A collection of small squares in light blue, medium blue, and grey, scattered across the top half of the slide.

Capítol 1:

Introducció al corrent continu

Electrònica bàsica

Conceptes bàsics

Perspectiva teòrica

- Els electrons són els últims responsables de la conducció elèctrica, per tant, qualsevol càrrega que existeixi és necessàriament un múltiple enter de la càrrega de l'electró.
- La càrrega és discreta com ho és la matèria o la llum.
- L'enllaç entre els àtoms i la disposició dels electrons determina les característiques conductives del material. Així, en els metalls, quan els àtoms s'uneixen per formar un sòlid, alguns electrons pertanyents a cada un queden lliures i es poden moure per tot el volum.
- Per tal de respectar els signes de les càrregues proposats per Benjamin Franklin en el seu experiment, cal definir la càrrega de l'electró com a negativa ($q_e = -e$) i la del protó a positiva ($q_e = +e$).

Llei de Coulomb

- La força d'interacció elèctrica entre dos cossos que es poden considerar punts materials es dirigeix al llarg de la línia recta que els uneix i varia proporcionalment al valor de les càrregues e inversament proporcional al quadrat de la distància que els separa.
- **Charles Augustin Coulomb** (1736-1806)

$$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{r}$$

- K ($9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)
- r_{12} : distància entre les càrregues
- \vec{r} : vector unitari en la direcció que uneixi les dues càrregues.

- *Unitat de les càrregues (q_1, q_2) del SI: Coulomb (C)*
- Un **Coulomb** és la quantitat de càrrega que passa per una secció transversal d'un conductor en un segon si circula per aquest un corrent constant d'un Ampère.

Camp Elèctric

- **Camp escalar:** regió de l'espai on a cada punt hi podem associar un valor numèric en funció de les coordenades de posició d'aquest punt respecte d'un cert sistema de referència i del temps.
- **Camp vectorial:** regió de l'espai on a cada punt podem associar un vector representant d'alguna magnitud física.

Intensitat de camp elèctric

- La intensitat de camp elèctric creat per una càrrega q_1 en un punt A, és la força que apareix en aquest punt quan hi posem una càrrega de +1 C.
- El càlcul del camp elèctric creat per una distribució de càrrega es basa en la llei de Gauss.

$$E = \frac{F}{q_2} = K \frac{q_1}{r^2}$$

- K ($9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)
- q_1 : valor de la càrrega.
- r : vector unitari en la direcció que uneixi les dues càrregues.

- *Unitat del SI per la intensitat de camp elèctric (E): Newtons/Coulomb (N/C)*

Energia potencial elèctrica

- L'**energia potencial** (definida en el marc del camp gravitatori) és l'energia que presenta un cos pel fet de tenir una certa alçada, de forma que el seu valor és igual al treball que cal fer per tal d'eleva el cos a dita alçada. En el camp elèctric el tractament és similar.
- El **treball** que hem de fer (nosaltres contra el camp) per tal de traslladar una càrrega de prova q_0 des d'un punt A a un punt B és igual a l'augment d'energia potencial elèctrica que experimenta q_0 .

$$W_{AB} = E_{PB} - E_{PA}$$

- W_{AB} : treball que hem de fer per traslladar un cos del punt A al punt B.
- E_{PA} : és l'energia potencial de la càrrega q_0 en el punt A.
- E_{PB} : és l'energia potencial de la càrrega q_0 en el punt B.

- Servint-nos de l'expressió anterior, podem definir l'energia potencial elèctrica d'una càrrega q_0 en un punt B com el treball que cal fer per tal de transportar la càrrega q_0 des d'un punt A, on l'energia potencial és 0, fins a un punt B.

Potencial Elèctric

- Definirem el **potencial elèctric** en un punt B com el treball necessari per transportar una unitat de càrrega positiva des d'un punt A, on l'energia potencial és 0, fins a un punt B.

$$V_B = \frac{E_{PB}}{q_0}$$

Expressió del
potencial elèctric

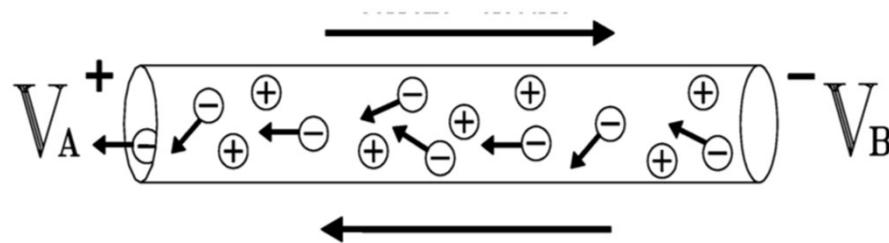
$$Volt = \frac{Joule}{Coulomb} = \frac{N \cdot m}{C} = E \cdot l$$

