



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Πρόγραμμα Προϋπηρεσιακής Κατάρτισης

ΠΡΥ 017 – Πολυτεχνικά και Τεχνικά Επαγγέλματα

Διαλέξεις 4 και 5

Σχεδιασμός και Καινοτομία



- **Κίνηση ηλεκτρονίων**

- Αόρατη δύναμη που παρέχει
- φως, θερμότητα, ήχο, κίνηση. . .



Ηλεκτρισμός στο Ατομικό Επίπεδο

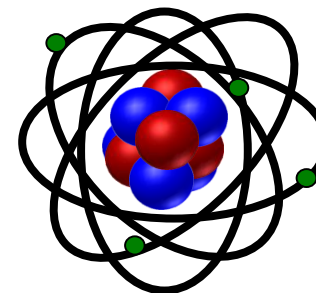


- Στοιχεία - Η απλούστερη μορφή της ύλης

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 *La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 +Ac	104 Rf	105 Ha	106 Sg	107 Ns	108 Hs	109 Mt	110 110	111 111	112 112	113 113					

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Άτομα - Το μικρότερο κομμάτι ενός στοιχείου που διαθέτει όλες τις ιδιότητες αυτού του στοιχείου





- Τα μέρη ενός ατόμου

- Πυρήνας

- Το κεντρικό τμήμα ενός ατόμου που περιέχει τα πρωτόνια και τα νετρόνια

- Πρωτόνια

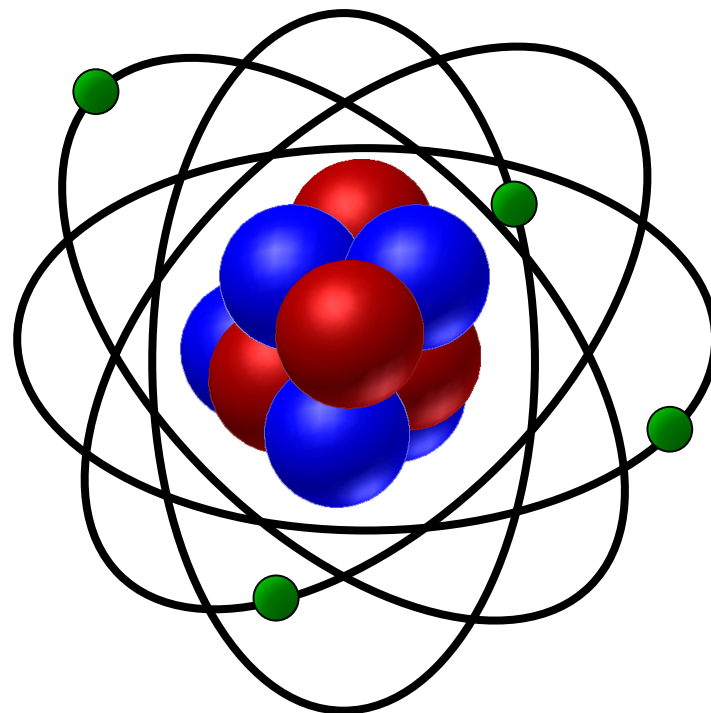
- Θετικά φορτισμένα ατομικά σωματίδια

- Νετρόνια

- Μη φορτισμένα ατομικά σωματίδια

- Ατομικός αριθμός

- Είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων στον πυρήνα ενός ατόμου
 - Προσδιορίζει το στοιχείο.
 - Πόσα πρωτόνια υπάρχουν σε αυτόν τον πυρήνα;





- **Ηλεκτρόνια**

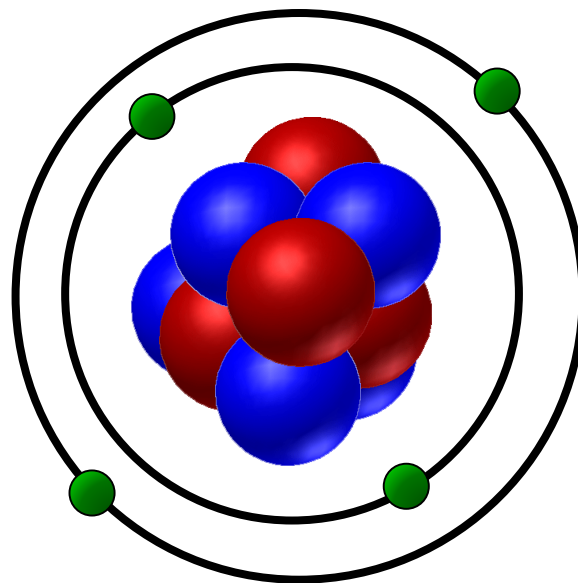
- Αρνητικά φορτισμένα σωματίδια

- **Ηλεκτρονικές Στοιβάδες**

- Τροχιές στις οποίες τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου
- Ευκολότερη προβολή σε 2D

- **Ηλεκτρόνια σθένους**

- Τα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα του ατόμου

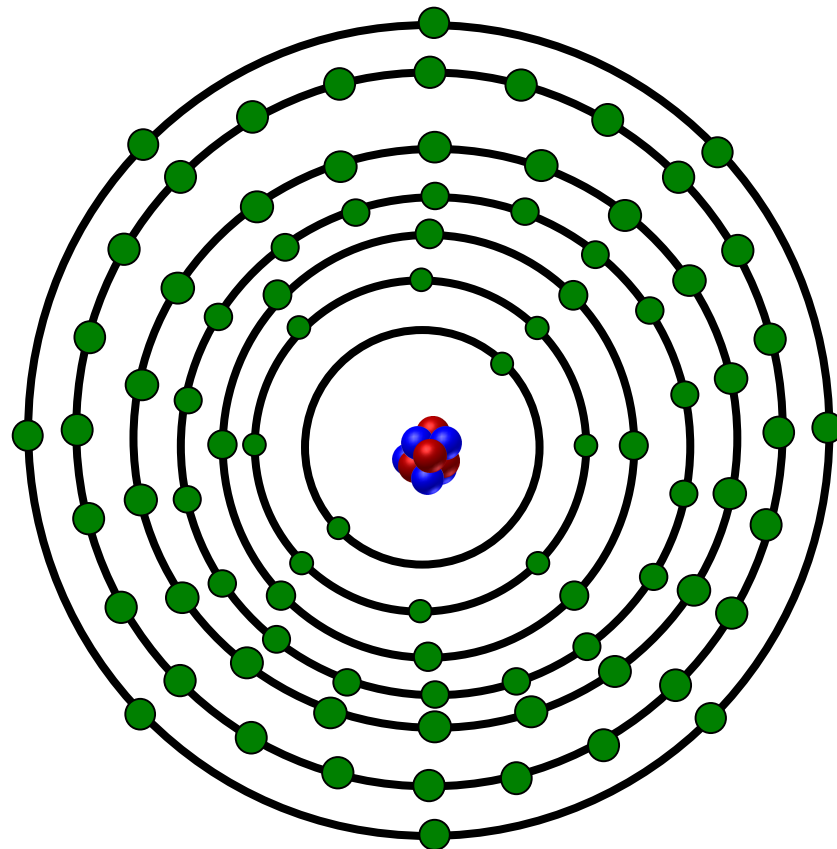




• Ηλεκτρονικές Στοιβάδες

- Οι στοιβάδες που βρίσκονται πλησιέστερα στον πυρήνα γεμίζουν πρώτα
- Τα άτομα θέλουν να έχουν τη στοιβάδα σθένους είτε γεμάτη (8) είτε άδεια (0) με ηλεκτρόνια

Αριθμός Στοιβάδας	Μέγιστος Αριθμός Ηλεκτρονίων
1	2
2	8
3	18
4	32
5	50
6	72
Στοιβάδα Σθένους	8



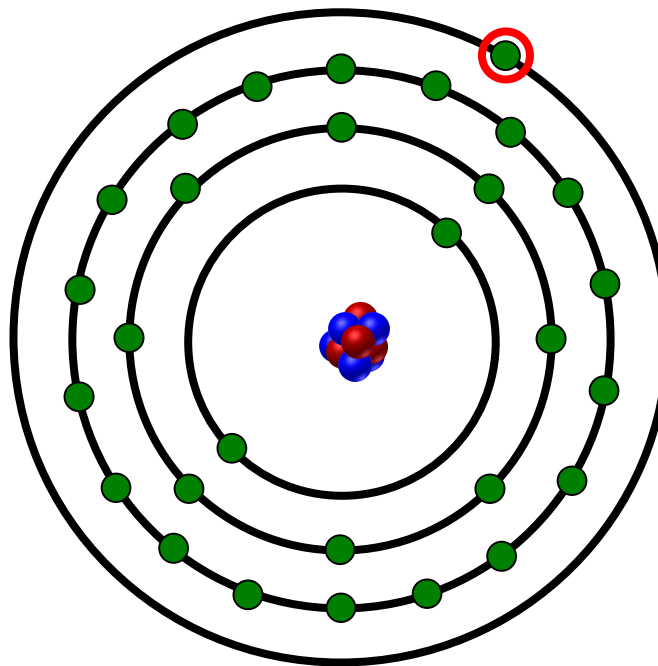
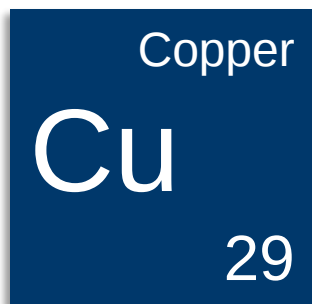


• Ηλεκτρονικές Στοιβάδες

- Πόσα ηλεκτρόνια βρίσκονται στη στοιβάδα σθένους;
- Είναι ο χαλκός ένας αγωγός ή μονωτής;
- Γιατί;

1

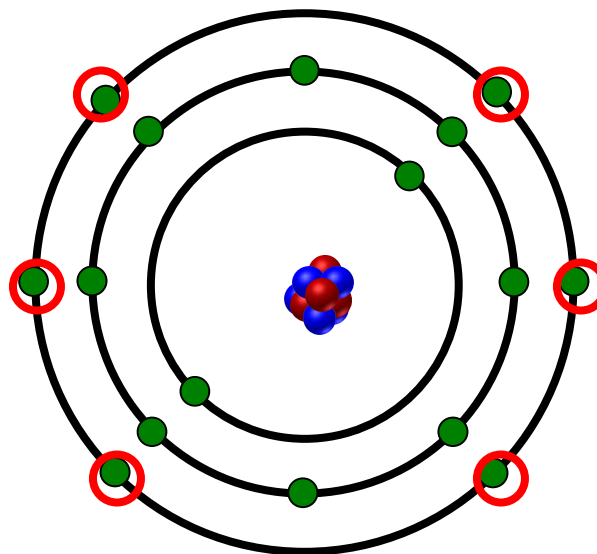
Αγωγός





- Ηλεκτρονικές Στοιβάδες

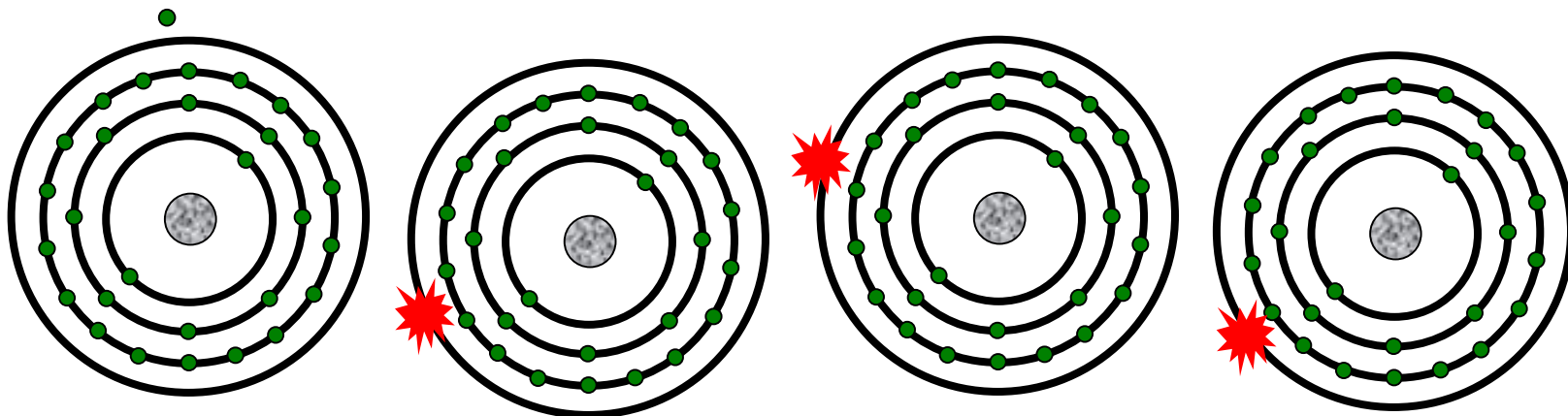
- Πόσα ηλεκτρόνια βρίσκονται στη στοιβάδα σθένους; **6**
- Είναι το θείο ένας αγωγός ή μονωτής; **Μονωτής**
- Γιατί;





• Ροή Ηλεκτρονίων

- Ένα ηλεκτρόνιο από μια στοιβάδα μπορεί να χτυπήσει ένα ηλεκτρόνιο από μια άλλη στοιβάδα
 - Όταν ένα άτομο χάσει ένα ηλεκτρόνιο, επιδιώκει να γεμίσει την κενή θέση με ένα άλλο
- Ηλεκτρικό Ρεύμα δημιουργείται καθώς ηλεκτρόνια συγκρούονται και μεταφέρονται από άτομο σε άτομο



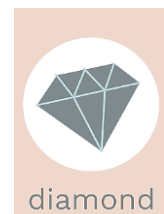
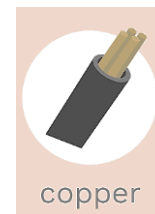
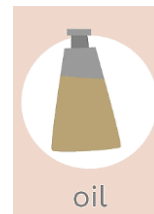


• Αγωγοί

- Τα ηλεκτρόνια ρέουν εύκολα μεταξύ των ατόμων
- 1-3 ηλεκτρόνια σθένους στην εξωτερική στοιβάδα
- Παραδείγματα: Ασημί, Χαλκός, Χρυσός, Αλουμίνιο

• Μονωτές

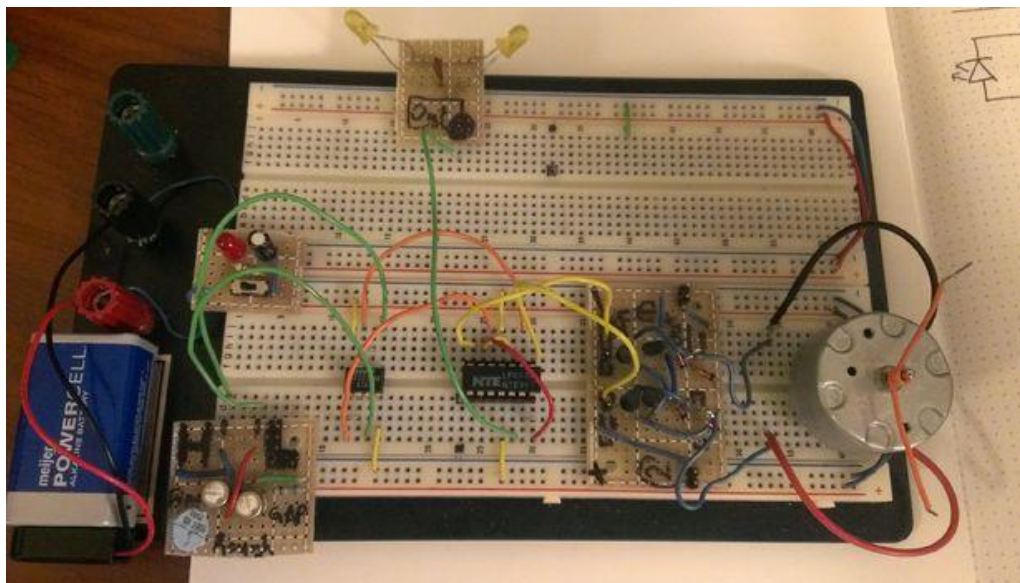
- Η ροή ηλεκτρονίων είναι δύσκολη μεταξύ των ατόμων
- 5-8 ηλεκτρόνια σθένους στην εξωτερική στοιβάδα
- Παραδείγματα: Μίκα, γυαλί, χαλαζίας





Ηλεκτρικό κύκλωμα

- Ένα σύστημα αγωγών και στοιχείων που σχηματίζουν μια πλήρη διαδρομή για από όπου ρέει το ρεύμα (ηλεκτρόνια)
- Οι βασικές ιδιότητες ενός ηλεκτρικού κυκλώματος περιλαμβάνουν
 - Τάση Volts V
 - Ρεύμα Amps A
 - Αντίσταση Ohms Ω



Ρεύμα (Current)

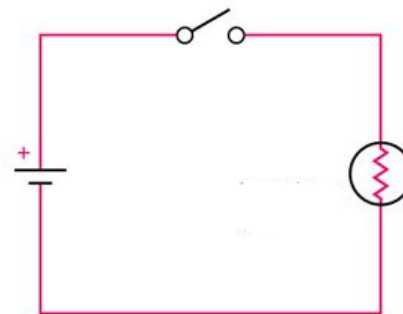
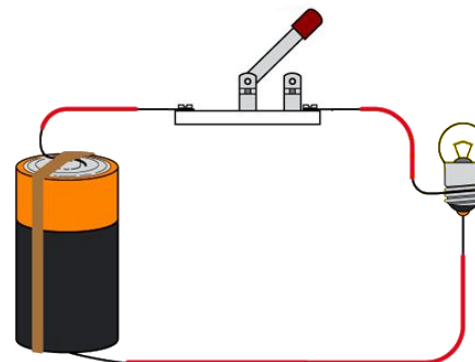
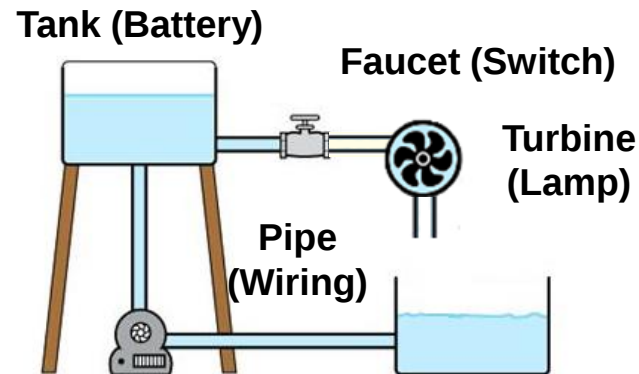


- Η **ροή** ηλεκτρικού φορτίου

- Μετρίεται σε AMPERES (A)
- $I = \Delta q / \Delta t$ (φορτίο ανά sec)
- $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (coulomb ανά sec)
- $1 \text{ C} \approx 6.242 \times 10^{18}$ ηλεκτρόνια

- Ρεύμα σε ένα κύκλωμα

- Όταν η βρύση (διακόπτης) είναι κλειστή, υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - **ΟΧΙ**



Ρεύμα (Current)

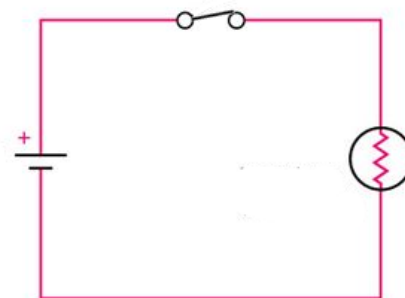
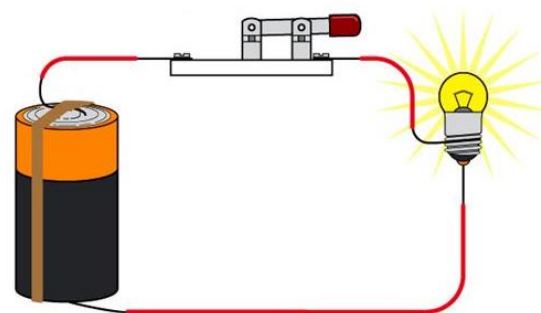
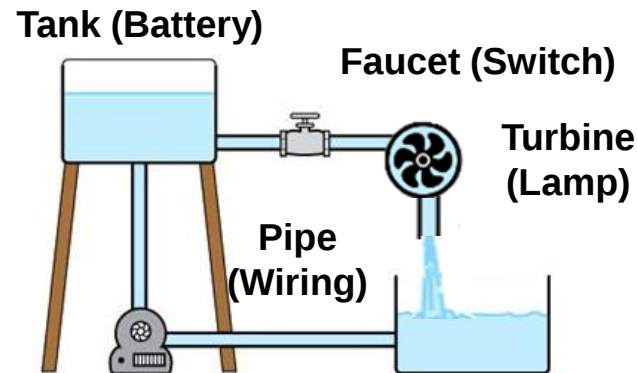


- Η **ροή** ηλεκτρικού φορτίου

- Μετρίεται σε AMPERES (A)
- $I = \Delta q / \Delta t$ (φορτίο ανά sec)
- $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (coulomb ανά sec)
- $1 \text{ C} \approx 6.242 \times 10^{18}$ ηλεκτρόνια

- **Current in a circuit**

- Όταν η βρύση (διακόπτης) είναι κλειστή, υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - **OXI**
- Όταν η βρύση (διακόπτης) είναι ανοικτή, υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - **NAI**

