

MULTIVIBRATORI

Si dice multivibratore un circuito che può avere solo due possibili stati dell'uscita. Tali stati possono essere di due tipi: stato stabile, stato quasi stabile.

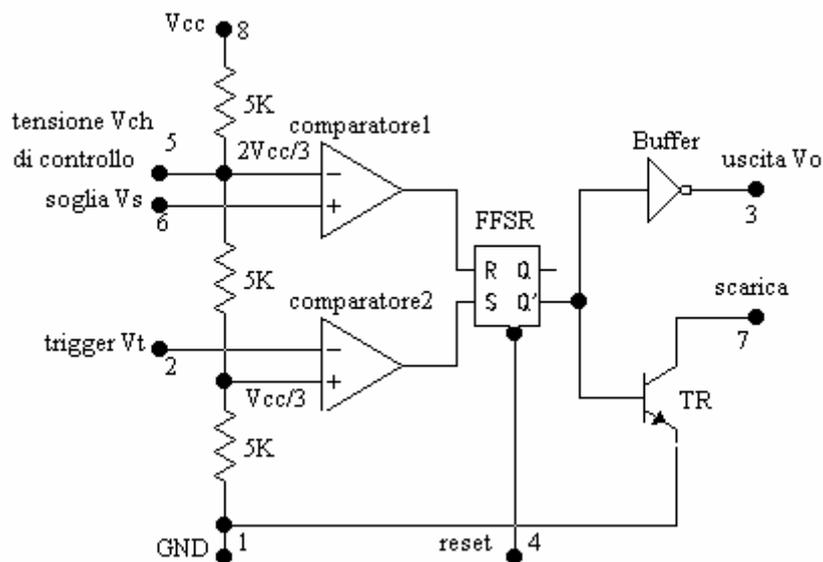
- **Stato stabile:** il circuito rimane in questo stato finché non si interviene dall'esterno forzando l'uscita a cambiare stato.
- **Stato quasi stabile:** il circuito rimane in questo stato per un tempo prestabilito per poi passare nell'altro stato.

A secondo del tipo di stati del circuito, i multivibratori si distinguono in:

- **multivibratore astabile:** ha due stati entrambi quasi stabili; pertanto, commuta continuamente da uno all'altro ad intervalli di tempo costanti: viene utilizzato per generare segnali a due livelli, tipo onda quadra.
- **multivibratore monostabile:** ha uno stato stabile ed uno quasi stabile; il circuito rimane nello stato stabile finché, mediante un impulso esterno, viene costretto a commutare nell'altro stato, che mantiene per un tempo prestabilito per poi commutare nello stato stabile in cui rimane fino al successivo impulso esterno: viene utilizzato per generare impulsi singoli di durata prestabilita.
- **multivibratore bistabile:** ha due stati entrambi stabili; pertanto, può commutare da uno stato all'altro solo se si interviene dall'esterno: tipici i latch e i flip-flop.

TIMER 555

Il **timer 555** è un circuito integrato temporizzatore progettato e prodotto per realizzare multivibratori astabili e monostabili con l'aggiunta di un minimo di componenti esterni



Il partitore di tensione, costituito da tre resistenze uguali, fornisce le tensioni di riferimento per i due comparatori: $V_{CC}/3$ per il comparatore2, $2V_{CC}/3$ per il comparatore1.

Il segnale d'ingresso del comparatore1 è V_s , soglia, quello del comparatore2 e V_t , trigger.

Le uscite dei due comparatori sono applicate in ingresso ad un flip-flop SR.

L'uscita \bar{Q} è collegata alla base di un transistor e all'ingresso di un buffer invertente che fornisce la tensione d'uscita. Quando l'uscita \bar{Q} si trova a livello basso il transistor è interdetto (il piedino 7 è un circuito aperto) e la tensione d'uscita è a livello alto (V_{CC}). Quando l'uscita \bar{Q} si trova a livello alto il transistor è saturo (il piedino 7 è un cortocircuito verso massa) e la tensione d'uscita è a livello basso (0V). Il buffer d'uscita è in grado di erogare una corrente massima di 200mA; la tensione di alimentazione può variare da 5V a 15V.

