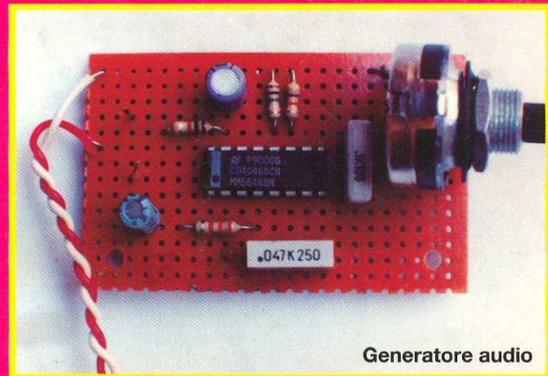


ELECTRONICS

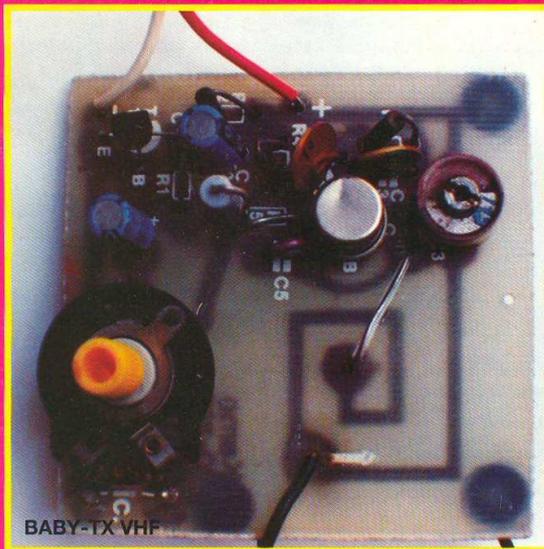
PROJECTS

IL MEGLIO PER L'HOBBY E L'AUTOCOSTRUZIONE

- OROLOGIO CON IL 555
- BABY-TX VHF
- ADATTAMENTO E BILANCIAMENTO DELLE IMPEDENZE D'ANTENNA
- GENERATORE AUDIO DA LABORATORIO
- BABY-PREAMPLIFICATORE HF/VHF
- RICEVITORE FM 30 MHz PER SISTEMI DI RICEZIONE SHF
- CONTROLLO DI VELOCITÀ PER MOTORE A CORRENTE ALTERNATA
- MICROFONO CON FILTRI
- INSERTO DIMENSIONE CB ...E ALTRI ANCORA



Generatore audio



BABY-TX VHF



Orologio con il 555

Orologio con il 555

Descrizione passo passo delle fasi progettuali di un multivibratore astabile con il timer NE555.

Paolo Lasagna

A molti lettori sembrerà strano un ennesimo articolo sul conosciutissimo NE555, eclettico integrato, ormai presente un po' dappertutto, quasi come il prezzemolo in cucina.

Infatti la stampa tecnica (leggi **CQ Elettronica** Electronics Projects, ed altre riviste del settore) ha proposto decine di schemi applicativi basati sul 555. Naturalmente io non ho la pretesa di riscoprire l'acqua calda. Vorrei soltanto esporvi quali sono le fasi che personalmente seguo affrontando un nuovo progetto. Oltre a ciò vi racconterò anche qualcosa sui condensatori utilizzabili in unione al 555. Dopo le premesse possiamo cominciare.

Per prima cosa vediamo quali sono state le specifiche scelte per questa realizzazione:

- periodo di oscillazione = 2 minuti;
- duty cycle d% = 50%;
- alimentazione = 24 Vcc;
- stabilità = non critica;
- costo = più basso possibile.

