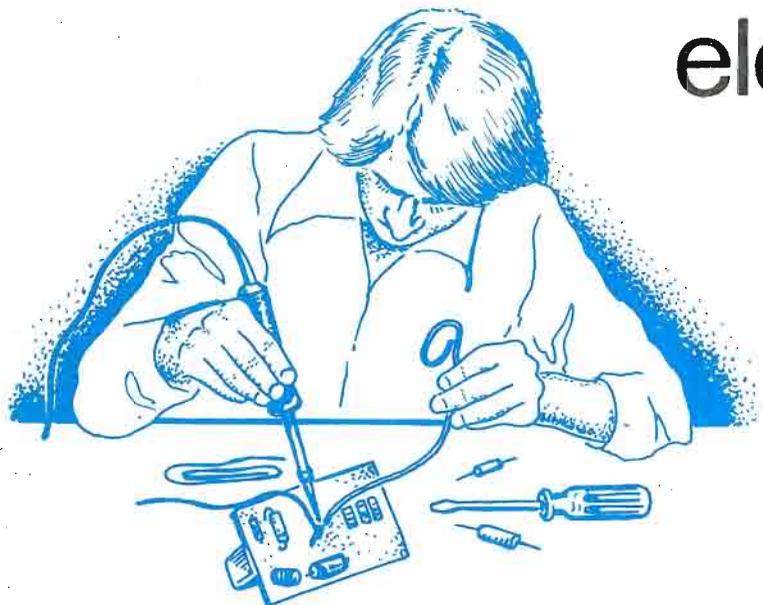


Rubrica del principiante elettronico



PRIMI PASSI

CIRCUITO MULTIVIBRATORE ASTABILE

In questa puntata della « Rubrica del Principiante » analizziamo il comportamento di uno dei più comuni circuiti elettronici: il multivibratore astabile.

Con tale espressione si suole indicare un particolare circuito composto da due transistor e in grado di fornire, in uscita, un'onda quadra, la cui frequenza dipende dal valore di alcuni componenti.

I tipi di multivibratori più noti sono tre: il « bi-

stabile », comunemente conosciuto come « flip-flop » e abbondantemente usato nei calcolatori digitali e in molte altre moderne applicazioni elettroniche, il « monostabile », in grado di fornire su opportuno comando un singolo impulso quadro, di durata prestabilita e, infine, l'« astabile », di cui ci occupiamo in questa sede.

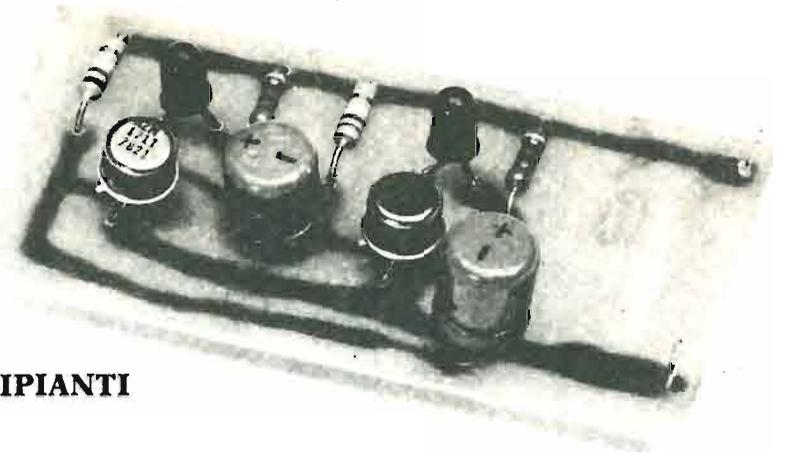
Questo circuito, non essendo stabile, commuta, alternativamente, dallo stato di conduzione a quello di interdizione le proprie caratteristiche,

UN

SEMPLICE

ESERCIZIO

PER TUTTI I PRINCIPIANTI



fornendo in continuità un segnale ad onda quadra.

LA REAZIONE POSITIVA

Per poter ben comprendere il funzionamento del multivibratore astabile, occorre aver chiaro il concetto di reazione.

Quando si dice che un amplificatore è dotato di reazione, si vuol dire che parte del segnale uscente viene prelevato e ricondotto all'entrata del circuito.

Ma i sistemi di reazione possono essere due:

quello della reazione negativa e controreazione e quello della reazione positiva.

La reazione negativa, chiamata anche controreazione, viene sfruttata negli amplificatori audio per migliorarne alcune caratteristiche come, ad esempio, la stabilità o la banda passante. La reazione negativa si ottiene con uno sfasamento di 180° del segnale di uscita rispetto a quello di entrata.

La reazione positiva viene ampiamente sfruttata nei circuiti oscillatori. Nei multivibratori viene ottenuta quando il segnale di uscita e quello di entrata sono in fase tra di loro.