Il funzionamento del circuito può riassumersi nel seguente modo:

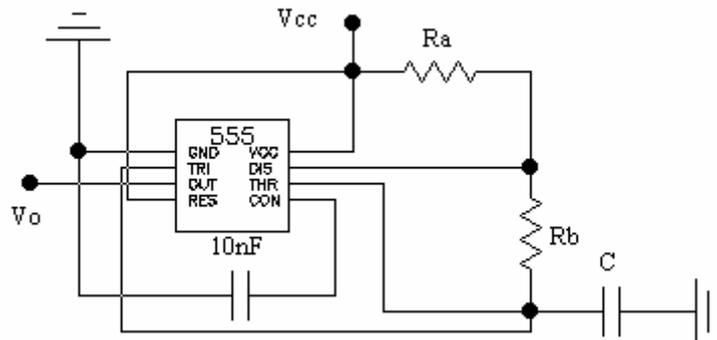
$$\text{Se } \begin{matrix} V_t, V_s < V_{CC}/3 \\ V_t < V_{CC}/3 \text{ e } V_{CC}/3 < V_s < 2V_{CC}/3 \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = 0 \\ V_{o2} = V_{o2H} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = 0 \\ S = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q = 1 \\ \bar{Q} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_O = V_{CC} \\ T_R \text{ interdetto} \end{cases}$$

$$\text{Se } \begin{matrix} V_t, V_s > 2V_{CC}/3 \\ V_s > 2V_{CC}/3 \text{ e } V_{CC}/3 < V_t < 2V_{CC}/3 \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = V_{o1H} \\ V_{o2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = 1 \\ S = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q = 0 \\ \bar{Q} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_O = 0 \\ T_R \text{ saturo} \end{cases}$$

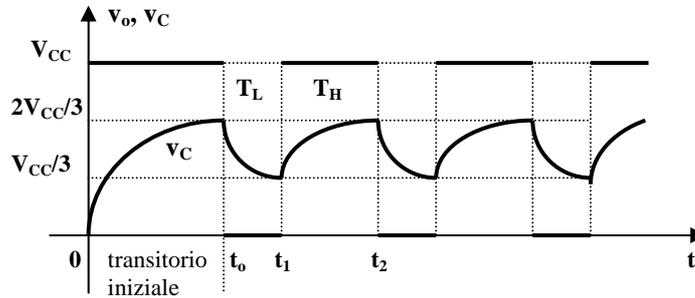
$$\text{Se } V_{CC}/3 < V_t, V_s < 2V_{CC}/3 \Rightarrow \begin{cases} V_{o1} = 0 \\ V_{o2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = 0 \\ S = 0 \end{cases} \Rightarrow \text{stato precedente}$$

MULTIVIBRATORE ASTABILE CON TIMER 555

Il multivibratore astabile è un circuito in grado di generare una forma d'onda rettangolare, senza segnale applicato in ingresso. Lo schema elettrico è il seguente:



Supponendo il condensatore C inizialmente scarico, al momento dell'alimentazione del circuito, gli ingressi di trigger e di soglia in tale istante vengono cortocircuitati a massa dal condensatore (differenza di potenziale ai suoi capi nulla, i due terminali sono equipotenziali).



Le tensioni sull'ingresso di trigger e di soglia, V_t e V_s , che coincidono con la tensione istantanea v_C del condensatore, sono minori di $V_{CC}/3$; pertanto, l'uscita V_o del timer si trova a livello alto (V_{CC}) e il transistor è interdetto (piedino 7 circuito aperto). Il condensatore si carica attraverso la serie delle resistenze R_a ed R_b , con costante di tempo $\tau_C = (R_a + R_b)C$, verso V_{CC} . Quando la tensione v_C , e quindi anche le tensioni V_t e V_s , raggiunge, istante $t = t_0$, il valore $2V_{CC}/3$ si ha la commutazione dell'uscita dal livello alto V_{CC} al livello basso $0V$ e il transistor si porta in saturazione, cortocircuitando il piedino 7 a massa.

Da tale istante la capacità inizia a scaricarsi, partendo dalla tensione $2V_{CC}/3$, attraverso la resistenza R_b e il transistor saturo, con costante di tempo $\tau_S = R_b C$, verso massa. All'istante $t = t_1$ la tensione v_C , e quindi anche le tensioni V_t e V_s , raggiunge il valore $V_{CC}/3$ in corrispondenza del quale si ha la commutazione dell'uscita dal livello basso $0V$ al livello alto V_{CC} e l'interdizione del transistor, che scollega dalla massa il piedino 7.

