

ÉRZÉKELŐK I

Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet

10. ELŐADÁS: MECHANIKAI ÉRZÉKELŐK II GYORSULÁSÉRZÉKELŐK



2010/2011 tanév 2. félév 1

9. ELŐADÁS: NYOMÁS, ERŐ ÉS GYORSULÁS

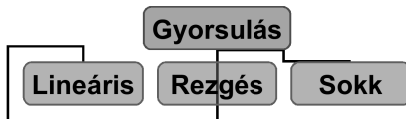
1. Mechanikai érzékelők (összefoglaló)
2. Integrált nyomásérzékelő
3. Gyorsulásérzékelés
4. Si alapú gyorsulásérzékelők

2 2

GYORSULÁSÉRZÉKELŐK

Alapképlet:

$$a = dv/dt = d^2s/dt^2$$



Newton-törvénye:

$$F = m a$$

3 3

JELLEMZŐ GYORSULÁSOK

1g a Föld gravitációs mezijében ható nehézségi gyorsulás ($1g=9,81m/s^2$)

0-2g emberi mozgások közben fellépő gyorsulás

5-30g gépjármű mozgáskor

100-2000g nagyobb közlekedési balesetkor

>5000g rakéta becsapódásakor

4 4

MIKROELEKTRONIKAI GYORSULÁSÉRZÉKELŐK

A gyorsulásérzékelő lényegében egy rugó és egy elmozduló tömeg (szeizmikus vagy inerciális tömeg) által alkotott rendszer. Ha a gyorsulás állandó, a szeizmikus tömeg elmozdul (x), míg a rugóerő ki nem egyenlíti a tehetetlenségi erőt.

$$F_{\text{rugó}} = Kx \text{ és } F_{\text{inerciális}} = ma$$

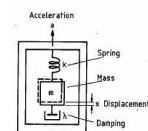
$$a = Kx/m \text{ vagy } x = am/K$$

Mikromechanikai és mikroelektronikai kivitelben a gyorsulásmérők kizárólag rugalmas lemezre (membrán) erősített szeizmikus tömegekből állnak. Mind a rugalmas membrán mind a szeizmikus tömeg szilíciumból (Si) kialakítható.

5 5

Gyorsulásérzékelők

A gyorsulásérzékelők működési elve



Modell: a rugó – tömeg - csillapítás rendszer

A rendszer mozgásegyenlete:

$$m a = m(d^2x / dt^2) + \lambda(dx / dt) + kx$$

ahol k a rugóállandó, λ a csillapítási együttható

Állandósult állapotban:

A rendszer sajátfrekvenciája:

$$\frac{x}{a} = \frac{m}{k}$$

$$f = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Csillapítást a sajátfrekvencia módosítására, illetve a tönkremenetel elkerülése miatt alkalmaznak.

Érzékelésre a tömeg elmozdulását (kapacitív), vagy a rugóban ébredő feszültséget (piezorezisztív) használják.

ME - EET
007.09.25.

MÉRÉSI/ÉRZÉKELÉSI ELVEK ÉS MÓDSZEREK

A gyorsulás okozta elmozdulás (x) érzékelésére szolgáló három általános módszer:

1. kapacitás mérés elmozduló és álló elektródák között.
2. a rugóban ébredő feszültségek/deformációk mérése piezoellenállásos módszerrel;
3. a rugóban ébredő mechanikai feszültség által a piezoelektromos hatás révén létrehozott töltés/elektromos feszültség mérése.

7

7

MŰKÖDÉSI ELVEK

Felületi mikromechanikai eljárással készült, kapacitív elvű szenzorok

Tömbi mikromechanikai eljárással készült kapacitív elvű szenzorok

Piezorezisztív elven működő szenzorok

Piezoelektromos elven működő szenzorok

Termodinamikai (szabad hőáramlás) elven működő szenzorok

8

8

ÉRZÉKELÉSI ELVEK ÉS TECHNOLÓGIÁK

	Kapacitás	Piezo-ellenállás	Piezo-elektromos
Impedancia	nagy	alacsony	nagy
Méret	közepes	közepes	kicsi
Hőmérsékleti tartomány	igen széles	közepes	széles
Linearitási hiba	nagy	alacsony	közepes
DC válasz	igen	igen	nem
AC válasz (f)	széles	közepes	széles
Csillapítás	igen	igen	nem
Érzékenység	nagy	közepes	közepes
Túlterhelés okozta nullpont eltolódás	nem	nem	igen
Elektronika	kell	nem	kell
Költségek	közepes	alacsony	magas

