

# Laboratorio di Elettromagnetismo

S. Masi / A. Coppolecchia (canale D-M)

email: [silvia.masi@roma1.infn.it](mailto:silvia.masi@roma1.infn.it)

[alessandro.coppolecchia@roma1.infn.it](mailto:alessandro.coppolecchia@roma1.infn.it)

- Scopo del corso:
  - Imparare come si fanno misure di tipo elettrico,
  - Come funzionano gli strumenti e come si connettono tra di loro
- Importanza del corso
  - La maggior parte dei sensori di osservabili fisiche sono trasduttori, che convertono l' osservabile fisica in una quantità elettrica (carica, corrente, tensione ...)
  - Meglio si misurano le quantità elettriche, meglio si misura l' osservabile fisica che ci interessa.

# Laboratorio di Elettromagnetismo

## S. Masi / A. Coppolecchia

– Pagina web:

<http://oberon.roma1.infn.it/lezioni/laboratorioelettromagnetismo/index.html>

Testi consigliati vedi pag. web

Silvia Masi : stanza 148

Orario ricevimento, vedi pagina web

Calendario esercitazioni ed esami, vedi pagina web

Concordato con altri due canali:

La lezione del venerdì è utilizzata anche per la preparazione dell'esonero e della prova pratica.

Potete contattare sia me che Alessandro via email, se non risponde uno dei due entro un giorno o due, chiamatemi all'interno 271 (o venite direttamente in stanza 148 primo piano edificio Marconi o in laboratorio G31)

# Corso di laboratorio di elettromagnetismo

- Il corso e' basato su
  - Lezioni in Aula : il mercoledì' 11-13 e venerdì 10-11 in aula Conversi
  - Esperienze di Laboratorio: il mercoledì' pomeriggio 14:30-18:30 lab. Via Tiburtina (da confermare)
- Nelle lezioni in aula si daranno tutte le informazioni (complementari a quanto state studiando in elettromagnetismo) necessarie a
  - Capire come funzionano gli strumenti di misura
  - Capire come si fanno (ed ottimizzano) le misure
- Quanto spiegato in aula verrà poi applicato in laboratorio

# Corso di laboratorio di elettromagnetismo

7 Esperienze di Laboratorio presso i laboratori di Via Tiburtina:

Il mercoledì' pomeriggio, calendario provvisorio (a partire dal 29 Marzo). Vedi pagina web

Prima di entrare in laboratorio vi saranno illustrate le modalita' di uso del laboratorio stesso e le norme di sicurezza alle quali attenersi nell'utilizzo del laboratorio. Dovrete firmare un foglio per confermare il fatto che siete stati informati sulle norme suddette.

- **Misure in Corrente Continua (21 Marzo)**
- **Oscilloscopio, gen. segnali e RC/CR 1 (11 Aprile)**
- **Oscillosc., gen. segnali e RC/CR 2 (2 Maggio)**
- **RCL - 1 (9 Maggio)**
- **RCL - 2 (16 Maggio)**
- **Diodo (23 Maggio)**
- **Linea di ritardo (30 Maggio)**
- **Esonero 1 (Aprile 2018) da confermare la data (pag. web. t.b.d.)**
- **Esonero 2 (Maggio 2018) come sopra**
- **Prova pratica 11, 12, 13 Giugno**
- **Prova orale Giugno ... e Luglio... (foglio appeso porta st.148... )**

## **Quaderni di laboratorio**

Saranno di gruppo e devono essere controllabili periodicamente. Come impostazione, i quaderni saranno più dei "logbook" che delle vere relazioni, anche se conterranno, oltre ai dati, delle rapide elaborazioni sui dati stessi.

## **Relazione**

La relazione è individuale su un tema, riguardante una o più esercitazioni, assegnato dal docente, ed è basata sui dati raccolti durante le esercitazioni e registrati nel logbook. Dovrà essere portata all'orale, insieme al quaderno, e sarà valutata ai fini dell'esame.

## **Assenze**

Le esercitazioni hanno carattere di lavoro di gruppo. È ammessa una sola assenza, che va comunque recuperata tempestivamente. Eventuali eccezioni, opportunamente giustificate, saranno trattate individualmente.

**Gruppi di laboratorio:** Saranno composti da due o tre persone al massimo e saranno formati prima della prima esercitazione, per consentire la compilazione dei registri per le presenze. Si raccomanda la puntualità perché il tempo a noi concesso in laboratorio è dalle 14:30 alle 18:30 (o, da confermare coi tecnici, dalle 15 alle 19)

**Lista studenti corso 2018:** Durante la prima lezione vi sarà dato un foglio sul quale dovrete scrivere in stampatello Cognome, Nome e recapito email (scrivete in maniera leggibile!) Spediro' una e-mail di verifica a tutta la mailing list che stilerò in base ai vostri nomi/recapiti, le comunicazioni via email con me e con A. Coppolecchia dovranno sempre riportare come oggetto la dicitura: lab. em. e circuiti, entrambi riceviamo un centinaio di messaggi al giorno in media, oltre ai vostri, quindi è bene che i vostri siano individuabili immediatamente per permetterci di rispondere tempestivamente.

**Laboratorio Libero** Per recuperare l'assenza ed esercitarsi è possibile usare uno dei giorni che stabiliremo una volta avuto il numero totale degli studenti dei tre canali. Normalmente utilizzavamo il giovedì, dalle 14:30 alle 18:30 con i tecnici dei laboratori: Fabio Basti e Laura Di Benedetto (06 49913938 ). (email: nome.cognome@uniroma1.it).

# Circuiti elettrici

- Un circuito elettrico e' un insieme di elementi collegati tra loro allo scopo di trasferire energia elettrica.
- L' energia elettrica puo' essere immagazzinata sotto forma di campo elettrico o campo magnetico; puo' derivare da energia chimica o meccanica o radiativa e puo' produrre calore o movimento. Per questo e' importante saperla trasferire ed utilizzare al meglio.

