

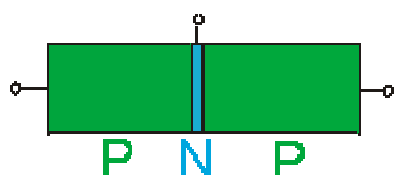
Bipolární tranzistor



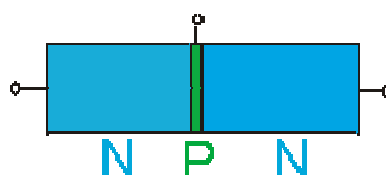
- Jak zesílit napětí nebo proud z antény rádiového přijímače?
 - Lze udělat i jiný než mechanický spínač?
 - Jak elektronicky počítat?

Princip:

Bipolární tranzistor je základní polovodičová součástka, která obsahuje dva PN přechody. Tyto přechody jsou od sebe odděleny tenkou vrstvou polovodiče. Výsledná struktura tranzistoru vypadá takto.



Tranzistor typu PNP



Tranzistor typu NPN

Schematické značky:

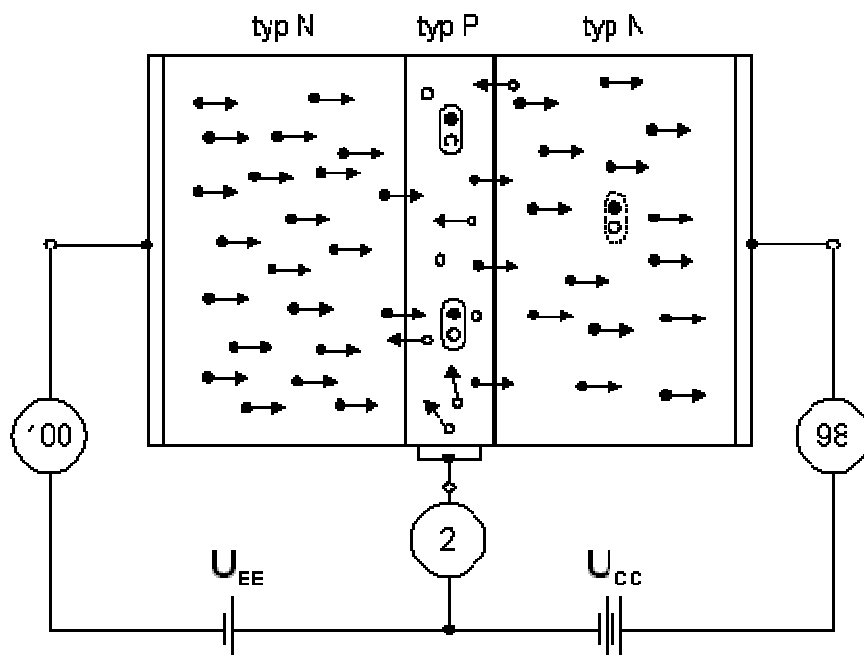
Tranzistor typu NPN:



Tranzistor typu PNP:



Vezmeme tranzistor typu NPN.



obr. 1

Základní zapojení bipolárního tranzistoru je na obrázku 1. Levý PN přechod je pólován v propustném směru vůči střední části a pravý vůči téže části v závěrném směru. Vnější elektrodu tranzistoru přiléhající k přechodu pólovanému v propustném směru nazýváme emitorem (v tomto případě je to levá část), střední část bází a zbývající elektrodu kolektorem. Plocha kolektoru bývá podstatně větší než plocha emitoru, v emitoru bývá více příměsí a v kolektoru méně.

Jelikož přechod emitor-báze je v propustném směru, majoritní nosiče náboje (zde elektrony) přechází z emitoru do báze. V blízkosti přechodu emitor-báze se v bázi vytváří zvýšená koncentrace elektronů. Největší je těsně u přechodu k emitoru, směrem od přechodu se koncentrace elektronů snižuje. Jelikož je báze velmi tenká, jen malá část elektronů zrekombinuje. Zbývající část se vzhledem k malé tloušťce báze nalézá v blízkosti přechodu do kolektoru. Tento přechod je v závěrném směru, ale pro majoritní nosiče v bázi, tedy díry. Elektrony jsou v bázi minoritními nosiči a proto je pro ně tento přechod propustný, kladný náboj příměsí v kolektoru je přitahuje a tak všechny přechází přes PN přechod do kolektoru.

