

---

# ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

---

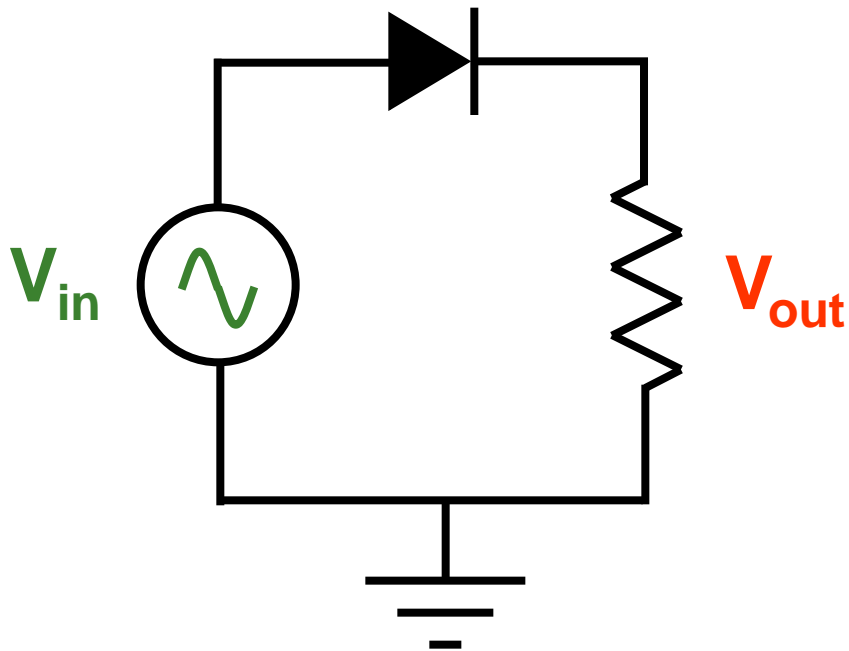
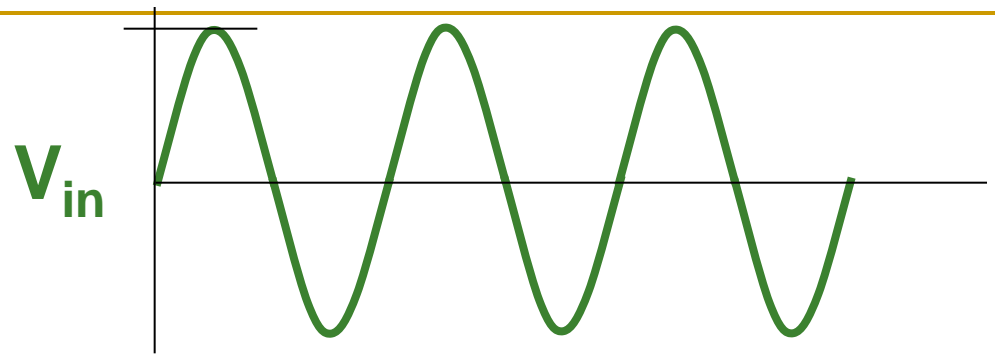
**Διάλεξη 3:** Δίοδος pn (συνέχεια) - Δίοδος Zener

Δρ Δημήτριος Λαμπάκης

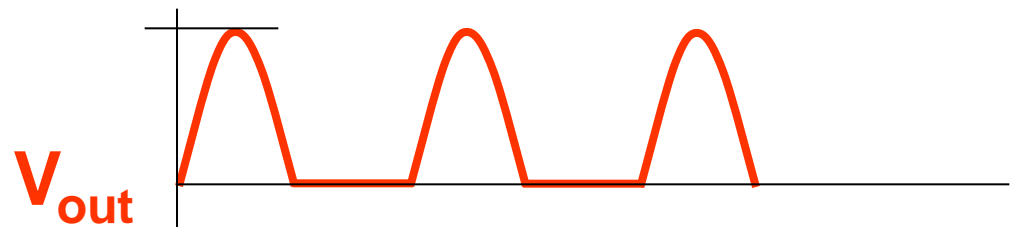
# Ημιανόρθωση

- Έχει μια δίοδο ρη σε σειρά με μια αντίσταση φορτίου
- Η τάση στα άκρα της αντίστασης φορτίου είναι μια «ημιανορθωμένη» τάση (half-wave output)

# Ημιανόρθωση



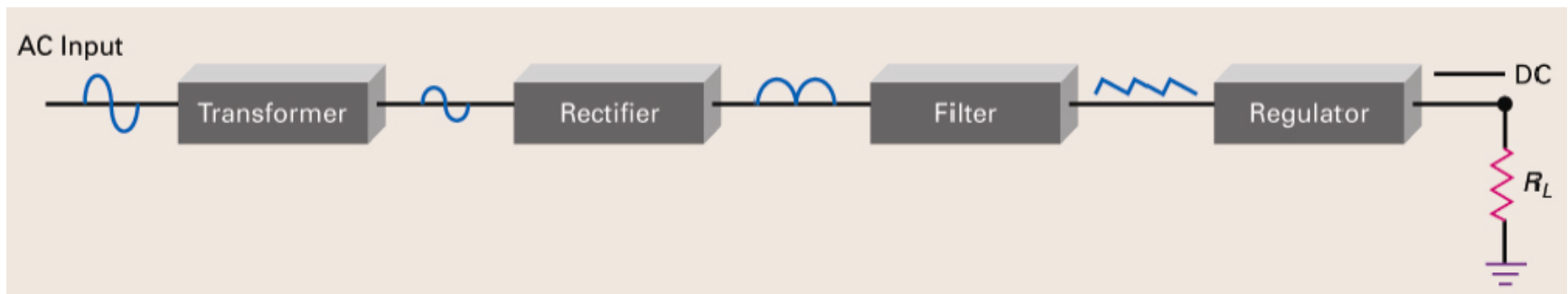
1<sup>η</sup> προσέγγιση:  $V_{P(in)} = V_{P(out)}$



# Ημιανόρθωση

- Η dc τιμή εξόδου είναι η μέση τιμή
- $V_{dc} = V_p/\pi$
- $f_{out} = f_{in}$
- Δεύτερη προσέγγιση διόδου pn:  
 $V_{P(out)} = V_{P(in)} - 0.7 V$

# Block διάγραμμα παροχής τάσης σε αντίσταση φορτίου



# Μετασχηματιστής εισόδου (Input transformer)

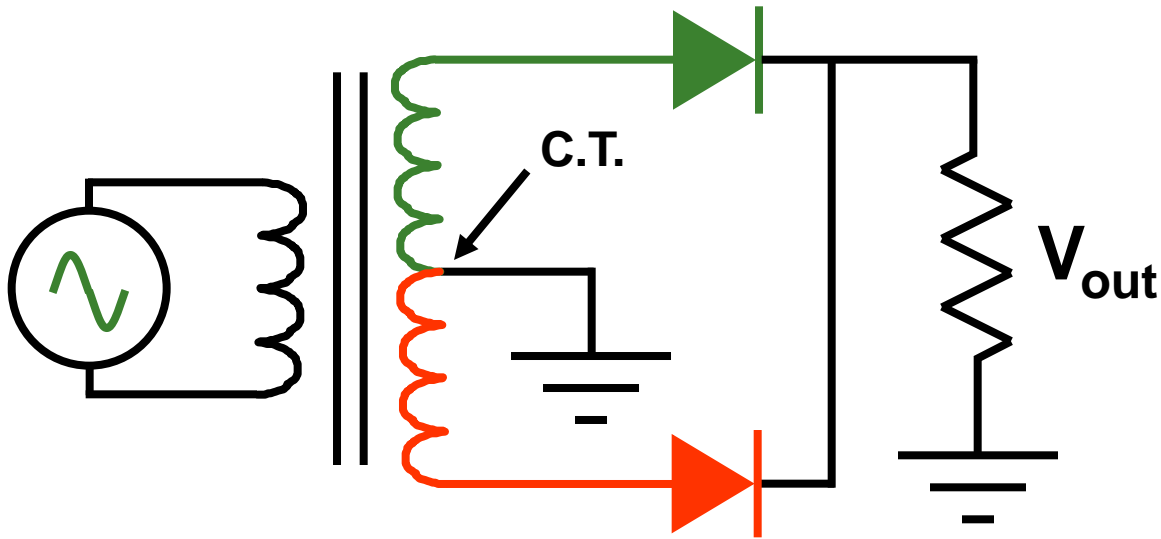
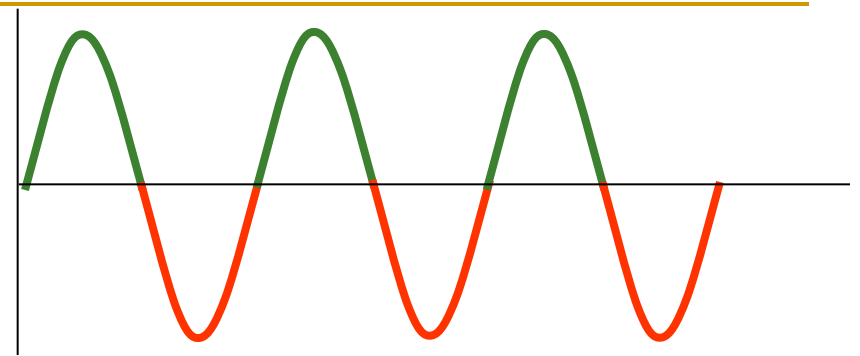
- Κατεβάζει την τάση
- Ανεβάζει το ρεύμα
- Η δευτερεύουσα τάση ισούται με την πρωτεύουσα τάση δια τον λογο μετασχηματισμού
- Όταν ο λογος μετασχηματισμού ( $N_1/N_2$ ) είναι μεγαλύτερος από 1, η πρωτεύουσα τάση μειώνεται
- Όταν ο λογος μετασχηματισμού είναι μικρότερος από 1, η πρωτεύουσα τάση αυξάνεται

