

# **Sensorët dhe Interfejsët**

## Kapitulli 6 : Sensorët Mekanikë

## Sensorët mekanikë

- Një klasë e sensorëve
- Përfshin një numër relativisht të madh të sensorëve të ndryshëm
- Bazohen në shumë principe
- Do të diskutojmë katër lloje të sensorëve mekanikë
  - Sensorët e forcës
  - Akselerometrat
  - Sensorët e presionit
  - Xhiroskopët
- Përfshijnë shumicën e principeve të përfshira në detektim të madhësive mekanike – direkt dhe indirekt

## Sensorët e forcës

- Disa nga këta sensorë përdoren për aplikime që në dukje të parë nuk kanë lidhje me madhësitë mekanike.
  - Shembull: matja e temperaturës përmes zgjerimit të gazrave në një vëllim (sensori pneumatik i temperaturës – kap. 3).
- Disa sensorë mekanikë nuk përfshijnë lëvizje apo forcë.
  - Shembull: xhiroskopi i fijes optike

## Sensorët e forcës – Matësit e tendosjes

- **Matësi i tendosjes** – Vegla kryesore në matje të forcës
- Matësit e tendosjes matin tendosje
- Tendosja mund të lidhet me stres, forcë dhe një numër i stimulimeve përfshirë këtu zhvendosjen, përshpejtimin apo pozitën
- Në thelb të të gjithë matësve të tendosjes është ndryshimi në rezistencë i materialeve si pasojë e ndryshimit në gjatësi nga ana e tendosjes.

## Sensorët e forcës – Matësit e tendosjes

- Definimi i tendosjes: le të marrim në gjatësi të një teli metalik  $L$ , me përçueshmëri  $\sigma$ , dhe sipërfaqe të prerjes tërthore  $A$ .
- Rezistenca e telit është:

$$R = \frac{L}{\sigma A}$$

Duke logaritmuar në të dyja anët:

$$\log R = \log \left( \frac{1}{\sigma} \right) + \log \left( \frac{L}{A} \right) = -\log \sigma + \log \left( \frac{L}{A} \right)$$

Duke diferencuar në të dyja anët:

$$\frac{dR}{R} = -\frac{d\sigma}{\sigma} + \frac{d(L/A)}{L/A}$$

Ndryshimi në rezistencë ndodh për dy arsye:

Si pasojë e ndryshimit në përqueshmëri

Si pasojë e deformimit të përquesit.

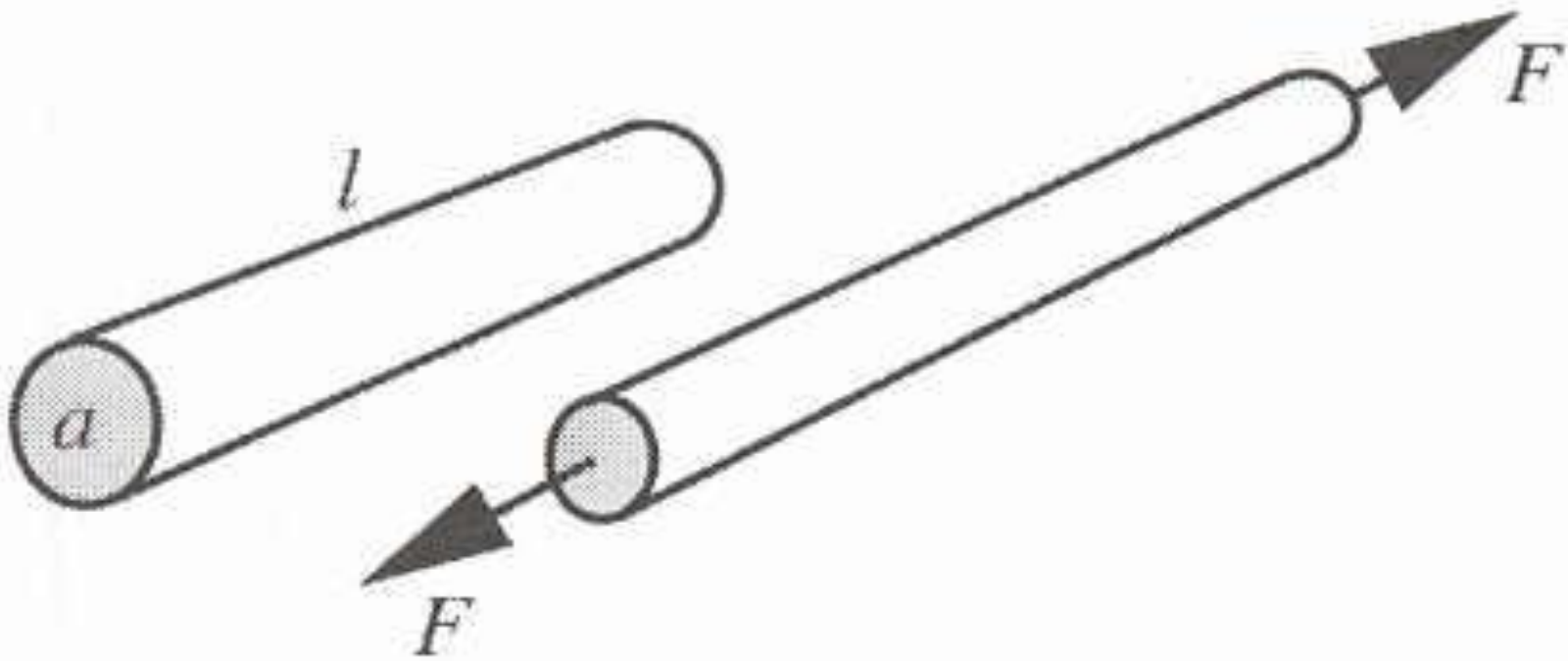
## Sensorët e forcës – Matësit e tendosjes

- Për deformime të vogla (deformime lineare), të dy anëtarët në të djathtë janë funksione lineare të tendosjes,  $\varepsilon$ .
- Nëse kombinojmë të dy efektet së bashku (pra, ndryshimi i përqeshmërisë dhe i deformimit) fitojmë:

$$\frac{dR}{R} = S_s \varepsilon$$

$S_s$  është ndjeshmëria e matësit të tendosjes

I njohur edhe si **faktori matës**





# Stresi dhe tendosja

- Për një përcgues të dhënë si më parë me një forcë të aplikuar përgjatë boshtit të tij, stresi është:

$$\sigma = \frac{F}{A} = E \frac{dL}{L} = E \varepsilon$$

$\sigma$  = stresi [N/m<sup>2</sup>]

$E$  = Moduli i Young-ut i materialit (moduli i elasticitetit) [N/m<sup>2</sup> ]

$\varepsilon = dL/L =$  tendosja

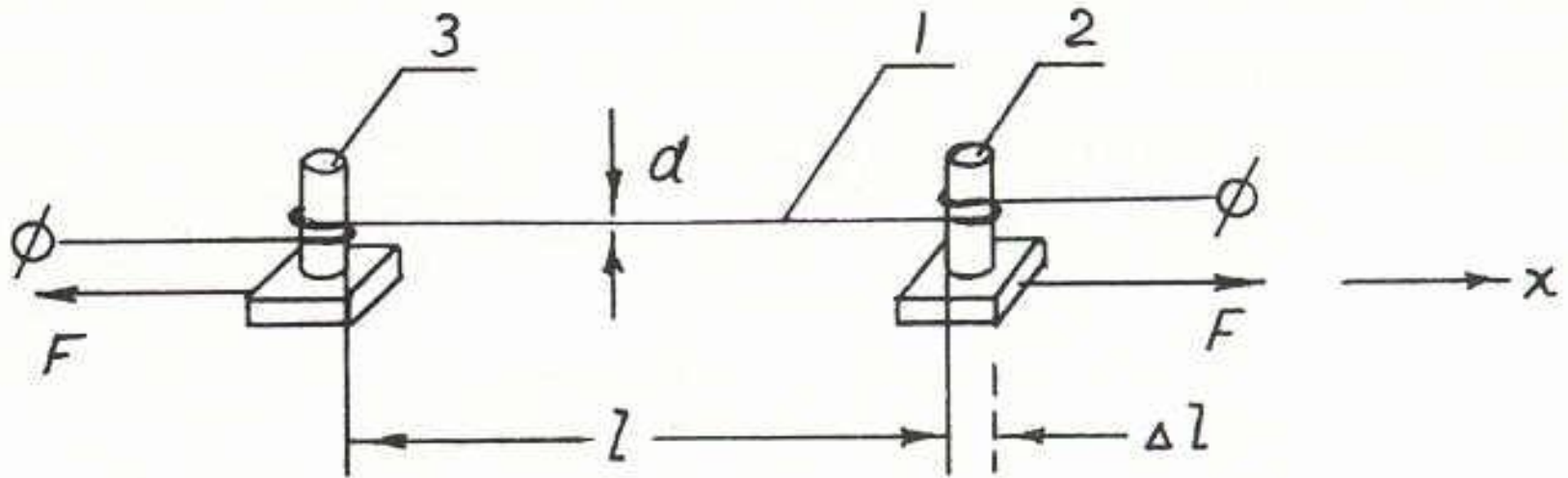
- Tendosja është deformimi linear i normalizuar i materialit
- Stresi është masa e elasticitetit të materialit .

