

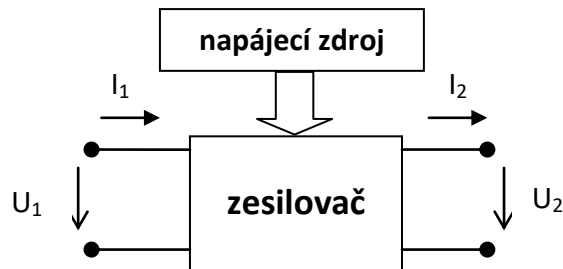
1. ZESILOVACÍ OBVODY (ZESILOVAČE)

1.1. Rozdělení, základní pojmy a vlastnosti

ZESILOVAČ

Zesilovač je elektronické zařízení, které zesiluje elektrický signál. Má vstup a výstup, tzn. je to čtyřpól na jehož vstupní svorky přivádíme signál, který chceme zesílit (obr. 1).

Zesilovač není zdroj energie, ale ke své práci potřebuje zdroj, který doplňuje vstupní energii na výstupní. Druhou část napájecí energie zesilovač mění ve ztrátové teplo.



Obr. 1: Zesilovač jako čtyřpól

Úkolem zesilovače je zesílovat vstupní elektrický signál. Vstupní i zesílený výstupní signál mají určitou velikost napětí a mohou do obvodu dodávat určitý proud.

PARAMETRY ZESILOVAČE

Základními parametry (vlastnostmi) zesilovače jsou:

- zesílení,
- nelineární zkreslení,
- stabilita - odolnost proti rozkmitání,
- šířka pásma - kmitočtový rozsah, který je zesilovač schopen zesílit.

ZESÍLENÍ ZESILOVAČE a jeho ZISK

Zesílení je poměr výstupní veličiny ke vstupní. Zesílení vyjádřené v dB se nazývá **zisk**.

Rozeznáváme:

Napěťové zesílení A_U a **napěťový zisk** a_U

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} \qquad a_U = 20 \log A_U$$

Proudové zesílení A_I a **proudový zisk** a_I

$$A_I = \frac{I_2}{I_1} \qquad a_I = 20 \log A_I$$

Výkonové zesílení A_P a **výkonový zisk** a_P

$$A_P = \frac{P_2}{P_1} \qquad a_P = 10 \log A_P$$

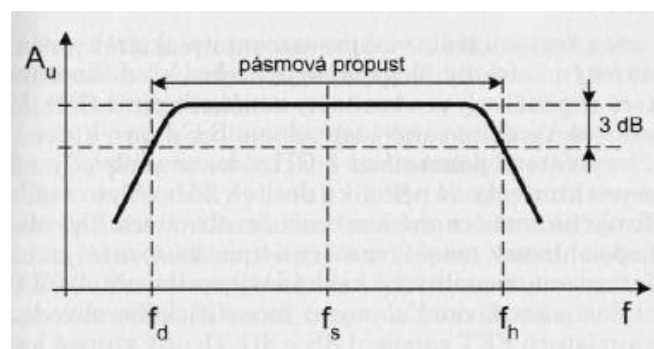
Zesílení zesilovače je bezrozměrná jednotka, udává kolikrát se změní příslušný parametr (napětí, proud, výkon).

Důležitá poznámka: Je nutné si ujasnit, že se jedná o zesilování změn napětí (podobně proudu) a nikoli pouze o zesilování napětí (proudu). Střídavé napětí považujeme za změnu napětí.

Fázová frekvenční charakteristika udává závislost fázového posunu mezi výstupním a vstupním napětím na kmitočtu.

Kmitočtová charakteristika napětového přenosu zesilovače udává závislost modulu napětového zesílení A_u na kmitočtu. Na svislou osu se obvykle vynáší zisk v dB a na vodorovnou osu frekvence v logaritmických souřadnicích.

Šířka pásma zesilovače B je dána rozsahem kmitočtů mezi dolním mezním kmitočtem f_d a horním mezním kmitočtem f_h , při nichž dochází k poklesu zisku o 3 dB. Těmto kmitočtům odpovídají fázové posuny $\pm 45^\circ$.



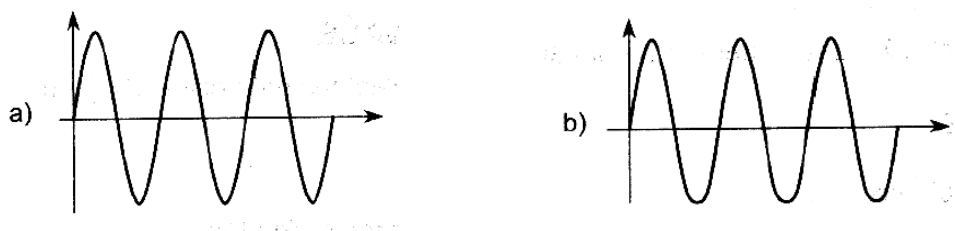
Obr. 2: Frekvenční charakteristika zesilovače

ZMĚNA VSTUPNÍHO PARAMETRU

Aby zesilovač mohl pracovat, potřebuje přivádět elektrickou energii z vnějšku. Ta se např. přivádí přes výstupní obvod zesilovače. Rovněž ke vstupu zesilovače je nutné přivádět další pomocné napětí, aby zesilovač mohl správně pracovat. Tato pomocná napětí, pro funkci zesilovače nutná, nemají s vlastním signálem nic společného. Zesílení zesilovače je proto vždy definováno poměrem změny výstupního napětí nebo proudu ke změně napětí nebo proudu na vstupu. Jde-li o střídavý signál, považujeme střídavé napětí (proud) za periodické změny a zesílení je analogicky dáno poměrem velikosti výstupního k velikosti vstupního střídavého signálu.

