



**Università degli Studi di Bergamo**

---

SCUOLA DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

## **Laboratorio di Elettronica**

Relazione esperienza di laboratorio 4

Prof.  
**Luigi Gaioni**

Candidati  
**Giulia Allievi**  
Matricola 1058231

**Martina Fanton**  
Matricola 1059640



# Relazione attività di laboratorio 4

## Introduzione

Nei circuiti analizzati durante questo laboratorio sono presenti diodi, amplificatori operazionali e un nuovo circuito integrato, il timer 555.

Nella figura 4.1 a sinistra, si può vedere la numerazione e la denominazione di ciascun pin di questo componente. Per capire quali sono i terminali, sul package è presente una mezza luna in corrispondenza del pin numero 1 e poi la numerazione prosegue in senso antiorario. Invece nella stessa figura a destra si possono notare i componenti interni di questo circuito integrato e in particolare della tipologia di timer LM555, ovvero quella che abbiamo utilizzato durante questo laboratorio.

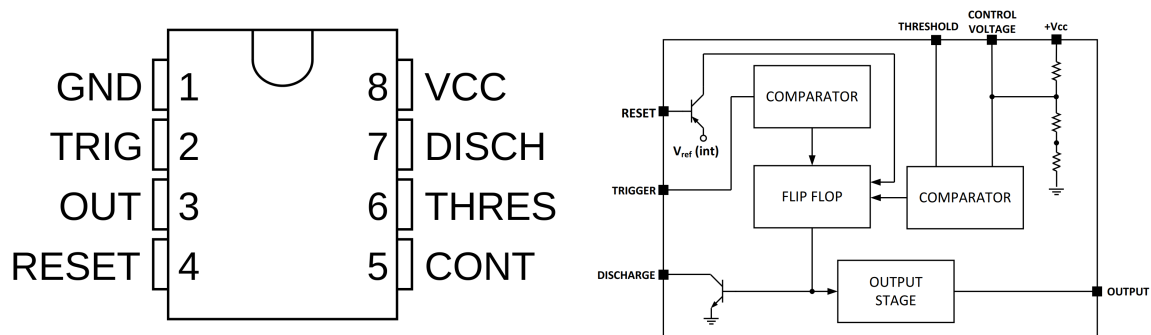


Figura 4.1: Package (a sinistra) e contenuto (a destra, fonte: [datasheet](#) del LM555) del timer 555.

Questo componente richiede un'alimentazione singola per poter funzionare correttamente: va collegata la tensione positiva  $V_{CC}$  al pin 8, mentre la massa al pin 1.

Il timer 555 può essere utilizzato in due configurazioni: astabile oppure monostabile. In questo laboratorio abbiamo utilizzato la seconda configurazione, che è rappresentata nella figura 4.2.

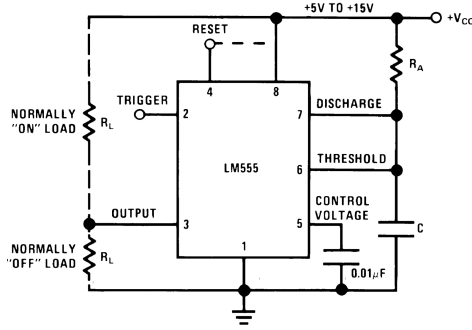


Figura 4.2: Configurazione monostabile del timer LM555 (fonte: [datasheet](#) del LM555).

## 4.1 Circuito 1: circuito monostabile con trigger di Schmitt

### 4.1.1 Schema del circuito e Funzione di Trasferimento

Questo circuito (in figura 4.3) è stato ottenuto apportando delle modifiche all'oscillatore analizzato nel precedente laboratorio. In particolare sono stati aggiunti un diodo (con il catodo collegato a massa e con l'anodo collegato alla reazione negativa) e una rete di filtraggio (situata all'ingresso non invertente dell'amplificatore e collegata al circuito tramite un ulteriore diodo). Entrambi i diodi utilizzati sono di tipo 1N4148.

Per riuscire a visualizzare i segnali sull'oscilloscopio, abbiamo sostituito l'amplificatore  $\mu A741$  utilizzato nei precedenti laboratori con un OPAMP di tipo TL071, perché abbiamo osservato sperimentalmente che era più performante per questo particolare circuito.