# Circuiti elettrici

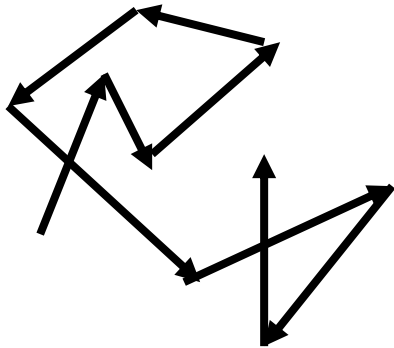
- Un circuito elettrico e' un insieme di **elementi** collegati tra loro allo scopo di trasferire energia elettrica.
- Gli elementi fondamentali ideali di un circuito elettrico possono essere
  - **Attivi** : quando forniscono energia agli altri elementi, ad esempio generatori di tensione elettrica, generatori di corrente, batterie etc.
  - **Passivi**: quando dissipano o immagazzinano energia: resistori, condensatori, induttori

# Correnti elettriche

- Una corrente elettrica e' un movimento di cariche elettriche.
- Noi avremo a che fare col movimento di elettroni in conduttori e semiconduttori
- $e^- : (1.60217653 \pm 0.000000014) \times 10^{-19}$  Coulomb
- Per noi:  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulomb

# Correnti elettriche

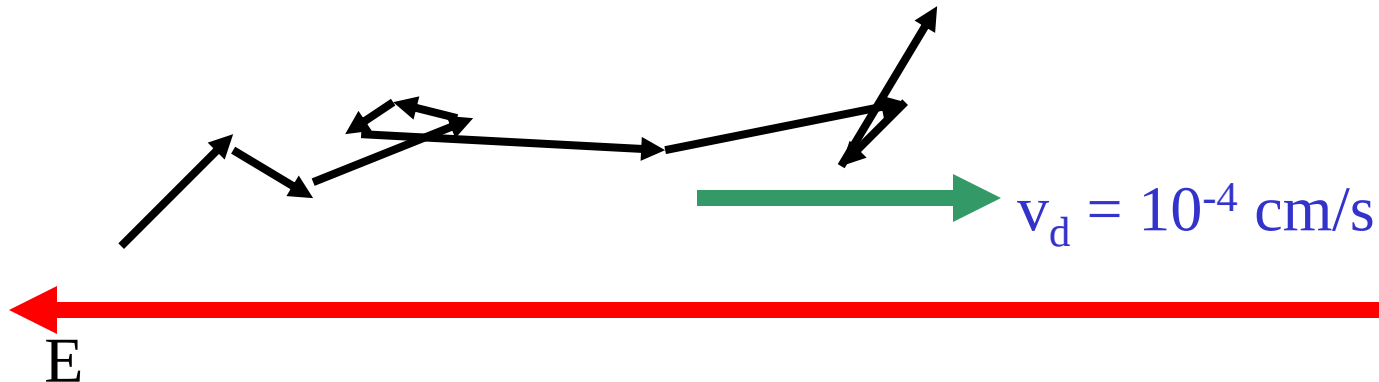
- Moto di un elettrone in un metallo:
- Agitazione termica



L' elettrone urta continuamente contro gli atomi del reticolo cristallino, e viene deviato in una direzione qualsiasi. il moto medio e' casuale (browniano)

$$\langle v^2 \rangle^{1/2} = 10^6 \text{ cm/s}$$

- Agitazione termica in presenza di un campo elettrico: si instaura una lenta velocita' di deriva



# La legge di Ohm

- Sia  $\tau$  il tempo medio tra due urti e  $v_d$  la velocità di deriva: il libero cammino medio sarà  $L = \tau v_d$ .
- Il moto tra due urti è dovuto alla forza del campo elettrico  $\mathbf{F} = -e\mathbf{E}$ , e sarà quindi uniformemente accelerato con  $\mathbf{a} = -e\mathbf{E}/m$ .
- La velocità media sarà  $v_d = a\tau = -(eE/m)\tau$ .
- Si definisce la **Densità di corrente  $\mathbf{J}$**  come la Quantità di carica per unità di tempo attraverso l'unità di superficie (per una sezione trasversale).

# La legge di Ohm

- Se  $N$  e' il numero dei portatori di carica per  $m^3$ , ognuno di essi di carica  $q$ , che si muovono nel conduttore con velocita'  $v_d$ , la carica che fluisce nell' unita' di tempo attraverso una sezione  $A$  del conduttore e':

$$I = \int_A Nq\vec{v}_d \cdot \vec{n} dA$$

- si chiama allora densita' di corrente il vettore:

$$\vec{J} = Nq\vec{v}_d$$

- Questo e' un vettore che ha la stessa direzione e lo stesso verso della velocita' di deriva dei portatori di carica che a sua volta ha direzione uguale e concorde al campo elettrico se la carica  $q$  e' positiva e discorde se la carica  $q$  e' negativa. In ogni caso  $J$  e' parallelo e concorde ad  $E$  e si misura in  $A/m^2$

# Legge di Ohm

- La densita' di corrente sara' quindi

$\mathbf{J} = -eN\mathbf{v}_d$  e quindi  $\mathbf{J} = (e^2\tau N/m)\mathbf{E}$  ovvero

$\mathbf{J} = \underline{\sigma}\mathbf{E}$  dove con  $\sigma$  si e' indicata la conducibilita' elettrica, che e' una caratteristica del metallo (e puo' dipendere dalla temperatura, dall' intensita' del campo  $\mathbf{E}$  e dalla direzione).

- In generale  $\mathbf{J} = \underline{\sigma}(\mathbf{E}) \mathbf{E}$  con  $\underline{\sigma}$  tensore del 2° ordine.

# Legge di Ohm

- Nel caso di un filo metallico omogeneo, isotropo, di sezione costante, e lineare,  $\sigma$  e' costante ed indipendente da  $E$  e dalla direzione.
- Il suo inverso e' detto resistivita':  $\rho=1/\sigma$ .
- Sia  $l$  la lunghezza del conduttore e  $S$  la sezione. Applichiamo una differenza di potenziale  $\Delta V$  ai capi del conduttore.

# Legge di Ohm

$$\Delta V = \int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = El$$

$$I = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n} da = JS$$

ma  $J = \sigma E$  e quindi  $\frac{I}{S} = \sigma \frac{\Delta V}{l}$

e quindi  $I = \frac{\sigma S}{l} \Delta V$

definendo la resistenza  $R = \frac{l}{\sigma S}$

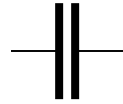
si trova la legge di Ohm  $\Delta V = RI$



# Correnti elettriche

- Vedremo che grazie alle correnti elettriche si possono trasferire energia ed informazioni all'interno di circuiti elettrici.
- Ci interessano quindi le relazioni tra differenza di potenziale e corrente per i diversi elementi di un circuito elettrico.
- Lo studio dei circuiti elettrici consiste nel saper calcolare e misurare le correnti e le tensioni in qualunque punto di un circuito comunque complicato.

