

# CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA

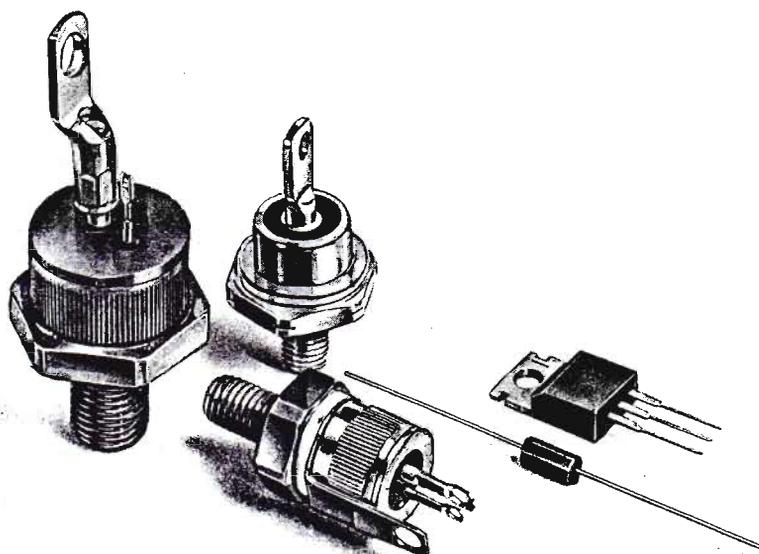


**PRIMI  
PASSI**

## DIAC E TRIAC

Il dispositivo più semplice, fra i tre noti commutatori statici, DIAC, TRIAC ed SCR, è certamente il primo, se considerato nel suo aspetto funzionale. Perché, costruttivamente, tale serniconduttore è assai complesso, essendo realizzato con cinque strati di materiale P ed N, sovrapposti nella successione NPNPN. Ma al principiante di elettronica la struttura fisica del componente interessa in misura assai inferiore a quella del suo impiego e del comportamento pratico in ogni tipo di applicazione. Dunque, dopo aver ricordato che il simbolo elettrico, universalmente adottato negli schemi teorici, è quello riportato in figura 1 e che il termine DIAC significa Diode Alternate Current, ovvero "diodo per corrente alternata", invitiamo il lettore a considerare il diagramma di figura 2, che esprime analiticamente la caratteristica del diodo e che va interpretato nel seguente modo. Premesso che il DIAC, contrariamente a quanto si può arguire osservando il simbolo elettrico di figura 1, nel quale si distinguono due anodi, "anodo 1 - anodo 2", non è un elemento polarizzato e va utilizzato come una normale resi-

stenza, supponiamo di applicare, sui due elettrodi disponibili, una tensione alternata, per esempio quella di rete, ma regolabile manualmente fra il valore 0 Vca e 220 Vca. Ebbene, realizzando il circuito sperimentale di figura 3, ci si accorgerebbe che, fino ad un certo valore di tensione, caratteristico di ogni modello di semiconduttore, la corrente che attraversa il DIAC rimane pressoché nulla, fatta eccezione per una debole corrente di perdita. Poi, raggiunto un certo valore di tensione di innesco, la corrente aumenta e rimane praticamente regolata dal carico esterno. Nel diagramma di figura 2, la tensione di innesco, chiamata pure tensione di break-over, è stata fissata, a solo scopo indicativo, nel valore di 30 V. Si può ora dire che il DIAC agisce come un interruttore automatico, che si autoinnesca nel momento in cui viene superato il valore della propria tensione di soglia. Naturalmente, questo stesso comportamento, in virtù della struttura simmetrica del diodo, si manifesta sia in presenza di sole tensioni negative, sia di quelle positive.



## CIRCUITO SPERIMENTALE

Coloro che, pur avendo assimilato i concetti teorici ora citati, volessero sperimentare praticamente il comportamento del DIAC, potranno realizzare il circuito di figura 3, facendo bene attenzione a premunirsi contro i pericoli delle scosse della tensione di rete. Che possono essere scongiurati servendosi di un cacciavite "cercafase" per elettricisti ed individuando, con questo, fra i due conduttori, quello neutro, che deve rimanere collegato nel modo indicato nello schema di figura 3.

