



Università degli Studi di Pavia
Facoltà di Ingegneria

Corso di Elettrotecnica

Concetti fondamentali

Dipartimento di Ingegneria Elettrica

www.unipv.it/electric/cad



Concetti fondamentali

■ UNITÀ DI MISURA

MKSA (Giorgi)



Standard per la
misurazione di
grandezze fisiche

Sistema Internazionale (SI)
definito dalla Conferenza Generale
dei Pesì e delle Misure nel 1960

Grandezza	Unità di misura	Simbolo
Intervallo di tempo	secondo	s
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Temperatura	grado kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità di corrente elettrica	ampere	A
Intensità luminosa	candela	cd



Concetti fondamentali

■ UNITÀ DI MISURA

Multipli e sottomultipli

Multipli			Sottomultipli		
Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore
deca	da	10	deci	d	10 ⁻¹
etto	h	10 ²	centi	c	10 ⁻²
kilo	k	10 ³	milli	m	10 ⁻³
mega	M	10 ⁶	micro	μ	10 ⁻⁶
giga	G	10 ⁹	nano	n	10 ⁻⁹
tera	T	10 ¹²	pico	p	10 ⁻¹²
peta	P	10 ¹⁵	femto	f	10 ⁻¹⁵
exa	E	10 ¹⁸	atto	a	10 ⁻¹⁸



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE FONDAMENTALI

La carica elettrica (q)

- Dal punto di vista elementare, la materia è un aggregato di cariche elettriche che presentano elettrizzazione positiva o negativa
- Le cariche elettriche si possono riporre o estrarre da un materiale (ad esempio per strofinamento), ma la carica elettrica totale si conserva



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE FONDAMENTALI

La carica elettrica (q)

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

- La carica elettrica elementare è quella dell'elettrone (che è una carica negativa), mentre la carica convenzionale è quella positiva
- Per muovere una carica da un punto ad un altro occorre spendere energia e viceversa



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE FONDAMENTALI

L'energia elettrica (e)

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

L'energia totale di un sistema si conserva

L'energia si può convertire da una forma all'altra

Energia elettrica: si può convertire bene
si può trasmettere bene
non si può accumulare bene



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

L'intensità di corrente (i)

La corrente elettrica può essere di conduzione (conduttori), oppure di spostamento (dielettrici): occorrono cariche elettriche in moto.

Corrente di
conduzione



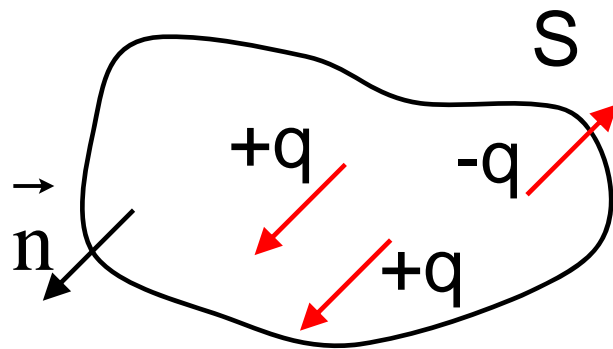
Le cariche si muovono
dentro mezzi conduttori
sotto l'azione di una
forza esterna



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

L'intensità di corrente (i)



Carica totale che attraversa S in Δt

$$\Delta q = +2q - (-q) = 3q$$

Corrente media

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

istantanea

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



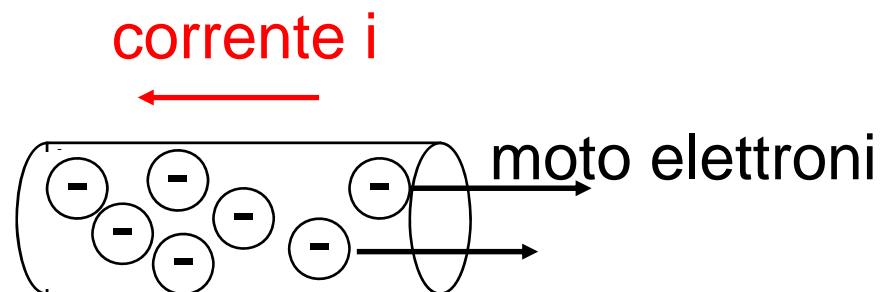
Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

