

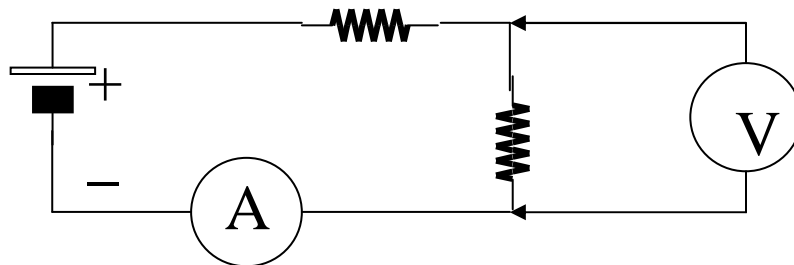
Multimetri Analogico e Digitale misure (in CC) di tensione, corrente, resistenza



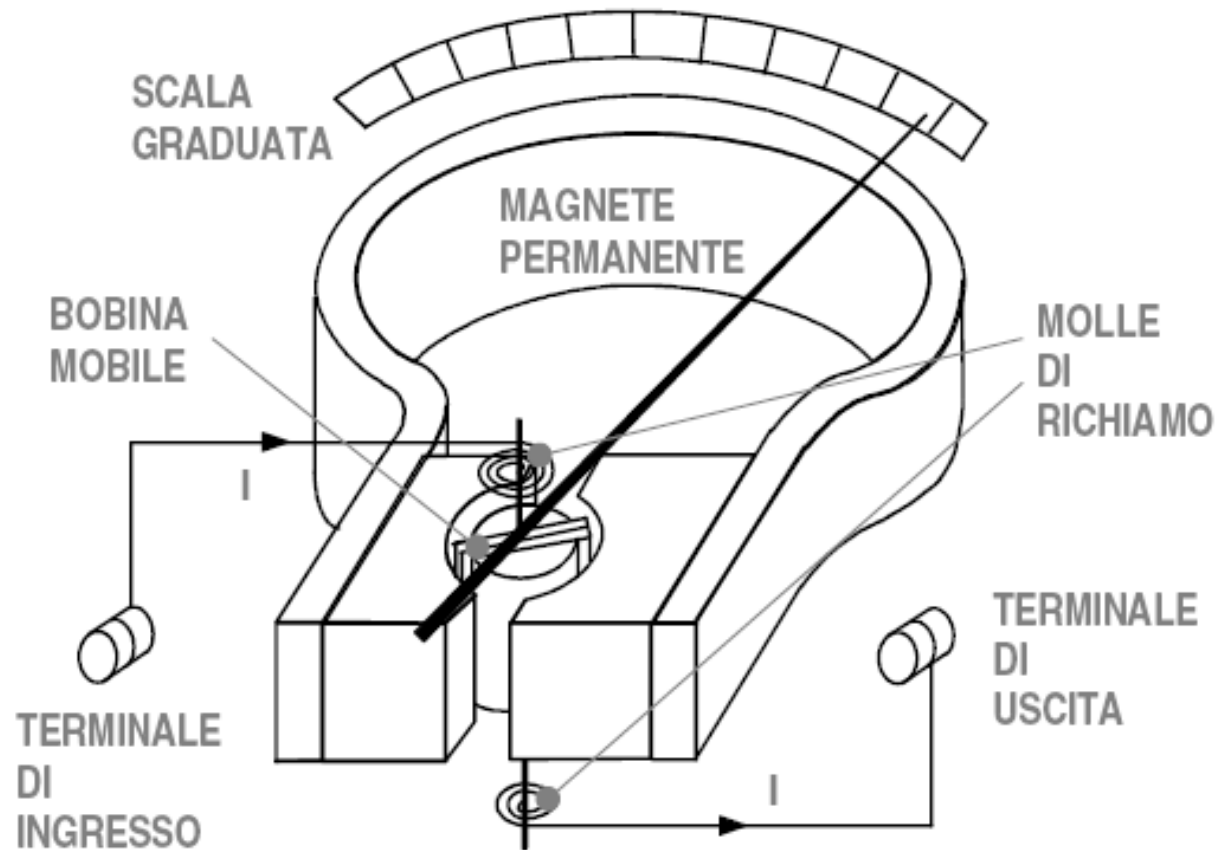
Nota: I manuali sono disponibili sulla pagina del corso

Misure di tensione, corrente, resistenze

- Lo strumento utilizzato per le misure di corrente è detto comunemente amperometro, quello utilizzato per le misure di tensione voltmetro, di resistenze ohmetro. Uno strumento che può venire adoperato come misuratore di corrente, tensione è detto multimetro, o tester.
- Per effettuare misure di corrente, il circuito va interrotto e lo strumento va inserito (in serie) in corrispondenza dell'interruzione. Un **amperometro ideale** ha una **resistenza** di ingresso **nulla**.
- Il voltmetro va invece connesso ai due punti tra di quali si desidera misurare la d.d.p. (in parallelo). Un **voltmetro ideale** presenta una **resistenza** di ingresso **infinita**.
- Uno strumento reale deve perturbare il meno possibile il circuito la cui corrente o caduta di tensione vogliamo misurare.