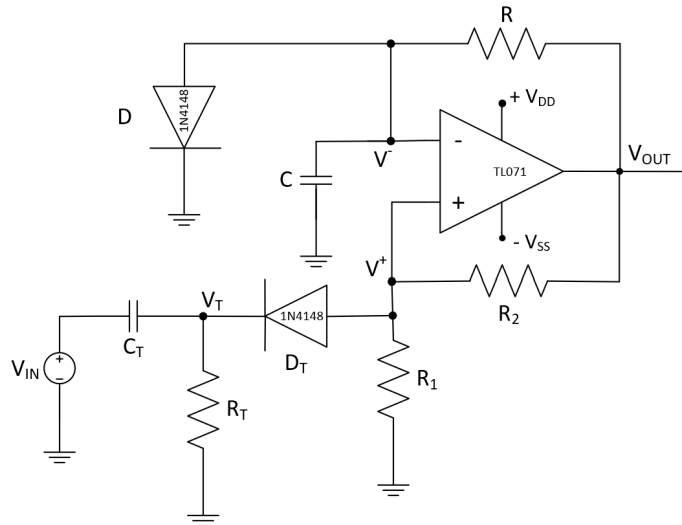


Figura 4.3: Schema del circuito monostabile con trigger di Schmitt.

È un circuito *monostabile* perché presenta uno stato stabile, ovvero quello in cui la tensione di uscita  $V_{OUT}$  si trova a un valore pari a  $V_{DD}$  e dunque è possibile generare un impulso negativo fino a  $V_{SS}$  con una durata definita. Questa durata dipende dal processo di carica del condensatore verso il valore di  $V_{SS}$  e questo processo viene interrotto quando viene raggiunta la soglia  $V_L^+$ . Difatti la tensione sul condensatore può essere calcolata come:

$$V_C(t) = V^-(t) = V_{SS} + (0.7 - V_{SS}) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

dove  $t_0$  è l'istante in cui si ha il fronte di discesa del segnale in ingresso  $V_{IN}$  e l'inizio del processo di carica del condensatore verso il valore  $V_{SS}$ , mentre  $\tau$  corrisponde alla costante di tempo data da:

$$\tau = R \cdot C.$$

Da questa equazione si può ricavare la formula della durata dell'impulso negativo in uscita:

$$T_A = \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad \text{se } |V_{SS}| \gg 0.7 \text{ V}$$

### 4.1.2 Analisi e dati sperimentali

Per poter costruire il circuito sulla breadboard, per prima cosa sono stati scelti i valori dei componenti da utilizzare. Nel caso delle resistenze, le loro misure sono state riportate nella tabella 4.1, mentre per i condensatori sono state utilizzate delle capacità di valore nominale di 150 nF per C e di 1 nF per  $C_T$ .

	Valore nominale	Valore misurato
<b>R</b>	12 k $\Omega$	11.882 k $\Omega$
<b>R<sub>1</sub></b>	12 k $\Omega$	11.934 k $\Omega$
<b>R<sub>2</sub></b>	12 k $\Omega$	11.950 k $\Omega$
<b>R<sub>T</sub></b>	12 k $\Omega$	11.894 k $\Omega$

Tabella 4.1: Misure delle resistenze utilizzate per il circuito.

Una volta costruito il circuito (figura 4.4), è stato alimentato con una tensione duale di  $\pm 10 \text{ V}$  e poi gli è stato fornito in ingresso un segnale a onda quadra (detto segnale di trigger) con duty cycle del 20% e frequenza di 100 Hz.

Nella figura 4.5 sono mostrati il segnale in ingresso  $V_{IN}$  (in giallo, CH1) e il segnale in uscita  $V_{OUT}$  (in azzurro, CH2).

Successivamente, abbiamo utilizzato le formule descritte nella sezione precedente per verificare la correttezza della misura della durata dell'impulso negativo in uscita ( $T_A$ ) ottenuta con l'oscilloscopio:

$$T_A = \tau \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 1.8 \text{ ms} \cdot \ln\left(1 + \frac{12 \text{ k}\Omega}{12 \text{ k}\Omega}\right) = 1.248 \text{ ms}$$

$$\text{con } \tau = R \cdot C = 12 \text{ k}\Omega \cdot 150 \text{ nF} = 1.8 \text{ ms}$$

La verifica è quindi soddisfatta perché l'oscilloscopio misura una durata dell'impulso di 1.312 ms, dunque l'errore tra i due valori è circa del 4%. Questa percentuale di errore è causata in parte anche dall'imprecisione del valore del duty cycle dell'onda quadra in ingresso. In particolare questa imprecisione è dovuta all'errore della strumentazione utilizzata siccome sul generatore di forme d'onda

scarica?