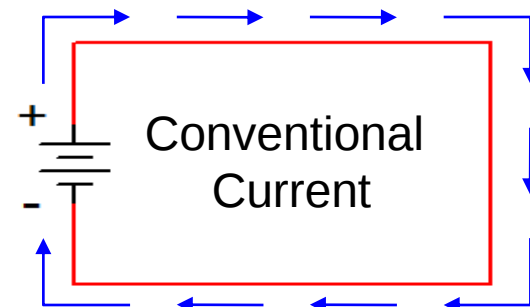


Ρεύμα (Current)



• Ροή του Ρεύματος

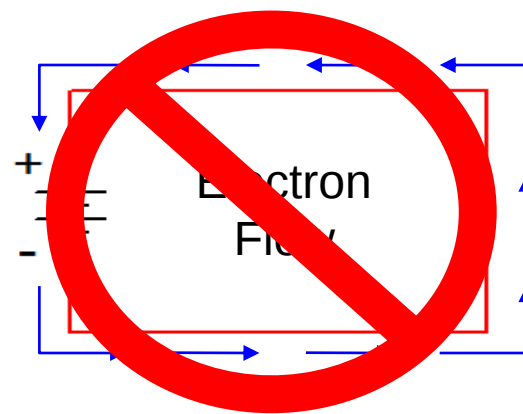
- Συμβατικό ρεύμα
 - Βγαίνει από τον θετικό πόλο της μπαταρίας - πίσω στον αρνητικό
 - Καθιερώθηκε όταν ανακαλύφθηκε αρχικά ο ηλεκτρισμός
- Ηλεκτρονική ροή
 - Τι πραγματικά συμβαίνει
 - Τα ηλεκτρόνια ρέουν από στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας - πίσω στον θετικό



• Η κατεύθυνση δεν επηρεάζει το τι κάνει το ρεύμα

- Μπορεί να επιλεγεί μια από τις δύο φτάνει αυτό να ακολουθείται παντού

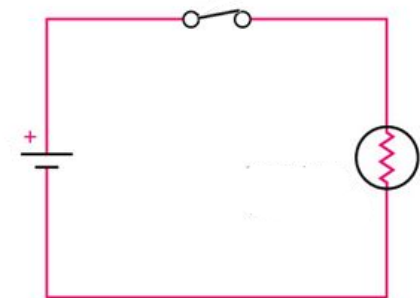
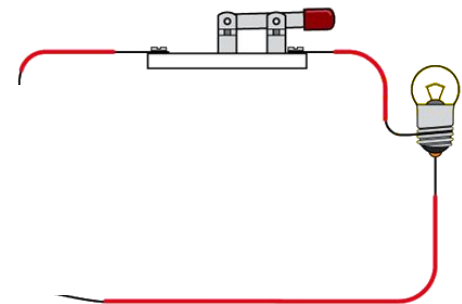
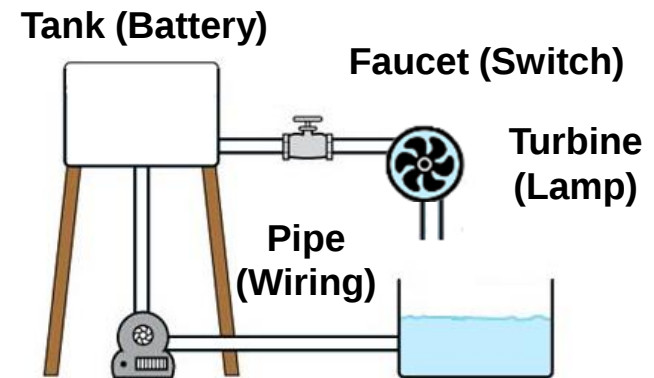
• Οι μηχανικοί χρησιμοποιούν το συμβατικό ρεύμα



Τάση (Voltage)



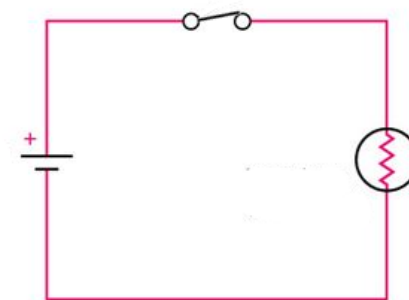
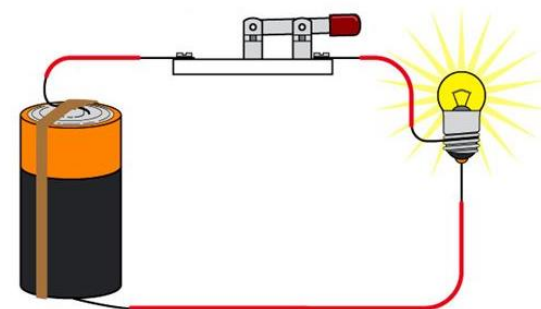
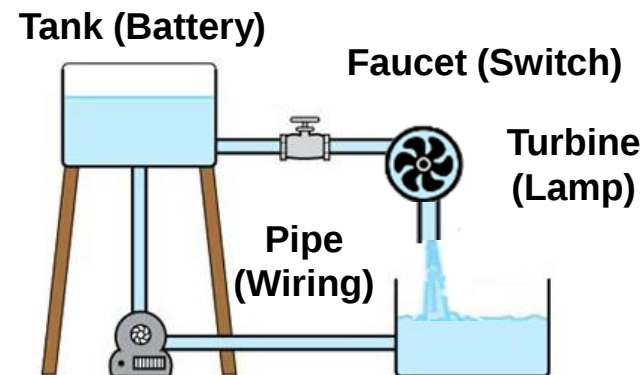
- Η δύναμη που προκαλεί ροή ρεύματος
 - Μετριέται σε VOLTS (V)
- Τάση σε ένα κύκλωμα
 - Όταν δεν υπάρχει πίεση (τάση) υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - ΟΧΙ



Τάση (Voltage)



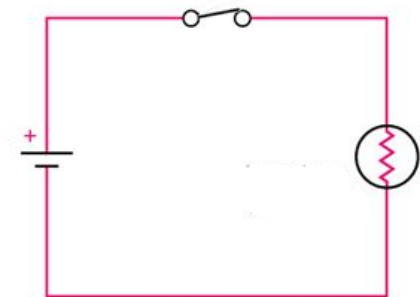
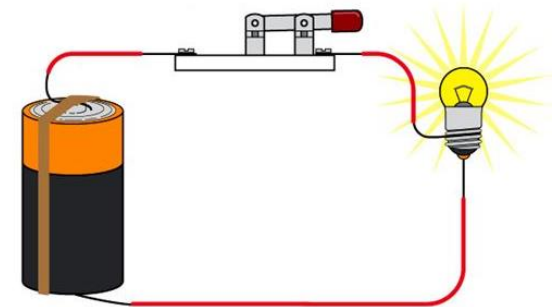
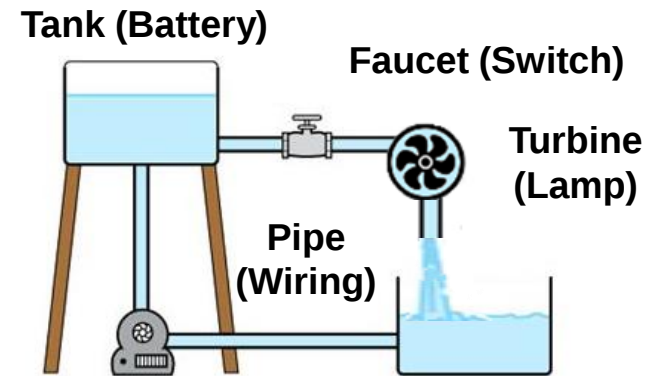
- Η δύναμη που προκαλεί ροή ρεύματος
 - Μετριέται σε VOLTS (V)
- Τάση σε ένα κύκλωμα
 - Όταν δεν υπάρχει πίεση (τάση) υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - ΟΧΙ
 - Όταν υπάρχει πίεση (τάση) υπάρχει ροή (ρεύμα);
 - ΝΑΙ



Αντίσταση (Resistance)



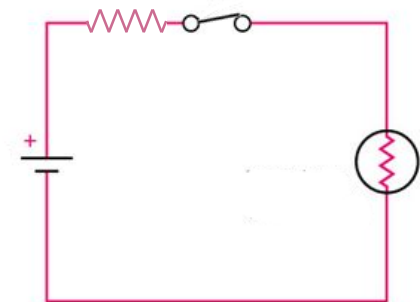
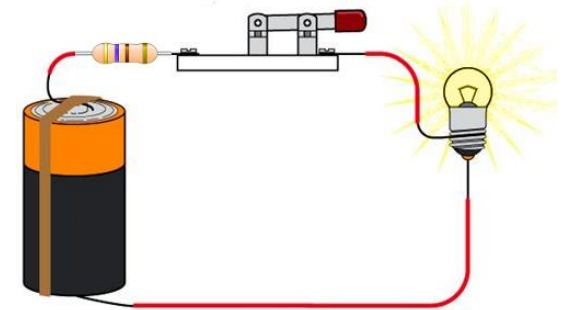
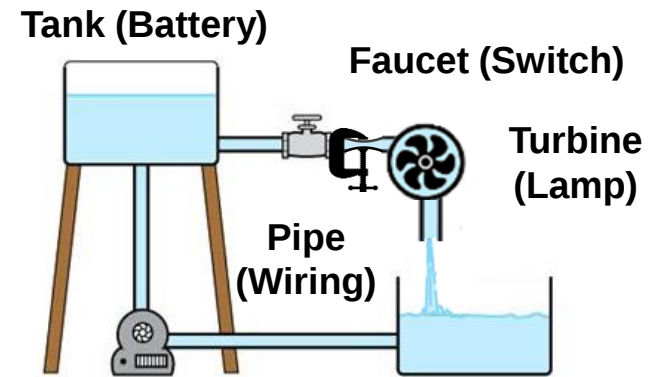
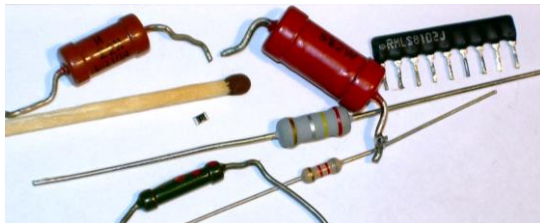
- Η αντίσταση στη ροή του ρεύματος
 - Μετριέται σε Ohms (Ω)
- Αντίσταση σε ένα κύκλωμα
 - Τι συμβαίνει με τη ροή (ρεύμα) εάν ο σωλήνας γίνεται πιο στενός;



Αντίσταση (Resistance)



- Η αντίσταση στη ροή του ρεύματος
 - Μετρείται σε Ohms (Ω)
- Αντίσταση σε ένα κύκλωμα
 - Τι συμβαίνει με τη ροή (ρεύμα) εάν ο σωλήνας γίνεται πιο στενός;
 - Η ροή (ρεύμα) μειώνεται
 - Η μείωση στο ρεύμα μειώνει και την ένταση του λαμπτήρα
 - Το σύμβολο της αντίστασης (R)
 - Διάφορες αντιστάσεις



Νόμος του Ohm



- Η μαθηματική σχέση μεταξύ ρεύματος, τάσης και αντίστασης

- Το ρεύμα σε μια αντίσταση είναι ανάλογο της τάσης που εφαρμόζεται σε αυτό και είναι αντιστρόφως ανάλογο της τιμής της αντίστασης

$$I=V/R$$

- Αν γνωρίζετε 2 από τις 3 παραμέτρους, μπορείτε να λύσετε ως προς την τρίτη

$$I=V/R$$

$$V=IR$$

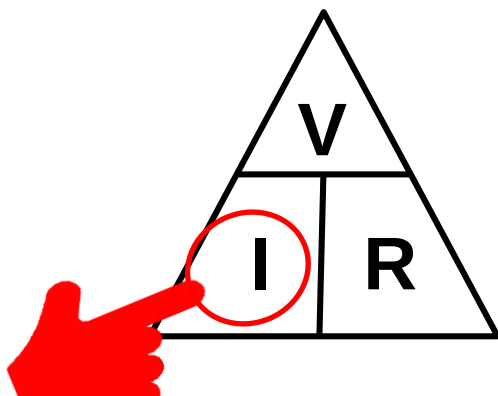
$$R=V/I$$



Georg Simon Ohm

(16 March 1789 - 6 July 1854)

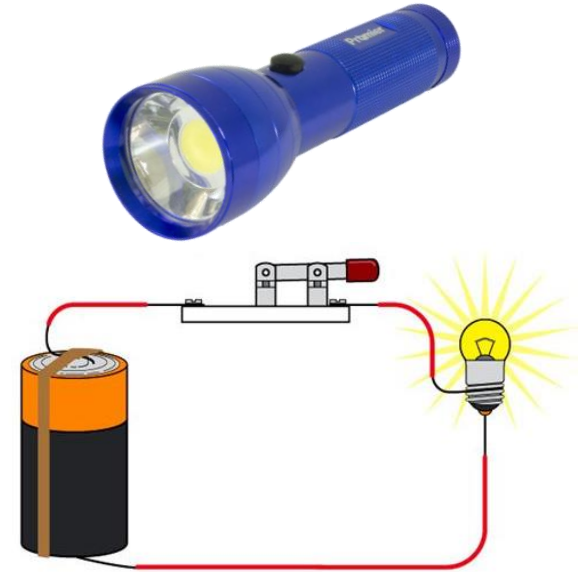
German physicist and mathematician.



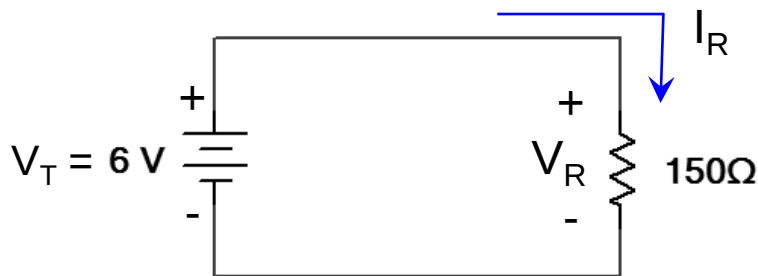


• Παράδειγμα

- Ένας φακός χρησιμοποιεί μπαταρία 6 volt και διαθέτει λαμπτήρα με αντίσταση $150\ \Omega$. Όταν ο φακός είναι αναμμένος, πόσο ρεύμα αντλεί από τη μπαταρία;



Schematic Diagram



$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

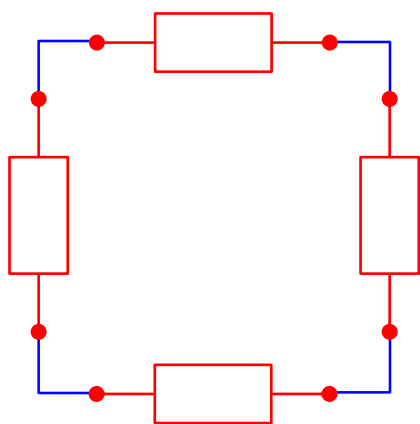
$$I_R = \frac{6V}{150\Omega} = 0.04A = 40mA$$



- Τα στοιχεία σε ένα κύκλωμα μπορούν να συνδεθούν με δύο τρόπους.

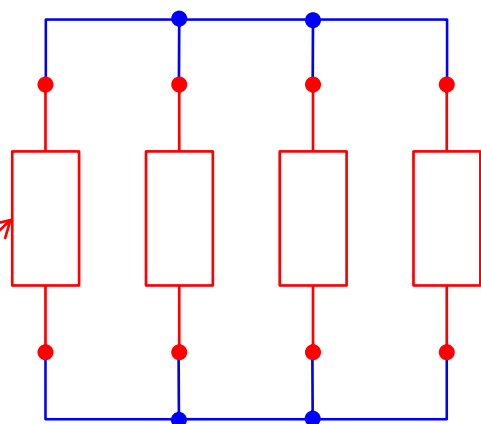
- **Κυκλώματα Σειράς**

- Τα στοιχεία συνδέονται από άκρο σε άκρο
- Υπάρχει μόνο μία διαδρομή για να ρέει ρεύμα



- **Παράλληλα κυκλώματα**

- Και τα δύο άκρα των εξαρτημάτων συνδέονται μεταξύ τους.
- Υπάρχουν περισσότερες από μία διαδρομές για ροή ρεύματος



Στοιχεία

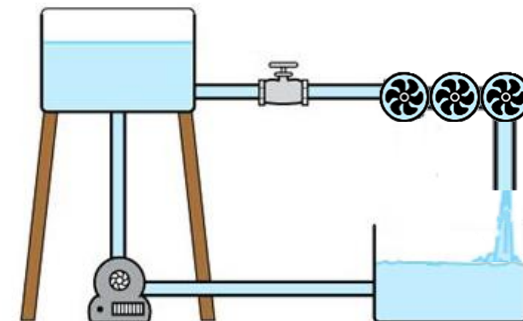
(δηλ., αντιστάσεις, μπαταρίες, πυκνωτές, κλπ.)

Μορφές Κυκλωμάτων



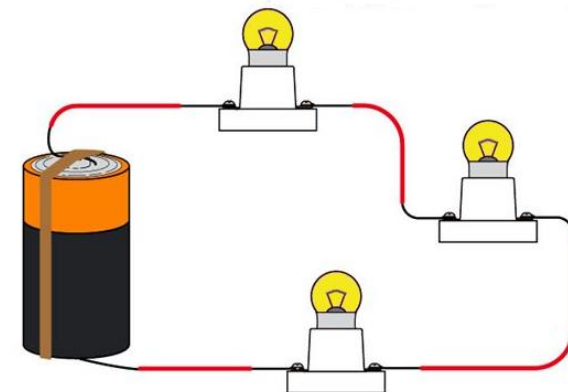
• Κυκλώματα Σειράς

- Ένα κύκλωμα που διαθέτει μόνο μία διαδρομή για να ρέει ρεύμα
- Αν η διαδρομή ανοίξει οπουδήποτε στο κύκλωμα, το ρεύμα σταματάει να ρέει σε **ΌΛΑ** τα στοιχεία



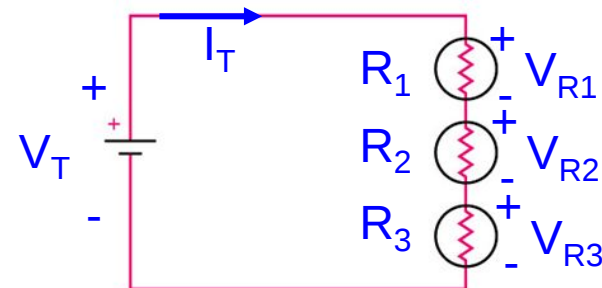
• Ο νόμος Τάσης του Kirchhoff (Kirchhoff's Voltage Law - KVL):

- Το άθροισμα όλων των πτώσεων τάσης σε ένα κύκλωμα σειράς ισούται με τη συνολική εφαρμοζόμενη τάση
- Δηλ.



$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

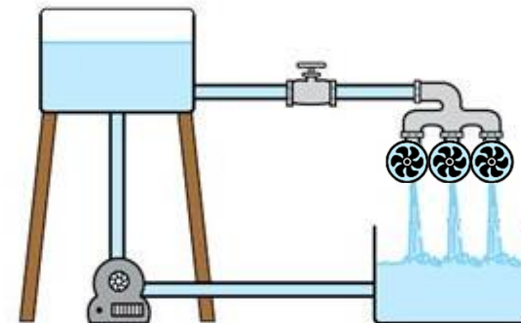


Μορφές Κυκλωμάτων



- **Παράλληλα Κυκλώματα**

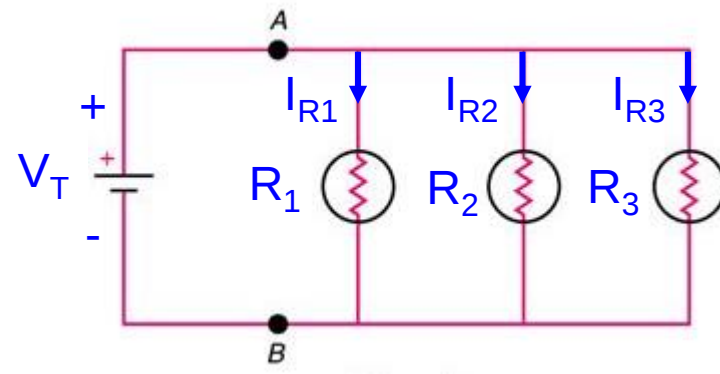
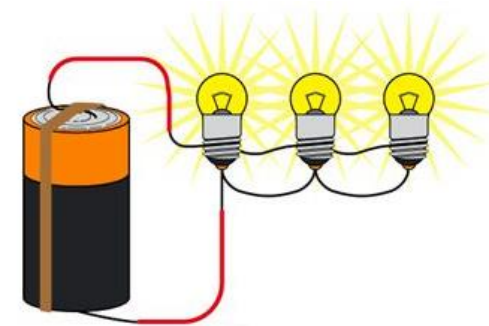
- Ένα κύκλωμα που διαθέτει περισσότερες από μία διαδρομές για ροή ρεύματος
- Αν η διαδρομή ανοίξει οπουδήποτε στο κύκλωμα, το ρεύμα έχει άλλες οδούς για να φτάσει στα υπόλοιπα στοιχεία



- **Ο νόμος Ρεύματος του Kirchhoff (Kirchhoff's Current Law - KCL):**

- Το συνολικό ρεύμα σε ένα παράλληλο κύκλωμα ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων ρευμάτων κάθε κλάδου
- Δηλ.

