

Nastavení a stabilizace pracovního bodu tranzistoru

Klidový stav bipolárního tranzistoru je definován polohou pracovního bodu v soustavě stejnosměrných charakteristik. Aby se zmenšil vliv teploty na tyto hodnoty, používá se obvodů pro stabilizaci pracovního bodu. Kdyby měl jejich návrh přesně odpovídat teplotním a nelineárním závislostem tranzistoru, byl by příliš složitý. Proto se zavádějí zjednodušující předpoklady, že v okolí pracovního bodu:

- a) Proud kolektoru závisí pouze na proudu báze (nebo emitoru) a nezávisí na napětí kolektoru.
- b) Proudový zesilovací číselník je konstantní.
- c) Napětí mezi bází a emitorem je zanedbatelně malé proti napětím ostatním.
- d) U křemíkových tranzistorů je vliv zbytkového proudu zanedbatelný.

Pokud je potřeba respektovat vliv změn U_{BE} , pak se snažíme o to, aby celkový odpor obvodu báze-emitor (tedy včetně R_B) byl co největší, aby změna ΔU_{BE} vyvolala co nejmenší změnu budícího proudu báze.

Ke stabilizaci pracovního bodu se používá stejnosměrná záporná zpětná vazba nebo teplotně závislé prvky, popř. se oba způsoby kombinují. (viz obr. 1)

K hodnocení účinnosti zapojení se užívá tzv. činitele stabilizace. Číselník stabilizace S u germaniových tranzistorů charakterizuje skutečnost, že hlavní vliv mají změny zbytkového proudu, a je dán

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CB0}} \quad (\text{poměrem výsledné změny } I_C \text{ k původní změně zbytkového proudu } I_{CB0}, \text{ která tuto změnu vyvolala).)$$

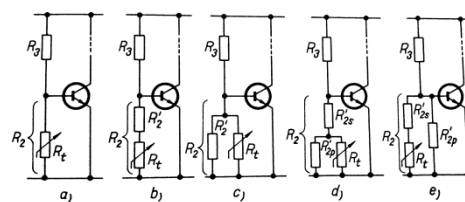
U křemíkových tranzistorů se posuzuje změna kolektorového proudu v závislosti na změně napětí U_{BE} a pak má vzorec tento tvar:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}} \quad \text{V obou případech je stabilizace tím lepší, čím menší je číselná hodnota } S.$$

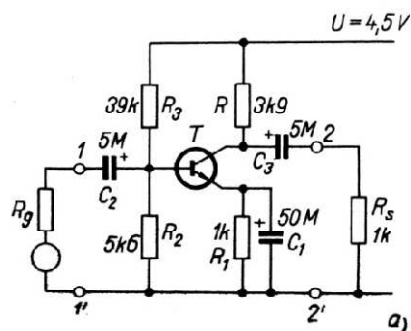
Zapojení předzesilovače (stejně tomu bývá i u všech jiných obvodů s tranzistory) zpravidla volíme podle literatury, doporučení výrobce nebo vlastní zkušenosti. Dále se pro použité napájecí podmínky, pracovní body a rozsah okolních teplot navrhnu obvodů a vypočítají hodnoty součástek, nastavení a stabilizace pracovních bodů. Potom se kontrolují vlastnosti předzesilovače při přenosu signálu. Odchylují-li se podstatně od požadovaných, nezbyvá, než návrh opakovat s opravenými hodnotami. Je-li shoda dostatečná (v praxi odchylka do 10 až 20 %), je možné zhotovit vzorek a definitivních vlastností dosáhnout pokusně.

Ve starší literatuře se při výpočtu přenosových vlastností nf předzesilovačů používaly parametry r , dnes se používá převážně parametrů h a y . Nejdůležitější parametry jsou vstupní odpor R_{VST} , výstupní odpor R_{VYST} , proudové zesílení A_I , napětíové zesílení A_U a výkonové zesílení A_P . Kterýkoliv z nich se odvodí vhodnou úpravou rovnic čtyřpólových parametrů.

Maximálního přenosu se dosáhne, jestliže vnitřní odpor generátoru signálu (obecně zdroj signálu) se rovná vstupnímu odporu čtyřpólu – $R_{gen\ opt} = R_{VST}$ (v našem případě vstupnímu odporu předzesilovače) a odpor zátěže se rovná výstupnímu odporu čtyřpólu – $R_{z\ out} = R_{VYST}$. *(Zjednodušená formulace – přesněji v odborné literatuře.)



Obrázek 1



Obrázek 2

Ve skutečnosti jsou hodnoty odporu generátorů jiné, než bychom potřebovali, dále se uplatňují odpory pro nastavení stabilizaci pracovního bodu a přenos tedy vykazuje určité ztráty, se kterými je potřeba při návrhu předzesilovače počítat.

Nejznámější zapojení tranzistorového předzesilovače je na obrázku 2. Zátěž se skládá z kolektorového odporu R a odporu vlastního spotřebiče R_s , např. sluchátek nebo vstupního obvodu následujícího stupně předzesilovače. Vliv těchto odporů lze respektovat úvahou a použitím Kirchhoffových zákonů: např. celkový budící proud se

dělí v poměru vodivosti děliče napájecího bázi a vstupní vodivosti tranzistoru a výstupní proud tranzistoru se dělí v poměru vodivostí $1/R$ a $1/R_s$ atp.

Tranzistorový stupeň se řeší jako čtyřpól pomocí následujících rovnic s parametry h

$$u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2 \quad a$$

$$i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}u_2$$

Parametry se rozlišují podle způsobu zapojení, tzn., parametry v zapojení SE, SB nebo SC. Podle toho mají vždy svůj index. Vzájemně se dají přepočítávat podle vzorců, které bývají uváděny v odborné literatuře.

Zdroj: *Kurs polovodičové techniky – Jindřich Čermák, SNTL 1976, první vydání*