

# Rubrica del principiante elettronico



**PRIMI  
PASSI**

## TRIGGER DI SCHMITT

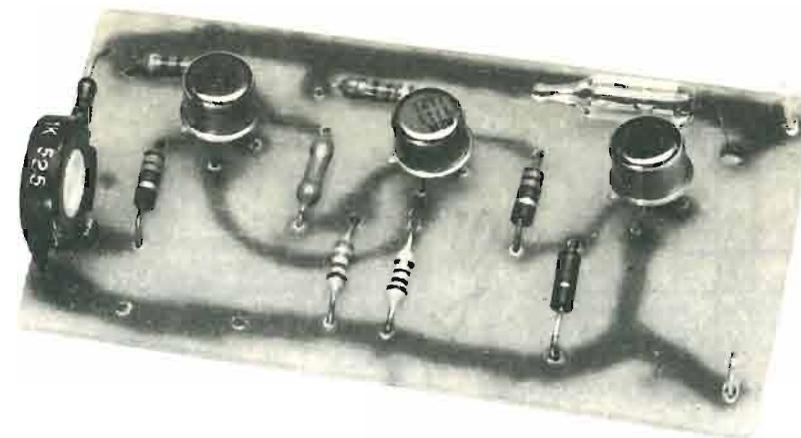
L'esame di questo famoso circuito riveste un particolare valore didattico per ogni principiante, anche se la tecnologia moderna usa produrlo nelle più svariate versioni integrate TTL, MOS, CMOS, ecc. E' dunque necessario, per chi muove i primi passi nel mondo dell'elettronica dilettaistica, conoscere, nei minimi dettagli, il meccanismo di funzionamento di questo trigger di Schmitt, denominato pure « bilancia di Schmitt », che assai frequentemente si incontra nelle varie applicazioni elettroniche. Le quali sono veramente molteplici ed abbracciano praticamente tutti i settori dell'elettronica: quello industriale, ove è utilizzato nei sistemi di controllo, quello delle logiche nei laboratori, quello dei dispositivi di allarme e, per ultimo quello di taluni circuiti radio nelle stazioni dei radioamatori e

dei CB, nelle quali permette di pilotare lo squelch.

### CARATTERISTICHE GENERALI

Il trigger di Schmitt è un circuito in grado di fornire, all'uscita, due soli livelli: il livello 0 e il livello 1, in stretto rapporto con ciò che accade nei circuiti di tipo logico (AND, OR, FLIP, FLOP, ecc.).

I livelli 0 e 1 rappresentano, ovviamente, soltanto delle indicazioni simboliche formali, dato che gli effettivi valori di tensione possono assumere valori diversi; ad esempio lo 0 può essere rappresentato dalla tensione di 1 V, mentre l'1 può essere rappresentato da una tensione di 10 V.



L'uscita del dispositivo si porta bruscamente da 0 a 1 non appena il segnale di entrata supera un certo valore di soglia; il superamento di questo valore può essere di pochi millivolt. A differenza di quanto avviene nei circuiti di comparazione, l'uscita non passa gradualmente dallo 0 all'1, ma il passaggio si verifica attraverso un « salto » che caratterizza appunto questo tipo di circuito.

Ed è proprio per quest'ultimo motivo che il trigger di Schmitt viene spesso usato per convertire segnali di forma irregolare o strana, spesso sovrapposti a segnali-disturbo di vario genere, in onde perfettamente squadrate che non risentono in alcun modo dei disturbi presenti nel segnale.

### L'ISTERESI DEL TRIGGER

Sino ad ora abbiamo considerato il trigger di Schmitt come un circuito dotato di un preciso

valore di soglia. Ma ciò non corrisponde alla realtà. Infatti, pur rimanendo valido il concetto che, una volta superato il valore di soglia, l'uscita passa da 0 ad 1, ed essendo altrettanto valido il concetto opposto per cui, scendendo al di sotto del valore di soglia, l'uscita ritorna da 1 a 0, è altrettanto vero che i due valori di soglia non coincidono mai perfettamente, ma differiscono fra loro di un valore, normalmente abbastanza piccolo, chiamato « isteresi ».

