

Mérés

Információszerzés, a megismerés eszköze; egy fizikai (kémiai, stb.) mennyiség összehasonlítása a mértékegység egységnyi mennyiségével.

Mérés

- Közvetlen (kétkarú mérleg, tolómérő)
- Közvetett (hőellenállás, piezoelektromos gyorsulásmérő)
- Analóg (mutatós műszerek, analóg kimenetű érzékelők)
- Digitális (számkijelzős műszerek, diszkrét kimenetű érzékelők)

SI prefixumok:

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
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Mértékegység rendszer: SI (Systeme International d'Unités)

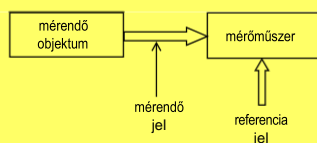
Alapegységek: m, kg, S, A, K, cd, mol
Kiegészítő egységek: rad, sr
Nem használható egységek: q, kp, kp/cm (at), mmHg, LE, cal

Az SI mértékegység-rendszer mellett korlátozás nélkül, illetve néhány szakterületre korlátozottan további mértékegységek is használhatók. Ezek közül a leggyakrabban és legáltalánosabban használt mértékegységek az alábbiak:

celsius-fok	DC	
liter	l	
tonna	t	
perc	min	
óra	h	
nap	d	
hét	-	
hónap	-	
év	-	
kilométer per óra		km/h
wattóra	Wh	
ívmásodperc		
ívperc		
fok	o	
voltamper	VA	(szakterületen)
var	var	(szakterületen)
elektronvolt	eV	(szakterületen)
bar	bar	(szakterületen)

Mérőműszerek

A mérendő mennyiség lehet:
Villamos mennyiség (feszültség, áram, ellenállás, frekvencia stb.).
Egyéb nem villamos mennyiség: (hőmérséklet, erő, nyomás, áramló gázmennyiség stb.), melyeket leggyakrabban villamosjellel alakítjuk, és így közvetett módon mérjük.



Műszer felbontása

Két egymás mellett lévő, még éppen megkülönböztethet x jel távolsága

Általánosan: a műszerrel megadható legkisebb mérőszámkülönbség (Δx)

Példa: digitális műszernél az utolsó értékes jegy egységnyi megváltozásának megfelelő változás az értékmutatásban.

Műszer linearitása

Linearitási hibát akkor lehet értelmezni, ha a mérőeszköz által szolgáltatott adat (kimenőjel) rendeltetésszerűen egyenes arányban áll a mért jellemzővel (bemenőjel).

Ebben az esetben, ideális mérőeszköz esetén a bemenő jel függvényében felvett kimenő jel karakterisztika egy egyenes.

Az elvi egyenestől való eltérés mértékét adja meg a linearitási hiba.

Holtsáv

Az a legnagyobb tartomány, amelyen belül a bemenőjel mindkét irányban változhat anélkül, hogy a mérőeszköz kimenőjében változást okozna.

A holtsáv nagyságától függően a bemenőjel változásának mértékétől is.

A holtsávot néha szándékosan növelik meg azért, hogy csökkentsék a bemenőjel kis változásai következtében fellépő kimenőjel ingadozásokat.

Áram és feszültség mérése

Áram- és feszültségmérés tárgykörébe tartozó jellemzők:

- egyenfeszültség, egyenáram
- csúcsérték
- lineáris középérték
- effektív érték
- pillanat érték
- vektorkomponensek
- frekvenciaspektrum

Áram és feszültség mérése

Árammérési tartományok

- | | |
|--|----------------|
| • DC-elektrométerek | 10 aA – 1 A |
| • DC DMM | 100 pA – 10 A |
| • AC DMM | 1 nA – 10 A |
| • Elektromechanikus árammérők | 10 pA – 100 A |
| • Söntök, mérőtrafók | 10 mA – 100 kA |
| • (Felsőhatár- disszipációs problémák) | |

Feszültségmérési tartományok

- | | |
|----------------------|---------------|
| • DC nanovoltmérők | 10 nV – 1 kV |
| • DC DMM | 100 nV – 1 kV |
| • AC DMM | 1 nV – 1 kV |
| • Elektromechanikus | 10 nV – 1 MV |
| • Osztók, mérőtrafók | 1 V – 1 MV |

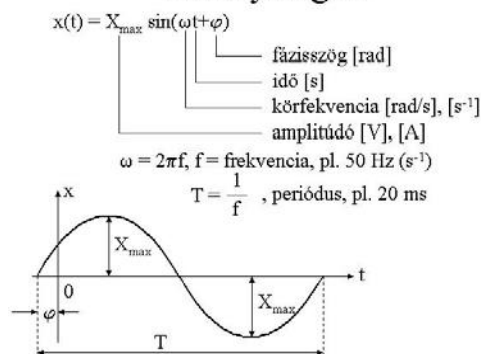
Laboratóriumi mérőműszerek, eszközök

- Digitális multiméter
- Analóg oszcilloszkóp
- Analóg függvénygenerátor
- Egyenáramú tápegységek

A digitális műszerek előnye az analóg műszerekkel szemben:

- nagyobb pontosság,
- nagyobb érzékenység,
- nagyobb mérési sebesség,
- egyértelmű leolvashatóság,
- nagyobb bemeneti impedancia,
- nagyobb frekvenciatartomány,
- a mért érték tárolható,
- aműszerműködtetése automatizálható.

