

## Elektronika 2.

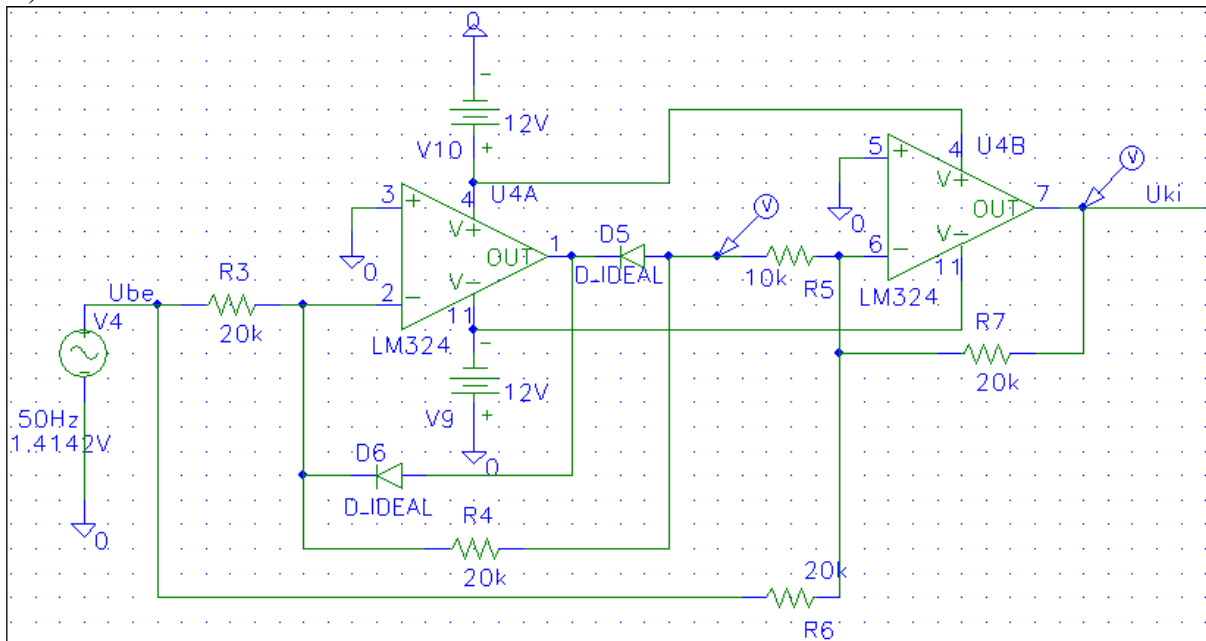
### Nemlineáris áramkörök gyakorló példák

1. Egy jel abszolút középértéket szeretnénk megmérni.

- a.) Rajzolja fel a kapcsolást, ha az átalakító kimenetén egy aluláteresztő szűrőt is alkalmazunk!
- b.) Méretezze a kapcsolást, ha a kimeneti szűrő sávszélessége  $f_T=10\text{Hz}$ ,  $|U_{be}|<10\text{V}$ ,  $|I_{be}|<1\text{mA}$ !
- c.) Mekkora a kimenő feszültség, ha  $U_{be}=1\text{V}_{\text{RMS}}$  50%-os kitöltésű nulla középértékű négyszögjel?
- d.) Mekkora a kimenő feszültség, ha  $U_{be}=1\text{V}_{\text{RMS}}$  nulla középértékű szinuszjel?

Megoldás:

a.)



$$I_{be} = 2 * \frac{U_{be}}{R}, \Rightarrow R = 2 * \frac{U_{be}}{I_{be}} = 2 * \frac{10}{1\text{mA}} = 20\text{k}\Omega,$$

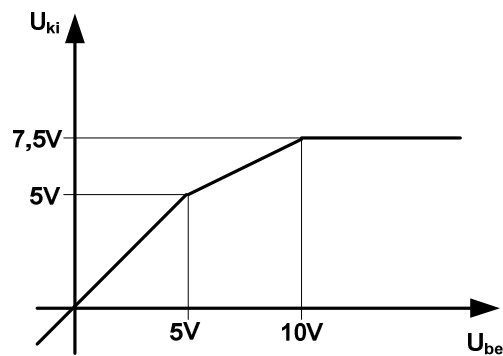
b.)

