

# TRANZISTORY

- druhy: **1. bipolárne** – využívajú pohyb nosičov nábojov obidvoch polarít – elektrónov aj dier

**2. unipolárne** – sú tranzistory riadené elektrickým poľom

- tranzistor je zložitejšia súčiastka ako dióda, skladá sa z dvoch PN priedchodov

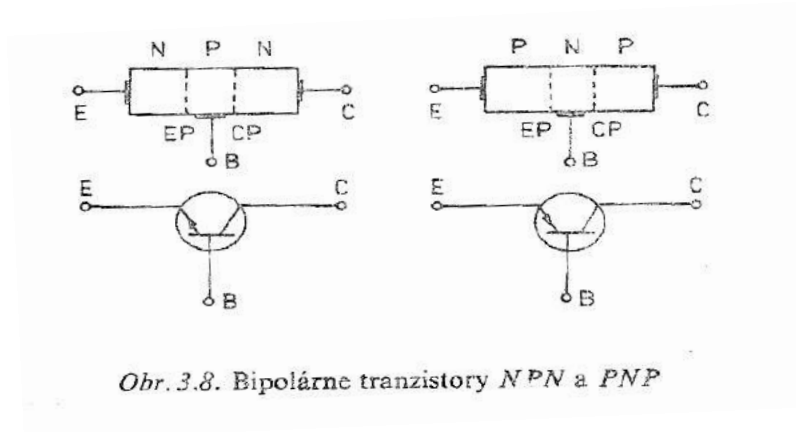
- štruktúra tranzistora sa skladá z 3 oblastí typu P a N, ktoré môžu byť usporiadané v poradí P-N-P - tranzistor PNP a N-P-N – tranzistor NPN

- schematické znázornenie tranzistorových štruktúr:

**EP – emitorový priedchod:** priedchod PN na rozhraní emitorovej a bázovej oblasti

**CP – kolektorový priedchod:** priedchod PN na rozhraní bázovej a kolektorovej oblasti

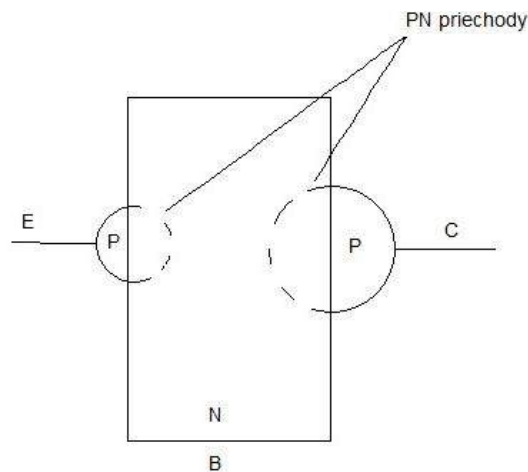
- schematické značky :



- **podmienka vzniku tranzistorového javu** – stredná oblasť – báza musí byť veľmi tenká ( $1 \times 10^{-6}$  m), vtedy všetky tri oblasti môžu vzájomne spolupracovať

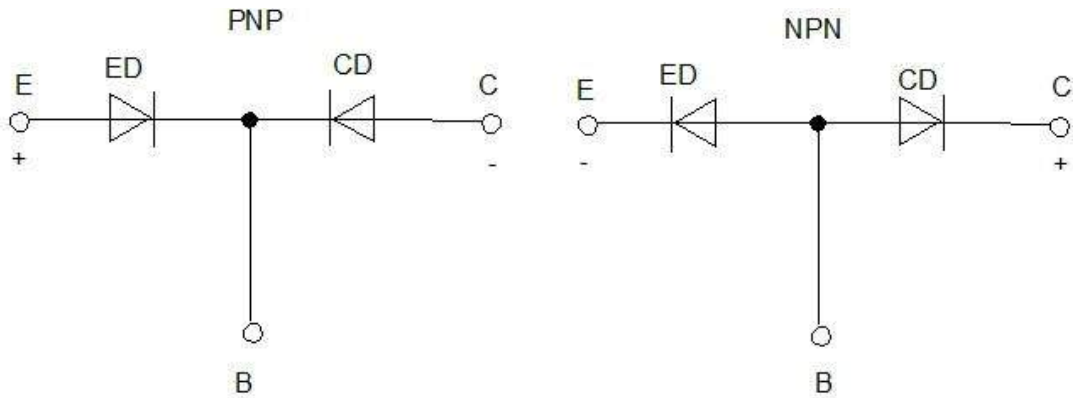
- **podstata tranzistorového javu** - ovplyvňovanie kolektorového prúdu ( $I_C$ ) prúdom báza-emitor ( $I_{BE}$ )

## Technologické zhotovenie bipolárneho tranzistora



- technologicky zhotovíme takýto tranzistor tak, že na protiľahlé strany doštičky polovodiča N nanesieme proti sebe malé množstvá trojmocného prvku
- po jeho roztopení a zliatí s materiálom základnej doštičky sa vytvoria oblasti s vodivosťou P a na rozhraní vzniknú 2 PN priedchody
- zámenou materiálov dostaneme tranzistor NPN
- PN priedchod na strane kolektora je rozmerovo väčší, pretože na strane kolektora sa pracuje s väčšími výkonmi (zosilňovač)

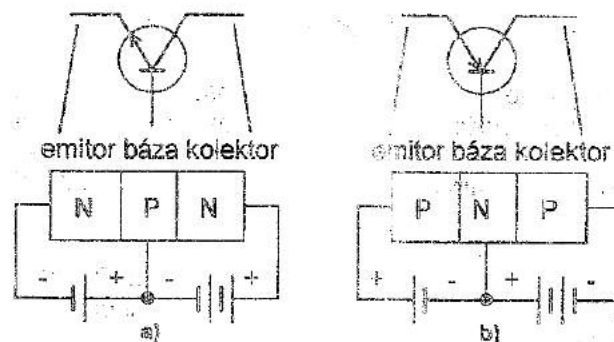
## Náhradné zapojenie tranzistora vzhľadom na vodivosť priedchodov PN



