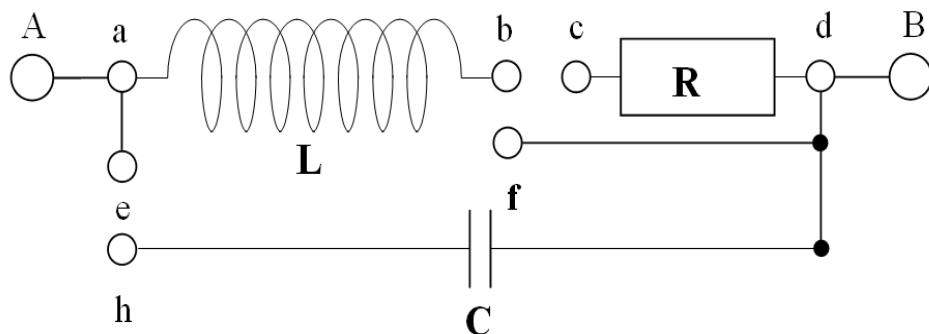


4. mérés: Villamos teljesítmény mérése

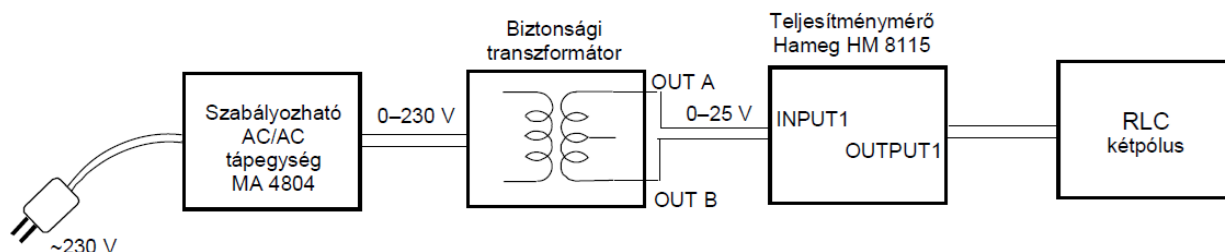


4-1. ábra. A mérésekhez használt R-L-C hálózat

1. Váltakozófeszültséggel táplált R-L-C hálózat teljesítményviszonyainak elemzése méréssel és számítással

Hozza létre a mérésvezető által megadott kapcsolást dugaszolással, és 40 V effektív értékű, 50 Hz-es tápfeszültséget beállítva mérje meg az összekapcsolt hálózat áramát, feszültségét, látszólagos, hatásos és meddő teljesítményét valamint teljesítménytényezőjét

1.1. elektronikus teljesítménymérővel,



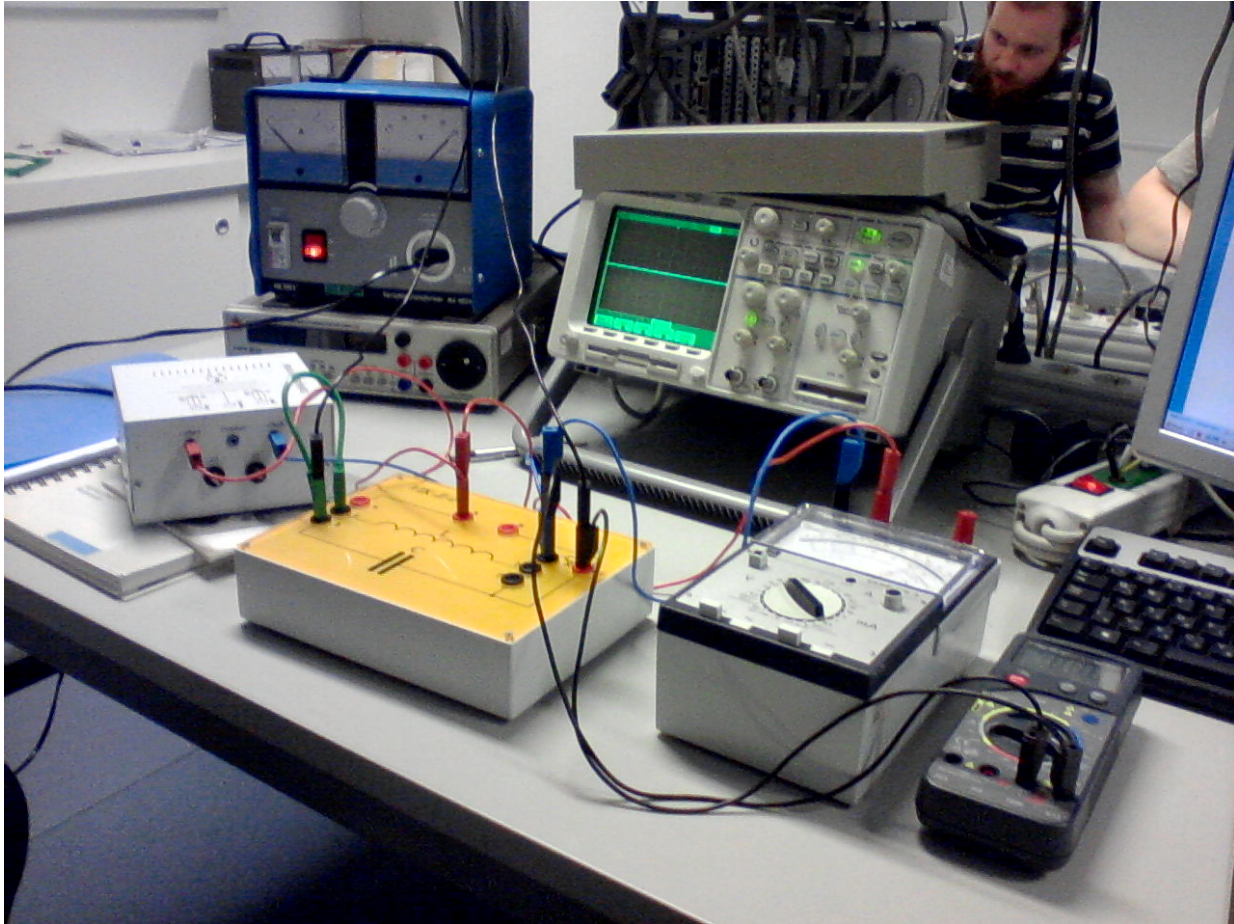
4-2. ábra. RLC hálózat mérése elektronikus teljesítménymérővel

AA

- **S**oros RLC-t mérünk
- Bekapcsolás előtt a szabályozható tápegységet „csavarjuk le”, és győződjünk meg róla, hogy a teljesítménymérő hátulján található kapcsoló input1/output1-re van állítva.
- A biztonsági transzformátor kimenetén mérjük a mérőfeszültséget: 10V_{eff} A Hameg kijelzett értékei, balról jobbra: V/A/funkció(W/var/VA) A műszert a hátulján található kapcsolóval kell átkapcsolni az előlapi mérőportokra (Input/Output1) a hátlapiról.

- A mért értékek: $U=10V$, $I=17\text{ mA}$, $P=135\text{ mW}$, $Q=-110\text{ mvar}$, $\cos(\varphi_i)=0.81$
- az RLC hálózat (induktív) kapacitív jelleget mutat
- U értékét 25 V -ra állítva: $I=0.073\text{ A}$, $P=0.3\text{ W}$, $Q=-1.435\text{ var}$, $\cos(\varphi_i)=0.19$

1.2. három voltmérős módszerrel!



- A három voltmérős módszernél figyelni kell a multiméterek pontosságára, ezért
 1. Az analóg multimétert rákötjük a teljes körre
 2. A digitális METEX multimétert az R ellenállásra
 3. Az Agilent multimétert az impedancia feszültségének mérésére használjuk.

A

kiválasztott multiméterek elrendezése megfelelőnek bizonyult, mivel skála végértékéhez közeli értékeket mértünk, ezáltal teljesült, hogy a lehető legkisebb hibája van a mérésnek.

- Szükségünk van R értékére, ezt megmértük: $R=389.3\text{ Ohm}$

$$P_r = U_r^2 / R \quad P_z = U^2 - U_r^2 - U_z^2 / (2R) \quad P = P_z + P_r$$

$$\cos \varphi_i = P / (UI) \quad Q = UI \cdot \sin \varphi_i$$

2. Végezzen hibaszámítást az 1. mérési feladat esetén!

$$\Delta p/p = (2/U^2 - U_R^{-2} - U_Z^{-2}) \cdot (U^2 \Delta U) - U_R^{-2} \cdot (\Delta U_R/U_R) - U_Z^{-2} \cdot (\Delta U_Z/U_Z)$$

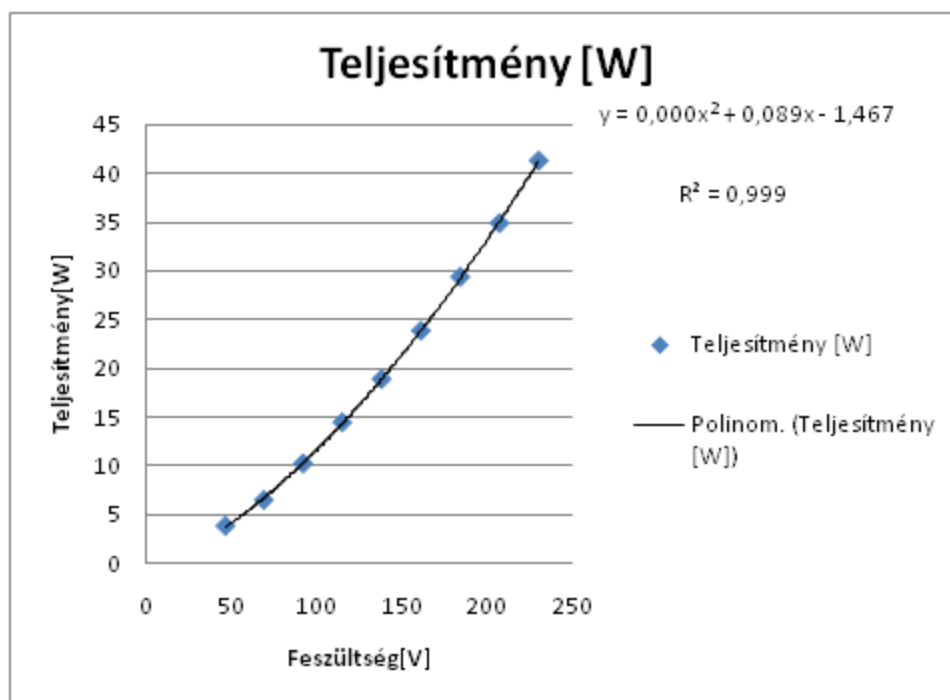
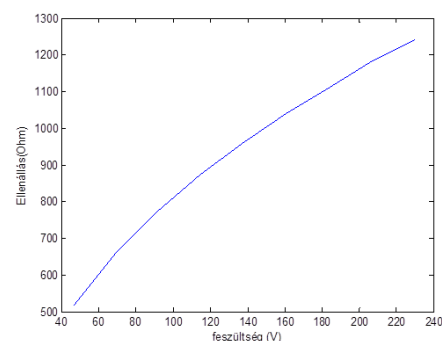
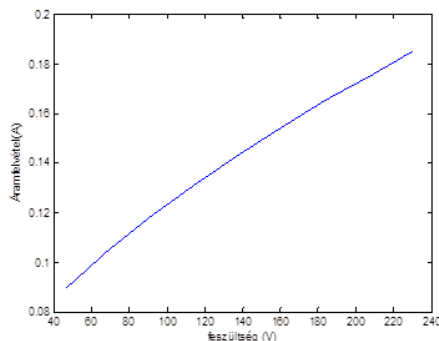
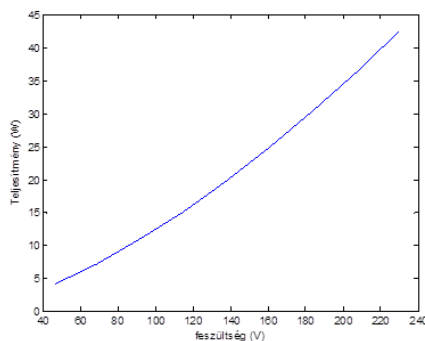
alapján a $\Delta p/p = 0.01355 \rightarrow 1\%$ os a hiba. (Jó mérési elre*(ΔU /ndezés miatt minimalizált.)

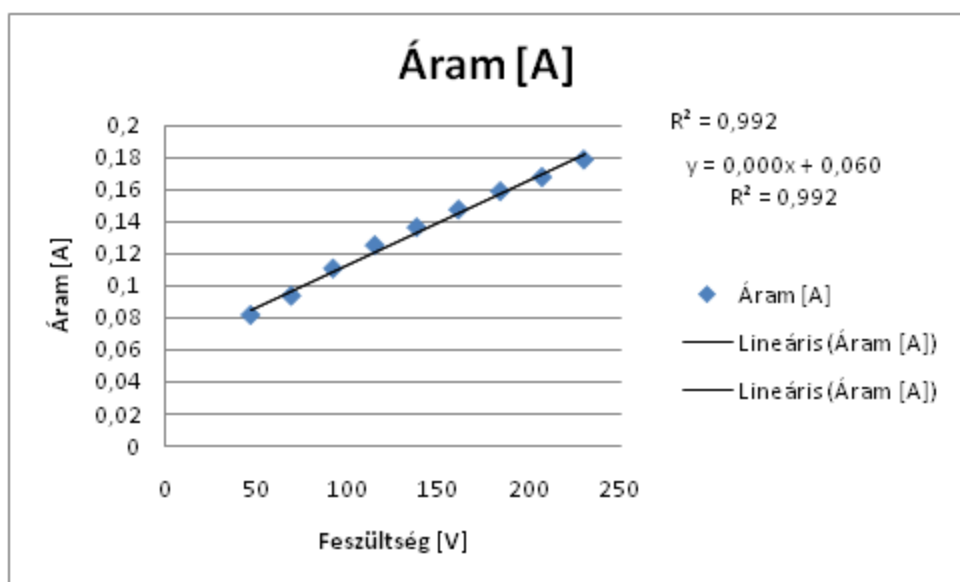
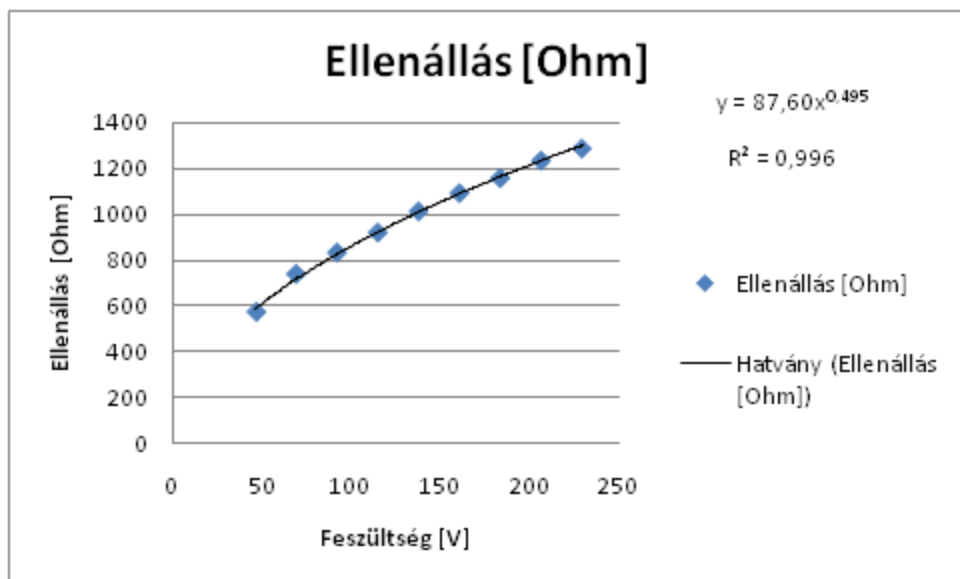
(A számításához az értékeket a műszer füzetekből : $\Delta U_R/U_R = 1.2\%$, $\Delta U_Z/U_Z = 0.09\%$, $\Delta U/U = 1\%$.)

3. Mérje meg egy 230 V névleges feszültségű, 40 W névleges teljesítményű izzólámpa karakterisztikáját 50 Hz-en a névleges tápfeszültség 20 és 100%-a között, 10%-os lépésekben elektronikus teljesítménymérővel!

- A lámpát rákötöttem a teljesítménymérőre, azt pedig az állítható tápra.
- A HAMEG teljesítménymérő hátulján átállítottam a kapcsolót input 2/ output 2 állásba
- Input 2: hátlapi, 230 voltos „számítógép-csatlakozó” (átkapcsolást ne felejtsek el!)

4. Ábrázolja a hatásos teljesítményt, az ellenállást és az áramfelvételt grafikusan a 3. mérés esetén!





A melegedés következménye az, hogy nő az izzószál ellenállása. A teljesítmény is folyamatosan nő, ennek következtében az áram is. A nagyobb áramok hatására pedig még jobban melegedik az izzó.

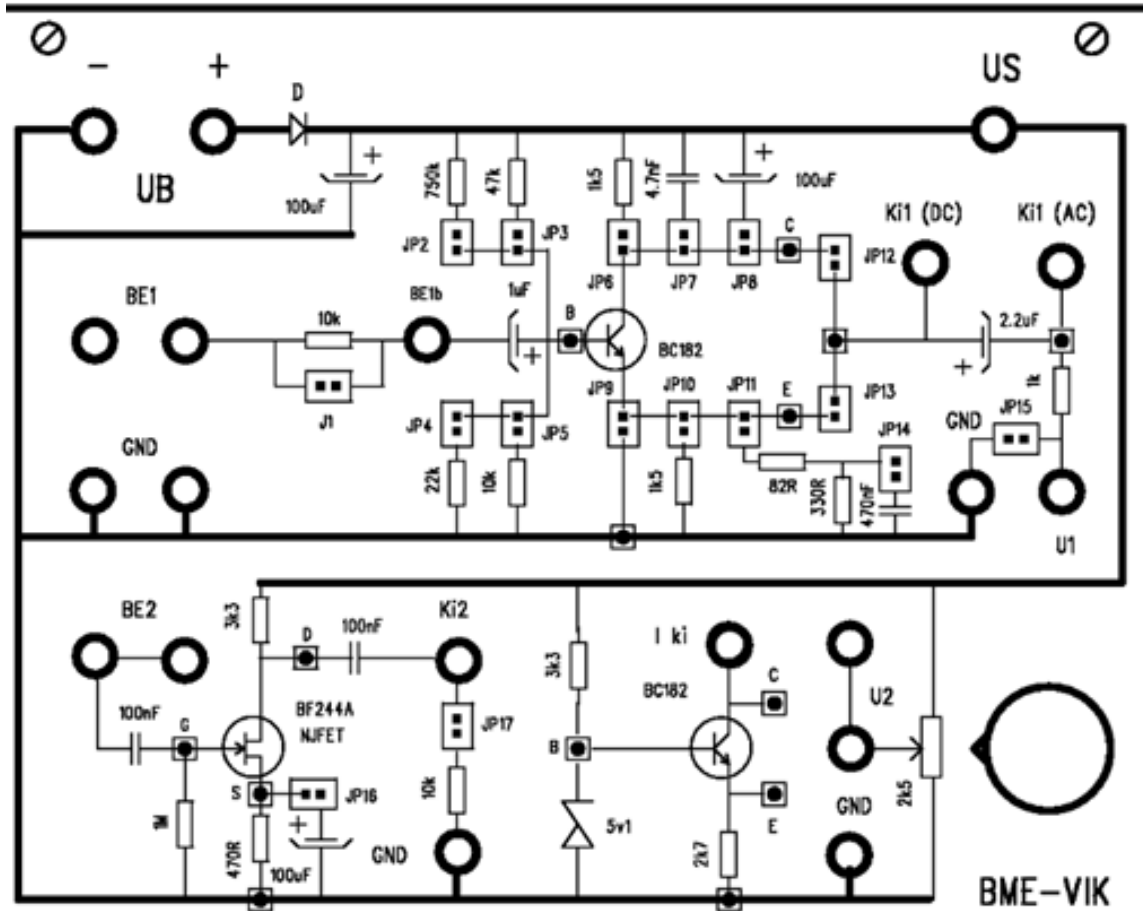
5. Mérje meg egy személyi számítógépes konfiguráció által felvett áram valódi effektív értékét, és a hálózati feszültséget, és adjon becslést a felvett hatásos teljesítmény felső korlátjára!

- Az oszcilloszkóp 2-es csatornára kötöttük a PC tápvonalát, amit átállítottunk árammérésre, 10:1-es áttétellel.
- Az 1-es csatornát beállítottuk kb 230V RMSre (áttételt állítva) és MATH szorzás funkciója

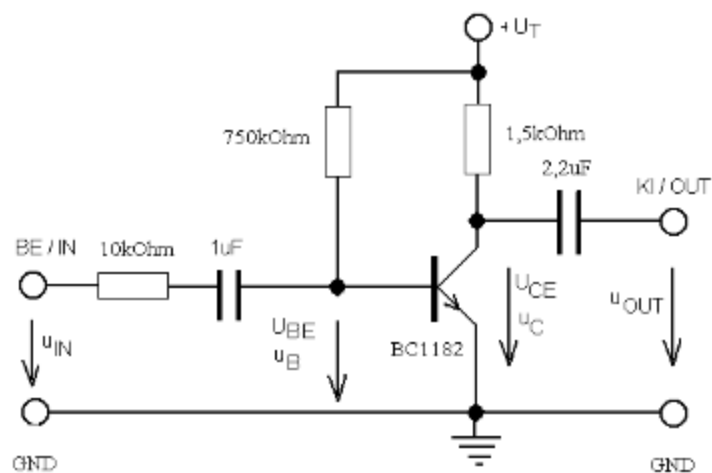
segítségével megkaptuk a teljesítményt.

- A lakatfogót az elosztóra kell kötnünk, de csak az egyik kábelre!
- 1-es csatornán a PC feszültsége, a 2-es csatornán a PC árama jelenik meg.

5. mérés: Tranzisztoros erősítő alapkapsolás vizsgálata



1. Földelt emitteres visszacsatolás nélküli erősítő alapkapsolás



A megfelelő jumperek felhelyezésével alakítsa ki az ábráján látható kapcsolást. Csatlakoztassa a tápegységet és állítsa be a **Házi Feladatban** előírt tápfeszültséget úgy, hogy a fordított polaritás ellen védő **D** dióda katódján $+U_T$ feszültséget mérjen!

1.1 Mérje meg a munkaponti feszültségeket és számítsa ki I_C , I_B , valamint B értékét!

$U_T = 12V$ -ot kell adni, de a diódán $0.7V$ feszültség esett, ezért a Tápon $12.7V$ -ot állítottam be!
 U_{CE} -t és U_{BE} -t a földhöz képest könnyedén megtudom mérni, és így

$$I_C = (U_T - U_{CE}) / 1.5k$$

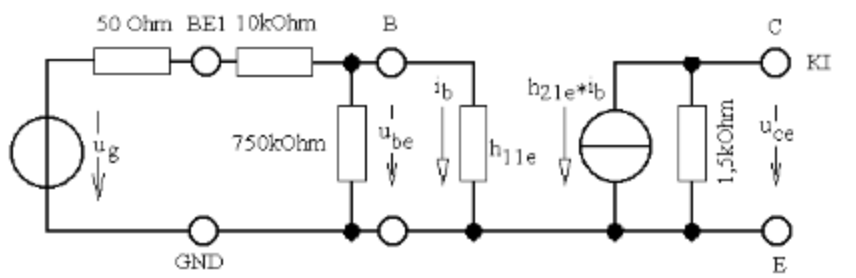
$$I_B = (U_T - U_{BE}) / 750k$$

$$B = I_C / I_B$$

Jumperek: 2, 6, 9, 12, 15

1.2 Adjon az erősítő bemenetre 1kHz-es szinuszos mérőjelet. Oszilloszkóppal mérje a be- ill. a kimeneti jelet és ellenőrizze az erősítő működését. Állítsa a bemenőjel amplitúdóját és frekvenciáját úgy, hogy az erősítő kimenetén még torzítatlan és fázistolás mentes jelet kapjon. (CH1 = OUT, CH2= IN)

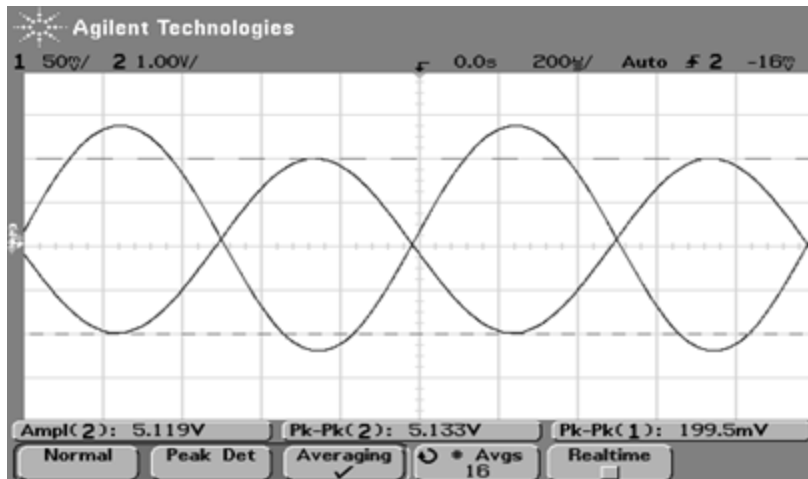
A helyettesítő kép alapján (Mérési utasítás: 3. ábra) mérje meg oszcilloszkóppal és számítsa ki a következő paraméterek értékét



5-3. ábra. Tranzisztor helyettesítőkép h -paraméterek méréséhez

A mérés során én egy $200mV_{pp}$ feszültséget adtam a jelgenerátorból (High Z-re kell állítani) **biztos hogy high z? akkor miért 50 ohmos ellenállás van a helyettesítő képben???**

Ekkor a bemeneti és kimeneti ábra ilyen:



h_{11e} :

UBE1 és föld között mérek egy feszts, aztán UBE1b és föld között mérek feszts. Ekkor $I_b = (U_{BE1} - U_{BE1b}) / 10k$. Ebből pedig $h_{11e} = U_{be1b} / I_b$ (Definíció szerint: $\Delta U_{BE} / \Delta I_b$)

Hogyan biztosítja az $u_{ki} = 0$ értéket?