$$R * C = \frac{1}{\omega_T}, \omega_T = 2\pi f_T, \Rightarrow C = \frac{1}{R * 2\pi f_T} = \frac{1}{20\text{k} * 2\pi * 10} = 795\text{nF}$$

c.) Négyszögjelre amplitúdó=effektív érték, tehát  $U_{ki\text{AV}}=1\text{V}$

d.) Szinuszra amplitúdó =  $\sqrt{2}$  \* effektív érték, a szinusz jel abszolút értékének középértéke az amplitúdó  $2/\pi$ -szerese, tehát  $U_{ki\text{AV}} = \sqrt{2} * 2/\pi \approx 0,9$ .

2. Valósítsa meg az alábbi karakterisztikát!



- a.) Ideális diódák felhasználásával, ha  $U_{ref}=2,5V$ .  
 b.) A diódák 0.7V-os küszöbfeszültségének figyelembevételével.

Megoldás:

a.)

$$I. U_{T1} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_{ref}, \Rightarrow 5 * \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2,5$$

$$II. U_{T2} * \frac{R_4}{R_3 + R_4} = U_{ref}, \Rightarrow 10 * \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 2,5$$

$$III. \frac{R_5}{R_3 + R_4} = A_{u2} = \frac{7,5 - 5}{10 - 5}, \Rightarrow \frac{R_5}{R_3 + R_4} = 1/2$$

$$IV. \frac{R_5}{R_1 + R_2} = A_{u1} - A_{u2} = \frac{5}{5} - 1/2, \Rightarrow \frac{R_5}{R_1 + R_2} = 1/2$$

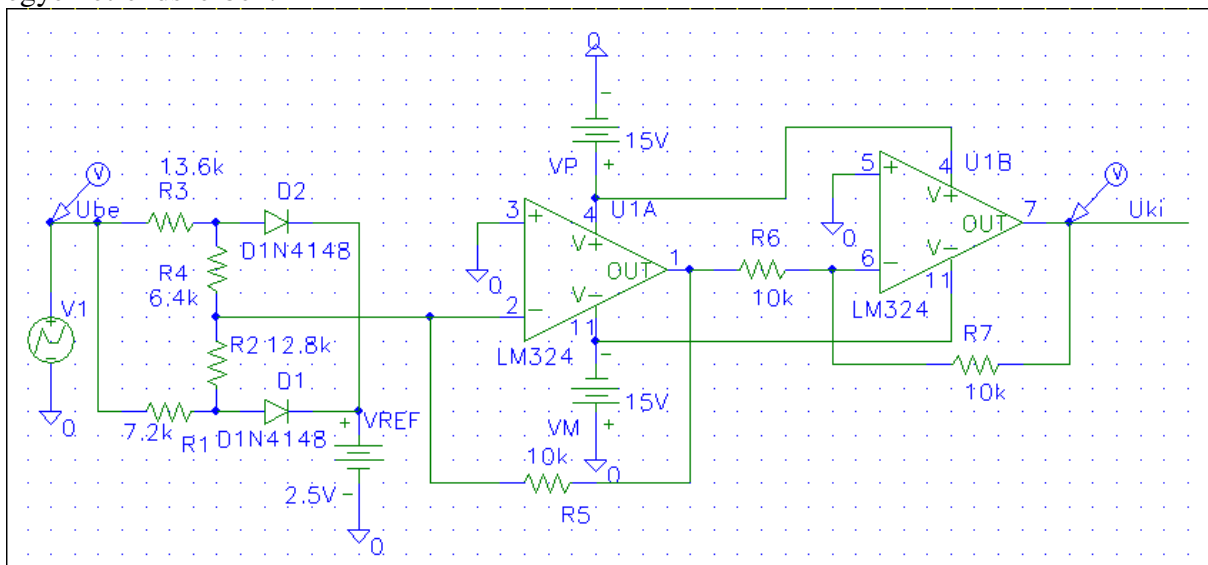
V.  $R_5=10k\Omega$ .