- tranzistor nahradíme dvoma diódami a to kolektorová (CD) a emitorová (ED) – **funkčná skúška bipolárnych tranzistorov**

## Pripojenie tranzistora na vonkajšie napätie

- požadovaná polarizácia priedchodov sa dosahuje pomocou vonkajších zdrojov
- priedchod **emitor – báza** sa polarizuje v **priepustnom smere**
- priedchod **kolektor – báza** sa polarizuje v **nepriepustnom smere**
- značky, usporiadanie a pripojenie tranzistora na vonkajšie napätie:



Obr. 4.9. Značky usporiadanie a pripojenie tranzistora na vonkajšie napätia

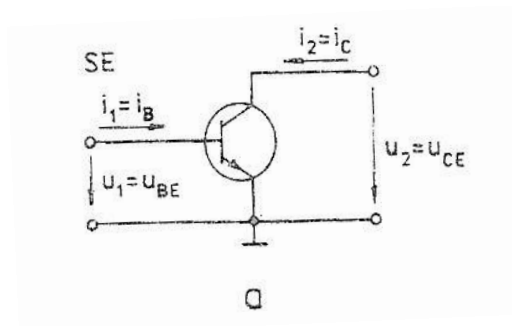
## Základné zapojenie bipolárnych tranzistorov

- zapojenie so spoločným emitorom (SE)
- zapojenie so spoločnou bázou (SB)
- zapojenie so spoločným kolektorom (SC)

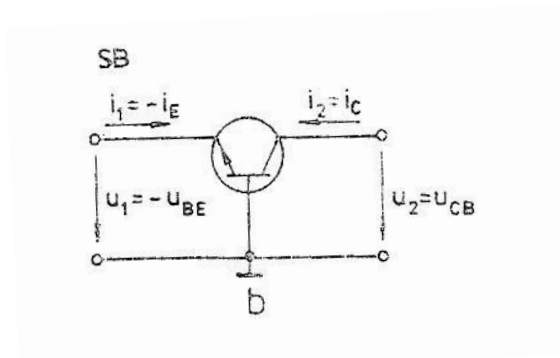
- tranzistor má 3 vývody – emitor, kolektor, báza

- ak je zapojený ako **zosilňovač**, musí mať na vstupe dve svorky aj na výstupe, preto jeden vývod tranzistora musí byť spoločný pre vstupnú a výstupnú stranu

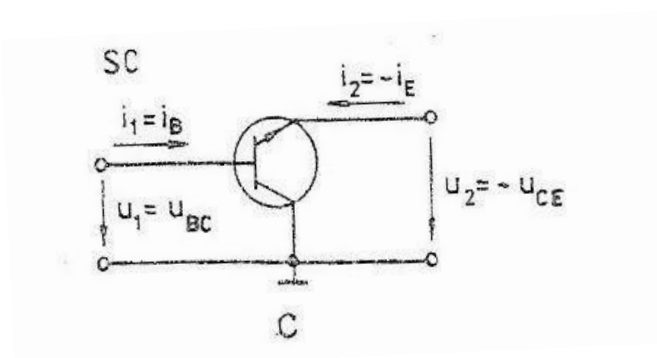
a)



b)

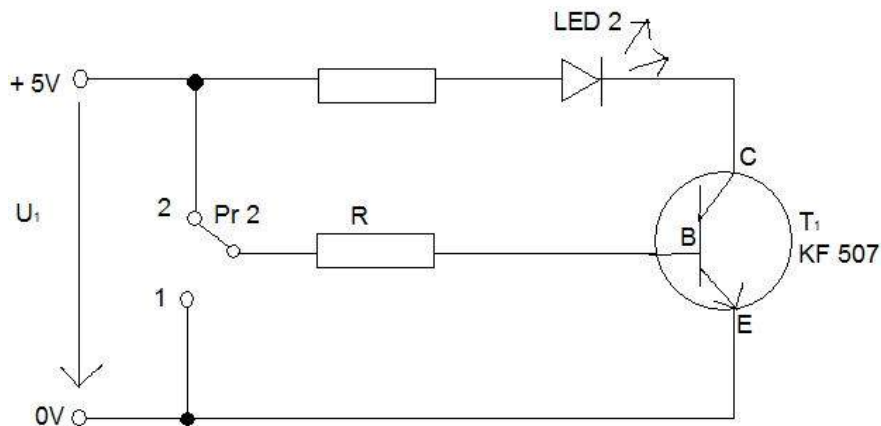


c)



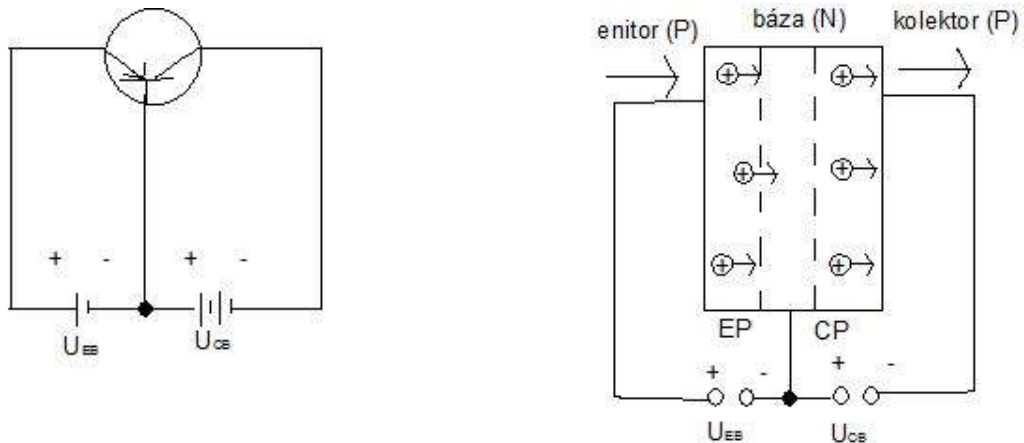
# Využitie bipolárnych tranzistorov

## 1. Zapojenie tranzistora ako spínača



- spínanie tranzistora robíme ovládaním prúdu do bázy
- prepínač dáme do polohy 1, do bázy nepotečie prúd – tranzistor je uzavretý, led dióda nesvieti
- prepínač dáme do polohy 2, na bázu privádzame z kladného pólu zdroja potrebný prúd ( $I_B$ ), ktorý otvorí tranzistor – led dióda sa rozsvieti
- funkciu spínača využívame v rôznych ovládacích a indikačných obvodoch

