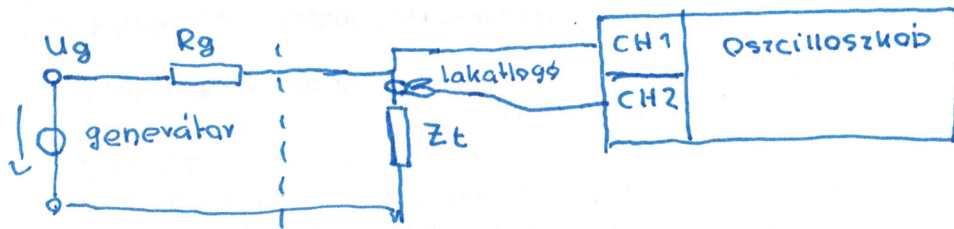


# Laboratórium 2

készítés az ellenőrzőmérésre

## 4. mérés (Villamos teljesítmény mérés)

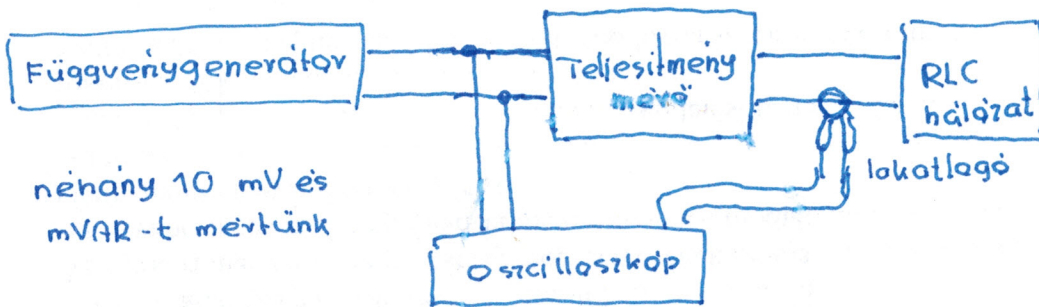
### 1) Hall-standás árammérő lakalagó működése



(eszűltseğ: 100:1  
áram: 10:1)

Generátor: 10Vpp, 50Hz  
output setup: 390Ω

### 2) Szinuszos feszűltseğgel táplált RLC teljesítményviszonyqinak mérése

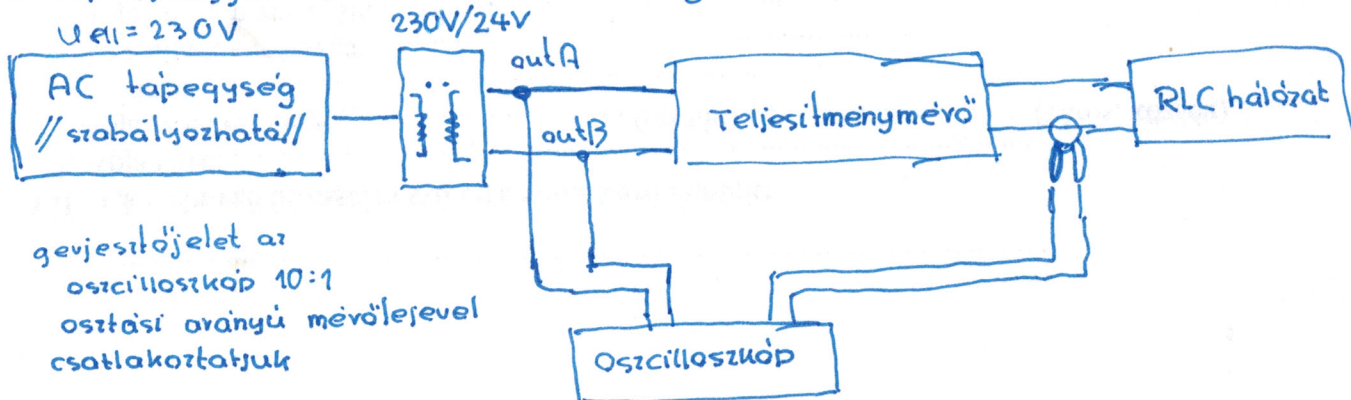


néhány 10 mV és  
mVAR-t mérűnk

- > Elektronikus teljesítménymérőről leolvassuk a mért adatokat ( $P, Q, \cos\phi$ )
- > Oscilloszkóppal megjelenítellük a két jelet, mérűnk az effektívértékeket ( $U_{eff}, I_{eff}$ ) és a lárisztolást

### 3) Ugyanaz mint az előző feladat, csak a mérésvetelő" által megadott hullámlarmáva

### 4) AC tápeğysseğgel táplált RLC teljesítményviszonyai



gejlesztőjelet az  
oscilloszkóp 10:1  
osztási arányú mérőlejevel  
csatlakoztatjuk

## 5) Hálózati feszültséggel táplált fénylámpák teljesítményviszonyainak mérése

Fénylámpák:

- hagyományos vagy halogén izzó
- kompakt fénycső
- LED fénylámpa



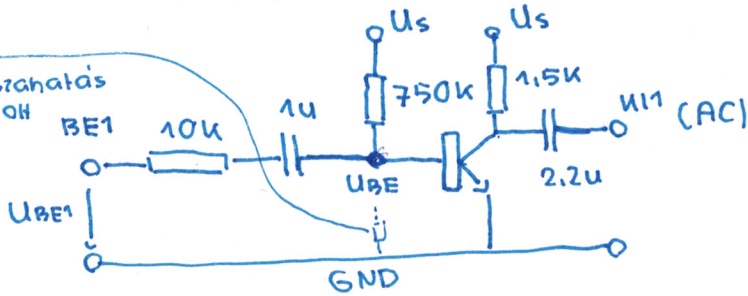
5. név

Tranzistoros erősítő alapkioscsolások vizsgálata

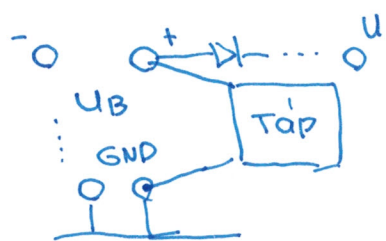
1) Földelt emittéves alapkioscsolás

-> kioscsolás (ezt kell jumperek felhelyezésével kialakítani)

csak  $\ominus$  visszahatás esetén van ott ellenállás



Táp csatlakoztatás



$U_s$ : tápleszűlttség: 15V

$U_B$ : tápan beállítandó szűlttség  $(15 + 0.6V) = 15.6V$   
a földelt emittéves ellenvédő dióda miatt

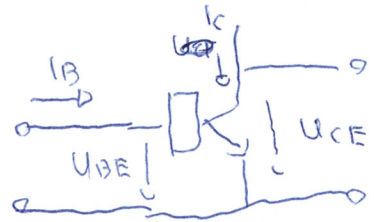
1.2

-> munkaponti szűlttségek mérése:

// csak a tápot adjuk a kioscsolásba

$U_{CE} = 8.76V$

$U_{BE} = 0.667V$



->  $I_c$ ,  $I_B$  és  $\beta$  meghatározása

$I_c = \frac{U_s - U_{CE}}{1.5k} = \frac{15V - 8.76V}{1.5k\Omega} = 4.16mA$

$I_B = \frac{U_s - U_{BE}}{750k} = \frac{15V - 0.667V}{750k} = 19.11\mu A$

$U_{BE} = h_{11} \cdot I_B + h_{12} \cdot U_{CE}$

$\beta = \frac{I_c}{I_B} = 217.69$

$I_c = h_{11} \cdot I_B + h_{21} \cdot U_{CE}$

1.3 1kHz-es sín-os merőjelet adunk a bemenetre

-> oszcilloszkóppal mérni a bemeneti és kimeneti jelet, (frekvenciát és amplitúdót beállítani, hogy ne legyen átistolaás (140mV<sub>eff</sub>, 1kHz) 400mW<sub>PP</sub>)

$h_{11}$  mérése

$I_{BE1} = \frac{U_{BE1} - U_{BE}}{R_B} = \frac{140mV - 25.6mV}{10k} = 11.44\mu A$