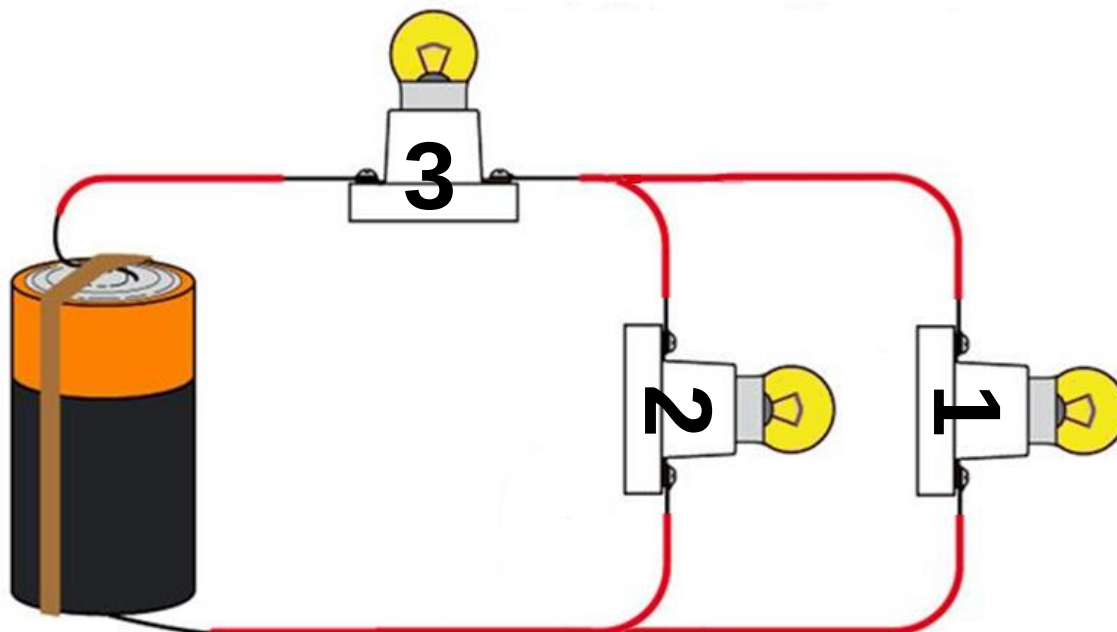
$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$





- **Συνδυασμοί Κυκλωμάτων**

- Περιέχουν συνδέσεις τόσο σε σειρά όσο και παράλληλα
- Τι θα γίνει αν αφαιρεθεί ο λαμπτήρας 1; ο 2; ο 3;



Παράδειγμα: Κύκλωμα σε Σειρά



Λύση:

Ολική Αντίσταση:

$$R_T = R1 + R2 + R3$$

$$R_T = 220 \Omega + 470 \Omega + 1.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_T = 1900 \Omega = 1.9 \text{ k}\Omega$$

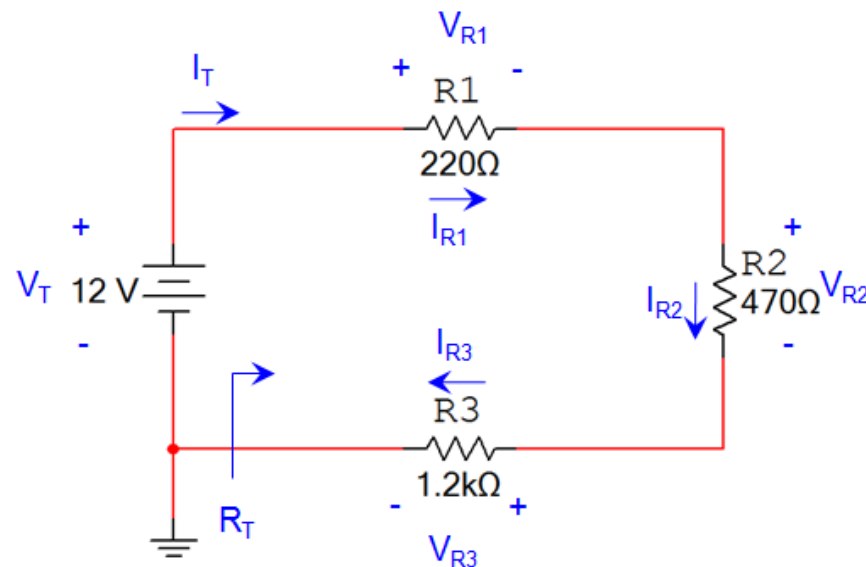
Ρεύμα Μέσα Από Κάθε Αντίσταση:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} \quad (\text{Ohm's Law})$$

$$I_T = \frac{12 \text{ v}}{1.89 \text{ k}\Omega} = 6.3 \text{ mA}$$

Μια και το κύκλωμα είναι σε σειρά:

$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = 6.3 \text{ mA}$$



Παράδειγμα: Κύκλωμα σε Σειρά



Λύση:

Τάση Στα Άκρα Κάθε Αντίστασης:

$$V_{R1} = I_{R1} \times R_1 = \text{(Ohm's Law)}$$

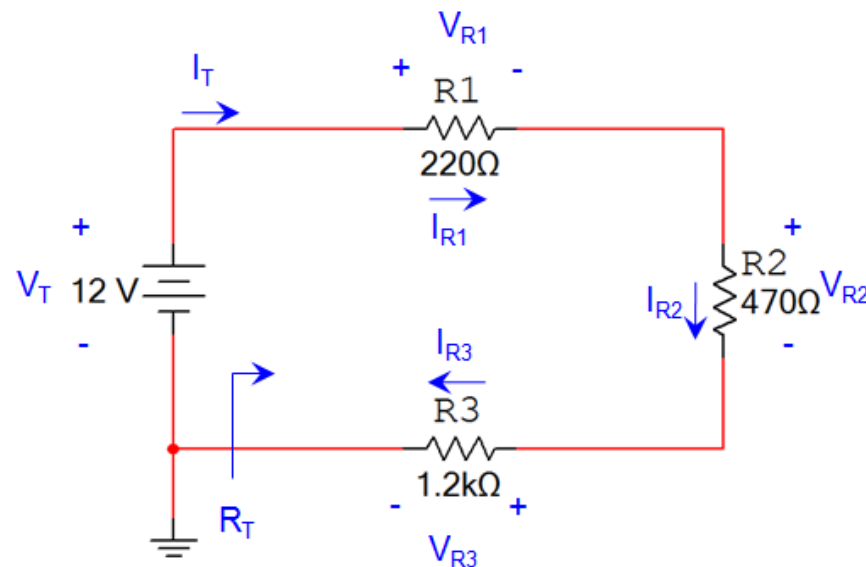
$$V_{R1} = 6.349 \text{ mA} \times 220 \Omega = 1.397 \text{ V}$$

$$V_{R2} = I_{R2} \times R_2 \text{ (Ohm's Law)}$$

$$V_{R2} = 6.349 \text{ mA} \times 470 \Omega = 2.984 \text{ V}$$

$$V_{R3} = I_{R3} \times R_3 \text{ (Ohm's Law)}$$

$$V_{R3} = 6.349 \text{ mA} \times 1.2 \text{ K } \Omega = 7.619 \text{ V}$$



Παράδειγμα: Παράλληλο Κύκλωμα



Λύση:

Ολική Αντίσταση:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

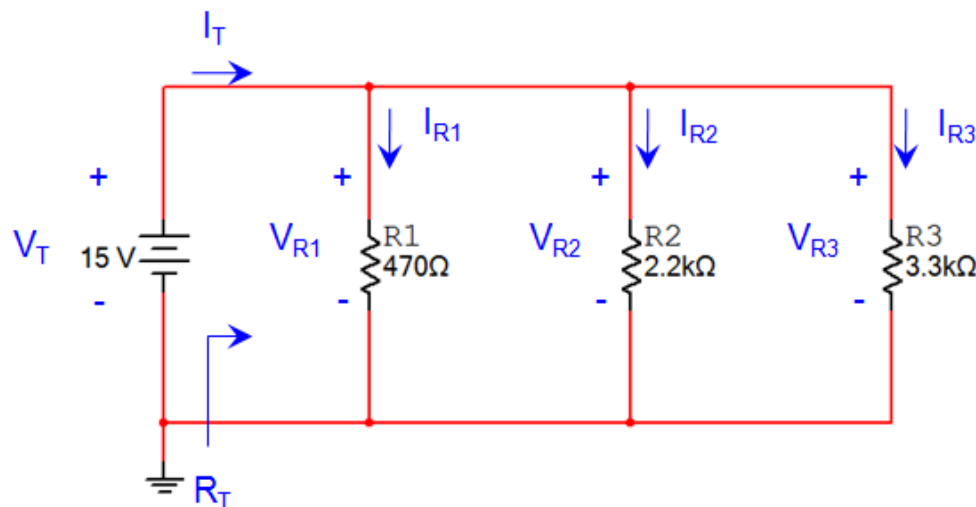
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{470 \Omega} + \frac{1}{2.2 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{3.3 \text{ k}\Omega}}$$

$$R_T = 346.59 \Omega = 350 \Omega$$

Τάση Στα Άκρα Κάθε Αντίστασης:

Μια και το κύκλωμα είναι παράλληλο:

$$V_T = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = 15V$$



Παράδειγμα: Παράλληλο Κύκλωμα



Λύση:

Ρεύμα Μέσα Από Κάθε Αντίσταση:

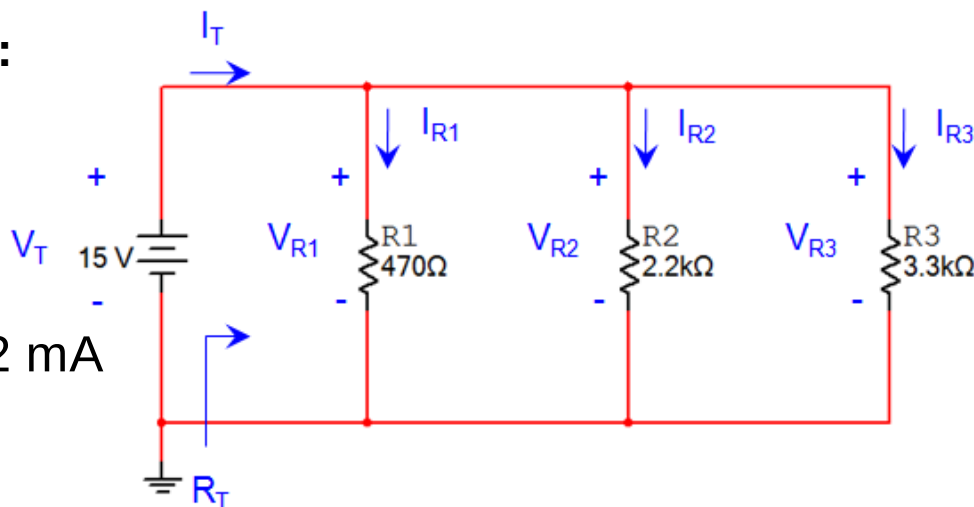
$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R1} \quad (\text{Ohm's Law})$$

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R1} = \frac{15 \text{ v}}{470 \Omega} = 31.915 \text{ mA} = 32 \text{ mA}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R2} = \frac{15 \text{ v}}{2.2 \text{ k} \Omega} = 6.818 \text{ mA} = 6.8 \text{ mA}$$

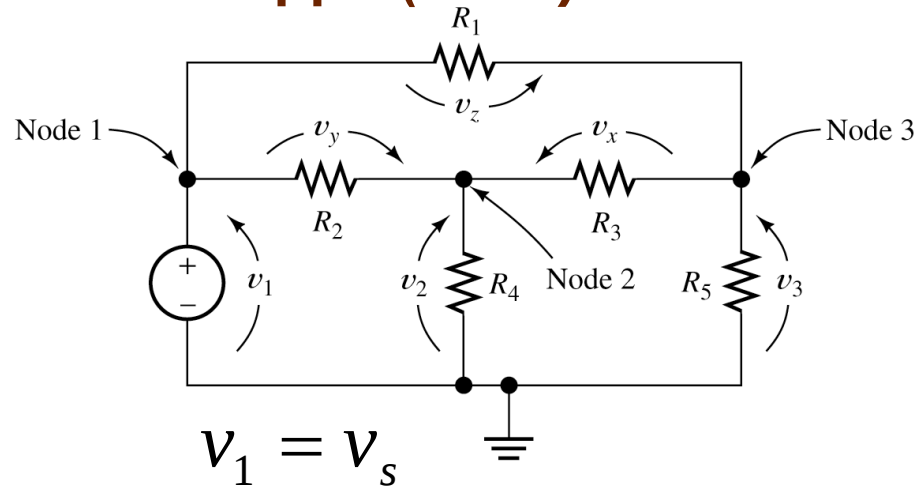
$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R3} = \frac{15 \text{ v}}{3.3 \text{ k} \Omega} = 4.545 \text{ mA} = 4.5 \text{ mA}$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{15 \text{ v}}{346.59 \Omega} = 43.278 \text{ mA} = 43 \text{ mA}$$





- Άθροισμα των ρευμάτων σε ένα κόμβο (node)

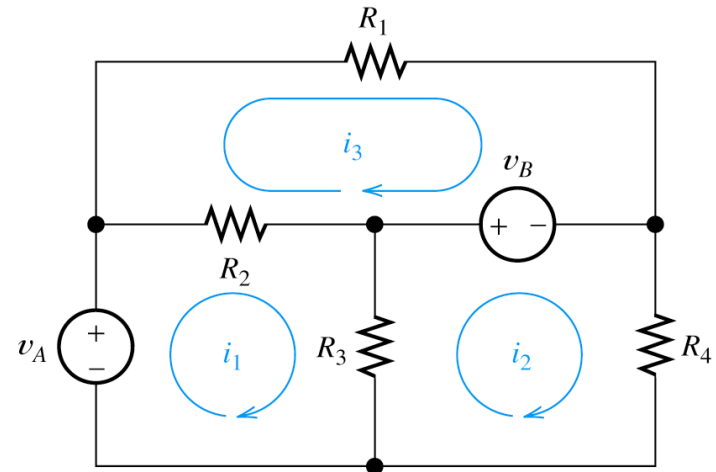


Νόμος Kirchhoff ρεύματος:

$$\frac{v_2 - v_1}{R_2} + \frac{v_2}{R_4} + \frac{v_2 - v_3}{R_3} = 0$$

$$\frac{v_3 - v_1}{R_1} + \frac{v_3}{R_5} + \frac{v_3 - v_2}{R_3} = 0$$

- Άθροισμα των τάσεων σε ένα βρόγχο (loop)



Νόμος Kirchhoff τάσης:

$$(i_1 - i_3)R_2 + (i_1 - i_2)R_3 - v_A = 0$$

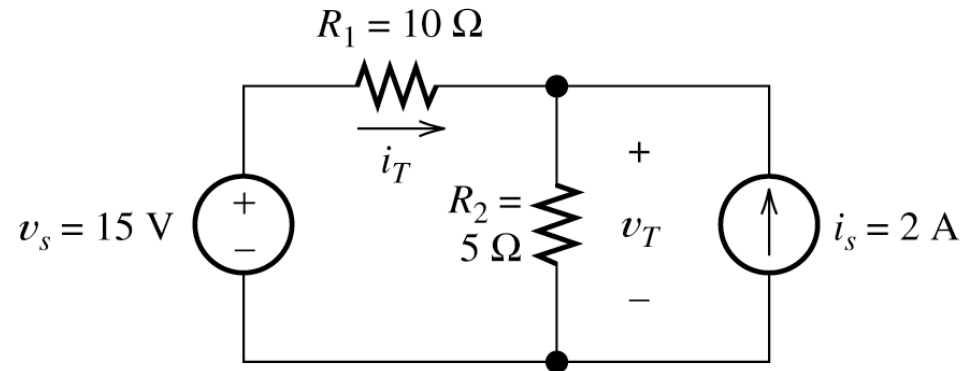
$$(i_1 - i_2)R_3 - v_B - i_2R_4 = 0$$

$$(i_1 - i_3)R_2 - i_3R_1 + v_B = 0$$

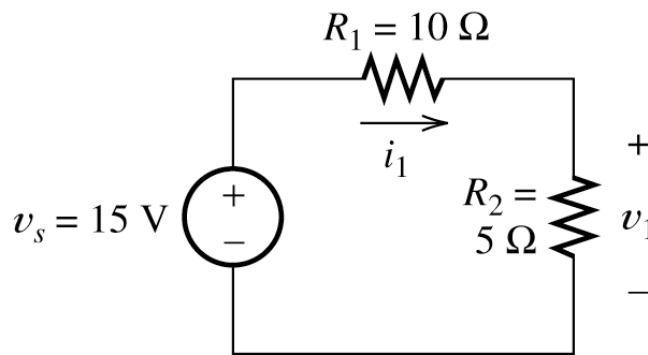


- **Θεώρημα Επαλληλίας (Superposition Principle)**

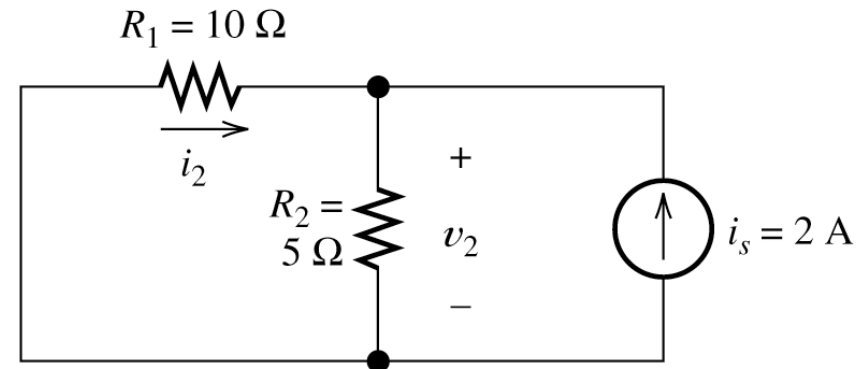
- Η συνολική απόκριση είναι το άθροισμα των αποκρίσεων σε καθεμία από τις ανεξάρτητες πηγές που ενεργούν ξεχωριστά



(a) Original circuit



(b) Circuit with only the voltage source active

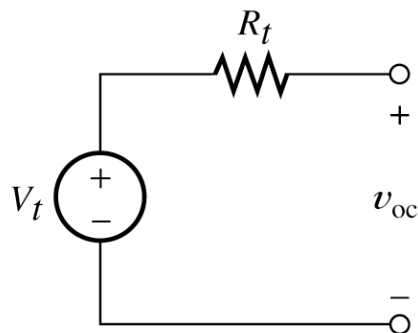
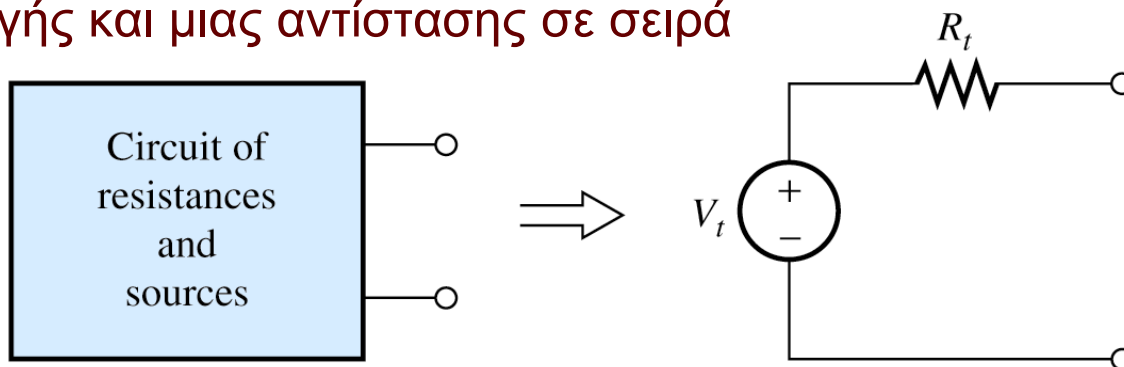


