

Circuito 1: Accensione del led

Nella seguente schermata è rappresentato il primo circuito di base costituito da una batteria VCC con una tensione di 15 [V], da una resistenza R₁ di 2.2 [KΩ], da un led verde e dal terminale di massa.

Per determinare la luminosità del led bisogna eseguire dei calcoli allo scopo di impedire che passino troppi elettroni che di conseguenza danneggerebbero il led. Il led possiede ai suoi capi una propria tensione di 2.2 [V] e può assorbire fino ad un massimo di 10 [mA].

Calcoli:

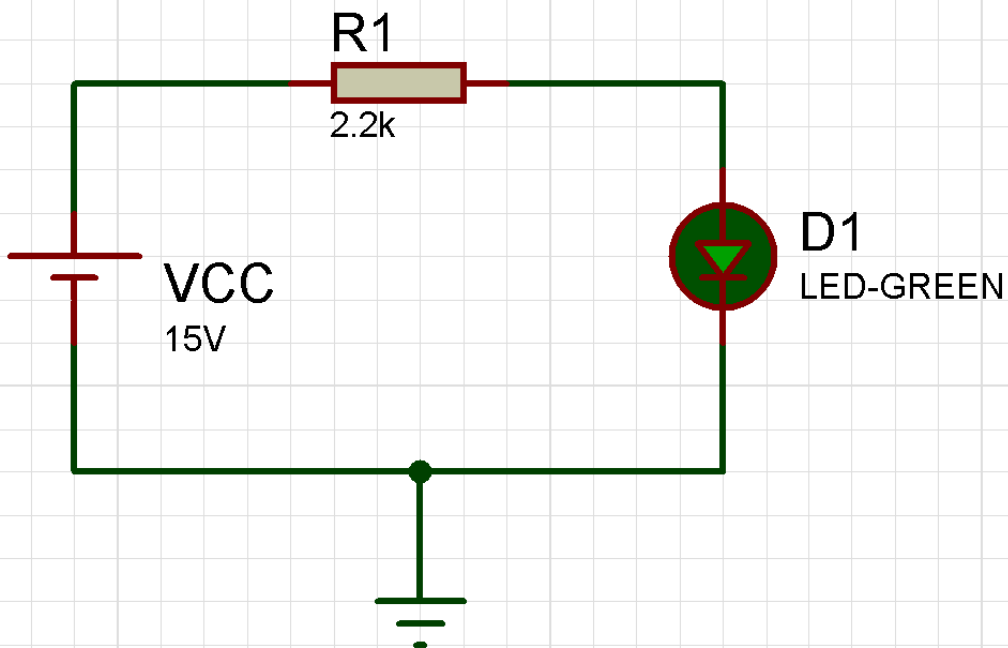
$$V_{R1} = V_{R1} - V_{led}$$

$$V_{R1} = V_{CC} - V_{led} = (15 - 2.2) [V] = 12.8 [V]$$

$$I = V_{R1} / R_1 = 12.8 [V] / 2.2 [K\Omega] = 5.82 [mA]$$

Seconda legge di Kirchhoff

Prima legge di Ohm

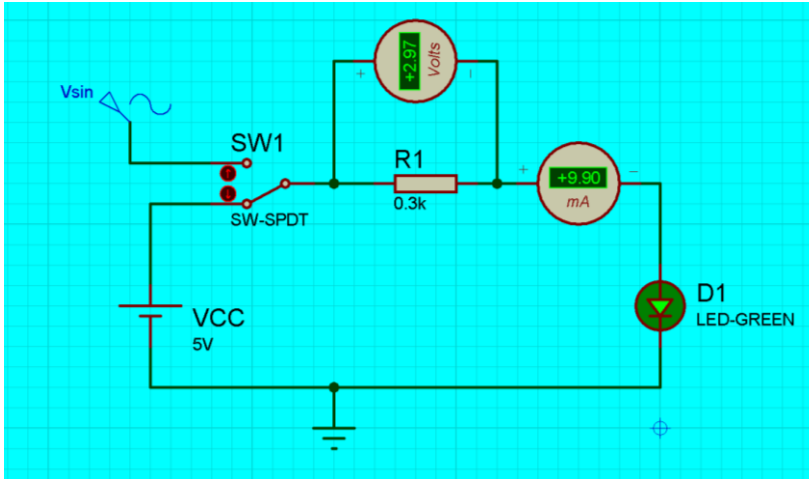


Circuito 2: Accensione del led con switch

Questo circuito è formato da uno switch al quale sono collegati una batteria $VCC = 5 [V]$ e un generatore sinusoidale V_{sin} (amplitude = $8 [V]$, $Frq = 0.5 [Hz]$).

A valle dello switch è collegata una resistenza $R_1 = 0.3 [K\Omega]$ e in serie un led verde con una $V_{led} = 2 [V]$. Il tutto ovviamente per poter funzionare deve essere collegato a massa. In parallelo alla R_1 c'è un voltmetro che indica $V_{R1} = 2.97 [V]$ e in serie alla R_1 , c'è invece un amperometro che misura la corrente $I = 9.90 [mA]$.

Nella prima immagine lo switch è collegato alla VCC , mentre nella seconda alla V_{sin} .



Calcoli:

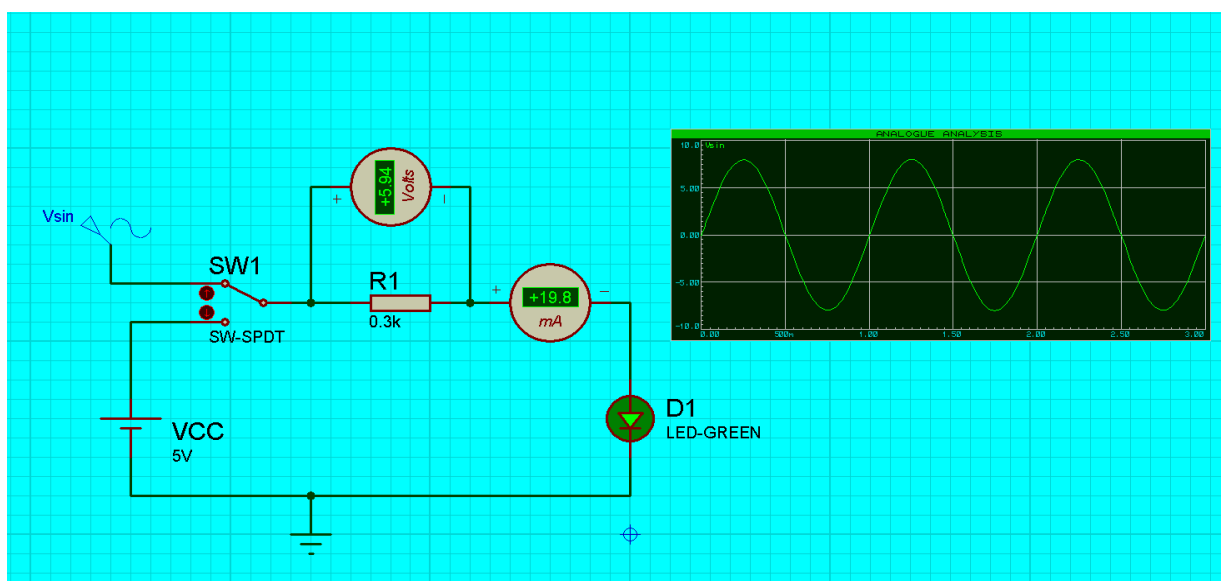
$$\begin{aligned} VCC &= V_{R1} - V_{led} \\ V_{R1} &= VCC - V_{led} = 5 - 2 = 3 [V] \\ I &= V_{R1} / R_1 = 3 / 0.3 = 10 [mA] \end{aligned}$$

In questa seconda immagine troviamo un grafico in cui lo stop time = $3 [s]$. Nel grafico si può vedere l'onda sinusoidale prodotta dal generatore.

L'onda ha un picco positivo = 8 e un picco negativo = $-8 [V]$

Calcoli:

$$\begin{aligned} V_{sin} &= V_{R1} - V_{led} \\ V_{R1} &= V_{sin} - V_{led} = 8 - 2 = 6 [V] \\ I &= V_{R1} / R_1 = 6 / 0.3 = 20 [mA] \end{aligned}$$



Circuito 3: Partitore di tensione

La schermata rappresenta un partitore di tensione formato da: una batteria $V_{CC} = 12 [V]$, tre resistenze in serie $R_1 = 5.5 [K\Omega]$, $R_2 = 2.3 [K\Omega]$ e $R_3 = 1.5 [K\Omega]$, 3 amperometri in serie, 3 voltmetri in parallelo rispetto alla corrispondente resistenza e massa.

La caratteristica di un partitore in serie è che il circuito è attraversato dalla stessa corrente mentre ad ogni resistenza cade una tensione differente. Inoltre la resistenza equivalente è data dalla somma delle resistenze.

Svolgendo i seguenti calcoli si arriva ai valori ottenuti in figura.

Calcoli:

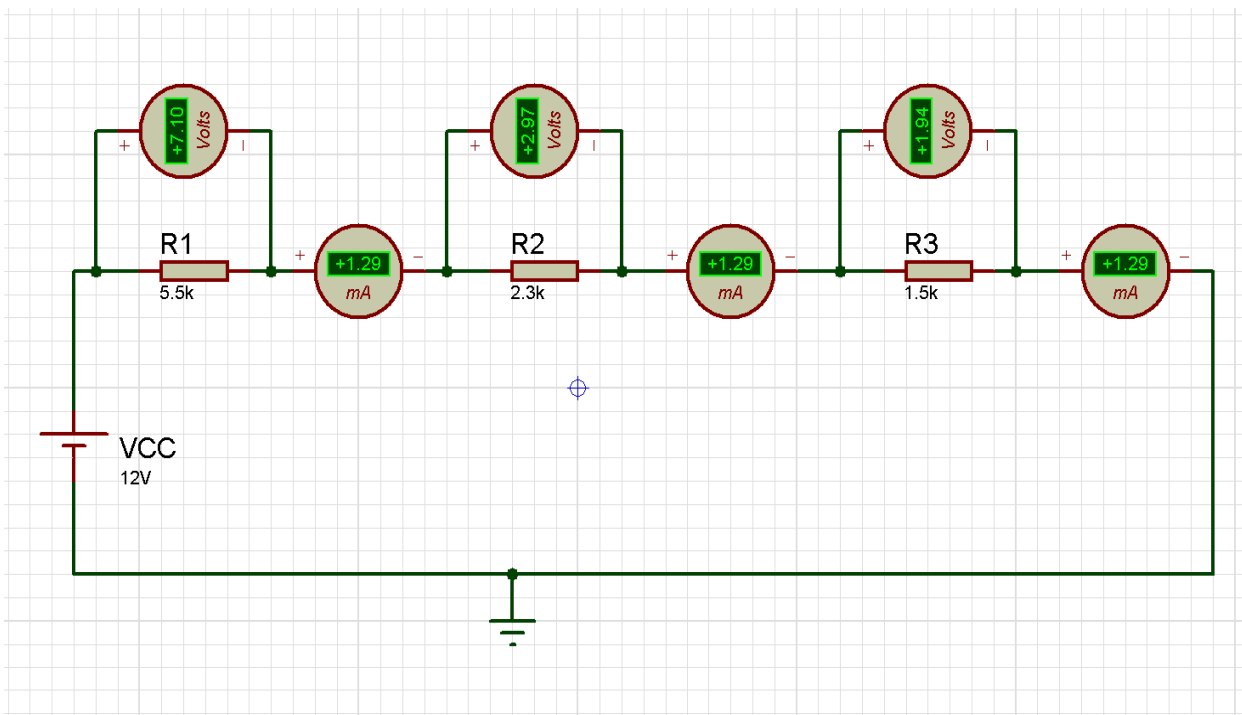
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = (5.5 + 2.3 + 1.5) [K\Omega] = 9.3 [K\Omega]$$

$$I = V_{CC} / R_{eq} = 12 [V] / 9.3 [K\Omega] = 1.29 [mA]$$

$$V_{R1} = I * R_1 = 1.29 * 5.5 = 7.1 [V]$$

$$V_{R2} = I * R_2 = 1.29 * 2.3 = 2.97 [V]$$

$$V_{R3} = I * R_3 = 1.29 * 1.5 = 1.94 [V]$$



Circuito 4: Partitore di corrente

La schermata rappresenta un esempio di partitore di corrente formato da: una batteria $V_{CC} = 12 [V]$, due resistenze collegate tra loro in parallelo $R_1 = 3.3 [K\Omega]$ e $R_2 = 2.7 [K\Omega]$ e massa.

