

### Cuprins

#### Introducere

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 1. Funcționare           | 2     |
| 2. Schema                | 2     |
| 3. PCB                   | 2     |
| 4. Lista de componente   | 2     |
| 5. Tutorial – Tiristorul | 3 - 6 |

## ZERO CROSSING

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

[www.epsicom.com/kits.php](http://www.epsicom.com/kits.php)

a division of EPSICO Manufacturing

### Caracteristici:

- Izolare galvanică;
- Fără inductanțe;
- Consum redus

### Aplicații:

- Comandă în fază a unghiului de deschidere al tiristoarelor;

### Funcționare

Tensiunea de rețea este redresată prin puntea B1 generând semialternantele iar prin D1 se generează tensiunea de alimentare ce este apoi filtrată de C1, separând cele două tensiuni și asigurând funcționarea circuitului de intrare. Prin divizorul R2 R3 se obțin cele 100 de pulsuri pe secundă ce comandă prin Q1 și Q2 dioda unui optocuplor. Etajul de ieșire format din T3 preia semnalele de pe optocuplor și le transmite la către poarta tiristorului la nivelul de tensiune de maxim Vcc.

Tranzistorul T2 primește curentul de bază prin R4 cu valoare mare. Tranzistorul T1 este aproape tot timpul deschis, blocându-se doar cu cca. 50μs înainte și după trecerea prin zero. Optocuplorul este comandat cca. 100μs, exact pe durata trecerii prin zero.

Constructiv circuitul are distanța între trasee de 6mm pentru o bună izolare iar R2 se încălzește puțin dar nu periculos.

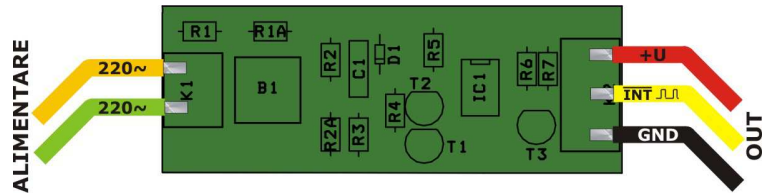
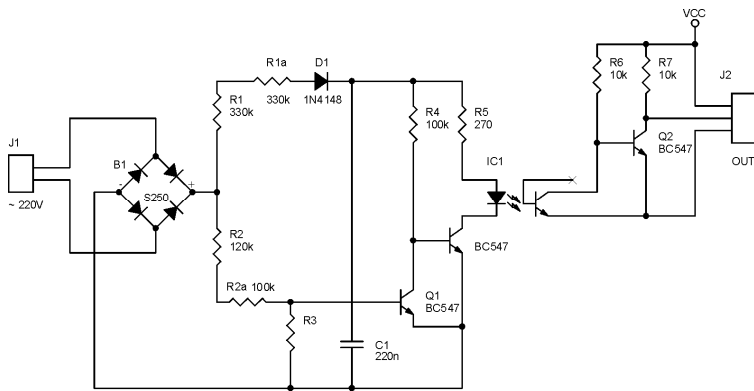


Fig.1 Schema electrică

Fig.2 Amplasarea componentelor

Lista de componente

| Nr.Crt. | Componenta | Denumire    | Valoare   | Cant |
|---------|------------|-------------|-----------|------|
| 1       | B1         | PUNTE       | S250      | 1    |
| 2       | C1         | CONDENSATOR | 220nF/50V | 1    |
| 3       | D1         | DIODA       | 1N4148    | 1    |
| 4       | IC1        | C.I.        | PC817     | 1    |
| 5       | K1         | CONECTOR    | CON2      | 1    |
| 6       | K2         | CONECTOR    | CON3      | 1    |
| 7       | R1,R1a     | REZISTENȚĂ  | 330KΩ     | 2    |
| 8       | R2,R2a     | REZISTENȚĂ  | 120KΩ     | 2    |
| 9       | R3,R6,R7   | REZISTENȚĂ  | 10KΩ      | 3    |
| 10      | R4         | REZISTENȚĂ  | 100KΩ     | 1    |
| 11      | R5         | REZISTENȚĂ  | 270Ω      | 1    |
| 12      | T1,T2,T3   | TRANZISTOR  | BC547B    | 3    |

Acest produs se livrează în varianta circuit imprimat, circuit imprimat + componente sau în varianta asamblată în scopuri educaționale și va fi însoțit de documentația completă de asamblare pe CD.

