

# Beágyazott rendszerek csoport



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# A csoport identifikációja

- **Oktatási alapú kohézió**
- **Klasszikus tanszéki szakterületek fenntartása**
- **Aktuális témák művelése**
- **Feltörekvő technológiák átvétele**
- **Kompetenciák**

# Oktatók

- 4 egyetemi tanár
- 6 docens
- 8 adjunktus, mestertanár, tanársegéd, ügyvivő szakértő
- 7 doktorandusz

## Vezető oktatók:

Jobbágy Ákos, Kollár István, Péceli Gábor, Selényi Endre *egyetemi tanárok*

Bank Balázs, Dabóczi Tamás, Fehér Béla, Kovácsházy Tamás, Sujbert László, Tóth Csaba *docensek*

## Csoportvezető:

Sujbert László

# Oktatás

## ■ Alapképzés

- 10 egész évfolyamnak szóló tantárgy
- Beágyazott és irányító rendszerek szakirány, beágyazott információs rendszerek ágazat: 4 tantárgy

## ■ Mesterképzés

- villamosmérnöki és eü. mérnöki szak: 1-1 közös tantárgy
- Beágyazott információs rendszerek szakirány: 11 tantárgy

## ■ Kötelezően és szabadon választható tantárgyak:

- 7-7 tantárgy, valamint Programozható logikai eszközök alkalmazástechnikája mellékszakirány

## ■ Néhány tantárgycím és előadó:

- Digitális technika: Fehér Béla, Selényi Endre
- Operációs rendszerek: Kovácsházy Tamás
- Méréstechnika: Sujbert László
- Beágyazott és ambiens rendszerek: Dabóczi Tamás
- Méréselmélet: Péceli Gábor

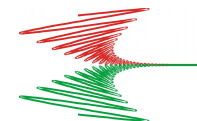
# Kompetenciák – laboratóriumok

- **Digitális jelfeldolgozás laboratórium**
- **Nyitott architektúrájú rendszerek (FPGA) laboratórium**
- **Hálózatba kapcsolt beágyazott rendszerek (NES) laboratórium**
- **Orvostechnika laboratórium**
- **Kiberfizikai rendszerek**

# Digitális Jelfeldolgozás Laboratórium



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék



Digital Signal  
Processing Laboratory

# Bemutakozás

## ■ Történet/Háttér

- Alapítás
  - 1992, Nagy Ferenc
  - Támogató: Josef Heim
- Labor vezetője: Dr. Sujbert László

## ■ Kiemelt tématerületek

- Hagyományos mérés technikai jelfeldolgozás
- Akusztikus és rezgésjelek feldolgozása

## ■ Kompetenciák

- Jelfeldolgozó algoritmusok
  - Fejlesztés
  - Analízis
  - Megvalósítás (DSP, PC)
- Mérések tervezése, kivitelezése
- Jelanalízis



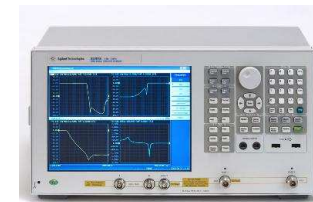
# Eszközpark

## ■ Műszerek

- Általános műszerek
- Precíziós, speciális műszerek



Oscilloszkóp  
500 MSPS



Hálózatanalizátor  
5 Hz-3 GHz

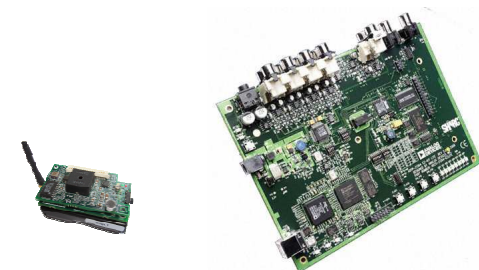
## ■ Mérőeszközök, szenzorok

- 10 db Brüel & Kjaer gyorsulásérzékelő
- Gerjesztő eszközök: shaker, impulzuskalapács
- Jelkondicionálók, erősítők
- 10 db mérőmikrofon + kalibrátor
- Mikrofonerősítő
- Többcsatornás hangkártyák
- Aktív hangfalak és teljesítményerősítők



## ■ Fejlesztői kártyák

- Analog Devices fix- és lebegőpontos DSP-k
- Berkeley micaz mótók





# Oktatás

- **Alapképzés**

- Méréstechnika

- **Szakirányos tantárgyak**

- Beágyazott és ambiens rendszerek
- Beágyazott és ambiens rendszerek laboratórium
- Rendszerarchitektúrák laboratórium
- Méréselmélet
- Információfeldolgozás
- Információfeldolgozás laboratórium