ZKRESLENÍ SIGNÁLU

Dalším požadavkem na zesilovač je, aby průběh výstupního signálu byl přesně lineárně zvětšený obraz vstupního signálu. Zesilovače však zesilují signál dostatečně lineárně jen za určitých podmínek; čím více se zesilovač od těchto podmínek odchyluje, tím více se projeví nelinearita v zesílení. Říkáme, že zesilovač zkresluje.



Obr. 3: Sinusový průběh napětí po zesílení: a) signál nezkraslený; b) signál zkraslený

Zkreslení je způsobeno nelinearitou aktivních součástek. Jednoduše řečeno se změnou vstupního napětí se mění i zesílení. Toto tzv. nelineární zkreslení vykazuje každý zesilovač. Jeho velikost se vyjadřuje tzv. *činitelem harmonického zkreslení* k , který udává kolik procent vyšších harmonických kmitočtů se po zesílení v původním signálu objevilo.

Nelineární zkreslení, např. zvukových (nízkofrekvenčních) zesilovačů, bývá v rozmezí 0,1 až 5 %.

Zkreslení větší než 1 % lze rozeznat sluchem. Zesilovače třídy Hi-Fi mají povoleno zkreslení maximálně 0,5 %.

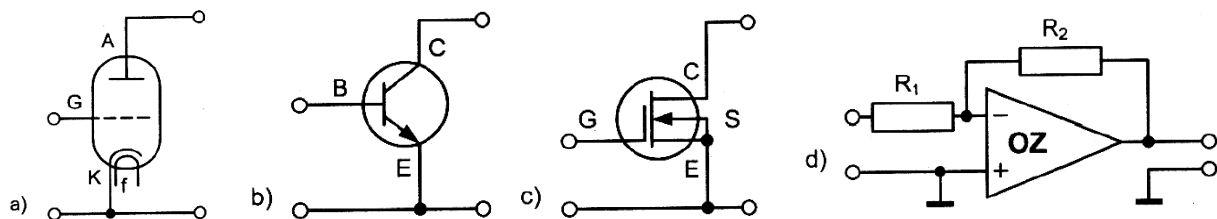
Zkreslení velmi závisí na amplitudě. Při zvětšování hlasitosti reprodukce zvuku se od určité meze velmi zvětšuje.

ROZDĚLENÍ ZESILOVAČŮ

V praxi se používají různé druhy zesilovačů. Chceme-li se pokusit o jejich rozdělení, narazíme na množství různých hledisek, podle kterých by se zesilovače mohly klasifikovat. V odborné literatuře se nejčastěji setkáváme s následujícím rozdělením zesilovačů:

1. Podle použitých aktivních součástek

- *elektronkové zesilovače,*
- *tranzistorové zesilovače,*
- *zesilovače s integrovanými obvody,* zesilovače s jinými součástkami (*výbojky, relé, optoelektrické prvky, atd.*).



Obr. 4: Zesilovače dle aktivního prvku: a) zesilovač elektronkový; b) zesilovač s bipolárním tranzistorem; c) zesilovač s tranzistorem MOS-FET; d) zesilovač s integrovaným obvodem

2. Podle druhu a frekvence vstupního signálu

- *zesilovače nízkofrekvenční,*
- *zesilovače vysokofrekvenční,*
- *impulzové zesilovače,*
- *stejnoseměrné zesilovače.*

Nízkofrekvenční zesilovače zpracovávají signály z oblasti zvukových frekvencí 20 Hz až 20 kHz. Používají se hlavně v elektroakustických zařízeních.

Vysokofrekvenční zesilovače pracují se signály s frekvencemi od 20 kHz výše. Převážně jde o signály používané k bezdrátovému přenosu zpráv.

Impulzové zesilovače se používají tam, kde se pracuje s impulzy, např. v různých impulzových přenosových systémech (přenos údajů počítače, radiolokace, atd.), v televizní technice, impulzových zdrojích apod.

Stejnoseměrné zesilovače jsou podstatnou součástí různých měřicích a regulačních zařízení, analogových počítačů apod. Používají se také tam, kde je potřeba současně zesílit stejnosměrné i střídavé signály v jednom zesilovači.

3. Podle velikosti vstupního (budicího) signálu

- *předzesilovače* - zesilují signály malé úrovně,
- *výkonové zesilovače* - zesilují i signály z předzesilovačů na požadovaný výkon.

4. Podle počtu stupňů

- *jednostupňové zesilovače*,
- *vícestupňové zesilovače*.

5. Podle šířky přenášeného (zesilovaného) frekvenčního pásma

- *úzkopásmové zesilovače*,
- *širokopásmové zesilovače*.

Šířka přenášeného pásma zesilovače se definuje dolní a horní mezní frekvencí zesilovače (f_d , f_h).