Da tale istante la capacità inizia a caricarsi, partendo dalla tensione $V_{CC}/3$, attraverso la serie delle resistenze R_a ed R_b , con costante di tempo $\tau_C = (R_a + R_b)C$, verso V_{CC} . All'istante $t = t_2$ la tensione v_C , e quindi anche le tensioni V_t e V_s , raggiunge il valore $2V_{CC}/3$ in corrispondenza del quale si ha la commutazione dell'uscita dal livello alto V_{CC} al livello basso $0V$ e il transistor si porta in saturazione, cortocircuitando il piedino 7 a massa.

Da questo istante in poi il ciclo si ripete identicamente, fornendo in uscita un'onda rettangolare, la cui durata a livello alto è sempre maggiore di quella a livello basso.

Sommando i due tempi T_H e T_L si ottiene il periodo: $T = T_H + T_L$

Si definisce ciclo utile (duty cycle) a livello alto D_H il rapporto tra T_H e T :

$$D_H = \frac{T_H}{T} > 50\%$$

Si definisce ciclo utile (duty cycle) a livello basso D_L il rapporto tra T_L e T :

$$D_L = \frac{T_L}{T} < 50\%$$

In genere viene indicato come duty cycle D quello a livello alto.

Per calcolare il periodo occorre calcolare, utilizzando l'equazione di carica e scarica del condensatore $v_C(t) = V_f + (V_i - V_f) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$, T_H e T_L .

Calcolo di T_L

Poiché l'equazione sopra riportata è valida se il transitorio inizia al tempo $t = 0$, bisogna considerare come istante iniziale il tempo $t = t_0$, ossia fare una traslazione dell'ordinata in t_0 , il che equivale a passare dalla variabile tempo t alla variabile tempo $t - t_0$.

Si scrive l'equazione di scarica del condensatore e si impone che al tempo $t = t_1$ ($t_1 - t_0 = T_L$) la tensione $v_C(t)$ ai capi del condensatore abbia raggiunto il valore $V_{CC}/3$:

$$v_C(t) = \frac{2}{3} V_{CC} \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau_s}} \Rightarrow v_C(t_1) = \frac{2}{3} V_{CC} \cdot e^{-\frac{t_1-t_0}{\tau_s}} = \frac{1}{3} V_{CC} \Rightarrow e^{-\frac{T_L}{\tau_s}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{T_L}{\tau_s} = \ln \frac{1}{2} \Rightarrow T_L = -\tau_s \ln \frac{1}{2} = \tau_s \ln 2 = 0,7\tau_s = 0,7R_b C$$

Calcolo di T_H

Si considera come istante iniziale il tempo $t = t_1$, ossia si fa una traslazione dell'ordinata in t_1 , il che equivale a passare dalla variabile tempo t alla variabile tempo $t - t_1$.

Si scrive l'equazione di carica del condensatore e si impone che al tempo $t = t_2$ ($t_2 - t_1 = T_H$) la tensione $v_C(t)$ ai capi del condensatore abbia raggiunto il valore $2V_{CC}/3$:

$$v_C(t) = V_{CC} + \left[\frac{1}{3} V_{CC} - V_{CC} \right] \cdot e^{-\frac{t-t_1}{\tau_c}} \Rightarrow v_C(t_2) = V_{CC} - \frac{2}{3} V_{CC} \cdot e^{-\frac{t_2-t_1}{\tau_c}} = \frac{2}{3} V_{CC} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e^{-\frac{T_H}{\tau_c}} = \frac{1}{2} \Rightarrow -\frac{T_H}{\tau_c} = \ln \frac{1}{2} \Rightarrow T_H = -\tau_c \ln \frac{1}{2} = \tau_c \ln 2 = 0,7\tau_c = 0,7(R_a + R_b)C$$

