PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

FIZIKAI INTÉZET

Fizikai mérési gyakorlatok

Digitális mérések

Segédlet környezettudományi és kémia szakos hallgatók fizika laboratóriumi mérési gyakorlataihoz)

Összeállították:

Dr. Német Béla

Szász János

http://ttk.pte.hu/kemia/levelezo/digimeres.doc
http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/6_1396_011_101030.pdf
http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/digitmeresalapelve.pdf

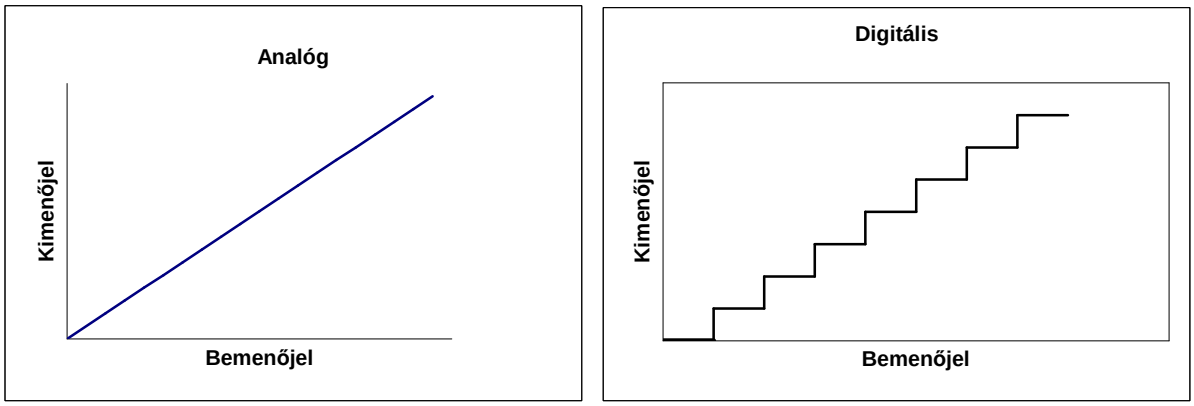
Pécs
2002, 2008, 2013

1. A digitális mérés elve

A számolás legősibb "segédeszköze" az ember tíz ujja. A tízes számrendszer kialakulása is ehhez köthető. A "digitális" kifejezés a latin digitus (ujj) szóból származik, utalva a számlálás folyamatára.

Az eddig megismert műszerek esetén a mérési eredményt skáláról olvastuk le, ami előtt a mutató elmozdul. Az adott méréshatáron belül a mérési eredmény bármilyen értéket felvehet, a mutató követi a változást. Ezt a mérési módszert analóg mérési módszernek, a jelet pedig analóg jelnek nevezzük. (Jel: általános értelemben olyan villamos mennyiség, amely valamilyen információt hordoz)

A digitális mérés során a mérési eredmény csak diszkrét, véges számú, egymástól különböző értékeket vehet fel. Analóg és digitális karakterisztikákat láthatunk az 1. ábrán.

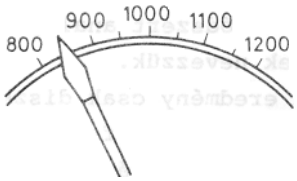


a) b)

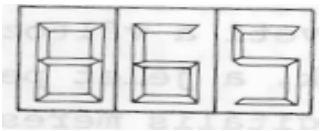
1. ábra. Analóg (a) és digitális (b) karakterisztikák