La caratteristica di un partitore di corrente è che:

- le due resistenze sono sottoposte alla stessa tensione, che è anche uguale a quella fornita dalla batteria.
- la corrente si ripartisce nelle due resistenze a seconda dei loro valori.

La resistenza equivalente è data dal reciproco della somma del reciproco delle resistenze. Questa regola vale sempre, però esiste un caso particolare: quando le due resistenze sono uguali, la R_{eq} è la metà delle resistenze.

Nel circuito ci sono 3 amperometri: uno è in serie alla batteria e indica la corrente totale mentre gli altri due sono in serie alle singole resistenze e indicano, numericamente, come si ripartisce la corrente.

Ci sono anche due voltmetri collegati in parallelo alle resistenze e indicano lo stesso valore misurato in Volt della batteria.

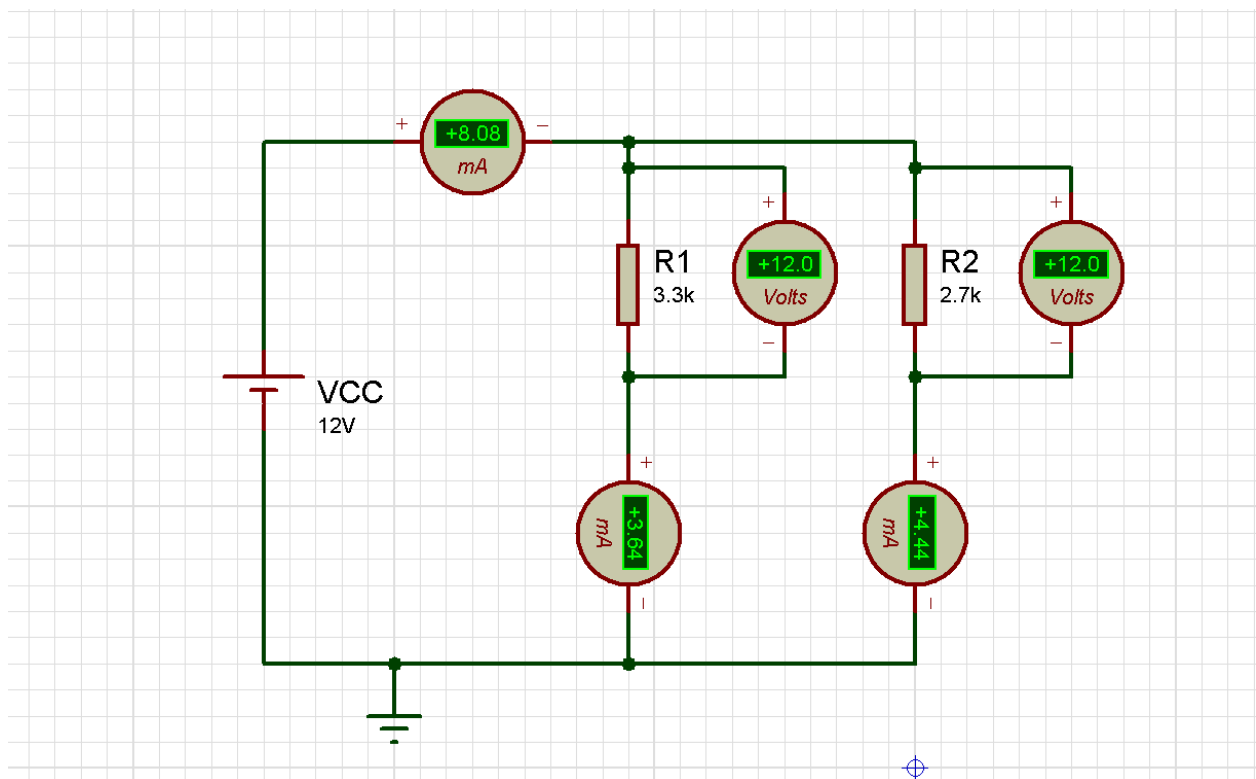
Calcoli:

$$V_{CC} = V_{R1} = V_{R2}$$

$$I_1 = V_{CC} / R_1 = 12 / 3.3 = 3.64 [mA]$$

$$I_2 = V_{CC} / R_2 = 12 / 2.7 = 4.44 [mA]$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 = 3.64 + 4.44 = 8.08 [mA]$$



Bene: 8 RS 12 - 10 - 15

Circuito 5: Circuito misto

Il circuito misto presente in figura è formato da:

- una batteria $V_{CC} = 50$ [V]
- due resistenze uguali in parallelo $R_1 // R_2 = 32$ [k Ω]
- una resistenza $R_3 = 10$ [k Ω] in serie alle precedenti
- due resistenze $R_4 // R_5$ dove $R_4 = 40$ [k Ω] e $R_5 = 60$ [k Ω]
- 5 amperometri: uno in serie alla V_{CC} e gli altri 4 in serie nelle resistenze in parallelo
- 3 voltmetri rispettivamente in parallelo tra i punti DC, CA, AB
- il terminale di massa

Calcoli:

$$R_{eq} = (R_1 // R_2) + R_3 + (R_4 // R_5) = 16 + 10 + 24 = 50 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

$$I = I_3 = V_{CC} / R_{eq} = 50 / 50 = 1 \text{ [mA]}$$

$$I_1 = I_2 = I * R_2 / (R_1 + R_2) = 1 * 32 / (32 + 32) = 0.5 \text{ [mA]}$$

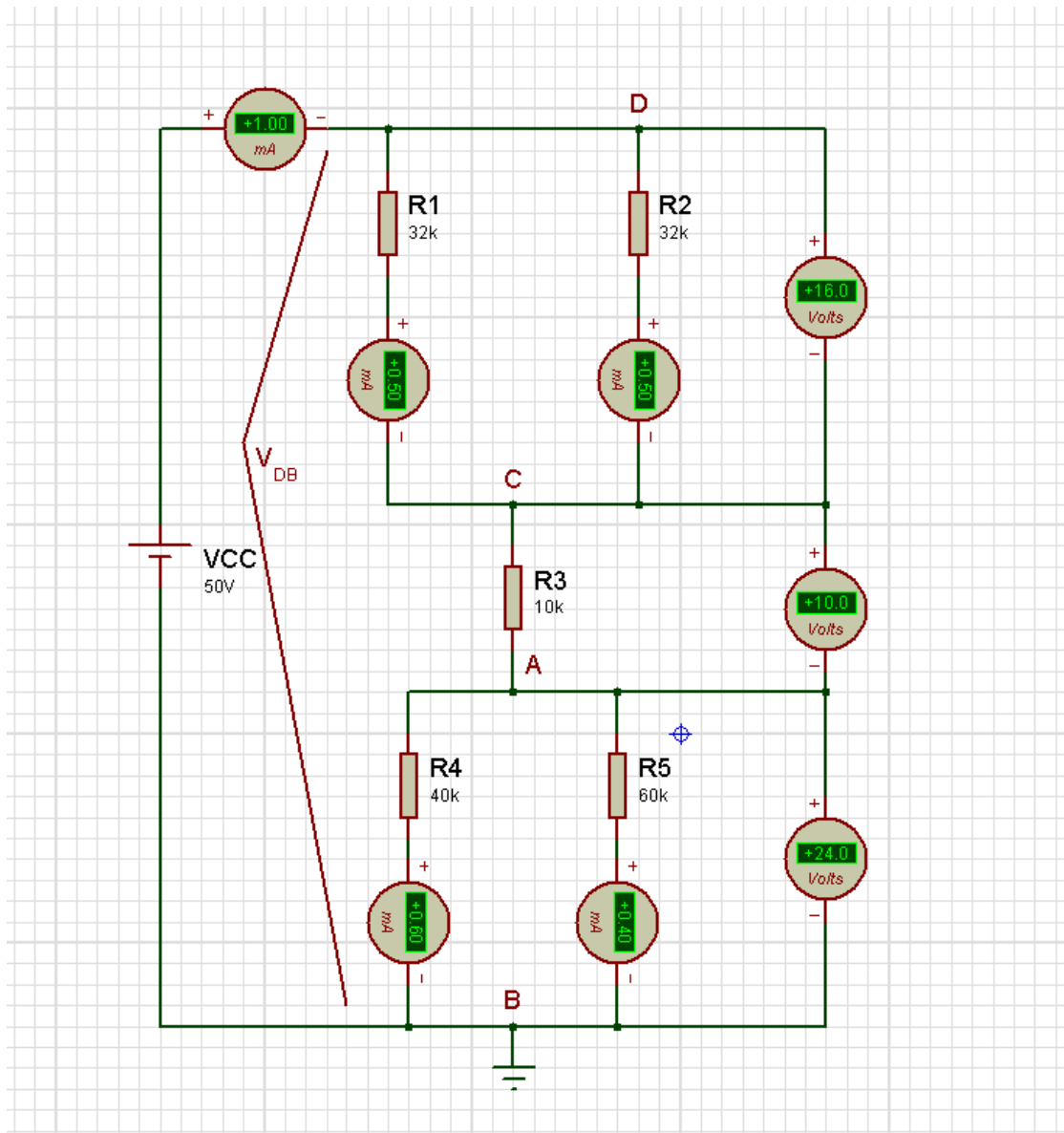
$$V_{R1} = V_{R2} = R_1 * I_1 = 32 * 0.5 = 16 \text{ [V]}$$

$$I_4 = I * R_5 / (R_4 + R_5) = 1 * 60 / (40 + 60) = 0.6 \text{ [mA]}$$

$$I_5 = I * R_4 / (R_4 + R_5) = 1 * 40 / (40 + 60) = 0.4 \text{ [mA]}$$

$$V_{R4} = V_{R5} = R_4 * I_4 = 40 * 0.6 = 24 \text{ [V]}$$

$$P = V_{CC} * I = 50 * 1 = 50 \text{ [mW]}$$



Circuito 6: Circuito RC in regime di onda quadra

Questo circuito è formato da:

- un generatore V_g con $V_g \text{ min} = 0 \text{ [V]}$ e $V_g \text{ max} = 5 \text{ [V]}$, frequenza = 50 [Hz], TH (time high) = TL (time low) = 10 [ms] e $\tau = R \cdot C = 1 \text{ [ms]}$
- una resistenza $R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$
- un condensatore $C_1 = 10 \text{ [}\mu\text{F}\text{]}$
- il terminale di massa

In figura è inoltre riportato il grafico che rappresenta la forma d'onda assunta dai componenti del circuito: la linea verde indica V_g , mentre quella bianca $V_c(t)$. Lo stop time è 60 [ms].