A egyenlet rendszer megoldása:

V-öt IV-be:  $R_1+R_2=20k$ , ezt I.-be  $R_2=10k$  és  $R_1=20k-R_2=10k$ ,

V-öt III-ba:  $R_3+R_4=20k$ , ezt II.-be  $R_4=5k$  és  $R_3=20k-R_4=15k$ .

b.) A küszöbfeszültségeket is figyelembe véve a töréspontnál a diódák anódjának potenciálja 0.7V-tal a referencia feszültség felett lesz, tehát  $U_{ref}=2,5V+0,7V$ -tal kell számolni a fenti egyenletrendszerben.



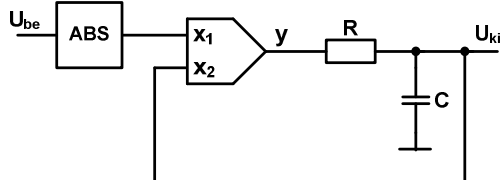
3. Abszolút-középérték-mérő használata.

a) Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!

b) Méretezze a kapcsolást úgy, hogy a bemenő ellenállás legalább  $5k\Omega$ , a szűrő időállandója  $1s$  legyen, és  $1V$  effektív értékű szinusz bemenő jelre a kimenet  $1V$  legyen!

c) Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1V_{RMS}$  nulla középértékű négyszögjelet kötünk!

4. Egy effektívérték-mérő műszert az alábbi kapcsolás segítségével valósítunk meg.



a) Mi legyen ehhez az  $y(x_1, x_2)$  függvény?

Mi lesz az  $U_{ki}$  kimeneti feszültség, ha  $U_{be}$  időfüggvénye

b)  $1V$  amplitúdójú négyszög,

c)  $1V$  amplitúdójú szinusz,

d)  $1V$  amplitúdójú háromszög jel?

Megoldás:

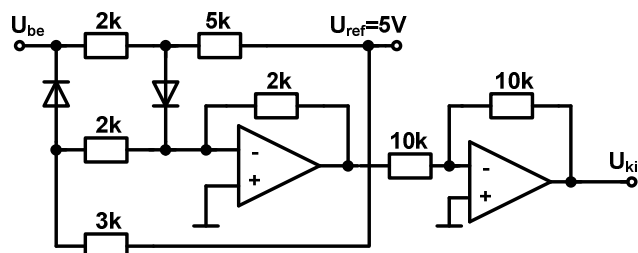
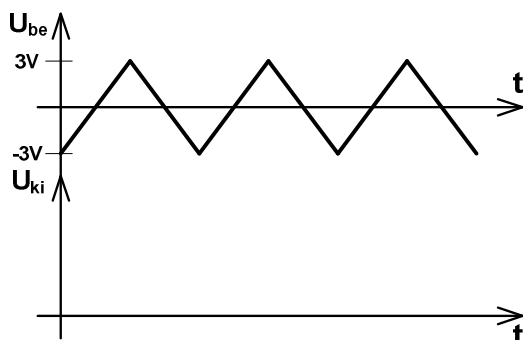
a)  $y = \frac{x_1^2}{x_2}$

b)  $U_{ki} = 1V$ ,

c)  $U_{ki} = \frac{1V}{\sqrt{2}}$

d)  $U_{ki} = \frac{1V}{\sqrt{3}}$

5. Az  $U_{be}(t)$  feszültséget az alábbi nemlineáris áramkör bemenetére kötjük. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen! Mi lesz a differenciális bemeneti ellenállás az egyes bemeneti feszültség tartományokban?



6. Rajzolja fel az egyutas precíziós műveleti erősítés egyenirányító kapcsolási rajzát! Mekkora lesz a kimeneti feszültség középértéke, ha a bemenetre  $1V$  effektív értékű szinusz jelet kötünk és az ellenállások értéke  $R_1=1k\Omega$  és  $R_2=2,2k\Omega$ ?

7. Egy jel abszolútértékét szeretnénk megmérni.

a.) Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!