Elektrony, které byly původně v emitoru, se takto dostaly přes dva PN přechody do kolektoru - přes tranzistor protéká proud. Teče-li bázi elektronový proud, je nutné do báze dodávat díry na rekombinaci těch elektronů, které v bázi zrekombinují; tento děrový proud tedy tvoří proud báze. Vzhledem k tomu, že v bázi zrekombinuje jen malé procento z celkového proudu elektronů, je bázevý proud malý ve srovnání s proudem, který teče cestou emitor-báze-kolektor.

Kromě složky kolektorového proudu tvořené elektrony, které prošly bázi od emitoru, existuje ještě jedna složka a to závěrný proud kolektorové diody (přechod báze - kolektor), tvořený minoritními nosiči v bázi a v kolektoru. Pro kolektorový proud můžeme tedy napsat rovnici - základní rovnici tranzistoru

$$I_k = I_{k0} + \alpha I_e,$$

kde I_k je celkový proud kolektoru, I_{k0} zbytkový proud diody báze-kolektor, α proudové zesílení tranzistoru v zapojení se společnou bázi a I_e emitorový proud. Kromě této rovnice musí proudy I_k , I_b a I_e splňovat 1. Kirchhoffův zákon, tedy

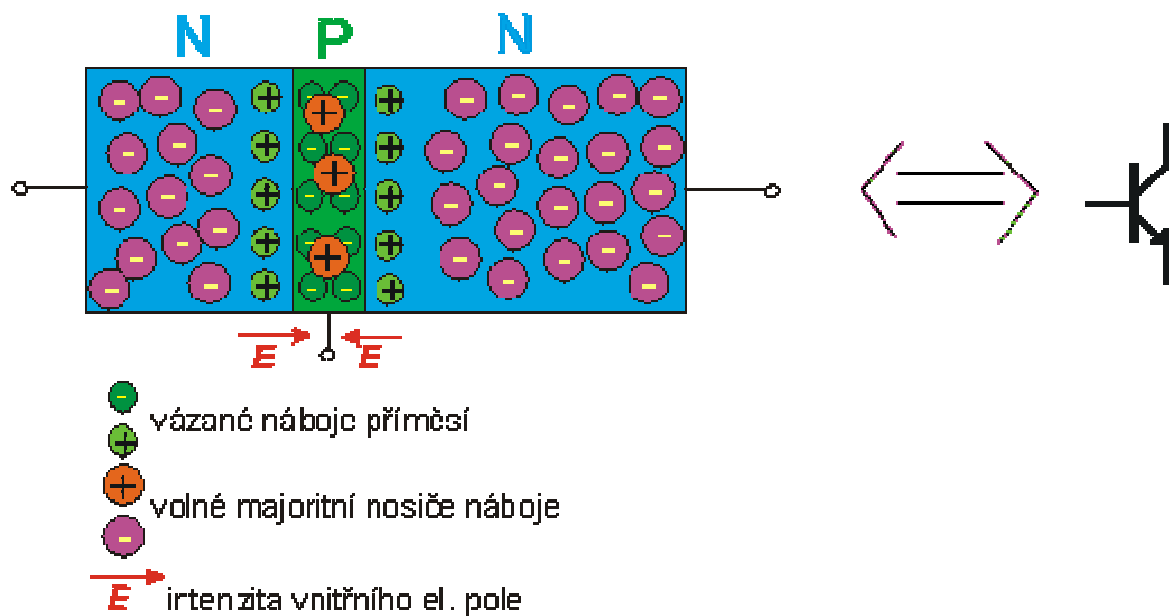
$$I_e = I_b + I_k,$$

kde I_b je proud bází. Zdálo by se, že proud I_{k0} bychom mohli zanedbat vzhledem ke složce od emitoru, ale nejde to, neboť jednak I_e může být rovno nule a pak I_{k0} tvoří jedinou složku kolektorového proudu, jednak při překročení maximálního závěrného napětí diody kolektor-báze dojde k průrazu kolektorové diody (nemusí být nutně destruktivní) a "zbytkový" proud I_{k0} pak bude tvořit převažující složku kolektorového proudu.

