

# Mikroelektromechanikai rendszerek

## Szenzorok a gyakorlatban.



Oktató: Kajdocsi László  
Iroda: Informatika Tanszék, A602  
Email: [kajdocsi.laszlo@sze.hu](mailto:kajdocsi.laszlo@sze.hu)

Oktató: Tüű-Szabó Boldizsár  
Iroda: Informatika Tanszék, B606/A  
Email: [tuu.szabo.boldizsar@sze.hu](mailto:tuu.szabo.boldizsar@sze.hu)



# Elmozdulás és pozíció mérő szenzorok

- Ellenállásos szenzorok
- Kapacitív szenzorok
- Elektromágneses szenzorok
- Piezoelektromos szenzorok
- Optoelektronikus szenzorok
- Ultrahangos szenzorok

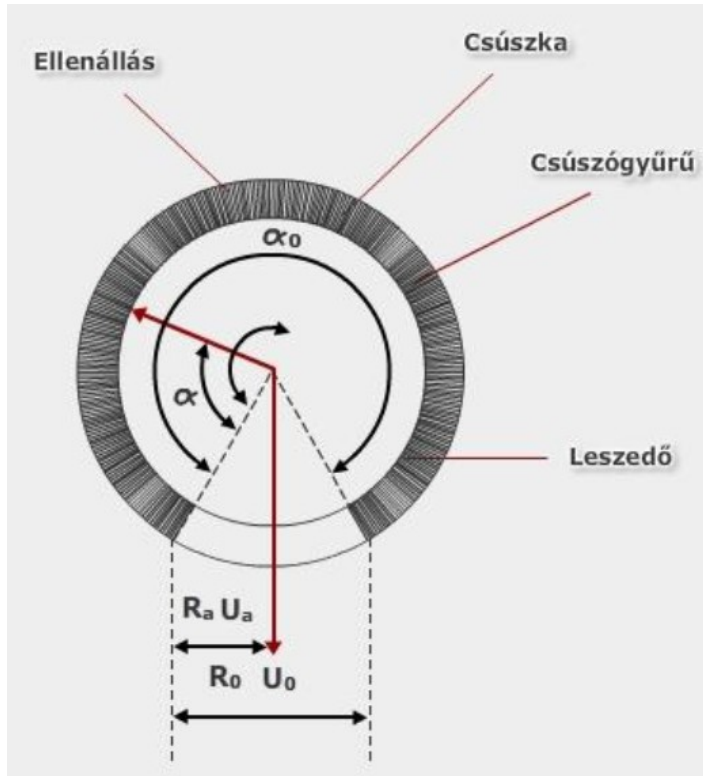
# Ellenállásos szenzorok

- Mechanikai erő, hőmérséklet változás vagy különböző sugárzások hatására ellenállás változás jön létre.
- Az érzékelő elem maga az ellenállás.

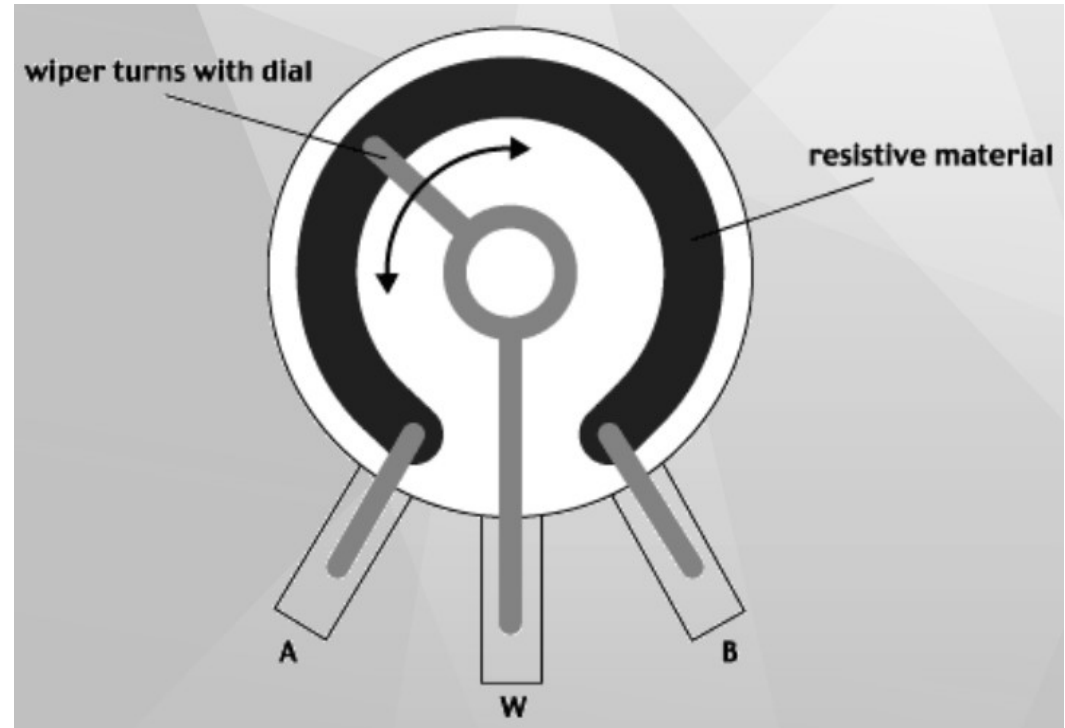


# Forgó potenciométerek

- Szolenoidos kivitel



- Grafit érintkezővel

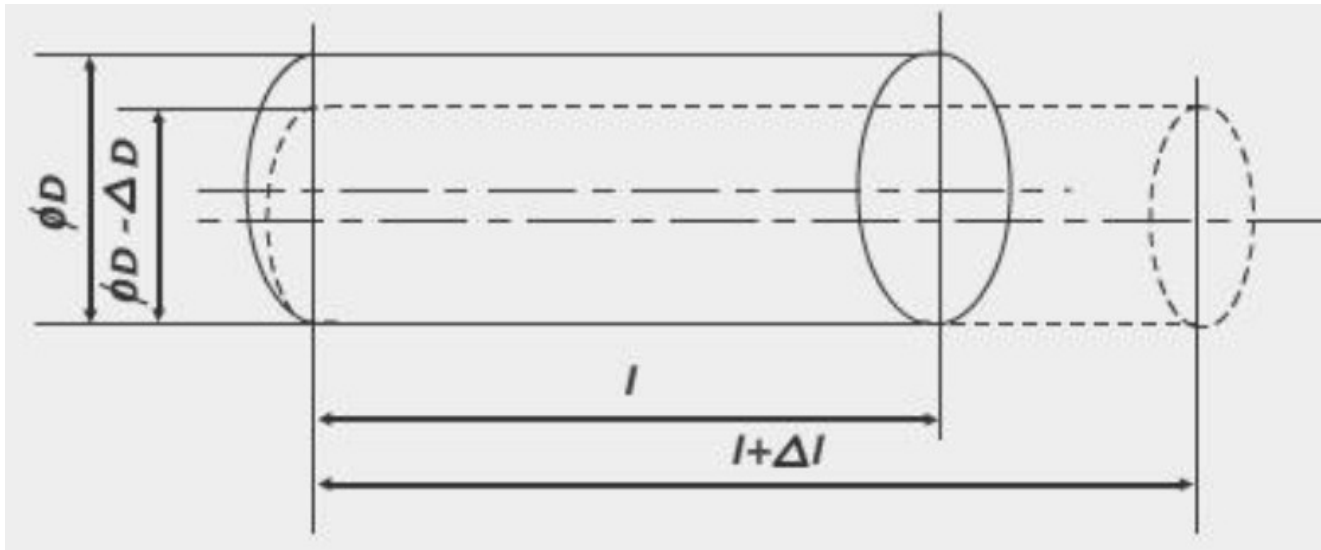


# Potenciométeres szenzorok tulajdonságai

- A csúszka súrlódása hiszterézis hibát okoz
- A csúszka és az ellenálláspálya kopik
- A csúszka és az ellenálláspálya közötti
- Az átmeneti ellenállás elektronikus zajt okoz
- Csak terheletlenül ( $R_t = \infty$ ) lineáris
- A linearitást a vezeték-ellenállások is kedvezőtlenül befolyásolják

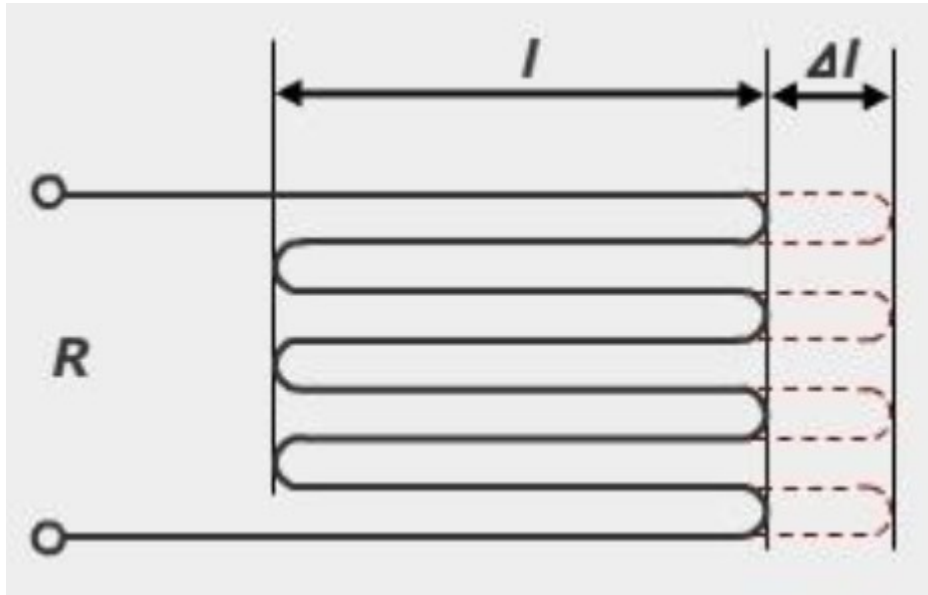
# Nyúlásmérő bélyegek

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

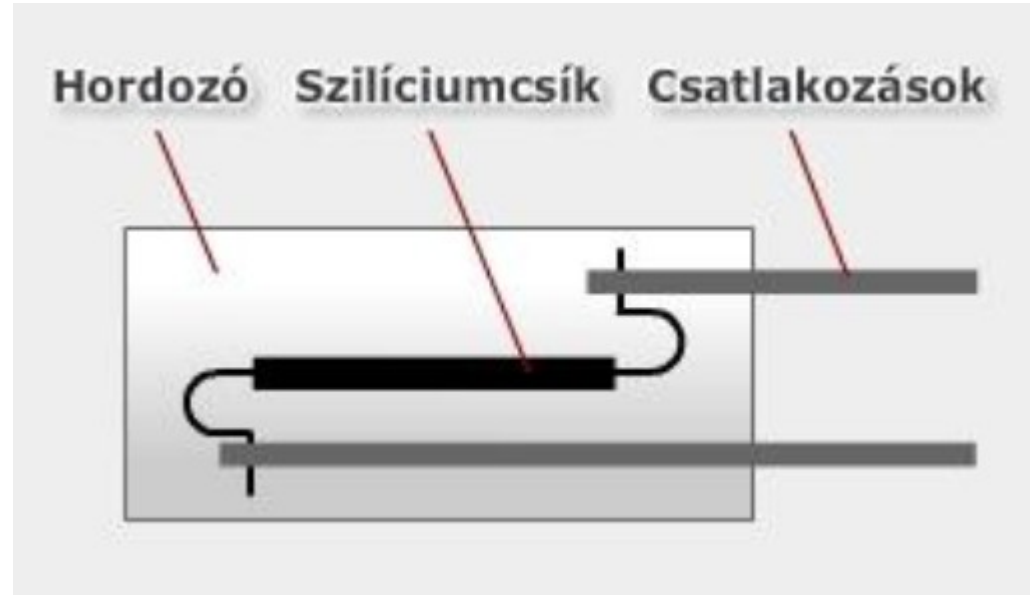


# Nyúlásmérő bélyegek fajtái

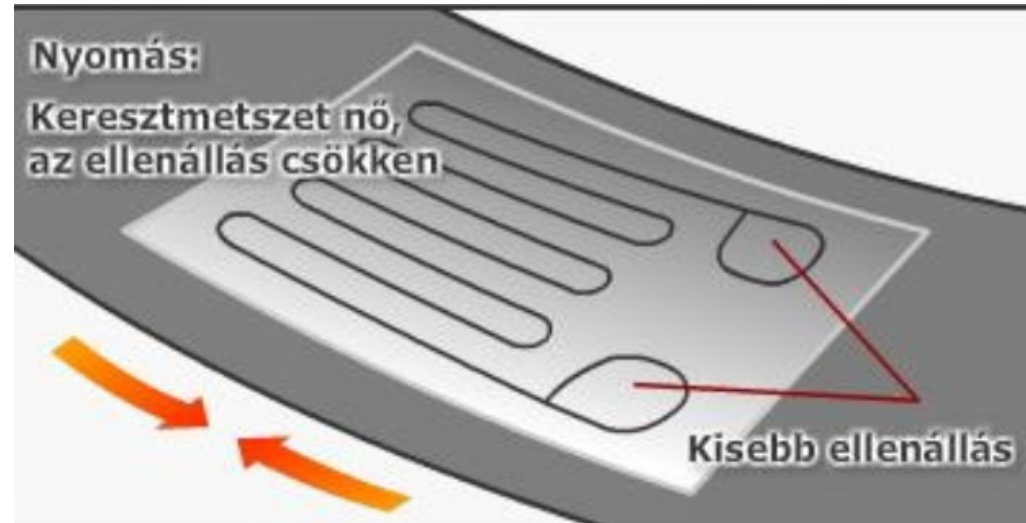
- Fémes ellenállás-anyagú



- Félvezető ellenállás-anyagú



# Nyúlásmérő bélyegek

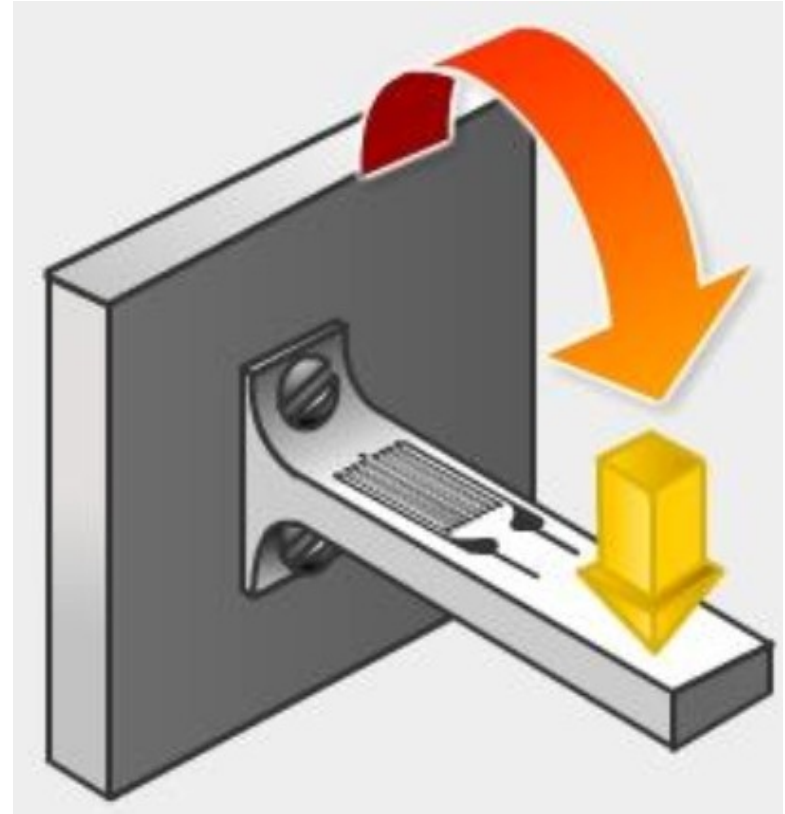




# Nyúlásmérő bélyegek

Mit mérhetünk vele?

- elmozdulást
- sebességet
- gyorsulást
- erőt
- nyomatékot
- nyomást



# Kapacitív szenzorok

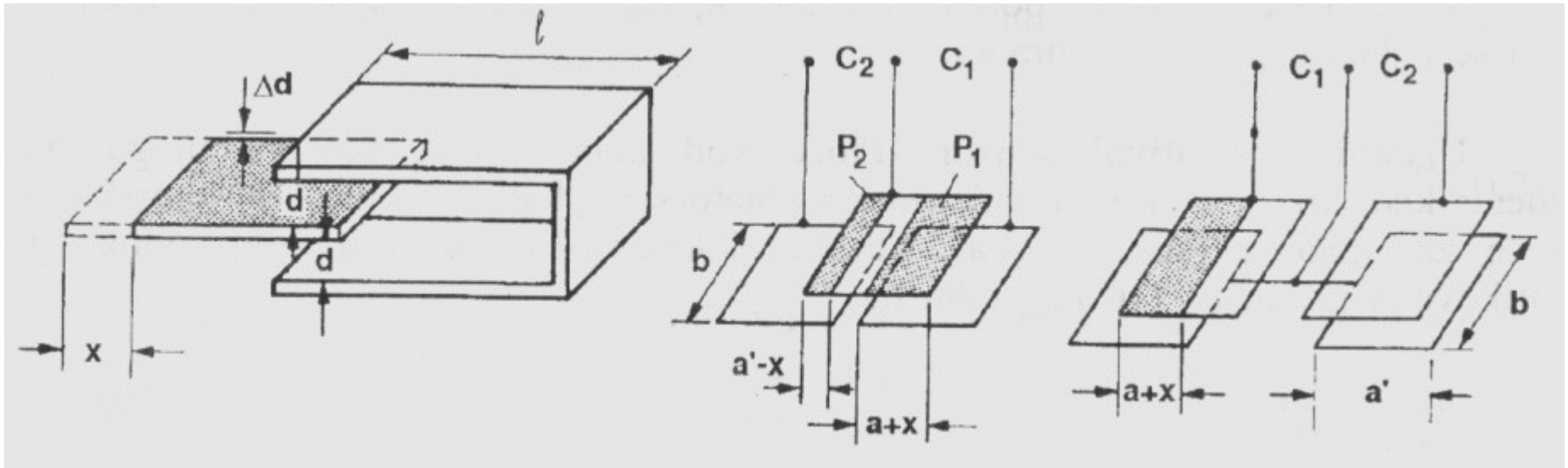
- Két fém felület, melyek között dielektromos szigetelő anyag van
- A kapacitás az alábbi képlettel számítható:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

- A kapacitív szenzorok jó tulajdonságai az egyszerűség, áttekinthetőség, magas érzékenység és alkalmazhatóság magasabb hőmérsékleteknél is.

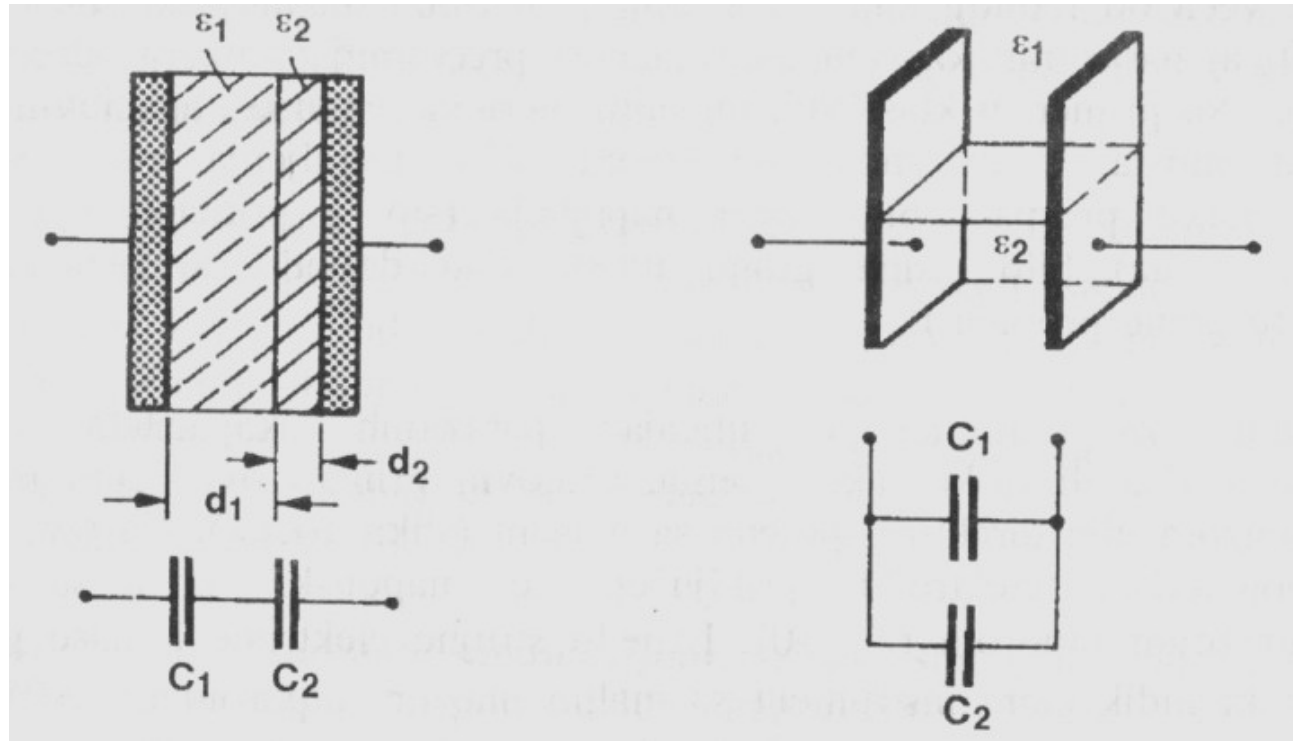
# Kapacitív szenzorok fajtái

- Változó felületű kapacitív szenzorok



# Kapacitív szenzorok fajtái

- Változó dielektrikumú kapacitív szenzorok



# Elektromágneses szenzorok

- Az elektromágneses szenzorok működése a tekercs inuktivitásának, a mágneses kör mágneses ellenállásának változásán vagy az elektromágneses indukción alapul.
- E tekintetben megkülönböztetjük az **öninduktivitás**-, **kölcsönös inuktivitás** változásán alapuló és **indukciós** érzékelőket.
- A kölcsönös- és öninduktivitás változáson alapuló szenzorokat **passzív**, az indukciós szenzorokat pedig **aktív** szenzoroknak is nevezzük.

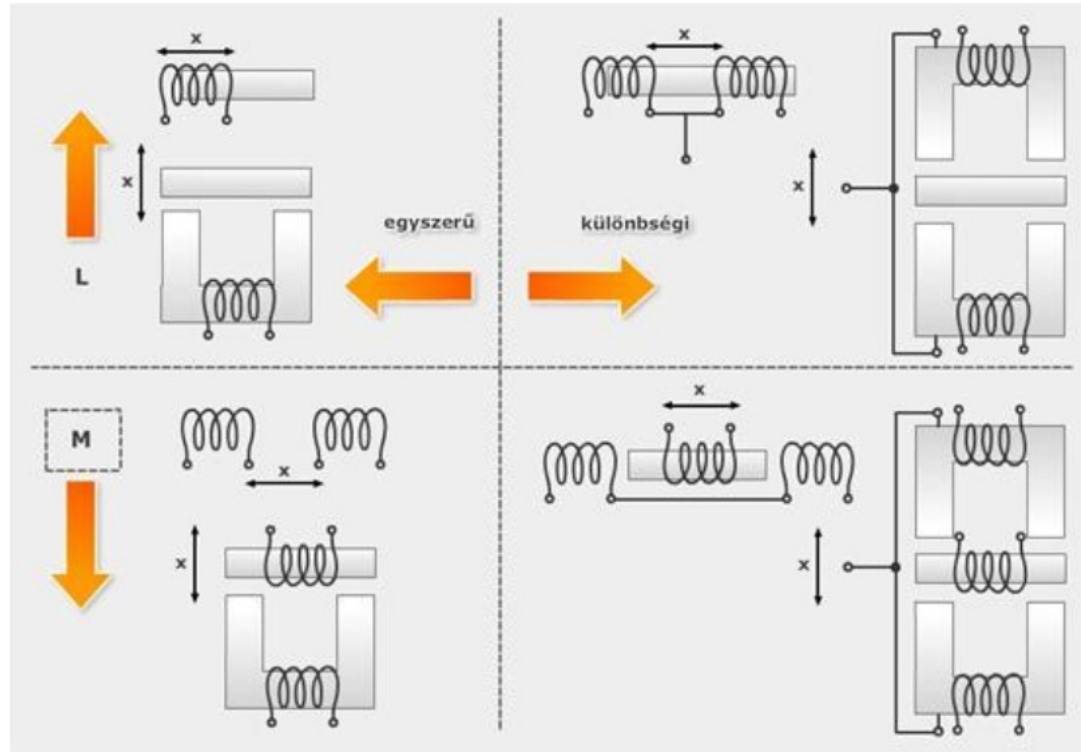
# Elektromágneses szenzorok

- Mivel a vasmag mágneses ellenállása kicsi, a vasmag veszteségei elhanyagolhatóak, így az induktivitás a következő képlettel határozható meg:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S_\delta}{2\delta}$$

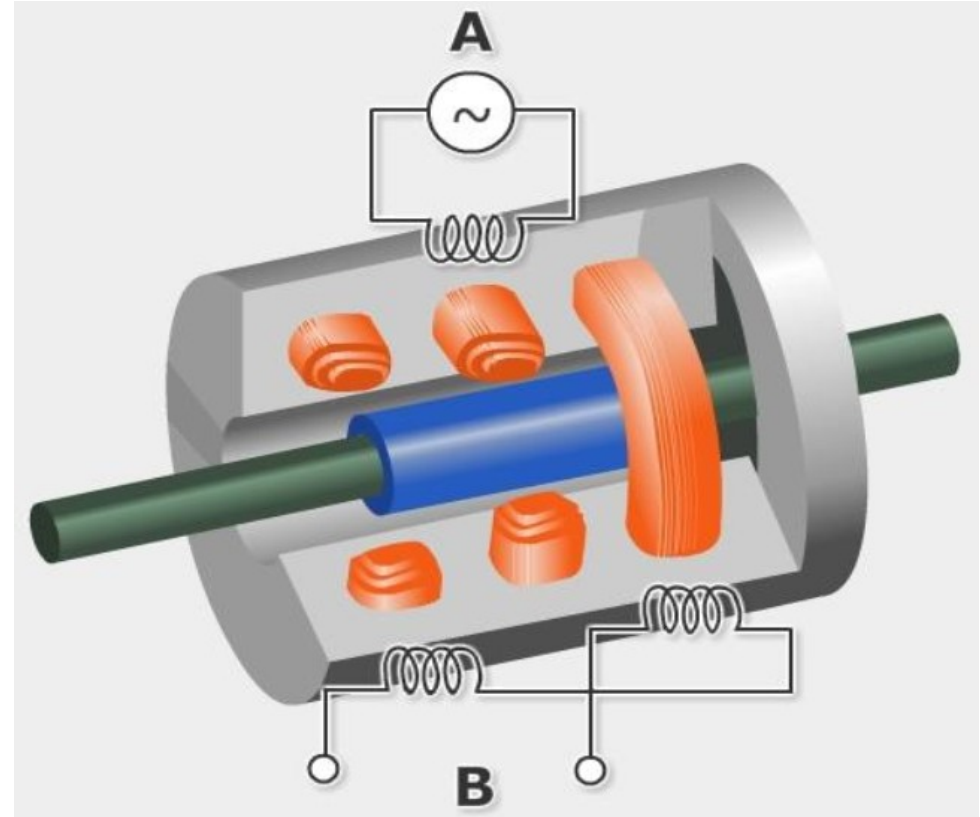
# Önindukciós szenzorok

- Váltakozó légrésű önindukciós szenzorok



# Kölcsönös induktivitású szenzorok

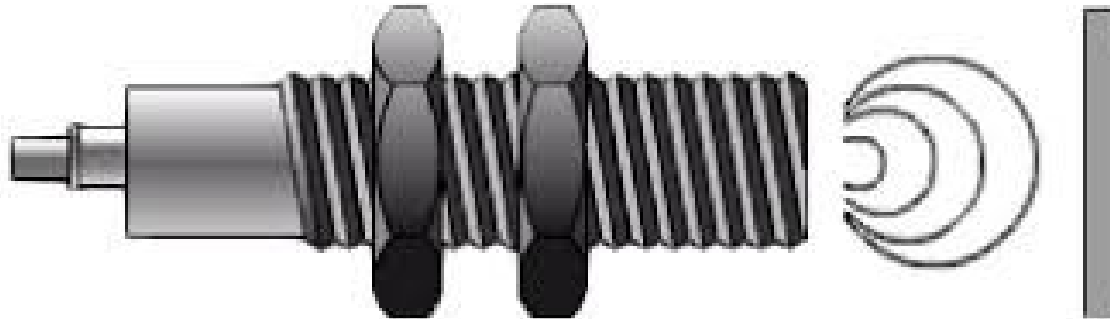
- Nem a tekercs induktivitását mérjük, hanem a két szélső (szekunder) tekercsben indukált feszültséget
- Nagy a megbízhatósága
- Váltakozó hosszú vagy keresztmetszetű légréssel készülnek. Alkalmasak kicsiny mechanikus elmozdulások mérésére.





# Indukciós szenzorok

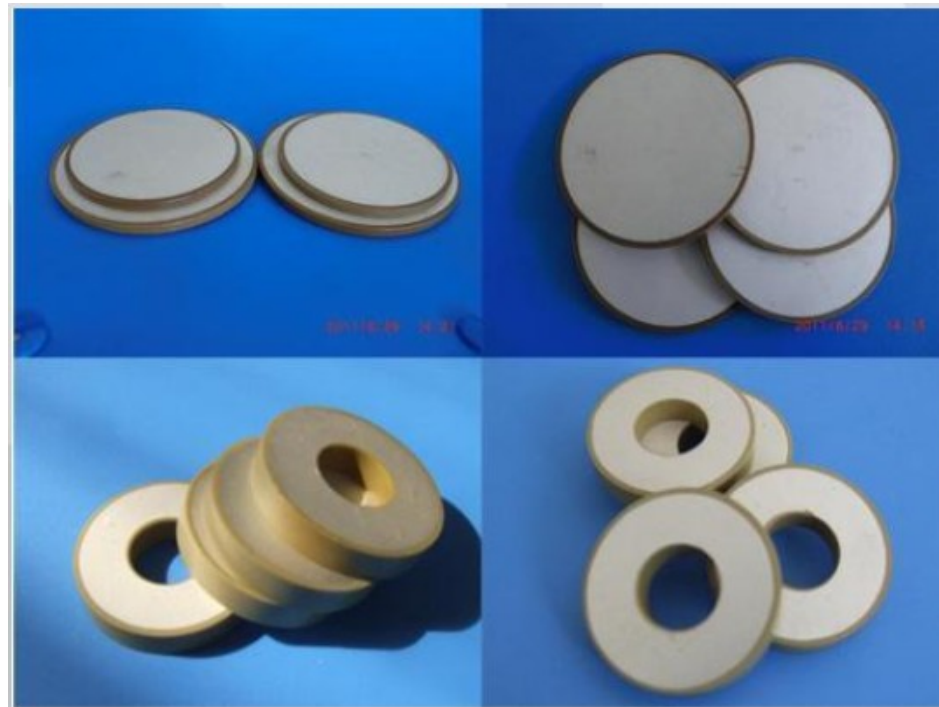
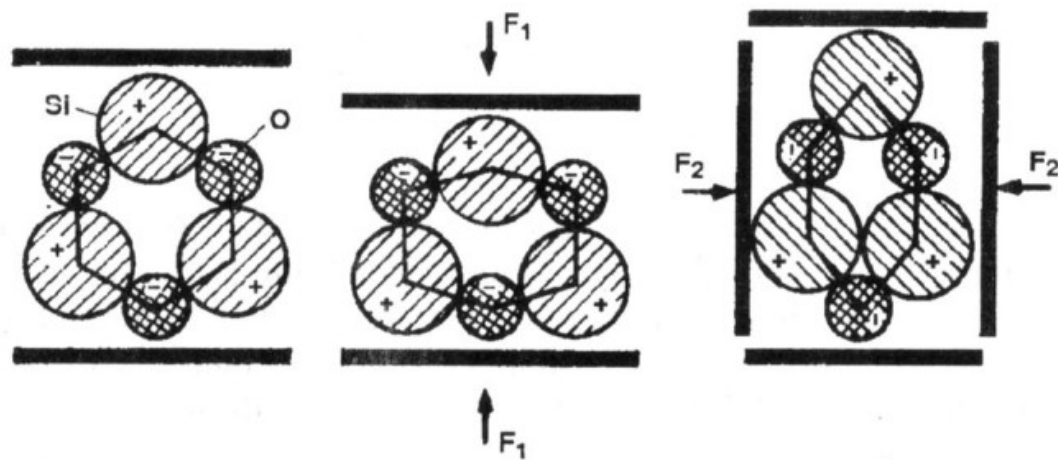
- Valójában generátorok, így az aktív szenzorok csoportjába tartoznak
- Ha egy mozgó vezető egy állandó mágnes erővonalait metszi abban feszültség indukálódik.
- Létezik mozgó tekercses vagy mozgó mágneses kivitel



# Piezoelektromos szenzorok

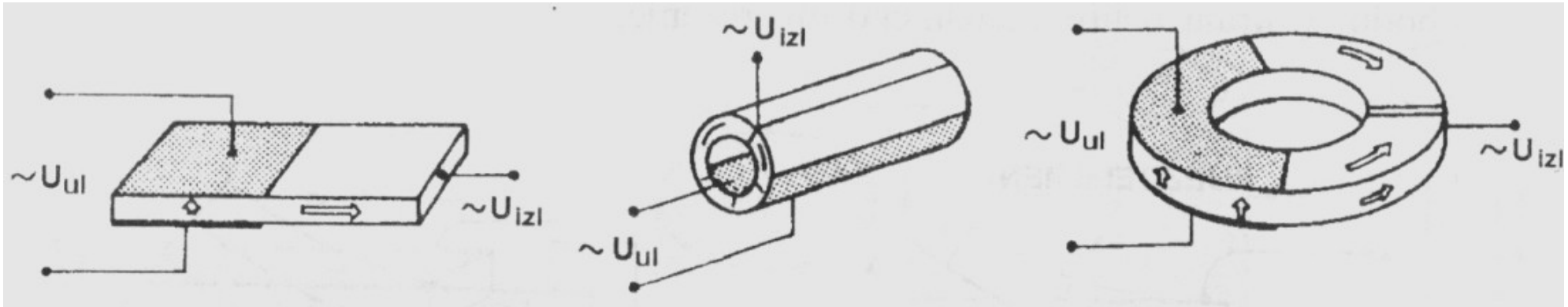
- Bizonyos egykristály szerkezetű dielektromos anyagok mechanikai igénybevétel hatására elektromos potenciált produkálnak. A legismertebb ilyen anyag a kvarc ( $\text{SiO}_2$ ).
- Készülhetnek prizma, tárcsa, henger(cső) vagy hengerszelet alakjában.
- Az érzékenység akkor a legnagyobb, a piezoelektromos átalakító szalag alakú. Sajnos, a szalag szilárdsága kicsi és könnyen törik hosszanti terhelés esetén. Szilárdság szempontjából legmegfelelőbb a cilindrikus alak, de nehéz előállítani.

# Piezoelektromos szenzorok



# Transzformátoros piezoelektromos szenzorok

- Ezek az érzékelők két piezoaktív szekcióból tevődnek össze.
- Az érzékelők ezen típusát villamos nagyságok mérésére használjuk (áram, feszültség, frekvencia) és két csoportra osztjuk őket: Feszültség- és áramtranszformátorok.



# Optoelektronikus szenzorok

- Az optikai szenzorok általában három részből állnak: (fény)forrás, fényérzékelő és szállítóközeg
- Fényérzékelő mint optikai szenzor: a fényenergiát elektromos nagysággá (áram, feszültség, ellenállás, kapacitás vagy villamos töltés) alakítja át.
- Alkalmazási lehetőségek: közelség mérés, távolság mérés, fényerősség, stb.

# Optoelektronikus szenzorok

## Közelség érzékelők:

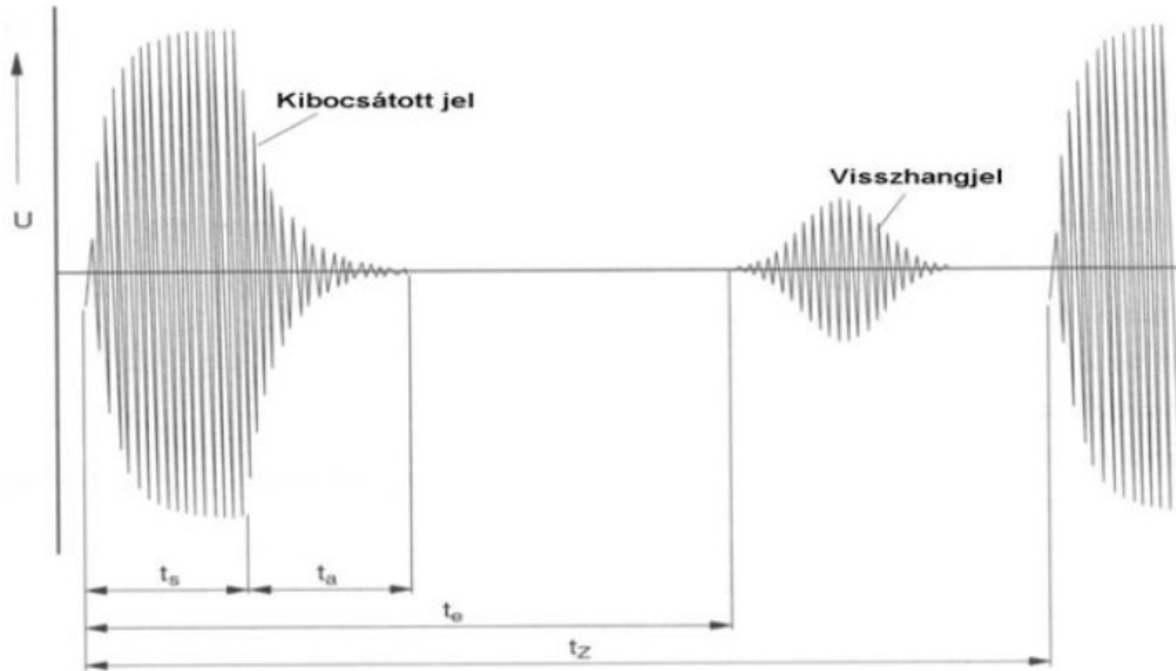
- Fényforrásként LED-et használnak
- Vevőoldalon fotodióda vagy fototranzisztor található

## Optikai távolságmérő:

- Vörös- vagy lézerfényvel működnek
- Általában háromszögelési módszeren vagy Time-of-Flight technológián (TOF) alapul.

# Ultrahangos szenzorok

- Az ultrahang érzékelő a nagyfrekvenciás hanghullámok visszaverődése alapján működik.



# Hőmérsékletmérő szenzorok

- Expanziós hőmérők
- Ellenállásos hőmérők
- Termoelektromos érzékelők (termoelemek, dióda és tranzisztor mint hőmérséklet érzékelők)
- Hősugárzás érzékelők.

A felsoroltak mellett léteznek más eljárások is, és a jövőben még újabbak fognak megjelenni!



# Expanziós hőmérséklet szenzorok

- Melegedésre tágul, hűtésre viszont összehúzódik, hőmérséklet változásra lineárisan változtatja méreteit.
- Tipikus expanziós érzékelő a higanyos hőmérő.
- A higany mellett használható még toluol, etilalkohol, pentán.
- Lehet még dilatációs hőmérő. Pl. termosztát.
- Vagy bimetálos (ikerfémes) hőmérők.

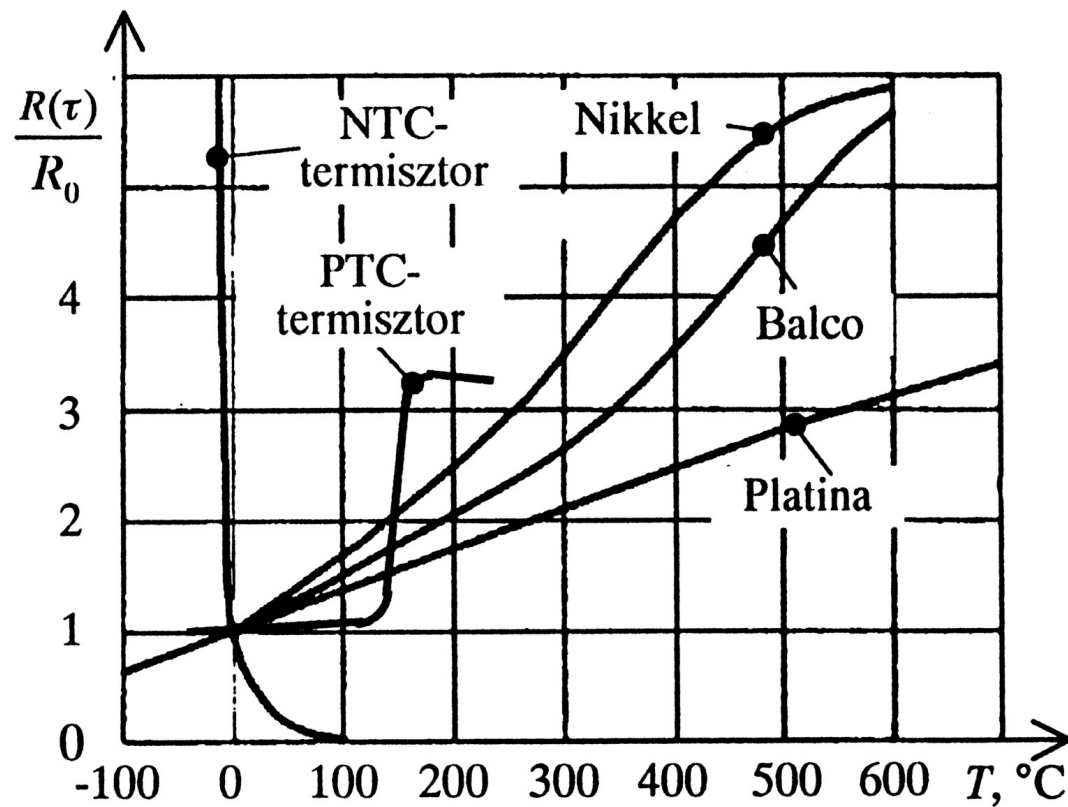
# Ellenállás hőmérők

- Fém ellenállás-hőmérők. A fém ellenállás-hőmérőket tekercs alakúra gyártják.
- A platina a legmegfelelőbb anyag ellenállásos hőmérő készítésére, mert 99,999% tisztaságú fém állítható elő, kémiaileg semleges és elég nagy az ellenállás, lineáris a hőmérséklet állandója.
- A platina ellenállás hőmérsékletmérésre  $-200^{\circ}\text{C}$ -tól  $630^{\circ}\text{C}$ -ig (maximum  $1060^{\circ}\text{C}$ -ig) alkalmazható.
- Lehet még réz vagy nikkel huzalból, de kevésbé hatékony.

# Félvezetős ellenállás hőmérők

- A termisztorok hőmérsékletre érzékeny félvezető ellenállások, anyagukat tekintve nehézfém oxidokból készült kerámiák.
- A  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő tartományban mérnek.
- A termisztorok fajtái lehetnek NTC és PTC típusúak.
- Gyors reakcióval rendelkeznek és az öregedés folyamán nő a stabilitásuk.
- Kifejezetten nemlineáris karakterisztika.

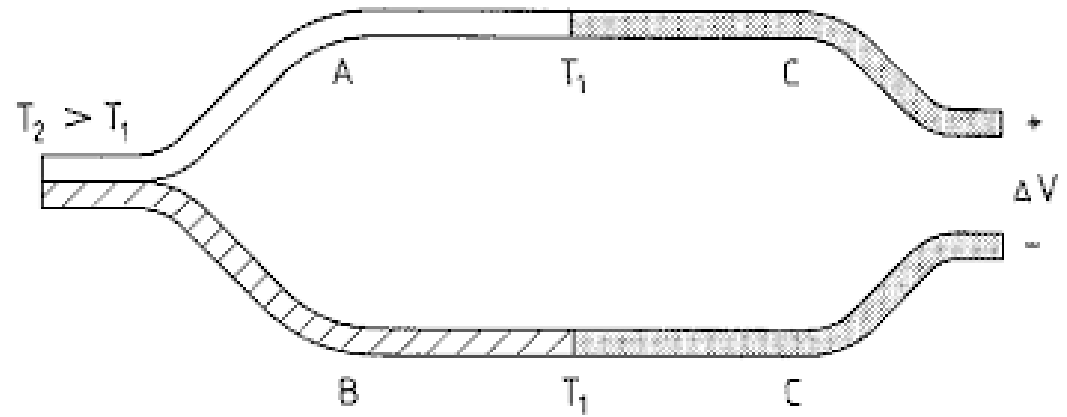
# NTC és PTC termisztorok karakterisztikái



# Termoelemek

- A termoelemek elsődleges feladata a magas 500 – 1000 °C hőmérsékletek mérése volt. Ma is ezen a területen a legnagyobb a jelentőségük, de alkalmazásuk sikeresen kiterjedt a rendkívül alacsony hőmérsékletek (1K-ig), valamint az egészen magas hőmérsékletek (4000 °C-ig) mérésére is.
- Termoelem a szokványos elnevezése azoknak a mérőeszközöknek amelyek két különböző anyagú, egyik végükön összeforrasztott (összehegesztett esetleg csak erősen összecsavart) huzalból állnak.

# Termoelemek



# Nyomásmérő szenzorok

- Azt a skaláris mennyiséget amit az egységnyi felületre **S [m<sup>2</sup>]** ható erő **F [N]** értékére kapunk, nyomásnak nevezzük **P [Pa]**.
- $P = F / S$
- A nyomásméréseket három csoportba kategorizáljuk:
  - Abszolút nyomásmérés
  - Légnyomásmérés
  - Differenciális nyomásmérés

# Nyomásmérő szenzorok

- A nyomásérzékelők lehetnek közvetlen vagy kompenzációs típusúak.
- Mindkét esetben közös elemük az elsődleges érzékelő elem, amely a  $p$  nyomást vagy a  $\Delta p$  nyomáskülönbséget erővé alakítja.
- Ez általában egy elasztikus elem, amely az  $F$  erő hatására deformálódik vagy pedig elmozdul  $\Delta x$  távolságra.
- A közvetlen átalakítóknál az erő vagy az elmozdulás a következő lépésben elektromos jellé alakul.



# Tipikus nyomásérzékelők

- A deformáció villamos kimenetté alakul.
- A villamos nyomásérzékelők többsége rendelkezik membrán típusú primer elemmel.
- A primer elem karakterisztikáitól függ a méréstartomány, a rezonáló frekvencia és a szenzor érzékenysége.
- Az elem deformációja, a nyomás hatására jön létre, és a továbbiakban villamos jellé alakul át.
- Megkülönböztetünk elektromágneses, kapacitív, ellenállásos valamint piezoelektromos érzékelőket.

# Tipikus nyomásérzékelők



# Szintmérő szenzorok

- A szint tulajdonképpen egy folyékony, vagy szemcsés anyag magassága az edényben vagy tartályban.
- A szintmérő szenzorokat nívómétereknek is nevezzük.
- A szintet a hosszúság mértékegységében fejezzük ki (m).
- A szintmérésmódszerek két csoportba oszthatók:
  - A kiválasztott diszkrét pontokban történő szintmérési módszerek (minimum, maximum),
  - A folyamatos szintmérési módszerek.

# Szintmérési technikák

- **Úszós szintérzékelők:** Az úszó egy 80 - 200 mm átmérőjű gömb. a folyadék felszínén úszik, melynek a szintjét mérjük. Az úszó helyzete mechanikus úton egy mutatóra vagy egy szögelfordulás érzékelőre kerül.
- **Merülős szintérzékelők:** A merülő általában egy cilindrikus keresztmetszetű rúd mely felső vége egy erő érzékelőre van erősítve. Sűrűsége nagyobb mint a mért folyadék sűrűsége, a hossza pedig közel megegyezik a mérési tartománnyal.

# Szintmérési technikák

- **Hidrosztatikus szintérzékelők:** Ezen szenzorok működési elve Pascal törvényén alapul, mely segítségével kiszámítható a  $P$  nyomás adott sűrűségű, nyugodt, homogén fluidban  $h$  mélységen.
- **Ellenállásos szintmérők:** leginkább egy kifeszített fém szalagból és egy ellenálláshuzalból állnak. A folyadék vagy a szemcsés anyag felszíne alatt a szalag és a huzal rövidre vannak zárva. Az áramkör ellenállása a felszín felett arányos a mért szinttel.

# Szintmérési technikák

- **Kapacitív szintérzékelők:** leginkább sík vagy cilindrikus kondenzátorok melyek fegyverzetei között a mért folyadék helyezkedik el. A folyadék lehet vezető vagy szigetelő.
- **Ultrahangos szintérzékelők:** A hanghullámok, ultrahanghullámok és a mikrohullámú sugárzás visszaverődése két fluid határfelületéről hatásosan alkalmazható a szintmérés területén. A szint arányos az eltelt  $T$  idővel, amíg a hullám megteszi a forrástól az érzékelőig az utat.

# Szintmérő szenzorok



radaros



mágneses



kapacitív



ultrahangos

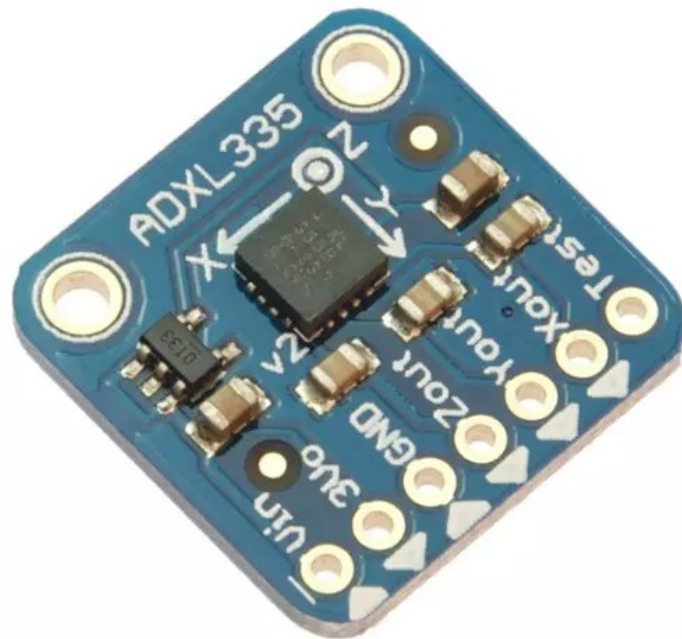
# Inerciális szenzorok – IMU

- Olyan szenzorok egysége, amelyek valamilyen mozgásból származó értékeket mérnek.
- Lehet:
  - Gyorsulás (gyorsulásmérő)
  - Sebesség (gyorsulásmérő)
  - Megtett út (gyorsulásmérő)
  - Tájolás (giroszkóp)
  - Magasság (magnetométer)



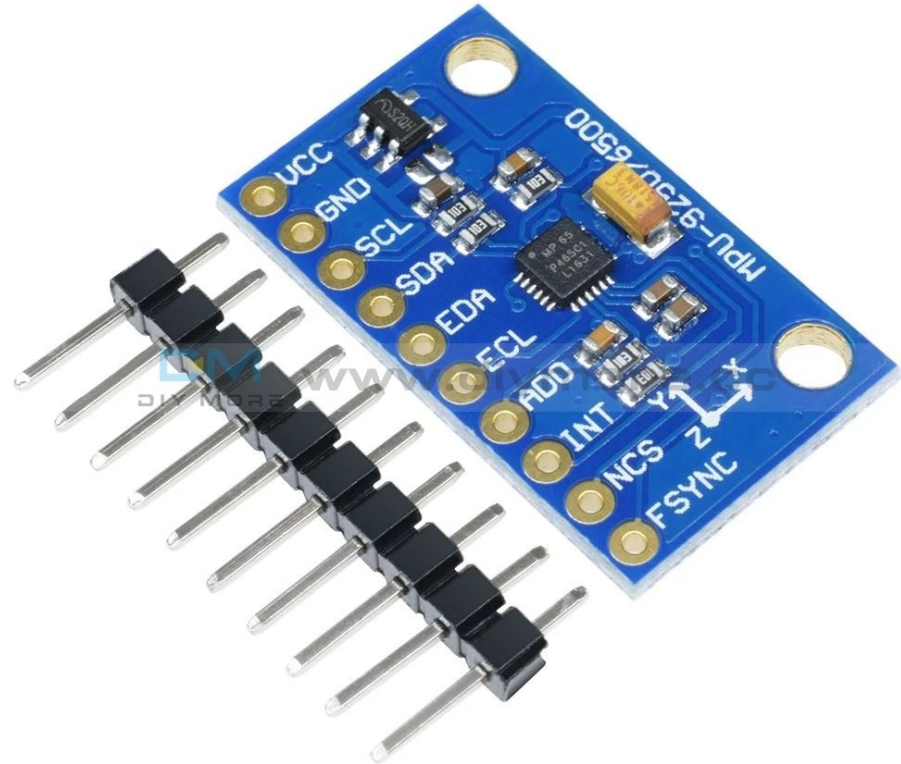
# Gyorsulásmérő szenzor

- Egyszerűen fogalmazva a gyorsulásmérő szenzor az X, Y és Z irányba ható erőhatásokat méri.
- Ezeknek az adatoknak a gravitáció miatt tudjuk hasznát venni.
- Tudjuk, ha egy test mozdulatlan, akkor csak a gravitációnak köszönhetően lesz gyorsulása, elhanyagolva minden más minimális erőhatást.



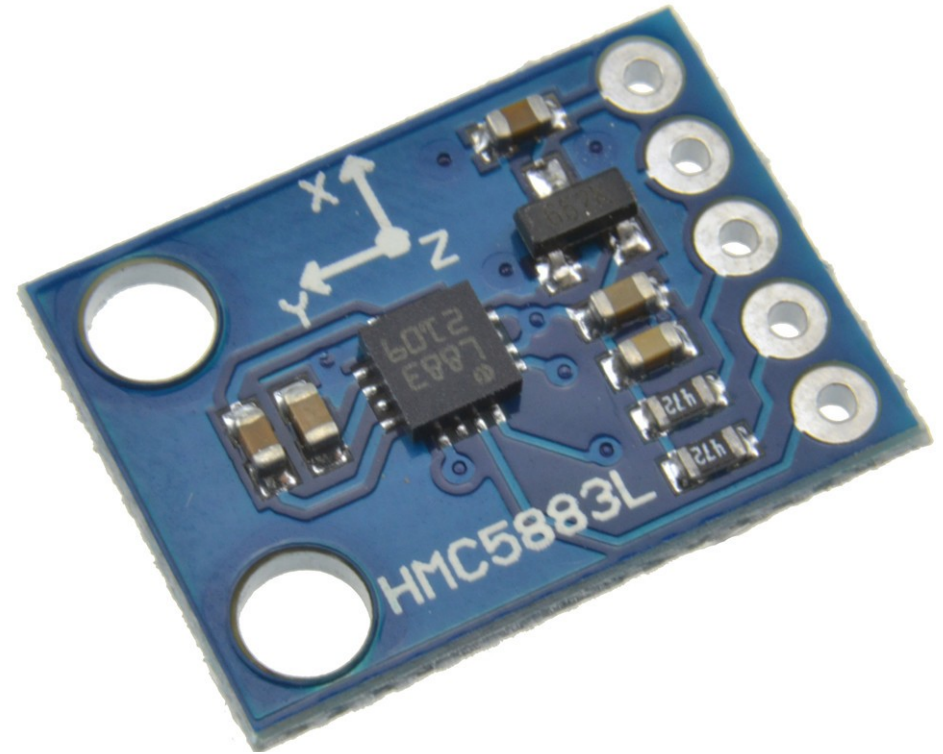
# Giroszkóp

- Szögsebességet mér a három tengely irányában.
- Nem közvetlenül méri a dőlést (pitch), perdülést (roll) és irányváltoztatást (yaw).
- Ha időben integráljuk a három tengely szögsebesség értékét, akkor megkapjuk a szögekben kifejezett elmozdulásokat a három tengelyre vetítve.



# Magnetométer

- Mágneses térerősség mérésére szolgáló szenzor.
- A Föld mágneses terét használja az orientáció meghatározására.
- Hasonlóan működik mint az iránytű.
- A mért értékekből kiolvasható az irányváltoztatás.





**SZÉCHENYI  
EGYETEM**  
UNIVERSITY OF GYŐR



**Köszönöm a figyelmet!**