2.3.1. Váltakozó (szinuszos) mennyiségek



14

2.6. Villamos teljesítmény

$p = u \cdot i$ $u = \sqrt{2} U \sin \omega t$ $i = \sqrt{2} I \sin(\omega t - \varphi)$
 $p = \sqrt{2} U \sin(\omega t) \cdot \sqrt{2} I \sin(\omega t - \varphi) = UI \cdot 2 \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi)$
 $p = UI \cdot 2 \cdot (\sin \omega t) \cdot (\sin \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \sin \varphi)$
 $p = UI \cdot [\cos \varphi \cdot (2 \cdot \sin^2 \omega t) - \sin \varphi \cdot (2 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \omega t)]$
 $p = UI \cdot \cos \varphi \cdot (1 - \cos 2\omega t) - UI \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2\omega t$

$P = UI \cdot \cos \varphi$ [W] hatásos teljesítmény
 $Q = UI \cdot \sin \varphi$ [VA] meddő teljesítmény
 $S = UI$ [VA] látszólagos teljesítmény
 $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ teljesítmény tényező

$\vec{S} = \vec{U} \cdot \vec{I}^* = U e^{j0} \cdot I e^{j\varphi} = UI e^{j\varphi}$ komplex teljesítmény
 $|\vec{S}| = S = UI$ $\vec{I}^* = \vec{I}$ konjugáltja
 $\text{Re}\{\vec{S}\} = P = UI \cos \varphi$ $\vec{I} = I e^{j\varphi} \Leftrightarrow \vec{I}^* = I e^{-j\varphi}$
 $\text{Im}\{\vec{S}\} = Q = UI \sin \varphi$ $(a-jb)^* = a+jb$

23

2.10. Háromfázisú teljesítmény

Többfázisú teljesítmény = fázisonkénti teljesítmények összege

Aszimmetrikus terhelés: $P_{3f} = P_A + P_B + P_C$, $S_{3f} = S_A + S_B + S_C$

- közepes teljesítménytényező: $\cos \varphi = \frac{P_{3f}}{S_{3f}}$
(nincs fizikai értelme)

Szimmetrikus terhelés: $P_A = P_B = P_C = P_f = U_f I_f \cos \varphi$

$$P_{3f} = 3P_f = 3U_f I_f \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{3f}}{S_{3f}} = \frac{P_f}{S_f}$$

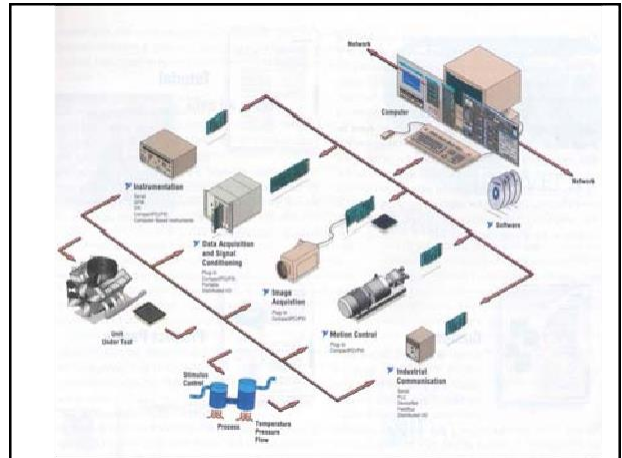
$$Y: P_{3f} = 3U_f I_f \cos \varphi = 3 \frac{U}{\sqrt{3}} I \cos \varphi = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$\Delta: P_{3f} = 3U_f I_f \cos \varphi = 3U \frac{I}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$P_{3f} = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

27

Számítógéppel vezérelt mérőrendszerek



Adigitalizálás elektronikus áramkörei

Felbontás idő tartományban:

Mintavételezés

Eszköze: **Mintavevő-tartó áramkör**

Felbontás amplitúdó tartományban:

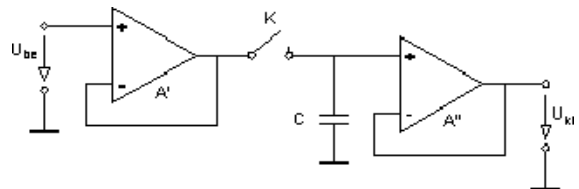
Kvantálás

Eszköze: **Analóg-digitál átalakító**

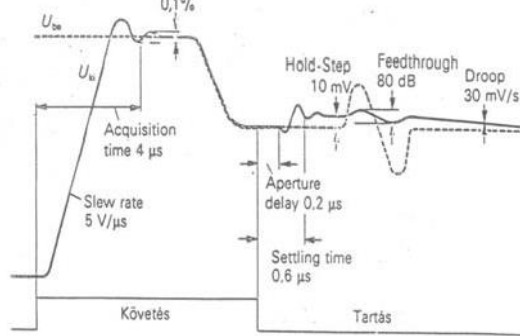
Mintavevő / tartó áramkör (Sample & hold - S/H)