Pro úzkopásmové zesilovače platí $\frac{f_h}{f_d} \leq 2$.

Mezi úzkopásmové zesilovače patří selektivní zesilovače. Typickým představitelem takového zesilovače je např. mezifrekvenční zesilovač rozhlasového přijímače.

Je-li poměr $\frac{f_h}{f_d} < 2$, je zesilovač širokopásmový. Mezi širokopásmové zesilovače patří

i nízkofrekvenční zesilovače protože $\frac{f_h}{f_d} = \frac{20kHz}{20Hz} = 1000$.

6. Podle polohy klidového pracovního bodu

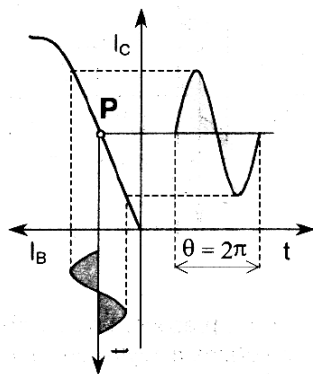
- *zesilovače třídy A*,
- *zesilovače třídy B*,
- *zesilovače třídy AB*,
- *zesilovače třídy C*.

Třída zesilovače je určena polohou pracovního bodu na *převodní charakteristice* tranzistoru.

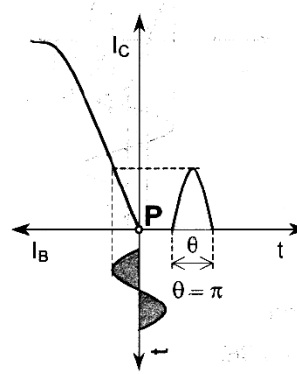
Převodní charakteristika je závislost kolektorového proudu na proudu do báze tranzistoru.

Zesilovač třídy A (obr. 5) má klidový pracovní bod umístěný v lineární části charakteristiky. Výstupní kolektorový proud I_C prochází tranzistorem po celou dobu periody budicího signálu proudu do báze f_B . Říkáme, že úhel otevření je 360° , což zapisujeme jako $\Theta=2\pi$. Protože i bez buzení prochází zesilovacím prvkem (tranzistorem) poměrně velký kolektorový proud, má třída A malou účinnost - méně než 50 %.

Výhodou třídy A je malé zkreslení. Ve třídě A pracují jednočinné zesilovače a zesilovače malých výkonů, kde je malá účinnost vyvážena jednoduchostí, malým počtem součástek a poměrnou spolehlivostí.



Obr. 5: Zesilovač třídy „A“



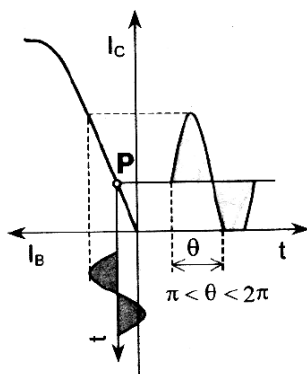
Obr. 6: Zesilovač třídy „B“

Zesilovač pracující ve třídě B (obr. 6) má klidový (pracovní) bod umístěn v bodě zániku kolektorového proudu. Úhel otevření je $\Theta = \pi$.

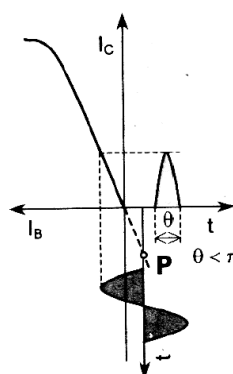
V klidovém stavu bez buzení neprochází tranzistorem proud a proto má zesilovač třídy B velkou účinnost (70 až 75 %). Protože je jedna půlperioda potlačena, využívá se třída B v dvojčinném zapojení, kde každý tranzistor zpracovává jednu polovinu budicího signálu.

Při malých budicích signálech se pracuje v zakřivených částech charakteristik (narůstá zkreslení), takové **zesilovače pracují ve třídě AB** (obr. 7). Pracovní bod se nachází mezi polohami pro třídu A a B (blíže ke třídě B). Úhel otevření je $\pi < \Theta < 2\pi$.

Zesilovač třídy C (obr. 8) má pracovní bod za oblastí zániku kolektorového proudu, tzn., že část signálu se ořízne a zbytek zesílí. Úhel otevření je $\Theta < \pi$. Účinnost je přibližně 85 až 90 %. Tyto zesilovače mají však velké zkreslení, proto se používají tam, kde tento nedostatek není chybou, např. v oddělovačích, omezovačích, apod.



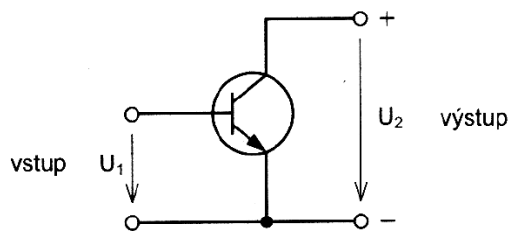
Obr. 7: Zesilovač třídy „AB“



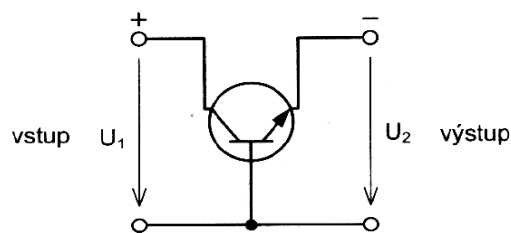
Obr. 8: Zesilovač třídy „C“

7. Podle zapojení tranzistoru

- se společným emitorem SE,
- se společnou bází SB,
- se společným kolektorem SC.



