

Študijné odbory

Téma: Rozdelenie zosilňovačov

Cieľ: Naučiť žiakov základnú klasifikáciu nízkofrekvenčných zosilňovačov



Zosilňovače môžeme rozdeliť podľa viacerých kritérií:

## Rozdelenie podľa

### 1. frekvencie zosilňovaného signálu:

- **nízkofrekvenčné** - zosilňujú signál do 20Hz (napr. zosilňovače reči 300 až 9000 Hz, zosilňovač hudby 3 - 20 kHz)
- **vysokofrekvenčné zosilňovače** - zosilňujú signály nad 20 kHz

### 2. rozsahu spracovaného frekvenčného pásma:

- **úzkopásmové**
- **širokopásmové**

### 1. dĺžky pracovného úseku na VA charakteristike môžu byť:

- a, zosilňovače malého signálu (predzosilňovače)
- b, zosilňovače veľkého signálu (koncové, výkonové)

## Nízkofrekvenčné zosilňovače

### 3. rozsahu spracovaného frekvenčného pásma:

- a, **úzko pásmové**
- b, **široko pásmové**

### 4. spôsobu spracovania signálu:

- a, **zosilnené priamo**
- b, **zosilňovaný signál je namodulovaný na nosnom priebehu**

### 5. zapojenia zosilňovacej súčiastky:

- a, v zapojení so spoločným C, E, B
- b, **jedno činné, dvoj činné, viac činné**

### 6. pripojenia zosilňovačov na vodiaci zdroj a vonkajšiu záťaž:

- a, s **priamou väzbou** (jednosmerné)
- b, s **kapacitnou v.**
- c, s **transformátorom**
- d, s **auto transformátorom**

## 7. počtu stupňov:

- a, jednostupňové
- b, viacstupňové:
  - paralelné
  - kaskádovité

[Obsah kapitoly](#)

## Základné parametre

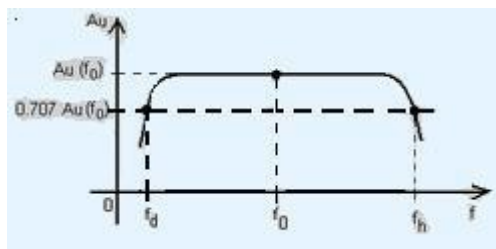
**1. Výkonové zosilnenie:**  $A_p = (P_2 / P_1)$

**2. Prúdové zosilnenie:**  $A_i = (I_2 / I_1)$

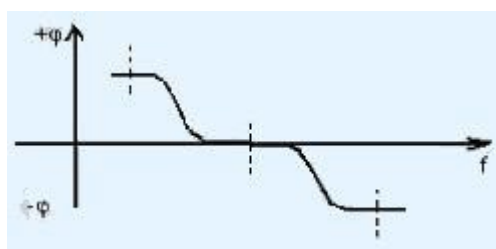
**3. Napäťové zosilnenie:**  $A_u = (U_2 / U_1)$

**4. Zisk:** udáva sa v dB, označuje sa "a", môže byť napäťový ( $a_u = 20 \log A_u$ ), výkonový ( $a_p = 10 \log A_p$ ), prúdový ( $a_i = 20 \log A_i$ )

**5. Amplitúdová frekvenčná charakteristika:** vyjadruje závislosť zosilnenia od frekvencie.  $f_d, f_h$  - hraničné frekvencie,  $f_0$  - stredná frekvencia



**6. Fázová frekvenčná charakteristika:** vyjadruje závislosť fázového posunu od frekvencie



**7. Lineárne skreslenie:** vzniká vplyvom frekvenčných závislostí vlastných súčiastok a prejavuje sa zmenou tvaru výstupného signálu, vzhľadom na vstupnú. Skreslenie je spôsobené amplitúdovým a fázovým skreslením. Pre neskreslený prenos musí platiť, že zosilnenie je konštantné v celom rozsahu frekvencie. k- koeficient skreslenia (v katalógoch).  $\varphi = k * f$

**8. Nelineárne skreslenie:** prejavuje sa prítomnosťou vyšších harmonických zložiek, ktorých frekvencia môže byť 2,3 atď. až n násobne väčšia ako frekvencie v sieti.

