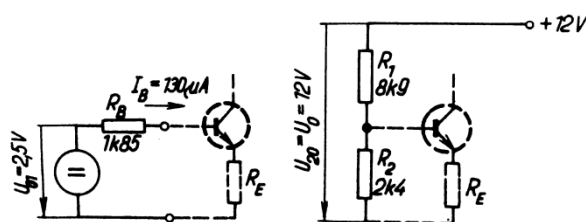


Napájení tranzistoru jedním napájecím zdrojem

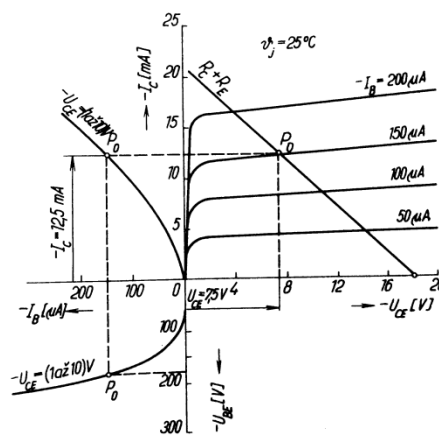
Provozně výhodnější jsou zapojení, u kterých se nastaví požadované velikosti všech čtyř obvodových veličin jedním zdrojem. Na obrázku je zakreslen tranzistor v zapojení SE, u něhož zdroj U_0 napájí přes odpory R_C a R_E přechod kolektor-emitor a děličem R_1 , R_2 se přivádí napětí na bázi. Při návrhu děliče se obvykle vychází z podmínky, aby báze byla napájena konstantním napětím. Čím méně je dělič zatížen, tj. čím větší je poměr I_1/I_B mezi příčným proudem děliče a proudem odebraným do báze, tím stálější bude výstupní napětí děliče. Obvykle se volí

$$I_1 = (5 \text{ až } 10) I_B.$$

Pomocí Théveninovy poučky lze dokázat, že zapojení tranzistoru s děličem napětí (obr. 1) vykazuje stejné vlastnosti jako zapojení se dvěma zdroji.



Obrázek 1



Obrázek 2

Obvod báze sestavený ze zdroje U_{01} a odporu R_B , který je zatížen proudem I_B , lze přepočítat na dělič napětí R_1 , R_2 , napájený zdrojem $U_{02} = U_0$ a zatížený stejným proudem I_B . Podle Théveninovy poučky platí

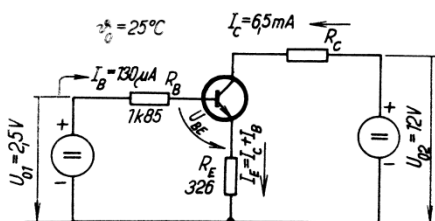
$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{a} \quad U_{01} = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Z odvozených vztahů vycházejí pro odpory děliče převodní vzorce

$$R_1 = \frac{U_0}{U_{01}} R_b \quad \text{a} \quad R_2 = \frac{R_1 R_b}{R_1 - R_b}$$

Vypočítaným hodnotám pro zapojení se dvěma zdroji (obr. 3) vyhovují odpory ($U_{01} = 2,5 \text{ V}$, $U_0 = 12 \text{ V}$, $R_B = 1,85 \text{ k}\Omega$):

$$R_1 = \frac{12}{2,5} 1850 = 80900\Omega \quad \text{a} \quad R_2 = \frac{8,9 \cdot 1,85}{8,9 - 1,85} = 2340\Omega$$



Obrázek 3

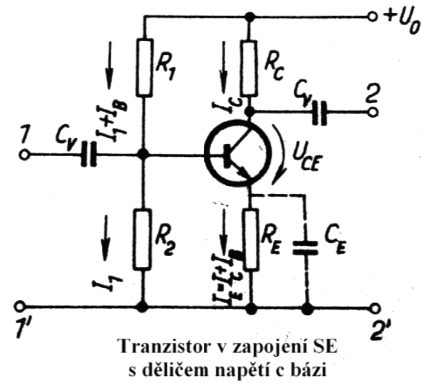
U zapojení s děličem napětí (obr. 4) platí pro obvod vedený od kladné svorky zdroje přes kolektor a emitor rovnice:

Vypočítaným děličem prochází příčný proud, který je asi 8x větší než proud odebraný do báze; tím je zaručena stálost výstupního napětí děliče R_1 , R_2 .

