

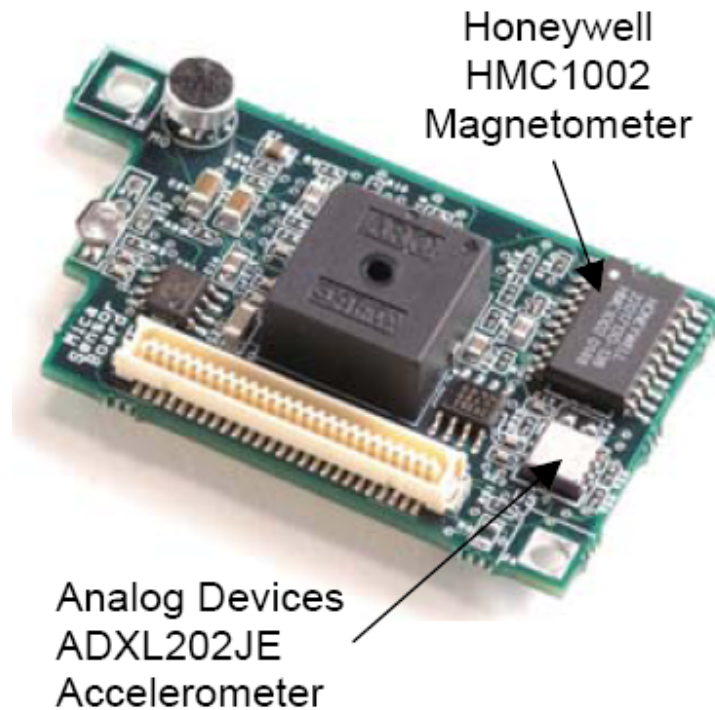
# Szenzorhálózatok

Mica moteok hardware felépítése  
*(Folytatás)*

Orosz György  
2011. 09. 14.

# Szenzorkártya

- MTS310



# Szenzorkártyák (Crossbow)



MDA300

MDA320








MDA100

MTS300

MTS310

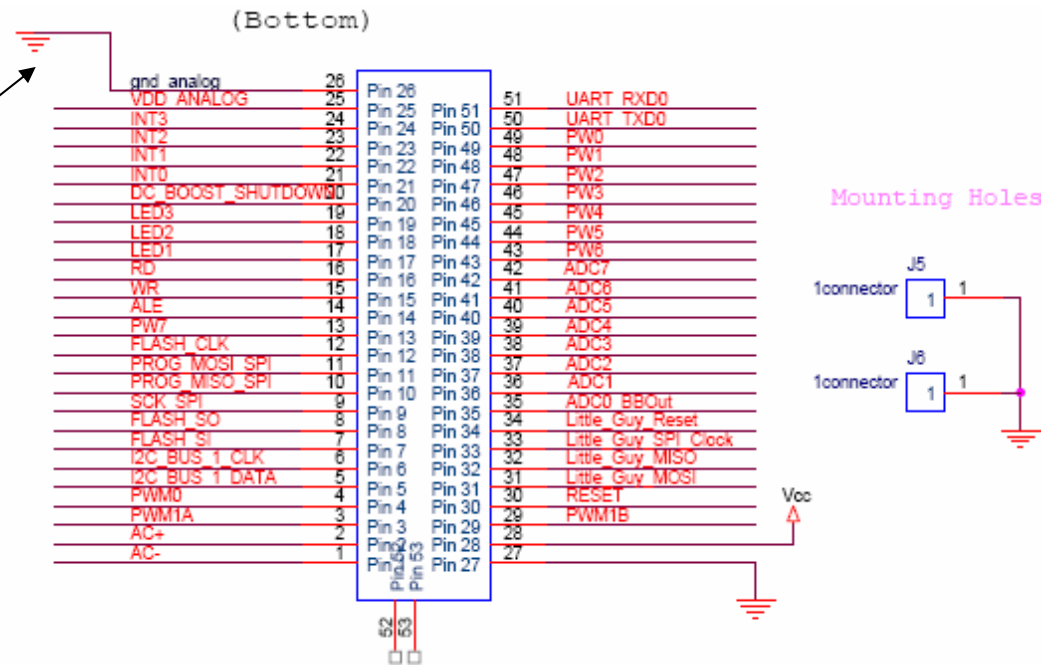
MTS400

MTS420

Features							
Accelerometer (2 Axis)					•	•	•
Actuator Relays	•						
Ambient Light						•	•
Barometric Pressure & Temp.						•	•
Buzzer				•	•		
External Analog Sensor Inputs	• (12-bit)	• (16-bit)	• (10-bit)				
GPS							•
GPIO	•	•	•				
Magnetic Field					•		
Microphone				•	•		
Photo-sensitive Light						•	•
Photoresistor			•	•	•		
Rel Humidity & Temperature	•					•	•
Thermistor			•	•	•		

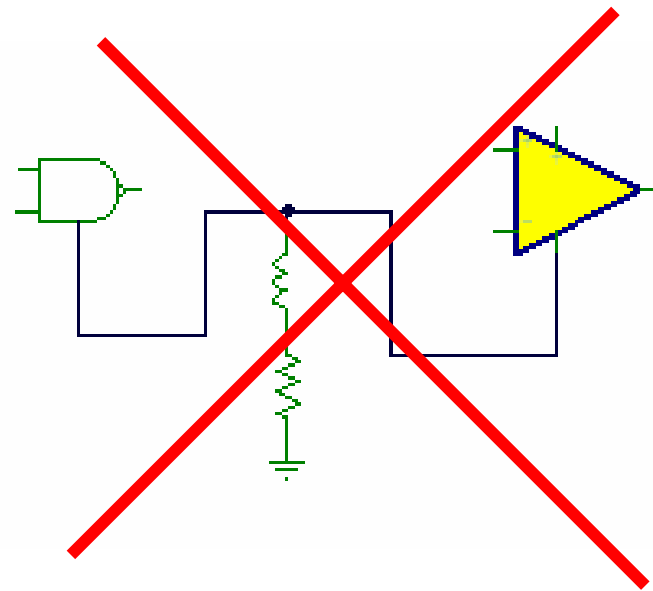
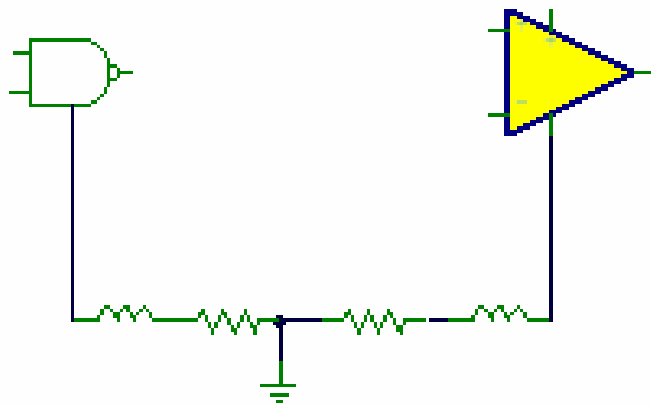
# MTS310

- Csatlakozó
- Analóg és digitális ki/bemenetek
- Analóg GND
  - Zajérzékenység
  - Digitális nagyfrekvenciás zavarok

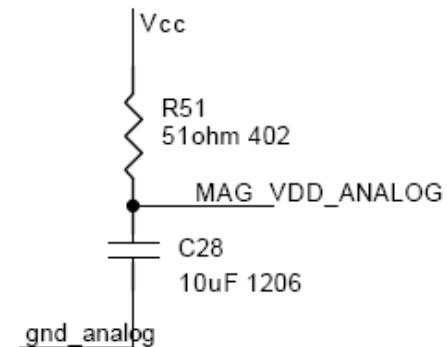
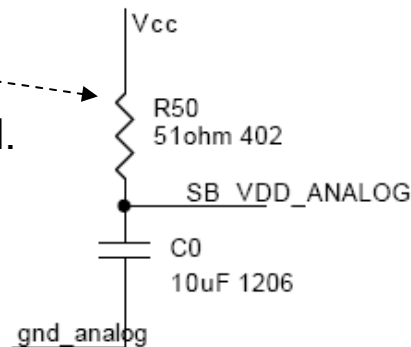


# Szenzorkártya

- Analóg földelés (tápfeszültségnél hasonló hatás):

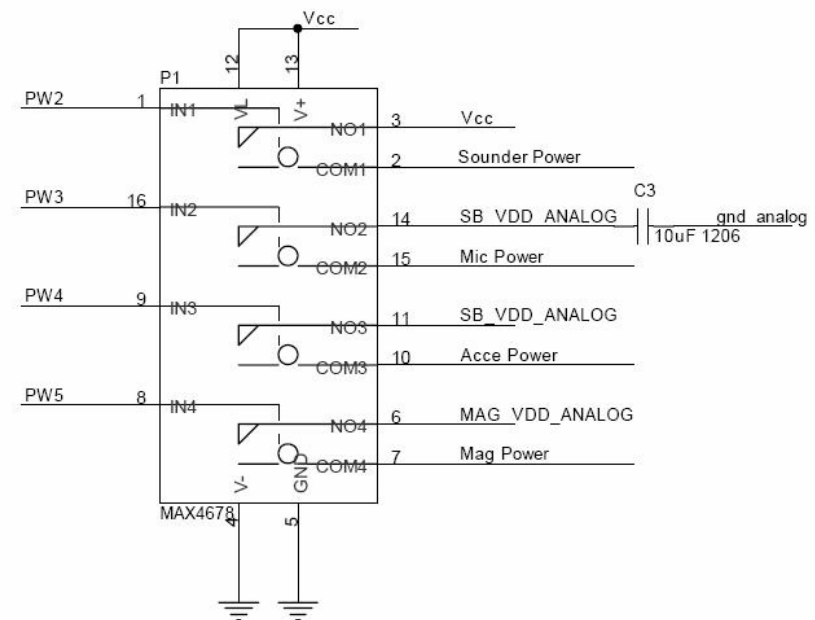


- Tápfeszültség szűrés
- RC elemekből felépített szűrőből.
- Előny: egyszerű
- Hátrány: túl nagy kimenő ellenállás: 510hm



