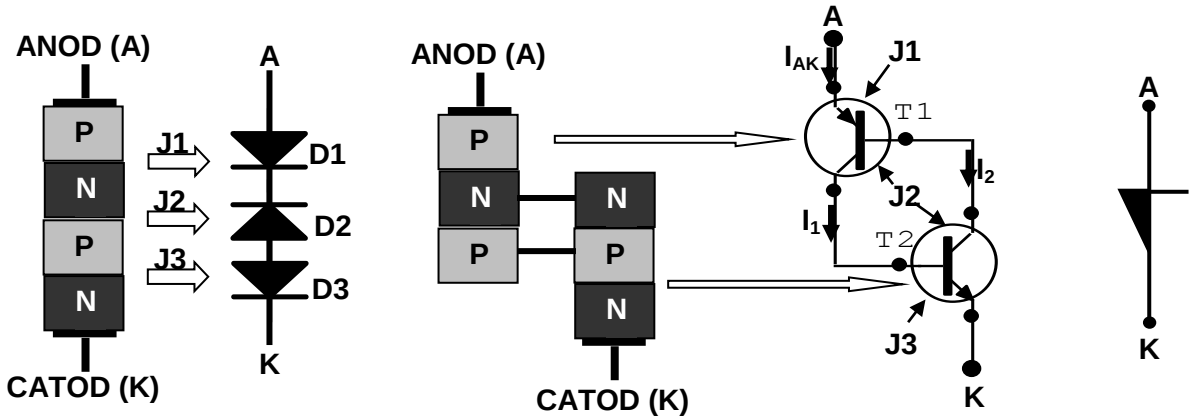
CAPITOLUL 9. DISPOZITIVE MULTIJONCȚIUNE

9.1. DIODA SHOCKLEY

9.1.1 STRUCTURĂ ŞI SIMBOL

Dioda Shockley este alcătuită din patru straturi succesive semiconductoare **P-N-P-N** , trei joncţiuni **PN** (**figura 9.1 a**). Structura diodei Shockley poate fi reprezentată printr-un circuit echivalent format din două tranzistoare pnp şi npn conectate ca în **figura 9.1 b**. Dioda este prevăzută cu două terminale **anod** conectat la prima regiune de tip **P** şi **catod** conectat la ultima regiune de tip **N**.



a. Structură cu diode **b**. Structură cu tranzistori **c**. Simbol

Figura 9.1 Structura şi simbolul diodei Shockley

9.1.2 FUNCŢIONAREA DIODEI SHOCKLEY.

În cazul structurii cu diode, dioda funcţionează astfel: dacă tensiunea dintre anod şi catod este pozitivă, diodele **D1** şi **D2** sunt polarizate direct, intră în conducţie şi toate tensiunea dintre anod şi catod se aplică diodei **D2** care este polarizată invers. Când valoarea tensiunii dintre anod şi catod depăşeşte valoarea tensiunii de străpungere a diodei **D2** (numită şi **tensiune directă de întoarcere – V_{BR}**), dioda D2 intră în conducţie inversă iar prin dioda Shockley circulă curent care este limitat numai de circuitul exterior, rezistenţa internă a diodei devenind foarte mică. Odată amorsată, dioda Shockley nu se blochează chiar dacă valoarea tensiunii dintre anod şi catod scade sub valoarea tensiunii de străpungere a diodei **D2**. Dioda Shockley se blochează când curentul prin ea scade sub o anumită valoare, denumită **curent de menţinere (I_H)**. Pentru a explica acest fenomen se prezintă funcţionarea structurii cu tranzistori a diodei.

La amorsarea diodei Shockley prin ea circulă un curent $\mathbf{I_{AK}}$. Acest curent favorizează apariţia curentului $\mathbf{I_1}$ în colectorul tranzistorului **T1**, care este şi curent de bază pentru tranzistorul **T2**. Prin urmare apare curentul de colector $\mathbf{I_2}$ în colectorul tranzistorului **T2** (unde $\mathbf{I_2 = I_1 \cdot \beta_2}$). Curentul de colector $\mathbf{I_2}$ al tranzistorului **T2** este şi curent de bază al tranzistorului **T1**. Acest curent determină creşterea curentului de colector $\mathbf{I_1}$ al tranzistorului **T1** (unde $\mathbf{I_1 = I_2 \cdot \beta_1}$).