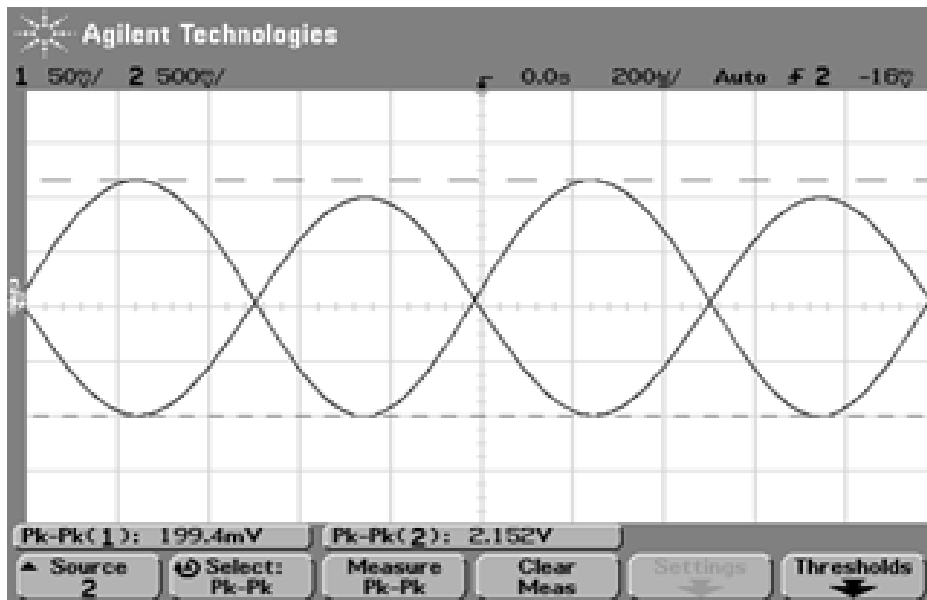
A kimenetet váltóáramúlag rövidre zárjuk a 100 μF kondenzátorral (JP8)

$h_{21} = B$ értékét:

I_c -t ki kell hozzá számolni $\rightarrow I_c = 5.134V / 1.5k$. Az 5.134-et az ábráról olvasható le, ez a kimeneti fesz és 1.5k az R_c . Ebből már kijön $B = I_c / I_b$

feszültség erősítését: $A_u = U_{ki} / U_{be}$ (!!! negatív szám lesz!! az ábrán is látszik, hogy a bemeneti és kimeneti fesz ellentétes) $(5.134 / 200) = -25$ (kb)

a JP15 jumperrel beiktatott terhelés segítségével az erősítő kimenő ellenállását:



Nem biztos, javítsátok, ha hibásnak gondoljátok! -> $R_{ki} = ((U_{ki0}/U_{ki}) - 1) \cdot R_t$

Biztos! :)

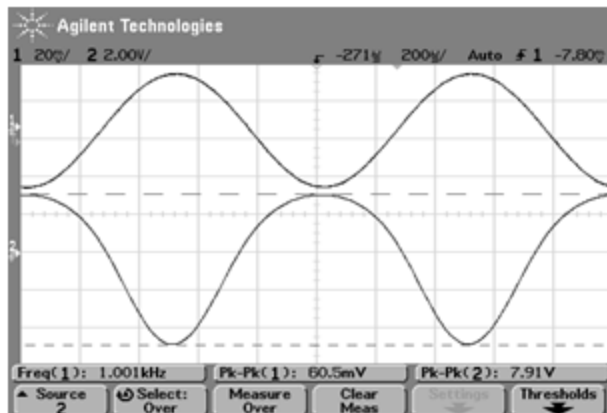
R_t -t tudjuk (1k), U_{ki0} a terhelés nélküli kimeneti feszültség (5.134) U_{ki} pedig a terheléses kimeneti fesz (2.152).

1.3 A terheletlen erősítő kivezérelhetőségének vizsgálata.

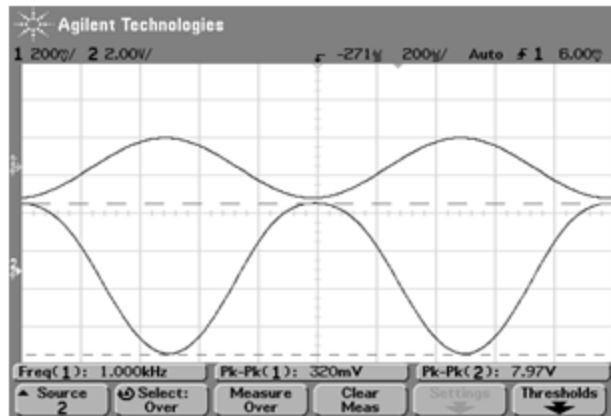
Figyelje meg az erősítő kimenőjelének torzulását feszültséggenerátoros

(JP1 jumper ON), illetve kvázi áramgenerátoros (JP1 = OFF) meghajtás esetén.

Adjon magyarázatot a tapasztaltakra!



Feszültséggenerátoros eset feszültségerősítése: $A_u = -130$



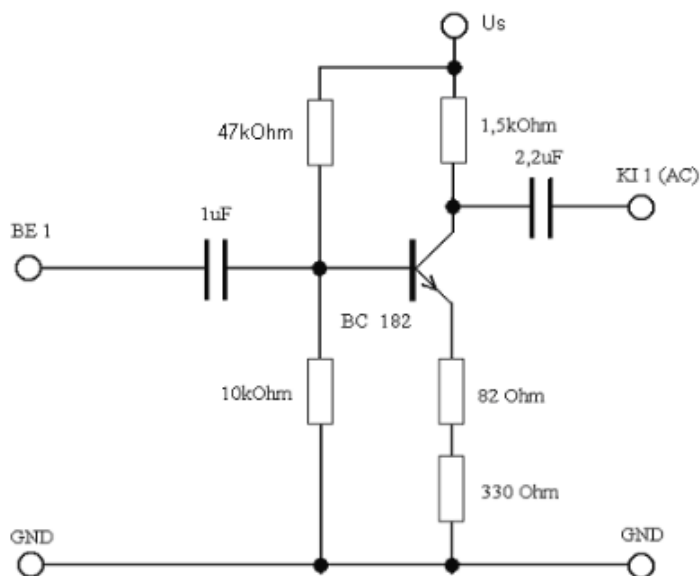
Áramgenerátoros eset feszültségerősítése: $A_u = -25$

Áramgenerátoros esetben az I_c és I_b közötti arányossági tényező lineáris, U_{ce} és I_c között viszont nem lineáris, hanem exponenciális kapcsolat van, ezért nem egyezik a kimeneti jel jellege.

Határozza meg mindkét esetben a megengedhető maximális be-, illetve kimenőfeszültség értékeit!
 Addig kell növelni a bemeneti fesztsz amíg nem torzul a kimeneti jel (csúnyúl a szinusz).
 JP1 ON : $U_{bem} = 25-30 \text{ mV}$, JP1 OFF : $U_{bem} = 350 - 400 \text{ mV}$ között.

2. Földelt emitteres alapkapsolás emitterkörü negatív visszacsatolással.

Alakítsa ki az ábra szerinti kapcsolást.



5-4. ábra. Földelt emitteres alapkapsolás emitterkörü negatív visszacsatolással

Ügyeljen arra, hogy a további méréseknél a bemeneten lévő J1-es jumper ON állásban legyen (azaz zárjuk rövidre a 10 kohmos soros ellenállást)!

2.1 Mérje meg a B, E, valamint C pontok munkaponti feszültségeit, hasonlítsa össze a Házi feladatban kiszámított értékekkel! Számítsa ki a tényleges I_E és I_C áramok értékeit.

Jumper: 1, 3, 5, 6, 11,12 → ez így már jó

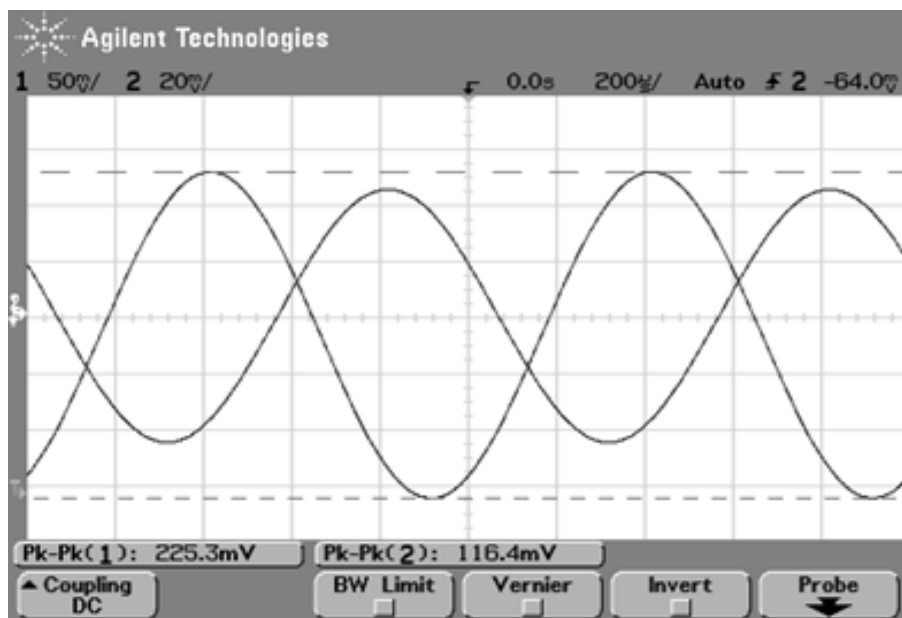
Gondolom ezen túl sok mindent nem kell magyarázni, a földhöz képest megmérjük U_b -t U_c -t és U_e -t.

$$I_e = U_e / (82 + 330); I_c = (U_t - U_c) / 1.5k$$

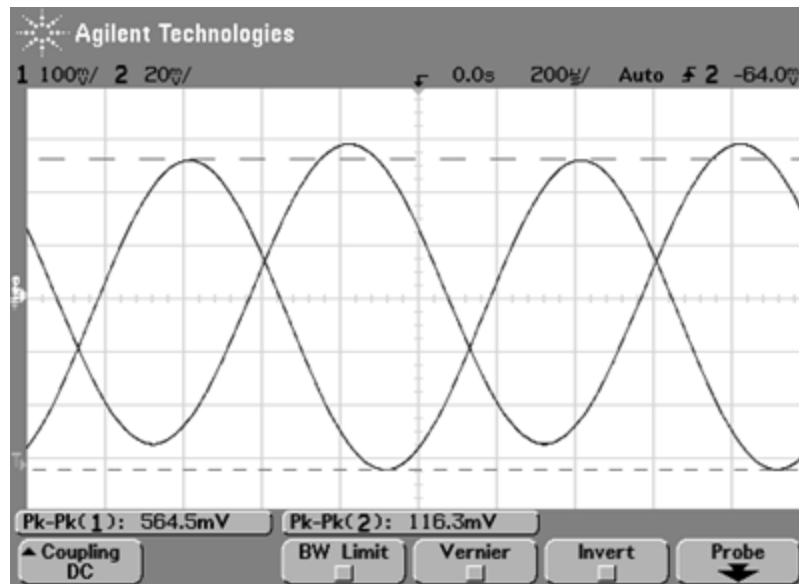
2.2 Mérje meg az erősítő üresjárási (terheletlen), és az 1 kohm-mal terhelt erősítő szinuszos jellel mért kivezérelhetőségét sávközépen és üzemi feszültségerősítését. A mérésekből számítással határozza meg az erősítő kimenő ellenállását .

Mind a két esetben addig kell emelni a feszültséget a bemenetre, amíg a kimeneten nem torzul a jel (Ellaposodik, a fázisa változik a bemenethez képest...). Ez nálam a mérésen olyan 114mVpp-nél volt.

Sávközép: 50kHz



$$1k\Omega\text{-os terheléssel: } U_{ki} = 225.3mV \rightarrow A_u = U_{ki} / U_{be} = 1.935$$



Üresjárásban: $U_{ki0}=564.5\text{mV}$ $A_u=U_{ki0}/U_{be}=4.853$

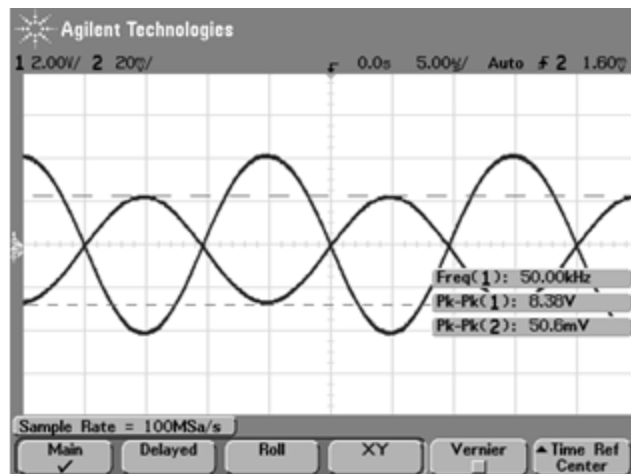
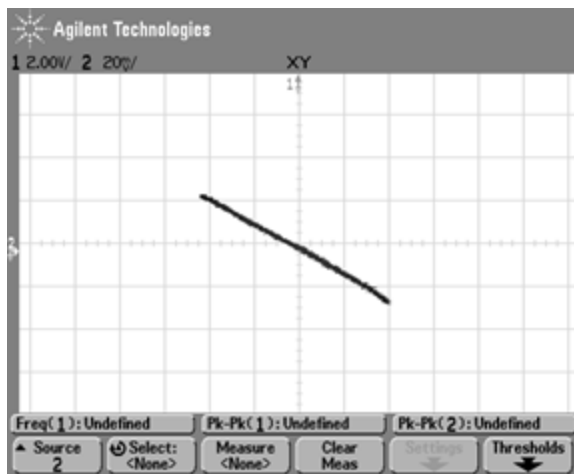
$$R_{ki} = ((U_{ki0}/U_{ki}) - 1) \cdot R_t$$

Ahogy nézem, eddig mértünk.

Egy másik mérés ezen része:

Mivel sávközépen kell vizsgáldni, main-delayed->xy módban addig kell állítani majd a frekvenciát felfele, amíg egy egyenest kapunk, majd az amplitúdót addig kell állítani, hogy az alján ne legyen egy legörbülés.

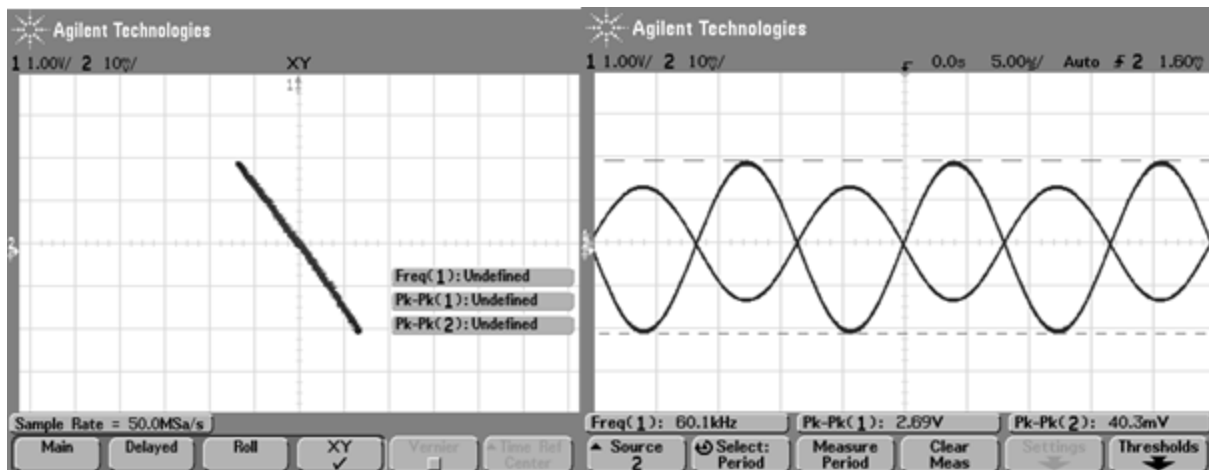
Üresjárásban(JP15 OFF):



első ábra X-Y mód, ez volt az a legörbülés, aminél kisebbet nem tudtunk produkálni, második ábráról a mért adatokkal:

A kimenet 8.38V, bemenet 50.6mV, a frekvencia 50kHz, az erősítés 165.61.

Ugyanezek terhelt esetben:



A kimenet itt 2.69V, a bemenet 40.3mV, a frekvencia 60kHz, az erősítés 66.75.

így: $R_{ki} = R_t \cdot (U_{\ddot{u}} - U_{terh}) / U_{terh} = 2.12 \text{ k}\Omega$

2.3 A feszültségerősítő amplitúdó- és fázismenetének mérése.

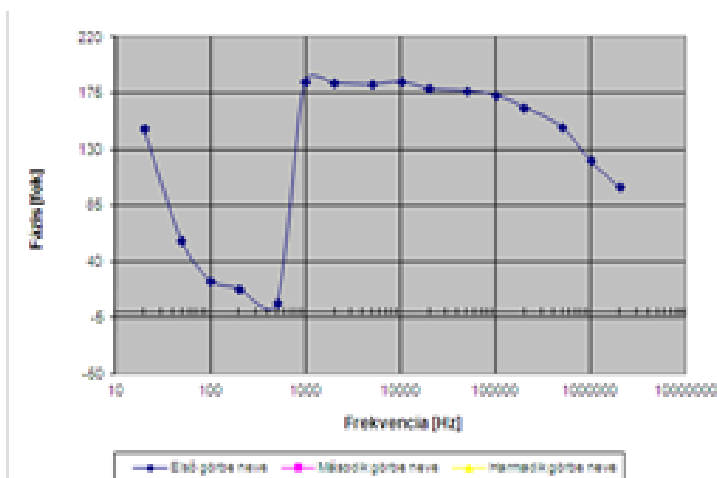
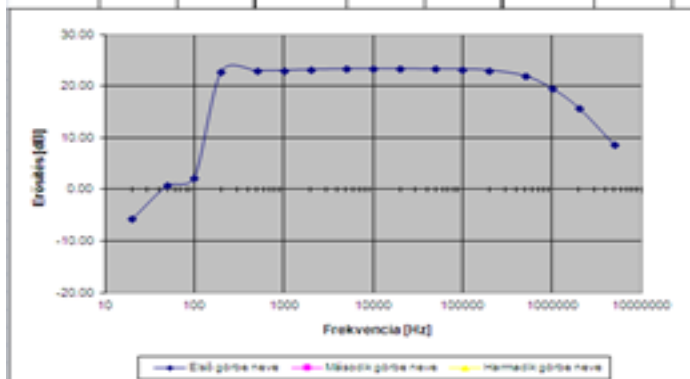
A méréshez használjuk a OSCBODE programot.

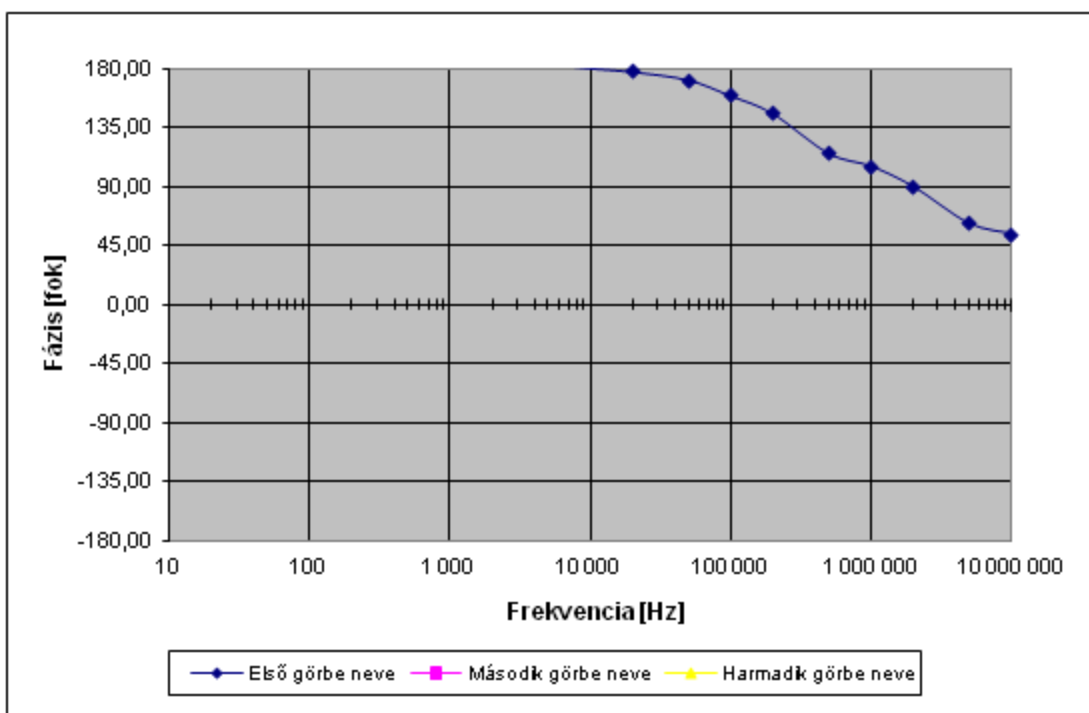
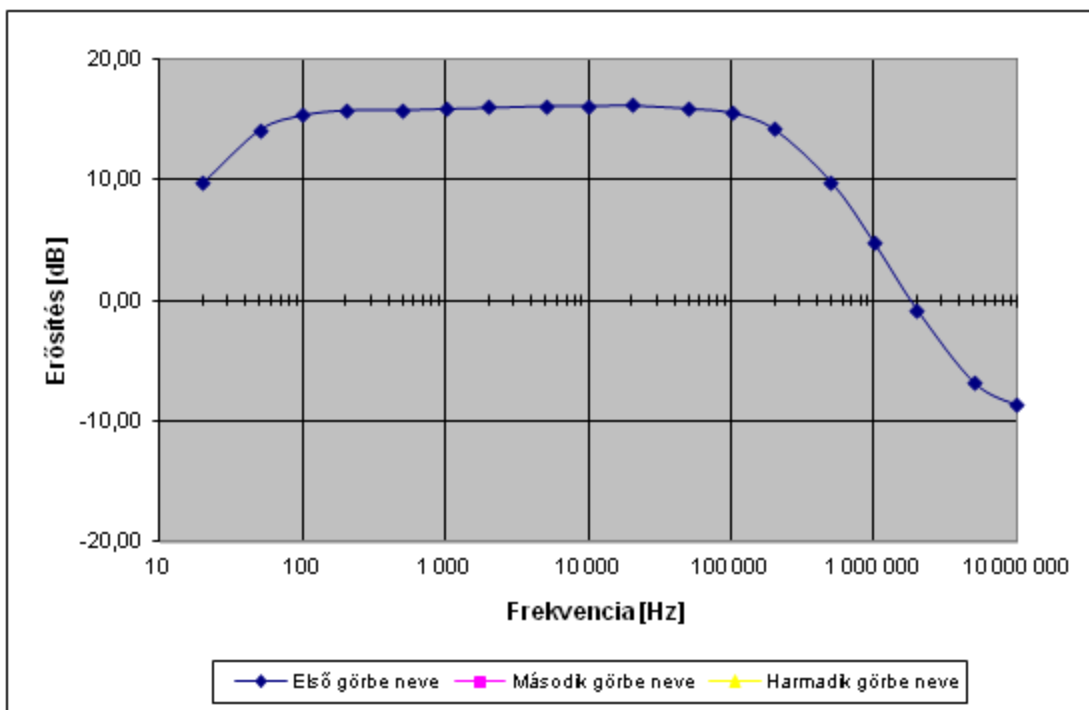
Csökkentsük le egyharmadára az előző pont alatt mért maximális bemenő jel amplitúdóját. A feszültségerősítő logaritmikus amplitúdó- és fázismenetét (Bode diagramját) a 20 Hz - 2 MHz tartományban dekádonként 3 pontban (2; 5; 10) mérjük meg, számítsuk ki és ábrázoljuk.

Az OSCBODE programmal 3 görbét tudunk egy diagramban ábrázolni, ezek legyenek a következők:

2.3.1. -Terheletlen erősítő (JP7, JP14 és JP15 OFF)

Első görbe neve			Második görbe neve			Harmadik görbe neve		
Frekv. Hz	Erős. dB	Fázis	Frekv. Hz	Erős. dB	Fázis	Frekv. Hz	Erős. dB	Fázis
20	-5.72	148						
50	0.76	57						
99	2.25	25						
200	22.76	18						
500	22.92	6						
999	23.01	184						
2000	23.16	183						
5000	23.28	182						
10000	23.30	184						
20000	23.30	179						
50063	23.26	177						
99750	23.24	173						
199600	23.03	164						
502500	21.94	148						
1000000	19.55	121						
2012100	15.74	100						
5000000	8.69							





Frekv. Hz	Erős. dB	Fázis
20	9.79	261.60
50	14.17	223.20

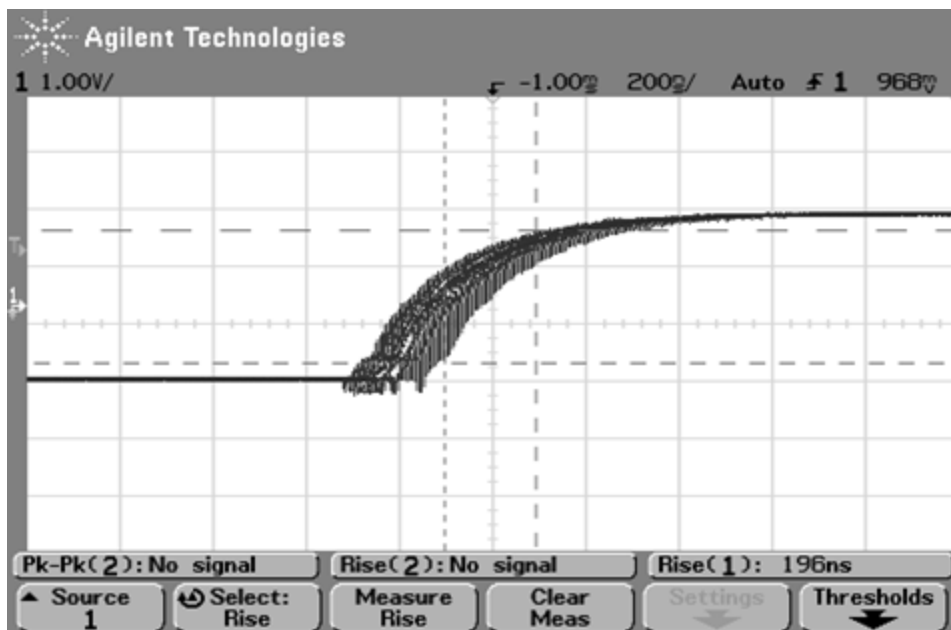
100	15.37	203.80
200	15.79	193.30
500	15.82	186.50
1 000	15.91	184.70
2 000	16.00	184.30
5 000	16.15	183.60
10 000	16.15	180.70
20 000	16.18	178.00
50 000	15.93	171.90
100 000	15.58	159.80
200 000	14.20	146.20
500 000	9.85	115.70
1 000 000	4.81	106.00
2 000 000	-0.75	90.50
5 000 000	-6.76	62.30
10 000 000	-8.65	54.50

2.3.2. -Terheletlen erősítő emitterkondenzátorral
(JP7 és JP15 OFF, JP14 ON)

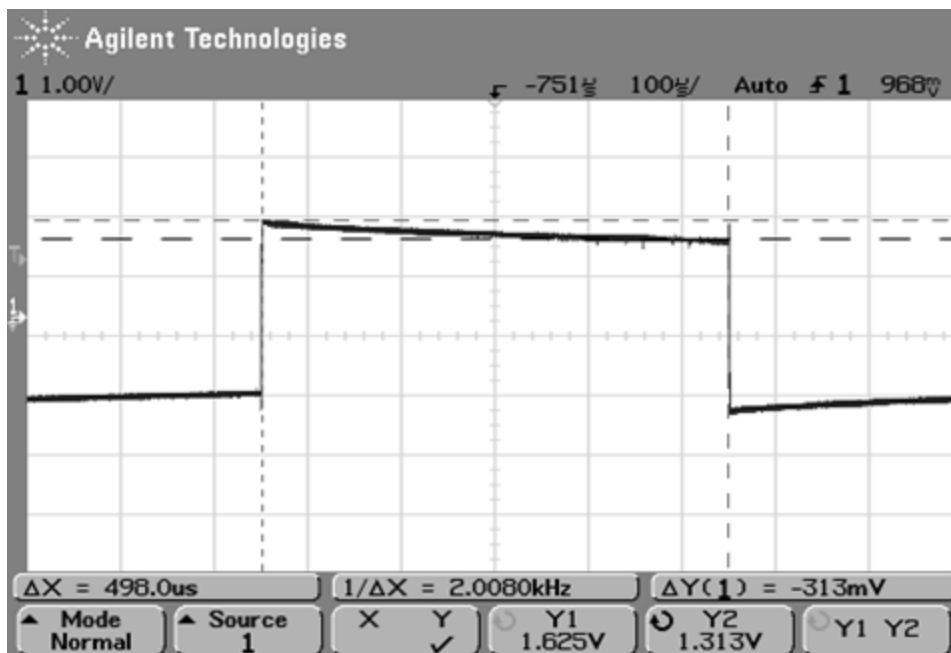
2.3.3. -Terhelt erősítő kollektorköri kondenzátorral
(JP14 OFF, JP7 és JP15 ON)

2.4. Az erősítő négyszögátvitelének mérése

2.4.1 Vegye fel a kimenőjel időfüggvényét, mérje meg a tetőesést és a felfutási időt!(Melyik időállandó felelős a tetőesésért?)



