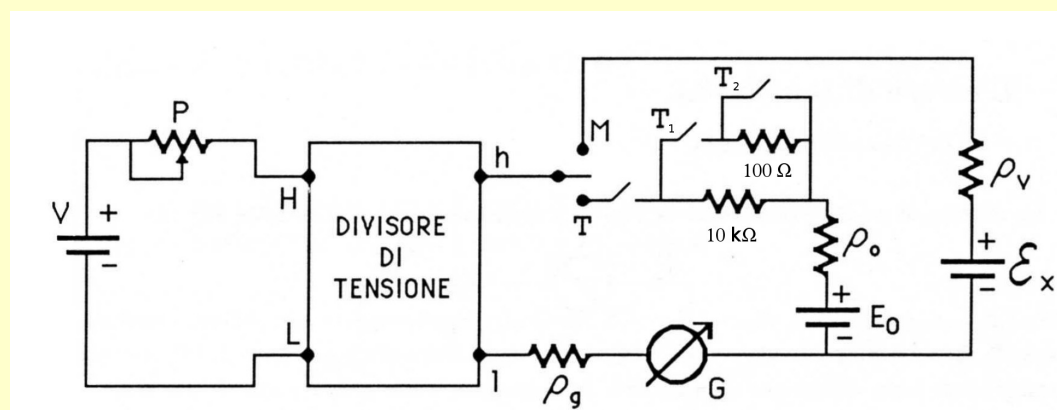


# Taratura del divisore di tensione

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

## Pila Campione (Weston)

- si basa su fenomeni elettrochimici
- $E_0 = 1.01864 \text{ V}$  ( $\pm 1$  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  $\mu\text{A}$  (pena deterioramento pila)

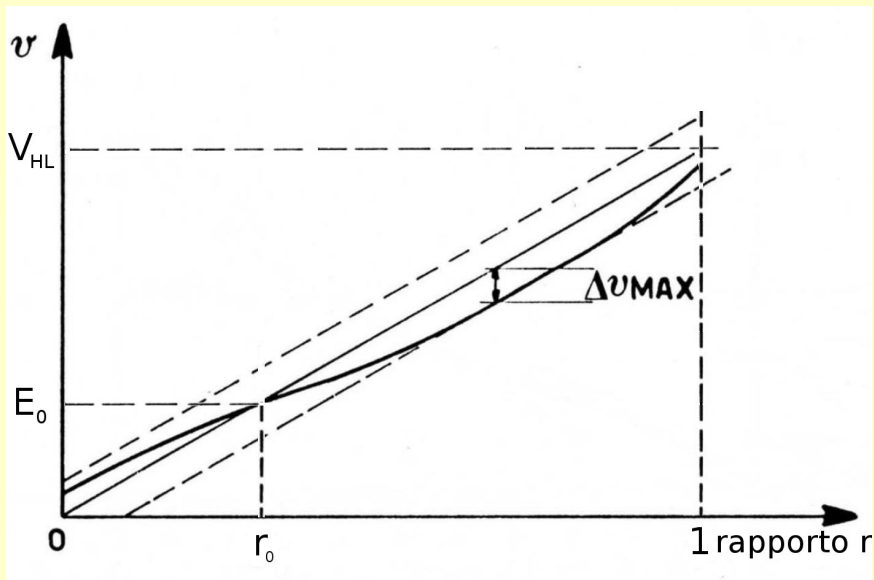


## Taratura

- 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 ppm di  $V_{HL}$ )

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

L'errore percentuale di linearità è quindi

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

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

→ cercare di massimizzare  $r_0$  (e  $r_x$ ) scegliendo i valori opportuni di  $V$  e  $k_t$

rapporto	linearità ai terminali (ppm della ddp in ingresso)	
	4 terminali	3 terminali
$r$	$L$	
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  $\varepsilon_x = (r_x / r_o) E_o$