- Per gli elementi passivi valgono le seguenti relazioni, note dallo studio dell' elettromagnetismo:



$$V = RI;$$

Legge di Ohm

$$I = V / R;$$

$$V = \frac{1}{C} \int_0^t Idt;$$

Def. di  $C=Q/V$

$$I = C \frac{dV}{dt};$$

$$V = L \frac{dI}{dt}$$

Legge di Lenz

$$I = \frac{1}{L} \int_0^t Vdt$$

- Dove:
  - $V$  = differenza di potenziale ai capi dell' elemento considerato,
  - $I$  = intensita' di corrente che attraversa l' elemento stesso,
  - $R$  =resistenza,
  - $C$  =capacita',
  - $L$  =coefficiente di autoinduzione (o induttanza),  $t$  = tempo

# Elementi reali di un circuito elettrico (passivi)

- *Resistori*
  - A filo metallico
  - A impasto
  - A film metallico
- *Condensatori*
  - A mica
  - A poliestere
  - A ceramica
  - Elettrolitici
- *Resistori variabili*  
(trimmer e potenziometri)
- *Condensatori variabili*
- *Induttori* (con o senza nucleo in ferrite)

# Resistori

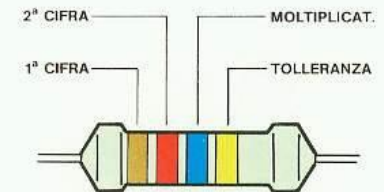
- Sono disponibili in
  - valori da  $0.01\Omega$  a  $10^{12}\Omega$
  - potenze dissipabili da  $1/8W$  a  $250W$
  - Precisione da  $0.005\%$  a  $20\%$
- I piu' economici sono fatti da un **impasto di carbone**: viene garantita una tolleranza del  $5\%$  intorno al valore nominale, ma: (res. Allen Bradley serie AB tipo CB):
  - Saldando puo' cambiare il valore del  $2\%$  (permanente)
  - Vibrazioni ( $20g$ ) e shock ( $100g$ )  $\rightarrow$   $2\%$  (permanente)
  - Umidita' ( $95\%$  a  $40^\circ$ ) cambia il valore dal  $6\%$  al  $10\%$  (non permanente)
  - $10V$  di ddp applicata cambiano il valore da  $-0.15\%$  a  $-0.3\%$
  - Variando  $T$  da  $25^\circ C$  a  $-15^\circ C$   $R$  varia del  $2.5\%-4.5\%$
  - Variando  $T$  da  $25^\circ C$  a  $+85^\circ C$   $R$  varia del  $3.3\%-5.9\%$

# Resistori

- Altri difetti dei resistori a impasto sono l'induttanza (che può essere importante ad alte frequenze) e il loro rumore a basse frequenze.
- Se serve maggiore precisione si usano resistori ottenuti evaporando un sottile film metallico su un supporto isolante. (resistori a strato metallico): garantiscono tolleranze dell' 1% e stabilità migliori dello 0.1%.

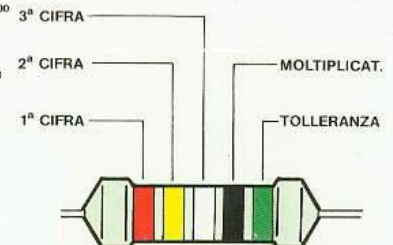
## RESISTENZE a CARBONE

| 1ª CIFRA    | 2ª CIFRA | MULTIPLICAT. | TOLLERANZA  |
|-------------|----------|--------------|-------------|
| NERO —      | 0        | x 1          | 10% ARGENTO |
| MARRONE 1   | 1        | x 10         | 5% ORO      |
| ROSSO 2     | 2        | x 100        |             |
| ARANCIONE 3 | 3        | x 1.000      |             |
| GIALLO 4    | 4        | x 10.000     |             |
| VERDE 5     | 5        | x 100.000    |             |
| AZZURRO 6   | 6        | x 1.000.000  |             |
| VIOLA 7     | 7        |              |             |
| GRIGIO 8    | 8        |              |             |
| BIANCO 9    | 9        |              |             |



## RESISTENZE a Strato METALLICO

| 1ª CIFRA    | 2ª CIFRA | 3ª CIFRA | MULTIPLICAT. | TOLLERANZA |
|-------------|----------|----------|--------------|------------|
| NERO —      | 0        | 0        | x 1          | 0,5%       |
| MARRONE 1   | 1        | 1        | x 10         | 1%         |
| ROSSO 2     | 2        | 2        | x 100        | 2%         |
| ARANCIONE 3 | 3        | 3        | x 1.000      |            |
| GIALLO 4    | 4        | 4        | x 10.000     |            |
| VERDE 5     | 5        | 5        | x 100.000    |            |
| AZZURRO 6   | 6        | 6        | x 1.000.000  |            |
| VIOLA 7     | 7        | 7        |              |            |
| GRIGIO 8    | 8        | 8        |              |            |
| BIANCO 9    | 9        | 9        |              |            |

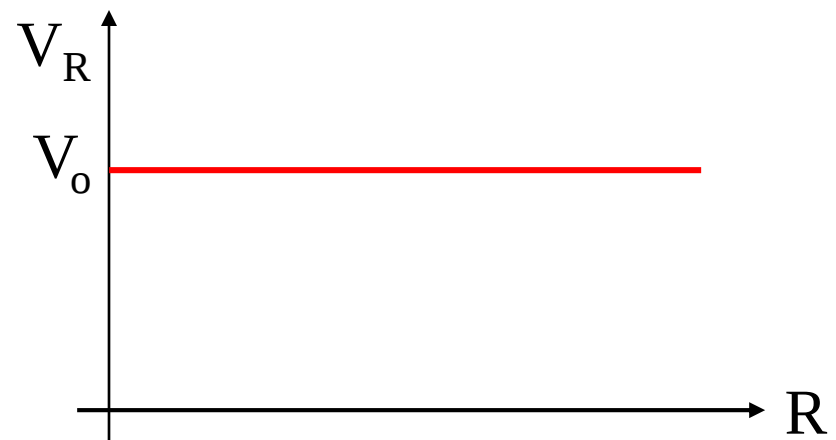
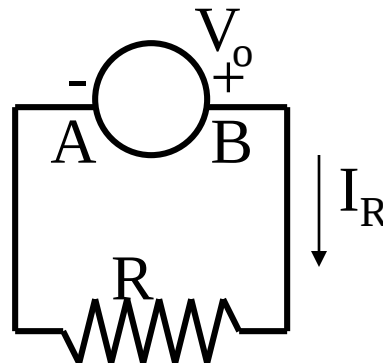


# Condensatori

| Tecnologia:   | Capacita'                 | Accuratezza | Perdite    | $\Delta C/\Delta T$ |   |
|---------------|---------------------------|-------------|------------|---------------------|---|
| Mica          | 1pF - 0.01 $\mu$ F        | Buona       | Buona      | Buona               |   |
| Ceramici      | 10pF - 1 $\mu$ F          | Scarsa      | Moderata   | Moderata            |   |
| Mylar         | 1nF - 50 $\mu$ F          | Buona       | Buona      | Buona               |   |
| Policarbonato | 100pF - 30 $\mu$ F        | Eccellente  | Eccellente | Eccellente          |   |
| Teflon        | 1nF - 2 $\mu$ F           | Eccellente  | Migliore   | Migliore            |   |
| Vetro         | 10pF - 1nF                | Buona       | Eccellente | Eccellente          |   |
| Tantalio      | 0.1 $\mu$ F - 500 $\mu$ F | Scarsa      | -          | -                   | * |
| Elettrolitici | 0.1 $\mu$ F - 1F          | Terribile   | Terribile  | Terribile           | * |