A mért szűlttségek és áramok mind effektív értékek

$h_{11} = \frac{U_{BE}}{I_{BE1}} = \frac{25.6mV}{11.44\mu A} = 2.24k\Omega$

$U_{u11} = 0$

↳ AC kimenet 100uF-os kimeneti kondenzátorral a földre kötődik

> kisebb impedancia mint 2M

Lehetséges lenne a DC kimenet rövrre zárása is, de akkor nem működne a kioscsolás (CE rz.)

táp váltóesetén

$h_{21} = \beta$  mérése

- > bemenet ugyanaz a sin jel
- > kimeneti  $100\mu$  kábit kivesszük a kapcsolásból

Mérés:  $\rightarrow$  mérjük

$$I_c = \frac{U_c}{1,5k} = \frac{3,708V}{1,5k} = 2,47mA$$

$$I_B = I_{BE1} = 11,44\mu A // \text{lásd előző feladat}$$

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = 216$$

A mért feszültségek és áramok mind effektív értékek

Fokozat erősítésének mérése

$$A = \frac{U_{ui}}{U_{be}} = \frac{3,698V}{140,5mV} = 28,4$$

stabilizálással:

$$A_u = - \frac{R_c}{r_d} \frac{(1+\beta)r_d}{(1+\beta)r_d + R_b} = 28,68$$

az erősítés egyébként rögzített emitteres kapcsolásnál



Kimenő ellenállás mérése

~~Terh~~ kimeneti feszültséget mérjük

-> Terhelőellenállás nélkül:  $U_{ui} = 3,698V$

-> JP15 jumperrel beiktatott ismert terhelőellenállással

$$U_{uit} = 1,555V$$

$$R_{ui} = R_t \cdot \frac{U_{ui} - U_{uit}}{U_{uit}} = 1k \cdot \frac{3,698V - 1,555V}{1,555V} = 1,378k\Omega$$

Terheltlen erősítő kivezérelhetőségének vizsgálata

$\rightarrow$  ezt igazából be kell állítani, hogy túlvezérlés legyen

-> gerjesztés: 1kHz, 4Vpp háromszögjel

-> oszcilloszkópon vizsgáltuk a kapcsolás bemeneti és kimeneti jeleit

JPON esetben rövidre zárjuk a  $10k\Omega$ -os ellenállást

-> nagyobb feszültség esetén túlvezérlésbe ment az erősítő

-> kisebb feszültség esetén (amikor nincs túlvezérlés) nem szabályosháromszögjelet kaptunk.

Ennek az az oka, hogy a tranzistor belső ellenállása dominál, amely nem lineáris, csak mi közelítettük úgy

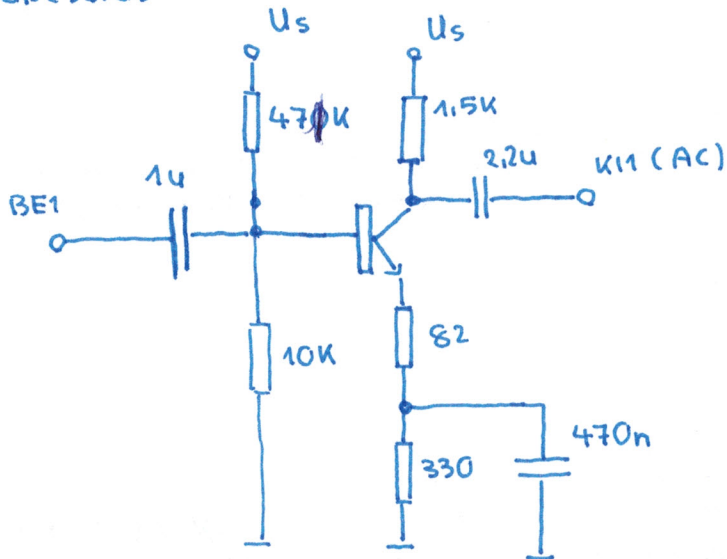
Áramgenerátoros esetben nagyobb a kivezérelhetőség, mivel

az áramerősítési tényező sokkal nagyobb



## 2) Földelt emittelésű alaphajcsolós emittérkövi negatív visszacsatolással

-> kapcsolás



10k-s szoros ellenállás rövidre van záva

-> Bázis, kollektor és emittér potenciáljának mérése

// csak oszcilloszkóppal, csak multiméterrel //

// csak táp van, bemeneti jel nincs //

$$U_C = 8.818V$$

$$U_E = 2.1V$$

$$U_B = 2.793V$$

->  $I_E$  és  $I_C$  kiszámolása

$$I_E = \frac{U_E}{330 + 82} = 5.1mA \quad I_C = \frac{U_S - U_C}{1.5k} = 4.1mA$$

-> sávközépi frekvencia meghatározása

↳ megkeressük azt a frekvenciát, melyen a tevéletlen hajcsolás kimeneti feszültsége maximális, és a fázistolás éppen  $180^\circ$

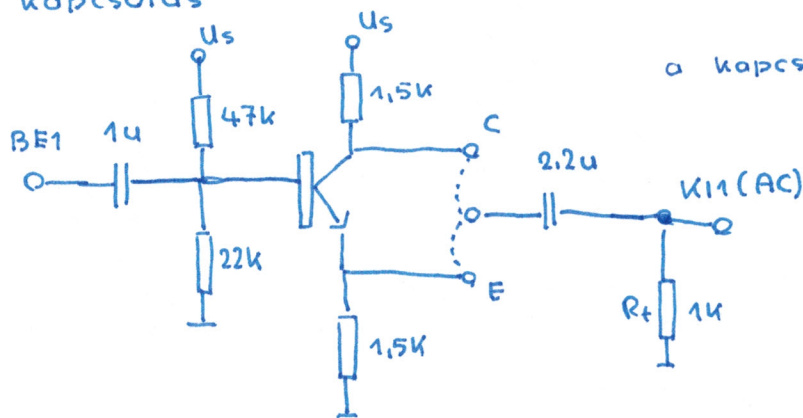
// bemeneti ellenállást rövidre záruuk //

||  
↓  
sávközépi frekvencia,

a hozzá tartozó kimeneti feszültség a 0dB

### 3) Fázishasító kapcsolás vizsgálata

-> kapcsolat



a kapcsolat lényege,  
hogy a kimenetvél azonos  
amplitúdójú,  
(ha  $R_E \times R_{t1} = R_C \times R_{t2}$ )  
és ellentétes fázisú jelek  
venetők ki

-> munkaponti BEC potenciálok mérése

ett követően az munkaponti áramok meghatározása

-> kimeneti jelek vizsgálata a scope-on:

↳ ellentétes fázisú és azonos amplitúdójú jelek

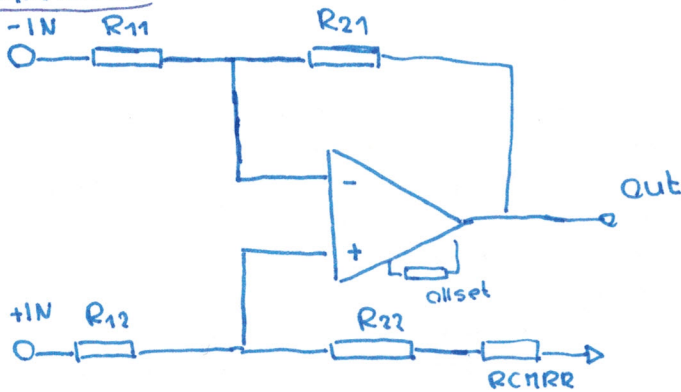
4) Fázishasító kapcsolásból földelt kollektoros  
// emitterkövető // kapcsolást állítunk elő

