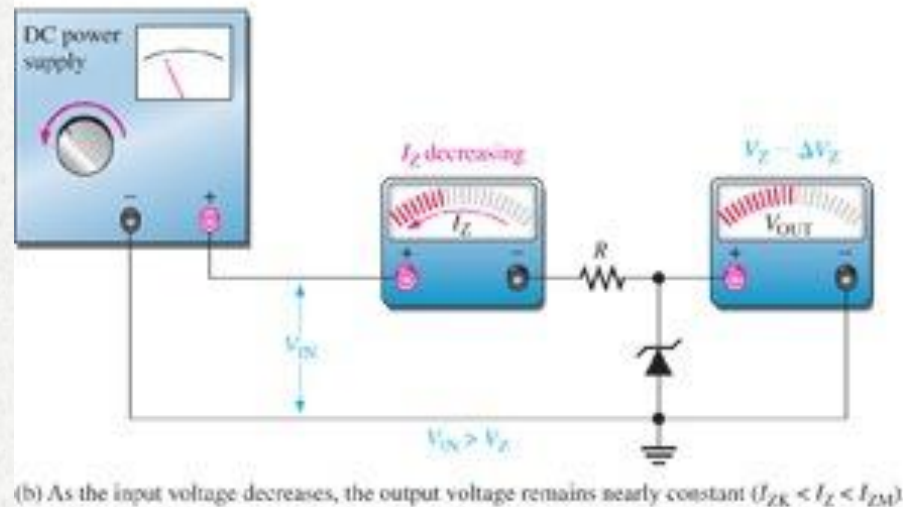
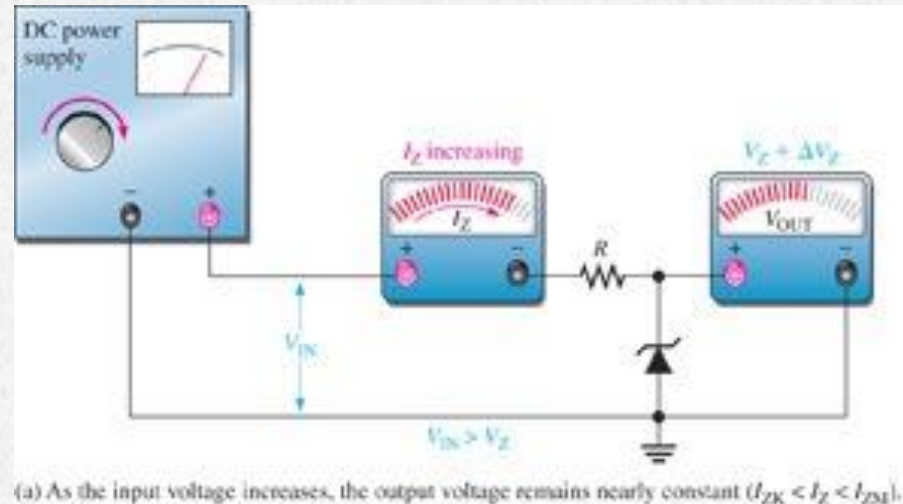
$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z} = \frac{50 \text{ mV}}{5 \text{ mA}} = 10 \Omega$$

# Εφαρμογές Διόδου Zener

## Σταθεροποίηση τάσης

Σε εφαρμογές χαμηλού ρεύματος, μια δίοδος zener μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικός σταθεροποιητής.

Σταθεροποίηση Zener σε μεταβλητή πηγή τάσης.

