



Università degli Studi di Pavia  
Facoltà di Ingegneria

# Corso di Principi e Applicazioni di Elettrotecnica

## Concetti base



# Concetti base

## ■ GRANDEZZE ELETTRICHE FONDAMENTALI

**Carica  $q$  [As]**  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

I portatori di carica possono essere negativi o positivi (e.g. in un semiconduttore: elettroni e lacune)

**Energia  $e$  [J]**

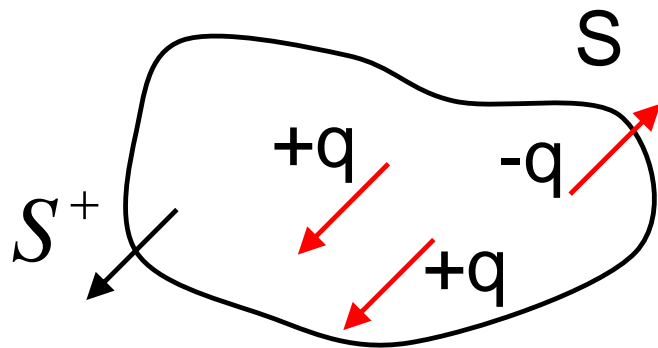
L'energia si presenta in diverse forme (chimica, termica, meccanica, **elettrica**)

L'energia si può **convertire** da una forma all'altra.  
La forma elettrica è particolarmente pregiata per la trasmissibilità a lunga distanza.

# Concetti base

## ■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

### Corrente $i$ [A]



S aperta, orientata

Carica totale che attraversa S in  $\Delta t$

$$\Delta q = +mq - (-nq) = (m+n)q$$

Corrente media

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

Corrente di conduzione:  
moto ordinato delle cariche sottoposte ad un campo elettrico esterno (i.e. forza agente per unità di carica)

Convenzionalmente il verso della corrente è quello delle cariche +

istantanea

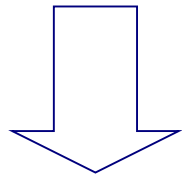
$$i = \frac{dq}{dt}$$

# Concetti base

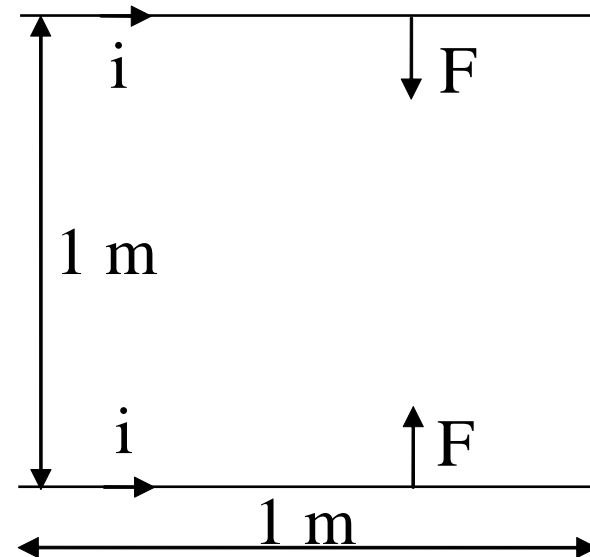
## ■ UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALE

### La corrente elettrica (nel sistema MKSA)

Quando  $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 200 \text{ nN}$



$$i = 1 \text{ A}$$



Forza 'piccola', corrente 'grande'



# Concetti base

## ■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

### Tensione $v$ [V]

La tensione  $v_{AB}$  fra due punti A e B è il **lavoro** della **forza agente sulla carica** per spostare la carica positiva unitaria dal punto A al punto B

$$dv = \frac{d\ell_{AB}}{q} \quad \text{spesa energetica per unità di carica}$$

In un sistema elettrico conservativo, la tensione dipende solo dagli estremi (A,B) del percorso





