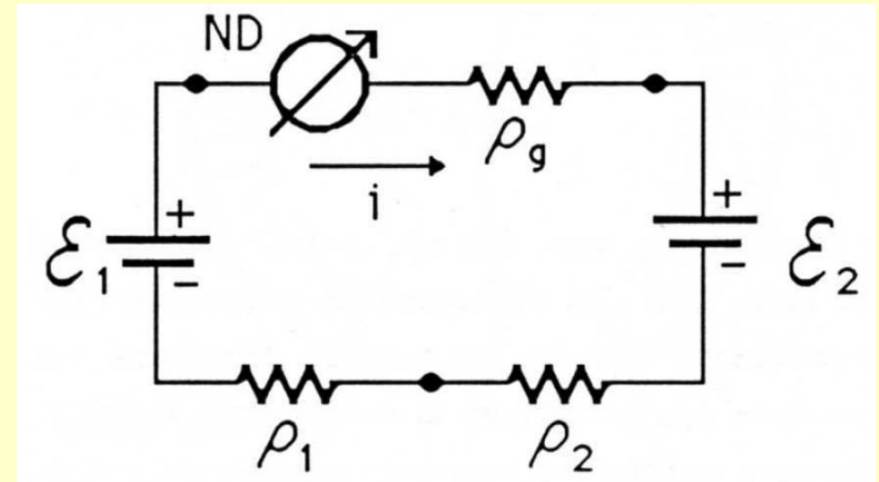


Metodo potenziometrico

ε_2 e ρ_2 incognite, ε_1 variabile e nota

Principio di misura (Poggendorf)

$i = 0$ se $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ indep. da ρ_1 e ρ_2

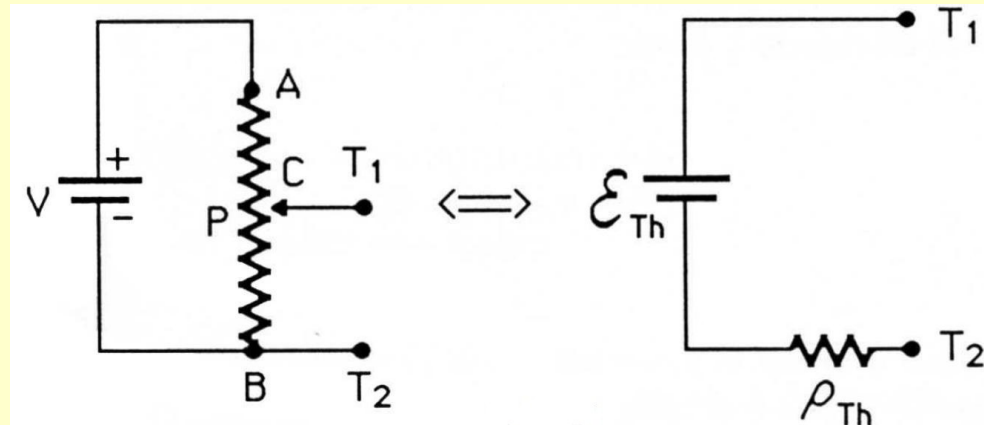


- Non si ha passaggio di corrente (vedi misura con voltmetro)

- E' necessario un generatore ε_1 che copra un campo ampio di fem, ottenibile tramite un partitore di tensione

