

## 10. Tranzistor



Tranzistor patří k důležitým polovodičovým součástkám. Jedná se o třívrstvou polovodičovou součástku se třemi vývody, která má zesilovací schopnost. Základní materiály při výrobě tranzistorů jsou křemík a germanium. Podle technologie výroby rozlišujeme dva druhy tranzistorů- **unipolární a bipolární**.

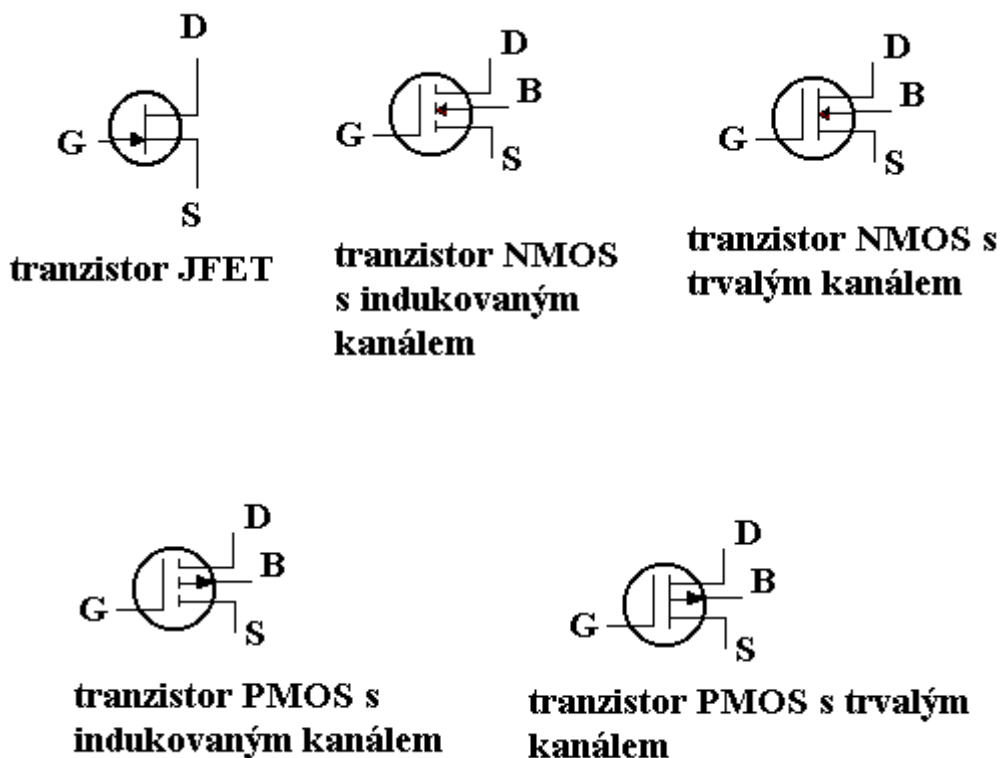
U **unipolárních** tranzistorů se na vedení proudu podílí jeden typ nosičů- většinové nosiče a aktivní oblastí je značná část tranzistoru. Jsou založeny na řízení pohybu nosičů náboje elektrickým polem, přičemž vedení proudu se uskutečňuje v tzv. kanále jedním typem nosičů- většinovými elektrony nebo dírami. Užívá se pro ně zkratka FET. Vodivost tohoto tranzistoru je řízena dvojím způsobem:

- Změnou průřezu vodivého kanálu rozšiřováním přechodu PN nebo MS.
- Změnou koncentrace většinových nosičů v kanále.

V současnosti se rozdělují unipolární tranzistory do tří základních typů:

- Tranzistory s přechodovým hradlem označované zkratkou JFET.
- Tranzistory s izolovaným hradlem označované IGFET (v praxi IGFET nebo zkráceně MOS)
- Tenkovrstvé tranzistory s izolovaným hradlem TFT. Ty v poslední době nachází uplatnění v plochých televizních obrazovkách.