Unitat de
potencial elèctric

- Si un agent extern al camp transporta una càrrega de +1C d'un punt A a un punt B, aquest realitza un treball igual a l'augment de potencial entre aquests dos punts.
- Si tenim en compte que aquest treball és oposat al que realitza el camp elèctric, es pot definir la diferència de potencial entre dos punts A i B com el treball que ha de realitzar el camp per tal de transportar la unitat de càrrega positiva des del punt A fins al punt B

Corrent Elèctric

- Suposem un conductor metàl·lic aïllat. Per raó de l'enllaç entre els àtoms i la temperatura apareixen electrons lliures que es mouen de manera aleatòria sense cap direcció definida. Si apliquem un camp elèctric en un sentit determinat, és a dir, una diferència de potencial entre els seus extrems (una pila) veurem que els electrons lliures també anomenats portadors de càrrega es mouen en el sentit que indica la figura. Això és el que anomenem corrent elèctric
- Per raons històriques es pren com a sentit del corrent el del flux de les càrregues positives que es mourien en la direcció vers la qual el potencial disminueix.



Intensitat de corrent elèctric

- Per tant, anomenarem Intensitat de corrent elèctric a la quantitat de càrrega que travessa la secció transversal d'un conductor en cada segon.

$$I = \frac{q}{t}$$

Expressió de la
Intensitat de corrent
elèctric

$$1 \text{ Amper} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Segon}}$$

Unitat de la
Intensitat de
corrent elèctric

Llei d'Ohm. Resistència

- En els conductors metàl·lics el quocient entre la diferència de potencial aplicada als seus extrems i la intensitat de corrent que hi circula és constant. Aquesta constant s'anomena **Resistència** i mesura l'impediment que presenta el conductor al pas del corrent.
- La unitat que mesura la resistència és l'**Ohm** i es defineix com la resistència que presenta un conductor quan en aplicar una diferència de potencial d'1Volt entre els seus extrems, hi circula 1 Amper.

$$1 \Omega = \frac{1 V}{1 A}$$

Unitat de la
Resistència

- Seguint amb les definicions es defineixen tres conceptes que s'apliquen a qualsevol material i que són necessaris per calcular la seva resistència: **Mobilitat, conductivitat i resistivitat.**

Mobilitat

- La **mobilitat** dóna una mesura de la facilitat de moviment dels portadors en un material. Representa la velocitat mitja que assoleixen els portadors de càrrega al estar sotmesos a un camp elèctric.

$$\mu = \frac{v}{E} \left(\frac{m^2}{V \text{ seg}} \right)$$

Expressió de la
mobilitat

Conductivitat

- La **conductivitat** dóna una mesura de la facilitat que presenta un material a la conducció elèctrica i depèn de la temperatura i de la composició del material. Representa la densitat de corrent per unitat de camp elèctric aplicat.

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (\Omega \bullet m)^{-1}$$

Expressió de la
conductivitat

- On **J** és la densitat de corrent i representa la intensitat de corrent que circula per unitat de secció

$$J = \frac{\text{Intensitat de corrent}}{\text{Secció del conductor}} = \frac{I}{S}$$

Resistivitat

- La **resistivitat** és la inversa de la conductivitat, és a dir, dóna una mesura de la dificultat que presenta un material a la conducció elèctrica

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Expressió de la
resistivitat

- S'ha de diferenciar la RESISTIVITAT de la RESISTÈNCIA, ja que el primer correspon a una característica del material i el segon correspon a una mostra concreta del material, que depèn de les seves dimensions i constitució.

Relació entre els tres conceptes

- De les pròpies definicions es veu que els tres conceptes estan força lligats doncs es relacionen a través del camp elèctric. Es pot trobar una relació fent el quocient entre les definicions de mobilitat i conductivitat:

$$\frac{\sigma}{\mu} = \frac{J}{v} \rightarrow \sigma = \frac{J \cdot \mu}{v}$$

- Si volem calcular la conductivitat d'un conductor cilíndric de longitud L i secció S hauríem de conèixer la densitat de corrent o la velocitat dels portadors a més de la mobilitat, termes difícils de determinar. Amb aquesta relació només necessitarem conèixer la concentració volumètrica d'electrons lliures (n) i la mobilitat, que són fàcils de determinar:

$$\sigma = \frac{J \cdot \mu}{v} = \frac{\frac{I}{S} \mu}{\frac{L}{t}} = \frac{\frac{n q S L}{S t} \mu}{\frac{L}{t}} = n q \mu$$

- On q és la càrrega elèctrica que presenta 1 electró:

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulombs}$$

Càlcul de la Resistència d'un conductor

$$R = \frac{V}{I} = \frac{E L}{J S} = \frac{L}{\sigma S} = \rho \frac{L}{S}$$

- Com podem veure la resistència no només depèn de les característiques del material sinó també de les seves dimensions.

