

FELADATKIÍRÁS - MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

A mérés tárgya:	Tranzistoros erősítő alapkapsolások vizsgálata (5. mérés)
A mérést végzik:	Veszelyi Bence Balázs (V3UWB0)
Mérőcsoport:	H11, 41
A mérés időpontja:	2021-04-13
A mérést vezeti:	(távoktatás)

Felhasznált eszközök

Digitális oszcilloszkóp	AGILENT 54622A
Függvénygenerátor	AGILENT 33220A
Digitális multiméter (6½ digit)	AGILENT 33401A
Tápegység	AGILENT E3630A
Mérőpanel	BME-VIK II/5

Távoktatási környezet



Nyissa meg a <http://www.hit.bme.hu/~bajor/V2M05/> oldalt, és adja meg a NEPTUN kódját. A rendszer a kód alapján kiválaszt egy mérőpanelt, és beállítja a tápfeszültséget valamint a bemenetre adott gerjesztés amplitúdóját. A jelalak minden esetben szinuszos, a frekvencia pedig 1 kHz. Az oldalon megjelennek különböző mérési összeállítások és mérési eredmények. Bármikor

megszakíthatja a munkát, bezárhatja az oldalt, mert amikor legközelebb ismét belép a kódjával, ugyanazt a mérőpanelt fogja kapni, ugyanazokkal a beállításokkal. Az eredmények azonban az újbóli letöltések során minimális mértékű szórást fognak mutatni, mert minden megnyitáskor új mérési pillanatfelvételek készülnek, melyek a zaj és a mérési bizonytalanság miatt elhanyagolható mértékben ugyan, de különbözhetnek. Ennek a szórásnak nincs hatása a végeredményekre, ha azokat mérnöki szemlélettel megfelelően kerekíti, és nem használ indokolatlanul sok tizedesjegyet.

Az alábbi feladatok, számítások elvégzéséhez használja a web-oldalon kapott eredményeket. Nem lesz feltétlenül szüksége az összes eredményre, és azok megjelenítési sorrendje sem biztos, hogy teljes mértékben illeszkedik a feladatok leírásának sorrendjéhez. Önnek kell kiválasztani azokat a mérési elrendezéseket és eredményeket, melyeket fel tud használni a számítások elvégzéséhez. Bizonyos

esetekben több különböző, és egyformán jó megoldás létezhet, de az is előfordulhat, hogy egy elsőre logikusnak tűnő gondolatmenet hibás eredményre vezet. Ezért mindig röviden, egy-két mondatban indokolja meg, hogy az adott feladat elvégzéséhez miért és melyik mérési elrendezés eredményét használta!

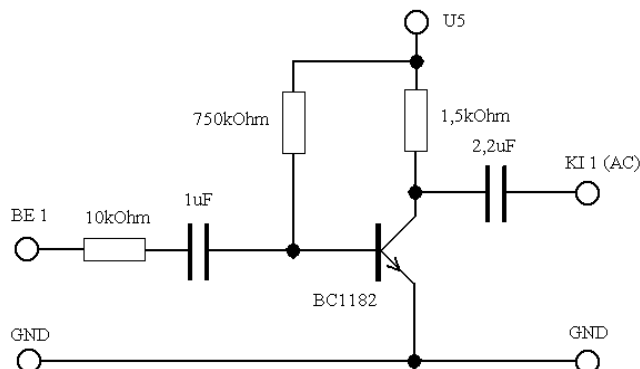
A feladatok megoldása előtt nagyon figyelmesen nézze végig és értelmezze a mérési elrendezéseket! Ezek a felhelyezett jumperekben különböznek egymástól, illetve abban, hogy DC vagy AC feszültséget mérünk-e. Ez egy időigényes munka, éppúgy, mintha a laborban ténylegesen el kellene végezni a panel és a műszerek helyes konfigurálását.

A mérőpanelről egy rövid bemutató található a következő helyen:

<https://web.microsoftstream.com/video/a7c77c8b-f125-4816-aeda-226a18dff86b>

Mérési feladatok

1. Földelt emitteres visszacsatolás nélküli erősítő alapkioscsolás



A megfelelő jumperek felhelyezésével alakítsa ki az ábráján látható kocsolást. Csatlakoztassa a tápegységet és állítsa be az előírt tápfeszültséget (U_S = Supply Voltage), amihez a D fordított polaritás ellen védő dióda miatt kb. 0.6 V-tal magasabb U_B (Battery) feszültséget kell a tápegységen beállítania.