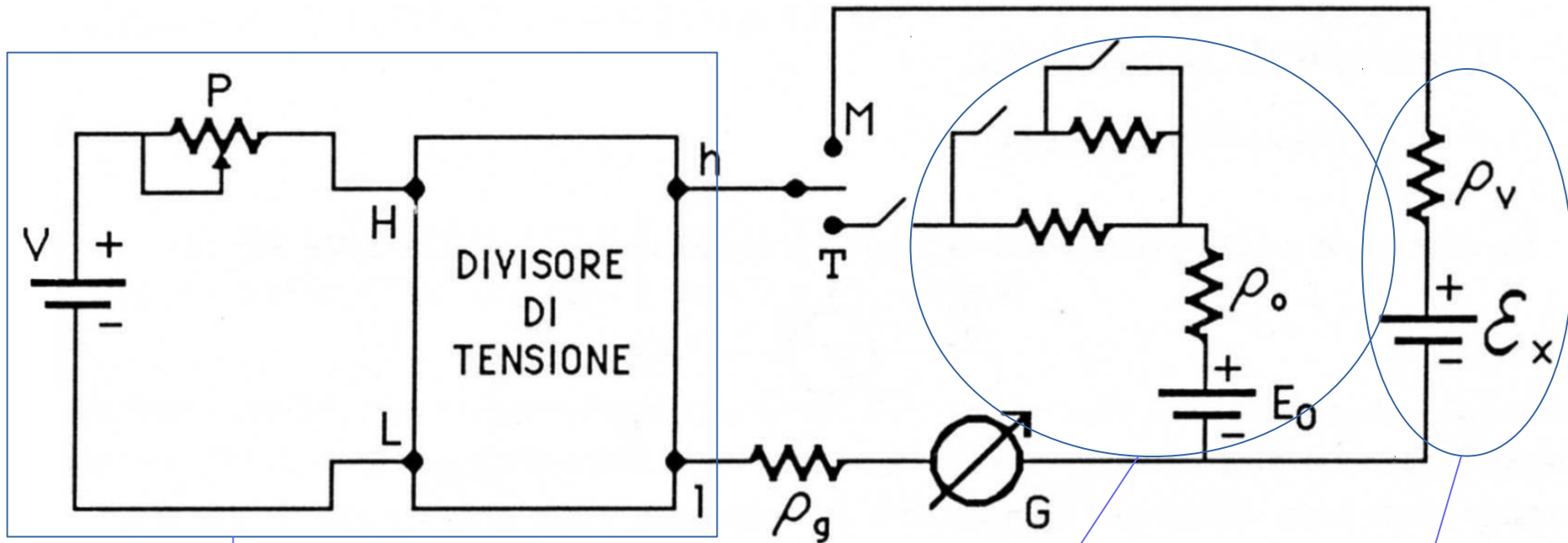
con $\varepsilon_{Th} = V R_{CB} / R_{AB}$

