

MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR
ELEKTROTECHNIKAI – ELEKTRONIKAI TANSZÉK

Tantárgyi dosszié

Tárgy: Elektronikus mérések I. **Tantárgykód:** GEVEE509B
Tárgyjegyző: Váradiné dr. Szarka Angéla **Félév:** tavaszi
Szak: Villamosmérnöki BSc nappali **Szakirány:** -

a.) Tantárgy program

Oktatási (naptári) hetek	Előadás	Gyakorlat
1. (8.)	Méréselméleti alapok ismétlése. Mérés, mérési módszer, mérési eljárás fogalma. Mérési hibák osztályozása, mérési hibák számítása. Véletlen hibák becslésének módszerei.	1. számolási gyakorlat Tájékoztató a tantárgy gyakorlati kurzusának tematikájáról, követelményeiről.
2. (9.)	Mérési sorozatok kiértékelése. Gauss eloszlású sorozatok analízis módszerei. 6 szigma módszer alkalmazása a minőségbiztosításban.	2. számolási gyakorlat Mérési hibák számítása, ismételés
3. (10.)	Nem Gauss eloszlású mérési sorozatok analízise. Regresszió analízis.	3. számolási gyakorlat Gauss eloszlású mérési sorozatok kiértékelése
4. (11.)	Mérési hibák halmozódása.	4. számolási gyakorlat 6 szigma módszer alkalmazása, folyamatkéesség vizsgálata.
5. (12.)	Digitális mérési módszerek. A digitális adatfeldolgozás elvi kérdései. A mintavételezési és kvantálási törvények. Számítógépes mérőrendszerek alapjai, és felépítése.	5. számolási gyakorlat Nem Gauss eloszlású mérési sorozatok kezelése, kiértékelése.
6. (13.)	Aktív és passzív transducer elemek, szenzorok. Ezek típusai, jellemzői és felhasználási területei. Távadók jellemzői. Érzékelők alkalmazása.	6. számolási gyakorlat Regresszió analízis, mérési hibák halmozódása.
7. (14.)	Analóg jelkondicionálás. Jelerősítés, zajszűrés. Analóg multiplexerek, mintavevő/tartó áramkörök, D/A és A/D átalakítás.	7. számolási gyakorlat LabView alkalmazásának ismételése.
8. (15.)	Közvetlen és közvetett A/D átalakítók felépítése, működése. Számláló, kétoldali közelítéses, párhuzamos, kétszeresen integráló és feszültség-frekvencia típusú A/D átalakítók.	8. számolási gyakorlat LabView alkalmazása 2.
9. (16.)	Számítógépbe helyezhető adatgyűjtő kártyák jellemzői és alkalmazási lehetőségei. Soros és párhuzamos adat továbbítás. RS232, RS485 és GPIB rendszerek	9. számolási gyakorlat Analóg bemenetek alkalmazása LabView környezetben 1.
10. (17.)	Mintavételezett jelek feldolgozása idő és frekvenciatartományban. Spektrumanalízis elvi és gyakorlati kérdései. Ablakozófüggvények alkalmazása, aliasing jelenség.	10. számolási gyakorlat Analóg bemenetek alkalmazása LabView környezetben 2.
11. (18.)	Triggerelt mintavételezési eljárások. Analóg és digitális triggerelés, ablak triggerelés, pre-triggerelt mintavételezés.	11. számolási gyakorlat Analóg kimenetek alkalmazása LabView környezetben.

12. (19.)	Z Á R T H E L Y I D O L G O Z A T	12. gyakorlat Labview gyakorlati foglalkozás 1.
13. (20.)	Ipari mérésadatgyűjtő rendszerek. Elektronikai iparban alkalmazott tesztelési módszerek. Meghívott ipari szakember előadása bemutatóval.	13. gyakorlat Labview gyakorlati foglalkozás 2.

b.) Kötelező és ajánlott irodalom

Kötelező irodalom:

Váradiné Szarka Angéla: Elektronikus mérések I. on-line jegyzet BSc szintű villamosmérnök szakos hallgatók részére (http://nw.elektro.uni-miskolc.hu/~angela/elmer_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, kollokvium

Az aláírás megszerzésének a feltétele:

A zárthelyi dolgozat legalább elégséges szintű teljesítése.

Zárthelyi dolgozat:

időpontja: a 19. oktatási 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 dolgozat az utolsó héten pótolható.