## 2. Zapojenie tranzistora ako zosilňovača



- na obrázku je zapojenie so spoločnou bázou
- vstupný obvod tvorí emitor – báza, výstupný obvod kolektor – báza
- keď na tranzistor nie je pripojené žiadne napätie, vytvoria sa potenciálové bariéry a prúdy nimi netečú
- po pripojení  $U_{EB}$  sa potenciálová bariéra emitorového priechodu zníži a diery sú tlačené do bázy, prúd nimi preteká
- keďže báza je tenká väčšina dier prenikne ku kolektorovému priechodu a odtiaľ až do výstupu a kolektorovým priechodom tečie prúd
- ak  $U_{KB} \gg U_{EB}$  potom  $P_K \gg P_E$
- ak výstupné napätie je omnoho väčšie ako vstupné napätie tak aj výstupný výkon je omnoho väčší ako vstupný výkon → dosahuje sa zosilňovací účinok

## Charakteristiky a parametre bipolárnych tranzistorov

- v praxi sa najčastejšie používa zapojenie so spoločným emitorom
- vstupné veličiny:  $I_B$ ,  $U_{BE}$
- výstupné veličiny:  $I_C$ ,  $U_{CE}$

### Charakteristiky bipolárneho tranzistora v zapojení so spoločným emitorom

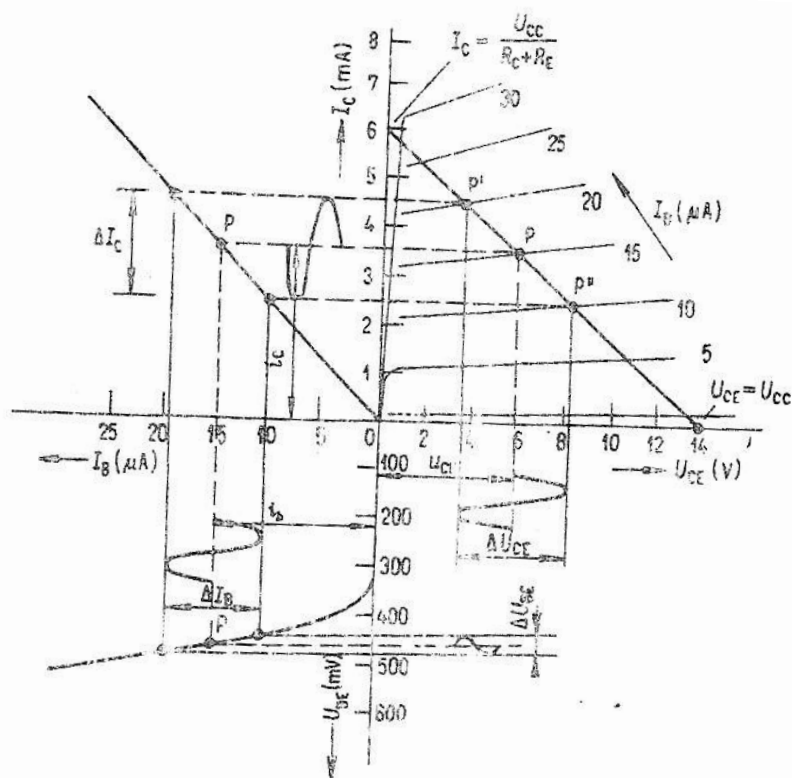
- sú to statické charakteristiky, ktoré znázorňujú vzájomné závislosti prúdov jednotlivých elektród a napätí medzi príslušnými elektródami

- tvorí ju:

**1. Výstupné charakteristiky** – sú to závislosti medzi výstupnými veličinami pričom niektorá vstupná veličina je konštantná

**2. Vstupné charakteristiky** - sú to závislosti medzi vstupnými veličinami pričom niektorá výstupná veličina je konštantná

**3. Prevodové charakteristiky** - sú závislosti medzi vstupnou a výstupnou veličinou, pričom druhá vstupná je konštantná alebo naopak



Obr. 3.4. Činnosť tranzistorového zosilňovača v hybridnej sústave voltampérových charakteristík

## Unipolárne tranzistory

- označujeme ich skratkou **FET** (field – effect – tranzistors)
- sú to tranzistory riadené elektrickým poľom
- existuje celý rad týchto tranzistorov, ktoré sa odlišujú technológiou výroby a spôsobom regulácie vodivosti prúdu

### 1. Tranzistor ovládaný el. poľom s priechodom PN označujeme ho **JFET**

### 2. Tranzistor ovládaný el. poľom s izolačnou vrstvou **MOSFET**

**M** = metal – kov

**O** = oxid – kysličník

**S** = semiconductor – polovodič

- najčastejšie sa používa zapojenie so spoločným emitorom
- v unipolárnom tranzistore je vstupný obvod oddelený od výstupného obvodu
- výkon vo výstupnom obvode riadime iba elektrickým napätím, ktoré privedieme na riadiacu elektródu G vstupného obvodu

## Usporiadanie a činnosť unipolárneho tranzistora

- unipolárny tranzistor tvorí polovodič typu P, na ktorom sú vytvorené 2 oblasti s vodivosťou typu N spojené kanálom s vodivosťou N
- po pripojení napätia  $U_{CE}$  preteká kanálom prúd
- jeho veľkosť ovplyvňuje prierez kanála a koncentráciu voľných elektrónov