e $\rho_{Th} = R_{CB} // R_{CA}$



Metodo potenziometrico

Realizzazione pratica

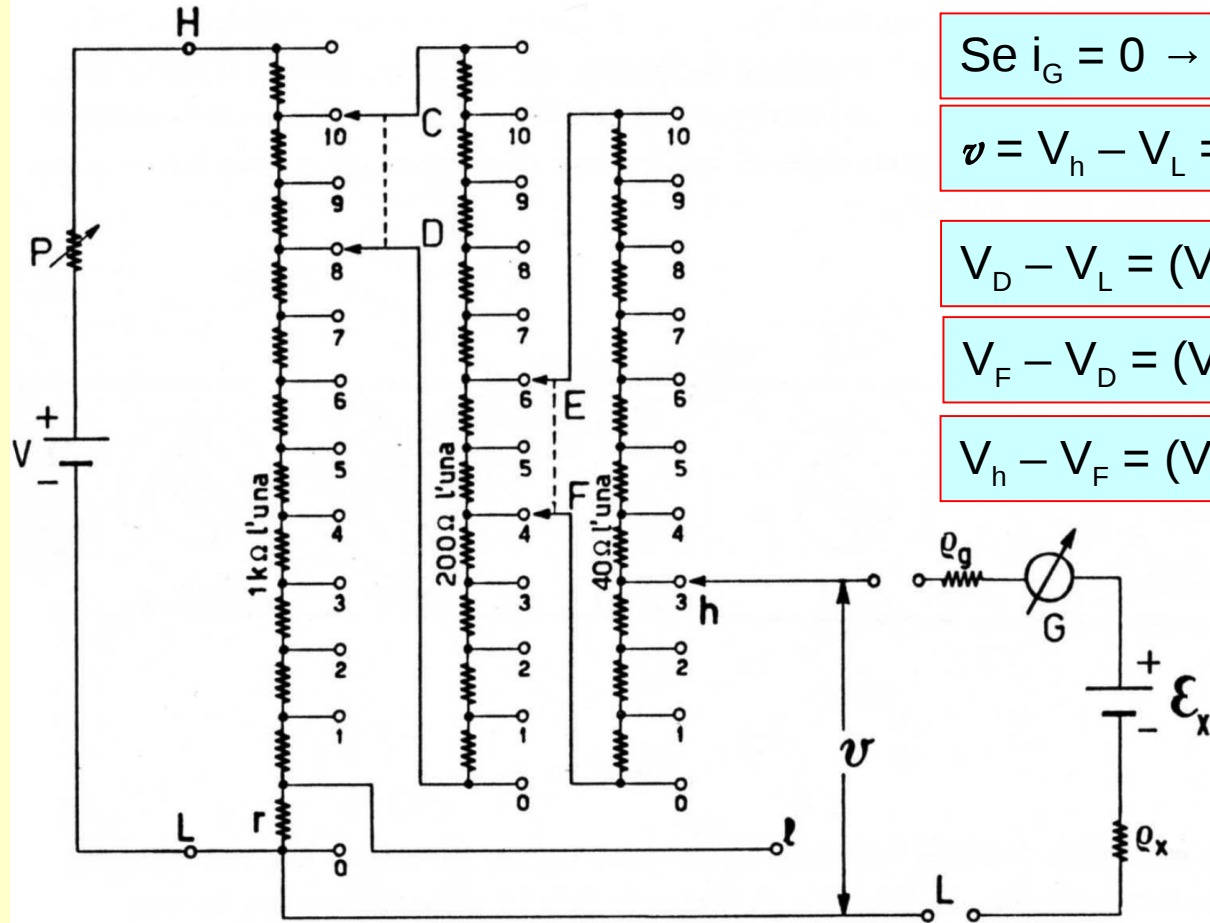


Partitore di tensione

Circuito di taratura
del partitore

Fem incognita

Divisore di tensione di Kelvin-Varley



Se $i_G = 0 \rightarrow v = \varepsilon_x$ ma

$$v = V_h - V_L = (V_h - V_F) + (V_F - V_D) + (V_D - V_L)$$

$$V_D - V_L = (V_H - V_L) * 0.8$$

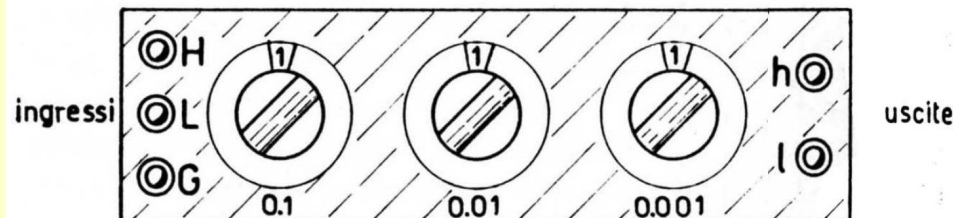
$$V_F - V_D = (V_C - V_D) * 0.4 = (V_H - V_L) * 0.1 * 0.4$$

$$V_h - V_F = (V_E - V_F) * 0.3 = (V_H - V_L) * 0.1 * 0.1 * 0.3$$

e quindi $v = (V_H - V_L) * 0.843$

Se r trascurabile ($10^{-3} \Omega$)
 $R_{HL} = 10 \text{ k}\Omega$ indipendente
 dalla posizione dei
 successivi cursori

Uscita $V_h - V_l$ anziché $V_h - V_L$ per
 tener conto della resistenza dei
 cursori

