

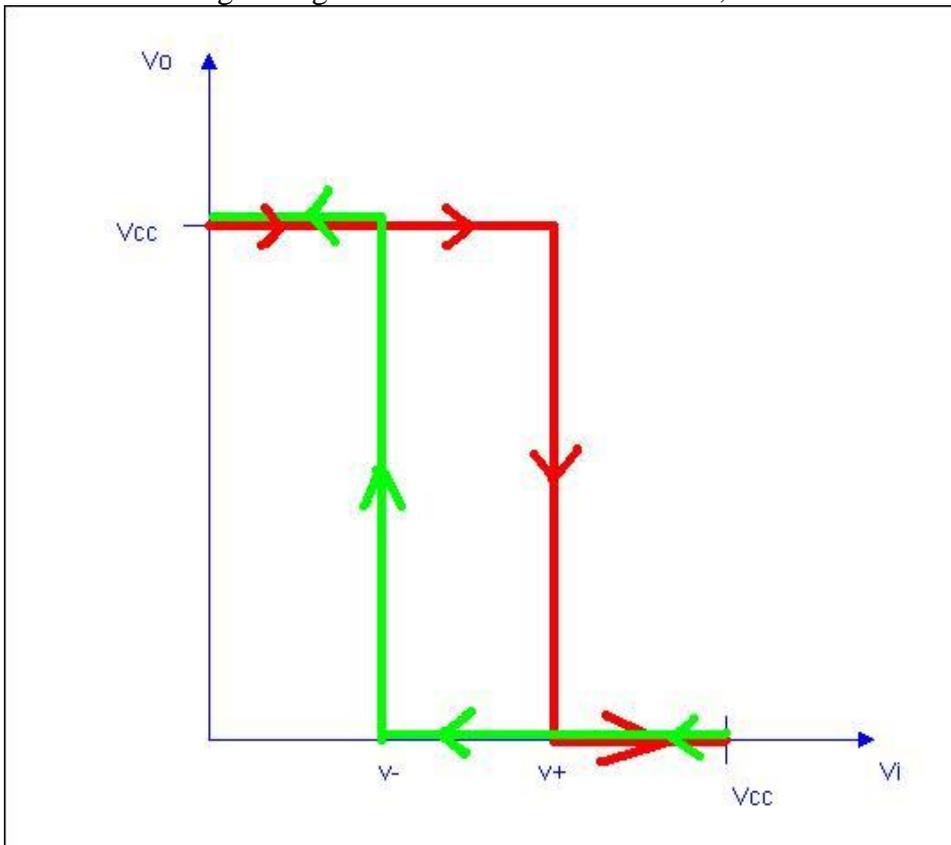
Astabile reale

Il Cd40106 è un trigger di Schmitt CMOS invertente con tensione di soglia superiore v_+ e tensione di soglia inferiore v_- . L'integrato presenta isteresi (l'uscita dipende sì dall'ingresso ma anche dalla sua "storia", la "storia" dell'ingresso è molto semplice: può aumentare o diminuire di valore).

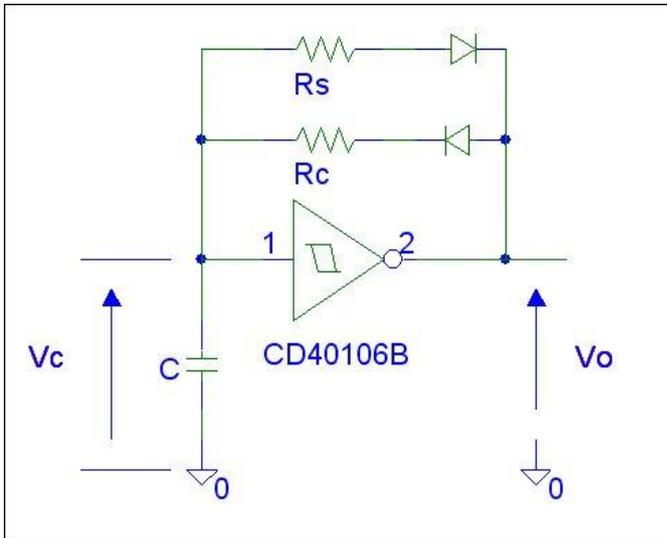
Quindi se V_i sta aumentando l'uscita V_o sarà a V_{cc} finché l'ingresso non avrà superato la soglia superiore v_+ , superata tale soglia l'uscita V_o si porterà a zero.