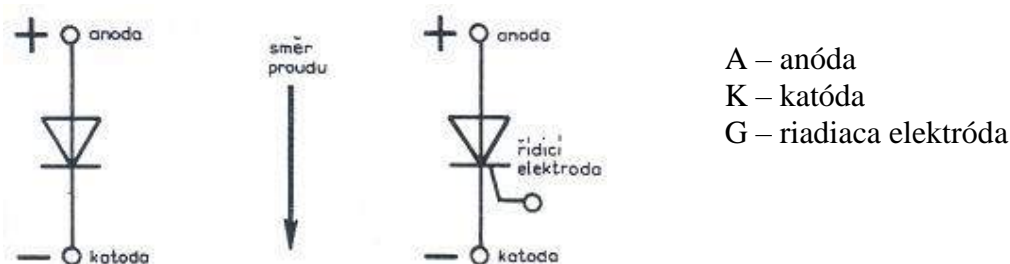
### - výstupný prúd(kolektorový prúd - $I_C$ ) ovládame napätím riadiacej elektródy:

- a. ak  $U_{GE} > 0$  (kladné voči emitoru)** tak vo vodivom kanáli N sa budú koncentrovať elektróny, vodivosť kanála sa zväčší a zväčší sa kolektorový prúd
- b. ak  $U_{GE} < 0$  (záporné voči emitoru)** tak budú do oblasti kanála priťahované diery a vytláčané elektróny  
- koncentrácia elektrónov sa zmenší a zmenší sa aj kolektorový prúd

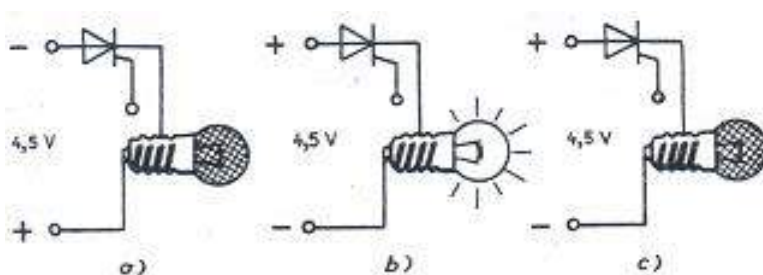
# Spínacie prvky

## Tyristory

- polovodičová súčiastka, ktorá sa podobá dióde ale namiesto 2 vrstiev má 4 vrstvy
- **schematická značka diódy a tyristora:**



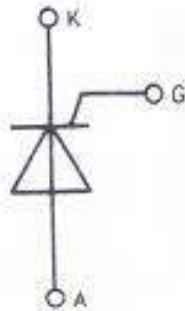
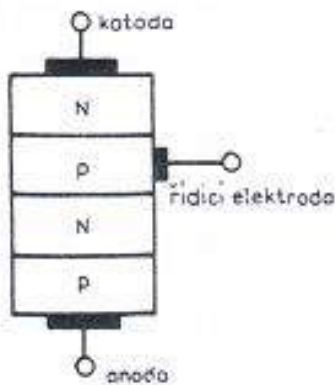
### Prevádzkové stavy tyristora



- Tyristor je polarizovaný záverne** – to je vtedy, keď na anódu A pripojíme záporný pól zdroja, na katódu K kladný pól zdroja » neprepúšťa prúd » žiarovka nesvieti
- Tyristor je polarizovaný v priepustnom smere** – to je vtedy, keď na A pripojíme kladný pól zdroja, na K záporný pól zdroja a na riadiacu elektródu G privedieme napätie » tyristor zopne » žiarovka svieti
- Tyristor blokuje** – blokovací stav, na A pripojíme kladný pól zdroja, na K záporný pól zdroja a na riadiacu elektródu G nepripojíme napätie » žiarovka nesvieti

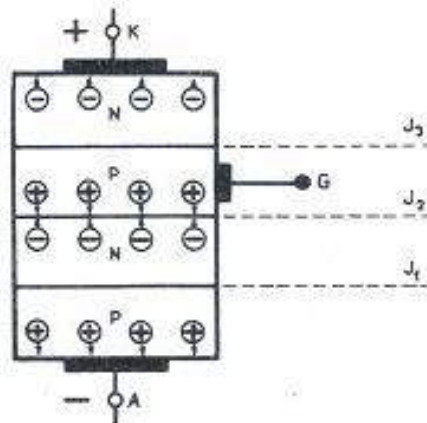
- tyristor sa líši od diódy **blokovacím stavom**

## Štruktúra tyristora



- tyristor má 4 vrstvy rôznej vodivosti
- ma 3 PN priedochy, ktoré sú polarizované v priamom alebo spätnom smere podľa toho aká je polarita napätia

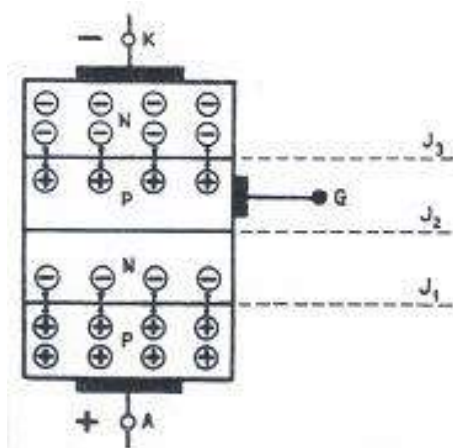
### 1. Záverne polarizovaný tyristor



- ak na A pripojíme záporný pól zdroja a na K kladný pól zdroja, nastáva pohyb nosičov nábojov
- priedochy  $J_1$  a  $J_3$  sú polarizované **záverne** (sú ochudobnené o nosiče)
- priedoch  $J_2$  je polarizovaný **priepustne** (je obohatený o nosiče)
- pretože priedoch  $J_1$  je polarizovaný záverne, tyristorom neprechádza prúd » **tyristor je polarizovaný v závernom smere**