Dalla seconda legge di Kirchhoff

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

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

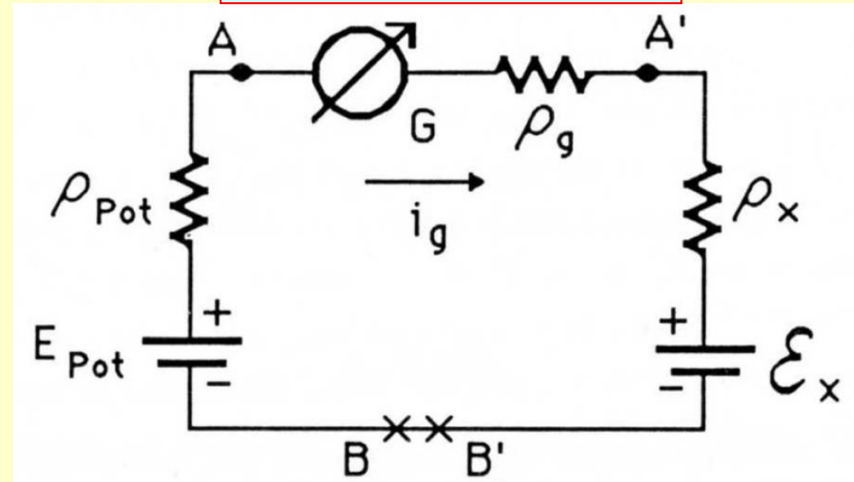
In realtà  $i_g (\approx 0) = i_{g\text{min}}$  e quindi si ha un errore di sensibilità dato da

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

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  $\varepsilon_x$

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

# Misura fem incognita

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

Il galvanometro in laboratorio ha sensibilità massima pari a circa 10 nA/div e quindi  $i_{gmin} = 2.5 \text{ nA}$ .

Se  $(\rho_{pot} + \rho_g + \rho_x) < 100 \Omega$  allora  $(\Delta\varepsilon_x)_S < 0.25 \mu\text{V}$ .

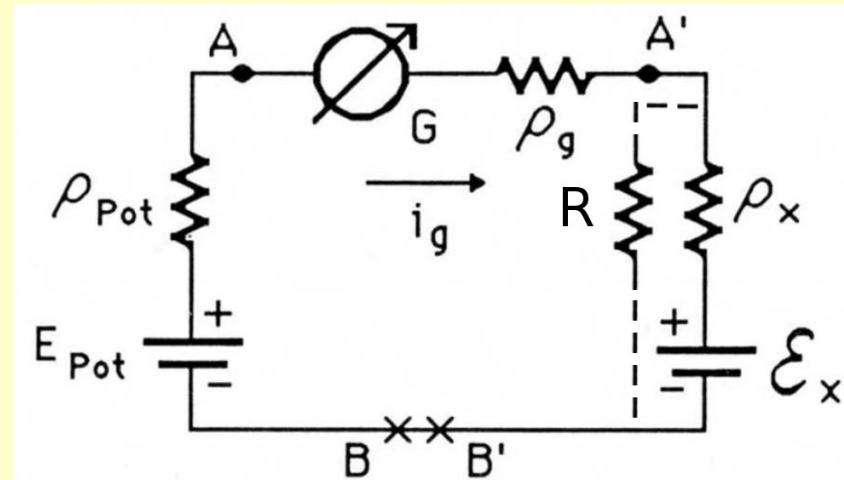
In caso contrario (ex.  $\rho_x > 1 \text{ k}\Omega$ ) al posto del galvanometro conviene usare un microvoltmetro come misuratore di zero.

## Circuito equivalente

### Misura di $\rho_x$

Chiudendo la fem incognita su una  $R$  ( $\approx \rho_x$ ) nota si esegue la misura  $r'_x$  che permette di ricavare  $\varepsilon'_x = \varepsilon_x R / (R + \rho_x)$  e che unita a quella  $r_x$  di  $\varepsilon_x$  permette la misura di  $\rho_x$  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  $\rho_x$  ?

# Misura fem incognita

## Operazioni in laboratorio

1) prima stima  $E_x$  e  $\rho_x$  con 1 e 2 multimetri (il secondo in parallelo al primo)

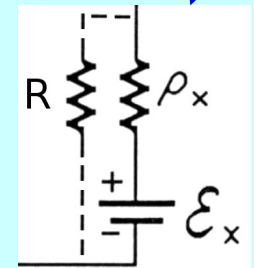
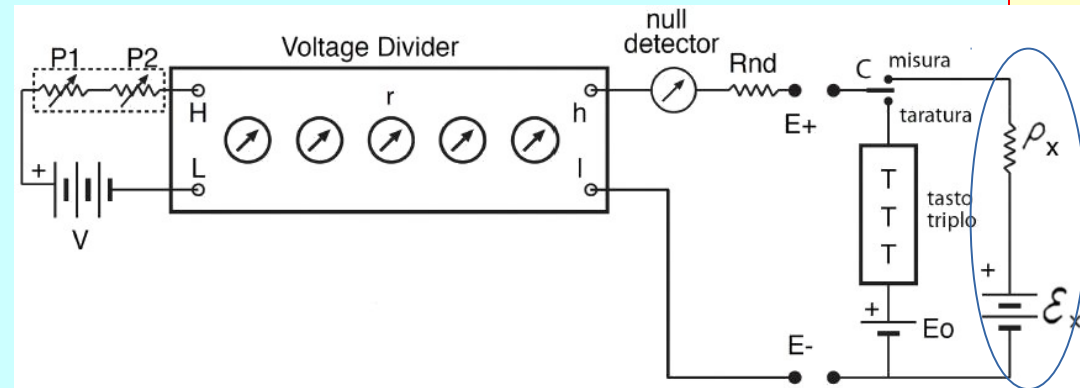
2) montaggio circuito con Galvanometro come null det