L'intensità di corrente (i)

Convenzionalmente, è preso come verso positivo della corrente quello opposto al moto delle cariche elettriche negative

conduttore
metallico





Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

La tensione (v)

La tensione v_{ab} fra due punti a e b è l'energia necessaria per spostare una carica unitaria da b verso a

al limite

$$v = \frac{de}{dq} \quad \text{lavoro per unità di carica}$$



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

La potenza elettrica (p)

$$p = \frac{de}{dt} \quad \text{variazione istantanea di energia}$$

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

f_i : fattore intensivo, legato al movimento attraverso un punto di una quantità che si conserva

f_e : fattore estensivo, legato alla differenza di una quantità tra due punti



Concetti fondamentali

■ GRANDEZZE ELETTRICHE DERIVATE

La potenza elettrica (p)

Esempi:

	f_i	f_e
MECCANICA	F (forza)	v (velocità)
TERMODINAMICA	Q (calore)	ΔT (differenza di temperatura)
IDRAULICA	G (portata)	Δh (dislivello, prevalenza)

$$\text{POTENZA ELETTRICA: } p = i \cdot v$$

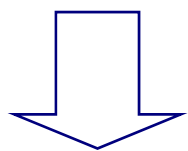


Concetti fondamentali

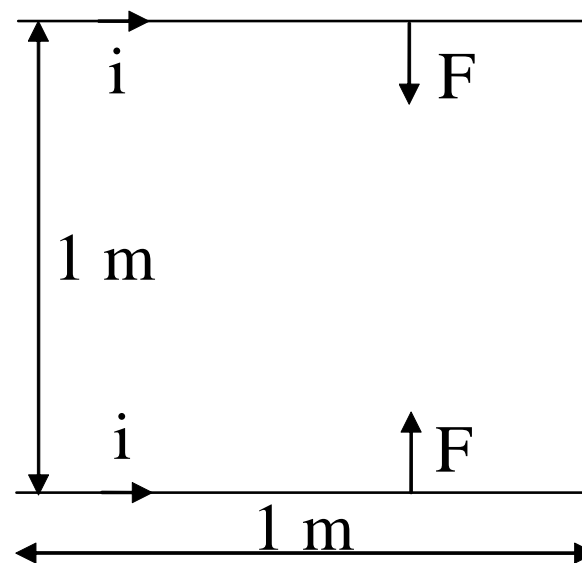
■ UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALE

La corrente elettrica

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



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





Concetti fondamentali

■ 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

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

$$[J] = [N][m] = \frac{[kg][m][m]}{[s^2]}$$

$$\text{da } v = \frac{de}{dq} \quad \Longrightarrow \quad [V] = \frac{[J]}{[C]} \quad \longrightarrow \quad [V] = \frac{[kg][m^2]}{[s^3][A]}$$



Concetti fondamentali

■ SISTEMI ELETTRICI

Si possono descrivere (modelli)

- osservando da un punto di vista globale

CIRCUITI

blocchi che effettuano conversione, trasmissione e utilizzazione di energia o informazione