Felfutási idő: 196 ns



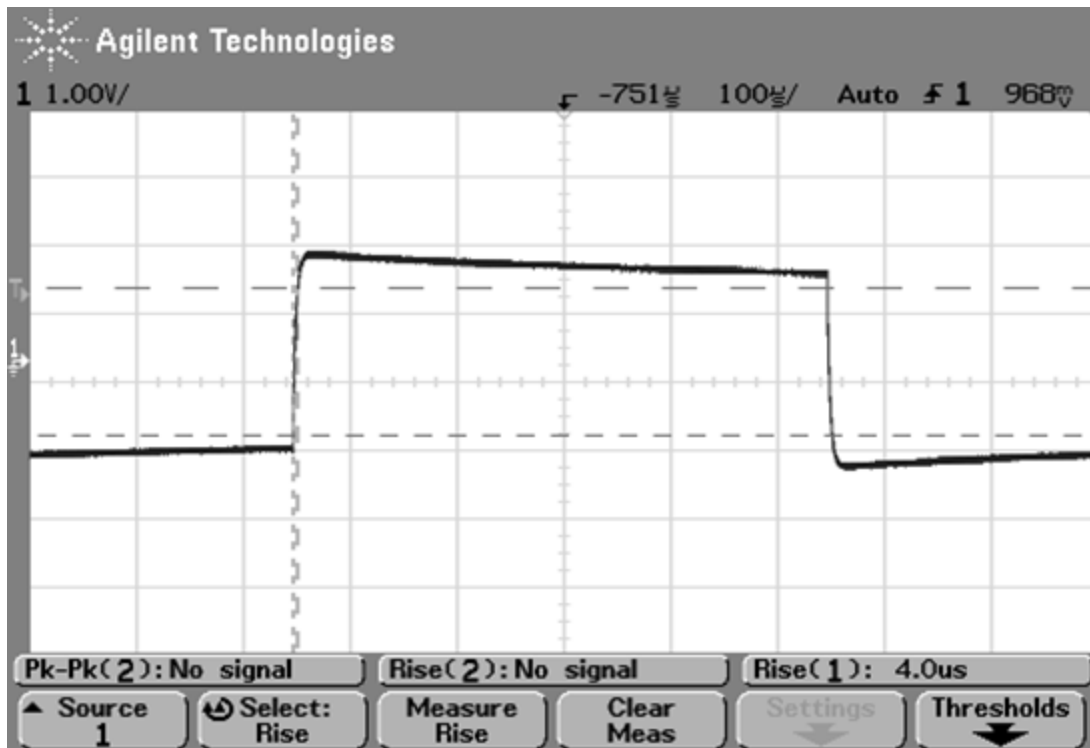
Tetőesés: 313 mV.

Adjon a bemenetre $f = 1\text{ kHz}$ -es négyszögjelet, JP7, JP14, és JP15 OFF állásában.

Tetőesés oka: kapacitív terhelés, tehát a kimeneti időállandó.

2.4.2 Helyezze fel a JP7-es jumpert, mérje meg így is a felfutási időt.

Így a felfutási idő 4 us lett.

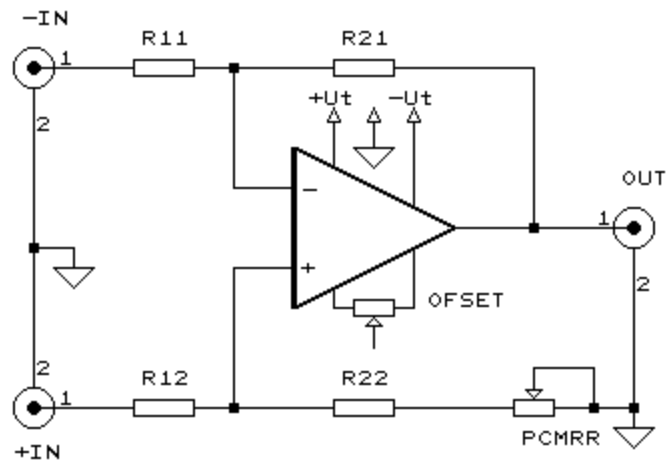


2.4.3 Helyezze fel a JP14-es jumpert is, mérje meg a jel túllövését!

(Ügyeljen arra, hogy az erősítő a túllövésnél se limitáljon!)

Értelmezze eredményeit, vesse össze a frekvenciatartománybeli méréseivel!

6. mérés: Mérőerősítő kapcsolások vizsgálata



1. Egyenáramú tulajdonságok vizsgálata

1.1. Bemeneti null hibák (OFSZET) mérése és kompenzálása.

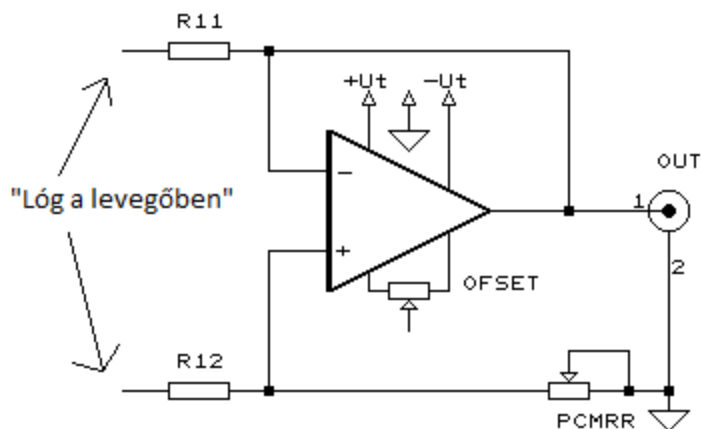
- Színkód alapján határozza meg az ellenállások névértékét és toleranciáját.

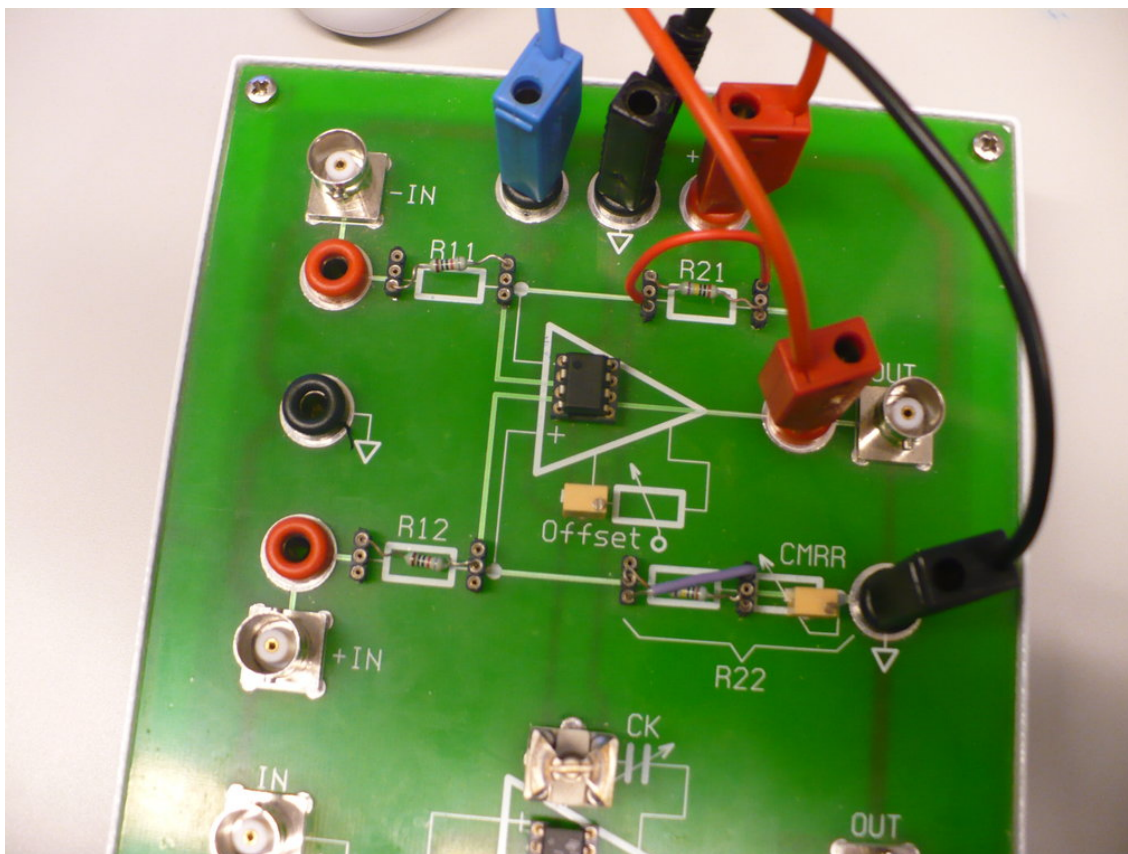
R11= 10 kΩ 1% R21= 1000 kΩ 1%

R12= 10 kΩ 1% R22= 1000 kΩ 1%

Ezeket megadják megintem ők, nem kell színkódolni.

· Az erősítő bemeneteit hagyja szabadon, zárja rövidre az **R21** és az **R22** ellenállásokat, és **DC mV**-mérővel mérje meg az erősítő kimeneti feszültségét, majd a **POFSET** potenciométerrel nullázza ki.





®

Ezt kell összehoznunk, Az R11 és R12 olyan mintha ott se lenne, mert ugye a bemenet csak úgy kalimpál a levegőben. A kimeneten nézzük a feszts a multiméterrel és megpróbáljuk kb 0-ra beállítani azt, (Úgy se fog sikerülni :)). Ez legyen az U1.

Az R21 majd az R22 ellenállások rövidzárását megbontva mérje meg és számítsa ki a műveleti erősítő Ibe+ és az Ibe- bemeneti áramait és az Io ofset áramot.

Először az R21-en szüntessük meg a rövidzárat, és nézzük a kimeneti feszültséget hogyan fog megváltozni. Itt egy Pozitív ugrást fogunk tapasztalni. ez legyen U2.

Ezután rakjuk vissza a rövidzárat R21-re és az R22-n szüntessük meg azt. Ezen is kimeneti feszültséget nézzük, amin eddig egy negatív ugrást látunk majd. Ez legyen U3.

Ezek alapján $I_{be-} = (U_2 - U_1) / R_{21}$ és

$I_{be+} = (U_3 - U_1) / R_{22}$;

$I_o = |I_{be+}| - |I_{be-}|$

A műveleti erősítő bemeneti áramai:

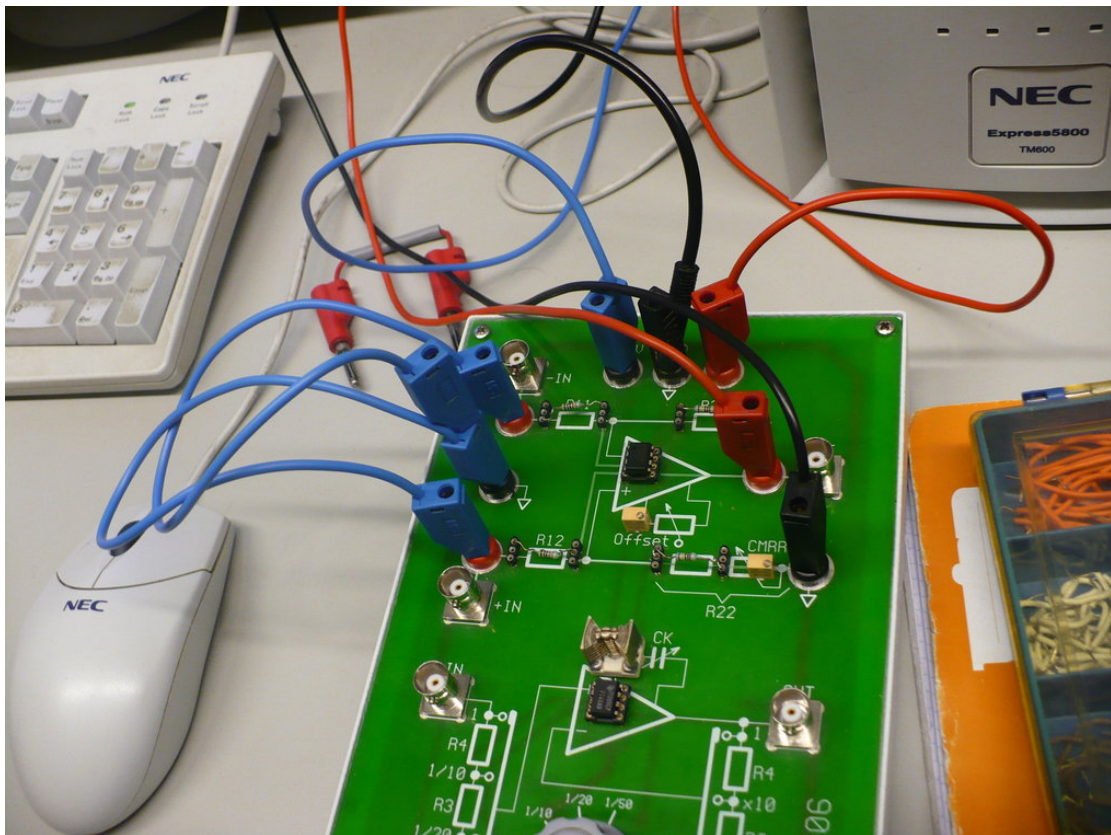
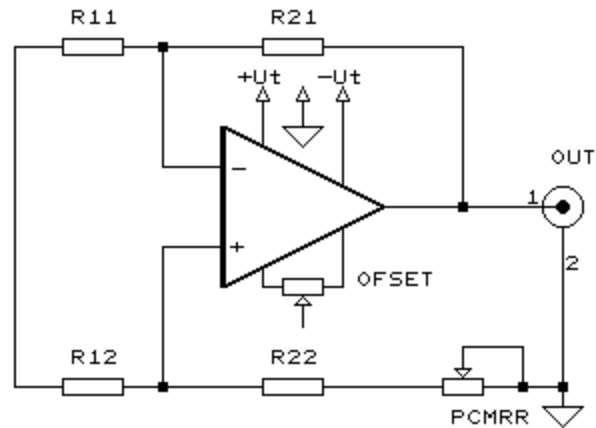
$$I_{be+} = \quad \quad \quad \text{nA}$$

$$I_{be-} = \quad \quad \quad \text{nA}$$

A műveleti erősítő ofszet árama:

$$I_o = \quad \quad \quad \text{nA}$$

A bemeneti kapcsok (+IN és -IN) leföldelése után mérje a kimeneti ofszet feszültséget, és a POFSSET potencióméterrel ismételten nullázza ki azt. Számítsa ki az invertáló és a neminvertáló bemenetre redukált ofszet feszültségeit.

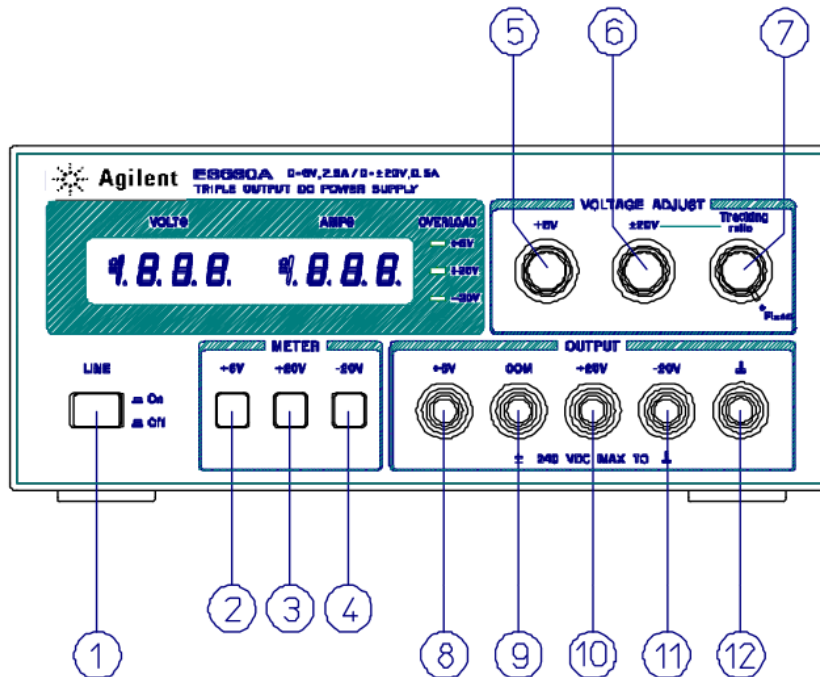


Ugyan úgy kell mérni az U_{k0}-t ahogyan az U₁-t. Itt 100x-os erősítés miatt (Azt hiszem ezt elmondták ők, hogy annyi az erősítés) 100x érzékenyebb a bemeneti zajokra az ofszet beállításakor, ami annyit jelent, hogy itt már végképp nem fogod tudni 0-ra beállítani az ofszetet. Azt is fogod látni, hogy nagyon nagy ugrásokat mutat a multiméter.

Mért és számított eredmények U_{k0} = Amit megpróbálunk beállítani (nálam ez kb 50uV volt)
 $U_{+be0} = -U_{k0}/100$ (-0.5uV) $U_{-be0} = U_{k0}/100$ (0.5uV)

1.2. Ofszet feszültség tápfeszültség függése. Szimmetrikusan ill. aszimmetrikusan változtassa meg kb. ±20%-kal a tápfeszültségeket, és mérje a kimeneti feszültségeket:

+20, -20-ban adjuk ugye a tápfeszt. Lehet nem kéne ilyen részletesen, de hátha jól jön valakinek :D



Ha U_{t1} és U_{t2} ugyanakkora, akkor csak simán a +20V-t kel tekergetni.

Az U_{t1}=+18, U_{t2}=-12 esetben egy kis segítség:

U_{t1} állítása: +20V-os tekerővel (6-os gomb), miközben a +20V-os gomb be van nyomva (3-as gomb).

U_{t2} állítása: Tracking tekerővel (7-es gomb), miközben a -20V-os gomb van benyomva (4-es gomb)

U _{t1} = +15V	U _{t2} = -15V	U _{ki0} =	mV
U _{t1} = +12V	U _{t2} = -12V	U _{ki0} =	mV
U _{t1} = +18V	U _{t2} = -18V	U _{ki0} =	mV
U _{t1} = +18V	U _{t2} = -12V	U _{ki0} =	mV

Írje le tapasztalatait: A tápfeszültség változásának hatására is változik az offset feszültség.

1.3. A névleges feszültségerősítés, a kivezérelhetőség és a Slew Rate meghatározása

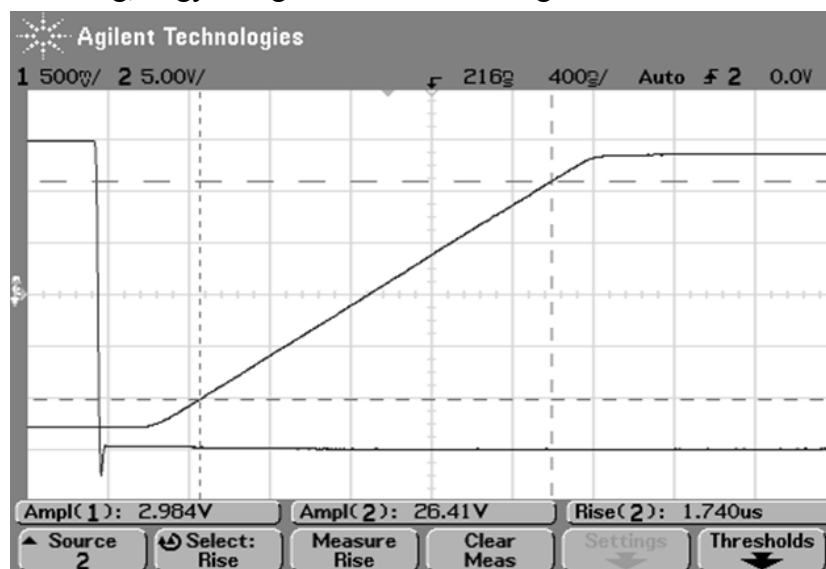
- Kapcsoljon az erősítő invertáló bemenetére $u_{be} = 100\text{mV}_p$, $f_0 = 1\text{kHz}$ szinusz jelet, (a neminvertáló bemenetet földelje le!) és mérje meg a mérőerősítő névleges feszültségerősítését:

A +IN bemenetet kell leföldelni. Vagy Szkópon vagy multiméterrel (AC) nézed a kimenetet. Ha nagyon a mérésvezetők kedvében akarsz járni, vagy ha a névleges 100-tól eltérő erősítést @számolsz, akkor mind a kettővel mérd meg. (Ezt azért mondom, mert nekünk pl. 110 volt az erősítés, aminek nem tudtuk az okát)---> **mert az ellenállások értéke az egyik panelen 10kOhm és 1100kOhm**

$$U_{bepp} = 100\text{mV} \quad U_{kipp} = \dots \text{ V} \quad A_{us} = \dots \text{ V/V}$$

- Kapcsoljon az erősítő invertáló bemenetére 50 kHz, négyszögjelet (a neminvertáló bemenetet földelje le!) és a bemeneti jelet folyamatosan növelve vezérelje túl az erősítőt. Mérje meg az erősítő maximális kimeneti feszültségét és a Slew Rate-et.

Ugye a kivezérelhetőség, hogy addig tekered a feszt amíg nem torzul.



SR definíció szerint: A maximális U_{ki} -nak (ami még kivezérelhető) a jelváltozási sebessége.

Behozzuk a szkópon szépen, nagyítva, középre, csilli-villin, azután nézünk a kimeneti jelen egy Rise-t és egy Amplitudót. Az $U_{kipp}=26.41$ és a $Rise=1.74\mu s$. de az 1.74-et nem a teljes amplitudón néztük, hanem csak a 10-től a 90 %-ig, azaz $\Rightarrow SR=((U_{kipp}*0.9)-(U_{kipp}*0.1))/Rise$ (kb 12V/us)

$$U_{bepp} = 3V \quad U_{kipp} = \dots\dots V \quad SR = \dots\dots\dots V/ms.$$

1.4. Kivezérelhetőség határfrekvenciájának meghatározása.

Az előző pontban meghatározott Slew Rate értékkel számítsa ki az erősítő $U_{ki}=10 V_p$ (7.07 V_{eff}) kimenőfeszültségéhez tartozó fkv határfrekvenciáját. A bemenetre kapcsoljon fkv frekvenciájú szinuszos jelet és oszcilloszkóppal mérve állítsa be a kimeneti jel amplitudóját $U_{ki}=10 V_p$ -ra. Mérje meg itt is a kapcsolás feszültségerősítést. Magyarázza meg az 1.3 alatt mért feszültségerősítéstől való eltérést.

$$f_{kv}=SR/(2*\pi*U_{ki}); A=U_{ki}/U_{be}...$$

1.5. Maximális kimeneti áram és a visszacsatolatlan erősítő kimeneti ellenállásának mérése.

- Mérje meg $f_k=1$ kHz-es szinusz jellel az üresjárási maximális kimeneti csúcsfeszültségét, majd terhelje le az erősítő kimenetét $R_t=100 \Omega$ os ellenállással és a bemeneti jel amplitúdóját csökkentve mérje meg a terhelt erősítő maximális kimeneti csúcsfeszültségét. A két mérési eredményből számítsa ki az visszacsatolatlan erősítő kimeneti ellenállását.

Ezt nem mértük, a mérésvezetők nálunk mondták, hogy hagyjuk ki

Oscilloszkóppal mértük a kimenetet, V_{pp} -t felfele tekertük. Thevenin helyettesítőképéből számítottuk a kimeneti ellenállást.

$$U_{ki0max} = 13,6 V_p \quad U_{ki max} = 3.85 V_p \quad R_t=100 \Omega \quad R_{ki} = 253,2467 \Omega$$

®

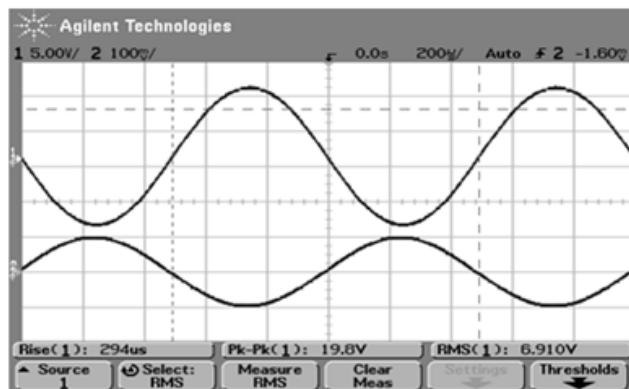
2. Dinamikus tulajdonságok vizsgálata

A BODE diagramok méréséhez használja az OSC-BODE programot!

2.1 Invertáló erősítő BODE diagramjának mérése ($A_u(f)$)

- **Kapcsolja a szinusz generátor kimenetét a mérőerősítő invertáló bemenetére, a neminvertáló bemenetet földelje le. Oszcilloszkóppal mérje az erősítő be- és kimeneti feszültségét és fázistolását.**
A mérést úgy végezze, hogy 1 kHz-en állítson be 7 V_{eff} (0dB), nagyságú kimenőjelet, majd az oszcilloszkóppal a frekvencia folyamatos változtatásával 10 Hz - 10 MHz tartományban 1 -2- 5-10 lépésekben mérje az erősítő bemeneti és kimeneti jelének effektív értékét és fázistolását.
- **Mérési eredményei alapján számolja ki, és rajzolja meg az invertáló erősítő BODE diagramját.**

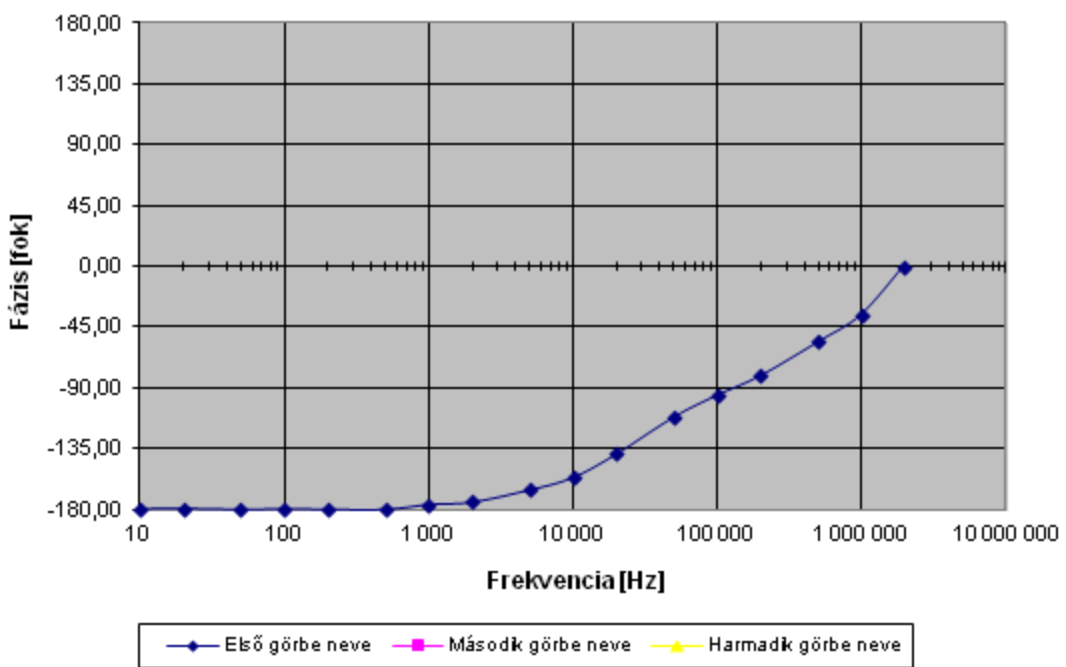
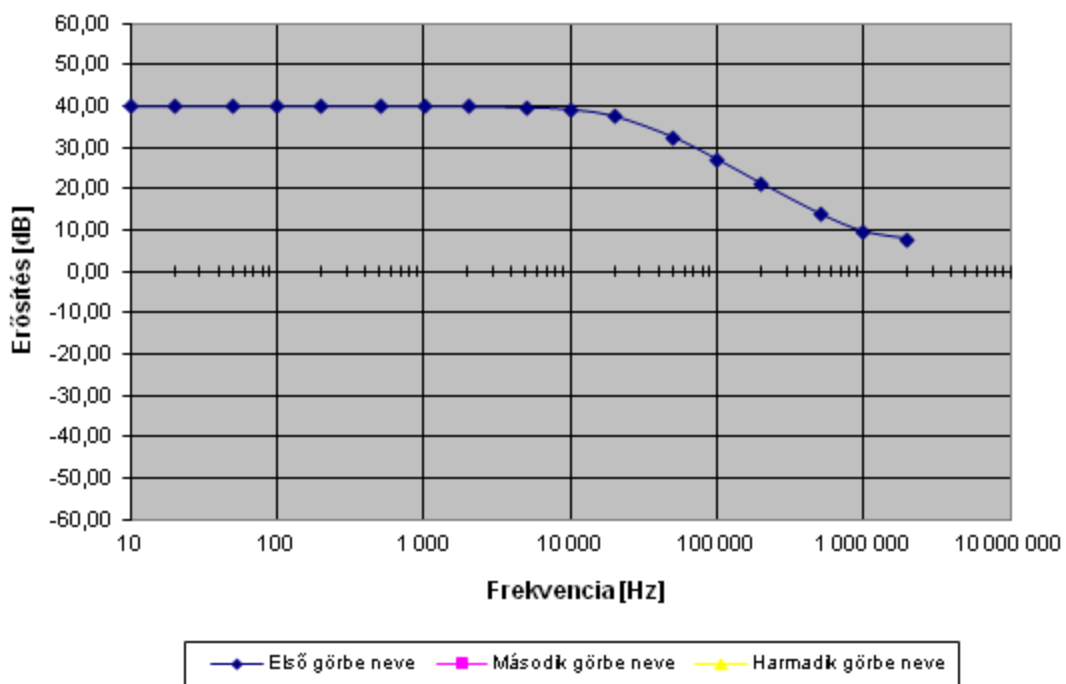
1kHz-en valami ilyet látunk.