Per quanti non lo conoscessero, cominciamo a definire cosa si intende per duty cycle:

$$d\% = \frac{t_{on}}{T}$$

dove associamo a t_{on} il tempo in

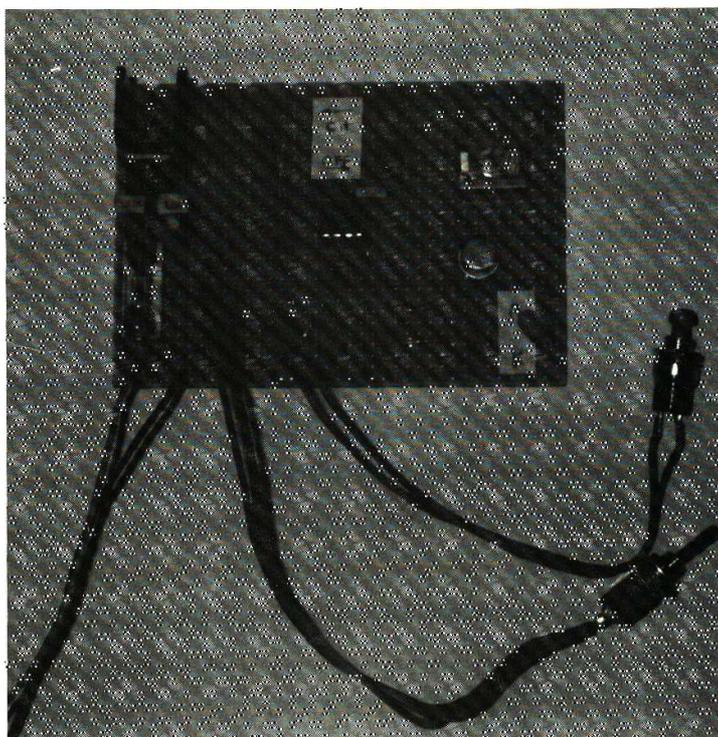


Foto 1. Multivibratore astabile - Lato Componenti.

cui il segnale di uscita è a livello alto e a T la durata del periodo di oscillazione.

Alla luce della definizione sopra e delle specifiche di progetto, possiamo concludere che il nostro generico oscillatore dovrà avere un segnale di uscita del tutto simile ad un'onda quadra,

con un livello alto ed uno basso entrambi di durata pari ad un minuto.

Per capire meglio il circuito elettrico ritengo utile proporvi lo schema interno del 555.

Fortunatamente la complessità circuitale è esigua e ci consente una efficace analisi dei blocchi

funzionali.

Lo schema interno del 555 viene proposto in **figura 1**.

Le tre resistenze da 5 kohm vengono integrate internamente al chip. Il loro valore non è particolarmente critico. Assume particolare importanza, invece, l'uguaglianza dei tre valori (cosa, comunque, facilmente ottenibile con gli usuali processi di integrazione). I due comparatori sono di tipo classico (simili al LM311, per intenderci), mentre il Flip Flop è di tipo Set-Reset (SR). La tavola della verità del Flip Flop SR viene proposta di seguito.

R	S	Q	\bar{Q}
0	0	NON VARIA	NON VARIA
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	N.A.	N.A.

N.A. è un acronimo inglese e sta a significare "non noto a priori", indica cioè uno stato non determinabile.

Supponiamo ora di alimentare il nostro 555 con una tensione continua V_{cc} e di volerne studiare il funzionamento.

Il cuore del sistema è rappresentato dal Flip Flop SR e dai tre resistori di ugual valore.

Come noto, tre resistori connessi in serie formano un partitore resistivo. Le due tensioni intermedie disponibili sono pari a:

$$\frac{1}{3} V_{cc} \quad \frac{2}{3} V_{cc}$$

Questi due valori di tensione diventano importanti per spiegare il funzionamento del 555, che a grandi linee può essere così riassunto.