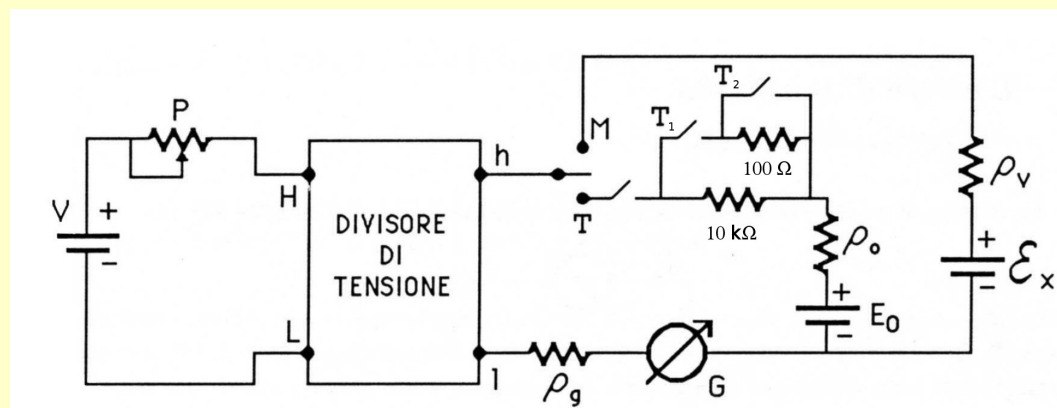


Taratura del divisore di tensione

Il partitore di tensione con divisore necessita di taratura per poter essere utilizzato per misure potenziometriche. A tal fine si connette alla f.e.m. campione E_0 (pila o generatore) tramite il tasto T

Pila Campione (Weston)

- si basa su fenomeni elettrochimici
- $E_0 = 1.01864 \text{ V}$ (± 1 su ultima cifra), $\rho_0 \approx 1 \text{ k}\Omega$
- tensione in uscita costante al variare di T ($-0.004\%/^{\circ}\text{C}$)
- tensione in uscita inalterata per lunghi periodi di tempo (10 anni)
- per pile diverse E_0 differisce al più di 10 ppm
- i tasti T_1 e T_2 limitano la corrente erogata a qualche μA (pena deterioramento pila)

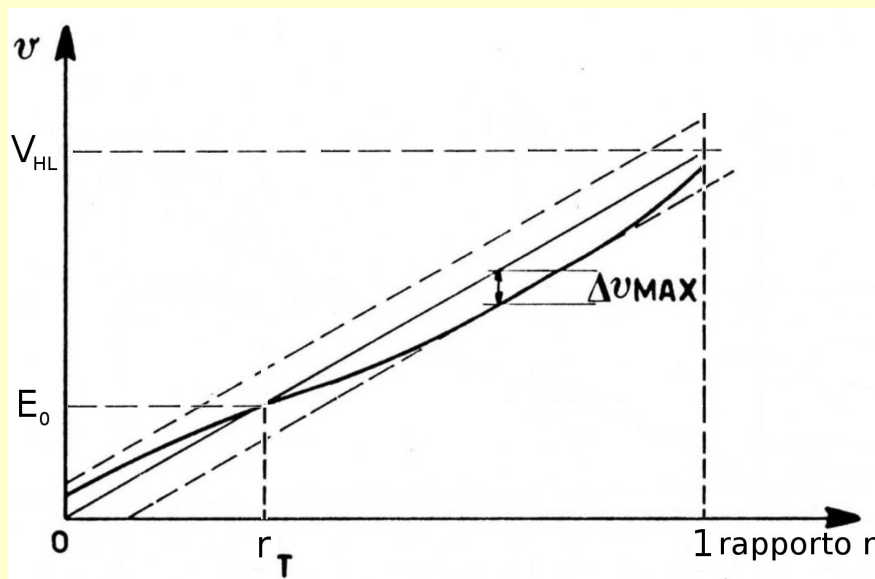


Taratura

- 1) sul divisore di tensione si imposta il valore r_0 di $E_0 / 10$ (in generale E_0 / k_t con k_t valore scelto in modo da ottimizzare la precisione)
- 2) con G a sensibilità S minima si chiude T
- 3) si regola il reostato P in modo da minimizzare i_g , aumentando anche S
- 4) si chiude T_1 e si ripete 3)
- 5) si chiude T_2 e si ripete 3)