Questo esperimento, oltre che interpretare il comportamento del DIAC, può servire per individuare la tensione di innesco del componente, quando questa sia sconosciuta. Infatti, iniziando la prova con il cursore del potenziometro R2 commutato tutto verso il neutro, ci si accorgerà che il diodo led DL rimane spento e che l'indice del tester, commutato nelle misure voltmetriche alternate e sulla portata di 250 Vca fondo-scala, rimane fermo sul valore di 0 Vca. Poi, ruotando lentamente il perno di R2, pur osservando un corrispondente aumento della tensione alternata sotto misura, si constaterà che il led DL rimane ancora spento. Ma la progressiva rotazione del perno di R2, ad un certo momento provoca la completa accensione del

led, perché sugli elettrodi del DIAC viene ora applicata la tensione di innesco, che varia fra un modello e l'altro e che generalmente si aggira intorno ai  $20 \div 30$  V. Questo valore di tensione viene esattamente indicato dallo strumento ad indice.

Il campo di applicazione del DIAC è normalmente ristretto ai circuiti di comando dei TRIAC sui quali, qui di seguito, ci soffermeremo.

## IL TRIAC

Il TRIAC presenta una struttura fisica interna analoga a quella del DIAC, ma in esso è stata aggiunta un'ulteriore giunzione, alla quale è applicato un terzo elettrodo, quello di "gate" o "porta", come segnalato nel corrispondente simbolo elettrico, adottato nella composizione degli schemi teorici e pubblicato in figura 4.

Si può anche dire che il TRIAC è un parente stretto dell'SCR, dato che la sua composizione scaturisce dal collegamento di due diodi in antiparallelo, come indicato in figura 5. Ma i suoi elettrodi, anziché chiamarsi anodo-catodo-gate, come avviene nel diodo SCR, vengono denominati, rispettivamente, anodo 1 - anodo 2 - gate, come riportato nel simbolo teorico di figura 4.

Anche per il TRIAC, come per l'SCR, esistono

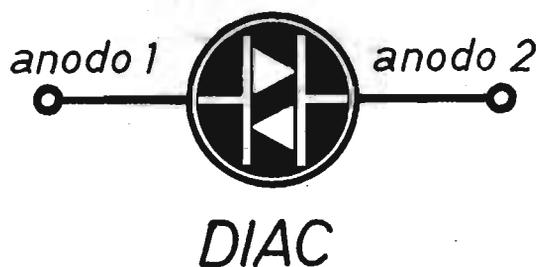


Fig. 1 - Simbolo elettrico del DIAC (Diode Alternate Current) normalmente adottato nella composizione dei circuiti teorici. Trattandosi di un componente simmetrico, la segnalazione, qui riportata, di "anodo 1" e "anodo 2", assume soltanto valore indicativo, giacché il semiconduttore viene praticamente utilizzato come una comune resistenza, senza tener conto della posizione dei due elettrodi.

due espressioni molto comuni in commercio, quelle riportate in figura 6, che appaiono completamente uguali a quelle dei diodi controllati e che, proprio per tale motivo, possono generare nella mente del principiante grande confusione. Ciò che cambia, invece, è l'applicazione pratica dei due componenti e la denominazione dei loro elettrodi.

Il TRIAC gode della proprietà di condurre cariche elettriche in entrambi i sensi, ossia dall'anodo 1 all'anodo 2 e viceversa ed il fenomeno della conduzione può essere comandato tramite impulsi di corrente sull'elettrodo di gate.

Il diagramma di figura 7 interpreta, con i suoi quattro quadranti, i quattro possibili modi operativi del TRIAC, in funzione delle polarità de-

gli anodi e delle correnti sul gate. Queste stesse condizioni elettriche vengono ulteriormente interpretate nello schema di figura 8. Dove si può osservare che gli impulsi forniti al gate, per innescare la conduzione del TRIAC, assumono normalmente la medesima polarità dell'anodo 2. In altre parole, se a2 è positivo rispetto ad a1, si raggiunge la conduzione del componente, in corrispondenza di una certa tensione applicata, elevando il gate a potenziale positivo rispetto ad a1; viceversa, se a1 è positivo rispetto ad a2, si ottiene la conduzione di corrente, attraverso il dispositivo, fornendo al gate un impulso di verso opposto al precedente.