La differenza tra l'onda di V_g e quella di $V_c(t)$ è che la prima assume solo i valori 0 e 5 [V], mentre $V_c(t)$ assume tutti i valori da 0 fino a 4.99 [V] circa.

Il TH di $V_c(t)$ viene chiamato fase di carica, mentre il TL fase di scarica. Per calcolarle esistono queste due formule:

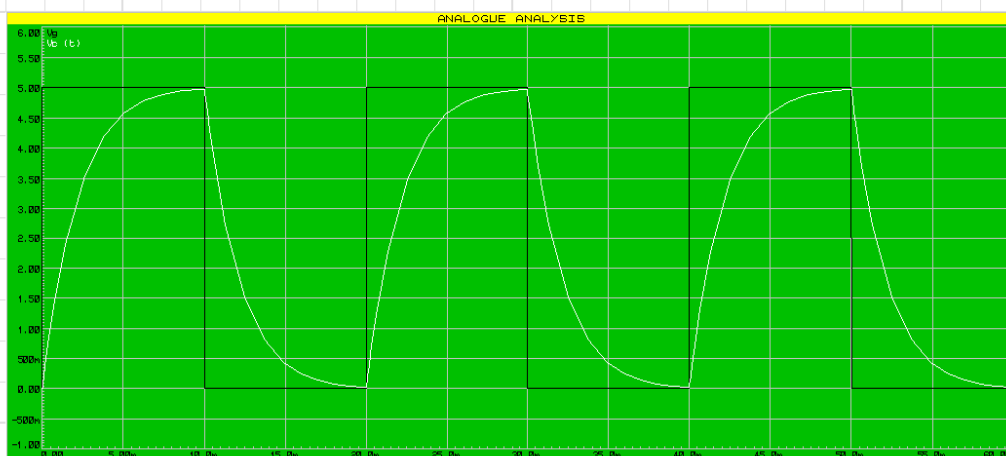
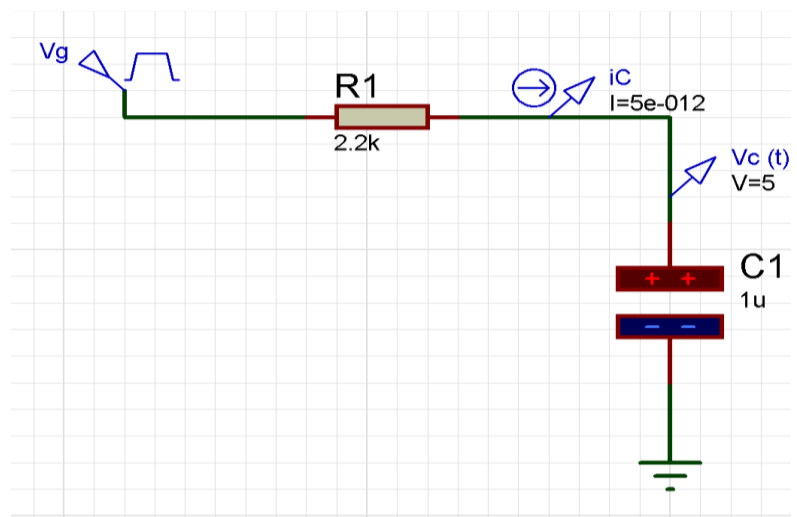
$$\text{Fase di carica della tensione } \square V_c(t) = V_g (1 - e^{-t/RC})$$

$$\text{Fase di scarica della tensione } \square V_c(t) = V_{c_{\text{max}}} e^{-t/\tau}$$

Calcoli:

$$V_c(t = \tau) = 5 * (1 - 1/e) = 5 * 0.63 = 3.17 \text{ [V]}$$

$$V_c(t = 5\tau) = 5 * 0.993 = 4.97 \text{ [V]}$$



Circuito 7: Led in serie e in parallelo

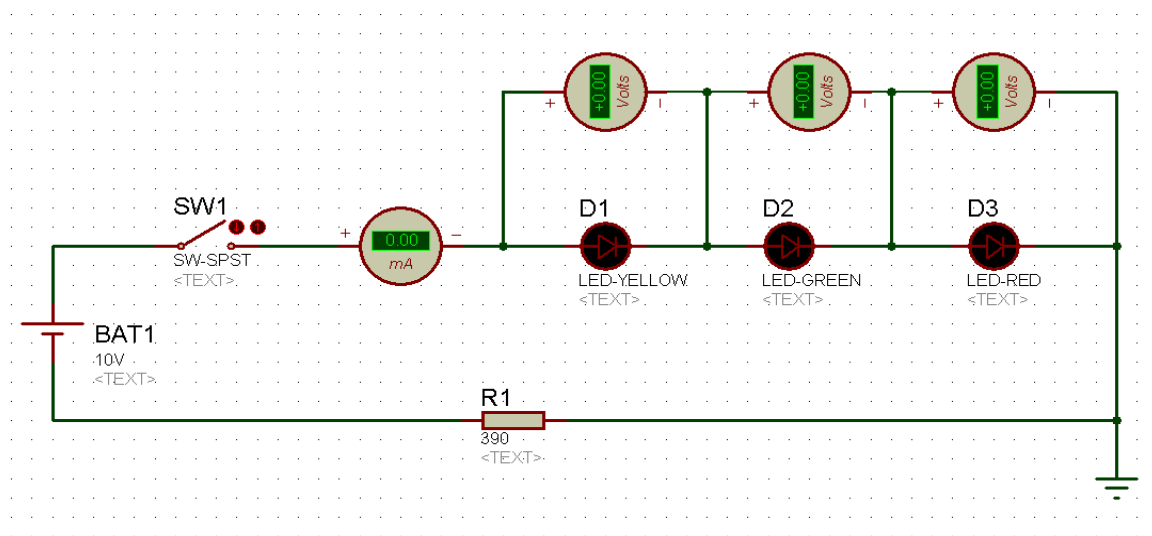
In questo circuito abbiamo utilizzato:

- Una batteria da 10 [V],
- Un resistore da 390 [Ω],
- Tre led (rispettivamente uno giallo, uno verde e uno rosso) in serie,
- Uno switch (SW-SPST) che viene utilizzato per aprire e chiudere il circuito,
- Il terminale di massa.

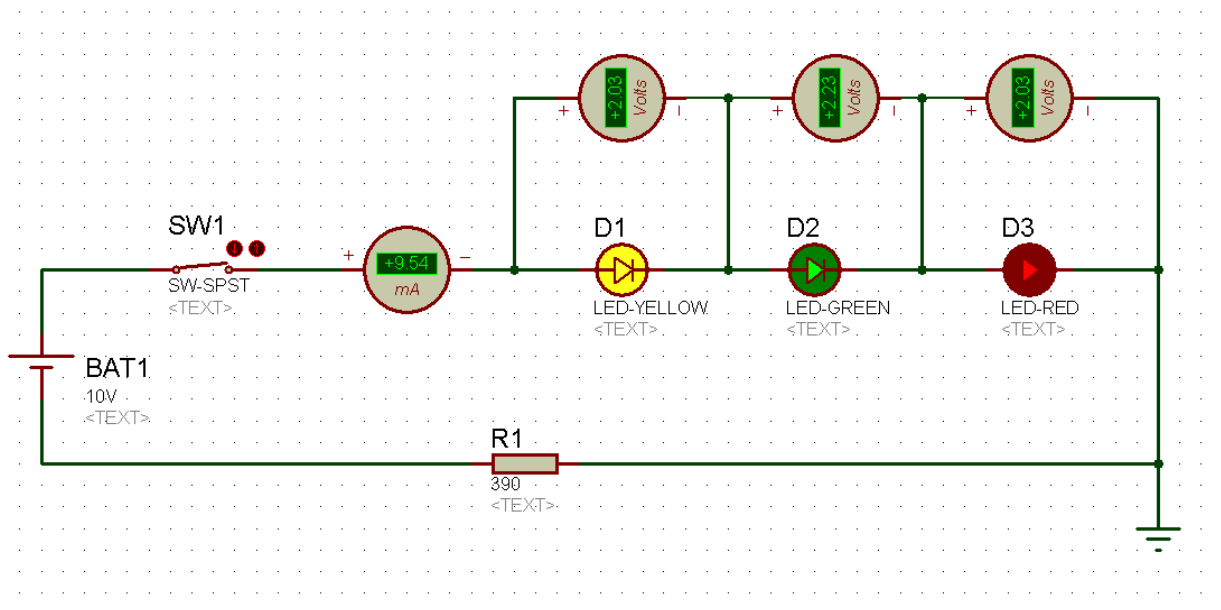
Calcoli:

$$R1 = [BAT1 - (VD1+VD2+VD3)]/10 \text{ [mA]} = [10 \text{ [V]} - (2+2+2)] / 10 \text{ [mA]} = 390 \text{ [\Omega]}$$

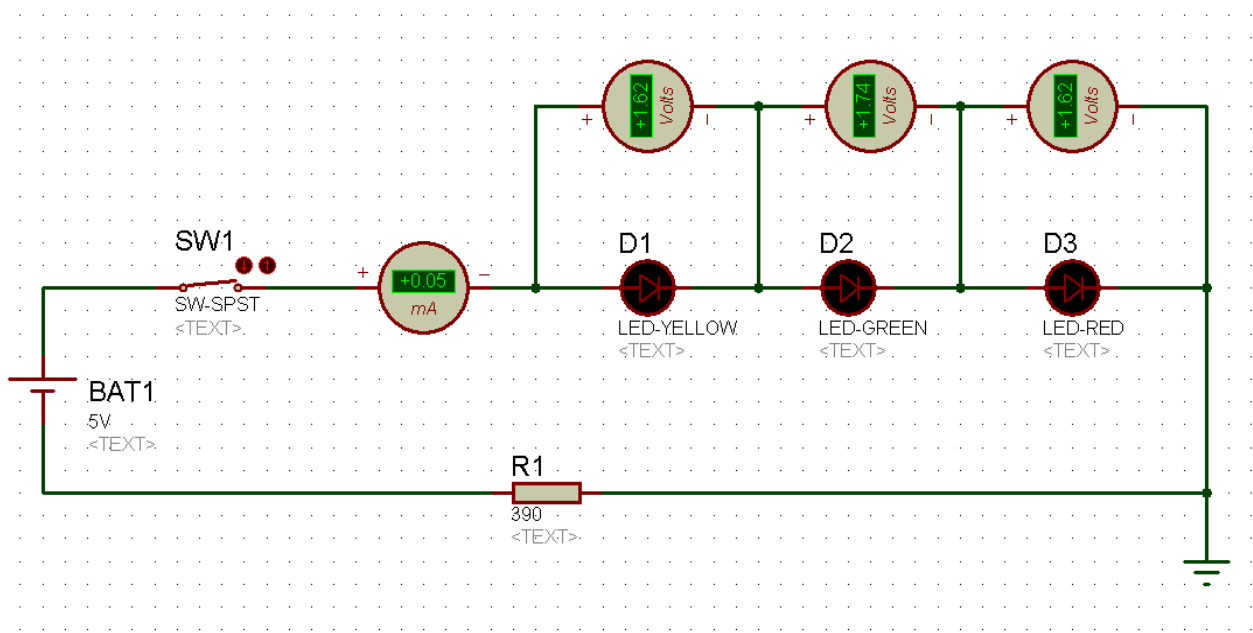
Se apriamo il circuito grazie al nostro switch, tutti e tre i led non si accendono perché il circuito è aperto.