Prin urmare apare **fenomenul de reacţie internă**: curentul $\mathbf{I_{AK}}$ determină apariţia curentului $\mathbf{I_1}$, $\mathbf{I_1}$ determină creşterea lui $\mathbf{I_2}$, $\mathbf{I_2}$ determină creşterea suplimentară a lui $\mathbf{I_{AK}}$ şi aşa mai departe, fenomenul se repetă până la intrarea în saturaţie a celor două tranzistoare.

Dacă după amorsarea diodei Shockley tensiunea V_{AK} a diodei scade sub valoarea tensiunii directe de întoarcere, curentul prin diodă I_{AK} nu dispare, el fiind menţinut de reacţia pozitivă internă. Dioda se va bloca când curentul prin diodă scade sub o anumită valoare denumită curent de menţinere I_H **(figura 9.2).**

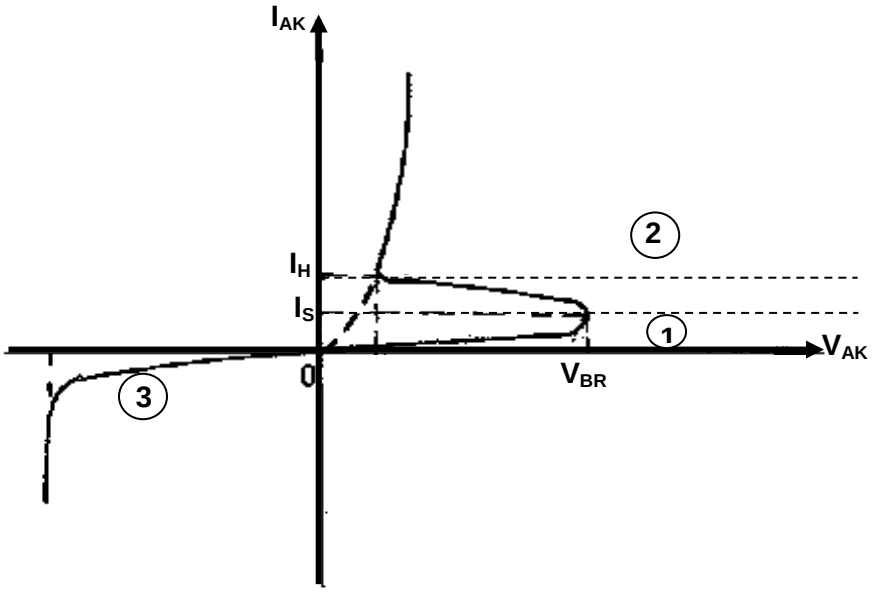


Figura 9.2 Graficul caracteristicii diodei Shockley

Dioda Shockley are trei zone de funcţionare:

1. **Polarizată direct, blocată –** este zona în care dioda este polarizată direct dar valoarea tensiunii nu depăşeşte valoarea **tensiunii directe de întoarcere (V_{BR}).** În această situaţie curentul prin diodă este neglijabil. Dioda este blocată şi se comportă ca un contact deschis;

2. **Polarizată direct, în conducţie –** este zona în care valoarea tensiunii de polarizare a diodei depăşeşte valoarea tensiunii directe de întoarcere. Tensiunea pe diodă scade brusc, la o valoarea neglijabilă, iar curentul prin diodă creşte, este mai mare decât un curent minim numit **curent de menţinere (I_H)**. Dioda este în conducţie şi se comportă ca un contact închis;

3. **Polarizată invers, blocată –** este zona în care dioda este polarizată invers dar valoarea tensiunii de polarizare nu depăşeşte valoarea tensiunii inverse maxime iar curentul prin diodă este neglijabil.