Feladata:

mintavételezés és a vételezett minta tartása a feldolgozásig



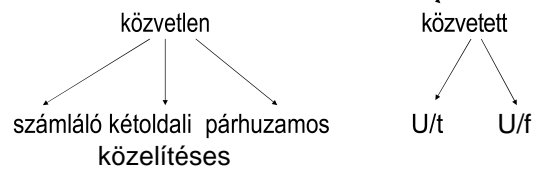
Mintavevő/tartóáramkör (Sample & hold - S/H)



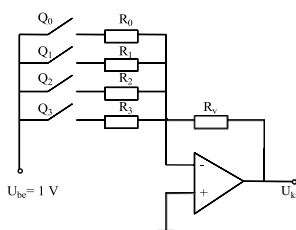
Analóg -digitál átalakító

Feladata: az S/H áramkör kimenetéről érkező jel digitalizálása

A/Dátalakítók csoportosítása



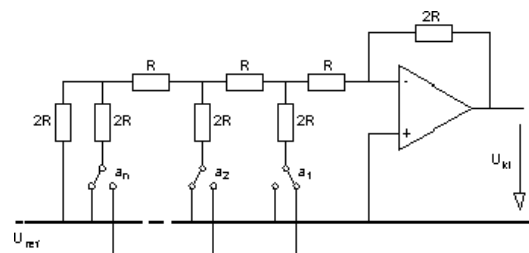
Digitál – analóg átalakítás

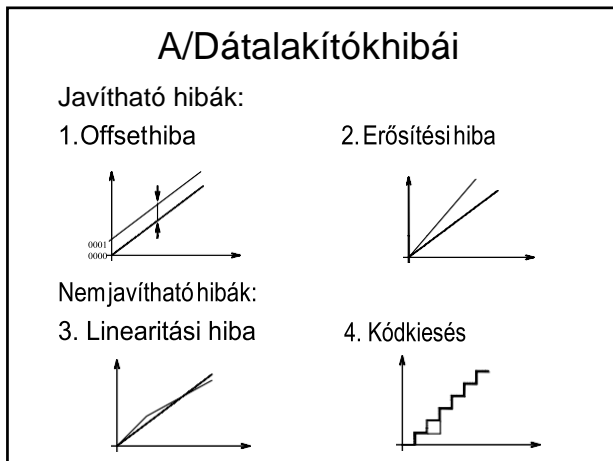
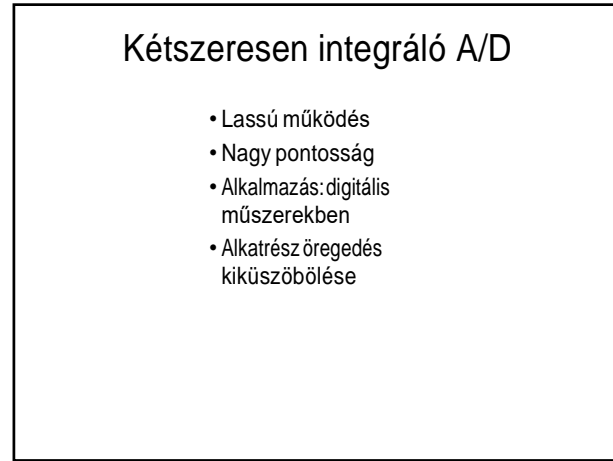
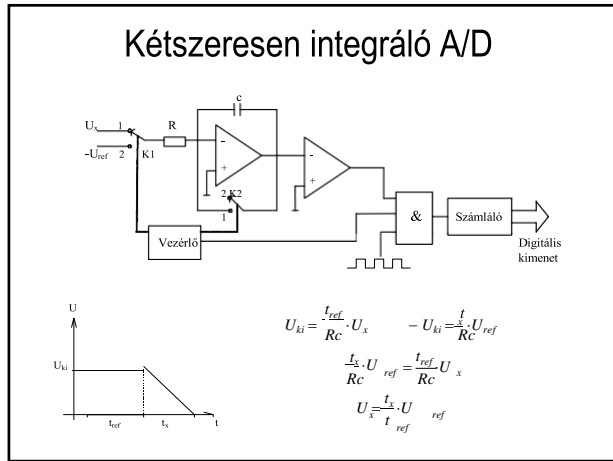
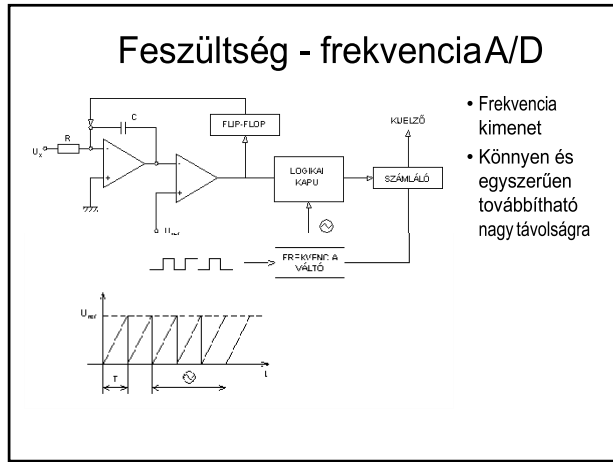
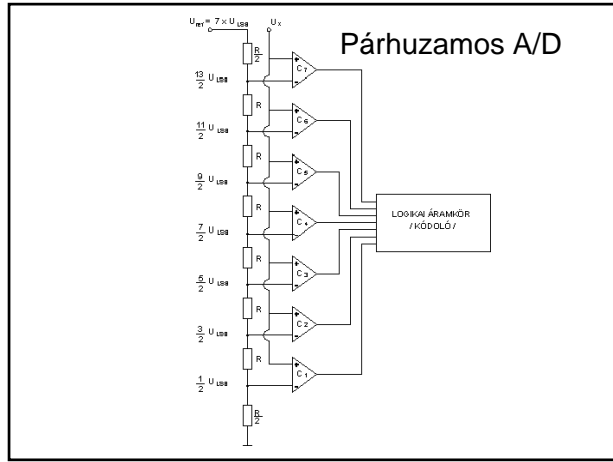
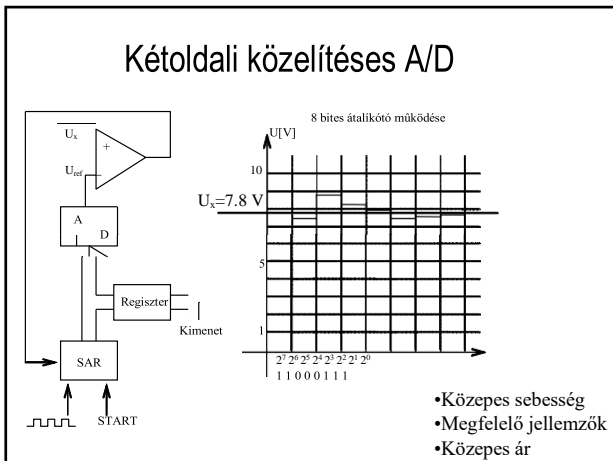
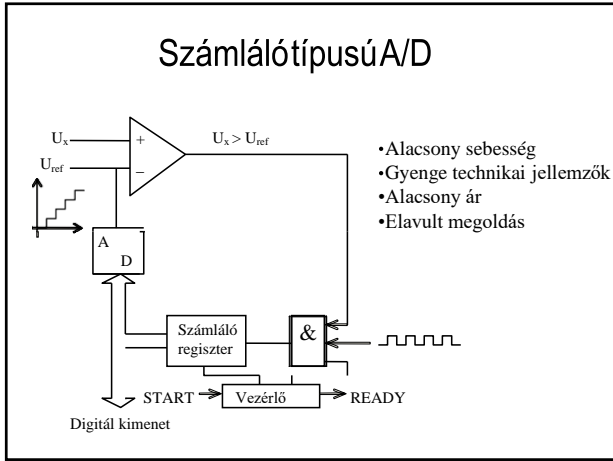