- osservando da un punto di vista locale

CAMPI

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

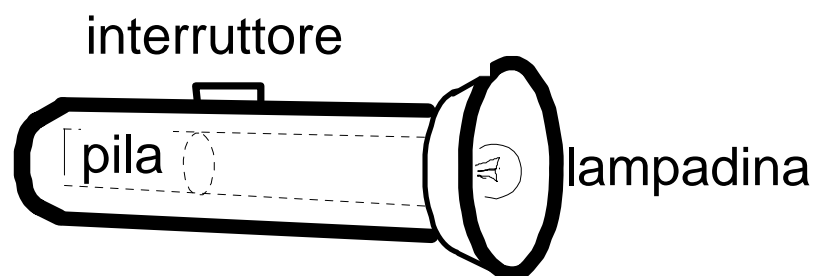


Concetti fondamentali

■ Dal SISTEMA FISICO al MODELLO TEORICO

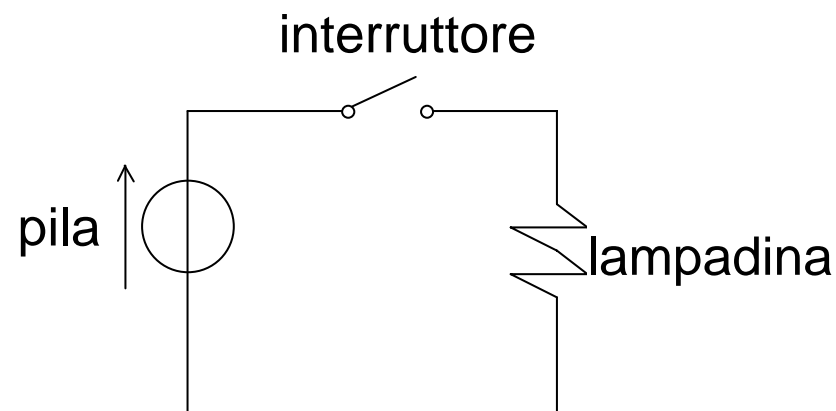
Ad esempio

*sistema fisico :
lampada portatile*



*si possono fare
misure sperimentali*

*un possibile modello
teorico : circuito*



*si possono fare
calcoli teorici*

*L' Elettrotecnica si occupa essenzialmente di
modelli teorici (circuiti, campi) di sistemi fisici*

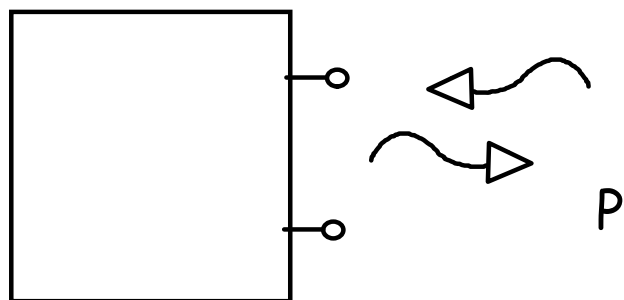


Concetti fondamentali

■ IL BIPOLO

sistema a due morsetti

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

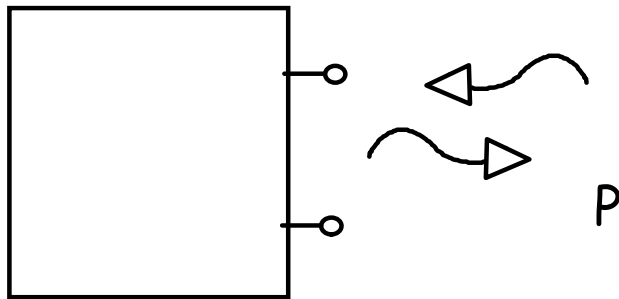


*Esso scambia
potenza elettrica p
attraverso una porta
caratterizzata da
due morsetti*



Concetti fondamentali

■ IL BIPOLO



Ai morsetti è possibile definire e misurare p , v , i

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

Occorre perciò definire una convenzione di riferimento e cioè

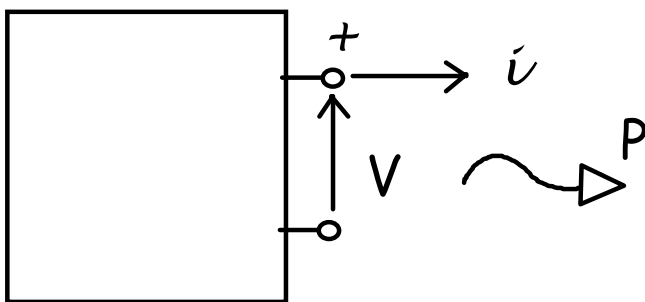
- fissare uno dei due morsetti ($+$ = riferimento)
- definire il segno positivo per p , v , i