Per chiarire meglio tale concetto occorre far riferimento al diagramma riportato in figura 1 nel quale è espresso l'andamento della tensione di uscita  $V_u$  in funzione di quella di entrata  $V_e$ . Osservando questo diagramma si può notare che, applicando un segnale di entrata di tensione  $V_o$  molto bassa, il corrispondente valore della tensione di uscita è 0. Aumentando invece gradualmente il valore della tensione di entrata, si raggiungerà un valore della tensione di soglia di  $V_1$  che rappresenterà una transizione dell'uscita a 1.

**La principale funzione di questo notissimo circuito è quella di discriminare in ampiezza un segnale applicato all'entrata, per sapere se questo è superiore o inferiore ad un livello prestabilito di tensione.**

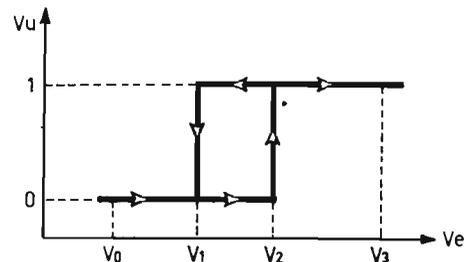


Fig. 1 - Il grafico qui riportato interpreta il fenomeno di isteresi del trigger di Schmitt. L'andamento della tensione d'uscita  $V_u$  è espresso in funzione di quella di entrata  $V_e$ .

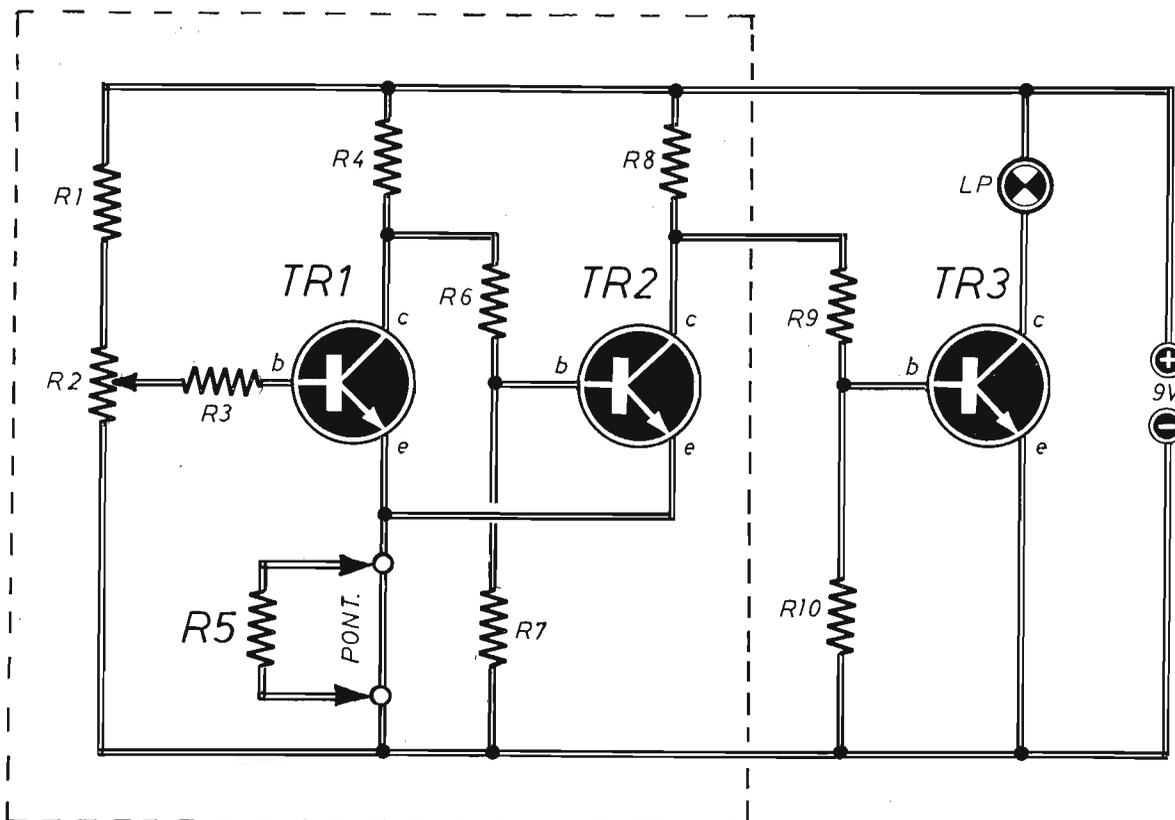


Fig. 2 - Il circuito del trigger vero e proprio è quello racchiuso nelle linee tratteggiate. Senza la resistenza  $R_5$ , ma con l'inserimento del ponticello, il circuito funge da amplificatore ad elevato guadagno.