Trecerea în starea de conducţie *se face prin* ***depăşirea tensiunii directe de întoarcere.***

Trecerea în starea de blocare *se face prin* ***scăderea curentului sub valoarea curentului de menţinere.***

9.2. TIRISTORUL

9.2.1 STRUCTURĂ ŞI SIMBOL

Tiristorul este alcătuită din patru straturi succesive semiconductoare **P-N-P-N** , trei joncţiuni **PN**. Structura tiristorului poate fi reprezentată printr-un circuit echivalent format din două tranzistoare pnp şi npn conectate ca în **figura 9.3**. Tiristorul este prevăzut cu trei terminale **anod (A)** conectat la prima regiune de tip **P**, **catod (K)** conectat la ultima regiune de tip **N** şi **poartă sau grilă (G)** conectată la a doua regiune de tip **P.**

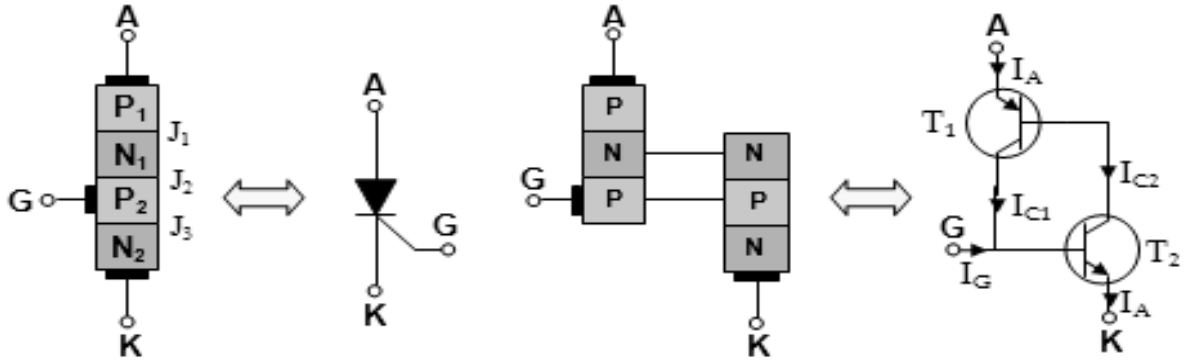


Figura 9.3 Structura şi simbolul tiristorului

Notarea tiristorului: T 1 N 4

- **V_R –** tensiunea inversă în **sute** de volţi
- **N –** normal , **R** - rapid
- **I_{FAV} –** curentul maxim în **amperi**
- Tiristor

9.2.2 PARAMETRII ELECTRICI AI TIRISTORULUI

Principalii parametricii electrici ai tiristorului sunt:

- **Tensiunea de străpungere în direct (V_{BR}; V_{DRM})[V]** – reprezintă valoarea tensiunii dintre anodul și catodul tiristorului, ***la polarizare directă***, la care tiristorul se străpunge;
- **Tensiunea inversă continuă (V_R; V_{RM}; V_{RRM}))[V]** – reprezintă valoarea tensiunii dintre anodul și catodul tiristorului, ***la polarizare inversă***, la care tiristorul se străpunge;
- **Tensiunea de amorsare, de poartă (V_{GT}))[V]** – reprezintă tensiunea pentru care tiristorul comută din starea de blocare în starea de conducție (amorsează) la o valoare relativ mică a tensiunii anod – catod;
- **Curentul direct de poartă de amorsare(I_{GT})[A]** – reprezintă valoarea curentului din grila tiristorului pentru care acesta amorsează dacă tensiunea anod-catod este pozitivă;

- **Curentul direct de menținere (I_H; I_{HOLD})[A]** – reprezintă valoarea minimă a curentului prin tiristor de la anod la catod, necesar pentru menținerea tiristorului amorsat în stare de conducție.