Vizsga rendje:

A vizsga 2 részből áll:

1. 10 db írásbeli minimum kérdés (30 perc)
2. Szóbeli vizsga

Teljesítés feltétele:

7 helyes válasz
2 tétel, mindkettőből legalább elégséges szintű felelet

A vizsga értékelése:

A vizsgarészek egymásra épülnek. Szóbeli vizsgán csak az a hallgató vehet részt, aki a minimum kérdésekből legalább 7-re helyesen válaszolt.
Szóbeli vizsgán mindkét tételt külön-külön 0-10 ponttal értékeljük, az eredményes vizsgához mindkét tételből legalább 4 pontot kell elérni.

A vizsga eredménye a két jegy matematikai átlaga osztva kettővel, a kerekítési szabályoknak megfelelően kerekítve.

Megajánlott vizsgajegy:

A tanszék azoknak a hallgatóknak, akik a tantárgyból nem rendelkeznek előző tanévből aláírással, továbbá a zárthelyi dolgozatot legalább közepes szinten teljesítik, vizsgajegyet ajánl meg.

A jegy megajánlás a vizsgaidőszak végéig érvényes, amennyiben a hallgató a vizsgaidőszak utolsó napjáig nem fogadja el a megajánlott jegyet a NEPTUN-on, a vizsgaidőszak utolsó napján a megajánlott jegy érvényét veszti. Amennyiben a hallgató nem fogadja el a megajánlott jegyet, vizsgát tehet a vizsgaidőszakban.

A megajánlott jegy kiszámításának módja a zárthelyin szerzett pontszám alapján:

jeles	43 ponttól
jó	35 - 42
közepes	28 - 34

d.) Tételsor

Minimum kérdések

1) Offline/online mérőrendszer értelmezése

Offline: Amennyiben nincs szükség egy adott feladatnál 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

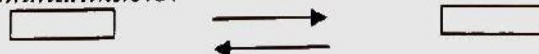
Simplex kommunikáció:



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: $H_Q = \pm \frac{1}{2} Q = \frac{U_{LSB}}{2}$

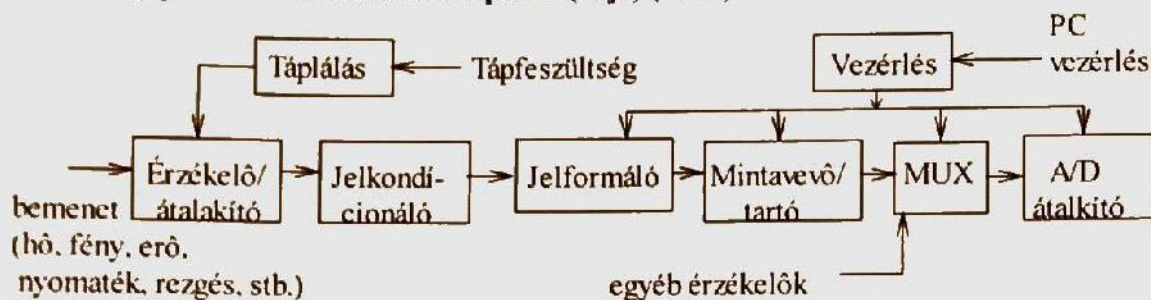
Relatív kvantálási hiba: $h_Q \approx \pm \frac{H_Q}{U_x} \cdot 100\%$

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?

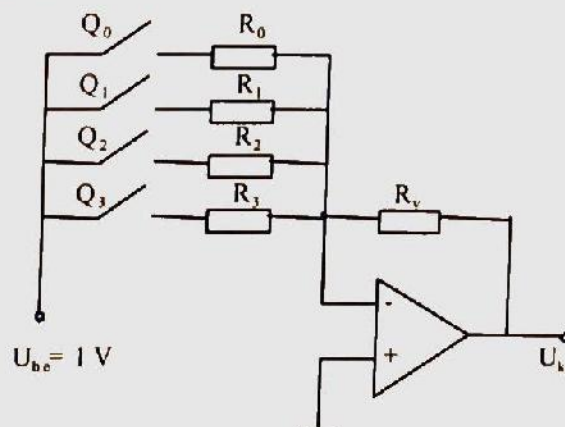
18) Mit értünk a mintavevő –tartó áramkör mintavételezési ideje alatt?