# Matësit e tendosjes

- Matësit e tendosjes janë në forma dhe lloje të ndryshme.
- Çdo material, kombinim i materialeve apo konfigurim fizik që ndryshon rezistencën e tij si pasojë e tendosjes përbën një matës të tendosjes.
- Do të analizojmë dy lloje të matësve të tendosjes:
  - Matësit metalik (tel) të tendosjes - rezistivë
  - Matës gjysmëpërçues të tendosjes.

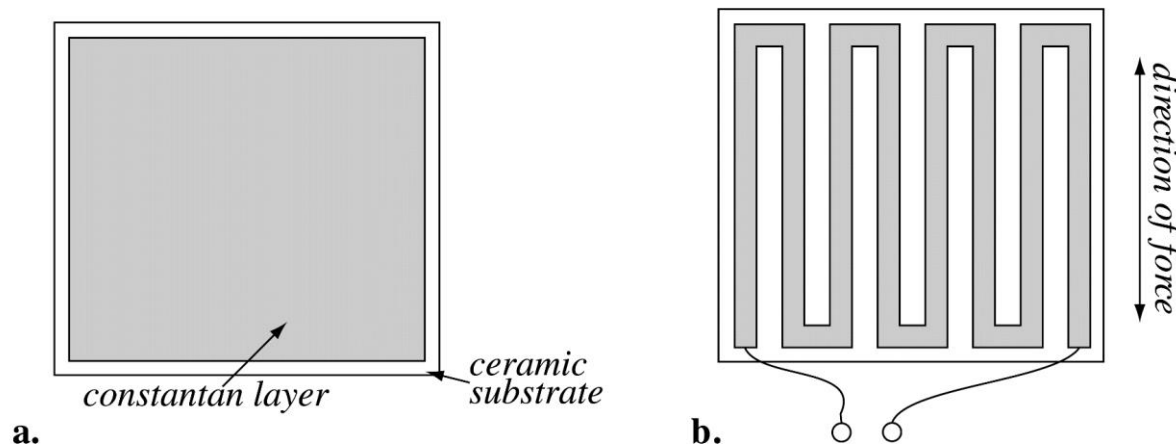
## Matësi metalik i tendosjes

- Në formën e tij më të thjeshtë:
- Një gjatësi teli, e mbajtur në dy shtylla
- Kur forca aplikohet, teli do të deformohet duke ndryshuar rezistencën e telit.
- Nuk është shumë praktike (ndërtimi, lidhja me sistemin, ndryshimi shumë i vogël i rezistencës).



# Forma e zakonshme e matësit metalik të tendosjes

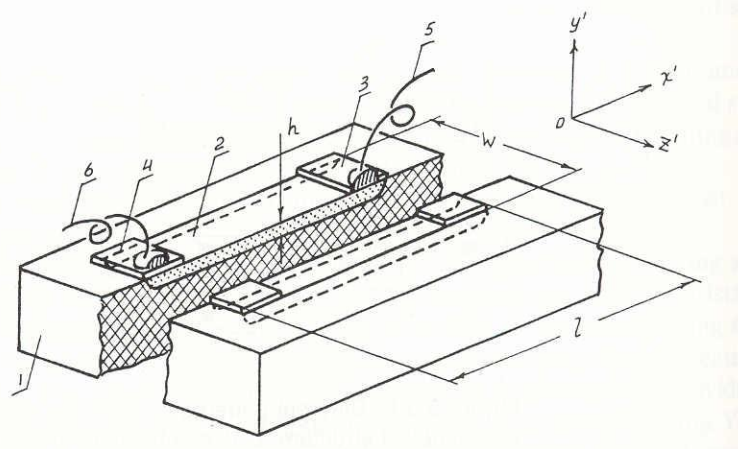
- Një formë më praktike - rezistive
- E ndërtuar në një shtresë të hollë të metalit
- Depozitohet bl një substrat izolues (plastikë, keramikë, etj.)
  - Konstantani (60% bakër, 40% nikel) është materiali i zakonshëm



## Matësit gjysmëpërçues të tendosjes

- Operojnë si matësit metalikë të tendosjes
- Ndërtimi dhe veçoritë janë të ndryshme.
- Faktori matës është shumë më i madh.
- Ndryshimi i përçueshmërisë si pasojë e tendosjes është shumë më i madh.
- Janë më të vegjël se metaliket
- Më të ndjeshëm në ndryshime të temperaturës.

- Ndërtimi:



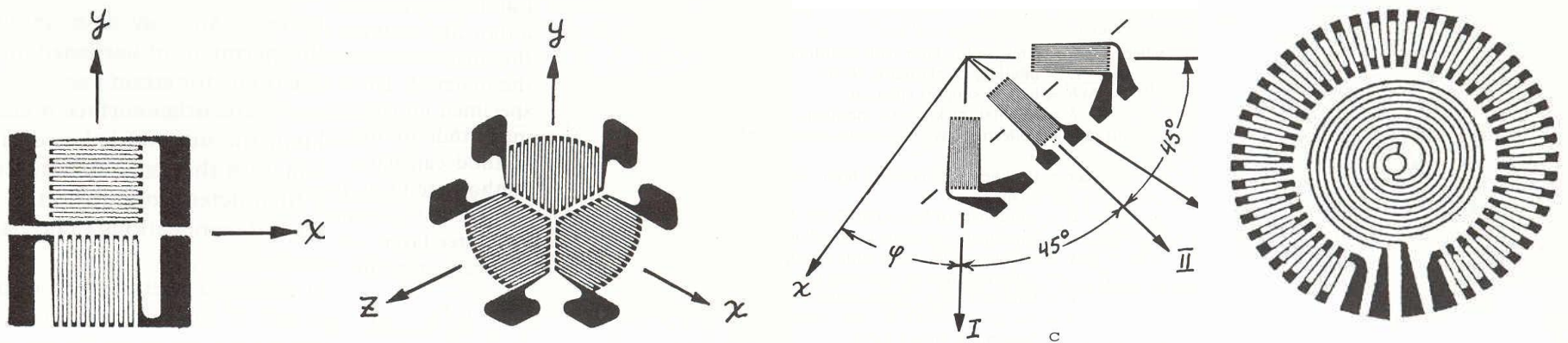


## Matësit e tendosjes - aplikimet

- Matësi i tendosjes duhet të ndërtohet ashtu që të reagojë ndaj forcës.
  - Matësi i tendosjes ngjitet me materialin në të cilin detektohet tendosja. Nuk mund t ri-përdoret!
- Matësit e tendosjes zakonisht përdoren për tendosje lakimi, përdredhje dhe tensionim/deformim gjatësor të strukturave (boshteve të motorit, ngarkesave të urave, matje të kamionave, etj.)