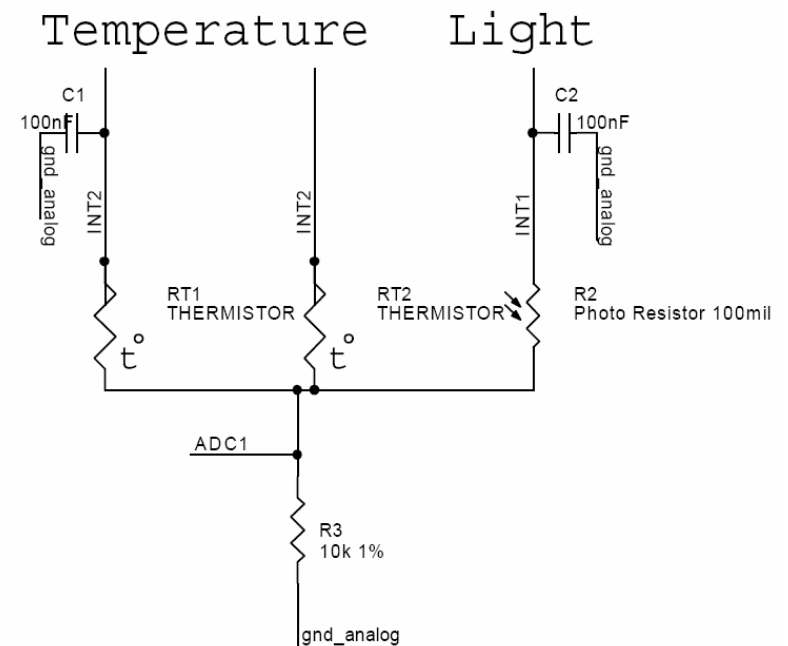
# Tápfeszültség

- Kapcsolható tápfeszültség az egyes szenzorokhoz (MAX4678)
- Kis kapcsolási ellenállás: bekapcsolt állapotban nincsen jelentős veszteség a kapcsoló miatt
- Energiatakarékosság
- uC-nél nagyobb áramot képes kapcsolni (uC: néhány mA áram leadására képes)



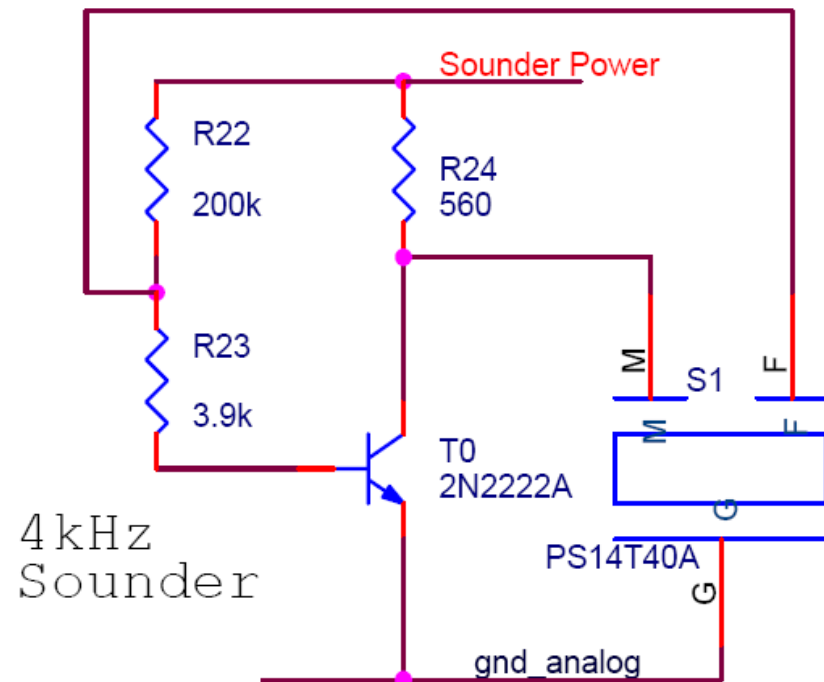
# Hőmérséklet + fény

- Meghajtás a mikrokontrollerről + szűrés
- A szenzorok ellenállása változik fény/ hőmérséklet hatására. Feszültségosztó segítségével érzékeljük az ellenállás változását. PI. fényérzékelés:
  - $U_{ADC1} = U_{táp} \cdot R3 / (R3 + R2)$
- Közös ADC
  - A szenzorokra kapcsolt feszültséggel lehet választani
  - INT1 és INT2 lábakkal aktiváljuk a szenzorokat (nincsen nagy fogyasztás)
- Hőmérséklet: termisztor
  - Nemlineáris kompenzálás (adatlap alapján):  
 $1/T(K) = a + b \times \ln(R_{thr}) + c \times [\ln(R_{thr})]^3$
- Fotoszenzor:
  - Egy sávban érzékeny
  - 690 nm (látható: 380-780 nm )
  - 2kOhm-520kOhm (tág határok között változik → nagy érzékenység)



# Buzzer

- Akusztikus jelzés
- Piezo működés: feszültség hatására mechanikai alakváltozás
- Felhasználás
  - Debugolás, hibajelzés
  - Eredményjelzés
  - Figyelmeztetés
  - Lokalizációs feladat: keskenysávú, jól megkülönböztethető hangforrás



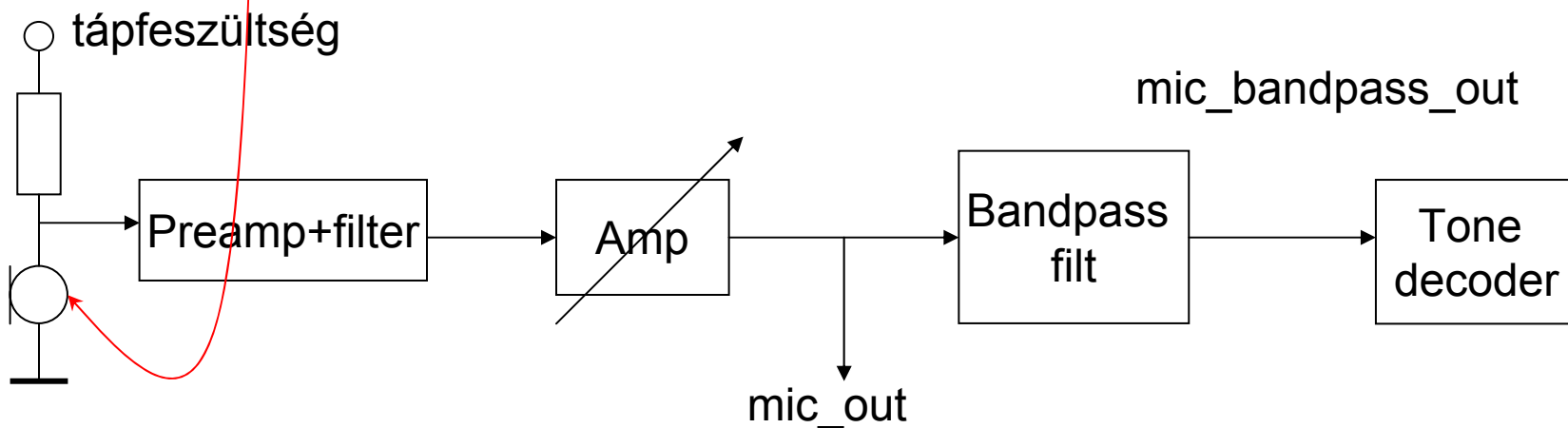
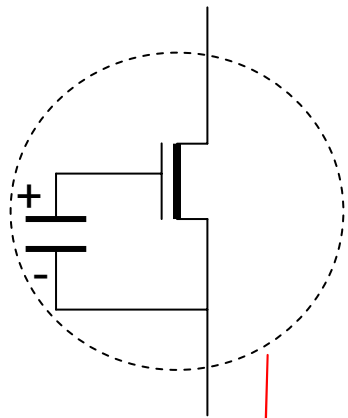


# Mikrofonszenzor

- Alkalmazási területek
  - Eszközök, élőlények, járművek hangjának detektálása: jelenlét meghatározása, akusztikus érzékelése
  - Felügyelet:
    - Gyereksírás
    - Alvás közben pl. horkolás detektálása (egészségügyi monitorozás)
  - Környezeti zaj monitorozása (ehhez általában kalibráció szükséges):
    - Környezetvédelem
    - Egészségügy: zajártalmak hatásai
  - Akusztikus lokalizáció

