



ΠΡΟΣΟΧΗ

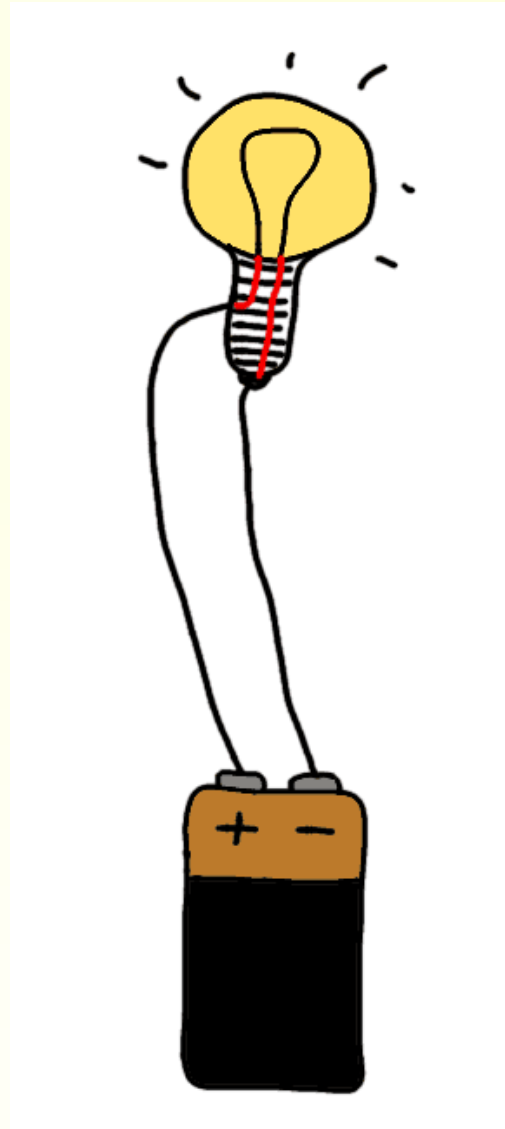
**Οι διαφάνειες είναι ακατάλληλες
για εκμάθηση και αφομοίωση**

**Δημιουργούν μόνο μια
ψευδαίσθηση κατανόησης**

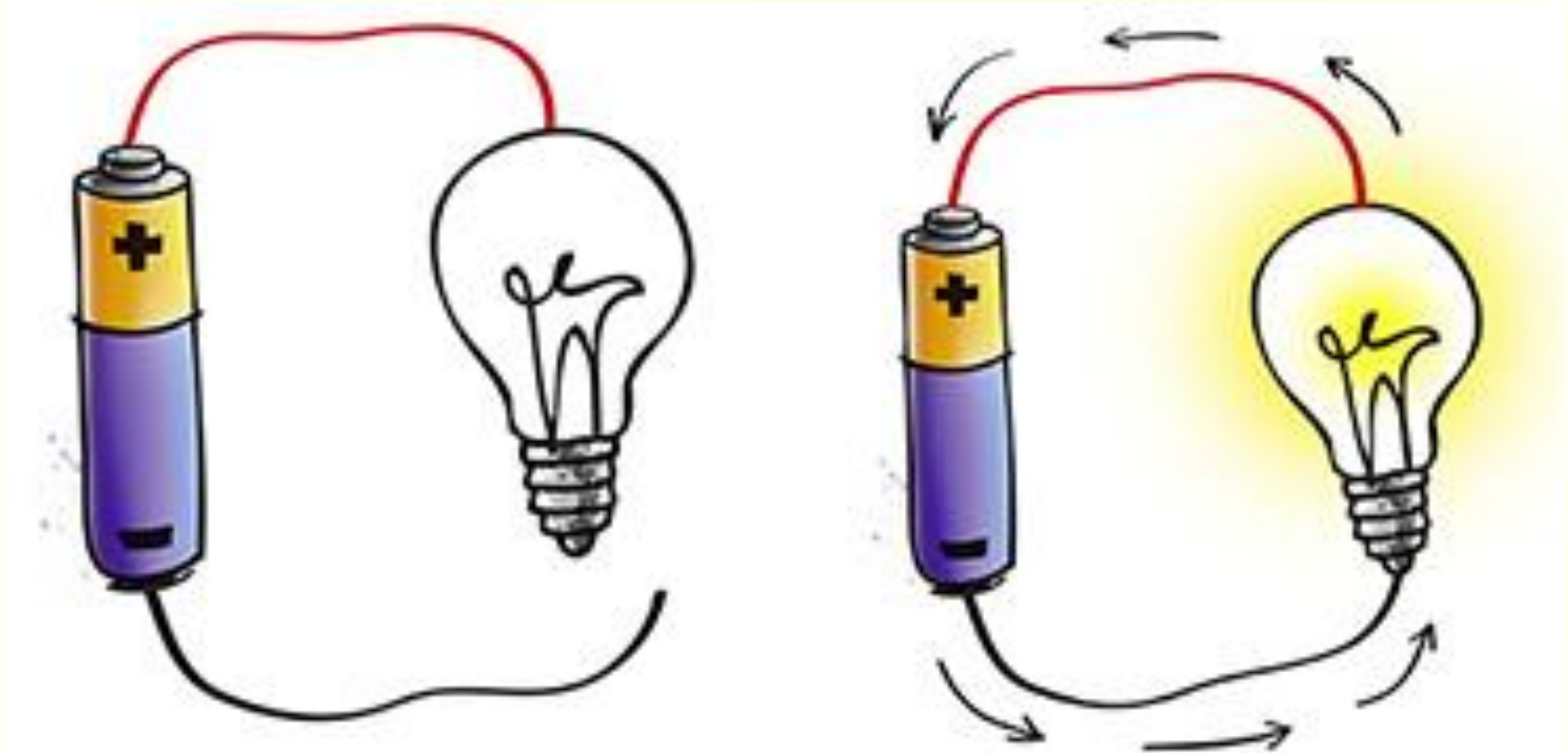
- Εισαγωγή-Παραδοχές
- Βασικοί νόμοι και συμβάσεις
- Απλά στοιχεία κυκλωμάτων
- Σήματα (Κυματομορφές)
- Συνδυασμοί πολύ απλών στοιχείων
 - **Μέθοδοι ανάλυσης απλών συνδυασμών**
- Απλοί συνδυασμοί δυναμικών στοιχείων (πυκνωτή, πηνίου)
 - Απόκριση κυκλωμάτων σε εξωτερικά σήματα
 - Απόκριση κυκλωμάτων σε ειδικά σήματα
- Απόκριση κυκλωμάτων στη μόνιμη κατάσταση σε ημιτονοειδή σήματα

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑ



ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑ



Η ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΝΕΙ ΤΗ ΛΥΣΗ

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

(1)

Gauss' Law

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

(2)

Gauss' Law for magnetism

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

(3)

Faraday's Law

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$$

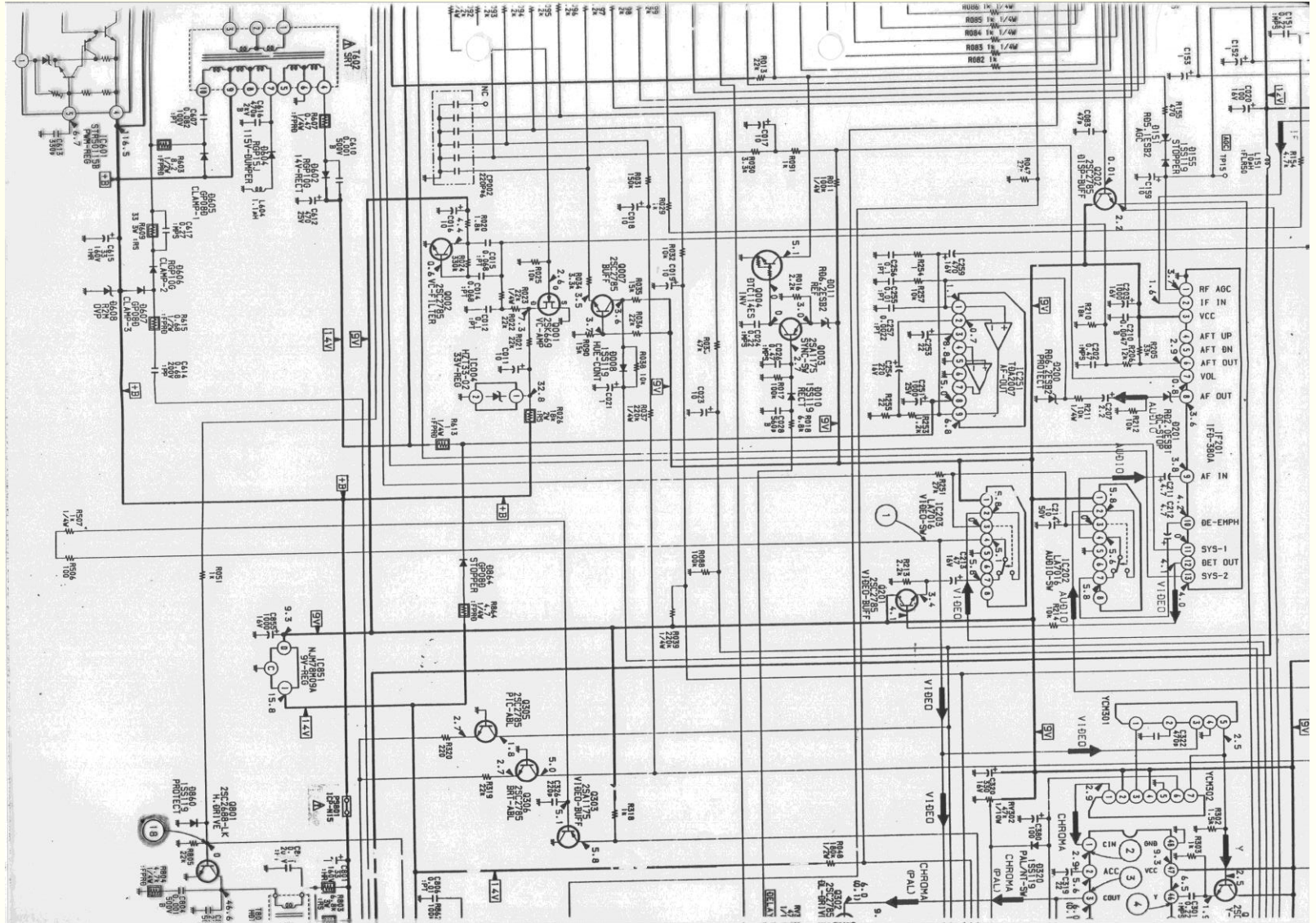
(4)

Ampère-Maxwell Law

ΕΙΣΩΣΕΙΣ MAXWELL

Η ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΝΕΙ ΤΗ ΛΥΣΗ ΑΛΛΑ...