Invece se il circuito è chiuso ma la batteria fornisce una tensione \geq alla somma della caduta di tensione dei led, questi si accendono.



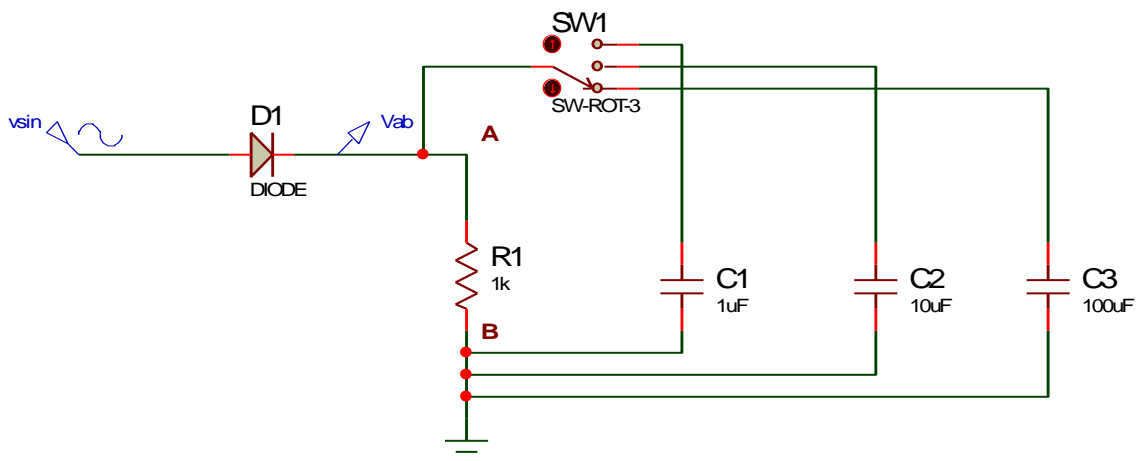
In caso contrario, vale a dire se la batteria fornisce una tensione \leq alla somma della caduta di tensione dei led, questi non si accendono.



Circuito 8: Raddrizzatore di tensione

Questo circuito presenta:

- un generatore V_{sin} con Amp = 10 [V], Frq = 50 [Hz], periodo = 20 [ms],
- in serie al generatore un diodo D_1 ,
- a valle del diodo un resistore $R_1 = 1$ [K Ω],
- dal nodo A è collegato uno switch con tre diramazioni alle quali sono collegati tre condensatori $C_1 = 1$ [uF], $C_2 = 10$ [uF], $C_3 = 100$ [uF],
- nel nodo B si ricongiungono tutte le varie diramazioni e sono state collegate al terminale di massa,
- a valle di ogni condensatore vi è una sonda che misura la tensione tra quel punto e massa.



I seguenti 3 grafici rappresentano le tensioni misurate dalle sonde in ogni condensatore, confrontate sempre con quella fornita dal generatore V_{sin} .

Come si può notare dai grafici, mantenendo costanti sia la tensione d'ingresso V_{sin} , sia il valore del resistore R_1 l'onda che assume la tensione sul diodo è più simile a V_{sin} quando si collega il condensatore avente un valore basso (1uF), perché esso si scarica rimanendo a zero per circa $T/2$; invece quando si collega C_3 l'onda è più continua perché il valore del condensatore, essendo più alto, non riesce a scaricarsi tanto e quindi rimane in un range piccolo di valori.

Grafico tensione V_{AB} con il condensatore C_1 collegato:

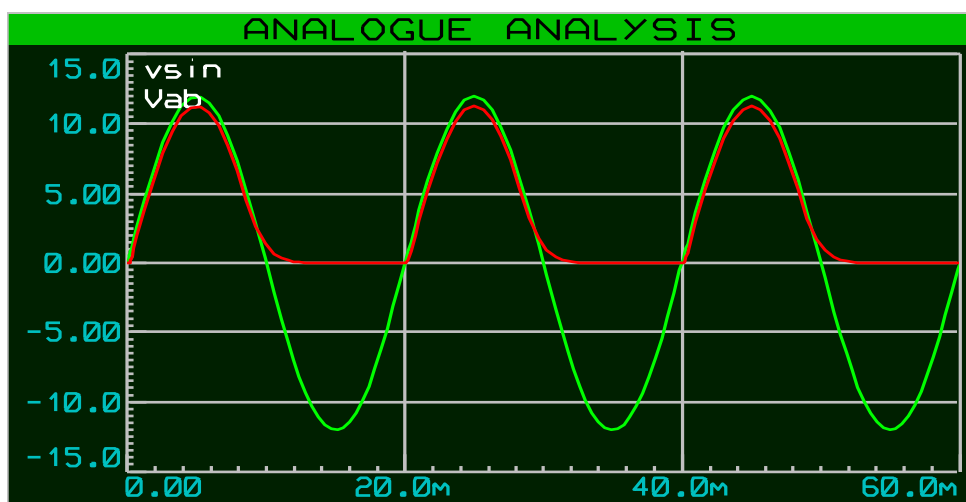


Grafico tensione V_{AB} con il condensatore C2 collegato:

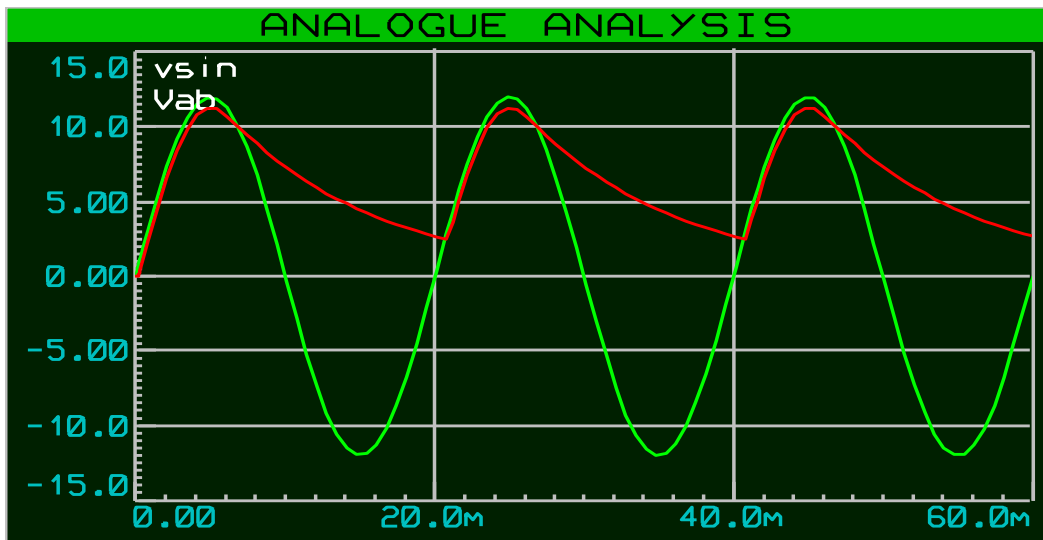
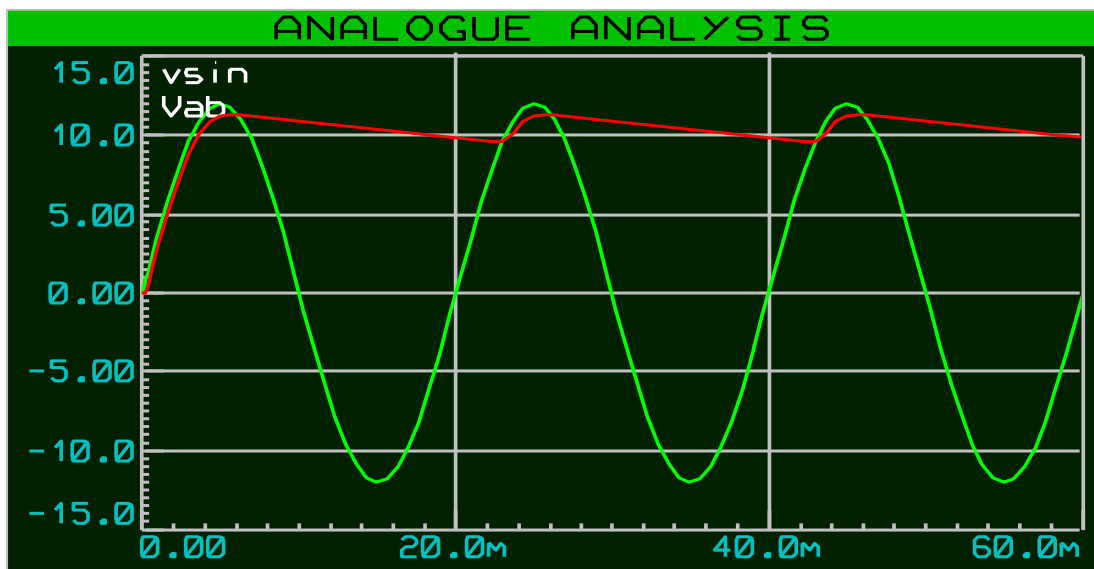


Grafico tensione V_{AB} con il condensatore C3 collegato:



Con trasformatore e ponte di diodi:

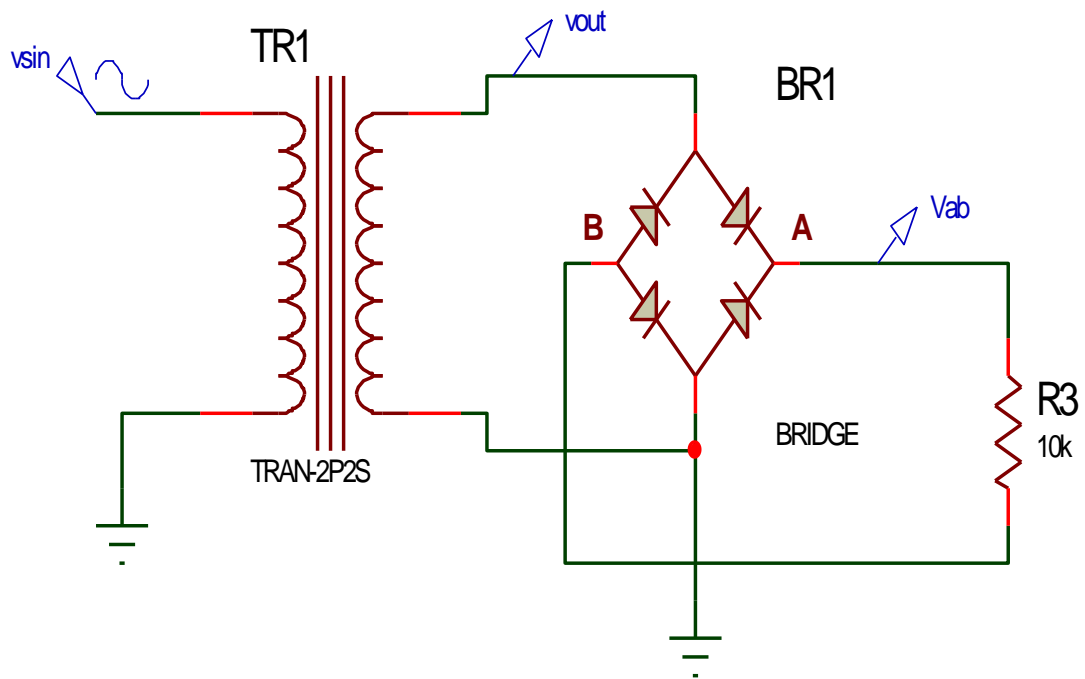
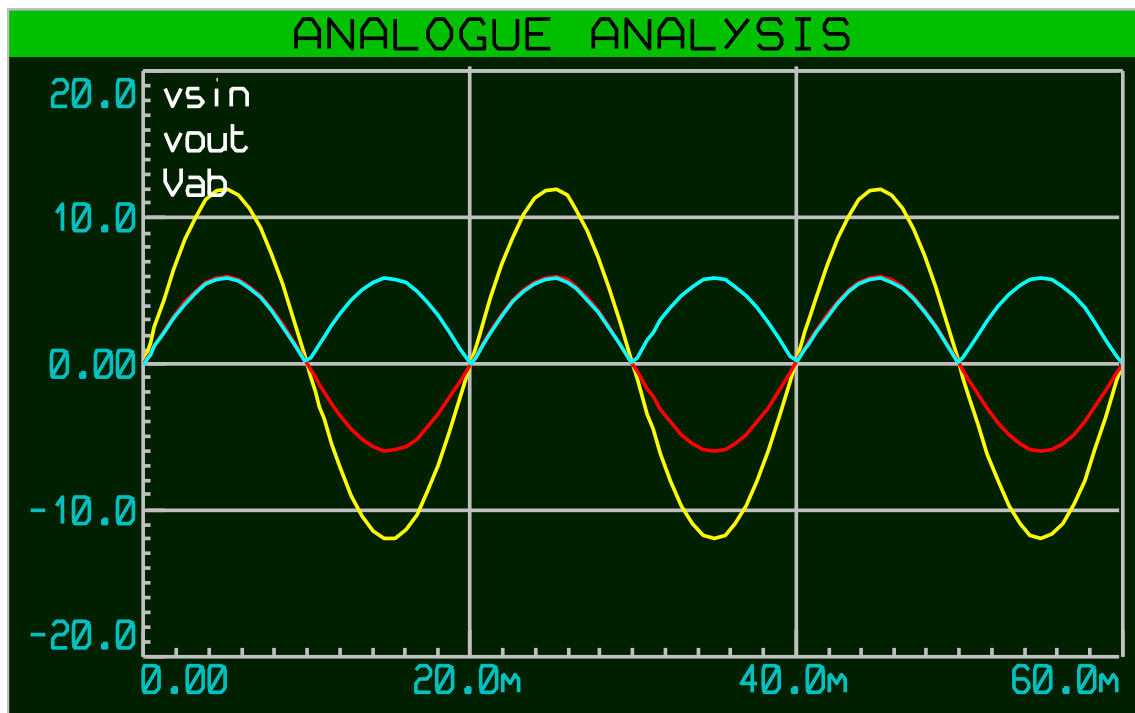


Grafico:



Circuito 9: Amplificatore operazionale

Questo circuito rappresenta un indicatore di livello non invertente dove a monte è collegato:

- un partitore di tensione formato da due resistori $R_1 = 3 \text{ [k}\Omega\text{]}$ e $R_2 = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$,
- una tensione continua $V = +12 \text{ [V]}$.

Nell'ingresso 3 (NON invertente) è collegato un generatore ad onda sinusoidale $V_{in} = 7 \text{ [V]}$ (Amplitude), invece nell'ingresso 2 (invertente) è collegato il partitore di tensione prima descritto.

I pin 4 e 7 vanno collegati rispettivamente ad una tensione continua di -12 [V] e $+12 \text{ [V]}$, per alimentare l'amplificatore. Invece i pin 1 e 5 servono ad effettuare l'operazione chiamata "recupero dell'offset", ma il programma Proteus non lo simula e per questo non sono stati collegati a nulla.

Il pin 6 è quello di uscita dove è collegato un resistore R_3 il cui valore si trova facendo: $(V_{out} - V_{led}) / I_{AK} = (10,24 - 2) \text{ [V]} / 10 \text{ [mA]} = 820 \text{ [}\Omega\text{]}$.

Effettuando i collegamenti prima descritti, si ottiene la configurazione detta ad anello aperto con retroazione positiva.

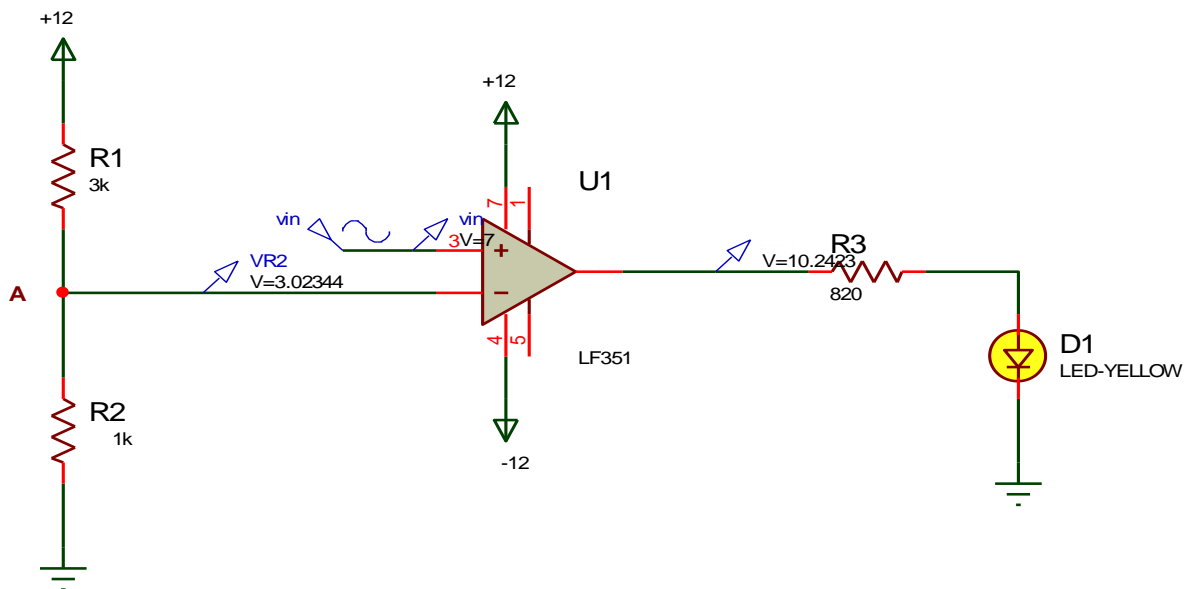
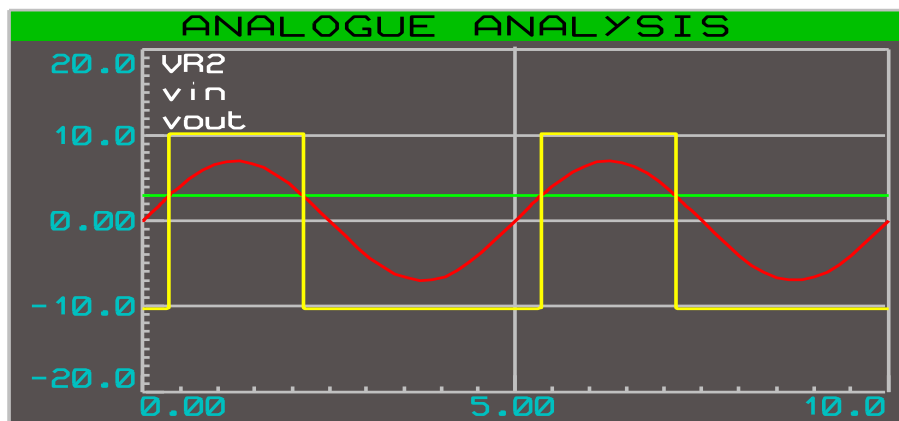


Grafico:



Invece la prossima immagine rappresenta lo stesso circuito ma con gli ingressi collegati in modo opposto. Questa configurazione, invece, si chiama ad anello chiuso con retroazione negativa.