19) Mintavételezési idő, tartási drift és kondenzátor kapacitás közötti kapcsolat a mintavevő –tartó áramkörökben

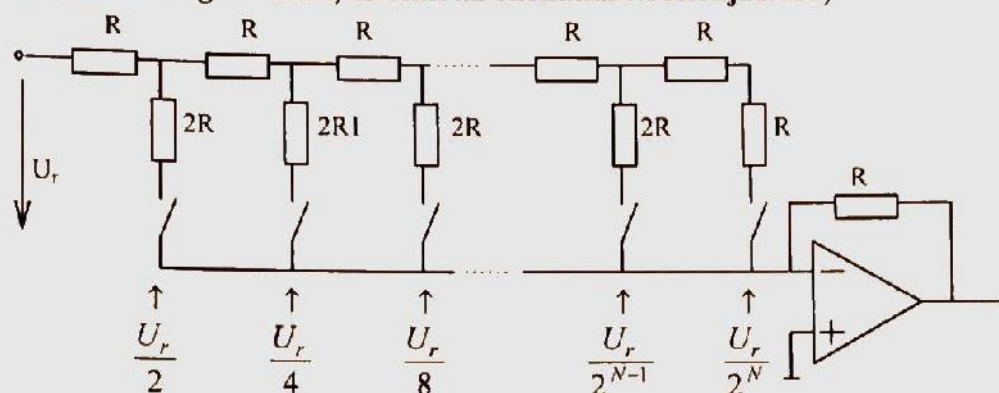
Kondenzátor	Mintavételezési idő	Tartási drift
10 nF	20 μ s	3 mV/s
1 nF	4 μ s	30 mV/s
100 pF	3 μ s	200 mV/s
25 pF	170 ns	5 V/s
10 pF	10 ns	50 V/s

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/I
 - 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 ($< 1\text{MHz}$)
- Csatornaszám (16, 32)
- Bemenetek referencia pontja (közös, független) (Single-ended; Differential)
- Pontossági jellemzők (linearitás, stb.)
- Bemeneti impedancia (nagy)

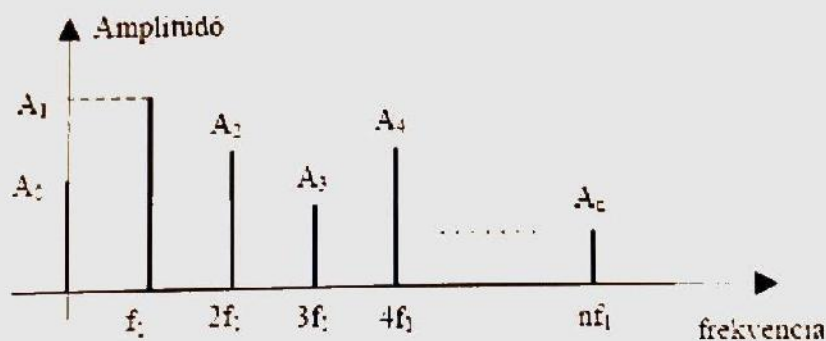
27) Hogyan ellenőrizhető, hogy a mérendő jeleket közös földponthoz képest, vagy differenciál bemenetben kell mérni?

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: $t_{\text{free}} \approx 0$, $t_{\text{mv}} \approx t_{\text{ap}}$
multiplexer alkalmazása nem szükséges
- Többcsatornás rövid idejű gyors: $t_{\text{free}} \approx 0$, $t_{\text{mv}} \approx t_{\text{ap}}$
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_{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. $f(x_i) = \frac{P(x_i)}{\Delta x_i} = \frac{\varphi(x_i)}{n \Delta x_i} = \frac{n_i}{n \Delta x_i}$

$\frac{n_r}{n}$ 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 Δx intervallumokra. Ezeket a középpontjukhoz tartozó x_r mérési adattal jellemezzük. Egy adott terjedelmen belül az összes változót megegyezőnek tekintjük és egyedi értéküket a terjedelem középpontja által meghatározott értékkel helyettesítjük.

I. témakör

1. Mérési sorozat. A véletlen hibák becslésének módszerei. Mérési sorozatok kiértékelésének módszerei.
2. Mérési sorozatok kiértékelése csoportosítási módszerrel.
3. Normál (Gauss) eloszlás sűrűségfüggvényének alkalmazása mérési sorozatok kiértékelésére.
4. Mérési sorozatok kiértékelése regresszió analízissel.
5. Mérési sorozatokból számított eredmények hibái.
6. Nem villamos mennyiségek villamos mérése. Passzív és aktív átalakítók. Átalakítók típusai. Sensorok és transducerek. Ezek csoportosítása. Lézeres távolságmérő, ellenálláshőmérő, piezoelektromos rezgőmérő.
7. Hall-generátoros mérőátalakítók és alkalmazási területük.