(c) Circuit with only the current source active

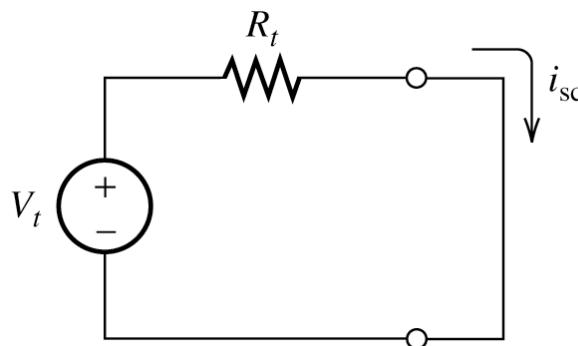


• Θεώρημα Thévenin

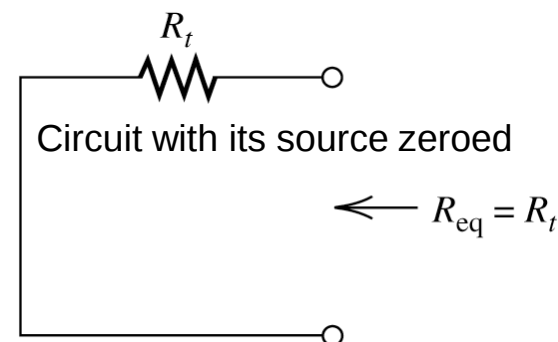
- Κάθε γραμμικό κύκλωμα που έχει δυο ακροδέκτες εξόδου και αποτελείται από πηγές και αντιστάσεις είναι ισοδύναμο με κύκλωμα μιας πηγής και μιας αντίστασης σε σειρά



$$V_t = v_{oc}$$



$$R_t = \frac{v_{oc}}{i_{sc}}$$

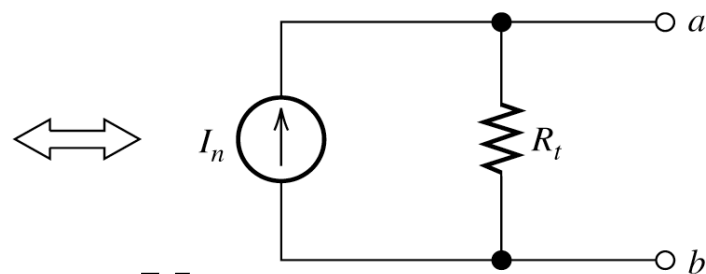
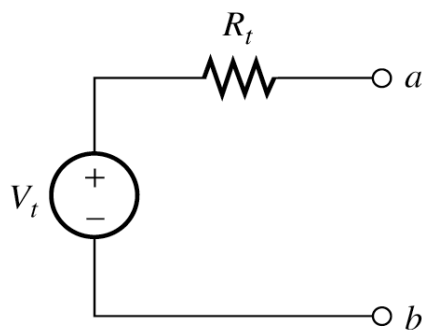
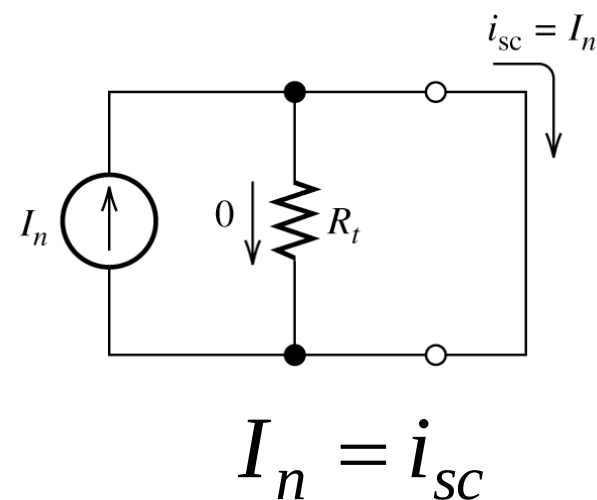
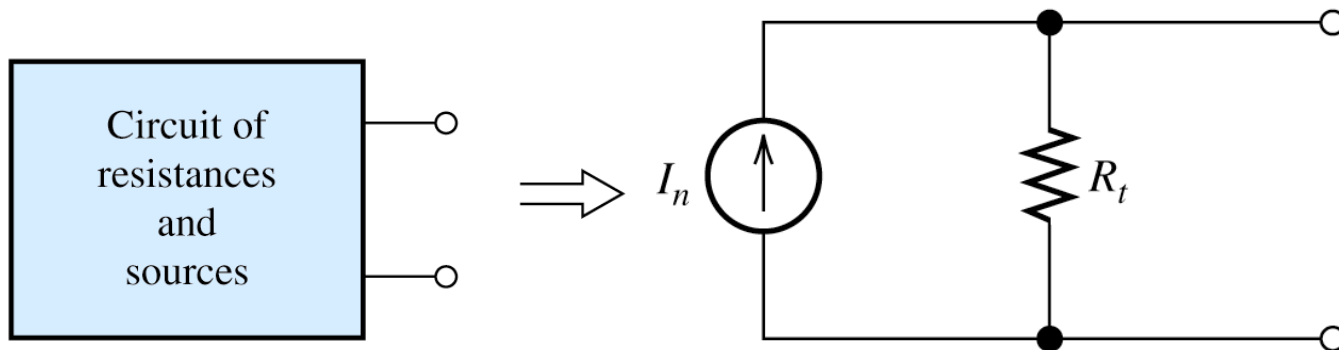


$$R_t = R_{eq}$$



• Θεώρημα Norton

- Κάθε γραμμικό κύκλωμα που έχει δυο ακροδέκτες εξόδου και αποτελείται από πηγές και αντιστάσεις είναι ισοδύναμο με κύκλωμα μιας πηγής ρεύματος και μιας αντίστασης παράλληλα

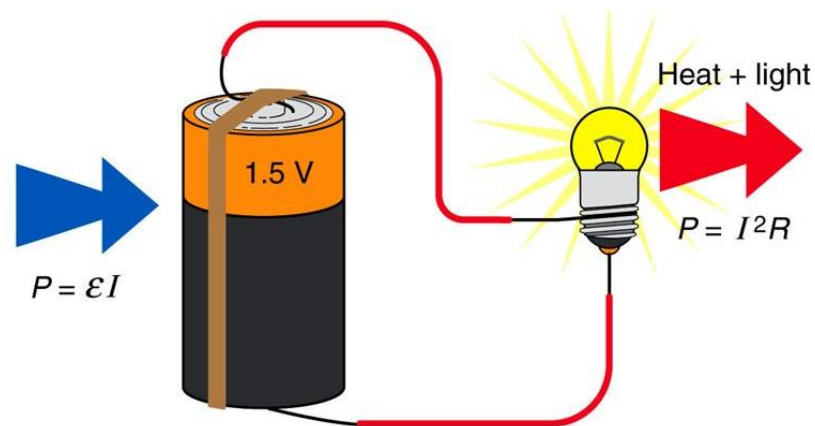


$$I_n = \frac{V_t}{R_t}$$



- Ηλεκτρική Ισχύς (Power)

- Η ισχύς είναι ο **ρυθμός** με τον οποίο παράγεται ή καταναλώνεται ενέργεια (ενέργεια ανά χρόνο)
- Ανάλογη του ρεύματος και τάσης στο σύστημα
- Μετριέται σε **Watt (W)**



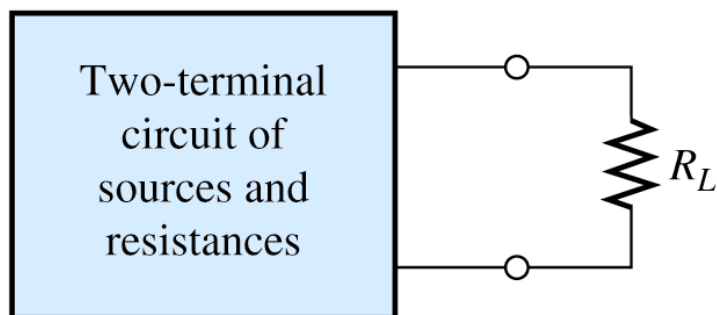
- Ηλεκτρική Ενέργεια (Energy)

- Η ενέργεια είναι ένα μέτρο της ποσότητας του έργου που εκτελείται ή παράγεται
- Η ενέργεια μετριέται σε **Watt-ώρες (Wh)**
- $1 \text{ Wh} = \text{Ισχύς } 1\text{W} \text{ που καταναλώνεται για } 1 \text{ ώρα}$

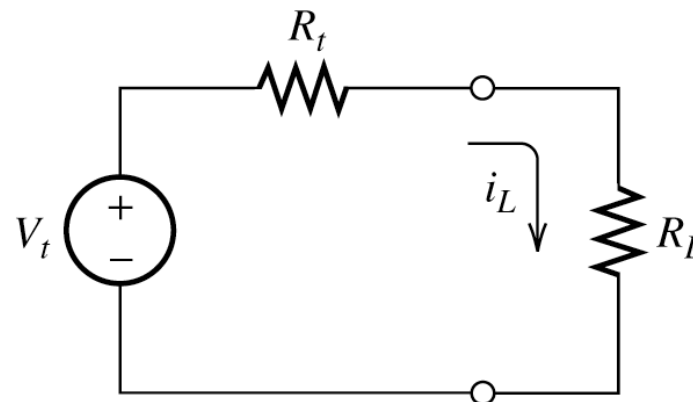
$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$



- Μέγιστη Μεταφορά Ισχύος



(a) Original circuit with load



(b) Thévenin equivalent circuit with load

$$I_L = \frac{V_t}{R_t + R_L} \quad P_L = i_L^2 R_L = \left(\frac{V_t}{R_t + R_L} \right)^2 R_L \quad \frac{dP_L}{dR_L} = 0 \rightarrow R_L = R_t$$



- **Πυκνωτής (Capacitor)**

- Αποθηκεύει ενέργεια με την αποθήκευση φορτίου
- Ανάλογος με ελατήριο σε ένα μηχανικό σύστημά

- **Κατασκευή**

- Δύο πλάκες από αγωγό διαχωρισμένες από ένα λεπτό στρώμα μονωτή

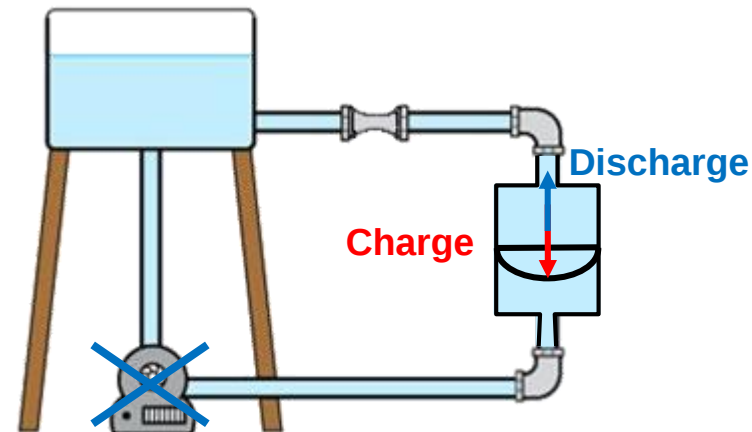
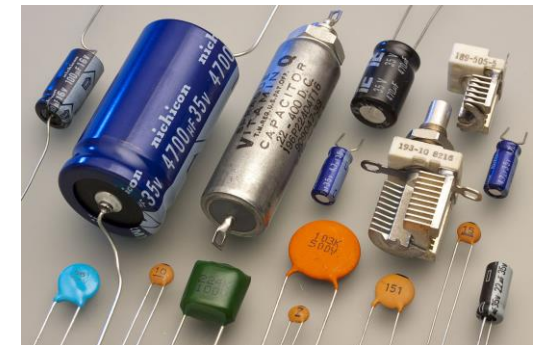
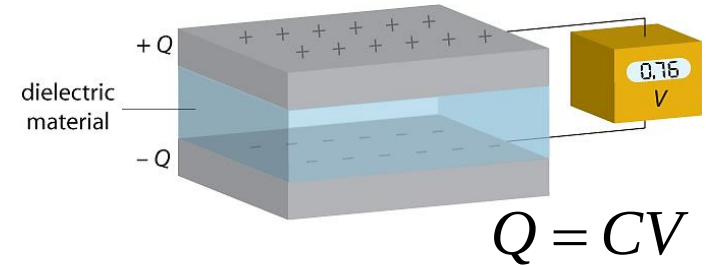
- **Χωρητικότητα (Capacitance - C)**

- Μονάδα: Farad (F)
- 1F=1 coulomb ανά volt

- **Σύμβολο**

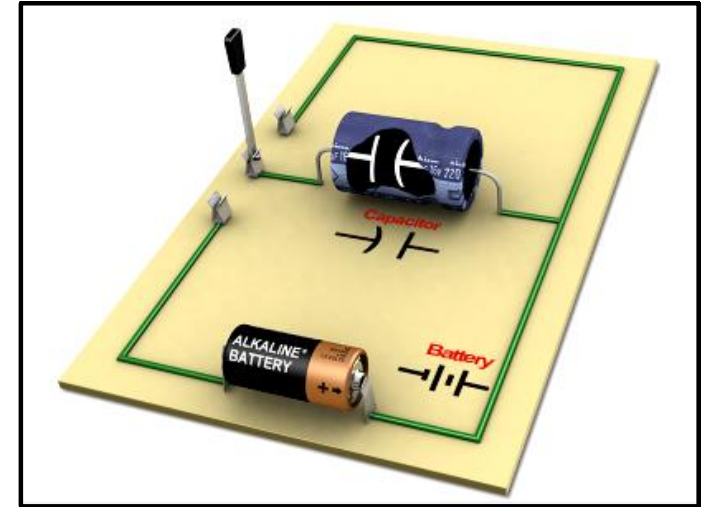
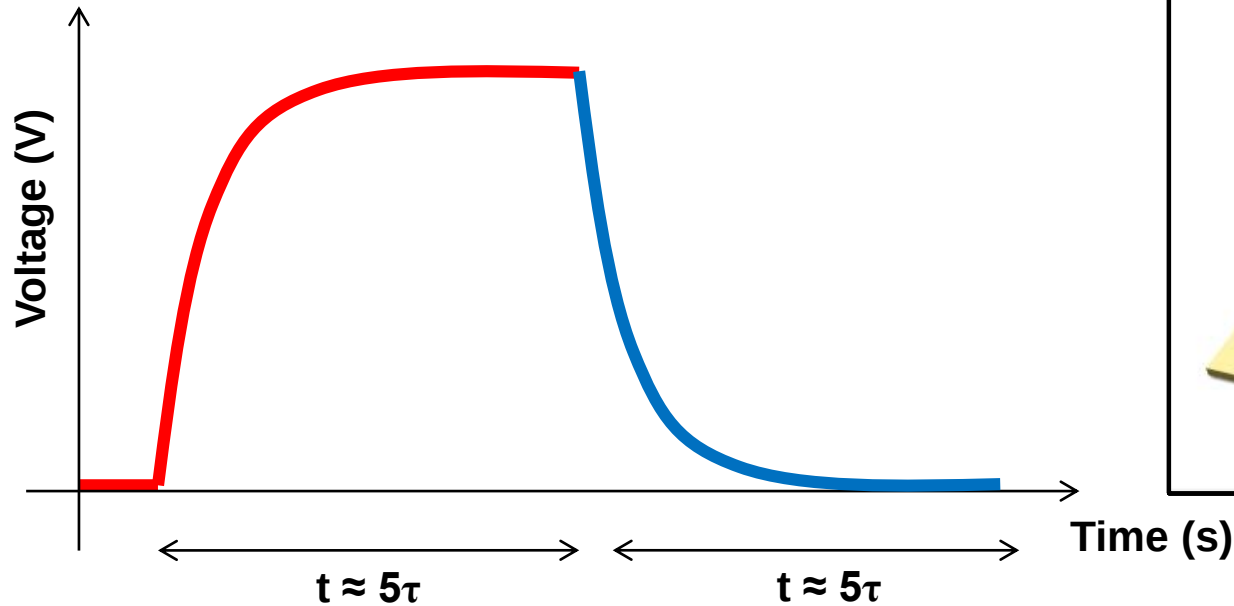


$$I(t) = C \frac{d}{dt} V(t)$$





- Φόρτιση και αποφόρτιση



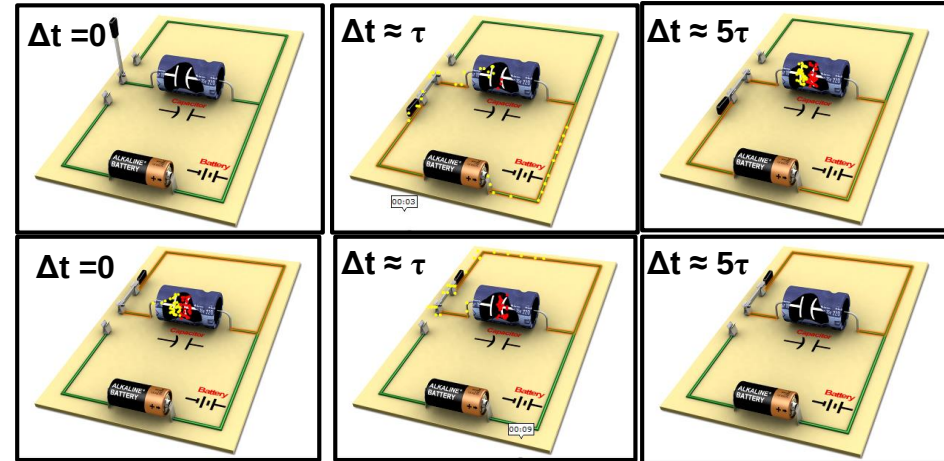
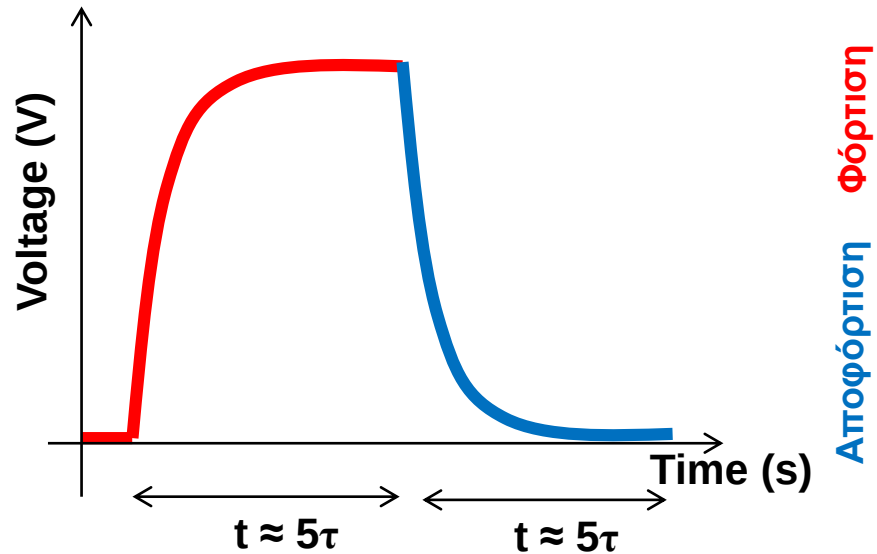
$$I(t) = C \frac{dV(t)}{dt}$$

Φόρτιση: $V(t) = V_T - V_T e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\tau = RC$

Αποφόρτιση: $V(t) = V_T e^{-\frac{t}{\tau}}$



• Φόρτιση και αποφόρτιση



$$I(t) = C \frac{dV(t)}{dt}$$

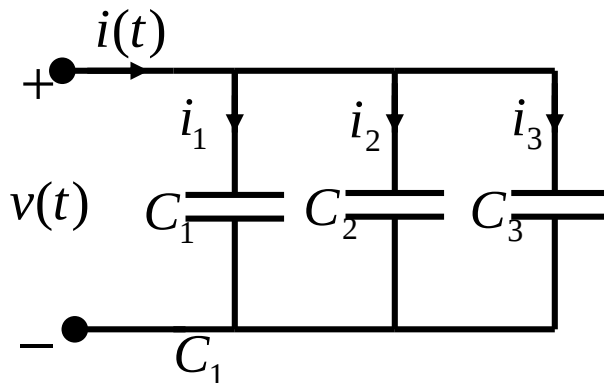
Φόρτιση: $V(t) = V_T - V_T e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\tau = RC$

Αποφόρτιση: $V(t) = V_T e^{-\frac{t}{\tau}}$



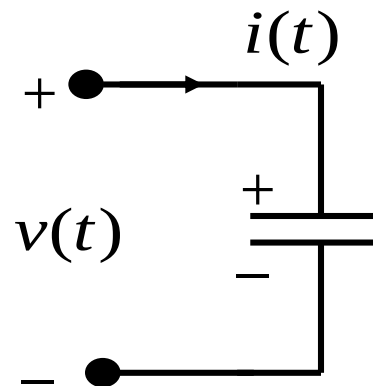
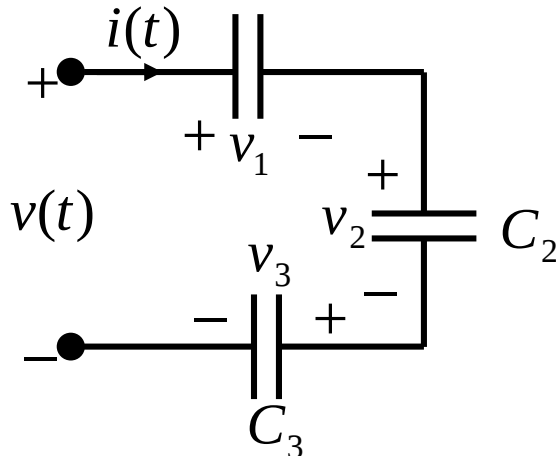
• Βασικές διατάξεις κυκλωμάτων

Παράλληλα



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

Σειρά



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



- Πηνίο (Inductor)

- Αποθηκεύει ενέργεια αποθηκεύοντας μαγνητικό πεδίο
 - Ανάλογο με ένα τροχό ταχύτητας σε ένα μηχανικό σύστημα

- Κατασκευή

- Περιτύλιξη καλωδίου γύρω από κάποιο πυρήνα

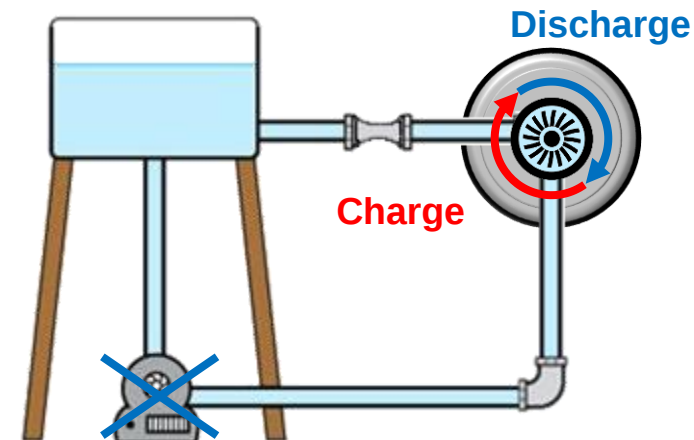
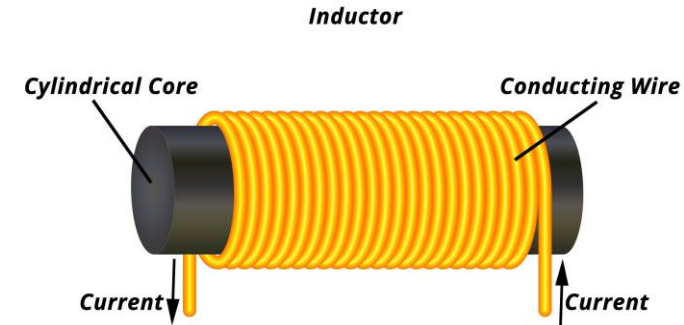
- Αυτεπαγωγή (Inductance - L)

