



Università degli Studi di Bergamo

SCUOLA DI INGEGNERIA
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

Laboratorio di Elettronica

Relazione progetto circuito

Prof.
Luigi Gaioni

Candidati
Giulia Allievi
Matricola 1058231

Martina Fanton
Matricola 1059640

Relazione progetto circuito

Introduzione

Il progetto richiede di realizzare un circuito che, superata una temperatura di riferimento, generi un allarme luminoso lampeggiante. Il sistema deve essere automatico, reversibile e realizzato hardware, senza avere a disposizione microcontrollori. Si hanno a disposizione:

- un termistore NTC;
- un LED rosso;
- un comparatore;
- un timer 555;
- componenti passivi.

La temperatura di riferimento è 25 °C, a questa temperatura la resistenza del termistore NTC è di 1 k Ω .

6.1 Progettazione del circuito

Per progettare il circuito, progetteremo e dimensioneremo separatamente la rete del termistore e la rete oscillante, quindi integreremo le sue sottoreti per ottenere il progetto del sistema finale.

6.1.1 Progettazione della rete oscillante

Inizialmente progettiamo la rete oscillante. Configuriamo il timer 555 in modo tale che funzioni in modalità astabile. Lo schema scelto è mostrato in figura 6.1, i pin sono collegati in questo modo:

- PIN 1, è il terminale di *ground*, perciò è collegato a massa;
- PIN 2, è il terminale di *trigger*, è cortocircuitato con il PIN 6;
- PIN 3, è l'*uscita*, qui sarà collegato il LED tramite una resistenza;
- PIN 4, è il terminale di *reset*, servirà per gestire il collegamento alla rete che pilota il termistore;
- PIN 5, è il terminale di *control voltage*, non lo utilizziamo, è collegato a massa tramite una capacità di filtraggio (C_1);
- PIN 6, è il terminale di *threshold*, gestisce la carica della capacità C_2 attraverso la resistenza R_1 ;
- PIN 7, è il terminale di *discharge*, pilota la scarica della capacità C_2 attraverso la resistenza R_2 ;
- PIN 8, è il terminale di *alimentazione*.

Tra i pin 6 e 7 viene collegato un diodo (l'anodo è collegato al pin 7 mentre il catodo al pin 6), la sua funzione è quella di bypassare la resistenza R_2 nella fase di carica del condensatore, in modo tale da ottenere un oscillatore con duty cycle variabile da 0% a 100%.

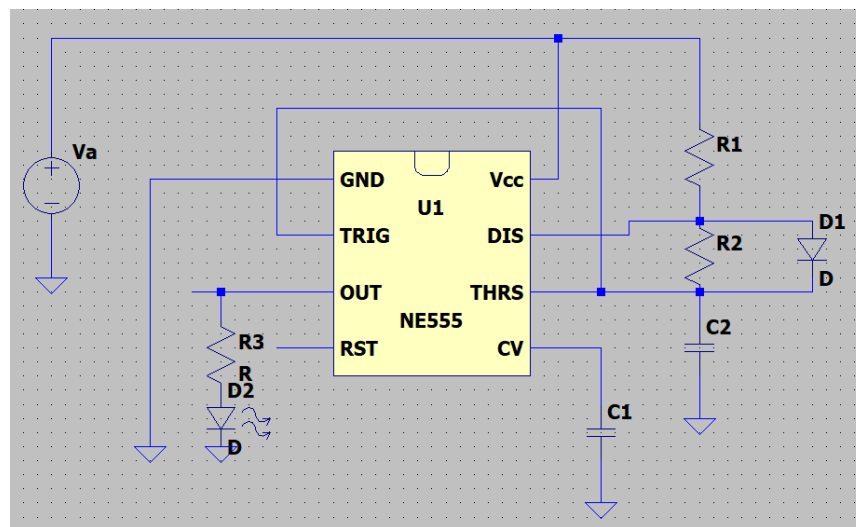


Figura 6.1: Schema della rete oscillante.