- Se la tensione sul piedino di TRIGGER diventa inferiore a

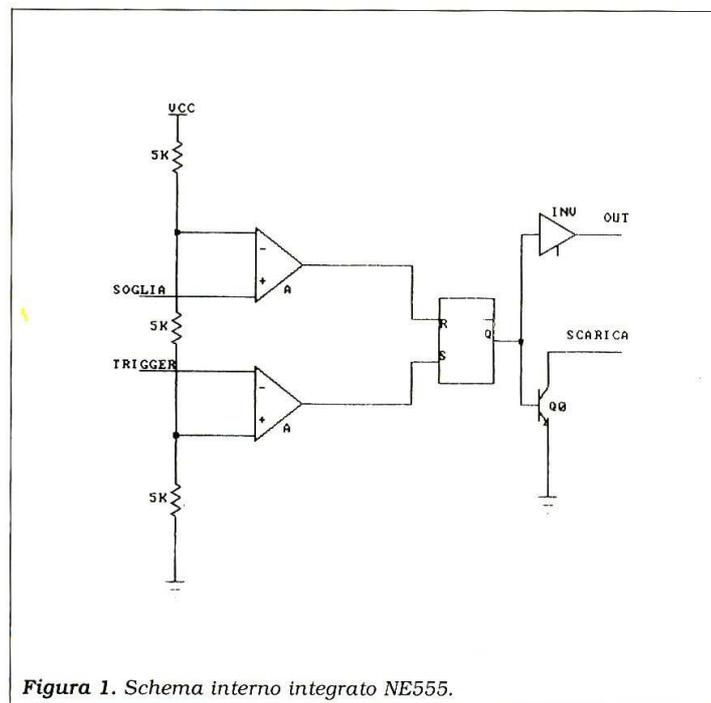


Figura 1. Schema interno integrato NE555.

$\frac{1}{3} V_{cc}$ allora all'ingresso S del Flip Flop trovo un livello alto, quindi \bar{Q} si porta basso e di conseguenza avrò uscita a livello alto.

- Se la tensione sul piedino di SOGLIA diventa superiore a $\frac{2}{3} V_{cc}$ allora troverò un livello alto all'ingresso R del Flip Flop, che forza \bar{Q} a livello alto e quindi OUT a livello basso.

Queste due definizioni ci saranno utili per capire come funziona il multivibratore astabile che vi propongo in **figura 2** con le relative tempistiche illustrate in **figura 3**.

Il transistor connesso all'uscita del Flip Flop RS è di tipo Open Collector e concorre a determinare la forma d'onda dell'oscillatore (Attenzione: parlerò con disinvolture di multivibratore astabile e di oscillatore, in

quanto il loro effetto è indistinguibile dalla sola osservazione della forma d'onda d'uscita). Per ricavare i tempi t_1 e t_2 (la cui somma ci fornisce il periodo di oscillazione T) è necessario scrivere il generico andamento nel tempo della tensione di carica e di scarica di un condensatore, ed imporre le condizioni a regime.

Per brevità salterò questi passaggi puramente matematici e passerò direttamente alle formule che ci servono.

Tali formule sono date da:

$$t_1 = 0.69 * (T_1 + R_2) * C$$

$$t_2 = 0.69 * R_2 * C$$

Vediamo ora di commentare le formule in questione, partendo dalla costante 0.69.

Tale valore deriva dal calcolo di $\ln 2$, che a sua volta è parente stretto del rapporto delle resistenze.