6. mérés

névgyártó kapcsolások vizsgálata

1) Egyenáramú tulajdonságok vizsgálata

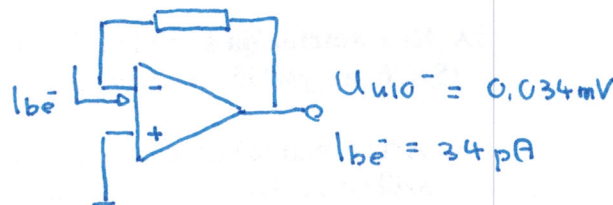
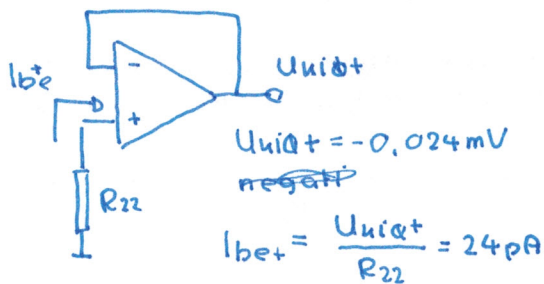
-> kapcsolat



-> Bemeneti offset mérés és kompenzálás

- a) erősítő bemeneteit szabadon hagytuk,  $R_{21}$  és  $R_{22}$  ellenállásokat rövidre zártuk, DC  $\text{mV}$ -mérővel mértük a kimeneti feszültséget, a POFSET potencióméterrel kiállítottuk

- b) kimeneti offsetfeszültség mérése  $R_{21}$  és  $R_{22}$  rövidzárásával



offsetáram:  $I_{offset} = I_{be+} - I_{be-} = -10 \text{ pA}$

- c) bemeneti kapcsokat leoldeltük, és mértük a kimeneti offsetfeszültséget // mérés után POFSET-el nulláztuk

$U_{uio} = -0,750 \text{ mV}$

↳ invertáló bemenetre vedukált offset:  $U_{be-} = -\frac{R_{11}}{R_{21}} \cdot U_{uio} = 7,5 \text{ mV}$

↳ nem invertáló bemenetre  $U_{be+} = U_{uio} \cdot \left(1 + \frac{R_{22}}{R_{11}}\right)^{-1} = -7,42 \text{ mV}$

- d) feszültség-erősítés sávkörépen (10mVp, 1kHz sin)

-> invertáló bemenetre kapcsoltuk a jelet (másikat leoldeltük) és a kimenet fesz. mértük ( $A \approx 100$ )

→ kiverékelhetőség és slew-rate meghatározása

- a) Invertáló bemenetre 20kHz nagyságjellet kapcsolunk, nemrv bemenetet leoldatjuk, majd az erősítőt túlverékeljük

$$U_{bepp} = 3V \Rightarrow U_{uipp} = 26.5V$$

- a kimeneti feszültség lefutásának meredekségét mértük kurzorokkal

$$SR \approx 11 \text{ V}/\mu\text{s}$$

- b)  $U_{ui} = 10V_p$  (7.07 ell) kimenethez tartozó határfrekvencia ( $f_{kv}$ )

$$U_{ui} = \frac{SR}{2\pi \cdot f_{kv}} \Rightarrow f_{kv} = \frac{SR}{2\pi \cdot U_{ui}} \approx 176.3 \text{ kHz} \quad \left( A \sin(2\pi f_{kv} t) \right)' \leq SR$$

amplitúdóval kell számolni

- c) A bemenetre  $f_{kv} (= 176.3 \text{ kHz})$  frekvenciájú sín jellet adunk. A bemeneti jel amplitúdóját úgy állítjuk, hogy a kimeneten 10V<sub>p</sub> feszültség legyen (oszilloszkóppal mértük). A bemeneti és kimeneti jel alapján meghatároztuk az erősítést:

$$A \approx 11$$

ez a feszültségerősítés jóval kisebb, mint az 1. feladatban kapott 100-as körüli érték.

Ennek oka, hogy már túl vagyunk a ~~-3dB~~ a tövésponti frekvencián.



## 2) Dinamikus tulajdonságok vizsgálata

Bode diagramok méréséhez és ábrázolásához OSC-Bode programot használtunk

### a) Invertáló erősítő Bode diagramjának mérése

- > szingén kimenetet az invertáló bemenetve kapcsoltuk, a másikat leföldeltük
- > oszcilloszkóppal mértük a bemeneti és kimeneti feszültség pp értékeit.
  - ↳ a szingén amplitúdót úgy állítottuk be, hogy 1kHz frekvencián 20Vpp kimeneti feszültséget mérjünk
- > frekvencia folyamatos változtatásával 1Hz - 10MHz tartományban 1-2-5-10 lépésekben az erősítést és latistoidst

### b) közös módosú feszültség erősítés mérése

- > összeköttöttük az invertáló és nem invertáló bemenetet, majd 3V<sub>eff</sub>, 10Hz-es sín jelet kapcsoltunk rá
- > mértük a bemeneti jelet, kimeneti jelet és latistoidst
- > PCNR mérővel minimális közös módosú feszültség erősítést állítottunk be, úgy, hogy a közös módosú erősítés minimális legyen. ( $A = 1,71 \cdot 10^{-4} \text{ V/V}$ ) odatolt.
- > Ezután felvettük a Bode diagramot az előző feladathoz hasonlóan.

### c) Neminvertáló erősítő Bode-diagramja

- > invertáló esethez hasonló

## 3) Visszacsatolt erősítő transziens vizsgálata

- > 3Vp mérőjelet használtunk
- > a kapcsoló 20x erősítő állása mellett a Cx kompenzáló kapacitással túllövésmentes átvitelt állítottunk be
- > kapcsoló különböző állásaiban különböző túllövés volt, mindegyik esetben szükség volt kompenzálásra

## 7. mérés

### AD és DA átalakítók vizsgálata

12 bites, 2.5 referenciatesztésű, ideálisnak vehető unipoláris átalakító LSB-je:

$$\text{LSB} = \frac{2,5}{2^{12} - 1} = 0,6105 \text{ mV}$$

Az LSB ismeretében pedig

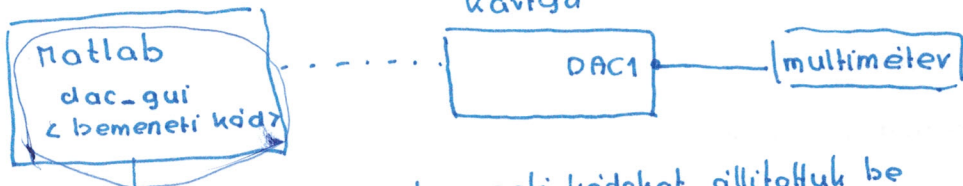
tetszőleges Din kódhoz  $U_{ki} = \text{LSB} \cdot (\text{Din})$  kimeneti tesztés tartozna ideális esetben

1) // táblázatot kitölteni

2) DA átalakító statikus jellemzőinek mérése

a) → mérési összeállítás

állsethiba és erősítés hiba mérése



↳ 0 és 4095 bemeneti kódokat állítottuk be

→ mértük a 0 és 4095 bemenetekhez tartozó kimeneti tesztést, abból pedig számoltunk LSB-t és állsetet

↳ állset = 8,939 mV

↳ LSB = 0,608 mV

a számított LSB kisebb mint a valódi, mivel van állset, másvezt a kimenet lesz nem éri el a 2.5V-ot

b) INL meghatározása

→ jeltartományban egyenletesen elosztott bemenetekhez vizsgáltuk a mért és illesztett karakterisztika alapján kapott kimenetek közötti eltérést

→ `doc_gui DC OUTPUT (automatic)`  
`[0 : 128 : 4095] dacin`

→ GPIB interfelészen keresztül össze van kötve a multiméter a számítógéppel, így a multiméter által mért értékeket tudjuk tárolni és kezelni Matlabban

→ egyenes illesztést végző Matlab kód:

>> `allset = dacout(1);`

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

>> `illesztett = dacin * lsb + allset;`

>> `plot(dacin, illesztett, 'v', dacin, dacout, 'g')`

→ INL ábrázolása

>> `inl = (dacout - illesztett) / lsb;`

>> `plot(dacin, inl);`

Mérési tapasztalatok  
- hrs kódzavarnál ( $U_{ki}$ ) nagyobb hibát okoz a műszerek pontatlanság

- DAC1 kimeneti (akaratlan) "bűvös" érték okoz némi késteltetést, ezért az elején meguvrik az INL