# Mikrofonszenzor

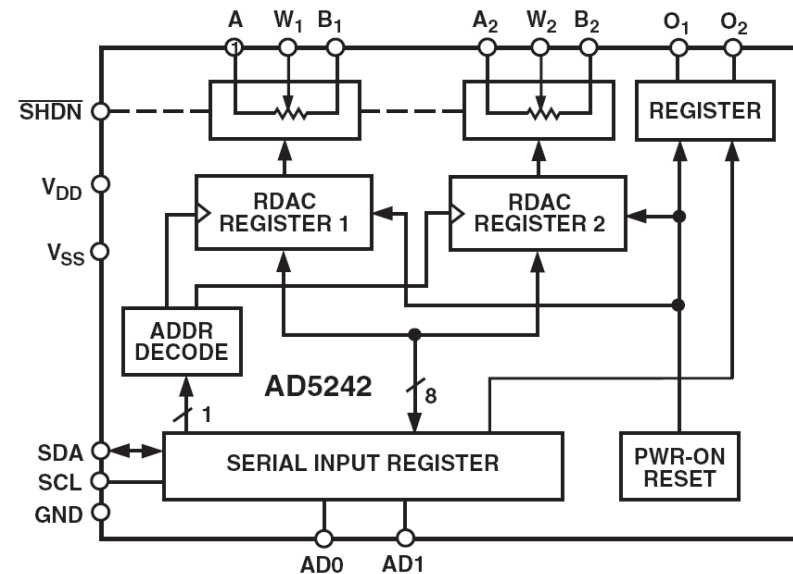
- Akusztikus jelek érzékelése
- Szenzor: electret mikrofon
  - Előre polarizált elektróda: membránokra felvitt (beültetett) töltés ( $Q_0$ )
  - Kapacitás:  $C = \epsilon A / d$ .  $d$ : elektródák távolsága, a membrán mozgásával változik;  $A$ : membrán felülete,  $\epsilon$ : dielektromos (anyag)állandó
  - Feszültség:  $U = Q_0 / C = Q_0 / \epsilon / A \cdot d$ . A feszültségváltozás arányos az elektródák mozgásával
  - Belső FET-es erősítő a zaj minimalizálása miatt
  - A FET-es erősítőt egy terhelőellenálláson keresztül tápfeszültségre kötjük
- Irányítottság: omni directional (nem irányított)
- Kimenőfeszültség  $\sim 10\text{mV}$   $\rightarrow$  erősítés
- Többfokozatú erősítő + szűrés



# Mikrofonszenzor

- Változtatható erősítés AD5242 digitális potméter (I<sup>2</sup>C vezérlés)
  - Észlelhető a telítődés, ha a jel közel van a kivezérlési tartományhoz. Ekkor az erősítést érdemes csökkenteni.
- Sávszűrő: buzzer hangjának szűrése
- LMC567: PLL alapú, buzzer hangjának detektálása: lokalizáció
  - Eredeti alkalmazás: telefon tárcsázási hangjainak dekódolása
- PLL: phase locked loop: Képes követni egy adott frekvenciájú szinuszos jel frekvenciáját. Amennyiben beáll (behúz-lock) az adott jelre, azt képes jelezni → detektálás

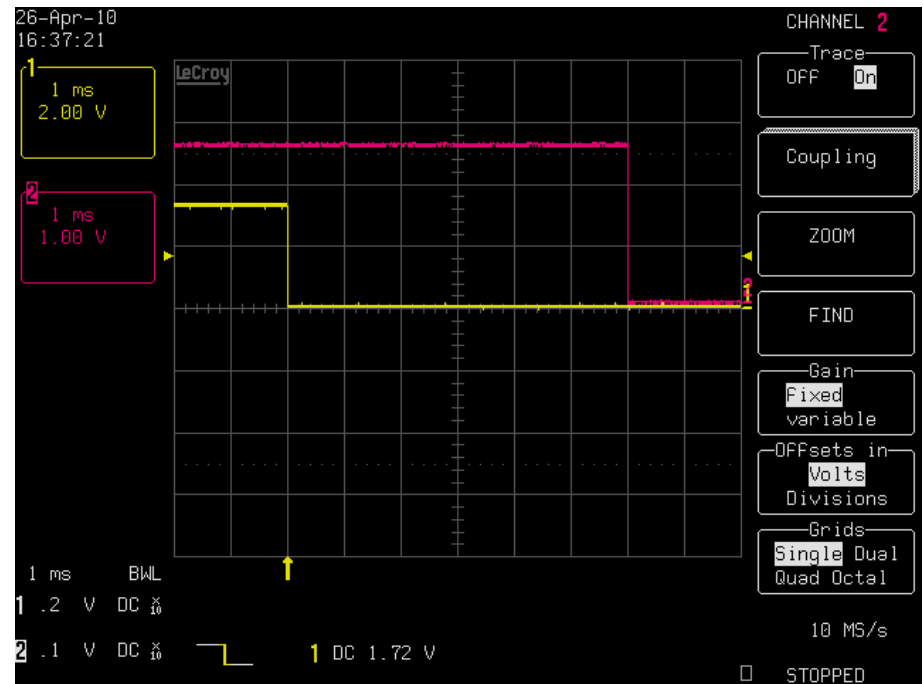
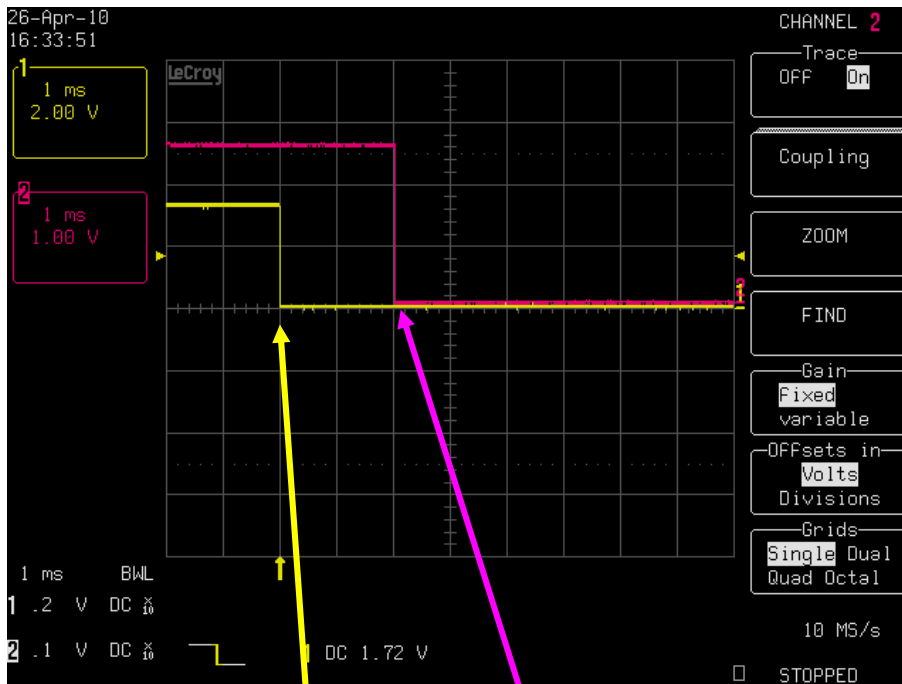
AD5242:



# Buzzer és mikrofon+hangdetektor

Távolság: 50cm

Távolság: 150cm



Ch1(sárga) akusztikus jel kiadása (egyik mote: adó)

Ch2 (lila) akusztikus jel fogadása (másik mote: vevő)

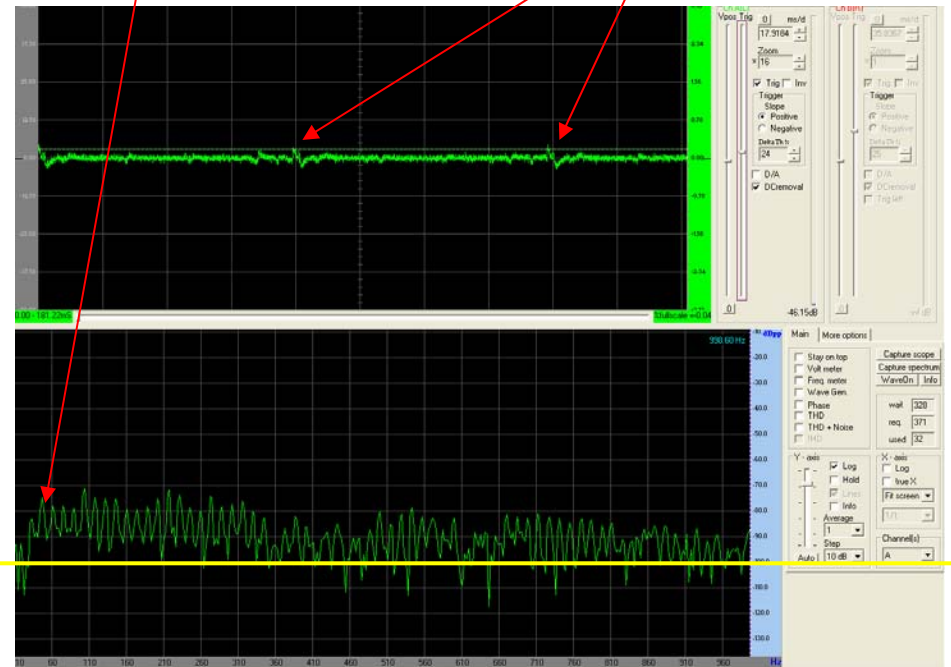
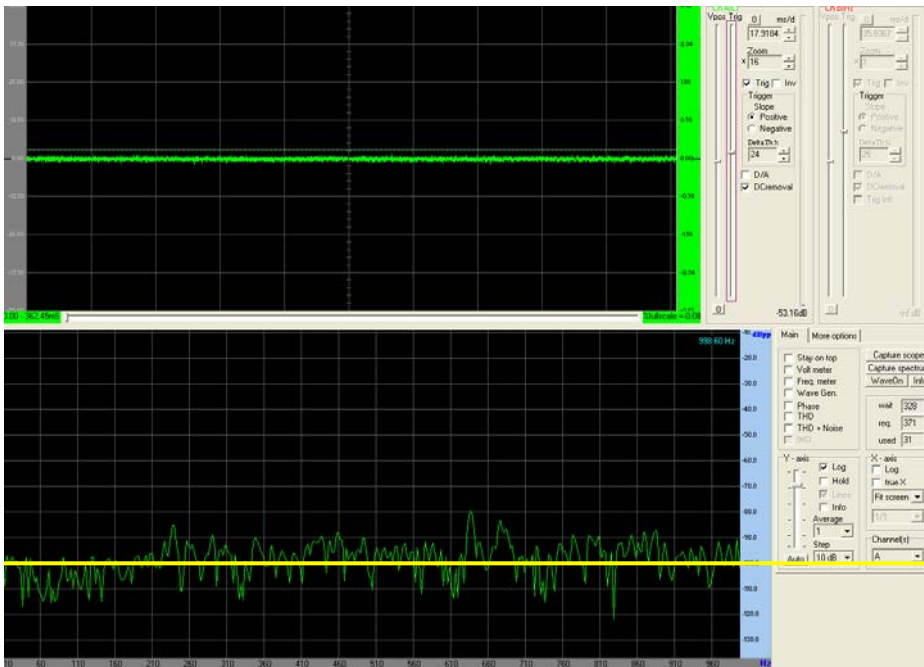
Tapasztalatok: hangdetektálás során külső zaj hatása és offszet jellegű hibák (PLL beállása, buzzer felélédése) nem elhanyagolhatóak. Megfelelő erősítés: kevés fals érzékelés és kevés nem detektált küldés