$U_{be} = 1\text{ V}$
 $R_v = 8\text{ k}\Omega$
 $R_3 = 8\text{ k}\Omega$
 $R_2 = 4\text{ k}\Omega$
 $R_1 = 2\text{ k}\Omega$
 $R_0 = 1\text{ k}\Omega$

Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	$-U_{ki}$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
M	M	M	M	M
1	1	1	1	15

Létrahálós D/A átalakítás

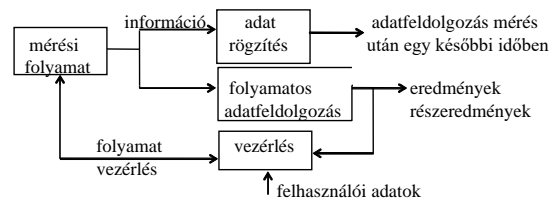




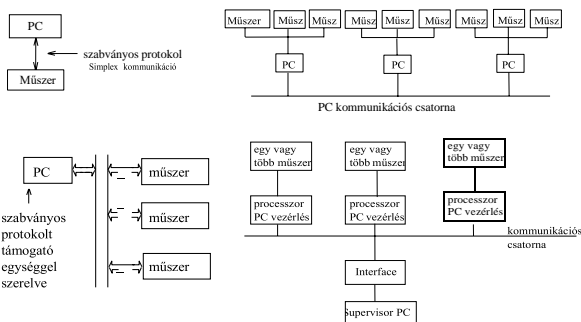
Számítógépes mérőrendszer feladatai

- adatkezelés: gyűjtés, tömörítés, egyszerűsítés, kiértékelés, tárolás;
- műszerek, egyéb perifériák, folyamatok vezérlése;
- mérési folyamatfejlesztés;
- dokumentálás.