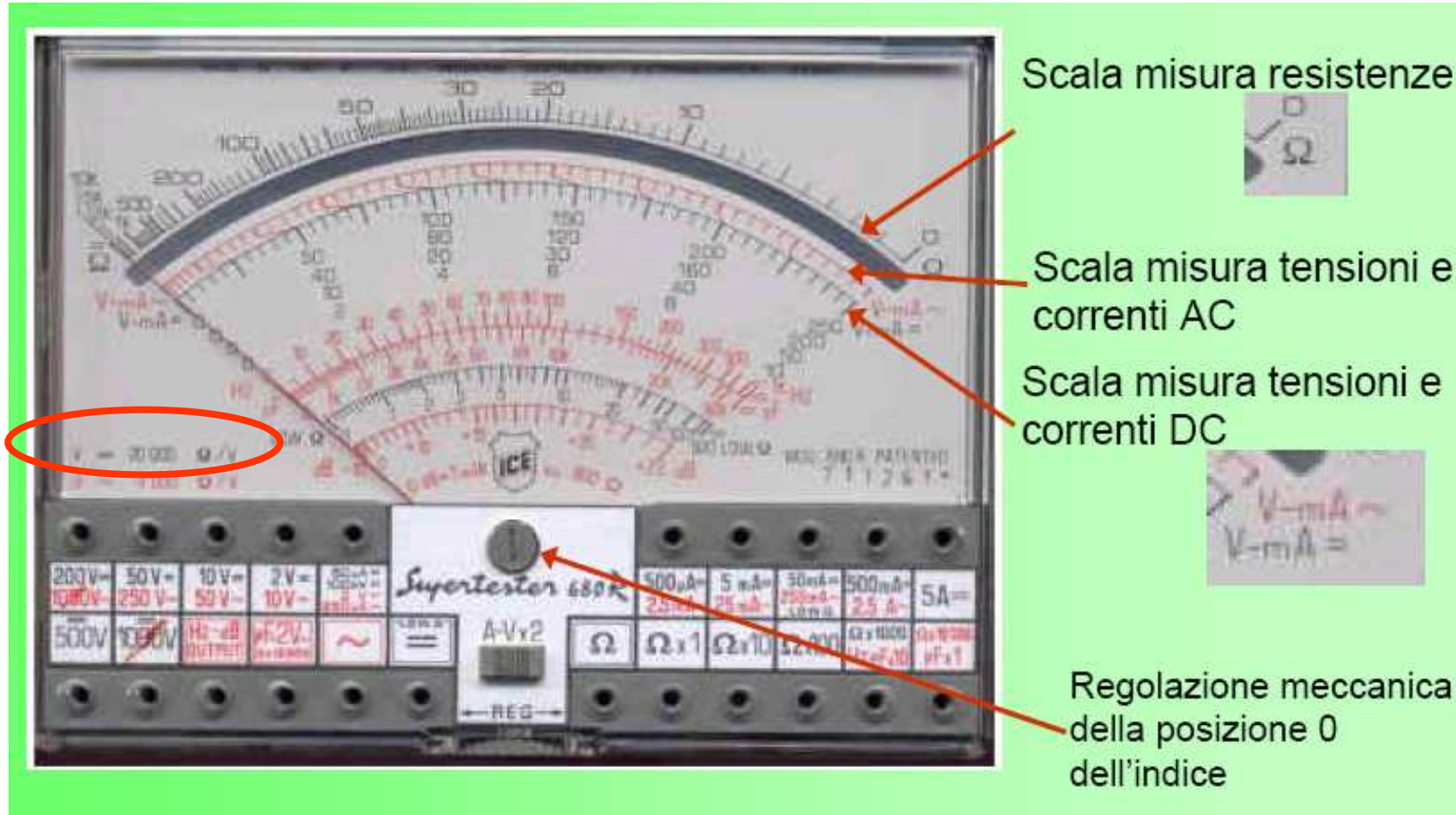


Galvanometro D'Arsonval



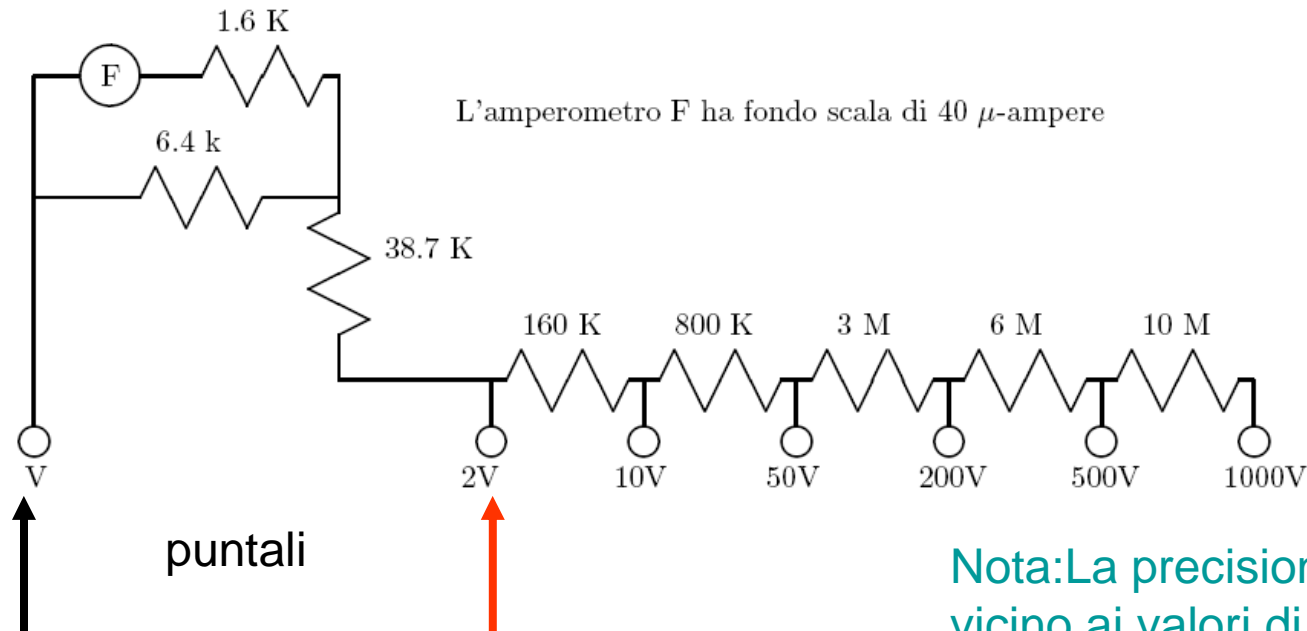
- L'angolo di deflessione è proporzionale alla corrente che passa attraverso la bobina
- Un **tester analogico** è caratterizzato dalla sensibilità, espressa in **Ohm/Volt** (tipica 20 000 Ohm/Volt)
- Le resistenze interne del tester analogico hanno precisione $\sim 0.5/1000$