- b.) Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1,1107V_{RMS}$  nulla középértékű szinuszjelet kötünk!
- c.) Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1*\sin(314t)+0,2*\sin(628t)$  időfüggvényű jelet adunk!

7A. Egy jel abszolút középértékét szeretnénk meghatározni.

- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Méretezze a kapcsolást úgy, hogy 50Hz-es bemeneti feszültség hatására a kimenet elhanyagolható AC összetevőjű legyen!
- Mekkora lesz a kimeneti feszültség 1Vrms effektív értékű szinuszos bemeneti feszültség hatására?
- Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1VRMS$  effektív értékű, nulla középértékű négyszögjelet kötünk!

8. Egy analóg áramkörben logaritmikus függvénykapcsolatot szeretnénk megvalósítani.

- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Milyen tartományban változhat a kimenő feszültség, ha a felhasznált tranzisztor kollektorárama a  $10\mu A-1mA$  között tekinthető a bázis-emitter feszültség exponenciális arányosnak,  $I_{S0}=1*10^{-13}A$  és  $U_T=26mV$ ?
- Méretezze a kapcsolást a maximális bemenő feszültség (1V) figyelembe vételével!

9. Egy analóg áramkörben logaritmikus függvénykapcsolatot szeretnénk megvalósítani.

- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Milyen tartományban változhat a kimenő feszültség, ha a konformitási tartomány  $10\mu A-1mA$  közé esik,  $I_{S0}=15*10^{-14}A$  és  $U_T=26mV$ ?
- Méretezze a kapcsolást a maximális bemenő feszültség (2,5V) figyelembe vételével!

10. Egy jel abszolútértékét szeretnénk megmérni.

- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Méretezze a kapcsolást, ha  $|U_{be}|<5V$  és  $|I_{be}|<1mA$ !
- Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1,1547V_{RMS}$  nulla középértékű háromszögjelet kötünk!
- Határozza meg a kimenő feszültség középértékét, ha a bemenetre  $U_{be}=1,1107V_{RMS}$  nulla középértékű szinuszjelet kötünk!

10.a Valósítsa meg egy műveleti erősítő kapcsolással a következő függvényt:  $U_{ki} = U_{be}$ , ha  $U_{be}>0$ ,  $U_{ki}=0V$ , ha  $U_{be}\leq 0$ . A kapcsolás bemeneti ellenállása mindkét irányú bemeneti feszültség esetén  $1k\Omega$ , a kimeneti ellenállás elhanyagolható legyen.

11.a Egy analóg áramkörben exponenciális függvénykapcsolatot szeretnénk megvalósítani.

- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Milyen tartományban változhat a bemenő feszültség, ha a felhasznált tranzisztor kollektorárama a  $10\mu A-1mA$  között tekinthető a bázis-emitter feszültség exponenciális arányosnak,  $I_{S0}=2*10^{-13}A$  és  $U_T=26mV$ ?
- Méretezze a kapcsolást a maximális kimenő feszültség (3V) figyelembevételével!

11.b Egy analóg áramkörben exponenciális függvénykapcsolatot szeretnénk megvalósítani.

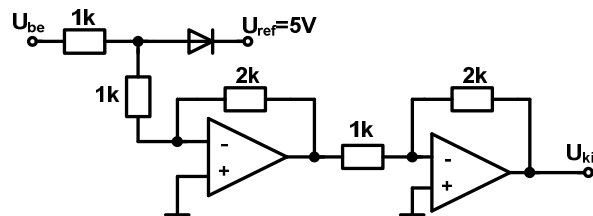
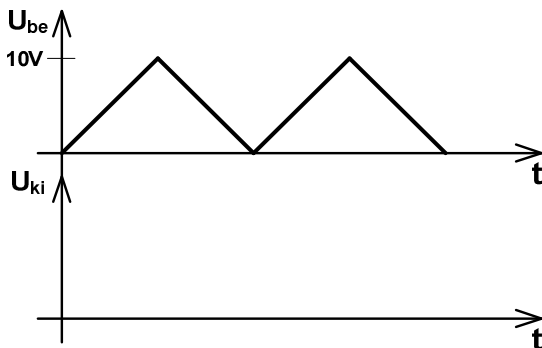
- Rajzolja fel a kapcsolási rajzot!
- Méretezze a kapcsolást úgy, hogy a tranzisztor maximális kollektor árama  $1mA$ , a hozzá tartozó kimeneti feszültség  $1V$  legyen! A tranzisztor záróirányú telítési árama

$I_{S0}=2 \cdot 10^{-13} \text{ A}$  és a termikus feszültség  $U_T=26 \text{ mV}$ . Határozza meg a bemeneti jeltartományt!

