

Circuito LED flasher

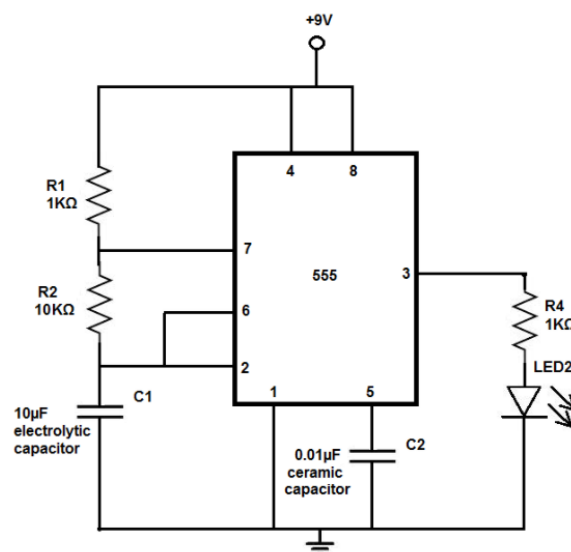
Adnan Sardi

Obiettivo

L'obiettivo dell'esperienza è quella di creare un circuito flasher led utilizzando un circuito integrato NE555. Un circuito flasher led è un circuito che genera lampeggi in un determinato periodo di tempo con l'ausilio di un led.

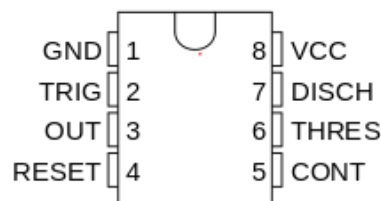
Richiami teorici

Il circuito flasher led si basa sul funzionamento dell'integrato NE555 che ha svariati utilizzi nelle applicazioni elettroniche per le varie configurazioni che esso può assumere. Le principali configurazioni sono il dispositivo astabile, monostabile e bistabile. Per il circuito che andiamo a studiare lo utilizzeremo con una configurazione astabile, cioè non possiede una configurazione stabile quindi appena esso viene alimentato passa da un segnale logico alto ad un segnale logico basso con un determinato periodo di tempo, periodo che viene determinato dai valori delle componenti condensatore e resistenze. Qui di seguito viene illustrata lo schema del circuito flasher led.



[Fig. 1]

Prima di descrivere il comportamento del circuito nelle sue varie fasi diamo una breve descrizione dell'integrato NE555.

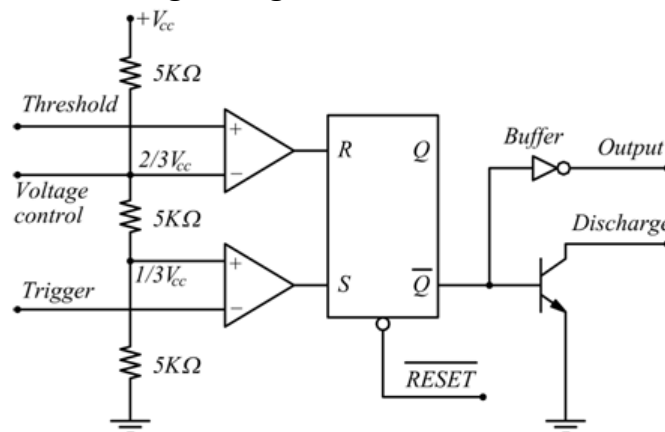


[Fig. 2]

Il pin:

1. GND, è il collegamento per la messa a terra.

2. TRIG, è il segnale di trigger che varia il suo comportamento in base alla tensione con cui viene alimentato.
3. OUT, è l'output dell'integrato.
4. RESET, genera un impulso di reset nella memoria dell'integrato.
5. CONT, è la tensione di controllo che se non utilizzata come nel nostro caso viene collegata ad essa un condensatore per evitare malfunzionamenti.
6. THR, è il livello di soglia a cui termina l'intervallo del segnale.
7. DIS, ha il compito di far scaricare il condensatore per poi iniziare un nuovo ciclo.
8. +V, il pin con cui viene collegato il generatore di tensione.