La realizzazione di questo importante circuito elettronico consente, tramite la variazione dei valori di alcuni componenti, di concretizzare i molti concetti teorici inerenti al multivibratore astabile, come, ad esempio, la velocità di commutazione, la cadenza dei lampeggii di due diodi led o il controllo audio dei segnali uscenti.

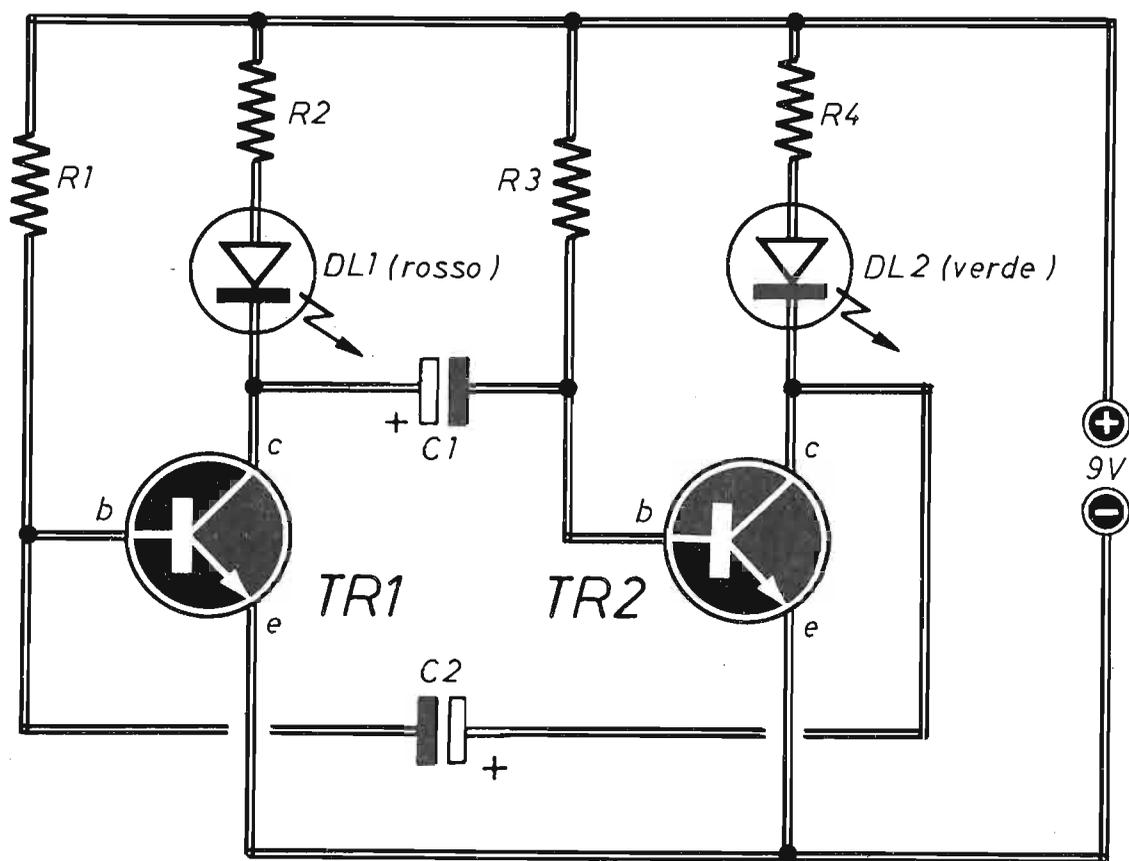


Fig. 1 - Circuito teorico, nella versione più classica, del multivibratore astabile in funzione di lampeggiatore. Con i valori attribuiti ai componenti nell'apposito elenco, la cadenza dei lampeggi è di due secondi circa.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 22 μ F - 16 V (elettrolitico)
 C2 = 22 μ F - 16 V (elettrolitico)

