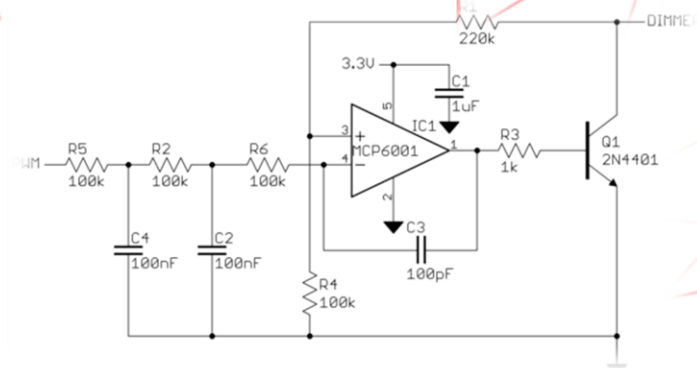
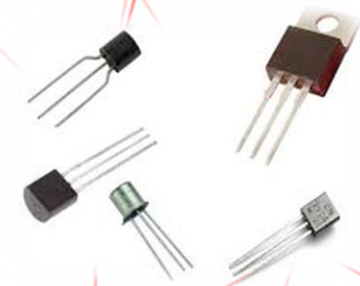
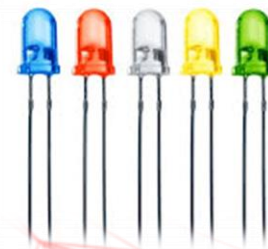
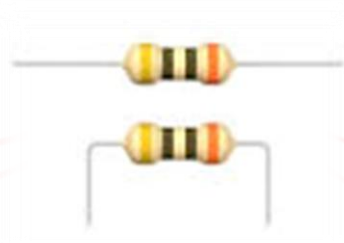
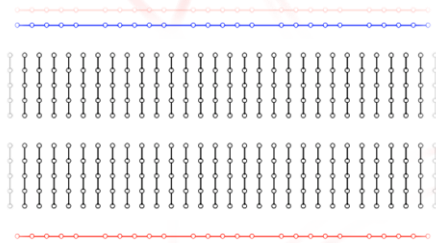


Ηλεκτρονική

➔ Νικόλαος Γιαννακέας

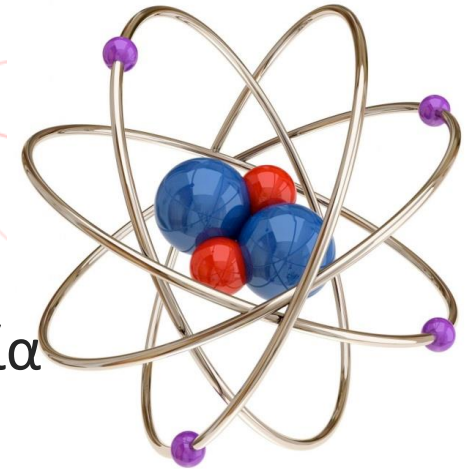


Περιεχόμενα 1^{ης} Διάλεξης

- Δομή του ατόμου – Ιδιότητες της ύλης
- Αγωγοί – Ημιαγωγοί – Μονωτές
- Διαφορά δυναμικού – Τάση
- Ηλεκτρικό Κύκλωμα
- Νόμος Ohm
- Συνδεσμολογίες Αντιστάσεων – Πυκνωτών - Πηνίων
- Πηγές - Γεννήτριες

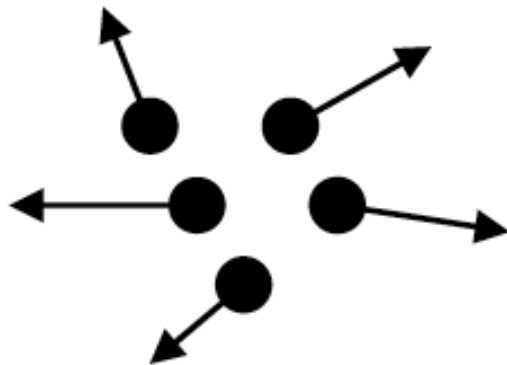
Δομή του ατόμου

- Η ύλη αποτελείται από **μόρια** στοιχείων
- Τα **μόρια**, υποδιαρούνται στα **άτομα** των στοιχείων που τα αποτελούν
- Το άτομο είναι μια οντότητα **απείρως μικρών διαστάσεων** η οποία διατηρεί τις **ιδιότητες του στοιχείου** στο οποίο αντιστοιχεί
- Τα συστατικά από τα οποία σχηματίζεται ένα άτομο είναι τα **πρωτόνια**, τα **νετρόνια** και τα **ηλεκτρόνια**, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των **στοιχειωδών σωματιδίων**
- Τα **πρωτόνια** διαθέτουν **θετικό ηλεκτρικό φορτίο**, τα **ηλεκτρόνια** **αρνητικό**, ενώ τα **νετρόνια** **δεν διαθέτουν φορτίο** (είναι ουδέτερα)

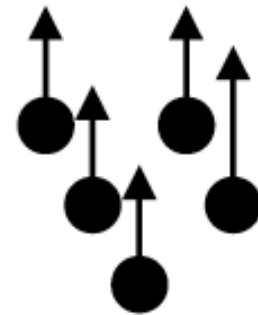


Ηλεκτρική αγωγιμότητα-ηλεκτρικό ρεύμα (1)

- **Ηλεκτρική αγωγιμότητα** χαρακτηρίζουμε την **δυνατότητα προσανατολισμένης κίνησης φορτισμένων σωματιδίων** μέσα από ένα μέσο, υλικό ή μη
- Η **ροή** αυτή των **φορτίων** ονομάζεται **ηλεκτρικό ρεύμα**
- **Ηλεκτρικό ρεύμα** είναι δυνατό να έχουμε είτε **μέσα σε ένα υλικό**, που στην περίπτωση αυτή ονομάζεται **αγωγός του ηλεκτρισμού** είτε και στο **κενό**



Τυχαία κίνηση φορτίων



Προσανατολισμένη κίνηση φορτίων
(Ηλεκτρικό ρεύμα)

Ηλεκτρική αγωγιμότητα-ηλεκτρικό ρεύμα (2)

- Τα υλικά τα οποία, λόγω της δομής τους, απαγορεύουν πλήρως τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζονται **μονωτές**
- Μια ενδιάμεση συμπεριφορά μεταξύ εκείνης των αγωγών και των μονωτών παρουσιάζουν οι **ημιαγωγοί**
- Τυπική περίπτωση αγωγών είναι τα **μέταλλα**, ενώ τα περισσότερα **πλαστικά υλικά** παρουσιάζουν **συμπεριφορά μονωτή**
- Ένα μέγεθος που περιγράφει ποσοτικά το φαινόμενο της ροής φορτίων είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ή ρεύμα (I)
- Η ένταση του ρεύματος ορίζεται ως ο ρυθμός διέλευσης φορτίου, σύμφωνα με τη σχέση:

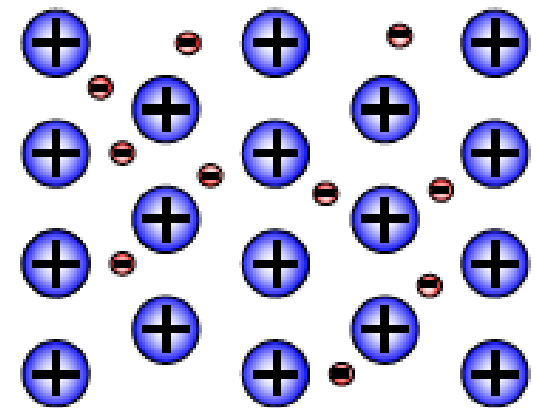
$$I = \frac{d|Q|}{dt} \quad \begin{array}{l} \text{(Cb) = Coulomb} \\ \text{(s) = second} \end{array} \longrightarrow \text{(A) = Ampere}$$

Συνήθως στα
κυκλώματα mA

Ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων (1)

Το μοντέλο του Drude

- Ένα μοντέλο για την εξήγηση της **ηλεκτρικής αγωγιμότητας** των μετάλλων προτάθηκε από τον **P. Drude** το 1900
- Σε ένα μέταλλο τα **ηλεκτρόνια σθένους**, λόγω της χαλαρής διασύνδεσής τους με τον πυρήνα σχηματίζουν ένα **νέφος ελεύθερων ηλεκτρονίων**, κανένα από τα οποία δεν ανήκει σε συγκεκριμένο άτομο
- Τα ηλεκτρόνια αυτά μπορούν να κινηθούν ανάμεσα στα εναπομένοντα **θετικά φορτισμένα ιόντα**, που αποτελούνται από τους πυρήνες των ατόμων & τα ισχυρά συνδεδεμένα προς αυτούς ηλεκτρόνια των εσωτερικών τροχιών (στιβάδων)



Ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων (2)