9

GYORSULÁSMÉRŐ ALKALMAZÁSOK

Measurement of gravity to determine orientation

- Tilt and inclination
- Position in 2 and 3 dimensional space
- Can only be done with accelerometers that have DC response

Inertial measurement of velocity and position

- Acceleration single integrated for velocity
- Acceleration double integrated for position

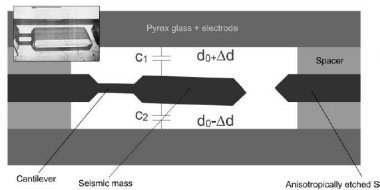
Vibration and shock measurement

- Measuring vibration for machine health
- Motion and shock detection

10

10

KAPACITÍV ELVŰ GYORSULÁSÉRZÉKLŐ



$$\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\Delta d}{d} = \frac{m \cdot a}{k \cdot d}$$

Az inerciális tömeg (egyben a mozgó elektród) két pyrex üveg vagy szilícium lemez között van felfüggesztve, melyeken az ellenelektrodák is helyet kapnak. A szimmetrikus elrendezés minimalizálja a hőmérséklet okozta méretváltozások hatását, így általában nincs is szükség aktív hőfokkompenzációra.

11

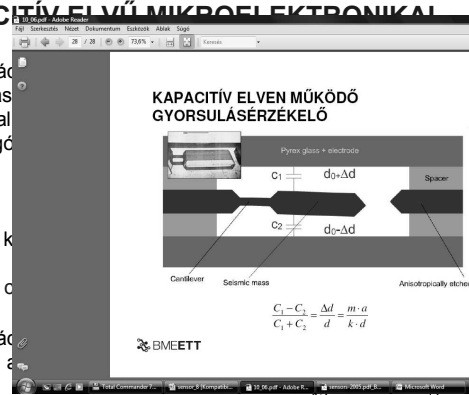
KAPACITÍV ELVŰ MIKROELEKTRONIKAI

Kis deformáció megváltozás gyorsulással definiált rugó

A kétoldali k

$$C_1 = c$$

Kis deformáció sorfejtéssel a

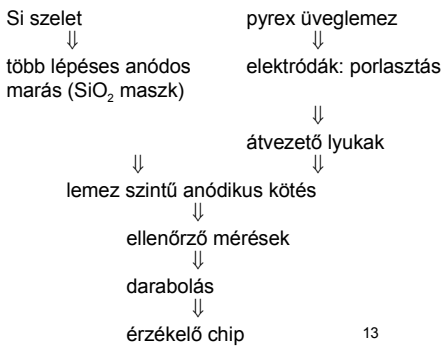


$$d \quad C_1 + C_2$$

12

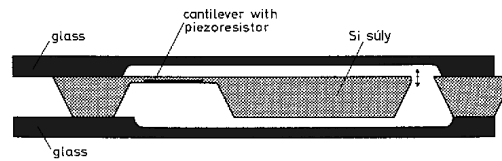
12

TECHNOLÓGIAI FOLYAMATÁBRA



13 13

PIEZOREZISZTÍV GYORSULÁSMÉRŐ



Gyorsulás hatására a súly meggörbíti a piezoellenállást így megváltozik az ellenállása.
Előnye a piezoelektromos gyorsulásmérőhöz hasonlóan, hogy a gyorsulás nagyon lassú változásai is pontosan kimutathatók vele.
5g-10000g max. gyorsulás között gyártják.

