

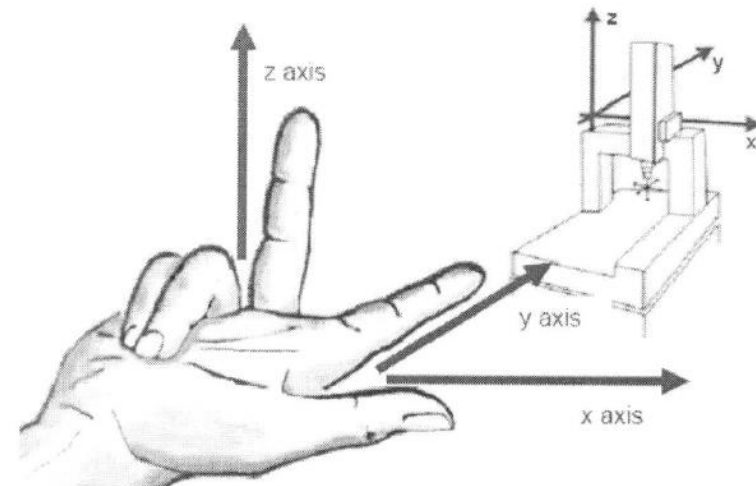
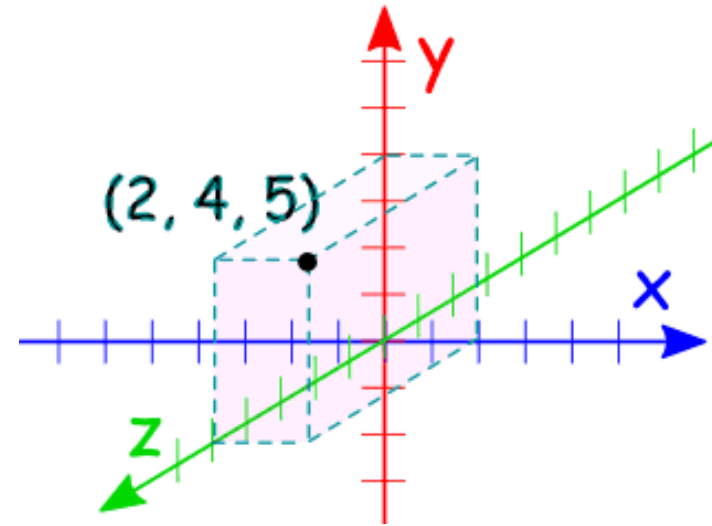
# KONTAKTNI SENZORI NA KMM

# Uvod

Funkcija KMM je akvizicija informacija sa predmeta merenja (uglavnom) u formi Dekartovih koordinata.

Uređaji namenjeni za obezbeđivanje ove vrste informacija nazivaju se SENZORI.

Senzori su prošli kroz značajnu evoluciju u poslednjih 25 godina i danas su dostupni u brojnim, različitim izvedbama, sve u cilju obezbeđenja rešavanja bilo kog praktičnog problema.



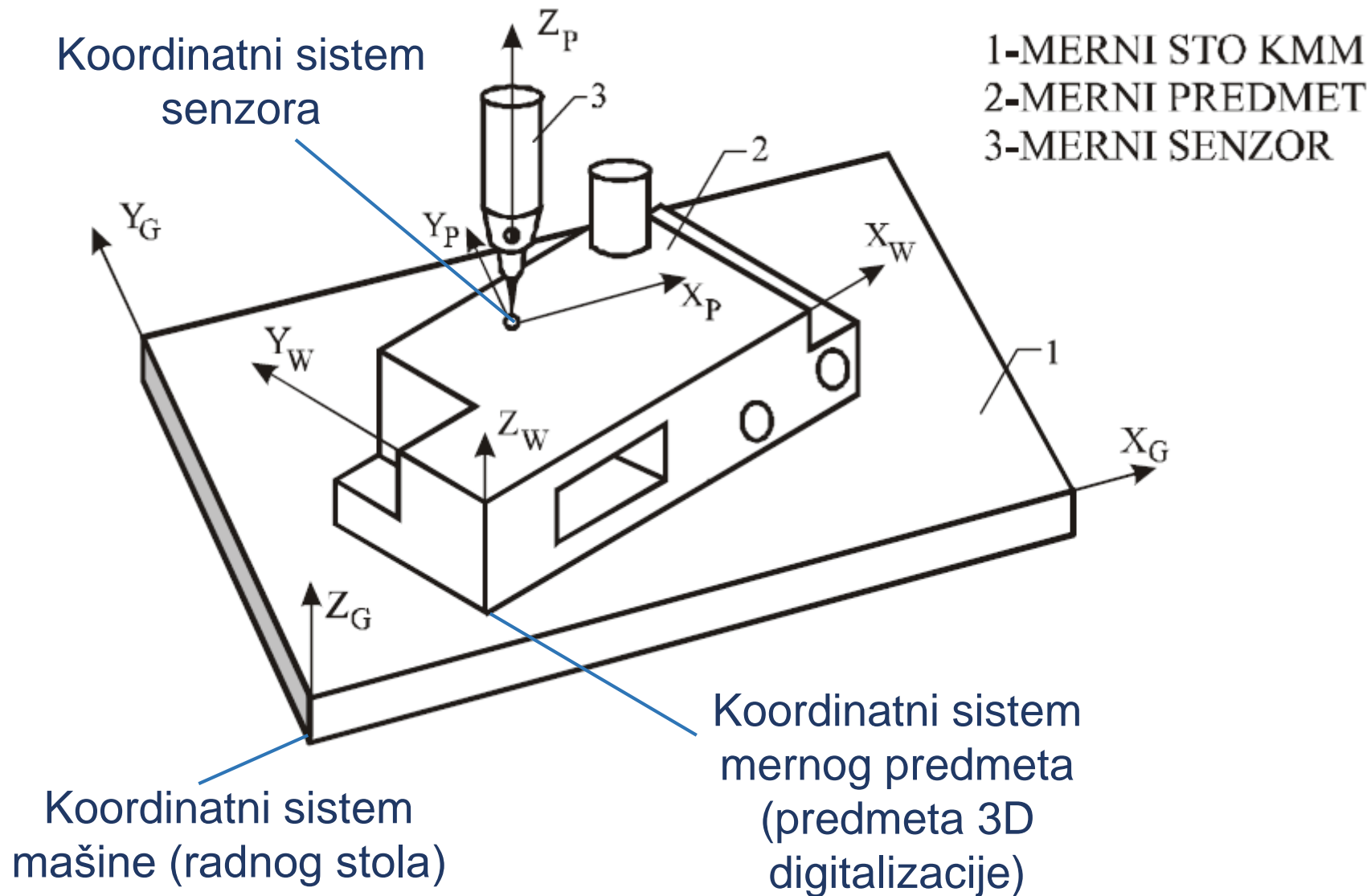
Pravilo desne ruke

# Merni senzor

- ✓ Merni senzor predstavlja jedan od najvažnijih podsistema KMM.
- ✓ To je prvi element mernog lanca koji generiše merni signal srazmeran vrednosti merne veličine, odnosno detektovanoj sili.
- ✓ Merni senzor čine dva osnovna dela:
  - 1) **senzor i**
  - 2) **sistem za prihvatanje mernog pipka.**