On-line és off-line rendszerek



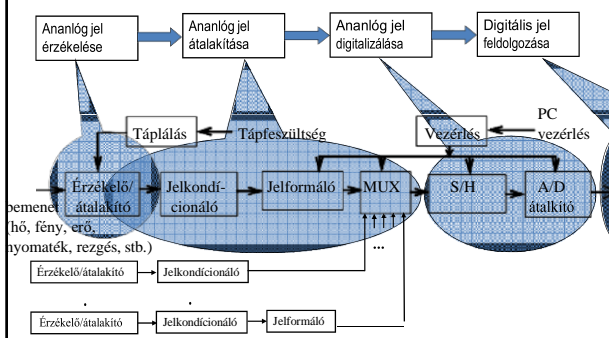
Számítógépes mérőrendszer struktúrái



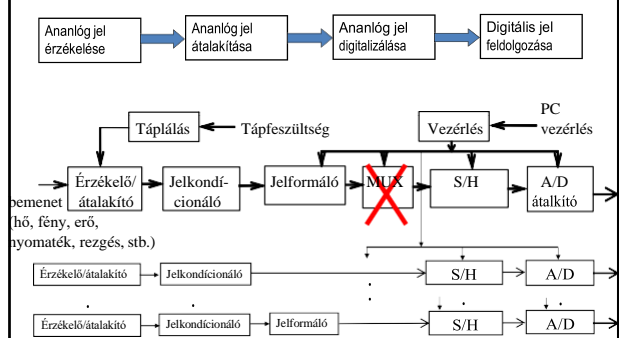
Számítógépes mérőrendszerekben alkalmazott adattovábbítás módszerei

- Programozott
- Megszakítás vezérelt (Interrupt)
- Közvetlen memória eléréssel vezérelt (DMA)

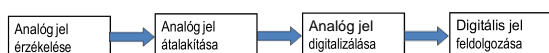
Multiplexelt mérőrendszer felépítése



Szimultán mintavételező rendszer felépítése



Számítógépes mérőrendszer felépítése



Erzékelők, átalakítók

Csoportosítás

Afelhasználtenergiaszerint

- aktív
- passzív

Kimeneti jelszerint

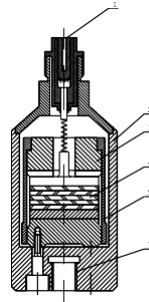
- analóg
- digitális
- frekvencia
- kódolt

Egyéb jellemzők szerint

- linearitás
- pontosság
- érzékenység
- terjedelem

Példák érzékelőkre

Piezoelektromos gyorsulásérzékelő töltéserősítővel



- 1 - kábel csatlakozó
- 2 - ház
- 3 - precíziós tömeg
- 4 - kvarc lapocskák
- 5 - előfeszítő persely
- 7 - felfogó furat

$$F = m \cdot a$$

Példák érzékelőkre Piezoelektromos gyorsulásérzékelő töltéserősítővel

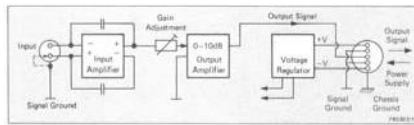
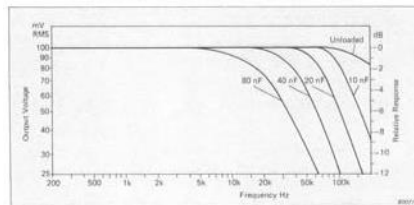
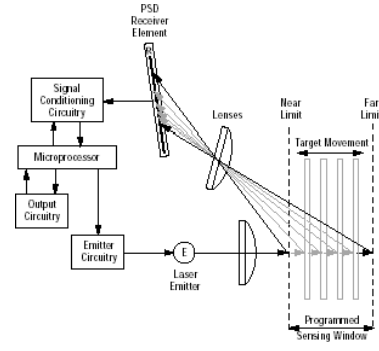


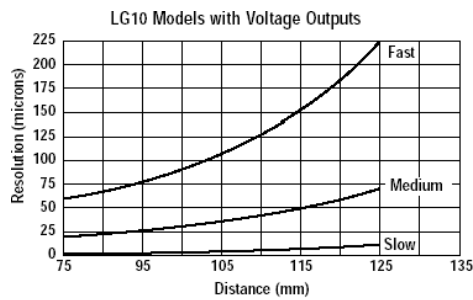
Fig. 1. Simplified block diagram of the Charge Amplifier Type 2634



