

Méréstechnika labor

1. előadás

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

Cserey György
2018. 09. 13.

Hogyan lehet minket megismerni és elérni?

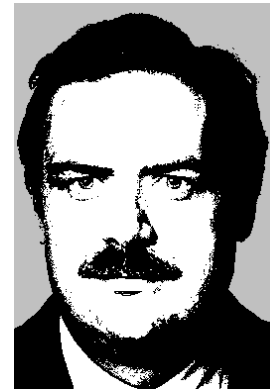
Személyesen és e-mail-en.



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

Péntek 9h-10h, Simonyi terem

Óra kezdete	Óra vége	Termek
2018.09.14. 9:15:00	2018.09.14. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.09.21. 9:15:00	2018.09.21. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.09.28. 9:15:00	2018.09.28. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.10.05. 9:15:00	2018.10.05. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.10.12. 9:15:00	2018.10.12. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.10.19. 9:15:00	2018.10.19. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.10.26. 9:15:00	2018.10.26. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.11.09. 9:15:00	2018.11.09. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.11.16. 9:15:00	2018.11.16. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.11.23. 9:15:00	2018.11.23. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.11.30. 9:15:00	2018.11.30. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.12.07. 9:15:00	2018.12.07. 10:00:00	ITK Simonyi ea.
2018.12.14. 9:15:00	2018.12.14. 10:00:00	← Zh: december 14.

pótZH: vizsgaidőszakban

Gyakorlati mérések

- **Heti óraszám:** 1 óra előadás, 1 óra laboratóriumi gyakorlat
- **Laboratóriumi gyakorlat:** Csütörtök 14h-18h
- **Több 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>

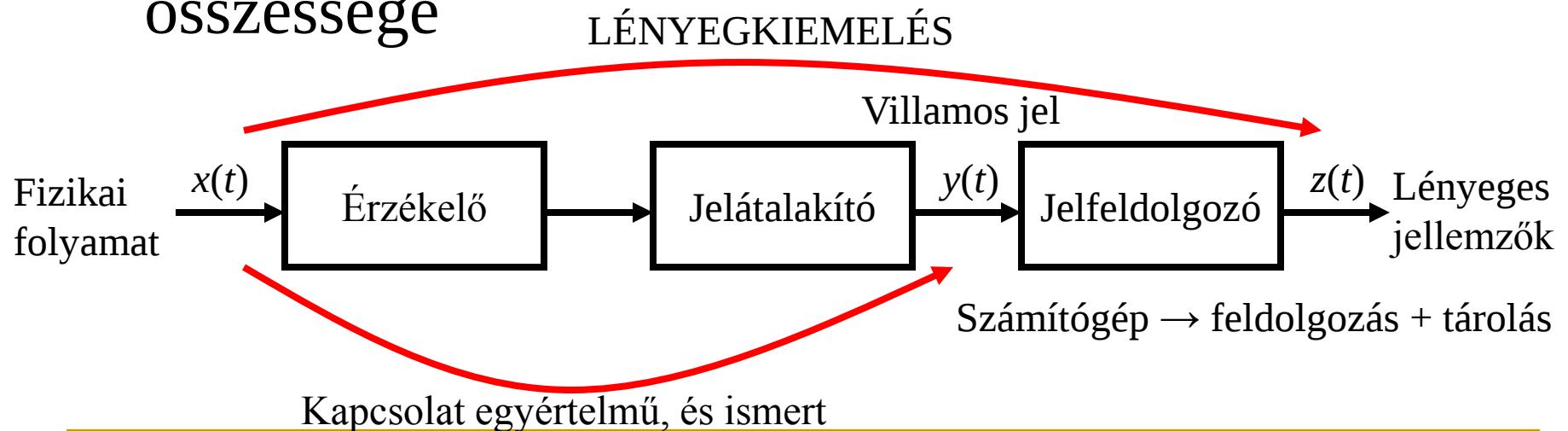
Mérési jegyzőkönyv követelmények!

- 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 éjfél.
- Mások mérési eredményeinek átvétele, másolása fegyelmi eljáráshoz vezet.

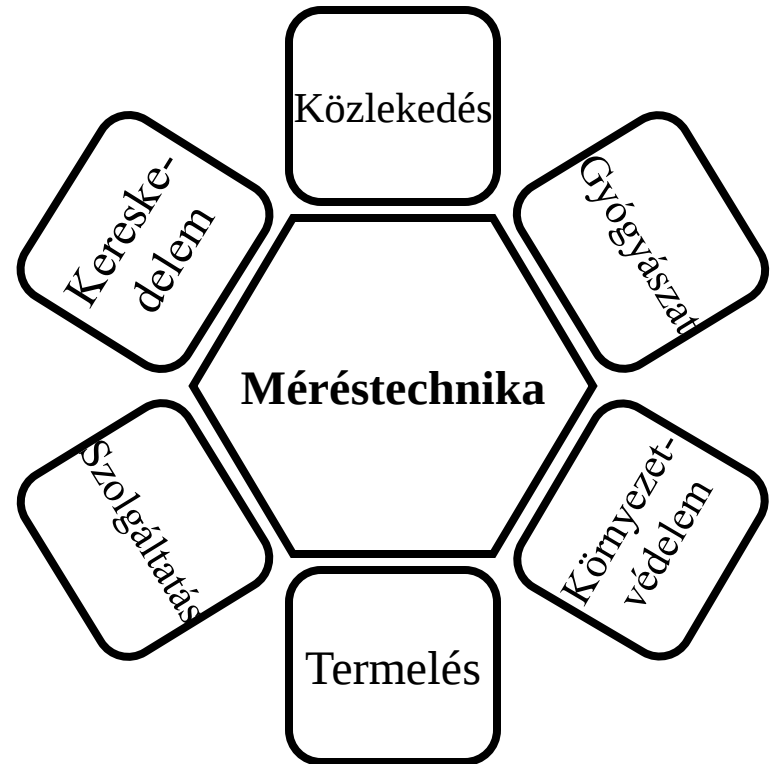
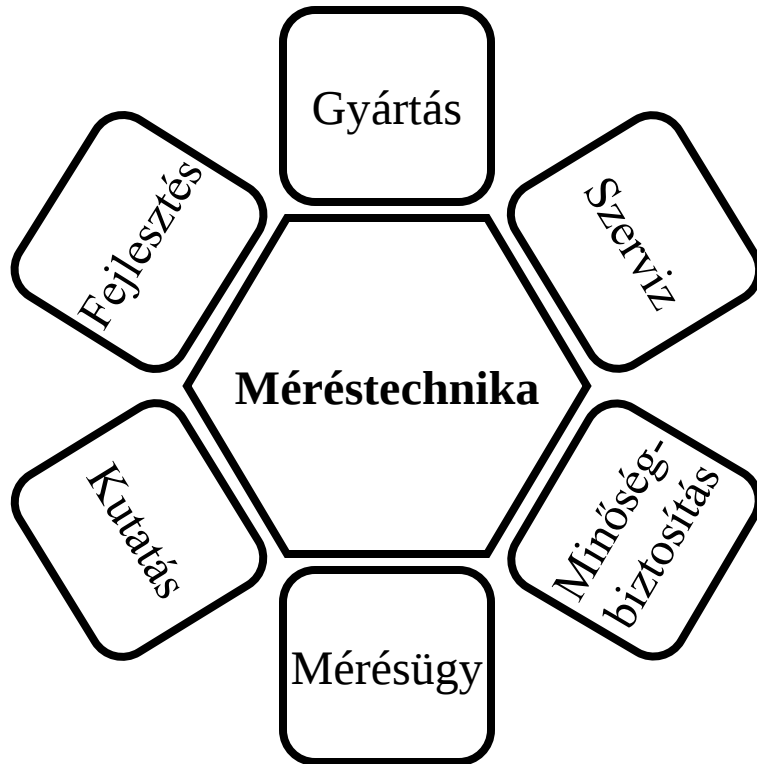
<http://digitus.itk.ppke.hu/~tihanyia>

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).

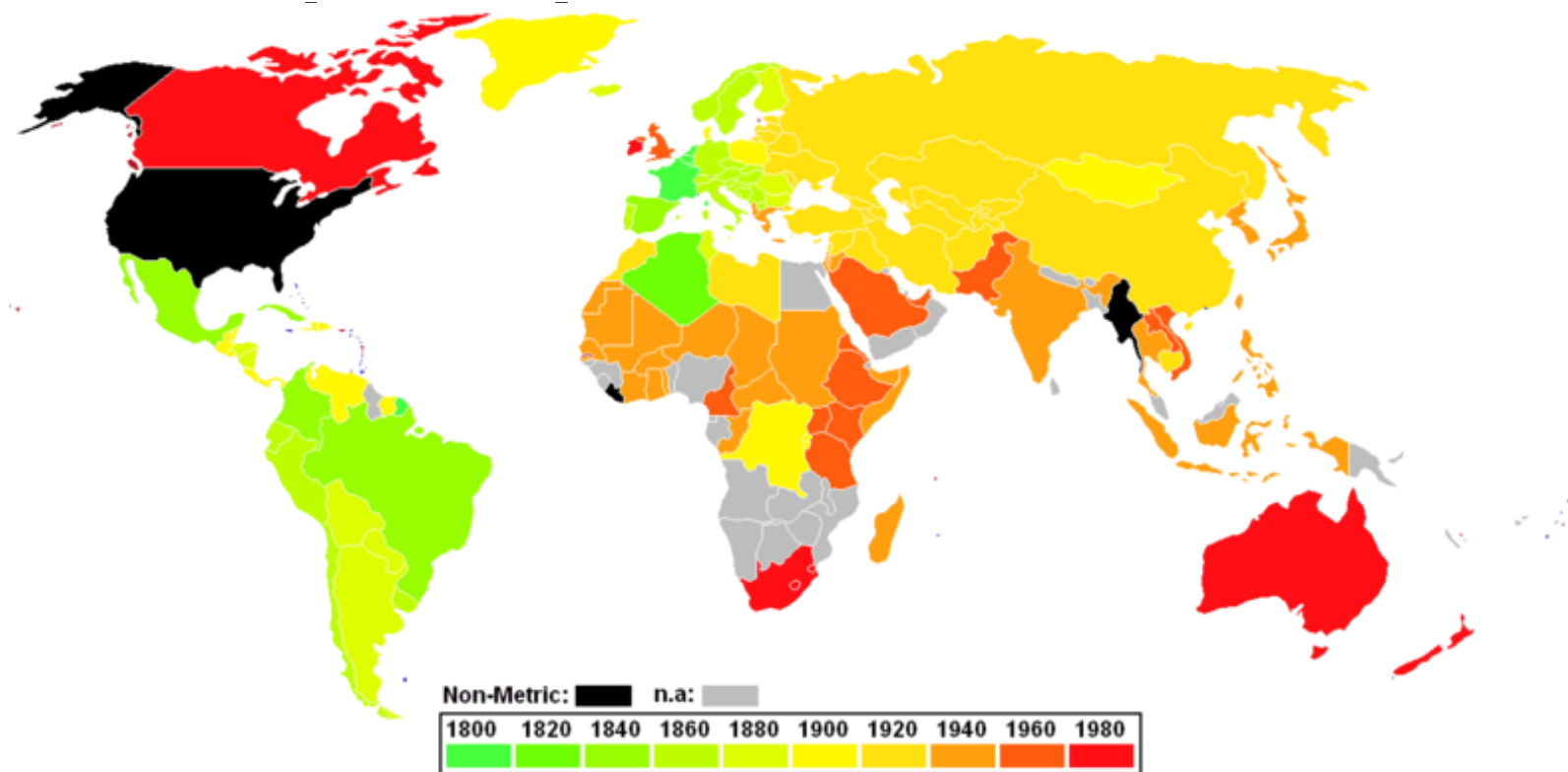
Mértékegység rendszerek

- 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



SI alapegységek

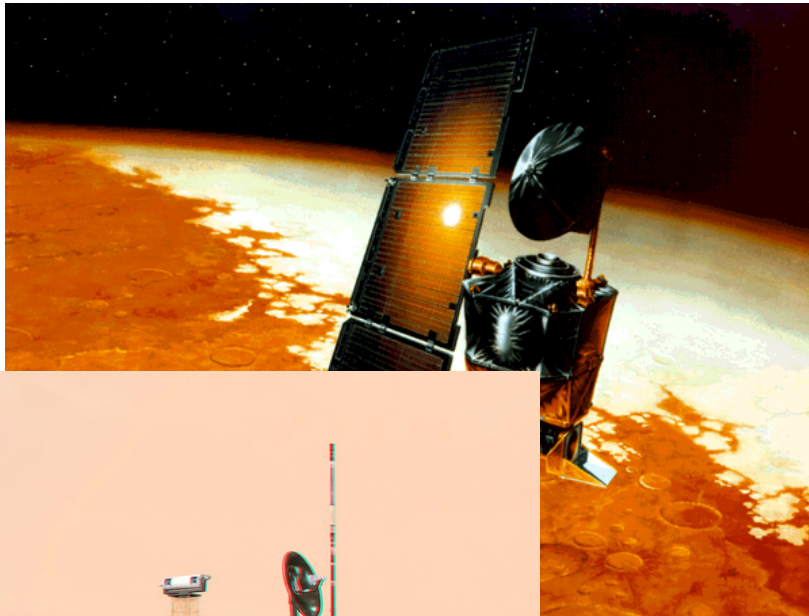
Name	Symbol	Quantity
metre	m	length
kilogram	kg	mass
second	s	time
ampere	A	electric current
kelvin	K	thermodynamic temperature
mole	mol	amount of substance
candela	cd	luminous intensity

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

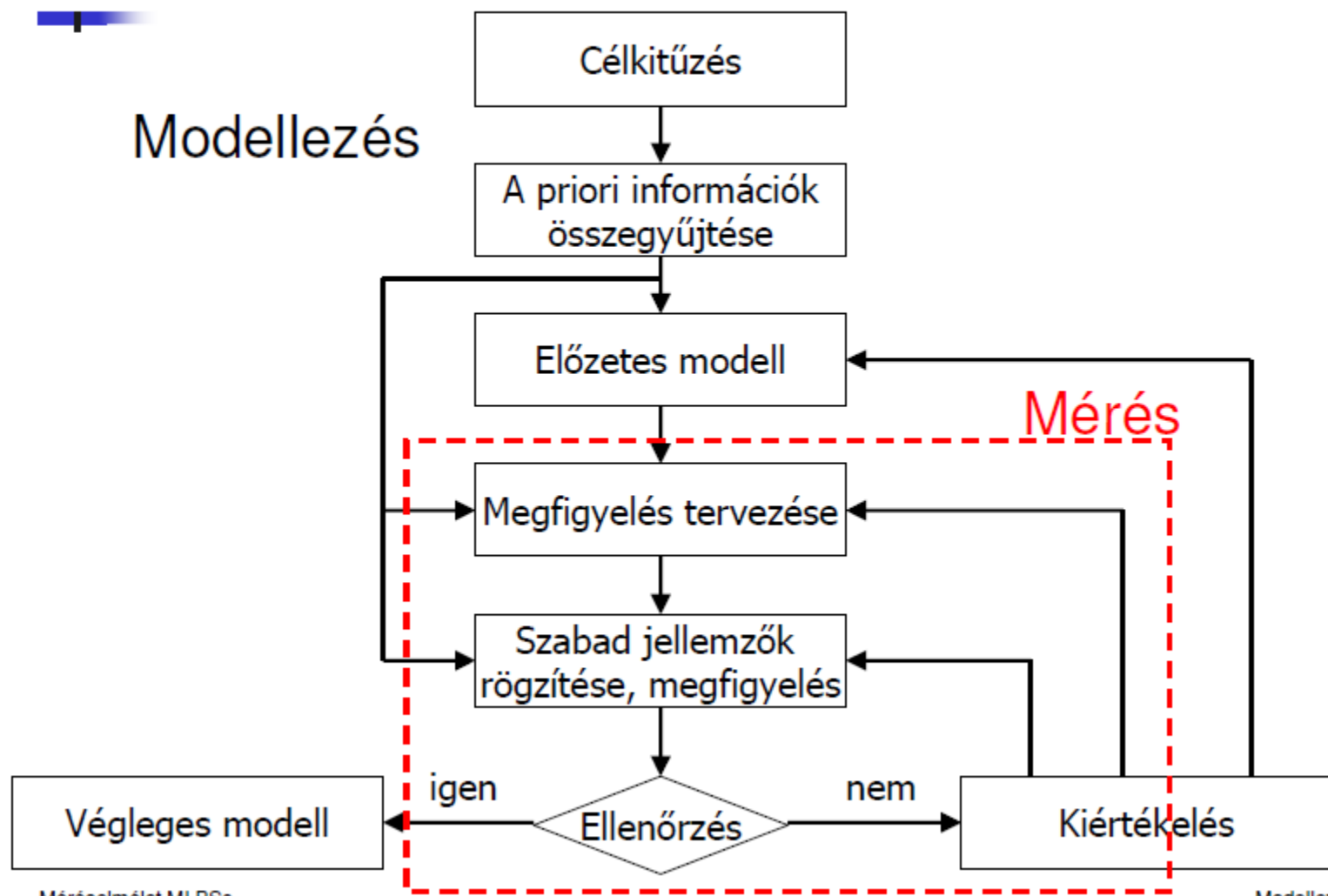
A leszármaztatás (vagy átszármaztatás) az országos etalontól a használati mérőeszközökig húzódó mérések megszakítatlan láncolatának elvégzése, melyek célja a **mértékegység átvitele a legpontosabb mérőeszközökről (az etalonokról) a kisebb pontosságú mérőeszközökre**, minél kisebb mértékű és feltétlenül 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

Minden mérésnek bizonytalansága van!

- A mérési bizonytalanság becslése – metrológia

$$X_T - \Delta X \leq X \leq X_T + \Delta X \quad \Pr(X_0 - u \leq X \leq X_0 + u) = 1 - \alpha$$

- Komponensei:

- Korrigálható hiba
- Véletlen bizonytalanság
- Pontatlan mérőeszköz illetve a mérési módszer bizonytalansága
- A vizsgált jelenség tökéletlen modellje okozta bizonytalanság
- Mérési tévedés (validációval javítható) → megbízhatóság?

- ISO: „Guide to the expression of uncertainty in measurement” – 1993

A mérési bizonytalanságok eredete

B-típusú hiba (Rendszeres hiba vagy rendszerhiba)

- csak egy értéke lehet,
- ez az érték meghatározható,
- ezért korrigálni lehet,
- a rendszerhiba egyik fajtája a műszerhiba (hitelesítéssel javítható)
- a rendszerhiba másik fajtája a módszerhiba vagy modellhiba (nem alkalmas műszer vagy a mérés megzavarja a mérendő objektumot)

A-típusú hiba (Véletlen hiba)

- leolvasás hibája
- mérési körülmények változása (hőmérséklet, hálózati feszültség, légnyomás ingadozása)
- zaj, külső zavaró jel

Vége az 1. előadásnak

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

Cserey György
2018. 09. 13.

Méréstechnika labor

2. előadás

- i.) Mérési bizonytalanság, hitelesítés
- ii.) Mérési alapelvek

Cserey György
2018. 09. 21.

A mérés technika alapelvei, alfogalmak

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

Minden mérésnek bizonytalansága van!

- A mérési bizonytalanság becslése – metrológia

$$X_T - \Delta X \leq X \leq X_T + \Delta X \quad \Pr(X_0 - u \leq X \leq X_0 + u) = 1 - \alpha$$

- Komponensei:

- Korrigálható hiba
- Véletlen bizonytalanság
- Pontatlan mérőeszköz illetve a mérési módszer bizonytalansága
- A vizsgált jelenség tökéletlen modellje okozta bizonytalanság
- Mérési tévedés (validációval javítható) → megbízhatóság?

- ISO: „Guide to the expression of uncertainty in measurement” – 1993

A mérési bizonytalanságok eredete

B-típusú hiba (Rendszeres hiba vagy rendszerhiba)

- csak egy értéke lehet,
- ez az érték meghatározható,
- ezért korrigálni lehet,
- a rendszerhiba egyik fajtája a műszerhiba (hitelesítéssel javítható)
- a rendszerhiba másik fajtája a módszerhiba vagy modellhiba (nem alkalmas műszer vagy a mérés megzavarja a mérendő objektumot)

A-típusú hiba (Véletlen hiba)

- leolvasás hibája
- mérési körülmények változása (hőmérséklet, hálózati feszültség, légnyomás ingadozása)
- zaj, külső zavaró jel

A-típusú hiba

- Egy mérés tökéletes megismétlése azért lehetetlen, mert a mérőeszköz, vagy a mérendő (vagy mindkettő) ki van téve kontrolálhatatlan, apró zavaroknak a mérési környezetben. Ilyen változások lehetnek például az elektromos interferenciák, mechanikai rezgések, hőmérsékletváltozás, stb.
- Azon **fluktuáló hibákat**, amelyek a fenti okok miatt lépnek fel, de a mi feltételezésünk szerint azonos kondíciókkal ismételtük meg mérésünket, véletlen hibáknak nevezzük..

Table 4.1. *Voltage values as displayed by a DMM and difference from the mean voltage of $2.889\ \mu\text{V}$*

DMM indication (μV)	Differences from mean (μV)
2.87	-0.019
2.91	+0.021
2.89	+0.001
2.88	-0.009
2.87	-0.019
2.88	-0.009
2.86	-0.029
2.95	+0.061
2.88	-0.009
2.90	+0.011

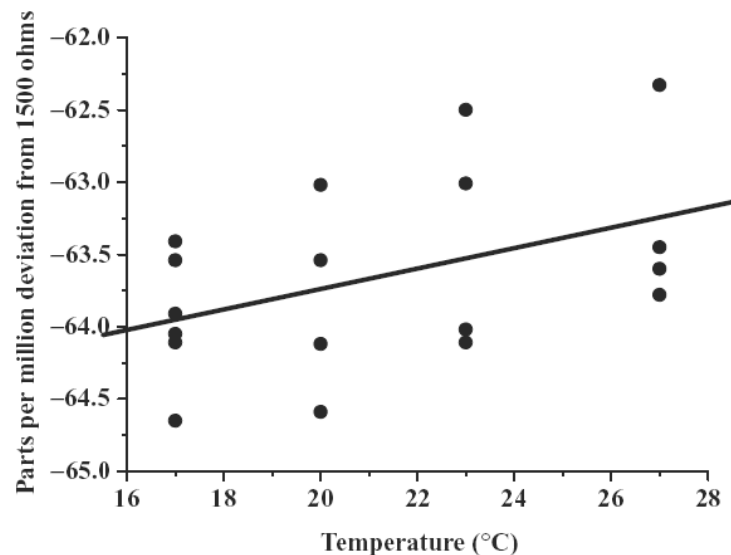


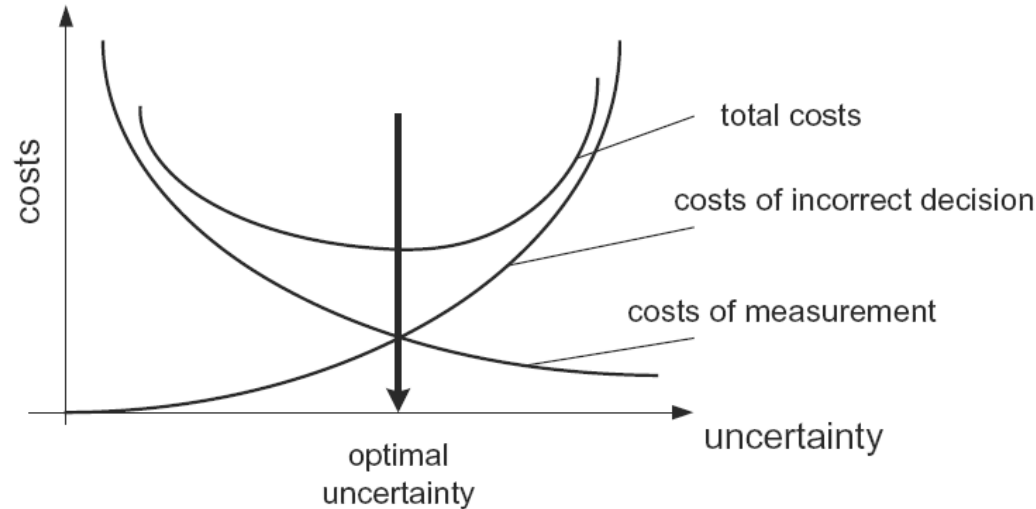
Figure 4.1. Random errors when measuring the temperature coefficient of a resistor (courtesy of the National Measurement Institute of Australia).

B-típusú hiba

- Vannak hibák, amelyek azonos kondíciókkal megismételt mérések esetén **konstans értékkel lépnek fel**. Egy példa erre a mérőműszer konstans additív vagy szubsztraktív offset hibája.
- **Javítás:** i) rendszeres kalibráció. ii) a mérés áthelyezése más környezetbe (ezzel kivédhető a lassan változó természeti folyamat)
- Mit cseréljünk:
 - Cseréljük le a műszert egy azonos pontossági osztályú, de lehetőleg más gyártó termékére.
 - Végezze el egy másik személy is a mérést.
 - Egy új mérési módszer (illetve modell), ami bizonyíthatóan pontosabb eltérő eredményt adhat.
 - Nagypontosságú elektromos méréseknél cseréljük a fémcsatlakozókat a termikus zaj csökkentése érdekében.

A hiba becslése

- A típusú bizonytalanság becslés
 - Statisztika alapú becslés, a mérés megfelelő számú ismétlésével a hiba csökken
- B típusú bizonytalanság becslés



A hiba becslése= a mérés bizonytalansága

- A bizonytalanság egy olyan paraméter, amely leírja egy érték szóródását.
 - **Példa:** Ha egy tömeg adott (1.24 ± 0.13) kg alakban, akkor ez azt jelenti, hogy a valódi értéke nagy valószínűséggel valahol 1.11 kg és 1.37 kg között van. A bizonytalanság 0.13 kg, és hasonlóan a szóráshoz pozitív mennyiség (ellenben a hiba lehet pozitív és negatív is).
- Két típusú bizonytalanságot különböztetünk meg:
 - A típusú és
 - B típusú bizonytalanság.

A-típusú bizonytalanság

- Általában egy mérési sorozat eredményei csak kis mértékben különböző értékek lesznek (a véletlen hiba miatt), amelyeknek kiszámolható az átlaga és az egyedi mérések és ezen átlag különbségei. Ezen különbségek szóródása jól jelzi a mérés bizonytalanságát: minél nagyobb a szóródás, annál nagyobb egy mérésnek a bizonytalansága.
- Az átlag számítása, azaz a mérési sorozat tagjainak összegzése és osztása a számukkal, a legegyszerűbb statisztikai analízis. Ugyanakkor rendelkezésre állnak szofisztikáltabb statisztikai eszközök is.
- **Példa:** az ellenállás hőmérséklet koefficiensének meghatározásánál lineáris regressziós egyenes illesztése

B-típusú bizonytalanság

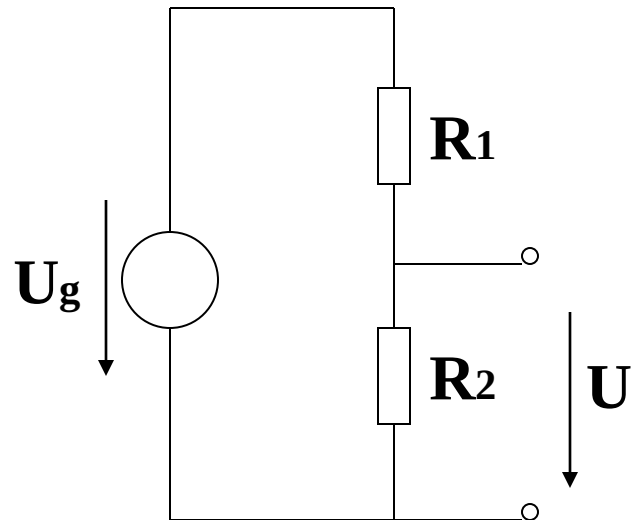
- A B típusú bizonytalanság meghatározható a
 - műszerek specifikációiból, és
 - kalibrációs riportjából,ebből becsülhető a bizonytalanság, és ezzel a rendszer hiba kiküszöbölhető (ha a becslésünk elég pontos).

A mérés technika alapelvei, alapfogalmai

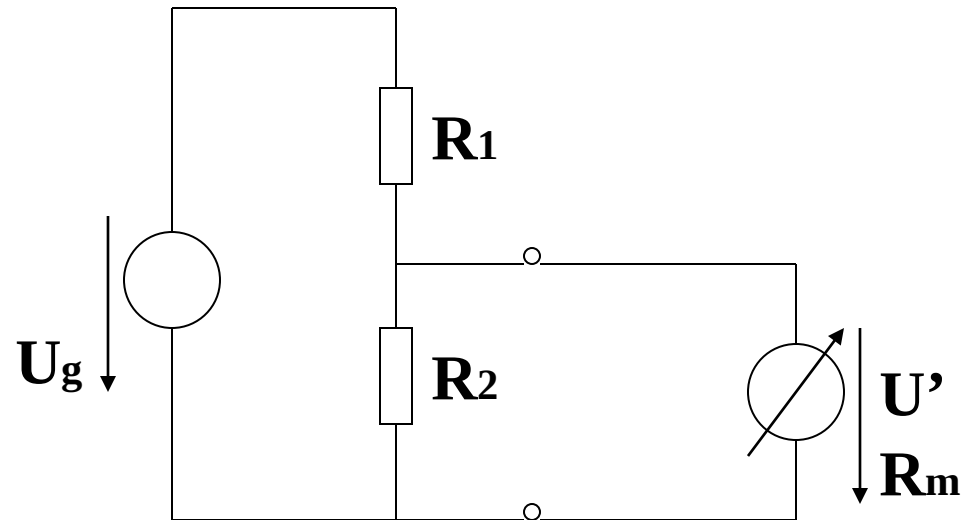
- Mérés = összehasonlítás
- Minden mérésnek bizonytalansága van!
- A mérés megzavarja a vizsgált jelenséget! A mérendő és mérő illesztése.
- Hitelesítés

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

Példa: feszültség mérése valóságos voltmérővel



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



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

A mérés technika alapelvei, alfogalmak

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

Hitelesítés

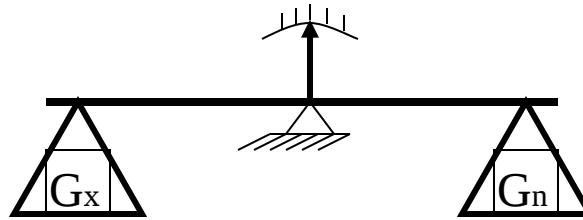
- A hitelesítés célja annak az elbírálása, hogy a **mérőeszköz megfelel-e a mérésügyi követelményeknek**. A hitelesítés mérésügyi hatósági tevékenység, melyet csak feljogosított hitelesítő végezhet.
- A hitelesítés fázisai:
 - annak a megállapítása, hogy a hitelesítendő mérőeszköz az engedélyezett **típusnak** 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

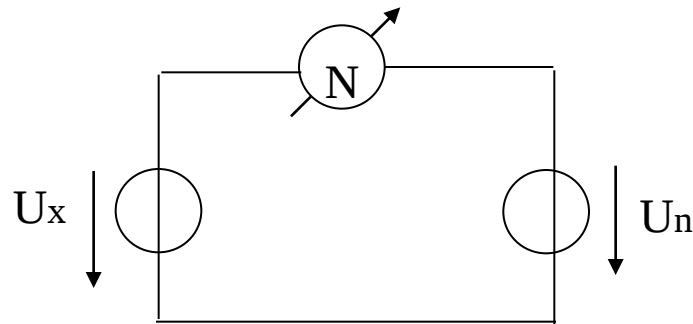
Közvetlen összehasonlítás

■ Súlymérés



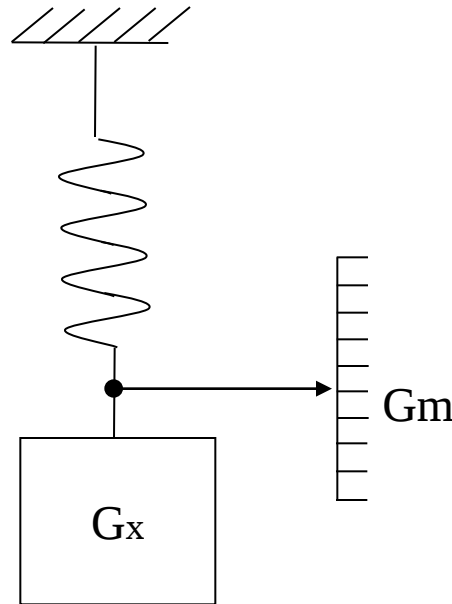
Egyensúlyi állapotban: $G_x = G_n$

■ Feszültségmérés



A nullindikátor zérus jelzésekor: $U_x = U_n$

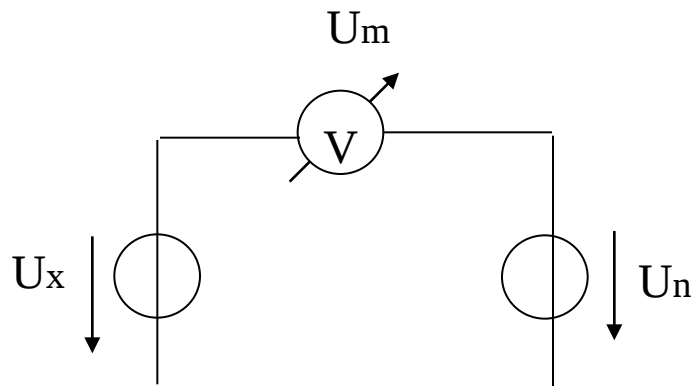
Közvetett összehasonlítás



Megjegyzés:

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

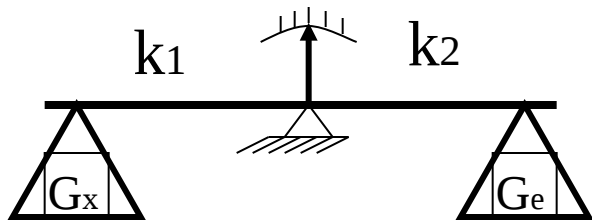
Differencia módszer



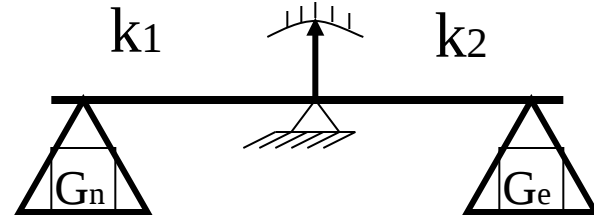
$$U_x = U_n + U_m$$

$$U_m \ll U_n$$

Helyettesítő módszer



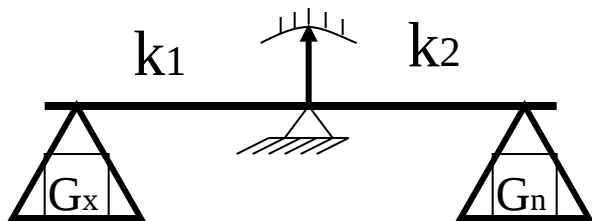
$$G_x k_1 = G_e k_2$$



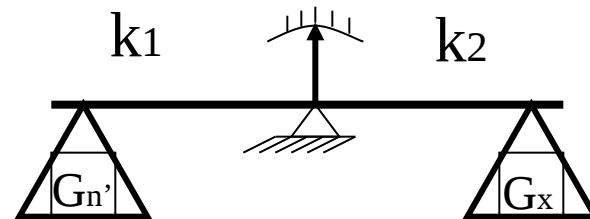
$$G_n k_1 = G_e k_2$$

$$G_x = G_n$$

Felcserélési módszer



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



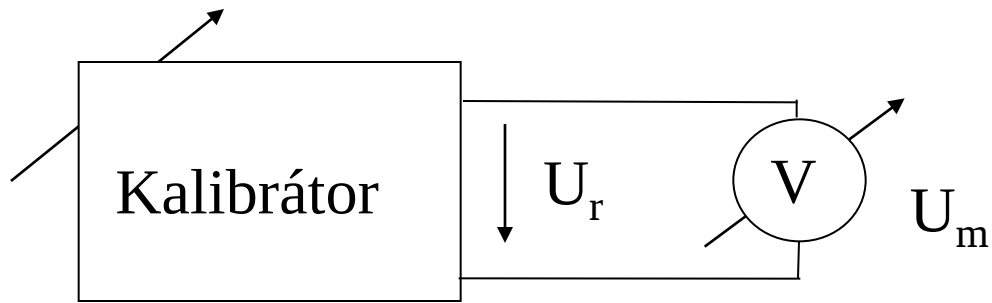
$$G_x = G_n' \frac{k_1}{k_2}$$

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

Kalibráció

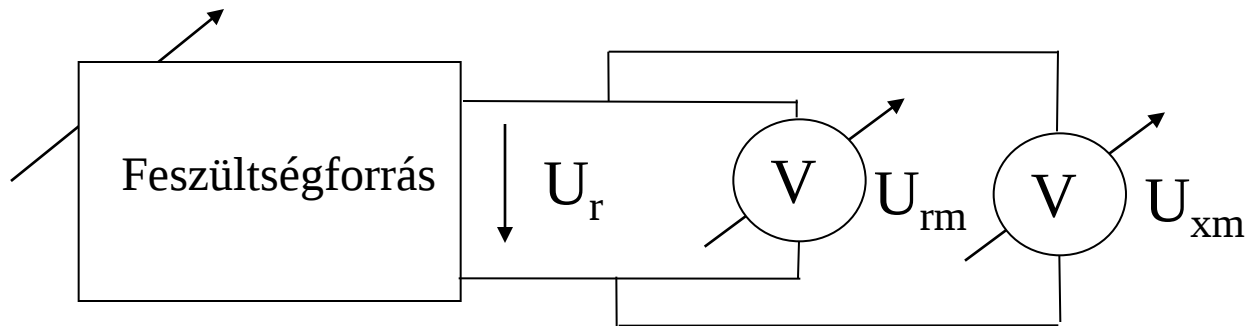
- Mérési eredmény visszavezethetősége: folytonos kalibrációs láncon keresztül egészen a nemzetközi etalonig (dokumentáltan)
- Versenypiacon létkérdés!

Direkt kalibrálás feszültségmérőnél



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

Indirekt kalibrálás feszültségmérőnél



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

Feszültségforrás követelményei:

- Beállíthatóság (széles tartományban)
- stabilitás
- tisztaság

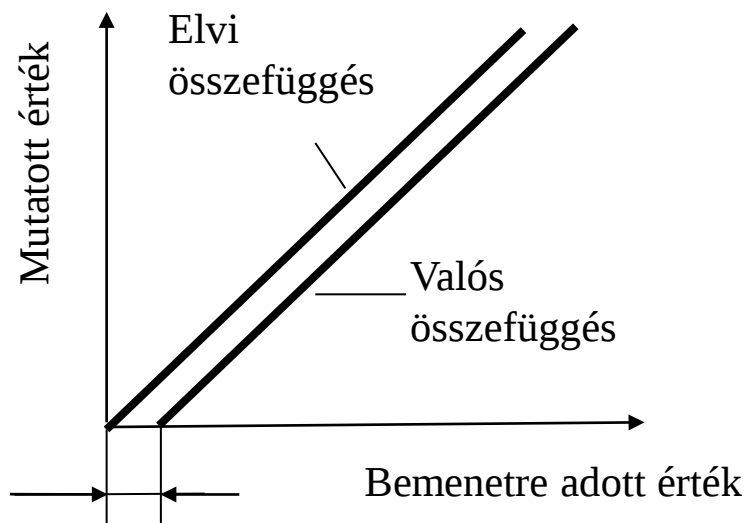
Önkalibrálás felcserélési módszerrel

Digitális voltmérő feltételezett hibája:

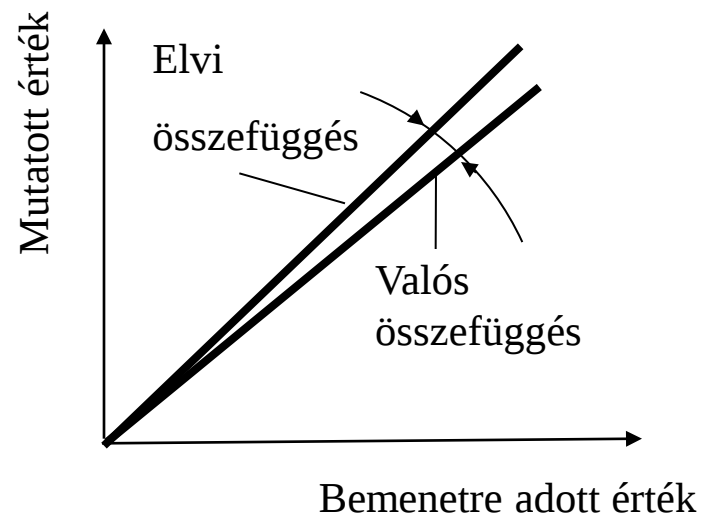
➤ offset

➤ erősítéshiba

Nullponthiba (offset)

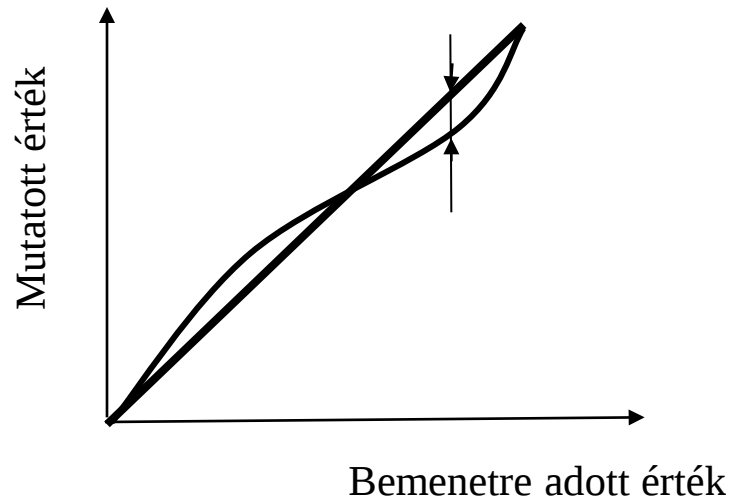


Erősítéshiba

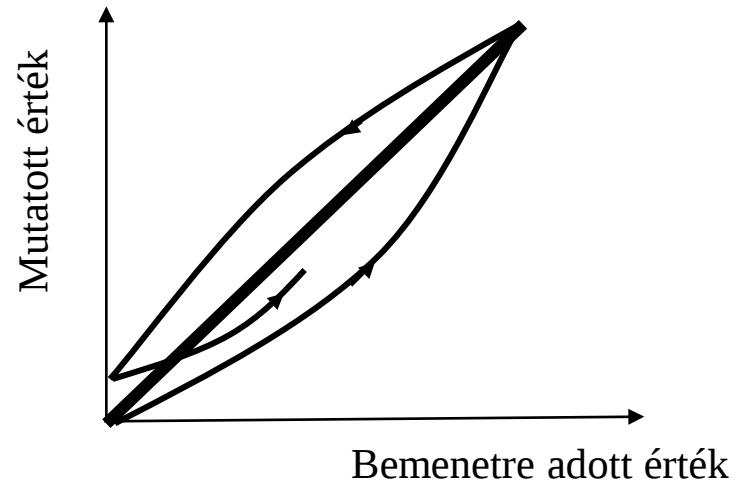


Még néhány jellegzetes hiba

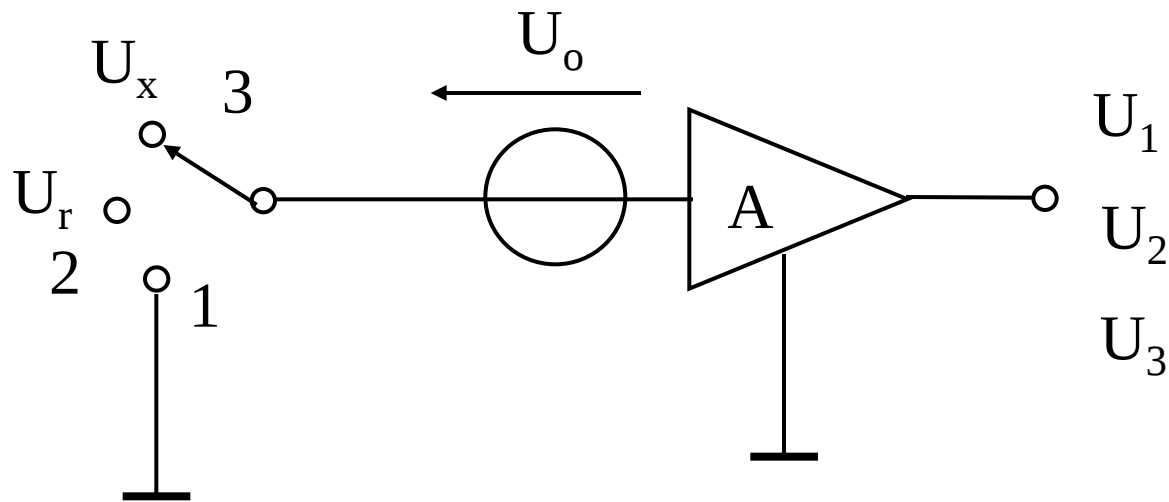
Linearitási hiba



Hiszterézishiba



Önkalibrálás felcserélési módszerrel



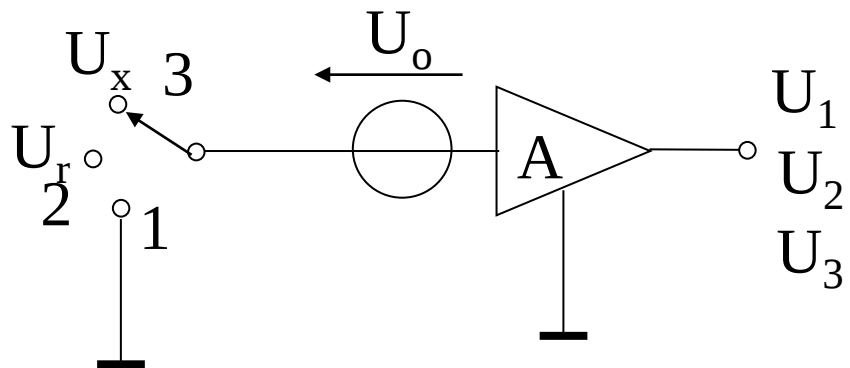
1. állásban $U_1 = U_o A$

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

Vége az 2. előadásnak

- i.) Mérési bizonytalanság, hitelesítés
- ii.) Mérési alapelvek

Cserey György
2018. 09. 21.

Méréstechnika labor

3. előadás

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ellenállás mérése

Cserey György
2018. 09. 28.

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

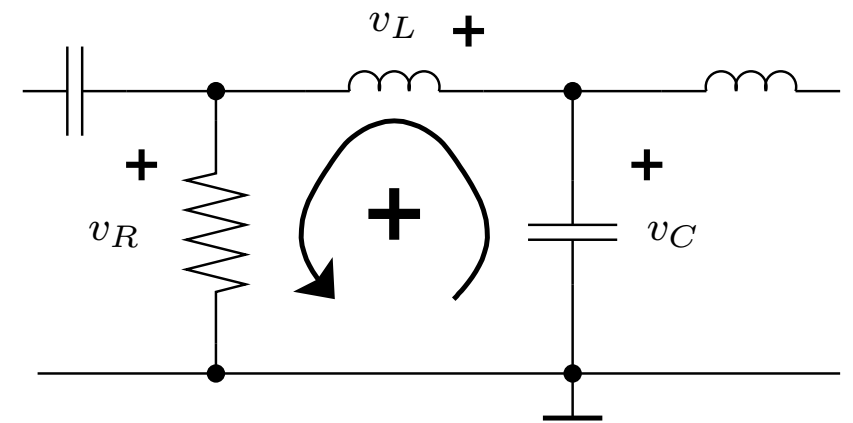
- Az áramkör komponensek összessége, amelyek elvezetései csomópontokban kapcsolódnak (mint egy hálózat).
- Alapvetően 7 fajta komponens (áramköri elem) építi fel az összes áramkört:
 - feszültség- és áramforrás
 - ellenállás,
 - kapacitás (kondenzátor)
 - induktivitás (tekercs)
 - dióda és tranzisztor
- 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):

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

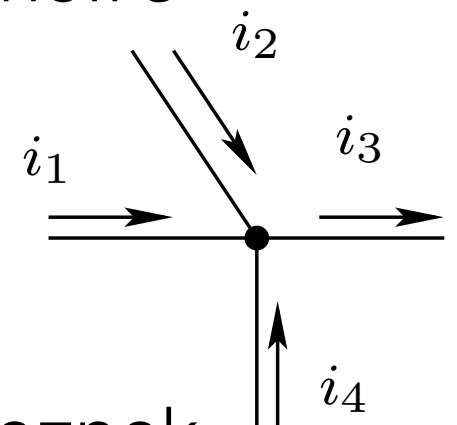
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



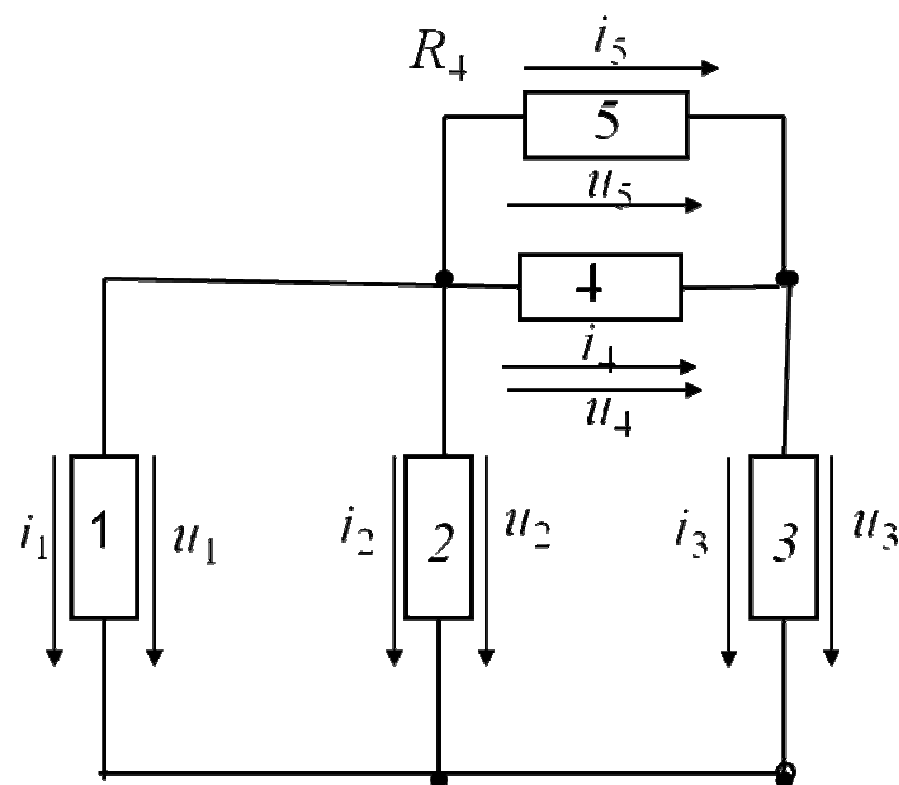
- és az áramok teljesítik a Kirchhoff áramtörvényt (Kirchhoff's current law, KCL):

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

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

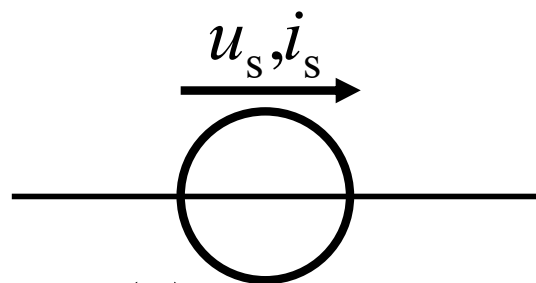
Reguláris hálózat

Megoldható

A komponensek osztályozása 1.

Források:

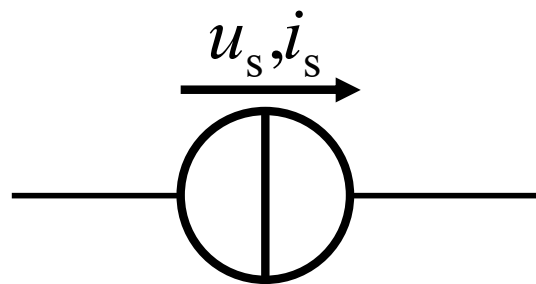
- Feszültségforrás:



$$u = u_s(t)$$

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:

$$w(t) \geq 0$$

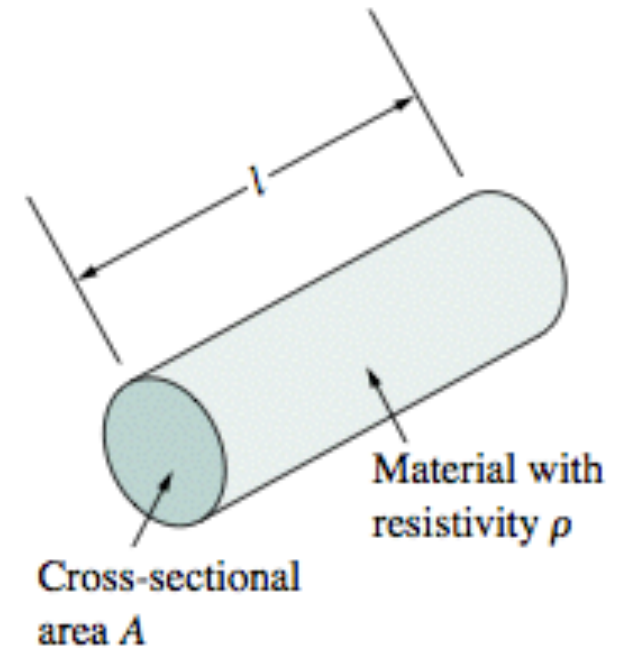
- Példa:
- Az ellenállás passzív elem, mivel

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

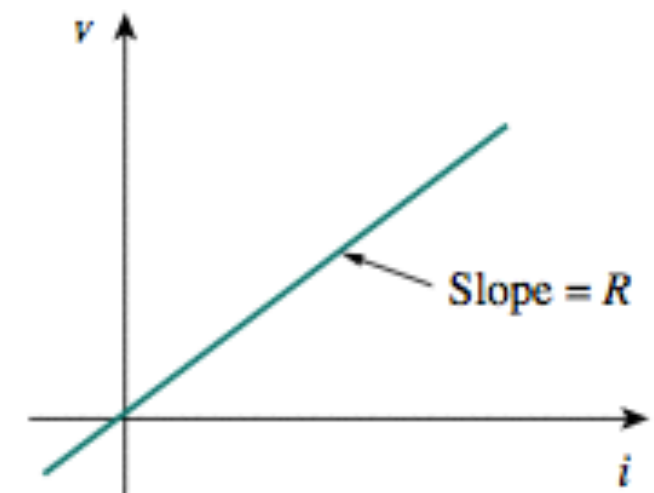
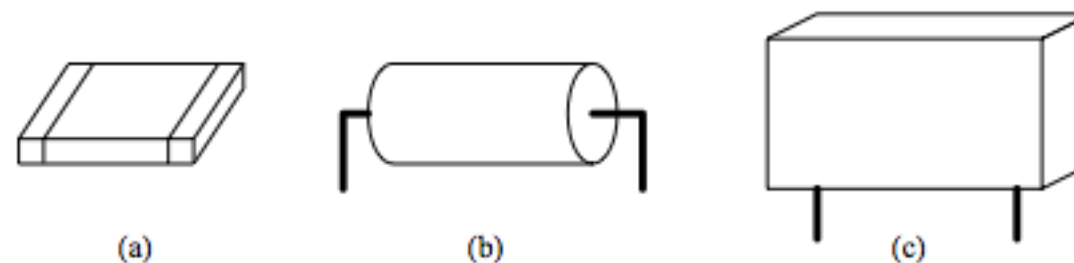
↑
csak ha $R > 0$!

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.



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



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)

Fajlagos ellenállás

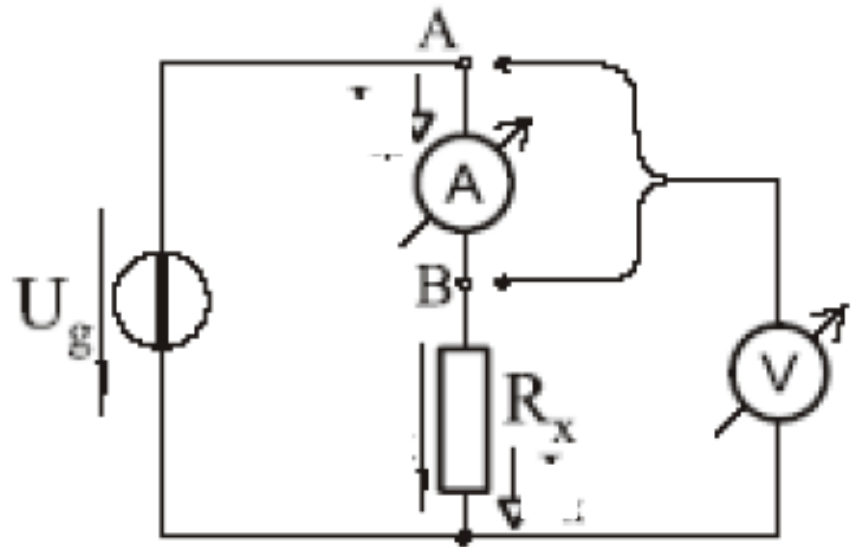
- Az anyagokat vezetőkéességük szempontjából egy egységnyi darabjuk ellenállásával jellemezzük. Az egységnyi darab az pl.: 1mm² keresztmetszet 1 m hosszú anyag melynek az ellenállása a fajlagos ellenállás.
- **Jele:** ρ (görög rho betű).
- **Mértékegysége:** $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ vagy SI rendszerben az Ωm

Fajlagos ellenállás

- Táblázatokban gyakran: $\Omega \frac{mm^2}{m} = \mu\Omega m$ mértékegység szerepel.
 - A szupravezetők fajlagos ellenállása természetesen nulla Ωm .
 - Fémek fajlagos ellenállása kicsi, jellemzően néhány tíz..száz $n\Omega m$ (nanoohmméter) tartományban van.
 - Szigetelőké $P\Omega m$ (petaohmméter) nagyságrend.
- 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.

Ellenállásmérés

- A eset: R_x nagy
- B eset: R_x kicsi



A eset: $V = A \cdot (R_A + R_x)$, ebből $R_x = \frac{V}{A} - R_A$

B eset: $A = \frac{V}{R_V} + \frac{V}{R_x}$, ebből $R_x = \frac{V}{A - \left(\frac{V}{R_V}\right)} = \frac{V}{A} \cdot \frac{1}{1 - \frac{(V/A)}{R_V}}$

Méréshatár kiterjesztés

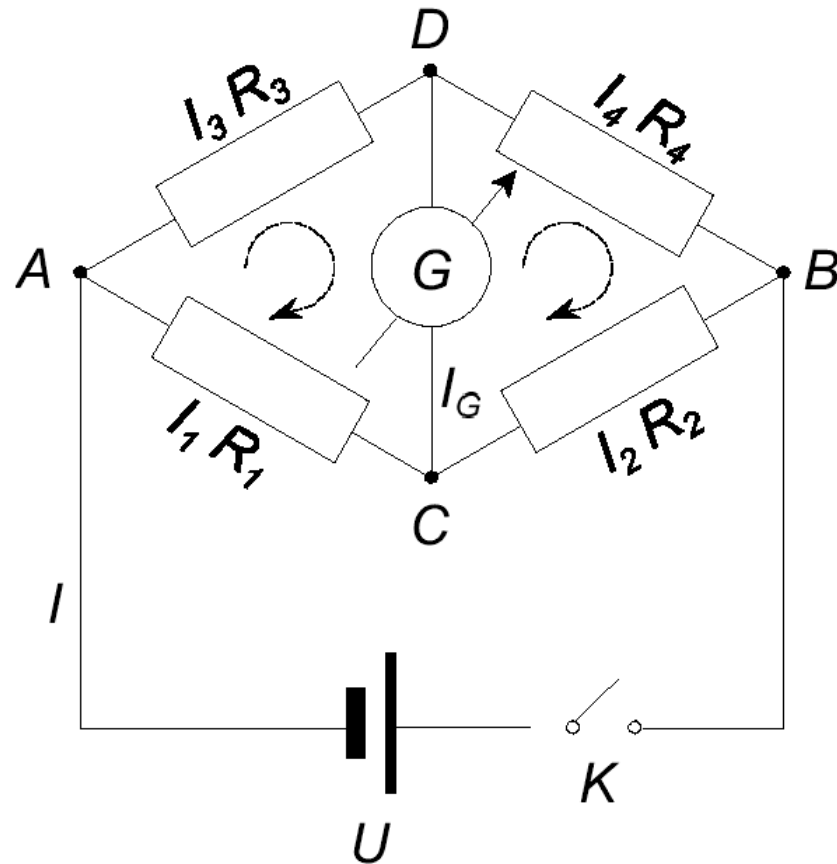
- Segédellenállások
- Ezeknek az ellenállásoknak a szerepe az, hogy csökkentsék az ampermérőn átfolyó áram erősségét, valamint a voltmérőn eső feszültséget. A méréshatár „ n ” - szeresére növelhető áramerősség mérésnél a műszerrel párhuzamosan kapcsolt

$$R_s = \frac{R_A}{n - 1} \quad \text{un. sönt-ellenállással,}$$

feszültségmérésnél a műszerrel sorosan kapcsolt

$$R_e = (n - 1)R_V \quad \text{un. előtét-ellenállással.}$$

Wheatstone-híd



$$I_G = 0$$

$$I_1 = I_2$$

$$I_3 = I_4$$

$$I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$$

$$I_2 R_2 - I_4 R_4 = 0$$

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2}$$

Hurokellenállás mérése

- Legyen R_3 az ismeretlen ellenállás, az R_4 pedig ismert, változtatható ellenállás. Adott R_1 és R_2 ellenállások esetén az R_4 értékének változtatásával beállítható a híd egyensúlya, amely $I_G=0$ feltétel teljesülésével ellenőrizhető. Az egyensúlyi helyzet eléréséhez szükséges ellenállások ismeretében R_3 értéke meghatározható:

$$R_3 = R_4 \frac{R_1}{R_2}$$

Szigetelő ellenállásának mérése

- A leggyakoribb egyenáramú mérési módszer: adott feszültség rákapcsolása után az átfolyó áram mérése. Ebből az Ohm-törvény alapján számíthatjuk az ellenállást, vagy a műszer már közvetlenül azt jelzi ki. Az alkalmazott feszültség 500 – 1000V, vagy, ha adott alkalmazáshoz vizsgáljuk a szigetelőt, a névleges feszültség kb. kétszerese.
- Problémák!

Szigetelő ellenállásának mérése

- Egy jó szigetelőanyag ellenállása $10^{13} - 10^{16}\Omega$, vagy még nagyobb. Ha a mérőműszer szigetelése is ebbe a tartományba esik, az párhuzamosan kapcsolódik a mérendő ellenálláshoz és meghamisítja a mérésünket.
 - Azaz biztosítani kell, hogy a mérőberendezésből párhuzamosan kapcsolódó ellenállások értéke nagyságrendekkel nagyobb legyen, mint a mérendő ellenállás. Így a méréshatár felső korlátja kb. $10^{16}\Omega$ és ezt közelítve a mérés pontossága is fokozatosan romlik.
 - Egy mérendő minta kapacitív tagként is viselkedik, az ezt figyelembe vevő helyettesítő áramkör
 - Ugyanakkor sok esetben az ellenállás több tíz percen keresztül folyamatosan nő, sőt azt tekintik jó szigetelésnek, ahol ez a növekedés nagyobb. Ezért az ellenállás időfüggésének mérése is javasolt.

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Ellenállások soros kapcsolása:

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

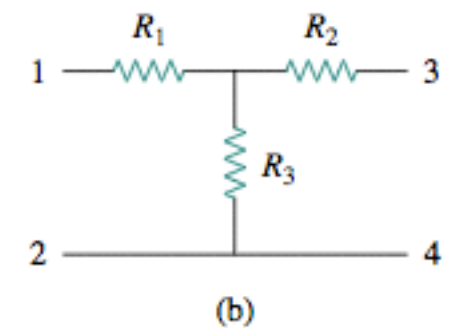
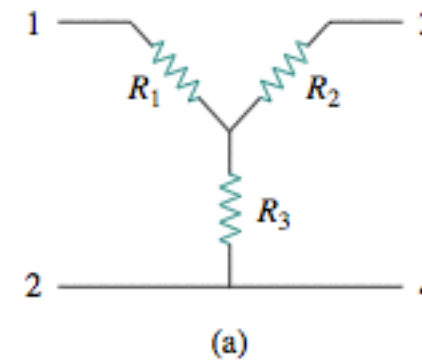
- Párhuzamos kapcsolása: $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

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

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

Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- Delta -> Csillag átalakítás:



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

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

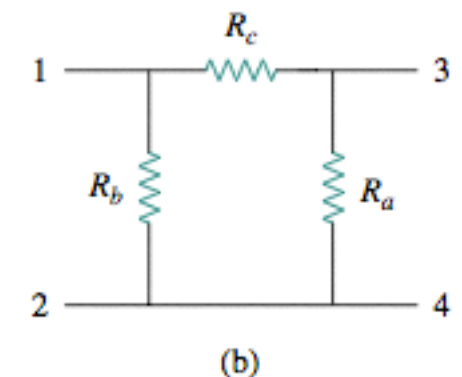
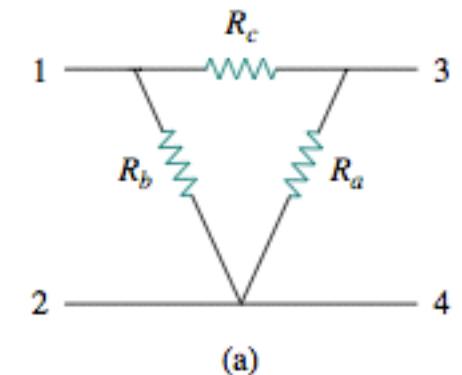
$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

- Csillag -> Delta átalakítás:

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

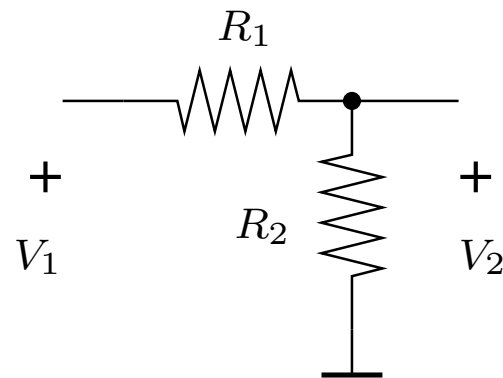
$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

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



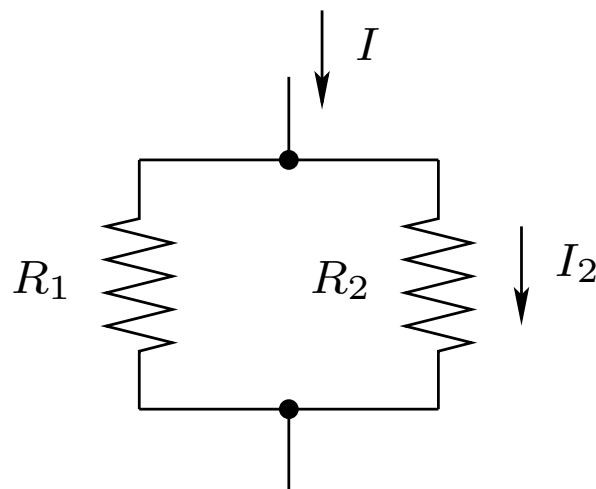
Alapvető összefüggések, hálózatokra vonatkozó tételek

- 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.

Vége az 3. előadásnak

- i.) Ismétlés: Áramkörelmélet
- ii.) Ellenállás mérése

Cserey György
2018. 09. 28.

Méréstechnika labor

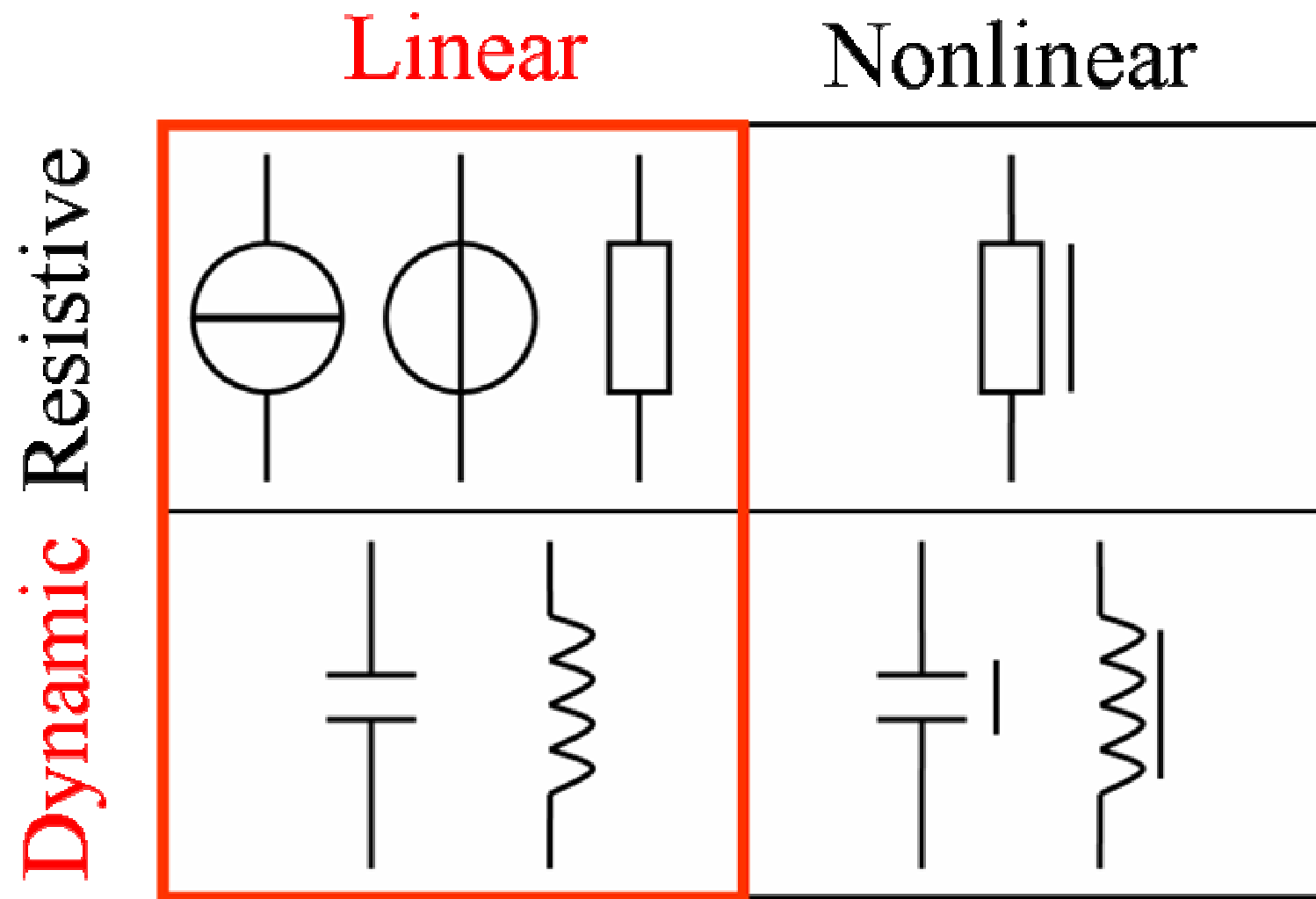
4. előadás

- i.) Műveleti erősítő mérése
- ii.) Ismétlés: Áramkörelmélet

Cserey György
2018. 10. 05.

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:

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

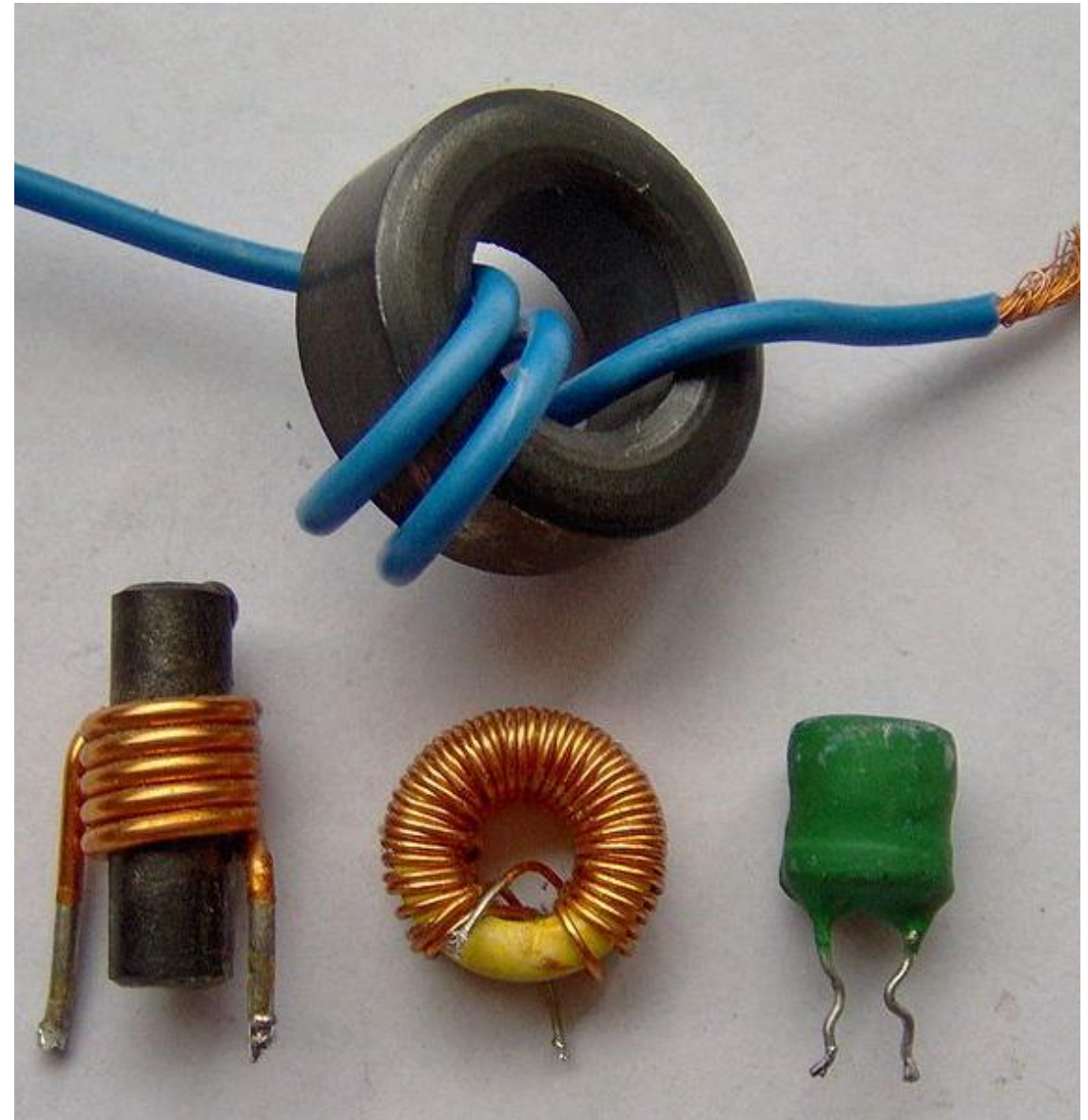
- A mágneses mező változása induktív feszültséget eredményez:

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

- 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:

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

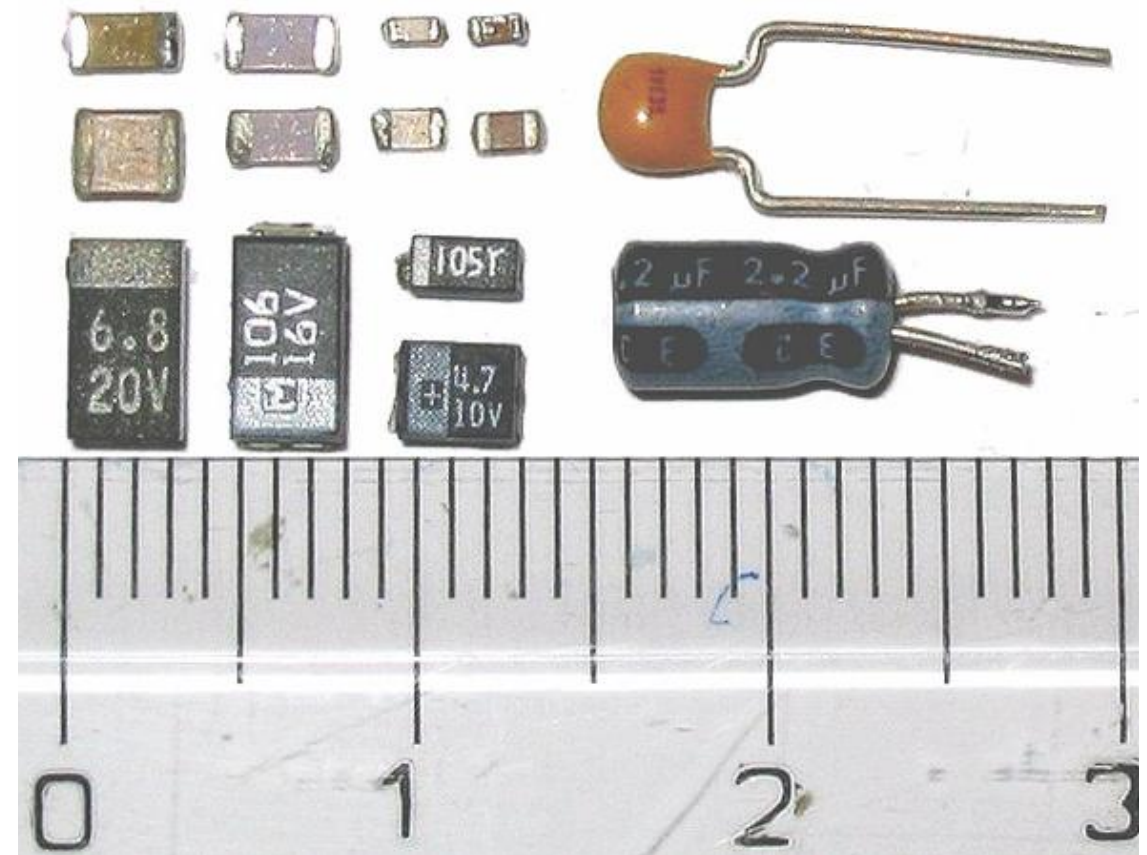
ahol C a kapacitás.

- A töltés időbeli változása:

$$i_C = dQ/dt.$$

- A pillanatnyi áram ezek alapján

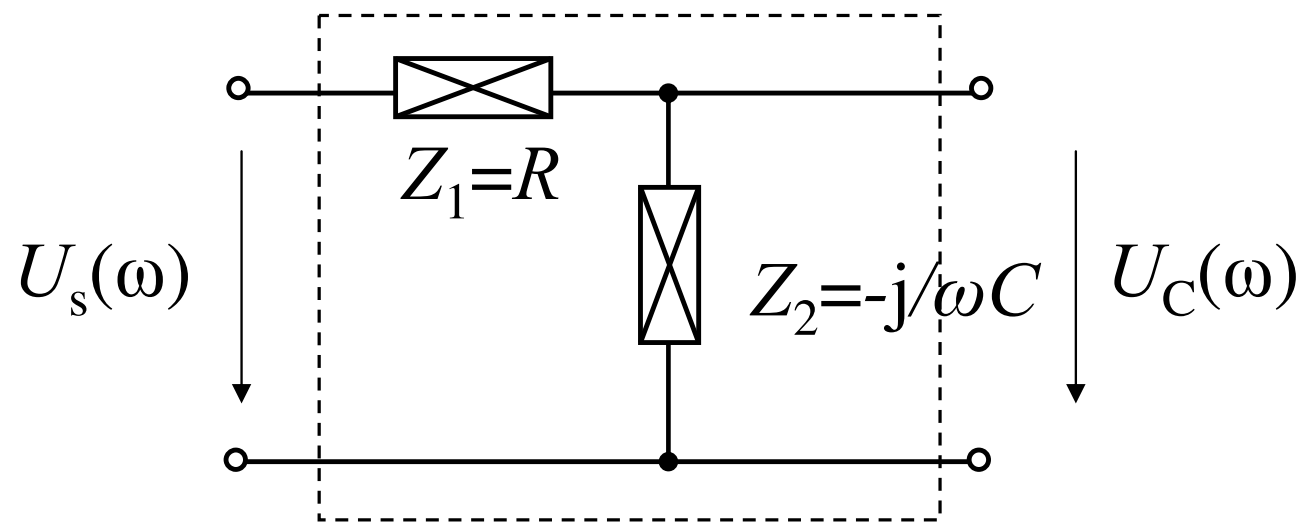
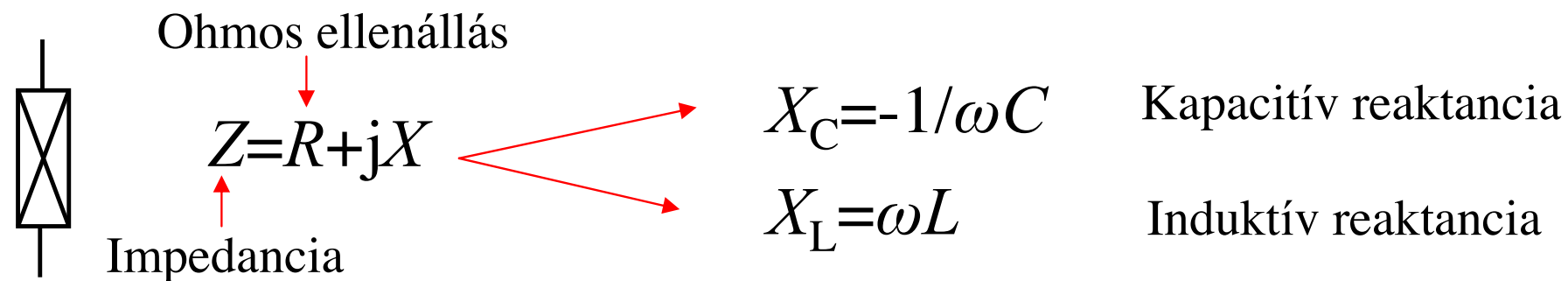
$$i_C(t) = \Phi_i \{u_C(t)\} = C \frac{du_C(t)}{dt}$$



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

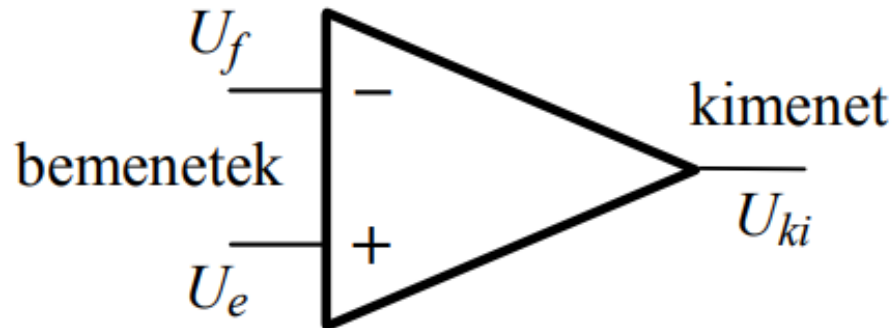
Az impedancia fogalma



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

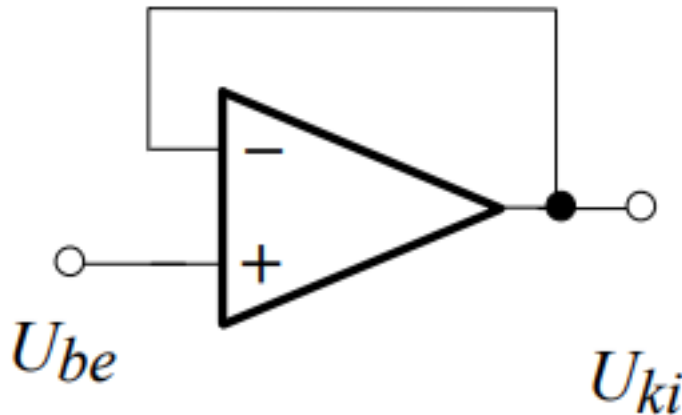
Egyszerű feszültségosztó képlet!

Műveleti erősítő



- Alapegyenlet: $U_{ki} = A_u (U_e - U_f) ,$
- Feltételezzük, hogy az erősítés végtelenül nagy
- Feltételezzük, hogy a feldolgozandó jel a kapcsolás határfrekvenciája alatt van

Követő (v. elválasztó) műveleti erősítő

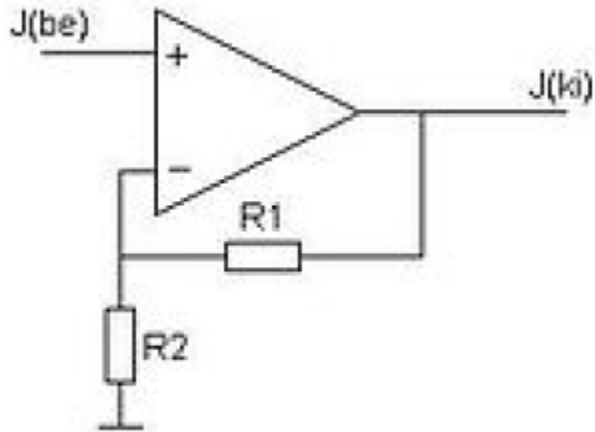


$$U_{ki} = A_u (U_e - U_f)$$

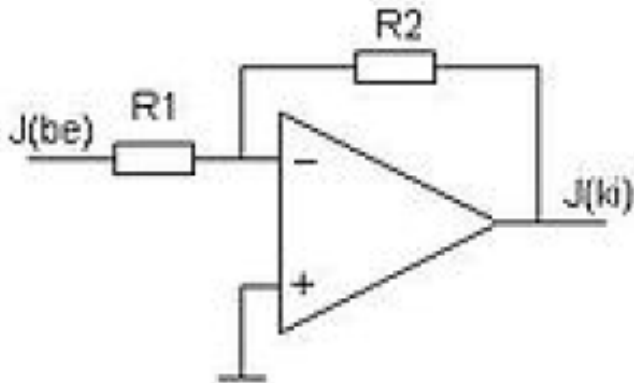
$$U_{ki} = U_{be} \frac{1}{1 + \frac{1}{A_u}} = U_{be}$$

- Nagy bemeneti ellenállás
- Kicsi kimeneti ellenállás

Nem invertáló és invertáló alapkapcsolás

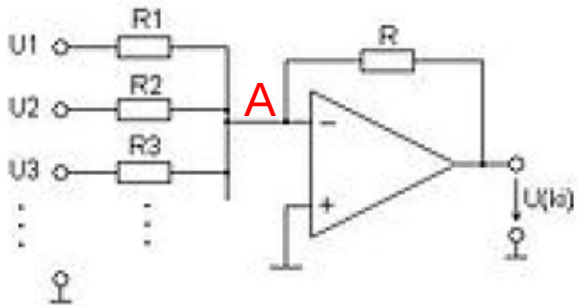


$$A_v = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1 + \frac{R1}{R2}$$



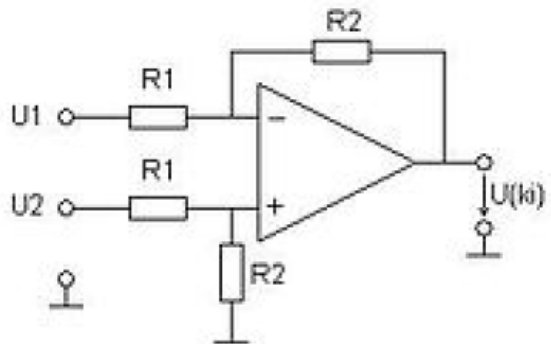
$$A_v = -\frac{R2}{R1}$$

Összeadó és kivonó áramkör



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

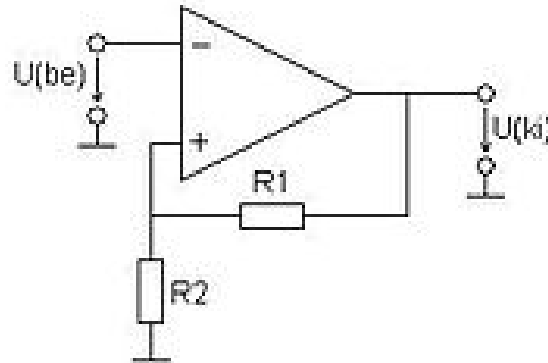
- Csomóponti törvény felírása **A** pontra



$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1)$$

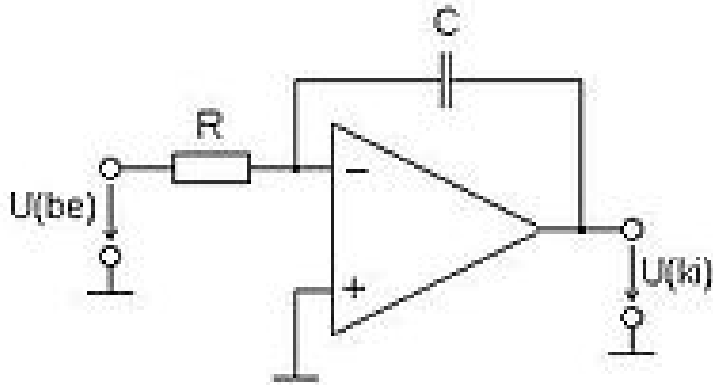
- Szuperpozíció elve, invertáló és nem invertáló alapkapcsolások

Hiszterézises komparátor alapkapcsolás



- Hiszterézis, hogy ha a bemenetek potenciálja közel van egymáshoz, akkor ne oszcilláljon a kimenet
 1. tfh. a bemenet a referencia fölött van
 2. ennek hatására a kimenet a földhöz közeledik ami csökkenti a referencia értékét
 3. nő a távolság a bemenetek között, még gyorsabban csökken a kimenet

Analóg integráló alapkapcsolás



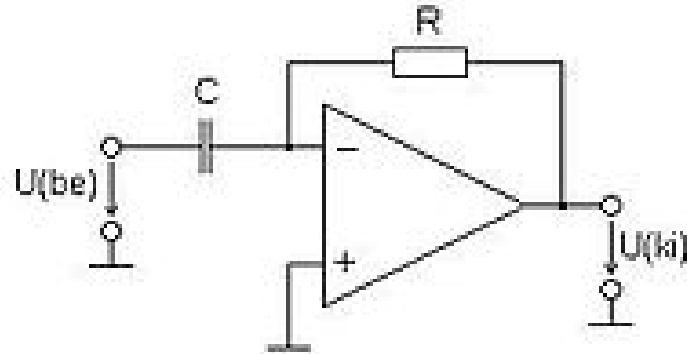
- Írjuk fel a csomóponti törvényt a bemenetre!

$$\frac{u_{be}}{R} + C \cdot \frac{du_{ki}}{dt} = 0$$

$$\frac{du_{ki}}{dt} = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot u_{be}$$

$$u_{ki} = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t u_{be}(t) \cdot dt + u_{ki}(t=0)$$

Analóg differenciáló alkapcsolás



- Bemenetre felírt csomóponti törvény alapján:

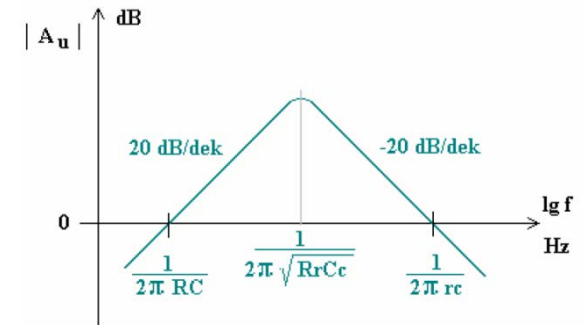
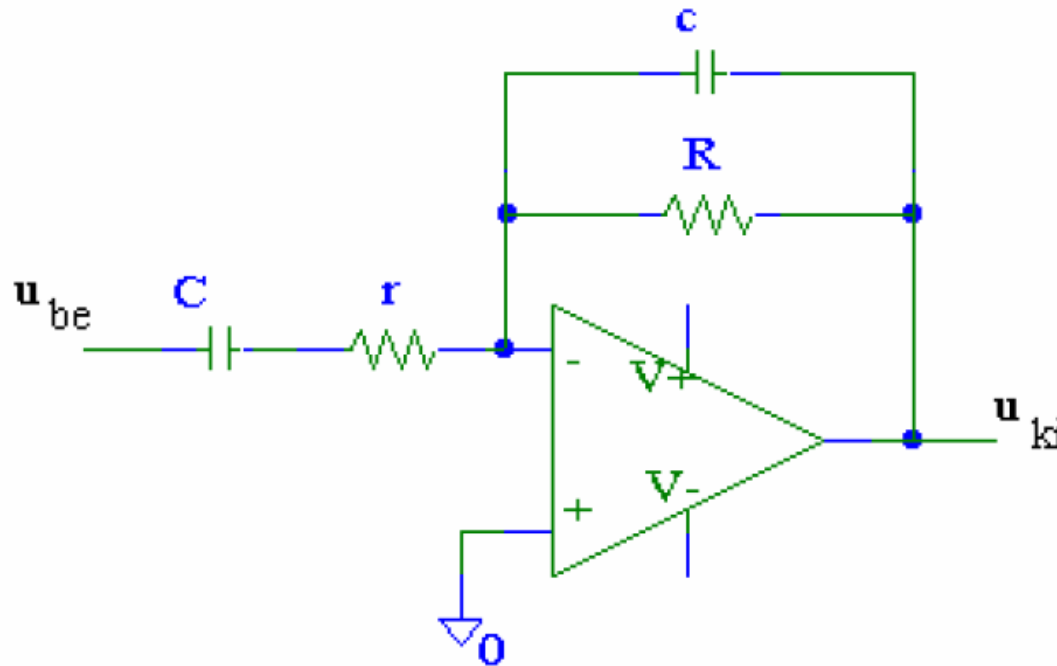
$$C \cdot \frac{du_{be}}{dt} + \frac{u_{ki}}{R} = 0$$

$$u_{ki} = -R \cdot C \cdot \frac{du_{be}}{dt}$$

Problémák

- Frekvencia növekedés végtelen erősítéshez vezethetne
- Frekvencia növekedés, kondenzátor impedanciája tart a zérushoz, rövidzár
- Gerjedés lép fel, instabil működés

Analóg differenciáló alapkapcsolás – gyakorlati megvalósítása



- r és c kiegészítéssel érdemes megvalósítani

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.

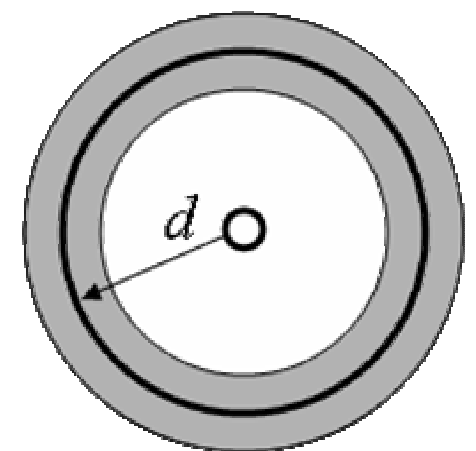
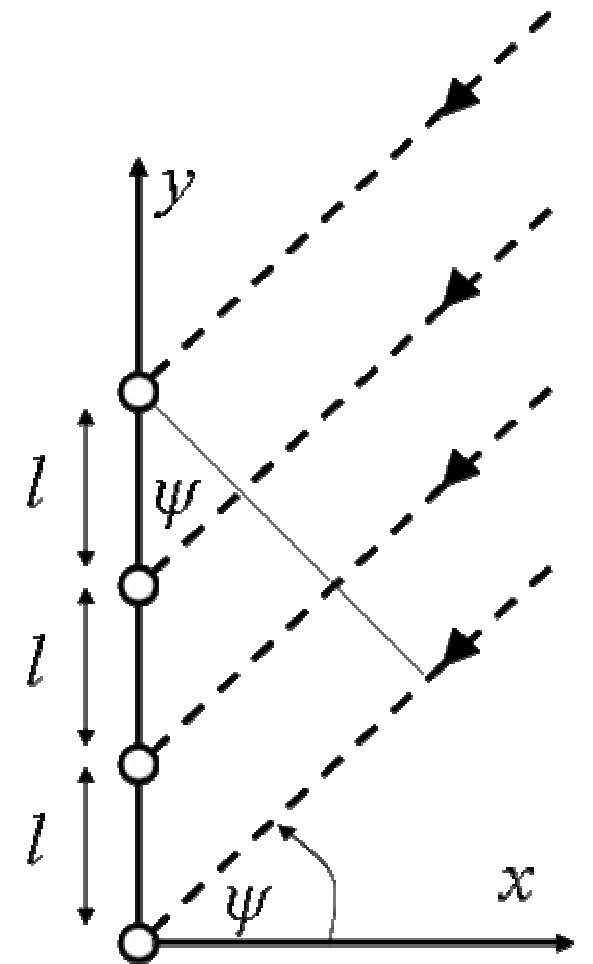
- Jelséma alapján
 - Infravörös jelek (olcsó, kis teljesítményű, napfényre érzékeny, falon nem halad át)
 - Optikai jelek (LoS, kis teljesítményű, napfényre érzékeny, nagy pontosság érhető el vele kis távolságban (10m))
 - Ultrahang jelek (nagy pontosság kis távolságban, nagy teljesítményt vesz fel, olcsó LoS esetén)
 - Rádiófrekvenciás jelek (leggyakrabban használt, áthalad a falakon, nagy távolságban is érzékelhető)
 - UWB (ultra-wide band, nagyon alacsony fogyasztás, nagy sávszélesség), 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)

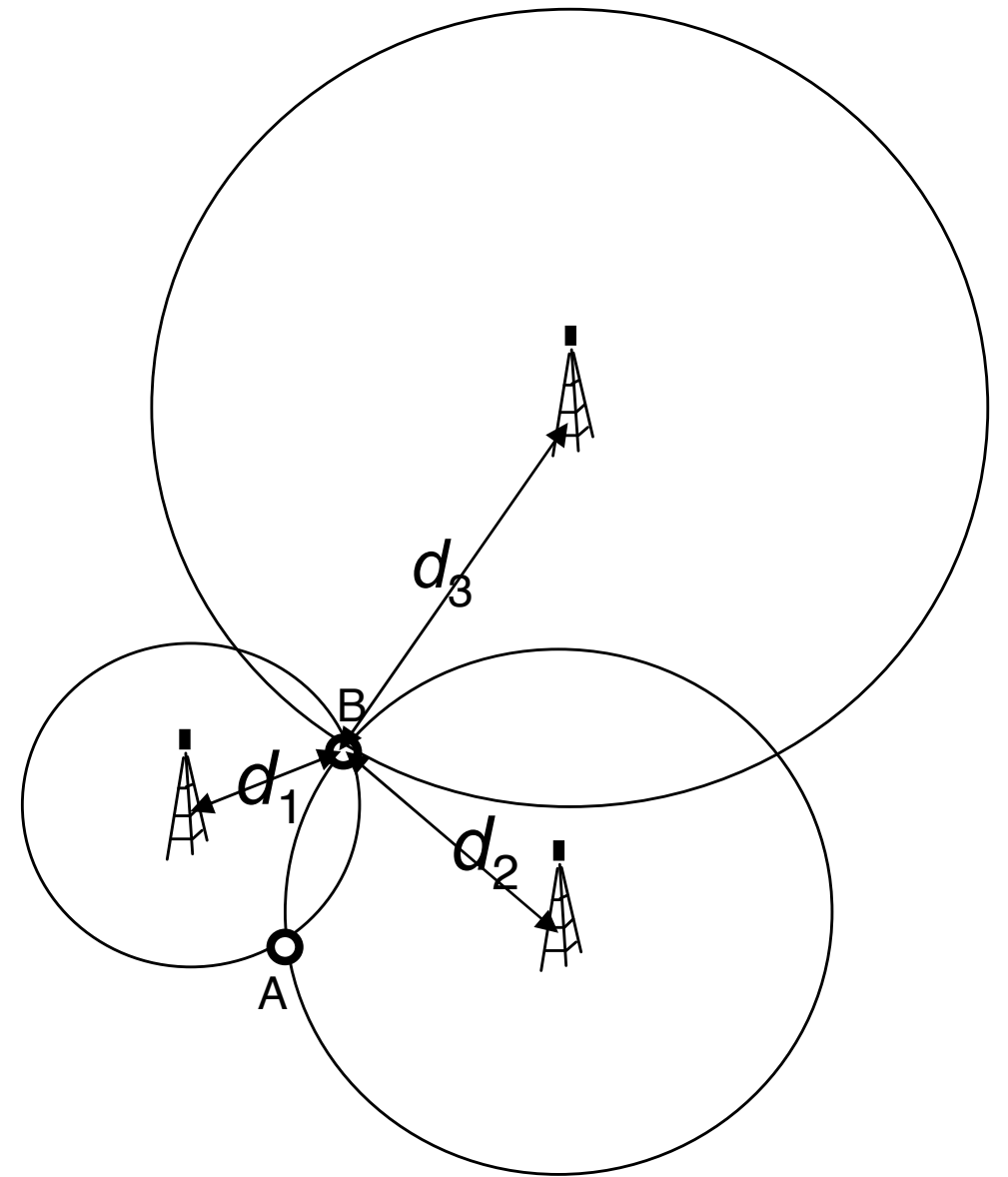


Lokalizációs algoritmusok

- 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

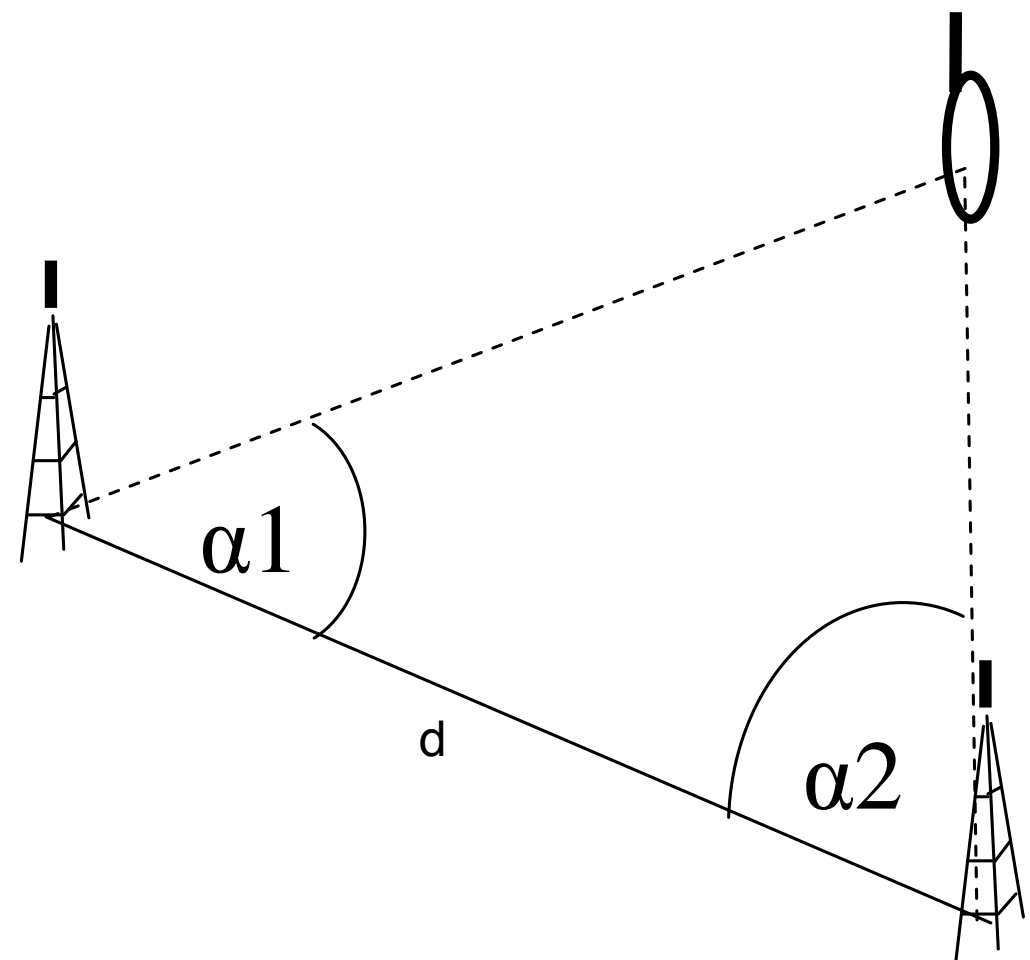
Time-of-arrival (ToA)

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



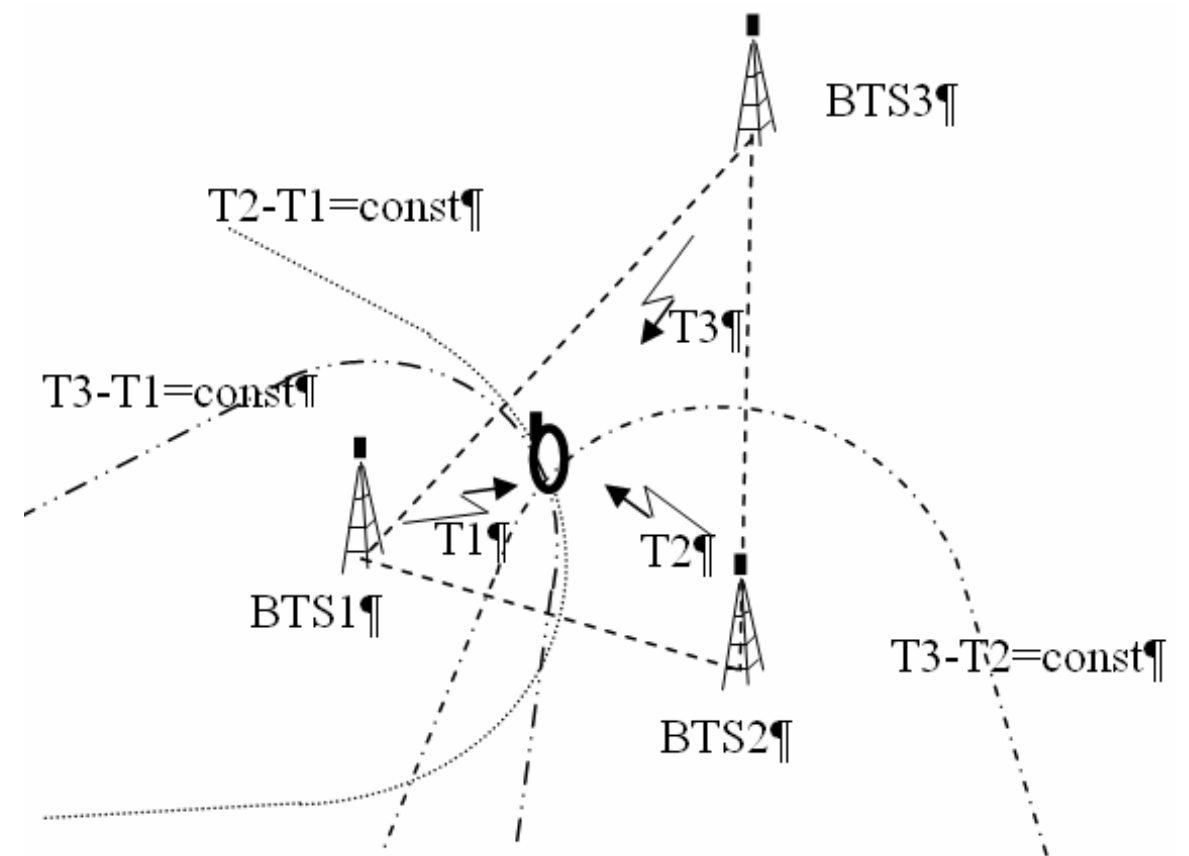
Angle-of-Arrival (AoA)

- 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

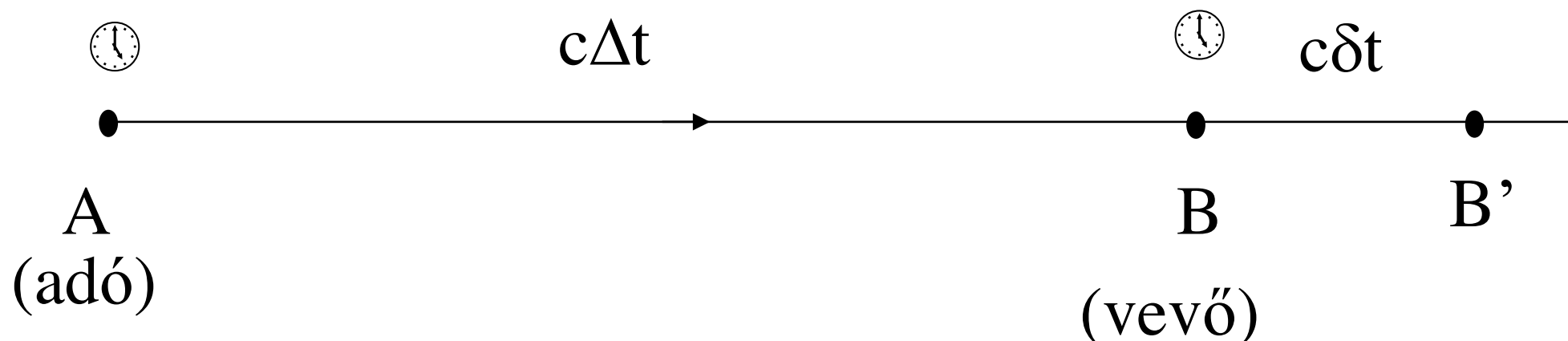
- Hozzáférhető technológiák: Bluetooth, Cellás mobil rendszerek, Műhold, Televízió, Wi-Fi, ZigBee, Ultra Wide Band, RFID, Infravörös, Ultrahang, Lézer
- Ultrahang ToA
 - Szokásos frekvencia 25 - 40KHz, néhány 10 méter távolságban, átlagos pontosság ~2-5 cm
- Akusztikus ToA
 - Távolság = ~10m, pontosság = 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 mintailleszkedés	1m	Már kiépült Wifi hálózaton is működik, nagyon drága
Microsoft RADAR	RSS-alapú mintailleszkedés	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	Mintailleszkedés 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)

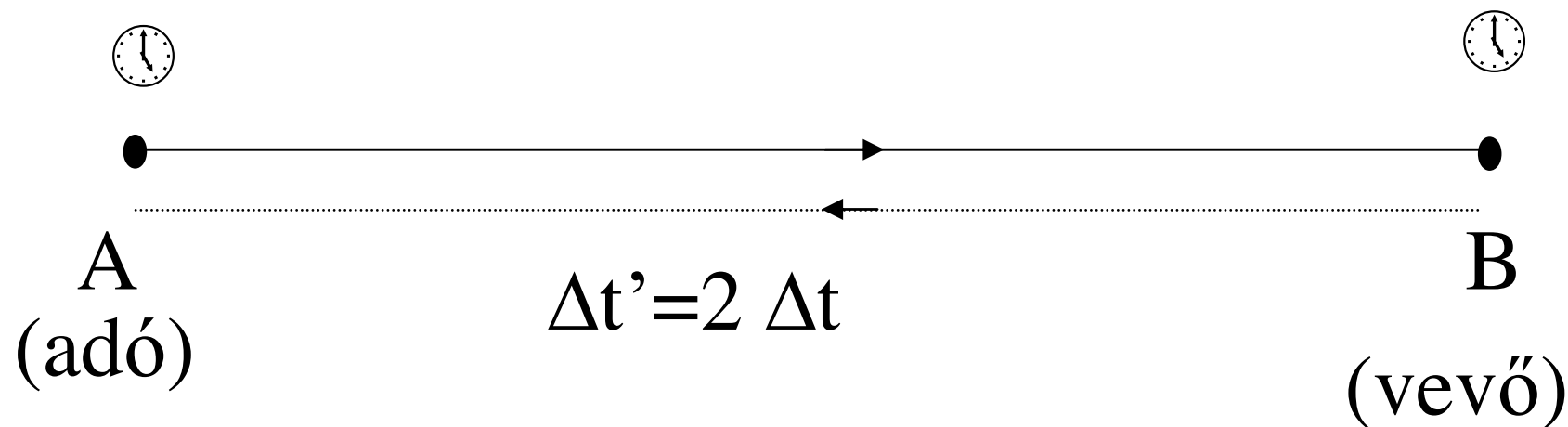
c – (rádió)hullám terjedési sebessége

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!!!

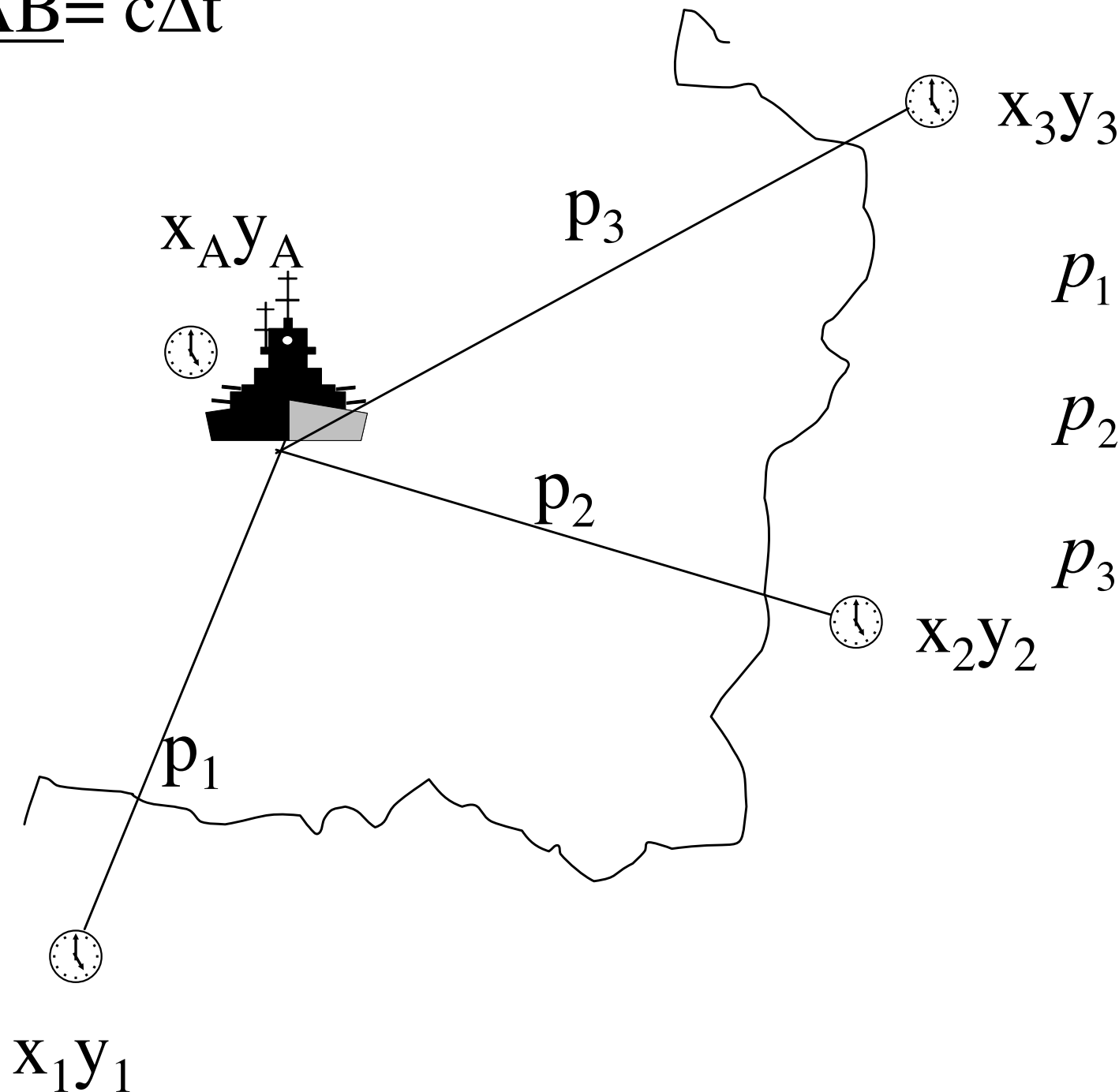
Miért nem használják?

Használók száma korlátozott!

Helymeghatározás alapelve síkbeli rendszernél

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

p-pseudo távolság



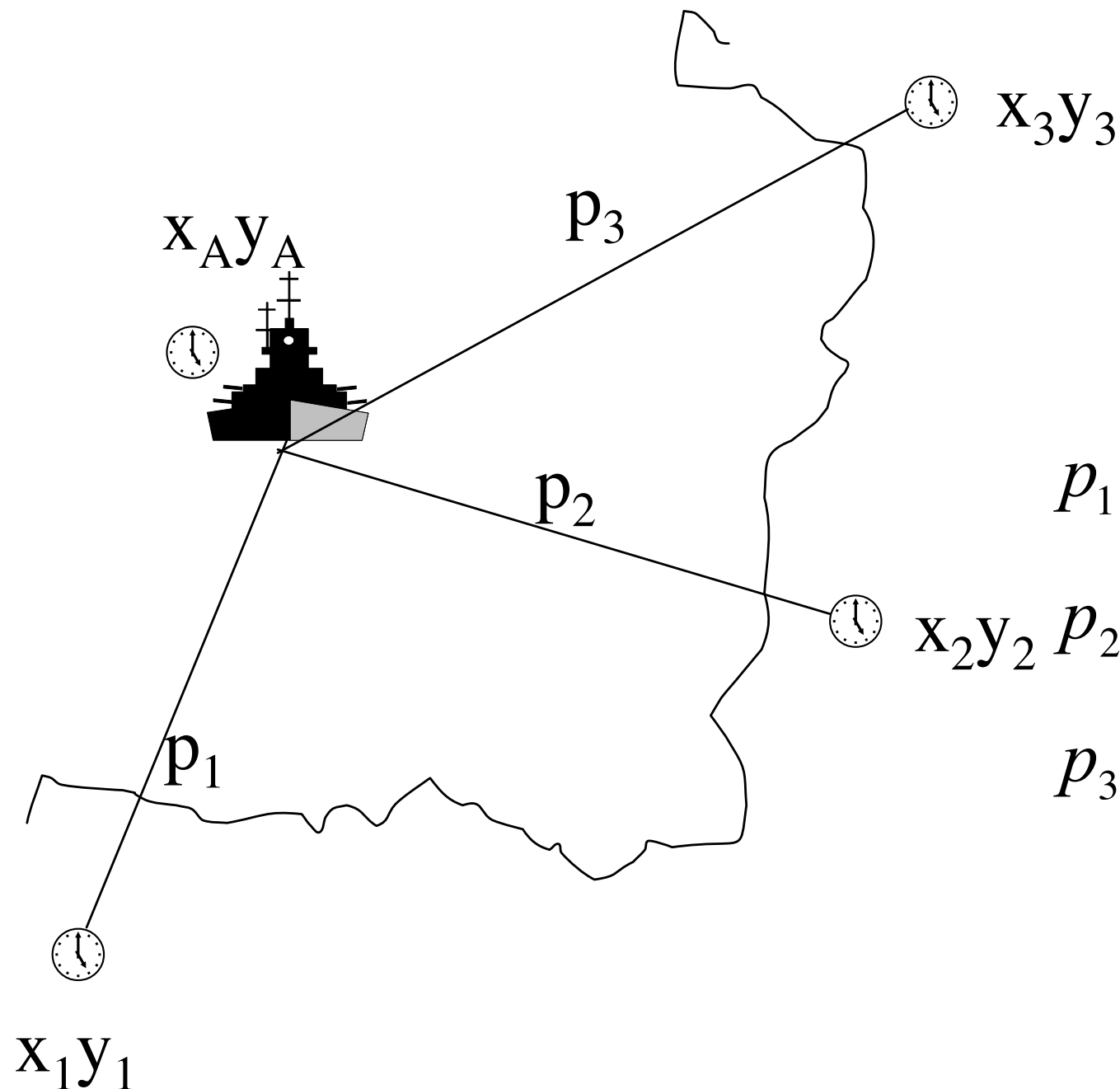
$$p_1 = \sqrt{(x_A - x_1)^2 + (y_A - y_1)^2}$$

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

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

3 egyenlet,
2 ismeretlen,
1 fölösleges mérés?

Helymeghatározás alapelve síkbeli rendszernél órahiba figyelembe vételével



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

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

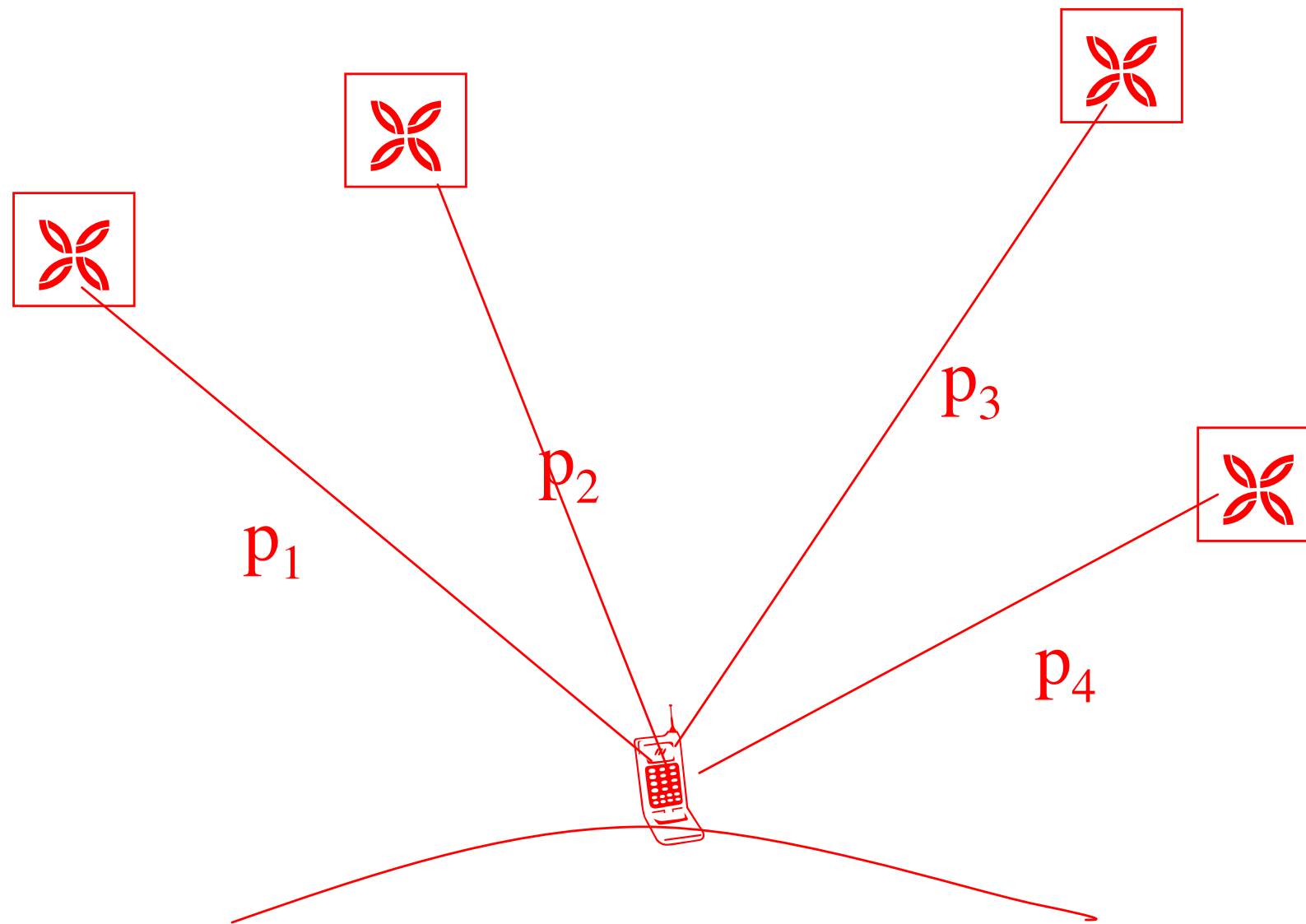
$$p_3 = \sqrt{(x_A - x_3)^2 + (y_A - y_3)^2} + c\delta t$$

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:

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

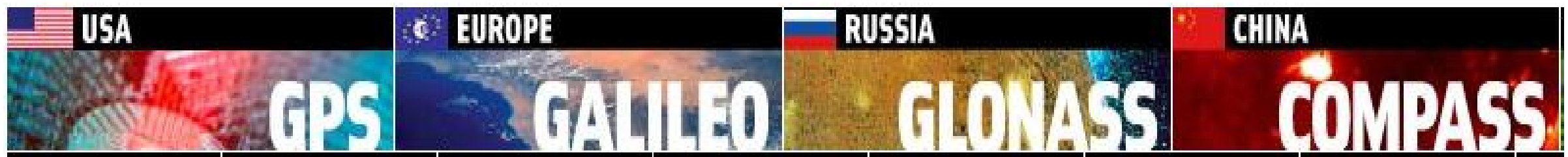
$\mathbf{Q} = \sigma^2 \mathbf{I}$ a mért kódtávolságok kovarianciamátrixa

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

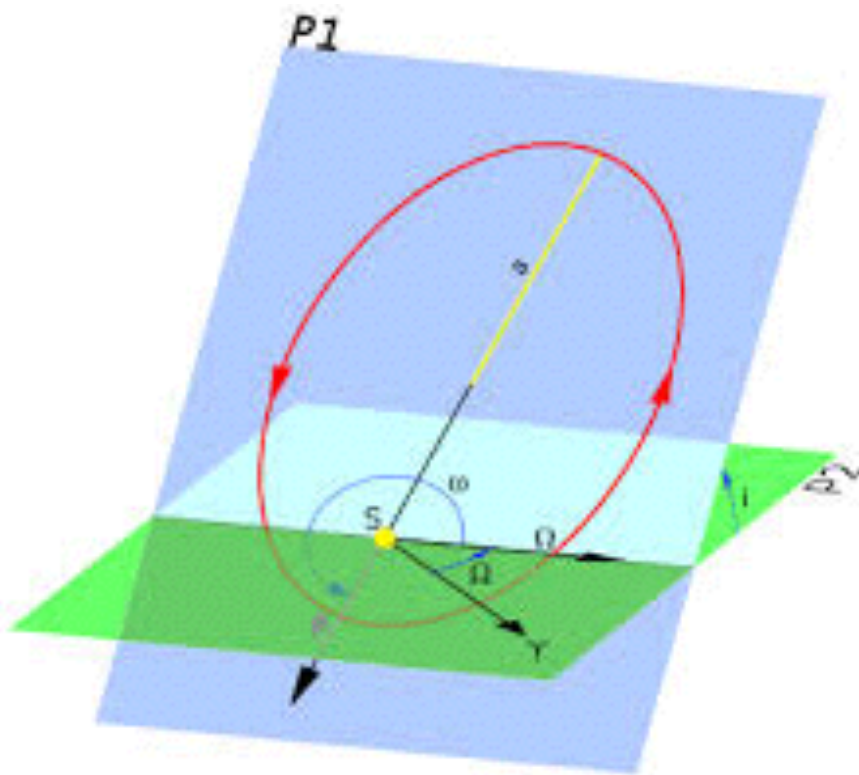
- A műholdak nem “rögzítettek”
- A műhold pozíciók kiszámíthatók az időpont és a műholdpályák alapján
- adatmegadás “GPS” koordinátarendszerben (3 dimenziós, geocentrikus)
- Figyelem! Más, mint a földmérési koordináták!

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

Vége az 4. előadásnak

- i.) Műveleti erősítő mérése
- ii.) Ismétlés: Áramkörelmélet

Cserey György
2018. 10. 05.

Félvezetők

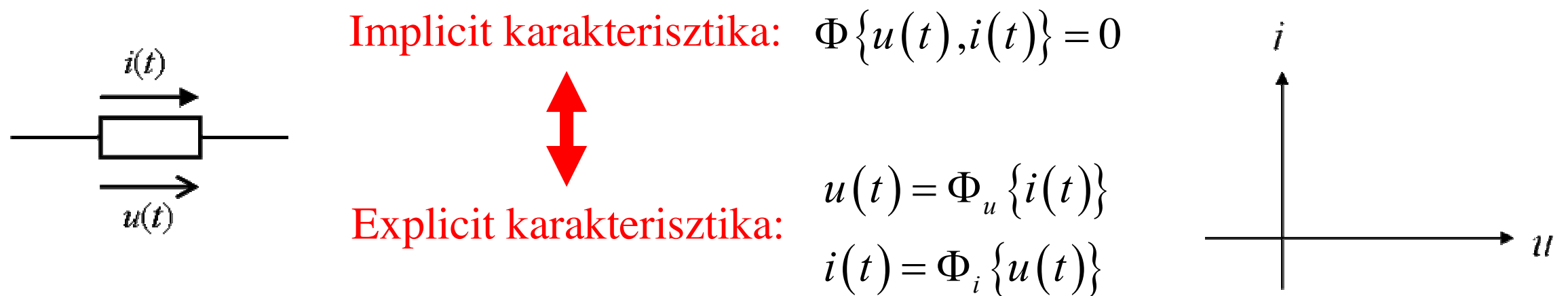
Az áramköri elemek: bevezetés

- 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 vezetéskecs 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



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

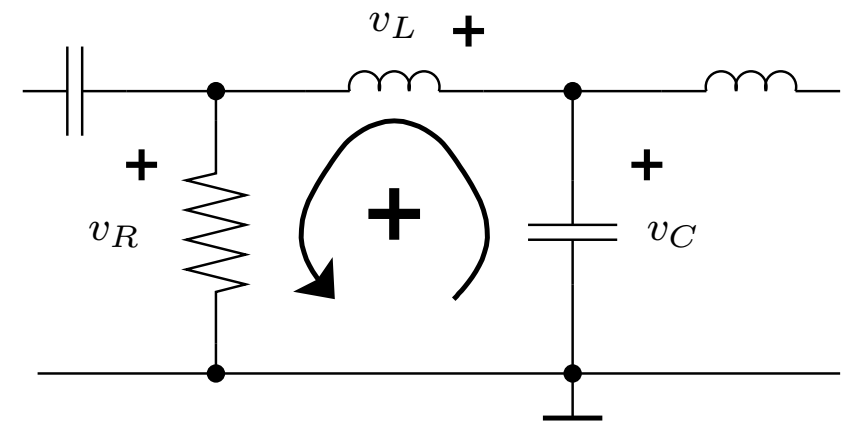
A munka t_1 és t_2 között: $W(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt = w(t_2) - w(t_1)$

A Kirchhoff törvények

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

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

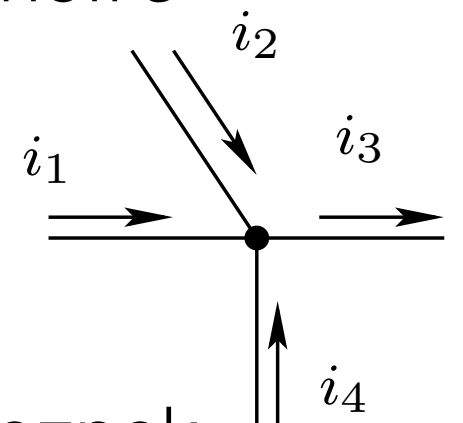
ahol a feszültségek egy hurokban vannak,



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

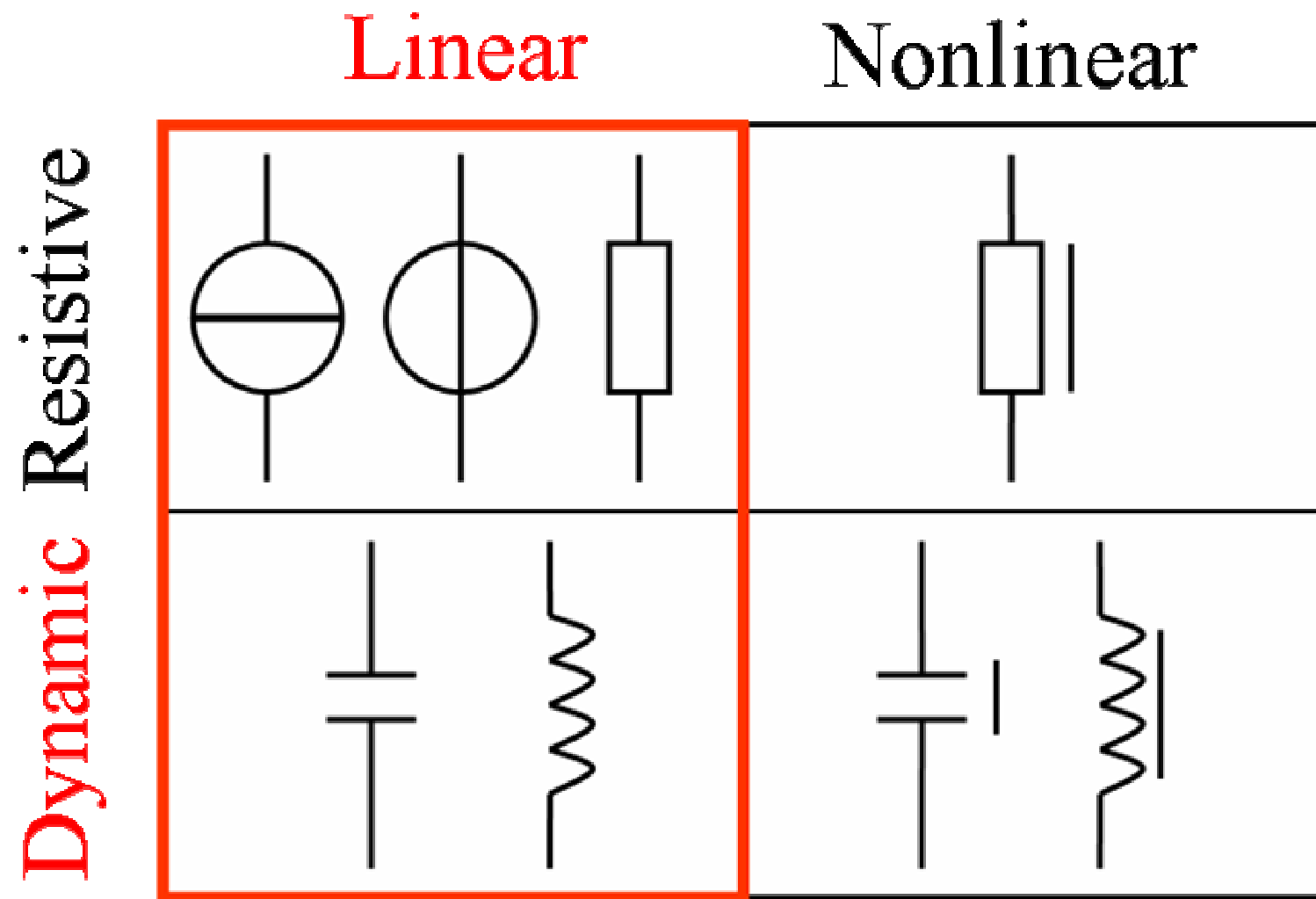
$$i_1 + i_2 + \dots + i_n = \sum_{k=1}^n i_k = 0$$

ahol az áramok egy csomópontból indulnak vagy érkeznek.

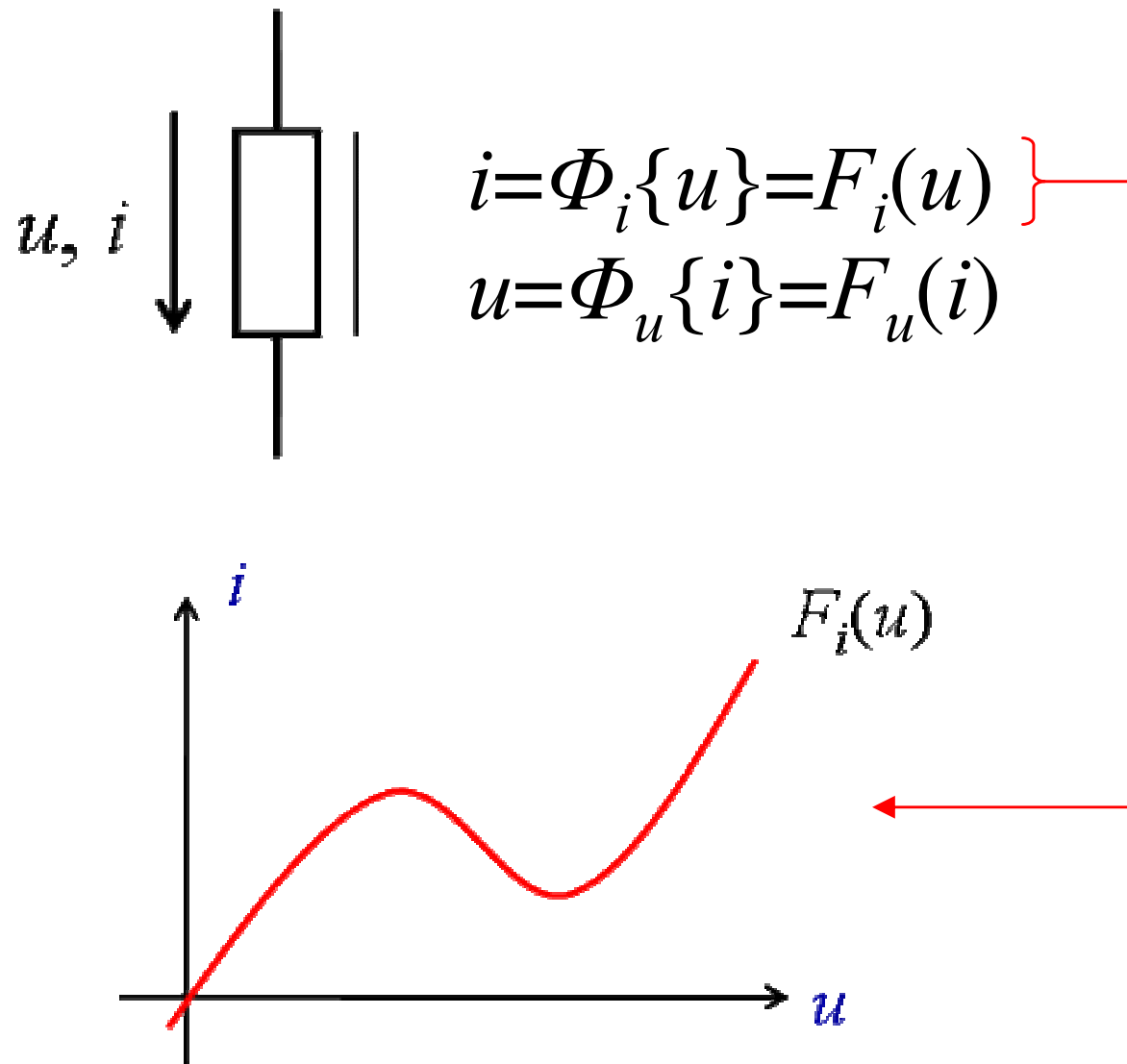


Lineáris dinamikus áramkörök (vagy hálózat)

- 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

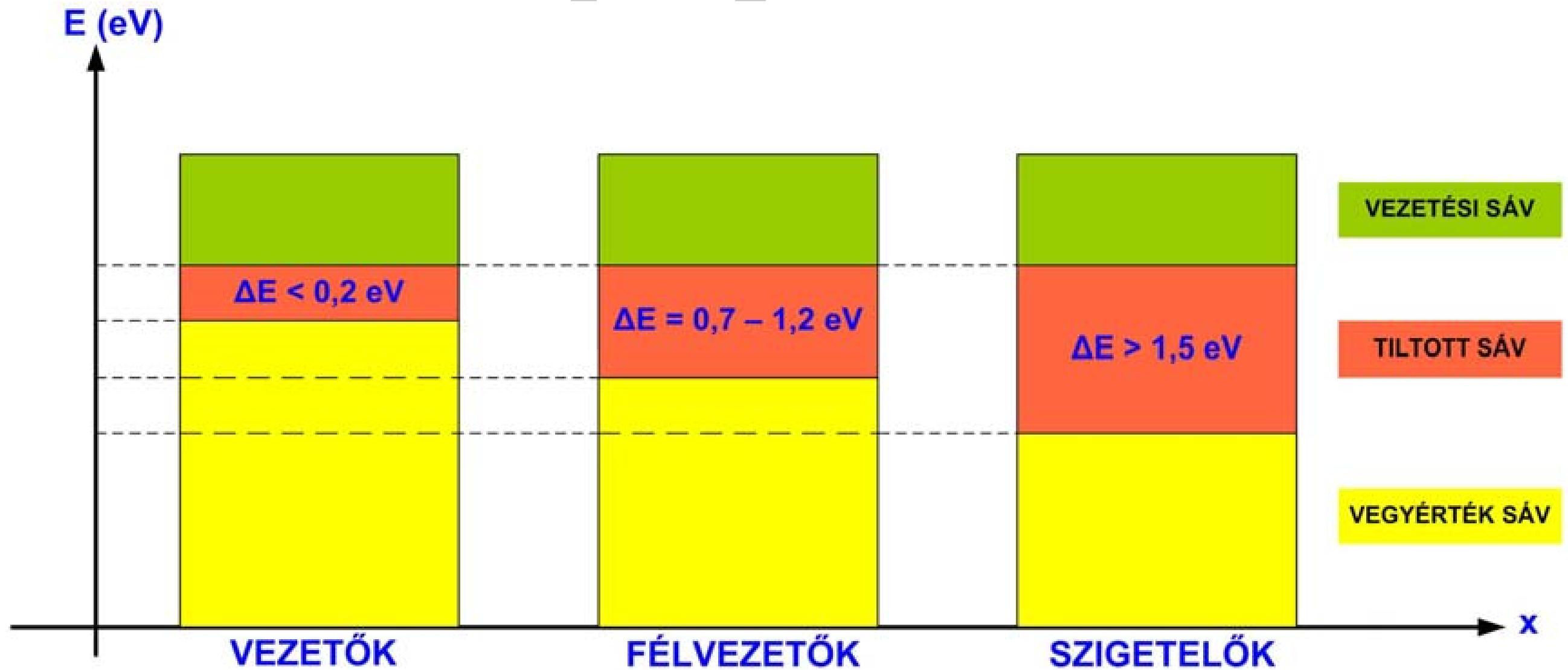
- Kristályos, szilárd anyag
- fajlagos elektromos vezetése szobahőmérsékleten:
 $10^{-9} - 10^3 \text{ } 1/\Omega\text{cm}$ (vezetők, szigetelők)
- vezetést elektronok közvetítik
- elemi félvezetők: szilícium, gertmánium
- vegyület-félvezetők: gallium-arzenid (GaAs)

- 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

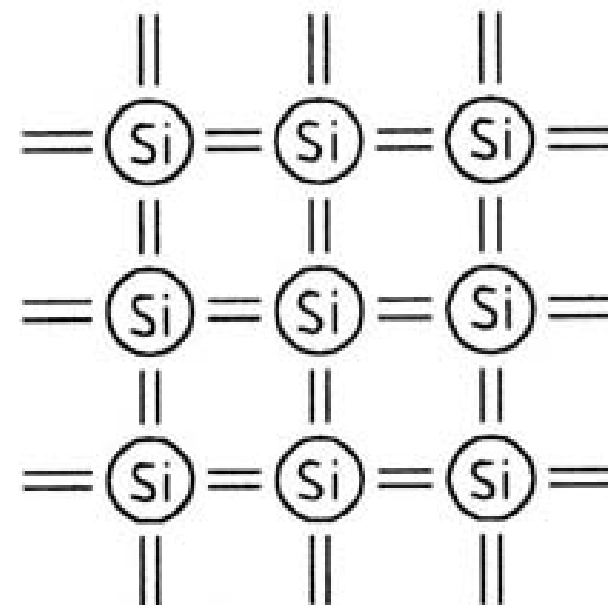
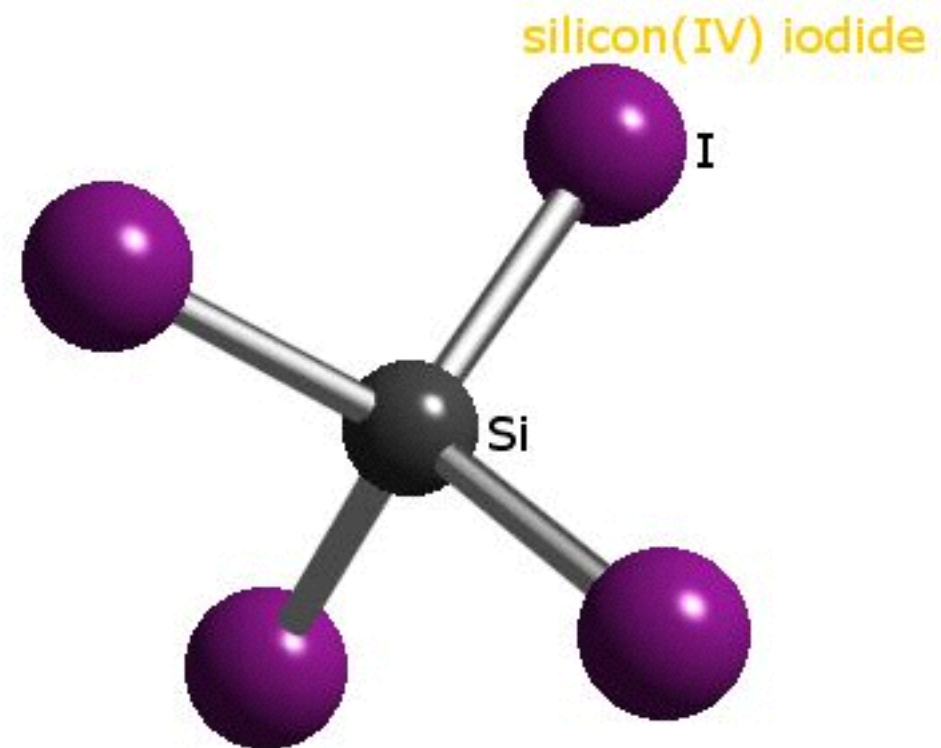


Tiszta (intrinsic) félvezetők

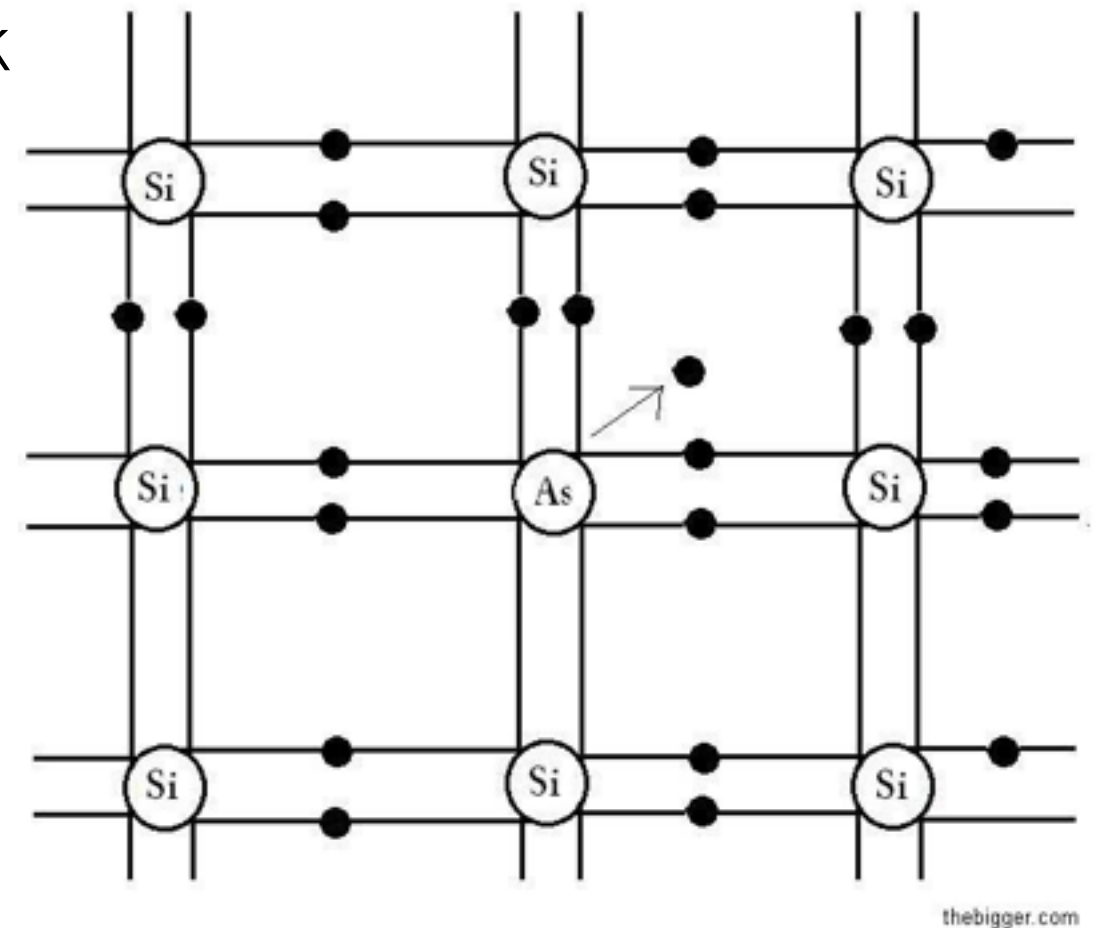
- elektron-lyuk pár keletkezéséhez az energiát a kristály hőenergiája fedezi.
- Ezt a rendezetlen mozgást az elektronok és lyukak egymásra találásakor bekövetkező rekombináció ellensúlyozza.
- Emiatt szobahőmérsékleten a félvezető vezetési sávja nem teljesen üres, vegyértéksávja nincs teljesen betöltve.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

Szennyezet (adalékolt) félvezetők

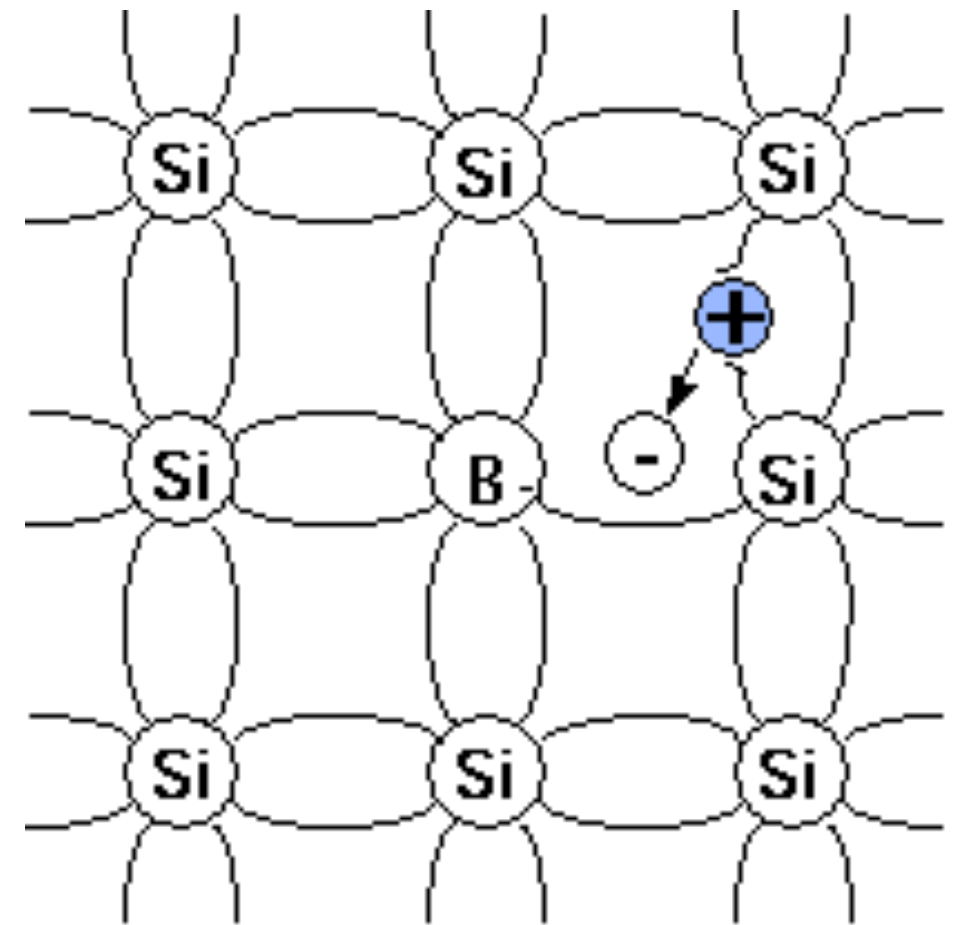
- Szilícium kristály
gyémántszerkezetű
- 4 vegyértékű atomok
tetraéderes kötéssel
kapcsolódnak



- 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.



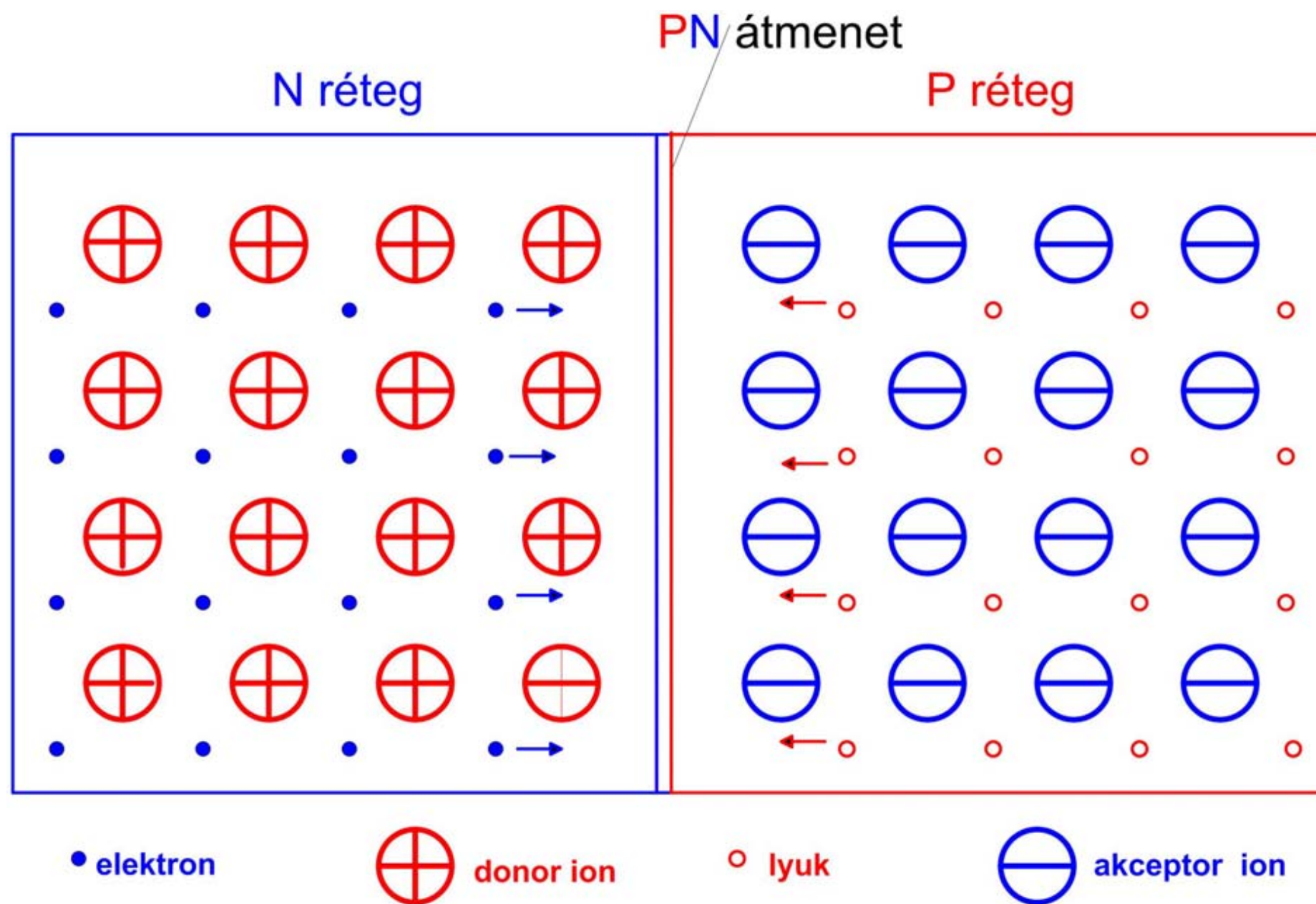
- helyettesítsük az egyik Si atomot egy háromvegyértékű atommal (pl.: bór, gallium, indium)
- a tetraéderes kötés kialakításához hiányzik egy elektron
- lyuk vándorol a kristályban
- az ilyen típusú szennyező az akceptor, a félvezető pedig a p-típusú
- elektron helyet lyuk, vezetést túlnyomó részt pozitív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

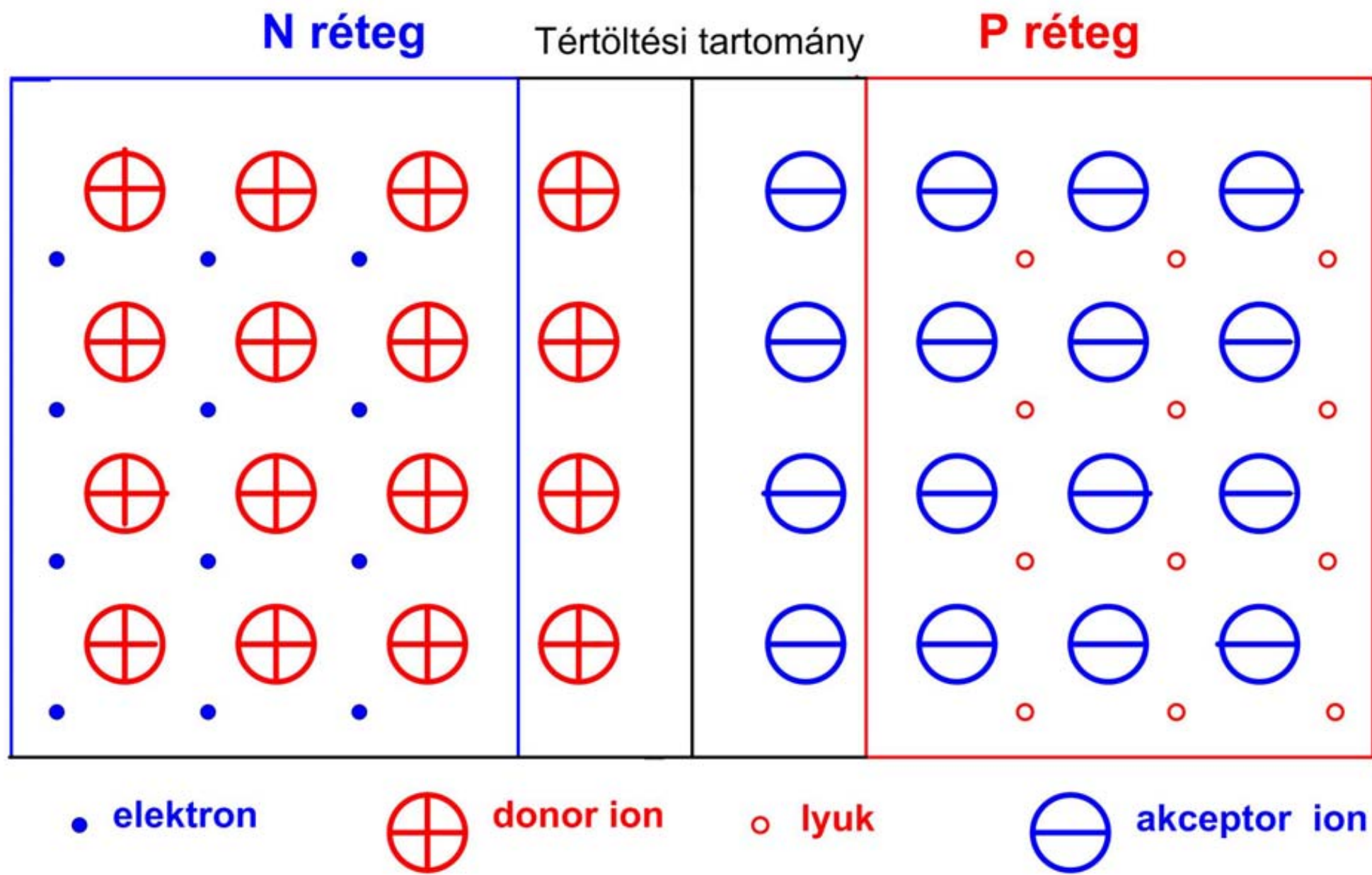


- a félvezető kristály donor illetve akceptor atomokkal történő szennyezése az adalékolás.
- adalékolással az intrinsic koncentrációt több nagyságrenddel meghaladó töltéshordozó-koncentrációt biztosíthatunk félvezetőkben.
- n-vezetőkben az elektronok, p-vezetőkben a lyukak vezetik túlnyomó részben az 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

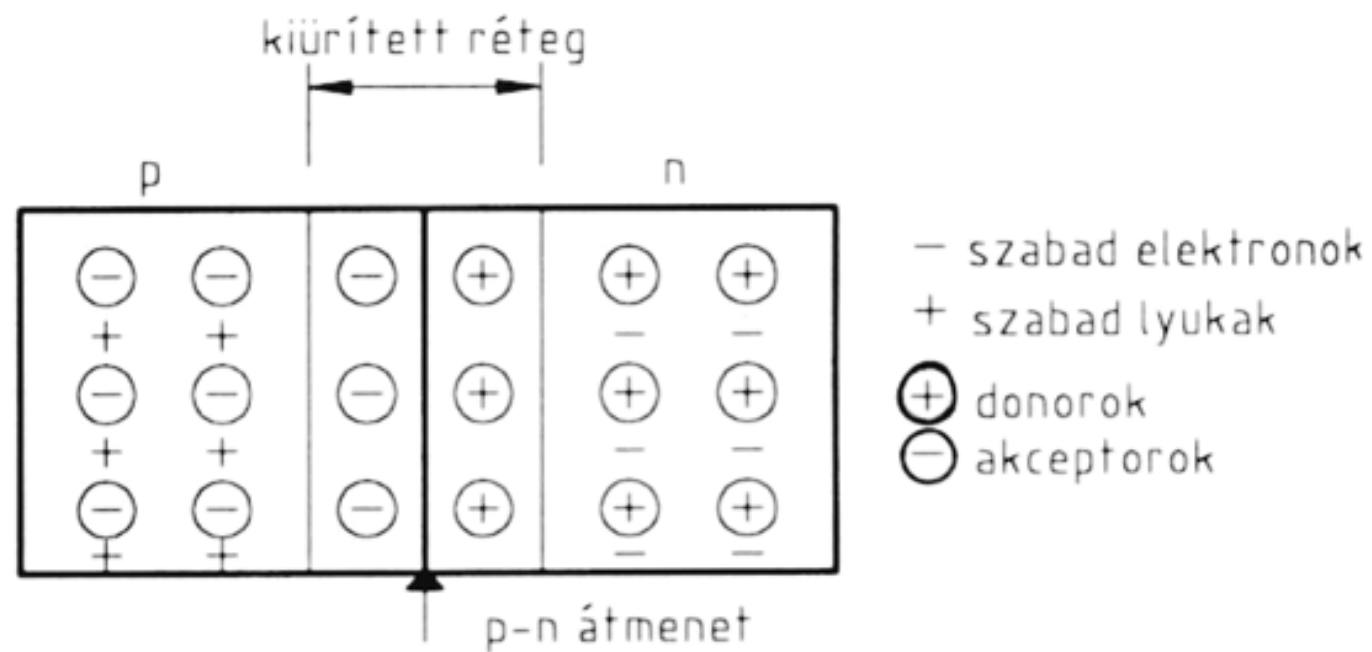
- adalékoljuk a félvezető kristály egyik felét n-típusúra, a másik felét p-típusúra
- a kettő közötti határfelület a p-n átmenet
- szabad töltéshordozók véletlenszerű termikus mozgást végezve átjutnak a p- és n-típusú tartományt elválasztó határfelületen
- n-típusúban mivel nagyobb az elektronkoncentráció, 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



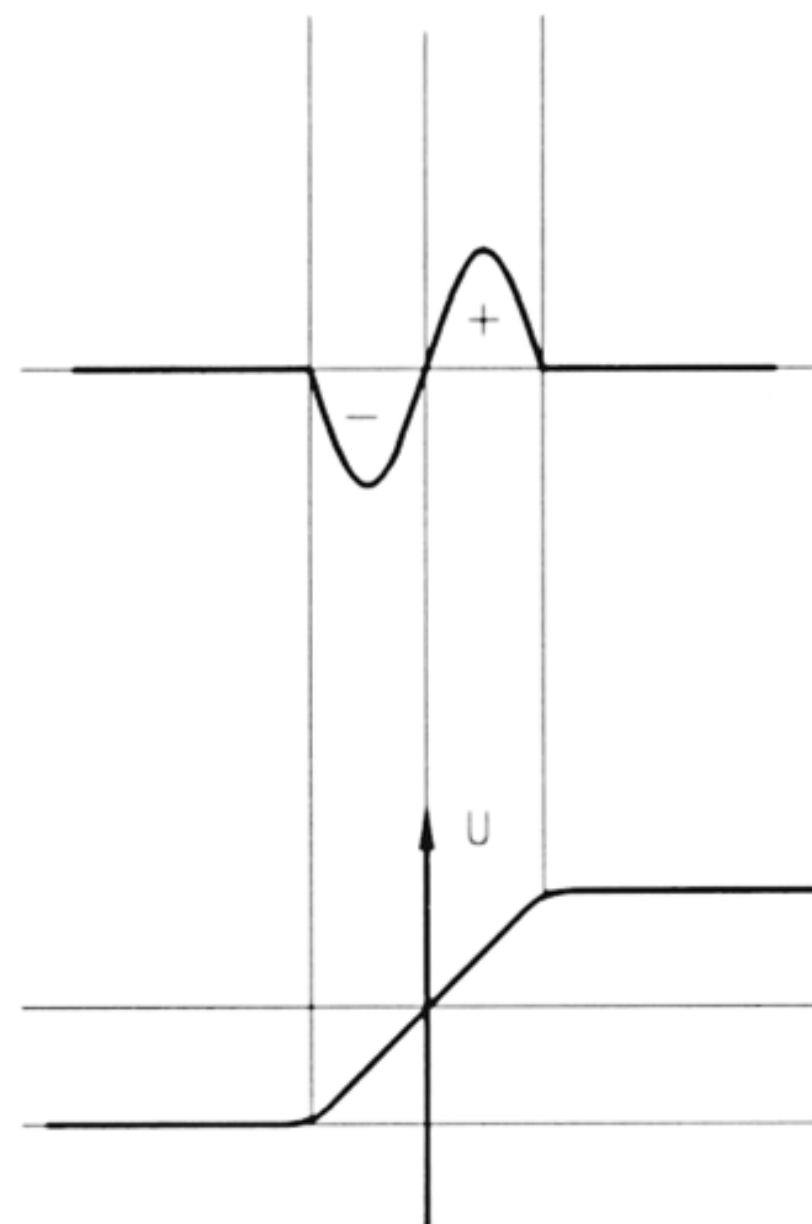


- p-típusú rész a beérkező elektronok és távozó lyukak miatt negatívvá teszik az n-típusú rész meg pozitív többlettöltés jön létre
- a töltések elektromos teret hoznak létre
- az elektromos tér iránya pozitívtól a negatív tértöltésű irányba mutat (n-rétegtől p-réteg felé)
- ezért n-típusú tartomány potenciálja 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

Méréstechnika labor

6. előadás

i. Feszültség mérése

2018. 10. 19.

A mérés technika alapelvei, alapfogalmai

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

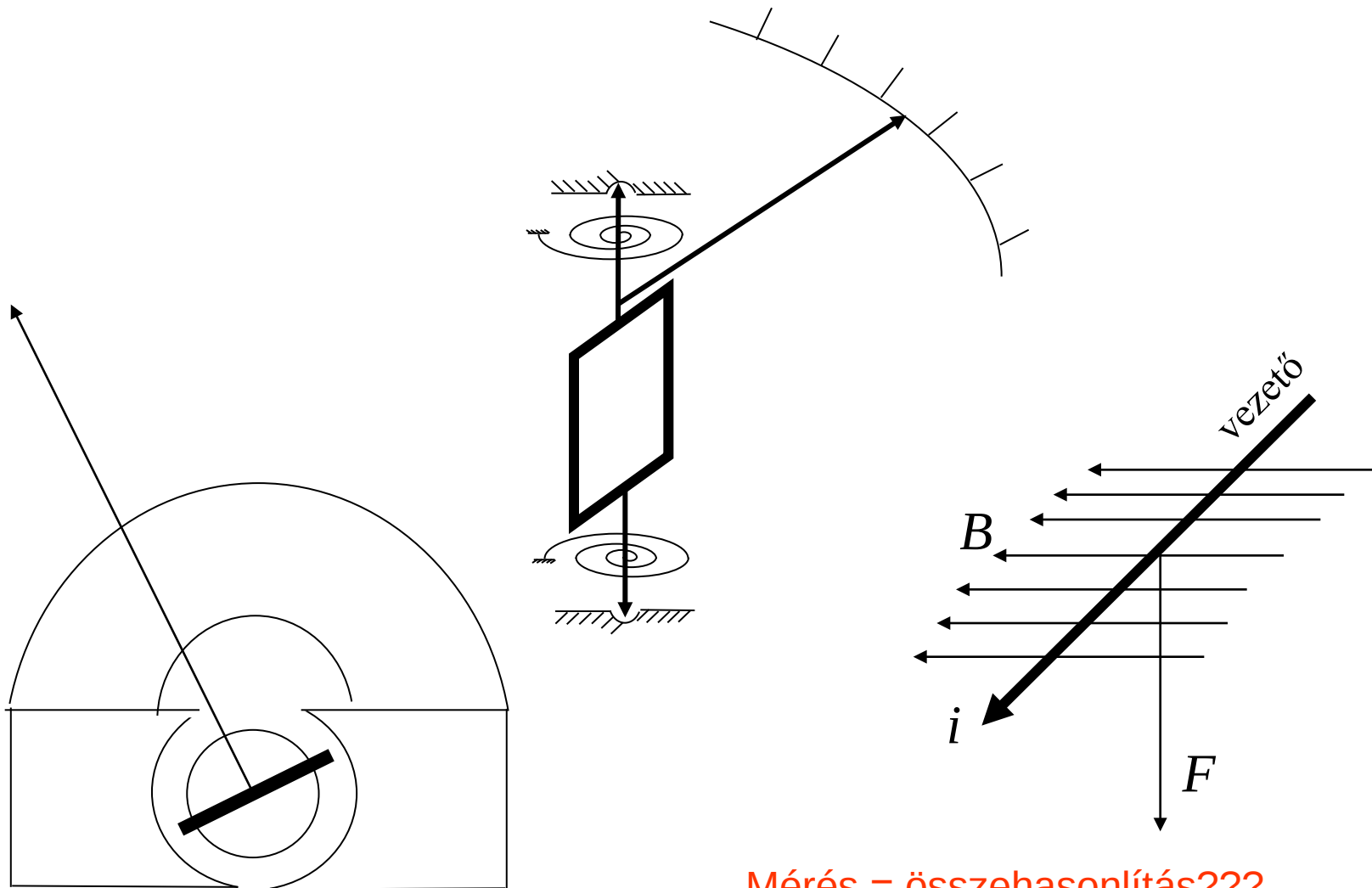
Áram és feszültség mérés nehézségei:

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

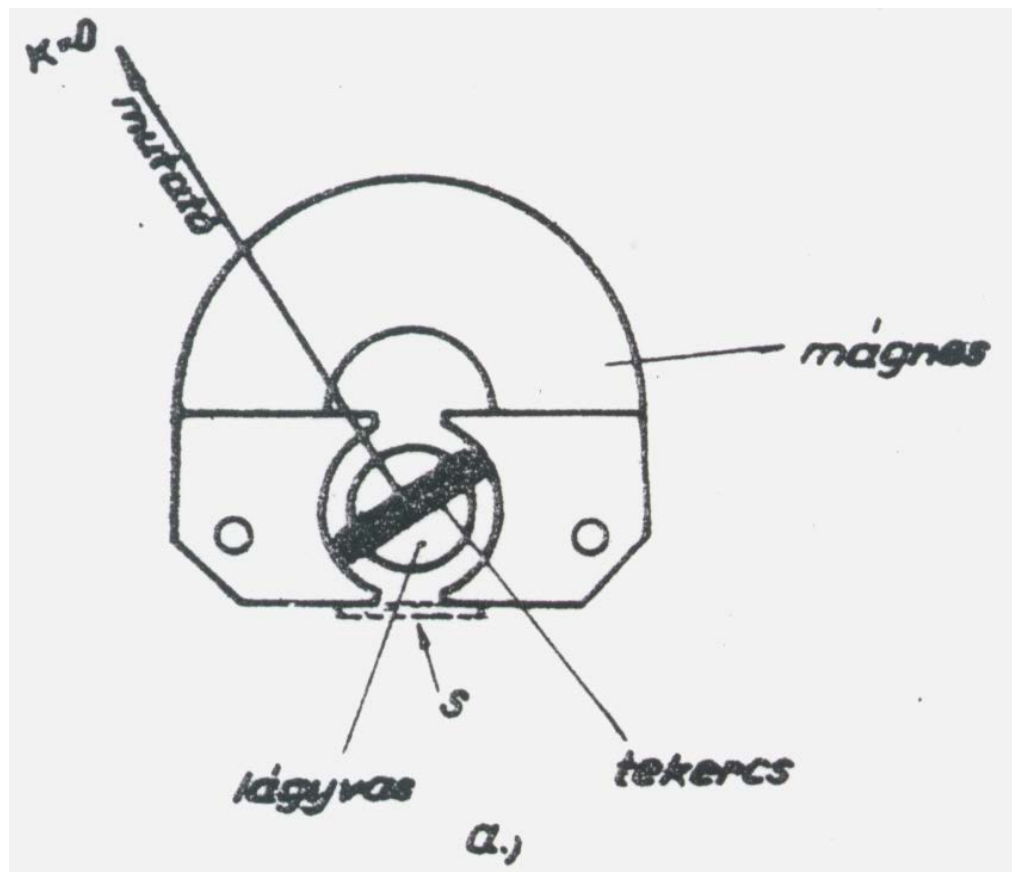
Nagy pontossági követelmények, nagyon bonyolult mérési elvek

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???



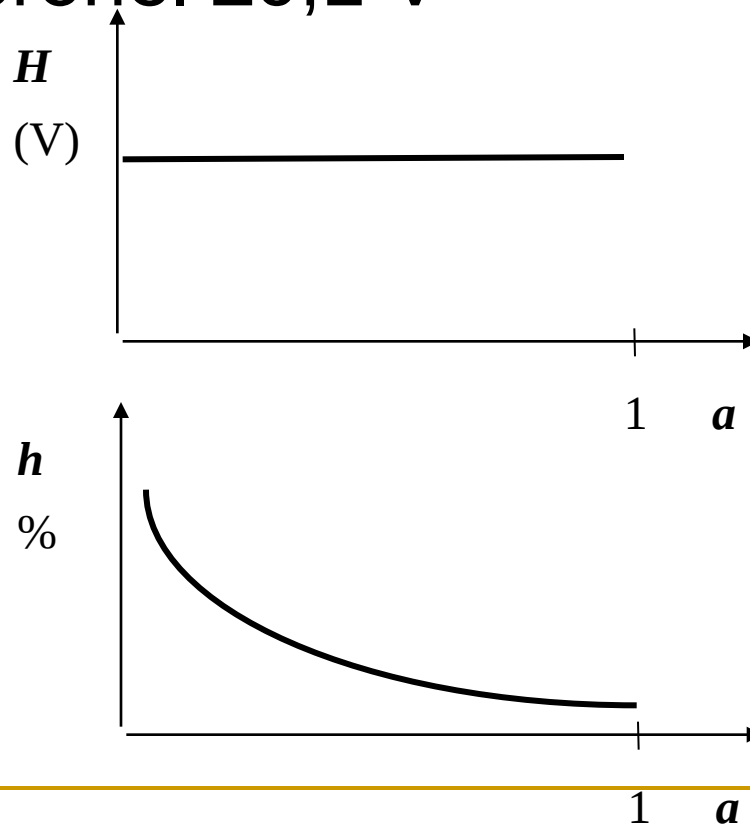
A hiba megadási módjai, értékfüggése I.

- **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 ($h = 1\%$)

$$h = H/a, \quad \text{ahol } a \text{ a mutatott érték (kitérés)}$$

A hiba megadási módjai, értékfüggése II.

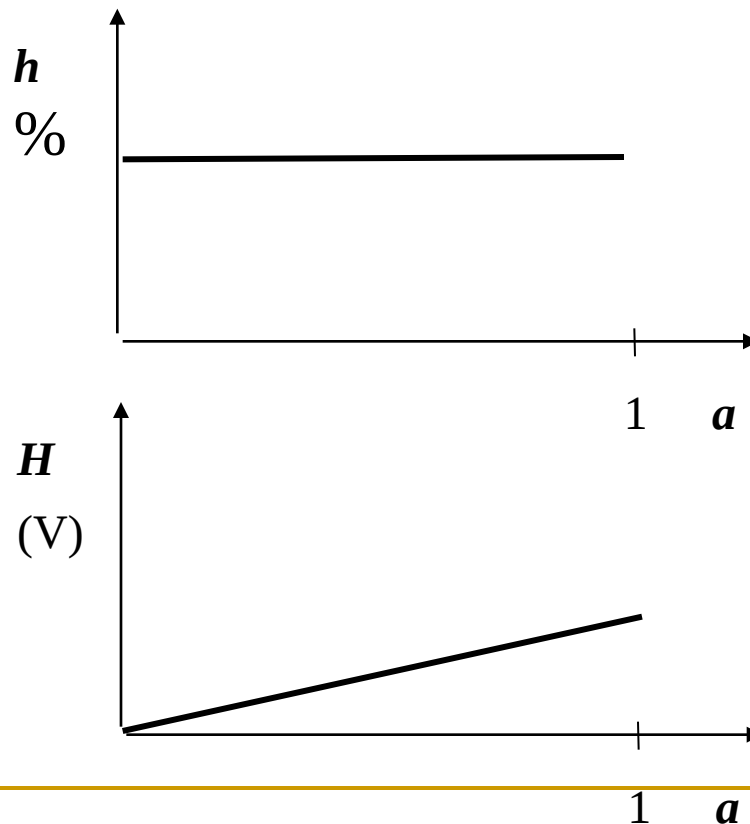
- **Állandó abszolút hiba:** pl. egy voltmérőnél $\pm 0,1 \text{ V}$



Oscilloszkóp!!!

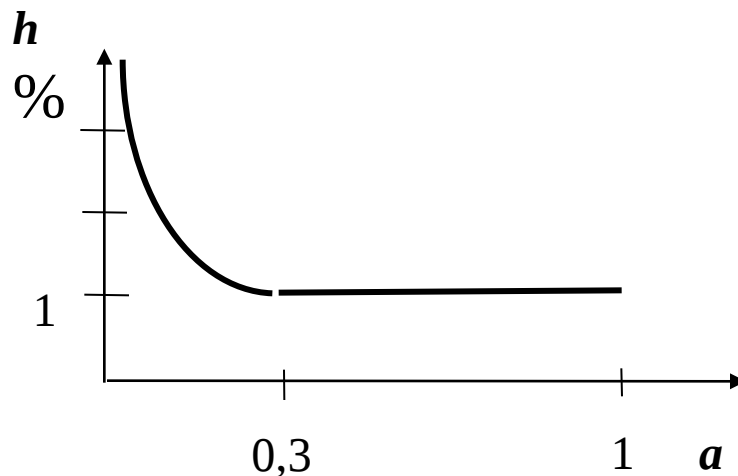
A hiba megadási módjai, értékfüggése III.

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

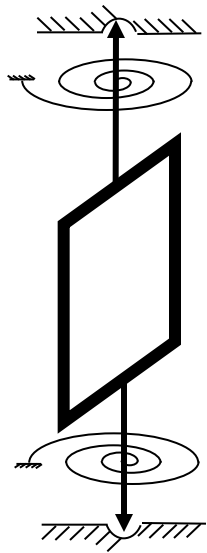


A hiba megadási módjai, értékfüggése IV.

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



Deprez rendszerű műszer hibái

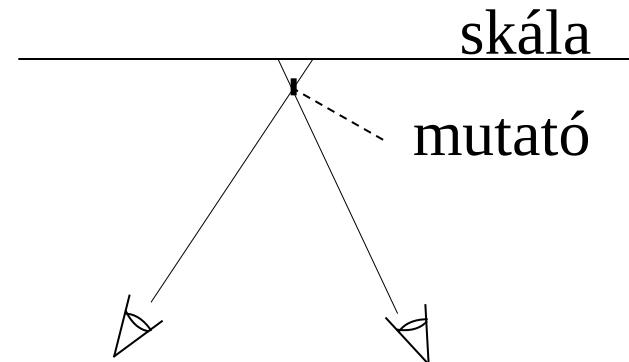


Csúcshiba: Az abszolút hiba nagysága állandó

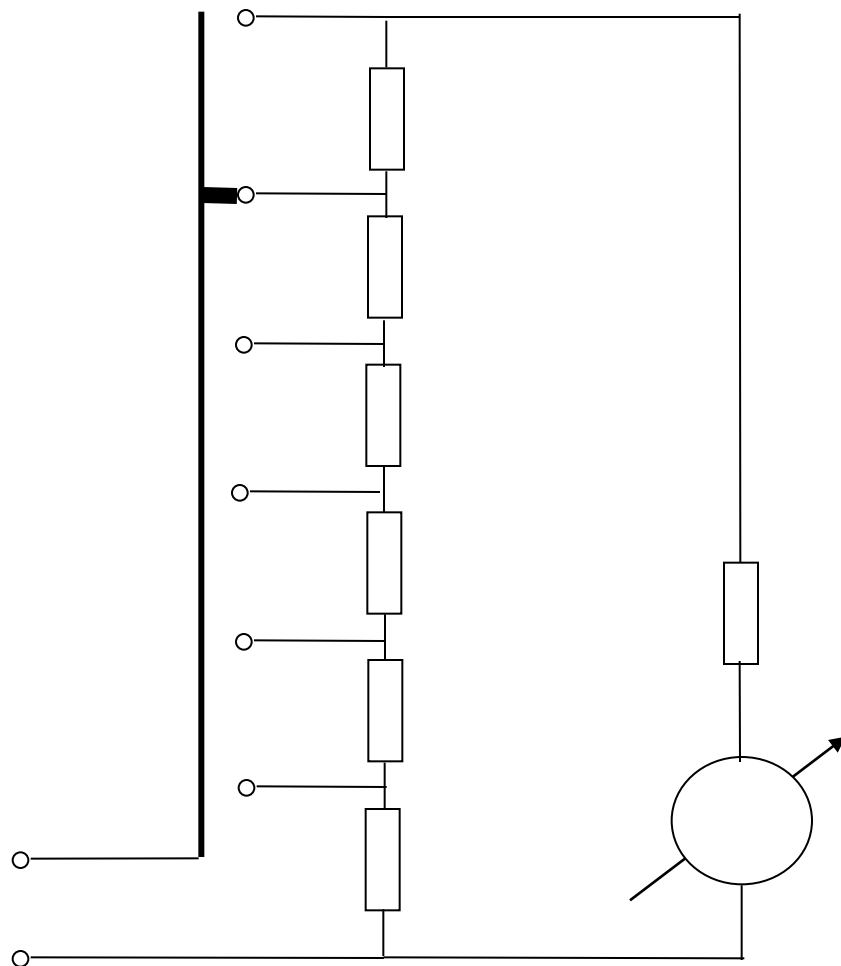
Csak a terhelési hiba árán csökkenthető

Leolvasási hiba: Az abszolút hiba nagysága állandó

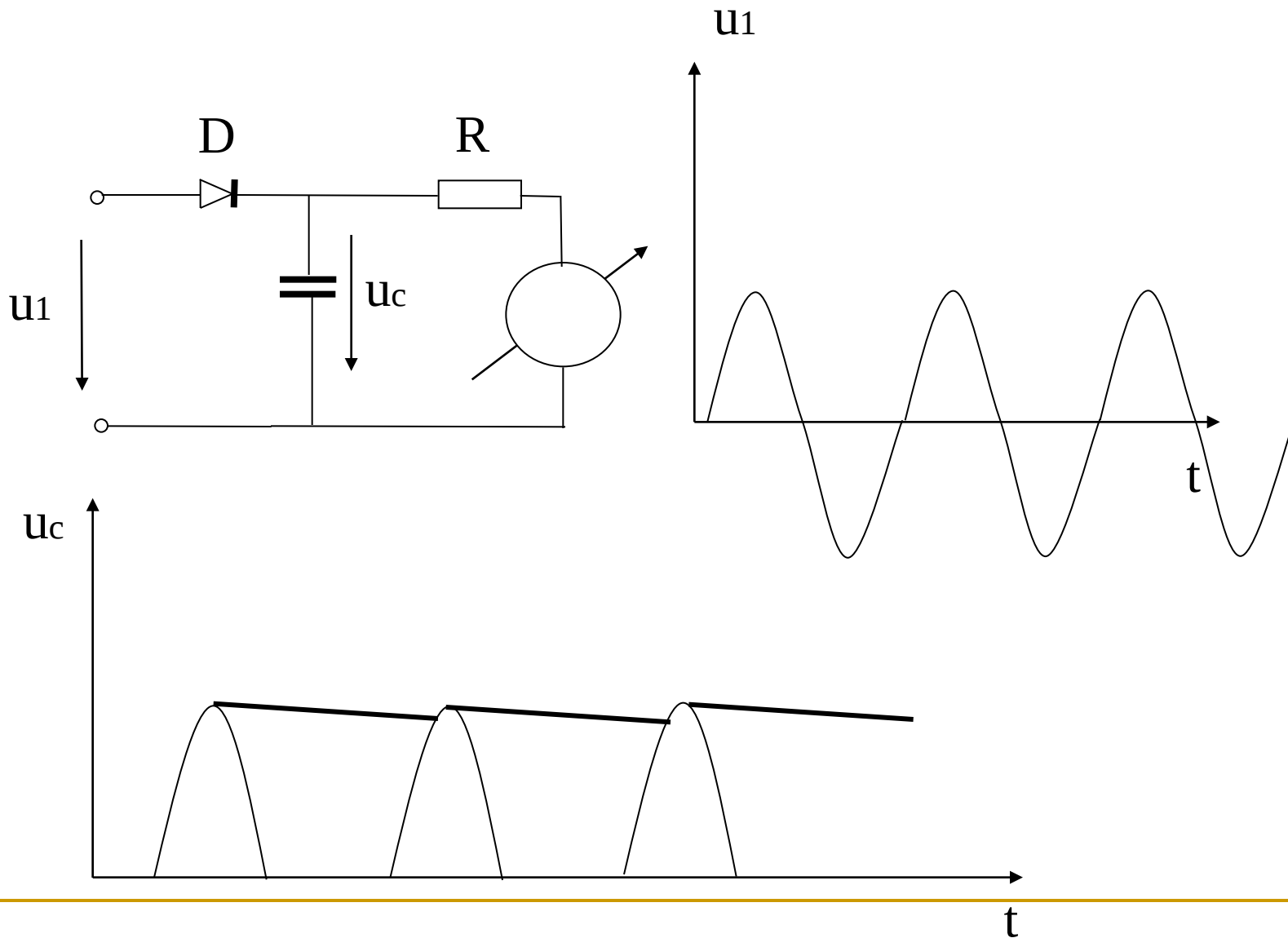
Skálatükörrel csökkenthető



Kéziműszerek

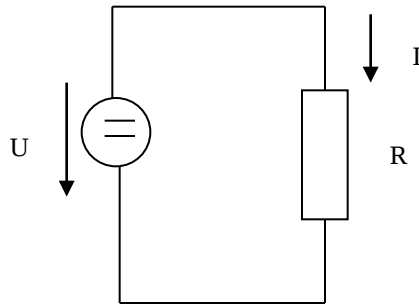


Váltakozó feszültség mérése

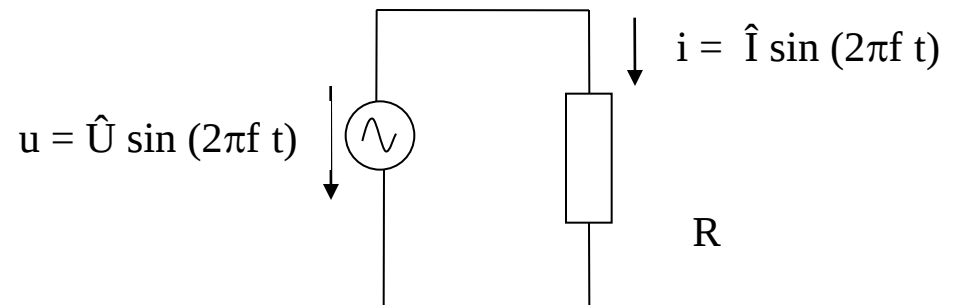


Effektív érték számolása

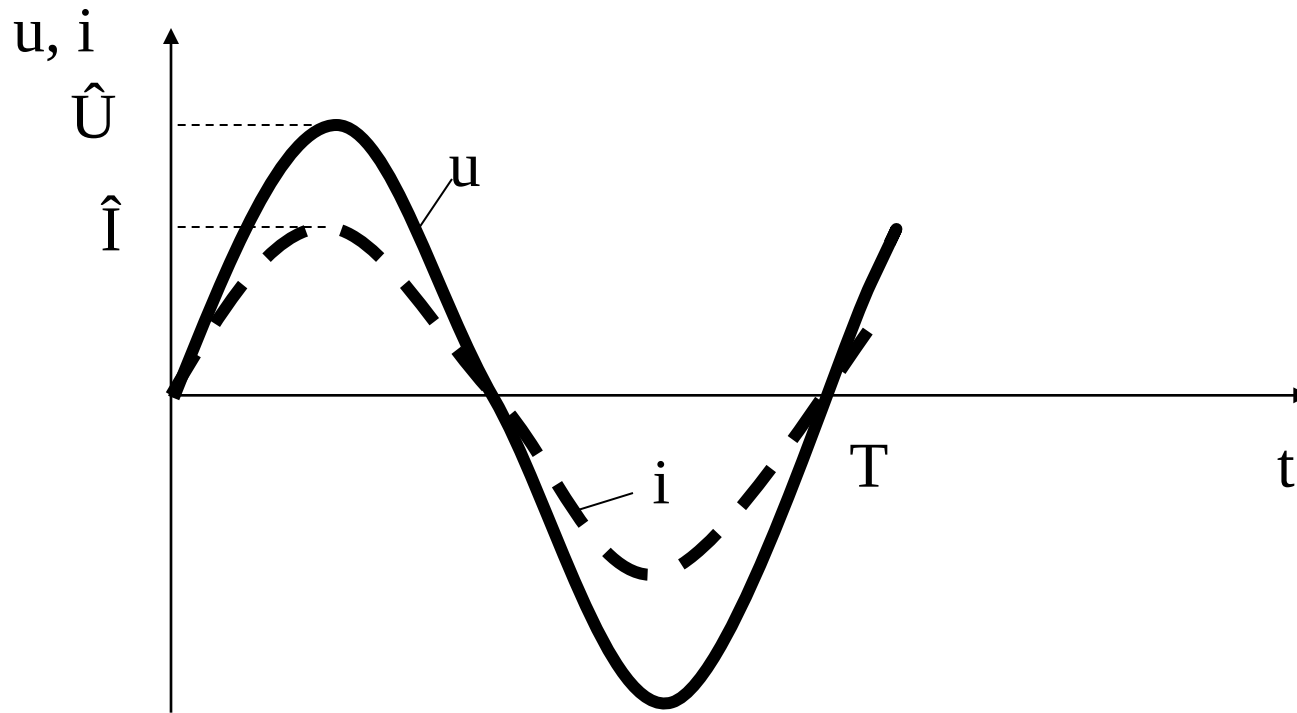
Alapelv: Váltakozó feszültségű áramkörben a teljesítmény pillanatértéke változik



$$P=UI$$



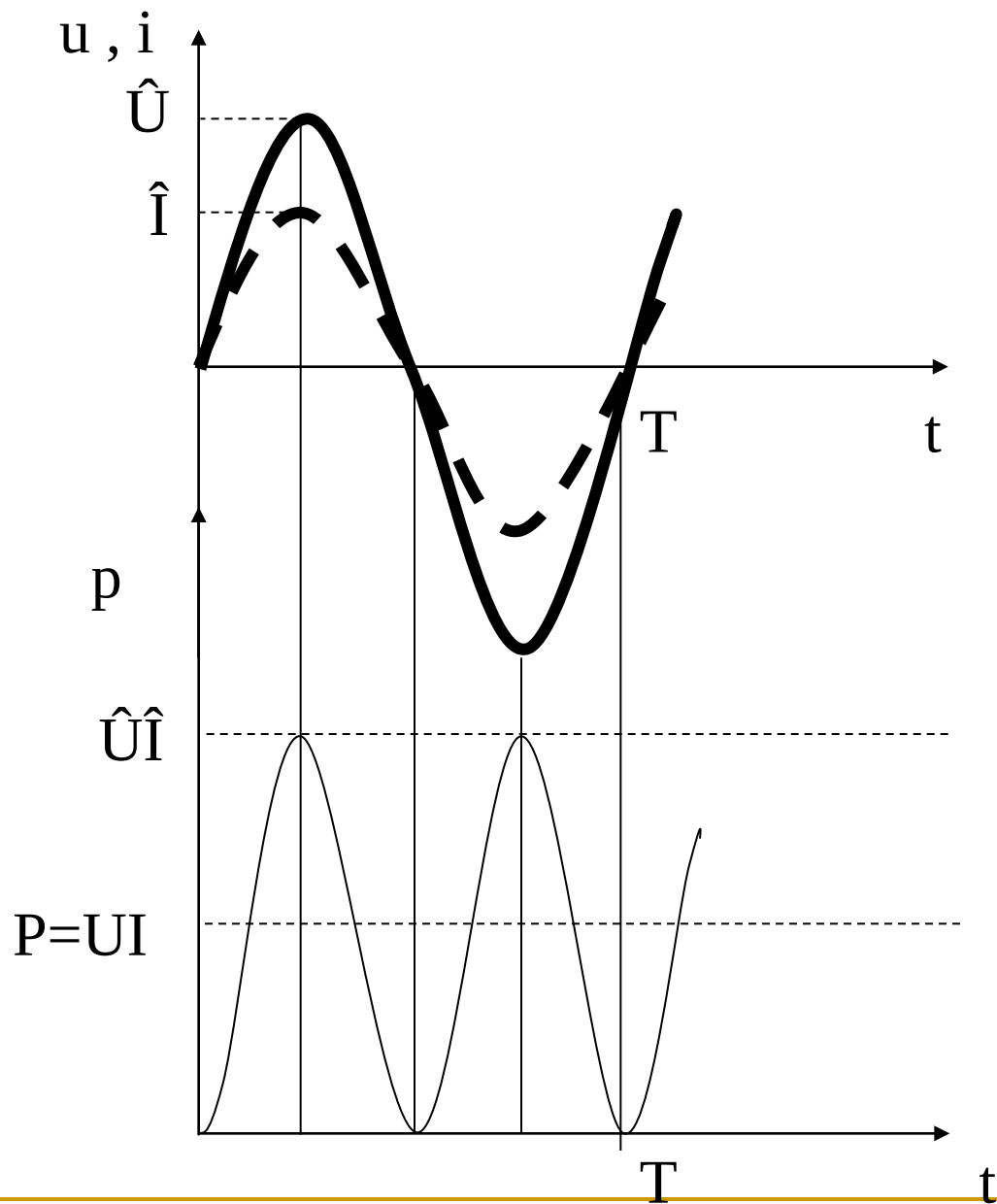
$$p = ui = \hat{u} \hat{i} \sin^2(2\pi f t)$$



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

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

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



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

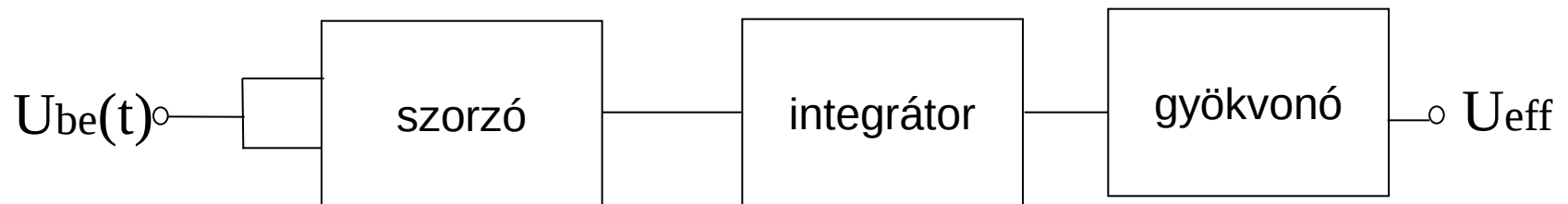
$$P = \frac{1}{2} \hat{U} \hat{I} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \hat{I} \right)$$

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

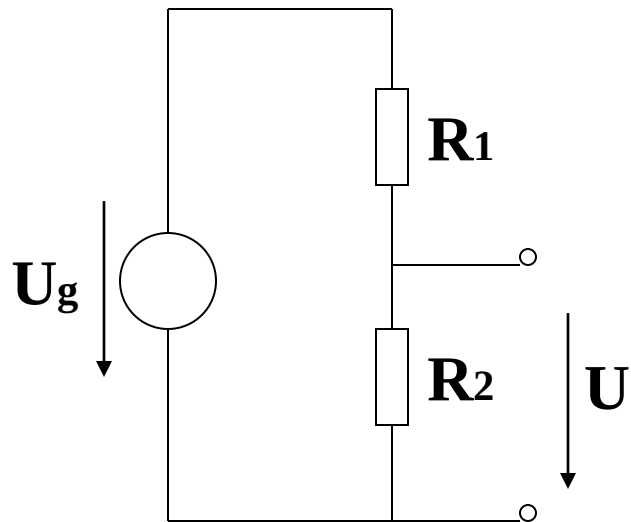
Tényleges effektív érték mérése

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

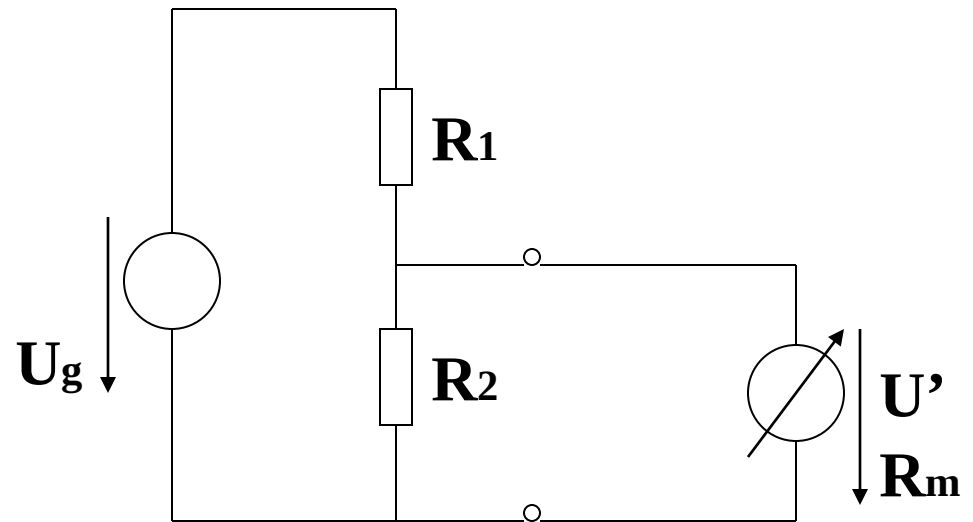
Effektív érték konverter



Terhelési hiba

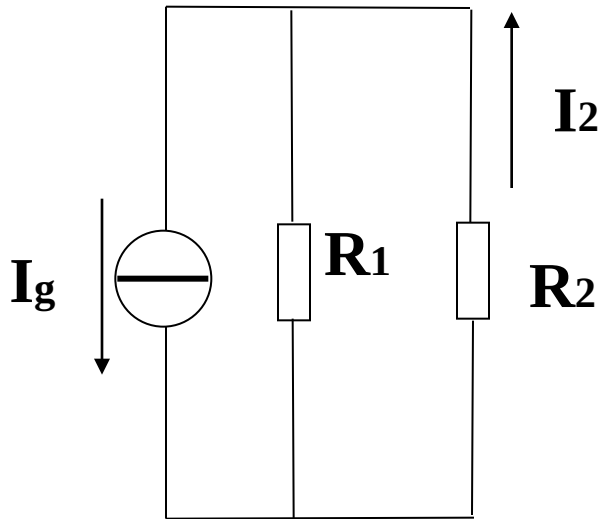


$$U = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

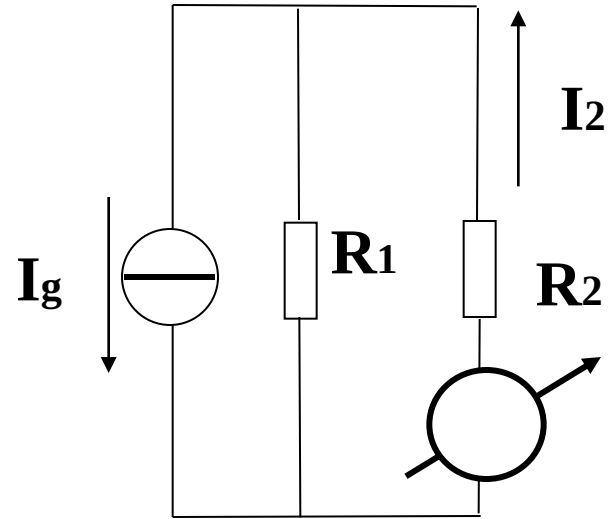


$$U' = U_g \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_1 \frac{R_2}{R_m}}$$

Terhelési hiba árammérésnél

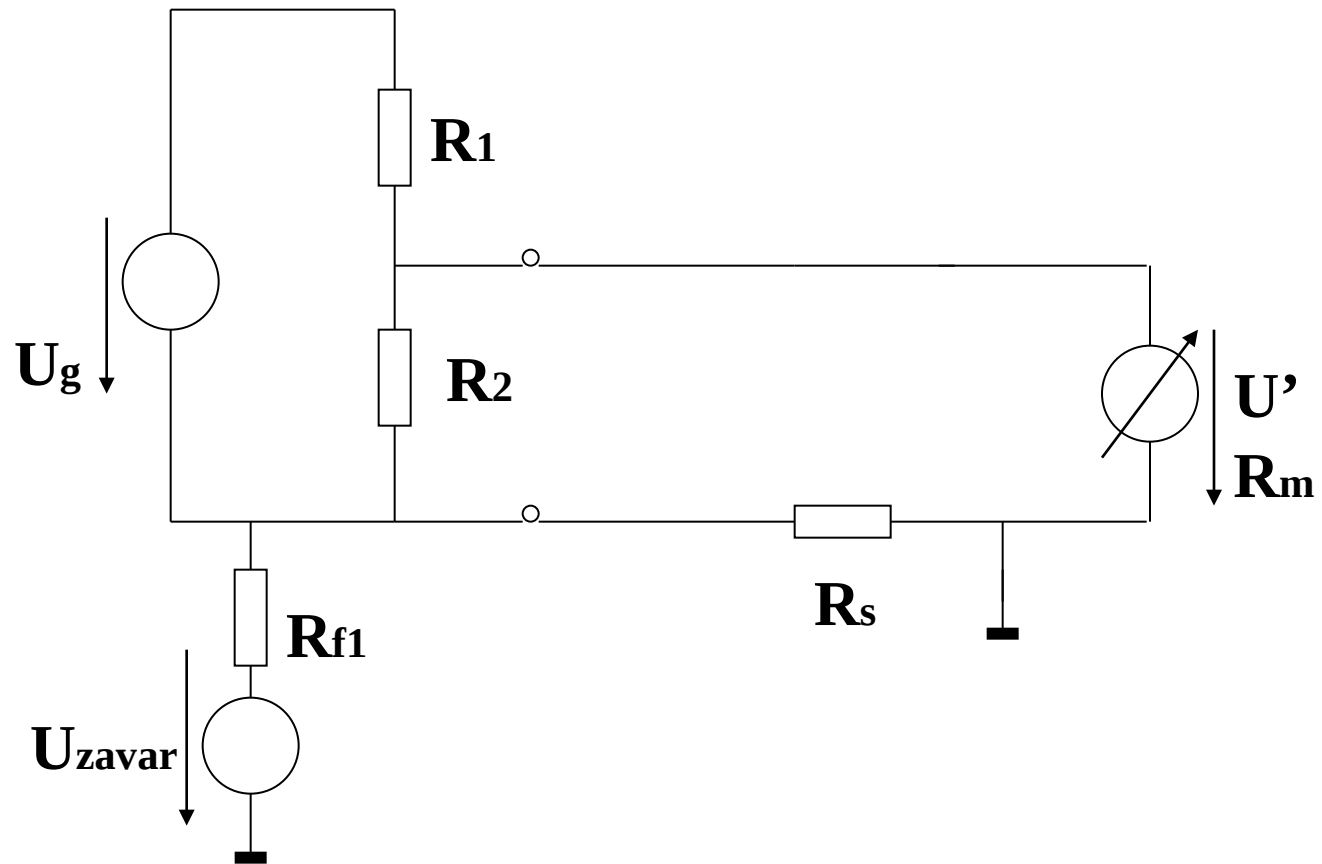


$$I_2 = I_g \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

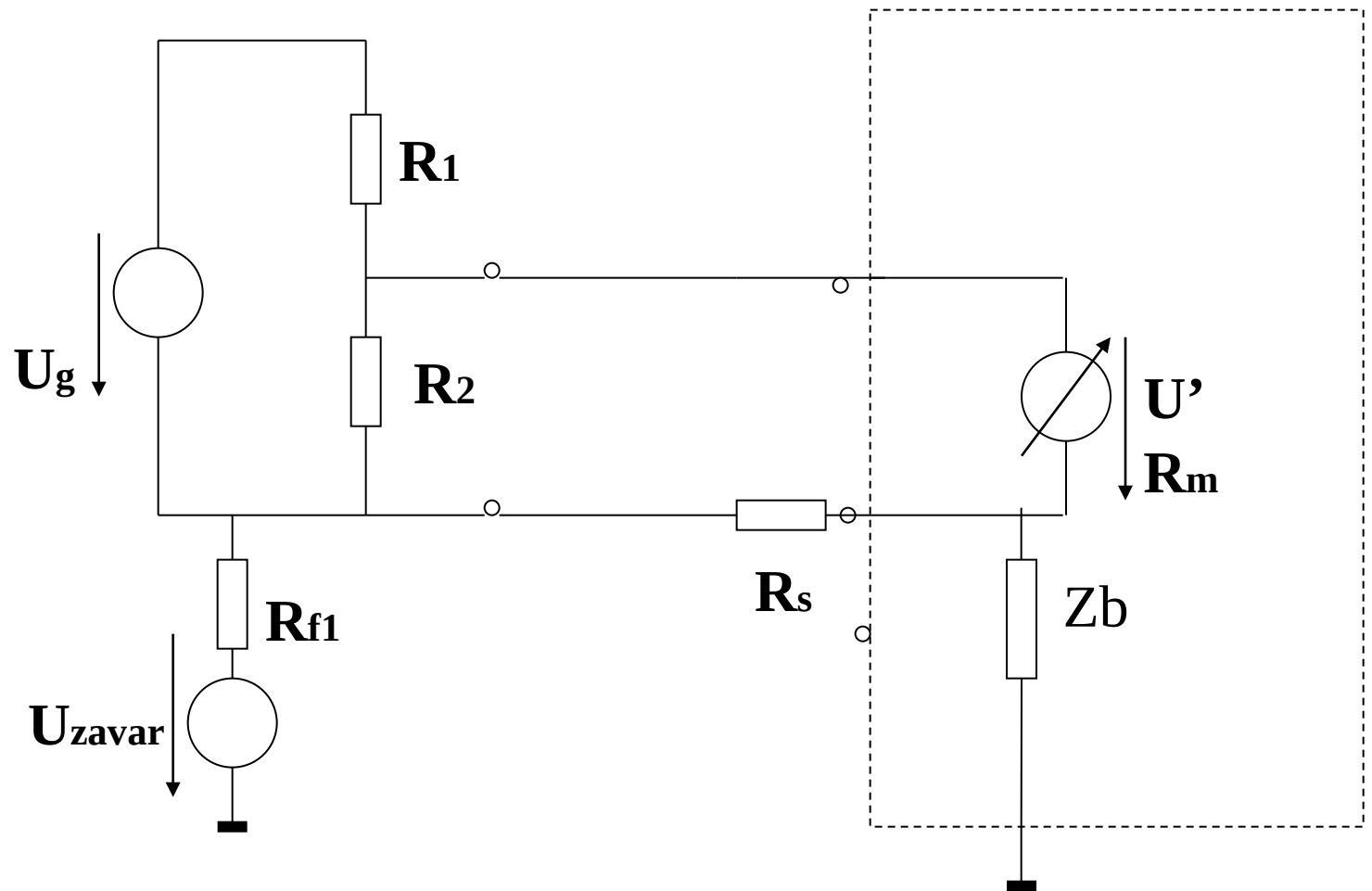


$$I_2' = I_g \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_m}$$

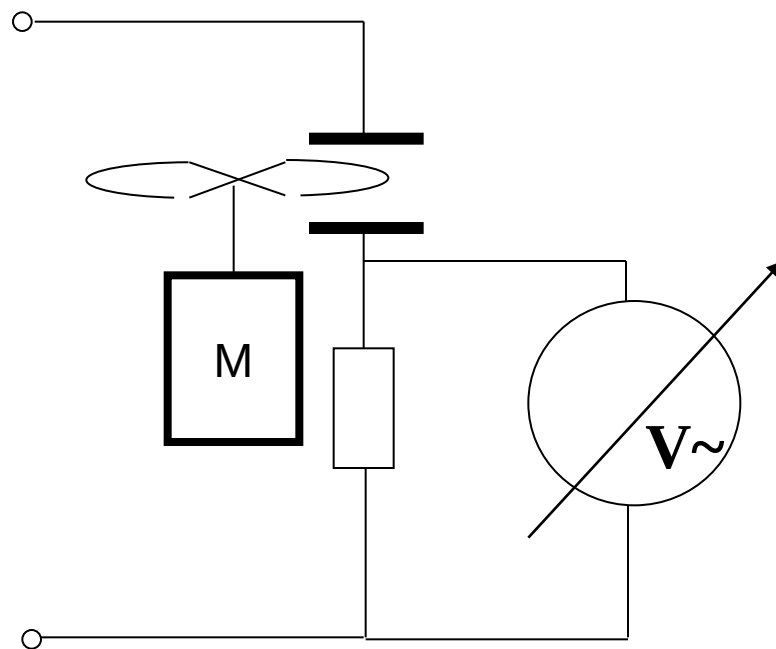
Földelési kérdések



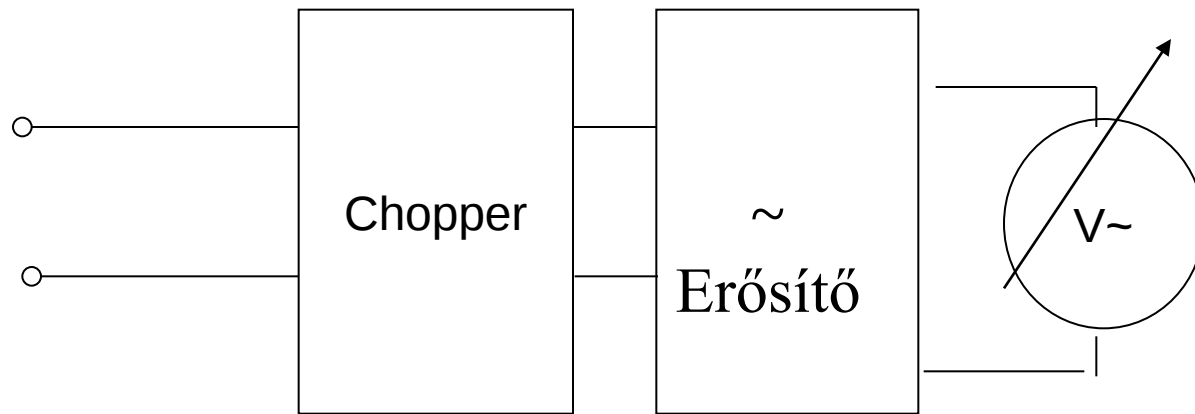
Földelési kérdések -- GUARD



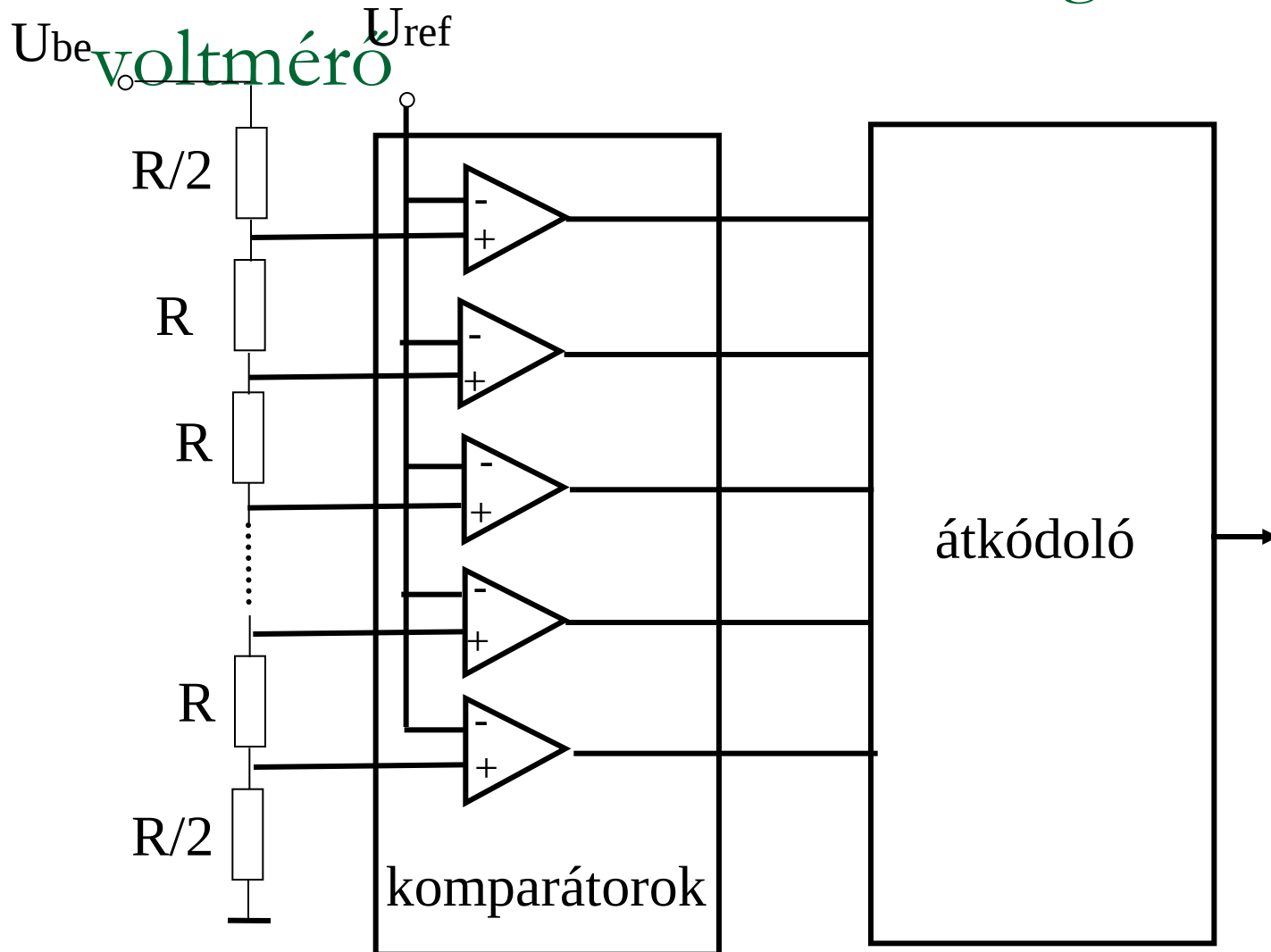
Igen nagy egyenfeszültségek mérése



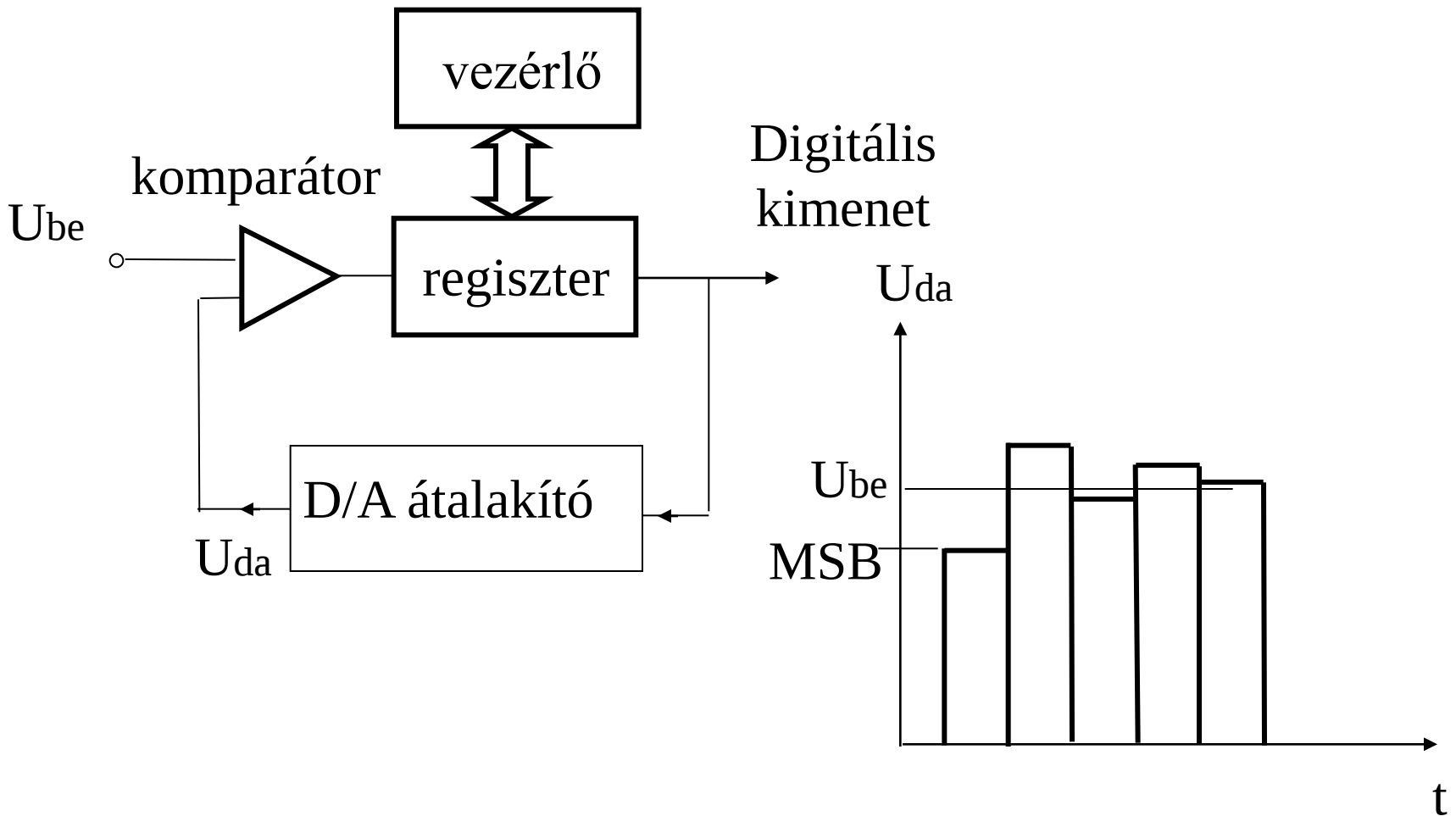
Igen kis egyenfeszültségek mérése



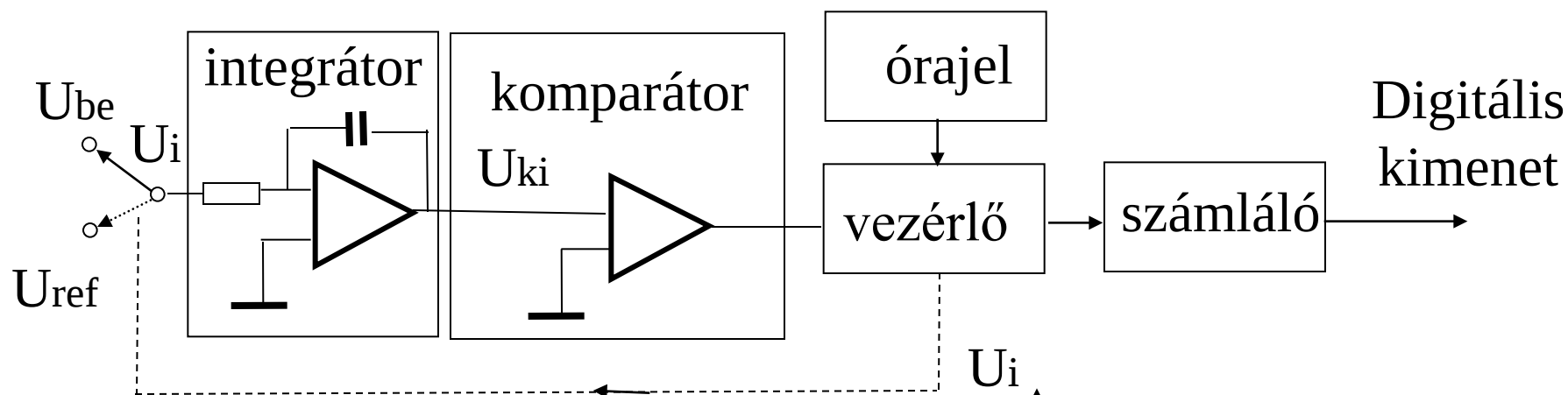
Párhuzamos AD átalakító digitális



Szucesszív approximációs digitális voltmérő

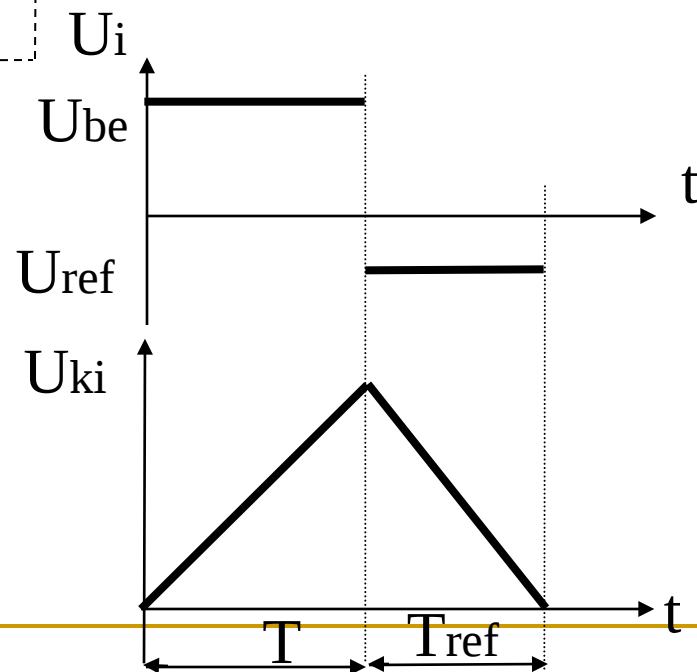


Dual-slope AD átalakítós digitális voltmérő



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

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



Vége az 6. előadásnak

i. Feszültség mérése

2018. 10. 19.

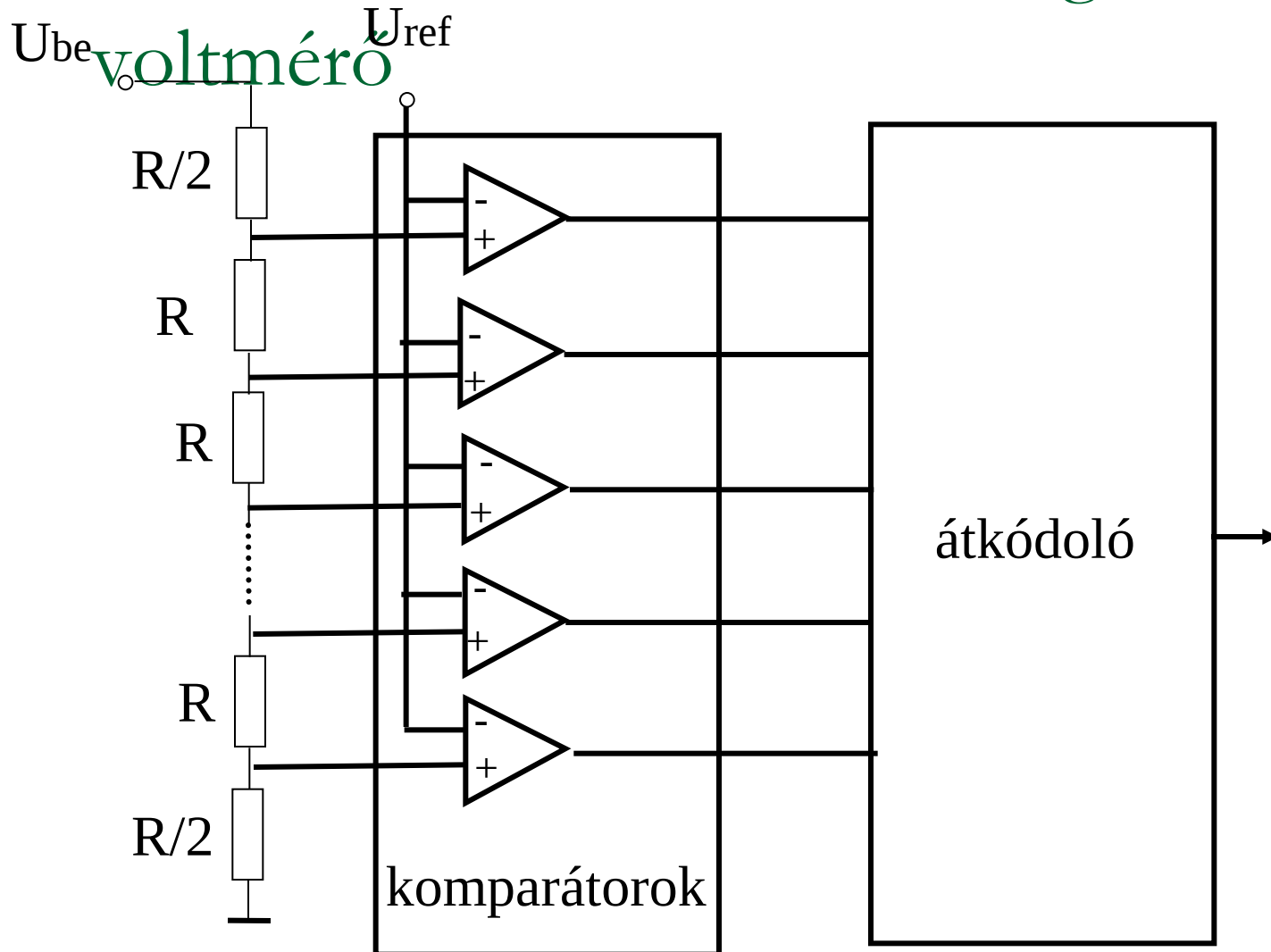
Méréstechnika labor

7. előadás

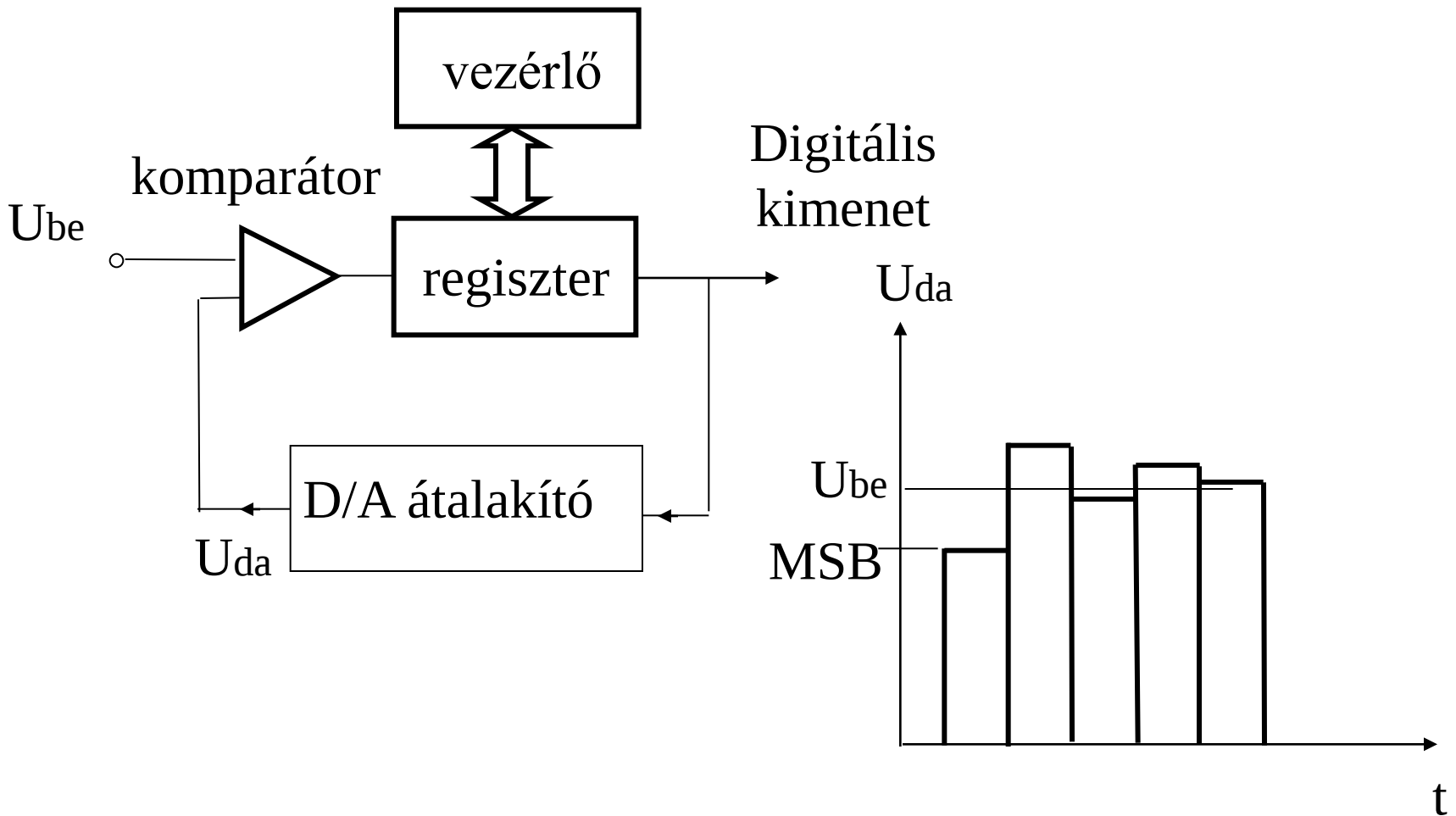
Feszültség mérése
Jelalak mérése
Idő- és frekvencia mérés

2018. 10. 26.

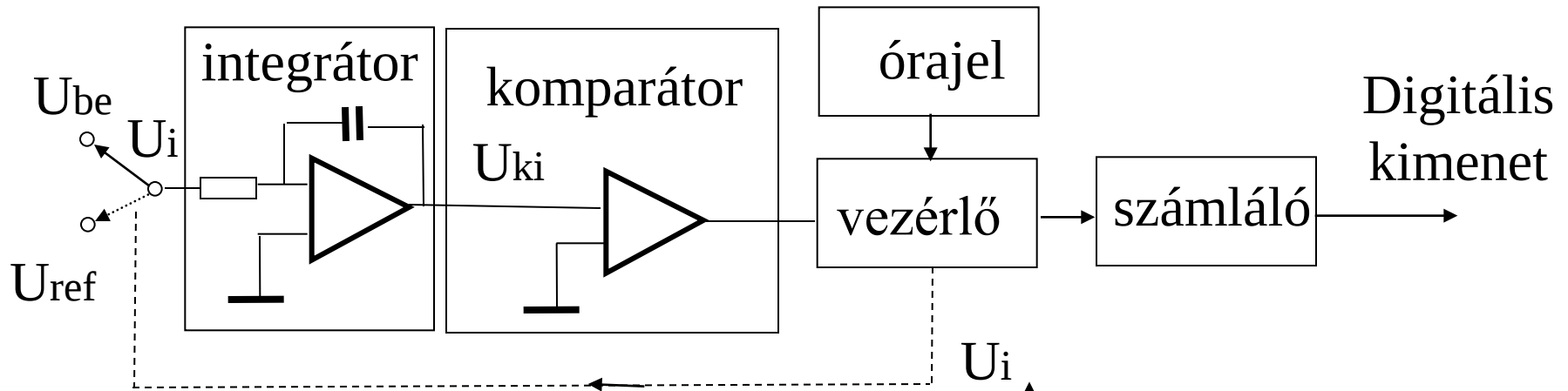
Párhuzamos AD átalakító digitális



Szucesszív approximációs digitális voltmérő

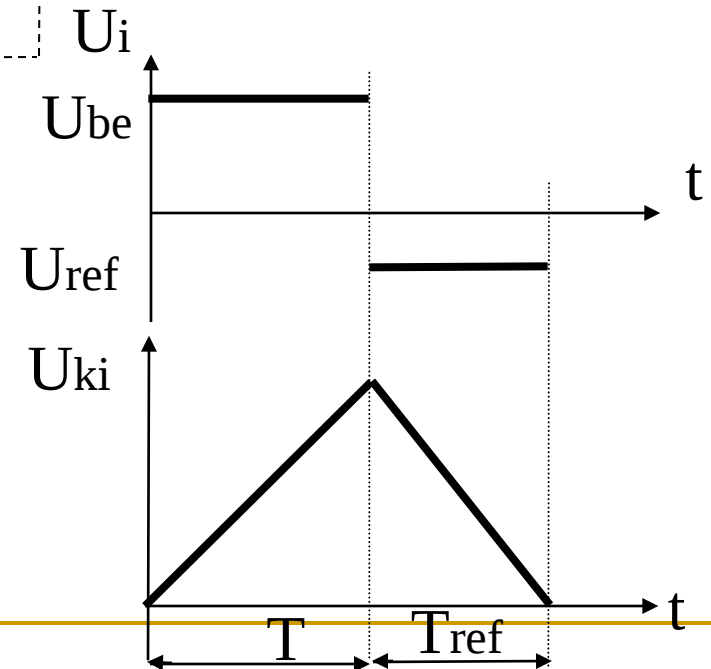


Dual-slope AD átalakítós digitális voltmérő



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

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



Digitális multiméterek

Szokásos üzemmódok:

egyenfeszültség (DC)

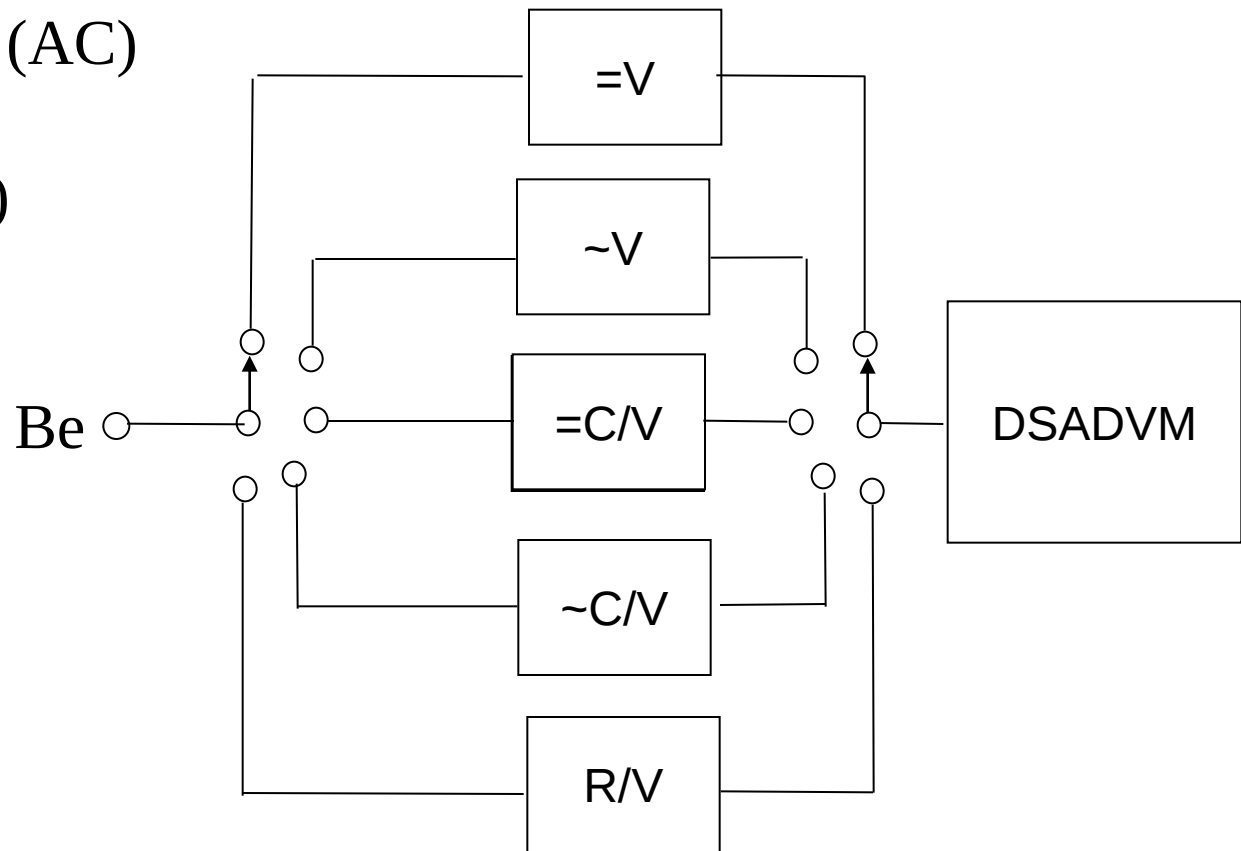
Váltakozó feszültség (AC)

Egyenáram (DC)

Váltakozó áram (AC)

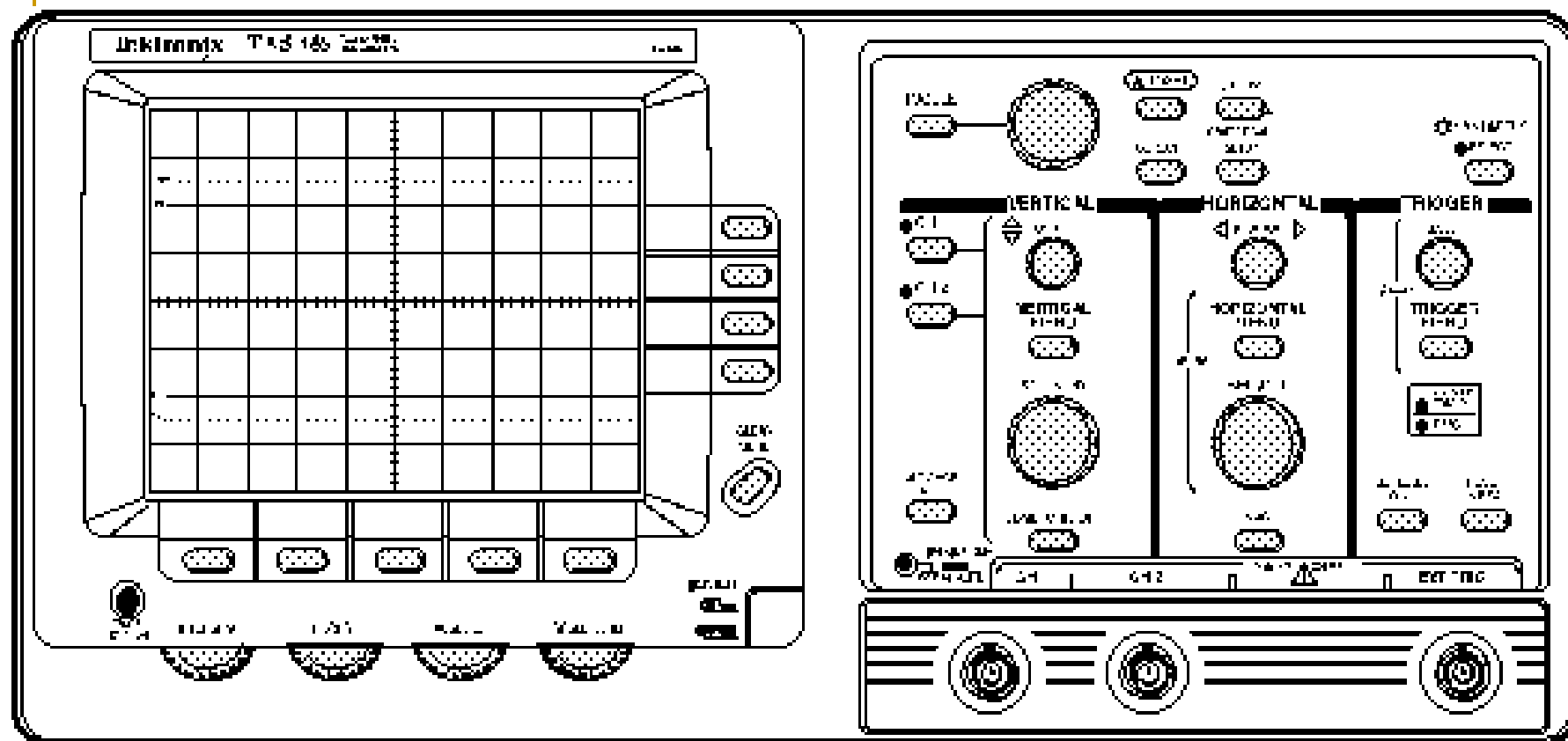
ellenállás (R)

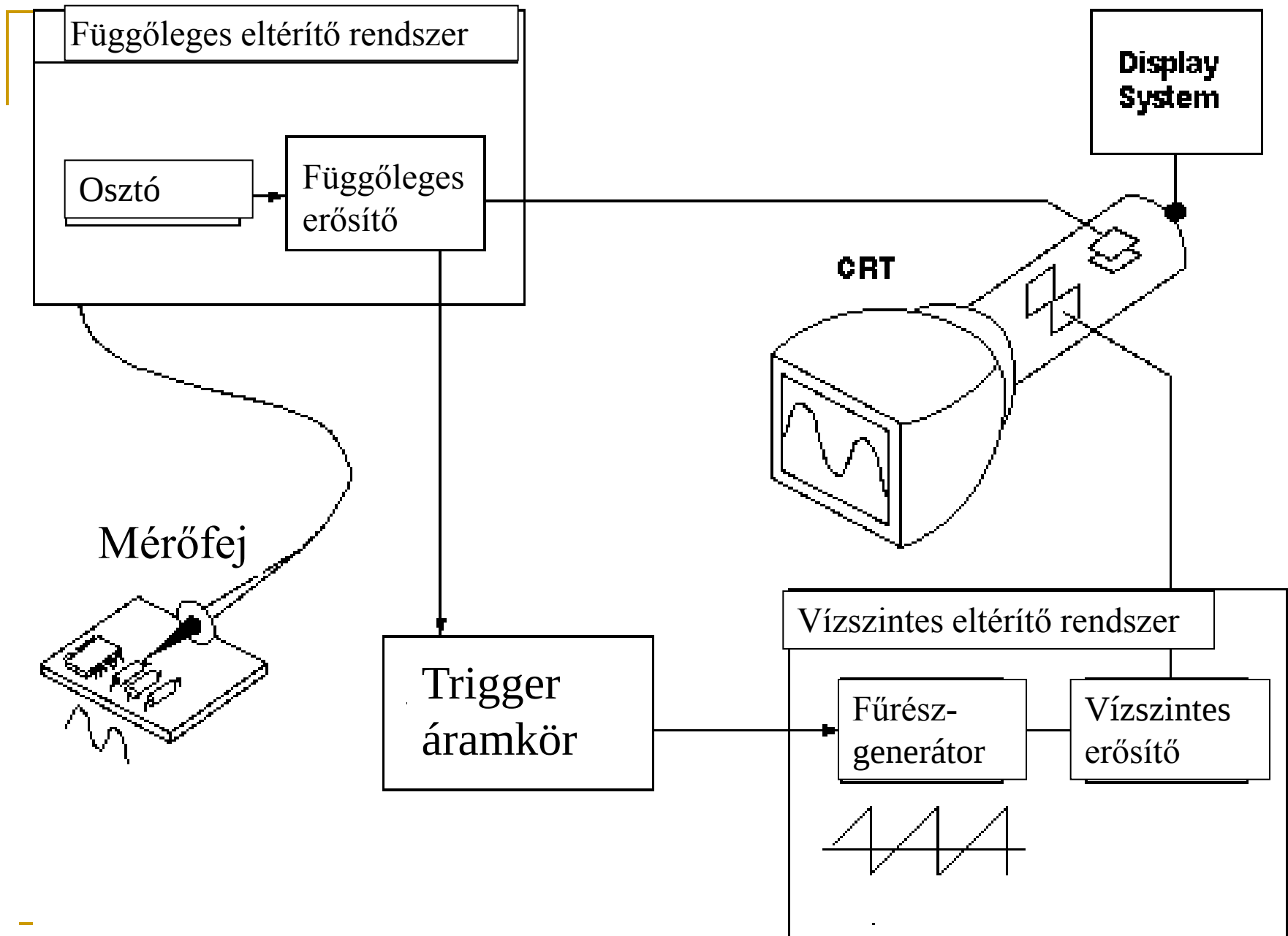
Osztók és átalakítók

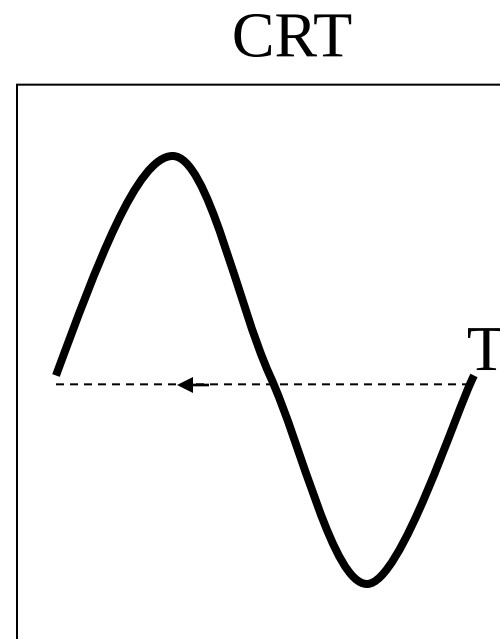
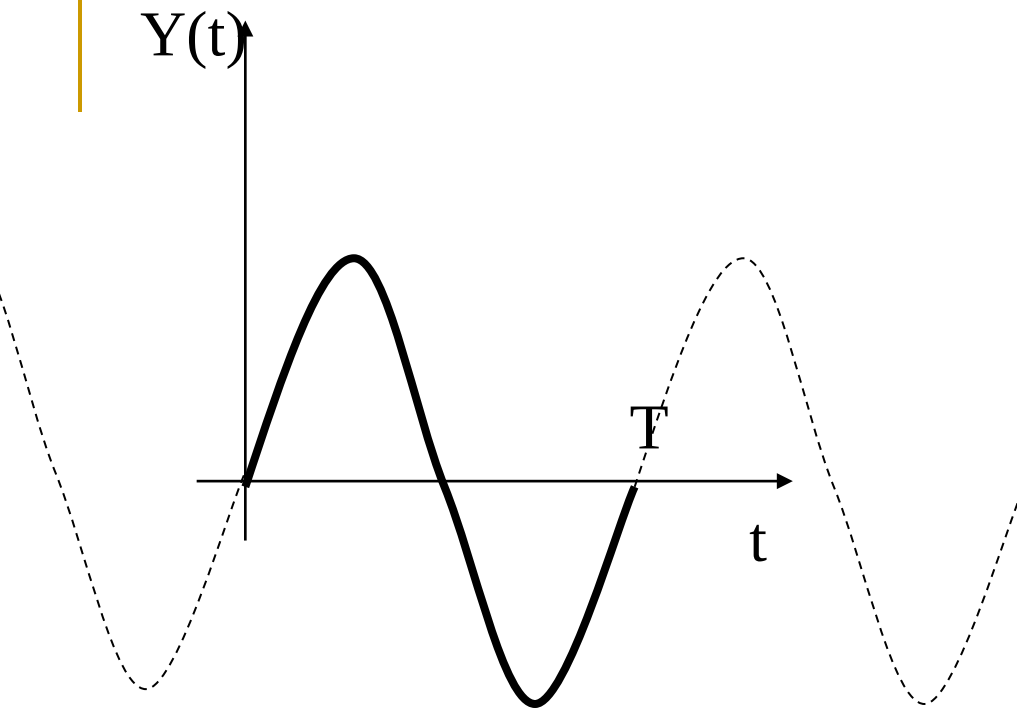


Jelalak megjelenítése

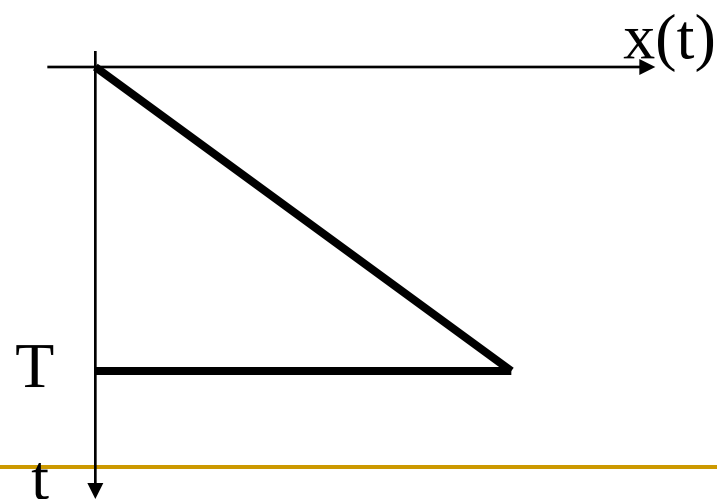
- Az oszcilloszkópok -- jelalak időfüggvényének megjelenítésére szolgáló műszer.
- Legfőbb jellemzői: csatornaszám, érzékenység, határfrekvencia
- Megjelenítő eszköz: katódsugárcső (CRT) vagy folyadékkristályos kijelző (LCD)
- A CRT elektronsugarat tesz láthatóvá. Vízszintes eltérítését időben állandó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



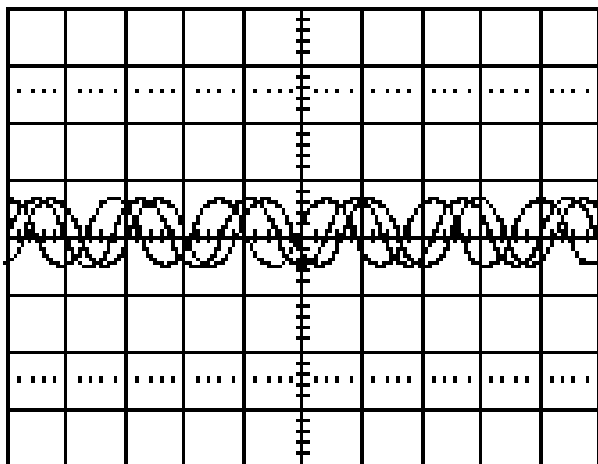




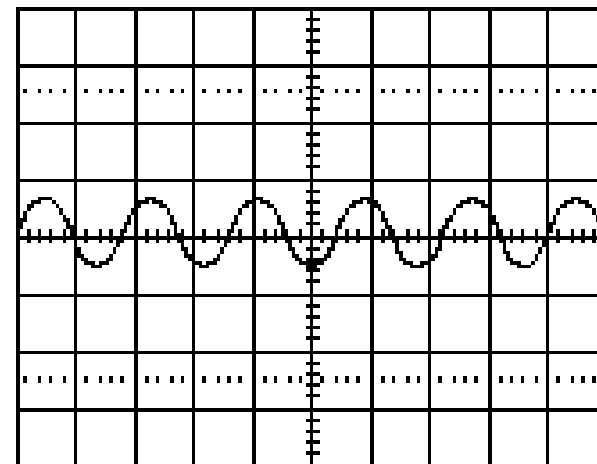
Szinkronizálás!!



**Untriggered
Display**



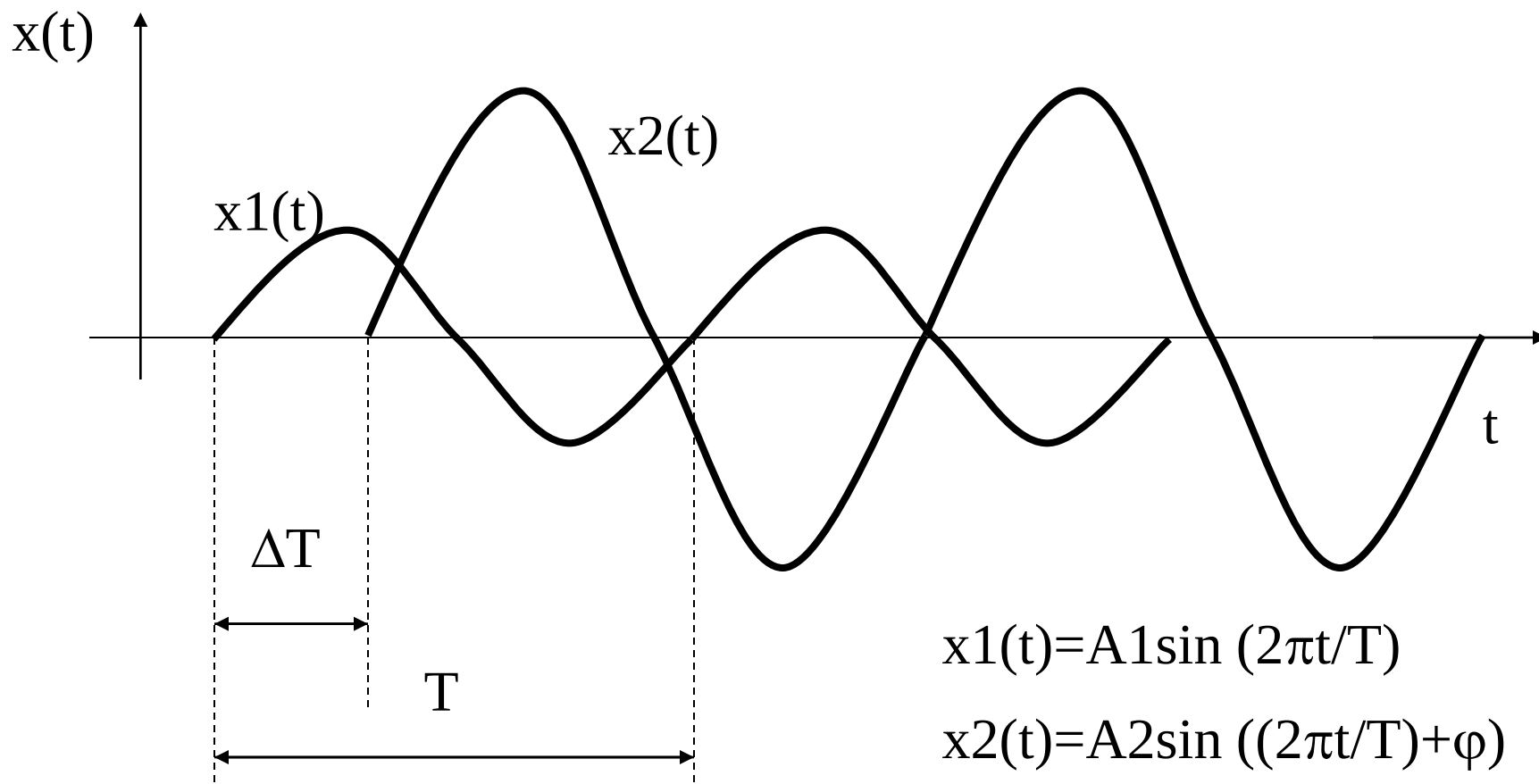
**Triggered
Display**



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



$$x_1(t) = A_1 \sin(2\pi t/T)$$

$$x_2(t) = A_2 \sin((2\pi t/T) + \varphi)$$

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

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, akármilyen 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 -- akárhogy 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. Jövendő 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 hármass 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.

Vége 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)

Vége az 7. előadásnak

Feszültség mérése
Jelalak mérése
Idő- és frekvencia mérés

2018. 10. 26.

Méréstechnika labor

8. előadás

Idő- és frekvencia mérés
Példák
Orvosi méréstechnika

2018. 11. 09.

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

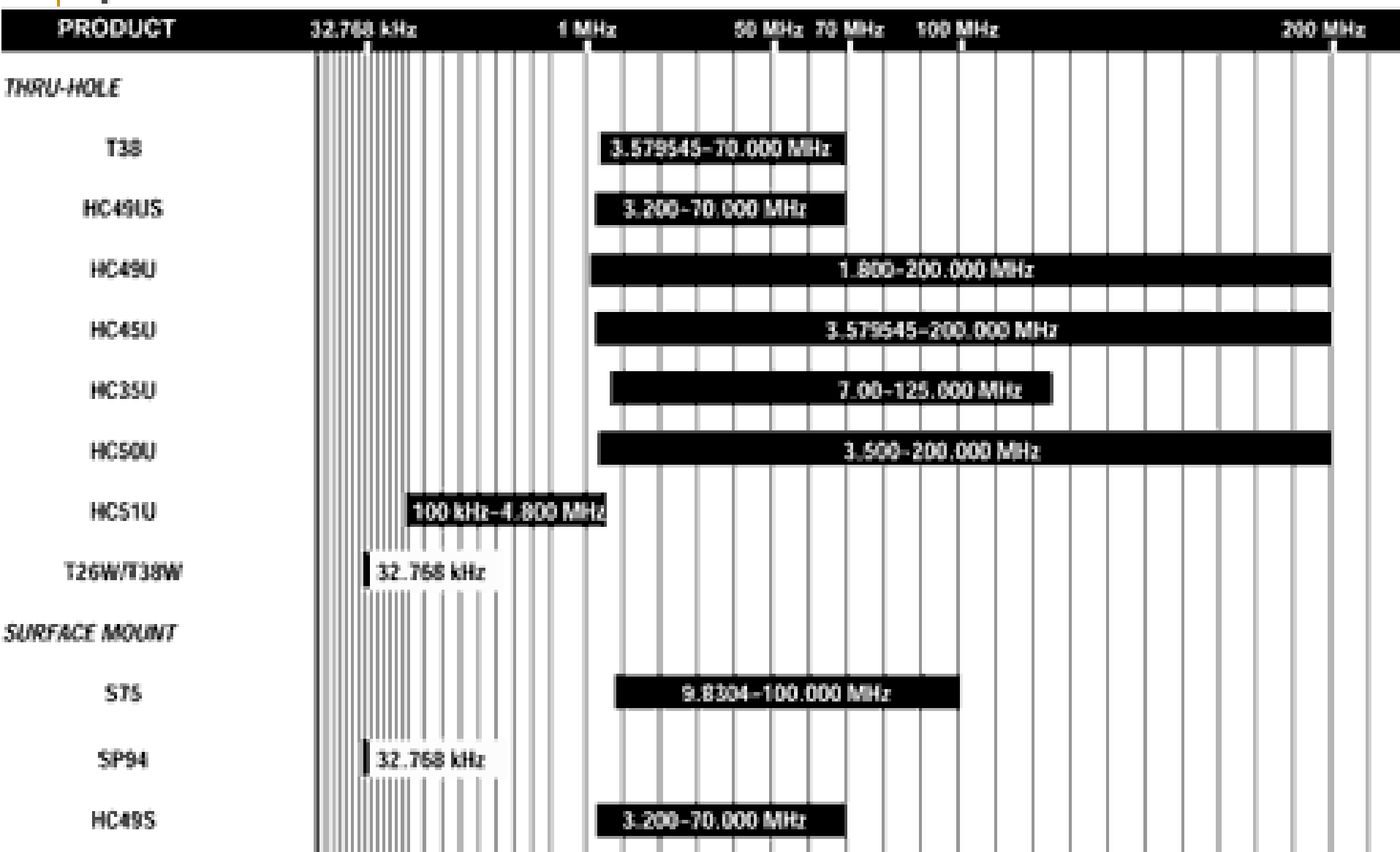


Frekvencia: 32.768 kHz

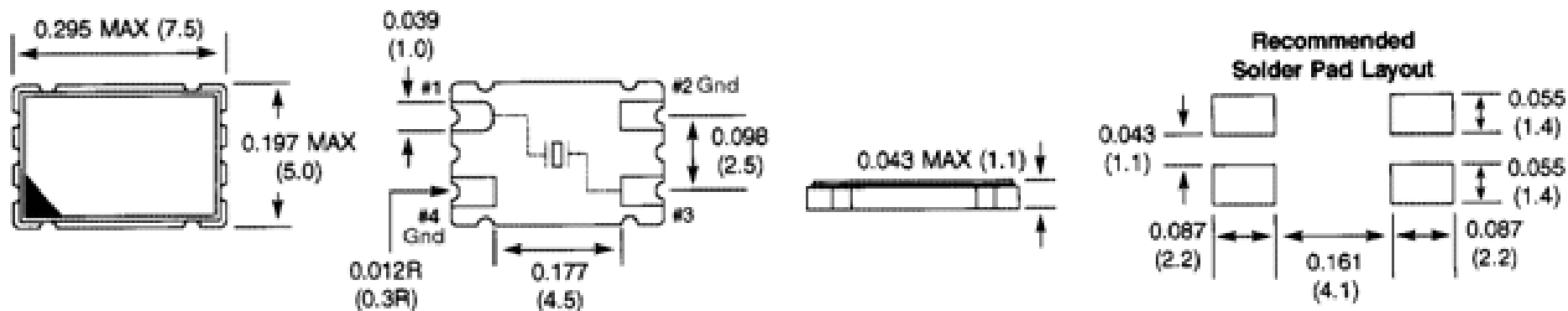
Frekvencia stabilitás ± 0.04 PPM / ($\Delta^\circ\text{C}$)

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

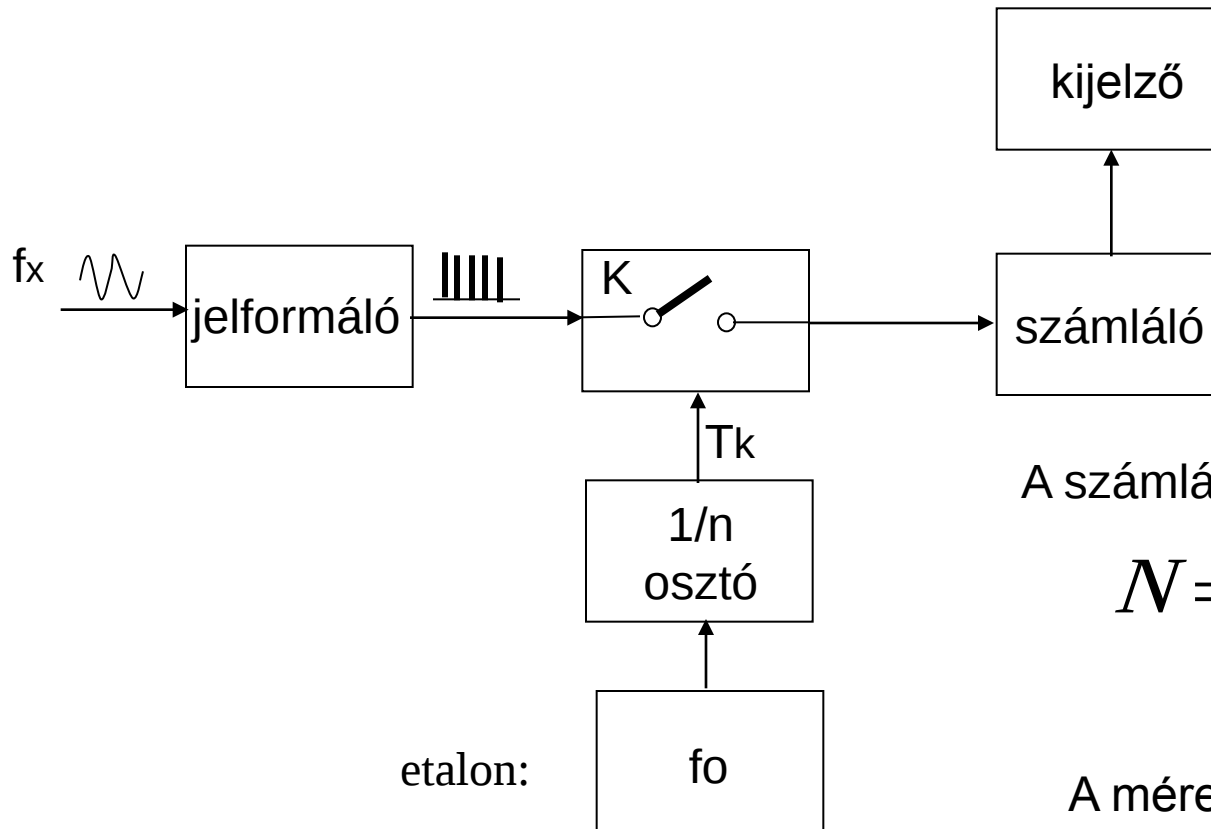
FREQUENCY RANGE BY PRODUCT



Felületszerelt kvarckristály



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



A számláló által kijelzett frekvencia:

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

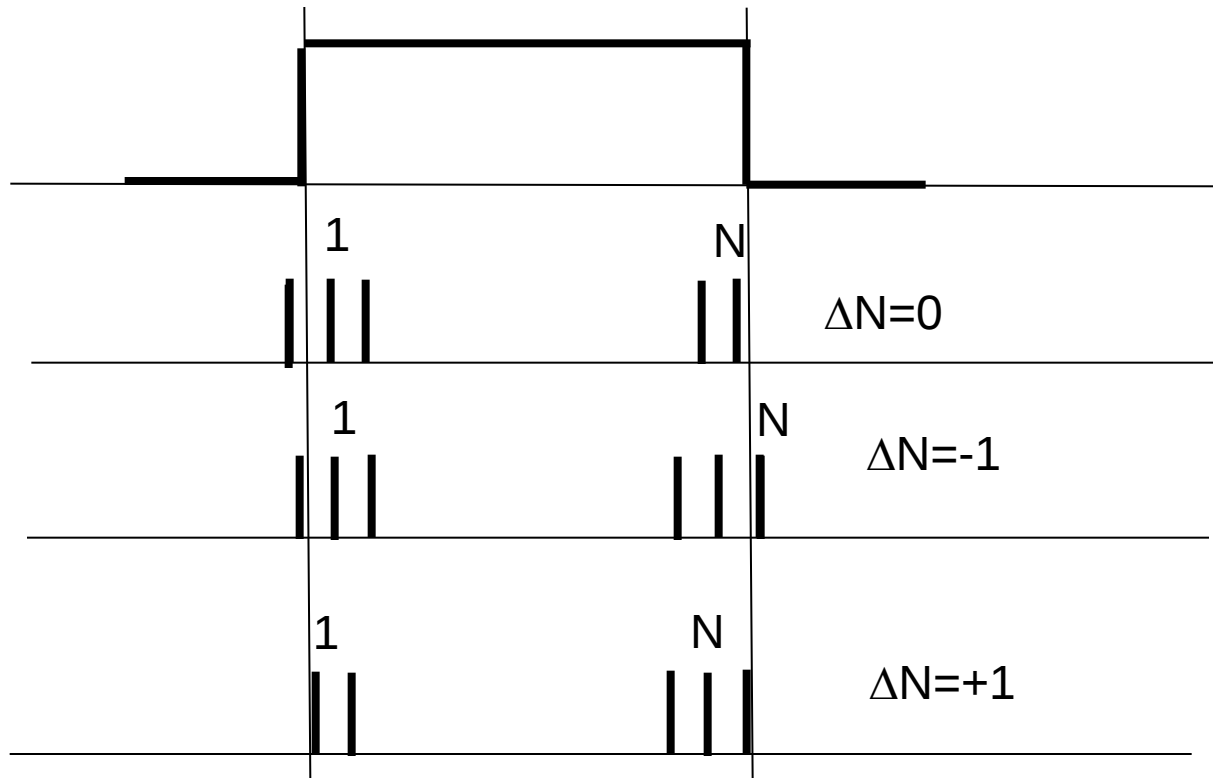
A mérendő frekvencia:

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

Digitális frekvenciamérő relatív mérési hibája

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

$$T_k = N/f_0$$



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

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

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

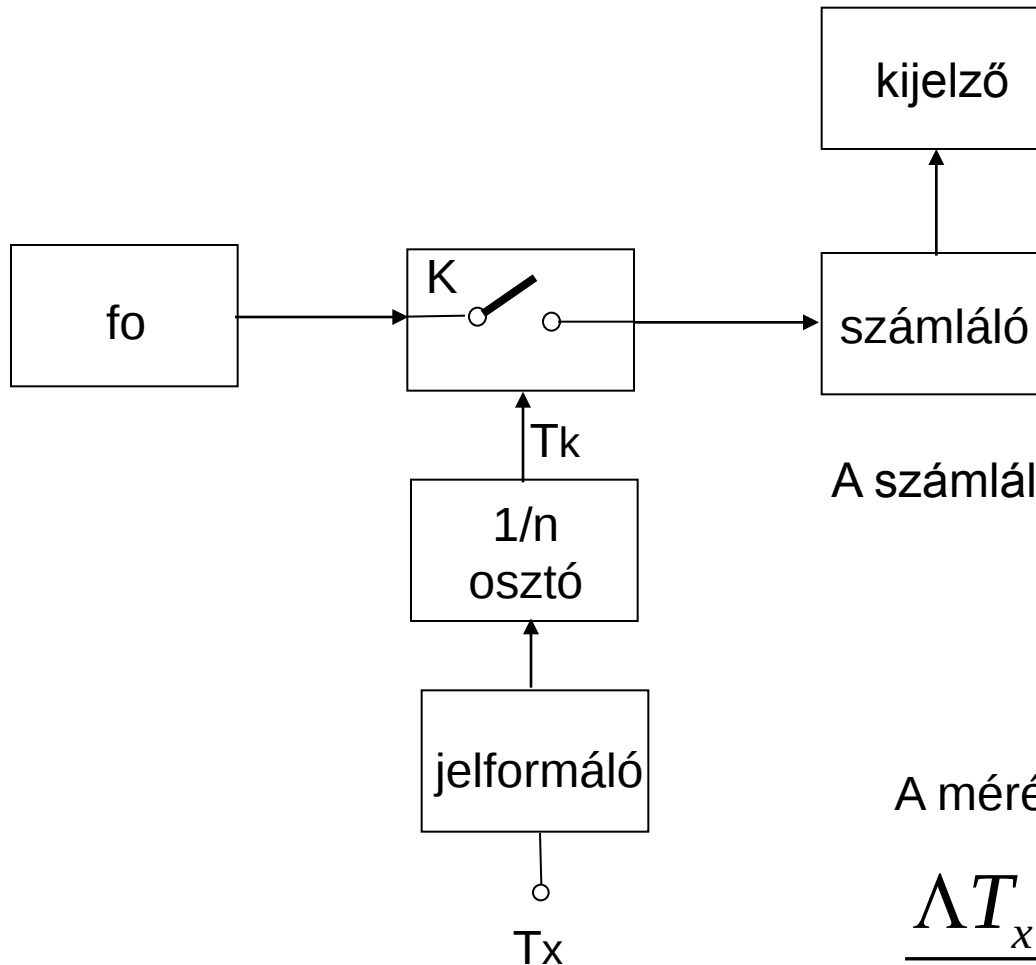
$$n = 10^9$$

és

$$T_k = n/f_0$$

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

Digitális periódusidő-mérő

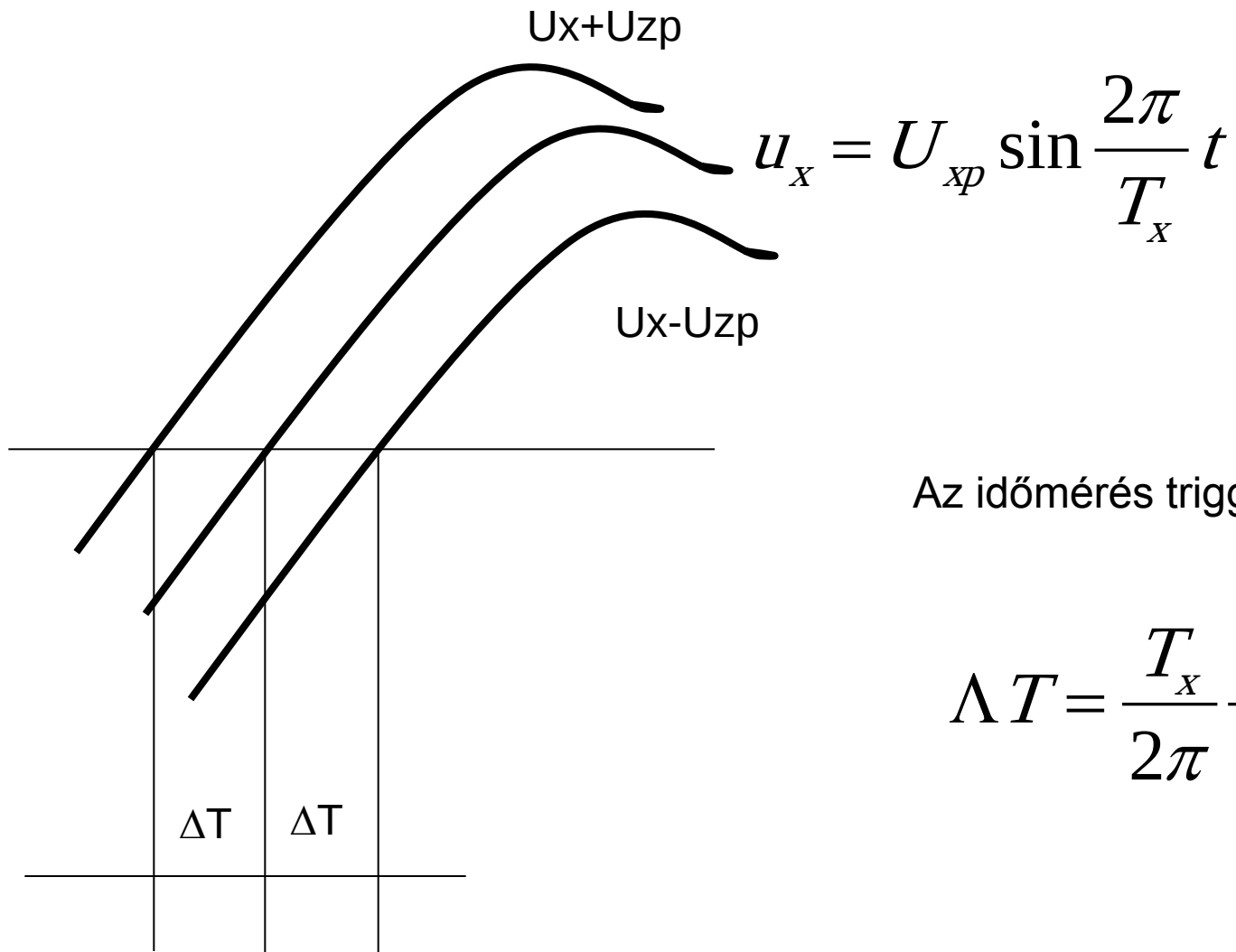


A számláló által kijelzett periódusidő:

$$N = T_x n f_0$$

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:

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

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

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

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



Vérnyomás

- A szívműködés (szívösszehúzódnások) 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.

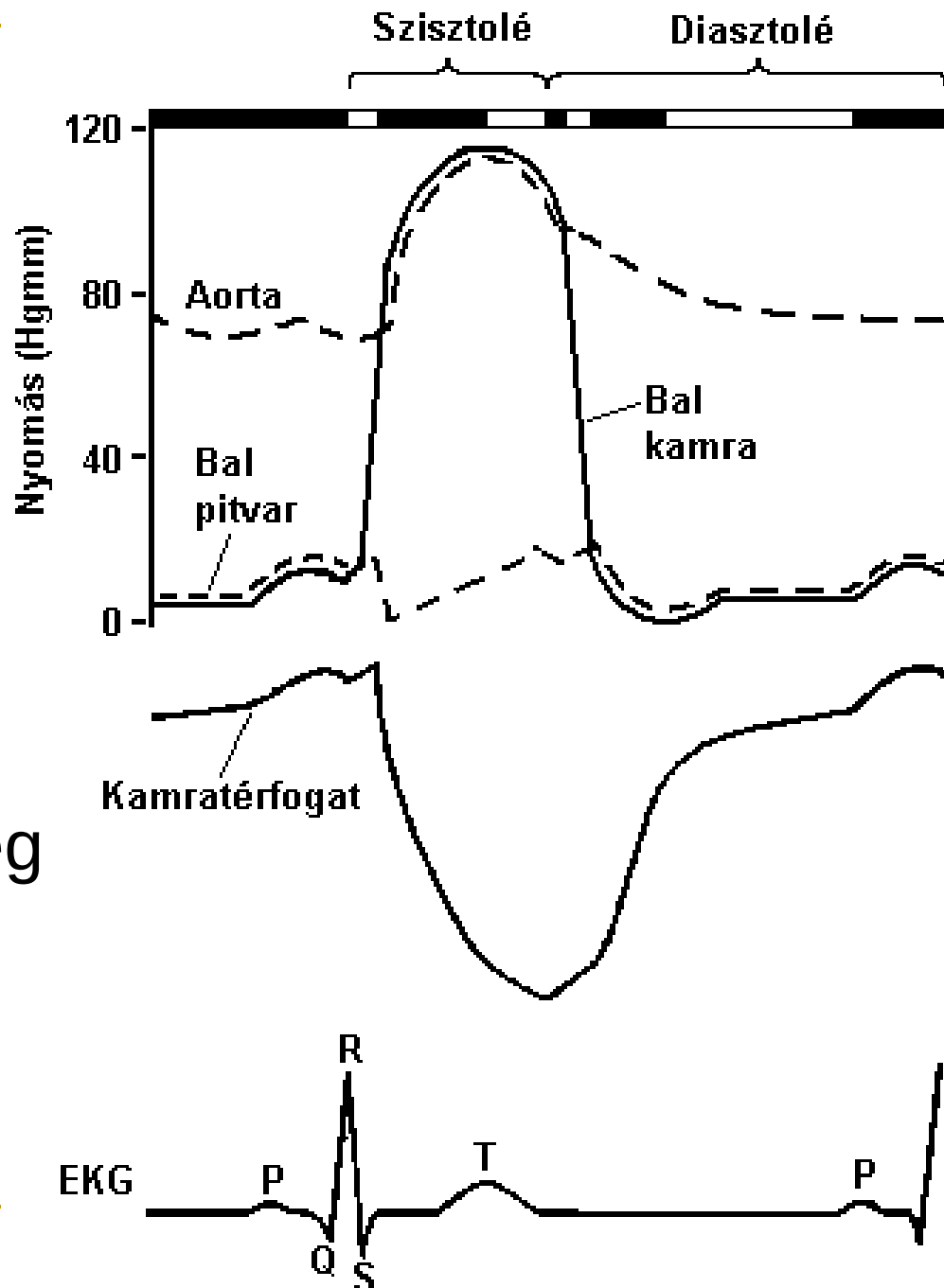


Vérnyomásmérés – nem-invazív

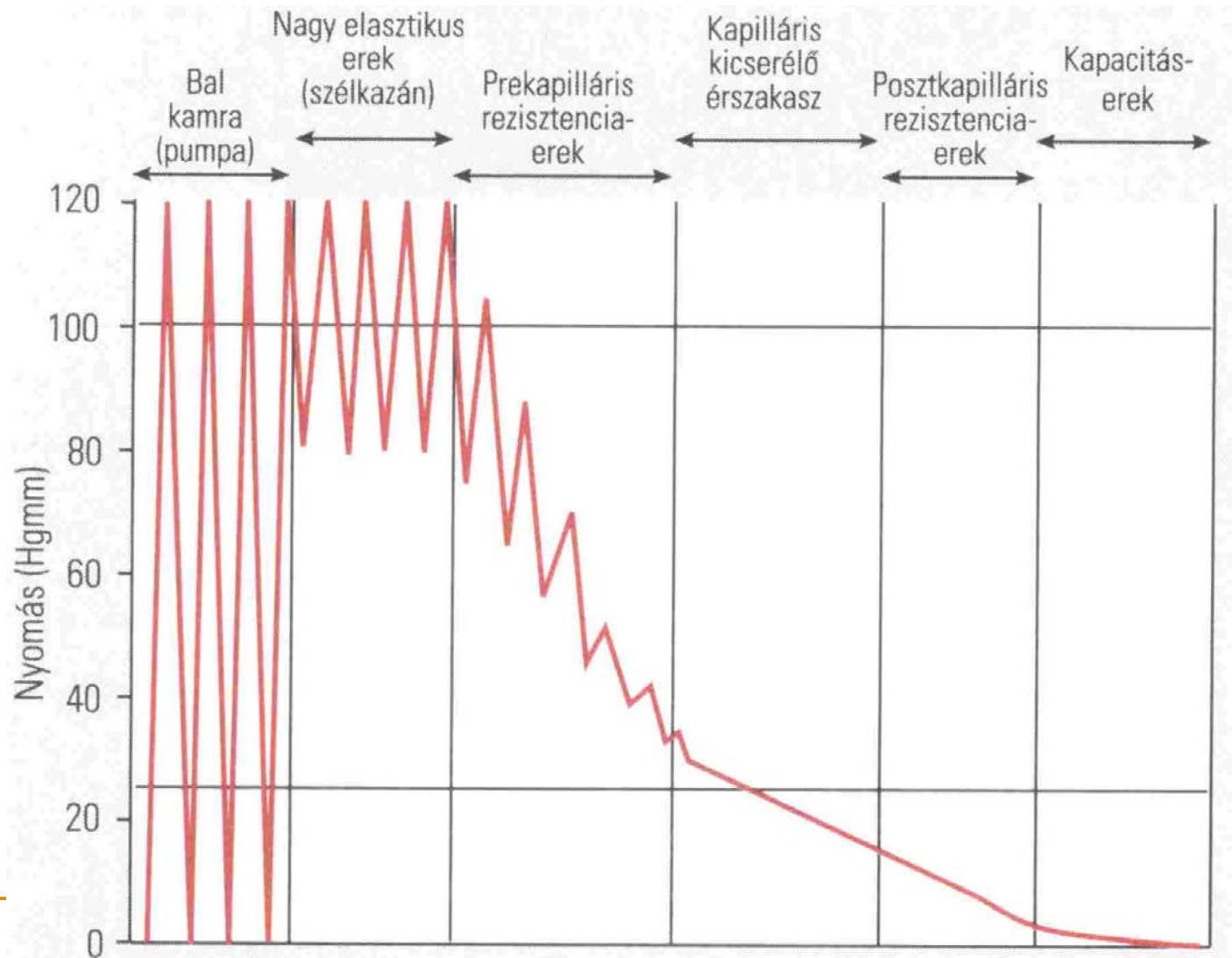
- Scipione Riva-Rocci (1896): higanyos szfigmomanometer, csak szisztolé mérése tapintással, a pulzus eltűnésekor mért érték megegyezett a teljesen összenyomott artéria nyomásával
- Nyikolaj S. Korotkov (1905): sztetoszkóppal szisztolé és a diasztolé meghatározása, elsőnek írta le az elzárt artéria megnyílását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

Vérnyomás

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



Vérnyomás



Vége az 8. előadásnak

Idő- és frekvencia mérés
Példák
Orvosi mérés technika

Méréstechnika labor

9. előadás

Orvosi méréstechnika – vérnyomásmérés, pulzusmérés
Példák

2018. 11. 16.

Vérnyomás

- A szívműködés (szívösszehúzódnások) 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 üvegcsőhöz 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.

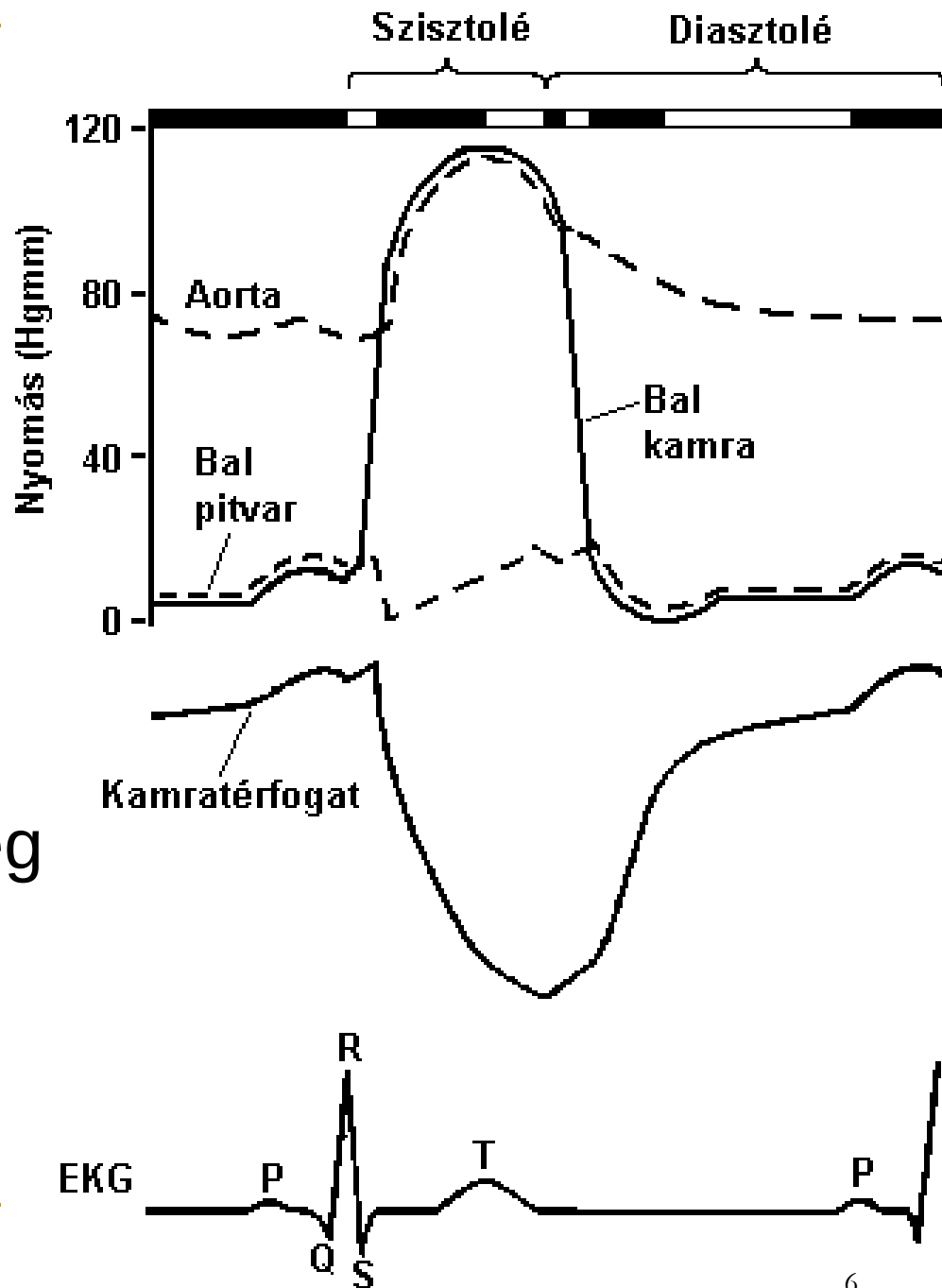


Vérnyomásmérés – nem-invazív

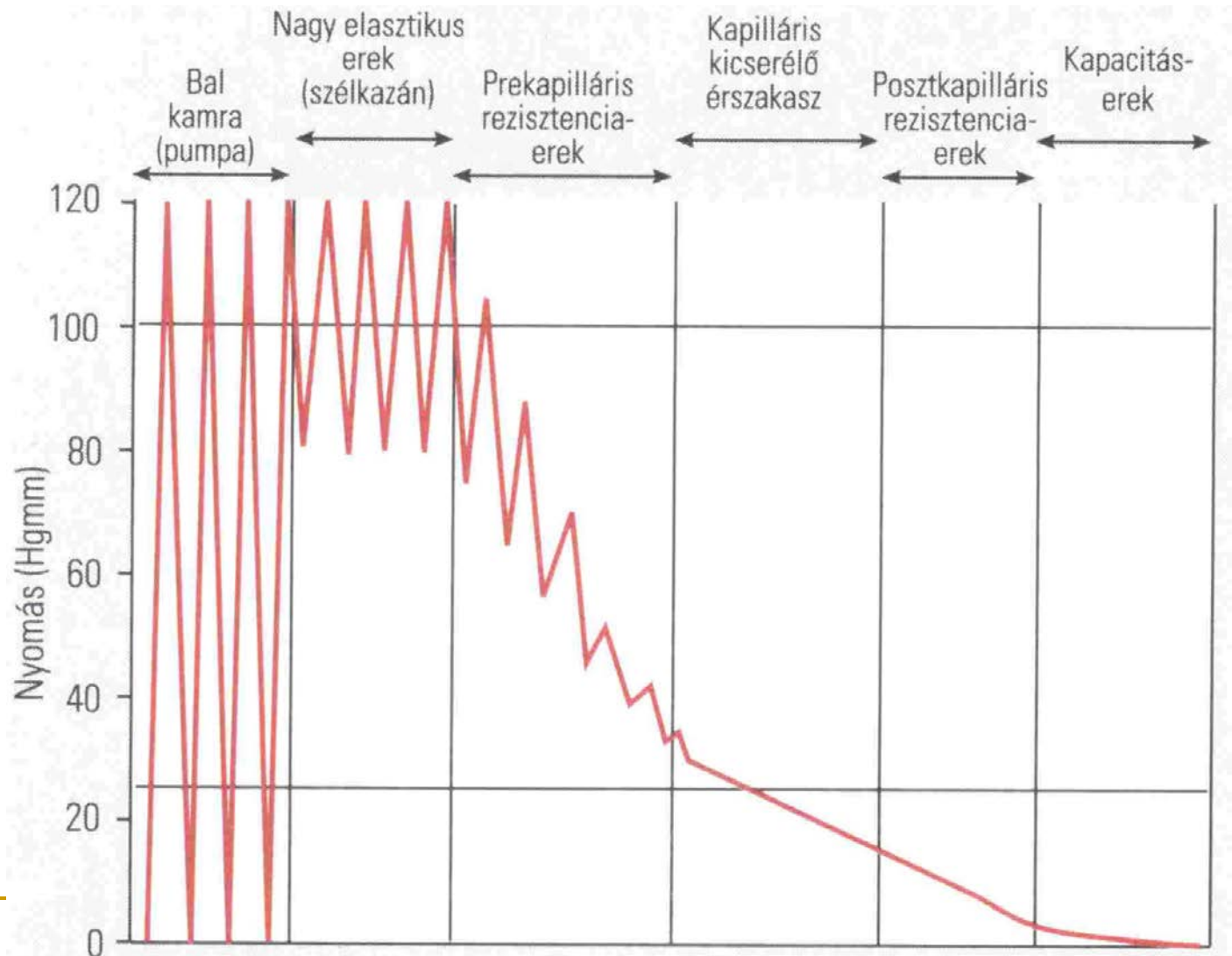
- Scipione Riva-Rocci (1896): higanyos szfigmomanometer, csak szisztolé mérése tapintással, a pulzus eltűnésekor mért érték megegyezett a teljesen összenyomott artéria nyomásával
- Nyikolaj S. Korotkov (1905): sztetoszkóppal szisztolé és a diasztolé meghatározása, elsőnek írta le az elzárt artéria megnyílását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

Vérnyomás

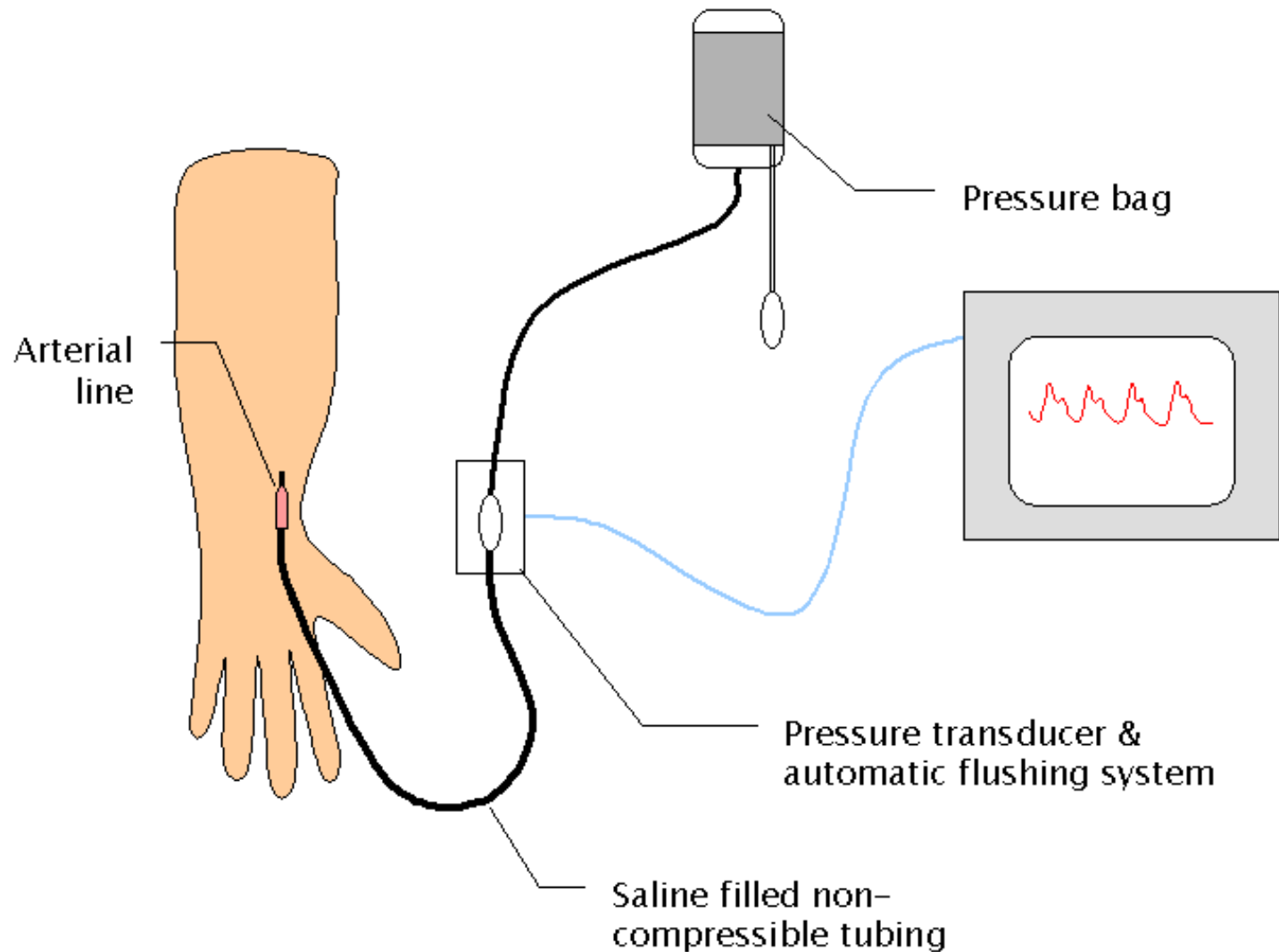
- Szisztolé
- Diasztolé
- Betegségek:
 - Hipertónia
 - Veseelégtelenség
 - Aneurizma



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



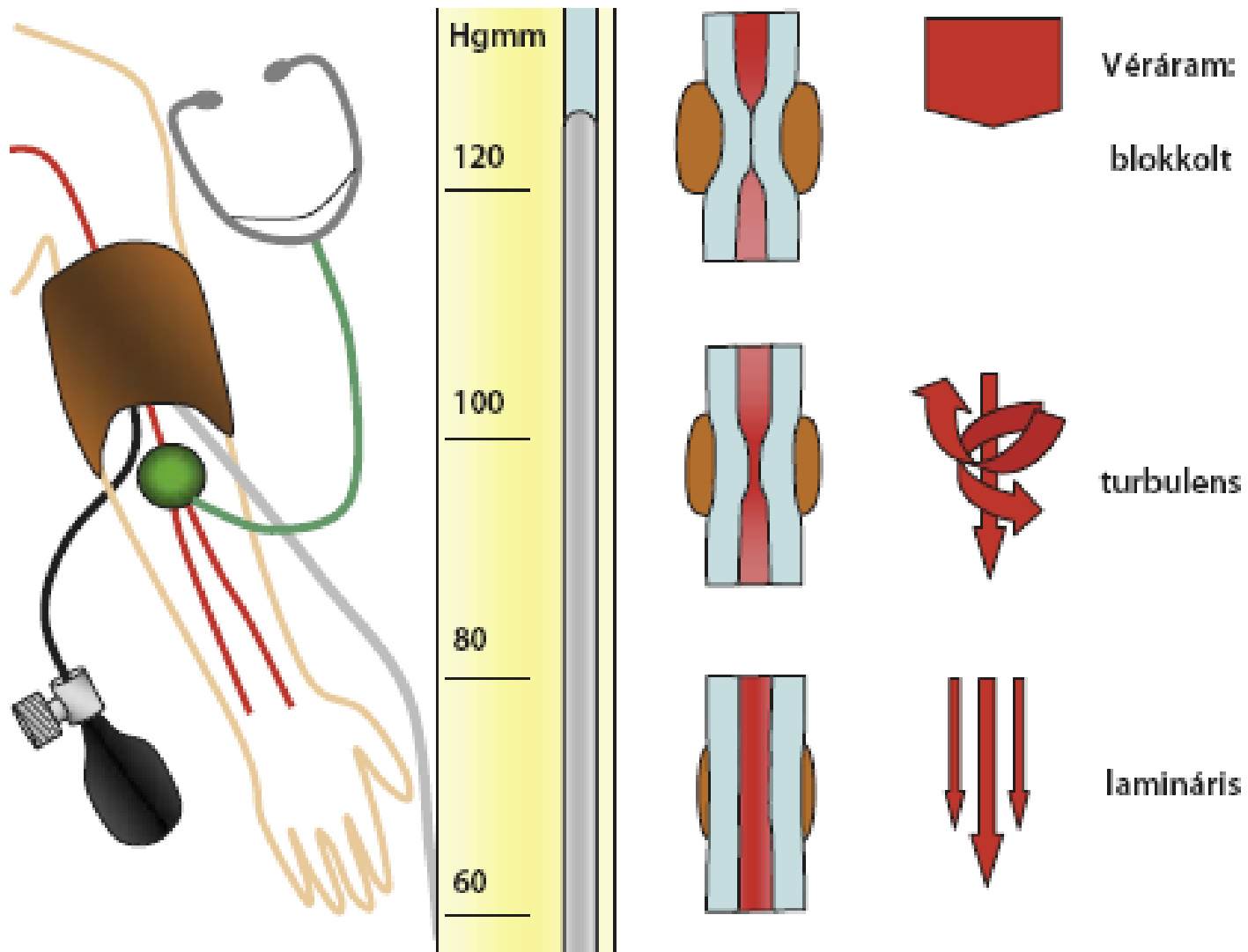
Nem-invazív mérés

- 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

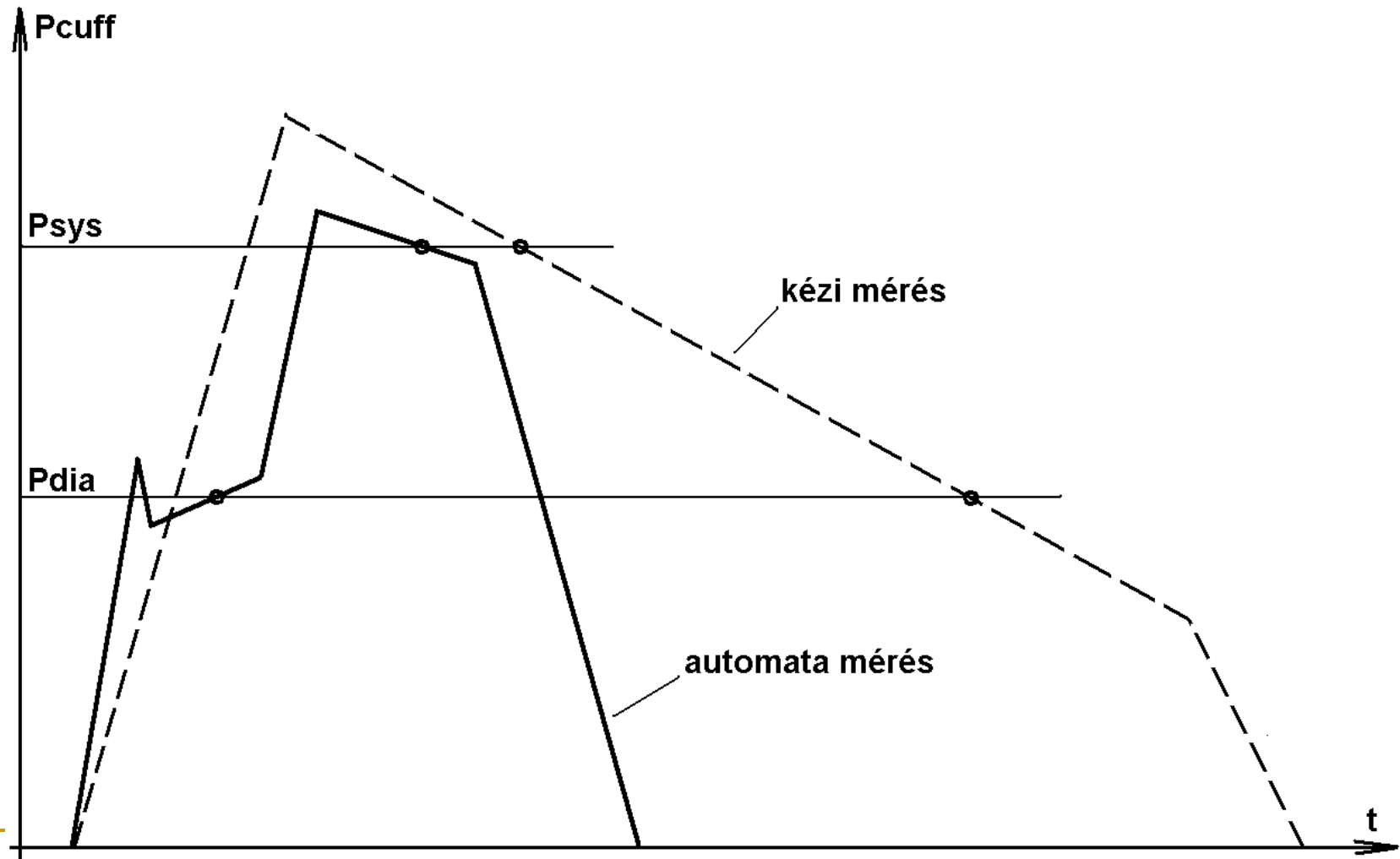
Higanyos nyomásmérés



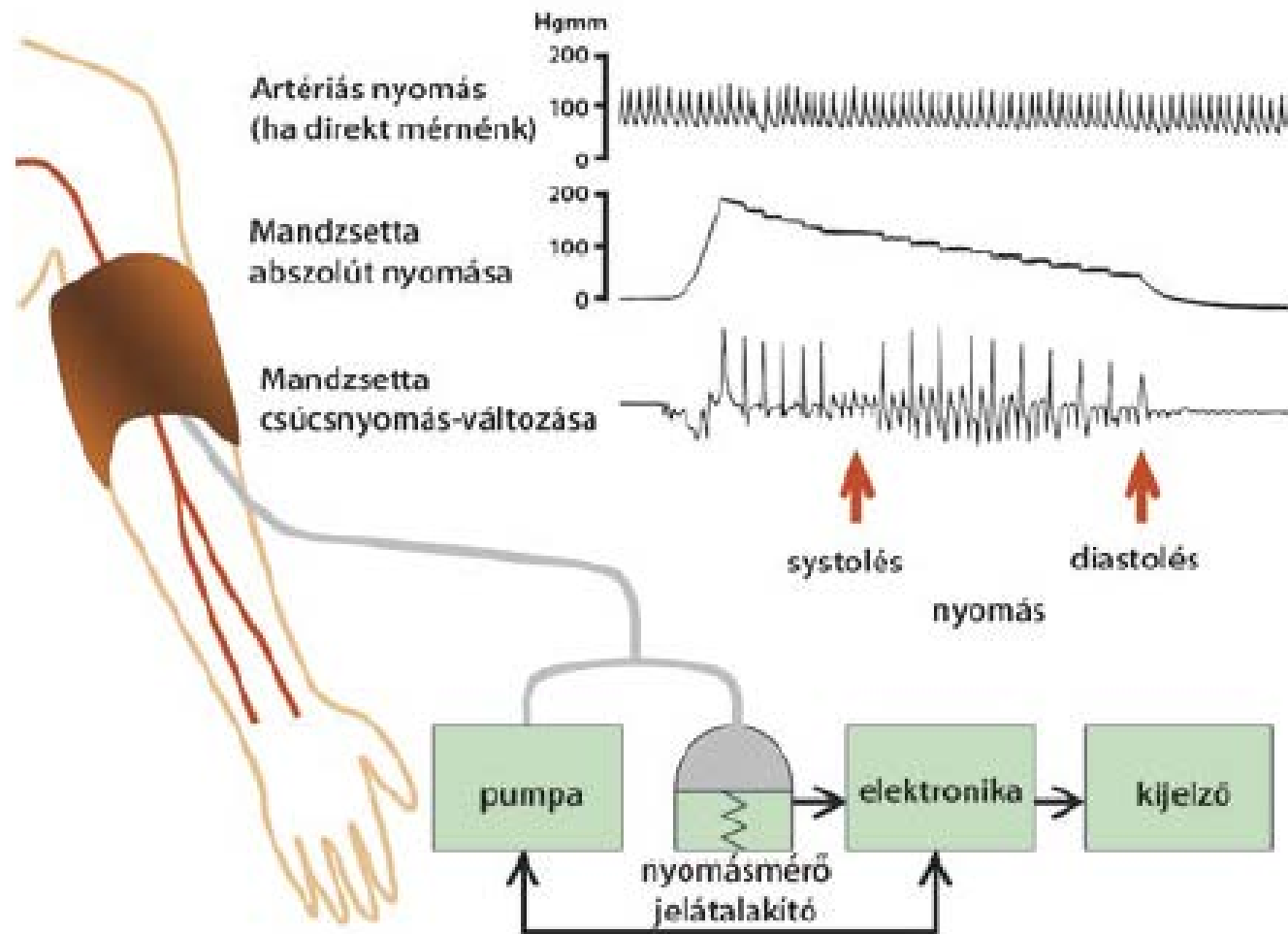
Higanyos nyomásmérés

- 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

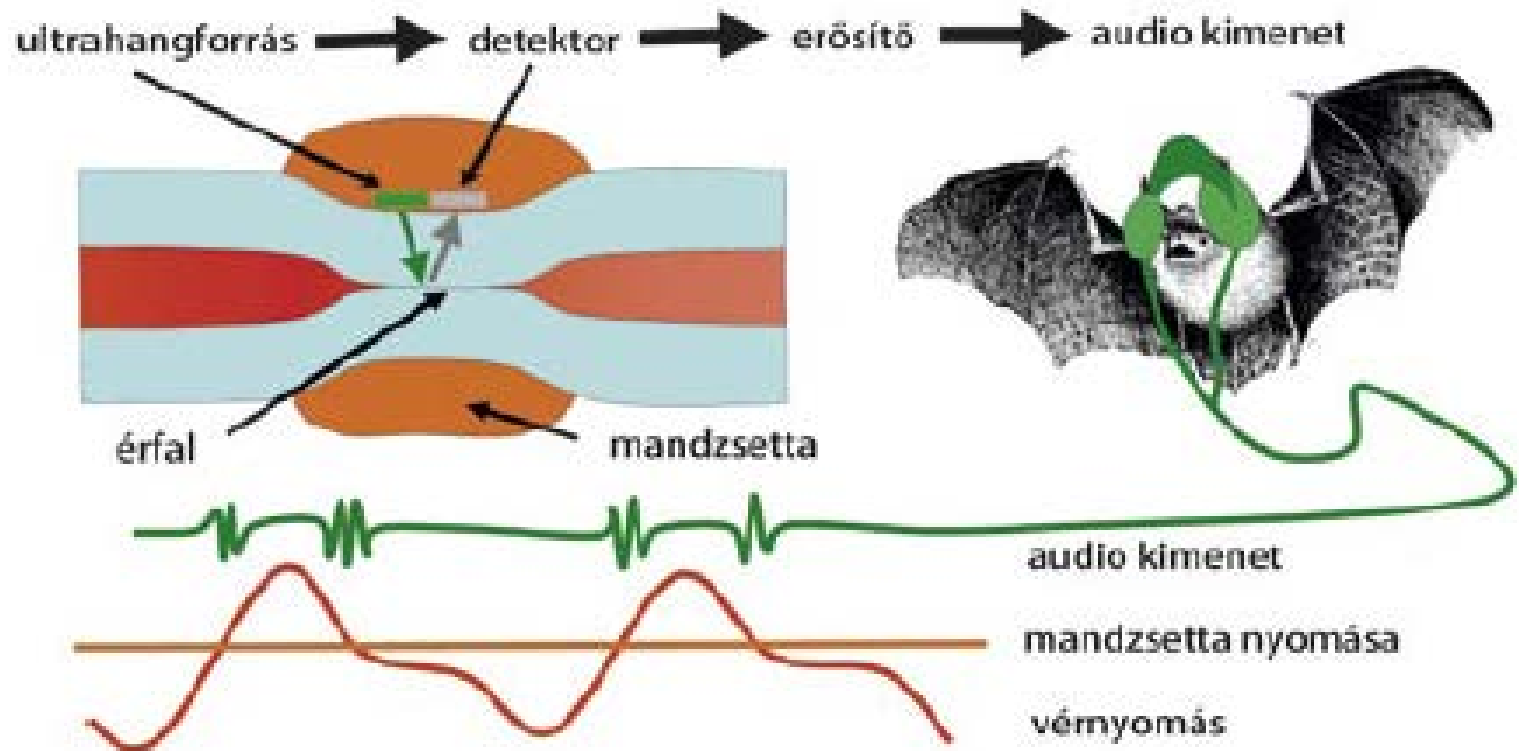


Oszcillotonometria



Az oszcillotonometria alapelve

Ultrahangos vérnyomásmérés



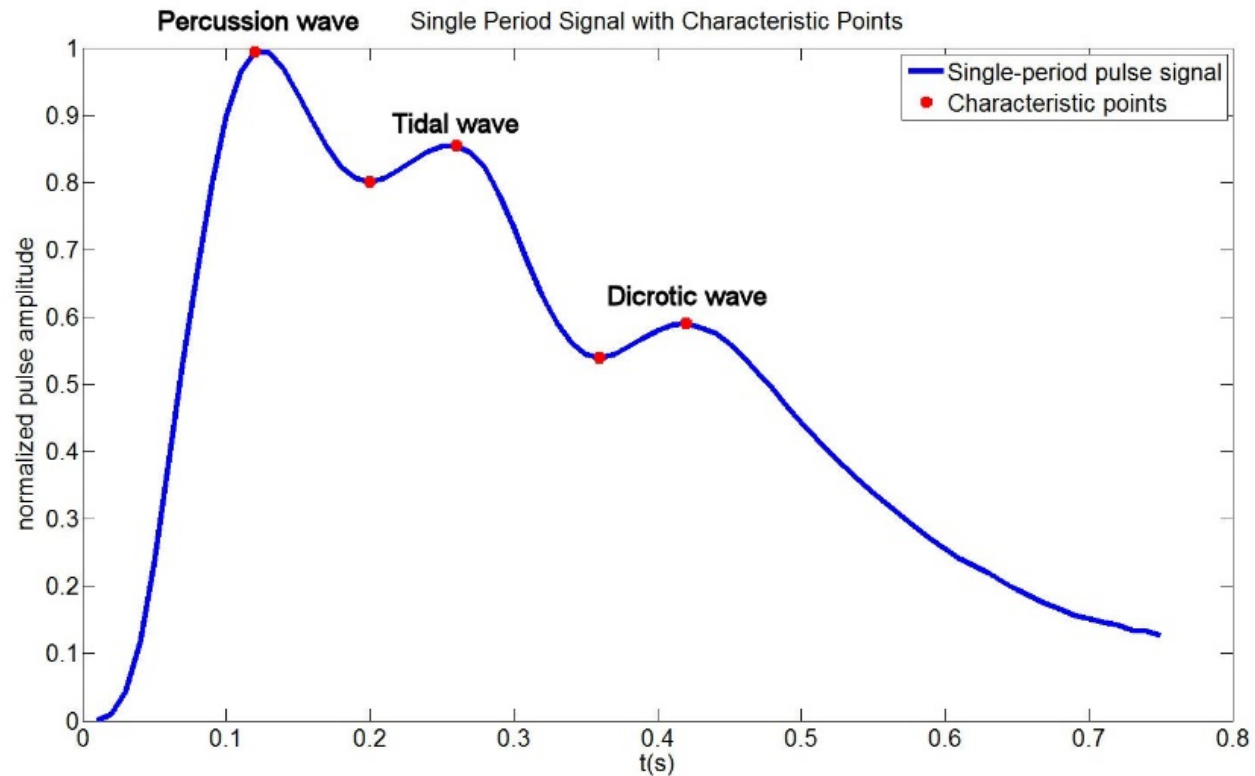
Invazív – Nem-invazív

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

Miért fontos a folytonos nyomásmérés?

- Műtétek: azonnali beavatkozási lehetőség biztosítása
- Betegmonitorozás: azonnali beavatkozási lehetőség biztosítása, állapot folytonos figyelése
- Betegszállítás: itt is fontos a folytonos megfigyelés
- Folytonos nyomásgörbe: alkalmas nehezen mérhető paraméterek kiszámítására
- Diagnosztika: görbealak alapján különböző betegségek diagnosztizálási lehetősége

Folytonos nyomásgörbe



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

Pulzusdiagnosztika

■ Legismertebb változata: Tradicionális Kínai Pulzusdiagnosztika

LEFT HAND

RIGHT HAND

1 Chun
2 Guan
3 Cui



DEEP TOUCH LIGHT TOUCH
Heart (H) Large Intestine(LI)
Liver (Liv) Stomach (St)
Kidneys(K) Triple Heater (TH)



Tradicionális pulzusdiagnosztika - Hátrányok

- Nehezen tanulható, 5-10 éves gyakorlatot igényel
- Szubjektív
- Kvantitatívan nem definiált
- Hosszú vizsgálati idő, egy teljeskörű vizsgálat 45 perc is lehet

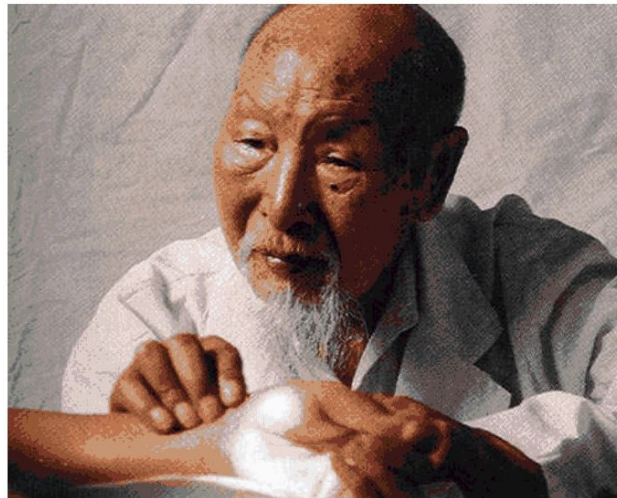


Figure 2. TCM practitioner performing pulse diagnosis.

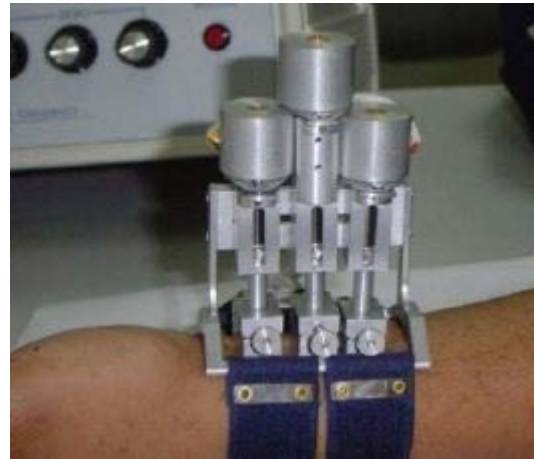
Automatizálás - Előnyök

- Objektív módszer
- Non-invazív módszerekkel is megvalósítható, nem okoz fájdalmat, nincsenek káros mellékhatásai
- Rövidebb vizsgálati idő
- Kvantitatív leírást biztosíthat a görbe alak és a különböző betegségek között

Pulzus jel rögzítése

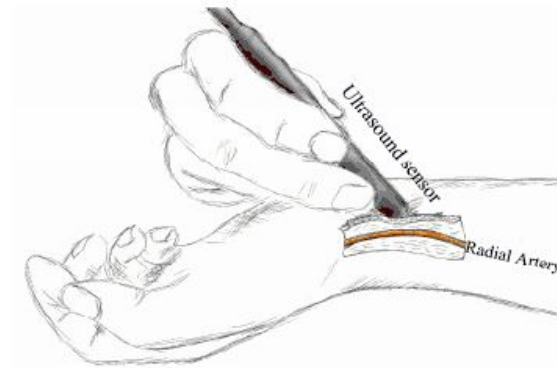


Chon Gwan Cheok

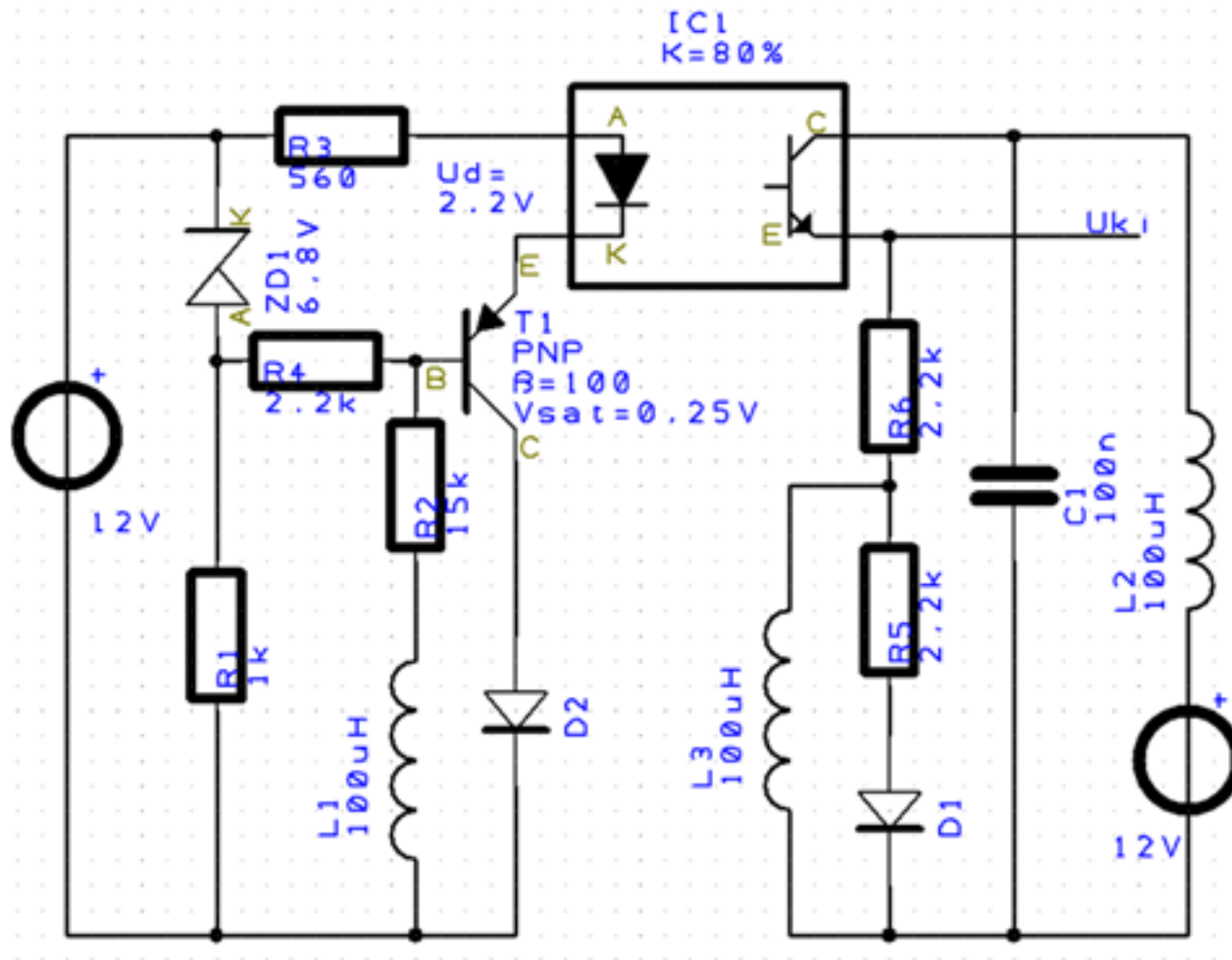


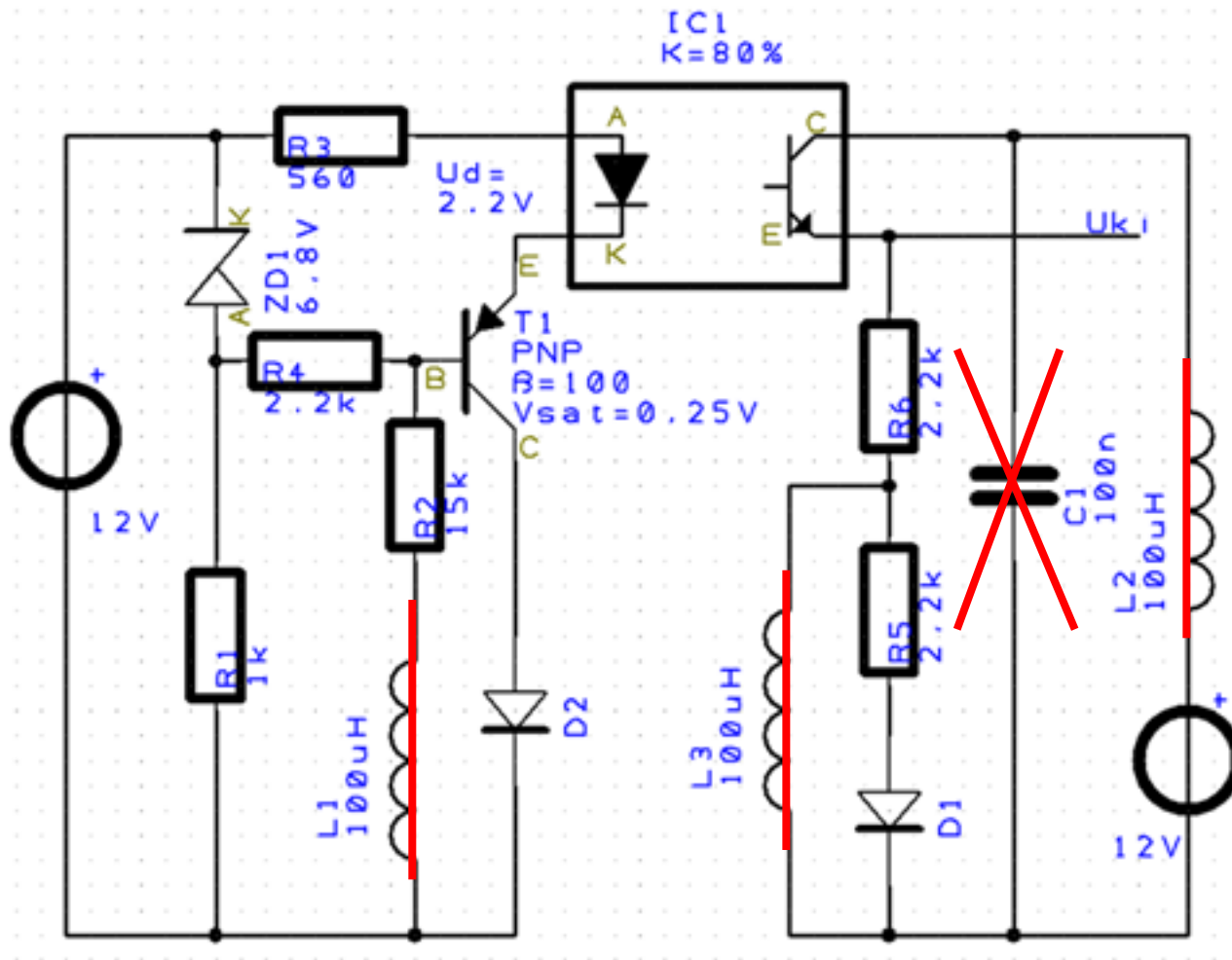
Zhang, Dongyu, et al. "Classification of pulse waveforms using edit distance with real penalty." *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2010 (2010): 28.

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



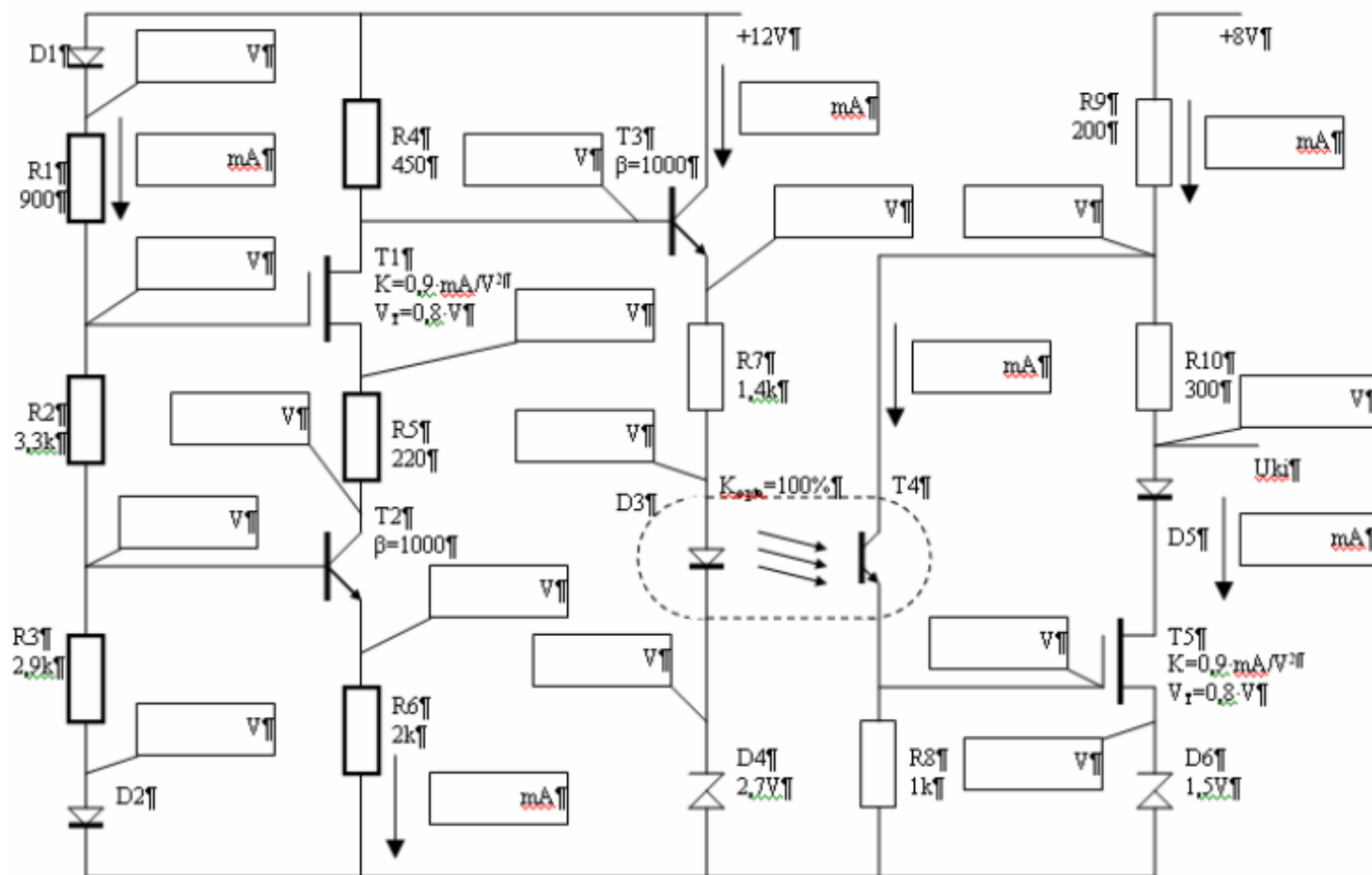
Liu, Lei, et al. "Multiscale sample entropy analysis of wrist pulse blood flow signal for disease diagnosis." *Intelligent Science and Intelligent Data Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 475-482.

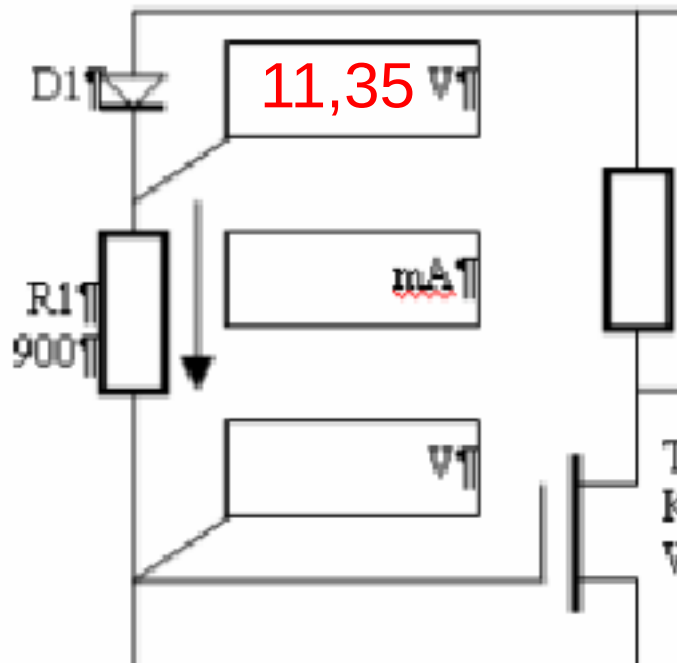




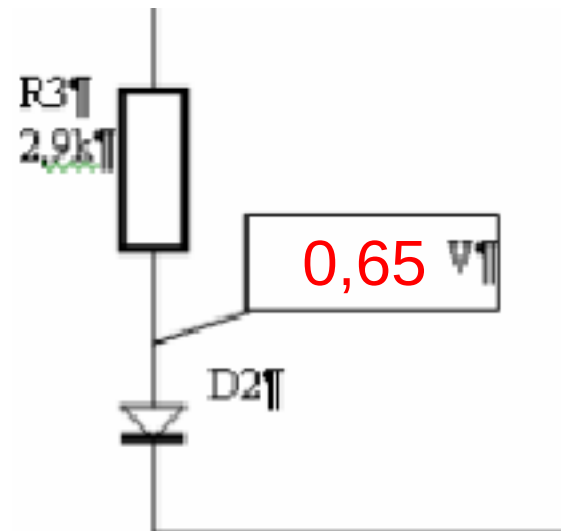
Határozza meg az alábbi áramkör munkaponti áram és feszültség adatait!

A1

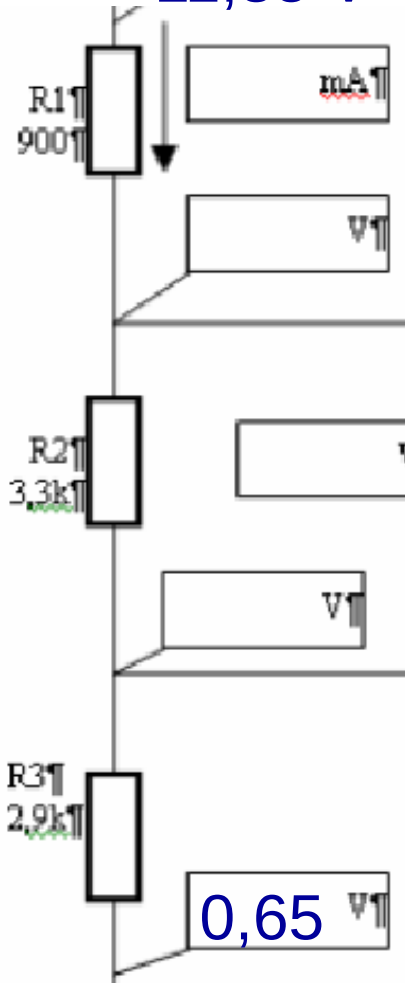




$$U_d = 0,65\text{ V}$$

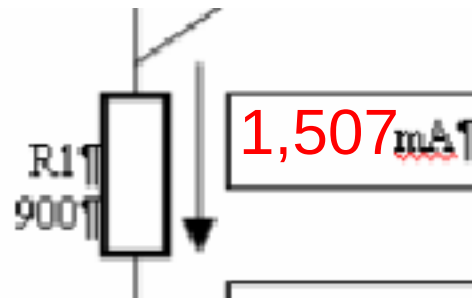


11,35 V

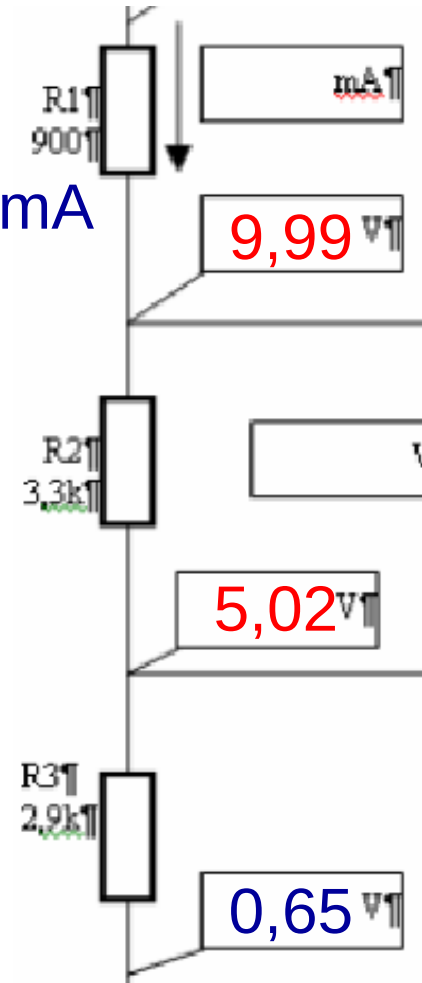


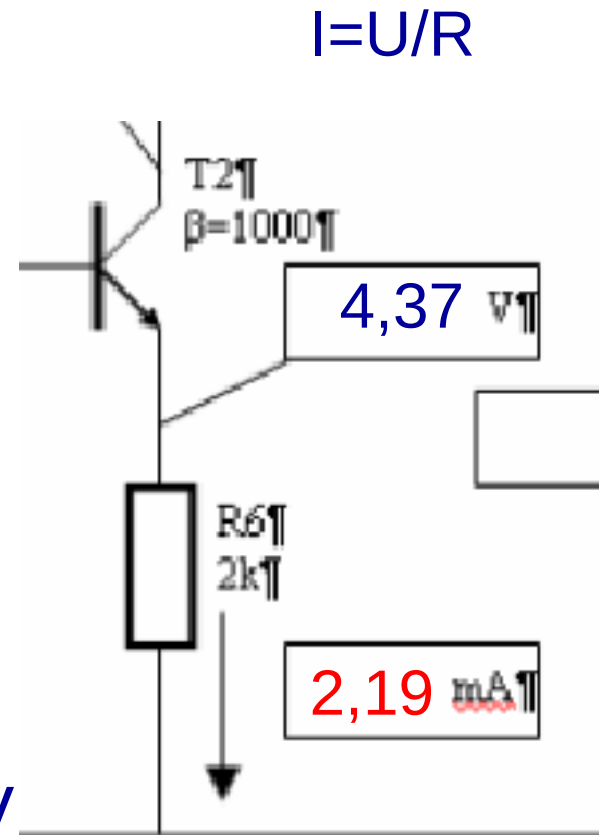
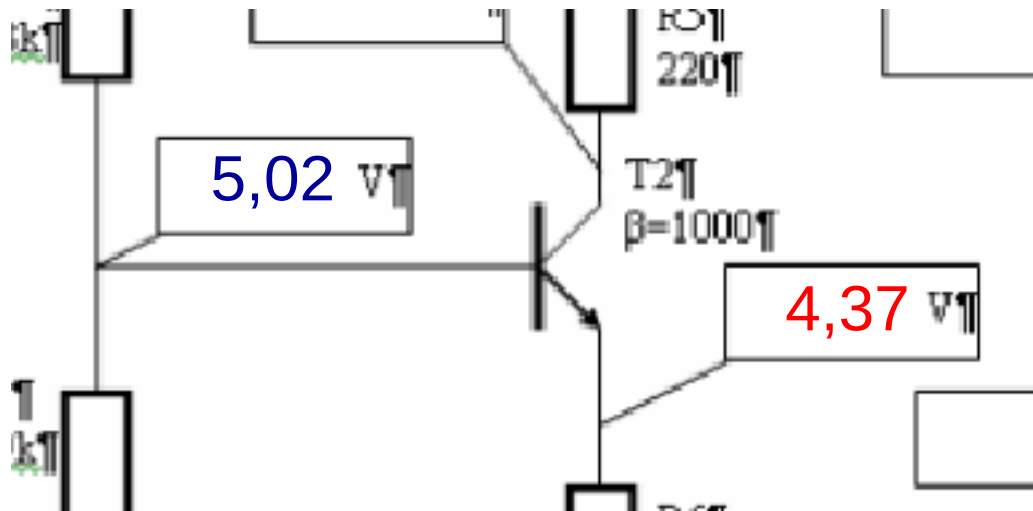
$$R=R1+R2+R3=7.1K \Omega$$

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

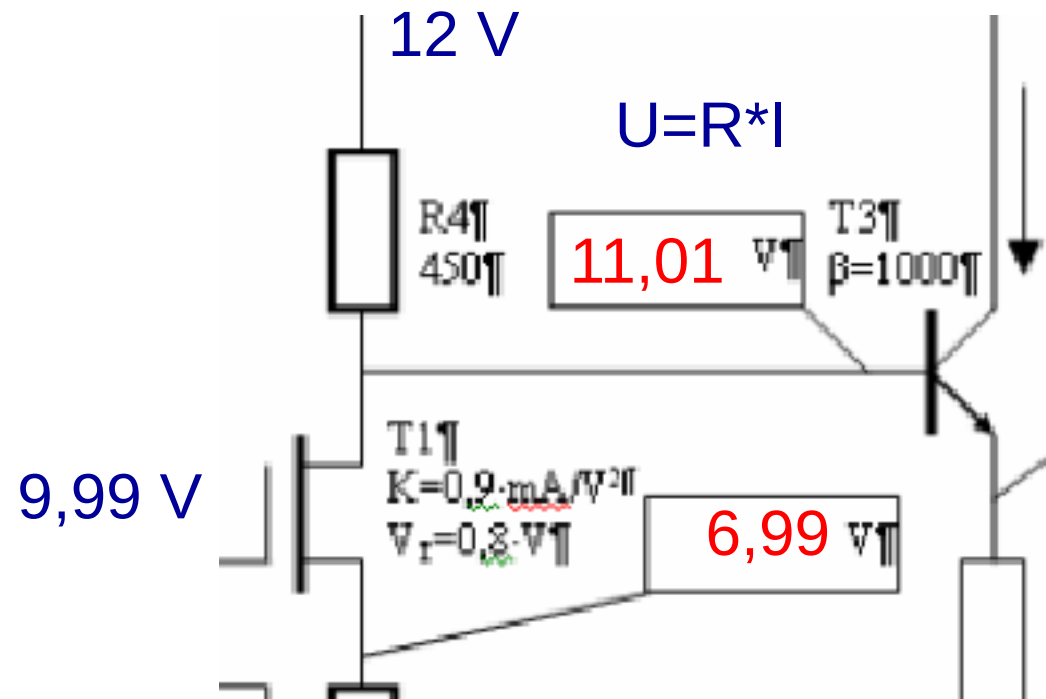
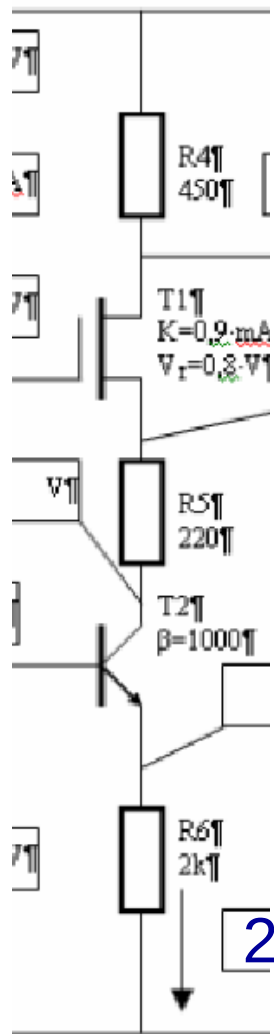


$$U=I \cdot R$$





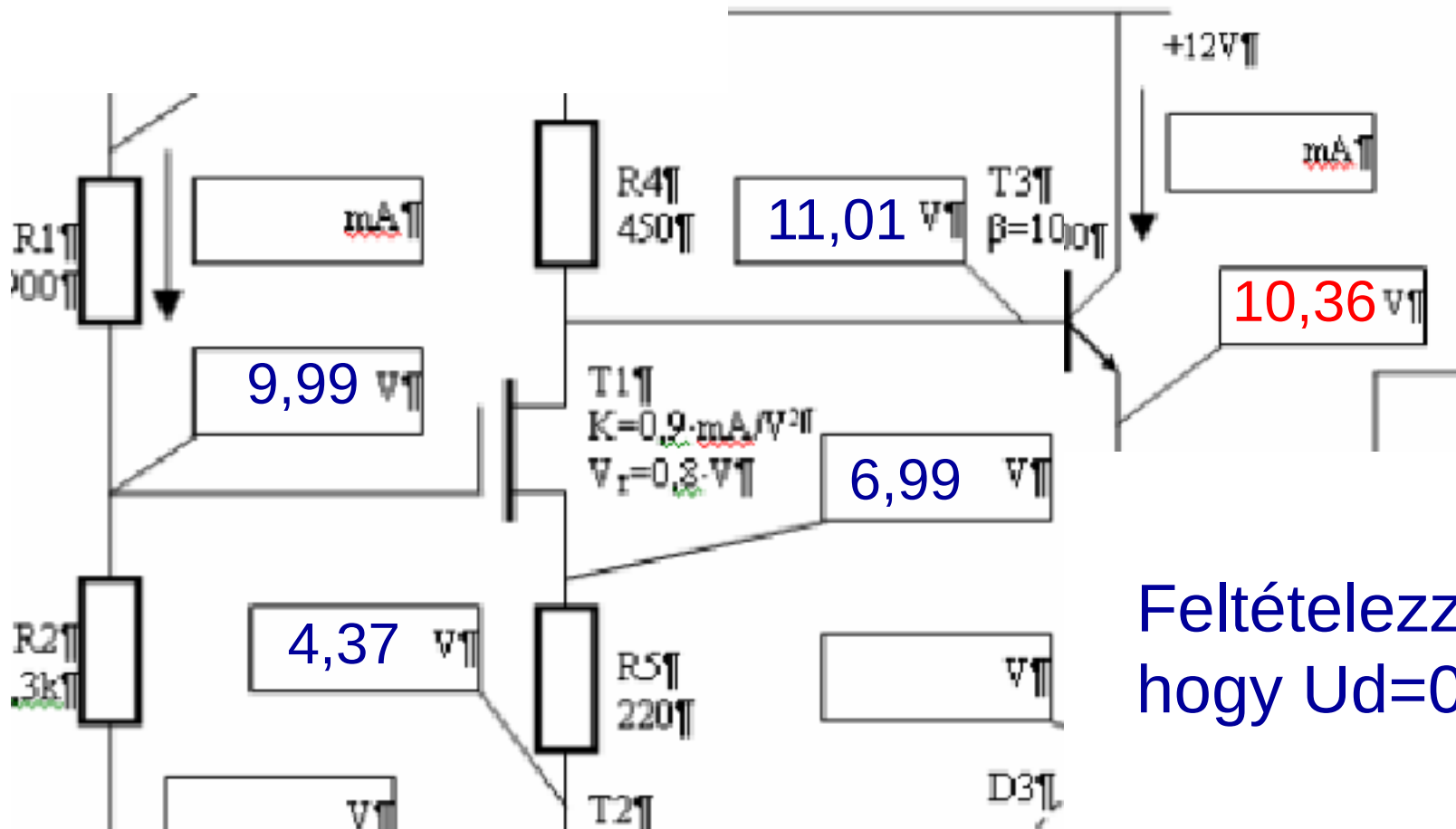
- Telítéses üzemmód: $i_C = \beta \cdot i_B$
- $U_{BE} = 0.65 \text{ V}$
- Szaturáció: $U_{CE} = V_{sat} \approx 0.2 \text{ V}$



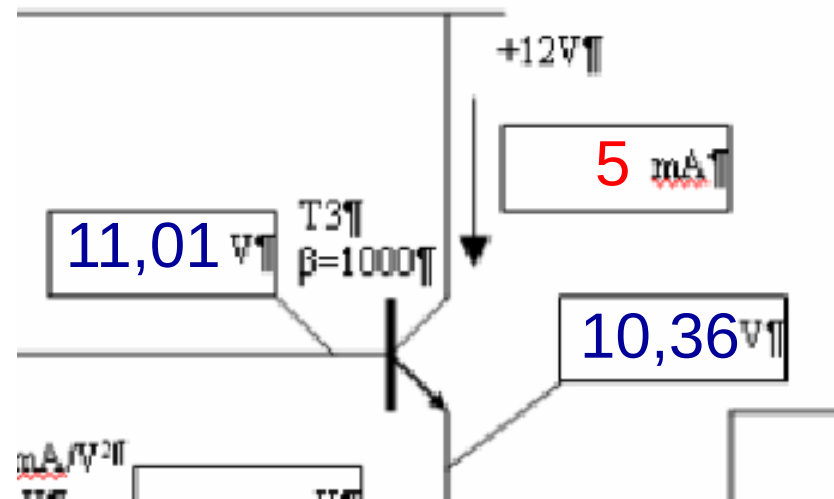
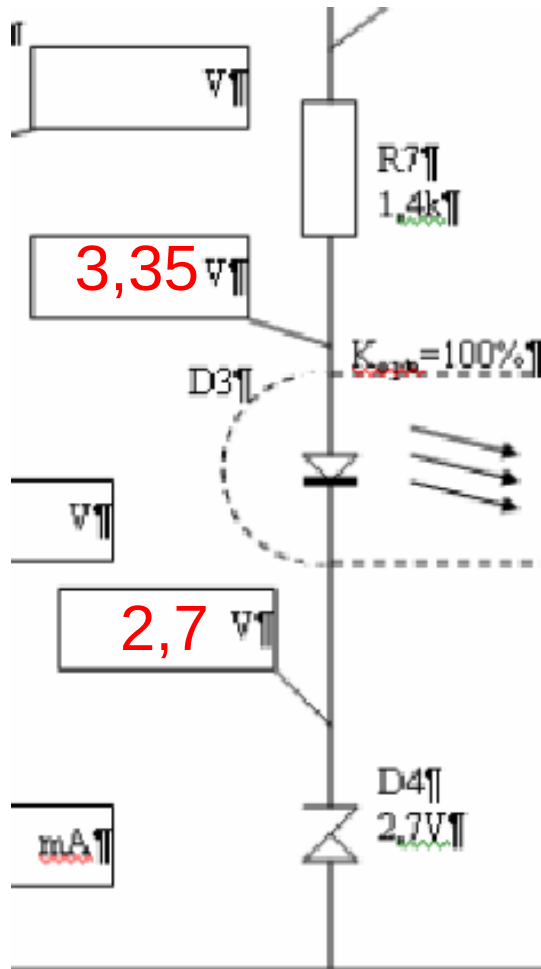
$$U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T),$$

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

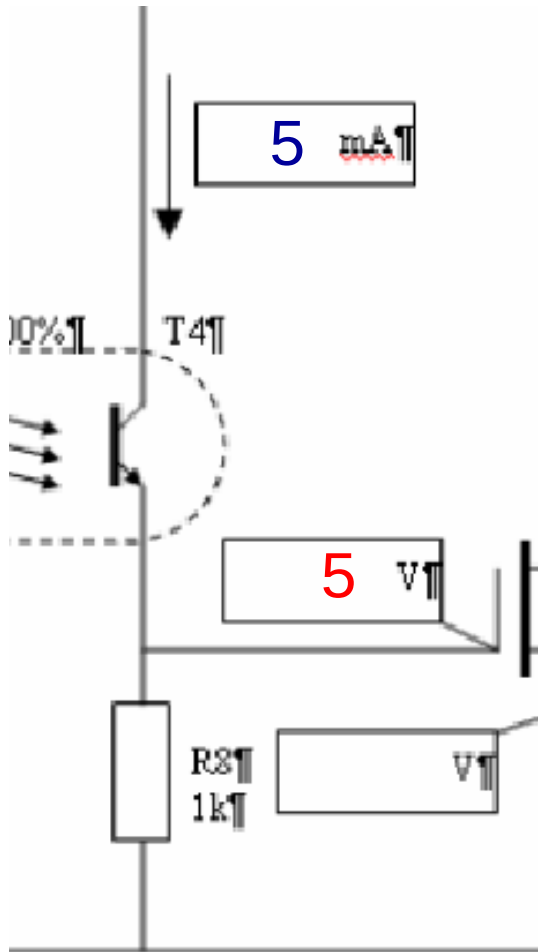
$$\rightarrow U_{GS} = 3V$$



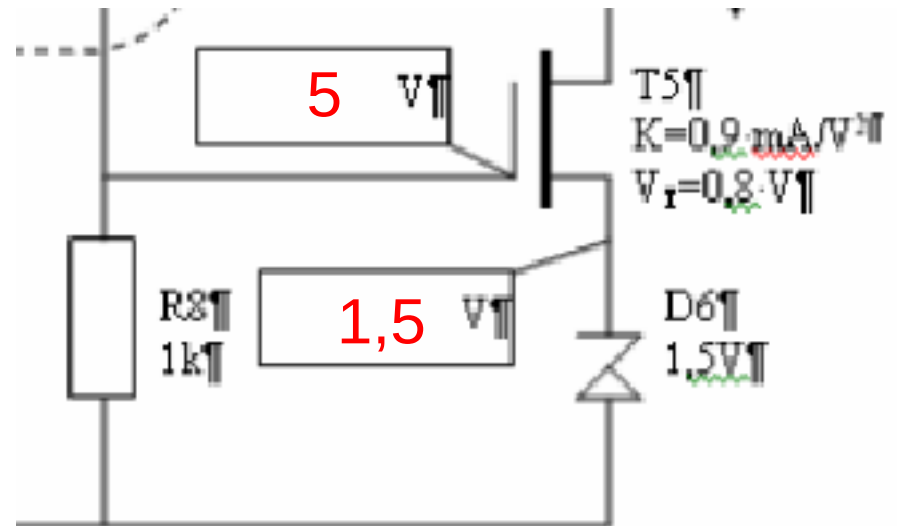
Feltételezzük,
hogy $U_d = 0.65 \text{ V}$



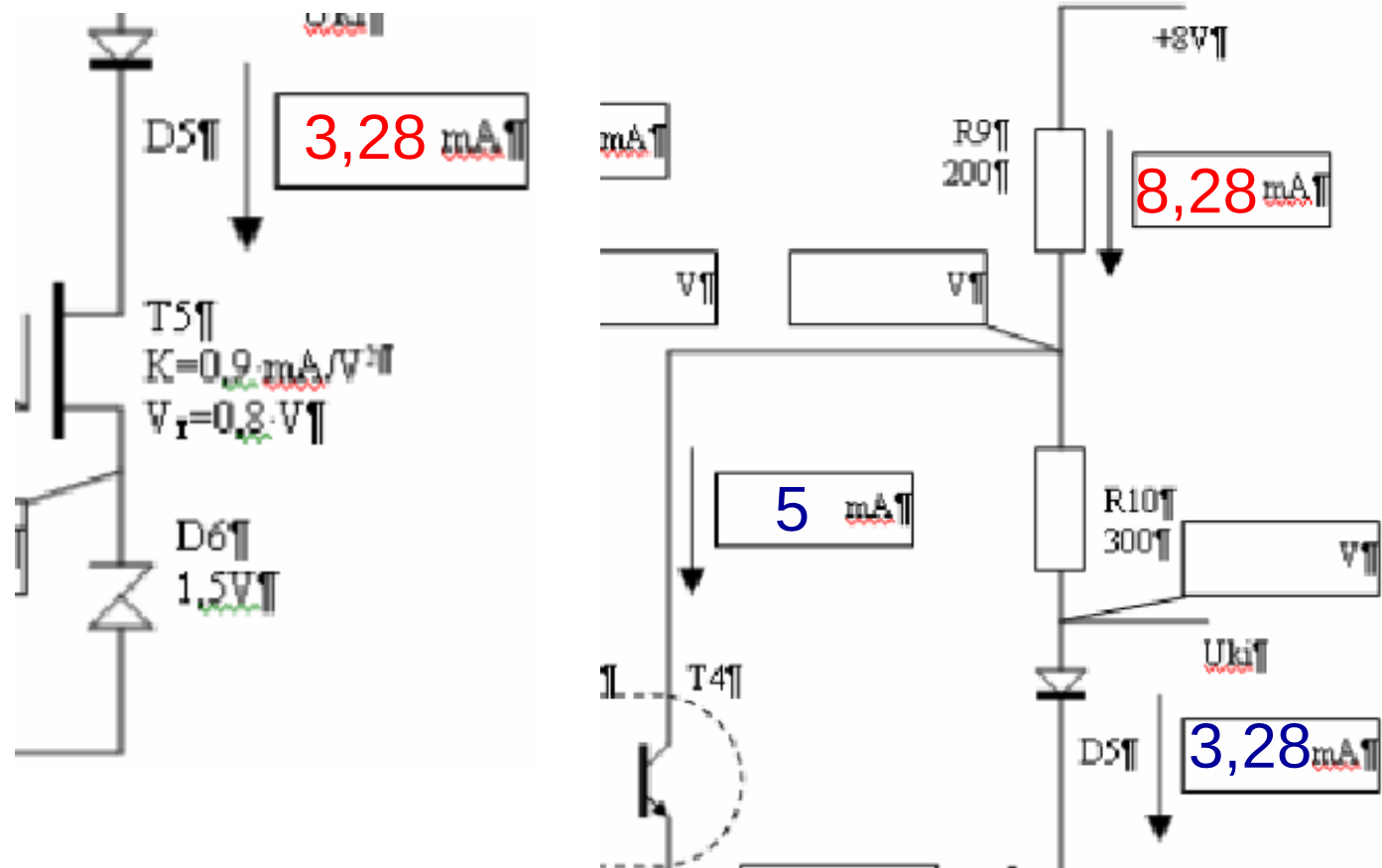
$$I = U/R = (10,36 - 3,35) / 1,4 = 5 \text{ mA}$$



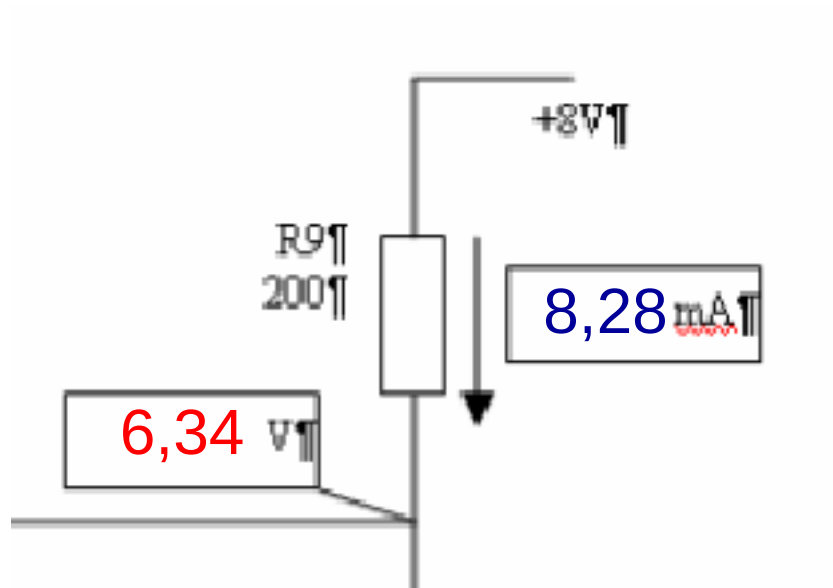
$$U = R \cdot I$$



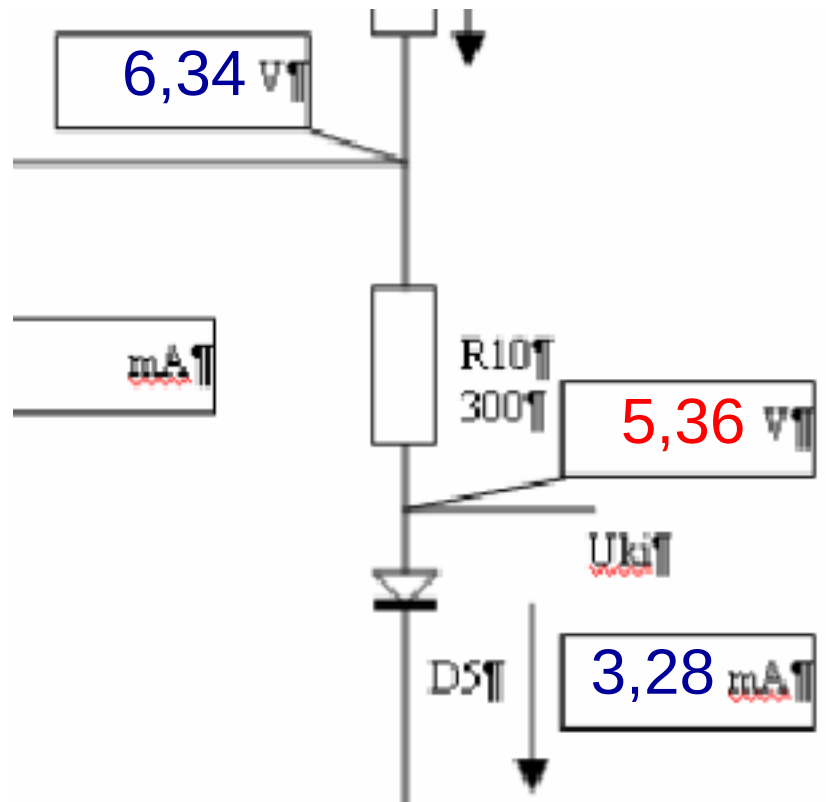
■ $U_{GS} = 3,5V$



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

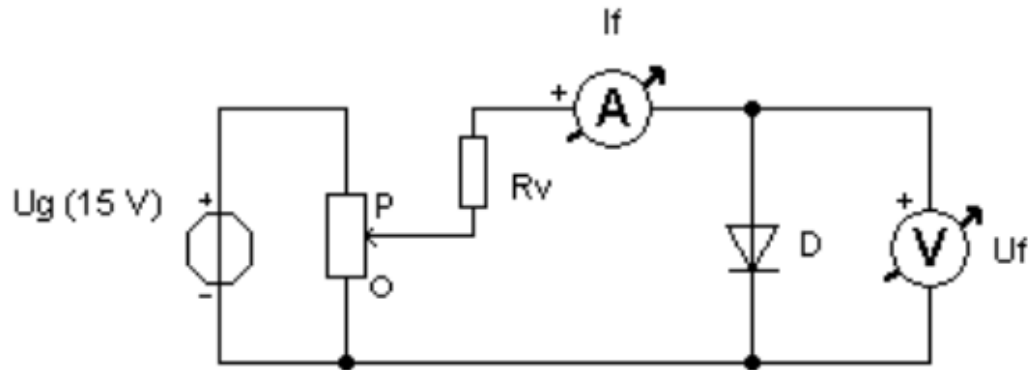


$$U = R \cdot I$$

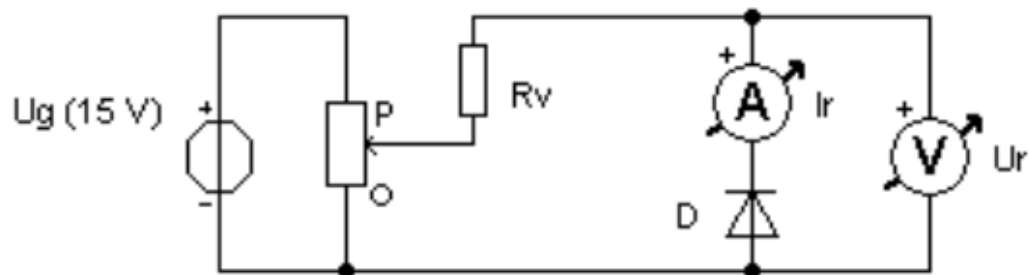


Dióda nyitó és záró karakterisztikája

A nyitóirányú jelleggörbék méréséhez



A záróirányú jelleggörbék méréséhez



Vége az 9. előadásnak

Orvosi mérés technika – vérnyomásmérés, pulzusmérés
Példák

2018. 11. 16.

Méréstechnika labor

10. előadás

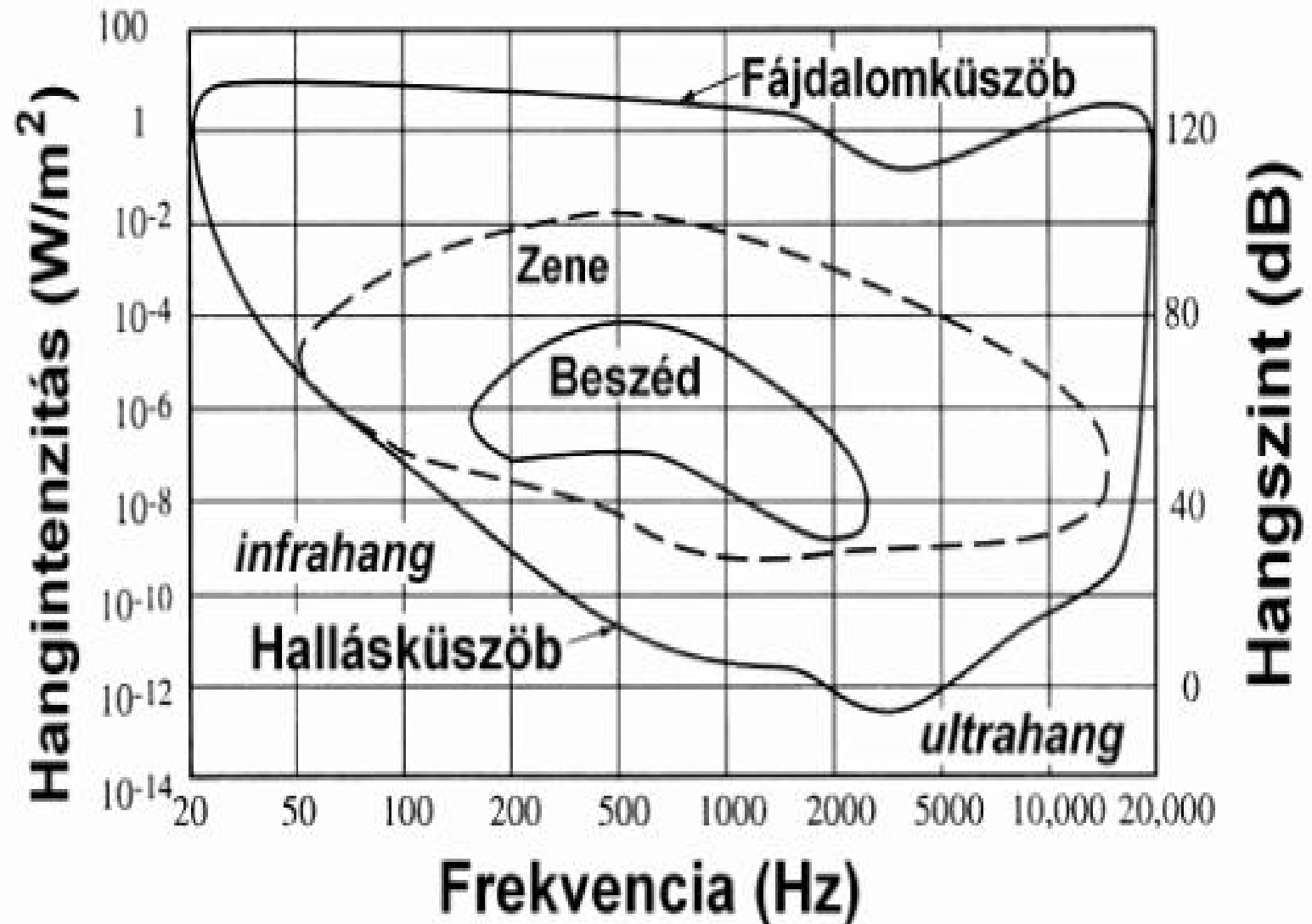
Orvosi méréstechnika:
Hallásvizsgálat, elektródok és érzékelők,
biopotenciálok, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2018. 11. 23.

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 ($T = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$) Goldman-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

Elektrodok biopotenciálok mérésére

- Az elektrodok 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, szervezeten belüli vizsgálatra
- Mikroelektródok, sejten belüli vizsgálatra, elvékonyított üveg elektrolittal töltve

Kémiai érzékelők

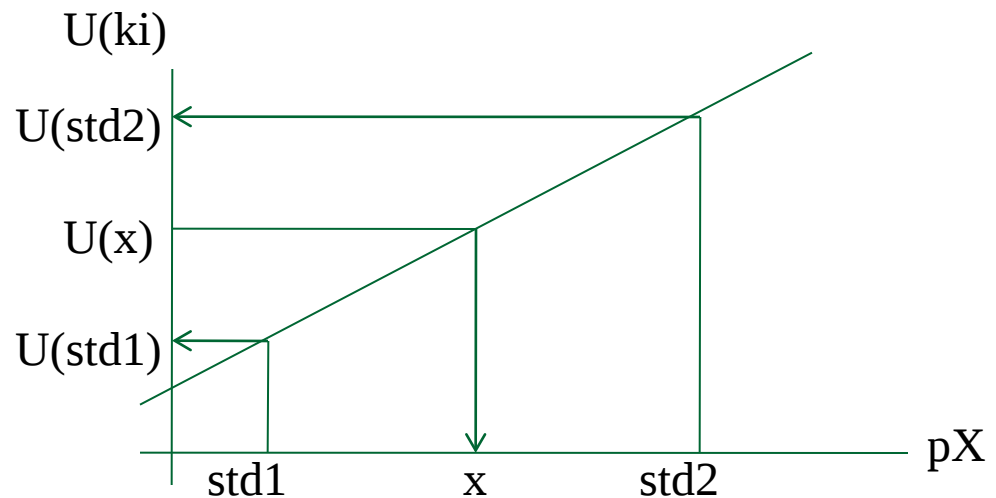
- Anyagcsere folyamatok vizsgálatára
 - Szövetek, a vér és a testnedvek kémiai összetétele
 - A ki- és belélegzett levegő összetétele
- Dalton törvény: egy gázkeverék nyomása egyenlő a keverékben jelen levő gázok parciális nyomásainak összegével
- Henry törvény: ha gáz folyadékkal érintkezik, akkor a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

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

Vége a 10. előadásnak

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

Cserey György
2018.11.23.

Méréstechnika labor

11. előadás

Orvosi mérés technika:
Biztonságtechnika, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2018. 11. 30.

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

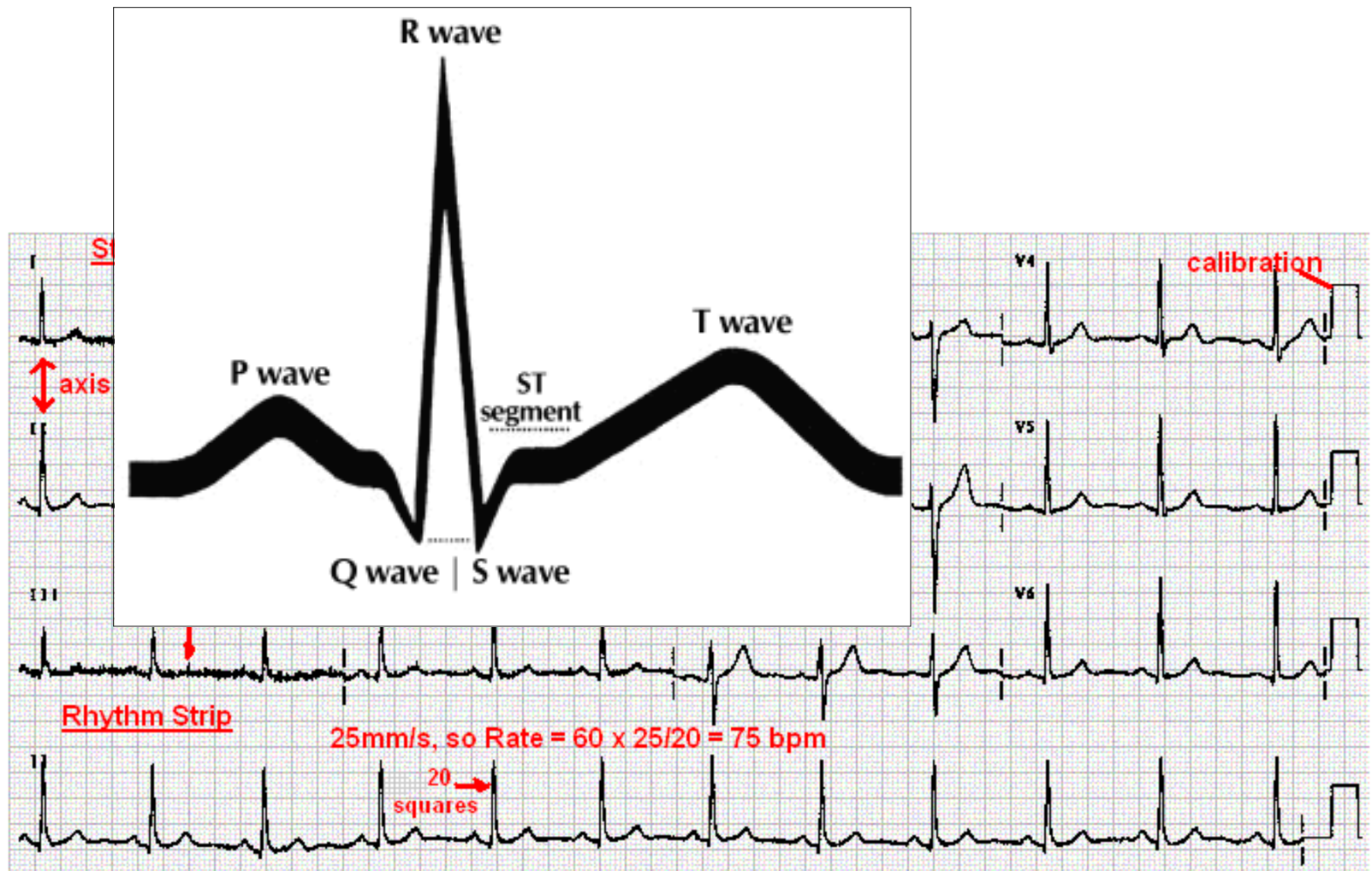
EKG jel

- 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.

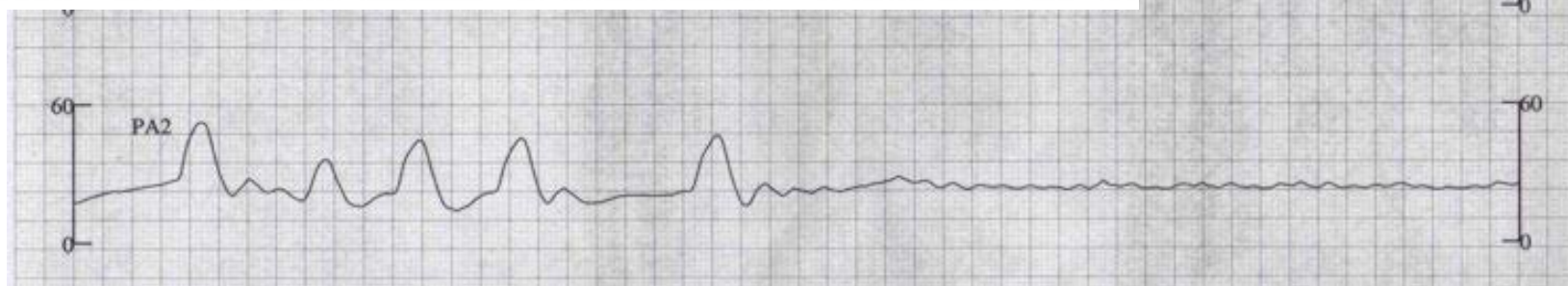
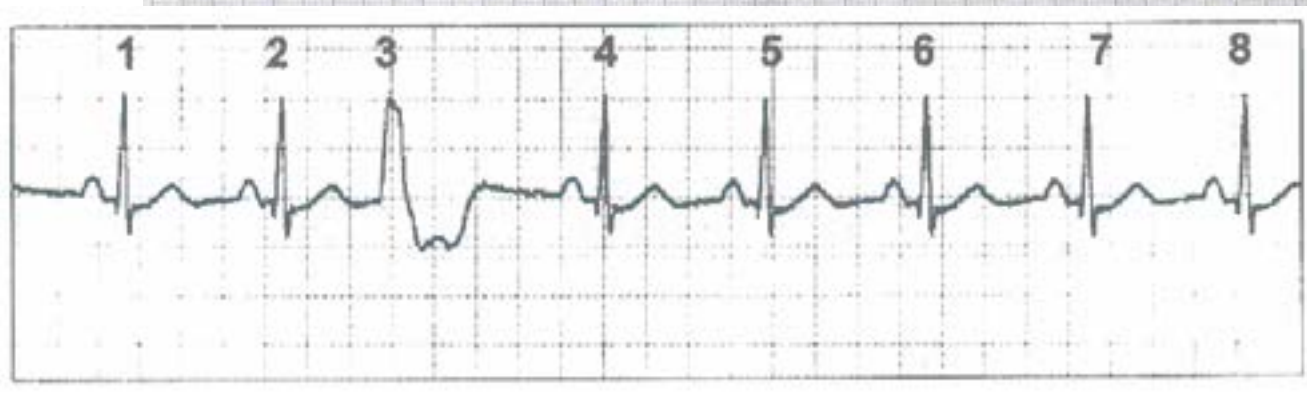
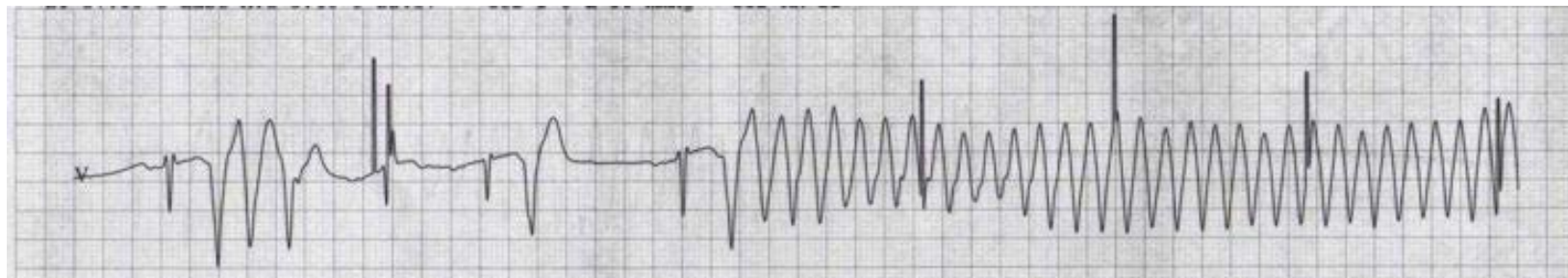
EKG időfüggvény



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

Szívritmus szabályzó

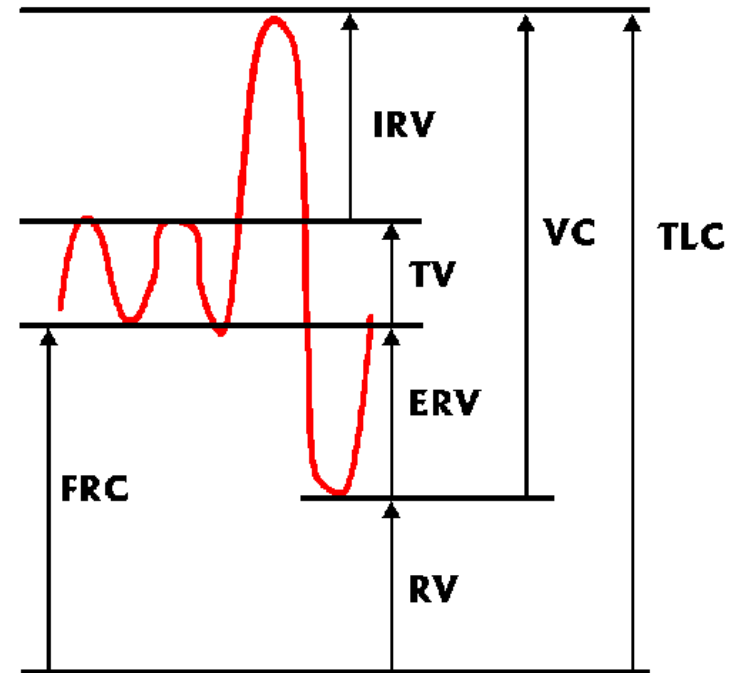
- Akkor ad ki impulzust, ha adott időn belül nem érzékel szinusz csomó által kiadottat
- Bőr alá ültetik be
- Szívüregben levő elektródok hajlékony vezetékkel kapcsolódnak
- Tápellátás fontos
- Programozhatóak
- Sokfajta érzékelője lehet: vér hőmérséklet, időtartam mérés, R hullám alatti terület, pH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

Defibrillátorok

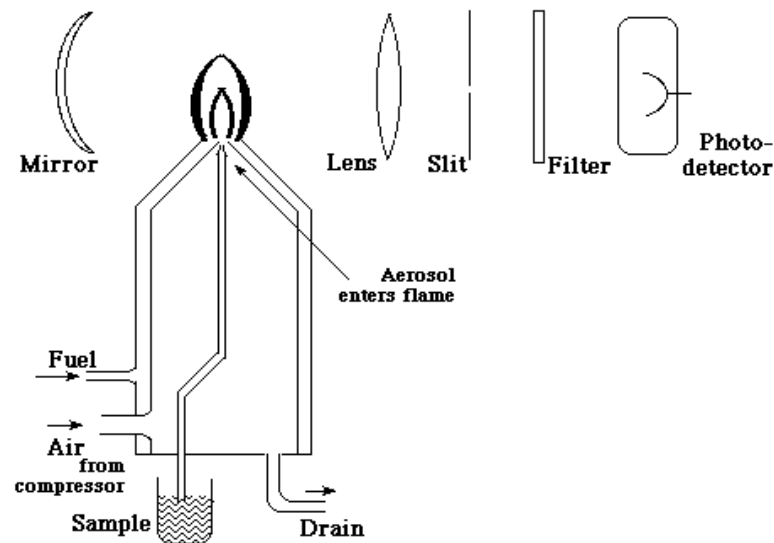
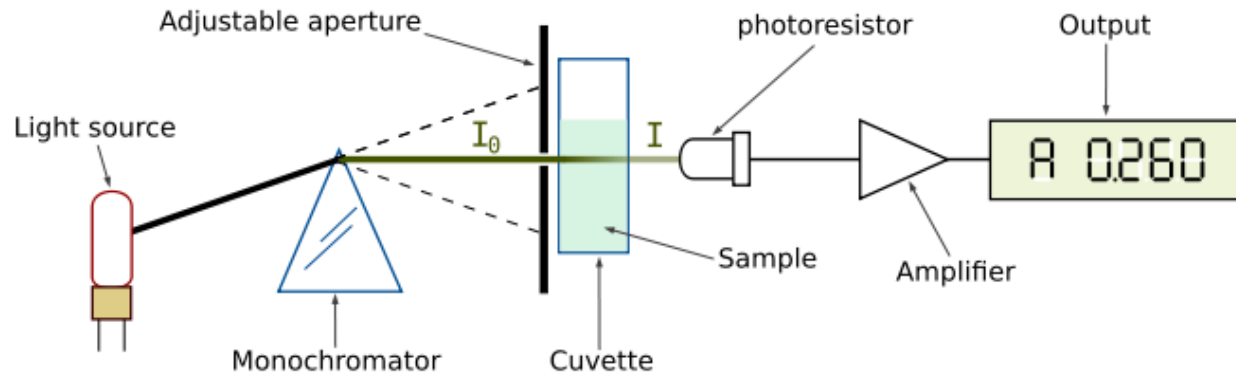
- A rendezett összehúzódnás és elernyedés visszaállítása
- Egyetlen, nagy energiájú, rövid impulzus kibocsátása, mely segítségével a szív sejtjei azonos elektromos állapotot vesznek fel
- AC defibrillátor pitvari fibr. esetén kamrai fibr.-t okozhat... ezért DC defibrillátort használnak
- 10 ms belül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



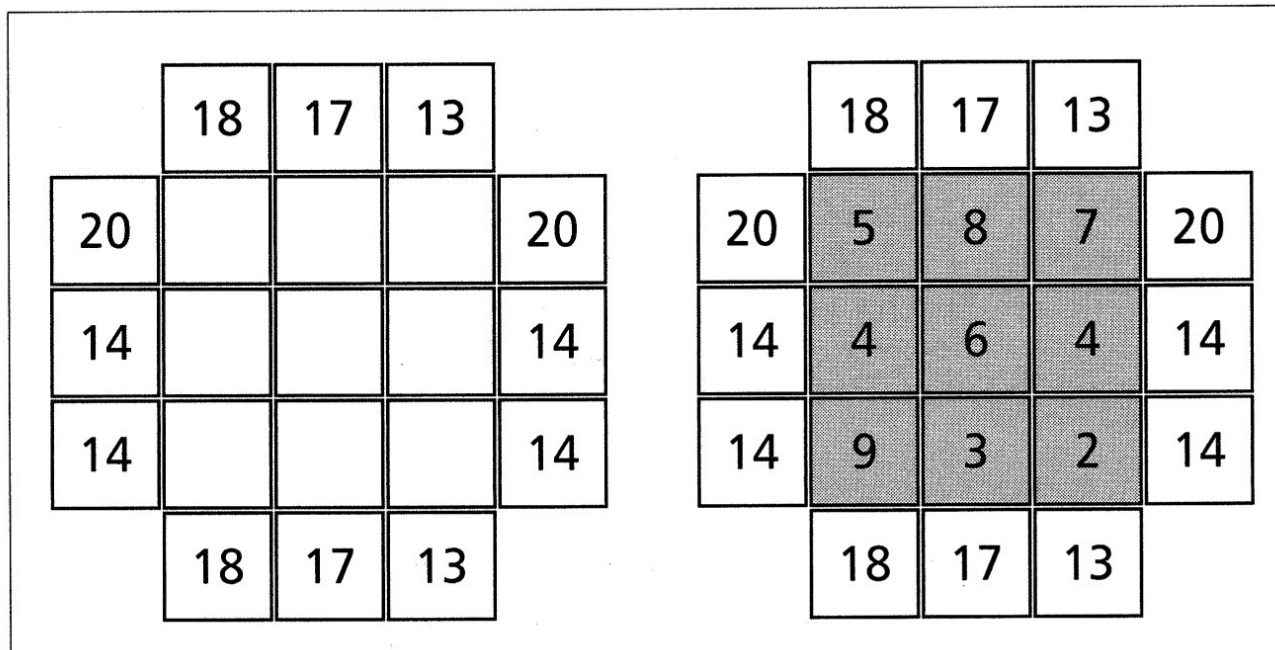
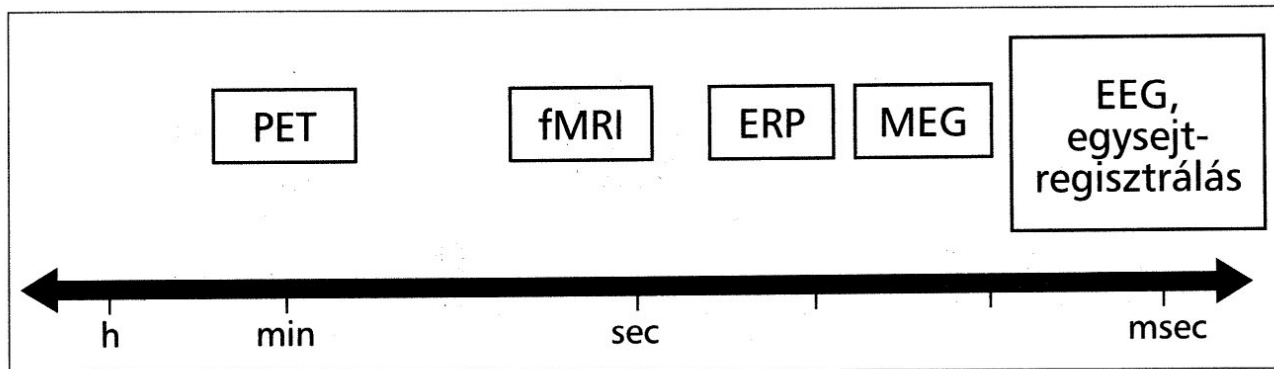
Koloriméter, láng fotométer



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



Vége a 11. előadásnak

Orvosi mérés technika:
Biztonságtechnika, EKG, légzés vizsgálata

Cserey György
2018.11.30.

Méréstechnika labor

12. előadás

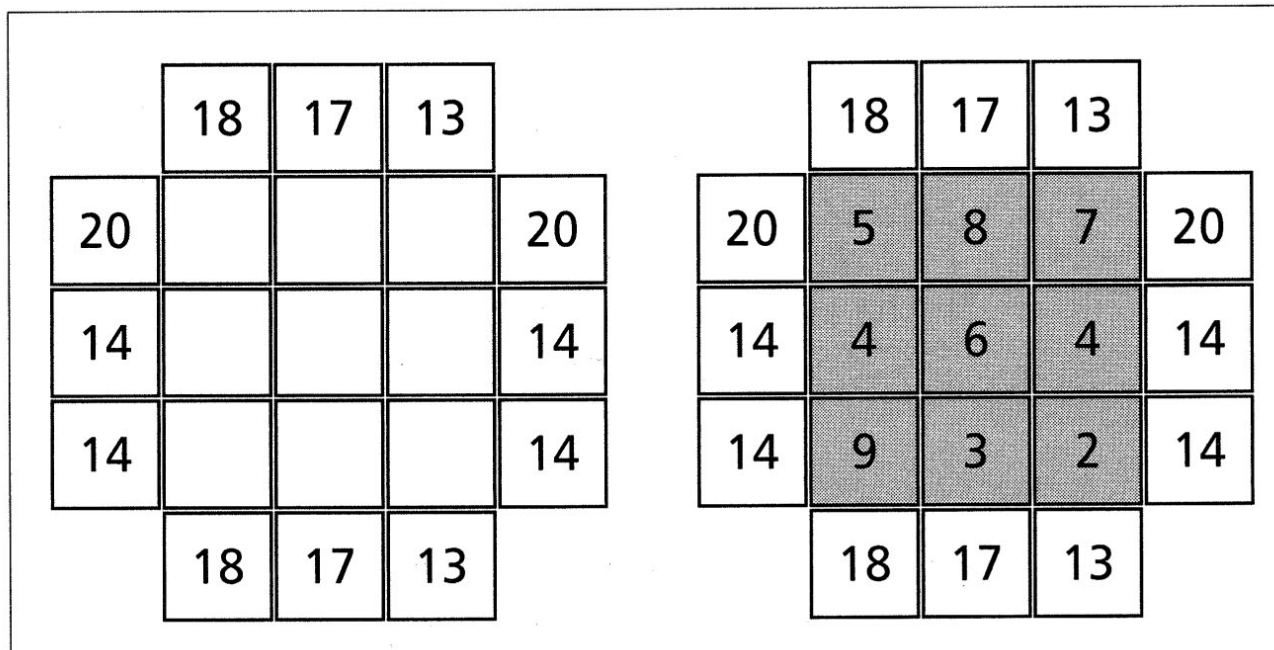
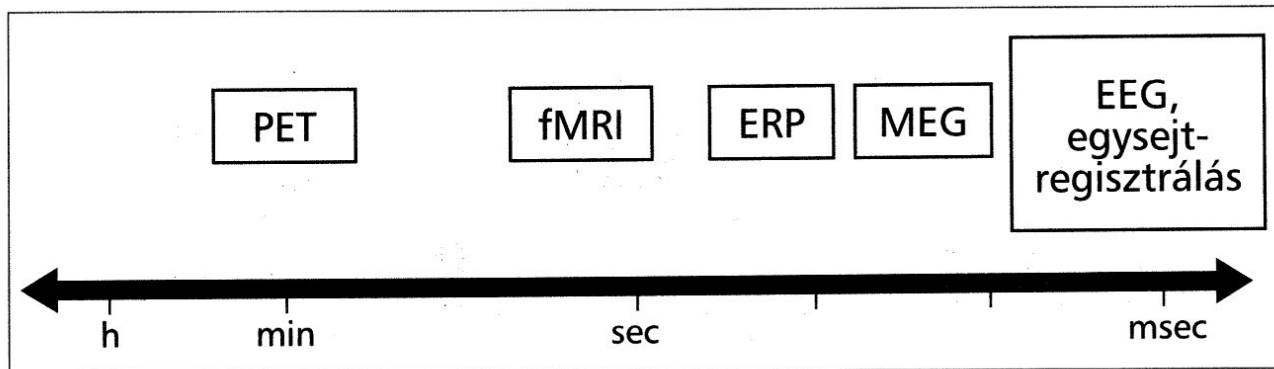
Funkcionális képalkotó eljárások
Viselhető technológiák
Ismétlés

Cserey György
2018. 12. 07.

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

- A tomográfiás módszerek közül a SPECT, PET es az fMRI képes hatékonyan időbeli állapotváltozást követni. Ezeket a módszereket funkcionális képalkotási módszerek néven különítjük el az időbeli változások „on-line” követésére nem alkalmas, de az előbbi módszereknél pontosabb térbeli felbontóképességgel rendelkező anatómiai képalkotási eljárásoktól (CT, MRI).
- A kognitív idegtudományi kutatásban használatos invazív vagy nem-invazív mérőmódszerek esetében azonban nem csupán a térbeli és időbeli felbontóképességet kell figyelembe venni, hanem az adatgyűjtés lehetséges frekvenciáját is, hiszen gyors változások pontos időbeli követésére csak olyan módszerek alkalmasak, amelyek magas adatgyűjtési frekvenciával dolgoznak.

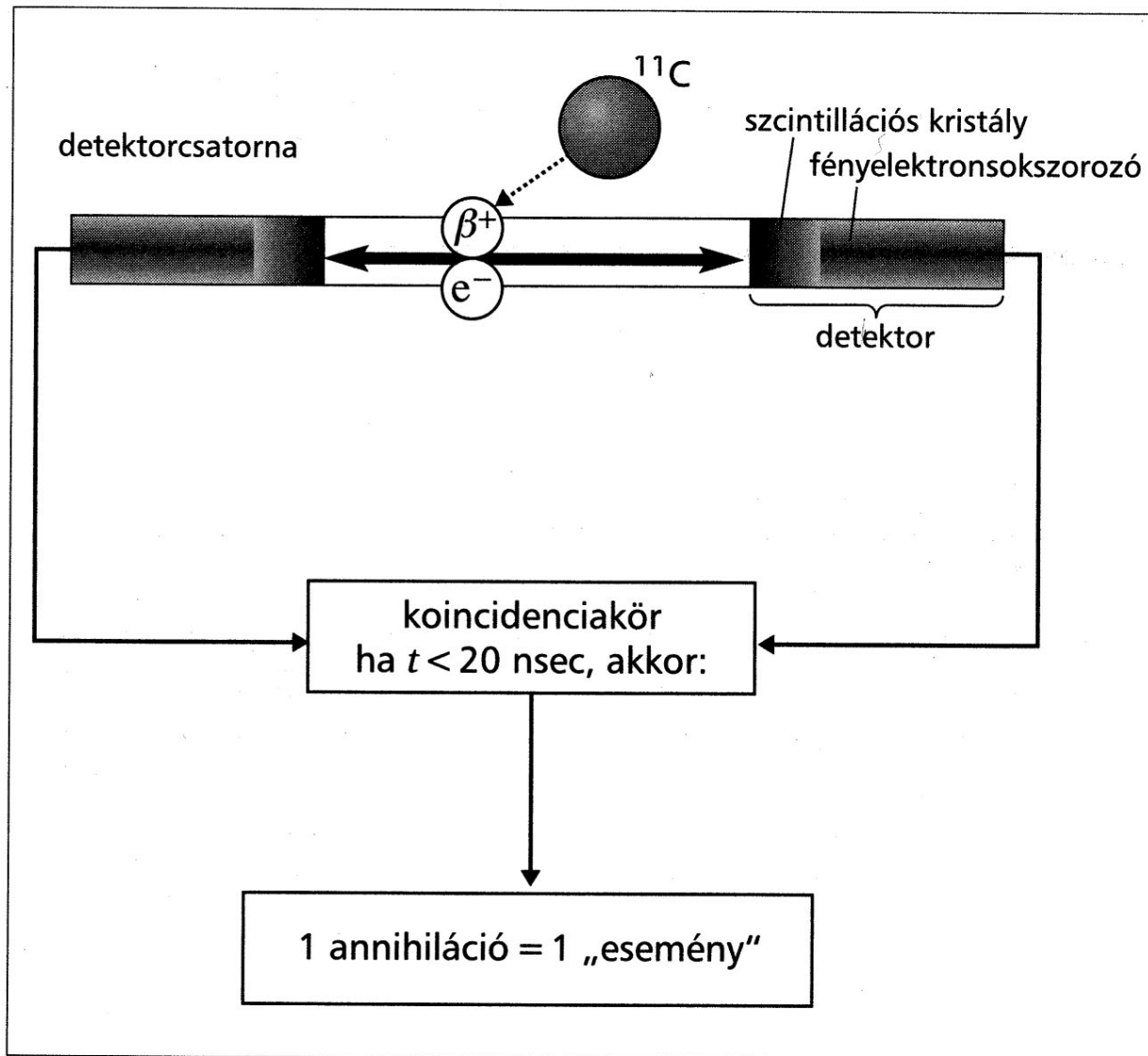
Funkcionális képalkotó eljárások

- A pozitronemissziós tomográfia (PET) lényege, hogy pozitronkibocsátással bomló izotóppal jelzett biológiailag aktív jelzőmolekulákat juttatunk a szervezetbe, majd a szervezetből származó szétsugárzó fotonokat detektorrendszerrel érzékeljük, a jeleket számítógép memóriájában tároljuk, majd számítógépes program segítségével kétdimenziós térképekké rekonstruáljuk.
- Az fMRI segítségével is mérni lehet az agyi vérátáramlást. Emellett a keringő vérben levő hemoglobin oxigénkötésének mértékét is mérhetjük a módszerrel, s ebből következtethetünk az agy egyes régióiban történő oxigénfelhasználás mértékére, amely a regionális idegműködések intenzitásával változik, azaz így közvetve az idegműködés intenzitását mérhetjük.

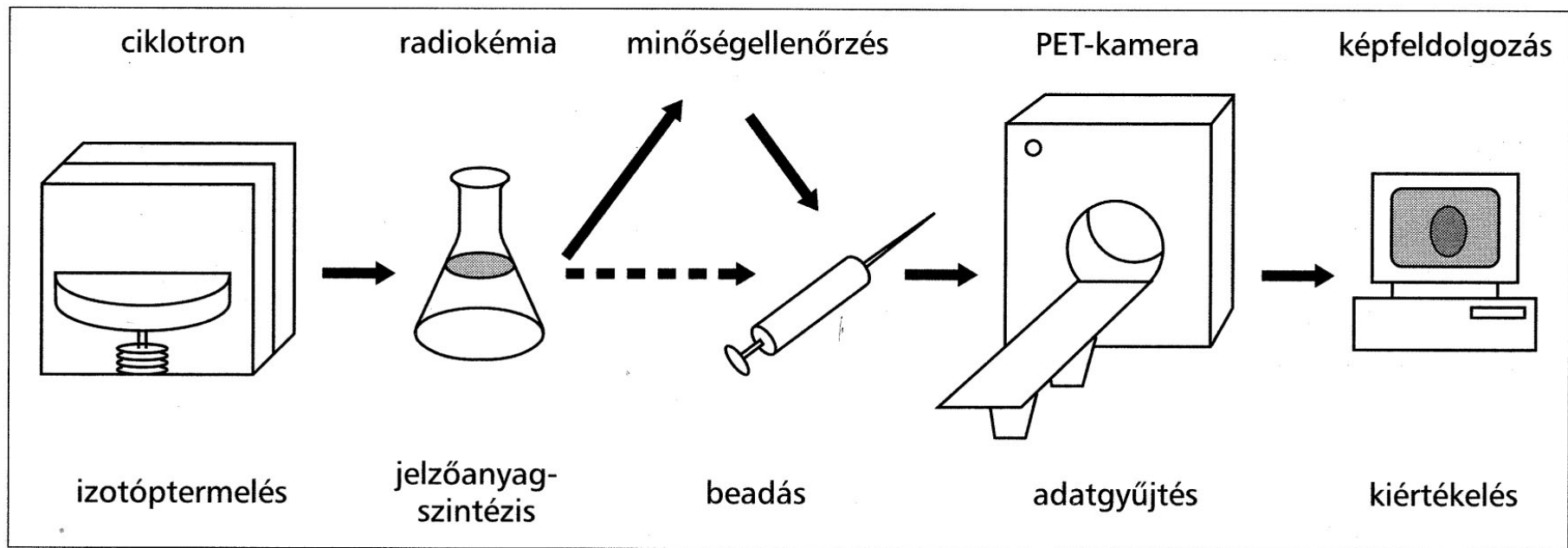
Tomográfiás elvek összehasonlítása

	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

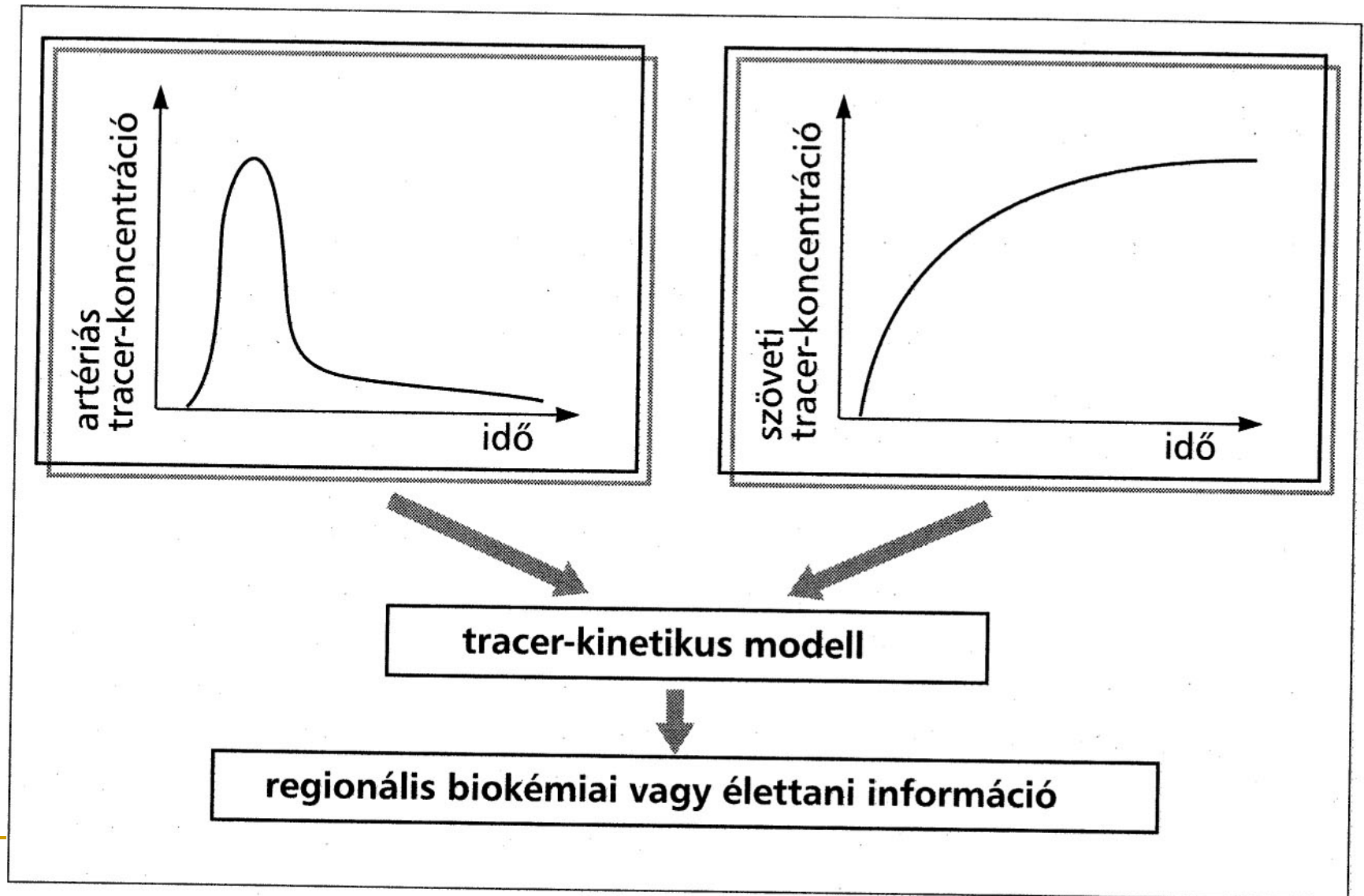
Koincidenciadetekció PET-ben



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

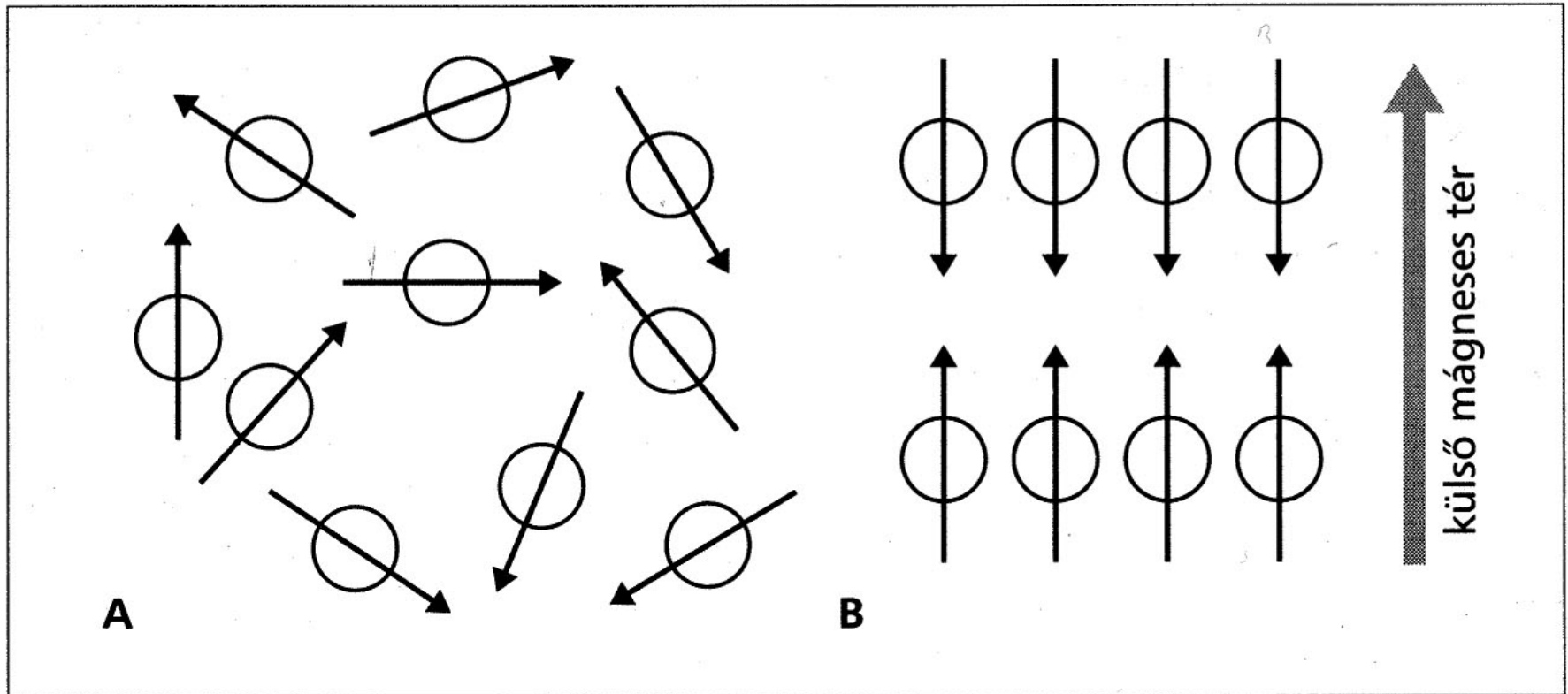
In situ hibridizáció

Secondmessenger-rendszerek

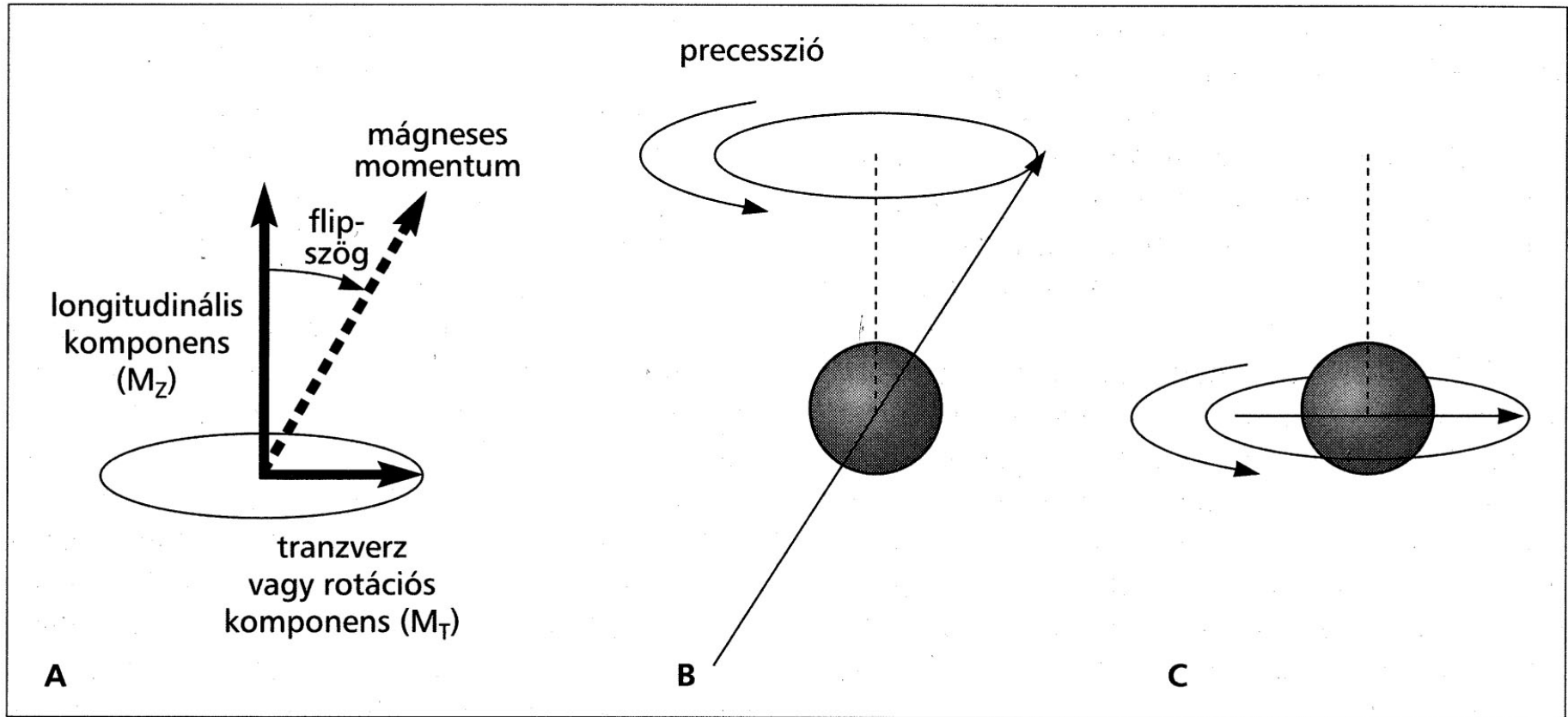
Farmakokinetikai és farmakodinamikai

paraméterek

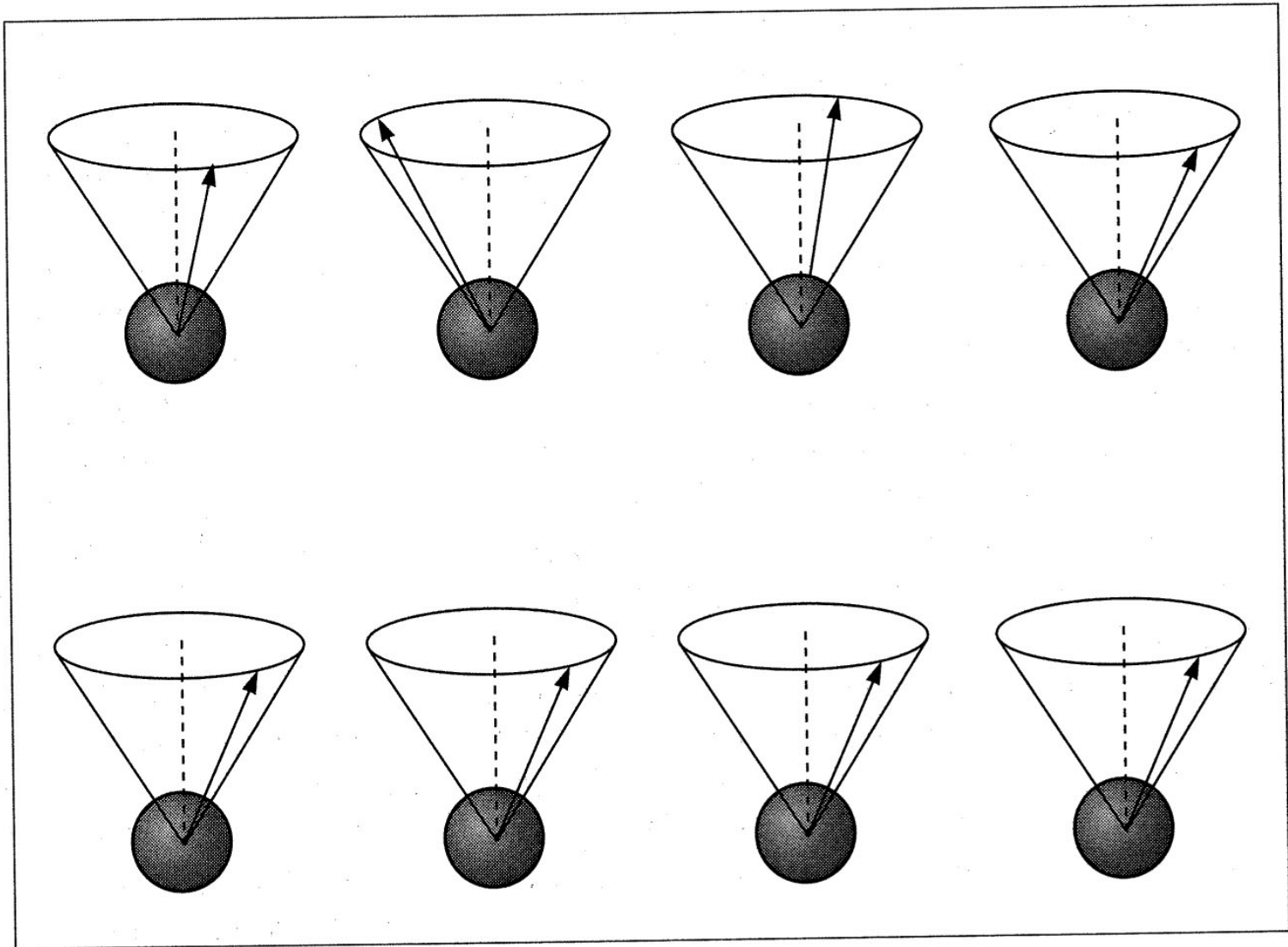
fMRI – hidrogén protonjának mágneses momentuma



Mágneses jel



Mágneses rezonancia

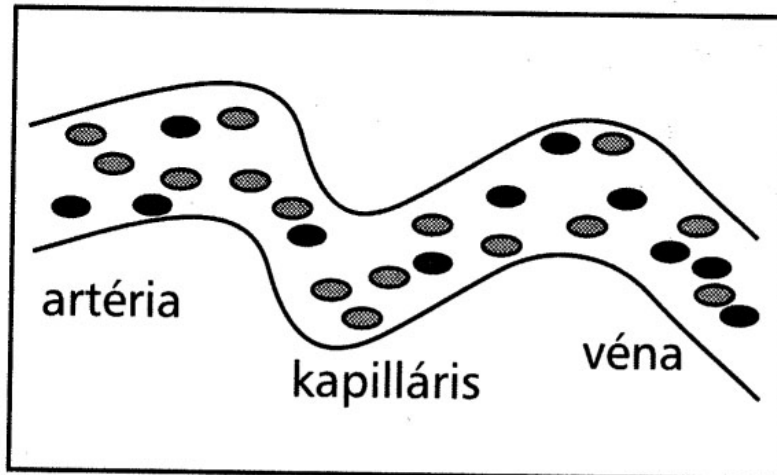


Az fMRI vizsgálat

- Nincs radioaktív sugárzás, mint a CT esetén
- $\sim\text{mm}^2$ terület aktivitását vizsgáljuk vs. EEG
- A vér (víz) aktivitását mérjük, lassabb válasz, mint az elektromos aktivitásé, de nagyobb térbeli felbontás
- Mérés fekvé történik, nem szabad mozogni
- Mérés ideje 15 perc – 2 óra (filmnézés, zenehallgatás, szaglás, memorizálás, a méréstől függően)
- Biztonsági kérdések, legalább 1.5 Tesla

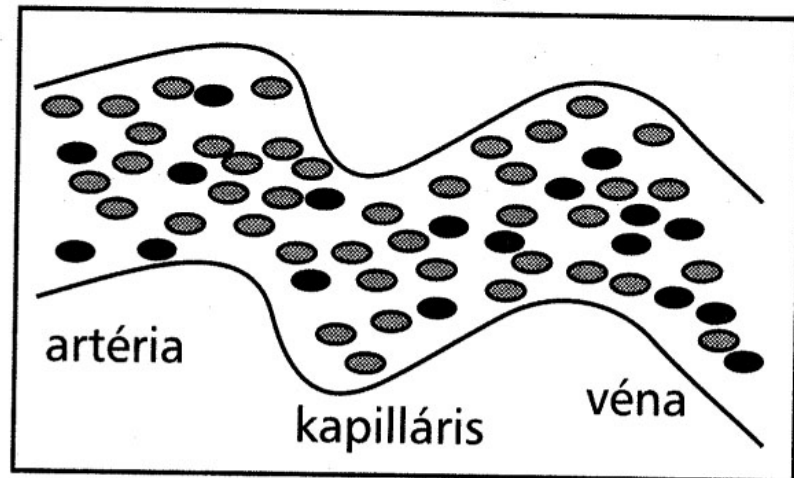
Blood Oxygenation Level Dependent

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

Jellemzők

- A hordozható eszközöket a felhasználójuk viseli -, feladatuk a viselővel valamiféle kapcsolatba lépni különösebb vezérlés nélkül
 - folyamatos működés - monitorozás
 - elvégzik a számításokat és az információk feldolgozását is
- A viselhető technológia két részből áll:
 - szenzorok és feldolgozás

Alkalmazások

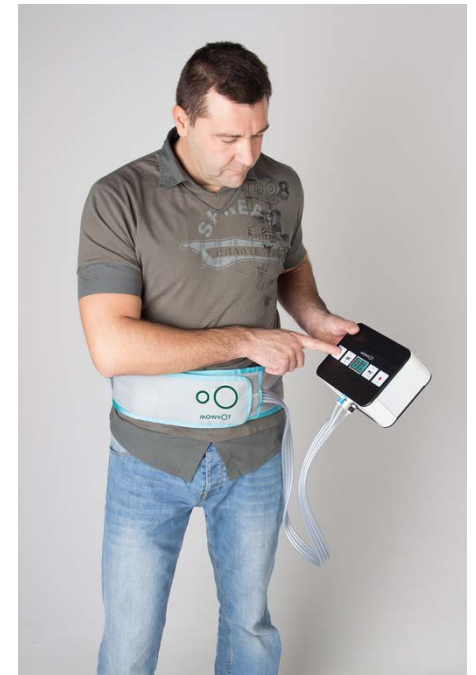
- Google szemüveg – virtual reality
- Okos kontaktlencse, glükóz szint mérés a könnyben
- Baby monitorozás – hőmérséklet, légzés, orientáció
- Sleeve by seaver – lovakhoz
- LifeSense Carin – smart underwear
- Sign language rings – értelmezi a jelbeszédet
- Ybrain – depresszió ellen

Alkalmazási területek

- Egészség és jólét
 - Vizeletszabályzási problémák kezelése (Carin), Asztma érzékelésére (ADAMM)
- Sport és fitness
 - Síelés mozgás analízis (PomocUp), futás technika (Run Up)
- Játék és életmód
 - Nem csak érzékeli a kézmozgást, hanem stimulálja is (UnlimitedHand), alvásérzékelő fejhallgató (Kokoon)
- Biztonság és védelem
 - Nyomtatott aktív fénytechnológia (Light Flex), világító pötty (I Lume)
- Okos ruha és okos ékszerek
 - Fitness gyűrű (Motiv ring), karkötő (Ejoy), bőr élettani jelzéseit figyeli (Bonbouton), Sportruha izomstimulációval növeli az izomaktivitást (ANTELOPE), változtatható mintájú karkötő (tago arc)

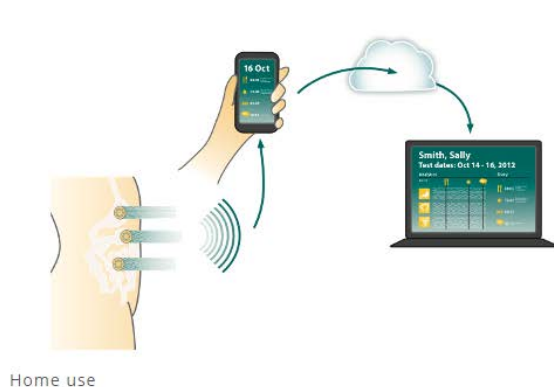
Emésztés - Mowoot

- A MOWOOT egy orvosi eszköz, amely olyan masszázsterápiát nyújt a krónikus székrekedés kezelésére, mint a fizioterapeuta.



Emésztés – G-Tech Medical

- A G-Tech vezeték nélküli hordozható patch rendszer folyamatosan figyelemmel kíséri az emésztőrendszer motoros aktivitását kényelmesen és nem invazív módon



Emésztés – Vibrant gastro

- A kapszula mechanikusan indukálja a perisztaltikus hullámot a vastagbélben, segítve a székrekedő betegek enyhítésében mellékhatások nélkül.



Myontec MBody

- A Myontec Mbody az izmok elektromos aktivitását méri (EMG, elektromiográfia). a technológiát valós idejű sportteljesítményelemzésben alkalmazzák, függetlenül attól, hogy a környezet vagy a sport típusa milyen.



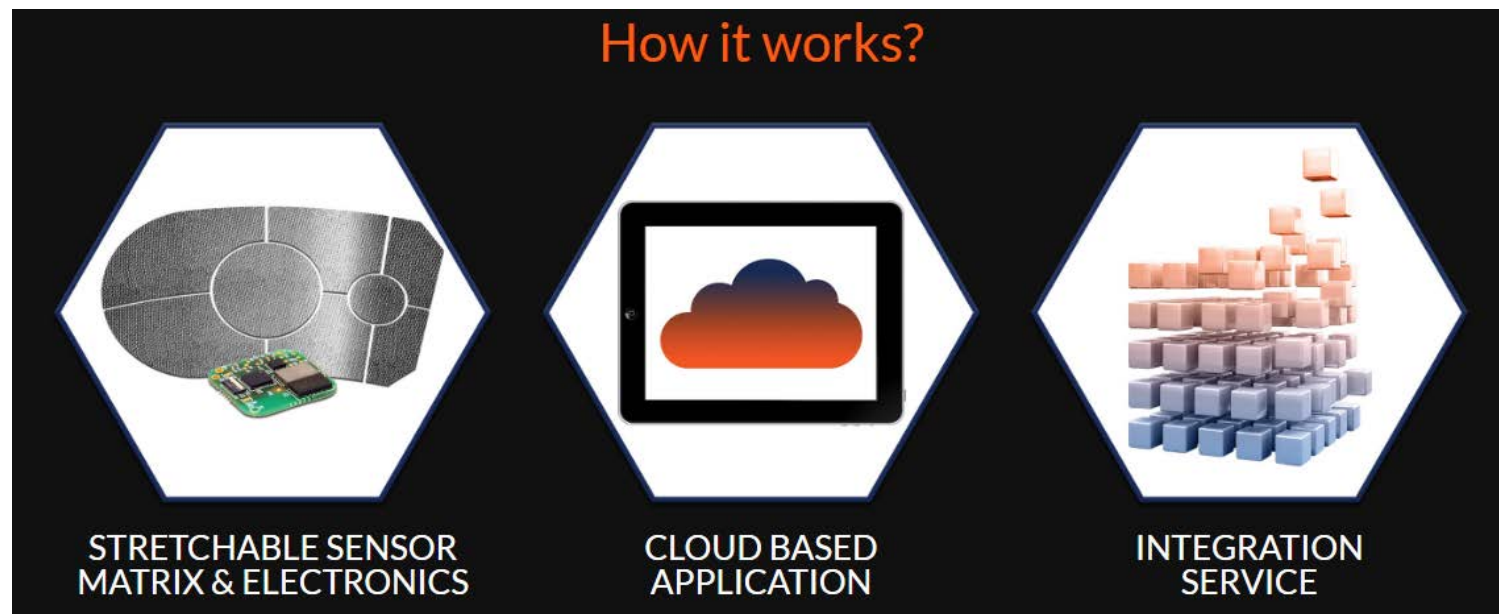
Rehabilitáció - Bioservo

- Markolaterősítő segédeszköz a nem invazív SEM[™] technológián (Soft Extra Muscle) alapulva. A SEM Glove[™] egy kesztyűből és egy könnyű erő kifejtő részből áll. A kesztyű és a hajtómű együttes tömege körülbelül 700 gramm. A maximális teljesítmény és a hozzáadott erő mértéke az egyéni igény szerint állítható be, lehetővé téve a kesztyű különböző igényekhez való alkalmazkodását.



Rehabilitáció - FORCIOT

- A maximális, a minimális és az átlagos erő, az ugrás teljesítménye, a súlyeloszlás és egyéb mozgás kritikus paraméterek mérésére számos sportágban. A mérőrendszer beépíthető különböző sportruházatba, például sportcipőkbe, talpbetétekbe vagy kesztyűkbe.



Rehabilitáció - Shimmer

- A Shimmer hordozható érzékelő platformja egyszerű és hatékony biofizikai és kinematikai adatgyűjtést tesz lehetővé.



A white, rectangular Shimmer3 IMU device with a grey strap. It features the Shimmer logo (an orange circle with a white signal icon) and the text "discover in motion". There are two small blue buttons and a larger orange button on the front.

PRODUCT

- SHIMMER3 IMU
- SHIMMER3 BRIDGE AMP
- SHIMMER3 ECG/EMG
- SHIMMER3 GSR+
- SHIMMER3 PROTO3
- NEUROLYNQ

WHAT IT MEASURES...

ACCELEROMETER

ELECTROMYOGRAPHY STRAIN RESPIRATION

HEART RATE GYROSCOPE MAGNETOMETER SKIN

SURFACE TEMPERATURE PRESSURE FORCE GALVANIC

SKIN RESPONSE PHOTOPLETHYSMOGRAM

RESISTANCE ALTIMETER LOAD

ELECTROCARDIOGRAM WEIGHT

TORQUE INERTIAL MEASUREMENT

AND MORE

Rehabilitáció - TracPatch

A breakthrough in wearable technology
for patient recovery monitoring.



ROM



AMBULATION



ACTIVITY



TEMPERATURE



EVENTS

Rehabilitáció - EGZOTech

- Elektromiográfiát használ. A beteg mozgása aktív - a páciens izmairól felvett bio-elektromos jelek (EMG) alapján. Különösen hatásos a klinikai problémákkal rendelkező betegeknél, így 10x nagyobb mozgásszervi aktivitás érhető el az izom feszítés során, mint a kézi kezelés esetén.



Rehabilitáció – Gait Up



Physilog
Sensors



Activity
Monitor



Gait
Analysis



Running
Analysis



Shoulder
testing



Algo
Library

Rehabilitáció - Mollii

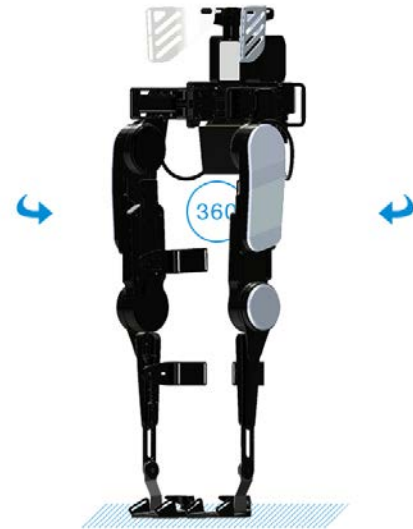
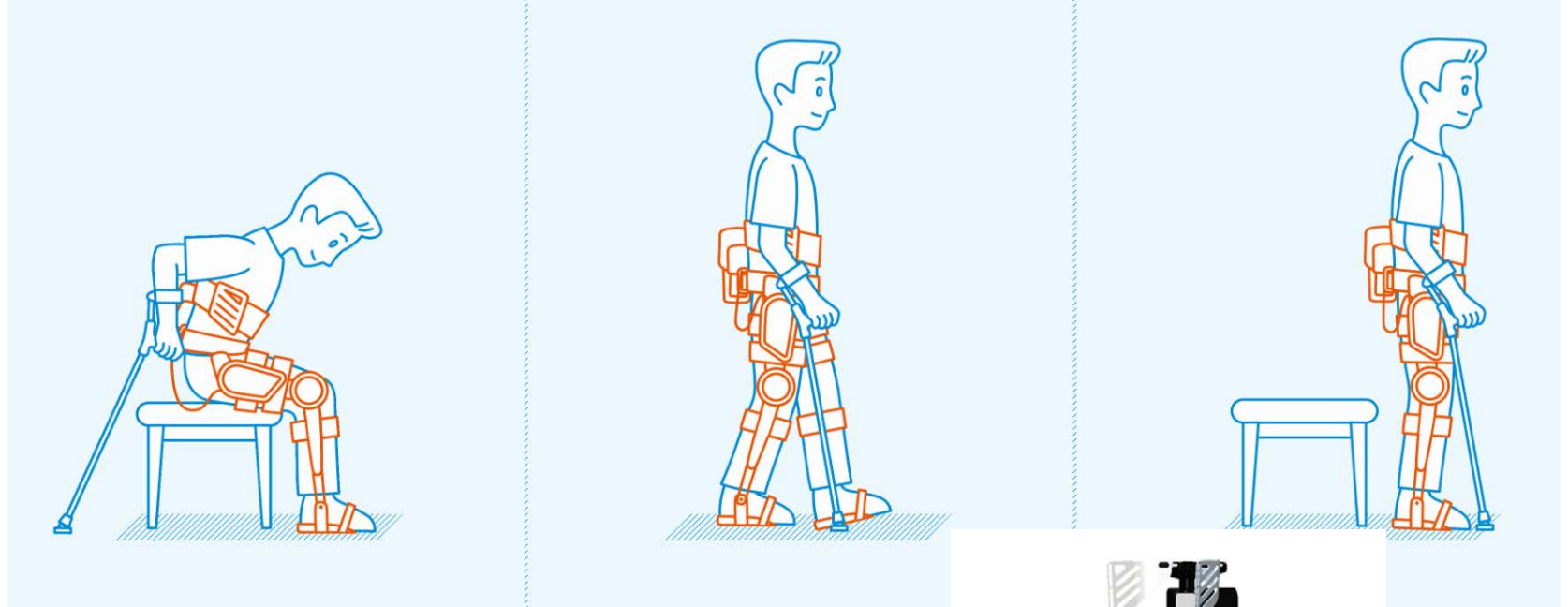
- Segédeszköz, amely a feszes és fájdalmas izmokat biztonságosan és egyszerűen ellazítja, ezáltal sok mozgáskárosodásban szenvedő embernek segít. A Mollit az agyi bénulás, agyvérzés, a gerincvelő sérülése és a szerzett agykárosodás, valamint egyéb, a motoros fogyatékkal rendelkező emberek használják.



