

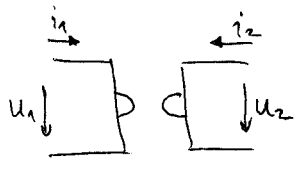
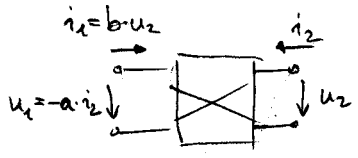
Druby a vlastnosti řízených zdrojů. Vysvětlete princip funkčních bloků: imitace invertor, imitace konvertor a ideální operační zesilovač.

• řízené zdroje (dvojbrany)

- zdroj napětí řízený napětím VCVS, napěťový zesilovač, $i_1=0, u_2=A \cdot u_1$
- zdroj proudu řízený proudem CCCS, proudový zesilovač, $u_1=0, i_2=-B \cdot i_1$
- zdroj proudu řízený napětím VCCS, $i_1=0, i_2=S \cdot u_1$
- zdroj napětí řízený proudem CCVS, $u_1=0, u_2=W \cdot i_1$

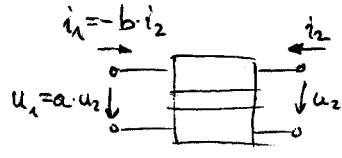
• imitace invertor (lin. dvojbrana)

- transformuje impedanci: $Z_{imp} = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{Z_2} = k \cdot \frac{1}{Z_2}$
- invertor pozitivní ($k>0$), negativní ($k<0$)
- gyrátor (pozitivní imit. konvertor) - pro tvorbu syntetického induktoru, analog. funkční blok
 $Z_{vst} = k \cdot \frac{1}{Z_c} = k \cdot \frac{1}{1/j\omega C} = k j\omega C = j\omega L_{ekv}$



• imitace konvertor (lin. dvojbrana)

- bránové veličiny pění vztahy,
transformuje impedanci: $Z_{imp} = \frac{a}{b} Z_2 = k \cdot Z_2$
- konvertor pozitivní ($k>0$), negativní ($k<0$ ~~zporný~~ odpor)
- patří sem ideální transformátor, alimí transformátor, ideální měnič výkonu

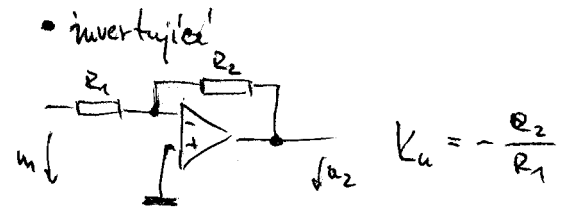
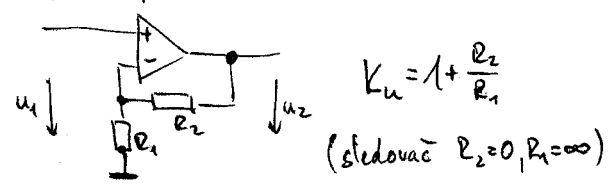


• ideální operační zesilovač

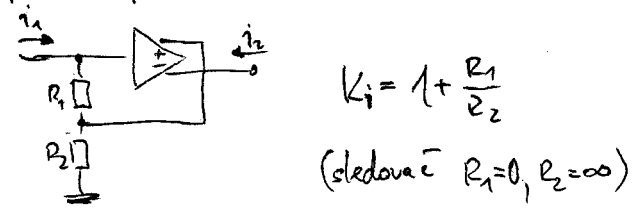
- nejrozšířenější funkční blok současnosti
- ideální => nekonečný zesílení
- integrovaný funkční blok
- princip založen na diferenciálním stupni s tranzistory, novější obvody v proudovém módu, proudová zrcadla

2) Jaké máte druhy operačních zesilovačů? Uveďte některá jejich typická zapojení: napěťové a proudové zesilovače, převodníky a funkční měniče