Při návrhu zapojení tranzistoru se někdy vychází z dané polohy klidového pracovního bodu a kolektorového odporu. Pro zvolené zapojení se vypočítají odpory a zdroje a dodatečně kontroluje stabilizační účinek obvodu.

$$U_0 = R_C I_C + U_{CE} + R_E (I_C + I_B)$$

Jak již bylo uvedeno, napětí na emitorovém obvodu se obvykle volí (2 ÷ 4) V, což odpovídá asi (0,1 ÷ 0,3)U₀. Pro napětí zdroje platí vztah



Obrázek 4

Odpory děliče se vypočítají řešením rovnic

$$U_0 = R_1(I_1 + I_B) + U_{BE} + R_E(I_C + I_B)$$

$$R_2 I_1 = U_{BE} + R_E(I_C + I_B)$$

Pro poměr odporů děliče vychází výraz

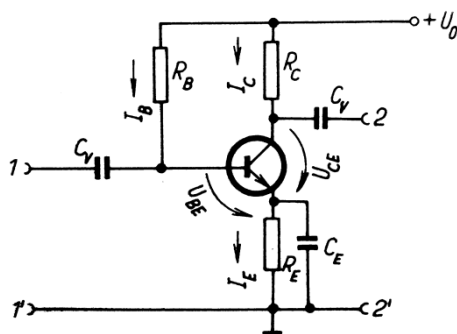
Vzorec udává poměr odporů děliče v závislosti na R₂. Velikost odporu R₂ se volí s přihlédnutím ke dvěma hlediskům:

- Součet obou odporů určuje v závislosti na napětí zdroje U₀ příčný proud děliče; jak již bylo uvedeno, má být příčný proud podstatně větší než proud odebíraný do báze.
- Odpor R₂ se řadí paralelně ke vstupním svorkám a na jeho velikosti proto závisí vstupní odpor obvodu.

U zapojení s děličem napětí nezávisí činitel stabilizace na zatěžovacím odporu R_C. Vychází-li činitel stabilizace příliš velký, mohou se zlepšit vlastnosti obvodu, aniž se mění zatížení tranzistoru.

Emitorový odpor R_E je zapojen do větve, která je společná vstupnímu a výstupnímu obvodu. Tím vzniká na odporu záporná zpětná vazba. Při zvýšení teploty a odpovídajícím zvětšení kolektorového proudu prochází odporem R_E větší proud a na odporu se zvětší napětí. Při konstantním napětí zdroje se tento jev projevuje jak zmenšením napětí U_{BE}, tak proudu I_B. Obě změny zpětně ovlivňují kolektorový proud, který se zmenší, a tím se kompenzuje vliv teploty na polohu pracovního bodu.

U tranzistorového zesilovače by uvedená zpětná vazba způsobila menší zesílení, a proto se odstraňuje kondenzátorem C_E připojeným paralelně k odporu R_E (obr. 4).



Obrázek 5

Další způsob napájení tranzistoru jedním zdrojem napětí je na obrázku 5. Zdroj U₀ napájí přes odpory R_C, R_E kolektorový obvod a přes předřadný odpor R_B bázi.

Pro obvod vedený od kladné svorky zdroje U₀ přes odpor R_B a emitorový přechod vychází rovnice

$$U_0 = R_B I_B + U_{BE} + R_E (I_C + I_B)$$

Odpor báze se pak počítá podle následující rovnice:

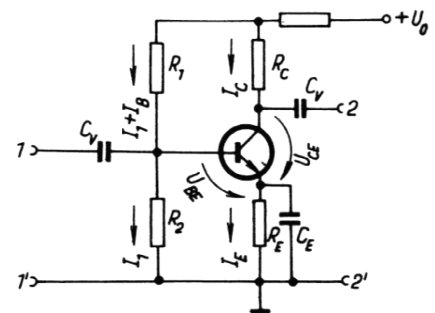
Napěťové poměry v kolektorovém obvodu tranzistoru umožňují vypočítat odpor R_C :

$$U_0 = R_C I_C + U_{CE} + R_E (I_C + I_B)$$

Vyjde-li při výpočtu velké číslo pro činitel stabilizace, je možné, že výsledek ovlivnilo zapojení s předřadným odporem. Zapojení nemá dobré stabilizační vlastnosti vzhledem k velkému odporu R_B , který je nutný pro získání potřebného úbytku napětí. V tom případě by bylo lepší dát do báze dělič napětí s rezistory R_1 a R_2 .