# Πλήρης ανόρθωση

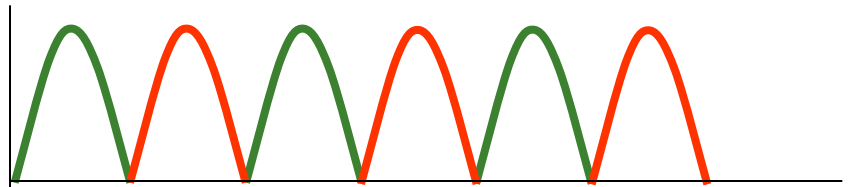
- Το κύκλωμα της πλήρους ανόρθωσης αποτελείται από έναν κεντρικό (center tapped-CT) μετασχηματιστή με 2 διόδους και μια αντίσταση φορτίου
- Η τάση στα ακρα της αντίστασης φορτίου αντιστοιχεί σε μια κανονική ημιτονοειδή κυματομορφή της οποίας το μέγιστο είναι το μισό της δευτερεύουσας τάσης

# Πλήρης ανόρθωση

$V_{in}$



$V_{out}$





# Πλήρης ανόρθωση

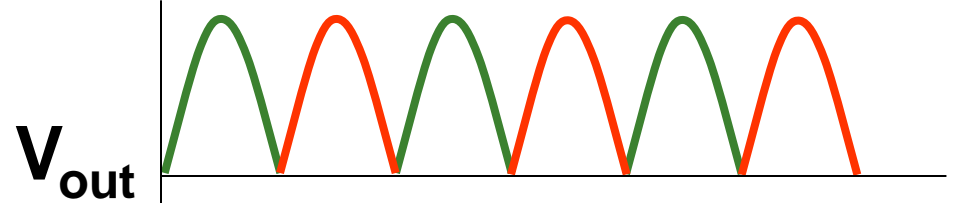
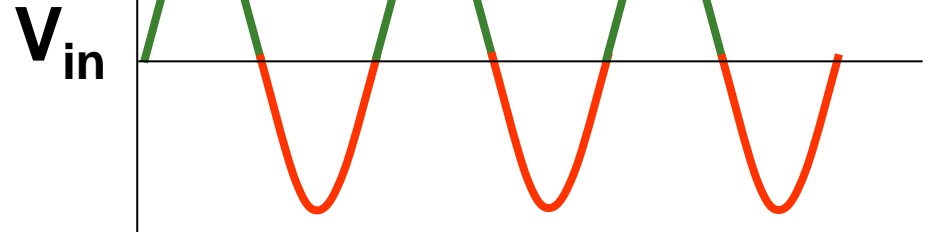
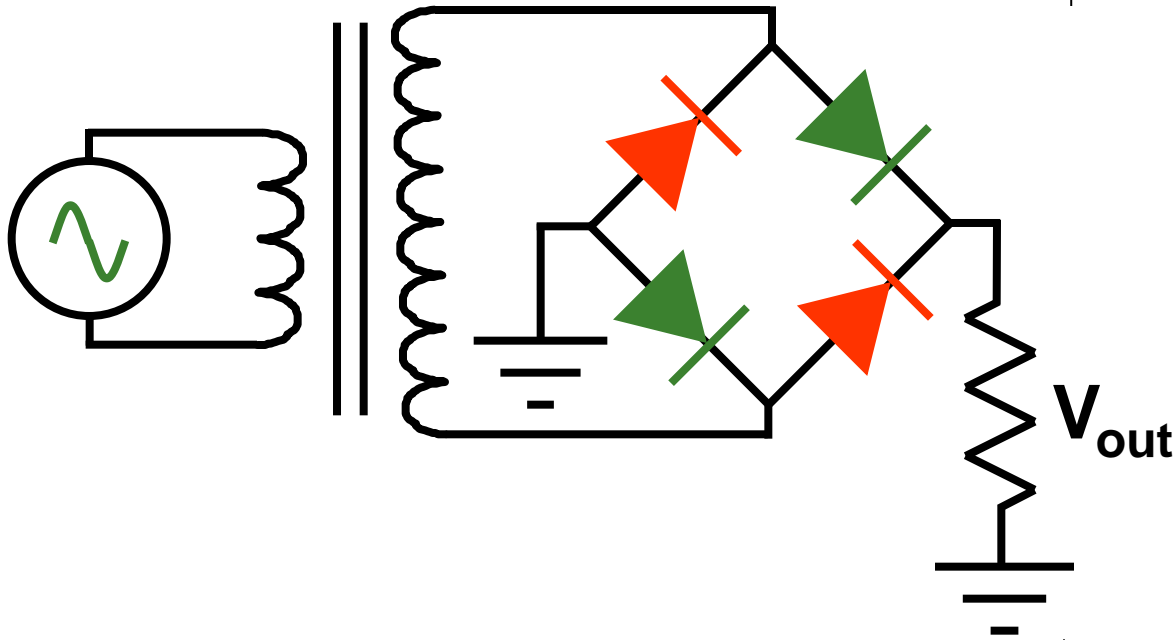
- Η dc τιμή εξόδου είναι η μέση τιμή, δηλαδή  $V_{dc} = 2V_P/\pi$
- $f_{out} = 2f_{in}$
- Η είσοδος σε κάθε δίοδο αντιστοιχεί στην μίση δευτερεύουσα τάση
- Δεύτερη προσέγγιση διόδου pn:

$$V_{P(out)} = V_{P(in)} - 0.7 \text{ V}$$

# Ανόρθωση γέφυρας

- Έχει 4 διόδους
- Η τάση στα ακρα της αντίστασης φορτίου  $V_{out}$  είναι μια κανονική κυματομορφή με μέγιστη τιμή ίση με την δευτερεύουσα τάση

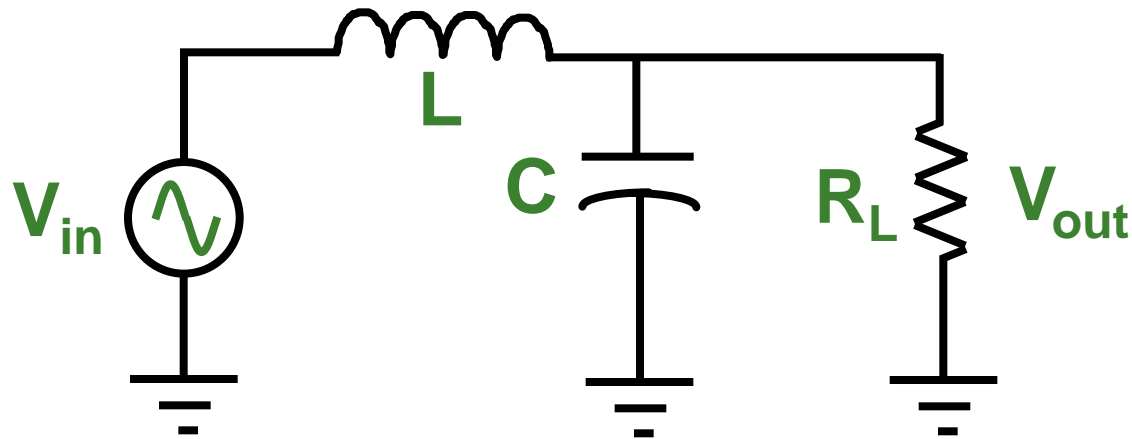
# Ανόρθωση γέφυρας



# Ανόρθωση γέφυρας

- Η dc τιμή εξόδου είναι η μέση τιμή
- $V_{dc} = 2V_P/\pi$
- $f_{out} = 2f_{in}$
- Δεύτερη προσέγγιση διόδου pn:  
$$V_{P(out)} = V_{P(in)} - 1.4 V$$

# Φίλτρο εισόδου



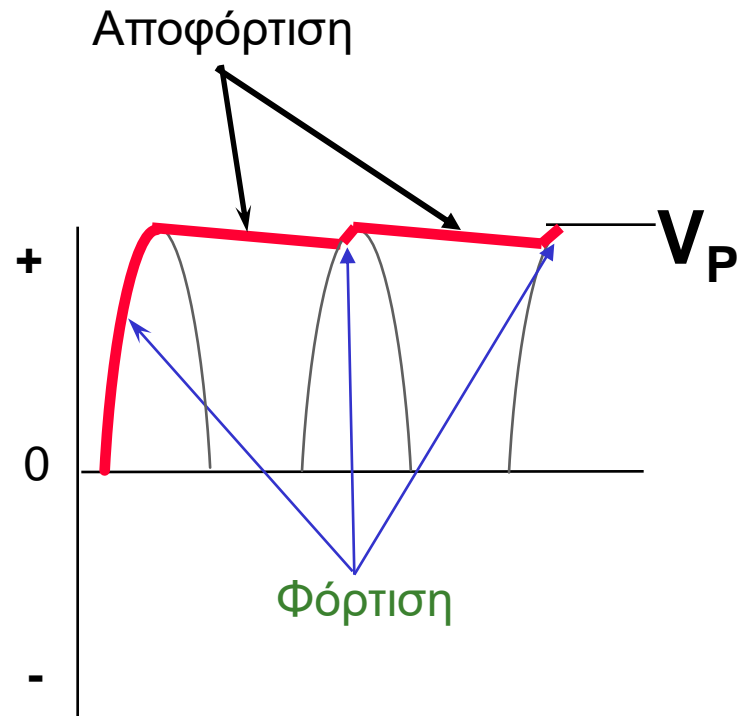
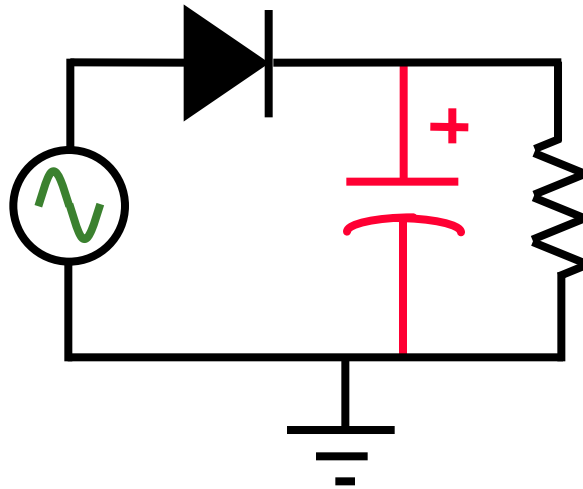
όταν  $X_L \gg X_C$ :

$$V_{out} \approx \frac{X_C}{X_L} V_{in}$$

# Φίλτρο εισόδου

- Χρησιμοποιείται πιο συχνά
- Η μέγιστη τιμή του ανορθωμένου σήματος πηγαίνει στην αντίσταση φορτίου
- Με έναν μεγάλο πυκνωτή στο προηγούμενο σχήμα, η κυμάτωση (ripple) του σήματος είναι μικρή