BSc

MSc

- **Választható tantárgyak**

- Digitális jelfeldolgozás a gyakorlatban
- Digitális szűrők
- Zenei jelfeldolgozás

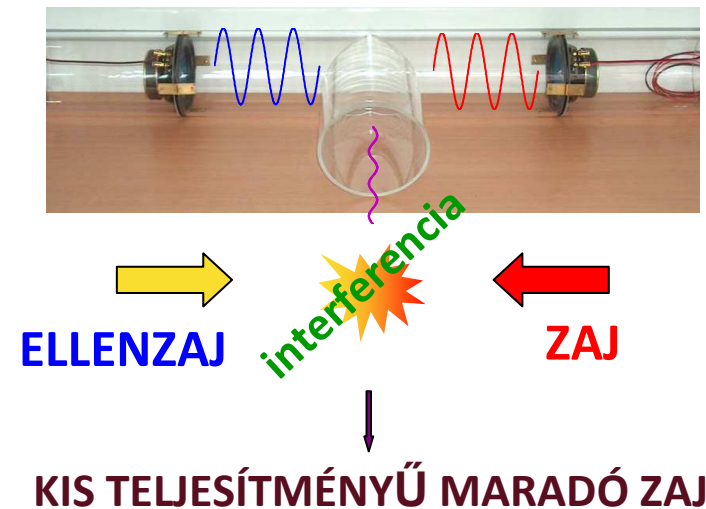
- **Önálló laboratórium, szakdolgozat, diplomatervezés**

- Hallgatói témák jelfeldolgozás és általános beágyazott rendszerek területén

# Kutatás

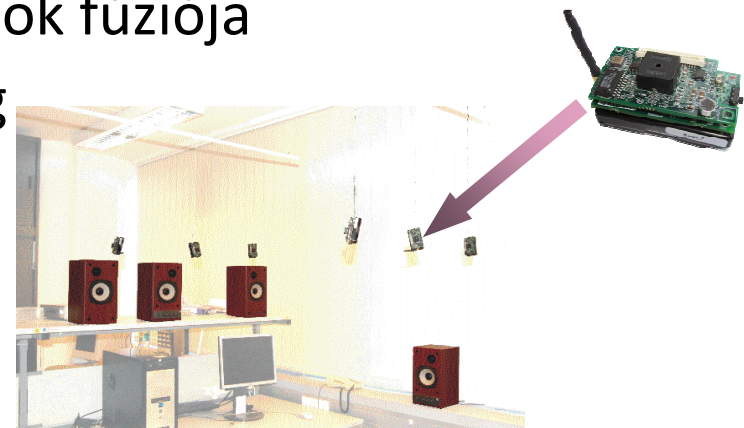
## ■ Aktív zajcsökkentés

- Zaj kioltása ellenzajjal
- Passzív zajcsökkentés alternatívája
- Kutatási eredmények
  - Rezonátor alapú algoritmusok periodikus jelek elnyomására
  - Adaptív szűrő alapú algorimuszok gyorsítása



## ■ Elosztott valós idejű jelfeldolgozó rendszerek

- Aktív zajcsökkentés és szenzorhálózatok fúziója
- Elosztott adatgyűjtés → skálázhatóság
- Eredmények
  - Szinkronizáció
  - Adatvesztés
  - Adattömörítés