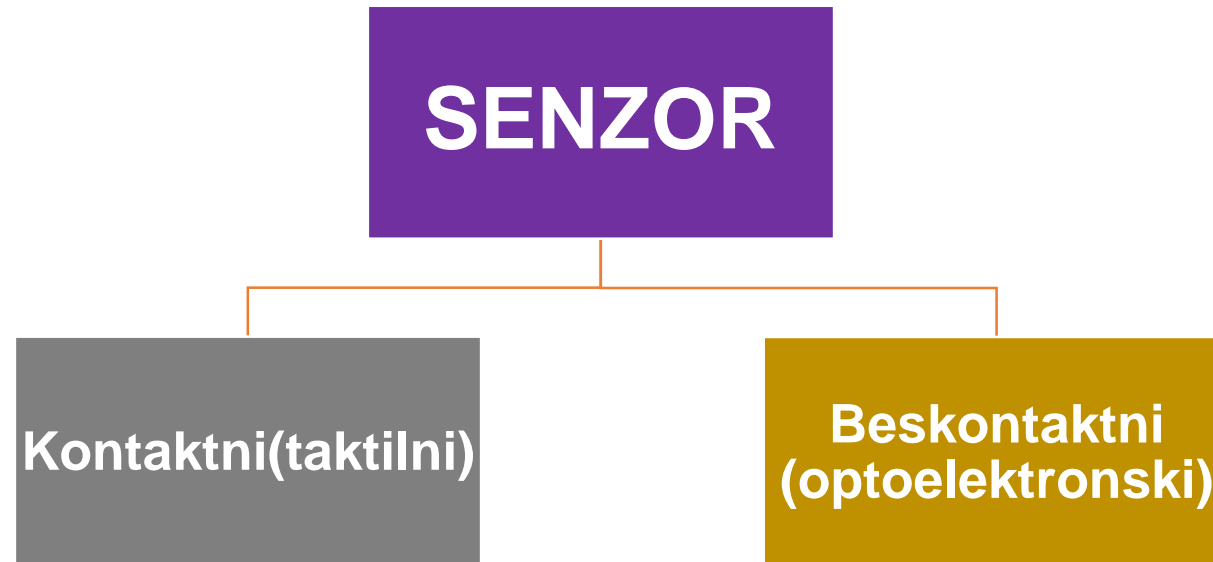
# Koordinatni sistemi kod KMM



# Podela senzora

Senzori se, pored u osnovnim metrološkim karakteristikama, razlikuju i prema osnovnim fizičkim principima na kojima su zasnovani.

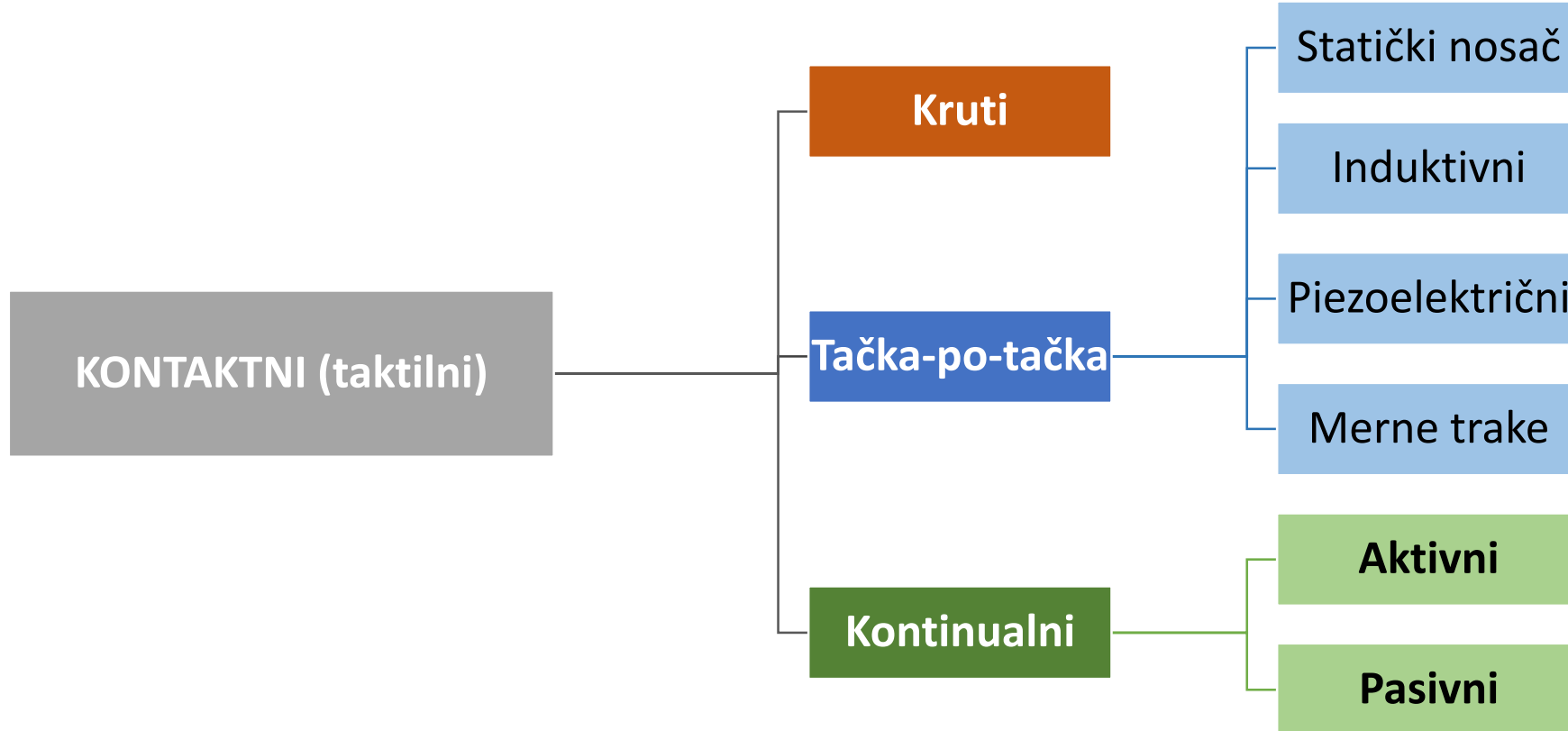
Prema metodi na bazi koje senzor omogućava prikupljanje informacija sa dela koji se meri (digitalizuje), razlikuju se dve velike familije senzora:



# Kontaktne (taktilne) senzori

Ova grupa senzora omogućava merenje na bazi kontakta sa merenim delom.

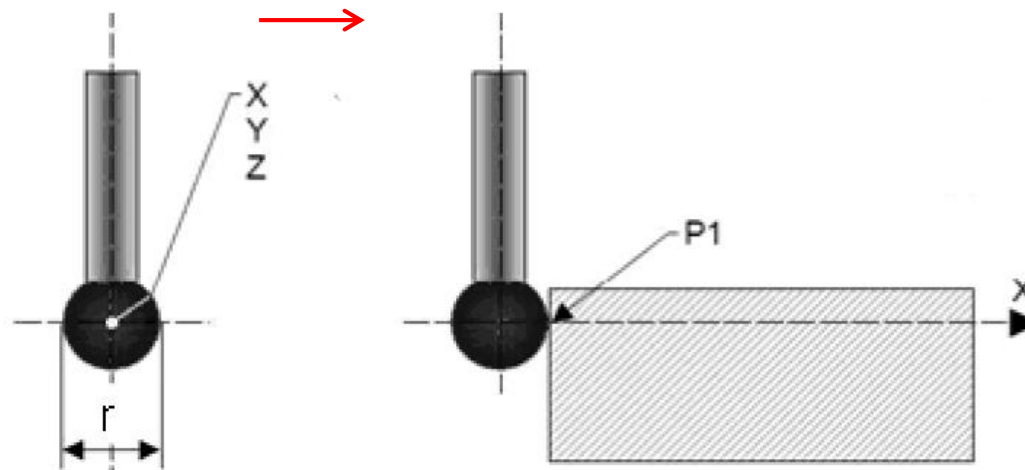
Taktilni senzori se dele na:



# Kruti senzori

Sferni kruti senzori koriste se tako što korisnik (operator) ručno dovodi merni pipak u fizički kontakt sa tačkom koja se meri, a zatim šalje signal za snimanje koordinata centra sfere ili vrha kupe putem mernog sistema.