Az analóg és a digitális mérési elv közötti különbséget szemléletesen érzékelteti a rugós és az egyenlőkarú mérleg eltérő működése. A rugós erőmérő működése analóg rendszerű. A mérő mutatója az előtte elhelyezett skálán, a mérendő mennyiségtől függően, bárhol megállhat. A mérés pontosságát a leolvasási lehetőség javításával, az osztások finomságának növelésével fokozhatjuk. Az egyenlőkarú mérleget a tárába elhelyezett tömegetalonnal egyenlítjük ki. A mérés pontosságát elsősorban az határozza meg, hogy mekkorára választjuk a legkisebb összehasonlító tömegetalont. A mért érték csak ennek a legkisebb egységnek az egész számú többszöröse lehet. Ezt az alapul választott legkisebb egységet kvantumegységnek nevezzük. A mérés elve digitális. A mérési folyamat a kvantálás, amelynek során meghatározzuk, hogy a mérendő mennyiségben (X_m) hányszor van meg a kvantumegység (ΔX). Az így kapott számérték (N) a mérendő mennyiség jellegétől független információ. Ezt a számot egy kijelző egység segítségével láthatóvá lehet tenni. A mérési eredmény mindig számjegyes formában jelenik meg a digitális mérés esetén.

A mért értékek leolvasása analóg és digitális mérés esetén a 2. ábrán látható.



a)



b)

2. ábra. Mutatós (a) és számjegyes (b) kijelzés

1.1. A digitális és az analóg mérési módszerek összehasonlítása

- Az analóg mérés során a mérendő fizikai mennyiséget (pl. feszültség) más fizikai mennyiséggé alakítjuk át (pl. szögelfordulás). A digitális mérés során képezni kell a mérendő mennyiség legkisebb egységét (a kvantumegységet), és meg kell számlálni, hogy a mérendő mennyiség hány darab kvantumegységből áll. Analóg méréskor a mérendő mennyiség és a mutató által kijelzett érték között folyamatos függvénykapcsolat van. Digitális méréskor ez a kapcsolat diszkrét értékekből tevődik össze.
- Analóg mérés során a mérés folyamatos, azaz minden pillanatnyi eredmény kijelezhető, míg a digitális mérés során a rendszer csak meghatározott időpillanatokban mér.
- Az analóg műszerekkel elérhető pontosság 0,1 %, digitális műszerekkel típustól függően $10^{-3}..10^{-5}$ %. A digitális műszerek legnagyobb előnye éppen a nagyobb mérési pontosság. Közvetlen leolvasás miatt nincs leolvasási hiba.
- Az analóg műszerek sok kezelőszervet tartalmaznak, pl. méréshatár átkapcsoló, polaritás jelző stb. A digitális műszereken ezek automatikussá tehetők.
- A digitális műszerek esetén közvetlen lehetőség van a további, számítógépes adatfeldolgozásra.

Az eddig felsorolt jellemzők elsősorban a digitális műszerek előnyeit bizonyították. Hátrányos tulajdonságaik közül kiemeljük, hogy az analóg műszerekhez képest sokkal bonyolultabbak, több alkatrészt és több áramköri egységet tartalmaznak. Ebből következik, hogy áruk is magasabb.

1.2. A digitális műszer kijelző egysége

A mérési eredmény a számláló kimenetén kódban jelenik meg (pl. binárisan). Közvetlen leolvasásra csak a megszokott 10-es számrendszerben való ábrázolás alkalmas. Ezért a különböző kódban kapott eredményt mindig átteszik decimális kódba (10-es számrendszerbe). Közvetlen leolvasást a kijelző eszközök teszik lehetővé.
Leggyakoribb kijelzők:

- Folyadékkristályos kijelző (LCD),
- Fluoreszcens kijelző
- Szilárdtest-fényforrás (világító dióda, vagy az angol elnevezés rövidítésével: LED).

Ez utóbbi fényforrás lehet pontszerű, vagy vonal alakú. Amennyiben vonal alakú, akkor a kijelzendő szám, vagy jelzés általában 7 szegmensből tevődik össze (2.b. ábra).