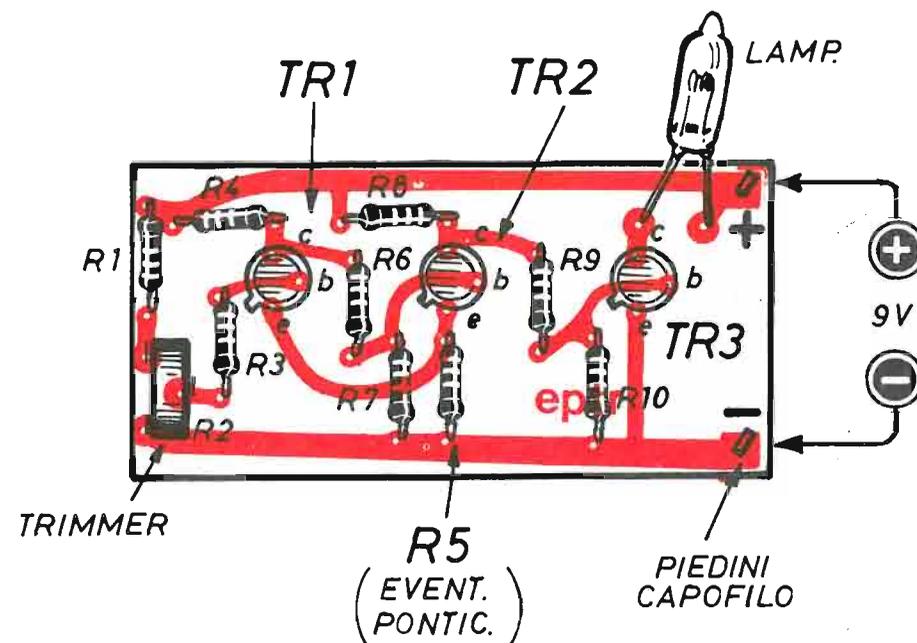


Fig. 3 - Piano costruttivo del circuito del trigger su bassetta rettangolare. Con l'inserimento della resistenza  $R_5$ , la lampada si accende o si spegne, senza assumere alcuna condizione intermedia di luminosità.

## COMPONENTI

### Resistenze

R1	=	5.600 ohm
R2	=	1.000 ohm (trimmer)
R3	=	3.300 ohm
R4	=	1.000 ohm
R5	=	100 ohm
R6	=	33.000 ohm
R7	=	1.800 ohm
R8	=	470 ohm
R9	=	3.300 ohm
R10	=	1.200 ohm

### Varie

TR1	=	2N1711
TR2	=	2N1711
TR3	=	2N1711
LP	=	lampadina (12 V - 50 mA)
ALIM.	=	9 Vcc

Continuando ad aumentare la tensione di entrata, elevandola ad esempio sino a  $V_3$ , non si verifica alcun mutamento all'uscita. Riprendendo ora a diminuire il segnale di entrata da  $V_3$  verso  $V_2$ , ci si accorgerà che, una volta raggiunto questo valore, la tensione di uscita non ritorna a 0, ma rimane a 1 sino a che, diminuendo ulteriormente il segnale, non si giunge ad una nuova tensione di soglia  $V_1$ , che determinerà il ritorno della tensione di uscita a 0.

### ESAME DEL CIRCUITO

Il tipo di circuito più classico del trigger di Schmitt è pilotato da due transistor, che compongono un circuito reazionato positivamente ed accoppiato in corrente continua, cioè senza l'interposizione di condensatori tra uno stadio e l'altro. In esso, quando un transistor si trova all'interdizione (stato elettrico di non conduzione), l'altro è in saturazione (stato elettrico di conduzione) o, almeno, nello stato di forte conduzione.

