

Sveučilište u Zagrebu
Geodetski fakultet
Ak. god. 2015./2016.

MEMS tehnologija inercijalnih senzora – performanse i primjena

Ana Babić
Ana Bodrožić
Oriana Buljubašić

Mikro elektro-mehanički sustavi



MEMS inercijalni sustavi



- njihala koja se pomiču iz ravnotežnog položaja u trenutku ubrzanja
- potrebno je dodati utjecaj gravitacije

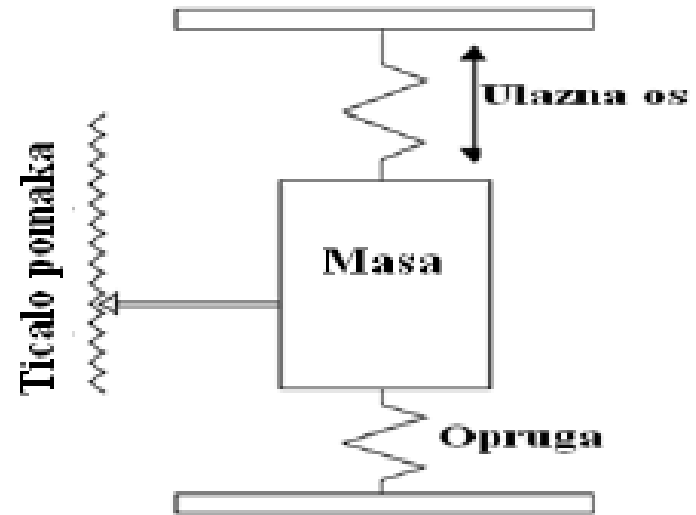
- IMU – akcelerometri i žiroskopi
- centralna upravljačka jedinica
- jedinica za prijenos podataka
- algoritmi za određivanje potrebnih veličina



- koriste se kako bi se orijentacija akcelerometra zadržala fiksna u odnosu na nerotirajući sustav

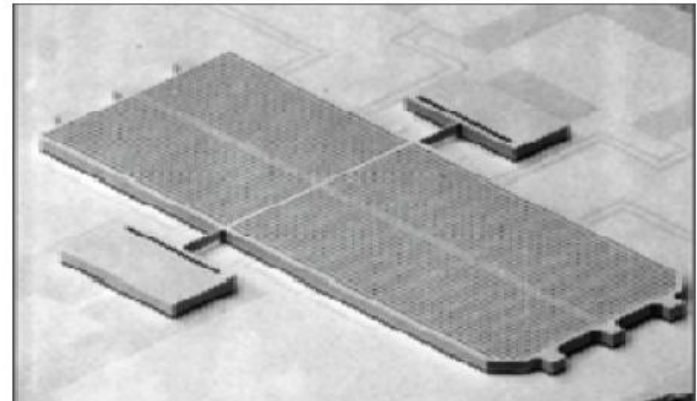
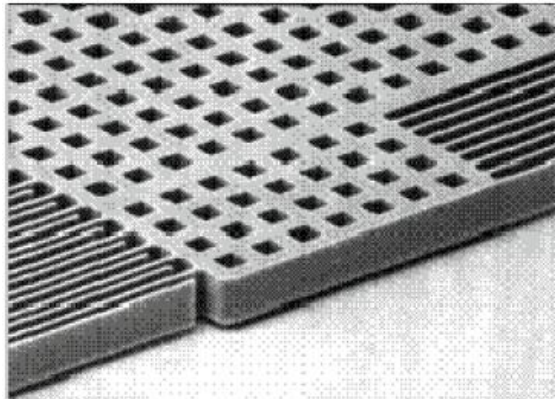
Tehnologija MEMS akcelerometara

- ⊙ temelje se na mjerenju pomaka referentne mase kao rezultata promjene akceleracije
- ⊙ mjerenje pomaka referentne mase uz pomoć: uređaja sa svojstvom kapacitivnosti, piezoelektričnih kristala te piezootpornih materijala