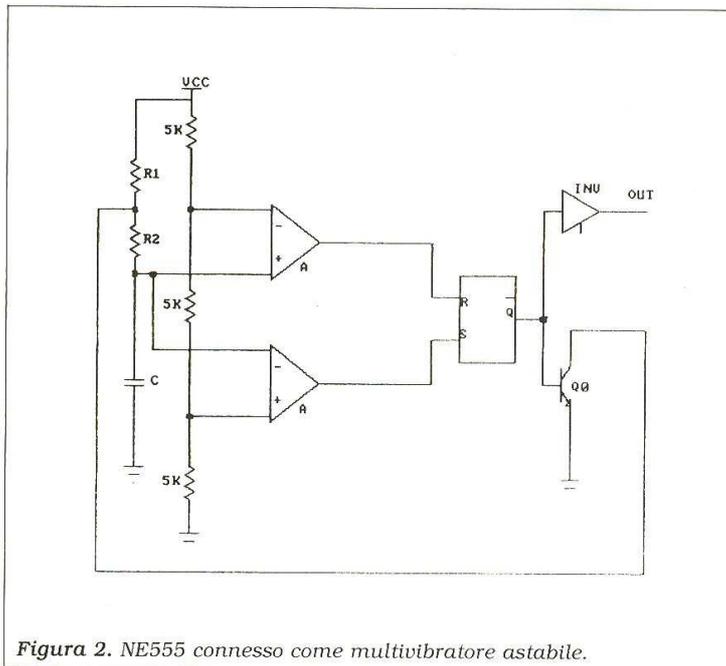


Figura 2. NE555 connesso come multivibratore astabile.

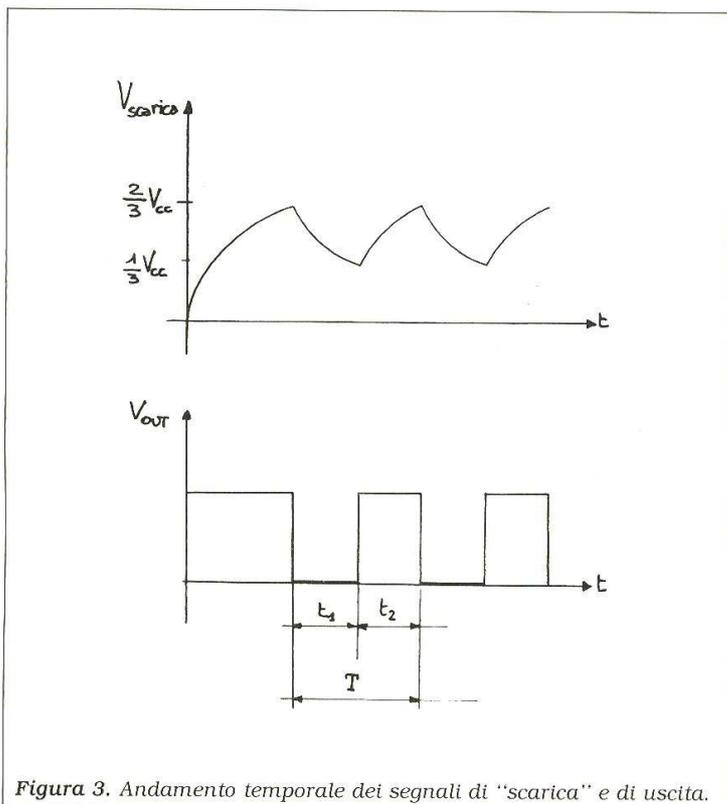


Figura 3. Andamento temporale dei segnali di "scarica" e di uscita.

t_1 è associato alla carica del condensatore, e quindi è influenzato sia da R_1 sia da R_2 (ricordiamo che in generale la costante di tempo di un gruppo RC è proprio data dal prodotto di R per C).

t_2 , come chiaramente visibile dal circuito, dipende dalla scarica solo attraverso R_2 , ed è quindi soltanto questo valore di resistenza che concorre a definire il tempo di uscita a livello basso. Va ancora detto che nella definizione del tempo t_2 viene fatta l'ipotesi che il transistor abbia una tensione $V_{CE\ sat}$ circa ideale. Questa astrazione è tanto più vera quanto più R_2 ha valori ragionevolmente più grandi della resistenza che "si vede" tra collettore ed emettitore quando il transistor è saturo.

Valori "ragionevoli" per R_2 sono dell'ordine della decina di kohm.

Passiamo ora al circuito di **figura 4**.

Rispetto al precedente è caratterizzato dalla presenza di un diodo posto in parallelo ad R_2 .

Se questo diodo non fosse presente, dall'analisi delle formule di t_1 e di t_2 si dovrebbe concludere che il duty cycle del circuito sarà sempre inferiore al 50%. Infatti i casi limite sono dati da:

- $R_1 \gg R_2$ con duty cycle che tende al 100%;
- $R_2 \gg R_1$ con duty cycle che tende al 50% (senza raggiungerlo).