9.2.3 FUNCŢIONAREA TIRISTORULUI.

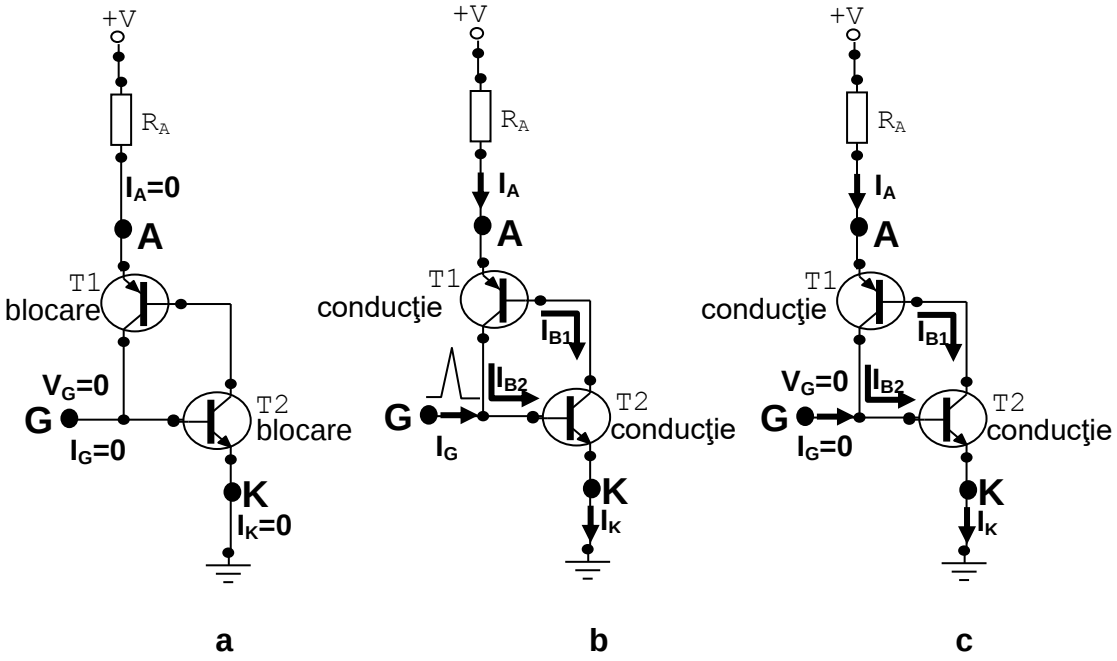


Figura 9.4 Funcţionarea tiristorului în circuit

Când curentul şi tensiunea la grila tiristorului este zero (**fig. 9.4 a**), tiristorul este blocat. Prin el nu circulă curent şi se comportă ca un întrerupător deschis.

Dacă pe poartă se aplică un impuls pozitiv de tensiune (**fig. 9.4 b**), curentul din grila tiristorului deschide tranzistorul T2 iar prin colectorul tranzistorului T2 circulă curentul I_{B1}. Acest curent deschide tranzistorul T1 iar prin colectorul tranzistorului T1 circulă curentul $I_{B2.}$

Curentul de colector al tranzistorului T1 suplimentează curentul de bază al tranzistorului T2 în aşa fel încât acest tranzistor să rămână în conducţie şi după dispariţia impulsului de amorsare din grila tiristorului. Se formează o buclă în care tranzistorul T1 susţine funcţionarea tranzistorului T2, iar tranzistorul T2 susţine funcţionarea tranzistorului T1 şi după dispariţia impulsului de amorsare din grila tiristorului (**fig. 9.4 c**).

După amorsare, prin tiristor circulă curent şi se comportă ca un întrerupător închis.

După ce a fost amorsat tiristorul va comuta în starea de blocare numai dacă curentul anodic I_A scade sub valoarea curentului de menţinere I_H.

Blocarea unui tiristor în conducţie se poate face în două moduri:

- conectarea în circuitul anodic a unui întreruptor şi deschiderea acestuia (**întreruperea curentului anodic**);
- conectarea între anod şi catod, prin intermediul unui întrerupător, a unei surse de tensiune care la închiderea întrerupătorului să polarizeze invers tiristorul (**comutarea forţată**).

