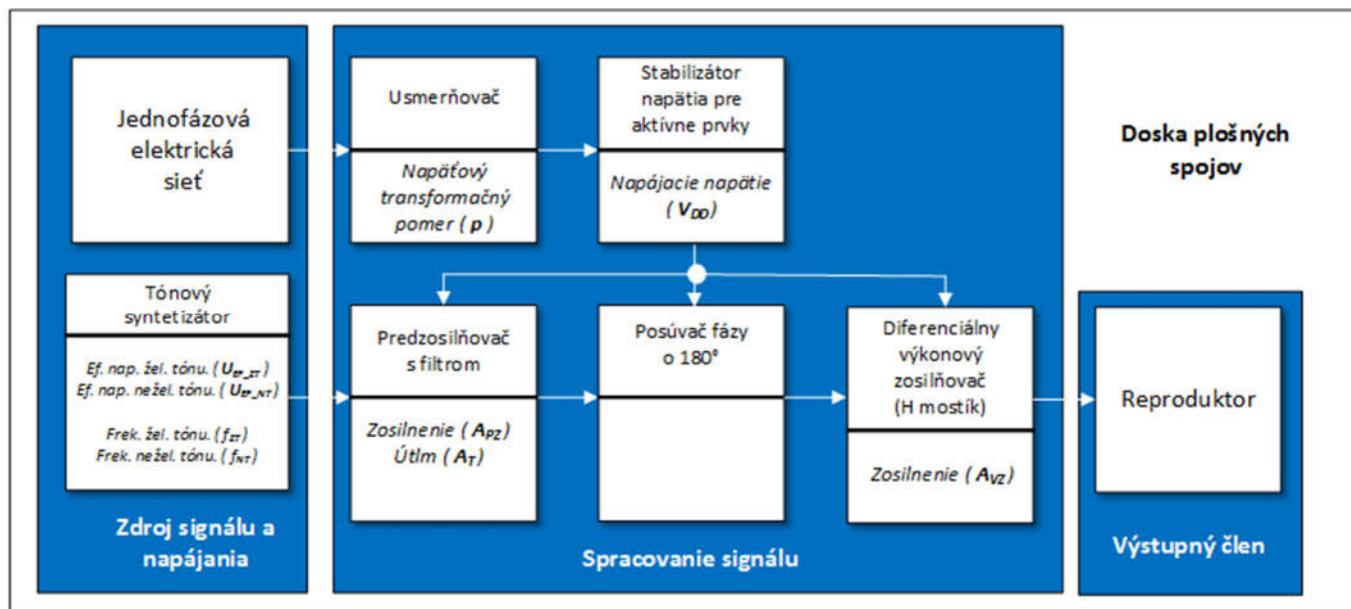


Meno študenta:

Zadanie:

Bloková schéma na Obr. 1 zobrazuje systém na generáciu (Tónový syntetizátor) a reprodukciu tónu (Reproduktor) istej frekvencie. Tento systém je napájaný priamo z elektrickej distribučnej siete s efektívnym jednofázovým napätím 230 V (frekvencia 50 Hz). Úlohou systému je dostatočne zosilniť takto zosyntetizovaný sínusový signál (tón) a prešíriť ho od zdroja signálu (Syntetizátor) k výstupnému členu (Reproduktor). Po zrealizovaní plošného spoja a jeho testovaní sa však zistilo, že syntetizátor generuje miesto jedného tónu, tony dva. Spektrálnym analyzátorom odborníci dokázali presne definovať amplitúdu a frekvenciu neželaného tónu. Vzhľadom na to, že realizácia syntetizátora predstavovala najnákladnejšiu časť systému z pohľadu návrhu a výroby (napr. veľmi drahé DSP, aplikačne špecifický kód, veľmi presný analógový syntetizátor atď.) sa manažment firmy, ktorá zákazku zrealizovala, rozhodol túto chybu odstrániť zásahom do časti spracovania signálu namiesto do samotného syntetizátora. Čo však čert nechcel, Jano, človek ktorý na zákazke pracoval, niekde zapatrošil pôvodný návrh spolu so všetkými LTSpice súbormi a preto bol z firmy vyhodnený. Majiteľ však pre zachovanie dobrého mena firmy, mal v rukáve tromf, a vám sa v emailovej schránke objavil presne rovnaký email ako kedysi už bývalému zamestnancovi Jano. Po jeho zahliadnutí si presne vedel, čo máš robiť....nadýchol si sa a pustil sa do toho!