[Fig. 3]

Esso all'interno è costituito da un partitore di tensione composto da tre resistenze poste in serie con un valore di 5 KΩ che commutano il valore di tensione sia sull'ingresso invertente del primo amplificatore operazionale configurato come comparatore di tensione e sia dell'ingresso non invertente del secondo amplificatore operazionale utilizzato anch'esso come comparatore di tensione. All'uscita dei nostri comparatori troviamo un flip-flop che funziona come un dispositivo di memoria. Con S indichiamo il SET che fornisce il segnale digitale 1 mentre R indica il RESET cioè setta la memoria del flip-flop sul segnale 0, Q è l'uscita che possiede in memoria il flip-flop che non utilizzeremo mentre \bar{Q} indica l'uscita Q invertita. Di seguito viene riportata la tabella di verità del flip-flop.

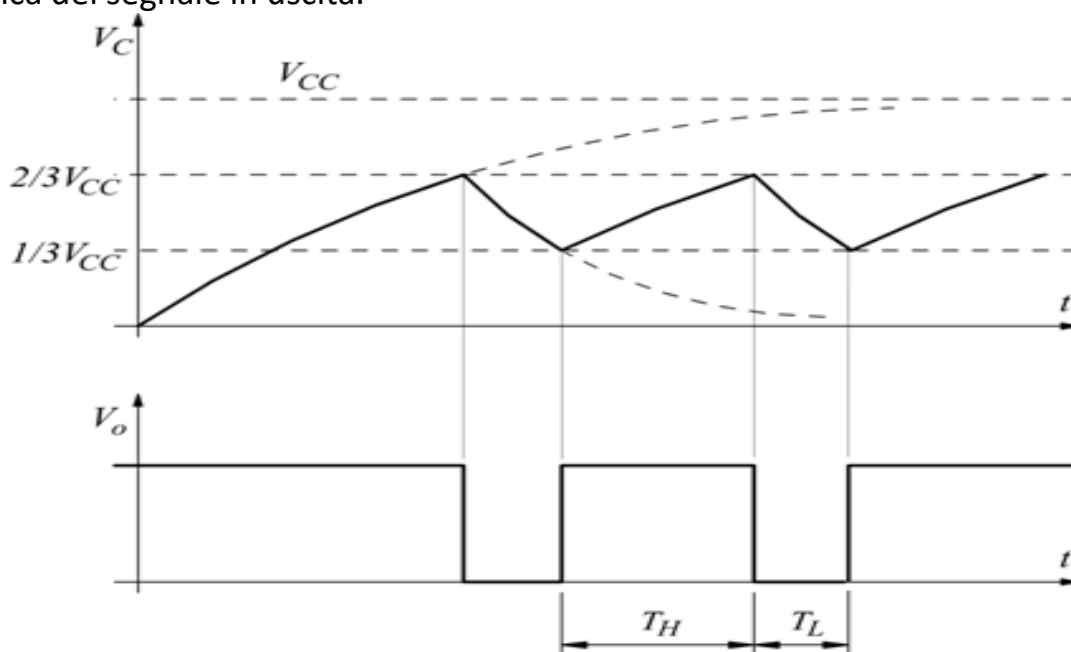
FLIP FLOP RS			
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	nc	nc
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	0	0

[Fig. 4]

Sull'uscita del flip-flop abbiamo una porta logica NOT che inverte il segnale di \bar{Q} e lo porta poi all'output (pin 3) inoltre abbiamo un transistor collegato a terra chiamato transistor di scarica che serve per scaricare la rete RC del nostro flasher led.

Introdotti i componenti con cui è composto il NE555 possiamo dare una descrizione del nostro circuito.