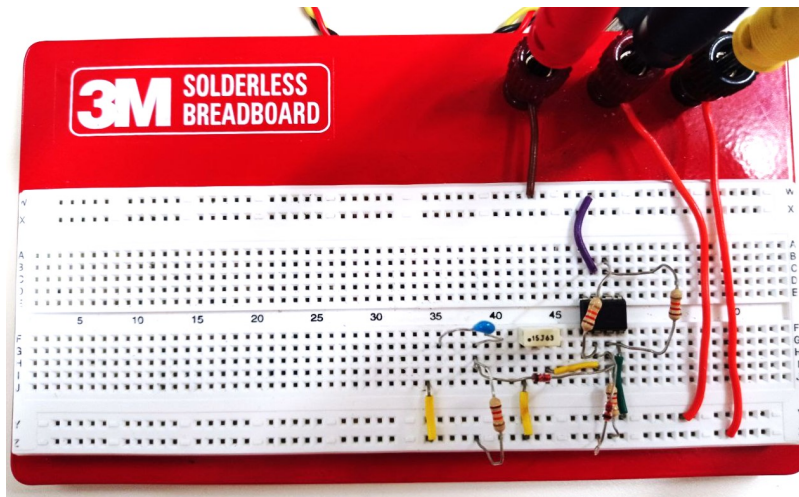


Figura 4.4: Fotografia del circuito monostabile con trigger di Schmitt realizzato in laboratorio.

è stato applicato un duty cycle pari al 20% mentre l'oscilloscopio ne rileva un valore di 19.95% (in figura 4.5) e quindi leggermente inferiore. Di conseguenza la rilevazione sull'oscilloscopio di una durata dell'impulso negativo maggiore è determinata dal fatto che l'onda rimane a un livello basso per più tempo rispetto al periodo basso teorico.

Poi sono state confrontate la durata dell'impulso negativo in uscita  $T_A$  con la durata dell'impulso negativo in ingresso  $T_B$ , calcolata come:

$$T_B = (1 - \delta) \cdot T = (1 - 20\%) \cdot 10 \text{ ms} = 8 \text{ ms}$$

$$\text{con } f = 100 \text{ Hz} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = 10 \text{ ms}$$

Come ci si aspetta dalla teoria, si ottiene che  $T_B \gg T_A$ .

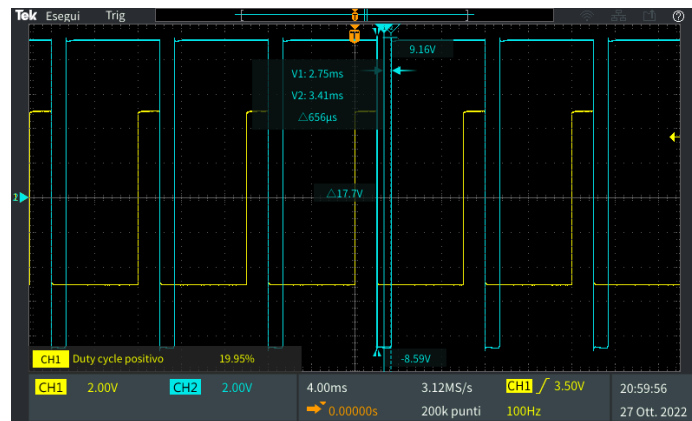


Figura 4.5: Confronto di  $V_{IN}$  (CH1) con  $V_{OUT}$  (CH2) con misure dell'oscilloscopio.

Inoltre sono stati anche confrontati i segnali delle tensioni in ingresso e in uscita rispetto a quelle presenti sugli ingressi dell'OPAMP e a quella presente nel nodo  $V_T$ .

foto oscillo-  
scopio con  
 $V_+$  e  $V_{out}$

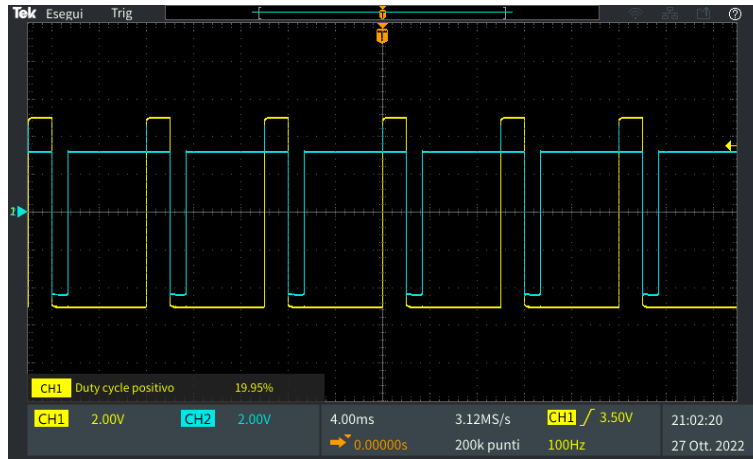


Figura 4.6: Confronto di  $V_{IN}$  (CH1) con  $V^+$  (CH2).