Se a questo punto diminuiamo la tensione d'ingresso V_i , l'uscita rimarrà a zero anche quando V_i scende sotto la soglia superiore v_+ , l'uscita cambierà stato solo quando la tensione d'ingresso V_i scenderà sotto la tensione di soglia v_- , a questo punto l'uscita si porterà a V_{cc} .

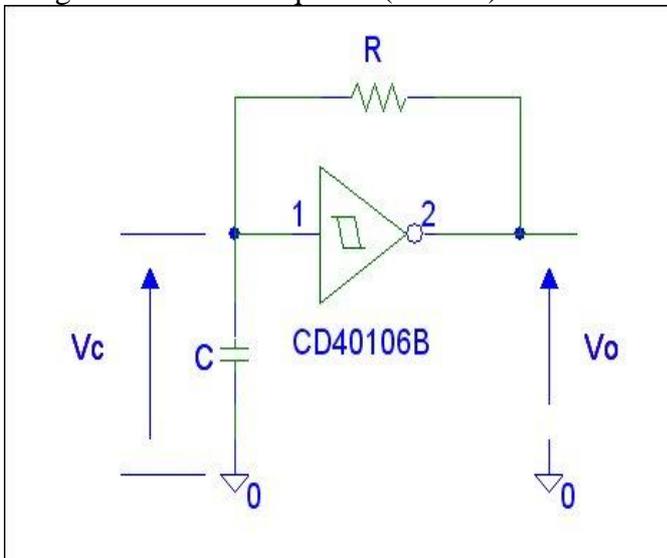
Le tensioni di soglia valgono all'incirca : $v_+ = 2/3 V_{cc}$; $v_- = 1/3 V_{cc}$.



L'isteresi del trigger di Schmitt invertente si può sfruttare per realizzare un circuito astabile che genera una onda impulsiva con t_c = durata impulso a livello alto (V_{cc}), t_s = durata impulso a livello basso (0 volt).



Per generare un'onda quadra ($t_s = t_c$) il circuito si semplifica in:



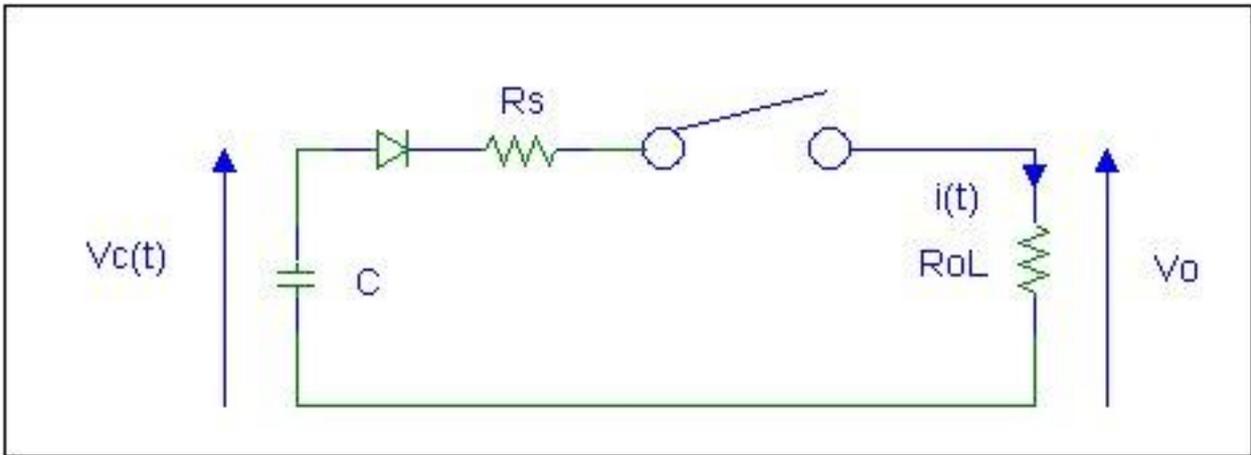
Inizialmente il condensatore C è scarico, l'uscita del trigger di Schmitt invertente sarà quindi V_{cc} . Per mezzo della resistenza R_c il condensatore C sarà caricato. Quando la tensione ai capi del condensatore ($V_c = V_i$) arriverà alla soglia superiore v_+ , l'uscita si porterà a zero e il condensatore C verrà scaricato dalla resistenza R_s fino a che la tensione di ingresso non arriverà a v_- . A questo punto l'uscita si porterà nuovamente a V_{cc} e il condensatore verrà nuovamente caricato da R_c .

I diodi in serie alle resistenze di carica e scarica isolano tra di loro i relativi circuiti conducendo o essendo interdetti.

I circuiti di carica e scarica sono di tipo R-C con un solo elemento reattivo, le equazioni differenziali sono quindi del 1° ordine, facilmente risolvibili.

