Mérési Jegyzőkönyv

|  |  |
| --- | --- |
| A mérés tárgya: | **Mérőerősítő kapcsolások vizsgálata** (6. mérés) |

Felhasznált eszközök

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Oszcilloszkóp (DC - 100MHz) | Agilent 54622A |  |
| Kettős tápegység (±10 V...±20 V) | Agilent E3631A |  |
| Függvénygenerátor | Agilent 33220A |  |
| Digitális multiméter (6½ digit) | Agilent 33401A |  |
| Ellenállás dekád | 1 - 1000 Ohm |  |

Mérési feladatok

1. **Egyenáramú tulajdonságok vizsgálata**



Mérőkapcsolás

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

* Színkód alapján határozza meg az ellenállások névértékét és toleranciáját.

**R11= 10 kΩ 1% R21=** 1 **MΩ** 1%

**R12=** 10 **kΩ 1% R22= 1 MΩ 1%**

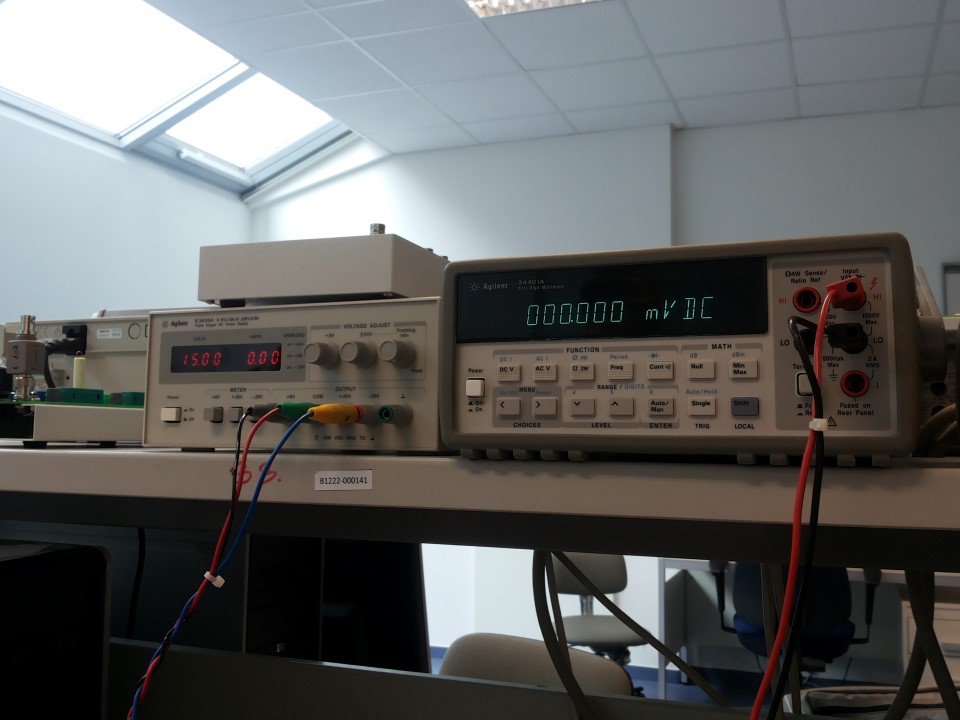
* Az erősítő bemeneteit hagyja szabadon, zárja rövidre az **R21** és az **R22** ellenállásokat, és **DC mV**- mérővel mérje meg az erősítő kimeneti feszültségét, majd a **POFSET** potenciométerrel nullázza ki.

Az erősítő kimeneti feszültsége: 0.22mV volt, ezt a POFSET potenciométerrel kinulláztuk.

(Uki = 0,5 uV –ot sikerült elérni.)

Kicsi pöcök a kék műanyagon, ne a lenti potit tekergesd! kell hozzá szerszám is: vékony csavarhúzó





