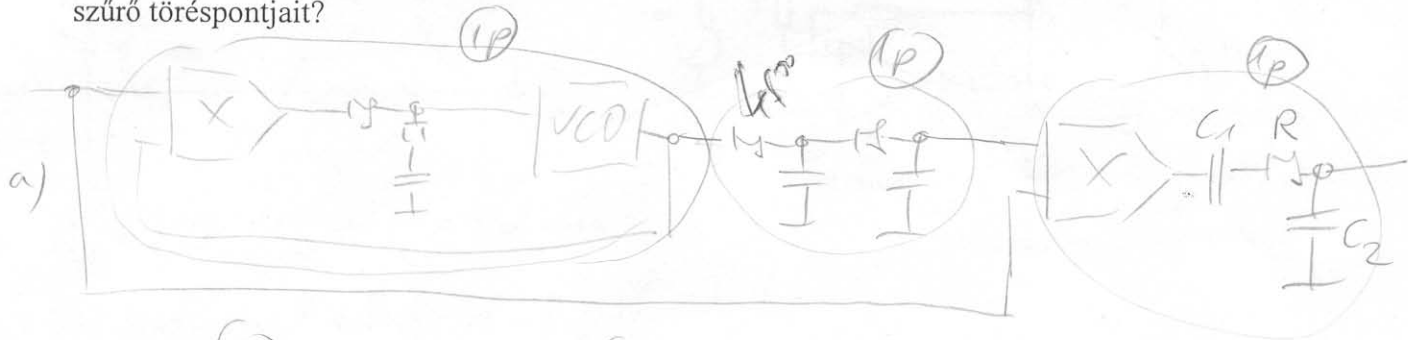


1. Adott a következő AM jel: $u_{AM} = (U_v + U_{mpk} \sin(2\pi f_m t)) \sin(2\pi f_v t)$, ahol $U_v = 1V$, $U_{mpk} = 0V$ és $2V$ között változhat, $f_m = 1kHz$ és $f_v = 1MHz$. Rajzoljon fel a fenti AM jel demodulálására alkalmas kapcsolást, ha a felhasználható elemek a következők: R, C, D, műveleti erősítő, VCO, tranzisztor, késleltető áramkör. Milyen értékekre választaná a kimeneti sáváteresztő szűrő töréspontjait?

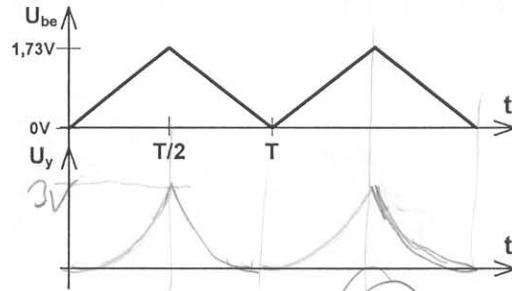
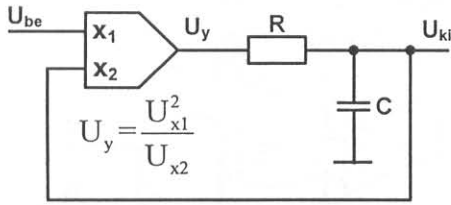


b)

$$f_{alacsony} \ll 1kHz, \quad f_{felső} \ll 1MHz$$

$$R \cdot C_2 \gg \frac{1}{1MHz}, \quad C_1 \gg C_2$$

2. Az $U_{be}(t)$ feszültséget az alábbi áramkör bemenetére kötjük. Határozza meg az U_{ki} feszültség középértékét és rajzolja fel az U_y feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen $R \cdot C \gg T$ feltételezésével!

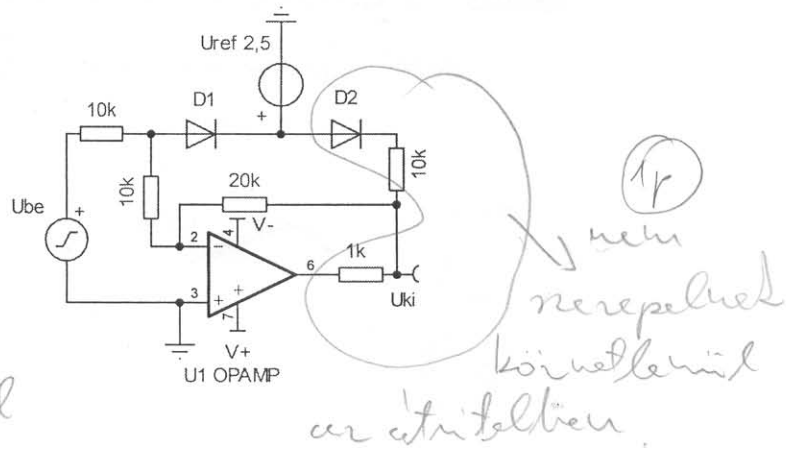
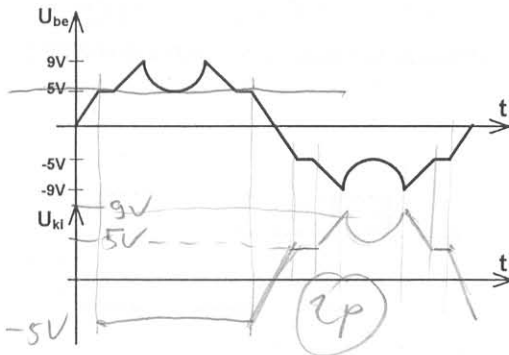


1p) Effektív érték képro
áramkör:

$$U_{ki} = U_{be}(\text{RMS}) = \frac{1.73}{\sqrt{3}} \approx 1V$$

2p)

3. Az $U_{be}(t)$ feszültséget az alábbi nemlineáris áramkör bemenetére kötjük. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen!



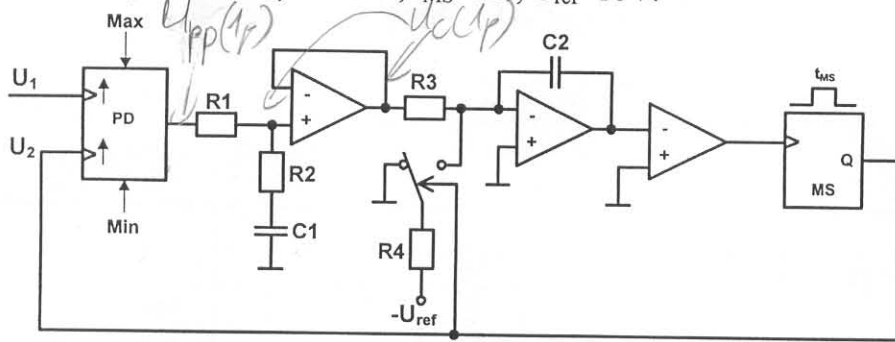
1p) D_1 vezet $U_{be} \geq U_r = 5V$ -nál
+ 5V bemenet alatt 1:1 jelkövetés!

1p) kapcsolási képpont: $A_u = -\frac{20k}{10k + 10k}$

Akkor is 5pont, ha csak a helyes időfüggvény-t rajzoltad.

4. Az alábbi PLL áramkörben jelölje be a fázisdetektor kimeneti feszültségét (U_{PD}) és a szabályozó kimeneti feszültségét (U_C)! K_O és K_{PD} számítását követően határozza meg számszerűen a felnyitott hurok átviteli függvényét a VFC-t arányos taggal közelítve!

Adatok: PD: +2 és 0 közé korlátozott számláló és DA váltó ($U_{LSB}=5V$), $R_1=20k\Omega$, $R_2=2k\Omega$, $C_1=10nF$, $R_3=20k\Omega$, $R_4=10k\Omega$, $C_2=1nF$, $t_{MS}=5\mu s$, $U_{ref}=10V$.



$K_{PD} = \frac{U_{LSB}}{2\pi} = \frac{5}{200\pi}$ $K_O = \frac{R_4}{R_3 \cdot t_{MS} \cdot U_{ref}} = \frac{10k}{20k \cdot 5\mu \cdot 10} = 10 \text{ kHz/V}$

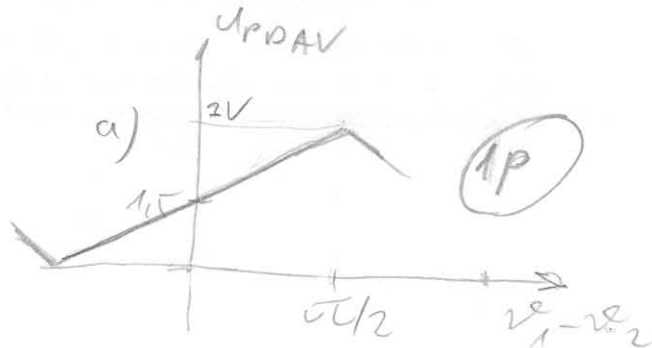
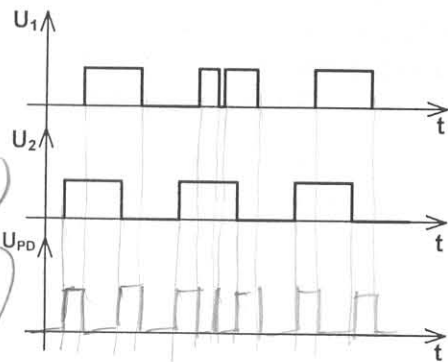
$\omega = K_{PD} \cdot \frac{R_2 + \frac{1}{sC_1}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{sC_1}} \cdot K_O \cdot \frac{2\pi}{s}$

5. Egy PLL-ben kizáró-vagy kapus fázisdetektort alkalmazunk.

a.) Rajzolja fel a fázisdetektor karakterisztikáját, ha a kapu kimeneti feszültsége $U_{OH}=3V$, ill. $U_{OL}=0V$ (feszültségeltolást nem alkalmazunk)!

b.) Mekkora lesz a fázishiba passzív, ill. aktív szabályozó esetén, ha a VCO karakterisztikája: $f_2 = 200[\text{kHz}] + 4[\text{kHz/V}] \cdot (U_C - 1,5V)$ és $f_1 = 198\text{kHz}$?

c.) Határozza meg a fázisdetektor kimeneti jelét az alábbi bemeneti jelekre:



b) aktív szabályozó: $\Delta \varphi = \varphi$

passzív: $\Delta \varphi \cdot K_{PD} = \Delta U_{PD,AV}$

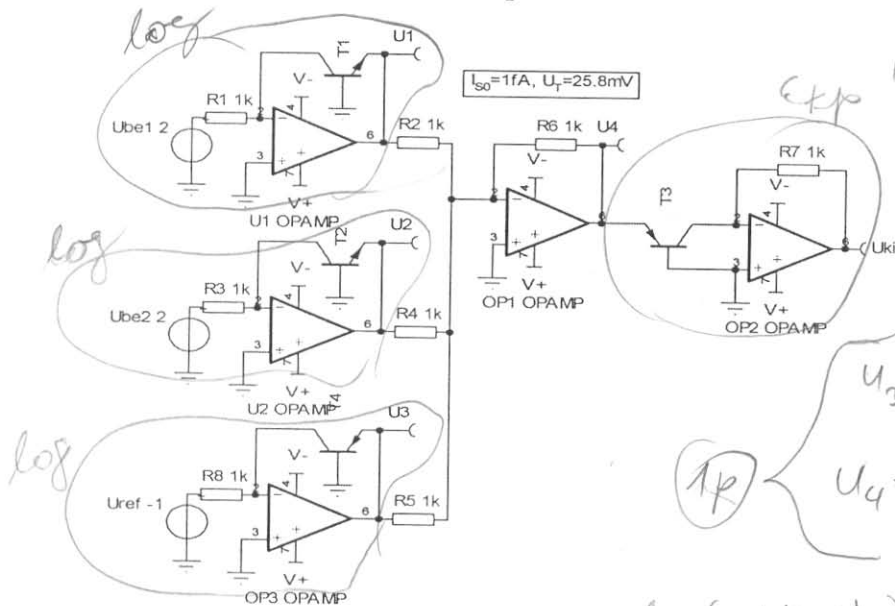
$\Delta U_{PD,AV} = \frac{198\text{kHz} - 200\text{kHz}}{4\text{kHz/V}} = -0,5V$

$2p$

$K_{PD} = \frac{1TV}{\pi/2}$

$\Delta \varphi = \frac{\Delta U_{PD,AV}}{K_{PD}} = \frac{0,5V}{1TV/\pi/2} = \frac{\pi}{6}$

1. Adott az alábbi nemlineáris kapcsolás.



Exp $I_{s0} e^{\frac{-u_1}{U_T}} = \frac{2V}{1k\Omega}$, tehát

$$u_1 = -u_T \cdot \ln \frac{2V}{10^{-15}A \cdot 1k\Omega} = -0,731V$$

$$u_2 = u_1 = -0,731V$$

$$u_3 = +u_T \cdot \ln \frac{1V}{10^{-15}A \cdot 1k\Omega} = 0,713V$$

1p $u_4 = -(u_1 + u_2 + u_3) = 0,749$

- Bontsa bekarikázással az áramkört négy jellemző részre és nevezze meg az összetevőket!
- Mi lesz U_1 , U_2 , U_3 , U_4 és U_{ki} értéke, ha $U_{be1}=U_{be2}=2V$ és I_{s0} és U_T mindegyik tranzisztorra azonos?

$$I_{s0} \cdot e^{\frac{u_4}{U_T}} = -\frac{u_{ki}}{1k}$$

$$u_{ki} = -1k \cdot 10^{-15} \cdot e^{\frac{0,749}{0,0258}} \approx -4V$$

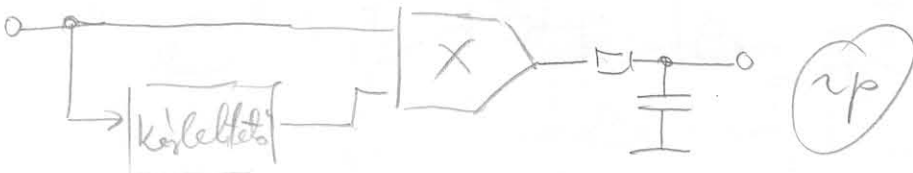
(U_{ki} körrel ellenőrizhető is felírható: $u_{ki} = -\frac{U_{be1} \cdot U_{be2}}{U_T}$)

2p

2p

2. Adott a következő FM jel: $u_{FM} = U_v \sin\left(2\pi f_v t + \int_0^t 2\pi K_{FM} U_m(\tau) d\tau\right)$, ahol $U_v=1V$,

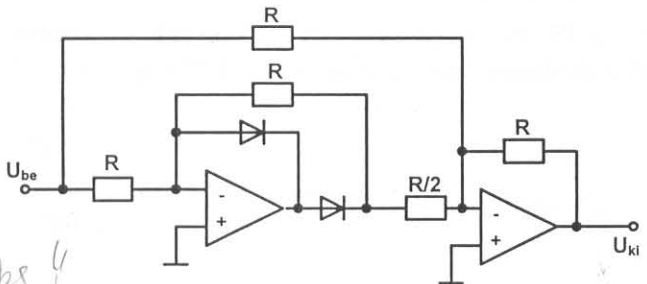
$f_v=1MHz$, $K_{FM}=1kHz/V$ és $U_m=\pm 1V$. Rajzoljon fel egy a fenti FM jel demodulálására alkalmas kapcsolást, ha a felhasználható elemek a következők: R, C, D, műveleti erősítő, analóg, tranzisztor, késleltető áramkör. Milyen hibát okoz U_v 1%-os megváltoztatása, illetve a késleltető áramkör 0,1%-os késleltetési hibája?



U_v^2 -tel arányos a kimenet, tehát 1%-os bemeneti hiba $1.01^2 - 1 \approx 2\%$ kimeneti hibát okoz. (1p)

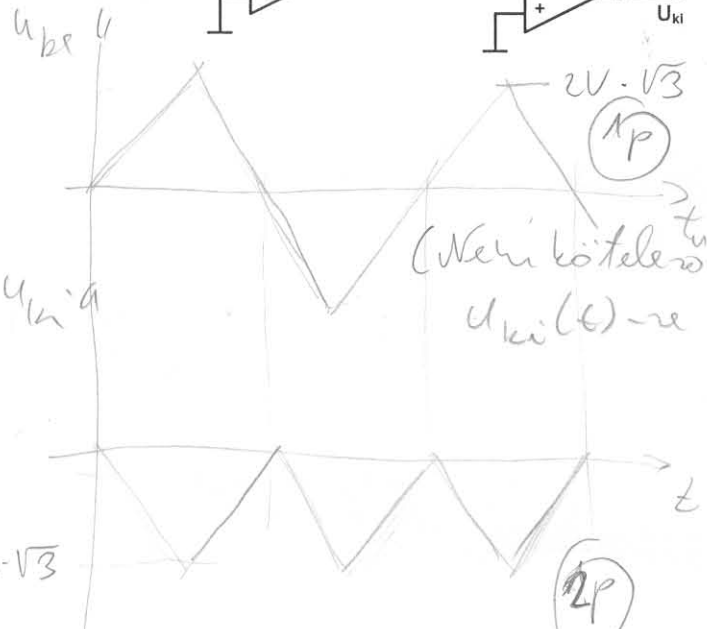
A késleltetés 0,1%-os hibája f_v -re vonatkoztatott 0,1%-os hibát okoz ($1MHz \times 0,1\% = 1kHz$), ami jeléri esetben épp a beszűvítő hatást, tehát a maximális kimerítésnek megfelelő offrez hibát okoz. (2p)

3. Az alábbi áramkör bemenetére nulla középtértékű, 5kHz frekvenciájú és 2V effektív értékű háromszögelet kötünk. Rajolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen és határozza meg annak effektív értékét és középtértékét!



$$U_{ki\ RMS} = U_{be\ RMS} = 2V \quad (1p)$$

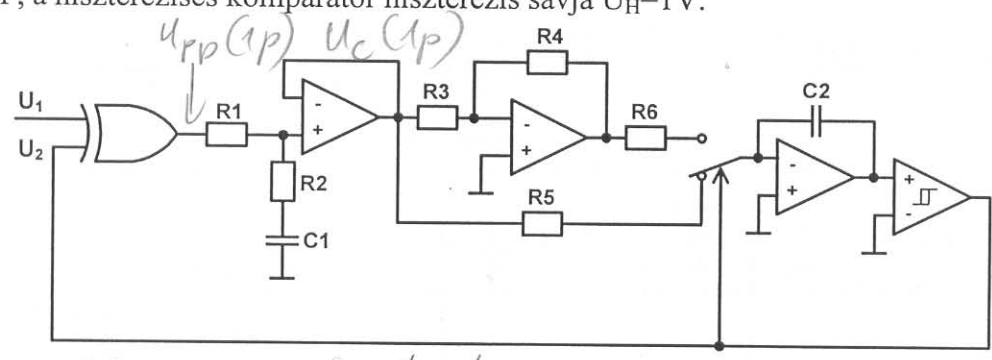
$$U_{ki\ AV} = \frac{-2 \cdot \sqrt{3}}{2} = -\sqrt{3} [V] \quad (1p)$$



(Némi kötelező felrajzolni, ha nincs, akkor $U_{ki}(t)$ -re adhatunk 3 pontot.)

4. Az alábbi PLL áramkörben jelölje be a fázisdetektor kimeneti feszültségét (U_{PD}) és a szabályozó kimeneti feszültségét (U_C)! Határozza meg számszerűen a felnyitott hurok átviteli függvényét a VFC-t arányos taggal közelítve!

Adatok: XOR: $U_{OH}=5V$ és $U_{OL}=0V$, $R_1=10k\Omega$, $R_2=1k\Omega$, $C_1=20nF$, $R_3=R_4=R_5=R_6=10k\Omega$, $C_2=2nF$, a hiszterézises komparátor hiszterézis sávja $U_H=1V$.



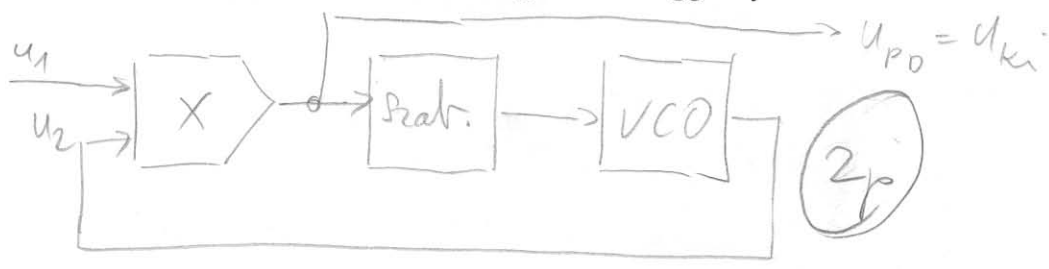
$$K_{PD} = \frac{5V}{2\pi} \quad , \quad K_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T/2} \cdot \frac{1}{U_H} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{be}}{C \cdot R} = U_H \rightarrow K_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{C \cdot R \cdot U_H} = \frac{1}{2 \cdot 20 \cdot 10^3} = 25 \text{ kHz/V}$$

1p

$$W = K_{PD} \cdot \frac{R_2 + \frac{1}{sC_1}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{sC_1}} \cdot K_0 \cdot \frac{2\pi s}{s} = \frac{5}{2\pi} \cdot \frac{5 \cdot 20 \mu + 1}{5 \cdot 200 \mu + 1} \cdot 25k \cdot \frac{2\pi}{s}$$

1p

5. A $u_1 = U_v \sin(2\pi f_v t + 2\pi K_{FM} U_m(\tau))$ fázismodulált jelet PLL segítségével demodulálunk. Ismertesse a kapcsolás blokkvázlatát! A PLL szabályozójának helyes beállítása esetén határozza meg a PLL u_2 bemeneti feszültségének időfüggvényét!



Fázismodulált jel demodulálása során a szabályozót lassúra kell állítani ($\omega_c \ll f_m$), tehát $f_z = f_v$. A szorzás fáziseltérés kimenete a bemeneti jel 90° -os relatív fázis-helyzetével ad nulla kimeneti feszültséget, tehát $u_2 = \hat{u}_2 \cdot \cos(2\pi \cdot f_v \cdot t)$.

2p