Nonostante ciò ho preferito ottenere una soluzione approssimata con il metodo di Eulero.

Circuito di scarica considerando il diodo reale e resistenza di uscita a livello basso del CD40106 diversa da zero:



$$i = -C \frac{dv_c}{dt} = \frac{v_c - V_d}{R_s + R_{oL}}$$

passando alle differenze finite:

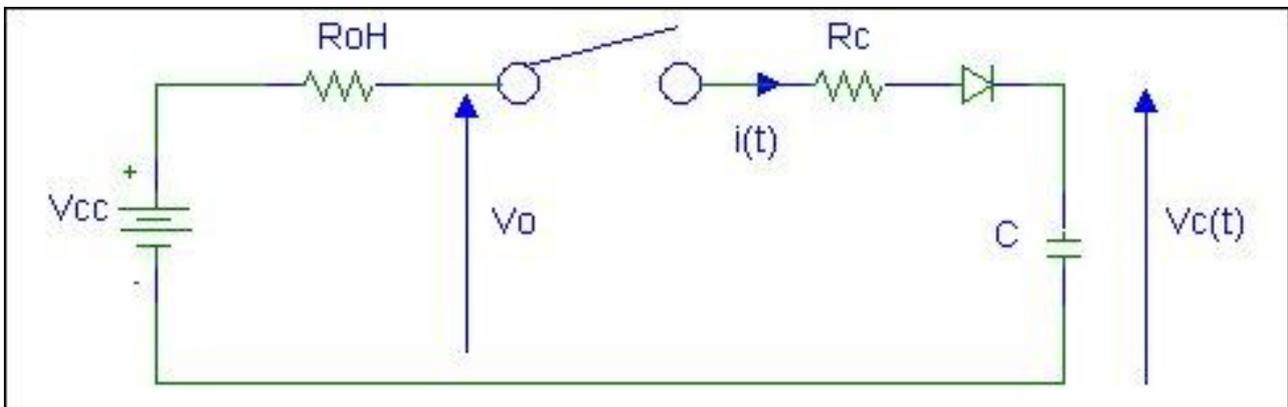
$$-(R_s + R_{oL})C \frac{v_c(i+1) - v_c(i)}{\Delta t} = v_c(i) - V_d$$

ricavando $V_c(i+1)$ si trova:

$$v_c(i+1) = v_c(i) - \frac{\Delta t}{(R_s + R_{oL})} (v_c(i) - V_d)$$

$$v_o(i) = R_{oL} \frac{v_c(i) - V_d}{R_s + R_{oL}}$$

Circuito di carica:



$$V_{CC} = (R_{oH} + R_c)i + V_d + v_c$$

$$V_{CC} - V_d = (R_{oH} + R_c)C \frac{dv_c}{dt} + v_c$$

passando alle differenze finite:

$$v_c(i+1) = v_c(i) + [V_{CC} - V_d - v_c(i)] \frac{\Delta t}{(R_{oH} + R_c)C}$$

$$v_o(i) = V_{CC} - R_{oH} C \frac{v_c(i+1) - v_c(i)}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{(t_s + t_c)}{N}$$

con un numero di campioni sufficientemente grande $N = 1000$ si ottengono risultati abbastanza precisi.

Per il calcolo di t_s ho assunto arbitrariamente un:

$$\Delta t_1 = \frac{2R_s(C + C_i)}{N}$$

ritenendo che in intervallo di tempo pari a $2R_s(C + C_i)$, doppio della costante di tempo del circuito di scarica, la tensione $V_c(t)$ sia diminuita in modo da risultare inferiore alla tensione di soglia inferiore v_- . Analogo discorso per t_c ma in aumento.

t_s è stato calcolato come il tempo impiegato dalla tensione $V_c(t)$ a scendere dello 0,1% rispetto alla tensione v_- .

Il funzionamento a regime, cioè dopo l'unico transitorio iniziale di carica del condensatore C fino alla tensione v_+ è il seguente:

- Al raggiungimento della tensione v_+ da parte dell'ingresso del CD40106 l'uscita cambia stato e da V_{CC} passa a 0
- Il condensatore C viene scaricato dalla resistenza R_s fino a raggiungere la tensione v_-
- Quando l'ingresso raggiunge la tensione v_- l'uscita cambia di nuovo stato e da 0 passa a V_{CC}
- Il condensatore C viene nuovamente caricato dalla resistenza R_c e il ciclo si ripete

I diodi hanno verso tale da permettere il passaggio delle correnti di carica e scarica, quando uno conduce l'altro è interdetto.