

Principio di Kirchhoff alle maglie; LED

Materiale: 3 resistenze (due da 1K0 e una da 3K3 nominali, tolleranza 5%. Colori: Marrone-Nero-Rosso-Oro e Arancio-Arancio-Rosso-Oro), LED rosso.

Strumenti: multimetro digitale (modello Metex 3800), alimentatore stabilizzato (modello Stab AR50), breadboard.

Prima parte

Calcolo teorico

Nello schema sono indicati il verso della corrente (uscende dal + del generatore) e delle tensioni ai capi delle resistenze (opposto alla corrente).

La resistenza complessiva (tre resistenze in serie) è pari a $R_{TOT}=1,0+1,0+3,3=5,3\text{ k}\Omega$. La corrente è quindi $I = 10 / 5,3 = 1,89\text{ mA}$

La tensione ai capi di ciascun resistore può essere calcolata moltiplicando la resistenza per la corrente. Quindi

$$V_1 = R_1 \times I = 1,89\text{ V} \quad V_2 = R_2 \times I = 1,89\text{ V} \quad V_3 = R_3 \times I = 6,23\text{ V}.$$

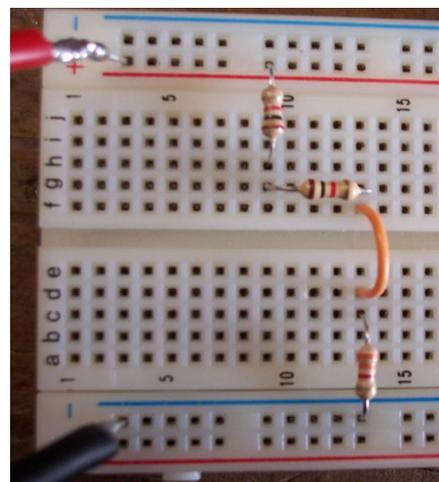
E' ovviamente verificata, a meno delle approssimazioni utilizzate, l'equazione di Kirchhoff alla maglia:

$$10,0 - 1,89 - 1,89 - 6,23 = 0,01\text{ V}$$

Verifica sperimentale

Si è montato su breadboard il circuito e lo si è collegato all'alimentatore con un cavo nero (-) ed uno rosso (+). Nel montare il circuito si è riservato il colore rosso ai soli fili direttamente collegati al polo positivo dell'alimentatore, il nero ai fili collegati al polo negativo. Partendo dall'alto a sinistra si osserva nell'immagine:

- il cavo rosso proveniente dal polo positivo dell'alimentatore collegato alla linea rossa orizzontale identificata dal simbolo +
- la prima resistenza da 1K0, verticale
- la seconda resistenza da 1K0 orizzontale e in serie alla precedente
- un filo verticale arancio attraversa l'interruzione centrale
- la resistenza da 3K3 verticale, collegata alla riga orizzontale blu con il simbolo -. Anch'essa è in serie alle precedenti due resistenze
- a sinistra in basso, il collegamento al polo negativo dell'alimentatore attraverso la linea blu orizzontale e quindi un cavo nero



Sono state effettuate le misure delle tensioni ai capi delle tre resistenze e della tensione erogata dall'alimentatore, ottenendo i seguenti valori:

$$V_{cc} = 10,1\text{ V} \quad V_1 = 1,90\text{ V} \quad V_2 = 1,92\text{ V} \quad V_3 = 6,21\text{ V}$$

Tali tensioni sono sostanzialmente uguali a quelli calcolate al punto precedente.

Tutte le misure di tensione sono state effettuate utilizzando il multimetro in posizione VDC, collegando il puntale rosso alla "punta della freccia" della tensione, indicata nello schema, e quello nero alla "coda".

L'equazione di Kirchhoff alla maglia è verificata a meno degli errori di misura. Infatti:

$$10,1 - 1,90 - 1,92 - 6,21 = 0,07\text{ V}$$

La corrente nelle tre resistenze (che non è stata misurata direttamente) è calcolabile con la legge di Ohm.

$$I_1 = V_1 / R_1 = 1,90\text{ mA}; I_2 = 1,92\text{ mA}; I_3 = 1,88\text{ mA}$$

Tale corrente è sostanzialmente uguale a quella calcolata teoricamente (teoricamente dovrebbe essere identica per tutte le tre resistenze).



Copyright 2012 - VincenzoV.net - <http://www.vincenzov.net>

La piccola differenza nelle correnti e nelle tensioni tra i valori calcolati e quelli misurati è giustificabile con il fatto che le tre resistenze hanno una tolleranza del 5% (da una misura con il multimetro sono risultate pari rispettivamente a 1002, 1010 e 3270 Ω. Rifacendo i calcoli con tali valori si ottengono tensioni praticamente identiche ai valori misurati).