Scale



Schema in modalita' Voltmetro

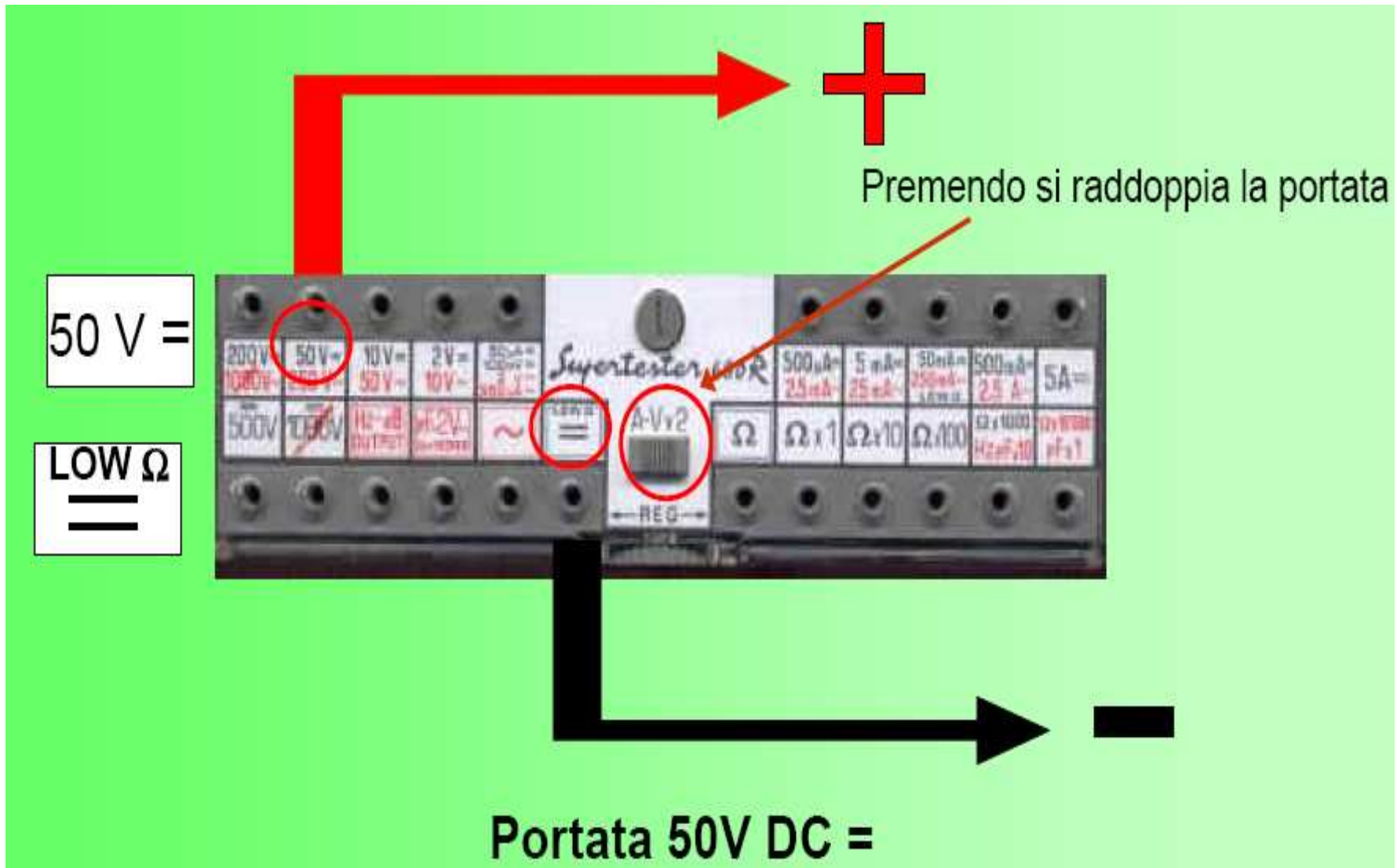
Collegare lo strumento in parallelo, ai capi del circuito ove misurare la caduta di tensione.



Nota: La precisione della misura è migliore vicino ai valori di fondo scala

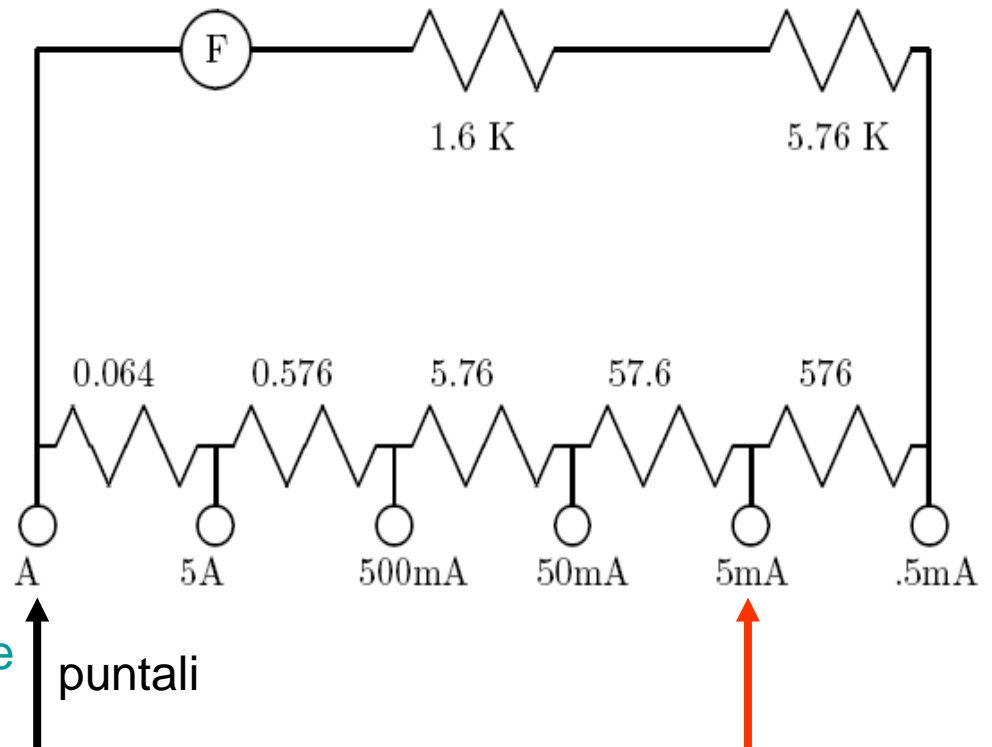
scala[Volt]	Ringresso[kOhm]	Imax[uA]	sensibilita' [kOhm/Volt]
2	40	40	20
10	200	40	20
50	1000	40	20
200	4000	40	20
500	10000	40	20
1000	20000	40	20