### c) DNL meghatározása

-> dac\_gui DC OUTPUT (automatic) mód

-> mérhető használt vektorok

$$\text{dacin0} = [0:256:4095, 4094]; \Rightarrow \text{dacout0}$$

$$\text{dacin1} = [0:256:4097]; \Rightarrow \text{dacout1}$$

$$\rightarrow \gg \text{lsb} = (\text{dacout1}(\text{end}) - \text{dacout0}(1)) / 4095;$$

$$\rightarrow \gg \text{dnl} = (\text{dacout1} - \text{dacout0} - \text{lsb}) / \text{lsb};$$

$$\rightarrow \gg \text{plot}(\text{dacin0}, \text{dnl});$$

### 3) DA átalakító beállási idejének és glitch területének meghatározása.

a) Beállási idő mérese  $0 \rightarrow 2^N - 1$  bemenetig  
"törlendő" ugrás esetén

-> dac\_gui square waveben beállítjuk az ugrást  
a  $K$  bemeneti kódot megadva a hozzá tartozó  
kimeneti feszültségre ( $K = 4095$ )

-> DAC1 kimeneti feszültségét mértük oszcilloszkóppal  
pontos mérés nem volt kivitelezhető, mivel a  
 $\pm 0.5\text{LSB}$  sávot nem tudtuk mérni

-> kurzorokkal mértük a közelítő értéket  $\approx 11.5\mu\text{s}$ -ot kaptunk

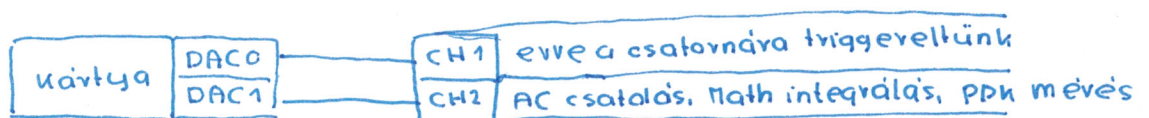
Megfigyelés:  $K = 1023$  ugrásra kisebb lett a beállási idő

b) Glitch energia mérese

-> 0111...1000...átmenet

-> dac\_gui Glitch használata

->



glitch  $\sim 9.5\text{nsV}$

adatlap szerint tipikusan  $10\text{nsV}$

8. mérés

~~Analog társzámítógépes vizsgálatok~~

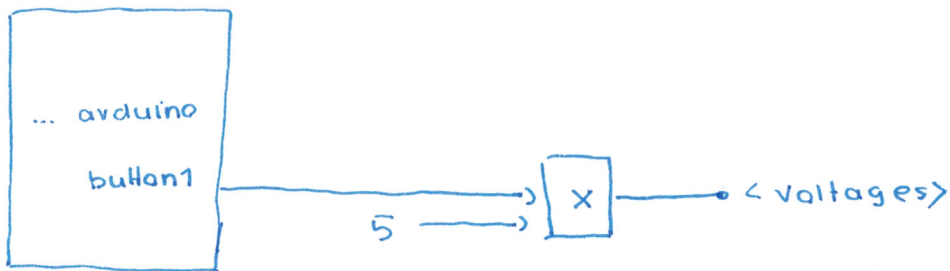
Rendszervizsgálatok és szabályozás

1) Ismeretlen lineáris rendszer azonosítása és szabályozása állapotfőképpeli módszerekkel

a) szakasz analízise

-> rendszer azonosítás. m.k. első szubszisztemének feltételezése. Ekkor automatikusan megnyílik a simulink modell.

-> szakasz bemenetére konstans 5V, external módu feltételezés



-> a fejlesztői kártyán lévő gombot lenyomva megjelenik az 5V-os ugrás.

||  
a kapott ábrán a kezdeti és végpontot kiválasztva vizsgáljuk egy egységugrásra kapott választ



erősen feltüntetjük a számoláshoz szükséges adatokat ( $v(0)$ ,  $v(\infty)$ ,  $v_{max}$ , és a hozzájuk tartozó  $t$  értékek)

->  $v_{in} = 112.9$   
 $v_0 = 0$   
 $v_{max} = 127.6$

erősítés:  $k = \frac{v_{in}}{5V}$

túllövés:  $\Delta v = \frac{v_{max} - v_{in}}{v_{in}} = 0.13 = 13\%$

Kétfázisú tagot feltételezve

$\Delta v = e^{-\frac{\pi \zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \Rightarrow \zeta \approx 0.55$

$T_m = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-\zeta^2}} \Rightarrow T_m$  - et a címkekkal mértük

$T_{mintavételi} = \frac{0.2}{\omega_0}$

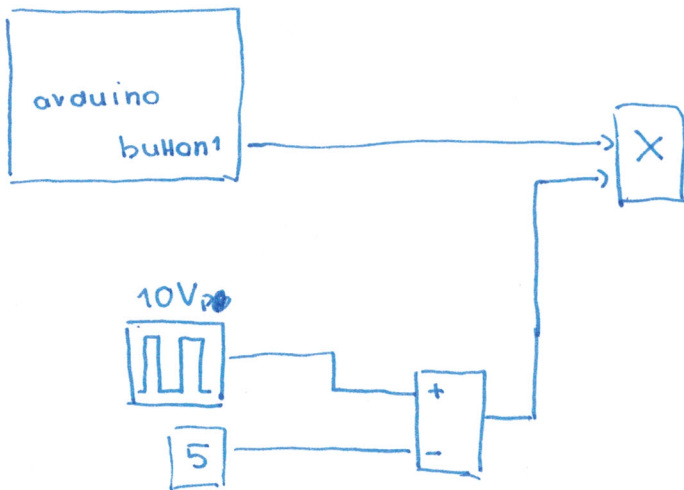
-> ökölszab.

( $v_{max}$ hoz tartozó idő)

< 10ms idő, ezért lényegesen nem ayarsítható



b) Bemenő jel generálás identifikációhoz



10V amplitúdójú impulzusból konstans 5V-ot levonva  
 -5V...+5V bemenő jelet kapunk.

c) Adatgyűjtés a szakasz identifikációjához

- > identifikációhoz.xls (external mód)
- > T<sub>vezdo</sub> és T<sub>veg</sub> kiválasztása a gyűjtött adatokban
- > Identifikáció System identification app segítségével
- > polinomiális modellek illesztése

- ↳ melyik illik a legjobban a gyűjtött adatok alapján a szakaszhoz
- ↳ van folyamatos idejű megfelelője?  
 // nincsen páratlan multiplicitású tisztán valószínű negatív pólus //

!!  
 legjobban az OE [331] ~~változat~~ illeszkedik a szakaszhoz

!!  
 ehhez irányíthatóság és megfigyelhetőség vizsgálata

- ↳  $\pi_C = ctvb$  (Phi, Gamma)
  - ↳  $\pi_O = obsv$  (Phi, C)
- } • rank utasítással ellenőrizhető, hogy a mátrix rangja maximális-e

↳ folyamatos időben megválasztjuk a zárt rendszer pólusait:

- ↳ legyenek tisztán valósak, hogy ne legyenek komplex lengőtagok
- ↳ minnél gyorsabbak legyenek // viszont korábban megállapítottuk, hogy a rendszer nem gyorsítható jelentős mértékben //
- ↳ megfigyelő pólusok legyenek még gyorsabbak

$$s \Rightarrow z = e^{s \cdot T}$$

-> előállított zavt szabályozási kör vizsgálat  
stimulációja

↳ Megfelel a ~~kor~~ specifikált követelményeknek?