# Matësit e tendosjes - veçoritë

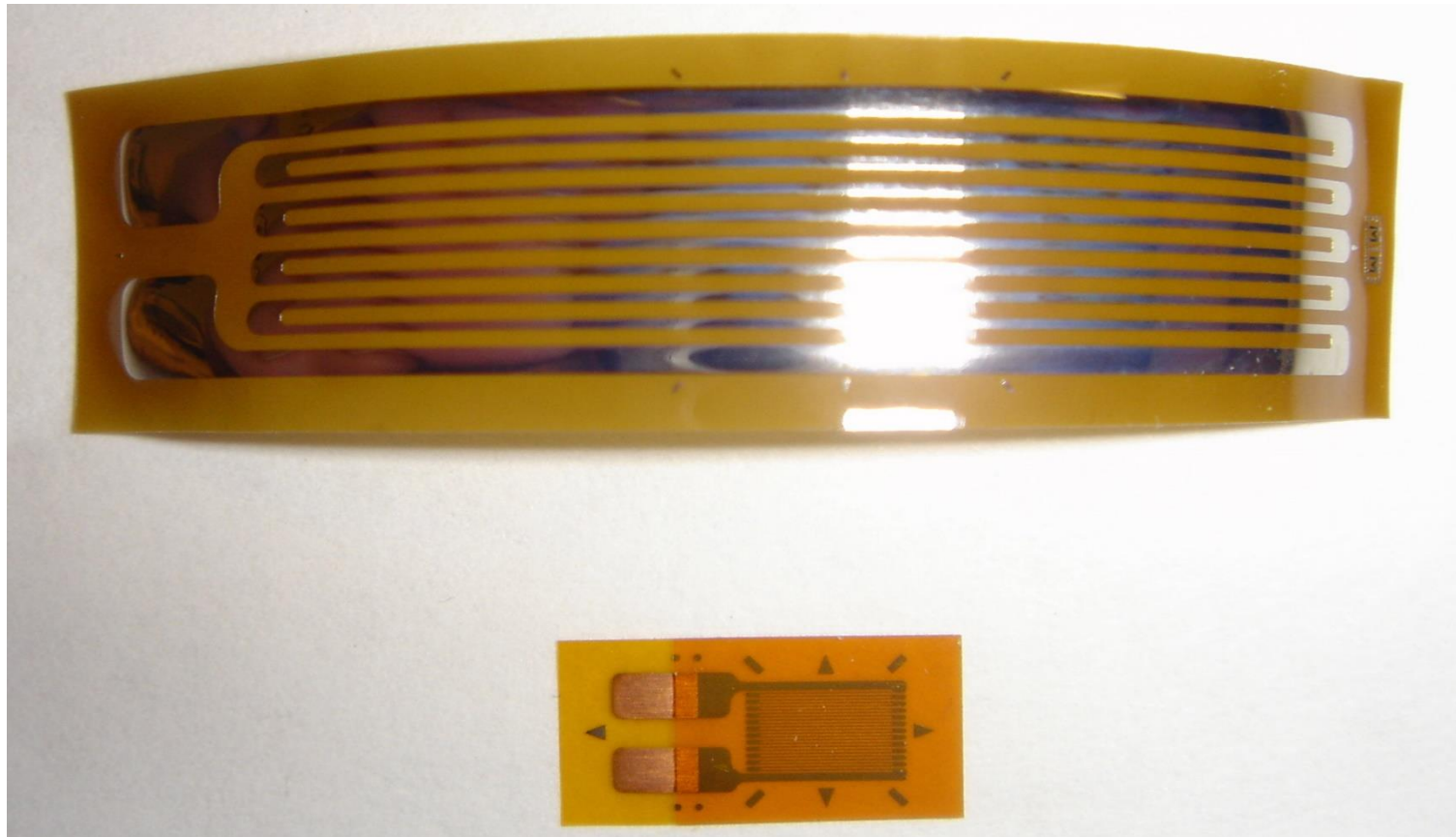
- Shumica e matësve metalikë kanë rezistenca prej 100 deri 1000 $\Omega$
- Faktori matës mes 2-5
- Dimensionet prej 3x3 mm deri në 150 mm
- Rozetat (matësit shumëmultiple axis strain gauges) are available with 45, 90 and 120° axes as well as diaphragm and other specialized configurations.



## Matësit e tendosjes - gabimet

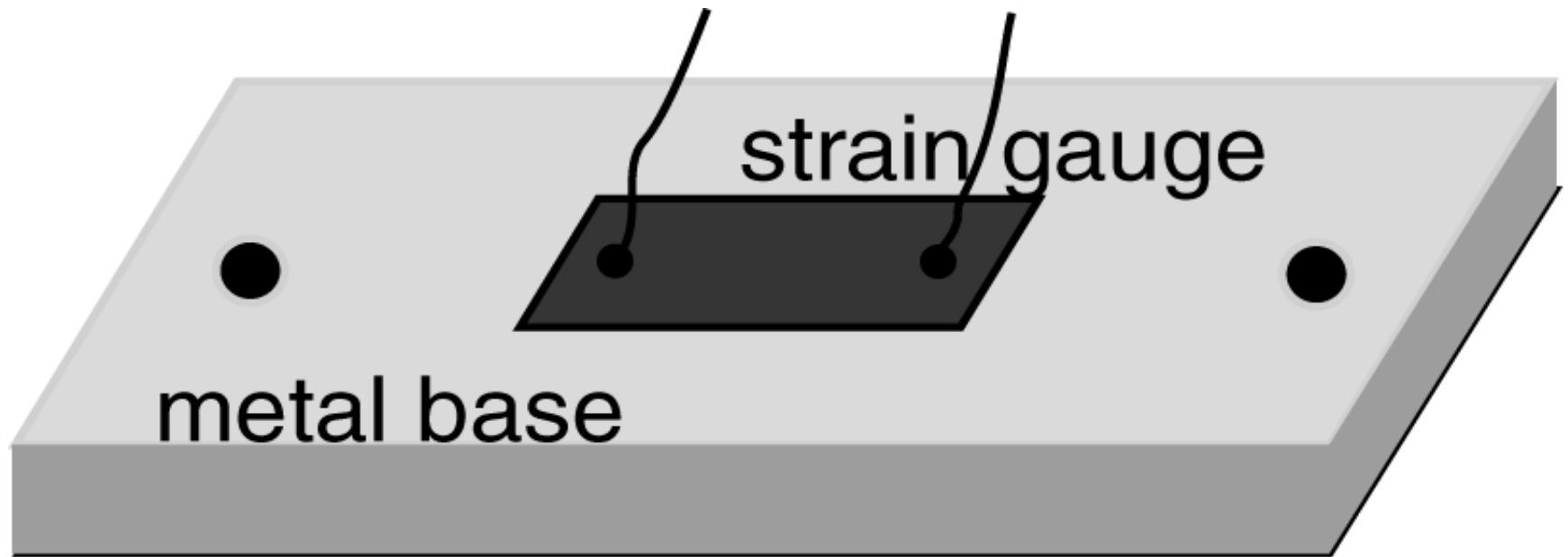
- Matësit e tendosjes ndikohen nga disa gabime.
- Si pasojë e temperaturës – rezistenca, veçanërisht në gjysmëpërçues, ndikohet nga temperatura njëjtë si nga tendosja.
- Në matës metalikë, kjo vlerë është e vogël.
- Në gjysmëpërçues, kompensimi i temperaturës ofrohet përmes pllakave apo përmes një sensori të veçantë.

# Matësit tipikë rezistivë të tendosjes

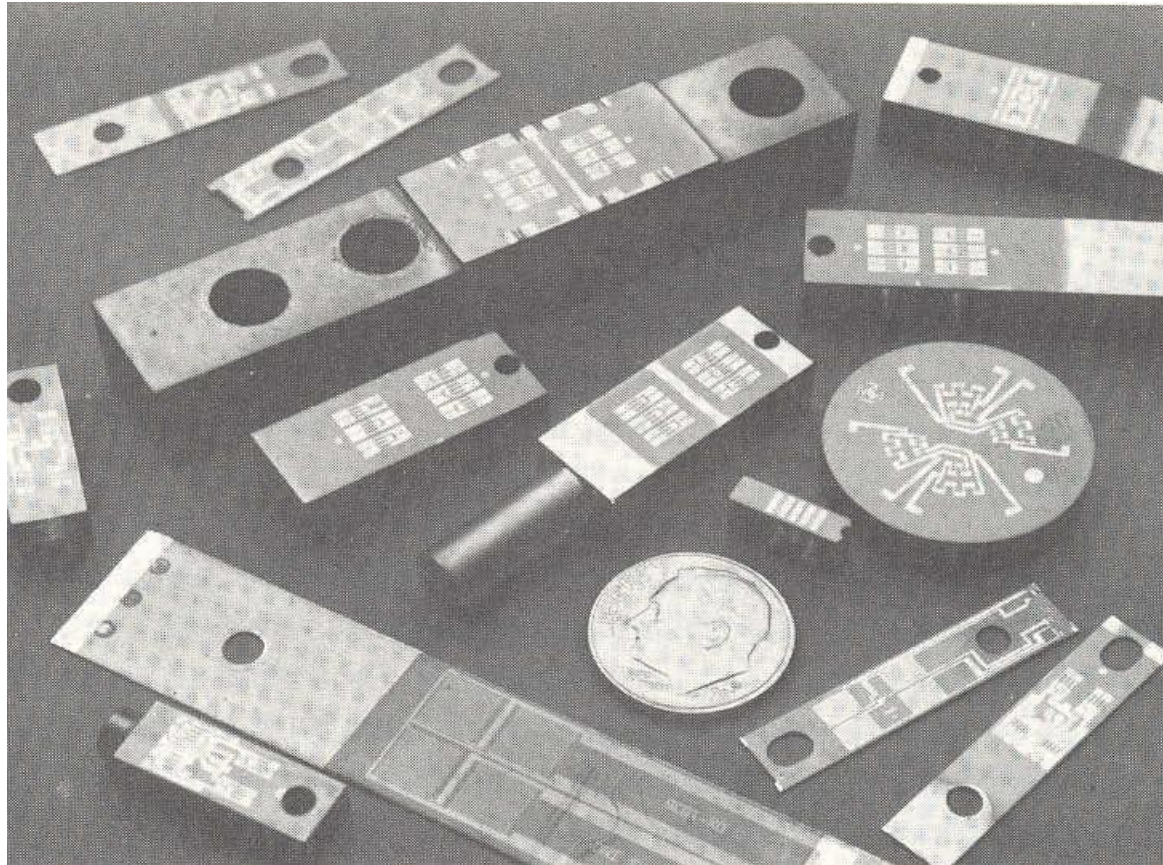


## Sensorët e forcës dhe të prekjës

- Metoda bazë është treguar në foto (sllajdi 23).
- Matja e forcës prekëse bëhet përmes matjes së tendosjes.
  - Sensori zakonisht ofrohet me vrima lidhëse
- Ky lloj sensori përdoret për të matur forcat në lokacione si veglat e makinerive, montimet e motorëve, etj.
- Shpesh quhet celulë ngarkimi, posaçërisht kur forca të mëdha maten.