A mérés során arra kell figyelni, hogy a jel a szkópon mindig jól látható legyen, és kb egy periódusnyi idő szerepeljen a kijelzőn. (Mi minden egyes frekvencia növelésnél változtattuk eggyel az időtartományt, ha meg az amplitudó is változott, akkor azt is nagyítottuk) A vége felé egyre torzultabb lesz a jel, lehet használni átlagolást de csak max 4-et.

A mért adatokat excelbe másolni, ábrázolni, és bemásolni ide (Valamit kellett módosítani az adatokon amiket kaptunk? valaki segítsen ebben)

Ábrázolásnál logaritmikus tengely beállítása.



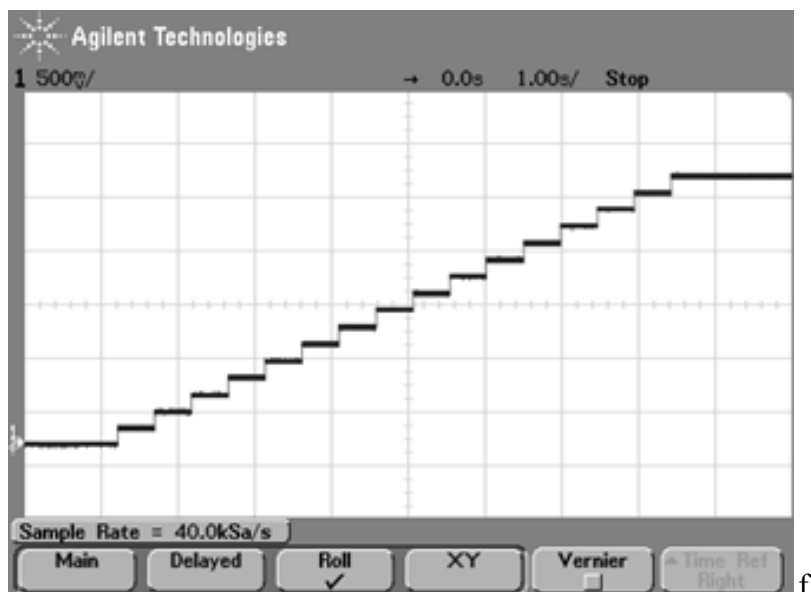
7. mérés: A/D D/A átalakítók vizsgálata

1. D/A átalakító statikus jellemzőinek mérése

1.1. Mérje meg a D/A átalakító ofszethibáját és erősítési hibáját!

Matlabbal megnyitottuk a dac_gui programot. DC output(Automatic)-kal vettünk 17 mintát ([0:256:4095]), mivel a D/A konverter össze van kötve a számítógéppel meg a multiméterrel, ezért a program tudja vezérelni az átalakítót és ki tudja olvasni az értékeket a multiméterből.

VIK-II-07 panel DAC1 kimenetére T elosztóval rácsatlakoztattuk az oszcilloszkóp 2-es csatornáját és a multimétert. Mivel a tesztpanel még nem volt feszültség alatt, ezért a multiméter nem a valós ofszet értékét mutatta, hanem az oszcilloszkóp miatti átcsatolást. Az ofszet leolvasva 9.08mV tápfeszültség alatt.



A kép úgy készült, hogy Roll üzem módban volt, és a mintavételezés után lestopoltuk az Szkópot.

Az ofszet és az LSB értékének kiszámítása:

```
>> offset=dacout(1) // Az ofszetünk a legelső elemünk lesz a sorozatunkból
```

```
offset =
```

```
8.8588
```

```
>> LSB=(dacout(end)-dacout(1))/4095
```

```
LSB =
```

```
6.0811e-004
```

Az erősítés hiba abból látszik, hogy a papíron 2,5V-os D/A átalakítónk 2,4991V-ot ad és a 0 bemeneti kódhoz sem 0V tartozik. Emiatt a mért értékek meredeksége eltér az ideálistól.

1.2. Mérje meg a DAC1 D/A átalakító kimenő feszültségét a jeltartományban nagyjából egyenletesen elosztott néhány pontban! MATLAB segítségével illesszen egyenest a végpontokra, határozza meg és rajzolja ki az eltéréseket, továbbá számítsa ki az integrális linearitási hibát! A hiba értékét LSB-ben adja meg!

A Matlabnál DC (automatic) módban 0-tól 4095-ig 256-os ([0:256:4095]) lépésekben végigmérjük az egyes bitkombinációkat, majd ábrázoljuk.

Az egyenes illesztést végző MATLAB kód:

```
>>illesztett = LSB*dacin+offset;  
>>plot(dacin,dacout,dacin,illesztett);
```

INL meghatározása:

```
>>INL_diff = illesztett-dacout;  
>>INL = INL_diff/LSB;
```

A mi megoldásunk erre a feladatra:

A mérés menete:

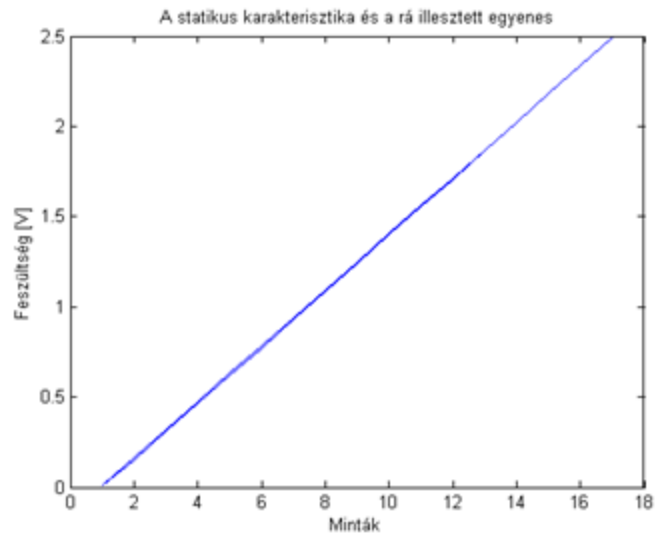
Az előző ponttal megegyező elrendezés.

Az egyenes illesztést végző MATLAB kód:

%MATLAB kód

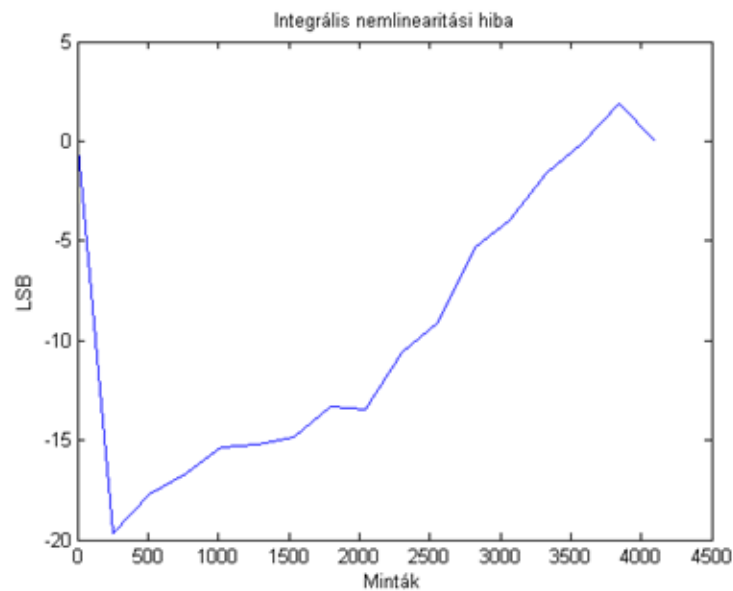
```
>> a=(dacout(17)-dacout(1))/16 %meredekség  
a =  
    0.1550  
>> b=dacout(1) %offset  
b =  
    0.0088  
>> dacout_id=a.*[0:1:16]+b;  
>> plot(dacout_id)  
>> hold on  
>> plot(dacout)  
>> title('A statikus karakterisztika és a rá illesztett egyenes');
```

```
>> xlabel('Minták');
>> ylabel('Feszültség [V]');
```



Az integrális nemlinearitási hiba ábrázolása:

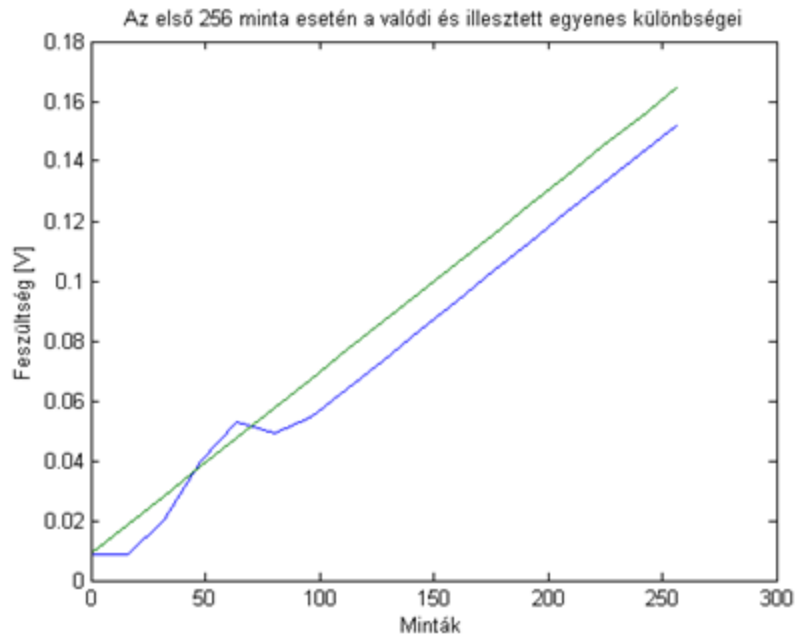
```
>> INL=dacout-dacout_id;
>> INL=INL/LSB;
>> plot(dacin,INL)
>> title('Integrális nemlinearitási hiba');
>> xlabel('Minták')
>> ylabel('LSB');
```



Mérési tapasztalatok:

Hasonlít az adatlapon szereplőhöz. A kezdeti törés oka, hogy a valódi karakterisztika a 200-as mintáig nem mutat az illesztett egyeneshez hasonló linearitást.

```
>> dacout_id=a.*[0:1:16]+b;
>> plot(dacout_id)
>> plot(dacout_id)
>> plot(dacout_id)
>> plot(dacin,dacout)
>> plot(dacin,dacout,dacin,dacin*LSB+b)
>> xlabel('Minták')
>> ylabel('Feszültség [V]')
>> title('Az első 256 minta esetén a valódi és illesztett egyenes különbségei')
```



1.3. Mérje meg a DAC1 D/A átalakító kimenő feszültségét néhány egymás utáni digitális érték (kód) esetén, és határozza meg a differenciális nonlinearitást! A hiba értékét LSB-ben adja meg!

Két, egymáshoz képest 1-gyel eltolt kimeneti vektort (dacout1, dacout2) vontunk ki egymásból, majd az eredményt LSB-re normáltuk.

Ideális esetben a DNL végig 0 lenne, de mindenképp 0 átlagértékűnek kell lennie. A két mért vektor különbsége önmagában a hiba + LSB-t adja, ezért kell kivonni 1-et a DNL görbe meghatározásakor.

A differenciális nemlinearitási hiba ábrázolása:

```
>> dacin1=dacin; dacout1=dacout;
>> dacin2=dacin; dacout2=dacout;
```

```
>> dacoutDNL=((dacout2-dacout1)/LSB)-1;  
>> plot(dacin1,dacoutDNL)
```

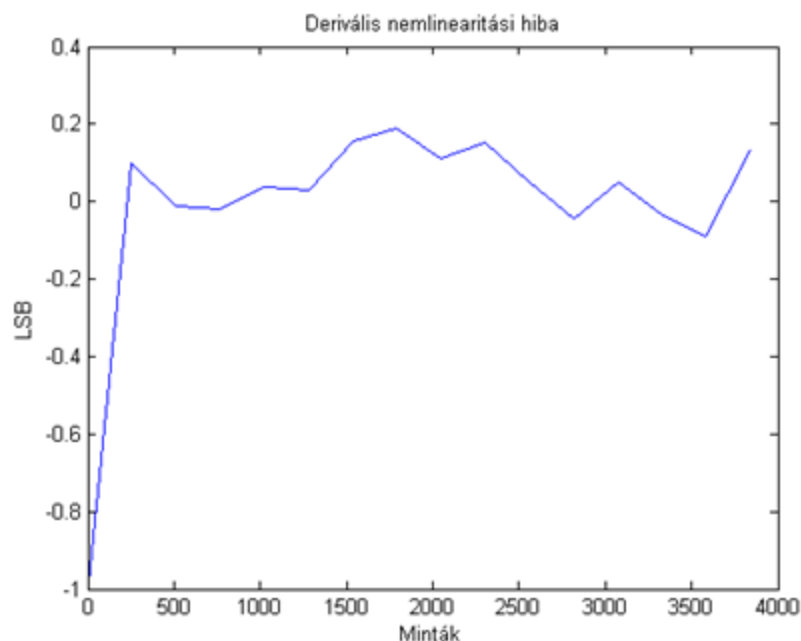
A mi megoldásunk:

A mérés menete:

DAC1 kimenet multiméterre kötve, [0:256:4095] és [1:256:4095] vektorokkal automatikus mérés a kimenetre.

A differenciális nemlinearitási hiba ábrázolása:

```
>> dacout1=dacout  
>> dacin1=dacin  
>> dacout0=dacout  
>> dacin0=dacin  
>> DNL=(dacout1-dacout0)-LSB;  
>> plot(dacin,DNL/LSB)  
>> title('Derivális nemlinearitási hiba')  
>> xlabel('Minták')  
>> ylabel('LSB')
```



Mérési tapasztalatok:

A valódi és az illesztett egyenes különbsége ábrán látható, hogy kb. 0-10ig a valódi kimenet konstans offset szinten lesz, az LSB nulla lesz, így a DNL LSB-ben kifejezett értékének abszolút értéke 1.

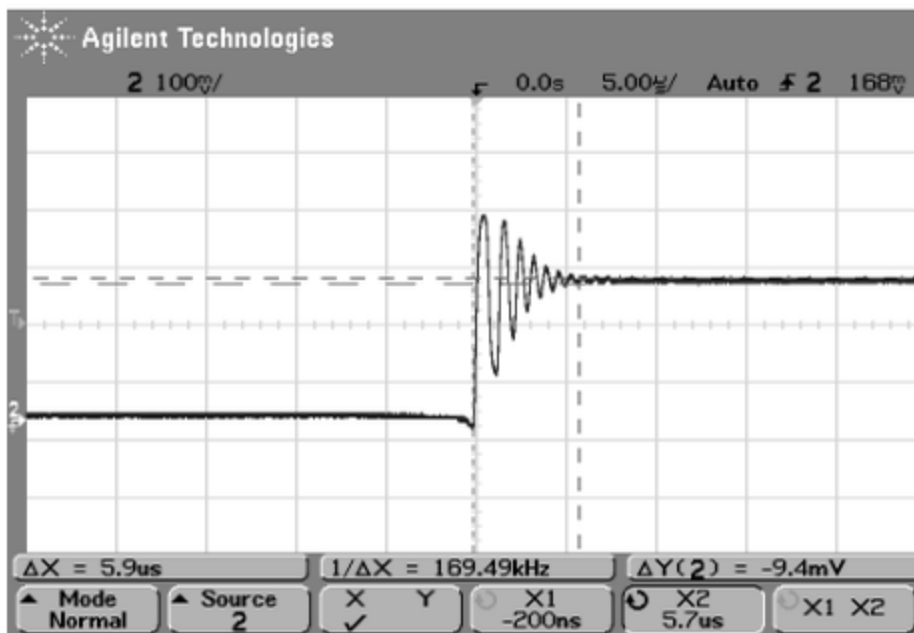
2. D/A átalakító beállási idejének és glitch területének meghatározása

2.1. Mérje meg a DAC1 D/A átalakító beállási idejét a 0 bemeneti értékről a 2^N -1 értékre történő ugrás esetén! Értékelje a mérési eredményeket! (Függ-e a beállási idő az ugrás nagyságától, mi lehet ennek a magyarázata stb.)

Négyszögjelet küldünk ki, 0 és 4095 szélsőértékekkel, szkópon nézzük, és ahol a végérték beleesik az LSB tartományba, az ugrás kezdetétől odáig lemérjük az időt. Nehéz mert az LSB annyira kicsi, hogy kurzorral nem lehet beállítani. Van jobb?

- A panelről leválasztottuk a multimétert és a T elosztót a zaj csökkentése érdekében, és a DAC0 kimenetre is csatlakoztattunk egy koax-kábelt.
- A dac-gui-nál a D/A test function-t átt kell állítani a Square wave-re, 4095-tel.
- Először a 4095-ös maximálisértékre mindkét DAC-cal.
- Ezek után megvizsgáltuk a beállási időket 4095 digitális kód kiadásával is

409-re történő ugrás: DAC1 $\approx 5,9$ us

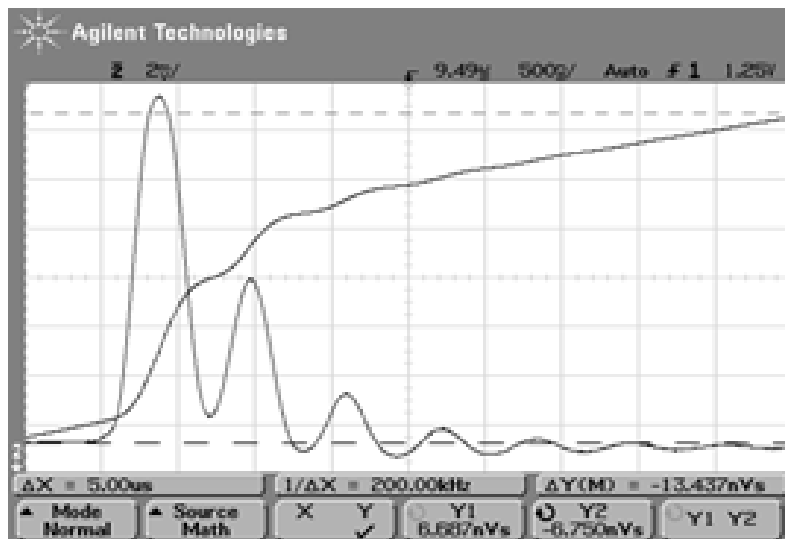


2.2. Mérje meg a DAC1 D/A átalakító glitch energiáját 0111...1 értékből 1000...0 értékbe történő váltás esetén!

A DAC0-ról triggerelve mértük a DAC1 jelét. Ráközelítve a glitch-re a Math menü integráló funkciójával kiintegráltuk a jelet, megkapva a glitch energiát.

DAC1 AC csatolás, invert.

A dac_gui 'Glitch' funkciójával a DAC0 kimeneten egy full scale (4095) nagyságú négyszögjel jelenik meg (erre lehet triggerelni), a DAC1-en pedig egy LSB nagyságú négyszögjel.



Glitch

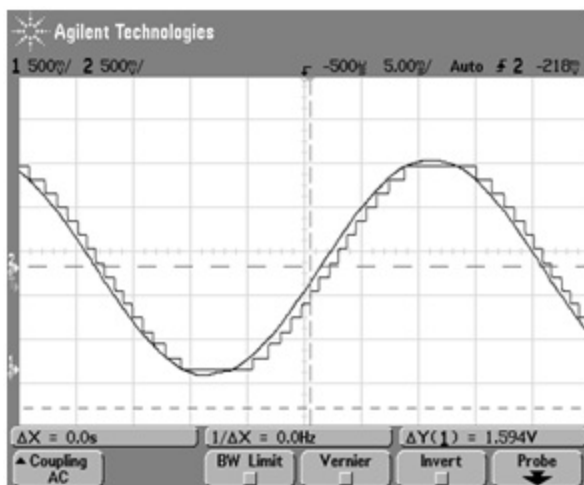
A mért érték: -13,437nVs.

Mérési tapasztalatok:

A Glitch előtt van egy zaj, amit nem veszünk figyelembe (DAC0 induktív csatolása miatt).

3. Kvantálási hiba mérése

A dac_gui programban beállítjuk a Quantization error-t és megjelenítjük a különbséget az oszcilloszkópon.



Eredmények, tapasztalatok

A 12-bites kódszélességű szinusz hullám sokkal jobban közelíti az analóg szinusz hullámot, mint egy 4 bitre kvantált szinuszjel.

(Mi eddig jutottunk, de ezt is csak épphogy elkezdtük...)

8. mérés: Rendszer-identifikáció és szabályozás

A hardver és szoftver eszközök előkészítése

Állítsa be tesztpanel analóg elemeihez szükséges külső +12V és -12V feszültségeket a tápegységen. Közösítse földjeiket (GND), és beállítás után kösse rá azokat a tesztpanel +12V, -12V, GND pontjaira.

Kösse össze a szalagkábelrel a **tesztpanel** és az **Advantech PCLD-8710** külső huzalozó panelt.

Ellenőrizze, hogy a **Advantech PCLD-8710** külső huzalozó panel a hozzátartozó gyári kábelrel össze van-e kötve a PC-be szerelt **Advantech PCI-1711** multifunkciós adatgyűjtő kártyával.

Ellenőrizze, hogy a PC ikonjai között szerepel-e a **MATLAB 6.x** és az **RT_DataAqu_Control** program ikonja.

Ellenőrizze, hogy a PC user könyvtárában szerepelnek-e a **.../LaborII_8/Mat8/Own** és a **.../LaborII_8/Win8** alkönyvtárak. A **Mat8** alkönyvtár tartalmazza a **Consol** MATLAB programot, a **Win8** alkönyvtár az **RT_DataAqu_Control** programot. A **Mat8/Own** alkönyvtárban helyezhetők majd el a saját programok, de a **Consol** MATLAB program induláskor ennek az alkönyvtárnak a tartalmát le fogja törölni.

1. Ismeretlen lineáris rendszer identifikációja és szabályozása állapotterbeli módszerekkel (kötelező feladat)

1.1. A szakasz analízise külső eszközökkel.

Kösse össze az Advantech PCLD-8710 külső huzalozó panelről lekövető és BNC csatlakozóban végződő d (zavaró jel) kábelt a tesztpanelrel. Indítsa el az RT_DataAqu_Control programot ikonjával. A tesztpanel skálázó áramköre ekkor működésbe lép, és a szakasz számára $d=0$ zavaró jelet állít be. A *mérésvezetőnek* a folytatáshoz ki kell jelölnie a vizsgálandó rendszer-együttest (névleges, pozitív, negatív), ha a kijelölés a mérés megkezdése előtt még nem történt volna meg.

1.1.1. Periodikus négyszögjel megválasztása a szakasz bemenő jeleként úgy, hogy a négyszögjel félperiódusa alatt az $y=x_1$ kimeneten mért átmeneti függvény állandósuljon. Mivel a tesztpanel [0V,10V] tartományban várja a külső bemenő jelet, ezért a négyszögjel paramétereiként a függvénygenerátoron 5V offset és 2V (V_{pp}) csúcsról-csúcsig amplitúdó beállítás javasolt, amelynek hatására a bemeneti skálázó áramkör +-1V-os négyszögjelet ad a szakasz bemenetére.

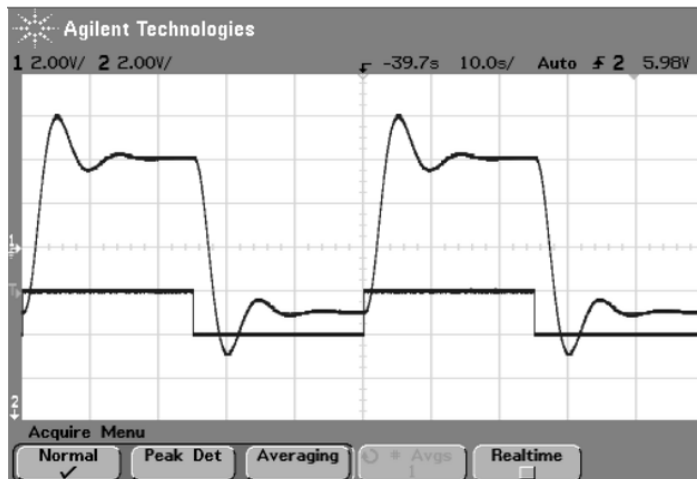
1.1.2. A szakasz statikus erősítésének és a kéttárolós lengőtagot is tartalmazó szakasz csillapítatlan sajátfrekvenciájának és csillapításának becslése.

Javaslat a mintavételi idő megválasztására. Vegye figyelembe, hogy a mintavételi időnek a Shannon-tétel szerint a felgyorsítandó zárt szabályozási kör minden jeléhez jónak kell lennie.

Induló javaslat lehet.

1.1.3. Javaslat a mintavételi idő megválasztására. Vegye figyelembe, hogy a mintavételi időnek a Shannon-tétel szerint a felgyorsítandó zárt szabályozási kör minden jeléhez jónak kell lennie.

- A tápegységet az írt módon kötöttük a szakaszra.
- A függvénygenerátort High-Z-be állítottuk, frekvenciának pedig 25mHz-et állítottunk be.
- A függvénygenerátor kimenetét egyrészt a szakasz bemenetére, másrészt az oszcilloszkóp 1-es csatornájára vezettük.
- A szakasz kimenetét az oszcilloszkóp 2-es csatornájára vezettük.
- A bemenő jel frekvenciáját folyamatosan, kb. 10mHz-ig csökkentve értük el, hogy az oszcilloszkópon értékelhető jelalak jelenjék meg.