L'interdizione del TRIAC, che viene sempre impiegato in circuiti in corrente alternata, si

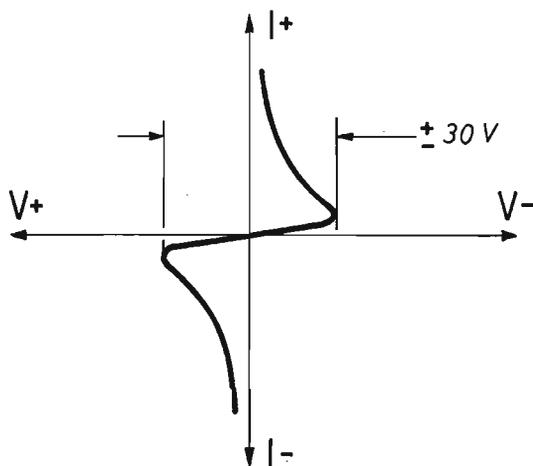


Fig. 2 - Diagramma caratteristico del diodo DIAC. Tutte le tensioni, variabili, positive o negative, possono promuovere il flusso di corrente attraverso il semiconduttore, purché queste superino un certo valore di soglia, proprio di ogni modello ma che, generalmente, si aggira intorno al  $20 \div 30$  V.

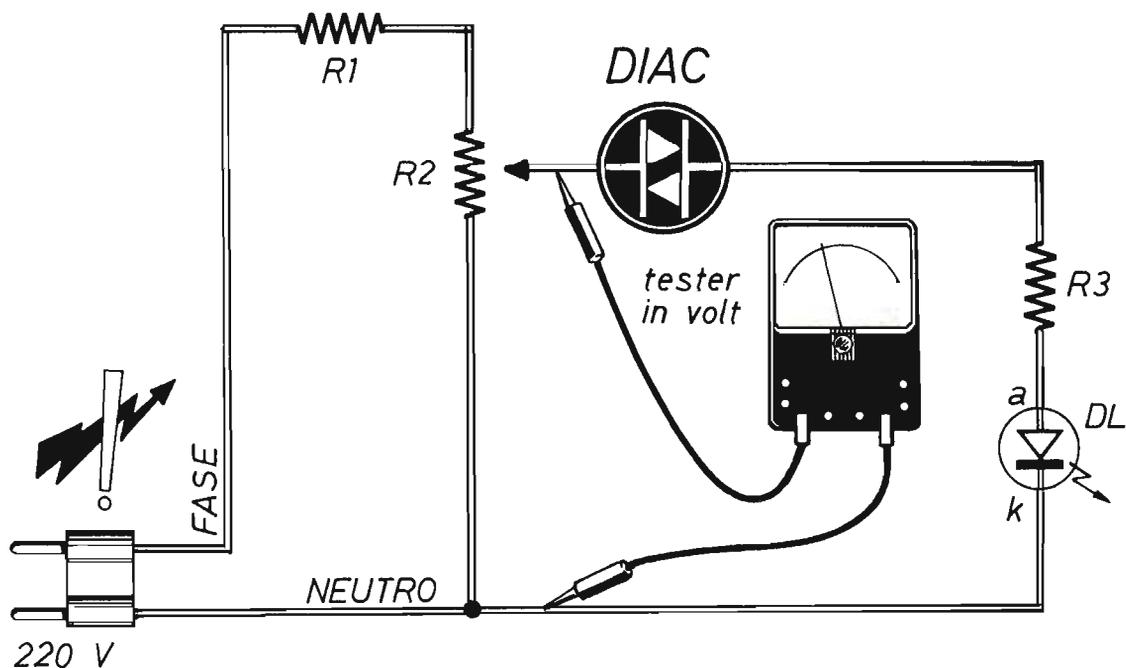


Fig. 3 - Circuito sperimentale in grado di verificare il comportamento elettrico del DIAC e, soprattutto, di misurarne la tensione di soglia, altrimenti chiamata di "break-over".