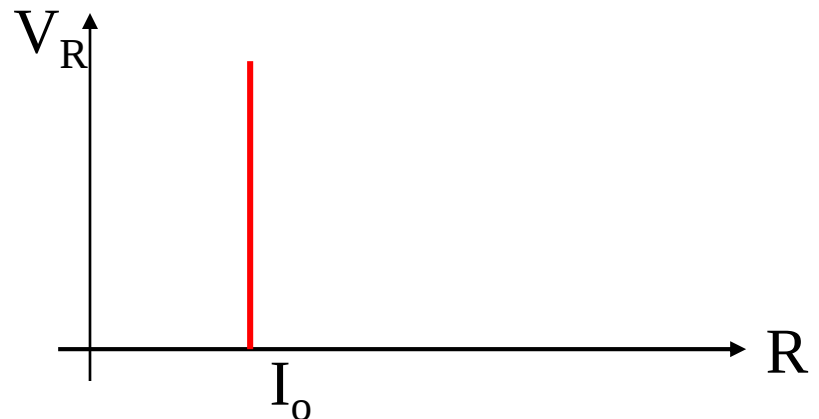
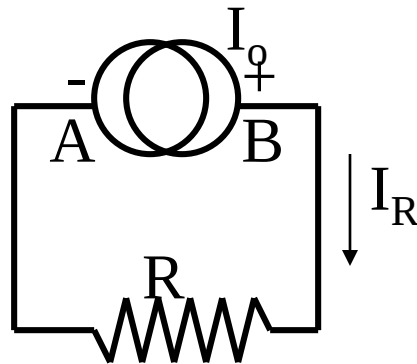
# Generatore ideale di tensione

- E' una sorgente di energia capace di mantenere una differenza di potenziale costante tra due punti A e B, indipendentemente da cio' che viene connesso tra quei due punti.
- Se si connette un circuito elettrico tra quei due punti, il generatore fara' scorrere corrente nel circuito in modo che  $\Delta V_{AB}$  rimanga costante, indipendentemente dai componenti del circuito e dalle loro variazioni.
- Esempio:



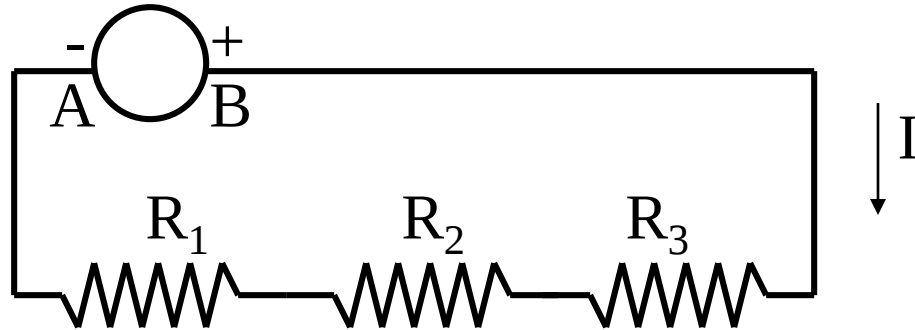
# Generatore ideale di corrente

- E' una sorgente di energia capace di erogare una corrente di intensita'  $I_0$  costante, iniettandola in un punto A e ricevendone altrettanta in un punto B, indipendentemente da cio' che viene connesso tra A e B.
- Se si connette un circuito elettrico, il generatore variera' la tensione  $\Delta V_{AB}$  in modo che  $I$  rimanga costante, indipendentemente dai componenti del circuito e dalle loro variazioni.
- Esempio:



# Semplici circuiti elettrici

- Circuito con resistenze in serie



$$V_1 = R_1 I; \quad V_2 = R_2 I; \quad V_3 = R_3 I; \quad \text{ma}$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V; \quad \text{quindi}$$

$$R_1 I + R_2 I + R_3 I = V \quad \text{da cui}$$

$$V = RI \quad \text{con} \quad R = R_1 + R_2 + R_3; \quad R = \sum_i R_i$$

# Semplici circuiti elettrici

- Circuito con resistenze in parallelo

$$I_1 = V_1 / R_1; \quad I_2 = V_2 / R_2; \quad I_3 = V_3 / R_3;$$

$$\text{ma} \quad V_1 = V_2 = V_3 = V;$$

$$\text{inoltre} \quad I_1 + I_2 + I_3 = I \quad \text{da cui}$$

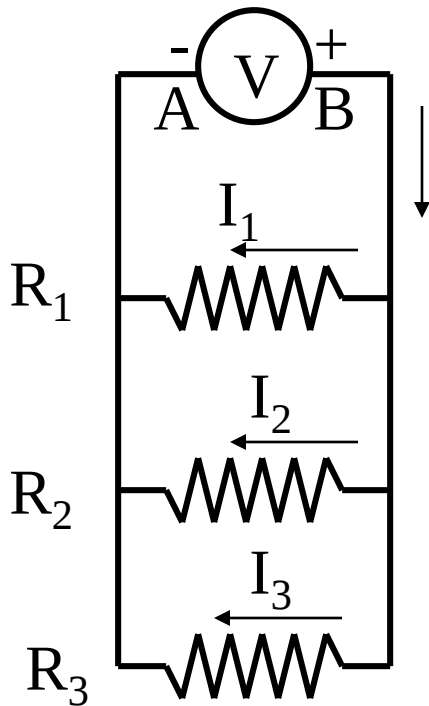
$$I = V / R_1 + V / R_2 + V / R_3 =$$

$$= V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad \text{da cui}$$

$$V = RI \quad \text{con}$$

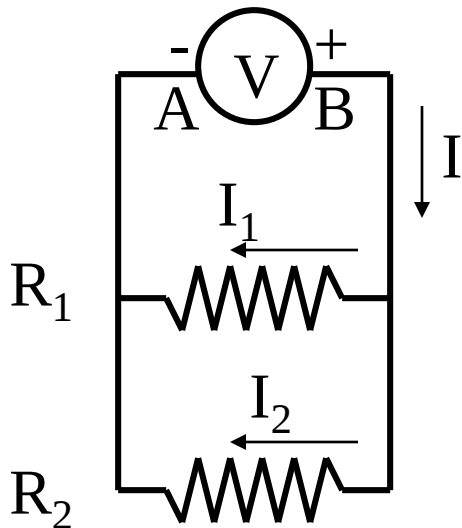
$$\frac{1}{R} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right):$$