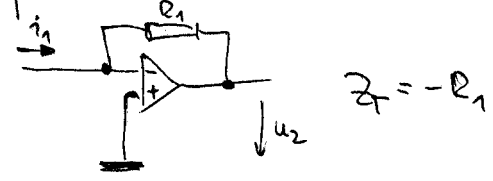
- OZ podle typu: obecné, přístrojové, nízkošumové, rychlé, širokopásmové, nízko proudové, s malým/nesympetrickým napájením, rail-to-rail, s plovoucím výstupem
- podle bran: SISO, DISO, SISO, DISO (S=single, D=differential)
- napěťový zesilovač: invertující,



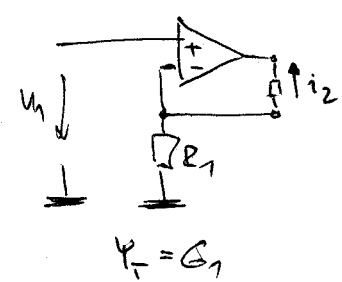
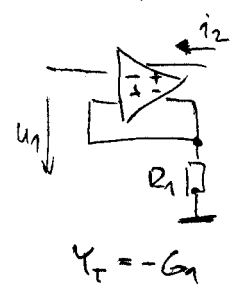
- proudový zesilovač



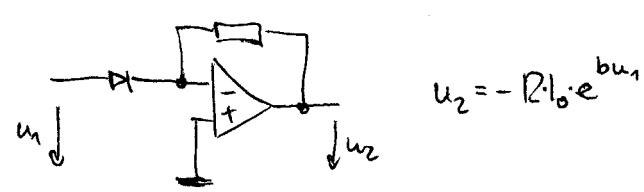
- převodník $I \rightarrow U$



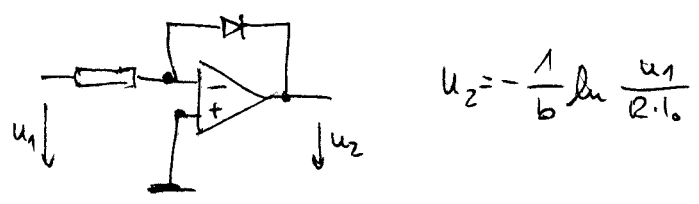
- $U \rightarrow I$



- funkční měniče exponenciální,

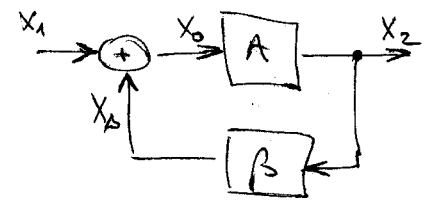


- logaritmický



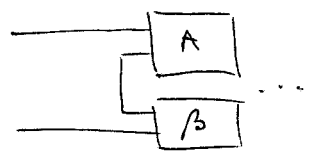
3) Vysvětlete princip zpětné vazby a proveďte její klasifikaci podle zapojení, umístění, funkce a dopadu na základní vlastnosti soustavy.

- umožňuje realizovat obvody s vysokou stabilitou a lineární pracovní charakteristikou
- lokální / globální (přes více stupňů), signálová / driftová (teplota, stárnutí)
- princip - Blackův vztah $K = \frac{A}{1 - \beta A}$
 - ZV záporná $K < A$ (zajišťuje kmit. nezávislost)
 - ZV kladná $K > A$

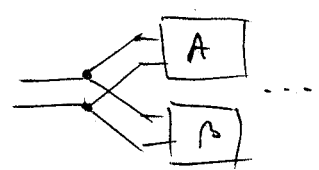


• ZV dle zapojení:

- na vstupu

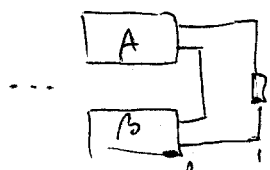


sériová
 $Z_{vt} = Z_A (1 - \beta A)$

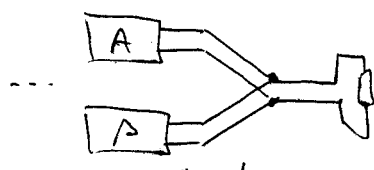


paralelní
 $Z_{vt} = Z_A / (1 - \beta A)$

- na výstupu

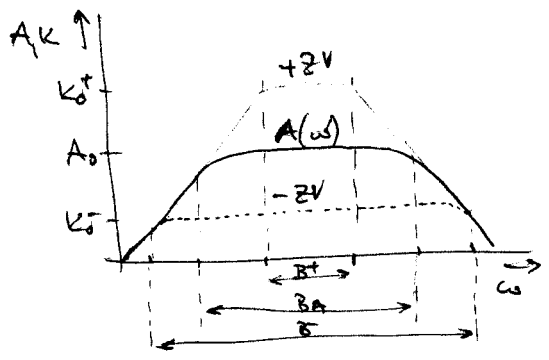


proudová
 $Z_{vt} = Z_A (1 - \beta A)$



napietová
 $Z_{vt} = Z_A / (1 - \beta A)$

• vliv na kmitočtovou charakteristiku:



přibližně $A_0 B_A \approx K_0^+ B^+ \approx K_0^- B^-$

• oscilace při $\beta A = 1$ a $\varphi_A + \varphi_B = 2k\pi$

Účel a klasifikace elektrických filtrů. Pasivní filtry prvního a druhého řádu. Aktivní filtry, jejich základní odlišnosti oproti filtrům pasivním.

• elektrické filtry

- pasívno propustné, nepropustné
- příklady: v usměrňovačích, vst. díly, varba uzení zesilovači, zadržet rušení
- dělení dle přeneseného pásma: DP, HP, PP, PZ, fázovací články
- dělení dle prvků: pasivní (RC, LC), aktivní (RC, R, syntetické, fúndem, ...)
- dělení dle řádu přenosové fce

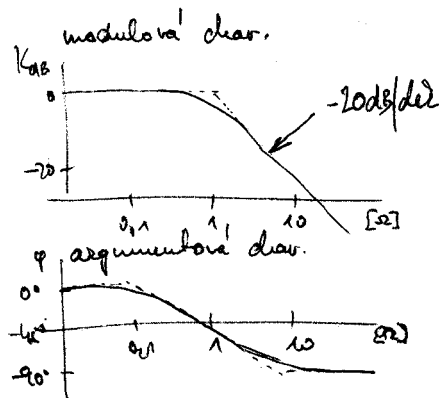
• pasivní filtry 1. řádu

- DP RC



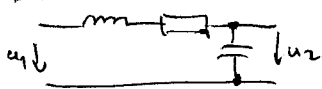
$$K(j\omega) = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$\omega_m = 1/\tau = 1/RC$$