# Kutatás

## ■ Fizikai alapú hangszintézis

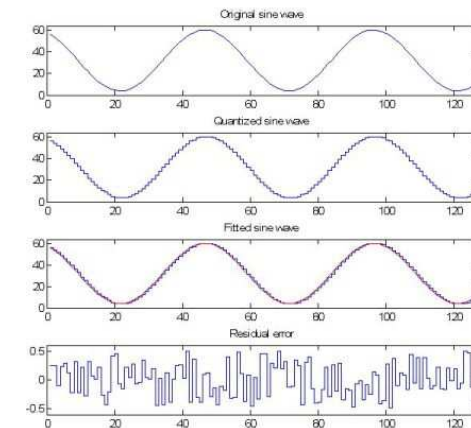
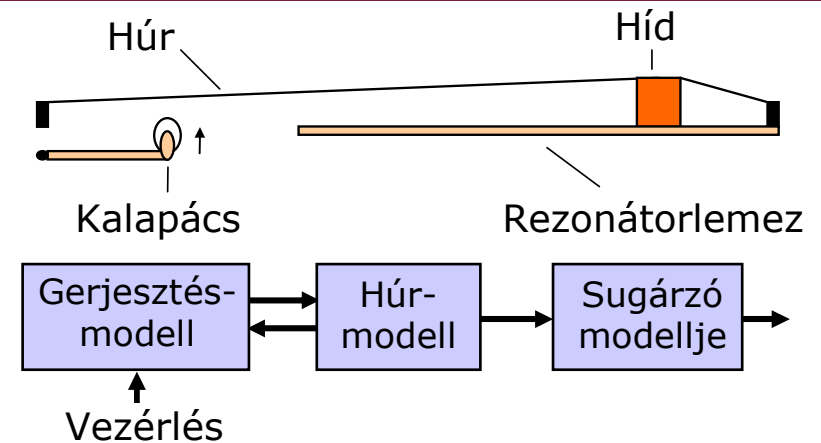
- Hangkeltés fizikai egyenletek alapján
- Nemlineáris hatások modellezése

## ■ Teremhangátvitel-kiegyenlítés

- Hangszórók és termek akusztikai tulajdonságainak javítása
- Logaritmikus frekvenciafelbontású szűrők

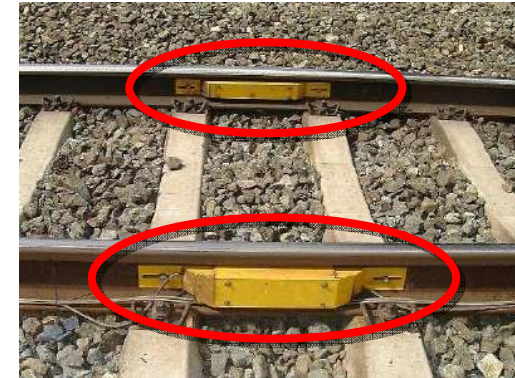
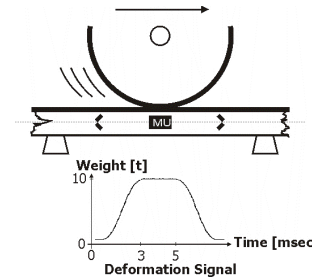
## ■ AD átalakítók tesztelése

- Tesztelés szinuszillesztéssel
- Illesztési eljárások fejlesztése
- Ditherrel segített eljárások
- MATLAB toolbox



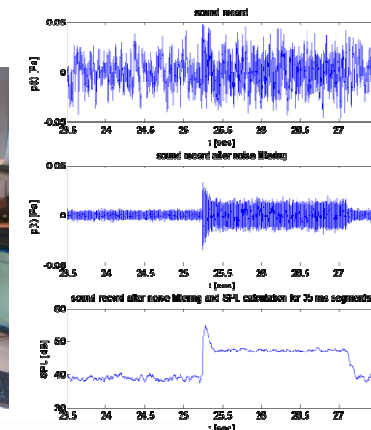
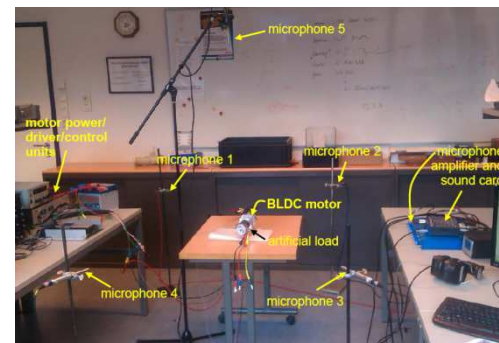
# Projektek

- **Dinamikus vasúti súlymérő**
  - Vasúti kocsik súlyának mérése sín deformációja alapján
  - Prototípus rendszer fejlesztése
    - Szenzorválasztás
    - Jelkondicionálás
    - Jelfeldolgozás



- **Több zajméréssel kapcsolatos projekt**

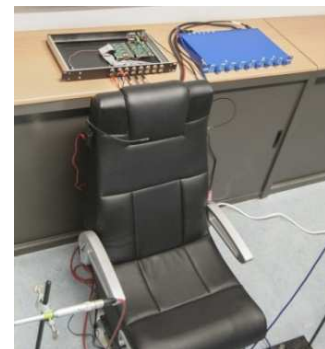
- Akusztikus és rezgésjelek kalibrált mérése terepen és laboratóriumban
- Mérések feldolgozása (pl. zajszűrés) és kiértékelése