$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$



# Semplici circuiti elettrici

- Parallelo di due resistenze



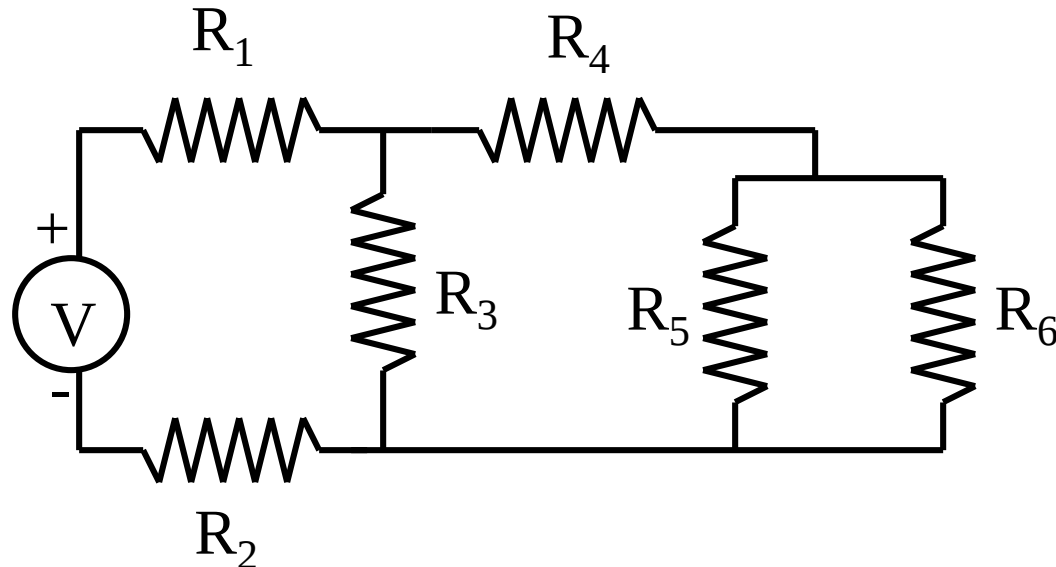
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{1 + \frac{R_1}{R_2}} = \frac{R_2}{1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

- Il denominatore e' sempre  $>1$ , quindi  $R$  e' sempre inferiore alla piu' piccola delle resistenze componenti il circuito.

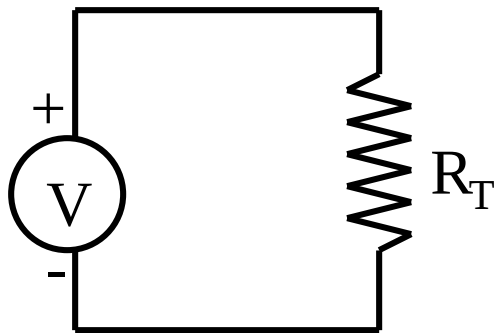
# Rete

- Una connessione di circuiti serie e parallelo si chiama rete. Applicando ripetutamente le formule di serie e parallelo si può ricavare la resistenza equivalente.



# Rete

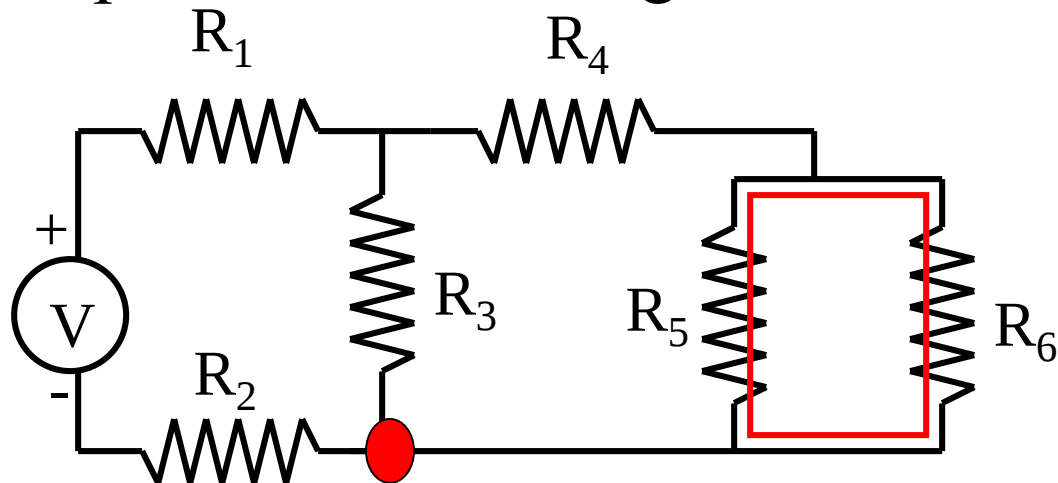
- Una connessione di circuiti serie e parallelo si chiama rete. Applicando ripetutamente le formule di serie e parallelo si può ricavare la resistenza equivalente.



$$R_T = R_1 + R_2 + \frac{R_3 \left( R_4 + \frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6} \right)}{R_3 + R_4 + \frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6}}$$

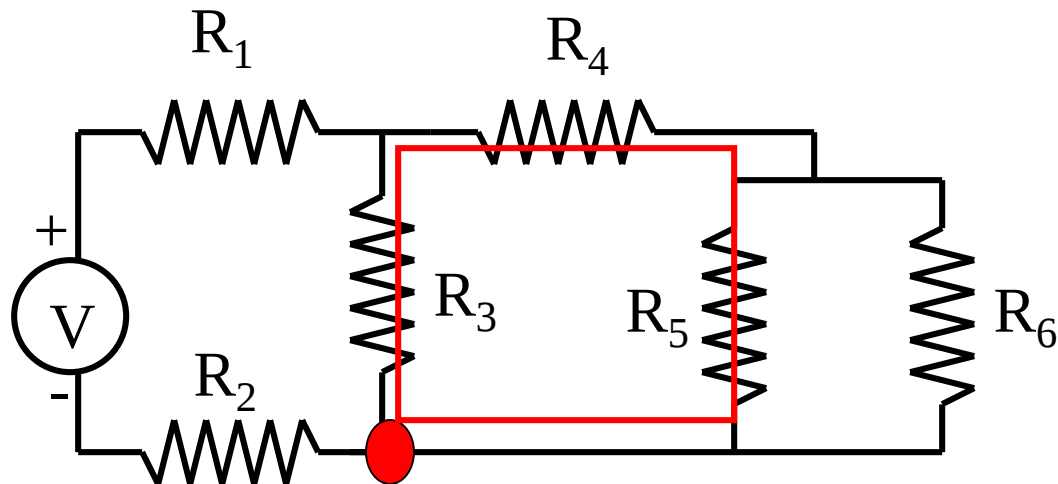
# Principi di Kirchhoff

- Una rete qualunque di conduttori puo' essere sempre pensata come costituita da nodi e da maglie.
- Un **nodo** e' un punto in cui convergono piu' conduttori
- Una **maglia** e' il percorso che si ottiene partendo da un nodo e muovendosi lungo i conduttori della rete in modo da tornare al punto di partenza senza percorrere piu' di una volta ogni conduttore.