Energia elèctrica

- Hem relacionat el treball que realitza el camp creat per una bateria per tal de traslladar una càrrega amb la diferència de potencial. Que ha passat amb l'energia que s'ha després amb el transport?
- Pel principi de conservació de l'energia aquesta no es destrueix sinó que es transforma, en què?
- Quan els electrons travessen un material que presenta una certa resistència passa el mateix que quan un objecte cau a dintre de l'aigua. La seva velocitat és constant i, per tant, l'increment d'energia cinètica és nul·la; la pèrdua d'energia potencial es transforma en un guany de calor, és a dir, en un augment de la temperatura. Aquest fenomen és coneix com efecte Joule.
- El càlcul de l'energia depèn de la quantitat de càrrega que es transporti, per tant:

$$W_{AB} = E_{PB} - E_{PA} = q V_B - q V_A = q (V_B - V_A) = I t (V_B - V_A)$$

- Aleshores tota l'energia que es transforma en calor:

$$Energia = I t (V_B - V_A) = I^2 R t = \frac{(V_B - V_A)^2 t}{R}$$

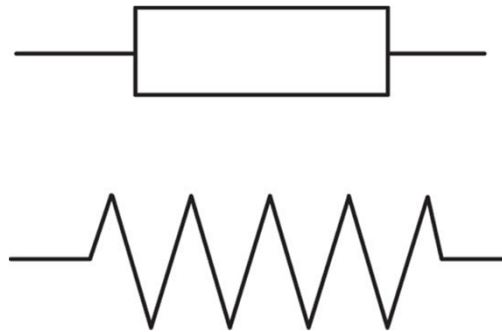
Potència elèctrica

- La magnitud que expressa l'energia transmesa per unitat de temps és la **Potència elèctrica**

$$P = \frac{\text{Energia}}{t} = I (V_B - V_A) = I^2 R = \frac{(V_B - V_A)^2}{R} \text{ (Watts)}$$

Resistència

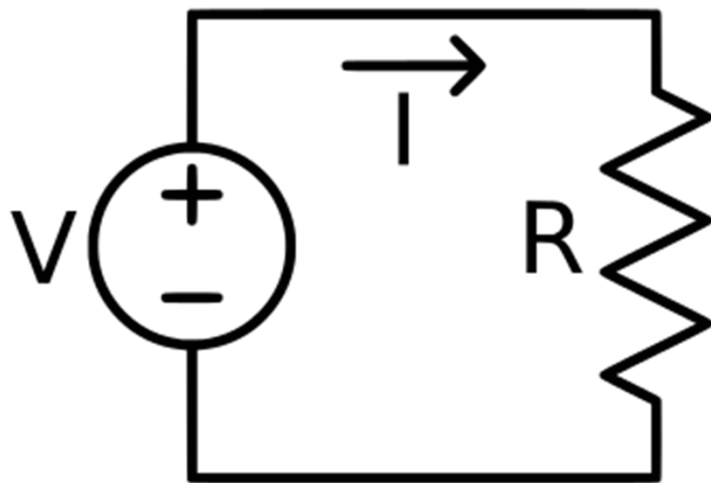
- Una **resistència** és un component dissenyat justament per presentar una determinada oposició al pas del corrent i la representarem com es pot veure a continuació:



Símbol del resistor

Llei d'Ohm

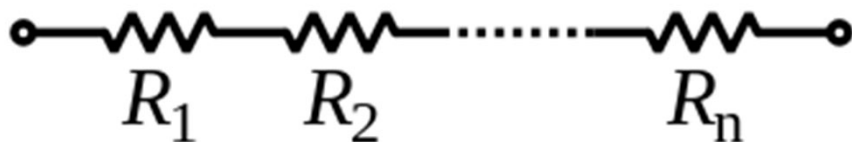
- La **Llei d'Ohm** estableix que el corrent que travessa un circuit elèctric és directament proporcional a la diferència de potencial que hi ha entre els seus extrems i inversament proporcional a la resistència del circuit.