II. témakör

8. Számítógépes mérőrendszer szerepe. A mérőrendszer környezete. On-line és off-line mérőrendszerek. Számítógépes mérőrendszerek funkcionális szervezése.
9. Számítógéppel támogatott mérésadatgyűjtés hardware és software feltételei. Számítógépes adatgyűjtő rendszer felépítése és elemei. Szinkron és aszinkron adatgyűjtés.
10. Számítógépes mérésadatgyűjtő rendszerben alkalmazott adattovábbítási módszerek.
11. Analóg jelek mintavételezése. Kvantálás, mintavételi törvény.
12. D/A átalakítás.
13. A/D átalakítás. Számláló típusú átalakító. Kétoldali közelítéses átalakító. Párhuzamos A/D.
14. Kétszeresen integráló átalakító. Feszültség – frekvencia átalakító. A/D átalakítók hibái.
15. Multifunkcionális mérésadatgyűjtő kártyák jellemzői, egységei.
16. Jelkondicionálók, multiplexerek, mintavevő-tartó áramkör felépítése, működése.
17. Mintavételezési eljárások. Rövid idejű gyors mintavételezés, hosszúidejű lassú mintavételezés. Osztott tárolós mintavételezés.
18. Mintavételezett jelek frekvencia analízise. Ablakozás, aliasing jelenség.
19. Adattovábbítás soros és párhuzamos protokolljai.
20. Ipari tesztelés módszereinek ismertetése
21. Labview programfejlesztő környezet ismertetése. Program szerkezete, változók deklarálása, ciklusok programozása, különlegességek (pl. shift register, property node, stb).

e.) Előadások és gyakorlatok anyaga

Az előadások és gyakorlatok 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 (80 oldal)

1. Méréstechnikai alapfogalmak
2. Mérési hibák
3. Mérési sorozatok kiértékelése
4. Számítógéppel támogatott mérések alapjai
5. Számítógépes mérőrendszerek architektúrái
6. Számítógéppel támogatott mérőrendszer felépítése
7. Programozott, megszakítás- és DMA vezérelt adatbeolvasás
8. Érzékelők, átalakítók
9. Analóg jelkondicionálók
10. Multiplexerek, mintavevő-tartó áramkörök
11. D/A és A/D átalakítók
12. Analóg jelek mintavételezése és kvantálása
13. Mintavételezett jelek frekvenciaanalízise
14. Aliasing jelenség, ablakozás
15. Multifunkcionális mérésadatgyűjtők jellemzői
16. Multiplexelt analóg bemenetek alkalmazása
17. Mintavételezési módszerek és eljárások
18. Méréstechnikában alkalmazott soros és párhuzamos jelátvitel szabványos protokolljai: RS232, RS485, IEEE488
19. Ipari tesztelés módszerei. In circuit testing, functional testing, JTAG, AOI
20. Etherneten keresztül vezérelhető mérőrendszerek

Gyakorlati anyag

LabView bvezető (16 oldal)

LabView mérés anyaga (2 fájlban összesen 17 oldal)

Mérésadatgyűjtő kártya analóg bemeneteinek alkalmazása

Készítsen olyan programot LabView-ban, amely az alábbi feladatokra alkalmas:

1. a.) Egycsatornás mintavételezésre, a felhasználó által meghatározott csatornán, mintavételi frekvenciával és mintaszámmal.
b.) Legyen a jel kirajzoltatható valós feszültség-idő függvényen.
c.) A felhasználó döntése szerint szükség esetén lehessen a mintavételezett jelet elmenteni a felhasználó által megadott nevű fájlba, és lehessen visszahívni a felhasználó által kiválasztott adatfile-ból a jelet, és a mérési paramétereit.
d.) Egy „Analízis” gomb megnyomásával lehessen az éppen kirajzolt jelet spektrum analízálni. Az amplitúdó-frekvencia függvényt valós feszültség-frekvencia – diagrammon jelenítse meg.

2. a.) Többcsatornás mintavételezésre, a felhasználó által meghatározott számú csatornákon, mintavételi frekvenciával és mintaszámmal.
 b.) Legyenek a jelek külön-külön, gombbal választhatóan, kirajzoltathatóak egy közös valós feszültség-idő grafikonon.
 c.) Lehessen a mintavételezett jeleket elmenteni a felhasználó által megadott nevű fájlba, és lehessen visszahívni és kirajzoltatni az elmentett adatfile-okból a jeleket, és a mérési paramétereket.
 d.) Bármely, a felhasználó által kiválasztott jelet lehessen frekvencia analízálni az 1. pontban leírtak szerint.
3. Egycsatornás folyamatos mintavételezésre, a felhasználó által meghatározott csatornán és mintavételi frekvenciával és átmeneti tárolómérettel. Legyen a jel folyamatosan (on-line) kirajzoltatható (scroll-ozható). Legyen folyamatosan kimutatva a tárolóból kiolvasott és „bennragadt” adatok száma.
5. Legyen védett a program a nem megfelelő adatbevitellel szemben, adjon figyelmeztetést a felhasználónak a rossz adatbevitelről (pl. $1 \leq \text{csatornák száma} \leq \text{max.}$, minták száma a csatornák számának többszöröse kell legyen, $5 \text{ Hz} \leq \text{mintavételi frekvencia} \leq \text{max.}$). Készítsen - amennyire csak tud - felhasználóbarát programot.

