

Tantárgyi dosszié

|              |                                    |              |            |
|--------------|------------------------------------|--------------|------------|
| Tárgy:       | Mérés, jelfeldolgozás, Elektronika | Tantárgykód: | GEVEE201MN |
| Tárgyjegyző: | Váradiné dr. Szarka Angéla         | Félév:       | őszi       |
| Szak:        | Gépészmérnök MSc nappali           | Szakirány:   | -          |

a.) Tantárgy program

| Oktatási<br>(naptári)<br>hetek | Előadás                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Gyakorlat                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. (8.)                        | Balesetvédelmi oktatás. Elektrotechnikai alapismeretek ismétlése. Elektronikai alapismeretek. Jelek értelmezése és csoportosítása idő- és frekvencia tartományban. A determinisztikus jelek és sztochasztikus folyamatok tulajdonságai. Négypólusok, Szűrési alapismeretek. Elektronika passzív alkatrészei. | 1. számolási gyakorlat<br>Áramkörü alapismeretek ismétlése.                                                                                                                |
| 2. (9.)                        | Félvezetők. Diódák, Zener diódák. Tranzisztorok. Tranzisztorok működése kapcsoló üzemben. Térvezérlésű tranzisztorok.                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |
| 3. (10.)                       | Erősítők. Műveleti erősítők. Műveleti erősítők alkalmazása.                                                                                                                                                                                                                                                  | 2. számolási gyakorlat<br>Diódás kapcsolások, tranzisztoros kapcsolások, műv erősítés kapcsolások                                                                          |
| 4. (11.)                       | Műveleti erősítés alkapcsolások.                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                            |
| 5. (12.)                       | A mérés technika tárgyköre. Mértékegység rendszerek. Mérés hiba. A hiba definíciói, rendszeres és véletlen hibák. A hibák feltárhatósága, a hibák csökkentésének lehetőségei, hibaszámítás. Véletlen hibák becslésének módszerei. Mérés sorozatok kiértékelése.                                              | 3. számolási gyakorlat<br>Mérési hibák<br>ZÁRTHELYI DOLGOZAT                                                                                                               |
| 6. (13.)                       | A számított eredmények hibái, a hibák halmozódása a matematikai műveletek során. Gyakorlati feladatok és problémák megoldása a mérési hibák területén.                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                            |
| 7. (14.)                       | Feszültség és árammérés eszközei. Digitális multiméterek, analóg és digitális oszcilloszkópok, függvénygenerátorok. Teljesítménymérés eszközei és módszerei. 1 és 3 fázisú rendszerek teljesítményének mérése. Ellenállás és impedancia mérése. Null mérési módszer.                                         | 4. számolási gyakorlat<br>Mérési sorozatok kiértékelése. Normál eloszlású és normal eloszlású sorozatok. Regresszió analízis a mérésselméletben. Mérési hibák halmozódása. |
| 8. (15.)                       | Digitális mérési módszerek. A digitális adatfeldolgozás elvi kérdései. A mintavételezési és kvantálási törvények.                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                            |
| 9. (16.)                       | Aktív és passzív transducer elemek, szenzorok. Ezek típusai, jellemzői, felhasználási területei. Nem villamos mennyiségek villamos mérése.                                                                                                                                                                   | 5. számolási gyakorlat<br>LabView bemutató, ismertető I.<br>A rendszer alkalmazása                                                                                         |
| 10. (17.)                      | Számítógépes mérőrendszerek alapjai, és felépítése. Jelkondicionálók, D/A és A/D átalakítók. Mintavevő-tartó áramkörök.                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                            |



|           |                                                                                                                                   |                                                                                                      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11. (18.) | OKTATÁSI SZÜNET                                                                                                                   | 9. számolási gyakorlat                                                                               |
| 12. (19.) | Számítógépbe helyezhető adatgyűjtő kártyák jellemzői és alkalmazási lehetőségei. On-line és off-line feldolgozású mintavételezés. | LabView bemutató, ismertető 2.<br>Analog bemenet alkalmazásának bemutatása<br>ZÁRTHELYI DOLGOZAT     |
| 13. (20.) | Ipari tesztelési módszerek és tesztberendezések.                                                                                  | 10 számolási gyakorlat<br>LabView bemutató, ismertető 3.<br>Analog kimenet alkalmazásának bemutatása |

## b.) Kötelező és ajánlott irodalom

Kötelező irodalom:

Váradiné Szarka Angéla: Méréstechnika on-line jegyzet BSc szintű mérnök informatikus szakos hallgatók részére ([http://nw.elektro.uni-miskolc.hu/~angela/merestech\\_nappali.htm](http://nw.elektro.uni-miskolc.hu/~angela/merestech_nappali.htm))

Ajánlott irodalom:

Zoltán István: Méréstechnika, Egyetemi tankönyv, Műegyetemi Kiadó, Budapest 1997.

Dr. Horváth Elek: Méréstechnika, KKMf-1161, Budapest, 1997

E.O. Doebelin: Measurement Systems, McGRAW-HILL, 1990. ISBN 0-07-017338-9

John G. Webster: The Measurement, Instrumentation and Sensors, CRC Press LLC, 1999, ISBN 3-540-64830-5

John G. Webster: Electrical measurement, Signal Processing and Displays, CRC Press LLC, 2004, ISBN 0-8493-1733-9.

## c.) Félévi követelmények

A tárgy lezárásának módja: aláírás, gyakorlati jegy

Az aláírás megszerzésének a feltételei:

2 zárthelyi dolgozat mindegyikének legalább elégséges szintű teljesítése.

Zárthelyi dolgozatok:

időpontja: 13. és 19. naptári héten időtartama: 100 perc

értékelés: 0 - 50 pont elégséges szint: 40% (20 pont)

A zárthelyi dolgozat az eredmény kihirdetését követően a konzultációs időpontban a szorgalmi időszak végéig az Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszéken személyesen megtekinthető.

Pótlások:

A nagy zárthelyi dolgozatok az utolsó héten összevontan pótolhatóak.