Raddoppiando la tensione erogata dal generatore si ottengono le misure presenti nella seguente tabella:

Vcc [V]	I [mA]	V1 [V]	V2[V]	V3[V]	
20,0	3,77	3,77	3,77	12,45	Calcolo teorico
20,1		3,80	3,82	12,5	Misure sperimentali

In pratica raddoppiando la tensione erogata dal generatore raddoppiano tutte le tensioni. Non è stata misurata la corrente ma può essere ricavata con la legge di Ohm applicata ad una qualunque delle tre resistenze, ottenendo circa 3,8 mA, anch'essa raddoppiata.

E' ovviamente verificata l'equazione di Kirchhoff, sia nei valori calcolati che in quelli misurati:

$$20,1 - 3,8 - 3,82 - 12,5 = 0,02 \text{ V}$$

Collegando l'alimentatore invertendo “+” e “-” (ma collegando sempre i puntali del multimetro come indicato nella schema) otteniamo i seguenti valori:

Vcc [V]	I [mA]	V1 [V]	V2[V]	V3[V]	
-10,0	-1,89	-1,89	-1,89	-6,23	Calcolo teorico
-10,0		-1,89	-1,90	-6,21	Misure sperimentali

In pratica, invertendo la polarità del generatore, si inverte il segno di tutte le tensioni ma il modulo non cambia. Se una tensione ha segno negativo significa che il potenziale minore è in corrispondenza dalla punta della freccia che la indica. Anche in questo caso è rispettata l'equazione di Kirchhoff.

Seconda parte

Il circuito realizzato è riportato nello schema, dove sono state disegnate anche i versi di riferimento per la misura delle tensioni (il puntale rosso del multimetro coincide con la punta delle frecce indicanti le tensioni). Non è stata fatto alcun calcolo teorico perché non è noto il funzionamento dei LED.

L'alimentatore è stato regolato, nel corso di quattro prove, a 5V, 15V, -15V e -5V, invertendo negli ultimi due casi polo positivo e negativo.

I valori sperimentali misurati sono raccolti nella seguente tabella:

Vcc [V]	V1 [V]	V3[V]	V2[V]	V _{LED} [V]	
5,05	3,80	1,20	0,00	1,20	Led spento
15,2	7,35	7,85	6,11	1,74	Led acceso
-5,13	-3,80	-1,20	0,00	-1,2	Led spento
-15,25	-11,76	-3,49	0,00	-3,39	Led spento

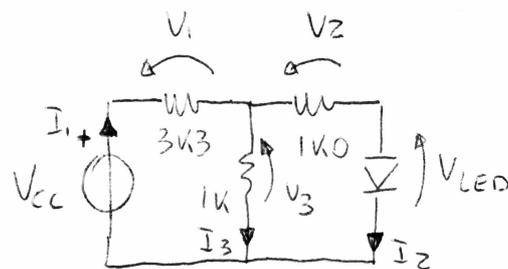
Si noti che la corrente che attraversa R₂ (quella da 1K a destra nello schema) è calcolabile con la formula $I_2 = V_2 / R_2$ e che tale corrente è la stessa che scorre nel LED (l'unico valore diverso da zero indica una corrente di circa 6,1 mA diretta da sinistra verso destra nella resistenza e, di conseguenza, dall'alto verso il basso nel LED). La legge di Kirchhoff alle maglie è sempre verificata per ogni maglia (a meno degli errori di misura). Per esempio:

dalla prima riga della tabella considerando la maglia di sinistra abbiamo

$$5,05 - 3,80 - 1,20 = 0,05 \text{ V}$$

dalla seconda riga, considerando la maglia di destra abbiamo

$$7,85 - 6,11 - 1,74 = 0 \text{ V}$$



Osservazioni:

- In questo circuito triplicando la tensione di alimentazione non triplicano le correnti e le tensioni. Si osservino per esempio le differenze tra la prima e la seconda riga della tabella. Per questo aspetto non valgono quindi le conclusioni fatte precedentemente per il circuito con le tre resistenze in serie.
- Invertendo la tensione erogata del generatore (per esempio tra la seconda e l'ultima riga della tabella) non si ha il solo cambiamento del segno delle tensioni ai capi dei vari componenti ma cambiano anche i moduli. Anche per questo aspetto non valgono quindi le conclusioni fatte precedentemente per il circuito con le tre resistenze in serie
- In particolare il LED non segue la legge di Ohm. Infatti facendo il rapporto tra la tensione ai suoi capi e la corrente che scorre in esso non si ottiene una costante, come invece avviene per le resistenze. Non siamo in grado, al momento, di individuare una legge che lega tensione e corrente nel LED.
- Il LED si accende solo quando è attraversato da una corrente. Non sembra invece rilevante la tensione.