- Μονάδα: Henry (H)

- Σύμβολο

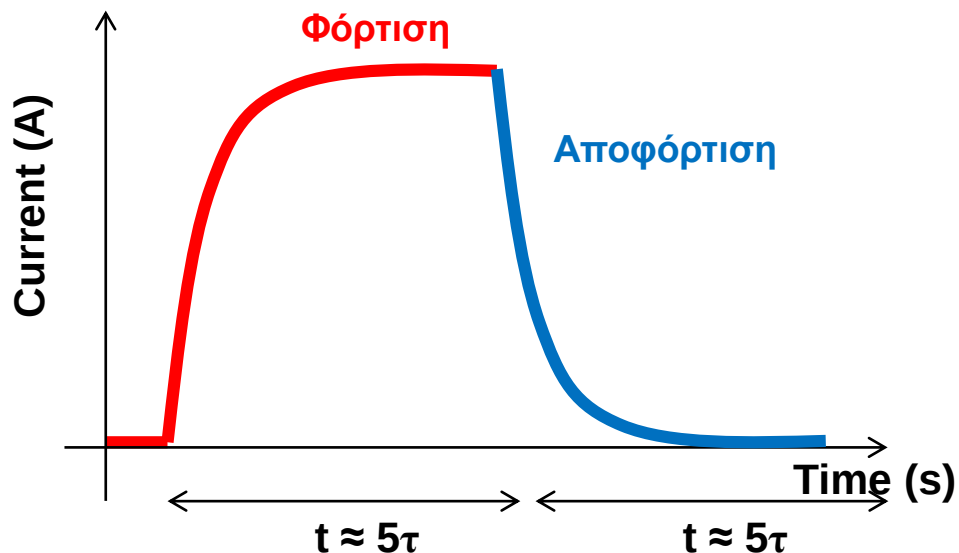


$$V(t) = L \frac{d}{dt} I(t)$$





- Φόρτιση και αποφόρτιση



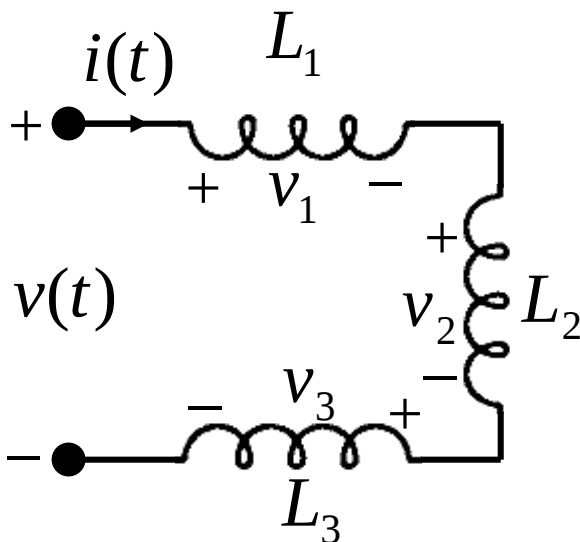
$$V(t) = L \frac{d}{dt} I(t) \quad \text{Φόρτιση:} \quad I(t) = I_T - I_T e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \tau = RL$$

$$\text{Αποφόρτιση:} \quad I(t) = I_T e^{-\frac{t}{\tau}}$$

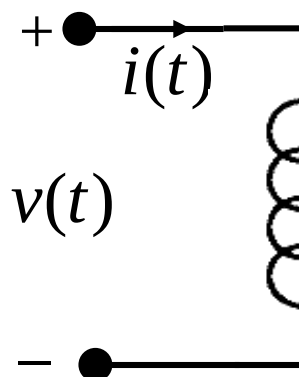


• Βασικές διατάξεις κυκλωμάτων

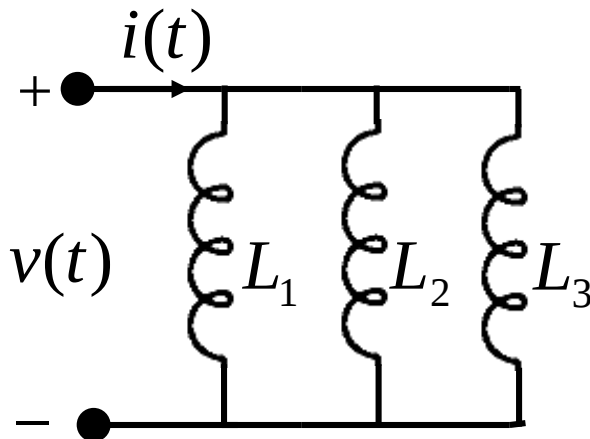
Σειρά



$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3$$



Παράλληλα



$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

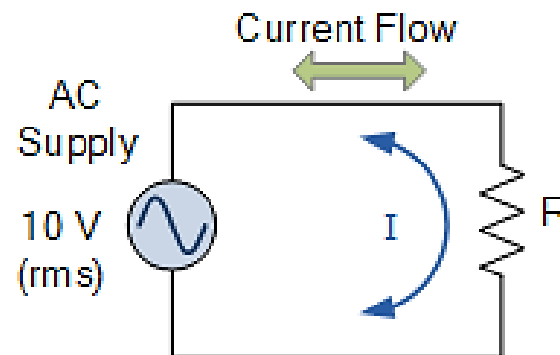
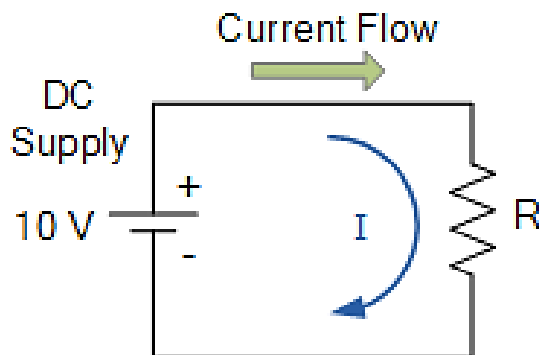


- **Συνεχές ρεύμα (Direct Current - DC)**

- Ένα κύκλωμα που περιέχει μια μπαταρία είναι ένα κύκλωμα DC
- Σε ένα κύκλωμα DC το ρεύμα ρέει πάντα προς την ίδια κατεύθυνση

- **Εναλλασσόμενο ρεύμα (Alternating Current - AC)**

- Η τάση της γραμμής αντιστρέφει την πολικότητα 50 φορές το δευτερόλεπτο και το ίδιο ισχύει και για το ρεύμα
- Για θερμάστρες, στεγνωτήρες μαλλιών, σίδερα, φρυγανιέρες, κλπ, το γεγονός ότι το ρεύμα αντιστρέφεται δεν έχει καμία σημασία
- Φορτιστές (π.χ. για κινητά τηλέφωνα) μετατρέπουν το AC σε DC
- AC είναι το ρεύμα που παίρνετε από τις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας



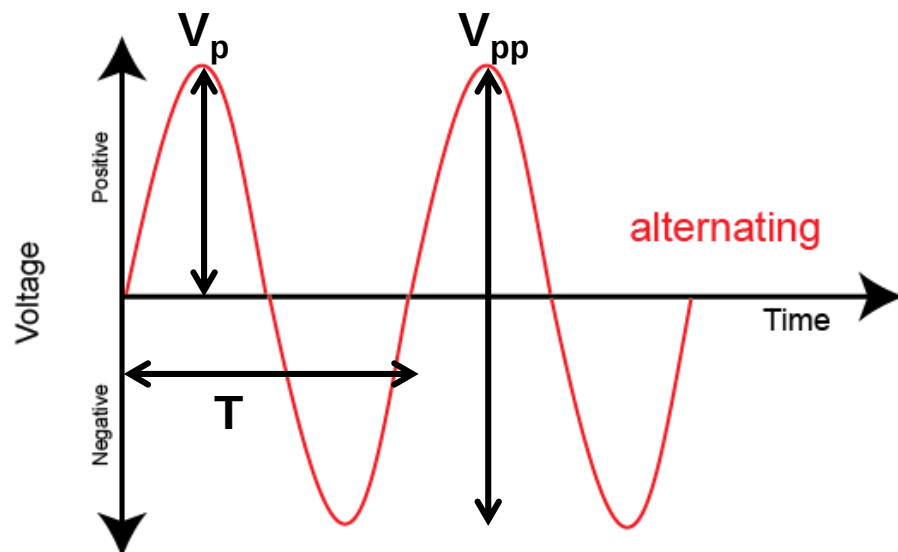
Πως η Τάση Μεταβάλλεται με τον Χρόνο;



• Χαρακτηριστικά AC

- V_p : Μέγιστη Τάση (Peak Voltage)
- V_{pp} : Τάση από κορυφή σε κορυφή (Peak-to-Peak Voltage)
- T : Περίοδος (Period)
- f : Συχνότητα (Frequency)
 - $f=1/T$
 - 50 Hz στην Ευρώπη
 - 60 Hz στις ΗΠΑ

$$v(t) = V_p \sin(2\pi ft)$$



Πως η Τάση Μεταβάλλεται με τον Χρόνο;



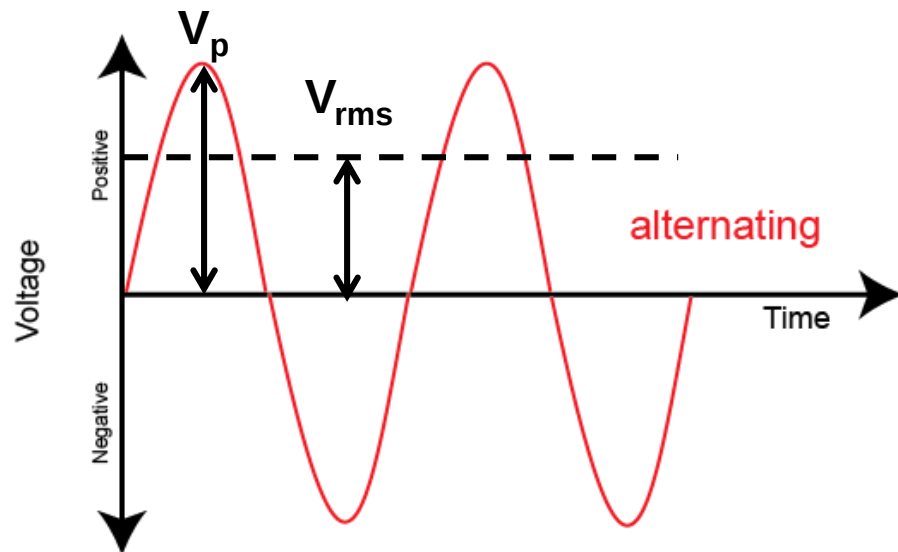
• Χαρακτηριστικά AC

- Η τάση και το ρεύμα αλλάζουν συνεχώς → Χρειαζόμαστε κάποιο τρόπο για να βρίσκουμε τον μέσο όρο
- Τιμές **R.M.S** (root-mean-square – ρίζα μέσης τετραγωνικής τιμής)
 - Είναι οι τιμές DC που δίνουν την ίδια μέση ισχύ εξόδου

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

$$P_{rms} = I_{rms} V_{rms}$$

$$v(t) = V_p \sin(2\pi ft)$$



Πυκνωτές σε Κυκλώματα AC



- **Ανάλυση κυκλώματος**

- Ποιο είναι το ρεύμα rms στον πυκνωτή σε σχέση με την χωρητικότητά του και τη συχνότητα;

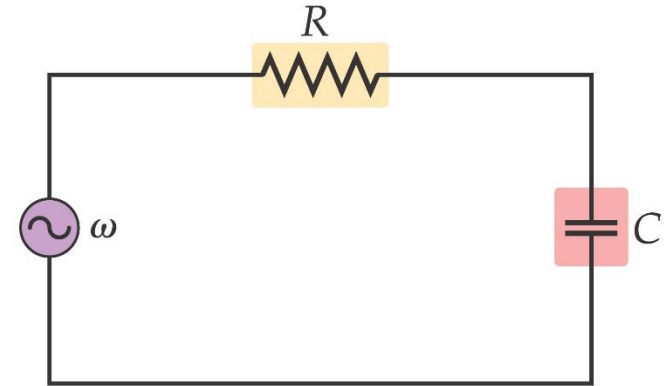
- **Άεργη Αντίσταση Πυκνωτή (Capacitive Reactance)**

$$|X_C| = \frac{1}{2\pi fC}$$

- Εμπέδηση (Z) - Νόμος του Ohm:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$

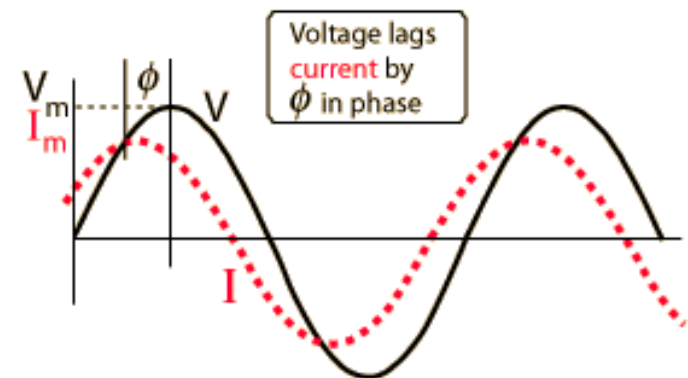
- Η τάση και το ρεύμα σε έναν πυκνωτή δεν είναι σε φάση. Η τάση υστερεί κατά 90°



$$v(t) = V_p \sin(2\pi ft + \delta)$$

$$i(t) = I_p \sin(2\pi ft + \theta)$$

$$\phi = \delta - \theta = -90^\circ$$





• Ανάλυση κυκλώματος

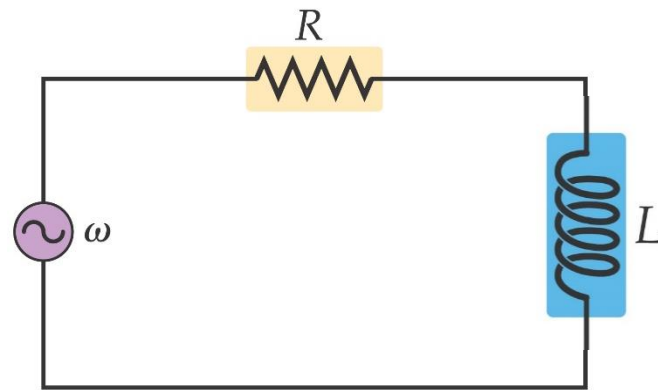
- Ποιο είναι το ρεύμα rms στο πηνίο σε σχέση με την του και την αυτεπαγωγή και τη συχνότητα;
- Άεργη Αντίσταση Πηνίου (Inductive Reactance)

$$|X_L| = 2\pi fL$$

- Εμπέδηση (Z) - Νόμος του Ohm:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$

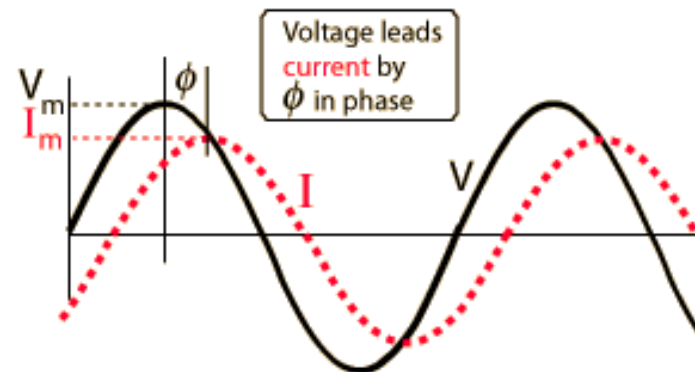
- Η τάση και το ρεύμα σε ένα πηνίο δεν είναι σε φάση. Η τάση προηγείται κατά 90°



$$v(t) = V_p \sin(2\pi ft + \delta)$$

$$i(t) = I_p \sin(2\pi ft + \theta)$$

$$\phi = \delta - \theta = 90^\circ$$



Πυκνωτές και Πηνία σε Κυκλώματα AC



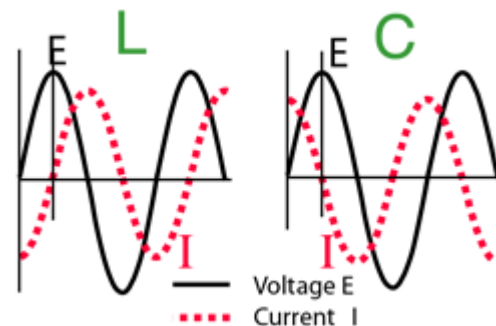
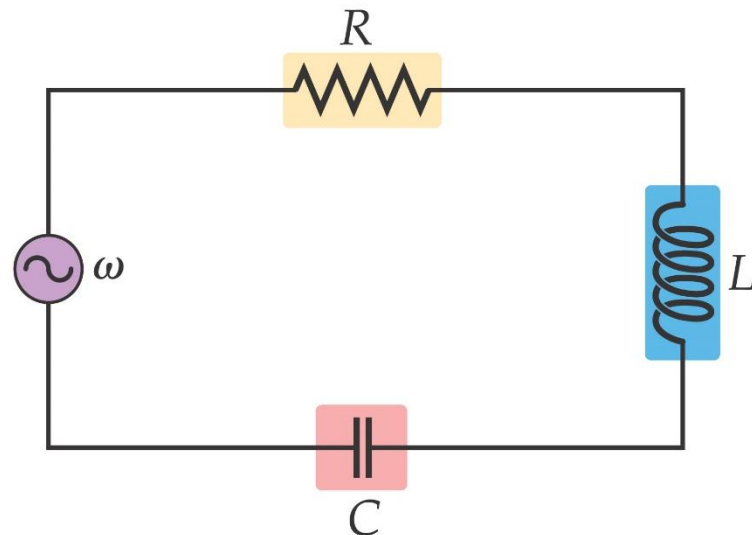
- Και τώρα τι;

- Όλων των ειδών συνδυασμοί

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{|X_L| - |X_C|}{R}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$



Ισχύς σε Κυκλώματα AC



- **Στιγμιαία Ισχύς (Instantaneous power)**

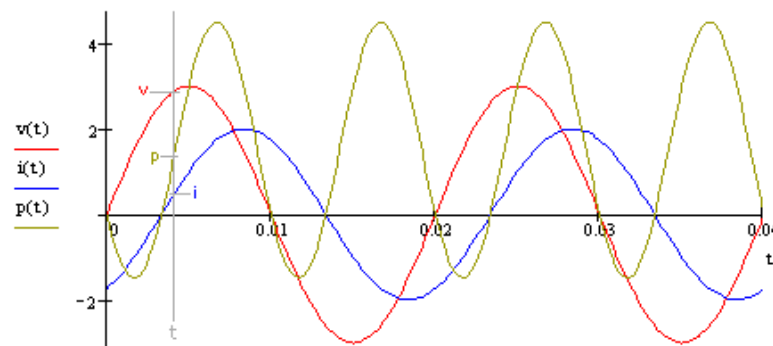
- Καταναλώνεται από κάθε στοιχείο ανά πάσα στιγμή

$$p(t) = v(t)i(t)$$

$$P_{avg} \neq V_{avg} I_{avg}$$

- **Φαινόμενη Ισχύς (Apparent Power - S)**

- Σε μονάδες VA (για να μην υπάρχει σύγχυση)
- P: **ενεργή ισχύς (active power)** σε watts (W)
 - Καταναλώνεται από το Ωμικό φορτίο
- Q: **άερπη ισχύς (reactive power)** σε volt amperes reactive (var)
 - Αποθηκεύεται και επιστρέφεται από τα επαγωγικά ή/και χωρητικά φορτία



$$S = V_{rms} I_{rms}^* = P + jQ$$

$$P = V_{rms} I_{rms} \cos(\phi)$$

Power factor

$$Q = V_{rms} I_{rms} \sin(\phi)$$

- **Θέματα Ισχύος**

- Ενώ η άερπη ισχύς δεν καταναλώνεται, έχει επίδραση στο σύστημα
- Για παράδειγμα, αυξάνει το ρεύμα που πρέπει να τροφοδοτηθεί και αυξάνει τις απώλειες λόγω αντίστασης των καλωδίων



• Συντελεστής Ισχύος (Power factor)