Primena krutih senzora je i dalje vrlo prisutna kod koordinatnih mernih mašina tipa zglobne merne ruke.

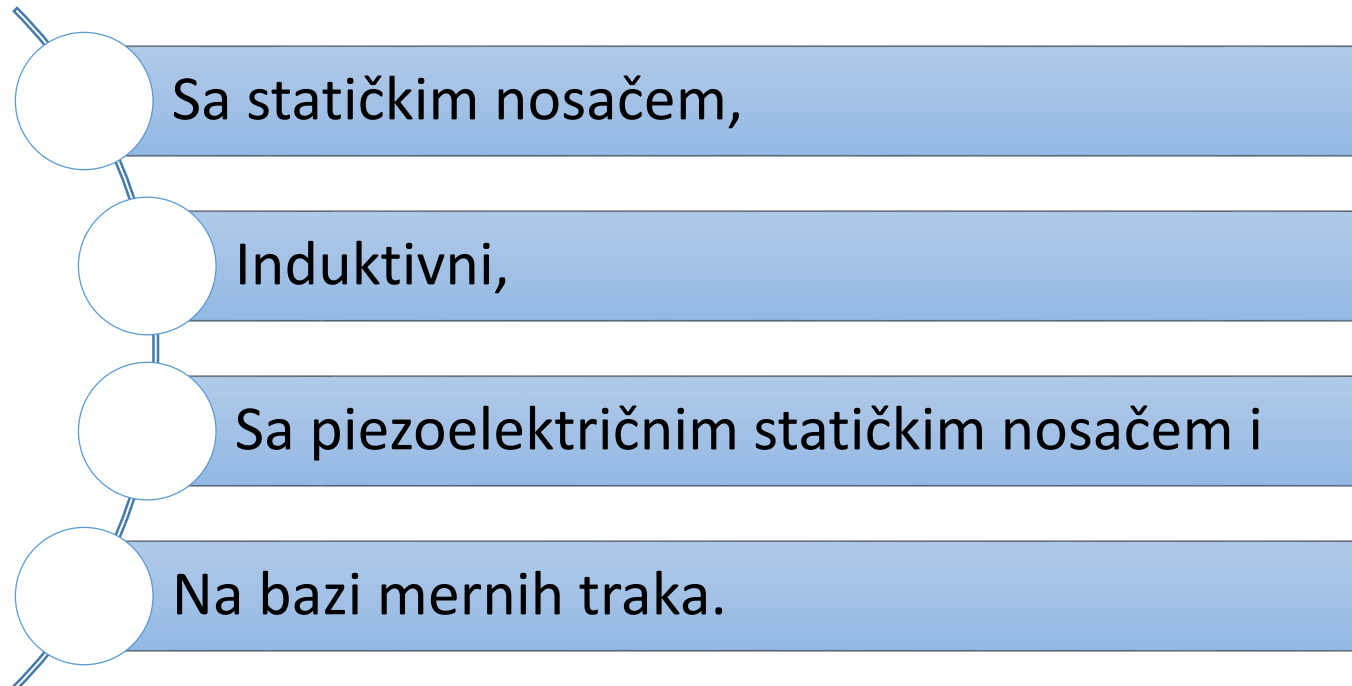


# Kontaktne senzori za merenje „tačka po tačka“

Ovi senzori se nazivaju i „okidački“ (eng. trigger) zato što generišu električni signal kada dođu u fizički kontakt sa mernim predmetom.

Ovaj signal se koristi za zaustavljanje svih kretanja mašine i snimanje koordinata centra pipka od strane mernog sistema KMM.

Kontaktne senzori za merenje na principu „tačka po tačka“ mogu se podeliti u sledeće kategorije:

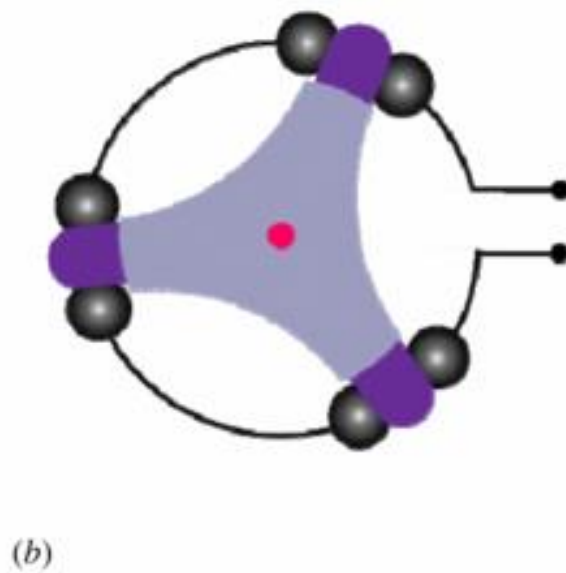
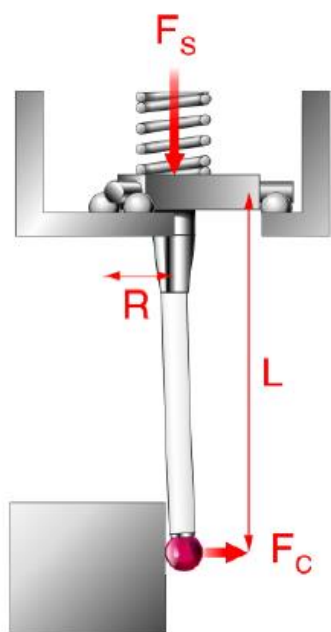




# Statički kontakti senzori

Ova vrsta senzora spada u najjednostavnije.

Osnovna funkcija ovog mernog senzora je uspostavljanje ili prekidanje elektromotorne sile u odgovarajućem strujnom kolu u trenutku dodira mernog pipka sa mernim predmetom, čak i pri silama dodira manjim od 0,01 N.