2. Digitális frekvencia- és időmérők

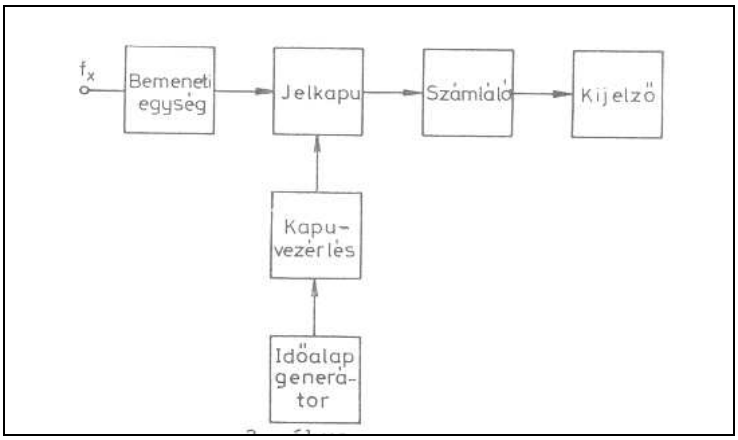
A digitális frekvencia- és időmérők univerzális műszerek. Különböző fizikai mennyiségeket lehet velük megmérni; így frekvenciát, periódusidőt, időtartamot, frekvencia arányt, fázisszöget. Mivel ezeknek a fizikai mennyiségeknek a mérése ugyanazon elven történik, az alapvető funkciójú egységek megfelelő összekapcsolásával a kívánt mérések elvégezhetők.

2.1. Frekvencia-mérés

A frekvenciamérés a legpontosabb és a legtipikusabban megvalósítható digitális mérési eljárás. A frekvencia ui. definiciójából következően az időegység alatti periódusok száma. A periódus a kvantumegység, és ennek egységnyi időtartam alatti megszámlálását jelenti a mérés.

A frekvencia-méréshez ezért egy olyan generátor szükséges, amely nagy pontossággal és stabilitással (értékét időben nem változtatja, időben állandó) biztosítja az időegységet. Ez az időalapgenerátor, amelynek a megvalósítása ma már műszaki szempontból nem jelent különösebb nehézséget.

A frekvenciamérő elvi vázlatát a 3. ábrán látjuk. Működése a következő: A bemeneti fokozat fogadja az ismeretlen f_x frekvenciájú jelet, amelyből annak alakjától és amplitúdójától független egységes szintű és azonos alakú, ún. uniformizált jelet (impulzussorozatot) állít elő a mérendő jelből. Ez az impulzussorozat kerül a jelkapu bemenetére, amely egy meghatározott ideig (ún. kapuidő, t_k) rákapcsolja a megformált bemeneti jelet a számláló áramkör bemenetére. A számláló a bejövő impulzusok számának megfelelő értéket (ami megegyezik a beérkező periódusok számával) a kijelzőn megjeleníti, és tárolja a következő mérési ciklus végéig.



3. ábra. Frekvenciamérő elvi kapcsolása

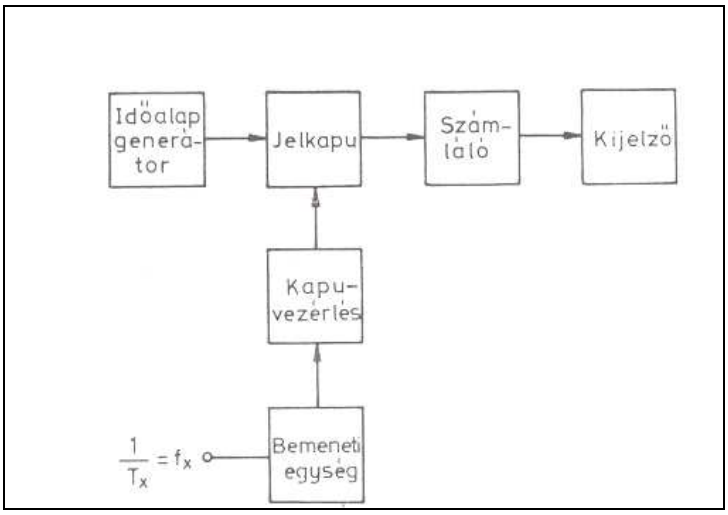
Azt, hogy a kapu mennyi ideig legyen nyitva, vagyis mennyi ideig számláljon a kapuvezérlő áramkörön keresztül, az órajelgenerátor határozza meg. A kapuvezérlő áramkör a START (indító) és a STOP (leállító) impulzusokat az időalapgenerátorból kapja. A kapu az időalapgenerátor egy periódusidejéig (t_k) tart nyitva. A kapuidők szokásos értékei: 1-10 s.