# Zavarérzékenység

- Rádió hatása a mikrofon jelére (kommunikáció/mérés)

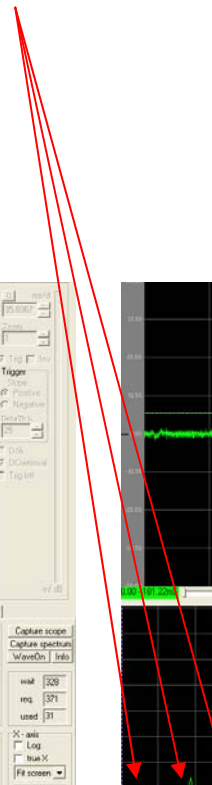
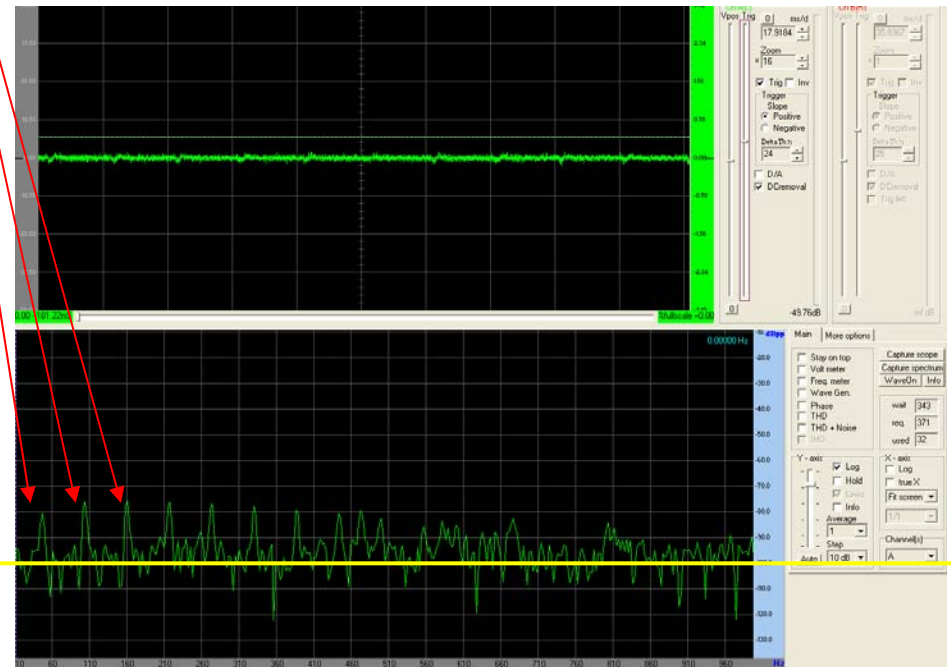
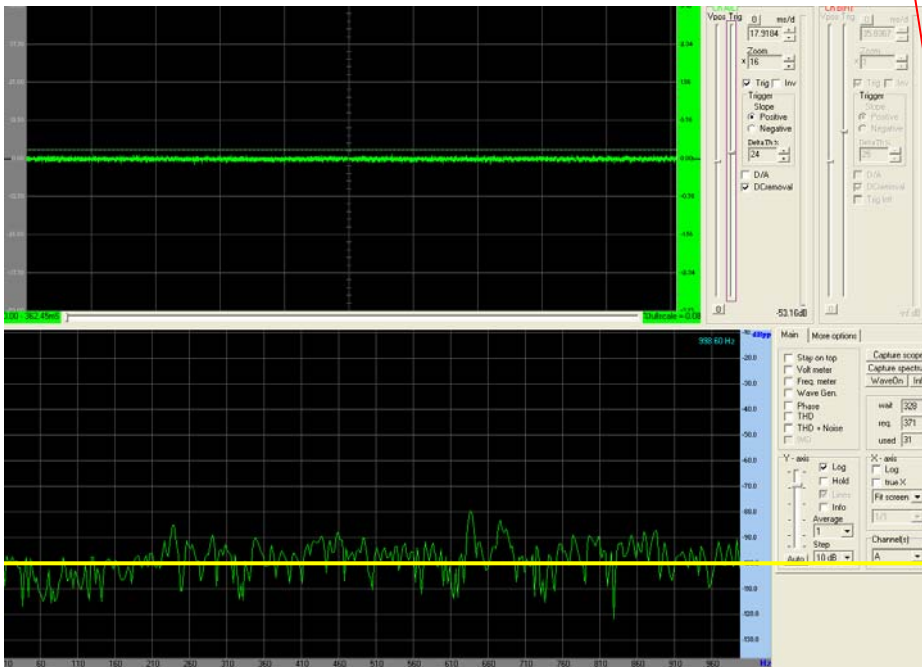
rádió kikapcsolva

periodikus üzenetküldés (14Hz)  
zajszint kb. 10-20 dB-el nő (periodikus zavar)



# Zavarérzékenység

- Rádióadás kb. 50/sec

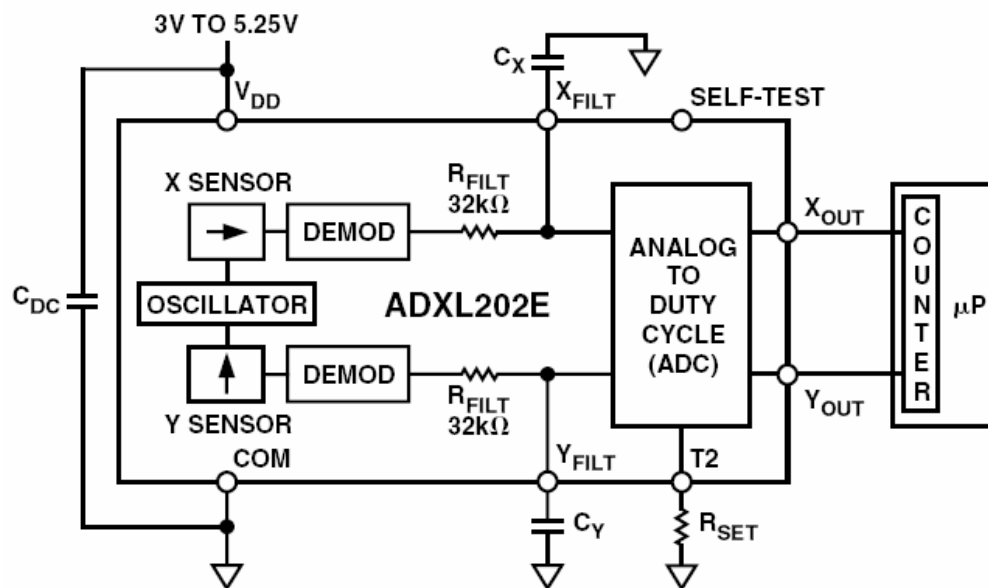
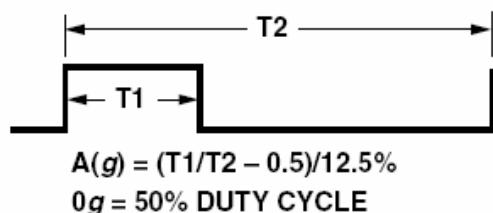


# Erősítők követelményei

- Alacsony fogyasztás
- Kapcsolható (nem mindig közvetlenül)
- Alacsony, aszimmetrikus tápfeszültség (tipikusan 2.5...5 V)
  - Rail-to-rail (input/output)
- Zajszint (pl. mikrofonnál)

# Gyorsulásmérő (ADXL202e)

- MEMS szenzor: +/- 2g mérése, akár 2mg felbontás, 600uA fogyasztás
- Kis méret: könnyű, nem befolyásolja a mérést
- X-Y irányú mérés
- Épületek mozgásának monitorozása
- Gépek rezgésének érzékelése
- Szenzor pozíciójának mérése
- Emberek mozgásának figyelése (elesés, futás...)
- IC: PWM kimenet (Timer: Capture)
  - Szűréssel analóg jel