## Sensorët e prekjes

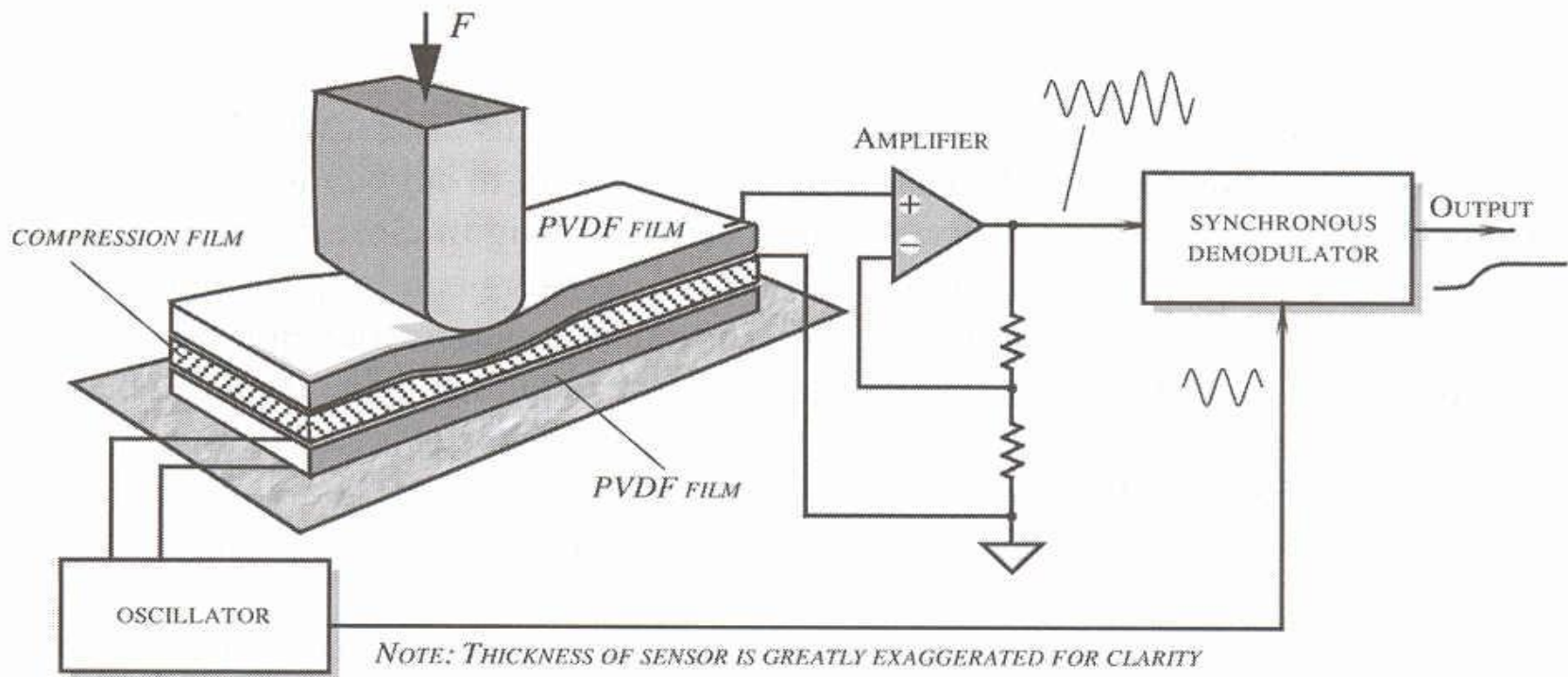
- Sensorët e prekjes janë sensorë të forcës mirëpo:
- Definimi i veprimit të “prekjes” është më i gjerë, sensorët janë më të shumëllojshëm.
- Një pikëpamje është që veprimi i prekjes është thjeshtë detektimi i prezencës së forcës. Pra:
  - Një ndërprerës i thjeshtë është sensor i prekjes
  - Kjo qasje zakonisht aplikohet në tastiera
  - Shtresa membranash apo rezistive përdoren
  - Forca aplikohet kundrejt membranës apo shtresës së silicit dhe të gomës.



## Sensorët e prekjes

- Në shumë aplikime të prekjes është me rëndësi të detektohet shpërndarja e forcës mbi një sipërfaqe të caktuar (p.sh., “dora” e robotit).
- Mund të përdoret një fushë e sensorëve të forcës apo
- Një sensor i shpërndarë.
- Këto zakonisht krijohen prej filmave piezoelektrikë të cilat reagojnë me sinjal elektrik ndaj deformimeve (sensorë pasivë).
- Një shembull është treguar në figurën në sllajdin 27

# Sensori i prekjes

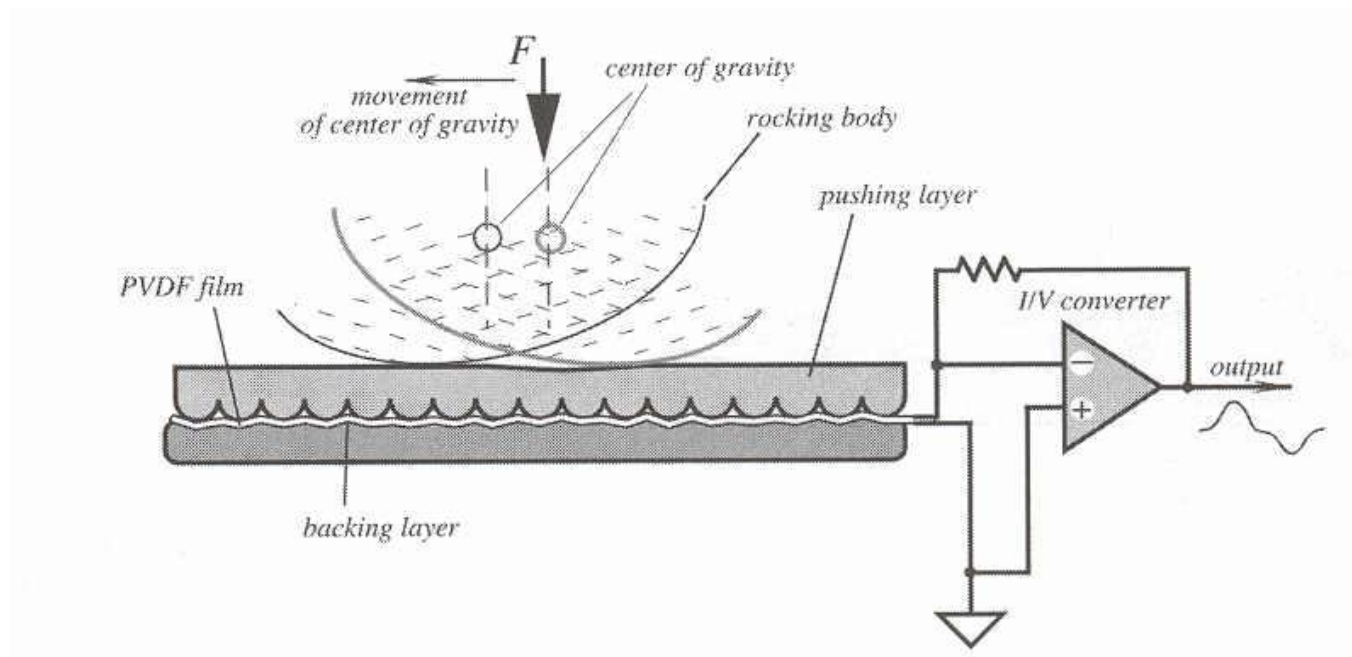


## Sensorët e prekjës

- **Funksionimi:**
- Filmi prej polyvinylidene fluoride (PVDF) është i ndjeshëm ndaj deformimeve.
- Filmi i poshtëm aktivizohet nga sinjali alternativ
- Tkurret dhe zgjerohet mekanikisht dhe periodikisht.
- Kur të deformohet filmi i sipërm, sinjali i tij ndryshon prej normales dhe amplituda dhe apo faza janë masë e deformimit (forcës).

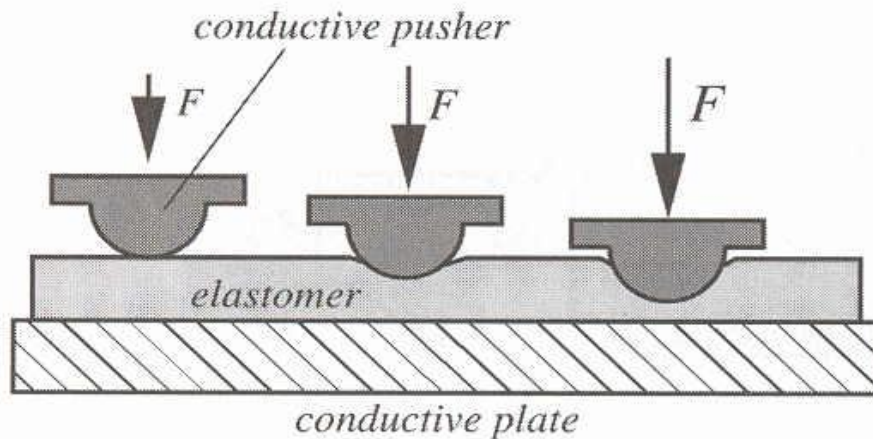
# Sensorët e prekjes

- Një shembull tjetër - mëposhtë
- Përdoret për të detektuar lëvizje të trupit si pasojë e frymëmarrjes.