---

d) Real-time működés

-> szabályozáshoz. x1s

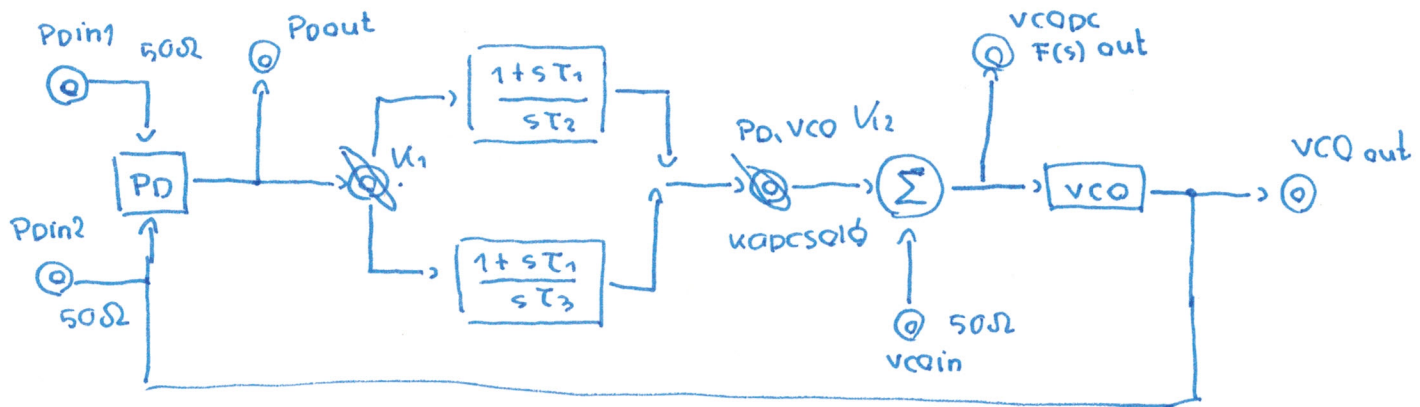
Real-time 3-féle működés különíthető el

- 1) a körfrekvencia a határértékkel nem tud beállni.
- 2) nagyon kis alappel esetén a sűrűség miatt nem tudja követni a rendszert az alapjellet
- 3) közeles értékkel jól működik, a tranziensek során lecsengenek

# 9. mérés

## Analog látszást hurok vizsgálata

Testpanel



csatlakoztatandó jelek

- PDin<sub>1,2</sub>: → 2V<sub>pp</sub> sin jel
- frekvencia: 75... 105 kHz
- AC leválasztás

- VCOin: → 1V<sub>pp</sub> négyzetjel
- frekvencia: 100 kHz
- AC leválasztás

Kapcsolók:

K<sub>1</sub>: → alkalmazandó hurokstűrőt választhatjuk

K<sub>2</sub>: → háromállású kapcsoló

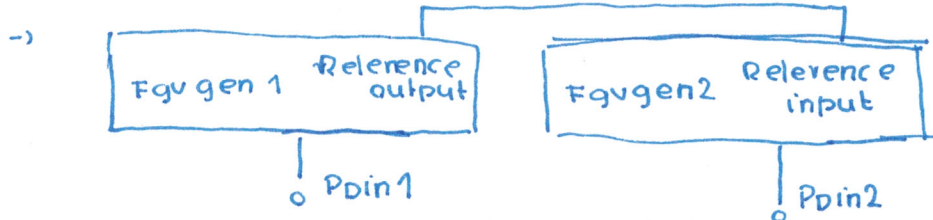
• Felsőállás: hurok bontása, az egyes elemeket külön-külön vizsgálhatjuk

Középső állás: VCO szabadon futó frekvenciáját mérhetjük

Alsó állás: hurok zárása, lehetővé teszi a PLL méréset

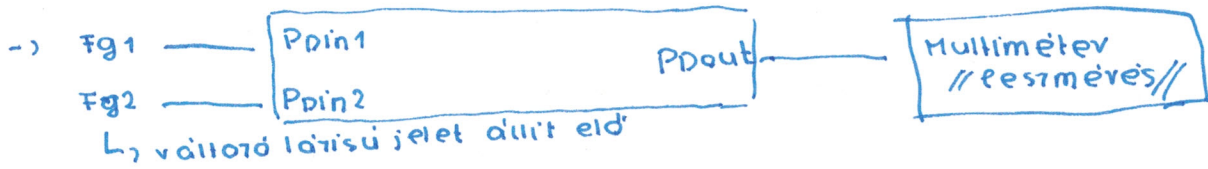
Függvénygenerátorok szinkronizálása

összekötés ellenőrzés



- 90 kHz, 2V<sub>pp</sub> sin jel beállítása mindkét generátoron
- Fgven2 beállítása: Utility → Adjust phase
- // láts beállítása, hogy ne legyen látskülönbség
- ↳ oszcilloszkóppal ellenőrizendő
- set 0 phase (Fg2)
- 90° beállítás (Fg2), majd set 0 phase ⇒ egyik generátor sin, másik cos jelet állít elő

## 1) PD karakterisztika felvétele



→ K<sub>2</sub>-vel bontani kell a hurkot (első állás)

→ Fg2-n -180° → 180°-ig kell a látást állítani 10°-os lépésközzel

$$P_{out} \sim \varphi_e = -\varphi_2$$

→ a kapott adatokat táblázatos formában rögzítjük, elmentjük pl. pd.txt néven

Meredekség meghatározása:

→ kis (<45°) szögek esetén a karakterisztika lineárisnak tekinthető:

$$U_{PD} = K_d \cdot \varphi_e$$

→ választunk egy  $\varphi$  szöget az adott tartományban ( $|\varphi| < 45^\circ$ )

$$K_d [V/\circ] = \frac{U_{PD}(\varphi) - U_{PD}(-\varphi)}{\varphi - (-\varphi)} \Rightarrow K_d [V/rad]$$

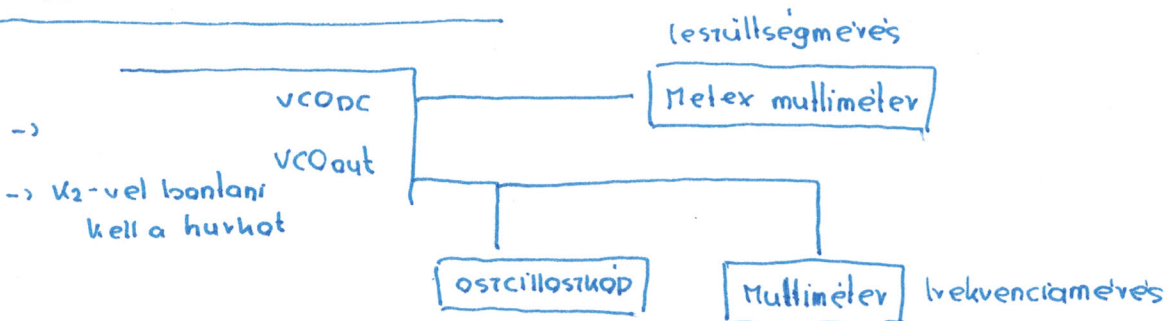
PD kirajzolás Matlabbal

```
>> load pd.txt
>> UpD = PD(:, 1);
>> Theta_e = PD(:, 2);
>> plot(Theta_e, UpD);
// vács, feliratok, stb...
```

Tapasztalatok:

- sin jellegű karakterisztika a vártnak megfelelően
- K<sub>d</sub> a karakterisztika meredeksége a munkapont környékén

## 2) VCO karakterisztika felvétele



→ VCO<sub>in</sub> adó potméterrel

állítjuk a VCO-ra kerülő feszültség értékét  
 // löggéngenerátorra nincs szükség

→ Matlabbal feldolgozás: lásd előző feladat ⇒ lineáris karakterisztika

$$K_v = \frac{U_{max} - U_{min}}{\Delta f} \approx 1 \frac{kHz}{V}$$

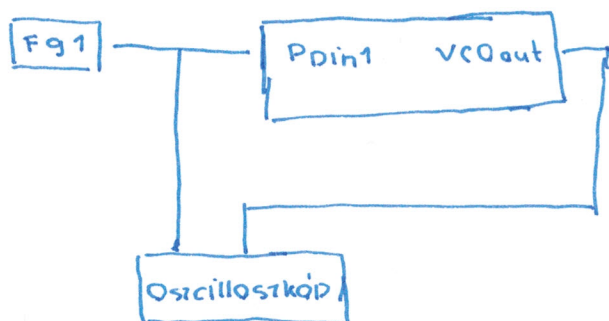


### 3) VCO stabilitású frekvenciájának mérése

- > zérus bemeneti feszültséghez tartozó frekvencia
- >  $K_2$  kapcsolót középső állásba kapcsoljuk
- > VCO out kimeneten mérjük a frekvenciát, az lesz a stabilitású frekvencia