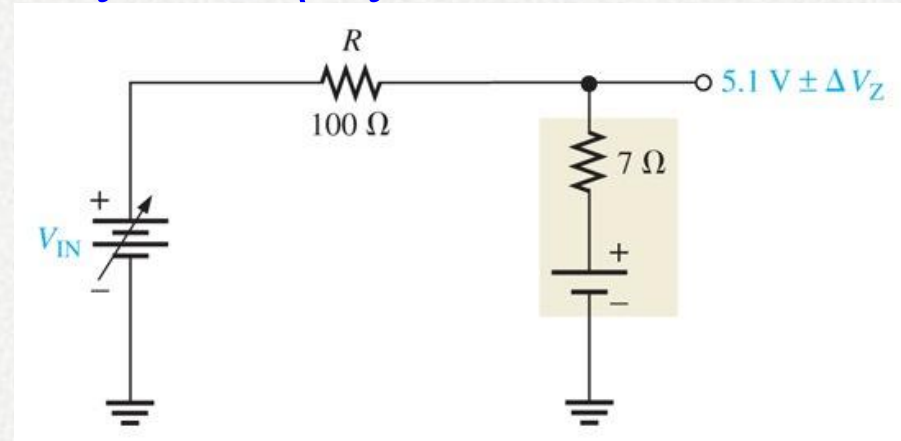
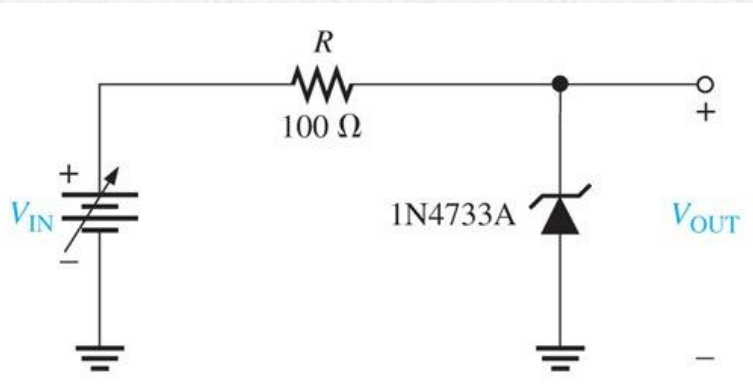


# Εφαρμογές Διόδου Zener

## Σταθεροποίηση τάσης

Η ανάλυση δικτύων που χρησιμοποιούν διόδους Zener είναι αρκετά παρόμοια με αυτήν που εφαρμόζεται στην ανάλυση διόδων ημιαγωγών:

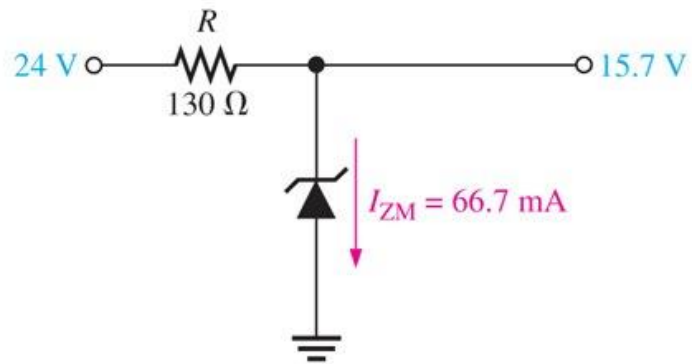
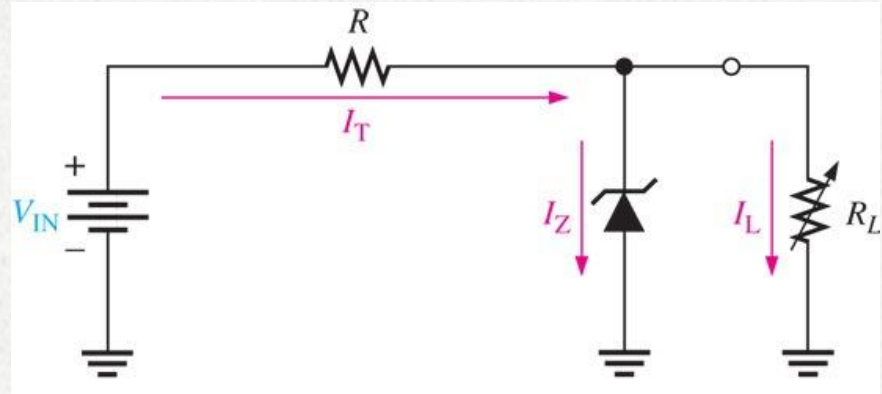
1. Προσδιορίστε την κατάσταση της διόδου.
2. Αντικαταστήστε το κατάλληλο μοντέλο.
3. Προσδιορίστε τις άλλες άγνωστες ποσότητες του δικτύου.



