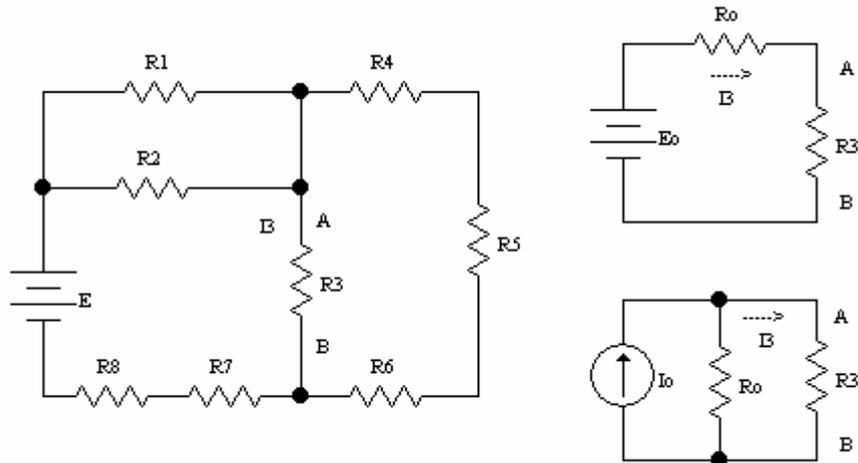


**VERIFICA DEL PRINCIPIO DEL GENERATORE EQUIVALENTE E DEI TEOREMI DI THÈVENIN E DI NORTON.
VERIFICA DELLA VALIDITÀ DEL CIRCUITO EQUIVALENTE**

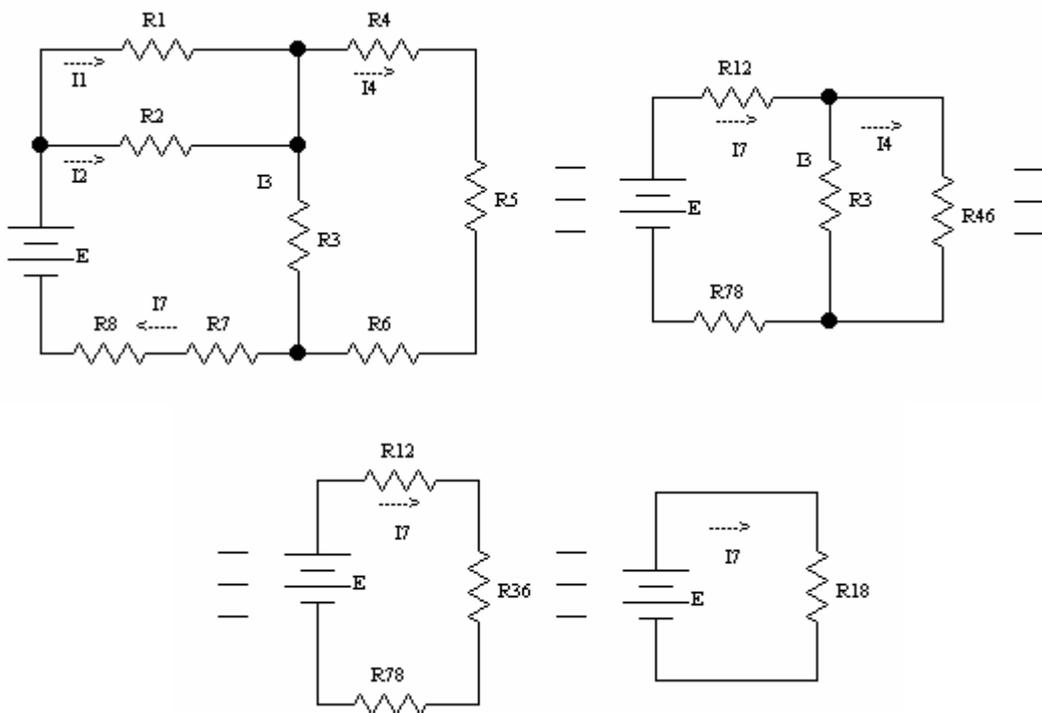
Circuito di verifica



$E = 12V$; $R_1 = 1,2k\Omega$; $R_2 = 1,5k\Omega$; $R_3 = 2,2k\Omega$; $R_4 = 3,3k\Omega$; $R_5 = 2,2k\Omega$; $R_6 = 2,7k\Omega$;
 $R_7 = 1,8k\Omega$; $R_8 = 3,9k\Omega$

Risoluzione del circuito

Già risolto nella precedente verifica, si riporta comunque la risoluzione.