Το μοντέλο του Drude

- Με την παρουσία κατάλληλου **αιτίου-ηλεκτρικού πεδίου** τα **ελεύθερα ηλεκτρόνια** μπορούν **να κινηθούν προσανατολισμένα** μέσα στο μέταλλο
- Για το λόγο αυτό τα **ελεύθερα ηλεκτρόνια** ονομάζονται **φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος**
- Κατά την κίνηση των φορέων μέσα στο υλικό, αυτοί συγκρούονται στο πλέγμα των ιόντων που κατέχουν σταθερές θέσεις, **δυσχεραίνοντας τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος**.
- Οι συγκρούσεις αυτές είναι η αιτία της αντίστασης που εμφανίζει κάθε αγωγίμο υλικό και κατά τη διάρκειά τους εκλύεται θερμότητα (**θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος**)

Ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων (3)

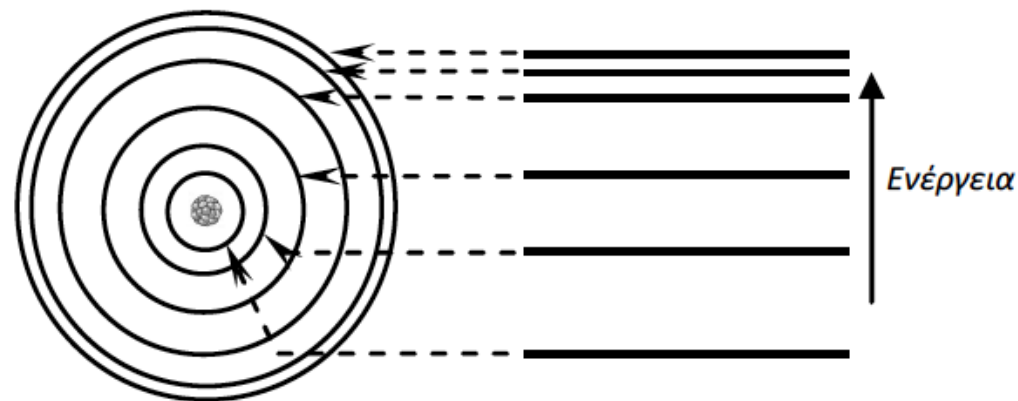
Ενεργειακή Προσέγγιση

- Μια **εναλλακτική προσέγγιση** για την εξήγηση της αγωγιμότητας των μετάλλων είναι των **ενεργειακών ζωνών**
- Σε ένα μεμονωμένο άτομο τα **ηλεκτρόνια επιτρέπεται να περιστρέφονται μόνο σε συγκεκριμένες τροχιές**
- Κάθε τροχιά αντιστοιχεί σε ορισμένη τιμή της ενέργειας των ηλεκτρονίων, η οποία ονομάζεται **ενεργειακή στάθμη**
- Ο χώρος μεταξύ τροχιακών αποτελεί περιοχές **απαγορευμένες** για τα ηλεκτρόνια
- Οι περιοχές μεταξύ των ενεργειακών σταθμών περιλαμβάνουν **μη επιτρεπτές τιμές ενέργειας & ονομάζονται ενεργειακά χάσματα**

Ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων (4)

Ενεργειακή Προσέγγιση

- Όσο απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα, η τιμή της ενέργειας των ηλεκτρονίων αυξάνεται
- Ακολουθώντας μια βασική αρχή της φύσης, όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου τόσο πιο ασταθές είναι αυτό και, άρα, τόσο πιο εύκολο είναι να εγκαταλείψει την τροχιά του



Ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων (5)

Ενεργειακή Προσέγγιση

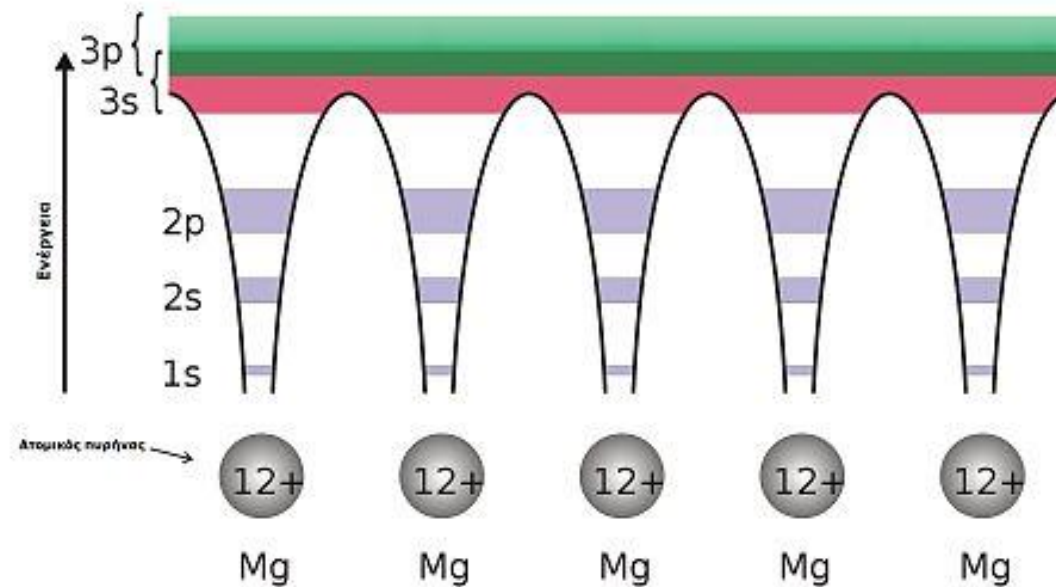
- Οι δύο ζώνες που καθορίζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υλικού είναι η **ζώνη αγωγιμότητας & η ζώνη σθένους**
- Η πρώτη αντιστοιχεί στις τιμές ενέργειας για τις οποίες ένα ηλεκτρόνιο μπορεί να αποδεσμευθεί από την έλξη του πυρήνα του ατόμου στο οποίο ανήκει & να αποτελέσει ελεύθερο ηλεκτρόνιο, **δηλαδή ηλεκτρικό φορέα**
- Η δεύτερη περιλαμβάνει τις επιτρεπτές τιμές ενέργειας των ηλεκτρονίων **σθένους**, των ηλεκτρονίων δηλαδή που έχουν την χαλαρότερη σύνδεση με τον οικείο πυρήνα και τα οποία, ως ασταθέστερα, είναι ευκολότερο να μεταπηδήσουν στη ζώνη αγωγιμότητας & να καταστούν ελεύθερα, εφόσον το επιτρέπει η φύση του υλικού & οι συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία)

Μονωτές

- Στην περίπτωση των μονωτών, μεταξύ των ζωνών σθένους & αγωγιμότητας παρεμβάλλεται ένα ενεργειακό χάσμα μη αμελητέου εύρους, η ύπαρξη του οποίου καθιστά απαγορευτική τη μεταπήδηση ηλεκτρονίων σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας
- Επομένως, η σύνδεση των ηλεκτρονίων σθένους στα άτομα των μονωτικών υλικών είναι **αρκετά ισχυρή** ώστε να είναι αδύνατη η αποδέσμευσή τους από τους αντίστοιχους πυρήνες, με αποτέλεσμα την απουσία ηλεκτρικών φορέων στα υλικά αυτά

Αγωγοί

- Στους αγωγούς, δεν υπάρχει ενεργειακό χάσμα μεταξύ των ζωνών σθένους & αγωγιμότητας και οι δύο ζώνες επικαλύπτονται