Linearità del divisore di tensione

Dopo la taratura si può avere



Si definisce linearità L del potenziometro la grandezza (fornita dal costruttore e normalmente espressa in %)

$$L = (\Delta v_{\max} / V_{HL}) \rightarrow \Delta v_{\max} = L V_{HL}$$

e l'errore percentuale di linearità è quindi dato da

$$(\Delta v / v)_{\text{lin}} = \Delta v_{\max} / v = L * V_{HL} / v = L / r$$

L diminuisce al diminuire di r ma più lentamente e quindi $\Delta v / v$ cresce al diminuire di r

→ cercare di massimizzare r scegliendo il valore di k_t

rapporto	linearità ai terminali (ppm della ddp in ingresso)	
	4 terminali	3 terminali
0.1 ÷ 1.0	20	20
0.01 ÷ 0.1	10	10
0.001 ÷ 0.01	2.0	2.2
0.0001 ÷ 0.001	0.34	0.5
0.00001 ÷ 0.0001	0.07	0.23

Misura fem incognita

Dopo la taratura si passa il tasto in posizione di misura e, variando il rapporto r del divisore, si trova quello r_x che minimizza i_g e si ricava $\varepsilon_x = (r_x / r_0) E_0$

Dalla seconda legge di Kirchhoff

$$E_{\text{pot}} - \varepsilon_x = i_g (\rho_{\text{pot}} + \rho_g + \rho_x)$$

Se $i_g = 0$ ($r = r_x$) $\rightarrow E_{\text{pot}} = \varepsilon_x$

In realtà $i_g (\approx 0) = i_{g\text{min}}$ e

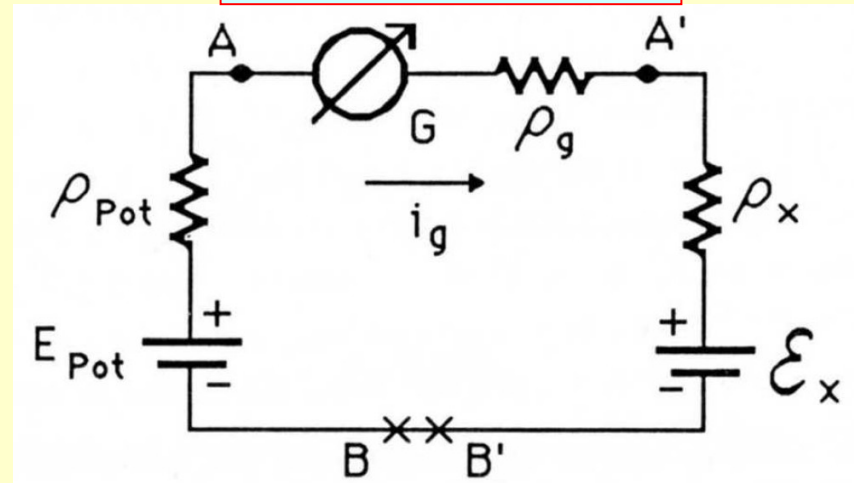
quindi l'errore di sensibilità è dato da

$$(\Delta\varepsilon_x)_S = i_{g\text{min}} (\rho_{\text{pot}} + \rho_g + \rho_x)$$

misurabile variando r e ricavando

$$\Delta r \left(\frac{1}{4} \text{ div} \right) \rightarrow (\Delta\varepsilon_x)_S$$

Circuito equivalente



Incertezza relativa finale nella misura di ε_x

$$\frac{\Delta\varepsilon_x}{\varepsilon_x} = \left(\frac{\Delta r}{r} \right)_{\text{linearità}} + \left(\frac{\Delta r}{r} \right)_{\text{lettura}} + \left(\frac{\Delta r}{r} \right)_{\text{sensibilità}} + \left(\frac{\Delta r_o}{r_o} \right)_{\text{linearità}} + \left(\frac{\Delta r_o}{r_o} \right)_{\text{lettura}} + \left(\frac{\Delta r_o}{r_o} \right)_{\text{sensibilità}} + \left(\frac{\Delta E_o}{E_o} \right)_{\text{campione}}$$

Misura fem incognita

$$(\Delta\varepsilon_x)_S = i_{gmin} (\rho_{pot} + \rho_g + \rho_x)$$

Il galvanometro in laboratorio ha sensibilità massima pari a 100 nA/div e quindi $i_{gmin} = 25 \text{ nA}$.