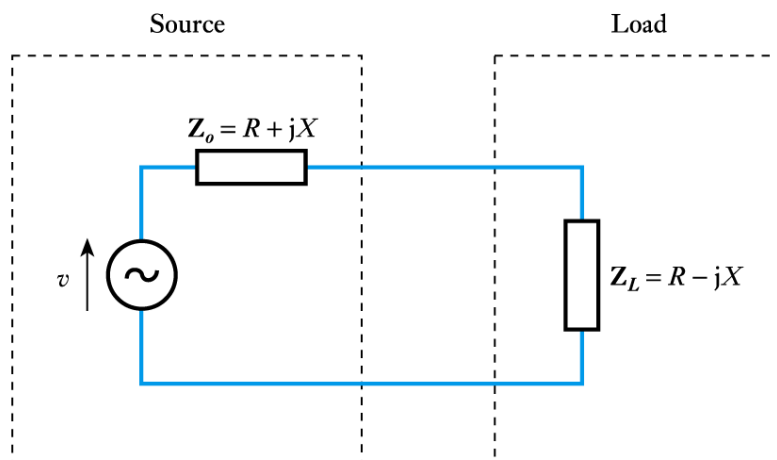
- Ιδιαίτερα σημαντικός σε εφαρμογές ψηλής ισχύος
- Πολλές συσκευές υψηλής ισχύος είναι επαγωγικές
 - Ένας τυπικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος έχει συντελεστή ισχύος 0,9
 - Το συνολικό φορτίο στο εθνικό δίκτυο είναι 0,8-0,9 με υστέρηση
- Αυτό οδηγεί σε σημαντικές απώλειες
 - Επομένως, οι εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας τιμωρούν τους βιομηχανικούς χρήστες που εισάγουν έναν κακό συντελεστή ισχύος





- **Συντελεστής Ισχύος (Power factor)**

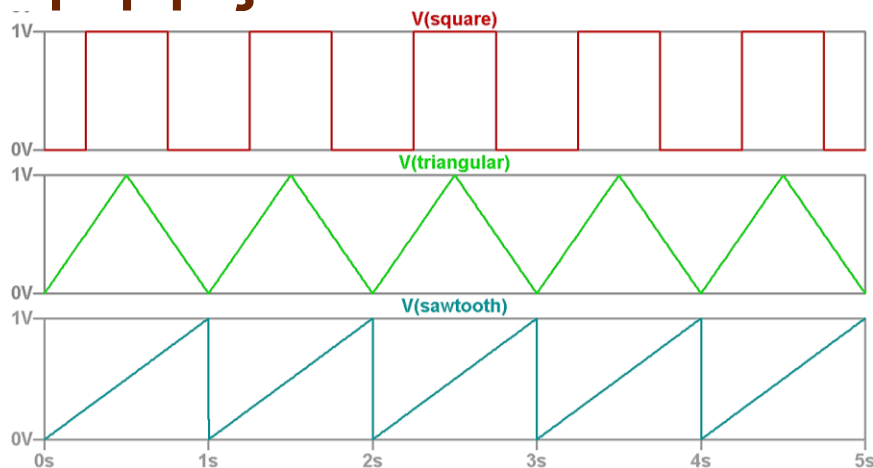
- Λύση: Επιπρόσθετα στοιχεία που επαναφέρουν τον παράγοντα ισχύος πιο κοντά στη μονάδα
 - Ένας πυκνωτής κατάλληλου μεγέθους παράλληλα με ένα φορτίο καθυστέρησης μπορεί να «ακυρώσει» το επαγωγικό στοιχείο
 - Αυτή είναι η **διόρθωση του παράγοντα ισχύος**
- Μέγιστη μεταφορά ισχύος
 - Η σύνθετη αντίσταση φορτίου είναι ίση με τον συζυγή της σύνθετης αντίστασης εξόδου
- Δεν αξίζει την προσπάθεια για τους οικιακούς χρήστες (ειδικά με νεότερες συσκευές)



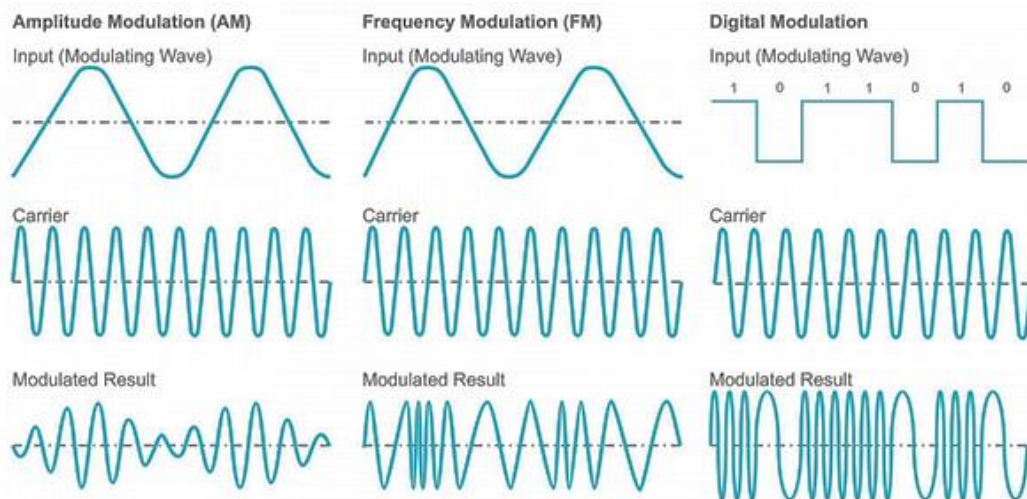
Άλλα χρονικά μεταβαλλόμενα σήματα



- Άλλες Κυματομορφές

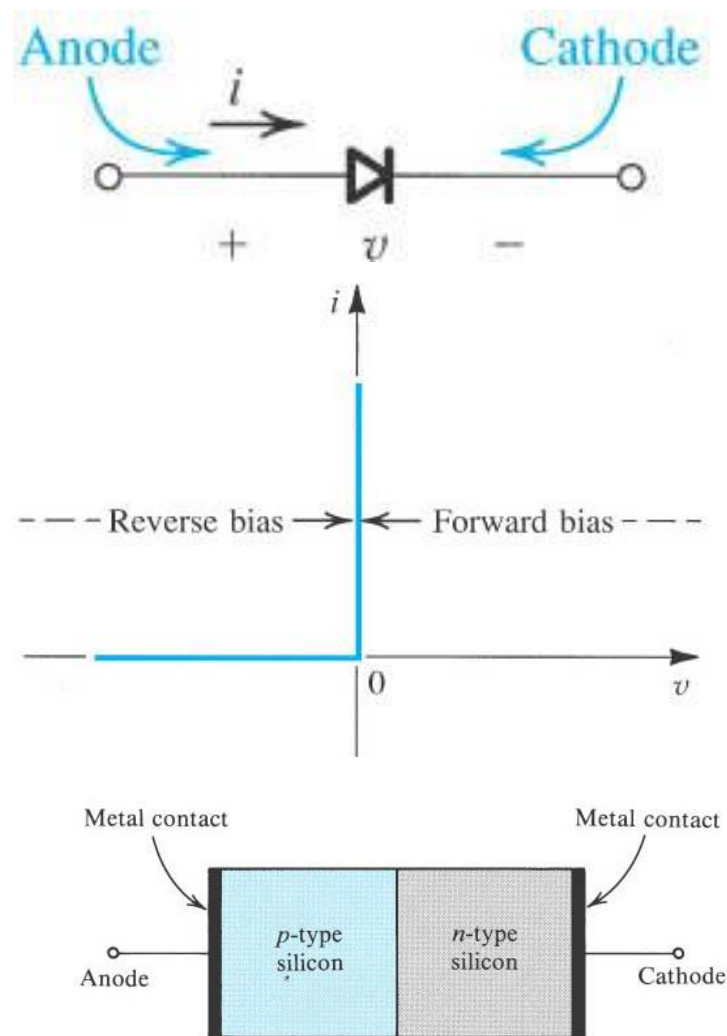


- Διαμορφωμένα σήματα που μεταφέρουν πληροφορία





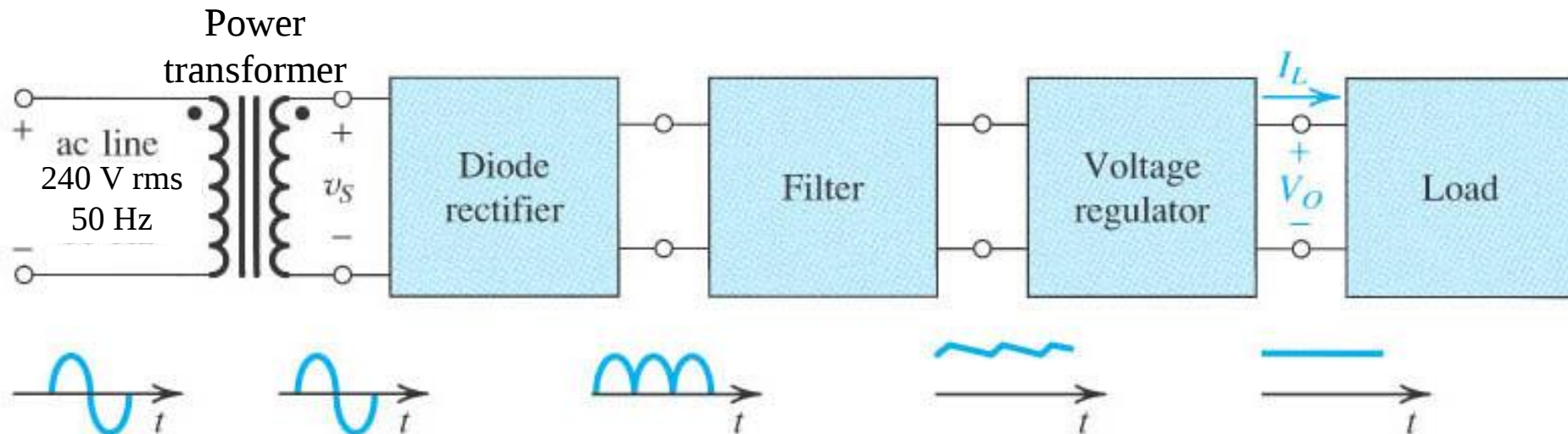
- **Δίοδος: το πιο απλό και βασικό μη γραμμικό στοιχείο.**
 - Έχει δυο ακροδέκτες: Άνοδο και Κάθοδο
 - Είναι ορθά πολωμένη όταν η τάση στην άνοδο είναι μεγαλύτερη από την τάση στην κάθοδο
 - Κατ' ακρίβεια μεγαλύτερη από περίπου 0.5-0.7 V για τις διόδους πυριτίου και μεγαλύτερη από 0.3 V για τις διόδους γερμανίου.
- **Η δίοδος ημιαγωγού (semiconductor diode) είναι ουσιαστικά μια ένωση pn (pn junction)**
 - Περιοχή p: πλεόνασμα οπών (έλλειμμα ηλεκτρονίων)
 - Περιοχή n: πλεόνασμα ηλεκτρονίων
 - Αν η τάση στην περιοχή p είναι μεγαλύτερη από την τάση στην περιοχή n → οι οπές σπρώχνονται προς την περιοχή n και τα ηλεκτρόνια προς την περιοχή p επιτρέποντας την ροή έντασης





• Ανορθωτές

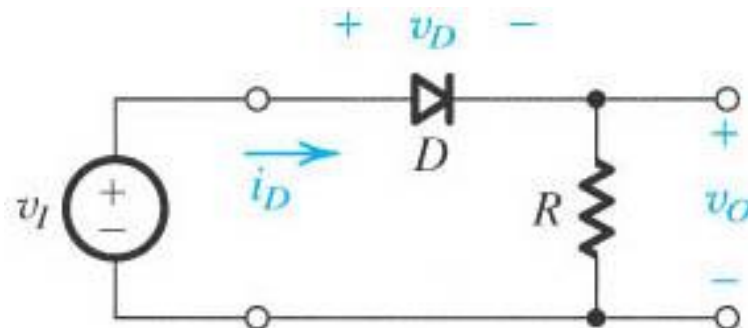
- Ίσως η πιο σημαντική εφαρμογή των διόδων.
- Μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση (ac) σε συνεχή (dc).
- Συνήθως επιθυμούμε η τάση εξόδου του ανορθωτή να είναι σταθερή ανεξάρτητα από τις εναλλαγές στην τάση εισόδου και στην ένταση που χρειάζεται το φορτίο.





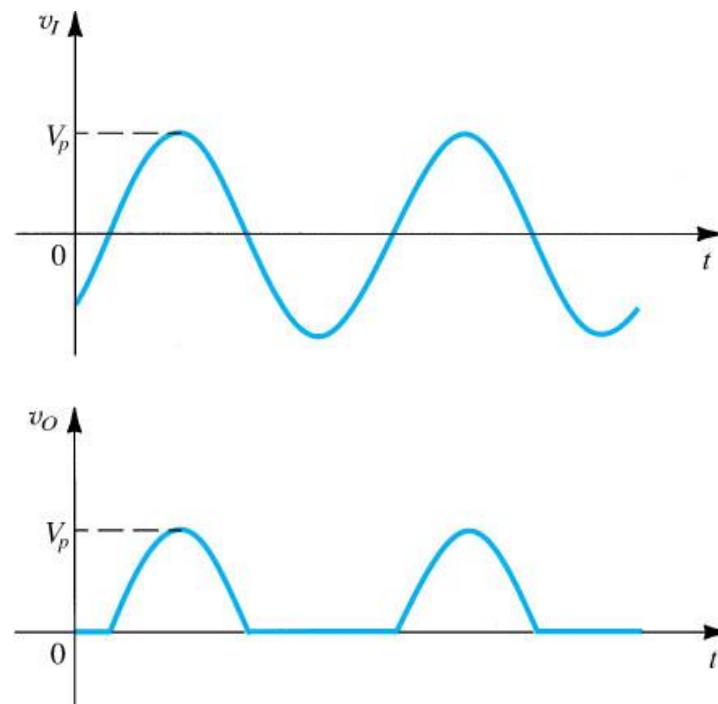
- **Ιδανική Δίοδος**

- Στην ανάστροφη πόλωση:
 - $i=0$, συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα
- Στην ορθή πόλωση:
 - υπάρχει ροή ρεύματος, τάση στα άκρα της διόδου είναι μηδέν, συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα



- **Ανορθωτής Μισού Κύματος**

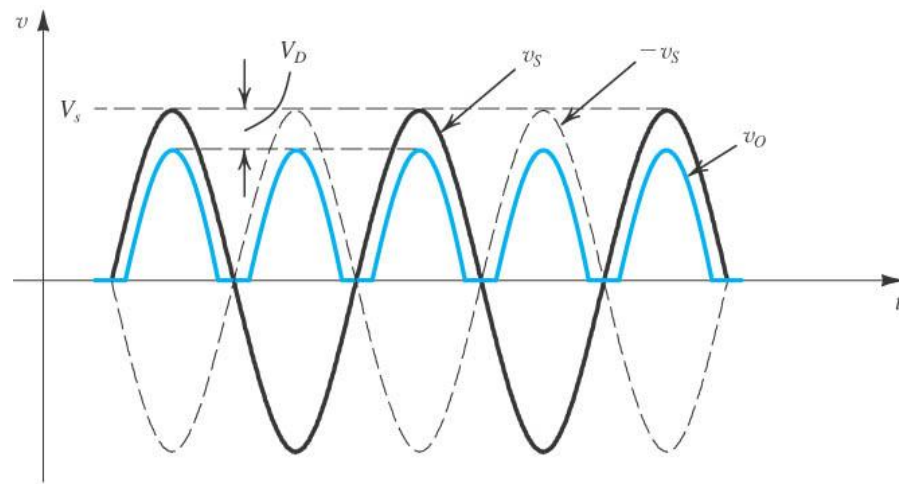
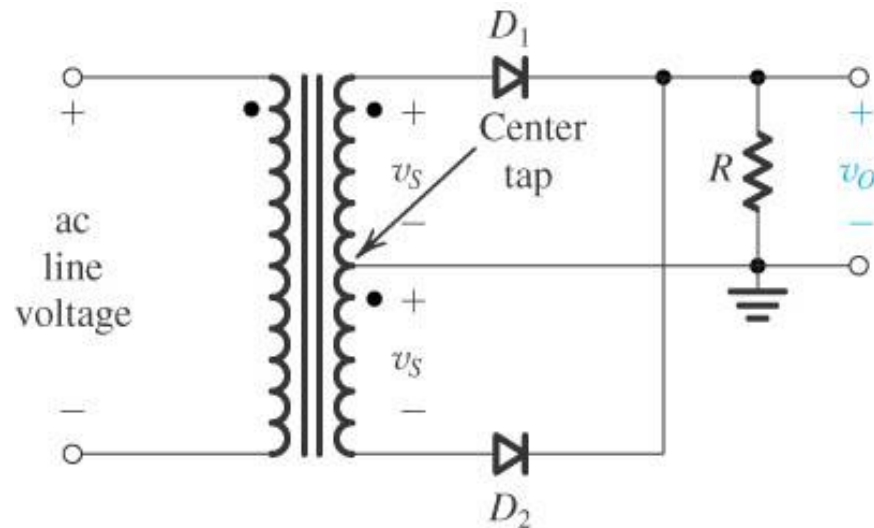
- Για να επιλέξουμε την κατάλληλη δίοδο πρέπει να γνωρίζουμε:
 1. την ένταση που αναμένεται ότι θα τη διαρρέει
 2. τη μέγιστη ανάστροφη τάση (peak inverse voltage, PIV) που αναμένεται ότι θα εμφανιστεί στα άκρα της ούτως ώστε να μη διασπαστεί.





- **Ανορθωτής Πλήρους Κύματος με Χωρισμένο Μετασχηματιστή (Full wave center-tapped rectifier)**

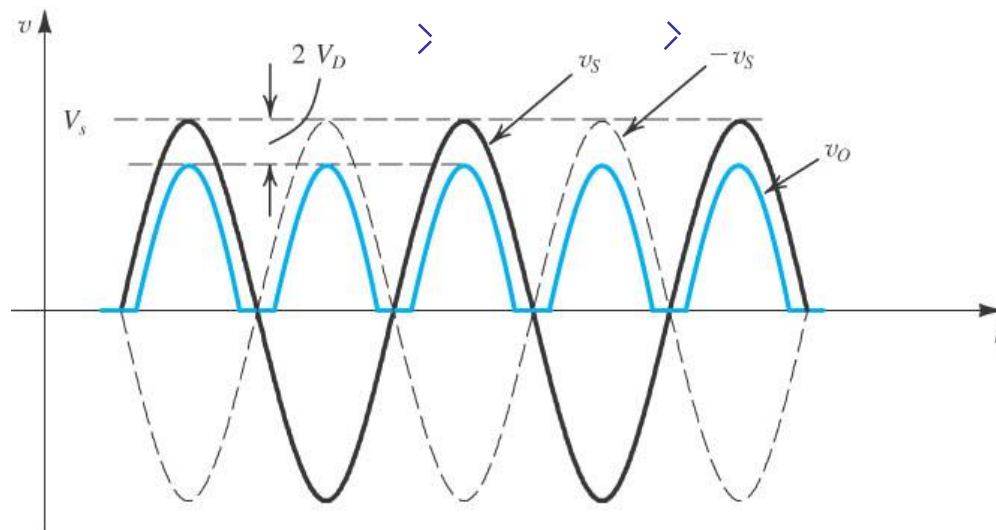
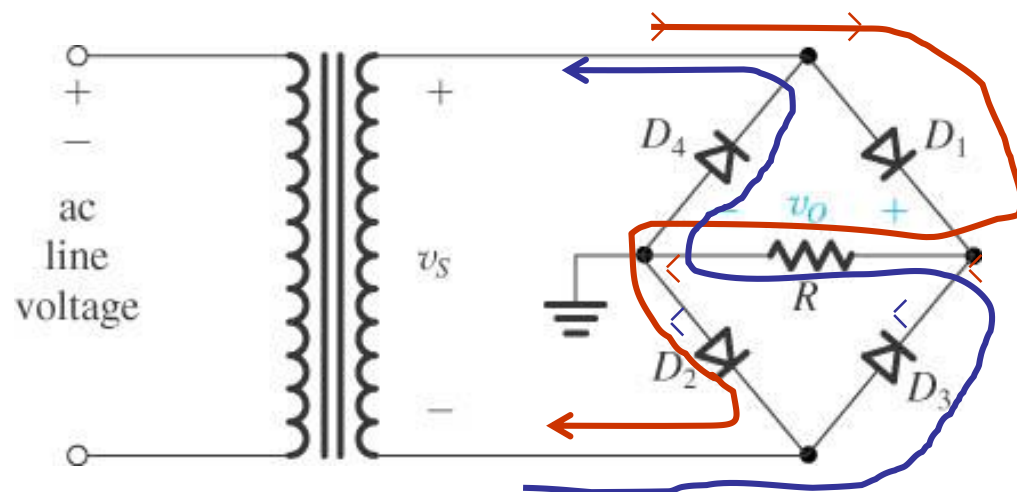
- Όταν η τάση εισόδου είναι θετική, τότε η D1 άγει
- Όταν η τάση εισόδου είναι αρνητική, τότε η D2 άγει
- Η ένταση μέσω του φορτίου ρέει πάντοτε προς την ίδια κατεύθυνση





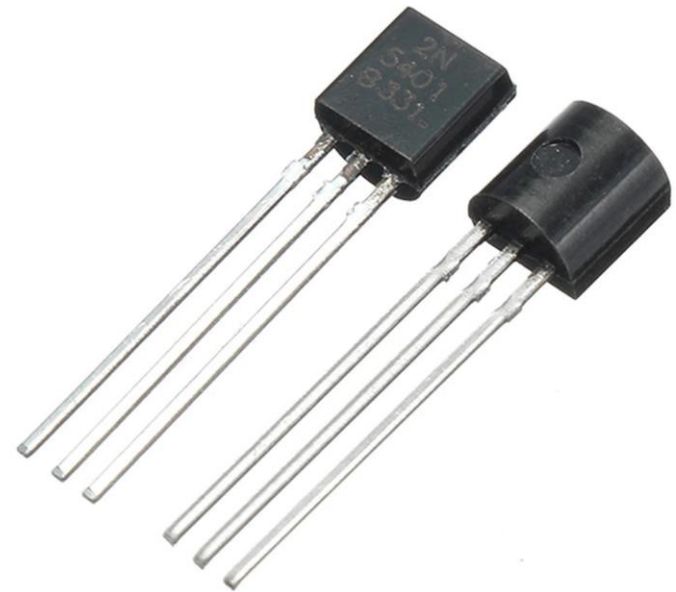
- **Ανορθωτής Γέφυρας (bridge rectifier)**

- Δεν χρειάζεται μετασχηματιστή με χωρισμένο δευτερεύον πηνίο.
- Χρειάζεται όμως 4 διόδους.