Obr. 9: Zesilovač v zapojení SE



Obr. 10: Zesilovač v zapojení SB

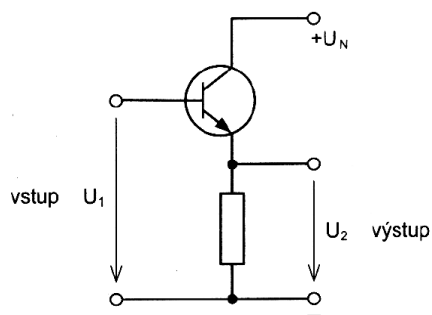
Zapojení SE (obr. 9) se používá nejčastěji, má poměrně velký vstupní a výstupní odpor, velké napěťové, proudové a výkonové zesílení. Používá se též jako tranzistorový spínač.

Zesilovač SB (obr. 10) má malý vstupní a velký výstupní odpor, velké napěťové a výkonové zesílení, ale malé proudové zesílení.

Zapojení SC (obr. 11). Vstup je připojen na bázi a výstup je z emitoru; proto musí být společný kolektor (kolektor je spojen se společným vodičem prostřednictvím zdroje).

Zesilovač má ze všech tří zapojení (SE, SB, SC) největší vstupní impedanci a nejmenší výstupní impedanci. To je někdy výhodné.

Zapojení se nazývá *emitorový sledovač*, protože výstup z emitoru zachovává fázi vstupu. Zesilovač má malé napěťové, ale velké proudové a výkonové zesílení.



Obr. 11: Zesilovač v zapojení SC (emitorový sledovač)

1.2. Nízkofrekvenční zesilovač

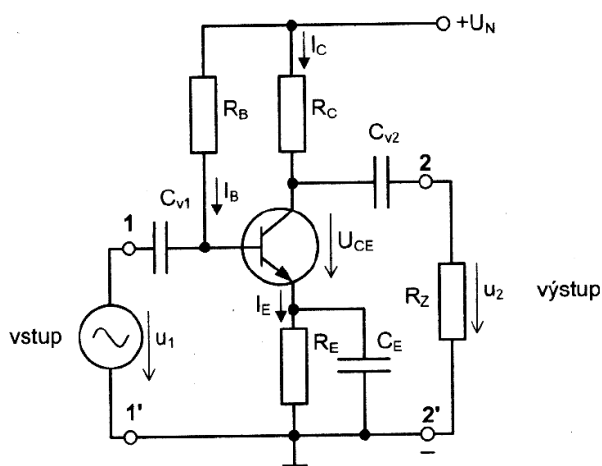
Zesiluje kmitočty akustického rozsahu, tj. 16 Hz až 20 kHz. Používá se zesilovač třídy „A“.

SCHÉMA NF ZESILOVAČE

Vstup zesilovače (obr. 12) tvoří svorky 1-1', na něž je přivedeno napětí ze střídavého zdroje. Výstup 2-2' je připojen na zátěž R_Z .

Zdroj a vnější zátěž jsou od zesilovače stejnosměrně odděleny *vazebními kondenzátory* C_{V1} a C_{V2} .

Klidový pracovní bod P, zvolený ve třídě A, je ve výstupních charakteristikách nastaven stejnosměrným kolektorovým proudem I_C , kolektorovým napětím U_{CE} a proudem báze I_B (obr. 12). Požadované hodnoty napětí a proudů se nastaví ve vstupním obvodu rezistorem R_B , ve výstupním obvodu rezistory R_C a R_E . Obvody zesilovače prochází stejnosměrný proud a naměříme zde pouze stejnosměrná napětí. Jedná se o stejnosměrné nastavení pracovního bodu, a říkáme, že se obvod nachází ve *statickém stavu*.



Obr. 12: Zapojení NF zesilovače

Kondenzátor C_E zajišťuje, že se emitorový rezistor R_E pro střídavou složku emitorového proudu takřka neuplatní.

PRACOVNÍ BOD A ZATĚŽOVACÍ PŘÍMKA

Pracovní bod P leží na určité výstupní charakteristice tranzistoru a tzv. *zatěžovací přímce*. Volba charakteristiky, neboli nastavení proudu do báze, je určena velikostí rezistoru R_B . Jelikož je $R_B \gg R_E$, můžeme oproti R_B zanedbat jak velikost R_E , tak i odpor mezi bází a emitorem.

Potom pro proud do báze platí dle Ohmova zákona $I_B = \frac{U_N}{R_B}$.