$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1,2 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 10^3} = 0,67 \text{k}\Omega \quad R_{78} = R_7 + R_8 = 1,8 \cdot 10^3 + 3,9 \cdot 10^3 = 5,7 \text{k}\Omega$$

$$R_{46} = R_4 + R_5 + R_6 = 3,3 \cdot 10^3 + 2,2 \cdot 10^3 + 2,7 \cdot 10^3 = 8,2 \text{k}\Omega$$

$$R_{36} = \frac{R_3 R_{46}}{R_3 + R_{46}} = \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 8,2 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 + 8,2 \cdot 10^3} = 1,73 \text{k}\Omega$$

$$R_{18} = R_{12} + R_{36} + R_{78} = 0,67 \cdot 10^3 + 1,73 \cdot 10^3 + 5,7 \cdot 10^3 = 8,1 \text{k}\Omega$$

$$I_7 = \frac{E}{R_{18}} = \frac{12}{8,1 \cdot 10^3} = 1,48 \text{mA} \quad V_{12} = V_1 = V_2 = R_{12} I_7 = 0,67 \cdot 10^3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} = 0,987 \text{V}$$

$$V_{36} = V_3 = V_{46} = R_{36} I_7 = 1,73 \cdot 10^3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} = 2,56 \text{V}$$

$$V_{78} = R_{78} I_7 = 5,7 \cdot 10^3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} = 8,44 \text{V} \quad V_{12} + V_{36} + V_{78} = 0,987 + 2,56 + 8,44 = 11,987 \text{V} \cong E$$

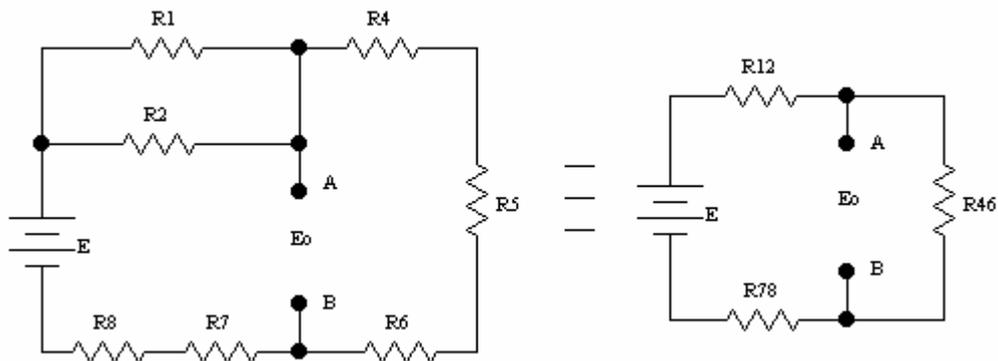
$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{2,56}{2,2 \cdot 10^3} = 1,16 \text{mA} \quad I_4 = \frac{V_{46}}{R_{46}} = \frac{2,56}{8,2 \cdot 10^3} = 0,31 \text{mA} \quad I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{0,987}{1,2 \cdot 10^3} = 0,8225 \text{mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{0,987}{1,5 \cdot 10^3} = 0,658 \text{mA} \quad V_4 = R_4 I_4 = 3,3 \cdot 10^3 \cdot 0,31 \cdot 10^{-3} = 1,023 \text{V}$$

$$V_5 = R_5 I_4 = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 0,31 \cdot 10^{-3} = 0,682 \text{V} \quad V_6 = R_6 I_4 = 2,7 \cdot 10^3 \cdot 0,31 \cdot 10^{-3} = 0,837 \text{V}$$

$$V_7 = R_7 I_7 = 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} = 2,664 \text{V} \quad V_8 = R_8 I_7 = 3,9 \cdot 10^3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3} = 5,772 \text{V}$$