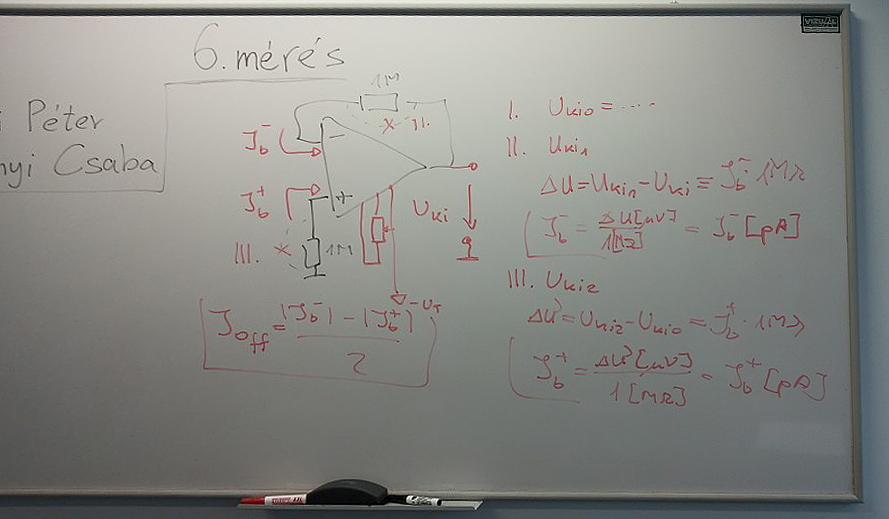
* Az **R21** majd az **R22** ellenállások rövidzárását megbontva mérje meg és **számítsa ki** a műveleti erősítő **Ibe+** és az **Ibe-** bemeneti áramait és az **Io** ofset áramot.

Uki01: feszültségkövető kapcsoláskor a kimeneten mért feszültség (=0V), R21 és R21 rövidzár

Uki1: R21 1Mohm, rövidzárat kivettük, R22 rövidzár. Így mértük a kimenetet. mivel az erősítő neminvertáló (és ezért az invertáló) bemenetén virtuális földpont van, ezért R21-en Ib- = (Uki1-Uki01)/R21 áram folyik.

Uki02: ismét lemérjük rövidzárakkal a kimenetet, mert biztosan elmászott..

Uki2: R22 1Mohm, rövidzár kivéve, R21 rövidzár. Most a kimenet egyenlő az invertáló bemenet potenciáljával, tehát R22-n Ib+ =(Uki2-Uki02)/R22 áram folyik.



Mért értékek:

Uki01 = +0,5uV

Uki1 = +40,5uV

Uki02= -4uV

Uki2 = -44uV

Ib- =(Uki1-Uki01)/R21

Ib+ =(Uki2-Uki02)/R22

A műveleti erősítő bemeneti áramai: Ibe+ = +40 pA (befelé folyik)

Ibe- = +40 pA (befelé folyik)

A műveleti erősítő ofszet árama: Io=(|Ib-|-|Ib+|)/2 = 0 pA

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

A jelenlegi ellenállásértékekkel az erősítőnk 100x-os erősítést valósít meg, vagyis a kimeneti ofszetet ezzel kell leosztani.

HINT: Érdemes minél rövidebb kábellel összekötni a bemeneteket, különben bizonytalan lesz a mérés (olyan mintha egy hatalmas antennát csinálnánk ami önmagával gerjed)



Mért és számított eredmények

Uki0 = -360uV

U+be0 = 3.56uV

U-be0 = -3.56uV

**1.2. Ofszet feszültség tápfeszültség függése**

* Szimmetrikusan ill. aszimmetrikusan változtassa meg kb**. ±20%-**kal a tápfeszültségeket, és mérje a kimeneti feszültségeket:

HINT:

**Generátor beállítása**: A tracking gombot tekerd kattanásig jobbra, ekkor szimmetrikus a tápellátás, +20 és -20 pontján is ugyanakkora a feszültség (abszolút értékben persze). Majd ezután a tracking balra tekerésével a -20 pont feszültsége csökkenni fog.

Tehát: 1. **+20 gomb**ot benyomva, a **±20 potival** állítsd be az **Ut1** feszültséget

2. **-20 gomb**ot benyomva, a **tracking potival** álltsd be az **Ut2** feszültséget.

**Ut1** = +15V **Ut2**= -15V **Uki0**= -400 uV

**Ut1** = +12V **Ut2**= -12V **Uki0**= 4.5 mV

**Ut1** = +18V **Ut2**= -18V **Uki0**= -7 mV

**Ut1** = +18V **Ut2**= -12V **Uki0**= 5.2 mV

**Írje le tapasztalatait:**

+-15V szimmetrikus tápfeszültségre állítottuk be minimálisra a kimeneti feszültségünket („nulláztuk”) a POFSET potenciométer segítségével.

Asszimetrikus táplálás esetén jobban nő a kimeneti feszültségünk értéke, szimmetrikusnál kevésbé változik.