Zatěžovací přímka určuje proudové a napěťové poměry kolektorového obvodu. Pro ten můžeme podle II. Kirchhoffova zákona napsat rovnici

$$U_N = R_C \times I_C + U_{CE} + R_E \times I_E$$

Jelikož platí $I_C \sim I_E$, můžeme výraz zjednodušit na

$$U_N = I_C \times (R_C + R_E) + U_{CE} \quad (1)$$

Výraz (1) vyjadřuje *rovnicí zatěžovací přímky*. Přímka je určena dvěma body, které určíme jako průsečíky s osami U_{CE} a I_C .

bod A

mezní stav - **tranzistor uzavřen** $\Rightarrow I_C = 0$. Po dosazení do výrazu (1) dostaneme $U_{CE} = U_N$, čili souřadnici průsečíku přímky s osou U_{CE} .

bod B

mezní stav - **tranzistor zkratován** $\Rightarrow U_{CE} = 0$. Po dosazení do výrazu (1) dostaneme $I_{Cmax} = \frac{U_N}{R_C + R_E}$

čili souřadnici průsečíku s osou I_C .

Spojením bodů A a B obdržíme zatěžovací přímku, která určuje veškeré možné poměry na tranzistoru. Přímka protíná zvolenou VA charakteristiku tranzistoru v pracovním bodě P, který určuje klidový proud báze. Ten se nastaví při napájecím napětí U_N pomocí rezistoru R_B .

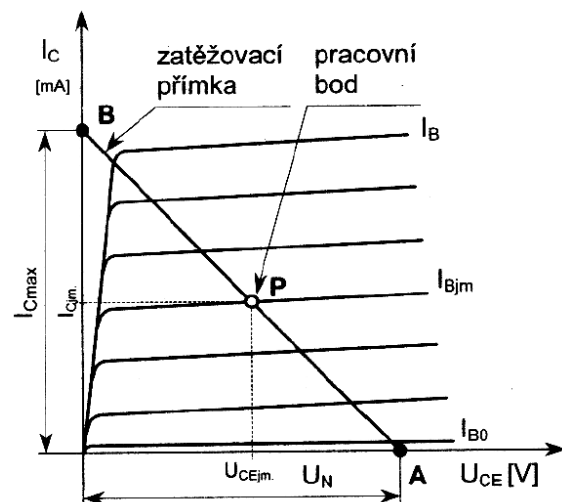
STATICKÝ STAV

Není-li na vstupu zesilovače signál, pracovní bod P se nepohybuje a obvod se nachází v tzv. *statickém stavu*.

DYNAMICKÝ STAV

Po připojení střídavého napětí U_1 se dle okamžité hodnoty signálu posouvá pracovní bod - obvod se nachází v *dynamickém stavu*.

Změna napětí báze-emitore ΔU_{BE} vyvolá změnu proudu do báze I_B , a ta vyvolá změnu kolektorového proudu ΔI_C dle zatěžovací přímky. Změna kolektorového proudu vyvolá pak změnu kolektorového napětí ΔU_{CE} .



Obr. 13: Pracovní bod tranzistoru

1.3. Stabilizace pracovního bodu

Poloha klidového pracovního bodu je neměnná, pokud je teplota okolí stálá. To však vždy zaručeno není a také tranzistor se průchodem kolektorového proudu sám zahřívá.

VLIV TEPLoty

Při změně teploty se posune pracovní bod po zatěžovací přímce a změní se kolektorový proud I_C .

STABILIZAČNÍ OBVOD

Kolísání pracovního bodu způsobuje změnu zesílení tranzistoru. Proto používáme tzv. *stabilizační obvody*.

V nich jsou lineární a nelineární prvky zapojeny tak, aby na nich vzniklé úbytky napětí působily proti změnám proudu, které jsou způsobeny změnami teploty.

ZPĚTNOVAZEBNÍ STABILIZAČNÍ OBVOD

Zpětné působení proti nějakému jevu se nazývá zpětná vazba a zde hovoříme o *zpětnovazebních stabilizačních obvodech*.

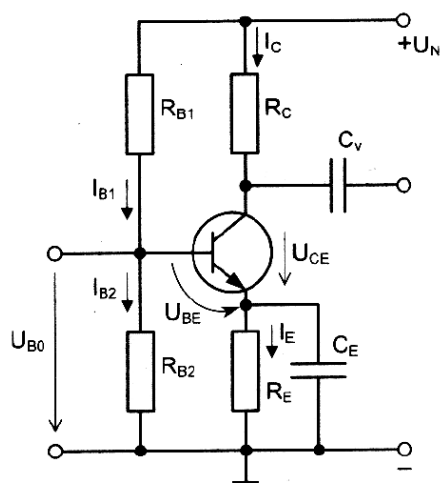
Činnost stabilizačního obvodu (obr. 14)

Napětí U_{B0} je dáno děličem R_{B1} a R_{B2} ze stabilizovaného zdroje a je proto konstantní. Z tohoto obrázku je zřejmé, že platí

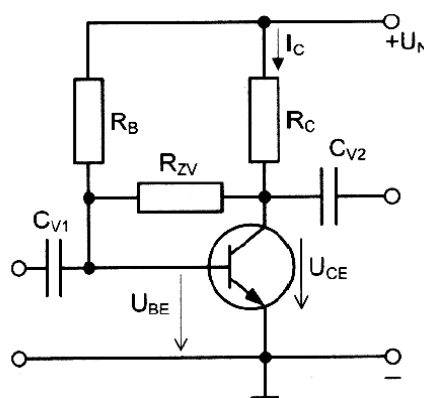
$$U_{B0} = U_{BE} + R_E \times I_E \quad (2)$$

Při zvýšení teploty tranzistoru se **zvýší** kolektorový a emitorový proud a tím se zvýší napětí $R_E \times I_E$. Jelikož je U_{B0} konstantní, musí se nutně dle rovnice (2) snížit U_{BE} . To vede ke zmenšení proudu báze I_B , což vyvolá **snížení** původně zvýšeného kolektorového proudu I_C . Stručně řečeno: zvýšení I_C vyvolá zpětnou vazbou jeho snížení. Stabilizační obvod tedy způsobuje, že změna kolektorového proudu vyvolaná změnou teploty je menší než v obvodu bez stabilizace.