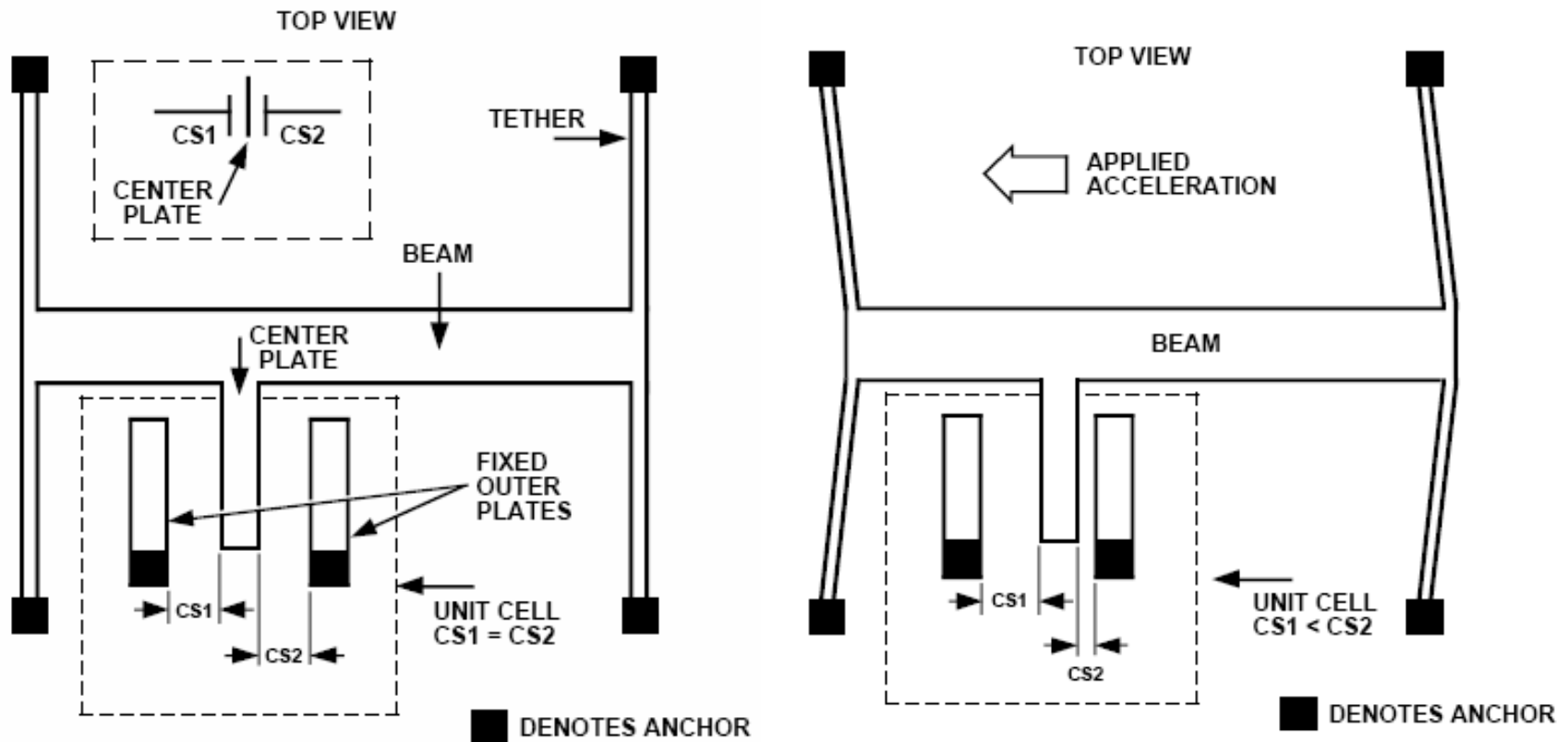


# Gyorsulásmérő

- Érzékenységet és felbontást befolyásolja az érzékelt jel sáv szélessége.
  - Zajsztint:  $200\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
  - $g=9.81\text{m}/\text{s}^2$
  - Példa: 100Hz-es sáv szélesség esetén 2mg „gyorsulászajt” mérünk. Kb. ekkora az érzékenység.
    - CD olvasó maximális gyorsulása:  $0.2\text{m}/\text{s}^2$  75Hz-en
- PWM kimenet periódusideje állítható Rset ellenállás segítségével: 1...10ms tartomány
  - Kis periódusidő: nagyobb időbeni felbontás, de alacsonyabb mérési felbontás
    - Példa: 1ms periódusidőt mérünk a uC 8MHz-es órajelével. Egy periódus kb. 8000 órajel: ekkora a felbontás a teljes tartományra. Ha kisebb tartományt mérünk, akkor ez csökken
- PWM kimenet analóg jelekké alakítása: Xfilt és Yfilt kimenetekre szűrőkondenzátorok elhelyezése. A kondenzátorok „kisimítják” a jelet, és a kitöltési tényezővel arányos kimenetet szolgáltatnak: AD átalakítóval mérhető
  - Nagy kondenzátor: jobban simítja a jelet, de lassabban tudja a gyorsulást követni

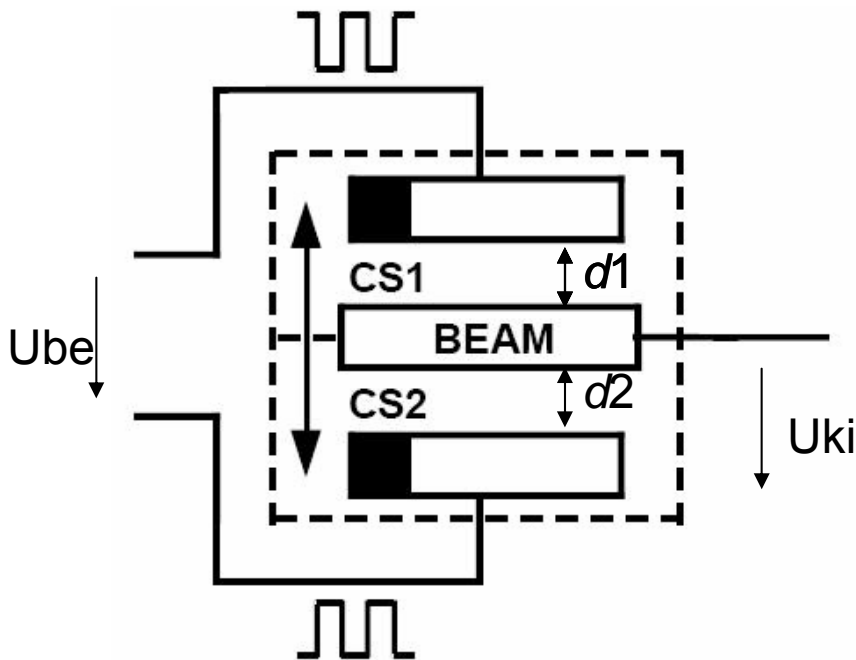
# Gyorsulásmérő

- Működési elv: differenciálkapacitás



# Gyorsulásmérő

- Működési elv: differenciálkapacitás
- Gerjesztés: 180°-os fáziskülönbségű négyszögjel
- A híd kimenete arányos az eltéréssel
- Feldolgozás IC-n belül



Kapacitás fordítottan arányos a fegyverzetek távolságával ( $d$ ):  
 $CS1 \sim 1/d1$  és  $CS2 \sim 1/d2$

Kimenőfeszültség a kapacitások osztási viszonyától függ:

$$U_{ki} = U_{be} \cdot CS1 / (CS1 + CS2) = d2 / (d1 + d2)$$

( $d1 + d2$ ): állandó. A kitérés ( $d2$ ) a gyorsulástól függ: a szeizmikus tömeget tartó rendszer rugóállandója és a gyorsulás határozza meg

# Gyorsulásmérő

- Működési elv: differenciálkapacitás
- Gerjesztés: 180°-os fáziskülönbségű négyyszögjel
- A híd kimenete arányos az eltéréssel
- Feldolgozás IC-n belül
- DC gyorsulás mérésére is alkalmas
  - Ellentétben pl.: piezo, induktív
- Általános gyorsulásmérő kategóriák (választás max. gyorsulás, sávszélesség, szabadságfok):