Misure in tensione



Schema in modalita' amperometro

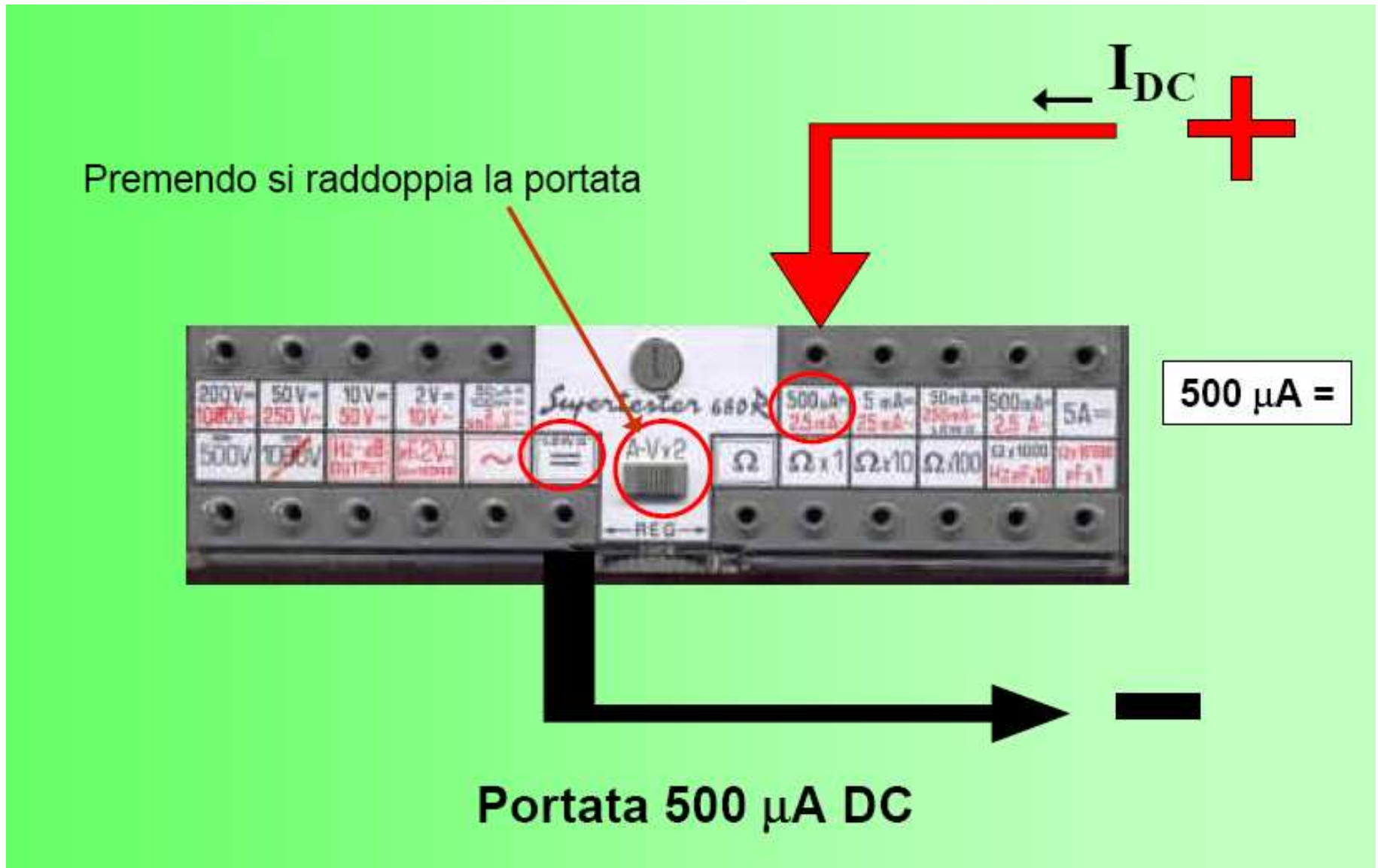
**Collegare lo strumento
(in serie) al circuito
di cui si misura
la corrente**



Nota: La precisione della misura è migliore vicino ai valori di fondo scala

scala[A]	Ringresso[Ohm]	Max. caduta di tensione[V]	I _{max} [uA]
5	0,064	0,320	40
0,5	0,640	0,320	40
0,05	6,40	0,320	40
0,005	63,5	0,317	40
0,0005	589	0,294	40

Misure in corrente



CHE COSA MISURIAMO ?

Per misure di tensione, la resistenza corrispondente al tester e' pari al valore della sensibilita' x (moltiplicato) il fondoscala scelto.

Facciamo un esempio di **misura di tensione**:

Ai capi del partitore è posto un generatore in tensione continua $V_{DC}=10\text{ V}$ ($R_1 = R_2 = 100\text{k}\Omega$).

Il valore di tensione V_2 ai capi del resistore R_2 è:

$$V_2 = V_{DC} R_2 / (R_1 + R_2) = 5\text{ V}$$

Volendo misurare tale tensione utilizzando un tester

da **10 kOhm/Volt** con portata 10V avremo una resistenza

ai terminali dello stesso di valore: $R_{tester} = 10\text{ k}\Omega/\text{V} \times 10\text{V} = 100\text{ k}\Omega$

Nell' effettuare la misura tale resistenza sarà posta

in parallelo alla resistenza R_2 , con una resistenza equivalente ai capi di R_2 :

$$R_{eq} = R_2 R_{tester} / (R_2 + R_{tester}) = 50\text{ k}\Omega$$

Pertanto la tensione letta dal tester ai capi di R_2 :

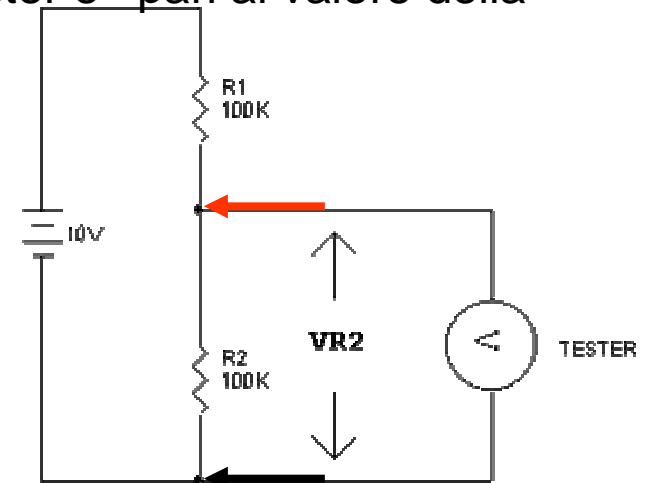
$$V_{2\text{ mis}} = V_{DC} R_{eq} / (R_1 + R_{eq}) = 10\text{V} \times 50\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + 50\text{k}\Omega) = 3.33\text{V}$$

Viene introdotto quindi un errore $(V_2 - V_{2\text{ mis}}) / V_2 = (5 - 3.33) / 5 = 1.67 / 5 = 33\%$

Se avessimo utilizzato un tester da 20 kOhm/Volt (stessa portata), $R_{eq} = 67\text{ k}\Omega$:

$$V_{2\text{ mis}} = V_{DC} R_{eq} / (R_1 + R_{eq}) = 10\text{V} \times 67\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + 67\text{k}\Omega) = 4.01\text{ V}$$

$$(V_2 - V_{2\text{ mis}}) / V_2 = 20\%$$



CHE COSA MISURIAMO ?