Inizialmente la tensione ai capi del pin 2 e del pin 6 è 0 e il condensatore è scarico, quindi scatta il comparatore di trigger ad un segnale logico alto ottenendo infine un'uscita del flip-flop a zero e il transistor funziona da interruttore aperto lasciando caricare il condensatore. La tensione ai capi di 2 e 6 arriva ad $\frac{1}{3}V$ e il comparatore di trigger commuta il flip-flop ad S=0 e andando a vedere la [fig.4] sappiamo che non cambia nulla quindi il condensatore continua a caricarsi. Abbiamo ora che nel nodo tra il pin 2 e il pin 6 la tensione continua a caricarsi fino ad arrivare a $\frac{2}{3}V$, il comparatore di threshold scatta passando a 1 e quindi manda un reset al flip-flop che genera in uscita tramite l'inverter un'uscita bassa e attiva il transistor che scarica il condensatore tramite R_2 . Scaricandosi nel tempo la tensione ai capi 2-6 raggiunge un valore più basso di $\frac{1}{3}V$ facendo scattare il comparatore di trigger e quindi aprendo il transistor che lascia caricare il condensatore. Questo procedimento viene reiterato per tutta la durata con cui viene alimentato il circuito generando una commutazione periodica del segnale in uscita.



[Fig. 5]

In conclusione abbiamo che la differenza di potenziale ai capi del condensatore oscilla tra $\frac{1}{3}V$ e $\frac{2}{3}V$ mentre l'uscita tra 0 e V .

Ora determiniamo i tempi con cui si carica e si scarica il condensatore. Durante la fase in cui il condensatore viene caricato assume un valore iniziale di $\frac{1}{3}V$ e finale di V ottenendo quindi

$$V(t) = V_{in} - (V_{in} - \frac{V_{in}}{3})e^{-t/(R_1+R_2)C} \quad [1]$$

Rappresenta l'equazione che descrive il comportamento della tensione in funzione del tempo durante la carica. Sapendo che $t=T_1$ cioè il periodo di tempo del segnale d'uscita al valore logico alto, ottengo

$$T_1 = (R_1 + R_2)C \ln 2 \quad [2]$$

Mentre per la fase di scarica l'equazione che descrive la tensione nel tempo è data dalla seguente relazione

$$V(t) = \frac{2V_{in}}{3} e^{-t/R_2C} \quad [3]$$

Ottenendo infine un periodo di tempo sul segnale logico basso (T_0) di

$$T_0 = R_2C \ln 2 \quad [4]$$

Questi tempi che abbiamo ricavato sono i tempi con cui lampeggia il nostro diodo led.

Descrizione strumentazione

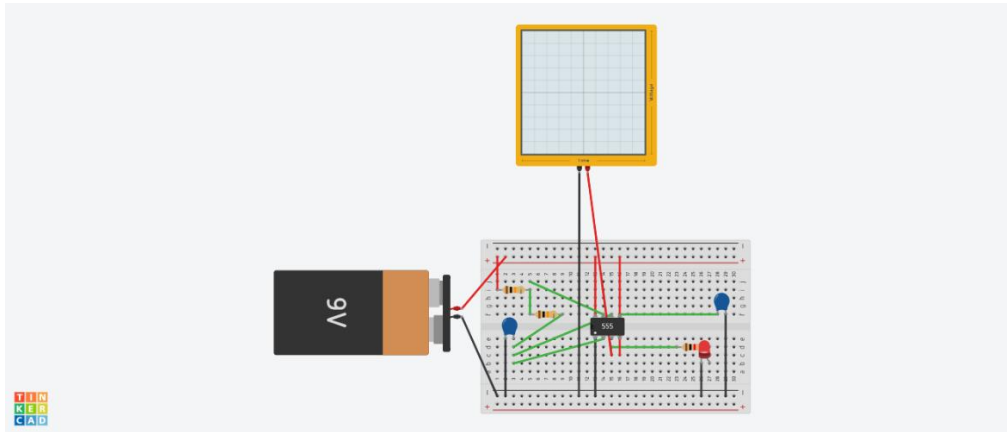
Per l'esecuzione dell'esperienza abbiamo utilizzato vari componenti elettronici elencati di seguito:

- Circuito integrato NE555 descritto in precedenza;
- Resistenze possedenti vari valori (10 K Ω e 100 K Ω);
- LED rosso;
- Condensatore ceramico 104 (100 nF);
- Condensatore elettrolitico (470 μ F);
- Breadboard;
- Fili jumper;
- Cronometro;
- Batteria di alimentazione (9 V);

Descrizione procedura sperimentale

La procedura sperimentale per costruire il nostro apparato non è stata complicata. Prima di inserire i componenti sulla breadboard è utile verificare i valori delle componenti inserite per evitare di bruciare elementi circuitali o inserire condensatori (C1 [Fig. 1]) troppo poco capacitivi, inoltre si è deciso di eseguire tre

set di misure per verificare le relazioni [2] e [4] cambiando valori di resistenze e condensatore. Si è riprodotto sul programma tinkercad lo schema elettrico del circuito ([Fig. 6]). E' stato aggiunto poi un oscillatore collegato all'uscita dell'integrato per verificare i periodi dei segnali logici bassi e alti.

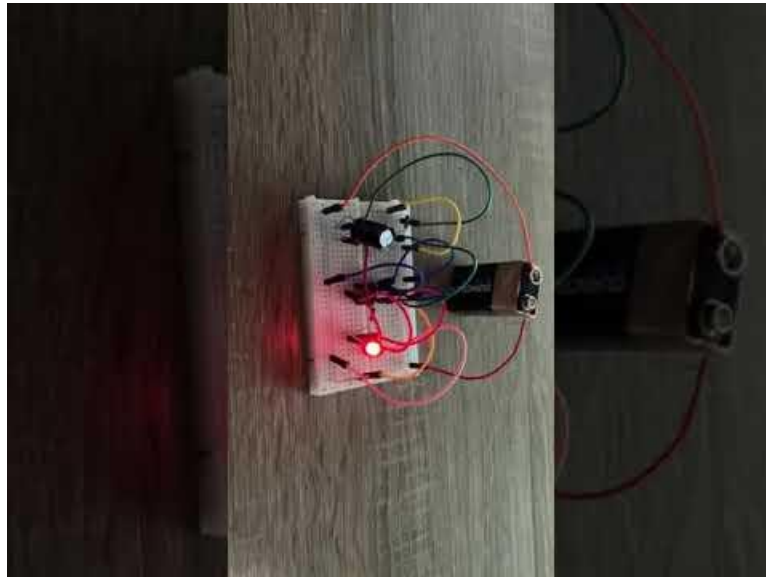


[Fig. 6]

Di seguito elenchiamo i vari step in ordine cronologico per il montaggio:

1. Inserire l'integrato NE555 sulla breadboard e collegare i pin 1 e 8 rispettivamente a terra e all'alimentazione.
2. Collegare il pin 4 (reset) anch'esso all'alimentazione e il pin 5 a terra tramite un condensatore ceramico (104).
3. Inserire in serie le resistenze R1, R2 e condensatore elettrolitico C1 ([Fig. 1]).
4. Collegare un morsetto di R1 all'alimentazione.
5. Collegare tramite filo jumper il pin 7 (discharge) sul nodo tra R1 e R2.
6. Collegare il pin 2 e 6 (trigger e threshold) sul nodo tra R2 e C1 sempre tramite filo jumper.
7. Collegare poi l'altro morsetto di C1 a terra.
8. Inserire sull'uscita dell'integrato (pin 3) una resistenza da $1K\Omega$ e un led con il morsetto dell'anodo in serie con la resistenza.
9. Infine collegare il catodo del led a terra e alimentare il circuito con una batteria da 9V.

Di seguito viene riportato il video per la visualizzazione del circuito in funzionamento:



[Video 1]

Presentazione e analisi dati

Una volta montato il circuito siamo andati a verificare effettivamente le relazioni [2] e [4] producendo 3 set di misure. Purtroppo non è stato possibile generare più set poiché i componenti elettronici in nostro possesso erano limitati.

Nel primo set abbiamo utilizzato due resistenze da $10\text{K}\Omega$ e un condensatore da $470\mu\text{F}$ ottenendo quindi come tempo sul valore logico alto di:

$$T_1 = (R_1 + R_2)C \ln 2 = 6,52 \text{ s}$$

Mentre sul valore logico basso di:

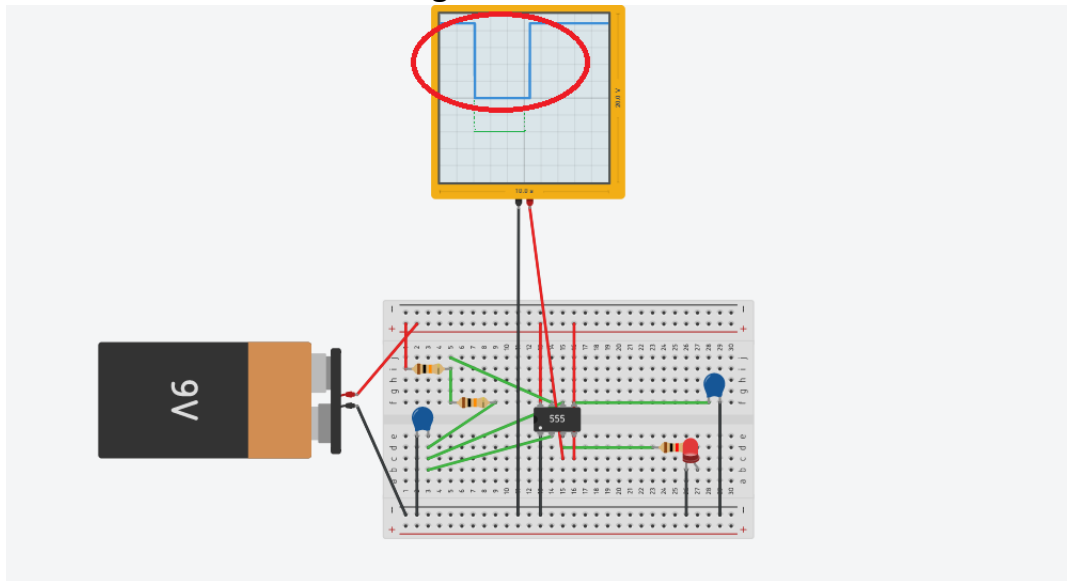
$$T_0 = R_2 C \ln 2 = 3,26 \text{ s}$$

Questi valori sono i risultati teorici che ci aspettiamo di trovare. Qui di seguito riportiamo la tabella dei tempi che sono stati misurati tramite un cronometro.

N	T1 [sec]	T0 [sec]
1	7,14	3,53
2	7,14	3,61
3	7,14	3,54
4	7,21	3,55
5	7,21	3,54

[Tab. 1]

I risultati trovati sono confermati anche dall'oscilloscopio che abbiamo inserito in [Fig. 6]. Azionandolo troviamo la seguente visualizzazione:



[Fig. 8]

Cerchiato di rosso è il T_0 , che tramite la teoria abbiamo ricavato un valore di 3,26 secondi. L'oscillatore è stato impostato con un secondo per divisione quindi sempre secondo la teoria dovremmo aspettarci un segnale logico basso lungo tre quadratini più un "aggiunto" di 0,26 secondi. Dalla immagine soprastante notiamo appunto come il periodo duri effettivamente 3 quadretti con l'aiuto di una linea verde che non è altro una traslazione in basso più un altro periodo di tempo minore della metà di un quadretto che dovrebbe rappresentare l'aggiunto di 0,26 secondi. Il T_1 non è stato possibile determinarlo tramite oscilloscopio poiché l'applicazione possedeva un delay che rendeva impossibile la visualizzazione per intero del periodo.

Ovviamente il duty-cycle del nostro circuito non sarà mai del 50%, questo oltre a verificarlo sperimentalmente lo si può subito notare dalle relazioni [2] e [4] poiché in un caso abbiamo un termine R_2 che moltiplica C mentre nell'altro abbiamo un termine dato dalla somma delle resistenze. Una soluzione è quella di annichilire la R_1 . Questo è possibile inserendo un diodo in parallelo con R_1 ottenendo quindi un duty-cycle del 50%. La verifica è stata confermata ottenendo i seguenti risultati:

R1	1,E+04	Ohm		N	T0 [sec]	T1 [sec]
R2	1,E+04	Ohm		1	3,35	3,36
C	4,70E-04	Farad		2	3,29	3,37
				3	3,3	3,35
T0 teorico	3,26	secondi		4	3,38	3,36
T1 teorico	3,26	secondi		5	3,31	3,37

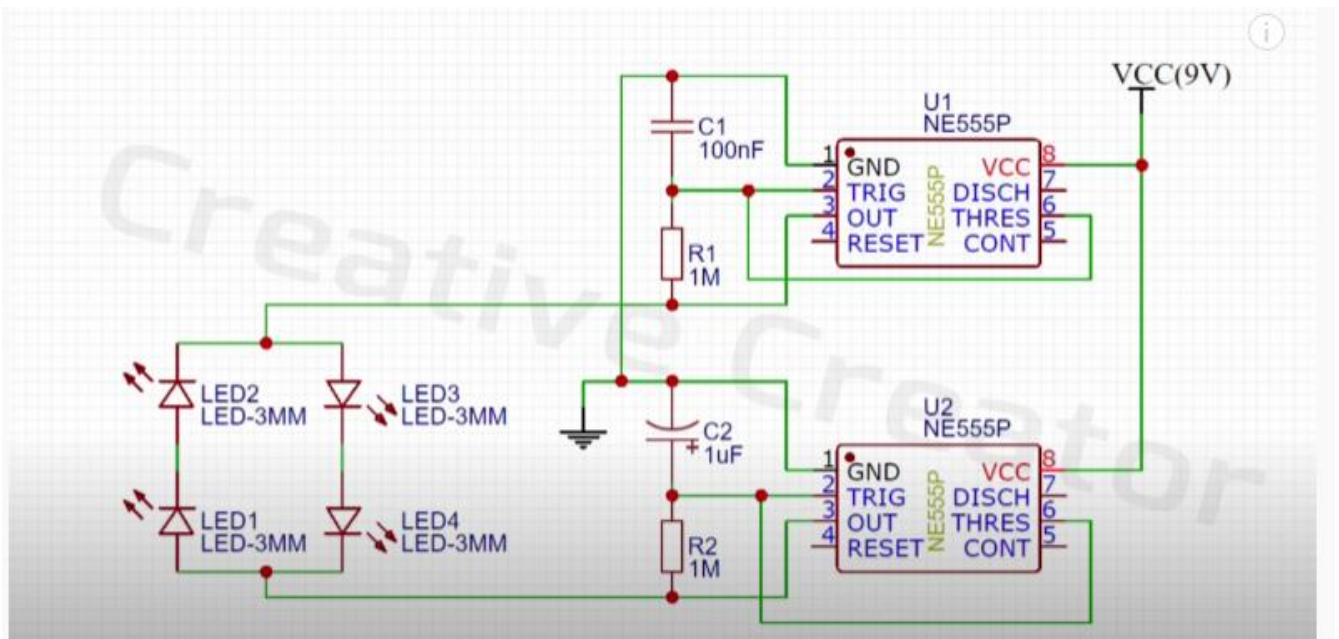
[Tab. 2]