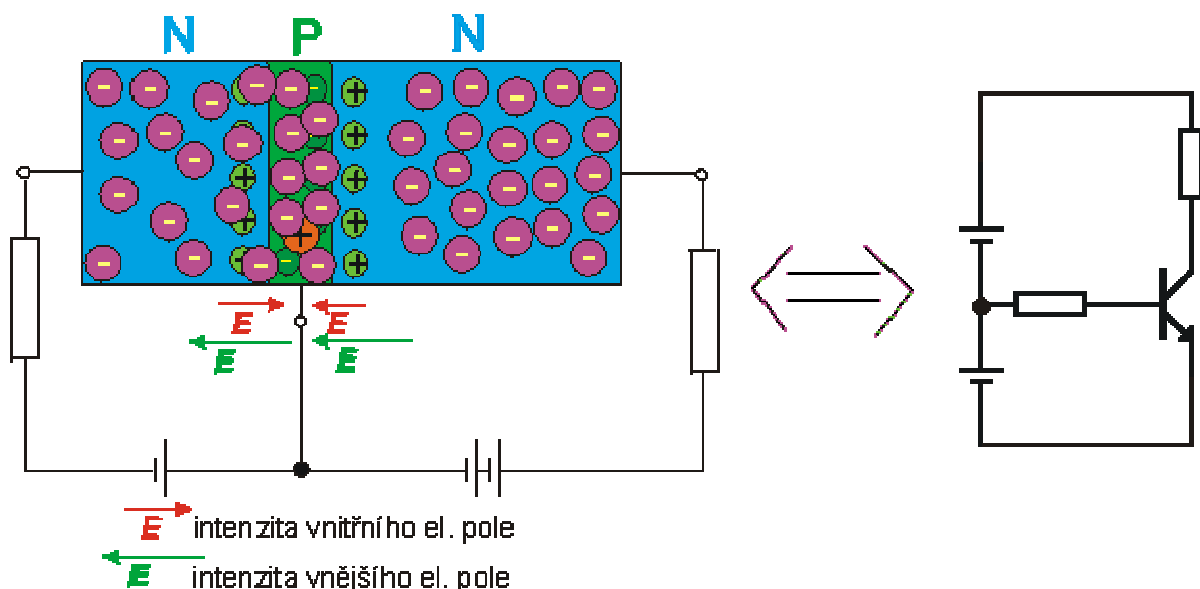
Koeficient α proudového zesílení tranzistoru v zapojení se společnou bázi je paradoxně menší než jedna. Má standardně hodnoty okolo 0.99 u běžných "dobrých" křemíkových tranzistorů, ale může dosáhnout i hodnoty okolo 0.999.

Podle čeho rozeznáváme zapojení se společným emitorem, kolektorem a bázi? Podle toho, která elektroda je společná "budicímu" a výstupnímu obvodu; na obrázku 1 je to báze.

Rozeberme si toto ještě jednou s pomocí obrázků.



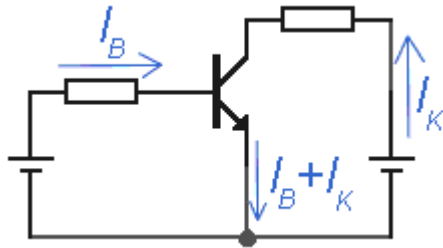
obr. 2: Tranzistor nepřipojený do obvodu



obr. 3: Tranzistor zapojený do obvodu. Jelikož levý přechod (emitor-báze) je v propustném směru, dostávají se elektrony do báze. Tam sice některé zrekombinují, ale většina se dostává do kolektoru, jelikož přechod báze-kolektor je pro ně jako minoritní nosiče v bázi v propustném směru. Nezapomeňte, že na elektron jako zápornou částici působí síla, která má směr opačný než je směr intenzity elektrického pole.