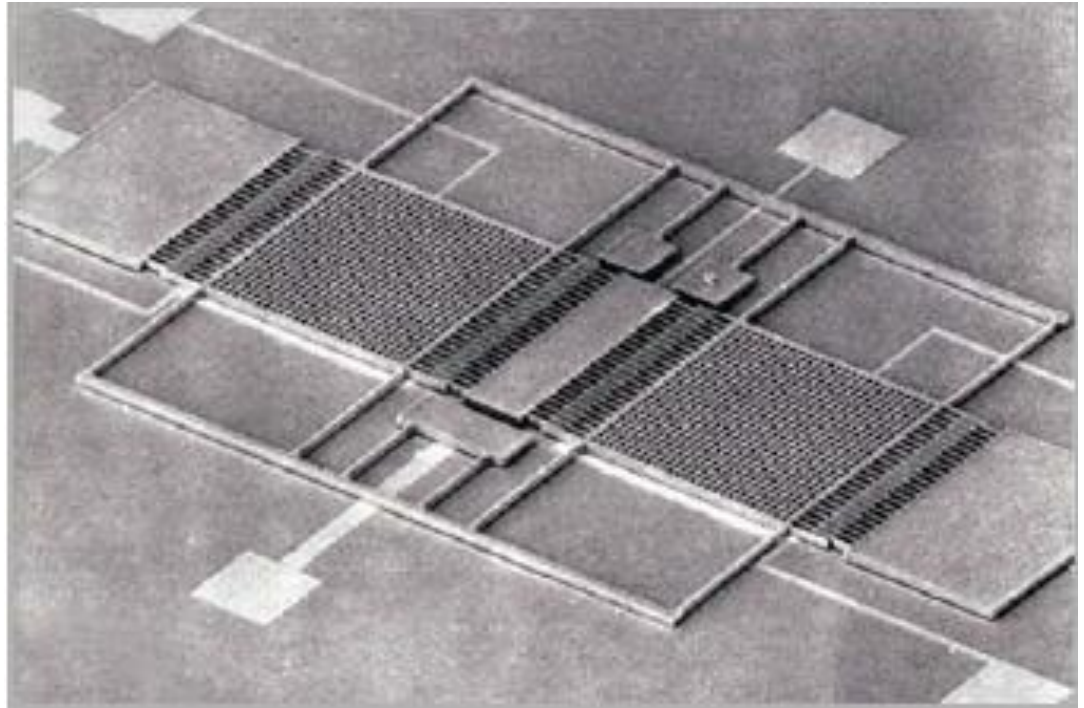
Tehnologija MEMS akcelerometara

- ⊙ kapacitivni akcelerometri – računanje udaljenosti na temelju promjene kapaciteta između ploča
- ⊙ piezoelektrični materijali – generiranje napona u trenutku ubrzanja objekta što dovodi do deformacija kristala
- ⊙ piezootporni materijali – mehanički pritisak rezultira promjenom otpornosti materijala



Tehnologija MEMS žiroskopa

- ⊙ sadrži vibrirajuće elemente za mjerenje Coriolisova efekta
- ⊙ rezonantne strukture npr. zvučna vilica – kombinacija dva snopa iste duljine i materijala koji čine jedan tip oscilatora
- ⊙ vibrirajuća ploča – okruglog ili pravokutnog oblika, vibrira na određenoj frekvenciji i fazi



Performanse

Karakteristike pogrešaka MEMS inercijalnih senzora

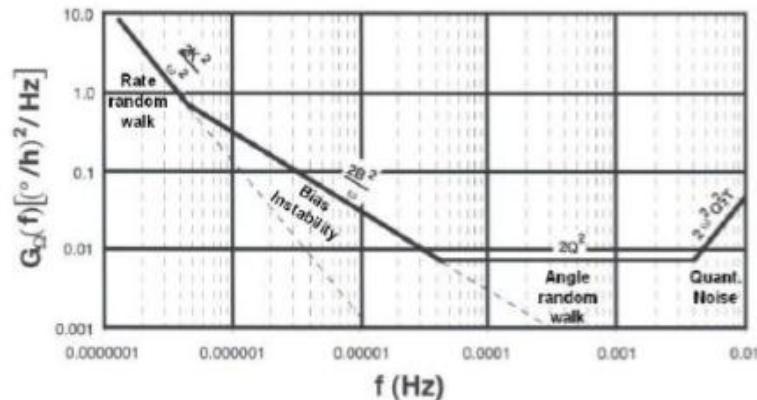
- ◎ bias senzora – prosječni izlazni signal koji nema korelaciju s ulaznim signalom
- ◎ bias offset – vrijednost izlaznog signala kada je ulazni signal jednak nuli
 - za akcelerometar – ubrzanje koje daje senzor koji se zapravo ne kreće
 - za žiroskop – kutna rotacija dana kad senzor nije pod utjecajem nikakve rotacije
- ◎ bias drift – pogreška uslijed nakupljanja malih vrijednosti biasa tijekom vremena