gyorsulás



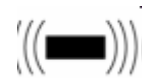
dőlés



elfordulás



ütődés



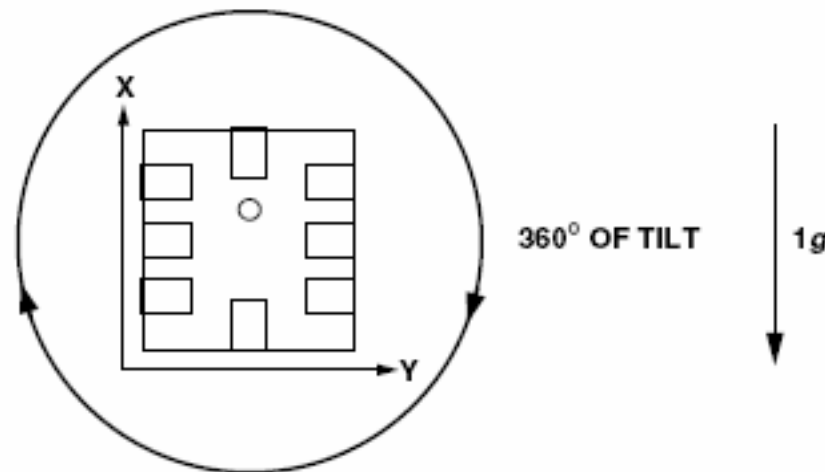
rezgés



3D pozícionálás

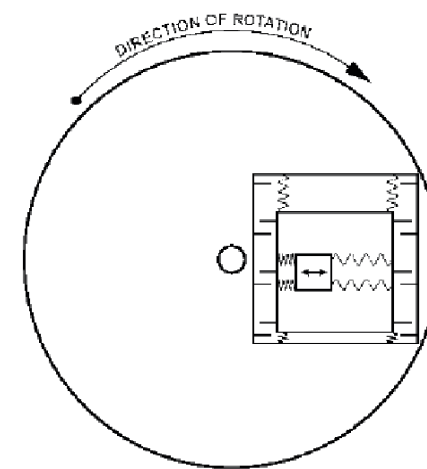
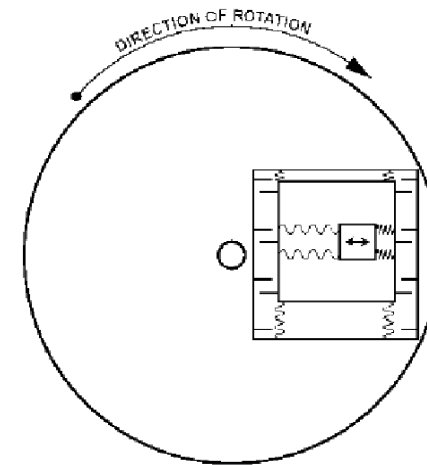
# Kalibráció: Föld gravitációs mezeje

- Minden irányban megmérjük a gyorsulást
- Maximális gyorsulás felel meg 1g gyorsulásnak
- Ez tárolható a uC belső memóriájában (pl. EEPROM)



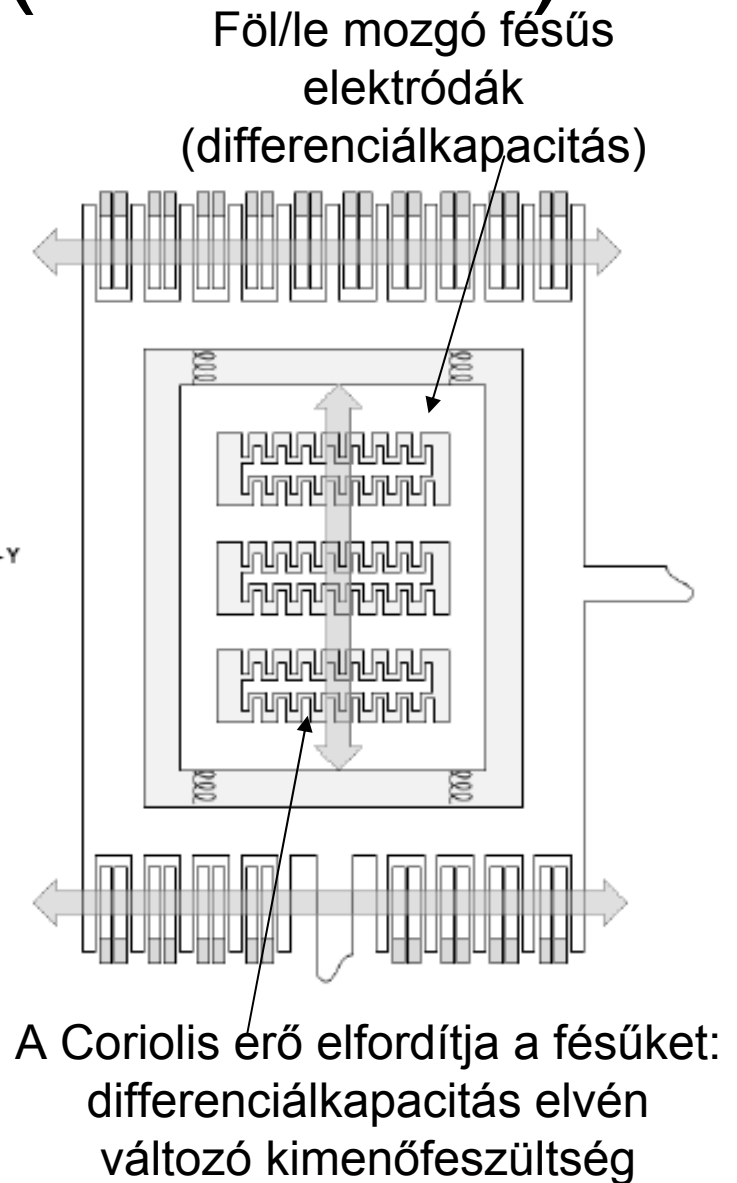
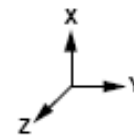
# Gyorsulásmérők (kitekintés)

- Gyakori feladat az elfordulás sebességének mérése: gyroscope
- Működési elv: Coriolis erő
  - Forgó koordináta rendszerben sugár irányban haladó testre ható erő (pl.: felhőrendszerek áramlása, mosdókagylóban örvénylő víz lefolyása)
  - $F=2\omega mv$  (forgó rendszer szögsebessége, tömeg, sebesség)
  - Az IC-n belül  $m$  tömegű fésűs elektódákat rezgetünk  $v$  sebességgel. Adott szögsebesség hatására  $F$  erő alakul ki, mely elmozgatja a fésűs rendszert a középpozícióból.



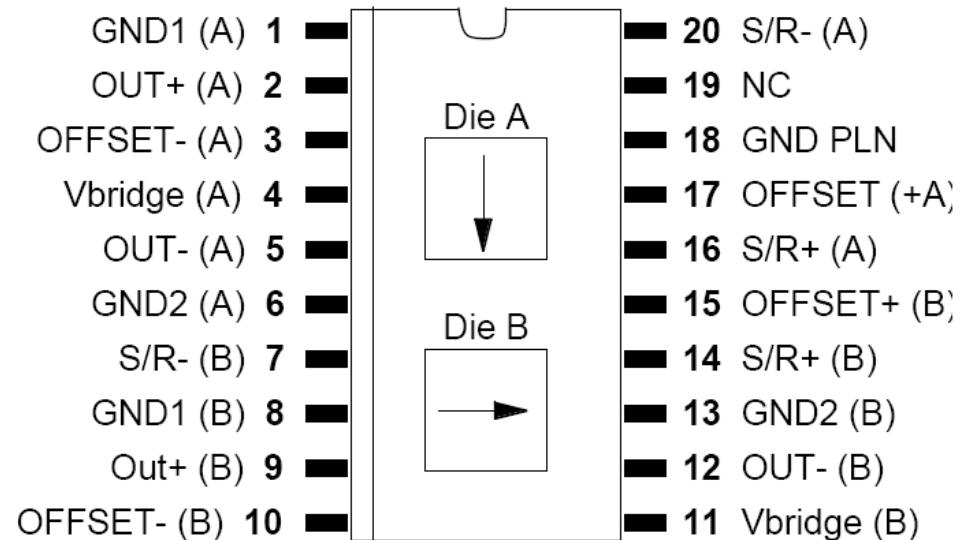
# Gyorsulásmérők (kitekintés)

- Gyakori feladat az elfordulás sebességének mérése: gyroscope
- Működési elv: Coriolis erő
  - Forgó koordináta rendszerben sugár irányban haladó testre ható erő (pl.: felhőrendszerek áramlása, mosdókagylóban örvénylő víz lefolyása)
  - $F=2\omega mv$  (forgó rendszer szögsebessége, tömeg, sebesség)
  - Az IC-n belül  $m$  tömegű fésűs elektódákat mozgatunk  $v$  sebességgel. Adott szögsebesség hatására  $F$  erő alakul ki, mely elmozdítja a fésűs rendszert a középpozícióból.



# Mágneses szenzor

- Típus: HMC1002
- Felhasználás:
  - Iránytű
  - Irányérzékelés
  - Navigáció
  - Közelítéskapcsoló
  - Kontaktusmentes kapcsoló
  - Forgalomérzékelés, fémtárgyak érzékelése
- Méréstartomány 6Gauss (Föld: 0.5Gauss)
- Kétirányú érzékelés (X-Y)
- Érzékenység: Typ: 3.2 mV/(V·Gauss)



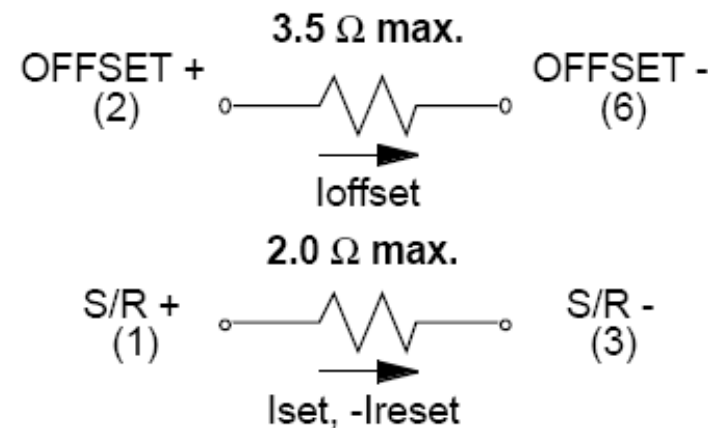
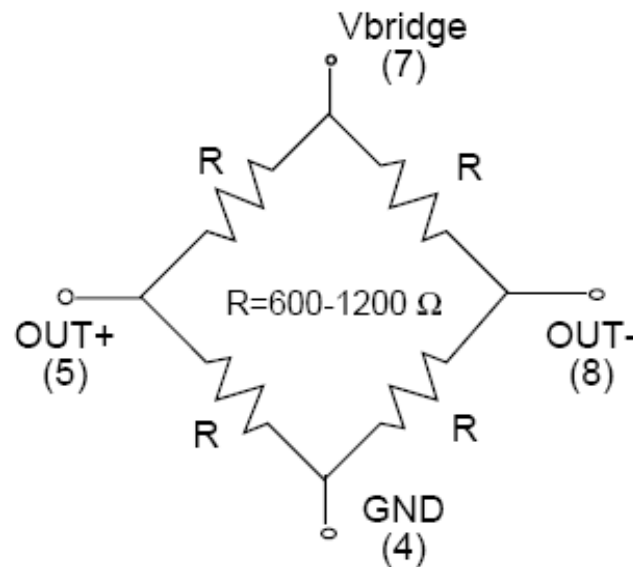


