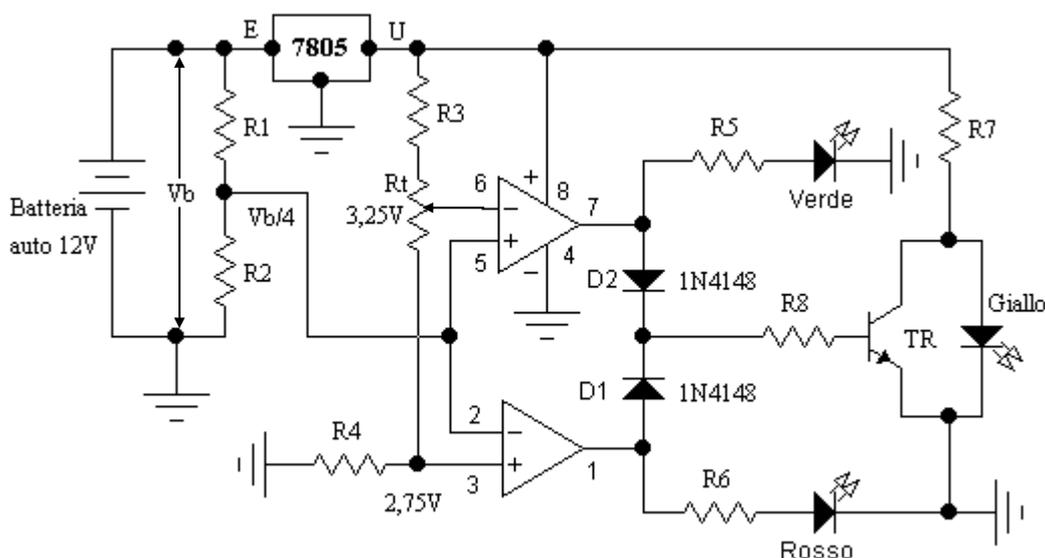


Supervisore Prof. **Giancarlo Fionda**
 Insegnante di Elettronica

**PROGETTO E VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DI UN CIRCUITO DI
 SEGNALE DELLO STATO DI CARICA DELLA BATTERIA DI
 UN'AUTOMOBILE REALIZZATO CON AMPLIFICATORE OPERAZIONALE.**

Schema del circuito



Tensione batteria V_B	LED			Stato batteria
	Rosso	Giallo	Verde	
$V_B < 11V$	Acceso	Spento	Spento	Sottocarica
$11V \leq V_B \leq 13V$	Spento	Acceso	Spento	normale
$V_B > 13V$	Spento	Spento	Acceso	sovraccarica

La tabella riassume la modalità di segnalazione del circuito.

Funzionamento del circuito

Al fine di disporre di una tensione stabile, si utilizza uno stabilizzatore di tensione fissa a tre piedini, il 7805. Il 7805 fornisce in uscita una tensione stabilizzata 5V, che alimenta il circuito di segnalazione. Tale circuito è costituito, essenzialmente, da un comparatore a finestra che pilota tre diodi LED.

Poiché la tensione dei comparatori può variare da 0 a 5V, si utilizza come segnale d'ingresso un quarto della tensione della batteria, ottenuto mediante il partitore R_1 - R_2 .

Il valore 12V corrisponderà a 3V, 11V a 2,75V, 13V a 3,25V. Le tensioni di soglia del comparatore a finestra sono rispettivamente $V_L = 2,75V$ e $V_H = 3,25V$.

$$\text{Se } V_B < 11V \Rightarrow V_i < V_L = 2,75V \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = V_{o1H} \cong 5V \\ V_{o2} = V_{o2L} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ in conduzione} \\ D_2 \text{ interdetto} \end{cases} \Rightarrow$$

\Rightarrow TR saturo \Rightarrow LED rosso acceso: stato batteria scarica

$$\text{Se } 11V \leq V_B \leq 13V \Rightarrow V_L = 2,75V \leq V_i \leq 3,25V = V_H \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = V_{o1L} = 0 \\ V_{o2} = V_{o2L} = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ interdetto} \\ D_2 \text{ interdetto} \end{cases} \Rightarrow \text{TR interdetto} \Rightarrow \text{LED giallo acceso: stato batteria normale}$$