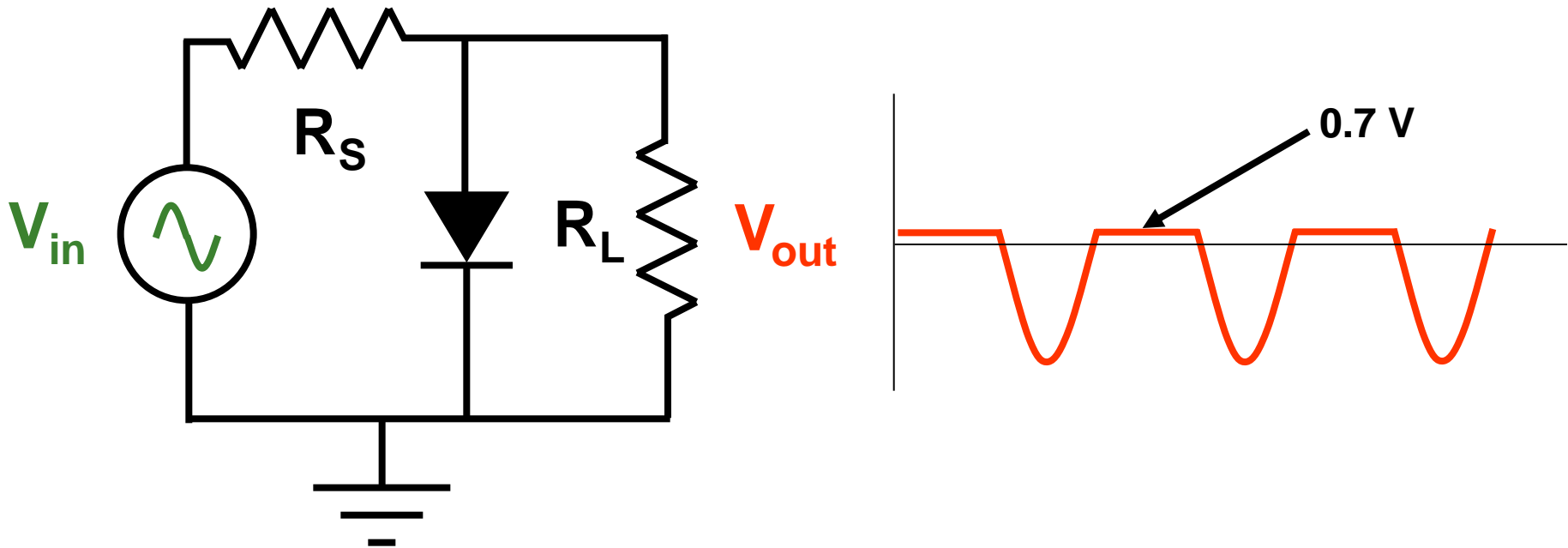
# Το φίλτρο εισόδου με πυκνωτή



$$V_R = \frac{I}{fc}$$

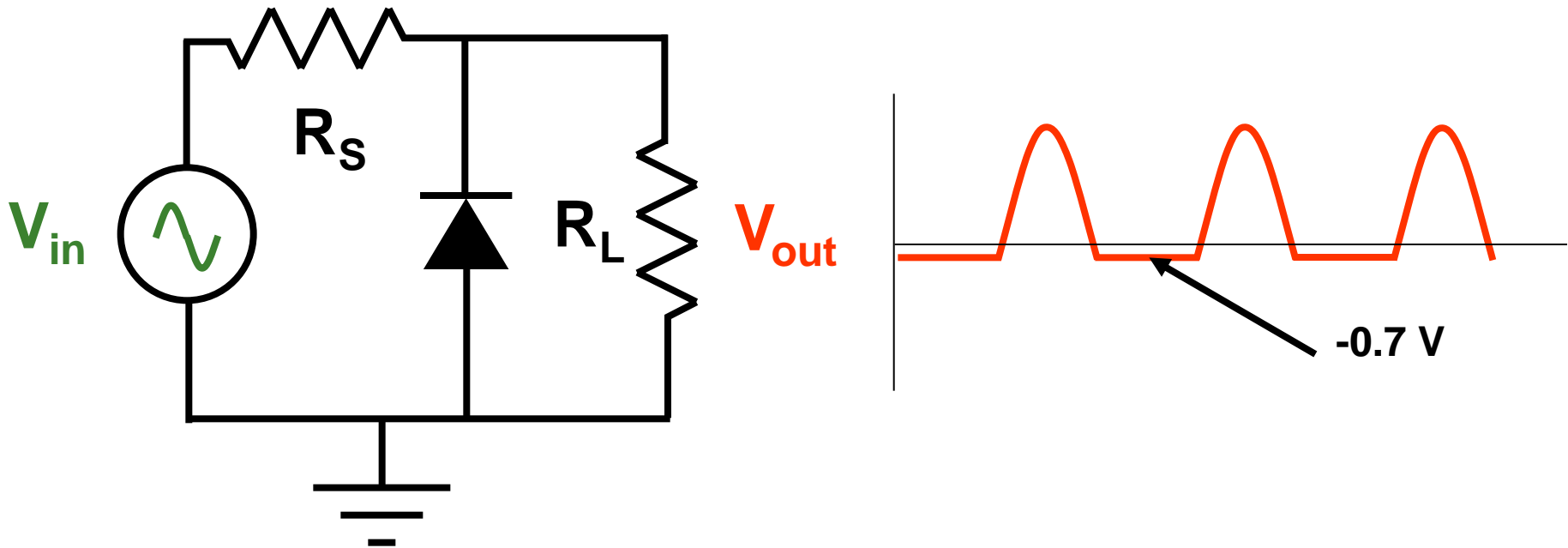
όπου  $V_R$  είναι η peak-to-peak τάση κυμάτωσης

## Θετικός ψαλιδιστής





## Αρνητικός ψαλιδιστής



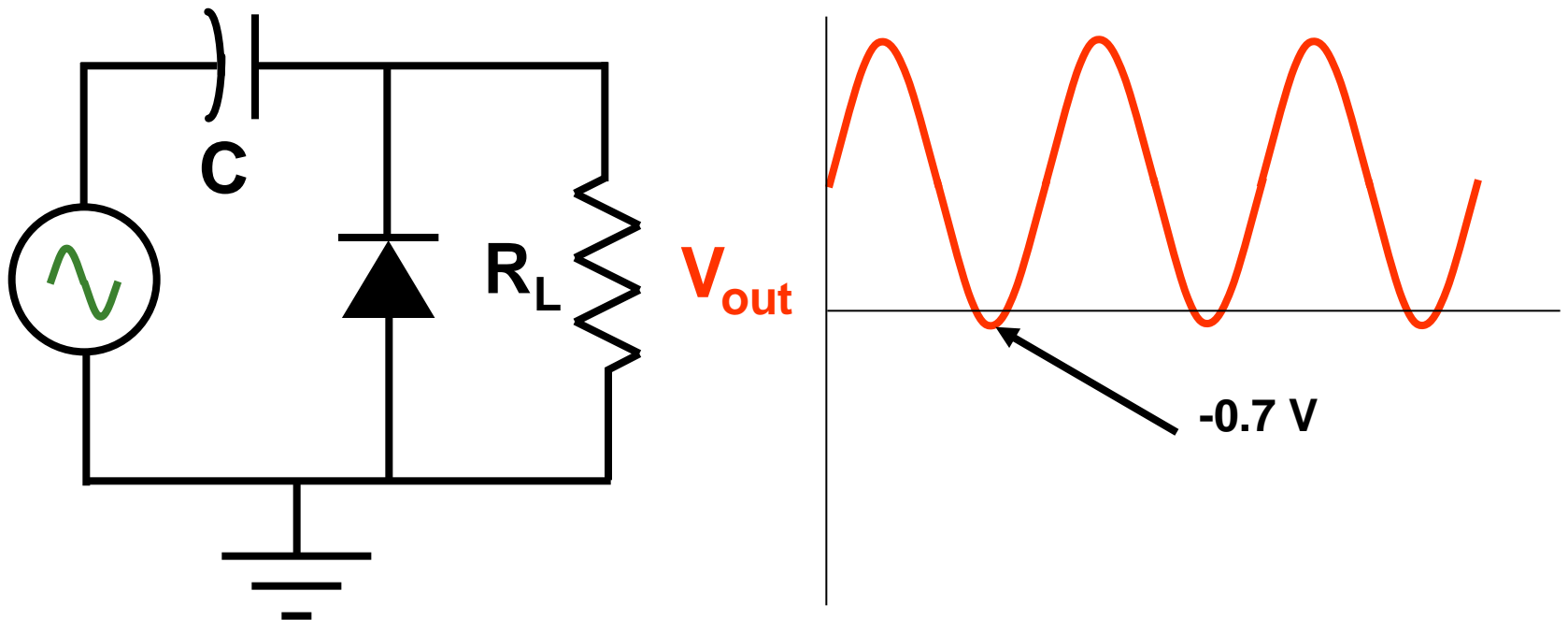
# Περιοριστής ή ψαλιδιστής

- Ένας περιοριστής ή ψαλιδιστής είναι ένα κύκλωμα που απομακρύνει τα θετικά ή αρνητικά τμήματα μιας κυματομορφής
- Προστατεύει τα ευαίσθητα κυκλώματα από μεγάλες τιμές της τάσης εισόδου