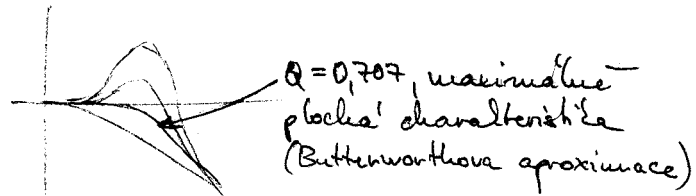
• pasivní filtry 2. řádu

- DP RLC

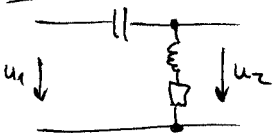


$$\omega_p = 1/\sqrt{LC}$$

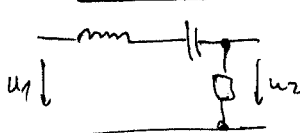
$$Q_p = \omega_p L / R$$



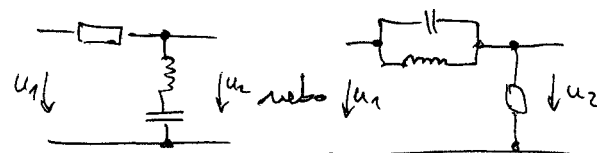
- HP RLC



- PP RLC

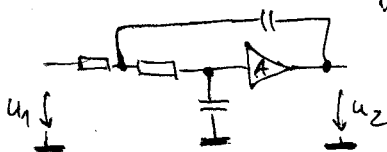


- PZ RLC



• aktivní filtry

- snaha o nahrazení RLC $\Rightarrow$ filtry AEC (jen R, C a aktivní fúndem bloky)
- počet aktivních bloků (OZ): jeden (SAB), dva (DAB), tři (TAB), více (DAB)
- dělení dle ZV: jedna/dva/více součel, přelový článek, T-článek, Wienův článek
- aktivní DP Sallen-Key

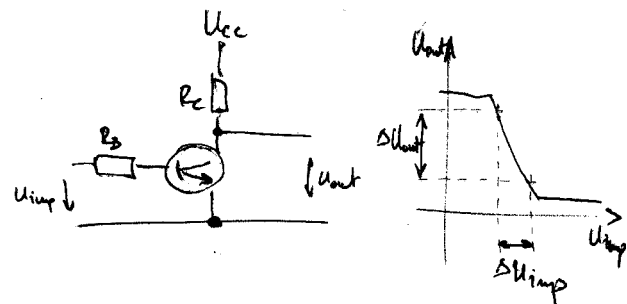


- filtry vyšších řádů - řádová fce tvořena na součin dílčích přenosových fce 1. nebo 2. řádu

Základní stupně s tranzistory: zapojení SE, SC, SB a jejich vlastnosti, zpětná vazba v základních stupních. Kaskádové řešení základních stupňů - důvody použití!

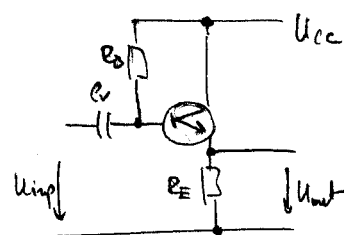
• zapojení SE

- zesiluje napětí i proud
- obrací fázi
- středně velký vstupní i výstupní odpor
- nastavení pracovního bodu - napájení báze napětově (děličem), proudově
- s využitím aktivní neline. zatíže velmi vysoký přenos napětí (10)
- VF model: kapacity C_{BE}, C_{BC}, C_{CE} ; Millerova kapacita $C_M = C_{CE}(1-K_u)$



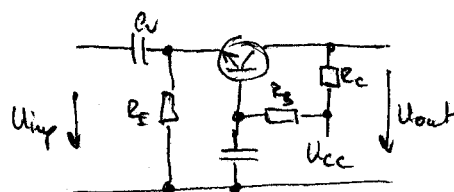
• zapojení SC - „emitorový sledovač“

- zesiluje pouze proud ($K_u < 1$)
- neobrací fázi
- velký vstupní a malý výstupní odpor
- výrazný zpětný přenos napětí



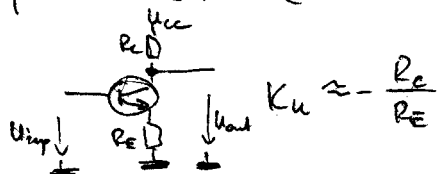
• zapojení SB

- zesiluje pouze napětí ($K_u < 1$)
- neobrací fázi
- malý vstupní a velký výstupní odpor
- nejmenší zpětný přenos napětí



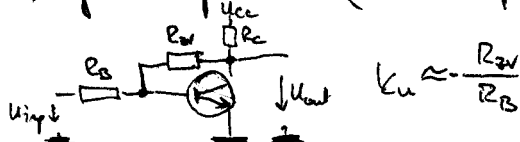
• zpětná vazba

- proudová sérievá (lokální záporná ZV SE)



$$K_u \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

- napětově paralelní (lokální záporná ZV SE)