# Mágneses szenzor

- Nincsen belső feldolgozás, nyers analóg kimenetek
- Magnetorezisztív szenzor: mágneses tér változtatja a benne lévő anyag (Permalloy) ellenállását
- Mérés hídkapcsolással
- Differenciális kimenet, erősítés: INA2126
- Offset és set/reset lehetőség
- Set/reset: a nagy mágneses tér maradó hatását csökkenti (újrarendezi a mágneses domainekeket, gond: nagy áram)
- Offset: adott lábakon injektált árammal mágneses tér
  - Offsetkompenzálás: ismert mágneses tér esetén beállítjuk
  - Erősítés mérése (kalibrálás):
    - mért térerő offset nélkül (offsettel):  $U_1$  ( $U_2$ )
    - Offset létrehozása: külső árammal. Adott áram adott dH változás
    - Erősítés:  $G = (U_2 - U_1)/dH$

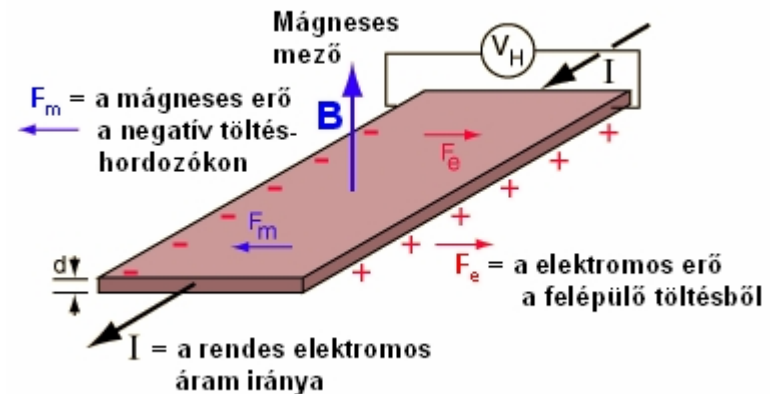
# Mágneses szenzor

- Offset lehetőségek
  - Mérés linearizálása: nulla érzékelése fix munkapontot eredményez. Az offset lábón a bemenőjelet úgy „szabályozzuk”, hogy nulla legyen a kimenet



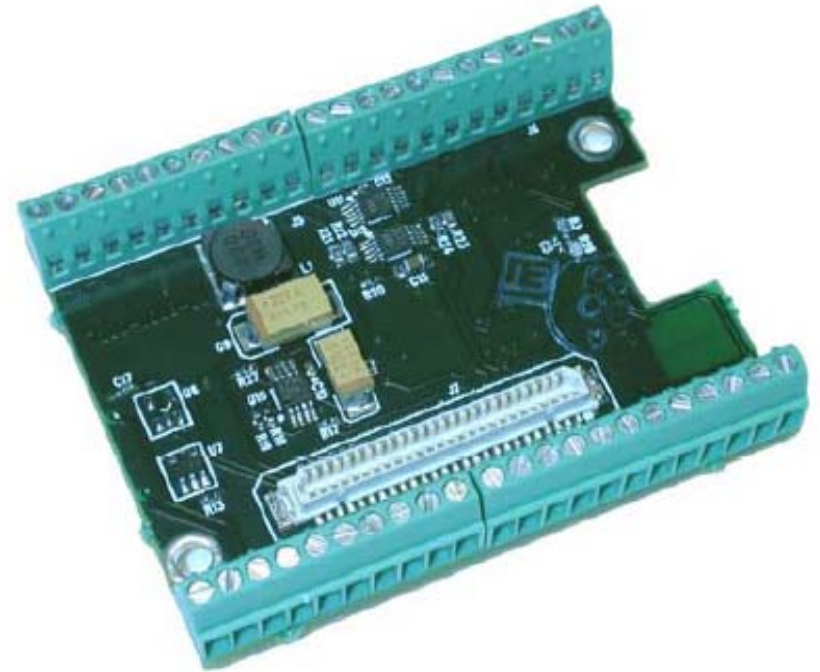
# Mágneses érzékelők

- Mágneses indukción alapuló:  
változó mágneses térbe helyezett tekercsben feszültség indukálódik
  - Indukált feszültség arányos a mágneses térerősséggel
  - $U_i = N \cdot A \cdot dB/dt$
- Hall-szondás mágneses térerősség mérő
  - (Fél)vezetőben haladó töltésre  $F$  erő hat, mely a vezető széleire tereli a töltéshordozókat.
  - A vezető szélein megjelenő: A töltéshordozók mennyisége függ a mágneses térerősségtől, ezt használjuk ki mérésre.
  - $R_H$  Hall ellenállás:
    - $U = I R_H B/d$  ( $d$ : az anyag szélessége)



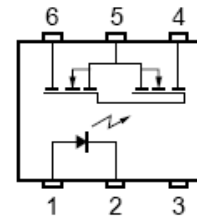
# MDA300 szenzorkártya

- Közepes teljesítményű beavatkozás, vezérlés
- Időjárási megfigyelés
- Mezőgazdasági rendszerek megfigyelése és vezérlése: pl. öntözés
- Digitális és analóg (aszimmetrikus és differenciális) jelek csatlakoztatási lehetőségek
- Különböző tápfeszültségek előállítása (2.5V, 3.3V, 5V)
- Relés beavatkozás
- Páratartalom mérés
- Hőmérséklet érzékelés



# MDA300 kiegészítő kártya

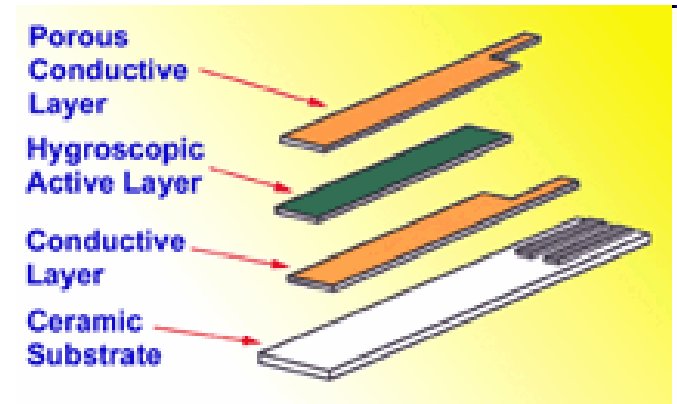
- PS7141: szilárdtest relé, nagyobb áramok kapcsolására



- PCF8574: IO port bővítő
  - I<sup>2</sup>C buszon keresztül vezérelve digitális lábak alakíthatóak ki
- ADS7828: 12 bites, max 50kHz mintavételi frekvenciájú AD átalakító (I<sup>2</sup>C busz)
- 24LC64: 64 kbit, I<sup>2</sup>C EEPROM





# Relatív páratartalom érzékelés

- SHT11: integrált páratartalom és hőmérsékletmérő
- Digitális interface: 14 bit AD, I<sup>2</sup>C port
- Belső kalibrációs OTP memória
- Pontosság
  - Páratartalom: 3%
  - Hőmérséklet: 0.5 °C
- Páratartalom érzékelés
  - Vezető lemezek közé páramegkötő anyag felvitele
  - Az elektródák porózus szerkezetűek → páraáteresztő. Fontos a beállási idő miatt
  - Pára hatására változik az elektróda dielektromos állandója ( $\epsilon$ ), így a  $C = \epsilon A/d$  kapacitás is.
  - Kapacitás mérése → páratartalom
- Hátrányok:
  - Rossz hosszú távú stabilitás (polimerek öregedése)
  - Bonyolult gyártási eljárás, kalibrálás (nemlineáris hatások)
  - Bonyolult belső analóg jelfeldolgozás