# Projektek

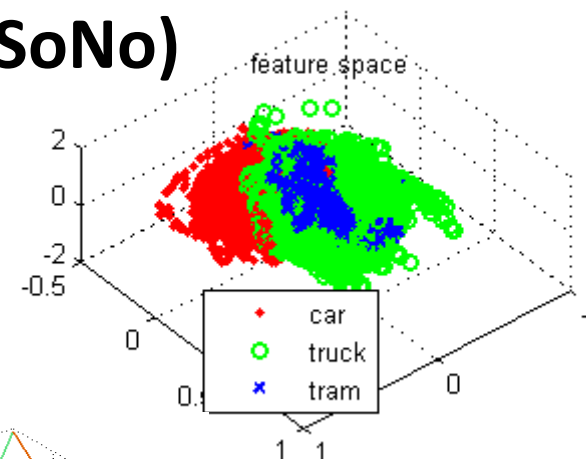
## ■ Aktív zajcsökkentő szék

- Aktív fejhallgató alternatívája
- Beavatkozó hangszórók a háttámlán
- Zajelnyomás több irányból érkező zajokra



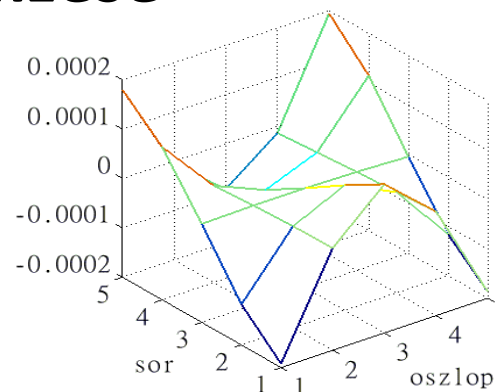
## ■ Járműhangok osztályozása (AUDIS, ReSoNo)

- Előfeldolgozás
- Tulajdonságvektorok
- Osztályozás



## ■ Zongora rezonánslapok elemzése

- Rezgésakusztikai mérések
- Móduselemzés



# FPGA laboratórium



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# Munkatársak

## ■ Tanszéki oktatók

- Dr. Fehér Béla
- Lazányi János
- Raikovich Tamás
- Szántó Péter

## ■ Doktorandusz

- Wacha Gábor

## ■ Óraadó

- Széll András



# Oktatás – alaptárgyak

- **BSc alapképzés**
  - Digitális technika 1, 2 (Info)
  - Mérés laboratórium 1, 2, 3 (Info)
- **BSc Beágyazott információs rendszerek ágazat**
  - Beágyazott és ambiens rendszerek + labor
- **MSc Beágyazott rendszerek szakirány**
  - Rendszerarchitektúrák + labor
- **Önálló laboratórium, Szakdolgozat, Diplomatervezés**
  - ~40 önálló labor, szakdolgozat / félév
  - ~12 MSc diplomaterv / félév



# Oktatás – mellékszakirány

## ■ MSc Programozható logikai eszközök alkalmazástechnikája mellékszakirány

- Logikai tervezés
  - Digitális rendszertervezés FPGA-kkal
- Mikrorendszerek tervezése
  - SoPC rendszerek tervezése
- Újrakonfigurálható rendszerek nagyteljesítményű alkalmazásai
  - Dinamikus parciális rekonfiguráció
  - Magas szintű szintézis (HLS)
  - GPGPU programozás (CUDA)



## ■ Jelfeldolgozó processzorok alkalmazása

# Kompetenciák

- Nagy sebességű, komplex nyomtatott áramkör tervezése
- FPGA alapú digitális rendszerek: mérés, jelfeldolgozás, videó feldolgozás, ....
- SoPC rendszerek egy-, vagy több processzorral, feladat specifikus hardver gyorsítókkal
- Dinamikusan rekonfigurálható rendszerek
- Beágyazott szoftver fejlesztése (standalone vagy operációs rendszer)

# EVOCHEM7 – Jedlik Ányos program

- **Kémiai informatika és bioinformatikai algoritmusok gyorsítása heterogén számítási módszerekkel**