Resistenze

R1 = 150.000 ohm
 R2 = 470 ohm
 R3 = 150.000 ohm
 R4 = 470 ohm

Varie

TR1 = 2N1711
 TR2 = 2N1711
 DL1 = diodo led
 DL2 = diodo led
 PILA = 9 V

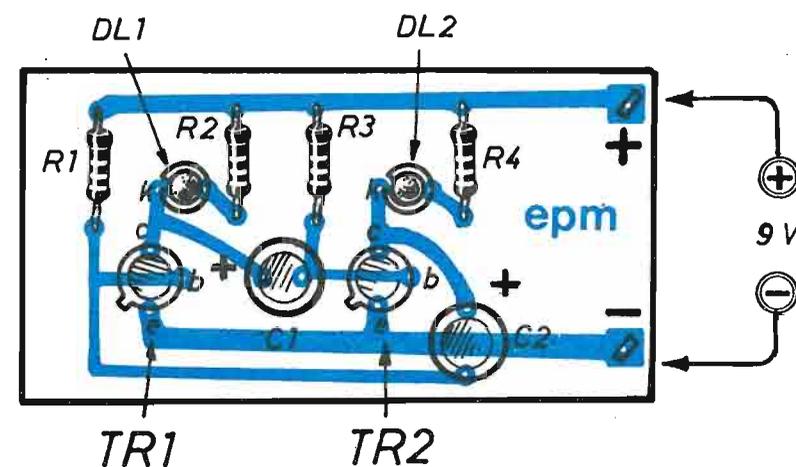


Fig. 2 - Schema pratico del multivibratore astabile in veste di lampeggiatore. L'alimentazione in continua è di 9 V. I due diodi led DL1 - DL2 debbono essere inseriti nella basetta del circuito stampato con il catodo orientato come nel disegno.

L'AMPLIFICATORE REAZIONATO

Supponiamo di considerare il circuito di figura 1, che è quello di un multivibratore astabile lampeggiatore, come un amplificatore di bassa frequenza con accoppiamento capacitivo. E consideriamo la base del transistor TR1 come l'entrata e il collettore di TR2 come l'uscita del circuito.

Applicando un piccolo segnale all'entrata, ossia sulla base di TR1, questo subisce un processo di amplificazione e di inversione di fase e con queste caratteristiche è poi presente sul collettore di TR1. Attraverso il condensatore elettrolitico C1, il segnale prosegue il suo cammino fino a raggiungere la base del transistor TR2, nel quale subisce una seconda inversione di fase. Dal collettore di TR2 il segnale può essere prelevato ed utilizzato. Infatti, il debole segnale presente all'entrata del circuito è presente ora in uscita opportunamente amplificato e con la stessa fase di quello d'entrata, proprio perché durante il percorso del circuito si sono verificate due inversioni di fase.

Il circuito d'uscita di TR2 (collettore) è colle-

gato, tramite il condensatore elettrolitico C2, con l'entrata del circuito, ossia con la base di TR1. Ma questo collegamento crea una reazione. E il segnale già amplificato subisce un'ulteriore amplificazione attraversando nuovamente il circuito dell'amplificatore. Ma questi cicli successivi di amplificazione finiscono per saturare completamente un transistor impedendogli di continuare ad amplificare. Dunque, ad un certo momento la reazione si arresta. Ma i condensatori, presenti nel circuito, tendono a scaricarsi, riportando il circuito stesso in regime di conduzione. Ad un certo istante, tuttavia, il transistor che si trovava all'interdizione tende ad uscire da questa condizione elettrica. Il cambiamento viene interpretato dal circuito come un nuovo segnale da amplificare. Inizia così un nuovo ciclo di commutazione, che inverte le sorti dei due transistor, scambiando tra loro bruscamente gli stati di saturazione e di interdizione. Ma i condensatori tendono ancora a scaricarsi, così che dopo un tempo prestabilito, che dipende proprio dal tempo impiegato dai condensatori per scaricarsi, o caricarsi, prende inizio un nuovo ciclo e il processo si ripete all'infinito.

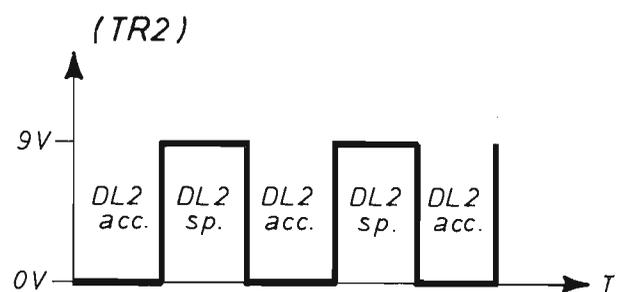
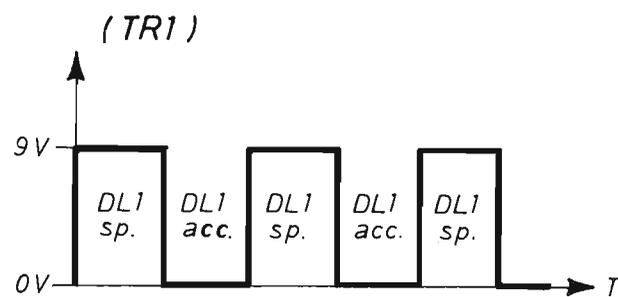


Fig. 3 - Con questi due semplici diagrammi si possono interpretare gli andamenti delle tensioni, in funzione del tempo, sui collettori dei due transistor del multivibratore. Quando uno dei led è spento, l'altro è acceso, e viceversa.