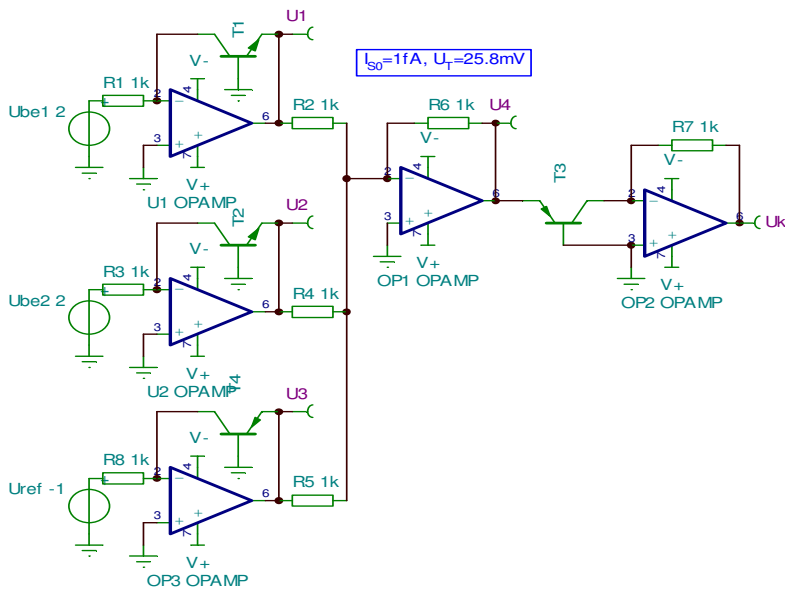
c.) Mekkora lesz a kimeneti feszültség, ha egy hiba folytán a bemeneti feszültség a tervezési értéknél  $18 \text{ mV}$ -tal nagyobb értéket vesz fel.

11c. Rendelkezésre áll egy  $I_{S0}=2 \cdot 10^{-13} \text{ A}$  záróirányú telítési áramú NPN tranzisztor. A termikus feszültség  $U_T=26 \text{ mV}$ . Tervezzen kapcsolást a tranzisztor felhasználásával, amely az  $U_{ki} = 1 \text{ V} \cdot \ln(U_{be}/1 \text{ V})$  függvénykapcsolatot valósítja meg. A tranzisztor árama ne haladja meg a konformitási tartomány felső határát jelentő  $1 \text{ mA}$ -t az  $1 \text{ V}$ -os maximális bemeneti feszültségen!

12. Az  $U_{be}(t)$  feszültséget az alábbi nemlineáris áramkör bemenetére kötjük. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen! A dióda vezető irányú feszültségesését elhanyagolhatjuk.