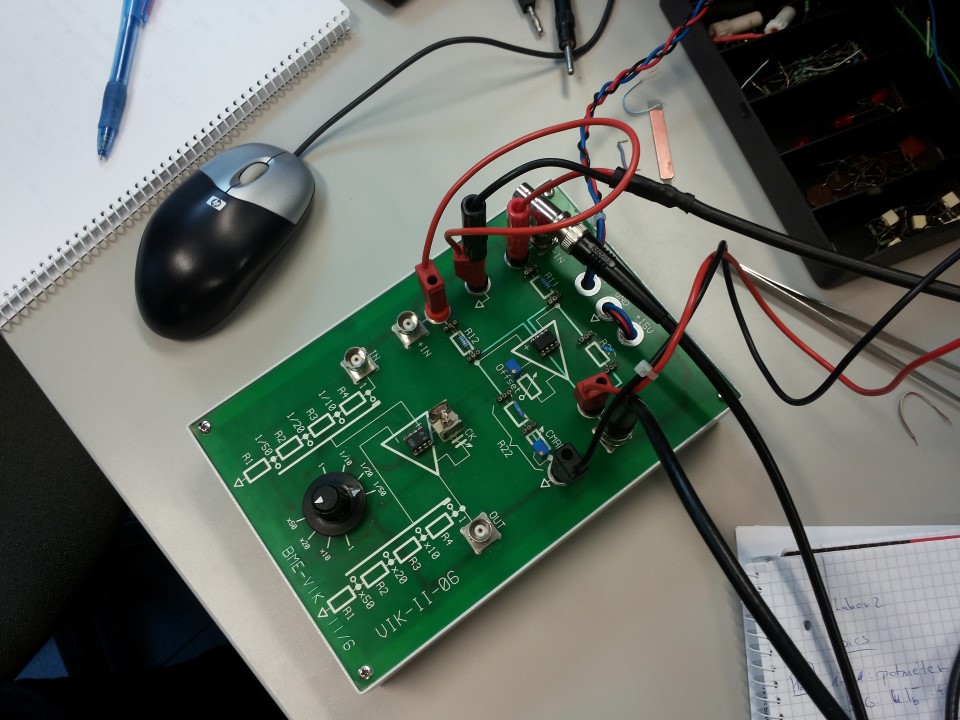
A kimeneti offszet a 15V-os tápfeszhez beállított Poffset miatt az első esetben kicsit, de tápfeszültség változtatásával a közös módusú erősítés miatt megnő. Az asszimmetrikus tápellátás linearitási hibát okozhat nagy bemenő jel esetén.

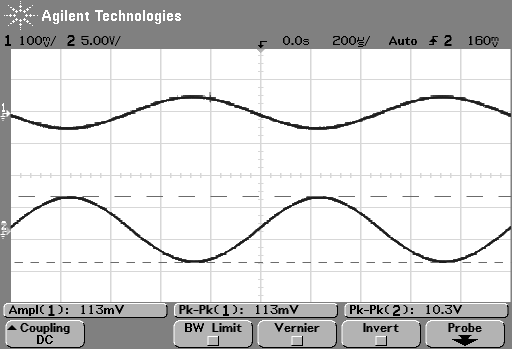
* 1. **A névleges feszültségerősítés, a kivezérelhetőség és a Slew Rate meghatározása**
* Kapcsoljon az erősítő **invertáló bemenetére** **ube** = **100mVp,**  **f0 = 1kHz** **szinusz** jelet,

(a **neminvertáló** bemenetet földelje le!) és mérje meg a mérőerősítő névleges feszültségerősítését:

CH1: bemenet (T-elosztó)

CH2: kimenet

****



**Ubepp = 100mV**  **Ukipp = 10.06**V **Aus = ~100**  **V/V**

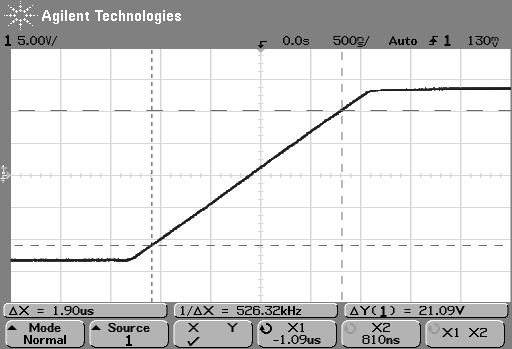
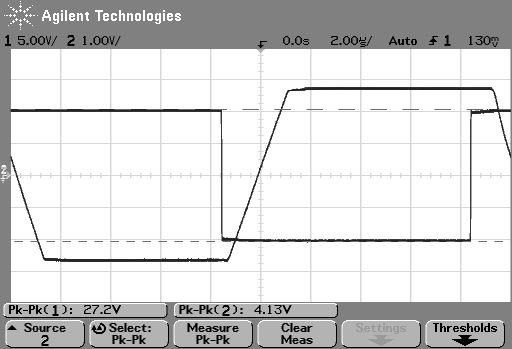
* Kapcsoljon az erősítő **invertáló bemenetére** **50 kHz,** **négyszögjelet** (a **neminvertáló** bemenetet földelje le!) és a bemeneti jelet folyamatosan növelve vezérelje túl az erősítőt. Mérje meg az erősítő maximális kimeneti feszültségét és a **Slew Rate**-et.