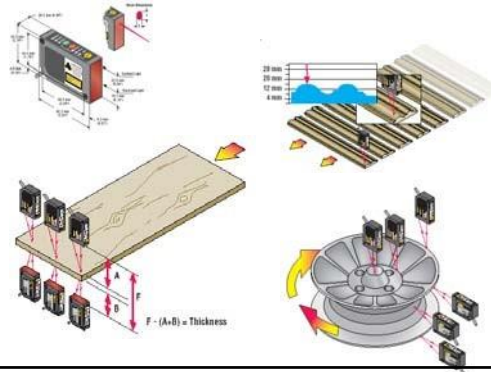
Példák érzékelőkre Lézeres távolságmérő



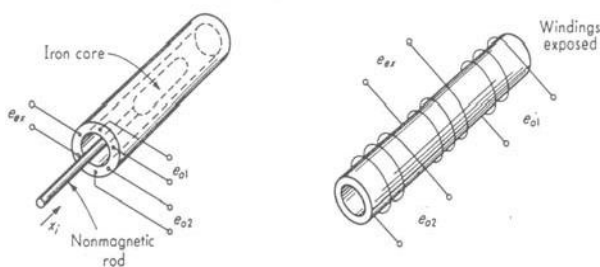
Példák érzékelőkre Lézeres távolságmérő



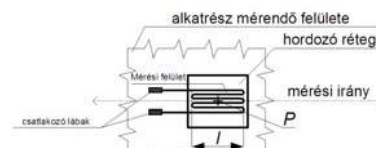
Példák érzékelőkre Lézeres távolságmérő



Példák érzékelőkre Indukciós elmozdulás mérő



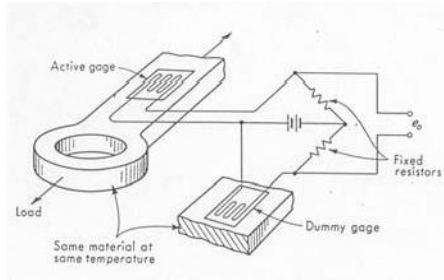
Példák érzékelőkre Nyúlásmérő bélyeges erőmérő



$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

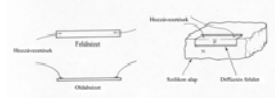
Példák érzékelőkre Nyúlásmérő bélyeges erőmérő

Hőkompenzált mérés:

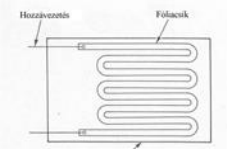


Példák érzékelőkre Nyúlásmérő bélyeges erőmérő

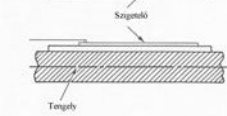
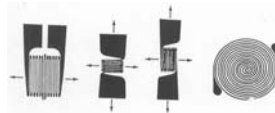
Félvezetős bélyeg:



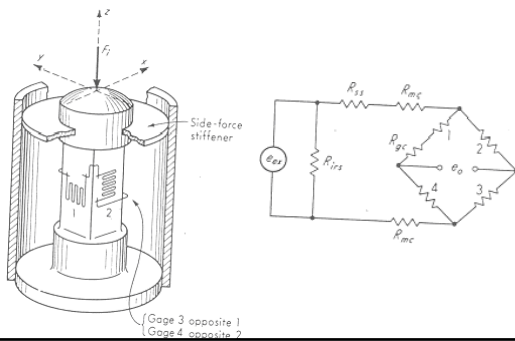
Hagyományos bélyeg:



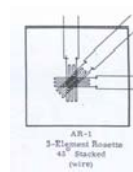
Fólia elrendezések:



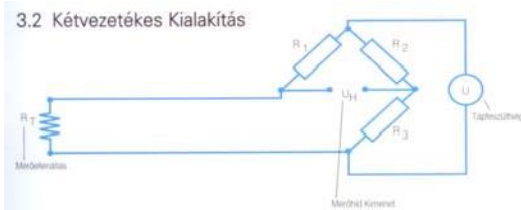
Példák érzékelőkre Nyúlásmérő bélyeges erőmérő



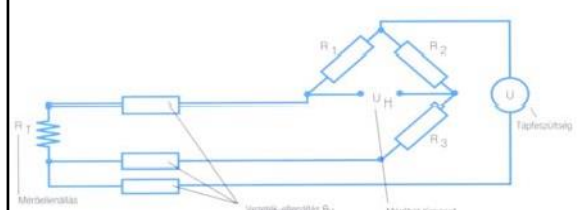
Példák érzékelőkre Nyúlásmérő bélyeg rozetták



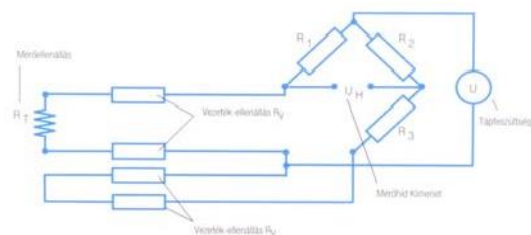
RTD mérőkör



3 vezetékes RTD mérőkör



4 vezetékes RTD mérőkör



Analóg jelkondicionáló

Feladata: a jelet digitalizálásra alkalmassá tenni

Típusai:

- Erősítő
- Zajszűrő
- Antialiasing szűrő

Analóg jelátalakító

Feladata: a jeletfeldolgozásra (analizálásra) alkalmassá tenni

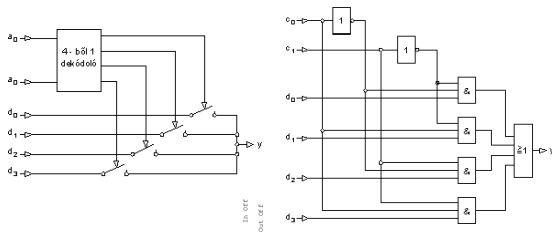
Típusai: integráló

deriváló

szűrők, stb.