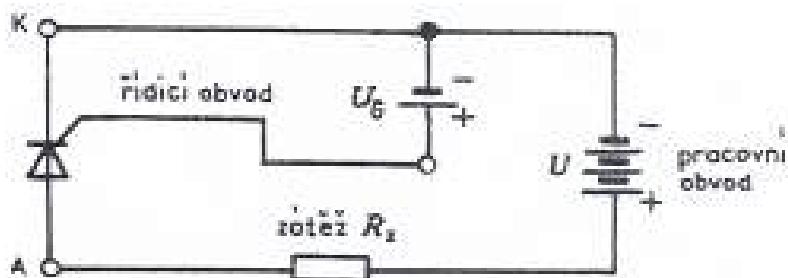


## 2. Blokovací stav tyristora



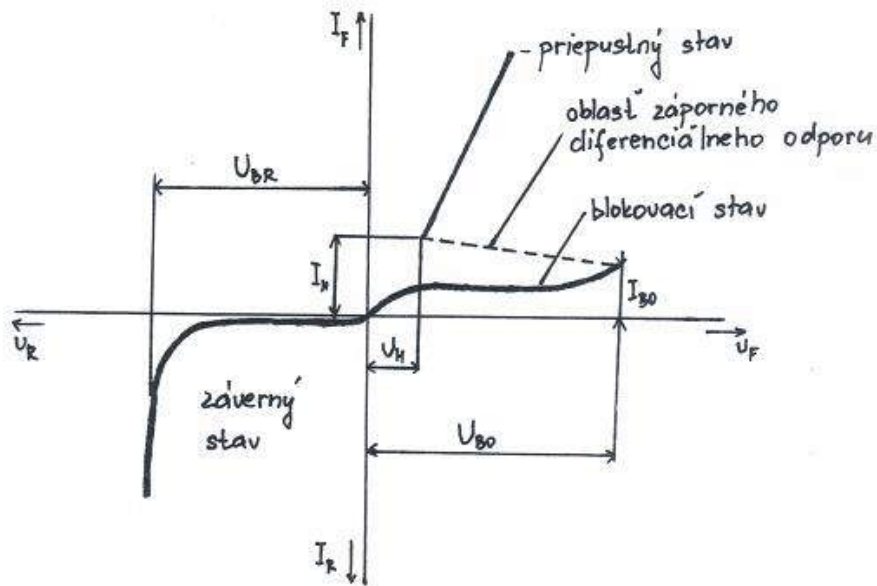
- ak na A pripojíme kladný pól zdroja a na K záporný pól zdroja, nastáva pohyb nosičov nábojov
- priedochy **J<sub>1</sub>** a **J<sub>3</sub>** sú polarizované v **priepustnom smere**
- priedoch **J<sub>2</sub>** je polarizovaný **záverne**
- vzhľadom na pôsobenie priedochu **J<sub>2</sub>** nemôže ani teraz tyristorom prechádzať prúd » **tyristor blokuje**

## 3. Priepustný stav tyristora



- prechod z blokovacieho stavu do priepustného sa nazýva **zopnutie tyristora:**
- na riadiaci obvod pripojíme riadiace napätie tak, že na riadiacu elektródu G pripojíme kladný pól zdroja
- riadiace napätie vyvolá v riadiacej elektróde prúd  $I_G$
- okamžité zopnutie závisí od veľkosti prúdu  $I_G$
  
- **vypínanie tyristora:**
- prechod tyristora z vodivého do nevodivého stavu si vyžaduje zásah v pracovnom obvode tyristora
- nevodivý stav tyristora nastane, ak tyristorom neprechádza prúd (preušíme pracovný obvod)
- na tyristor pripojíme záverné napätie (vymeníme polaritu zdroja v pracovnom obvode)

## VA charakteristika tyristora



$U_{BR}$  - prierazné napätie  
 $U_{B0}$  - spínacie napätie  
 $I_{B0}$  - spínací prúd  
 $U_H$  - prídržné vratné napätie  
 $I_H$  - prídržný vratný prúd

### Záverná charakteristika:

- popisuje správanie tyristora v závernom smere
- tyristorom tečie len veľmi malý prúd
- ak záverné napätie  $U_R$  dosiahne hodnotu prierazného napätia  $U_{BR}$ , záverný prúd prudko vzrastie a tyristor sa zničí

### Blokovacia charakteristika:

- je charakterizovaná tým, že aj pri zvyšovaní priepustného napätia  $U_F$  až do hodnoty spínacieho napätia  $U_{B0}$  zostáva priedoch  $J_2$  polarizovaný v závernom smere
- prúd je veľmi malý a priebeh VA charakteristiky je rovnaký ako v závernom smere

### Oblasť záporného diferenciálneho odporu:

- po dosiahnutí spínacieho napätia  $U_{B0}$  nastáva nedeštruktívny prieraz priedochu  $J_2$
- prúd z hodnoty  $I_{B0}$  narastie na hodnotu  $I_H$

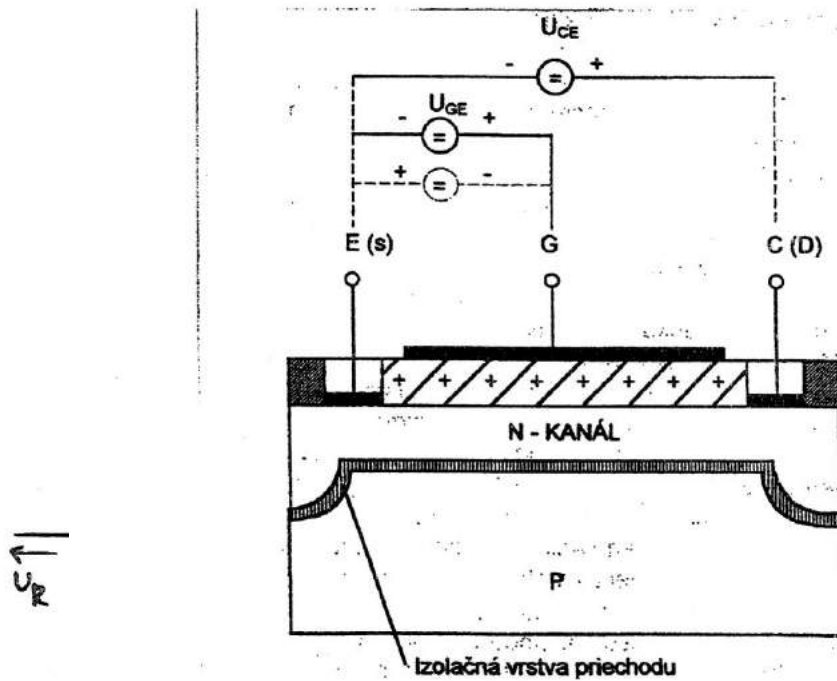
### Priepustná charakteristika:

- priedoch  $J_2$  je vodivý, preto tyristorom môže prechádzať prúd

## Použitie tyristorov v elektrických obvodoch

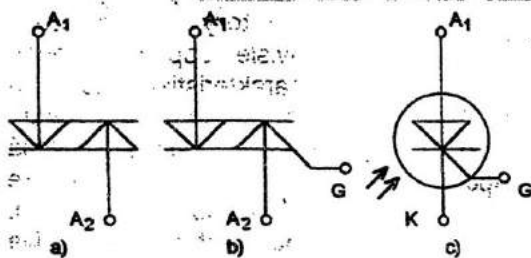
- spínač striedavého napätia, riadený jednocestný usmerňovač, impulzný jednosmerný menič, striedač

# VOLTAMPÉROVA CHARAKTERISTIKA TYRISTORA



Obr. 4.12 Usporiadanie unipolárneho tranzistora

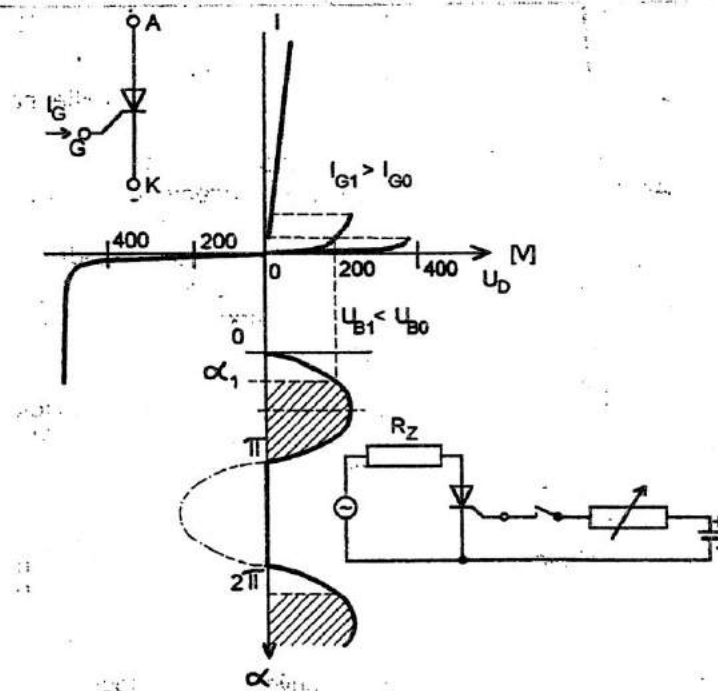
stav  
porného  
áľneho odporu  
ú stav



obr. 4.14.

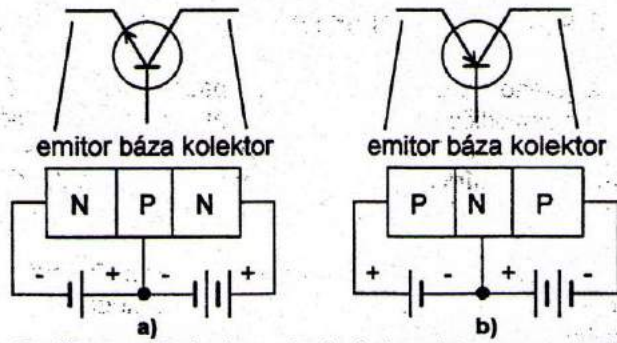
Obr. 4.14 Značky pre:  
a) diak,  
b) triak,  
c) fototyristor

$U_{BR}$  - prie  
 $U_{BO}$  - spín  
 $I_{BO}$  - spín  
 $U_H$  - prie  
 $I_H$  - prie

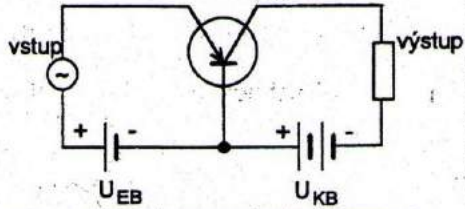


Obr. 4.13 Tyristor - označenie - voltampérová charakteristika - regulovaný usmerňovač

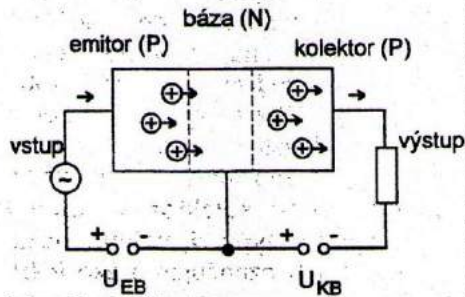




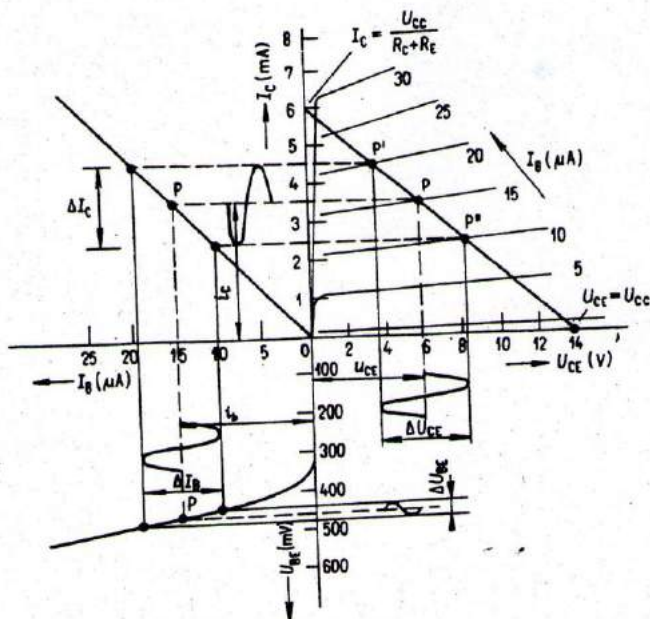
Obr. 4.9. Značky usporiadanie a pripojenie tranzistora na vonkajšie napätia