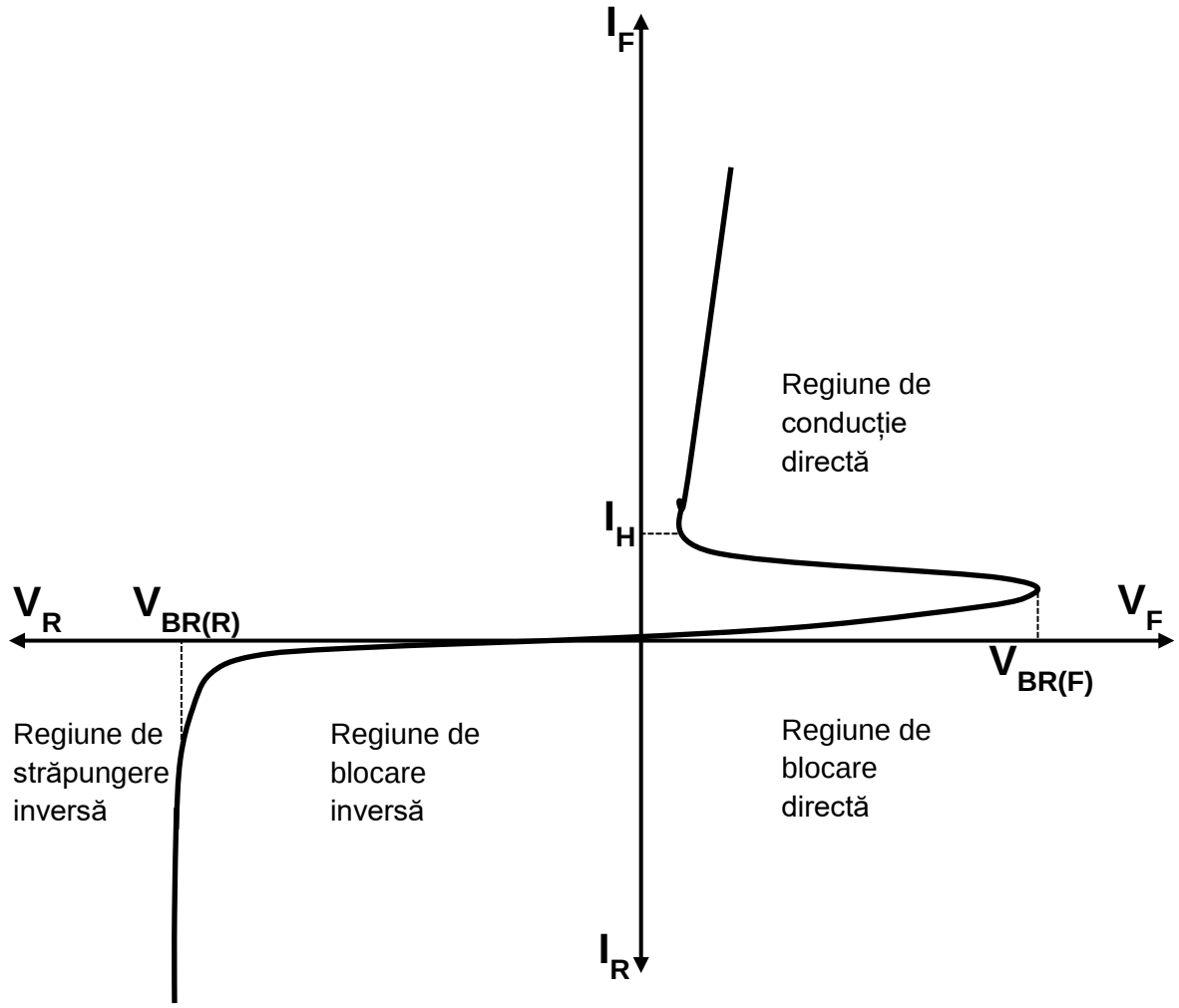


Figura 9.5 Curba de funcționare a tiristorului

9.2.4 IDENTIFICAREA TERMINALELOR TIRISTORULUI.

a. Cu multimetrul

Identific grila (G) - între grilă **(G)** şi catod **(C)** rezistenţa electrică indicată de aparat într-un sens este mică şi în celălalt sens este mare. Între grilă **(G)** şi anod **(A)** în ambele sensuri rezistenţa electrică este f. mare. La unele tiristoare care au o rezistenţă internă între grilă şi catod, multimetrul va indica în ambele sensuri rezistenţă când este conectat între **G** şi **A**.

Conectez tastele aparatului în sensul în care între 2 terminale ale tiristorului rezistenţa electrică este mică. În această situaţie terminalul pe care este tasta **+** a aparatului este grila **G** iar terminalul pe care este tasta **–** a aparatului este catodul **K**.

b. După capsula tiristorului.