A gyakorlati jegy kiszámításának módja:

2 db zárthelyi dolgozat: 100 pont

jeles 88 - 100

jó 75 - 87

közepes 63 - 74

elégséges 50 - 62

elégtelen 0 - 49

## d.) Tételsor

Minimum kérdések:

### 1) Offline/online mérőrendszer értelmezése

*Offline: Amennyiben nincs szükség egy adott feladtnál arra, hogy a mért adatok alapján a folyamatba azonnal beavatkozzunk, vagyis elég, ha a mérés elvégzése után dolgozzuk fel az adatokat, akkor a mérőrendszer a mérés során egyszerű adatrögzítést végez.*

*Online: Olyan esetekben, amikor a kísérlet során a mért értékek alapján azonnal be akarunk avatkozni a folyamatba.*

### 2) Simplex, half-duplex, duplex kommunikáció értelmezése

**Simplex kommunikáció:**



**Half-duplex kommunikáció:**



**Full-duplex kommunikáció:**



### 3) Soros és párhuzamos kommunikációs protokollok felsorolása és legfontosabb jellemzői.

Párhuzamos protokoll: IEEE488 (GPIB)

- hálózatorientált;
- 16 csatorna: 8 adat vonal, 5 vezérlő vonal, 3 handshaking vonal;
- half duplex kommunikáció;
- 3 típusú berendezés: vevő, adó, vezérlő.
- 2 berendezés közötti távolság max. 4 m
- 2 berendezés közötti átlagtávolság 2 m
- a berendezések közötti össztávolság 20 m
- legalább a műszerek 2/3-a be kell legyen kapcsolva.
- Műszerek száma max. 15
- Adatátviteli sebesség max. 1 Mbyte/s

Soros protokoll: RS-232:

- 1 adó – 1 vevő
- közös földön
- aszinkron
- simplex
- 20kbps
- max 15m

Soros protokoll: RS-422:

- 1 adó- 10 vevő
- külön földön
- 10Mbps-10m
- half duplex



4) Shannon-tétel:

*Shannon mintavételi törvénye értelmében a mintavételi frekvenciát úgy kell megválasztani, hogy az nagyobb legyen, mint a mintavételezett analóg jel legnagyobb frekvenciájú összetevőjének a kétszerese.*

$$f_{mv} > 2 \cdot (f_{jel})_{max}$$

5) Kvantálás fogalma:

*A minták függőleges raszterekbe sorolása.*

6) Kvantálási hiba számítása

*Abszolút kvantálási hiba:*  $H_Q = \pm \frac{1}{2} Q = \frac{U_{LSB}}{2}$

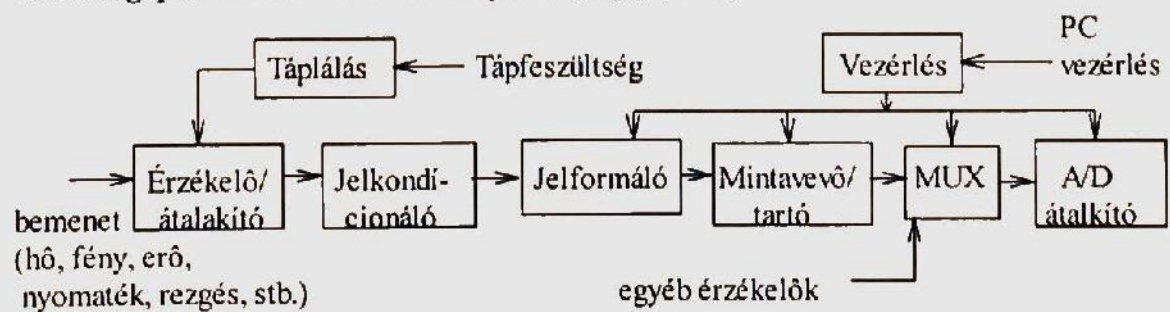
*Relatív kvantálási hiba:*  $h_Q \approx \pm \frac{H_Q}{U_x} \cdot 100\%$

7) 12 bites A/D átalakító értelmezése

8) Adattovábbítási módszerek (felsorolása)

- *program vezérelt*
- *megszakítás (interrupt) vezérelt*
- *közvetlen memória elérés (DMA) vezérelt módon*

9) Számítógépes mérőrendszerek felépítése (rajz) (33.o.)



10) Érzékelők legfontosabb jellemzőinek felsorolása (csoportosítás)

- *A felhasznált energia szerint:*
  - *aktív: külső energiaforrást igényelnek*
  - *passzív: külső energiaforrást nem igényelnek*
- *Kimeneti jel szerint:*
  - *analóg*
  - *digitális*
  - *frekvencia*
  - *kódolt*
- *Egyéb jellemzők szerint:*
  - *linearitás*
  - *pontosság*
  - *érzékenység*
  - *terjedelem*

11) Mit mérnek az alábbi érzékelők (1 soros rövid válasz): Pt100, nyúlásmérő bélyeg

- *Pt100: hőmérséklet érzékelő*
- *nyúlásmérő bélyeg: erőmérő*

12) Mondjon példát piezoelektromos hatást, Hall hatást, lézersugarat alkalmazó érzékelőre, induktív érzékelőre.

- *Piezoelektromos gyorsulás érzékelő töltéserősítővel*
- *Hall elemes áramátalakító*
- *Lézeres távolságmérő*
- *Indukciós elmozdulás mérő*

13) Mi a feladata a jelkondicionálónak? (1 soros válasz)

*A jelet digitalizálásra alkalmassá tenni (szűrés és erősítés)*

14) Soroljon fel 3 jelkondicionáló áramkört.

- *Erősítő*
- *Zajszűrő*
- *Antialiasing szűrő*

15) Mi a feladata az analóg jelformálónak? (1 soros válasz)

*A mért jelen elvégzi a szükséges átalakításokat, „még a számítógépen kívül”*

16) Mi a feladata a multiplexernek? (1 soros válasz)

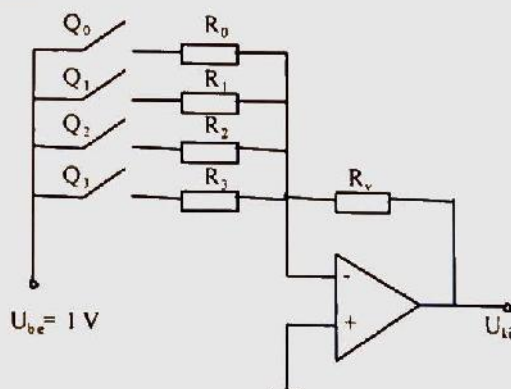
*Csatornakiválasztó: többcsatornás mérés esetén a jelek sorba rendezése a mintavételezéshez*

- 17) Mit értünk a mintavevő –tartó áramkör tartási driftje alatt?
- 18) Mit értünk a mintavevő –tartó áramkör mintavételezési ideje alatt?
- 19) Mintavételezési idő, tartási drift és kondenzátor kapacitás közötti kapcsolat a mintavevő –tartó áramkörökben