⊙ šum – dodatni signal koji ometa ulazni signal senzora

⊙ potrebno je unaprijed napraviti stohastičko modeliranje jer ne može biti uklonjen direktno iz podataka

PSD

- slučajni procesi prikazani pomoću ravnih linija drugačijih nagiba



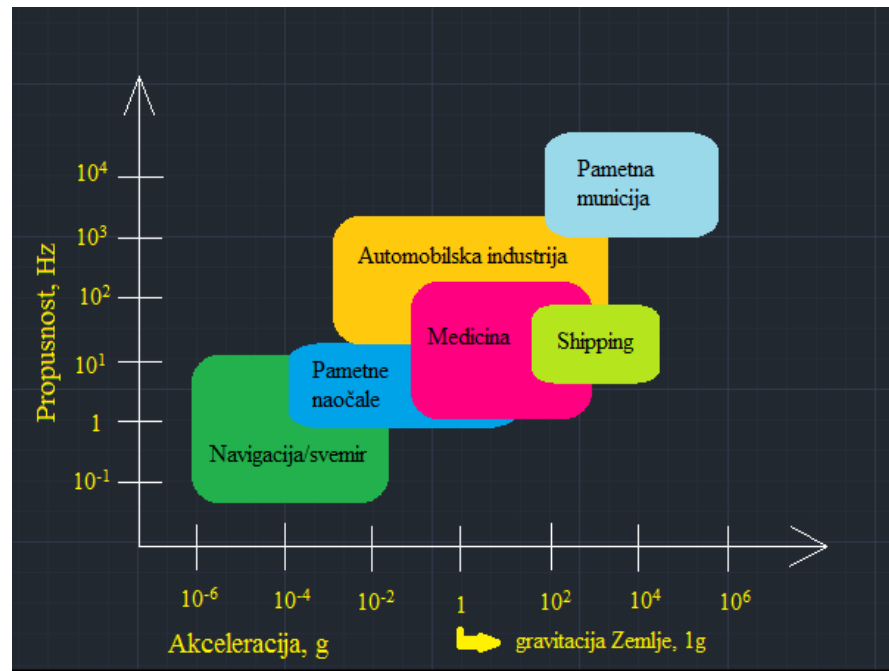
Allan varijanca

- opisuje frekvencijsku stabilnost slučajnih procesa

Usporedba s performansama klasičnih inercijalnih senzora

- ◎ raspon/domet
- ◎ točnost
- ◎ razlučivost/rezolucija
- ◎ propusnost
- ◎ osjetljivost
- ◎ selektivnost
- ◎ nelinearnost
- ◎ bias stabilnost/nestabilnost
- ◎ preciznost
- ◎ razredi

Usporedba – akcelerometri



	Kisler miniature Piezobeam 8640A	Analog Devices ADXL335
Princip	Piezoelektrične keramičke zrake stvaraju napon	Kondenzatori mjere linearni pomak
Cijena (USD)	Nepoznato (jeftin)	77
Veličina	10.5mm ³	4x4x1.45mm
Težina (grami)	3.5	Nepoznato

Usporedba – žiroskopi

© preciznost i dalje predstavlja problem – poboljšanje uz tehnike serijske proizvodnje i novi dizajn