## COMPONENTI

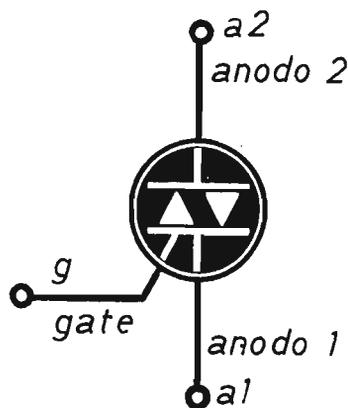
### Resistenze

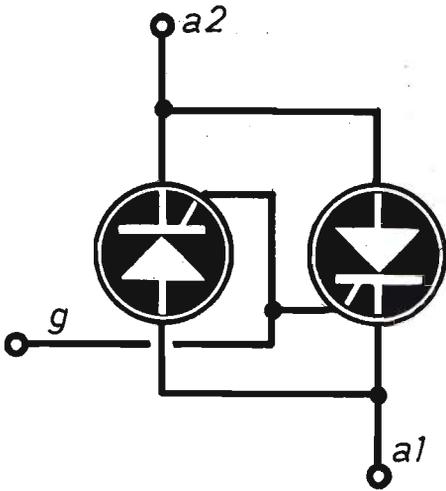
R1 = 15.000 ohm - 2 W  
 R2 = 10.000 ohm (potenz. a variab. lin.)  
 R3 = 10.000 ohm - 1 W

### Varie

DL = diodo led (quals. tipo)  
 DIAC = quals. modello

Fig. 4 - Simbolo teorico del TRIAC comunemente impiegato nella realizzazione figurativa dei progetti elettronici. Si noti la presenza dei tre elettrodi caratteristici del semiconduttore: anodo 1 (a1) - anodo 2 (a2) - gate (g).





TRIAC

Fig. 5 - Il TRIAC, strutturalmente, costituisce la risultante del collegamento, in antiparallelo, di due diodi.

raggiunge annullando la differenza di potenziale sui suoi elettrodi.

Anche se il diagramma di figura 7 e lo schema di figura 8 dimostrano che il funzionamento del TRIAC è possibile in tutte e quattro le condizioni, il componente viene generalmente utilizzato soltanto nei sistemi segnalati nei quadranti QI e QIII.

### INTERRUTTORE ELETTRONICO

I concetti, fin qui brevemente riportati, in relazione al comportamento elettrico del TRIAC, possono ricevere un ulteriore chiarimento in ordine alla funzione di interruttore elettronico del semiconduttore in esame. Consideriamo quindi uno schema teorico elementare di applicazione,

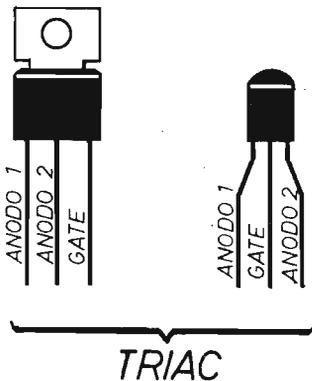


Fig. 6 - Esempi di TRIAC di tipo commerciale molto comuni e perfettamente identici, esteriormente, ai diodi controllati, rispetto ai quali cambiano soltanto le denominazioni degli elettrodi.

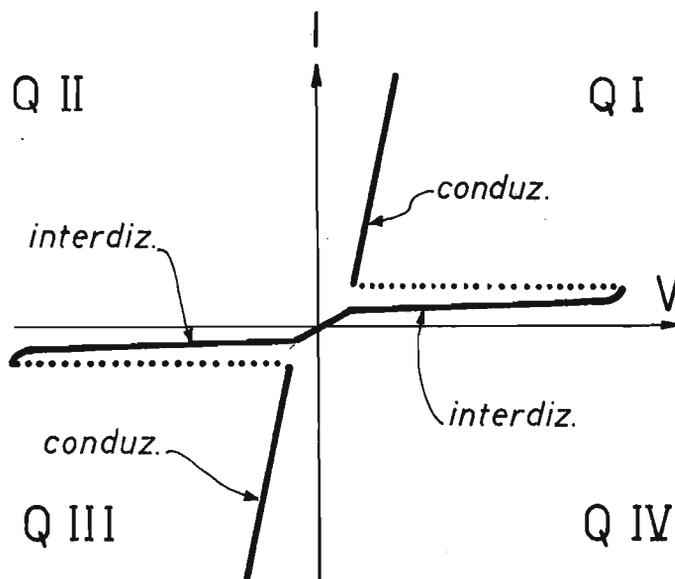


Fig. 7 - Diagramma caratteristico del comportamento del TRIAC, il quale diviene attivo in tutte e quattro le condizioni elettriche verificabili nei quattro quadranti, ma che in pratica viene comunemente utilizzato nei sistemi indicati nei quadranti QI e QIII.

come quello pubblicato in figura 9.