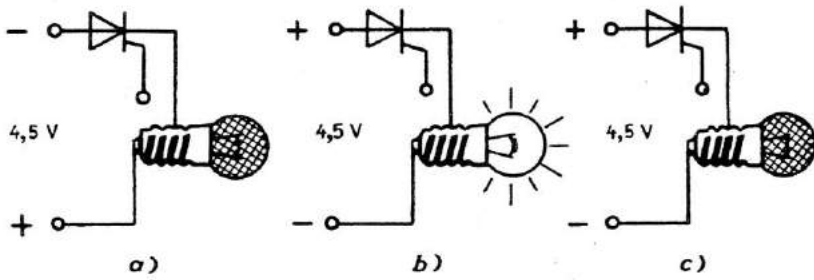
Obr. 4.10. Zapojenie tranzistora ako zosilňovača



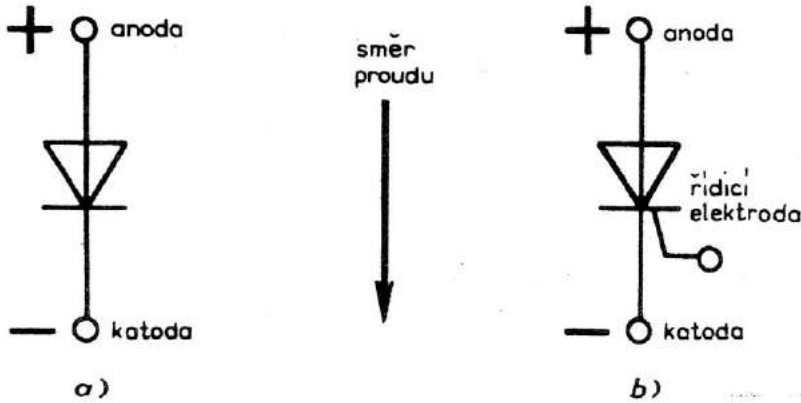
Obr. 4.11. Činnosť tranzistora ako zosilňovača



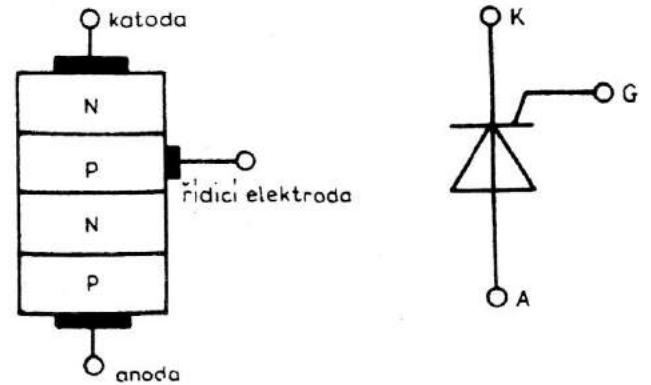
Obr. 3.4. Činnosť tranzistorového zosilňovača v hybridnej sústave voltampérových charakteristik



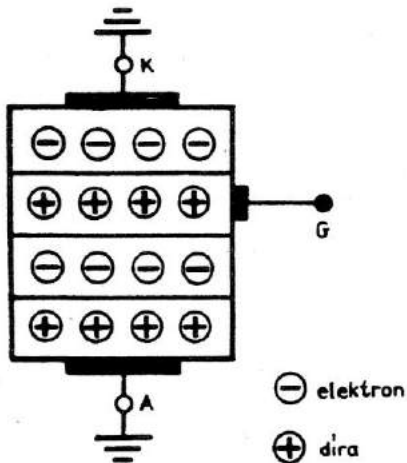
Obr. 166. Provozní stavy tyristoru



Obr. 164. Značka diody a tyristoru

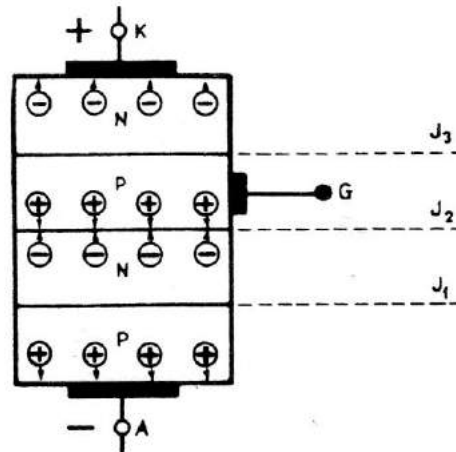


Obr. 167. Struktura tyristoru

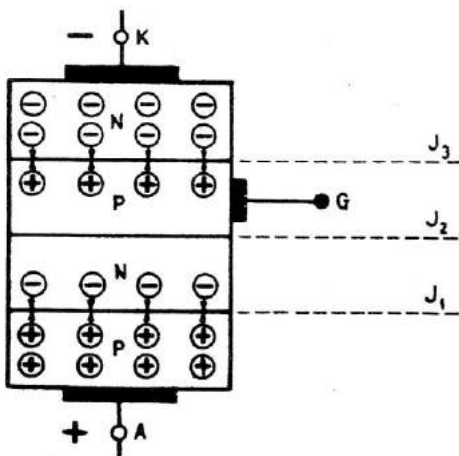


⊖ elektron  
⊕ díra

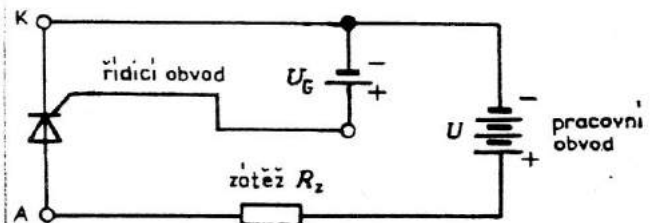
Obr. 169. Nosiče nábojů ve struktuře tyristoru, na který není přivedeno napětí