# Interfész / programozókártya

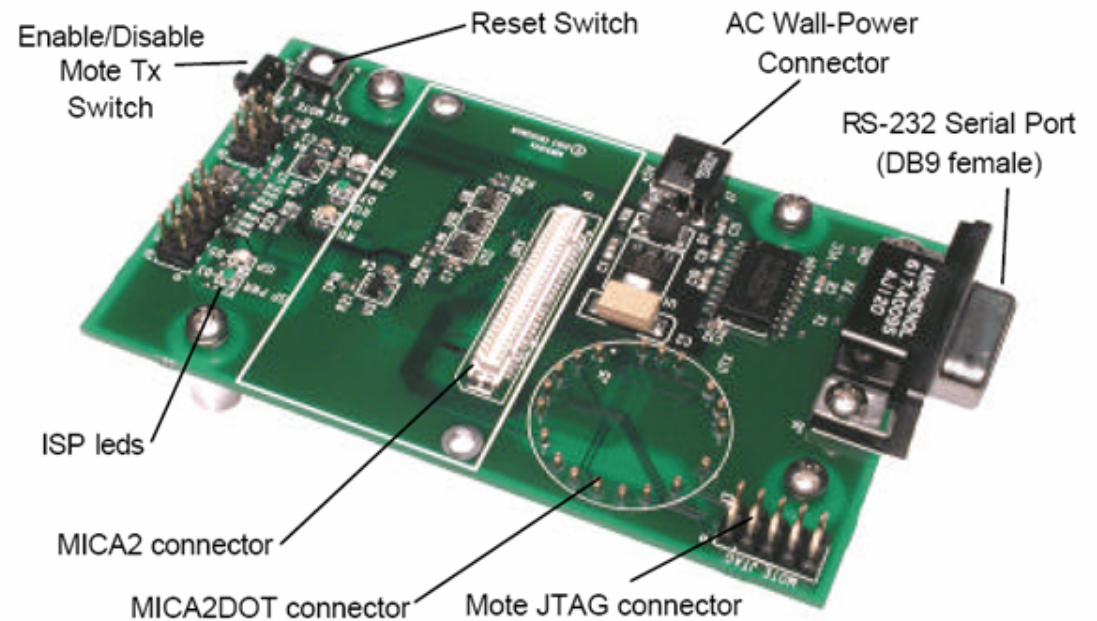


	MIB510	MIB520	MIB600	SPB400
Features				
Description	Serial Port Programmer	USB Programmer	Ethernet Port Programmer	Stargate, XScale Platform
Mote/Board Connectors	IRIS, MICAz, MICA2 MICA-sensor Boards	IRIS, MICAz, MICA2	IRIS, MICAz, MICA2	IRIS, MICAz, MICA2 PCMCIA, USB, RS-232, Compact Flash, RS-232, Ethernet
Programming Port	Serial (RS-232)	USB	Ethernet	With host PC: RS-232 or Ethernet (using ssh)
Data Port	Serial (RS-232)	USB	Ethernet	Various

- Kommunikációs interfész:
  - Soros kommunikáció (RS232)
  - USB
  - Ethernet

# Interfész / programozókártya

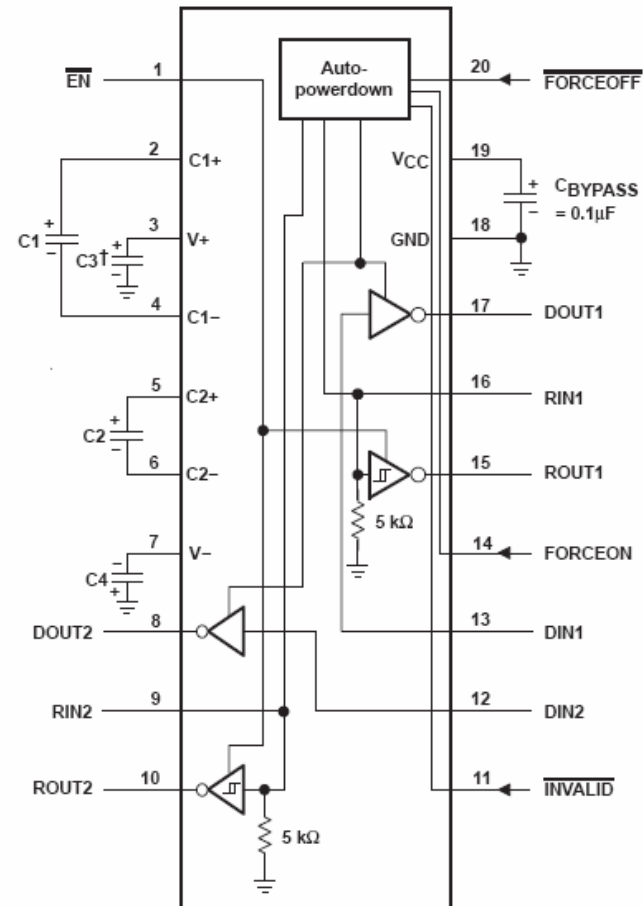
- MIB510
- Feladatok:
  - Kapcsolat PC-vel
  - Programozás
    - ISP
    - JTAG
- Tápfeszültség:
  - Adapter
  - Mote tápfesz.
  - Vigyázat!!! Bizonyos típusoknál egyszerűen kettőt tilos használni, károsodást okozhat.





# Soros port interfész

- MAX3223
- logikai szintek – RS232
- Logikai szint: 0V-5V (3.3V)
- RS232:
  - adás:
    - 0bit: +5V...+15V
    - 1bit: -5V...-15V
  - vétel
    - 0bit: +3V...+13V
    - 1bit: -3V...-13V
- Töltéspumpa kondenzátorokkal
- USB átalakítás pl. FTDI232
- Egyszerűsített kommunikáció (nincsen handshake)

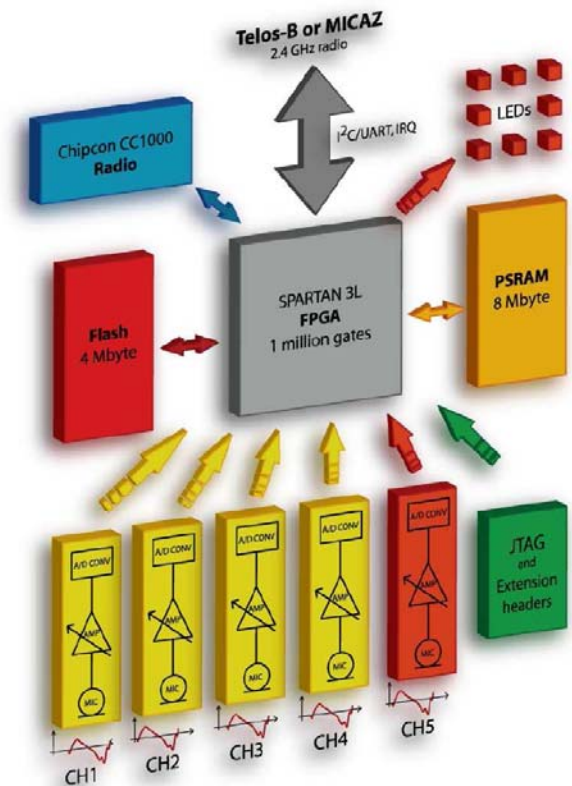


# Koprocesszoros rendszerek

- Számítás – memória – fogyasztás
- Alapvető kommunikáció, működés vezérlése: kis számítás és memória igény
- Adatok feldolgozása: gyors, processzorigényes (pl. lokalizáció)
- Ellentmondó igények: specifikus feldolgozás
  - Egyszerű vezérlési szerkezetek uC
    - Adott feladat elvégzése sokáig tart
      - Hosszú idejű aktív állapot
      - A feladat elvégzése nem történik meg időben
  - Jelfeldolgozás (DSP, FPGA)
    - DSP: Digital Signal Processor
    - FPGA: Field Programmable Gate Array
    - Gyors adatfeldolgozás
    - Felesleges számítási kapacitás egyszerű feladatok ellátása esetén

# FPGA alapú ko-processzor

- FPGA: gyors működés
- Xilinx Spartan-3L FPGA (1 million equivalent gates)
- Külön analóg és digitális táplálás
  - kapcsolóüzemű tápegység TPS75003
- Tápkivezetés a móthoz
- 8MB SRAM, 4MB flash : párhuzamos
- 5 analóg bemenet
  - 4db 1MS/s 12bit AD
    - Szinkron mintavételezés (párhuzamos struktúra!)
      - ATmega128: csak multiplexált bemenet
    - pl. lövésdetektálás
  - 1db 100kS/s 16 bit
    - Aszinkron a többi csatornától
    - pl. gépjárműkövetés
- Kétszintű erősítő
  - összesen 165x-1815x (44dB-65dB)
  - Első fix erősítés



# FPGA alapú ko-processzor

- TelosB, mica2, micaz
- FPGA-uC: I2C, SPI, UART interfész
- Kikapcsolható a digitális és analóg áramkörök nagy része (5mA)
- Általános IO: egyéb periféria, GPS
- CC1000: rádió interferometrikus lokalizáció
- Számítás az FPGA-n
  - Teljesítményszámítás
  - Szűrés
  - Megvalósítási nehézség: alacsonyszintű program (léteznek kifejezetten FPGAs jelfeldolgozást támogató szoftverek)



# FPGA alapú ko-processzor

- Egy másik típusú FPGA koprocesszor kártya:



- Megvalósított rendszer:



# DSP alapú koprocesszor

- ADSP-218x processzor
- Bonyolult jelfeldolgozási algoritmusok implementálása
- 16 bites, alacsony fogyasztás (sleep mode)
- Futás közben 31mA áramfelvétel
- 50MHz
- 48kB program, 56kB adatmemória + DMA
- Olcsó electret mikrofon
- Kétszintű erősítés: 0-54dB
- AD: 100kS/s 12 bit
- Néhány hetes működési idő
- Analóg komparátor
  - Akusztikus jel érzékelése
  - Mót felébresztése
- Kapcsolat a móttal:
  - Általános IO és IT lábak
  - I<sup>2</sup>C



- Referenciák:

- Dr. Simon Gyula előadásai

- [www.xbow.com](http://www.xbow.com)

- [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

- [www.analog.com](http://www.analog.com)

- [www.chipcon.com](http://www.chipcon.com)

- [www.ssec.honeywell.com](http://www.ssec.honeywell.com)

- [www.ti.com](http://www.ti.com)