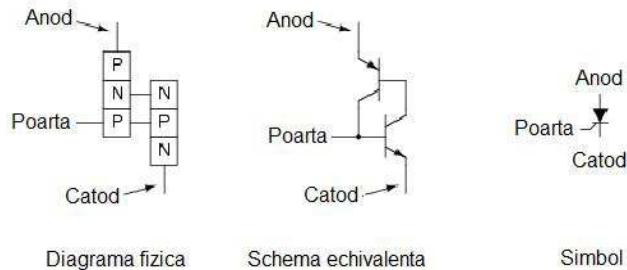
## Tiristorul

Tiristoarele sau **SCR** (Silicon Controlled Rectifiers) au utilizări în electronică în special pentru controlul puterii, este calul de bataie al electronicii de mare putere.



Tiristorul este o structură **pnpn** prevăzută cu electrod de comandă prin conectarea zonei **p** adiacente catodului. Tiristorul a fost descris pentru prima dată de Shockley în 1950. Acesta a fost menționat ca un tranzistor bipolar cu o zonă adiacentă catodului (hook-collector). Mecanismul de funcționare al tiristorului a fost analizat apoi de către Ebers în 1952 iar în 1956 Moll a investigat mecanismul de comutare al tiristorului.

### Elementele de bază



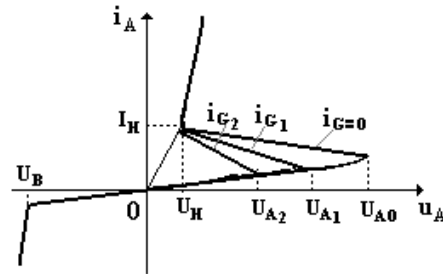
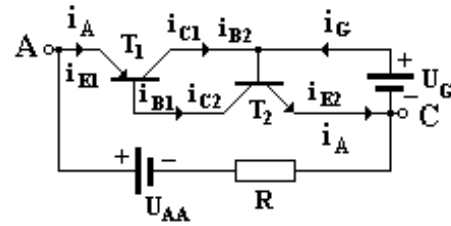
Este un dispozitiv multijonțiune (trei sau mai multe jonțiuni), ce are la bază structura **pnpn**, care are patru straturi și trei jonțiuni și care, datorită caracteristicii sale statice curent-tensiune cu două stări stabile, se folosește în circuitele de comutație. Din această categorie cele mai utilizate sunt: tiristorul, diacul, triacul.

Cele trei jonțiuni sunt notate ca J1, J2, și J3 (J1 este cel mai apropiat de anod).

Tiristorul are trei terminale: anod, catod și poartă, este o structură **pnpn** prevăzută cu electrod de comandă prin conectarea zonei **p** adiacente catodului, așa cum se observă în diagrama fizică. După cum se poate imagina din simbolul tiristorului de mai sus, este "un dispozitiv unisens",

adică diodă redresoare controlată; atunci când este utilizat în curent alternativ, va conduce doar pentru maximum o jumătate de ciclu. Amorsarea acestuia se realizează prin injectarea unui curent pe poartă.

Analiza fenomenelor fizice ce au loc la amorsarea tiristorului prin injectarea unui curent de poartă se poate face echivalând structura cu două tranzistoare complementare, după cum se vede în schema echivalentă de mai jos.