Bezprostřední příčinou teplotní změny kolektorového proudu je změna zbytkového kolektorového proudu I_{CE0} .



Obr. 14: Stabilizační obvod



Obr. 15: Jiný stabilizační obvod

Jiný způsob stabilizace pracovního bodu popisuje *obr. 15*. Činnost obvodu je následující: Vzroste-li kolektorový proud I_C , poklesne napětí U_{CE} . Pokles napětí se zpětnovazebním odporem R_{ZV} přenesne na bázi, tím poklesne i napětí U_{BE} a to sníží kolektorový proud I_C .

1.4. Zpětná vazba

Zesilovač přenáší a současně zesiluje signál ve směru od vstupu k výstupu. V některých případech je potřeba ovlivnit některé parametry zesilovače (např. zesílení, stabilitu atd.) a k tomu nám slouží zpětná vazba. Zpětnou vazbou se nazývá jev, při kterém se část výstupního signálu zesilovače přivádí zpět na vstup, kde se přičítá k budoucímu signálu.

Zesilovače, u nichž se uplatňuje zpětná vazba - se nazývají **zesilovače se zpětnou vazbou**.

VLIV ZPĚTNÉ VAZBY NA VELIKOST ZESÍLENÍ

KLADNÁ ZPĚTNÁ VAZBA

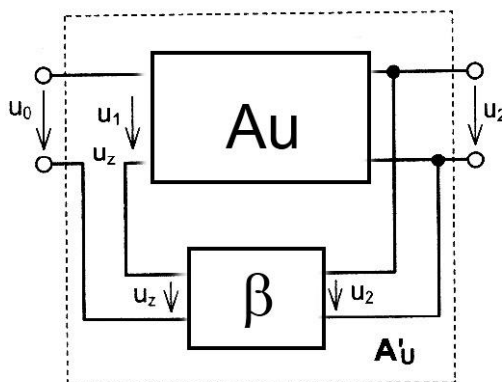
Zpětnovazební signál se přičítá ke vstupnímu signálu. Dle (*obr. 16*) můžeme přenos celého zesilovače rozdělit na:

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} \quad \text{přímý přenos zesilovače a na}$$

$$\beta = \frac{U_z}{U_1} \quad \text{zpětnovazební přenos} \quad (3)$$

A_U představuje zesílení zesilovače bez zpětné vazby. Označme přenos celého zesilovače, tzn. se zpětnou vazbou.

$$A_U' = \frac{U_2}{U_0} \quad (4)$$



Obr. 16: Blokové schéma zesilovače s kladnou zpětnou vazbou

Z obrázku vyplývá, že platí $U_1 = U_0 + U_z$, neboli $U_0 = U_1 - U_z$, po dosažení $U_z = \beta \times U_2$ z výrazu (3) dostaneme

$$A_U' = \frac{U_2}{U_1 - U_z} = \frac{U_2}{U_1 - (\beta U_2)}$$

po vydělení čitatele a jmenovatele napětí U_1

$$A_U' = \frac{\frac{U_2}{U_1}}{\frac{U_1}{U_1} - \beta \frac{U_2}{U_1}} \quad \text{neboli} \quad A_U' = \frac{A_U}{1 - \beta A_U} \quad (5)$$

ZVĚTŠENÍ ZESÍLENÍ ZESILOVAČE

Součin přenosů zpětné vazby a zesilovače βA_U snižuje velikost jmenovatele ve zlomku odvozeného vztahu (5) a proto bude nutně A_U' větší než A_U , neboli tato tzv. *kladná zpětná vazba zvyšuje zesílení zesilovače*.

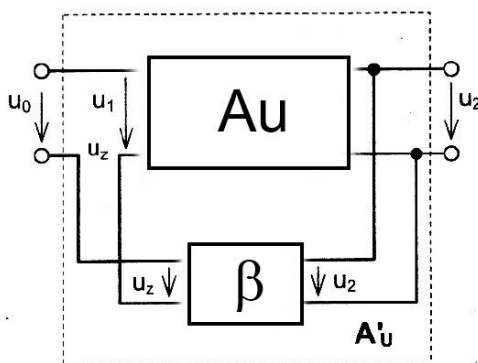
ZÁPORNÁ ZPĚTNÁ VAZBA

Přehodíme-li výstup zpětné vazby (překřížením vodičů dle *obr. 17*), neboli bude $U_1 = U_0 - U_z$, nastane tzv. *záporná zpětná vazba*.

Stejným výpočtem jako u kladné zpětné vazby můžeme dokázat, že výraz (5) se změní na

$$A_U' = \frac{A_U}{1 + \beta A_U} \quad (6)$$

Výraz (6) má jmenovatel větší než jedna a proto dojde při použití záporné zpětné vazby ke zmenšení zesílení.