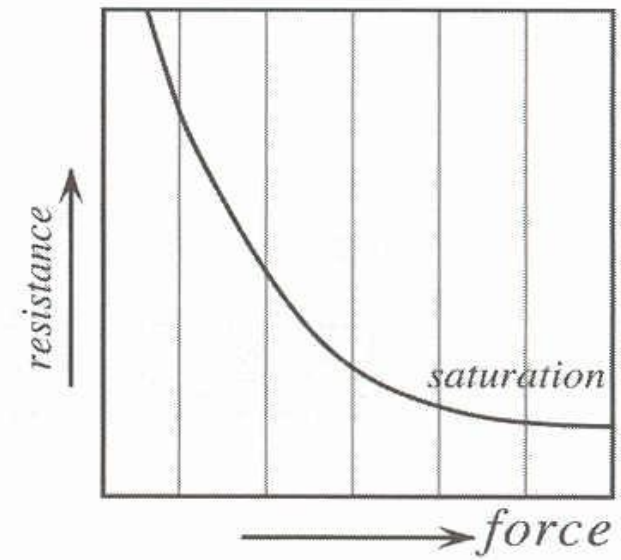


# Sensorët e prekjes

- Sensorët më të thjeshtë të prekjes prodhohen prej polimerëve përçues apo elastomerëve apo me polimerë gjysmëpërues
- Quhen sensorë piezorezistivë apo sensorë rezistivë sensitivë të forcës (FSR).
- Në këto pajisje, rezistenca materialit varet nga presioni



(A)



(B)

## Akselerometrat

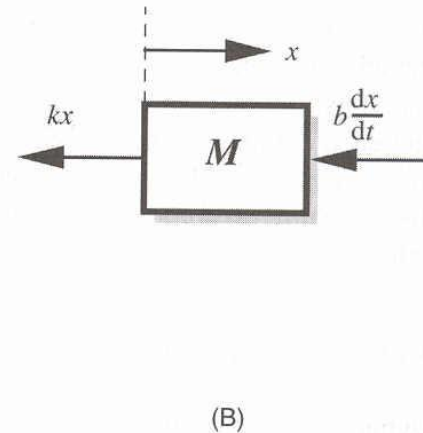
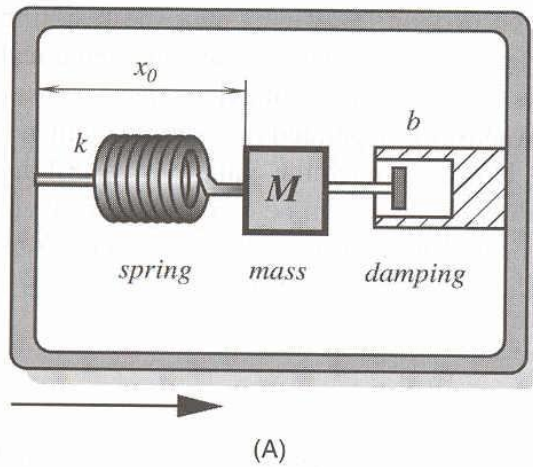
- Duke u bazua në ligjin II-të të Njutonit ( $F = ma$ ) një sensor mund të detektojë nxitimin thjeshtë duke matur forcën në një masë.
- Në qetësi, nxitimi është zero dhe forca në këtë masë është zero.
- Në çdo nxitim  $a$ , forca në masë do të jetë proporcionale me masën fikse.
- Kjo forcë mund të detektohet me çdo metodë të detektimit të forcës por, prapë, matësi i tendosjes do të jetë përfaqësues i matjes direkte të forcës.

# Akselerometrat

- Metodat tjera të detektimit të nxitimit:
  - Metodat magnetike dhe kapacitive.
- Distanca mes masës dhe sipërfaqes fikse, e cila varet nga nxitimi, mund të shndërrohet në një kondensator. Kapaciteti rritet (apo zvogëlohet) me nxitimin.
- Sensori magnetik mund të përdoret për të matur fushën e masës magnetike. Sa më i madh nxitimi, më afër (apo më larg) është magneti nga sipërfaqja fikse dhe kështu fusha magnetike do të jetë më e madhe apo më e vogël.
- Metodat e përdorura në kap. 5 për të detektuar pozitën apo afërsinë mund të përdoren për detektim të nxitimit.

# Akselerometrat - principet

- Metoda e detektimit të nxitimit fillojnë me modelin mekanik të masës.
- Masa, lëviz nën ndikimin e forcave, ka një forcë rikthyese (susta) dhe një forcë zbutëse (e cila e ndalon oscilimin).





## Akselerometrat - principet

- Nën këto kushte, duke supozuar që masa lëviz vetëm në një drejtim (boshti horizontal), ligji i II-të i Njutonit mund të shkruhet si:

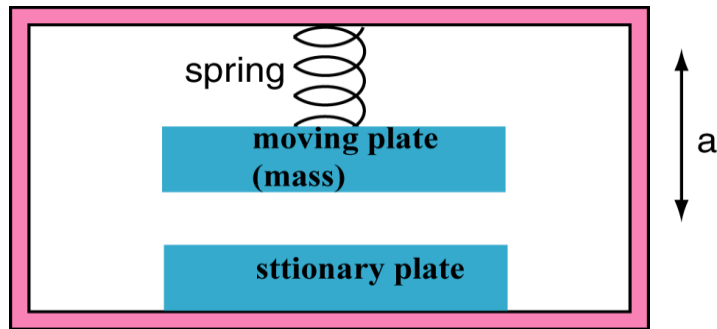
$$ma = -kx - b\frac{dx}{dt}$$

Supozon që masa ka lëvizur një distancë  $x$  nën ndikim të nxitimit,  $k$  është konstantë rikthyese (susta) dhe  $b$  është koeficienti zbutës.

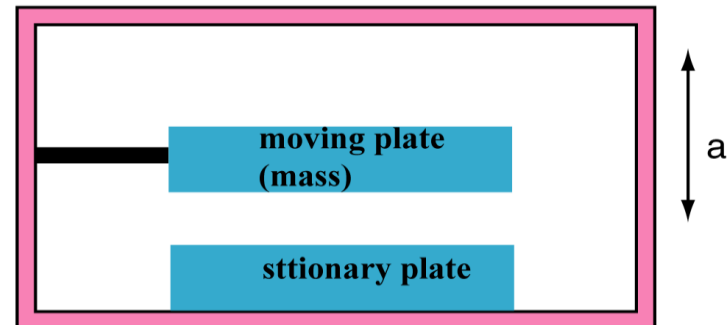
Për një masë të dhënë  $m$  dhe konstanta  $k$  dhe  $b$ , një matje e  $x$  tregon për një nxitim  $a$ .

# Akselerometrat kapacitivë

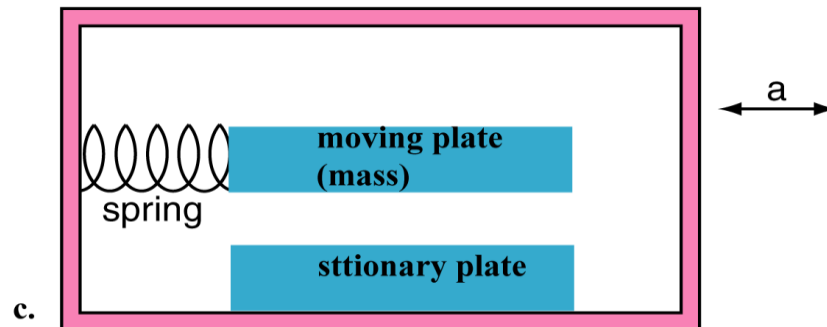
- Në a dhe b, distanca mes pllakave ndryshon me nxitim.
- Në c, sipërfaqja efektive e pllakave ndryshon derisa distanca mes pllakave mbetet konstante.
- Në cilindro rast, nxitimi e rrit ose e zvogëlon kapacitetin, varësisht nga drejtimi i lëvizjes.



a.



b.



c.

## Sensorët e presionit - hyrje

- Detektimi i presionit është i rëndësisë dytësore në detektim të tendosjes në sisteme mekanike
- Këta sensorë përdoren ose të vetëm, (për matje presioni), apo për të matur madhësi dytësore si forcën, fuqinë, temperaturën etj.
- Një arsye për rëndësinë e këtyre sensorëve është që gjatë detektimit të gazrave dhe lëngjeve, forca nuk mund të shfrytëzohet – vetëm presioni mund të matet.