Esempio di **Misura di corrente**

La corrente che scorre nel circuito e':

$$I = V_{DC} / R = 5 \text{ mA}$$

Metto in serie lo strumento.

Nel fondo scala 5 mA la resistenza serie dello strumento e':

$$R_s = 64 \Omega \quad (\text{in } // \text{ con } 7.94 \text{ K}\Omega)$$

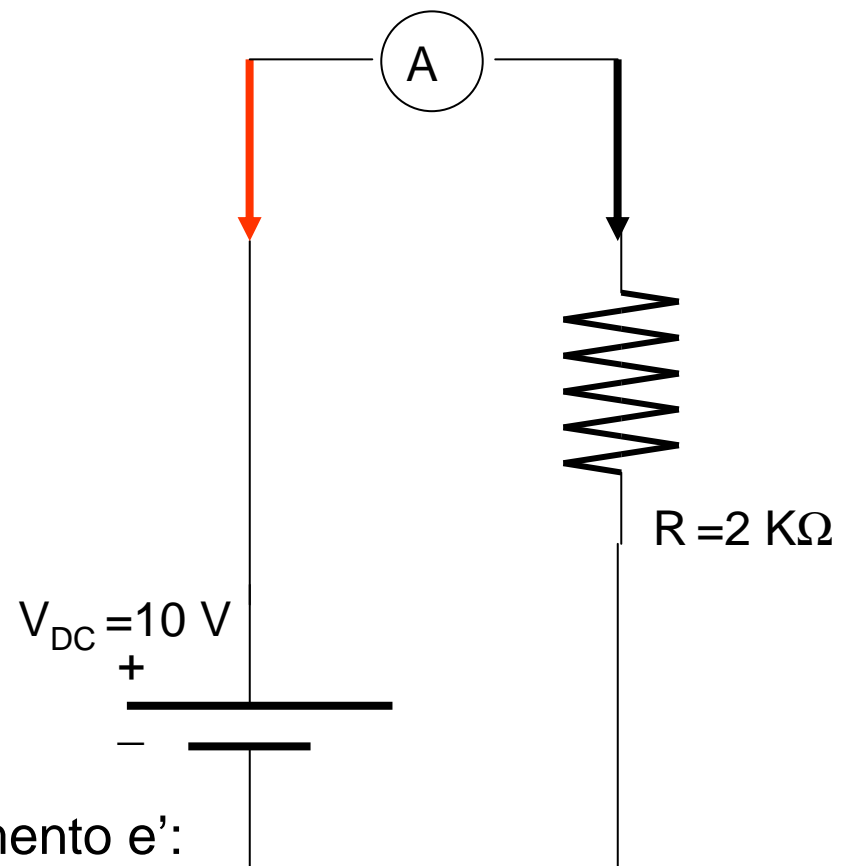
La corrente misurata dallo strumento:

$$I_{\text{mis}} = V_{DC} / (R + R_s) = 4.84 \text{ mA}$$

$$(I - I_{\text{mis}}) / I = 0.16 / 5 = 3.2\%$$

La caduta di potenziale ai capi dello strumento e':

$$V = R_s * I_{\text{mis}} = 0.31 \text{ V}$$



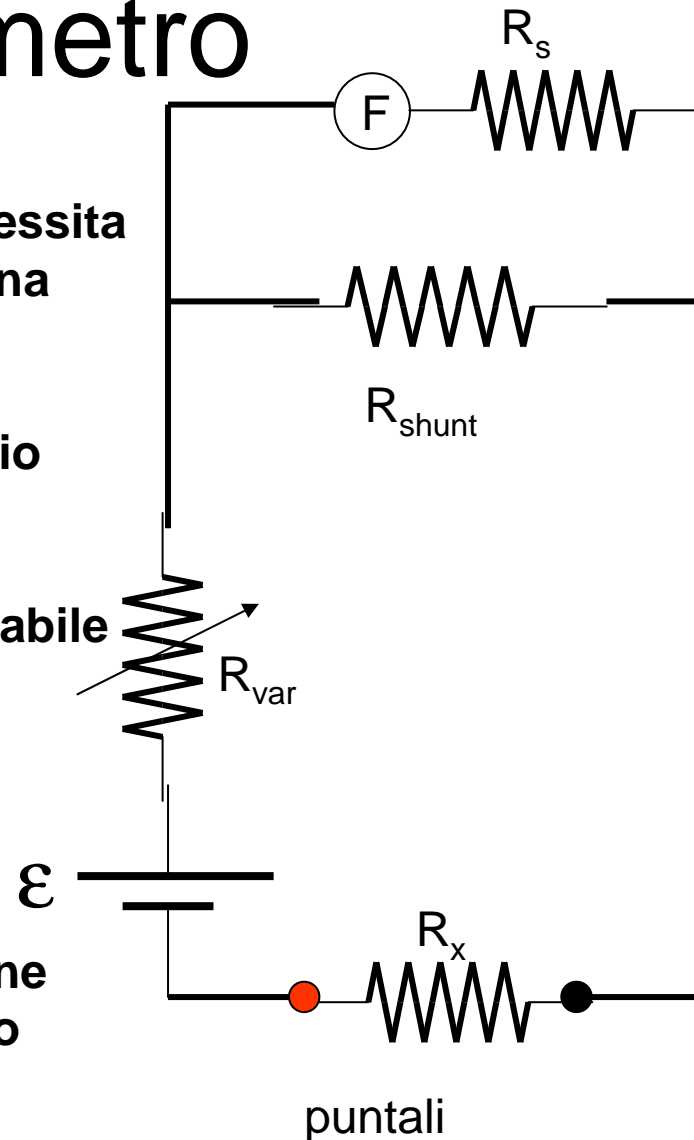
Schema Ohmetro

Per le misure di resistenza lo strumento necessita di una tensione di riferimento prelevata da una pila (interna al tester, di valore 1,5V).

Prima di misurare una resistenza è necessario effettuare la taratura dello strumento, cortocircuitando i due puntali e agendo sull'apposito potenziometro (resistenza variabile R_{var}) in modo da far deviare la lancetta esattamente sul valore '0 Ohm' (fondo scala=massima corrente).