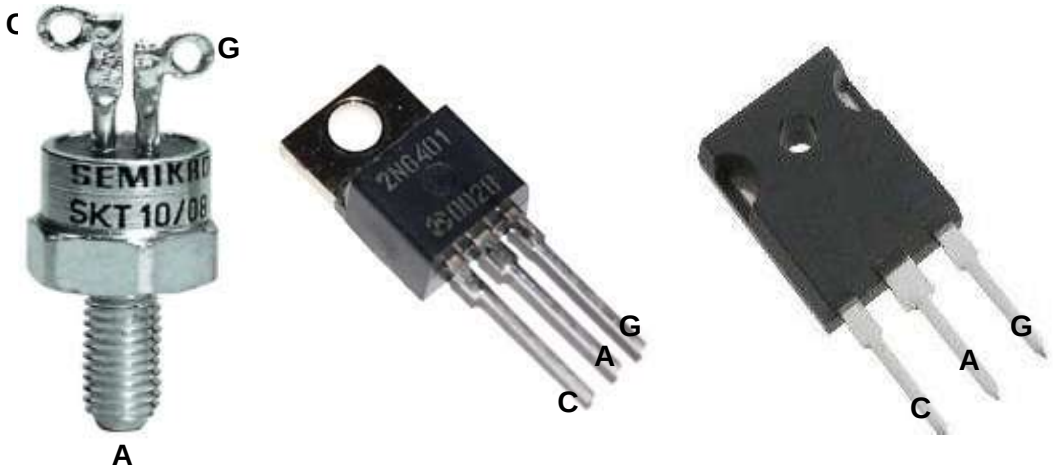


Figura 9.6 Identificarea terminalelor tiristorului în funcţie de tipul capsulei

C – Catod , A – Anod , G – Grilă sau Poartă

9.3. DIACUL ŞI TRIACUL

9.3.1 DIACUL

Diacul este format din cinci straturi succesive semiconductoare **N-P-N-P-N**, care după amorsare poate conduce în ambele sensuri.

Diacul este prevăzut cu două terminale **ANOD 1 (A1)** conectat la prima regiune de tip **N** şi **ANOD 2 (A2)** conectat la ultima regiune de tip **N**.

Diacul este format din două tiristoare conectate în paralel în sensuri opuse (**fig. 9.9**).

a. STRUCTURA ŞI SIMBOLUL DIACULUI.

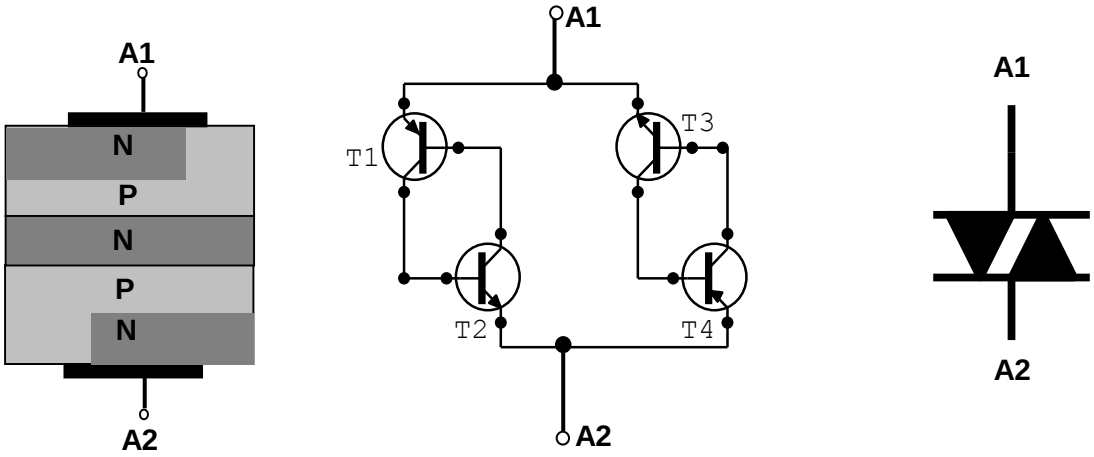


Figura 9.9 Structura şi simbolul diacului

b. FUNCŢIONAREA DIACULUI.

1. Când **A1** este mai pozitiv decât **A2** iar tensiunea dintre **A1** şi **A2** este mai mare decât tensiunea de amorsare (întoarcere) $\mathbf{V_{Bo}}$ - diacul amorsează şi conduce de la **A1** spre **A2** (în acest caz conduc tranzistoarele **T1** şi **T2**)

2. Când **A2** este mai pozitiv decât **A1** iar tensiunea dintre **A21** şi **A1** este mai mare decât tensiunea de amorsare (întoarcere) $\mathbf{V_{Bo}}$ - diacul amorsează şi conduce de la **A2** spre **A1** (în acest caz conduc tranzistoarele **T3** şi **T4**)

Diacul se blochează când curentul scade sub valoarea menţinere $\mathbf{I_H}$

c. UTILIZAREA DIACULUI

Diacul (dioda de curent alternativ) – este utilizat în circuite de curent alternativ. Fiind un dispozitiv de putere mică se utilizează pentru comanda tiristoarelor şi triacelor. Deoarece conduce în ambele sensuri se utilizează în special pentru generarea impulsurilor de comandă ale triacelor.