14

JELLEMZŐK

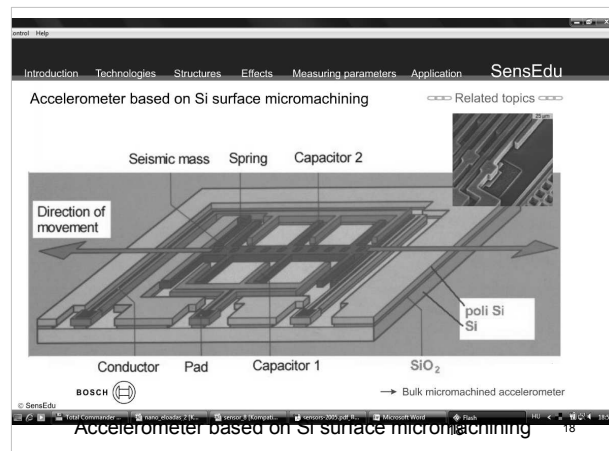
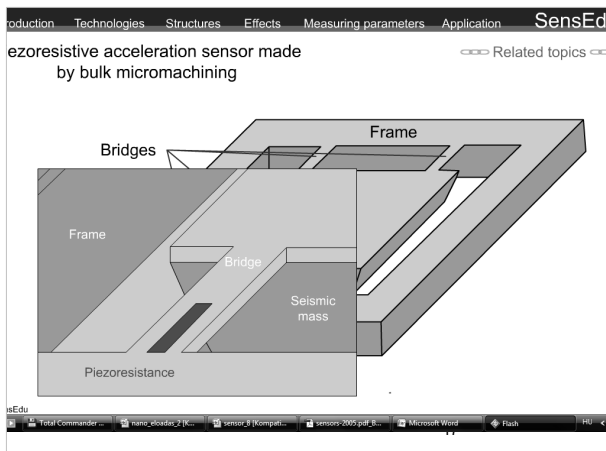
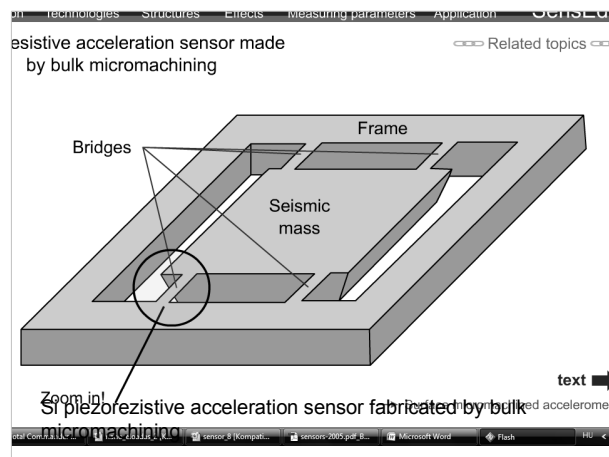
Kis gyorsulások és lassulások mérésére használják (< 2g)

Mérési frekvencia nagyon alacsony, a statikus méréstől általában párszor 100 Hz-ig terjed

"two chip" koncepció (külön van a szenzor-IC, és külön egy CMOS kiértékelő és jelátalakító áramkör)

Ütésállóságuk nagyon jó

15 15



MEMS INERCIÁLIS SZENZOROK

Single, Dual and Tri Axis Accelerometers

Angular Rate Gyroscopes



Functional Applications:

- Acceleration and Velocity
- Position and Tilt
- Shock and Vibration

Functional Applications:

- Angular Rate of Rotation

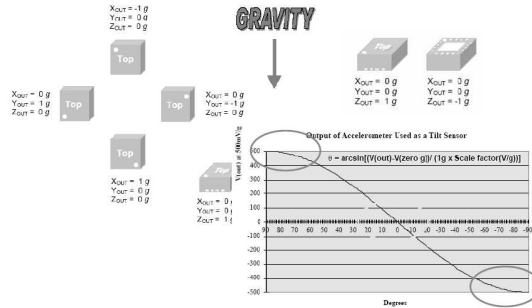
Courtesy of Analog Devices

25

25

DŐLÉSSZÖG ÉRZÉKLEÉS

Accelerometer – Tilt and Inclination



PIEZOELEKTROMOS GYORSULÁSÉRZÉKLŐ

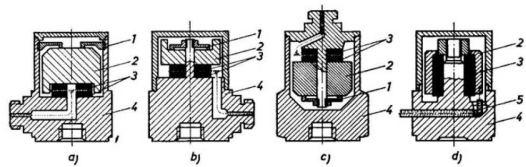


The sensing element is a crystal which has the property of emitting a charge when subjected to a compressive force.

In the accelerometer, this crystal is bonded to a mass such that when the accelerometer is subjected to a 'g' force, the mass compresses the crystal which emits a signal. This signal value can be related to the imposed 'g' force.