Zapojení se společným emitorem

Zapojení tranzistoru se společným emitorem je na obrázku 4.



obr. 4: Zapojení tranzistoru se společným emitorem

Budicím obvodem je, obdobně jako v případě zapojení se společnou bází, obvod báze-emitor, výstupním obvodem je ale obvod kolektor-báze-emitor. Budicím proudem je proud do báze, I_b , výstupním proudem proud kolektoru, I_k . Ze soustavy dvou [výše uvedených rovnic](#), tj.

1) $I_k = I_{k0} + \alpha I_e$ základní rovnice tranzistoru

2) $I_e = I_b + I_k$ Kirchhoffův zákon,

si vyjádříme proud I_k jako funkci proudu I_b (závislost proudu I_k na I_b).

$$I_k = I_{k0} + \alpha I_e$$

$$I_e = I_b + I_k$$

$$I_k = I_{k0} + \alpha (I_b + I_k) \Rightarrow I_k = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_b + \frac{I_{k0}}{1-\alpha} = \beta I_b + I_{k0}'$$

Kirchhoffův zákon platí ve stejné podobě jako pro zapojení se společnou bází, tj. $I_e = I_b + I_k$ ([viz obr. 4](#)).

Zde jsme označili

$$\beta = \alpha / (1-\alpha)$$

a $I_{k0}' = I_{k0} / (1-\alpha) = (\beta+1)I_{k0}$.

Koeficient β nazýváme proudové zesílení tranzistoru v zapojení se společným emitorem a I_{k0}' zbytkovým proudem tranzistoru v zapojení se společným emitorem. V katalogu je obvykle uváděn koeficient β a I_{k0} . Můžete se také setkat s označením h_{21b} místo α a h_{21e} místo β .

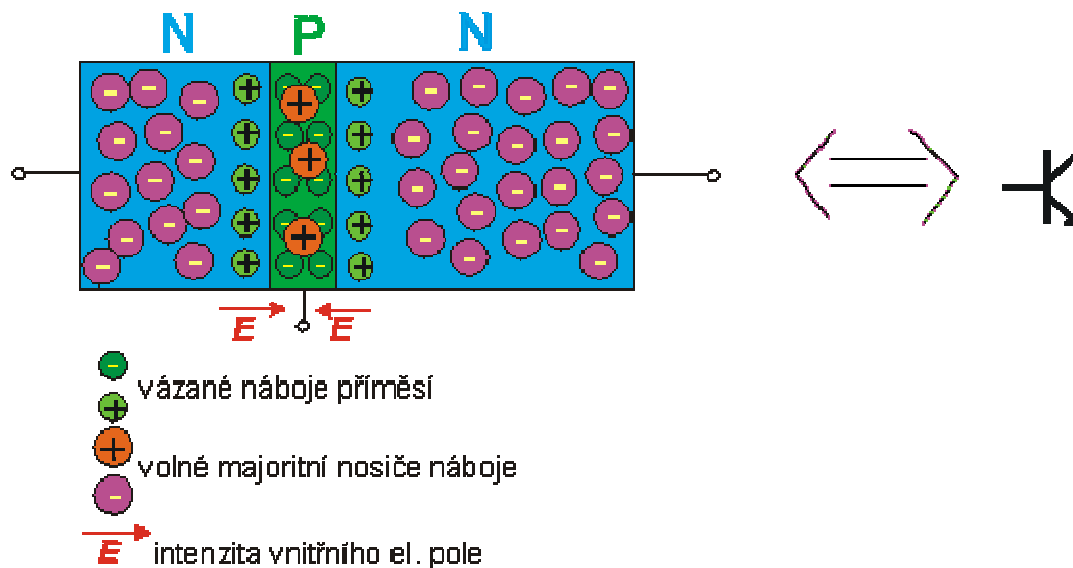
Zapojením tranzistoru se společným emitorem jsme získali velký koeficient proudového zesílení