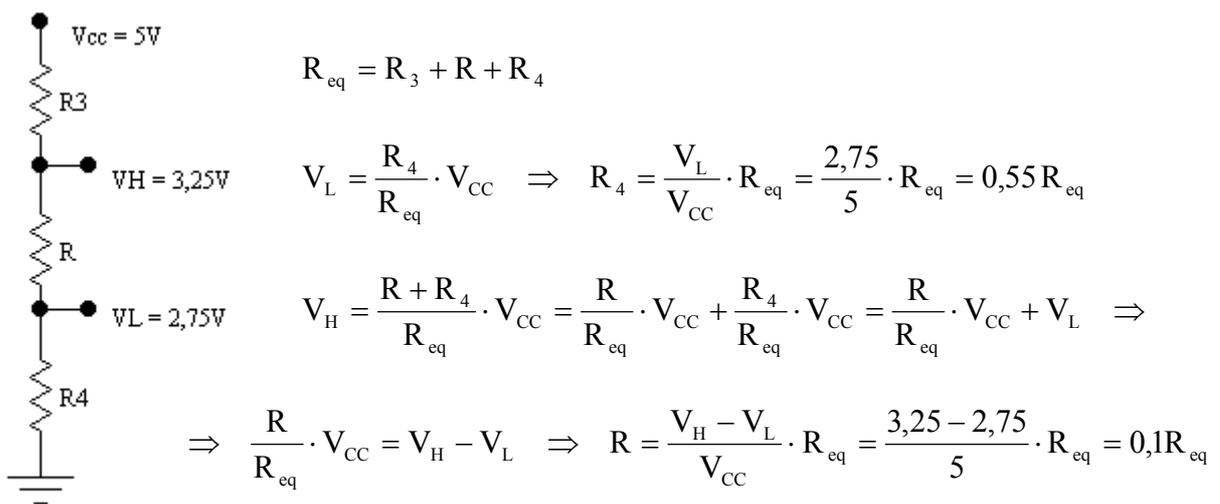
$$\text{Se } V_B > 13V \Rightarrow V_i > V_H = 3,25V \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = V_{o1H} = 0 \\ V_{o2} = V_{o2H} \cong 5V \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D_1 \text{ interdetto} \\ D_2 \text{ in conduzione} \end{cases} \Rightarrow$$

\Rightarrow TR saturo \Rightarrow LED verde acceso: stato batteria sovraccarica

Dimensionamento del circuito

Partitore R_1 - R_2 : $\frac{V_B}{4} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_B \Rightarrow R_1 + R_2 = 4R_2 \Rightarrow R_1 = 3R_2$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{si pone } R_1 = 33k\Omega \\ \text{si calcola } R_2 = 100k\Omega \end{array} \right.$

Partitore R_3 - R_T - R_4



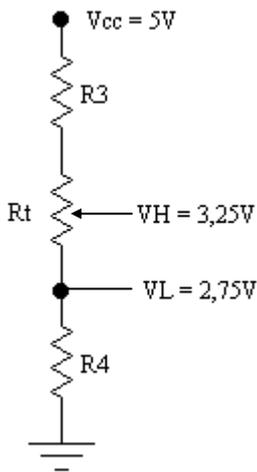
$$R_1 = R_{eq} - 0,55 R_{eq} - 0,1 R_{eq} = 0,35 R_{eq}$$

Si pone $R = 3,3k\Omega$ e si calcolano R_3 ed R_4 :

$$R_{eq} = \frac{R}{0,1} = \frac{3,3 \cdot 10^3}{0,1} = 33 k\Omega \quad ; \quad R_1 = 0,35 R_{eq} = 0,35 \cdot 33 \cdot 10^3 = 11,55 k\Omega$$

$$R_4 = 0,55 R_{eq} = 0,55 \cdot 33 \cdot 10^3 = 18,15 k\Omega.$$

Assumendo $R_4 = 18\text{k}\Omega$ si ottiene circa il valore di $2,75\text{V}$. Per ottenere $V_H = 3,25\text{V}$, al posto di R si utilizza un Trimmer $R_T = 5\text{k}\Omega$ e per R_3 il valore $10\text{k}\Omega$.



Con tali valori, si ha:

$$R_{eq} = R_3 + R_T + R_4 = 10 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3 + 18 \cdot 10^3 = 33\text{k}\Omega$$

$$V_L = \frac{R_4}{R_{eq}} \cdot V_{CC} = \frac{18 \cdot 10^3}{33 \cdot 10^3} \cdot 5 = 2,73\text{V} \rightarrow V_B = 4 \cdot 2,73 = 10,92\text{V}$$

$$V_H = \frac{\alpha R_T + R_4}{R_{eq}} \cdot V_{CC} \quad \text{con} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$\alpha R_T = \frac{V_H}{V_{CC}} \cdot R_{eq} - R_4 = \frac{3,25}{5} \cdot 33 \cdot 10^3 - 18 \cdot 10^3 = 3,45\text{k}\Omega < 5\text{k}\Omega$$

Resistenze R_5 , R_6 , R_7 :

Assumendo per i diodi LED $V_F = 2\text{V}$ e $I_F = 5\text{mA}$, si ha:

$$R_7 = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} = \frac{5 - 2}{5 \cdot 10^{-3}} = 600\Omega \quad \text{valore commerciale} \quad R_7 = 560\Omega$$

La tensione d'uscita dei comparatori sarà di circa 4V , pertanto:

$$R_5 = R_6 = \frac{V_{OH} - V_F}{I_F} = \frac{4 - 2}{5 \cdot 10^{-3}} = 400\Omega \quad \text{valore commerciale} \quad 390\Omega$$

Resistenza R_8 : si utilizza BJT BC237B con $h_{FE} = 200$.