A kijelzett szám: $N = f_x \cdot t_k$. Ha $t_k = 1$ s, akkor a kijelzés egysége a Hz. A mérés annál pontosabb, minél nagyobb frekvenciájú jelet mérünk, és minél nagyobbra választjuk a kapuidőt.

A mérés folyamán számlálási hiba adódik abból, hogy a számlálás kezdeti, ill. végső időpillanataiban érkező impulzusok vagy bekerülnek a számláló dekádokba, vagy nem. Ez a hatás ±1 vagy ±2 számjegyváltozást okozhat a kijelzett szám legkisebb helyi értékén (digithiba).

2.2. Periódusidő-mérés

A periódusidő-mérés elvi vázlatát a 4. ábra mutatja. Ha a frekvencia-mérés vázlatával összehasonlítjuk észrevesszük, hogy ugyanazokat a működési egységeket tartalmazza. A különbség annyi, hogy az időalap generátor és a mérendő jel funkciót cserél. A jelkapu nyitását és zárását a kapuvezérlő áramkörön keresztül az uniformizált mérendő jel végzi.



4. ábra. Periódusidőmérő elvi kapcsolása

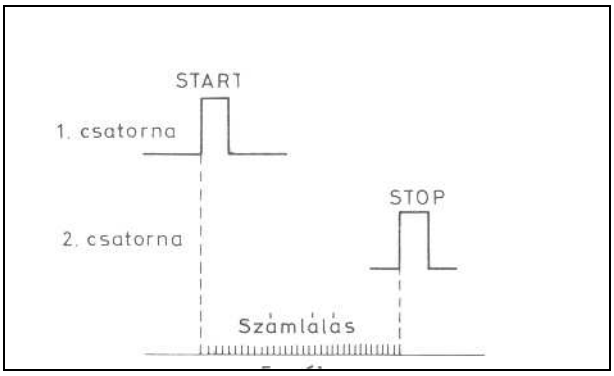
A jelkapu az időalap generátor jelét engedi át a számlálóba, tehát a számláló a mérendő jel által megengedett ideig megszámlálja az órajelgenerátor impulzusait.

A műszer működési elvéből következik, hogy kis frekvenciákon a periódusidő-mérés, nagyobb frekvenciákon (kb. 1 kHz felett) pedig a frekvencia-mérés a pontosabb.

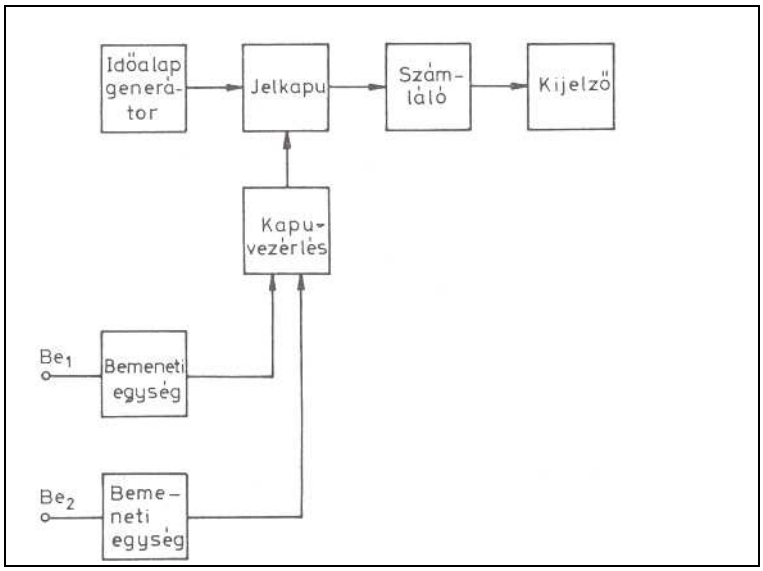
2.3. Időtartam-mérés

Az ismeretlen (t_x) idő mérése abból áll, hogy a számláló a t időtartam alatt megszámolja az időalap generátor impulzusainak számát. Az időtartam és az impulzusok száma között a kapcsolat lineáris.