Obr. 17: Blokové schéma zesilovače se zápornou zpětnou vazbou

VLIVY ZPĚTNÉ VAZBY NA VLASTNOSTI ZESILOVAČE

Kladná zpětná vazba (tj. sčítají-li se na vstupu oba signály: zesilovaný vstupní a zpětnovazební)

- zvyšuje zesílení,
- zvětšuje výstupní impedanci zesilovače a zmenšuje jeho vstupní impedanci,
- zvětšuje zkreslení,
- zmenšuje stabilitu, tj. může způsobit rozkmitání zesilovače, ale to je právě využíváno při konstrukci oscilátorů.

Záporná zpětná vazba (tj. odečítají-li se na vstupu oba signály)

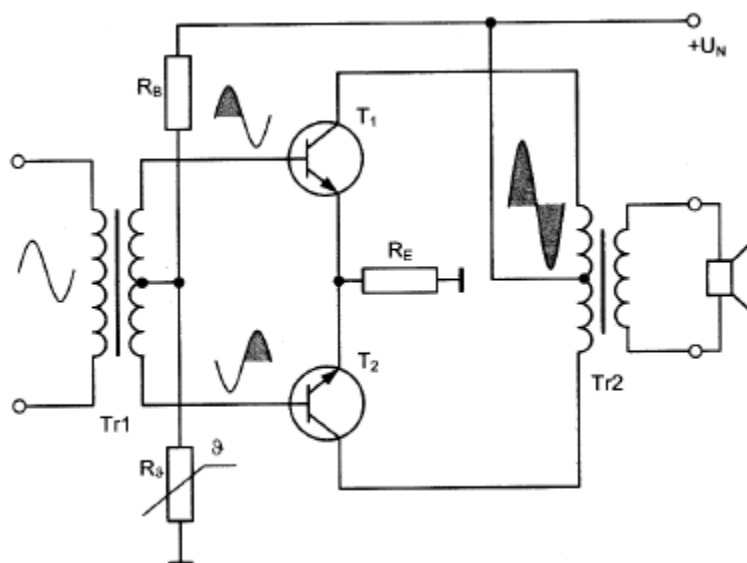
- zmenšuje zesílení,
- zmenšuje výstupní impedanci zesilovače a zvětšuje jeho vstupní impedanci,

- zmenšuje zkreslení,
- zlepšuje stabilitu,
- zvětšuje šířku pásma (kmitočtový rozsah signálu, který je zesilovač schopen zesílit).

1.5. Výkonové zesilovače

Úlohou výkonových (koncových) zesilovačů je zesílit signál z předzesilovačů na výkon požadovaný do zátěže. Zátěž tvoří obvykle reproduktorová soustava, ve které se elektrický výkon přemění na akustický. Reprodukory se k zesilovači připojují pomocí výstupního transformátoru anebo moderněji přímo, bez výstupního transformátoru.

Používá se dvojčinné zapojení, tj. zesiluje se zvlášť kladná půlvlna signálu a zvlášť záporná, a proto je nutno použít dva zesilovače třídy „B“ pracující paralelně. Popíšeme základní zapojení výkonových zesilovačů.



Obr. 18: Výkonový zesilovač s dvěma transformátory

Činnost zesilovače

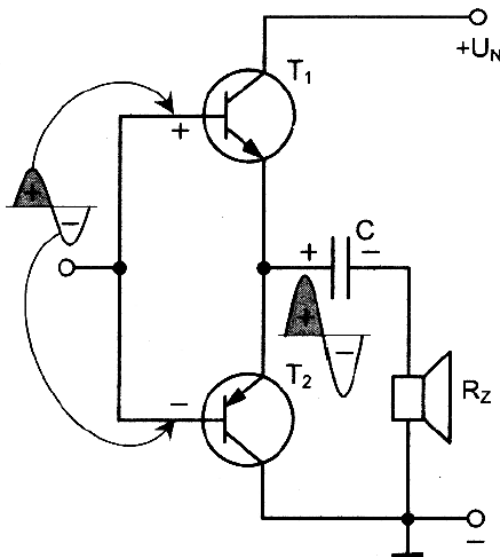
Na obr. 18 je nakresleno jednoduché zapojení dvojčinného zesilovače se dvěma tranzistory NPN. Každý z obou tranzistorů může zesílit pouze kladnou část vstupního signálu. Proto je nutné, aby druhý tranzistor T_2 byl buzen stejným signálem, ale fázově posunutým o 180° oproti signálu na tranzistoru T_1 . Tohoto otáčení fáze (polarity) se dosahuje pomocí transformátoru $Tr1$.

Funkce zesilovače je jednoduchá. Při kladných půlvlnách zesilovaného střídavého signálu se otevírá tranzistor T_1 a tranzistor T_2 se přitom signálem s obrácenou polaritou zavírá. Při druhé půlvlně se tranzistor T_1 zápornou polaritou zavírá a tranzistor T_2 se naopak otevírá. Ve výstupním transformátoru se vliv změn kolektorových proudů obou tranzistorů sečítá. Jako zátěž je použit reproduktor.

Společný emitorový rezistor R_E slouží k teplotní stabilizaci pracovního bodu a k symetrizaci obou zesilovacích větví. Teplotní stabilizaci zajišťuje rovněž termistor R_T .