Calcolo di E_o



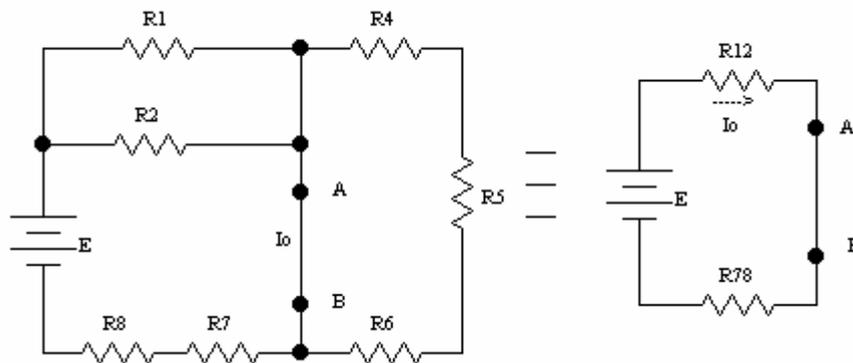
$$R_{12} = 0,67 \text{k}\Omega$$

$$R_{46} = 8,2 \text{k}\Omega$$

$$R_{78} = 5,7 \text{k}\Omega$$

$$E_o = \frac{R_{46}}{R_{12} + R_{46} + R_{78}} \cdot E = \frac{8,2 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 10^3 + 8,2 \cdot 10^3 + 5,7 \cdot 10^3} \cdot 12 = 6,754 \text{V}$$

Calcolo di I_o

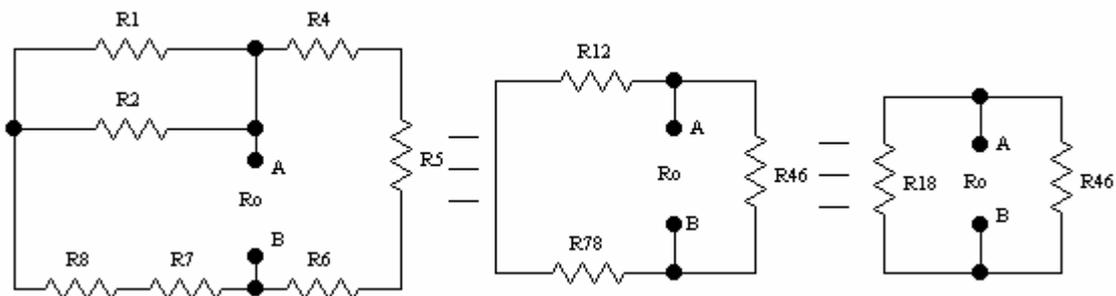


$$I_o = \frac{E}{R_{12} + R_{78}} = \frac{12}{0,67 \cdot 10^3 + 5,7 \cdot 10^3} = 1,884 \text{mA}$$

Calcolo di R_o secondo il principio del generatore equivalente

$$R_o = \frac{E_o}{I_o} = \frac{6,754}{1,884 \cdot 10^{-3}} = 3,585 \text{k}\Omega$$

Calcolo di R_o secondo i teoremi di Thèvenin e di Norton



$$R_{12} = 0,67 \text{k}\Omega ; R_{46} = 8,2 \text{k}\Omega ; R_{78} = 5,7 \text{k}\Omega ; R_{18} = R_{12} + R_{78} = 0,67 \cdot 10^3 + 5,7 \cdot 10^3 = 6,37 \text{k}\Omega$$

$$R_o = \frac{R_{18} R_{46}}{R_{18} + R_{46}} = \frac{6,37 \cdot 10^3 \cdot 8,2 \cdot 10^3}{6,37 \cdot 10^3 + 8,2 \cdot 10^3} = 3,585 \text{k}\Omega$$

Procedimento di verifica del generatore equivalente e dei teoremi di Thèvenin e di Norton

1. Si monta il circuito senza la resistenza R_3 e si collega il generatore regolato a 12V.
2. Si misura la tensione a vuoto E_o tra i punti A e B.
3. Si commuta il multimetro digitale ad amperometro e, assumendo praticamente nulla la resistenza amperometrica dello strumento (o perlomeno trascurabile la sua influenza rispetto alle altre resistenze del circuito), si misura la corrente I_o di cortocircuito.
4. Si sostituisce al generatore un cortocircuito e si misura R_o , resistenza a vuoto tra i punti A e B eliminati i generatori indipendenti (R_o secondo Thèvenin e Norton).
5. Si calcola r_o come rapporto tra E_o e I_o (R_o secondo il principio del generatore equivalente).