Ha a jel két csatornán két különböző időben érkezik, akkor az egyik csatorna jele nyitja a jelkaput, a másik csatornáról érkező jel pedig leállítja azt (5. és 6. ábra). Impulzusszélesség mérése is lehetséges úgy, hogy az impulzus pozitív éle adja a START jelet, vagyis nyitja a jelkaput; a negatív éle pedig a STOP leállító jelet. A számláló az impulzus időtartama alatt számlál.



5. ábra. A számlálás szemléltetése időtartam-mérés esetén



6. ábra. Az időtartam-mérés elvi kapcsolása

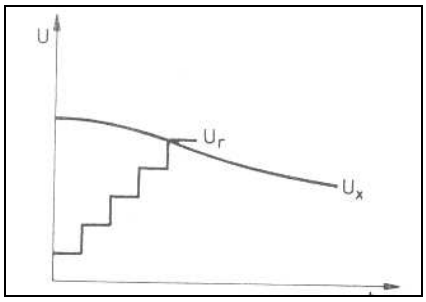
3. Digitális feszültségmérők

A digitális feszültségmérők a mérendő analóg jelet digitális információvá alakítják át. Az analóg-digitál átalakító (A/D) jellegétől függően különféle működési elvű digitális feszültségmérőt készítenek. Legismertebb típusok: kompenzáló rendszerű; feszültség-idő átalakítású; kettős meredekségű.

3.1. Kompenzáló rendszerű digitális feszültségmérő

Működési elve a kompenzációs mérési elv. Az ismert U_R referenciafeszültség érték addig változik, amíg az U_x mérendő mennyiséggel egyenlő nem lesz (7. ábra). Egyenlőség esetén a referenciafeszültség kerül kijelzésre. A műszer blokkvázlatát 8. ábrán látjuk.

A kompenzáló rendszerű digitális feszültségmérő egy visszacsatolt rendszer, ami arra törekszik, hogy az összehasonlító erősítő (komparátor) bemenetén zérus feszültség legyen.



7. ábra. Kompenzáló rendszerű digitális feszültségmérő működési elvének szemléltetése

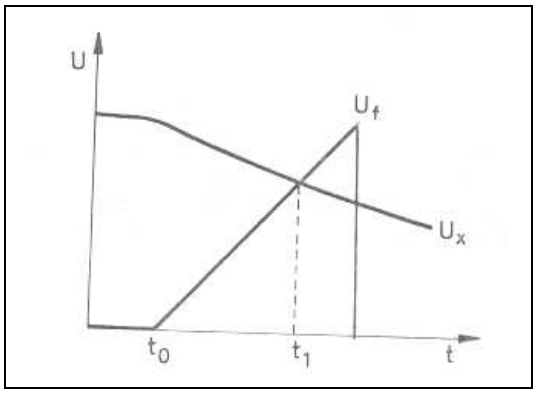
8. ábra. Kompenzáló rendszerű digitális feszültségmérő elvi kapcsolása

A komparátor egyik bemenetére az U_R referenciajel kerül, a másik bemenetére az U_x mérendő jel. A komparátor kimeneti állapota attól függ, hogy U_x kisebb, vagy nagyobb U_R-nél. Ha a két jel nem egyenlő, akkor a komparátor kimenőjele vezérli a kapuáramkört, amely a soron következő U_R értékre engedi lépni a digitál-analóg (D/A) átalakítót. Ez a léptetés, vagy kiegyenlítési folyamat addig tart, amíg $\Delta U=U_x - U_R$ zérus nem lesz. Ekkor a léptetés leáll, és a lépések száma - a pillanatnyi mért feszültség értéke – megjelenik a kijelzőn.