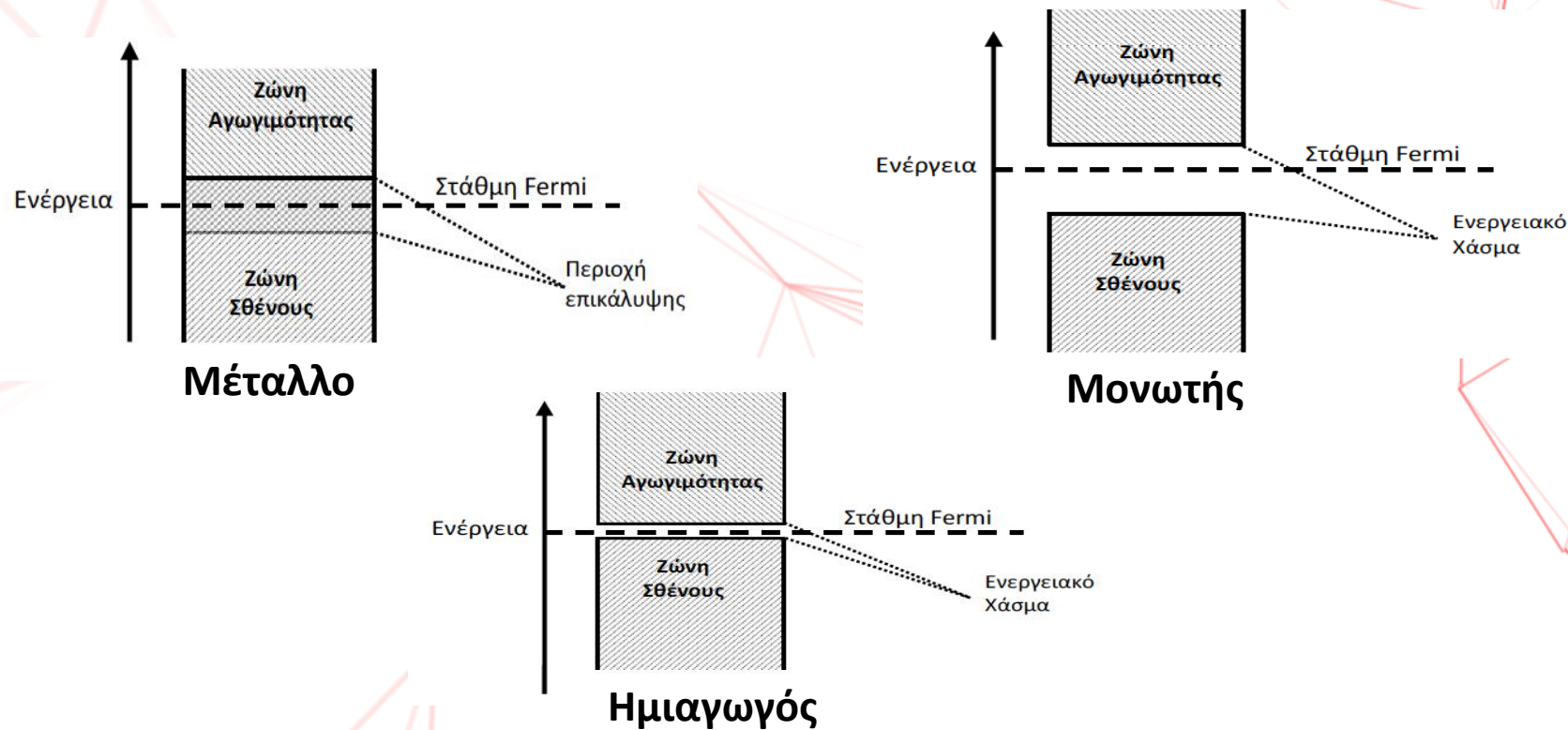


Ημιαγωγοί

- Στους ημιαγωγούς, το ενεργειακό χάσμα μεταξύ των ζωνών σθένους & αγωγιμότητας είναι σχετικά μικρό
- Με την απορρόφηση μικρού μόνον ποσού ενέργειας (π.χ. θερμικής) ηλεκτρόνια της ζώνης σθένους μπορούν να μεταπηδήσουν στη ζώνη αγωγιμότητας
- Στην περίπτωση αυτή έχουμε το φαινόμενο της γένεσης ηλεκτρικών φορέων
- Τα ημιαγώγιμα υλικά μπορούν να εμφανίζουν άλλοτε συμπεριφορά μονωτή & άλλοτε αγωγού, σε χαμηλές και σε υψηλές θερμοκρασίες, αντίστοιχα

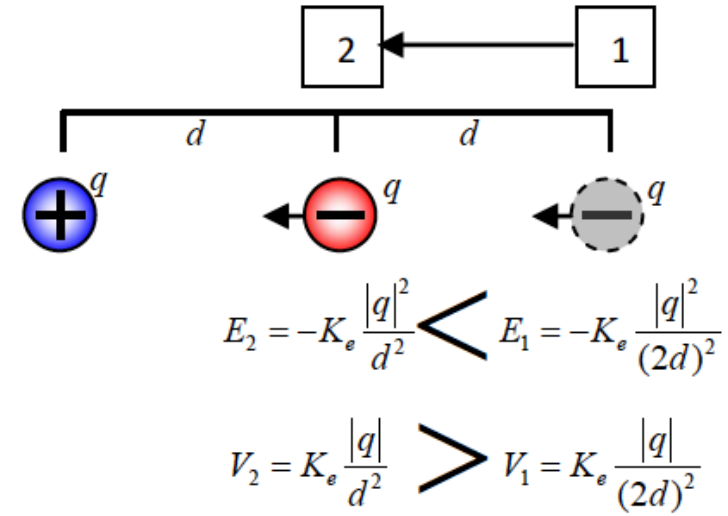
Σύγκριση ενεργειακών ζωνών σε μέταλλο-μονωτή-ημιαγωγό

- Η **στάθμη Fermi** αντιστοιχεί στη μέγιστη δυνατή τιμή ενέργειας για τα ηλεκτρόνια ενός υλικού στη θερμοκρασία στο απόλυτο μηδέν (0K)



Δυναμικό-Διαφορά δυναμικού-Τάση (1)

- Σύμφωνα με την **αρχή της ελάχιστης ενέργειας**, κάθε σύστημα στη φύση τείνει να μεταπέσει στην **κατάσταση με τη μικρότερη δυνατή τιμή ενέργειας** (π.χ. ένα μήλο πέφτει από τη μηλιά ακριβώς για να μειώσει τη δυναμική του ενέργεια)
- Η ίδια αρχή διέπει & την **εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος**
- Ο σκοπός για τον οποίο συμβαίνει η **κίνηση φορτισμένων σωματιδίων** (π.χ. ηλεκτρονίων) από ένα σημείο σε ένα άλλο είναι η **μείωση της ενέργειας των σωματιδίων αυτών**



Δυναμικό-Διαφορά Δυναμικού-Τάση (2)

- Στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε συστήματα με πλήθος φορτίων, αντί της ενέργειας χρησιμοποιούμε το **δυναμικό (V)**, που ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας ανά μονάδα φορτίου:

$$V = \frac{E}{q}$$

- Μονάδα μέτρησης:

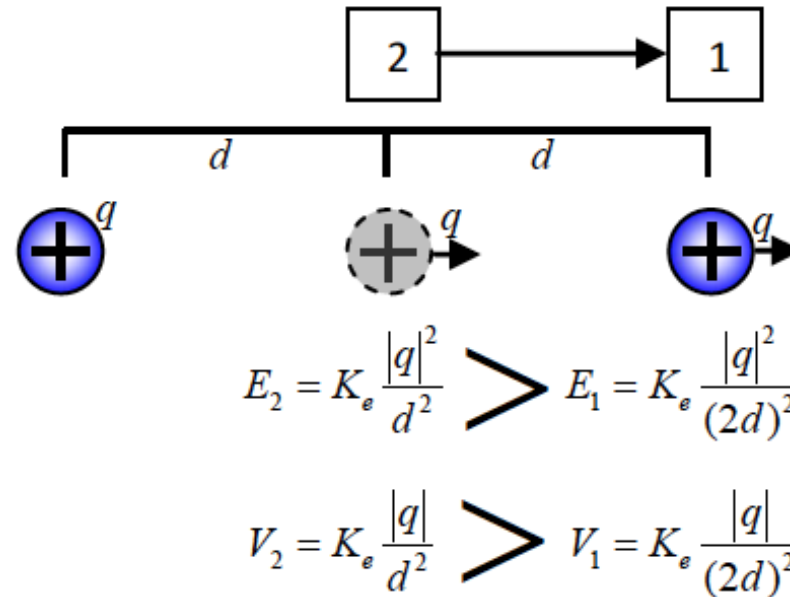
$$Volt = \frac{Joule}{Cb}$$

- Αναδιατυπώνοντας την **αρχή της ελάχιστης ενέργειας**, για την περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος μπορούμε να πούμε πως **έχουμε ροή φορτίων μεταξύ σημείων για τα οποία υπάρχει διαφορά δυναμικού (ή τάση ΔV)**:

$$\Delta V = V_1 - V_2$$

Δυναμικό-Διαφορά Δυναμικού-Τάση (3)

➤ Τα θετικά φορτία κινούνται από σημεία με μεγαλύτερο δυναμικό σε σημεία με μικρότερο



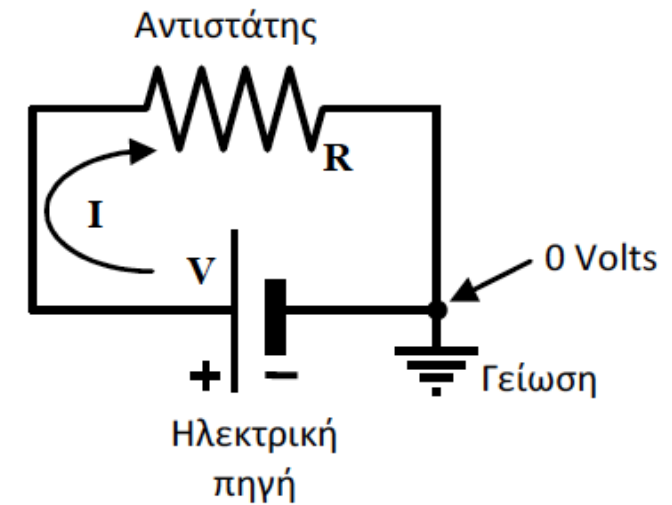
Ηλεκτρικό κύκλωμα-Συμβατική φορά ηλεκτρικού ρεύματος (1)