- Molekula adatbázisok komparálása
- Molekuladokkolás
- Génszekvenálás



- **Platformok**

- SGI RC100: FPGA alapú szerver blade
- NVIDIA CUDA: GPGPU alapú megoldás



# Zodiac Aerospace



## ■ Mérésadatgyűjtő rendszer

- Analóg, videó, Ethernet, CAN, FlexRay,.....
- Felvétel és visszajátszás

## ■ DataRec4: a modulok tipikusan SoPC megvalósításúak

- Xilinx V2P: 1-2 PPC processzor az FPGA-ban
- Soros gigabites kommunikáció
- Pontos szinkronizáció

## ■ MDR: Dedikált processzor + FPGA

- PCI, PCIe kommunikáció



# Xilinx

- **Valós idejű videó rank szűrő IP**

- US Patent US8005881 B1

- **Szintézis időben konfigurálható**

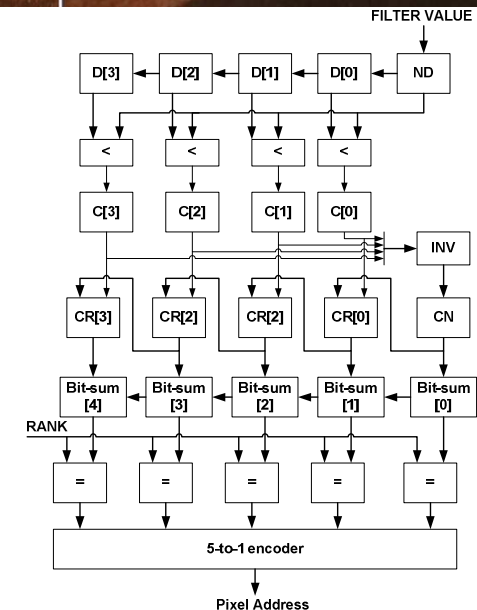
- Szűrő ablakméret

- Színmélység

- Feldolgozási sebesség – egy kimenet számításához szükséges órajelek száma

- **Pipeline architektúra**

- S3: 225 MHz; V6: 460 MHz



# ProPatria

- Mobil radar központi jelfeldolgozó egysége
- Heterogén számítási rendszer
  - 4 SHARC DSP + Xilinx V6 FPGA
  - Xilinx Spartan-6 menedzsment feladatokra
- Virtex-6 FPGA
  - 64 MHz mintavétel frekvencia
  - Digitális lekeverő
  - Decimáló szűrő  
1...32 decimálási faktor



# National Instruments

- Valós idejű sztereó képfeldolgozás
- 2 db CameraLink bemenet, DVI kimenet
- 2 db független DDR2 SODIMM foglalat
- Gigabit Ethernet interfész
- Xilinx Virtex-5 FPGA
- iMX27 processzor menedzsment feladatokra



# Hálózatba kapcsolt beágyazott rendszerek laboratórium



Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék



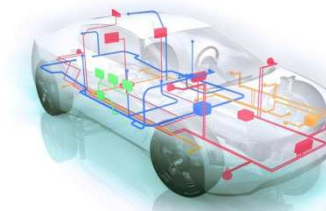
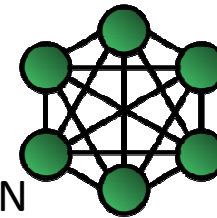
# Munkatársak, célok

- Célok: Oktatás, kutatás, fejlesztés
  - Beágyazott rendszerek kommunikációja
  - Elosztott beágyazott rendszerek (Distributed Embedded Systems)
  - Beágyazott rendszerek illesztése információs rendszerekhez és az Internethez (Internet of Things, IoT)
- Munkatársak: 2 docens, 2 mestertanár, 1 tanársegéd, 2 doktorandusz
  - Labor vezetője: Dr. Kovácsházy Tamás ([khazy@mit.bme.hu](mailto:khazy@mit.bme.hu))
    - Dr. Tóth Csaba, Benesóczky Zoltán, Scherer Balázs, Naszály Gábor, Dülk Ivor, Ferencz Bálint

# Kompetenciák

## ■ Kommunikációs hálózatok

- TCP/IP világ: Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, TCP/IP
- Szenzorhálózatok: IEEE 802.15.4, ZigBee, 6LoWPAN
- Járműipari hálózatok: CAN, LIN, FlexRay
- Időkritikus hálózatok