Figura 4.7: Confronto di  $V^-$  (CH2) con  $V_{IN}$  (CH1 a sinistra) e con  $V_{OUT}$  (CH1 a destra).

Per quanto riguarda la tensione sull'ingresso non invertente  $V^+$ , essa varia tra  $V_L^+$  e  $V_H^+$  e, come si può notare dalla figura 4.6, questi due valori non sono simmetrici. Questo succede perché:

- se  $V_{OUT}$  è negativa (ovvero pari a  $V_{SS}$ ) si ha che il diodo  $D_T$  è spento e quindi:

$$V_L^+ = \frac{V_{SS}}{2} = \frac{-10\text{ V}}{2} = -5\text{ V};$$

- se  $V_{OUT}$  è positiva (ovvero pari a  $V_{DD}$ ) si ha che il diodo  $D_T$  è acceso e quindi:

$$V_H^+ = \frac{V_{DD}}{3} = \frac{10\text{ V}}{3} = 3.33\text{ V}.$$

Invece la tensione sull'ingresso invertente  $V^-$ , corrispondente alla tensione sul condensatore  $C$  ( $V_C$ ), è stata rappresentata nella figura 4.7 e presenta un'espressione nel tempo pari a:

$$V_C(t) = V^-(t) = V_{SS} + (0.7 - V_{SS}) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} = -10\text{ V} + 10.7\text{ V} \cdot e^{-\frac{t-t_0}{1.8\text{ ms}}}$$

Infine considerando la tensione  $V_T$ , TODO: FINIRE TESTO (COMPORTAMENTO COME DERIVATORE DI  $V_{IN}$ )

Infine è stato considerato lo stato stabile di questo circuito, che consiste nell'aggiungere al circuito del precedente laboratorio soltanto il diodo  $D$  ottenendo il circuito in figura 4.9. Per questa analisi sono

determinare  
valore di  $t_0$   
da mettere  
nell'espressione

foto oscilloscopio con  
 $V_T$  e  $V_{in}$  e  
 $V_{out}$

commentare

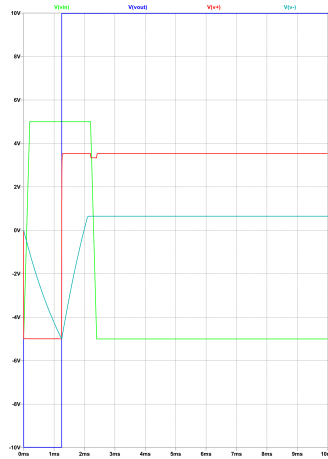


Figura 4.8: Confronto di  $V_{IN}$ ,  $V_{OUT}$ ,  $V^+$  e  $V^-$ .

stati mantenuti invariati i valori dei componenti utilizzati. Inoltre al circuito risultante non si applica nessun segnale in ingresso.

Analizzando il segnale sull'ingresso invertente dell'OPAMP  $V^-$  in figura 4.10, si può notare che questa tensione (corrispondente alla tensione sul condensatore C), presenta una fase iniziale di carica e poi, una volta raggiunti gli 0.7 V, viene bloccata poichè è stato raggiunto il valore della tensione ai capi del diodo e quindi esso si accende impedendo alla capacità di continuare a caricarsi. Invece il segnale in uscita  $V_{OUT}$  rimane al valore dell'alimentazione positiva  $V_{DD}$  e quindi non riesce a commutare siccome  $V^-$  non riesce mai a superare la soglia  $V_H^+$ . Quindi questo circuito nello stato stabile non oscilla.

Per poter risolvere la stabilità di questo stato è necessario che la soglia  $V_H^+$  risulti inferiore rispetto a  $V^-$  in modo da avere una transizione in  $V_{OUT}$ . Per avere questo effetto è necessario collegare sull'ingresso non invertente dell'OPAMP la rete considerata all'inizio della sezione precedente.