Se mi serve un'onda quadra simmetrica devo per forza di cose inserire nel circuito il diodo in questione.

Le nuove formule dei tempi diventano quindi:

$$t_1 = 0.69 * R_1 * C$$

$$t_2 = 0.69 * R_2 * C$$

Possiamo anche definire il duty

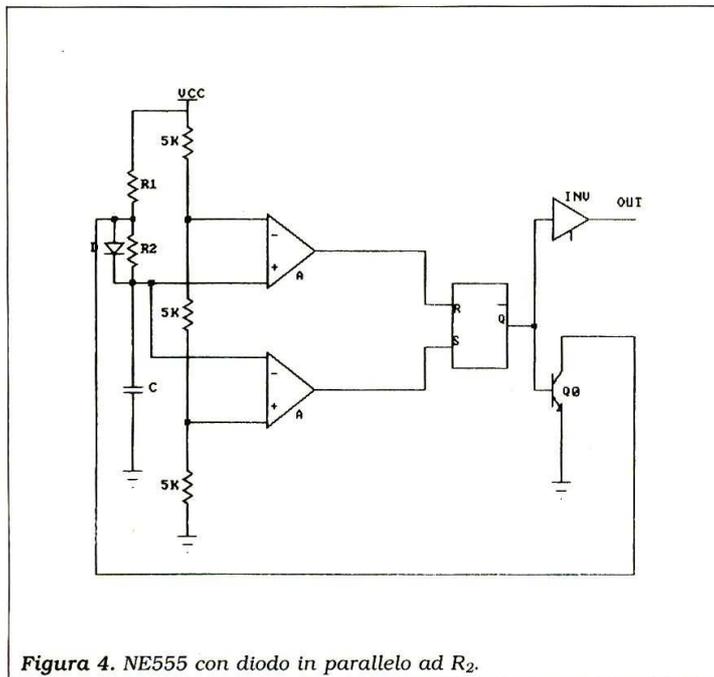


Figura 4. NE555 con diodo in parallelo ad R₂.

cycle che è dato da:

$$d\% = \frac{t_1}{T} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * 100$$

Il periodo di oscillazione è dato da:

$$T = t_1 + t_2 = 0.69 * C * (R_1 + R_2)$$

La frequenza, essendo definita dall'inverso del periodo, può essere scritta come segue:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{C * (R_1 + R_2)}$$

NOTA: per deformazione professionale, non ho indicato le unità di misura nelle formule sopra riportate.

A quanti non fossero proprio pratici ricordo che tutti i tempi sono misurati in secondi [S], mentre le frequenze si esprimono

no in Hertz [Hz]. Ricordo, anche se può sembrare banale, che in un minuto ci sono 60 secondi. Lo schema proposto in **figura 4** è quello che ho utilizzato per il mio oscillatore.

Permettetemi ora di spendere qualche parola sulla stabilità del circuito.

Per *stabilità* intendo una invarianza di prestazioni nel tempo. È ovvio che per il nostro circuito alle prestazioni associamo il concetto di durata costante del periodo di oscillazione.

Ovviamente dovremo dare al nostro 555 il tempo di "asstarsi" e di esaurire i transistori iniziali, e quindi potremo analizzarlo. Tra le cause di instabilità possiamo elencare:

- sbalzi di temperatura;
- sbalzi di tensione di alimentazione;
- fenomeni di deriva del condensatore.

Verso la temperatura possiamo fare poco; per la tensione è suffi-

ciente un buon alimentatore, mentre per il condensatore è necessario un discorso a parte.

Viste le specifiche relative al periodo di oscillazione, converrete con me che è necessario un condensatore di tipo elettrolitico.

Infatti, per avere 120 secondi di periodo, e supponendo di utilizzare un condensatore da 47 μF (1 μF = 0.000001 F), dalla formula del periodo ottengo un valore di R₁ + R₂ superiore ai 3 Mohm. È quindi impensabile volere aumentare a dismisura il valore dei resistori per diminuire quello del condensatore.

