

Mutatós műszerek

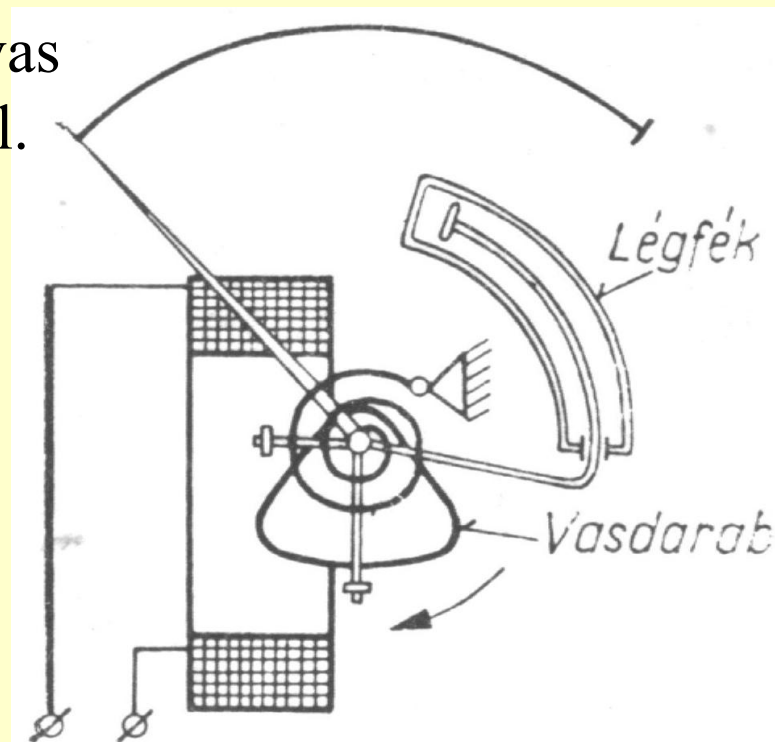
- Lágyvasas műszer
 - Lapos tekercsű műszerek
 - Kerek tekercsű műszerek

Lágyvasas műszer

Működési elv: mágneses vonzáson és taszításon alapszik

1. Lapos tekercsű műszerek

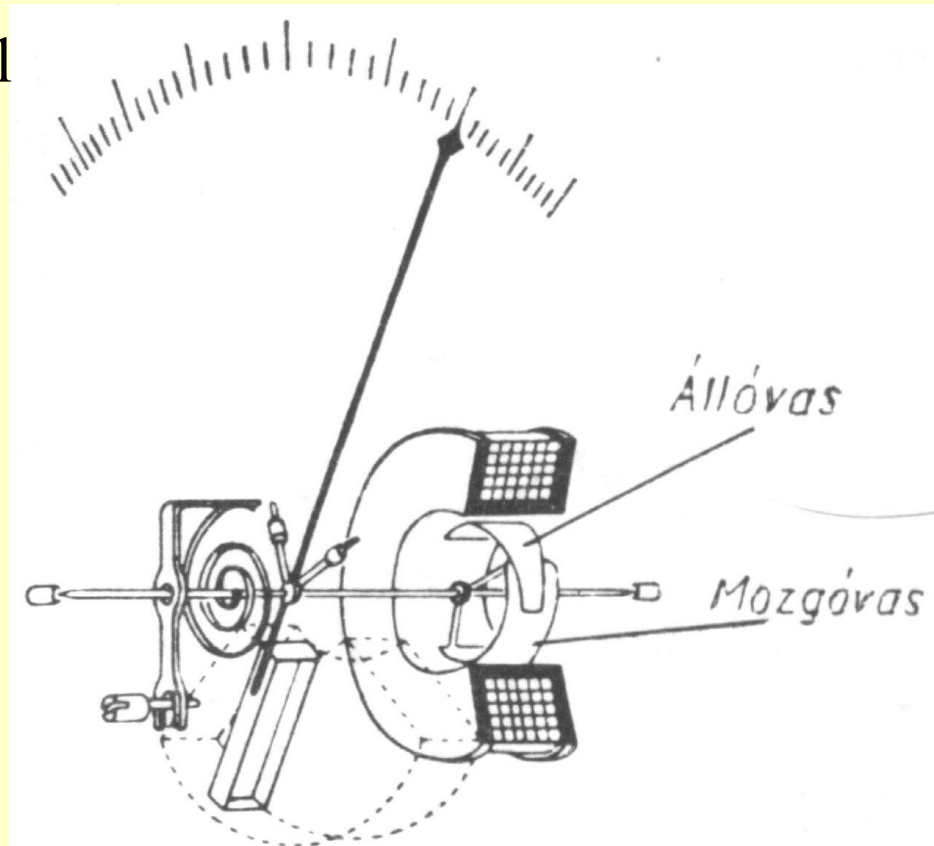
- Mágneses vonzáson alapszik működésük
- A mérendő árammal gerjesztett tekercs mágneses tere a tengelyre erősített lágyvas darabkára vonzó hatást fejt ki és elfordul.
- A visszatérítő nyomatékot rugó adja.
- A csillapító nyomatékot a légkamrában mozgó dugattyú biztosítja.



Lágyvasas műszer

2. Kerek tekerccsel műszerek

- Mágneses taszításon alapuló műszerek.
- A csévetest belsejébe rögzítjük az állóvasat, a műszer tengelyéhez a mozgóvasat.
- A vasak megfelelő kialakításával jóformán tetszőleges skálamenetet lehet elérni.



Lágyvasas műszer

- A műszer nyomatéka

- Mozgó vas elmozdulása közben végzett elemi munka

$$dW = F dx$$

- Ha a vas körív mentén mozdul el

$$F = dW / dx \quad dx = r \cdot d\alpha$$

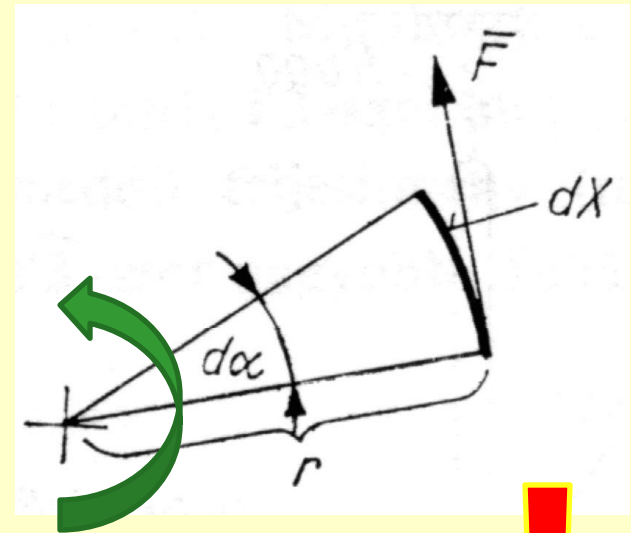
- Nyomaték:

$$M = F \cdot r = dW/d\alpha$$

- Tekercs energiája:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

- Nyomatékegyenlet $M = K \cdot I^2$



A műszer skálája **négyzetes**! A lágyvasas műszer egyaránt használható egyen- és váltakozó áram mérésére is!



Mutatós műszerek

- Hányadosmérő
 - Ellenállásmérés
 - Teljesítménytényezőt mutató műszer

1.5.1.A mérőműszerek csoportosítása

a mért mennyiség szerint

Mechanikai (erő, sebesség, nyomás stb.)

Hőtechnikai (hőmérséklet stb.)

Optikai (fényerő, megvilágítás stb.)

Technológiai (keménység stb.)

Villamos (feszültség, áramerősség stb.)

Stb.

1.5.2. A mérőműszerek csoportosítása

a mérés módja szerint

Kitéréses

A műszeren bekövetkező változás arányos a mért mennyiség nagyságával (a műszerek többsége ilyen).

Pl.: tolómérő,
feszültségmérő.

Kiegyenlítéses

A mért mennyiség mérőszámát akkor kell megállapítani, amikor a műszer nulla (egyensúlyi) állapotot jelez.

Pl.: kétkarú mérleg,
mérőhíd.

1.5.3. A mérőműszerek csoportosítása működési elv szerint

- Mechanikai
- Optikai
- Villamos
- Stb.

1.5.4. A villamos műszerek csoportosítása működési elv szerint

Elektromechanikus

A mért elektromos mennyiség hatására a műszerben mechanikai változás (elmozdulás, elfordulás) következik be.

Elektronikus

A mért elektromos mennyiség hatását elektronikus alkatrészek (tranzisztorok, integrált áramkörök) segítségével hasznosítja.

1.5.5. Az elektronikus műszerek csoportosítása működési elv szerint

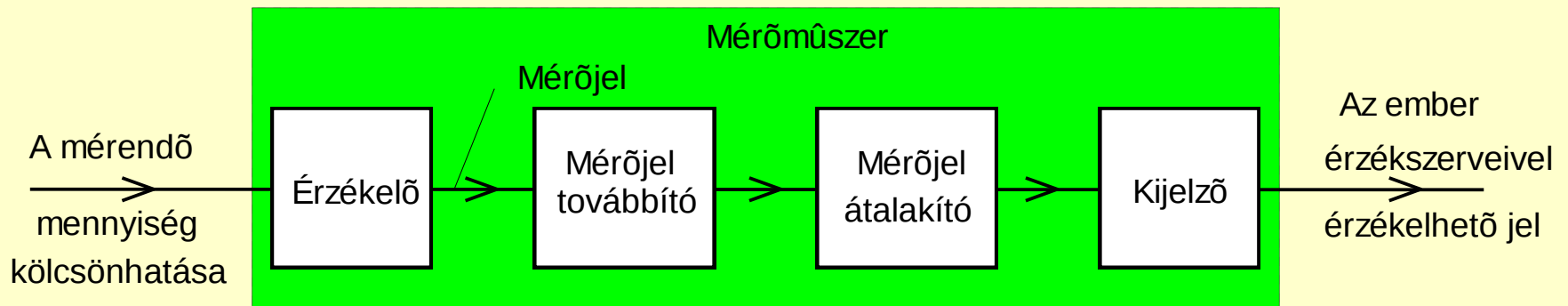
Analóg

A műszer jelei
folyamatosan
változnak, és nulla
valamint egy
maximális érték között
minden értéket
felvehetnek

Digitális

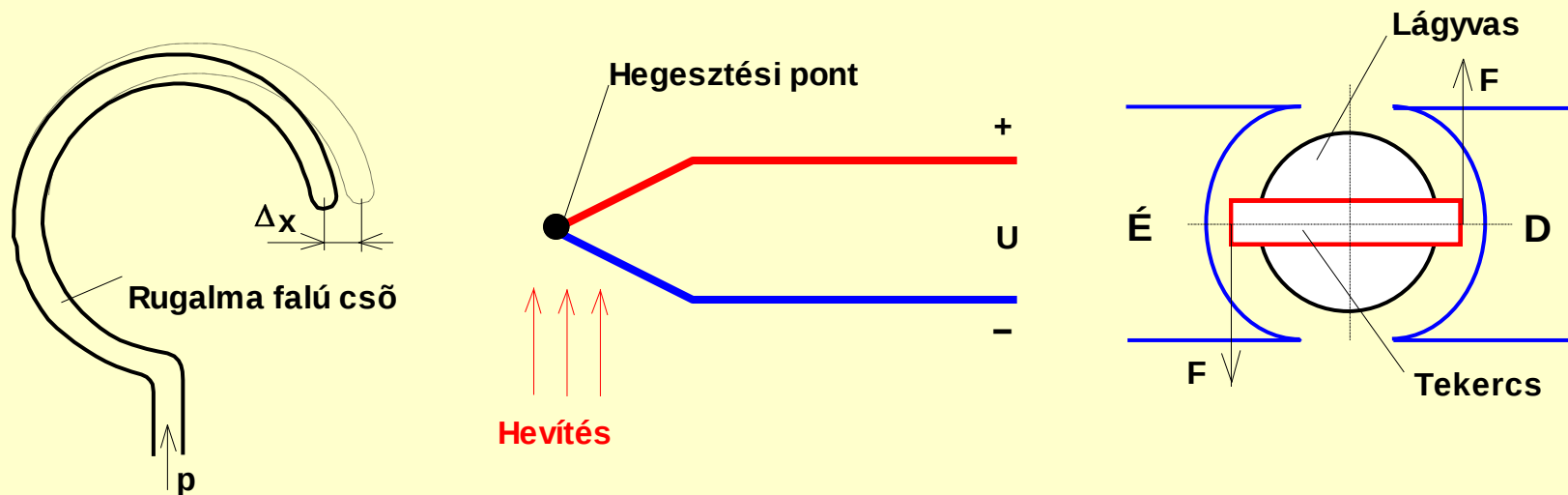
A műszer jelei, vagy a
jeleinek egy része
nem folyamatosan
változik, hanem csak
meghatározott
(diszkrét) értékeket
felvehet fel

1.6.A mérőműszer elvi felépítése



1.6.1. Az érzékelő

A mérőműszernek az a része, amely kölcsönhatásba lép a mért mennyiséggel és azzal arányos jelet állít elő



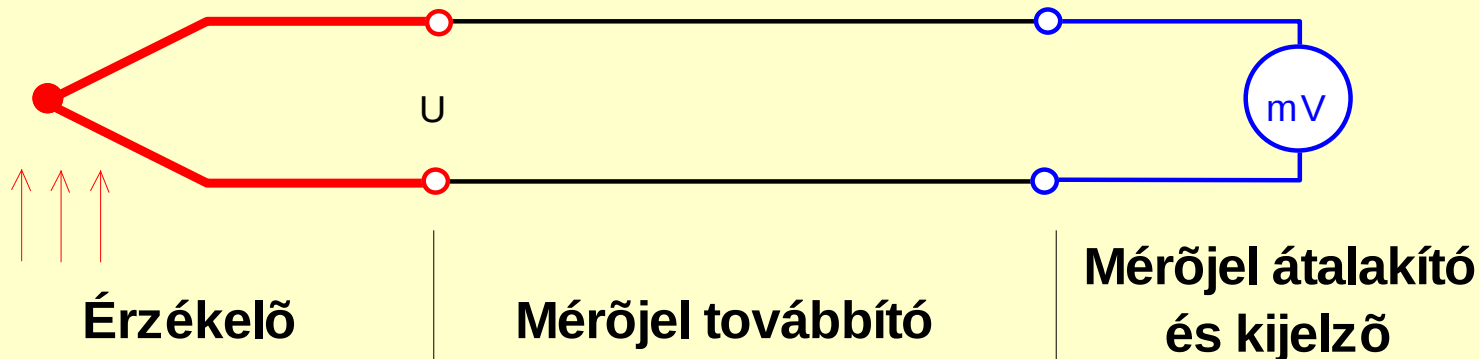
Nyomás, hőmérséklet és áramerősség érzékelő

1.6.2. A mérőjel

A kölcsönhatás mértékével (a mért mennyiséggel) arányos változás az érzékelőben.

1.6.3. A mérőjel továbbító és átalakító

A mérőjelet továbbítja (rúd vezeték stb.), illetve más praktikusan felhasználható jellé alakítja és általában felerősíti.



1.6.4. A kijelző

**A mért mennyiség mérőszámát
leolvashatóvá teszi.**

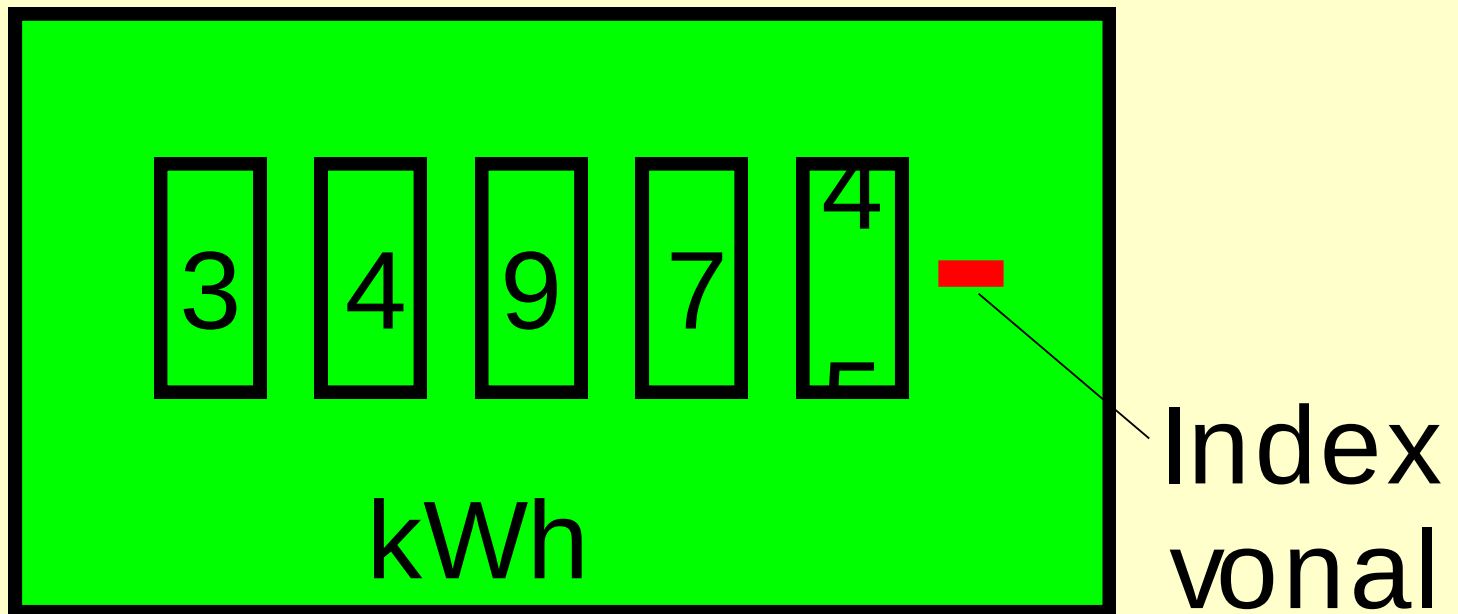
A kijelző részei:

Skála

Index (Kijelöli a mérőszám helyét a skálán)

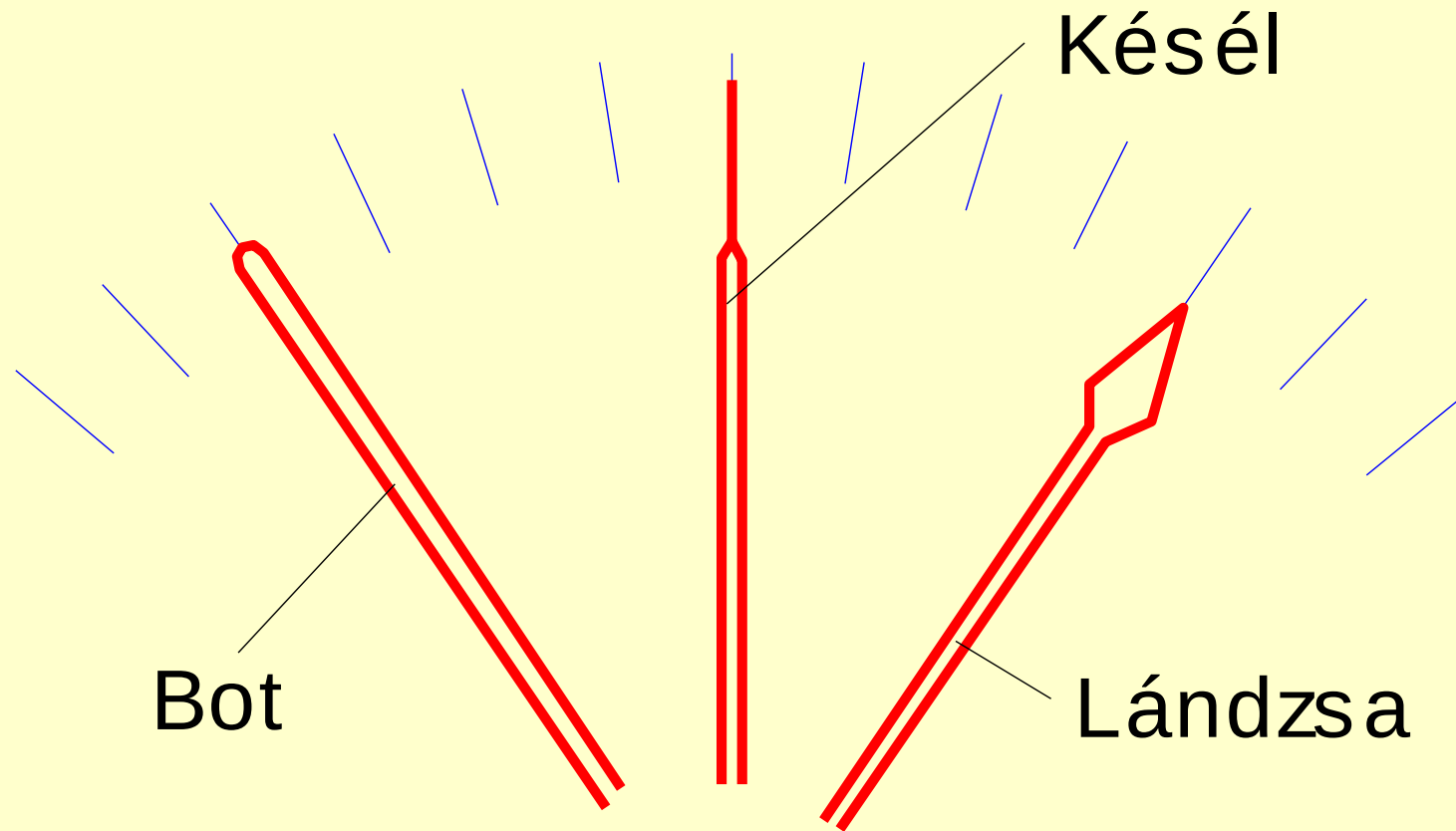
1.6.4.1. Az index fajtái

1. Pont vagy vonal,

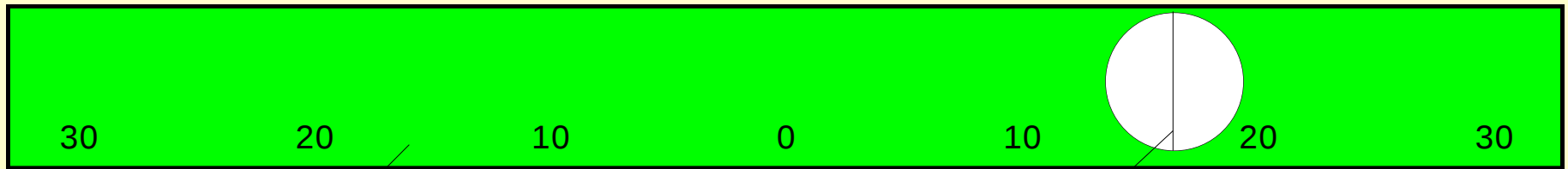


2. Mutató

1.6.4.2. Jellemző mutató fajták



1.6.4.3. Fénymutató



Ernyő skálával

Vetített fényfolt az
optikai szál képével

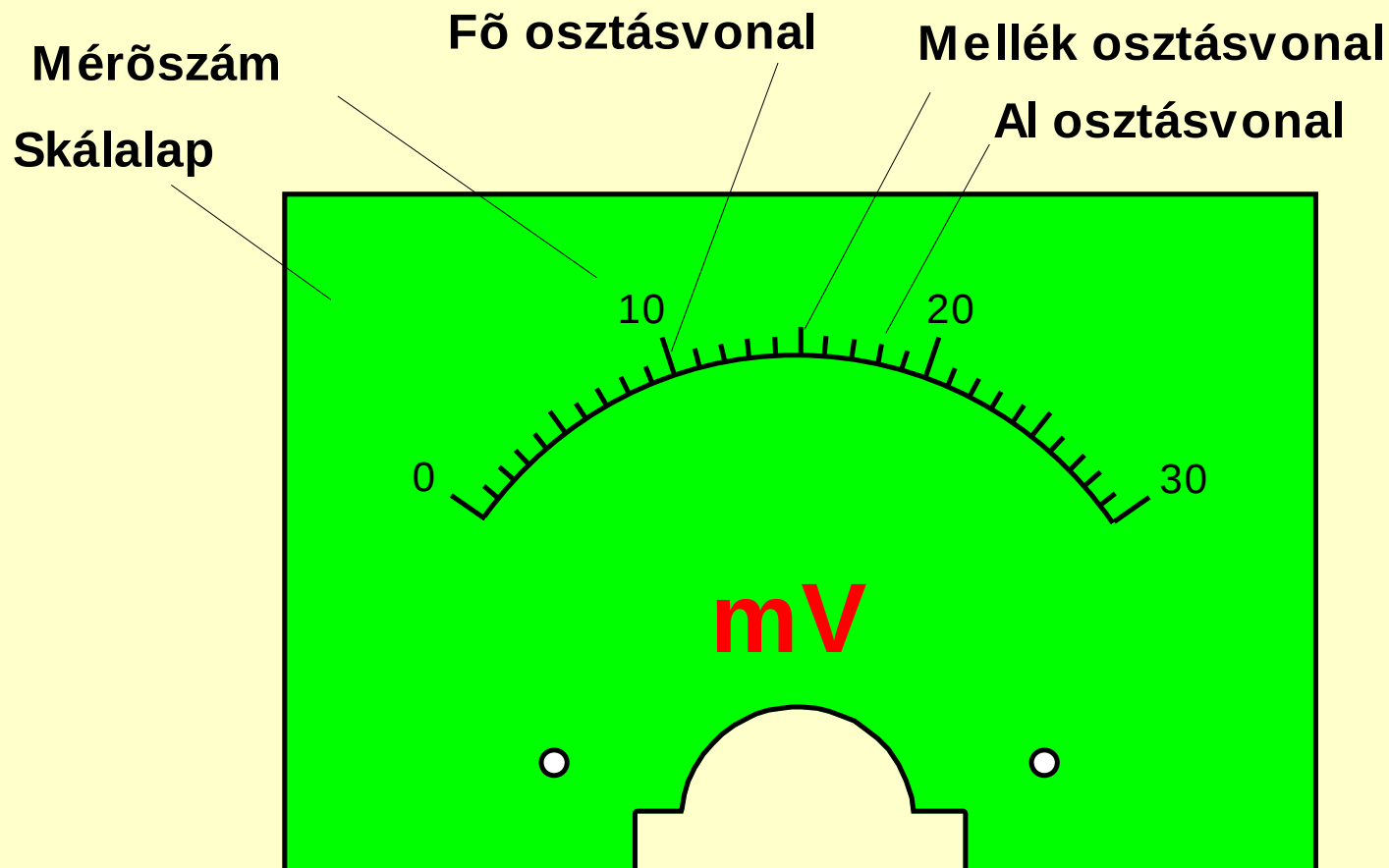
1.6.4.5.A skála fajtái

Beosztásos

Számjegyes

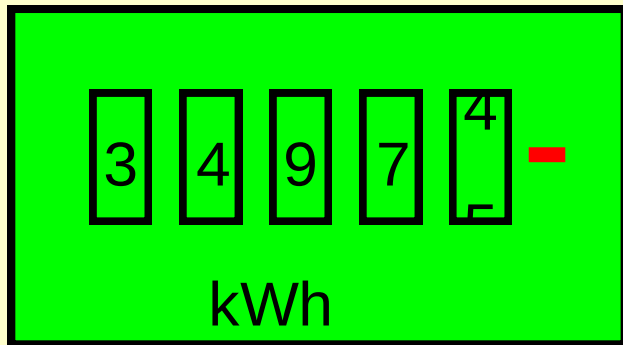
- **Analóg**
- **Digitális**

1.6.4.6. A beosztásos skála részei

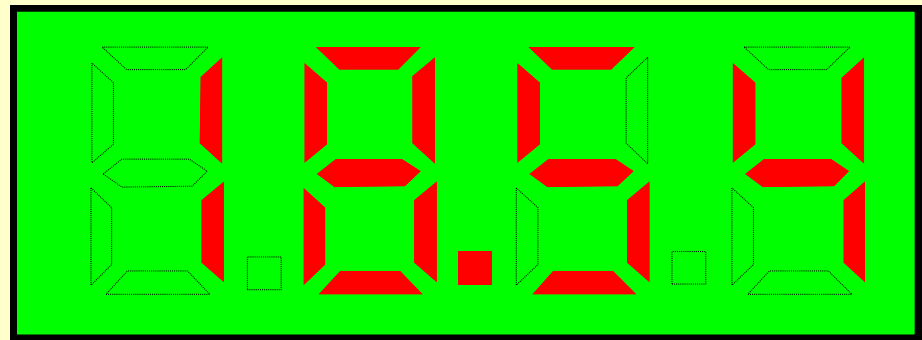


1.6.4.7. Számjegyes skálák

Analóg



Digitális

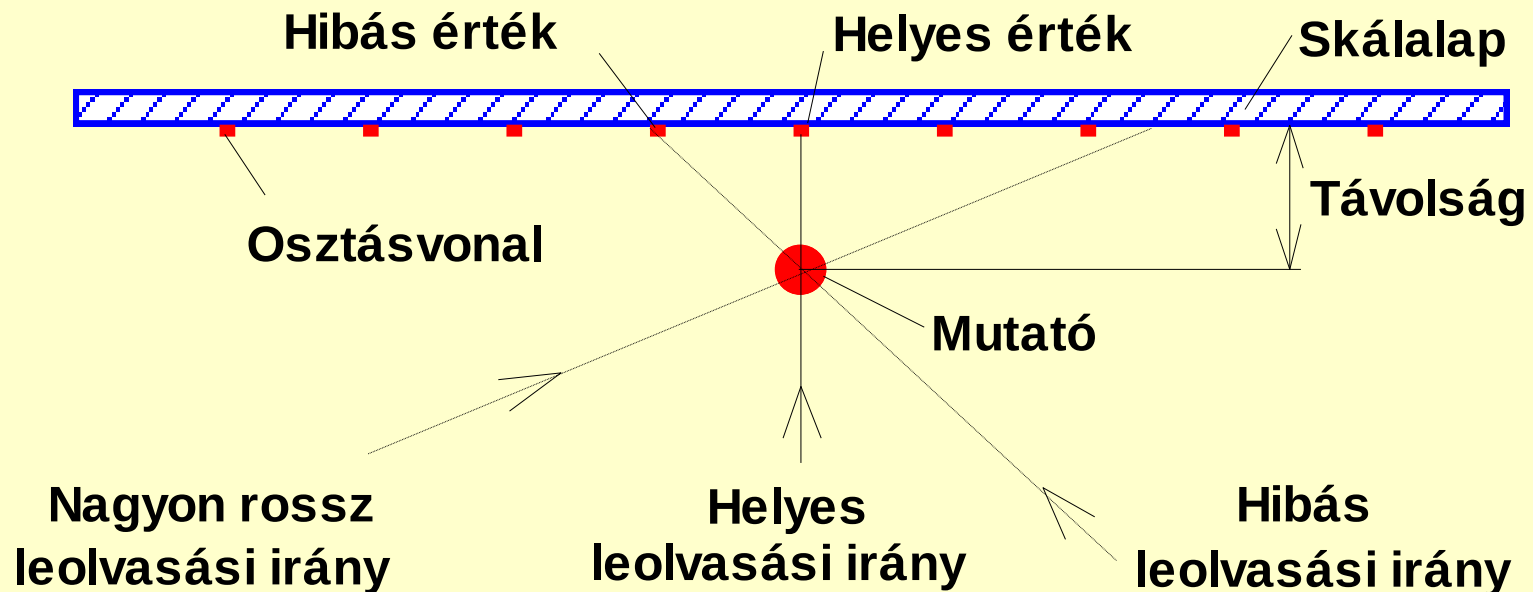


2.3.1. A műszer hibáját okozza

- A skála osztásvonalai nem jó helyen vannak
- Az osztásvonal és a mutató mérete nem megfelelő
- A szerkezeti elemek holt játékkal rendelkeznek
- Nincs kinullázva
- Külső terek zavarják
- Nem megfelelő helyzetben használjuk

2.3.2. Az észlelési hiba okai

- Nem kielégítő az éleslátásunk
- Nem tudjuk a két osztásvonal közötti értéket pontosan megbecsülni
- Parallaxis: A skálát nem merőlegesen olvassuk le



2.4.A hiba fajtái

Rendszeres

Nagysága és előjele a megismételt mérésekben állandó.

Okozója: hibás mérési eljárás vagy állandó zavaró hatás, ennek ismeretében kiejthető.

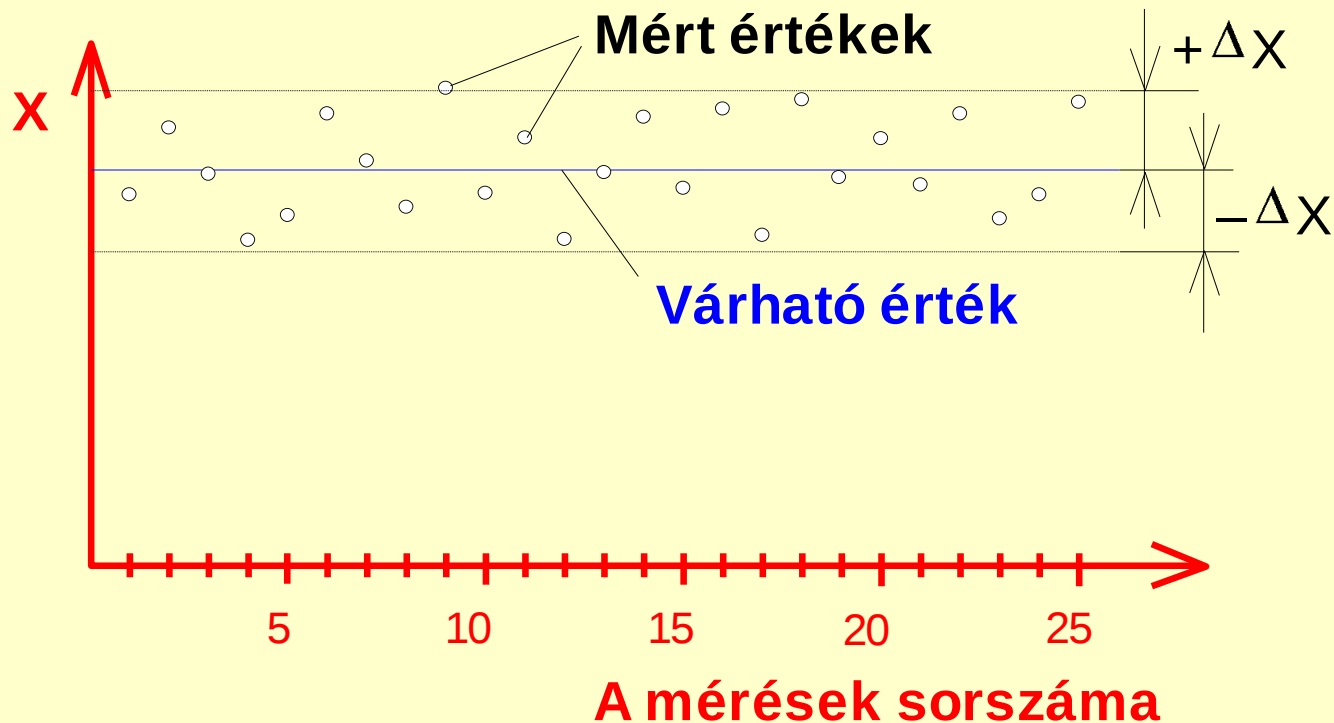
Véletlen

Nagysága és előjele a megismételt mérésekben nem állandó (az értékek szórnak).

Okozója: a műszer és a leolvasás. Pontos értéke nem határozható meg, csak a korlátja.

2.4.1. A véletlen hiba meghatározás

Mérési sorozattal és átlagolással



2.4.2.Példa: A véletlen hiba meghatározása

Mért értékek:

16,76V

16,82V

16,77V

16,84V

16,81V

Összesen: 84,00V

Átlag: $84,00/5=16,80V$

Ez a várható érték.

Eltérés az átlagtól:

-0,04V

+0,02V

-0,03V

+0,04V

+0,01V

Legnagyobb eltérés: $\pm 0,04V$

Eredmény: $16,80 \pm 0,04V$

$16,80V \pm 0,23\%$

2.5.1.A hiba meghatározása matematikai művelet esetén

•**Összeadás:** $Z = X + Y \pm H_Z$,

ahol $H_Z = |H_X| + |H_Y|$

$$h_z = \frac{H_z}{Z} = \frac{|H_x| + |H_y|}{X + Y}$$

•**Kivonás:** $Z = X - Y \pm H_Z$,

ahol $H_Z = |H_X| + |H_Y|$

$$h_z = \frac{H_z}{Z} = \frac{|H_x| + |H_y|}{X - Y}$$

•**Szorzás és osztás:**

$$h_z = h_x + h_y$$

Példa

Mekkora a fogyasztó teljesítménye és ellenállása, ha $U = 24\text{V} \pm 2\%$ és $I = 0,2\text{A} \pm 5\%$?

$$P = U \cdot I = 24\text{V} \cdot 0,2\text{A} = 4,8\text{W}$$

$$h_P = h_U + h_I = 2\% + 5\% = 7\%, \text{ így } P = 4,8\text{W} \pm 7\%.$$

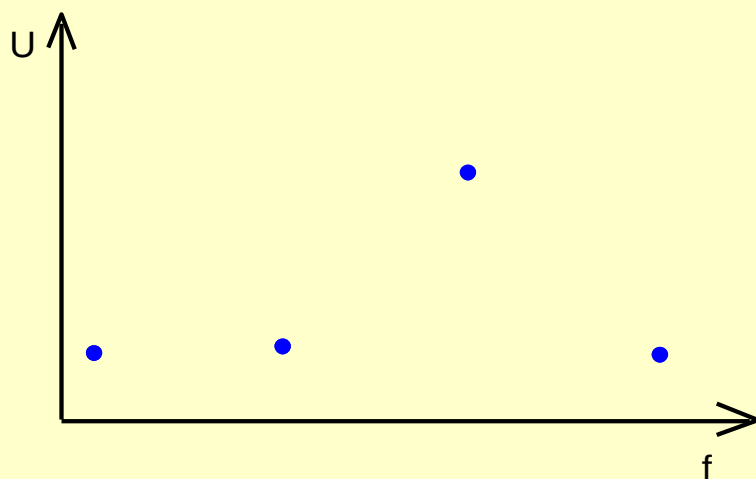
$$R = \frac{U}{I} = \frac{24\text{V}}{0,2\text{A}} = 120\ \Omega$$

$$h_R = h_U + h_I = 2\% + 5\% = 7\%, \text{ így } R = 120\ \Omega \pm 7\%$$

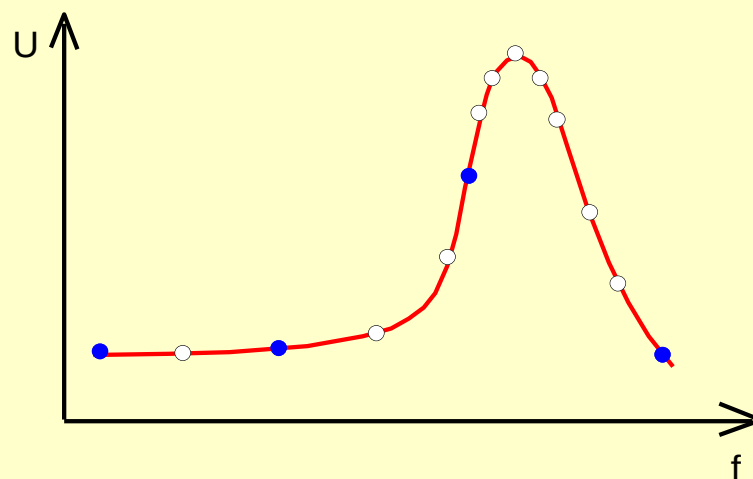
2.5.2.Mérési sorozat kiértékelése

- **Az adatok rögzítése értéktáblázatban**
- **Koordinátarendszer választás**
 - **Tengely lépték választás: Lineáris**
Logaritmikus
 - **Az értéktartományok meghatározása**
- **Ábrázolás: Kellően sok pont kell**
Főleg a görbe hirtelen változó részéhez
Összekötés a változás tendenciája szerint
- **A görbe kiértékelése, tanulságok levonása**

Példa mérési sorozat ábrázolására



Kevés pont



Megfelelő számú pont

**A pontokat nem egyenes szakaszokkal kötjük össze,
hanem a változás tendenciája szerint!**

3.Műszerek metrológiai jellemzői

3.1. Méréshatár és mérési tartomány

3.2. Érzékenység

3.3. Pontosság

3.4. Fogyasztás

3.5. Túlterhelhetőség

3.6. Csillapítottság

3.7. Használati helyzet

3.1.1.Méréshatár

A mérendő mennyiségnek az az értéke, amely a műszeren a legnagyobb kitérést okozza.

- **Analóg műszernél a műszer mutatóját a legutolsó skálaosztásig téríti ki,**
- **Digitális műszernél a kijelző számjegyeit a megengedett legnagyobb értékre (általában 9-re) állítja. Ez az FS (Full Scale) érték.**

A méréshatár bővíthető, ezért egy műszernek átváltással több méréshatára is lehet (pl. 1, 2, 5, 10, 20 stb.)

3.1.2.Mérési tartomány

A műszeren leolvasható legkisebb és legnagyobb érték közötti tartomány

Analóg műszernél

A legkisebb méréshatárban a nulla utáni első osztásvonalhoz tartozó értéktől a legnagyobb méréshatárban mérhető legnagyobb értékig terjed

Digitális műszernél

A legkisebb méréshatárban az utolsó helyértékhez tartozó 1 értéktől (pl. 0,001) a legnagyobb méréshatár FS (pl. 199,9) terjed

3.2. Érzékenység

Az a legkisebb mennyiség, amely a műszer kijelzőjén meghatározott mértékű változást okoz.

Függ a méréshatártól, a legkisebb mérés-határhoz tartozó érzékenység az alapérzékenység.

Megadása:

Analóg műszer: osztás/mA, fok/V, mm/°C stb.

Digitális műszernél a felbontóképességet használjuk.

A felbontóképesség a legkisebb helyértékű számjegy átváltásához szükséges mennyiség (pl. 0,001V).

3.3.1.A pontosság kifejezése

- A műszer pontosságát a hibájával fejezzük ki, melyet az osztályjel mutat meg.
- Az osztályjel a relatív hiba nagyságát mutatja %-ban.
- Jellemző pontossági osztályok:
 - Precíziós műszer: 0,05; 0,1 alatt
 - Laboratóriumi műszer: 0,2; 05; 1
 - Üzemi műszer: 1,5; 2,5; 5

3.3.3. Digitális műszerek pontosságának megadása

- **Digitális műszereknél a pontosságot két adattal lehet megadni:**
 - Az osztályjel $\pm\%$ -os értékével, és
 - a $\pm$ digit értékkel (jellemző a ± 1 digit).
- **Mindig azt kell figyelembe venni, amelyik az adott mérésnél a nagyobb hibát adja.**

3.3.4. Hibaszámítás analóg műszernél

Adatok: Méréshatár 200V, osztályjel 1,5, mutatott érték 50V.

A relatív hiba: $200V \pm 1,5\%$

**Az abszolút hiba végkitérésnél: $200V \pm 3V$
($1,5/100 \cdot 200 = 3V$).**

A $\pm 3V$ a skála minden részén állandó!

A mért érték relatív hibája:

$$h [\%] = \frac{H}{X} \cdot 100 = \frac{3}{50} \cdot 100 = 6\% \quad (\pm 6\%)$$

3.3.5. Hibaszámítás digitális műszernél

Adatok: Pontosság $\pm 1\%$, illetve ± 1 digit, a mutatott érték $0,05\text{V}$.

A relatív hiba $\pm 1\%$ -kal számolva: $0,05\text{V} \pm 1\%$

Az abszolút hiba ± 1 digittel számolva: $0,05\text{V} \pm 0,01\text{V}$, mely megfelel

$$h_{\%} = \frac{H}{X} \cdot 100 = \frac{0,01}{0,05} \cdot 100 = 20 \% \text{ - os}$$

relatív hibának.

Ez a nagyobb, ezért az eredmény: $0,05\text{V} \pm 20\%$

3.3.6. Következmények

1. A hiba annál nagyobb, minél kisebb kitéréssel mérünk.
2. Ne mérjünk kis kitéréssel, ha a műszernek kisebb (érzékenyebb) méréshatára is van.
3. A jó műszernek sok (egymáshoz közeli) méréshatára van.
4. Az elektronikában használt analóg műszerek általában 1, 3, 10, 30 stb. méréshatárokkal rendelkeznek.

3.4.1. A fogyasztás fogalma

- A műszernek azt a tulajdonságát, hogy mérés közben kölcsönhatásba lép a mérendő rendszerrel és annak eredeti állapotát megváltoztatja, illetve abból energiát von el fogyasztásnak nevezzük.
- A feszültség- és árammérő fogyasztását **a műszer belső ellenállása okozza.**
- A jó műszer fogyasztása kicsi (ilyenek az elektronikus műszerek).

3.4.2. A feszültségmérő fogyasztása

- A feszültségmérő fogyasztását kialakításától függően a belső ellenállásával vagy az Ω/V értékkel adjuk meg.
- A jó (kis fogyasztású) feszültségmérő belső ellenállása, illetve Ω/V értéke nagy (ideális esetben végtelen).
- Elektronikus feszültségmérőknél belső ellenállás helyett a bemeneti ellenállás (bemeneti impedancia) elnevezést használjuk.

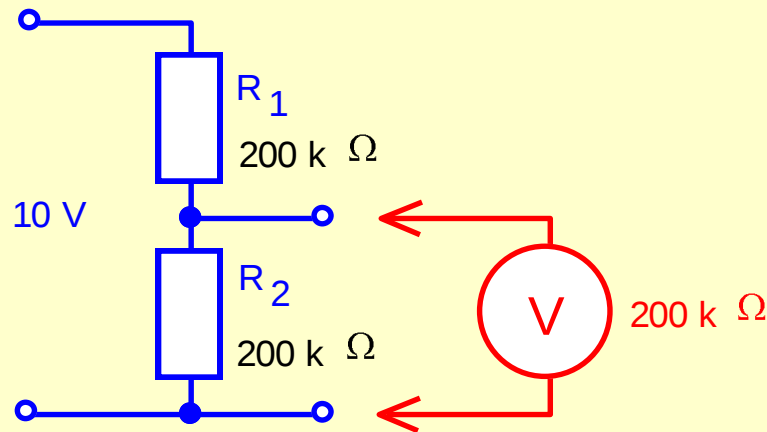
3.4.3. Az árammérő fogyasztása

- Az árammérő fogyasztását kialakításától vagy a belső ellenállásával vagy az ezen fellépő feszültséggel adjuk meg.
- A jó (kis fogyasztású) árammérő belső ellenállása, illetve az ezen fellépő feszültség kicsi (ideális esetben nulla).

3.4.4. Példa

Mekkora feszültséget mutat a műszer, ha a belső ellenállása $200\text{k}\Omega$?

A műszer nélkül az azonos ellenállások miatt a feszültség 5V lenne. A műszer rákapcsolásakor az osztó alsó tagja $100\text{k}\Omega$ lesz, ezért a műszer csak $10 \cdot 100 / (100 + 200) = 3,33\text{V}$ feszültséget mutat

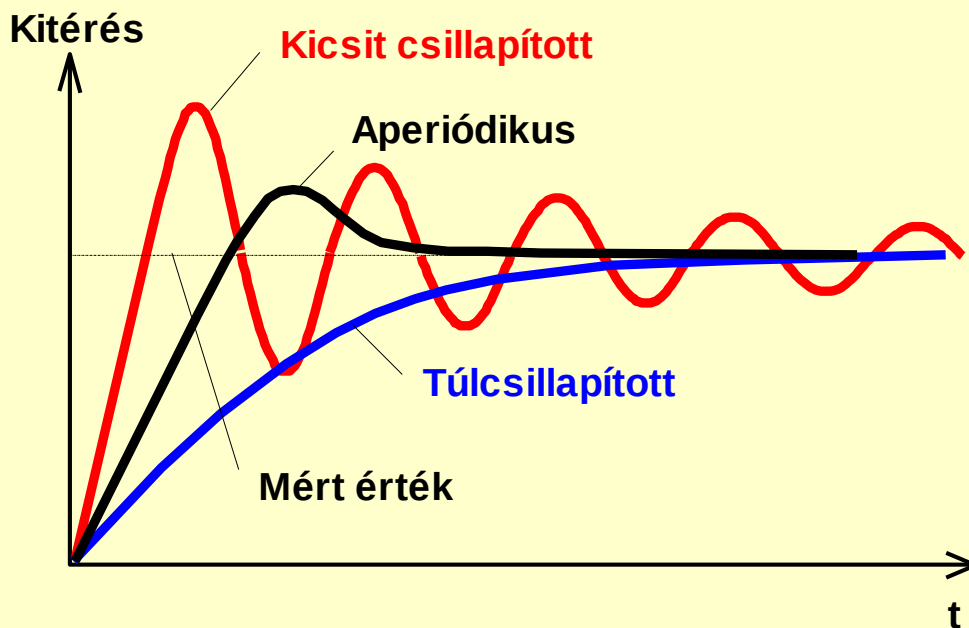


3.5. Túlterhelhetőség

- Megmutatja, hogy a műszerre az adott méréshatárhoz tartozó érték hányszorosa kapcsolható. **Az ennél nagyobb érték a műszer károsodását okozza.**
- Minden műszer túlterhelhető, **a pontos értéket a használati útmutatóban találjuk.**
- **A túlterhelés megakadályozása érdekében a mérést mindig a legnagyobb méréshatárban kell kezdeni!**

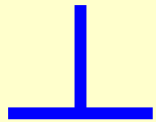
3.6.Csillapítottság

- A műszerben található rugók és tömegek mechanikai rezgő rendszert alkotnak, emiatt a mutató a mért érték közelében hosszabb ideig lenghet, és ez a mérést akadályozza.
- A lengés ellen csillapító szerkezettel védekezünk.



3.7.Használat helyzet

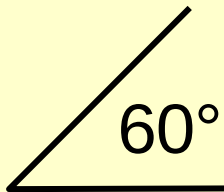
- Az elektromechanikus műszerekre megadott osztályjel csak akkor érvényes, ha a műszert az előírt helyzetben használjuk.
- Jellemző használati helyzetek és ezek jelölése:



Függőleges



Vízszintes



A vízszinteshez képest 60°

5.1.1. Az alapműszer fogalma

Azt a műszert, amelynek a méréshatárát bővíteni (kiterjeszteni) kívánjuk, **alapműszernek nevezzük.**

A méréshatárt csak bővíteni lehet, ezért alapműszernek olyan műszert célszerű választani, amelynek az érzékenysége nagy.

5.1.2. Az alaplmszer fajtái

- **Elektromechanikus mszer**
 - általában Deprez mszer, melyet állandómágneses mszernek és forgótekerceses mszernek is neveznek
 - analóg rendszerű.
- **Elektronikus mérőpanel**
 - A mszert elektronikus áramkör alkotja,
 - digitális rendszerű.

5.1.3. Alapműszerek jellemzői

1. Az alap méréshatárhoz tartozó áram: I_m
Deprez műszer: 20-1000 μ A (**100 μ A**).

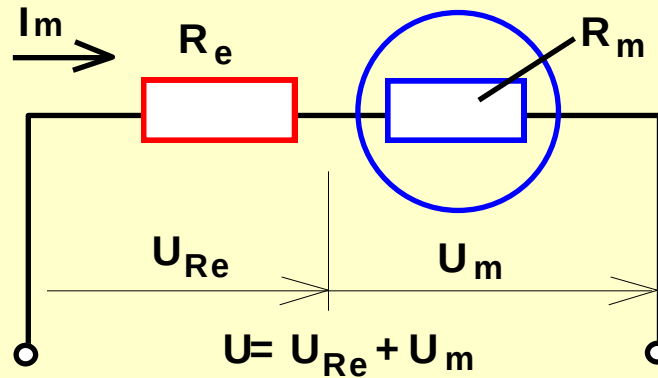
2. Az I_m áramnál fellépő feszültség: U_m
Deprez műszer: 50-200mV (**100mV**).

3. Belső ellenállás: $R_m = \frac{U_m}{I_m}$

5.2.A feszültségmérő méréshatárának bővítése

5.2.1.El_v: Előtét ellenállás (R_e) alkalmazása

$$n = \frac{U}{U_m}$$



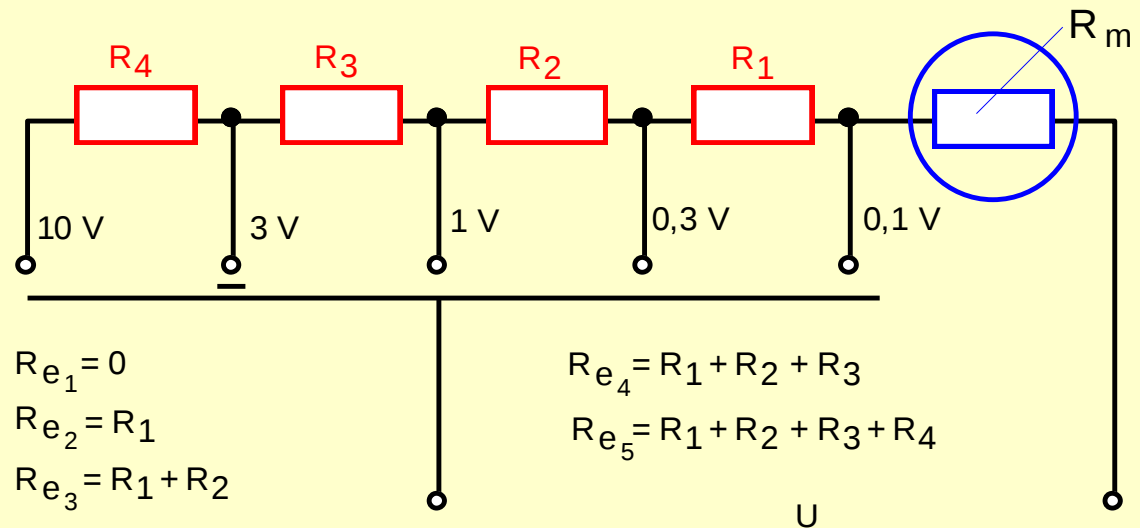
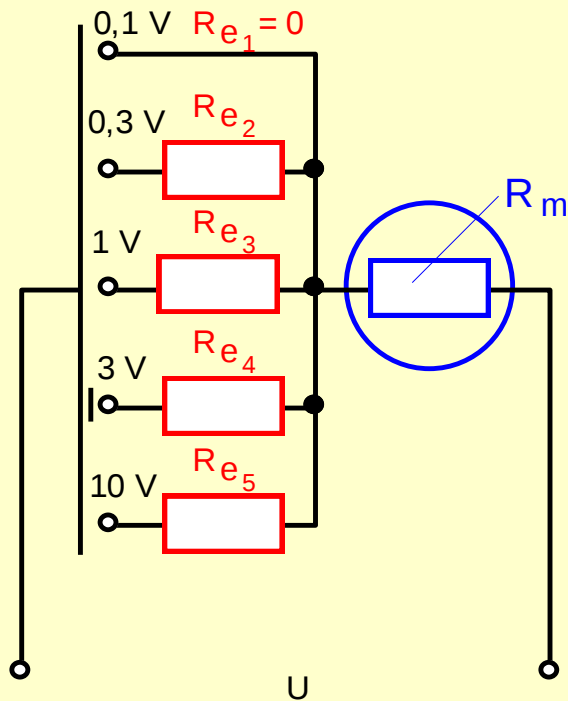
n = a kiterjesztés mérőszáma (nevezetes érték)

U = az új méréshatárhoz tartozó feszültség

$$R_e = (n-1) \cdot R_m$$

5.2.A feszültségmérő méréshatárának bővítése

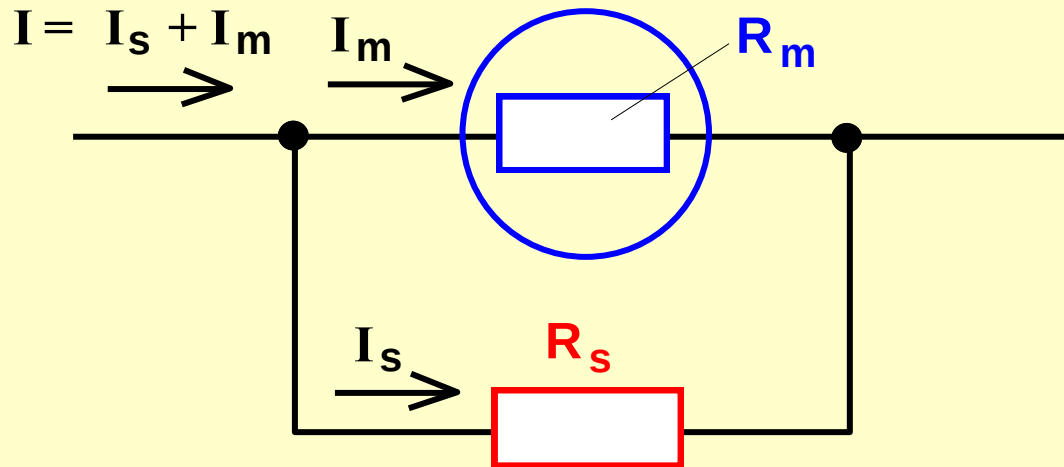
5.2.2. Megoldások több mérés határra



5.3. Az árammérő méréshatárának bővítése

5.3.1. Elv: Sönt ellenállás (R_s) alkalmazása

$$n = \frac{I}{I_m}$$



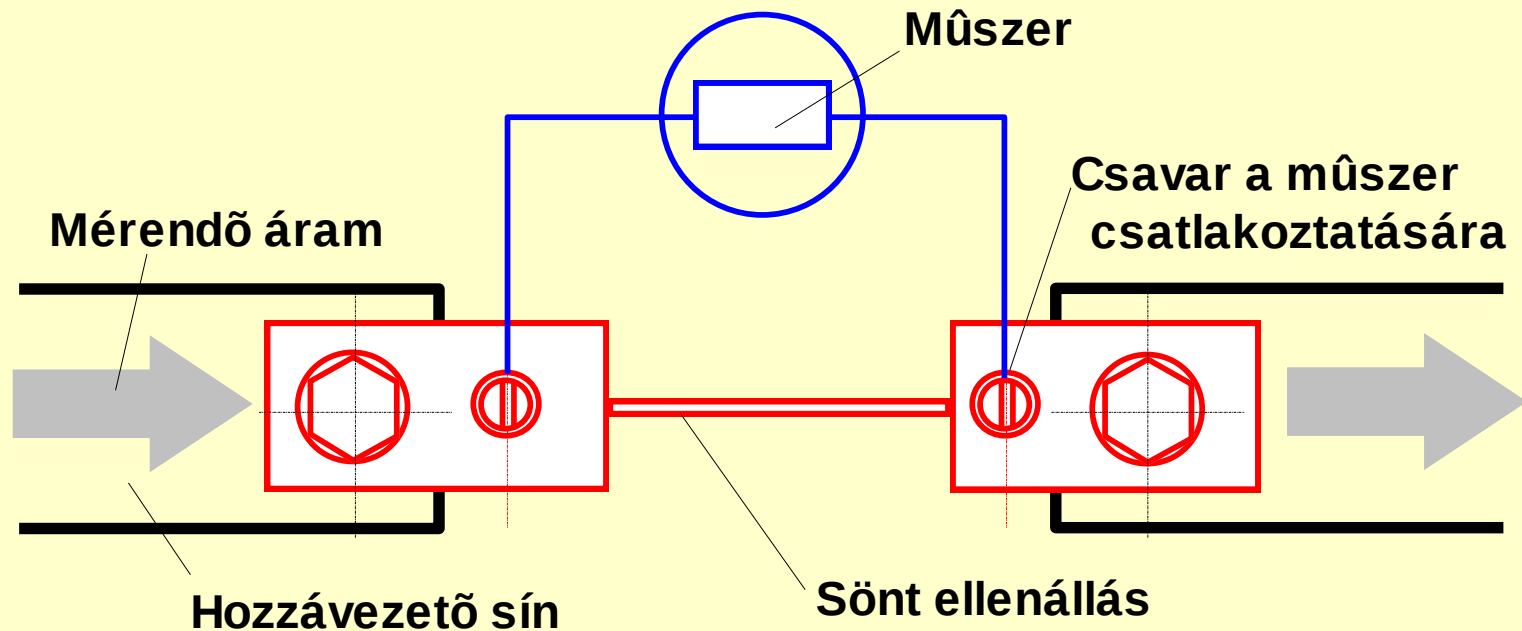
I = az új méréshatárhoz tartozó áramerősség

$$R_s = \frac{R_m}{n-1}$$

5.3. Az árammérő méréshatárának bővítése

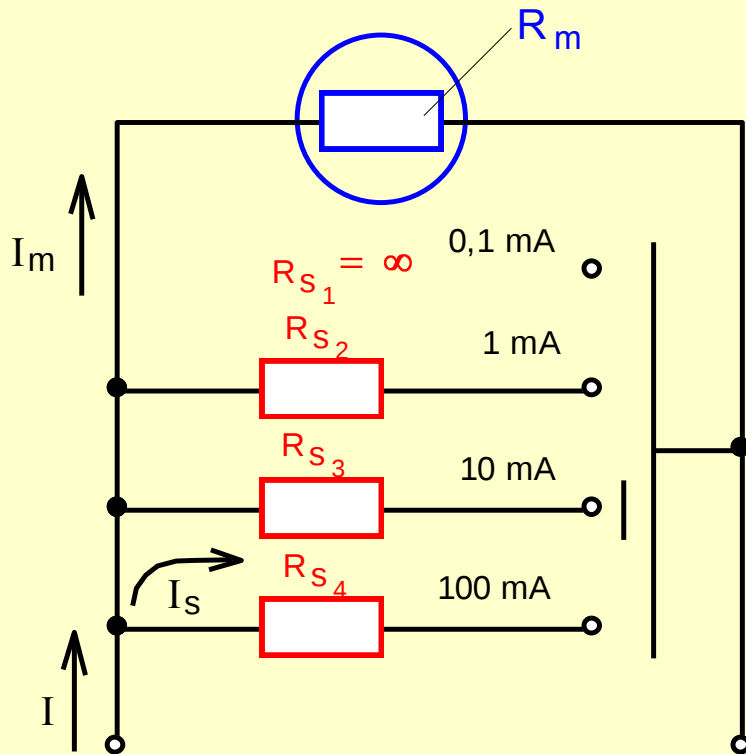
5.3.2. Nagy áramú egyedi sönt bekötése:

**Nem a söntöt kötjük a műszerre, hanem a
műszert a söntre!!**

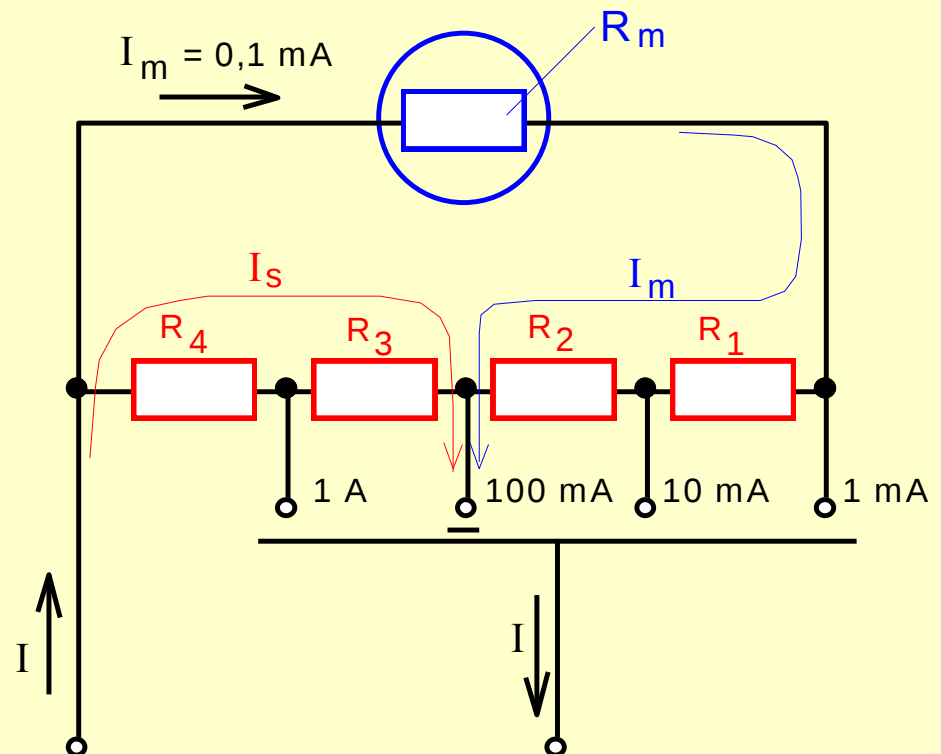


5.3. Az árammérő méréshatárának bővítése

5.3.3. Megoldások több méréshatárra :



Egyszerű sönt



Ayrton sönt

5.4.Az univerzális műszer (multiméter)

Többféle mennyiséget is mér

Jellemző üzemmódok:

Egyenfeszültség (DC) mérése

Egyenáram (DC) mérése

Váltakozó feszültség (AC) mérése

Váltakozó áram (AC) mérése

Ellenállás mérése

7. Ellenállás mérési módszerek

7.1. Mérés Ohm törvénye alapján

7.2. Ellenállás dekádok

7.3. Mérés összehasonlítással

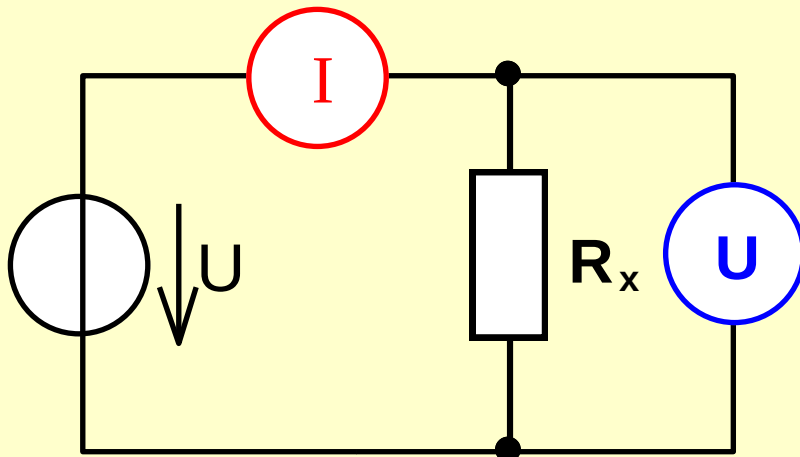
7.4. Mérés Wheatstone híddal

7.5. Mérés áramgenerátorral

7.6. Mérés a feszültségosztó elvén

7.1. Mérés Ohm törvénye alapján

- Az ismeretlen ellenállás felhasználásával egyszerű áramkört alakítunk ki
- Mérjük az ellenállás áramát és feszültségét
- A mért értékekből az ellenállást kiszámítjuk



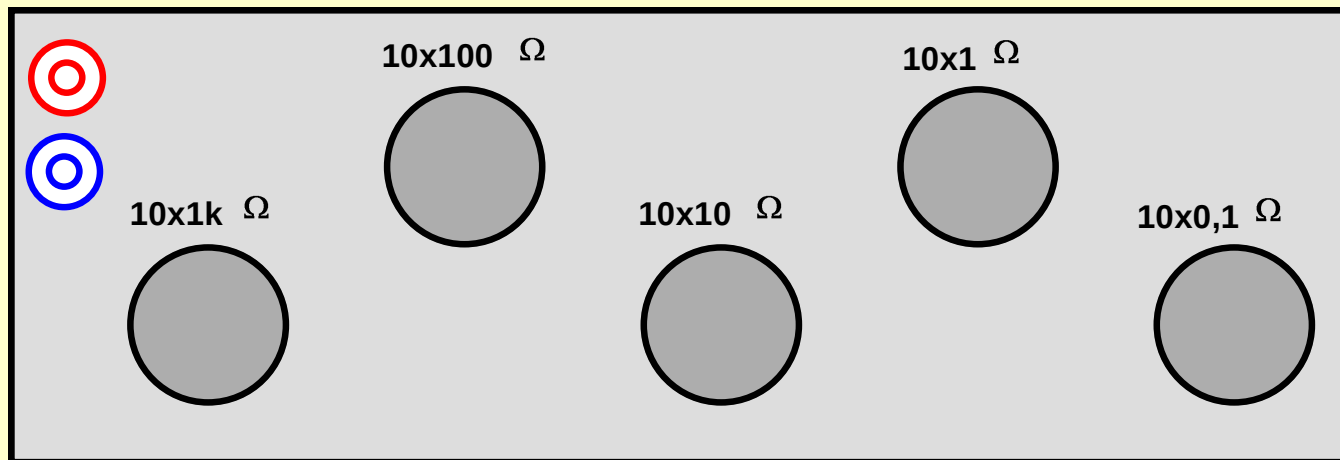
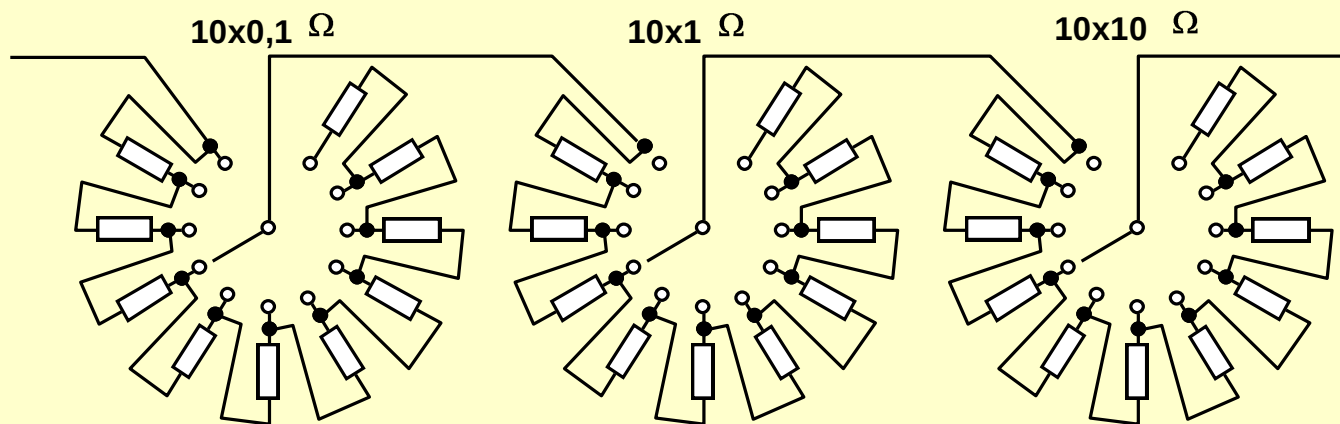
$$R_x = \frac{U}{I}$$

7.2. Ellenállás dekádok (1)

- **Villamos mérésekhez gyakran nagyon pontos, és hiteles módon változtatható ellenállások szükségesek.**
- **A két követelmény az ellenállás értékek 10-es csoportokra (dekádokra) történő bontásával teljesíthető.**
- **Minden dekád 10 azonos értékű ellenállást tartalmaz, melyeket kapcsolók kapcsolnak be.**
- **Gyakori az 5-6 dekádos megoldás: $10 \times 0,1\Omega$, $10 \times 1\Omega$, $10 \times 10\Omega$, $10 \times 100\Omega$ és $10 \times 1\text{k}\Omega$, $10 \times 10\text{k}\Omega$**

7.2. Ellenállás dekádok (2)

A dekádok kapcsolása és a dekádszekrény kezelőszervei



7.3. Mérés összehasonlítással

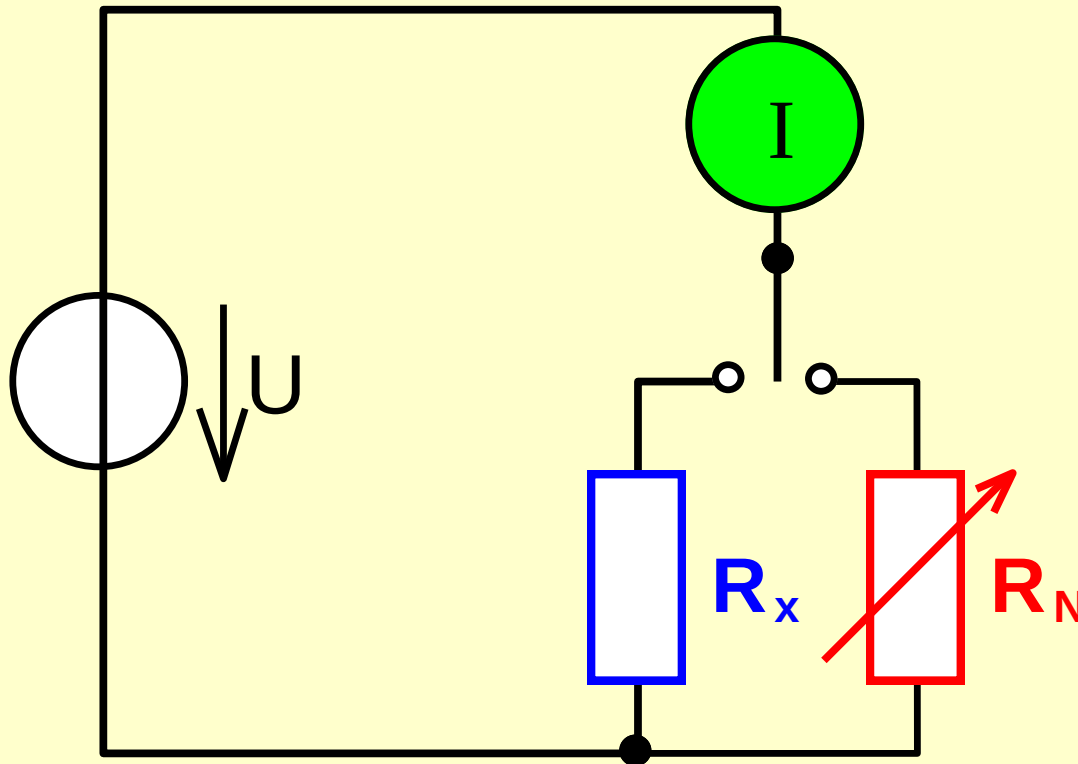
- **Fajtái:**

- **1. Mérés áramerősség összehasonlítással**
- **2. Mérés feszültség összehasonlítással**

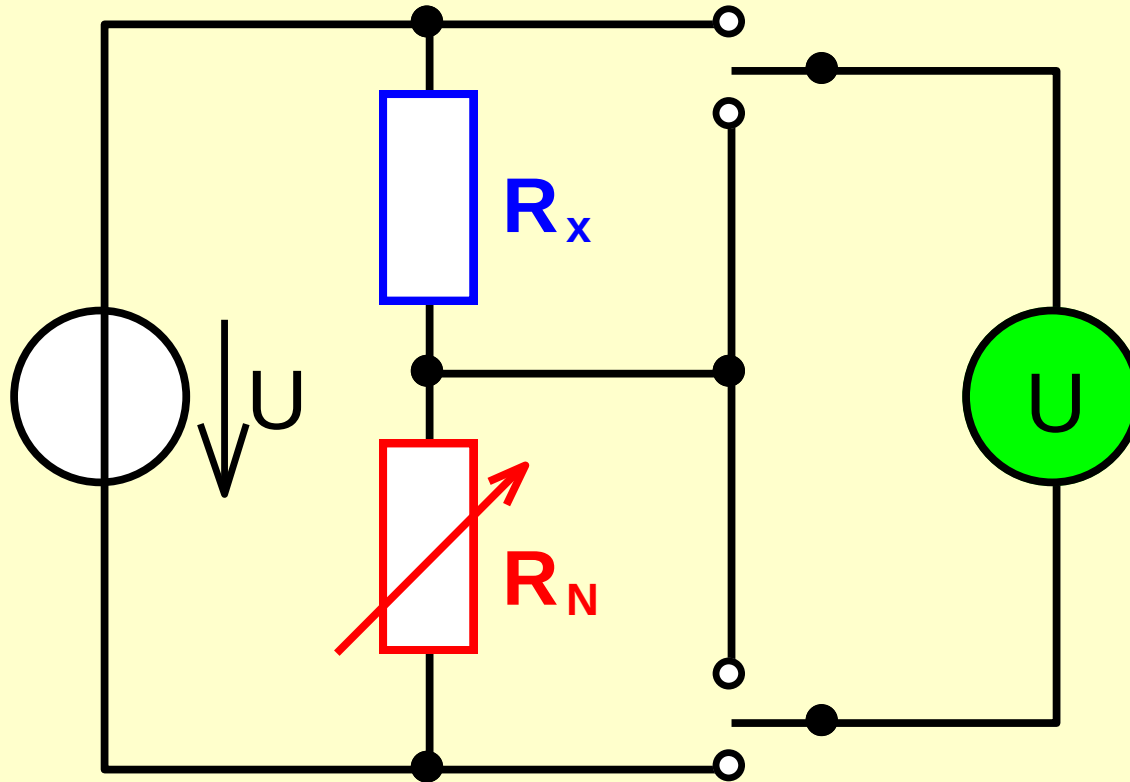
- **A mérés lényege:**

- Az ismeretlen ellenállás áramát vagy feszültségét egy pontosan ismert (normál) ellenállás áramával illetve feszültségével hasonlítjuk össze.
- Amikor a két ellenálláson mért mennyiség megegyezik, akkor a két ellenállás is azonos.
- R_x értékét a szabályozható normál ellenállás (ellenállás dekád) skálájáról olvashatjuk le

7.3.1. Mérés áramerősség összehasonlítással



7.3.2. Mérés feszültség összehasonlítással

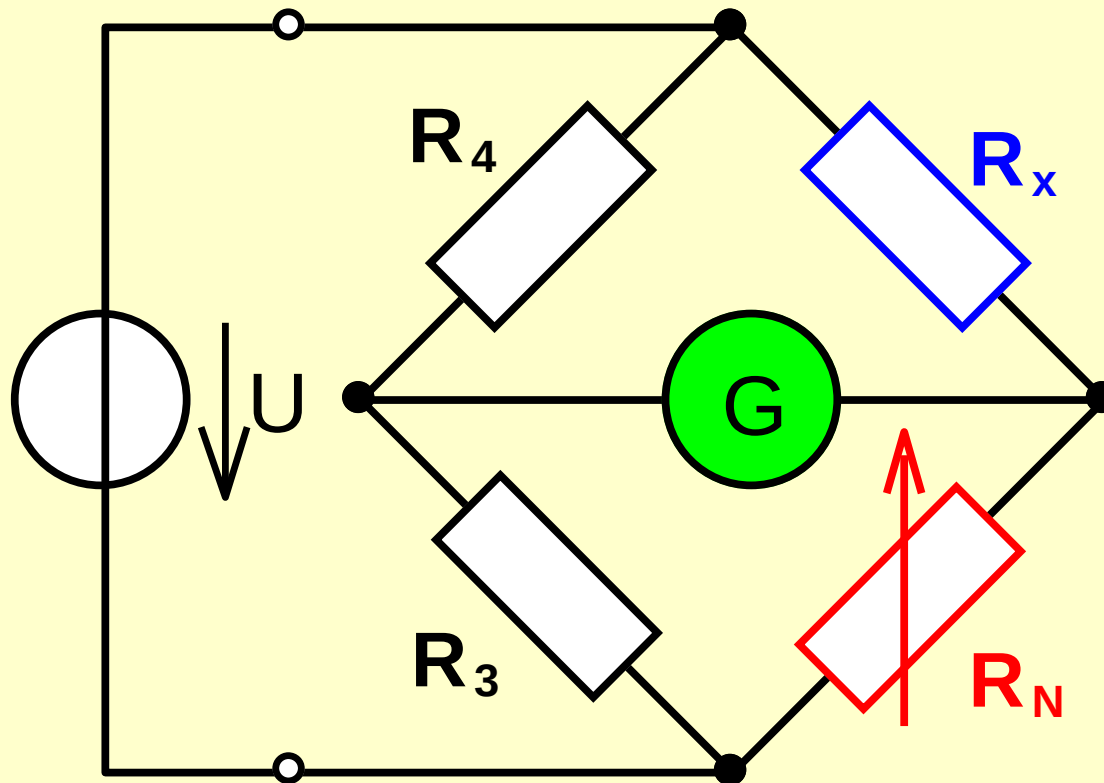


7.4. Mérés Wheatstone híddal

1. A híd elvi kapcsolása

G = Galvanométer

R_3 és R_4 nagy pontosságú ellenállás



7.4. Mérés Wheatstone híddal

2. A híd működése

1. A híd kiegyenlített (a galvanométer nullát mutat), ha a szemben lévő hídágak ellenállásainak szorzata megegyezik: $R_x \cdot R_3 = R_N \cdot R_4$
2. Ekkor: $R_x = R_N \cdot \frac{R_4}{R_3}$
3. R_3/R_4 a **hídáttétel**, mely nevezetes érték (0,001-0,01,-0,1-1-10-100-1000)
4. Ezt a hídáttételt kell megszorozni a kiegyenlítő ellenállás dekád R_N értékével.

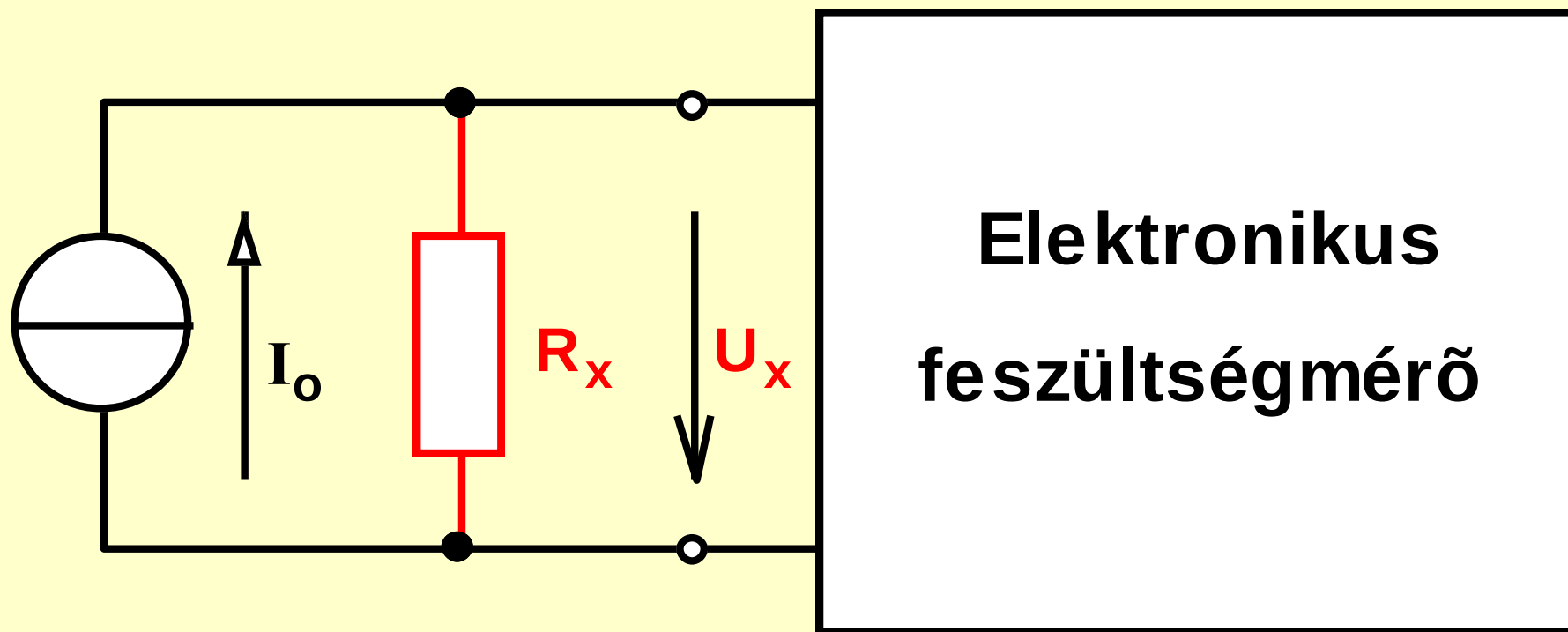
7.5. Mérés áramgenerátorral

1. A mérés elve

- Az R_x ellenálláson átfolyó I_0 áram hatására keletkező U_x feszültséget mérjük (I_0 állandó).
- $U_x = I_0 \cdot R_x$, vagyis arányos R_x -el.
- A feszültségmérő skálája R_x -ben kalibrálható és a skála lineáris.
- Ezt a mérési módszert főleg digitális multiméterekben használjuk.

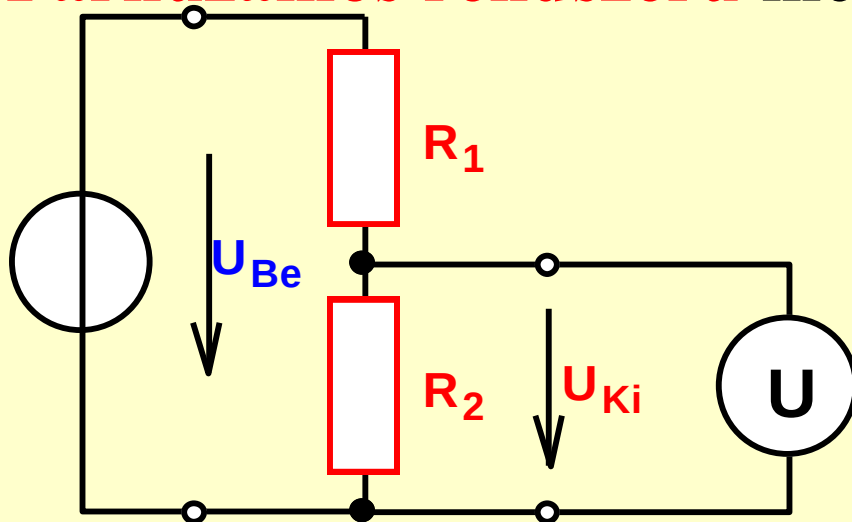
7.5. Mérés áramgenerátorral

2. A mérés elvi kapcsolása



7.6. Mérés a feszültségosztó elvén

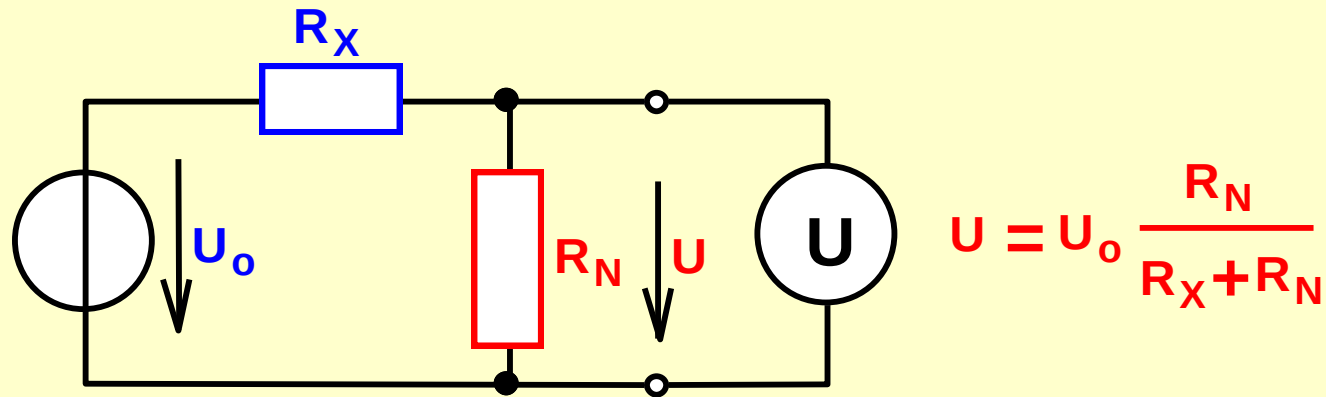
- Az osztó egyik tagját R_x , a másikat nagy pontosságú és nevezetes értékű R_N ($R_N = 1, 10, 100, 1k$ stb.) alkotja, míg $U_{Be} = U_o = \text{állandó}$.
- R_x helye szerint megkülönböztetünk:
 - **Soros rendszerű** mérést, és
 - **Párhuzamos rendszerű** mérést.



$$U_{Ki} = U_{Be} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

7.6.1. Soros rendszerű mérés (1)

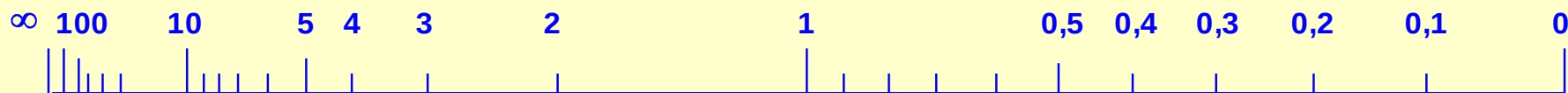
- Az osztó felső (soros) tagja az R_x ellenállás



- U_0 a műszert végkitérítésbe állító feszültség, R_N a műszer belső ellenállása.
- A műszer skálája (U) ellenállásban van kalibrálva.
- Nagy fogyasztású (elektromechanikus) feszültségmérőknél használjuk.

7.6.1. Soros rendszerű mérés (2)

- A műszer skálája nem lineáris.
- Az ellenállás skála $R_x = 0$ pontja a skála végén (a végkitérésnél) van.
- Az ellenállás skála $R_x = \infty$ pontja a skála kezdetén ($U = 0V$) van.



II. Elektronikus műszerek

(Feszültségmérők és jelgenerátorok)

8. Elektronikus műszerek

8.1. Elektronikus feszültségmérők

8.2. Jelgenerátorok

8.3. Oszilloszkópok

8.4. Frekvencia- és időmérők

8.5. Tápegységek

8.6. Teljesítménymérők

8.1.1.1. Elektronikus feszültségmérőre van szükség, ha:

- 1. A mérendő áramkör csak kis mértékben terhelhető**
- 2. A mérendő feszültség nagyon kicsi**
- 3. A mérendő feszültség frekvenciája vagy frekvencia-tartománya nagy**

8.1.1.2. Az elektronikus feszültségmérők csoportosítása

Mérési elv szerint:

- Analóg
- Digitális

Mért mennyiség szerint:

- Egyenfeszültségű (DC)
- Váltakozófeszültségű (AC)
- Univerzális (Multiméter)
- Különleges (pl. szelektív)

8.1.1.3. Elektronikus feszültségmérők jellemzői

Mérési tartomány

Pontosság

Frekvenciatartomány

Fogyasztás: Bemeneti ellenállásként vagy impedanciaként adjuk meg. Példák:

Bemeneti ellenállás: $10\text{ M}\Omega$

Bemeneti impedancia: $10\text{ M}\Omega || 30\text{ pF}$

Túterhelhetőség

8.1.2.1. Analóg egyenfeszültség- mérők általános jellemzői

Bemeneti ellenállás: 1-15M Ω (10M Ω)

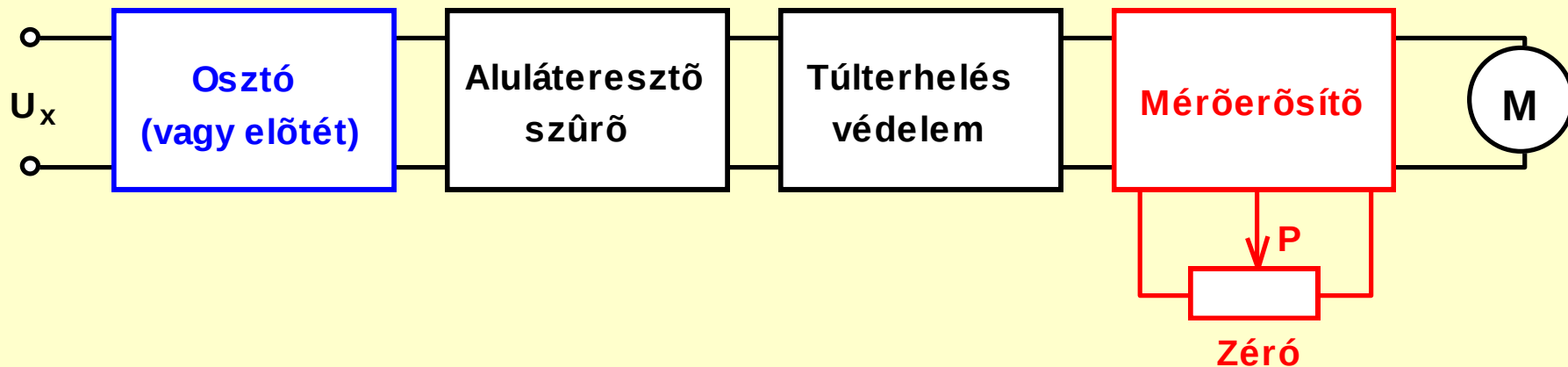
Méréshatár: 0,1-1V-tól 300-1000V-ig

1-3-10-30... lépésekben

Skálák: 100-as és 30-as osztású

**Önálló műszerként nem gyártják, de
más műszerek alapja**

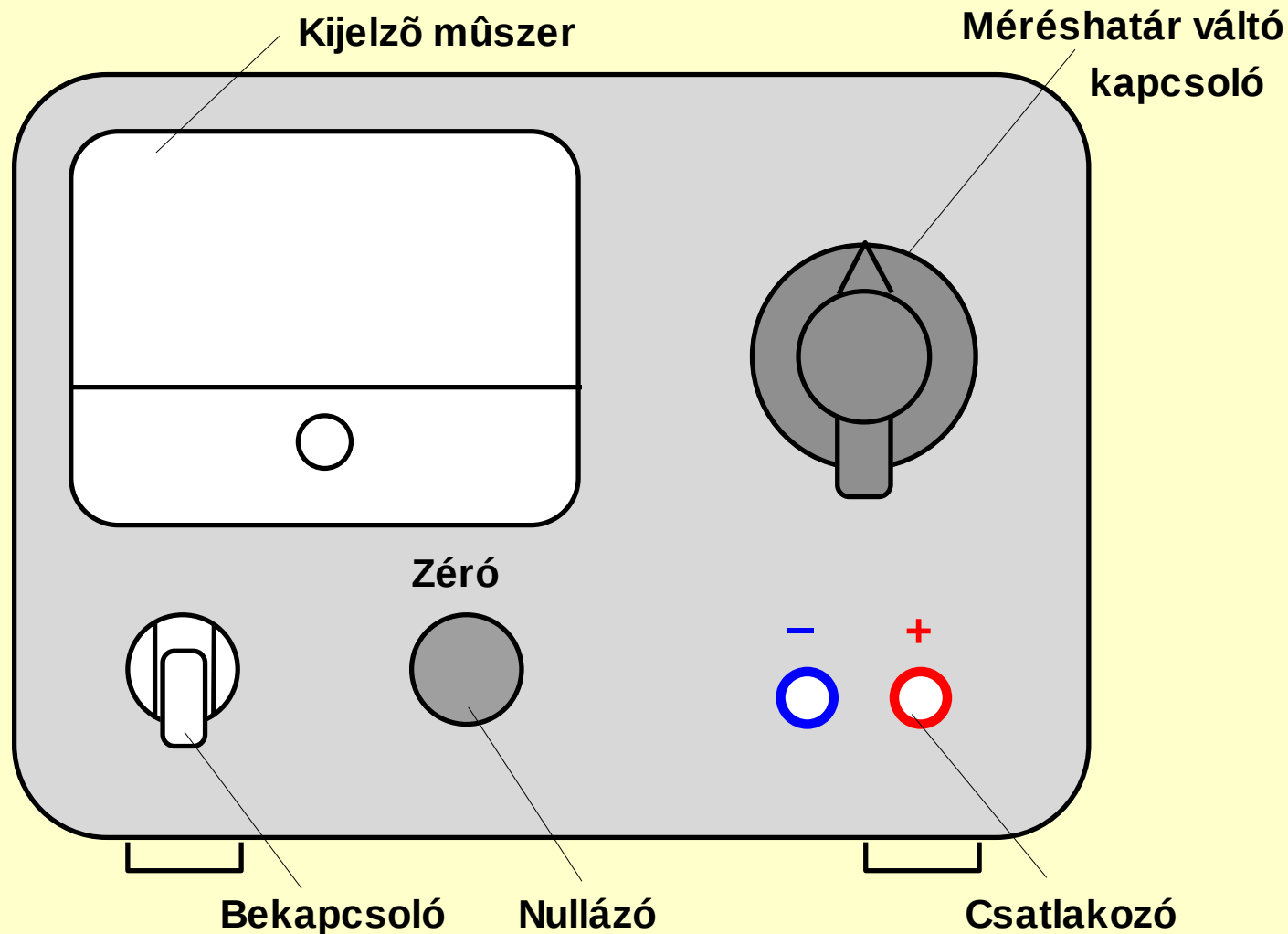
8.1.2.2. Az analóg egyenfeszültség-mérő elvi felépítése



8.1.2.3. Az egységek szerepe

1. **Osztó**, esetleg előtét: a méréshatárokat választja ki.
2. **Aluláteresztő szűrő**: a mérendő áramkörből érkező hálózati zavarokat szűri ki.
3. **Túterhelés védelem**: védi a mérőerősítő bemenetét a túlerheléstől.
4. **Mérőerősítő**: Az osztóról érkező egyenfeszültséget felerősíti (differenciálerősítő).
5. **Zéró**: A mérőerősítő szimmetriáját beállító potenciométer

8.1.2.4. A műszer kezelőszervei



8.1.3.1. Digitális egyenfeszültség- mérők általános jellemzői

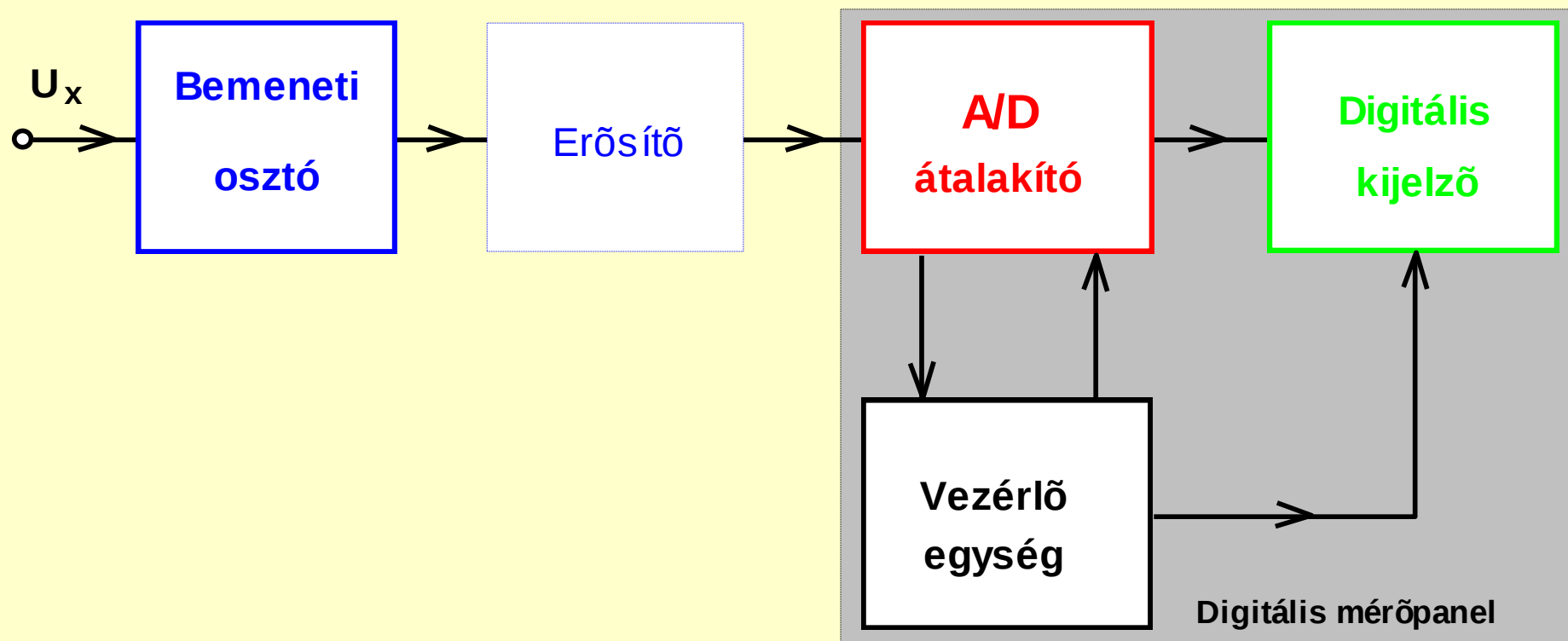
Bemeneti ellenállás: $1\text{M}\Omega$ vagy $10\text{M}\Omega$

Méréshatár: 0,2-től 700-1000V-ig

0,2-2-20-200... lépésekben (a legnagyobb mérhető értéket főleg érintésvédelmi okból korlátozzák.

**Önálló műszerként nem gyártják, de
más műszerek alapja**

8.1.3.2. Digitális egyenfeszültség- mérők elvi felépítése



8.1.3.3. Az egységek szerepe

- 1. Osztó:** méréshatár váltó
- 2. Erősítő:** az érzékenységet növeli (DC rendszerű, gyakran hiányzik)
- 3. A/D átalakító:** Az egyenfeszültséget digitális jellé alakítja (általában erősít is).
- 4. Kijelző:** digitális, a mérőszámot jelzi ki
- 5. Vezérlő egység:** Az A/D átalakítót és a kijelzőt vezérli (a kijelző nullázása, átírása, túlcsordulás stb.)

A 3-4-5 egységek alkotják a mérőpanelt ⁸¹

8.1.3.4.1. A/D átalakítók elvi működése

- A mérendő feszültségből mintát veszünk.
- Egy nagy pontosságú (referencia) feszültséget (U_R) $N = 2^n$ számú egységekre (kvantumokra) bontunk (n egész szám, legalább 8).
- Megvizsgáljuk, hogy a vett minta hányszorosa az egységnek, a kvantumnak (ez adja a mérőszámot)
- Csak egész érték lehetséges, ezért a vett minta értékét a hozzá legközelebb eső egész kvantum értékhez kell kerekíteni.

8.1.3.4.2. A/D átalakítók jellemzői

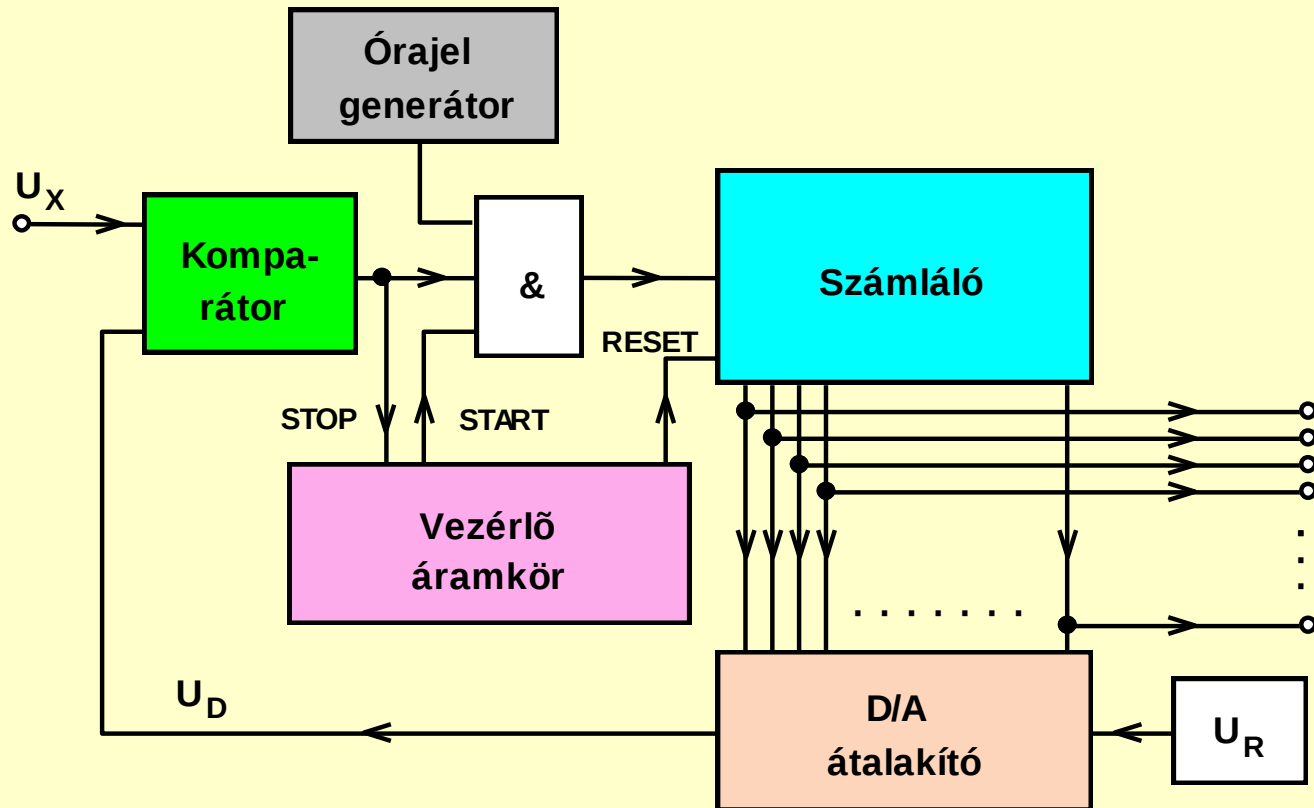
- **Konverziós (átalakítási) idő**
- **Full Scale (FS) érték:** általában 199.9 mV, de ennél kisebb is lehet
- **Bitszám (n):** legalább 8, de 10-12-16-24 is lehet
- **Felbontóképeség (a kvantum nagysága):**
 $U_R/2^n$
- **Kimeneti digitális kód:** általában BCD
- **Polarításra** általában érzékenyek, ezért automatikus polaritás érzékelő, váltó és jelző is szükséges

8.1.3.4.3. Átalakítási módszerek

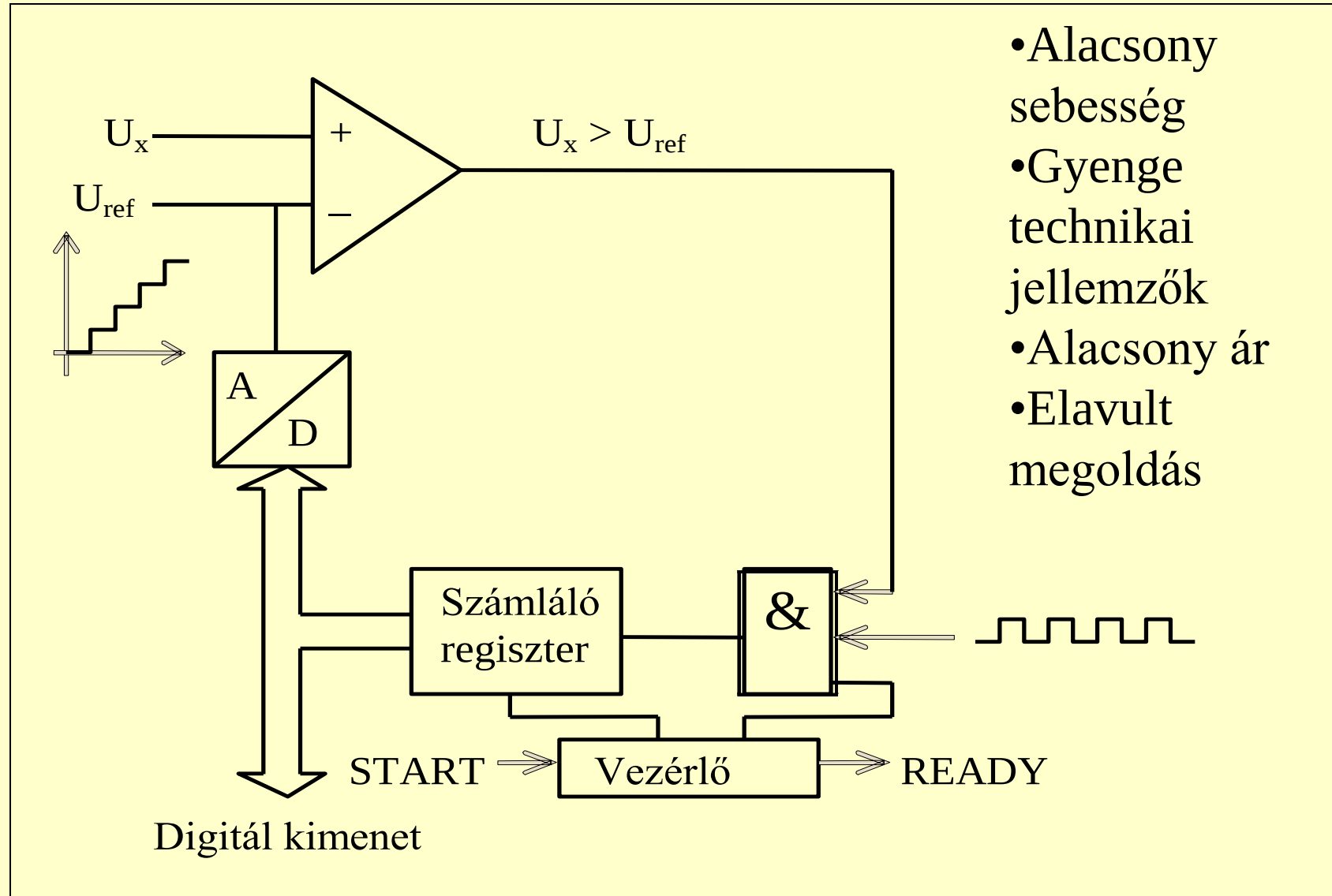
- **Közvetlen:** a mért feszültséget egyetlen lépésben alakítja digitális jellé
 - **Komparátoros:** nagyon gyors, de drága, ezért mérési célra csak ritkán használják
 - Számláló típusú
 - Követő (tracking) típusú
 - Fokozatosan közelítő
- **Közvetett:** a mért feszültséget előbb vele arányos idővé vagy frekvenciává alakítja
 - Ramp rendszerű
 - Kettős meredekségű (dual-slope)

8.1.3.4.4. Számláló típusú átalakító

Egy pontos frekvenciájú generátor impulzusait mindaddig számolja, amíg a számláló kimenetén lévő digitális jelből átalakított feszültség egyenlő nem lesz a mért értékkel (**időszakaszosan mér**)

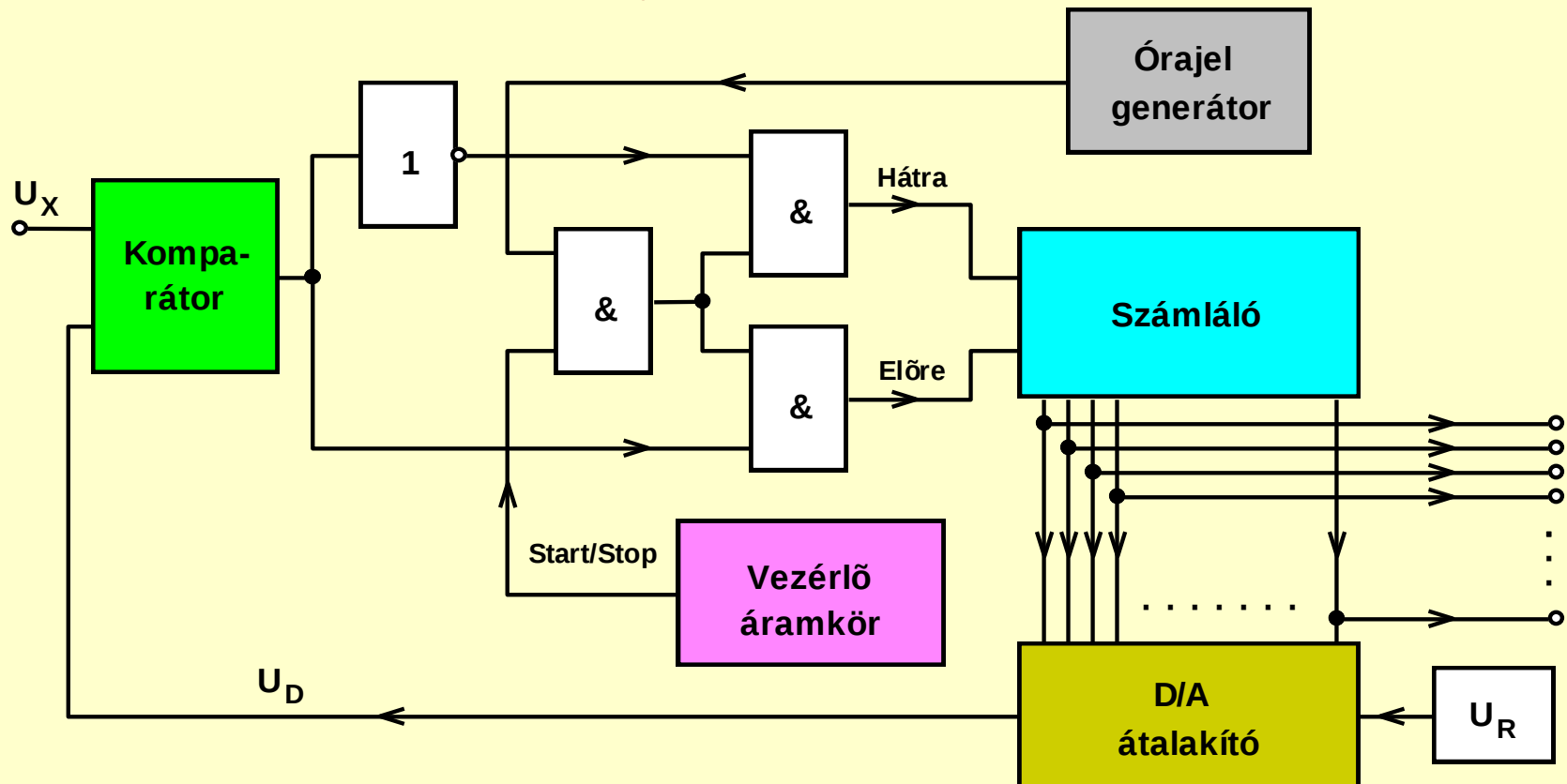


Számláló típusú A/D



8.1.3.4.5. Követő típusú átalakító

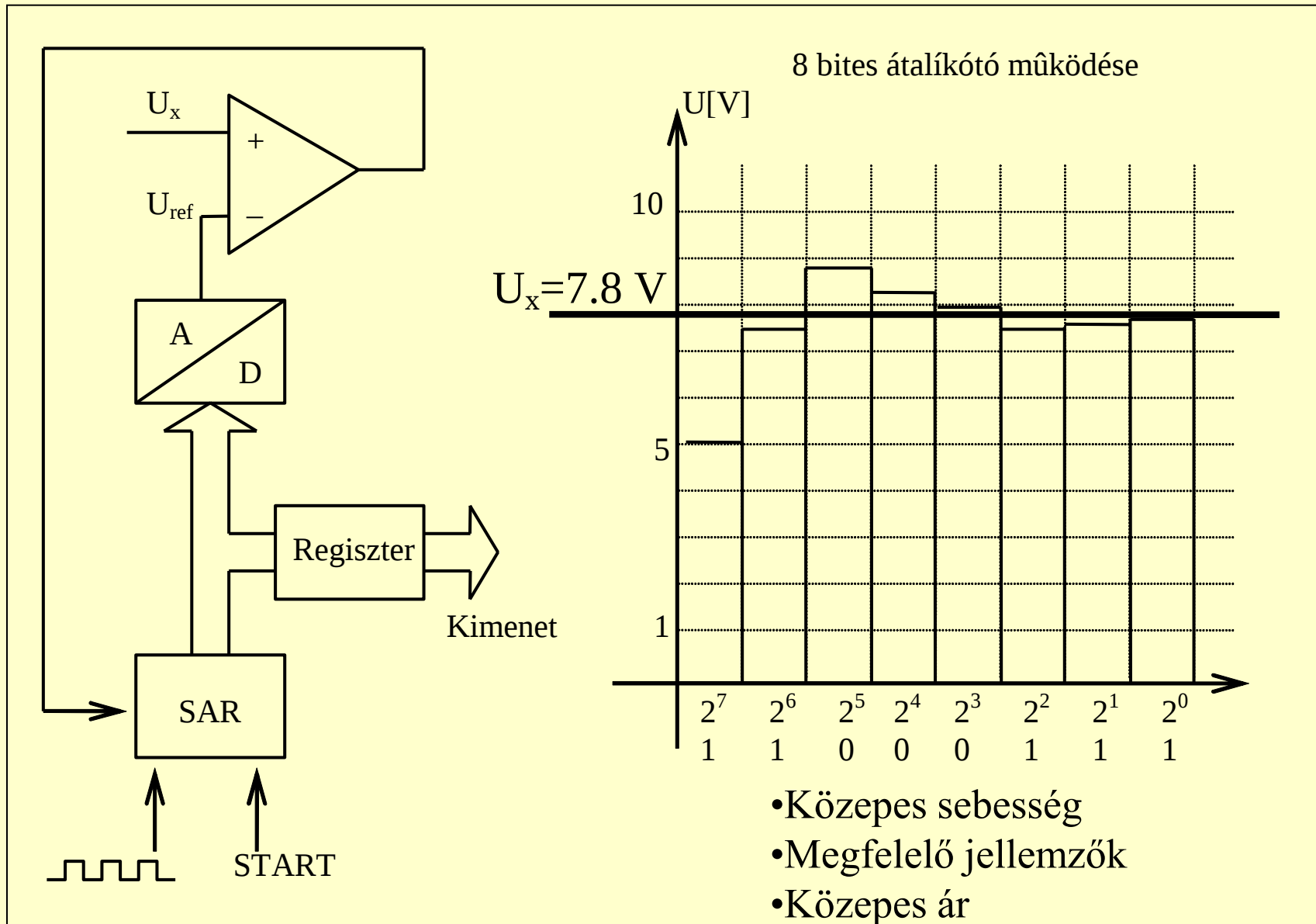
A számlálót a mért érték és a kapott érték különbsége szerint előre vagy hátra irányba számláltatja **(folyamatosan mér)**.



8.1.3.4.6. Kettős meredekségű átalakító (működési elv)

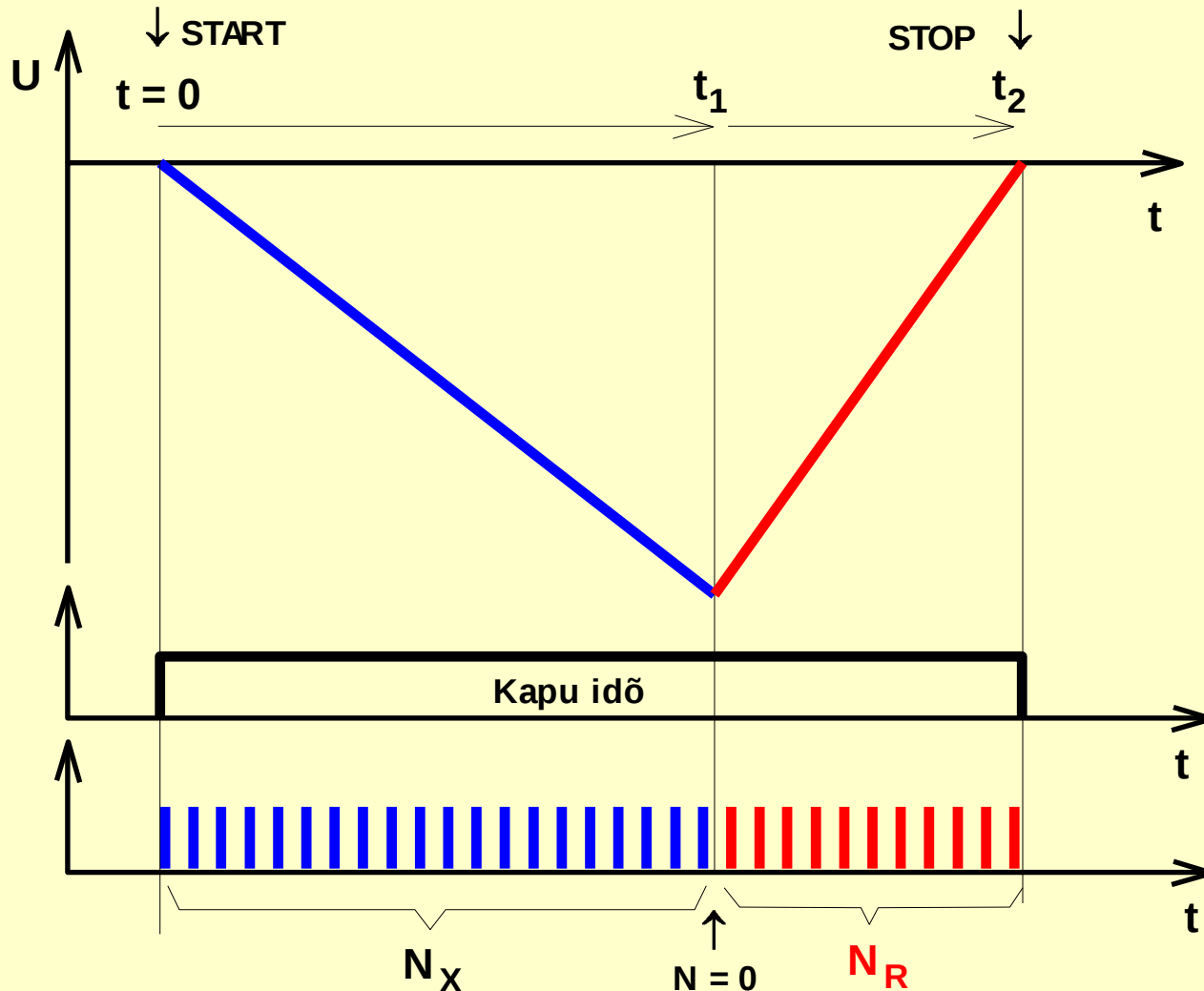
1. A mért feszültséget integrálja (vele arányos meredekséggel lineárisan tölt egy kondenzátort), miközben az órajel periódusait számolja. Ehhez t_1 idő szükséges.
2. Amikor a számláló túlcsordul (nullára áll), átkapcsol a referencia feszültségre, és ezzel arányos meredekséggel kisüti a kondenzátor, miközben az órajel periódusait újra számolja. Ehhez az előzővel együtt t_2 idő szükséges.
3. Amikor a kondenzátor feszültsége nullára csökken, a mérés befejeződik, és a számlálóban a mért értékkel arányos számérték lesz (**időszakaszosan mér**).

Kétoldali közelítéses A/D

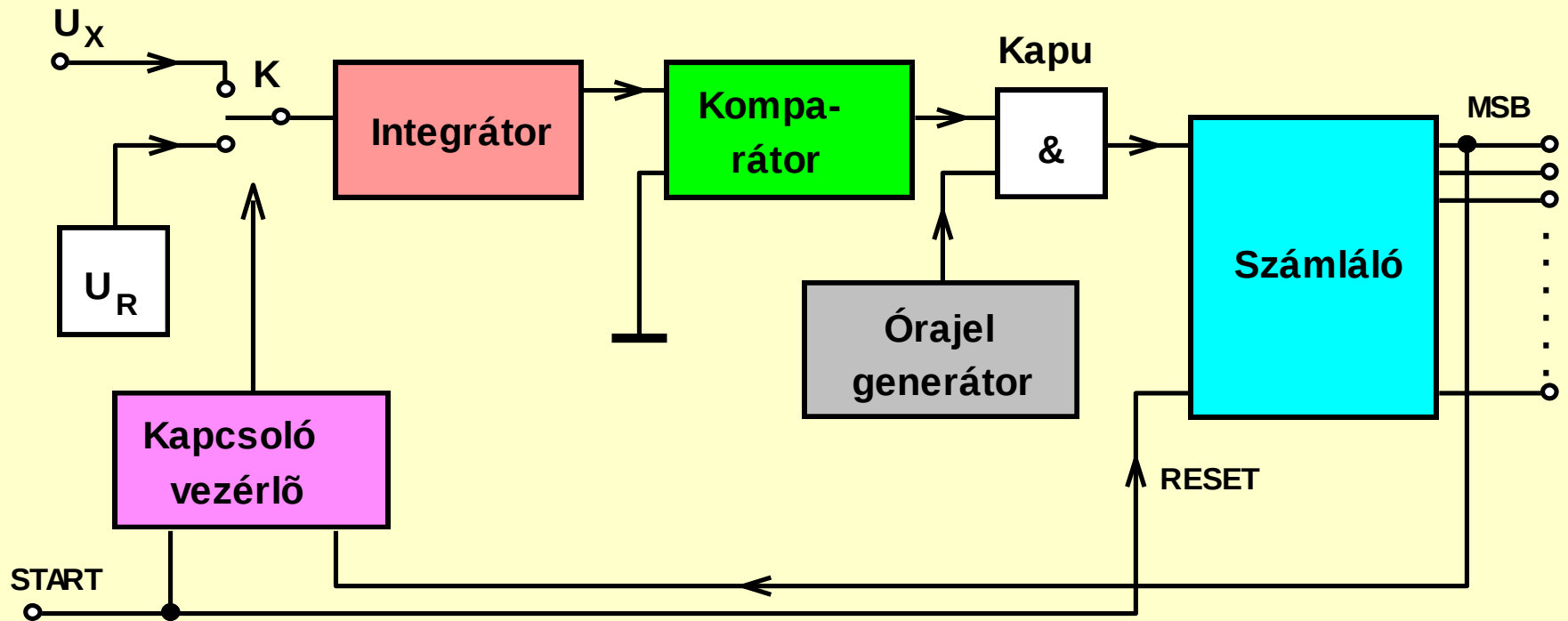


•SAR: Fokozatos közelítésű analóg digitális átalakító

8.1.3.4.6. Kettős meredekségű átalakító (idődiagram)



8.1.3.4.6. Kettős meredekségű átalakító (elvi vázlat)



8.1.4.1.A váltakozófeszültség jellemzői

- Csúcsérték (U_p)
- Elektrolitikus középérték (U_{el})
- Abszolút középérték (U_k)
- **Effektív érték (U) :**

Mindig ezt adjuk meg!

Szinusz esetén: $U = \frac{U_p}{\sqrt{2}}$

8.1.4.2. Mért és mutatott érték

- A váltakozó feszültség mérésére alkalmas műszer a váltakozó feszültségnek valamelyik jellemzőjét méri (érezkeli), azonban kijelzője mindig a **szinusz alakú** feszültség effektív értékét mutatja.
- Ha a feszültség nem szinusz alakú, a kijelzett érték nem effektív érték, de a mérési mód ismeretében a mutatott értékből a mért érték kiszámítható!

8.1.4.3. MÉRŐEGYENIRÁNYÍTÓK

- **Olyan áramkörök, amelyek a váltakozó feszültség valamelyik jellemzőjével arányos egyen feszültséget állítanak elő.**
- **A mérőegyenirányító lehet:**
 - **Csúcsérték mérő (gyakori)**
 - **Csúcstól-csúcsig terjedő értéket mérő**
 - **Abszolút középértéket mérő (gyakori)**
 - **Effektív értéket mérő (nagyon ritka).**

8.1.5. Multiméterek

8.1.5.1. Fogalma és felhasználása

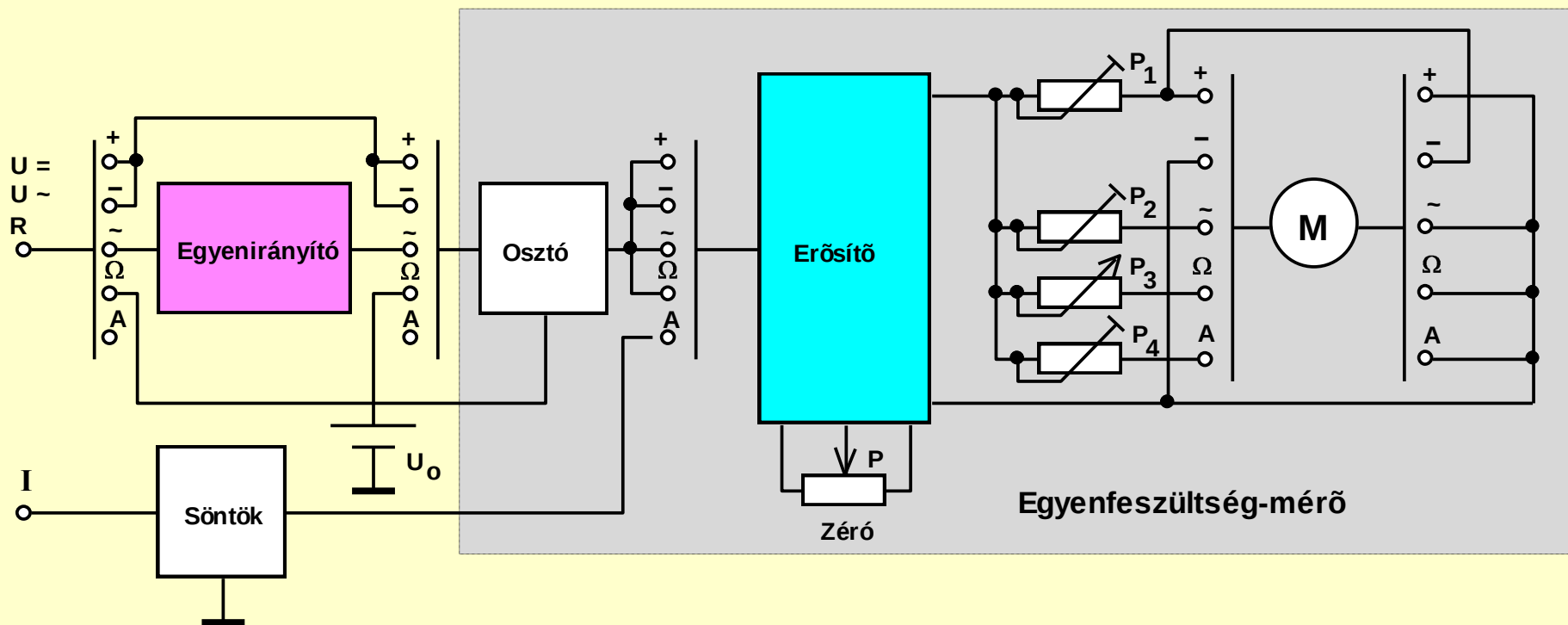
8.1.5.2. Analóg multiméterek

8.1.5.3. Digitális multiméterek

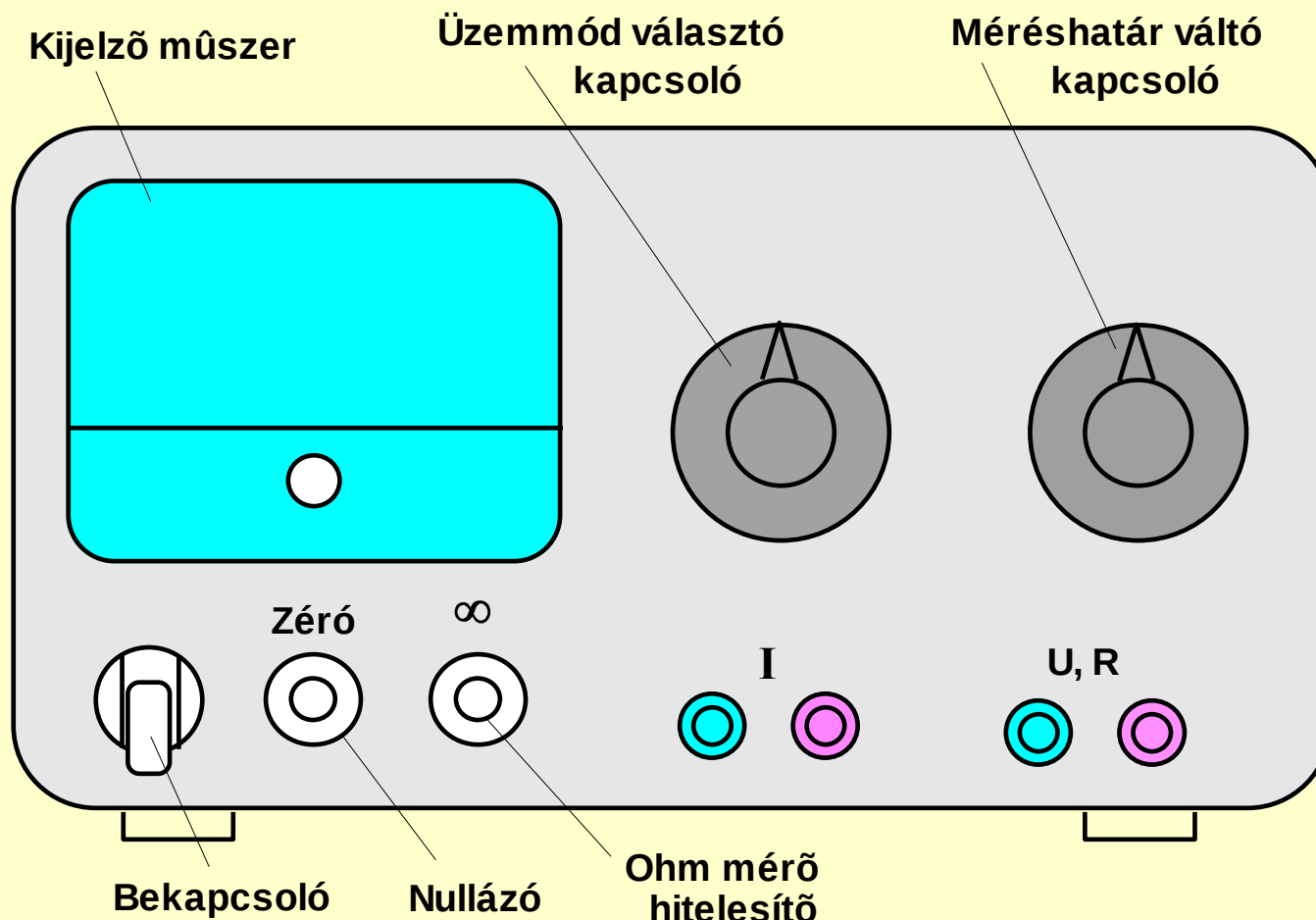
8.1.5.1. A multiméter fogalma és felhasználása

- **A multiméter többféle mennyiség mérésére alkalmas műszer**
- **Jellemző mért mennyiségek (gyakoriság)**
 - **egyenfeszültség**
 - **váltakozó feszültség**
 - **ellenállás**
 - **egyenáram**
 - **váltakozó áram**
- **Jellemző felhasználás: szerviz munkák**

8.1.5.2.1. Az analóg multiméter elvi felépítése



8.1.5.2.2. Az analóg multiméter kezelőszervei



8.1.5.2.3. Az analóg multiméter jellemzői

1. DC mennyiségek mérésekor

- **Egyenfeszültség**: mint egyenfeszültség mérő.
- **Egyenáram**: a söntön fellépő feszültség megegyezik a feszültségmérő legkisebb méréshatárával, ami általában viszonylag nagy (1V).
- Mindkét mennyiséghez használható a 30-as és 100-as osztású skála.

8.1.5.2.3. Az analóg multiméter jellemzői

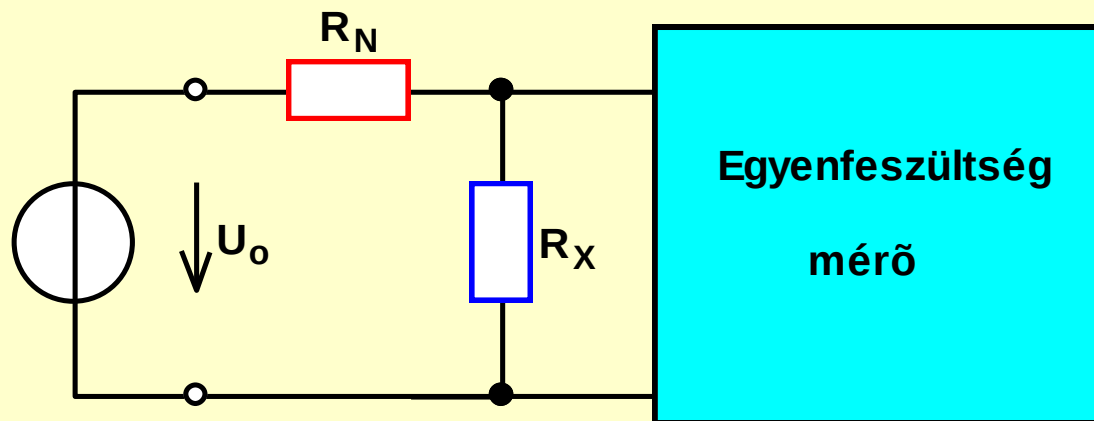
2. AC mennyiségek mérésekor

- **Feszültség:**
 - **Méréshatárok**: mint egyenfeszültség mérő, de a legnagyobb méréshatár általában kisebb 1000V-nál, és a legkisebb méréshatárokhöz gyakran külön skála tartozik.
 - **Felső határfrekvencia**: diódától függően 1kHz-1MHz.
 - **Bemeneti impedancia**: 1-3M Ω .
- **Áram**: Váltakozót csak kevés műszer mér

8.1.5.2.3. Az analóg multiméter jellemzői

3. Az ellenállás mérés módja:

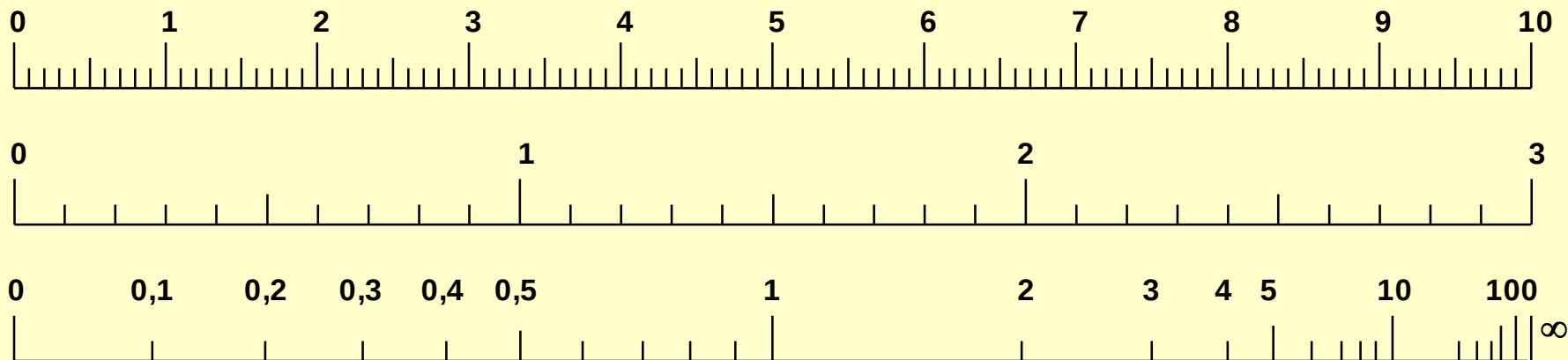
- Feszültségosztós módszer (nemlineáris skála)
- R_N az egyenfeszültség-mérő osztójának nevezetes értékű ellenállása (100Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$)
- U_o általában ceruzaelem



8.1.5.2.3. Az analóg multiméter jellemzői

4. Skálái

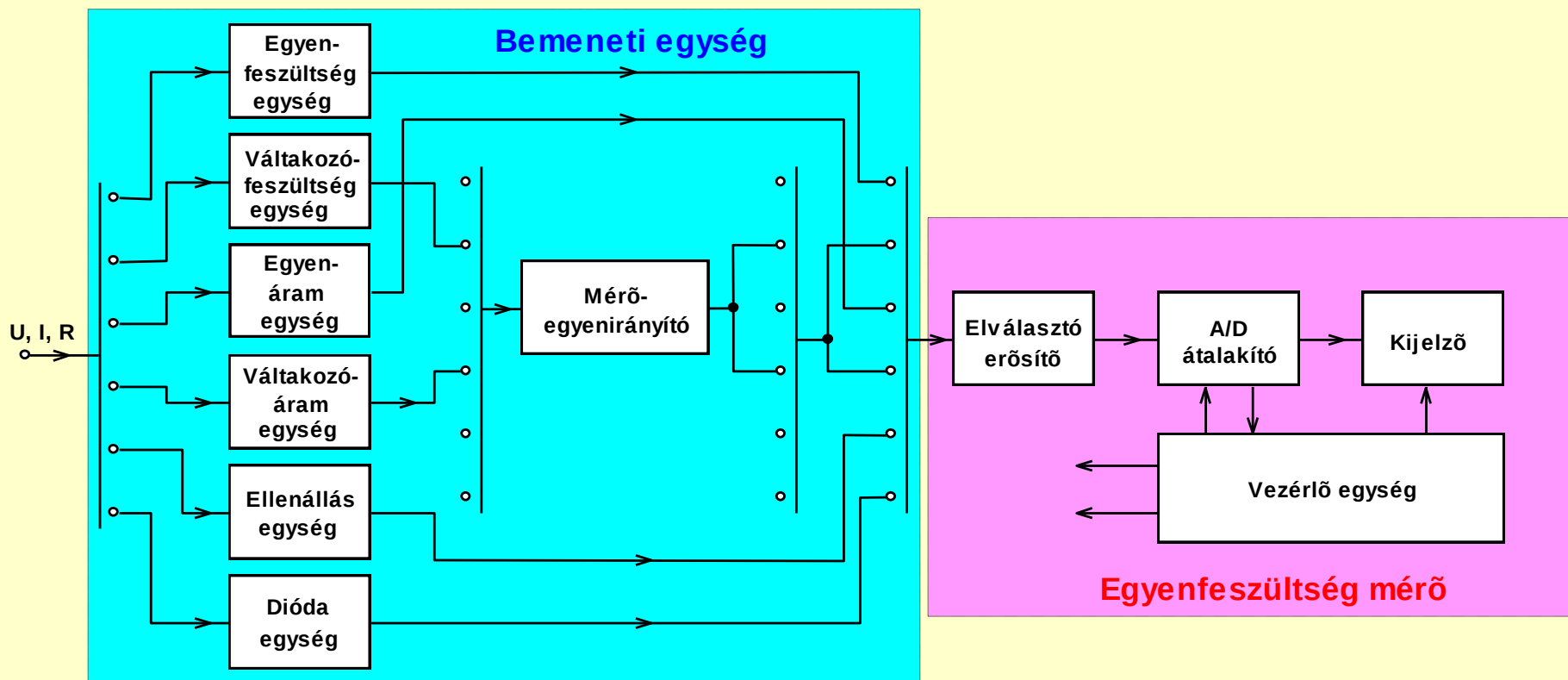
- Feszültség és áram méréséhez 30-as és 100-as osztású skála
- Ohm skála (nem lineáris beosztású)



8.1.5.3. Digitális multiméterek

- 1. Elvi felépítése**
- 2. Jellemzői**
- 3. Kezelőszervei**
- 4. Különleges szolgáltatásai**

8.1.5.3.1. Digitális multiméterek elvi felépítése

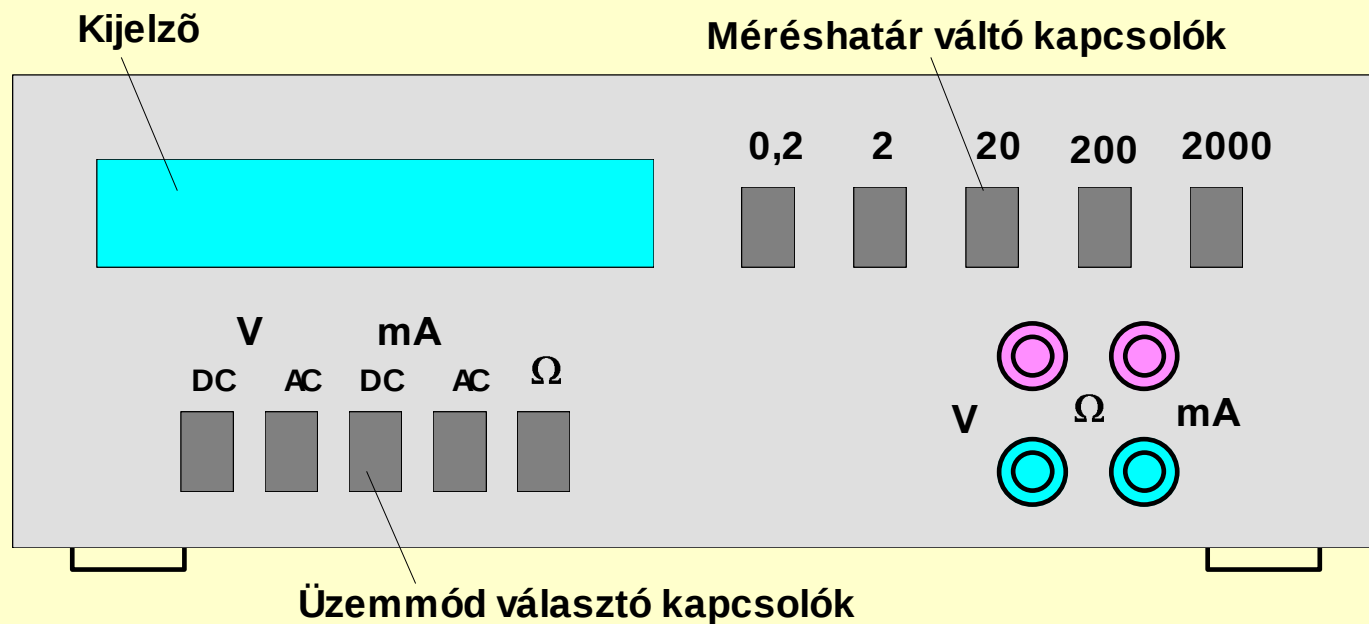


8.1.5.3.2. Digitális multiméterek jellemzői

- **DC üzemmód**
 - **Feszültség:** mint digitális egyenfeszültség-mérő
 - **Áram:** Méréshatárok: 2-20-200-2000mA
Sönt feszültség: mint FS érték
- **AC üzemmód**
 - **Bemeneti impedancia:** $1\text{M}\Omega \parallel 30\text{-}50\text{pF}$
 - **Határfrekvencia:** általában 400-800Hz
- **Egyéb szolgáltatások** (külön oldalon)

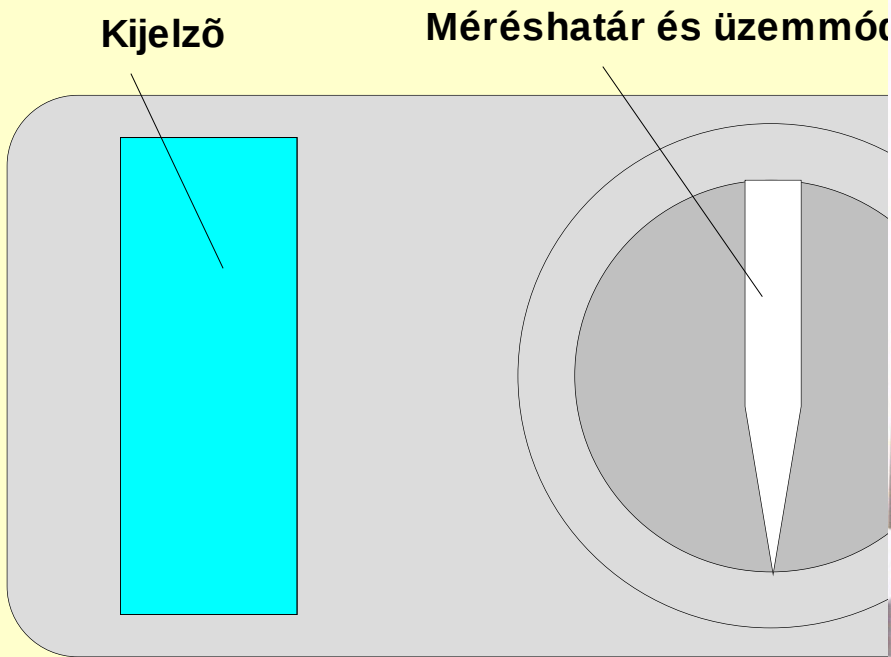
8.1.5.3.3. A digitális multiméter jellemző kezelőszervei

1. Asztali kivitel



8.1.5.3.3. A digitális multiméter jellemző kezelőszervei

2. Hordozható k



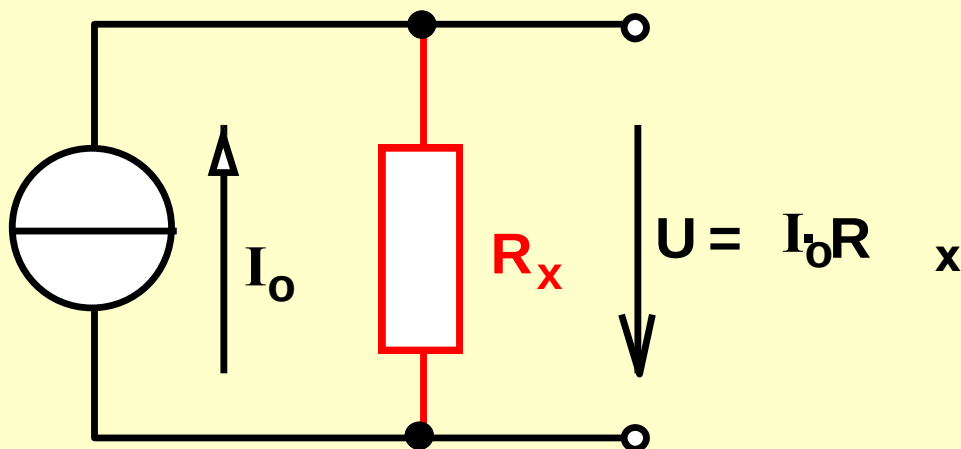
8.1.5.3.4. Digitális multiméterek különleges szolgáltatásai

- 1. Ellenállás mérő**
- 2. Dióda vizsgáló**
- 3. Szakadás-zárlat kereső**
- 4. Négyvezetékes ellenállás mérés**
- 5. Egyéb (tranzisztor vizsgáló, kapacitás-
mérő, frekvencia-mérő stb.)**

8.1.5.3.4. Digitális multiméterek különleges szolgáltatásai

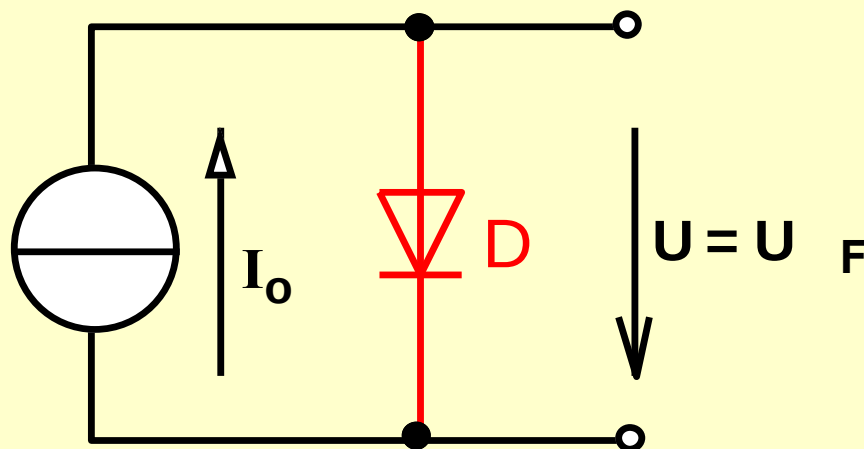
1. Ellenállás mérő. Áramgenerátoros módszerrel mér (az R_x ellenálláson keletkező feszültséget méri, mely arányos R_x -el).

Méréshatár váltás: az áramgenerátor áramával



8.1.5.3.4. Digitális multiméterek különleges szolgáltatásai

2. Dióda vizsgáló. Az ellenállás mérés elvén működik ($I_o = 1\text{mA}$): a diódán keletkező feszültséget méri, mely nyitó irányban a dióda nyitófeszültségének (U_F) felel meg.



8.1.5.3.4. Digitális multiméterek különleges szolgáltatásai

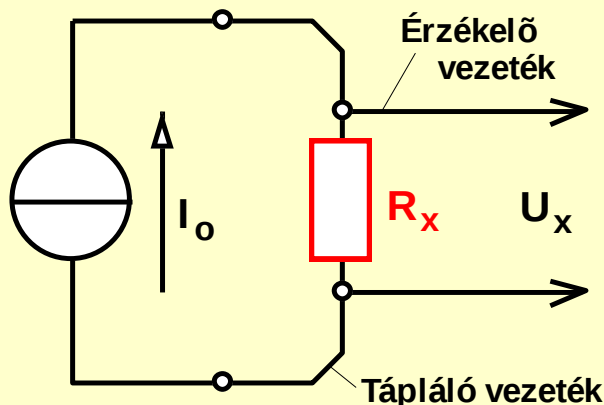
3. Szakadás-zárlat kereső.

- Ez is az ellenállás mérő egységet használja.
- Ha a vizsgált alkatrészen keletkező feszültség túl kicsi (zárlat van) bekapcsol egy zümmögő, és akusztikusan jelzi a zárlatot, míg szakadás esetén nem ad jelzést.

8.1.5.3.4. Digitális multiméterek különleges szolgáltatásai

4. Négyvezetékes ellenállásmérő

- A mérővezeték ellenállásából származó hibát küszöböli ki: külön két-két vezetéket használ az áramgenerátorhoz és a feszültségmérőhöz.
- Főleg kis ellenállások méréséhez használjuk.



8.1.6. Váltakozófeszültség- mérők

- 1. A hangfrekvenciás feszültségmérő**
- 2. A szélessávú feszültségmérő**
- 3. Nagyfrekvenciás feszültségmérő**
- 4. Szelektív feszültségmérő**

8.1.6.1.2. A hangfrekvenciás feszültségmérő jellemzői

Abszolút középértéket mér

Bemeneti impedancia: 1-10M Ω ||30pF

Frekvencia-tartomány:

10-30Hz-től 0,1-3MHz-ig

Mérési tartomány: 0,1-0,3mV-tól 30-300V-ig

Méréshatárok: 1, 3, 10 stb. lépésekben, de a 3-
as mérés határokon a mutató végkitéréséhez

$10 \cdot \sqrt{10} = 31,6$ - os osztás tartozik.

8.1.6.1.3. A hangfrekvenciás feszültségmérő skálái (1)

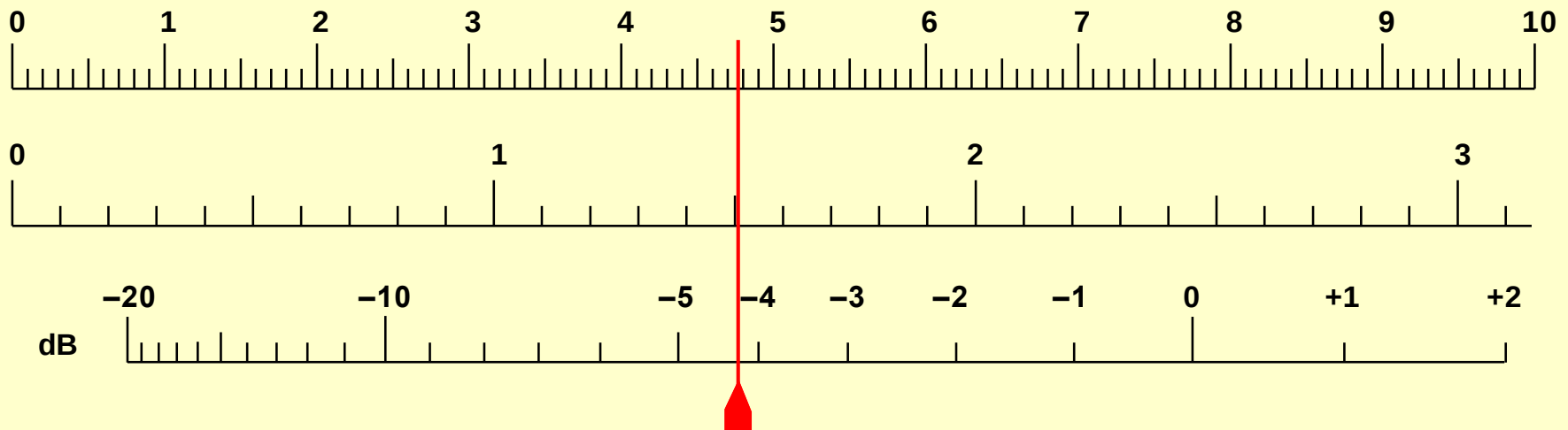
- **100-as osztású skála**
- $10 \cdot \sqrt{10} = 31,6$ - os osztású skála
- **decibel (dB) skála**

0dB: 1mW teljesítmény 600Ω-on, amely

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{10^{-3} \cdot 600} = 0,775\text{V}$$

8.1.6.1.3. A hangfrekvenciás feszültségmérő skálái (5)

Példa: Mekkora a feszültség V-ban és dB-ben, ha a kapcsoló -20dB -es állásban (100mV) áll?



V-ban: $47,8\text{mV}$

dB-ben: $-4,3\text{dB} - 20\text{dB} = -24,3\text{dB}$

8.2.Jelgenerátorok

8.2.1. A jelgenerátor fogalma

8.2.2. A jelgenerátorok csoportosítása

Jelalak szerint

Frekvencia szerint

8.2.3. Jelgenerátorok jellemzői

8.2.4. Szinuszos generátorok

8.2.5. Nemszinuszos generátorok

8.2.6. Függvénygenerátorok

8.2.1.A jelgenerátor

- **Elektronikus jelforrás**
- **Alapja egy rezgéskeltő (oszillátor)**
- **Az oszcillátoron kívül olyan egységeket is tartalmaz, amelyek biztosítják:**
 - **A kiadott jel terhelhetőségét vagy illesztését**
 - **A kiadott jel jellemzőinek ellenőrzését**

8.2.2. A jelgenerátorok csoportosítása

1. jelalak szerint

- **Színusz**
- **Négyszög**
- **Impulzus**
- **Függvény:** többféle (színusz, háromszög, négyszög) jelet képes előállítani
- **Zaj:** szabálytalan a jelalakja

8.2.2. A jelgenerátorok csoportosítása

2. Frekvencia szerint

- **Infra frekvenciás:** 0,001-100Hz
- **Hangfrekvenciás:** 20Hz-20kHz
- **Szélessávú:** 20Hz-től 10MHz-ig
- **Rádiófrekvenciás:** 0,1-30MHz
- **URH-TV:** 3-1000MHz
- **Mikrohullámú:** 1GHz felett

8.2.3. Jelgenerátorok fontosabb jellemzői

- **Frekvencia tartomány**
- **Frekvencia pontosság és stabilitás**
- **A kimeneti feszültség torzítása**
- **A kimeneti feszültség nagysága, pontossága és stabilitása**
- **A kimeneti feszültség terhelhetősége**
- **A kimeneti impedancia nagysága**

8.2.4. Szinuszos generátorok

- Szinusz alakú feszültséget állítanak elő
- Jellemző változataik:
 - Hanggenerátor
 - Szélessávú generátor
 - Függvénygenerátor (szinuszos üzemmód)
 - Rádiófrekvenciás szignálgenerátor
 - URH és TV szignálgenerátor

8.2.5.2. A függvénygenerátor

- 1. Felhasználási területe**
- 2. Jellemzői**
- 3. Elvi felépítése**
- 4. Jellemző kezelőszervei**

8.2.5.2.1. A függvénygenerátor felhasználási területe

**Sokoldalúan használható jelgenerátor,
mert:**

- **Színusz, négyszög és háromszög jelet is előállít.**
- **A frekvenciája széles tartományban**
 - **kézzel és**
 - **automatikusan is változtatható.**
- **Változtatható feszültségű és TTL szintű kimenettel is rendelkezik.**

8.2.5.2.2. A függvénygenerátor jellemzői

- **Frekvencia-tartomány: 0,01 Hz-1 MHz,**
- **Kimeneti feszültség:**
 - **0-10 V** folyamatosan változtatható és DC szintje eltolható
 - **5 V (TTL)**
- **Automatikus frekvencia pásztázás**
 - **Pásztázási idő: 0,2, 2 és 20 s.**
 - **Pásztázási tartomány 100 vagy 1000-szeres vagy ezen belül beállítható**

8.2.5.2.3. A függvénygenerátor elvi felépítése

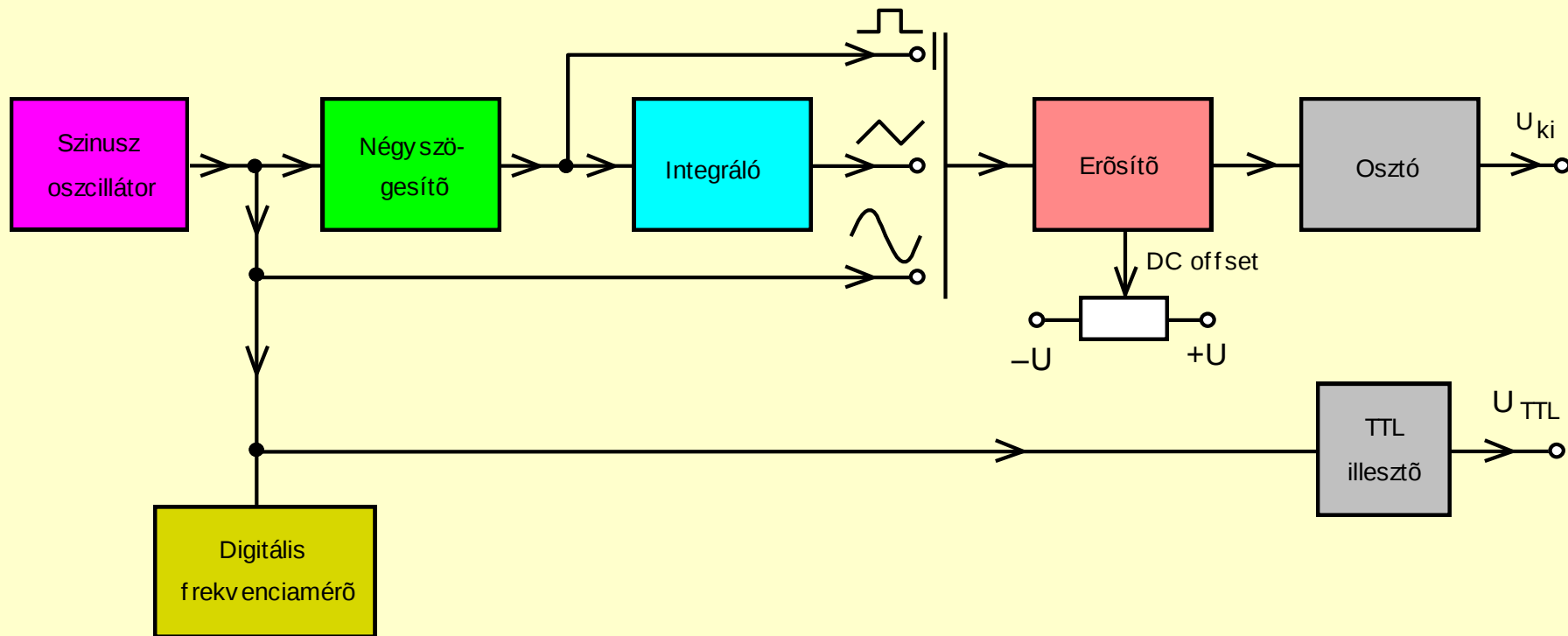
1. Kialakítási elvek

**A felépítését alapvetően a rezgéskeltőjének
a kialakítása határozza meg, mely lehet:**

- Szinuszoszcillátor**
- Háromszög oszcillátor**

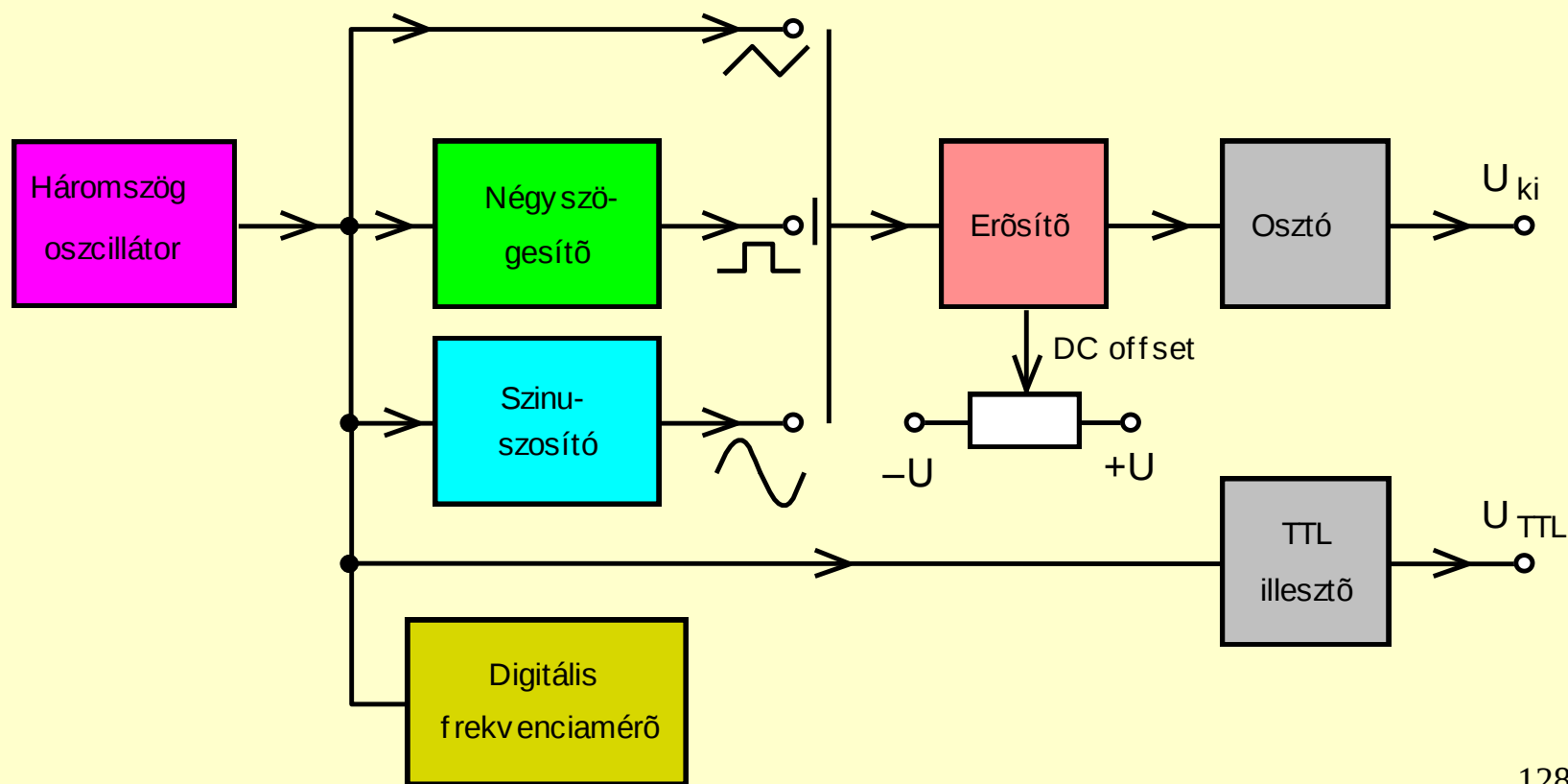
8.2.5.2.3. A függvénygenerátor elvi felépítése

2. Szinuszoszcillátoros változat



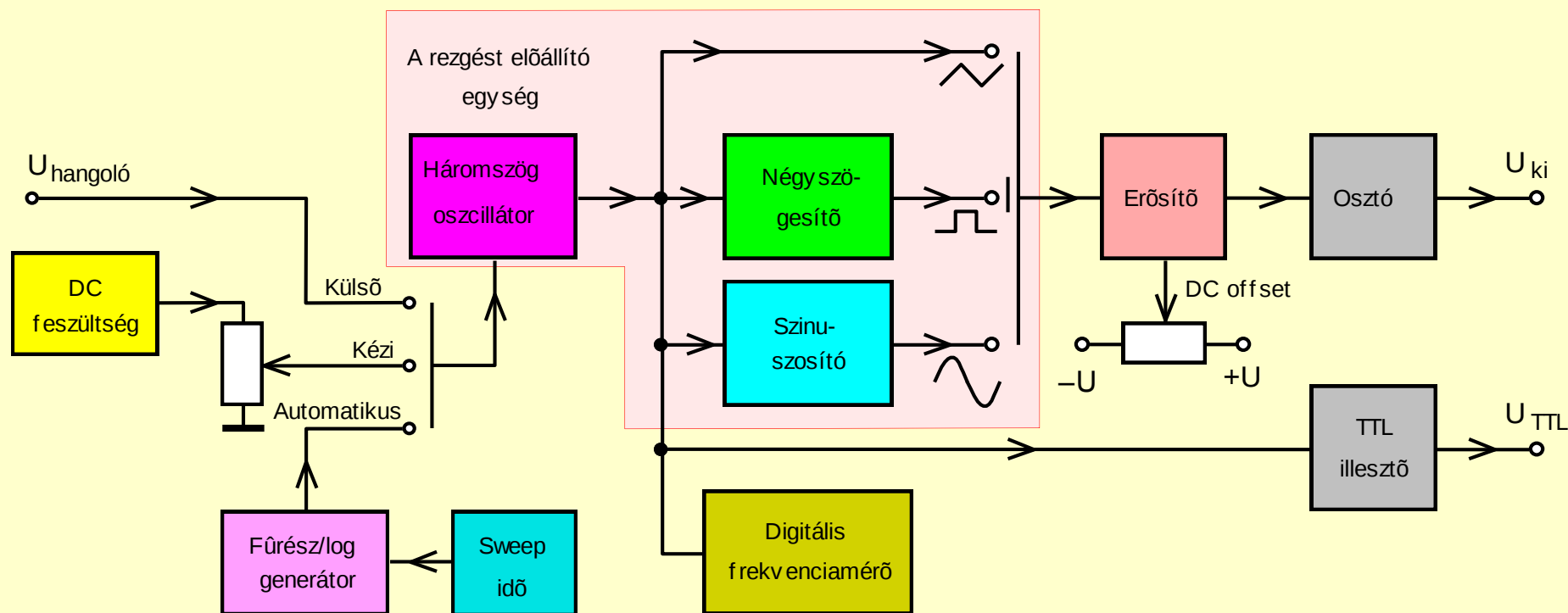
8.2.5.2.3. A függvénygenerátor elvi felépítése

3. Háromszög oszcillátoros változat

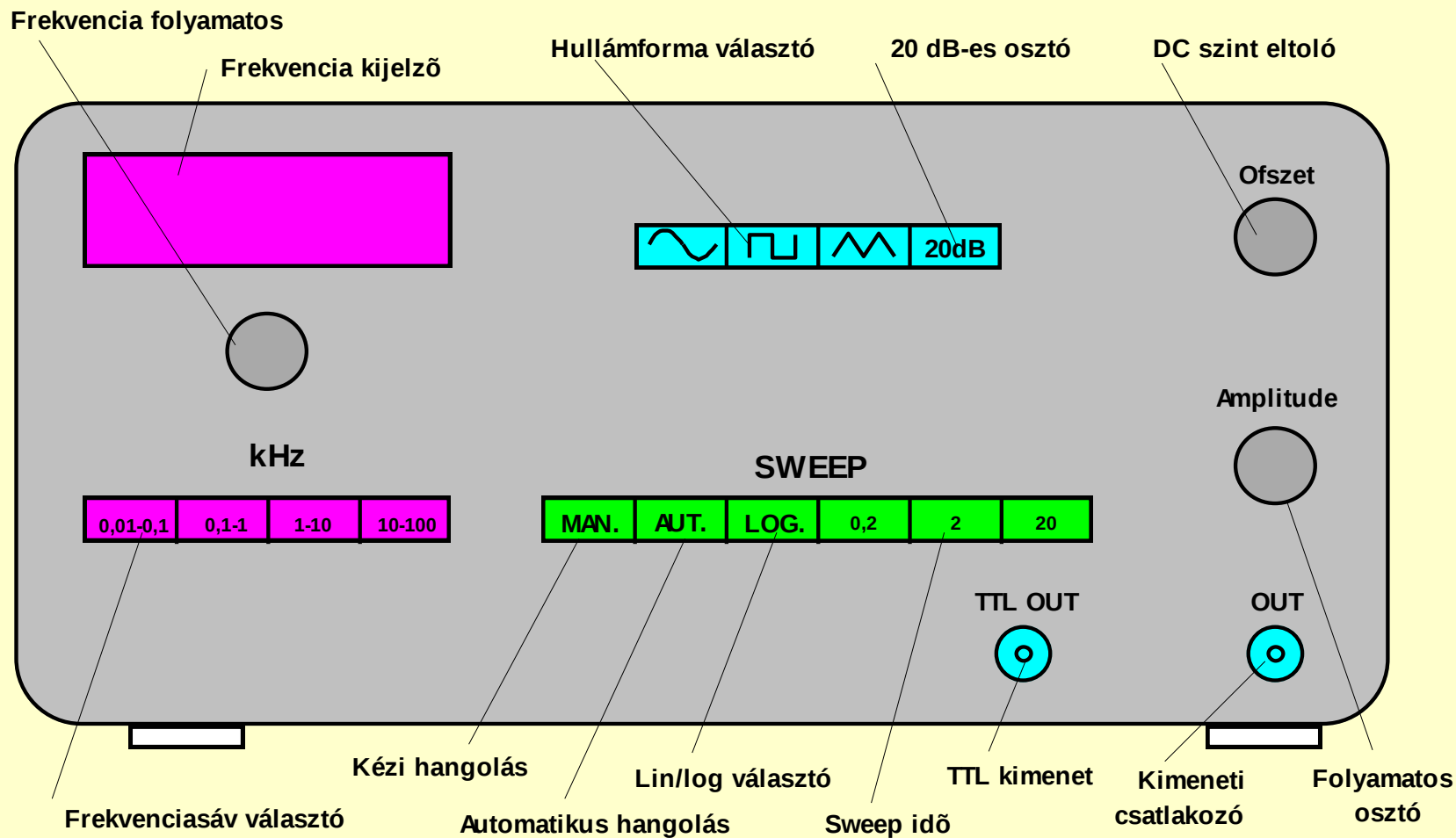


8.2.5.2.3. A függvénygenerátor elvi felépítése

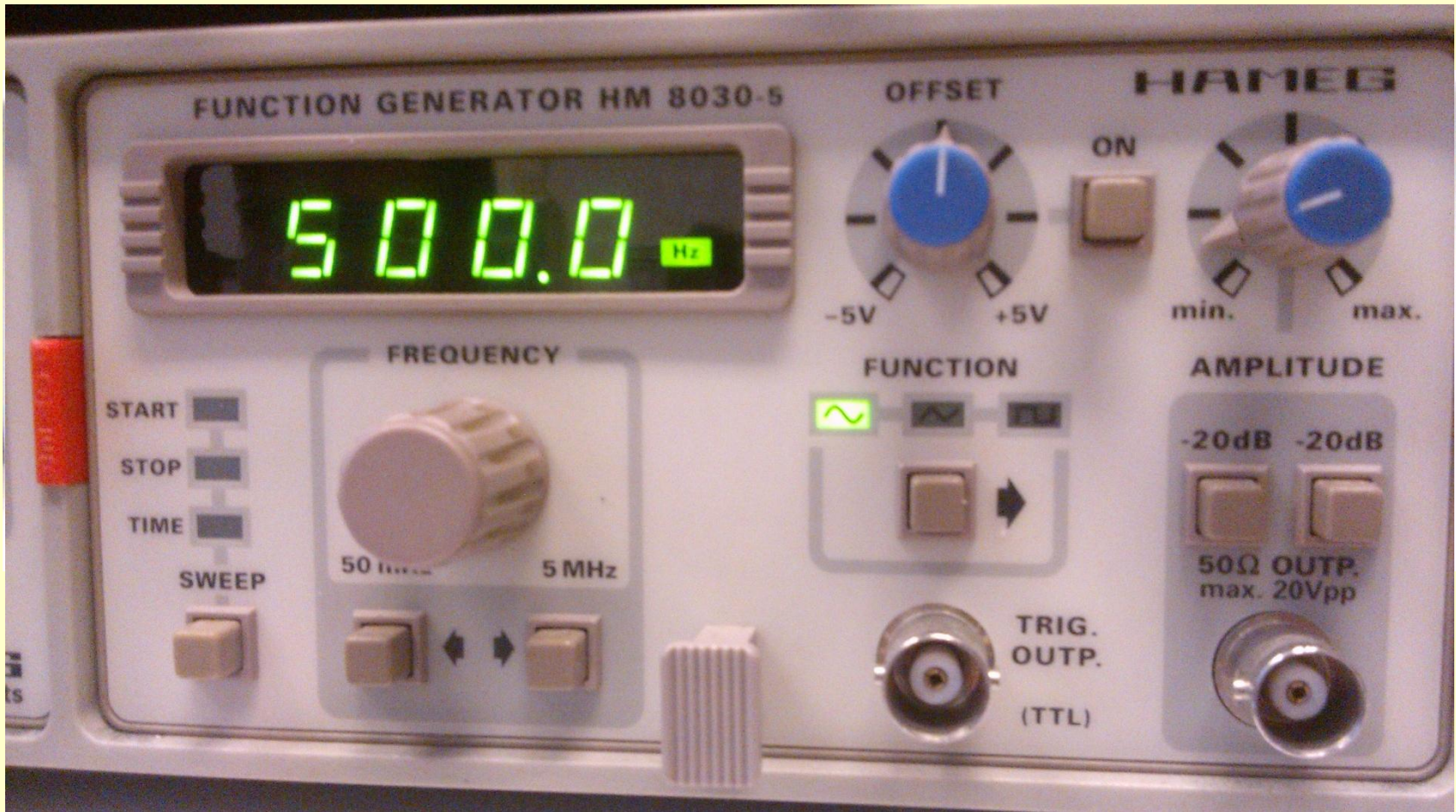
4. Komplettn generátor



8.2.5.2.4. A függvénygenerátor jellemző kezelőszervei

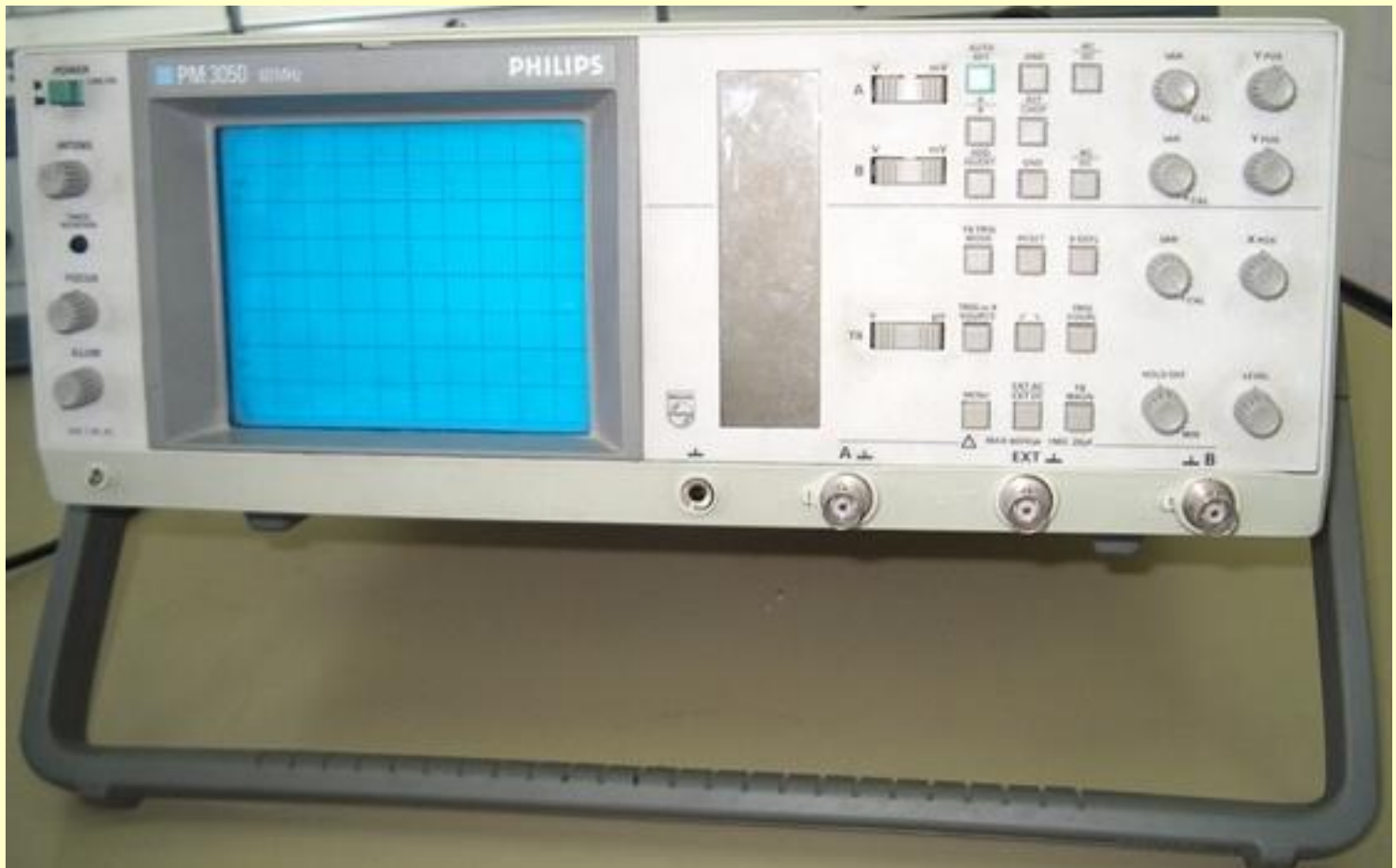


Analóg függvény generátor



- Output 50 Ω - Frequency - Amplitude

50MHz

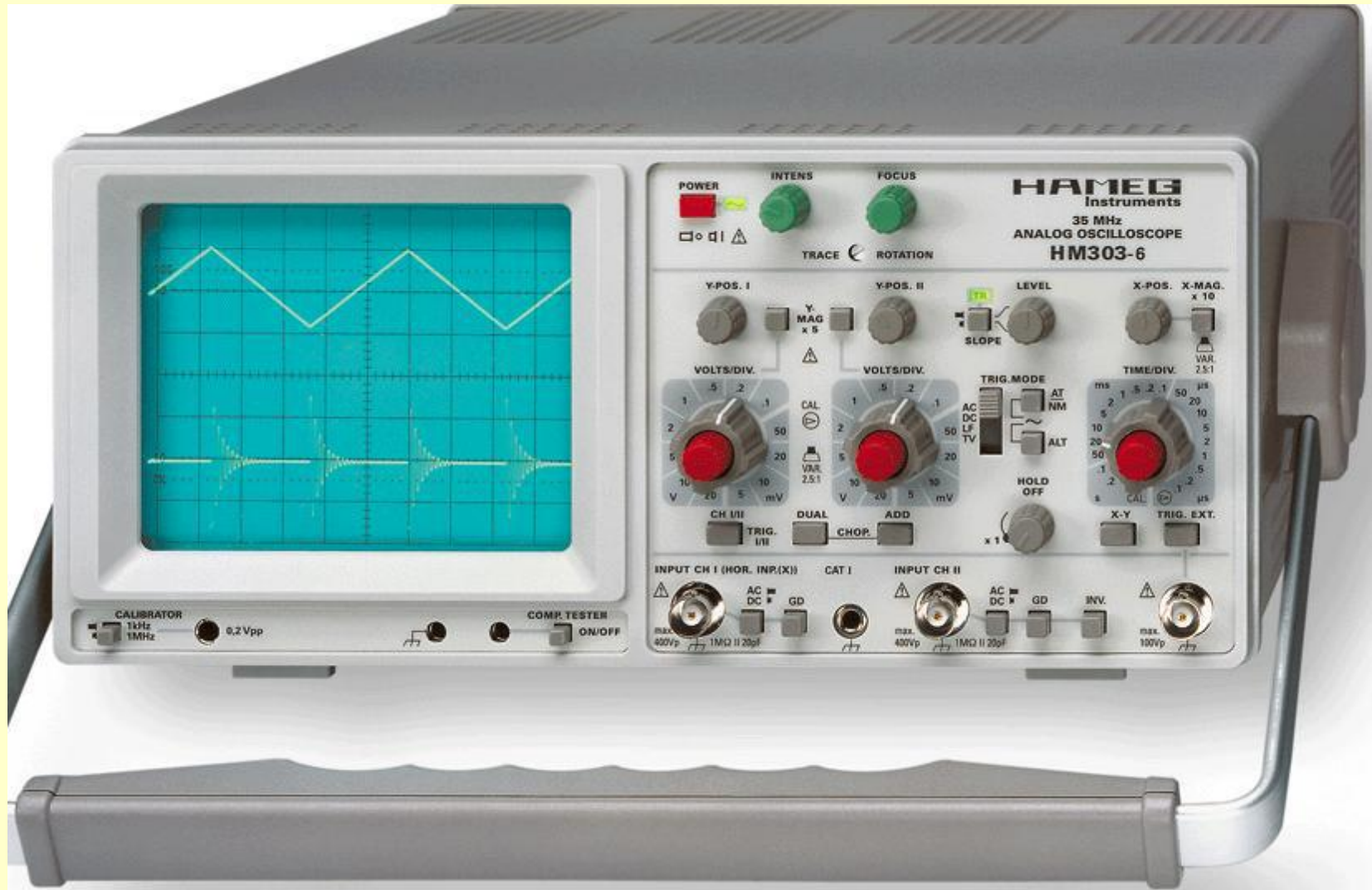


PM3055-ös Oszcilloszkóp



Tanszéki analóg oszcilloszkóp

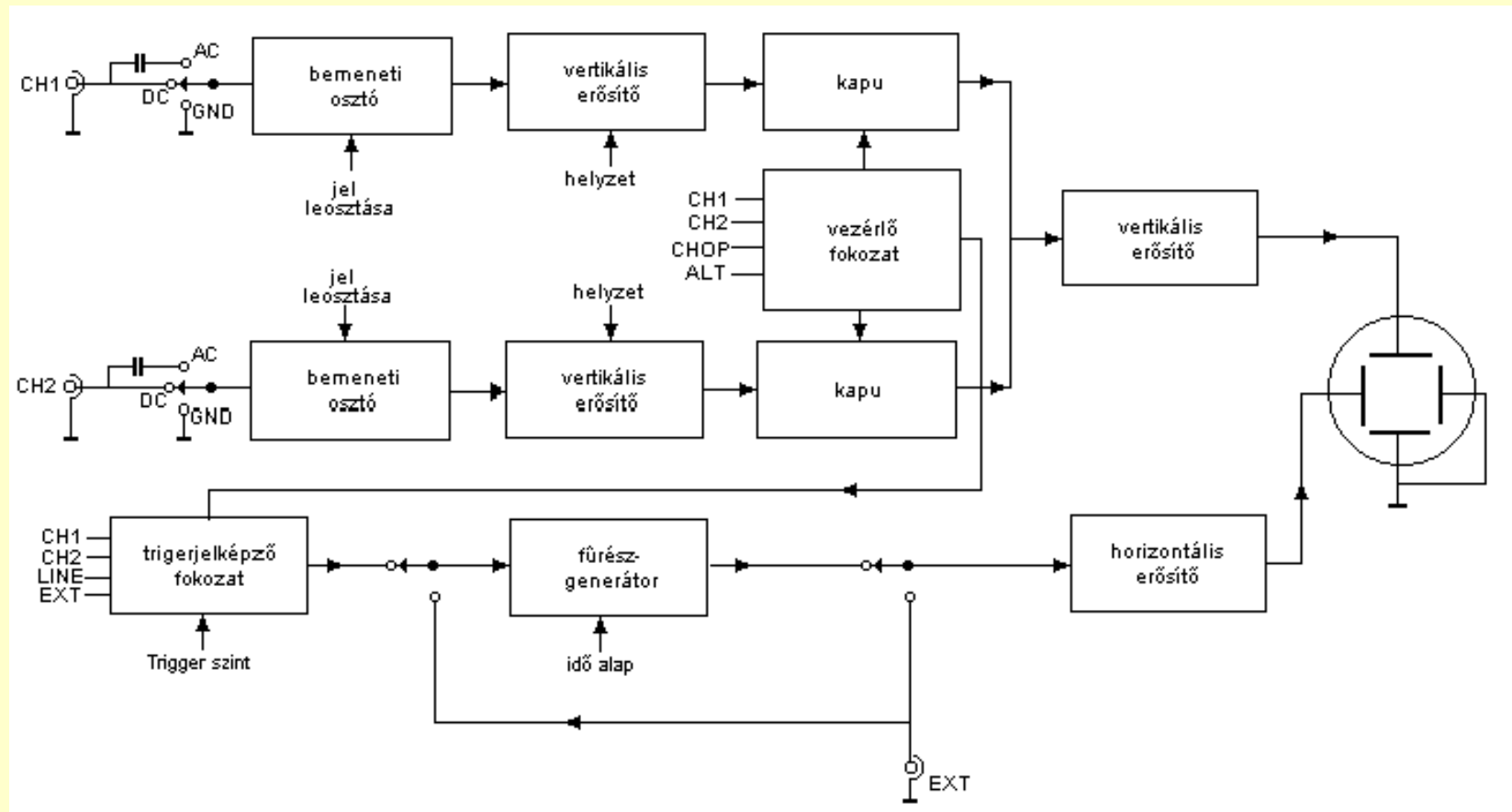
35MHz



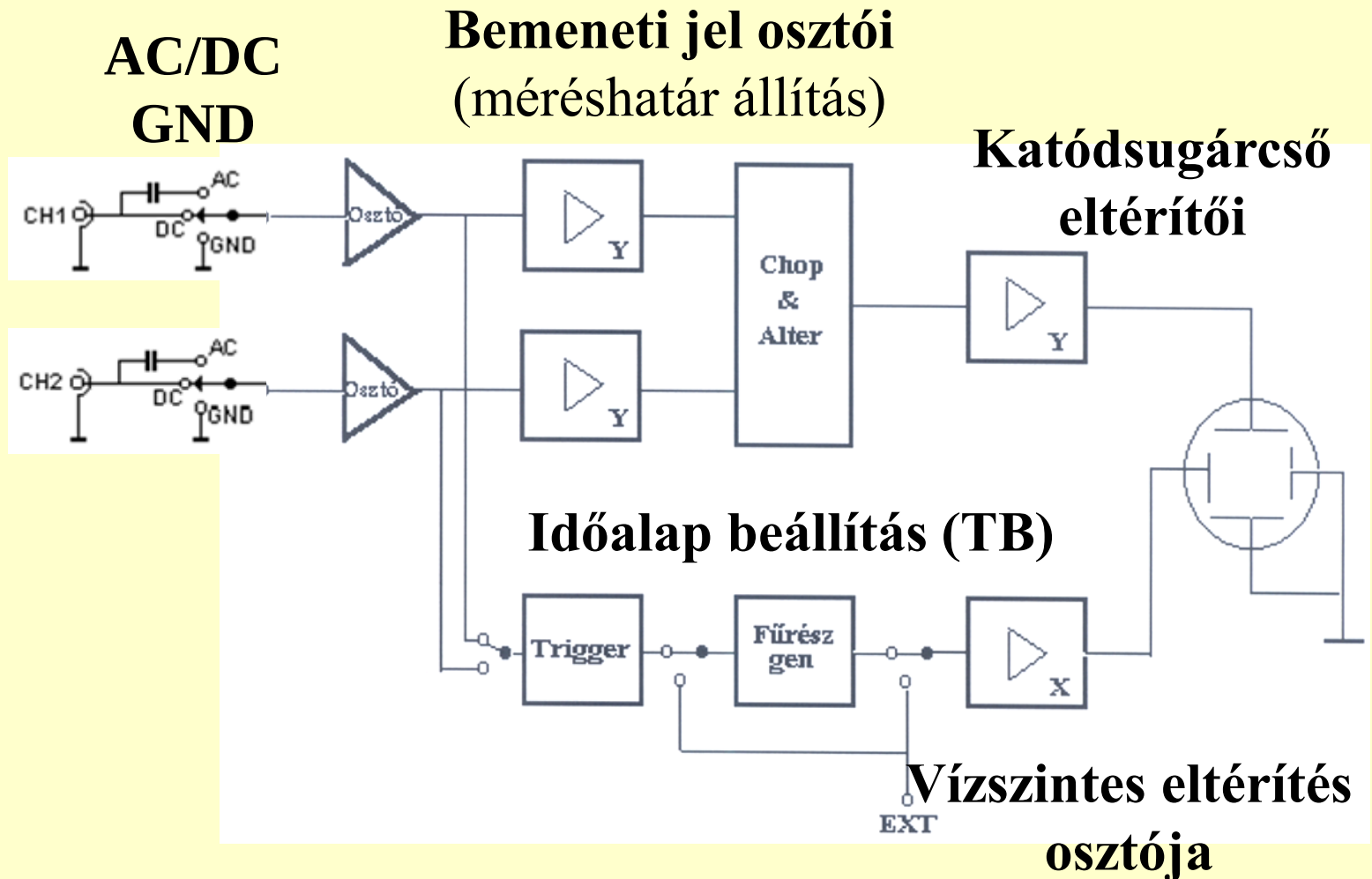
Oscilloszkóp tulajdonságai

- Az oscilloszkóp egy **speciális feszültségmérő**.
- **Nagy** a bemeneti **impedanciája**, ezért a voltmérőhöz hasonlóan a mérendővel mindig párhuzamosan kötjük.
- Néhány kivételes esettől eltekintve a mérendő **feszültség időbeni lefolyásának** vizsgálatára (jelek pillanatértékének megjelenítésére) használjuk.
- **Periodikus jelek** vizsgálatára a legalkalmasabb. Már a legegyszerűbb oscilloszkópok is alkalmasak legalább **két jel** egyidejű vizsgálatára.
- **Egysugaras**: egy elektronágyú biztosítja a jel(ek) kirajzolását
- **Többsugaras**: a katódsugárcsőben több elektronágyú van, ezek egymástól függetlenül vezérelhetők. Minden sugárhoz teljesen önálló elektronika tartozik.
- **Két / többcsatornás**: a katódsugárcsőben csak egy elektronágyú van, a több jel megjelenítésénél a szemünk becsaphatóságát használja ki. Csak a függőleges csatornák rendelkeznek önálló elektronikával, minden egyéb elektronikus fokozat közös. Ez gyengébb, de olcsóbb megoldás.

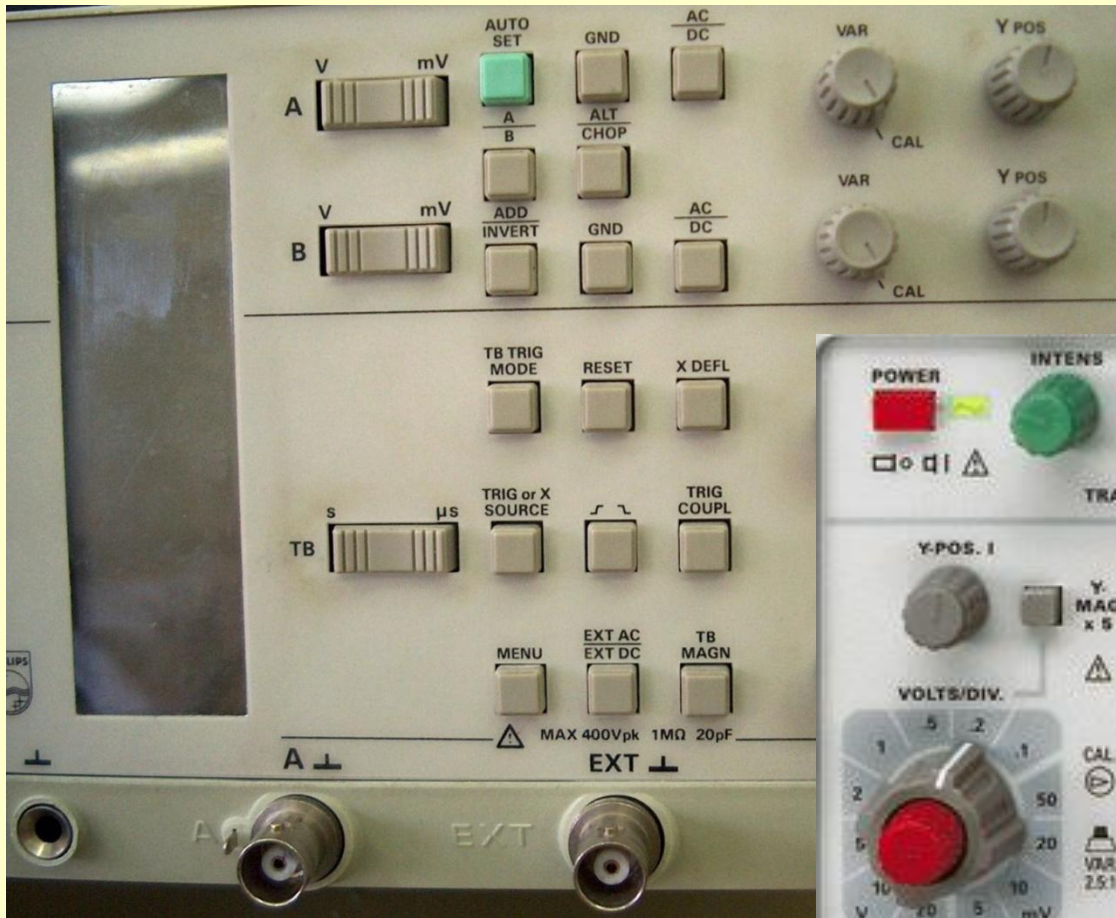
Analóg oszcilloszkóp felépítése



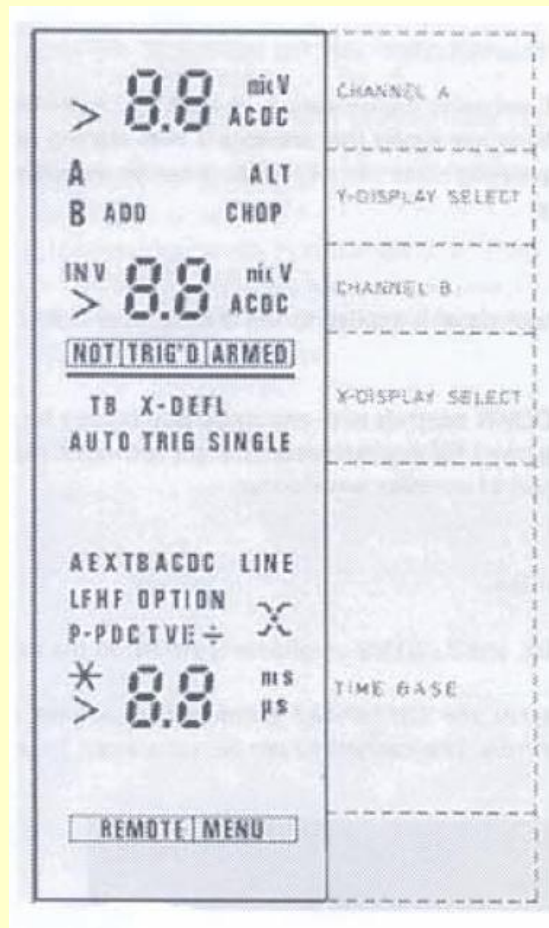
Analóg oszcilloszkóp vázlatos felépítése



Analóg oszcilloszkóp kezelőfelülete

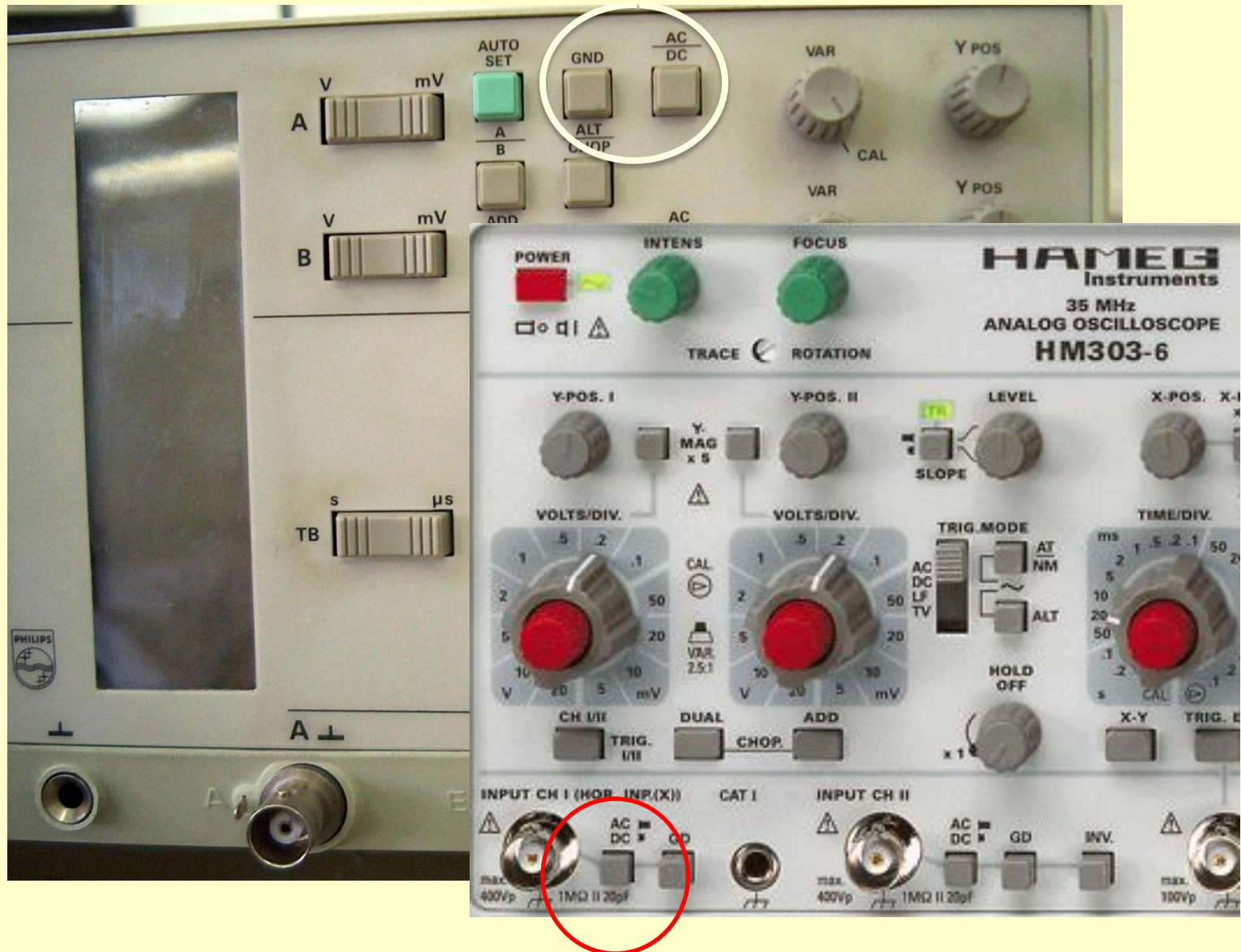


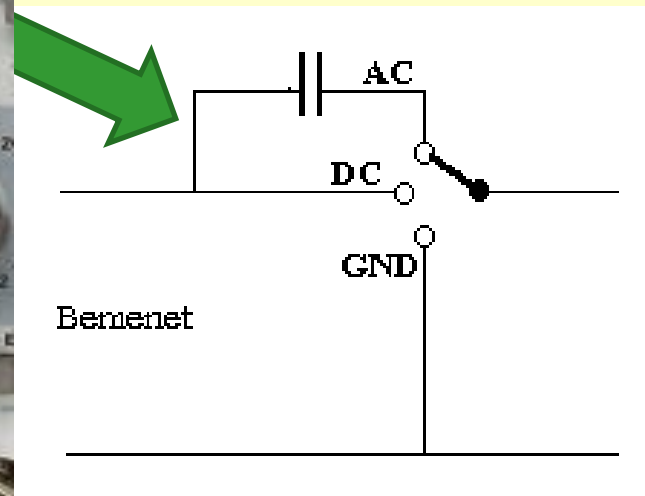
Oszilloszkóp LCD kijelzője



- A csatorna beállítása
- A és B csatorna kapcsolata
- B csatorna beállítása
- A vízszintes eltérítés módja és a szinkronizálás állapota
- Trigger forrás
- Az időalap beállítása
- Távvezérlés/tanuló mód

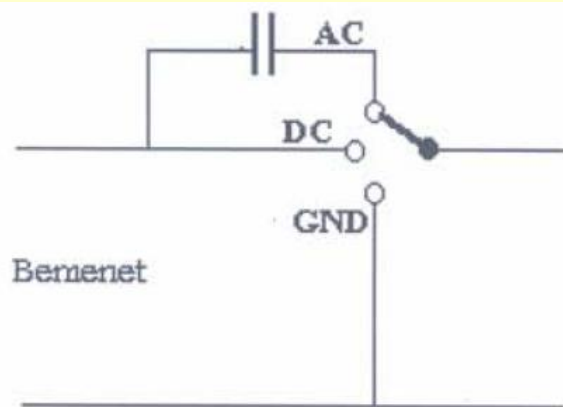
AC/DC és GND kapcsoló





- **AC-állás:** kondenzátor kiszűri a jel egyenkomponensét (DC-jét)
- **DC-állás:** a jel változatlan formában halad tovább
- **GND:** a mérendő jel útja megszakad, az oszcilloszkóp bemenete földelődik

Egyenkomponens kiszűrése



AC állásban a jellel sorbakapcsolódó kondenzátor a jel egyenkomponensét kiszűri, a továbbjutó jel úgy áll be, hogy a lineáris középértéke nulla legyen.

DC állásban a jel változatlan formában jut tovább.

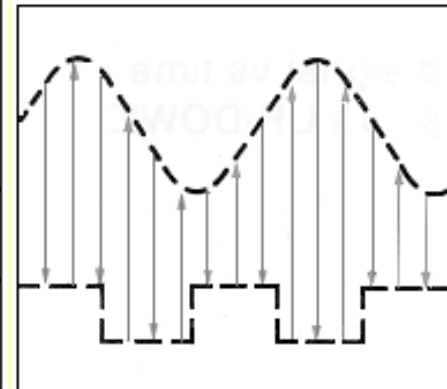
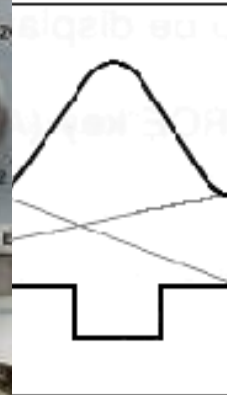
GND állásban a mérendő jel útja megszakad, az oszcilloszkóp nulla bemenete földelődik.

A képernyők szokásos magassága 8 Div (cm), szélessége 10 Div (cm).



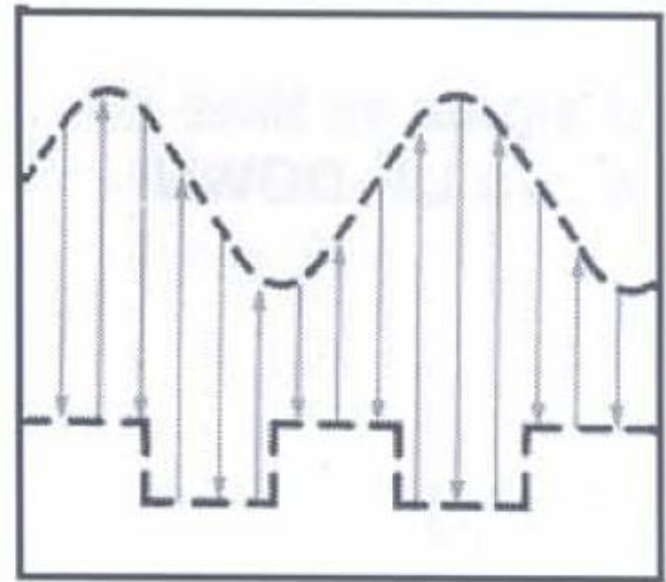
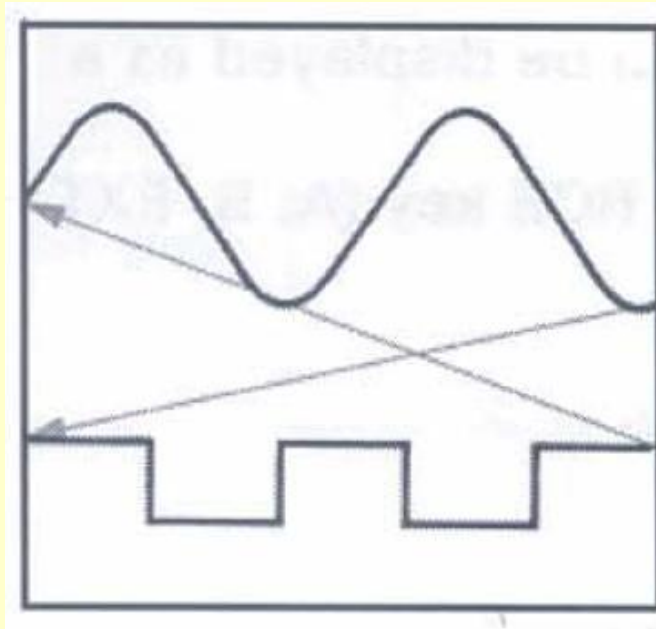
R

CHOPPER



- **ALT** (alternate) beállításban az elektronsugar jelek közötti átkapcsolása csak képenként történik.
- **CHOP** (chopper) beállításban az elektronikus kapcsoló két csatorna jelét igen nagy frekvenciával (kapcsolgatja). Így az elektronsugar egy-egy pontot rajzolva rakja össze a két jelet az ernyőn.

ALT és CHOP üzemmód



Felmerülő problémák

- **ALT** (alternate) üzemben az alacsonyfrekvenciás jelek okoznak problémát. Mivel a jelek „túl lassúak” ezért a csatornák közötti váltogatást a szem is észleli, így villog a kép (kb. 200 Hz alatt).
- **CHOP** (chopper) üzemben az egymástól eltérő frekvenciatartományban lévő jelek kirajzoltatása okozza a problémát. Ilyenkor előfordul, hogy fut a kép.
Oka: a triggerelést csak az egyik csatornához tudjuk hozzárendelni, emiatt a nagyon eltérő frekvenciájú jelek közül az egyik mindig futni fog.



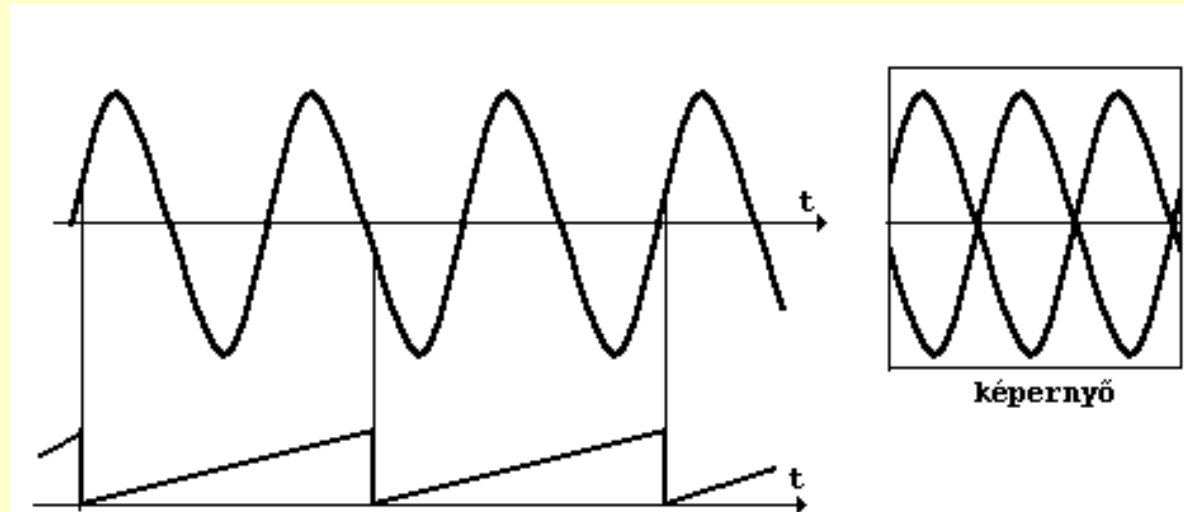
Bemeneti jel osztója
(mérés határ állítás)
V/DIV + Ypos+
Ycalibration

Vízszintes eltérítés osztója
(fűrészel felfutási idejének állítása)
TIME/DIV (Timebase) + Xpos+ Xcalibration

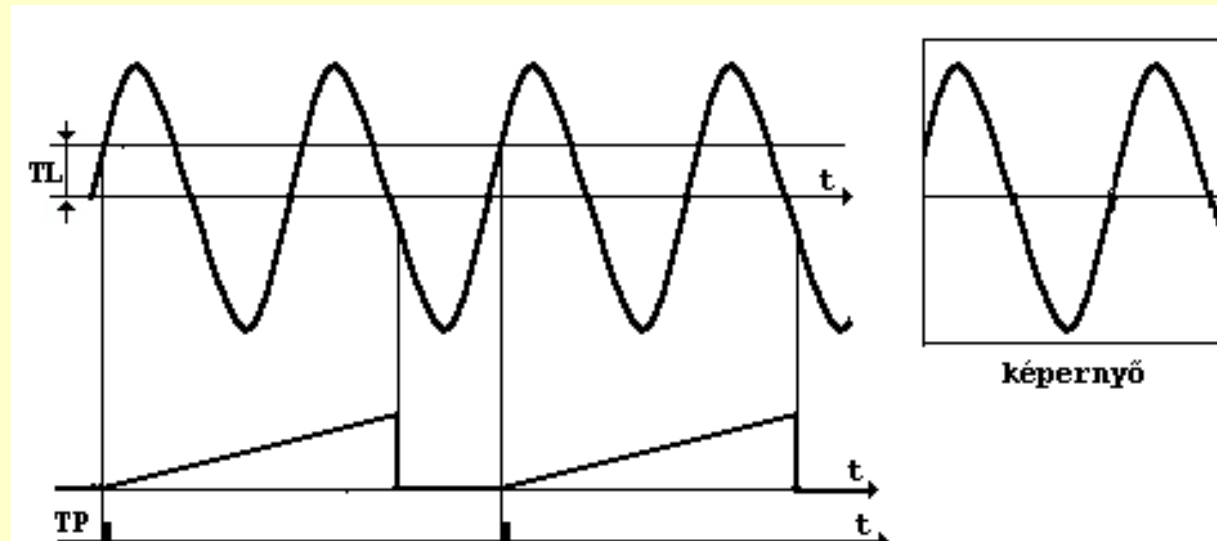
- A jelek vizsgálata leggyakrabban az **idő függvényében** történik.
- Az idő múlásának leképezéséhez lineárisan növekvő (**fűrészfog** alakú) jelet kell a vízszintes eltérítőre kapcsolni. Bár ezt a jelet az EXT bemeneten kívülről is beadhatnánk, a gyakori igény miatt a fűrészjel generátor be van építve az oszcilloszkópokba. Időalapgenerátor (Time Base)
- A fűrészjelet egy időalap generátor állítja elő.
- A fűrész feszültség változása konstans és az ernyő szélességével arányos.
- Visszafutási ideje elhanyagolhatóan rövid.
- A fűrészjel felfutási ideje (TB) fokozatokban (potenciométerrel, Time/Divkapcsolóval) is állítható. Ezzel választható meg, hogy adott frekvenciájú jelből mekkora szakasz vagy hány periódus legyen látható a képernyőn.
- Állítás: **μs/Div-ms/Div** osztásokban
- Leolvasáskor a CAL potenciométert végállásba kell forgatni.
- A TB helyes megválasztása esetén a jel 1-2 periódusa látható a kijelzőn.

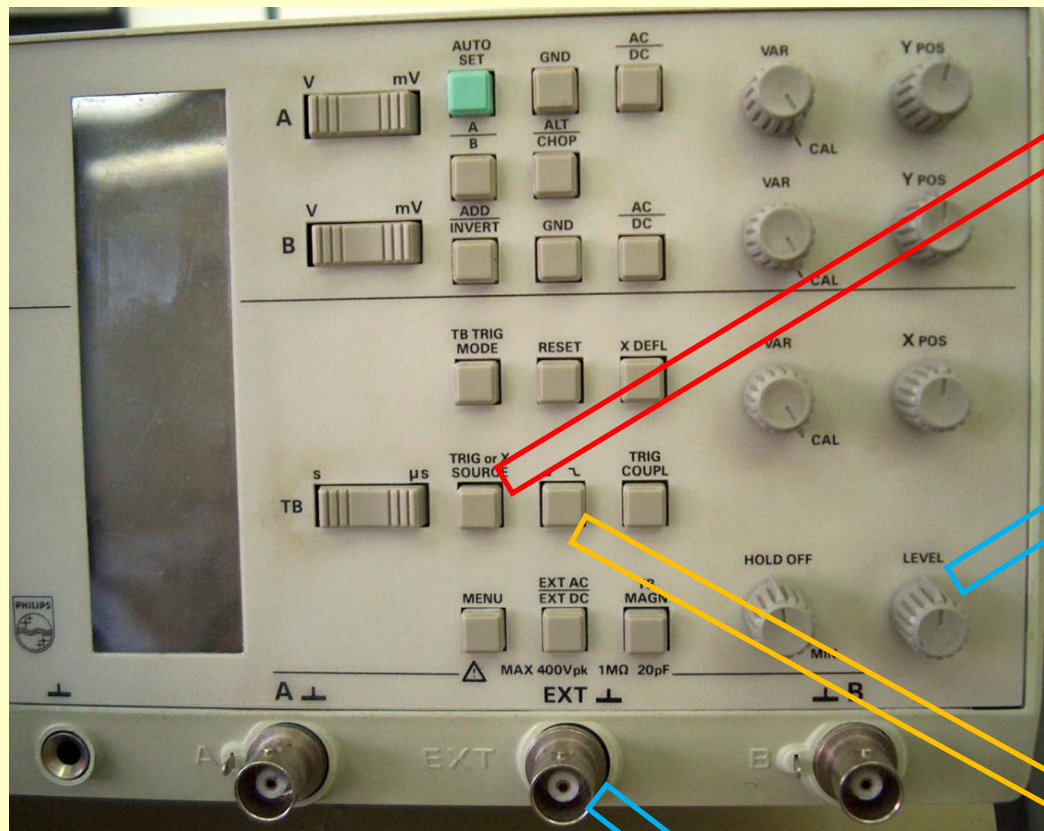
Triggerelés (szinkronizálás)

Nem szinkronizált



Szinkronizált





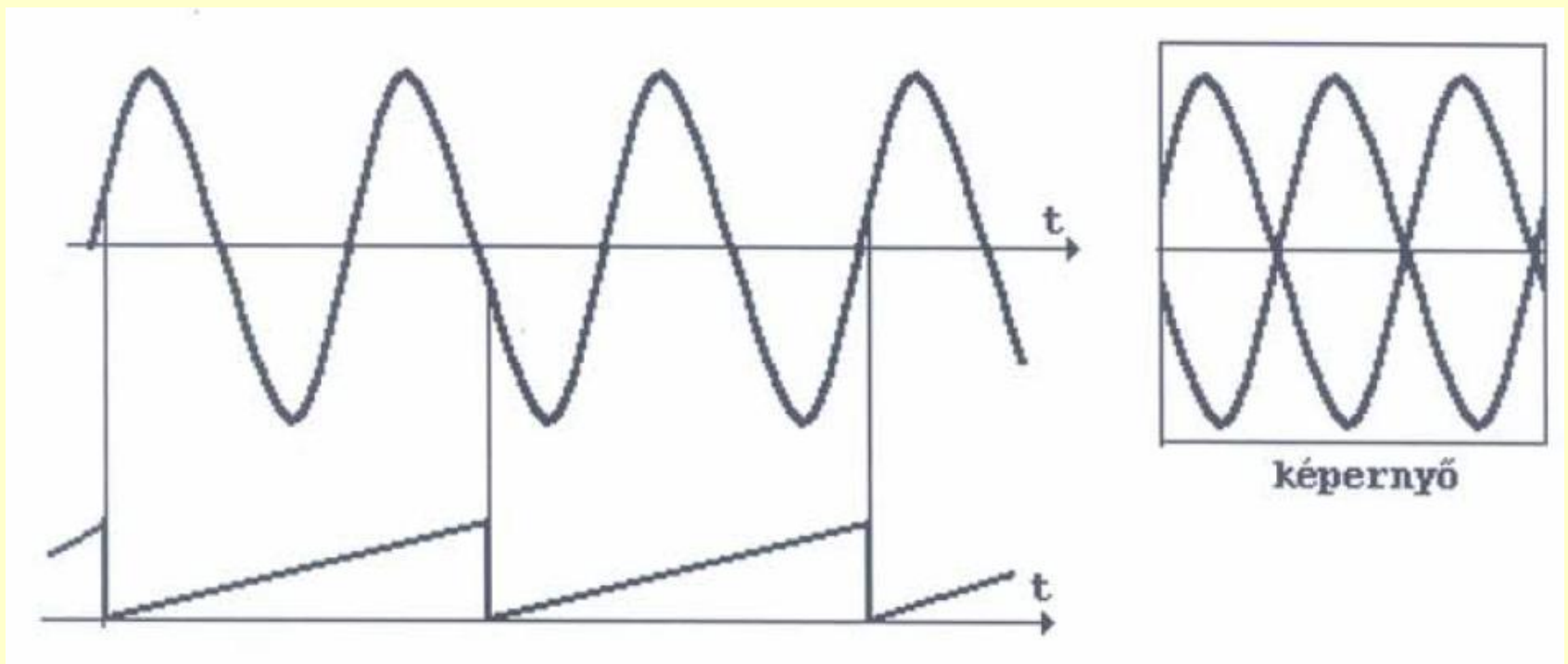
**Triggerelési jelének
kiválasztása**
(A / B csatorna, EXT)

Trigger Level (TL)
(trigger szint beállítása)

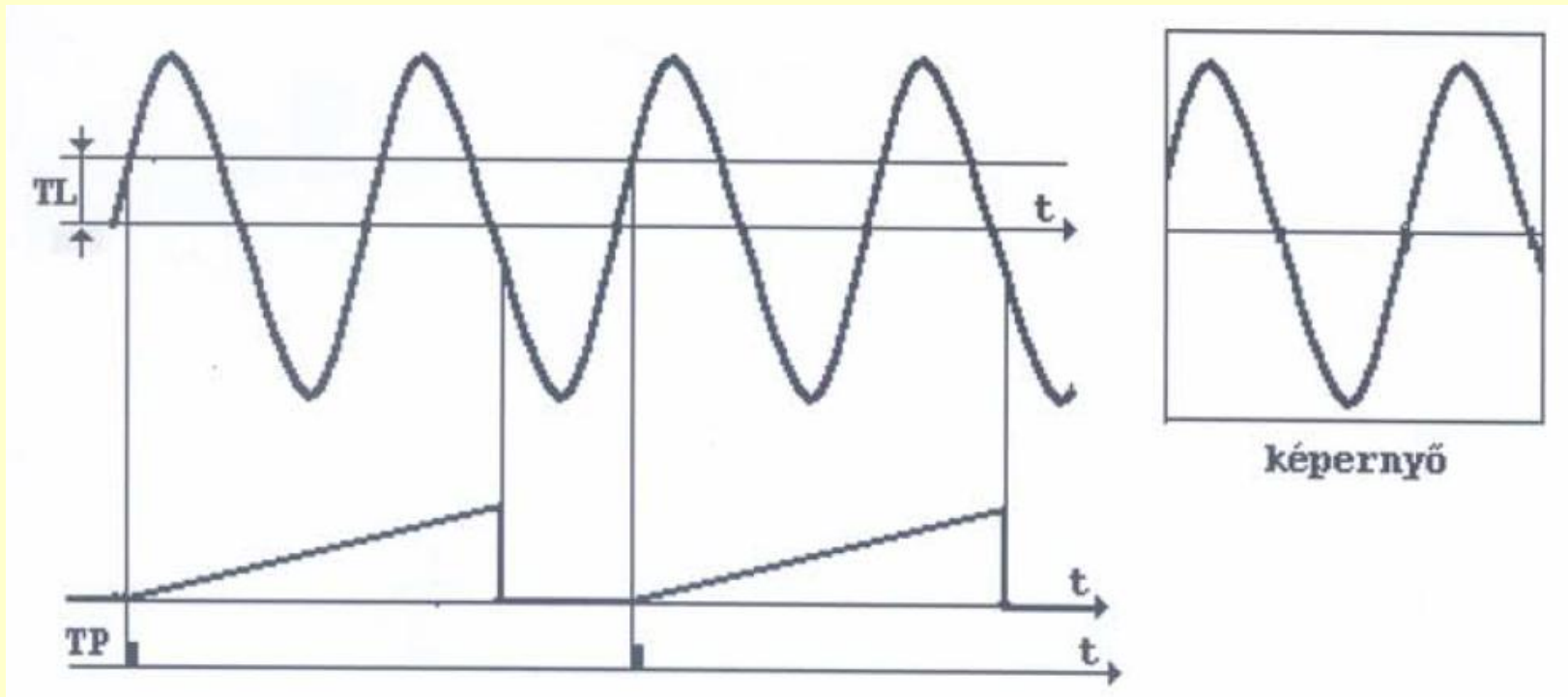
Slope
(beállítja azt, hogy a
Triggerelés, azaz a
fűrészel szinkronizálása
felfutó / lefutó élre történjen)

**Külső trigger jel
Csatlakoztatása**

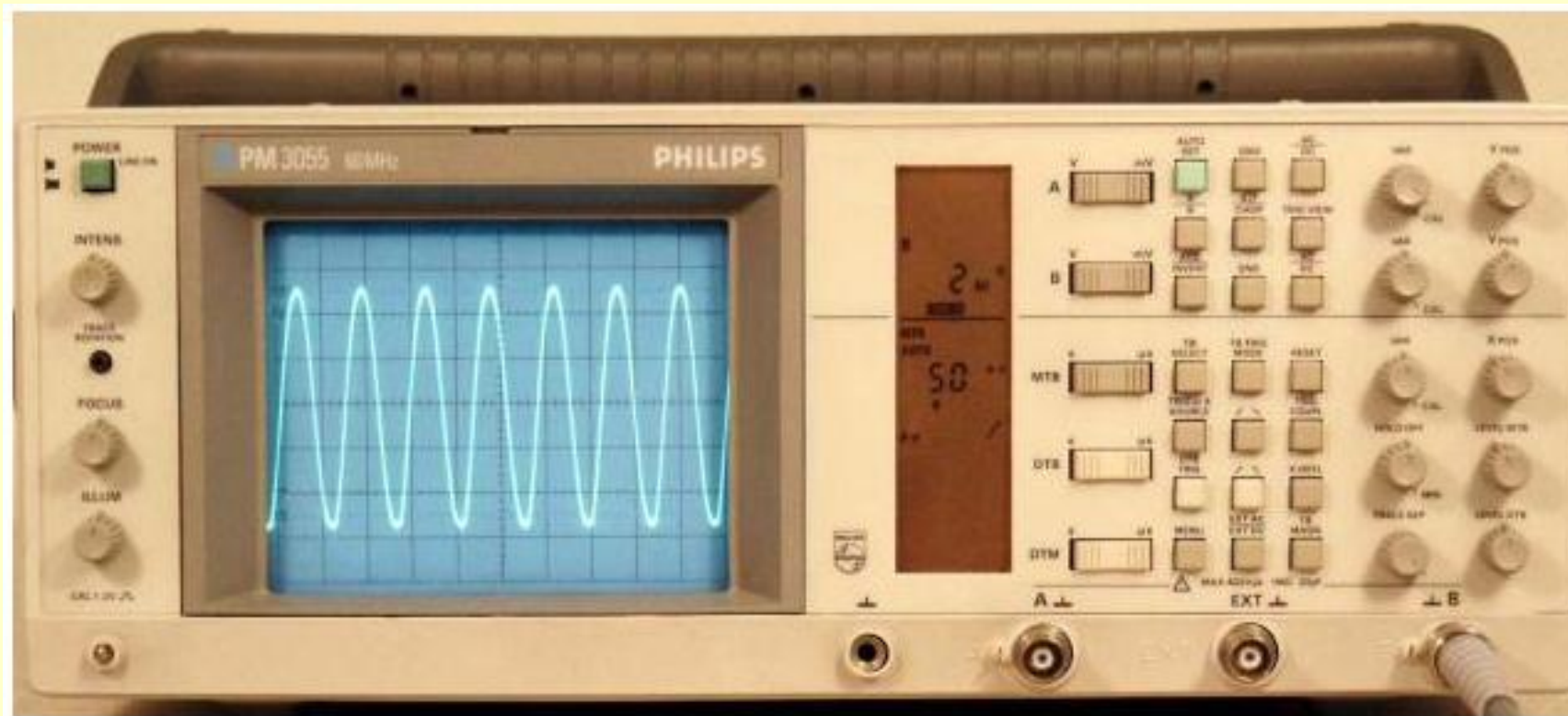
„Futó” jelalak a képernyőn



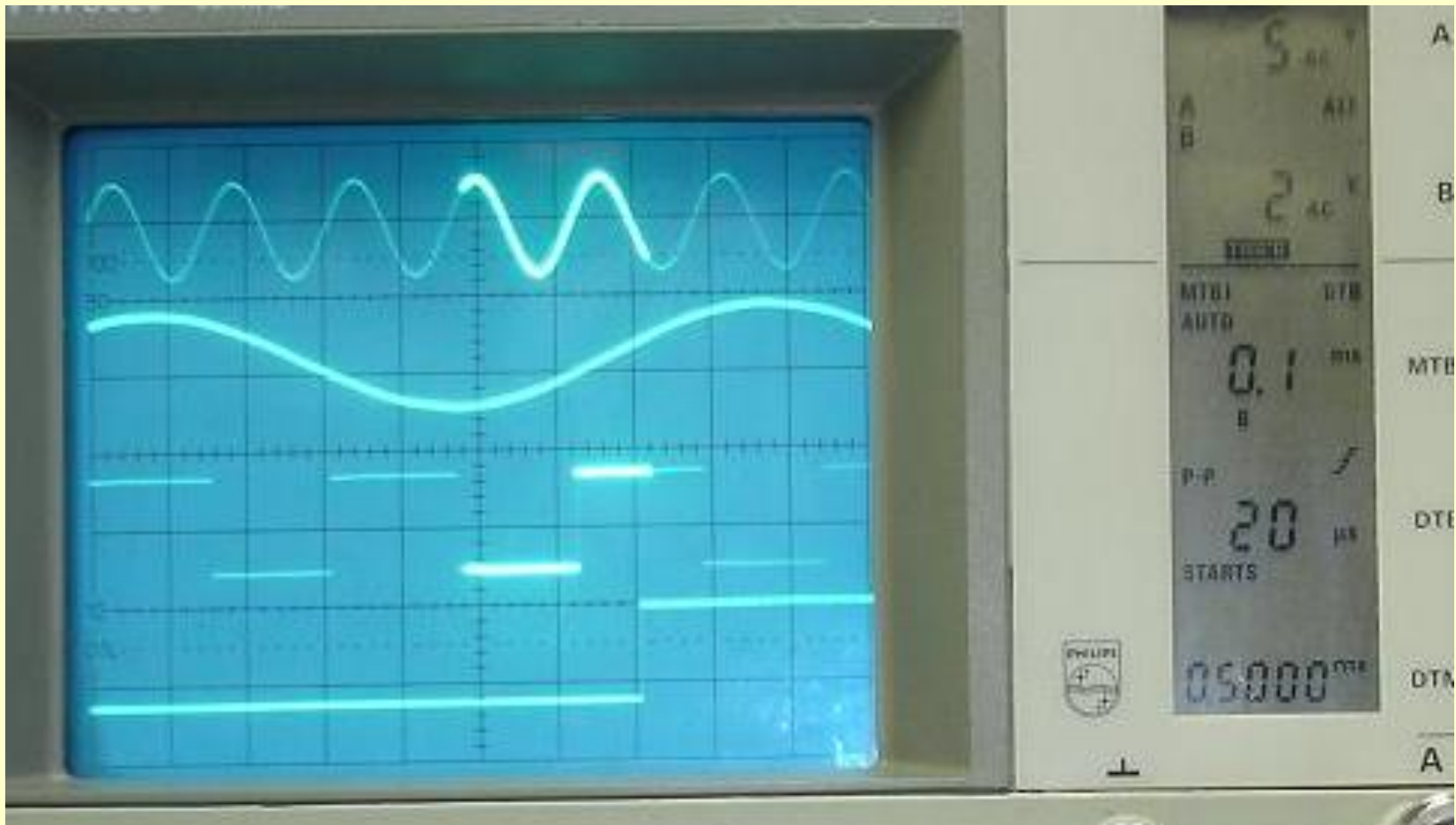
„Álló” jelalak a képernyőn



B csatorna 2V/osztás, 50 μ s/osztás



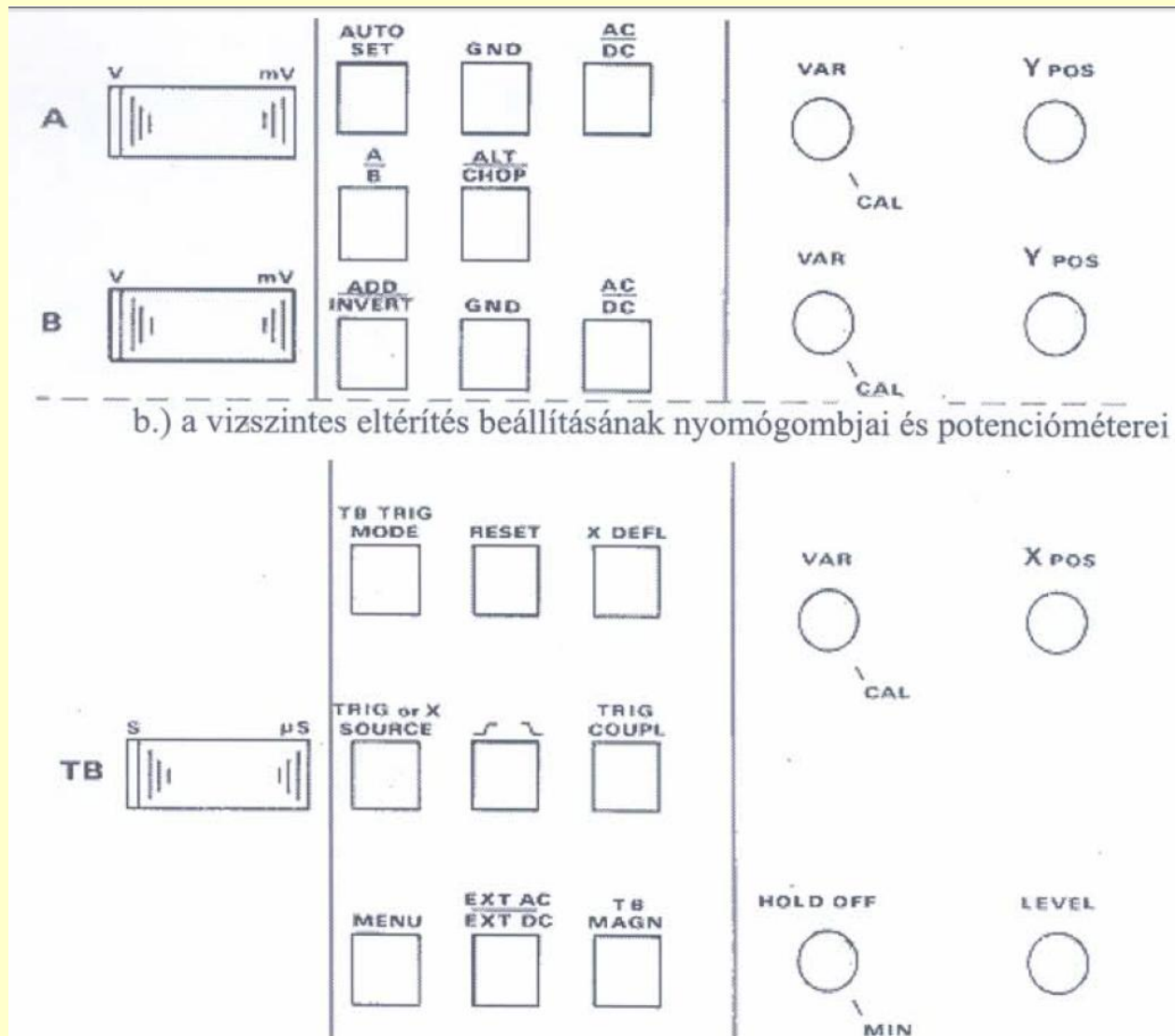
$$f=1/T=1/(9*50\mu\text{s}/6)=133,3\text{kHz}$$



A. csat: $f=1/T=1/(8*0,1\text{ms})=1250\text{Hz}$

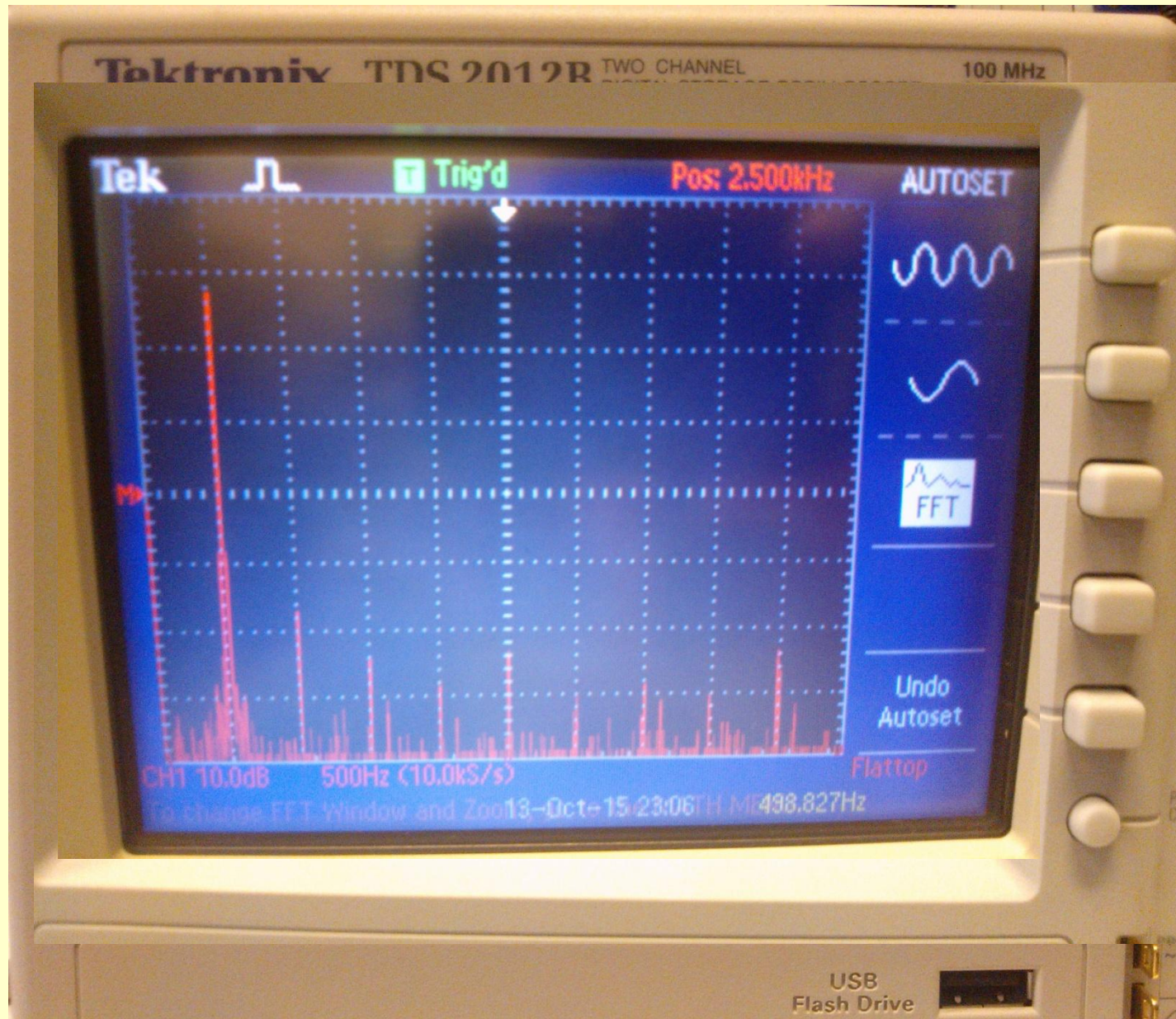
B. csat: $f=1/T=1/(14*20\mu\text{s})=3571\text{Hz}$

Oscilloszkóp kezelő szervei

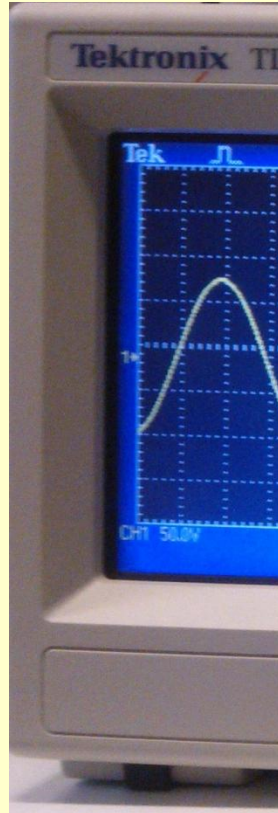


b.) a vízszintes eltérítés beállításának nyomógombjai és potenciómétere

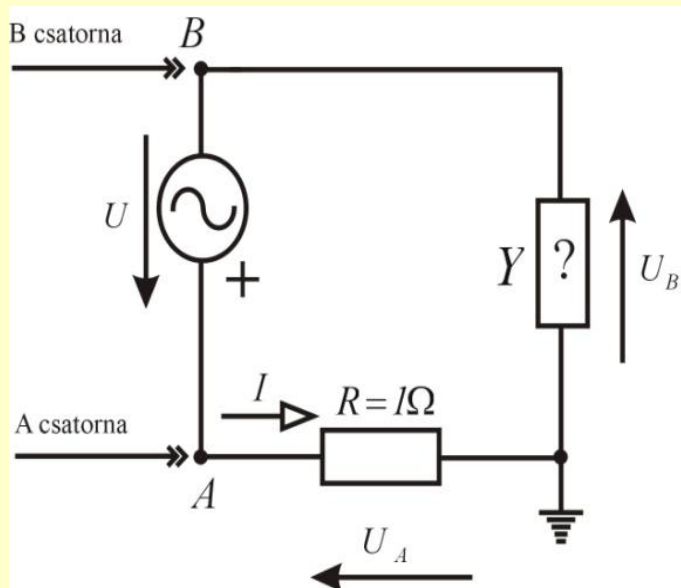
Digitális oszcilloszkóp képernyője



Digitális oszcilloszkóp kezelőfelülete



Az ábrán látható egy ismeretlen doboz aminek admittanciája Y , amiben két párhuzamosan kapcsolt elem van, illetve van velük sorosan kötve, egy 1Ω -os mérő ellenállás. Az másik ábrán, az oszcilloszkóp képernyője látható. Leolvasható a kapcsoláson mért feszültségek nagysága. Határozza meg a két elem jellegét és nagyságát!



$$idő/osztás = 2ms$$

$$V/osztás (U_A) = 20mV$$

$$V/osztás (U_B) = 20V$$

- Az 1Ω -os ellenállás és a rajta eső feszültség szorzata lesz a kör bemenő árama:

$$U_{A_{max}} = 4 \text{ osztás} \cdot 0,02 \frac{\text{V}}{\text{osztás}}$$

$$I = \frac{U_{A_{max}}}{\sqrt{2}} : R = \frac{0,08 \text{ V}}{\sqrt{2}} : 1\Omega = 0,056$$

- A dobozra jutó feszültség: $U_B = \frac{U_{B_{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{2 \cdot 20 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 28,28 \text{ V}$
- A kijelzőn az feszültség fordított polaritással jelenik meg mivel a mérést így egyszerű elvégezni, mert így tudunk mérni egy közös földponthoz képest.
- A fáziseltolás a két jel között: $\phi = 2 \text{ osztás} \cdot \frac{180^\circ}{6 \text{ osztás}} = 60^\circ$
- Az I vektort választva referencia vektornak: $\bar{I} = 0,05657 \angle 0^\circ \text{ A}$ adódik. Tehát látható, hogy a feszültség siet az áramhoz képest -60° -ot. $\bar{U}_B = 28,28 \angle -60^\circ \text{ V}$
- Az Ohm törvény alapján: $\bar{Y} = \frac{\bar{I}}{\bar{U}_B} = \frac{0,05657 \angle 0^\circ \text{ A}}{28,28 \angle -60^\circ \text{ V}} = 0,002 \angle 60^\circ \text{ S} = 0,001 + j0,001732 \text{ S}$
- Mivel 2 párhuzamos elemről van szó, Y értékéből látszik, hogy van konduktancia tehát lesz frekvencia független „R” tag. A másik mivel siet az áram a feszültséghez képest ezért, kondenzátor lesz.

Mivel 2 párhuzamos elemről van szó, Y értékéből látszik, hogy van konduktancia tehát lesz frekvencia független „R” tag. A másik mivel siet az áram a feszültséghez képest ezért, kondenzátor lesz.

$$\bar{Y} = 0,001 + j0,001732 \text{ S} = G + jB_C = \frac{1}{R} + j\omega C$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{12 \text{ osztás} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{s}}{\text{osztás}}} = 261,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{1}{T} = f = \frac{1}{12 \text{ osztás} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{s}}{\text{osztás}}} = \frac{261,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{2 \cdot \pi} = 41,66 \text{ Hz}$$

$$\omega \cdot C = B_C = 0,001732 \text{ S}$$

$$C = \frac{B_C}{\omega} = \frac{0,001732 \text{ S}}{261,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 6,62 \mu\text{F} \qquad R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0,001 \text{ S}} = 1000 \Omega = 1\text{k}\Omega$$

Így lehet R és C értékét meghatározni mérés segítségével.