Successivamente, dimensioniamo la rete oscillante. Le grandezze da dimensionare sono:

- tensione di alimentazione V_A ;
- capacità C_1 e C_2 ;
- resistenze R_1 , R_2 e R_3 .

Per primo, scegliamo il valore che deve avere la tensione di alimentazione V_A . Dal [datasheet](#) del timer 555, vediamo che il componente deve essere alimentato con una tensione compresa fra 4.5 V e 16 V: dato che il progetto della rete del termistore (sezione 6.1.2) prevederà di utilizzare un OPAMP, scegliamo un valore compatibile anche con questo componente, in modo tale da avere un'unica tensione di alimentazione per il circuito finale. Dal [datasheet](#) del $\mu A741$, un amplificatore operazionale *general purpose*, sappiamo che dobbiamo scegliere una tensione duale o singola compresa fra -18 V e $+18$ V. Di conseguenza, dobbiamo scegliere un valore di V_A di circa 10 V: visto che nella realtà il circuito non funzionerà con un alimentatore da banco, ma con delle batterie, scegliamo di alimentare i componenti attivi con una tensione da 9 V, così da poter utilizzare queste batterie.

Successivamente, scegliamo i valori delle capacità. La capacità C_1 serve per filtrare il segnale di massa da eventuali disturbi, il valore consigliato dal datasheet è di $0.01 \mu\text{F}$, perciò $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$. La capacità C_2 regola il periodo di oscillazione, scegliamo una capacità da $200 \mu\text{F}$.

Dimensionate le capacità, scegliamo i valori che devono avere le resistenze R_1 e R_2 . Per fare ciò, decidiamo prima per quanto tempo il LED deve rimanere acceso e quanto spento, da questi due intervalli di tempo ricaveremo i valori delle due resistenze. Le formule che descrivono queste due grandezze sono:

$$t_{low} = \ln 2 \cdot R_2 \cdot C_2 \quad \text{e} \quad t_{high} = \ln 2 \cdot R_1 \cdot C_2$$

Vorremmo che il LED resti spento per 1 s e acceso per 2 s, dunque $t_{low} = 1$ s e $t_{high} = 2$ s. Perciò, dalle formule inverse si ricavano i valori delle resistenze R_1 e R_2 :

$$R_2 = \frac{t_{low}}{\ln 2 \cdot C_2} = \frac{1 \text{ s}}{0.693 \cdot 200 \mu\text{F}} = 7.213 \text{ k}\Omega \simeq 7.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{t_{high}}{\ln 2 \cdot C_2} = \frac{2 \text{ s}}{0.693 \cdot 200 \mu\text{F}} = 14.427 \text{ k}\Omega \simeq 15 \text{ k}\Omega$$

Con i valori delle resistenze approssimati a valori reali, i due tempi risultano $t_{low} = 1.04$ s e $t_{high} = 2.08$ s, perciò i calcoli risultano in accordo con quanto scelto.

L'ultima resistenza da dimensionare è R_3 . Questa resistenza ha lo scopo di ridurre la corrente che fluisce nel LED, altrimenti si rischia di bruciarlo. Di solito, in questi dispositivi circola una corrente di 15–20 mA, per il dimensionamento ipotizziamo che nel diodo circoli una corrente pari a 20 mA, mentre la caduta di tensione ai capi di un LED di colore rosso è di 1.8 V. Per ricavare il valore di R_3 , basta utilizzare la legge di Ohm:

$$i_R = i_D \quad \rightarrow \quad \frac{V_{out} - V_D}{R_3} = i_D \quad \rightarrow \quad \frac{9 \text{ V} - 1.8 \text{ V}}{R_3} = 20 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow \quad R_3 = \frac{(9 - 1.8) \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 360 \Omega$$

Per R_3 scegliamo una resistenza da $500\ \Omega$, di conseguenza nel diodo fluirà una corrente di circa 15 mA .

Nell'immagine di figura 6.2 è mostrato il sottosistema della rete oscillante con i valori scelti per ogni componente.