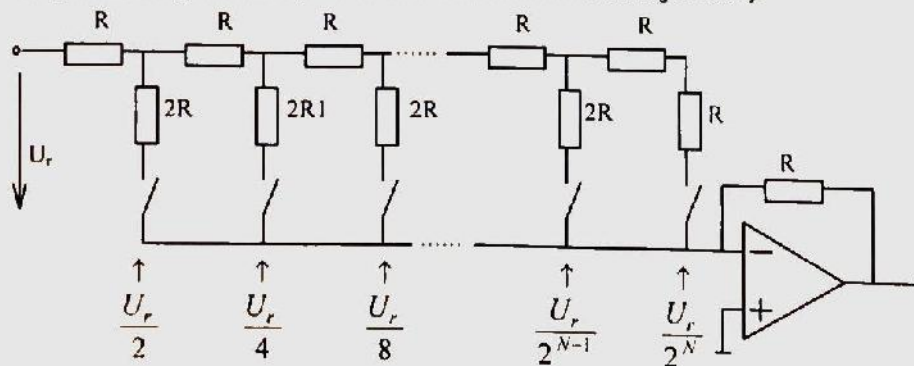
| Kondenzátor | Mintavételezési idő | Tartási drift |
|-------------|---------------------|---------------|
| 10 nF       | 20 $\mu$ s          | 3 mV/s        |
| 1 nF        | 4 $\mu$ s           | 30 mV/s       |
| 100 pF      | 3 $\mu$ s           | 200 mV/s      |
| 25 pF       | 170 ns              | 5 V/s         |
| 10 pF       | 10 ns               | 50 V/s        |

- 20) Mi a D/A átalakítás elvi alapáramköre? (Megnevezés és felrajzolás)

Összegző erősítő



- 21) Milyen áramköri elven alapul a létrahálós D/A átalakítás működése? (Feszültségosztó megnevezése, és csak az ellenállások felrajzolása)





**22) Közvetlen és közvetett A/D átalakítók típusainak felsorolása.**

- **közvetlen:**
  - számláló
  - kétoldali
  - párhuzamos
- **közvetett:**
  - $U/t$
  - $U/f$

**23) Többfunkciós mérésadatgyűjtők funkciói (felsorolás)**

- Analóg bemenet
- Analóg kimenet
- Digitális I/O
- Számláló, időzítő

**24) Milyen paramétereket kell megadni 1 csatornás rövid idejű mérésnél?**

*A mintavételezések közötti időt és a mintamennyiséget*

**25) Milyen paramétereket kell megadni többcsatornás rövid idejű mérésnél?**

*A mintavételezések közötti időt*

**26) Analóg bemeneti egység jellemzőinek felsorolása (az 5 legfontosabb)**

- Felbontás (12 bites, 16 bites)
- Bemeneti feszültség tartomány (+-5V; 0-10V)
- Erősítési fokozatok (0.5 - 100)
- Mintavételezési sebesség (< 1MHz)
- Csatornaszám (16, 32)
- Bemenetek referencia pontja (közös, független) (Single-ended; Differential)
- Pontossági jellemzők (linearitás, stb.)
- Bemeneti impedancia (nagy)

**27) Hogyan ellenőrizhető, hogy a mérendő jeleket közös földponthoz képest, vagy differenciál bemenetben kell mérni?**

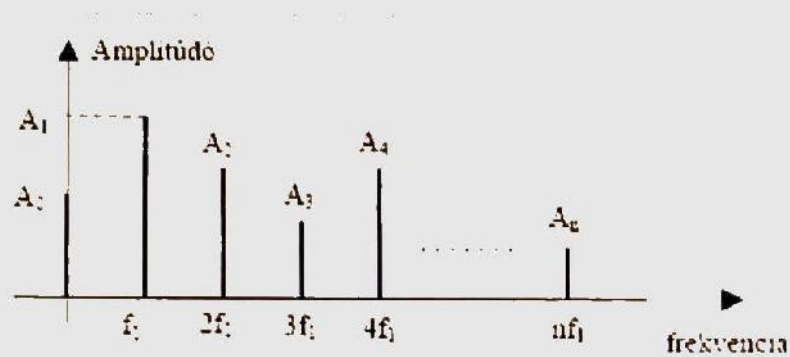
Ha a bemeneti jeleket egy közös földponthoz képest kapcsoljuk a bemeneti csatornákra, akkor több csatornát tudunk vizsgálni. Ha ez nem oldható meg a mérőkörben, akkor differenciál kapcsolást kell alkalmaznunk

**28) Mintavételezési eljárások (4 db felsorolás és 1 soros értelmezés)**

- Egycsatornás rövid idejű gyors:  $t_{free} \approx 0$ ,  $t_{mv} \approx t_{ap}$   
multiplexer alkalmazása nem szükséges
- Többcsatornás rövid idejű gyors:  $t_{free} \approx 0$ ,  $t_{mv} \approx t_{ap}$   
multiplexer alkalmazása szükséges

- Egycsatornás hosszú idejű lassú:  $t_{\text{free}} > 0$ ,  $t_{\text{mv}} = t_{\text{ap}} + t_{\text{free}}$   
multiplexer alkalmazása nem szükséges
- Többcsatornás hosszú idejű lassú:  $t_{\text{free}} > 0$ ,  $t_{\text{mv}} = t_{\text{ap}} + t_{\text{free}}$   
multiplexer alkalmazása szükséges

29) Rajzolja fel egy összetett periodikus jel amplitúdó-frekvencia diagrammját vázlatosan.



30) Mekkora annak a spektrumnak az alapharmonikusa, amelyet  $f_{\text{mv}}$  mintavételezési frekvenciával,  $m$  csatornás mérésen, csatornánként  $n$  db mintából mértünk?

$$f_{\text{reg}} = \frac{f_{\text{mv}}}{n} = f_1$$

31) Milyen módszerrel küszöbölhető ki a „sátras” spektrumkép, ha ideális szinusz jelet mérünk? (Módszer megnevezése)

Ablakozó függvény

32) Mikor alkalmaz ablakozó függvényt? (1 soros rövid válasz)

Ha az ideális szinusz spektruma nem egy összetevőt ad, hanem egy „sátor” jellegű spektrumképet. (FFT hibájának kiküszöbölése)

33) Mit jelent az aliasing jelenség? (rövid válasz)

Ha a mintavételezési törvényt nem tartjuk be, akkor a mintavételezett jelben nem létező összetevők jelenhetnek meg.

34) Hogyan küszöbölhetjük ki az aliasing jelenséget?

Antialiasing szűrővel, ami egy aluláteresztő szűrő, nagy vágási meredekséggel, a mintavételi frekvencia felére beállított felsőhatár frekvenciával.