Set Circuit Switches ablakban a 3-as modellt kell mérnünk

- Beállási idő: $T_{5\%} = 3/\sigma e = 3/(\xi * \omega_0) = 10,7s$
- Maximum értékhez tartozó idő: $T_m = \pi/(\omega_0 * \sqrt{1 - \xi^2}) = 5s$
- Túllövés: $\Delta v = \exp(-\pi * \xi / \sqrt{1 - \xi^2}) = (9-7)/7 = 0,2857$ $\xi = 0,3704$
- $\omega_0 = 0,676$
- `>> num = 1;`
- `>> T = 1/0.676;`
- `>> kszi = 0.3704;`
- `>> den=[T^2, 2*kszi*T, 1];`
- `>> step(num, den)`

1.2. Bemenő jel generálás identifikációhoz.

Vegye le a külső eszközök csatlakozóit a tesztpanel u és $y=x_1$ pontjairól.

Kösse össze az Advantech PCLD-8710 külső huzalozó panelről lejövő és BNC csatlakozókban végződő $u, d, y=x_1, x_2, x_3$ kábeleket a tesztpanellel. A mérés további feladatainál ezeknek az összeköttetéseknek meg kell maradniuk.

Indítsa el a Matlab 6.x programot, állítsa be a `.../LaborII_8/Mat8` könyvtárat aktuális könyvtárként és a command prompt alól indítsa el a Consol MATLAB programot. A továbbiakban használja a Consol program menüjeit a MATLAB-ban elvégzendő mérési feladatokhoz.

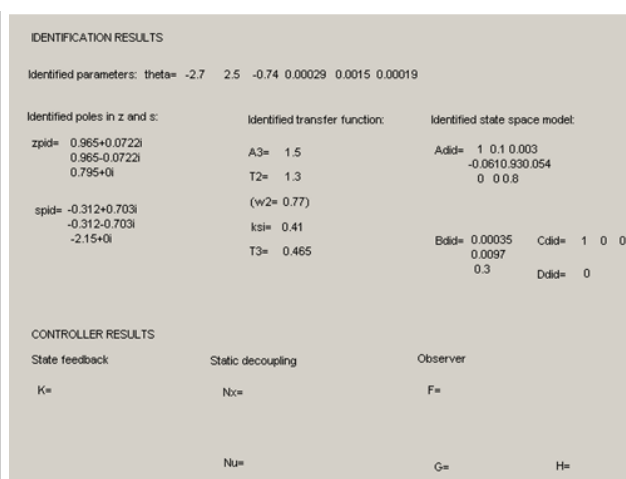
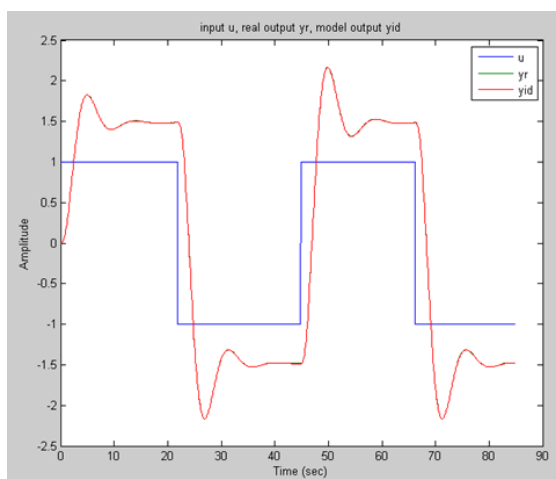
A Windows alatt elvégzendő valós idejű adatgyűjtési és szabályozási mérési feladatokhoz a továbbiakban használja a korábban már elindított RT_DataAqu_Control program menüjeit.

1.2.1. A szakasz becsült jellemzői alapján állítson elő megfelelő bemenő jelet MATLAB-ban a szakasz identifikációjához. Vegye figyelembe, milyen mintavételi időt, minimális impulzusszélességet és jelváltási valószínűséget érdemes választani a bemenő jelhez. A javasolt mintavételi idő nem lehet kisebb, mint 20ms.

A javasolt mintavételi idő és adathossz, valamint a bemenő jel sorozat automatikusan egy-egy fájlban adódik át az RT_DataAqu_Control programnak.

Matlabban a consol parancssal előhívtuk a Consol_Panelt, és az RT_DataAqu program második ikonjára kattintva lefuttattuk a szimulációt. Ezután a Consol_Panelban betöltöttük a kimenetet és elindítottuk az identifikációt.

ARMAX modell



1.3. Adatgyűjtés a szakasz identifikációjához

1.3.1. Az **RT_DataAqu_Control** program kezelői felületével válassza ki a mérésvezető által korábban kijelölt rendszer-együttesből a **névleges** rendszert, és indítsa el az adatgyűjtési funkciót.

A program a mintavételi időt a fájlban átadott értéküre törekszik megválasztani. Az adatgyűjtés során a mintavételi időpontok is rögzítésre kerülnek, amelyből az identifikációhoz szükséges realizált mintavételi idő meghatározható.

1.3.2. Az adatgyűjtés befejeződése után mentse fájlba a tárolt tranziens adatokat (Quit/Save).

1.4. A szakasz identifikációja.

1.4.1. Az adatgyűjtés során keletkezett és fájlba mentett adatokat a **MATLAB** kezelői felületének megfelelő funkciójával töltsse be a MATLAB adatterületére (Load measured output). A MATLAB program automatikusan kiszámítja a Windows által realizált mintavételi időt és a nulla bemenetnél állandósult állapotban mért kimenő jel offsetet. Felrajzolja az alkalmazott bemenő jelet és a mért kimenő jelet, levonva belőle a kimeneti offset értékét (figure 1). Erre azért van szükség, mert az identifikáció a munkapont (nulla bemenet és a kimeneti offset) körüli változásokra határozza meg a linearizált modellt. A későbbi szimulációs vizsgálatoknál a kimeneti offsettel már nem kell foglalkozni.

1.4.2. A szabályozott szakasz identifikációja az egyre pontosabb LS, ARX, IV4 és ARMAX módszerekkel. Ellenőrizendő, hogy az identifikált modellnek van-e folytonosidejű megfelelője. Vesse össze az egyes módszereket és válassza ki a legjobbnak talált, folytonosidejű megfelelővel is rendelkező modellt a szabályozók tervezéséhez. Az ilyen szempontból legjobb modellre rajzolja fel az identifikációhoz használt bemenő jel hatására a kimeneti választ, valamint a mért és fájlba mentett kimenő jelet.

1.5. Állapottér-módszeren alapuló diszkrétidejű szabályozótervezés, szimuláció és valósídejű szabályozás.

A normál szabályozás mellett (a mérésvezető utasításának megfelelően) vizsgálja meg az integráló vagy a terhelésbecslésen alapuló szabályozást. A hallgató a kijelölt típusú szabályozásokat egyenként a következő lépésekben valósítja meg.

1.5.1. A szabályozó megtervezése MATLAB alatt. A tervezéshez a zárt rendszer és a megfigyelő karakterisztikus egyenletének gyökeit folytonos időben (s-tartományban) kell megválasztani és beállítani, majd az identifikáció során használt mintavételi idő mellett automatikusan megtörténik a konverzió diszkrét időbe (z-tartományba). Segítséget jelent, hogy konjugált komplex s helyett írható $damp2s(w0,ksi)$ is.

A controller design először NORMAL volt, majd LOAD.

Pólusáthelyezést hajtottunk végre, hogy a rendszert gyorsítsuk ($w0$ értékének növelése).

Ehhez növeltük a pólus valós részét, és csök st (hogy ne legyen akkora a

lengés). Megválasztottuk az új pólusokat és a megfigyelő gyökeit. Ez mindkét esetben azonos volt,

emellett pedig hiba nagysága 0.2 volt.

A mérésvezető által támasztott követelmények:

$$\Delta v = 0.05$$

$$T_m = 3s$$

3 pólus: -3

MATLAB kód:

```
w0=1.7;
```

```
%próbálgatással meghatározva
```

```
kszi=.65;
```

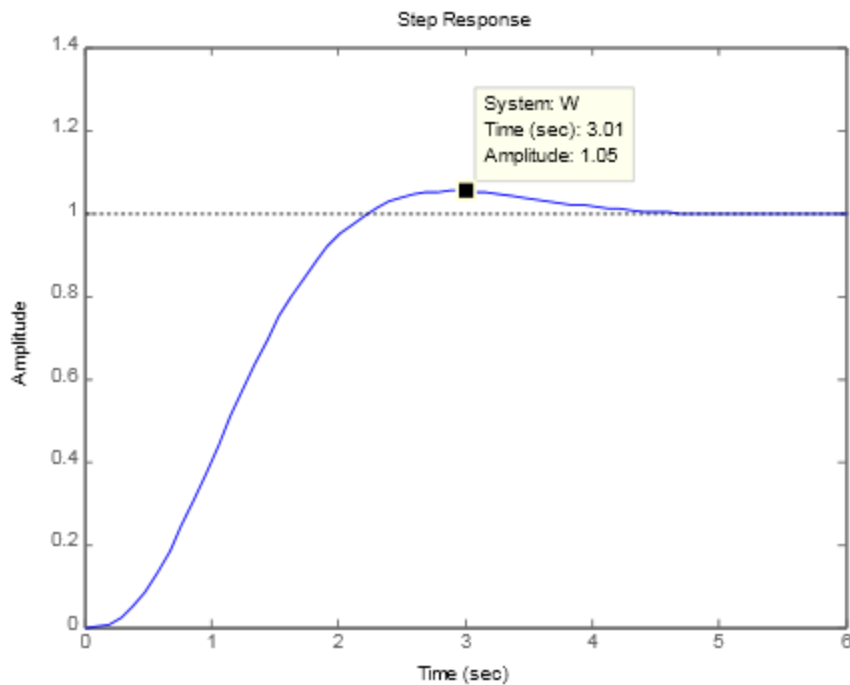
```
W1=tf(w0^2,[1 2*kszi*w0 w0^2])
```

```
W2=tf(1,[1/3,1]);
```

```
W= W1*W2;
```

```
figure(1)
```

```
step(W)
```



```
damp(W)
```

Eigenvalue	Damping	Freq. (rad/s)
-1.10e+000 + 1.29e+000i	6.50e-001	1.70e+000
-1.10e+000 - 1.29e+000i	6.50e-001	1.70e+000
-3.00e+000	1.00e+000	3.00e+000

A pólusokat ezekbe a pontokba kell eltolni, hogy a beállításnak megfelelő görbét kapjunk.

1.5.2. A szabályozás szimulálása MATLAB alatt az identifikált modellel. A szimuláció során ábrázolásra kerül egy osztott ablak bal oldali részében az alapjel, a kimenő jel és a bemeneten ható zavaró jel, jobb oldali részében pedig a beavatkozó jel (figure 4). Az állapotváltozók és becsült értékeik egy négy részre osztott ablak részablakaiban kerülnek felrajzolásra (figure 5). A szimuláció fel van készítve az A/D és D/A átalakítók bitszámától függő nemlineáris kvantálási hatások vizsgálatára is. (Nagy bitszám esetén a kvantálás hatástalan. Az ADVANTECH PCI-1711 multifunkciós adatgyűjtő kártya esetén a bitszám 12.) Értékelje a kvantálás hatását, a szabályozás hatékonyságát és vizsgálja meg, hogy a szabályozás eleget tesz-e az előírt specifikációknak.

The screenshot shows the 'Consol_Panel' GUI with the following sections:

- INPUT GENERATION:** Includes fields for 'Suggested sampl. time (sec)' (0.1), 'AD bits' (12), 'Amp (V)' (1), 'Min. Pulse length (sample)' (200), 'Real sampling time (sec)' (0.101), 'DA bits' (12), 'Change' (0.8), and 'Total No. of Samples' (800). Buttons: 'Generate input'.
- IDENTIFICATION:** Includes 'Identification mode' (ARMAX), 'Continuous time equivalent exists: Yes', and 'Identification is completed.' status. Buttons: 'Load measured output', 'Start identification'.
- CONTROLLER DESIGN:** Includes 'Controller mode' (normal), 'Poles calculator (optional, for help): $w,ksi=[1]$ $\rightarrow s=$ ', and 'Closed loop roots' table:

scnew	znew
scnew(1) = -1.5+2i	znew(1) = 0.842+0.172i
scnew(2) = -1.5-2i	znew(2) = 0.842-0.172i
scnew(3) = -10	znew(3) = 0.365

 Also includes 'Observer roots' table:

sobs	zobs
sobs(1) = -11	zobs(1) = 0.33
sobs(2) = -11	zobs(2) = 0.33
sobs(3) = -11	zobs(3) = 0.33

 Buttons: 'Start controller design'.
- SIMULATION:** Includes 'Parameter modification' (1.00), 'Disturbance level' (0.00), and 'Filtering u and y' (No). Status: 'Simulation is completed.'. Buttons: 'Start simulation', 'Load measurements'.

A cél az volt, hogy a rendszer gyorsan álljon be, de a túllövése 10%-nál kisebb legyen. Az új pólusok helyére eredetileg felvettük az ARMAX által identifikált pólusokat, majd ezeket kicsinként változtatva állítottuk be a túllövés, majd a T_{max} értékét.

Még részletesebben kéne kifejteni!!!

szerintem is!!!

Akcszerintem is!

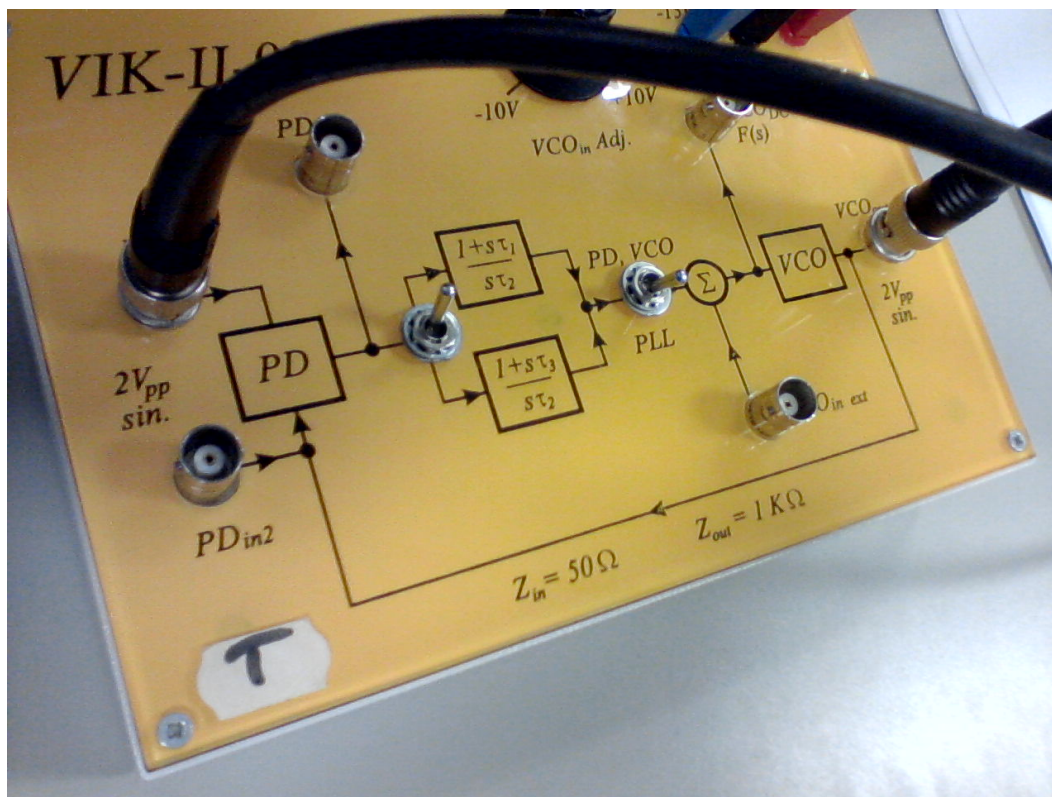
No para, majd pótmérésen máshova osztanak be.

:D

9. mérés: Analóg fáziszárt hurok vizsgálata

Nem szabad elfelejteni bármilyen jel ráadása előtt tápfesz alá helyezni a panelt!

A függvénygenerátort minden mérési feladatnál **50ohm-os kimenettel** használjuk!



1. A PLL áramkör hurokelemeinek mérése

Össze kell szinkronizálni a két függvénygenerátort. Célszerű azonos amplitúdót és frekvenciát adni nekik.

Első lépés: a két generátor legyen hátul kábellel összekötve a 10MHz IN és a 10MHz Out-tal..

A két generátor kimenetét rákötjük a szkóp két csatornájára.

Második: a második fv generátoron: utility->output setup -> adjust phase

Összeecsúsztatjuk a két jelet a szkópon, majd “set to 0”

Harmadik: az egyik függvénygenerátoron a fázist 90°-kal növeljük, majd ismét set 0
(az egyik szinusz, a másik koszinusz lesz)

1.PD karakterisztika felvétele

A kimeneteket rákötjük PDin1 és PDin2 bemenetekre, a PD kimenet pedig megy a szkópra. A második kapcsoló felső állásba kerül (bontjuk a kört). A mért értékek bevitelére a szkóp egyik word-ös add-injét használjuk. Állítjuk az egyik generátor fázisát, majd beolvassuk az értéket. Hasonló eredményt kell kapni:

q_2 [°]	u_d [V]	q_e [°]		q_2 [°]	u_d [V]	q_e [°]
-----------	-----------	-----------	--	-----------	-----------	-----------

180	-0.023985	-180		0	0.056384	0
170	-0.173284	-170		-10	0.20486	10
160	-0.31624	-160		-20	0.34798	20
150	-0.44909	-150		-30	0.4808	30
140	-0.56764	-140		-40	0.5997	40
130	-0.66877	-130		-50	0.70059	50
120	-0.74893	-120		-60	0.78061	60
110	-0.80576	-110		-70	0.83757	70
100	-0.83788	-100		-80	0.86942	80
90	-0.84371	-90		-90	0.87535	90
80	-0.82364	-80		-100	0.85513	100
70	-0.77808	-70		-110	0.8093	110
60	-0.70802	-60		-120	0.73922	120
50	-0.61665	-50		-130	0.64723	130
40	-0.50552	-40		-140	0.53617	140
30	-0.37881	-30		-150	0.40921	150
20	-0.23996	-20		-160	0.2702	160
10	-0.093378	-10		-170	0.123709	170
0	0.056501	0		-180	-0.026524	180

Ezután meghatározzuk a karakterisztikát

Kis q_e esetén ($|q_e| < 45^\circ$)

$$u_d(t) = K_d q_e$$

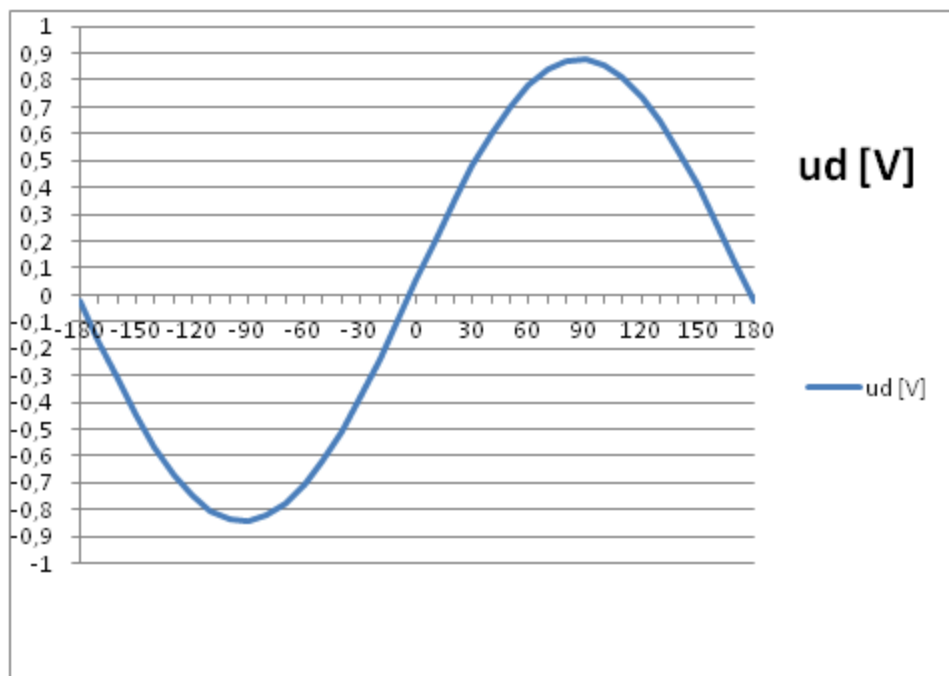
$$u_{d1} = -0.37881 \text{ V} \quad q_{e1} = -30^\circ$$

$$u_{d2} = 0.4808 \text{ V} \quad q_{e2} = 30^\circ$$

$$K_d' = 0.01432 \text{ [V/}^\circ\text{]} \quad (14.32 \text{ mV/}^\circ)$$

$$K_d = 0.8209 \text{ [V/rad]}$$

A karakterisztika excel-ben kirajzoltatva:



Látható, hogy 0-nál nem pontosan 0 az értéke.

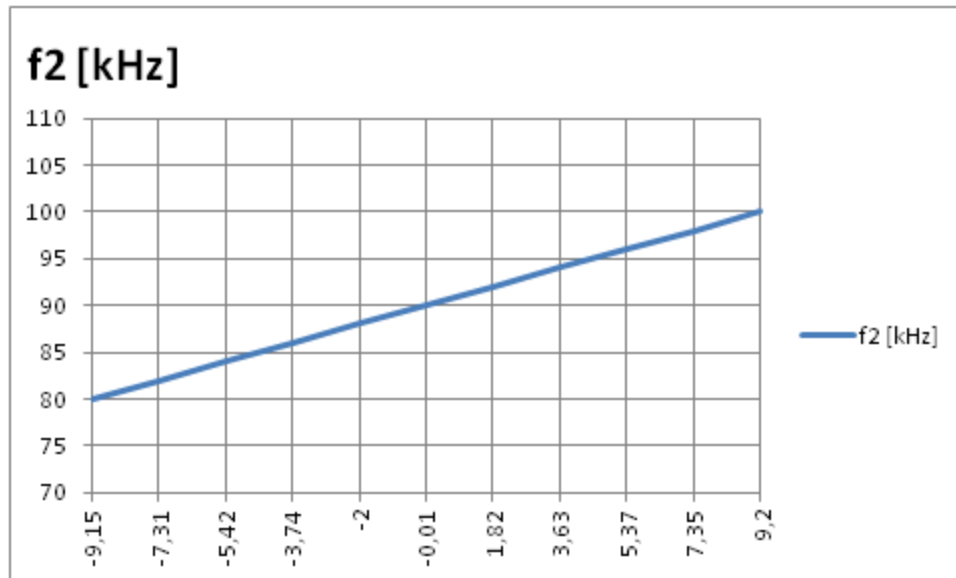
1.2. VCO karakterisztika felvétele

a második kapcsoló felső állásba

A feszültséget a tekerőgombbal változtatjuk, a VCOout a kimenet a szkópra. Magát a ráadott feszültséget multiméterrel olvashatjuk le a VCODC kimeneten. Célszerű a kimenet frekvenciáját mérni multiméterrel is (a feszültséget kézi multiméterrel - Metex, a frekvenciát pedig az agilent-tel). AC csatolást használjunk. 2kHz-es lépésközzel menjünk tekerve a potit. Eredmények:

u_f [V]	f_2 [kHz]
-9.15	80
-7.31	82
-5.42	84
-3.74	86
-2	88
-0.01	90
1.82	92
3.63	94

5.37	96
7.35	98
9.2	100



$$u_{f1} = -9.15 \text{ V}$$

$$u_{f2} = 9.2 \text{ V}$$

$$f_1 = 80 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 100 \text{ kHz}$$

$$K_v' = 1.089 \text{ [kHz/V]}$$

$$K_v = 6.844 \text{ [k rad/Vs]}$$

1.3. VCO szabadonfutó frekvenciájának meghatározása

A VCO egyenletét kiírva a grafikonra (jobb klikk-->add trendline-->equation), ami a következő formátumú:

$w_2 = w_0 + K_v \cdot U_f$ -ből az a frekvencia ahol $U_f = 0$;

a második kapcsoló középső állásba

$$f_0 = 90 \text{ kHz}; \quad w_0 = 565.2 \text{ krad/s}$$

A VCO egyenlete:

$$w_2 = K_v \cdot U_f + w_0 \text{ [k rad/s]} = 6.844 \cdot U_f + 565.2 \text{ [k rad/s]}$$

2. A PLL áramkör befogási és követési tartományainak felvétele

2.1. Befogási tartomány felvétele

a második kapcsoló alsó (PLL) állásba

PDin1: függvénygen

VCOout: agilent multiméter, frekvenciamérés állásban

Mindkét jel menjen a szkópra is.

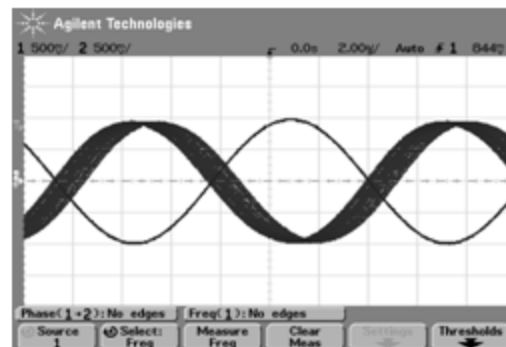
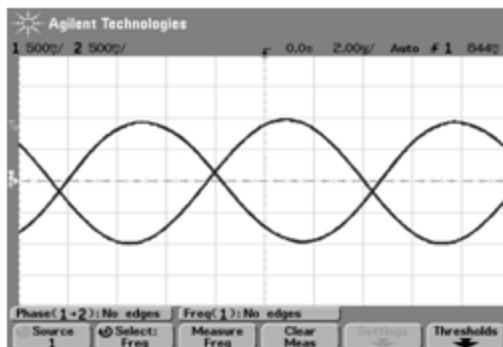
1. módszer: 76 kHz-ről indulunk befelé (kb 90kHz-ig, szabadonfutó freki), majd amint elvesztjük a szinkront, visszalépünk és egy dekáddal kisebbel kezdjük újra. Ezután ugyanez 102kHz-ről befelé (szintén a szabadonfutó frekvenciáig).

$$f_1 = 78.627,36 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 100.527,2 \text{ kHz}$$

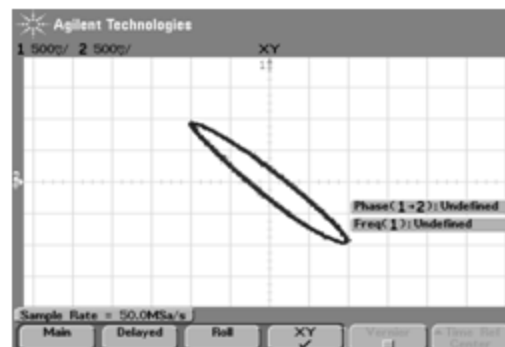
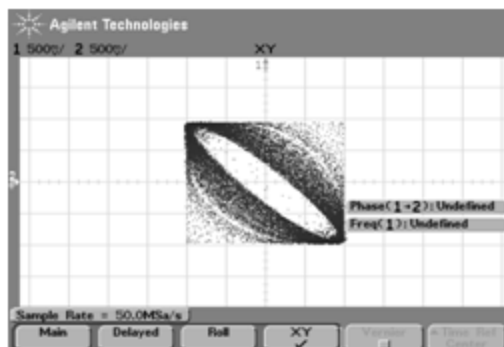
$$2Df_p = 21.89984 \text{ kHz}$$

A PLL kimenete, baloldalt szinkronban, jobboldalt szinkronból kiesve.



2. módszer Lissajous ábrával

elhangolva(bal), és szinkronban(jobb)



2.2. Követési tartomány felvétele

Ugyanaz, csak bentről haladunk kifelé.

$$f_1 = 78.628,97 \text{ kHz}$$

$$f_2 = 100.535,2 \text{ kHz}$$

$$2Df_H = 21.90623 \text{ kHz}$$

3. Analóg FM demodulátorok megvalósítása, illetve a demodulátor karakterisztikák felvétele

FM demodulátor karakterisztika felvétele.

fgvénygen: szinuszos 90kHz, 2Vpp vivő, 100Hz a moduláló jel frekvenciája, 1kHz a frekvencialöket.