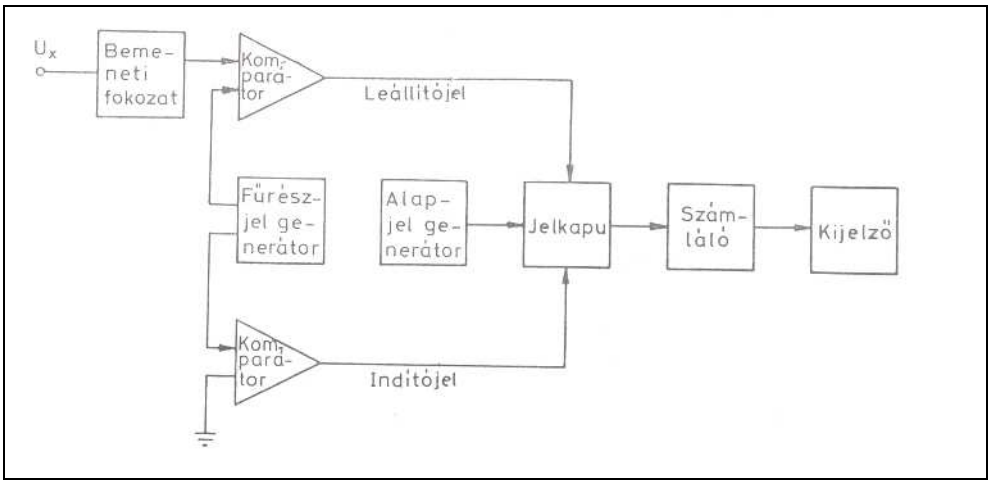
A bemeneti fokozat a mérendő jelet megfelelő értékre leosztja (méréshatárváltás). A kompenzáló mérési módszer biztosítja a digitális feszültségmérőknél a legnagyobb pontosságot (0,005%).

3.2. Feszültség-idő átalakítású digitális feszültségmérő

A mérendő feszültséget egy időben lineárisan változó feszültséggel (fűrészfeszültség) hasonlítjuk össze. A fűrészfeszültség kezdete és a feszültségazonosság között eltelt ($t=t_1-t_0$) idő, a mérendő feszültséggel arányos (9.ábra).



9. ábra. Feszültség-idő átalakítású digitális feszültségmérő működési elvének szemléltetése



10. ábra. Feszültség-idő átalakítású digitális feszültségmérő elvi kapcsolása

Ez az időtartam az impulzusszámlálás elvén mérhető. A készülék kapcsolási vázlata a 10. ábrán látható. A kapuáramkör akkor nyit, amikor a fűrészjel indul. Ha a fűrészjel feszültsége megegyezik az U_x mérendő jellel, akkor leállító jel érkezik. A számláló ezen idő alatt megszámlálja az órajel generátor impulzusait. A bemeneti egység feladata itt is a bemenő jel leosztása és a nagy bemeneti ellenállás biztosítása.

Az elérhető pontosság kisebb (0,05%), mint az előző módszernél, megvalósítása azonban egyszerűbb.

Az anyag elsajátítását ellenőrző kérdés csoportok:

1. Írja le a digitális mérés elvét!
2. Hasonlítsa össze a digitális és az analóg mérési módszereket!
3. Ismertesse a digitális műszer kijelző egységeit!
4. Ismertesse a frekvenciamérés menetét!
5. Ismertesse a periódus időmérés menetét!
6. Ismertesse az időtartam mérés menetét!
7. Ismertesse a kompenzáló rendszerű digitális feszültségmérő!
8. Ismertesse a feszültség-idő átalakítású digitális feszültségmérőt!

Pécs, 2008. január 20.
Dr. Német Béla, Szász János