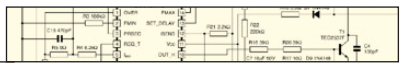


Oscillatore a onda quadra

Osserviamo la Fig. 19: l'integrato siglato IP20 presenta al suo interno due Amplificatori Operazionali (che, d'ora in avanti, chiameremo Op-Amp); uno di questi è configurato come circuito astabile, il suo compito èè quello di oscillare a una frequenza ben stabilita e con un Duty-Cicle prefissato.

Per comprenderne meglio il funzionamento si veda la **Fig. 22**: tecnicamente, quando si progetta un oscillatore a onda quadra con Op-Amp, si possono usare più Op-Amp connessi fra loro in serie o in parallelo (è possibile generare onde quadre anche con un solo Op-Amp connesso come in figura).

Accorgersi che lo stadio sia oscillante, a causa della resistenza posta fra l'uscita e l'ingresso Non invertente dell'Op-Amp stesso, è di vitale importanza per il tecnico che si accinge alla riparazione.

Tale connessione deve essere un'indicazione fondamentale perché la resistenza suddetta introduce una Retroazione Positiva su tutto il circuito elettronico. Quando abbiamo una Retroazione Positiva su un circuito, che sia a Op-Amp o a transistori, ciò non è importante, perché il ragionamento è identico, sappiamo che il dispositivo ottenuto è un dispositivo a "scatto".

Un dispositivo a "scatto" è un circuito capace di cambiare bruscamente il suo stato elettronico se si verificano alcune condizioni elettroniche particolari.

Vediamo di capirci meglio

Osserviamo la Fig. 22 e trascuriamo momentaneamente la presenza del diodo e della R' ad esso in serie; trascuriamo inoltre la presenza della resistenza fra l'uscita e il piedino Invertente (pin 2) dell'Op-Amp così come il condensatore C posto verso massa.

Se supponiamo che questi componenti non ci siano, il piedino Invertente dell'Op-Amp è lasciato libero da ogni connessione, mentre il piedino Non Invertente (pin 3) è collegato alle tre resistenze visibili in figura.

Ammettiamo per un istante che all'uscita dell'Op-Amp vi siano 5 V (questa tensione corrisponde alla tensione d'alimentazione dell'integrato IP20 dello schema in Fig. 19, è quindi relativa alla tensione di saturazione positiva dell'Op-Amp stesso), in questa condizione vi sarà una vout = 5 V e una V_{cc} = 5 V quindi, è come se la resistenza posta fra il pin 1 e il pin 3 dell'Op-Amp avesse un terminale a V_{cc} e l'altro terminale a V1 pertanto si trova in parallelo all'altra resistenza R connessa fra la V_{cc} e la V1.

Siccome queste hanno eguale valore Ohmico, il loro parallelo da una resistenza equivalente con valore pari alla metà di una delle due resistenze stesse.

In questa situazione avremo quindi una:

$$V1 = V_{cc} \cdot \frac{R}{\frac{R}{2} + R} = \frac{2}{3} V_{cc}$$

Da ciò si capisce che, affinché l'Op-Amp cambi stato, il piedino Invertente (pin 2) deve avere una tensione maggiore di:

$$\frac{2}{3} V_{cc} \approx 3{,}33\ V$$

Di questo valore ne terremo conto in seguito.

Ammettiamo ora che all'uscita dell'Op-Amp non vi siamo 5 V ma 0 V (l'Op-Amp non è saturo, bensì interdetto): se all'uscita (pin 1) abbiamo 0 V, allora la resistenza posta fra l'uscita (pin 1) e l'ingresso Non Invertente (pin 3) presenta un terminale connesso a massa (ovvero il piedino d'uscita dell'Op-Amp), mentre l'altro terminale è al potenziale V1.