Protože je proud v unipolárních tranzistorech přenášen majoritními nosiči, jsou tyto prvky odolnější vůči změnám teploty a dopadajícímu ionizujícímu záření než bipolární tranzistory. Pro nepřítomnost menšinových nosičů jsou zapínací a vypínací body unipolárních struktur dány především parazitními kapacitami, které musí být nabity a vybity při každém sepnutí a vypnutí. Tyto kapacity jsou teplotně nezávislé. To je výhoda oproti bipolárním součástkám. Nesetkáváme se u nich s jevy akumulace (hromadění) menšinových nosičů a jejich postupnou rekombinací. Na obrázku máme schematické značky a popis vývodů (obr. 18).



Obr. 18 Schematické značky unipolárních tranzistorů

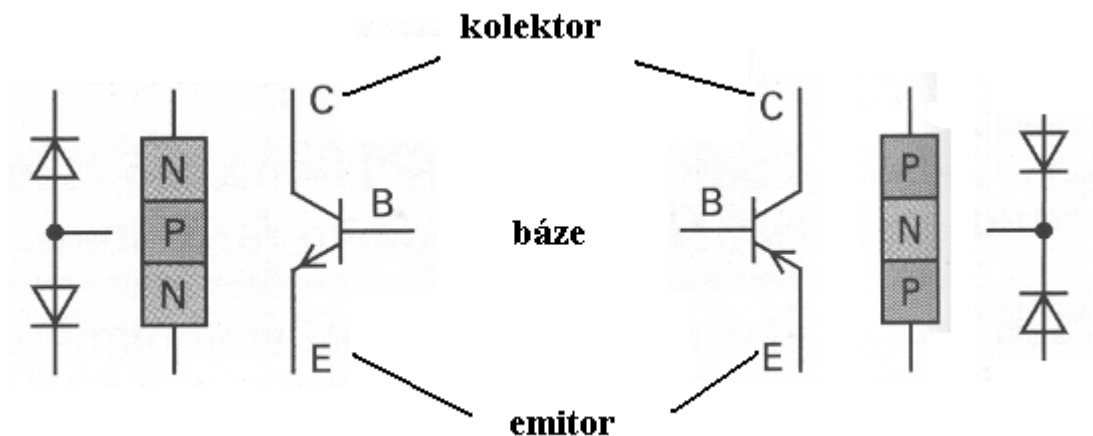
S (source) – zdroj, emitor

G(gate)- řídicí elektroda

D(drain)- odtok, sběrná elektroda, kolektor

B- báze(většinou spojení s G)

U **bipolárních** tranzistorů se na vedení el. proudu podílejí oba typy nosičů tzv. většinové i menšinové. Aktivní částí tranzistoru je jen jeho malá část- přechody a přilehlé oblasti přechodů. Jsou založeny na principu injekce (vstřikování) a extrakce(odsávání) nosičů náboje. Jedná se o třívrstvou polovodičovou součástku, která v podstatě představuje antisériovou kombinaci přechodů PN uspořádaných v jediném monokrystalu tak, že jedna z oblastí je oběma přechodům společná. Tato oblast se nazývá **báze (B)**. Další dvě oblasti jsou opačným typem vodivosti než báze a nazývají se **emitor (E)** a **kolektor (C)**. Podle uspořádání vrstev rozlišujeme dva typy těchto tranzistorů: **PNP a NPN**. (obr. 19).

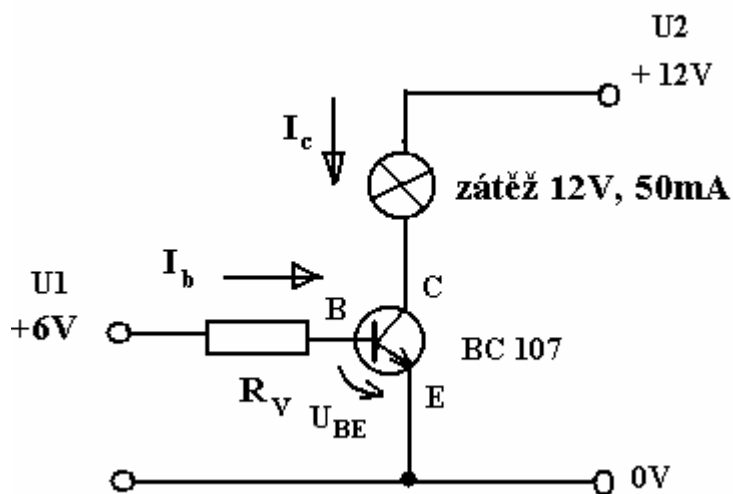


Obr. 19 Bipolární typy tranzistorů (znázornění analogie s diodami, pořadí vrstev a schematické značení)

Použití tranzistoru v obvodech:

- Jako elektronické spínače.
- Jako nízkofrekvenční zesilovače.
- Stabilizátory napětí.