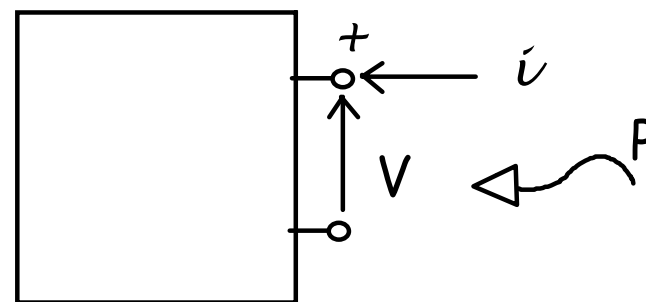
Concetti fondamentali

■ CONVENZIONI 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

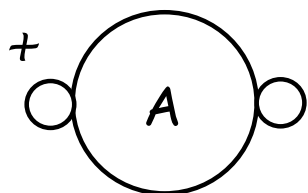
Segno potenza	$p > 0$	$p < 0$
Convenzione		
Utilizzatori	Utilizzatore	Generatore
Generatori	Generatore	Utilizzatore



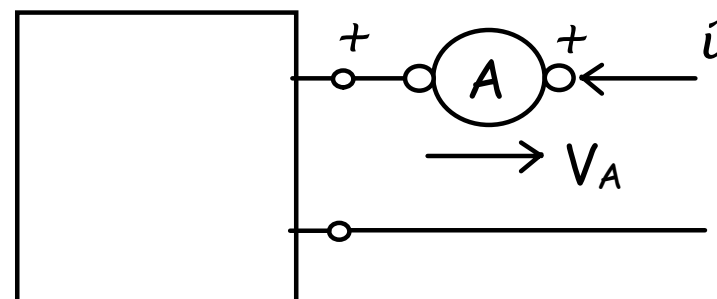
Concetti fondamentali

■ MISURARE LA CORRENTE

Si fa con l'**amperometro**
(bipolo utilizzatore con la
convenzione degli
utilizzatori)



Esso va inserito in
serie (cascata)
perché deve sentire la
corrente attraverso



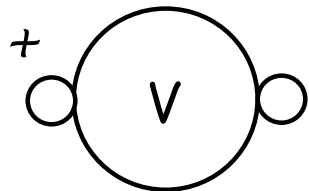
Esso non deve perturbare gli scambi di potenza
($v_A = 0$; $p_A = i \cdot v_A = 0$)



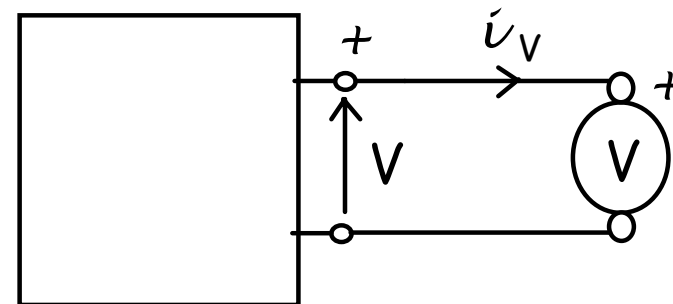
Concetti fondamentali

■ MISURARE LA TENSIONE

*Si fa con il **voltmetro**
(bipolo utilizzatore con
la convenzione degli
utilizzatori)*



*Esso va inserito in
parallelo (derivazione)
perché deve sentire la
tensione tra*



*Esso non deve perturbare gli scambi di potenza
($i_V = 0$; $p_V = v \cdot i_V = 0$)*