$$\beta \in \alpha / (1-\alpha),$$

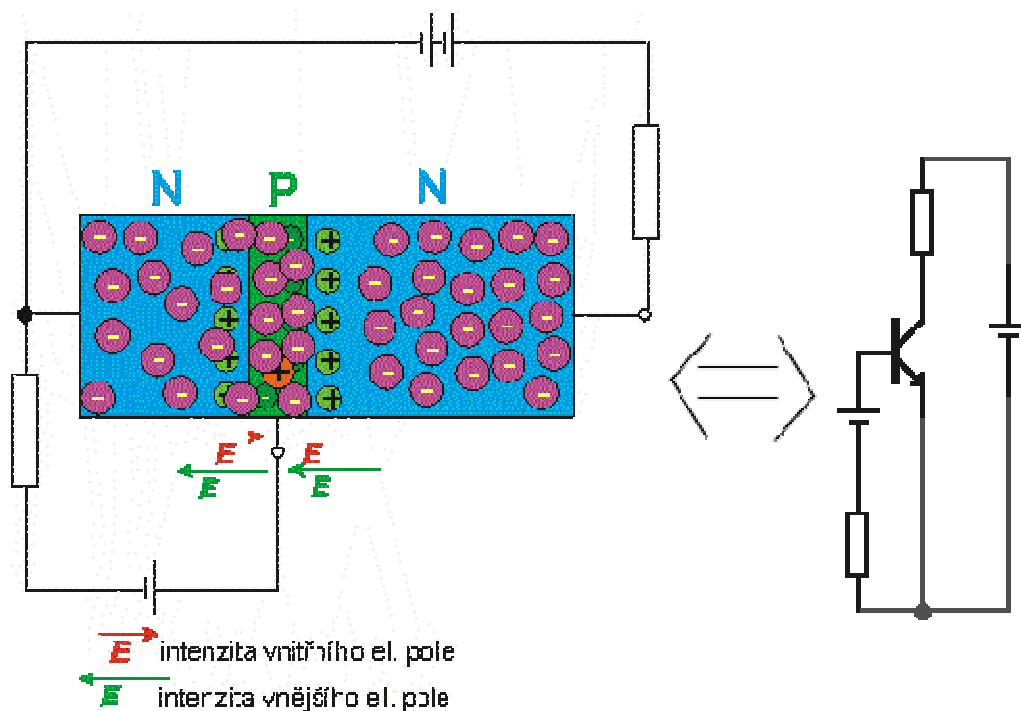
ale zároveň jsme obdrželi podstatně větší zbytkový proud kolektoru,

$$I_{k0}' = (\beta + 1)I_{k0}.$$

Vysvětlení pomocí obrázků:

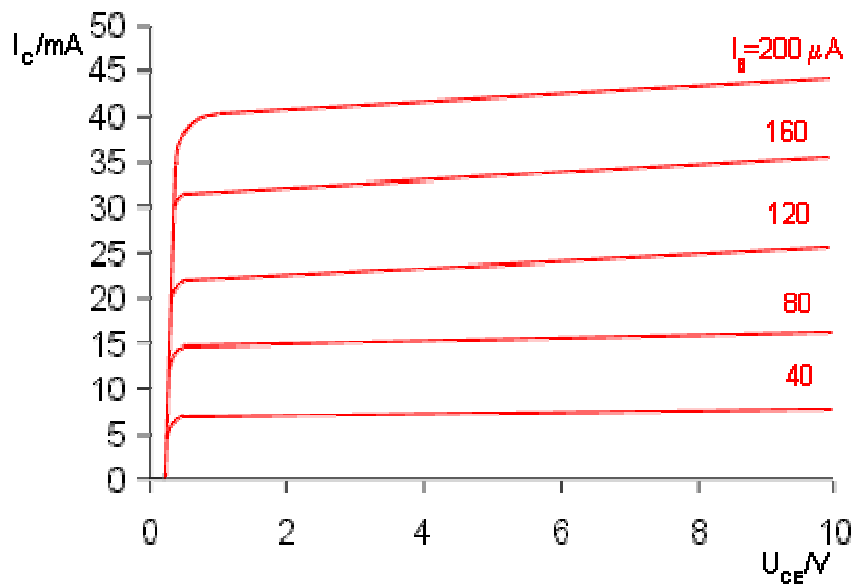


obr. 5: Tranzistor nepřipojený do obvodu



obr. 6: Tranzistor zapojený do obvodu. Jelikož levý přechod (emitor-báze) je v propustném směru, dostávají se elektrony do báze. Tam sice některé zrekombinují, ale většina se dostává do kolektoru, jelikož přechod báze-kolektor je pro ně jako minoritní nosiče v bázi v propustném směru. Nezapomeňte, že na elektron jako zápornou částici působí síla, která má směr opačný než je směr intenzity elektrického pole.