Se $(\rho_{pot} + \rho_g + \rho_x) < 100 \ \Omega$ allora $(\Delta\varepsilon_x)_S < 2.5 \ \mu\text{V}$.

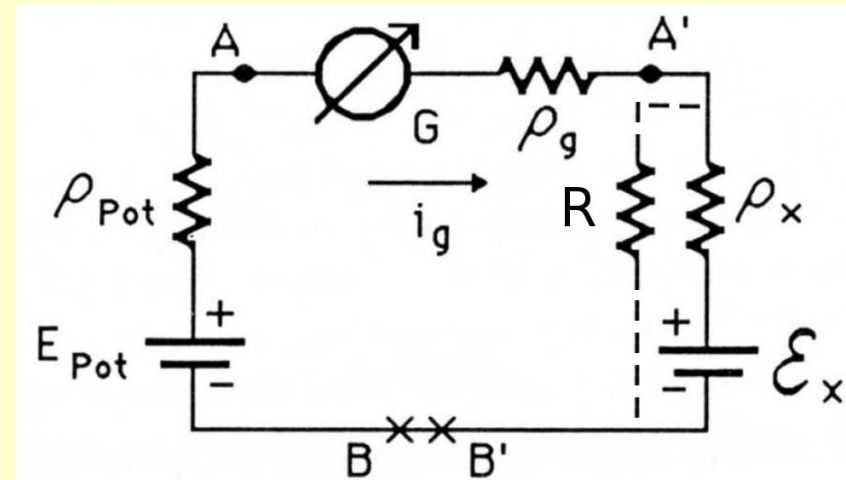
In caso contrario (ex. $\rho_x > 1 \text{ k}\Omega$) al posto del galvanometro conviene usare un microvoltmetro.

Circuito equivalente

Misura di ρ_x

Chiudendo la fem incognita su una R ($\approx \rho_x$) nota si esegue la misura di $\varepsilon'_x = \varepsilon_x R / (R + \rho_x)$ che unita a quella di ε_x permette la misura di ρ_x tramite la relazione

$$\rho_x = R [(\varepsilon_x / \varepsilon'_x) - 1] = R [(r_x / r'_x) - 1]$$



Quale valore di R permette la massima precisione nella misura di ρ_x ?

MISURE DI FEM E RESISTENZE

MISURE PRELIMINARI CON MULTIMETRO

Multimetro utilizzato		
Prima misura fem Ex	Ex1=	Δ Ex1=
Seconda misura fem Ex	Ex2=	Δ Ex2=
Prima stima Ex	Ex =	Δ Ex=
Prima stima px	ρ x =	Δ ρ x=

MISURE POTENZIOMETRICHE

DICHIARAZIONE STRUMENTI USATI

Alim. Divisore		Valore Tensione	V=	Δ V=
Divisore Tensione			R ingr =	

Reostato 1	R1=	Δ R1=
Reostato 2	R2=	Δ R2=
R aggiuntiva per Rx	R3=	Δ R3=

FEM CAMPIONE		Vc =	Δ Vc =
Rx serie Ex		Rx =	Δ Rx =

MISURA FEM INCOGNITA

SCHEMA CIRCUITO			
-----------------	--	--	--

Taratura	r0+		div+
	r0-		div-

Misura Fem	rx+		div+
	rx-		div-

MISURA FEM con Rx

Misura Fem	rx+		div+
	rx-		div-

MISURA FEM con Rx e voltmetro

Misura Fem	rx+		V+
	rx-		V-

MISURA FEM con Rx // R e voltmetro

Misura Fem	r'x+		V+
	r'x-		V-

Tabulato 1

Operazioni in laboratorio

- 1) prima stima E_x e ρ_x con 1 e 2 multimetri
- 2) taratura potenziometro
- 3) misura potenziometrica E_x
- 4) misura potenziometrica E_x con R_c in serie e galvanometro
- 5) misura potenziometrica E_x con R_c in serie e voltmetro
- 6) misura potenziometrica E_x con R_c in serie chiusa su R e voltmetro