In assenza di impulso di tensione sul gate, che può essere positivo o negativo, il TRIAC non conduce, cioè si comporta come un interruttore aperto e la lampada LP rimane spenta. Applicando invece una piccola tensione, positiva o negativa, sul gate, il TRIAC diventa conduttore, equivalento ad un interruttore chiuso, che provoca l'accensione della lampada LP. Il componente, dunque, essendo alimentato in tensione alternata, si lascia attraversare da entrambe le semionde, come indica lo schema di figura 10, in virtù della sua struttura interna, corrispondente a quella di due diodi in antiparallelo, ma con l'elettrodo di innesco in comune.

Il TRIAC può essere innescato applicando un impulso di tensione sul suo gate, ma si autoinnesca quando il valore della tensione alternata, applicata sui due anodi, oltrepassa un certo limite, chiamato tensione di breakdown. Facendo poi diminuire la corrente ed aumentare la resistenza di carico, si raggiunge un punto in cui la corrente non è più in grado di mantenere in conduzione il TRIAC.

Il valore minimo della corrente, che può mantenere innescato il semiconduttore, viene comunemente indicato come corrente di Hold, cioè corrente di mantenimento.

## CIRCUITO INTERPRETATIVO

Per apprendere dal vivo il comportamento del semiconduttore descritto in questa sede, ovviamente dopo averne assimilato i concetti teorici fondamentali, precedentemente menzionati, si è ritenuto opportuno presentare, a beneficio dei lettori principianti, un circuito sperimentale, applicativo, sicuramente in grado di interpretare il funzionamento del TRIAC.

Consideriamo quindi il progetto di figura 11, il cui piano costruttivo, di semplice ed immediata realizzazione, è pubblicato in figura 12.

Il circuito di figura 11 viene alimentato tramite il trasformatore della tensione di rete, dal valore di 220 V a quello di 12 V, denominato T1, per il quale si può utilizzare un comune trasformatore da campanelli elettrici, della potenza di 5 ÷ 10 W, in condizioni di erogare una corrente di valore compreso fra 0,5 A e 1 A.

La tensione di gate, tramite un rudimentale commutatore (S1), realizzato con una pinzetta a bocca di coccodrillo e collegata al circuito con uno spezzone di filo conduttore flessibile, può essere prelevata direttamente dall'avvolgimento secondario del trasformatore T1 (posizione 1 di S1), da una pila P1 da 4,5 V (posizione 2 di S1), oppure da una seconda pila da 4,5 V, con pola-