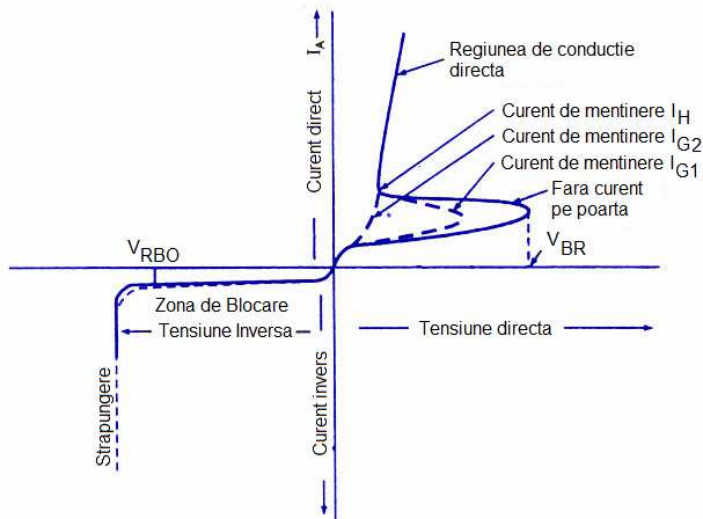


Din caracteristicile statice curent – tensiune ale tiristorului se observă posibilitatea creșterii nelimitate a curentului prin structură, dacă este îndeplinită condiția de amorsare, amorsarea poate avea loc la o tensiune anodică mai mică decât tensiunea de autoamorsare. Inițierea amorsării este provocată prin injectarea unui curent  $i_G$  prin jonțiunea J3 și nu prin creșterea tensiunii anodice. Dependența factorilor de curent pe poarta de curentul prin dispozitiv stă la baza procesului de amorsare a tiristorului. Se observă că la curenții de poartă mai mari tensiunea de amorsare este mică, peste o anumită valoare a curentului de poartă, amorsarea are loc pe curba punctată, ca la o jonțiune **pn** (tiristorul este de fapt o diodă comandată).

În funcționare normală, tensiunea anodică trebuie să fie mai mică decât tensiunea de autoaprindere  $U_{BO}$ . Pentru comutare directă se aplică un curent de poartă caruia îi corespunde o tensiune de aprindere  $U_A < U_{BO}$ .

În polarizare inversă, tiristorul se comportă ca o diodă **pnpn**, prin el trecând un curent mic, iar la tensiunea  $U_B$  are loc străpungerea tiristorului.

Caracteristica de funcționare a tiristorului real este:



CARACTERISTICA CURENT-TENSIUNE A TIRISTORULUI

Principalii parametri electrici ai tiristorului sunt:

- Tensiunea directă de străpungere,  $V_{BR}[V]$  ( $V_{DRM}[V]$ );
- Tensiunea de poartă, de amorsare,  $V_{GT}[V]$ ;
- Tensiunea inversă continuă:  $V_R$ ,  $V_{RM}$  sau  $V_{RRM}[V]$ ;
- Curentul continuu direct de poartă, de amorsare,  $I_{GT}[A]$ ;
- Curentul anodic direct mediu,  $I_{FAV}[A]$ .

În practică se urmăresc și următorii parametri:

- Curentul continuu direct de menținere,  $I_H(I_{HOLD})[A]$ ;
- Curentul de acroșaj,  $I_L(I_{LATCH})[A]$ ;
- Viteza critică de creștere a curentului anodic,  $di/dt[A/\mu s]$ ;
- Viteza de creștere a tensiunii anodice,  $dv/dt[V/\mu s]$ ;
- Timp de dezamorsare prin comutarea circuitului,  $t_q[s]$ .

Parametrul  $I_H$  caracterizează trecerea tiristorului din starea de conducție în starea de blocare. Dacă se micșorează curentul anodic printr-un tiristor amorsat, există o valoare critică a acestuia pentru care tiristorul iese din conducție și se blochează. Valoarea critică a curentului anodic sub care tiristorul dezamorsează se numește curent de menținere.

Dacă tensiunea aplicată între anod și catod este alternativă, iar poarta este atacată în impulsuri sincrone cu frecvența tensiunii anodice, atunci tiristorul amorsează pentru fiecare semialternanță pozitivă a tensiunii anod-catod și dezamorsează pentru semialternanțele negative; după amorsare, poarta își pierde rolul de electrod de comandă, în sensul că nu poate acționa și pentru blocarea tiristorului, totuși acest rol va fi reluat dar numai după blocarea tiristorului.

Cunoscând  $I_H$  se poate determina momentul din semialternanța pozitivă în care tiristorul dezamorsează.

Parametrul  $I_L$  caracterizează trecerea tiristorului din starea

de blocare în starea de conducție. La aplicarea unui impuls pozitiv pe poartă, curentul anodic începe să crească de la 0 la valoarea maximă pe care i-o îngăduie rezistența circuitului exterior. Dacă impulsul pe poartă se întrerupe înainte de a ajunge curentul anodic la o valoare critică, atunci tiristorul nu amorsează. Valoarea critică a curentului anodic pentru care tiristorul amorsează chiar dacă se întrerupe semnalul pe poartă se numește curent de acroșaj. Cunoașterea lui  $I_L$  este necesară pentru determinarea duratei minime a impulsului pe poartă.