R_{var} include la resistenza interna della pila.

N.B.: fondamentale ripetere questa operazione ogni volta che viene cambiata la portata dello strumento (mediante il cambio del valore di R_{shunt}).



Misure di resistenza

$$\frac{I_F}{I_F^{\max}} = \frac{1}{1 + I_F^{\max} \left(1 + \frac{R_s}{R_{shunt}}\right) R_x}$$

$$R_x = \left(\frac{I_F^{\max} - I_F}{I_F}\right) / \alpha$$

$$\alpha = I_F^{\max} \left(1 + \frac{R_s}{R_{shunt}}\right)$$

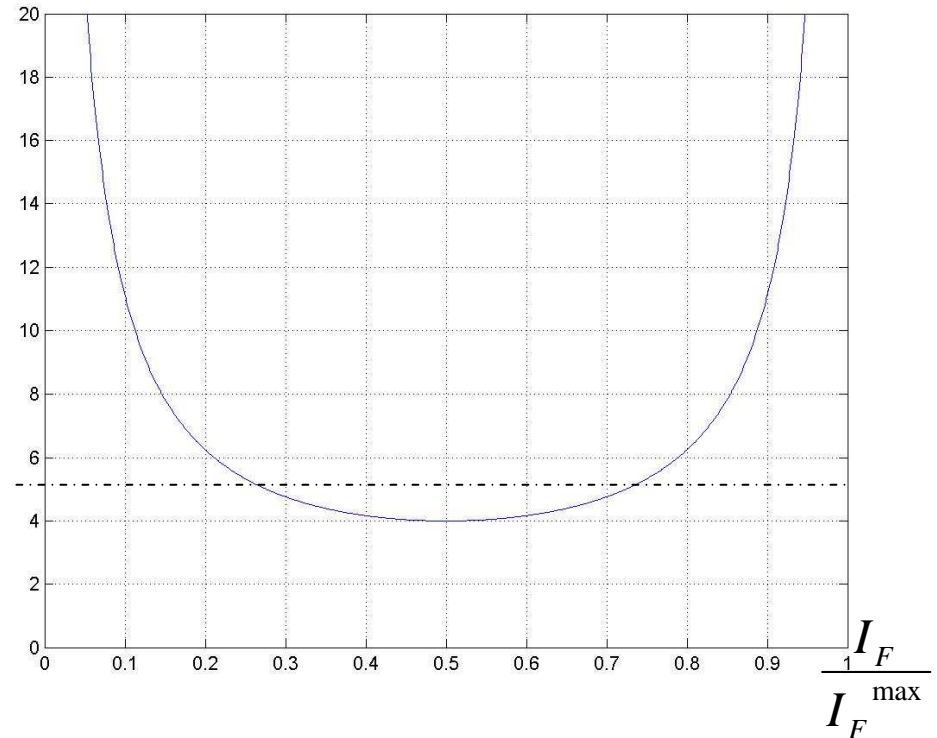
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} [\%]$$

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\frac{\Delta I_F}{I_F^{\max}}}{\frac{I_F}{I_F^{\max}} \left(1 - \frac{I_F}{I_F^{\max}}\right)}$$

$$\frac{\Delta I_F}{I_F^{\max}} = 1\% \quad \downarrow \text{(valore tipico)}$$

Nota: per avere la massima precisione, la misura di R_x deve essere fatta in modo che I_F/I_F^{\max} risulti vicino al 50% della deflessione massima

Se $\frac{1}{4} < I_F/I_F^{\max} < \frac{3}{4}$ allora:
 $\Delta R_x/R_x < 5\%$



Misure di resistenza(I)

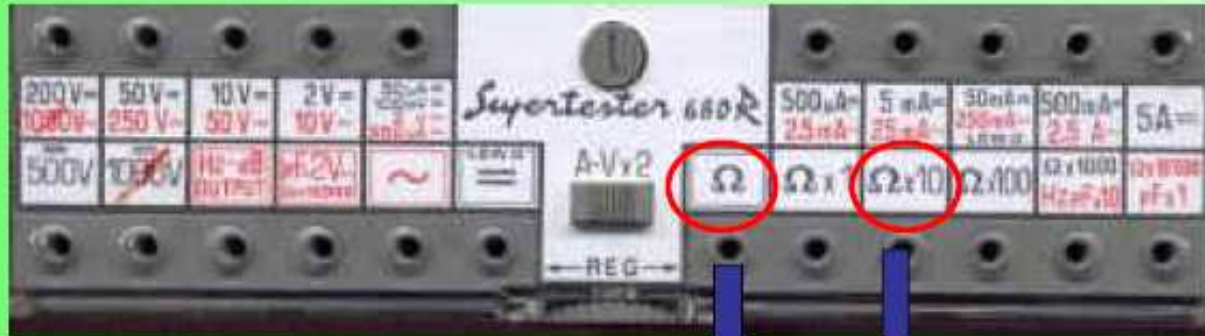


Prima fase:

- Taratura utilizzando un C.C.
- Si varia REG fino a portare l'indice a Fondo Scala dove si legge $R=0 \Omega$

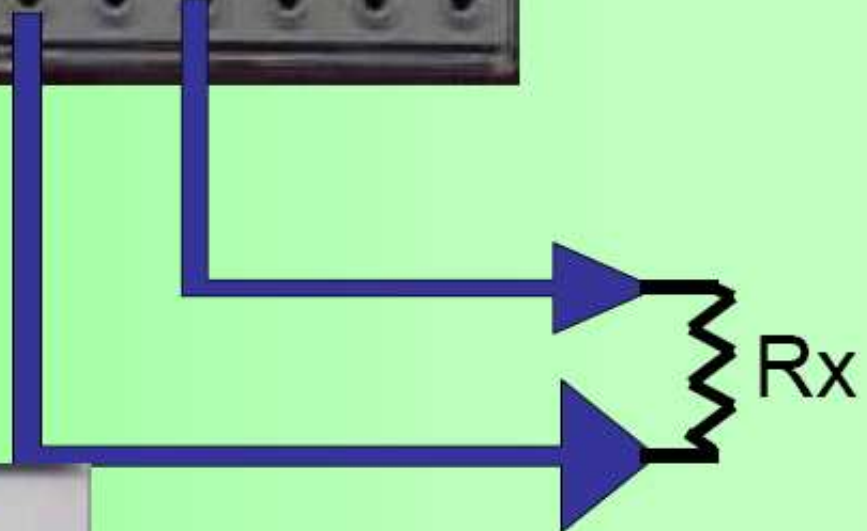


Misure di resistenza(II)