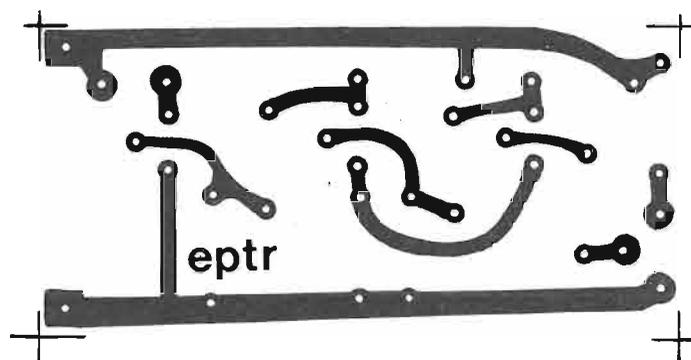


Fig. 4 - Disegno al vero del circuito stampato sul quale occorre realizzare il trigger.

Facendo riferimento allo schema elettrico di figura 2, il trigger di Schmitt è individuabile in quella parte dello schema racchiuso fra linee tratteggiate. La parte a destra dello schema, infatti, quella del transistor TR3, svolge l'unica funzione di pilotare l'accensione della lampada LP indicatrice, che evidenzia lo stato d'uscita del trigger.

Vediamo ora nella realtà come si comporta il trigger di Schmitt quando alla sua entrata viene applicato un segnale, ossia una tensione elettrica di un certo valore. E facciamo ancora riferimento al circuito di figura 2.

Il segnale d'ingresso viene simulato dalla tensione che il trimmer potenziometrico R2 applica alla resistenza R3, dopo averla prelevata da quella di alimentazione a 9 Vcc.

Coloro che volessero seguire otticamente le variazioni del segnale, potranno inserire un voltmetro fra il cursore del trimmer R2 e la resistenza R3.

Fra l'emittore del transistor TR1 e la linea di alimentazione negativa, che costituisce la linea di massa del trigger, è presente un conduttore realizzato tramite un ponticello. Ebbene, quando è presente questo ponticello, il circuito di figura 2 si trasforma in quello di un amplificatore di bassa frequenza, a due stadi accoppiati in continua, con elevato guadagno, ma senza alcuna particolare caratteristica di scatto.

Quando si elimina il ponticello e al suo posto si inserisce la resistenza R5, che ha il valore di 100 ohm, si stabilisce una reazione positiva che conferisce al circuito la caratteristica di trigger. Lo stato di amplificatore di bassa frequenza del

circuito, che si ottiene mediante l'inserimento del ponticello, può essere controllato praticamente il trimmer R2 fino a raggiungere una zona, per la verità assai breve, che provoca una variazione progressiva dell'intensità luminosa della lampada LP, a testimonianza dell'effetto amplificatore del circuito.

La brevità del tratto di intervento del trimmer è dovuta all'elevato guadagno del circuito. La localizzazione della zona resistiva di intervento del trimmer deve essere fatta lentamente e con pazienza.

#### LA RESISTENZA DI REAZIONE

Eliminando il ponticello ed inserendo al suo posto la resistenza R5, il comportamento reale del circuito di figura 2 cambia completamente ed assume la vera espressione del trigger di Schmitt.

A seconda della posizione del cursore del trimmer potenziometrico R2, la tensione d'ingresso del circuito può assumere diversi valori. E se il cursore è spostato completamente verso massa, la tensione sulla base del transistor TR1 è di 0 V circa. Ma con tale valore di tensione in base, il transistor TR1 si trova sicuramente all'interdizione, ossia non conduce corrente. Al contrario il transistor TR2 conduce, perché la sua base è libera di ricevere corrente attraverso le resistenze R4 ed R6. L'uscita di TR2 risulta quindi « bassa ».

La corrente che fluisce attraverso le resistenze R5 ed R8 provoca, sulla resistenza R5, una ca-

duta di tensione pari a:

$$\text{Valim.} = \frac{R5}{R8 + R5}$$

in cui Valim. misura il valore della tensione di alimentazione.

A questo punto il transistor TR1 non diverrà conduttore sino a che la base non riceverà una tensione di 0,6 V, almeno, superiore a quella presente sui terminali della resistenza R5. Si è così determinata la prima soglia del trigger di Schmitt, che indichiamo con VH per motivi di facilità di interpretazione del circuito.