Viteza critică de creștere a curentului anodic ( $di/dt$ ). La amorsarea unui tiristor, tensiunea la bornele sale nu cade instantaneu la zero și curentul crește după o lege care depinde de impedanța circuitului exterior. Puterea disipată de tiristor este cu atât mai mare cu cât curentul anodic crește mai repede. În momentul amorsării, conducția se face într-o zonă mică în jurul porții. Ca urmare, densitatea de curent e mare. Dacă puterea necesară disipată (sarcinii) depășește puterea disipată maximă a dispozitivului, acesta se distruge.

Viteza de creștere a tensiunii ( $dv/dt$ ). O viteză excesivă de creștere a tensiunii anodice poate duce la deschiderea tiristorului în absența semnalului de poartă la o valoare mai mică decât  $V_{BO}$ . Acest fenomen se datorează capacității interne a tiristorului, care se încarcă la un curent  $i=c \cdot dv/dt$ . Acest curent poate fi suficient pentru a declanșa amorsarea, dacă  $dv/dt$  e mare.

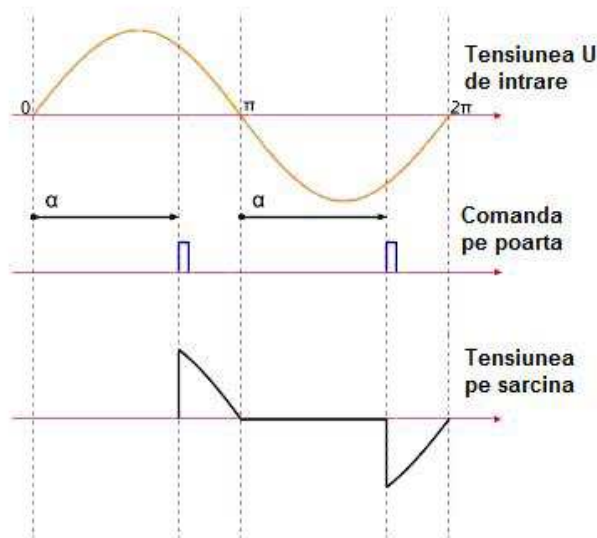
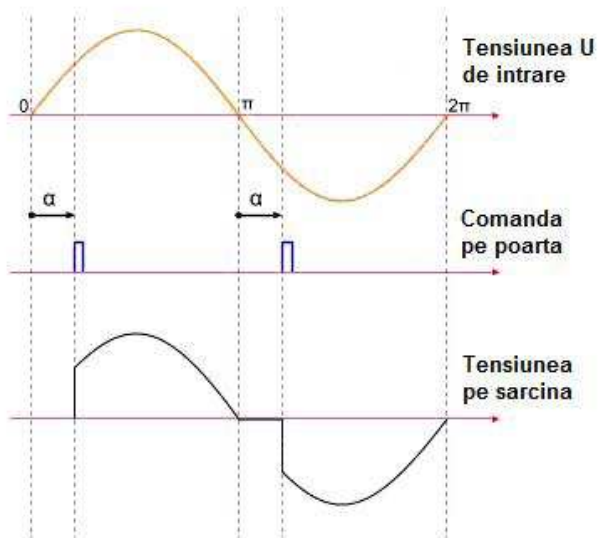
### Aplicații pentru tiristoare

- Controlul puterii în curent alternativ (redresoare comandate, variatoare).
- Element de protecție la supratensiune pentru sursele de alimentare.
- Comutator de putere în curent alternativ.
- Element de control comandat în unghi de fază.