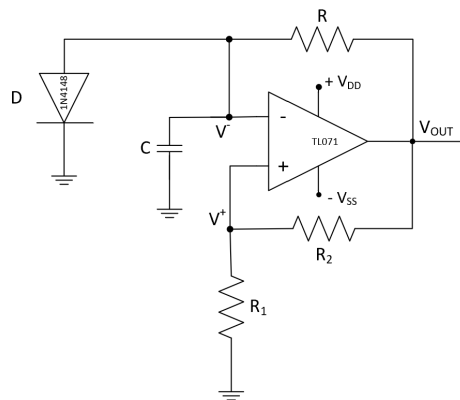


Figura 4.9: Schema del circuito nello stato stabile.

aggiornare  
foto con-  
fronto con  
oscilloscopio



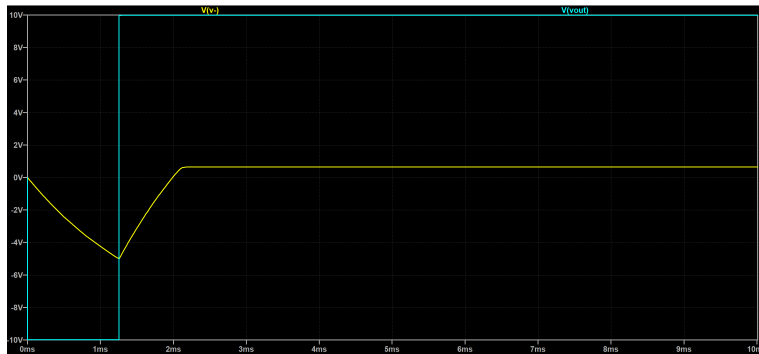


Figura 4.10: Confronto di  $V^-$  (CH1) con  $V_{OUT}$  (CH2) nello stato stabile.

## 4.2 Circuito 2: circuito monostabile con NE555

### 4.2.1 Schema del circuito e Funzione di Trasferimento

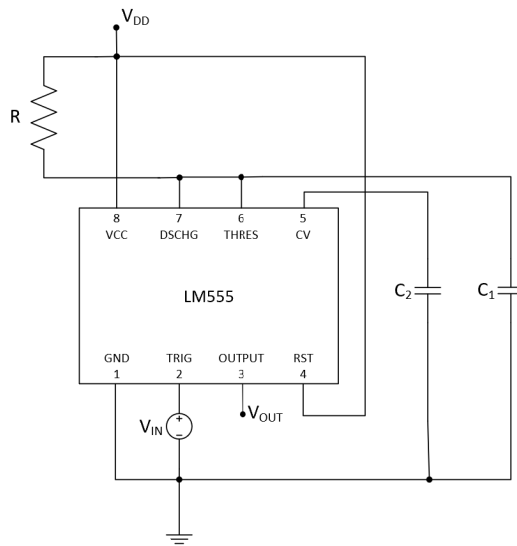


Figura 4.11: Schema del circuito monostabile con NE555.

### 4.2.2 Analisi e dati sperimentali

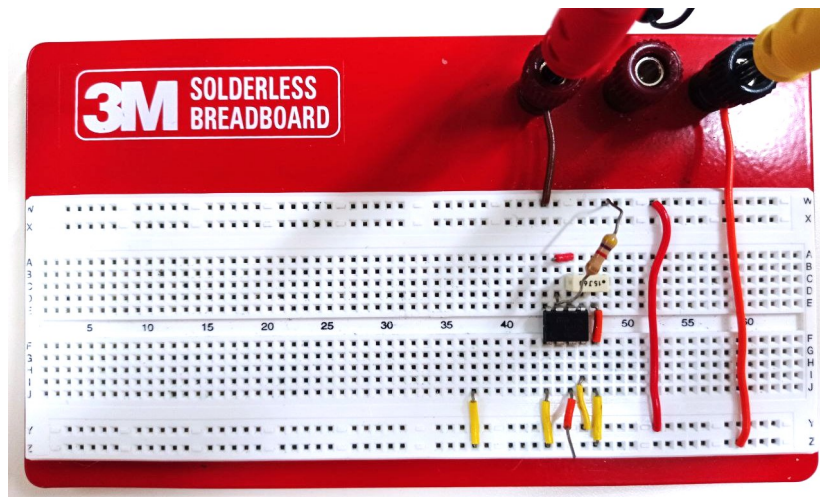


Figura 4.12: Fotografia del circuito monostabile con LM555 realizzato in laboratorio.