Mollii is a unique assistive device for people with spasticity, motor disability, increased or decreased muscular tension.



Rehabilitáció – FREE Bionics



Hátrányok

- Specifikus, nem sokoldalú eszközök
- Kicsi méret
- Környezeti zaj
- Nincsenek elterjedve
- Drága
- Akkumulátor
- Hőterhelés irritációt okozhat
- Fejfájás jelentkezhethet
- Elvesztéskor biztonsági problémák

Kérdések – a teljesség igénye nélkül

- Mi a biopotenciálok eredete?
- Milyen elektródokat ismer?
- Melyik elektród alkalmas egyenfeszültség mérésére?
- Milyen a mikroelektródok szerkezete és mire használjuk őket?
- 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?
-

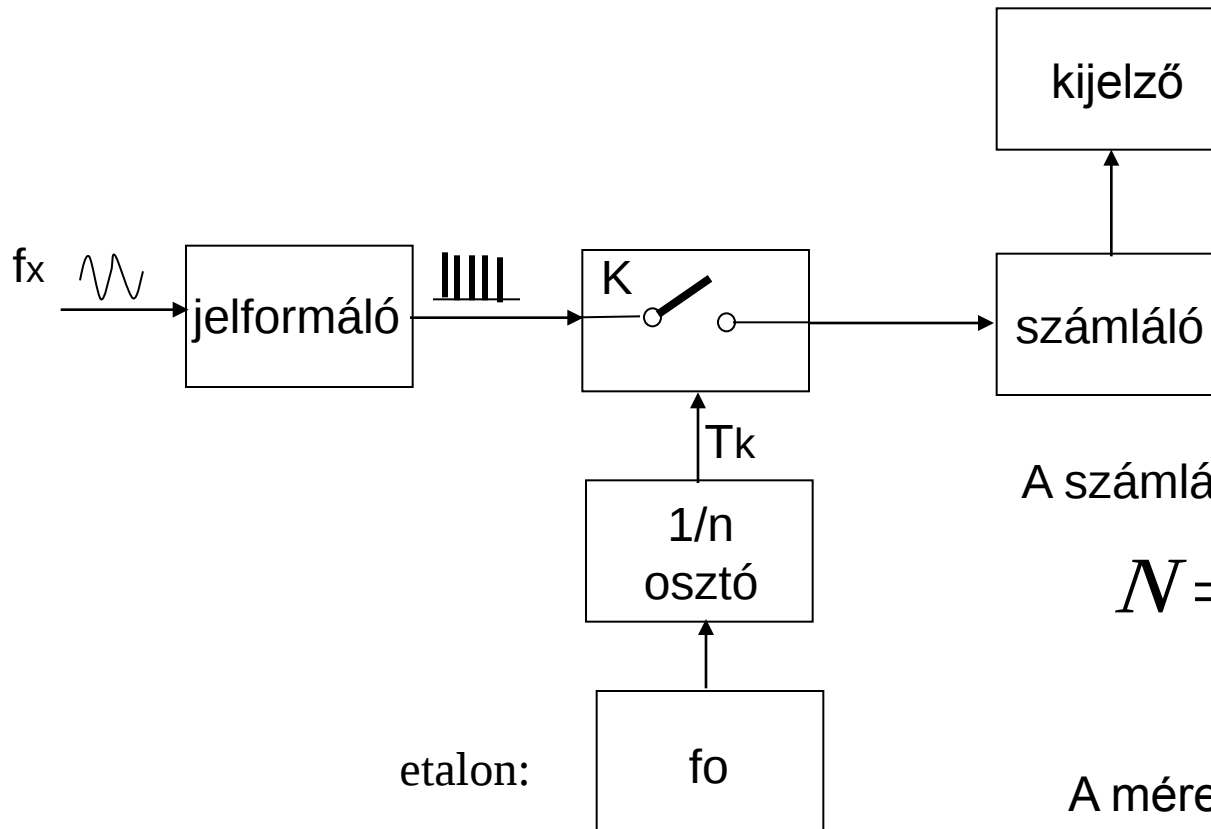
Kérdések

- 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 paramétereit 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:

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

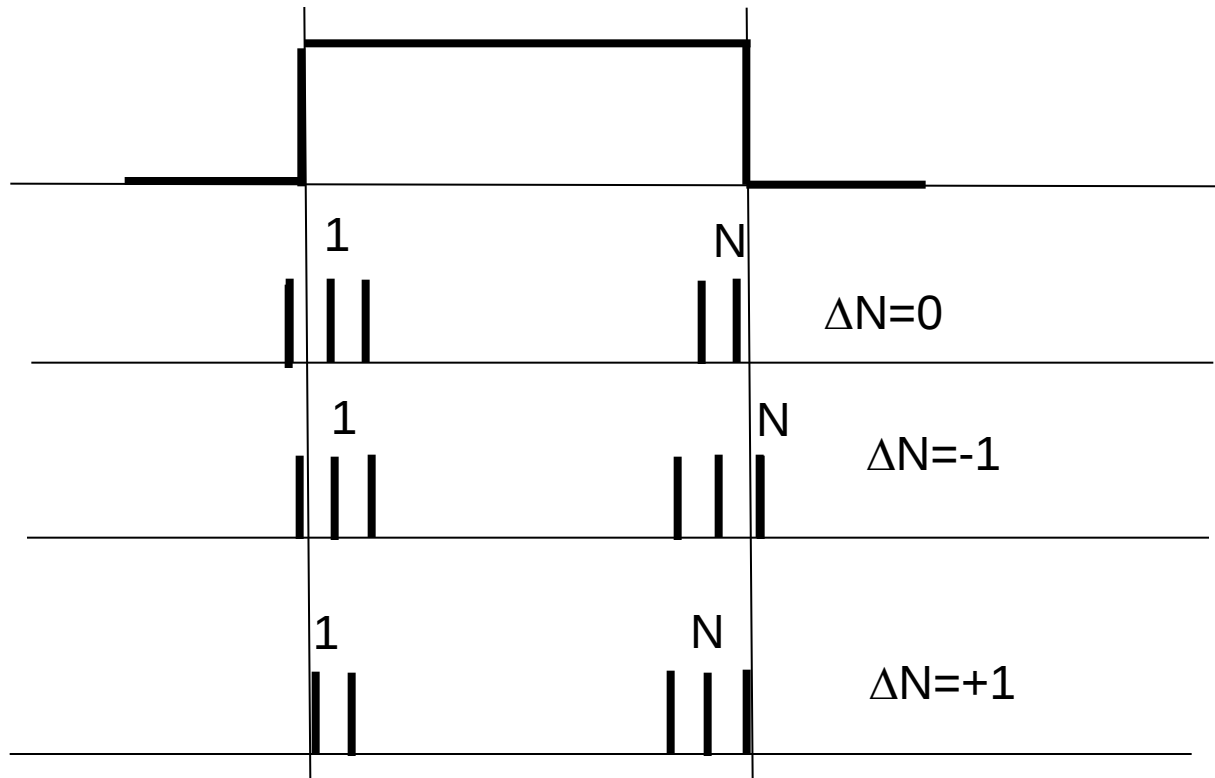
A mérendő frekvencia:

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

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

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

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

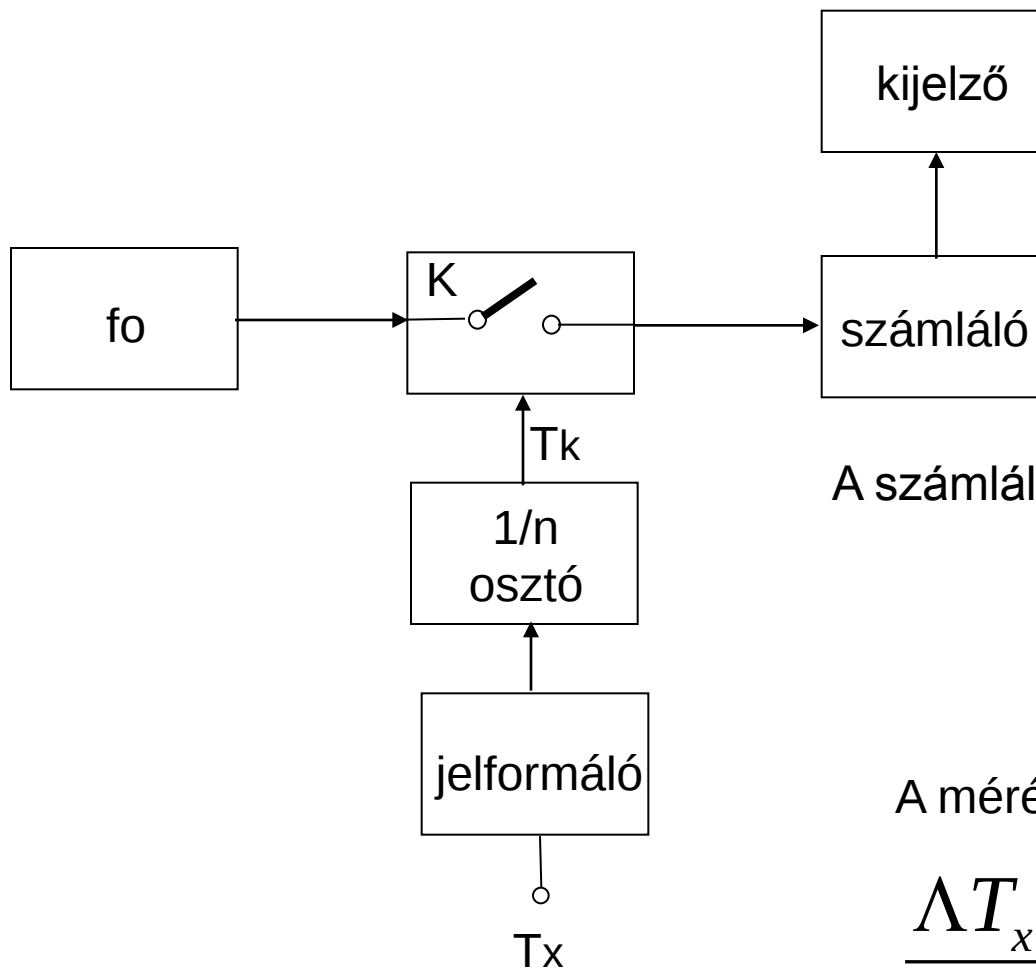
$$n = 10^9$$

és

$$T_k = n/f_0$$

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

Digitális periódusidő-mérő

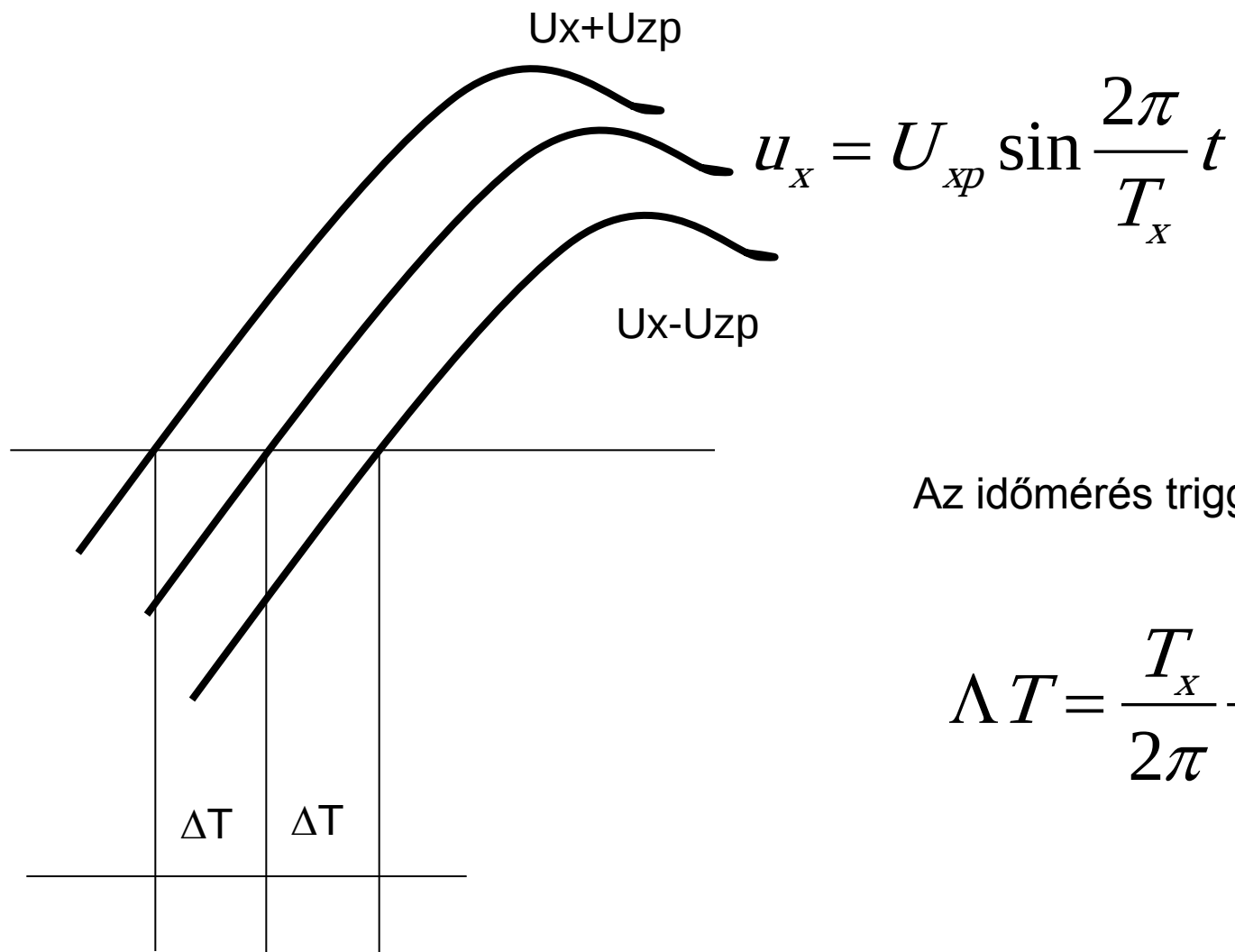


A számláló által kijelzett periódusidő:

$$N = T_x n f_0$$

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%

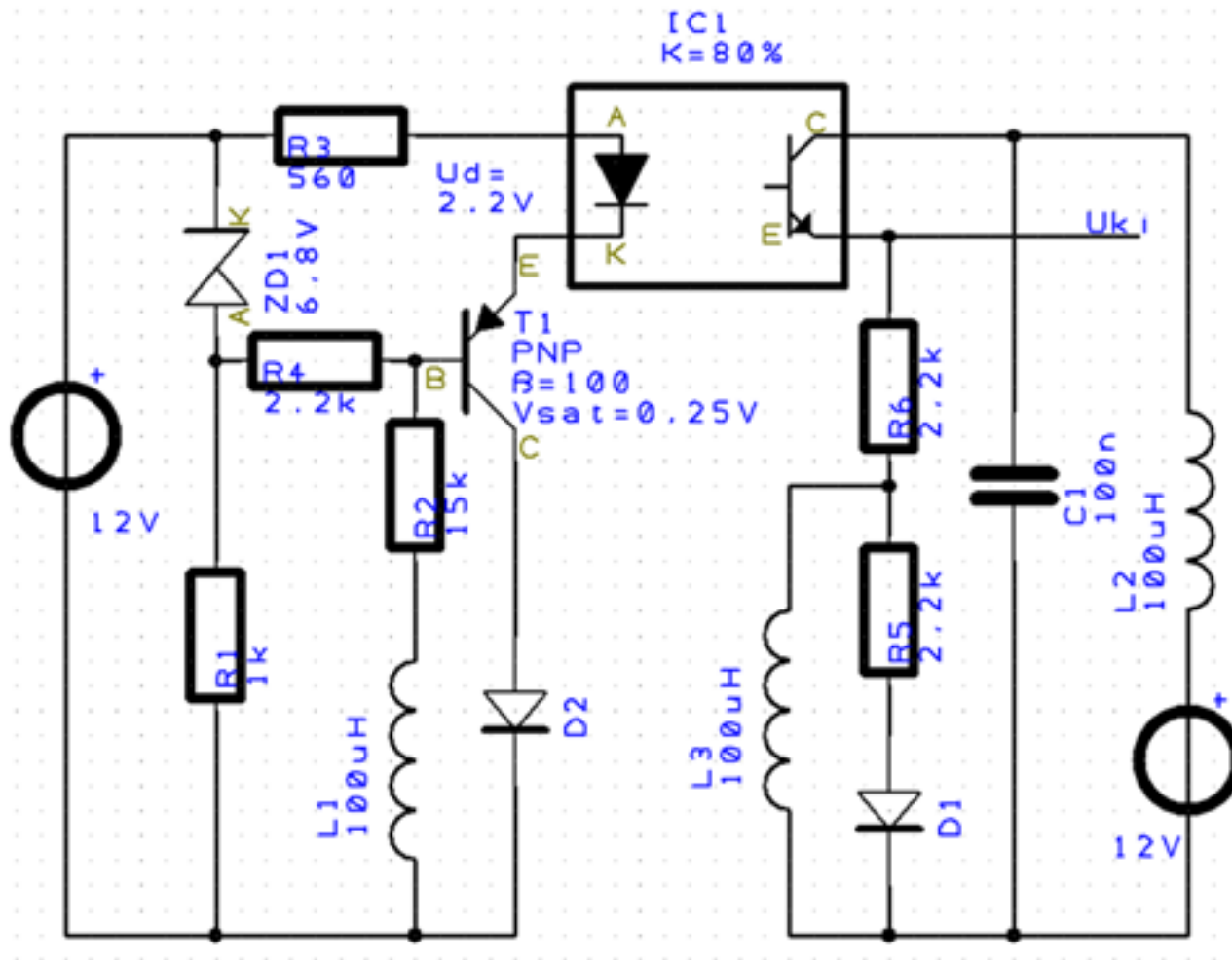
Mivel:

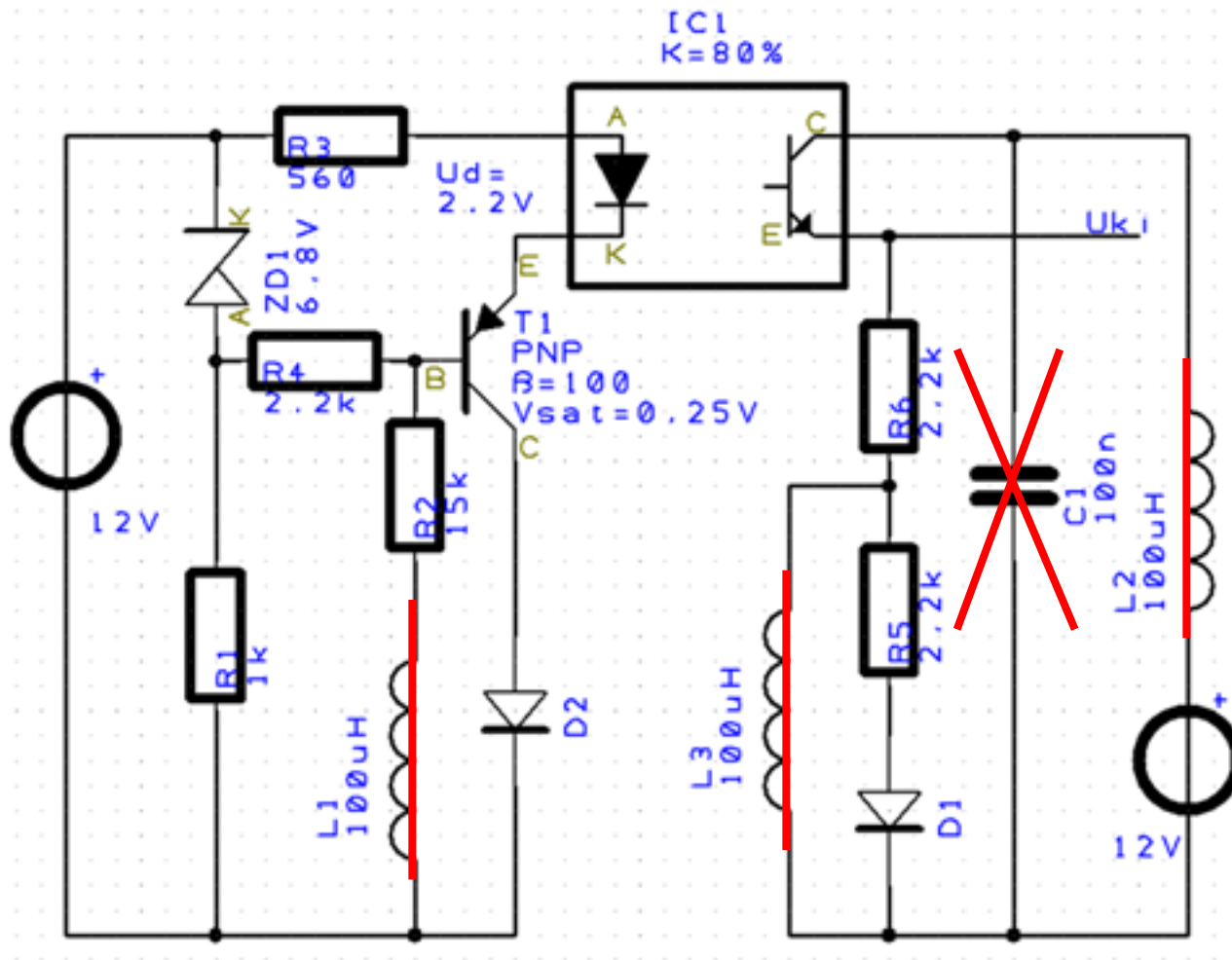
$$20\lg(U_{xp}/U_{zp})=20$$

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

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

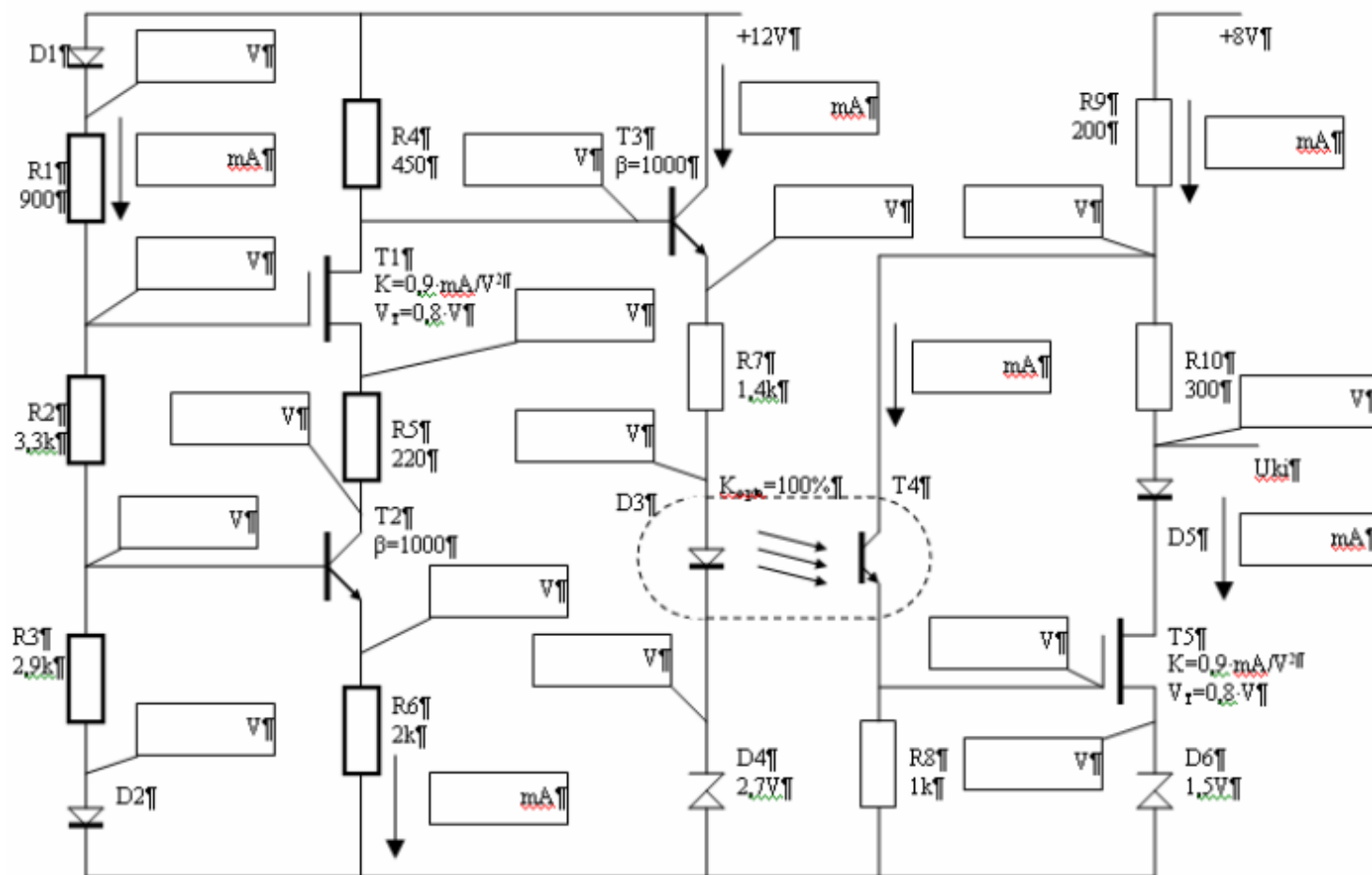
$$\Delta T/T = 1,6 * 10^{-5} / 10^{-3} = 1,6\%$$

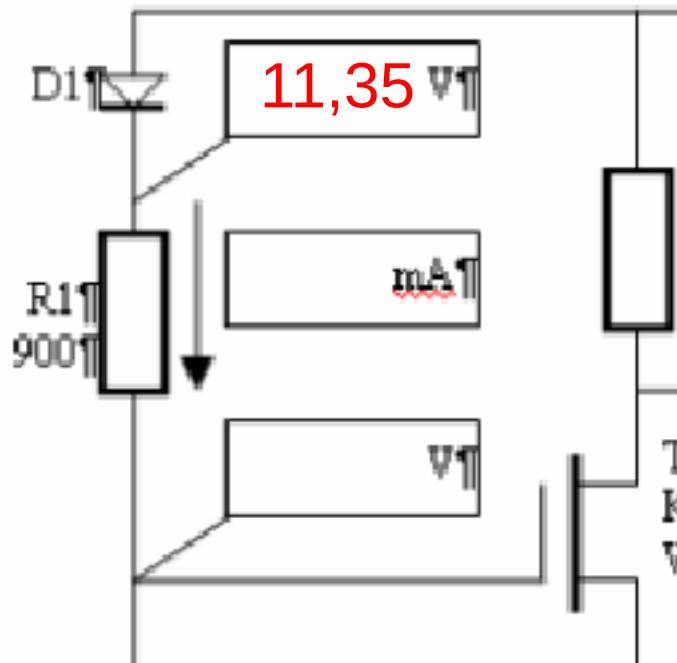




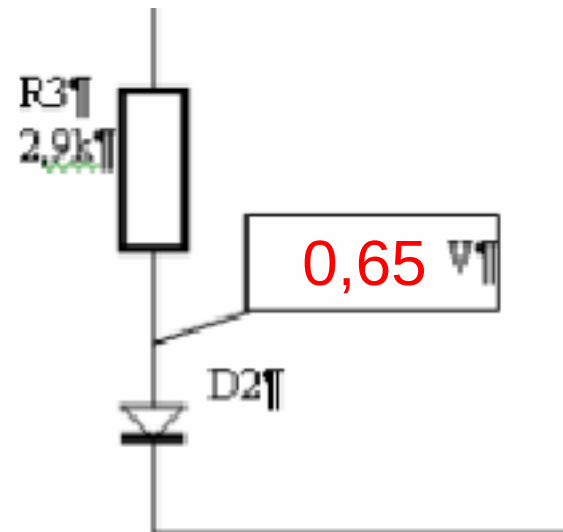
Határozza meg az alábbi áramkör munkaponti áram és feszültség adatait!

A1

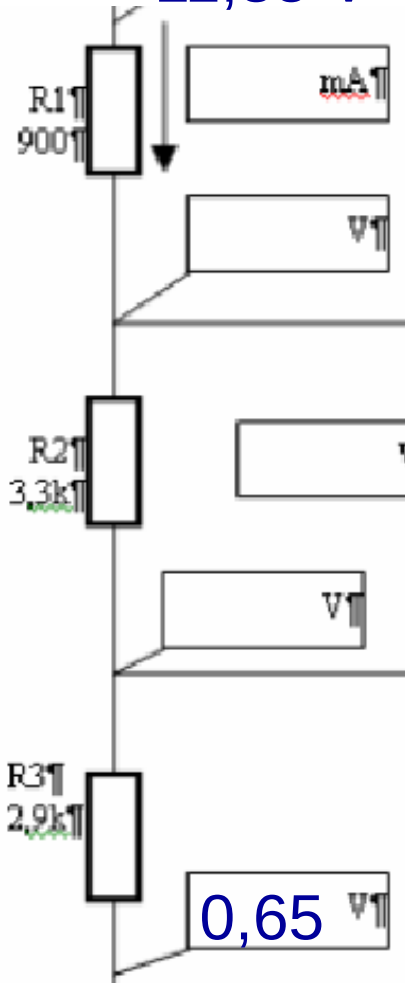




$$U_d = 0,65\text{ V}$$

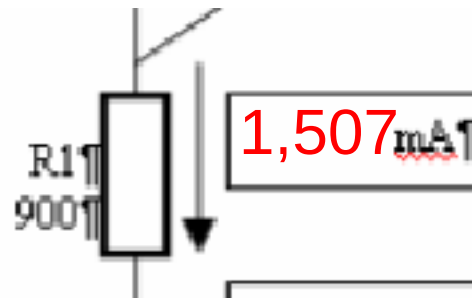


11,35 V

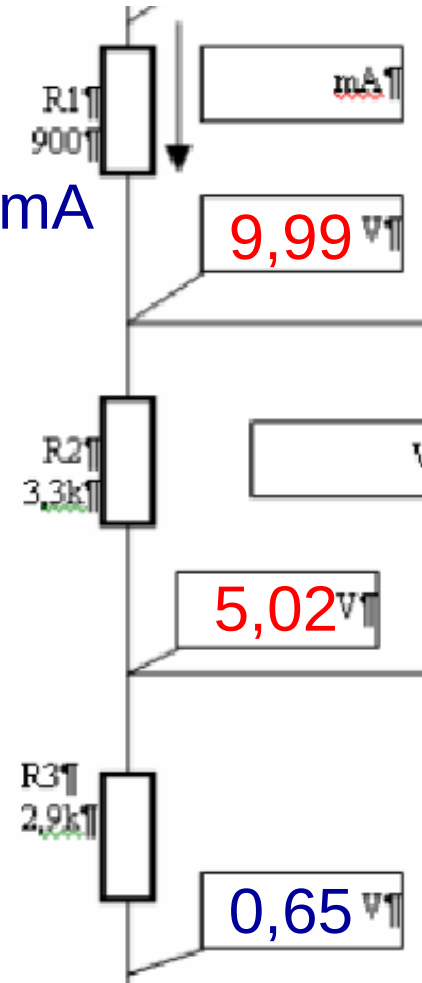


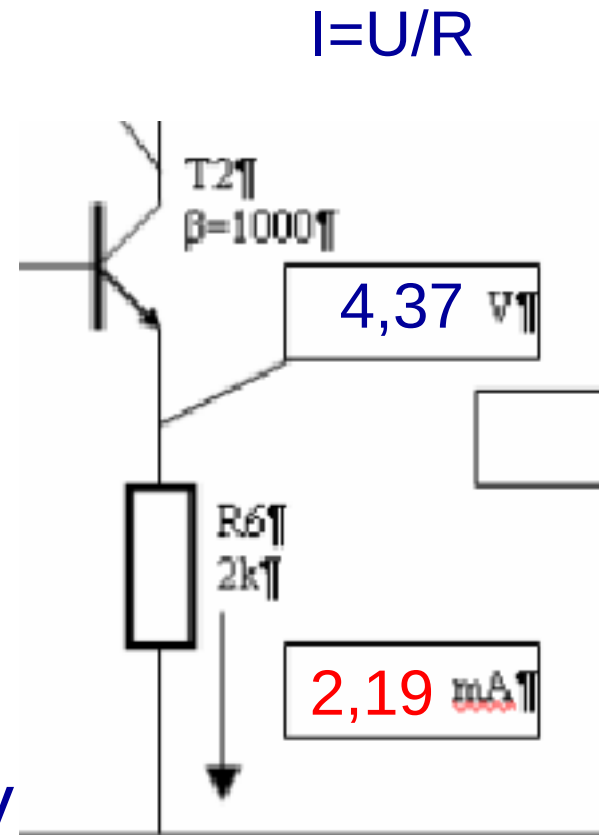
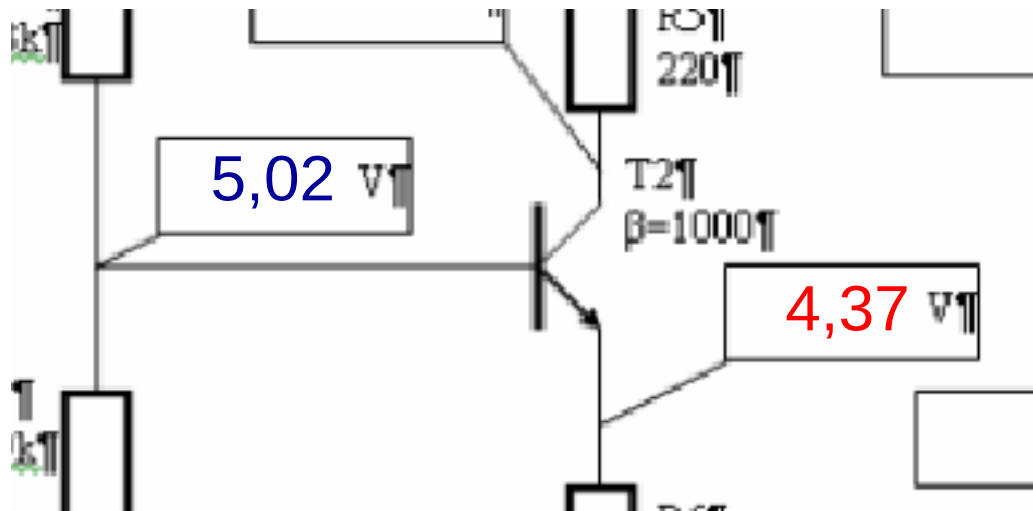
$$R=R1+R2+R3=7.1K \Omega$$

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

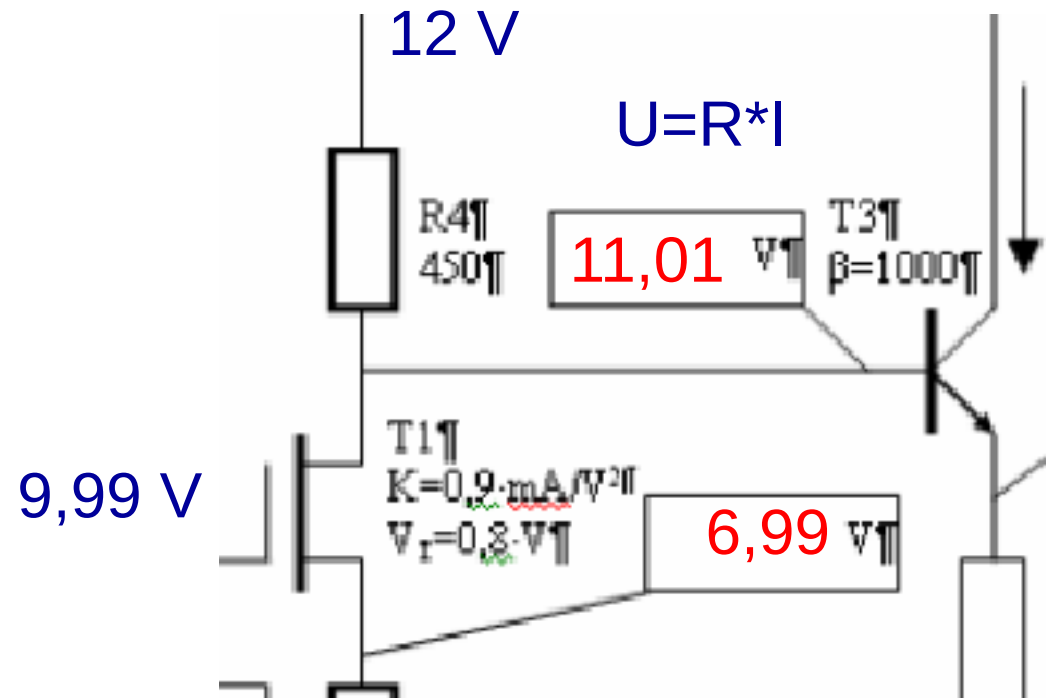
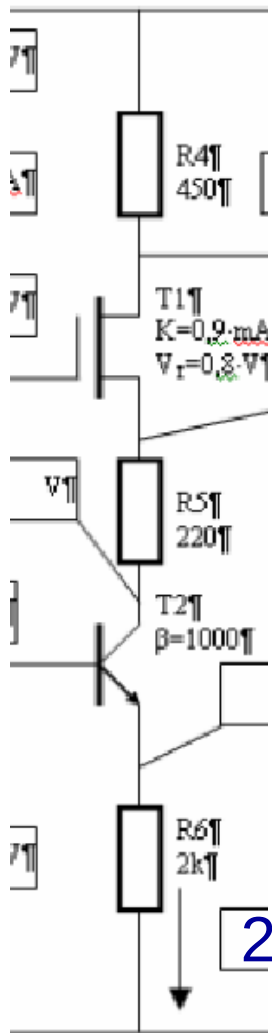


$$U=I \cdot R$$





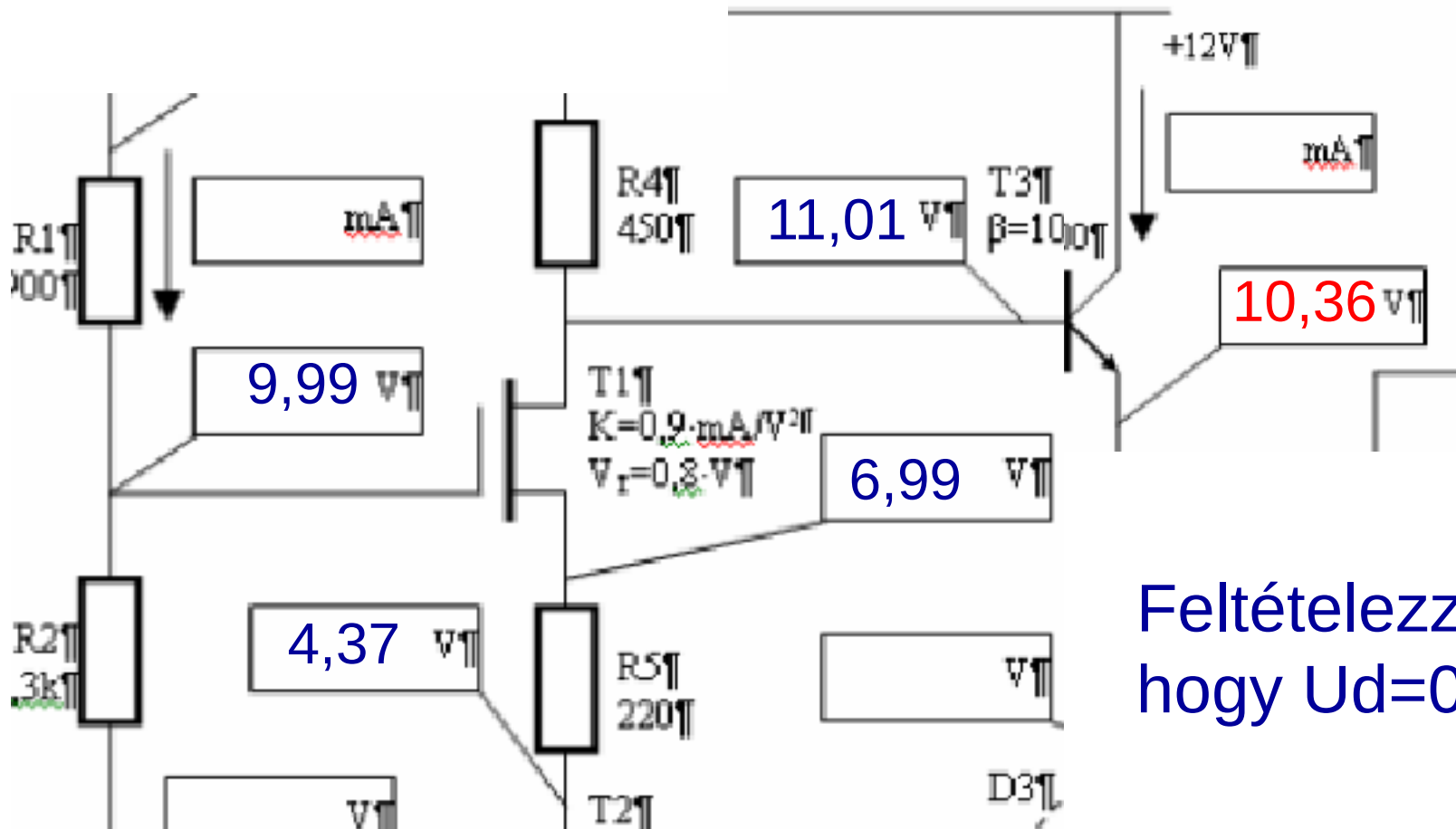
- Telítéses üzemmód: $i_C = \beta \cdot i_B$
- $U_{BE} = 0.65 \text{ V}$
- Szaturáció: $U_{CE} = V_{sat} \approx 0.2 \text{ V}$



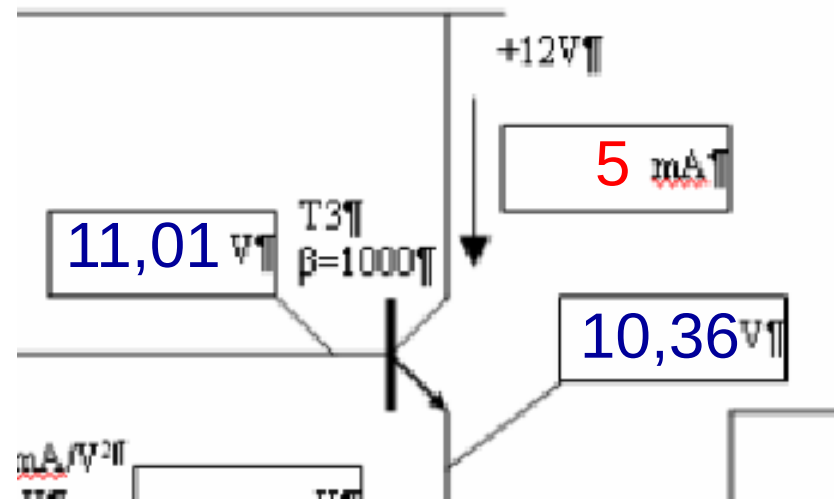
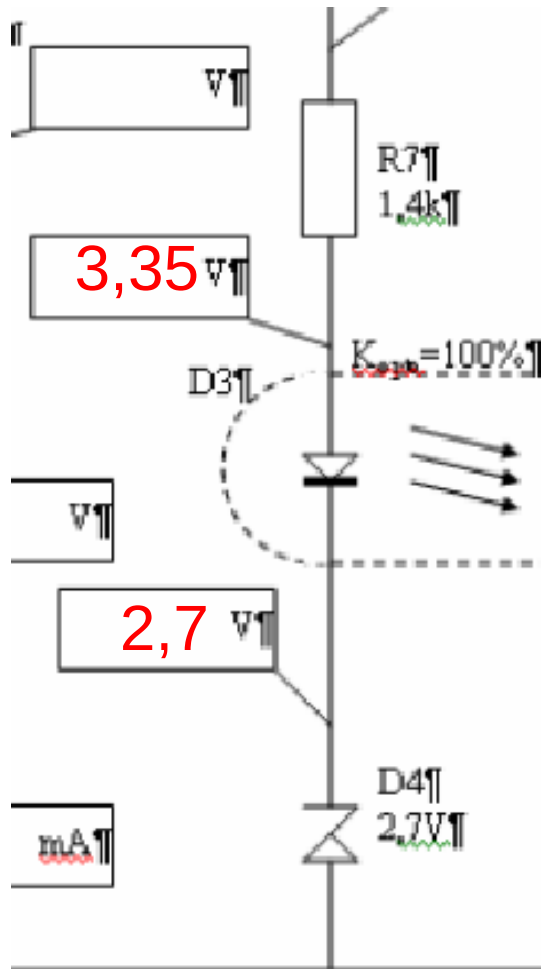
$$U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T),$$

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

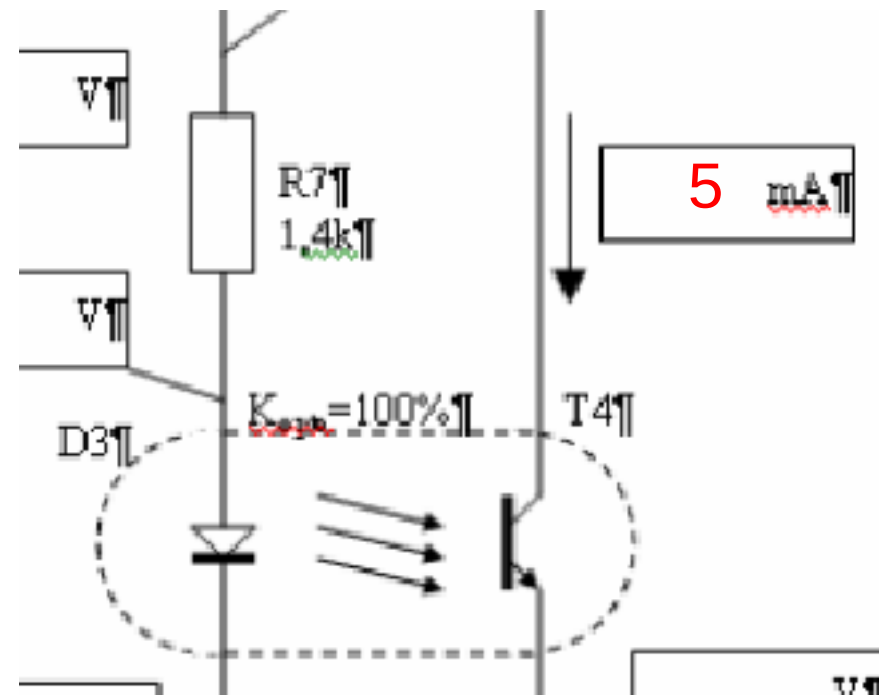
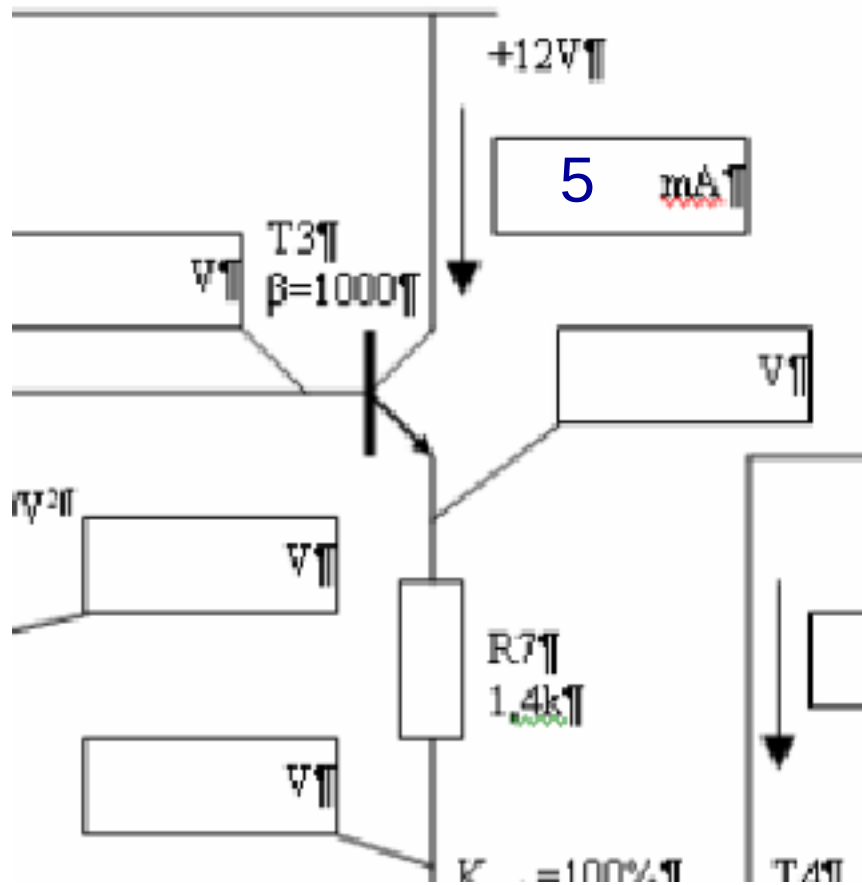
$$\rightarrow U_{GS} = 3 \text{ V}$$



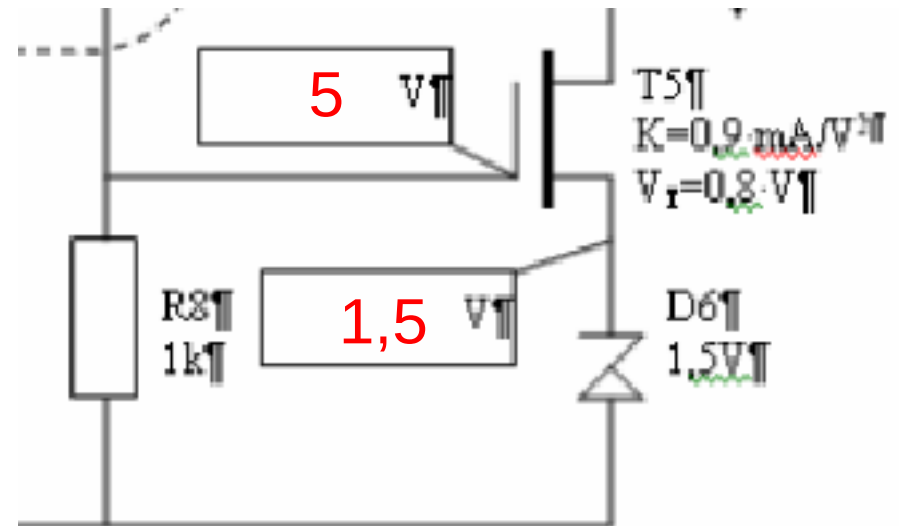
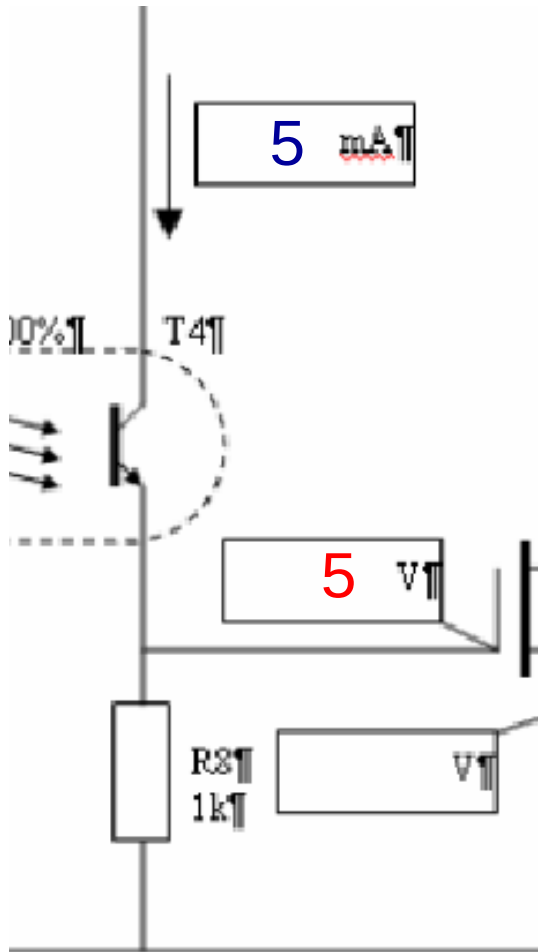
Feltételezzük,
hogy $U_d = 0.65 \text{ V}$



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

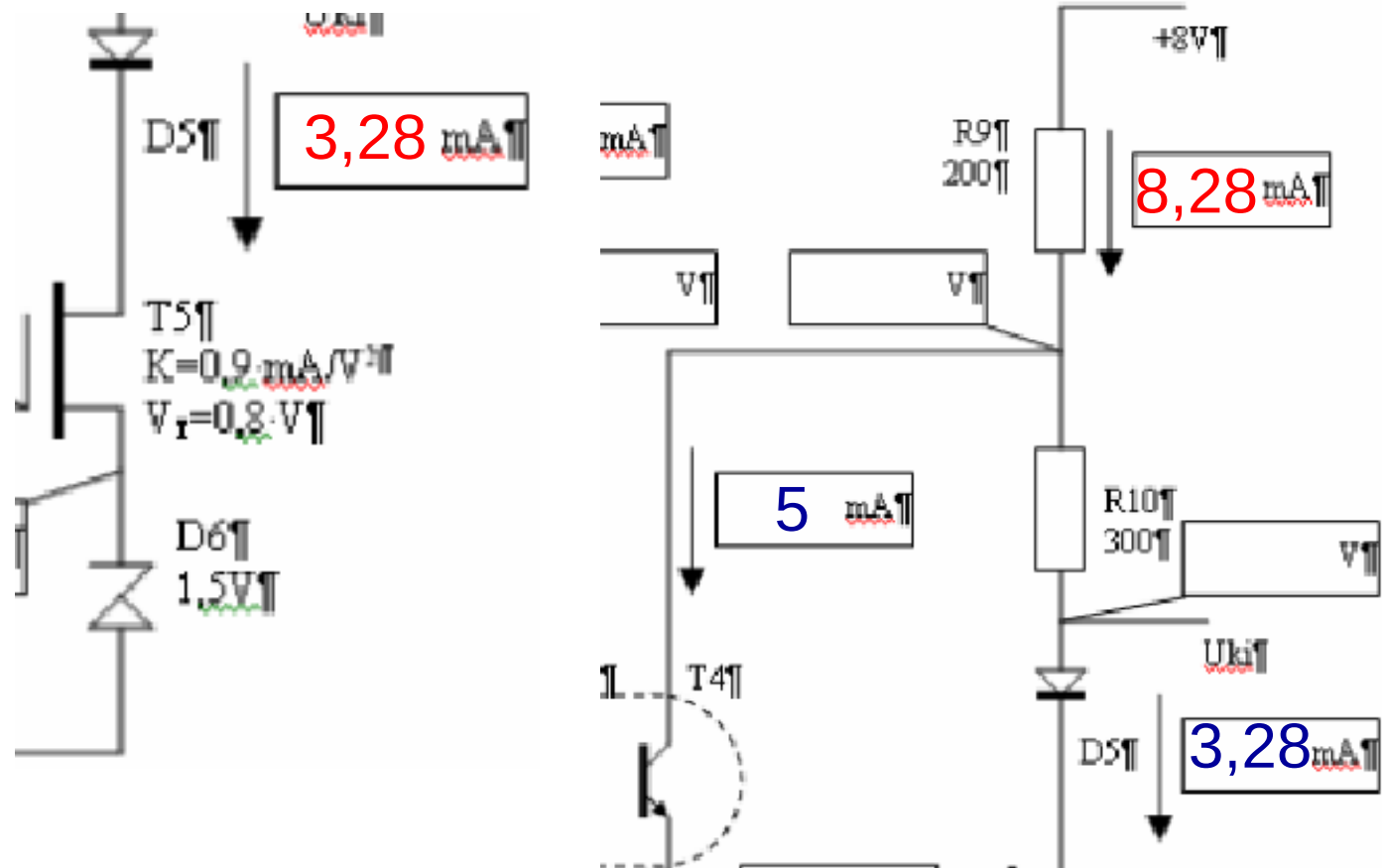


$$I_c = K_{opto} \cdot I_{LED}$$

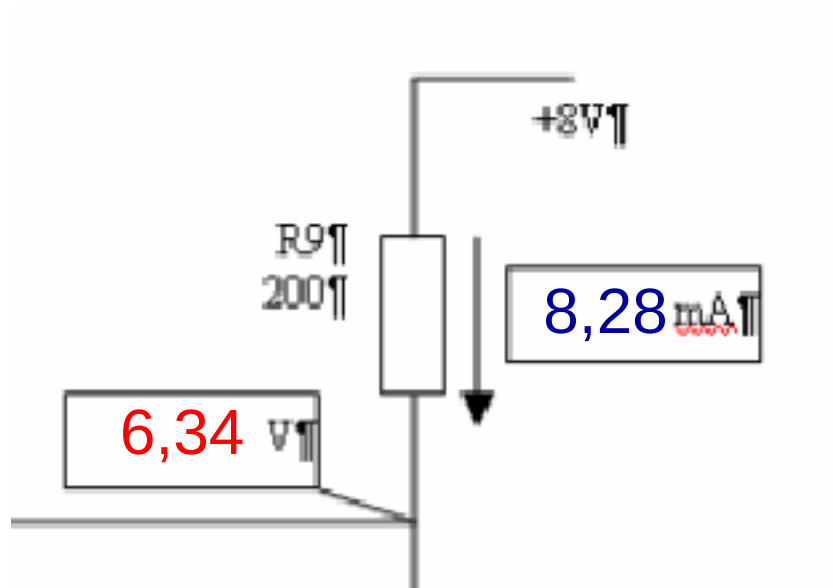


$$U = R \cdot I$$

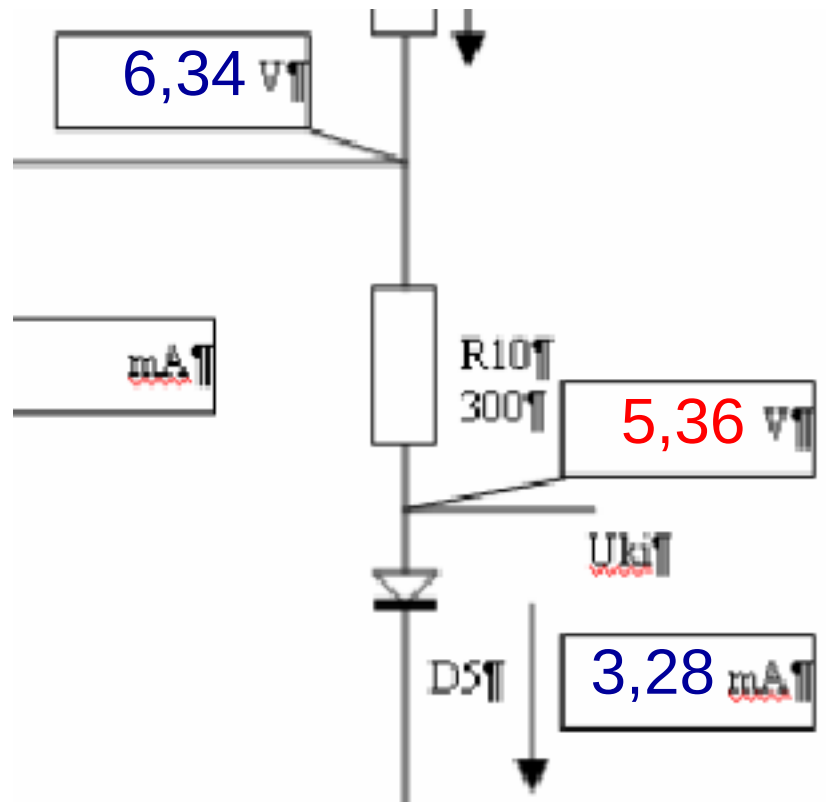
■ $U_{GS} = 3,5V$



- $U_{DS} \geq (U_{GS} - V_T), \quad I_D = K/2 \cdot (U_{GS} - V_T)^2 \rightarrow$
 $I_D = 3,28 \text{ mA}$



$$U = R \cdot I$$



Vége az 12. előadásnak

Funkcionális képalkotó eljárások
Viselhető technológiák
Ismétlés

Cserey György
2018. 12. 07.