### Comanda în fază (Redresor comandat cu tiristoare)

Funcționarea se bazează pe faptul că, în timpul unui ciclu complet al unei unde în curent alternativ, un tiristor va permite trecerea doar a unei părți din curent prin sarcină. Vom lua ca exemplu redresorul comandat monofazat cu punct median cu sarcină rezistivă din figura de mai jos:

Blocul de comandă furnizează tensiunile de comandă  $Up1$  și  $Up2$  pentru aprinderea tiristoarelor. Unghiul  $\alpha$ , cu care este întârziată aprinderea tiristoarelor față de trecerea prin 0 a tensiunii, este reglabil și se numește unghi de comandă. Sa analizăm următoarele forme de undă:

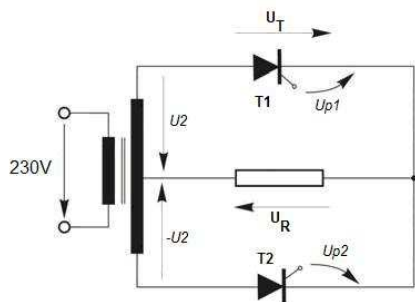


Ambele forme de undă de mai sus provin de la același circuit, singura diferență este că la forma de undă din stânga se observă că comanda pe poartă apare la un unghi  $\alpha$  mai mic (măsoară unghiul de la punctul zero al formei de undă) decât la cel din dreapta, curentul prin sarcină trecând apoi tot timpul semiperioadei.

O perioadă completă de undă este de  $180^\circ (2\pi)$ . Datorită faptului că pe o perioadă completă se trece prin zero de două ori,  $\alpha$  poate lua valori de la  $0^\circ$  la  $90^\circ (0 - \pi)$ . Când  $\alpha=0^\circ$ , este livrată puterea maximă pe sarcină iar când  $\alpha = \pi$ , tiristorul (triacul) rămâne blocat, nu trece curent prin sarcină.

### Redresor comandat cu tiristoare

În numeroase aplicații apare nevoia reglajului nivelului tensiunii redresate. Printre soluții putem numi: introducerea unor rezistențe sau reactanțe reglabile în circuitul primar sau secundar, utilizarea unui autotransformator sau a unui regulator de inducție. Cea mai bună soluție din punct de vedere al randamentului și în unele cazuri și al prețului, este utilizarea redresoarelor comandate. Schemele redresoarelor comandate au configurații identice cu cele ale redresoarelor necomandate, cu deosebirea că, în locul diodelor sunt folosite tiristoare. În plus, mai este nevoie de un bloc de comandă pentru tiristoare care, în prezentarea schemelor de forță, se consideră subînțeles și nu este figurat.



Redresor comandat.

Blocul de comandă furnizează tensiunile de comandă  $U_{p1}$  și  $U_{p2}$  pentru aprinderea tiristoarelor. Unghiul  $\alpha$ , cu care este întârziată aprinderea tiristoarelor față de trecerea prin 0 a tensiunii, este reglabil și se numește unghi de comandă.

$$U_m = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_{2m} \sin \omega t \times d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Stingerea tiristoarelor se face atunci când tensiunea pe înfășurarea corespunzătoare trece la valori negative. Este o stingere naturală, de la rețea. Tensiunea medie  $U_0$  poate fi modificată între o valoare maximă corespunzătoare unghiului de comandă  $\alpha=0$  și o valoare minimă egală cu 0 (lipsa comenzii sau unghi de comandă între  $\pi$  și  $2\pi$ ). Într-adevăr, unghiul (în curent alternativ), la care poarta este declanșată este cunoscut ca "unghiul de aprindere". Acest circuit va urmări forme de undă a tensiunii de intrare și va detecta momentul când aceasta formă de undă trece prin punctul 0 și devine 0 volți. Sunt utilizate în principal în cazurile în care variatoarele trebuie să fie controlate de un microcontroler. În acest caz, microcontrollerul trebuie să cunoască punctul de zero, detectarea cruce a formei de undă, astfel încât să poată calcula unghiul offset pentru a trimite pulsul de declanșare la poarta triac.

Aici este un exemplu de calcul. Să presupunem că frecvența este de 50 Hz. Aceasta înseamnă că fiecare ciclu va lua  $1/50\text{Hz} = 20\text{ms}$  să fie finalizată. În timpul acestor 20ms, forma de undă va trece prin punctul de zero de două ori, odată la începutul și odată în mijlocul ciclului, care va fi după  $20 / 2 = 10\text{mSec}$ .

## Data Notes

---

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl [www.epsicom.com](http://www.epsicom.com)

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426