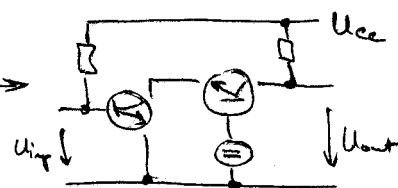
$$K_u \approx -\frac{R_{FV}}{R_B}$$

- dopady záporné ZV:

- zmenšení zesílení napětí
- zvětšení R_{in} a R_{out}
- zmenšení zkreslení
- zmenšení vlivu parametrů T
- zvětšení dynamiky

• kaskádové řešení

- Darlingtonovo zapojení SC-SC
- kaskoda SE-SB (eliminuje Millerův jev, zmenšuje zpětný přenos)
- zapojení SC-SB (nepřebuditelný stupeň)
- zapojení SE-SE (zvětšení K_u i použitím globální ZV)
- zapojení SC-SE (zvětšení f_{max})

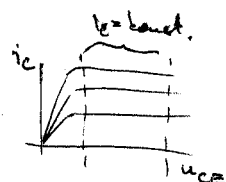
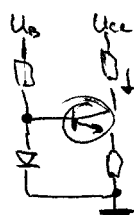
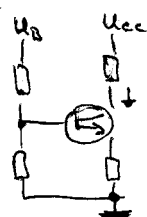
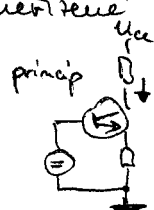


⑥ Obvody s tranzistory: zdroje proudu užití a řízení, proudová zrcadla, Darlingtonovo zapojení, diferenciální zesilovač.

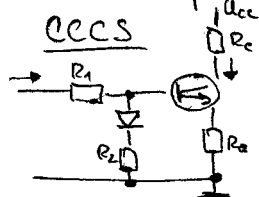
• zdroje proudu s BJT

- využít oblasti charakteristik s konstantním I_C

- užití zdroje

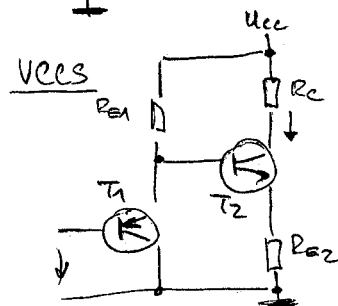


- řízení zdroje:



$$I_{out} \approx \frac{R_2}{R_1} I_{in}$$

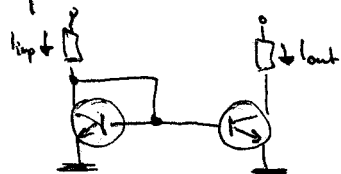
ΔU_0 kompenzuje $\Delta U_E = \Delta U_T / \beta$



$$I_{out} \approx \frac{I_{imp}}{R_{E2}}$$

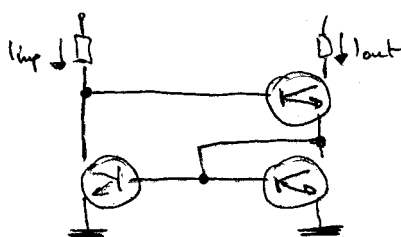
doplnění CCCS o emitorový sledovač T_1

• proudová zrcadla



základní zapojení

$$K_I = \frac{\beta}{\beta + 2} \approx 1$$



Wilsonovo zrcadlo

$$I_{out} = I_{imp}$$

• Darlingtonovo zapojení

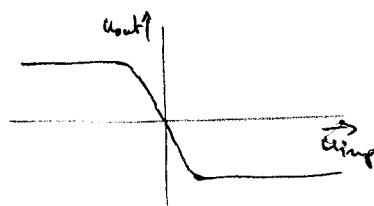
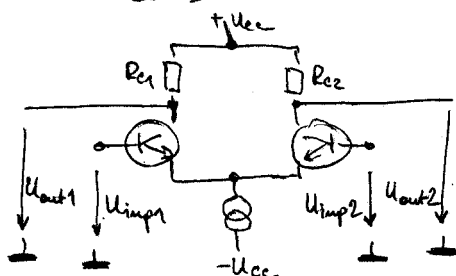


$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

• diferenciální zesilovač

- stavěný prvek integrovaných OZ; symetrický $\Rightarrow$ kompenzace teplotních závislostí

- realizace s BJT:

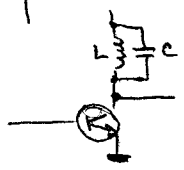


- v lineární části: zesilovač $U_{out} = K \cdot U_{in}$

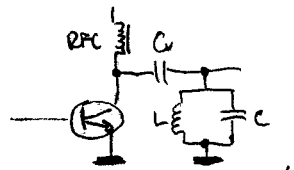
- mimo lin. část: oboustranný omezovač

Vysvětlete princip, použití a dělení laděných zesilovačů. V jakých třídách a režimech mohou pracovat? Jak zabráníme rozkmitání obvodu?

• s jedním laděným obvodem



sériové napájení



paralelní napájení

- místo R_c zapojen rezonanční obvod LC
- malé výkony $\Rightarrow$ třída A, lineární režim (minimální ztráty, malá útlumost)
- snížení ztlumění (autotransformátor, rozdělení kapacitami - o-článek)

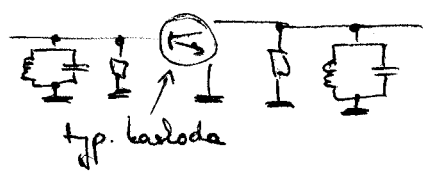
- neutralizace zesilovače (opatření proti rozkmitání - kompenzace ZV přes C_{bc})
- unilaterizace zesilovače (zabránění zpětnému přenosu)

• výkonové laděné zesilovače

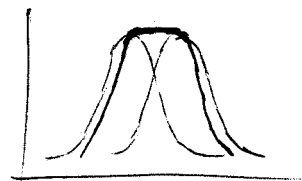
- schéma stejné, prvky FET nebo elektronky
- max. účinnost ve třídě C - nelineární, LC je PP 2. řádu pro 1. harmonickou
- režimy: podkritický, kritický, nadkritický

• zesilovače s více laděnými obvody

- LC obvody laděné: shodné, rozložené
- při rozložení ladění větší šířka pásma

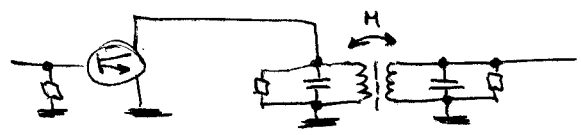


typ. kaskáda



• zesilovače s vázanými laděnými obvody

- větší možnosti úpravy modulové charakteristiky
- dokonale galvanické oddělení stupňů - magnetická vazba M



- typické v MF zesilovačích; větší šířka pásma a strmější body modulové charakteristiky

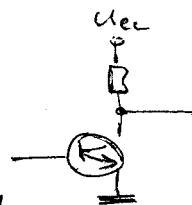
8) Proveďte klasifikaci výkonových NF zesilovačů z hlediska zapojení, vazby na předchozí stupeň a zatížení a podle použité třídy. Vysvětlete funkci a dosažitelnou účinnost.