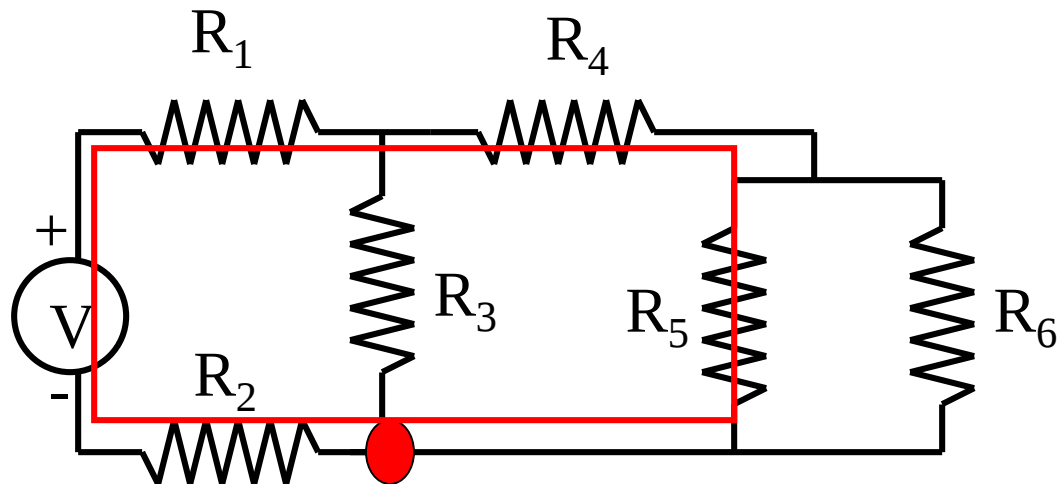
# Principi di Kirchhoff

- Una rete qualunque di conduttori puo' essere sempre pensata come costituita da nodi e da maglie.
- Un nodo e' un punto in cui convergono piu' conduttori
- Una maglia e' il percorso che si ottiene partendo da un nodo e muovendosi lungo i conduttori della rete in modo da tornare al punto di partenza senza percorrere piu' di una volta ogni conduttore.



# Principi di Kirchhoff

- Una rete qualunque di conduttori puo' essere sempre pensata come costituita da nodi e da maglie.
- Un nodo e' un punto in cui convergono piu' conduttori
- Una maglia e' il percorso che si ottiene partendo da un nodo e muovendosi lungo i conduttori della rete in modo da tornare al punto di partenza senza percorrere piu' di una volta ogni conduttore.

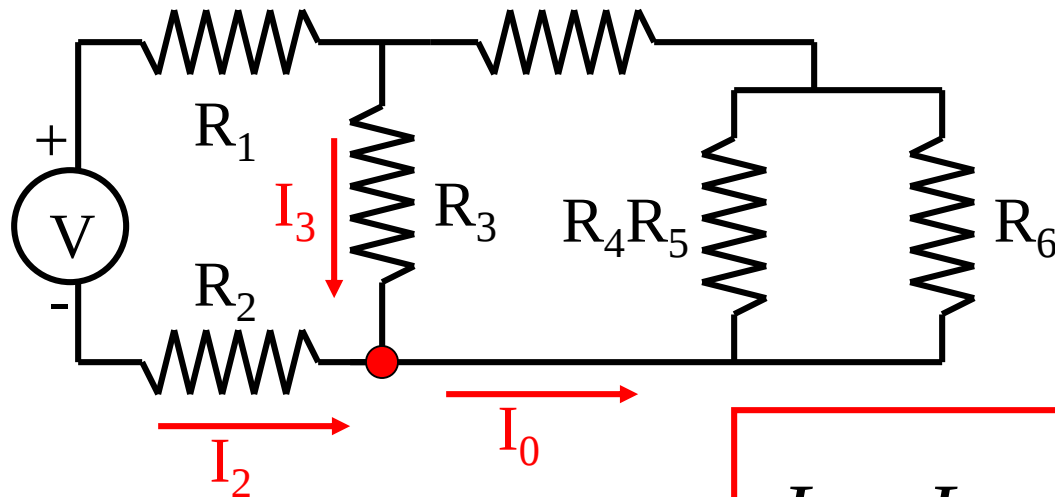


# Primo Principio di Kirchhoff

- La somma algebrica delle correnti confluenti in un nodo di un circuito elettrico e' sempre nulla:

$$\sum_k I_k = 0$$

- Si intendono positive le correnti entranti e negative quelle uscenti.



$$I_2 + I_3 - I_0 = 0$$

# Primo Principio di Kirchhoff

- Questa legge deriva dal fatto che la carica non si può accumulare nei nodi: in un certo intervallo di tempo la carica che entra deve essere uguale a quella che esce.

# Secondo Principio di Kirchhoff

- Lungo una qualsiasi maglia di un circuito elettrico e' nulla la somma di tutte le differenze di potenziale ai capi degli elementi che la costituiscono.

$$\sum_i V_i = 0$$

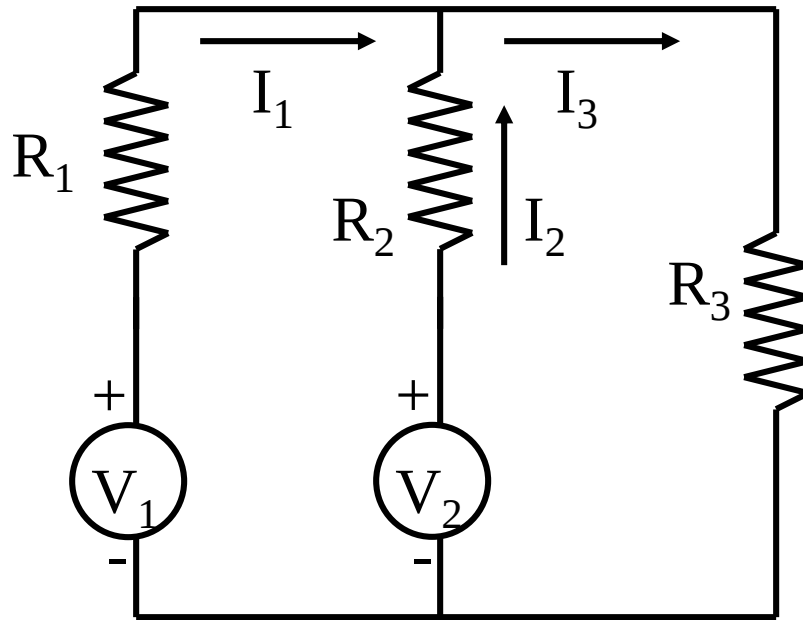
- Se si indicano con  $V_i$  le ddp dei generatori e con  $R_j I_j$  le cadute di tensione sulle resistenze, la stessa legge si puo' scrivere come:

$$\sum_i V_i = \sum_j R_j I_j$$

- Deriva direttamente dalla applicazione della legge di Ohm ai singoli elementi della maglia