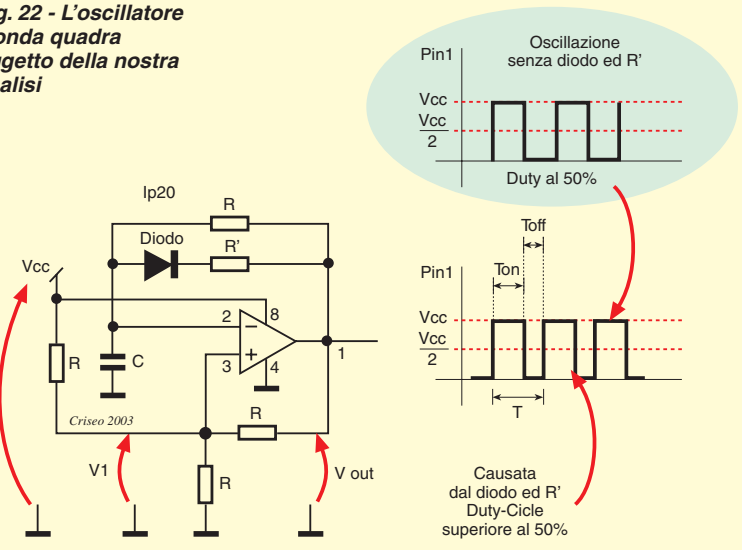
La resistenza considerata, quindi, è connessa in parallelo all'altra resistenza posta fra il pin 3 e la massa. Le resistenze così connesse sono equivalenti a un solo resistore di valore Ohmico dimezzato rispetto a una delle due R in questione (questo vale perché esse hanno valori Ohmici identici, si veda lo schema di Fig. 19).

In questa situazione avremo quindi una:

$$V1 = V_{cc} \cdot \frac{\frac{R}{2}}{\frac{R}{2} + R} = \frac{V_{cc}}{3} \approx 1{,}66\ V$$

Se volessimo ottenere un dispositivo a "scatto" dovremmo fare in modo che, nel caso in cui la tensione d'uscita all'Op-Amp fosse pari a 5 V (Op-Amp saturo), l'Op-Amp stesso si interdirebbe

Fig. 22 - L'oscillatore a onda quadra oggetto della nostra analisi



(portandosi quindi a 0 V in uscita), pertanto la tensione al pin 2 dovrà essere superiore a 3,33 V.

Parallelamente, quando la tensione all'uscita dell'Op-Amp è 0 V (Op-Amp interdetto), affinché lo stadio possa saturarsi, la tensione al pin 2 deve essere inferiore a 1,66 V.

Se queste condizioni sono verificate, è possibile ottenere in uscita un'onda quadra fra 5 V e 0 V con un certo intervallo di tempo stabilito.

Immaginiamo di inserire nel circuito di Fig. 22 i componenti fino a ora non considerati, ovvero la resistenza posta fra l'uscita e il pin 2 e anche il condensatore verso massa.

Tralasciamo ancora il diodo e la sua resistenza posta in serie.

Osserviamo il gruppo RC connesso come appena detto: ammettiamo che l'Op-Amp sia saturo (abbiamo 5 V in uscita al piedino 1), in questa situazione è come se il condensatore fosse collegato alla V_{cc} tramite la resistenza R.

Grazie a questa connessione il condensatore comincia a caricarsi (si supponga inizialmente scarico) con costante di tempo pari a $\tau = RC$; se non vi fosse l'Op-Amp il condensatore tenderebbe a caricarsi alla tensione massima V_{cc} ma, a causa dell'Op-Amp, quando la tensione di carica del condensatore raggiunge i 3,33 V (era questa la tensione calcolata precedentemente quando l'Op-Amp era saturo) l'Op-Amp è pronto a scattare verso l'interdizione. Appena la carica di C supera i 3,33 V l'Op-Amp si interdice e il condensatore non riceve più la tensione di carica attraverso la R posta in serie ad esso.

A questo punto, la R citata si trova ad avere un estremo connesso al condensatore C e l'altro estremo connesso a massa (l'Op-Amp interdetto porta a zero la sua tensione d'uscita).

Siccome il condensatore si è caricato a 3,33 V, questa tensione comincia a scaricarsi tramite la R sempre con costante di tempo $\tau = RC$.

Se non fosse presente l'Op-Amp, il condensatore si scaricherebbe totalmente ma, a causa dell'Op-Amp, quando il condensatore si è scaricato al valore V = 1,66 V (era questa la tensione calcolata quando in uscita all'Op-Amp avevamo 0 V), l'uscita dell'Op-Amp trova la condizione necessaria per il prossimo scatto.

L'uscita si imposta quindi a 5 V, mentre il condensatore comincia a caricarsi nuovamente. Da questo si capisce che il ciclo si ripete all'infinito!