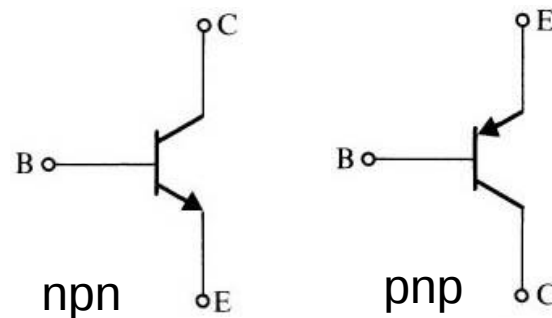
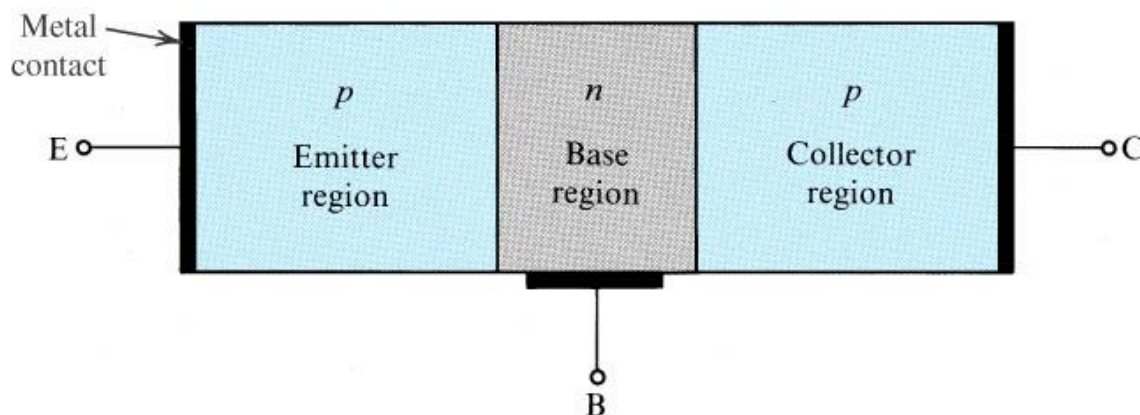
- Υπάρχουν διάφοροι τύποι τρανζίστορ
- Διπολικό τρανζίστορ ένωσης (bipolar junction transistor, BJT)
 - Χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπως σε κυκλώματα ενίσχυσης σήματος (amplifiers) ή σε κυκλώματα ψηφιακής λογικής (switches).
 - Εφευρέθηκε το 1948 στα Bell Telephone Laboratories.





• Βασική αρχή λειτουργίας

- Αποτελείται από τρία άκρα
- Χρήση της τάσης στα δυο άκρα για έλεγχο της έντασης που ρέει από το τρίτο άκρο
- Άρα έχουμε βασικά μια ελεγχόμενη πηγή.
- Ονομάζεται διπολικό (bipolar) διότι στην αγωγή έντασης συμμετέχουν τόσο οι οπές όσο και τα ηλεκτρόνια.
- Υπάρχουν δύο τύποι BJT τρανζίστορ.

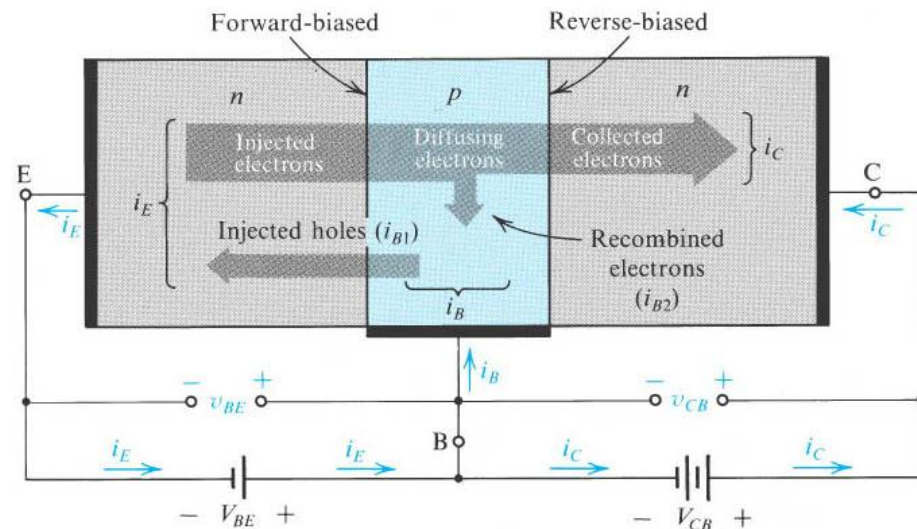


B: Base (βάση)
C: Collector (συλλέκτης)
E: Emitter (εκπομπός)



• Περιοχές Λειτουργίας

- Οι ενώσεις μπορεί να είναι είτε ορθά πολωμένες είτε ανάστροφα πολωμένες (άρα 4 συνδυασμοί)
- Ανάλογα με τον τρόπο πόλωσης έχουμε διαφορετικές περιοχές λειτουργίας.

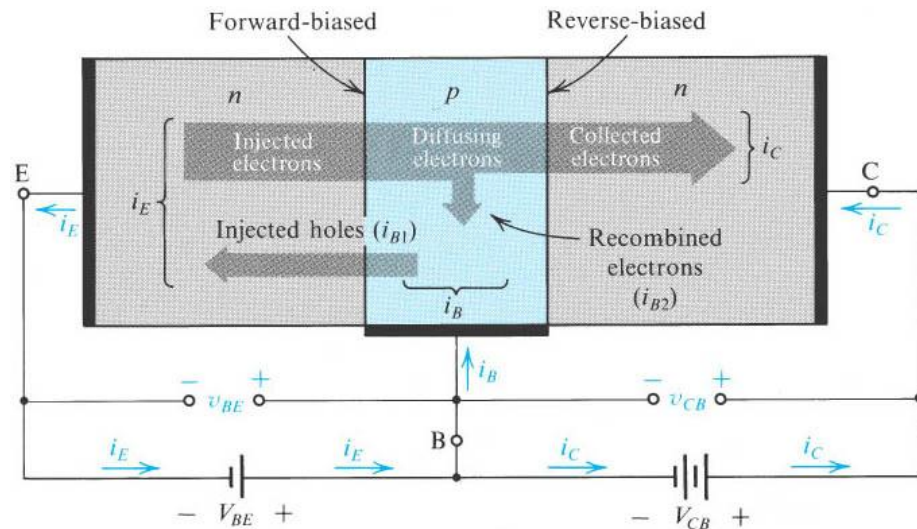


<u>Περιοχή</u>	<u>Χρήση</u>
Αποκοπής (cutoff)	Διακόπτες
Κορεσμού (saturation)	Διακόπτες
Ενεργός (active)	Ενισχυτές
Ανάστροφα ενεργός (reverse active)	Δεν χρησιμοποιείται πολύ

Τρανζίστορ – Ενισχυτής (Κοινού Εκπομπού)



- Ενεργός Περιοχή
- Πόλωση Συνδέσεων
 - Βάσης-εκπομπού (BE) → ορθά πολωμένη.
 - Βάσης-συλλέκτη (BC) → ανάστροφα πολωμένη.
- Ηλεκτρόνια διαχέονται από τον Εκπομπό στη Βάση (από το n στο p).
 - Στρώμα εξάντλησης ανάμεσα σε Βάση και Συλλέκτη → δεν υπάρχει ροή e-
 - **ΑΛΛΑ** η Βάση είναι λεπτή και ο Εκπομπός έχει μεγάλη πρόσμιξη (doping) n+ → τα ηλεκτρόνια έχουν αρκετή ορμή ώστε να διασταυρώσουν τη βάση και να φτάσουν στο Συλλέκτη.
- Το μικρό ρεύμα της βάσης, I_B , ελέγχει ένα μεγάλο ρεύμα, I_C
 - β : κέρδος ρεύματος κοινού εκπομπού (common-emitter current gain)
 - Συνήθως μεταξύ 50 – 200
 - Εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία



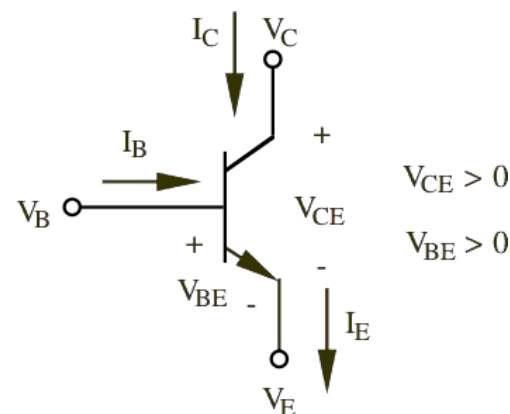
$$V_C > V_B > V_E$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

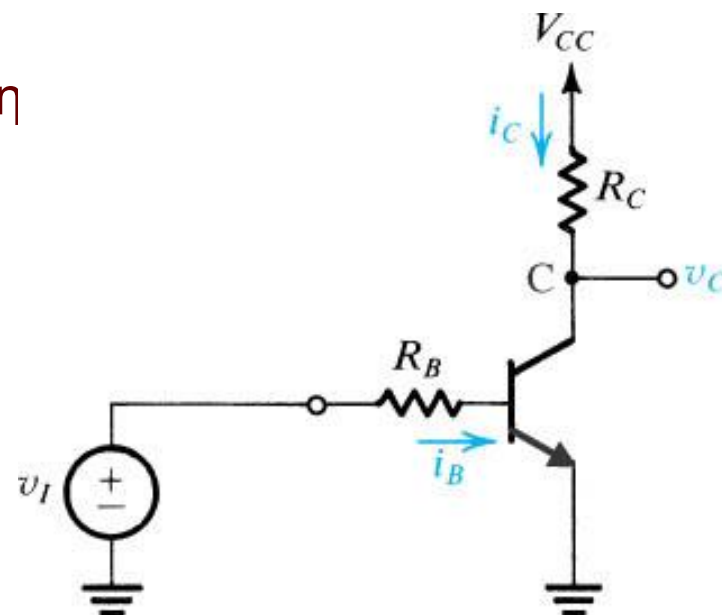
$$I_C = \beta I_B$$



Τρανζίστορ – Διακόπτης



- Χρησιμοποιούμε τις περιοχές αποκοπής (cutoff) και κορεσμού (saturation)
- $V_{in}(\text{Low}) < 0.7 \text{ V}$
 - Η σύνδεση BE δεν είναι ορθά πολωμένη
 - Περιοχή αποκοπής (Cutoff)
 - Δεν υπάρχει ροή ρεύματος
 - $V_{out} = V_{CE} = V_{cc}$
 - **$V_{out} = \Psi\eta\lambda\acute{o}$**
- $V_{in}(\text{High})$
 - Η σύνδεση BE είναι ορθά πολωμένη ($V_{BE}=0.7\text{V}$)
 - Περιοχή κορεσμού (Saturation)
 - V_{CE} μικρό ($\sim 0.2 \text{ V}$ για κορεσμένο BJT)
 - $V_{out} = \text{μικρό}$
 - $I_B = (V_{in} - V_B)/R_B$
 - **$V_{out} = \chi\alpha\mu\eta\lambda\acute{o}$**





- Πολλά σήματα απαιτούν ενίσχυση
- Τύποι ενίσχυσης
 - Υπάρχουν τρία είδη ενίσχυσης:
 - Ενισχυτής τάσης - ένας ενισχυτής που ενισχύει την τάση ενός σήματος εισόδου
 - Ενισχυτής ρεύματος- ένας ενισχυτής που ενισχύει το ρεύμα ενός σήματος
 - Ενισχυτής Ισχύος - ο συνδυασμός των δύο παραπάνω ενισχυτών





- **Τύποι Ενισχυτών**

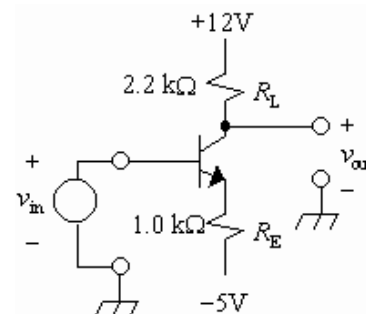
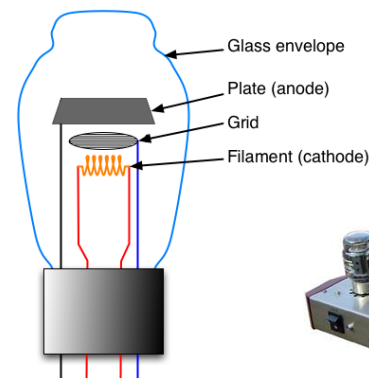
- Δίοδος Κενού (Vacuum Valve)
- Τρανζίστορ (Transistor)
- Τελεστικός Ενισχυτής (Operational amplifier)

- **Δίοδος Κενού (Vacuum Valve)**

- ή ηλεκτρονική λυχνία ή βαλβίδα
- Χρησιμοποιείται συνήθως για την ενίσχυση, διακοπή ή τροποποίηση ενός σήματος
- Έλεγχος της κίνησης των ηλεκτρονίων σε έναν κενό χώρο.

- **Τρανζίστορ (Transistor)**

- Διπολικό τρανζίστορ επαφής (BJT)
- Δύο δίοδοι ενωμένοι με μια πολύ λεπτή κοινή περιοχή
- Ένα μικρό ηλεκτρικό σήμα εισόδου μπορεί να ενισχυθεί με τρανζίστορ



A simple one-transistor amplifier with positive and negative supplies

Τελεστικός Ενισχυτής (Op-amp)



- Ο ΤΕ είναι μια συσκευή για την αύξηση της ισχύος ενός σήματος.

- Απορρόφηση ισχύος από μια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος
- Το σήμα εξόδου έχει το ίδιο σχήμα με το σήμα εισόδου, αλλά με μεγαλύτερο πλάτος (ενίσχυση).

- Μπορεί να εκτελέσει και αριθμητικές πράξεις με τα σήματα

- Πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός

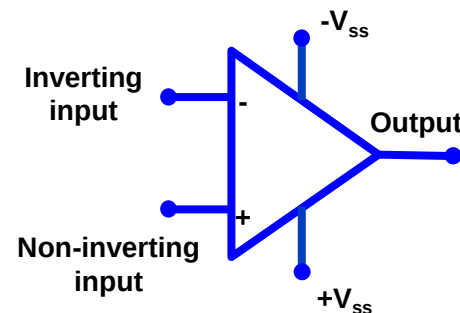
- Έχει δύο εισόδους

- Μια αναστρέφουσα είσοδο (-)
- Μια μη αναστρέφουσα είσοδο (+)

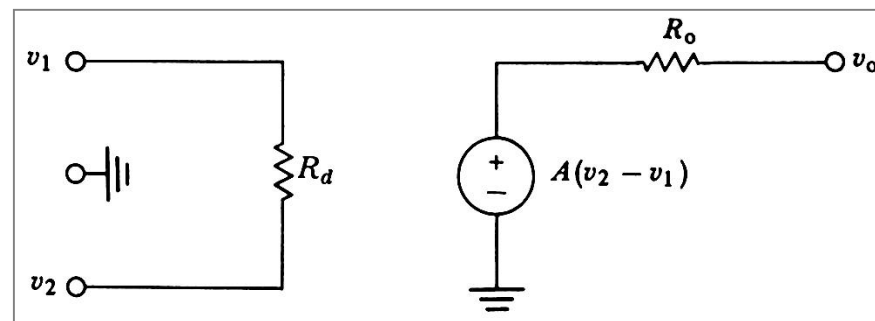
- Έχει μία έξοδο

- Έχει συνήθως δύο πηγές ($\pm V_{ss}$)

- Αλλά μπορεί να λειτουργήσει και με μία



Symbol of op-amplifier

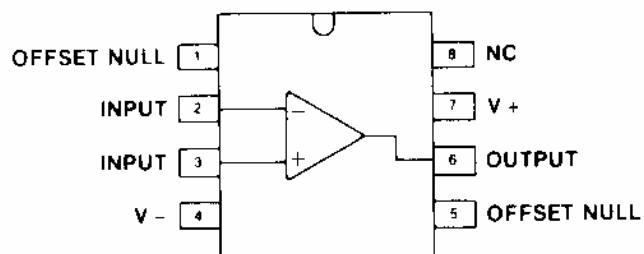


Ideal op-amplifier

Τελεστικός Ενισχυτής (Op-amp)

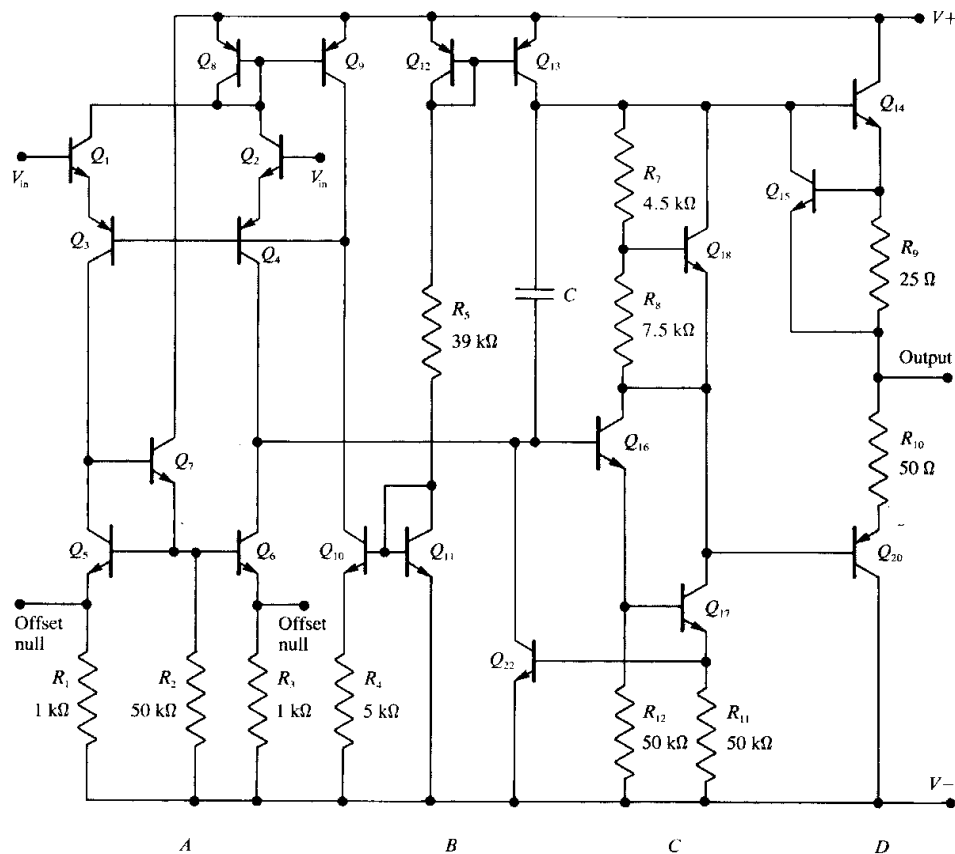


- Μέσα στον ΤΕ (IC-chip)



741 op amp

20 transistors
11 resistors
1 capacitor



Τελεστικός Ενισχυτής (Op-amp)



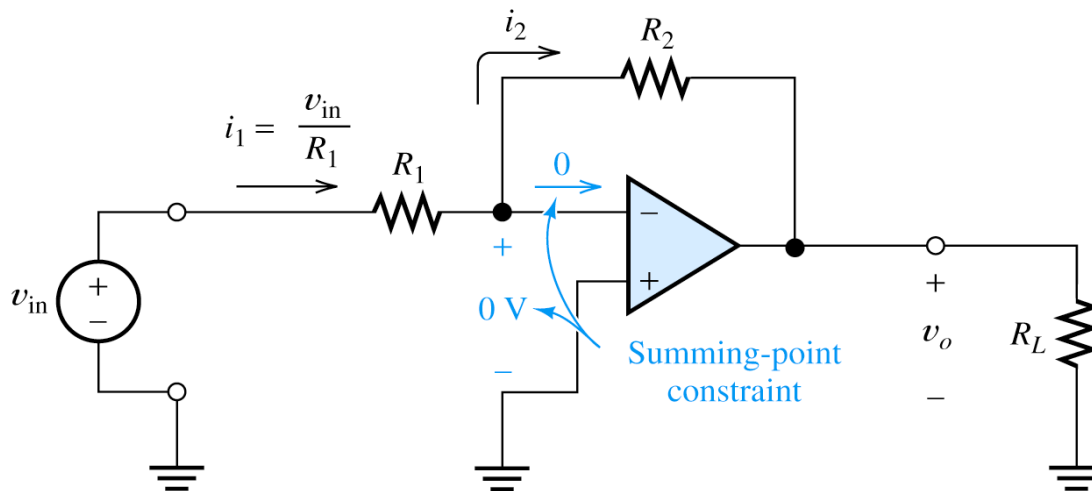
- **Περιορισμός Αθροιστικού Σημείου (Summing Point Constraint)**

- Σε ένα σύστημα με αρνητική ανάδραση, η τάση εξόδου του ιδανικού ΤΕ παίρνει τέτοιες τιμές ώστε η διαφορική τάση εισόδου και το ρεύμα εισόδου να είναι μηδέν.