# Concetti base

## ■ GRANDEZZE DERIVATE

### Potenza $p$ [W]

$$p = \frac{de}{dt} \quad \text{tasso di variazione dell'energia}$$

La potenza, in qualunque forma si trovi, si può **fattorizzare**  $p = f_i \cdot f_e$

$f_i$ : fattore intensivo ('through')

$f_e$ : fattore estensivo ('across')



# Concetti base

## ■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

Esempi di fattorizzazione della potenza

	$f_i$	$f_e$
MECCANICA	F (forza)	v (velocità)
	C (coppia)	N (vel. angolare)
TERMODINAMICA	Q (calore)	$\Delta T$ (differenza di temperatura)
IDRAULICA	G (portata)	$\Delta h$ (dislivello)

**POTENZA ELETTRICA  $p = i \cdot v$**





# Concetti base

## ■ UNITÀ DI MISURA DERIVATE

### La carica elettrica: [C] coulomb

$$\text{da } i = \frac{dq}{dt} \quad \Longrightarrow \quad [C] = [A][s]$$

### La tensione elettrica: [V] volt

$$\text{da } p = v \cdot i \quad \Longrightarrow \quad [V] = [W] / [A] = \\ ([W][s]) / ([A][s]) = \\ = [J] / [C]$$

$$\text{da } dv = \frac{d\ell_{AB}}{q} \quad \Longrightarrow \quad [V] = [J] / [C]$$



# Concetti base

## ■ SISTEMI ELETTRICI

Si possono descrivere ( modelli matematici )

- da un punto di vista locale

### **CAMPI**

fenomeni locali, cioè azioni meccaniche, sulle strutture che portano cariche in quiete o in moto

- da un punto di vista globale

### **CIRCUITI**

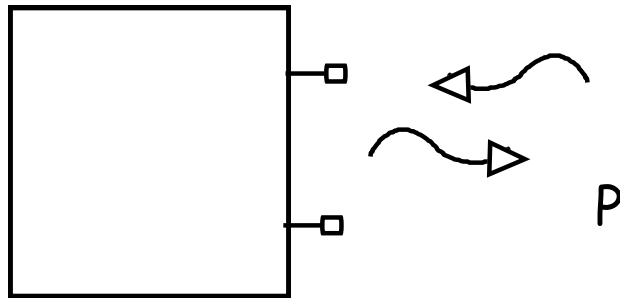
blocchi funzionali che convertono, trasmettono e utilizzano **energia** o **informazione**

# Concetti base

## ■ IL BIPOLO

*Sistema elettrico elementare  
caratterizzato da due morsetti*

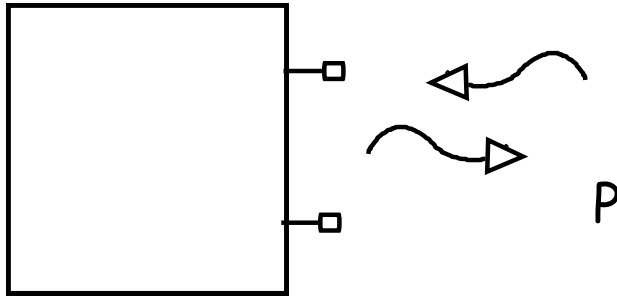
*E' il più semplice sistema considerato  
globalmente (scambi di potenza)*



*Il bipolo scambia  
potenza elettrica  $p$   
attraverso una porta  
definita da una  
coppia di morsetti*

# Concetti base

## ■ IL BIPOLO



Ai morsetti è possibile definire e misurare la terna  $(p, v, i)$  tale che  $p = vi$