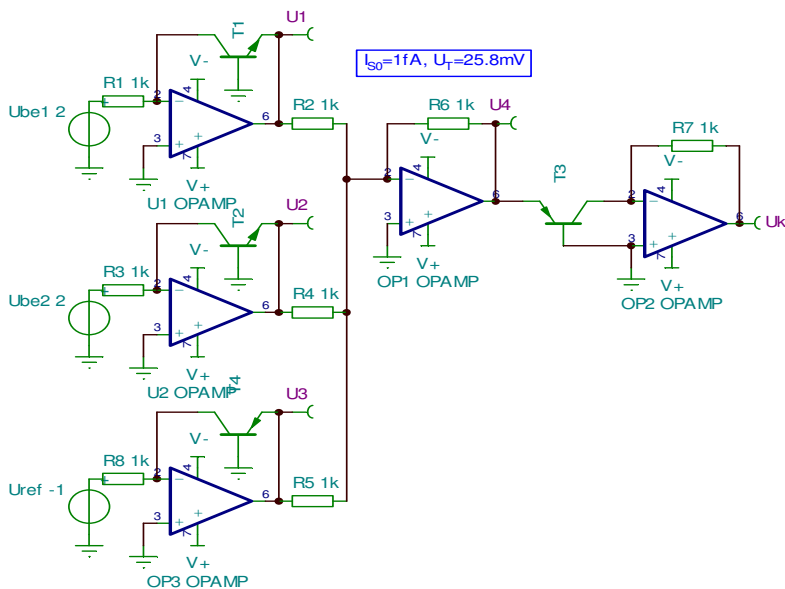


13. Adott az alábbi nemlineáris kapcsolás.



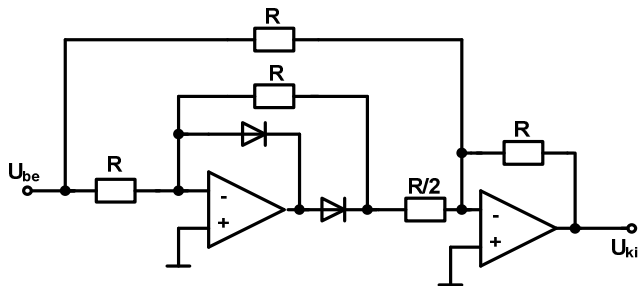
- Bontsa bekarikázással az áramkört négy jellemző részre és nevezze meg az összetevőket!
- Mi lesz  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $U_4$  és  $U_{ki}$  értéke, ha  $U_{be1}=U_{be2}=2V$  és  $I_{S0}$  és  $U_T$  mindegyik tranzisztorra azonos ( $I_{S0}=1fA$ ,  $U_T=25,8mV$ )?
- Milyen funkciót valósít meg az áramkör?

13a. Adott az alábbi nemlineáris kapcsolás.

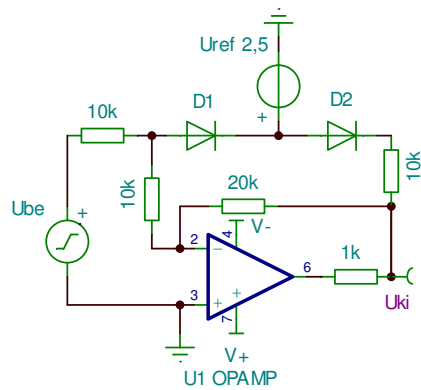
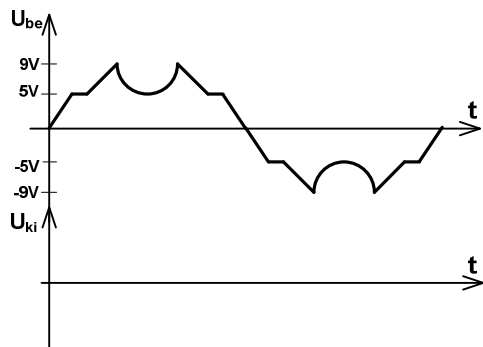


- Bontsa bekarikázással az áramkört négy jellemző részre és nevezze meg az összetevőket!
- Mi lesz  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $U_4$  és  $U_{ki}$  értéke, ha  $U_{be1}=U_{be2}=2V$  és  $I_{S0}$  és  $U_T$  mindegyik tranzisztorra azonos ( $I_{S0}=1fA$ ,  $U_T=25,8mV$ )?
- Milyen funkciót valósít meg az áramkör?

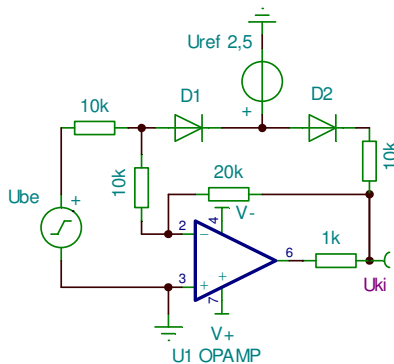
14. Az alábbi áramkör bemenetére nulla középértékű, 5kHz frekvenciájú és 2V effektív értékű háromszögjelet kötünk. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen és határozza meg annak effektív értékét és középértékét!