## Sensorët e presionit - hyrje

- Arsyja tjetër e përdorimit të madh është aplikimi i tyre në vetura, parashikim të motit, pajisje ftohëse dhe ngrohëse etj.
- “Barometri” në mur dhe përdorimi i presionit atmosferik si tregues i motit ka ndihmuar në popullarizimin e konceptit të presionit dhe detektimit të presionit

## Sensorët e presionit - Njësitë

- Njësia matëse SI e presionit është paskali:
- $1 \text{ [Pa]} = 1 \text{ [N/m}^2\text{]}$
- $1 \text{ psi} = 6.89 \text{ kPa} = 0.0703 \text{ atm}$
- Paskali është njësi shumë e vogël
  - $\text{kPa} = 10^3 \text{ Pa}$
  - $\text{MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ .
- Njësitë tjera janë
  - bar –  $1 \text{ bar} = 0.1 \text{ Mpa}$
  - torr –  $1 \text{ torr} = 133\text{Pa}$ .
  - millibar ( $1.333 \text{ torr}=100\text{Pa}$ )
  - microbar ( $1 \mu\text{bar} = 0.1 \text{ Pa}$ )

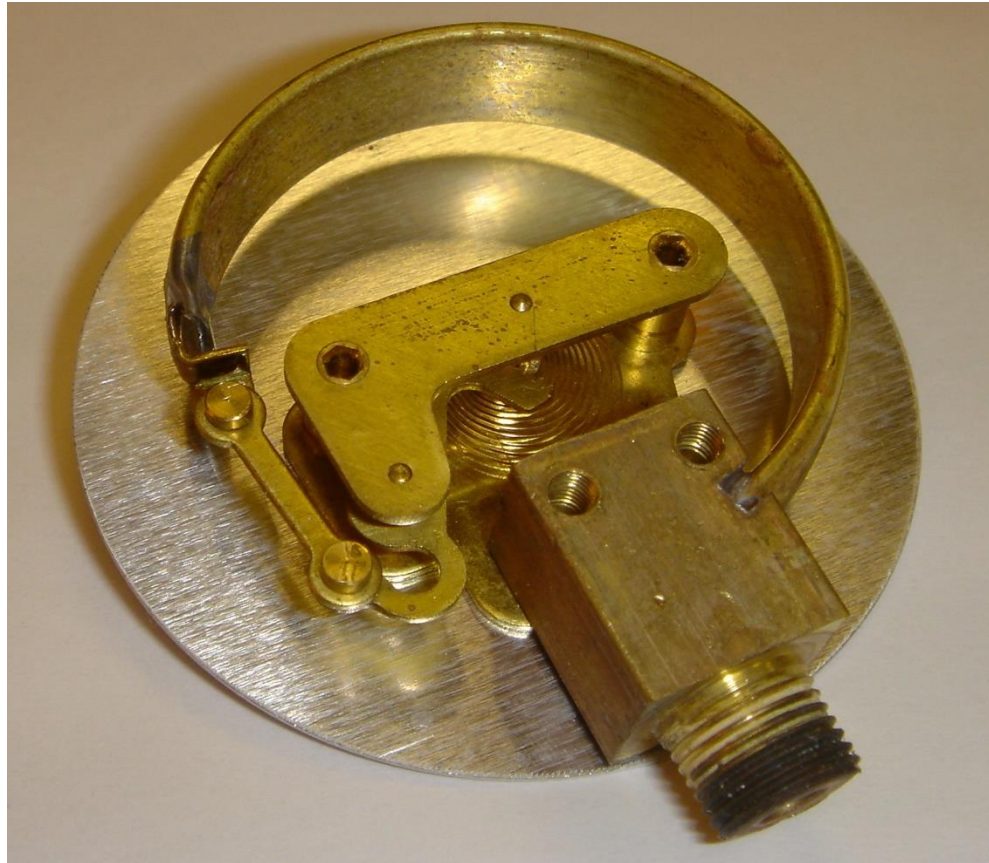
## Detektimi i presionit

- Presioni është forca për sipërfaqe të njësisë
- Detektimi përcjell të njëjtin princip si në detektim të forcës –
  - Matja e zhvendosjes së një sensori përkatës si pasojë e presionit.
- Metodatat e matjes përfshijnë principet termike, optike si dhe magnetike dhe elektrike.
- Sensorët më të hershëm kanë qenë mekanikë

# Sensorët mekanikë të presionit

- Shndërrim direkt i presionit në zhvendosje mekanike
- Këto pajisje janë aktuatorë që reagojnë ndaj presionit
- Disa pajisje mekanike janë kombinuar me sensorë tjerë për të siguruar dalje elektrike
- Disa ende përdoren si në fillim.
- Më i zakonshmi është gypi Bourdon.

# Gypi Bourdon





# Sensorët mekanikë të presionit

- Me përdorim gjysmë shekullor në matës presioni
- Treguesi i matjes lidhet direkt me gypin.
- Me përdorim më të madh sot
  - Nuk ka nevojë për komponente shtesë
  - I thjeshtë
  - I lirë.
- Me përdorim në matje të gazrave por edhe në matje të presionit të lëngjeve.
- Në goma, rezervuarë të derivateve, etj.