$p, v, i$ , sono grandezze scalari dotate di segno

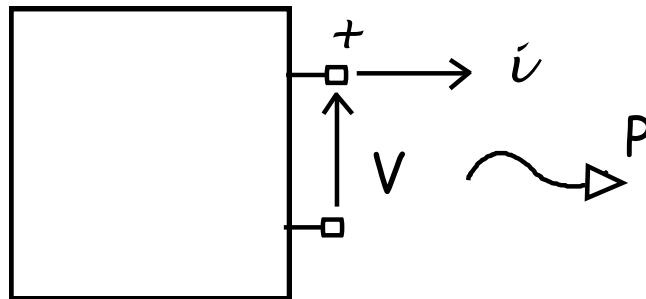
Occorre perciò definire una convenzione di riferimento e cioè

- fissare uno dei due morsetti ( + = riferimento )
- definire il segno positivo per  $p, v, i$

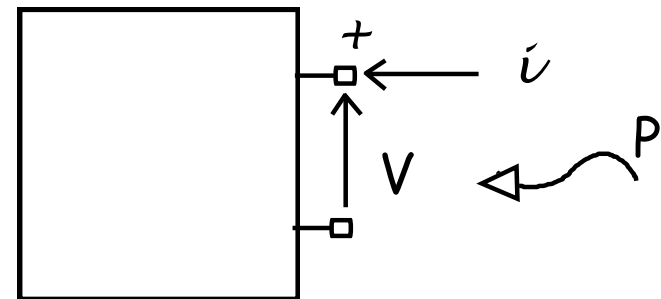
# Concetti base

## ■ CONVENZIONI DI SEGNO PER I BIPOLI

### Convenzione dei generatori



### Convenzione degli utilizzatori



*Nel considerare un bipolo bisogna sempre fare riferimento ad una convenzione*



# Concetti fondamentali

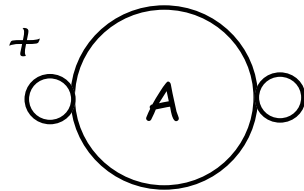
## ■ COMPORTAMENTO ENERGETICO DEI BIPOLI

<b>Segno potenza</b>  <b>Convenzione</b>	<b><math>p &gt; 0</math></b>	<b><math>p &lt; 0</math></b>
<b>Utilizzatori</b>	Utilizzatore	Generatore
<b>Generatori</b>	Generatore	Utilizzatore

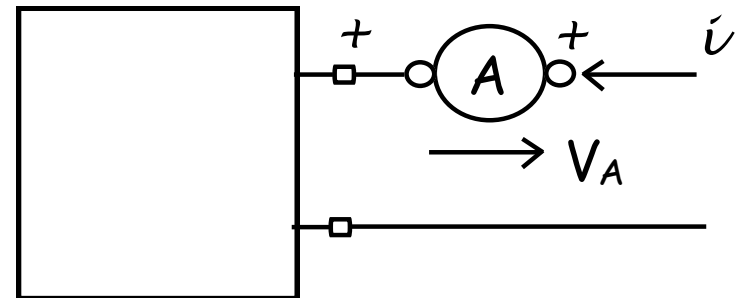
# Concetti base

## ■ MISURARE LA CORRENTE

Con l'**amperometro**  
(bipolo utilizzatore  
contrassegnato con la  
convenzione degli utilizzatori)



Va inserito in **serie** (cascata)  
perché deve sentire la  
corrente 'attraverso' (through)



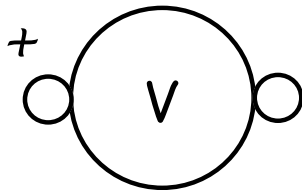
*Non deve perturbare gli scambi di potenza*

$$(v_A = 0, p_A = i \cdot v_A = 0)$$

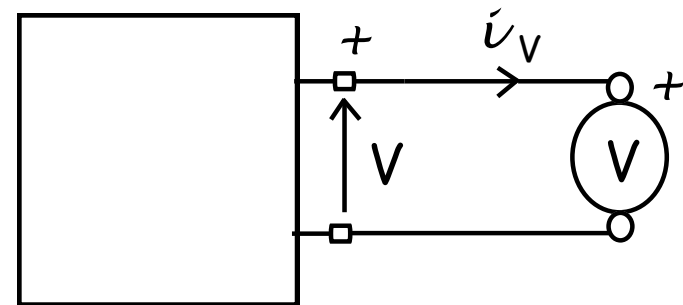
# Concetti base

## ■ MISURARE LA TENSIONE

Con il **voltmetro**  
(bipolo utilizzatore  
contrassegnato con la  
convenzione degli  
utilizzatori)