Príloha v emaili:



Obr. 1 Bloková schéma systému

p	$\pm V_{DD\_OPZ}$ [V]	$V_{EF\_ZT}$ [mV]	$V_{EF\_NT}$ [mV]	$f_{ZT}$ [kHz]	$f_{NT}$ [kHz]	$A_{pZ}$ [dB]	$A_T$ [dB]	$A_{VZ}$ [dB]
-	-	-	-	-	-	-	-	-

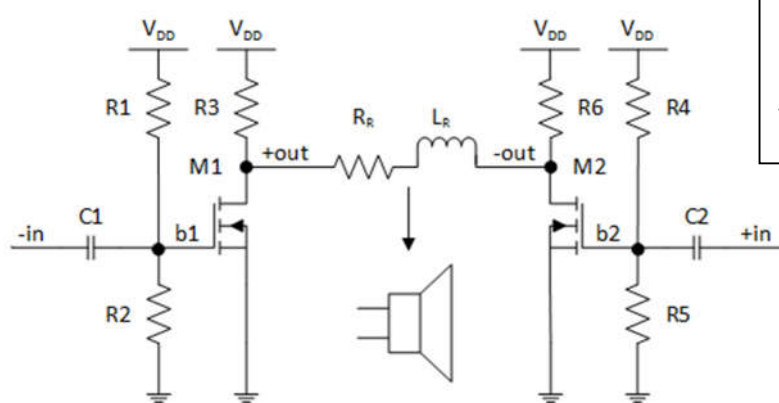
Tab. 1 Požadované parametre

### Vysvetlivky:

- $p$  - napäťový transformačný pomer transformátora  
 $V_{DD\_OPZ}$  - symetrické napájacie napätie pre operačné zosilňovače  
 $V_{EF\_ZT}$  - efektívna hodnota napätia želaného tónu (užitočného signálu)  
 $V_{EF\_NT}$  - efektívna hodnota napätia neželaného tónu (rušivého signálu, šumu)  
 $f_{ZT}$  - frekvencia želaného tónu (užitočného signálu)  
 $f_{NT}$  - frekvencia neželaného tónu (rušivého signálu, šumu)  
 $A_{PZ}$  - napäťové zosilnenie aktívneho filtra (požadované zosilnenie želaného tónu)  
 $A_T$  - napäťový útlm aktívneho filtra (požadovaný útlm neželaného tónu)  
 $A_{VZ}$  - napäťové zosilnenie výkonového diferenciálneho páru

### Poznámky k zadaniu:

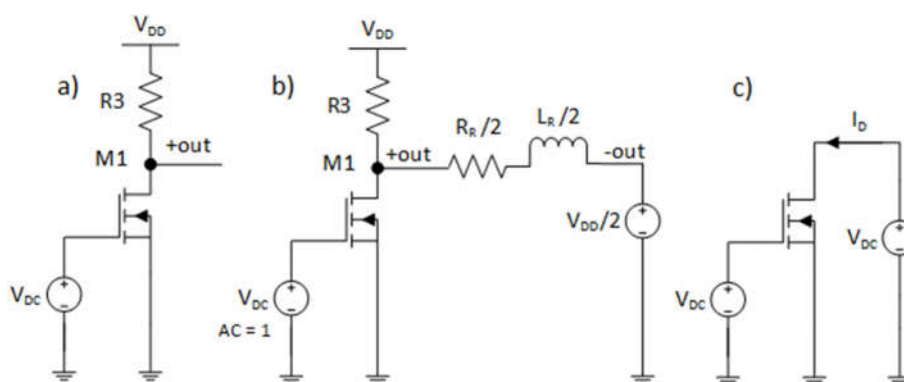
Obvodová realizácia niektorých blokov z Obr. 1:



Obr. 2 Reprodukter v H mostíku

Odpor vinutia cievky reproduktora je  $R_R = 500 \text{ m}\Omega$ . Dopočítajte aká musí byť indukčnosť cievky  $L_R$  reproduktora aby jeho výstupná impedancia  $|Z_R|$  bola pri frekvenciách želaného tónu práve  $8 \Omega$  !

Schémy pre nastavenie/zistenie špecifických vlastností diferenciálneho zosilňovača v H mostíkovom zapojení



Obr. 3 a) Nastavenie operačného bodu, b) c) Zistenie/nastavenie zosilnenia

Zosilnenie (zisk)  $A_{VZ}$  sa určí jednoducho zobrazením napätia v uzle **+out** v zapojení b). Schéma b) je len upravený H mostík z Obr. 2, tak aby sa dalo diferenciálne zosilnenie odčítať priamo bez prepočtov.

Alebo zo schémy c) sa odčíta parameter  $g_{m1}$  a prenášobí sa impedanciou v uzle **+out** :

$$A_{VZ} = g_{m1} \left( \left| \frac{Z_R}{2} \parallel R_3 \right| \right)$$

Ďalšie požiadavky:

- Napájanie mostíka **je pevne stanovené** na 12 V (výkonový regulátor dostanete k dispozícii)
- Uistite sa, že vo vašej realizácii nedôjde k prekročeniu maximálnych dovolených hodnôt prúdov/napätí pri reálnych súčiastkach (tranzistor M1, M2, operačný zosilňovač, zenerová dióda)
- Existuje požiadavka, že napájacie napätie aktívnych prvkov z dôvodu šetrenia a dostatočného PSSR operačných zosilňovačov **musí byť** realizovaná prostredníctvom stabilizačných diód
- Tón **musí byť** spracovaný až po nabehnutí (ustálení) napájacieho napätia (realizujte vo forme tranzistorového spínača – ON/OFF : 5/0 V)
- Systém **musí byť** stabilný

Odporúčaný postup riešenia:

1. Návrh H mostíka
2. Návrh predzosilňovača a posúvača fázy
3. Návrh stabilného napájacieho napätia

Systém si postupne vyskladávajte. Napríklad navrhnete si najprv zosilňovače, potom si odsimulujete len napäťový delič (bias), potom si odsimulujete zosilňovač spolu s biasom atď...

**Postup a zadanie budú bližšie vysvetlené na cvičení !!!**

Rady:

- Odporúčané súčiastky:

Operačný zosilňovač:	OP37
Tranzistory M1 a M2:	Si1555DL_N
Zenerová dióda:	to je na vás (podľa zadania)
- Odporý R1, R2, R4 a R5 (Obr. 1) by mali byť väčšie ako odpory použité v posúvači fázy a predzosilňovači (v prípade, že odpory obsahujú)
- Odporý R3 a R6 (Obr. 1) si zvolte v rozsahu 50 – 1 kΩ
- Pri návrhu časti *spracovanie signálu* (Obr. 1) uvažujte odpory väčšie ako 1 kΩ
- Zvoľte si filtračné kondenzátory pri návrh napájacieho napätia dostatočne veľké ( $\geq 100 \mu\text{F}$ ) – držte sa ale vzťahov!
- Pri návrhu uvažujte vzťahy (1), (2), (3), (5), (6), (8)

Vzťahy, ktoré môžu byť užitočné vrátane vzťahov uvedených na prednáškach a cvičeniach:

Zvoľme si:  $R_1 = R_4 = R_{B1}$ ,  $R_2 = R_5 = R_{B1}$ ,  $R_3 = R_6 = R_L$ ,  $C_1 = C_2 = C_D$

- Výpočet indukčnosti:

$$Z_R = R_R + j\omega_{ZT}L_R \rightarrow |Z_R| = \sqrt{R_R^2 + (\omega_{ZT}L_R)^2} \rightarrow L_R = \text{_____} \Omega \quad (1)$$

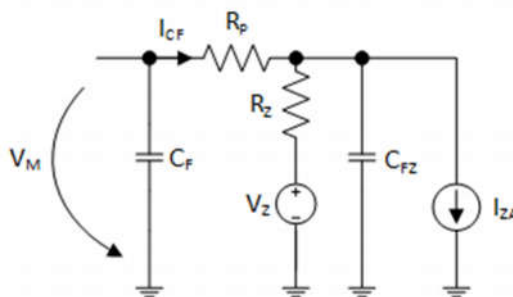
kde

$\omega_{ZT}$  – uhlová frekvencia želaného tónu (užitočného signálu)

- Splnenie podmienky pre hornopriepustný filter v H mostíku:

$$f_{ZT} \gg \frac{1}{2\pi(R_{B1} || R_{B2})C_D} \quad (2)$$

- Návrh referenčného zdroja napätia prostredníctvom zenerovej diódy:  
 Náhradný model (vybíjanie kondenzátora):



Obr. 2 Náhradný model, pri návrhu filtračného kondenzátora  $C_F$

- riešenie pre  $V_{CF}$  vedie k OLDF 2. rádu, ktorej riešenie má exponenciálny charakter
- ak  $R_P \gg R_Z$ ,  $I_{ZA}R_Z \ll V_Z$  a uvažujeme najhorší prípad t.j. strmosť v čase  $t=0$ , ktorá trvá celú periódu  $f_{EDS}$  (jednocestný usmerňovač), dostaneme predimenzovaný vzťah:

$$C_F > \frac{(V_M - V_Z)}{V_{CF}} \left( \frac{1}{f_{EDS}} \right) \left( \frac{1}{R_P} \right) \quad (3)$$

pričom

$$I_{CF_{MAX}} = \frac{(V_M - V_Z)}{R_P} \quad (4)$$

Napätie na dióde však nemôže klesnúť pod prierazne (zenerové) napätie. To zabezpečí podmienka:

$$V_{CF} < (V_M - V_Z) - I_{ZA}R_P \quad (5)$$

kde

$\Delta V_{CF}$  – zvlnenie na filtračnom kondenzátore  $C_F$

$V_M$  – maximálne výstupné napätie jednocestného/dvojcestného usmerňovača

$V_Z$  – napätie zenerovej diódy v závernom smere (nominálne zenerové napätie)

$R_P$  – predradný odpor zenerovej diódy

$I_{ZA}$  – maximálny jednosmerný záťažový prúd (napájací prúd, uvažované  $I_{ZA\_DC} \gg I_{ZA\_AC}$ )

$f_{EDS}$  – je frekvencia napätia z elektrickej distribučnej siete (uvažovaný jednocestný usmerňovač), ak použijete dvojcestný usmerňovač uvažujte  $f_{EDS}/2$

$C_F$  – kapacita filtračného kondenzátora

$I_{CF_{MAX}}$  – maximálny prúd, ktorý vzniká pri vybíjaní filtračného kondenzátora ( $P_{MAX\_ZEN} \gg \text{eff}[I_{CF_{MAX}}]V_Z$ )

Bolo by vhodné overiť aj to, či nebol prekročený maximálny disipatívny výkon diódy (najlepšiu simuláciou).

- Výpočet napäťového transformačného pomeru ideálneho tranzistora:

$$p = \frac{V_S}{V_P} = \sqrt{\frac{L_S}{L_P}} \quad (6)$$

Vzťah platí len ak

**Predmet:** Elektronika (FIIT)  
**Rok:** 2016

**Zadanie číslo:** -  
**Počet možných bodov:** 15

**Garantujúce pracovisko:** ONTIO  
**Doba riešenia:** 29.4-20.5.2016

$$2\pi f_{EDS}L_S \ll Z_L \quad (7)$$

Pretože mostík primárne poskytuje prúd potrebný na nabíjanie filtračného kondenzátora, výstupná impedancia je dominantne daná jeho kapacitnou reaktanciou. Preto stačí keď

$$(2\pi f_{EDS})^2 \ll \frac{1}{L_S C_F} \quad (8)$$

kde

$L_P$  - indukčnosť primárneho vnutia ideálneho transformátora

$L_S$  - indukčnosť sekundárneho vnutia ideálneho transformátora