ZESILOVAČ BEZ VÝSTUPNÍHO TRANSFORMÁTORU

Při použití tzv. *doplňkových tranzistorů* lze vynechat i inverter (obr. 19). V tomto zapojení jsou použity dva tranzistory naprosto stejné (mají stejné zesílení, výkon, odpor a ostatní parametry), lišící se pouze typem vodivosti - jeden je typu PNP a druhý NPN (obr. 19).



Obr. 19: Zesilovač s doplňkovými tranzistory

Takovýmto tranzistorům říkáme *doplňkové* neboli *komplementární*.

Přivedeme-li na spojené báze sinusový signál, každý tranzistor si vybere „svou“ půlvlnu. Proud prochází střídavě jedním a pak druhým tranzistorem. V místě kde jsou tranzistory spojeny, tj. mezi emitery, vzniká střídavé napětí. Odkud můžeme odebírat výkon. Reproduktor musí být oddělen kondenzátorem, jinak by způsobil zkrat pro tranzistor T_1 . Střídavý proud do reproduktoru kondenzátorem C (bývá velký, přibližně 1000 μF) prochází.

Komplementární zapojení se používá pro výkony až desítky wattů.

1.6. Uzkopásmové vysokofrekvenční zesilovače

Zesilují pouze signály rozložené v určitém frekvenčním pásmu. Pro šířku tohoto pásma není rozhodující absolutní frekvenční oblast, ale její poměr ke střední frekvenci, tj. relativní šířka pásma. Je-li f_d dolní mezní frekvence oblasti a f_h horní mezní frekvence oblasti, ve které chceme zesilovat, platí pro šířku přenášeného pásma:

$$B = f_h - f_d$$

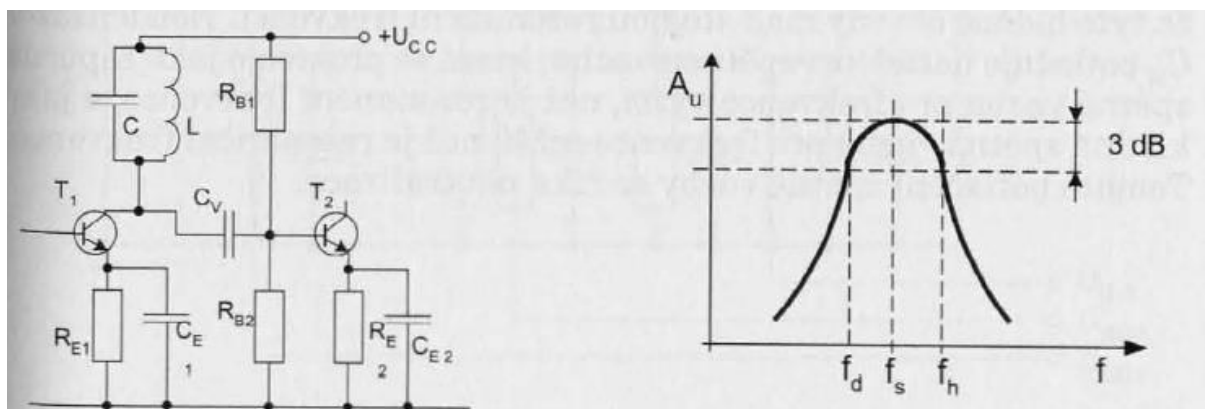
Střední frekvence této oblasti je:

$$f_s = \frac{1}{2}(f_h + f_d)$$

a relativní šířka pásma je:

$$x = \frac{B}{f_s}$$

Tyto zesilovače mají místo odporů jako zátěže v kolektorovém obvodu zapojen rezonanční obvod LC, jehož rezonanční frekvence je naladěna na střed přenášeného pásma ($f_r=f_s$). Proto se tyto zesilovače nazývají laděné nebo selektivní.



Obr. 20: Vysokofrekvenční zesilovač s jednoduchým laděným obvodem

Na obr. 19a je vysokofrekvenční zesilovač s jednoduchým laděným obvodem. Zesílení tohoto zesilovače je maximální při rezonanční frekvenci paralelního laděného obvodu. Toto zesílení se zmenšuje se změnou frekvence zesilovaného signálu. Činitel jakosti Q laděného obvodu se zmenšuje vlivem výstupního odporu tranzistoru T_1 , a vstupního odporu tranzistoru T_2 a také vlivem odporu kombinace rezistorů R_{B1} a R_{B2} .

Ideální průběh frekvenční charakteristiky by byl obdélníkový. Zesilovačem by neprocházely signály nenáležící zesilovanému pásmu. Ve skutečnosti však průběh frekvenční charakteristiky není obdélníkový (obr. 19b). Zvětšováním činitele jakosti Q laděného obvodu se zmenšuje šířka pásma. Při malé velikosti činitele jakosti Q je nevhodný činitel tvarového zkreslení.

Literatura

KESL, Jan. *Elektronika: učebnice: základní studijní materiál pro střední školy. I, Analogová technika. 2.*, aktualiz. a rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. 143 s. ISBN 80-7300-143-8.

BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika: [učebnice]. 3. vyd.* České Budějovice: Kopp, 2008. 2 sv. (341, 325 s.). ISBN 978-80-7232-365-4.