35) Mérési hibák típusainak felsorolása

- Rendszeres hiba
- Véletlen hiba
- Durva hiba



**36) Mérési hibák számítása. Képletek alkalmazásával is.**

- Abszolút hiba:  $H = m - p$
- Relatív hiba: vagy  $h = \frac{H}{p}$  vagy  $h\% = \frac{H}{p} \cdot 100\%$
- Méréshatárra vonatkoztatott relatív hiba:  $h_v = \frac{H}{p_v} \cdot 100\%$

**37) Véletlen hibák megadásának módszerei (Felsorolás képlettel)**

- Terjedelem:  $R = x_{\max} - x_{\min}$
- Valószínű hiba:  $\bar{x} \pm P$
- Átlagos abszolút eltérés:  $E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\delta_i|$ ,  $\delta_i = x_i - \bar{x}$
- Szórás, vagy standard eltérés:  $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \delta_i^2}$ ,  $\delta_i = x_i - \bar{x}$

**38) Miért kell a skála felső harmadában mérni?**

A relatív hiba a mutató kitérésével csökken, vagyis annál pontosabb a mérés, minél nagyobb a mutató kitérése

**39) Gauss eloszlás ellenőrzésének módja**

$$\frac{S^2}{E^2} = \frac{\pi}{2}$$

**40) Milyen módszerrel hozható létre empirikus sűrűség függvény?**

A mérési adatok csoportosításával.  $f(x_r) = \frac{P(x_r)}{\Delta x_r} = \frac{\varphi(x_r)}{n \Delta x_r} = \frac{n_r}{n \Delta x_r}$

$\frac{n_r}{n}$  az r-edik intervallumba eső változók relatív gyakorisága ( $r = 1, 2, \dots, m$ ).

**41) Mivel jellemezhető a mérési adatok csoportosítása?**

Azt a teljes intervallumot, amelyben a változók (mérési adatok) elhelyezkednek, felosztjuk kisebb egyenlő hosszúságú  $\Delta x$  intervallumokra. Ezeket a középpontjukhoz tartozó  $x_r$  mérési adattal jellemezzük. Egy adott terjedelmen belül az összes változókát megegyezőnek tekintjük és egyedi értéküket a terjedelem középpontja által meghatározott értékkel helyettesítjük.

**42) SI prefixumai ( $10^{-18}$  tól a  $10^{18}$ -ig)**

| NÉV   | JEL     | ÉRTÉK      |
|-------|---------|------------|
| exa   | E       | $10^{18}$  |
| peta  | P       | $10^{15}$  |
| tera  | T       | $10^{12}$  |
| giga  | G       | $10^9$     |
| mega  | M       | $10^6$     |
| kilo  | k       | $10^3$     |
| hekto | h       | $10^2$     |
| deka  | da (fk) | 10         |
| deci  | d       | $10^{-1}$  |
| centi | c       | $10^{-2}$  |
| milli | m       | $10^{-3}$  |
| mikro | $\mu$   | $10^{-6}$  |
| nano  | n       | $10^{-9}$  |
| piko  | p       | $10^{-12}$ |
| femto | f       | $10^{-15}$ |
| atto  | a       | $10^{-18}$ |

**43) SI alapegységei**

m, kg, s, A, K, cd, mol

**44) Mit jelent egy feszültség lineáris középértéke?**

Vegyí munkára vonatkozik

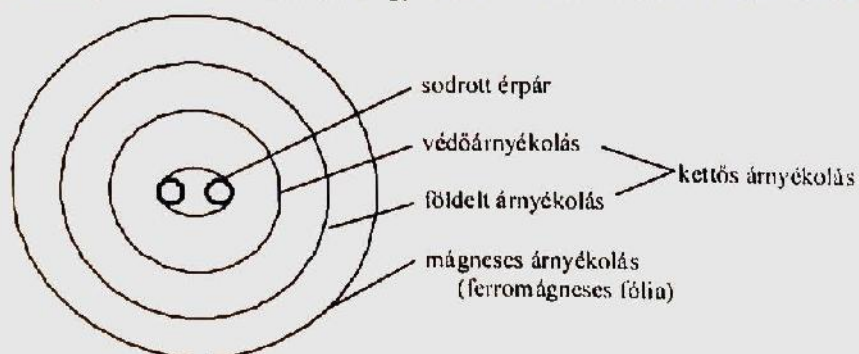
**45) Mit jelent egy feszültség effektív értéke?**

Effektív érték = négyzetes középérték

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

(Váltakozófeszültség effektív értéke egyenlő azzal az egyenfeszültséggel, ami egységnyi idő alatt ugyanazt a hő munkát végzi.)

**46) Sorolja fel belülről kifelé egy zavarvédett vezeték kialakítását.**





47) Sorolja fel, hogy milyen teljesítmény jellemzői vannak egy váltakozó árammal működő berendezésnek?

- látszólagos teljesítmény  $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$
- hatásos teljesítmény  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
- meddő teljesítmény  $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$

48) Milyen műszert alkalmaznak a háztartásokban a villamos energia mérésére?  
Indukciós fogyasztásmérőt.

49) Változik-e az áramszámla, ha ugyanolyan fogyasztási jellemzők mellett a hálózati feszültség megnövekszik?  
Igen, négyzetesen nő.

50) Milyen módszert alkalmaznak analóg műszerekben az ellenállás mérésére?  
Feszültséggenerátoros, áramot mérünk.

51) Milyen módszert alkalmaznak digitális műszerekben az ellenállás mérésére?  
Áramgenerátoros, állandó áramot hajtunk és mérjük a feszültséget.

52) Rajzolja fel az ellenállásmérés nullmódszerének kapcsolását és írja fel a kiegyenlítés feltételét (levezetés nélkül).



Kiegyenlítés feltétele:

$$U_0 = \left( \frac{R_x}{R_1 + R_x} - \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) = 0$$

$$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$$

53) Milyen alaptípusai vannak az analóg oszcilloszkópoknak?

- egysugaras
- többsugaras

**54) Hogy nevezzük azt a módszert, amelynek helyes alkalmazása biztosítja azt, hogy az oszcilloszkópon állóképet lásson?**

Megfelelő triggerlés

**55) Mire szolgál az oszcilloszkópon az AC/DC kapcsoló?**

Egyenfeszültség leválasztására szolgál.

**56) Milyen módszerekkel lehet az egysatornás analóg oszcilloszkópon több jelet vizsgálni?**

- Chopper üzemmód (kicsit az egyikből, kicsit a másiktól jelenít meg)
- Alter üzemmód (egyszer az egyikhez, egyszer a másikhoz triggerel)

#### **e.) Előadások és gyakorlatok anyaga**

##### Előadás anyag

Az előadások teljes anyaga letölthető pdf formátumban a b.) pontban megadott honlapról. A tananyagok jelszóval vannak védve, a hallgatók a jelszót az első előadáson kapják meg.