9.3.2 TRIACUL

Triacul – este un diac cu un terminal de poartă.
Triacul este format din două tiristoare conectate în paralel în sensuri opuse cu terminalul de poartă comun (**figura 9.9**).
Spre deosebire de tiristor, **triacul poate conduce** după amorsare **în ambele sensuri**, în funcţie de modul de polarizare a terminalelor **A1** şi **A2.**

a. STRUCTURA ŞI SIMBOLUL TRIACULUI.

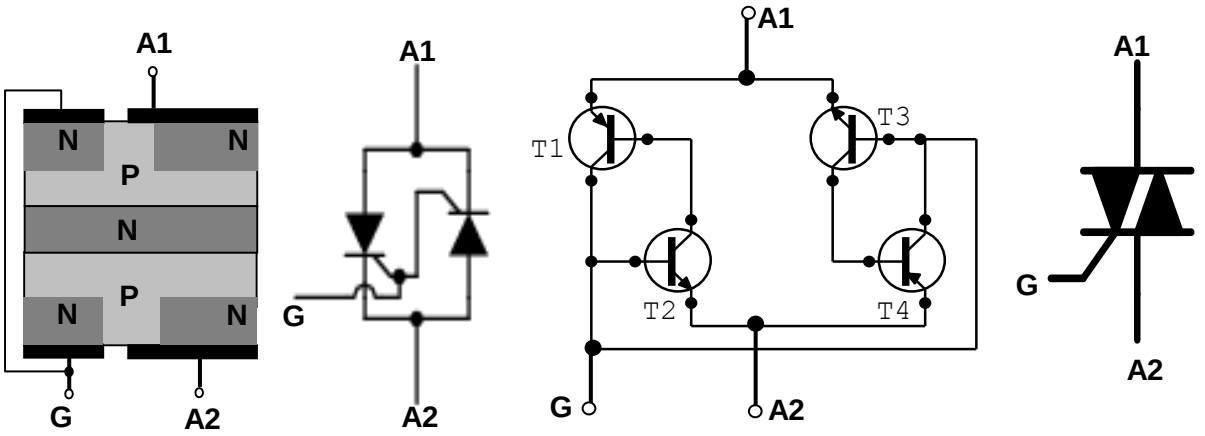


Figura 9.10 Structura şi simbolul triacului

b. FUNCŢIONAREA TRIACULUI.

1. Când **A1** este mai pozitiv decât **A2** iar pe poarta **G** se aplică un impuls pozitiv triacul amorsează şi conduce de la **A1** spre **A2** (în acest caz conduc tranzistoarele **T1** şi **T2**).
2. Când **A2** este mai pozitiv decât **A1** iar pe poarta **G** se aplică un impuls pozitiv triacul amorsează şi conduce de la **A2** spre **A1** (în acest caz conduc tranzistoarele **T4** şi **T3**) **.**

c. IDENTIFICAREA TERMINALELOR TRIACULUI.

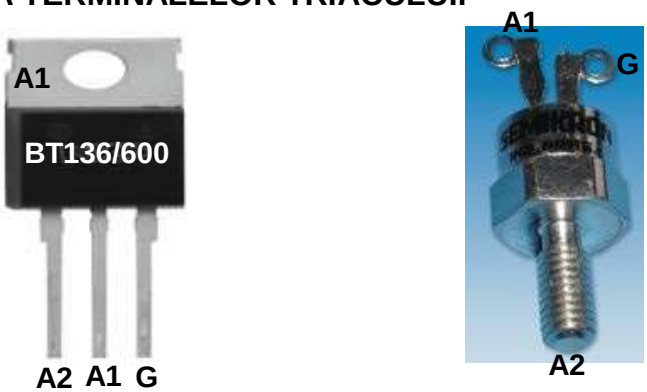


Figura 9.11 Triace

Cu multimetrul se măsoară rezistenţa între **A1** şi **G**.
În ambele sensuri rezistenţa trebuie să fie mică (câteva sute de ohmi).
Între **A2** şi celelalte 2 terminale rezistenţa electrică este foarte mare.