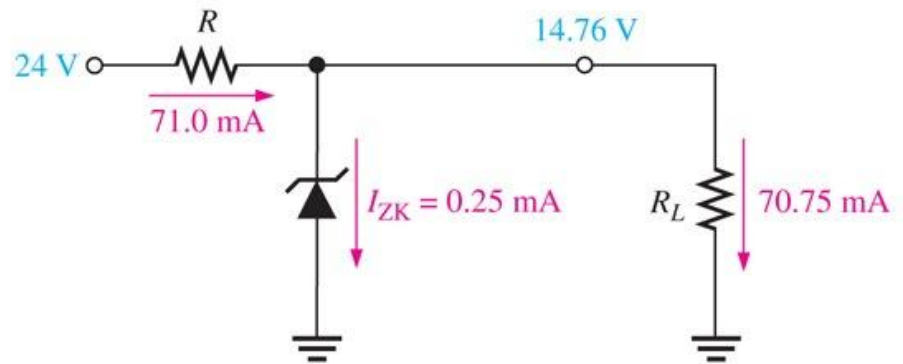
# Εφαρμογές Διόδου Zener

Σταθεροποίηση τάσης

$$I_T = I_Z + I_L$$



(a)



(b)

# Εφαρμογές Διόδου Zener

## Σταθεροποίηση τάσης

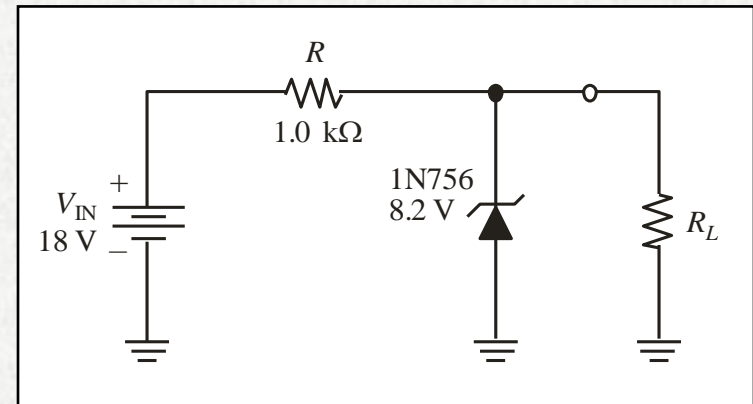
### Παράδειγμα:

Η Zener 1N756 (8.2 V at 25° C) χρησιμοποιείται σαν σταθεροποιητής στα 8.2 V στο κύκλωμα. Ποια είναι η μικρότερη τιμή αντίστασης φορτίου που μπορεί να συνδεθεί ώστε να μην χαθεί η σταθεροποίηση? Θεωρήστε ιδανική δίοδο Zener.

### Λύση:

Το ρεύμα Zener χωρίς φορτίο είναι  $I_{NL} = \frac{V_{IN} - V_Z}{R} = \frac{18 \text{ V} - 8.2 \text{ V}}{1.0 \text{ k}\Omega} = 9.8 \text{ mA}$

Αυτό είναι το μέγιστο ρεύμα φορτίου. Επομένως,  $R_L = \frac{8.2 \text{ V}}{9.8 \text{ mA}} = 837 \Omega$



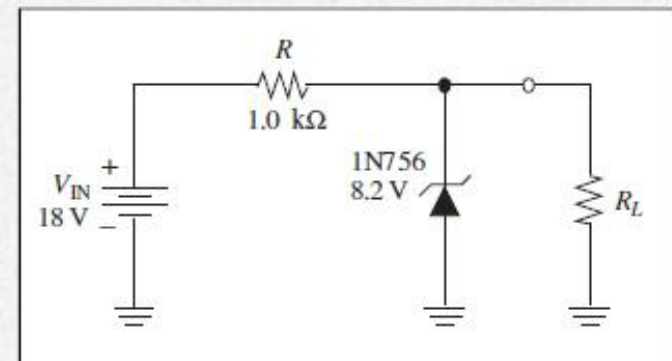
## 2. Zener Diode Applications:

### Voltage Regulator with **Varying Load Resistance $R_L$**

In low current applications, a zener diode can be used as a basic regulator.

#### **Example:**

A 1N756 (8.2 V at 25°C) is used as an 8.2 V regulator in the circuit shown. What is the smallest load resistor that can be used before losing regulation? Assume an ideal zener diode model with a Knee current of 0.4mA, and the maximum zener current is 50mA.