1.1 Mérje meg a munkaponti feszültségeket:

U_B (Battery) = 18.8 V (1. mérési elrendezésről)

U_S (Supply) = 18.14 V (1. mérési elrendezésről)

U_{CE} = 11.37 V (2. mérési elrendezésről)

U_{BE} = 656.99 mV (8. mérési elrendezésről)

1.2 A mért értékekből számítsa ki I_C , I_B , valamint B értékét! Képlettel, igényesen adja meg a számítás módját, és röviden magyarázza is el a számítás elvét!

A bázisáram kiszámításához R_B ellenállás-ra írtam fel egy Ohm-törvényt, majd I_B -re rendeztem:

$$I_B = \frac{U_S - U_{BE}}{R_B} = \frac{18.14 \text{ V} - 656.99 \text{ mV}}{750 \text{ kOhm}} = 0.023 \text{ mA} = \mathbf{23.31 \mu A}$$

A kollektor áram kiszámítását hasonlóan végeztem:

$$I_C = \frac{U_S - U_{CE}}{R_C} = \frac{18.14 \text{ V} - 11.37 \text{ V}}{1.5 \text{ kOhm}} = \mathbf{4.51 \text{ mA}}$$

A B egyenáramú erősítés így, definció alapján kiszámolható:

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4.51 \text{ mA}}{23.31 \mu A} \approx \mathbf{193.5}$$

1.3 Adjon az erősítő bemenetre 1 kHz-es szinuszos mérőjelet, melynek amplitúdóját úgy állítsa be, hogy az erősítő kimenetén még torzítatlan szinuszos jelet kapjon. Határozza meg a tranzisztor h_{11e} paraméterének értékét! Hogyan biztosítható a $h_{11e} = \frac{u_1}{i_1} \Big|_{u_2=0}$ képletben szereplő $u_2 = 0$ feltétel?

A mérési elrendezések közül olyat kerestem, ahol az U_2 földre van kötve és az U_{BE} feszültséget mérjük, mivel így teljesíthető a fenti feltétel, ezek a 13-ban egy JP8 jumper-rel megvalósulnak.

$$h_{11e.új} = \frac{U_{BE}}{i_b} = \frac{5.99 \text{ mVAC}}{\left(\frac{U_{be} - U_{BE}}{10 \text{ kOhm}}\right)} = \frac{5.99 \text{ mVAC}}{\left(\frac{36.99 \text{ mVAC} - 5.99 \text{ mVAC}}{10 \text{ kOhm}}\right)} = \mathbf{1.93 \text{ kOhm}}$$

Határozza meg $h_{21} = \beta$ értékét:

A β a váltóáramú áramerősítési tényező, amely a váltóáramú helyettesítőképpel számolható ki. Ebben a U_s földként tekinthető, illetve:

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{i_c}{i_b} = \frac{608.97 \mu A}{3.1 \mu A} = \mathbf{196.44}$$

i_c értékét a 3. elrendezés alapján kaptam meg:

$$i_c = \frac{U_{CE}}{R_C} = \frac{913.46 \text{ mVAC}}{1.5 \text{ kOhm}} = 608.97 \mu A$$

Határozza meg a fokozat erősítését:

A fokozat erősítése a ki és bemeneti feszültségek hányadosa. A bementi feszültség a 15. ábráról olvasható le, a kimeneti pedig a 16-ról:

$$|A| = \left| \frac{U_{ki}}{U_{be}} \right| = \frac{913.39 \text{ mVAC}}{36.99 \text{ mVAC}} = 24.7$$

Mivel az erősítő kapcsolásunk földelt emitteres, a fázisfordítással együtt a fokozat erősítése: **$A = -24.7$** .

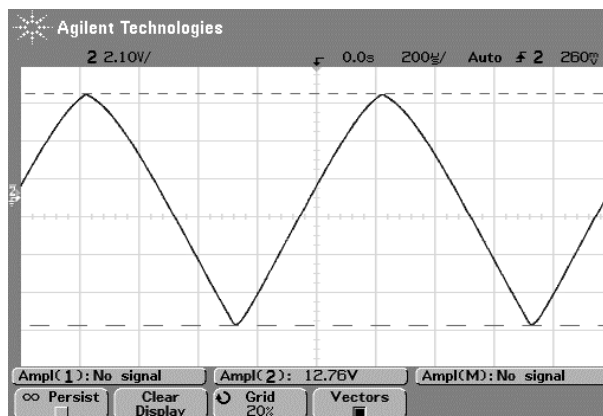
A JP15 jumperrel beiktatott terhelés segítségével határozza meg az erősítő kimenő ellenállását:

A 17-es mérési elrendezés tartalmazza a JP15-öt, a kimeneti ellenállás meghatározása a terhelő ellenállás (mérőpanelről leolvassa: 1 kOhm), az üresjárás és a terhelte kimeneti feszültséggel határozható meg (előbbi a 16-os ábrán, utóbbi a 17-esen látható):

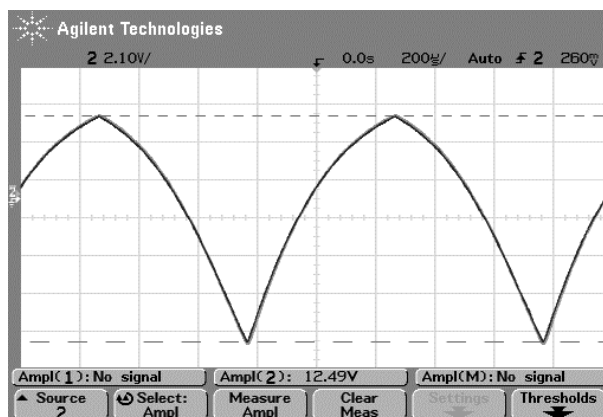
$$R_{ki} = R_{terhelő} * \frac{U_{ki_{üresjárás}} - U_{ki_{terhelte}}}{U_{ki_{terhelte}}} = 1 \text{ kOhm} * \frac{913.39 \text{ mVAC} - 377.3 \text{ mVAC}}{377.3 \text{ mVAC}} = \mathbf{1.42 \text{ kOhm}}$$

1.4 Kapcsoljon akkorá amplitúdójú szimmetrikus háromszög jelet a bemenetre, hogy az erősítő még ne legyen túlvezérelve. Az alábbi ábrák a kimeneti jelalakot mutatják feszültséggenerátoros (19. mérési elrendezés, J1 ON), illetve kvázi áramgenerátoros (18. mérési elrendezés, J1 OFF) meghajtás esetén. Értelmezze az ábrákat, adjon magyarázatot a különbségre, és határozza meg, hogy melyik jelalak melyik mérési elrendezéshez tartozik:

A 18-as elrendezés kimeneti jelalakja:



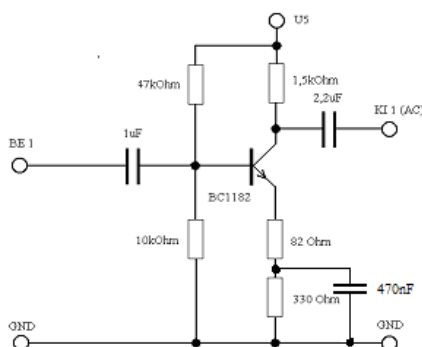
A 19-es elrendezés kimeneti jelalakja:



A két jelalak és mérési elrendezés vizsgálatát követően az alábbi megállapítást tettem:

A kimeneti jelalak „teltsége” a h_{11e} paramétertől függ, amely az U_{BE} és i_b hányadosa. A 10 kOhm-os ellenállás kiiktatása (rövidre zárása a J1 jumperrel) esetén a bementi háromszög jel egyenesen a tranzisztor bementére jut, míg ellekező esetben az ellenálláson keresztül haladva kerül csak oda. Az ellenállás hatása a bementi jelre (és ezáltal a kimeneti jelre) egyértelműen a második ábrán látszik, így a második ábra lesz a 19-es mérési elrendezés.

2. Földelt emitteres alapkioscsolás emitter köri negatív visszacsatolással



Alakítsa ki az ábra szerinti kocsolást. Ügyeljen arra, hogy a további méréseknél a bemeneten lévő **J1**-es jumper **ON** állásban legyen (azaz zárja rövidre a 10 kOhm-os soros ellenállást)!

2.1 Mérje meg a B, E, valamint C pontok feszültségét:

B pont 2.95 VDC (24. elrendezés).

C pont 9.84 VDC (21. elrendezés).

E pont 2.29 VDC (22. elrendezés).

2.2 A fenti feszültségekből számítsa ki az I_E , I_C és I_B értékeket! Képlettel, igényesen adja meg a számítás módját, és röviden magyarázza is el a számítás elvét!