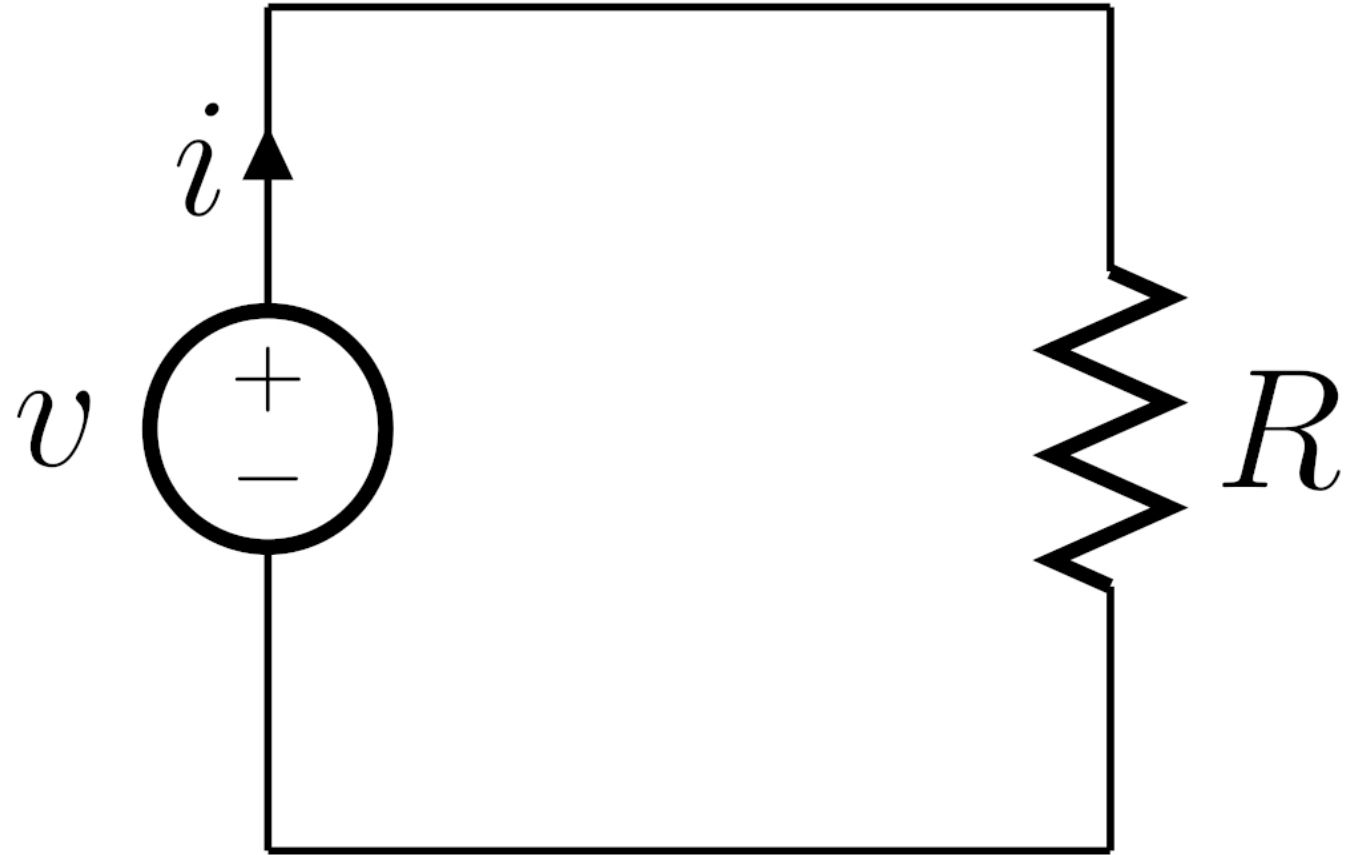
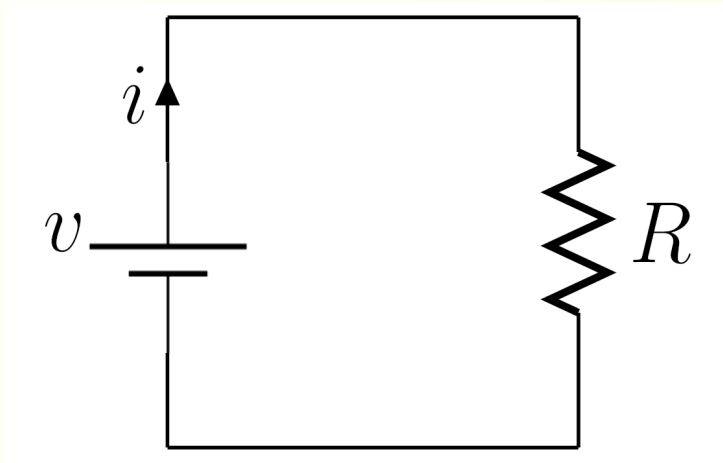
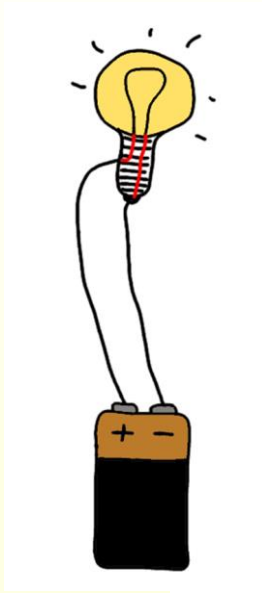
ΕΙΣΩΣΕΙΣ
MAXWELL
???



ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ

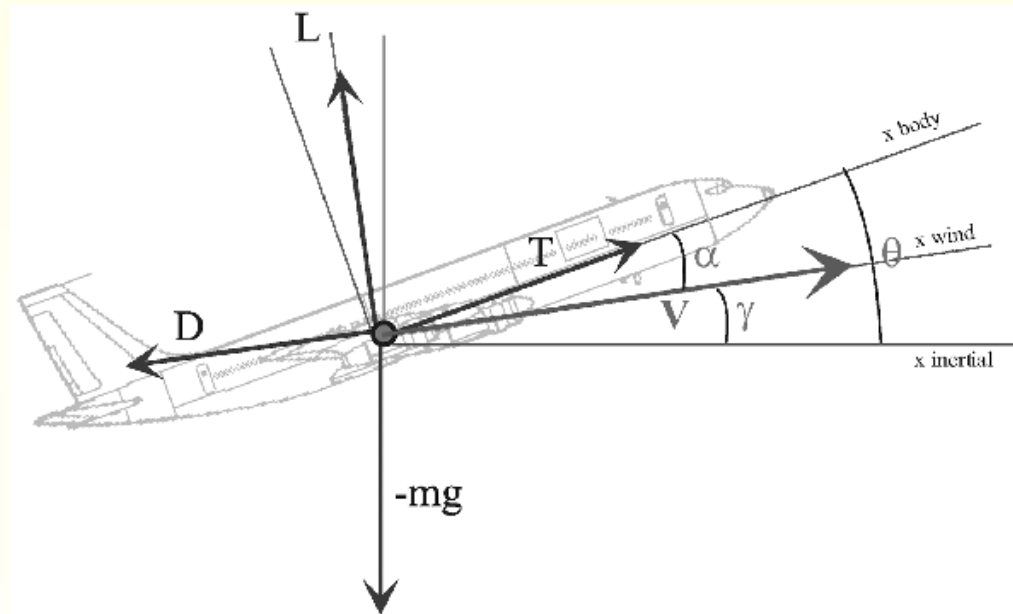
- Από κάθε στοιχείο που εμπλέκεται, κρατάμε μόνο τη βασική του λειτουργία αγνοώντας (με παραδοχές) οτιδήποτε περιπλέκει το κύκλωμα
- Αγνοούμε, για παράδειγμα, την επίδραση της θερμοκρασίας, χημικές διεργασίες, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, και άλλα που εξακολουθούν βέβαια να συμβαίνουν αλλά η επίδρασή τους είναι απειροελάχιστη
- **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Σε πιο απαιτητικές και κρίσιμες εφαρμογές **θα χρειαστεί** να πάμε σε πιο λεπτομερές μοντέλο ή να λάβουμε κατάλληλα μέτρα
- Έτσι, καταλήγουμε σε κάτι τέτοιο για το πρώτο μας κύκλωμα:

ΜΟΝΤΕΛΟ



ΠΩΣ ΘΑ ΓΙΝΕΙ Η ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ;

- Για την απλοποίηση θα αντιγράψουμε την επιτυχημένη παρόμοια προσέγγιση σε μηχανικά προβλήματα, όπως π.χ. η επίδραση μιας δύναμης σε ένα στερεό σώμα
- Το πολύπλοκο στερεό σώμα αντικαταστάθηκε από μια σημειακή μάζα, αγνοώντας το μέγεθός του, το σχήμα, τις ιδιότητες ισοτροπίας, κλπ.
- Ο νόμος τού Νεύτωνα και διάφορες αρχές διατήρησης «τακτοποιούν» τα υπόλοιπα



ΑΣ ΞΕΚΙΝΗΣΟΥΜΕ ΑΠΟ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ

- Ηλεκτρικό φορτίο
- Ηλεκτρικό πεδίο: ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων [ελκτικές ή απωστικές]
- Η παρουσία μεμονωμένων ή διαχωρισμένων φορτίων συνεπάγεται την παρουσία πεδίου ηλεκτρικών δυνάμεων στον χώρο
 - Ένταση πεδίου Γραμμές ροής Φορά γραμμών ροής κλπ....
- Μετατόπιση φορτίου...
- ...που συνοδεύεται από μετατροπή ενέργειας
- Η ενέργεια που απαιτείται για τη μετατόπιση ενός μοναδιαίου θετικού φορτίου από το A στο B λέγεται **διαφορά δυναμικού** ή **πτώση τάσης** μεταξύ A και B

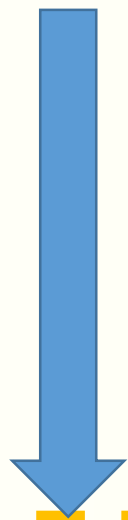
ΑΣ ΞΕΚΙΝΗΣΟΥΜΕ ΑΠΟ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ

- Ηλεκτρικό πεδίο
- → Δυνάμεις στα φορτία
- → Μετατόπιση φορτίων
- → **Ηλεκτρικό ρεύμα**
- Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος: ρυθμός μεταβολής του μετακινούμενου ηλεκτρικού φορτίου

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

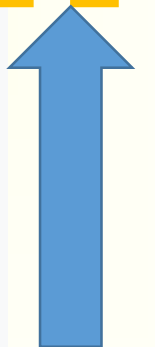
• (Ηλεκτρικό) **Ρεύμα** **[A] ampere** [βασική μονάδα στο σύστημα SI]

• (Ηλεκτρική) **Τάση** **[V] volt**



milli	m	1000^{-1}	10^{-3}
micro	μ	1000^{-2}	10^{-6}
nano	n	1000^{-3}	10^{-9}
pico	p	1000^{-4}	10^{-12}
femto	f	1000^{-5}	10^{-15}
atto	a	1000^{-6}	10^{-18}

exa	E	1000^6	10^{18}
peta	P	1000^5	10^{15}
tera	T	1000^4	10^{12}
giga	G	1000^3	10^9
mega	M	1000^2	10^6
kilo	k	1000^1	10^3



ΕΩΣ ΕΔΩ:

- ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ
- ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ

- Εξετάζοντας το ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο διαπιστώνουμε ότι βασικό του χαρακτηριστικό είναι η ταχύτητα μετάδοσης του κύματος
- Λόγω του τεράστιου μεγέθους τής ταχύτητας, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι όλα τα φαινόμενα που οφείλονται σε μια ηλεκτρομαγνητική πηγή συμβαίνουν στιγμιαία κοντά στην πηγή τους
- Ας ποσοτικοποιήσουμε τα παραπάνω:
 $\text{Ταχύτητα μετάδοσης} = \text{Ταχύτητα του φωτός} = c = 300.000 \text{ km/s}$
- Για να έχουμε κάτι πιο εφαρμόσιμο θα θέλαμε να συγκρίνουμε τις διαστάσεις τού κυκλώματος σε σχέση με κάθε πηγή Η/Μ ακτινοβολίας
- **Πώς θα χαρακτηρίσουμε τις πηγές ώστε να τις συνδέσουμε με μήκος;**
- Απ.: Με το μήκος κύματος της συχνότητας της πηγής

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ

- Πώς θα είμαστε σίγουροι ότι η παραδοχή ισχύει;
- **Διαλέγουμε το μικρότερο μήκος κύματος...**
- ...που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη συχνότητα της πηγής
- Και για να είμαστε ακόμα πιο σίγουροι υποβιβάζουμε κατά μια τάξη μεγέθους διαιρώντας δια 10

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Εντοπίζουμε τη μεγαλύτερη δυνατή συχνότητα f_{max} που μπορεί να εμφανιστεί στο κύκλωμά μας (π.χ. σε συστήματα ήχου $f_{max} = 25 \text{ kHz}$)
2. Βρίσκουμε το αντίστοιχο μήκος κύματος $\lambda_{min} = c / f_{max}$
3. Διαιρούμε δια 10: $\lambda^* = \lambda_{min} / 10$
4. **Αν η μεγαλύτερη διάσταση του κυκλώματός μας είναι μικρότερη από λ^* τότε ισχύει η θεωρία κυκλωμάτων**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- Δίκτυο ισχύος κάπου στην Ευρώπη:

$$f_{max} = 50 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = c / f_{max} = 6 \times 10^6 \text{ m} = 6.000 \text{ km}$$

- Άρα, $\lambda^* = \lambda/10 = \mathbf{600 \text{ km}}$
- Οπότε δεν μπορούμε να αναλύσουμε το Ελληνικό δίκτυο από την Καλαμάτα μέχρι το Διδυμότειχο σαν ενιαίο κύκλωμα

- Ακουστικό κύκλωμα:

$$f_{max} = 25 \text{ kHz} \Rightarrow \lambda = c / f_{max} = \mathbf{12 \text{ km}} \Rightarrow \text{OK!!}$$

- Κινητό:

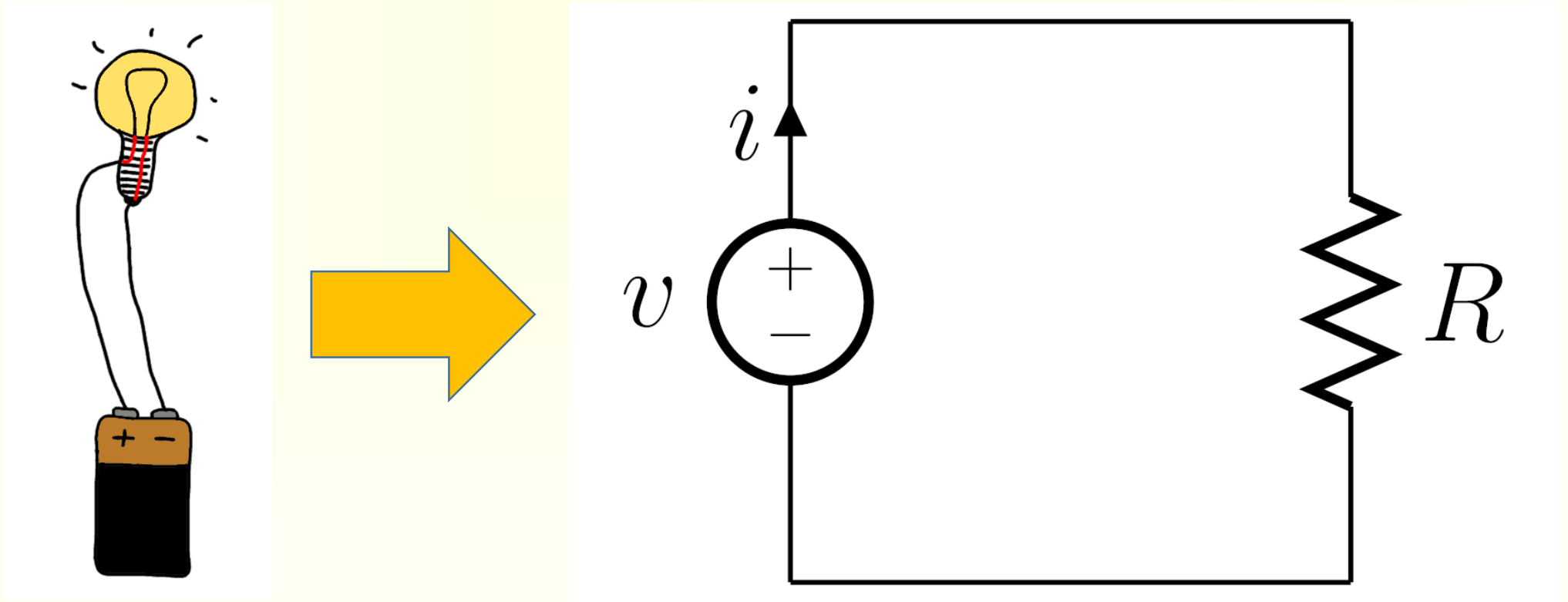
$$f_{max} = 1,8 \text{ GHz} = 1800 \text{ MHz} \Rightarrow \lambda = 0,17 \text{ m} \Rightarrow \lambda^* = 0,017 \text{ m} \Rightarrow \text{OK!!}$$

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ—ΤΙ ΚΑΤΑΦΕΡΑΜΕ;

- Καταφέραμε λοιπόν να κάνουμε το κύκλωμά μας **σημειακό σε ότι αφορά την ταχύτητα διάδοσης**
- Είναι αρκετό αυτό για να προχωρήσουμε;
- ΟΧΙ!

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ—ΜΕΡΟΣ Β΄

- Πρέπει να σιγουρευτούμε ότι ισχύει η αντικατάσταση



[Το κύκλωμα είναι συγκεντρωμένο σχετικά με την ταχύτητα διάδοσης:
Συνεχές ρεύμα $\approx f = 0 \Rightarrow \lambda = \infty$ OK!!]

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ—ΜΕΡΟΣ Β΄

- Επί πλέον, πρέπει να σιγουρευτούμε ότι η «συγκεντρωμένη» τάση και το «συγκεντρωμένο» ρεύμα είναι καλά ορισμένα για κάθε στοιχείο τού κυκλώματος
- Θεωρώντας το στοιχείο σαν μαύρο κουτί ζητάμε το ρεύμα που εισέρχεται να είναι ίσο με το ρεύμα που εξέρχεται, ή, ισοδύναμα, ο ρυθμός μεταβολής τού φορτίου στο εσωτερικό τού στοιχείου να είναι 0 ή, επίσης ισοδύναμα, **το συνολικό φορτίο στο στοιχείο να παραμένει πάντα 0**
- Θεωρώντας το στοιχείο σαν μαύρο κουτί ζητάμε η τάση τού στοιχείου να μην επηρεάζεται από μαγνητικά πεδία, ή, ισοδύναμα, ο ρυθμός μεταβολής τής μαγνητικής ροής στο εξωτερικό τού στοιχείου να είναι 0 ή, επίσης ισοδύναμα, **να μην υπάρχει μαγνητική σύζευξη μεταξύ των στοιχείων τού κυκλώματος**

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗ—ΤΙ ΚΑΤΑΦΕΡΑΜΕ;

- Καταφέραμε λοιπόν να κάνουμε το κύκλωμά μας **σημειακό**:
 1. Το συνολικό φορτίο σε κάθε στοιχείο παραμένει πάντα 0
 2. Δεν υπάρχει μαγνητική σύζευξη μεταξύ των στοιχείων τού κυκλώματος
 3. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα καλύπτουν στιγμιαία όλο το κύκλωμα
- «Μετάφραση» των παραπάνω στην πράξη:
 1. Σε κάθε στοιχείο: **ρεύμα εισόδου = ρεύμα εξόδου**
 2. Σε κάθε στοιχείο: η τάση είναι μετρήσιμη με ορθότητα
 3. Οι διαστάσεις τού κυκλώματος είναι κατάλληλα μικρές ($< \lambda^*$)
- Αν ισχύουν τα παραπάνω, τότε αποκαλούμε το κύκλωμα **συγκεντρωμένο** (lumped)
- Αν δεν ισχύουν, το κύκλωμα είναι **κατανεμημένο** (distributed), π.χ. γραμμές μεταφοράς

ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΤΙΚΑ

- Στο ηλεκτρικό κύκλωμα τα ηλεκτρικά φορτία μετακινούνται μέσα από τα στοιχεία του κυκλώματος
- Θεωρούμε ότι το πεδίο περιορίζεται μέσα στα στοιχεία του κυκλώματος
- Η εφαρμογή πεδίου δεν συνεπάγεται ροή ρεύματος:
 - Καλοί αγωγοί: αγωγιμα υλικά
 - Κακοί αγωγοί: μονωτικά υλικά
 - Ελεγχόμενη αγωγιμότητα: ημιαγωγικά υλικά

ΡΕΥΜΑ

- **Ηλεκτρικό ρεύμα** ισοδυναμεί με μετακινούμενα ηλεκτρικά φορτία
- Η **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος** είναι ο ρυθμός μεταβολής τού μετακινούμενου ηλεκτρικού φορτίου

$$i = \frac{dq}{dt}$$

- Αν ο ρυθμός μεταβολής είναι σταθερός τότε έχουμε το συνεχές ρεύμα (**dc** – **direct current**)
- Το ρεύμα έχει πάντα **κατεύθυνση** και μετριέται σε A (ampere)
- **Δεν έχει νόημα να ορίζουμε ένα ρεύμα αν δεν σημειώνουμε και την κατεύθυνσή του**

ΡΕΥΜΑ – ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

- Ποια είναι η κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος;
- Για ιστορικούς λόγους, θεωρούμε σαν κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος την κατεύθυνση των θετικών φορτίων
- Τώρα που γνωρίζουμε περισσότερα, θεωρούμε σαν κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος την κατεύθυνση των υποτιθέμενων θετικών φορτίων ανεξάρτητα από το πρόσημο των φορτίων που στην πραγματικότητα «υλοποιούν» το ρεύμα

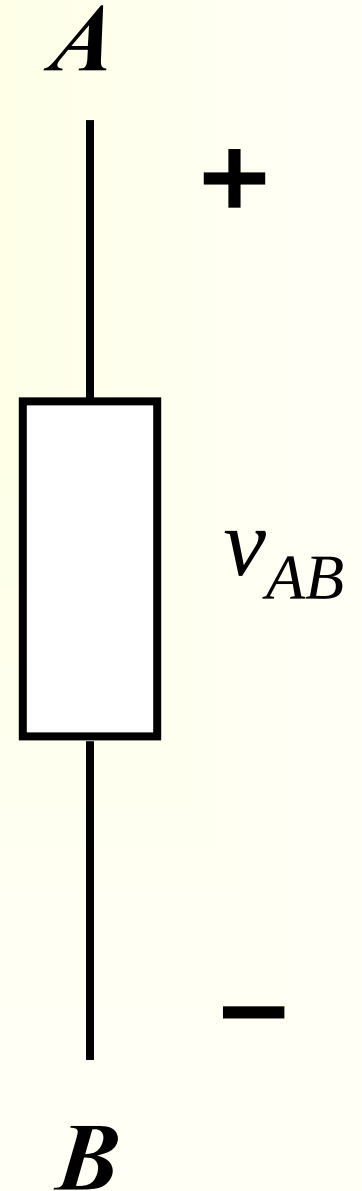


ΤΑΣΗ = ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

- **Τάση v_{AB}** : έργο για τη μετακίνηση φορτίου ενός C από το A στο B
- Αν ένα φορτίο +1 C μετακινηθεί σε μια περιοχή τής οποίας το δυναμικό είναι κατά 1 V υψηλότερο, τότε η αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 1 J

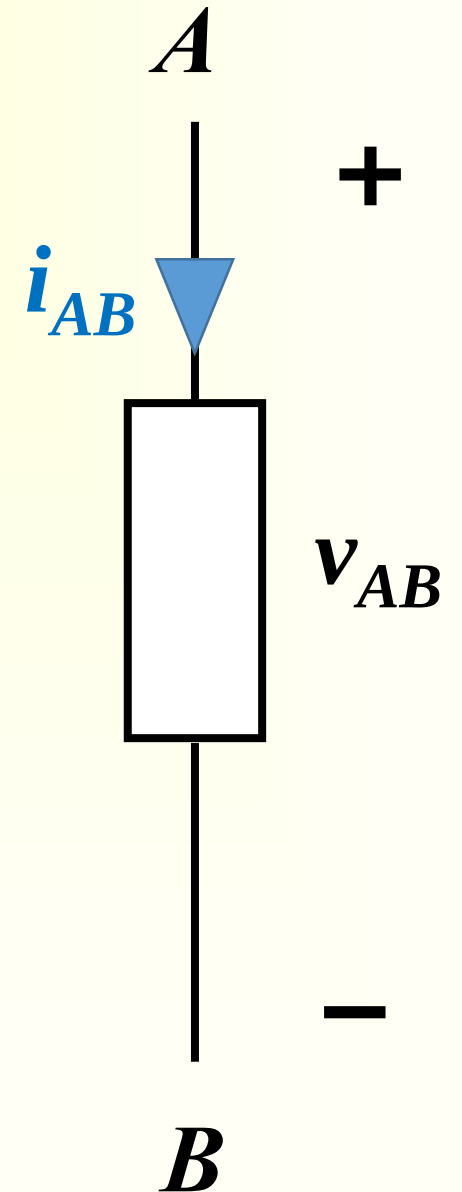
$$v = \frac{dw}{dq}$$

- Δεν υπάρχει απόλυτο μηδενικό δυναμικό—η διαφορά δυναμικού είναι πάντα σχετική οπότε το «μηδενικό δυναμικό» ορίζεται μόνο αυθαίρετα
- **Δεν έχει νόημα να ορίζουμε μια τάση αν δεν σημειώνουμε και την πολικότητά της**



ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

- Χωρίς την απαραίτητη πληροφορία δεν υπάρχει απόλυτος τρόπος να συνδέσουμε την πολικότητα της τάσης και τη φορά τού ρεύματος σε ένα στοιχείο
- Τα **τελικά** αποτελέσματα της ανάλυσης θα μας δείξουν **χωρίς καμία αμφιβολία** ποιές είναι οι πραγματικές φορές ρευμάτων και οι πραγματικές πολικότητες των τάσεων
- Για τους σκοπούς τής ανάλυσης όμως συμφωνούμε να ορίσουμε μια **συμβατική φορά** για να ξεκινήσουμε:



ΙΣΧΥΣ

- Ας υποθέσουμε ότι σε ένα στοιχείο η στιγμιαία τάση του είναι $v(t)$ και το ρεύμα του είναι $i(t)$
- Η ισχύς $p(t)$ ορίζεται σαν ο ρυθμός αλλαγής τής ενέργειας

• Τότε

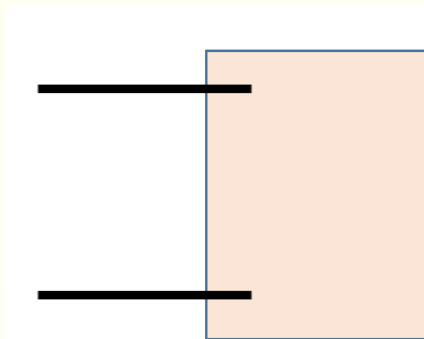
$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad W \text{ (watt)}$$

- **ΕΡΩΤΗΜΑ:** Η ισχύς αποδίδεται ή απορροφάται, δηλ. υπάρχει παραγωγή ενέργειας ή κατανάλωση ενέργειας;

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΣΧΥΟΣ Ή ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ;

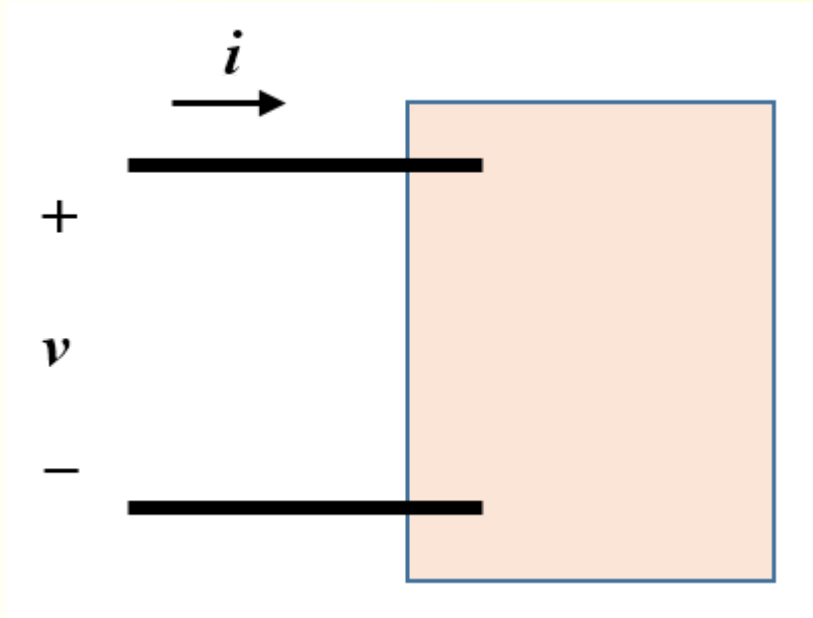
- Και αυτό το θέμα ορίζεται με **σύμβαση**
- Η σύμβαση για την ισχύ εφαρμόζεται **μετά** το τέλος τής ανάλυσης (ώστε να είμαστε σίγουροι για τις τελικές τιμές κάθε μεγέθους)
- Αν η στιγμιαία ισχύς είναι **θετική**, τότε γίνεται **απόδοση ισχύος στο στοιχείο** (το οποίο την απορροφάει)
- Αν η στιγμιαία ισχύς είναι **αρνητική**, τότε γίνεται **εξαγωγή ισχύος από το στοιχείο** (το οποίο την αποδίδει)
- Θεωρούμε ένα στοιχείο ή κύκλωμα ή τμήμα κυκλώματος με δύο ακροδέκτες:



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΣΧΥΟΣ Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ;

- ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΣΧΥ:

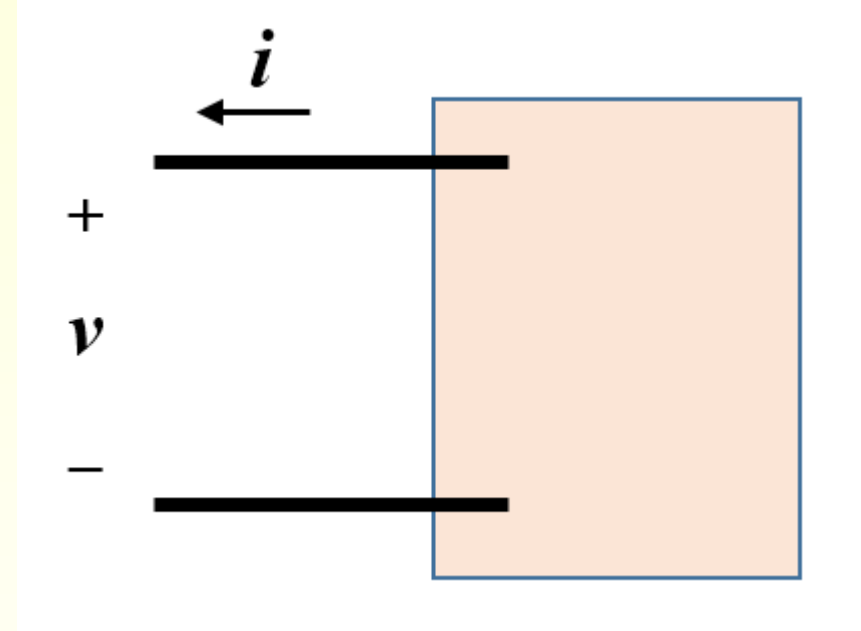
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ



$$p = v i$$

Το ρεύμα **εισέρχεται** από
τον **θετικό** ακροδέκτη

ΠΑΡΑΓΩΓΗ

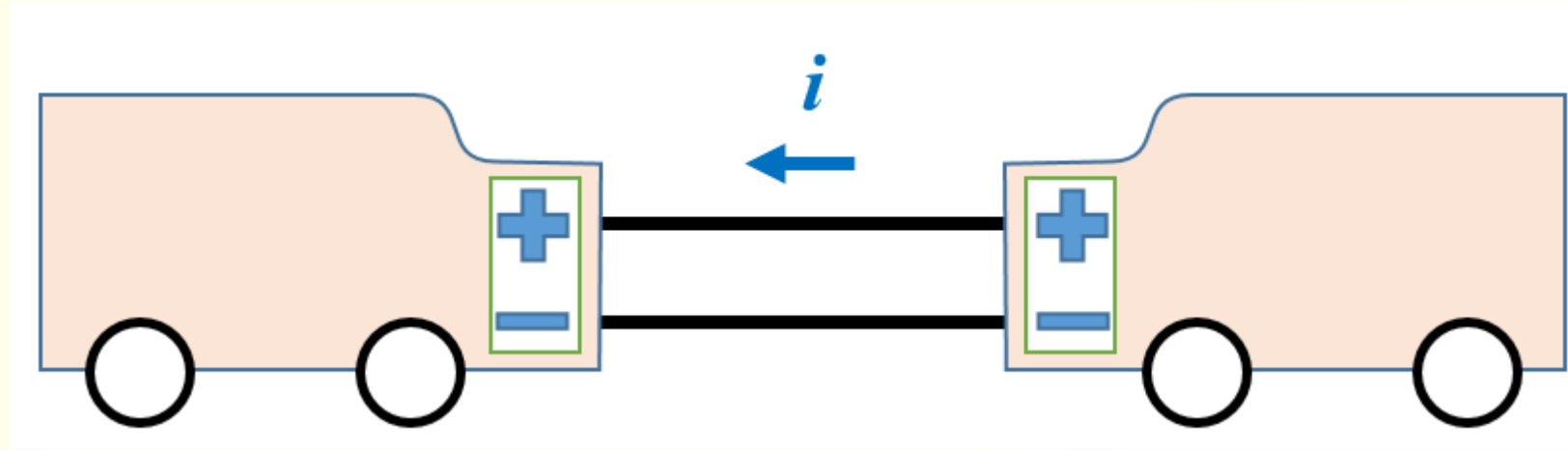


$$p = -v i$$

Το ρεύμα **εξέρχεται** από
τον **θετικό** ακροδέκτη

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

(jump-start)



- Το ρεύμα i είναι 30 A
- Ποιο αυτοκίνητο έχει τη νεκρή μπαταρία;
- **Αριστερά:** $p = v i = 12 \cdot 30 = 360\text{ W}$
- **Δεξιά:** $p = -v i = -12 \cdot 30 = -360\text{ W}$
- Οπότε, το δεξιό αυτοκίνητο που αποδίδει ισχύ έχει την καλή μπαταρία
- **Αν η σύνδεση διατηρηθεί για 1 min (μη το κάνετε!) πόση ενέργεια έχει μεταφερθεί στη νεκρή μπαταρία;**

$$p = \frac{dw}{dt} \Rightarrow w = \int_0^t p dt = \int_0^{60} 360 dt = 360t \Big|_0^{60} = 360 \cdot 60 = 21600\text{ J}$$

ΜΕΧΡΙ ΤΩΡΑ:

ΒΑΣΙΚΗ ΠΑΡΑΔΟΧΗ

- Συγκεντρωμένο κύκλωμα

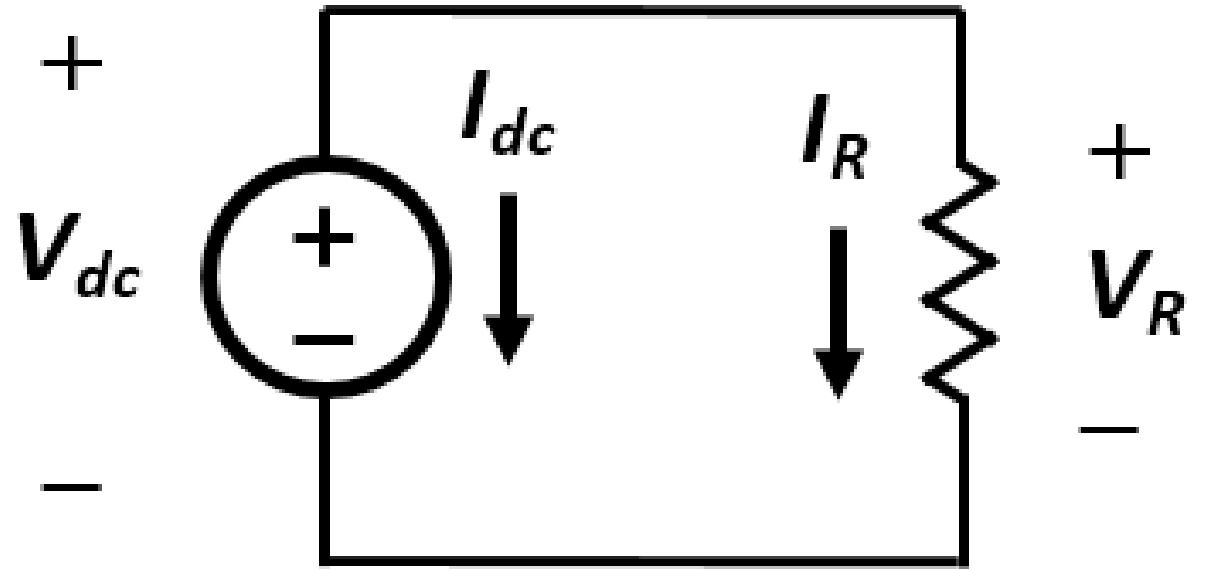
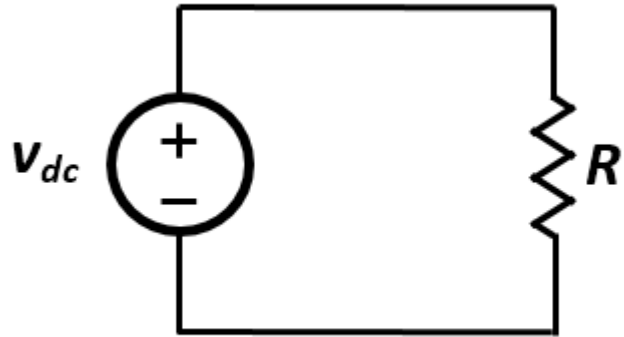
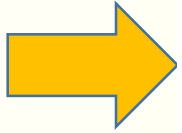
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Ρεύμα, Τάση, Ισχύς

ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ

- 1 Αρχική σχέση τάσης με ρεύμα
- 2 Για την κατανάλωση/παραγωγή ισχύος

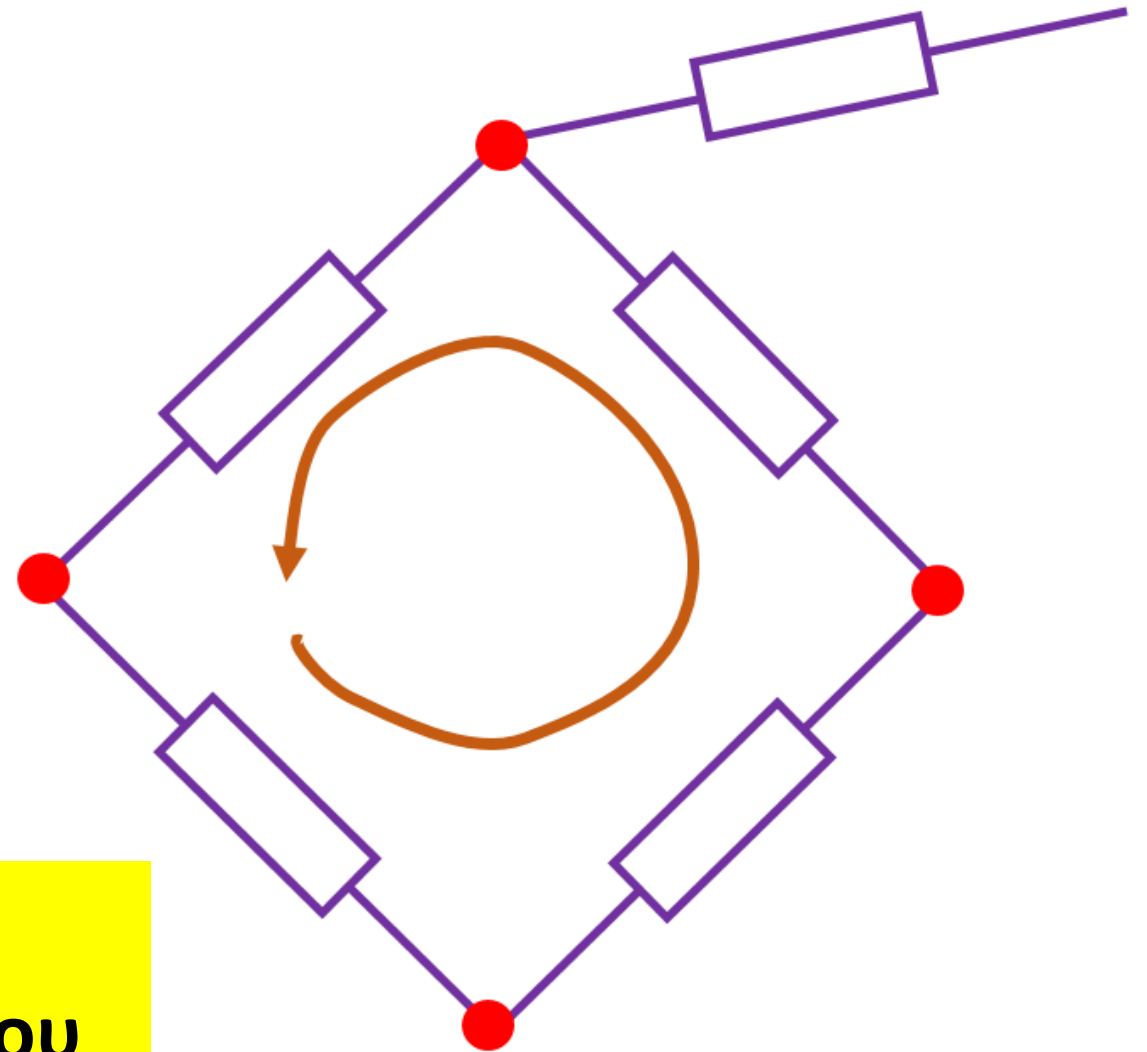
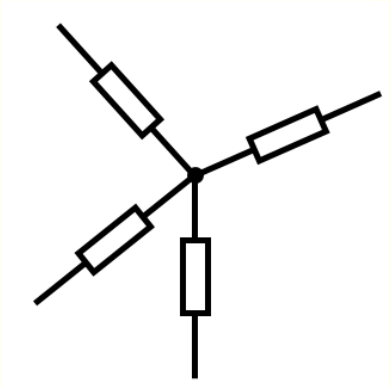
ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ



- Θέτουμε αυθαίρετα τα διάφορα μεγέθη κρατώντας μόνο τη σύμβαση
- Παρατηρούμε ότι κάτι δεν πάει καλά...
- Η ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΕ ΛΙΓΟ

ΒΑΣΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

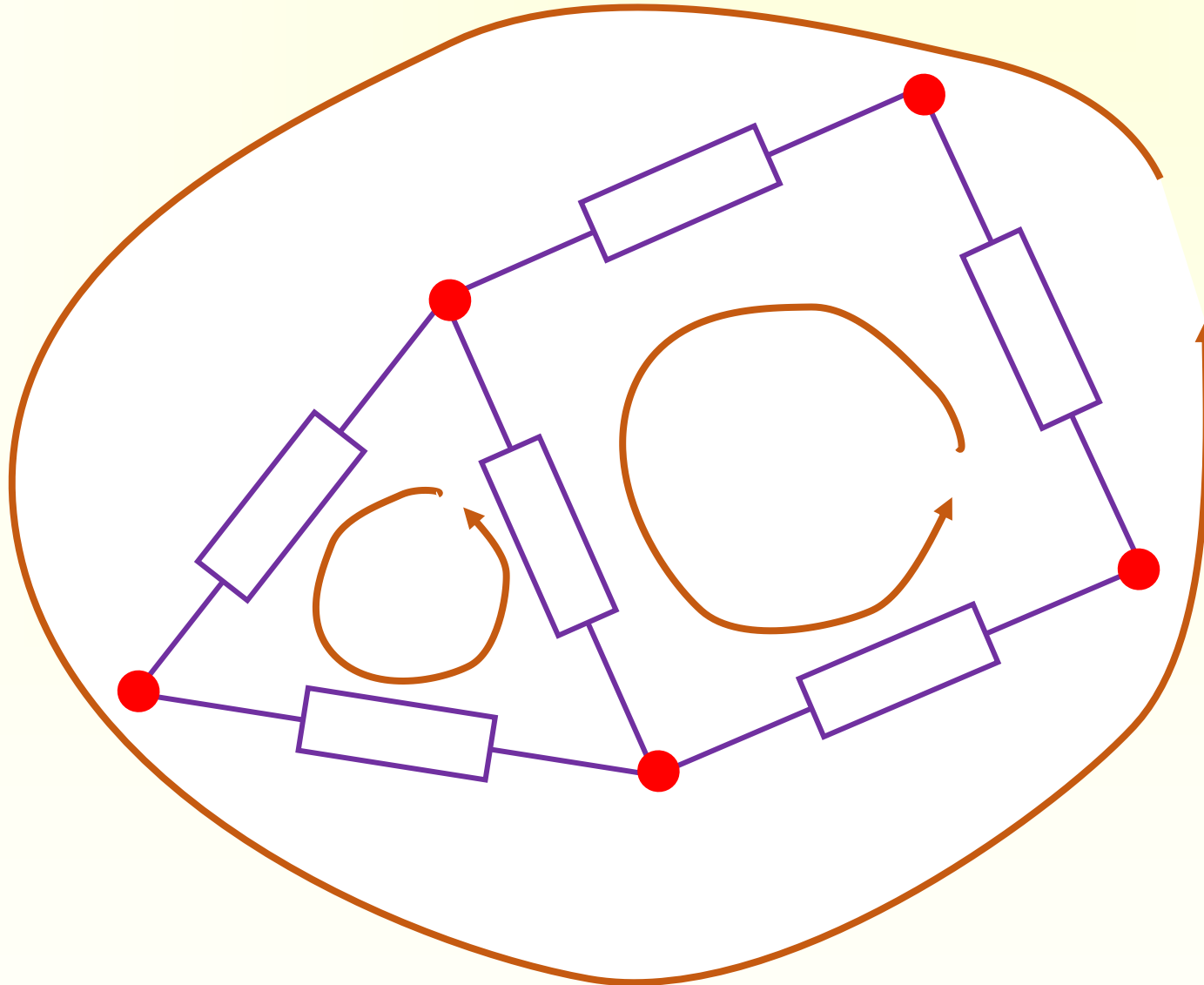
- Κόμβοι
- Κλάδοι
- Βρόχοι



- Αντικείμενο της ανάλυσης:
Η τάση και το ρεύμα κάθε κλάδου

ΒΑΣΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

- Κόμβοι
- Κλάδοι
- Βρόχοι



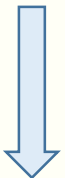
ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Kirchhoff, 1845 (σε ηλικία 21 ετών)

ΝΟΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΝΟΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ

ΝΟΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF

- Για ένα οποιοδήποτε συγκεντρωμένο κύκλωμα,
- για οποιονδήποτε από τους κόμβους του,
- σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή,
- το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ρευμάτων κλάδου **ΣΕ** ένα κόμβο είναι μηδέν



- **ΣΕ**: Τα ρεύματα που εισέρχονται θεωρούνται με ένα πρόσημο και αυτά που εξέρχονται θεωρούνται με το αντίθετο πρόσημο

ΝΟΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF

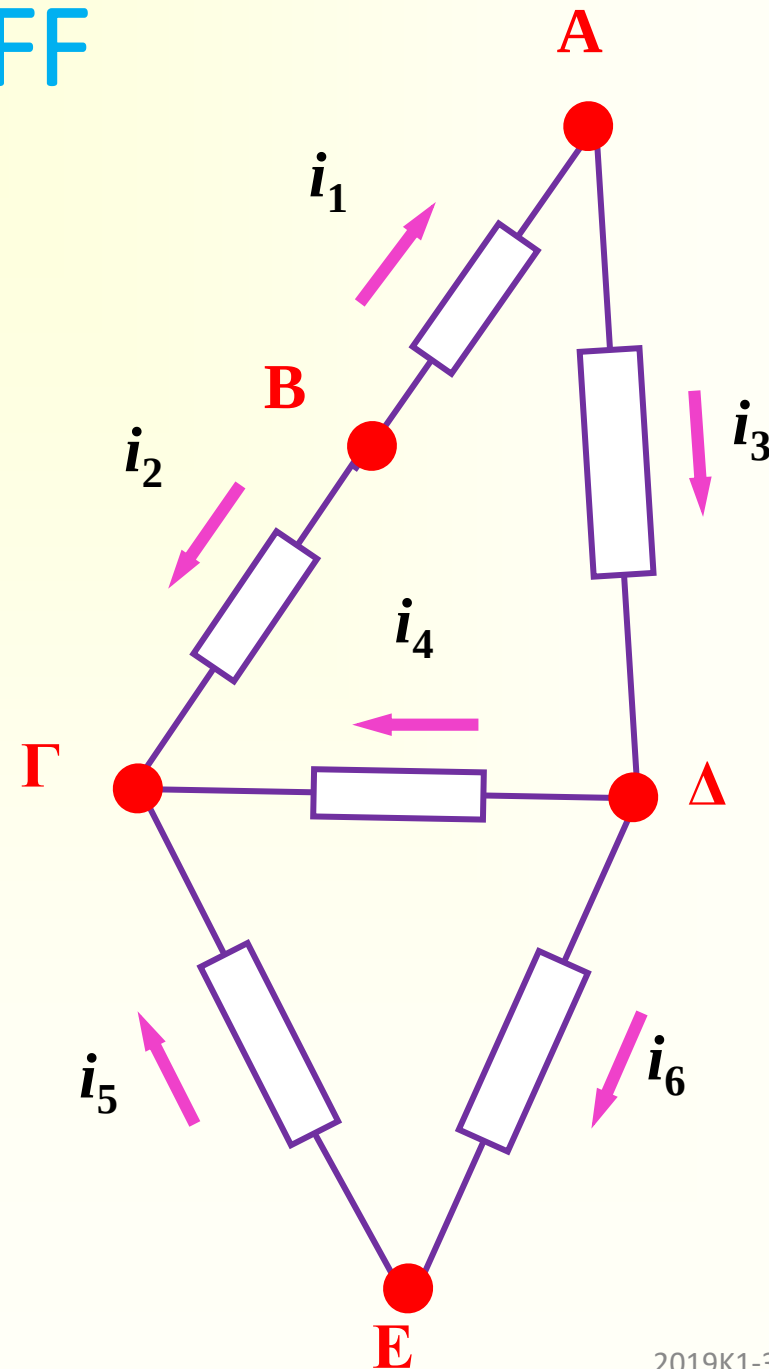
Kirchhoff's Current Law (KCL)

Π.χ. τα **εισερχόμενα** ρεύματα θετικά

- Κόμβος Α $i_1 - i_3 = 0, \quad \forall t$
- Κόμβος Γ $i_2 + i_4 + i_5 = 0, \quad \forall t$
- Κόμβος Δ $i_3 - i_6 - i_4 = 0, \quad \forall t$

Τα **εξερχόμενα** ρεύματα θετικά

- Κόμβος Α $-i_1 + i_3 = 0, \quad \forall t$
- Κόμβος Δ $-i_3 + i_6 + i_4 = 0, \quad \forall t$

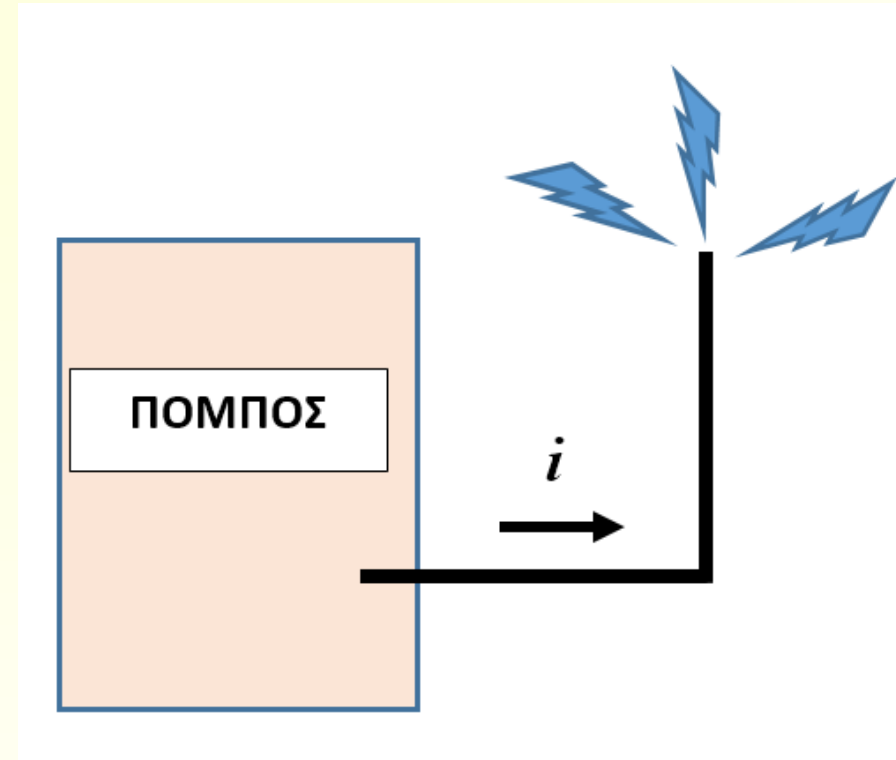


NΟΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NPK)

- Προκύπτουν ομογενείς, γραμμικές αλγεβρικές εξισώσεις με σταθερούς συντελεστές για τις μεταβλητές i_j
- ! Ο NPK (KCL) ισχύει για γραμμικά και μη γραμμικά κυκλώματα
- ! Ο NPK ισχύει για παθητικά και ενεργά κυκλώματα
- ! Ο NPK ισχύει για χρονικά αμετάβλητα και χρονικά μεταβαλλόμενα κυκλώματα
- Ισοδυναμεί με τον νόμο διατήρησης του φορτίου σε κάθε κόμβο

ΝΟΜΟΣ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NPK)

- Παράδειγμα μη εφαρμογής:



- Ο λόγος: οι κεραίες κατασκευάζονται σε μήκη $\lambda/2$ ή $\lambda/4$
- Παραβιάζεται η παραδοχή τού συγκεντρωμένου κυκλώματος

NOMOS ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF

Kirchhoff's Voltage Law (KVL)

- Για ένα οποιοδήποτε συγκεντρωμένο κύκλωμα,
- για οποιονδήποτε από τους βρόχους του,
- σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή,
- το αλγεβρικό άθροισμα όλων των τάσεων κλάδου **ΣΕ** ένα βρόχο είναι μηδέν

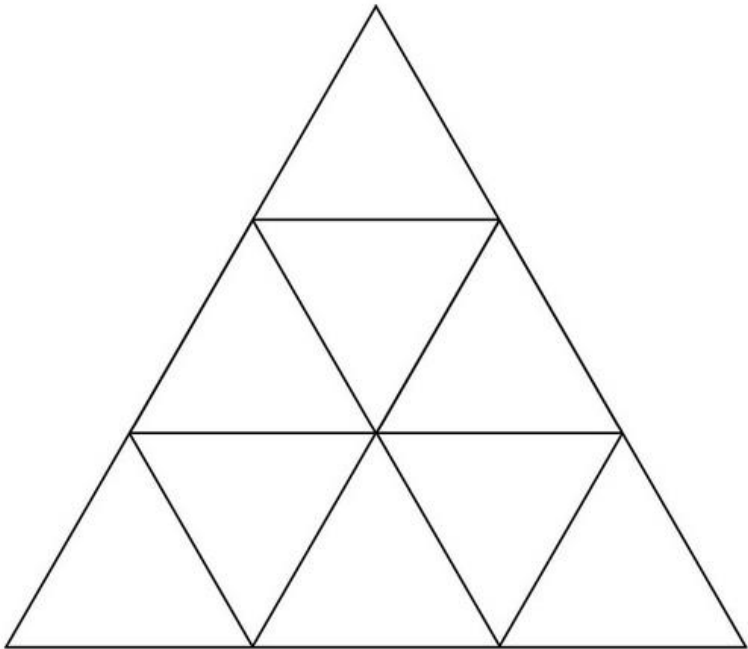
ΝΟΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NTK)

- Για τον NTK (KVL) χρειαζόμαστε μια κατεύθυνση αναφοράς στον βρόχο
- Όποιες τάσεις συμφωνούν με την κατεύθυνση αναφοράς, υπολογίζονται σαν θετικές κι όσες δεν συμφωνούν υπολογίζονται σαν αρνητικές
- ...Η ανάποδα!
- Αρκεί να είμαστε συνεπείς με την επιλογή μας όσο διατρέχουμε τον κάθε βρόχο

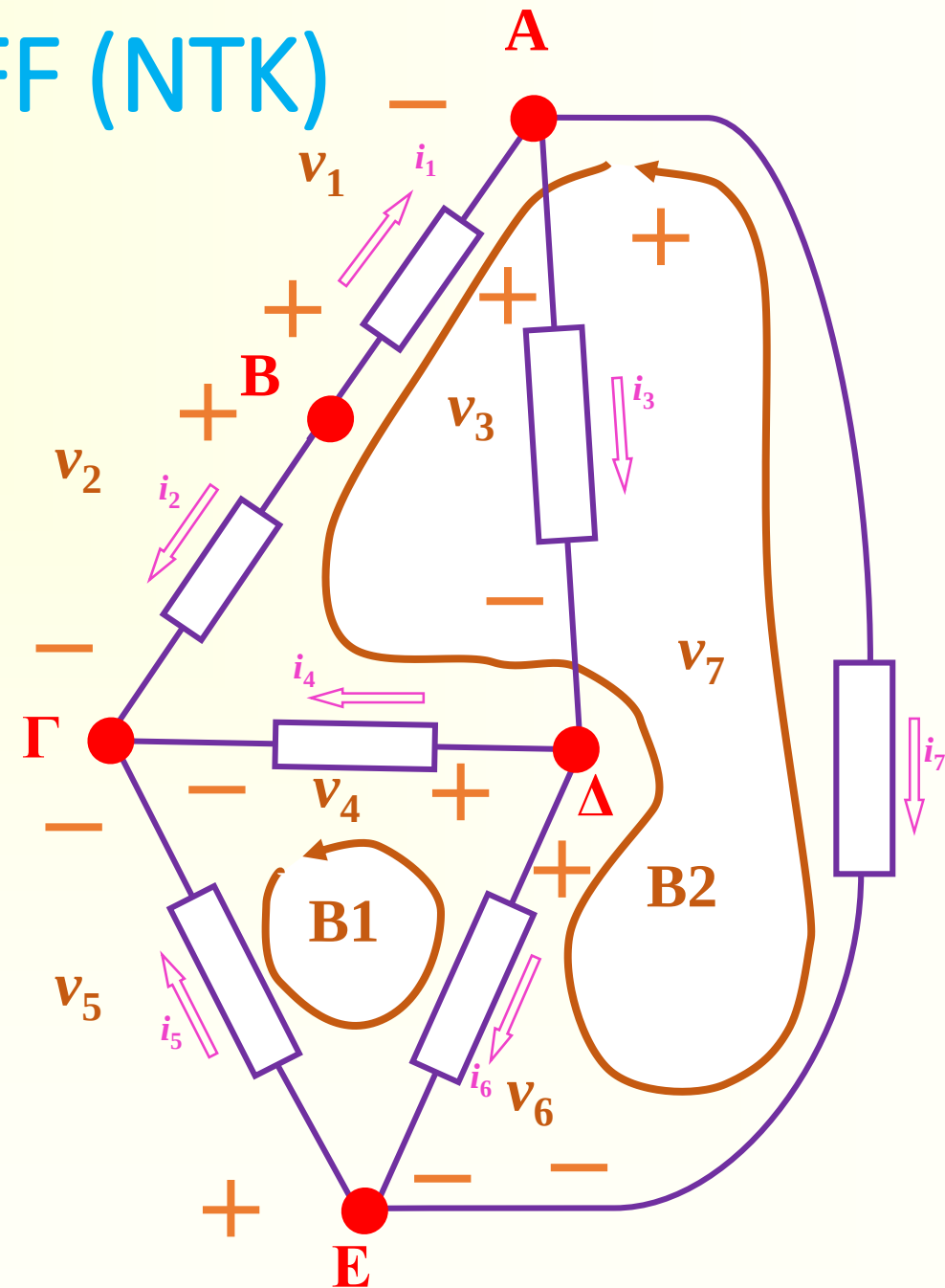
ΝΟΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NTK)

- Βρόχος 1
- Βρόχος 2
- Βρόχοι ...

ΠΟΣΑ ΤΡΙΓΩΝΑ ΒΛΕΠΕΤΕ;



$$\lfloor n(n+2)(2n+1)/8 \rfloor$$



ΝΟΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NTK)

- Βρόχος 1 (ΕΔΓΕ)

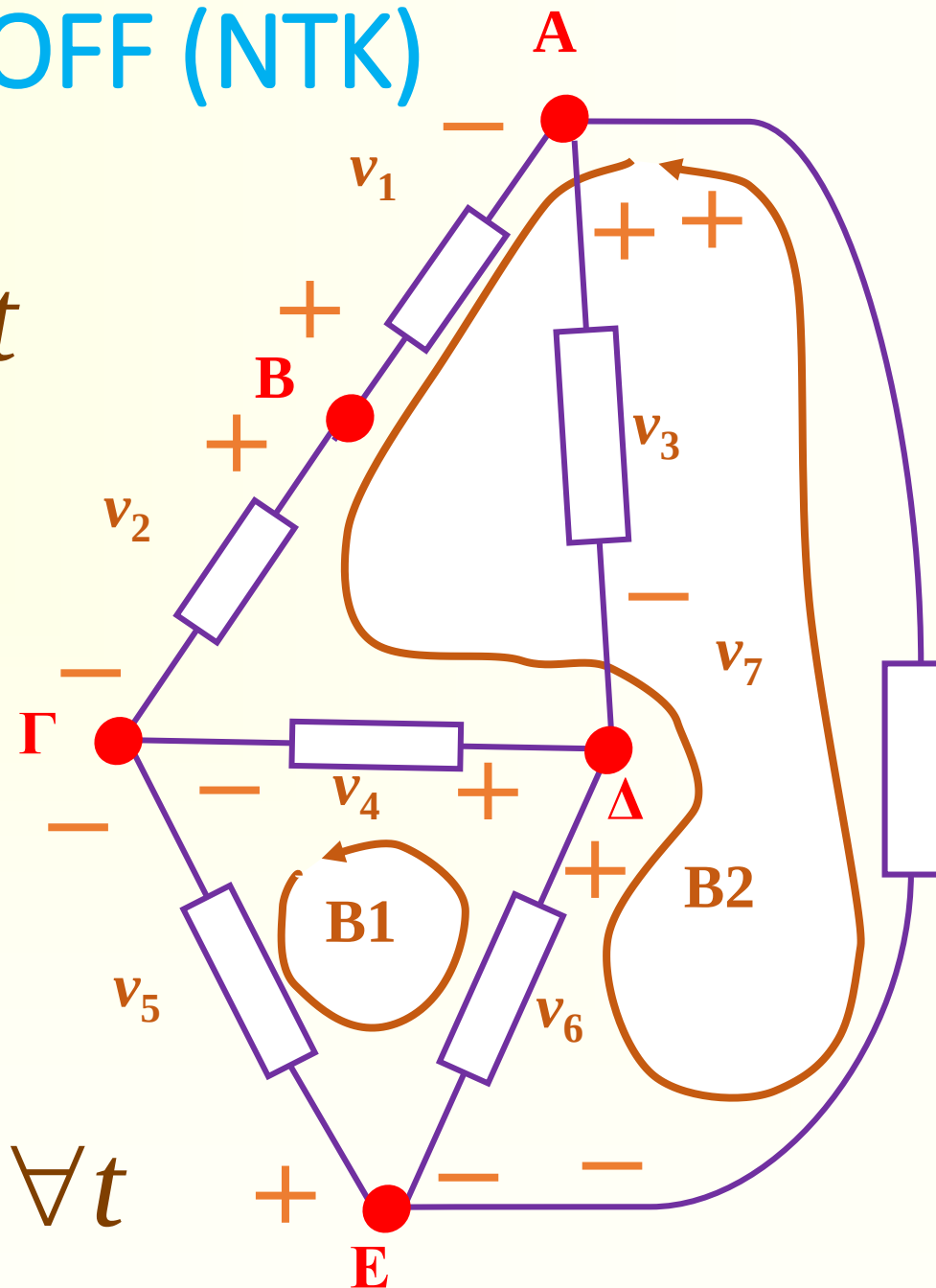
$$-v_6 + v_4 - v_5 = 0, \quad \forall t$$

(καταγράψαμε σύμφωνα με το πρόσημο που συναντάμε καθώς «μπαίνουμε»)

- Βρόχος 2 (ΑΒΓΔΕΑ)

(καταγράψαμε σύμφωνα με το πρόσημο που συναντάμε καθώς «βγαίνουμε»)

$$+v_1 - v_2 + v_4 - v_6 + v_7 = 0, \quad \forall t$$



NΟΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ KIRCHHOFF (NTK)

- Προκύπτουν ομογενείς, γραμμικές αλγεβρικές εξισώσεις με σταθερούς συντελεστές για τις μεταβλητές v_j
- ! Ο ΝΤΚ (KVL) ισχύει για γραμμικά και μη γραμμικά κυκλώματα
- ! Ο ΝΤΚ ισχύει για παθητικά και ενεργά κυκλώματα
- ! Ο ΝΤΚ ισχύει για χρονικά αμετάβλητα και χρονικά μεταβαλλόμενα κυκλώματα

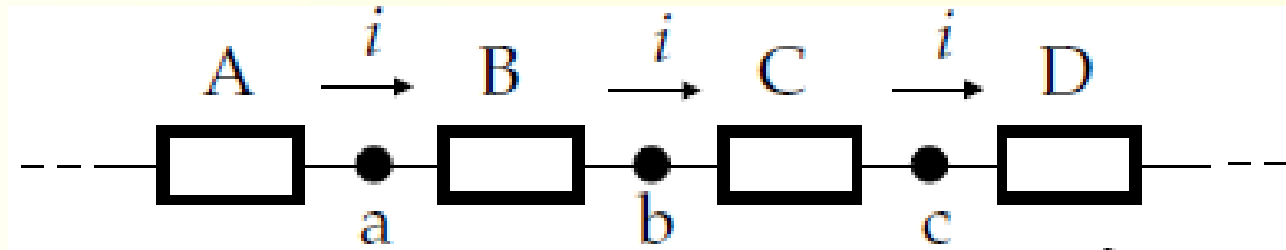
NOMOI TOY KIRCHHOFF

- Οι νόμοι τού Kirchhoff είναι απολύτως γενικοί
- Ισχύουν για γραμμικά και μη γραμμικά κυκλώματα, για παθητικά και ενεργά κυκλώματα και για χρονικά αμετάβλητα και χρονικά μεταβαλλόμενα κυκλώματα
- Είναι τοπολογικής φύσης, με την έννοια ότι εξαρτώνται απλά από τη διασύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους και όχι από τη φύση τους (γι' αυτό βάζαμε «κουτάκια»)
- **Κάθε επίλυση κυκλώματος ξεκινάει από τους νόμους αυτούς**

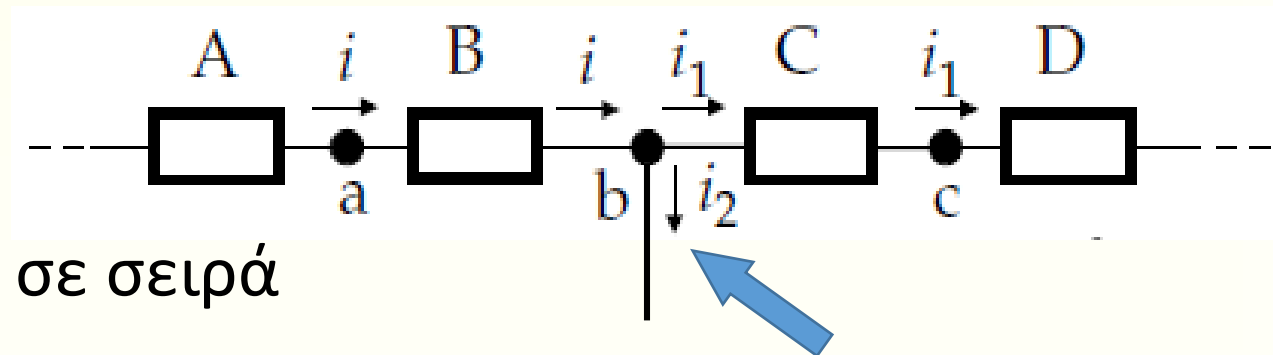
ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

- Το ρεύμα που βγαίνει από το ένα στοιχείο εισέρχεται στο άλλο χωρίς να υπάρχει διακλάδωση (A, B, C και D είναι συνδεδεμένα σε σειρά)



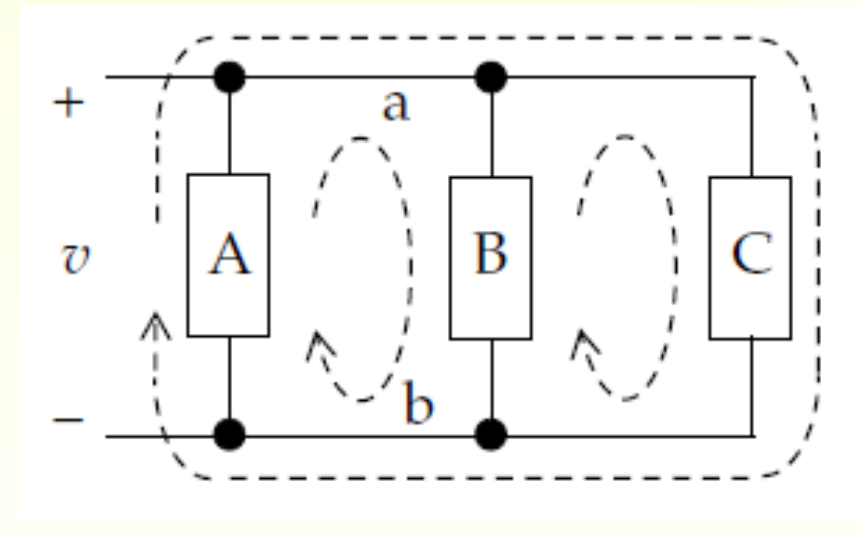
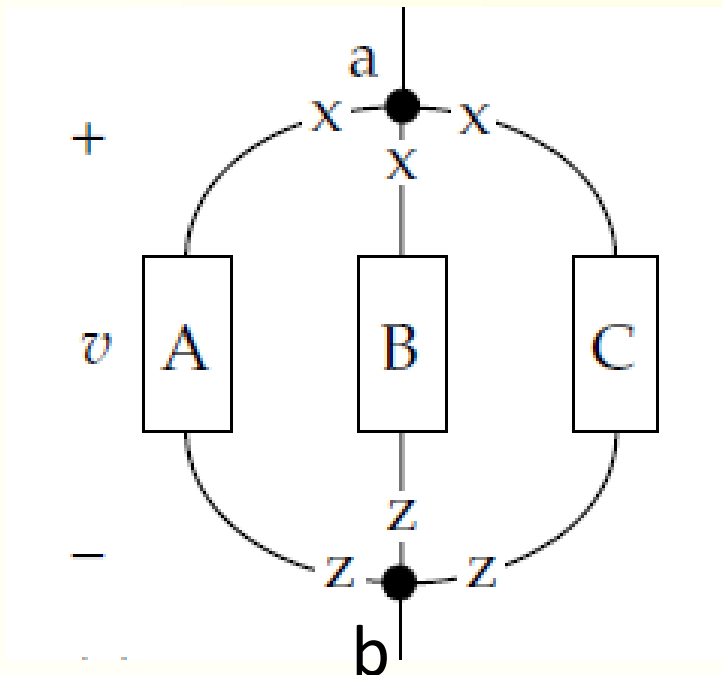
- Τα A και B είναι συνδεδεμένα σε σειρά
- Τα C και D είναι συνδεδεμένα σε σειρά
- Τα A, B, C και D **ΔΕΝ** είναι συνδεδεμένα σε σειρά



ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

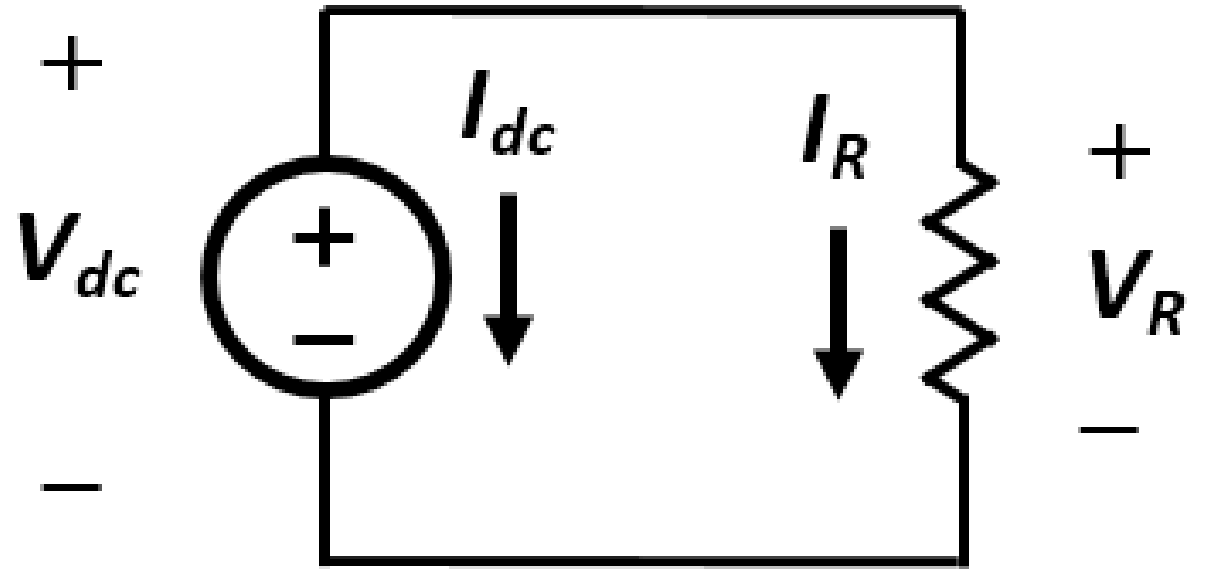
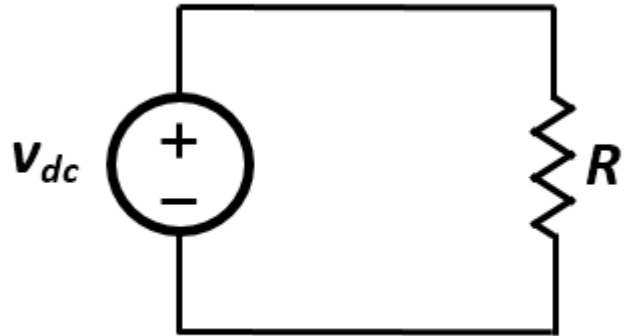
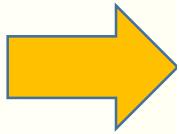
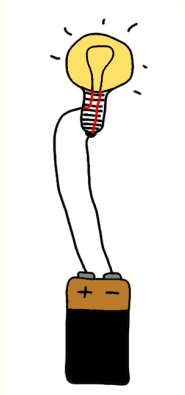
ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

- Το ένα άκρο των στοιχείων (το «x») είναι συνδεδεμένο σε ένα κοινό κόμβο a ενώ το άλλο άκρο των στοιχείων (το «z») είναι συνδεδεμένο σε ένα κοινό κόμβο b



Ακριβώς το ίδιο αλλά σχεδιασμένο πιο «τακτικά»

ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ



- Θέτουμε αυθαίρετα τα διάφορα μεγέθη κρατώντας μόνο τη σύμβαση
- Παρατηρούμε ότι κάτι δεν πάει καλά...
- **Η ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΕ ΑΙΦΟ**

ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ (Η ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

- Ας υποθέσουμε ότι

$V_{dc} = 12 \text{ V}$, αντίσταση $R = 6 \Omega$

- **NTK:** $V_{dc} - V_R = 0$

- **NPK:** $I_{dc} + I_R = 0$

• $\Rightarrow$

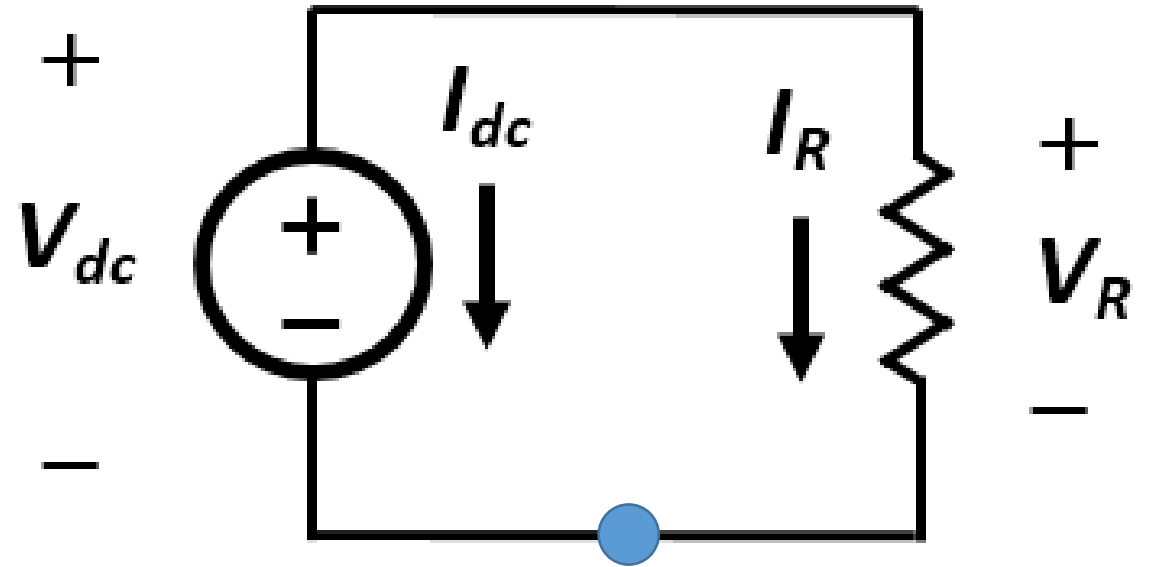
$$V_{dc} = V_R$$

$$I_{dc} = -I_R$$

$$V_{dc} = V_R = 12 \text{ V}$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = 2 \text{ A}$$

$$I_{dc} = -2 \text{ A}$$



Ισχύς στην πηγή $= -12 \cdot 2 = -24 \text{ W}$

Ισχύς στην $R = 12 \cdot 2 = 24 \text{ W}$

- Δοκιμάστε με οποιαδήποτε άλλη επιλογή θέλετε, κρατώντας όμως τη σύμβαση