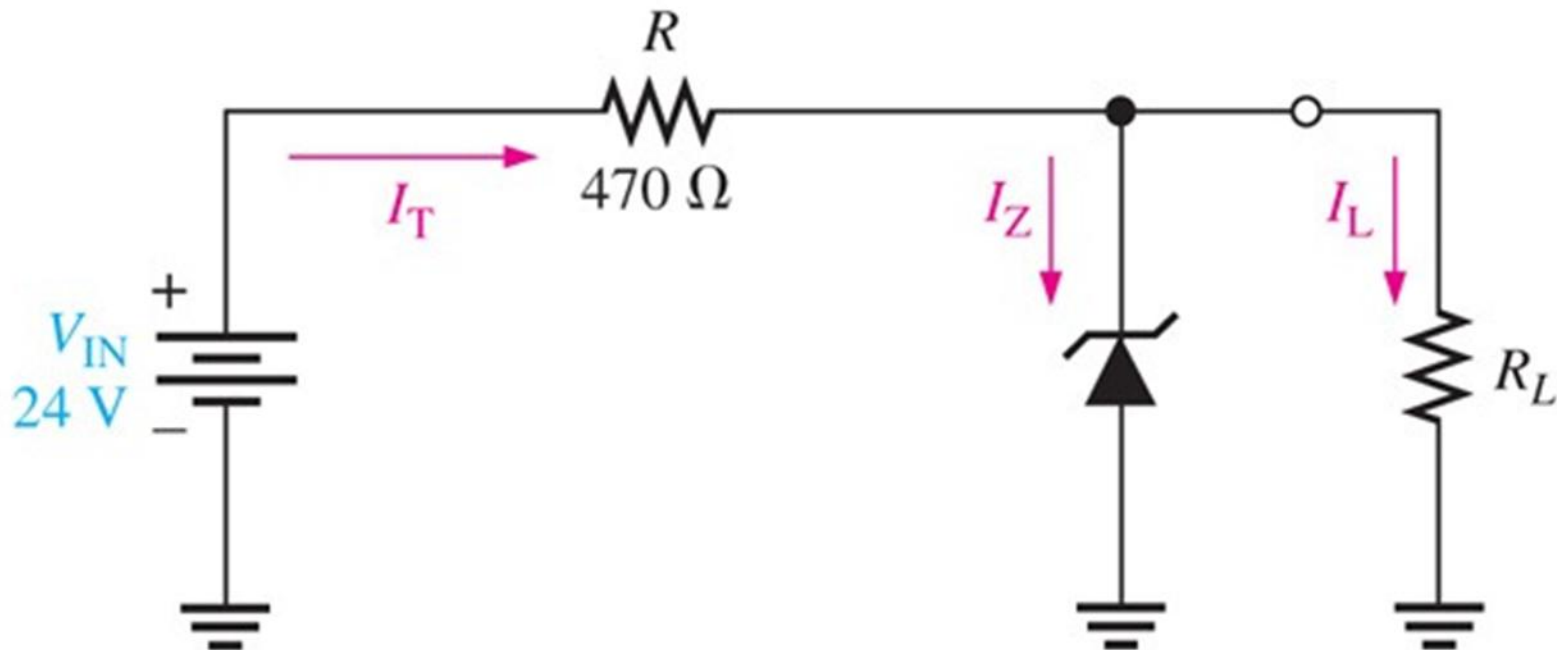


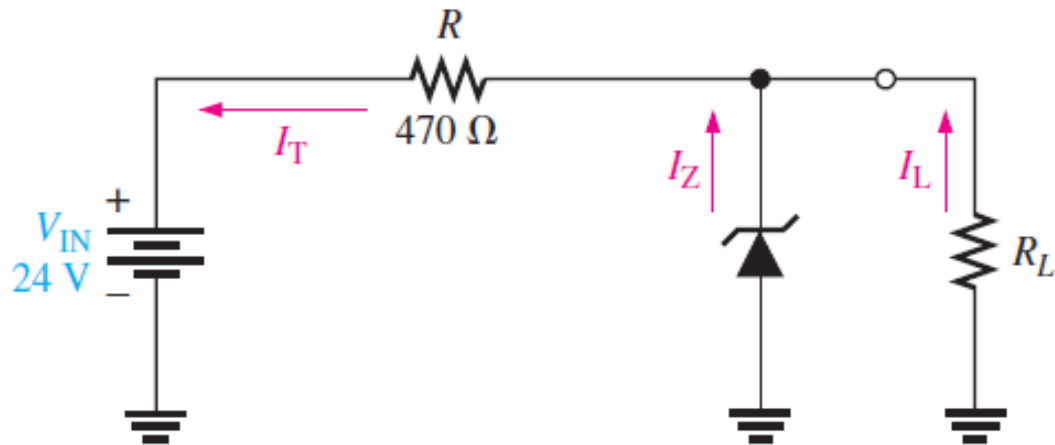
**Solution:** This maximum load current in regulation is  $I_{Lmax} = I_{NL} - I_{ZK} = 9.8\text{mA} - 0.4\text{mA} = 9.4\text{mA}$   
Therefore,  $R_{Lmin} = V_Z / I_{Lmax} = 8.2\text{V} / 9.4\text{mA} = \mathbf{0.872\text{ K}\Omega}$