Va inserito in **parallelo**  
(derivazione)  
perché deve sentire la  
tensione 'tra' (across)



Non deve perturbare gli scambi di potenza  
(  $i_V = 0$  ,  $p_V = v \cdot i_V = 0$  )

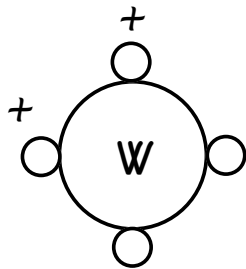


# Concetti base

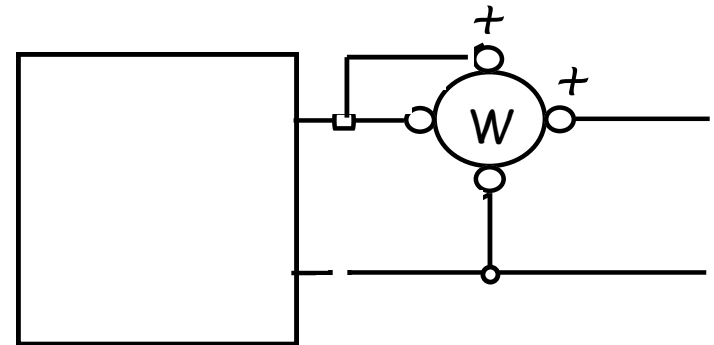
## ■ MISURARE LA POTENZA

Con il **wattmetro**

*(doppio bipolo utilizzatore  
contrassegnato con la  
convenzione degli utilizzatori)*



*Inserzione:*



Morsetti **amperometrici** in serie

Morsetti **voltmetrici** in parallelo

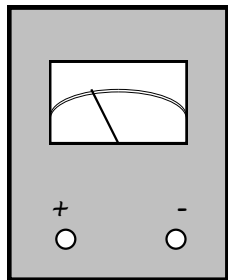
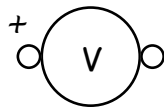
# Concetti fondamentali

## ■ DIVERSI TIPI DI STRUMENTI

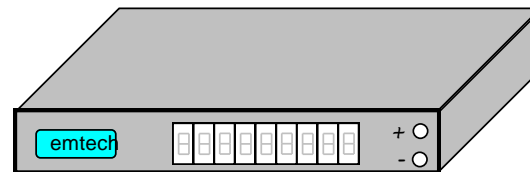
per diversi TIPI DI REGIME

### Regime stazionario

Strumenti indicano un valore, ad esempio il  
voltmetro



analogico  
(a indice)



digitale  
(a cifre)

# Concetti fondamentali

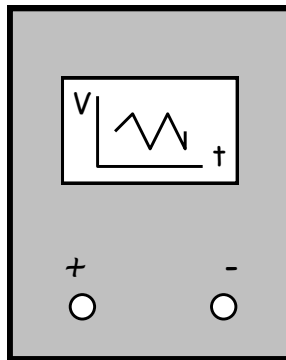
## ■ DIVERSI TIPI DI STRUMENTI

per diversi TIPI DI REGIME

### Regime variabile

Strumenti registratori

(registrano una funzione del tempo, ad es.  $v(t)$  )



Oscilloscopio a raggi  
catodici ( CRO )  
(voltmetro registratore)



# Concetti fondamentali

## ■ CARATTERISTICHE DI UNO STRUMENTO

- **regime** ( c.c., c.a., variabile )
- **portata** ( massima indicazione )
- **classe** ( massimo errore percentuale relativo alla portata )