Nelineárne skreslenie vzniká vplyvom nelineárnych súčiastok a je dané koeficientom

$$k_n = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n A_i^2}}{A_1} * 100\%$$

nelineárneho skreslenia:

**9. Výstupný výkon z.:**  $P_2$  v záťaži pri požadovanej hodnote koeficienta  $k_n$

**10. Účinnosť zosilňovača:** pomer užitočného výkonu  $P_2$  a príkonu  $P_0$  ( $P_2 / P_0$ )

**11. Dynamický rozsah:** je určený lineárnou časťou amplitúdovej charakteristiky a je definovaný vzťahom  $D = (U_{1\max} / U_{1\min})$ . Môžu byť aj pomery prúdov a výkonov.

**12. Komplexná frekvenčná charakteristika:** zobrazuje rozmiestnenie a rozloženie zosilnenia v komplexnej rovine

**13. Trieda zosilňovačov:** samostatná stať...

## ZOSILŇOVAČE - ROZDELENIE

V rádioelektronických zariadeniach sa používa veľké množstvo rôznych zosilňovačov elektrických signálov. Tieto zosilňovače môžeme rozdeliť podľa rôznych hľadísk. Niektoré z nich si teraz popíšeme :

### 1. Podľa druhu pracovných režimov:

- a) zosilňovače veľkých signálov
- b) zosilňovače malých signálov
- c) zosilňovače veľmi malých signálov

U *zosilňovačov veľkých signálov* sa značne menia napätia a prúdy zosilňovacej súčiastky. Úlohou týchto zosilňovačov je dodať do záťaže signál s veľkým výkonom. Pracovný bod svojou polohou často zasahuje aj do nelineárnych častí VA charakteristík zosilňovacích súčiastok. Napriek tomu sa od týchto zosilňovačov okrem výkonu požaduje veľká účinnosť a minimálne skreslenie. Návrh takýchto zosilňovačov sa najčastejšie realizuje graficko-výpočtovou metódou využívajúcou VA charakteristiky koncových výkonových zosilňovacích súčiastok. Tieto zosilňovače sa často nazývajú výkonové alebo koncové zosilňovače.

---

*Zosilňovače malých signálov* pracujú len s malým rozkmitom pracovného bodu okolo jeho kludovej polohy. Pracovný bod sa vždy pohybuje len v lineárnej časti prevodovej charakteristiky zosilňujúcej súčiastky a preto vlastnosti zosilňovača môžeme vyhovujúcou presnosťou popísať lineárnymi rovnicami štvorpólových parametrov zosilňujúcich súčiastok. Od týchto zosilňovačov sa obvykle vyžaduje dostatočné napäťové zosilnenie, vhodná vstupná a výstupná impedancia, malé skreslenie signálu a veľká dynamika rozkmitu amplitúdy. Tieto zosilňovače sa často nazývajú predzosilňovacie stupne.

Na *zosilňovače veľmi malých signálov* sa kladú prísne požiadavky hlavne z hľadiska šumových vlastností a tiež stability kludového pracovného bodu. Použitie nachádzajú hlavne v stupňoch vysokofrekvenčných zosilňovačov, ale aj napr. nízkofrekvenčných mikrofónových zosilňovačov.

## **2. Podľa druhu budiaceho signálu:**

- a) nízkofrekvenčné (*nf*)
- b) vysokofrekvenčné (*vf*)
- c) jednosmerné
- d) impulzové

*Nízkofrekvenčné zosilňovače* sú používané na zosilňovanie striedavých signálov, najmä akustických signálov, teda na zosilnenie reči a hudby.

*Vysokofrekvenčné zosilňovače* slúžia na zosilňovanie signálov v oblasti rádiových vln - rozhlas, televízia, teda bezdrôtový prenos správ.

*Jednosmerné zosilňovače* sa používajú na zosilnenie jednosmerných, ale aj striedavých signálov. Najbežnejšie sa používajú v meracích, počítačových a regulačných obvodoch.

*Impulzové zosilňovače* sa používajú na zosilňovanie rádiolokačných alebo televíznych signálov.

Každý z týchto typov zosilňovačov má svoje špecifické vlastnosti a tiež obvodové riešenie.