A PDin1-re megy a modulált jel, a F(s)out-ra megy a multiméter (fesz állás) és a szkóp.

Célszerű a fesszmérőt 0dB-re állítani. Ez után a moduláló jel frekvenciáját növeljük 200-as léptékkal 6100-ig

Kell az a pont ahol pontosan -3dB a kimenet, illetve ahol a legnagyobb.

A demodulált jel amplitúdóját a löket és Kv ismeretében meghatározhatjuk, ez után pedig ábrázolhatóak a fent kapott értékek.

10. mérés: 900 MHz-es FSK adatátviteli berendezés mérése

Szinkódok:

Mérési útmutató segítségével

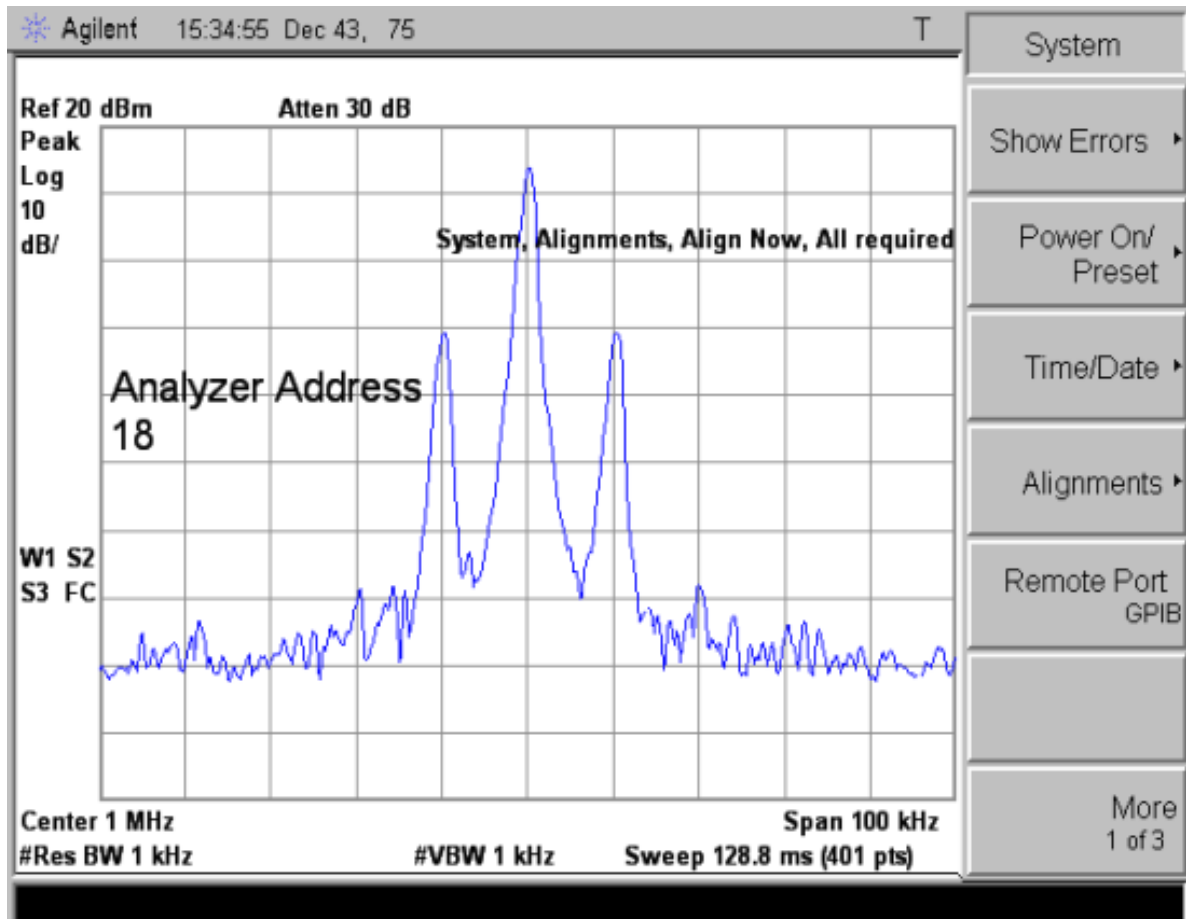
Saját alkotás

1. Az új műszerek birtokba vétele

1.1. Az RF szignálgenerátorról adjon 1 MHz-es, 0 dBm szintű, AM (modulációs frekvencia = 10 kHz, modulációs index = 10 %) jelet a spektrumanalizátorra.

1.1.1. Vizsgálja meg az AM jel spektrumát különböző RBW, VBW és SPAN beállítások mellett.

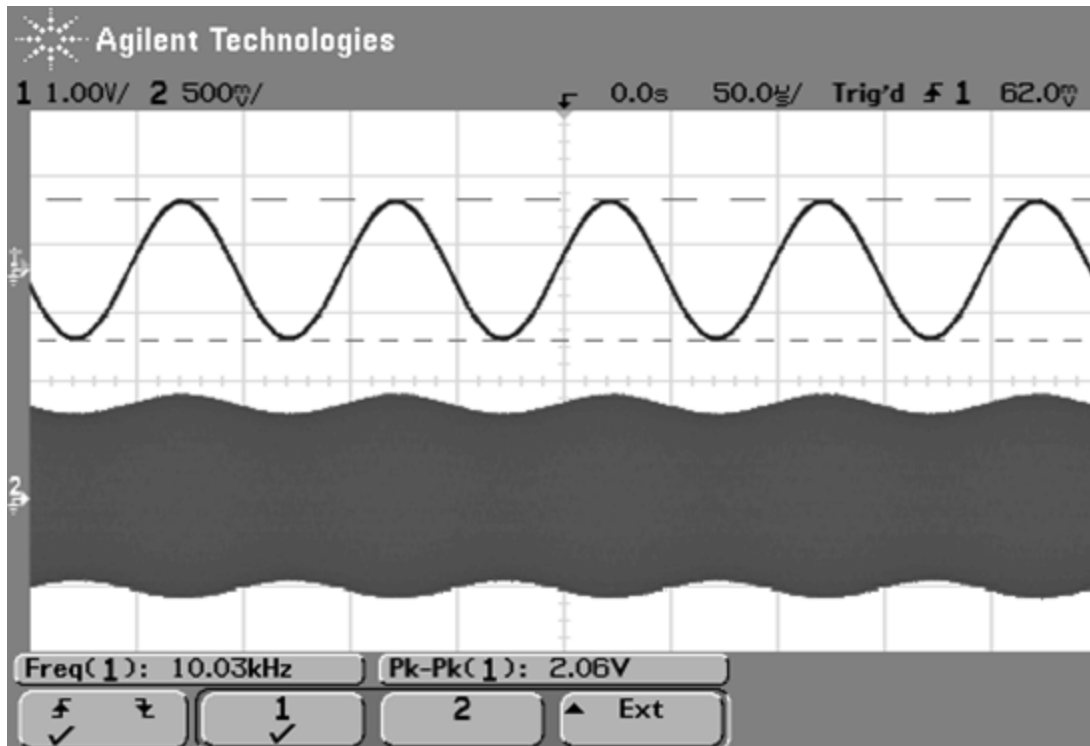
Itt csak össze kellett kötni a beállítások után a generátor RF jelét a spektrumanalizátor bemenetével.



A kép mentéséhez spektrumanalizátor System gomb->Remote Port. Ennek hatására megjelenik a képen az Analyzer Address.

Eleinte szürke a képlőpó ikonja az Add-ins részben a word-ben, nem lehet rákattintani. Ahhoz, hogy életbe lépjen, kattint a spektrumanalizátor sorában (asszem a legalsó) a legbalszélső ikonra. Ennek hatására megjelenik egy konfigurációs képernyő. Ezen ki kell választani azt a portot, amit a fenti eljárással kinyertünk az analízátorból. Jelen esetben GPIB18 lenne az. Dupla kattint rá, és így megjelenik az a középső listában, ami eddig üres volt. Semmi választ nem kapunk arról, hogy most már jó, csak nyomjunk egy Close gombot (mintha Cancel is lett volna, az gondolom nem lenne jó választás). Ez után a képlőpónak mennie kell.

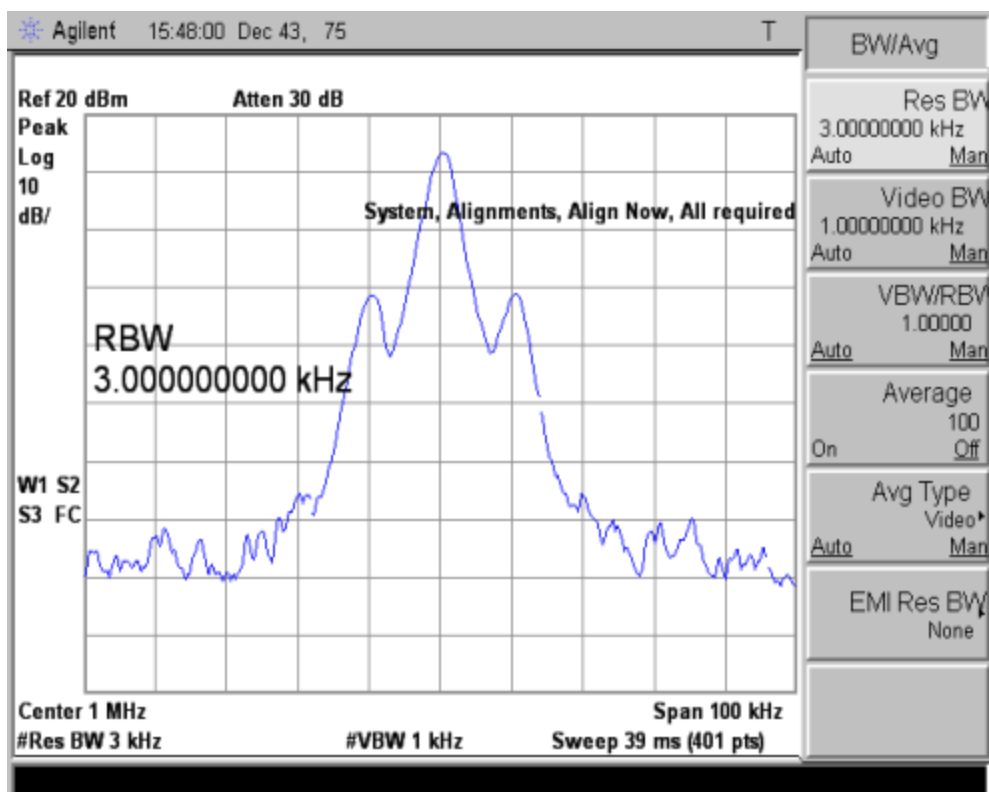
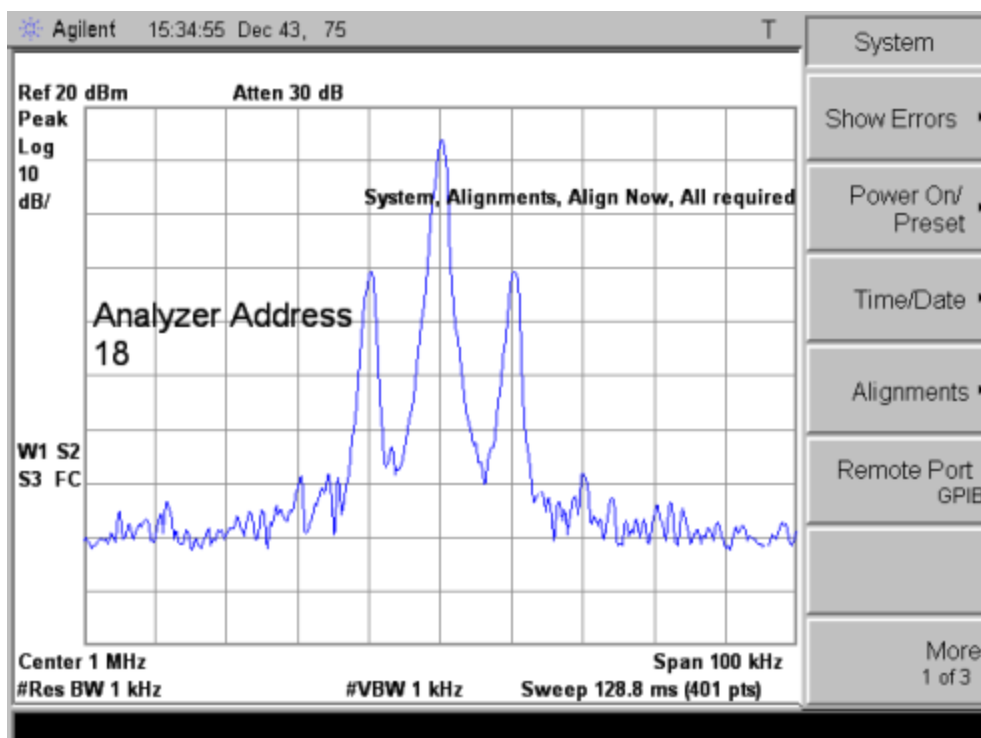
1.1.2. Jelenítse meg és vizsgálja meg az AM jelet az időtartományban is.



1-es csatorna az LF, 2-es az RF. Az LF-et külön be kell állítani a mikrohullámú jelgenerátoron. Ahhoz is van egy külön gomb, és az egyik Soft-key-el lehet On-Off között állítani. Mást nem nagyon kellett szórakozni vele, ha a moduláció be volt kapcsolva. (AM-FSK, egyiknél sem)

Scope: Edge gomb, 1-es csatorna, felfutó él, majd ez után be kell tekerni a trigger szintjét valahova az 1-es csatorna jelébe. Ez után az alsó sűrű rész ilyen szép hullámossá válik (azelőtt nincs hullámosság, sőt nem is lehet látni tőle kb semmit, mert az egész képet beteríti).

1.1.3. Jegyzőkönyvezze az AM jel időfüggvényét, és két különböző spektrumanalizátor beállításhoz tartozó spektrumát. Írja le röviden tapasztalatait.



BW/Avg menüvel lehet ezt az utóbbit előhozni. Alapból az Auto van aláhúzva mindegyiknél (pl. Res BW). Ahhoz, hogy állítható legyen számmal vagy tekerővel, meg kell nyomni a mellette lévő soft-key-t. Ekkor a Man lesz aláhúzva, ami manuális beállítást jelent.

2. Az FSK AÁB (adatátviteli berendezés) adóegységének vizsgálata

2.1. Kapcsolja be a tesztpanel, és indítsa el annak kezelői programját!

A Vezérlő ablak Help mezőjére a bal egérgombbal kétszer kattintva indítsa el a Blokkdiagram ablakot, majd annak segítségével kapcsolja ki a vevőegység összes áramkörét, és kapcsolja be az adóegység áramköreit. A vizsgálatok során a TRF6900A üzemmódkapcsolója Mode 0 állásban legyen, amikor is az "A" kódszó (Words) határozza meg a frekvenciaszintetizátor frekvenciáját.

Synthesizer

CLK: 26.0 MHz
Desired Freq: 915.199921 MHz
Actual Freq: 915.199921 MHz
PreScaler: 256
Freq. Error: 0 MHz
Update CLK

Mode Options

PLL: On
VCO: On
Pwr Amp: 0 dB
Slicer: Off
SLCTL: Learn
LPF: Off

DSW: LIM
RSSI: Off
LIM: Off
IF: Off
MIX: Off
LNA: Off

PLL and MM Options

APLL: 140
NPLL: 256
MM: FSK

LPT Port

LPT_x: 1

Output Parameters

Enable: On
TXData: Off
Mode: 0
Clock Width: 345
Strobe Width: 675

Help

TRF6900 Control Software

Double Click HERE for a Chip layout.

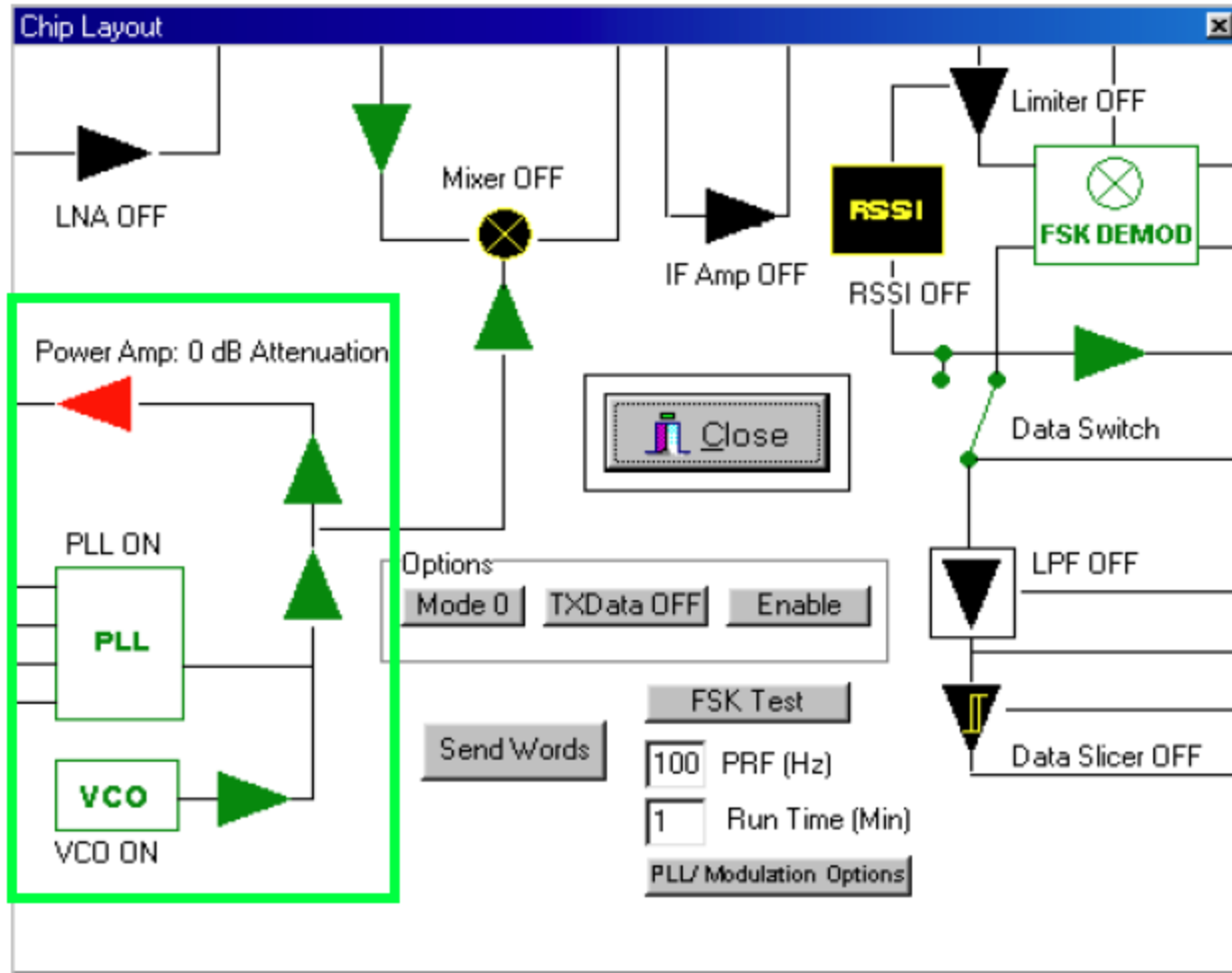
Note: FM/FSK demodulator is automatically enabled if the limiter and the LPF amplifier are enabled and the data switch is set to FSK reception.

Press Enter on Any Input to Send ALL Words.

Words [Send Words Now (F12)]

Word	Mode
A: 001000110011001100110011	Mode 0
B: 011000110011000100111011	Mode 1
C: 101111001001111000000000	Mode 1
D: 110010000001111000000000	Mode 0

Operation Mode: Mode 0 TXData: Off Chip On



A 2. feladat elvégzéséhez ajánlott beállítások a tesztpanelen:

Kapcsolja ki a vevőrész valamennyi áramkörét, és kapcsolja be az adórész áramkörét. A Vezérlő ablakban állítsa be az alábbi megadott paramétereket:

- CLK = 26.000 MHz (órajel-frekvencia)
- Desired frequency = 915.199921 MHz (beállítani kívánt kimenő frekvencia)
- NPLL = 256 (PLL-ben lévő frekvenciaosztó osztási száma)
- APLL = 140 (befogás alatt a töltéspumpa áramát, azaz a zárthurkú sávszélességet megnövelő faktor)
- Pwr Amp = 0 dB (a kimeneti teljesítmény beállítása)

Majd a paraméterek beállítása után nyomja meg a Send Words Now (F12) gombot azért, hogy a TRF6900A IC állapotát vezérlő kódszavak beírásra kerüljenek az integrált áramkör regisztereiibe. Az NPLL és APLL számokat a mérés során ne változtassa meg.

A 2. feladat elvégzéséhez ajánlott beállítások a spektrumanalizátoron:

- SPAN = 200 kHz
- RBW = 1 kHz
- VBW = 30 Hz

2.1.1. Ellenőrizze az egyes áramkörök állapotát a *Vezérlő* ablak segítségével.

[Lásd feljebb...](#)

2.1.2. Kapcsolja ki és be az adó és vevő blokkjait, és a TRF6900A IC katalógusának 23. és 24. oldalán található táblázatok segítségével értelmezze az IC-t vezérlő “D” kódszó jelentését.

[Lásd feljebb...](#)

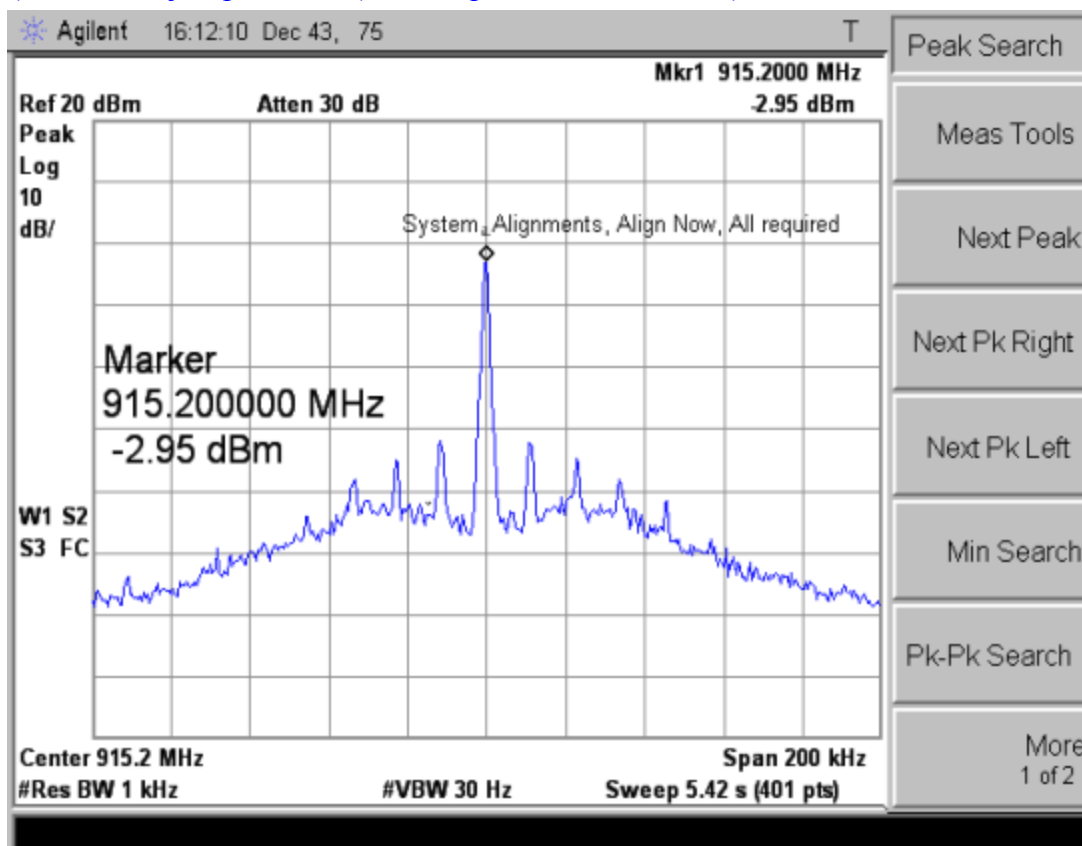
2.2. Modulálatlan jel vizsgálatához a tesztpanel adójának (**J5 TX_OUT**) kimenetét csatlakoztassa a spektrumanalizátorhoz!

2.2.1. Mérje meg és jegyzőkönyvezze a

- a) tényleges kimenő frekvencia értékét,
- b) kimenő teljesítmény értékét valamennyi Pwr Amp beállítás mellett,
- c) kimenő jel spektrumát (Pwr Amp = 0 dB attenuation).