f.) Zárthelyi dolgozat

1. Egy 2 kHz-es négyszögjelből 50 kHz-es mintavételi frekvenciával 20 periódust mintavételezünk.
 - a.) Mennyi ideig tart a mintavételezés? (2 pont)
 - b.) Hány mintát vett? (2 pont)
 - c.) FFT analízáláskor mekkora a frekvencia spektrum alapharmonikusa? (2 pont)
 - d.) Hányadik felharmonikus lesz a négyszögjel alapfrekvenciája? (2 pont)
 - e.) Hányadik felharmonikus az utolsó vizsgálható felharmonikus és ehhez mekkora frekvencia tartozik? (2 pont)
 - f.) Rajzolja fel közel léptékhelyesen a teljes megjeleníthető amplitúdó-frekvencia spektrumot. (2 pont)
2. Egy háromfázisú motort 380/220 V, 50 Hz-es hálózatról táplálunk. A motor vonali feszültségeit és áramait mérjük. Minimum mekkora mintavételi frekvenciát kell választani ahhoz, hogy a jeleket a 15. felharmonikusig tudjuk vizsgálni? (3 pont)
3. Ismertesse a DMA vezérelt adattovábbítást. (2 pont)
4. Ismertesse a számítógéppel vezérelt analóg mérőrendszer felépítését és elemeit. (6 pont)
5. a.) Egy 50 A-es méréstartományú Hall elemes árammérővel 5 A-t szeretnénk mérni. A szekunder áram tartománya 25 mA. Ismertesse a primer és a szekunder kör optimális

beállításait, ha a jelet a számítógép 5V-os tartományú feszültségbementére akarjuk kapcsolni. (2 pont)

b.) Ezt az érzékelőt feszültségmérésre kívánjuk használni. A maximális feszültségbement 1000 V.

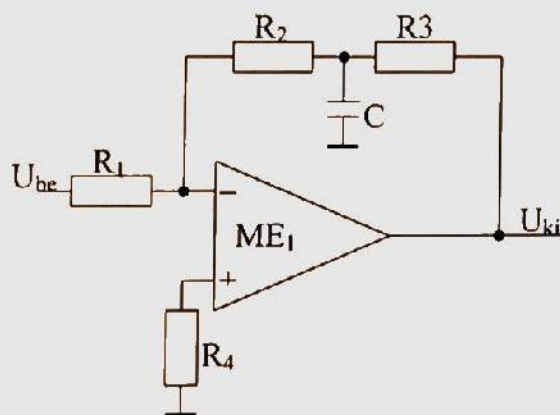
Adja meg a szükséges paramétereket az érzékelő feszültségmérőként történő alkalmazásához. (3 pont)

6. Ismertesse az ablakozás módszerét, alkalmazási területét és jelentőségét. (2 pont)

7. Az alábbi kapcsoláson számítógéppel mérjük az R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ellenállások és a C kondenzátor feszültségét. A bemeneti feszültségjel maximális frekvenciája 20 kHz.

a.) Ismertesse az analóg bemeneti egység mérési paramétereinek beállításait! (6 pont)

b) Ismertesse, hogy milyen mintavételezési módszerekkel mérheti meg a jeleket?(4 pont)



Megoldás:

1. Egy 2 kHz-es négyszögjelből 50 kHz-es mintavételi frekvenciával 20 periódust mintavételezünk.

a.) Mennyi ideig tart a mintavételezés? (2 pont)

$$t_{mv} = \frac{20}{2000} = 0,01 \text{ sec}$$

b.) Hány mintát vett? (2 pont)

$$n = t_{mv} \cdot f_{mv} = 0,01 \cdot 50 \cdot 10^3 = 500$$

c.) FFT analízáláskor mekkora a frekvencia spektrum alapharmonikusa? (2 pont)

$$f_0 = \frac{f_{mv}}{n} = \frac{50 \cdot 10^3}{500} = 100 \text{ Hz}$$

d.) Hányadik felharmonikus lesz a négyszögjel alaptfrekvenciája? (2 pont)