## **3. Podľa spôsobu spracovania signálu:**

- a) zosilňujúce signál priamo
- b) zosilňujúce signál nepriamo - namodulovaný na nosný signál (rádiové spojenie)

*Zosilňovače zosilňujúce signál priamo* sú všetky zosilňovače, ktoré zosilňujú signál nezmenený z hľadiska frekvencie a tvaru, teda taký, aký generuje budiaci zdroj. Príkladom môže byť signál z mikrofónu, elektrickej gitary a pod.

Medzi *zosilňovače zosilňujúce signál nepriamo - namodulovaný na nosný signál* patria všetky vysokofrekvenčné zosilňovače používané v rádiotechnike a televíznej technike.

Aj tu platí, že každý z týchto typov zosilňovačov má svoje špecifické vlastnosti a tiež obvodové riešenie.

## **4. Podľa šírky prenášaného pásma:**

- a) úzkopásmové

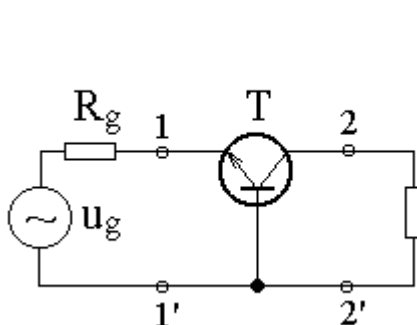
b) širokopásmové

Pre úzkopásmové zosilňovače je typické, že šírka prenášaného frekvenčného pásma, odpovedajúca poklesu o 3 dB, je len niekoľko percent strednej frekvencie  $f_0$ . Tieto zosilňovače sa používajú tak na zosilnenie ako aj na výber (selekciu) signálov určitého frekvenčného pásma od ostatných signálov. Typickým predstaviteľom môže byť medzifrekvenčný zosilňovač rozhlasového prijímača.

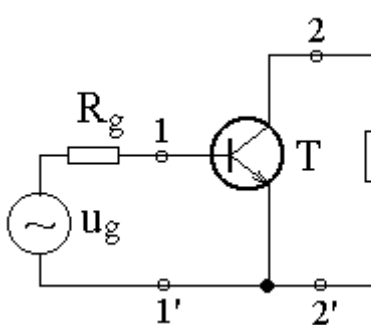
Širokopásmové zosilňovače sú určené na zosilňovanie signálov, ktoré spadajú do frekvenčného pásma, ktorého šírka je niekoľko-násobkom strednej frekvencie  $f_0$ . Typickým predstaviteľom je obrazový zosilňovač televízneho prijímača.

### 5. Podľa zapojenia zosilňujúcej súčiastky:

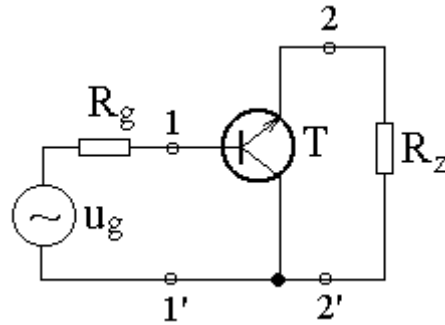
- a) zapojenie so spoločnou bázou *SB* (hradlom, mriežkou)
- b) zapojenie so spoločným emitorom *SE* (katódou)
- c) zapojenie so spoločným kolektorom *SK* (anódou)



Obr. 1. Zapojenie SB



Obr. 2. Zapojenie SE



Obr. 3. Zapojenie SK

Zosilňovače so spoločným bázou - obr. 1. majú malú vstupnú a veľkú výstupnú impedanciu, veľké napäťové a stredne veľké výkonové zosilnenie, ale prúdové zosilnenie vždy o niečo menšie ako jedna. Ich využitie je najčastejšie vo vysokofrekvenčných zosilňovačoch pre ich schopnosť zosilňovať signály s frekvenciami vyššími ako je tranzitná frekvencia  $f_T$  tranzistora zapojeného so spoločným emitorom. Uplatnenie majú tiež v niektorých zapojeniach nízkofrekvenčnej techniky pre ich malú vstupnú impedanciu, napr. mikrofónové a gitarové vstupné predzosilňovacie stupne.