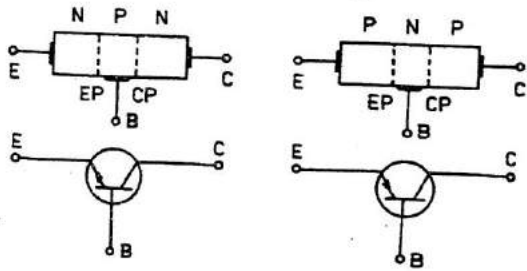
Obr. 170. Nosiče nábojů v závěrně polarizovaném tyristoru



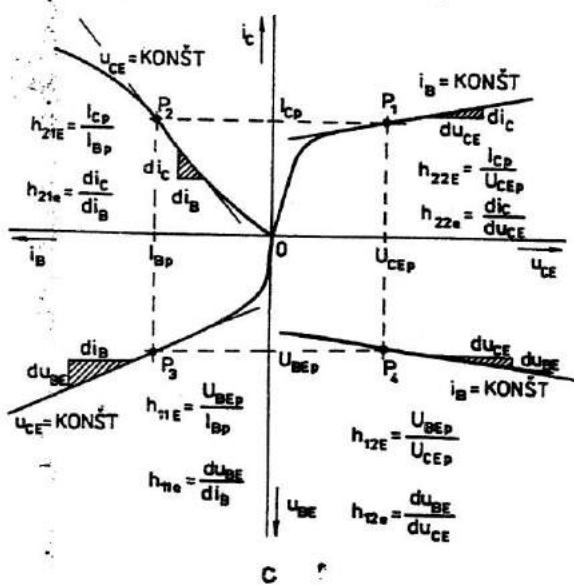
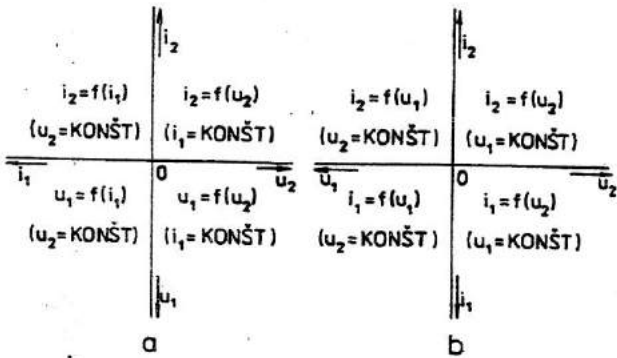
Obr. 171. Nosiče nábojů v tyristoru, který se nachází v blokovačím stavu



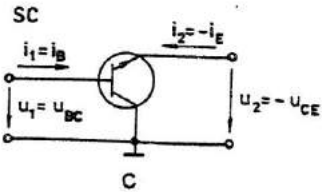
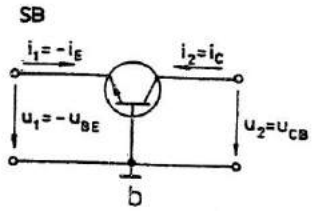
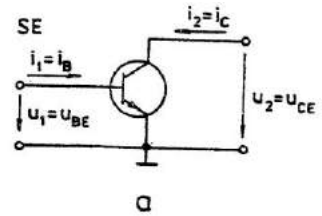
Obr. 172. Řídicí obvod tyristoru



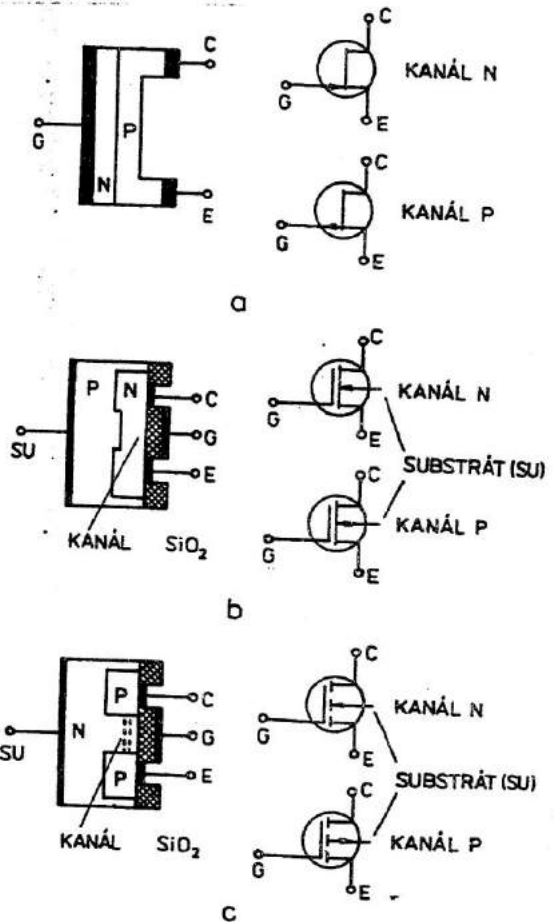
Obr. 3.8. Bipolárne tranzistory NPN a PNP



Obr. 3.12. Charakteristiky VA a parametre bipolárneho tranzistora



Obr. 3.11. Základné zapojenia bipolárneho tranzistora



Obr. 3.14. Unipolárne tranzistory JFET a MOSFET