# Αναρροχητής (Clamper)

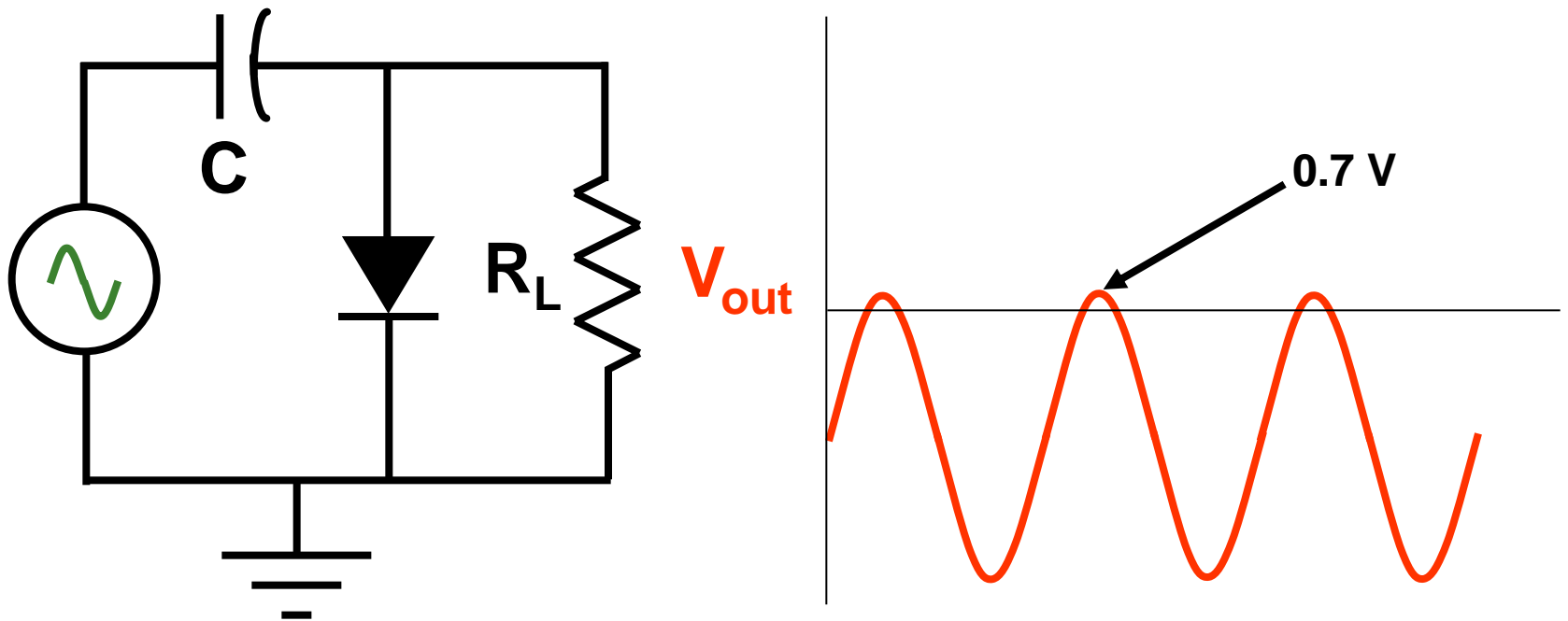
- Μετακινεί ένα σήμα θετικά ή αρνητικά προσθέτοντας μια dc τάση στο σήμα

## Θετικός αναρριχητής



Σταθερός αναρριχητής:  $R_L C > 100$

## Αρνητικός αναρριχητής

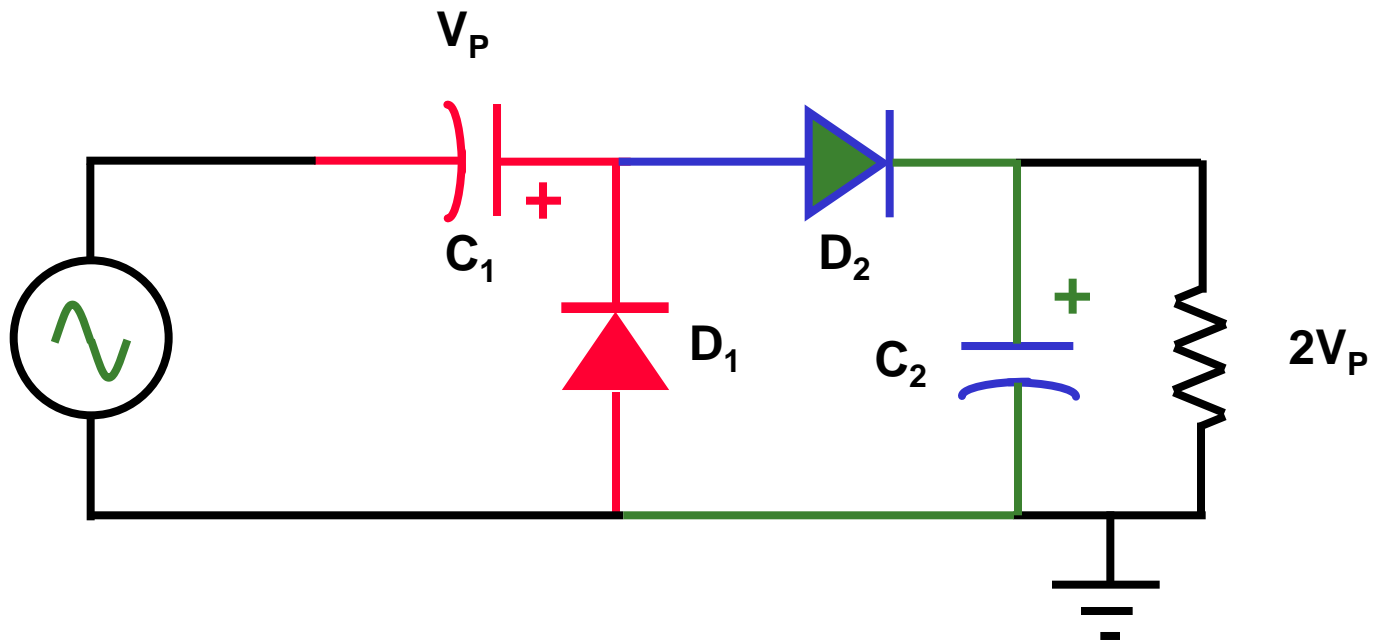


Σταθερός αναρριχητής:  $R_L C > 100$

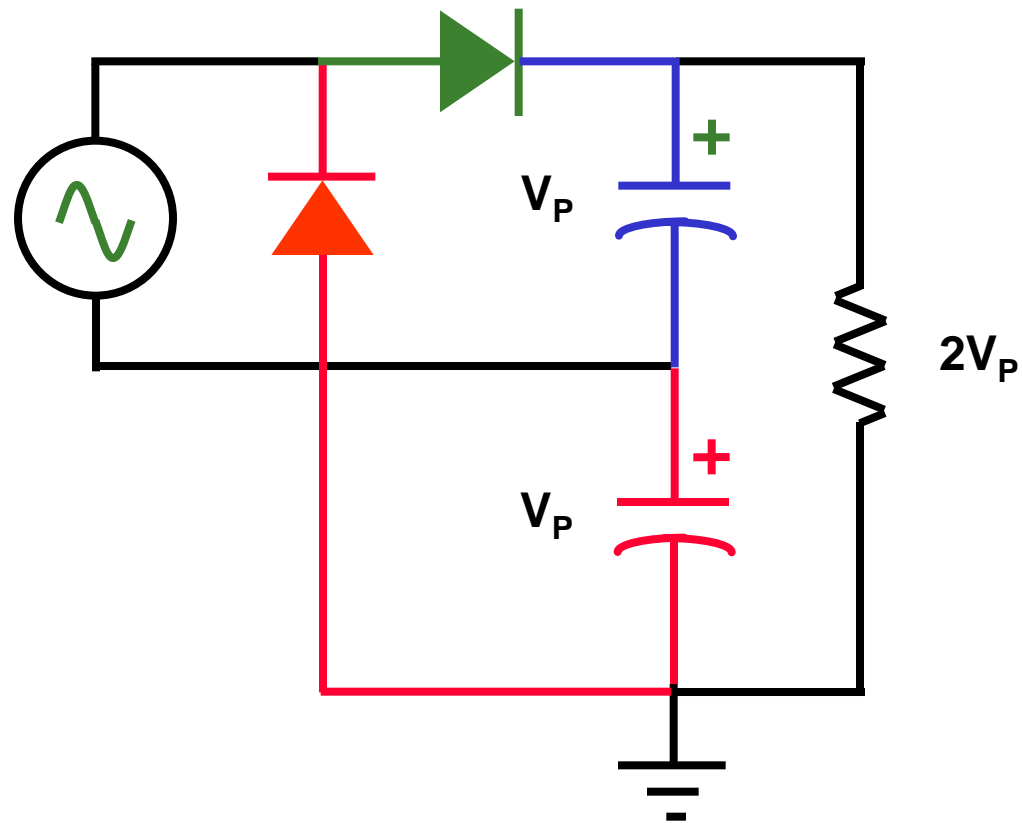
# Πολλαπλασιαστές τάσης

- Ένας διπλασιαστής τάσης χρησιμοποιεί διόδους ανόρθωσης
- Οι διπλασιαστές και οι τριπλασιαστές τάσης πολλαπλασιάζουν την μέγιστη είσοδο επί 3 και επί 4, αντίστοιχα