$$\frac{f_{jel}}{f_0} = \frac{2000}{100} = 20$$

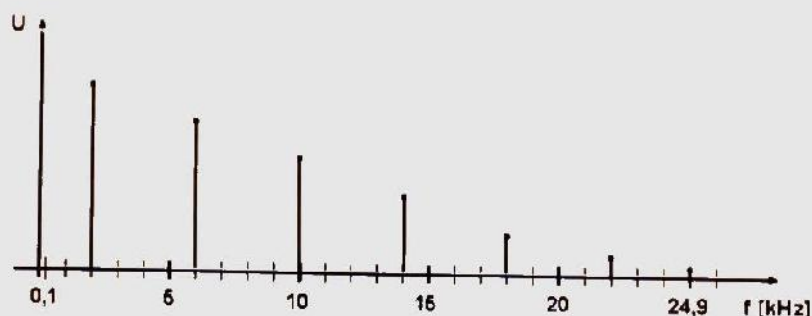
A 20. felharmonikus lesz a négyszögjel alapfrekvenciája.

- e.) Hányadik felharmonikus az utolsó vizsgálható felharmonikus és ehhez mekkora frekvencia tartozik? (2 pont)

$$\text{Az utolsó vizsgálandó felharmonikus: } \frac{50 \text{ kHz}}{2 \cdot 100} - 1 = 249$$

$$f_{249} = 249 \cdot 100 = 24900 \text{ Hz}$$

- f.) Rajzolja fel közel léptékhelyesen a teljes megjeleníthető amplitúdó-frekvencia spektrumot. (2 pont)



2. Egy háromfázisú motort 380/220 V, 50 Hz-es hálózatról táplálunk. A motor vonali feszültségeit és áramait mérjük. Minimum mekkora mintavételi frekvenciát kell választani ahhoz, hogy a jeleket a 15. felharmonikusig tudjuk vizsgálni? (3 pont)

6 csatornán szükséges a jeleket vizsgálni.

$$f_{jel, max} = 50 \cdot 15 = 750 \text{ Hz}$$

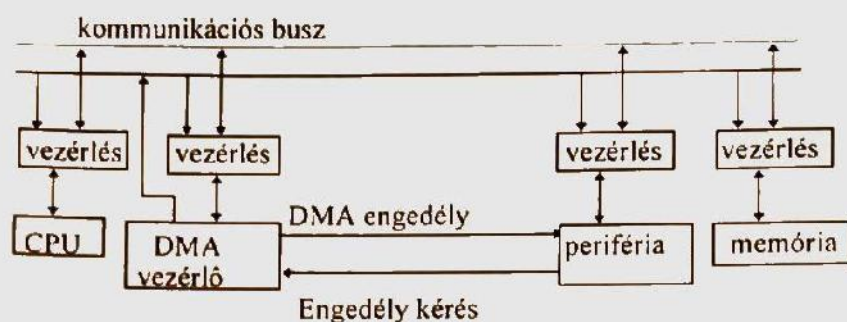
$$f_{mv} > 6 \cdot 2 \cdot 750 = 9000 \text{ Hz}$$

$$\text{Pl.: } f_{mv} = 12000 \text{ Hz}$$

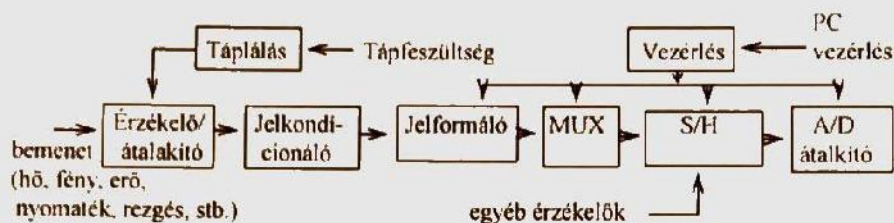
3. Ismertesse a DMA vezérelt adattovábbítást. (2 pont)

Ez a leggyorsabb adattovábbítási módszer, ugyanakkor ennél a módszernél a vezérlés szinte teljes egészében ki kerül a CPU "kezeiből". A vezérlést ilyenkor a processzortól az ún. közvetlen memória elérésű vezérlő (DMA - direct memory access - controller) veszi át. A rendszer kommunikációs busza elérhető mind a CPU mind a perifériák által. A vezérlő buszon a CPU és a DMA vezérlő osztozik. Ha egy periféria adatokat akar továbbítani a memóriába, akkor engedély kérő jelet küld a DMA vezérlőnek, a DMA vezérlő átveszi a vezérlést a processzortól, egyben a címbuszon keresztül kijelöli azt a memóriaterületet, ahova az adatok érkeznek majd, és engedélyező jelet küld a perifériának a forgalmazáshoz. Az adattovábbítás folyamata alatt a kommunikációs buszt a DMA vezérli.