• klasifikace výkonových NF zesilovačů

- dle způsobu zapojení: SE, SC; jednočinný, dvojitý
- dle vazby: přímá, kapacitní, transformátorová
- dle třídy: základní (A, AB, B, C), spínací (D, E, S, T)

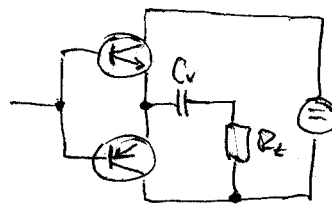
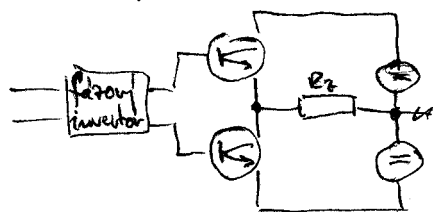
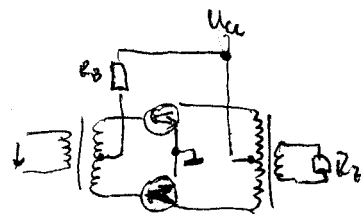
• třída A

- nedochází k zániku I_c (prac. bod ve středu charakteristik)
- lin. režim $\Rightarrow$ malé ztráty, malá účinnost
- rezistivní zatížení: $\eta = 25\%$
- s transformátorem: $\eta = 50\%$, možnost impedančního přizpůsobení

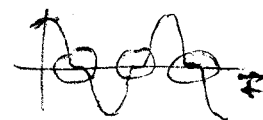


• třída B

- dvojitá zapojení, každý tranzistor zesílí polovinu
- dobrá účinnost: $\eta = 78,5\%$, v klidu malé zbytkové proudy
- bez transformátorů: čáskové symetrické zapojení, komplementární



- ztrátem vlivem nelinearity v počátku charakteristiky

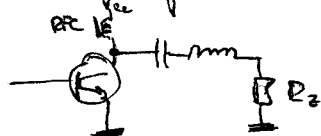


• třída AB

- malé přepětí v bátech tranzistorů $\Rightarrow$ posun charakteristiky, potlačení ztrát

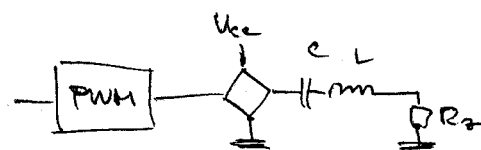
• třída C

- zesilovač s paralelním napájením (typ VF)



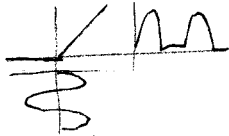
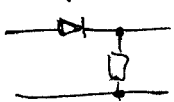
• spínací výkonové zesilovače

- třída D: pulsní střídavá modulace
- sériový rezon. obvod filtruje 1. harmonickou
- vysoká účinnost ($\eta > 80\%$), větší ztráty
- třída G: AB, U_{cc} přizpůsobováno
- třída H: jako G, ale s U_{cc} sledujícím ust. signál

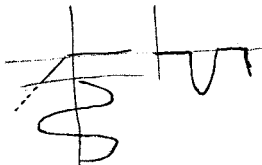
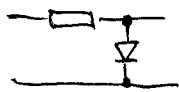


9) Vysvětlete princip, účel a dělení omezovačů a tvarovačů signálů.

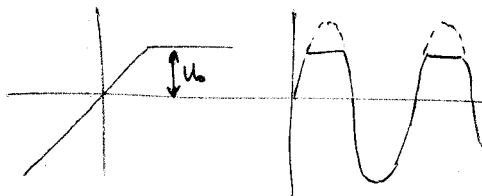
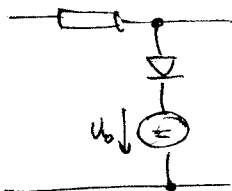
- omezovače (účelem je oříznout určitě části vstupního signálu, tj. tvarovat)
- seriový diodový omezovač (ořezne zápornou polaritu)



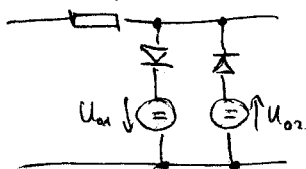
- paralelní diodový omezovač (ořeznekladnou polaritu - nedobrovolně)