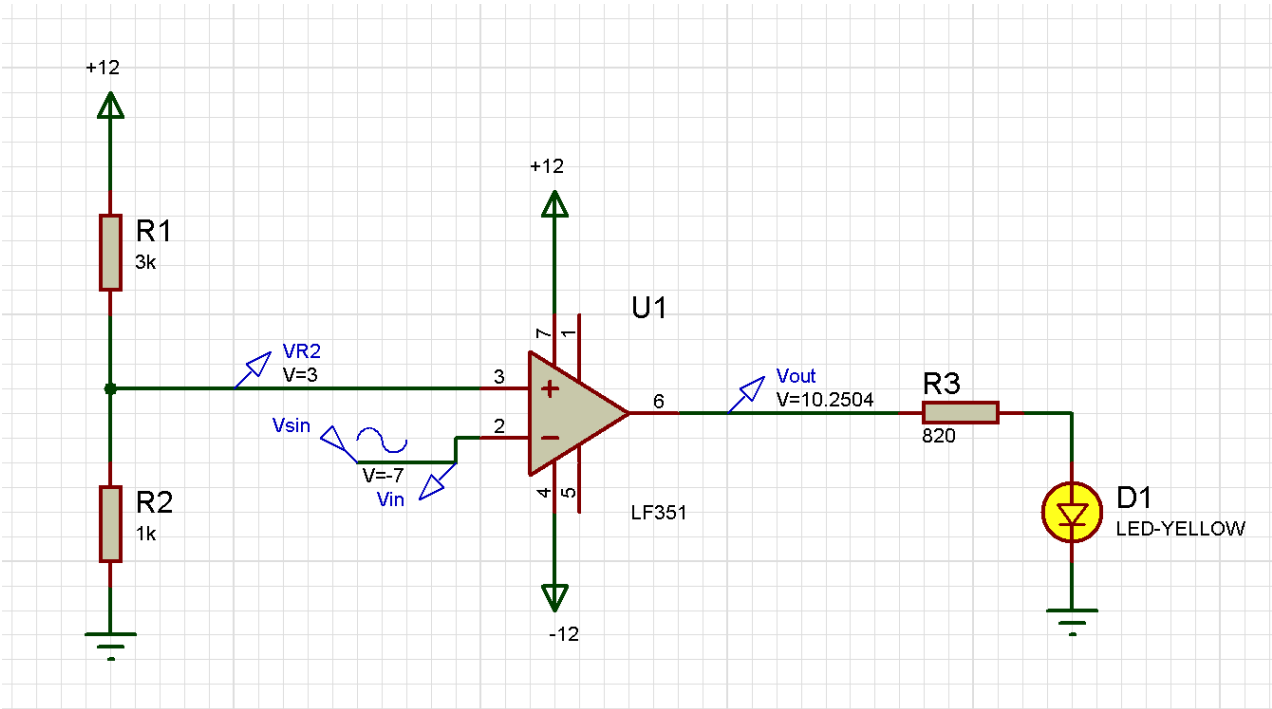
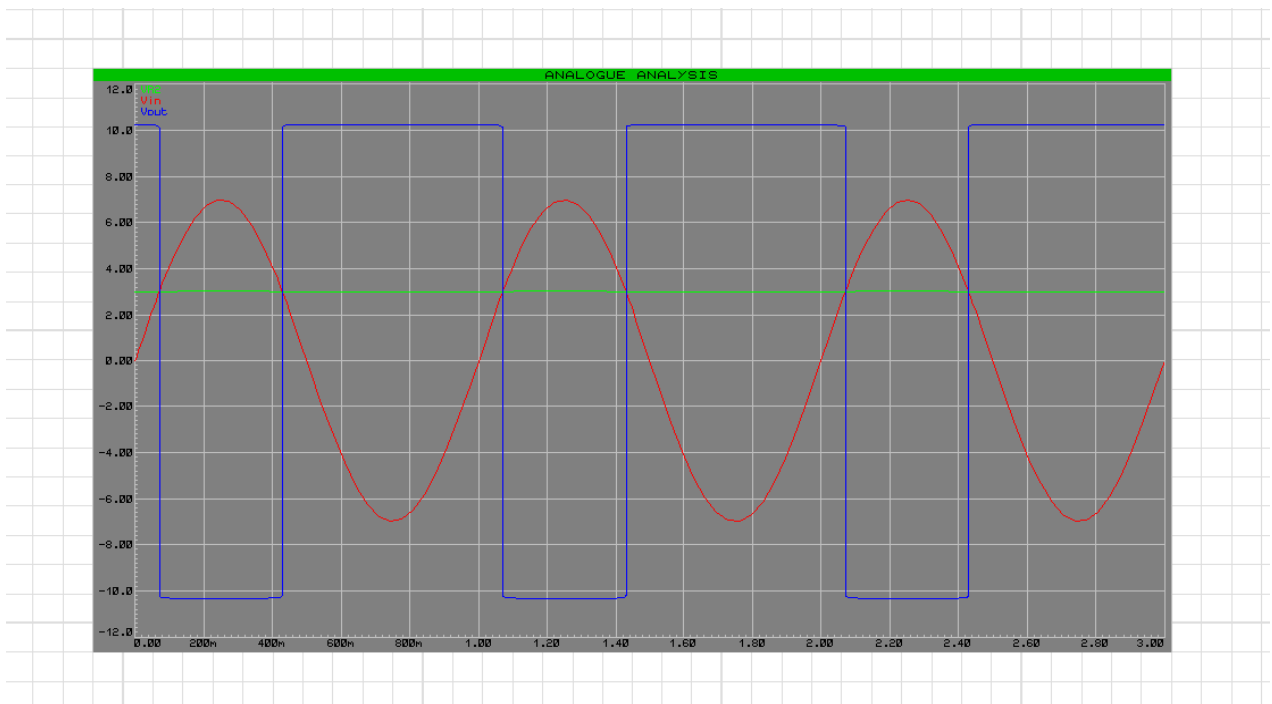


Grafico:

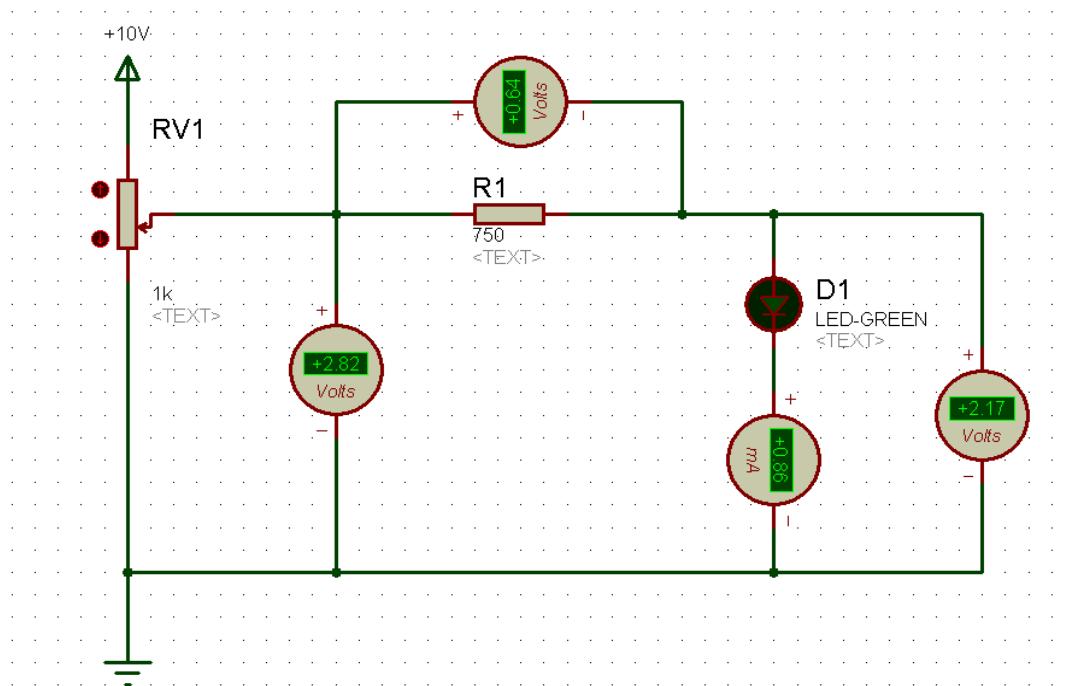


Circuito 10: Trimmer

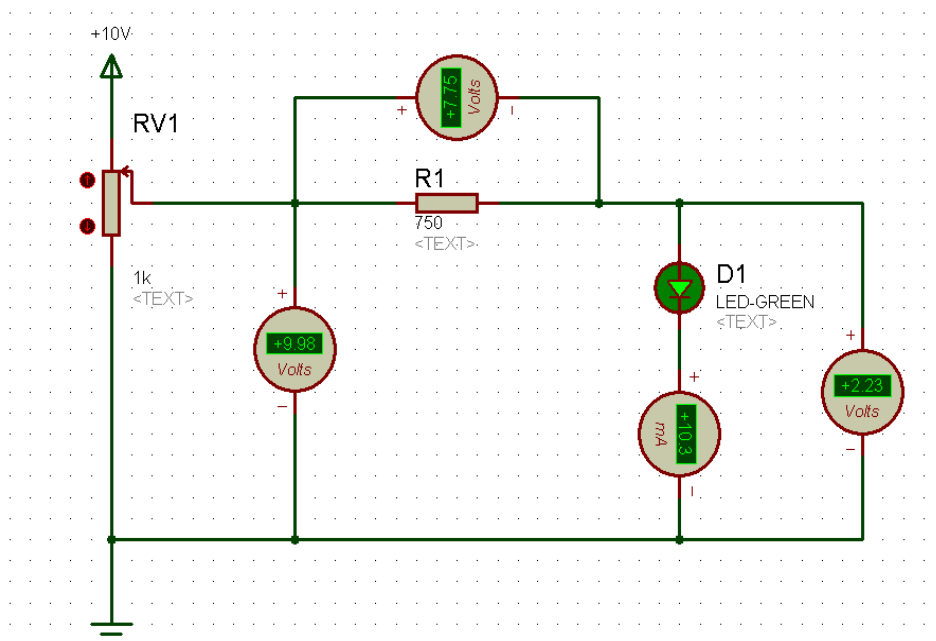
In questo circuito abbiamo utilizzato:

- Un power che eroga +10 [V],
- Un trimmer con il valore a fine corsa = 1 [k Ω],
- Un resistore settato per il valore massimo del trimmer = 750 [Ω],
- Un led verde con in serie un amperometro
- Il terminale di massa

In questa figura si vogliono visualizzare i valori minimi necessari per l'accensione del led.



Nella seguente figura invece sono visualizzati i valori massimi di accensione del led.



Il trimmer ha 3 terminali; ha una vite che fa spostare il cursore da inizio a fine corsa.

Il valore di fine corso può essere modificato.

Vengono utilizzati solo 2 dei tre terminali; non vanno mai usati i due terminali estremi, ma uno estremo e quello al centro.

Il cursore divide in 2 parti il trimmer che può essere considerato come un partitore di tensione.

Inoltre notiamo che, se inseriamo il nostro cursore a inizio corsa non c'è tensione né sul led né sulla resistenza. Quindi l'accensione del led non è netta, ma graduale.

Circuito 11: Alimentazione del transistor

Nel circuito riportato in figura si trova:

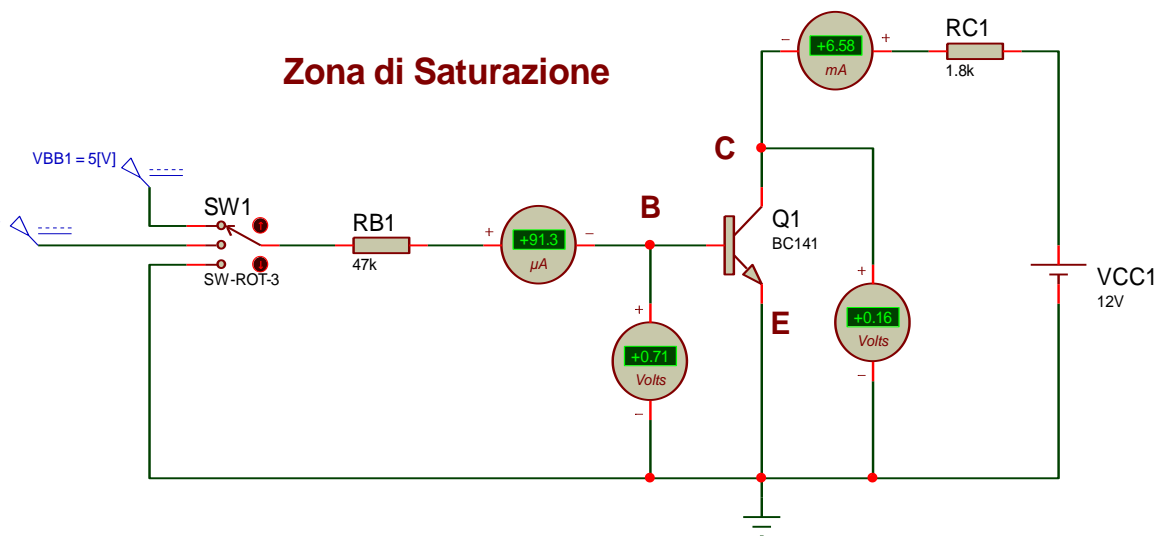
- uno switch (sw-rot-3) dove a monte vi sono due generatori di tensione continua $V_{BB1} = 5 [V]$ e $V_{BB2} = 2 [V]$ e nella terza uscita dello switch, massa. A valle invece c'è un resistore $R_B = 47[k\Omega]$ con in serie un amperometro settato sui $[\mu A]$,
- un transistor BJT modello BC141 con configurazione CE (Common Emitter) ovvero con l'emettitore collegato a massa per far sì che il transistor fornisca un guadagno di corrente e di tensione. La base è collegata allo switch mentre il collettore è collegato al carico, ovvero un resistore $R_C = 1,8 [k\Omega]$ con in serie un amperometro settato questa volta sui $[mA]$,
- una batteria V_{CC1} collegata al carico e a massa fornendo un'alimentazione di $12 [V]$.