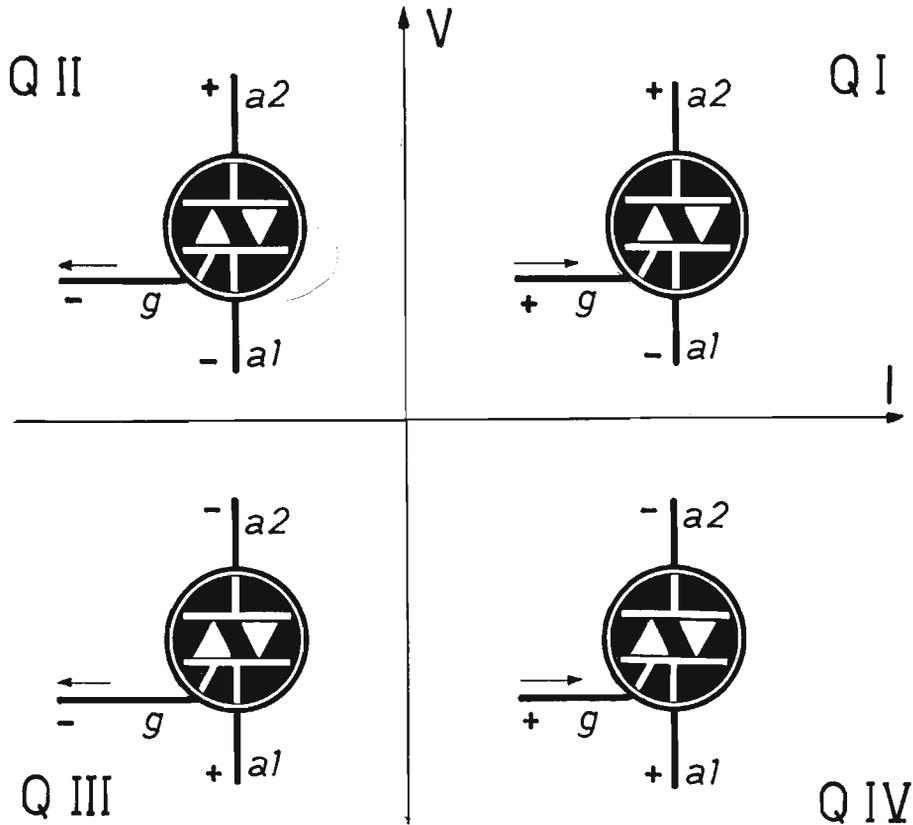


Fig. 8 - Polarità delle tensioni e delle correnti che attivano la conduzione del TRIAC in corrispondenza dei quattro quadranti separati dagli assi del diagramma caratteristico di figura 7.

rità invertite rispetto alla prima (posizione 3 di S1).

I due diodi a semiconduttore D1 - D2 sono rappresentati da altrettanti componenti al silicio di tipo 1N4004, ma collegati in antiparallelo, con lo scopo di favorire il passaggio delle semionde positive (D1) della corrente alternata e di quelle negative (D2).

Le due lampadine, del tipo a pisello, da 12 V - 0,3 A, si accendono in presenza di tensione sui loro terminali.

Il TRIAC, impiegato nell'esperimento è il modello BTA 08-700B, ma questo può essere sostituito con altri tipi simili o diversi, perché tutti possono rendersi utili ai fini sperimentali.

## PROVE PRATICHE

Le prove pratiche realizzabili con il circuito di figura 11 sono ovviamente tre e consistono nello spostare la pinzetta coccodrillo, segnalata con S1, sulle successive tre posizioni 1 - 2 - 3.

Nella posizione 1, che è quella indicata in figura 11, l'elettrodo di gate viene eccitato dalla tensione alternata a 12 Vca, la stessa che alimenta le due lampadine LP1 ed LP2, le quali si accendono, confermando la conduttività del TRIAC.

Nella posizione 2, il gate rimane alimentato dalla tensione negativa della pila P1, mentre nella posizione 3 il gate riceve la tensione positiva della pila P2. Ebbene, qualunque sia la posizio-

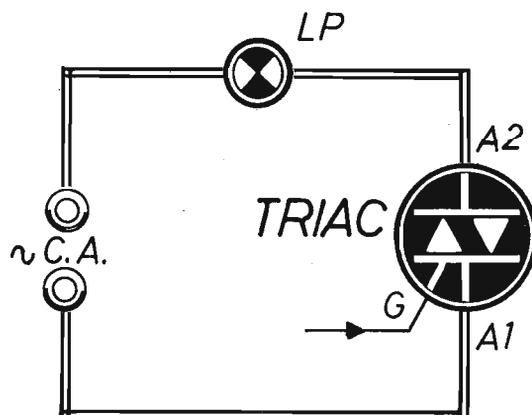


Fig. 9 - Esempio di impiego di un TRIAC, in funzione di interruttore elettronico, in un circuito di accensione di una lampada alimentata in corrente alternata.

ne del commutatore S1, nulla cambia nel funzionamento del circuito di figura 11, perché in tutti e tre i casi le due lampadine si accendono, confermando il flusso di corrente attraverso il TRIAC.

Con questo esperimento si sono dimostrati i seguenti concetti: il TRIAC viene attivato da entrambe le semionde della corrente alternata, sia attraverso il diodo D1, sia attraverso il diodo D2. Dunque, il componente in esame può essere vantaggiosamente impiegato nei circuiti ali-

mentati in tensione alternata. Inoltre, il TRIAC lavora bene sia con tensioni negative sul gate, sia con quelle positive. Infatti, nella posizione 1, il gate viene interessato da una sequenza di onde positive e onde negative, alla nota frequenza di 50 Hz. In pratica tutto avviene come se si commutassero, cinquanta volte al secondo, le due pile P1 e P2.