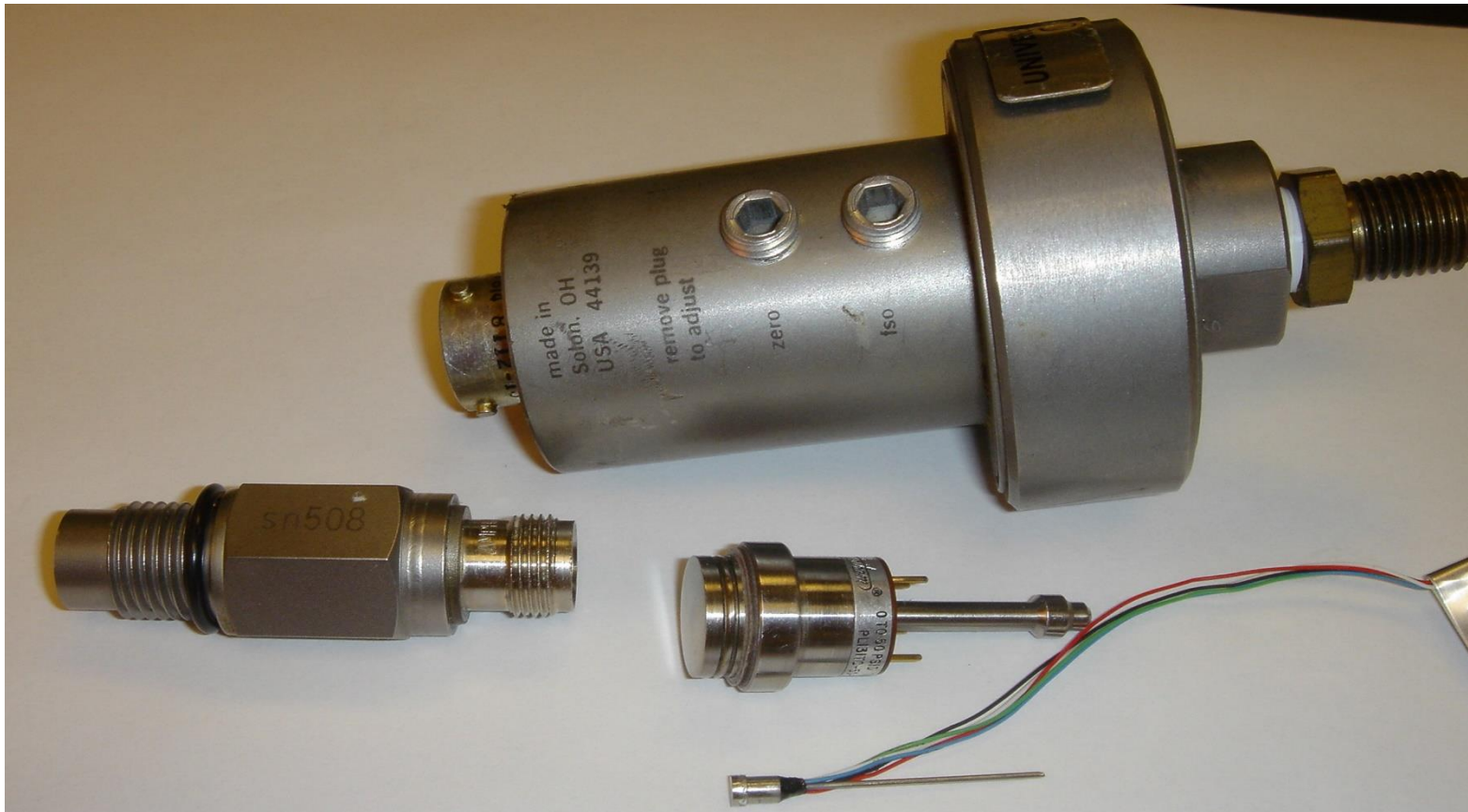
# Sensor diafragmë i presionit



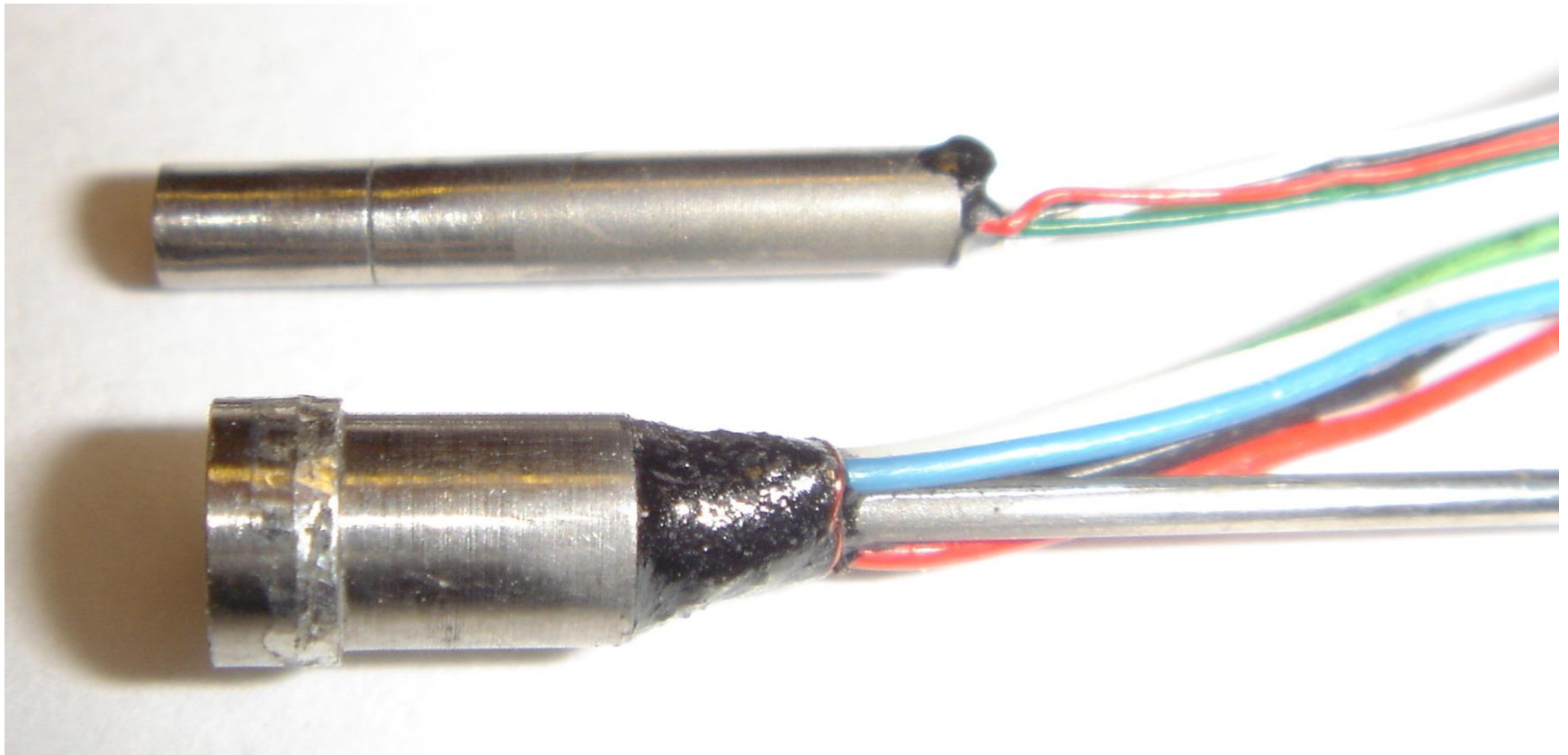
## Sensorët e presionit

- 4 lloje kryesore:
- **Sensorët absolutë të presionit (PSIA)**: presioni detektohet në raport relativ me vakumin absolut.
- **Sensorët diferencialë të presionit (PSID)**: diferenca mes dy presioneve në dy portet e sensorit detektohet.
- **Sensorët standardë të presionit (PSIG)**: presioni në raport relativ me presionin e ambientit detektohet. (Më i zakonshmi)
- **Sensorët standardë të mbyllur (PSIS)**: presioni në raport relativ me një dhomë të mbyllur (zakonisht 1 atm në nivel deti apo 14.7 psi) detektohet.

# Sensorë të ndryshëm presioni



# Sensorët miniaturë të presionit





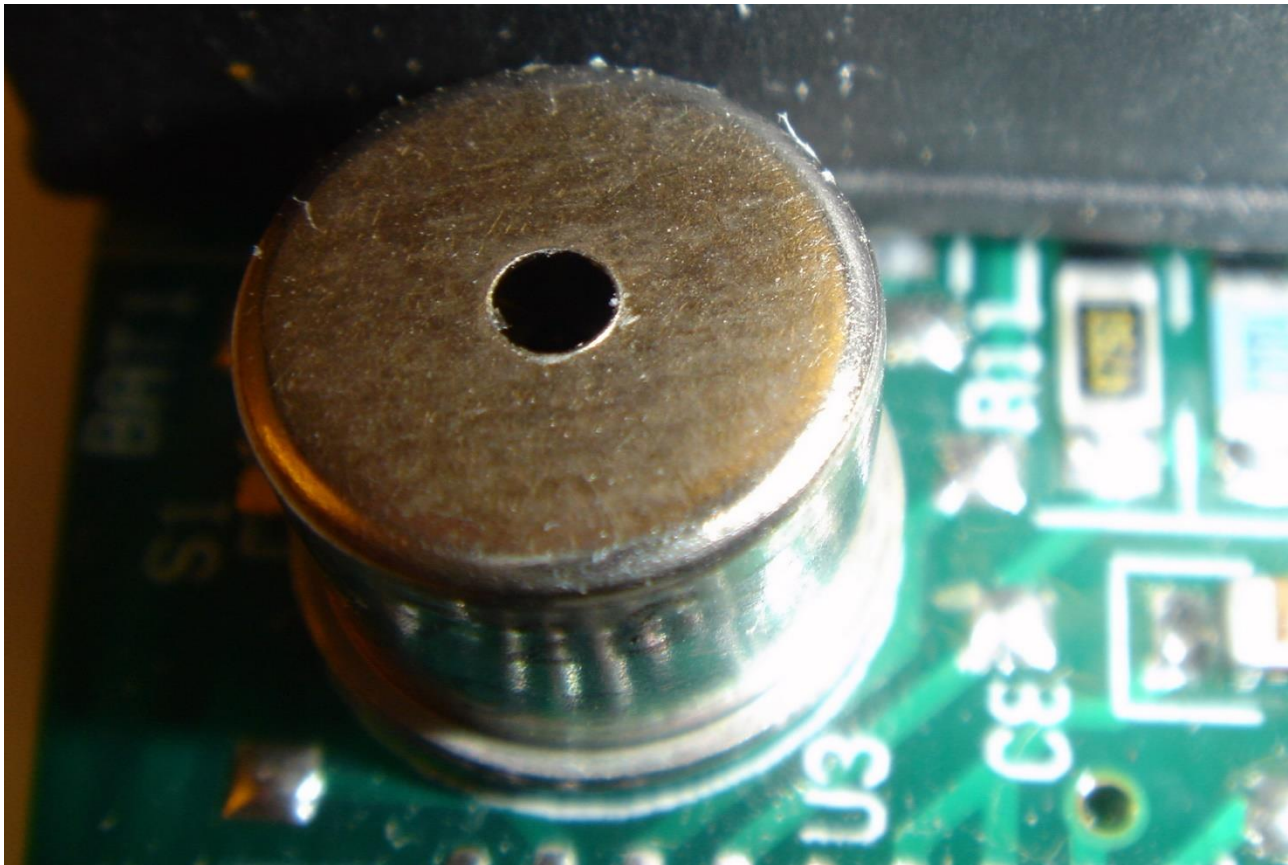
# Pitran sensorët e preisonit (absolutë)