# Διπλασιαστής τάσης μισού κύματος (half-wave)



# Διπλασιαστής τάσης πλήρους κύματος (full-wave)



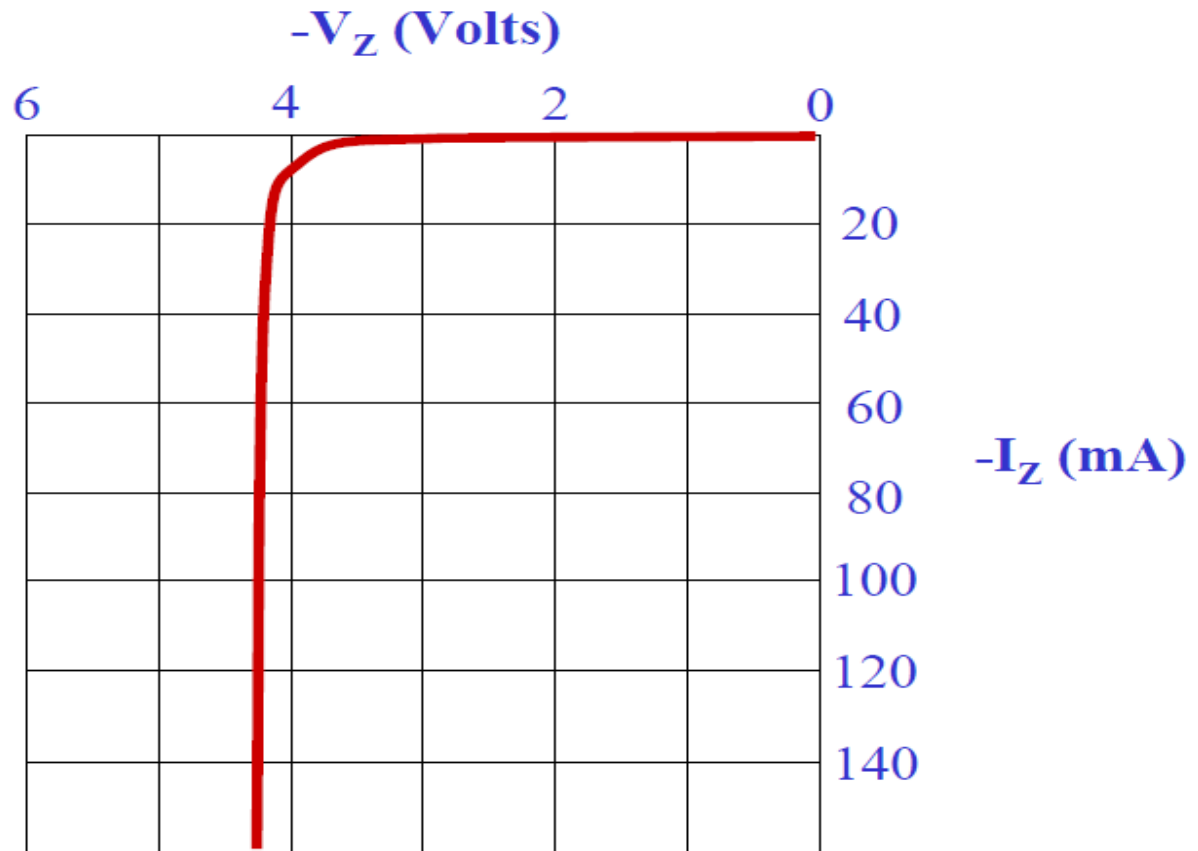
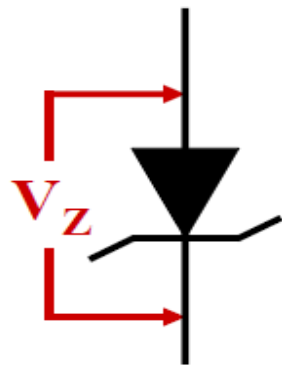


---

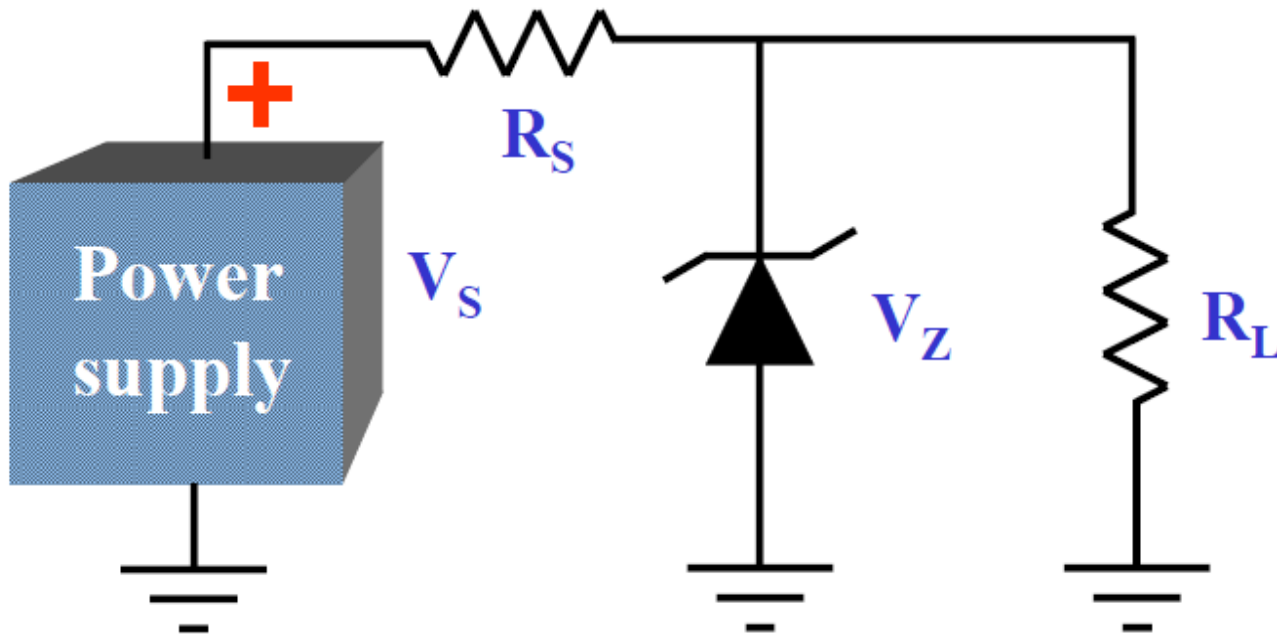
# Δίοδος Zener

- Λειτουργεί στην περιοχή κατάρρευσης
- Κυρία χρήση: έλεγχος της τάσης

# Γραφική παράσταση τάσης-ρεύματος της διόδου zener



# Κύκλωμα με δίοδο zener που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της $V_s$



# Κύκλωμα με δίοδο zener

- Αυτό το κύκλωμα καθορίζει πότε η τάση Thevenin που βλέπει την δίοδο zener είναι μεγαλύτερη από την τάση στα άκρα της διόδου zener

$$V_{TH} = \frac{R_L}{R_S + R_L} V_S$$

# Κύκλωμα με δίοδο zener

- Θεωρώντας ότι η zener άγει:

$$I_S = \frac{V_S - V_Z}{R_S}$$

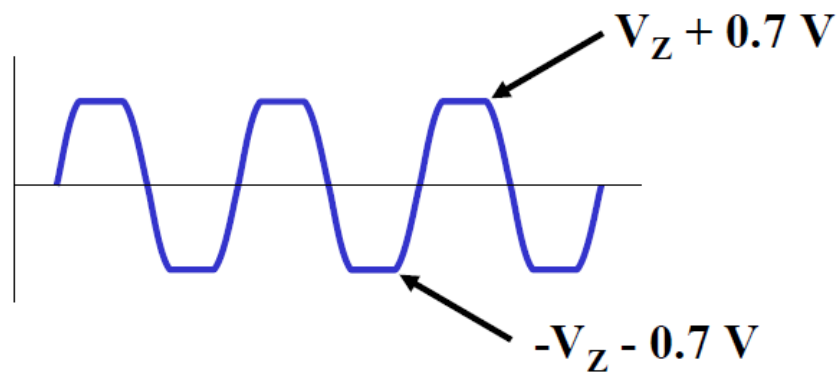
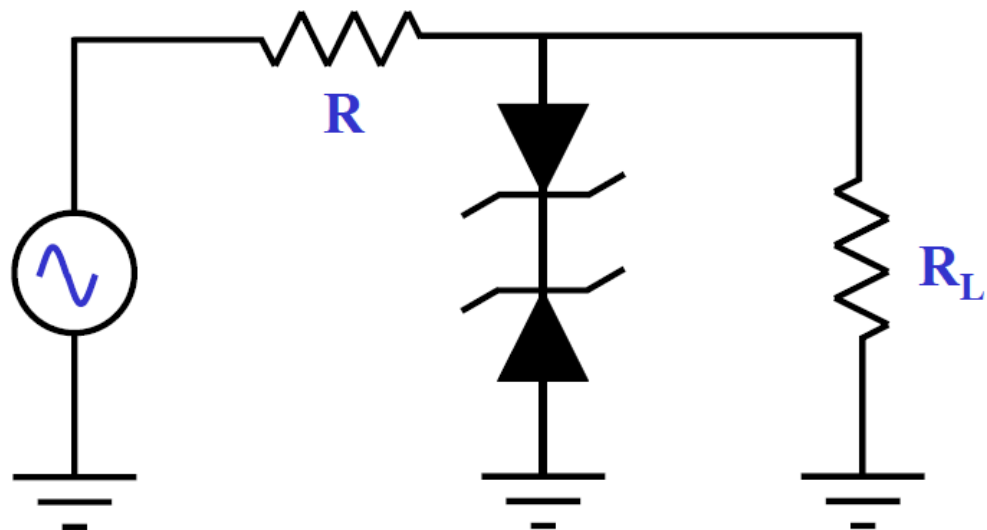
$$I_L = \frac{V_Z}{R_L}$$