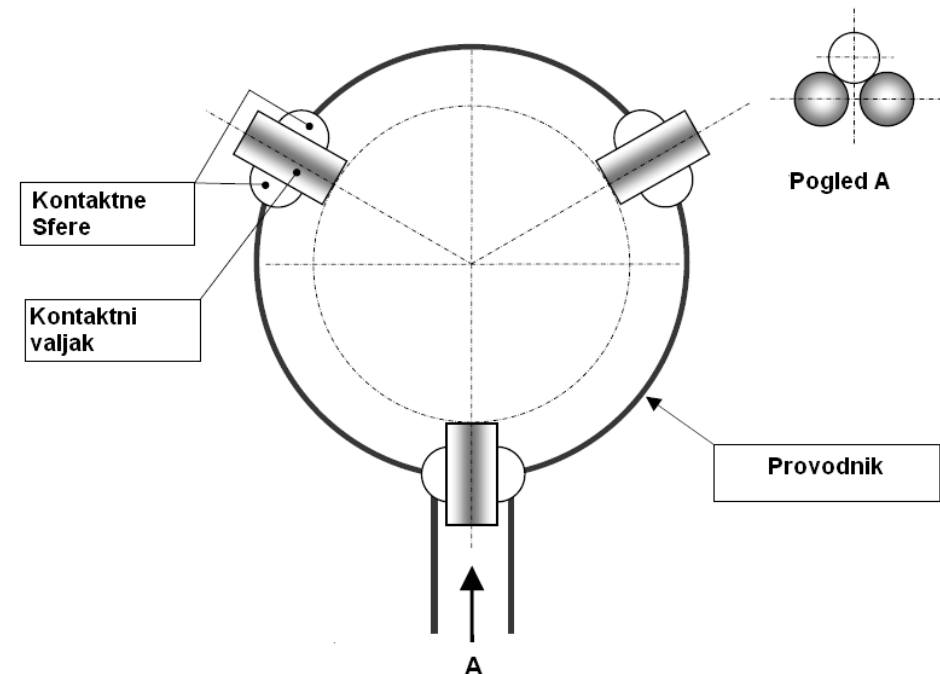
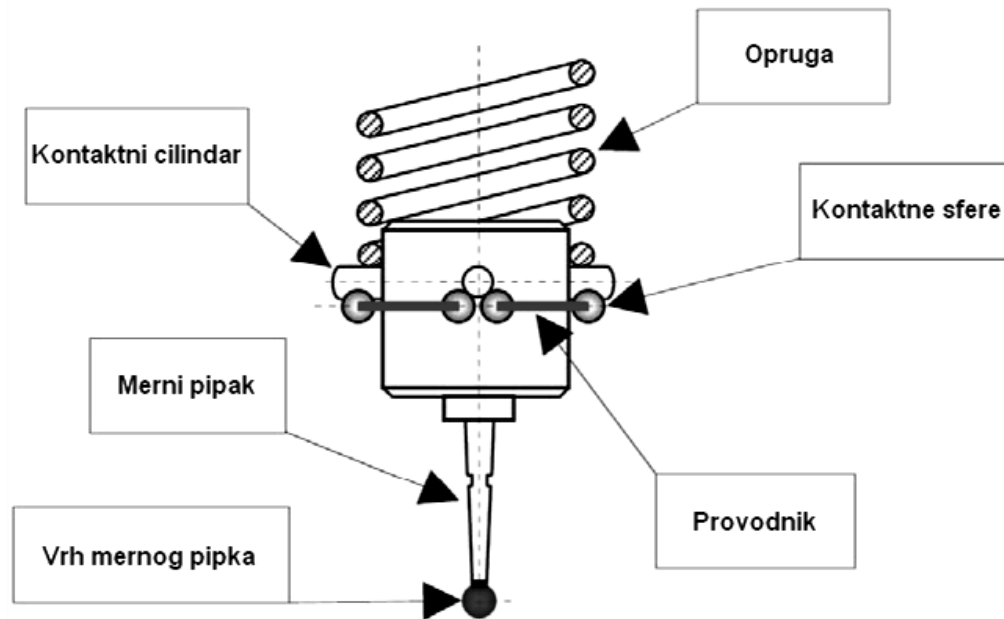
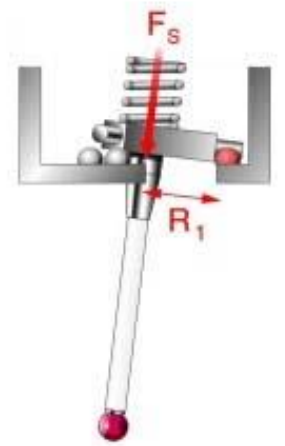


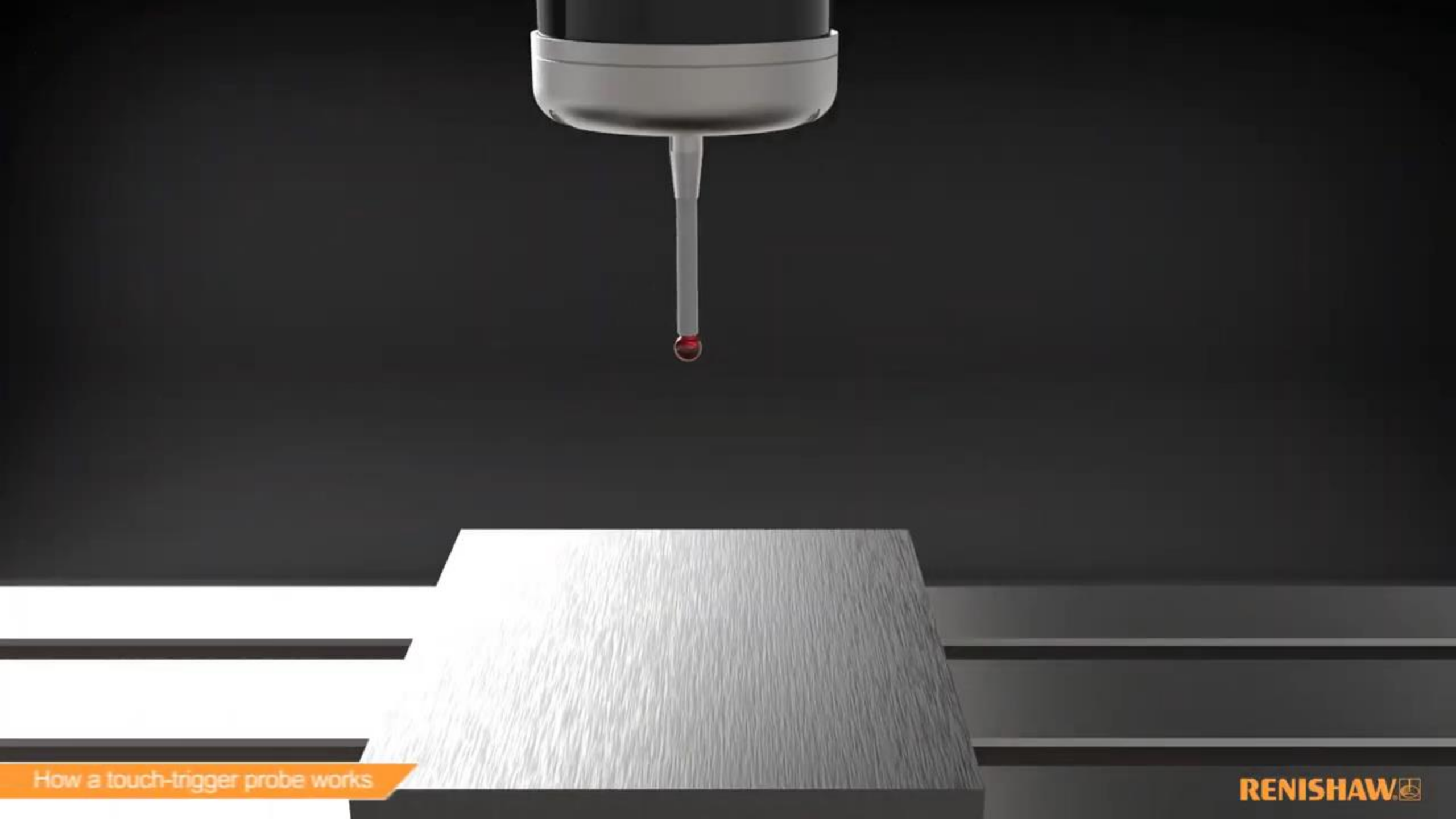
Zasnovani su na mehanizmu kod kojeg su tri para kontakata zatvorena silom opruge.

Tri kontakta obrazuju statički nosač, sa velikom ponovljivošću pozicioniranja.

Kontakti su sastavljeni od tri cilindra koja se nalaze u istoj ravni pod međusobnim uglom od  $120^\circ$ .