Elméleti összefoglaló (130 oldal)

1. Méréstechnikai alapfogalmak
2. Mérési hibák
3. Mérési sorozatok kiértékelése
4. Áram és feszültség mérése
5. Elektromechanikus műszerek
6. Digitális mérőműszerek
7. Teljesítmény és energia mérése
8. Impedancia mérése
9. Számítógéppel támogatott mérések alapjai
10. Számítógépes mérőrendszerek architektúrái
11. Számítógéppel támogatott mérőrendszer felépítése
12. Programozott, megszakítás- és DMA vezérelt adatbeolvasás
13. Érzékelők, átalakítók
14. Analóg jelkondicionálók
15. Multiplexerek, mintavevő-tartó áramkörök
16. D/A és A/D átalakítók
17. Analóg jelek mintavételezése és kvantálása
18. Mintavételezett jelek frekvenciaanalízise
19. Aliasing jelenség, ablakozás
20. Multifunkcionális mérésadatgyűjtők jellemzői
21. Multiplexelt analóg bemenetek alkalmazása
22. Mintavételezési módszerek és eljárások
23. Méréstechnikában alkalmazott soros és párhuzamos jelátvitel szabványos protokolljai: RS232, RS485, IEEE488



24. Ipari tesztelés módszerei. In circuit testing, functional testing, JTAG, AOI  
 25. Etherneten keresztül vezérelhető mérőrendszerek

### Gyakorlati anyag

Letölthető: <http://www.uni-miskolc.hu/~elkvsza/seged.htm>

Gyakorló feladatok méréselméletből

Elméleti kérdések, számolási feladatok számítógépes mérések témakörben

LabView bvezető (16 oldal)

LabView mérés anyaga (2 fájlban összesen 17 oldal)

### f.) Zárthelyi dolgozat

#### 1. Mintasor

1. M  
 it mond ki a Kirchhoff csomóponti törvény ( $n$  a csomópontba befutó ágak száma)? (1 pont)

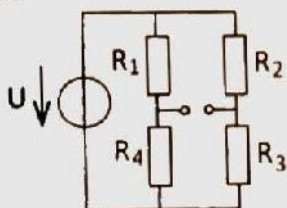
☐  $\sum_{k=0}^n u_k = 0$

☐  $\sum_{k=0}^n \vec{u}_k = 0$

☐  $\sum_{k=0}^n \vec{R}_k = 0$

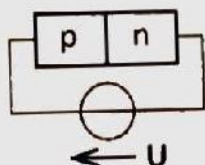
☐  $\sum_{k=0}^n i_k = 0$

2. M  
 i az alábbi híd kiegyenlítésének a feltétele?



3. M  
 it nevezünk félvezető anyagnak? (2 pont)

4. M  
 ilyen feszültséget kapcsoltunk az alábbi PN átmenetre? (1 pont)



☐ nyitó irányú

☐ potenciál irányú

☐ záró irányú

5. M  
 melyik egyenlet jellemző a tranzisztor áramviszonyaira? (1 pont)



$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = I_E + I_B$$

$$I_B = I_C + I_E$$

$$I_E = I_C / I_B$$

6. R  
ajzolja fel a dióda karakterisztikáját, és jelölje be a legfontosabb jellemzőket! (3 pont)

7. Egy közös emitteres, bázis osztós tranzisztoros erősítő tápfeszültsége 15 V, a megengedett legnagyobb kollektor áram 5 mA, a bázis-emitteren a munkaponti feszültség 0,6 V, a bázisosztó egyik ellenállása 33 kOhm. A tranzisztor áramerősítése ( $\beta$ ) 200.

- a) R  
ajzolja fel a kapcsolást és számolja ki a hiányzó alkatrész adatokat! (4 pont)
- b) H  
atározza meg a hiányzó munkaponti áramokat és feszültséget! (3 pont)
- c) R  
ajzolja fel a tranzisztor karakterisztikáját! (4 pont)
- d) J  
elölje be a karakterisztikán a munkaegyenest és munkapontot (a kiszámolt értékeket jelölje számszerűen a karakterisztikán)! (2 pont)
- e) J  
elölje be a karakterisztikán a tranzisztor működésére jellemző tartományokat! (3 pont)

8. M  
elyik jellemzők igazak az ideális műveleti erősítőre? (1 pont)

☐

Erősítés =  $10^5$   
Max. frekvencia = 100 MHz  
Bemeneti ellenállás =  $\infty$   
Kimeneti ellenállás = 0

☐

Erősítés =  $\infty$   
Max. frekvencia =  $\infty$   
Bemeneti ellenállás = 0  
Kimeneti ellenállás =  $\infty$

☐

Erősítés =  $\infty$   
Max. frekvencia =  $\infty$   
Bemeneti ellenállás =  $\infty$   
Kimeneti ellenállás = 0

☐

Erősítés =  $10^5$   
Max. frekvencia = 100 MHz  
Bemeneti ellenállás = 10 M $\Omega$   
Kimeneti ellenállás = 1 M $\Omega$

9. H  
ogyan csökkenthető a műveleti erősítő erősítése? (1 pont)

☐

negatív  
visszacsatolással

☐

pozitív  
visszacsatolással

☐

tápfeszültség  
csökkentéssel

☐

a bemeneti  
feszültség  
csökkentésével

10. M  
elyik jellemző igaz a műveleti erősítő feszültségkövető kapcsolásra? (1 pont)

☐

$A = 0$

☐

$A = 1$

☐

$A = \infty$

☐

Az erősítés beállítható a rákapcsolt ellenállásokkal

11. M  
elyik állítás igaz? (1 pont)

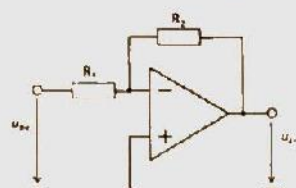
☐

Az összegző kapcsolás pozitív visszacsatolással rendelkezik

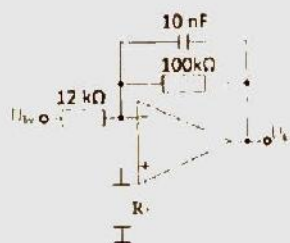


- ☐ Az összegző kapcsolás alapja a nem invertáló erősítő.
- ☐ Az összegző kapcsolás fázist fordít.
- ☐ Az összegző kapcsolás kimenetén minden esetben a rákapcsolt bemeneti feszültségek matematikai összege jelenik meg.