Természetesen az IRQ-hoz hasonlóan itt is be kell állítani az egyes perifériák DMA szintjét, így ez a prioritás sorrend meghatározás a megszakítás vezérelt adattovábbításnál említettekhez hasonló jellegű gondokat vethet fel. A PC-k rendszersajátosságaiából adódóan azonban általában mégsem okoz olyan mértékű problémát, mint az IRQ vezérlés esetén.



4. Ismertesse a számítógéppel vezérelt analóg mérőrendszer felépítését és elemeit. (6 pont)



Érzékelő/átalakító: Fizikai/kémiai mennyiséget érzékel és azt valamilyen ismert törvényszerűség szerint átalakítja az adatgyűjtés számára alkalmas, általában feszültségjel formára. Egyes érzékelőknek külső energiaforrásra is szükségük lehet a működésükhöz. Bizonyos érzékelők az érzékelésen túl a mérőkör leválasztását is megoldják.

Jelkondicionáló: A jel digitalizálását segíti. A jelkondicionálás legtipikusabb példája a szűrés (antialiasing szűrő) és erősítés. Ha a jel a FS feszültséghez képest túl kicsi, akkor digitalizálásnál az A/D átalakító csak az alsó néhány bitet használja fel, ami az átalakítás pontosságát nagy mértékben csökkenti.

Jelformáló: A jelfeldolgozást segíti. Vannak olyan esetek, amikor a mért jelen a szükséges átalakításokat érdemes még a "számítógépen kívül" elvégezni. Ez főleg akkor hasznos, ha processzoridőt kívánunk megtakarítani.

Mintavevő/tartó (Sample and hold-S/H): A rendszernek ez az egysége végzi az adatgyűjtő berendezés analóg bemeneti csatornájára kapcsolt jel mintavételezését. A mintavételezett analóg feszültségértéket gyakran „várakoztatni” kell, amíg az feldolgozásra kerül, ezért szükség van egy olyan áramkörre, amely a jelet a szükséges ideig „tartja”.

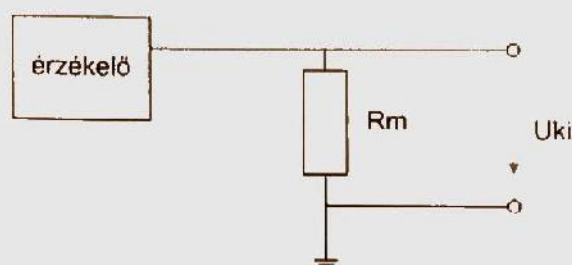
MUX (Multiplexer): Ha több bemenő jelet akarunk egyidőben a számítógépbe vinni, akkor vagy több A/D átalakítót kell alkalmazni (szimultán mintavételezés), vagy a jeleket valamilyen sorrendben, csatornánként kell behívni és átalakítani. A multiplexer a csatornák sorbarendeztetését végzi.

A/D átalakító: A mintavételezett analóg feszültségértéket digitális (bináris) formára alakítja át. Működési elvük, felbontásuk, sebességük, stb. szerint sokféle lehet: pl. számláló, kétoldali közelítéses, párhuzamos, kétszeresen integráló, feszültség-frekvencia, stb. átalakító.

5. Egy 50 A-es méréstartományú Hall elemes árammérővel 5 A-t szeretnénk mérni. A szekunder áram tartománya 25 mA. Ismertesse a primer és a szekunder kör optimális beállításait, ha a jelet a számítógép 5V-os tartományú feszültségbementére akarjuk kapcsolni. (2 pont)

a.) Primer: $N_p = \frac{50 A}{5 A} = 10$

Szekunder:

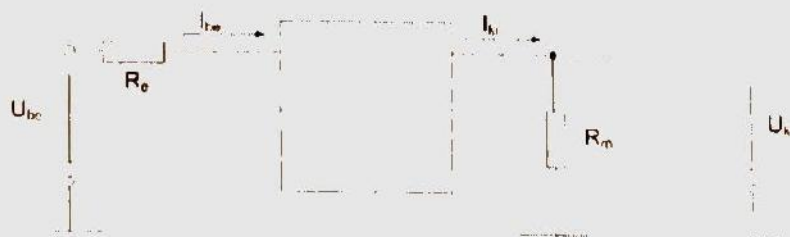


$$R_m = \frac{U_{ki}}{I_{ki}} = \frac{5}{25 \cdot 10^{-3}} = 200 \Omega$$

$$P_{Rm} = I_{ki}^2 \cdot R_m = 0,125 W$$

- b.) Ezt az érzékelőt feszültségmérésre kívánjuk használni. A maximális feszültségbement 1000 V.