Zosilňovače so spoločným emitorom - obr. 2. sú v praxi najpoužívanéjšie. Majú pomerne veľký vstupný a výstupný odpor, veľké napäťové, prúdové a výkonové zosilnenie. Majú použitie najmä v predzosilňovacích stupňoch.

Zosilňovače so spoločným kolektorom - obr. 3. sú typické veľmi veľkým vstupným a malým výstupným odporom, veľkým prúdovým a stredne veľkým výkonovým zosilnením, ale napäťovým zosilnením vždy o niečo menším ako jedna. Ich použitie je hlavne všade tam, kde potrebujeme pripojiť zdroj signálu s veľkou výstupnou impedanciou na vstup zosilňovača s malou vstupnou impedanciou, teda ako impedančné transformátory.

## **6. Podľa spôsobu činnosti:**

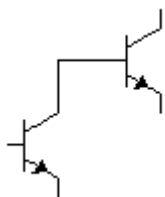
- a) jednočinné stupne
- b) dvojčinné stupne

Funkcia *jednočinných zosilňovacích stupňov* závisí na činnosti jedného zosilňovacieho prvku. Medzi jednočinné zosilňovacie stupne patrí väčšina zosilňovacích stupňov. Aj viacstupňové zosilňovače sú väčšinou zostavené z viacerých jednočinných zosilňovacích stupňov.

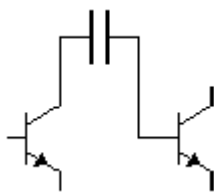
*Dvojčinné zosilňovacie stupne* obsahujú dva zosilňovacie prvky, ktoré sú zapojené tak, že pracujú v protifáze (protitakte) a ich výkony na spoločnej záťaži sa sčítajú. Prednosťou týchto stupňov je, že môžu pracovať s veľkou účinnosťou a malým skreslením signálu. Preto sa používajú v koncových výkonových stupňoch najmä nízkofrekvenčných zosilňovačov. Pri týchto stupňoch sa môžeme stretnúť aj s pomenovaním súmerné, poprípade protitaktné alebo pušpulové (z angličtiny push-pull, tlačiť-ťahať.)

## **7. Podľa spôsobu väzby na zdroj a záťaž:**

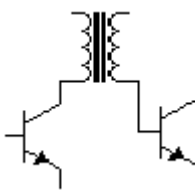
- a) s väzbou priamou (jednosmernou) - obr. 4.
- b) s väzbou kapacitnou - obr. 5.
- c) s väzbou transformátorovou - obr. 6.
- d) s väzbou autotransformátorovou - obr. 7.



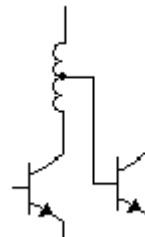
Obr. 4.



Obr. 5.



Obr. 6.



Obr. 7.

*Zosilňovače s priamou väzbou - obr. 4.* sú zosilňovače, u ktorých nie sú použité pre prepojenie zdroja signálu so vstupom alebo záťažou s výstupom zosilňovača žiadne kondenzátory alebo transformátory. Väzba medzi jednotlivými stupňami vo viacstupňovom zosilňovači je tiež priama, jednosmerná. Táto väzba sa používa napr. v jednosmerných zosilňovačoch meracích prístrojov.

*Zosilňovače s kapacitnou väzbou - obr. 5.* sú zosilňovače, u ktorých sú použité pre prepojenie zdroja signálu so vstupom alebo záťažou s výstupom zosilňovača kondenzátory. U takýchto zosilňovačov väzba medzi jednotlivými stupňami vo viacstupňovom zosilňovači môže byť priama, jednosmerná, alebo tiež kapacitná. Táto väzba sa používa vo všetkých zosilňovačoch striedavých signálov. Označuje sa často ako *striedavá väzba*.

*Zosilňovače s transformátorovou väzbou - obr. 6.* sú vhodné pre prenos len striedavých signálov. Umožňujú impedančné prispôbenie záťaže k zosilňovaču. Ich použitie je vo vysokofrekvenčnej technike, ale tiež v koncových nízkofrekvenčných zosilňovačoch výkonu realizovaných elektrónkami.