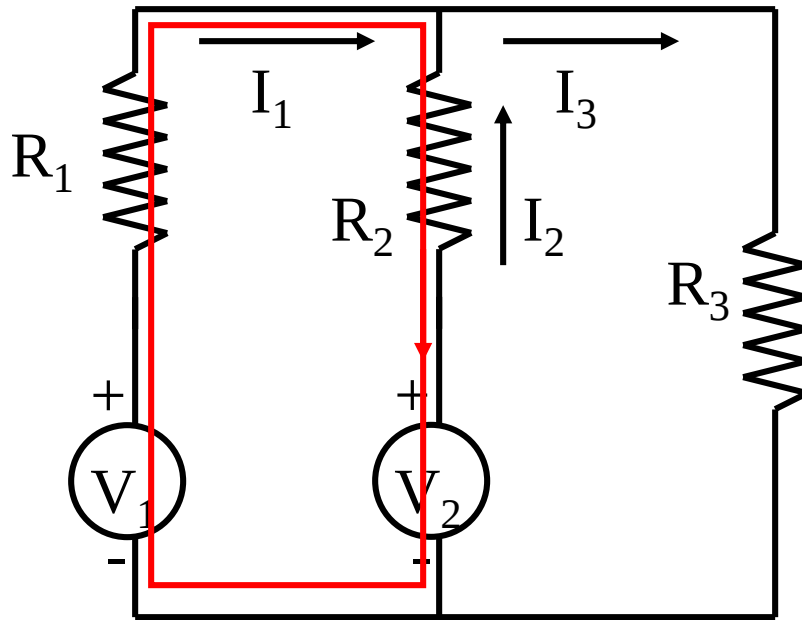
# Esempio sui Principi di Kirchhoff

- Questa relazione si utilizza fissando un verso arbitrario di percorrenza della maglia, e considerando positive tutte le ddp che tendono a far circolare la corrente in tale verso, e negative le altre. ; stesso criterio per i prodotti  $RI$
- Esempio: vogliamo trovare le correnti  $I_1, I_2, I_3$ .



# Esempio sui Principi di Kirchhoff

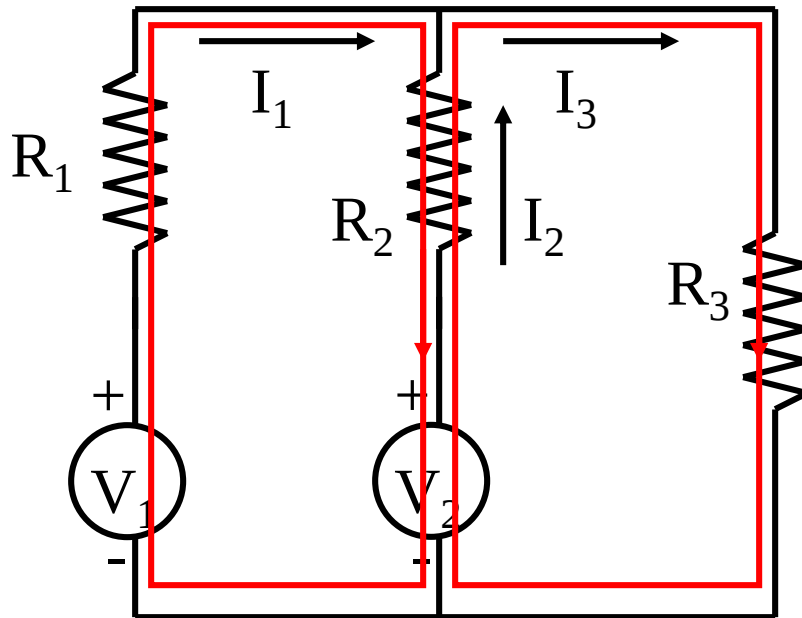
- Questa relazione si utilizza fissando un verso arbitrario di percorrenza della maglia, e considerando positive tutte le ddp che tendono a far circolare la corrente in tale verso, e negative le altre; stesso criterio per i prodotti  $RI$
- Esempio: vogliamo trovare le correnti  $I_1, I_2, I_3$ .



$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

# Esempio sui Principi di Kirchhoff

- Questa relazione si utilizza fissando un verso arbitrario di percorrenza della maglia, e considerando positive tutte le ddp che tendono a far circolare la corrente in tale verso, e negative le altre; stesso criterio per i prodotti  $RI$
- Esempio: vogliamo trovare le correnti  $I_1, I_2, I_3$ .

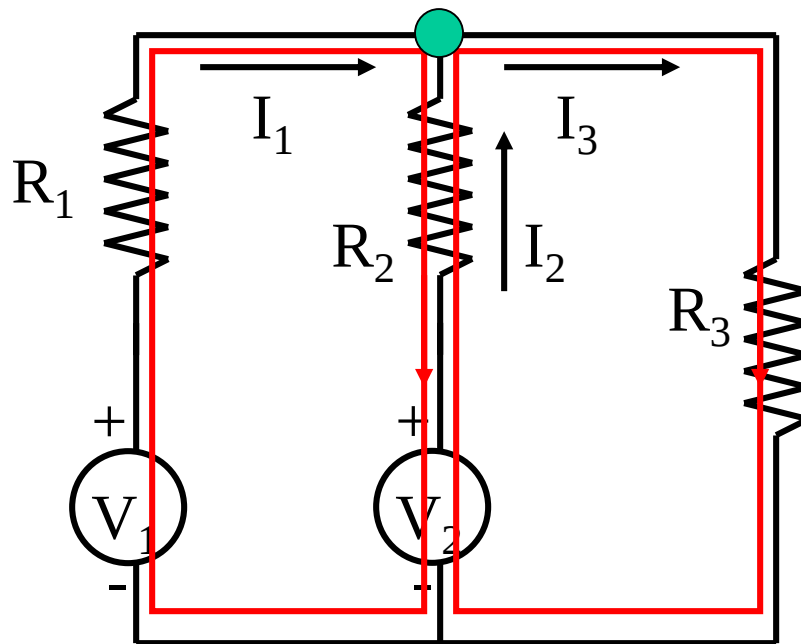


$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

$$V_2 = R_2 I_2 + R_3 I_3$$

# Esempio sui Principi di Kirchhoff

- Questa relazione si utilizza fissando un verso arbitrario di percorrenza della maglia, e considerando positive tutte le ddp che tendono a far circolare la corrente in tale verso, e negative le altre; stesso criterio per i prodotti  $RI$
- Esempio: vogliamo trovare le correnti  $I_1, I_2, I_3$ .