Siamo cioè vincolati all'uso di un condensatore di tipo elettrolitico.

Ed è proprio di questi ultimi che vi voglio parlare un po' più nel dettaglio.

Cominciamo dai condensatori elettrolitici in alluminio.

La classificazione in alluminio deriva dal metallo sfruttato per la realizzazione degli elettrodi. Costituitivamente, un elettrolitico in alluminio è così realizzato: una delle due armature del condensatore è data da un terminale metallico (talvolta detto anodo, per via della sua connessione ad un potenziale maggiore dell'altro terminale); il dielettrico da un piccolo strato di ossido; la seconda armatura dall'elettrolita.

È interessante sapere come viene realizzato lo straterello di ossido che costituisce il dielettrico.

Un elettrolitico in alluminio viene fisicamente realizzato interponendo fra due nastri di alluminio carta (o altro materiale poroso) imbevuto di elettrolita (tipicamente un acido debole). Per aumentare il valore di capacità si trattano i fogli di alluminio al fine di aumentarne la rugosità.

Questo fatto aumenta l'area

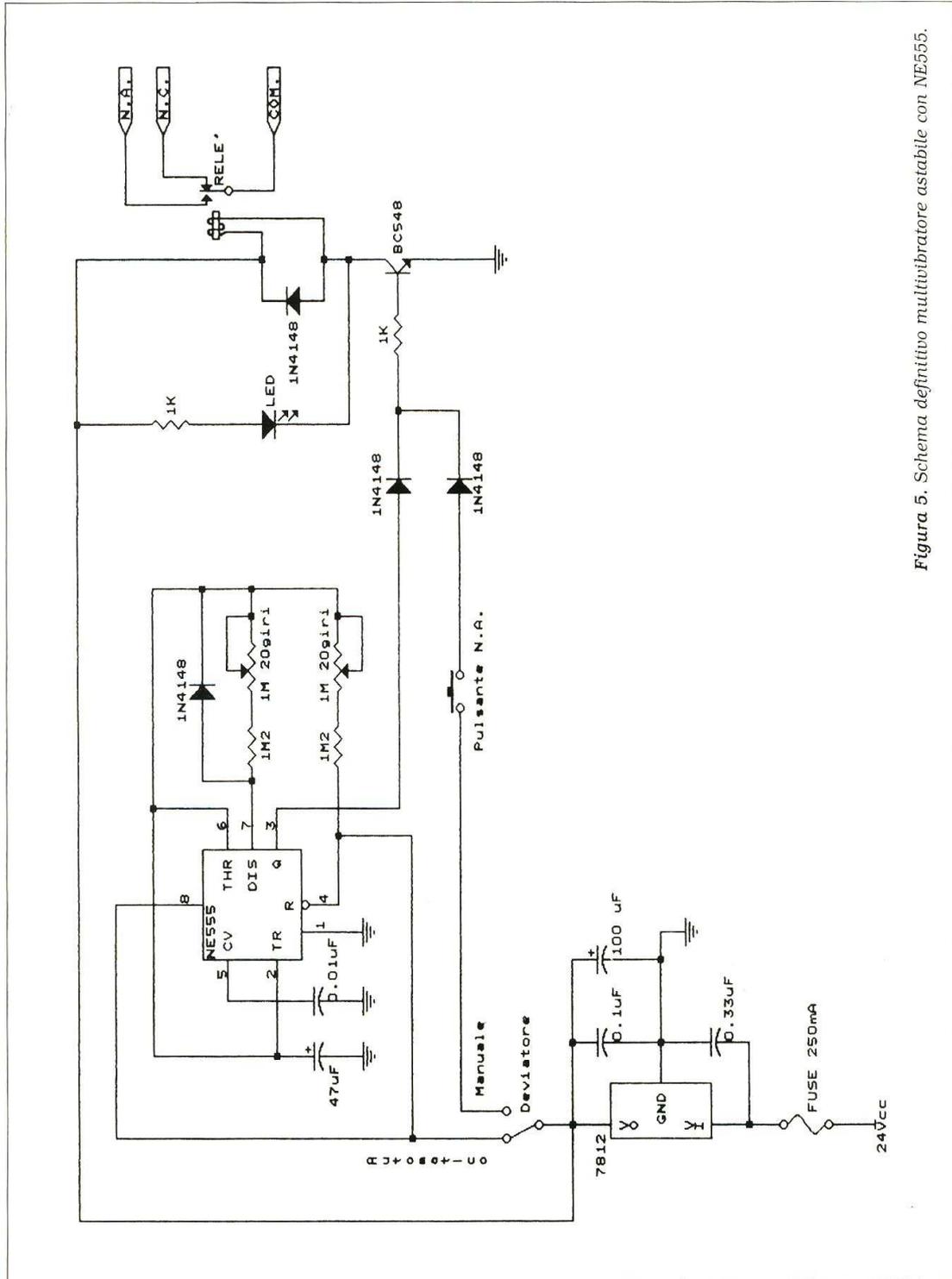


Figura 5. Schema definitivo multivibratore astabile con NE555.

equivalente dell'armatura e di conseguenza il valore di capacità.

Non dimentichiamo che la formula del condensatore a facce piane e parallele è la seguente:

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{S}{d}$$

dove

S = superficie delle armature;

d = distanza fra le armature;

ϵ_0 = costante dielettrica del vuoto

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36 * \pi} * 10^{-9} \text{ F/m}$$

ϵ_r = costante dielettrica relativa.

L'ossido, che rappresenta poi il dielettrico, viene realizzato dopo aver costruito il condensatore, applicando ai due reofori una tensione detta *tensione di formazione*.