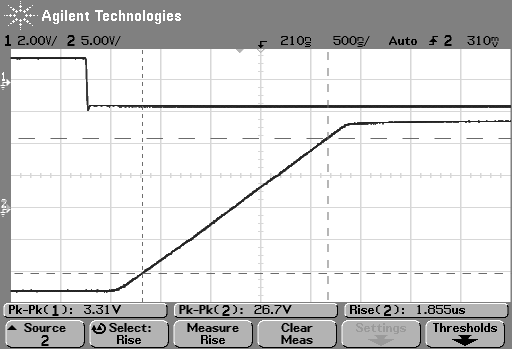
**Ubepp = 4.1V**  **Ukipp =** 27.2V **SR = 11.1 V/μs**.

A bemeneti feszültséget addig növeltük, amíg változott a kimeneti feszültség változási sebessége.

**SR = ΔU/Δ t = (Ukipp\*0.9 - Ukipp\*0.1)/trise**= 27.2\*(0.9 - 0.8)V/1.9us = 11.45us

Oszcilloszkóp kép (2 mérőcsoport képei)





**1.4. Kivezérelhetőség határfrekvencájának meghatározása.**

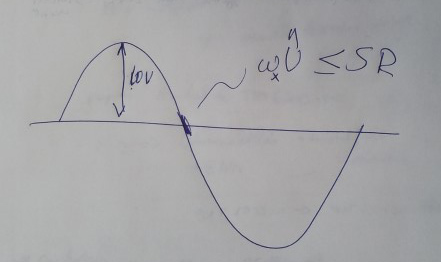
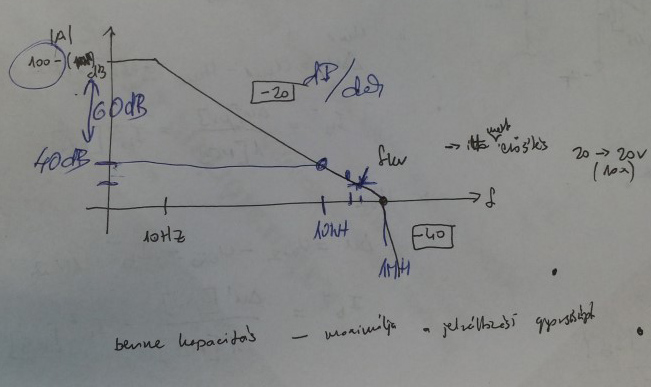
* + - Az előző pontban meghatározott **Slew Rate** értékkel számítsa ki az erősítő **Uki=10 Vp** (**7.07 Veff**) kimenőfeszültségéhez tartozó **fkv** határfrekvenciáját.

A bemenetre kapcsoljon **fkv** frekvenciájú szinuszos jelet és oszcilloszkóppal mérve állítsa be a kimeneti jel amplitudóját **Uki=10 Vp** -ra. Mérje meg itt is a kapcsolás feszültségerősítést. Magyarázza meg az 1.3 alatt mért feszültségerősítéstől való eltérést.

A frekvenciát ott határozzuk meg, ahol a kimeneti szinusz jel maximális meredeksége (nullátmenetnél) éppen a slew-rate-tel egyezik meg, hiszen ennél gyorsabban nem fog tudni változni a kimenetünk, azonban itt már az erősítés is változni fog, mert nem a konstans 40dB-en vagyunk, hanem átkerülünk a -20dB/dekád meredekségű szakaszba.