$$\text{TR saturo} \quad I_{CS} = \frac{V_{CC} - V_{CES}}{R_7} = \frac{5 - 0,2}{560} = 8,57\text{mA} \Rightarrow I_{Bm} = \frac{I_{CS}}{h_{FE}} = \frac{8,57 \cdot 10^{-3}}{200} = 42,86\mu\text{A}$$

Si assume $I_B = 10I_{Bm} = 10 \cdot 42,86 \cdot 10^{-6} = 0,4286\text{mA}$ e si calcola R_8 :

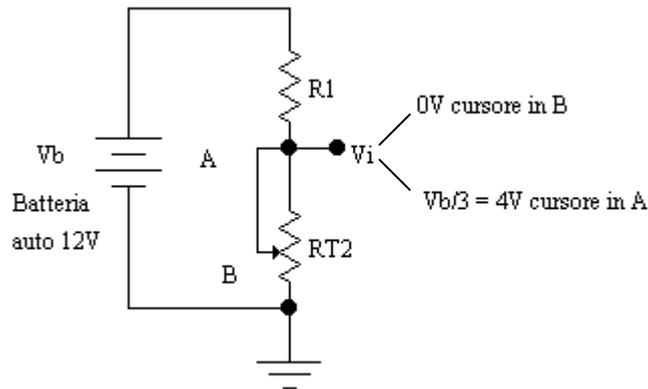
$$R_8 = \frac{V_{OH} - V_\gamma - V_{BES}}{I_B} = \frac{4 - 0,7 - 0,8}{0,4286 \cdot 10^{-3}} = 5,83\text{k}\Omega \quad \text{valore commerciale} \quad 5,6\text{k}\Omega$$

Si utilizzano 3 diodi LED e due diodi di segnale del tipo 1N4148.

Si prova il circuito prima usando l'operazionale doppio LM358, poi utilizzando il TL082.

Procedimento

1. Si monta il circuito utilizzando LM358. Se non si dispone di un generatore variabile per simulare il comportamento della batteria, si fa variare il valore di $V_B/4$ sostituendo R_2 con un trimmer di $50\text{k}\Omega$, collegato come in figura.



2. Si tara il Trimmer R_T in modo da ottenere $V_H = 3,25V$.
3. Variando V_B da 10V a 14V si controlla il funzionamento del circuito e si verifica la correttezza della tabella di segnalazione.
4. Partendo dal valore 2V, si aumento V_i fino ad ottenere lo spegnimento del LED rosso e l'accensione del LED giallo. Si misura tale valore di V_i che è anche il valore di soglia V_L del primo comparatore.
5. Si aumenta V_i fino ad ottenere lo spegnimento del LED giallo e l'accensione del LED verde. Si misura tale valore di V_i che è anche il valore di soglia V_H del secondo comparatore.
6. Si sostituisce LM358 col TL082 e si ripetono i punti 3; 4; 5.

Valori rilevati

LM358: Con $V_i = 3V \rightarrow V_B = 12V$, risulta:

$$V_L = 2,64V \rightarrow V_B = 10,56V \quad ; \quad V_H = 3,25V \text{ tarata} \rightarrow V_B = 13V$$

Fissato $V_i = 2V$, si aumenta fino ad ottenere lo spegnimento del LED rosso e l'accensione del LED giallo, si misura: $V_{iL} = 2,63V \rightarrow V_B = 10,52V$

Si continua ad aumentare V_i fino ad ottenere lo spegnimento del LED giallo e l'accensione del LED verde, si misura: $V_{iH} = 3,24V \rightarrow V_B = 12,96V$

Riassumendo

Tensione batteria V_B	LED			Stato batteria
	Rosso	Giallo	Verde	
$V_B < 10,52V$	Acceso	Spento	Spento	Sottocarica
$10,52V \leq V_B \leq 12,96V$	Spento	Acceso	Spento	normale
$V_B > 12,96V$	Spento	Spento	Acceso	sovraccarica

TL082: Con $V_i = 3V \rightarrow V_B = 12V$, risulta:

$$V_L = 2,60V \rightarrow V_B = 10,4V \quad ; \quad V_H = 3,25V \text{ tarata} \rightarrow V_B = 13V$$

Fissato $V_i = 2V$, si aumenta fino ad ottenere lo spegnimento del LED rosso e l'accensione del LED giallo, si misura: $V_{iL} = 2,58V \rightarrow V_B = 10,32V$

Si continua ad aumentare V_i fino ad ottenere lo spegnimento del LED giallo e l'accensione del LED verde, si misura: $V_{iH} = 3,27V \rightarrow V_B = 13,08V$

Riassumendo

Tensione batteria V_B	LED			Stato batteria
	Rosso	Giallo	Verde	
$V_B < 10,52V$	Acceso	Spento	Spento	Sottocarica
$10,32V \leq V_B \leq 13,08V$	Spento	Acceso	Spento	normale
$V_B > 13,08V$	Spento	Spento	Acceso	sovraccarica