A feszültségek ismeretében Ohm-törvénnyel kiszámolhatjuk a megfelelő áramokat (U_S értékét a 20-as elrendezésből olvastam ki):

$$I_C = \frac{U_S - U_C}{R_C} = \frac{18.14 \text{ VDC} - 9.84 \text{ VDC}}{1.5 \text{ kOhm}} = 5.53 \text{ mA}$$

$$I_E = \frac{U_E}{R_{E1} + R_{E2}} = \frac{2.29 \text{ VDC}}{82 \text{ Ohm} + 330 \text{ Ohm}} = 5.56 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 30 \text{ }\mu\text{A}$$

2.3 Mérje meg az erősítő üresjárási (terheletlen), és az 1 k Ω -mal terhelt feszültségerősítését 1 kHz-en. Vizsgálja meg a 470 nF-os kondenzátor hatását az erősítésre, adjon magyarázatot az eredményekre:

Az erősítés definíció szerint:

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

Az U_{be} a 25-ös mérési elrendezésből leolvasható: $U_{be} = 37 \text{ mVAC}$.

A feladat leírása alapján 4 eset különböztethető meg:

Üresjárás, nincs kondenzátor (26)

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{126.2 \text{ mVAC}}{37 \text{ mVAC}} = \mathbf{3.41}$$

Üresjárás, van kondenzátor (27)

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{172.7 \text{ mVAC}}{37 \text{ mVAC}} = \mathbf{4.67}$$

Terhelt, nincs kondenzátor (28)

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{52.12 \text{ mVAC}}{37 \text{ mVAC}} = \mathbf{1.41}$$

Terhelt, van kondenzátor (29)

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{71.33 \text{ mVAC}}{37 \text{ mVAC}} = \mathbf{1.93}$$

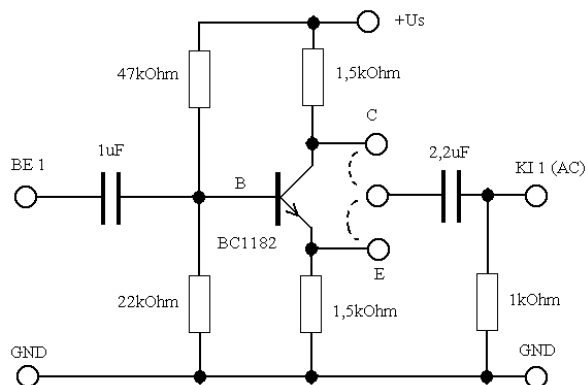
A kondenzátor mindkét esetben megnövelte az erősítést.

2.4 Határozza meg az erősítő kimenő ellenállását:

A kiemeneti ellenállás meghatározása a terhelő ellenállás (mérőpanelről leolvasva: 1 kOhm), az üresjárási és a terhelt kiementi feszültséggel határozható meg (előbbi a 26-os ábrán, utóbbi a 28-ason látható):

$$\begin{aligned} R_{ki} &= R_{terhelő} * \frac{U_{ki_{üresjárás}} - U_{ki_{terhelt}}}{U_{ki_{terhelt}}} = 1\text{kOhm} * \frac{126.2 \text{ mVAC} - 51.12 \text{ mVAC}}{51.12 \text{ mVAC}} \\ &= \mathbf{1.47 \text{ kOhm}} \end{aligned}$$

3. Fázishasító kapcsolás vizsgálata

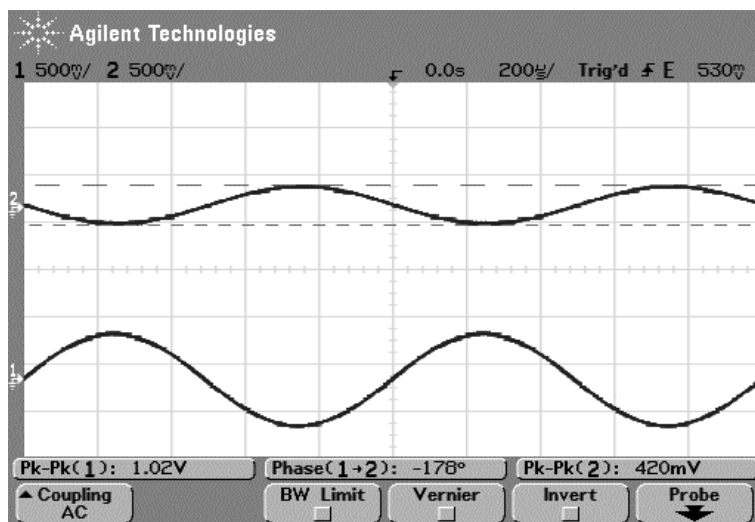


Állítsa össze az ábráján lévő kapcsolást, és adjon 1V_{pp} szinuszos jelet a bemenetre!

