

1. Diferencijalnim pojačalom sa **simetričnim izlazom** i diferencijalnog pojačanja $A_D = 1000$, faktora potiskivanja (drugi naziv faktor rejekcije, oznake: $CMRR$, H ili F) $H = 80$ dB i faktora **diskriminacije** $F_D = 80$ dB mjeri se diferencijalni napon amplitude 1 mV uz prisutnost zajedničkog napona smetnje amplitude 2 V. Izračunajte izlazni napon.
2. Diferencijalnim pojačalom s **asimetričnim izlazom** i pojačanjem $A_D = 1000$ mjeri se napon dijagonale tenzometarskog mosta izvedenog istim otpornicima. Uslijed djelovanje sile napon na dijagonali mosta je 1 mV. Napajanje mosta je 10 V. Ako je faktor potiskivanja pojačala 80 dB, izračunajte napona na izlazu pojačala.
3. Nacrtajte shemu **instrumentacijskog pojačala s kontinuirano promjenjivim pojačanjem** izvedenog s tri operacijska pojačala. Drugi stupanj pojačala ima **ulazni diferencijalni otpor** 22 k Ω i stalno diferencijalno pojačanje 5 . Elemente pojačala proračunajte tako da se pojačanje može mijenjati u granicama od 10 do 100 .
4. Impedancija **neinvertirajuće** stezaljke **plivajućeg** pojačala prema masi je 2 G Ω , a **invertirajuće** stezaljke $1,5$ G Ω . Diferencijalno pojačanje pojačala je $A_D = 1$. Kada se na međusobno kratko spojene ulazne stezaljke pojačala spoji naponski izvor zanemarivog unutarnjeg otpora, faktor potiskivanja pojačala je $F = 140$ dB. Pronađite ovisnost faktora potiskivanja o unutarnjem otporu izvora zajedničkog signala, te izračunajte faktor potiskivanja za unutarnji otpor od 1 k Ω .
5. Kristal kremenja ima kapacitet između elektroda 5 pF i dinamičke parametre: induktivitet 10 H, otpor $1,5$ k Ω i dinamički kapacitet $0,05$ pF. Nacrtajte nadomjesnu shemu kristala i obilježite njene elemente. Nacrtajte (kvalitativno) ovisnost impedancije kristala o frekvenciji. Odredite razliku između paralelne i serijske rezonancijske frekvencije. Izračunajte faktor kvalitete kristala za serijsku rezonanciju.
6. Colpittsov oscilator ima faktor kvalitete titrajnog kruga 100 , induktivitet zavojnice 50 μ H i strminu FET-a $0,1$ mA/V. Izračunajte kapacitete kondenzatora u djelilu tako da oscilator ima ispunjen uvjet osciliranja na frekvenciji 5 MHz. Kondenzatori u djelilu čine kapacitet titrajnog kruga.
7. RC oscilator u spoju **Wienovog** mosta s operacijskim pojačalom koristi se kao mjerni izvor sinusnog napona frekvencije 1 kHz. Nacrtajte električku shemu oscilatora. Odredite vrijednosti otpornika u granama negativne i pozitivne povratne veze ako su kondenzatori u grani pozitivne povratne veze jednakog kapaciteta $3,3$ nF.
8. Izvorom stalne frekvencije 1 kHz i faznom povratnom vezom želi se ostvariti izvor frekvencije između 1 MHz i 2 MHz s korakom promjene od 1 kHz. Odrediti vrijednosti do kojih brojilo mora brojati i parametre naponski kontroliranog oscilatora, ako promjeni ulaznog napona oscilatora između $1,1$ V i $3,9$ V odgovara promjena frekvencije signala na izlazu od $1,5$ MHz.
9. **Selektivnim** voltmetrom se mjerni napon u području frekvencija od 1 MHz do 20 MHz. U prvom stupnju za miješanje koristi se promjenjivi oscilator kojemu se frekvencija može mijenjati u području od 31 MHz do 50 MHz, a selektivno pojačalo tog stupnja ima rezonantnu frekvenciju 30 MHz. Selektivno pojačalo u drugom stupnju za miješanje ima rezonantnu frekvenciju 1 MHz.
 - a) nacrtajte principijelnu blok-shemu selektivnog voltmetra s dva stupnja za miješanje i naznačite vrijednosti navedene u zadatku,
 - b) odredite frekvenciju stabilnog oscilatora u drugom stupnju za miješanje,
 - c) odredite koliku frekvenciju treba namjestiti na oscilatoru u prvom stupnju ako se u spektru ulaznog signala mjeri amplituda komponente od 10 MHz.

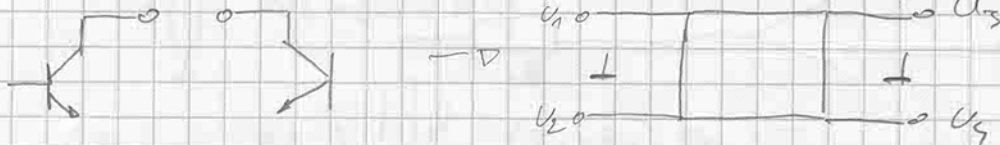
ĆWICZENIE 2

1. $A_D = 1000$

$CMRR = 80 \text{ dB} = 10^4$

$F_D = 80 \text{ dB} = 10^4$

TEORIJA:



$$\begin{aligned} U_{D1} &= U_2 - U_1 & U_{D2} &= U_4 - U_3 & U_3 &= a U_1 + s U_2 \\ U_{2, \text{m}} &= \frac{U_2 + U_1}{2} & U_{2, \text{iz}} &= \frac{U_4 + U_3}{2} & U_4 &= c U_1 + d U_2 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} U_{D2} \\ U_{2, \text{iz}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_D & A_Z \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{D1} \\ U_{2, \text{ul}} \end{bmatrix}$$

→ funkcja

zależność między napięciami wejściowymi a wyjściowymi
- a następnie można znormalizować

$$CMRR = \frac{\frac{U_{D2}}{U_{2, \text{ul}}} \big|_{U_{2, \text{ul}}=0}}{\frac{U_{D2}}{U_{2, \text{ul}}} \big|_{U_{D2}=0}} = \frac{A_D}{A_Z}$$

$$F_D = \frac{A_D}{\frac{U_{2, \text{iz}}}{U_{2, \text{ul}}} \big|_{U_{D2}=0}} = \frac{A_D}{a_{22}}$$

ZADANIE

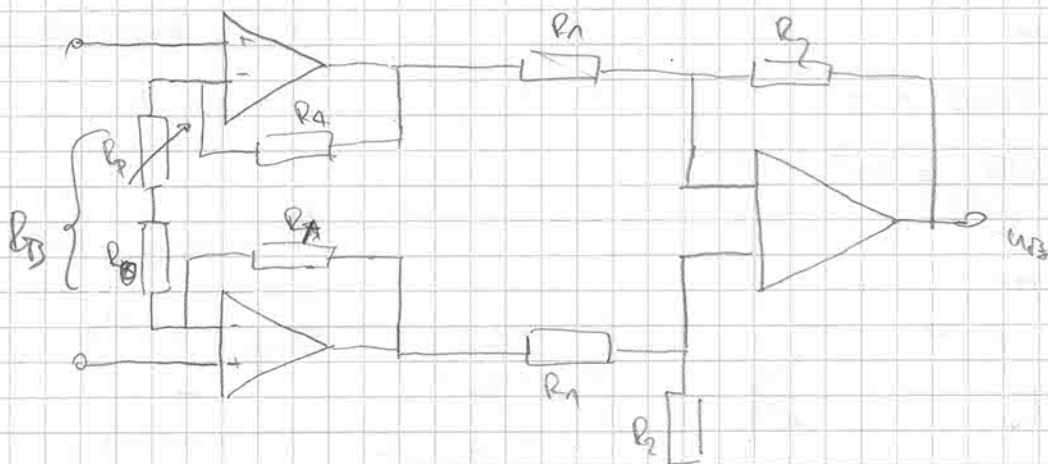
$A_Z = \frac{10000}{10^4} = 0.1$

$a_{22} = 0.1$

$U_{D2} = A_D \cdot U_{D1} \pm A_Z U_{2, \text{ul}} = 1000 \cdot 1 \text{ mV} \pm 0.1 \cdot 2 \text{ V} = 1 \text{ V} \pm 0.2 \text{ V}$

$U_{2, \text{iz}} = a_{22} \cdot U_{2, \text{ul}} = 0.1 \cdot 2 \text{ V} = 0.2 \text{ V}$

3.



$$R_2 = 51k\Omega$$

$$R_1 = 11k\Omega$$

$$A_{D2} = 5$$

$$R_{Bmax} = 2R_0$$

$$R_{Bmin} = \frac{2}{19} R_0$$

$$R_D = R_0 + R_P$$

$$R_{Bmax} = R_0 + R_P = 2R_0$$

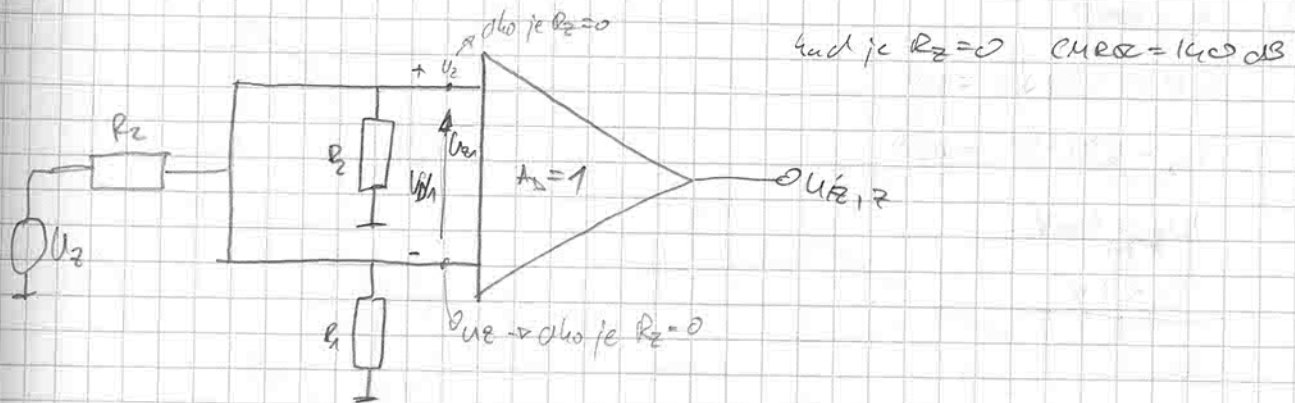
$$R_{Bmin} = R_0 + R_P = \frac{2}{19} R_0$$

$$\text{odaberemo: } R_0 = 19k\Omega$$

$$R_0 = 19k\Omega$$

$$R_P = 36k\Omega$$

4.



$$U_{D1} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) U_2 = \frac{(R_2 - R_1) R_2}{R_2 R_1 + (R_1 + R_2) R_2 + R_2^2} U_2 \approx \frac{R_2 - R_1}{R_2 R_1} R_2 U_2$$

zanemavajmo

$$U_{D1} \approx \frac{1}{2} \left[\frac{R_2}{R_2 + R_1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] U_2 \approx U_2$$

$$U_{K1,2} = A_D \cdot U_{D1} + \frac{A_D}{F} \cdot U_{K1,2}$$

$$F' = \frac{A_D}{A_D U_{D1} + \frac{A_D}{F} U_{K1,2}}$$

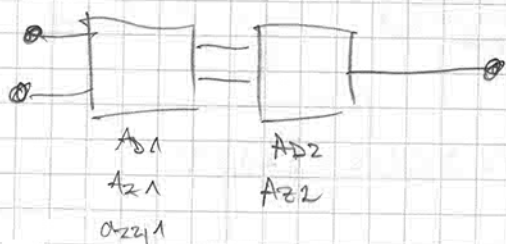
$U_2 = U_{K1,2}$

faktor potiskivanja
R mreže,

$$\frac{1}{F'} = \left(\frac{A_D}{F} + A_D \frac{U_{D1}}{U_2} \right) \frac{1}{A_D} = \frac{1}{F} + \frac{U_{D1}}{U_2} = \frac{1}{F} + \frac{R_2 - R_1}{R_2 R_1} R_2$$

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{10^7} + \frac{1}{6 \cdot 10^6} \Rightarrow F' = 3,75 \cdot 10^6 \approx 131 \text{ dB}$$

[J2]



Ukupni $F=3$

$$R_{E2} = \frac{1}{F_{UE}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} + \frac{1}{F_{D1}} \rightarrow \text{što je točno ovo gore}$$

2. AUDITORNE → PONAULJANJE

1.

$$A_D = 1000$$

$$CMRR = 80 \text{ dB} = 10^4$$

$$F_D = 80 \text{ dB} = 10^4$$

$$U_D = 1 \text{ mV}$$

$$U_Z = 2 \text{ V}$$

$$U_{izl} = ?$$

$$CMRR = \left| \frac{A_D}{A_Z} \right| \rightarrow A_Z = \frac{A_D}{CMRR} = \frac{1000}{10^4} = 0.1$$

$$F_D = \frac{A_D}{A_Z} \rightarrow A_Z = \frac{A_D}{F_D} = \frac{1000}{10^4} = 0.1$$

$$U_{izl} = A_D \cdot U_{Dml} \pm A_Z U_{Zml} = 1 \text{ V} \pm 0.2 \text{ V}$$

$$U_{izl} = A_Z U_{Zml} = 0.2 \text{ V}$$

2.

$$A_D = 1000$$

$$U_D = 1 \text{ mV}$$

$$U_{cc} = 10 \text{ V}$$

$$CMRR = 80 \text{ dB}$$

$$U_1 - U_2 = 1 \text{ mV}$$

$$U_1 = 1 \text{ mV} + U_2$$

$$U_1 = 4.9995 \text{ V}$$

$$U_2 = 5.0005 \text{ V}$$

$$U_Z = \frac{U_1 + U_2}{2} = 5 \text{ V}$$

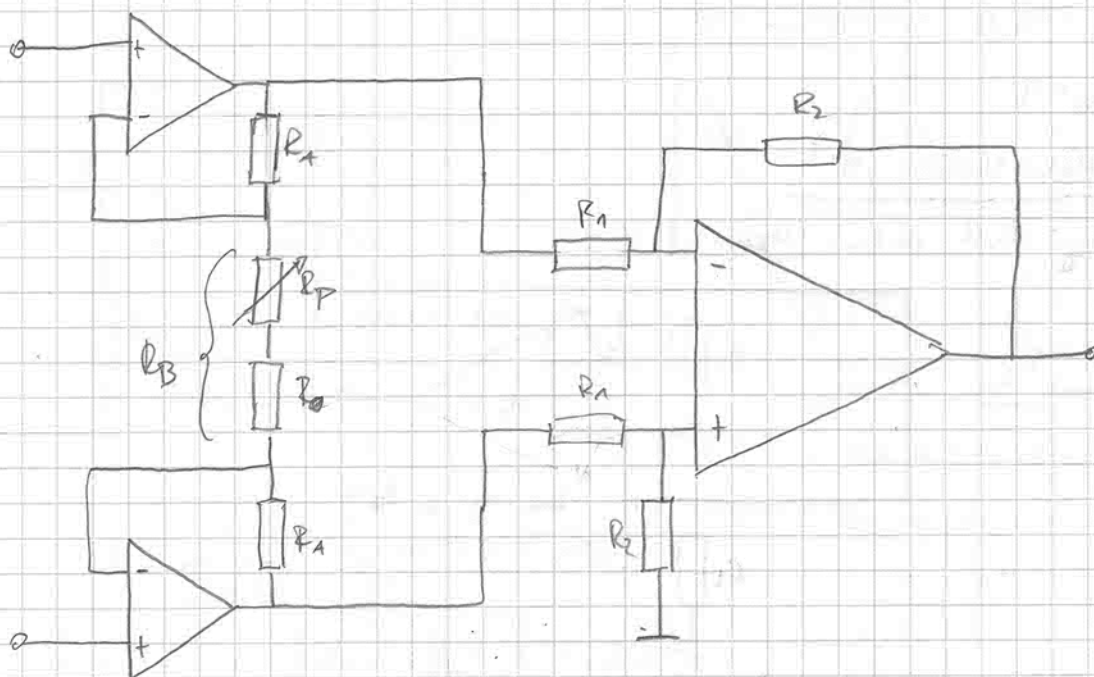
$$10 \text{ V} = U_1 + U_2$$

$$10 \text{ V} = 1 \text{ mV} + 2U_2$$

$$A_Z = \frac{A_D}{CMRR} = 0.1$$

$$U_{izl} = A_D U_D \pm A_Z U_Z = 1000 \cdot 1 \text{ mV} \pm 0.1 \cdot 5 = 1 \pm 0.5 \text{ V}$$

3.



$$A_D = \left(1 + \frac{2R_A}{R_B}\right) \frac{R_2}{R_1} = 5 \quad A_2 = 5$$

$$R_{in} = 22k\Omega = 2R_1 \rightarrow R_1 = 11k\Omega$$

$$A_D = A_1 \cdot A_2 = \left(1 + \frac{2R_A}{R_B}\right) 5 \rightarrow A_1 \begin{matrix} \nearrow 2 \\ \searrow 20 \end{matrix}$$

$$A_{min} = 2 = 1 + \frac{2R_A}{R_{Bmax}} \quad \boxed{\text{I. } R_{Bmax} = 2R_A}$$

$$A_{max} = 20 = 1 + \frac{2R_A}{R_{Bmin}} \quad \boxed{\text{II. } 19 R_{Bmin} = 2R_A}$$

ODABIR: $R_A = 19k\Omega$

$$R_{Bmax} = 2 \cdot 19k\Omega \rightarrow R_0 + R_p = 2 \cdot 19k\Omega \rightarrow \boxed{R_p = 36k\Omega \text{ (maksimum)}} \\ R_{Bmin} = 2k\Omega \rightarrow R_0 + R_p = 2k\Omega \rightarrow \boxed{R_p = 0 \text{ (} R_0 = 2k\Omega \text{)}}$$

4.

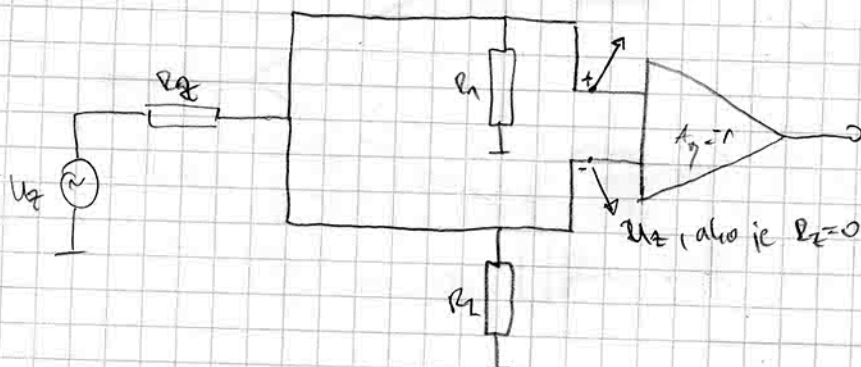
$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$A_D = 1$$

$$CMRR = 140 \text{ dB} = 10^7$$

$$R_g = 1 \text{ k}\Omega \text{ podľa CMRR} = 1$$



$$U_{D1} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) U_2 = \frac{R_2 R_1 + R_2 R_2 - R_1 R_2 - R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_2 R_2 + R_1 R_2 + R_2^2} U_2 = U_2 \frac{R_2 (R_2 - R_1)}{R_1 R_2 + R_2 (R_1 + R_2) + R_2^2}$$

$$U_{Z1} = \frac{1}{2} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) U_2$$

$$U_{D1} = \frac{R_2 (R_2 - R_1)}{R_1 R_2} U_2$$

$$U_{Z1} \approx U_2$$

$$\boxed{\frac{U_{D1}}{U_{Z1}} = \text{Faktor potlačenia v R mrieži}}$$

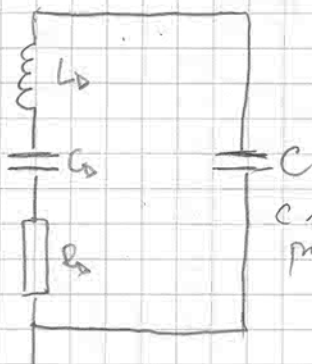
$$U_{T1} = A_D U_{D1} + \frac{A_D}{F} U_{Z1} = \frac{R_2 (R_2 - R_1)}{R_1 R_2} U_2 + \frac{1}{F} U_2$$

$$F = \frac{A_D}{A_D U_{D1} + \frac{A_D}{F} U_{Z1}} = \frac{A_D}{A_D \frac{R_2 (R_2 - R_1)}{R_1 R_2} + \frac{1}{F}}$$

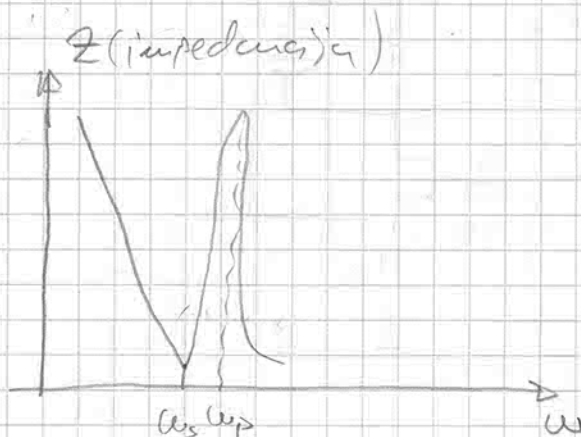
$$U_2 = U_{Z1}$$

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{F} + \frac{R_2 (R_2 - R_1)}{R_1 R_2} \Rightarrow F' \approx 140 \text{ dB}$$

5.



C može biti raden
preko koeka $\frac{S}{d}$



$\omega_s \rightarrow$ serijski rez

$\omega_p \rightarrow$ paralelni rez

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_D C_D}} f_s = 225,1 \text{ kHz}$$

$$\omega_p = \omega_s \cdot \sqrt{1 + \frac{C_D}{C}} f_p = 226,2 \text{ kHz}$$

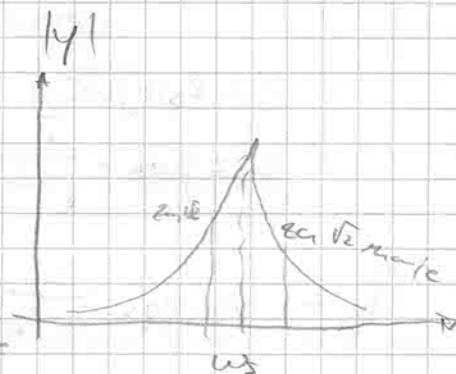
$$\Delta f = f_p - f_s = 1,1 \text{ kHz}$$

Faktor kvalitete Q

$$Q = \frac{f_s}{\Delta f} \rightarrow \text{nije ista formula kao ranije}$$

$$Q = \frac{\omega_s L_D}{R_D} \rightarrow \text{ovo je optimalni}$$

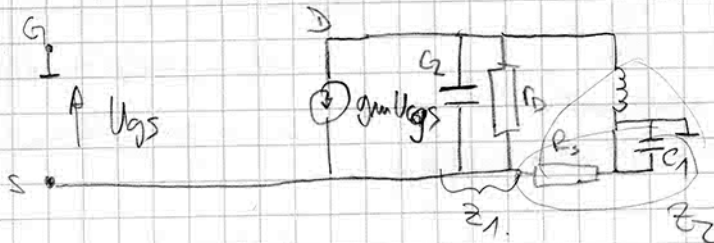
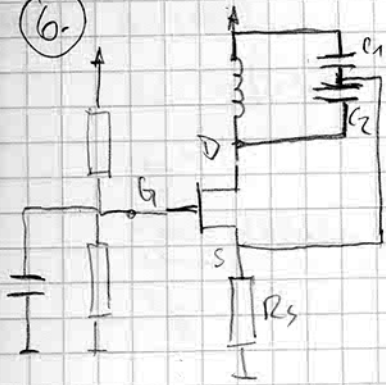
$$= 9426,7 \quad (\text{dosta malo, frekvencije veće od 10 000})$$



SERIJSKI \rightarrow colpitov i pierce (Gifm kod)

PARALELNA \rightarrow Sitma kod müllera

6.



$$Z_1 = R_D \parallel \left(\frac{1}{j\omega C_2} \right)$$

$$Z_2 = j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1} \quad \left| \begin{array}{l} R_S \gg \frac{1}{\omega C_1} \\ \text{unaffected} \end{array} \right.$$

$$V_{gs} = -g_m V_{gs} \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$1 = \frac{g_m R_D}{-j\omega C_1 R_D \left(1 + \frac{g_m}{C_1} - \omega^2 C_2 L \right) + \omega^2 C_1 L - 1}$$

$$1 + \frac{C_2}{C_1} - \omega^2 C_2 L = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}}$$

$$g_m = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{1}{R_D}$$

$$f_0 = 5 \text{ MHz}, L = 50 \mu\text{H}, Q = 100$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{C_{in}} \cdot L$$

$$g_m = 0.1 \text{ mA/V}$$

$$C_{in} = 20.20 \text{ pF}$$

$$Q = \frac{R_D}{\omega_0 L} \rightarrow R_D = \omega_0 Q L = 1574 \Omega$$

\rightarrow was parallel

$$g_m R_D = \frac{C_1}{C_2} \rightarrow$$

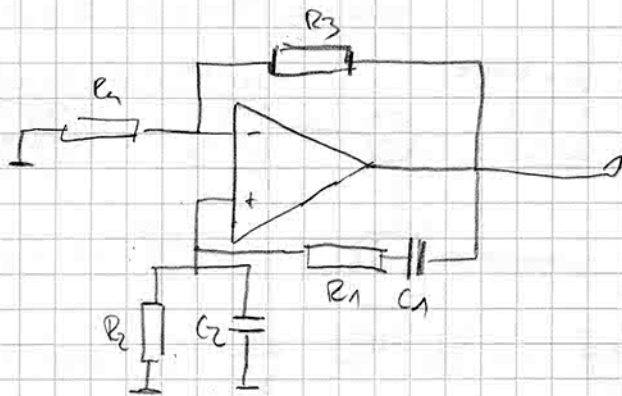
Projektor

$$\frac{1}{\omega_0 C_1} = 96 \Omega$$

$$C_2 = 21.55 \text{ pF}$$

$$C_1 = 338.34 \text{ pF}$$

② $f_{osc} = 164 \text{ Hz}$



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{1}{RC}$$

$$R_1 = R_2 = R$$

$$C_1 = C_2 = C$$

$$A = 3 = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

more info
da oscilatoru

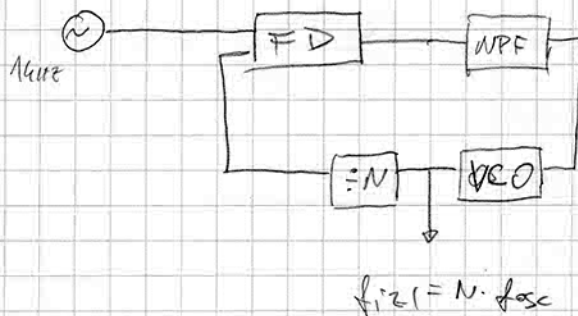
$$R_3 = 47 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 23,5 \text{ k}\Omega$$

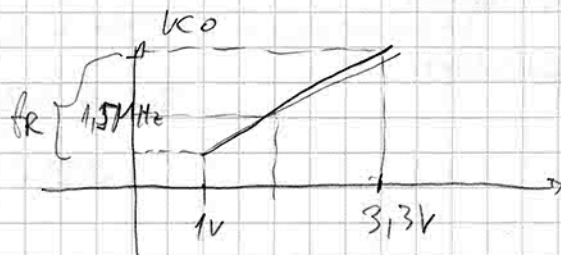
$$C = 3,3 \text{ nF}$$

$$R = 9875 \Omega$$

③



1-2 MHz uz korekcija od 16 kHz



$$K_D = \frac{(2,25 - 0,75) \text{ MHz}}{3,9 \text{ V} - 1,1 \text{ V}} = 51357,10^5 \text{ Hz/V}$$

$$f_0 = 1,5 \text{ MHz}$$

$$f_{min} = f_0 - \frac{f_r}{2} = 1,5 \text{ MHz} - \frac{1,5 \text{ MHz}}{2}$$

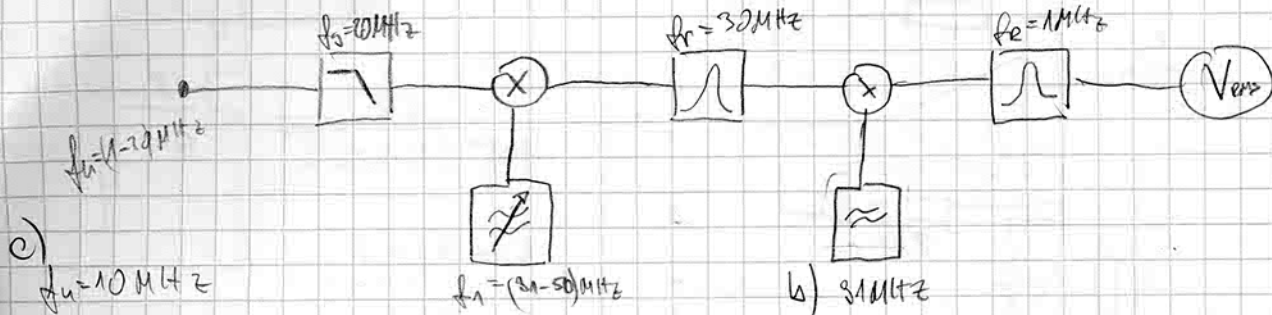
$$N_{min} = \frac{1 \text{ MHz}}{16 \text{ kHz}} = 1000$$

$$f_{max} = f_0 + \frac{f_r}{2} = 2,25 \text{ MHz}$$

$$N_{max} = \frac{2 \text{ MHz}}{16 \text{ kHz}} = 2000$$

9.

1.



c)
 $f_u = 10 \text{ MHz}$
 onda
 $f_1 = 40 \text{ MHz}$

b) 31 MHz

1. slope (S F H)

2. DAP

3. OSC

4. Potencial (Ditt)

T.1. Da prehrani

T.2. Oscilator

T.3.