$$(A) \quad I = \frac{V \text{ (V)}}{R \text{ (}\Omega\text{)}}$$

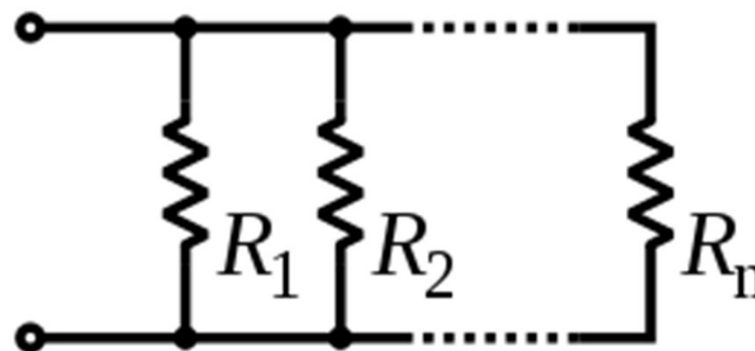
Llei d'Ohm

Associació de resistències



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Associació en sèrie

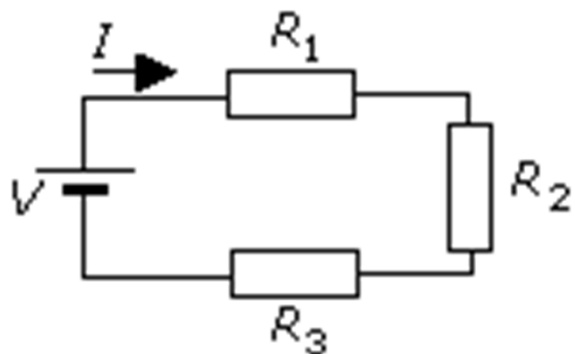


$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Associació en paral·lel

- **Associació sèrie:** Comparteixen corrent
- **Associació paral·lel:** Comparteixen tensió (Diferència de potencial, voltatge)

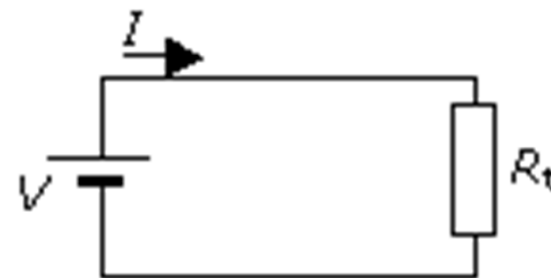
Demostració de l'associació en sèrie



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = R_1 \cdot I \quad V_2 = R_2 \cdot I \quad V_3 = R_3 \cdot I$$

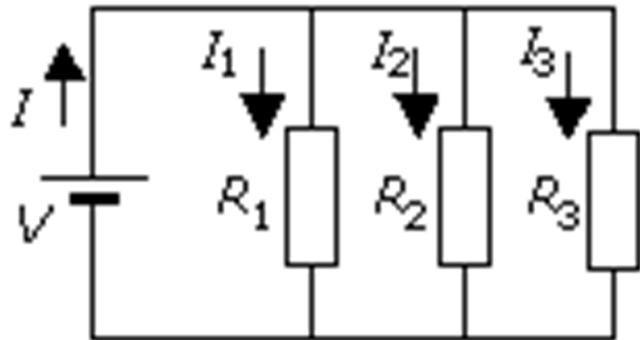
$$V = (R_1 + R_2 + R_3) I$$



$$V = R_t \cdot I$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Demostració de l'associació en paral·lel

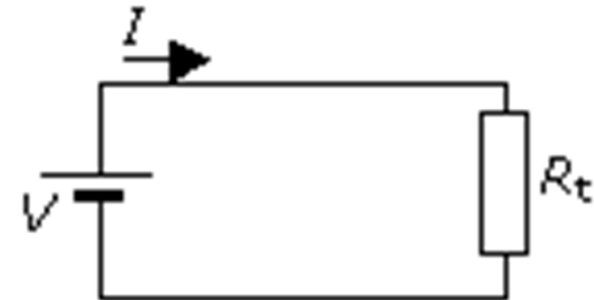


$$I_1 = V / R_1 \quad I_2 = V / R_2 \quad I_3 = V / R_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I = V \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$



$$I = V / R_t$$

$$\boxed{\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Circuit obert i curtcircuit

- Un **circuit obert** és un circuit elèctric pel qual no hi circula corrent ja que com es pot veure a la figura el conductor ha perdut la seva continuïtat. Ara bé en els seus extrems sí que pot haver una diferència de potencial. El circuit obert equival a una residència infinita.



Símbol d'un circuit obert
(CO)

- Un **curtcircuit** és una connexió física entre dos punts d'un circuit elèctric que permet el pas d'una intensitat de corrent. La diferència de potencial entre els seus extrems és nul·la. La presència d'un curtcircuit equival a un fil conductor perfecte on $R = 0\Omega$.



Símbol d'un curtcircuit
(CC)

Fonts de tensió

(Tensió \equiv diferència de potencial \equiv voltatge)

- Una **font de tensió** és un dispositiu electrònic que subministra l'energia necessària per moure les càrregues elèctriques a través d'un circuit.
 - Manté una diferència de potencial constant entre els seus terminals
- a) Fonts de tensió ideals: genera una diferència de potencial entre els seus terminals constant, i independent de la “càrrega” (representada per una resistència) que alimenti.
- a) Fonts de tensió reals: genera una diferència de potencial entre els seus terminals que pot variar una mica en funció de la “càrrega” (representada per una resistència) que alimenti.

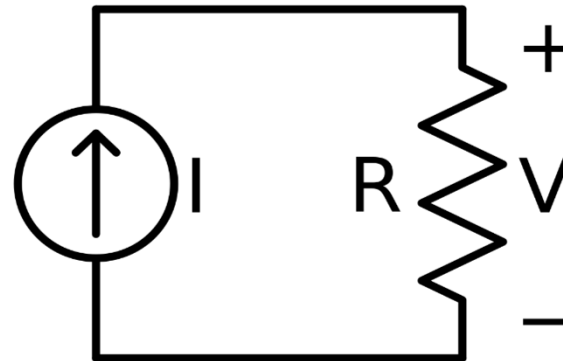
EXEMPLES:

- Pila: Transforma energia química en energia elèctrica
- Font d'alimentació: Transforma energia elèctrica (AC) en energia elèctrica (DC)
- Dinamo: Transforma energia mecànica en energia elèctrica
- ...

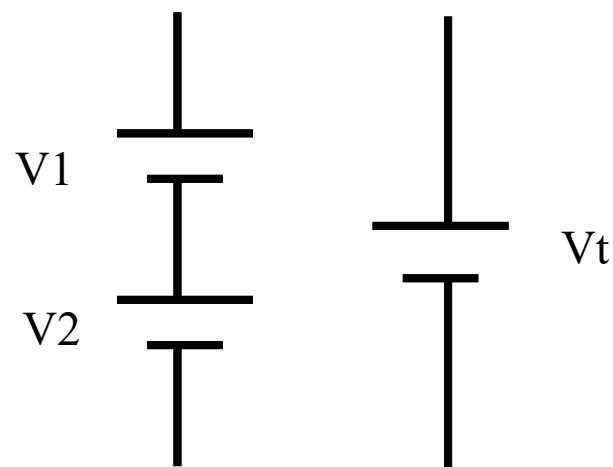
Fonts de corrent

- Una **font de corrent** és un element del circuit que subministra corrent elèctric constant entre els seus terminals.

Circuit amb una font de corrent i una resistència

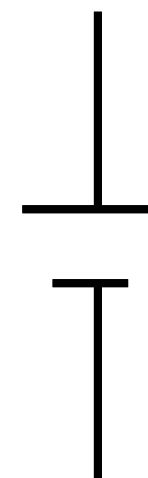
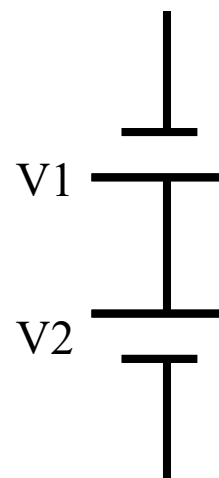


Associacions de fonts en sèrie



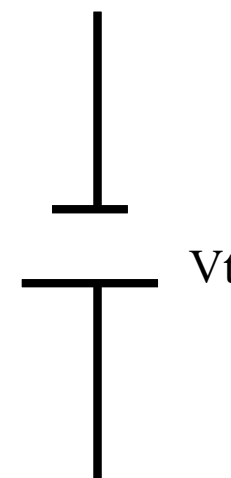
Model
equivalent

$$V_t = V_1 + V_2$$



Model
equivalent 1

$$V_t = V_2 - V_1$$

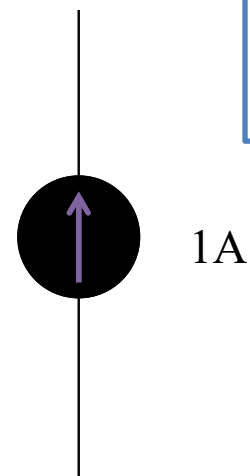
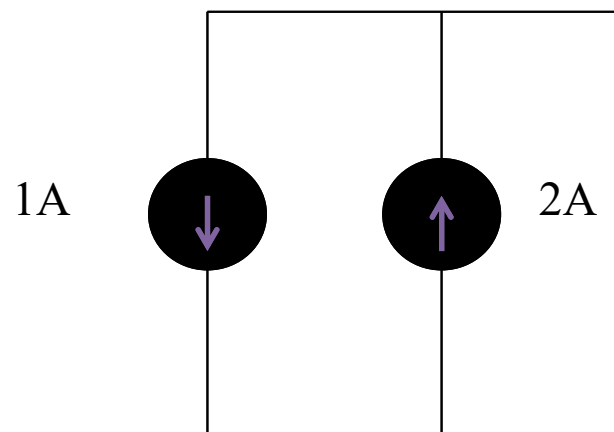


Model
equivalent 2

$$V_t = V_1 - V_2$$

NO PODEM ASSOCIAR FONTS DE TENSIÓ EN PARAL·LEL TRET QUE SIGUIN IGUALES !!

Associacions de fonts en paral·lel



La font del model equivalent adopta el sentit de la font de valor més elevat

Model equivalent

NO PODEM ASSOCIAR FONTS DE CORRENT EN SÈRIE TRET QUE SIGUIN IGUALES !!

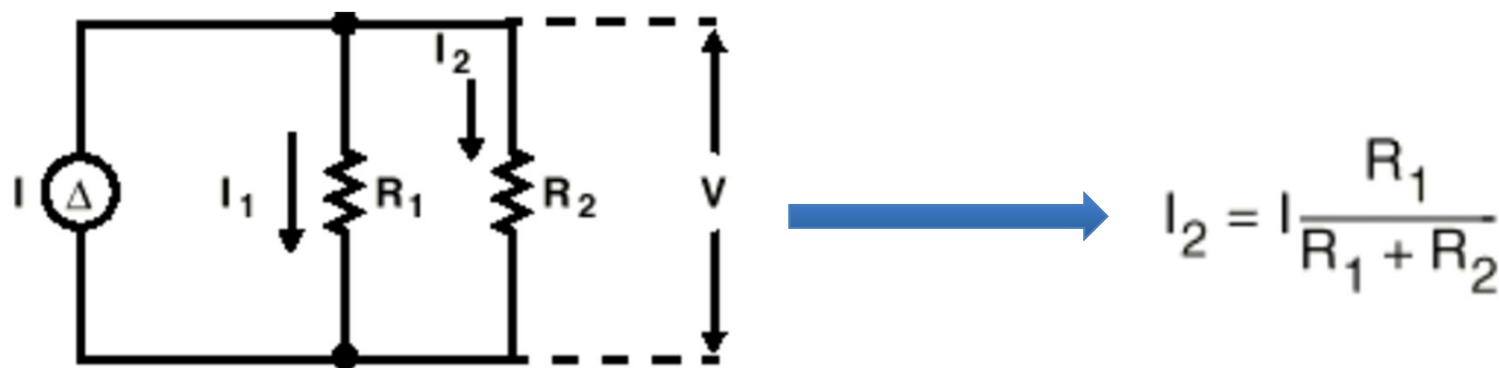
Divisors de tensió

- Un **divisor de tensió** és una configuració de circuit elèctric que reparteix la tensió d'una font entre una o més impedàncies connectades en sèrie

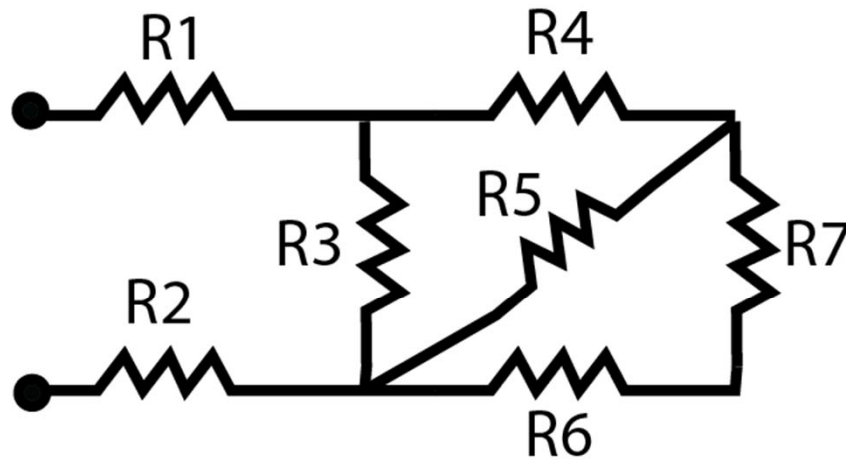


Divisors de corrent

- Un **divisor de corrent** és una configuració de circuit elèctric que pot fragmentar el corrent elèctric d'una font entre diferents resistències o impedàncies connectades en paral·lel



Exemple (Associació de resistències)



$$Req_1 = R_6 + R_7$$

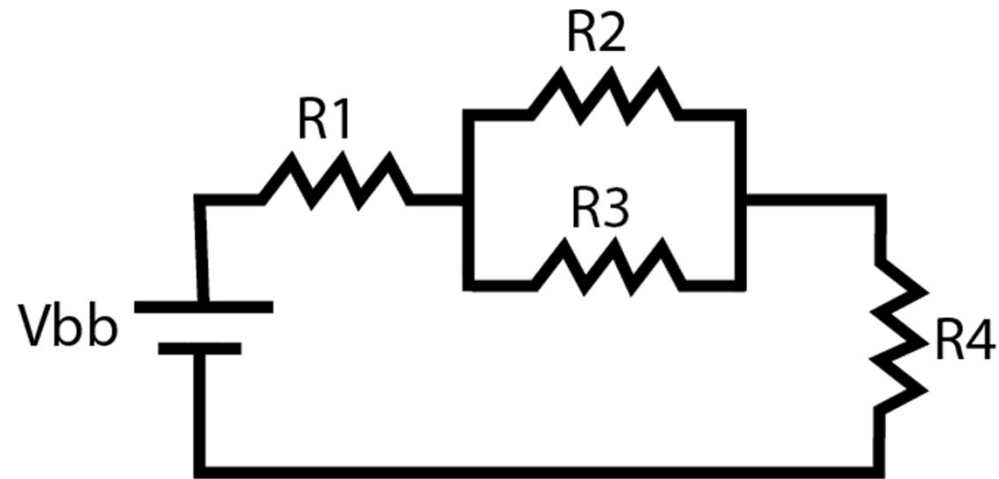
$$Req_2 = R_5 // Req_1$$

$$Req_3 = R_4 + Req_2$$

$$Req_4 = R_3 // Req_3$$

$$Req_{TOTAL} = R_1 + R_2 + Req_4$$

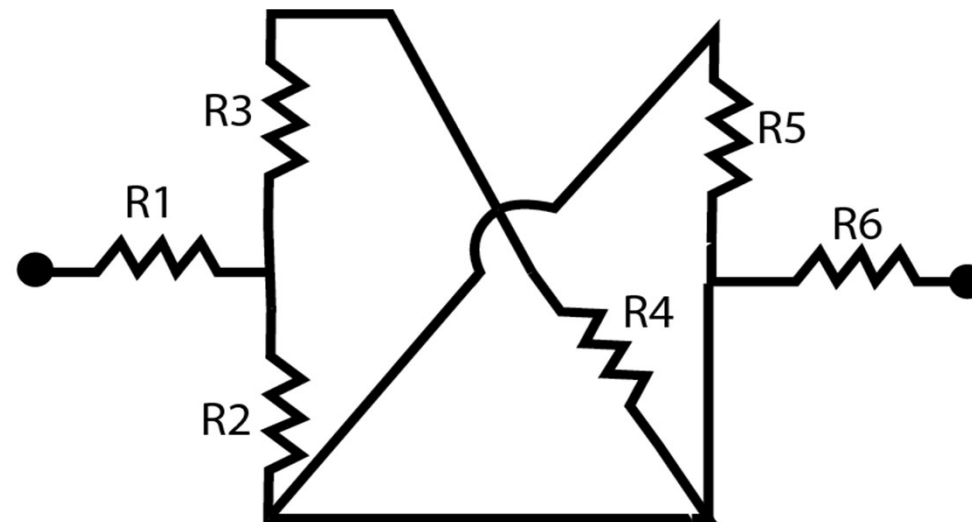
Exemple (Associació de resistències)