Adja meg a szükséges paramétereket az érzékelő feszültségmérőként történő alkalmazásához. (3 pont)



$I_{be \max}$ legyen: 1 mA (elfogadható 10 mA-ig)

$$R_e = \frac{1000 V}{10^{-3}} = 1 M\Omega$$

$$P_{Re} = I_{be}^2 \cdot R_e = 10^{-6} \cdot 10^6 = 1 W$$

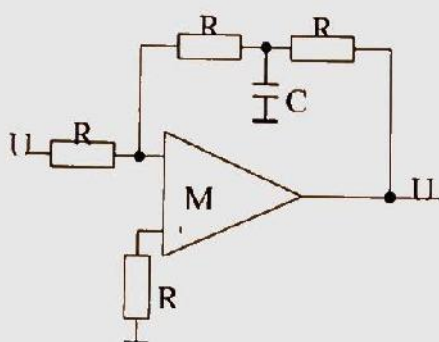
6. Ismertesse az ablakozás módszerét, alkalmazási területét és jelentőségét. (2 pont)

Mivel a Fourier analízis végtelen összetett periódikus jelekre végezhető el, a valós mért jeleket úgy analizáljuk, hogy a mért regisztrátumot tekintjük a jel 1 periódusának. Ezt az „1” periódust tesszük elméletben egymás mögé végtelenszer. Ezért ez az analízis csak akkor fog teljesen hibamentes eredményt adni, ha a periódikus jel 1, vagy több egész számú periódusát mérjük. Amennyiben a mintavételezési folyamat során a jel nem egész

periódusa kerül vizsgálatra, akkor a Fourier-analizálás után) egy ún. sátras spektrumkép jelenség áll elő. Ezt a sátras jellegét csökkentik az ablakozó függvények oly módon, hogy a jel elejét és végét (ahol a törtpériódusok megjelennek) elnyomják.

Az ablakozó függvények (Blackmann, Hanning, háromszög, stb.) egyfajta súlyfüggvényeknek felelnek meg, amelyekkel megszorozzák a mintavételezett jelet a Fourier-analizálás előtt, ezáltal, csökkentve a sátras-jelenséget.

7. Az alábbi kapcsoláson számítógéppel mérjük az R_1, R_2, R_3, R_4 ellenállások és a C kondenzátor feszültségét. A bemeneti feszültségjel maximális frekvenciája 20 kHz.
- Ismertesse az analóg bemeneti egység mérési paramétereinek beállításait! (6 pont)
 - Ismertesse, hogy milyen mintavételezési módszerekkel mérheti meg a jeleket?(4 pont)



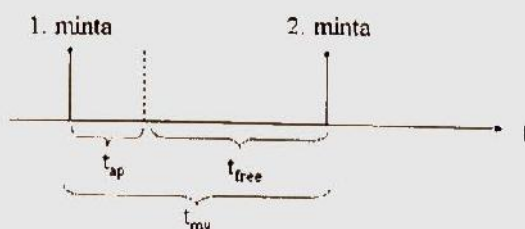
- Differenciál bemenetek használata (5 db csatorna).

$$f_{mv, min} = 5 \cdot 2 \cdot 23000 = 230 \text{ kHz}$$

Szükséges egy min. 10 csatornás 230 kHz-es multiplexelt adatgyűjtő kártya.

- Négyféle mintavételezési módszert lehet megkülönböztetni:

1. Egycsatornás rövid idejű gyors
2. Többcsatornás rövid idejű gyors
3. Egycsatornás hosszú idejű lassú
4. Egycsatornás hosszú idejű lassú



A alábbi ábra mutatja a mintavételezésnél értelmezett időket. Az $t_{apertúra}$ idő a mintavételezéshez szükséges (mintavételezés, minta-adat mentés), míg a következő mintavételezési időig fennmaradó t_{free} időben a felhasználó / CPU / saját feladataival foglalkozhat.

A rövid idejű gyors és a hosszú idejű lassú mintavételezés során a fennmaradó t_{free} idő és annak felhasználása az ami megkülönbözteti a két eljárást.

A rövid idejű gyors mintavételezés során a t_{free} idő közel 0. Emiatt nem marad idő két mintavétel között sem a felhasználóval való kapcsolattartásra, sem pedig egyéb műveletekre.

A hosszú idejű lassú mintavételezés során azonban $t_{free} \gg 0$. Ez azt jelenti, hogy maradhat idő eseménykezelésre, egyéb műveletek végzésére egyaránt. A legfontosabb itt: be

lehet avatkozni a program futásába, ezzel szemben a másik eljárásnál nincs lehetőség erre és meg kell várni a mintavételezési eljárás (pl.: 100000 db minta) befejeződését.