15. Az  $U_{be}(t)$  feszültséget az alábbi nemlineáris áramkör bemenetére kötjük. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen! A diódák vezetőirányú feszültségesése elhanyagolható.



16. Az  $U_{be}(t)=5+5*\sin(2*\pi*1000*t)$  feszültséget az alábbi nemlineáris áramkör bemenetére kötjük. Mely elemek **nem** befolyásolják közvetlenül a kimenő feszültséget? Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen!



15. Tervezzen olyan nemlineáris áramkört, amely  $U_{be}<0V$  esetén  $U_{ki}=-U_{be}$ ,  $U_{be}\geq 0V$  esetén  $U_{ki}=U_{be}$  feszültséget ad ki. Az áramkör bemenetére nulla középvértékű, 1V effektív értékű szinuszjelet kötünk. Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét és határozza meg annak effektív értékét és középvértékét!

16. Sorolja fel a nemlinearitások elvi megvalósítási lehetőségeit (egy-egy sor, nem részletezve)! Jelölje ezek közül melyekkel foglalkoztunk jelen tárgy keretében!

17. Sorolja fel és ábrán szemléltesse, milyen közelítéseket alkalmaztunk a dióda karakterisztikájára az egyes töréspontos karakterisztikát megvalósító áramköröknél! A záró irányú telítési áram ismeretében hogyan becsülhető a dióda dinamikus ellenállása nulla feszültség környezetében?

17.a Sorolja fel és ábrán szemléltesse, milyen közelítéseket alkalmaztunk a dióda karakterisztikájára az egyes töréspontos karakterisztikát megvalósító áramköröknél! Az exponenciális karakterisztika ismeretében ( $I_{S0}=0,1pA$ ,  $U_T=26mV$  adott) adjon meg töréspontos közelítést a 10mA-es munkapontra.

17.b Sorolja fel és ábrán szemléltesse, milyen közelítéseket alkalmaztunk a dióda karakterisztikájára az egyes töréspontos karakterisztikát megvalósító áramköröknél! Az exponenciális karakterisztika ismeretében ( $I_{S0}=0,1pA$ ,  $U_T=26mV$  adott) számítsa ki a pn átmenet feszültségét és dinamikus ellenállását a 10mA-es munkapontra, majd adja meg ez alapján a dióda töréspontos ( $U_{D0}=?$ ,  $r_D=?$ ) közelítését!

18. Tervezzen olyan feszültségkorlátozó áramkört, amely  $U_{be}=5V$  bemeneti feszültség alatt a bemeneti feszültséggel azonos  $U_{ki}$  kimeneti feszültséget ad, felette viszont  $U_{ki}=5V+0,1*(U_{be}-5V)$ . A terhelő áram és a jelforrás belső impedanciája elhanyagolható. Rendelkezésre álló elemek: dióda ( $U_{D0}=0,6V$ ,  $r_D=100 \Omega$ ), referencia feszültség ( $U_{ref}=10V$ ) és tetszőleges értékű és számú ellenállás.

19. Tervezzen olyan töréspontos áramkört, amelynél  $U_{be}=5V$  bemeneti feszültség alatt az  $U_{ki}$  kimeneti feszültséget nulla, felette viszont az átviteli karakterisztika 1, tehát  $U_{ki}=U_{be}-5V$ . A terhelő áram és a jelforrás belső impedanciája elhanyagolható. Rendelkezésre álló elemek: tetszőleges számú (a nullát is beleértve) dióda ( $U_{D0}=0,6V$ ,  $r_D=0 \Omega$ ), referencia feszültség ( $U_{ref}=10V$ ), műveleti erősítő, komparátor és ellenállás.



20. Az alábbi áramkör bemenetére 7,07V effektív értékű 50Hz-es szinuszos feszültséget kapcsolunk. Rajzolja be egy ábrába a bemeneti és a kimeneti feszültség időfüggvényét számszerűen is helyesen. A diódák nyitó irányú karakterisztikáját  $U_{D0}=0,65V$  küszöbfeszültséggel közelítse!