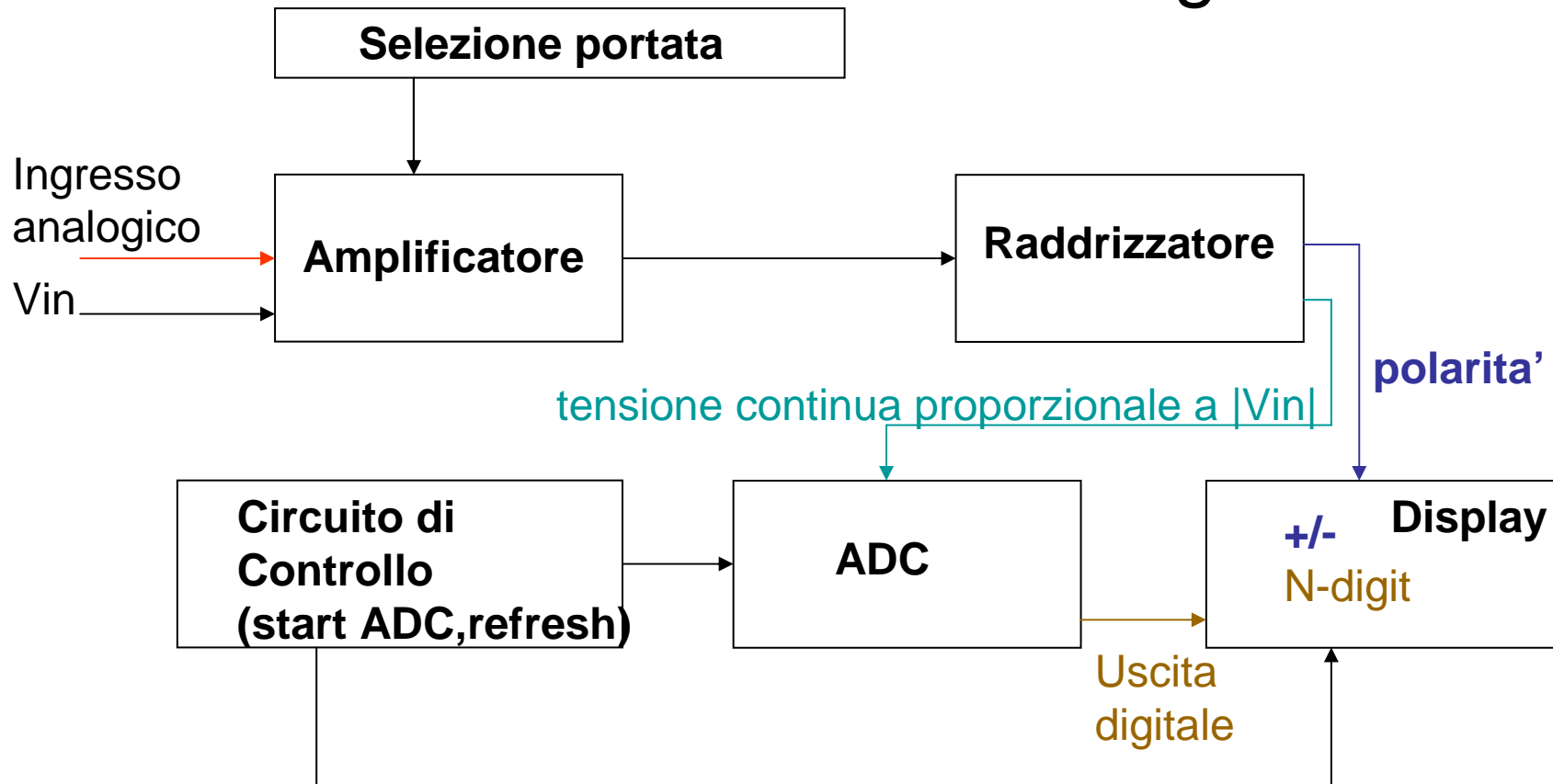


Seconda fase:

- Si collega la R_x
- Si legge $R_x = 15 \times 10 \Omega$



Schema a blocchi della parte voltmetrica di un multimetro digitale



Per misure di corrente: lo strumento fa passare la corrente da misurare attraverso una R calibrata (interna) e ne misura la ddp.

Per misure di resistenza: un generatore di corrente (interno) viene collegato alla R e viene misurata la ddp ai capi di quest'ultima.

Caratteristiche del multimetro digitale

- Nessuna parte meccanica mobile, ma circuiti elettronici da alimentare con una ddp interna.
- 3 ½ cifre o “digit” (valori sul display: 1 → 1999)
- 2—3 aggiornamenti della lettura/s
- Precisione: (X% della lettura ⊕ N digit) (in quadratura)

Misure di tensione (boccole V/Ohm ← → com)

1. Tensione DC

Scala	Precisione	Risoluzione
200 mV	± 0,5% lettura ± 1 digit	100 μV
2 V		1 mV
20V		10 mV
200V	± 0,8% lettura ± 2 digit	100 mV
1000V		1 V

Ringresso = 10 MΩ

Misure di corrente (boccole A $\leftarrow \rightarrow$ com)

3. Corrente DC

Scala	Precisione	Risoluzione
200 μ A	$\pm 0,8\%$ lettura \pm 1 digit	0,1 μ A
2 mA		1 μ A
20 mA		10 μ A
200 mA	$\pm 1,5\%$ lettura \pm 1 digit	100 μ A
2 A		1 mA
10 A, 20 μ A	$\pm 2\%$ lettura ± 5 digit	10 mA, 0.01 μ A

Caduta di tensione: 0.2 V
(indip. dalla scala)

Misure di resistenza (boccole V/Ohm $\leftarrow \rightarrow$ com)