- Απαραίτητες προϋποθέσεις για τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε ένα υλικό είναι η ύπαρξη ηλεκτρικών φορέων & διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο σημείων του
- Ας υποθέσουμε πως, προκειμένου να εξασφαλίσουμε την απαίτηση ύπαρξης ηλεκτρικών φορέων, διαθέτουμε ένα ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό
- Κάθε τέτοιο υλικό παρουσιάζει αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα & για το λόγο αυτό ονομάζεται & **αντιστάτης**
- Η τιμή της αντίστασης ενός αντιστάτη συμβολίζεται με R $\frac{1}{g \text{ (Αγωγιμότητα)}}$ $\Omega \text{ (Ohm)}$
- Πολλές φορές ο όρος «αντίσταση», χρησιμοποιείται ως συνώνυμο του όρου «αντιστάτης»

Συνήθως στα κυκλώματα ΚΩ

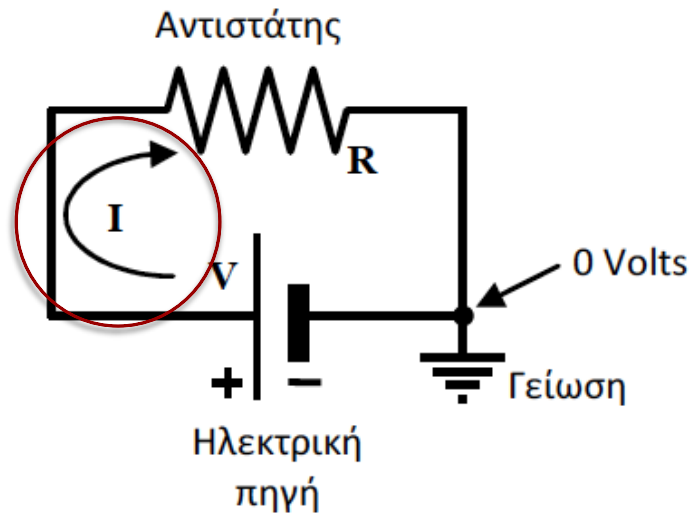
Ηλεκτρικό κύκλωμα-Συμβατική φορά ηλεκτρικού ρεύματος (2)

- Η απαραίτητη διαφορά δυναμικού μπορεί να εξασφαλισθεί με τη χρήση μιας ηλεκτρικής πηγής, ο θετικός πόλος της οποίας βρίσκεται σε υψηλότερο δυναμικό σε σχέση με τον αρνητικό
- Αν συνδέσουμε τα δύο άκρα του αντιστάτη με τους πόλους της ηλεκτρικής πηγής μέσω αγωγών αμελητέας αντίστασης παίρνουμε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα του
- Ο όρος «κύκλωμα» προκύπτει από το γεγονός ότι οι ηλεκτρικοί φορείς (ηλεκτρόνια), ξεκινώντας από την πηγή, συγκεκριμένα από τον αρνητικό πόλο, κινούνται μέσω του αντιστάτη «κυκλικά» για να καταλήξουν και πάλι στην πηγή (στον θετικό πόλο)
- Οι αρνητικοί φορείς τείνουν να κινηθούν από χαμηλότερα προς υψηλότερα δυναμικά



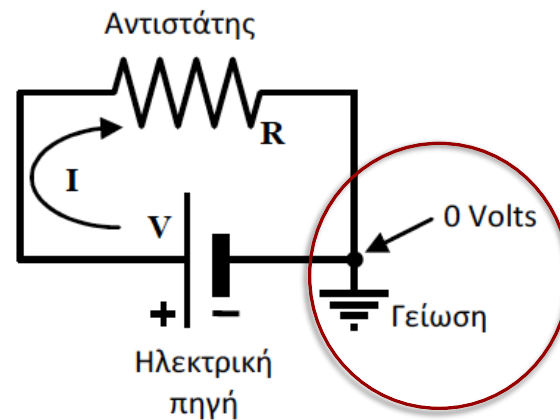
Ηλεκτρικό κύκλωμα-Συμβατική φορά ηλεκτρικού ρεύματος (3)

- Για ιστορικούς λόγους, παρόλο που οι φορείς κινούνται από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της πηγής, θεωρούμε πως η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι αντίθετη της κίνησης αυτής
- Η συγκεκριμένη φορά, που θα αντιστοιχούσε στη φορά κίνησης θετικών φορέων (αν υπήρχαν), ονομάζεται **συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος**



Γείωση-Δυναμικό αναφοράς-Κοινός αγωγός (1)

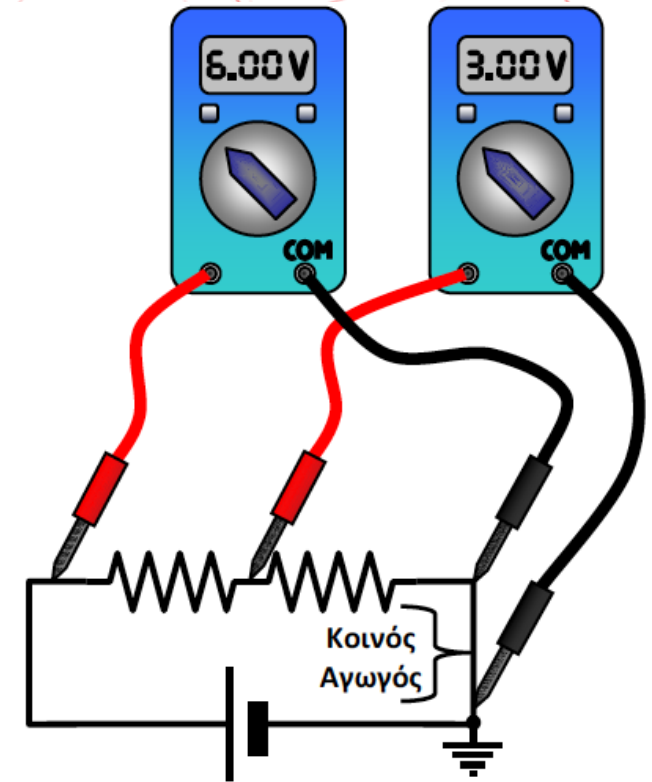
- Κατά τη μελέτη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, είναι βολικό η τάση σε κάθε σημείο να υπολογίζεται ως η διαφορά δυναμικού μεταξύ του σημείου αυτού & ενός σημείου του κυκλώματος το οποίο υποθέτουμε πως βρίσκεται σε μηδενικό δυναμικό (δυναμικό αναφοράς)
- Η επιλογή του σημείου αναφοράς είναι, γενικά, αυθαίρετη
- Σε κυκλώματα με απλή τροφοδοσία (που περιλαμβάνουν, δηλαδή, μία πηγή) ως τέτοιο επιλέγεται συνήθως ο αρνητικός πόλος της πηγής



Το σημείο μηδενικού δυναμικού επισημαίνεται με το **σύμβολο της γείωσης**

Γείωση-Δυναμικό αναφοράς-Κοινός αγωγός (2)

- Τα **βολτόμετρα**, όργανα που μετρούν τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων διαθέτουν δύο ακροδέκτες, ο ένας εκ των οποίων φέρει την ένδειξη **“COM”** (**common** - **κοινός**), και συνδέεται στο σημείο μηδενικού δυναμικού του κυκλώματος
- Είναι φανερό πως κατά τη χρήση πολλαπλών βολτομέτρων για την **ταυτόχρονη μέτρηση των τάσεων σε διάφορα σημεία του ίδιου κυκλώματος**, όλοι οι ακροδέκτες COM θα καταλήγουν στο σημείο μηδενικού δυναμικού, **συναποτελώντας τον κοινό αγωγό του κυκλώματος**



Νόμος του Ohm (1)

➤ Έστω ότι στα άκρα της αντίστασης R εφαρμόζουμε τάση V , τότε η ένταση I του ρεύματος που διαρέει το κύκλωμα δίνεται από τη σχέση:

$$I = \frac{V}{R} \text{ (Νόμος του Ohm)}$$

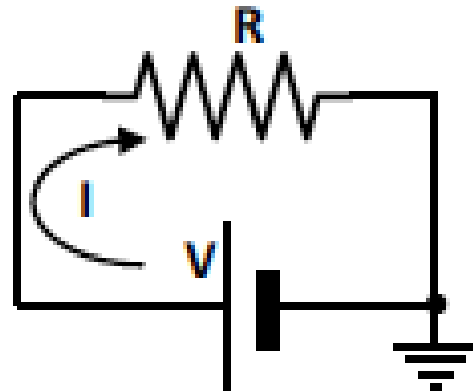


$$R = \frac{V}{I}$$

Τάση
(V) Volts

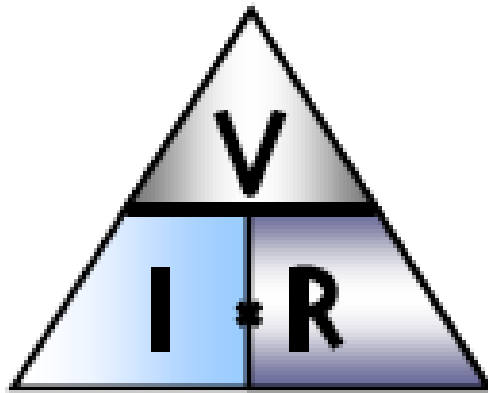
Αντίσταση
(Ω) Ohm

Ένταση
(A) Ampere



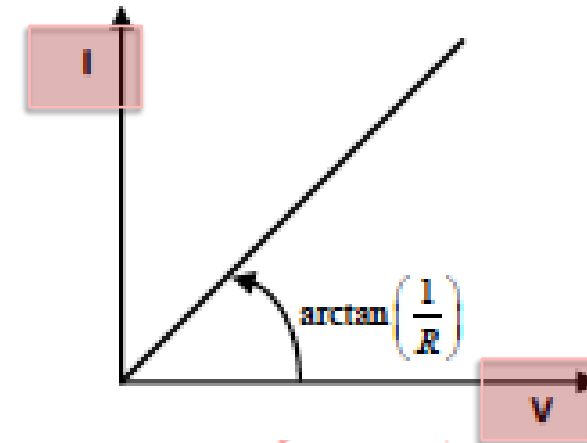
Νόμος του Ohm (2)