The current in R is  $I_{NL} = \frac{V_{IN} - V_Z}{R} = \frac{18\text{V} - 8.2\text{V}}{1.0\text{ k}\Omega} = 9.8\text{ mA} < I_{Zmax}$ , so **no upper limit on  $R_L$**

# Παράδειγμα

Προσδιορίστε το ελάχιστο και το μέγιστο ρεύμα φορτίου για το οποίο η δίοδος Zener στο σχήμα θα διατηρήσει τη ρύθμιση. Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της  $R_L$  που μπορεί να χρησιμοποιηθεί;  $V_Z = 12\text{V}$ ,  $I_{ZK} = 1\text{mA}$  και  $I_{ZM} = 50\text{mA}$ .





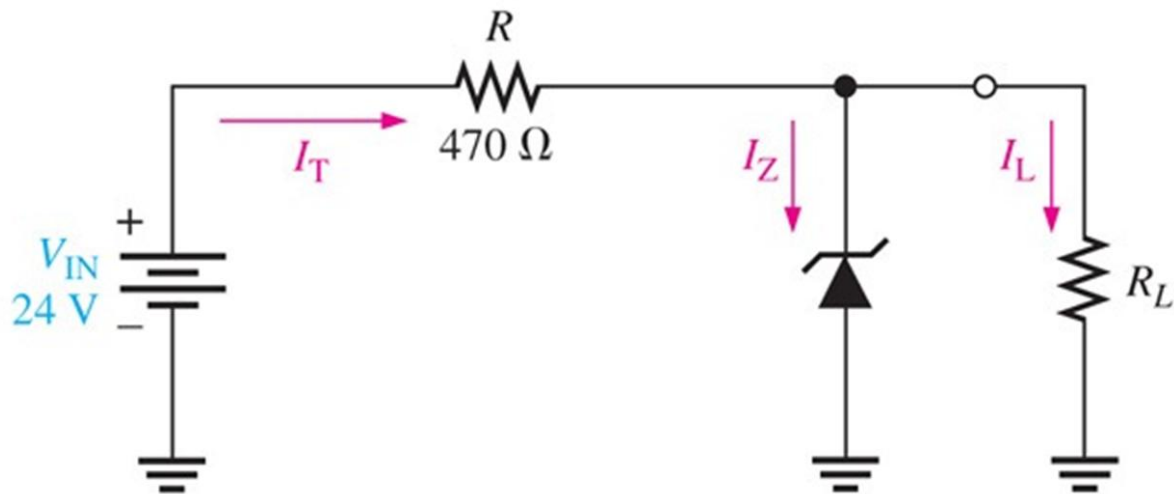
When  $I_L = 0\text{ A}$  ( $R_L = \infty$ ),  $I_Z$  is maximum and equal to the total circuit current  $I_T$ .

$$I_{Z(\max)} = I_T = \frac{V_{IN} - V_Z}{R} = \frac{24\text{ V} - 12\text{ V}}{470\ \Omega} = 25.5\text{ mA}$$

If  $R_L$  is removed from the circuit, the load current is 0 A. Since  $I_{Z(\max)}$  is less than  $I_{ZM}$ , 0 A is an acceptable minimum value for  $I_L$  because the zener can handle all of the 25.5 mA.

$$I_{L(\min)} = 0\text{ A}$$





The maximum value of  $I_L$  occurs when  $I_Z$  is minimum ( $I_Z = I_{ZK}$ ), so

$$I_{L(\max)} = I_T - I_{ZK} = 25.5\ \text{mA} - 1\ \text{mA} = \mathbf{24.5\ \text{mA}}$$