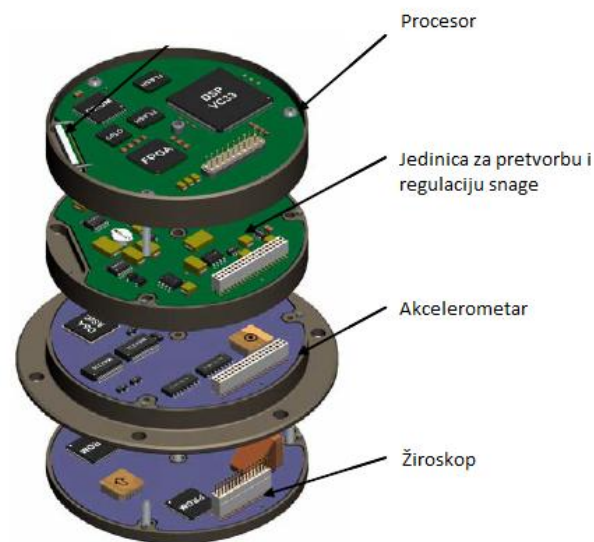
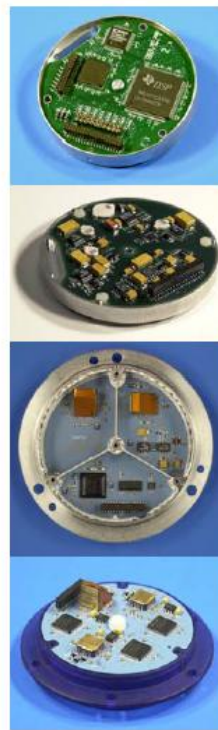
	Analog Devices ADXRS453	ST Microelectronics A3G4250D	KVH DSP-3400
Tehnologija	1 MEMS žiroskop	3 MEMS žiroskopa, 1 temperaturni senzor	1 fiber-optički žiroskop (FOG)
Cijena (USD)	70	Nepoznato (<250)	Nepoznato (<2000)

Primjena – vojna industrija

- ◎ najšira primjena i najveća novčana ulaganja
- ◎ topničke granate, minobacačke granate, protutenkovsko oružje, navigacija vojnih aviona, kontrola letjelica i oklopnih vozila

◎ DARPA MMIMU

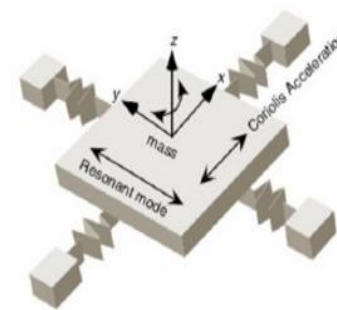
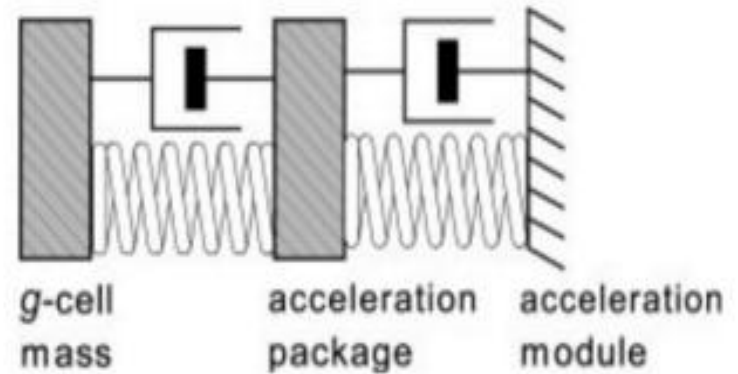
- uvjeti rada između -40°C i $+85^{\circ}\text{C}$
- potrošnja snage manja od 3W
- akcelerometar i žiroskop s po 3 osi kretanja



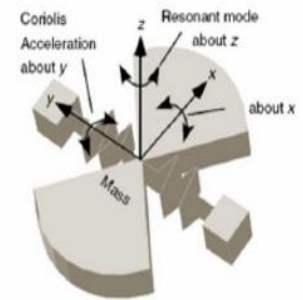
Primjena – automobilska industrija

⊙ upotreba akcelometra je najviše izražena u aplikacijama kao što su: prednji i bočni zračni jastuci, detekcija prevrtanja te GPS navigacija

⊙ žiroskopi se najviše koriste u GPS navigaciji, registriranju prevrtanja i sustavima za kontrolu dinamike vozila