- **Ανάλυση Κυκλώματος**

- Βεβαιωθείτε ότι υπάρχει αρνητική ανάδραση
- Υποθέστε ότι η διαφορική τάση εισόδου και το ρεύμα εισόδου του ΤΕ βρίσκονται στο μηδέν. (Περιορισμός αθροιστικού σημείου)
- Εφαρμόστε τις συνήθεις αρχές ανάλυσης κυκλωμάτων, όπως οι νόμοι του Kirchhoff και του Ohm.

- **Εφαρμογή του Περιορισμός Αθροιστικού Σημείου**



$$i_1 = \frac{v_{in}}{R_1}$$

$$i_2 = i_1$$

$$v_o = -i_2 R_2$$

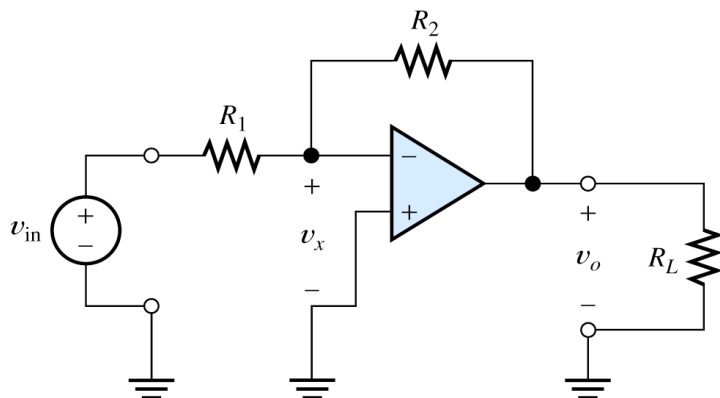
$$v_o = -\frac{v_{in}}{R_1} R_2$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Τελεστικός Ενισχυτής (Op-amp)

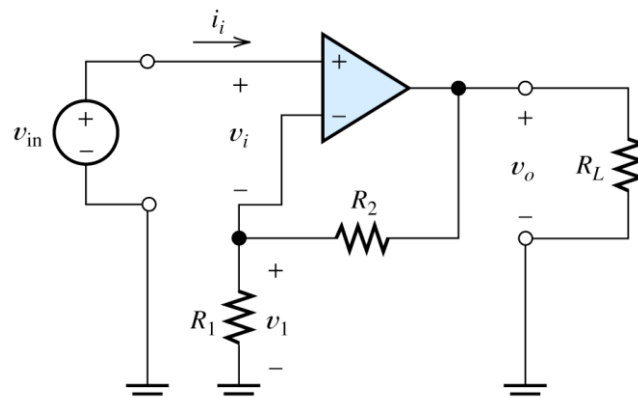


• Αναστρέφων Ενισχυτής



$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

• Μη-Αναστρέφων Ενισχυτής

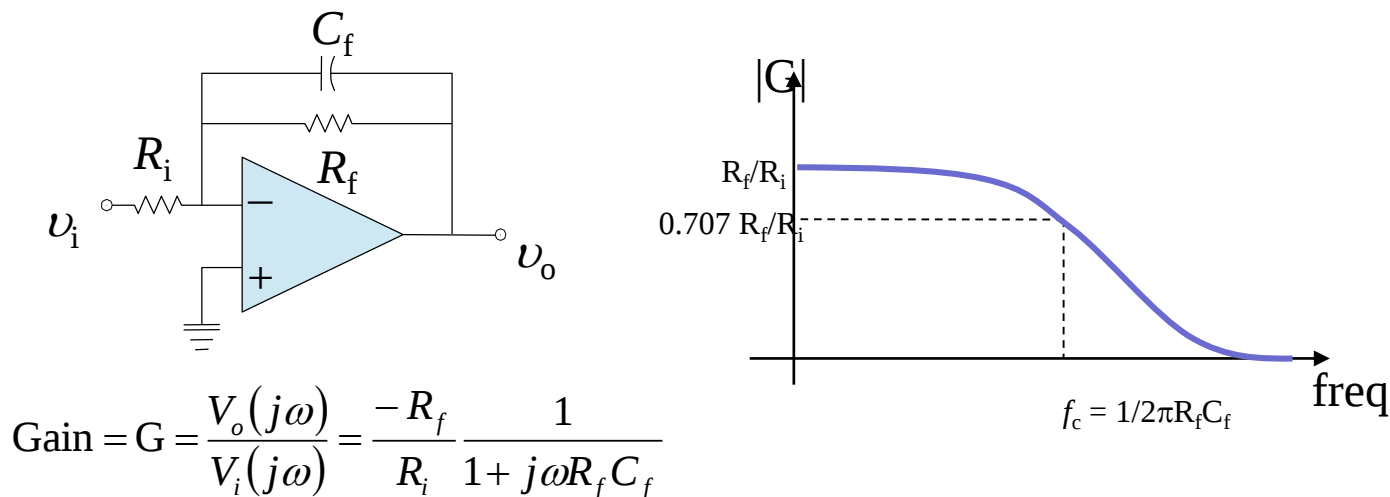


$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



- **Ενεργητικά Φίλτρα – Χαμηλοπερατό Φίλτρο**

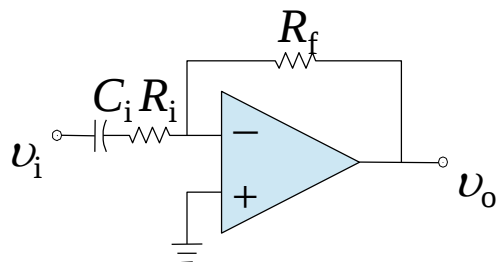
- Ένα χαμηλοπερατό φίλτρο αποκόπτει τις ψηλές συχνότητες



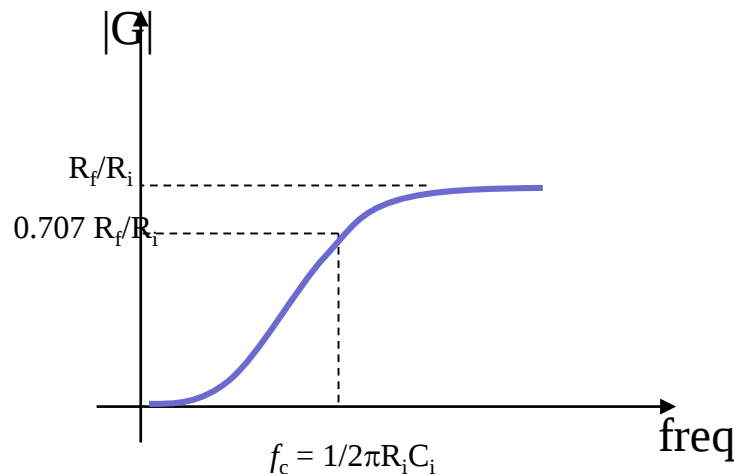


• Ενεργητικά Φίλτρα – Υψιπερατό Φίλτρο

- Ένα υψιπερατό φίλτρο αποκόπτει τις χαμηλές συχνότητες και το DC



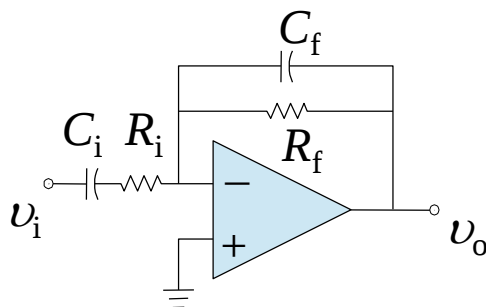
$$\text{Gain} = G = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{-R_f}{R_i} \frac{j\omega R_i C_i}{1 + j\omega R_i C_i}$$



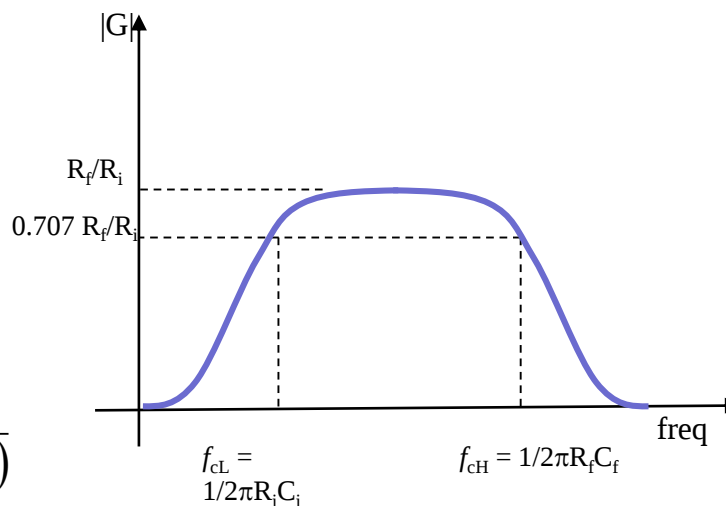


- **Ενεργητικά Φίλτρα – Ζωνοπερατό Φίλτρο**

- Ένα ζωνοπερατό φίλτρο αποκόπτει τις χαμηλές και ψηλές συχνότητες



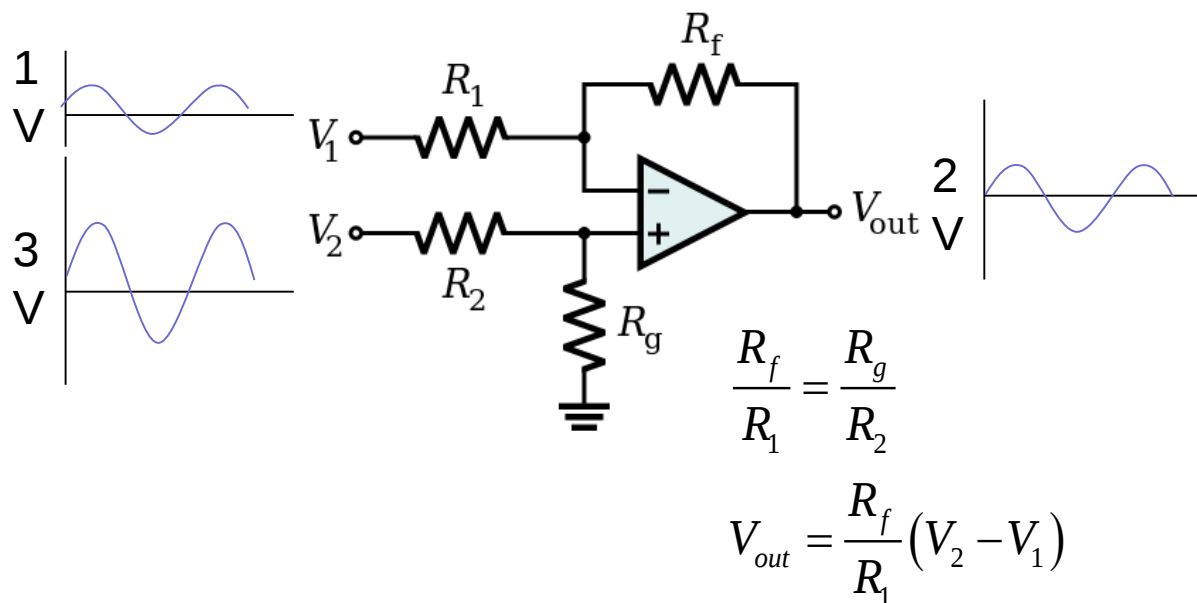
$$\frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = \frac{-j\omega R_f C_i}{(1 + j\omega R_f C_f)(1 + j\omega R_i C_i)}$$





- **Διαφορικός (Differential) Ενισχυτής**

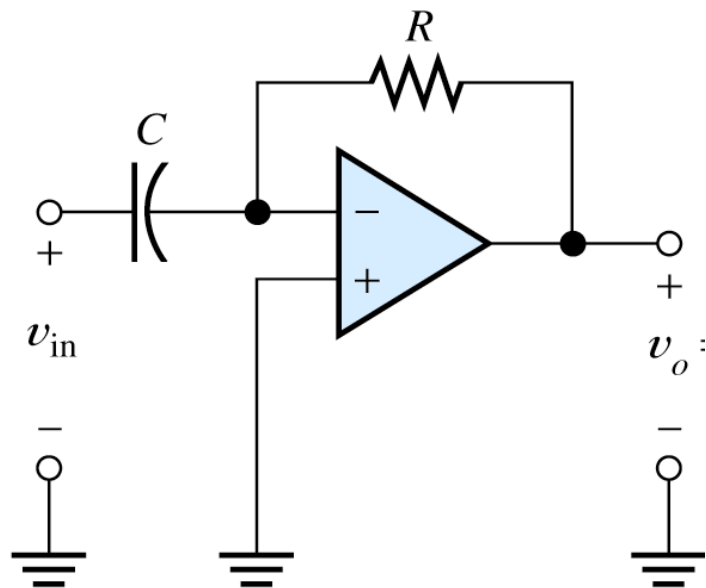
- Ο διαφορικός ενισχυτής αφαιρεί σήματα τα οποία είναι κοινά στις δύο εισόδους



Τελεστικός Ενισχυτής (Op-amp)

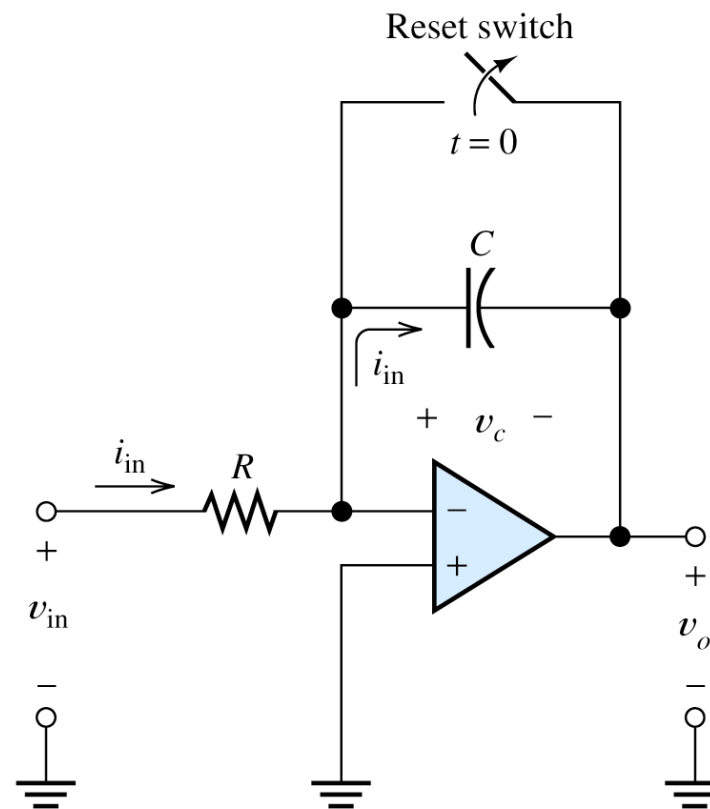


- Διαφοροποιητής (Differentiators)



$$v_o(t) = -RC \frac{dv_{in}}{dt}$$

- Ολοκληρωτής (Integrator)



$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_{in}(t) dt$$

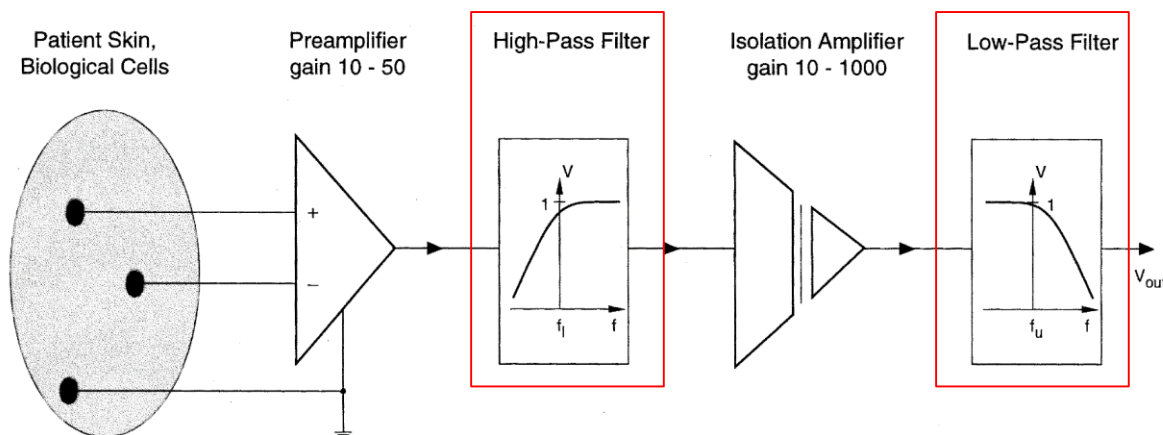


- **Θόρυβος**

- DC Ολίσθηση (Drift) (χαμηλής συχνότητας)
- Ηλεκτρονικός θόρυβος (υψηλής και χαμηλής συχνότητας)
- Γραμμική παρεμβολή (50 ή 60 Hz)

- **Πώς μειώνονται τα τεχνικά σφάλματα λόγω θορύβου;**

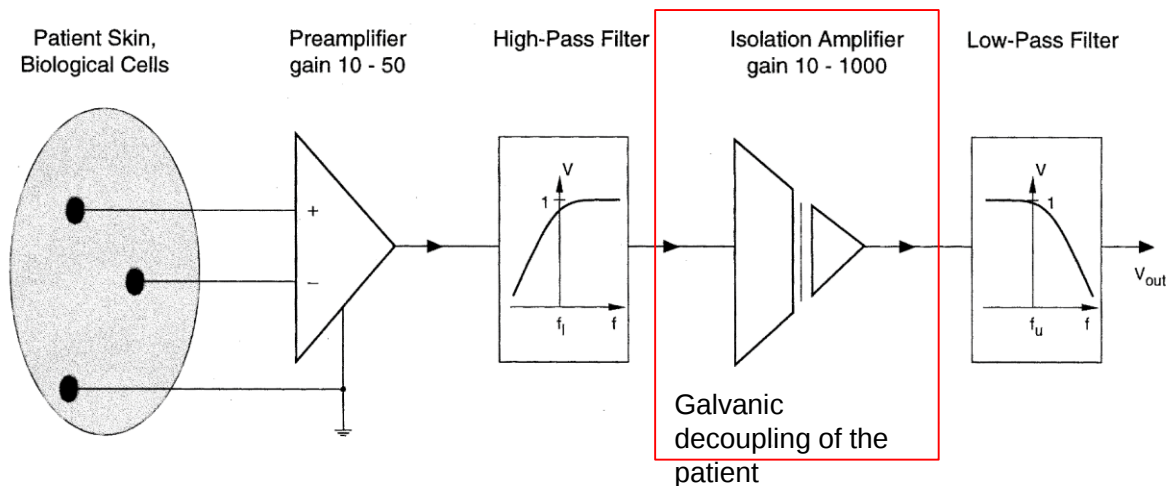
- Θωράκιση των ηλεκτροδίων και του εξοπλισμού
- Φιλτράρισμα (χαμηλοπερατά, υψηλερατά)





- **Ασφάλεια του ασθενούς από ψηλά ρεύματα**

- Γαλβανικός διαχωρισμός μεταξύ της εισόδου (ασθενής) και του υπόλοιπου εξοπλισμού μέτρησης
- Ενισχυτής απομόνωσης (Isolation)
 - Με μετασχηματιστή (Transformer) ή
 - Με Οπτική Απομόνωση (Opto-isolation)

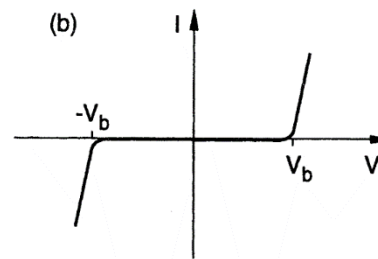
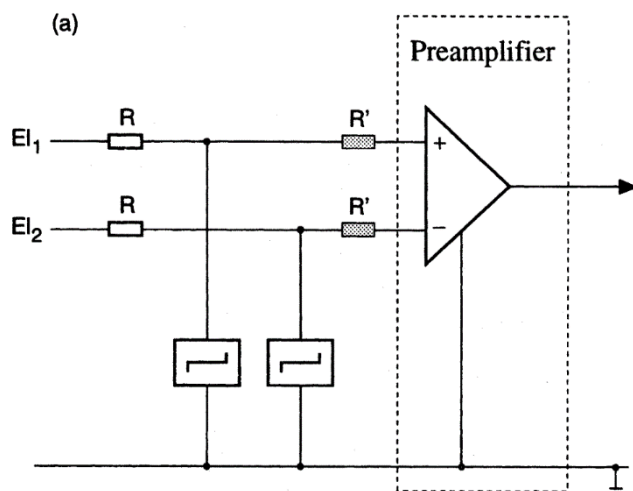


Επιπρόσθετες προϋποθέσεις για βιοενισχυτές



- Προστασία εξοπλισμού από υπερτάσεις (Surge protection)

- Προστασία από ζημιά λόγω υπερτάσεων (surges) στην είσοδο
- Δίοδοι Zener ή σωλήνες εκκένωσης κενού (gas discharge tubes)
 - Αλλάζουν σε αγώγιμο (κλειστό) κύκλωμα σε ψηλές τάσεις (πάνω από την τάση “διάσπασης”)



- Diodes
- Zener diodes
- Gas-discharge tubes