$$I_Z = I_S - I_L$$

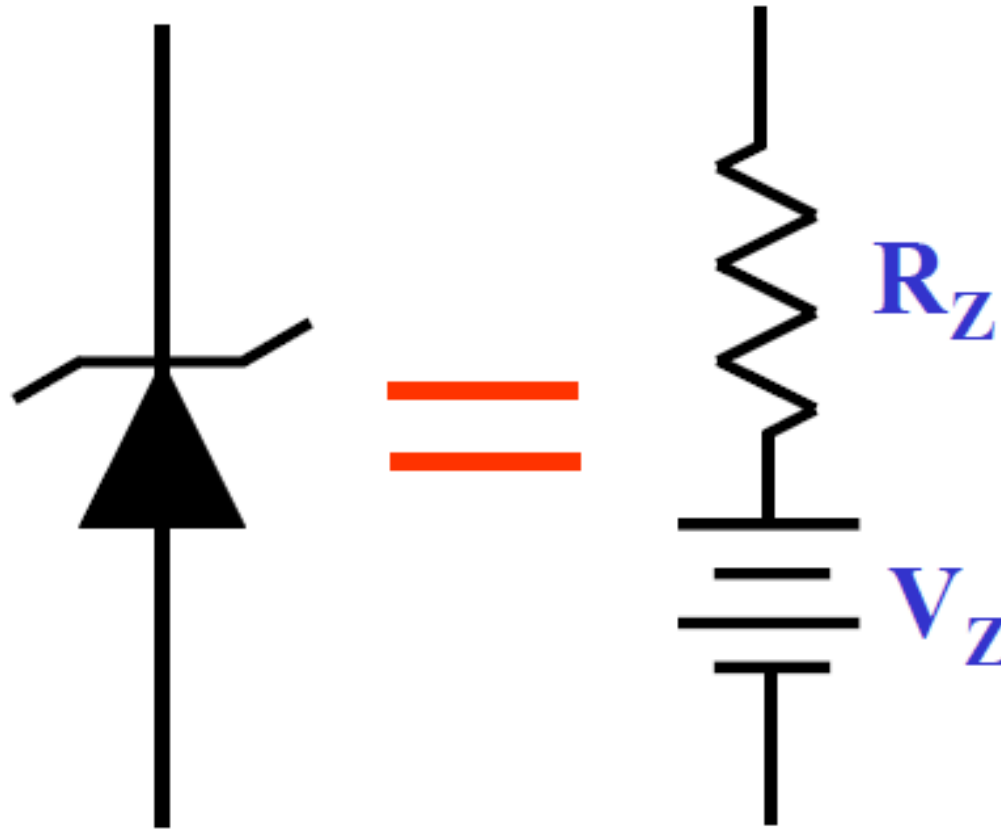
# Συνδεσμολογία 2 διόδων Zener

- Η μια zener άγει και η άλλη βρίσκεται στην περιοχή κατάρρευσης
- Αποτελέσματα αποκοπής

# Συνδεσμολογία 2 διόδων Zener

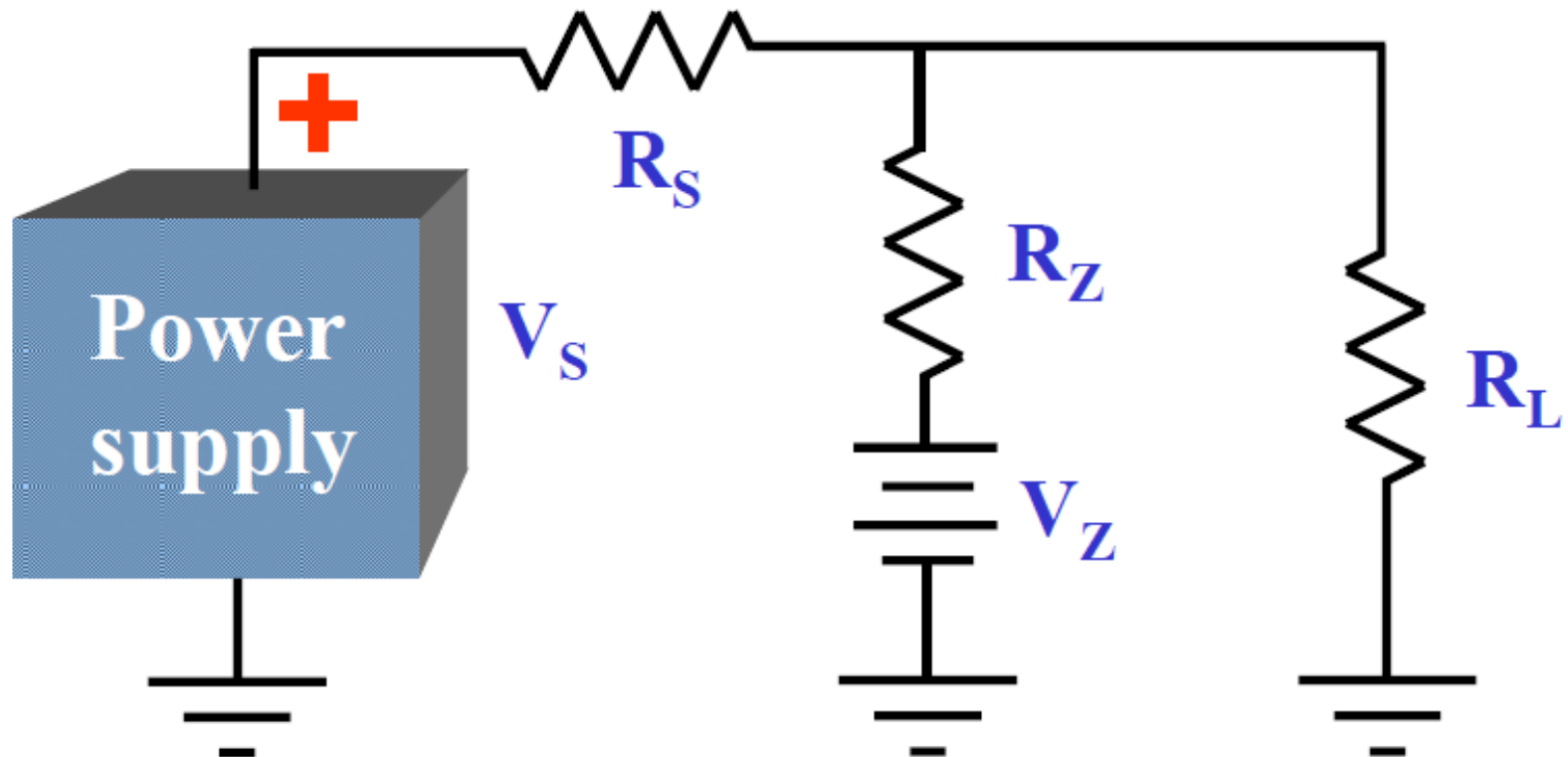


## 2<sup>η</sup> προσέγγιση διόδου zener





## 2<sup>η</sup> προσέγγιση διόδου zener



## 2<sup>η</sup> προσέγγιση διόδου zener

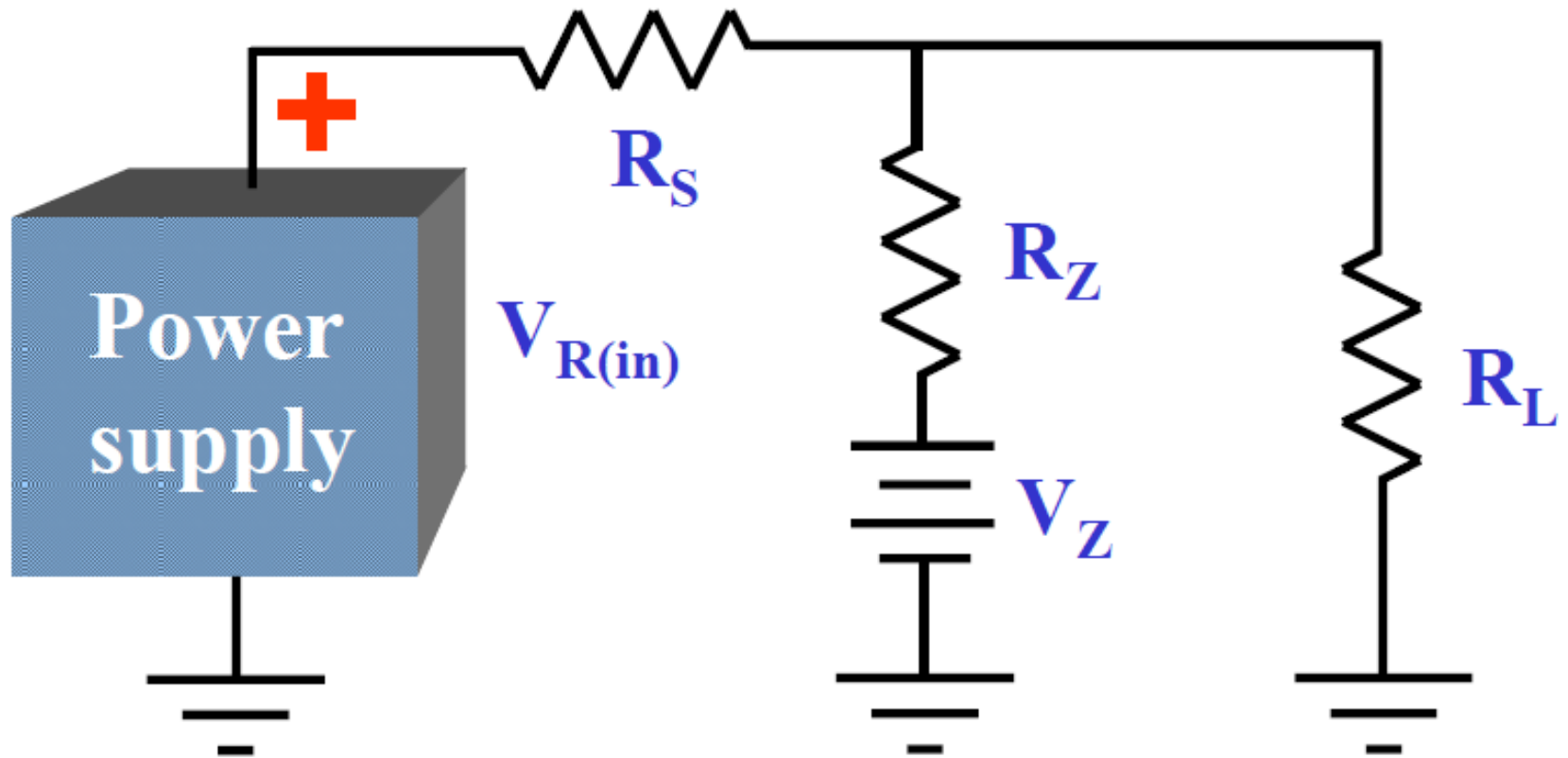
- Η μεταβολή της τάσης στα άκρα της αντίστασης φορτίου σε σχέση με την 1<sup>η</sup> προσέγγιση της διόδου zener είναι:
  - $\Delta V_L = I_z R_z$