5. Resistenza

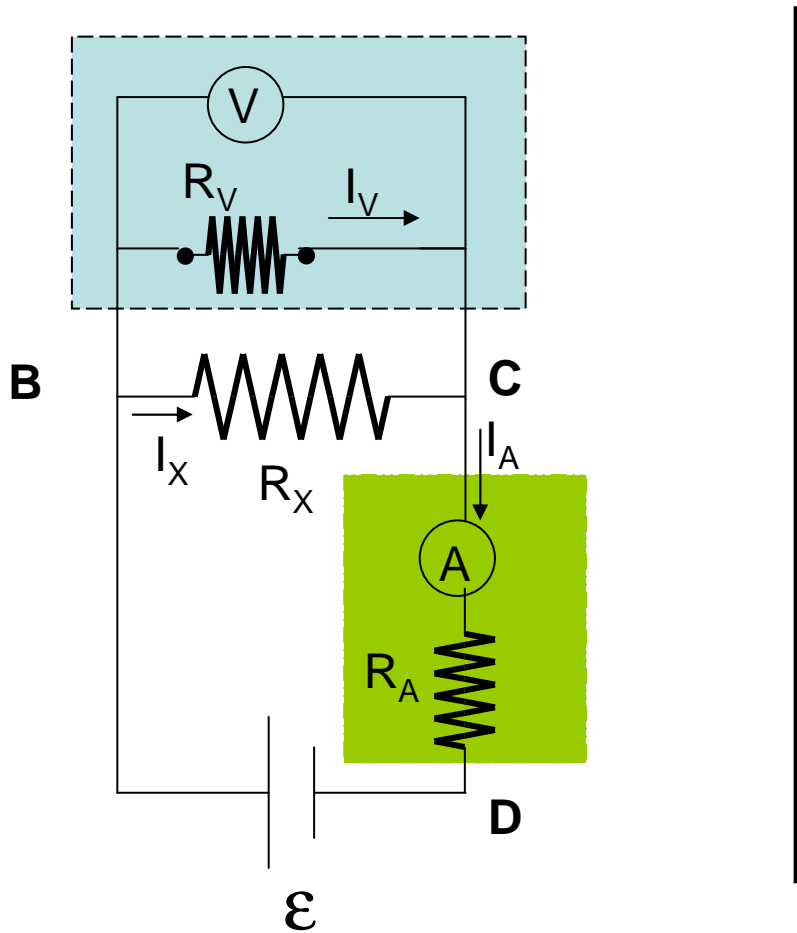
Scala	Precisione	Risoluzione
200 ohm	$\pm 0,8\%$ lettura ± 1 digit	0,1 ohm
2 Kohm		1 ohm
20 Kohm		10 ohm
200 Kohm		100 ohm
2 Mohm		1 Kohm
20 Mohm	$\pm 1\%$ lettura ± 2 digit	10 Kohm
200 Mohm	$\pm [5\%$ lettura (della lettura -10) ± 10 digit]	100 Kohm

Tensione a circuito aperto: <700 mV

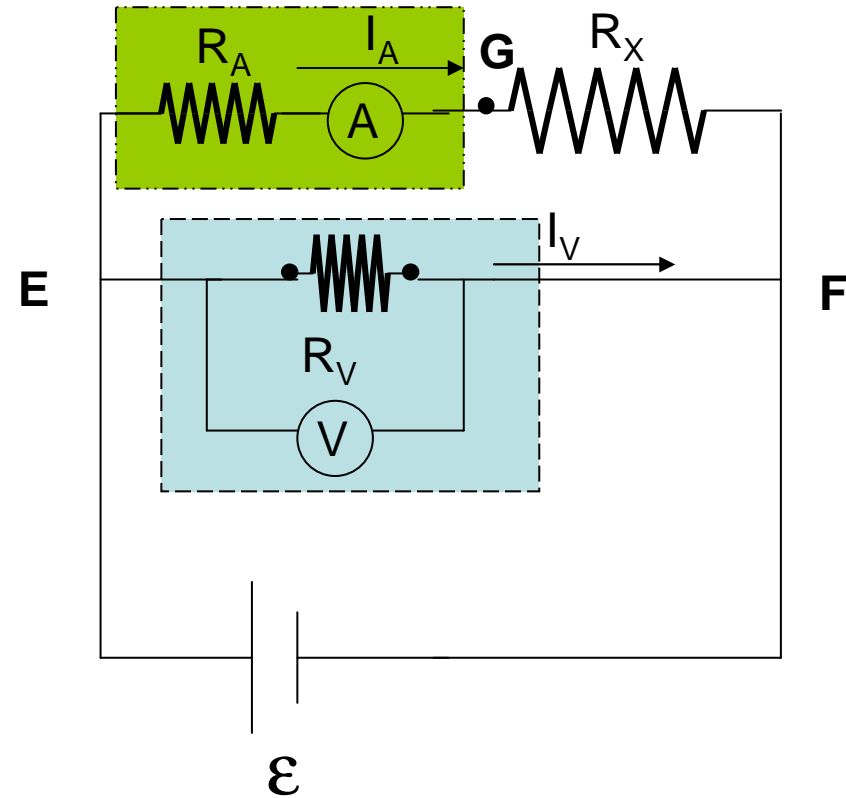
Misura di R con il metodo Volt-Amperometrico

I) $R_x \ll R_v$

II) $R_x \gg R_A$



$V_V = V_B - V_C$ Tensione mis. dal voltmetro



$V_V = V_E - V_F$ Tensione mis. dal voltmetro
 $V_X = V_G - V_F$

$$I) R_x \ll R_v$$

$$I_A = I_X + I_V$$

$$R_X = \frac{V_V}{I_X}$$

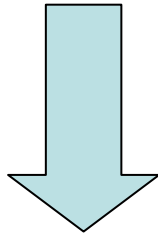
$$R_m = \frac{V_V}{I_A} = \frac{V_V}{I_X + I_V}$$

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_X}$$

$$\frac{\sigma_{R_m}}{R_m} = \frac{\sigma_{V_V}}{V_V} \oplus \frac{\sigma_{I_A}}{I_A}$$

$$R_X = \frac{R_V R_m}{R_V - R_m} \leftarrow$$

$$\sigma_{R_X} = \left(\frac{R_V}{R_V - R_m} \right)^2 \sigma_{R_m} \oplus \left(\frac{R_m}{R_V - R_m} \right)^2 \sigma_{R_V}$$



Misura di R

$$II) R_x \gg R_A$$

$$V_V = V_A + V_X$$

$$R_m = \frac{V_V}{I_A} = \frac{V_A + V_X}{I_A}$$

$$\frac{\sigma_{R_m}}{R_m} = \frac{\sigma_{V_V}}{V_V} \oplus \frac{\sigma_{I_A}}{I_A}$$

La misura R_m e' sistematicamente superiore al valore vero R_x $\Rightarrow R_X = \frac{V_X}{I_X} = R_m - R_A$

$$\sigma_{R_X} = \sigma_{R_m} \oplus \sigma_{R_A}$$