27

PIEZOELEKTROMOS GYORSULÁSÉRZÉKLŐ



10.17. ábra. Szeizmikus piezoelektromos gyorsulásmérők különféle kivitelei (Brüel & Kjaer)
 a) kerületen előfeszített; b) központilag előfeszített; c) központilag előfeszített fordított; d) nyíráásra igénybeveti piezoelektromos kristály

1 rugó; 2 tömeg; 3 piezokristály; 4 alaplemez; 5 kábelcsatlakozás

28

28

1 / 7 200% Keresés

ELSEVIER

Sensors and Actuators A 54 (1996) 523-529

SENSORS ACTUATORS A PHYSICAL

ISAAC: integrated silicon automotive accelerometer

Leland 'Chip' Spangler, Christopher J. Kemp
 Ford Microelectronics, Inc., 9953 Federal Drive, Colorado Springs, CO 80921-3698, USA

Abstract

The pervasiveness of automotive passive restraint systems has emphasized the need for improving system reliability while simultaneously reducing the cost and size of the system. This paper describes the integrated silicon automotive accelerometer (ISAAC), which consists of a silicon micromachined die fabricated in a dissolved-wafer process and a CMOS ASIC that are combined in a standard plastic package. The resultant device meets the functional, cost, and reliability requirements of the next generation of automotive passive restraint systems.

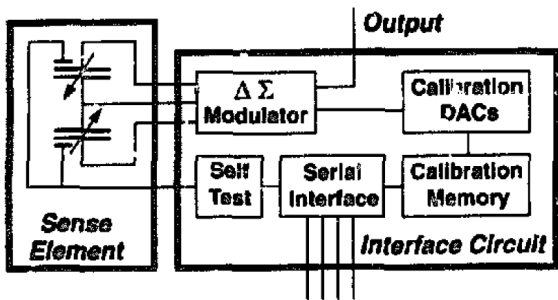
Keywords: Accelerometers; Automotive sensors; Delta-sigma modulation; Electronic calibration; Passive restraint systems

FreeCell Game #0710 Total Commander Microsoft PowerPoint sensor.pdf - ASB... iderick_accrate.pdf...

BEVEZETŐ ÁTTEKINTÉS

Single-point passive restraint systems have specific requirements that, if taken into consideration, can allow system partitioning and selection of accelerometer technologies and designs that result in lower overall system cost. Algorithms that are used to make deployment decisions typically use, at a minimum, change in velocity and peak acceleration data. Acceleration signals in the 50g range with a response of up to 400 Hz are typically the signals of interest. These acceleration signals must be continuously evaluated without placing excessive demands on the system microprocessor. Since the system must be reliable for over the full service life of the vehicle, a fully active self-test feature that checks both the mechanical integrity and stability of the accelerometer is of primary importance.

MŰKÖDÉSI VÁZLAT



31

31

SZENZOR LEÍRÁSA

Integrált Si gépjármű gyorsulásérzékelő (integrated silicon automotive accelerometer, ISAAC) felépítése: differenciális kapacitív mikrogépészeti érzékelő chip és egy CMOS jelkondicionáló chip közös IC tokban.

Az érzékelő elem torziós mikroszerkezet, mely fF szintű differenciális kapacitásváltozást generál. Az érzékelő chip-et a közös tokban lévő CMOS chip-pel huzalok kötik össze. A jelfeldolgozó áramkör delta-sigma modulációs elvvel a kapacitásváltozásból a gyorsulással arányos ismétlődési frekvenciájú impulzussorozatot állít elő. Az áramkör a kalibráció, beállítás stb. céljaira EPROM-ot, és D/A konvertert is tartalmaz.

32

32

TECHNOLÓGIA

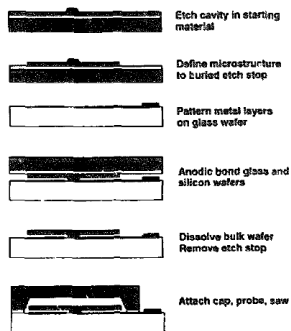


Fig. 5. Simplified process flow for the ISAAC sense-element die.

33

KAPACITÁS-GYORSULÁS KARAKTERISZTIKA

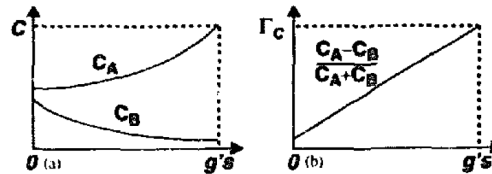


Fig. 6. Representation of capacitance (a) and Γ_c (b) as a function of acceleration for the ISAAC.