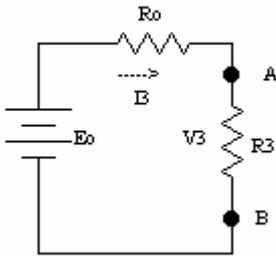
6. Si riportano i valori in una tabella in cui sono riportati anche i valori calcolati, per un immediato confronto.

	volt	mA	K Ω	
	E_o	I_o	$R_o = E_o/I_o$	R_o
Valori misurati	6,80	1,911	3,552	3,552
Valori calcolati	6,754	1,884	3,585	3,585

Verifica della validità del generatore equivalente ottenuto

La verifica della validità del circuito equivalente consiste nell'utilizzare diversi valori per la resistenza R_3 , calcolare la corrente I_3 e la tensione V_3 usando il circuito equivalente ottenuto sperimentalmente (ad esempio il generatore di tensione equivalente), e misurando I_3 e V_3 dal circuito in esame in cui sarà stata inserita la resistenza stessa. Se i valori misurati sono in accordo con quelli calcolati, la schematizzazione è effettivamente valida, ossia sostituisce a tutti gli effetti l'intero circuito visto dai capi di R_3 .

Calcolo di I_3 e di V_3 , per diversi valori della resistenza R_3 , utilizzando il generatore equivalente ottenuto sperimentalmente



$$E_o = 6,8V \quad I_o = 1,911mA \quad R_o = 3,552k\Omega$$

$$R_3 = 1,5k\Omega :$$

$$I_3 = \frac{E_o}{R_o + R_3} = \frac{6,80}{3,552 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 10^3} = 1,346mA ; V_3 = R_3 I_3 = 1,5 \cdot 10^3 \cdot 1,346 \cdot 10^{-3} = 2,019V$$

$$R_3 = 2,2k\Omega :$$

$$I_3 = \frac{E_o}{R_o + R_3} = \frac{6,80}{3,552 \cdot 10^3 + 2,2 \cdot 10^3} = 1,182mA ; V_3 = R_3 I_3 = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 1,182 \cdot 10^{-3} = 2,60V$$

$$R_3 = 3,3k\Omega :$$

$$I_3 = \frac{E_o}{R_o + R_3} = \frac{6,80}{3,552 \cdot 10^3 + 3,3 \cdot 10^3} = 0,992mA ; V_3 = R_3 I_3 = 3,3 \cdot 10^3 \cdot 0,992 \cdot 10^{-3} = 3,275V$$

$$R_3 = 4,7k\Omega :$$

$$I_3 = \frac{E_o}{R_o + R_3} = \frac{6,80}{3,552 \cdot 10^3 + 4,7 \cdot 10^3} = 0,824mA ; V_3 = R_3 I_3 = 4,7 \cdot 10^3 \cdot 0,824 \cdot 10^{-3} = 3,873V$$

$$R_3 = 5,6k\Omega :$$

$$I_3 = \frac{E_o}{R_o + R_3} = \frac{6,80}{3,552 \cdot 10^3 + 5,6 \cdot 10^3} = 0,743mA ; V_3 = R_3 I_3 = 5,6 \cdot 10^3 \cdot 0,743 \cdot 10^{-3} = 4,161V$$

Si procede nel seguente modo:

7. Si inserisce nel circuito la resistenza R_3 di $1,5k\Omega$ (primo valore della tabella riassuntiva) e si misura la differenza di potenziale V_3 ai suoi capi.
8. Si calcola la corrente I_3 applicando la legge di Ohm ai capi di R_3 , utilizzando il valore misurato di V_3 .
9. Si utilizzano, in successione, i valori di R_3 di $2,2k\Omega$, $3,3k\Omega$, $4,7k\Omega$, $5,6k\Omega$, come in tabella, e si ripetono i punti 7 e 8
10. Si riportano i valori in una tabella in cui sono riportati anche i valori calcolati, per un immediato confronto.

K Ω	Valori misurati		Valori calcolati	
	volt	mA	volt	mA
R_3	V_3	I_3	V_3	I_3
1,5	2,005	1,337	2,019	1,346
2,2	2,595	1,179	2,60	1,182
3,3	3,301	1,000	3,275	0,992
4,7	3,856	0,820	3,873	0,824
5,6	4,161	0,743	4,161	0,743

Dai dati riportati in tabella si vede chiaramente che i valori calcolati dal circuito equivalente sperimentale e i valori misurati di I_3 e V_3 sono in ottimo accordo. Pertanto, si ritiene verificata la validità del principio del generatore equivalente e dei teoremi di Thèvenin e di Norton.