3) taratura potenziometro impostando  $r_0$  e variando P1 e P2

3) misura potenziometrica  $E_x$

4) misura potenziometrica  $E_x$  e voltmetro come null det

5) misura potenziometrica con  $E_x$  chiusa su R e galvanometro o voltmetro



MISURE DI FEM E RESISTENZE

GRUPPO	
DATA	
POSTO	

MISURE PRELIMINARI DI Ex CON MULTIMETRO

Tabulato 1

Multimetro utilizzato		
Prima misura fem Ex	Ex1=	$\Delta$ Ex1=
Seconda misura fem Ex	Ex2=	$\Delta$ Ex2=
Prima stima Ex	Ex =	$\Delta$ Ex=
Prima stima $\rho_x$	$\rho_x$ =	$\Delta$ $\rho_x$ =

MISURE POTENZIOMETRICHE

DICHIARAZIONE STRUMENTI USATI

Alim. Divisore		Valore Tensione	V=	$\Delta$ V=
Divisore Tensione			R ingr =	
Galvanometro				

Reostato 1	R1=	$\Delta$ R1=
Reostato 2	R2=	$\Delta$ R2=

FEM CAMPIONE		Vc =	$\Delta$ Vc =
R parallelo Ex		R =	$\Delta$ R =

MISURA FEM INCOGNITA

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

Taratura	r0+		div+
	r0-		div-

Misura Fem	rx+		div+
	rx-		div-

MISURA FEM con voltmetro

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

MISURA FEM con Ex chiusa su R e galvanometro o voltmetro

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

Operazioni in laboratorio

- 1) prima stima  $E_x$  e  $\rho_x$  con 1 e 2 multimetri
- 2) taratura potenziometro
- 3) misura potenziometrica  $E_x$
- 4) misura potenziometrica  $E_x$  e voltmetro
- 5) misura potenziometrica con  $E_x$  chiusa su R e galvanometro o voltmetro

# Misura resistenza incognita

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

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

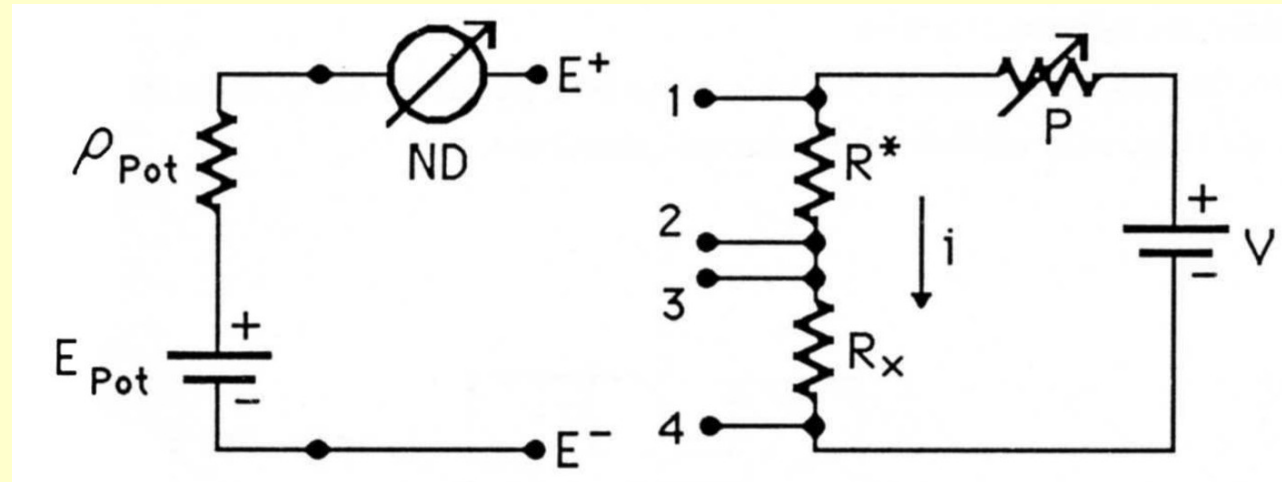
e quindi

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

nota  $R^*$  si misura  $R_x$

(serve ancora la taratura?)