U stanju mirovanja cilindri zajedno sa sferama zatvaraju električno kolo.





How a touch-trigger probe works

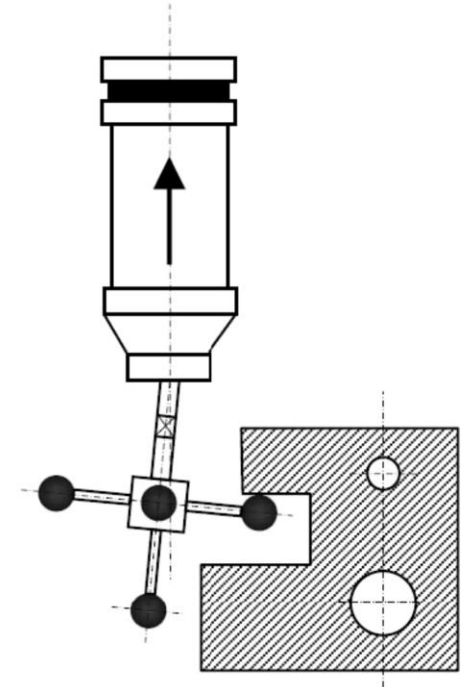
RENISHAW 

Statički kontakti senzori se izvode kao:

- ✓ 5-smerni (sposobni za merenje u bilo kom pravcu, ali ne u pravcu ose mernog pipka) ili
- ✓ 6-smerni kojima se meri u svim pravcima;

Glavni nedostaci su im:

- sporost,
- ne mogu se upotrebiti za "skeniranje",
- nisu pogodni za izvršenje mernih zadataka koji zahtevaju samocentriranje mernog senzora,
- lako se lome i
- izazivaju izvesne teškoće kod automatske izmene mernog senzora.



Šestosmerni  
statički senzor

# Induktivni merni senzori

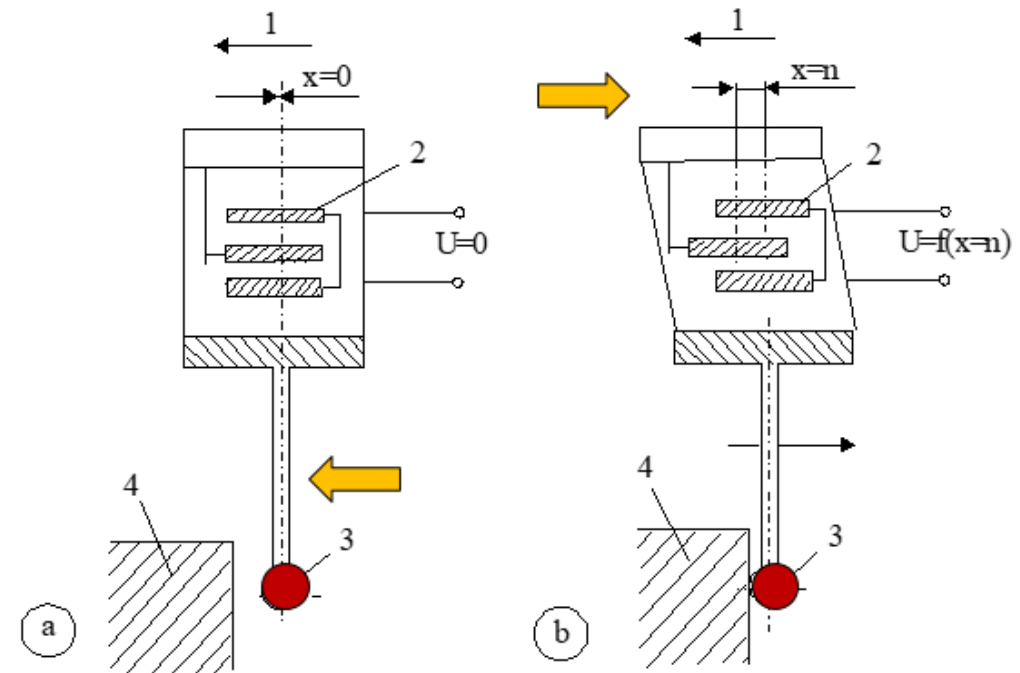
Kod većine proizvođača KMM senzori se izvode kao induktivni.

Pri kontaktu mernog pipka i mernog predmeta, indukuje se napon ( $U=f(x=n)$ ) i aktivira se upravljanje koje dalje pomera pokretni element KMM po odgovarajućoj mernoj osi sve dok se induktivni merni sistem korespondentne ose ne dovede u nulti položaj.

Nakon određenog vremena (oko 1 sekunde) sistem se nalazi u ovom induktivnom položaju u cilju prigušivanja svih mehaničkih kretanja.

Iza toga sledi preuzimanje mernih veličina sa mernog sistema KMM od strane računara.

Princip rada induktivnog senzora u jednoj osi  
(1-smer kretanja;  
2-induktivni senzor;  
3-merni pipak;  
4-merni predmet)

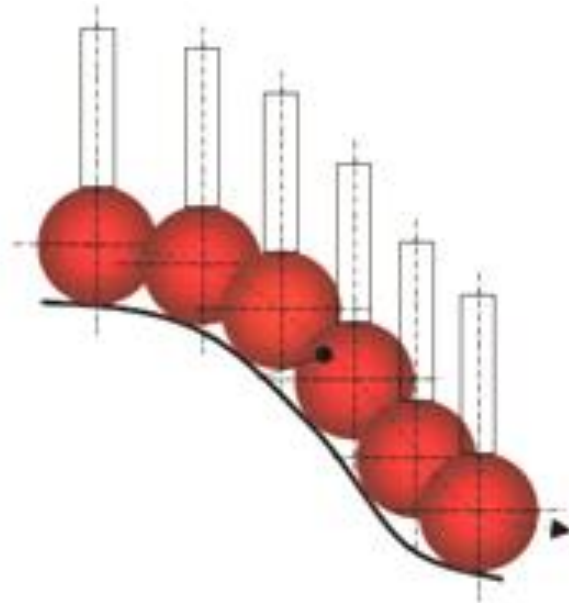


# Induktivni merni senzori

Omogućuje skeniranje, odnosno kontinualno praćenje konture mernog predmeta.

Kada merni pipak dodirne merni predmet, KMM sledi konturu mernog predmeta (analogno upravljanju pomoću kopirnog šablona) pošto merni senzor dopušta kretanje u potrebnim pravcima.

Ovo je moguće obzirom da upravljački sistem neprekidno deluje na senzorske sisteme mernog senzora primoravajući ih da zauzimaju nulte položaje.



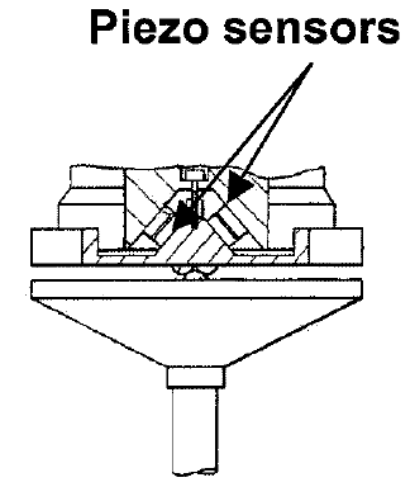
# Piezoelektrični senzori

**Piezoelektricitet** (od grčke reči „piezin“ = pritiskati) je fenomen (koji su otkrili Pjer i Džek Kiri 1880. godine) da je električni potencijal prisutan u određenim oblicima kristala kada su izloženi mehaničkom dejstvu.