Lo switch serve per vedere la differenza tra le tre regioni che si creano collegando al resto del circuito o uno dei due generatori o massa.

Regione di Saturazione:

In questa regione o zona si è collegato al circuito il generatore V_{BB1} e il BJT fornisce un guadagno di corrente (vedi amperometro in serie a R_C : $6,58 [mA]$) e si ha una tensione V_{CE} che è circa uguale a zero (vedi voltmetro tra collettore ed emettitore: $0,16 [V]$).

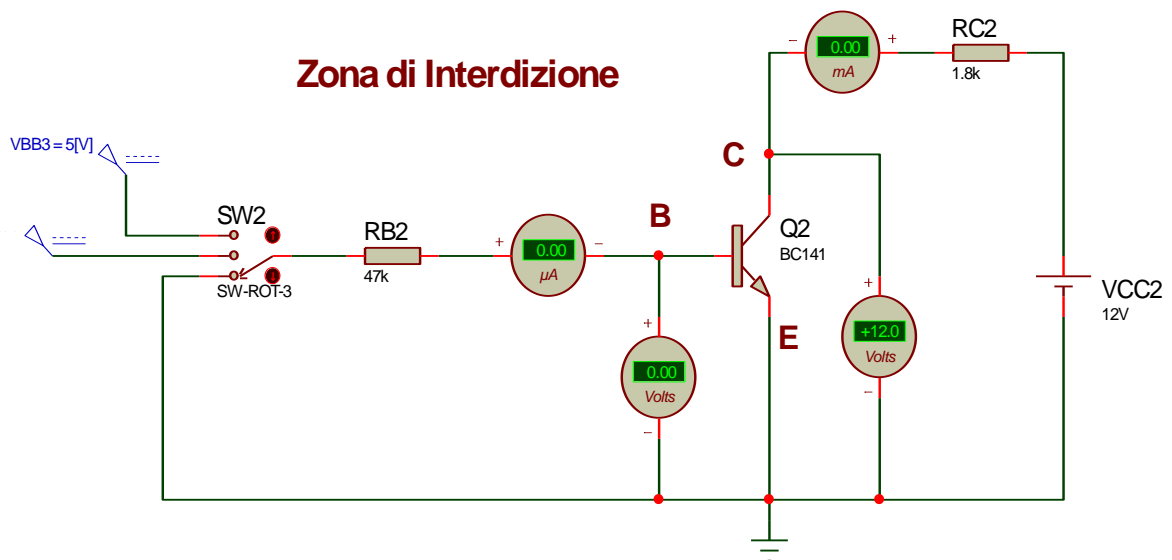
Tra le due correnti esiste un parametro chiamato h_{FE} che è dato dal rapporto I_C/I_B . In questa zona vale: $h_{FE} = 6580 / 91,3 = 72$



Regione di Interdizione:

In questa zona si è collegato massa al circuito e il BJT fornisce un guadagno di tensione (vedi voltmetro $V_{CE} = V_{CC1} = 12 [V]$), mentre la corrente è zero.

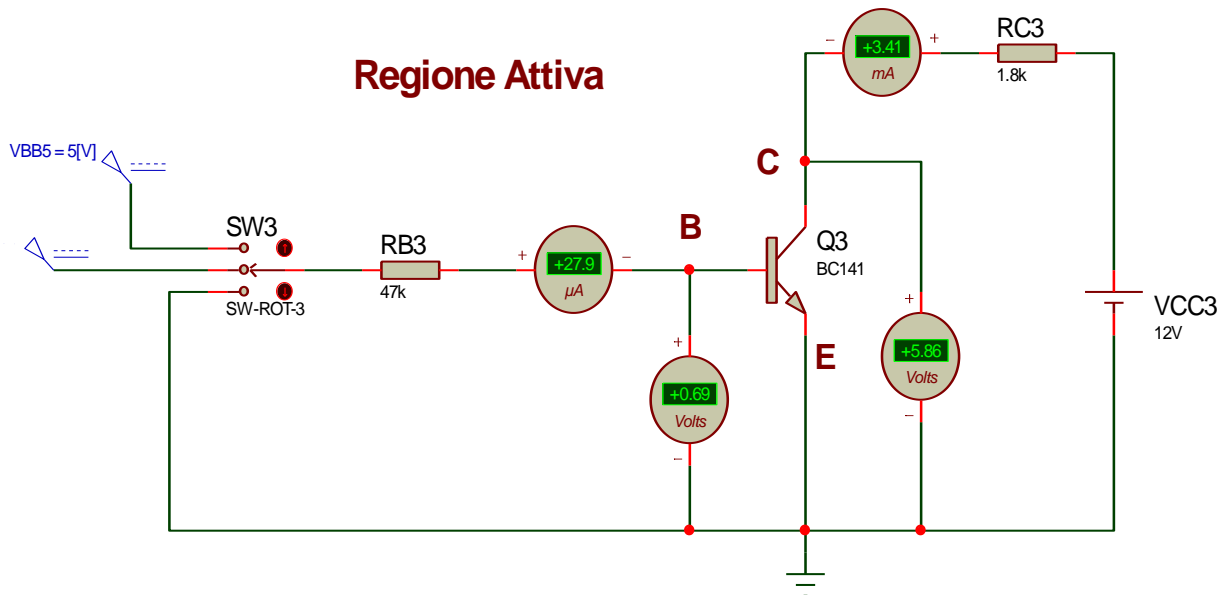
$h_{FE} = 0$



Regione attiva:

Questa è la zona più ottimale per lavorare con il BJT perché si ha un guadagno medio sia di tensione, sia di corrente. Infatti la tensione VCE è sempre un po' meno della metà di VCC (5,86 [V]) e la corrente che attraversa il carico, si aggira intorno ai 3 / 4 [mA] (3,41 [mA]).

$$hFE = 3410 / 27,9 = 122$$

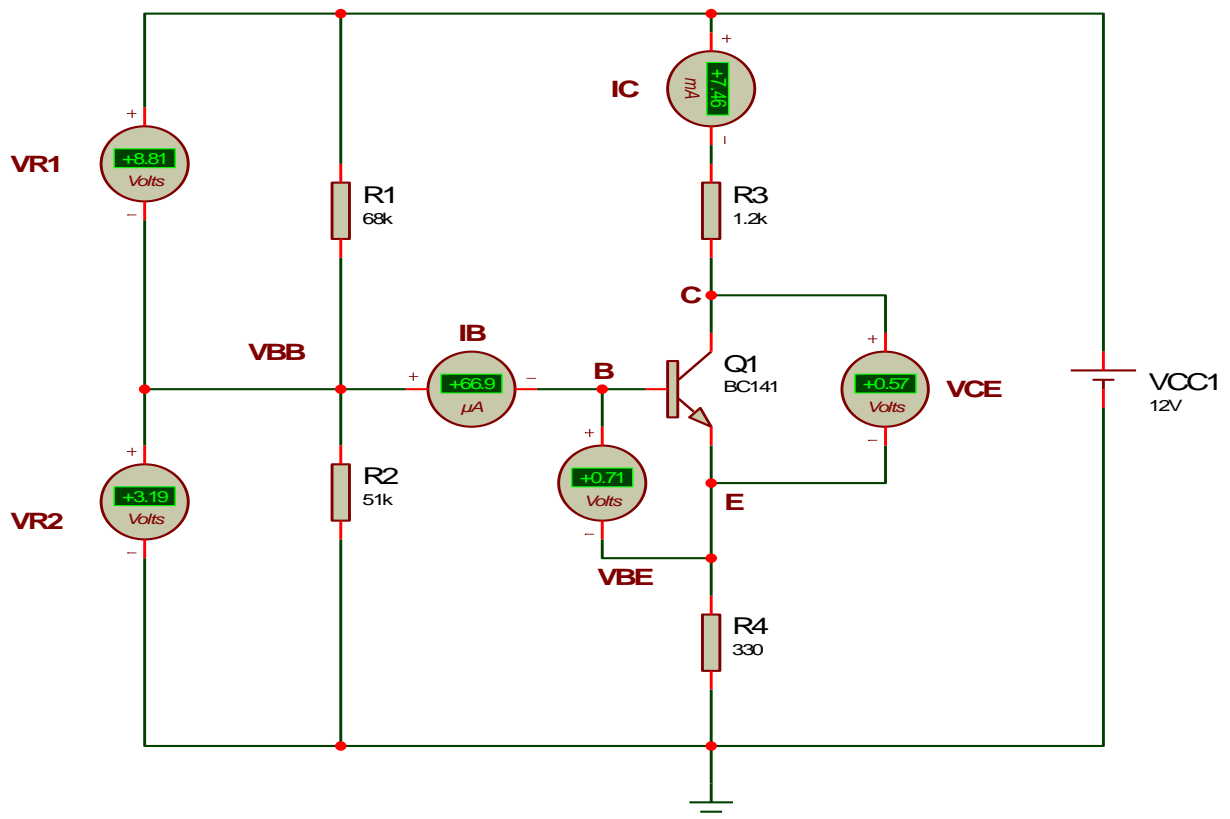


Circuito 12: Autopolarizzazione del transistor

Questo circuito funziona esattamente come il precedente, ma ha subito dei miglioramenti:

- il generatore è stato sostituito da un partitore resistivo ($R_1 = 68[\text{k}\Omega]$ serie con $R_2 = 51[\text{k}\Omega]$) che alimenta da se il circuito (per questo auto polarizzazione),
- è presente un resistore in più ($R_4 = 330 [\Omega]$) e serve a stabilizzare la tensione VCE, ma soprattutto evita il surriscaldamento del transistor.