Viene così generata l'onda quadra al pin 1 dell'Op-Amp.

In caso di guasto, se volessimo controllare se tale Op-Amp oscilli correttamente, potremmo benissimo togliere il fusibile di rete e, alimentando esternamente con +5 V l'integrato IP20, verificare se al pin 1 sia presente l'onda quadra cercata.

Facciamo notare che quest'onda è di vitale importanza per l'innesco e il pilotaggio dell'alimentatore (da qui l'importanza di comprenderne bene il funzionamento dell'Op-Amp che la genera).

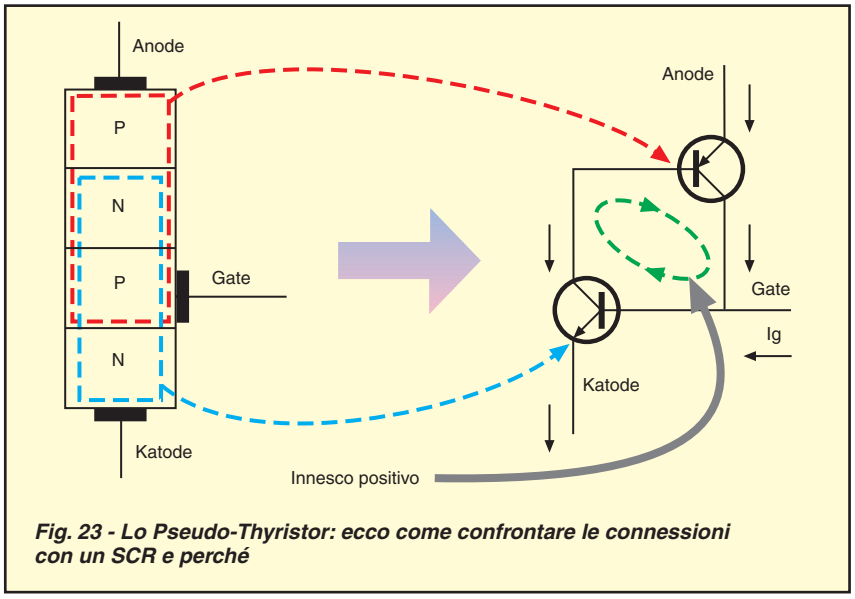


Fig. 23 - Lo Pseudo-Thyristor: ecco come confrontare le connessioni con un SCR e perché

Che frequenza deve essere visualizzata in uscita?

Come in tutti gli oscillatori elettronici, per conoscerne la frequenza di lavoro è necessario fare "qualche conticino".

Per non rendere la trattazione troppo matematica e complessa ci limiteremo solamente a segnalare la formula finale necessaria al calcolo della frequenza, senza dimostrarne la provenienza.

Per conoscere la frequenza del circuito in questione si deve ricorrere al calcolo del periodo d'oscillazione. Tale periodo è dato da:

$$T = 2R \cdot C \cdot 1{,}098 =$$
$$= 2 \cdot 100 \cdot 10^{3} \cdot 50 \cdot 10^{-12} \cdot 1{,}098 \approx$$
$$\approx 0{,}000010986 \text{ secondi}$$

Dato che il periodo è l'inverso della frequenza, basterà effettuare il reciproco per conoscerne il suo valore Hertz (o in un multiplo di essa) ovvero:

$$\frac{1}{0{,}000010986} \approx 91 \text{ kHz}$$

Dobbiamo pertanto aspettarci un'onda quadra con frequenza di circa 91000Hz[1].

[1] **Nota:** *Facciamo presente che la formula per il calcolo del periodo è corretta solamente se i resistori R, rispettivamente posti verso massa e in retroazione positiva nell'Op-Amp, hanno lo stesso valore Ohmico. In caso contrario non è più corretto considerare il termine moltiplicativo 1,098. Coloro che fossero interessati a una trattazione più approfondita contattino la Redazione.*

Fino ad ora non abbiamo mai parlato del diodo. Vediamo ora qual è la sua funzione unitamente alla resistenza posta in serie ad esso. Precedentemente abbiamo detto che il condensatore si carica e si scarica con costante di tempo $\tau = RC$; in fase di carica, la corrente