Si fa presente che, nell'esercizio sperimentale di figura 11, non vengono trattati quei particolari effetti ottenibili con il TRIAC, come ad esem-

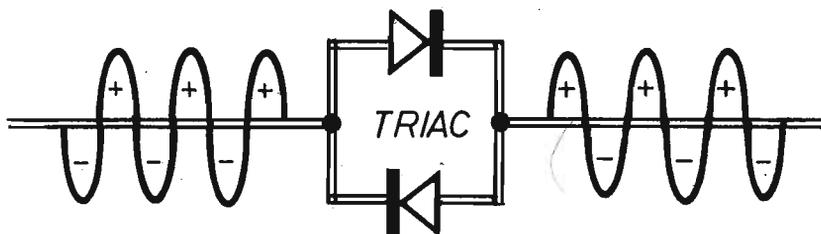


Fig. 10 - Poiché nel TRIAC sono contenuti due diodi collegati in antiparallelo, tutte le semionde, quelle positive e le negative della corrente alternata, attraversano il semiconduttore.

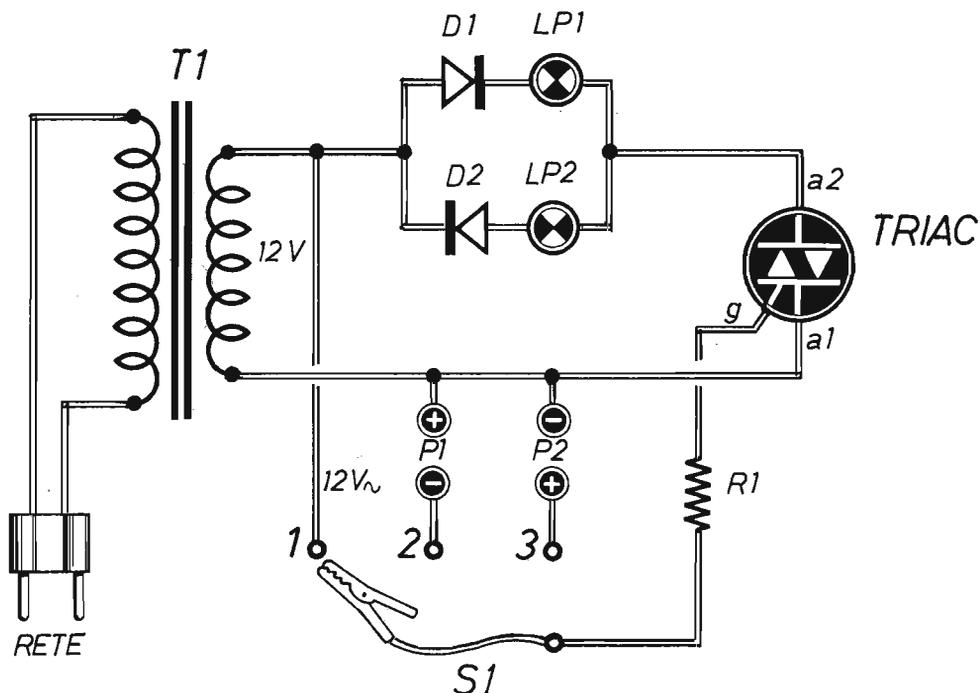


Fig. 11 - Circuito sperimentale di controllo del funzionamento del TRIAC. Le prove consistono nello spostare successivamente, sulle tre diverse posizioni 1 - 2 - 3, il commutatore rudimentale S1, ad una via e tre posizioni, qui rappresentato da una comune pinzetta a bocca di coccodrillo.

## COMPONENTI

R1 = 270 ohm - 1/4 W  
 D1 = diodo al silicio (1N4004)  
 D2 = diodo al silicio (1N4004)  
 LP1 = lampada-pisello (12 V - 0,3 A)  
 LP2 = lampada-pisello (12 V - 0,3 A)

S1 = commutatore (1 via - 3 posiz.)  
 TRIAC = BTA 08-700 B  
 T1 = trasf. (220 Vca - 12 Vca - 1 A)  
 P1 = pila (4,5 V)  
 P2 = pila (4,5 V)

pio la variazione di potenza perché questo imporrebbe una trattazione assai lunga, che ci farebbe uscire dai limiti mensilmente fissati per la presente rubrica.