Piezoelektrični senzor **detektuje oscilacije nastale prilikom kontakta vrha pipka i mernog predmeta.**

Glavne **karakteristike** ove vrste senzora su:

- veoma dobre metrološke osobine čak i sa pipcima sa povećanom dužinom,
- mogućnost merenja tačaka u svim pravcima (6-smerno),
- mogućnost direktnog postavljanja u glavnu osu
- koordinatne merne mašine i
- visoka tačnost.



Bez obzira na interesantna svojstva, ovaj tip senzora nije rasprostranjen kao prethodni, ali se tu mora naglasiti da su senzori sa elektro-mehaničkim statičkim nosačem koncipirani i plasirani na tržište tokom ranih 70-tih godina XX veka, dok su piezoelektrični senzori koncipirani mnogo kasnije.

# Senzori na principu mernih traka

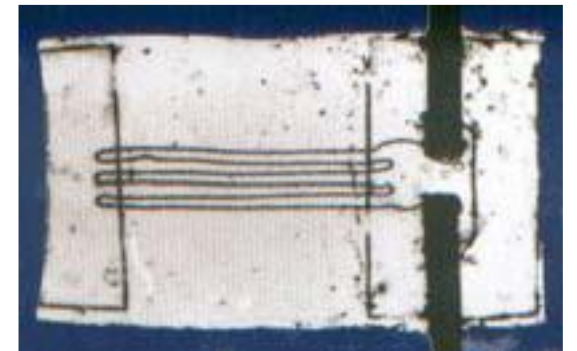
Ovi senzori imaju mogućnost merenja sile kontakta pipka i predmeta u tri pravca.

U odnosu na elektromehaničke "tačka po tačka" senzore, senzori sa mernim trakama stvaraju signal pri znatno manjoj sili dodira sa predmetom, što dozvoljava neznatno savijanje pipka i znatno smanjen otklon.

Iz prethodnog proizilazi dobra osobina senzora sa mernim trakama - mogućnost upotrebe pipaka većih dužina.

Nedostatak je velika osetljivosti ovih uređaja, izlazni podaci se moraju prečistiti kako bi se izbegle tačke koje predstavljaju šum (nisu nastale usled kontakta sa delom, već usled vibracija pokretnih elemenata mašine).

Zbog toga se preporučuje korišćenje pipaka od materijala sa dobrim karakteristikama prigušenja oscilacija i što manje mase.





# Kontinualni kontaktni senzori

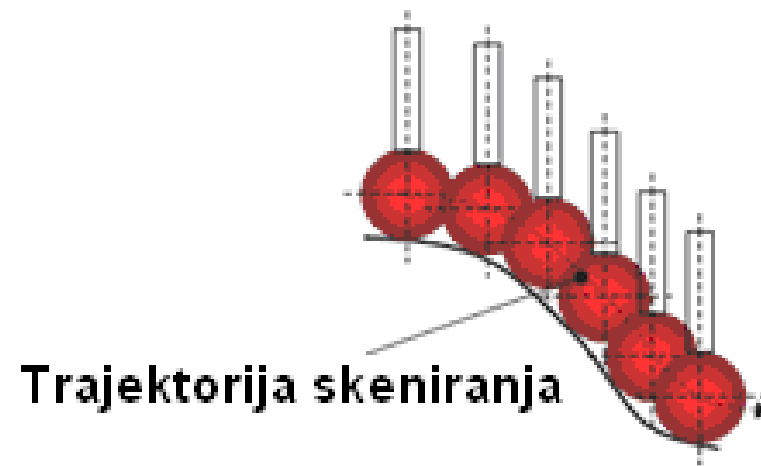
Kontinualni kontaktni senzori su mnogo godina predstavljali najsofisticiraniji oblik senzora korišćenih na koordinatnim mernim mašinama.

Kao što je već navedeno, senzor diskretnih tačaka dolazi u dodir sa predmetom samo u trenutku merenja tačke, dok kod kontinualnog skeniranja senzor ostaje u dodiru sa predmetom prateći njegov profil i sakupljajući tačke prema prethodno definisanim pravilima.

Ovaj tip senzora se koristi za merenje i za digitalizaciju.

**Ove vrste uređaja se mogu podeliti u dve kategorije:**

- pasivne i
- aktivne.



# Pasivni kontinualni kontaktni senzori

Pasivni senzori su jednostavniji mehanizmi.

Rade na principu **očitanja otklona pipka pomoću mehanizma opruge.**

Merenje tačaka se ostvaruje kretanjem osa KMM koji uzrokuju pomeranje pipka iz položaja mirovanja.

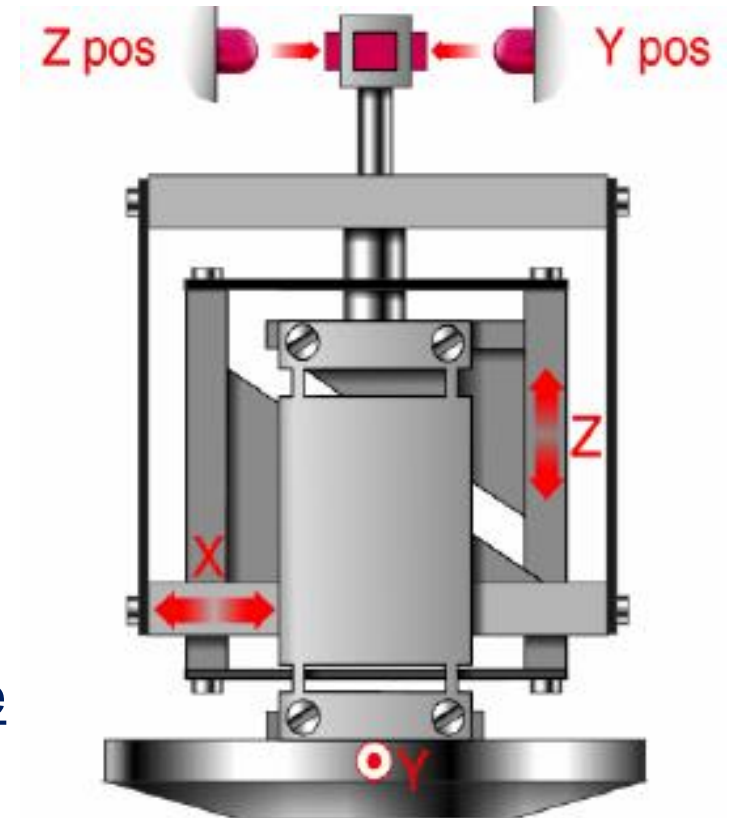
**Najčešći mehanizam je zasnovan na tri para opruga, postavljenih u vidu paralelograma.**

Sila merenja zavisi od otklona mernog pipka prilikom merenja.

Napretkom upravljačkog sistema KMM, pasivni kontinualni senzori su počeli da zamenjuju aktivne zbog svoje cene.