12. H  
 atározza meg az alábbi kapcsolásban az  $R_1$  értékét, ha  $A = -10$  és  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ ! (2 pont)



13. R  
 ajzolja fel az alábbi kapcsolás Amplitúdó-Bode diagrammját (számszerűen határozza meg a karakterisztikus értékeket)! (5 pont)



14. S  
 orolja fel a mérési hibák típusait! (3 pont)

15. E  
 gy mérés elvégzése után hogyan ellenőrzi, hogy a mérési eredmény megfelelő pontosságú-e? (2 pont)

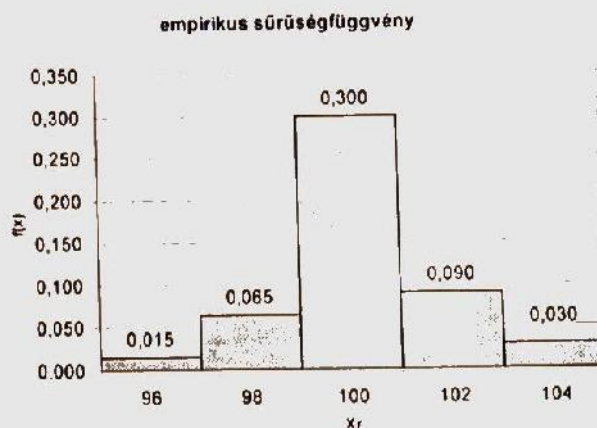
16. M  
 ilyen módszerekkel adható meg egy mérési sorozat konfidencia intervalluma (képletekkel adja meg a felsorolást)? (4 pont)

17. H  
 ogyan ellenőrizhető, hogy egy mérési sorozat Gauss eloszlású-e? (1 pont)

18. M  
 ikor alkalmazzuk és mire használható az empirikus sűrűségfüggvény? (2 pont)

## 2. Mintasor

1. Az alábbi ábrán egy 1000 elemből álló mérési sorozat, csoportosított adataiból készült, empirikus sűrűségfüggvényét ábrázoltuk. A csoportosítás alapadatai:  $\Delta x = 2,0$ ;  $x_{r1} = 96,0$ .  
Határozza meg a mérési sorozat csoportosított átlagát, szórását és átlagos abszolút eltérését. (3 pont)



Megoldás:

$$n_r = f(x) \cdot \Delta x \cdot 1000 = f(x) \cdot 2000$$

| $x_r$    | $n_r$ | $x_r \cdot n_r$ | $\delta_r$ | $n_r \cdot \delta_r$ | $\delta_r^2$ | $n_r \cdot \delta_r^2$ |
|----------|-------|-----------------|------------|----------------------|--------------|------------------------|
| 96       | 30    | 2 880           | 4,22       | 126,6                | 17,81        | 534,25                 |
| 98       | 130   | 12 740          | 2,22       | 288,6                | 4,93         | 640,69                 |
| 100      | 600   | 60 000          | 0,22       | 132                  | 0,05         | 29,04                  |
| 102      | 180   | 18 360          | 1,78       | 320,4                | 3,17         | 570,31                 |
| 104      | 60    | 6 240           | 3,78       | 226,8                | 14,29        | 857,30                 |
| $\Sigma$ | 1000  | 100 220         | 5,78       | 1094                 | 33,41        | 2631,60                |

$$\bar{x}_{csop} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n x_r \cdot n_r = \frac{100220}{1000} = 100,22$$

1 pont

$$E = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n |\delta_r| \cdot n_r = \frac{1094}{1000} = 1,094$$

1 pont

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{r=1}^n \delta_r^2 \cdot n_r} = \sqrt{\frac{2631,6}{999}} = 1,623$$

1 pont

2. Egy feszültségmérő műszer végkiterése 300 V, osztálypontossága 1,5, belső ellenállása  $1\text{ M}\Omega$ . Egy árammérő műszer végkiterése 30 A, osztálypontossága 1,5, belső ellenállása  $100\text{ m}\Omega$ .

Ezzel a két műszerrel megmérjük egy ellenálláson eső feszültséget és a rajta átfolyó áramot, a feszültségmérő 240V-ot mutat, az árammérő 2A-t.

a.) Mekkora a mérések abszolút hibája?

$$H_u \cong \frac{O_{pu} \cdot x_{vu}}{100} = \frac{300 \cdot 1,5}{100} = 4,5V$$

0,5 pont

$$H_I \cong \frac{O_{pi} \cdot x_{vi}}{100} = \frac{30 \cdot 1,5}{100} = 0,45A$$

0,5 pont

(Ahol a mértékegység hiányzik, ott nem jár a pont)



b.) Mekkora a mérések relatív hibája?

$$h_u \cong \frac{O_{I_u} \cdot x_{vu}}{m_u} = \frac{300 \cdot 1,5}{240} = 1,875 \% \quad \text{0,5 pont}$$

$$h_I \cong \frac{O_{I_I} \cdot x_{vI}}{m_I} = \frac{30 \cdot 1,5}{2} = 22,5 \% \quad \text{0,5 pont}$$

(Ha a százalék jel hiányzik, nem jár a pont, ha relatív értékben fejezi ki, de nem százalékban és nincs mögötte mértékegység, akkor jár a pont)

c.) Mekkora az árammérés rendszeres hibája relatív értékben kifejezve, ha a voltmérőt és az ellenállást ideálisnak tekintjük a körben?

A rendszeres hiba a műszer belső ellenállásából adódik.

A mérés pontos értéke lenne:  $I_p = \frac{U}{R}$ ; a mért érték:  $I_m = \frac{U}{R + R_{\text{belső}}}$

A rendszeres hiba relatív értékben kifejezve:

$$h = \frac{I_m - I_p}{I_p} \cdot 100\% = \frac{\frac{U}{R + R_{\text{belső}}} - \frac{U}{R}}{\frac{U}{R}} \cdot 100\% = -\frac{R_{\text{belső}}}{R + R_{\text{belső}}} \cdot 100\% = -\frac{0,1}{120 + 0,1} \cdot 100\% = -0,083\%$$

Akár %-osan -0,083%, akár -0,00083 a végeredmény **2 pont**. Ha az előjel nem jó, akkor nem jár a pont!

d.) Mekkora az ellenállás értékének relatív hibája, ha a véletlen hibák szórás jellegű hibák?