Al raggiungimento del valore di soglia VH, del segnale applicato all'ingresso del circuito, il transistor TR1 comincia a condurre corrente, provocando una diminuzione della tensione sul suo collettore. Alla quale fa seguito una diminuzione della conduzione di TR2 e della corrente che attraversa la resistenza R5, con una conseguente caduta di tensione su questa stessa resistenza. Ma il transistor TR1 ora conduce di più ed il meccanismo ora descritto porta rapidamente al ribaltamento dello stato di conduzione, con TR1 saturo e TR2 interdetto.

L'uscita del circuito in tal caso raggiunge un livello « alto » e sulla resistenza R5 si stabilisce una diversa tensione, minore di quella precedente a causa della minore corrente che attraversa le resistenze R4 ed R5.

Chiameremo questo nuovo valore di tensione, aumentata di 0,6 V circa (pari alla soglia di base-emittore di TR1) VL.

#### LA SECONDA SOGLIA DEL TRIGGER

Quando si fa diminuire la tensione d'ingresso del circuito, agendo sul trimmer R2, si nota che, pur scendendo a valori al di sotto di quello di soglia VH, non si verifica alcuna variazione dell'uscita.

Per ottenere la commutazione dell'uscita è necessario scendere al di sotto del valore VL. A questo punto si ritorna alla situazione iniziale, per cui la nuova soglia attiva risulta VH, mentre il superamento della sola soglia VL non porta ad alcuna modifica dell'uscita. Variando il valore della resistenza R5, si potrà constatare la contemporanea variazione delle due soglie, mentre variando la sola resistenza R4 si regolerà la soglia VL, ossia l'isteresi del trigger di Schmitt.

#### MONTAGGIO DEL TRIGGER

La realizzazione pratica del trigger di Schmitt è assai semplice e anche i componenti necessari

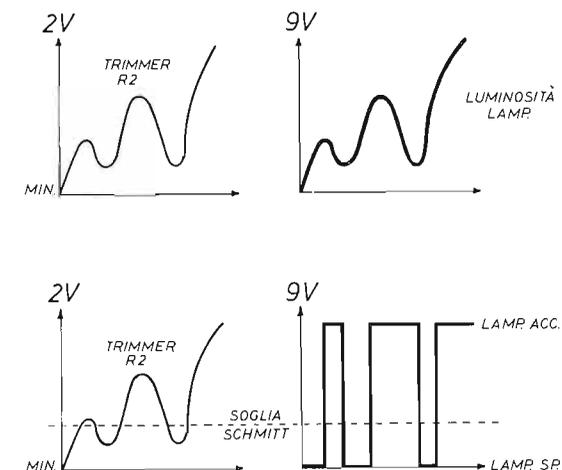


Fig. 5 - Questi diagrammi interpretano chiaramente il comportamento dell'amplificatore (in alto), con l'inserimento del ponticello, e quello del trigger (in basso), con l'inserimento della resistenza R5. Nel primo caso, la luminosità della lampada varia col variare della posizione del cursore del trimmer R2. Nel secondo caso, pur agendo sul trimmer, la lampada assume due sole e precise condizioni: quella di accesa e quella di spenta, imposte dalle tensioni di soglia del trigger. Il passaggio da una condizione all'altra è repentino.

per il montaggio sono facilmente reperibili. In ogni caso occorrerà seguire il piano costruttivo di figura 3, ovviamente dopo aver realizzato il circuito stampato riportato, in scala unitaria in figura 4.

Coloro che volessero estendere i loro esperimenti verso il settore dell'amplificazione, potranno sostituire i transistor, da noi prescritti nell'elenco componenti, con modelli di altro tipo, purché sempre NPN, allo scopo di constatare i diversi guadagni raggiunti con i diversi tipi di transistor, tenendo conto che i tipi di transistor adottati non influenzano sostanzialmente le prestazioni del trigger.

Per TR3 si dovrà adottare comunque un semiconduttore in grado di sopportare la corrente assorbita dalla lampadina LP. E per ultimo raccomandiamo di non invertire i terminali dell'alimentatore che potrà essere rappresentato da due pile piatte da 4,5 V ciascuna, collegate in serie tra di loro.