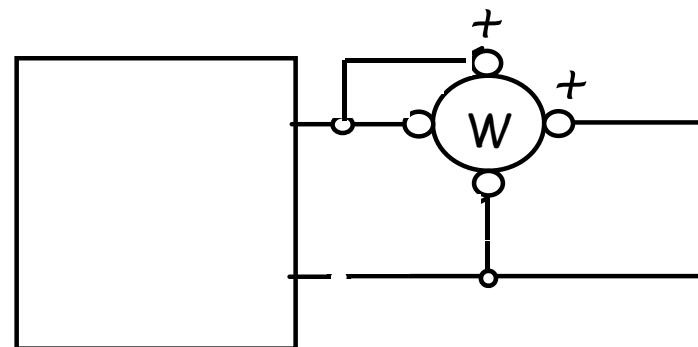
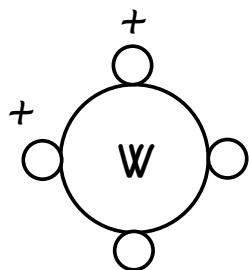


Concetti fondamentali

■ MISURARE LA POTENZA

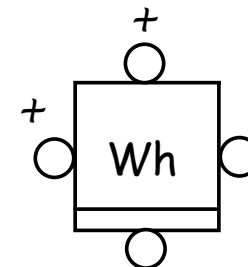
Si fa con il **wattmetro**
(doppio bipolo utilizzatore
con la convenzione degli
utilizzatori)

Esso va inserito così



La misura dell'energia si fa con il **contatore elettromeccanico a induzione**

$$e = \int_0^T p dt$$





Concetti fondamentali

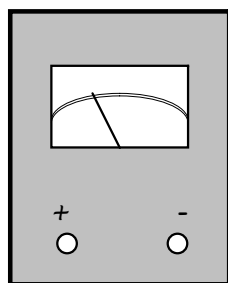
■ DIVERSI TIPI DI STRUMENTI

per diversi TIPI DI REGIME

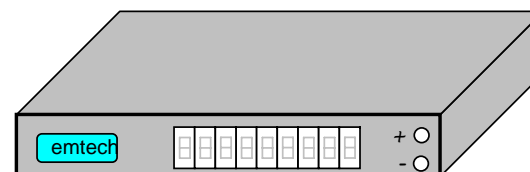
Regime stazionario

Strumenti indicano un valore, ad esempio il

voltmetro 



analogico (a indice)



digitale (a cifre)





Concetti fondamentali

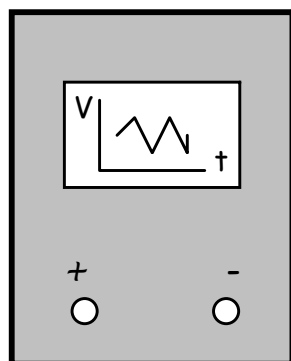
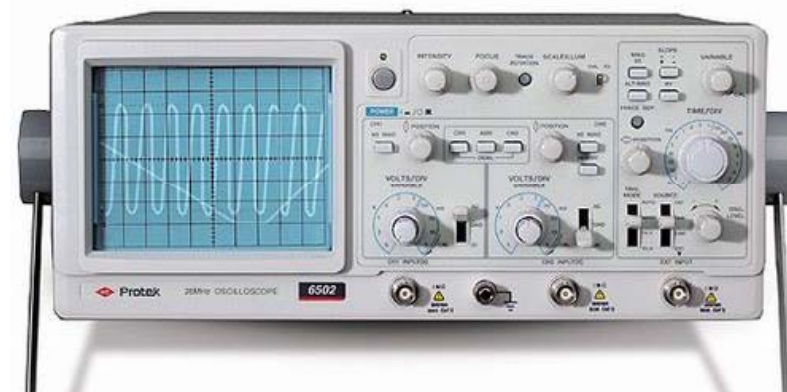
■ DIVERSI TIPI DI STRUMENTI

per diversi TIPI DI REGIME

Regime variabile

Strumenti registratori

(registrano una funzione, 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)