# Η διόδος zener μειώνει την κυμάτωση

- Υποθέτοντας ότι οι αντιστάσεις  $R_L$  και  $R_S$   $\gg R_Z$ :

$$V_{R(\text{out})} \cong \frac{R_Z}{R_S} V_{R(\text{in})}$$

# Η διόδος zener μειώνει την κυμάτωση



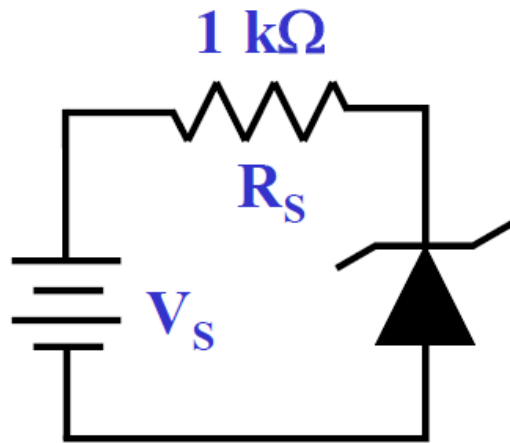
# Θέματα διόδου zener

- **Μεγίστη ισχύς  $P_z(\max) = V_z I_z(\max)$**
- **Ανοχή: 1, 2.5 και 20 %**
- **Η εσωτερική αντίσταση της διόδου Zener  $R_{zt}$  αυξάνεται στην καμπή (knee) της χαρακτηριστικής της καμπύλης**

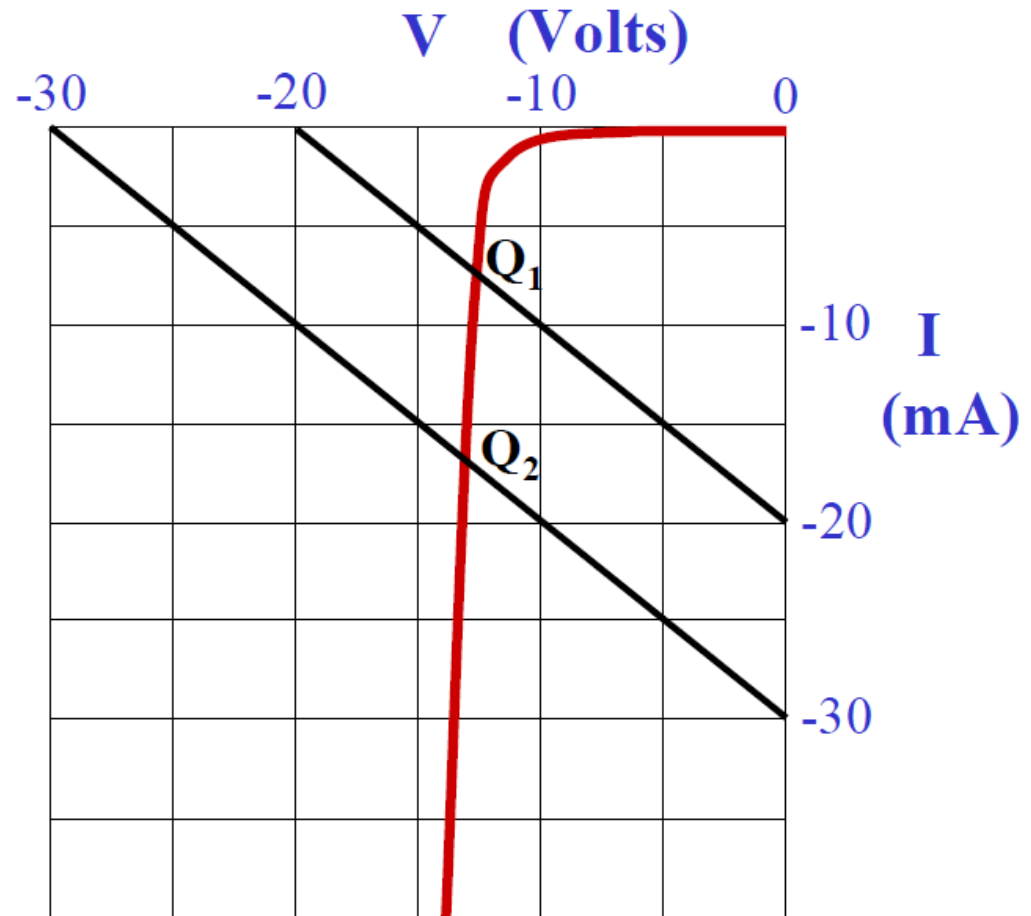
# Γραμμές φορτίου διόδου zener

- Το σημείο τομής της γραμμής φορτίου και της διόδου zener είναι το σημείο λειτουργίας Q
- Όταν η τάση της πηγής αλλάζει, μια διαφορετική γραμμή φορτίου εμφανίζεται με ένα διαφορετικό σημείο Q

# Γραμμές φορτίου διόδου zener



$$V_S = 30\text{ V}$$



# Γραμμές φορτίου διόδου zener

- Τι συμβαίνει στην τάση  $V_z$  όταν η τάση  $V_s$  μεταβάλλεται από 20 σε 30 volts?
- Οι γραμμές φορτίου προσφέρουν μια γραφική λύση

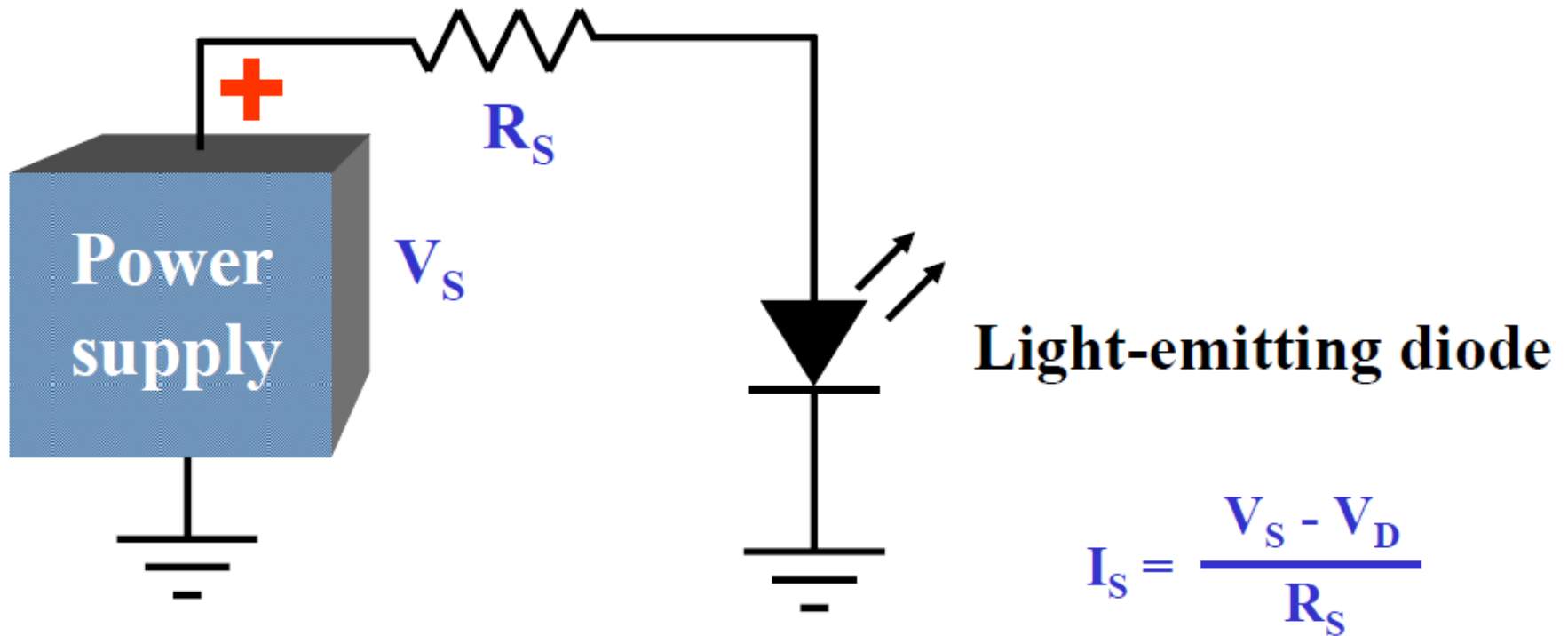


# Οπτοηλεκτρονική

- **Τεχνολογία οπτικής και ηλεκτρονικής**
- **LEDs**
- **Φωτοδιοδοι**
- **Οπτοζευκτες**
- **Διοδοι laser**