The minimum value of  $R_L$  is

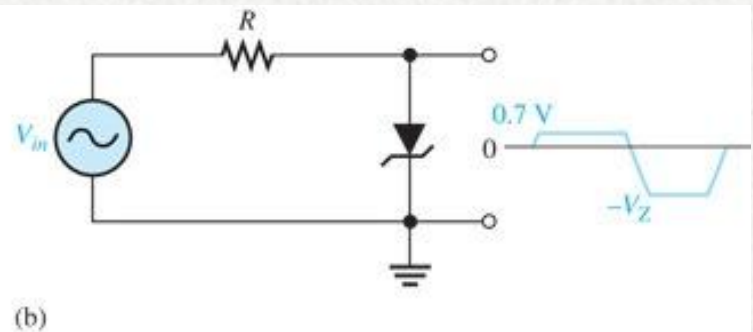
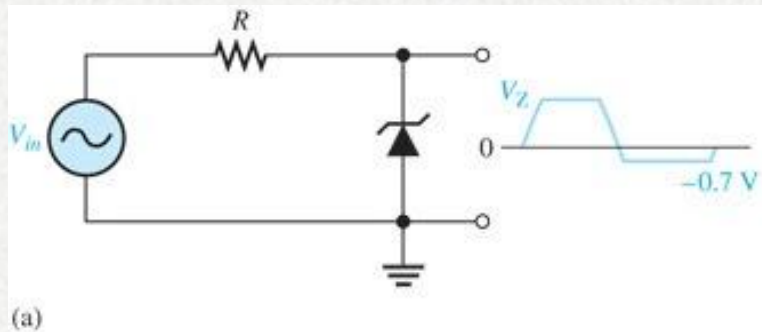
$$R_{L(\min)} = \frac{V_Z}{I_{L(\max)}} = \frac{12\ \text{V}}{24.5\ \text{mA}} = \mathbf{490\ \Omega}$$

Therefore, if  $R_L$  is less than  $490\ \Omega$ ,  $R_L$  will draw more of the total current away from the zener and  $I_Z$  will be reduced below  $I_{ZK}$ . This will cause the zener to lose regulation. Regulation is maintained for any value of  $R_L$  between  $490\ \Omega$  and infinity.

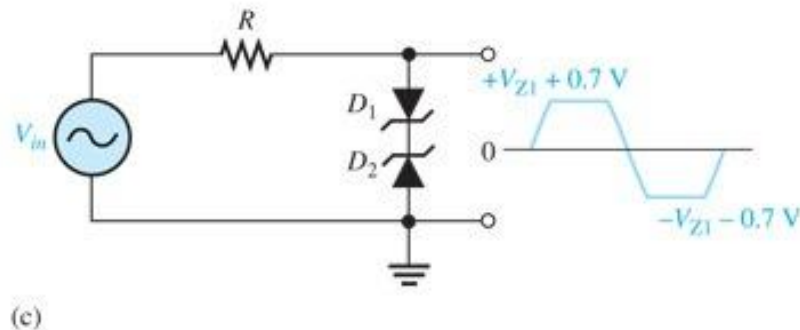
# Εφαρμογές Διόδου Zener

## Ψαλιδιστής τάσης

Οι Zener μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως περιοριστές ή ψαλιδιστές. Οι back-to-back Zener σε αυτό το κύκλωμα περιορίζουν την έξοδο στην τάση κατάρρευσης συν μια πτώση τάσης διόδου 0.7V.



Βασική λειτουργία Zener ως ψαλιδιστή ημιτονικής κυματομορφής.



# Εφαρμογές Διόδου Zener

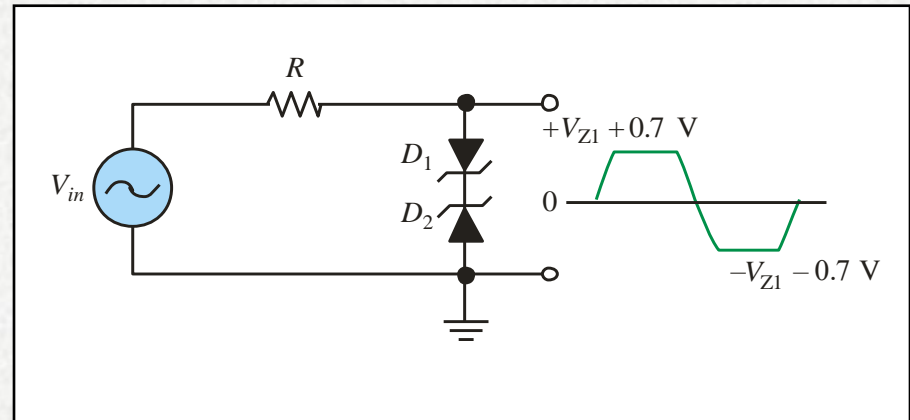
## Ψαλιδιστής τάσης

### ΕΡΩΤΗΣΗ:

Ποιες είναι οι μέγιστες θετικές και αρνητικές τάσεις εάν η τάση κατάρρευσης της Zener είναι 5,6 V;

### ΛΥΣΗ:

$$\pm 6.3 \text{ V}$$



# Εφαρμογές Διόδου Zener

## Ψαλιδιστής τάσης