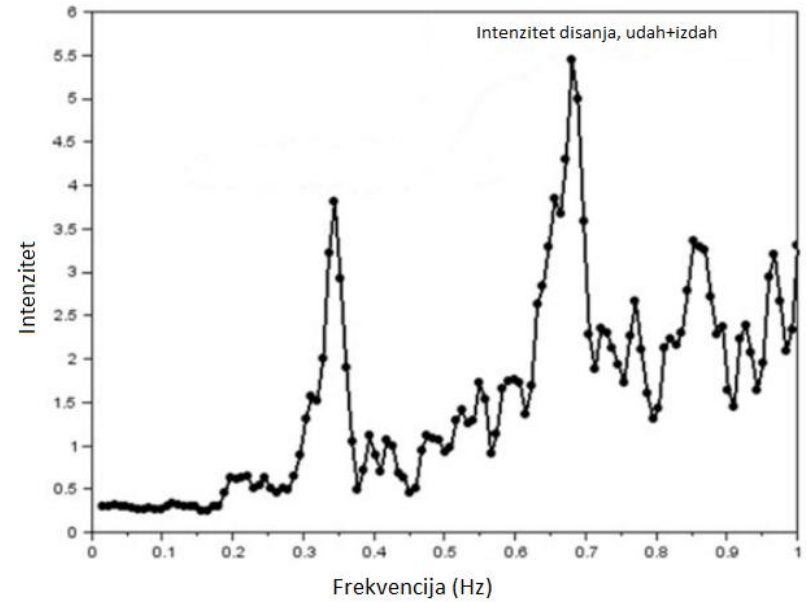
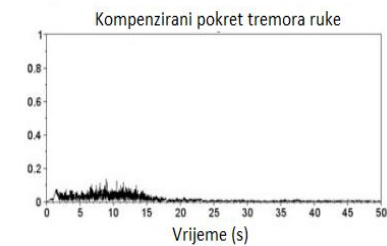
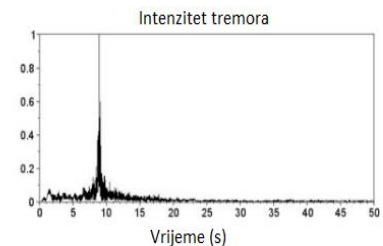
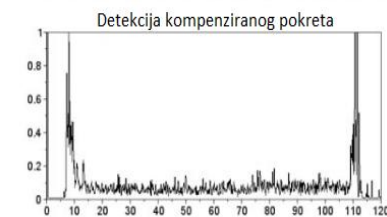
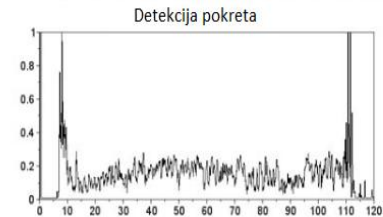
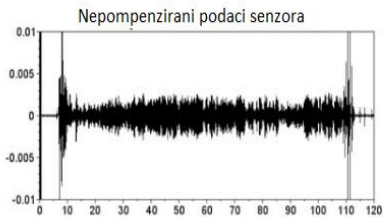
detekcija zanošenja
(po jednoj osi)



detekcija zaokretanja
(po dve ose)

Primjena – medicina

◎ detekcija ljudskog disanja
držanjem IMU-a na prsima



◎ detekcija ljudskog pokreta
kod drhtanja (tremora) ruke

Primjena – pametni telefoni

⊙ žiroskop

- jezgra igrica koje uključuju pokrete
- auto-rotacija mobilnog uređaja
- iskorijenjivanje efekta vibracije kod fotografiranja i snimanja
- drmanje uređaja u svrhu otključavanja

⊙ akcelerometar

- daje podatke linearnog gibanja (2D)



Zaključak

- ◎ MEMS tehnologija je u eksponencijalnom rastu
- ◎ performanse su se u zadnja dva desetljeća poboljšale za nekoliko desetaka puta
- ◎ danas se mogu kupiti minijaturizirani akcelerometari i žiroskopi za svega nekoliko dolara
- ◎ s obzirom na raširenost i dostupnost možemo zaključiti da je:

MEMS tehnologija – tehnologija bez koje ne možemo zamisliti sadašnjost!

HVALA NA PAŽNJI!