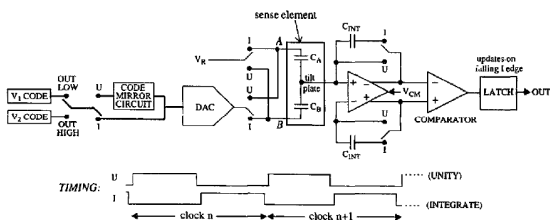
0 g : CA, CB 150 fF

Full scale (50 g) 15 fF change

34

34

JELFELDOLGOZÓ ÁRAMKÖR



Jelfeldolgozó áramkör egyszerűsített vázlat: delta-sigma modulátor és kalibrációs áramkörök

35

35

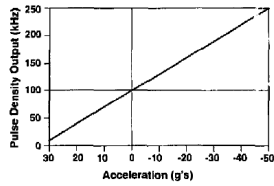
(3) the package must orient the die so that the axis of sensitivity is parallel to the module mounting surface; and (4) the package must isolate the die and bond wires from contamination or mechanical stresses while providing electrical connection between the die and the traces on the module substrate.

The ISAAC uses a nine-pin package and due to the axis of sensitivity of the sense element, the package must orient the die perpendicular to the substrate. While initial ISAAC prototypes were configured in ceramic side-braze single-in-line packages (SIPs), current devices are packaged in an epoxy-based transfer molded package in a SIP configuration (Fig. 9). Conventional epoxy die attach and gold wire bonding processes are used to assemble the accelerometer. A surface-mount plastic package is currently under development.

6. Results

The ISAAC crash sensor meets all automotive reliability specifications including shock survivability, temperature cycling, vibration endurance, life and retention testing, ESD, and latch-up. Characterization testing for reliability has utilized a multitude of sequential stress tests including combinations of drop testing, vibration endurance, cold and hot bakes, autoclaves and temperature cycling. These are intended primarily to evaluate the hermeticity of the water-

MŰKÖDÉS



Offset: 100 kHz (0 g gyorsulás/lassulás)
 Érzékenység: 3 kHz/g
 Linearitás: jobb mint 2 %
 Tartomány: 50 g

37

37

SZABAD HŐÁRAMLÁS ELVÉN MŰKÖDŐ GYORSULÁS ÉRZÉKELŐ

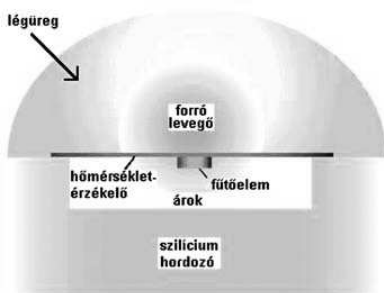
Ezen szenzorok működési elve a természetes hőáramlás fizikáján alapszik

Kialakításának köszönhetően alkalmas statikus (DC) gyorsulások mérésére is

A rendszer tulajdonképpen mozgó alkatrész nélkül működik (az egyetlen mozgó „elem” maga a levegő)

38

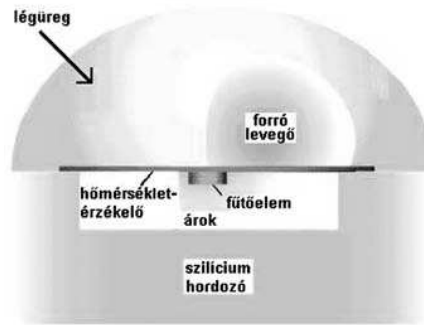
38



Nyugalmi állapot, amikor a rendszerre nem hat gyorsulás

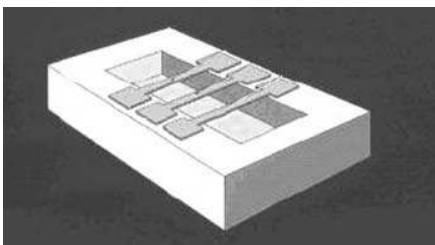
39

39



A szenzorra vízszintes gyorsulás hat (balra)

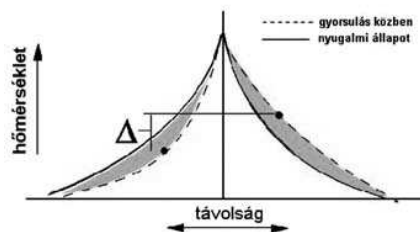
40



A valóságos kialakítás rajza

41

41



A termoelemek által mért hőmérséklet gyorsulás hatására

42

42

legújabb fejlesztésű gyorsulásszenzorok közül egyenlőre ez a típus rendelkezik a legfinomabb felbontással (~1 mg)

Hátránya az alacsony mérési frekvencia (kb. 100 Hz) és az ára

43

43

VÉGE

44

44

45

45