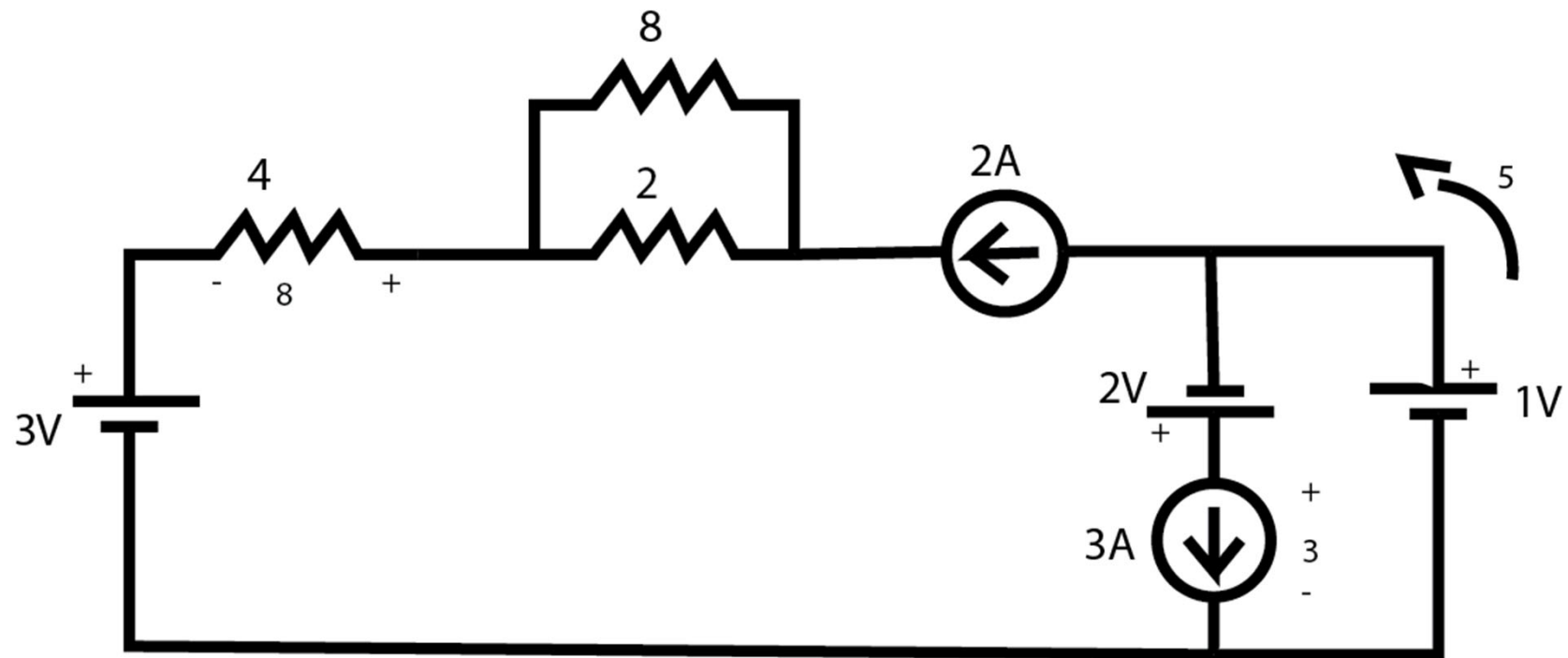
$$Req_1 = R_2 // R_3$$

$$Req_{TOTAL} = R_1 + Req_1 + R_4$$

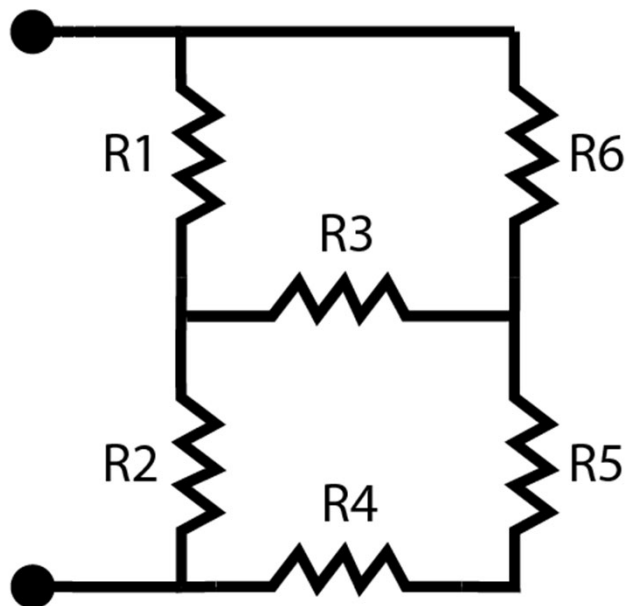
Exemple (Associació de resistències)



Exemple (Anàlisi bàsic d'un circuit)



Exemple (Associació de resistències)



En aquest cas no podem associar les resistències ni en sèrie ni en paral·lel !!