# Sensor diferencial i presionit (150 psi)

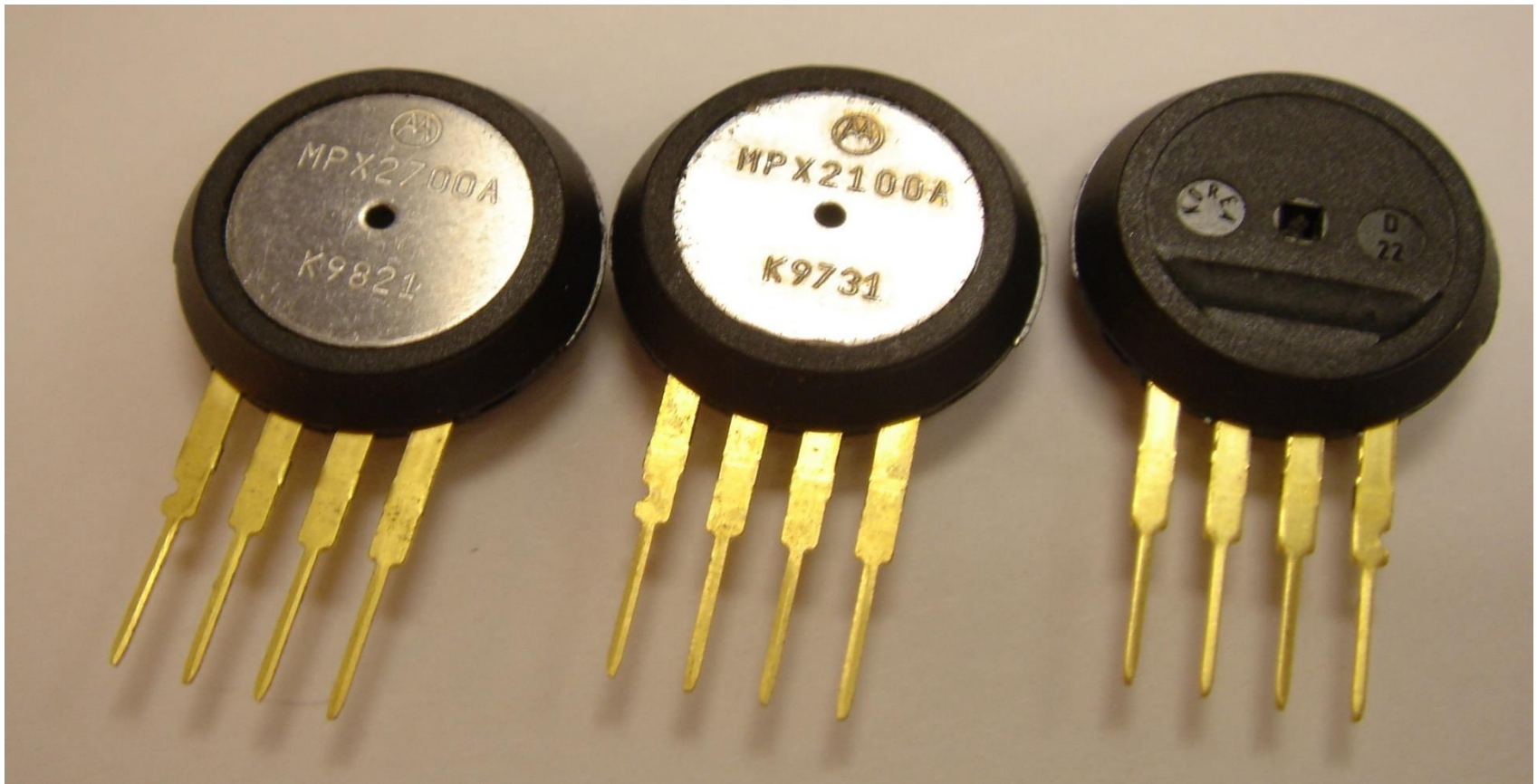


# Sensor absolut i presionit - 100 psi (TO5 paketim)





# Sensor diferencialë të presionit 15 dhe 30 psi



## Sensorët e presionit - veçoritë

- Sensorët e bazuar në gjysmëpërçues operojnë vetëm në temperatura të ulëta ( $-50$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ ).
- Gabimet si pasojë e temperaturës mund të jenë të mëdha nëse nuk kompensohen.
- Brezi i sensorëve mund të tejkalojë 50,000 psi dhe mund të jetë një fraksion i 1 psi.
- Impedansa është mes disa qindra Ohm deri në 100 k $\Omega$ .
- Lineariteti është mes 0.1 deri 2%

## Xhiroskopët

- Xhiroskopët zakonisht na kujtojnë pajisjet stabilizuese në aeroplanë dhe në auto pilotë.
- Mirëpo janë shumë më tepër se kaq.
- Xhiroskopi është mjet navigues. Qëllimi i tij është mbajtja e drejtimit të pajisjes apo automjetit.
- Përdoret në të gjithë satelitët, armët e mençura dhe aplikime tjera që kërkojnë stabilizim të pozitës dhe lartësisë.

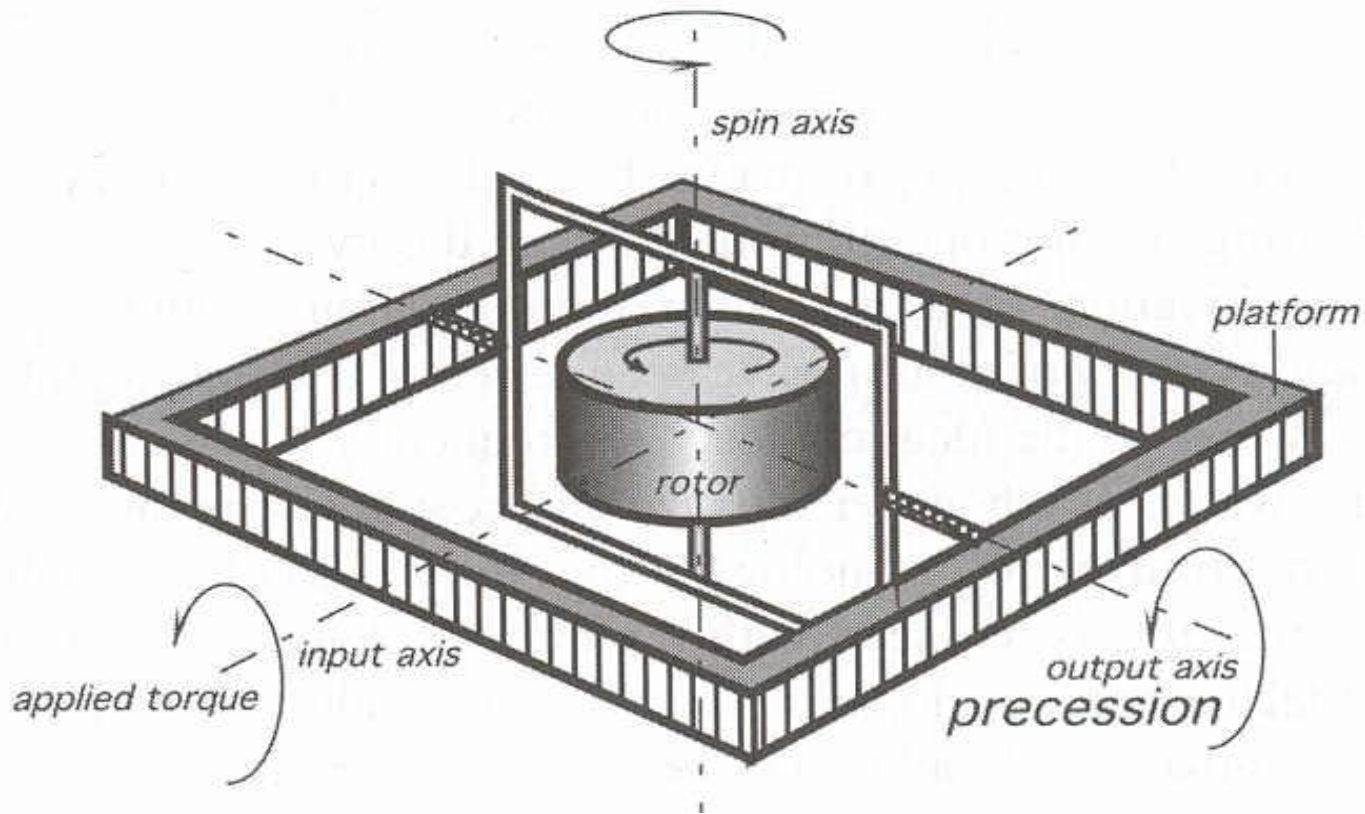
## Xhiroskopët

- Do të gjejnë përdorim edhe në automjete dhe produkte të konsumit të gjerë.
- Kanë gjetur përdorim në lojëra.
- Principi i punës bazohet në principin e ruajtjes së momentit këndor:
- **“Në çdo sistem të trupave apo grimcave, momenti total këndor relativ ndaj çdo pike në hapësirë është konstant, me kusht që forcat e jashtme nuk ndikojnë në sistem”**

## Xhiroskopët mekanikë

- Më të njohur nga xhiroskopët ekzistues dhe më të lehtë për tu kuptuar.
- Përbëhet nga një masë rrotulluese (rrotë e rëndë) në një bosht në kornizë – ofron momentin këndor
- Nëse tentojmë ta ndryshojmë drejtimin e boshtit, duke aplikuar moment përdredhje, momenti zhvillohet në drejtim pingul me boshtin e rrotullimit
- Kjo detyron një lëvizje precendente.
- Kjo precedencë është dalja e xhiroskopit dhe është proporcionale me momentin përdredhës të aplikuar në kornizën e tij.

# Xhiroskopi mekanik (rotori)



## Xhiroskopët mekanikë

- Momenti përdredhës (torque) aplikohet në kornizë të xhiroskopit përreth boshtit të hyrjes,
- Boshti dalës do të rrotullohet si në lëvizje të quajtur precedencë (precession).
- Kjo precedencë tash është masë për momentin e aplikuar dhe mund të përdoret si dalje, p.sh., për të korigjuar drejtimin e aeroplanit apo pozitës së antenës satelitore.
- Aplikimi i momentit përdredhës në drejtim të kundërt e anulon drejtimin e precedencës.