- Ένας εποπτικός μνημονικός κανόνας που δίνει όλες τις ισοδύναμες μορφές του νόμου του Ohm αποτελεί το λεγόμενο **τρίγωνο του ηλεκτρολόγου**
- Στο τρίγωνο αυτό η οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στην πράξη της διαίρεσης & η κατακόρυφη στην πράξη του πολλαπλασιασμού



Νόμος του Ohm (3)


- Ένα διάγραμμα που είναι χρήσιμο για τη μελέτη πολλών ηλεκτρονικών διατάξεων είναι η **χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος-τάσης**
- Πρόκειται για τη γραφική παράσταση της **έντασης του ρεύματος** που διαρρέει τη διάταξη ως προς την **τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της** (ή μεταξύ δύο ακροδεκτών αν αυτοί είναι περισσότεροι των δύο)
- Για την περίπτωση **ωμικής αντίστασης** η **χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης αντιστοιχεί σε ευθεία γραμμή**, η κλίση της οποίας είναι αντιστρόφως ανάλογη της τιμής R της αντίστασης



Αγωγιμότητα

➔ Το αντίστροφο μέγεθος της αντίστασης ονομάζεται **αγωγιμότητα (g)**:

$$g = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

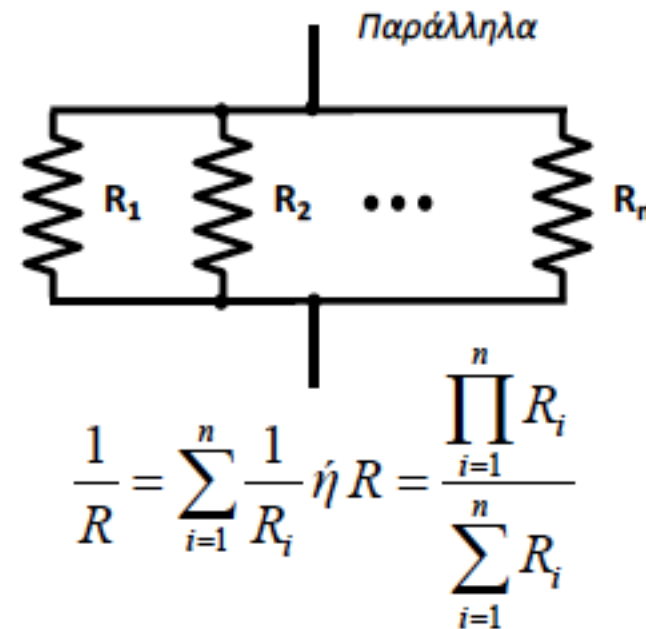
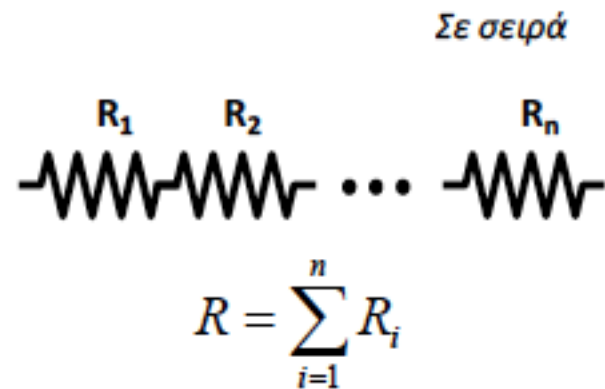
$$I = \frac{V}{R}$$


$$I = gV$$

(Νόμος του Ohm)

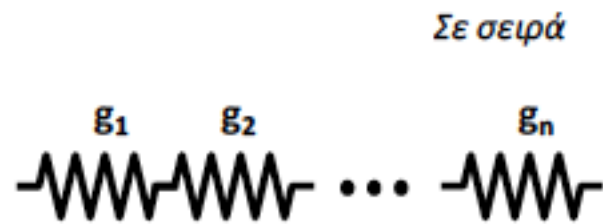
Αντιστάσεις σε σειρά & παράλληλα (1)

- Μια απλή εφαρμογή βασικών νόμων & του νόμου του Ohm προκύπτουν οι χρήσιμες σχέσεις για την ολική αντίσταση συστημάτων αντιστάσεων που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά & παράλληλα

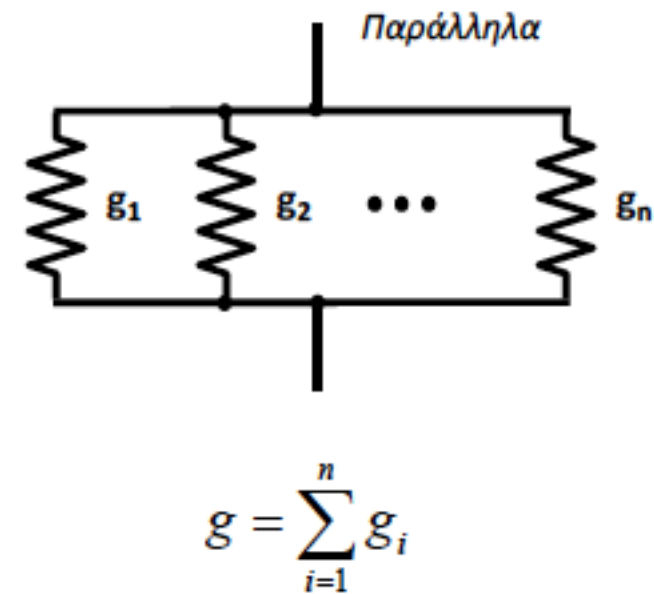


Αντιστάσεις σε σειρά & παράλληλα (2)

➔ Ολική αγωγιμότητα αντιστάσεων σε σύνδεση σε σειρά & παράλληλα



$$\frac{1}{g} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{g_i} \quad \text{ή} \quad g = \frac{\prod_{i=1}^n g_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$$



Κυκλώματα με Πυκνωτές - Πηνία

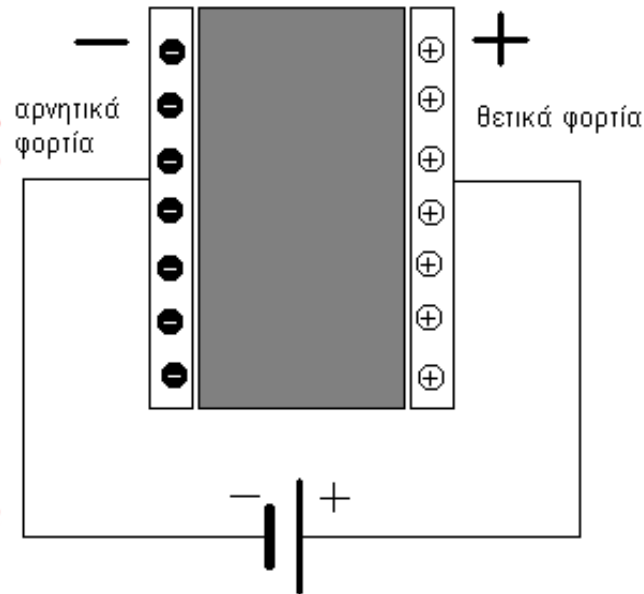
- **Χωρητικότητα C** ενός πυκνωτή ονομάζουμε το σταθερό πηλίκο του **φορτίου Q** που φέρει ο πυκνωτής προς την **τάση V** στα άκρα των οπλισμών του

$$C = \frac{Q}{V}$$

Χωρητικότητα
F (Farad)

$$= \frac{Cb}{V}$$

Συνήθως στα
κυκλώματα μF ή nF



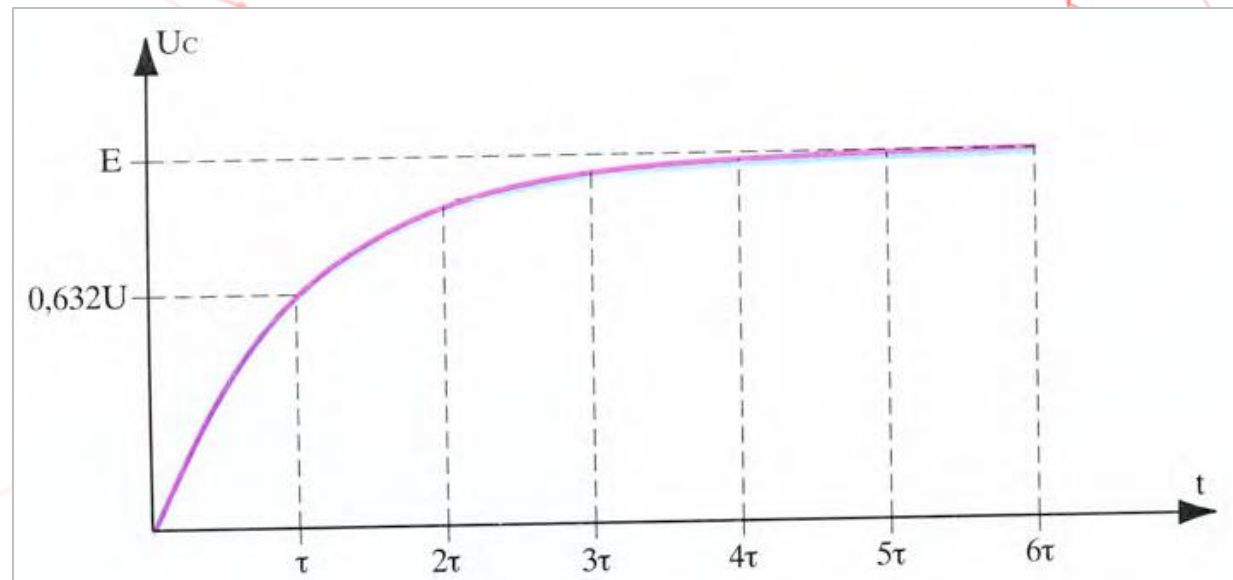
Ενέργεια πυκνωτή

- Για να φορτιστεί ένας πυκνωτής η πηγή καταναλώνει ενέργεια, την οποία αποθηκεύει ο πυκνωτής σε **μορφή ηλεκτρικού πεδίου** (μετριέται σε Joule)
- Θεωρούμε ότι έχει φορτιστεί **πλήρως ένας πυκνωτής** μετά από χρόνο ίσο με πέντε (5) σταθερές χρόνου τ

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

$$\tau = R * C \text{ (s) seconds}$$

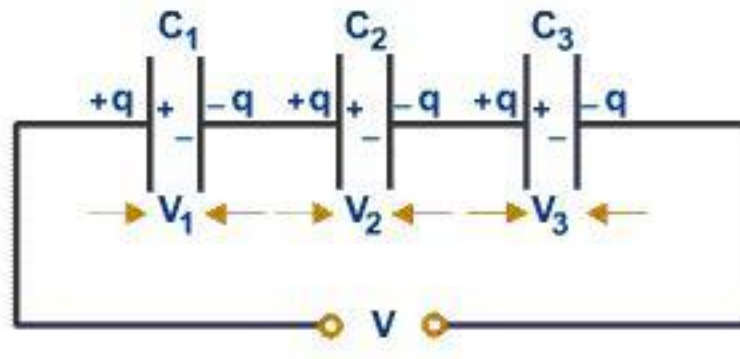
Σταθερά Χρόνου



Διηλεκτρικό πυκνωτή

- Όταν τοποθετηθεί μονωτικό υλικό ανάμεσα στους οπλισμούς ενός πυκνωτή, τότε αυξάνεται ικανότητα αποθήκευσης ηλεκτρικών φορτίων στους οπλισμούς του
- Το μονωτικό υλικό ονομάζεται **διηλεκτρικό**.
- **Διηλεκτρική αντοχή** ονομάζεται η μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που μπορεί να ανεχθεί το διηλεκτρικό χωρίς να καταστραφεί από ηλεκτρικό σπινθήρα

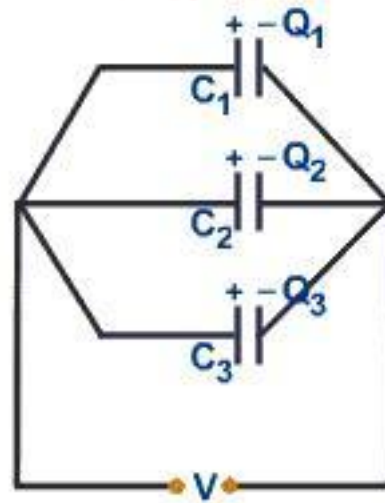
Συνδεσμολογία πυκνωτών "σε σειρά"



- Όλοι οι πυκνωτές έχουν το ίδιο φορτίο
- Η τάση στα άκρα τους μοιράζεται ανάλογα με τη χωρητικότητά τους
- Η συνολική χωρητικότητα είναι: $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

Συνδεσμολογία πυκνωτών "παράλληλα"

- Όλοι οι πυκνωτές έχουν την ίδια τάση στα άκρα τους
- Το φορτίο μοιράζεται ανάλογα με τη χωρητικότητά τους
- Η συνολική χωρητικότητα είναι: $C_P = C_1 + C_2 + C_3$

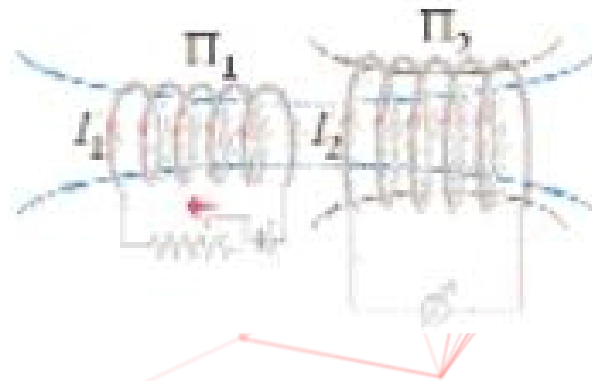


Αυτεπαγωγή πηνίου

- Όταν το ρεύμα μεταβληθεί, τότε το πηνίο δημιουργεί στα άκρα του τάση από επαγωγή, με πολικότητα τέτοια ώστε να αντιτίθεται στα αίτια που προκάλεσαν τη μεταβολή (κανόνας του Lenz)
- **Αυτεπαγωγή** ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται **επαγωγική τάση** στα άκρα ενός πηνίου, όταν μεταβάλλεται το ρεύμα που το διαρρέει

Αμοιβαία επαγωγή

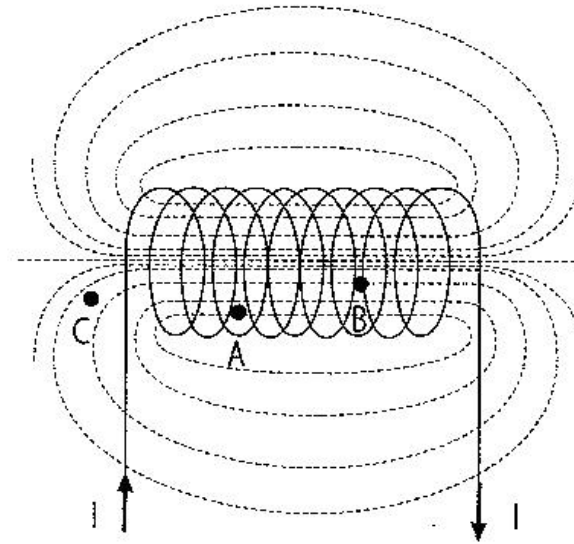
- ➔ **Αμοιβαία επαγωγή** δύο πηνίων που βρίσκονται σε **σύζευξη**, ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται επαγωγική τάση στο δευτερεύον πηνίο, όταν μεταβάλλεται το ρεύμα του πρωτεύοντος & αντιστρόφως



Ενέργεια πηνίου

- Όταν το πηνίο αυτεπαγωγής L διαρρέεται από ρεύμα I , τότε αποθηκεύει ενέργεια E σε μορφή μαγνητικού πεδίου (μετριέται σε Joule)

$$E = \frac{1}{2} L I^2$$



Σύνδεση πηνίων “σε σειρά”

Όταν τα πηνία συνδεθούν σε σειρά, τότε:

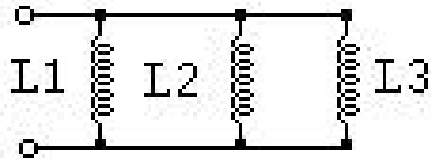
- Η συνολική αυτεπαγωγή είναι ίση με το άθροισμα των αυτεπαγωγών
- Τα πηνία διαρρέονται από το **ίδιο ρεύμα**
- Οι τάσεις στα άκρα των πηνίων είναι ανάλογες με τις αυτεπαγωγές των πηνίων



Σύνδεση πηνίων “παράλληλα”

Όταν τα πηνία συνδεθούν παράλληλα, τότε:

- Στα άκρα των πηνίων υπάρχει η **ίδια τάση**
- Το ρεύμα που διαρρέει τα πηνία είναι ανάλογο με τις αυτεπαγωγές των πηνίων
- Η συνολική αυτεπαγωγή είναι ίση με:

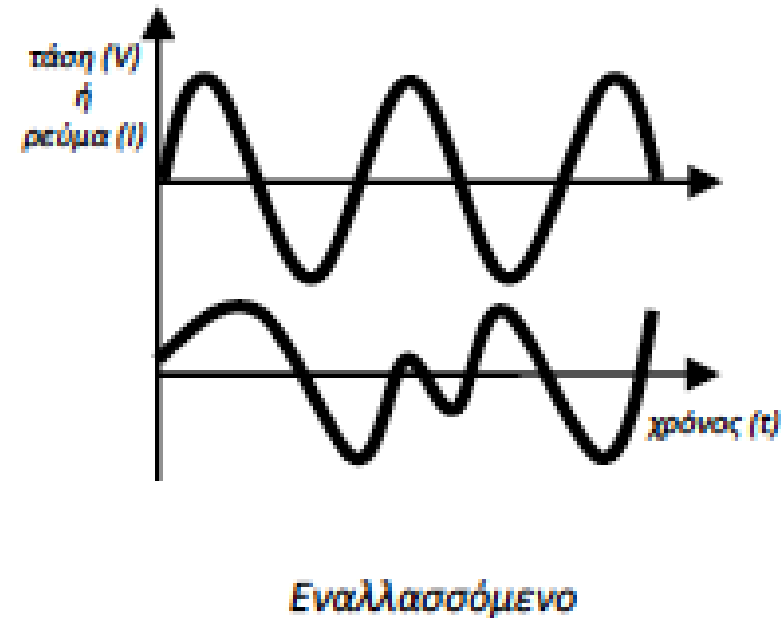
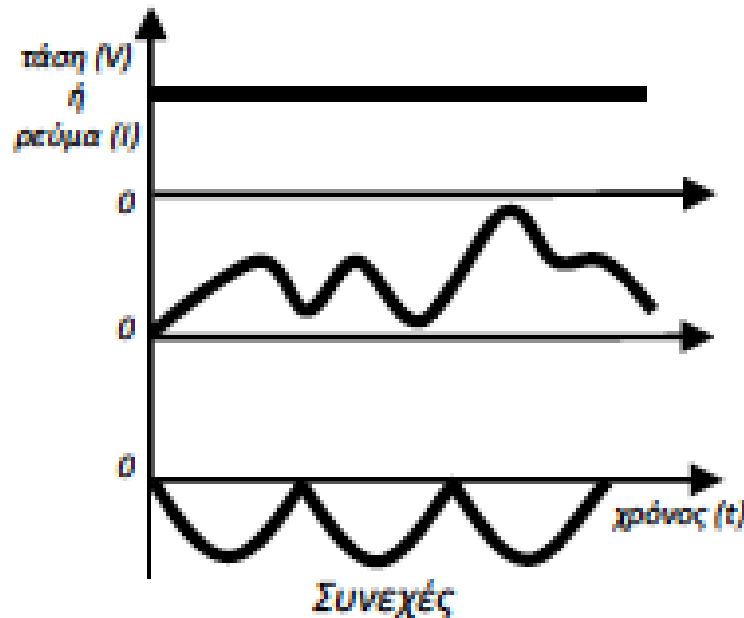


$$L_P = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$$

Αναλογικό & Ψηφιακό Σήμα

- Η πλειονότητα των σημάτων με τα οποία θα ασχοληθούμε στο μάθημα αυτό είναι **αναλογικά**
- Τα αναλογικά σήματα είναι **συνεχή στο χρόνο & στο πλάτος**
- Όλες οι **φυσικές πηγές** παράγουν **αναλογικά σήματα**
- Το **ρεύμα** π.χ. ενός μικροφώνου είναι **σήμα αναλογικό**
- Στα σύγχρονα συστήματα πληροφορικής & τηλεπικοινωνιών τα αναλογικά σήματα μετρατρέπονται σε ψηφιακά
- Τα **ψηφιακά σήματα** εμφανίζουν **ισχυρά πλεονεκτήματα** ως προς την **επεξεργασία & τη μετάδοσή τους** (πρόκειται για σήματα διακριτού πλάτους)
- Το πλάτος των (δίτιμων) **ψηφιακών σημάτων** λαμβάνει δύο **μόνο διακριτές τιμές**

Συνεχές & Εναλλασσόμενο ρεύμα (1)



- Ένα σήμα ρεύματος ή τάσης ονομάζεται **συνεχές (DC -Direct Current)** όταν κατά την εξέλιξη του χρόνου διατηρεί σταθερό πρόσημο
- Όταν ένα σήμα ρεύματος ή τάσης εναλλάσσει την πολικότητά του ονομάζεται **εναλλασσόμενο (AC-Alternating Current)**

Συνεχές & Εναλλασσόμενο ρεύμα (2)

- Πολλές φορές, εσφαλμένα, οι έννοιες της συνεχούς & της σταθερής τάσης θεωρούνται ταυτόσημες
- Μια σταθερή τάση είναι συνεχής, χωρίς να συμβαίνει απαραίτητα το αντίστροφο
- Από το προηγούμενο Σχήμα φαίνεται πως συνεχείς μπορεί να είναι & πολλές κυμαινόμενες κυματομορφές (κυματομορφές, δηλαδή, με μεταβαλλόμενο πλάτος), αρκεί να διατηρούν σταθερή πολικότητα
- Οι συνηθέστεροι συμβολισμοί για τα συνεχή & τα εναλλασσόμενα σήματα



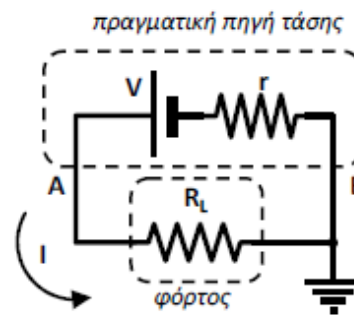
Συνεχής τάση/ρεύμα



Εναλλασσόμενη τάση/ρεύμα

Πηγές τάσης (1)

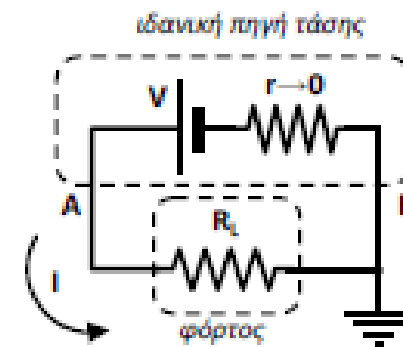
- Κάθε πραγματική **πηγή τάσης** έχει μια **εσωτερική αντίσταση r** που οφείλεται στην αντίσταση των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένη η ίδια η πηγή
- Ο ρόλος μιας πηγής τάσης είναι να τροφοδοτεί ένα εξάρτημα ή ένα κύκλωμα ή μια συσκευή, με άλλα λόγια έναν **φόρτο**
- Έστω η **πραγματική πηγή τάσης** του με **ωμικό φόρτο R_L** . εξαιτίας της πτώσης τάσης που προκαλεί η εσωτερική αντίσταση της πηγής, η **τάση μεταξύ των πόλων της A, B** θα είναι διαφορετική από την **ονομαστική της τάση V** (ή αλλιώς την **τάση ανοιχτού κυκλώματος**)



$$V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + r} V$$

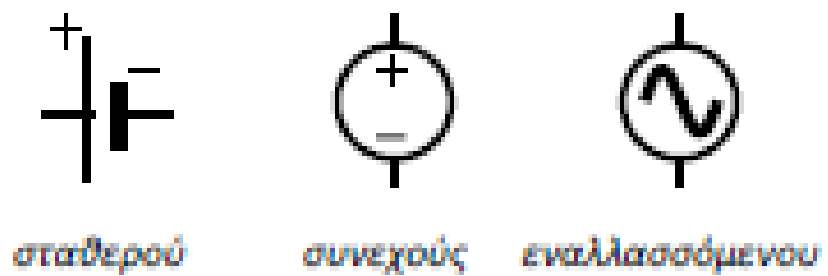
Πηγές τάσης (2)

- Είναι φανερό πως όσο μικρότερη είναι η τιμή της εσωτερικής αντίστασης r , τόσο μικρότερη είναι η απόκλιση μεταξύ της ονομαστικής τάσης & της πραγματικής τάσης στα άκρα των πόλων της πηγής
- Για συγκεκριμένη τιμή φόρτου R_L , η συνθήκη $r \ll R_L$ εξασφαλίζει πως η πραγματική τιμή της τάσης θα προσεγγίζει αρκετά καλά την ονομαστική τιμή
- Στην περίπτωση που επιθυμούμε το τελευταίο να συμβαίνει για οποιαδήποτε τιμή του φόρτου θα πρέπει $r \rightarrow 0$
- Αν αυτό συμβαίνει, τότε έχουμε μια ιδανική πηγή τάσης
- Στην πράξη, όσο προσεκτική σχεδίαση & αν ακολουθήσουμε, η εσωτερική αντίσταση μιας πηγής τάσης είναι αδύνατο να μηδενιστεί πλήρως



$$V_{AB} = V$$

Πηγές τάσης (3)