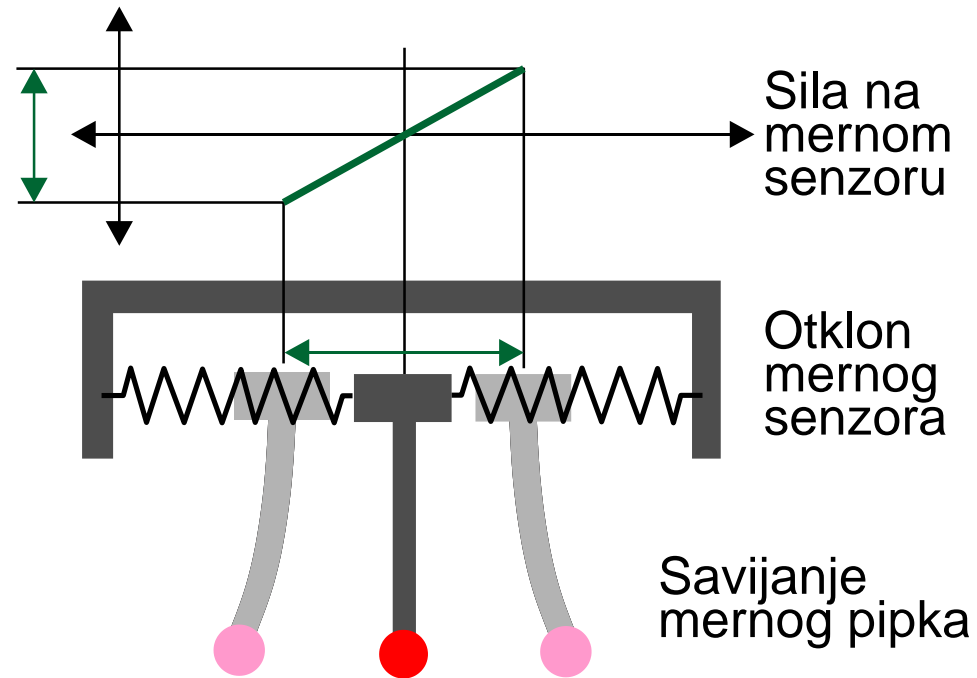
Pasivni senzor je moguće pričvrstiti na zglobni držač, tako da je moguće postići bilo koji položaj u prostoru uz izuzetnu ponovljivost.

Ova vrsta senzora se može koristiti i za merenje diskretnih tačaka.



## Pasivni kontinualni kontaktni senzori

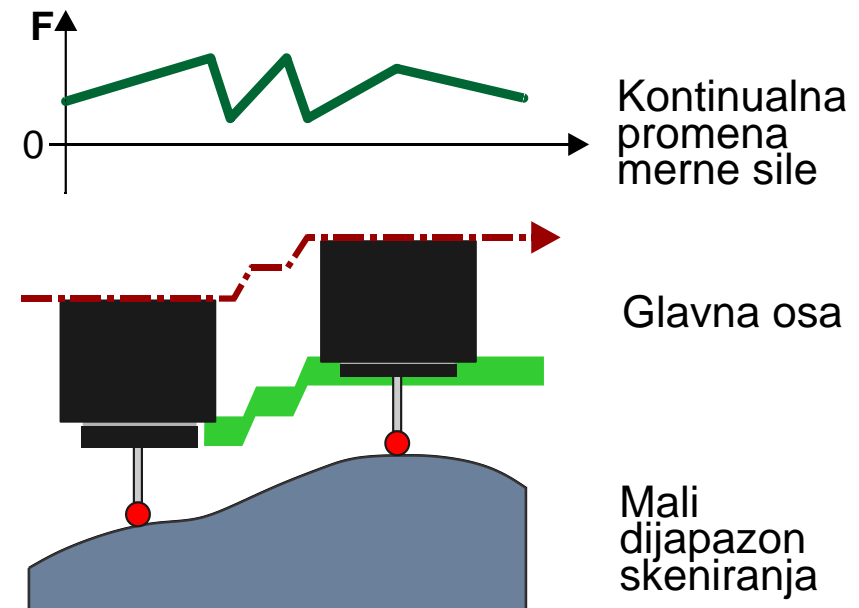
Opruge kod pasivnih senzora imaju ulogu da zadrže pipak u neutralnom položaju, dok se otklon mernog pipka (koji se javlja kao posledica promene oblika konture površine koja se skenira) meri pomoću mernih traka.



Princip rada pasivnih senzora

- Osnovna slabost pasivnih senzora se ogleda u potrebi za čestim repozicioniranjem senzora, što je diktirano porastom sile u oprugama.
- Naprezanje opruga, koje raste sa povećanjem promena oblika kontura površina koje se skeniraju, utiče na manju tačnost očitavanja sa mernih traka.
- Pored toga, u ovim slučajevima sila mernog pipka na površinu koja se skenira se povećava, što može biti dodatni problem (i izvor greške) u slučaju mekših materijala.
- Jedini način da se opruge rasterete jeste repozicioniranje mernog senzora, što omogućava održavanje nivoa napregnutosti opruge u granicama koje obezbeđuju zadovoljavajuću tačnost merenja.

Repozicioniranje i promena sile kod pasivnih senzora



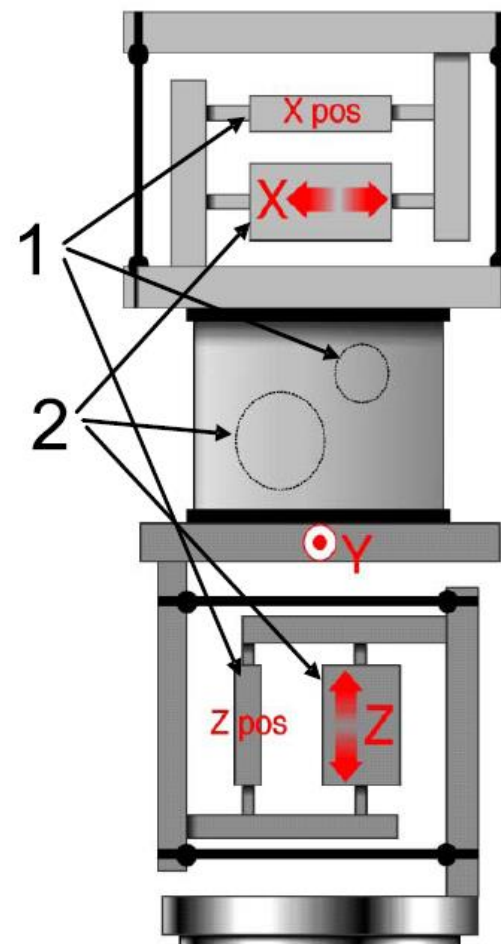
# Aktivni kontinualni kontaktni senzori

Aktivni senzor praktično predstavlja KMM unutar KMM.