Analóg multiplexer

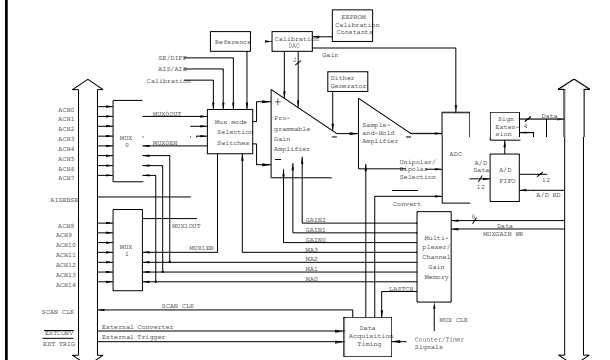
Feladata: csatorn kiválasztó; többcsatornás mérés esetén a jelek sorbarendezése a mintavételezéshez



Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg kimenete

- Felbontás (12 bites, 16 bites)
- Kimeneti feszültség tartomány ($\pm 5V$; 0-10V)
- Beállási idő [sec/LSB]
- Frissítési frekvencia
- Csatornaszám (1, 2, 4)
- TERHELHETŐSÉG!!!! (± 2 mA)
- Pontossági jellemzők (linearitás, stb.)
- Kimeneti impedancia (kicsi)

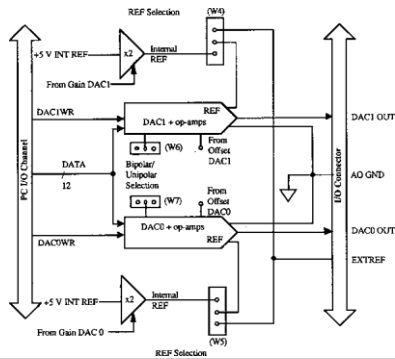
Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg bemenete



Többfunkciós mérésadatgyűjtők

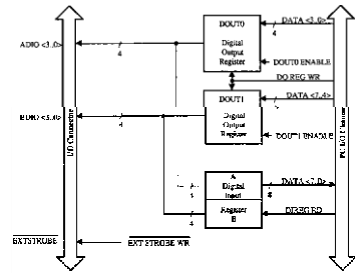
- Analóg bemenet
- Analóg kimenet
- Digitális I/O
- Számláló, időzítő

Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg kimente



Többfunkciós mérésadatgyűjtők DIO portjai

- Portok száma
- TTL jelek
- Terhelhetőség!!!
($\pm 10 \mu\text{A}$)



Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg bemenetének alkalmazása

Mintavételezési lehetőségek:

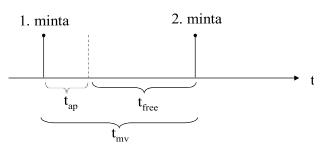
1. Egycsatornás rövid idejű gyors
2. Többcsatornás rövid idejű gyors
3. Egycsatornás hosszú idejű lassú
4. Többcsatornás hosszú idejű lassú

Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg bemenete

- Felbontás (12 bites, 16 bites)
- Bemenetifeszültségtartomány ($\pm 5\text{V}; 0-10\text{V}$)
- 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)

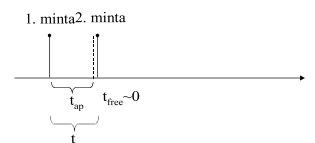
Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg bemenetének alkalmazása

Vegyünk mintát egy adott időpillanatban. Nevezük t_{ap} -nak azt az időt, amely az adat digitalizálásához és eltárolásához szükséges. A következő mintát a t_{ap} idő eltelte után vehetjük. Amennyiben a mintavételezések közötti idő lényegesen nagyobb, mint az aperture idő, akkor rendelkezésünkre áll egy t_{free} szabad gépidő, amelyben a processzorral egyéb műveleteket végeztethetünk el.



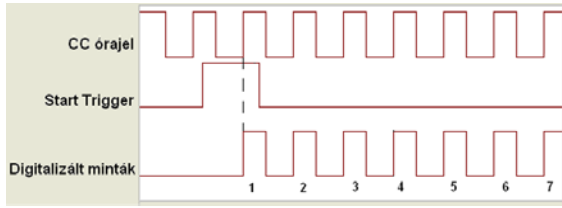
Többfunkciós mérésadatgyűjtők analóg bemenetének alkalmazása

A gyors mintavételezéseknél a t_{free} időt nem használjuk ki, vagyis a 2. mintát egészen „közel vihetjük” a szaggatott vonallal jelölt időpillanathoz. Ezzel a mintavételi frekvencia nagy lehet, de a rendszer mintavételezés közben semmilyen egyéb műveletet nem tud elvégezni, tehát még a mérendő mintamennyiséget is előre definiálni kell.



TRIGGERELT MINTAVÉTELEZÉS Digitális triggerelés

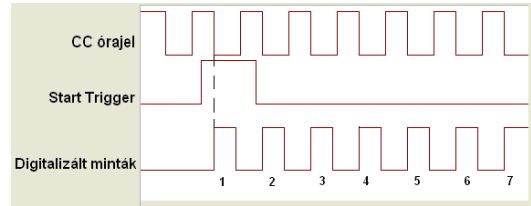
5. Egyszerű lefutó éltre triggerelés



u/v

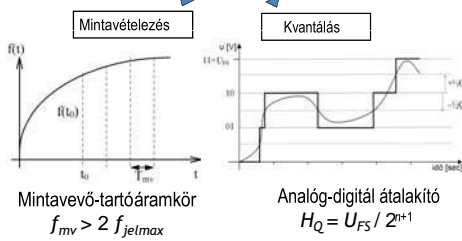
Mintavételezés digitális triggereléssel

5. Egyszerű lefutó éltre triggerelés

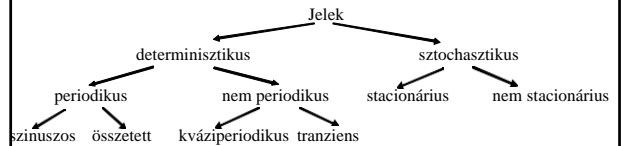


u/v

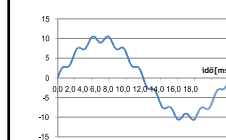
Digitális mérés folyamata



Matematikai alapok



Összetett periodikus jelek: $f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} (C_i \cos(i\omega_0 t) + B_i \sin(i\omega_0 t))$

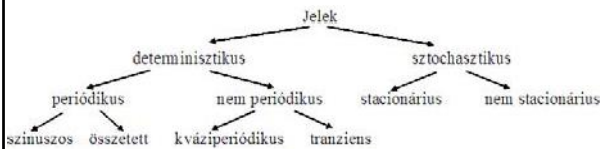


$f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} (A_i \sin(i\omega_0 t + \varphi_i))$



Matematikai alapok

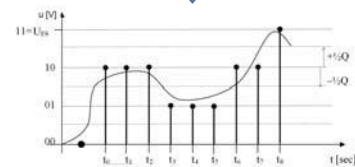
A mérés tárgya: egy jel



Determinisztikus jelek: Matematikai kifejezésekkel leírhatóak és matematikai összefüggésekkel kezelhetőek.

Sztocasztikus jelek: Matematikai módszerekkel csak részlegesen kezelhetőek. Statisztikai jellemzőkkel vizsgálhatóak.

Digitális mérés folyamata



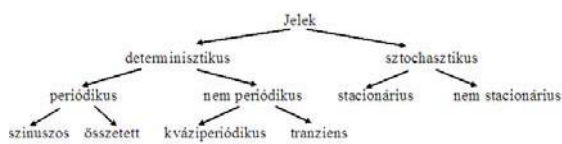
Mit lehet tenni?

Növelni az analizált regisztrátum időtartamát, ezzel csökkentjük a spektrum alapharmonikusának frekvenciáját, vagyis növeljük a spektrum frekvencia tengelyének felbontását.

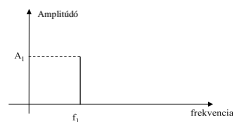
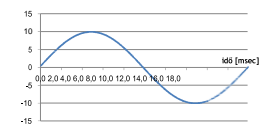
$$\downarrow f_1 = \frac{f_{mv} \downarrow}{n \uparrow}$$

Shannon!!!
 $f_{mv} > 2f_{jelmax}$

Matematikai alapok



Szinuszos jelek: $x(t) = A \cdot \sin(2\pi f \cdot t + \varphi)$

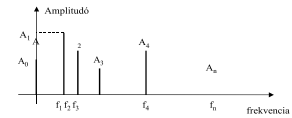


Matematikai alapok

Kváziperiodikus jelek

$$x(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cdot \cos 2\pi f_n \cdot t + B_n \cdot \sin 2\pi f_n t)$$

$\frac{f_n}{f_1} \neq$ nem egész szám



Tranziens jelek: Egyszeri, nem periodikus folyamatok, melyek véges energiájúak:

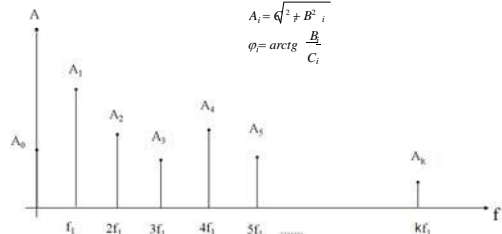
$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt < \infty$$

Részleges leírás: felvétési idő, lefutási idő, beállási idő, túllövés, stb.
Teljes leírás: bizonyos matematikai feltételek mellett Fourier ill. Laplace transzformációval.

Periodikus jelek Fourier sora

$$f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} (C_i \cos i\omega t + B_i \sin i\omega t) \quad C_i = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos i\omega t dt \quad B_i = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin i\omega t dt$$

$$f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} A_i \sin(2\pi f_i t + \varphi_i) \quad A_i = \sqrt{C_i^2 + B_i^2} \quad \varphi_i = \arctg \frac{B_i}{C_i}$$



Zavarérzékenység

- Zavarforrások:
- - külső villamos terek
- - külső mágneses terek
- - közös módusú jelek
- - belső offset
- - termikus zaj
- - termofeszültség

Zavarérzékenység

Külső zavar behatolási helye:

1. mérővezeték
2. mérendő objektum

Külső zavar kiküszöbölése:

- a) mérőrendszer elektrosztatikus és mágneses árnyékolása
- b) zavarforrás elektrosztatikus és mágneses árnyékolása

Kapacitív, konduktív zavarok okozta áramok árnyékolt mérővezetékkel kiküszöbölhetőek. Az áramok az árnyékoláson keresztül a földre folynak. A frekvencia növekedésével csökken az árnyékolás hatása.

Sodrott érpár - mágneses terek zavaróhatására érzéketlen (indukált feszültségek kioltják egymást)