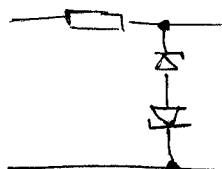
- paralelní diodový omezovač s předpětím (U_0 posouvá úroveň omezení)
- může být $U_0 < 0 \Rightarrow$ kompenzace úbytku na diodě



- oboustranný diodový omezovač
- dvě antiparalelní větve

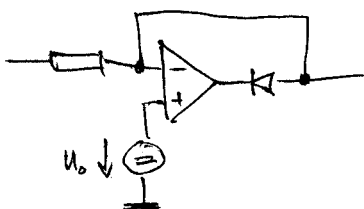


- paralelní větev se dvěma ZD

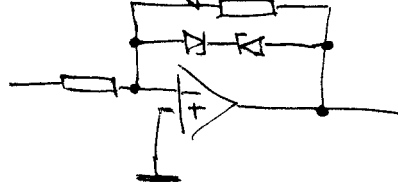


- omezovače s OZ

- precizní omezovač



- oboustranný omezovač



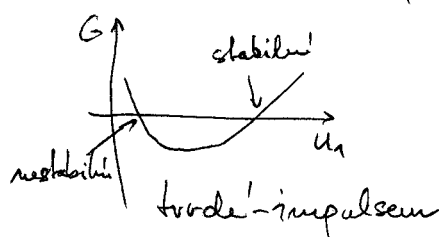
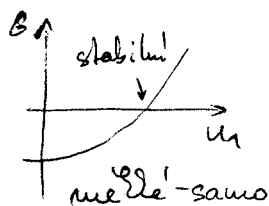
Klasifikace harmonických oscilátorů. Principy LC oscilátorů se záporným diferenciálním odporem a se zpětnou vazbou, princip RC oscilátorů s postupným posouváním fáze.

• generátory signálů

- měří SS energii zdroje na energii vyráběných kmitů; autonomní (nebudoucí)
- signály: neperiodické, periodické: neharmonické, harmonické (LC, RC)

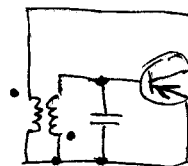
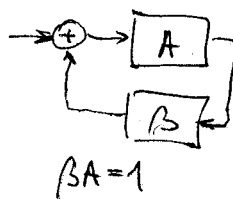
• dvoubodové LC oscilátory (osc. se záporným diferenciálním odporem)

- odtlumení dovedu RLC - kompenzace ztrát na $+R_p$ pomocí neline. prvku $-R_N$ se záporným dif. odporem v určité části charakteristiky - typ N, typ S
- řešení kvazilineární metodou - reálnitní měří, tvrdé



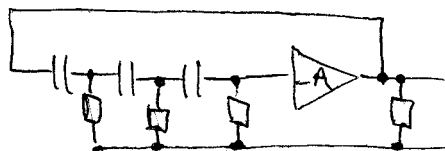
• zpětnovazební LC oscilátory

- kladná ZV, sferické oscilační podmínky $|A\beta|=1$ a $\varphi_A + \varphi_\beta = 2k\pi$
- oscilátory s induktivní vazbou
- fázeová podmínka - vhodné konce vinutí trafo podle toho, zda T otočí fázi



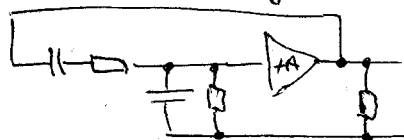
• oscilátory RC

- pro kmitočty do $\sim$ MHz, nahrazení nutností velkých indukčností
- modulová char. $\beta(\omega)$ pláca, fázeová char. $\phi(\omega)$ stroma
- oscilátory s postupným posouváním fáze (jedna smyčka ZV)



přičloví člen musí otočit fázi o 180°

- oscilátor s Wienovým členem



člen představuje pásmovou propust 2. řádu

- oscilátory ústředové (dvě smyčky ZV)