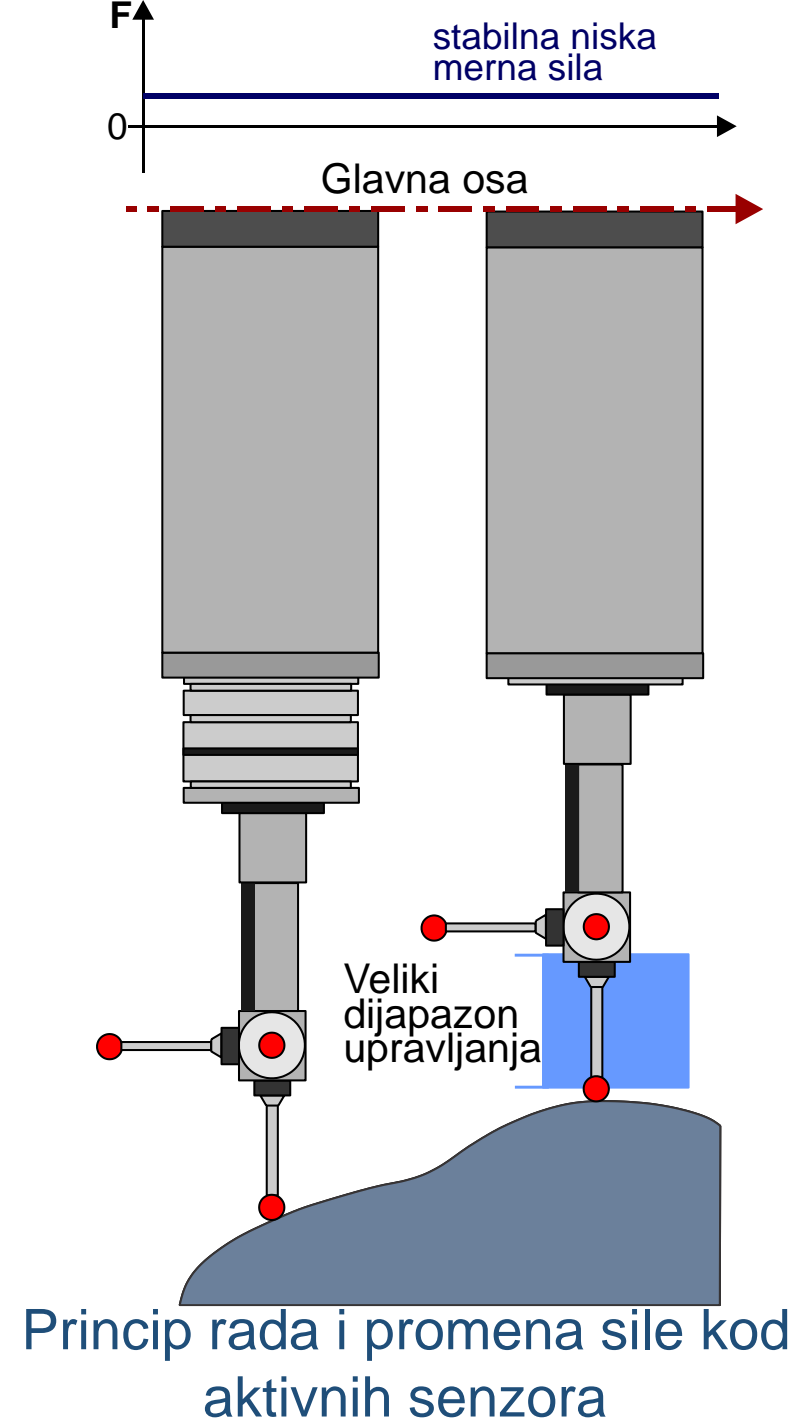
Sadrži **merni sistem (1)**, **pogonski sistem (2)** i **noseću strukturu**.

Ovi uređaji koriste aktivno generisanje sile, tj. za vreme merenja po putanji skeniranja, senzor sam kontroliše silu kontakta sa delom i na taj način se izbegavaju uticaji izazvani deformacijama pipka pri merenju.

Savremeni senzori ove vrste su opremljeni sistemom automatskog uravnoteženja mase sistema pipaka.



- Kod aktivnih senzora se umesto opruga i mernih traka koriste softverski upravljani elektromagneti i regulatori sile koji održavaju stabilnom vrednost sile na mernom pipku nezavisno od njegove pozicije.
- Za razliku od opruga kod kojih se sila ne može biti podešavati, kod aktivnog sistema se prati otklon mernog pipka u realnom vremenu i u skladu sa tim podešava merna sila.
- To omogućava značajno veći dijapazon pomeranja mernog pipka bez potrebe za repositioniranjem mernog senzora i bez promene sile primenjene na površinu koja se digitalizuje, a rezultat su veća tačnost merenja i brzina skeniranja




# Merni pipak senzora

Pipak senzora je izmenljiv za slučaj oštećenja i habanja, ali i kako bi se omogućio izbor najbolje konfiguracije (dimenziono i morfolški) za dati metrološki zahvat.




# Merni pipak senzora - telo


Telo pipka je u opštem slučaju napravljeno od nerđajućeg čelika, ali neretko se sreću tela pipka od keramike ili ugljeničnih vlakana, kako bi se smanjila masa, obezbedila dobra reakcija na temperaturne uslove okoline itd.



**Keramika** - Keramička tela nude visoku krutost sa malom težinom i stoga se posebno preporučuju za dugačke merne pipke gde je težina kritičan faktor.



Tela od **ugljeničnih vlakana** predstavljaju optimalnu kombinaciju krutosti, težine i termičkog linearnog širenja. Ovo ih čini posebno pogodnim za duge merne pipke i zahtevne zadatke merenja, kao što je proizvodnja sa stalno promenljivim temperaturama okoline. Takođe su idealni za magnetne aplikacije.



Tela od **volfram karbida** pružaju dobru kombinaciju u smislu težine, krutosti i termičke linearne ekspanzije. Ravno telo pipka je najjednostavniji dizajn, ali može se sresti i sa stepenicom.



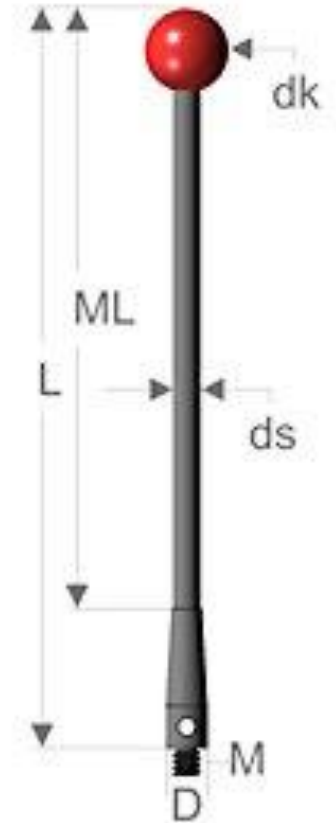
# Merni pipak senzora - telo

Dužina pipka je kritični parametar koji može uticati na pouzdanost mernih rezultata.

Kao i svaki predmet na koji se vrši mehaničko dejstvo, kada senzor dodirne predmet, on podleže elastičnim deformacijama, savijanju i izvijanju.

Amplituda oscilacija može varirati u zavisnosti od:

- ✓ dužine pipka,
- ✓ materijala pipka i
- ✓ brzina merenja.



# Merni pipak senzora - vrh

Vrh pipka, često u obliku sfere se proizvodi od:



**Silicijum nitrid** - Koriste se za najčešće merne zadatke, ali su posebno pogodni za skeniranje aluminijumskih površina.



**Rubin** je najčešće korišćen sferni materijal u metrologiji i pogodan je za najčešće merne zadatke. Od rubina se mogu proizvesti veoma male sfere prečnika 0,12 mm.



**Keramike** - Keramičke sfere imaju veoma nisku poroznost. Dostupne su u velikim prečnicima sfera i kao (šuplje) hemisfere sa optimizovanom težinom i proizvode se prema specifikacijama. Posebno su pogodni za skeniranje grubih površina kao što je liveno gvožđe.

# Merni pipak senzora - vrh

Vrh pipka, često u obliku sfere se proizvodi od:



**Volfram Karbid** – Sfere od volfram karbida mogu se napraviti prema specifikaciji. Imaju veliku težinu, upotrebljavaju se kod specifičnih zadataka kao što je merenje zupčanika.



**Dijamantska prevlaka** - Zahvaljujući premazu sa najtvrdim materijalom na svetu, manje je habanja i nakupljanja materijala. Ove sfere su posebno pogodne za skeniranje mekih materijala. Takođe su idealni za merenje staklenih i reflektivnih površina.



**Dijamant** - Dijamantske sfere su idealne za merenje veoma tvrdih ili visoko abrazivnih obradaka, kao i za skeniranje radnih komada gde je samo jedna tačka sfere uglavnom u kontaktu sa radnim predmetom (npr. merenja (skeniranja) na rotacionom stolu).

# Magacin mernih pipaka



# Nastavci za zakretanje senzora