!!  
a kapott frekvenciát érdemes összevetni a VCO karakterisztikában mért adatok közül valamely zérushoz közeli feszültségértékkel

### 4) Belső táplománnyal felvétele



$K_1$  elsőállásban,  $K_2$  alsóállásban

-> frekvencia változtatása: a ~~10~~ ahol 0

↳ 90 → 78 kHz

↳ 90 → 102 kHz

} - oscilloskóppal figyeljük, hogy a két jel szinkronban legyen, és a látiskülönbség legyen 90°

- XY mód, Lissajou-görbe: szabályos kör

### 5) Követési táplománnyal felvétele

- > ~~10~~ mérési elrendezés ugyanaz mint az előző esetben
- > azt mérjük oscilloskópon, hogy a bemeneti és kimeneti jel mikor esik ki a szinkronból

### 6) APLL zárt hurkú átvitelének vizsgálata

-> ez simpa matematika

↳ hurokszűrő átviteli függvénye

↳ hurokerősítés:  $G(s) = K_d \cdot F(s) \cdot \frac{K_v}{s}$

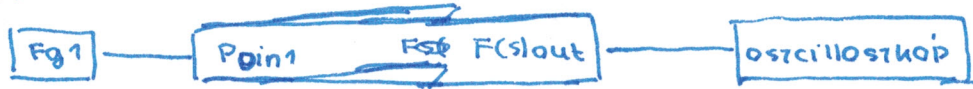
↳ zárt hurkú átviteli függvény:  $H(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$

↳ hibafüggvény:  $1 - H(s)$

## 7) Digitális FSK demodulátor

a) Mévés kislöketű FSK esetén

-> mérési elvanderés



-> bemenet

↳ Fg:

- $50\Omega$  R<sub>ki</sub>
- 90 kHz
- 2V<sub>pp</sub> } sin

+  
FSK moduláció

- FSK Rate: 200 Hz // moduláló frekvencia
- Hop Freq: 92 kHz // frekvenciaugrás

a demodulált jelet oscilloskóppal mértük

b) nagylöketű FSK esetén

-> mérési elvanderés, bemeneti paraméterek:  
lásd előző feladat

-> Hop Freq: 97 kHz

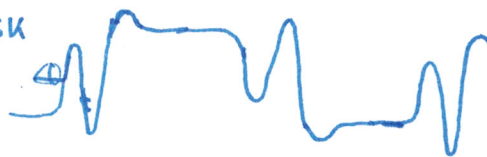
Eredmények:

-> kis löketű FSK



jól megfigyelhetők  
a magas és alacsony  
frekvenciához tartozó értékek

-> nagy löketű FSK

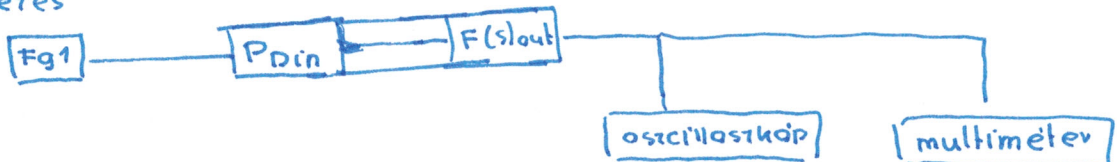


nagy löket miatt hirtelen  
megjelent egy nagyobb frek.  
jel az egyik bemeneten, ami  
nagyobb társkülönbséget okozott  
a PD bemeneten, egy az  
kiesett a lineáris tartományból.

A PLL az időállandó miatt ezt csak  
kevesebb kompenzálta

## 8) Analóg FM demodulátor megvalósítása, demodulátor karakterisztikájának felvétele

-> elvanderés



-> bemenetek

↳ Fg1:

- $R_{ki} = 50\Omega$
- $2V_{pp}$ ,  $90kHz$  sinejel

FM modulátor:

- jelalak: sin
- moduláló frekvencia: 100Hz
- löket: 1 kHz

multiméter  
tesztcsőméres  
dB felváltó gombbal  
0 dB-be állítjuk

-> mit mérünk?

- az Fg1-en  $100Hz$ -tól  $6,1kHz$ ig változtatjuk a moduláló jel frekvenciáját  $200Hz$ -es lépésközzel
- ~~kezd~~ mérjük és táblázatos formában lejegyezzük a kimeneti tesztcsőméret és frekvenciát  
// feldolgozás és ábrázolás Matlabbal //  
felvesszük az FM demodulátor karakterisztikáját
- $-3dB$ -nek megfelelő pont mérése
- meghatározandó az a pont, ahol a demodulátor karakterisztikája maximális.

10. mérés

900 MHz-es FSU adóátviteli bevezetés mérése

Néhány egyszerű összefüggés

0 bit  $\rightarrow P_0$   $\rightarrow$  levekvenciók:  $P_{DEV} = \frac{P_0 - P_1}{2}$   
 1 bit  $\rightarrow P_1$   $\rightarrow$  vivőfrekvencia:  $P_C = \frac{P_0 + P_1}{2}$

dBm: 1mW-ra vonatkoztatott jelteljesítmény dB skála

1) Az új műszer birtokbavétele

a) RF jelgenerátoron beállítottunk

- $\rightarrow$  1 MHz
- $\rightarrow$  0 dBm szintű
- $\rightarrow$  AM (modulációs frekv: 10 kHz, index 10%)

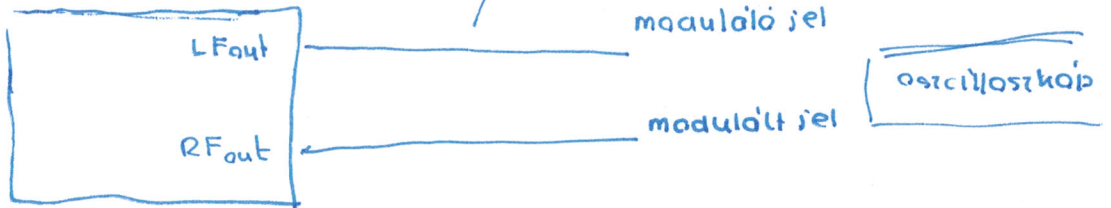
a) kimeneti jelet oszcilloszkóppal vizsgáltuk időtartományban

b)

Különböző jellarmák előállítás

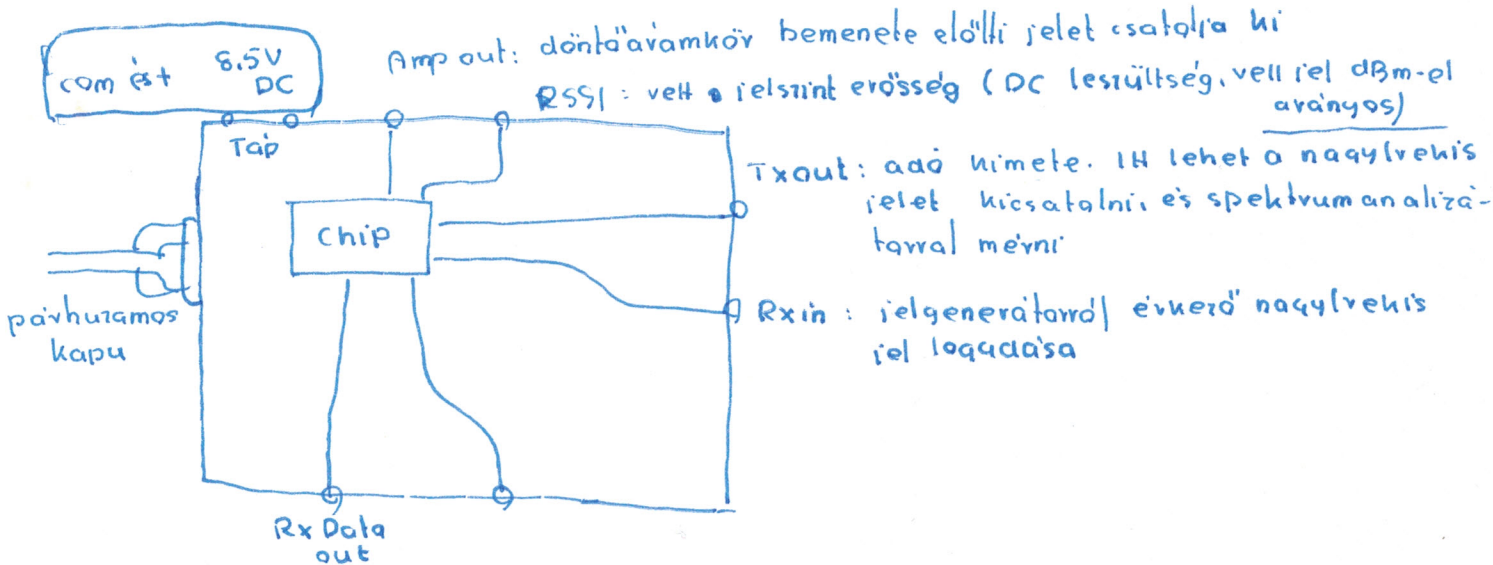
- $\rightarrow$  PRESET gomb lenyomása
- $\rightarrow$  AM és FM jelek beállítása