A várható (pontos) érték:  $R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{240V}{2A} = 120\Omega$

Az ellenállás értékének relatív hibája:  $h_R = \frac{3s_R}{R_0} \cdot 100\%$

$$(3s_R)^2 = \pm \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial U} \cdot (3s_U) \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial I} \cdot (3s_I) \right)^2 \right]$$

$$\frac{\partial R}{\partial U} = \frac{1}{I_0} = \frac{1}{2A} = 0,5 \frac{1}{A}$$

$$\frac{\partial R}{\partial I} = -\frac{U}{I_0^2} = \frac{240V}{4A^2} = 60 \frac{V}{A^2}$$

$$(3s_R)^2 = \pm \left[ \left( 0,5 \frac{1}{A} \cdot 4,5V \right)^2 + \left( 60 \frac{V}{A^2} \cdot 0,45A \right)^2 \right] = \pm \left[ 5,0625 \frac{V^2}{A^2} + 729 \frac{V^2}{A^2} \right] = 734,0625 \Omega^2$$

$$3s_R = 27,1\Omega$$

$$h_R = \frac{3s_R}{R_0} \cdot 100\% = \frac{27,1}{120} \cdot 100\% = 22,58\%$$

A  $3s_R$  értékére **2 pont**, a relatív hibára további **1 pont** adható.

e.) Ha a feszültségmérés eredménye egy Gauss eloszlású mérési sorozat átlaga, akkor határozza meg annak a valószínűségét, hogy a mérés pontos értéke 241,2 és 243 közé esik.

$$3s_{I_1} = 4,5V$$

$$s_{I_1} = 1,5V$$

$$\delta_1 = 241,2 - 240 = 1,2V = 0,8s_{I_1}$$

$$t_1 = 0,8$$

$$\delta_2 = 243 - 240 = 3V = 2s_{I_1}$$

$$t_1 = 2$$

$$P(0,8;2) = P(0;2) - P(0;0,8) = 0,4773 - 0,2881 = 0,1892 = 18,92\%$$

Jó eredmény akár százalékban, akár nem százalékosan van megadva. **2 pont**

3. Egy Hall-elemes árammérőt 1000 V effektív értékű szinuszos feszültség mérésére szeretnénk alkalmazni. Az alapérzékelő paraméterei:  $I_{b\max} = 20$  A.  $I_{k\max} = 20$  mA. Az érzékelő szekunder feszültségét egy 12 bites  $\pm 10V$  full-scale feszültségű A/D átalakítóra kapcsoljuk.

Rajzolja fel a kapcsolást úgy, hogy az érzékelőt „fekete doboznak” tekinti, (vagyis a belső felépítést nem kell részletezni,) méretezze a szükséges elemeket úgy, hogy a mérés életszerű legyen és megfeleljen a méréstechnikai alapelveknek. Kerekítse az elem(ek) értékét felfelé vagy lefelé, szükség szerint ott, ahol nem kerek értéket kap.



**Rajz 1 pont**

$$R_c = \frac{U_{bc}}{I_{bc}} \quad I_{bc} \text{ értékét úgy kell megválasztani, hogy az érzékelő fogyasztása minimális legyen,}$$

vagyis ne kelljen az előtét ellenállásnak kályhaként működni. Az elfogadható áramérték mA nagyságrendű. Max. 50 mA-ig fogadjuk el. Jó áramérték kiválasztás: **1 pont**

$$\text{Az előtét minimális értéke: } R_c = \frac{U_{bc}}{I_{bc}} = \frac{1000 \cdot \sqrt{2}}{0,05} = 28284 \Omega \approx 30k\Omega \quad \mathbf{1 \text{ pont}}$$

$$\text{Az előtét teljesítménye: } P_{R_c} = I_{bc}^2 \cdot R_c = 0,05^2 \cdot 30.000 = 75W \quad \mathbf{0,5 \text{ pont}}$$

$$\text{A mérőellenállás maximális értéke: } R_m = \frac{U_k}{I_k} = \frac{10}{0,02} = 500\Omega \quad \mathbf{1 \text{ pont}}$$

$$\text{A mérőellenállás teljesítménye: } P_{R_m} = I_k^2 \cdot R_m = 0,02^2 \cdot 500 = 0,2W \quad \mathbf{0,5 \text{ pont}}$$

Határozza meg annak a szorzónak az értékét, amellyel a digitalizált Q kvantumértéket meg kell szorozni ahhoz, hogy valós bemeneti feszültségértéket kapjunk.

Szorzó kiszámítása:



$$U_{be} = Q \cdot \frac{20V \cdot 30.000\Omega \cdot I_{be}}{2^{12} \cdot 500\Omega \cdot 0,02A} = Q \cdot \frac{20V \cdot 30.000\Omega \cdot 0,05A}{2^{12} \cdot 500\Omega \cdot 0,02A} = 0,73242 \cdot Q \quad \text{2 pont}$$

4. Egy barkács fűrógép teljes körű tesztelését kívánjuk megtervezni. A fűrógép adatai: Tápfeszültség: 230 V, 50 Hz; teljesítmény: 620 W; fordulatszám: 3200 1/min. A DAQ kártya adatai: 16 csatorna (S/E), 16 bit, 2 MHz.

a.) Határozza meg a fűrógép azon paramétereit, amelyeket Ön szerint mérni szükséges. Határozza meg az egyes paraméterek terjedelmét is, ahol lehet, ott számolással, amelynél nem lehet számolni, ott becsléssel.

Elfogadható paraméterek:

Áram; terjedelem: +/-3,8 A

Feszültség; terjedelem: +/- 325V

Fordulatszám; terjedelem: 0-32001/min

Hőmérséklet; terjedelem: 0 – 120 Celsius fok (becslés)

Rezgésgyorsulás; terjedelem: 0-100 m/sec<sup>2</sup> (becslés)

Zaj; terjedelem: 0-120 dB (becslés)

Ha legalább hármat felsorol és 3 terjedelem jó, megadható az **1-1 pont**

- b) Határozza meg a mintavételezési frekvenciát (pontos számot kérünk, amit beállítana a mintavételezésnél a programban) az alábbi esetekre:

b1: Multiplexelt rendszert alkalmazunk és a feldolgozást frekvenciatartományban fogjuk végezni az áram 50. felharmonikusáig.

Ha az a.) pont első kérdésénél a felsorolt paraméterek számát „p”-nek tekintjük, akkor itt a jó megoldásnak 5001\*p és 8000\*p közé kell esnie, ez az **1 pont**

b2: Szimultán mintavételező rendszert alkalmazunk és a feldolgozást frekvenciatartományban fogjuk végezni az áram 50. felharmonikusáig.

Itt a jó megoldásnak 5001 és 8000 Hz közé kell esnie, ez az **1 pont**

b3: Multiplexelt rendszert alkalmazunk és a feldolgozást időtartományban fogjuk végezni úgy, hogy a 100µs –os tranziensek analizálhatóak legyenek.