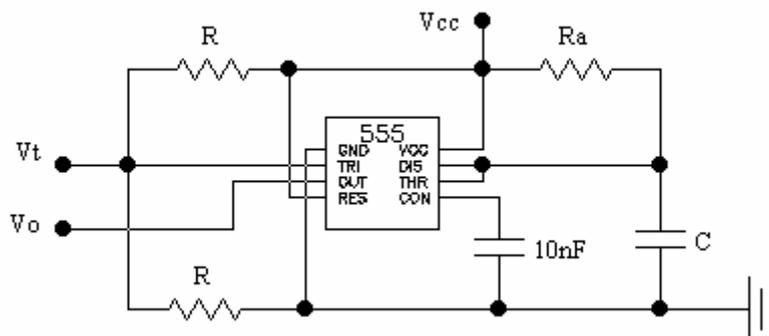
Per il periodo T e il duty cycle D si ha:

$$T = T_H + T_L = 0,7(R_a + R_b)C + 0,7R_b C = 0,7(R_a + 2R_b)C$$

$$D = \frac{T_H}{T} = \frac{0,7(R_a + R_b)C}{0,7(R_a + 2R_b)C} = \frac{R_a + R_b}{R_a + 2R_b} > 50\%$$

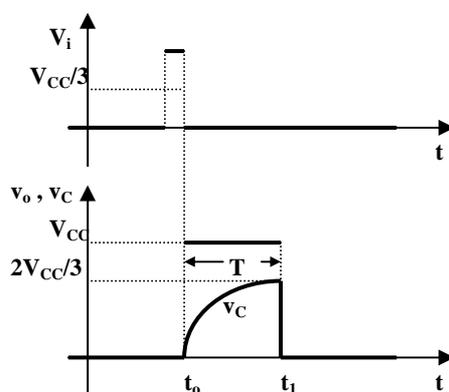
MULTIVIBRATORE MONOSTABILE CON TIMER 555

Il multivibratore monostabile genera un impulso rettangolare d'uscita di durata prefissata quando viene sollecitato da un impulso esterno sull'ingresso di trigger.



Il monostabile ha un solo stato stabile, nel nostro caso l'uscita si mantiene sempre a livello basso ($0V$) finché non arriva un impulso dall'esterno (attraverso un opportuno circuito derivatore) sul piedino 2 tale da portare la sua tensione al di sotto di $V_{CC}/3$. Infatti, il partitore resistivo posto tra V_{CC} e massa mantiene la tensione di trigger V_t al valore $V_{CC}/2$; tale situazione forza l'uscita a livello basso ($0V$) e il transistor saturo mantiene la tensione del condensatore v_C e la tensione dell'ingresso di soglia V_S a zero volt.

Quando un impulso esterno sul piedino 2 porta la tensione di trigger al di sotto di $V_{CC}/3$, l'uscita commuta dal livello basso $0V$ a livello alto V_{CC} , il transistor si interdice e il condensatore inizia a caricarsi, con costante di tempo $\tau = R_a C$, verso la tensione di alimentazione V_{CC} .



Tale carica dura un tempo T , pari al tempo che la tensione ai capi del condensatore impiega a raggiungere il valore $2V_{CC}/3$, in corrispondenza del quale l'uscita commuta dal livello alto V_{CC} al livello basso $0V$ e il transistor si satura cortocircuitando a massa il condensatore, che si scarica quasi istantaneamente.

Per calcolare la durata T dell'impulso, si utilizza l'equazione di carica del condensatore, in cui si impone che dopo intervallo di tempo T abbia raggiunto il valore $2V_{CC}/3$, al quale si ha la commutazione dell'uscita al livello basso.

Si considera come istante iniziale il tempo $t = t_0$, ossia si fa una traslazione dell'ordinata in t_0 , il che equivale a passare dalla variabile tempo t alla variabile tempo $t - t_0$.

Si scrive l'equazione di carica del condensatore e si impone che al tempo $t = t_1$ ($t_1 - t_0 = T$) la tensione $v_C(t)$ ai capi del condensatore abbia raggiunto il valore $2V_{CC}/3$:

$$v_c(t) = V_{cc} - V_{cc} \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \Rightarrow v_c(t_1) = V_{cc} - V_{cc} \cdot e^{-\frac{t_1-t_0}{\tau}} = \frac{2}{3} V_{cc} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e^{-\frac{T}{\tau}} = \frac{1}{3} \Rightarrow -\frac{T}{\tau} = \ln \frac{1}{3} \Rightarrow T = -\tau \ln \frac{1}{3} = \tau \ln 3 = 1,1\tau = 1,1R_a C$$

il tempo di recupero è trascurabile, essendo la scarica del condensatore quasi istantanea.