Tale tensione deve avere un valore ben specifico, e deve essere applicata per un tempo abbastanza preciso.

Lo spessore che si ottiene si aggira sui 10 μm .

Le caratteristiche degli elettrolitici in alluminio sono le seguenti:

Valori di capacità: 1 μF ÷ 50 mF;

Tolleranza: 20% ÷ 50%;

Tensione di lavoro: 5 V ÷ 700 V.

Il problema maggiore è relativo alla stabilità dell'elettrolita, e dalle relative perdite.

Purtroppo l'ossido invecchia e degrada le sue caratteristiche. Inoltre si hanno perdite in forma gassosa, attraverso una apposita valvola realizzata in genere vicino al terminale di anodo.

La quantità di ossido perso in forma gassosa aumenta con la temperatura.

Ovviamente questi condensato-

ri devono lavorare con tensioni continue e di corretta polarità, al quale può essere poi sovrapposto una componente alternata quale un segnale di bassa frequenza.

In caso di inversione di polarità o, peggio, di funzionamento con tensioni alternate di elevato valore, si ha la possibilità di esplosione del condensatore, dovuta allo sviluppo di gas.

Gli elettrolitici al tantalio sono migliori (oltre che più costosi) di quelli in alluminio, soprattutto per quanto riguarda la qualità dell'elettrolita che è solido.

Le dimensioni sono inferiori, così come i valori di capacità disponibili.

Non necessitano del processo di

formazione dell'ossido.

L'anodo è formato da polvere di tantalio sinterizzata, mentre l'elettrolita è costituito da biossido di manganese; l'ossido si ottiene attraverso l'elettrolisi della polvere di tantalio.

La corrente di fuga è sensibilmente inferiore a quella degli elettrolitici in alluminio ed ha come ordine di grandezza il μA . Il range di temperatura è più ampio e va dai -50 °C ai $+125$ °C.

Le dimensioni sono sensibilmente inferiori e ben si prestano alla realizzazione di componenti a montaggio superficiale (SMD).