100.000\*p és 2 MHz között- **1 pont**

b4: Szimultán mintavételező rendszert alkalmazunk és a feldolgozást időtartományban fogjuk végezni úgy, hogy a 100µs –os tranziensek analizálhatóak legyenek.

100.000 és 2MHz között- **1 pont**

- c) A b1. pontban számolt mintavételi frekvenciára és mérési módszerre határozzon meg olyan csatornánkénti mintaszámot, amelynél az áramjel a 50. felharmonikusig úgy analizálható, hogy ne kelljen ablakozó függvényt alkalmazni. A számítását indokolja szövegesen.

Számítás: legyen a hallgató által választott mintavételezési frekvencia  $f_{mv}$ , a mért paraméterek száma továbbra is  $p$ , és a meghatározandó mintaszám  $n_{csat}$ .

$\frac{2500 \cdot p \cdot n_{csat}}{f_{mv}}$  - ennek az értéknek egész számnak kell lennie, ahhoz, hogy a feladatra

**1 pont** adható legyen. A magyarázat hozzá **2 pont**. A magyarázat lényege: Mivel a Fourier sorba fejtést csak végtelen összetett periodikus jeleken lehet elvégezni, végtelen jelet pedig nem tudunk mérni, a mért jeldarabot tekintjük az analizálni kívánt összetett periodikus jel 1 periódusának és azt rakjuk elméletben

végtelenszer egymás mögé. Ennek a periódus ideje:  $T_{reg} = \frac{n_{csat}}{f_{mvcsat}}$ , ahol  $f_{mvcsat} = \frac{f_{mv}}{p}$ .

Ha  $T_{reg}$  a jel 1 periódusa, akkor a jel frekvenciája ennek a reciproka, azaz

$f_{reg} = \frac{f_{mv}}{p \cdot n_{csat}} = f_1$ . Ez a frekvencia az amplitúdó - frekvencia spektrum

alapharmonikusa, és ennek az egész számú többszöröseinél jelennek meg a felharmonikusok. Ha egy vizsgálandó jel frekvenciája nem egyezik meg valamelyik felharmonikus frekvenciával, akkor sátras spektrumképet kapunk, amit ablakozó függvényekkel lehet csökkenteni. Tehát ablakozó függvény akkor nem kell, ha a jel frekvenciája egész számú többszöröse az alapfrekvenciának, vagyis az  $f_1$ -nek. Na nem kell ilyen részletes leírásra számítani, de a lényeg legyen benne.

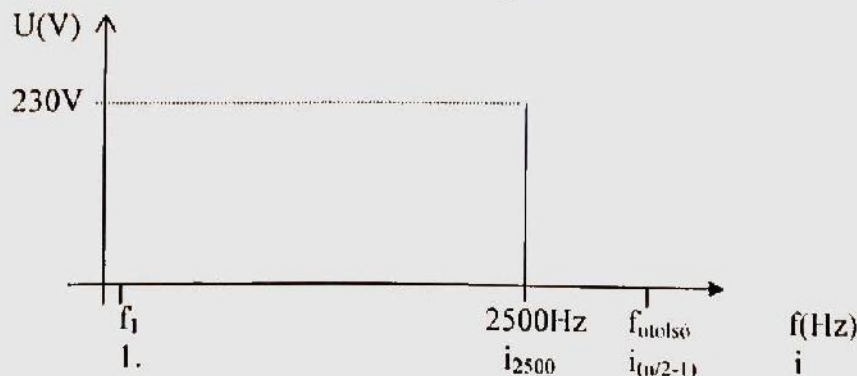
- d.) A b.) és c.) pontokban kiszámolt adatokkal határozza meg a spektrum alapharmonikusát, az utolsó vizsgálható felharmonikus frekvenciáját, és azt, hogy a spektrumon az áramjel 50. felharmonikusa hányadik spektrumvonalnál jelenik meg. Rajzolja fel a spektrumot vázlatosan, a kiemelt értékek megjelölésével.

Alapharmonikus:  $f_1 = \frac{f_{mv}}{p \cdot n_{csat}}$  **1 pont**

Utolsó vizsgálható felharmonikus:  $f_{utolsó} = \frac{f_{mv}}{2p} - f_1$  **1 pont**

A 2000 Hz frekvencia felharmonikus sorszáma:  $i_{2000} = \frac{2500}{f_1}$  **1 pont**

Spektrumkép **1 pont**

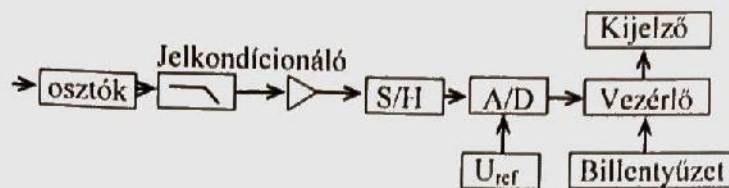


5. Egy digitális voltmérő méréshatára 100V, a full scale-re vonatkoztatott relatív hibája 0,01%, a bizonytalan digitek száma 1. A műszerrel mérést végzünk, és a mutatott érték 36,56V.

a.) Rajzolja fel a voltmérő felépítését blokkvázlattal.

**2 pont**





b.) Határozza meg a fenti mérés relatív hibáját.

$$h_{rdg} = h_{FS} \frac{p_{FS}}{m} = 0,01 \cdot \frac{100}{36,56} = 0,02735\% \quad \text{1 pont}$$

$$h_{count} = \frac{D}{N} \cdot 100\% = \frac{1}{3656} \cdot 100\% = 0,02735\% \quad \text{1 pont}$$

$$h = h_{rdg} + h_{count} = 0,01306 + 0,01306 = 0,0547\% \quad \text{1 pont}$$

6. Rajzolja fel a Wheatstone hidas ellenállásmérés áramkörti kapcsolását. Vezesse le a kiegyenlítés feltételét.



Jó rajz: 1 pont

Ha  $U_X = U_3$ , akkor  $U_0 = 0$ , ekkor a híd kiegyenlített.

Kiegyenlítés feltételének felírása: 1 pont

Kiegyenlítés feltétele:

$$U_X = U \cdot (R_X / (R_1 + R_X)); U_3 = U \cdot (R_3 / (R_2 + R_3))$$

$$U_0 + U_3 - U_X = 0$$

$$U_0 = U_X - U_3$$

jó levezetés 1 pont

A Gauss eloszlás sűrűségfüggvényének az integráltjai:

| t  | 0     | ,01 | ,02 | ,03 | ,04 | ,05 | ,06 | ,07 | ,08 | ,09 |
|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ,8 | ,2881 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2  | ,4773 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |