

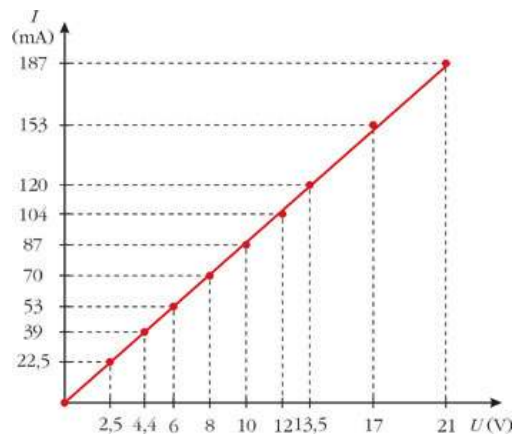
Belsőellenállás-mérés

Ohm törvénye

Az áramkörben folyó áram erőssége függ az alkalmazott áramforrás feszültségétől. Könnyen elvégezhető kísérlettel mérhetjük az áramkörbe kapcsolt fogyasztón a feszültséget és a feszültség hatására rajta átfolyó áram erősségét, és táblázatban vagy grafikonon is vizsgálhatjuk a feszültség-áramerősség függvényt!

Ábrázolva az áramerősséget a feszültség függvényében, egyenest kapunk. Ez azt mutatja, hogy az áramerősség egyenesen arányos a feszültséggel. Ezt a törvényszerűséget Georg Ohm német tudós határozta meg először:

Az áramkörbe kapcsolt fogyasztó sarkain mérhető feszültség, és a feszültség hatására a fogyasztón átfolyó áram erőssége egyenesen arányos, ha a fogyasztó hőmérséklete állandó. (LTI elem)



1. ábra Ellenállás feszültség áram karakterisztikája

A feszültség és az áramerősség egymással egyenesen arányos, tehát hányadosuk állandó.

$$R = \frac{U}{I} \text{ (állandó)}$$

Ez az állandó a fogyasztóra jellemző adat, s a fogyasztó elektromos ellenállásának nevezzük.

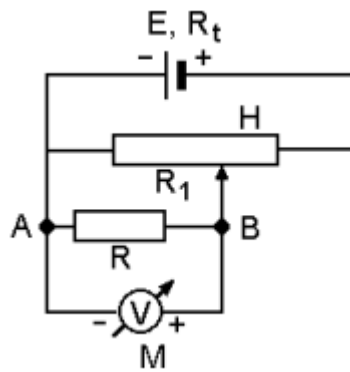
Jele: R

Mértékegysége: ohm Ω (görög omega betű).

Egy fogyasztó ellenállása 1Ω , ha 1 V feszültség hatására 1 A erősségű áram folyik keresztül rajta.

Az elektromos ellenállás azt mutatja meg, hogy egy adott vezetőben mennyire könnyen folyik az elektromos áram, a szabadon mozgó töltéshordozók mennyire könnyen mozoghatnak a vezető belsejében.

Terhelő ellenállás hatása



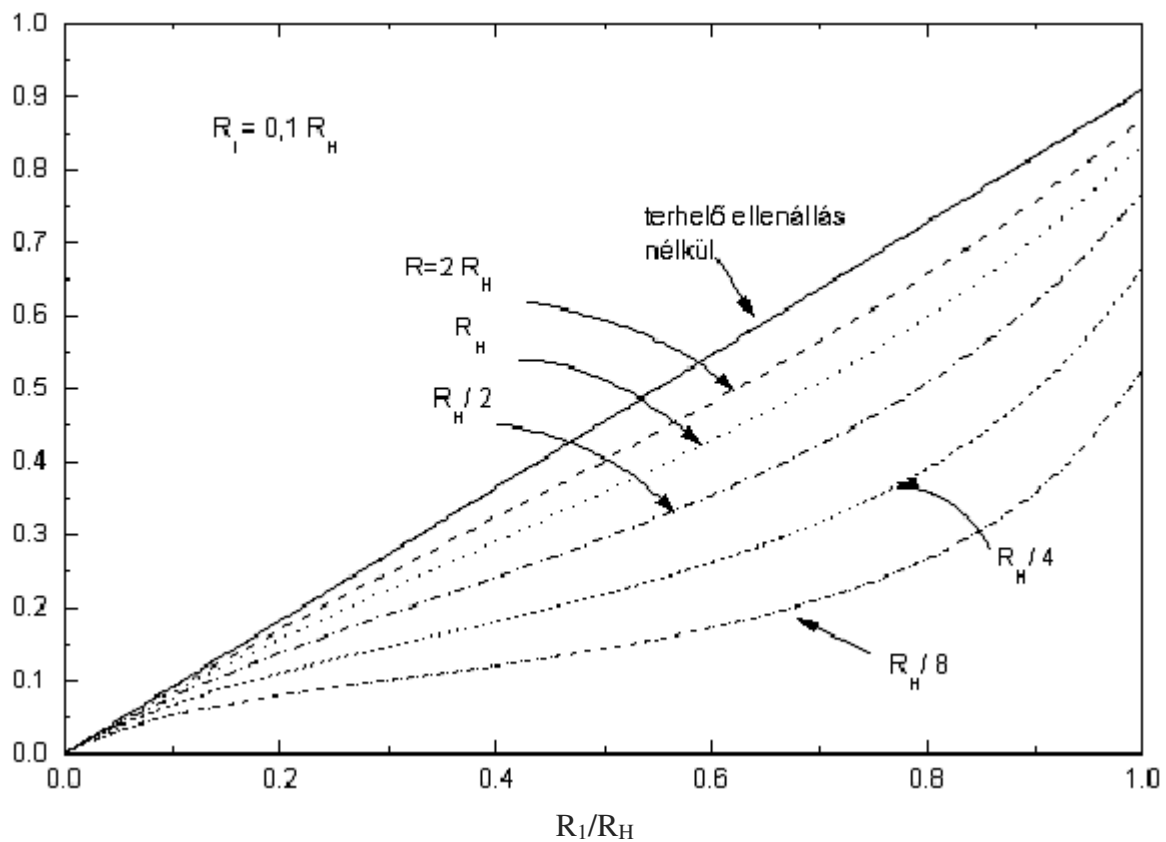
2. ábra Feszültségmérés valós körülmények között

Az R a műszer belső ellenállása. A V_{AB} pontok között mérhető feszültség függ az R_1 potméter állásától valamint az R belsőellenállás hatásától

Meghatározható a

$$V_{AB}(R_1, R) = V \frac{\frac{R_1 R}{R_1 + R}}{\frac{R_1 R}{R_1 + R} + (R_H - R_1) + R_t}$$

V_{AB}/V



Mérés célja:

Az ELVIS próbapanel használatának és az ELVIS műszerek használatának elsajátítása, Ellenállás mérési eljárások megismerése.

Mérési feladatok:

Kérem, tervezze meg a *mérési folyamatot*, ami alkalmas a feladat megoldására. A tervezés során vegye figyelembe az alkalmazott műszerek tulajdonságait, belső ellenállás, teljesítmény igény. stb.

1. Az Elvis rendszer elemeinek felhasználásával határozza a DMM feszültségmérő belső ellenállását.
2. Az Elvis rendszer elemeinek felhasználásával határozza a DMM árammérő belső ellenállását.
3. Az Elvis rendszer elemeinek felhasználásával határozza a változtatható feszültségforrás belső ellenállását.

FIGYELEM:

Hibásan megtervezett, és megvalósított mérés a mérőeszköz meghibásodását vonja maga után.

A mérések eredményével kapcsolatban határozza meg azok megbízhatóságát a mérési körülmények ismeretében.

Jó mérést!

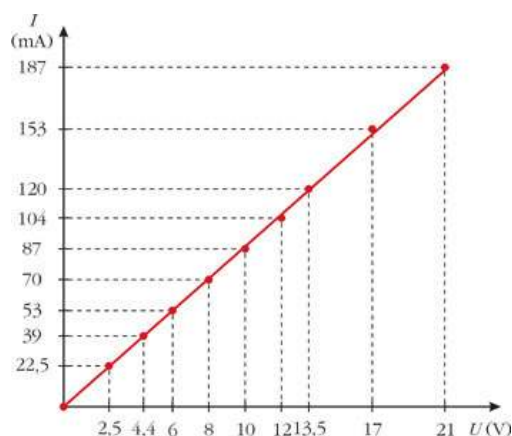
Ellenállásmérés

Ohm törvénye

Az áramkörben folyó áram erőssége függ az alkalmazott áramforrás feszültségétől. Könnyen elvégezhető kísérlettel mérhetjük az áramkörbe kapcsolt fogyasztón a feszültséget és a feszültség hatására rajta átfolyó áram erősségét, és táblázatban vagy grafikonon is vizsgálhatjuk a feszültség-áramerősség függvényt!

Ábrázolva az áramerősséget a feszültség függvényében, egyenest kapunk. Ez azt mutatja, hogy az áramerősség egyenesen arányos a feszültséggel. Ezt a törvényszerűséget Georg Ohm német tudós határozta meg először:

Az áramkörbe kapcsolt fogyasztó sarkain mérhető feszültség, és a feszültség hatására a fogyasztón átfolyó áram erőssége egyenesen arányos, ha a fogyasztó hőmérséklete állandó. (LTI elem)



1. ábra Ellenállás feszültség áram karakterisztikája

A feszültség és az áramerősség egymással egyenesen arányos, tehát hányadosuk állandó.

$$R = \frac{U}{I} \text{ (állandó)}$$

Ez az állandó a fogyasztóra jellemző adat, s a fogyasztó elektromos ellenállásának nevezzük.

Jele: R

Mértékegysége: ohm Ω (görög omega betű).

Egy fogyasztó ellenállása 1Ω , ha 1 V feszültség hatására 1 A erősségű áram folyik keresztül rajta.

Az elektromos ellenállás azt mutatja meg, hogy egy adott vezetőben mennyire könnyen folyik az elektromos áram, a szabadon mozgó töltéshordozók mennyire könnyen mozoghatnak a vezető belsejében.

Fajlagos ellenállás

Különböző anyagoknak különböző az elektromossággal szembeni mutatott tulajdonságokat mutat. Léteznek olyan anyagok,

- Melyek nulla ellenállással vezetik az elektromos áramot (szupravezetőknek nevezzük)
- Melyek nem nulla ellenállással vezetik az elektromos áramot (vezetőknek nevezzük)
- Melyek nem mutatnak vezetési jelenséget (szigetelőknek nevezzük)
- A két csoport közötti anyagok (félvezetőknek nevezzük)

Az anyagokat vezetőképességük szempontjából egy egységnyi darabjuk ellenállásával jellemezzük. Az egységnyi darab az pl.: 1mm^2 keresztmetszetű 1 m hosszú anyag melynek az ellenállása a fajlagos ellenállás.

Jele: ρ (görög rho betű).

Mértékegysége: $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ vagy Si rendszerben az Ωm

Táblázatokban gyakran: $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = \mu\Omega\text{m}$ mértékegység szerepel.

- A szupravezetők fajlagos ellenállása természetesen nulla Ωm .
- Fémek fajlagos ellenállása kicsi, jellemzően néhány tíz..száz $\text{n}\Omega\text{m}$ (nanoohmméter) tartományban van.
- Szigetelőké $\text{P}\Omega\text{m}$ (petaohmméter) nagyságrendű.

A fajlagos ellenállás **hőmérsékletfüggő**. Ha egyéb megjegyzés nincs, a megadott adat $20\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre vonatkozik. A hőmérséklettől való függés a hőmérsékleti együttható.

Mérés célja:

Az ELVIS próbapanel használatának és az ELVIS műszerek használatának elsajátítása, Ellenállás mérési eljárások megismerése.

Mérési feladatok:

Kérem, tervezze meg a mérési folyamatot, ami alkalmas a feladat megoldására. A tervezés során vegye figyelembe az alkalmazott műszerek tulajdonságait, belső ellenállás, teljesítmény igény. stb.

1. Egy ismeretlen ellenállás alkatrész ellenállásának meghatározás.
2. Egy kb. 2 m hosszú UTP vezeték réz vezetőszálának ellenállását meghatározása.
3. Meg kell határozni egy kb. 100 m hosszú UTP vezeték egy érének ellenállását, ami be van építve, így fizikailag nem lehetséges a két végének bekötése a műszerbe.
4. A 3. feladatban használt kábelen mérje meg két vezető közötti szigetelő anyag a veszteségét, ellenállását.

A mérések eredményével kapcsolatban határozza meg azok megbízhatóságát a mérési körülmények ismeretében.

Jó mérést!

Méréstechnika labor

2. előadás

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)

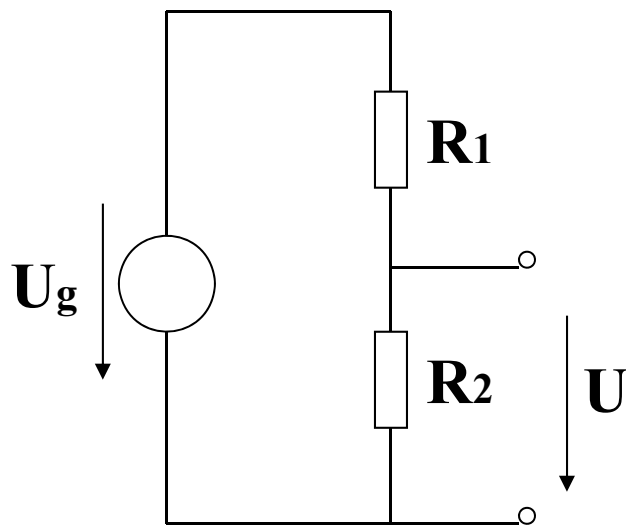
Cserey György
2015. 09. 15.

A mérés technika alapelvei, alapfogalmai

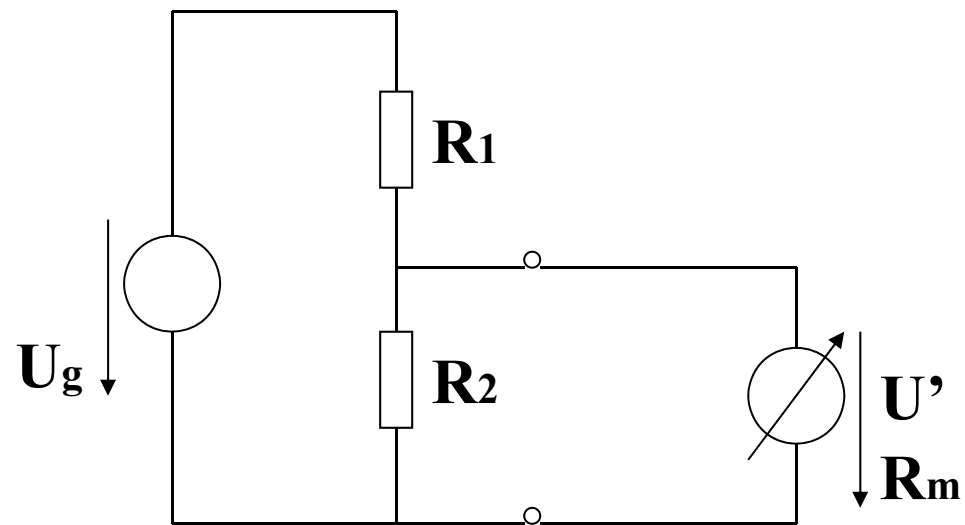
- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A
méréndő és mérő illesztése.

Példa: feszültség mérése valóságos voltmérővel



$$U = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$U' = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_m}$$

A mérés technika alapelvei, alfogalmi

- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

Hitelesítés

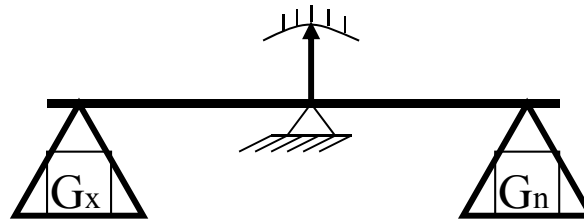
- A hitelesítés célja annak az elbírálása, hogy a **mérőeszköz megfelel-e a mérésügyi követelményeknek**. A hitelesítés mérésügyi hatósági tevékenység, melyet csak feljogosított hitelesítő végezhet.
- A hitelesítés fázisai:
 - annak a megállapítása, hogy a hitelesítendő mérőeszköz az engedélyezett **típusnak megfelel-e**,
 - méréssel történő vizsgálata annak, hogy a mérőeszköz **pontossága megfelel-e a hitelesítési hibahatár követelményének és**
 - a hitelesség tanúsító jellel és/vagy okirattal történő igazolása (**tanúsítás**).

Általános mérési módszertani elvek

- Közvetlen összehasonlítás
- Közvetett összehasonlítás
- Differencia módszer
- Helyettesítő módszer
- Felcserélési módszer
- Analóg és digitális módszer

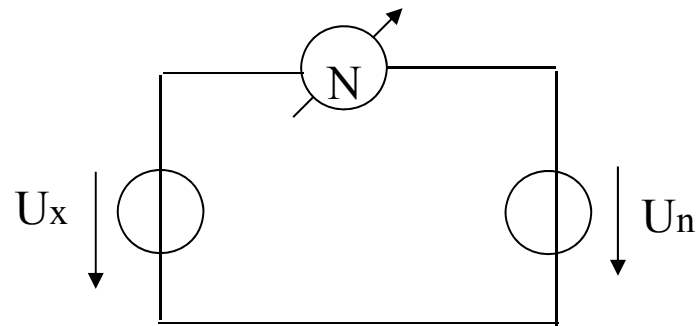
Közvetlen összehasonlítás

■ Súlymérés



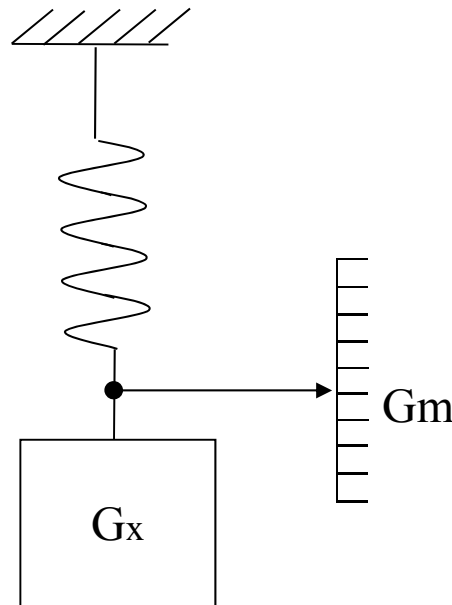
Egyensúlyi állapotban: $G_x = G_n$

■ Feszültségmérés



A nullindikátor zérus jelzésekor: $U_x = U_n$

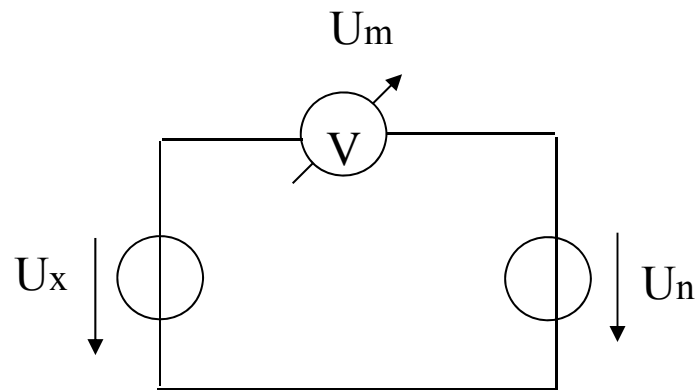
Közvetett összehasonlítás



Megjegyzés:

- Közvetett, mert méréskor az etalon nincs jelen
- Az etalonra visszavezetés - hitelesítéskor
- Pontos működés feltétele: érzékenység (rugóállandó) állandósága

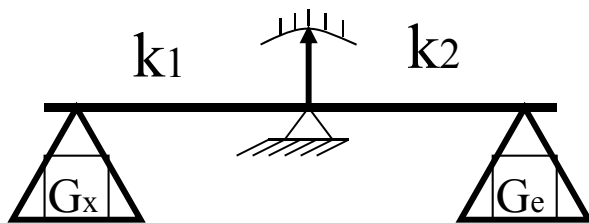
Differencia módszer



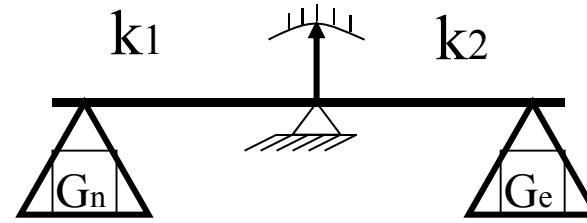
$$U_x = U_n + U_m$$

$$U_m \ll U_n$$

Helyettesítő módszer



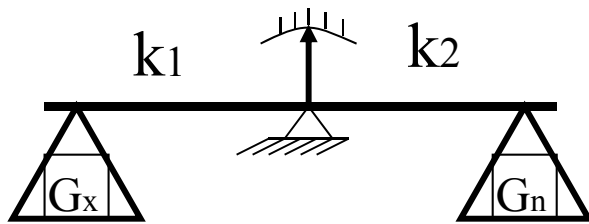
$$G_x k_1 = G_e k_2$$



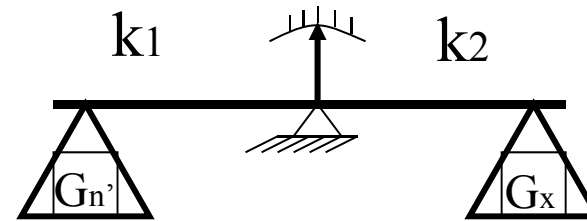
$$G_n k_1 = G_e k_2$$

$$G_x = G_n$$

Felcserélési módszer



$$G_x = G_n \frac{k_2}{k_1}$$



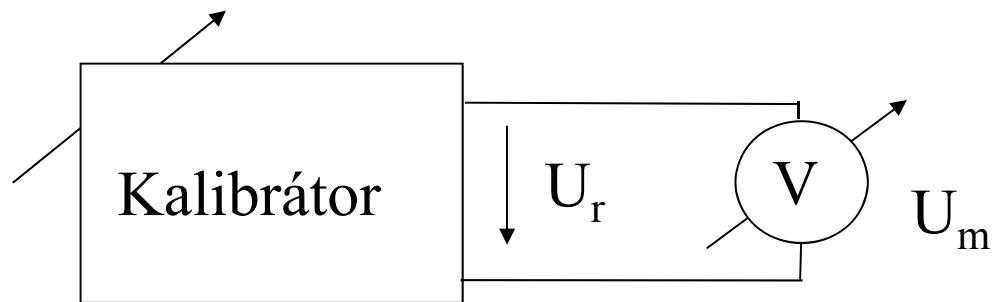
$$G_x = G_n' \frac{k_1}{k_2}$$

$$G_x = \sqrt{G_n G_n'}$$

Kalibráció

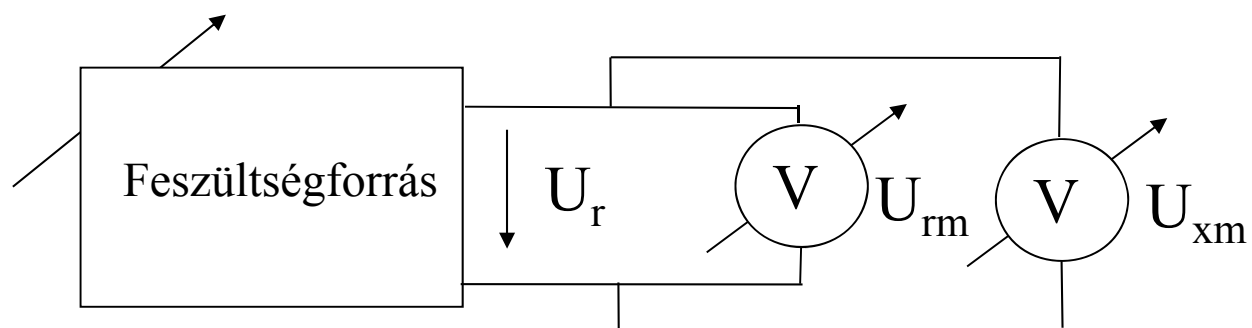
- Mérési eredmény visszavezethetősége: folytonos kalibrációs láncon keresztül egészen a nemzetközi etalonig (dokumentáltan)
- Versenypiacon létkérdés!

Direkt kalibrálás feszültségmérőnél



$$\text{Hiba} = U_m - U_r$$

Indirekt kalibrálás feszültségmérőnél



$$\text{Hiba} = U_{xm} - U_{rm}$$

Feszültségforrás követelményei:

- Beállíthatóság (széles tartományban)
- stabilitás
- jeltisztaság

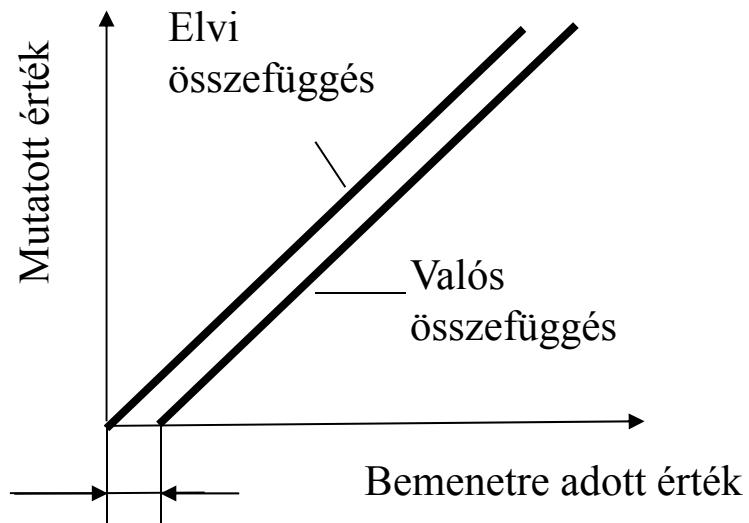
Önkalibrálás felcserélési módszerrel

Digitális voltmérő feltételezett hibája:

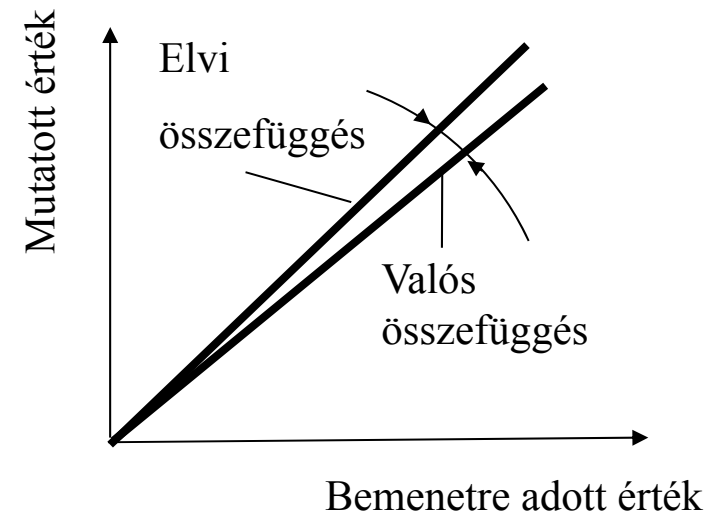
➤ offset

➤ erősítéshiba

Nullponthiba (offset)

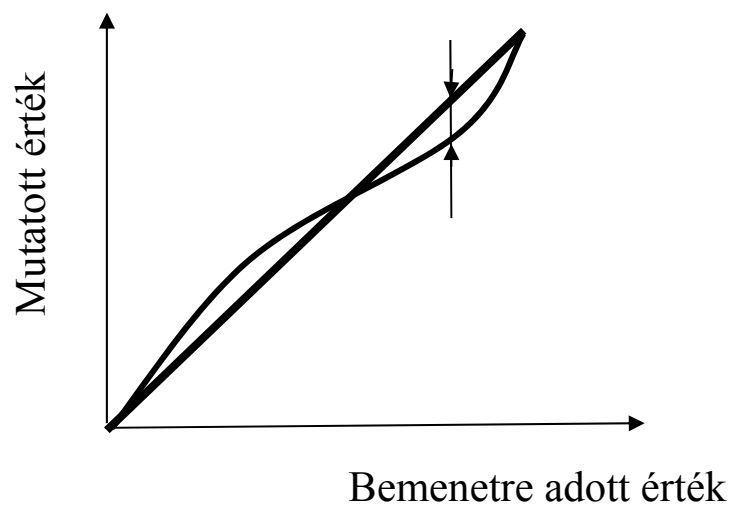


Erősítéshiba

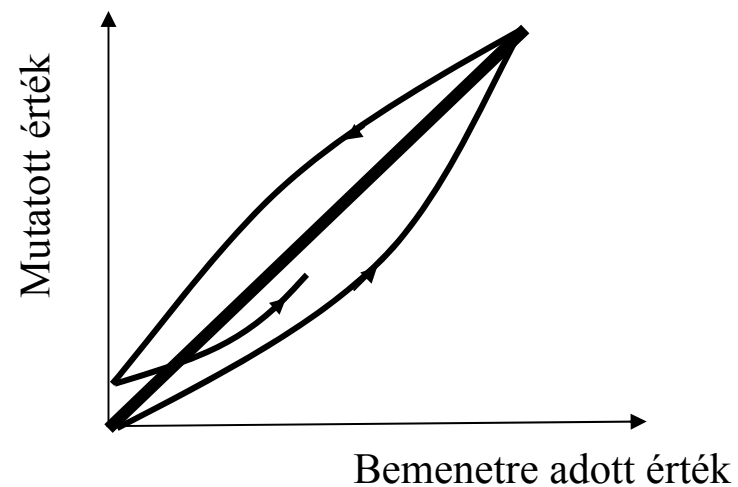


Még néhány jellegzetes hiba

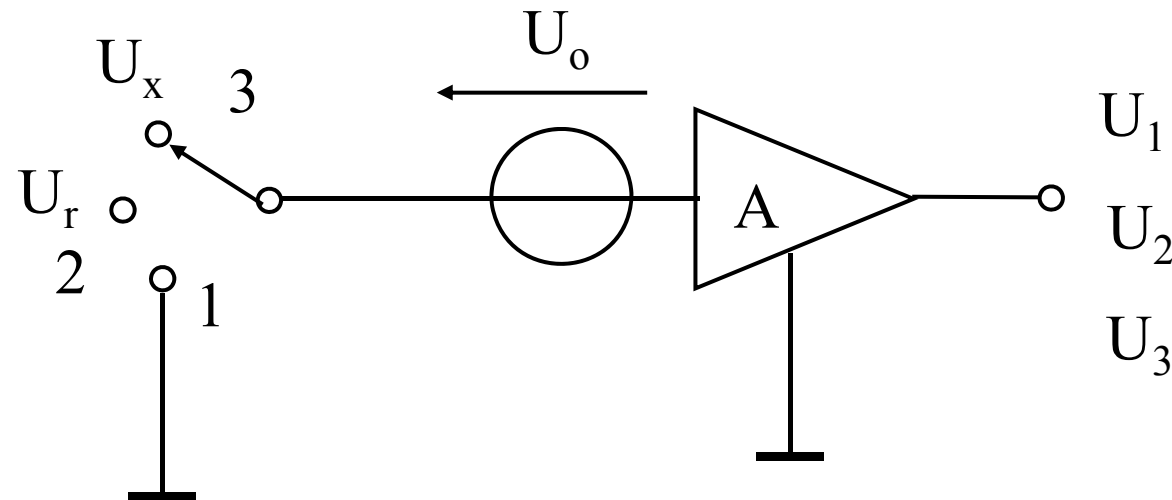
Linearitási hiba



Hiszterézishiba



Önkalibrálás felcserélési módszerrel



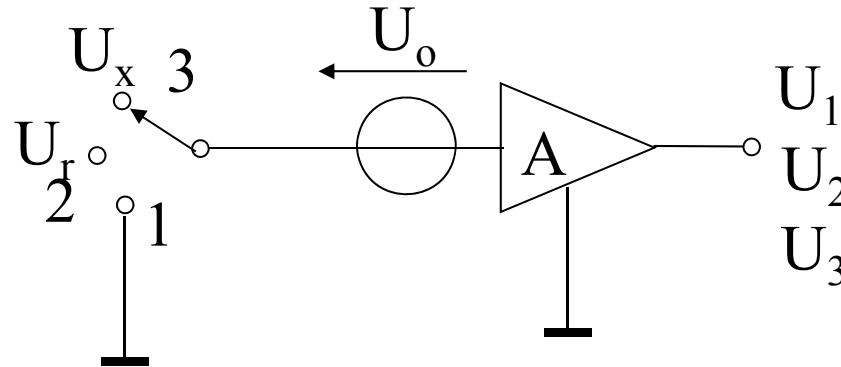
1. állásban $U_1 = U_o A$

2. állásban $U_2 = (U_r + U_o) A$

3. állásban $U_3 = (U_x + U_o) A$

Önkalibrálás felcserélési módszerrel (2)

3 egyenlet,
ismeretlen U_x , U_o , A



$$\frac{U_x}{U_r} = \frac{U_3 - U_1}{U_2 - U_1}$$

Tehát sem offset, sem erősítés
nem szerepel benne

Mennyiségek: töltés, potenciál, feszültség

- A töltés fogalma
 - A töltés az atomi részecske egy elektromos tulajdonsága.
 - A Coulomb [C] - a töltés SI mértékegysége. Egy elektron töltése -1.6×10^{-19} [C]
 - Töltés megőrzés ill. tárolás
- A potenciál fogalma
 - Töltések vonzása/taszítása
 - Elektromos mező
 - Egy mozgó töltés energiája az elektromos mezőben
- A feszültség két elektromos potenciál közötti különbség
 - Mindig két pont között értelmezett
 - A földpont egy fiktív pontja az áramkörnek.
- Vonalintegrálja egy egységnyi töltésre ható erőnek egy elektromos mezőben.
- Szokásos jelölése $u(t)$ vagy U . Az SI mértékegysége a Volt [V].

Mennyiségek: áram, teljesítmény

- Az áram a töltések mozgása. A töltés időbeli változásának mértéke.
 - Az áram az idő szerinti deriváltja egy áramköri elemen áthaladó töltésnek.
 - Szokásos jelölése $i(t)$ vagy I .
 - Az SI mértékegysége az Amper [A].
- A teljesítmény a feszültség és az áram szorzata
 - Egy áramköri elem teljesítménye a hozzá szállított vagy tőle elvont energia időbeli deriváltja.
 - Szokásos jelölése $p(t)$ vagy P . Az SI mértékegysége a Watt [W].

Az áramköri elemek: bevezetés

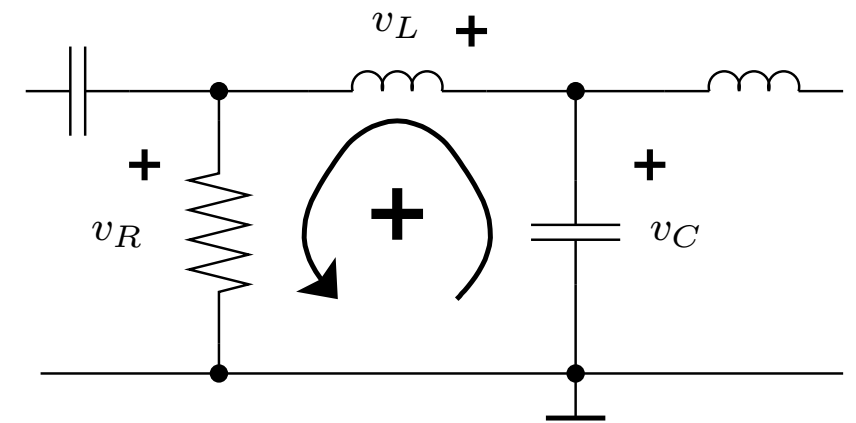
- Az áramkör komponensek összessége, amelyek elvezetései csomópontokban kapcsolódnak (mint egy hálózat).
- Alapvetően 7 fajta komponens (áramköri elem) építi fel az összes áramkört:
 - feszültség- és áramforrás
 - ellenállás,
 - kapacitás (kondenzátor)
 - induktivitás (tekercs)
 - dióda és tranzisztor
- Ezekből az építőelemekből nagy bonyolultságú áramköröket (vagy hálózatokat) tudunk építeni: számítógép, kommunikációs vevő, audio-video szórakoztató rendszerek, hadászati fegyverek, orvosi diagnosztikai rendszerek, stb...

A Kirchhoff törvények

- Az áramkörelmélet alapvető feltevése, hogy teljesül a feszültségekre a Kirchhoff feszültségtörvény (Kirchhoff's voltage law, KVL):

$$u_1 + u_2 + \dots + u_m = \sum_{k=1}^m u_k = 0$$

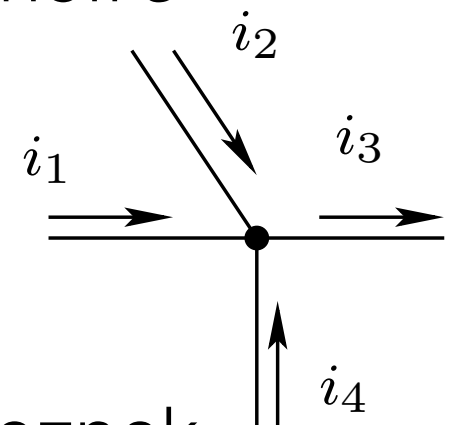
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



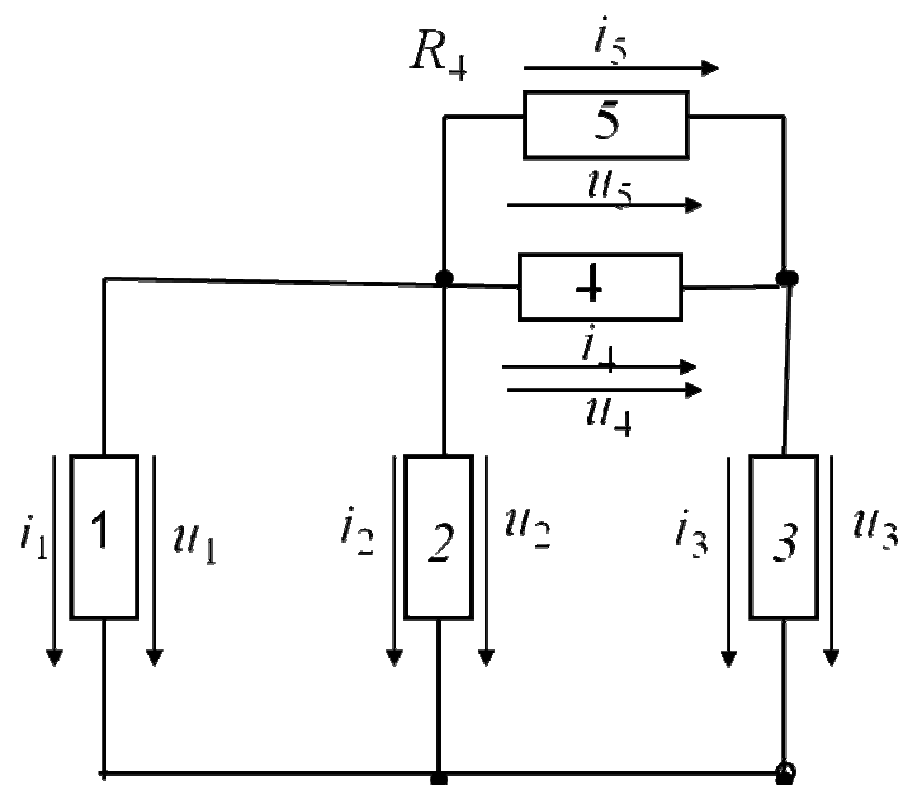
- és az áramok teljesítik a Kirchhoff áramtörvényt (Kirchhoff's current law, KCL):

$$i_1 + i_2 + \dots + i_n = \sum_{k=1}^n i_k = 0$$

ahol az áramok egy csomópontból indulnak vagy érkeznek.



Az áramkör lineáris homogén egyenletrendszere



KVL:

$$u_2 - u_3 - u_4 = 0$$

$$u_1 - u_2 = 0$$

$$u_5 - u_4 = 0$$

KCL:

$$i_1 + i_2 + i_4 + i_5 = 0$$

$$-i_5 - i_4 + i_3 = 0$$

~~$$-i_1 - i_2 - i_3 = 0$$~~

Lineárisan
független
egyenletek

Megjegyzés: 10 ismeretlen, 5 egyenlet és 5 karakterisztika

Parametrikusan
Strukturálisan

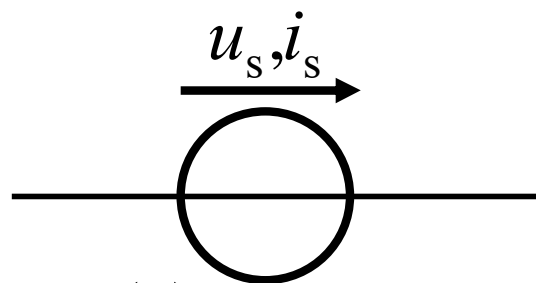
Reguláris hálózat

Megoldható

A komponensek osztályozása 1.

Források:

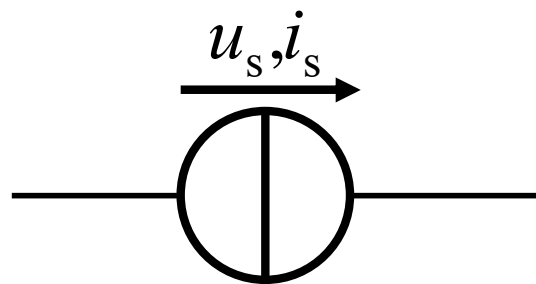
- Feszültségforrás:



$$u = u_s(t)$$

i tetszőleges az áramkör kényszere

- Áramforrás:



$$i = i_s(t)$$

u tetszőleges az áramkör kényszere

- Megjegyzés:

- DC: $u_s(t) = U_0$

- AC: $u_s(t) = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$

- Csúcstól csúcsig érték:

$$U_{pp} = U_{\max} - U_{\min}$$

- Effektív érték (RMS):

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

Abszolút érték

$$U_{abs} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

- Átlag érték: DC az AC-ban

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

Szinuszos jelre:
 $U_{eff} = 0.707 U_{\max}$

A komponensek osztályozása 2.

- Rezisztív (egyébként dinamikus): $u(t=\tau)$ csak az $i(t)$ τ ideőbeli értékétől függ:

$$u(t = \tau) = \Phi_u \{i(t)\} = U(i(t = \tau), \tau) \quad \forall \tau$$
$$(\text{vagy } i(t = \tau) = \Phi_i \{u(t)\} = I(u(t = \tau), \tau))$$

- Példa:
- Az ellenállás rezisztív, mivel u -t determinálja i a τ időpontban:

$$u = i R \text{ (Ohm "törvény")}$$

- Az indukció (tekercs) dinamikus, mivel $u(t=\tau)$ nem határozható meg $i(t=\tau)$ ismeretében:

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

A komponensek osztályozása 3.

- Lineáris (egyébként nemlineáris) komponensek teljesítik a szuperpozíció elvét:

$$\Phi_u \left(\sum_k C_k \cdot i_k(t) \right) = \sum_k C_k \cdot \Phi_u(i_k(t)) = \sum_k C_k \cdot u_k(t)$$

- Példák:
- Az ellenállás lineáris elem.
- Az indukció (tekercs) is lineáris, mivel

$$\Phi_u \{K_1 i_1 + K_2 i_2\} = L \frac{d(K_1 i_1 + K_2 i_2)}{dt} = K_1 L \frac{d(i_1)}{dt} + K_2 L \frac{d(i_2)}{dt} = K_1 \Phi_u \{i_1\} + K_2 \Phi_u \{i_2\}$$

A komponensek osztályozása 4.

- Időinvariáns (egyébként idővariáns) egy komponens, amelynek u feszültsége explicit nem függ az időtől:

$$u(t) = \Phi_u \{i(t)\} \rightarrow u(t - \tau) = \Phi_u \{i(t - \tau)\}$$

- Kauzális (egyébként akauzális) egy komponens, ha az u feszültség függ az i áram múltjától/jelenétől, de nem függ a jövőjétől, azaz az $u(\tau)$ csak az $i(t)$ azon értékeitől függ, ahol $t < \tau$.

A komponensek osztályozása 5.

- Passzív (egyébként aktív) komponensek mindig fogyasztják (soha nem termelik) az energiát, azaz a munkafüggvényük mindig pozitív:

$$w(t) \geq 0$$

- Példa:
- Az ellenállás passzív elem, mivel

$$w(t) = \int_{-\infty}^t u \cdot i d\tau = \int_{-\infty}^t (Ri) \cdot i d\tau = R \int_0^t i^2 dx \geq 0$$

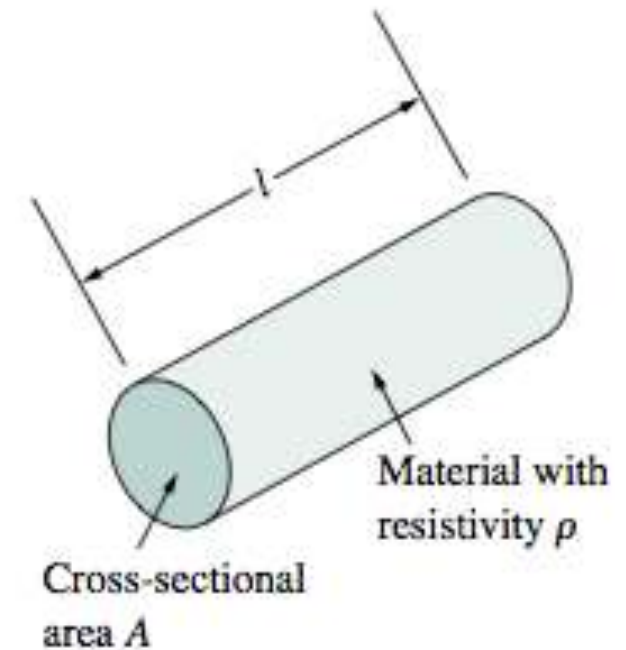
↑
csak ha $R > 0$!

- Az indukció (tekercs) passzív elem, mivel

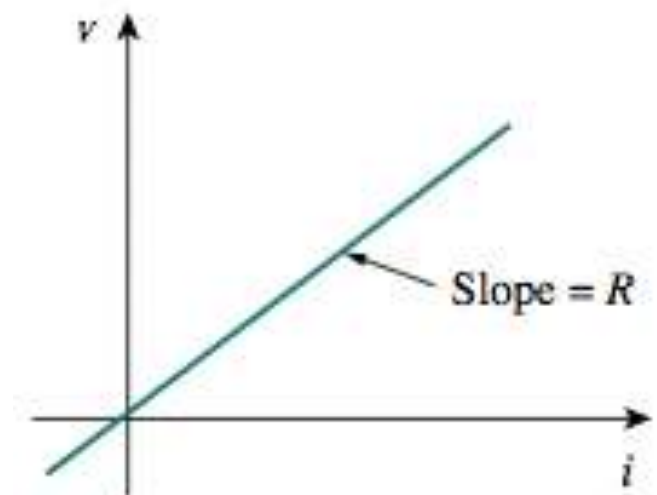
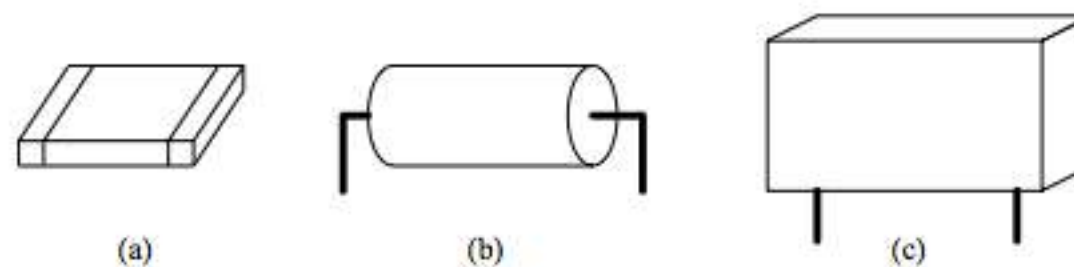
$$w(t) = \int_{-\infty}^t u \cdot i d\tau = \int_{-\infty}^t L \frac{di}{d\tau} \cdot i d\tau = \frac{L}{2} \int_0^{i^2} dx = \frac{L}{2} i^2(t) \geq 0$$

Az ellenállás

- egyértelmű összefüggés van a rajta mért feszültség és a rajta átfolyó áram között, függetlenül az időbeli lefolyástól.
- $u=f(i)$, az esetek többségében: $u=Ri$
- közösleges, lineáris ellenállások. Az ellenállás aktív részének anyaga szénréteg, fémréteg, ellenállás-huzal. Kerámia tartókra viszik fel, kivezetéseket csatlakoztatnak hozzá.
- hőre érzékeny ellenállások. NTC hőre csökken-, PTC hőre nő az ellenállás értéke. Hőmérséklet mérés, túláram védelme.
- potenciométerek. Két végérték között változtatható az ellenállás értéke.



$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$



Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Ellenállások soros kapcsolása:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \dots + R_N = \sum_{n=1}^N R_n$$

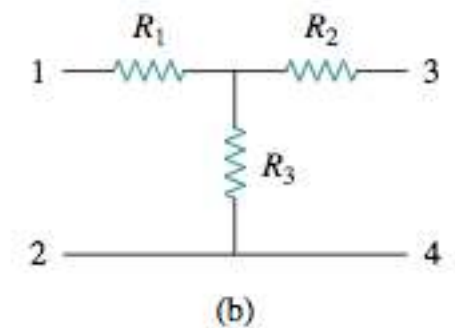
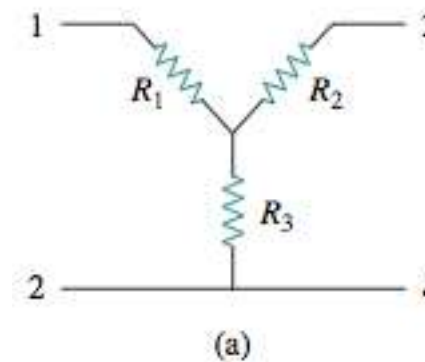
- Párhuzamos kapcsolása: $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Delta -> Csillag átalakítás:



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

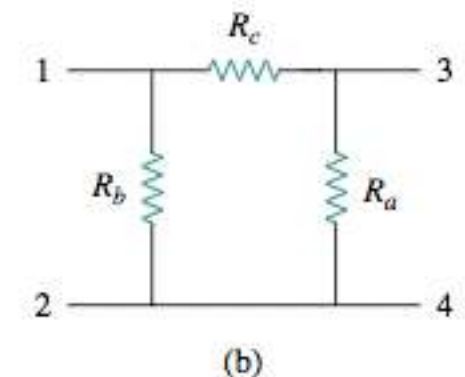
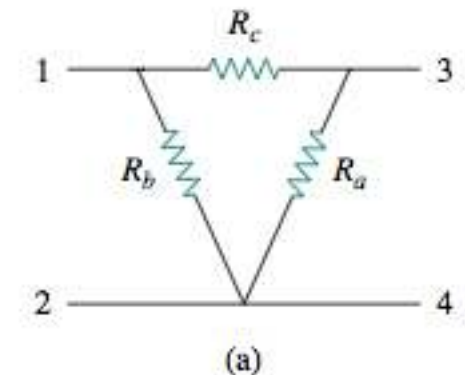
$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

- Csillag -> Delta átalakítás:

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

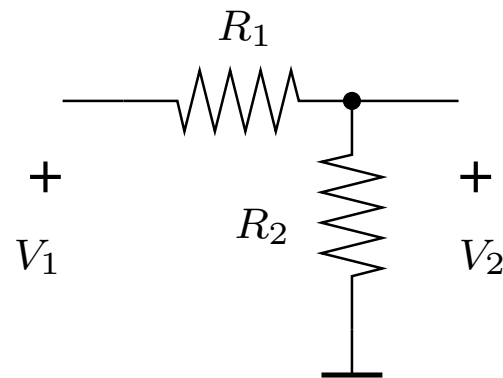
$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$



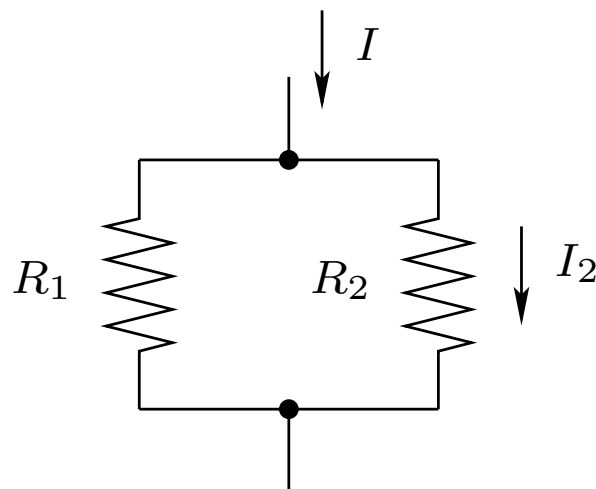
Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Feszültségosztó tétele:



$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

- Áramosztó tétele:



$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Források deaktivizálása nem egyenlő a kivételükkel.
- Feszültségforrás deaktivizálása rövidzár.
- Áramforrás deaktivizálása szakadással helyettesíthető.

A szuperpozíció elve

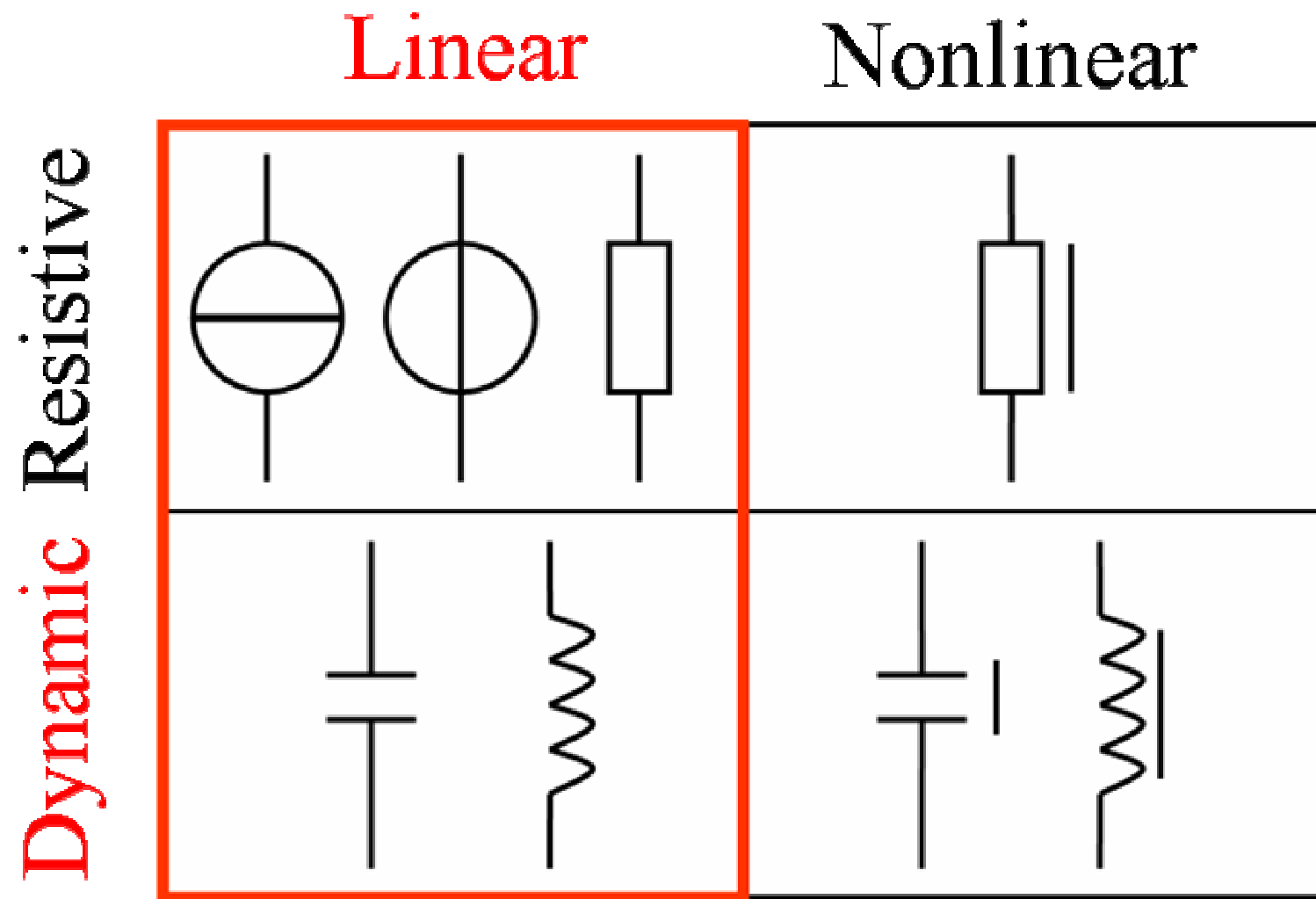
- A szuperpozíció elve kimondja, hogy a teljes válasz a független források válaszainak összege. Ez az elv lineáris rendszerek esetén teljesül.
- Egyenlet alakban:

$$u = u^{(1)} + u^{(2)} + u^{(3)} + \dots + u^{(n)}$$

- ahol n most a források számát jelöli.

Lineáris dinamikus áramkörök (vagy hálózat)

- Alapvető lineáris áramköri elemek:
- Ellenállás, R , $[\Omega]$ (Ohm)
- Indukció (tekercs), L , $[H]$ (Henry)
- Kapacitás (kondi), C , $[F]$ (Farad)



Induktivitás (tekercs)

- Az áram a tekercsben mágneses mezőt indukál:

$$B(t) = K_1 i_L(t)$$

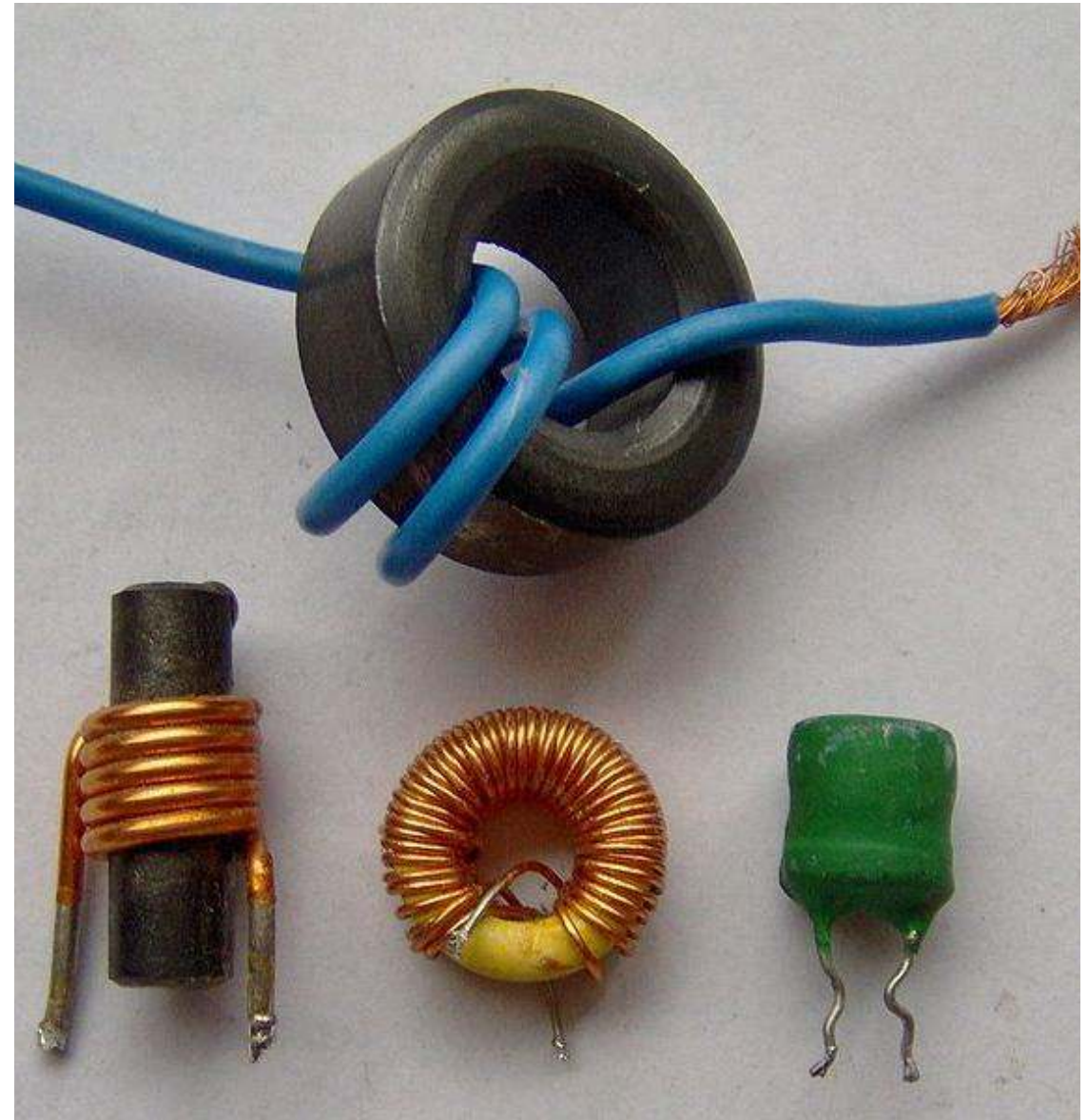
- A mágneses mező változása induktív feszültséget eredményez:

$$u_L(t) = K_2 \frac{dB(t)}{dt}$$

- A pillanatnyi feszültség értéke:

$$u_L(t) = \Phi_u \{i_L(t)\} = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

- ahol $L = K_1 K_2$.



Kapacitás (kondenzátor)

- A kondenzátorban lévő töltést az E elektromos mezővel arányos feszültség határozza meg:

$$Q = C u_C(t),$$

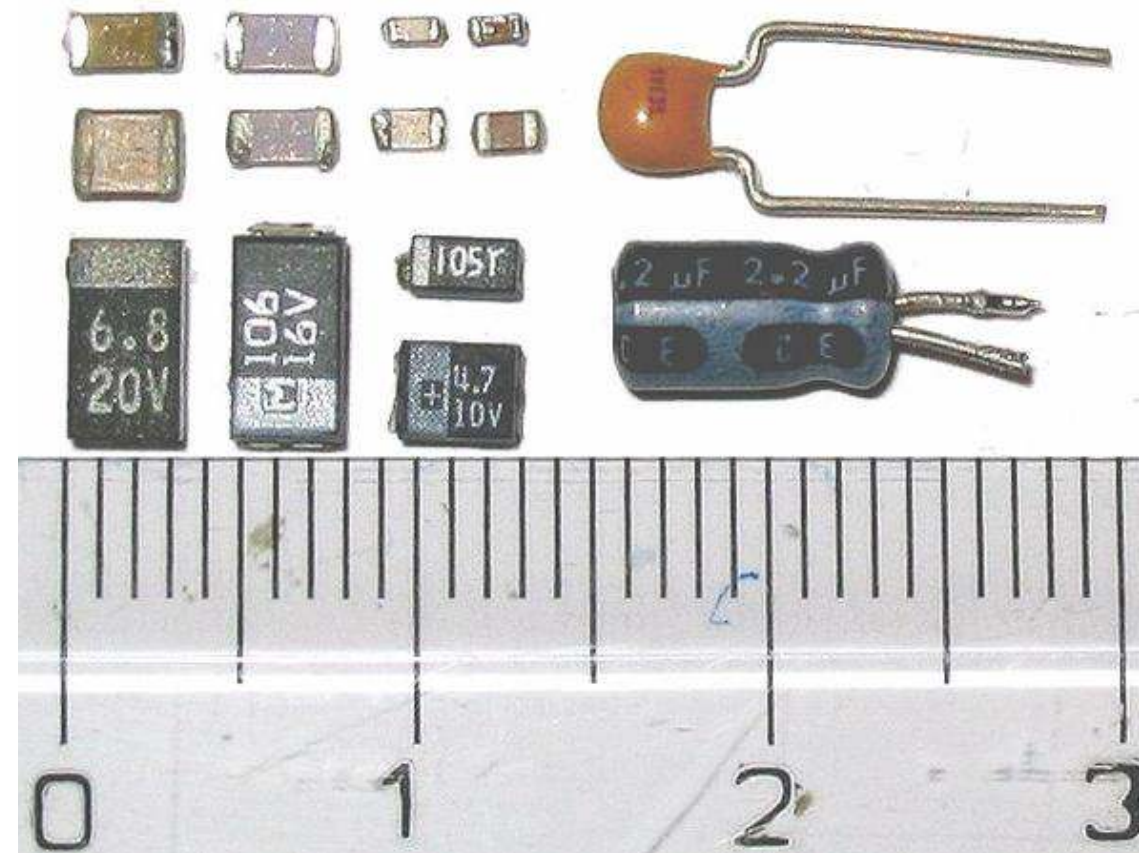
ahol C a kapacitás.

- A töltés időbeli változása:

$$i_C = dQ/dt.$$

- A pillanatnyi áram ezek alapján

$$i_C(t) = \Phi_i \{u_C(t)\} = C \frac{du_C(t)}{dt}$$



Vége az 2. előadásnak

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)

Cserey György
2015. 09. 15.

Méréstechnika labor

1. előadás

- i.) Követelmények
- ii.) Ismételés: mérés fogalma, SI, etalon, modellalkotás, bizonytalanság, hitelesítés
- iii.) Ismételés: mérési alapelvek

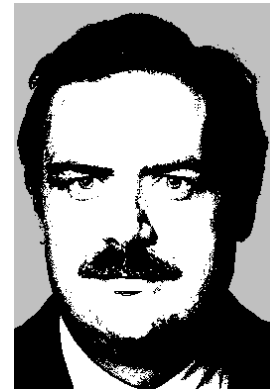
Cserey György
2016. 09. 13.

Hogyan lehet minket megismerni és elérni?

Személyesen és e-mail-en.



Dr. Cserey György
cserey@itk.ppke.hu
340 szoba



Tihanyi Attila
tihanyia@itk.ppke.hu
420 szoba

Mivel foglalkozik ez a tantárgy?

- Méréstechnika **alapelvei**, alapfogalmai
- Alapvető **mérési rutin** megszerzése
- Alapvető **villamos mennyiségek** mérése (feszültség és áram mérése)
- **Nem elektromos jellemzők** (frekvencia és idő mérése) elektromos mérésének alapjai
- **Mintavételezés**, kvantálás, jelek felbontása összetevőkre
- **Orvosi méréstechnika**, biológia jelek mérése

Előadás

Kedd 13h-14h, 239 terem

Óra kezdete - vége	Termek
2016.12.13 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.12.06 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.11.29 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.11.22 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.11.15 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.11.08 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.10.25 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.10.18 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.10.11 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.10.04 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.09.27 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.09.20 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem
2016.09.13 13:15 - 14:00	ITK 239 tanterem

Zh: december 13.

pótZH: vizsgaidőszakban

Gyakorlati mérések

- **Heti óraszám:** 1 óra előadás, 1 óra laboratóriumi gyakorlat
- **Laboratóriumi gyakorlat:** Kedd 14h-16h
- **Két csoport** lesz, páratlan és páros heteken két-két óra mérés
- **Helyszín:** (420 laborterem)
- **A tantárgy kreditértéke:** 2

Tantárgykövetelmények!

- Valamennyi mérési feladat elvégzése,
 - **Felkészülés a mérésekre:** A mérési utasítások alapján és a kapcsolódó tananyag ismeretével, amelyet a röpzárthelyi ellenőriz.
 - Mérések **jegyzőkönyveinek** elkészítése és beküldése.
 - Elmaradt mérés a pótmérésen pótolható (csak 1-szer)
- Félév során egy nagy **ZH**. Legalább elégséges eredményű ZH.
 - Zh jegy pótolható (vagy javítható) a vizsgaidőszakban **pótZh**-n
- Aláírás megszerzésének feltétele legalább elégséges gyakorlati jegy.

-
- **Jegy** (az indexbe kerül):
Kerekítve $(1/2 \times \text{Zh. jegy} + 1/2 \times \text{gyakorlati jegy})$

röpZh átlag + jegyzőkönyv átlag

Tanulási segédletek

- Előadások vetített anyaga a tárgy honlapján az előadás előtt megjelenik:

<https://wiki.itk.ppke.hu/twiki/bin/view/PPKE/MeresLabor>

- Mérésekhez háttéranyagok és mérési utasítások Tihanyi Attila laborvezető honlapján jelennek meg:

<http://digitus.itk.ppke.hu/~tihanyia>

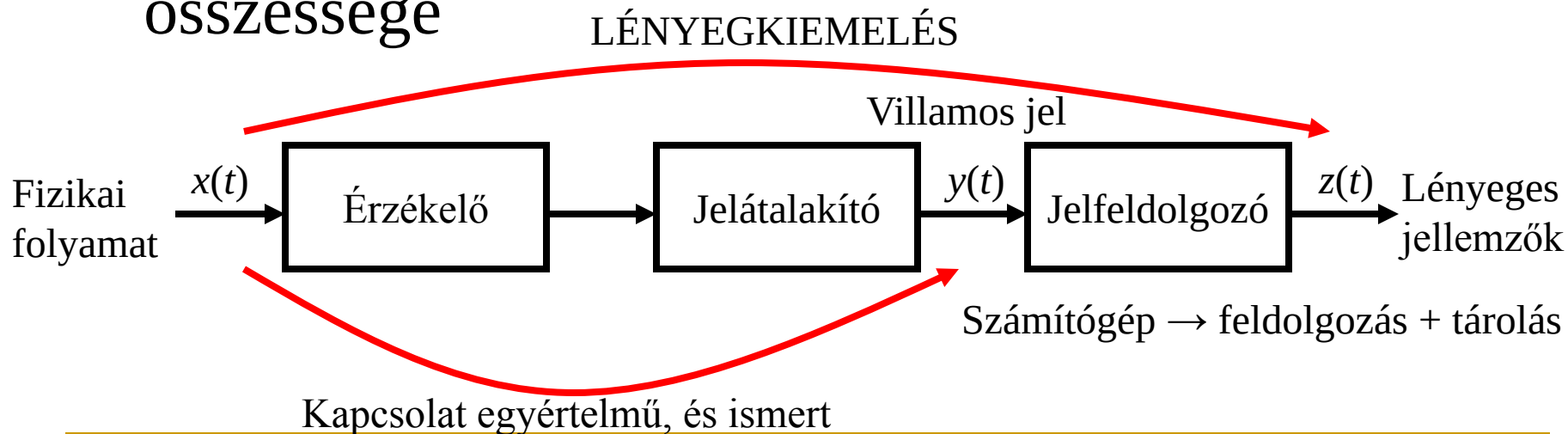
Mérési jegyzőkönyv követelmények!

- Amit tartalmaz:
 - A mérés helye, ideje, mérőcsoport tagjainak neve
 - A mérési feladat pontos megnevezése, a felhasznált mérőeszközök, szükség szerint a mérési eljárás vázlata.
 - A mérés eredményei (mértékegységgel!!)
 - A mérési eredmények értékelése, értelmezése.
- A jegyzőkönyv elektronikus formában készül és a mérési feladat leírásában szereplő címre kell elküldeni elektronikus levél mellékleteként. A levél tárgya is adott. Beküldési határidő általában a mérés napja éjféli.
- Mások mérési eredményeinek átvétele, másolása fegyelmi eljáráshoz vezet.

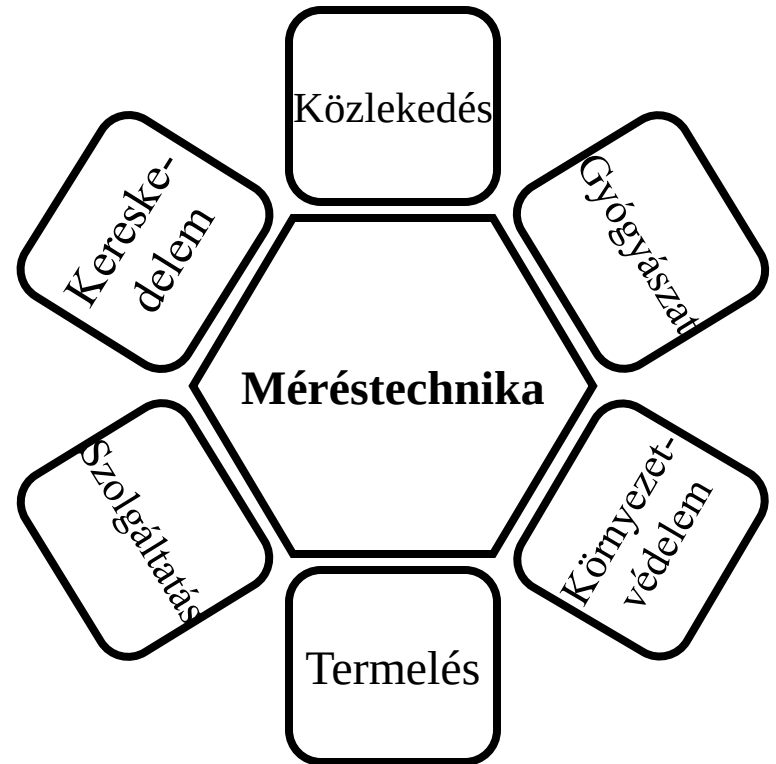
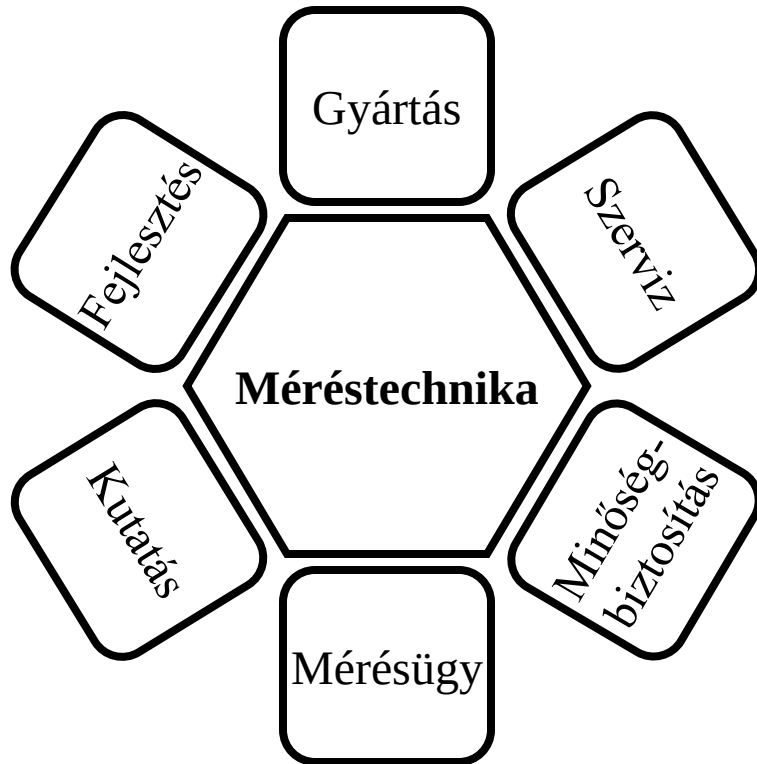
<http://digitus.itk.ppke.hu/~tihanyia>

A mérés és mérés technika fogalma

- Mérés = Információszerzés egy folyamat állapotáról
 - Fizikai, kémiai, biológiai, gazdasági, társadalmi
- Mérés technika = Módszerek és eszközök összessége



A mérés technika alkalmazása



A mérés technika alapelvei

- **Mérés = összehasonlítás**
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

Mérés = összehasonlítás

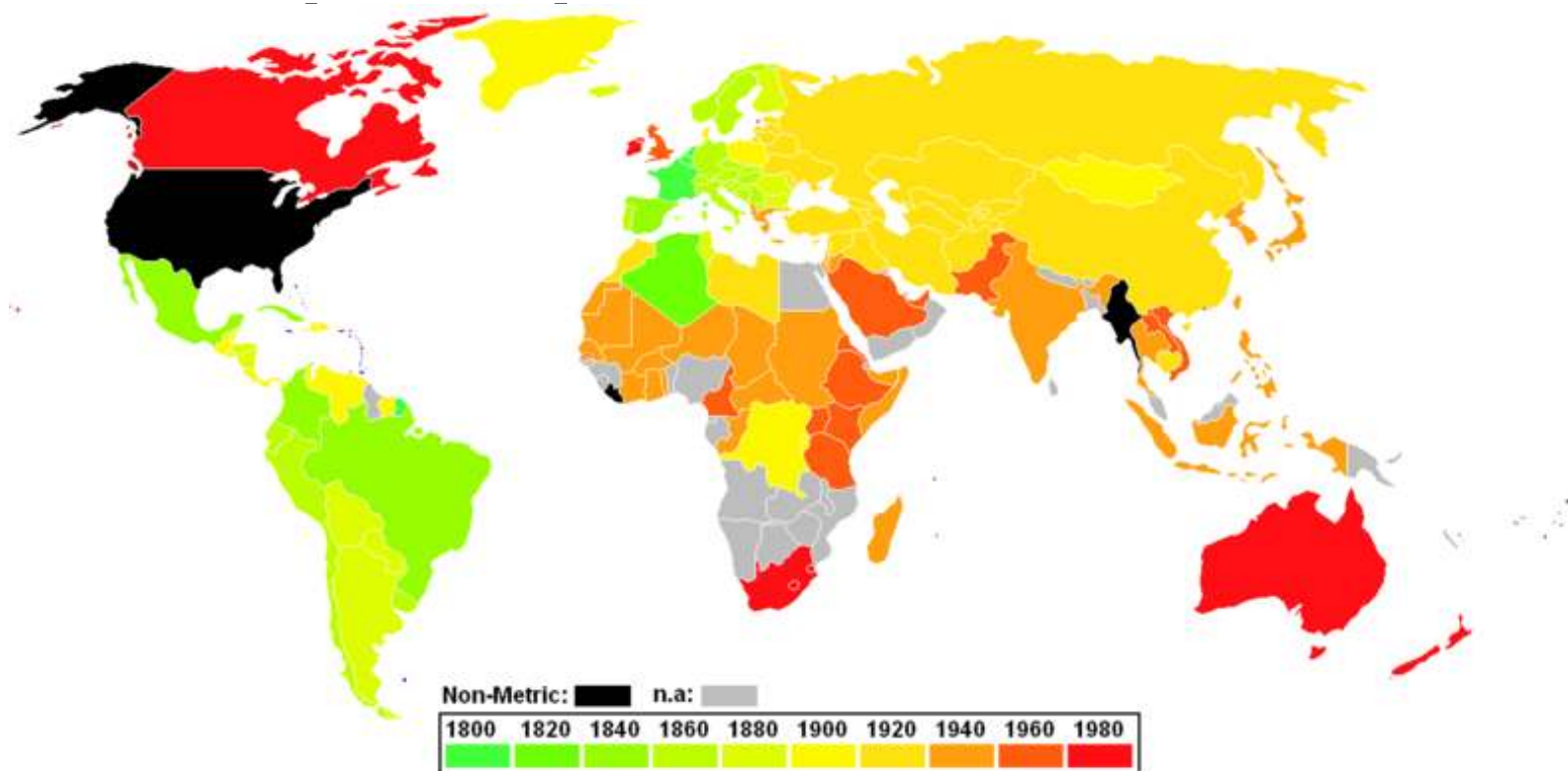
- **A mérés célja:** egy mennyiség értékét célszerű pontossággal meghatározni
- **A mérés feladata:** a mérendő mennyiséget egyezményes **etalonnal** összehasonlítsa
- Az etalon nincs mindig jelen! Lehet közvetetten is mérni egy használati mérőeszközzel (amelyet **leszármaztatás** útján etalonnal hitelesítettek).

Mértékegység rendszerek

- Számptalan rendszer között a legfontosabb különbség: a fundamentális alapmennyiségek.
 - Fénysebesség (c), gravitációs állandó (G), Planck állandó (h), Boltzmann állandó (k), permitivitás (ϵ_0)

Name	Quantity	Expressions	Approximate SI equivalent	Other equivalent
Planck length ^[1]	Length (L)	$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$	$1.616252 \times 10^{-35} \text{ m}$	

v · d · e	Systems of measurement
Metric systems	International System of Units · centimetre-gram-second units · metre-tonne-second units · gravitational units
Natural units	Geometric unit systems · Planck units · Stoney units · "Schrödinger" units · Atomic units · Electronic units · Quantum electrodynamical units
Customary systems	Avoirdupois units · Troy units · Apothecaries' units · English units · Imperial units · Canadian units · US customary units · Danish units · Dutch units · Finnish units · French units · German units · Maltese units · Norwegian units · Scottish units · Spanish/Portuguese units · Swedish units · Polish units · Romanian units · Russian units · Tatar units · Hindu units · Pegu units · Chinese units · Japanese units · Taiwanese units
Ancient systems	Greek units · Roman units · Egyptian units · Hebrew units · Arabic units · Mesopotamian units · Persian units · Harappan units
Other systems	Non-standard measurement units · Mesures usuelles



SI alapegységek

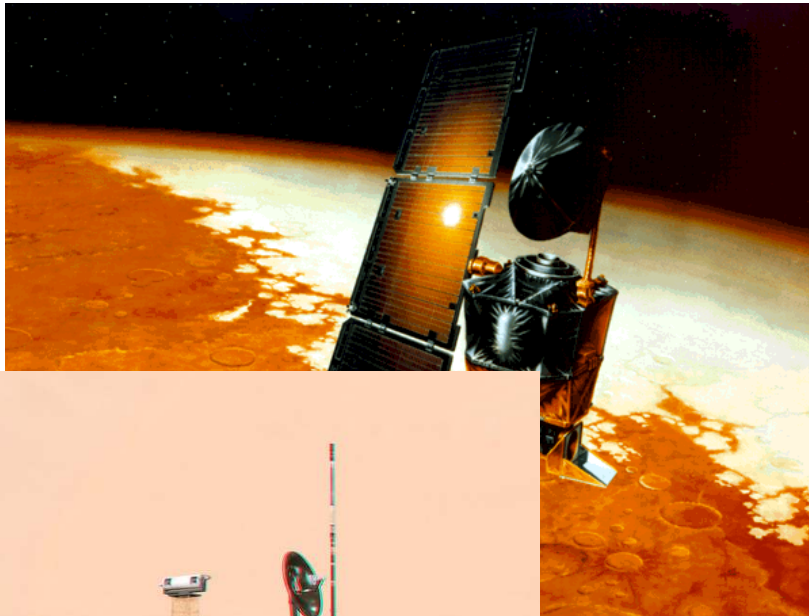
Name	Symbol	Quantity
metre	m	length
kilogram	kg	mass
second	s	time
ampere	A	electric current
kelvin	K	thermodynamic temperature
mole	mol	amount of substance
candela	cd	luminous intensity

Name	yotta-	zetta-	exa-	peta-	tera-	giga-	mega-	kilo-	hecto-	deca-
Symbol	Y	Z	E	P	T	G	M	k	h	da
Factor	10^{24}	10^{21}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1
Name	deci-	centi-	milli-	micro-	nano-	pico-	femto-	atto-	zepto-	yocto-
Symbol	d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y
Factor	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}

SI származtatott egységek

Name	Symbol	Quantity	Expression in terms of other units	Expression in terms of SI base units
hertz	Hz	frequency	1/s	s^{-1}
newton	N	force, weight	$m \cdot kg/s^2$	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pascal	Pa	pressure, stress	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
joule	J	energy, work, heat	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
watt	W	power, radiant flux	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
coulomb	C	electric charge or electric flux	$s \cdot A$	$s \cdot A$
volt	V	voltage, electrical potential difference, electromotive force	$W/A = J/C$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
farad	F	electric capacitance	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
ohm	Ω	electric resistance, impedance, reactance	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
siemens	S	electrical conductance	$1/\Omega$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
weber	Wb	magnetic flux	J/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
tesla	T	magnetic field	$V \cdot s/m^2 = Wb/m^2 = N/A \cdot m$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
henry	H	inductance	$V \cdot s/A = Wb/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsius	$^{\circ}C$	Celsius Temperature	$t_{^{\circ}C} = t_K - 273.15$	K
lumen	lm	luminous flux	$cd \cdot sr$	cd
lux	lx	illuminance	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd$
becquerel	Bq	radioactivity (decays per unit time)	1/s	s^{-1}
gray	Gy	absorbed dose (of ionizing radiation)	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
sievert	Sv	equivalent dose (of ionizing radiation)	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
katal	kat	catalytic activity	mol/s	$s^{-1} \cdot mol$

Az USA-ban nem tértek át az SI-re...



1999-ben az alvállalkozó Lockheed Martin cég munkatársai a NASA által használt metrikus rendszer helyett az angolszász mértékegységeket használták (1 láb = 0.3048 méter). A hiba következtében a Mars Climate Orbiter nevű szonda, amelynek feladata a marsi atmoszféra vizsgálata lett volna, olyan alacsonyra ereszkedett, hogy nem „élte túl” az ott uralkodó légköri hatásokat.

Mars Climate Orbiter
és Mars Polar Lander
125 millió \$

Az etalon definíciója

Az etalon mérték, mérőeszköz, anyagminta vagy mérőrendszer, amelynek az a rendeltetése, hogy egy mérhető mennyiség egységét, illetve egy vagy több ismert értékét definiálja, megvalósítsa, fenntartsa vagy újraelőállítsa és referenciaként szolgáljon. A rendszeresen mértékek, mérőeszközök vagy anyagminták kalibrálására vagy ellenőrzésére szolgáló etalonokat használati etalonoknak nevezik.

Leszármaztatás

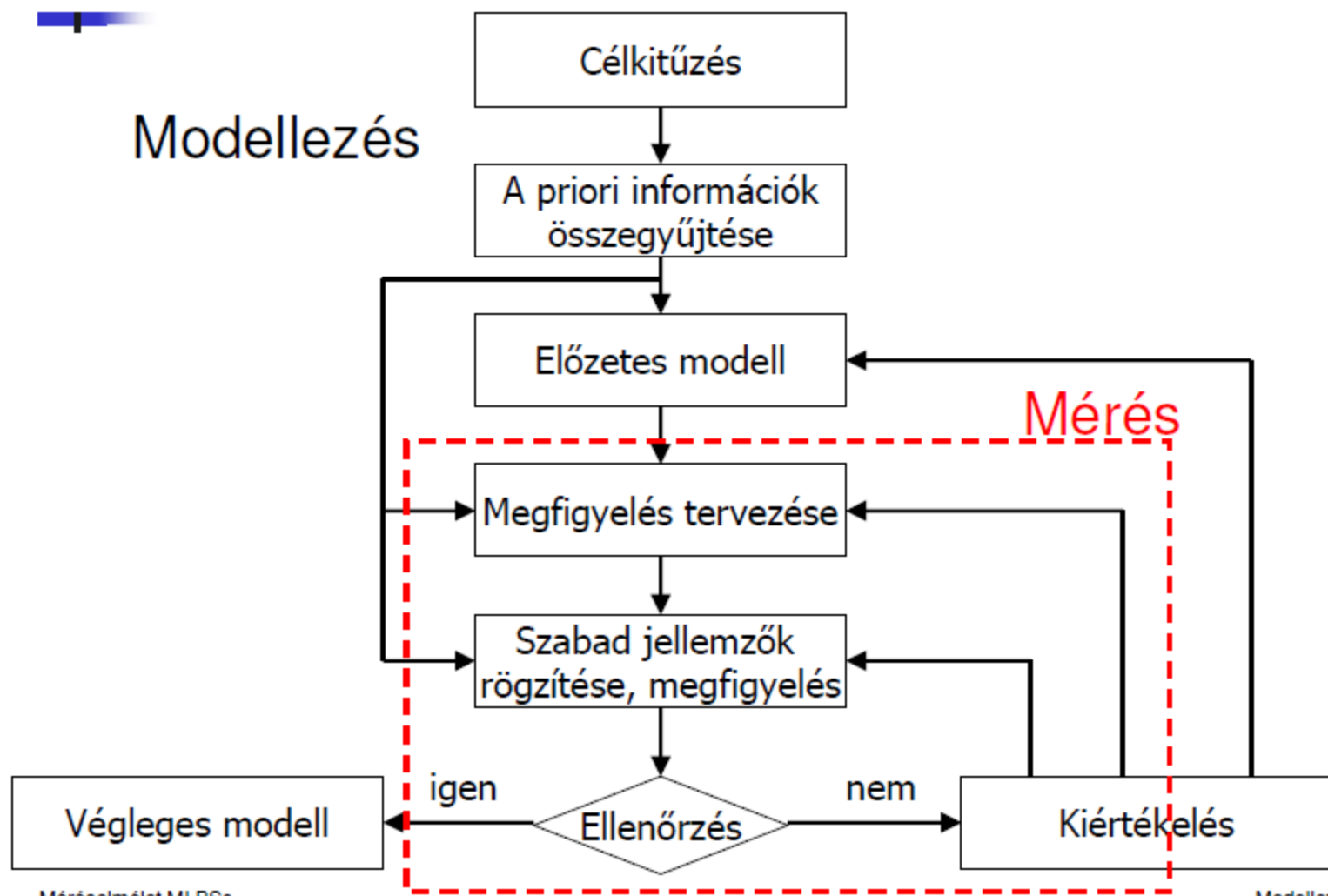
A leszármaztatás (vagy átszármaztatás) az országos etalontól a használati mérőeszközökig húzódó mérések megszakítatlan láncolatának elvégzése, melyek célja a **mértékegység átvitele a legpontosabb mérőeszközökről (az etalonokról) a kisebb pontosságú mérőeszközökre**, minél kisebb mértékű és feltétlenül ismert nagyságú pontosságveszteség mellett. A leszármaztatás biztosítja a mérési eredmények visszavezethetőségét. A leszármaztatási lánc (vagy visszavezethetőségi lánc) felsőbb szakaszai általában a **mérésügyi szerveknél**, alsóbb szakaszai különféle laboratóriumokban valósíthatók meg.

Modell és modellezés

- Modell = a vizsgált jelenségre vonatkozó ismereteink formális kifejezése (funkcionális, fizikai, matematikai).
- A modell jellemzője a jósága - hibája.
- **A szükséges modell:** tovább nem egyszerűsíthető, mert a hiba megengedhetetlen.
- **Elégséges modell:** bonyolultabb modell felesleges költségeket okoz.
- Mérés megtervezése = **optimális modell** kiválasztása.

A modellalkotás lépései

Modellezés



Méréselmélet MI DSz

Modellezés

A mérés technika alapelvei, alfogalmak

- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

Vége az 1. előadásnak

- i.) Követelmények
- ii.) Ismétlés: mérés fogalma, SI, etalon, modellalkotás, bizonytalanság, hitelesítés
- iii.) Mérési alapelvek

Cserey György
2016. 09. 13.

Méréstechnika labor

3. előadás

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)
- iii.) Ismétlés: Félvezetők

Cserey György
2016. 09. 27.

Mennyiségek: töltés, potenciál, feszültség

- A töltés fogalma
 - A töltés az atomi részecske egy elektromos tulajdonsága.
 - A Coulomb [C] - a töltés SI mértékegysége. Egy elektron töltése -1.6×10^{-19} [C]
 - Töltés megőrzés ill. tárolás
- A potenciál fogalma
 - Töltések vonzása/taszítása
 - Elektromos mező
 - Egy mozgó töltés energiája az elektromos mezőben
- A feszültség két elektromos potenciál közötti különbség
 - Mindig két pont között értelmezett
 - A földpont egy fiktív pontja az áramkörnek.
- Vonalintegrálja egy egységnyi töltésre ható erőnek egy elektromos mezőben.
- Szokásos jelölése $u(t)$ vagy U . Az SI mértékegysége a Volt [V].

Mennyiségek: áram, teljesítmény

- Az áram a töltések mozgása. A töltés időbeli változásának mértéke.
 - Az áram az idő szerinti deriváltja egy áramköri elemen áthaladó töltésnek.
 - Szokásos jelölése $i(t)$ vagy I .
 - Az SI mértékegysége az Amper [A].
- A teljesítmény a feszültség és az áram szorzata
 - Egy áramköri elem teljesítménye a hozzá szállított vagy tőle elvont energia időbeli deriváltja.
 - Szokásos jelölése $p(t)$ vagy P . Az SI mértékegysége a Watt [W].

Az áramköri elemek: bevezetés

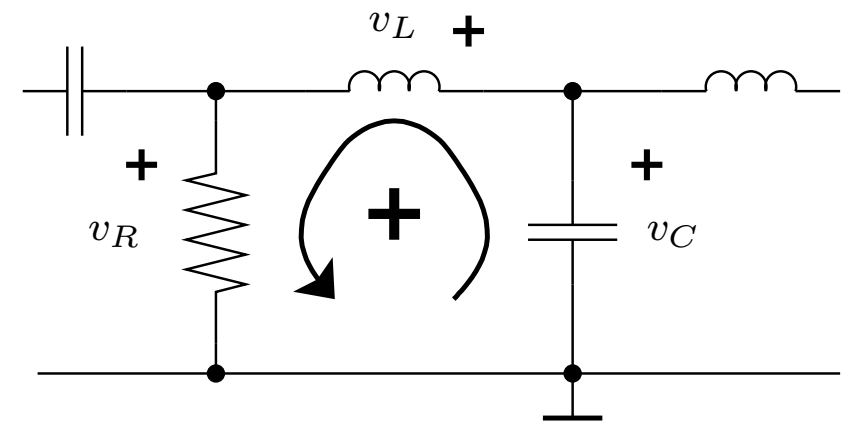
- Az áramkör komponensek összessége, amelyek elvezetései csomópontokban kapcsolódnak (mint egy hálózat).
- Alapvetően 7 fajta komponens (áramköri elem) építi fel az összes áramkört:
 - feszültség- és áramforrás
 - ellenállás,
 - kapacitás (kondenzátor)
 - induktivitás (tekercs)
 - dióda és tranzisztor
- Ezekből az építőelemekből nagy bonyolultságú áramköröket (vagy hálózatokat) tudunk építeni: számítógép, kommunikációs vevő, audio-video szórakoztató rendszerek, hadászati fegyverek, orvosi diagnosztikai rendszerek, stb...

A Kirchhoff törvények

- Az áramkörelmélet alapvető feltevése, hogy teljesül a feszültségekre a Kirchhoff feszültségtörvény (Kirchhoff's voltage law, KVL):

$$u_1 + u_2 + \dots + u_m = \sum_{k=1}^m u_k = 0$$

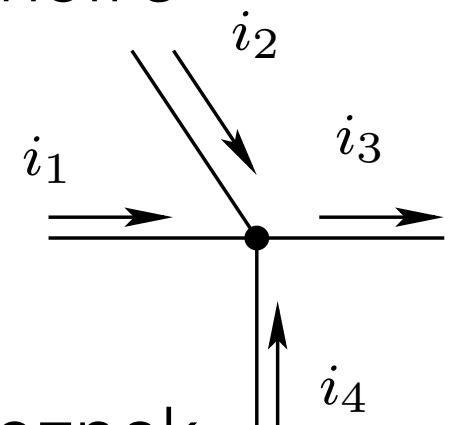
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



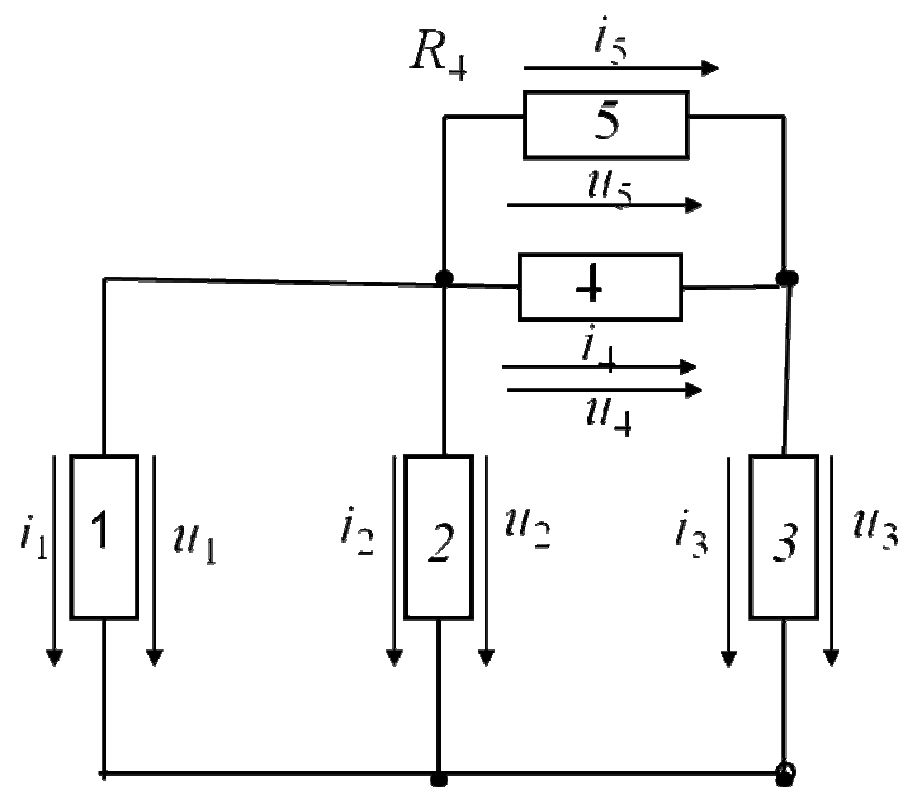
- és az áramok teljesítik a Kirchhoff áramtörvényt (Kirchhoff's current law, KCL):

$$i_1 + i_2 + \dots + i_n = \sum_{k=1}^n i_k = 0$$

ahol az áramok egy csomópontból indulnak vagy érkeznek.



Az áramkör lineáris homogén egyenletrendszere



KVL:

$$u_2 - u_3 - u_4 = 0$$

$$u_1 - u_2 = 0$$

$$u_5 - u_4 = 0$$

KCL:

$$i_1 + i_2 + i_4 + i_5 = 0$$

$$-i_5 - i_4 + i_3 = 0$$

~~$$-i_1 - i_2 - i_3 = 0$$~~

Lineárisan
független
egyenletek

Megjegyzés: 10 ismeretlen, 5 egyenlet és 5 karakterisztika

Parametrikusan
Strukturálisan

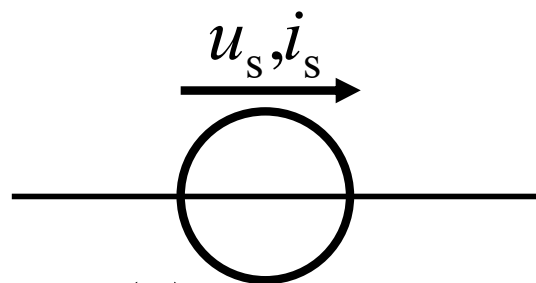
Reguláris hálózat

Megoldható

A komponensek osztályozása 1.

Források:

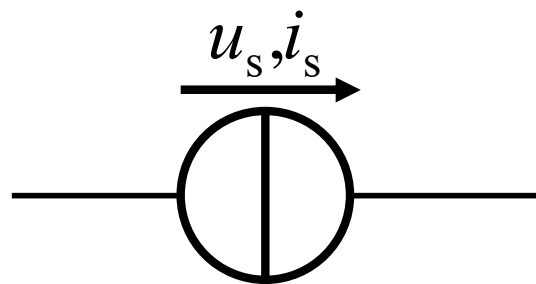
□ Feszültségforrás:



$$u = u_s(t)$$

i tetszőleges az áramkör kényszere

□ Áramforrás:



$$i = i_s(t)$$

u tetszőleges az áramkör kényszere

□ Megjegyzés:

■ DC: $u_s(t) = U_0$

■ AC: $u_s(t) = U_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$

■ Csúcstól csúcsig érték:

$$U_{pp} = U_{\max} - U_{\min}$$

■ Effektív érték (RMS):

Szinuszos jelre:
 $U_{\text{eff}} = 0.707 U_{\max}$

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

Abszolút érték

$$U_{\text{abs}} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

■ Átlag érték: DC az AC-ban

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

A komponensek osztályozása 2.

- Rezisztív (egyébként dinamikus): $u(t=\tau)$ csak az $i(t)$ τ ideőbeli értékétől függ:

$$u(t = \tau) = \Phi_u \{i(t)\} = U(i(t = \tau), \tau) \quad \forall \tau$$
$$(\text{vagy } i(t = \tau) = \Phi_i \{u(t)\} = I(u(t = \tau), \tau))$$

- Példa:
- Az ellenállás rezisztív, mivel u -t determinálja i a τ időpontban:

$$u=i R \text{ (Ohm "törvény")}$$

- Az indukció (tekercs) dinamikus, mivel $u(t=\tau)$ nem határozható meg $i(t=\tau)$ ismeretében:

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

A komponensek osztályozása 3.

- Lineáris (egyébként nemlineáris) komponensek teljesítik a szuperpozíció elvét:

$$\Phi_u \left(\sum_k C_k \cdot i_k(t) \right) = \sum_k C_k \cdot \Phi_u(i_k(t)) = \sum_k C_k \cdot u_k(t)$$

- Példák:
- Az ellenállás lineáris elem.
- Az indukció (tekercs) is lineáris, mivel

$$\Phi_u \{K_1 i_1 + K_2 i_2\} = L \frac{d(K_1 i_1 + K_2 i_2)}{dt} = K_1 L \frac{d(i_1)}{dt} + K_2 L \frac{d(i_2)}{dt} = K_1 \Phi_u \{i_1\} + K_2 \Phi_u \{i_2\}$$

A komponensek osztályozása 4.

- Időinvariáns (egyébként idővariáns) egy komponens, amelynek u feszültsége explicit nem függ az időtől:

$$u(t) = \Phi_u \{i(t)\} \rightarrow u(t - \tau) = \Phi_u \{i(t - \tau)\}$$

- Kauzális (egyébként akauzális) egy komponens, ha az u feszültség függ az i áram múltjától/jelenétől, de nem függ a jövőjétől, azaz az $u(\tau)$ csak az $i(t)$ azon értékeitől függ, ahol $t < \tau$.

A komponensek osztályozása 5.

- Passzív (egyébként aktív) komponensek mindig fogyasztják (soha nem termelik) az energiát, azaz a munkafüggvényük mindig pozitív:

$$w(t) \geq 0$$

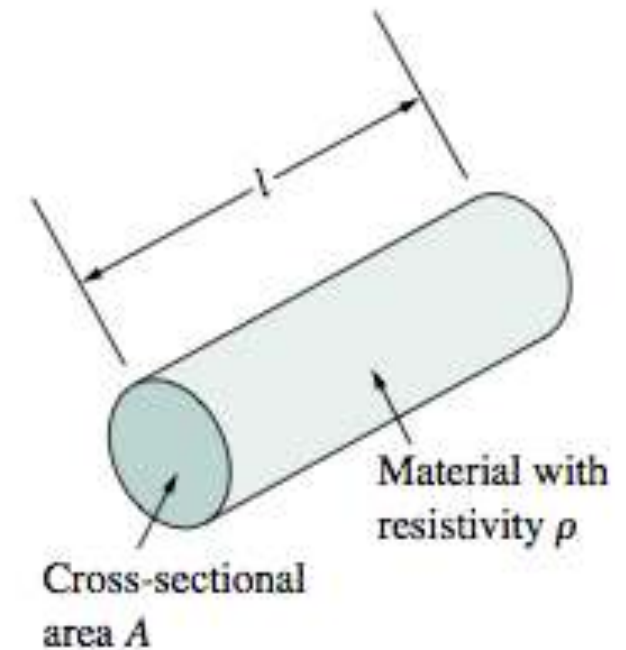
- Példa:
- Az ellenállás passzív elem, mivel

$$w(t) = \int_{-\infty}^t u \cdot i dt = \int_{-\infty}^t (Ri) \cdot i d\tau = R \int_0^t i^2 dx \geq 0$$

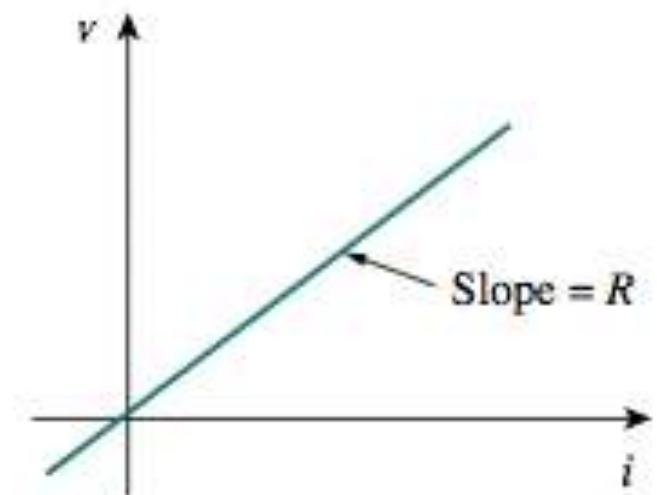
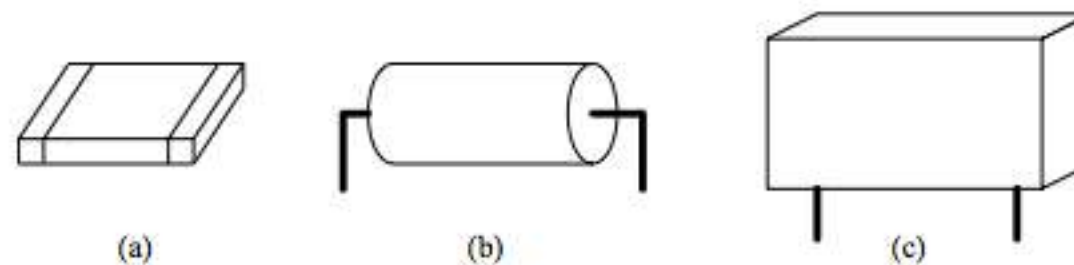
↑
csak ha $R > 0$!

Az ellenállás

- egyértelmű összefüggés van a rajta mért feszültség és a rajta átfolyó áram között, függetlenül az időbeli lefolyástól.
- $u=f(i)$, az esetek többségében: $u=Ri$
- közösleges, lineáris ellenállások. Az ellenállás aktív részének anyaga szénréteg, fémréteg, ellenállás-huzal. Kerámia tartókra viszik fel, kivezetéseket csatlakoztatnak hozzá.
- hőre érzékeny ellenállások. NTC hőre csökken-, PTC hőre nő az ellenállás értéke. Hőmérséklet mérés, túláram védelme.
- potenciométerek. Két végérték között változtatható az ellenállás értéke.



$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$



Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Ellenállások soros kapcsolása:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_N = \sum_{n=1}^N R_n$$

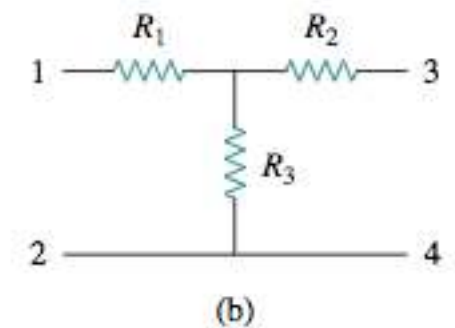
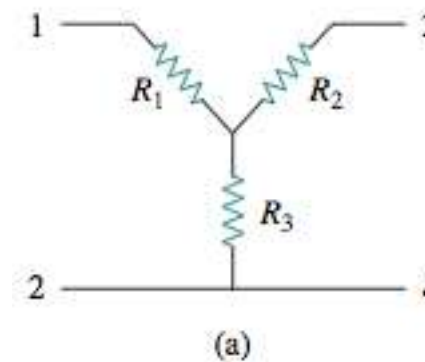
- Párhuzamos kapcsolása: $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_N}$$

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Delta -> Csillag átalakítás:



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

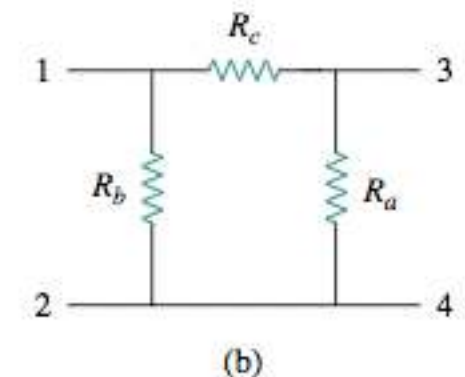
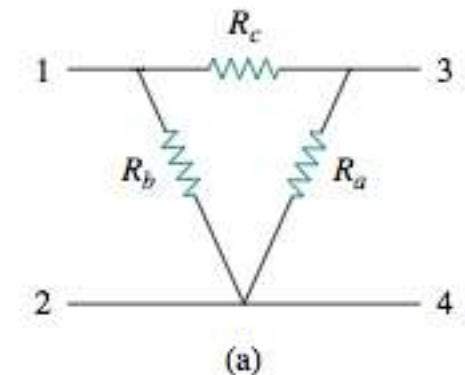
$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

- Csillag -> Delta átalakítás:

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

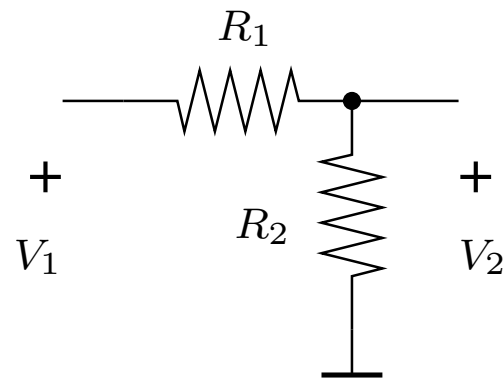
$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$



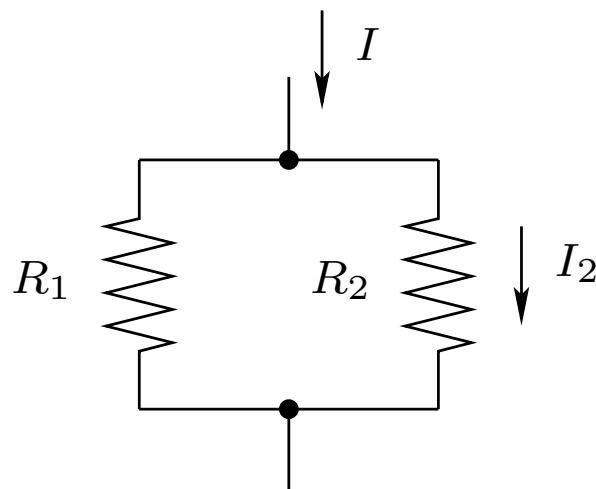
Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Feszültségosztó tétele:



$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

- Áramosztó tétele:



$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Források deaktivizálása nem egyenlő a kivételükkel.
- Feszültségforrás deaktivizálása rövidzár.
- Áramforrás deaktivizálása szakadással helyettesíthető.

A szuperpozíció elve

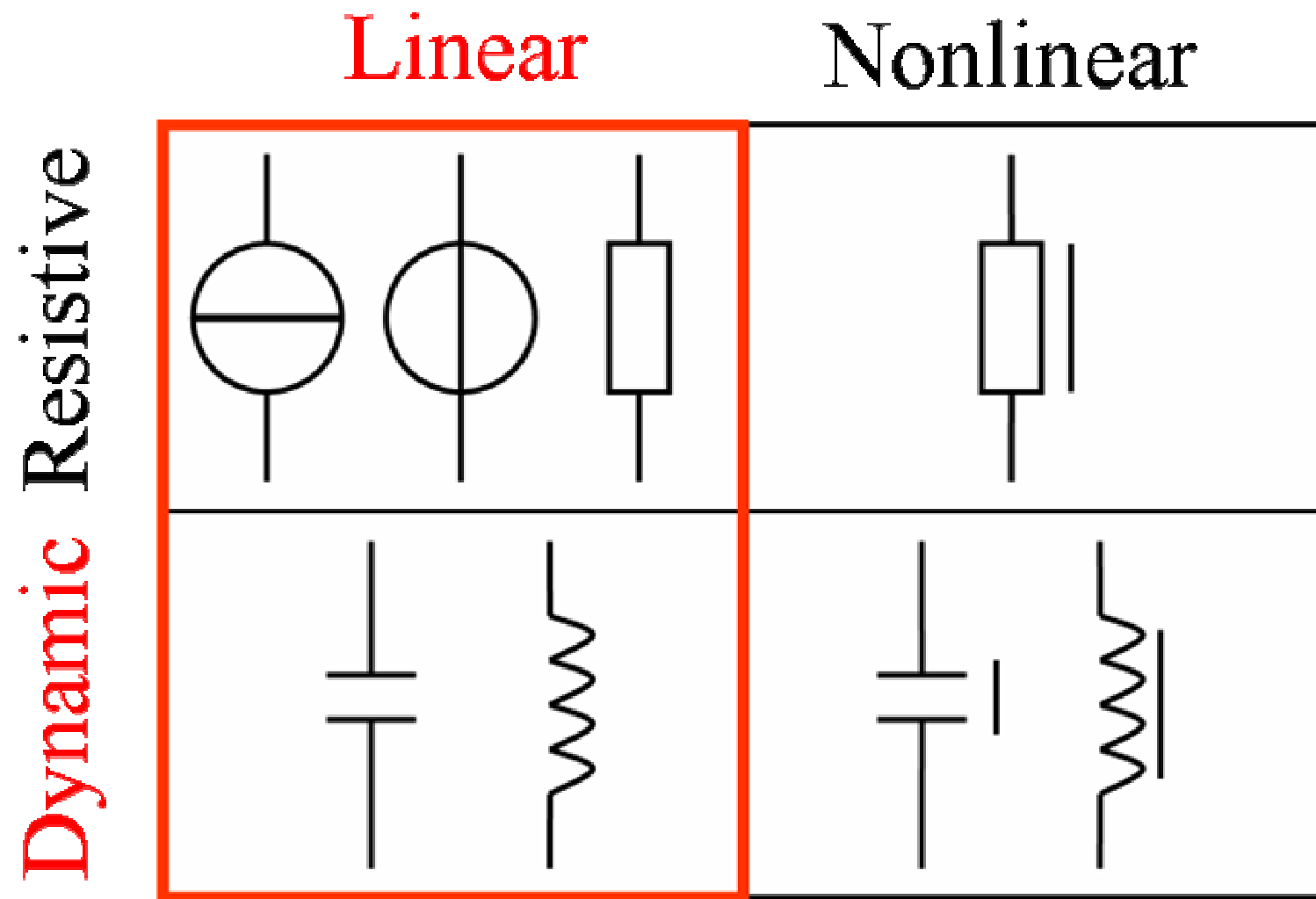
- A szuperpozíció elve kimondja, hogy a teljes válasz a független források válaszainak összege. Ez az elv lineáris rendszerek esetén teljesül.
- Egyenlet alakban:

$$u = u^{(1)} + u^{(2)} + u^{(3)} + \dots + u^{(n)}$$

- ahol n most a források számát jelöli.

Lineáris dinamikus áramkörök (vagy hálózat)

- Alapvető lineáris áramköri elemek:
- Ellenállás, R , $[\Omega]$ (Ohm)
- Indukció (tekercs), L , $[H]$ (Henry)
- Kapacitás (kondi), C , $[F]$ (Farad)



Induktivitás (tekercs)

- Az áram a tekercsben mágneses mezőt indukál:

$$B(t) = K_1 i_L(t)$$

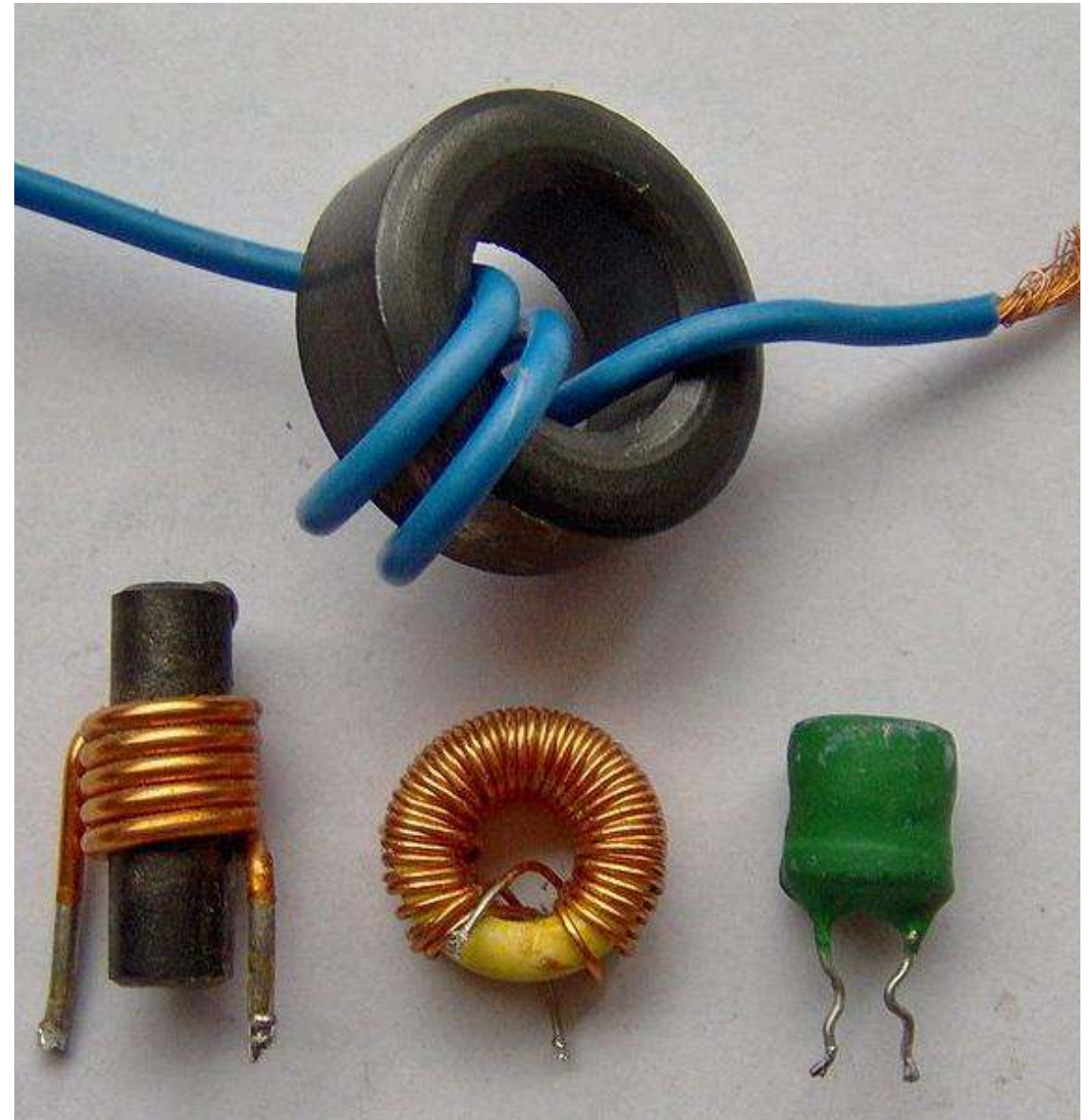
- A mágneses mező változása induktív feszültséget eredményez:

$$u_L(t) = K_2 \frac{dB(t)}{dt}$$

- A pillanatnyi feszültség értéke:

$$u_L(t) = \Phi_u \{i_L(t)\} = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

- ahol $L = K_1 K_2$.



Kapacitás (kondenzátor)

- A kondenzátorban lévő töltést az E elektromos mezővel arányos feszültség határozza meg:

$$Q = C u_C(t),$$

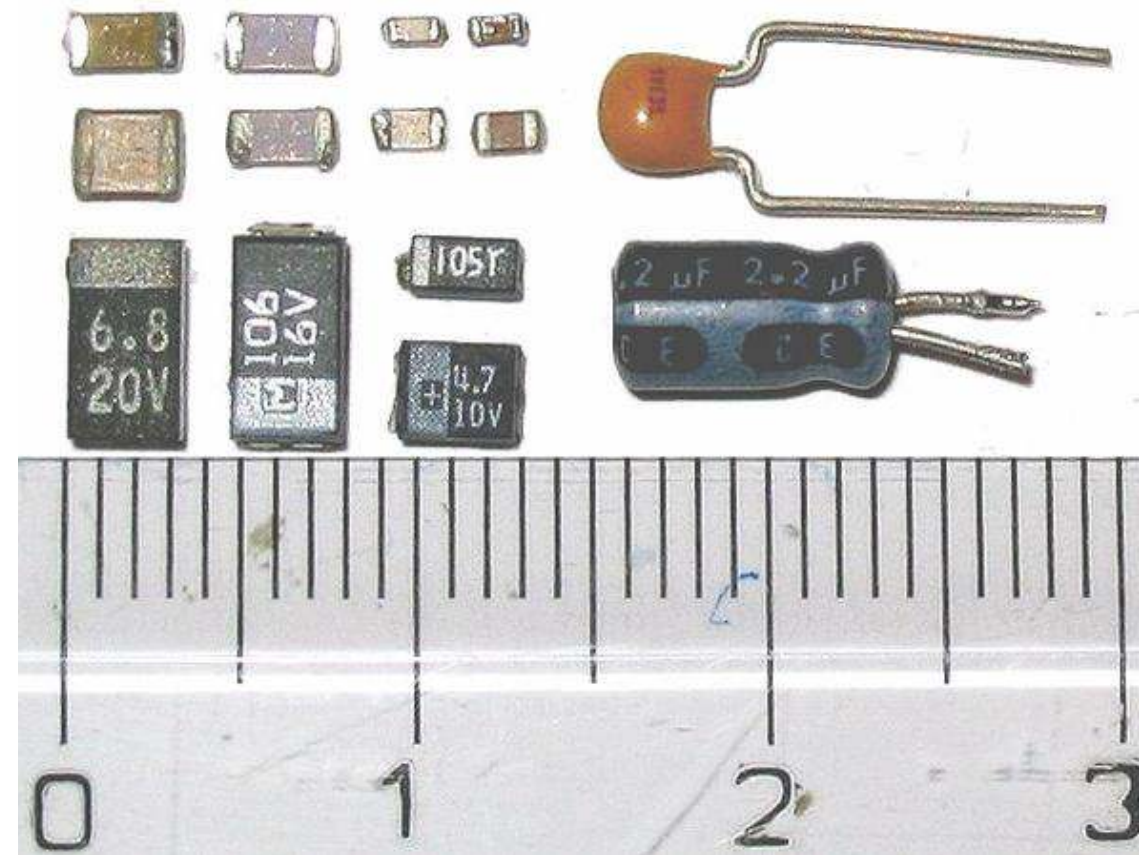
ahol C a kapacitás.

- A töltés időbeli változása:

$$i_C = dQ/dt.$$

- A pillanatnyi áram ezek alapján

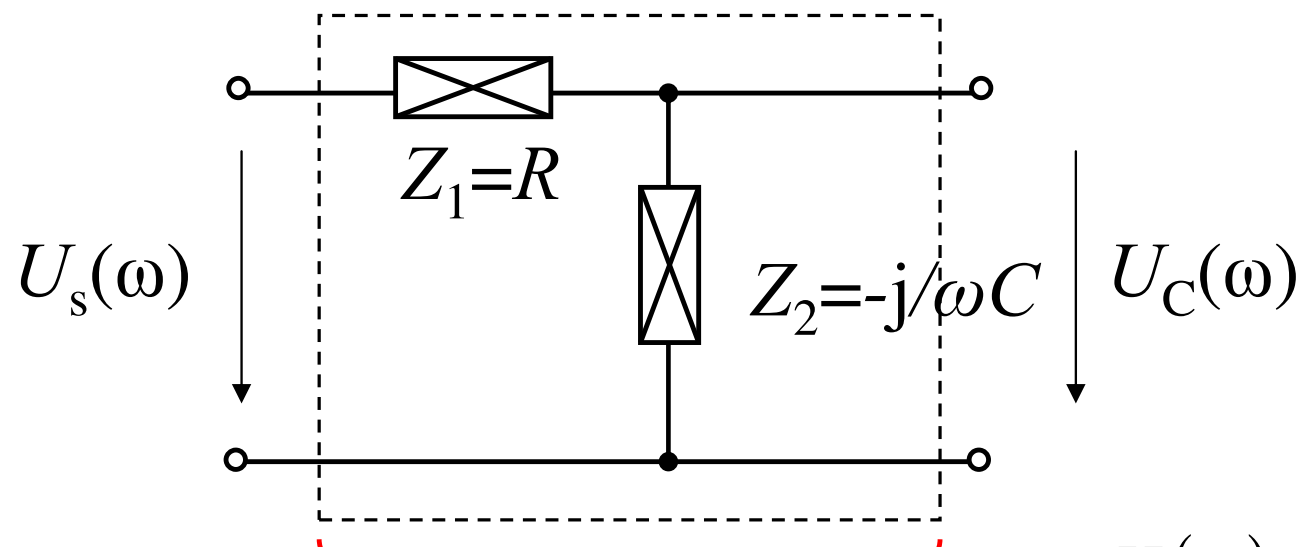
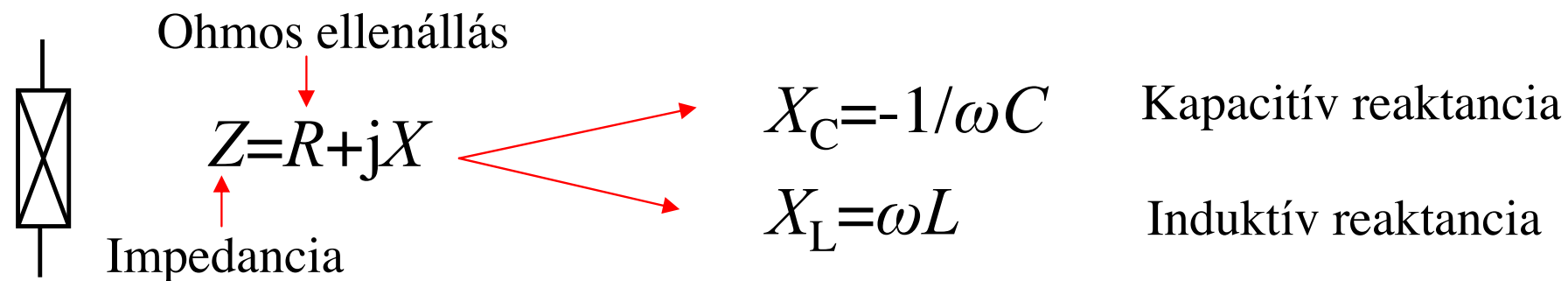
$$i_C(t) = \Phi_i \{u_C(t)\} = C \frac{du_C(t)}{dt}$$



Az impedancia fogalma

- Állandósult állapotú, szinuszos gerjesztésű (un. AC) hálózatok analízisének alkalmazzuk.
 - sok rendszer ilyen
 - a szinuszos mérőjelek könnyen generálhatók
 - áramkör tranziens viselkedése sokszor nemérdekes
 - bármiféle jel összerakható szinuszos jelekből:
 - periódikus jel: Fourier sor
 - tetszőleges jel: Fourier transzformáció
- Az egyes áramköri elemek impedanciája
 - Ellenállás: $Z_R = V_R / I_R = R \text{ } [\Omega]$
 - Induktivitás: $Z_L = V_L / I_L = j\omega L \text{ } [\Omega]$
 - Kapacitás: $Z_C = V_C / I_C = 1 / j\omega C \text{ } [\Omega]$
- Az impedancia a kapcsolási rajzból közvetlenül felírható
- Az impedanciákkal formálisan mint az ellenállásokkal egy DC hálózatban lehet és kell számolni

Az impedancia fogalma



$$H(\omega) = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{-j\frac{1}{\omega C}}{R - j\frac{1}{\omega C}} = \frac{1}{1 - j\omega RC}$$

Egyszerű feszültségosztó képlet!

Vége az 3. előadásnak

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)
- iii.) Ismétles: Félvezetők

Cserey György
2016. 09. 27.

Méréstechnika labor

4. előadás

- i.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)
- ii.) Ismétlés: Félvezetők

Cserey György
2016. 10. 04.

Miért fontos a lokalizáció?

- Sok alkalmazás számára fundamentális komponens
 - GPS nem mindenütt érhető el
 - “kontextusfüggő rendszerek” - az eszközöknek tudnia kell, hogy hol vannak
 - Útvonalválasztás és lefedettség probléma kezelése
 - Személy és eszköz mozgásának követése
 - Térbeli referencia szükséges amikor térbeli jelenséget figyelünk meg
- Néhány alkalmazásban azonosítani szeretnénk a pontos pozíciónkat:
 - Hol történt valami?
 - Hol van egy bizonyos objektum (pl.: eszköz)?

Lokalizációs rendszerek osztályozása 1.

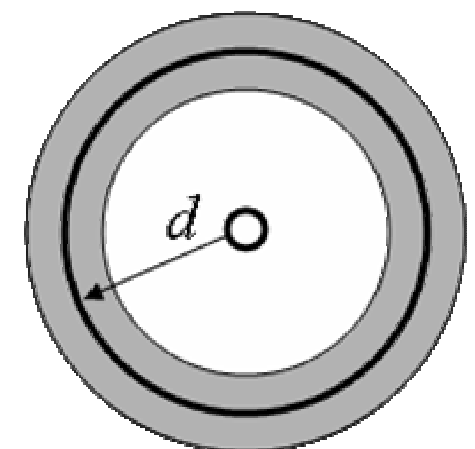
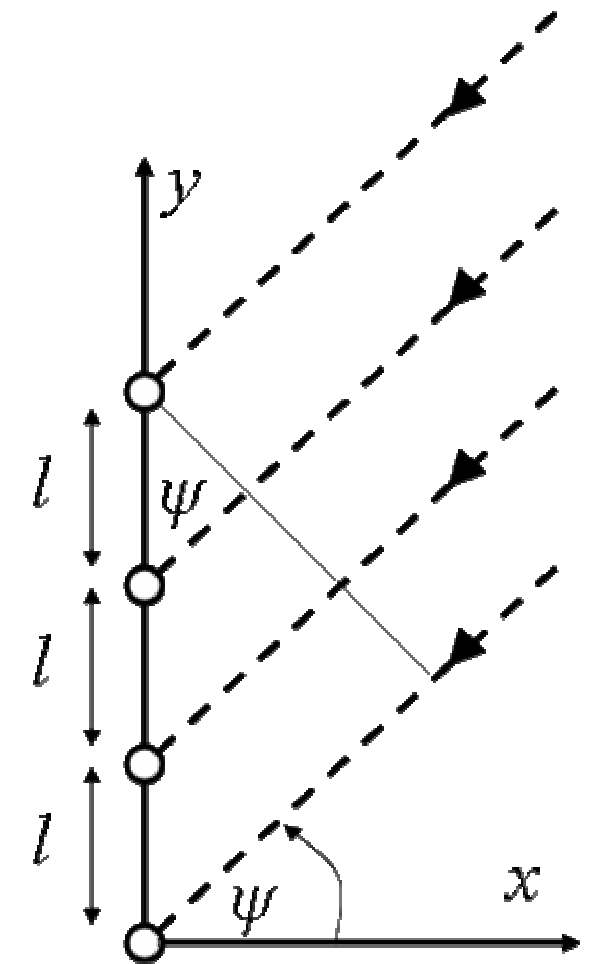
- Jelséma alapján
 - Infravörös jelek (olcsó, kis teljesítményű, napfényre érzékeny, falon nem halad át)
 - Optikai jelek (LoS, kis teljesítményű, napfényre érzékeny, nagy pontosság érhető el vele kis távolságban (10m))
 - Ultrahang jelek (nagy pontosság kis távolságban, nagy teljesítményt vesz fel, olcsó LoS esetén)
 - Rádiófrekvenciás jelek (leggyakrabban használt, áthalad a falakon, nagy távolságban is érzékelhető)
 - UWB (ultra-wide band, nagyon alacsony fogyasztás, nagy sáv szélesség), CDMA, stb...
 - Cellás mobil rendszerek, WLAN, WPAN, RFID (rádiófrekvenciás azonosító), WSN (wireless sensor network)
- Lokalizációs eszköz
 - Kézi eszköz alapú (saját pozicionálás, pl.: GPS)
 - Hálózaton alapuló (visszajelzés alapján, pl.: WSN)
- Beltéri vs. kültéri lokalizáció

Lokalizációs rendszerek osztályozása 2.

- Lokalizáció típusa szerint:
 - Aktív lokalizáció: a rendszer küld egy jelet, hogy lokalizálja a céltárgyat.
 - Kooperatív lokalizáció: a céltárgy kooperál a rendszerrel.
 - Passzív lokalizáció: a céltárgy által kibocsátott jelek alapján a rendszer számítja pozícióit.
- Centralizált vs. elosztott lokalizáció
- Szoftver vs. hardver alapú lokalizáció
- Relatív vs. abszolút koordináta meghatározása
- Teljesítőkéesség alapján
 - Pontosság, kalibráció, költség, energiafogyasztás, érzékenység, késleltetés, önszervező képesség, stb...

Lokalizációs rendszerek osztályozása 3.

- Helyfüggő paraméterek szerint:
 - Vételi jelszint (RSS)
 - Beesési szög (angle-of-arrival, AOA)
 - Beérkezési idő (time-of-arrival, TOA): korreláció alapú, szinkronizációra van szükség
 - Időkülönbség (time difference-of-arrival, TDOA)

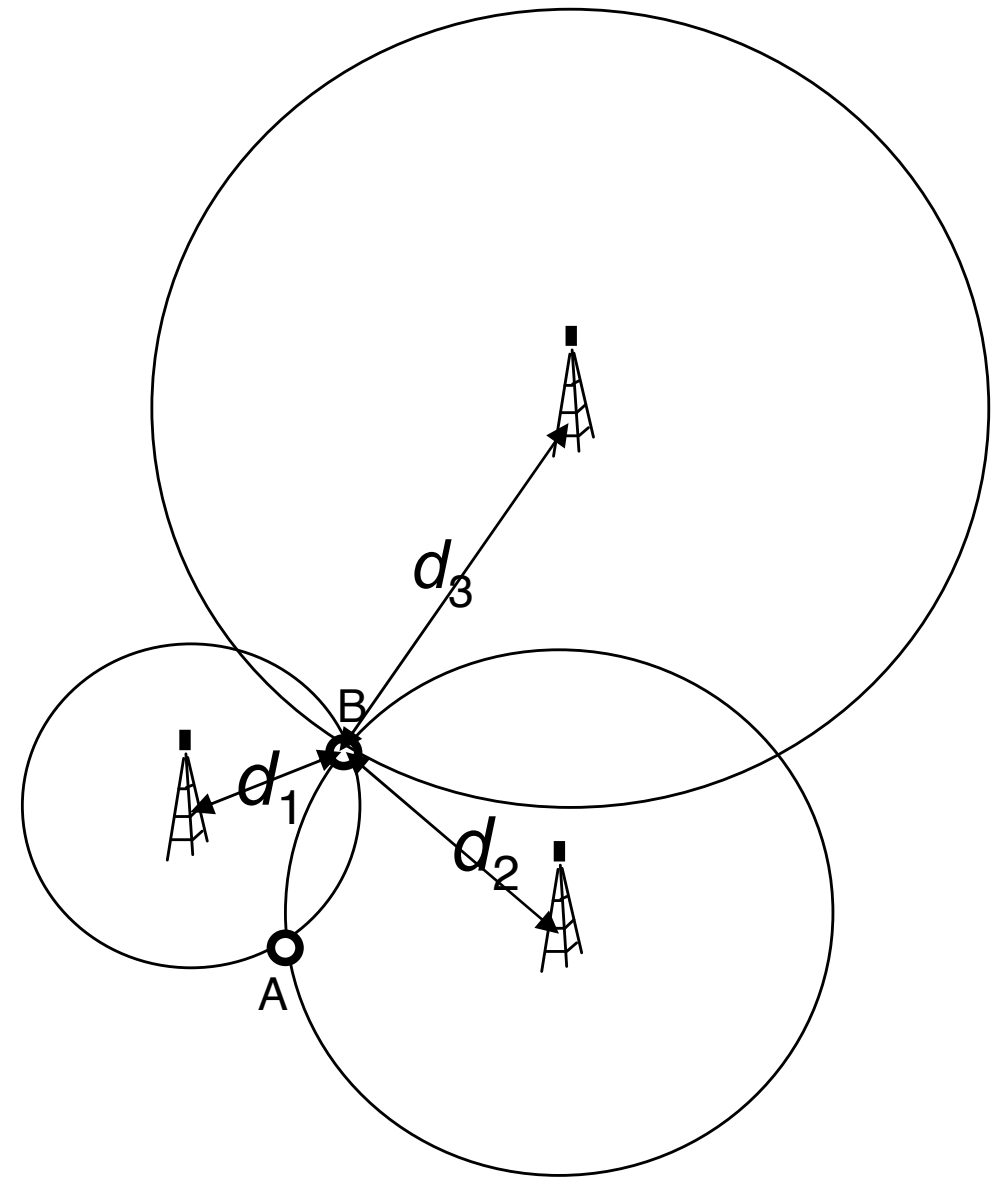


Lokalizációs algoritmusok

- Cella azonosító lokalizáció (a legközelebbi referencia node-ra dönt)
- Geometriai módszerek (távolság alapú)
 - Triangularizáció (legalább 3 node)
 - Trilateráció (2D esetén legalább 3 node, 3D esetén legalább 4 node)
 - Multilateráció
- Statisztikai módszerek
- Minta illeszkedés alapú algoritmusok

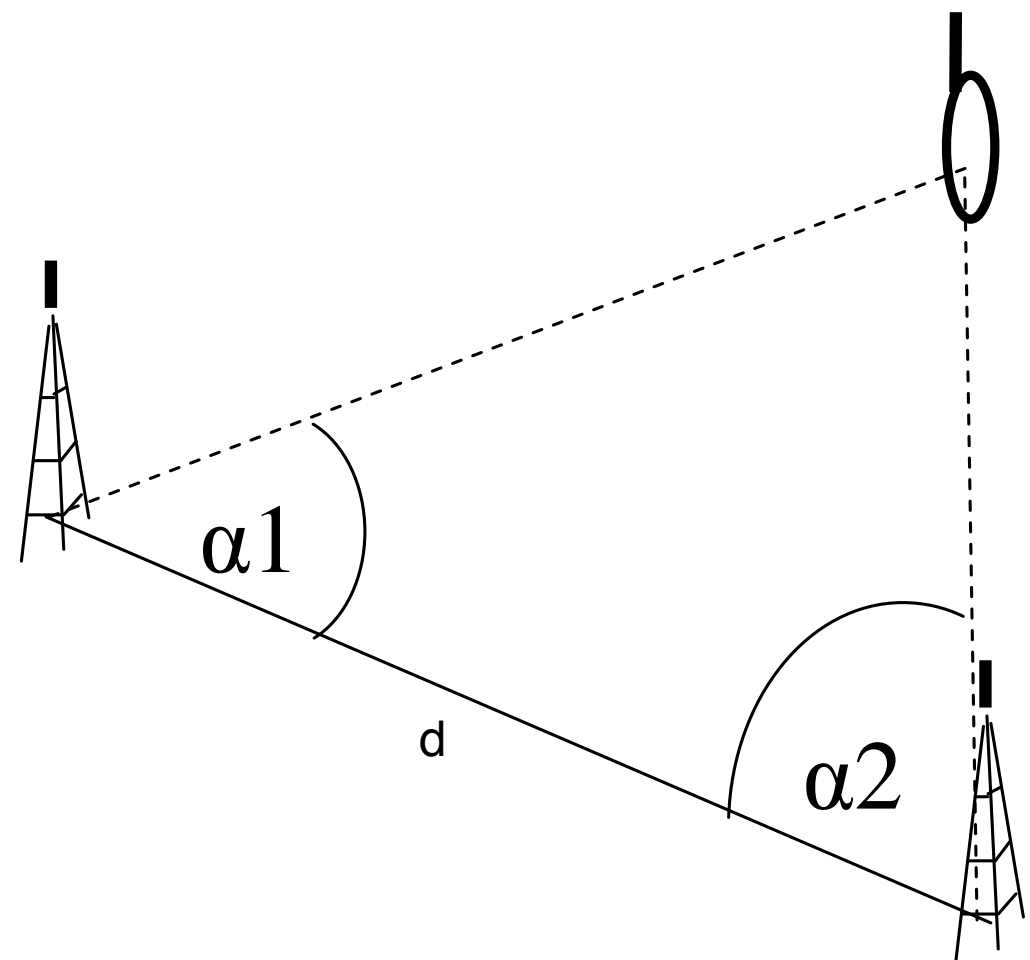
Time-of-arrival (ToA)

- Távaolságmérés alapja a vett jel terjedési ideje (vagy szintje)
- A bázisállomások helye ismert
- Három bázisállomást bemérve meghatározható valódi helyzetünk
- Trilateráció



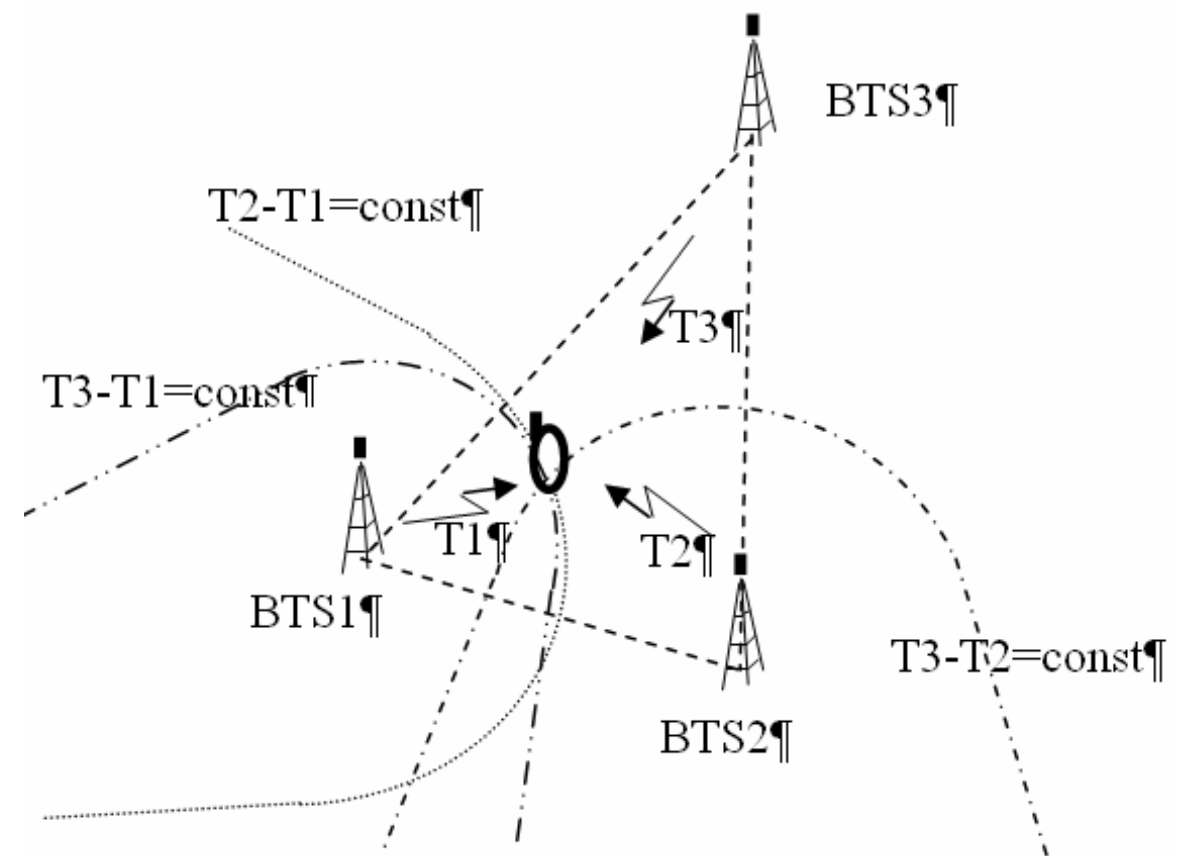
Angle-of-Arrival (AoA)

- A bázisállomások helye ismert
- Két bázisállomás vételi szögét bemérve meghatározható valódi helyzetünk



Time Difference of Arrival (TDoA)

- A bázisállomások helye ismert
- Az azonos időkülönbséggel vett helyek hiperbola mentén helyezkednek el
- Multilateráció



Technológiák

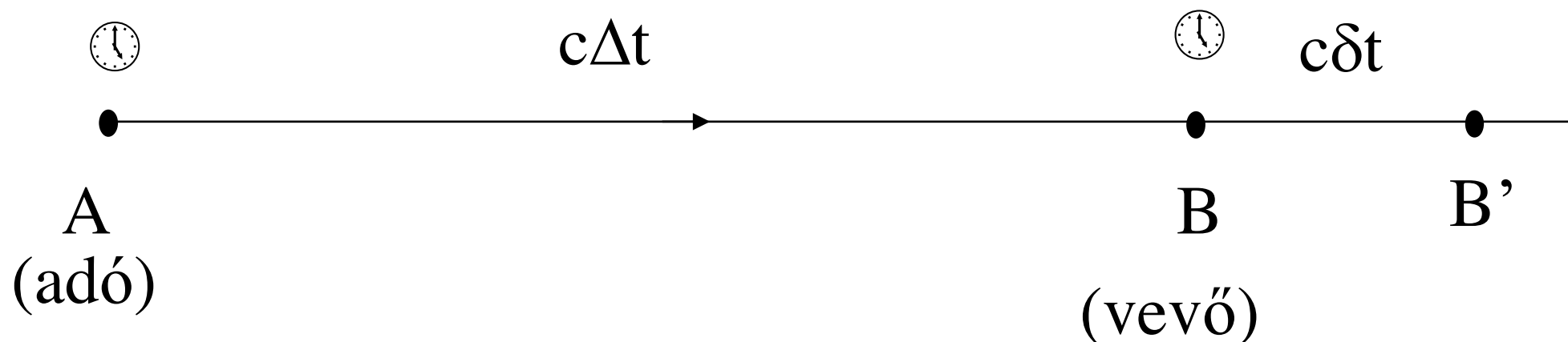
- Hozzáférhető technológiák: Bluetooth, Cellás mobil rendszerek, Műhold, Televízió, Wi-Fi, ZigBee, Ultra Wide Band, RFID, Infravörös, Ultrahang, Lézer
- Ultrahang ToA
 - Szokásos frekvencia 25 - 40KHz, néhány 10 méter távolságban, átlagos pontosság ~2-5 cm
- Akusztikus ToA
 - Távolság = ~10m, pontosság = 10cm
- RF ToA
 - Ubinet UWB pontosság = ~15cm
- Akusztikus AoA
 - Átlagos pontosság = ~5fok (e.g. akusztikus hullámformálás, MIT Cricket)
- RSSI alapú lokalizáció
 - WSN: Pontosság = 2-3m, Távolság = 10m
 - 802.11> Pontosság = ~3m

Elérhető lokalizációs rendszerek

Technológia	Lokalizációs módszer	Pontosság	Megjegyzés
GPS	ToA műhold alapú	1-5m	Drága, beltérben nem működik
Ekahau (WLAN)	RSS-alapú mintaillesztkezés	1m	Már kiépült Wifi hálózaton is működik, nagyon drága
Microsoft RADAR	RSS-alapú mintaillesztkezés	3-4m	Skálázási problémák, már kiépült Wifi hálózaton is működik
LOKI (WLAN)	Legközelebbi cella	Cella méret	Szabadon letölthető, a legközelebbi wifi hotspot étterem biztosan megtalálható
Ubisense	TDOA és AOA	30cm	Maximális céltárgy-szenzor távolság akár 50 m-nél nagyobb
Indoor GPS	AOA	1mm	Lézer alapú pozicionáló rendszer beltérben.
Google mobile	Mintaillesztkezés alapú	50-100m	Ingyen bármely telefonra

Helymeghatározás alapelve időmérésre visszavezelve - passzív egyutas mérés

- Feladat: van A és B pontban független, de jól együtt járó óránk. Tudjuk, hogy A pontból mikor küldünk egy jelcsomagot. Mérjük, hogy mikor érkezik meg és a távolságot az időkülönbségből számoljuk



Ahol: Δt - időkülönbség (amíg eljut A-ból B-be)

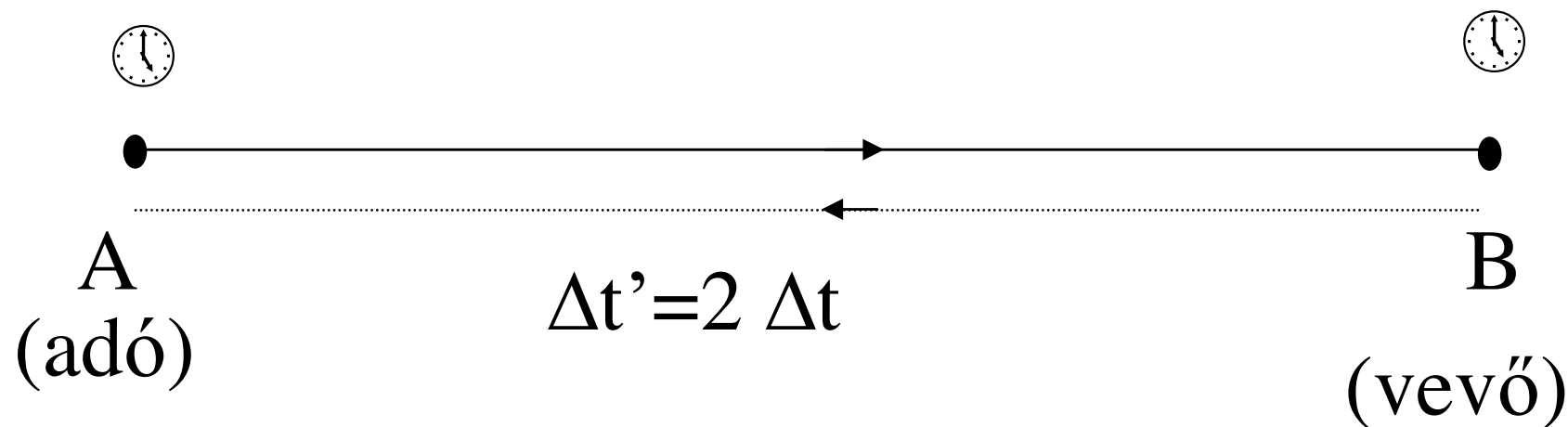
c – (rádió)hullám terjedési sebessége

δt - órahiba

$$\underline{AB} = c\Delta t$$

$$\underline{AB'} = c\Delta t + c\delta t$$

Helymeghatározás alapelve időmérésre visszavezetve - aktív mérés



$$\underline{AB} = \frac{1}{2}c\Delta t$$

Nincs órahiba hatás!!!

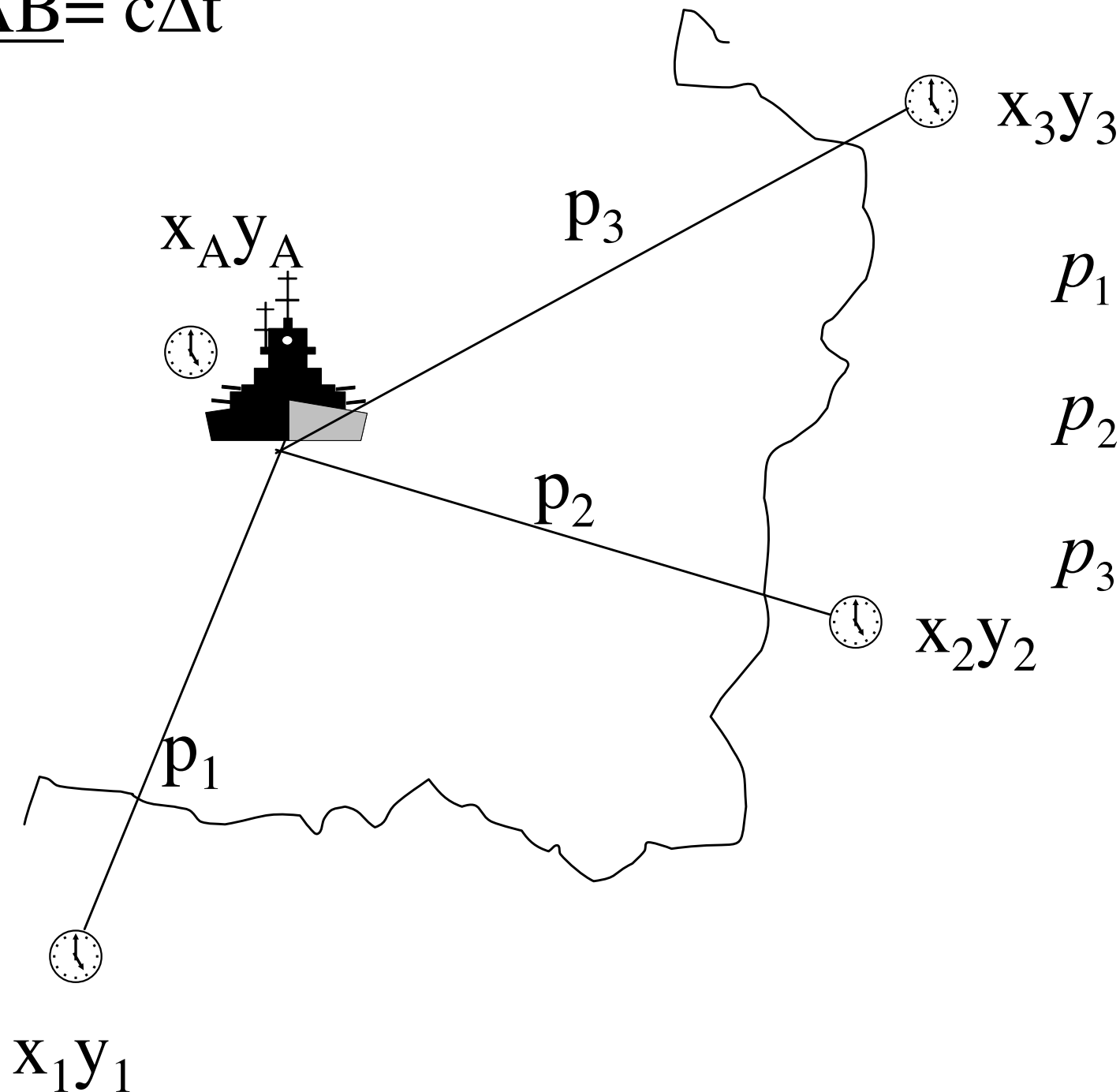
Miért nem használják?

Használók száma korlátozott!

Helymeghatározás alapelve síkbeli rendszernél

$$\underline{AB} = c\Delta t$$

p-pseudo távolság



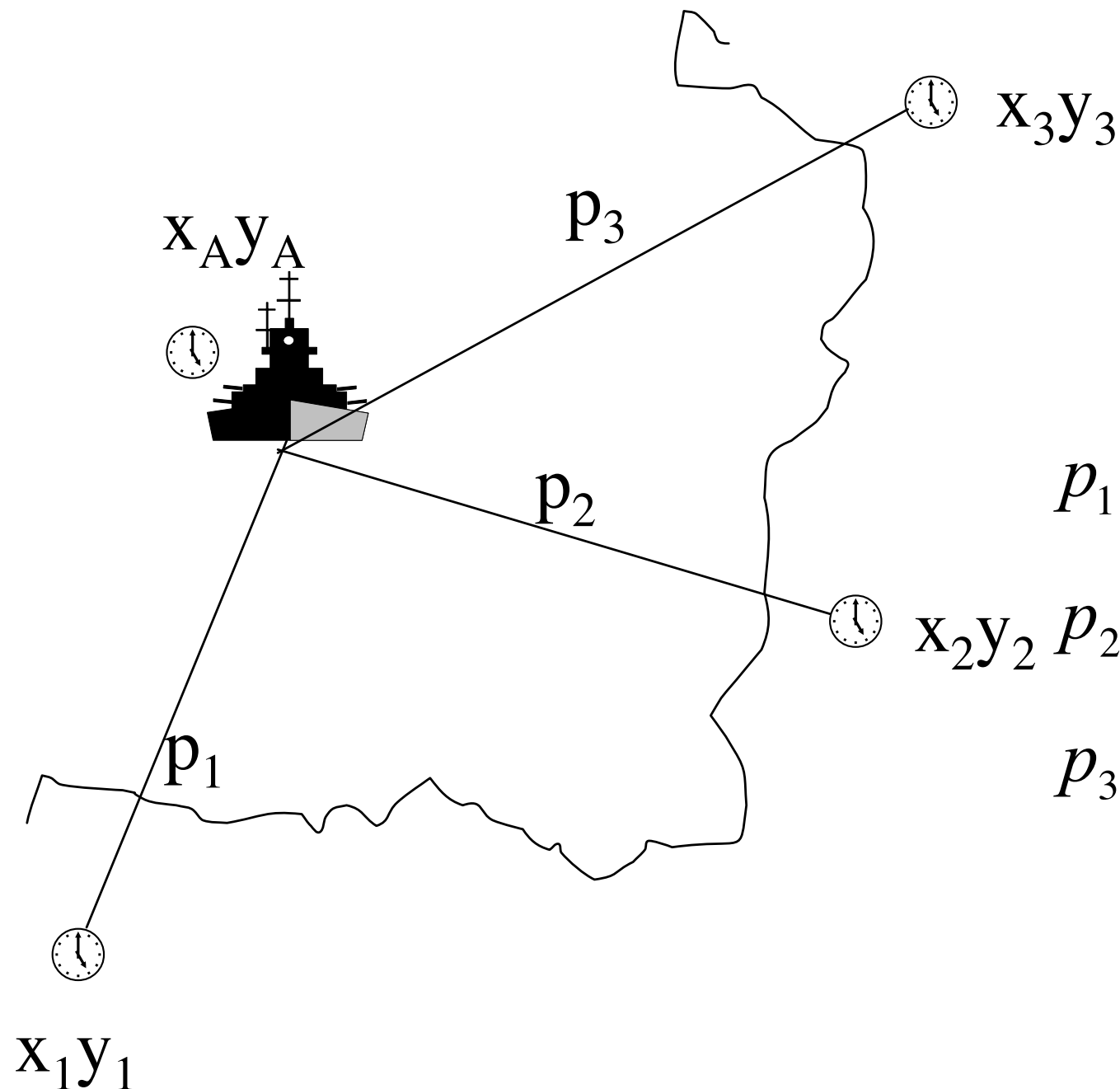
$$p_1 = \sqrt{(x_A - x_1)^2 + (y_A - y_1)^2}$$

$$p_2 = \sqrt{(x_A - x_2)^2 + (y_A - y_2)^2}$$

$$p_3 = \sqrt{(x_A - x_3)^2 + (y_A - y_3)^2}$$

3 egyenlet,
2 ismeretlen,
1 fölösleges mérés?

Helymeghatározás alapelve síkbeli rendszernél órahiba figyelembe vételével



$$p_1 = \sqrt{(x_A - x_1)^2 + (y_A - y_1)^2} + c\delta t$$

$$p_2 = \sqrt{(x_A - x_2)^2 + (y_A - y_2)^2} + c\delta t$$

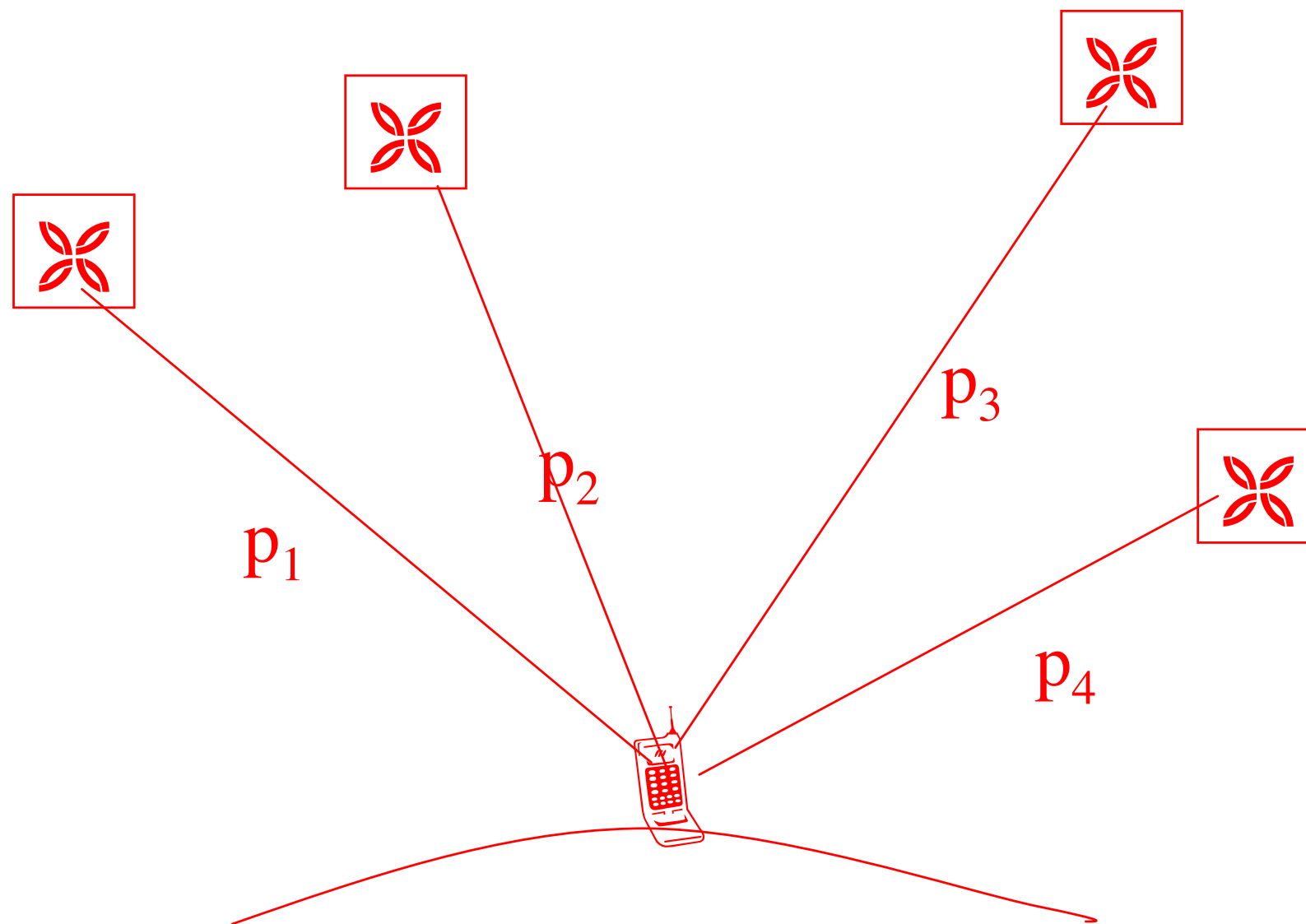
$$p_3 = \sqrt{(x_A - x_3)^2 + (y_A - y_3)^2} + c\delta t$$

3 egyenlet,
3 ismeretlen!

Helymeghatározás műholdakkal (GPS)

- Referenciaállomások - világűrben keringő műholdak
- kb 3,8 km/s sebességgel keringenek
- kb 20000 km magasan
- 24 műhold kering, közülük legalább 4 mindig “látható”
- keringési idő 12 óra

Helymeghatározás műholdakkal (GPS)



Helymeghatározás műholdakkal (GPS)

$$p_1 = \sqrt{(x_A - x_1)^2 + (y_A - y_1)^2 + (z_A - z_1)^2} + c\delta t$$

$$p_2 = \sqrt{(x_A - x_2)^2 + (y_A - y_2)^2 + (z_A - z_2)^2} + c\delta t$$

$$p_3 = \sqrt{(x_A - x_3)^2 + (y_A - y_3)^2 + (z_A - z_3)^2} + c\delta t$$

$$p_4 = \sqrt{(x_A - x_4)^2 + (y_A - y_4)^2 + (z_A - z_4)^2} + c\delta t$$

Pszeudo
távolságok

Órahiba
hatása

- Megjegyzés: ez a trilaterációs módszer. Megoldása nem triviális. + Ha a megfigyelt műholdak száma négynél nagyobb, akkor legkisebb négyzetek módszerével oldható meg:

$$\underline{\Delta \hat{\mathbf{x}} = \left(\mathbf{A}^T \mathbf{Q}_y \mathbf{A} \right)^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{Q}_x^{-1} \Delta \hat{\mathbf{y}}}$$

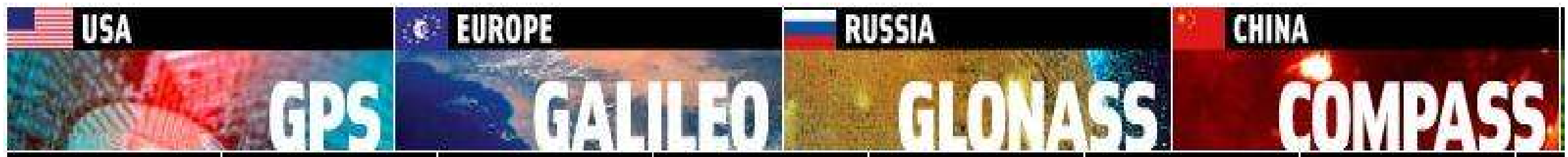
$\mathbf{Q} = \sigma^2 \mathbf{I}$ a mért kódtávolságok kovarianciamátrixa

A GPS kódolás hibaforrásai

Hibaforrás	Fajta	C/A-kód	P-kód
műhold	órastabilitás	3.0	3.0
	Pálya	1.0	1.0
	Egyéb	0.5	0.5
Követő állomás	Pályaadatok	4.2	4.2
	Egyéb	0.9	0.9
Jelterjedés	Ionoszféra	5.0 – 10.0	2.3
	Troposzféra	2.0	2.0
	Többutas terjedés	1.2	1.2
GPS vevő	Mérési zaj	7.5	1.5
	Egyéb	0.5	0.5
Teljes hatás (σ^2)		10.8 – 13.8	6.5

A GPS rendszer

- Az USA kormánya hozta létre és üzemelteti
- Az eredeti szándék nem a polgári célú alkalmazás volt.
- Folyamatosan fejlődik...
- Megvannak már a versenytársak is...



Valóságos GPS

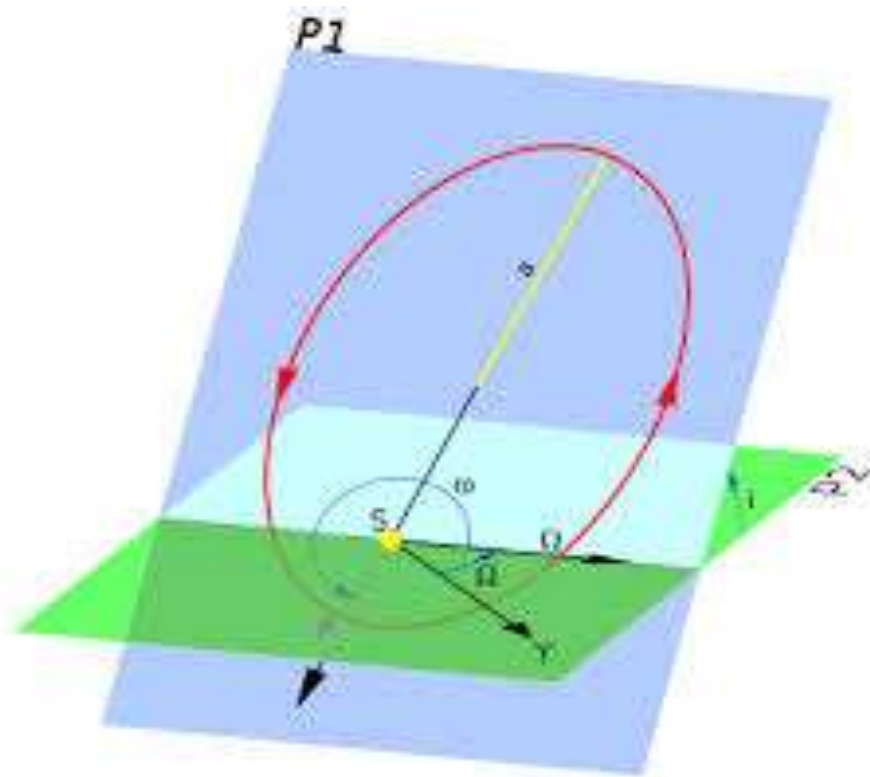
- A műholdak nem “rögzítettek”
- A műhold pozíciók kiszámíthatók az időpont és a műholdpályák alapján
- adatmegadás “GPS” koordinátarendszerben (3 dimenziós, geocentrikus)
- Figyelem! Más, mint a földmérési koordináták!

Valóságos GPS alrendszerei

- Műholdak - (atomóra 10^{-13} pontossággal, célszámítógép, adó-vevő rendszer, antenna, korrekciós hajtóművek)
- GPS vevő (kvarcóra, rádió-vevő, célszámítógép, helyzetinformáció kijelzés, adatátviteli lehetőség)
- Közvetítő állomások (monitor, adatfeldolgozás, adatfeljuttatás)

GPS műholdak - pályajellemzők

- közel kör alakú
- a földfelszín feletti közepes magasság 20240 km
- a keringési idő 12 h (csillagidőben)
- a pályasík elhajlása az Egyenlítő síkjához képest 55-fok (inklináció)



Megjegyzés: A csillagidő az időnek az a mértéke, melynek használata esetén a Föld egyenletes szögsebességgel forog a tengelye körül. Tekintettel arra, hogy a Föld forgási sebességében szezonális és szabálytalan ingadozások is vannak, a csillagidő az inerciaidőhöz viszonyítva nem múlik egyenletesen.

A GPS múltja, jelene és jövője

- 1992
 - 3 csatornás vevők, 10 perces felállási idő
 - Kb.: Ötször drágább, mint ma. (Isd. mobiltelefon)
- 1998 Magyarországon bevezetik az RDS-t
 - Differenciális jelkorrekciós szolgáltatás (RDS)
 - URH adáson keresztül, FM vevővel pontosítja a GPS készülék mérési eredményeit
 - Fajtái: 10 méteres, 5 méteres, méter alatti pontosság
- 2000
 - 12 csatornás vevők, 15-20 másodperces felállási idő
 - Precíziós mérések végzésére is alkalmas

Valóságos GPS jellemzői

- Abszolút vagy relatív helymeghatározás lehetősége,
- álló vagy mozgó pont helyének meghatározása,
- bárhol a földfelszínen,
- felhasználók számára korlátlan (mert “passzív”),
- abszolút helymeghatározás hibája kb. 10m,
- relatív helymeghatározás hibája kb. 1m,
- pontosság fázisméréssel kb. 1cm,
- alapfrekvencia 10,23 MHz, x154, x120 felszorzás után 1575,42 és 1227,60 MHz frekvencia (L1 és L2 frekvenciák), azaz 19,05 és 24,45 cm hullámhossz

Félvezetők

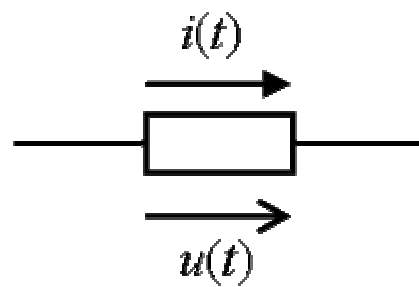
Az áramköri elemek: bevezetés

- Az áramkör komponensek összessége, amelyek elvezetései csomópontokban kapcsolódnak (mint egy hálózat).
- Alapvetően 7 fajta komponens (áramköri elem) építi fel az összes áramkört:
 - feszültség- és áramforrás
 - ellenállás,
 - kapacitás (kondenzátor)
 - induktivitás (tekercs)
 - dióda és tranzisztor
- Ezekből az építőelemekből nagy bonyolultságú áramköröket (vagy hálózatokat) tudunk építeni: számítógép, kommunikációs vevő, audio-video szórakoztató rendszerek, hadászati fegyverek, orvosi diagnosztikai rendszerek, stb...

Elektromos alkatrész vs. áramköri elemek

- Az elektromos alkatrész egy “megfogható” fizikai objektum a laborban, vagy a gyárban.
- A fizikai áramkörök ilyen elektromos alkatrészek vezetéskes összekapcsolásból áll.
- Ezeknek az elektromos alkatrészeknek az idealizált modelljei az áramkörelméletben a komponensek:
 - az ellenállás ($u=Ri$)
 - az induktivitás ($u=Ldi/dt$)
 - a kapacitás ($i=Cdu/dt$)
 - stb...

Komponensek osztályozása



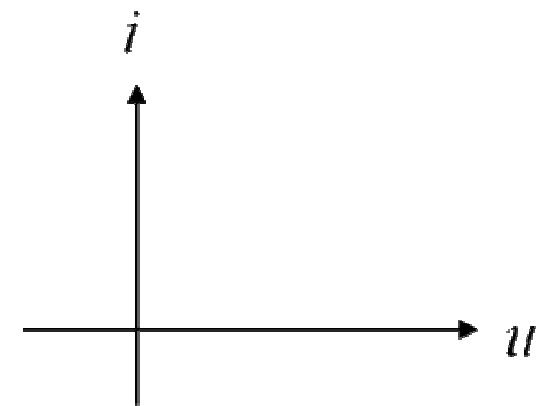
Implicit karakterisztika: $\Phi\{u(t), i(t)\} = 0$



Explicit karakterisztika:

$$u(t) = \Phi_u\{i(t)\}$$

$$i(t) = \Phi_i\{u(t)\}$$



A teljesítmény: $p(t) = u(t) \cdot i(t)$ $\longrightarrow$ $\begin{cases} p(t) > 0 \longrightarrow \text{fogyasztó} \\ p(t) < 0 \longrightarrow \text{termelő} \end{cases}$

Munkafüggvény: $w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau$

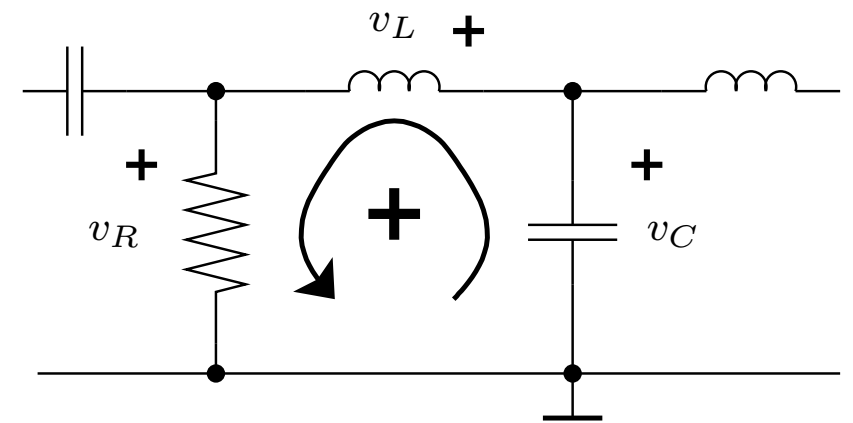
A munka t_1 és t_2 között: $W(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt = w(t_2) - w(t_1)$

A Kirchhoff törvények

- Az áramkörelmélet alapvető feltevése, hogy teljesül a feszültségekre a Kirchhoff feszültségtörvény (Kirchhoff's voltage law, KVL):

$$u_1 + u_2 + \dots + u_m = \sum_{k=1}^m u_k = 0$$

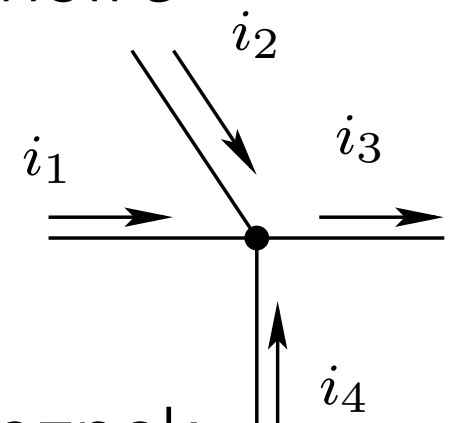
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



- és az áramok teljesítik a Kirchhoff áramtörvényt (Kirchhoff's current law, KCL):

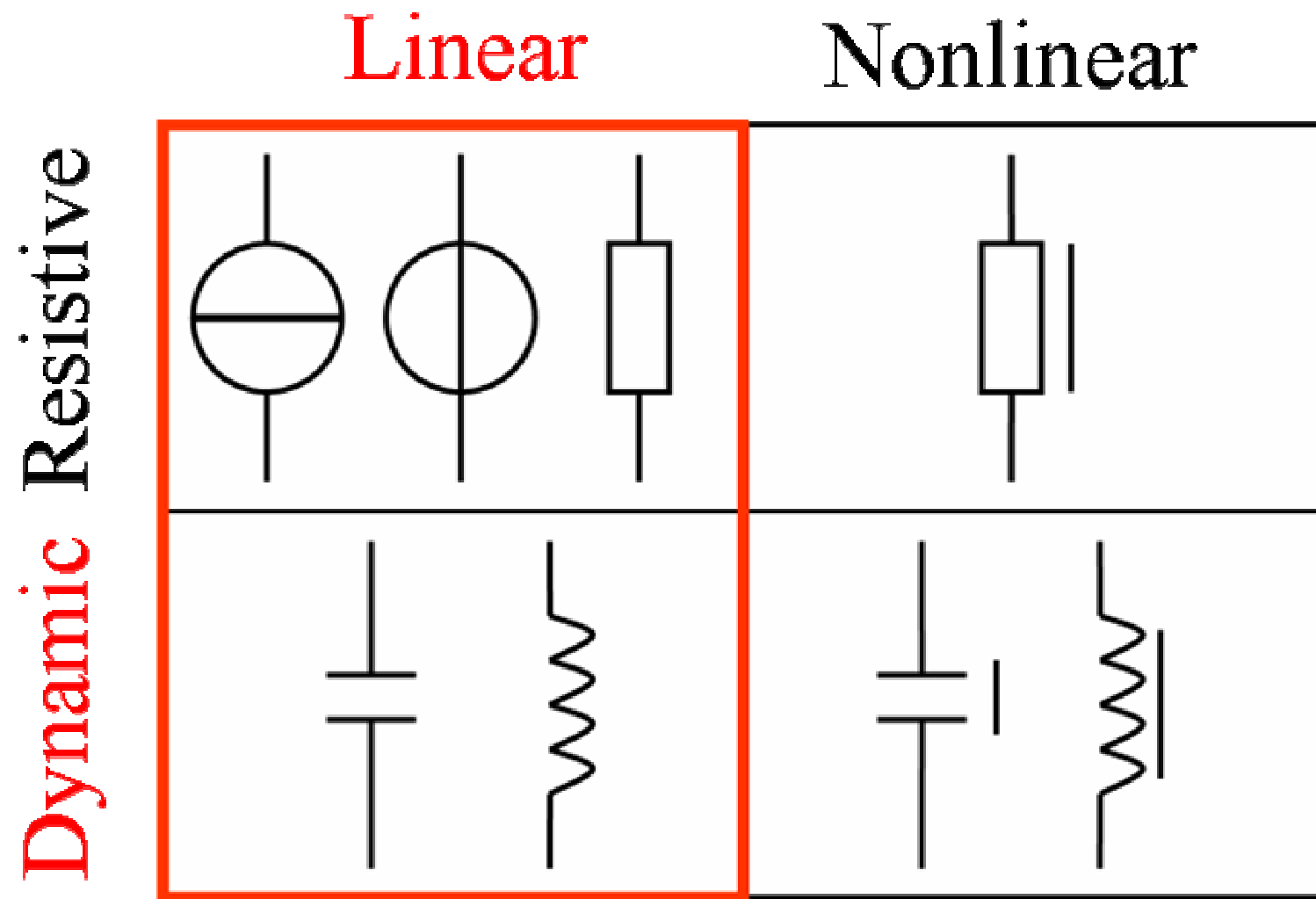
$$i_1 + i_2 + \dots + i_n = \sum_{k=1}^n i_k = 0$$

ahol az áramok egy csomópontból indulnak vagy érkeznek.

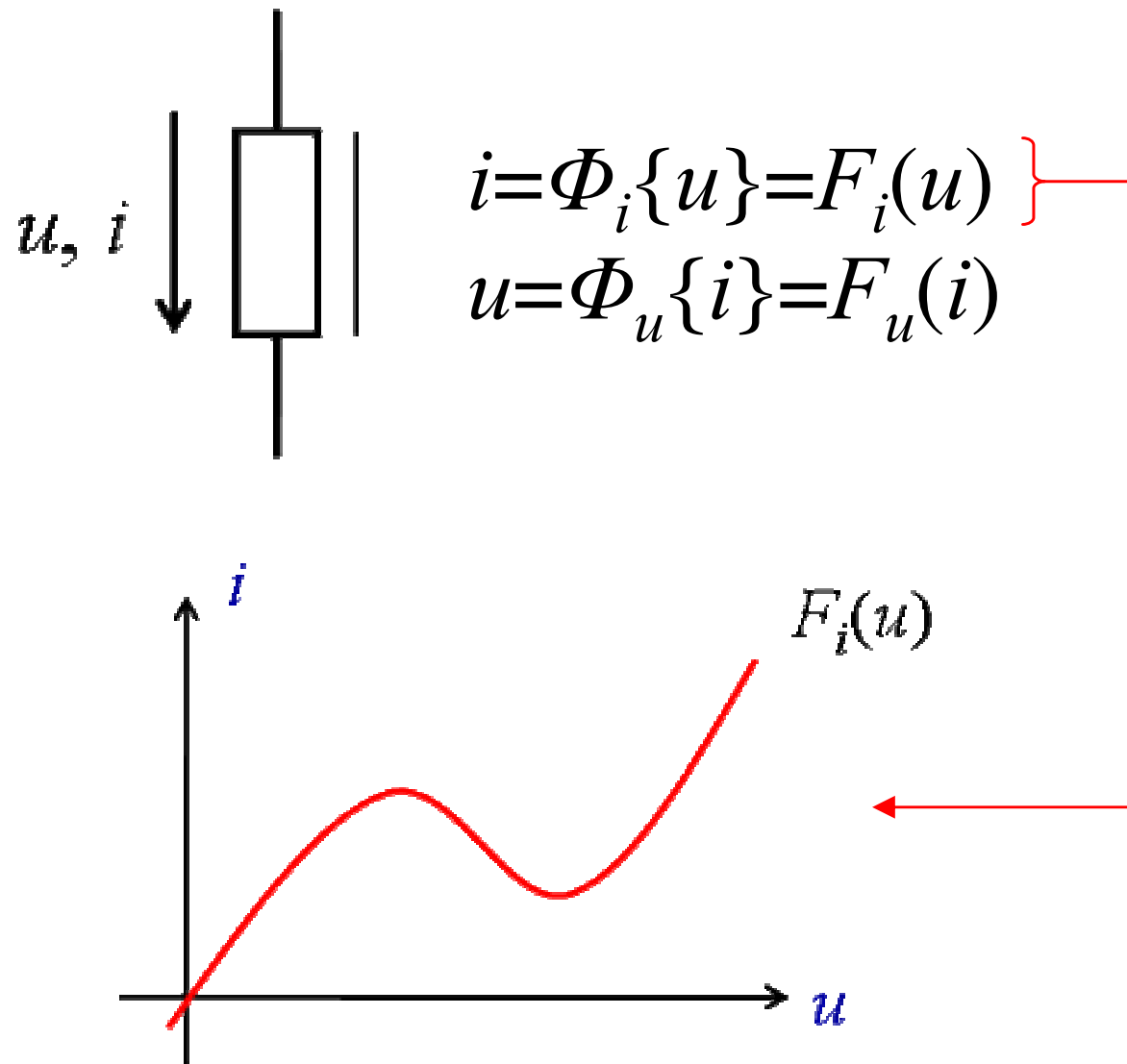


Lineáris dinamikus áramkörök (vagy hálózat)

- Alapvető lineáris áramköri elemek:
- Ellenállás, R , $[\Omega]$ (Ohm)
- Indukció (tekercs), L , $[H]$ (Henry)
- Kapacitás (kondi), C , $[F]$ (Farad)



Nemlineáris komponensek



	Linear	Nonlinear
Resistive		
Dynamic		

Kérdés:

Hogyan implementálható?

Válasz:

Félvezető eszközökkel

Félvezetők

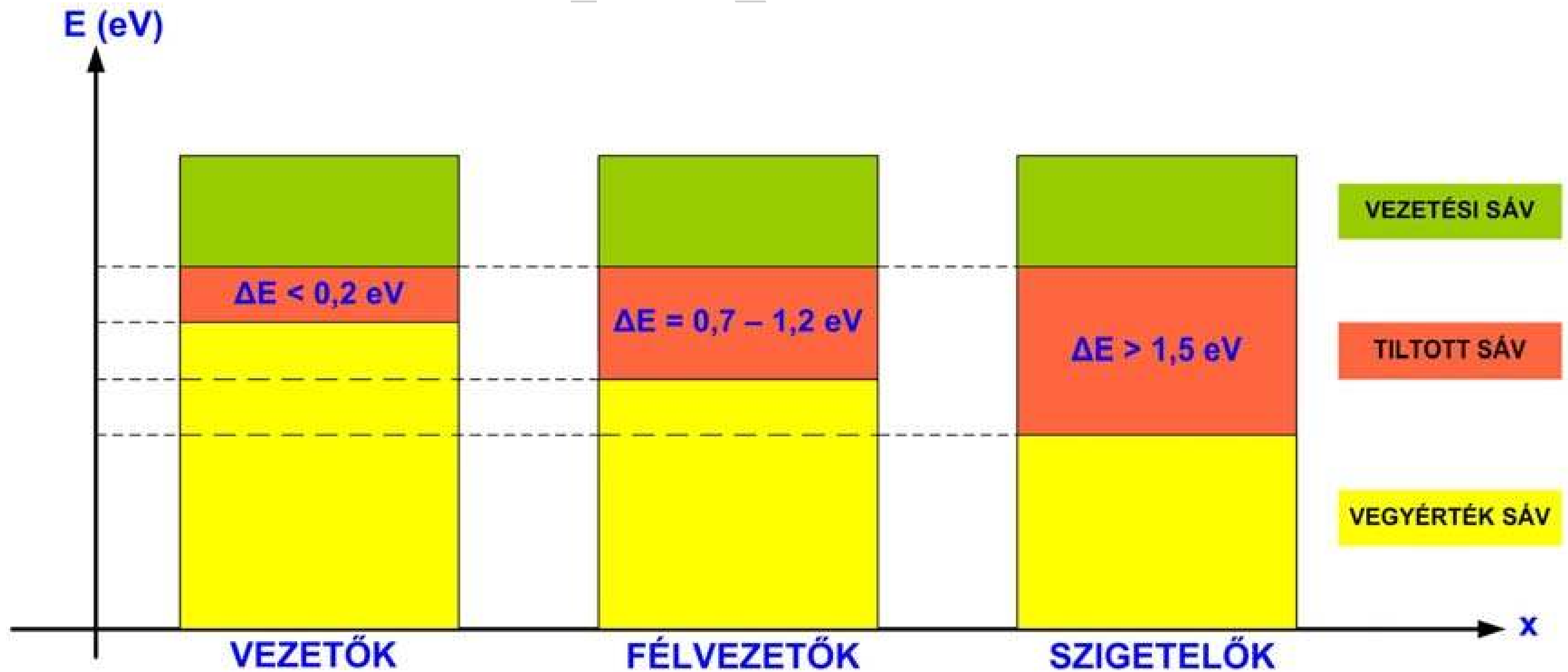
- Kristályos, szilárd anyag
- fajlagos elektromos vezetése szobahőmérsékleten:
 $10^{-9} - 10^3 \text{ 1/}\Omega\text{cm}$ (vezetők, szigetelők)
- vezetést elektronok közvetítik
- elemi félvezetők: szilícium, gertmánium
- vegyület-félvezetők: gallium-arzenid (GaAs)

- Szilárd anyagban az egyedi atomok diszkrét energiaértékei energiasávokat (megengedett energiaszinteket) alkotnak.
- Ezek között tiltott sávok (tiltott energiaértékek) helyezkednek el.
- Legkülső elektronpálya energiaszintje a legnagyobb, ez a vegyértéksáv.
- Vegyértéksávban vegyértékelektronok helyezkednek el.

- Az atomot adott nagyságú energiával gerjesztve a vegyértékelektronok nagyobb energiaszintre kerülnek, a vezetési sávba.
- Vezetési sávban az elektronok a vezetési elektronok, amelyek szabad töltéshordozók. Szabad elektronok.
- Mozgásuk során növelik az anyag vezetőképességét.
- A vegyérték- és a vezetési sáv közötti tiltott sáv határozza meg az anyag vezetőképességét.

- Elektronok gerjesztésével viszont üres nívó marad a vegyértéksávban.
- Ezt betöltheti másik elektron, viszont akkor ott marad egy üres hely.
- Az “üres hely” (lyuk) úgy viselkedik, mint egy pozitív töltésű szabad részecske.
- Hozzájárul az elektromos vezetéshez.

Szilárd testek energiasávjai

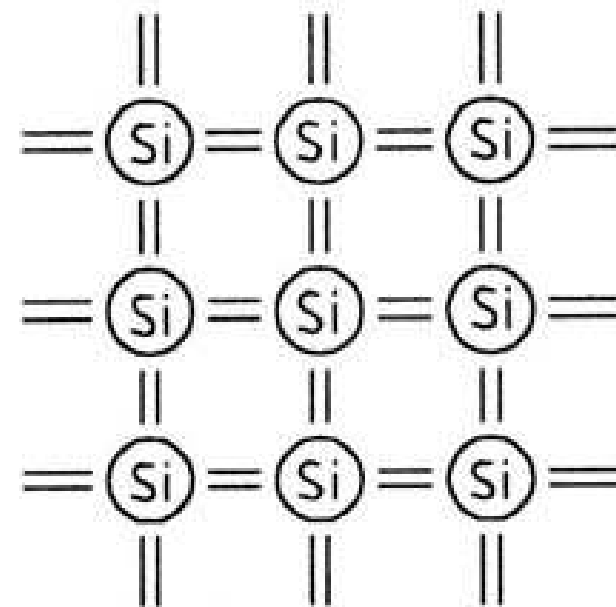
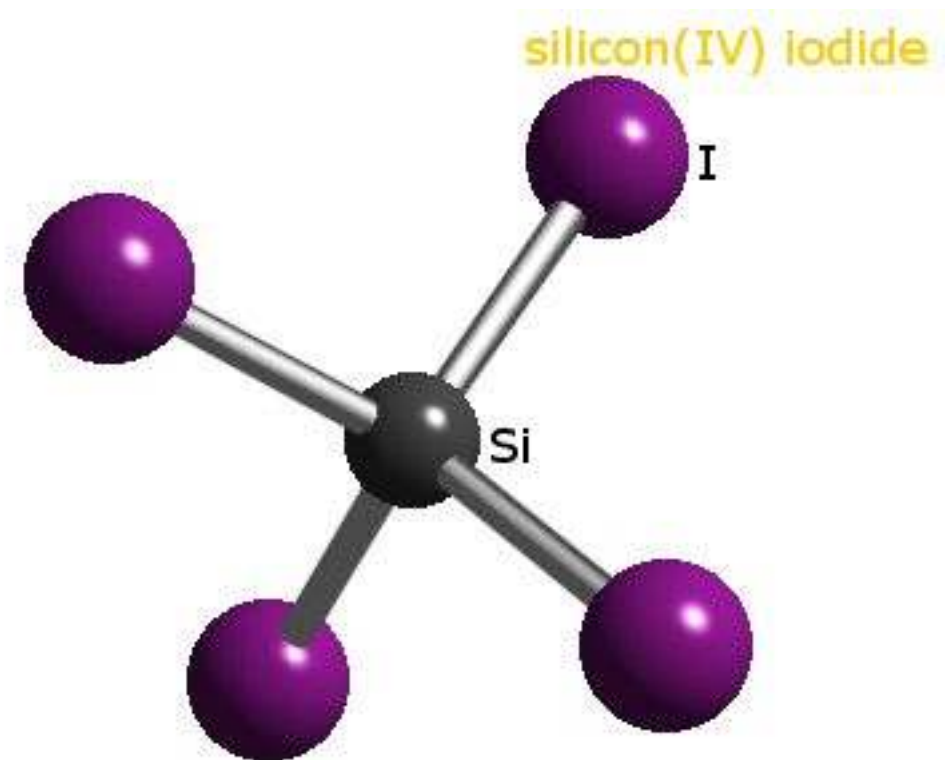


Tiszta (intrinsic) félvezetők

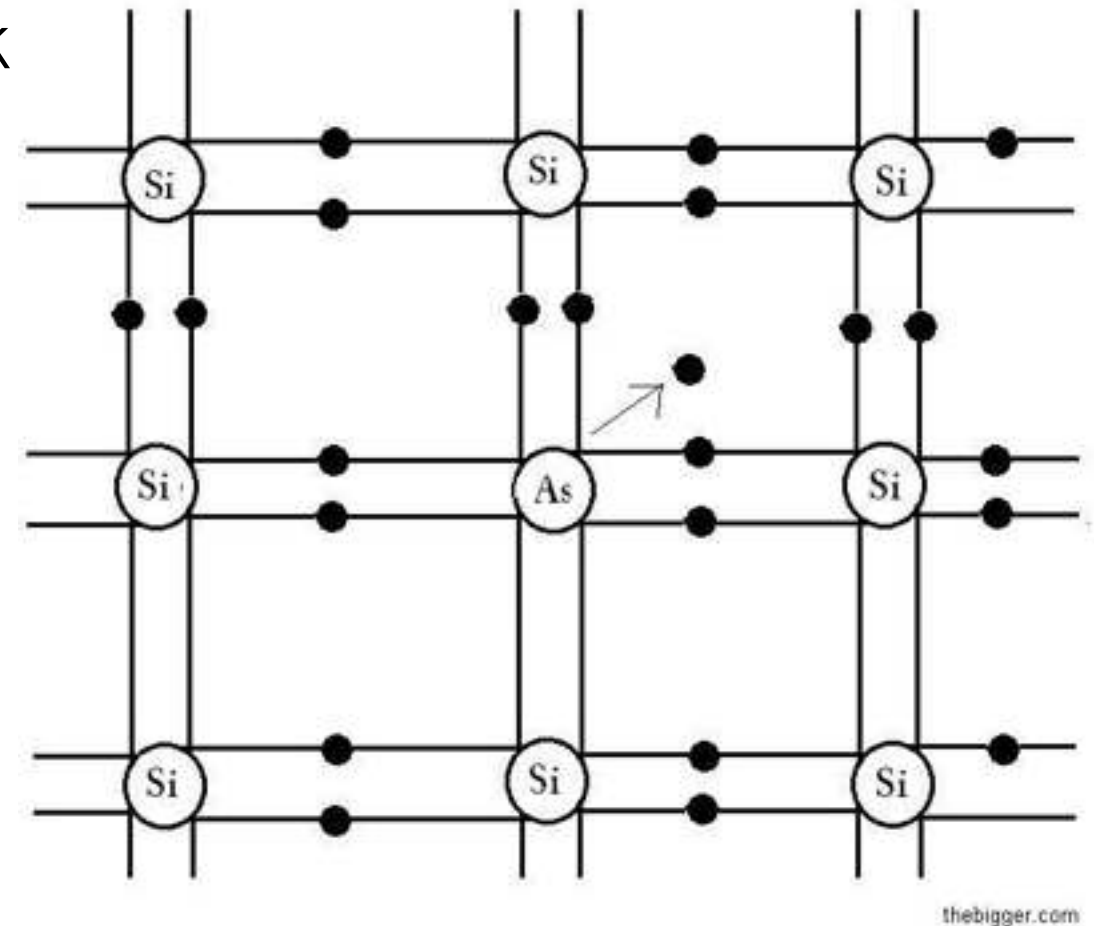
- elektron-lyuk pár keletkezéséhez az energiát a kristály hőenergiája fedezi.
- Ezt a rendezetlen mozgást az elektronok és lyukak egymásra találásakor bekövetkező rekombináció ellensúlyozza.
- Emiatt szobahőmérsékleten a félvezető vezetési sávja nem teljesen üres, vegyértéksávja nincs teljesen betöltve.
- Növelve a hőmérsékletet, egyre jobban vezet, mert egyre több szabad töltéshordozó alakul ki.

Szennyezet (adalékolt) félvezetők

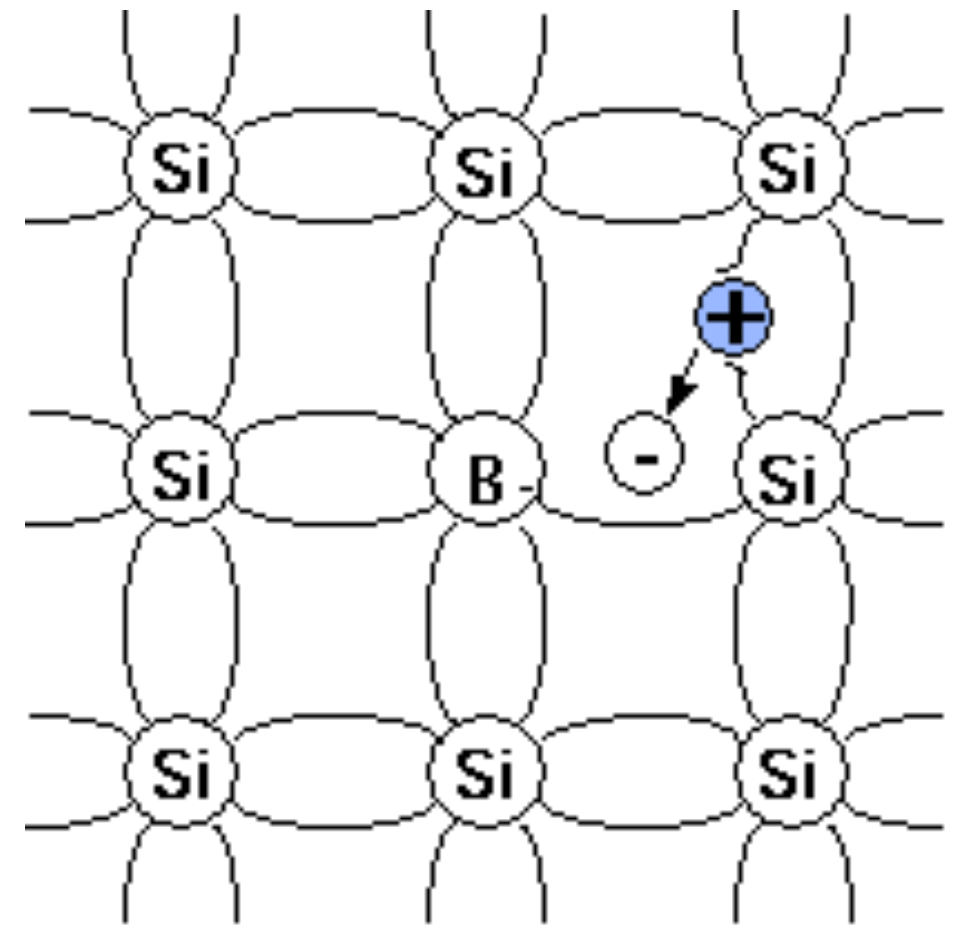
- Szilícium kristály
gyémántszerkezetű
- 4 vegyértékű atomok
tetraéderes kötéssel
kapcsolódnak



- helyettesítsük az egyik Si atomot egy ötvegyértékű atommal (pl.: arzén, antimon, foszfor)
- 4 vegyértékelektron kapcsolódik a szomszédos Si atomokhoz, de az ötödik gyengén kapcsolódik a szennyező anyag törzséhez.
- Innen könnyen leszakad, szabaddá válik.
- A tiltott sávban megjelenő donornívón helyezkedik el (néhány század eV távolságban a vezetési sávtól).
- A donorszennyezőt tartalmazó félvezető az n-típusú félvezető, mert az elektromos vezetést csaknem teljesen negatív töltéshordozók hozzák létre.



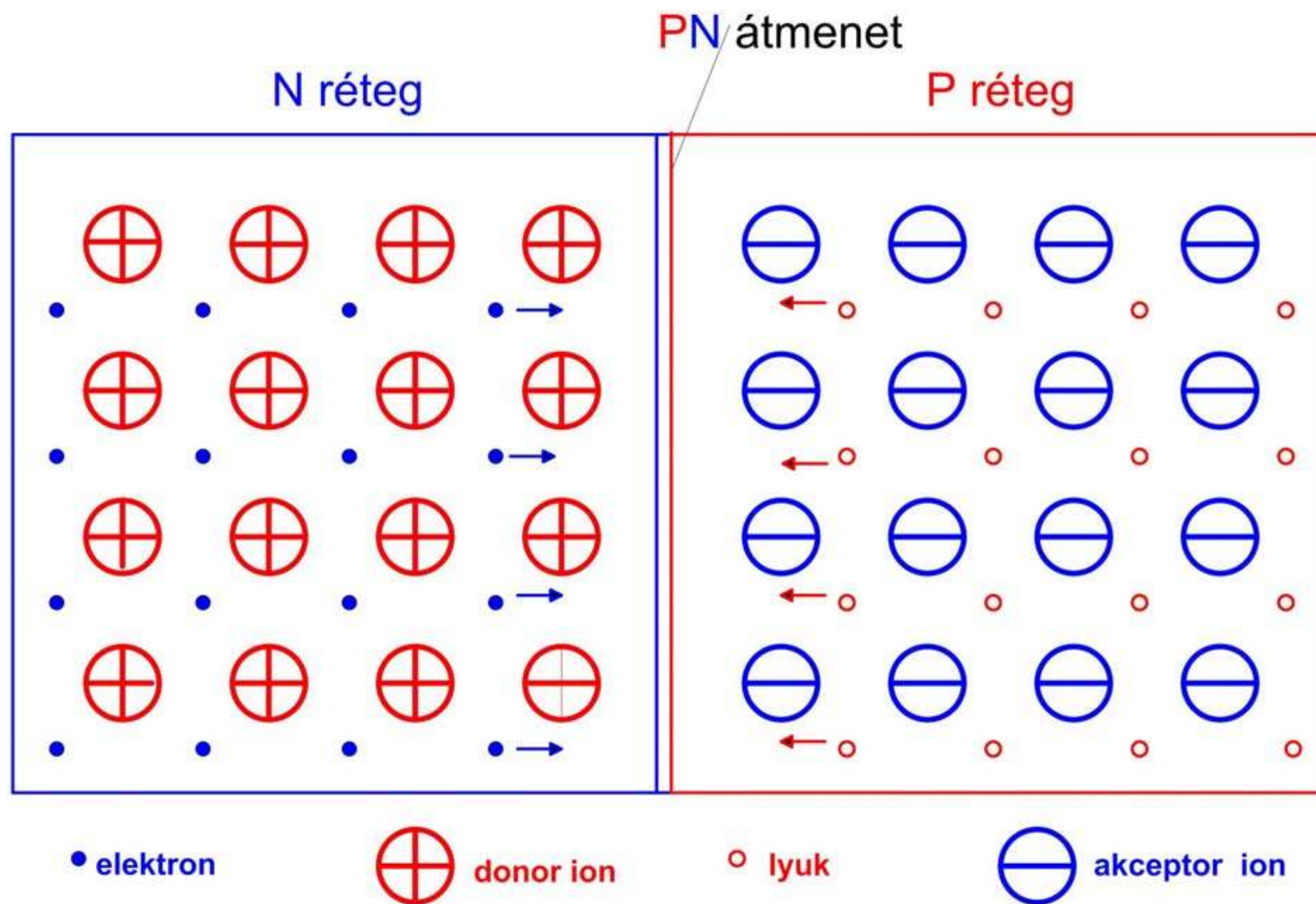
- helyettesítsük az egyik Si atomot egy háromvegyértékű atommal (pl.: bór, gallium, indium)
- a tetraéderes kötés kialakításához hiányzik egy elektron
- lyuk vándorol a kristályban
- az ilyen típusú szennyező az akceptor, a félvezető pedig a p-típusú
- elektron helyet lyuk, vezetést túlnyomó részt pozitív töltéshordozók hozzák létre

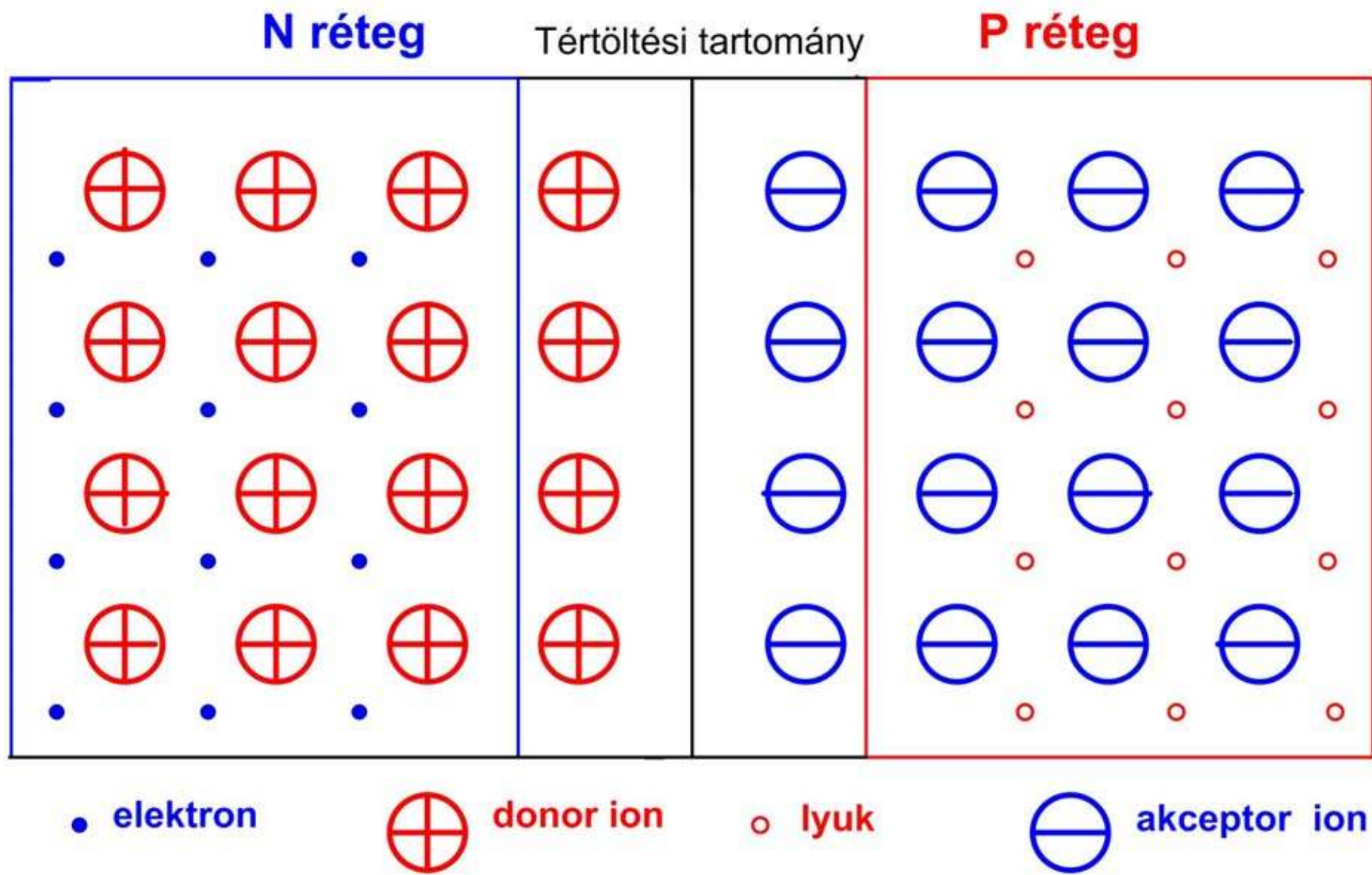


- a félvezető kristály donor illetve akceptor atomokkal történő szennyezése az adalékolás.
- adalékolással az intrinsic koncentrációt több nagyságrenddel meghaladó töltéshordozó-koncentrációt biztosíthatunk félvezetőkben.
- n-vezetőkben az elektronok, p-vezetőkben a lyukak vezetik túlnyomó részben az áramot, ezek a többségi töltéshordozók
- Az áram egy jóval kisebb részét az n-vezetőben lyukak, p-vezetőben elektronok szállítják, ezek a kisebbségi töltéshordozók.

p-n átmenet

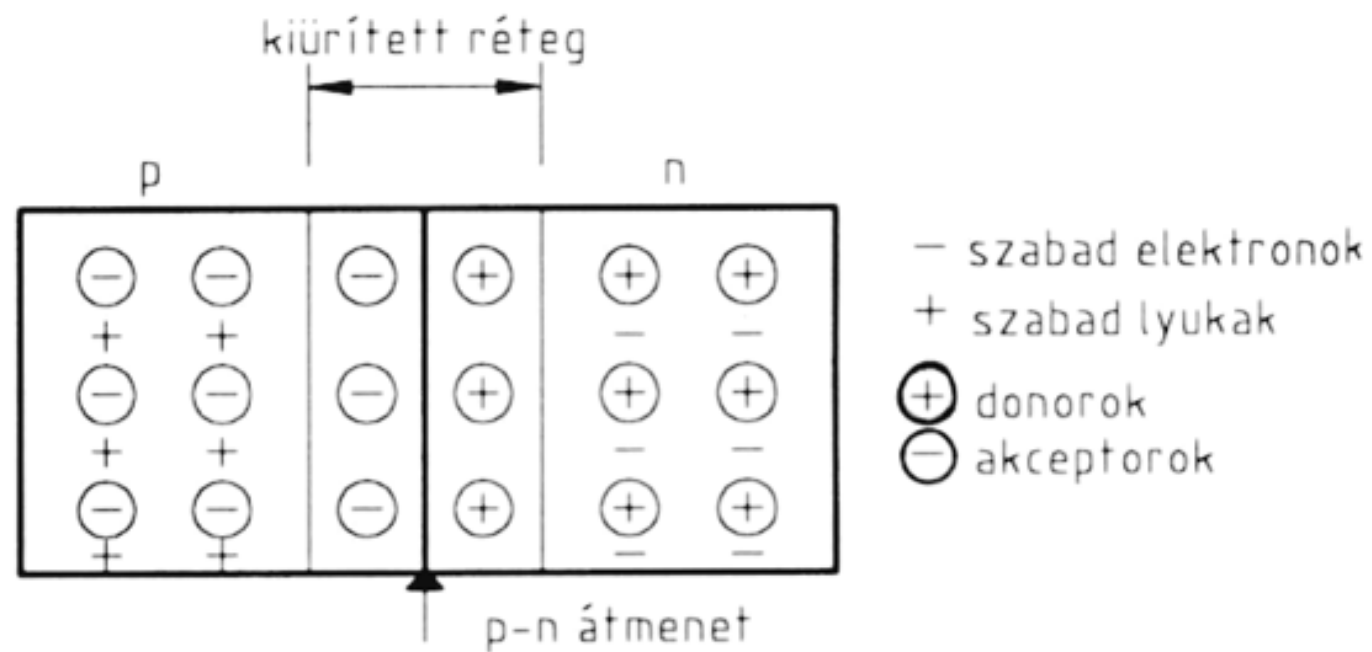
- adalékoljuk a félvezető kristály egyik felét n-típusúra, a másik felét p-típusúra
- a kettő közötti határfelület a p-n átmenet
- szabad töltéshordozók véletlenszerű termikus mozgást végezve átjutnak a p- és n-típusú tartományt elválasztó határfelületen
- n-típusúban mivel nagyobb az elektronkoncentráció, ezért több elektron érkezik p-típusú tartományba
- fordítva u.e igaz lyukakkal
- az átdiffundáló töltések nem maradnak szabadok, hanem rekombinálódnak
- kiürített réteg jön létre a határon, szabad töltéshordozóban szegény terület



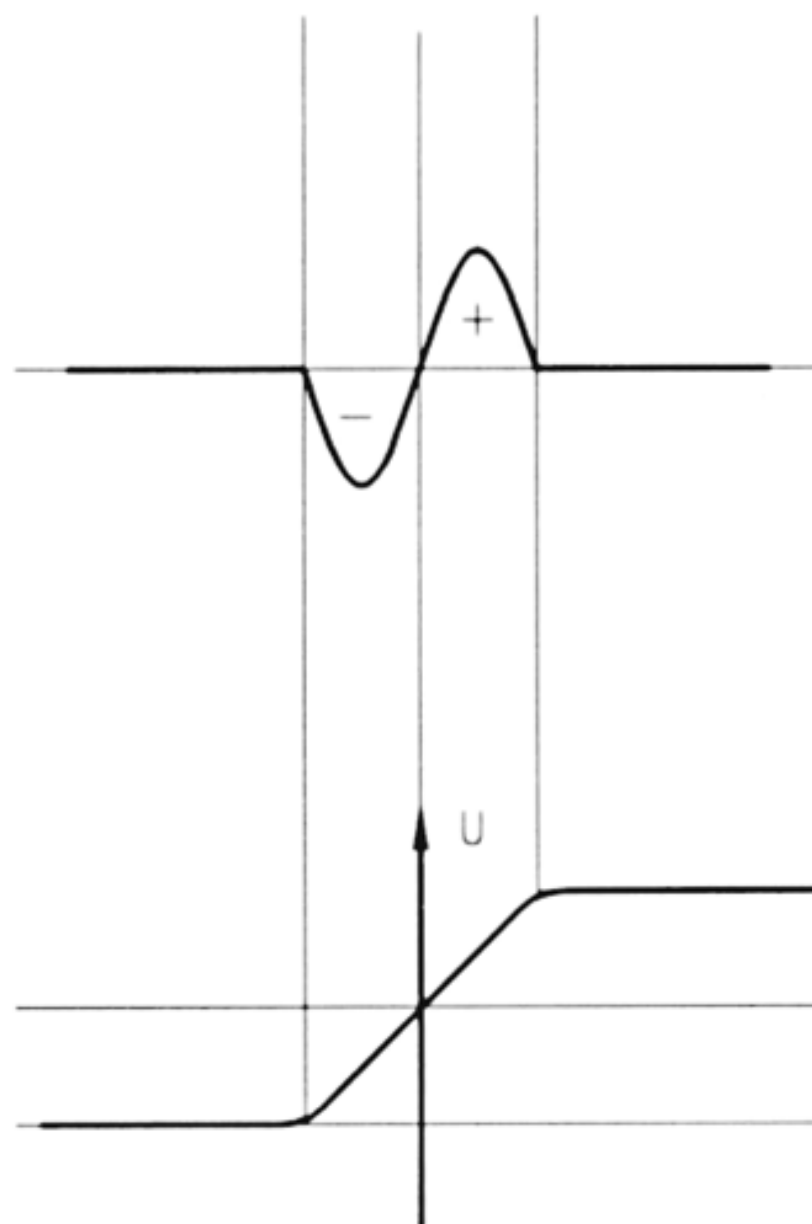


- p-típusú rész a beérkező elektronok és távozó lyukak miatt negatívvá teszik az n-típusú rész meg pozitív többlettöltés jön létre
- a töltések elektromos teret hoznak létre
- az elektromos tér iránya pozitívtól a negatív tértöltésű irányba mutat (n-rétegtől p-réteg felé)
- ezért n-típusú tartomány potenciálja pozitívabb
- p-n átmeneten kialakult feszültség a küszöbfeszültség, ami megakadályozza a szabad töltéshordozók további áramlását.
- Értéke az anyagtól függ, szilíciumban pl.: 0,7 V

a) p-n átmenet



b) Töltéssűrűség



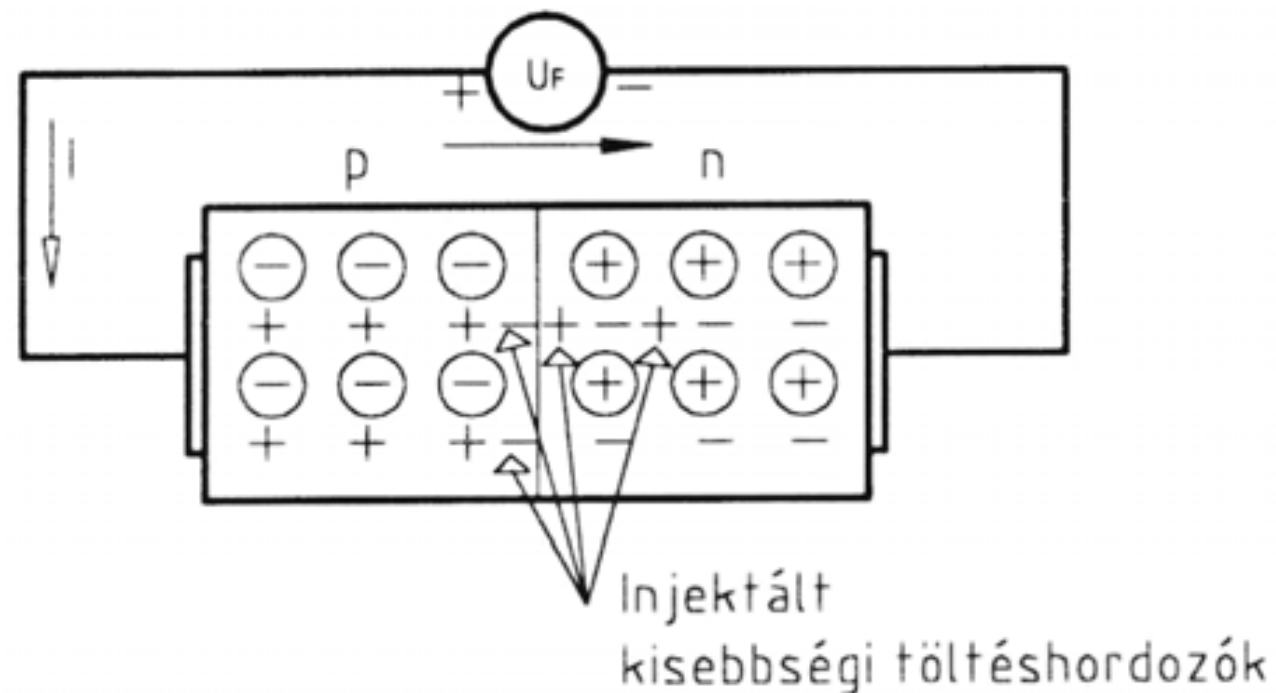
c) Elektrosztatikus potenciál

A dióda

- p-n átmenettel rendelkező félvezető eszköz.
- p-típushoz csatlakozó kivezetés az anód
- n-típushoz csatlakozó kivezetés a katód

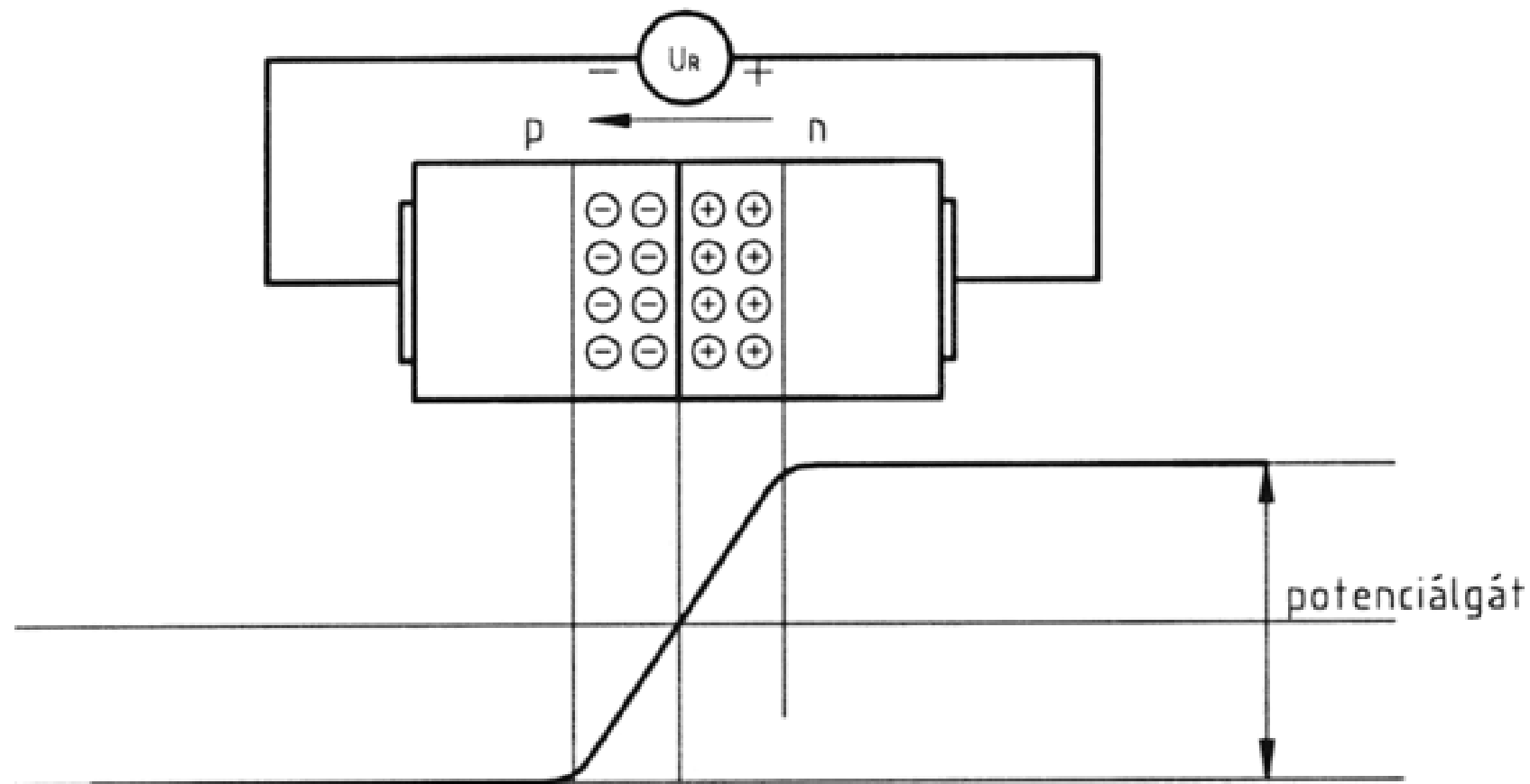
nyitóirány

- p oldalra pozitív, n oldalra negatív feszültséget csatlakoztatunk
- potenciálgát alacsonyabb lesz és újabb elektronok diffundálhatnak át n-oldalról p-oldalra, illetve újabb lyukak a p-oldalról az n-oldalra
- rekombinációs tartomány keskenyebb lesz
- amikor az átdiffundáló töltéshordozók az elektródákhoz érnek, áram indul meg.
- ha a külső feszültség nagyobb, mint a küszöbfeszültség, a kiürített réteg eltűnik, és a p-n átmeneten semmi nem akadályozza meg a szabad töltéshordozók áramlását.
- A dióda átvezet.
- Nyitófeszültség, nyitóirányú áram



záróirány

- fordítva kapcsoljuk a diódára a feszültséget.
- Belső potenciálgát magassága nő, többségi töltéshordozók diffúziója gátolva van, rekombinációs tartomány kiszélesedik, a dióda lezár.
- zárófeszültség
- ilyenkor is folyik egy kis áram, melyet a kisebbségi töltéshordozók hoznak létre, ez a záróirányú áram



Vége az 4. előadásnak

- i.) Ismétlés: Lokalizáció (GPS)
- ii.) Ismétlés: Félvezetők

Cserey György
2016. 10. 04.

Méréstechnika labor

5. előadás

- i. Ismétlés: félvezetők
- ii. Feszültség mérése

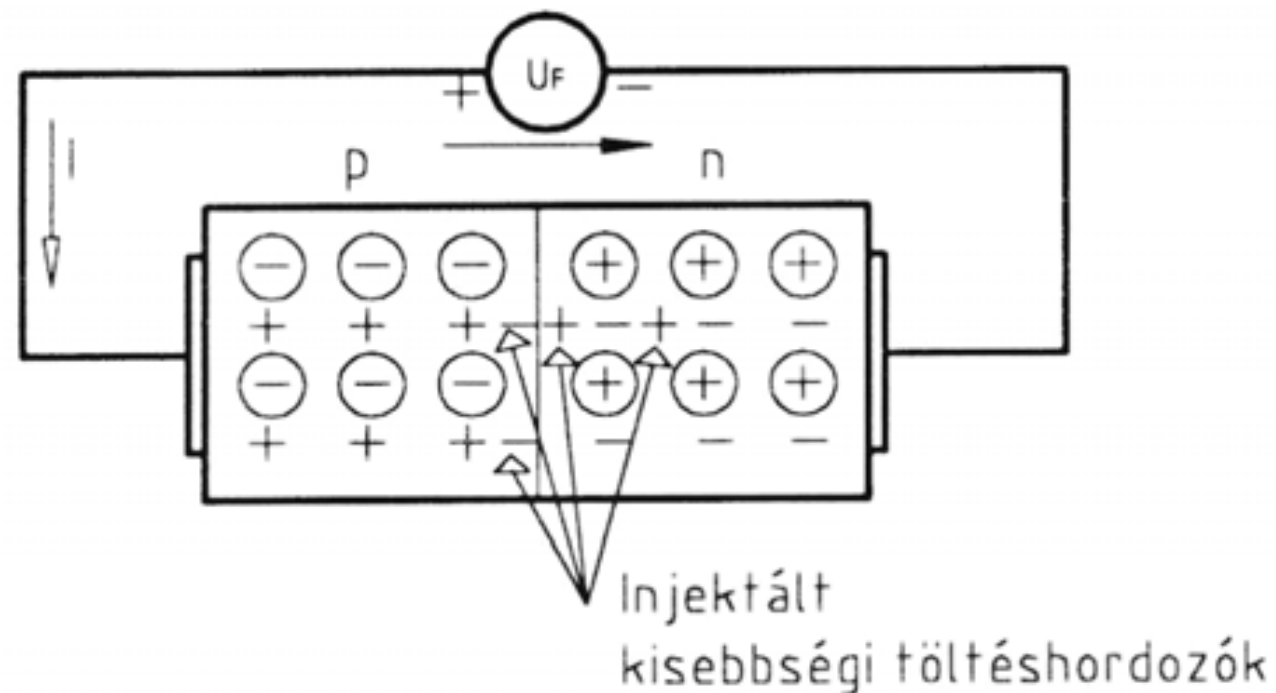
Cserey György
2016. 10. 11.

A dióda

- p-n átmenettel rendelkező félvezető eszköz.
- p-típushoz csatlakozó kivezetés az anód
- n-típushoz csatlakozó kivezetés a katód

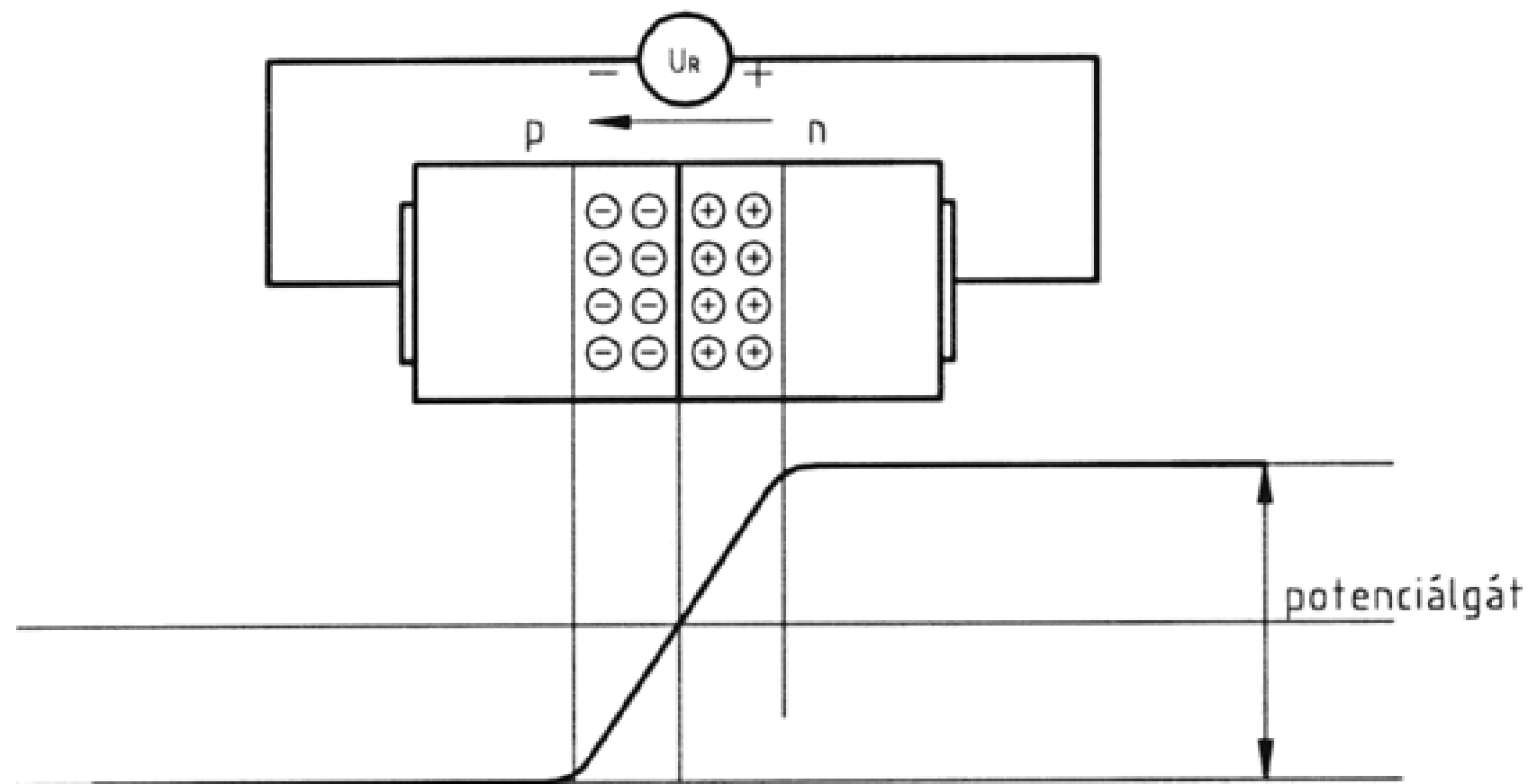
nyitóirány

- p oldalra pozitív, n oldalra negatív feszültséget csatlakoztatunk
- potenciálgát alacsonyabb lesz és újabb elektronok diffundálhatnak át n-oldalról p-oldalra, illetve újabb lyukak a p-oldalról az n-oldalra
- rekombinációs tartomány keskenyebb lesz
- amikor az átdiffundáló töltéshordozók az elektródákhoz érnek, áram indul meg.
- ha a külső feszültség nagyobb, mint a küszöbfeszültség, a kiürített réteg eltűnik, és a p-n átmeneten semmi nem akadályozza meg a szabad töltéshordozók áramlását.
- A dióda átvezet.
- Nyitófeszültség, nyitóirányú áram



záróirány

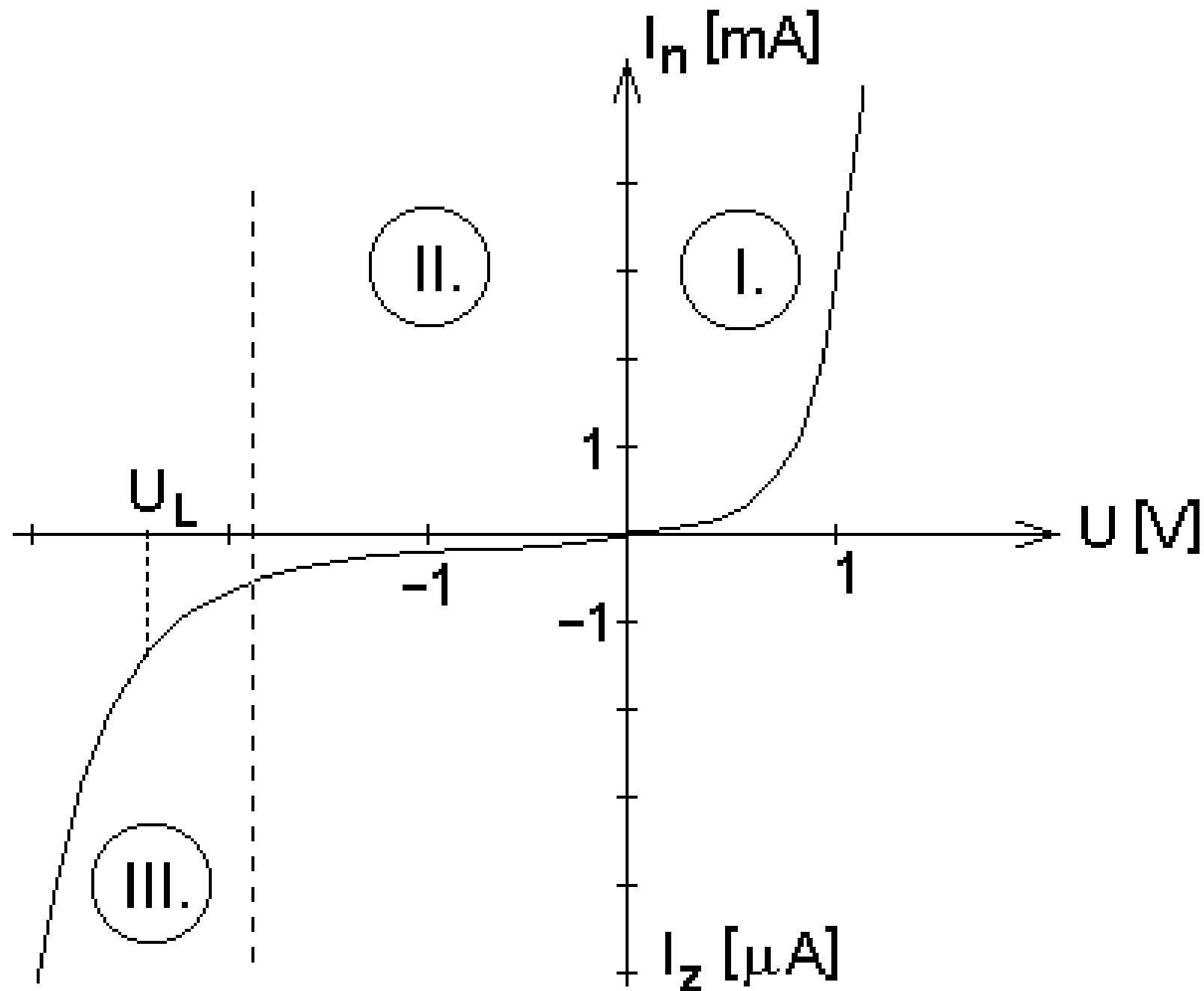
- fordítva kapcsoljuk a diódára a feszültséget.
- Belső potenciálgát magassága nő, többségi töltéshordozók diffúziója gátolva van, rekombinációs tartomány kiszélesedik, a dióda lezár.
- zárófeszültség
- ilyenkor is folyik egy kis áram, melyet a kisebbségi töltéshordozók hoznak létre, ez a záróirányú áram



letörés

- tovább növelve a záróirányú feszültséget, az áram egy bizonyos ideig állandó, utána rohamosan megnő.
- ez a letörési feszültség (U_L)
- határrétegben a kisebbségi töltéshordozók akadálytalanul átjuthatnak, mivel a térerősség az áthaladás irányába mutató erővel hat rájuk. Ez az erő azonban áthaladáskor fel is gyorsítja őket, annál nagyobb mértékben, minél nagyobb a potenciálgát. Egy bizonyos záróirányú feszültségnél már annyira felgyorsulnak, hogy ütközve a kristályrács kötött atomjaival, azokról elektronokat szakíthatnak le, további szabad töltéshordozókat hozván létre.
- Ezek tovább ütköznek és egy lavinaszerű folyamat indul meg, mely az áram nagymértékű növekedéséhez vezet. Ez az ún. Zener-effektus.
- A letörési feszültség annál nagyobb, minél kevésbé szennyezett a félvezető.
- A Zener- tartományban reverzibilisen működő diódákat Zener-, vagy Z-diódáknak nevezzük. A Zener-diódákat feszültségstabilizásra használják a letörési feszültségnél üzemeltetve.

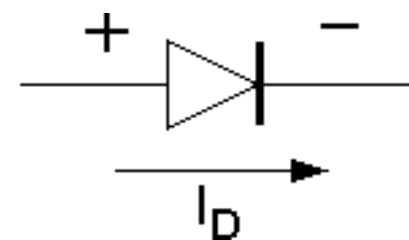
A dióda, mint áramköri elem



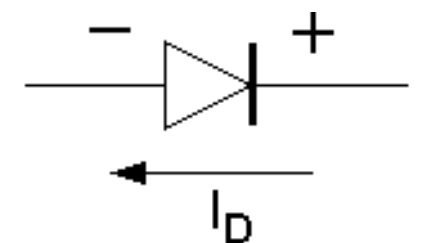
- A dióda karakterisztikáján a fent elmondottak alapján megkülönböztetjük az I.-gyel jelölt nyitóirányú, II.-vel jelölt záróirányú, és a III.-mal jelölt letörési tartományt. Jól közelíthetjük a karakterisztikát az I. és a II. tartományban a következő összefüggés segítségével:

$$I_D (U_D) = I_0 \left(e^{U_D / U_0} - 1 \right)$$

- ahol I_D a diódán átfolyó áram, U_D a dióda anódja és katódja közötti feszültség (nyitóirányban pozitív, záróirányban negatív),
 I_0 és U_0 a diódára jellemző konstansok: I_0 a visszáram, U_0 a küszöbfeszültség.



nyitóirányban pozitív



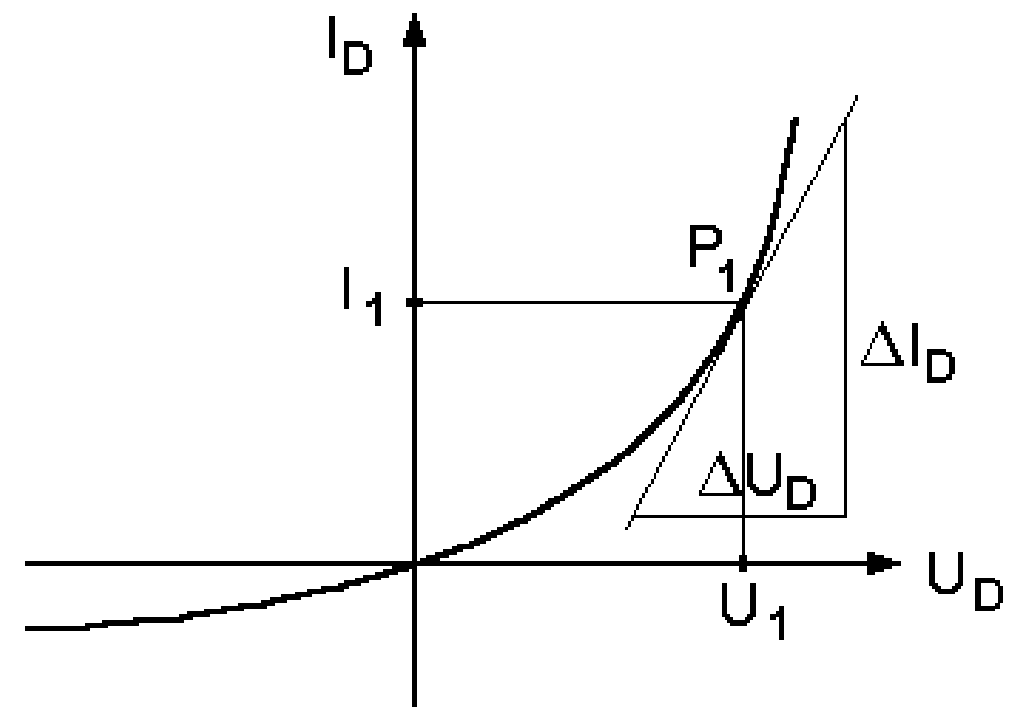
záróirányban negatív

A feszültség és az áram előjele a diódán

- Mivel a dióda nemlineáris elem, beszélhetünk a karakterisztika egy P_1 pontjában az

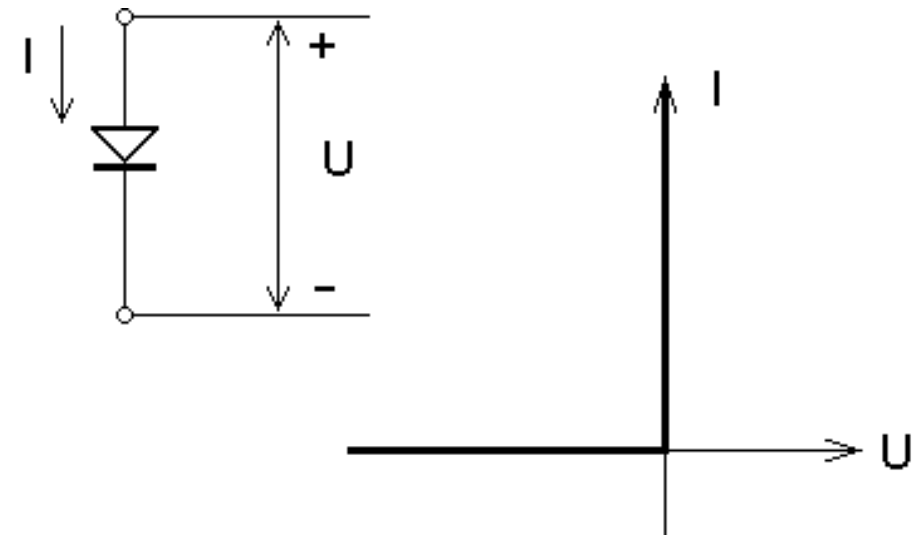
$R_e = U_1 / I_1$ egyenáramú ellenállásáról, illetve az

$R_d = \left. \frac{dU_D}{dI_D} \right|_{P_1}$ dinamikus (differenciális) ellenállásáról.



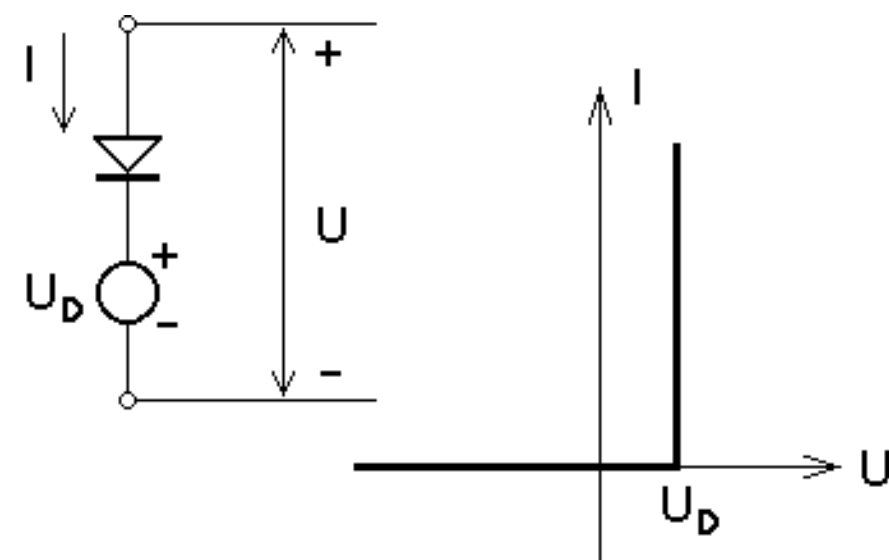
A félvezető dióda helyettesítő képei

- Az áramkör megtervezéséhez, a megfelelő alkatrész kiválasztásához, a várható viselkedés becsléséhez viszont mégiscsak hasznos valamiféle hozzávetőleges számítást végezni.
- Ilyenkor jó szolgálatot tesznek a nemlineáris elemet modellező helyettesítő kapcsolások, helyettesítő képek.
- Az egyenirányításra használt diódák legegyszerűbb helyettesítő képe az ún. ideális dióda.
- Ez egy olyan elem, mely nyitó irányban zérus, záró irányban végtelen ellenállást képvisel.
- Az ideális diódán nyitó irányban nem esik feszültség, záró irányban nem folyik áram.



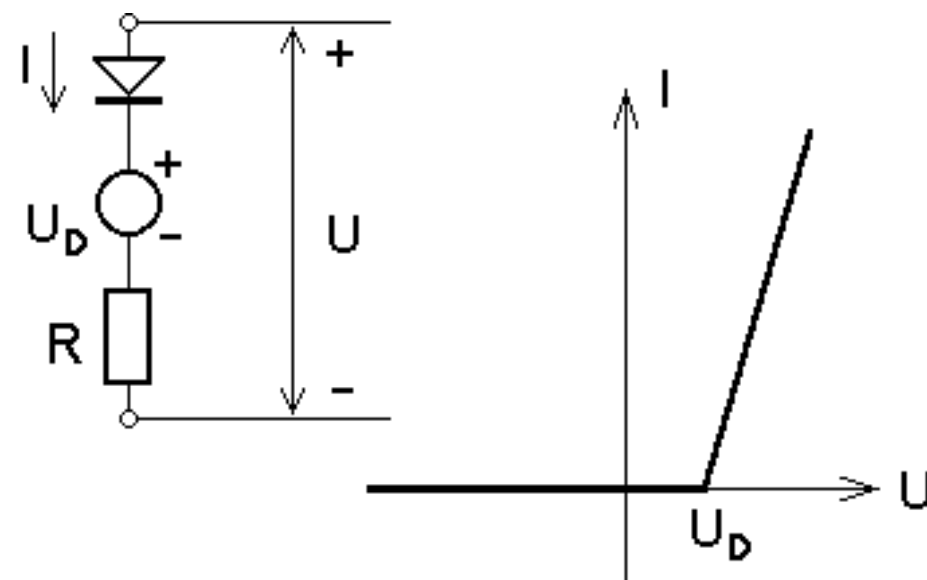
A félvezető dióda helyettesítő képei

- A következő, kissé pontosabb modell már figyelembe veszi, hogy a dióda tényleges "kinyitásához" a küszöbfeszültségnél nagyobb nyitóirányú feszültséget kell rákapcsolni a diódára.



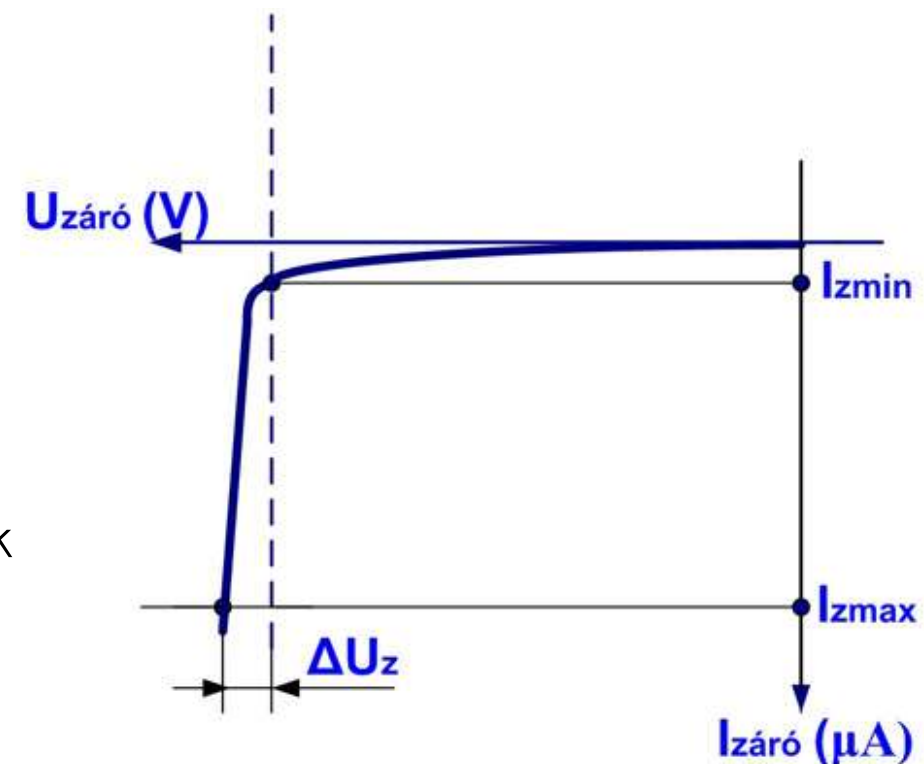
A félvezető dióda helyettesítő képei

- A még pontosabb modell figyelembe veszi a dióda ohmos ellenállását is, ami az ideális diódával sorba kötődik. Az ohmos ellenállás következtében a feszültség- áram karakterisztika meredeksége véges.



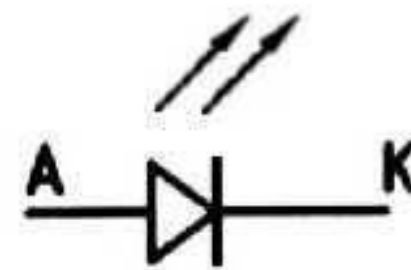
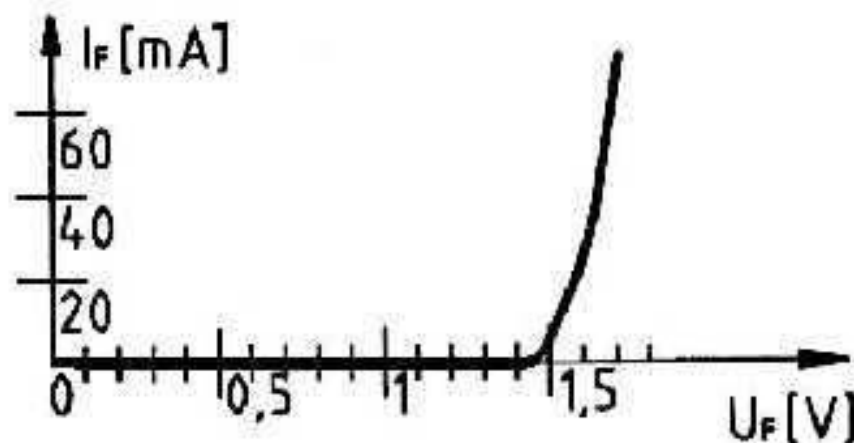
Zener-dióda

- működése azon alapszik, hogy a letörési tartományban a záróirányú feszültsége közelítőleg állandó értékű.
- A működés során lavina effektus lép fel, melynél nagy térerősség hatására a szabad töltéshordozók a kiürített rétegben felgyorsulnak, s a nagy energiájuk miatt ütközéssel kötött állapotukból újabb töltéshordozókat szabadítanak ki.
- A kiszakítás lavinaszerűen sokszorozódik.
- A különleges szennyezésű, szilícium alapanyagból készült diódát a műszaki gyakorlatban feszültségstabilizálásra és feszültséghatárolásra alkalmazzák.
- A szokásos Zener feszültségek 1.8V és 200V között lehetnek (katalógus adat)

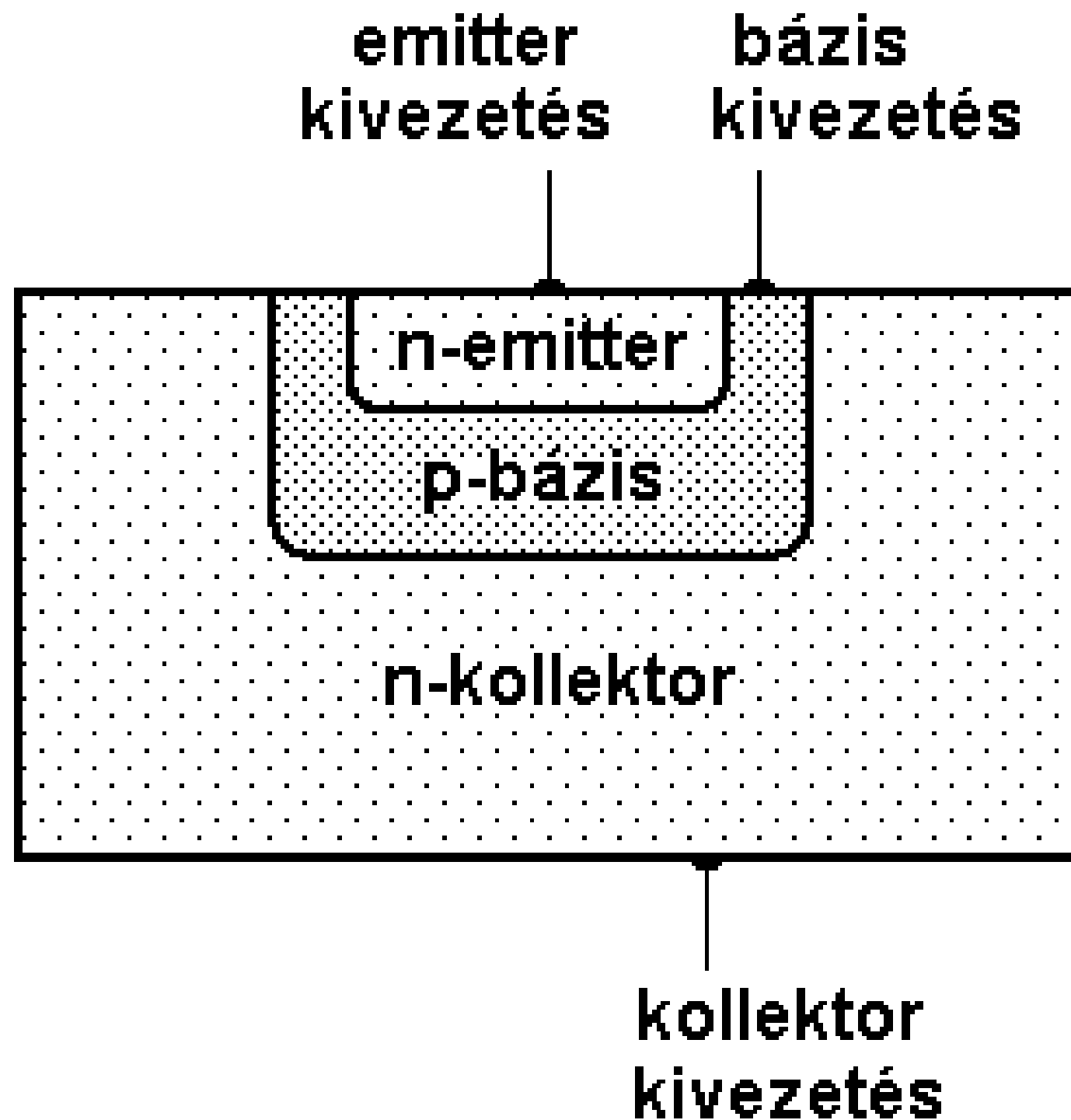


Fény emittáló dióda (Light emitting diode - LED)

- Bizonyos félvezető anyagokban (ezek jellegzetesen 3 és 5 vegyértékű anyagok, pl. galliumarzenid) a rekombináció közvetlen fénykibocsátással jár.
- A keletkező fény színe az alapanyagtól, és a megfelelő arányban ötvözött adalékanyagoktól (pl. foszfor) függ.
- Jelenleg a vörös, zöld, sárga, narancs, kék színek különféle árnyalataiban, illetve fehér fényű fényemittáló diódákat gyártanak.
- A LED-ek nyitóirányú karakterisztikája a szilíciumdiódához hasonló, azzal az eltéréssel, hogy a diffúziós potenciál nagyobb, pl. a vörös fényt kibocsátó (GaAsP) dióda esetén kb. 1,5V, a más színt kibocsátó LED-ek diffúziós potenciálja még nagyobb (2-2,5V).



A bipoláris tranzisztor



Előállítás

- A tranzisztor két p-n átmenetet tartalmazó félvezető eszköz.
- A pnp tranzisztor két p-típusú réteg között egy n-típusú réteget, az npn tranzisztor pedig két n-típusú réteg között egy p-típusút tartalmaz.
- A szilícium npn planár tranzisztor pl. úgy készül, hogy egy viszonylag gyengén adalékolt (10^{14} atom/cm³) n-típusú Si szeletből kiindulva, arra szilíciumdioxid réteget növesztenek.
- A szigetelő rétegbe ablakokat vágnak, és most egy bórüveg-réteget növesztenek a szeletre.
- Az ablakok felett a növesztést követő hőkezelés során bóratomok diffundálnak az üvegből a Si-ba, úgy, hogy az ablakok alatt létrejön egy p-n átmenet, és a kristály felszíne p-típusúvá válik, kb. 10^{15} atom/cm³ adalékkoncentrációval.

Előállítás

- A bórüveg rétegbe is újabb ablakokat vágnak, és most foszforüveget növesztenek a szelet felületére, a növesztés után egy újabb diffúziós lépést alkalmazva. Most a p-típusú tartományba diffundáló foszforatomok hozzák létre a második p-n átmenetet, és a foszforüveg-réteg alatt a kristály újból n-típusú lesz, a szennyezőkoncentráció itt $10^{18} - 10^{19}$ atom/cm³. A leggyengébben adalékolt alapréteg lesz a tranzisztor kollektora, a középső réteg, melynek vastagsága mm nagyságrendű, a bázis, és a legerősebben adalékolt tartomány lesz az emitter.
- Minden tartományban ablakot nyitnak a kontaktusok számára, és az ablakokba fémet párologtatnak.
- A szeletet azonos darabokra szétvágják, egy darabka, a chip, melynek mérete pár tized mm, tartalmazza a tranzisztor kollektorát, bázisát és emitterét.
- A fémezésekhez vezetékeket forrasztanak, ezek csatlakoznak majd a tranzisztor lábaihoz, végül az eszközt tokba helyezik.



Működése

- Kapcsoljunk egy npn tranzisztor p-n átmeneteire feszültséget úgy, hogy $U_{BE} > 0,7 \text{ V}$, $U_{CB} > 1 \text{ V}$ legyen.
- A bázis-emitter diódára nyitóirányú feszültséget adtunk, ezért ott megindul az áram.
- Mivel az emitter sokkal szennyezettebb, mint a bázis, az áramot főként az emitterből a bázisba belépő elektronok szállítják. Azt várnánk, hogy ezek az elektronok a bázis kivezetésén eltávoznak, és mivel a bázis-kollektor dióda záróirányú feszültséget kap, a kollektor-vezetéken nem folyik áram. Csakhogy a bázis igen vékony, és az elektronok kisebbségi töltéshordozók a bázisban! Számukra a bázis- kollektor határréteg nyitott, itt akadálytalanul áthaladnak, és belezuhannak a kollektorba, ami -mint a neve is mutatja- összegyűjti ezeket.
- Tehát a tranzisztorban az emittert elhagyó és a bázisba belépő elektronok majdnem teljes áramát a kollektor összegyűjti és csak a maradék -mely a teljes áramnak csak néhány százaléka (vagy csak 1-2 ezreléke)- adja a bázisáramot.
- Ezt a jelenséget -melynek lényege, hogy az elektronok egy n-tartományból egy vékony p-tartományon át egy záróirányban előfeszített határrétegen egy másik n-tartományba jutnak- nevezzük tranzisztor-effektusnak.
- A tranzisztornak az a tulajdonsága, hogy a kollektoráramot főleg az emitteráram, illetve a bázisáram határozza meg, a bázis-kollektor feszültség (ha meghaladja a kb. 1 V küszöbértéket) csak kissé befolyásolja.

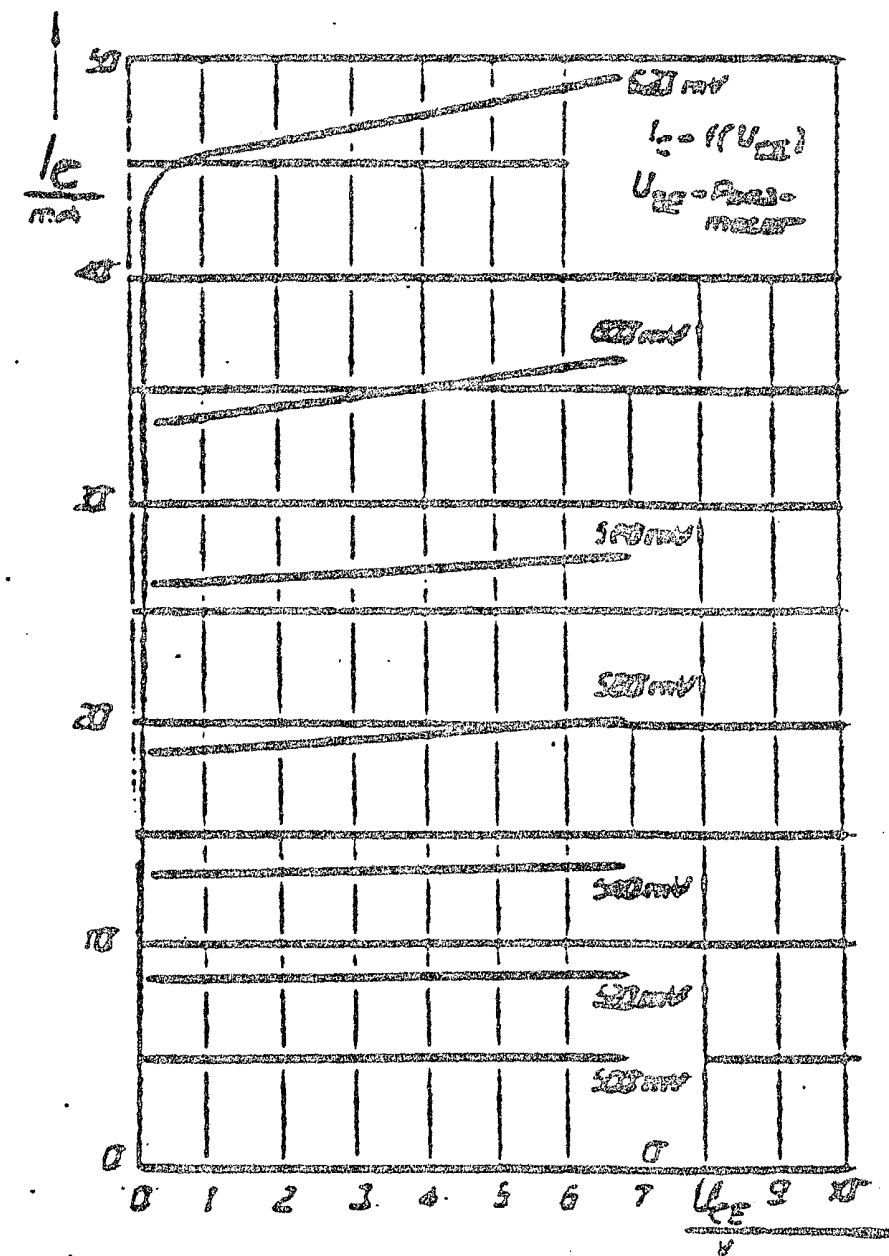
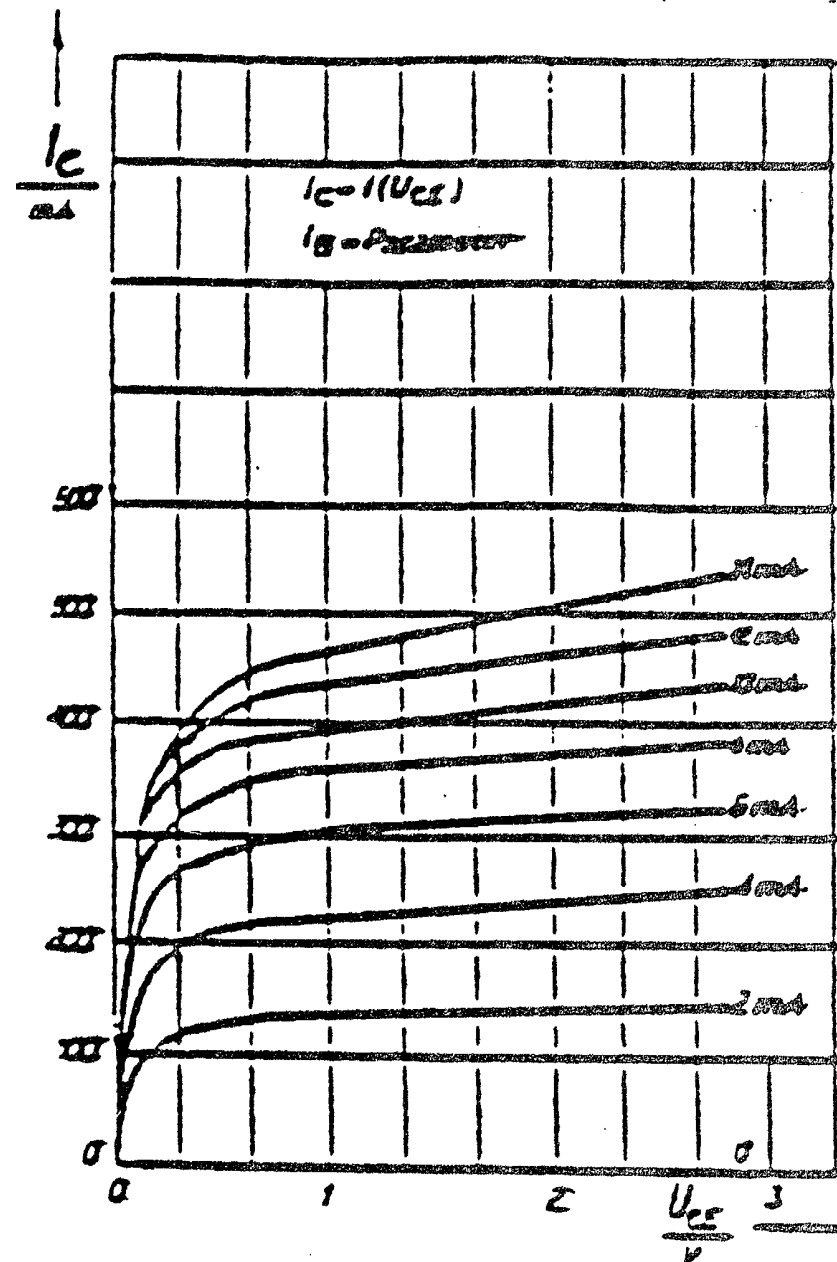
Működése

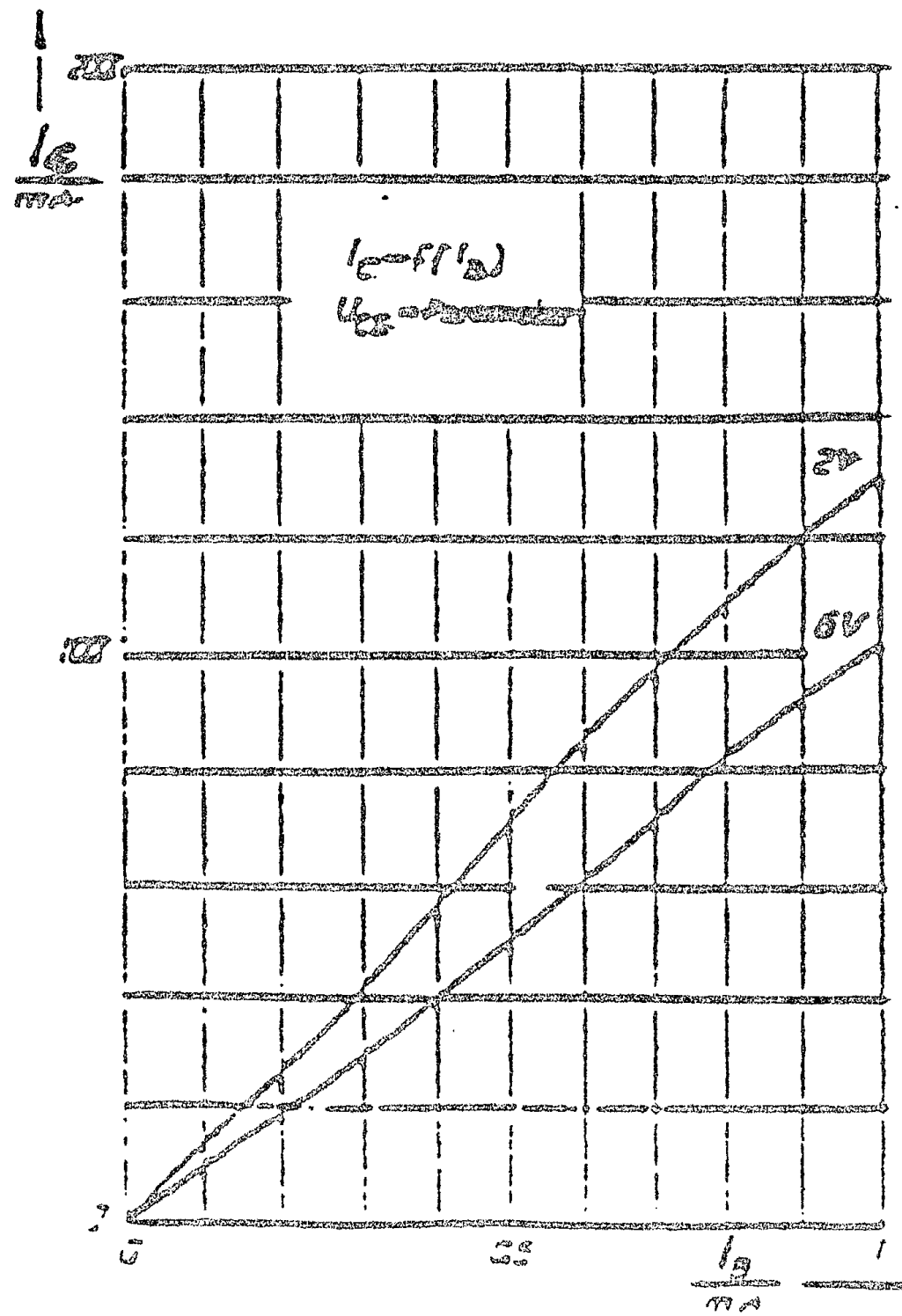
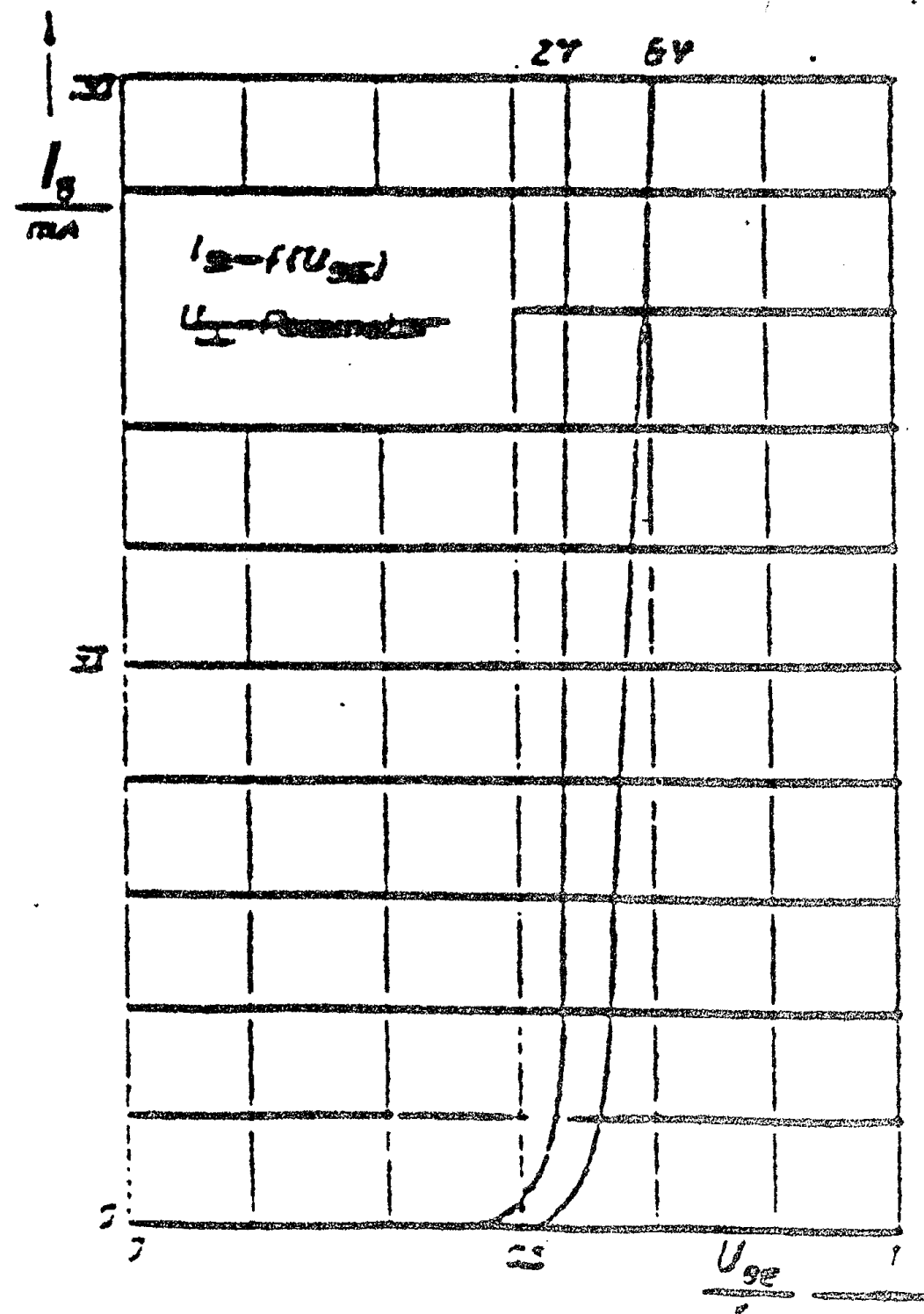
- UBE feszültséget megnöveljük
- Az UBE növekedése az IE emitteráramban nagy változást okoz (lásd diódánál).
- Az emitterből a bázisba belépő elektronokat a bázis-kollektor átmeneten kialakult térerősség átsöpri a kollektorba, kivéve a kb. századrésznyi, a bázisvezetéken elszivárgó töltéshordozót.
- Ez azt jelenti, hogy a bázisfeszültség kis változása, mely kis bázisáram-változásnak felel meg, nagy változást okoz a kollektoráramban.
- Tehát a tranzisztor áramot erősítő elem, mivel a bázisvezetéken létrehozott kis ΔI_B áramváltozás a kollektorvezetéken két-három nagyságrenddel nagyobb ΔI_C áramváltozást ad.
- A tranzisztorral azonban feszültségerősítés is megvalósítható. A kollektort egy ellenálláson keresztül kötve a telepre, a nagy kollektoráram-változás az ellenálláson nagy feszültségváltozást hoz létre.
- Ezzel a kollektor és a bázis közötti feszültség csökken, de ez nem befolyásolja számottevően a kollektoráramot.
- A kollektoráram csak akkor csökkenne, ha a kollektor- bázis diódára a küszöbértéknél kisebb feszültség jutna, mely már nem lenne elég a bázisba jutott kisebbségi töltéshordozóknak a kollektorba vonzásához.

A tranzisztor, mint áramköri elem

- Egy tranzisztornak három kivezetése van, ezért háromféle áramot és feszültséget mérhetünk rajta, melyek mindegyike függ az összes többi mennyiségtől.
- Ezeknek az összefüggéseknek egy része triviális:
- $U_{EB} + U_{BC} = U_{EC}$, $I_C + I_B = I_E$
- tehát marad 4 mennyiség, melyek közül kettő szabadon választható, a másik kettő pedig ezek függvénye.
- A bázisáramot főleg a bázis-emitter feszültség határozza meg és csak kissé befolyásolja a kollektor- emitter feszültség.
- A tranzisztor kollektorárama viszont függ a bázisáramtól és a kollektor-emitter feszültségtől.

- Ezeket a függvényeket paraméteresen szokták ábrázolni a tranzisztor-katalógusokban: az első a bemeneti, a második a kimeneti karakterisztika.





Áramerősítési tényező

- A karakterisztikákból határozhatunk meg néhány, a tranzisztort jellemző paramétert (az áramerősítési tényezőt és a kimeneti ellenállást).
- Az áramerősítési tényezőt általában β -val jelöljük, és definíció szerint
- $\beta := (\partial I_C) / (\partial I_B) |_{U_{CE}}$
- azaz az $I_C - I_B$ karakterisztika adott pontjában az ahhoz a ponthoz húzott érintő meredekségével egyenlő.
- Más szavakkal: megmondja, hogy a bázisáram egységnyi megváltozásakor hányszorosára változik a kollektoráram, ha a kollektor-emitter feszültség állandó.

Kimeneti ellenállás

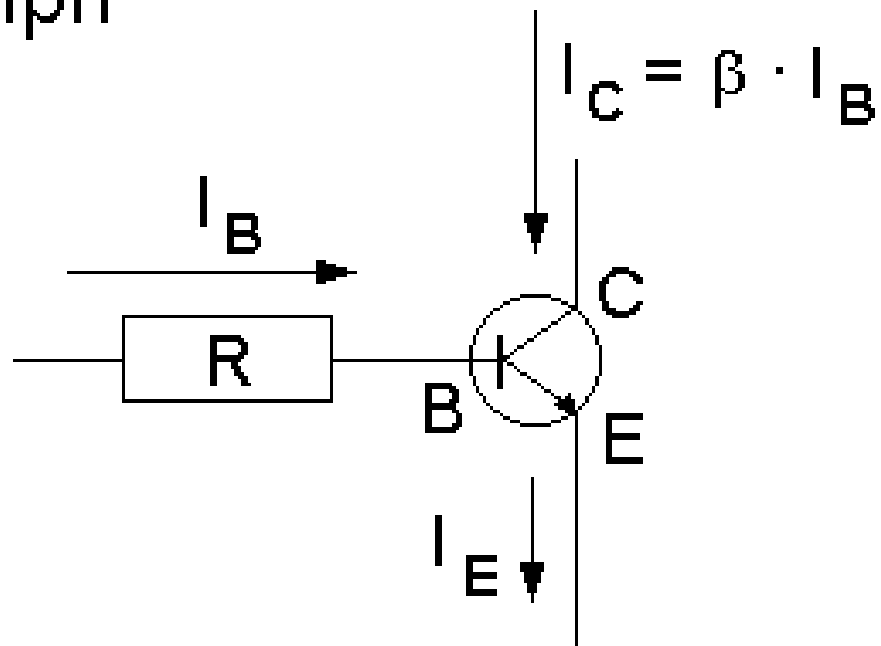
- A dinamikus kimeneti ellenállás definíció szerint
- $R_{ki} := (\partial U_{CE}) / (\partial I_C) |_{I_B}$
- azaz szintén egy érintő meredekségével egyenlő, csak most az UCE - IC karakterisztika megfelelő pontjáról van szó (állandó bázisáram mellett).
- Az ilyen-típusú, deriváltakkal meghatározott jellemzőket dinamikus mennyiségeknek nevezik, szemben a hányadosként definiált egyenáramú paraméterekkel.

Használata

- Tekintsük az npn tranzisztort, legyen $U_{BE} > 0,7 \text{ V}$ és $U_{CB} > 1 \text{ V}$, tehát a bázis-emitter dióda legyen kinyitva, a bázis-kollektor dióda pedig lezárva.
- Ennél az előfeszítésnél jelentkezik a tranzisztor-effektus, ilyen feszültségviszonyoknál használható a tranzisztor erősítőként: a tranzisztor normál aktív tartományban működik.
- Ha a tranzisztort erősítőként használjuk, úgy foghatjuk fel, mint egy négypólust, melynek a bemenetére egy kis jelet adva, a kimeneten a válasz a felerősített jel.
- Mivel a tranzisztornak csak három pólusa van, ezek közül egy közös lesz az erősítő-négypólus ki- és bemenetén.
- Attól függően, hogy a tranzisztor melyik pólusa a közös pontja a bemenetnek és a kimenetnek, háromféle erősítő-alapkapcsolás lehetséges: bázis-, emitter- és kollektorkapcsolás.
- Leggyakrabban az emitterkapcsolást használják.
- Az így kapcsolt tranzisztorokat tekinthetjük úgy, hogy a "bemenetükre" U_{BE} feszültséget és I_B bázisáramot adva a "kimenetükön" U_{CE} kollektor-emitter feszültség és I_C kollektoráram jelentkezik.

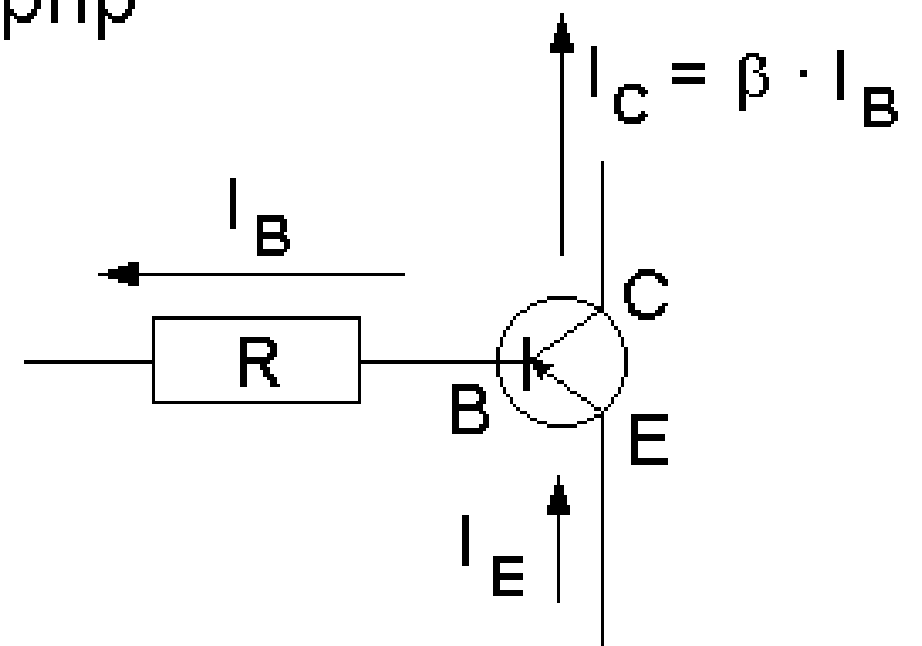
Az npn és pnp tranzisztor rajzjele áramirányokkal

npn



$$\varphi_C > \varphi_B > \varphi_E$$

pnp



$$\varphi_E > \varphi_B > \varphi_C$$

Egyszerűsítések

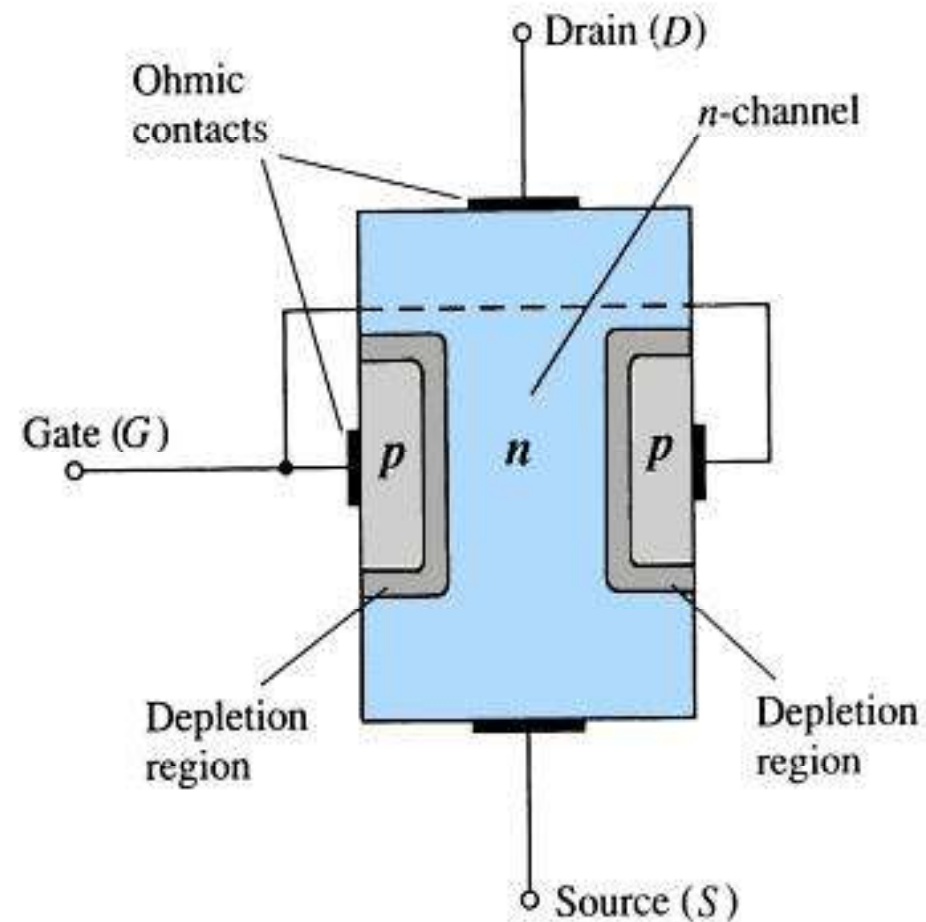
- Tranzisztort tartalmazó áramkörök számításánál a következő egyszerűsítő feltevésekkel szokás élni:
- 1. $U_{BE} = U_0 = \text{konstans}$, a bázis-emitter dióda kinyitásához szükséges feszültség, szilíciumnál $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$.
- 2. ha U_{CE} meghalad egy bizonyos értéket (kb. 1V-ot), akkor I_C független U_{CE} -től, és csak I_B -től függ, még hozzá $I_C = \beta \cdot I_B$ (azaz a β áramerősítési tényezőt állandónak tekintjük).

Térvezérlésű tranzisztorok (Field Effect Transistor - FET)

- Hasonlóság (Bipoláris vs. FET):
- Erősítés (alkalmazás)
- Kapcsoló üzemű eszközök (alkalmazás)
- Impedancia illesztő áramkörök (alkalmazás)
- Különbségek (Bipoláris vs. FET):
- FET feszültségvezérelt, a bipoláris tranzisztor áramvezérelt eszköz.
- A FET nagyobb bemeneti impedanciájú, a bipoláris tranzisztor nagyobb erősítésű.
- A FET kevésbé érzékeny a hőmérsékletre és sokkal könnyebben integrálható IC-be.

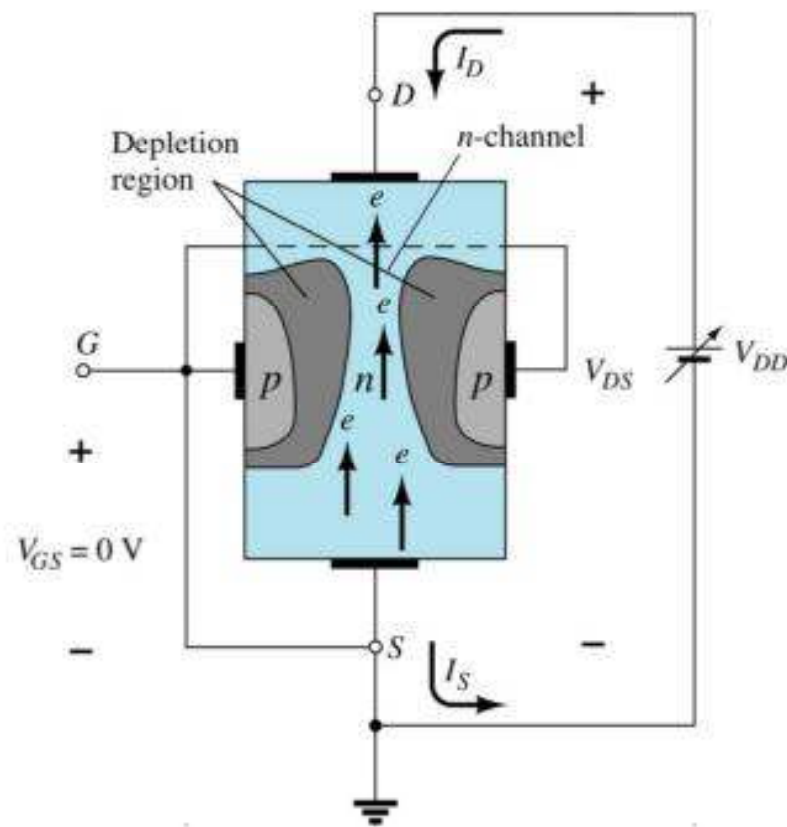
Junction FET

- Három kivezetés:
- Drain (D), Source (S) az n -csatornákhöz
- Gate (G) a p -típusú anyaghoz csatlakozik



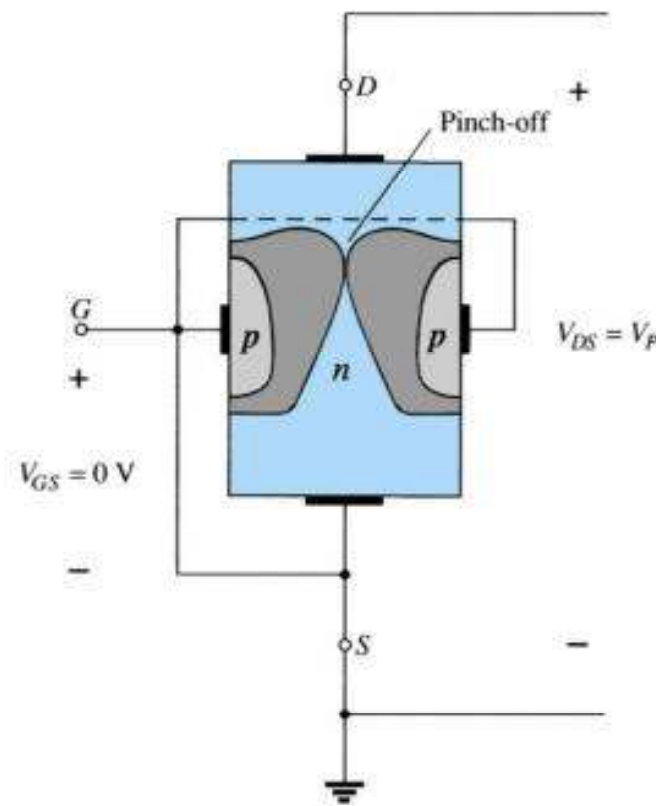
JFET karakterisztika

$U_{GS} = 0$,
 U_{DS} növelhető
 I_D áram növekszik

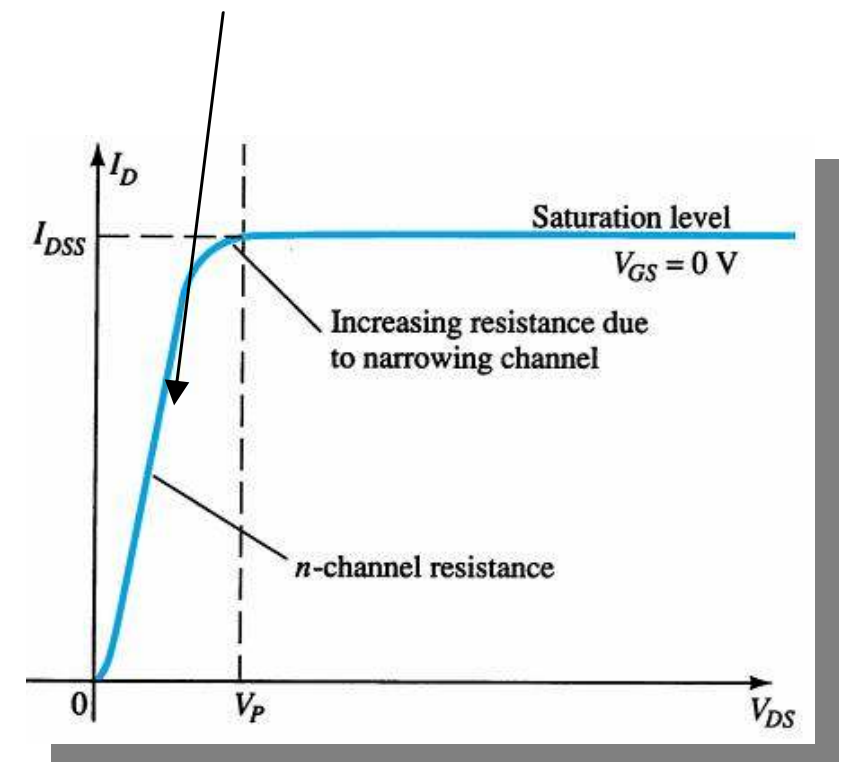


Lezárás

$U_{GS} = 0$,
 $U_{DS} > U_P$
 $I_D = I_{DSS}$

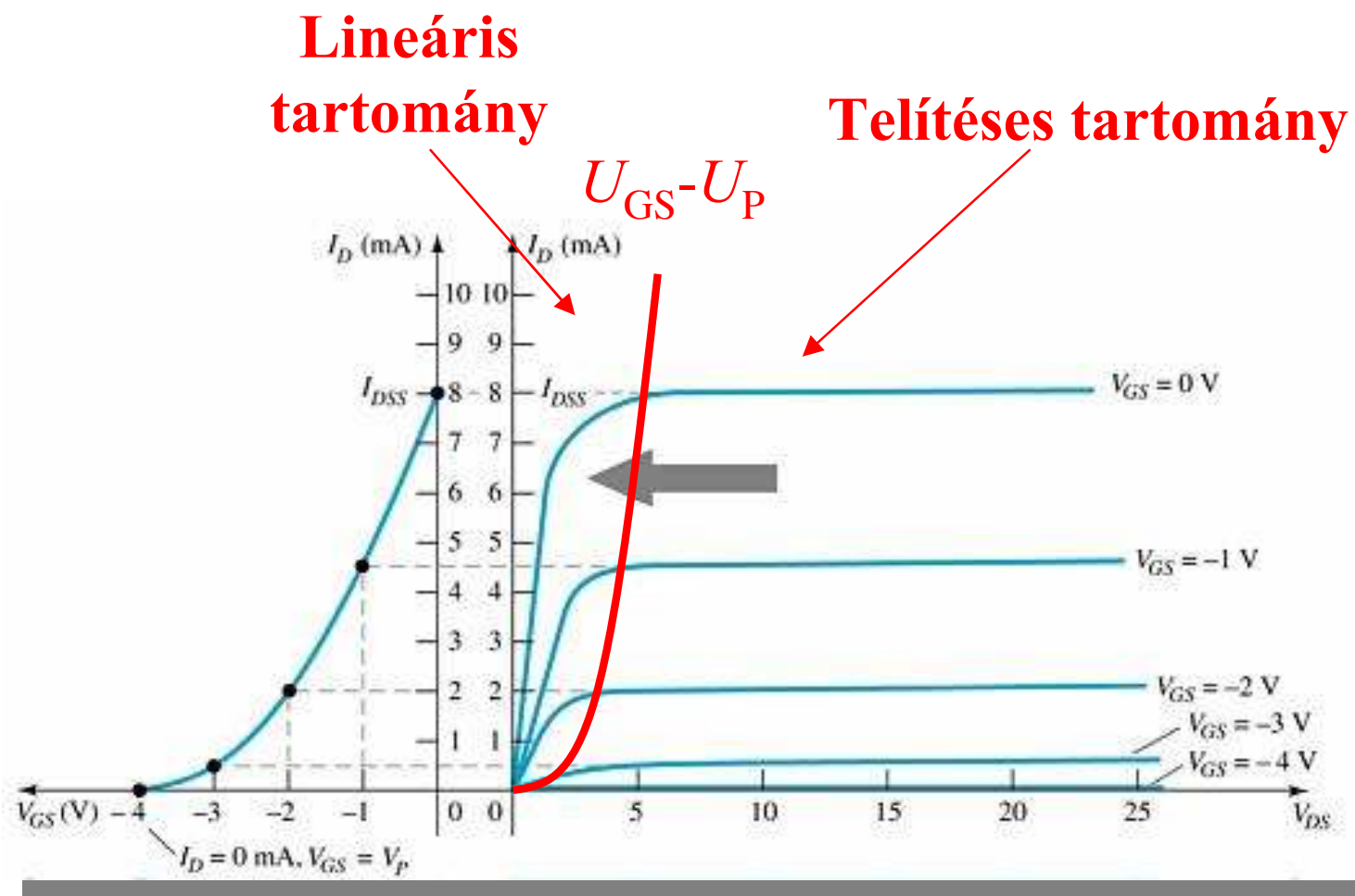


Ellenállás
(a lineáris tartományban):



JFET karakterisztika

Az U_{GS} bemenet és az I_D kimeneti áram közötti kapcsolat: $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2$

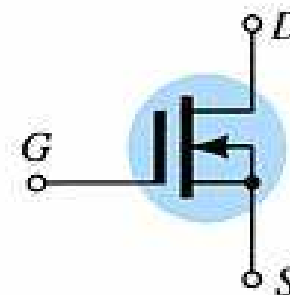
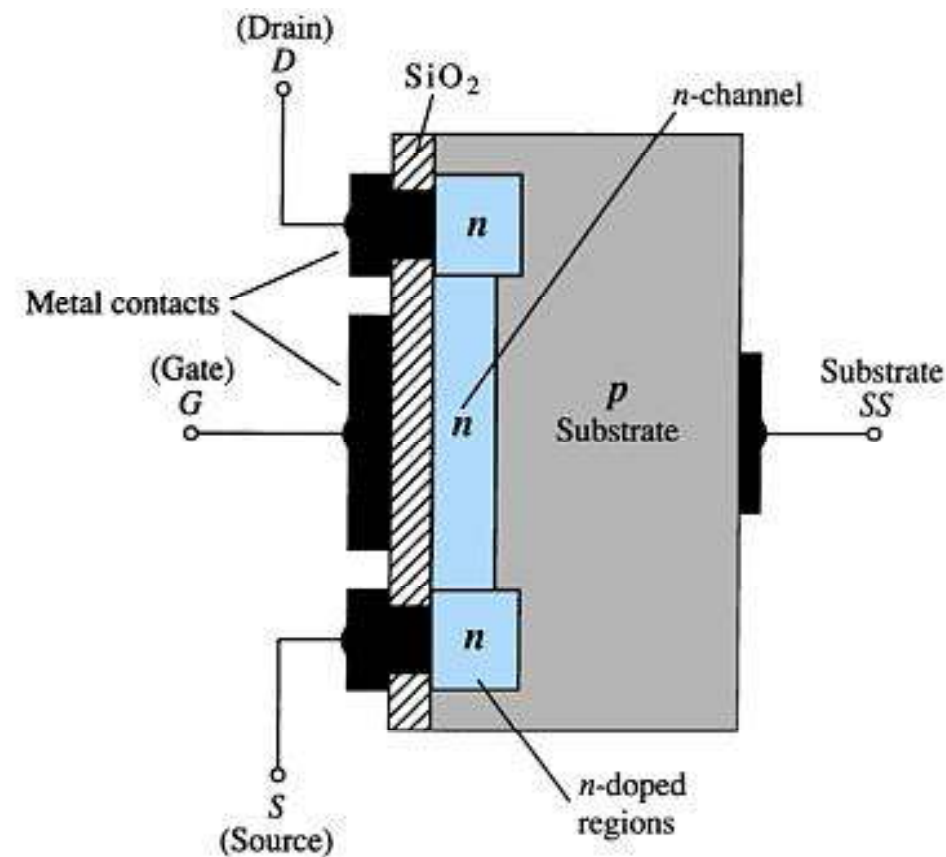


Ideális FET = feszültség vezérelt áramforrás

Metal-Oxid-Semiconductor FET (MOSFET)

Depletion= Kiürítéses

- Kiürítéses
- Növekményes



MOSFET karakterisztika

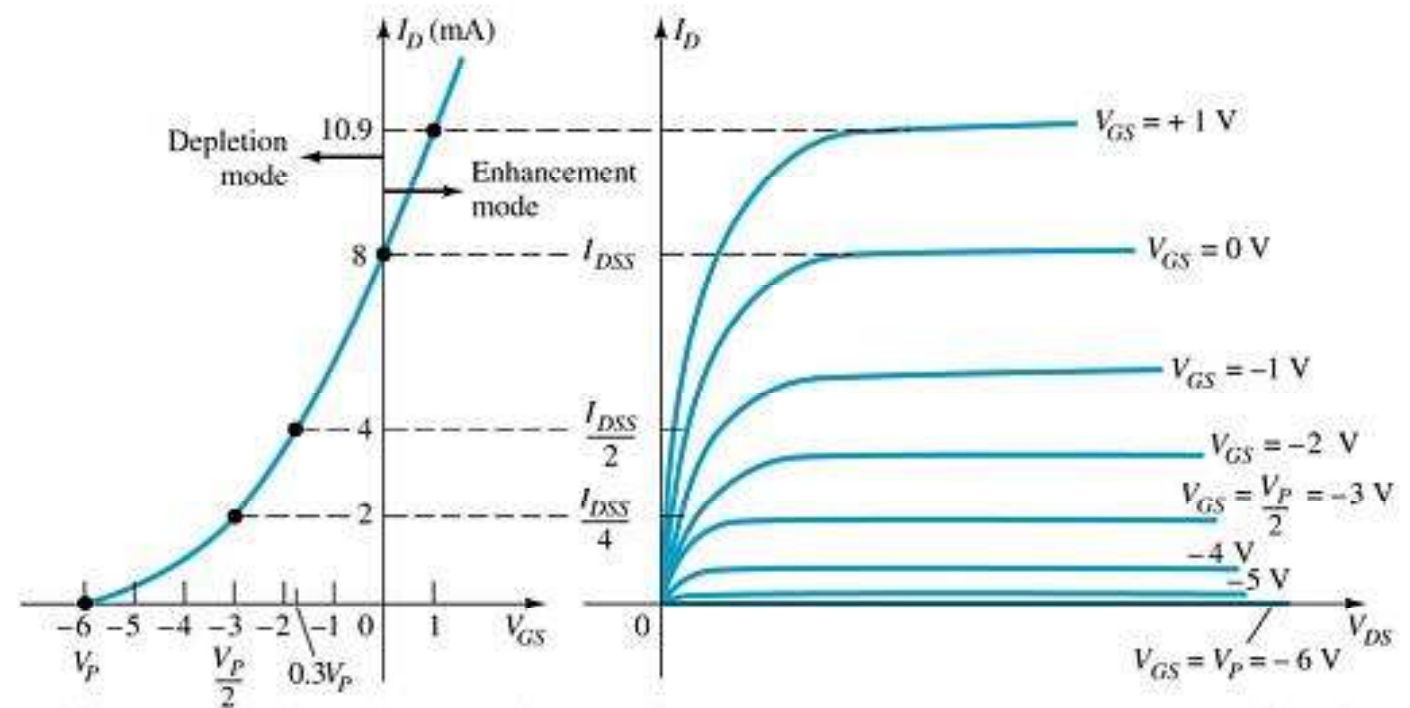
A kiürítéses MOSFET két működési módja:

■ Kiürítéses mód:

- $U_{GS} = 0 \text{ V}, I_D = I_{DSS}$
- $U_{GS} < 0 \text{ V}, I_D < I_{DSS}$
- Az alábbi görbe használható:

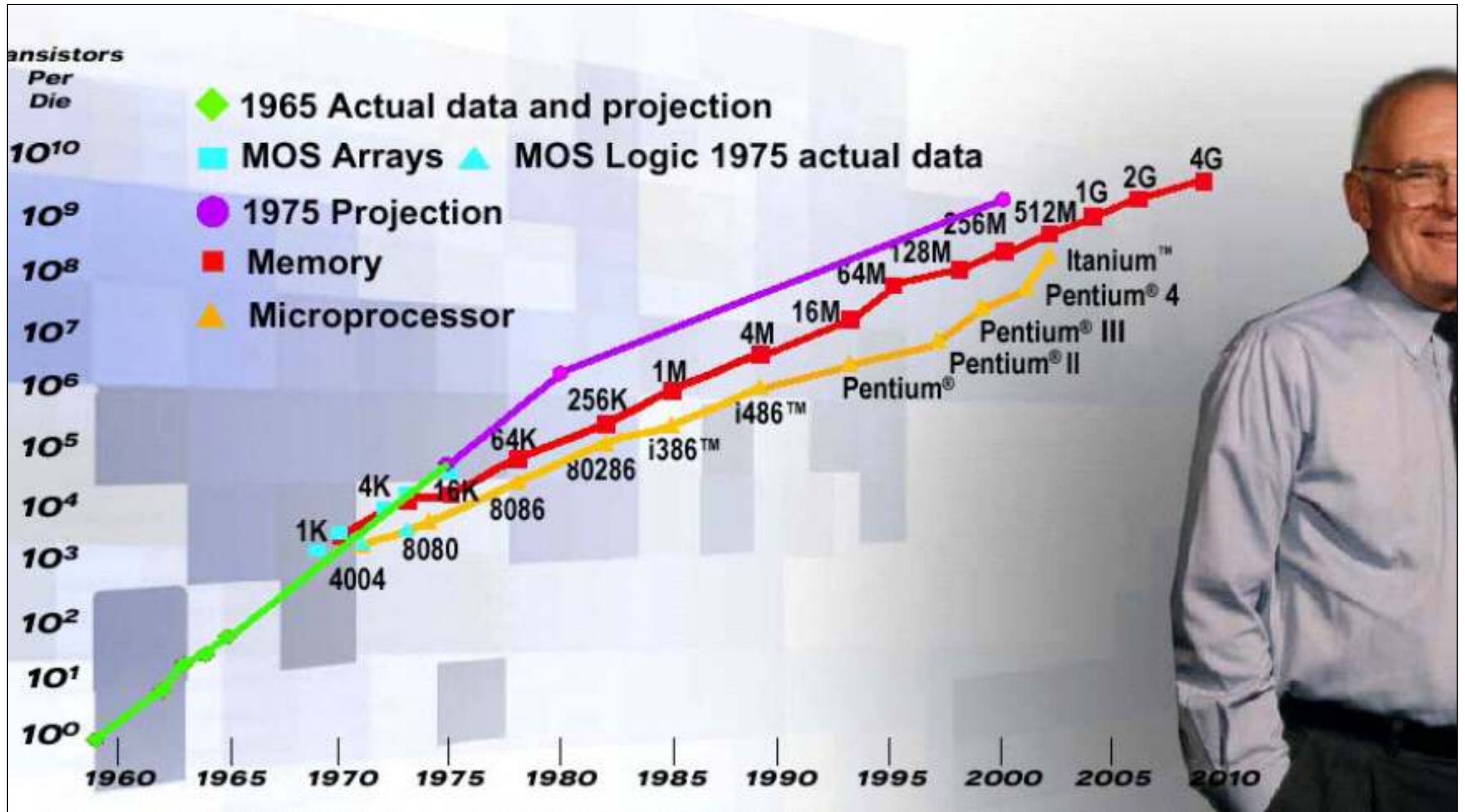
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2$$

■ Növekményes mód



Moore törvénye

- A Moore-törvény (1965) a hardware gyártás területén megfigyelt predikciós állítás: az integrált áramkörökben lévő tranzisztorok száma - ami használható a számítási teljesítmény durva mérésére - minden 18-24 hónapban megduplázódik.
- ~1995-ben 500 nm-es csíkszélességgel készültek
- 2004 utolsó negyedévében a processzorok 130 és 90 nm-es technológiával készültek.
- 2005 végén 65 nm-es technológiával
- Korlát: az atomi méretekhez érve a tranzisztorok el fogják érni miniatürizálásuk határait: új típusú technológia fogja átvenni az integrált áramkörök helyét



Vége az 5. előadásnak

- i. Ismétlés: félvezetők
- ii. Feszültség mérése

Cserey György
2016. 10. 11.

Méréstechnika labor

6. előadás

Feszültség mérése

Cserey György
2016. 10. 18.

Tartalom

- Deprez rendszerű műszer, kéziműszerek
- Váltakozó feszültség és áram mérése
- Effektív érték
- Mérési hibák
- Igen kicsi és igen nagy feszültségek mérése
- Digitális voltmérők
- Jelalak mérés
- Időmérés - filozofikus megfontolások
- Frekvenciamérések
- Időmérések

A mérés technika alapelvei, alapfogalmai

- **Mérés = összehasonlítás**
- Minden mérésnek hibája van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

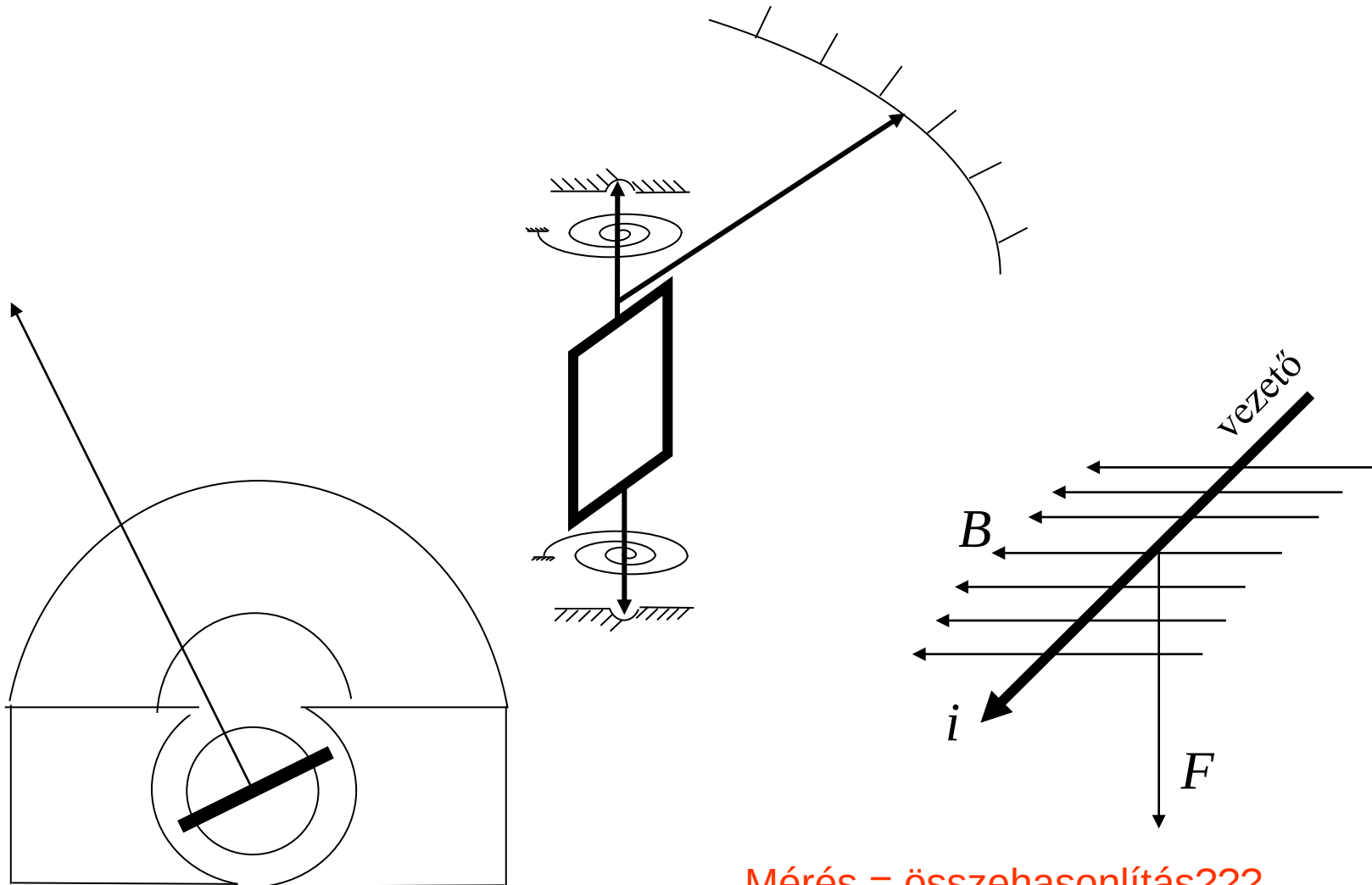
Áram és feszültség mérés nehézségei:

Hihetetlenül széles mérési tartomány 1pA-1MA (10^{-12} 10^6 A), 1nV-1MV (10^{-9} 10^6 V)

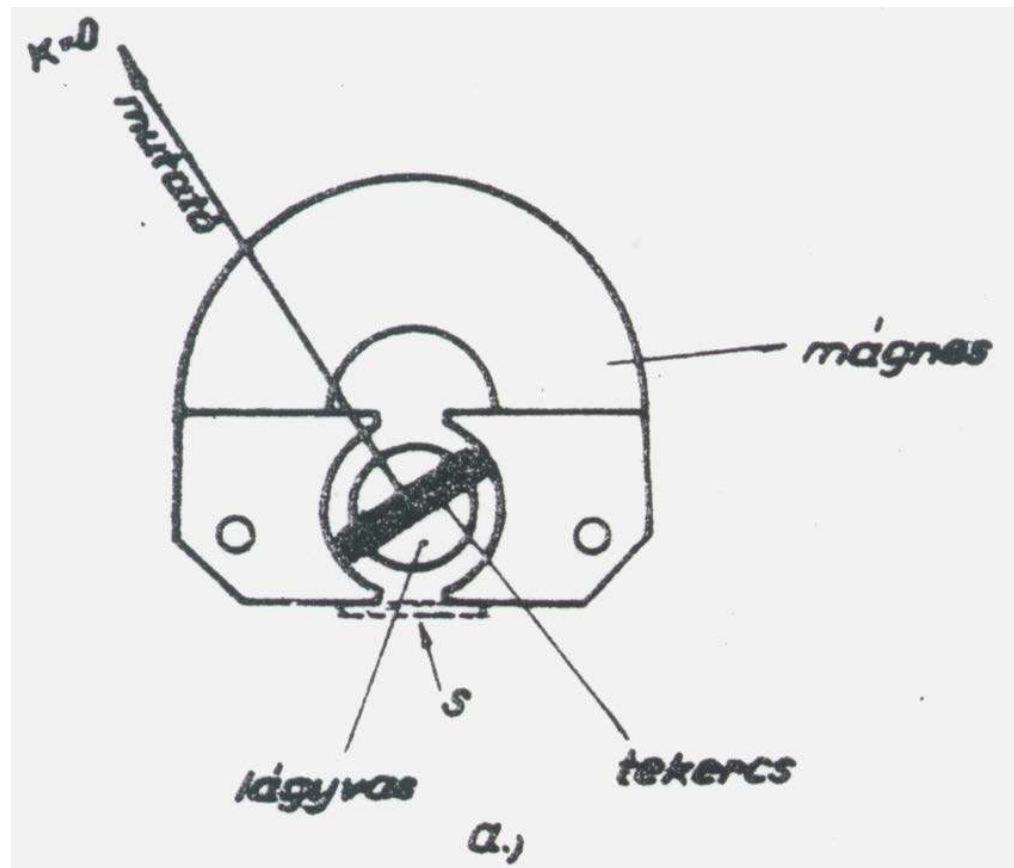
Nagy pontossági követelmények, nagyon bonyolult mérési elvek

Hagyományos és érthető a Deprez rendszerű műszer. A működés alapelve, hogy mágneses térben árammal átjárt vezetőre erő hat. Ez az erő rugó ellenében a mutatót az árammal arányosan kitéríti. A műszerek jellemző pontossága 1%.

Deprez rendszerű műszer



Mérés = összehasonlítás???



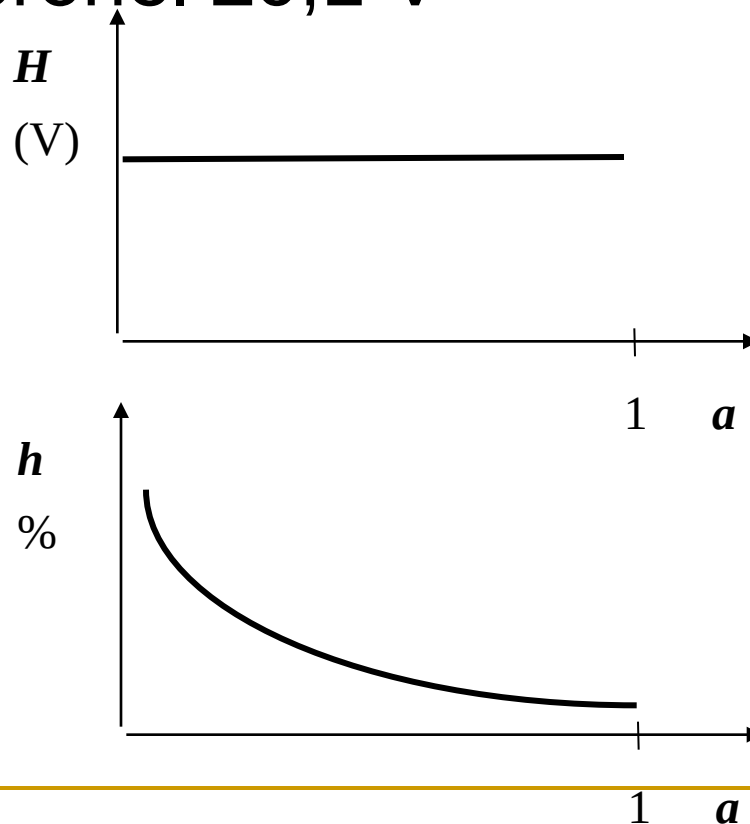
A hiba megadási módjai, értékfüggése I.

- **Abszolút hiba (H):** pl. egy mérési célú feszültségforrás $10V \pm 0,1$ V feszültséget szolgáltat ($H \leq 0,1$ V)
- **Relatív hiba (h):** pl. egy mérési célú feszültségforrás $10V \pm 1\%$ feszültséget szolgáltat ($h = 1\%$)

$h = H/a$, ahol a a mutatott érték (kitérés)

A hiba megadási módjai, értékfüggése II.

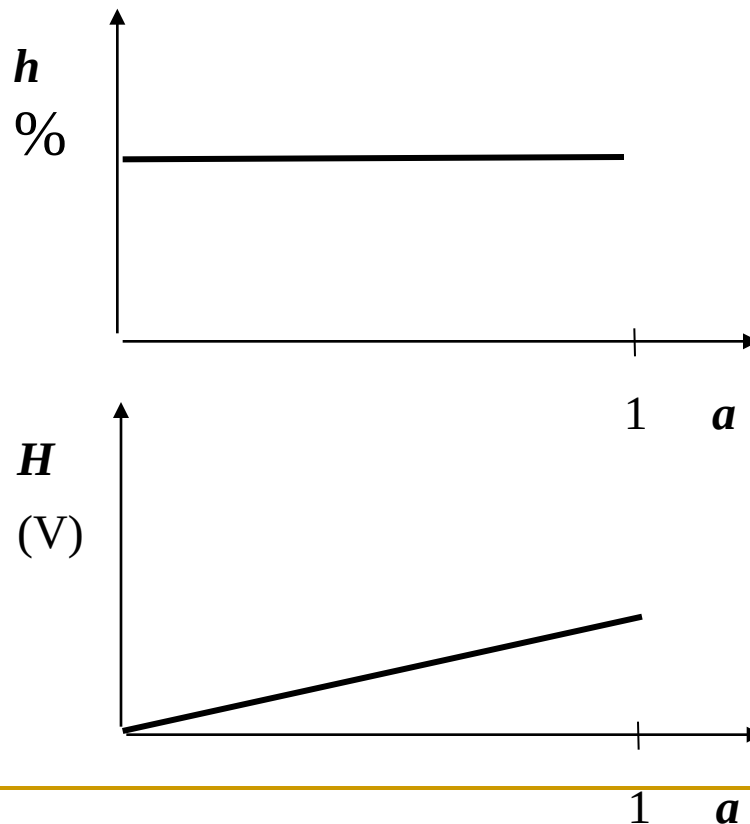
- **Állandó abszolút hiba:** pl. egy voltmérőnél $\pm 0,1 \text{ V}$



Oscilloszkóp!!!

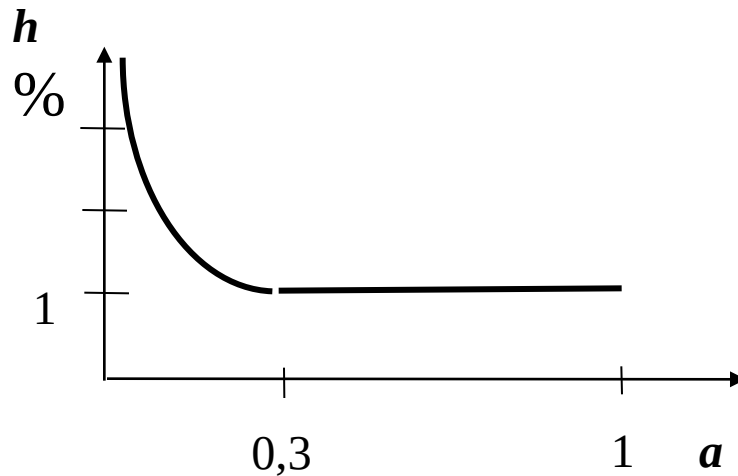
A hiba megadási módjai, értékfüggése III.

- **Állandó relatív hiba:** pl. egy voltmérőnél $\pm 5\%$

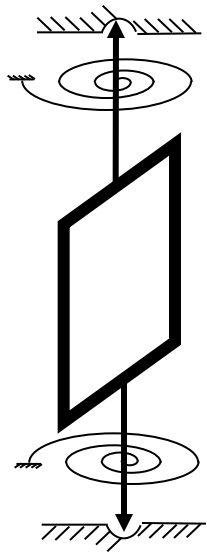


A hiba megadási módjai, értékfüggése IV.

- **Vegyes megadáású hiba:** pl. egy 10 V méréshatárú voltmérőnél **$h=\pm 1\%$** illetve **$H\geq\pm 0,03V$**



Deprez rendszerű műszer hibái

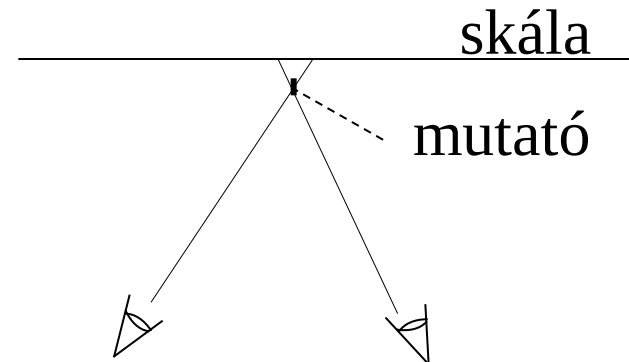


Csúcshiba: Az abszolút hiba nagysága állandó

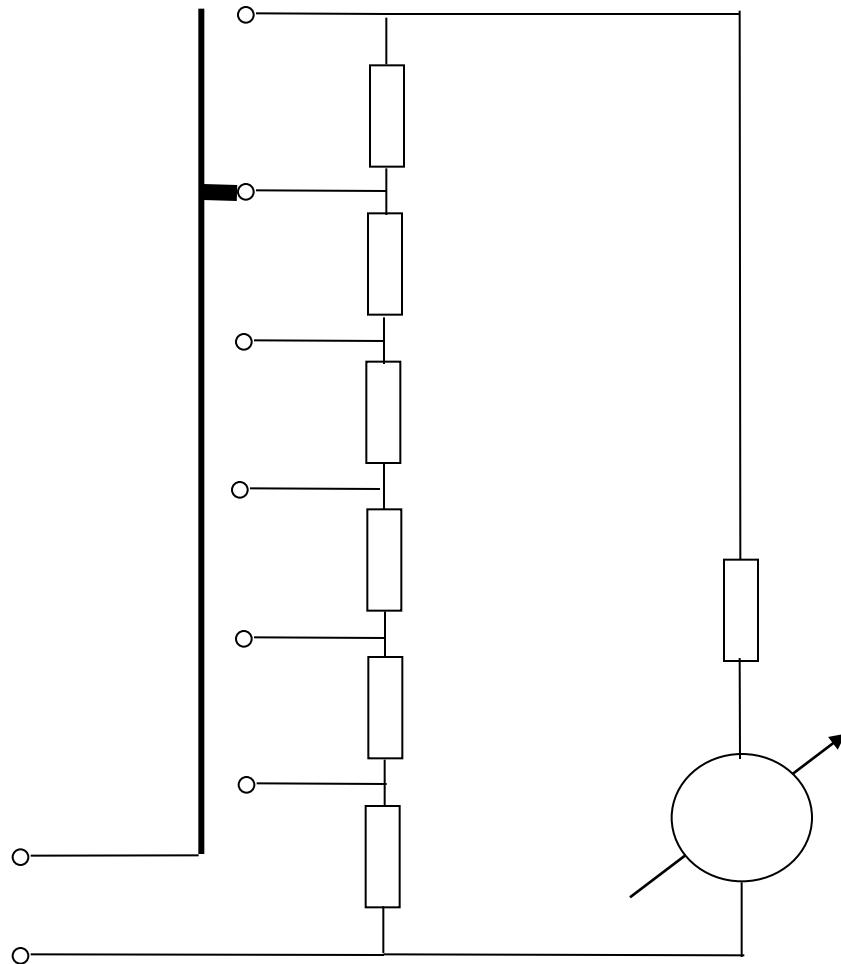
Csak a terhelési hiba árán csökkenthető

Leolvasási hiba: Az abszolút hiba nagysága állandó

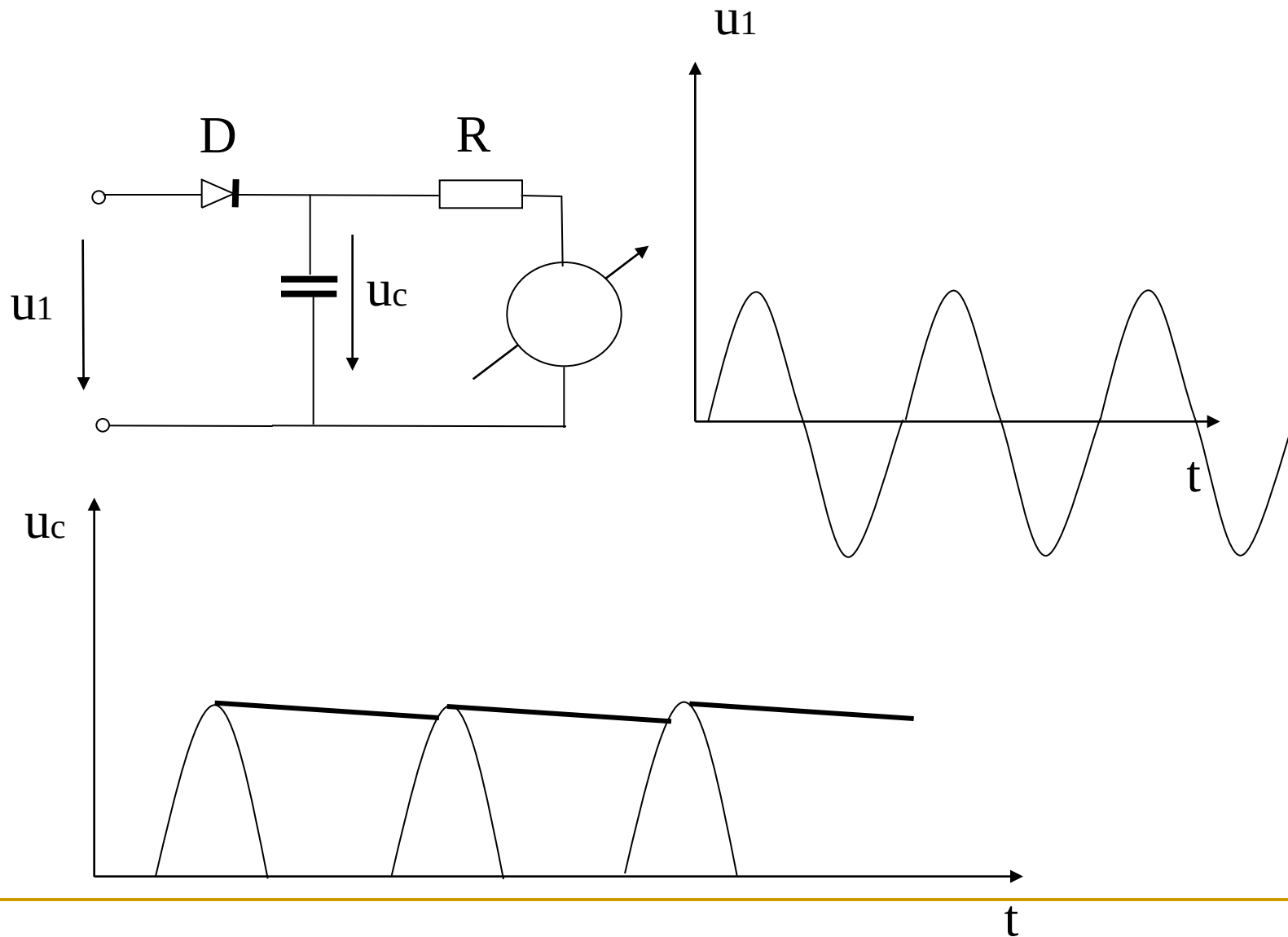
Skálatükörrel csökkenthető



Kéziműszerek

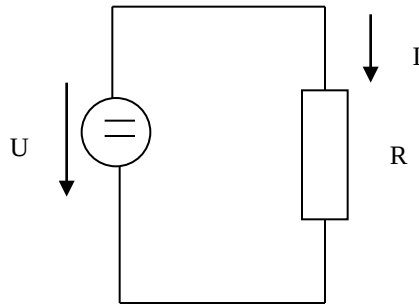


Váltakozó feszültség mérése

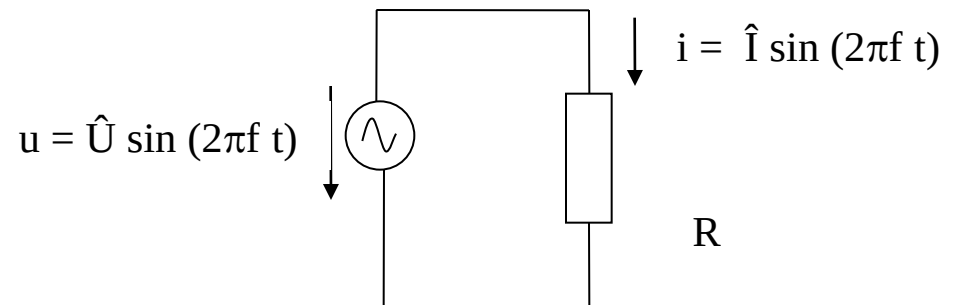


Effektív érték számolása

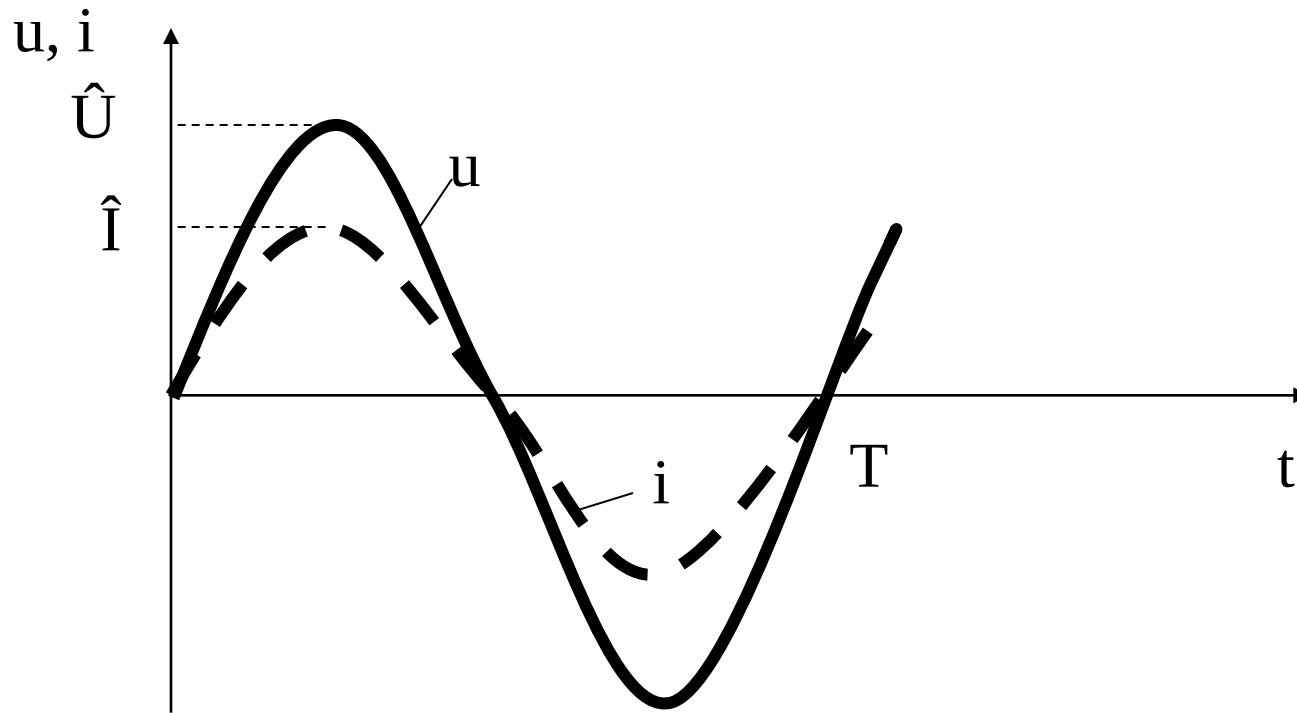
Alapelv: Váltakozó feszültségű áramkörben a teljesítmény pillanatértéke változik



$$P=UI$$



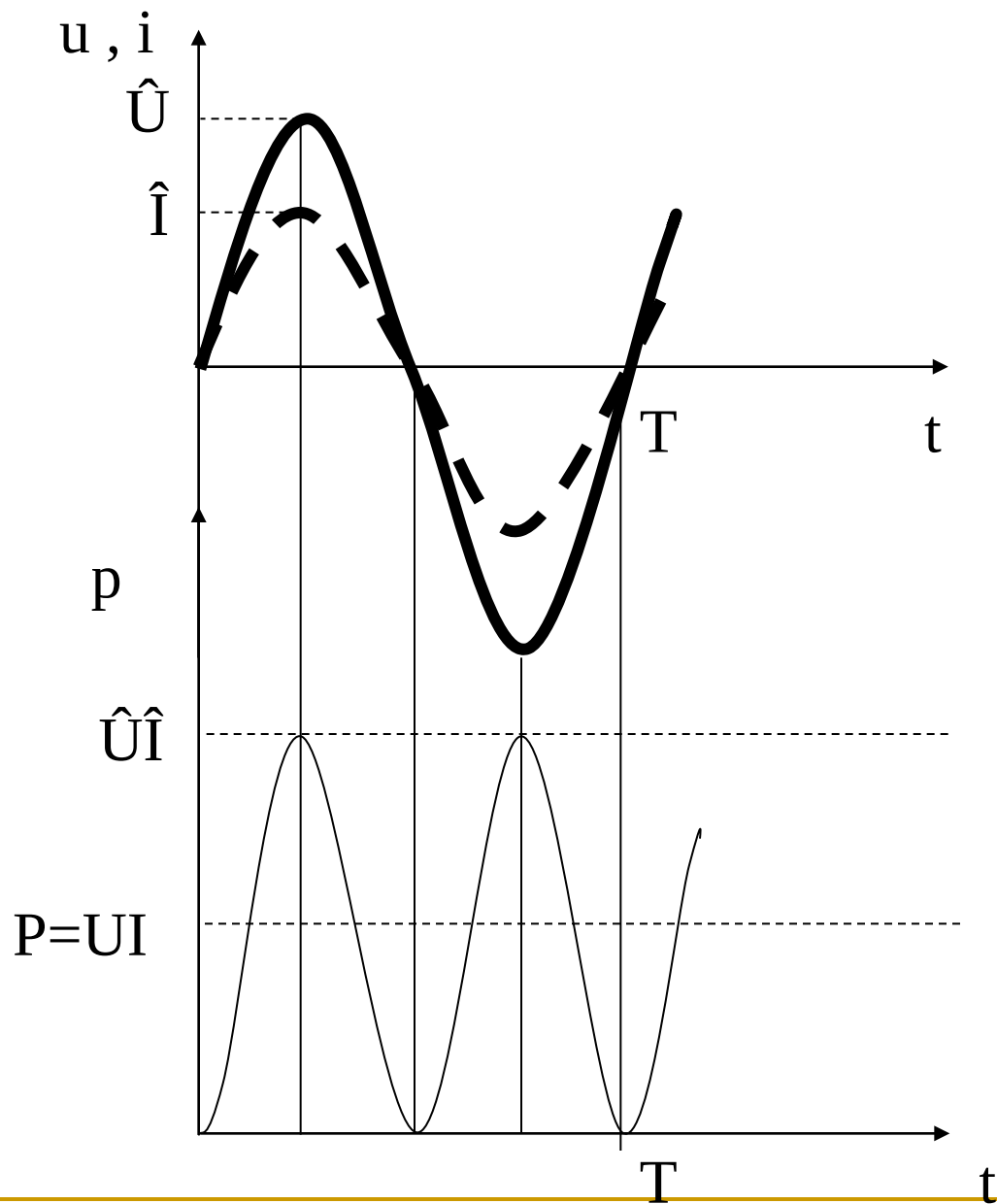
$$p = ui = \hat{U} \hat{I} \sin^2(2\pi f t)$$



$$p = ui = \hat{U} \hat{I} \sin^2 (2\pi f t)$$

$$\sin^2 (2\pi f t) = \frac{1}{2}[1 - \cos (4\pi f t)]$$

$$p = \hat{U} \hat{I} \sin^2 (2\pi f t) = \frac{1}{2} \hat{U} \hat{I} - \frac{1}{2} \hat{U} \hat{I} \cos (4\pi f t)$$



A pillanatnyi teljesítmény hosszabb időre vett középértéke

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt = \frac{1}{2T} \hat{U} \hat{I} \int_0^T [1 - \cos(4\pi f t)] \, dt$$

Mivel a második tag integrálja a teljes periódusra nulla, így

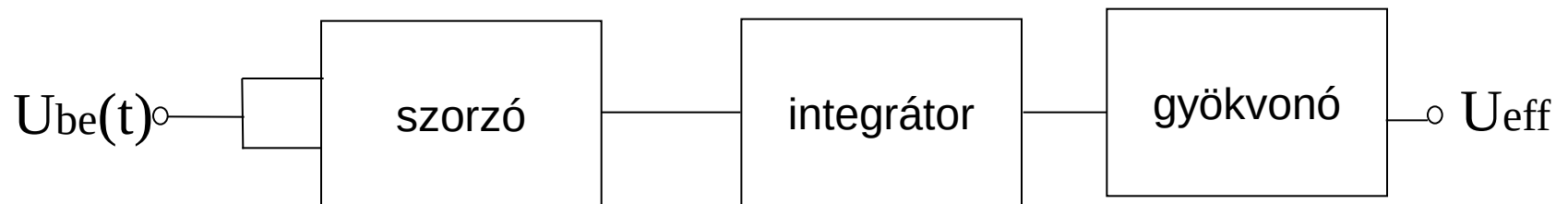
$$P = \frac{1}{2} \hat{U} \hat{I} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \hat{I} \right)$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U} \qquad I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{I}$$

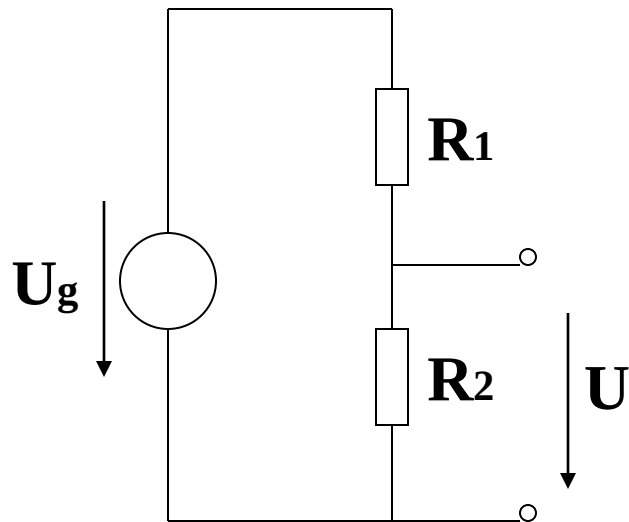
Tényleges effektív érték mérése

$$T \cdot U_{eff}^2 = \int_0^T U_{be}^2(t) dt$$

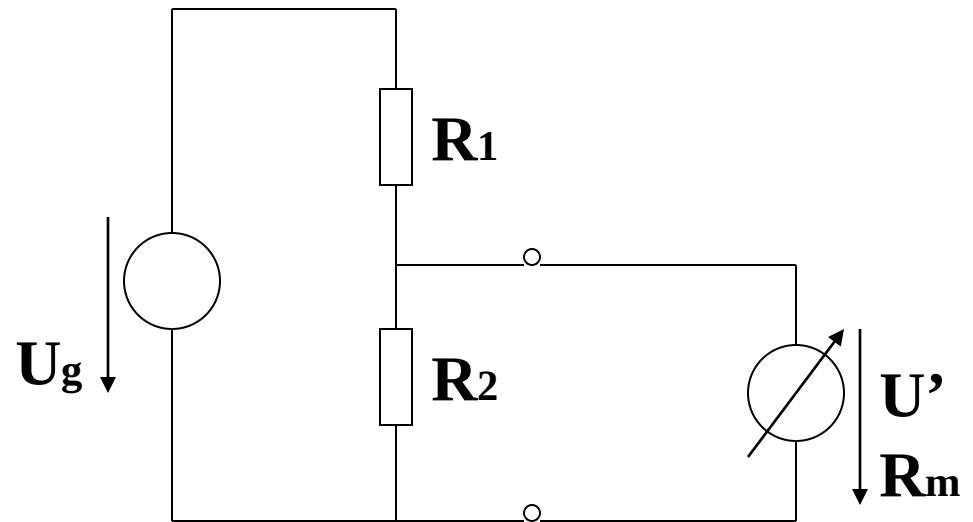
Effektív érték konverter



Terhelési hiba

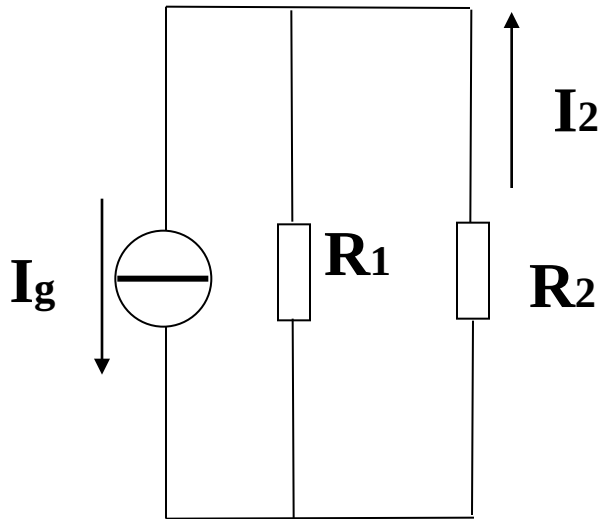


$$U = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

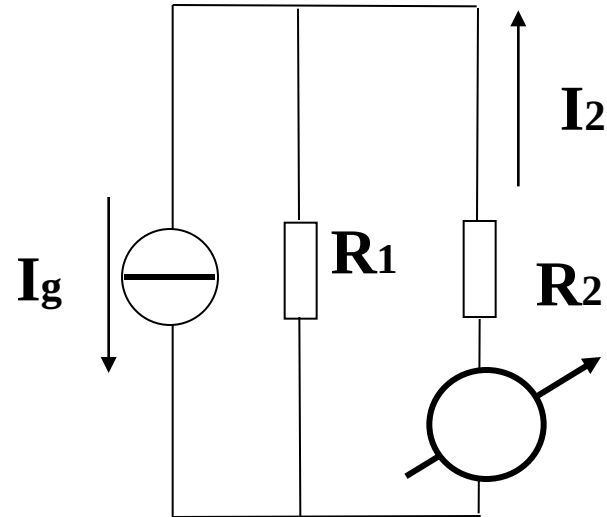


$$U' = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_1 \frac{R_2}{R_m}}$$

Terhelési hiba árammérésnél

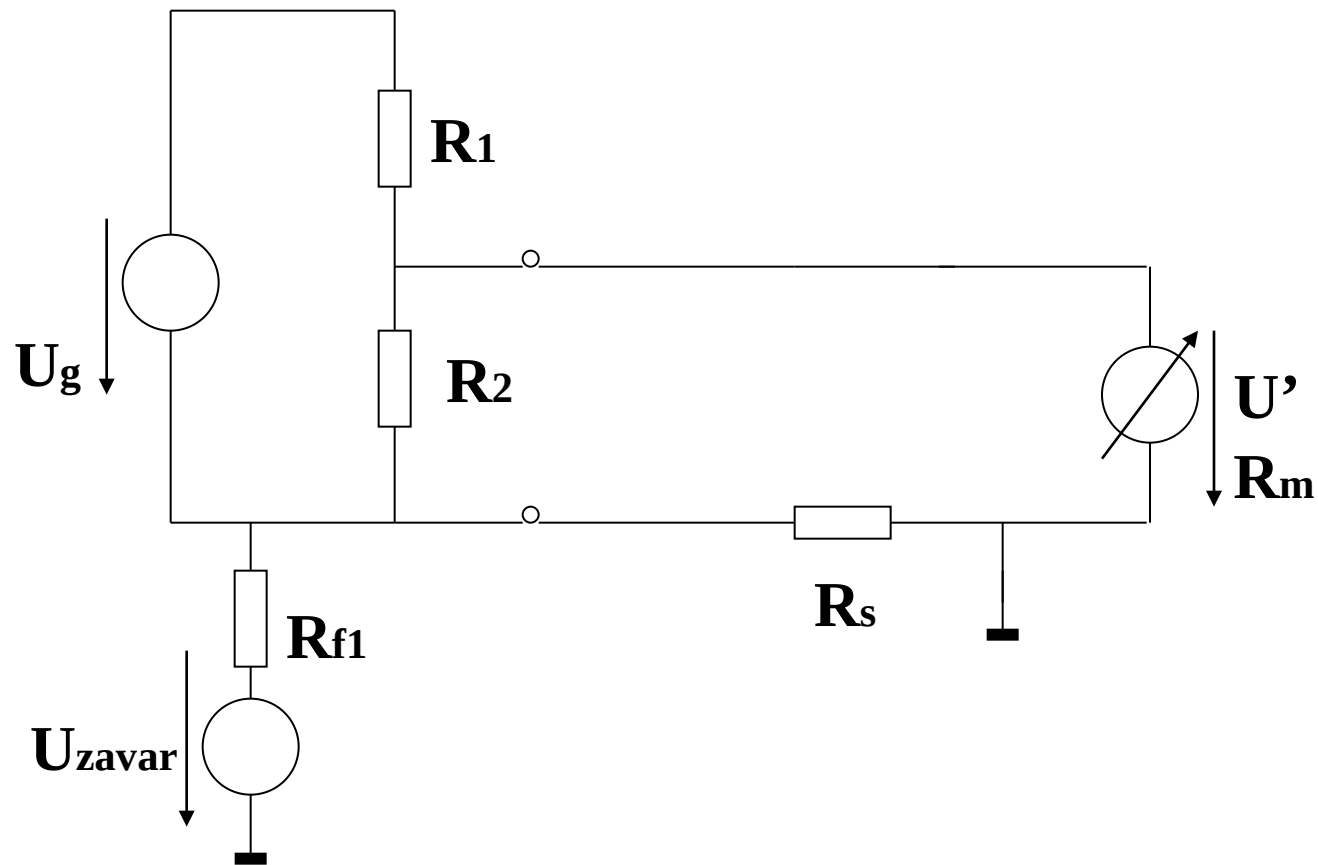


$$I_2 = I_g \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

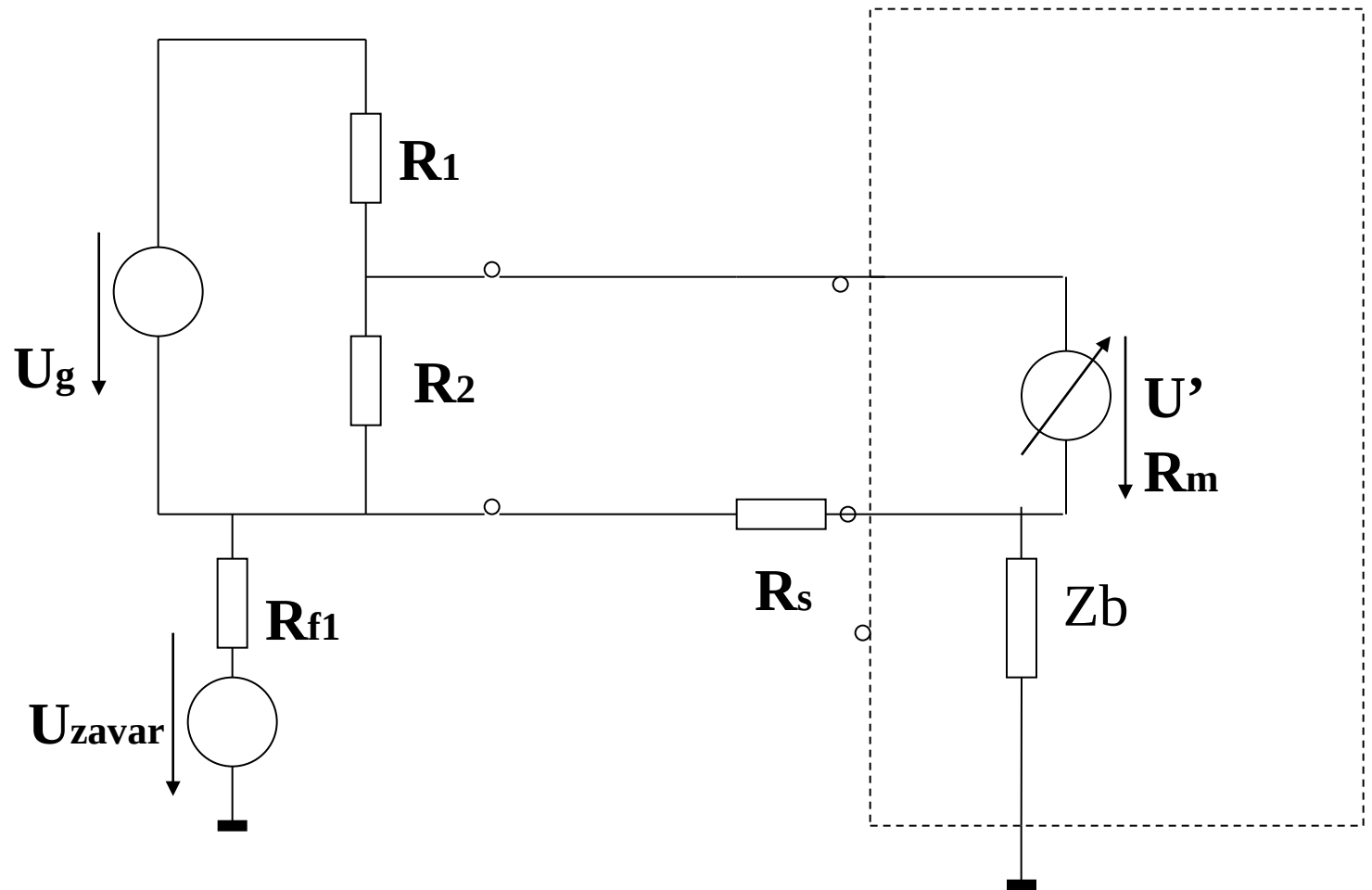


$$I_2' = I_g \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_m}$$

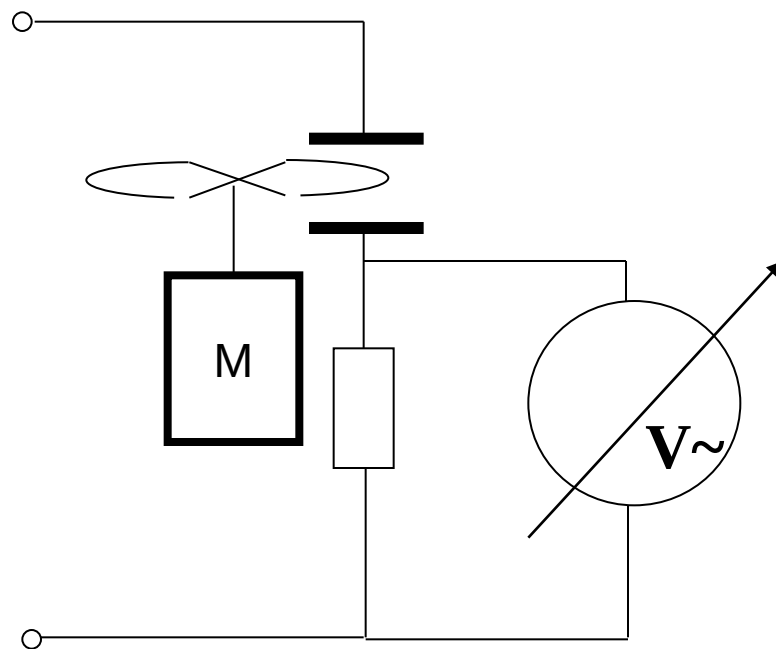
Földelési kérdések



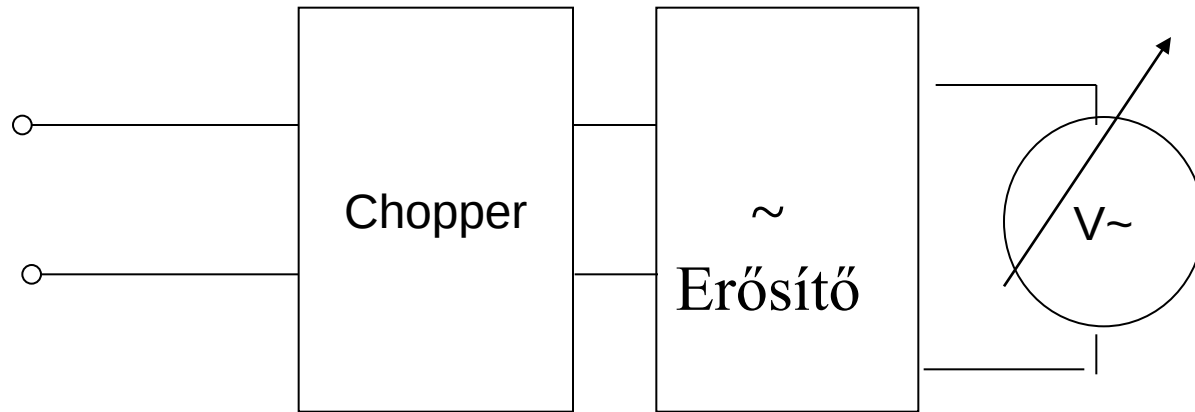
Földelési kérdések -- GUARD



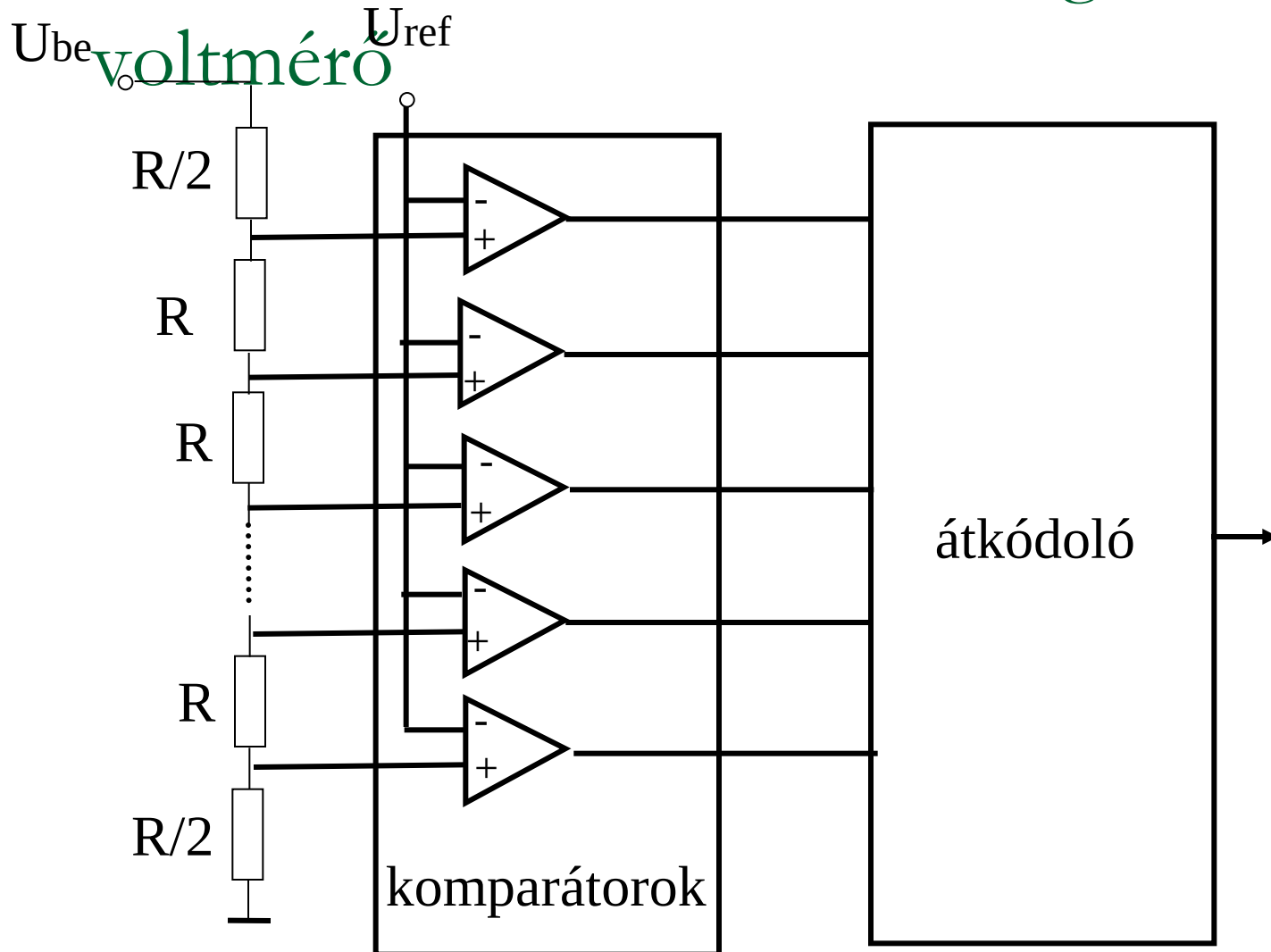
Igen nagy egyenfeszültségek mérése



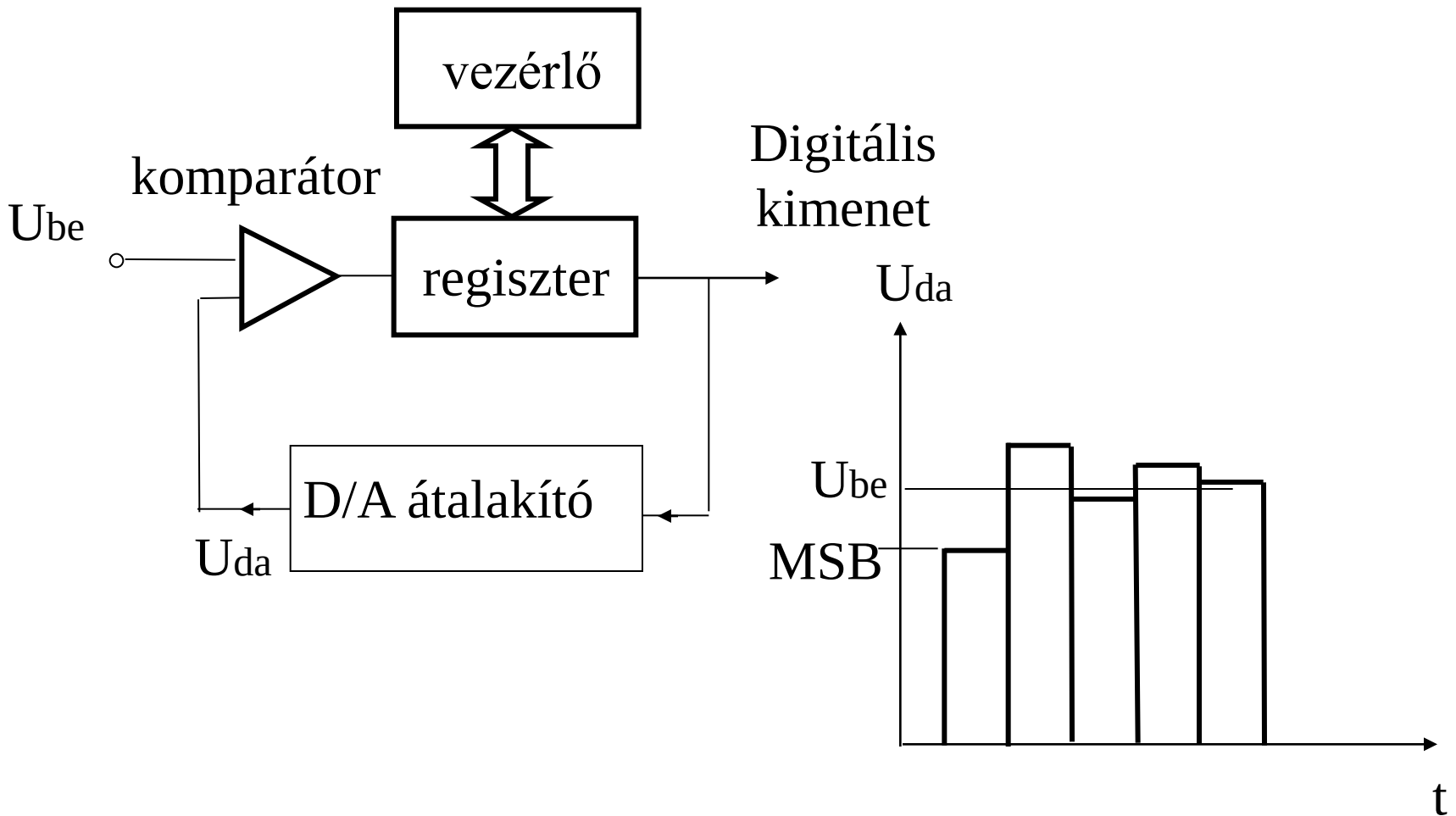
Igen kis egyenfeszültségek mérése



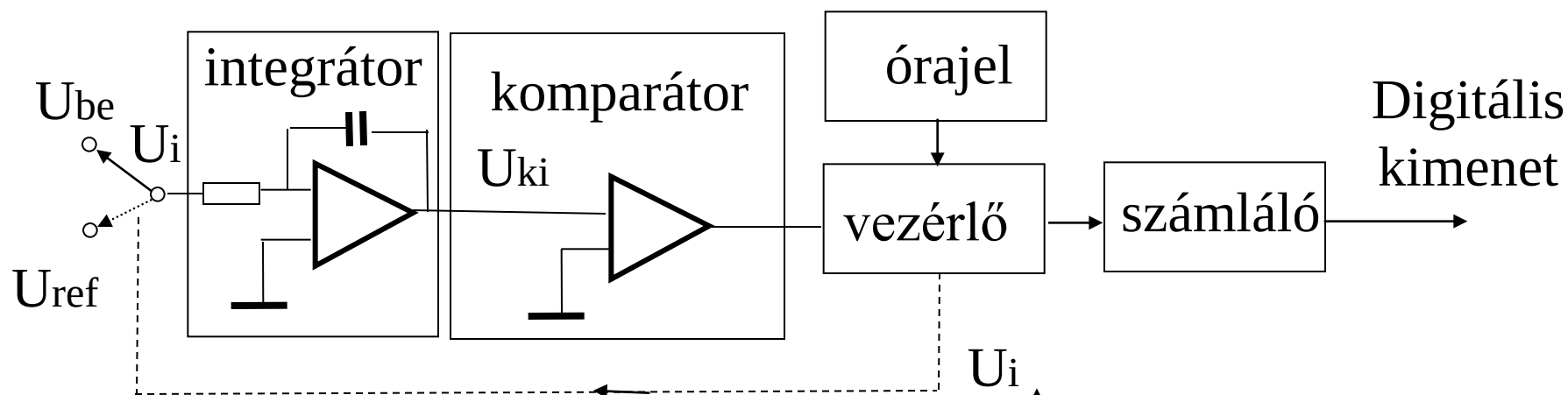
Párhuzamos AD átalakító digitális



Szucesszív approximációs digitális voltmérő

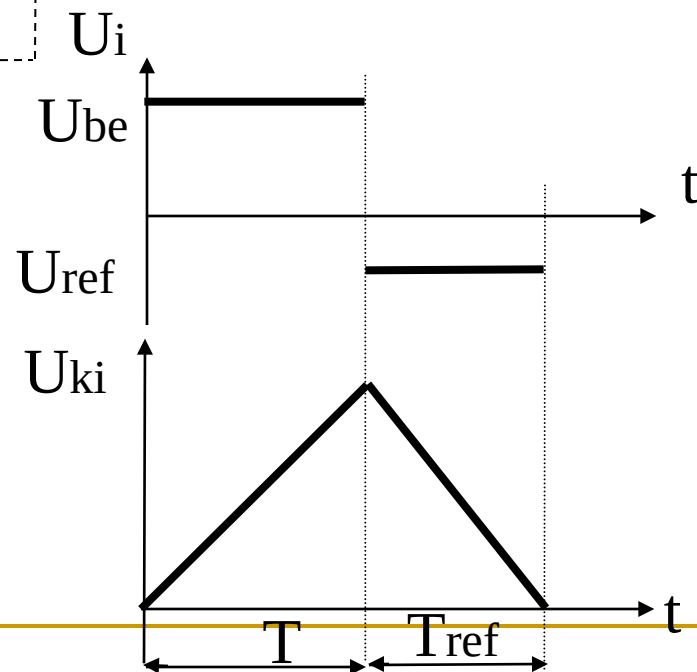


Dual-slope AD átalakítós digitális voltmérő



$$\tau \int_0^T U_{be} dt = \tau \int_0^{T_{ref}} U_{ref} dt$$

$$U_{be} = U_{ref} \frac{T_{ref}}{T}$$



Digitális multiméterek

Szokásos üzemmódok:

egyenfeszültség (DC)

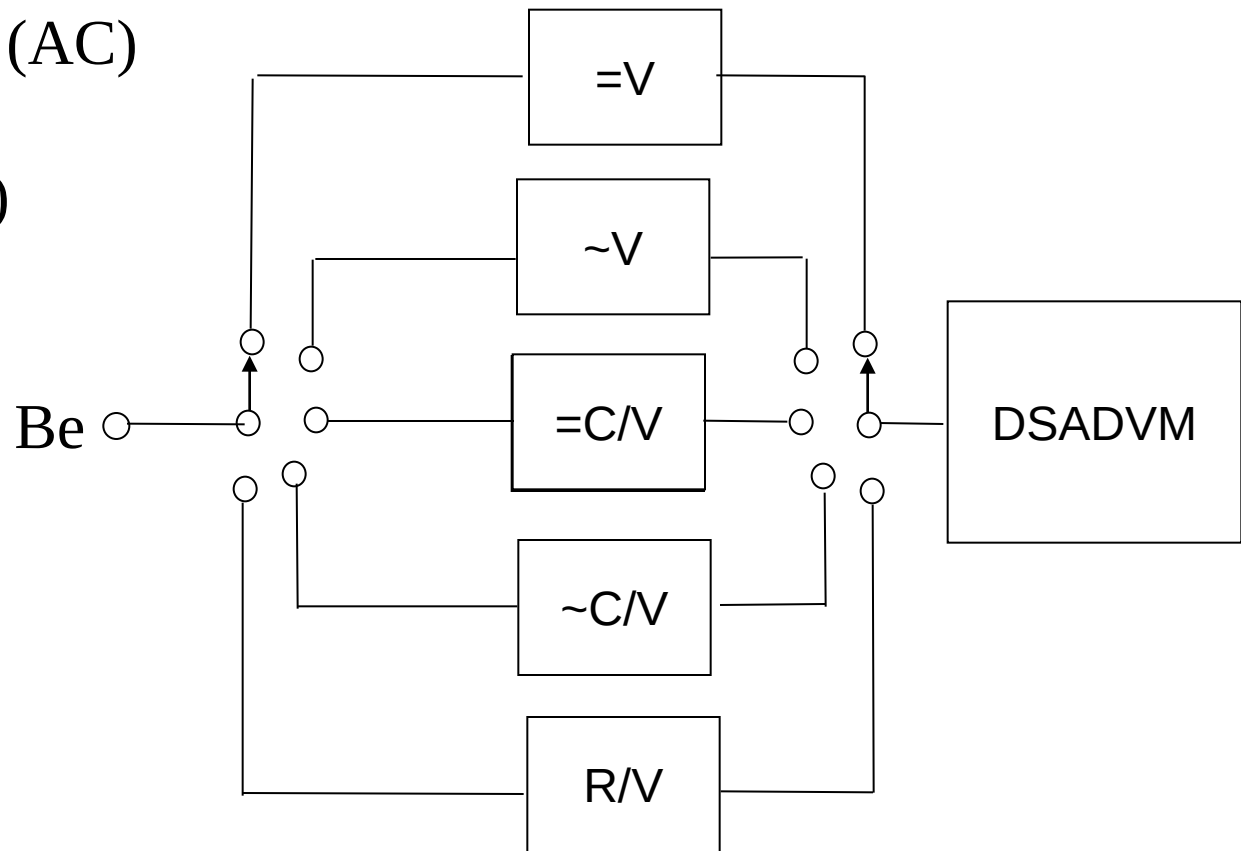
Váltakozó feszültség (AC)

Egyenáram (DC)

Váltakozó áram (AC)

ellenállás (R)

Osztók és átalakítók



Vége az 6. előadásnak

Feszültség mérése

Cserey György
2016. 10. 18.

Méréstechnika labor

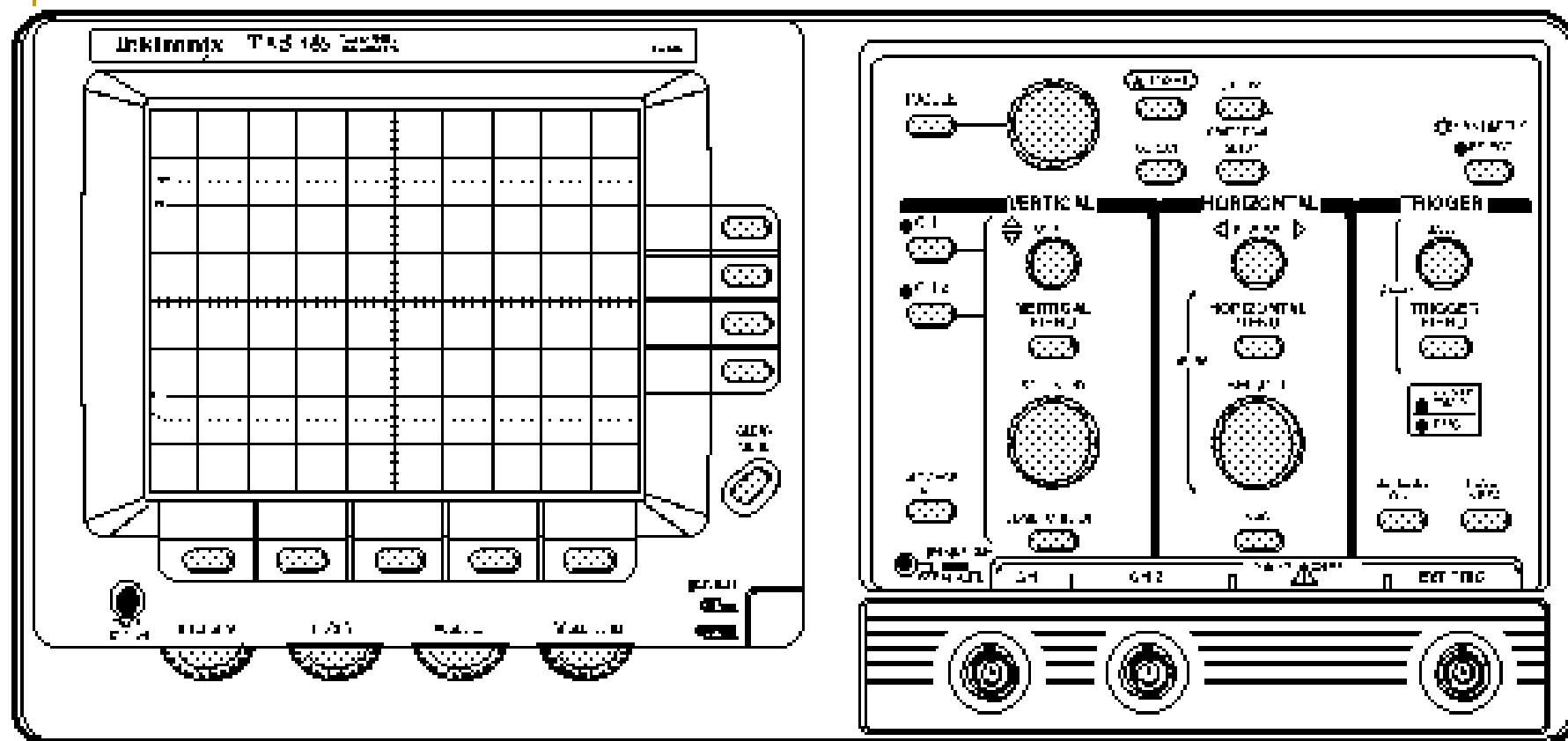
7. Előadás

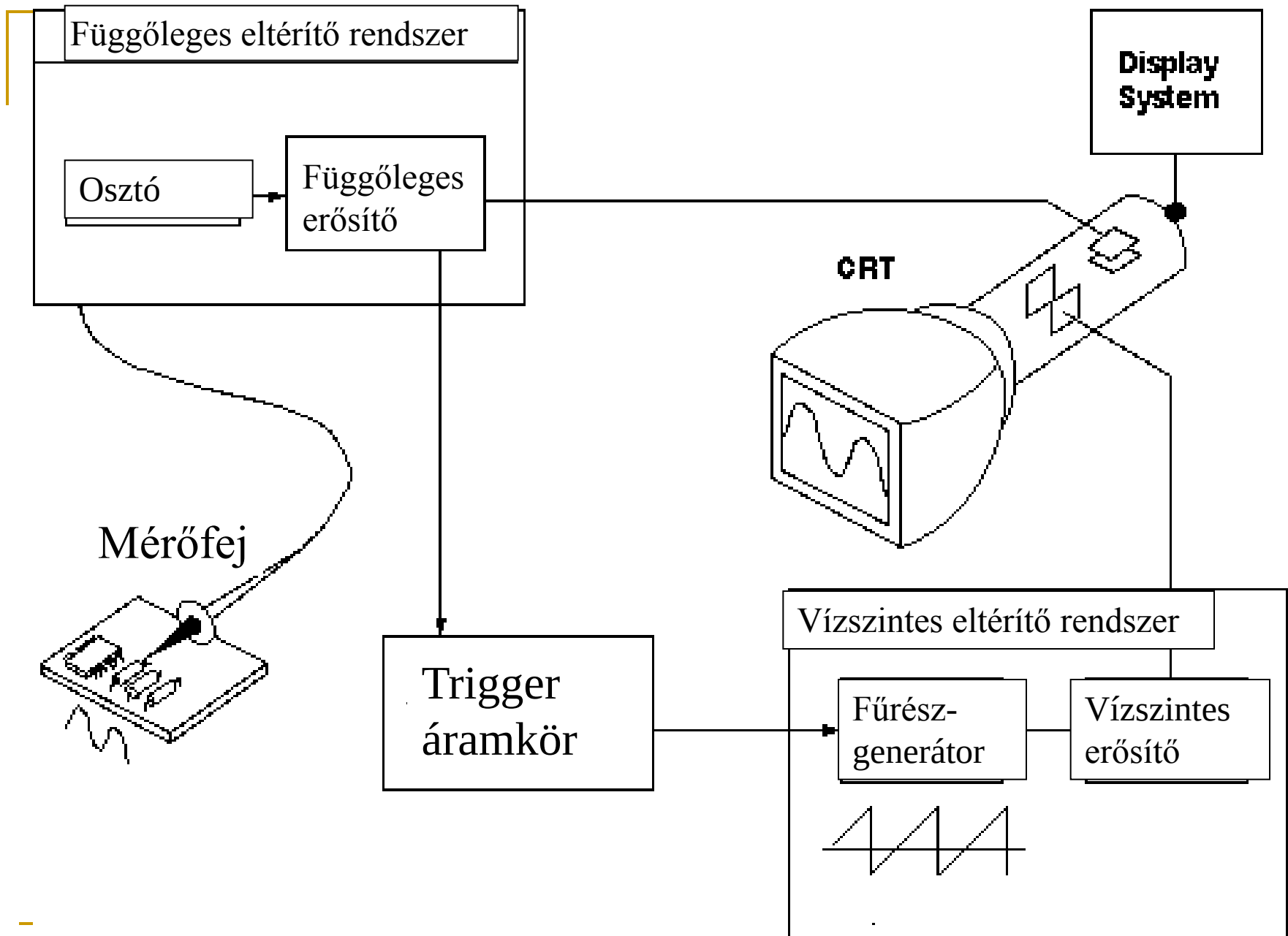
Jelalak mérése
Idő- és frekvencia mérés
Példák

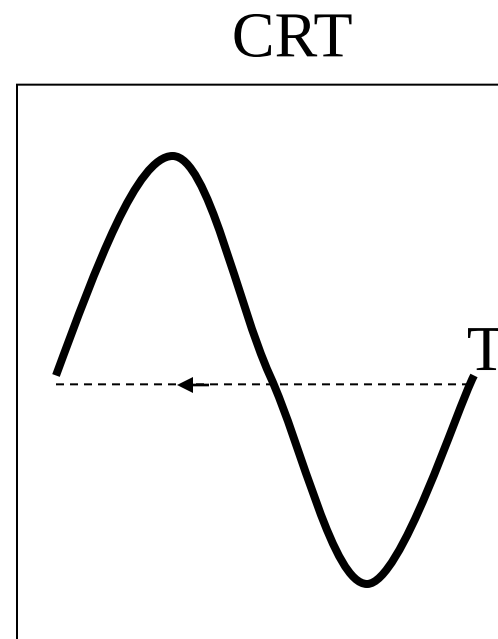
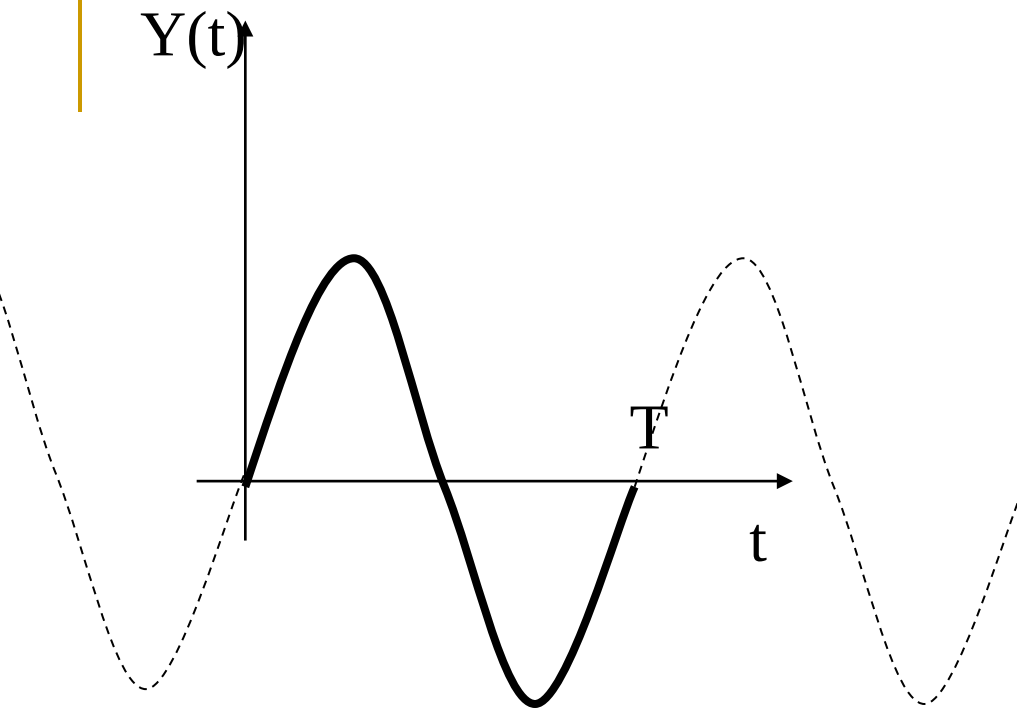
Cserey György
2016. 10. 25.

Jelalak megjelenítése

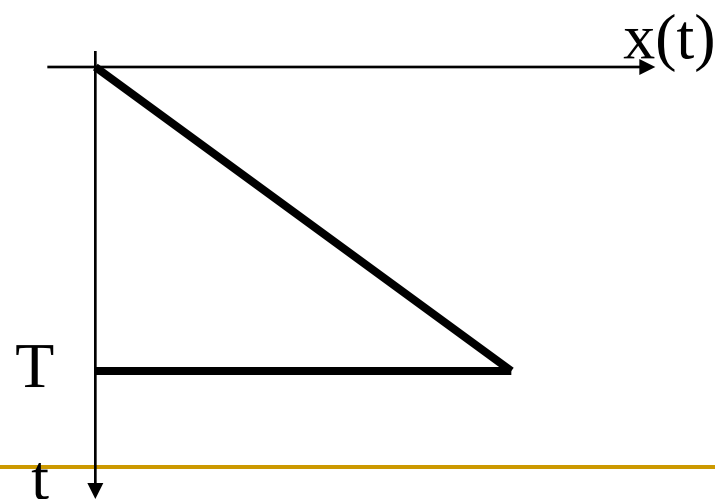
- Az oszcilloszkópok -- jelalak időfüggvényének megjelenítésére szolgáló műszer.
- Legfőbb jellemzői: csatornaszám, érzékenység, határfrekvencia
- Megjelenítő eszköz: katódsugárcső (CRT) vagy folyadékkristályos kijelző (LCD)
- A CRT elektronsugarat tesz láthatóvá. Vízszintes eltérítését időben állandó sebességgel kell mozgatni (TB - időalap)
- A függőleges eltérítést a mérendő jel vezérli



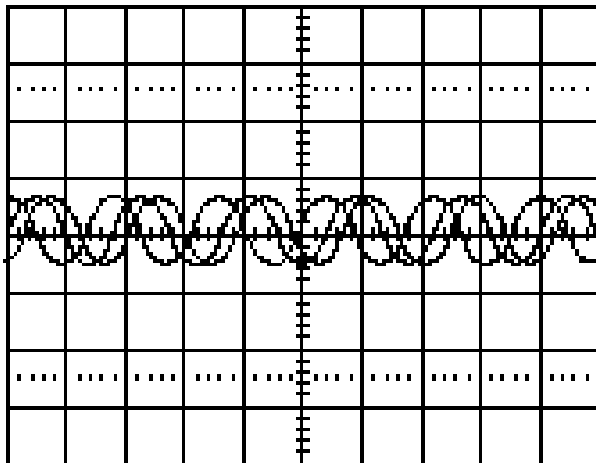




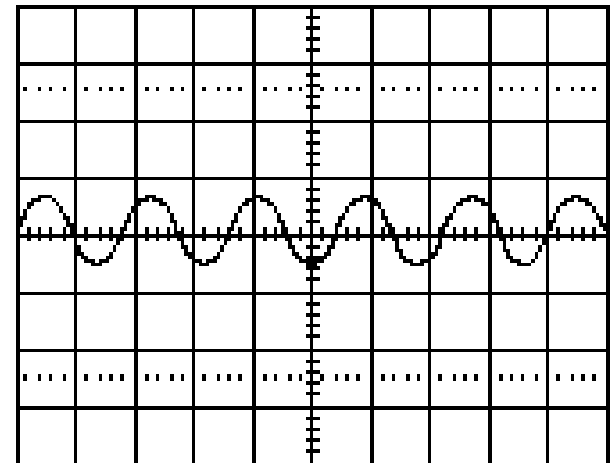
Szinkronizálás!!



**Untriggered
Display**



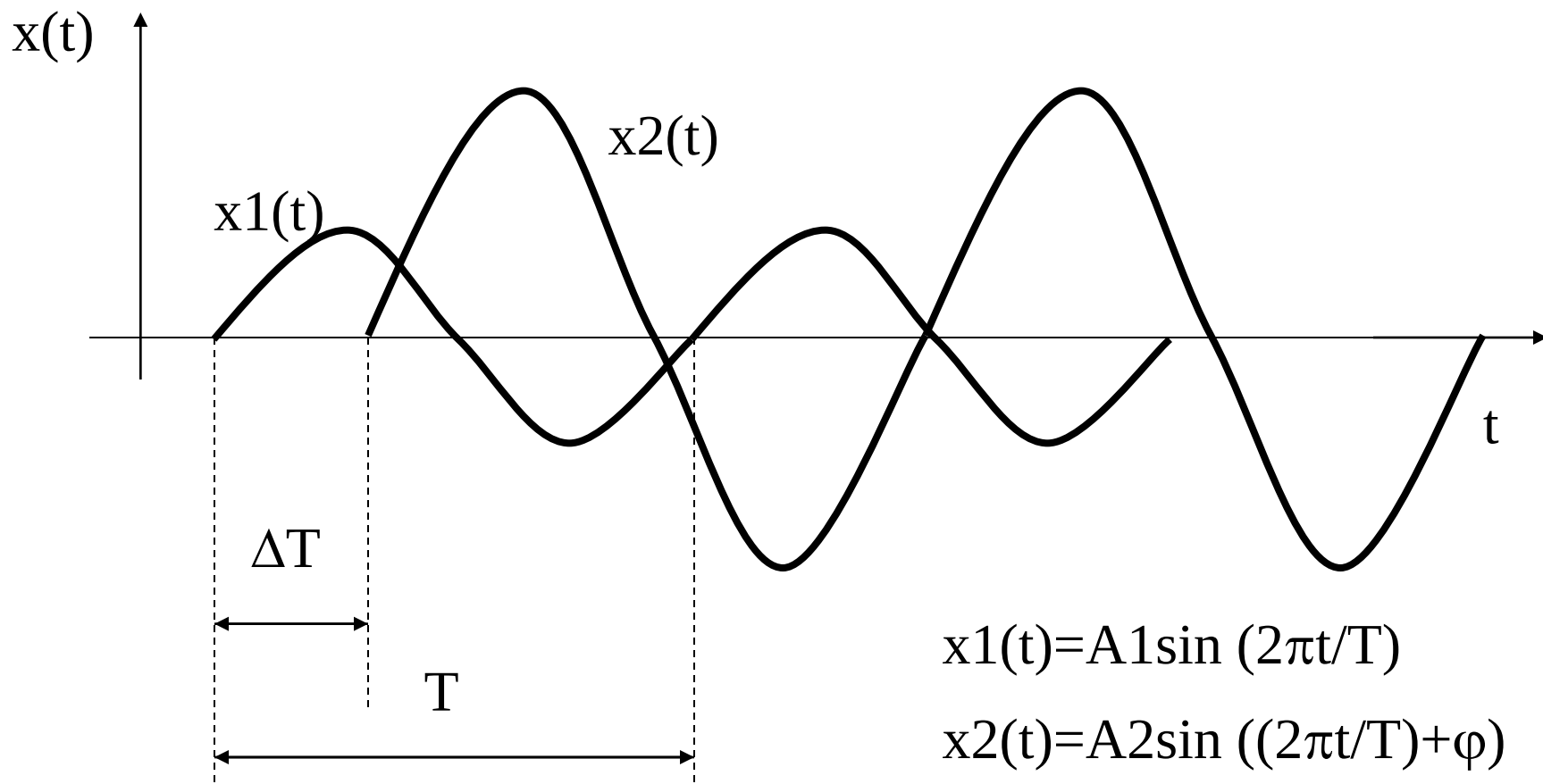
**Triggered
Display**



Az oszcilloszkóp tulajdonságai:

- A vízszintes és függőleges eltérítés hitelesíthető, értékek a skálázott képernyőn leolvashatók.
- A tényleges jelalak az idő függvényében megfigyelhető.
- Egyidejűleg több jel megfigyelhető
- Markerekkel a jelalak bármely pontja megjelölhető, a jelet jellemző értékek leolvashatók.

Fázismérés oszcilloszkóppal



$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\varphi}{360^\circ}$$

Mi az idő alapegysége?

Mi is a nap, óra, perc, másodperc?

Summérok, 60-as számrendszer

Déltől – délig : egy nap, annak 24-ed rész egy óra.

Szekérfuvarozás (pitymalatkor indul), vonatközlekedés
(pontos időbeosztás)

A tengeri navigációban is időre vezettek vissza a navigációt, akkor is pontos időmérésre volt szükség.

Mi az idő etalonja? Ha bot árnyéka a legrövidebb volt, akkor volt dél.

A föld tengely körüli forgása az egy nap: nem jó etalon.

2004.12. 26

Mi köze ennek az idő etalonhoz???





A 2004. december 26-i szökőár következményei:

- Az északi sark 2,5 centiméterrel eltolódott a keleti hosszúság 145. fokának irányába
- Módosult a föld alakja
- A nap hossza 2,65 milliomod másodperccel csökkent!
- theoretical models suggest the earthquake shortened the length of a day by 2.68 microseconds

Mi hát az idő?

Ha senki sem kérdezi, tudom: ha kérdik tőlem, s meg akarom magyarázni, nem tudom...

Gyermekfejjel azt tanultuk, s a gyermekeknek tanítjuk, hogy háromféle idő van, múlt, jelen és jövő. Ki merné azt állítani, hogy nincs három, hanem csak egy: a jelen – mert a másik kettő nem valóság? Vagy azok is megvannak, de úgy, hogy az idő, mikor jövőből jelenné változik, valami rejtekhelyből előballag, mikor pedig jelen mivolta múlttá öregszik, s megint visszabúvik? Hol látták a jövőt a próféták, ha az a jövő még nem volt meg? Hisz nem lehet azt látni, ami nincs! Viszont a múlt időkről nem beszélhetnének az emberek igaz valóságot, ha elméjük a múltat nem látná, már pedig nem láthatná, ha a múlt semmi volna! Van tehát múlt és van jövő....

Van múlt és van jövő, de azt szeretném tudni, hol vannak?

Ha azt egyelőre nem is tudom – tudom, hogy akárhol vannak, nem jövő és nem múlt módjára vannak, hanem jelen módon. Mert ha a jövő ott is jövő, ha a múlt ott is múlt, akkor az egyik még nincs itt, a másik már nincs ott. Akárhol a helyük, akármi a valóságuk, biztos, hogy a módjuk jelen.

Hogyan beszéljük el a múlt eseményeket híven a valósághoz?

Úgy, hogy emlékezetünkől merítünk – ugyan nem elmúlt dolgokat, hanem szavakat a dolgok és események képeiből. Ezek ugyanis, érzékeinken keresztülhaladva, lelkünkben állandó nyomokat hagytak. Példának okáért gyermekkorom nincs többé, csak a múltban van, amely szintén nem igazi valóság; de gyermekkorom képét, ahányszor csak rágondolok vagy beszélek róla, jelenben szemlélem, mert még megvan emlékezetemben. Megvallom, Uram, hogy nem tudom, lehet-e jövőmondást is hasonló módon magyarázni, hogy tudniillik a még nem létező dolgokat szintén jelen képeiken keresztül látjuk-e meg előre. Bölcsen tudom, hogy tervbe vett tennivalókat rendszeren előre meg szoktuk hányni-vetni, s hogy ez a fontolgatás a jelenben történik, az eszünkben forgatott cselekvés pedig még nincs meg, mert a jövő feladata; -- mikor ellenben nekiállunk és elkezdjük megvalósítani elhatározásunkat, a cselekvés valósággá válik, mert immár nem eljövendő, hanem jelenvaló.

Az az egy bizonyos, hogy csak azt lehet látni, ami valami módon van -- akárhogyan történik is a jövődők titokzatos előre meglátása. Viszont az, ami megvan, nem jövő, hanem jelen. Mikor tehát a jövő meglátásáról van szó, nem maguk a jövő, tehát még nem levő dolgok a látás tárgyai, okaik vagy esetleg jeleik, amelyek megvannak; -- a látó szempontjából tehát nem jövődők, hanem jelenvalók, ezekből olvassa és hirdeti a lélek a jövőt. E szemlélet azonban tényleg megvan, s mint jelenvalóság áll a jövődömondó előtt.

Magyarázza meg helyettem a számtalan jelenség közül egy példa ezt a kérdést. Tegyük fel, hogy a hajnal pirkadását szemlélem, s azt mondom: mindjárt felkel a Nap. Amit látok, az a jelen tárgya, amit előre bejelentettem, a jövő eseménye; -- nem a Nap maga, hisz az megvan, hanem a Nap felkelése, ami még nem történt meg. Ha azonban az elmém a napfelkeltét el nem tudná képzelni úgy, amint én most, míg beszélek, elképzelem, nem tudnám előre bejelenteni. A hajnalpirkadást látom az égen, tehát jelenvaló dolog. Amit elmém a napkeltéről elképzel, szintén jelenvaló; -- sem egyik, sem másik nem azonos a Nap felkelésével, de mindegyiket a jelenben kell látnom, hogy a Nap keltét előre megmondhassam.

Ami jövődő, az még nincs ami még nincs az egyszerűen nincs; azt semmi módon sem lehet látni. Jövődőt tehát csak a jelen rendjéből lehet mondani, mert az van és látható...

Tisztán és világosan látjuk immár, hogy sem jövő, sem múlt nem tényleges valóságok; szorosan véve tehát nem mondhatjuk, hogy háromféle idő van: múlt, jelen és jövő. Több igazsággal talán úgy mondhatnók, hogy három fajta idő van: jelen a múltra, jelen a jelenre, jelen a jövőre vonatkozóan. A három idő csak a mi felfogásunkban van, máshol nem található; a léleknek van emlékezete a múltakról, jelen szemlélete a jelenről és van a jövőre vonatkozó jelen várakozása.

Ha szabad kifejezést így értelmeznünk, akkor értem, hogy háromféle idő van, s el is fogadom a hármas felosztást. Azt sem bánom, ha tovább is így beszélnek: három idő van, múlt jelen, jövő; -- szokássá vált ez a téves beszéd mód; hadd maradjon. Nem törődöm vele, nem szegek gátat neki, nem gáncsolom; az a fő. Hogy értsék, amit mondanak, s ne gondolják a múltat és jövőt tényleges valóságnak.

Végre is a mindennapi nyelvben kevés kifejezést használunk igazi jelentése szerint. Igen sok szót átvitt értelemben forgatunk, de azért mindenki érti azt, amit a másik mondani akar...

Bizonyos tudós embertől hallottam, hogy az idő a Nap, a Hold és a csillagok mozgása. Nem fogadtam el nézetét. Miért nem inkább az összes testek mozgása? Hát ha az égitestek nem volnának, de forogna a fazekas korongja, nem volna idő? Nem idővel mérnők a korong forgását? Vagy azt mondanók, hogy minden egyes körforgását egyenlő idő alatt teszi, vagy azt, hogy egyik forgás hosszabb, a másik rövidebb ideig tart, ha esetleg a korong mozgása nem egyarányos. Sőt, megjegyzésünket mi magunk is időben tennők, s lehetnének-e beszédünkben hosszabb és rövidebb szótagok, hacsak egynémelyek hosszabb, mások rövidebb ideig nem hangzanának?...

Mit akarok én megérteni? Az idő jelenségét és belső mivoltát; az időt, amely a testek mozgásának mértéke, mikor azt mondjuk példának okáért, hogy valamely mozgás még egyszer annyi ideig tart, mint a másik...

Parancsolod talán Uram, hogy elfogadjam ezt az állítást: az idő a test mozgása? Nem. Minden testi mozgás időben történik, ezt értem, ez a te sugalmazásod; de hogy maga a testi mozgás volna az idő – ezt nem értem, ez nem a te gondolatod. A test mozgását, míg csak tart, végtől végig idővel mérem. S ha a mozgásnak sem kezdetét nem láttam, sem végét nem látom, mert szüntelenül tart, nem tudom megmérni, legföljebb annyit, amennyit megvigyáztam belőle. Ha sokáig rávigyázok, csak azt mondhatom róla, hogy hosszú ideje tart; mennyi ideje, nem tudom. Különben is a mennyiség meghatározása bizonyos összehasonlítás alapján történik; mert így szoktunk beszélni: ez annyi, mint az; ez kétszerese amannak.

Ha valamely test a térben vagy saját tengelye körül mozog, s vagy az egész testnek, vagy – tengelyforgás esetén – valamely részének indulási és érkezési pontját megjelöljük, meg tudjuk mondani, mennyi idő kellett ahhoz a mozgáshoz, amelyet a test – vagy része – egyik helytől a másikig befutott. Mivel tehát más a mozgás, más az, amivel a mozgás tartamát mérjük, ugyancsak világos, hogy a kettő közül melyiket lehet inkább időnek nevezni! Mert ha a test váltakozva egyszer mozog, máskor pedig áll, nem csak mozgását, hanem nyugalma is idővel mérjük, s azt mondjuk róla, hogy annyit állott, amennyit mozgott – vagy kétannyi, háromannyi ideig állt, mint mozgott aszerint, hogy pontosan mértünk-e, vagy mind mondani szoktuk csak körül belül becsültük meg a mozgásmennyiséget...

Nem mondom- e igazat, mikor azt vallom neked, hogy az időt mérni tudom? Mert így van ez, Uram Istenem, mérem, mérem, de mit mérek, nem tudom.

Idővel mérem a test mozgását. De nem mérem-e magát az időt is?

Megmérhetném-e a test mozgását, vagyis azt, hogy meddig tart, s mennyi idő alatt érkezik egyik pontról a másikra, hacsak az időt is nem mérném, melyben mozgás történik? De mivel mérem az időt magát? Talán rövidebb idő a hosszabbnak mértéke, ahogyan a rőf hosszúsága méri a gerendáét?...

Lelkem, tebenned mérem az időt. Ne is ellenkezzél velem, illetőleg ne ellenkezzél magaddal, akármekkora is az elfogultságod! Még egyszer mondom: tebenned mérem az időt! Az előtted elvonuló dolgok hatással vannak rád, amely megmarad benned. Ezt a benned jelen levő hatást mérem, amikor az időt mérem, nem előidézőit, az elmúlt dolgokat. S ha ez nem idő, akkor nem tudok időt mérni.

De mi van azzal az esettel, mikor csendet mérek, s azt mondom, hogy a csend annyi ideig tartott, ameddig valamely hang? Nemde akkor is értelmem dolgozik? A hangot veszi mértékül, mintha éppen hallaná, s így állapít meg valamely időadatot a csend tartamáról!

SZENT Ágoston *Vallomásai*
(VASS JÓZSEF fordítása)

Tartalom

- Frekvenciamérések
- Időmérések

Miért olyan fontos az idő/frekvencia mérése ma?

Nagyon sok gyakorlati mérési feladat visszavezethető időmérésre!
(pl. helymeghatározás, feszültség mérés)

Nagyon jó idő/frekvencia etalonok vannak
(pl. 10^{-6} karórában, 10^{-12} mérőműszerben!! kvarckristály)

Digitális technikához természetesen illeszkedik az időmérés
(számlálás, leosztás, kapuzás, kijelzés)

Haditechnika elemi megoldásai épülnek rá
(rádiólokátor, rakéta irányítás)

Orvosi technikában sokféle módszer (pl. ultrahangos vizsgálat)

Kvarckristály jellemzők

T26W/T38W

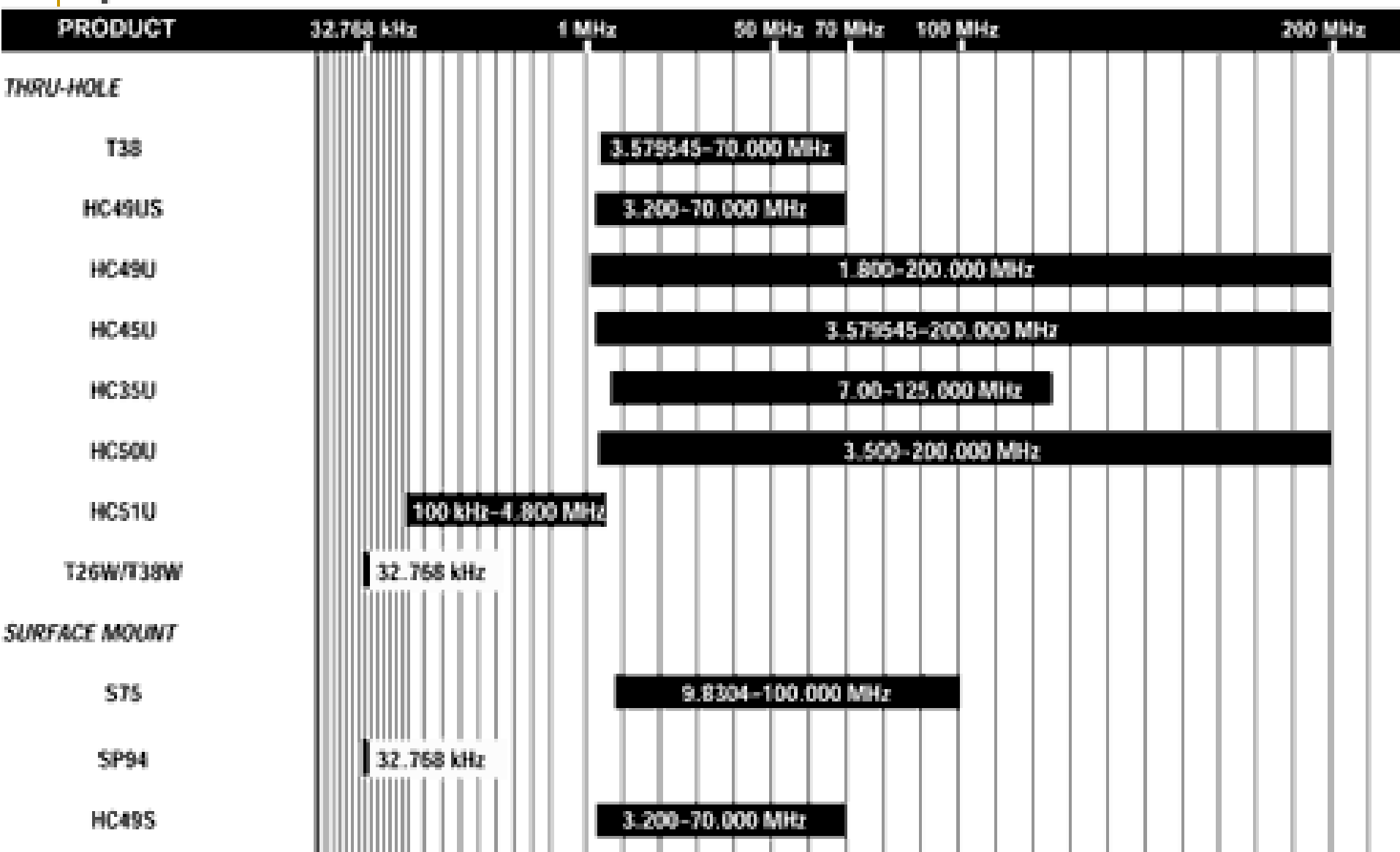


Frekvencia: 32.768 kHz

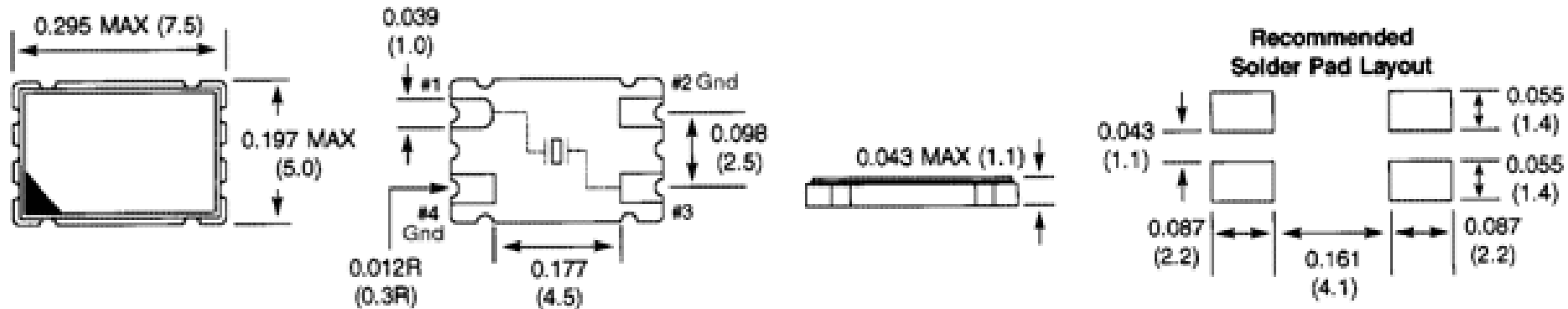
Frekvencia stabilitás ± 0.04 PPM / ($\Delta^\circ\text{C}$)

(A föld 2004. december 26-i megrázkódásából
eredő keringési időhiba -0,00032 PPM)

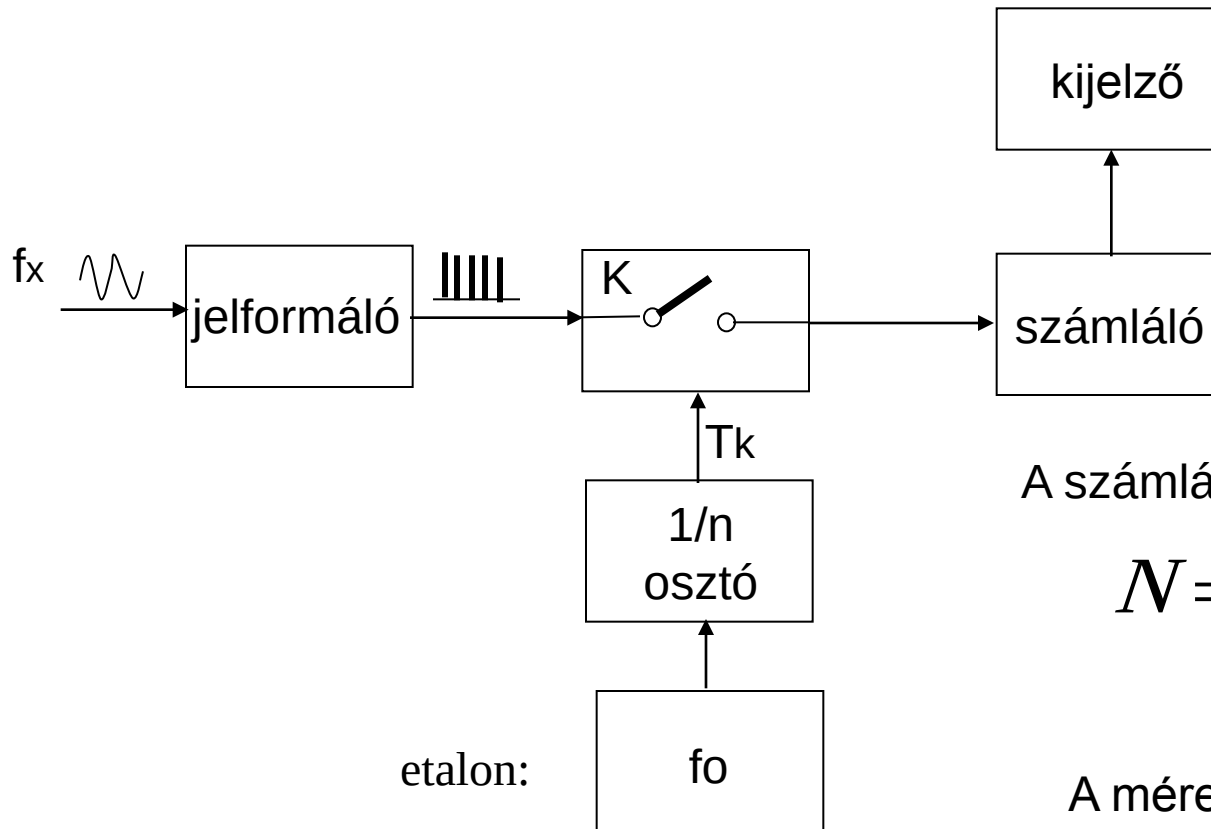
FREQUENCY RANGE BY PRODUCT



Felületszerelt kvarckristály



Digitális frekvenciamérő a frekvencia definíciója alapján
(FREKVENCIA=IDŐEGYSÉG ALATT A PERIÓDUSOK SZÁMA)



A számláló által kijelzett frekvencia:

$$N = f_x T_k = f_x \frac{n}{f_0}$$

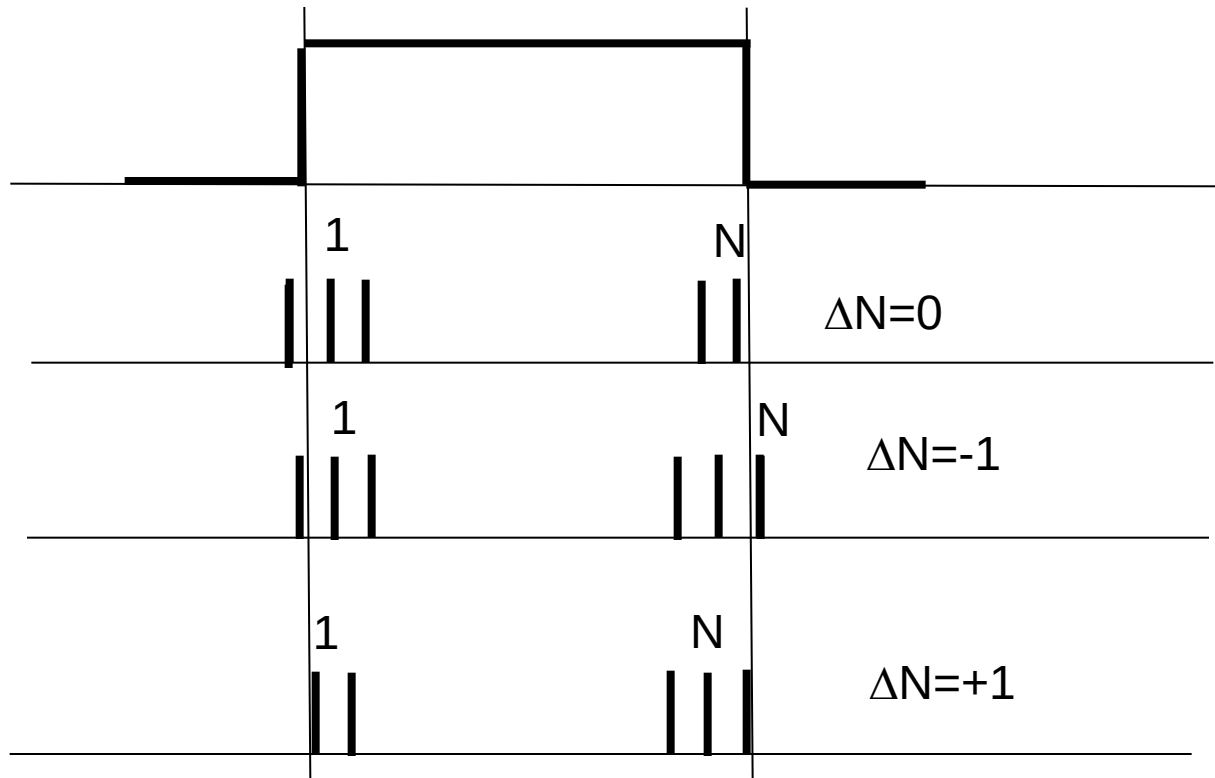
A mérendő frekvencia:

$$f_x = N \frac{f_0}{n}$$

Digitális frekvenciamérő relatív mérési hibája

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

$$T_k = N/f_0$$



Vége az 7. előadásnak

Jelalak mérése
Idő- és frekvencia mérés
Példák

Cserey György
2016. 10. 25.

Méréstechnika labor

8. előadás

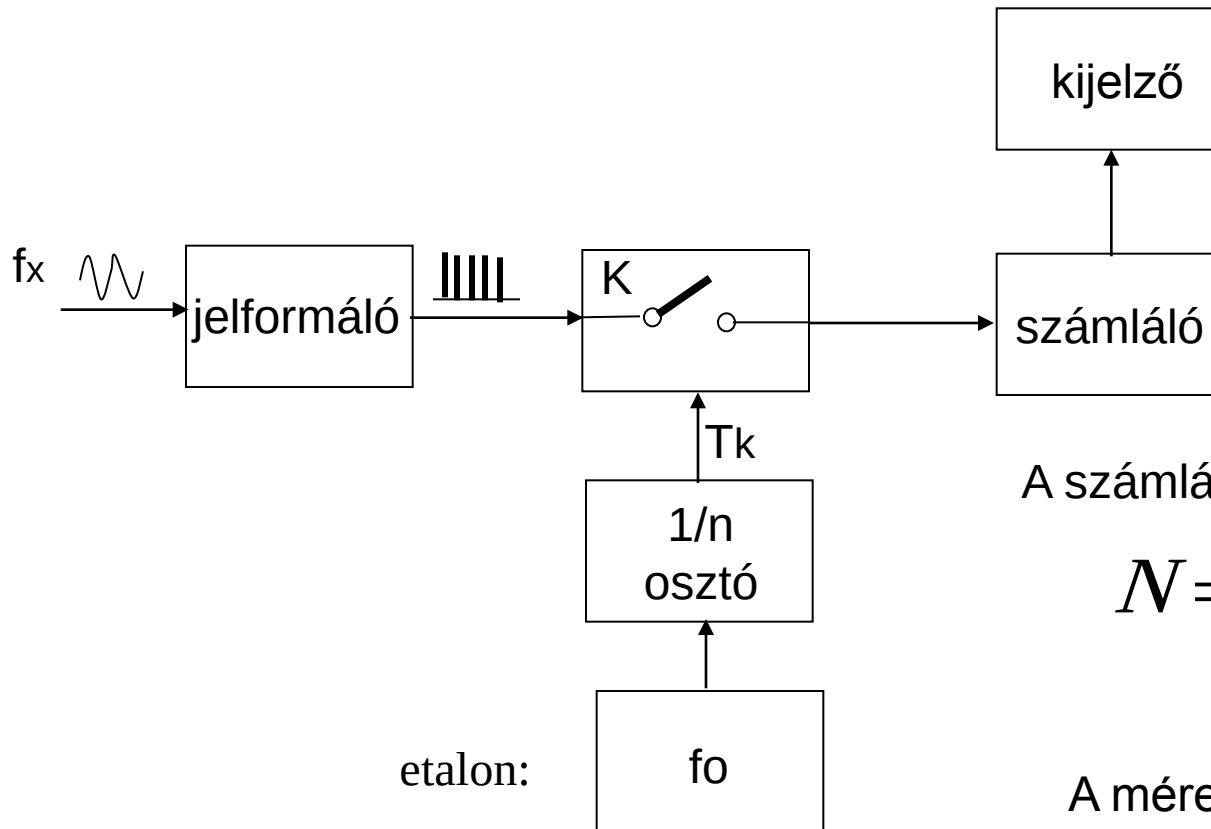
Idő- és frekvencia mérés

Példák

Orvosi mérés technika:
Vérnyomásmérés, Pulzusmérés

Cserey György
2016. 11. 08.

Digitális frekvenciamérő a frekvencia definíciója alapján
(FREKVENCIA=IDŐEGYSÉG ALATT A PERIÓDUSOK SZÁMA)



A számláló által kijelzett frekvencia:

$$N = f_x T_k = f_x \frac{n}{f_0}$$

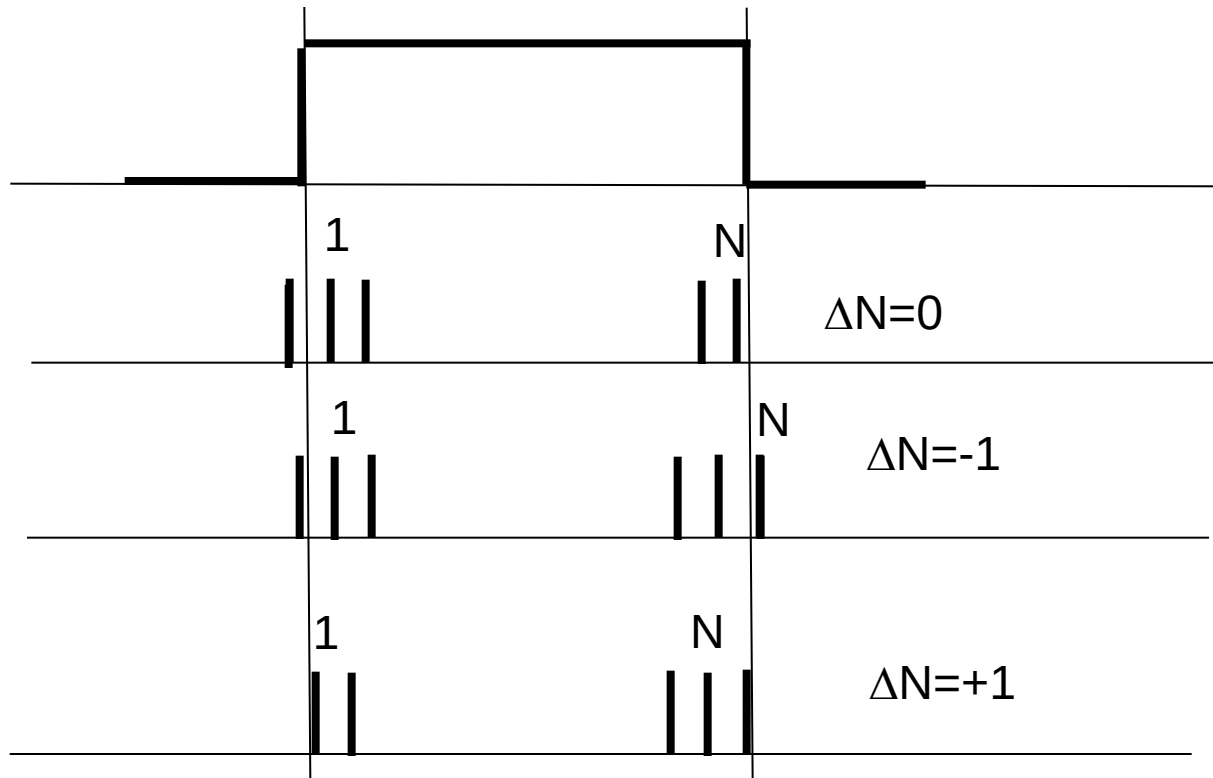
A mérendő frekvencia:

$$f_x = N \frac{f_0}{n}$$

Digitális frekvenciamérő relatív mérési hibája

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

$$T_k = N/f_0$$



Példa!

Feladat: kb 1000 Hz frekvenciájú jel frekvenciájának pontos (10^{-6} relatív hibánál kisebb) mérése

Feltételek: a frekvencia etalon frekvenciája 1 MHz
az osztó decimális lépésekben állítható
az etalon frekvencia pontossága 10^{-10}

Kérdés: teljesíthető-e a feladat?

Hogyan teljesíthető a feladat?

Megfejtés:

Akkor oldható meg a feladat, ha a számláló legalább 7 jegyű

és

1000,000

Ha az osztó beállítható legalább 10^9 értékre

és

Legalább 1000 másodpercig mérünk!

Mivel:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

$$10^{-6} = 10^{-10} \pm 1/N$$

$$10^{-6} \approx 1/N$$

és

$$f_x = N \frac{f_0}{n}$$

$$10^3 = 10^6 \times 10^6/n$$

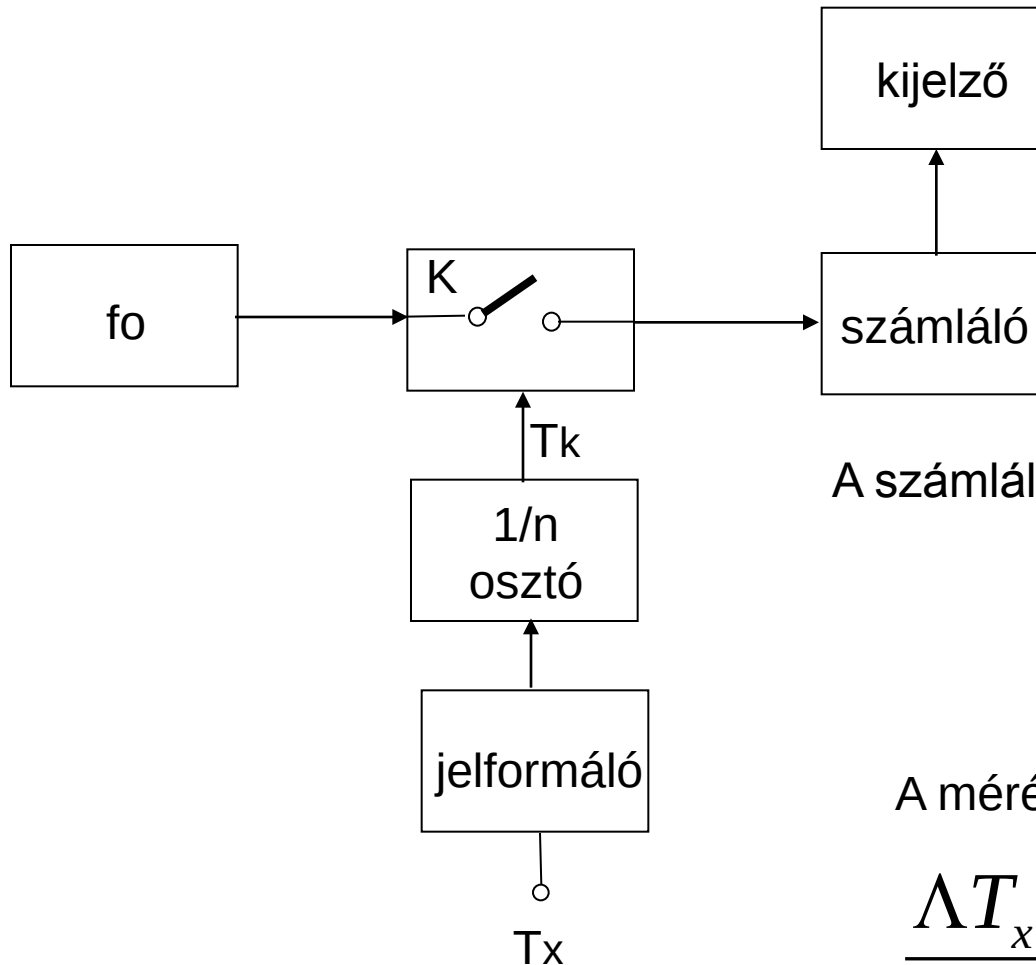
$$n = 10^9$$

és

$$T_k = n/f_0$$

$$T_k = 10^9/10^6 = 1000$$

Digitális periódusidő-mérő



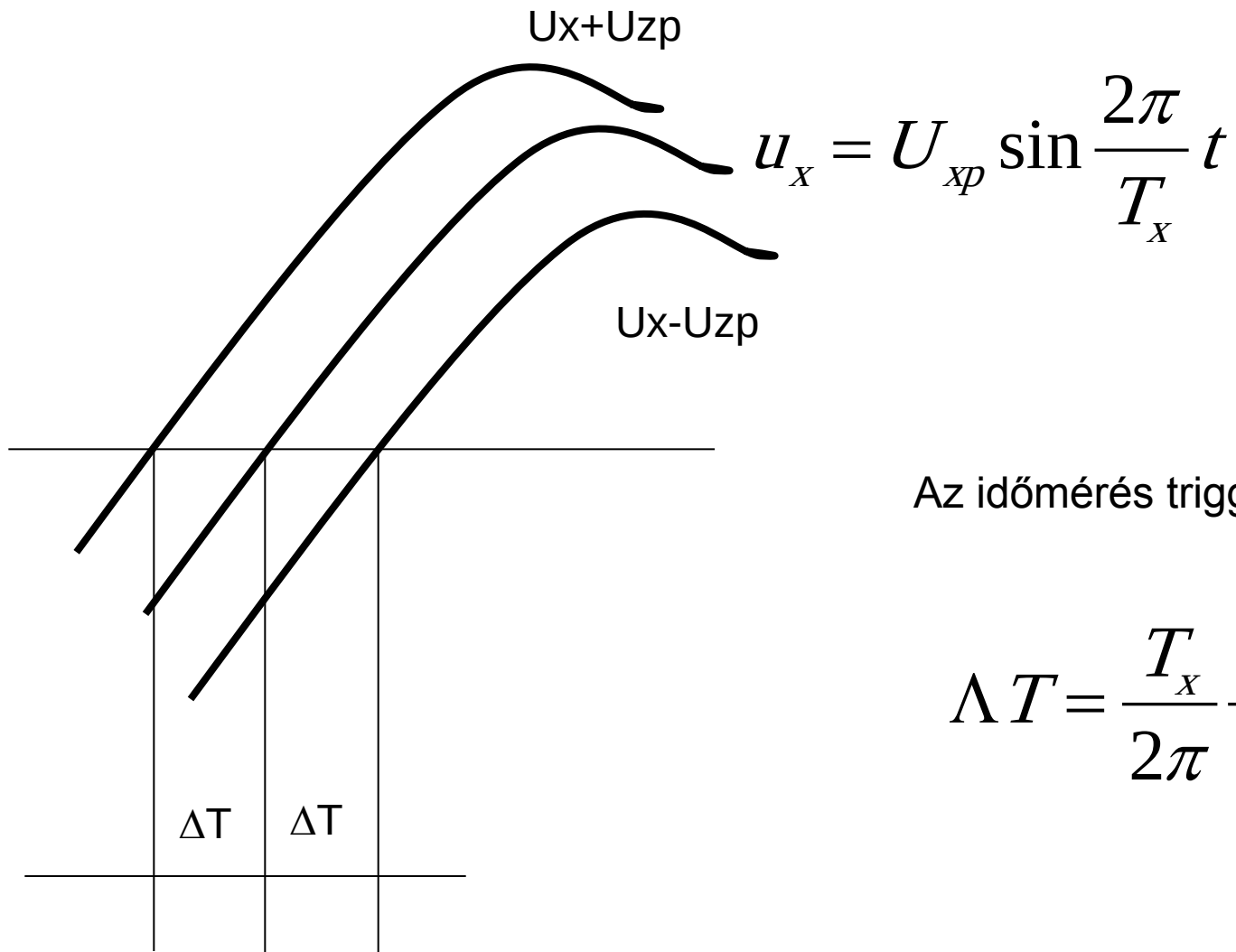
A számláló által kijelzett periódusidő:

$$N = T_x n f_0$$

A mérés relatív hibája:

$$\frac{\Delta T_x}{T_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

Digitális periódusidő-mérő triggerhibája



$$\Delta T = \frac{T_x}{2\pi} \frac{U_{zp}}{U_{xp}}$$

Példa!

Feladat: mekkora a digitális periódusidő-mérő triggerhibája,
ha a mérendő jel frekvenciája 1kHz és a jel-zaj viszony 20 dB

Megfejtés:

0,016 ms vagy másként 1,6%

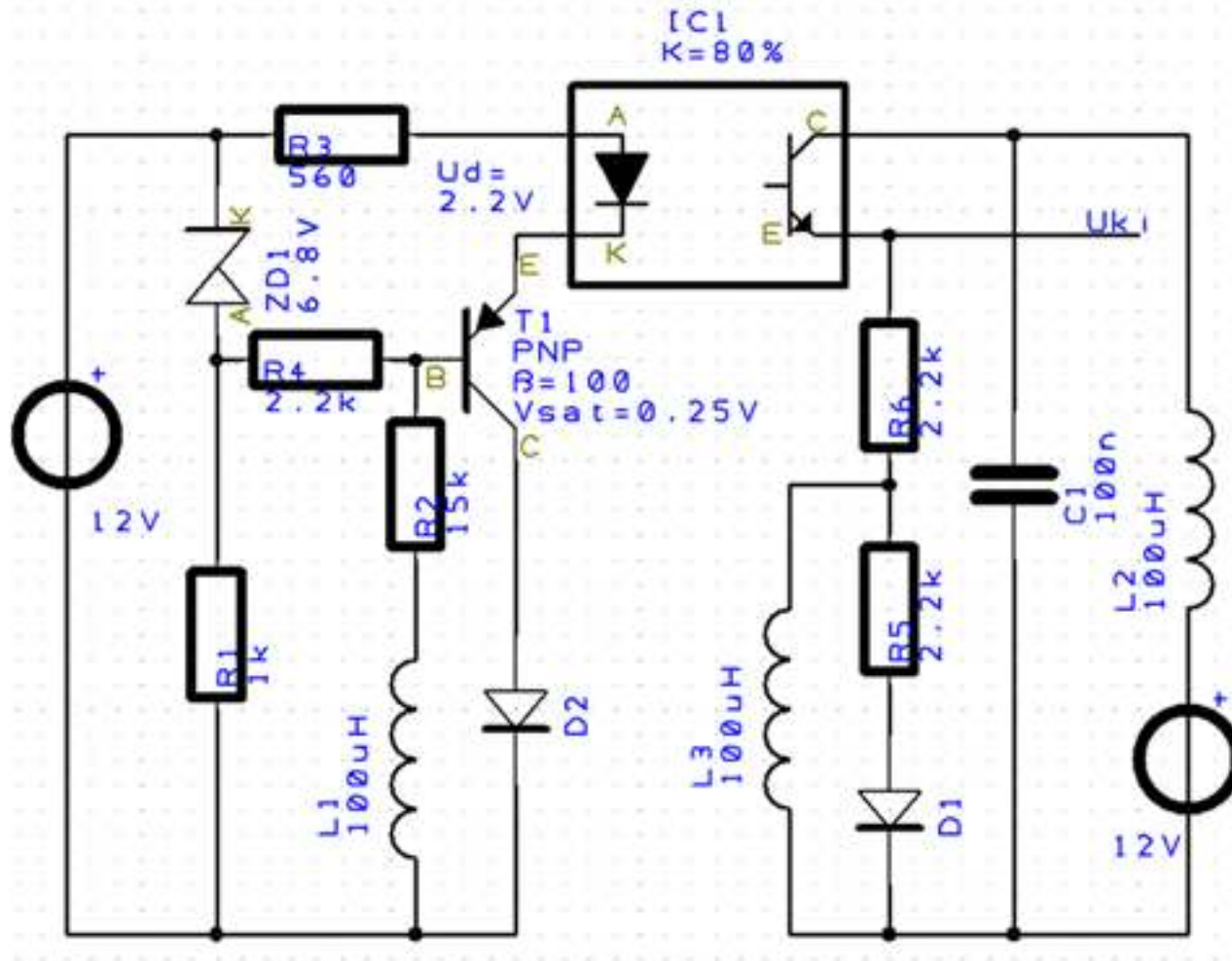
Mivel:

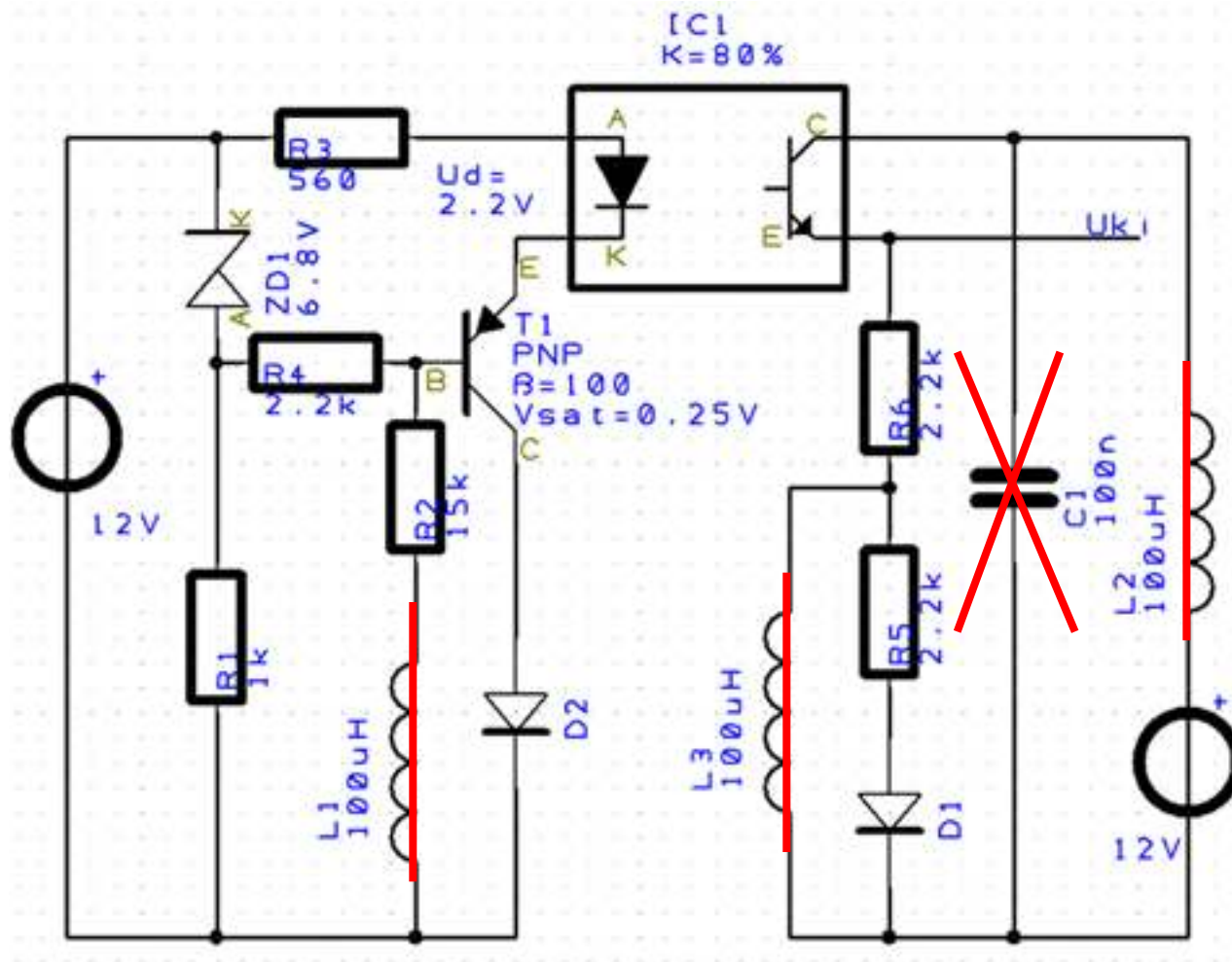
$$20\lg(U_{xp}/U_{zp})=20$$

$$U_{xp}/U_{zp}=10$$

$$\Delta T = \frac{T_x}{2\pi} \frac{U_{zp}}{U_{xp}} = \frac{10^{-3}}{2\pi 10} = 1,6 * 10^{-5}$$

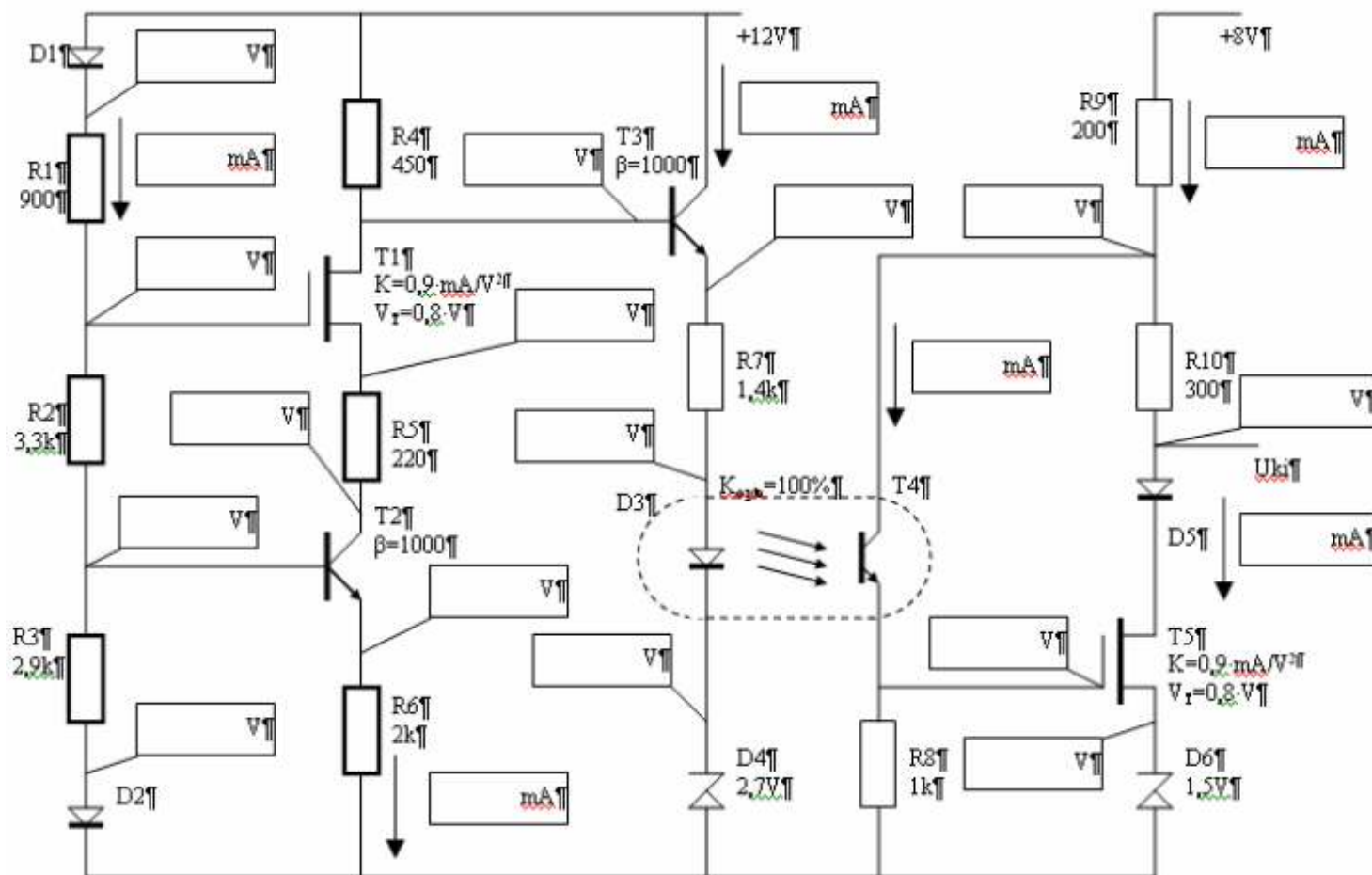
$$\Delta T/T = 1,6 * 10^{-5} / 10^{-3} = 1,6\%$$

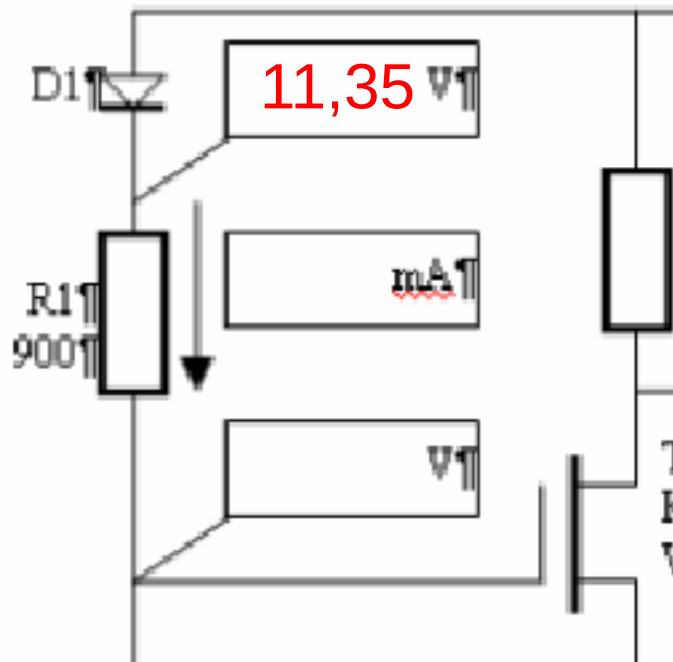




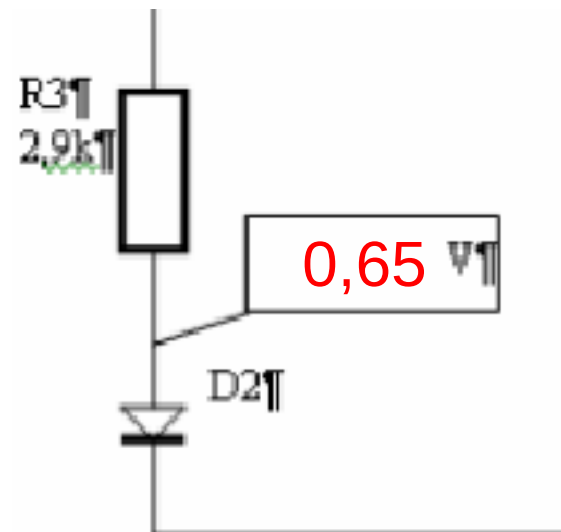
Határozza meg az alábbi áramkör munkaponti áram és feszültség adatait!

A1

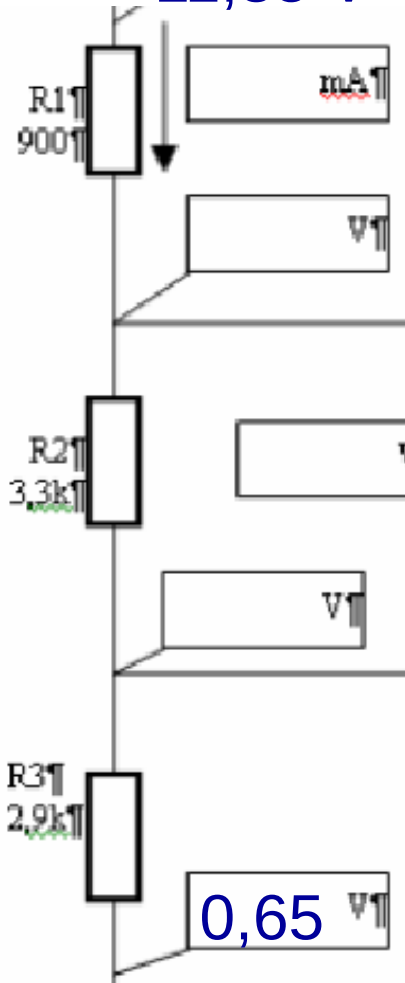




$$U_d = 0,65\text{ V}$$

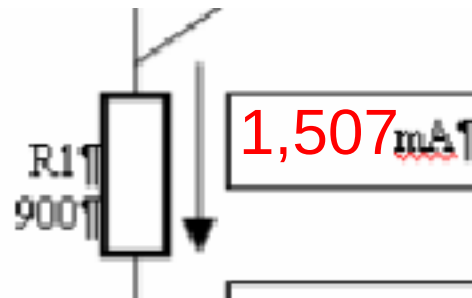


11,35 V

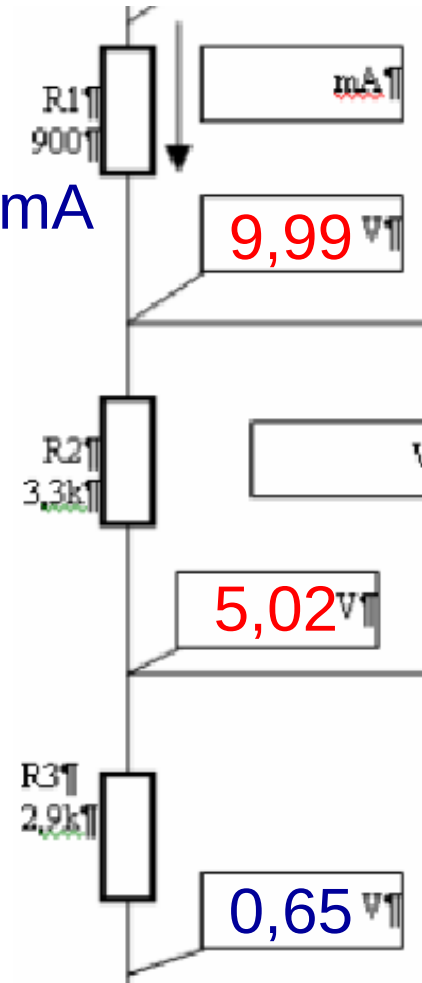


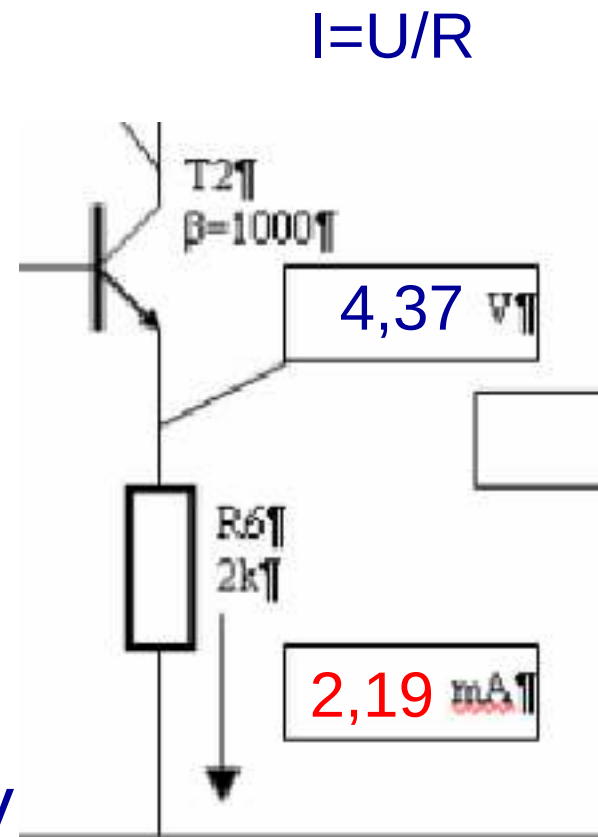
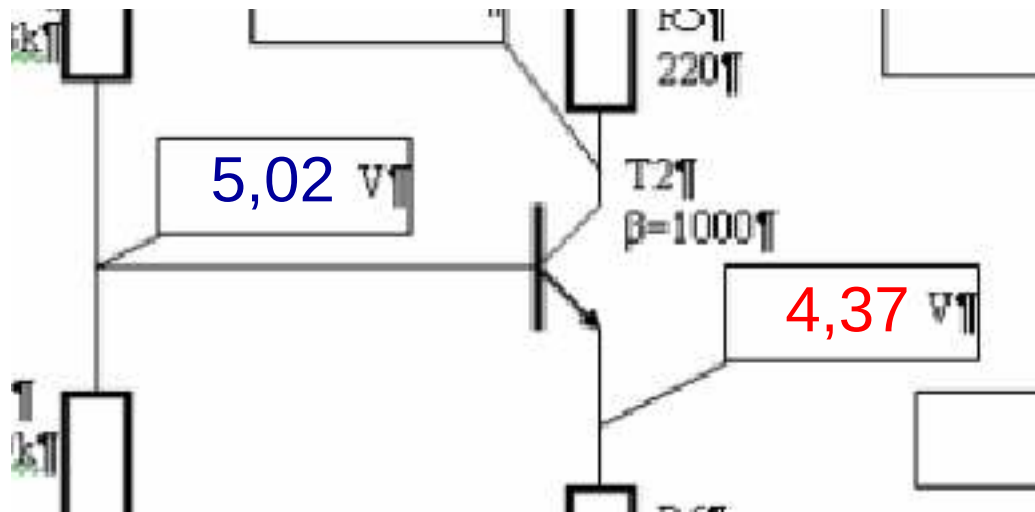
$$R=R1+R2+R3=7.1K \Omega$$

$$I=U/R=10,7V/R=1,507mA$$

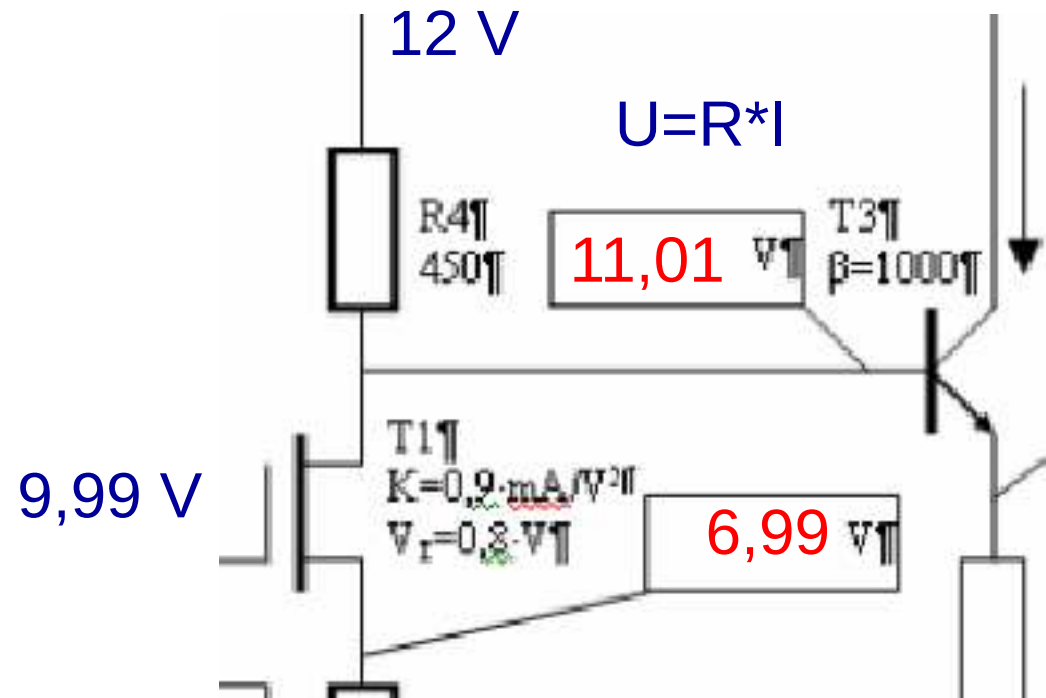
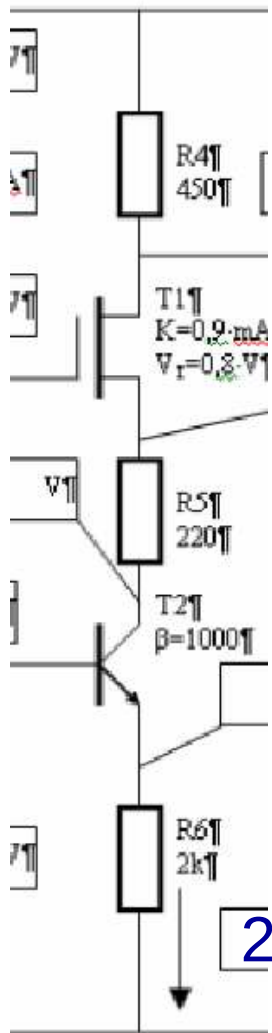


$$U=I \cdot R$$





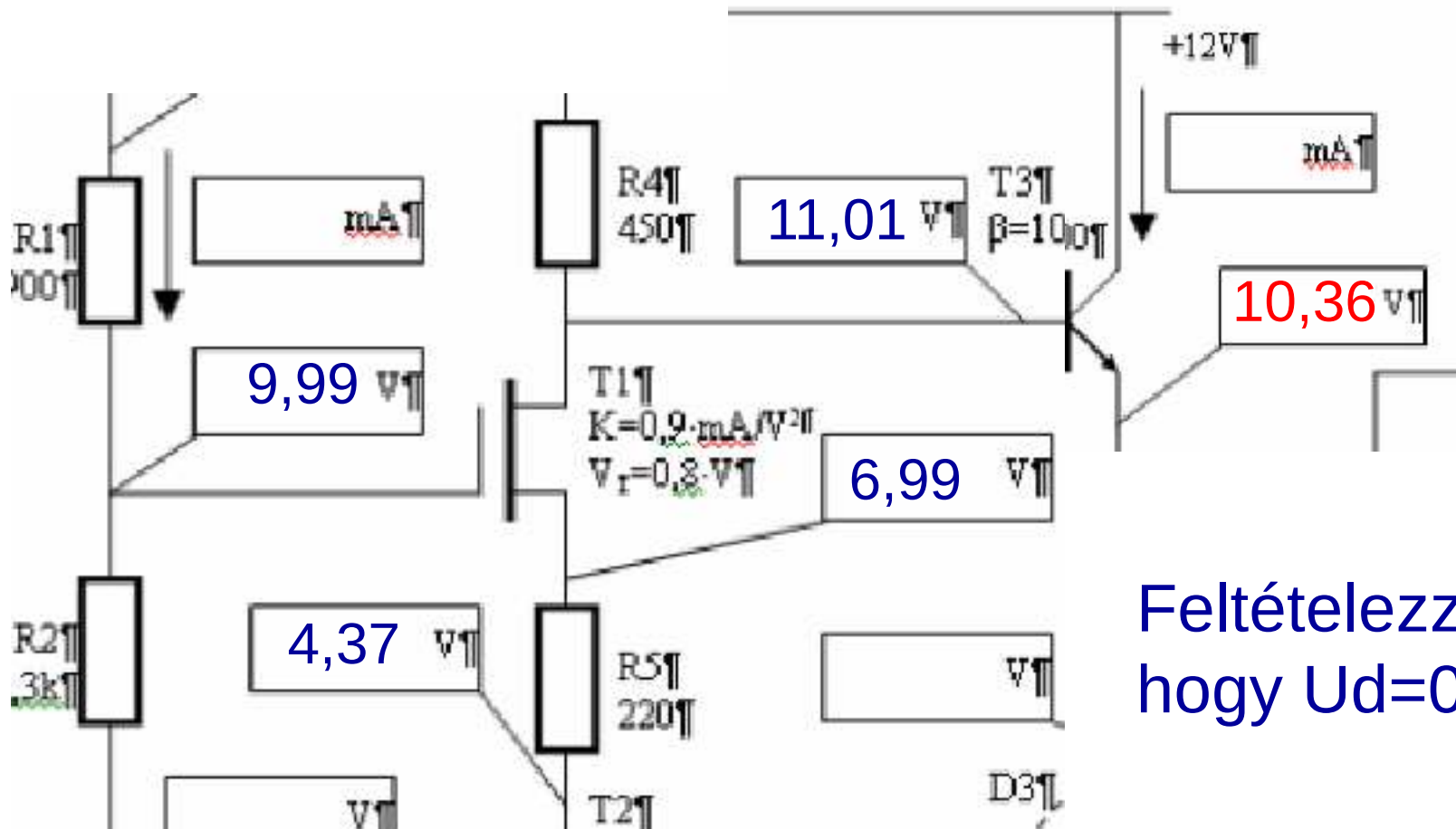
- Telítéses üzemmód: $i_C = \beta \cdot i_B$
- $U_{BE} = 0.65 \text{ V}$
- Szaturáció: $U_{CE} = V_{sat} \approx 0.2 \text{ V}$



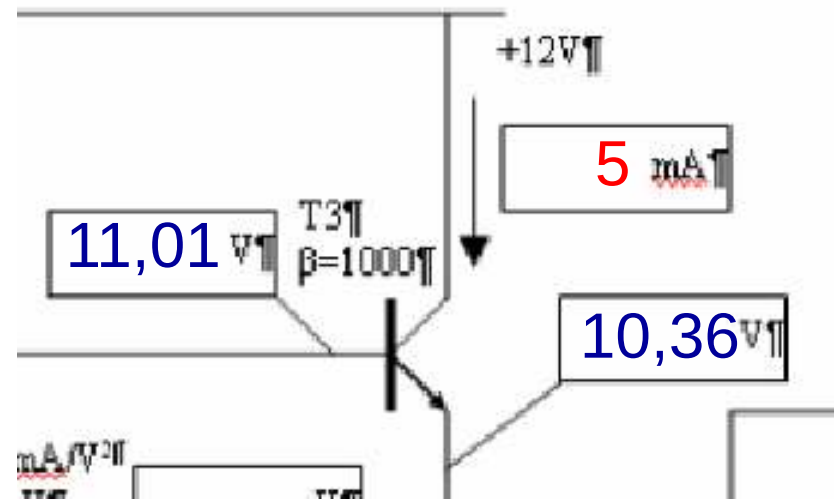
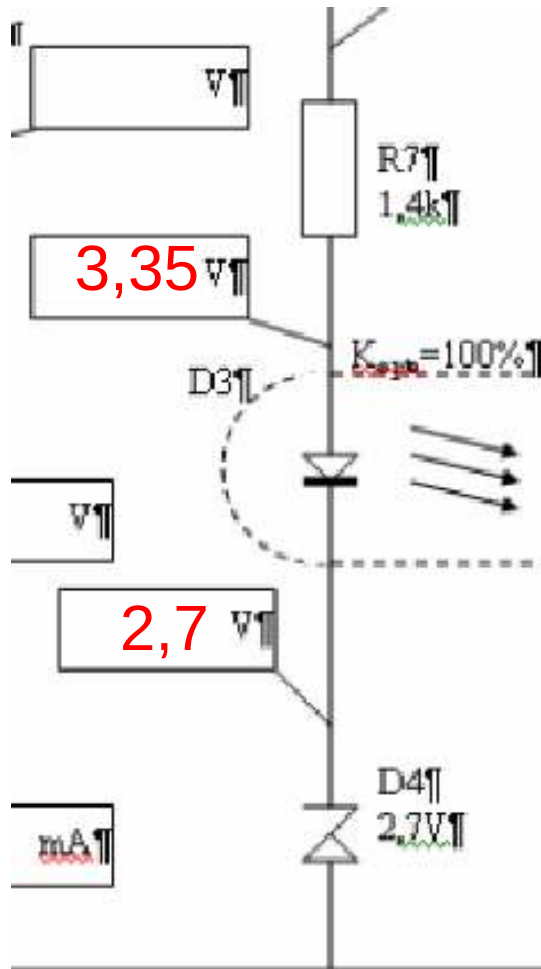
$$U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T),$$

$$I_D = K/2 \cdot (U_{GS} - V_T)^2$$

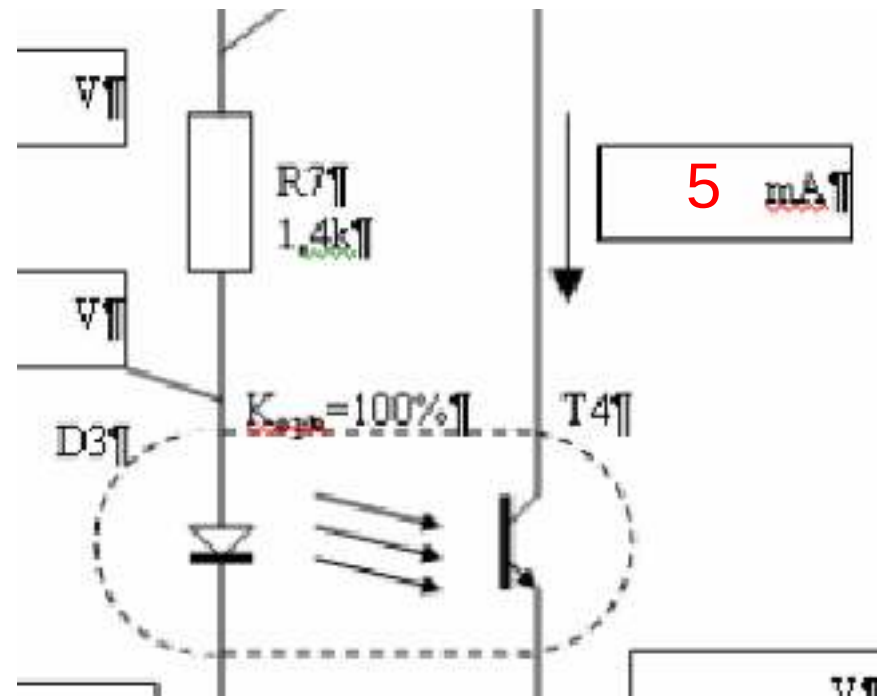
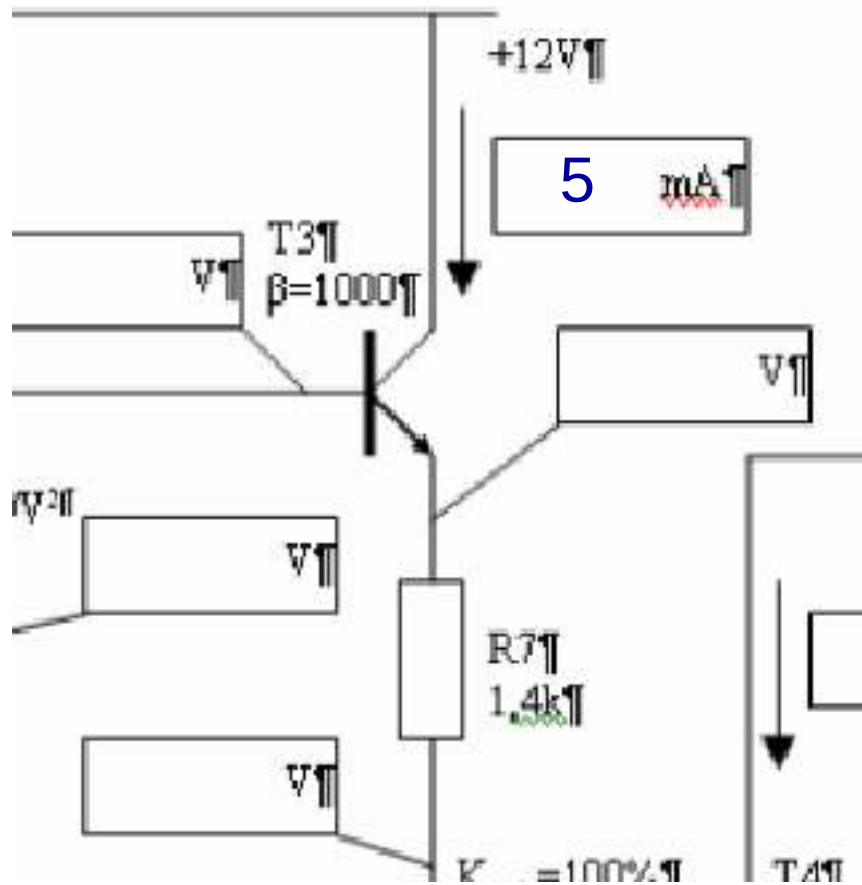
$$\rightarrow U_{GS} = 3V$$



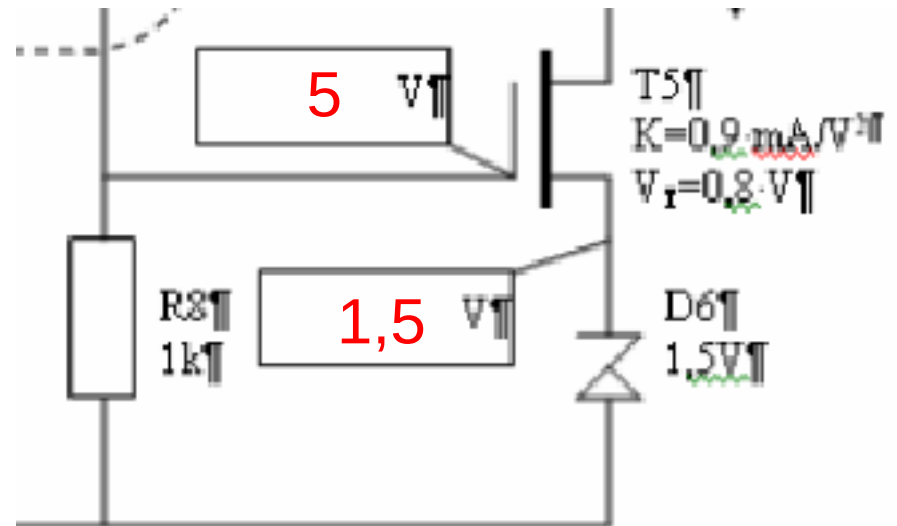
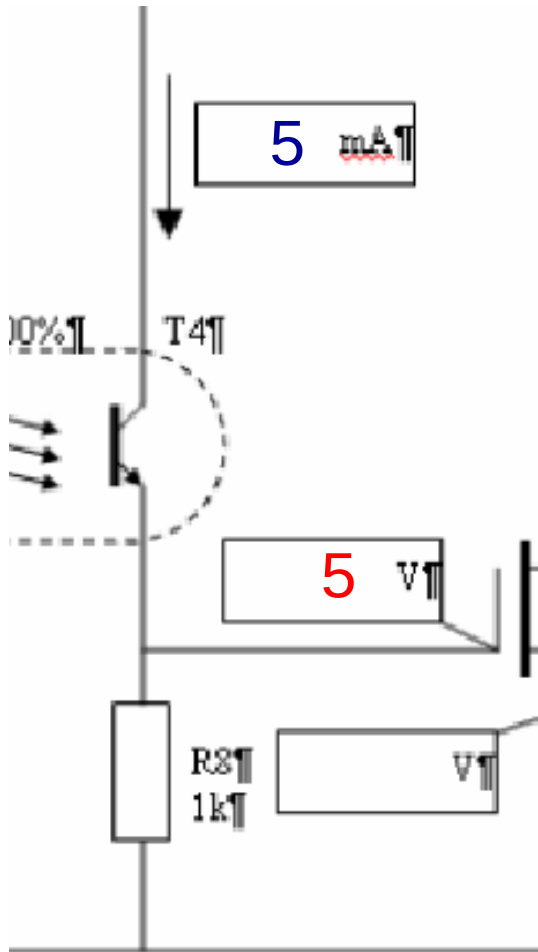
Feltételezzük,
hogy $U_d = 0.65\text{V}$



$$I = U/R = (10,36 - 3,35) / 1,4 = 5 \text{ mA}$$

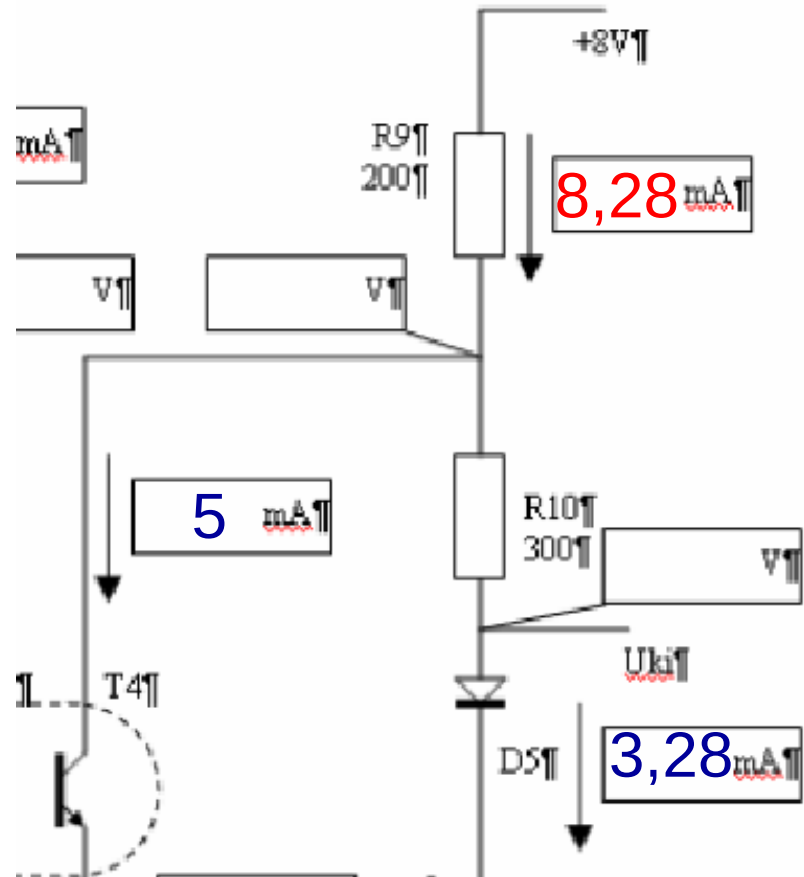
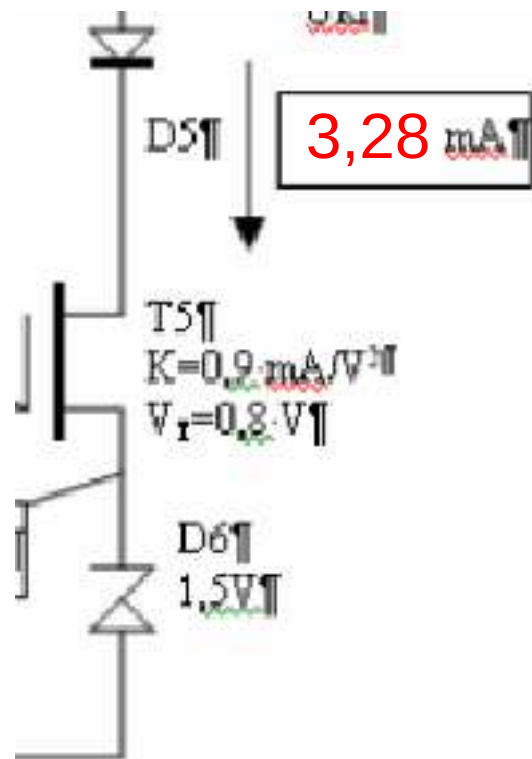


$$I_c = K_{opto} \cdot I_{LED}$$

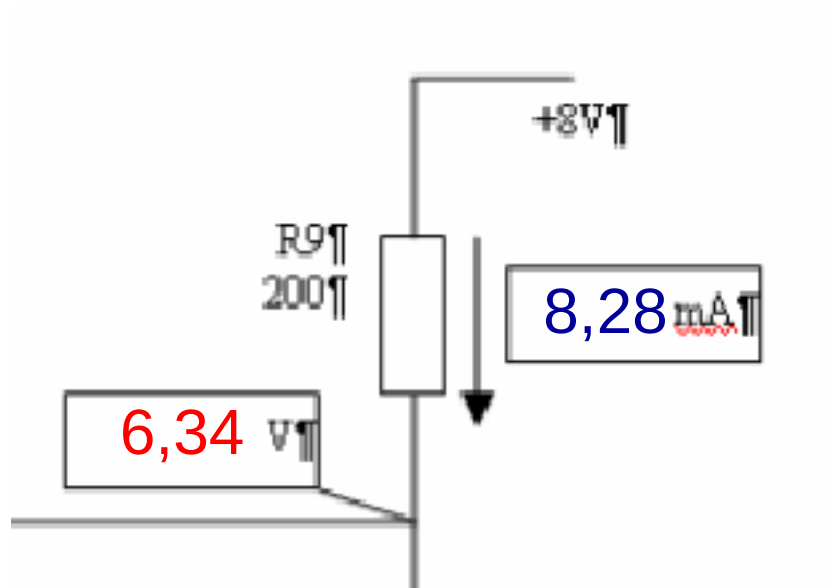


$$U = R \cdot I$$

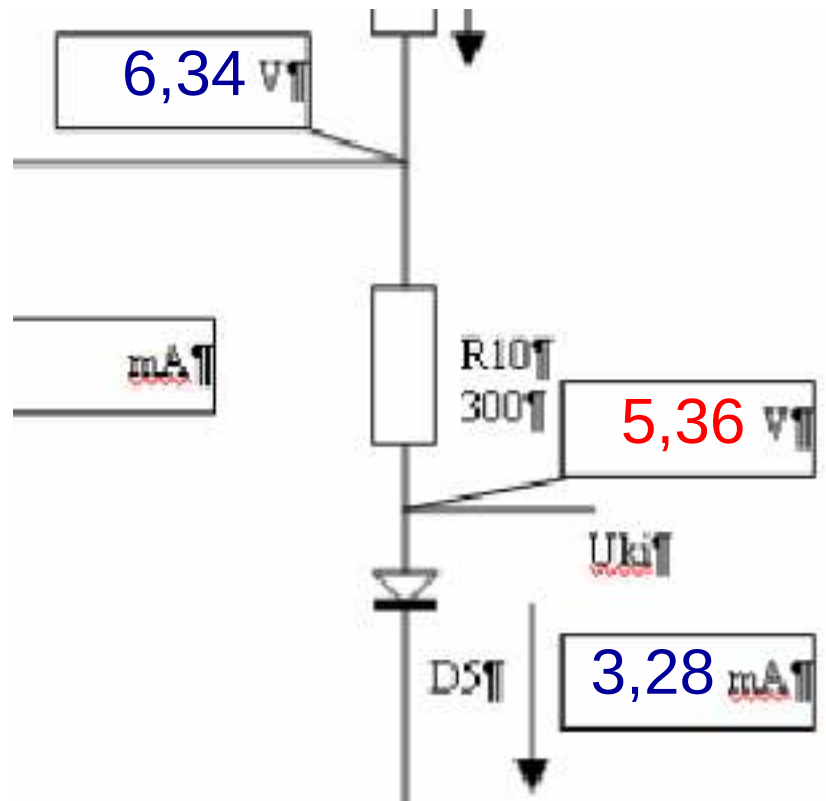
■ $U_{GS} = 3.5 \text{ V}$



■ $U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T), \quad I_D = K/2 \cdot (U_{GS} - V_T)^2 \rightarrow$
 $I_D = 3.28 \text{ mA}$



$$U=R*I$$



Vérnyomás

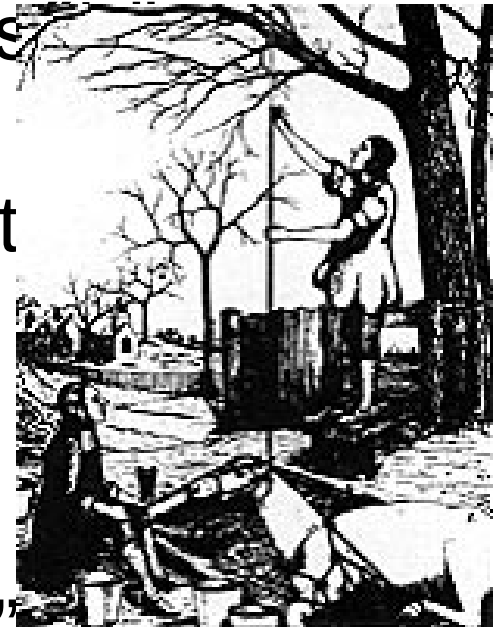
- A szívműködés (szívösszehúzódások) hatására a vér az erek falára nyomást gyakorol, amely az ütőerekben (artériák) nagyobb, a vénákban kisebb. Ez az érfalra kifejtett nyomás a vérnyomás.
- A megfelelő vérnyomás ahhoz szükséges, hogy a vér eljusson a szervezet különböző részeibe, az egyes szervek megfelelő mennyiségű vérhez jussanak.

Szisztolé és diasztolé

- **Szisztolés vérnyomás:** amikor a szív összehúzódik és az érrendszerbe vért pumpál. (Normál értéke: 140 Hgmm)
- **Diasztolés vérnyomás:** a szív elernyedésekor az erekben mérhető nyomás. (Normál értéke: 80-90 Hgmm)

Vérnyomásmérés - invazív

- 1733 Stephan Hales, az erekben uralkodó nyomás megismerése céljából egy függőleges 340 cm-es üvegcső csatlakoztatta a ló nyaki artériájába vezetett fémkanült majd megmérte a véroszlop magasságát (290 cm).
- 1847 Carl F. W. Ludwig német fiziológus “kymograph”-jával megmérte az emberi vérnyomást.

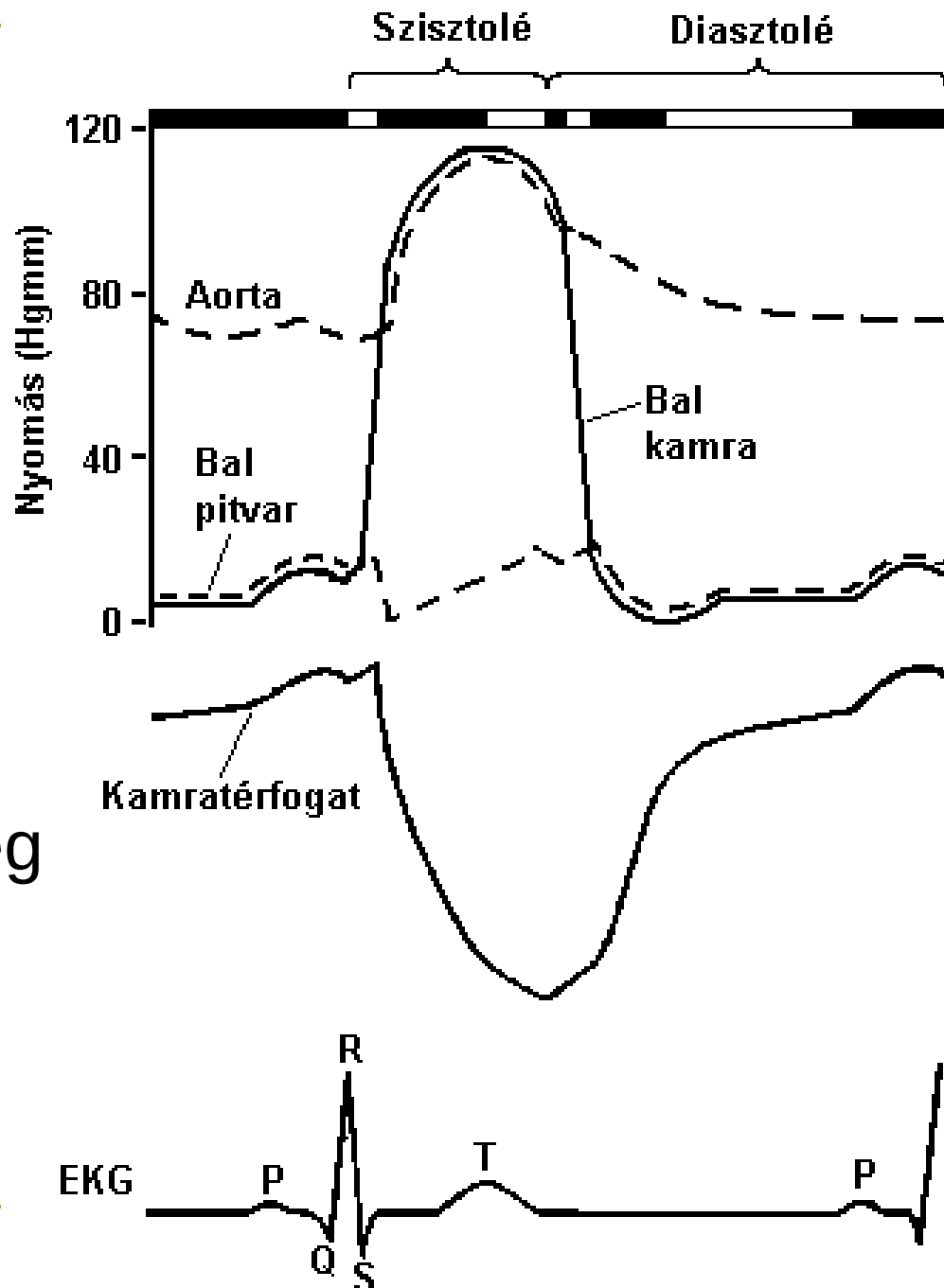


Vérnyomásmérés – nem-invazív

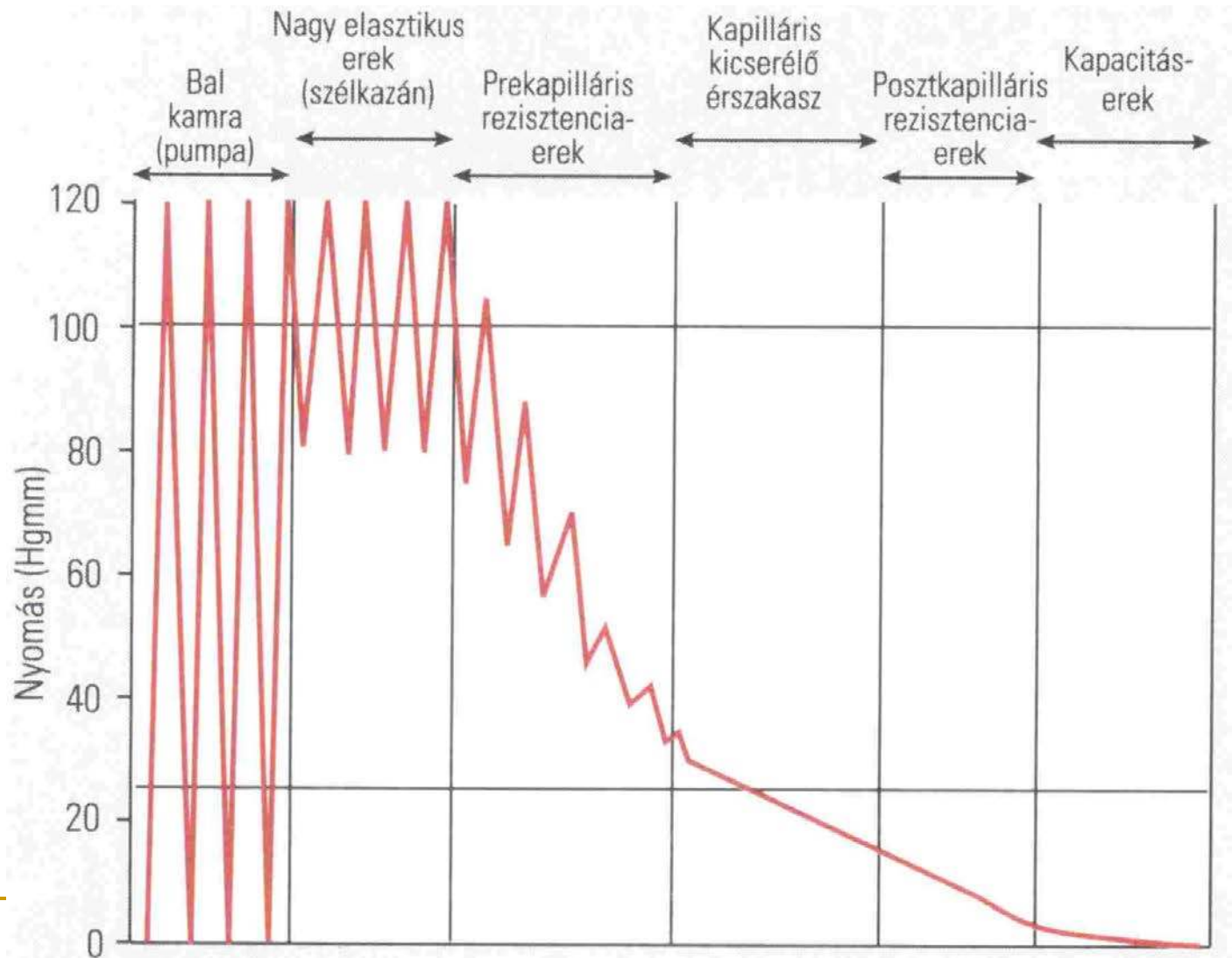
- Scipione Riva-Rocci (1896): higanyos szfigmomanometer, csak szisztolé mérése tapintással, a pulzus eltűnésekor mért érték megegyezett a teljesen összenyomott artéria nyomásával
- Nyikolaj S. Korotkov (1905): sztetoszkóppal szisztolé és a diasztolé meghatározása, elsőnek írta le az elzárt artéria megnyílását követő jellegezetes hangokat

Vérnyomás

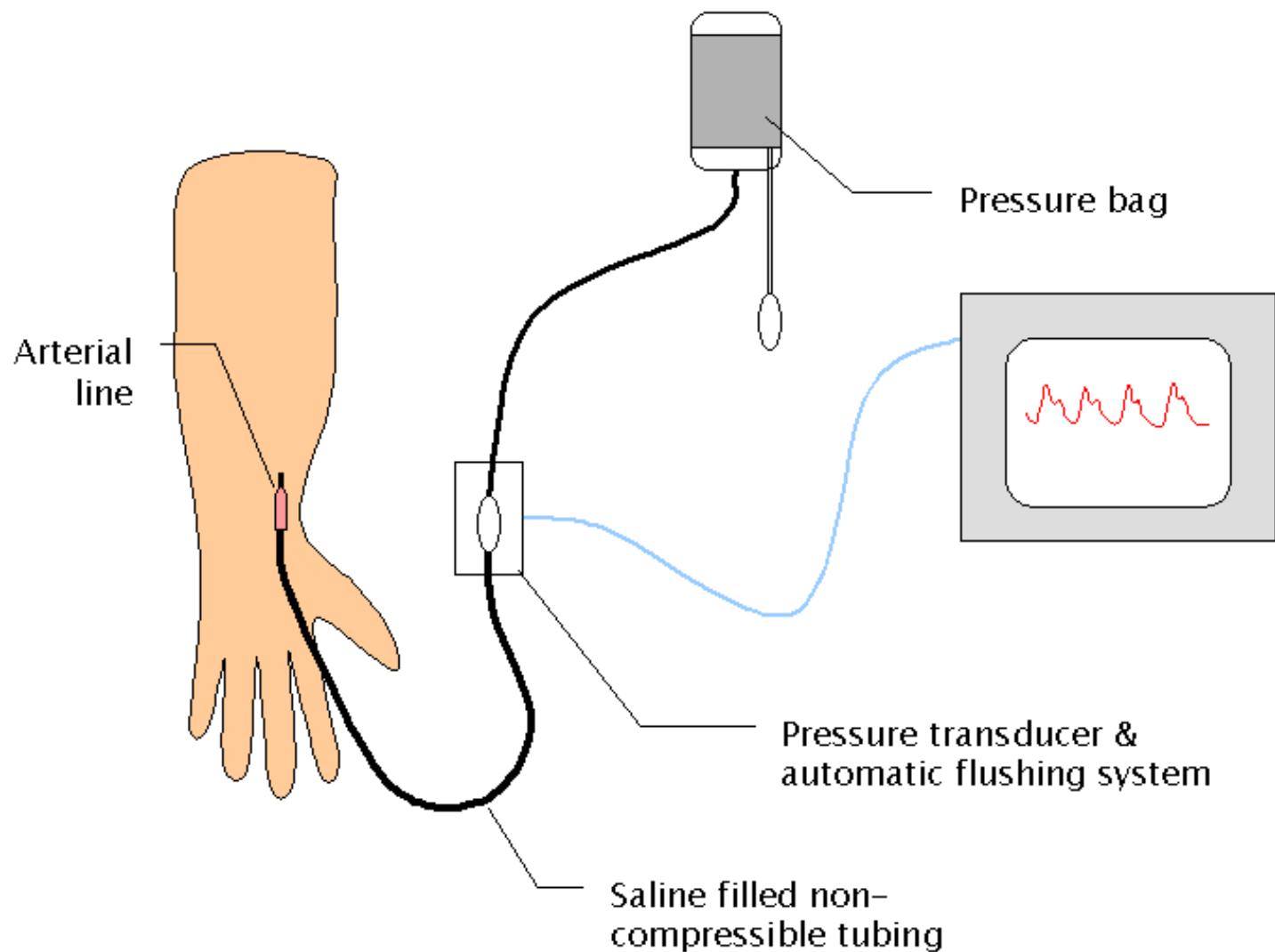
- Szisztolé
- Diasztolé
- Betegségek:
 - Hipertónia
 - Veseelégtelenség
 - Aneurizma



Vérnyomás



Invazív mérés



Invazív mérés

- Éren belül alkalmazott érzékelő
- Kívánt pontban mér
- Kevesebb mérési hibalehetőség, kis méret
- Magas frekvenciájú nyomásváltozások is kimutathatóak
- Hátrány: az átviteli karakterisztika nem teljesen lineáris



Vége az 8. előadásnak

Idő- és frekvencia mérés
Példák
Orvosi méréstechnika:
Vérnyomásmérés, Pulzusmérés

Cserey György
2016. 11. 08.

Méréstechnika labor

9. előadás

Orvosi méréstechnika:
Vérnyomás, Hallásvizsgálat, elektródok és érzékelők,
biopotenciálok, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2016. 11. 15.

Invazív mérés

- Éren belül alkalmazott érzékelő
- Kívánt pontban mér
- Kevesebb mérési hibalehetőség, kis méret
- Magas frekvenciájú nyomásváltozások is kimutathatóak
- Hátrány: az átviteli karakterisztika nem teljesen lineáris



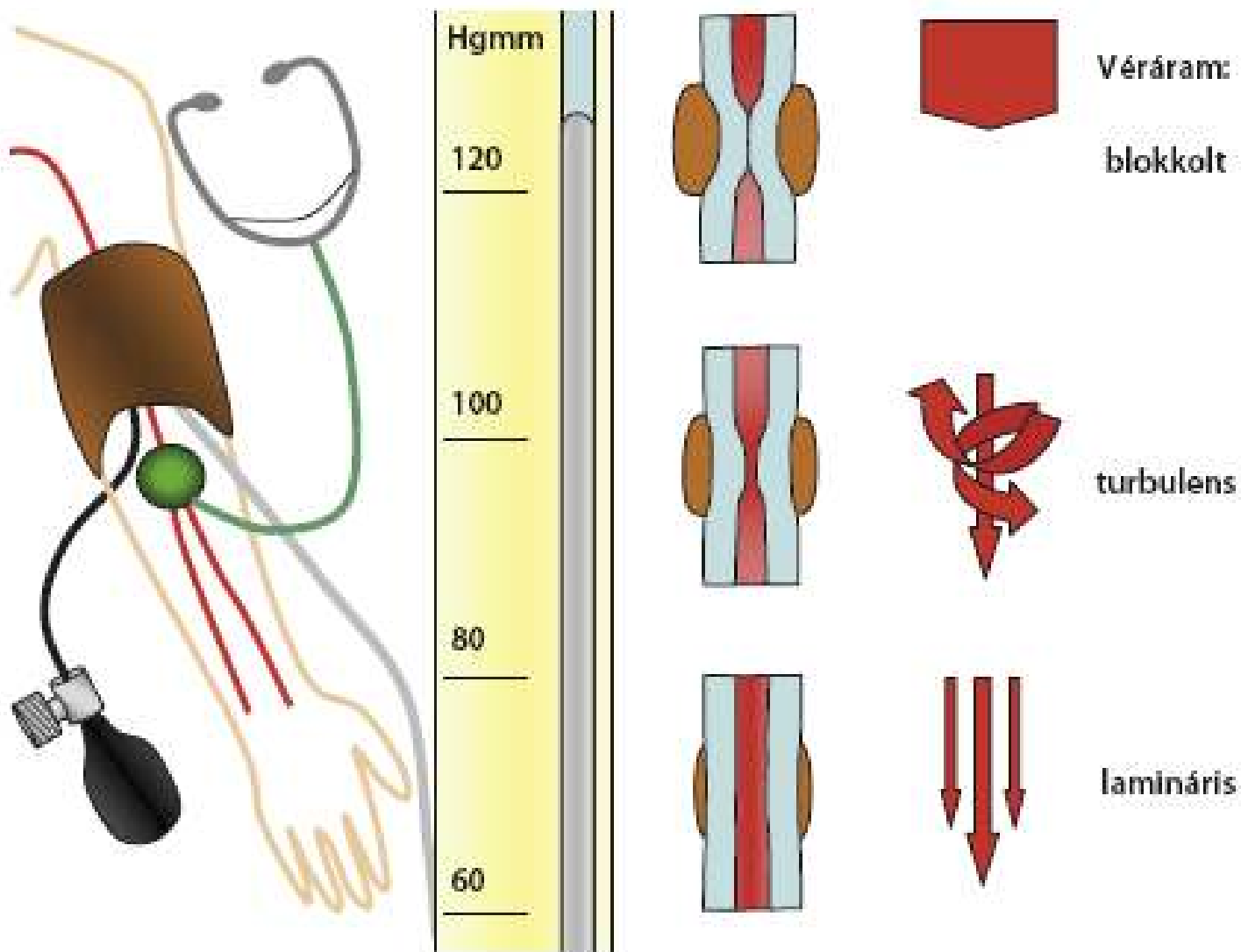
Nem-invazív mérés

- Riva-Rocci: mandzsetta nyomásának meghatározása, amikor az megegyezik az artériás nyomással. Felkaron helyezik el a mandzsettát, a páciens ül.
- Az egyezés detektálása:
 - pulzushullám figyelése
 - érfal elmozdulás figyelése
 - Korotkov-hangok figyelése
 - mandzsettában fellépő oszcillometriás hullámok figyelése

Vérnyomásmérés

- Közvetett módszer: mandzsetta a felkaron
 - Lassan engedik le a mandzsetta nyomását.
Alapelv: Amikor az artériás nyomás nagyobb, mint a mandzsetta nyomása, akkor folyik vér az artériában, amikor a mandzsetta nyomása nagyobb, akkor nem.
- Gyors leengedésnél metodikai hiba lehet
- Korotkov hangok: artéria nyomása épp nagyobb, mint a mandzsetta nyomása
szisztolés, diasztolés hangok

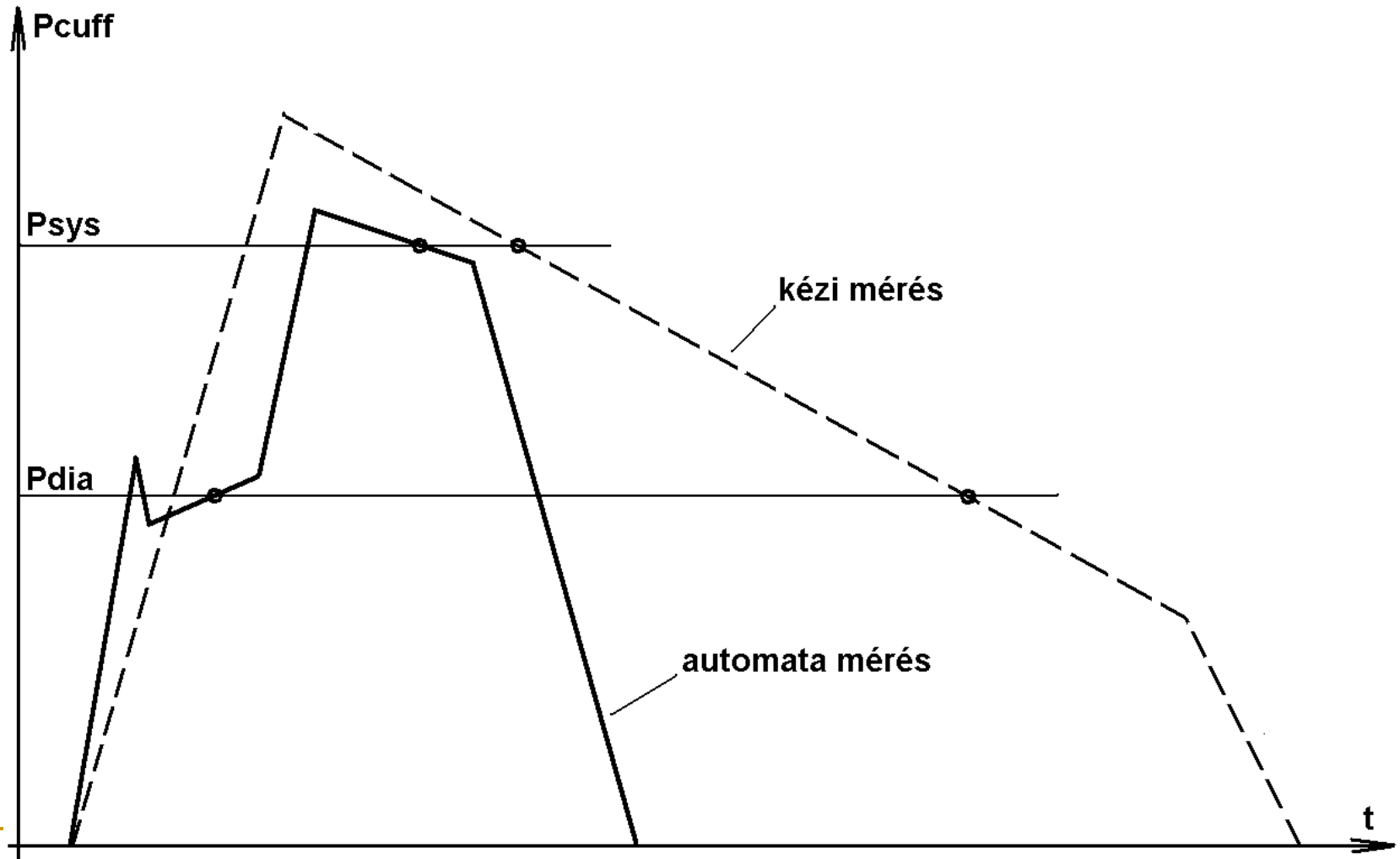
Higanyos nyomásmérés



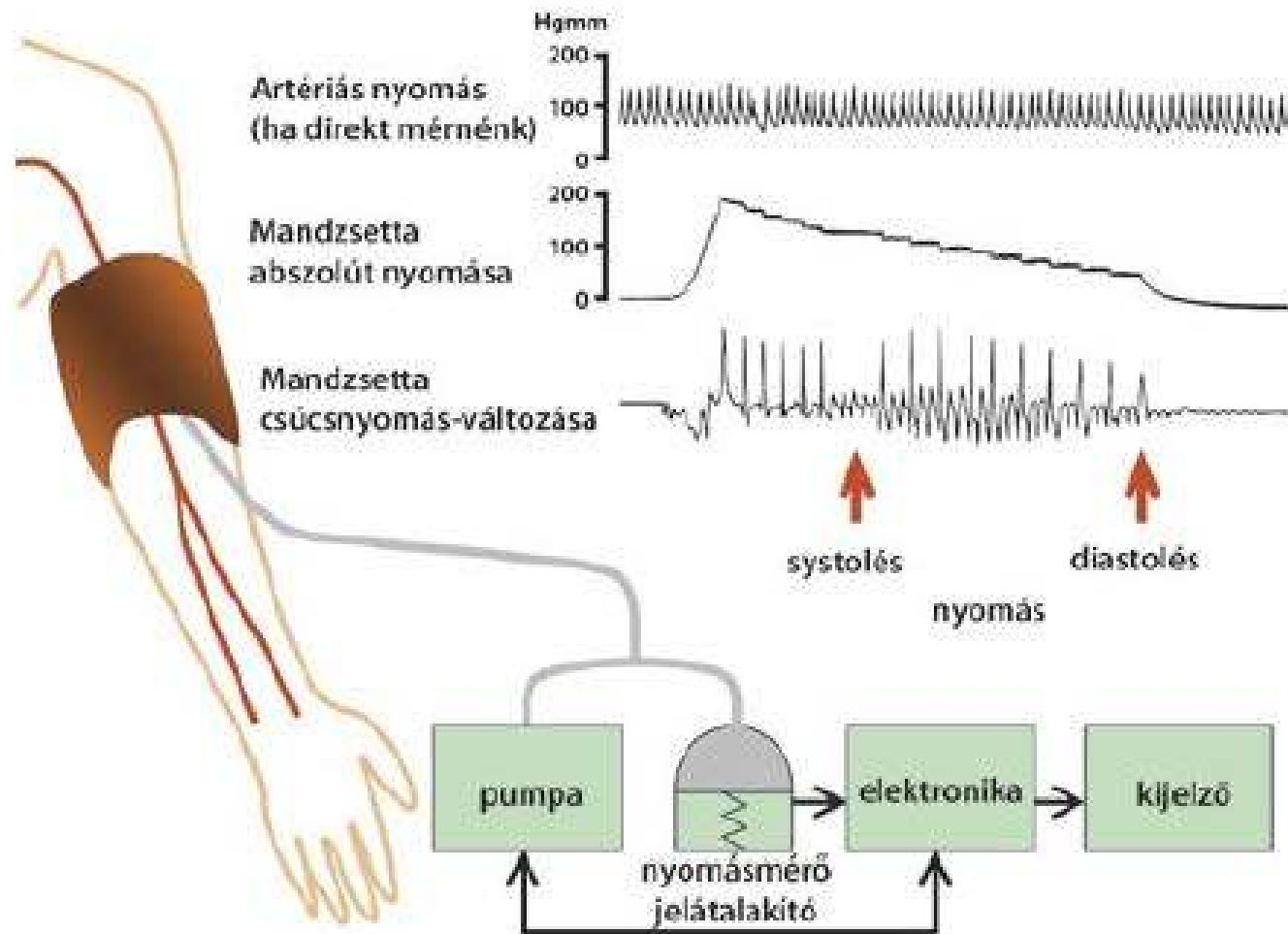
Higanyos nyomásmérés

- Nyomás növelése, 20-30 Hgmm-rel nagyobb
- Nyomáscsökkentés üteme: 2 Hgmm/sec
- I. hang megjelenése: szisztolés nyomás
- További nyomáscsökkentés
- Hang eltűnése megegyezik a diasztolés nyomással

Nyomásprofil

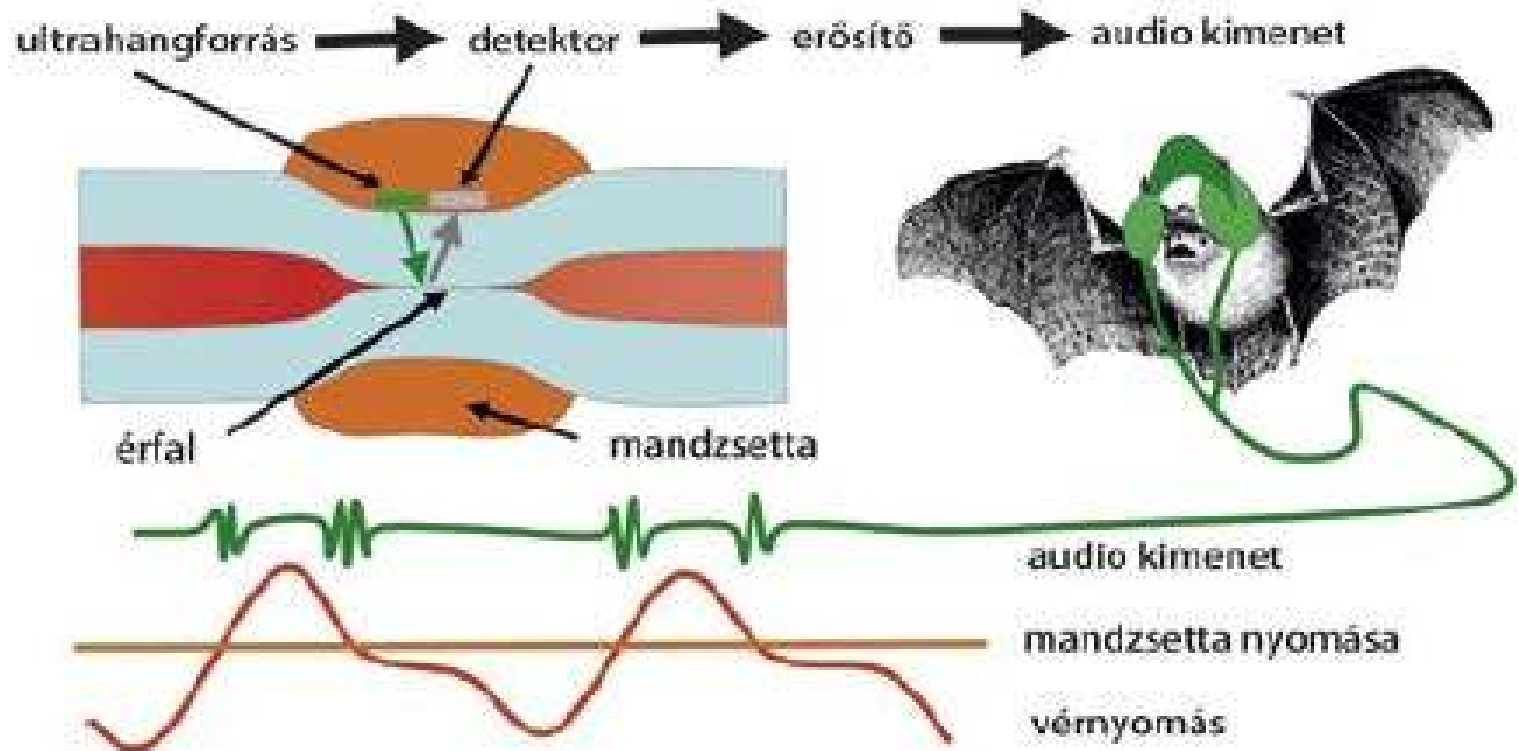


Oscillotonometria



Az oscillotonometria alapelve

Ultrahangos vérnyomásmérés



Invazív – Nem-invazív

- Folytonos mérés
- Etalon mérés
- Pulzusgörbe
- Invazív
- Relatív drága
- Pillanatnyi érték
- Sok hibaforrás
- Csak P_{sys} , P_{dia}
- Nem-invazív
- Olcsó

Pulzusvizsgálat

- Évszázadok óta alkalmazzák
- Sokáig az egyetlen objektív diagnosztika
- Nincs szükség műszerre
 - Tapintással
 - EKG monitorral
 - Artériás nyomásgörbe segítségével
 - Ujj-fotopletizmográfiával, az eljárás alapja, hogy a fény át tud hatolni a kapilláris hálózaton, a pulzáció befolyásolja a fény visszaverődést és szóródást

Traditional Pulse Diagnosis

LEFT HAND

RIGHT HAND

1 Chun
2 Guan
3 Chi



LIGHT TOUCH

Small Intestine(SI)

Gall Bladder (GB)

Bladder (B)

DEEP TOUCH

Heart (H)

Liver (Liv)

Kidneys(K)

LIGHT TOUCH

Large Intestine(LI)

Stomach (St)

Triple Heater (TH)

DEEP TOUCH

Lungs (Lu)

Spleen (Sp)

Pericardium(P)

CHARACTERISTICS.

- Different positions and applied touching force
-> different organs

Traditional Pulse Diagnosis - Disadvantages

- Hard to learn, requires 5-10 years of practice
- Subjective
- The method is not a quantitatively described
- Long examination time. a complete pulse diagnostic examination take around 40-45 minutes

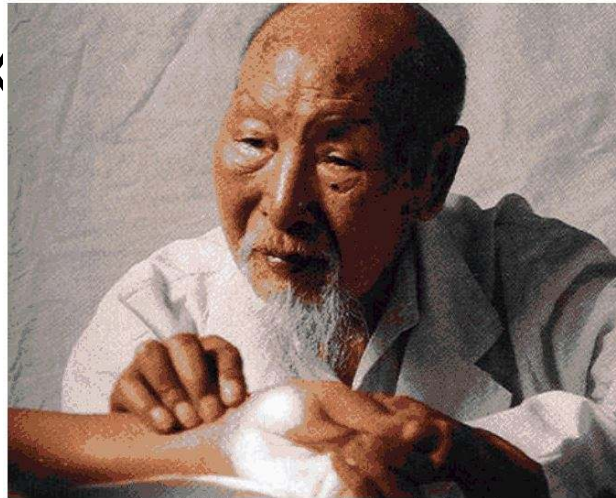


Figure 2. TCM practitioner performing pulse diagnosis.

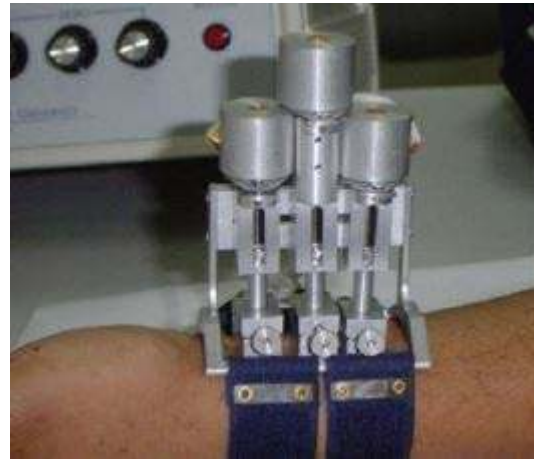
Automatization - Advantages

- Objective method
- Can be realized with non-invasive, painless methods without side effects
- Shorter examination time
- Can give a quantitative description between pulse characteristic and health status

Pulse signal measurement



Chon Gwan Cheok



Zhang, Dongyu, et al. "Classification of pulse waveforms using edit distance with real penalty." *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2010 (2010): 28.

Kim, Jaeuk U., et al. "Novel diagnostic model for the deficient and excess pulse qualities." *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2012 (2011).

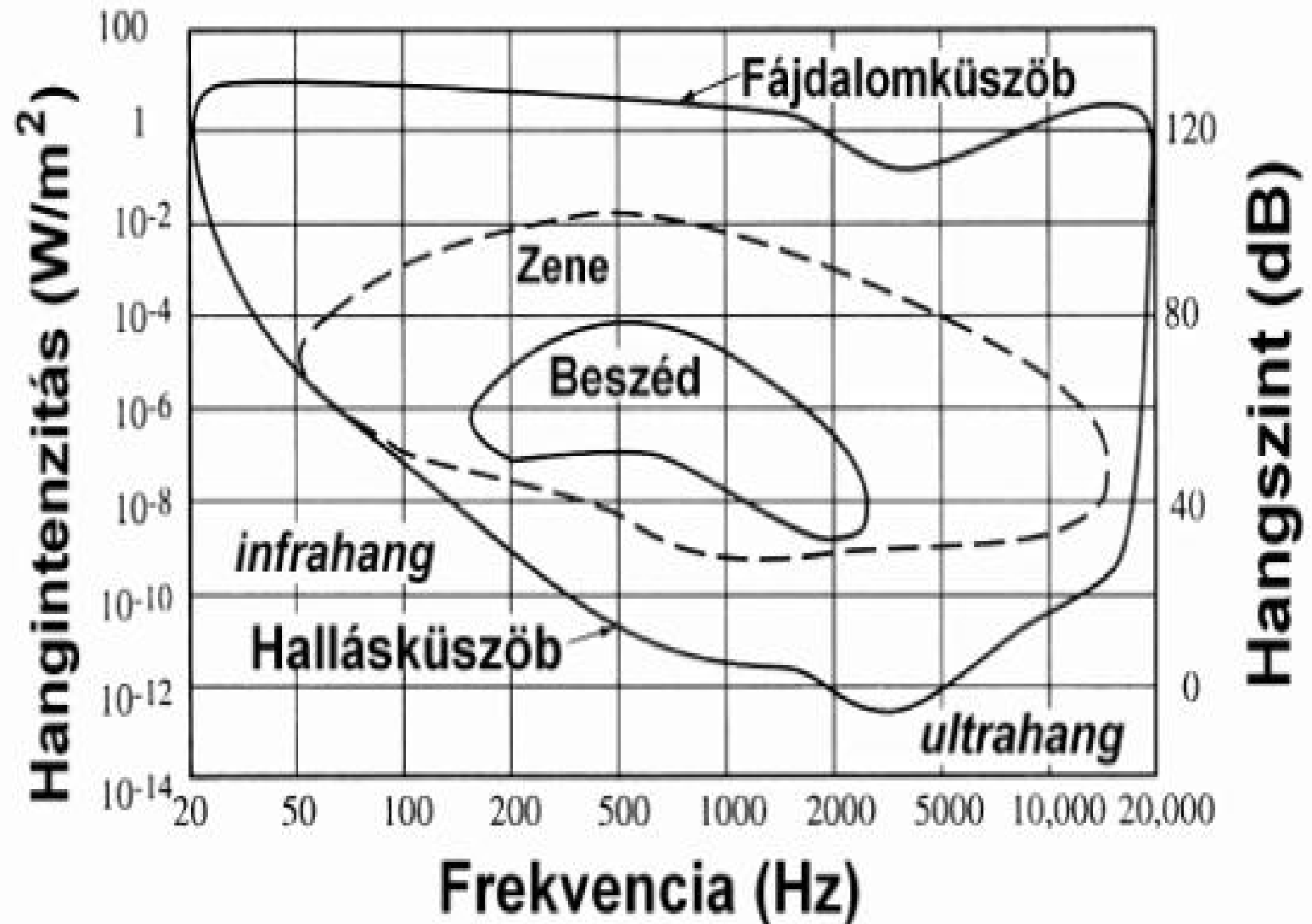


Liu, Lei, et al. "Multiscale sample entropy analysis of wrist pulse blood flow signal for disease diagnosis." *Intelligent Science and Intelligent Data Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 475-482.

Hallásvizsgálat

- A hallás jellemzői: ingerküszöb, fájdalomküszöb, akusztikai feloldóképesség, irányhallás. Ezek mindegyike frekvenciafüggő.
- A hallásvizsgálat során el kell dönteni, hogy normális-e a hallás, ha nem, akkor milyen mértékű a halláskárosodás.
- A hallásvizsgálatok a teljes láncot vizsgálják: fülkagyló - külső hallójárat - dobüreg - akusztikus/villamos átalakító - VIII. agyideg - halló központ.

Hallásvizsgálat



Kooperativitást igénylő vizsgálatok

- Az oszcillátor jele bármelyik fülre helyezett fülhallgatóhoz eljuttatható, a hang erőssége szabályozható.
- Zajgenerátor
- A mikrofon lehetőséget ad a beszéd értés vizsgálatára.
- A kooperativitást igénylő audiométerek csak gerjesztő jelet adnak, a paciens visszajelzéséből tudható, hogy egy adott hangot érzékelt vagy nem.

Kooperativitást igénylő vizsgálatok

- Békésy György
 - A paciens egy kapcsolóval jelzi, hogy hallja-e az éppen kibocsátott hangot vagy nem. Ha hallja, akkor a kapcsolót az egyik állásba kapcsolja, aminek hatására a jel hangereje csökkenni kezd. Ha nem hallja, akkor a kapcsolót a másik állásba kapcsolja, aminek hatására a jel hangereje növekedni kezd. A vizsgálat alatt a kibocsátott hang frekvenciája folyamatosan növekszik.
-

Kooperativitást nem igénylő vizsgálatok

- A vizsgált paciens nem tud (eszméletét vesztett, vagy csecsemő) vagy nem akar (szimuláns) a vizsgálatban segíteni.
- Az akusztikai gerjesztésekre adott válaszokat nem a paciens elmondása alapján, hanem az agy akciós potenciáljainak (EEG) mérése alapján értékeljük.

Biopotenciálok eredete

- Biopotenciálok a sejtmembránon lejátszódó folyamatok eredményeként jönnek létre.
- Semleges molekulák diffúziója, ozmózis nyomás, ionok vándorlása
- Szobahőmérsékleten ($T = 298 \text{ K}$) Nerst-egyenlet: $V_1 - V_2 = (-58 \text{ mV}) \log(C_1/C_2)$
- $C_1 = P_{\text{Na}}[\text{Na}]_1 + P_{\text{K}}[\text{K}]_1 + P_{\text{Cl}}[\text{Cl}]_2$
- $C_2 = P_{\text{Na}}[\text{Na}]_2 + P_{\text{K}}[\text{K}]_2 + P_{\text{Cl}}[\text{Cl}]_1$
- P_x X ionra vonatkozó permeabilitás, $[X]_1$ az X ion koncentrációja az 1 kamrában

Elektródok biopotenciálok mérésére

- Az elektródok feladata az ion áram elektron árammá való átalakítása
- Ezüst-ezüstklorid elektród, nem polarizálható, egyenfeszültség mérésre alkalmas
- Platina elektród, polarizálható
- Rozsdamentes acél elektród
- Aktív elektród, kapacitív jelleg, zajtűrő
- Tűelektród, szerveneten belüli vizsgálatra
- Mikroelektródok, sejten belüli vizsgálatra, elvékonyított üveg elektrolittal töltve

Kémiai érzékelők

- Anyagcsere folyamatok vizsgálatára
 - Szövetek, a vér és a testnedvek kémiai összetétele
 - A ki- és belélegzett levegő összetétele
- Dalton törvény: egy gázkeverék nyomása egyenlő a keverékben jelen levő gázok parciális nyomásainak összegével
- Henry törvény: ha gáz folyadékkal érintkezik, akkor a folyadékba oldódó gáz térfogata annak parciális nyomásától és az adott folyadékban való oldhatóságától függ

Vége az 9. előadásnak

Orvosi mérés technika:
Vérnyomás, Hallásvizsgálat, elektródok és érzékelők,
biopotenciálok, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2016. 11. 15.

Méréstechnika labor

10. előadás

Orvosi méréstechnika:
Elektródok és érzékelők,
Biztonságtechnika, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2016. 11. 22.

Kémiai érzékelők

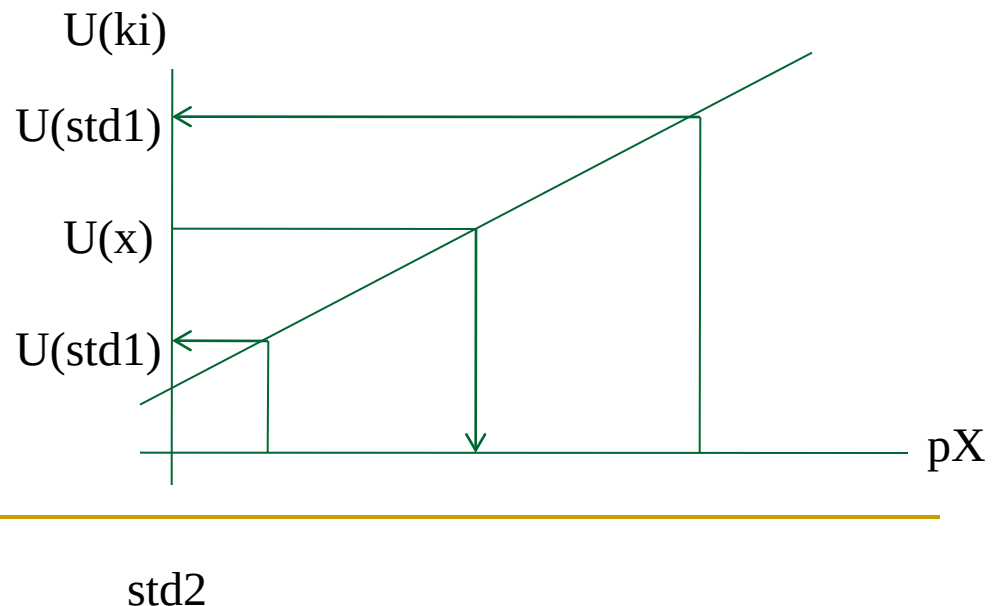
- Anyagcsere folyamatok vizsgálatára
 - Szövetek, a vér és a testnedvek kémiai összetétele
 - A ki- és belélegzett levegő összetétele
- Dalton törvény: egy gázkeverék nyomása egyenlő a keverékben jelen levő gázok parciális nyomásainak összegével
- Henry törvény: ha gáz folyadékkal érintkezik, akkor a folyadékba oldódó gáz térfogata annak parciális nyomásától és az adott folyadékban való oldhatóságától függ

pO₂ elektród, Ionszelektív elektród

- pO₂ elektród: Oxigén parciális nyomását méri folyadékokban vagy gázban
- Ionszelektív elektródok: a különböző oldatokat elválasztó membrán csak bizonyos ionok számára átjárható
 - a vékony üvegmembrán csak hidrogén ionokat enged át
 - Elektród ellenállása nagy, 200 – 500 Mohm

Vérgáz analízis

- Sav-bázis egyensúly mérésére
- Minta ne érintkezzen levegővel
- Elsődleges paraméterek: pH, pO_2 , pCO_2
- Szűk tartományon nagy felbontás: 0.001 pH
- Gyakori kalibrálás



Mechanikai érzékelők

- Elmozdulás, elfordulás, nyomás, erő és gyorsulás mérése
- Rezisztív átalakítók, elmozdulás, elfordulás
- Nyúlásmérő bélyeg, nyúlás esetén megváltozik az ellenállása
- Kapacitív átalakítók
- Induktív átalakítók, elmozdulás megváltoztatja az induktivitást
- Piezoelektromos átalakítók, deformáció – elektromos jel

Fotoelektromos átalakítók

- Fény intenzitását mérik
- Fényelnyelődés
 - Teljesen elnyeli, energiája hővé alakul
 - Intenzitás csökkenés nélkül keresztüljut
 - Visszaverődik a határfelületről
 - Anyagba lépve megtörik
 - Az anyag határáról szétszóródik
 - Elnyelődik és újra kisugárzódik (fluoreszcencia)
- Fényérzékelők: fotocella, fototranzisztor, fotosokszorozó

Ultrahang tulajdonságai

- Mechanikus rezgés, frekvenciája az emberi fül által érzékelhetőnél nagyobb
- A felbontás függ a frekvenciától, orvosi alkalmazásban 2 ... 12 MHz
- Kisintenzitású ultrahang keresztülhatol a szöveten, nem okoz változást, rezgésbe hozza az anyag részecskéit
- Vákuumban nem terjed, minél keményebb az anyag, annál nagyobb a terjedési sebesség, függ a hőmérséklettől is

Ultrahang tulajdonságai

- Két közeg határán törés és visszaverődés következik be, visszaverődött sugár az echo
- El kell kerülni, hogy az orvosi alkalmazásnál az adó (vevő) és testfelület közé levegő kerüljön, ezért zselét használnak
- Előállításához piezo kristályokat használnak
- A visszavert hullám időfüggvényét jelenítjük meg
- Transducerek, 2D, 3D ultrahang felvételek

Biopotenciálok erősítői

- EKG, EEG, EMG, EOG, stb.
 - Elektród offszet feszültség nincs jelen, nagyon kicsi az alsó határfrekvencia pl. EKG esetén 0.05 Hz, Erősítés mértéke széles tartományban változik $\times 1$ $\times 10^6$ g, kis zajtűrés, nagy bemeneti impedancia
 - Nagyfeszűtés pl. EKG és defibrillátor
 - Védeni kell az erősítőt, de a páciens is
 - Zavarok: földhurok, kapacitív vagy mágneses csatolás
-

Biopotenciálok erősítői

- Páciens nincs leföldelve
- A testfelszíni közös feszültségre nézve negatív visszacsatolás, „meghajtott jobb láb”
- Csavart érpár, árnyékolás
- Galvanikusan leválasztott erősítők, elemes megoldás, transzformátoros leválasztás vagy optikai átvitel
- Sokcsatornás erősítők, EKG akár 200 csatorna, azonos struktúra

Biológiai jelek feldolgozása

- Hasznos jelek és nemkívánatos jelek szétválasztása
- Általában időtartománybeli (átlagolás, korrekció számítás, mintaillesztés) és frekvenciatartománybeli (Fourier analízis, szűrés) módszerek, wavelet analízis etc.
- Adattömörítés
- Jelsorozatokban meglévő szabályosság minősítése, véletlenség tesztje: várható értéktől eltérés szabályosságra utalhat

Biztonságtechnika

- 1-10 mA érzékelés határa
- 10-100 mA fogva tartó áram, az ideg és izom ingerlése meggátolja, hogy elengedjük
- 50- mA légzésbénulás, fájdalom és izomfáradás
- 100- mA ventrikuláris fibrilláció (kamrai remegés), önfenntartó állapot, defibrillátor használata szükséges
- 1- A teljes szívizomzat összehúzódás
- 1- A égés, izomszakadás

Makrosokk és mikrosokk

- Testfelszíni hozzávezetés: makrosokk
 - Vér által közvetve vagy közvetlenül a szívhez kapcsolódik: mikrosokk
 - Fiziológiai hatás függ a tömegtől, hozzávezetési pontok helyétől, áram nagyságától, kedélyállapottól
 - Bőr ellenállása: 10 kOhm – 1 MOhm
 - Belső szervek ellenállása: 100 – 500 Ohm
 - Mikrosokk esetén $c \times 10\mu A$ ventrikuláris fibrillációt okoz
-

Problémák – megoldások

- Zárlat
- Kapacitív csatolás miatt áramszivárgás
- Hibás földelés
- Kis ellenállású védőföldelés
- GFCI ground-fault circuit interrupter, be-ki áram különbsége kapcsol
- Intenzív osztályon GFCI nem lehet, lélegeztető
- Galvanikus leválasztás, elemes táplálás, kettős szigetelés

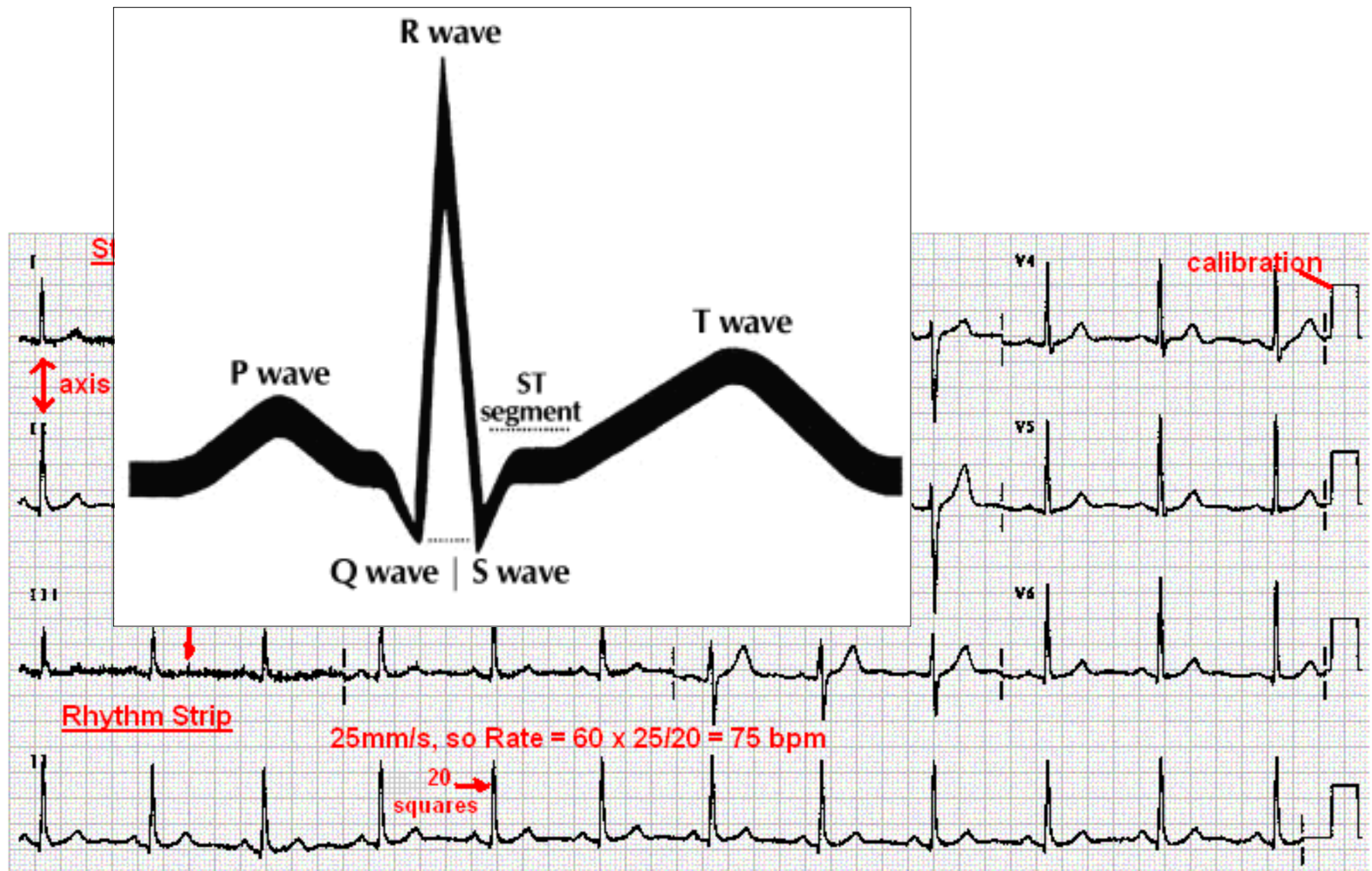
EKG jel

- Szív izomzata 1 millió sejt
- Sejtek közötti depolarizált állapot terjedése
- Jobb pitvarban található frekvenciát meghatározó szinusz csomó
- Vér pitvarokból kamrákba, majd artériákba
- Az aktivitás mérése a testfelszínen történik
- Megfelelő modell szükséges, legelterjedtebb a dipólussal történő jellemzés

Eindhoven feltételezései

- 1. A szív elektromos aktivitása minden időpillanatban leírható egyetlen dipólussal
- 2. A végtagi elvezetések (jobb kéz, bal kéz, bal láb) egy szabályos háromszög csúcsainak felelnek meg
- 3. A szív és a végtagi elvezetések között homogén vezetőképeségű szövetek helyezkednek el.

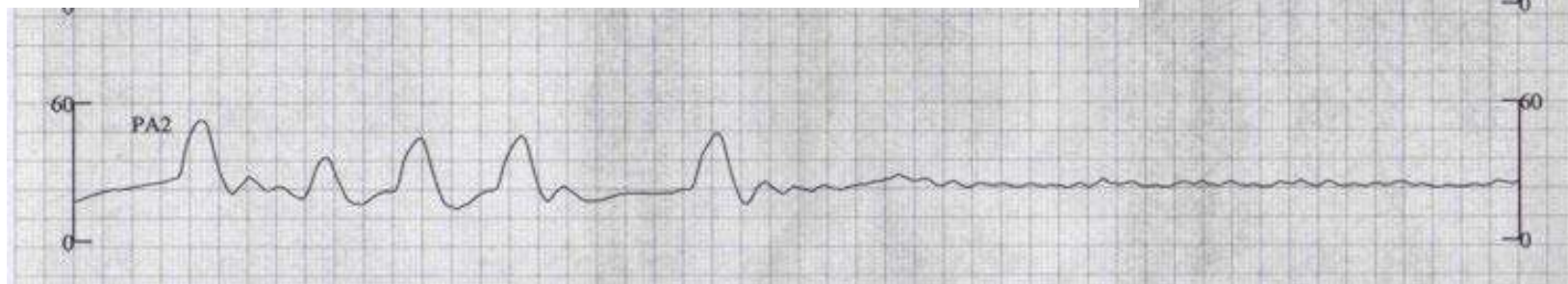
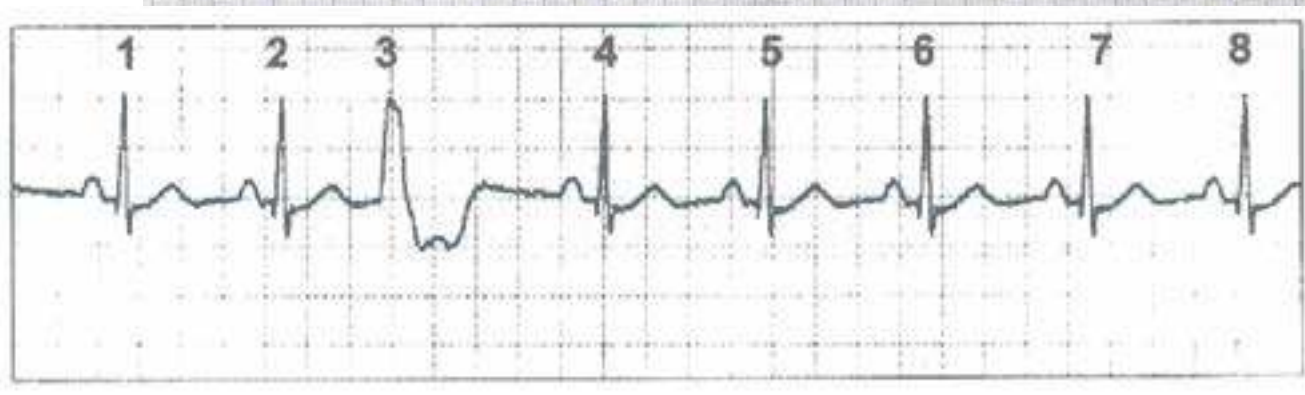
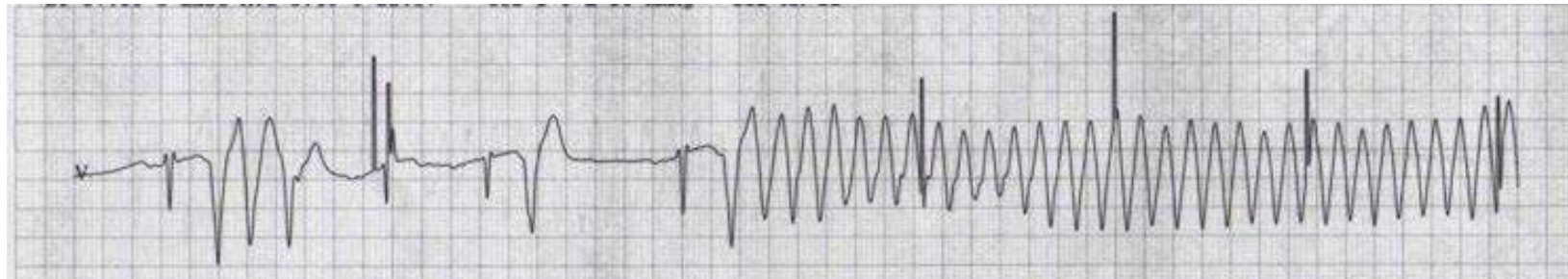
EKG időfüggvény



EKG paraméterek

- Pillanatnyi szívfrekvencia, RR távolság
- Néhány ciklusra átlagolt szívfrekvencia
- Cikluson belül számolt időadatok:
 - PQ, QT, ST távolságok
- Cikluson belüli forma analízis:
 - ST szakasz emelkedése,
 - R csúcs alakja, nagysága
 - P, R, T hullám alatti területek

Patológiás EKG jelek



EKG készülékek

- Diagnosztikai EKG készülék nyugalmi helyzetben történő felvételhez
- EKG terheléses vizsgálatához
- Holter EKG 24 órás felvételhez
- Intenzív örzőben használható EKG
- Defibrillátorban használható EKG
- Távadós EKG sportolók vizsgálatához
- Magzati szív működést vizsgáló EKG

Vége az 10. előadásnak

Orvosi mérés technika:
Elektrodok és érzékelők,
Biztonságtechnika, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2016. 11. 22.

Méréstechnika labor

11. előadás

Orvosi méréstechnika:
Szívritmus szabályzó, defibrillátorok,
légzés vizsgálata, funkcionális képalkotó eljárások, kérdések

Cserey György
2016. 11. 29.

Szívritmus szabályzó

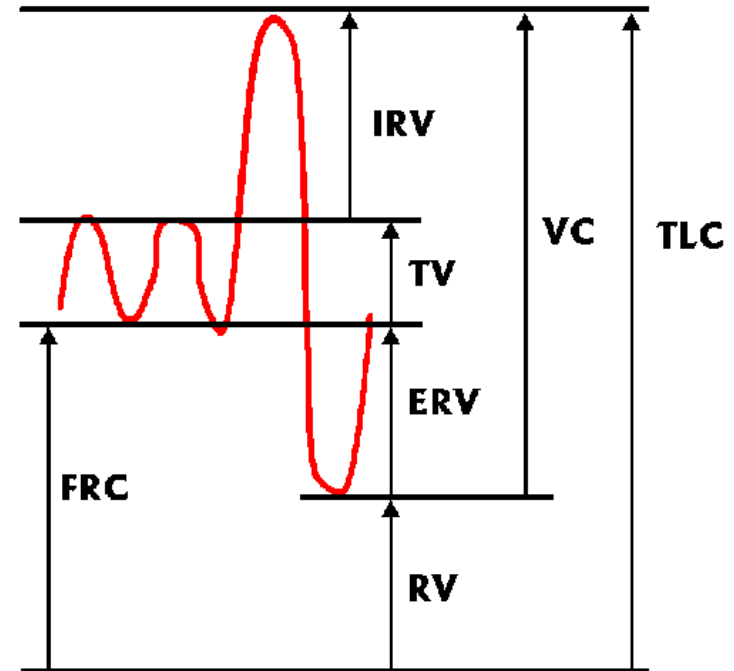
- Akkor ad ki impulzust, ha adott időn belül nem érzékel szinusz csomó által kiadottat
- Bőr alá ültetik be
- Szívüregben levő elektródok hajlékony vezetékkel kapcsolódnak
- Tápellátás fontos
- Programozhatóak
- Sokfajta érzékelője lehet: vér hőmérséklet, időtartam mérés, R hullám alatti terület, pH érték, vérnyomás változása, szívüregtérfogat

Defibrillátorok

- A rendezett összehúzódnás és elernyedés visszaállítása
- Egyetlen, nagy energiájú, rövid impulzus kibocsátása, mely segítségével a szív sejtjei azonos elektromos állapotot vesznek fel
- AC defibrillátor pitvari fibr. esetén kamrai fibr.-t okozhat... ezért DC defibrillátort használnak
- 10 ms belül ismét használható
- Akár 90 A is lehet az áram, megfelelő elektród

Légzés vizsgálata

- FRC = Functional Residual Capacity
- TV = Tidal Volume
- VC = Vital Capacity
- RV = Residual Volume
- TLC = Total Lung Capacity
- ERV = Expiratory Reserve Volume
- IRV = Inspiratory Reserve Volume



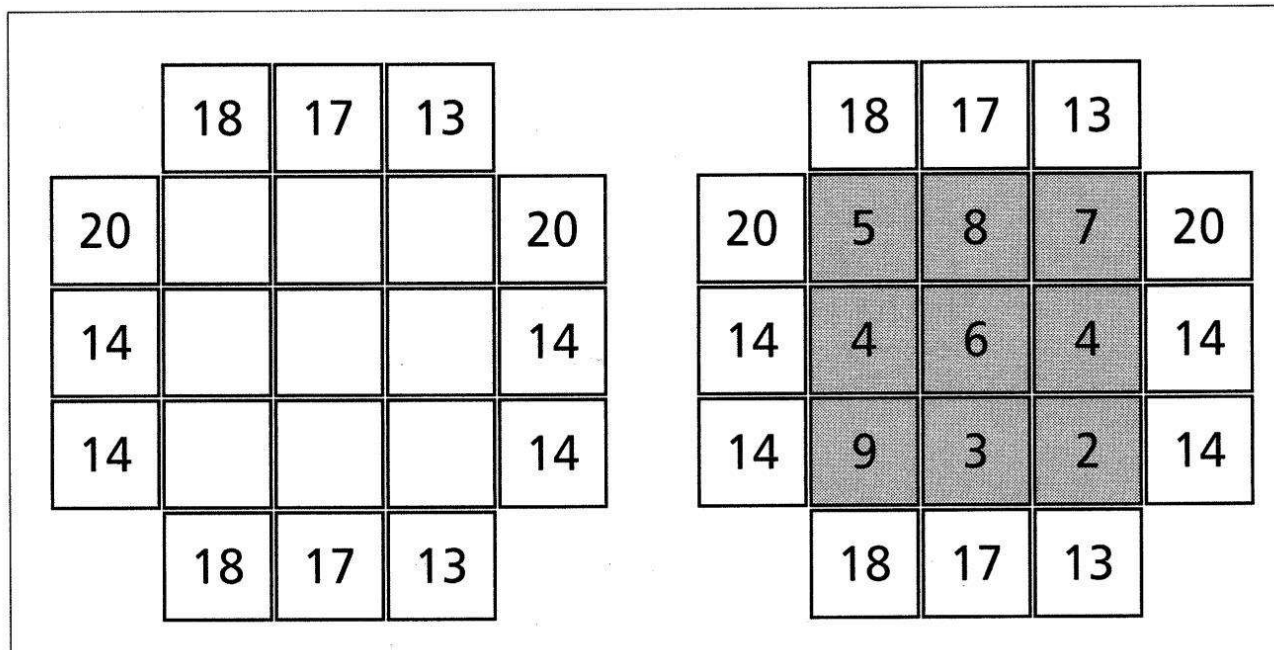
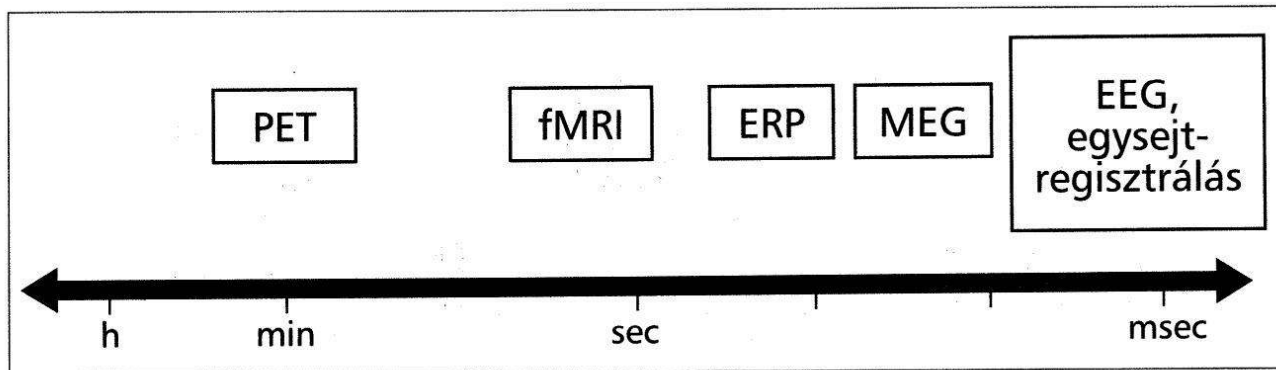
Légzésvizsgálat

- Tidal volume: The volume of air inhaled and exhaled at rest. Normal value is approx. 500 ml.
- Vital capacity: The sum of the tidal volume and the inspiratory and expiratory reserve. Its normal value is 4800 ml.
- Residual volume: After the maximum expiration, approx. 1300 ml air remains in the lungs.
- Total lung capacity: The sum of the vital capacity and the value of the residual air. In the case of an adult male it is approx. 6000 ml.
- Expiratory Reserve Volume: After normal expiration, the further maximum expiration is approx. 1000 ml.
- Inspiratory Reserve Volume: From the maximum volume of air flowing into the lungs by inhalation (ca. 3500 ml), we subtract the value of the tidal volume (ca. 500 ml) = ca. 3000 ml.

Funkcionális képalkotó eljárások

- Funkció – agyi struktúra
- Biológiai képalkotó eljárások
- PET pozitronemissziós tomográfia
- fMRI funkcionális mágneses rezonancia képalkotás
- EEG, MEG magnetoencefalográfia, elektroencefalográfia alapú agyaktiváció-térképezés BEAM (brain electric activity mapping)
- ERP event related potential – kiváltott potenciálok módszere
- Pléh atall: Kognitív idegtudomány

Tomográfia alapja



Funkcionális képalkotó eljárások

- An important characteristic of PET and other conventional imaging techniques (e.g. fMRI, SPECT) is that they do not feature anatomical relations, but the different functional characteristics of organs and tissues (e.g., blood flow, metabolism) in a given moment. Since the onset of a disease first damages the functional characteristics of organs and tissues, and usually anatomical changes accompany these secondarily, it is important that the functional imaging techniques indicate the onset of a disease much earlier, even before anatomical changes.

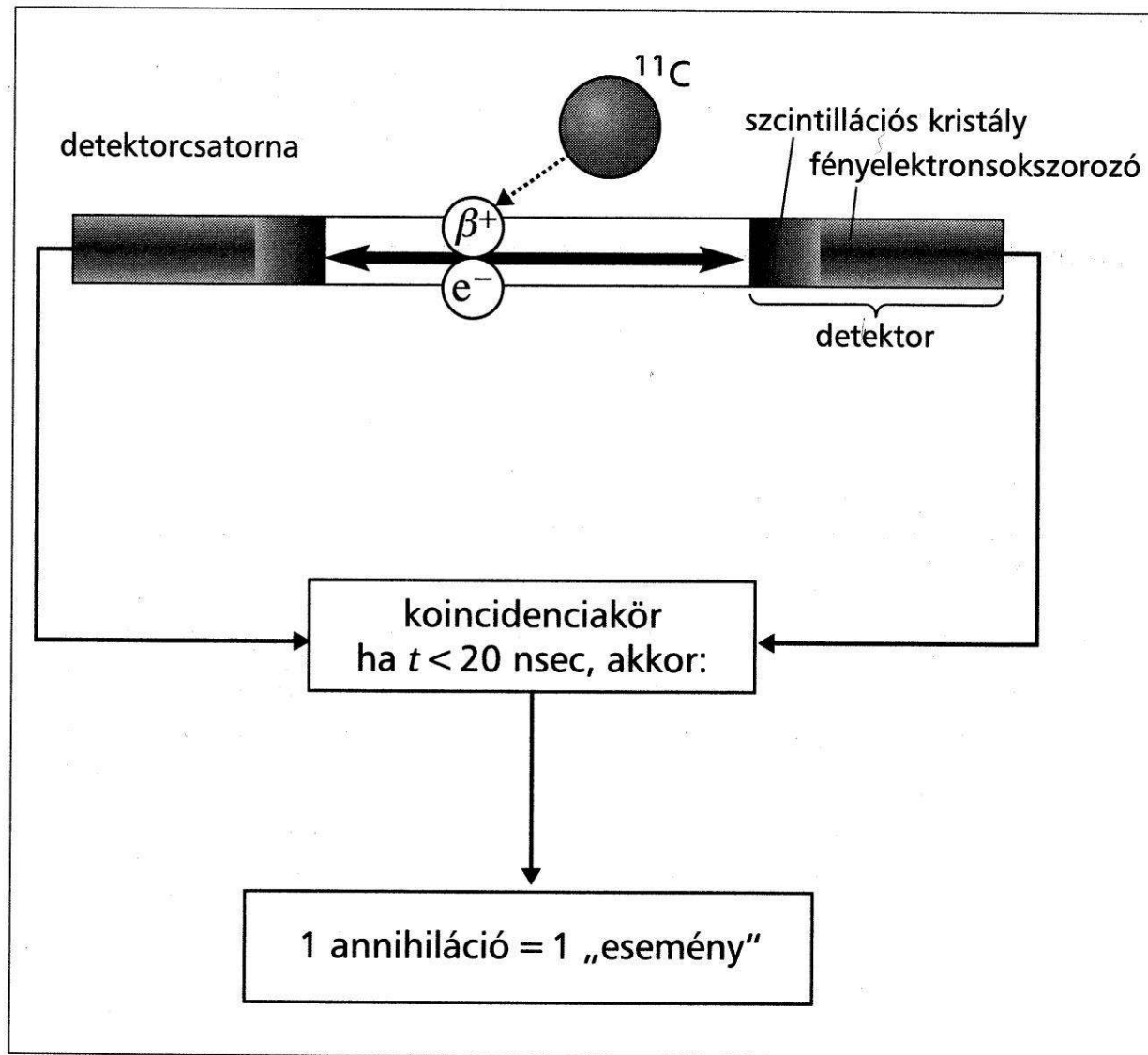
Funkcionális képalkotó eljárások

- The operation of positron emission tomography is based on that the molecules marked by positron radiating isotopes help the representation of the biochemical processes of the body.
- The functional MRI or functional magnetic resonance imaging (fMRI) is a specialized type of MRI measuring the hemodynamic response in connection with neural activity in the brain or spinal bundle of humans and animals.

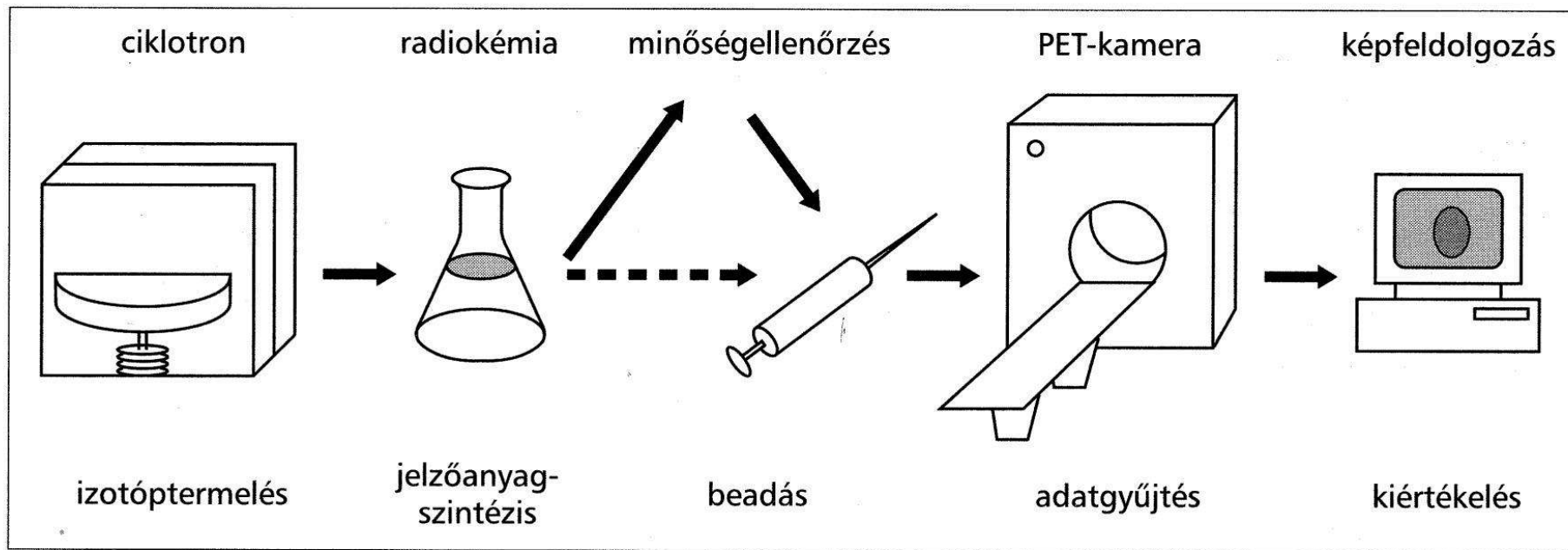
Tomográfiás elvek összehasonlítása

	MRI	CT	SPECT	PET
Alapja	atommagok mágneses rezonanciája	röntgensugár- transzmisszió	foton- emisszió	pozitron- emisszió, koincidencia- detektálás
Felhasználható jelzőanyag	gadolinium	jódos kontrasztanyag	fotonemittáló radionuklid	pozitronemittáló radionuklid
Leggyakrabban használt izotópok (PET, SPECT) illetve vizsgált atomok (MRI)	^1H , ^{23}Na , ^{31}P	–	^{123}I , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{133}Xe	^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F
Mit vizsgál elsősorban	struktúra	struktúra	funkció	funkció
Legjobb térbeli feloldás (mm)	< 1	1	4–5	2,8
Tipikus adatgyűjtési idő (perc)	20	2	15	20
Biológiai sugárterhelés egy átlagos vizsgálat során (mSv)	nincs	2–8	6–10	2–10

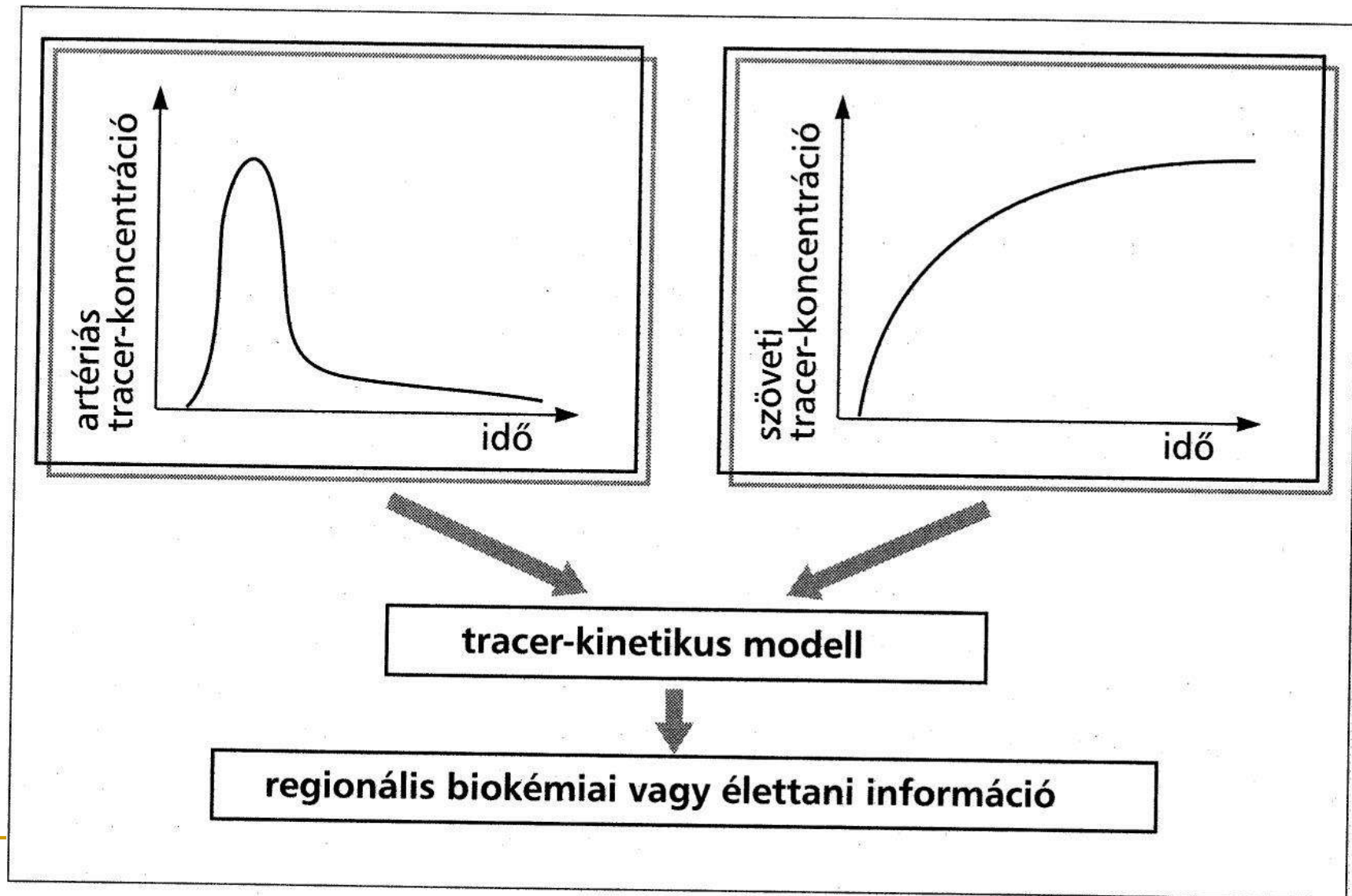
Koincidenciadetekció PET-ben



PET rendszer



Parametrikus mérés alapelve



Vérátáramlás és vértérfogat

Szöveti pH

Anyagcsere és transzport

oxigén

glükóz, glükóz-analógok és metabolitok

aminosavak (például metionin, tirozin,

alanin, leucin)

szabad zsírsavak

fluor

Molekuláris diffúzió

Membránpermeabilitás

Receptor- és neurotranszmitter-rendszerek

dopaminerg

kolinerg

benzodiazepin-GABA_A

opioid

adrenerg

szerootonin

muszkarin

(egyéb)

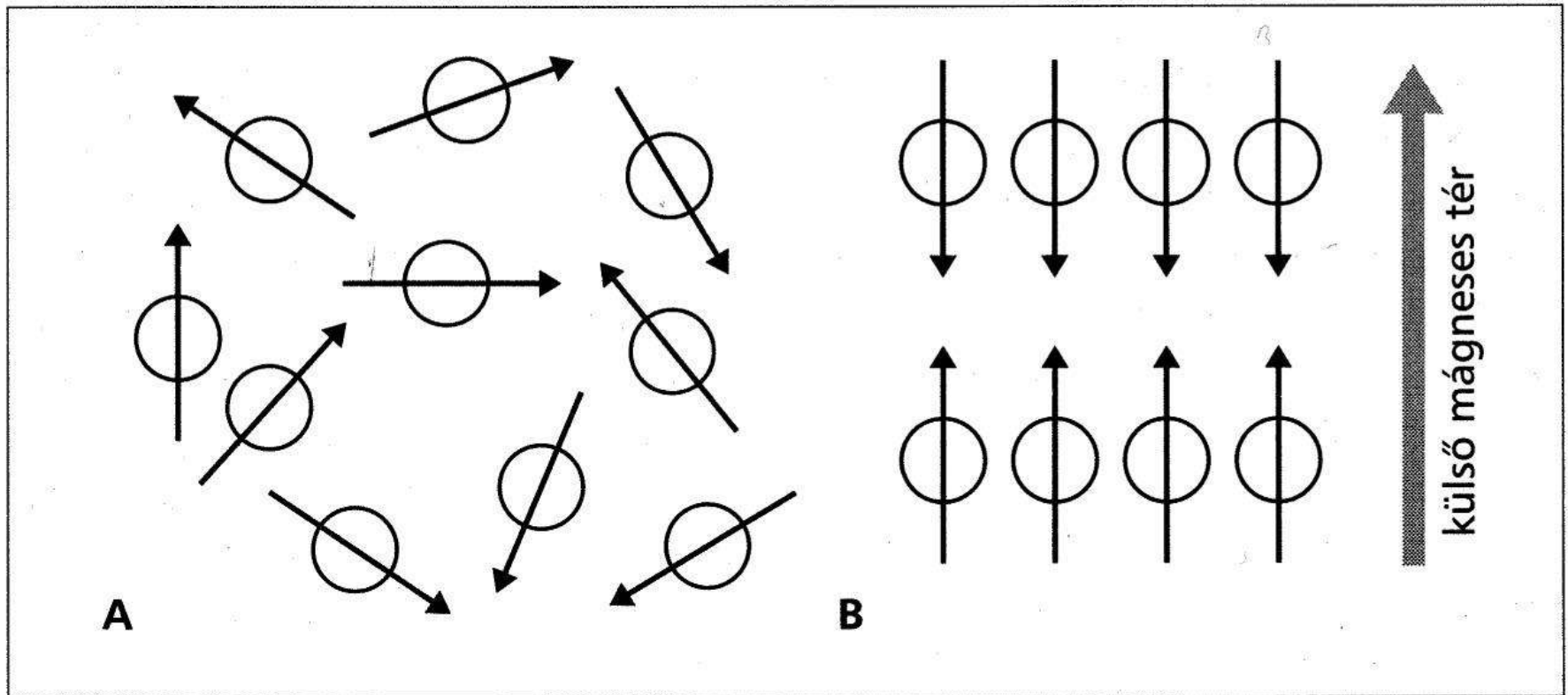
Enzimaktivitás és enzimkoncentráció

In situ hibridizáció

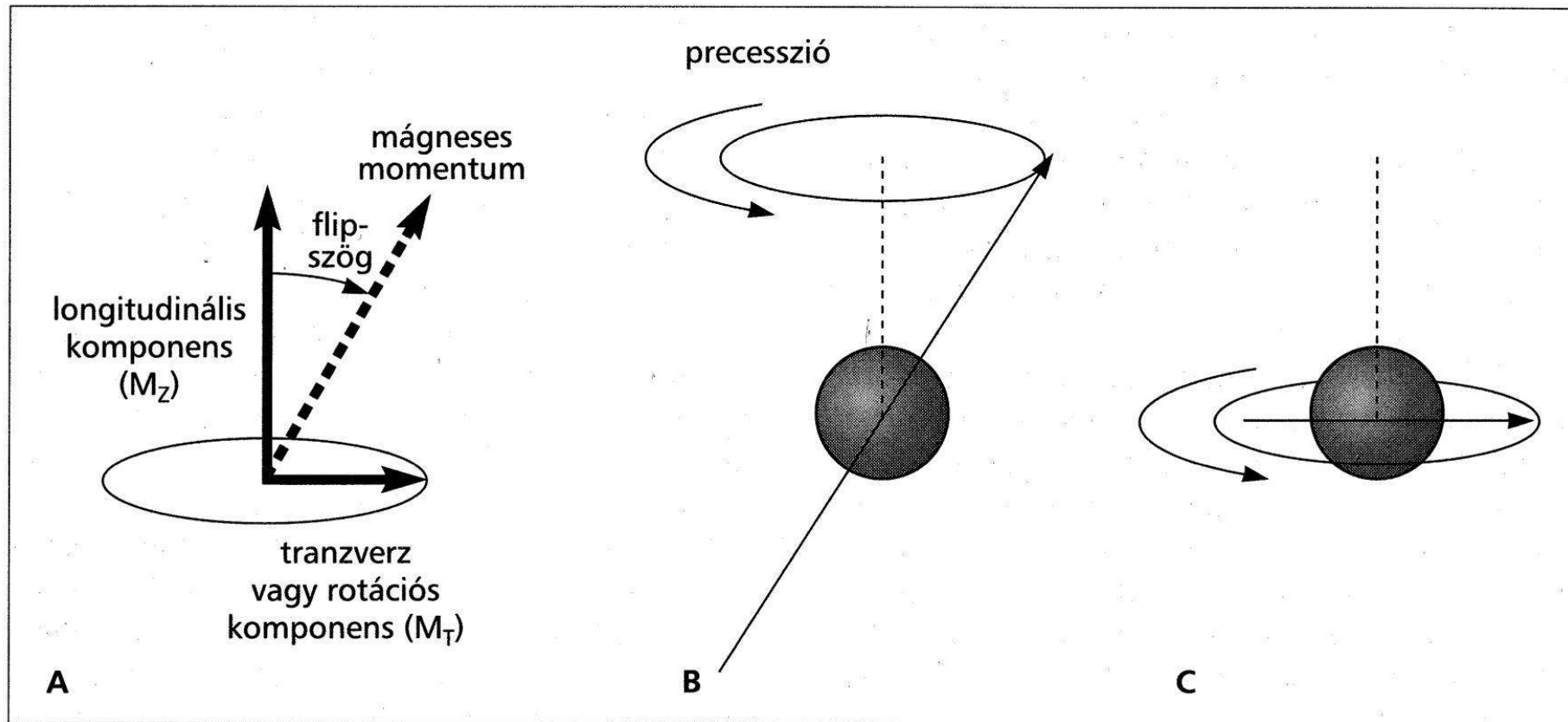
Secondmessenger-rendszerek

Farmakokinetikai és farmakodinamikai
paraméterek

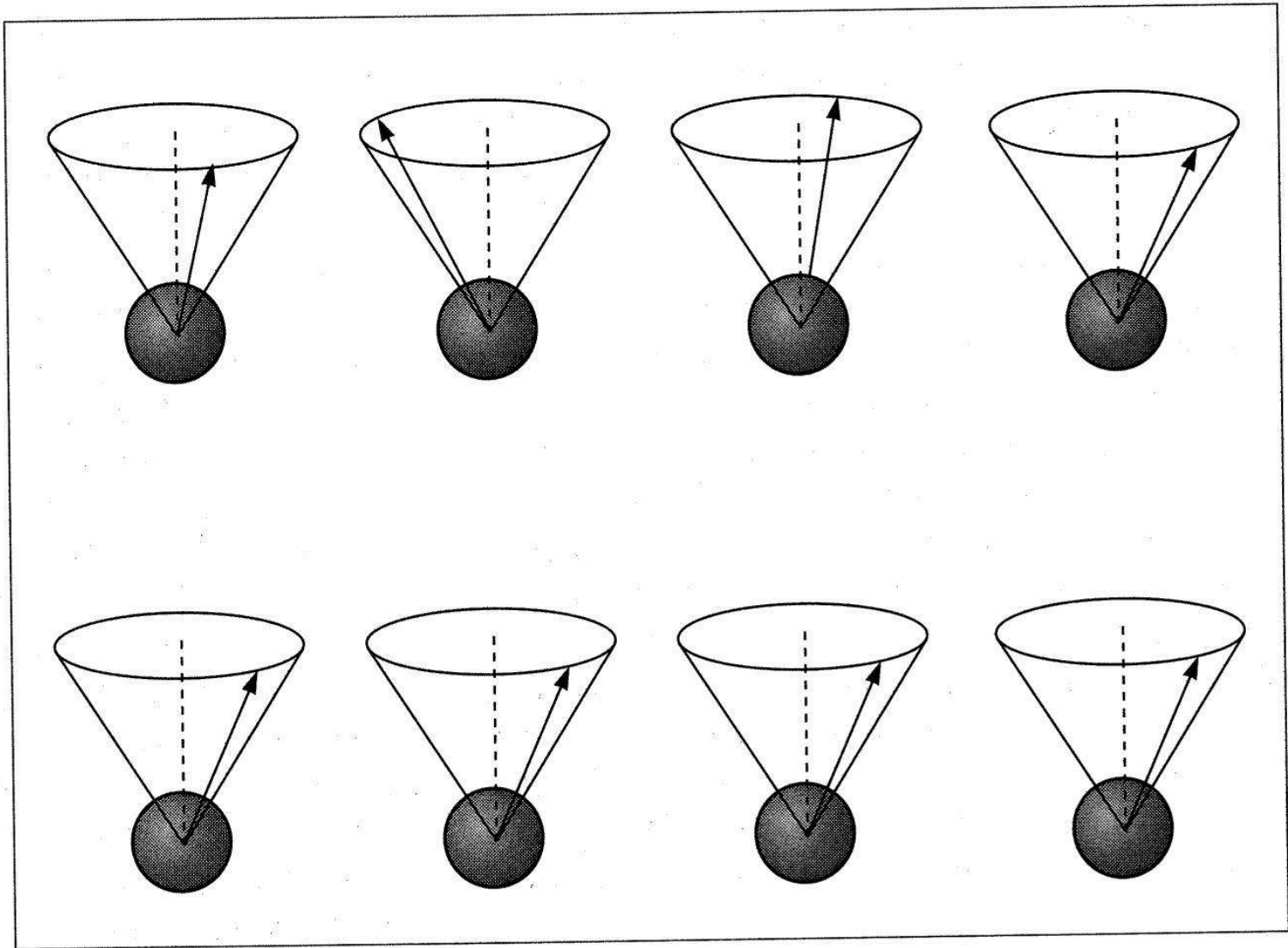
fMRI – hidrogén protonjának mágneses momentuma



Mágneses jel



Mágneses rezonancia



Az fMRI előnyei

- It can make recordings of the activities of the brain in humans and animals without the risk of radioactivity, which is a risk in the case of other processes like CT.
- It can make recordings of a 3–6 mm² area, which is very good as compared to the spatial resolution of EEG, but this has a relatively poor temporal resolution as compared once more to EEG technology. EEG measures the electrical/neural activities, while fMRI measures the activity of the blood, which in any case has a longer response. The MRI equipment (which can be used for fMRI experiments as well) has a high temporal resolution, if it measures a different phenomenon.

fMRI vizsgálat

- The participants involved in the fMRI studies are always asked to lie as still as they can and avoid even minor movements, since these might interfere with the measurement. Although it is possible to make certain corrections on the data after the experiment, and the minor movements of the head can be treated, but bigger movements might completely ruin the examination. The movements bigger than 3mm usually result in completely unusable data. Motion may occur in the case of anyone, but it is the most remarkable in the case of individuals, who are physically or emotionally unprepared to MRI examinations (e.g. in the case of Alzheimer's disease or schizophrenia, or young children).

fMRI vizsgálat

- An fMRI examination usually takes about 15 minutes to 2 hours. Depending on the objectives of the examination, the participants either watch a film or listen to sounds. Sometimes they should smell different things, or they should perform certain cognitive tasks like counting backwards, memorizing or imagining things, pushing buttons, etc. The investigations require the detailed instruction and exhaustive presentation of the experimental plan for each subject. After this, the test people should consent to the implementation of the experiment in writing, if they agree with the conditions.

fMRI vizsgálat

- Security is a very important factor in any kind of MRI experiment. Potential subjects must make sure that they can enter the MRI unit safely. This security step is due to the nature of the MRI scanner, as it is surrounded by a very strong magnetic field (at least 1.5 Tesla, but sometimes it is even stronger than that). Subjects must be checked with full attention: they must not wear any objects made of metal nor any magnetic objects like watches, glasses, hair pins, pacemaker, or any kind of screws or metal implants in their bones. Before the examination, it is forbidden to enter the scanner unit!

Vége az 11. előadásnak

Orvosi mérés technika:
Szívritmus szabályzó, defibrillátorok,
légzés vizsgálata, funkcionális képalkotó eljárások, kérdések

Cserey György
2016. 11. 29.

Méréstechnika labor

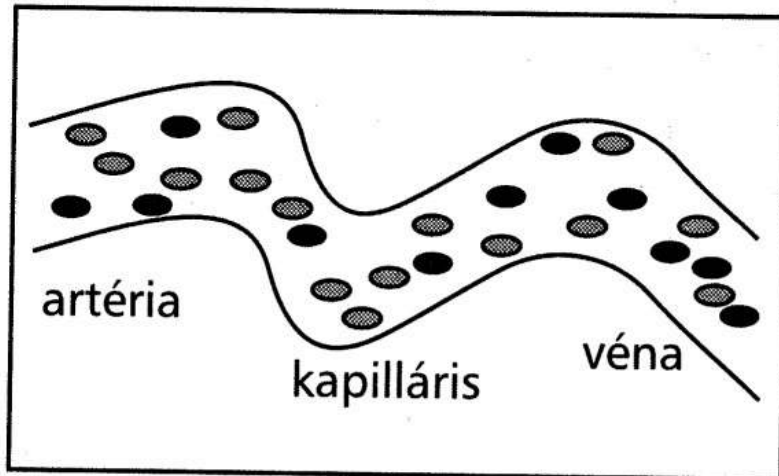
12. előadás

Mintakérdések

Cserey György
2016. 12. 06.

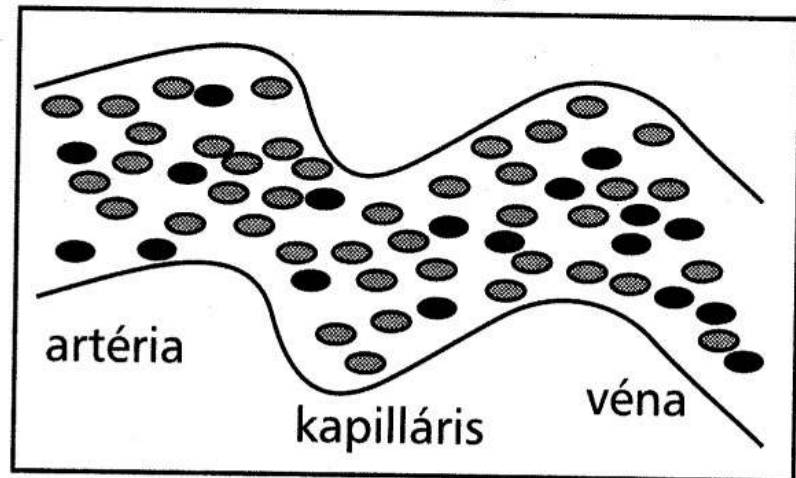
Blood Oxygenation Level Dependent

Alapállapot



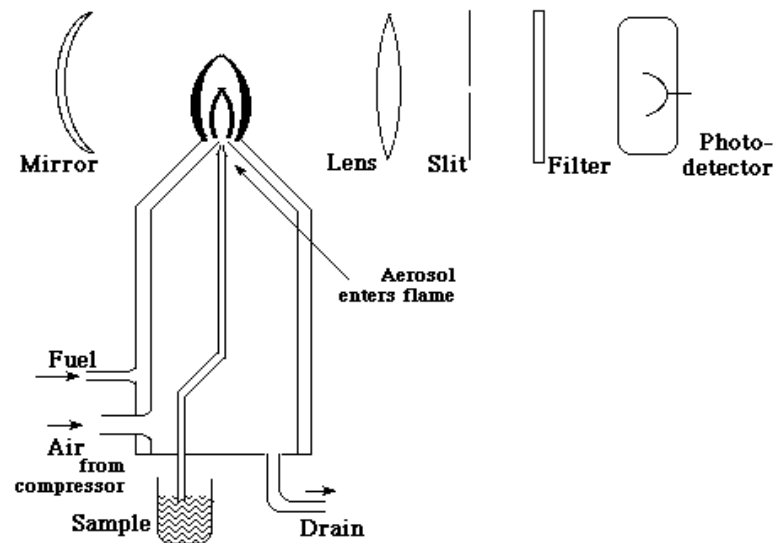
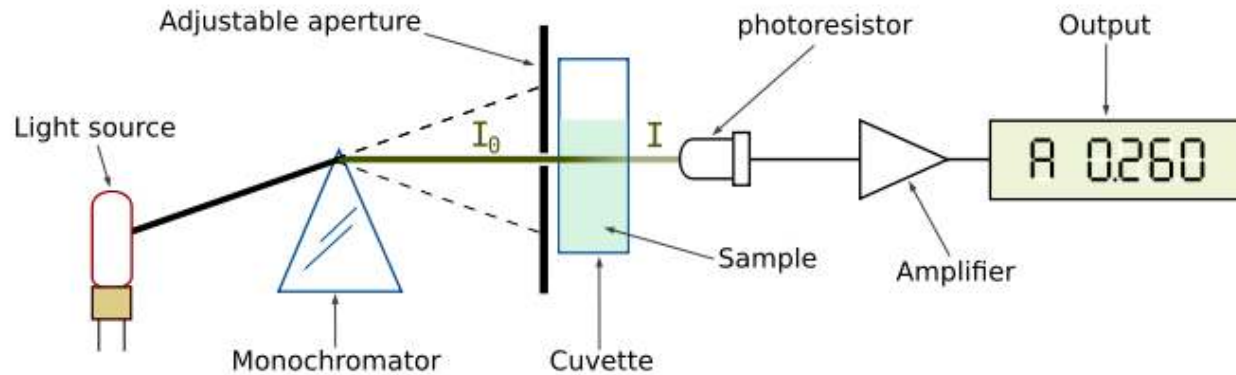
- véráramlás: alapszint
- sejtanyagcsere: alapszint
- oxigénanyagcsere: alapszint
- oxigénextrakció: alapszint
- oxihemoglobin: alapszint
- deoxihemoglobin: alapszint
- oxi-Hb/deoxi-Hb: alapszint
- MR-jel: alapszint

Aktivált állapot



- véráramlás: megnövekedett
- sejtanyagcsere: megnövekedett
- oxigénanyagcsere: megnövekedett
- oxigénextrakció: alapszint
- oxihemoglobin: megnövekedett (↑↑)
- deoxihemoglobin: megnövekedett (↑)
- oxi-Hb/deoxi-Hb: megnövekedett
- MR-jel: megnövekedett

Koloriméter, láng fotométer



Kérdések

- Mi a biopotenciálok eredete?
 - Milyen elektródokat ismer?
 - Melyik elektród alkalmas egyenfeszültség mérésére?
 - Milyen a mikroelektródok szerkezete és mire használjuk őket?
 - Mit mond ki a Dalton törvény?
 - Mit mér a pO₂ elektród?
-

Kérdések

- Mire használjuk a vérgáz analízist?
 - Milyen paramétereket mérnek a vérgáz analízis során? Soroljon fel 3-at!
 - Milyen esetei vannak a fényelnyelődésnek?
 - Mi a koloriméter?
 - Miért „zselézik” be az ultrahangos transzducert?
 - Mi az echo?
 - Milyen zavarok léphetnek fel a biopotenciálok erősítőinél?
-

Kérdések

- Mit jelent a „meghajtott jobb láb”?
- Milyen tartományokban (1mA és 1A között) az áramnak milyen hatása van az emberi szervezetre?
- Az áram fiziológiás hatása mitől függ?
- Mekkora a bőr ellenállása?
- Mekkora a belső szervek ellenállása?
- Mekkora áram okoz ventikuláris fibrillációt mikrosokk esetén?

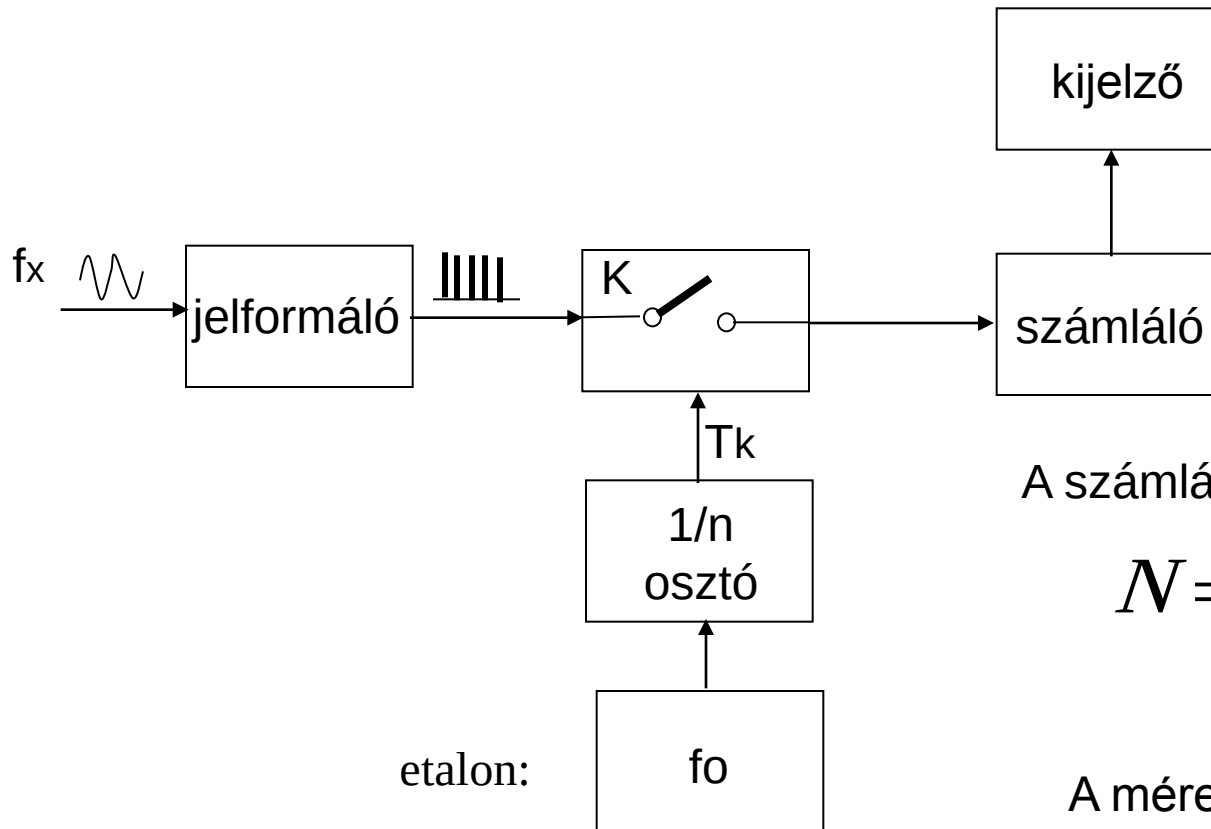
Kérdések

- Mi a GFCI?
- Miért nem lehet GFCI az intenzív osztályon?
- Sorolja fel Eindhoven feltételezéseit!
- Rajzoljon fel egy tipikus EKG jelet (egy ciklusra) és jelölje be rajta a tipikus hullámokat!
- Melyek a tipikus paraméterei a cikluson belüli formaanalízisnek?
- Mi jellemző a Holter EKG-re?
- Milyen érzékelői lehetnek egy szívritmus szabályzónak?

Kérdések

- Hogyan működik a defibrillátor?
 - Miért DC defibrillátort alkalmazunk?
 - A légzés vizsgálata során milyen térfogatokat mérhetünk?
 - Soroljon fel orvosi képalkotó eljárásokat!
 - Hogyan működik az fMRI?
-

Digitális frekvenciamérő a frekvencia definíciója alapján
(FREKVENCIA=IDŐEGYSÉG ALATT A PERIÓDUSOK SZÁMA)



A számláló által kijelzett frekvencia:

$$N = f_x T_k = f_x \frac{n}{f_0}$$

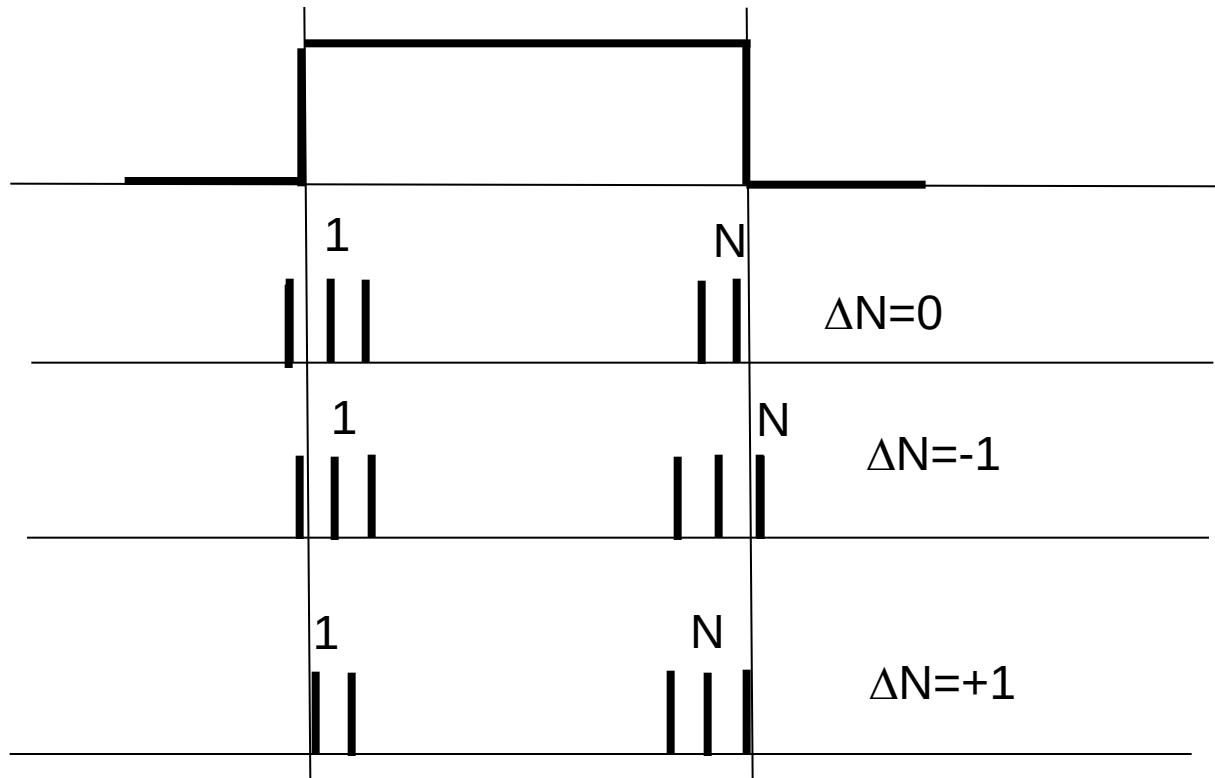
A mérendő frekvencia:

$$f_x = N \frac{f_0}{n}$$

Digitális frekvenciamérő relatív mérési hibája

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

$$T_k = N/f_0$$



Példa!

Feladat: kb 1000 Hz frekvenciájú jel frekvenciájának pontos (10^{-6} relatív hibánál kisebb) mérése

Feltételek: a frekvencia etalon frekvenciája 1 MHz
az osztó decimális lépésekben állítható
az etalon frekvencia pontossága 10^{-10}

Kérdés: teljesíthető-e a feladat?

Hogyan teljesíthető a feladat?

Megfejtés:

Akkor oldható meg a feladat, ha a számláló legalább 7 jegyű

és

1000,000

Ha az osztó beállítható legalább 10^9 értékre

és

Legalább 1000 másodpercig mérünk!

Mivel:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$

$$10^{-6} = 10^{-10} \pm 1/N$$

$$10^{-6} \approx 1/N$$

és

$$f_x = N \frac{f_0}{n}$$

$$10^3 = 10^6 \times 10^6/n$$

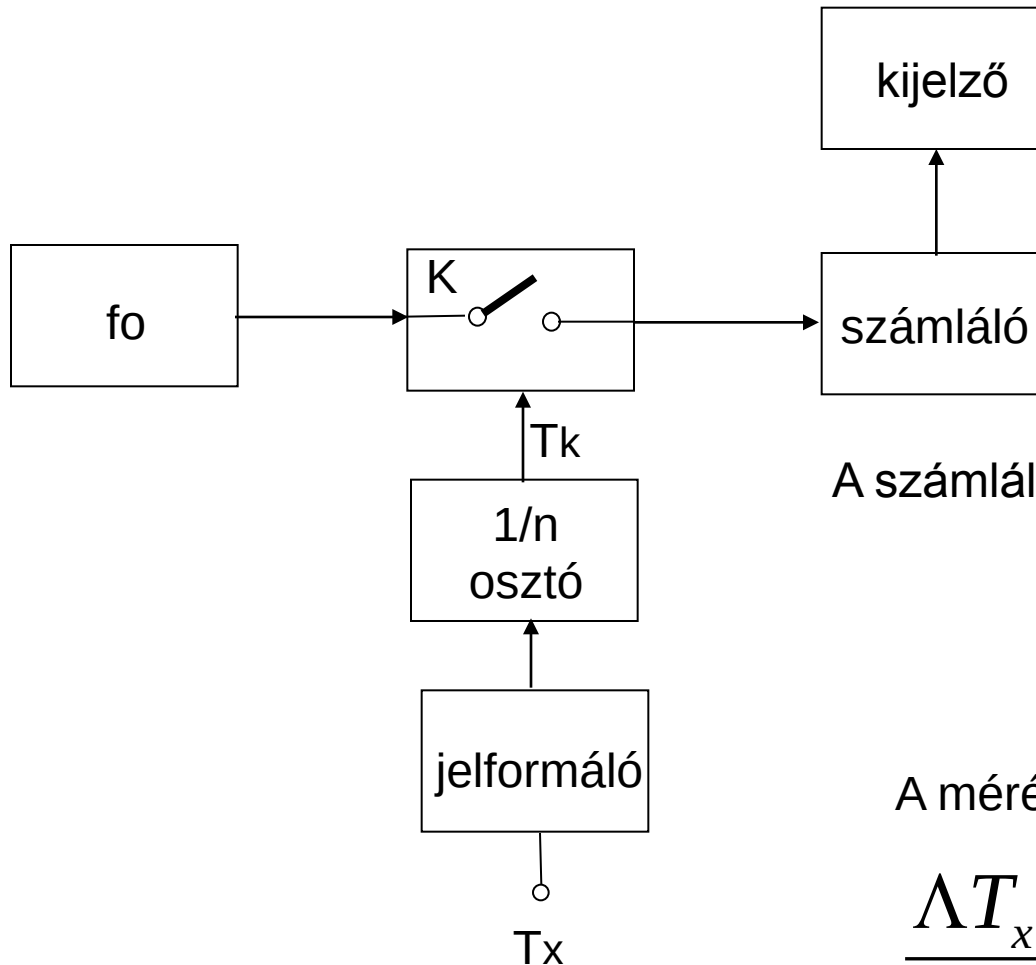
$$n = 10^9$$

és

$$T_k = n/f_0$$

$$T_k = 10^9/10^6 = 1000$$

Digitális periódusidő-mérő

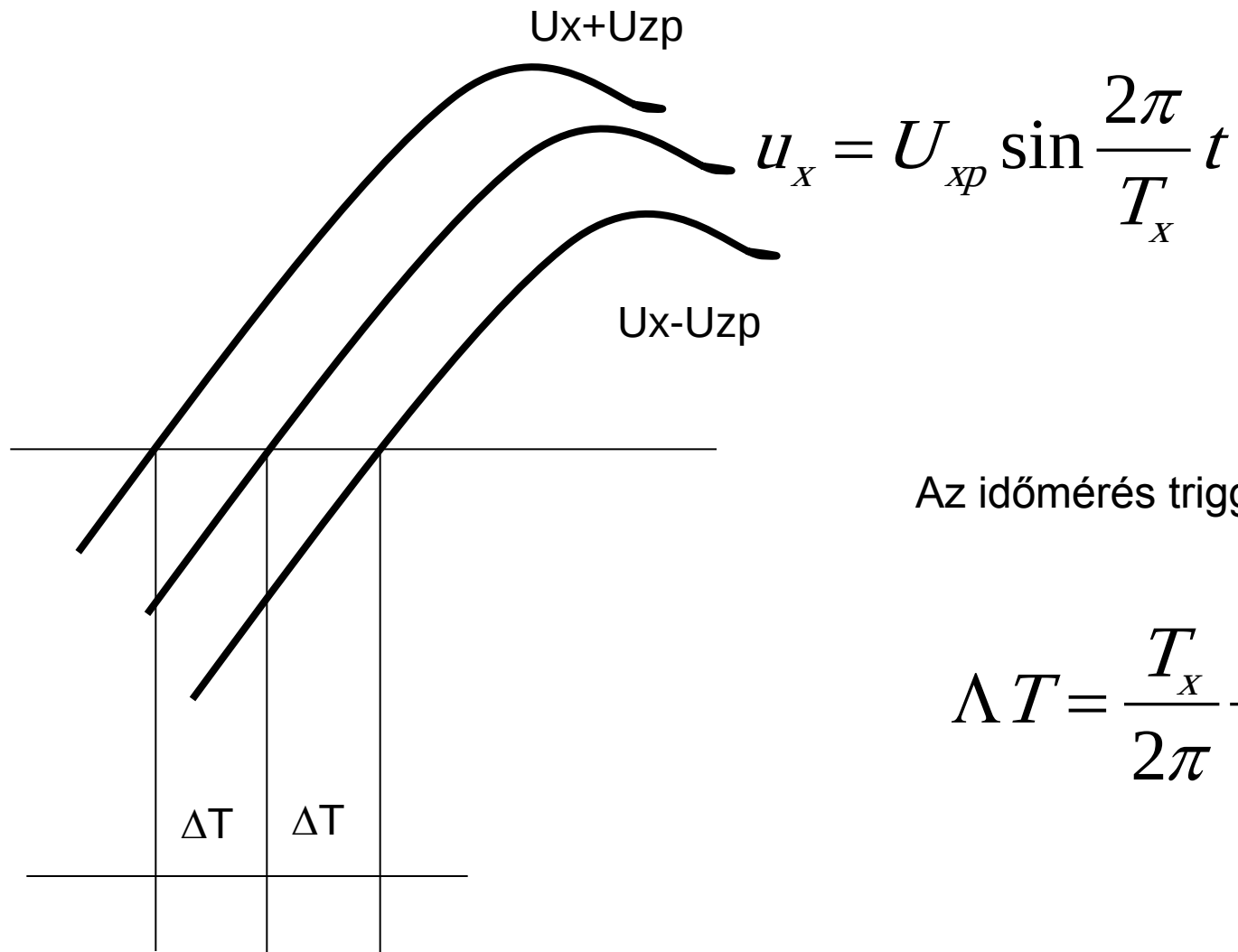


A számláló által kijelzett periódusidő:

$$N = T_x n f_0$$

A mérés relatív hibája:

$$\frac{\Delta T_x}{T_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} \pm \frac{1}{N}$$



Az időmérés triggerhibája:

$$\Delta T = \frac{T_x}{2\pi} \frac{U_{zp}}{U_{xp}}$$

Példa!

Feladat: mekkora a digitális periódusidő-mérő triggerhibája,
ha a mérendő jel frekvenciája 1kHz és a jel-zaj viszony 20 dB

Megfejtés:

0,016 ms vagy másként 1,6%

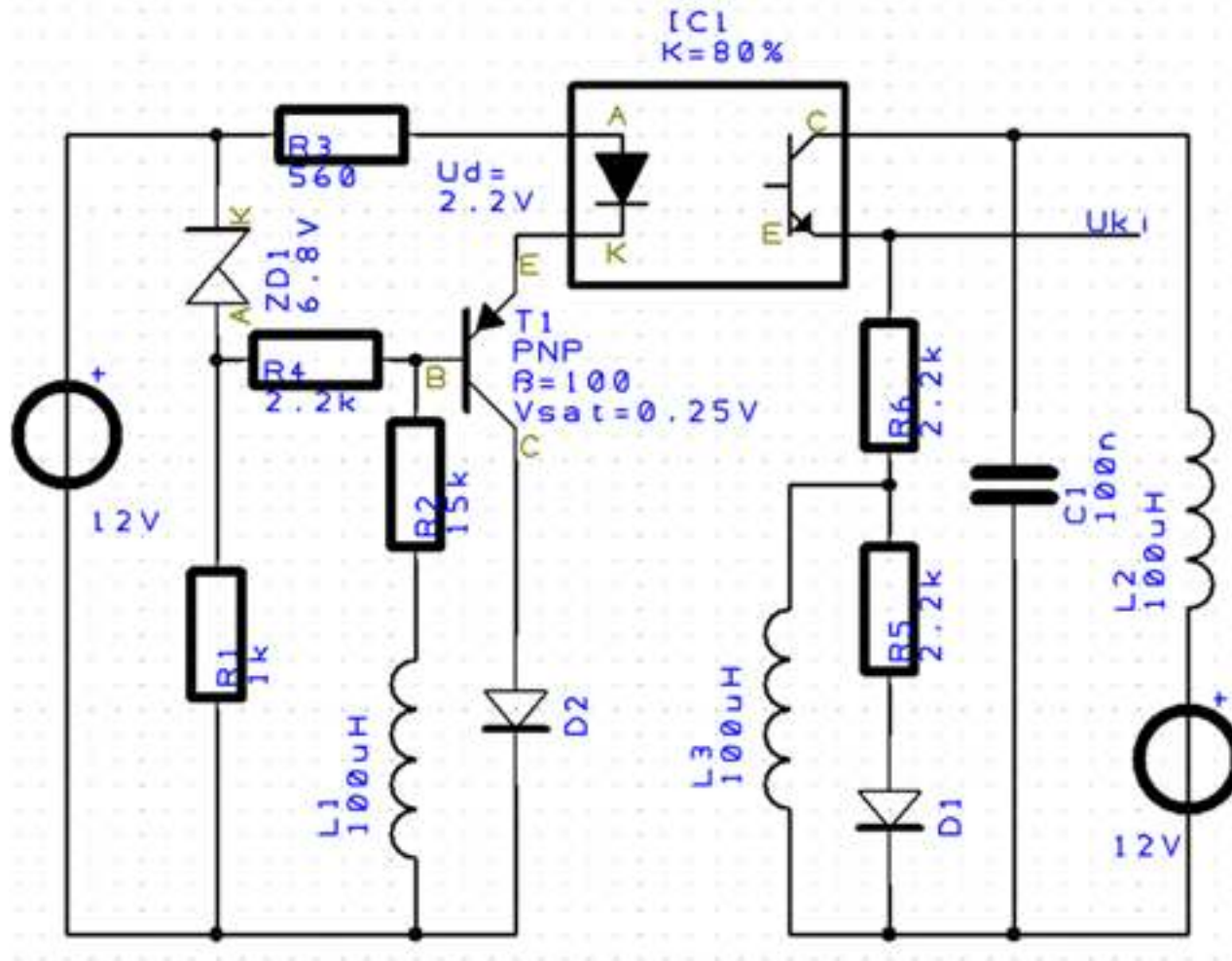
Mivel:

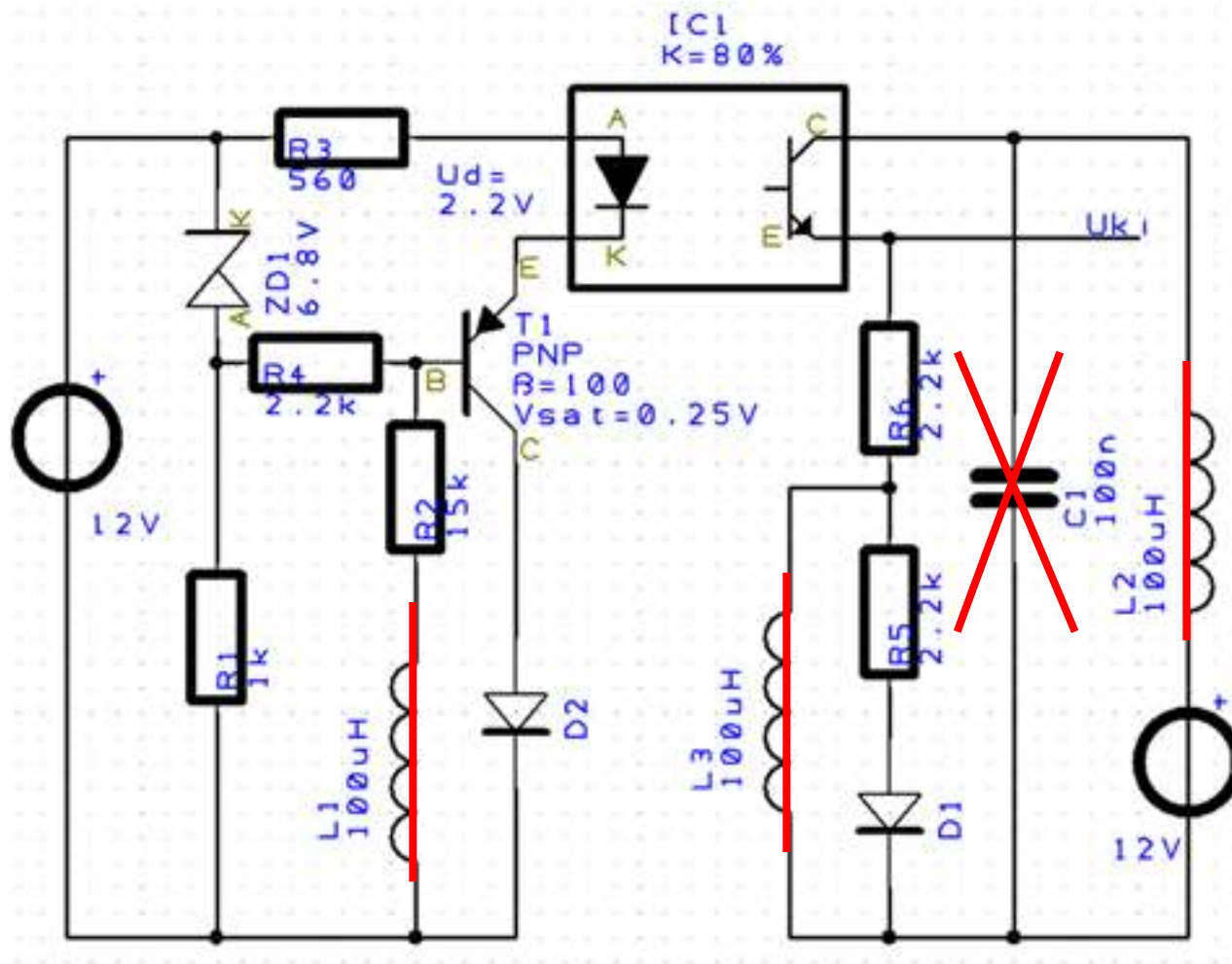
$$20\lg(U_{xp}/U_{zp})=20$$

$$U_{xp}/U_{zp}=10$$

$$\Delta T = \frac{T_x}{2\pi} \frac{U_{zp}}{U_{xp}} = \frac{10^{-3}}{2\pi 10} = 1,6 * 10^{-5}$$

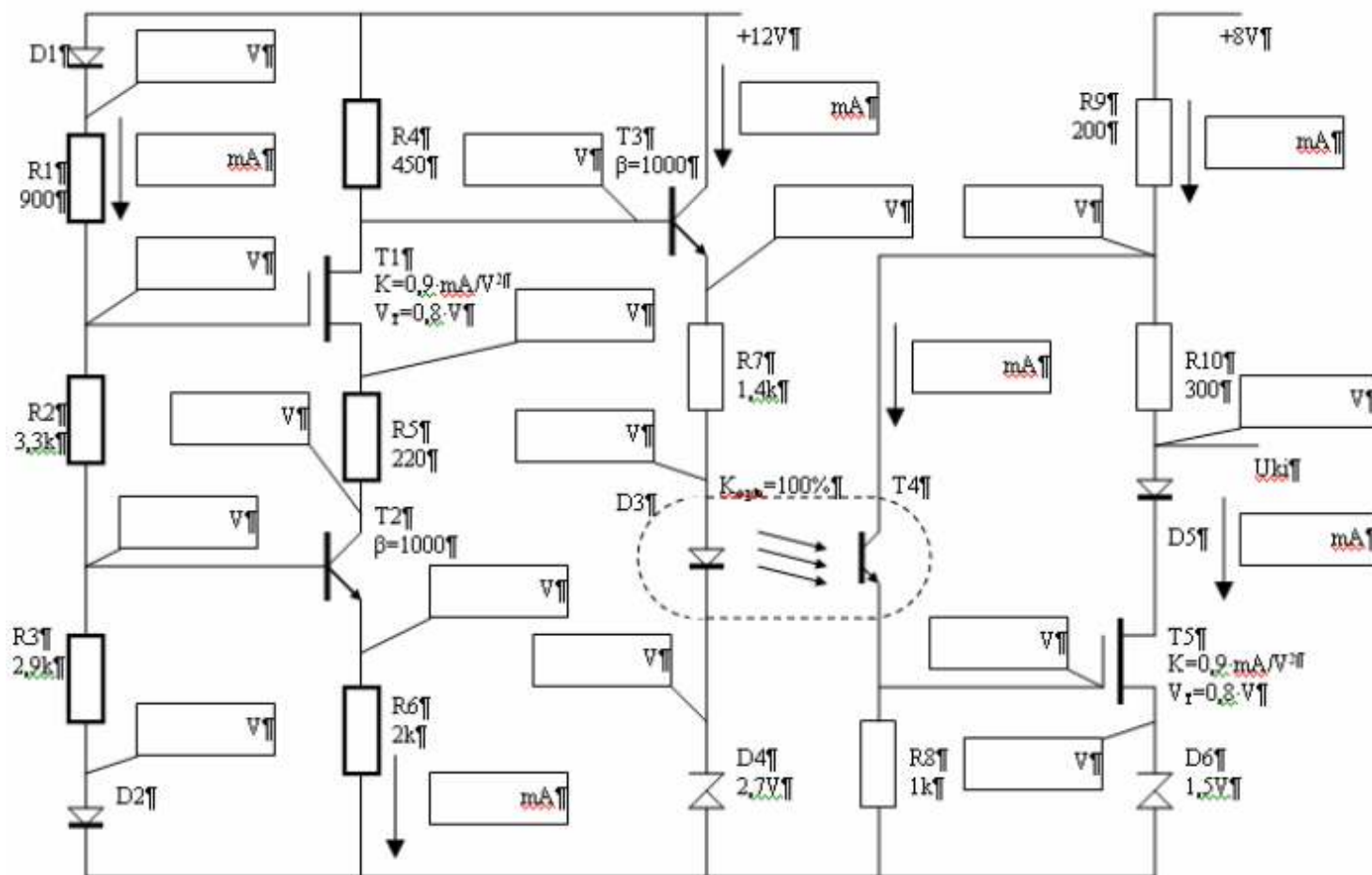
$$\Delta T/T = 1,6 * 10^{-5} / 10^{-3} = 1,6\%$$

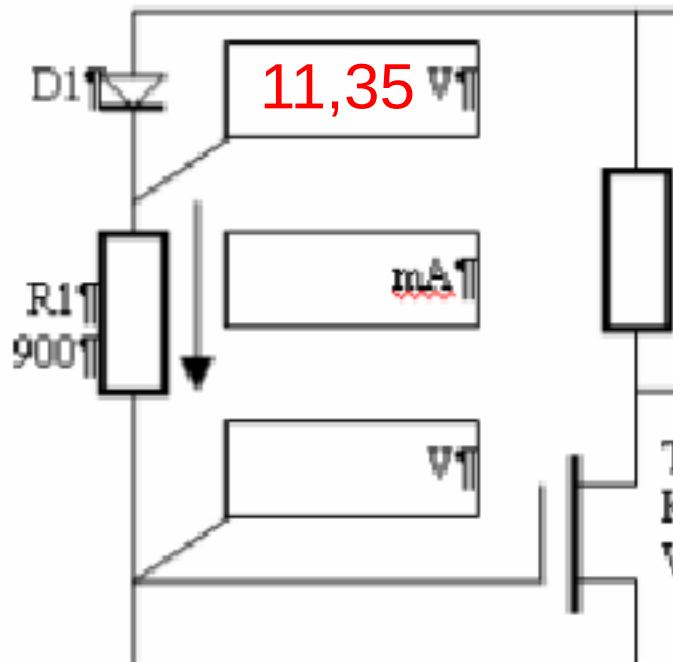




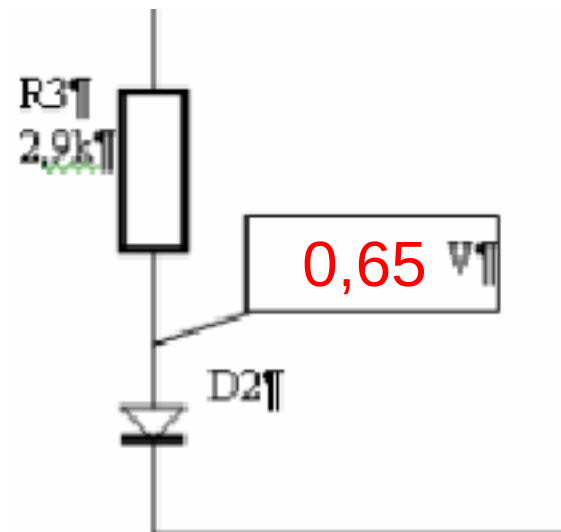
Határozza meg az alábbi áramkör munkaponti áram és feszültség adatait!

A1

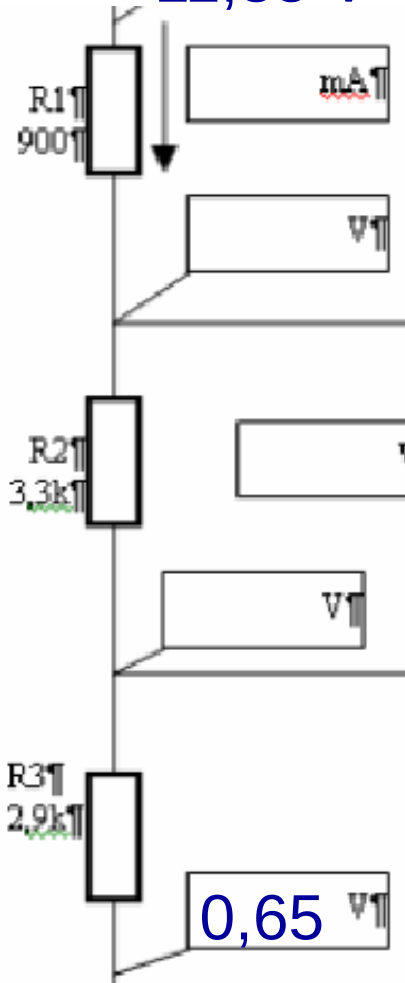




$$U_d = 0,65\text{ V}$$

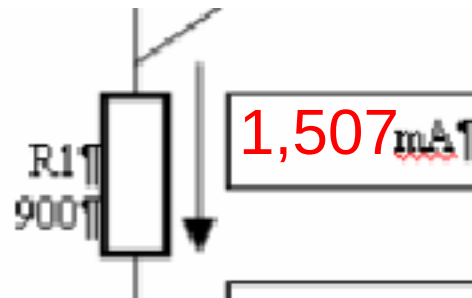


11,35 V

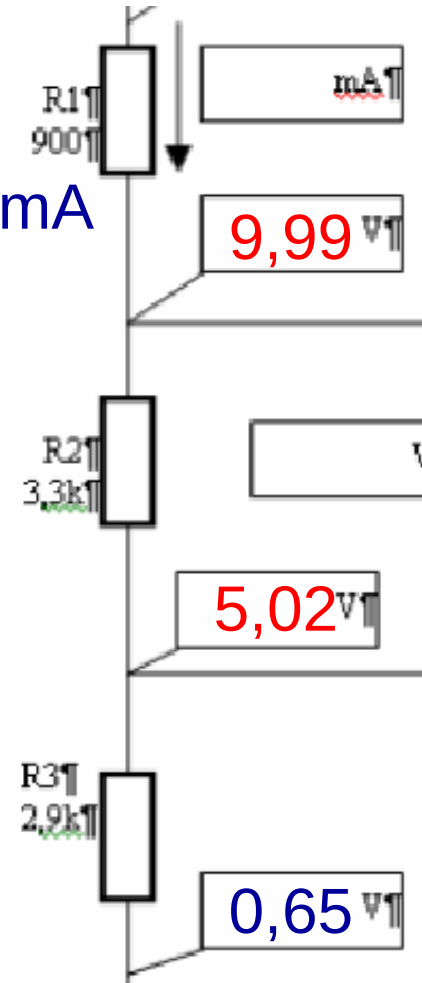


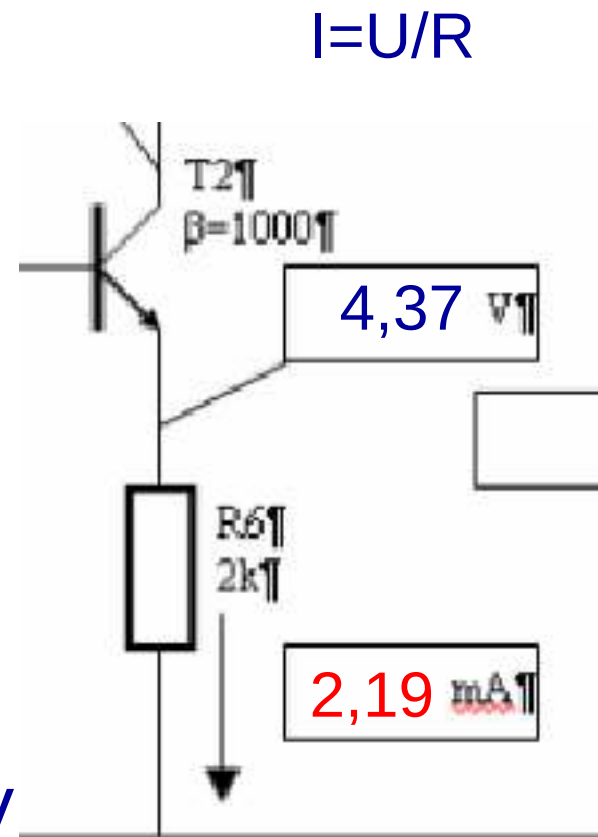
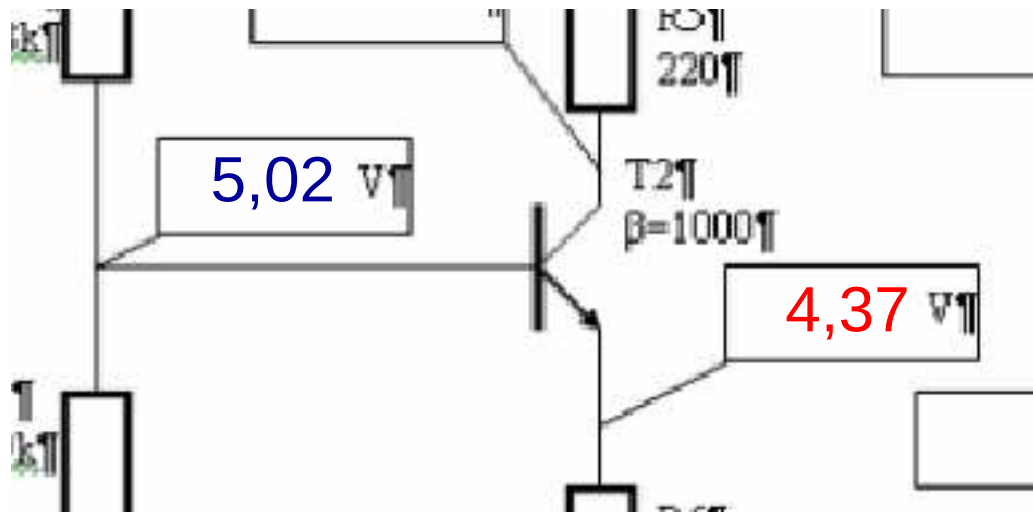
$$R=R1+R2+R3=7.1K \Omega$$

$$I=U/R=10,7V/R=1,507mA$$

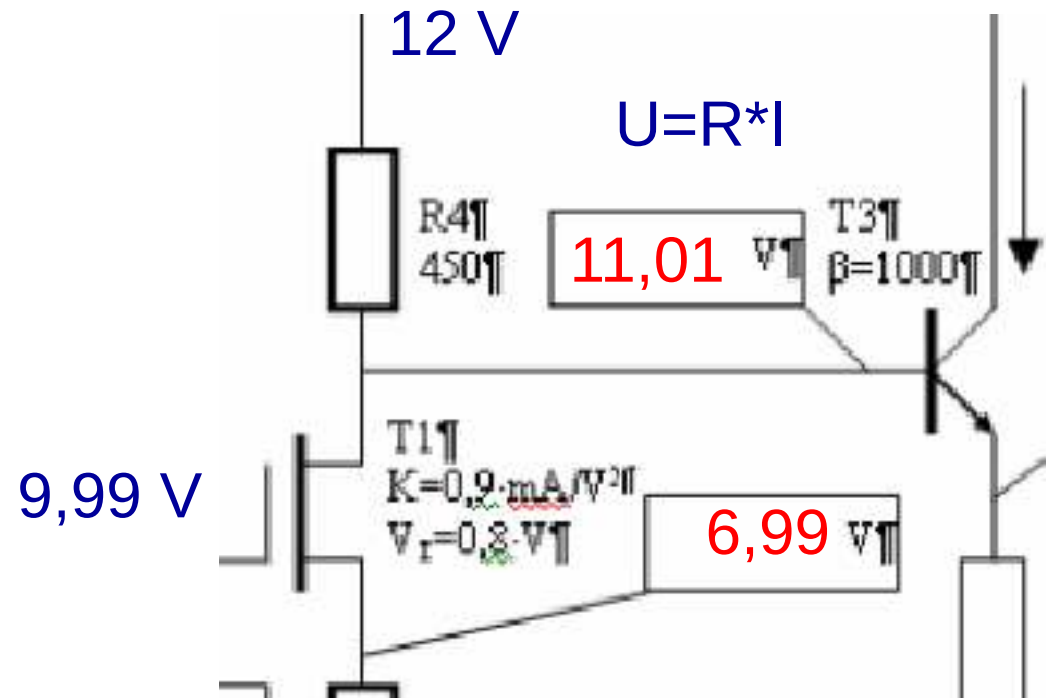
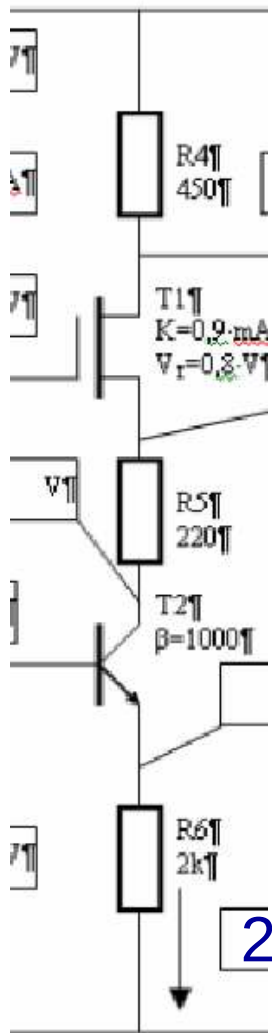


$$U=I \cdot R$$





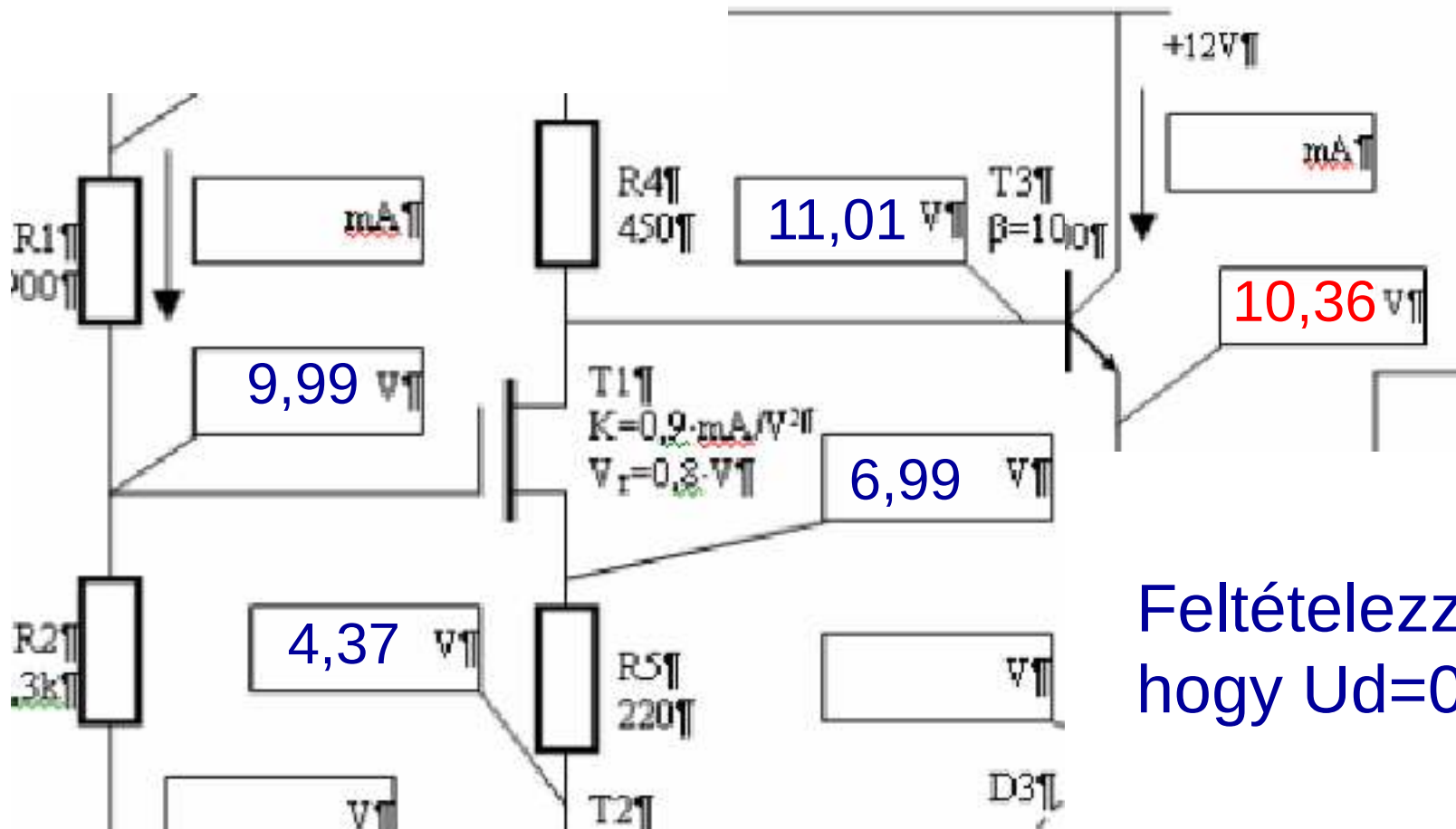
- Telítéses üzemmód: $i_C = \beta \cdot i_B$
- $U_{BE} = 0.65 \text{ V}$
- Szaturáció: $U_{CE} = V_{sat} \approx 0.2 \text{ V}$



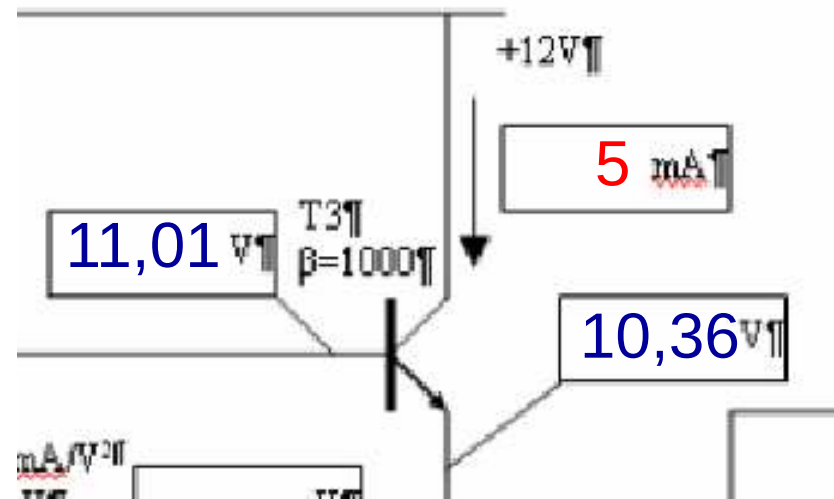
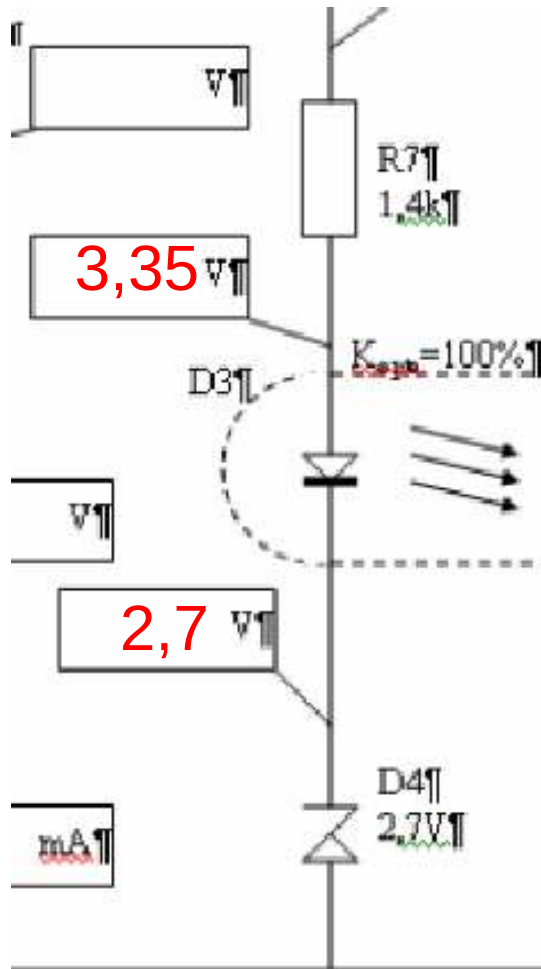
$$U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T),$$

$$I_D = K/2 \cdot (U_{GS} - V_T)^2$$

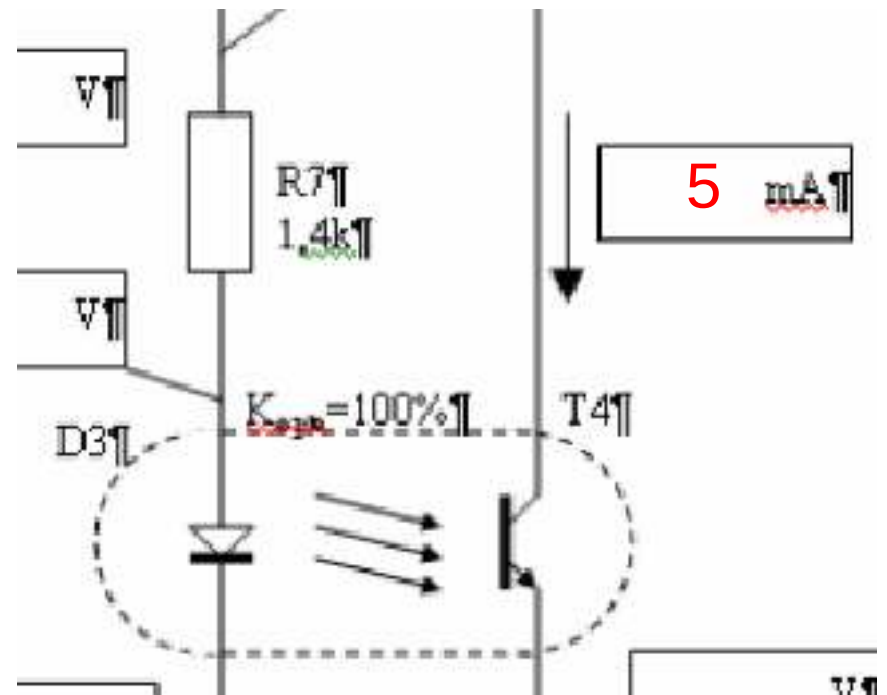
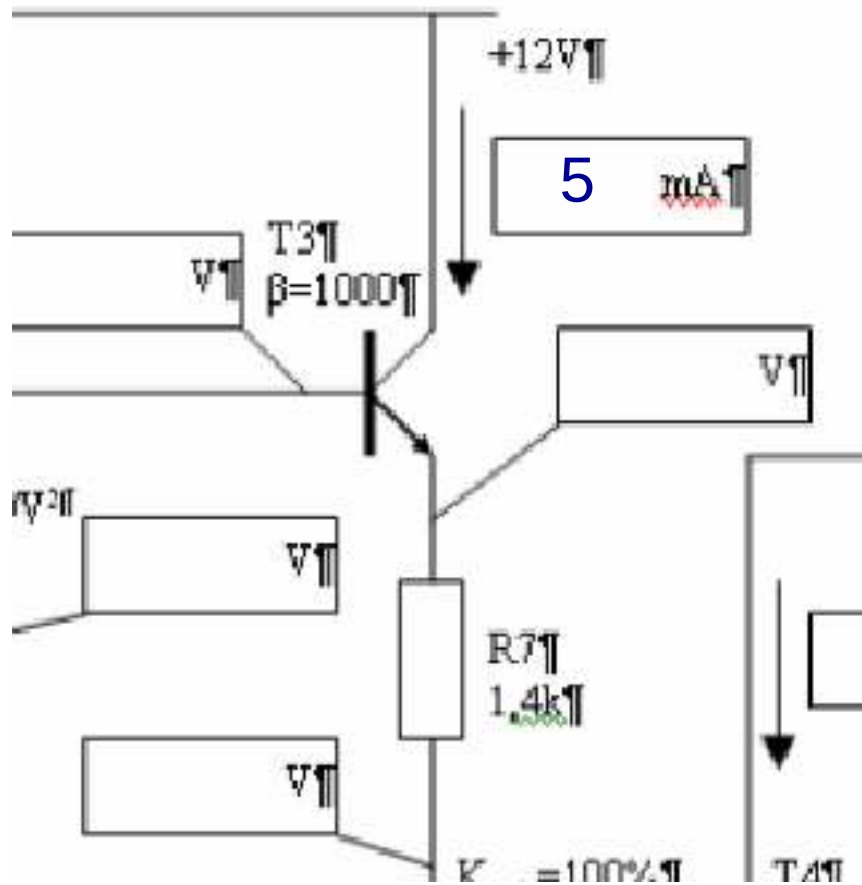
$$\rightarrow U_{GS} = 3V$$



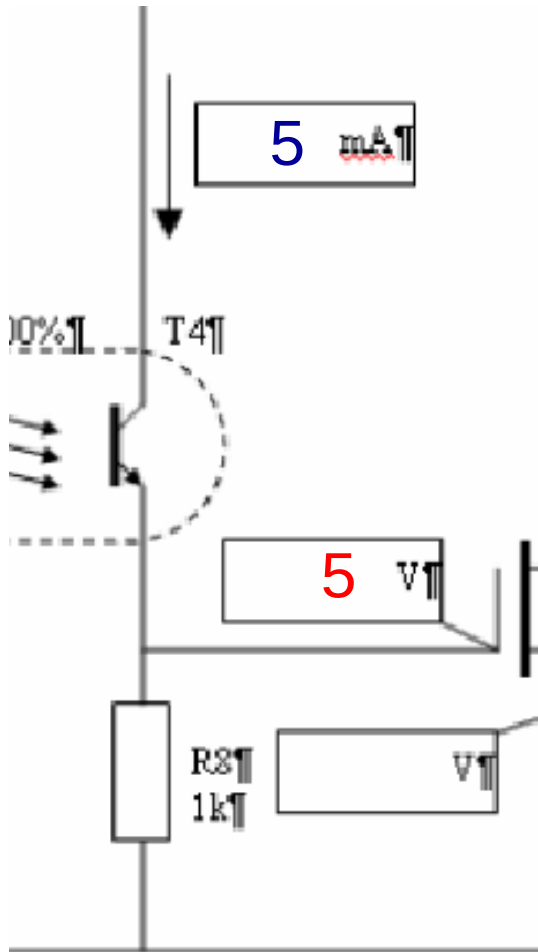
Feltételezzük,
hogy $U_d = 0.65\text{V}$



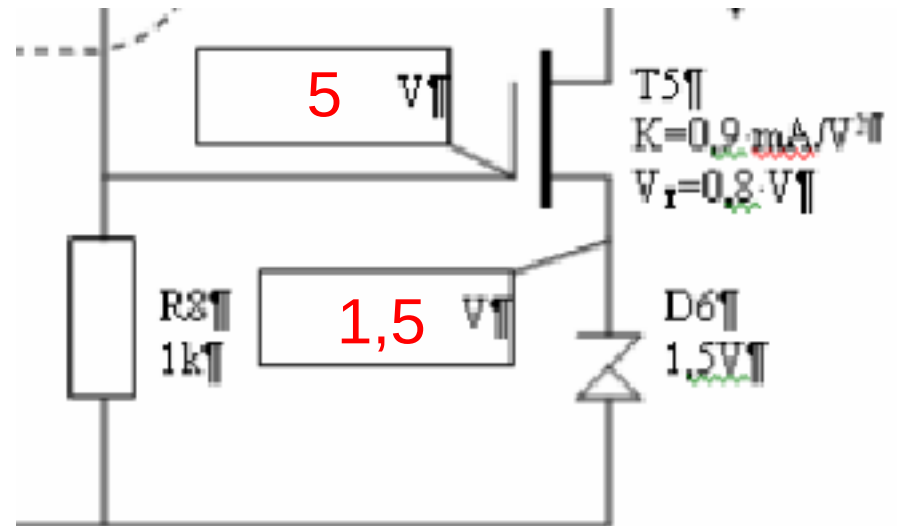
$$I = U/R = (10,36 - 3,35) / 1,4 = 5 \text{ mA}$$



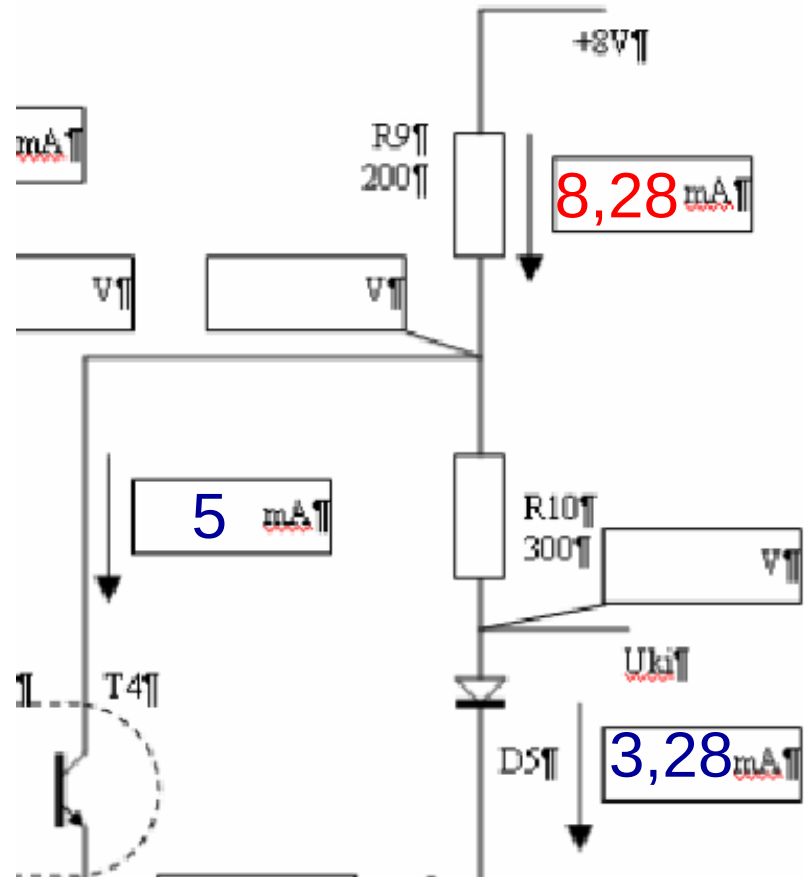
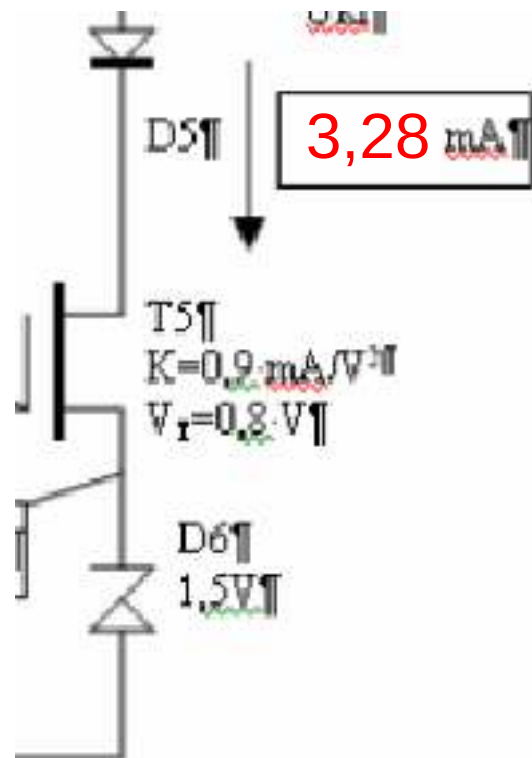
$$I_c = K_{opto} \cdot I_{LED}$$



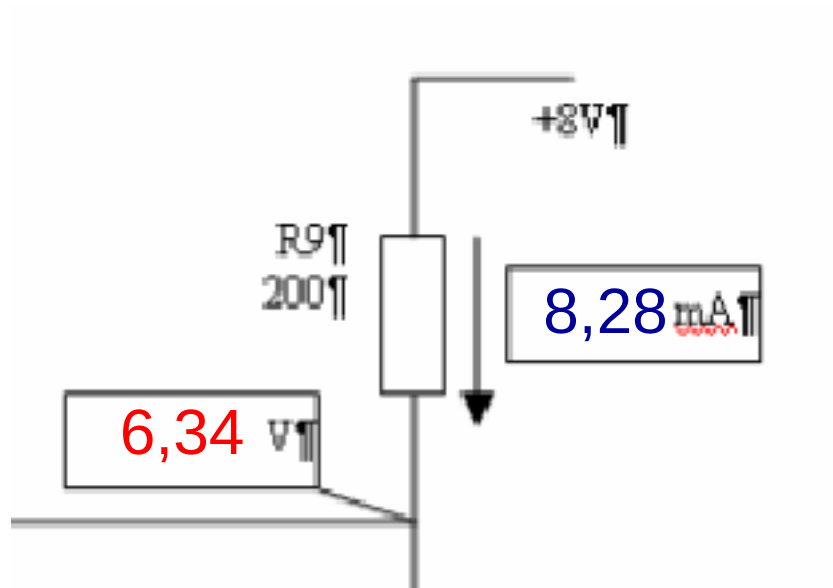
$$U = R \cdot I$$



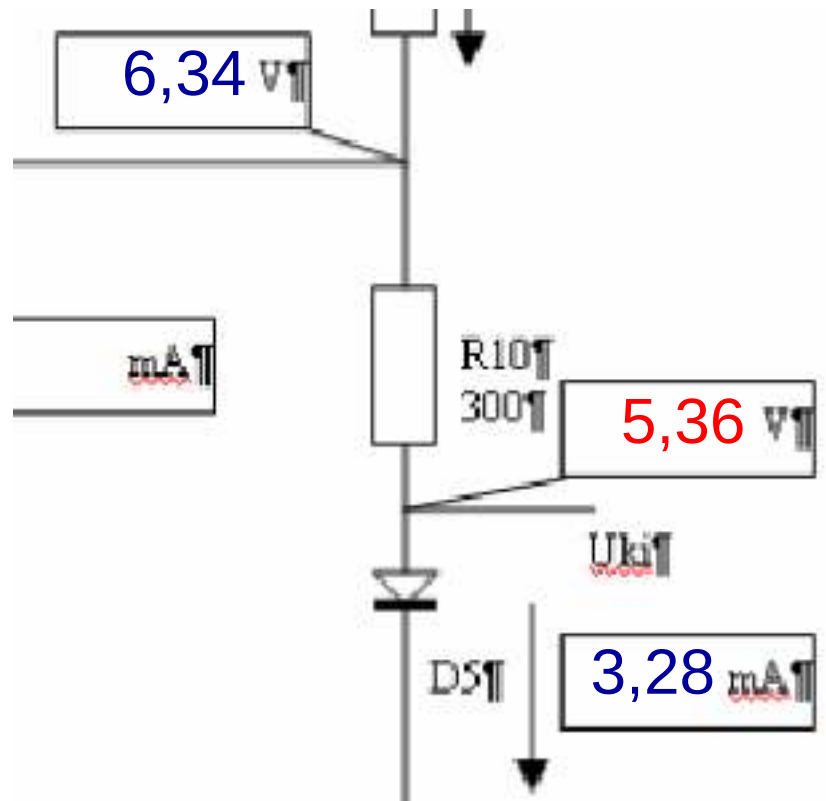
■ $U_{GS} = 3,5V$



- $U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T), \quad I_D = K/2 \cdot (U_{GS} - V_T)^2 \rightarrow$
 $I_D = 3.28 \text{ mA}$



$$U = R \cdot I$$



Vége az 12. előadásnak

Mintakérdések

Cserey György
2016. 12. 06.

Műveleti erősítő mérése

Műveleti erősítők alapkapcsolások

Az itt ismertetett képletek feltételezik, hogy a műveleti erősítők erősítése végtelenül nagy, illetve a feldolgozandó jel a kapcsolás határfrekvenciája alatt van. Ezek a gyakorlatban általában megengedhető egyszerűsítések, speciális felhasználás esetén azonban az elhanyagolásokkal tisztában kell lenni.

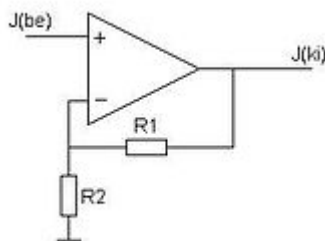
Borbély Gábor: Elektronika II 2006

<http://www.szechenyi-zala.sulinet.hu/dokumentumok/Tananyag/elektronika/Elektronika2.pdf>

Dr. Kolumbán Géza Elektronikai és biológiai áramkörök

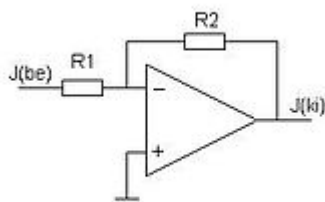
<http://users.itk.ppke.hu/~kolumban/aramkorok/index.html>

Nem invertáló alapkapcsolás



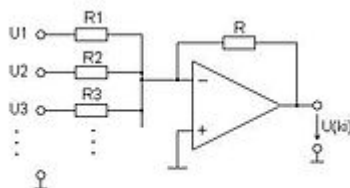
$$A_v = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1 + \frac{R1}{R2}$$

Invertáló alapkapcsolás



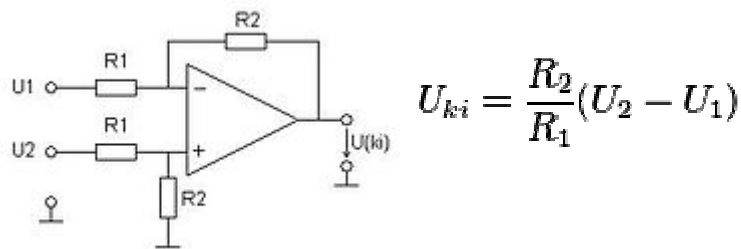
$$A_v = -\frac{R2}{R1}$$

Összeadó áramkör

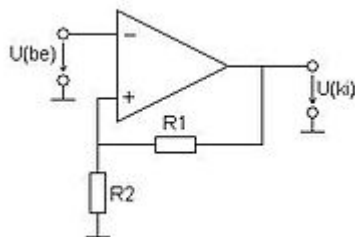


$$U_{ki} = -R \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} \dots \right)$$

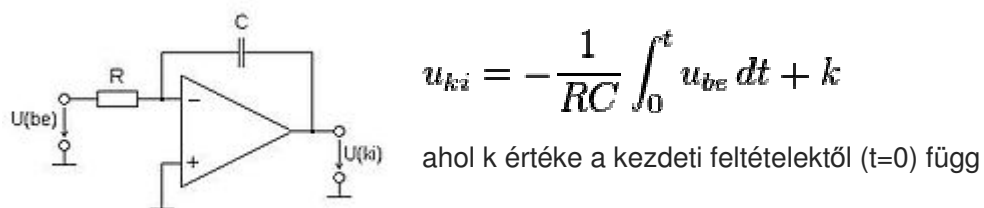
Kivonó áramkör



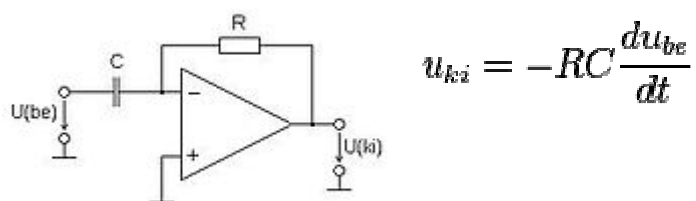
Hiszterézises komparátor alapkácsolás



Analóg integráló alapkácsolás



Analóg differenciáló alapkácsolás



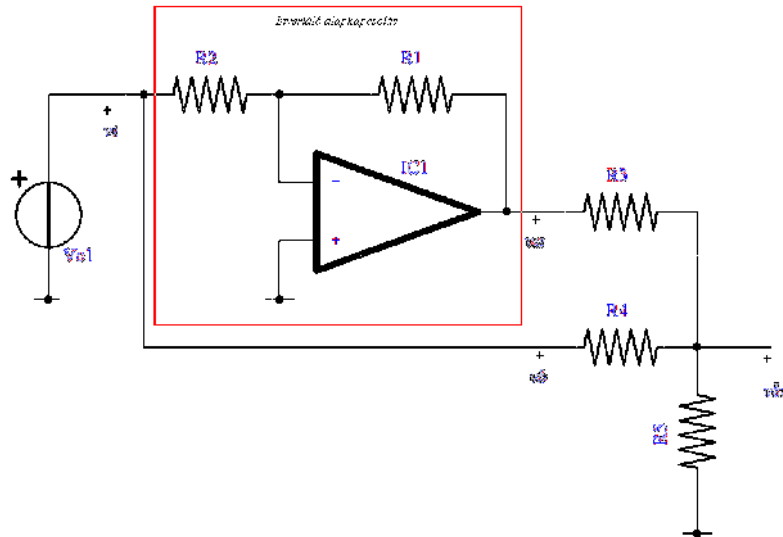
Mérés célja:

Az ELVIS próbapanel használatának és az ELVIS műszerek használatának elsajátítása, A műveleti erősítők tulajdonságainak mérési eljárások megismerése.

Mérési feladatok:

Kérem, tervezze meg a mérési folyamatot, ami alkalmas a feladat megoldására. A tervezés során vegye figyelembe az alkalmazott műszerek tulajdonságait, belső ellenállás, teljesítmény igény. stb.

1. Határozza meg számítással a v_{ki} kimenő feszültséget! $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5= 20\text{K}\Omega$. Határozza meg lineáris működést feltételezve be és kimeneti feszültségtartomány maximumát. Az eredményt igazolja méréssel.



2. Méréssel igazolja az analóg integráló és differenciáló kapcsolás működőképességét!
3. Mutassa meg, hogyan változik az 1-es és 2-es feladat megoldása, ha a műveleti erősítőnek csak pozitív tápfeszültséget adunk.

A mérések eredményével kapcsolatban határozza meg azok megbízhatóságát a mérési körülmények ismeretében.

Jó mérést!