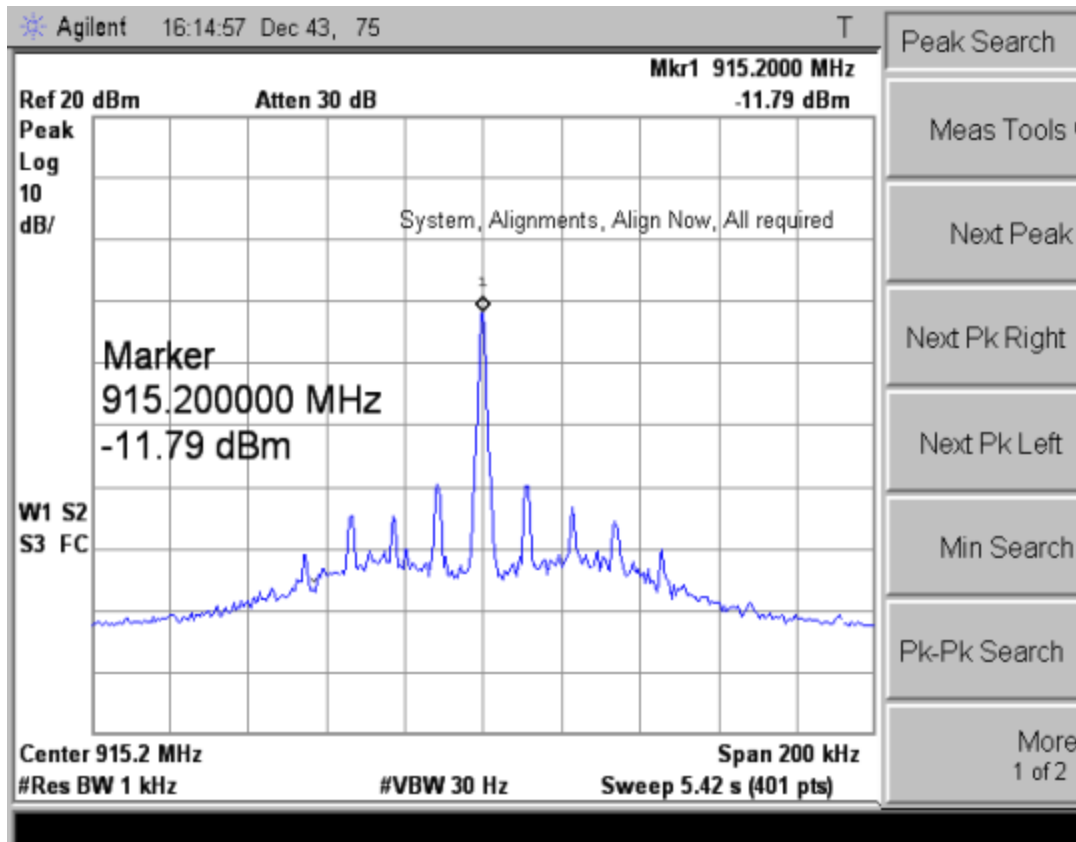
a) A tényleges kimenő frekvencia 915.2365MHz volt, ezt kompenzáltuk a kezelőszoftver Freq.Error. beviteli mezőjével. Ebbe a mezőbe 0.0365MHz-et írtunk, majd az **Update CLK** gombra kattintottunk, így a spektrumanalizátor kijelzőjén középre került a jel.

c) A kimenő jel spektruma (Pwr Amp = 0 dB attenuation):



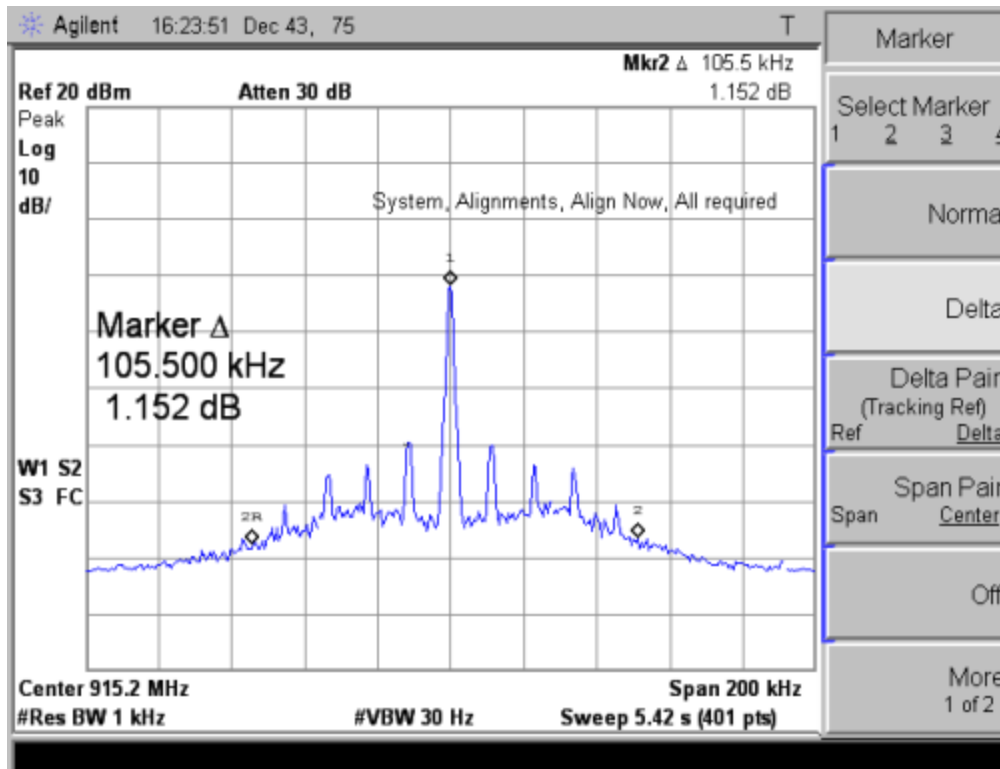
A MARKER gomb mellett van egy olyan, hogy Peak Search. Ha ezt megnyomjuk, akkor a legnagyobb csúcsra állítja az 1-es markert.

b) A kimenő jel spektruma (Pwr Amp = 10 dB attenuation):



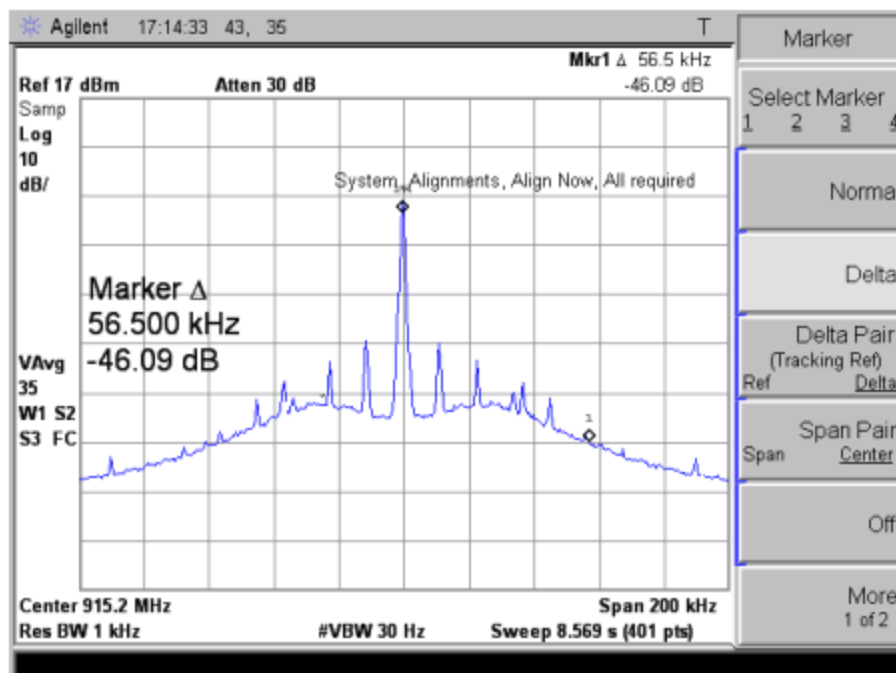
8.84dBm-et csökkent a jelteljesítmény.

2.2.2. A mért spektrum alapján becsülje meg és jegyzőkönyvezze a PLL zárthurkú sávszélességét.



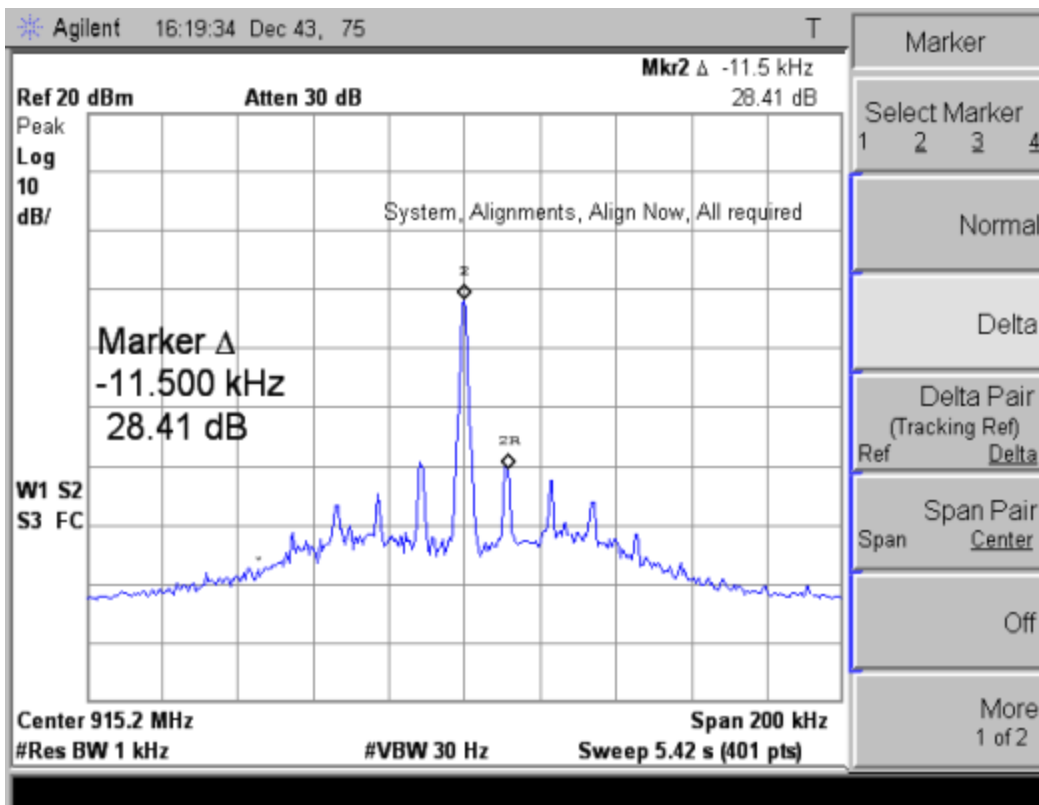
A PLL sávszélessége kb. 105.5kHz.

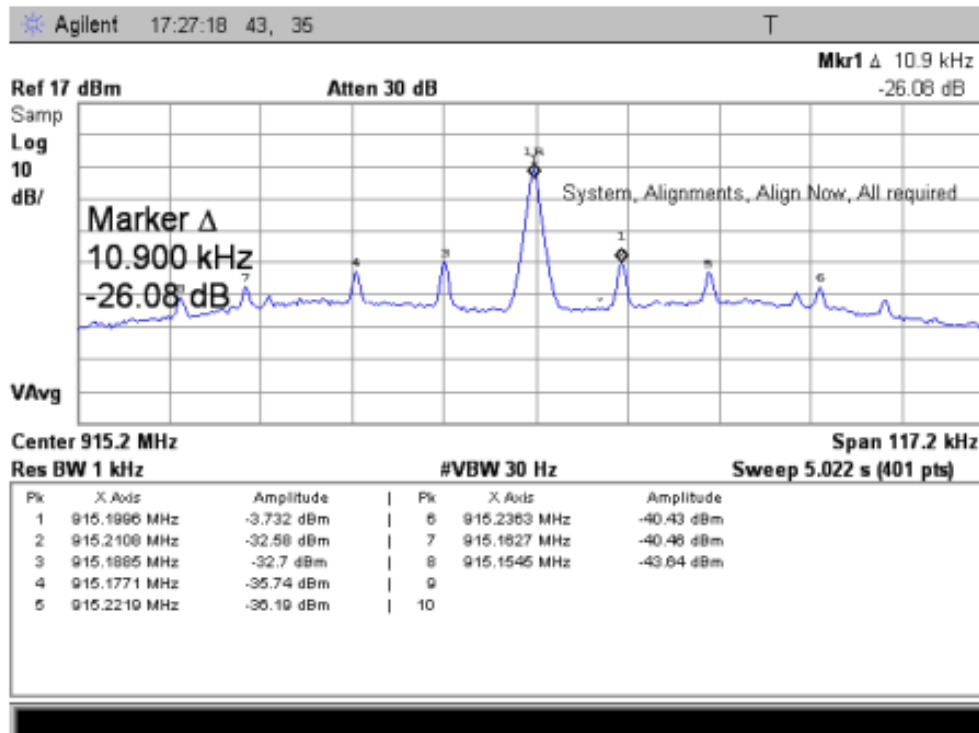
Ez itt a marker gomb menüje. Ha a select marker melletti softkeyt választjuk, akkor lehet léptetni a kiválasztott markert. Ha már használtuk a Peak Search-t, akkor az valószínűleg elfoglalta az első markert. Ilyenkor érdemes átlépni a 2-esre, és azt bizgálni. A fenti képen a 2-3-4 markerek vannak aláhúzva, ami nem tudom hogy történhetett, mert én úgy emlékszem, hogy a kiválasztott van aláhúzva csak. Deltát úgy lehet mérni, hogy normal mode-ban (az annak megfelelő soft-key megnyomása után) elmegyünk a markerrel a képernyő balabbik oldalához közelebbi pontig, amit szeretnénk állítani, majd a lletti sofdelta met-key-t megnyomjuk. Ennek hatására születik egy ikertestvére a markerünknek, és ezt tudjuk most már a tekerővel a helyére állítani. A delta értékek folytonosan ki vannak írva. A markerek állításához egyetlen görgető elég, mert csak a kirajzolt függvényen lehet mászkálni velük (előre-hátra).



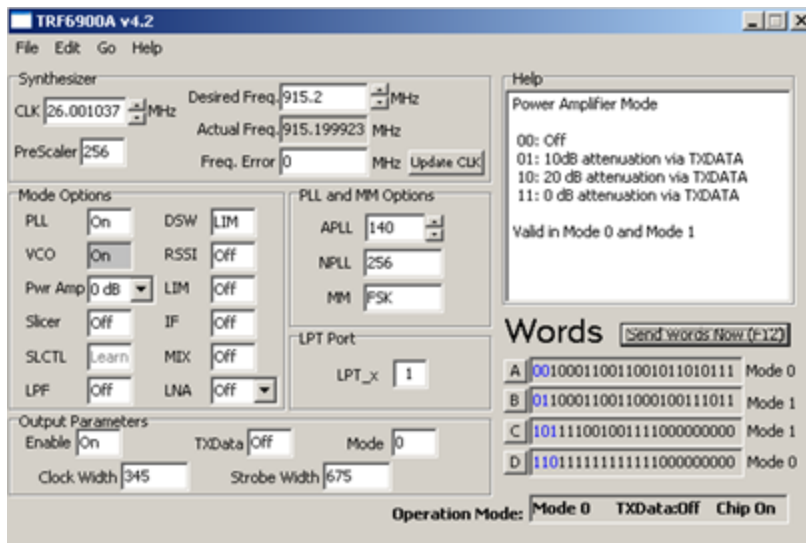
2.2.3. Mérje meg és jegyzőkönyvezzé a kimenő spektrumban fellépő periodikus zavarjelek (spurious signals) vivőtől való távolságát és vivőhöz viszonyított relatív szintjét dBc-ben.

Spektr.an.: Marker/Select Marker/Normal beállítás a vivőre, Delta beállítása az első zavarjel komponenséhez.





2.3. Határozza meg a digitális frekvenciaszintetizátort vezérlő DDS kódszó értékét, és azt hasonlítsa össze az “A” kódszóval. Jegyezze fel az “A”, “C” és a “D” kódszavakat, és értelmezze azok jelentését.



„A” a frekvenciát határozza meg, „D” az egyéb beállításokat. A-D és B-C tartozik össze.

2.4. A TRF6900EVM szoftver segítségével kompenzálja az órajel-frekvenciahibáját. Mi határozza meg a frekvenciahiba kompenzálásának pontosságát?

Ezzel kezdtük. Lásd: [2.2.1.](#)

3. Az FSK AÁB adóegységének vizsgálata nagylökötű FSK jel generálása esetén

A 3. feladat elvégzéséhez ajánlott beállítások a tesztpanelen:

Az adó paraméterei egyezzenek meg a 2. mérési pontban beállítottakkal. A mérések során az üzemmódkapcsoló "0" állásban legyen. Az FSK moduláció löketét a "D" kódszó határozza meg.

A *Blokkdiagram* ablak **PLL/Modulation Options** gombjára kattintva indítsa el a PLL/FSK moduláció ablakot, majd abban az alábbiak szerint állítsa be az FSK moduláció löketét meghatározó DEV, azaz DV7-DV0 számot:

- DV7 = DV5...0 = 0
- DV6 = 1

A **Send Bits** nyomógombra kattintással határozza meg az FSK moduláció adatait. A bináris FSK jel "0" és "1" bitekhez tartozó kimenő frekvenciáit Tx Data Low és Tx Data High, míg a frekvencialöket kétszeresét a Delta Fout adja meg.

A *Vezérlő* ablakban a **Send Words Now** (F12) nyomógombbal léptesse be a beállított frekvencialöket értékét a TRF6900A integrált áramkörbe. A Vezérlő ablakban a TXData bemenetre kattintva statikus üzemmódban a spektrumanalizátor segítségével mérje meg a bináris FSK jel "0" és "1" bitekhez tartozó frekvenciáit.

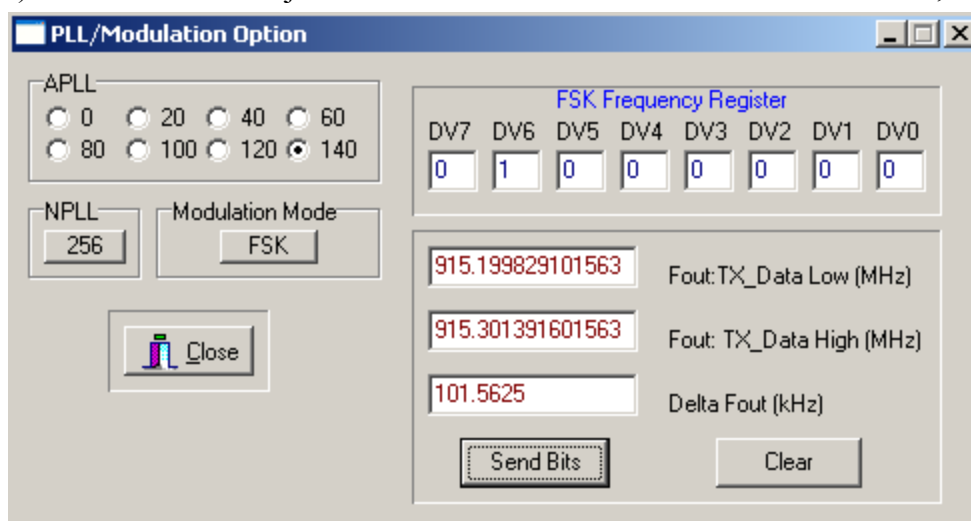
Az **FSK Test** (*Blokkdiagram*) gombra kattintva a kezelői program egy kb 200 bit/s-os forrás jelzési sebességű, alternáló "0" - "1" bitsorozatot küld az FSK modulátor bemenetére.

A 3. feladathoz ajánlott spektrumanalizátor beállítások:

- SPAN = 1 MHz
- RBW = VBW = 1 kHz

3.1. Állítson elő az adóval bináris adatjellel modulált nagylöketű FSK jelet. A tesztpanel adójának kimenetét csatlakoztassa a spektrumanalizátorhoz, majd mérje meg és jegyzőkönyvezzé a

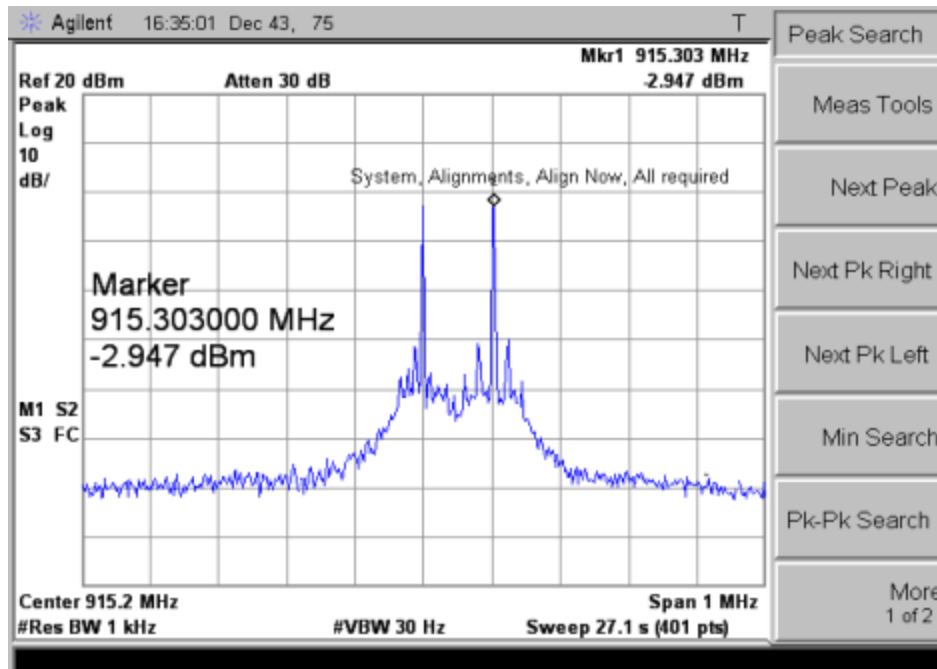
a) bináris FSK jel "0" és "1" bitekhez tartozó kimenő frekvenciáit,



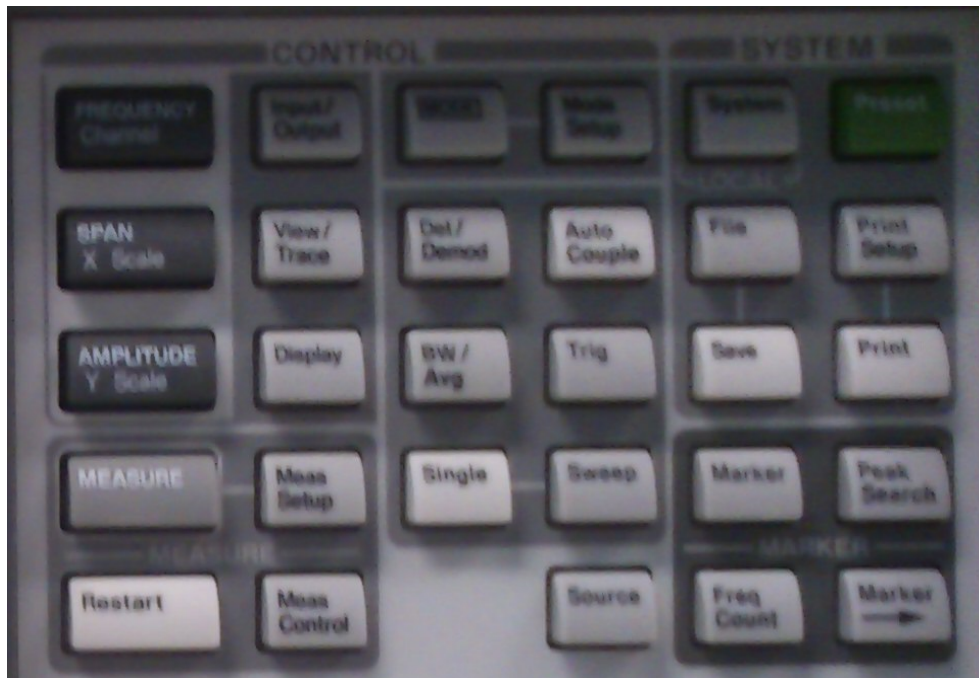
„0”:915.2MHz, „1”:915.3MHz

Látható, hogy az alap frekvenciához van 2x hozzáadva a löket, így kapjuk az „1”-hez tartozó értéket.

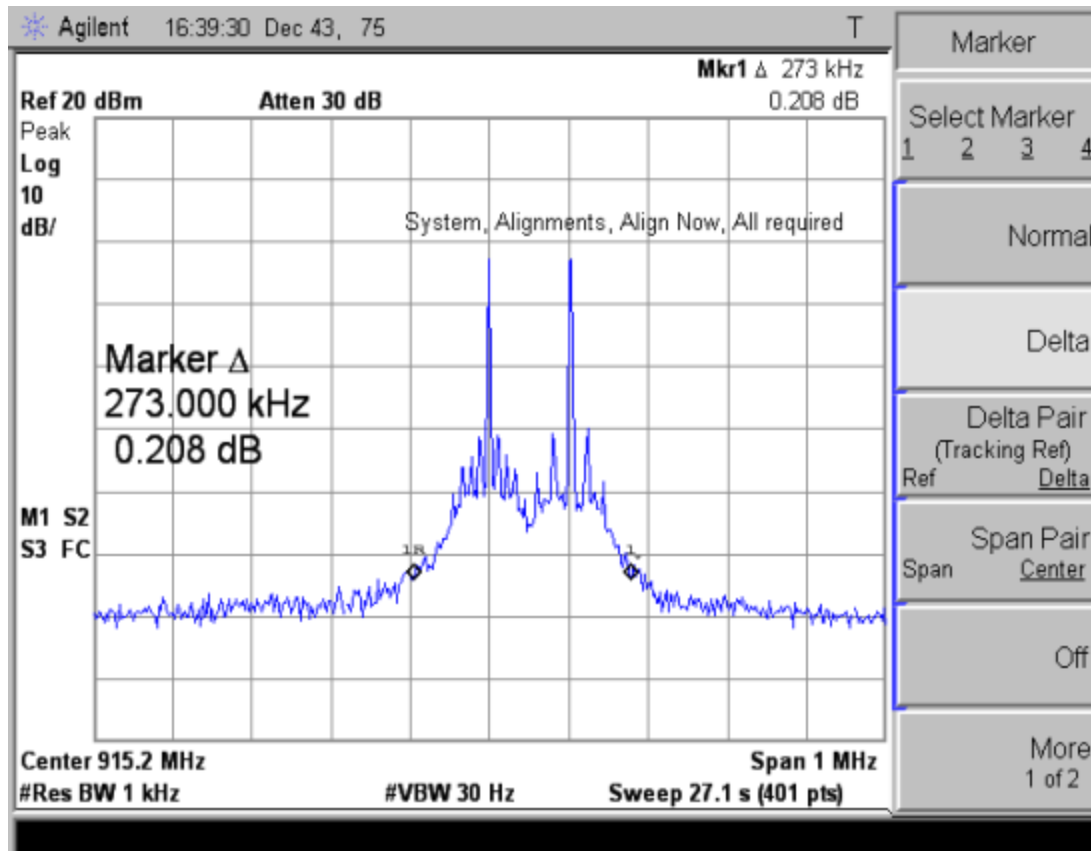
b) FSK jel spektrumát,



Itt volt egy gomb (asszem a második oszlop balról: talán a View/Trace...), amivel előjött egy menü, amin azt lehetett beállítani, hogy HoldMax. Így azt értük el, hogy csak kis ideig futott a moduláció, de megmaradt a jel a kijelzőn végig azután is, hogy már nem volt meg a modulált jel a bemeneten.



c) FSK jel sávszélességét.



B=273kHz

4. Adó teljesítménymérés:

TXData = OFF

5. Az FSK AÁB vevőegységének vizsgálata

A mérések során a kiszajú előerősítő (LNA) nagy erősítésű állásba legyen kapcsolva. A vevő mindig tanulás üzemmódban legyen (kivéve 5.2, ahol elő van írva melyik legyen).

5.1. Csatlakoztassa az RF szignálgenerátor kimenetét a tesztpanel bemenetéhez (ami szerintem a J4 RX_IN), és adjon FSK jelet a vevő bemenetére.

5.1.1. Számítsa ki és jegyzőkönyvezzé a vevő tényleges bemeneti szintjét és a lokálfrekvencia értékét.

Az RF szignálgenerátoron ajánlott beállítások:

- frekvencia = 915,200 MHz
- kimenő teljesítmény = -50 dBm
- belső FSK moduláció (belső FM moduláció négyszögjellel) (LF Out->LF Out Source ->Internal Modulation)
- forrás jelzési sebesség = 20 kbit/s (moduláló frekvencia = 10 kHz)
- frekvencialök = 50 kHz

A vevő felélesztéséhez és működésének ellenőrzéséhez kapcsolja ki az adóág valamennyi áramkörét, és

kapcsolja be a vevőág áramköreit.

Emlékeim szerint itt mondta a mérésvezető, hogy minden egységet kapcsoljunk be a Blokkdiagrammon.
IF:925.9MHz. KF:10.7MHz

Ellenőrizze a vevő működőképességét. Megfelelő beállítások esetén az RSSI mérőponton kb. 1,3 V, míg a J6 RXDATA_OUT pontra kapcsolt oszcilloszkópon egy négyszögjel mérhető. Nem megfelelő RSSI feszültség esetén ellenőrizze a lokálfrekvencia értékét és a szignálgenerátor szintjét, megfelelő RSSI feszültség, de a demodulált négyszögjel hiánya esetén ellenőrizze a szignálgenerátor modulációs paramétereit.

5.2.1. Kapcsolja ki az FSK modulációt majd mérje meg és jegyzőkönyvezzé

-40 dBm és -70 dBm bemenő szintekhez tartozó RSSI feszültség értékét és az RSSI karakterisztika meredekségét.