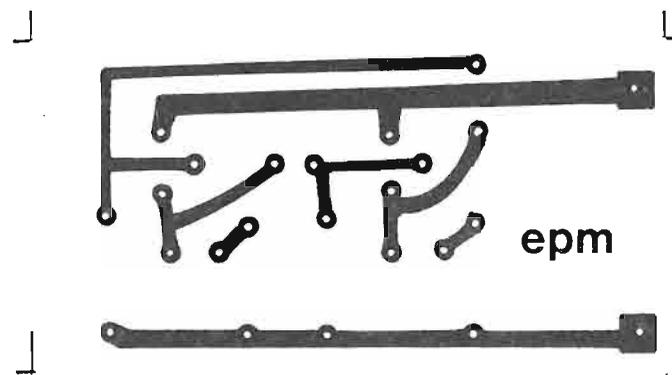


Fig. 4 - Disegno in grandezza reale (scala 1/1) del circuito stampato necessario per la realizzazione del multivibratore.

ONDE DEFORMATE

Il circuito del multivibratore astabile, riportato in figura 1, non richiede in pratica alcun segnale di entrata per dare origine alle oscillazioni, perché una inevitabile dissimmetria del circuito, dovuta alle tolleranze dei componenti all'atto dell'accensione del circuito, è sufficiente per fare in modo che un transistor prevalga sull'altro, andando così più rapidamente in conduzione e provocando, in seguito, il succedersi delle oscillazioni. La forma d'onda del segnale uscente da questo circuito non è perfettamente quadra, ma subisce delle deformazioni sul fronte di solita. Queste deformazioni che, in realtà sono delle curvature, vengono riprodotte in misura accentuata nel diagramma di figura 6. Esse sono dovute agli effetti della resistenza di entrata dei transistor.

Nell'onda uscente dal circuito si possono distinguere tre diversi intervalli di tempo. L'intervallo T1 si riferisce al tempo durante il quale il transistor TR2 rimane all'interdizione, cioè non conduce. Questo tempo può essere variato regolando

il valore della resistenza R3 oppure del condensatore C1. Analogamente il tempo T2 si riferisce all'intervallo durante il quale il transistor TR1 si trova all'interdizione; per far variare questo intervallo di tempo occorre intervenire sui valori della resistenza R1 e del condensatore C2.

L'intervallo di tempo T3, rappresentativo della somma dei due intervalli di tempo T1 + T2, fornisce il periodo di ripetizione dell'intero ciclo del multivibratore. La frequenza ottenuta dal circuito può essere ricavata tramite la seguente formula:

$$F = \frac{1}{T3}$$

I due transistor TR1 - TR2 non rappresentano dei componenti critici; qualsiasi tipo di transistor, infatti, di tipo NPN al germanio o al silicio, purché non rappresenti uno scarto di fabbrica, o un semiconduttore di potenza elevata, può essere utilmente montato nel circuito.

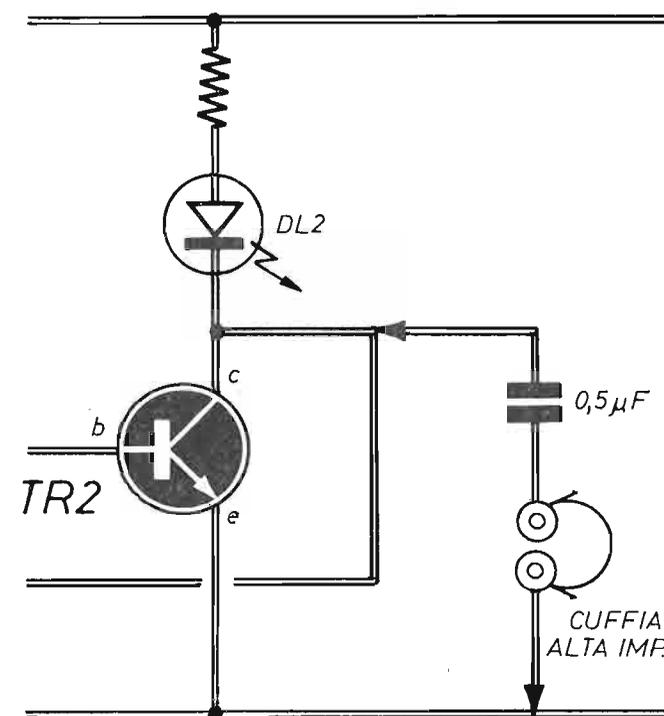


Fig. 5 - Quando la frequenza di commutazione dei transistor del multivibratore è troppo elevata, i due diodi led danno l'impressione di rimanere accesi contemporaneamente. Ma si tratta soltanto di un'illusione ottica, che può essere agevolmente controllata realizzando questa variante al progetto originale. La frequenza fonica viene ascoltata attraverso una cuffia, con impedenza superiore ai 600 ohm, collegata fra linea di terra e collettore di un transistor per mezzo di un condensatore da 500.000 pF non elettrolitico.