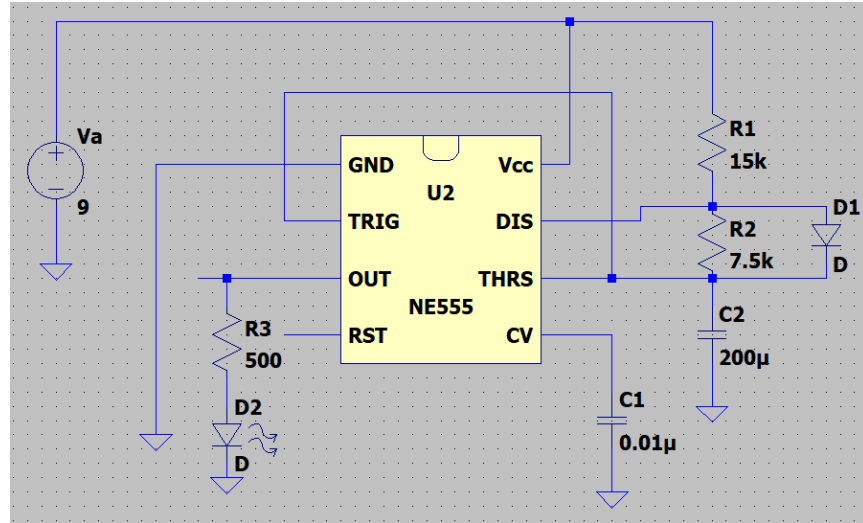


Figura 6.2: Schema della rete oscillante dimensionata.

Nella figura 6.3 vengono invece mostrati i grafici che si ottengono in uscita (corrente che fluisce nel LED) quando il circuito si trova nello stato di allarme e di riposo.

Nel primo caso, la temperatura sarà superiore a 25°C , quindi il sistema si troverà nello stato di allerta. Il circuito si comporterà come un oscillatore, perciò, terminato il transitorio iniziale, l'uscita resta alta per circa due secondi e bassa per circa un secondo. Le imprecisioni su t_{high} sono dovute al fatto che nei calcoli si è trascurata la caduta di tensione data dal diodo D1, perciò quest'intervallo di tempo è di poco superiore rispetto a quanto dimensionato. Dalle misure con i cursori, questa differenza risulta essere pari a 0.36 s .

Nel secondo caso invece, il sistema registrerà una temperatura inferiore a 25°C , di conseguenza nel LED non deve fluire corrente perché deve rimanere spento, dato che il sistema non è nello stato di allarme.

6.1.2 Progettazione della rete del termistore

Per gestire le due situazioni descritte alla fine della sezione precedente, dobbiamo pilotare opportunamente il PIN 4, ovvero il *reset*, del timer 555. In particolare, se la temperatura è inferiore a 25°C , sul PIN 4 deve essere applicato un segnale di tensione che corrisponde al livello logico basso (0 V), perché vogliamo che anche l'uscita si trovi al livello logico basso, in modo tale che il LED non si accenda. Al contrario, se la temperatura è superiore alla temperatura di riferimento, al reset deve essere applicato un segnale corrispondente al livello logico alto (9 V), così da far lavorare il timer 555 in modalità astabile e pilotare l'accensione e lo spegnimento del LED secondo i tempi scelti nella sezione precedente.