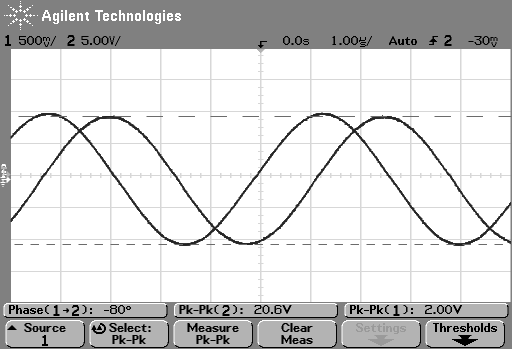
tudjuk, hogy omega\*u^csúcs ≤ SR, tehát

fkv = SR/( 2\*pi\*U)



fkv= 11,44/(2\*pi\*10Vp) = 182,07 kHz ukip= 10,3V Afkv = 10,3

Ebben a frekvenciatartományban a -20dB/D meredekségű szakaszban vagyunk, ahol az erősítés már nem 100x-s, hanem kb 10x-es (ezen a frekvencián), A fázistolás már nem 180°, lecsökkent -80°ra



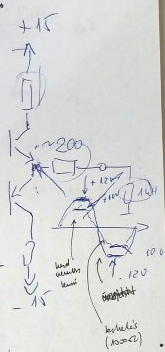
**1.5. Maximális kimeneti áram és a visszacsatolatlan erősítő kimeneti ellenállásának mérése.**

* Mérje meg **fk=1 kHz-es** **szinusz** jellel az üresjárási maximális kimeneti csúcsfeszültségét, majd terhelje le az erősítő kimenetét **Rt=1 kΩ** 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.

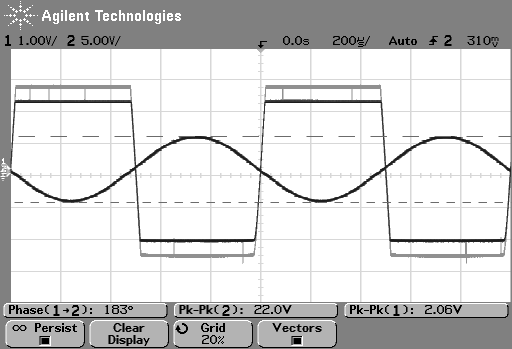
Uki0max = 25.5 Vp Ukimax = 20.7 Vp Rt=1 kΩ

Rki = Ukimax/Uki0max\* Rt – Rt = 227Ω



Magyarázat: A kimeneti ellenállás előtti potenciál nem változik, az mindig Uki0max marad.

Terhelés nélkül a kimeneten ezt a feszültséget mérjük, ha viszont leterheljük, akkor egy feszültségosztó jön létre a kimeneti ellenállás és a terhelés által. Ezt az osztást tudjuk mérni a kimeneti feszültség változásával, és mivel ismerjük az Rt ellenállást, ki tujduk számolno Rki-t

****

a szellemkép a terheletlen kimenet, a kisebb a terhelt.

1. **Dinamikus tulajdonságok vizsgálata**

**A BODE diagramok méréséhez használja az OSC-BODE programot!**

**2.1 Invertáló erősítő BODE diagramjának mérése (Au(f))**

* Kapcsolja a szinusz generátor kimenetét a mérőerősítő invertáló bemenetére, a neminvertáló bemenetet földelje le. Oszcilloszkoppal mérje az erősítő be- és kimeneti feszültségét és fázistolását.

A mérést úgy végezze, hogy **1 kHz**-en állítson be **7 Veff** **(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.

Egy másik mérőcsoport ábrája:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Invertáló erősítő BODE diagramja |  |  |
| Frekv. Hz | Erős. dB | Fázis |
| 10.00 | 40.20 | 1.40 |
| 20.00 | 40.17 | 1.60 |
| 50.00 | 40.20 | -1.40 |
| 100.00 | 40.19 | -0.40 |
| 200.20 | 40.23 | 1.10 |
| 499.38 | 40.24 | -0.40 |
| 1000.00 | 40.21 | -2.90 |
| 2000.00 | 40.15 | -6.70 |
| 4993.80 | 39.87 | -14.60 |
| 9990.00 | 39.01 | -29.70 |
| 20000.00 | 36.52 | -51.10 |
| 49875.00 | 30.62 | -75.50 |
| 100000.00 | 24.90 | -92.20 |
| 200000.00 | 19.31 | -101.40 |
| 500630.00 | 13.11 | -124.30 |
| 1000000.00 | 10.59 | -150.50 |
| 2000000.00 | 9.96 | -185.10 |
| 5263200.00 | 10.05 | -302.30 |
| 8929000.00 | 9.29 | -680.00 |