### MONTAGGIO

In figura 12 è pubblicato lo schema costruttivo del progetto sperimentale di controllo del funzionamento del TRIAC.

Il montaggio, come è dato a vedere, si realizza su una tavoletta di legno, che funge da elemento di sostegno isolante dei vari componenti.

Se il trasformatore per campanelli adottato è del tipo di quello disegnato nello schema, si tenga presente che l'avvolgimento primario, quello sul quale vanno applicati i conduttori di rete, rimane identificato dai due morsetti situati su uno dei due lati del componente. L'avvolgimento secondario, invece, fa capo a tre morsetti, fra i quali si possono derivare almeno due

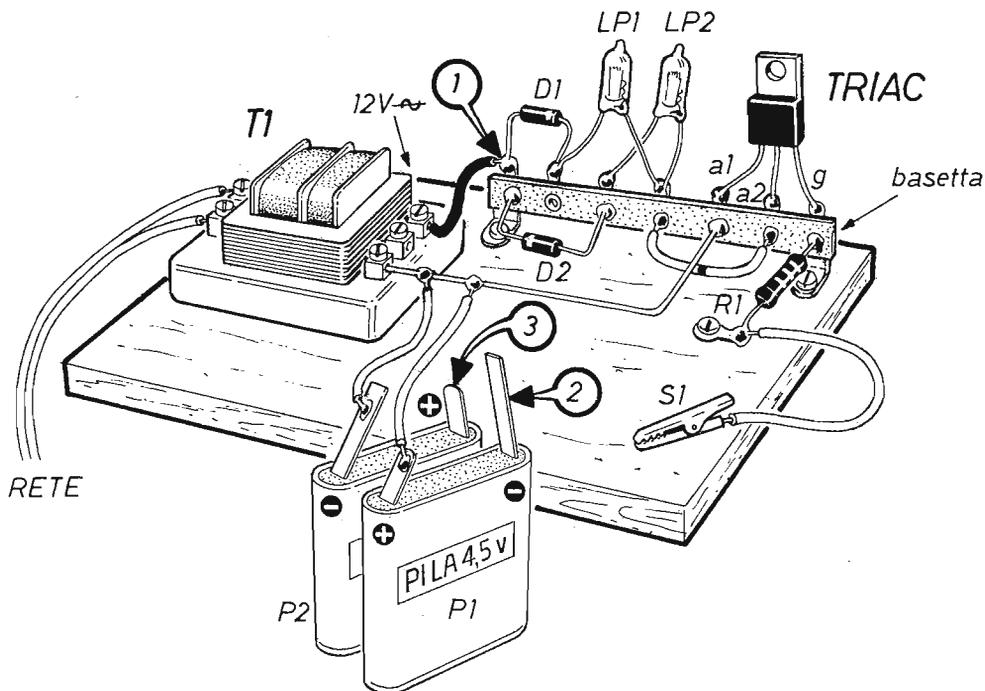


Fig. 12 - Piano costruttivo, eseguito su tavoletta di legno, del dispositivo di controllo sperimentale del funzionamento del TRIAC. La tensione a 12 Vca viene prelevata dai due morsetti estremi fra i tre rappresentativi dei terminali degli avvolgimenti secondari del trasformatore per campanelli.

valori diversi di tensioni alternate: quello a 6 Vca e l'altro a 12 Vca, che è presente sempre fra i due morsetti posti alle due estremità.

La morsettiera a sette ancoraggi agevola il lavoro di cablaggio, rendendolo più razionale, rigido e semplificato.

Naturalmente, per ottenere i risultati prima elencati, non si possono commettere errori circuitali. Per esempio, i due diodi al silicio D1 - D2 debbono essere inseriti in antiparallelo, con le due fascette-guida (anelli) sistemate in posizioni opposte. Anche le due pile debbono rimanere inserite con le polarità chiaramente segnate nello schema pratico di figura 12. Non sussistono problemi invece per le due lampadine LP1 ed LP2, mentre per il TRIAC occorre distinguere esattamente i tre elettrodi, ovvero conoscere la piedinatura del componente prima del suo inserimento nel circuito.

Trattandosi di un dispositivo alimentato dalla

tensione di rete, si raccomanda la massima prudenza durante l'impiego sperimentale del progetto.

**abbonatevi a:  
ELETTRONICA  
PRATICA**