LFout gomb, engedélyezés, amplitúdó beállítás erre triggerelünk



c) AM jel spektrumának vizsgálata

Fejlesztői kártya



Amp out: döntőáramkör bemenete előtti jelet csatolja ki  
 RSSI: vett jeletint erősség (DC feszültség, kell jel dBm-el arányos)

Txout: adó kimenet. Itt lehet a nagyfrekv. jelet kicsatolni és spektrumanalízissal mérni  
 Rxin: jelgenerátorral ékező nagyfrekv. jel loquása

- $\rightarrow$  döntőáramkör kimenetén lévő jelet csatolja ki
- $\rightarrow$  lényegében a visszaállított hullámforma



## PC vezetői felület

-> TRF 6900 segédprogram

// labov2 mappa //

help alakba 2 klikk: grafikus felület // funkcionális blokk

↳ adó oldal: Power Amp, PLL, VCO

↳ vevő oldal: PLL, VCO + többi blokk kivéve powerAmp

Fehete blokkok inaktívak

-> funkciók:

↳ Desire (req: generálandó frekvencia beállítás)

↳ Send word (F12): kód küldés

↳ a program állítja elő a bemeneti adatok alapján

↳ PLL modulation options (grafikus felületen található)

- adó oldalhoz tartozó modulációs paraméterek

DV regiszterben a löket beállítása

A löket a Delta Fout lele

## 2) AM jel spektrumának vizsgálata spektrumanalízátorral

-> különböző ~~jelek~~ szűrőparaméterek és span mellett vizsgáltuk az AM modulált jelet

-> span: span gomb

-> szűrők: BW/AVG, majd soltkeyekkel kiválasztottuk a megfelelő szűrőt

-> peak search: csúskeresés

## 3) FSK adóegység vizsgálata

-> javasolt beállítások

↳ 8,5V Dc táp (csak ⊕ és com kell)

↳ Desired freq = 915,199921 MHz

↳ span: 200 kHz

↳ RBW: 1 kHz

↳ VBW: 30 Hz

-> board kimenetét csatlakoztattuk a spektrumanalízátorhoz, a megfelelő kódszót elküldtük

↳ Tapasztalat: az oszcillátor hibája miatt nem a beállított frekvenciát mérjük pontatlansága

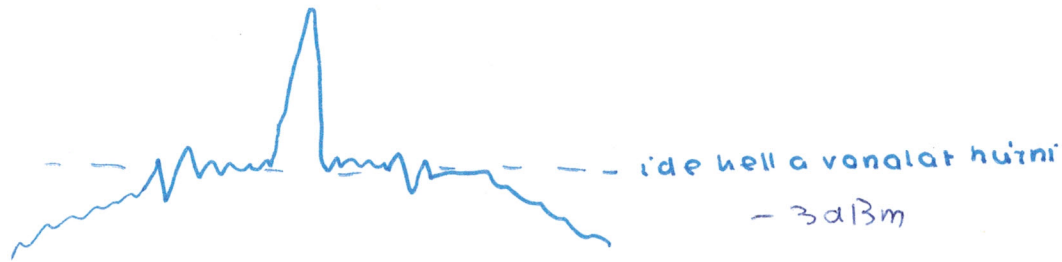
↳ a vezetői programban kompenzáltuk az ~~erre~~ hibát stényleges -  $f$  beállított értékekkel

↳ a mért érték 0,1 ... 0,2 dBm-el zérus alatt volt a teljesítményre (peak search)

#### 4) Spektrum alapján

beállítjuk meg a PLL zait hirtű sávzélesseget

- > Display gomb, display line softkey
- > jelalakhoz viszonyítva kell megadni



gomb

- > Navkey ~~menü~~ -> delta navkey: ~~sz~~ frekvenciákhoz kiválasztani tudunk állítani

#### 5) Adóegység vizsgálata nagyfokú FSK esetén

-> PLL/Modulation options

DVC=1, a többitérus  $\Rightarrow$  50 kHz frekvenciakövet

-> send words-at uyanugy el kell küldeni

Tapasztalat: két csúcsot látunk,

az  $f_0$  és  $f_1$  frekvencián.

a csúcsok közötti távolság  $2 \cdot 50 = 100$  kHz

FSK esetén a sávzélesség:

-> Carson összefüggés:  $B = 2 \cdot (f_D + B_m) \approx 100$  kHz

$f_D$ : frekvenciakövet, 50 kHz

$B_m$ : moduláló jel sávzélessége (10 kHz)

-> a spektrumban a két csúcs távolsága

#### 6) FSK vevőegység vizsgálata

-> blokkdiagram:

- ↳ PA lekete
- ↳ LNA élénkpiros
- ↳ többi az legyen zöld

-> RF jelgenerátor a board Rxin bemenetére kapcsoljuk

↳ 915,2 MHz

↳ -50 dBm teljesítmény

↳ belső FSK moduláció / belső FM négyesűggyel moduláló jellel

↳ moduláló frekvencia 10 kHz

↳  $f_D = 50$  kHz

Felső kéverés:  $915,2 + 10,7 = 925,9$  MHz

↳ RF: 10,7 MHz

vevő bemeneten a jel:  $-50 - 30 = -80$  dBm

vagy Txdata on all

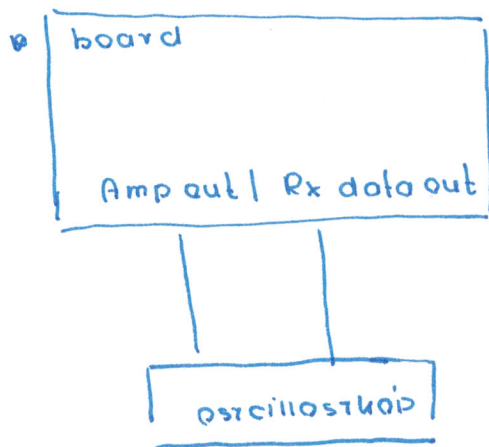
WireTrace -> MaxHold

FSK test mérése a

Guiban

7) Döntő áramkör

bemeneti (Amp-out) és  
kimeneti (Rx data out) jelének vizsgálata



8) RSSI mérés

-> FSU 011

-> -40 dB<sub>m</sub> és -70 dB<sub>m</sub> értékekhez tartozó kimenet

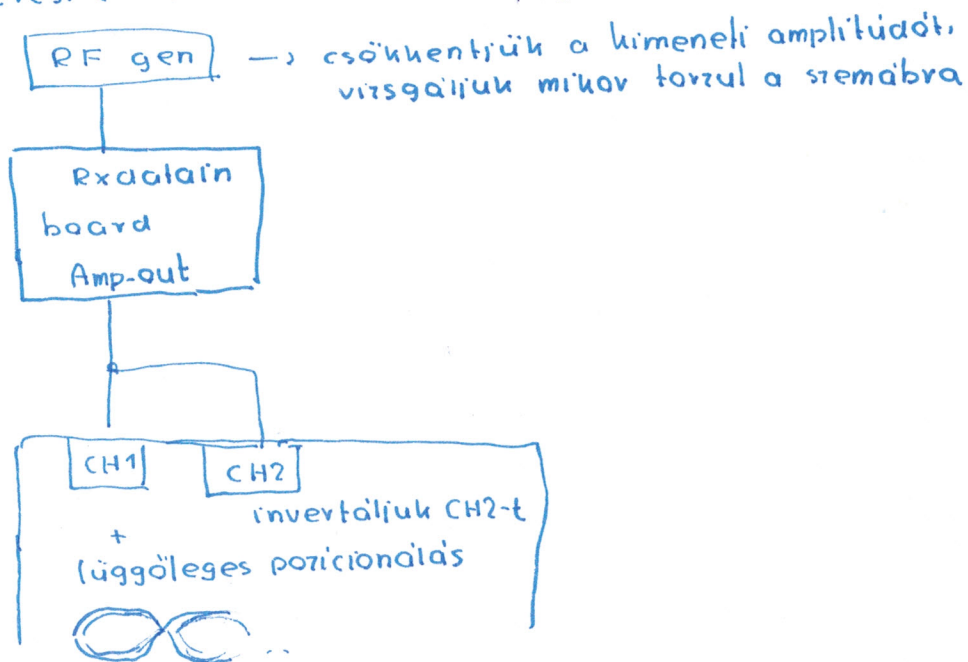
↓                      ↓  
1,446V                0,914V

$$\text{mérés} = \frac{1,446 - 0,917}{30} = 17,7 \frac{\text{mV}}{\text{dBm}}$$

9) Sémára jellegű hullámforma felvétel

-> milyen jelet adja ki?? Tippre FSU modulát jel kell!!  
-> mérési elrendezés

Moduláció

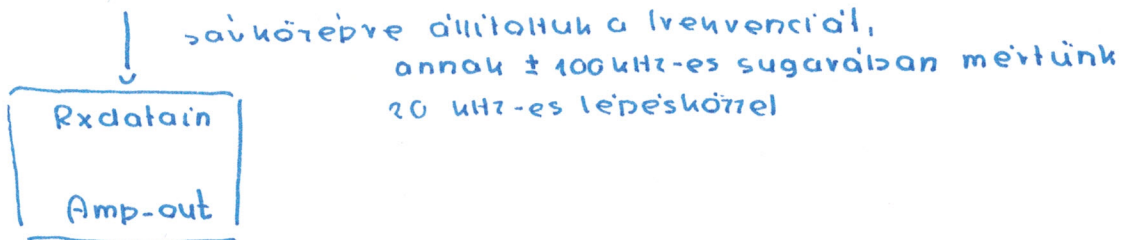


ehhez hasonló ábrát kell kapni

10) Frekvencia diszkriminátor  
karakterisztikájának felvétele

// ~~erős és gyenge jel~~

RF: modulálatlan, -3 dBm jel



Ha ábrátoljuk azt kapjuk, hogy a beállított sávközön a karakterisztika lineáris

Mérési eredmények ábrázolása

→ "tizedesvessző" ⇒ tizedespont

→ insert → charts → scatter

↳ pont diagram

↳ NEM STABAD vonaldiagrammal összekötni

// Line ábrázolási mód

↳ szükség egyenes illesztendő



At last at least

11. mérés: Logikai vezérlők alkalmazástechnikája

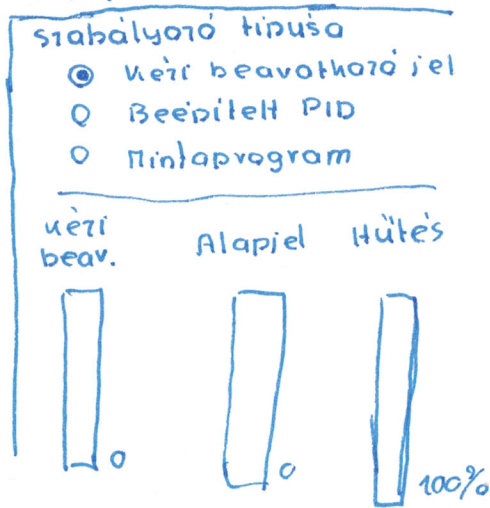
1) Mérés környezeti megismerése

2) Rendszerkomponensek egyedi és integrált alaptervezése,

termikus folyamat távműködtetése

a) Nulla lütes és 100% hűtés mellett mértük a kimeneti hőmérsékletet

-> TIA portálon kézi beavatkozást állítottunk be



b) "Hőmérséklet magas" esemény vizsgálata

-> kézi beavatkozást növeltük és hűtést csökkentettük egészen addig, amíg a tranzistor hőmérséklete 80°C lett

-> ehkor a

↳ lütes kikapcsolt

↳ kimeneti hőmérséklet elkezdett csökkenni

↳ nyugta pirosan világít,

amíg nem nyomjuk meg, addig nincs lütes

Nyugtázás után a folyamat ismét elindul

a stimuláció alapján a túlmelegedés vezérlése megkezdőd

c) "Mérésvezető" által megadott munkaponti adatok

->  $U = 16V$

-> Hűtés: 70% hűtési tényező

ha a hűtést csökkentjük, a hőmérséklet kis mértékben emelkedik

d) kivételes tartomány meghatározása

↳ lütes évték azon tartományát kell meghatározni, amelyre a lüteskapcsolás még nem kapcsol be

// 70%-os hűtés mellett

## Összetettebb programozási feladatok

```
OUT0 := ("Process". U-MAN > 1.11);  
OUT1 := ("Process". U-MAN > 2.22);  
OUT2 := ("Process". U-MAN > 3.33);  
OUT3 := ("Process". U-MAN > 4.44);  
OUT4 := ("Process". U-MAN > 5.55);  
OUT5 := ("Process". U-MAN > 6.66);  
OUT6 := ("Process". U-MAN > 7.77);  
OUT7 := ("Process". U-MAN > 8.88);  
  
"Process". U := "Process". U-MAN;
```

Kombinációs logika:  
a beavatkozással aványosan  
1 - el több led világít

megjegyzés:

OUT0...7-ve egyidejűleg is  
hívhatóakunk  
az OUTPUT változóval

## LED színtelős projekt

```
VAR TEMP // ne legyen Temp, ennek semmi értelme,  
    Led: BYTE;      // mert akkor mindig 0 lesz
```

```
END-VAR
```

```
IF Led = 0  
    Led = 1;
```

```
IF "Process". U-MAN > 10 THEN  
    Led := Led * 2;  
END-IF
```

```
IF Led = 0 THEN  
    Led = 1;  
END-IF
```

```
"Process". U = "Process". U-MAN;  
"OUTPUT" := Led;
```

### 3) Termikus folyamat paramétereinek meghatározása

- > állandósult munkaponti értékek mellett elindítottuk az adatgyűjtést
- > a bemeneti (ütemi) feszültséget 2V-tal növeltük // 2V egységugrás //
- > ha beállt a folyamat (néhány perccel később) adatmentés vége

#### -> Feldolgozás Matlabban:

```
>> Ts = 1;  
>> data = csvread('PLCmeres.csv', 1, 1, 0);  
>> t = data(:, 1); % 1. oszlop  
>> y = data(:, 2); % 2. oszlop  
>> u = data(:, 3);  
%e többi oszlopot is kiragyújtjuk
```

```
>> plot(t, y);
```

```
>> title('Hőmérséklet ugrásválaszta');
```

```
>> % legend, grid on, label... %
```

#### -> Rendszer átviteli függvénye egytárolós tagot feltételezve

↳  $\tau$  és  $K$  meghatározása a mért adatokból

### 4) Egyszervű programozási feladat

beavatkozási és hőmérséklet kapcsolata (#Pov6-ban van T)

$$T = 5 \cdot (U - 1.6V) + 37.6^\circ C \Rightarrow U = 0.2 \cdot (T - 37.6^\circ C) + 1.6V$$

munkaponti adatok

~~#Pov6 = 50;~~

```
"Process". U_MAN := 0.2 * (#Pov6 - 37.6) + 1.6;
```

```
"Process". U := "Process". U-man;
```