*Zosilňovače s autotransformátorovou väzbou - obr. 7. slúžia na prispôsobenie impedančných pomerov vo vysokofrekvenčných zosilňovačoch.*

### **8. Podľa počtu zosilňujúcich stupňov:**

- a) jednostupňové
- b) viacstupňové

*Jednostupňové zosilňovacie stupne sú tvorené jednou zosilňovacou súčiastkou a s touto súčiastkou majú definované špecifické vlastnosti. Ich použitie je najmä ako nízkošumové predzosilňovacie stupne, ktorými sa zosilňujú veľmi malé signály na primeranú úroveň vhodnú na spracovanie ďalšími zosilňovacími stupňami, alebo ako impedančné transformátory - tzv. *emitorové sledovače*.*

*Viacstupňové zosilňovacie stupne sú tvorené viacerými zosilňovacími súčiastkami, medzi ktorými môže byť jednosmerná alebo striedavá väzba. Takýto zosilňovací stupeň má potom ako celok svoje špecifické vlastnosti.*



## **ZOSILŇOVAČE - PRACOVNÉ TRIEDY**

V predchádzajúcich podtémach sme sa zaoberali vlastnosťami zosilňovačov, ktorými vieme hodnotiť hlavne ich kvalitu. Je prirodzené, že spomínané vlastnosti závisia od konštrukcie samotného zosilňovača. Niektoré vlastnosti zosilňovačov závisia totiž od toho, v ktorom mieste prevodovej charakteristiky zosilňovacieho prvku je umiestnený kludový pracovný bod  $P_0$ . Podľa jeho polohy zaradíme zosilňovače do tzv. "*pracovných tried*". Hlavným hľadiskom pre toto delenie je doba, čas, počas ktorého tečie prúd kolektorom tranzistora (anódou elektrónky) vzhľadom na periódu vstupného zosilňovaného signálu. Podľa toho rozlišujeme 3 pracovné triedy zosilňovačov:

1. Zosilňovače pracujúce v triede A
2. Zosilňovače pracujúce v triede B
3. Zosilňovače pracujúce v triede C

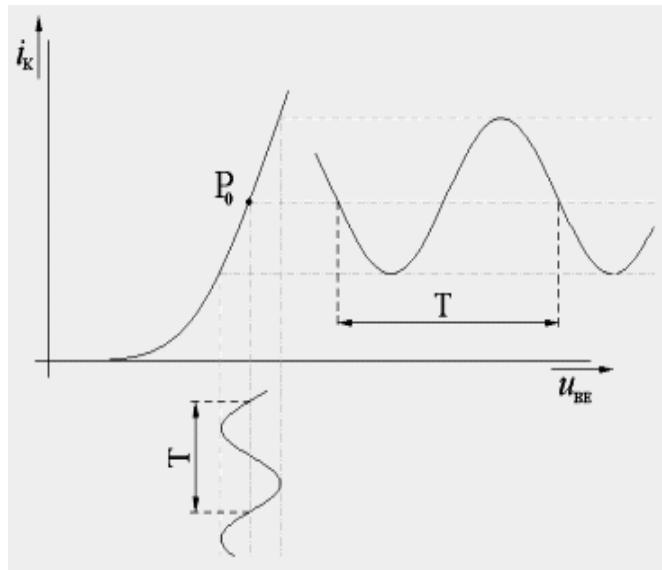
**Trieda A** - je definovaná umiestnením kludového pracovného bodu  $P$  v strede lineárnej časti prevodovej charakteristiky a uhol otvorenia 2 kolektorom tranzistora (anódou elektrónky) počas celej periódy vstupného signálu.  $\alpha$

=  $T = 360^\circ$ , takže prúd tečie

Vlastnosť  
i:

Zosilnení najväčšie  
e :  
Skreslení najmenšie  
e :  
Uhol  $2\alpha_0 = T = 360^\circ$   
otvorenia  
:  
Účinnosť malá (pre  
sínusový signál  
max. 25 %)

Použitie nízkočfrekvenčné  
:  
zosilňovače a  
vysokočfrekvenčné  
predzosilňovacie  
stupne