Conclusioni

Il circuito oltre a far lampeggiare effettivamente il led tramite la carica e la scarica del condensatore ([Video 1]) rispecchia i valori teorici con quelli sperimentali per quanto riguarda il periodo. Ovviamente il periodo trovato sperimentalmente è più alto di quello teorico, questo è dovuto ad un errore sistematico che lo sperimentatore possiede quando attiva il cronometro per le misure di tempo. Per misure molto più precise può essere installato un temporizzatore che scatti ogni volta che il led si accenda o si spenga quindi collegandolo anch'esso all'uscita del timer 555. Il circuito LED flasher che abbiamo montato è il più semplice possibile poiché abbiamo utilizzato pochi componenti, per circuiti più complicati e allo stesso tempo più interessanti bisogna utilizzare più componenti e saperli collegare tra loro basandoci sempre sull'utilizzo del timer 555 in configurazione astabile. In appendice viene lasciato un altro piccolo circuito sempre LED flasher ma utilizzando due integrati e quattro led.

Appendice

Schema circuitale LED flasher "2":



Video circuito in funzionamento:

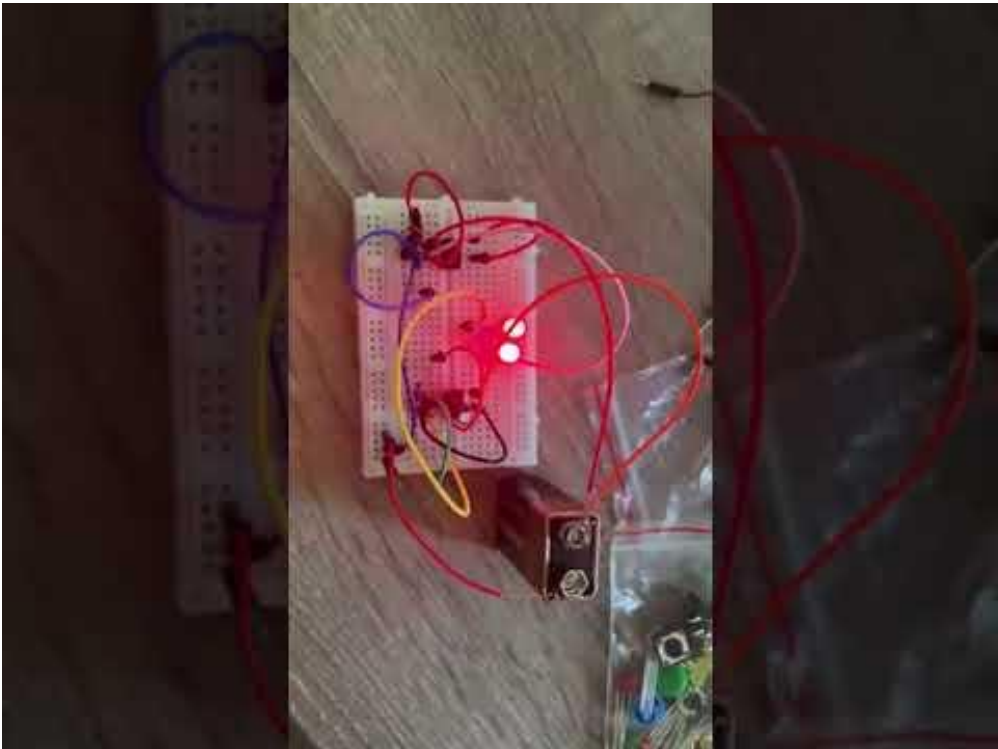


Tabella dati per il secondo set di misure:

Secondo				N	T0 [sec]	T1 [sec]
R1	1,00E+05	Ohm		1	0,86	1,45
R2	1,00E+05	Ohm		2	1,05	1,45
C	1,00E-05	Farad		3	0,8	1,51
				4	0,79	1,45
T0 [teorico]	0,69	secondi		5	0,73	1,51
T1 [teorico]	1,39	secondi				