VA charakteristika

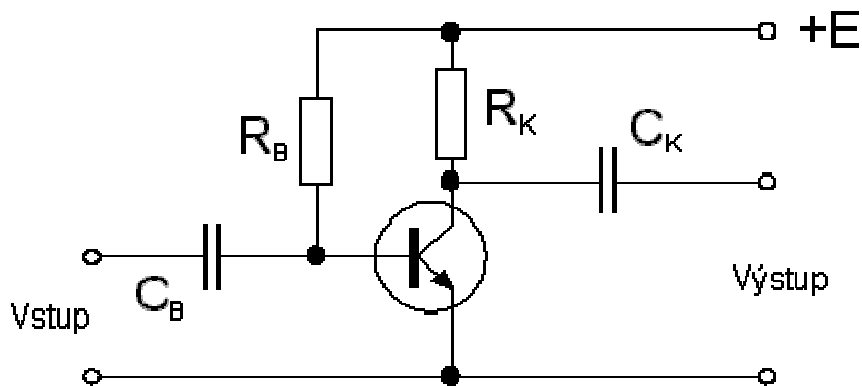


obr. 7: Příklad VA charakteristiky tranzistoru v propustném směru

Zapojení:

U tranzistoru (stejně jako u diody) je nutno vždy zapojovat do série s bazí ochranný rezistor, který omezuje maximální proud procházející bazí.

Na obrázku 8 je praktické zapojení tranzistoru se společným emitorem.



obr. 8: Jednostupňový tranzistorový zesilovač se společným emitorem.

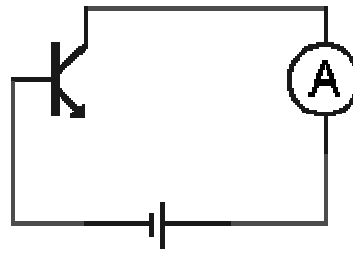
Použití:

1. Jako zesilovač signálu - na bazi se přivádí malý řídicí proud, kterým se ovládá velký proud v kolektorovém obvodu - zapojení viz obr. 8.
2. Jako spínač - neprochází-li proud bazí, je tranzistor zavřený a funguje jako rozepnutý spínač. Při průchodu určitého proudu bazí se tranzistor otevírá a funguje jako sepnutý spínač.

3. V [logických obvodech](#) a některých [pamětech](#).

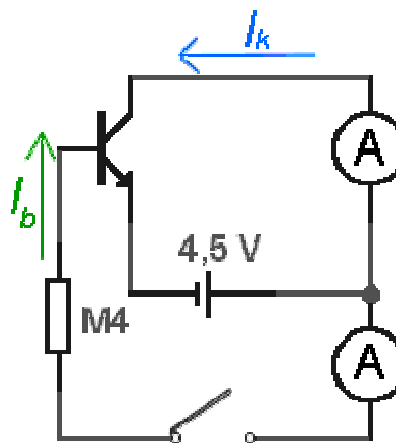
Zkuste si...

1. Změřit zbytkový kolektorový proud tranzistoru I_{k0} . Je to vlastně závěrný proud diody báze - kolektor. Máte-li dostatečně citlivý ampérmetr, můžete měřit přímo podle zapojení na obr. 9.



obr. 9

2. Změřit proudový zesilovací činitel β v zapojení se společným emitorem. Můžete měřit v zapojení podle obr. 10. Při sepnutí spínače se proud I_b změní z nuly na i , I_k se změní z I_{k0} na I . Beta je vlastně přírůstek kolektorového proudu při zvýšení proudu báze o jednotkový proud, čili $\beta \hat{=} (I - I_{k0}) / i$.



obr. 10

Zdroj:

http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/electross/soucastky/dva_prechody/tranzistor.html