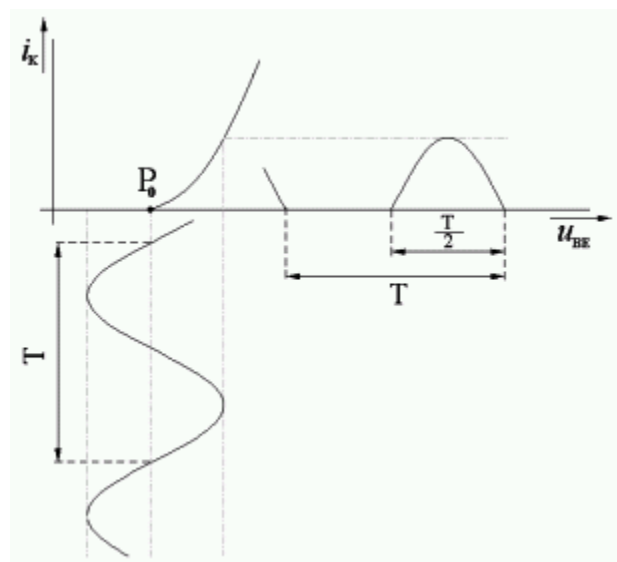
Obr. 15. Prevodová charakteristika pracovnej triedy A

**Trieda B** - je definovaná umiestnením kľudového pracovného bodu  $P_0$  do miesta zániku kolektorového prúdu, takže uhol otvorenia  $2\alpha = T/2 = 180^\circ$  a kolektorom tranzistora (anódou elektrónky) tečie prúd počas celej polperiódy vstupného signálu.

Vlastnosti :

Zosilnenie : stredné  
Skreslenie : veľké  
Uhol otvorenia :  $2\alpha_0 = \frac{T}{2} = 180^\circ$   
a :  
Účinnosť : najväčšia  
(teoreticky 50 %)

Prakticky sa trieda B v zapojení s jedným tranzistorom nepoužíva. Používa sa v tzv. dvojčinnom zapojení (účinnosť teoreticky 78 %)



Obr. 16. Prevodová charakteristika pracovnej triedy B

Použitie : v koncových  
výkonových  
stupňoch NF  
zosilňovačov

**Trieda C** - je definovaná umiestnením kludového pracovného bodu  $P_0$  za miesto zániku kolektorového prúdu, takže kolektorom tranzistora (anódou elektrónky) tečie prúd v kratšom čase ako je polperióda vstupného signálu a uhol otvorenia  $2\alpha < T/2 = 180^\circ$ .

Vlastnosti :

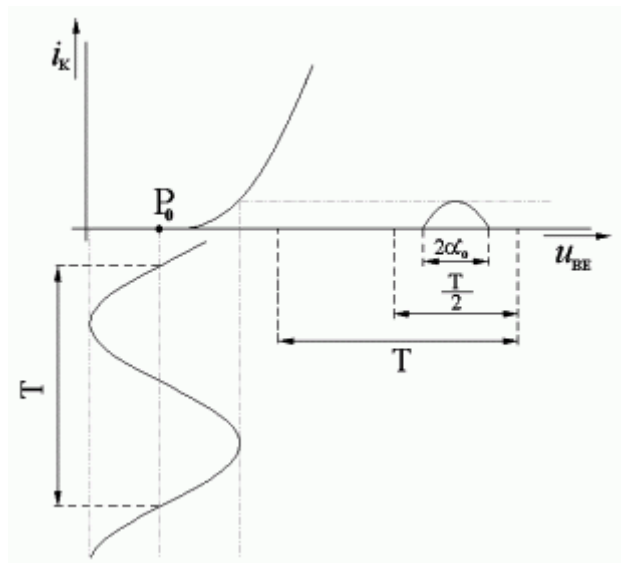
Zosilnenie : najmenšie

Skreslenie : najväčšie

Uhol otvorenia :  $2\alpha_0 < \frac{T}{2} = 180^\circ$

Účinnosť : stredná

Použitie : vysokofrekvenčné  
zmiešavače,  
nasobiče kmitočtu a  
koncové stupne vf  
vysielačov



Obr. 17. Prevodová charakteristika pracovnej triedy C