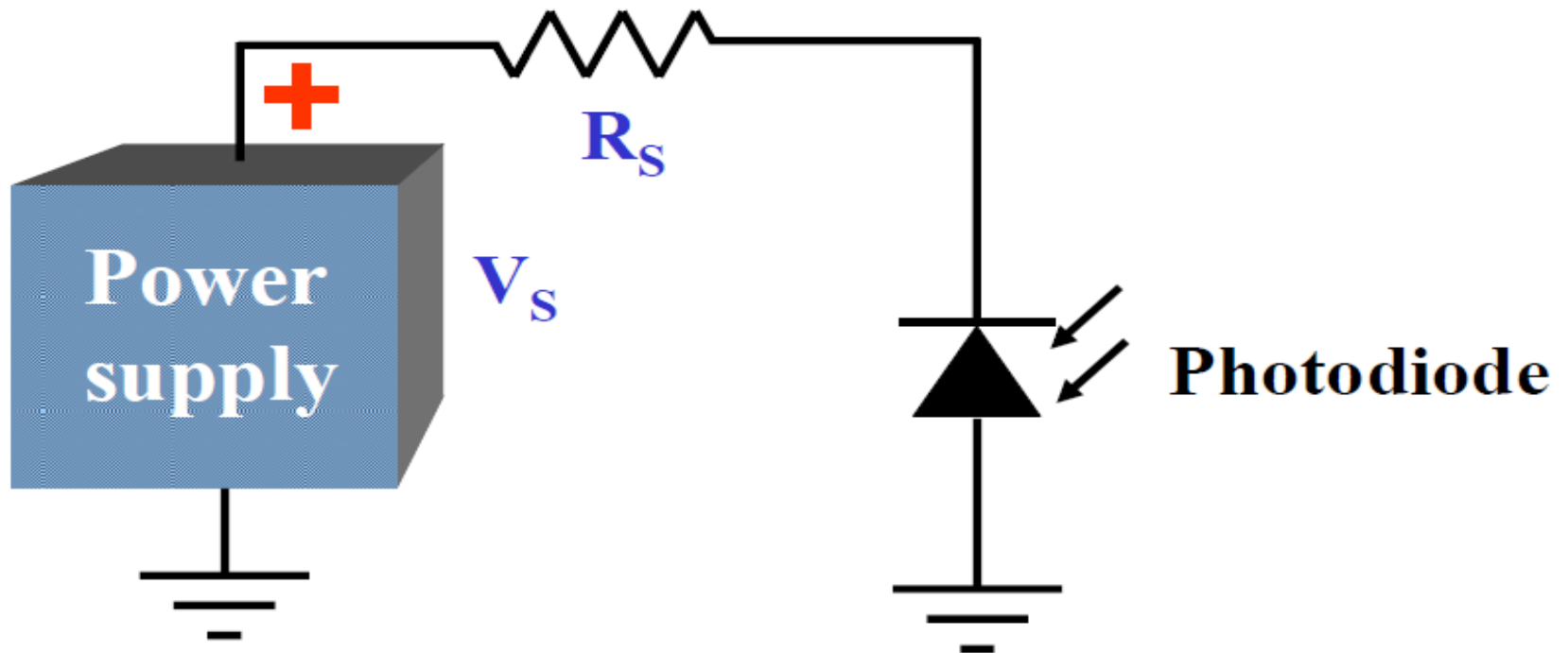
# Δίοδος LED

- Η τυπική πτώση τάσης για τις περισσότερες διόδους LEDs είναι από 1.5 έως 2.5 V



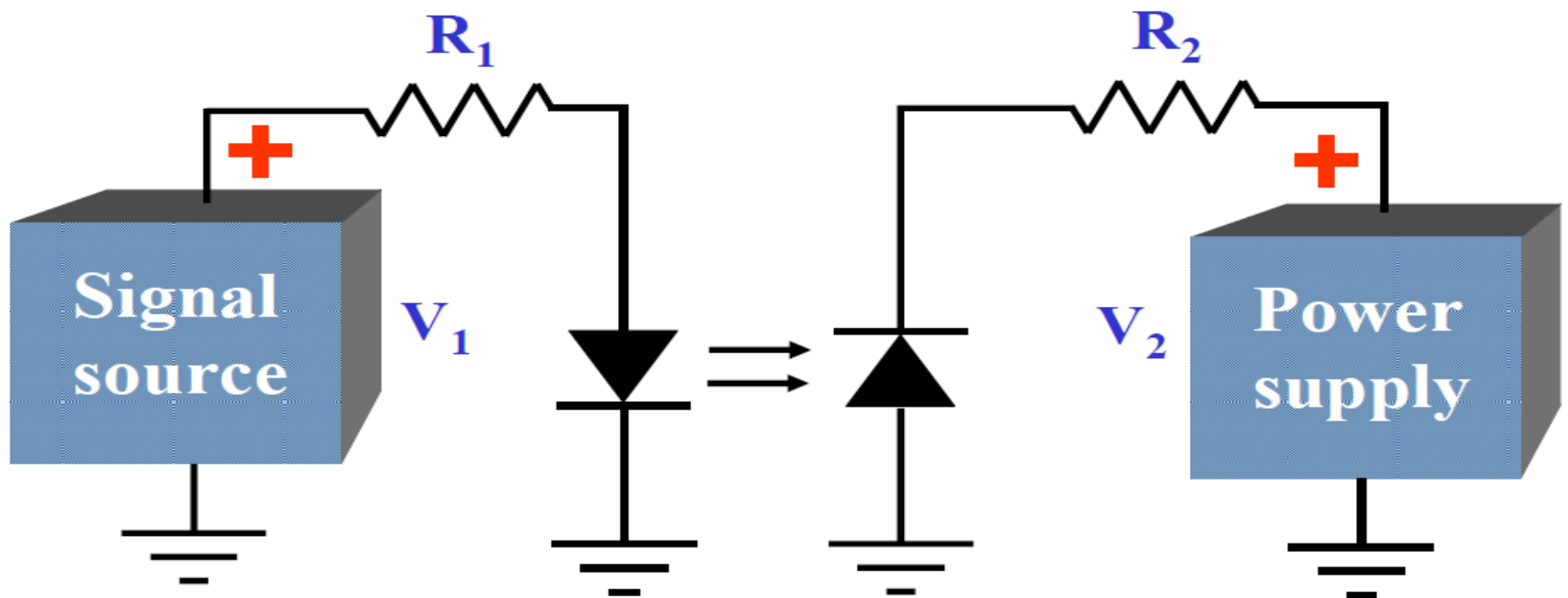
# Φωτοδιόδος

Οι φωτοδιόδοι είναι πολωμένες ανάστροφα και άγουν όταν ενεργοποιηθούν από το φως

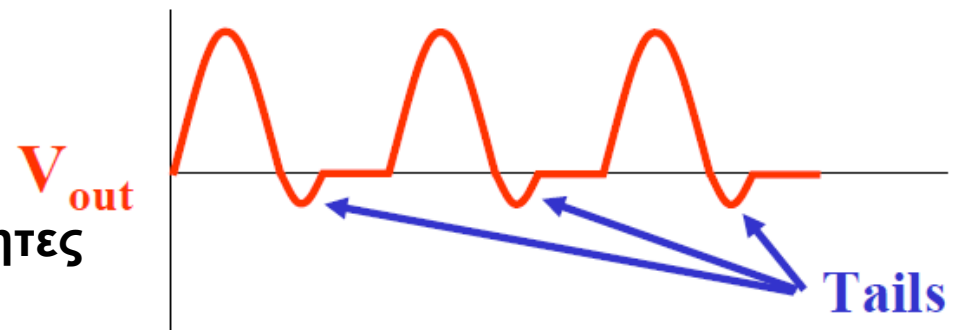
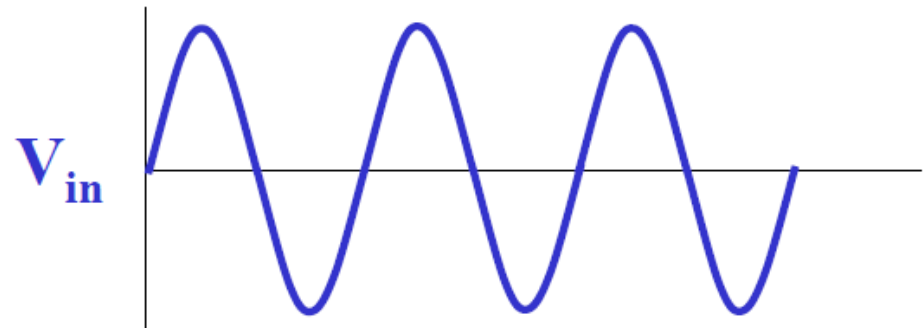
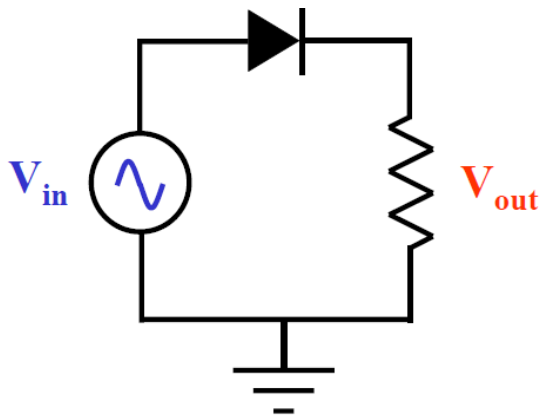


# Οπτοσυζευκτης (optocoupler)

- Ο οπτοσυζευκτης συνδυάζει μια δίοδο LED και μια φωτοδίοδο



# Δίοδος Schottky



- Ανόρθωση στις υψηλές συχνότητες
- Μια ειδική δίοδος με σχεδόν μηδενικό χρόνο ανάκτησης κατά την ανάστροφη πόλωση

# Δίοδος Schottky

- Η δίοδος Schottky απαλείφει τις ουρές (tails) στις υψηλές συχνότητες