Circuito equivalente



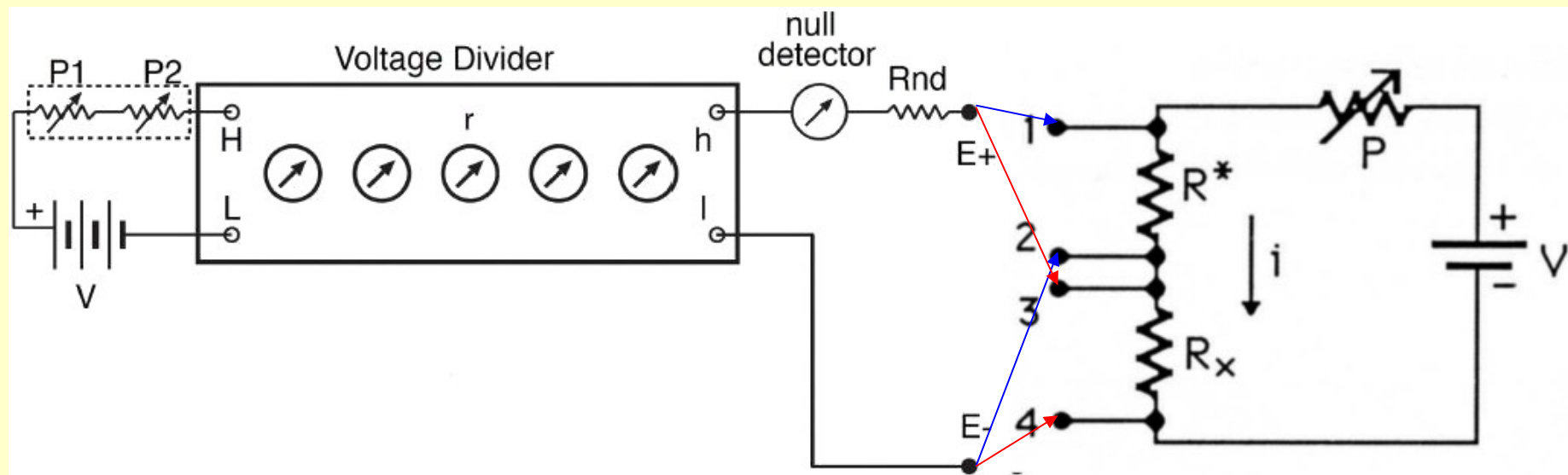
Misura di particolare importanza nel caso che  $R^*$  e  $R_x$  siano di piccolo valore e a 4 terminali (corrente praticamente nulla attraverso i terminali di tensione)

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



## Operazioni in laboratorio

- 1) montare il circuito rispettando i limiti di potenza (0.125 W)
- 2) misura  $r_c$  e  $r_x$  con alimentatore di tensione e potenziometro  $P$
- 3) misura  $r_c$  e  $r_x$  con alimentatore di tensione ma togliendo il potenziometro  $P$  e tenendo conto nuovamente dei limiti di potenza
- 4) misura  $r_c$  e  $r_x$  trasformando l'alimentatore di tensione in alimentatore di corrente



MISURA RESISTENZA INCOGNITA

SCHEMA  
CIRCUITO

Prima stima  $R_x$  con multimetro  $R_{X1} =$   $\Delta R_{X1} =$

MISURA RESISTENZA 1

R CAMPIONE  $R_0 =$   $\Delta R_0 =$

Alim. Resistenze 1 Potenzimetro  $R_p =$   $V_{max} =$   $V =$

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

MISURA RESISTENZA 2

Alim. Resistenze 2  $V_{max} =$   $V =$

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

MISURA RESISTENZA 3

Alim. Resistenze 3  $I_{max} =$   $I =$

rc+		div+	
rc-		div-	

rx+		div+	
rx-		div-	

Tabulato 2

Operazioni in laboratorio

- 1) prima stima  $R_x$  con multimetro
- 2) misura  $R_x$  con alimentatore di tensione e potenziometro
- 3) misura  $R_x$  con alimentatore di tensione
- 4) misura  $R_x$  con alimentatore di corrente