$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

$$V_2 = R_2 I_2 + R_3 I_3$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

# Esempio sui Principi di Kirchhoff

$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

$$V_2 = R_3 I_1 + (R_3 + R_2) I_2$$

e' un sistema lineare a 2 eq. e 2 inc. da cui

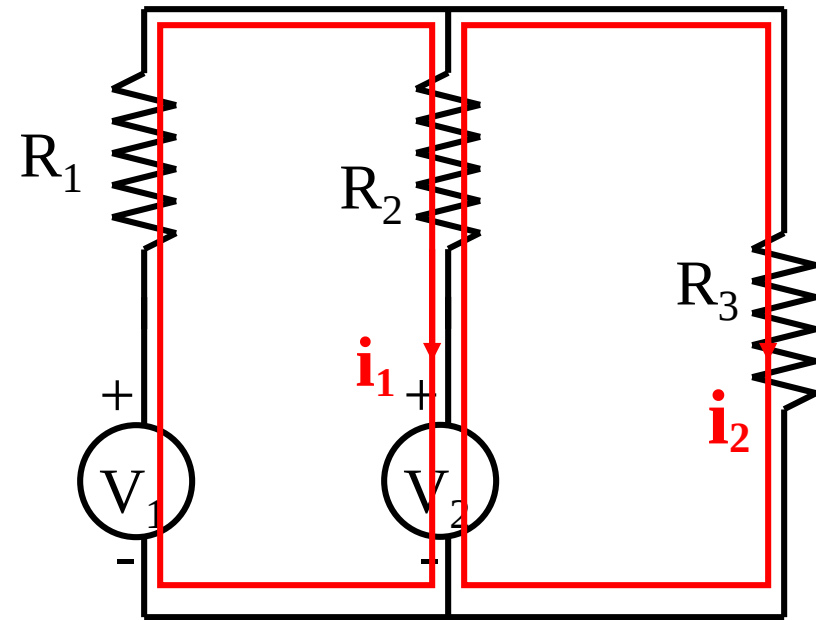
si trovano  $I_1, I_2$  e poi  $I_3 = I_1 + I_2$

in funzione delle V e delle R

# Metodo delle Maglie

- Nella precedente applicazione abbiamo utilizzato delle correnti fisiche  $I_1, I_2, I_3$ .
- La linearita' delle leggi fisiche in gioco permette di utilizzare correnti fittizie, dette **correnti di maglia**, per risolvere il circuito.
- Si fissano delle correnti di maglia con verso arbitrario, e si applica il secondo principio considerando positivi:
  - Le ddp dei generatori che tendono a far circolare la corrente di maglia nel verso prefissato
  - I prodotti  $RI$  per i quali il verso di  $I$  e' concorde con quello della corrente di maglia.

# Metodo delle Maglie

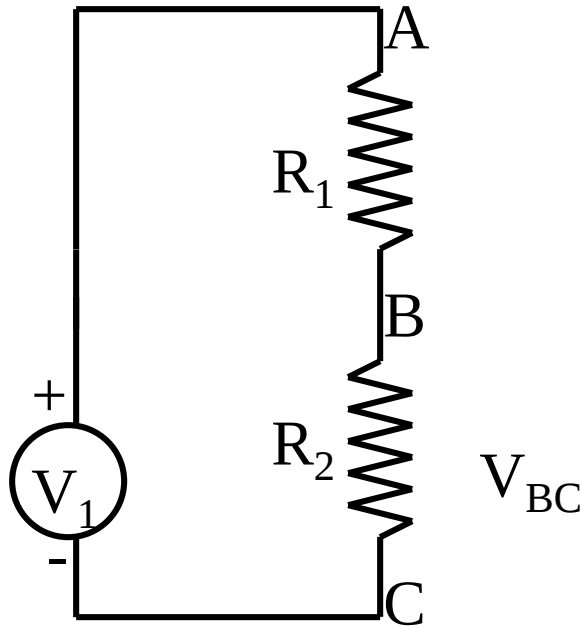


$$V_1 - V_2 = (R_1 + R_2)i_1 - R_2i_2$$

$$V_2 = -R_2i_1 + (R_2 + R_3)i_2$$

- Attenzione: le  $i$  di adesso non sono le  $I$  di prima !
- La corrente fisica che scorre davvero in un elemento del circuito e' la somma algebrica di tutte le correnti di maglia che ci scorrono.

# Applicazione 1: Il partitore di tensione



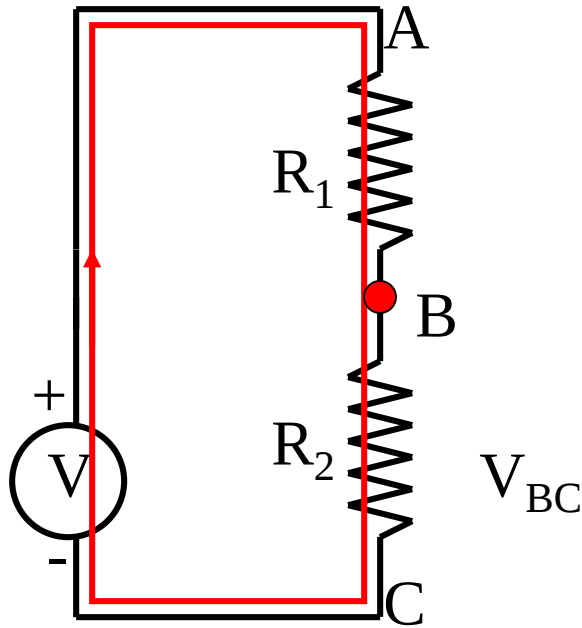
- Determinare la ddp ai capi della  $R_2$
- Si risolve direttamente:

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

$$V_B - V_C = R_2 I = \frac{V R_2}{R_1 + R_2}$$

- E' un circuito utilissimo, perche' permette, partendo da una tensione  $V$ , di ottenerne un'altra di un valore qualsiasi compreso tra 0 e  $V$ : basta scegliere una  $R_2$  opportuna !

# Applicazione 1: Il partitore di tensione



- Ma si puo' risolvere anche con Kirchhoff:

per il nodo B:  $I_1 - I_2 = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 = I$

per la maglia:  $V = R_1 I_1 + R_2 I_2 = (R_1 + R_2) I$

e quindi:  $V_{BC} = I R_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$