V dalším zapojení tranzistoru, které je na obrázku 6, se využívá zpětné vazby jak na odporu R_E , tak na děliči napětí. Zvětšuje-li se vlivem teploty kolektorový proud, zvyšuje se napětí na odporu R_C a tím se zmenšuje napětí přiváděné na dělič. Tím se zmenšuje proud báze a pracovní bod se posouvá do polohy menších kolektorových proudů.

Vzorec pro činitele stabilizace vychází ve tvaru



Obrázek 6

kde

U výkonových germaniových i křemíkových tranzistorů není jinak běžně používaná metoda stabilizace pomocí odporu v emitoru nijak vhodná, protože vlivem velkých proudů vznikají značné energetické ztráty. Stabilizace klidového pracovního bodu se obvykle zajišťuje teplotně závislým členem zařazeným do obvodu báze stabilizovaného tranzistoru. Nejčastěji se používá **termistoru**, tj. teplotně závislého odporu z polovodičového materiálu. Odpor termistoru se v závislosti na teplotě mění podle vztahu

$$R = \frac{B}{T - T_0} \quad [\Omega, K, K]$$

Kde R_1 je odpor termistoru při teplotě Θ_1

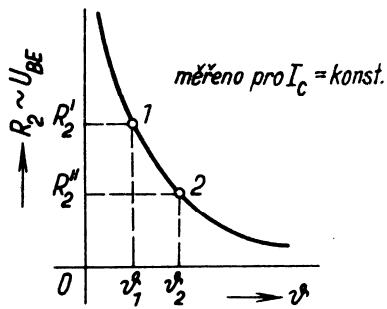
R_2 je odpor termistoru při teplotě Θ_2

B je konstanta, která u běžných válečkových termistorů je 1 000 a 4 000 K.

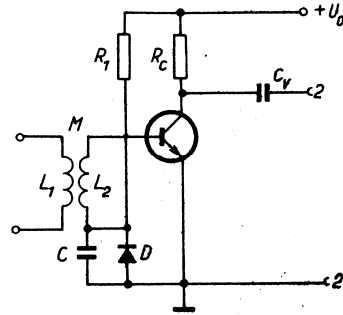
Ve stabilizačních obvodech se termistory zapojují do jedné větve děliče napětí a průběh teplotní změny jejich odporu se upravuje vhodně zvolenou kombinací sériových a paralelních odporů.

Při návrhu děliče se vychází z podmínky, aby pro zvolený rozsah teplot měl klidový proud tranzistoru stálou velikost. Závislost mezi požadovanou změnou odporu a teplotou se obvykle zjišťuje měřením pomocí proměnného odporu R_2 , kterým se nahradí větev děliče. Pro různé teploty se nastavuje jejich velikost tak, aby se udržoval konstantní proud I_C . Ze

zjištěných velikostí odporu se v závislosti na teplotě sestrojí charakteristika, která je podkladem pro volbu termistoru a zapojení odporů v děliči napětí (obr. 7).



Obrátek 7



Obrázek 8

Ke stabilizaci lze též jako tepelně závislého členu použít vhodné plošné diody. Dioda se zapojuje do děliče napětí mezi bází a emitor a v závislosti na změně svého činného odporu udržuje stálé předpětí báze (obr. 8).

Diodová kompenzace je výhodná např. u integrovaných obvodů, u nichž je přechod na diodě i na tranzistoru vyroben stejnou technologií a má proto shodné vlastnosti.

Zdroj: *Kurs radiotechniky – Jaroslav Dvořáček a kolektiv, SNTL, 1975*