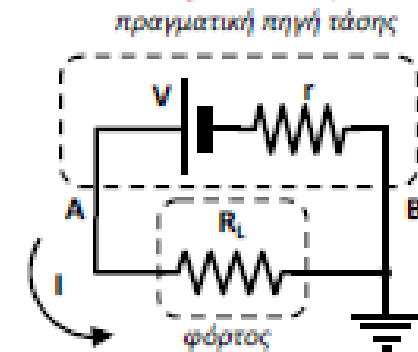


Σύμβολα πηγών τάσης

Πηγές ρεύματος (1)

- Για το κύκλωμα του Σχήματος παρατηρούμε πως η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον φόρτο εξαρτάται από τον ίδιο τον φόρτο
- Ωστόσο, σε πολλές εφαρμογές είναι επιθυμητό η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον φόρτο να είναι σταθερή & ανεξάρτητη από αυτόν
- Εάν αυτό είναι το ζητούμενο, τότε η **πραγματική πηγή τάσης** του Σχήματος αποτελεί μια “κακή” πηγή ρεύματος

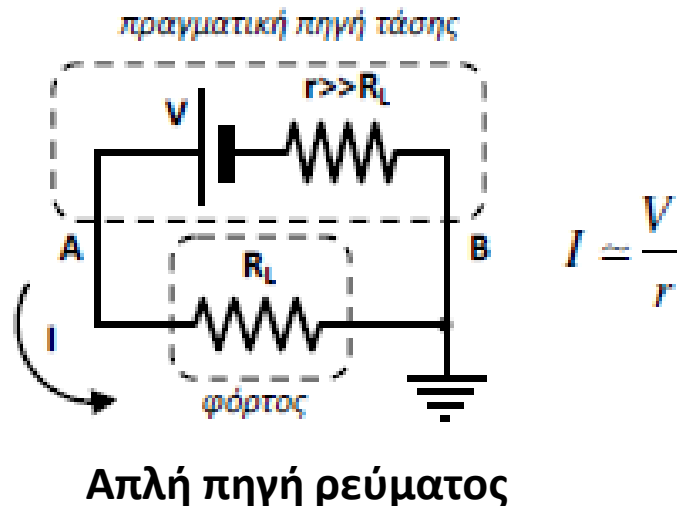
Μια “κακή” πηγή ρεύματος



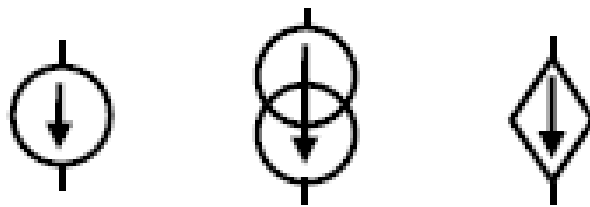
$$I = \frac{V}{R_L + r}$$

Πηγές ρεύματος (2)

- Αν τα στοιχεία του κυκλώματος επιλεγούν κατά τον τρόπο που υποδεικνύει το Σχήμα, εάν δηλαδή η τιμή της εσωτερικής αντίστασης της πραγματικής πηγής τάσης είναι πολύ μεγαλύτερη της τιμής της αντίστασης του φόρτου, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον φόρτο γίνεται πρακτικά ανεξάρτητη από αυτόν
- Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια **απλή πηγή ρεύματος**



Πηγές ρεύματος (3)



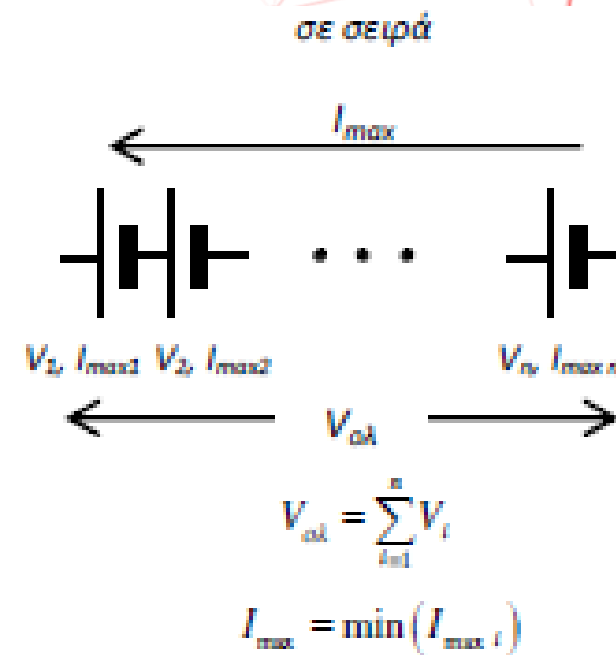
Σύμβολα πηγών ρεύματος

Σύνδεση πηγών τάσης σε σειρά & παράλληλα (1)

- Όπως είδαμε, η συνθήκη υπό την οποία μια πηγή τάσης προσεγγίζει την ιδανική είναι $r \ll R_L$, όπου r η εσωτερική της αντίσταση & R_L η αντίσταση φόρτου
- Όσο η **αντίσταση φόρτου μικραίνει** άρα **το ρεύμα που αποδίδει η πηγή μεγαλώνει**, η συνθήκη αυτή αναιρείται & η πηγή απομακρύνεται από τη συμπεριφορά της ιδανικής
- Επομένως, ένα χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε πηγής τάσης είναι το μέγιστο ρεύμα I_{\max} που μπορεί αυτή να αποδώσει
- Στην περίπτωση των τροφοδοτικών, των συσκευών εκείνων που λειτουργούν ως πηγές τάσης, η τιμή του μέγιστου ρεύματος δίνεται από τον κατασκευαστή

Σύνδεση πηγών τάσης σε σειρά & παράλληλα (2)

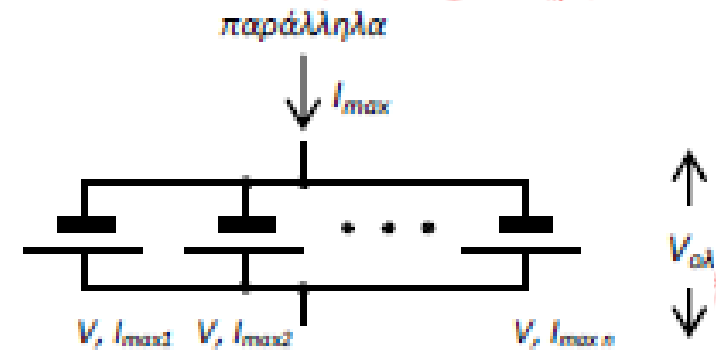
- Έστω η σύνδεση σε σειρά των πηγών τάσης με τιμές ονομαστικής τάσης & μέγιστου ρεύματος
- Η ολική ονομαστική τάση $V_{ολ}$ στα άκρα του συστήματος θα είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους τάσεων
- Προκειμένου το σύστημα να λειτουργεί αξιόπιστα, το ρεύμα που το διαπερνά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την μικρότερη των τιμών I_{max} των επιμέρους πηγών



Σύνδεση πηγών τάσης σε σειρά & παράλληλα (3)

➔ Στην περίπτωση της **παράλληλης σύνδεσης** **όμοιων**, ως προς την ονομαστική τους τάση, πηγών η **ολική τάση θα ταυτίζεται με την κοινή ονομαστική τάση των επιμέρους**, ενώ το **μέγιστο ρεύμα θα είναι ίσο με το άθροισμα των μέγιστων ρευμάτων καθεμιάς πηγής**

➔ Ας σημειωθεί εδώ πως η **παράλληλη σύνδεση ιδανικών πηγών τάσης διαφορετικής τιμής δεν είναι επιτρεπτή** μιας & η τάση στα άκρα του συστήματος επιβάλλεται να είναι κοινή, ενώ η όμοια σύνδεση πραγματικών πηγών στερείται πρακτικής σκοπιμότητας



$$V_{\text{ολ}} = V$$

$$I_{\text{max}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{max}, i}$$

Σύνδεση πηγών ρεύματος σε σειρά & παράλληλα (1)

- Για την απλή πηγή ρεύματος του Σχήματος, η συνθήκη υπό την οποία αυτή προσεγγίζει την ιδανική είναι $r \gg R_L$, όπου r η εσωτερική της αντίσταση & R_L η αντίσταση φόρτου
- Γίνεται φανερό πως όσο η **αντίσταση φόρτου μεγαλώνει** άρα η **τάση που αποδίδει η πηγή μικραίνει**, η συνθήκη αυτή αναιρείται & η πηγή απομακρύνεται από τη συμπεριφορά της ιδανικής
- Επομένως, ένα χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε πηγής ρεύματος είναι η **ελάχιστη τάση V_{min}** για την οποία αυτή λειτουργεί ορθά