Misura resistenza incognita

E_+, E_- in 1,2
all'equilibrio $E_{pot\ 12} = I R^*$

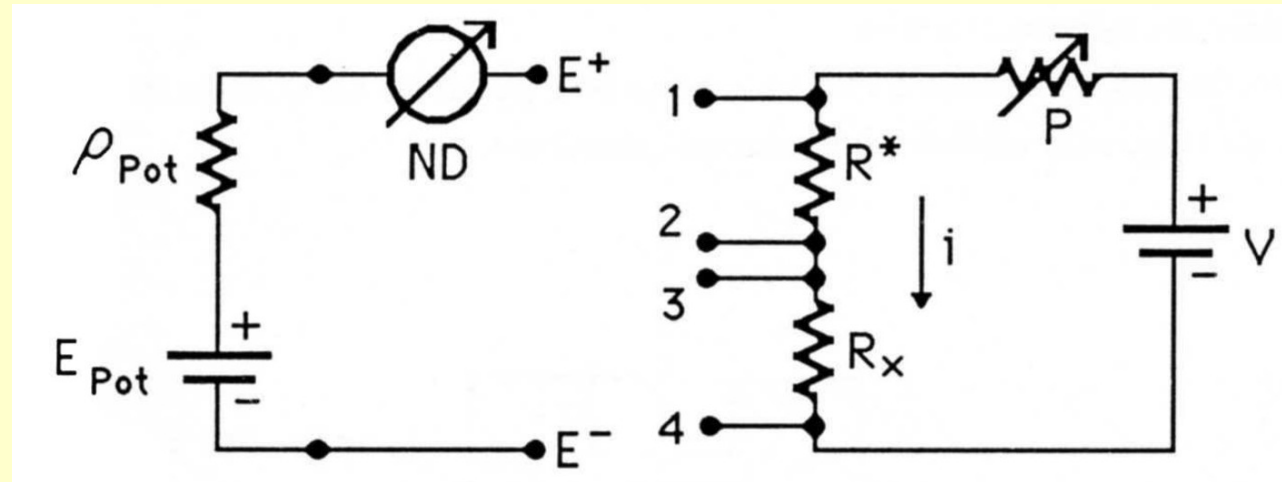
E_+, E_- in 3,4
all'equilibrio $E_{pot\ 34} = I R_x$

e quindi

$$R_x = (E_{pot\ 34} / E_{pot\ 12}) R^*$$

nota R^* si misura R_x

Circuito equivalente



Misura di particolare importanza nel caso che R^* e R_x siano di piccolo valore e a 4 terminali (corrente praticamente nulla attraverso i terminali di tensione)

In laboratorio si esegue la misura in 3 diverse condizioni

- 1) con V massimizzato per aumentare la caduta di tensione su R^* e R_x
- 2) senza P , con V massimizzato per aumentare la caduta di tensione su R^* e R_x
- 3) con V sostituito da un generatore di corrente i massimizzata per aumentare la caduta di tensione su R^* e R_x

In tutti e 3 i casi ATTENZIONE wattaggio max sostenibile da P , R^* e R_x !!!!!

MISURA RESISTENZA INCOGNITA

SCHEMA CIRCUITO	
--------------------	--

MISURA RESISTENZA 1

R CAMPIONE	R0 =	Δ R0 =
------------	------	--------

Alim. Resistenze 1	Potenziometro	Rp =		Vmax =		V =	
--------------------	---------------	------	--	--------	--	-----	--

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

MISURA RESISTENZA 2

Alim. Resistenze 2		Vmax =		V =	
--------------------	--	--------	--	-----	--

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

MISURA RESISTENZA 3

Alim. Resistenze 3		Imax =		I =	
--------------------	--	--------	--	-----	--

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

Tabulato 2

Operazioni in laboratorio

- 1) misura R_x con alimentatore di tensione e potenziometro
- 2) misura R_x con alimentatore di tensione
- 3) misura R_x con alimentatore di corrente