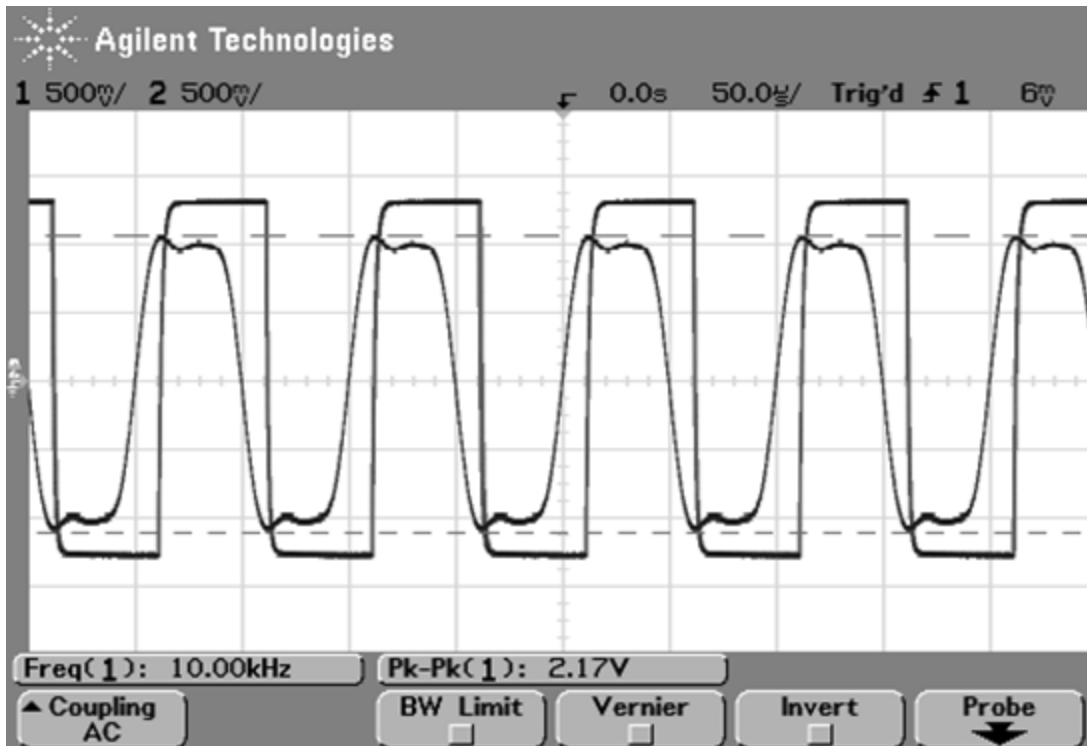
-40dBm: 734mV

-70dBm: 906mV

A vett jelszint indikátor (RSSI) áramkör a KF limiter bemenetén lévő RF jelszinttel arányos egyenfeszültséget állít elő. Mivel a vevő és a KF limiter bemenete között csak lineáris áramkörök találhatók, az RSSI áramkör kimenő feszültsége arányos a vevő bemenő szintjével. Mérje meg a digitális multiméter segítségével az RSSI_OUT mérőponton fellépő feszültséget. Helyes működés esetén -80 dBm bemenő szint mellett az RSSI feszültség értéke 1,3 V körül van, amely feszültség 19 mV/dB meredekséggel változik a bemenő szint függvényében.

5.1.3. Adjon FSK modulált jelet a vevő bemenetére majd mérje meg és jegyzőkönyvezzé a demodulált jelet a döntő áramkör be- és kimenetén.

A Scope 1-es csatornája: LF a szignálgenerátorból, 2-es csatorna mérőpanel J6 RXDATA_OUT-ból.



Az FSK jel vételéhez a frekvenciadiszkriminátor kimenetét aluláteresztő szűrés után a döntő áramkör bemenetére kell vezetni. Ehhez kapcsolja a Vezérlő ablakban található adatkapcsolót (DSW) limiter (LIM) állásba. Csatlakoztassa az oszcilloszkóp CH1 bemenetét a tesztpanel AMP_OUT mérőpontjához, míg a CH2 bemenetét a tesztpanel RXDATA_OUT kimenetéhez. A vevő helyes működése esetén a demodulált jelnek meg kell jelennie az AMP_OUT és RXDATA_OUT pontokon. Ellenőrizze le és jegyzőkönyvezzé a demodulált jelalakokat a döntőáramkör előtt (AMP_OUT) és után (RXDATA_OUT). A mérés során az oszcilloszkópot az RF szignálgenerátor moduláló jelével szinkronizálja. Ehhez az RF szignálgenerátor külső szinkron kimenetéről adjon egy 2 V-os amplitúdójú jelet az oszcilloszkóp külső szinkron bemenetére.

Ez az utóbbi bekezdés persze tök felesleges, ha az LF-et használod az AMP_OUT helyett, mint ahogy a példában leírtam.

5.2. Az RF szignálgenerátorból adjon -35 dBm szintű, modulálatlan RF jelet a vevő bemenetére és mérje meg valamint a jegyzőkönyvben ábrázolja a frekvenciadiszkriminátor karakterisztikáját a 915,100 MHz-től 915,300 MHz-ig terjedő frekvenciatartományban. Számolja ki és jegyezze fel a frekvenciadiszkriminátor meredekségét.

<Idáig már nem jutottunk el (H21)>

11. mérés: Logikai vezérlők alkalmazástechnikája

1. A rendszerkomponensek és az ember-gép kapcsolati felület elemeinek azonosítása
A Siemens S7 PLC elemekből épül fel, PROFIBUS hálózati csatlakozó, PROFIBUS kábelezés ventilátor, S7-314C-2DP PLC modulok.

WinCC operációs rendszer fut rajta.

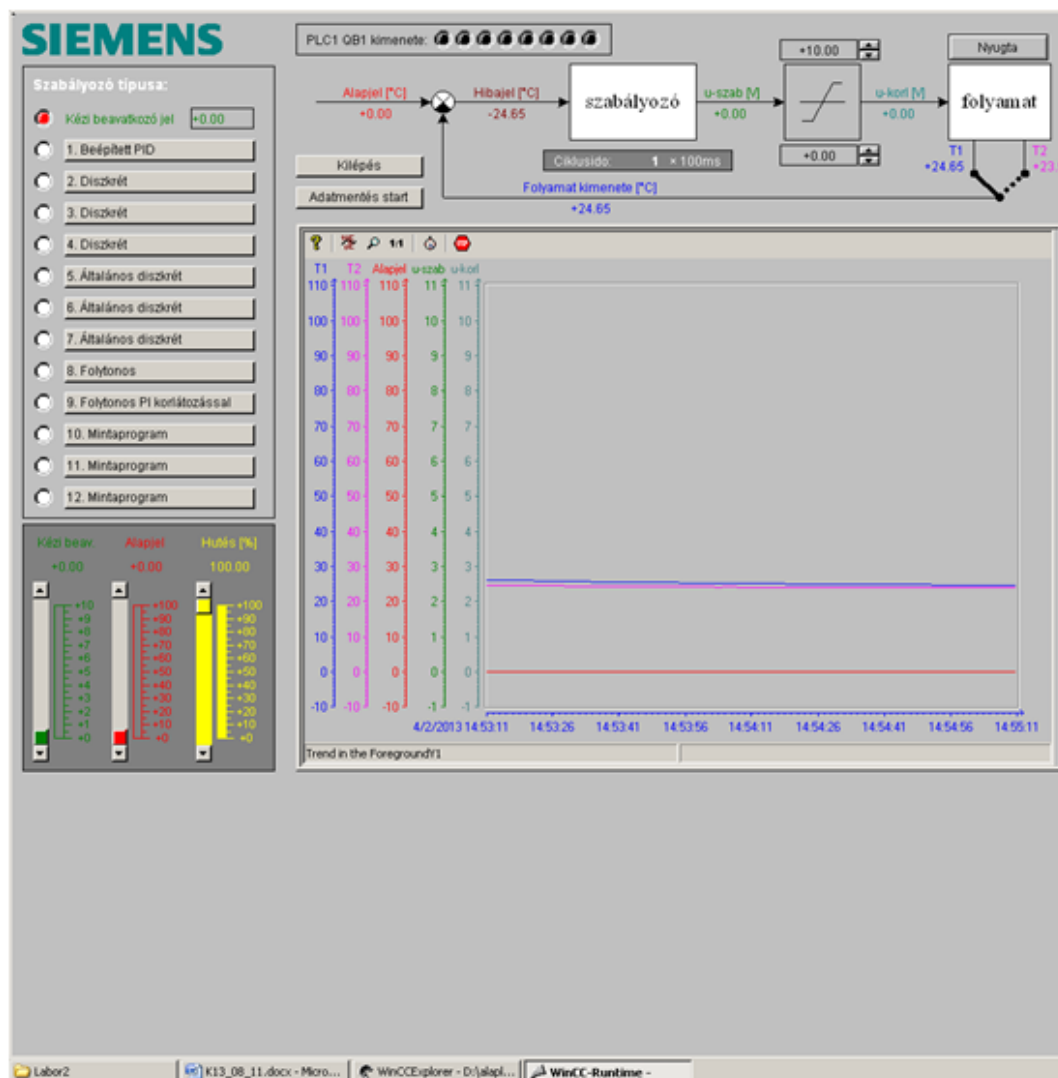
1.1. A mérési elrendezés számos komponensből áll, az első feladat ezen komponensek azonosítása, a fizikai összeköttetések és a termikus folyamat megfelelő bekötésének ellenőrzése. Adja meg a mérési elrendezés software és hardware elemeit!

1.2. Az ember-gép kapcsolati felület on-line formában áll rendelkezésre, a feladat a mérésvezető közvetlen közreműködésével a konfigurációs felület elemzése, megismerése.

2. A rendszerkomponensek egyedi és integrált alaplóműködtetése, a termikus folyamat távműködtetése

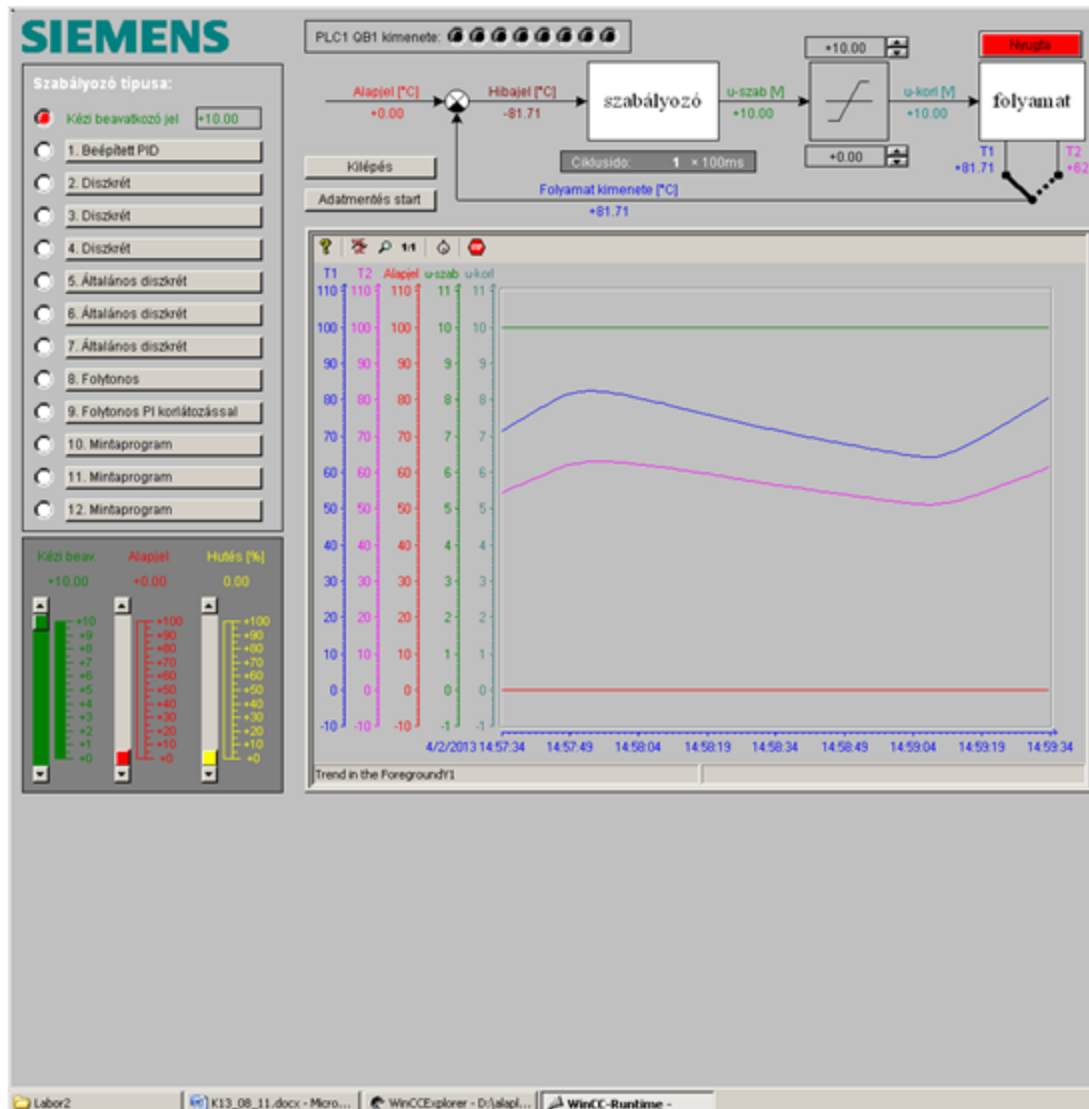
2.1. Nulla fűtési érték és 100%-s hűtés mellett mérje meg a folyamat kimeneti hőmérsékletének értékét!

24.65 °C-ra állt be, ez szobahőmérséklet körüli érték.



2.2. Az előzőekben elemzett felületen keresztül állítson be állandó fűtési értékeket, ellenőrizze a "Hőmérséklet magas" esemény bekövetkeztét, valamint a fűtésekkapcsolási automatika működését. A "Hőmérséklet magas" esemény bekövetkezte után ellenőrizze a fűtés letiltását. Mérje meg kikapcsolási hőmérsékletet. Adja ki a nyugtázást és ellenőrizze ismét az engedélyezett működést! Ellenőrizze az analóg és digitális be- és kimenetek működését! A kézi beavatkozó jelet maximálisra állítottuk. 81.77°C-nál gyulladt ki a jelzés. A következő ábrát kaptuk:

A jelzés után láthatóan letiltotta a fűtést, mivel a hőmérséklet elkezdett csökkenni. Majd a Nyugta után ismét felfele indult a hőmérséklet a következő jelzésig.



2.3. A mérésvezető által megadott állandó fűtési érték és ventilátor vezérlés mellett regisztrálja az állandósult hőmérsékleti értéket! A továbbiakban ezt a fűtési és ventilátor vezérlési értékeket tekintjük a munkaponti értékeknek.

A mérésvezető ezt adta meg:

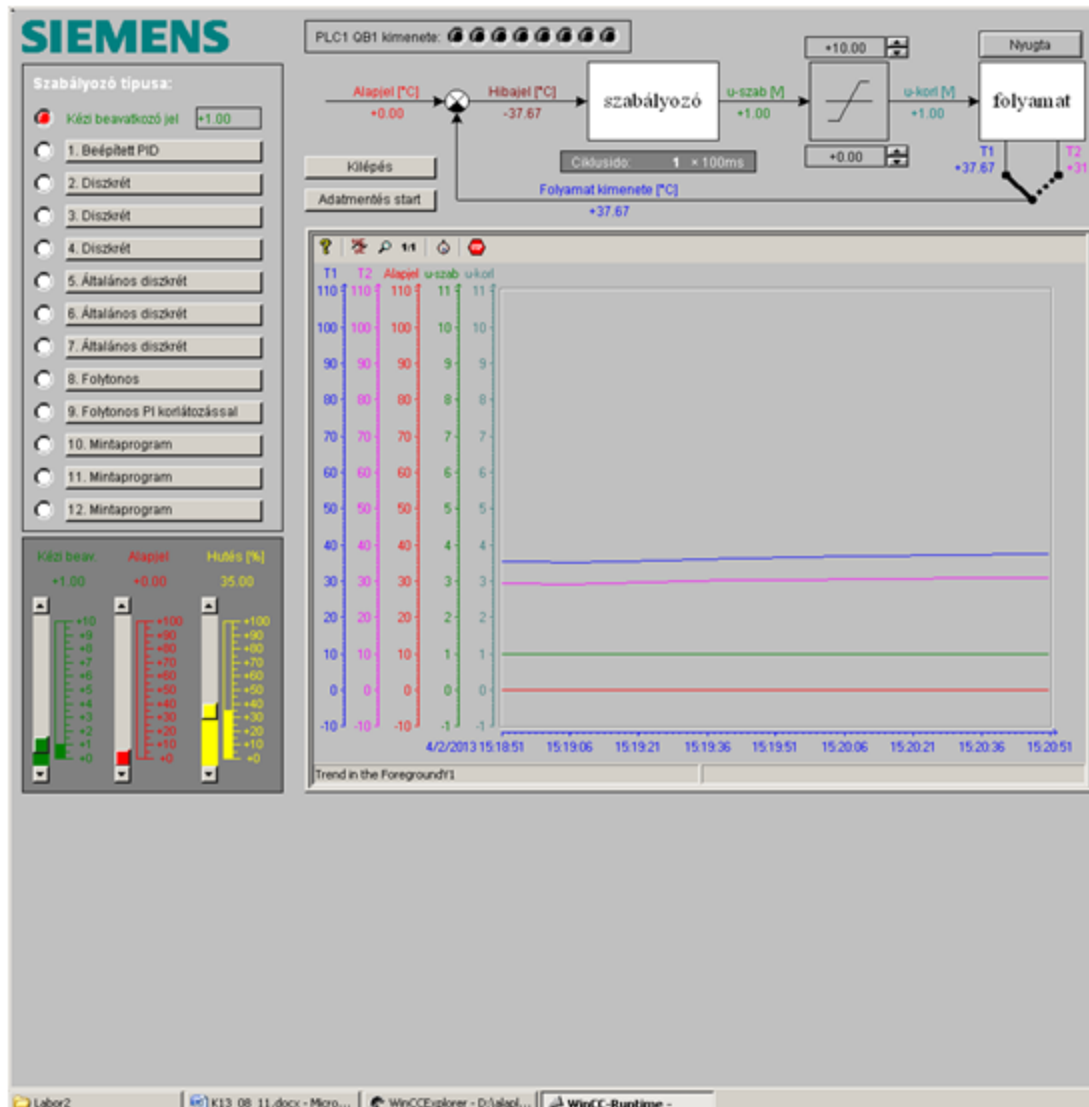
Munkaponti fűtési feszültség: 1 V

Munkaponti ventilátor vezérlés: 70%

A hőmérséklet 35,71°C-on állandósog

2.4. Ismétélje meg az előző mérést úgy, hogy a fűtési értéken nem változtat de megadott ventilátor vezérlést a felére csökkenti! Értékelje a kapott mérési eredményt a ventilátor vezérléstől való függés szempontjából!

35%-os ventilátor vezérléssel és 1 V fűtési értékkel a hőmérséklet 37,67°C-on stabilizálódott. Ez az előző értéktől csak körülbelül 2°C-kal tér el fele hűtés mellett



2.5. Határozza meg a 2.3 pontban megadott ventilátor vezérlés esetén a kivezérelhetőségi tartományt! Vagyis határozza meg a fűtési érték azon tartományát, amelyre a fűtésekapcsolási automatika még nem kapcsol be.

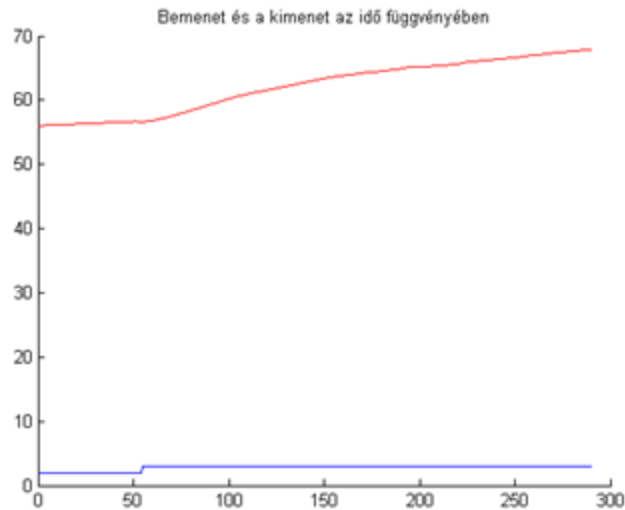
A 8 V-nál még nem kapcsol be a jelzés, viszont 9V-nál már bekapcsol.

3. A termikus folyamat identifikációja

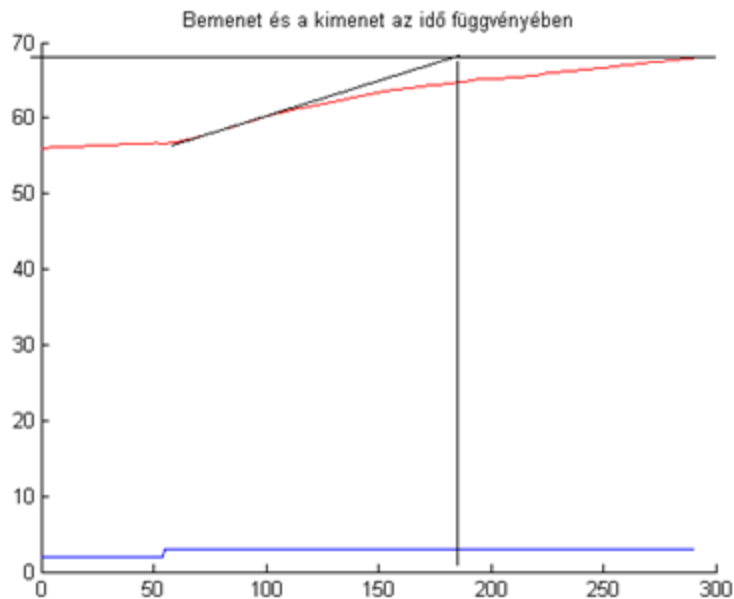
3.1. A 2.3. feladatban megadott munkapontban (fűtési, hűtési érték) határozza meg a termikus folyamat leírását, azaz identifikálja a rendszert. Állítsa be a rendszert a munkapontba (várja meg, még teljesen beáll az állandósult értékre). Indítsa el mérési rekordok elmentését az *Adatmentés start* gomb aktiválásával. Az *Adatmentés* ablakban állítsa be az adatmentés helyét a ...*Matlab/work* könyvtárra és írja be az adatfájl nevét! (Máshová is állíthatja, de akkor meg kell változtatni az aktuális könyvtárat a Matlabban is.) A bemeneti fűtési feszültséget változtassa meg 2V-tal. Ha a folyamat **teljesen** beállt az új statikus értékre, akkor fejezze be az adatmentést (*Adatmentés vége*). Jelenítse meg a rekordokat MATLAB

eszközökkel! Ellenőrizze a MATLAB és WinCC környezetben megjelenített regisztrátumok azonosságát!

2V-ról 3V-ra ugrik az alapjel, mert 4V-os alapjel esetén a rendszer túlvezérlődik.
Az adatmentés sikerült, a regisztrátumok megegyeznek.



3.2. A mért adatok alapján becsülje meg közelítőleg a folyamat statikus erősítését és domináns időállandóját (lásd M3 melléklet)! Írja fel a rendszer becsült átviteli függvényét időállandós és zérus-pólus alakban! Hasonlítsa össze a mért és a becsült folyamat viselkedését Matlabban egységugrás esetén (használja a *step*, vagy *lsim* utasítást).



$$A_p = (68 - 56) = 12 \text{ [}^\circ\text{C/V]}$$
$$T = (180 - 52) = 128 \text{ [s]}$$

Megbasz a kisgyerek Sanyikám! HOL?

```
>> logdata_H32_6
>> figure(1)
>> hold on
>> plot(t,u,'b')
>> plot(t,y,'r')
>> title('Bemenet és a kimenet az idő függvényében')
>> T=128
```

```
T =
    128
>> Ap=12
Ap =
    12
>> Ws=tf(Ap,[128 1])
```

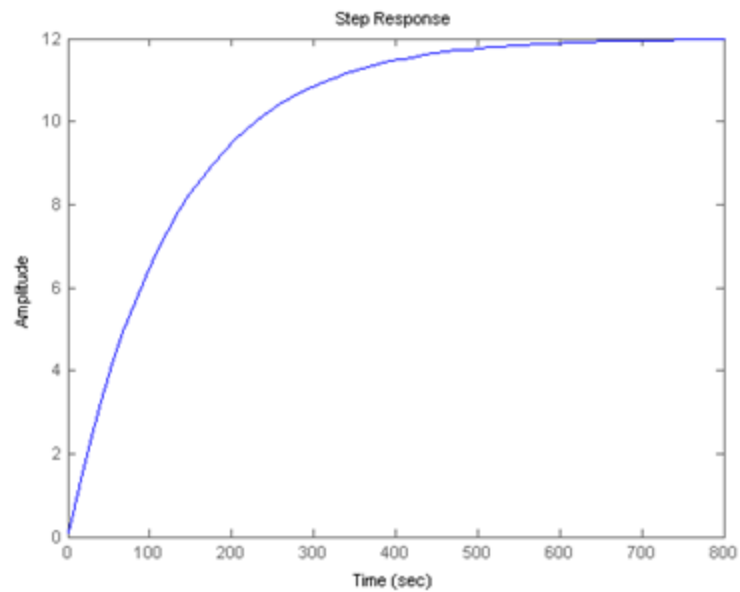
Transfer function:

```
    12
-----
128 s + 1
```

```
>> step(Ws)
>> zpk(Ws)
```

Zero/pole/gain:

```
    0.09375
-----
(s+0.007813)
```



4. Zárt szabályozási kör kialakítása a hőmérséklet szabályozására

4.1. Az identifikált folyamatmodell alapján tapasztalati úton paraméterezzen egy PI szabályozót. A ventilátor vezérlését arra az értékre állítsa be amelynél az identifikációt elvégezte. Válassza ki a PLC beépített PID modulját (1. szabályozó) vagy a korlátozott PI szabályozást (9. szabályozó). A kezelő felületről adjon ki kis amplitúdójú ugrásfüggvény alakú alapjeleket (például 5°C-os ugrást) és vizsgálja, regisztrálja, jelenítse meg és archiválja a kapott eredményeket! A szabályozó paramétereit úgy állítsa be, hogy minél gyorsabb legyen a beállítás, de a kimeneti túllövés értéke ne haladja meg a **10%-ot**.

4.2. Vizsgálja meg egy beállított szabályozás parametrikus érzékenységet! Egy adott hőmérsékletre beállt szabályozott rendszerre alkalmazzon egy zavarást úgy, hogy a ventilátor vezérlését a munkaponti érték felére csökkenti. Regisztrálja a jeleket és értékelje az eredményt! Hogyan változott a kimeneti hőmérséklet és a beavatkozó jel? Milyen statikus hibát okozott a zavarás?

5. A Simatic Manager alatti programozási lehetőségek megismerése és alkalmazása

5.1. Írjon programot a PLC-re a mérésvezető által kiválasztott feladat végrehajtására. Az FC10-es függvény-blokk átírásával, lefordításával, letöltésével és kiválasztásával tudja ellenőrizni a megírt program működését (Az *SCL programozási nyelv használata* fejezet mintaprogramja segít a feladat megoldásában). ***Az FC10-es függvény-blokkot minden mintavételi időpontban meghívja az operációs rendszer, tehát külön belső ciklust nem kell megvalósítani !!!***

- a. A *QI* digitális be- és kimenet segítségével valósítsa meg a mérésvezető által megadott logikai hálózatot! Vizsgálja meg, hogy a mintavételezési idő megváltoztatásának milyen hatása van!
- b. Alakítson ki jelzőbitre alapozott adatátvitelt a két PLC egység között!
- c. A hőmérsékleti értékektől függően kapcsolja a digitális kimeneteket!
- d. Jelezze egy digitális kimeneten, ha a hőmérséklet egy adott intervallumon belül marad!
- e. Jelezze egy digitális kimeneten, ha a hőmérséklet egy adott időn keresztül meghalad egy megadott hőmérséklet értéket!
- f. Jelezze egy villogó digitális kimenettel, ha a hőmérséklet meghalad egy megadott hőmérséklet értéket!
- g. Valósítsa meg a mérésvezető által megadott kombinációs logikai hálózatot!
- h. Alakítson ki egyszerű kétállású szabályozót a hőmérséklet értéktartására!

[d. feladat](#)

FUNCTION FC10: VOID

VAR_TEMP

```
END_VAR
IF Process.Y < Data10.Par1 AND Process.Y > Data10.Par2 THEN Q1.0:=1; ELSE Q1.0:= 0;
END_IF;
    Process.U := Process.U_MAN;
    Data10.Par3 := Process.Y;
END_FUNCTION
```