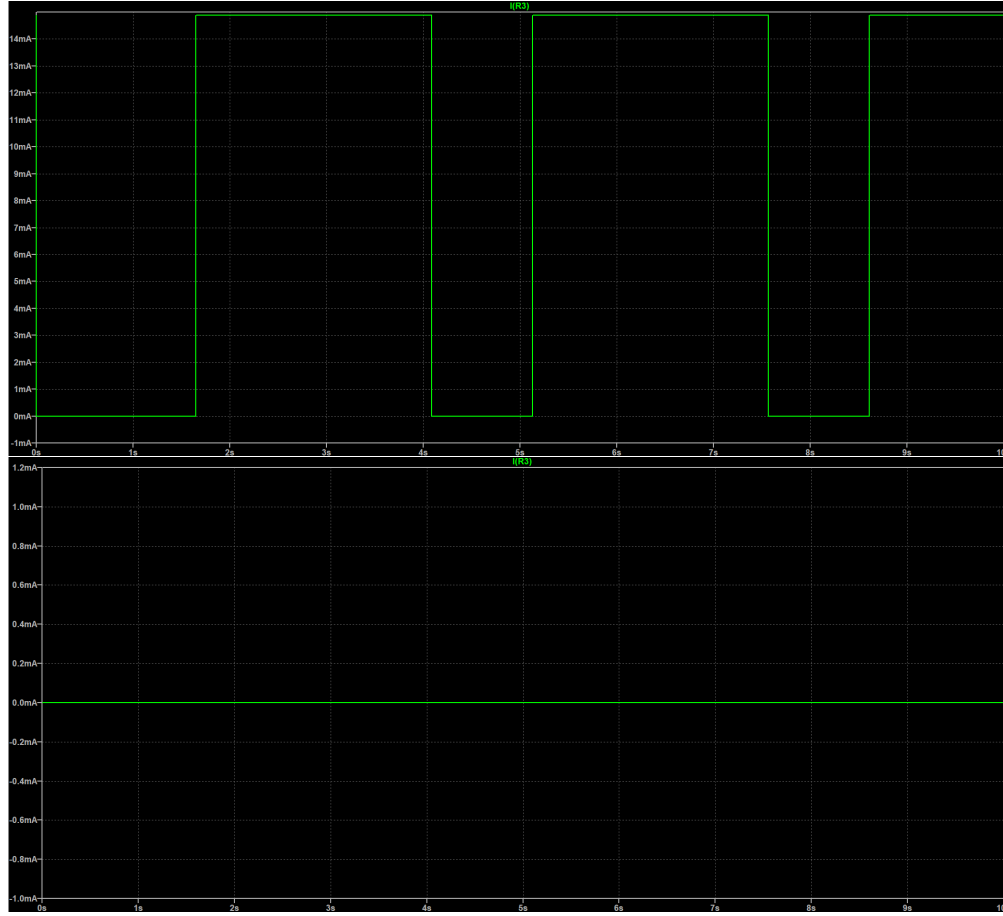


Figura 6.3: Grafico dell'uscita quando il sistema è nello stato di allarme (sopra) e riposo (sotto).

Queste scelte sono dovute al fatto che il timer 555 viene resettato quando si applica un impulso negativo sul PIN 4 (fonte: [datasheet](#)), e questa transizione la otteniamo se utilizziamo le tensioni come appena descritto.

Il segnale che pilota il reset è dato dall'OPAMP, che sarà utilizzato in configurazione di comparatore: per la nostra applicazione, è necessario configurare gli ingressi invertente e non invertente per fare in modo che la condizione $V^+ > V^-$ si verifichi quando la temperatura è superiore a 25°C , così che l'uscita dell'amplificatore operazionale sia alta, il viceversa deve invece verificarsi quando la temperatura è minore del valore critico.

Per decidere come dimensionare gli ingressi, dobbiamo prima capire il comportamento elettrico del termistore al variare della temperatura. Un termistore NTC è schematizzabile come una resistenza variabile, il cui andamento in funzione della temperatura (in kelvin) è di tipo esponenziale:

$$R_T = R_0 \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

Dalla specifica, sappiamo che R_0 vale $1\text{ k}\Omega$ quando $T_0 = 25^\circ\text{C} = 298\text{ K}$. Il parametro B varia in base al termistore scelto, per un termistore NTC con le nostre caratteristiche vale circa 3000 K , come possiamo

ricavare dal seguente [datasheet](#). Sostituendo alla relazione precedente le grandezze note, otteniamo:

$$R_T = 42.45 \cdot 10^{-3} \, \Omega \cdot e^{\left(\frac{3000 \, \text{K}}{T}\right)}$$

Dalla formula, verifichiamo che a 25 °C=298 K la resistenza è effettivamente di 1 kΩ.

6.2 Simulazione del circuito

6.2.1 Simulazione con LTSpice

6.2.2 Simulazione con Thinkercad