3.1 Vizsgálja meg a C és az E pontokon a jeleket terheletlen esetben, illetve úgy, hogy 1kΩ-os terhelést kapcsol az egyik vagy a másik pontra. Értelmezze a tapasztaltakat, és válassza ki az alábbi ábrák közül, hogy melyikük melyik mérési elrendezéshez tartozik, illetve határozza meg, hogy melyik a C, és melyik az E ponton mérhető jelek!

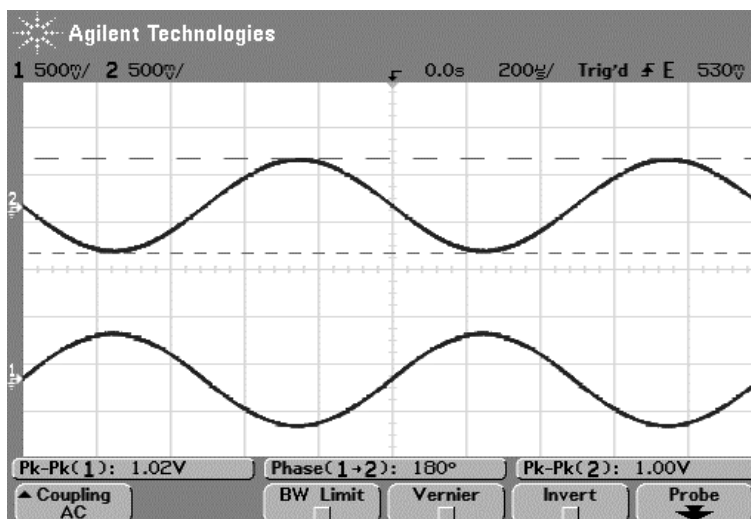
A mérési elrendezések (30-32) alapján megállapítható, hogy az oszcilloszkóp 1-es csatornáján (CH1) az E pont jelalakja, míg a 2-es csatornán (CH2) a C pont jelalakja látható minden esetben.

A 32-es elrendezés jelalakjai:



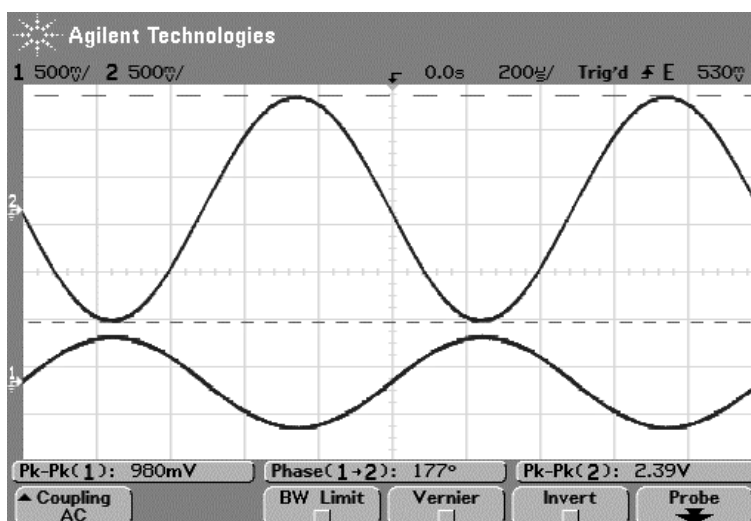
Itt egy földelt kollektoros kapcsolást láthatunk, a bemeneti és kimeneti feszültség is 1V, alátámasztva az előzetes feltételezést.

A 31-es elrendezés jelalakjai:



Itt egy földelt emitteres alapkapsolás látható, az fázisfordítás jól látszik, illetve az egységnyinél nagyobb erősítés a kimeneten (ez valószínűleg a terhelt verzió).

A 30-as elrendezés jelalakjai:



Itt egy földelt emitteres alapkapsolás látható, az fázisfordítás jól látszik, illetve az egységnyinél jóval nagyobb erősítés a kimeneten (A körülbelül -3 lehet).