Az utolsó 3 adat a nagy zaj miatt már nem tekinthető helyes mérési eredménynek. Ez a diagramokon is látszik (ellaposodás a Bodén, nagy ugrás a fázisgörbe végén)

**2.2. Mérőerősítő közös modusú feszültségerősítésének mérése (Auk(f))**

* Kösse össze a mérőerősítő invertáló és neminvertáló bemeneteit, kapcsoljon rá **3 Veff** nagyságú **10Hz**-es szinusz jelet, oszcilloszkóppal mérje az erősítő be- és kimeneti jeleit és fázistolását.
* A referencia ágban az **R22** ellenállással sorba kötött **PCMRR** potenciométerrel állítson be minimális közösmódusú feszültségerősítést **fk=10 Hz**-en, és mérje meg azt.

Auk= V/V Irja le mit tapasztalt!

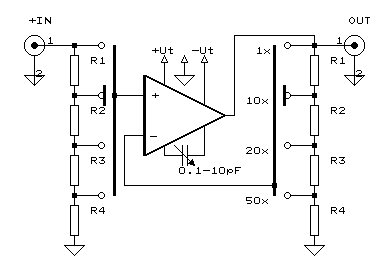
Vegye fel a mérőerősítő közös modusú feszültségerősítésének **BODE** diagramját és ábrázolja azt az 10 Hz - 10 MHz frekvencia tartományban.

**2.3. Nem invertáló mérőerősítő BODE diagramjának mérése (Au(f))**

* Kapcsolja a szinusz generátor kimenetét a mérőerősítő neminvertáló bemenetére, az invertáló bemenetet földelje. Oszcilloszkóppal mérje az erősítő be- és kimeneti feszültségeit és fázistolását.
* Mérési eredményei alapján közös diagramban ábrázolja az invertáló, a neminvertáló és a közösmodusú feszültségerősítéseket.

1. **Nem invertáló erősítő frekvencia és időtartománybeli viselkedése**

* Két időállandós műveleti erősítő frekvencia független hálózattal történő visszacsatolásával kialakított mérőerősítő kapcsolás frekvencia- és időtartománybeli viselkedése jelentősen eltér az egy időállandós erősítőt és tisztán ohmikus visszacsatoló hálózatot tartalmazó kapcsolásétól. Ennek tanulmányozására egy külső frekvencia kompenzálású műveleti erősítővel felépített neminvertáló mérőerősítő kapcsolás szolgál. A kompenzálás hatása invertáló vagy mérőerősítő kapcsolás esetében is hasonló eredményre vezet.
* A mérési összeállítás megegyezik a **2.1.** alattival, eltérés annyi, hogy mivel a bemeneti osztó **α** osztásaránya a kapcsoló minden állásában megegyezik a **β** visszacsatolási tényezővel a kapcsolás eredő feszültségerősítése **A=1 (0dB)** azonos, csak a **H=Aβ** hurokerősítés változik, és ennek eredményeként az erősítő frekvenciatartománybeli viselkedése is.



**A MÉRENDŐ ERŐSÍTŐ KAPCSOLÁS**

**3.1. Visszacsatolt erősítők időtartománybeli mérése (tranziens vizsgálat)**

* Oszcilloszkóppal mérje a kapcsolás be- és kimeneti feszültségét.

A panelen beállítható **A\*= 1/β** értékek a következők: **1, 10, 20, 50.**

A mérést kis amplitúdójú merőjellel (kb **3 Vp**) végezze nehogy a **Slew Rate** ill. a kivezérlés határfrekvenciája korlátozza az erősítő kivezérelhetőséget.

* Mérje a kapcsolás négyszögjel-átvitelét az erősítő **20x** állásában és a **Ck** kompenzáló kapacitással állítson be túllövés mentes átvitelt!
* Az előbbiben beállított **Ck** kompenzáló kapacitással mérje meg a kapcsoló többi állásában is az erősítő négyszögjel átvitelét.

Irja le tapasztalatait!

**3.2. Visszacsatolt erősítők frekvenciakompenzálása és Bode diagramjának mérése**

* **A\*=20** állásban állítson be túllövés mentes átvitelt **Ck** kompenzáló kapacitással és mérje a mérőerősítő relatív amplitudó- és fázisdiagramját [a(f) és φ(f)].
* Kapcsolja át az erősítést **A\*=10** ill. **A\*=50** állásba és ekkor is mérje a mérőerősítő relatív amplitudó- és fázisdiagramját [a(f) és φ(f)], és ábrázolja azt az előbbi méréssel közös BODE diagramban.