Dopo questa panoramica sui condensatori elettrolitici, spero

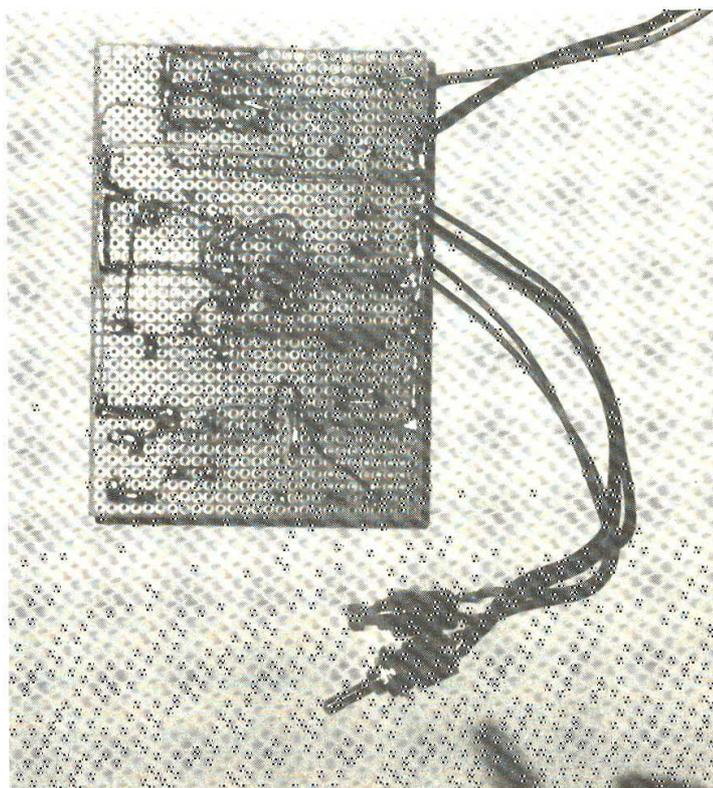


Foto 2. Multivibratore astabile - Lato Saldature.

vi sia chiaro per quale motivo ho optato per un condensatore al tantalio.

Per concludere analizziamo nel dettaglio il circuito elettrico definitivo, che vi propongo in **figura 5**.

Partiamo dall'alimentazione. Apre il circuito un fusibile da 250 mA, seguito da un 7812, regolatore monolitico di tensione. I due condensatori da 0,33 μ F e da 0,1 μ F sono raccomandati dal costruttore (anche se spesso vengono del tutto ignorati), ed hanno la funzione rispettivamente di limitare gli effetti induttivi dei cavi che arrivano dalla sorgente di alimentazione, e di migliorare la risposta nel transitorio.

Il deviatore consente di scegliere fra funzionamento automatico dell'orologio e fra funziona-

mento manuale.

In automatico la tempistica è gestita dal 555 in configurazione astabile, in manuale si agisce sul pulsante N.A. ottenendo un funzionamento a step.

I due 1N4148 connessi alla resistenza in base al BC548 formano quello che io chiamo, un po' forzatamente, "nodo di somma".

Questi due diodi consentono infatti di pilotare il transistor NPN con due distinti segnali che tra loro non si influenzano.

Il led indica lo stato del relè.

Appare evidente che non sono stati usati componenti critici.

Tutti possono essere sostituiti con l'uso di un po' di buon senso. Nelle fotografie trovate una possibile realizzazione su millefori, oltre tutto con qualche componente di valore legger-

mente diverso da quelli del progetto originale.

La taratura sui tempi voluti si ottiene agendo sui due trimmer multigiri da 1 Mohm.

Ovviamente variando i valori delle due R e del C potete cambiare sia la frequenza sia il duty cycle dell'astabile. Per effettuare le modifiche basta fare riferimento alle formule precedentemente riportate.

Per concludere vorrei ricordarvi che la precisione è buona se riferita ad un astabile con condensatore elettrolitico in alluminio, ma non è da paragonarsi a quella di un oscillatore quarzato. Lo schema che vi propongo non va comunque disprezzato, specie se utilizzato in ambienti con temperatura abbastanza costante.