Circuito di Autopolarizzazione

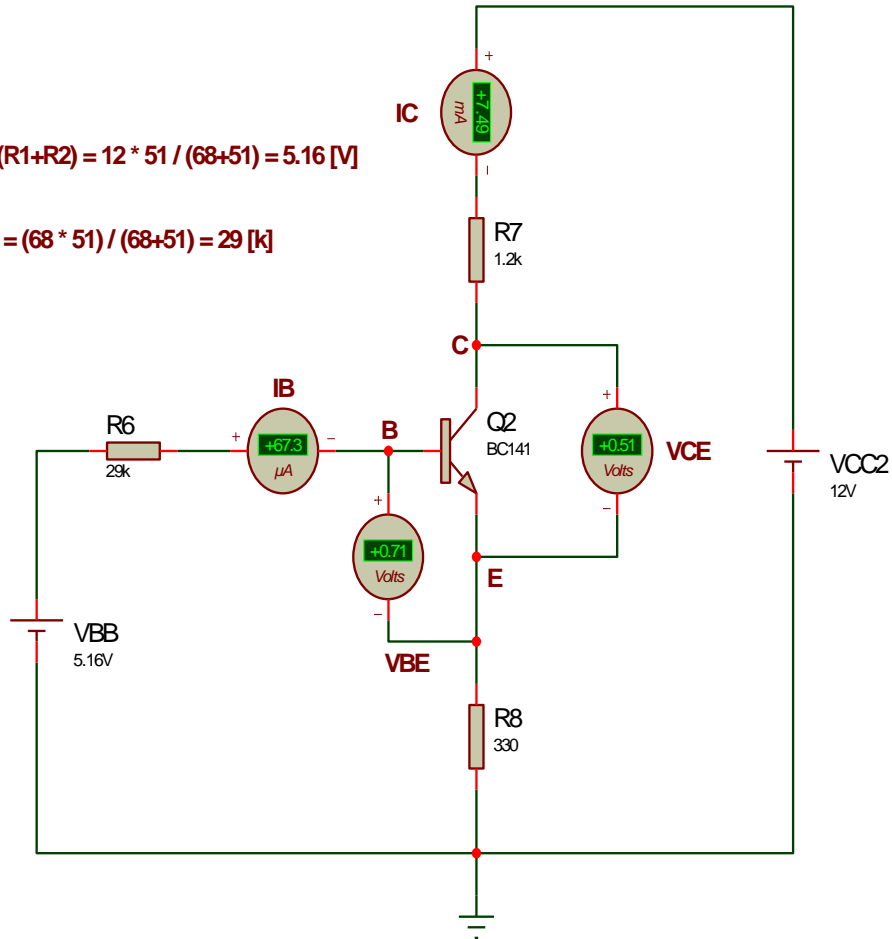


Questo invece è lo stesso circuito ma presenta una batteria VBB (i calcoli sono implementati nell'immagine).

Circuito equivalente

$$VBB = VCC * R2 / (R1+R2) = 12 * 51 / (68+51) = 5.16 [V]$$

$$R6 = R1 // R2 = (68 * 51) / (68+51) = 29 [k]$$



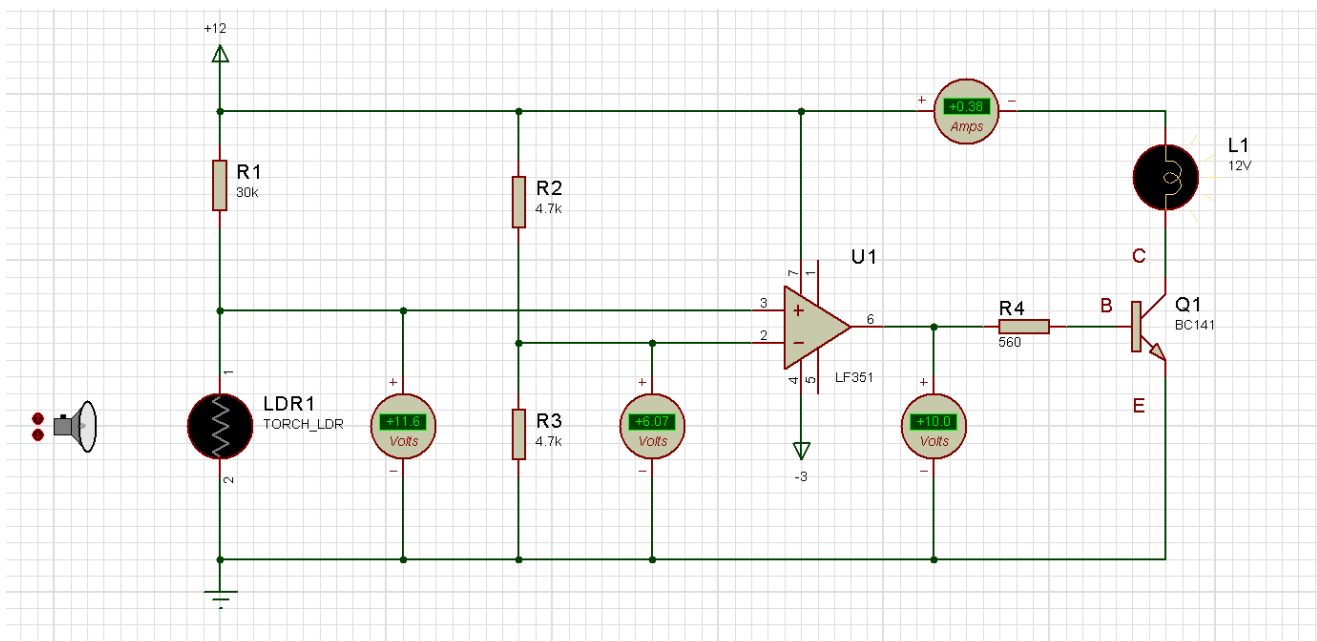
Circuito 13: Interruttore crepuscolare

Questo circuito è formato da:

- un indicatore di livello (modello LF351), dove al pin 2 e 3 sono stati collegati rispettivamente, il partitore resistivo R_2 e R_3 (entrambi di valore $4.7 \text{ [k}\Omega\text{]}$) e il generatore che fornisce una tensione di ingresso positiva di 12 [V] . Ai pin 4 e 7 sono collegati due generatori da -3 [V] e $+12 \text{ [V]}$ che servono ad alimentare l'amplificatore operazionale e il pin 6, quello di uscita è collegato al resistore $R_4 = 560 \text{ [}\Omega\text{]}$.
- In serie a R_4 vi è un transistor BJT (modello BC141), collegato nella configurazione CE (l'emettitore è collegato al terminale di massa) e sul collettore vi è una lampada.
- A monte dell'indicatore di livello, è collegata in serie al generatore, un resistore $R_1 = 30 \text{ [}\Omega\text{]}$ e una foto-resistenza.

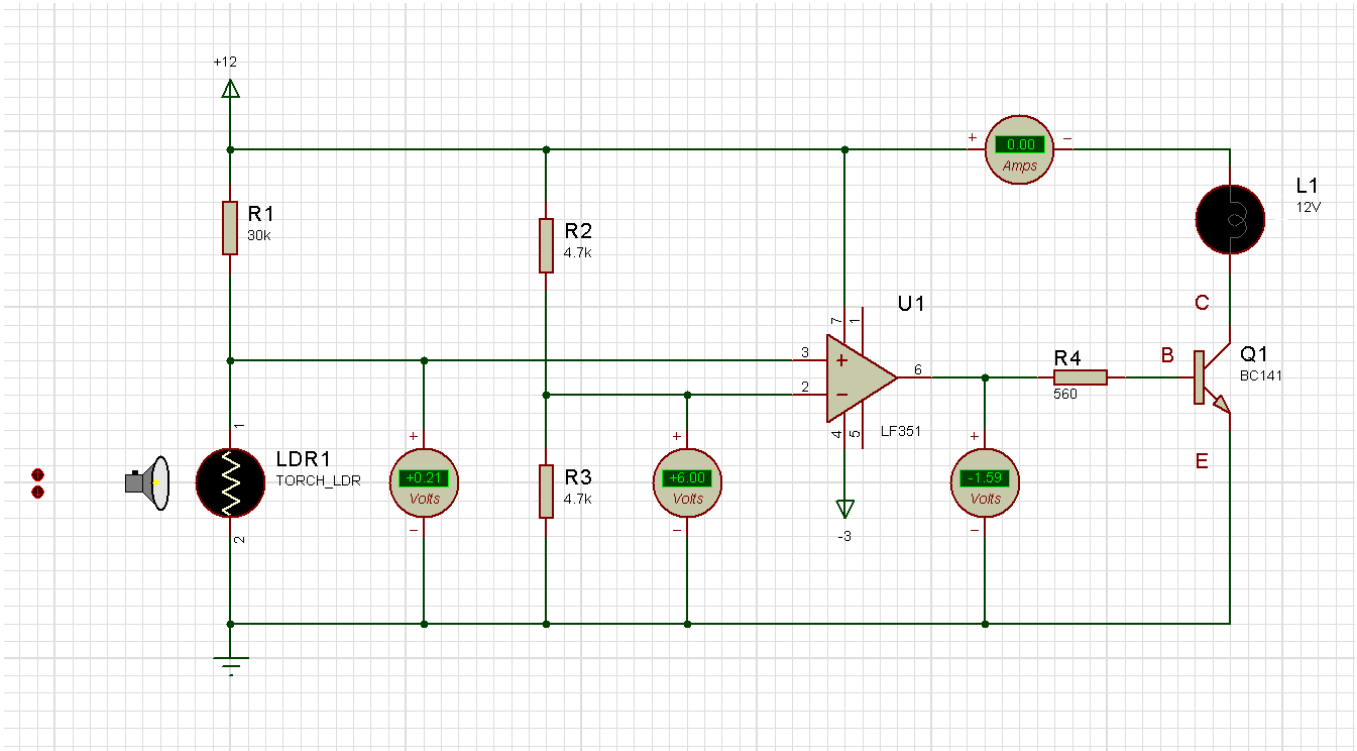
La foto-resistenza serve a simulare l'illuminazione ambientale e di conseguenza, durante le ore notturne (la simulazione pone la lampada lontana dalla resistenza), la lampada rimane accesa; invece quando la foto-resistenza riceve un'illuminazione alta, ovvero durante le ore di dì, la lampada rimane spenta (nella simulazione la lampada è vicina alla foto-resistenza).

Foto-resistenza lontana – lampada accesa:



La tensione in uscita (pin 6) è 10 [V] , mentre la corrente che attraversa la lampada è circa 0.38 [A] .

Foto-resistenza vicina – lampada spenta:

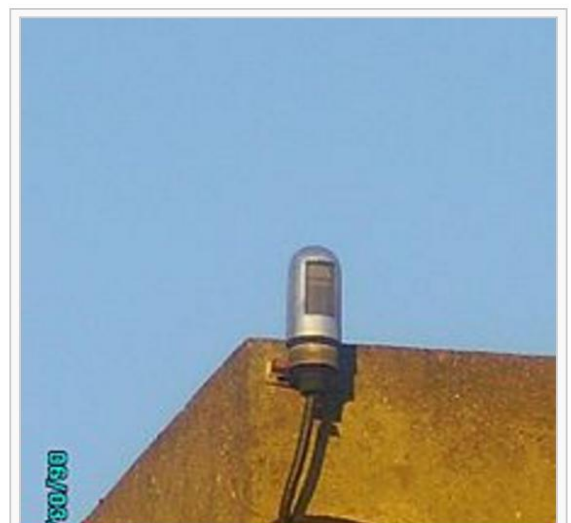


La tensione in uscita è negativa (-1.59 [V]): in questo caso la si può accettare perché la lampada è in grado di sopportare una minima tensione negativa. Nel caso la tensione negativa avesse assunto un valore minore, la lampada si sarebbe danneggiata. Per evitare questo, si collega al pin 3 dell'amplificatore un generatore che lo alimenta con qualche volt negativo (-3 [V] vedi figura). Per determinare il valore massimo di tensione negativa che la lampada può sopportare bisogna consultare i datasheets della stessa.

Esempio di interruttore crepuscolare reale:



Interruttore crepuscolare
elettromeccanico



Sonda posizionata nella parte alta di
un muro