Tranzistory mohou být v obvodu zapojeny třemi různými způsoby: **zapojení se společnou bází**, **zapojení se společným kolektorem** a **zapojení se společným emitorem**. V praxi se nejčastěji používá zapojení se společným emitorem .protože při tomto zapojení dochází ke napět'ovému i proudovému zesílení . Na obrázku máme zapojení tranzistoru jako spínače (obr. 20).



Obr. 20 Tranzistor zapojený jako spínač

**U<sub>1</sub>- vstupní napětí**

**U<sub>2</sub>- provozní napětí**

**U<sub>BE</sub>- napětí báze- emitor**

**U<sub>Besat</sub>- saturační napětí báze- emitor**

**I<sub>c</sub>- proud kolektoru**

**I<sub>B</sub>- proud báze**

**B<sub>min</sub>- minimální poměr stejnosměrných proudů**

**R<sub>v</sub> – předřadný odpor báze**

**R<sub>L</sub> – odpor zátěže**

Prochází-li proud tranzistorem, je roven součet proudů I<sub>B</sub> a I<sub>C</sub> proudu emitoru:

$$I_e = I_B + I_C$$

Další parametr je **napětí báze- emitor tzv. řídicí napětí**. Toto napětí U<sub>BE</sub> musí být větší než prahové napětí odpovídajícího polovodičového materiálu. Např. u křemíku může být až 0,8 V. Pokud toto napětí nepřesahuje příslušnou hranici, je tranzistor zavřen.

U tranzistoru jako spínače jsou jen dva provozní stavy- tranzistor vede(je otevřen) nebo nevede (je zavřen). Otevřený tranzistor má mezi kolektorem a emitorem malý odpor. Zavřený tranzistor má mezi kolektorem a emitorem velký odpor. Tím je zátěž připojena nebo odpojena. Pokud připojíme k tranzistoru vstupní napětí U<sub>1</sub>, prochází bází proud I<sub>b</sub>. Proud báze řídí v tranzistoru proud kolektorový I<sub>c</sub>, který prochází zátěží. Proud báze je tranzistorem zesílen, a proto je to spínací zesilovač. Proud kolektoru je funkcí proudu báze I<sub>c</sub> = f(I<sub>B</sub>).

V praxi je třeba určit hodnotu R<sub>v</sub>, který omezuje proud do báze. Základním parametrem tranzistoru je **proudový zesilovací činitel** :

$$h_{21E} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \text{ při } U_{CE} = \text{konst.}$$

Veličina  $\Delta I_c$  je změna kolektorového proudu způsobená změnou proudu do báze  $\Delta I_B$ , při konstantním napětí U<sub>CE</sub> mezi kolektorem a emitorem. Parametr **h<sub>21E</sub>** je u běžných hodnota řádově asi 10<sup>2</sup>. Jeho hodnotu pro různé typy tranzistorů nalezneme v katalogu součástek (např.katalog GM ELECTRONIC).

Minimální proud báze I<sub>Bmin</sub>, který je nutný k zapnutí je možno přečíst z výstupní charakteristiky. Lze ho spočítat i z hodnot v katalogu.(hodnoty h<sub>21E</sub> a I<sub>c</sub>). K bezpečnému sepnutí tranzistoru se používá proud **I<sub>B</sub> = k . I<sub>Bmin</sub>**. Přičemž k je činitel přebuzení. Volí se 2 až

5, čímž se zaručí jisté a rychlé zapnutí. Protože tranzistor není ideální spínač, zůstává mezi emitorem a kolektorem zbytkové napětí  $U_{CEsat}$  asi 0,2V.

Platí:

$$I_c = \frac{U_V - U_{CEsat}}{R_L}$$

$$I_B = \frac{k \cdot I_c}{B_{\min}}$$

$$R_v = \frac{(U_1 - U_{BEsat}) \cdot B_{\min}}{k \cdot I_c}$$