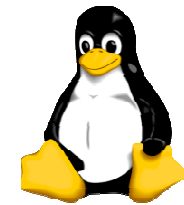


CAN



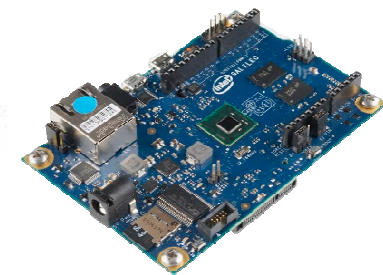
## ■ Szoftver kompetenciák

- Beágyazott szoftver
  - FreeRTOS, uCOS, Android
- National Instruments LabVIEW
- Linux alkalmazás- és kernelfejlesztés



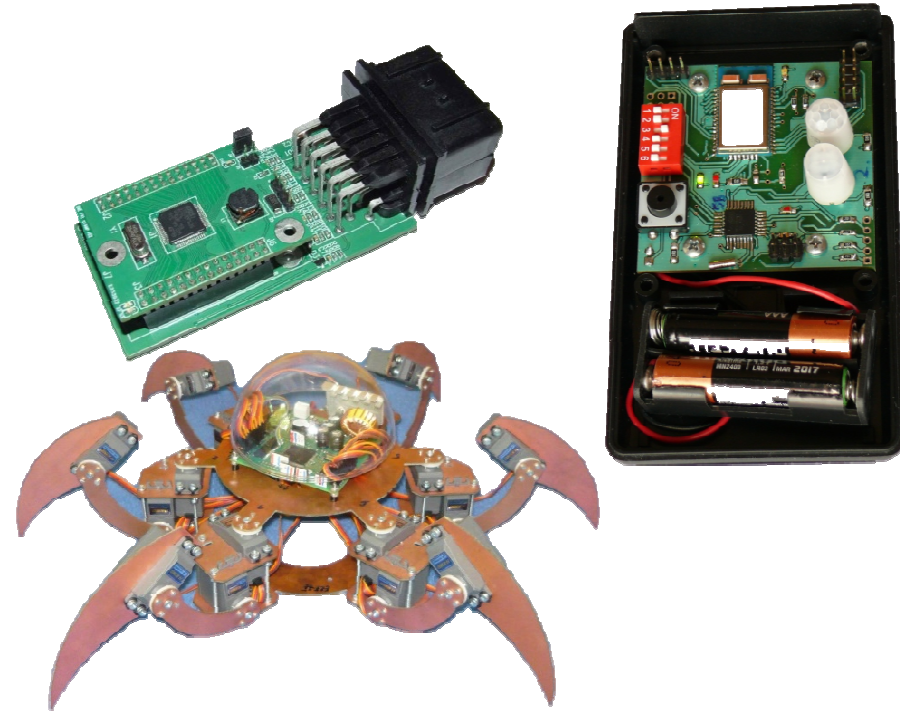
## ■ Hardver kompetenciák

- Mikrovezérlők: PIC, AVR, ARM Cortex Mx
- ARM Cortex-Ax: Raspberry-PI, BeagleBoard
- x86: Intel Galileo, ipari PC-k



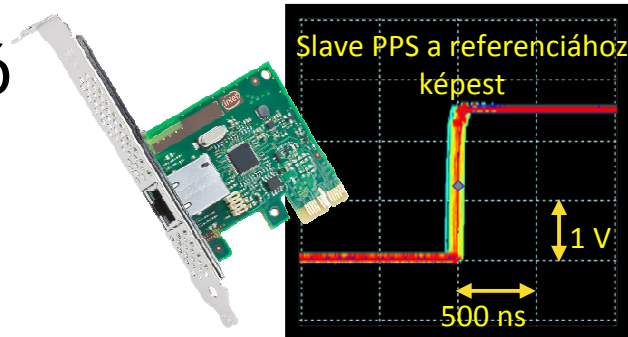
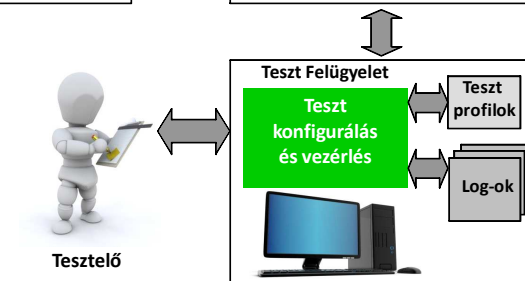
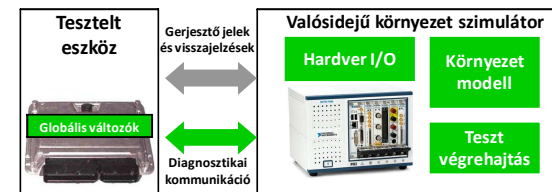
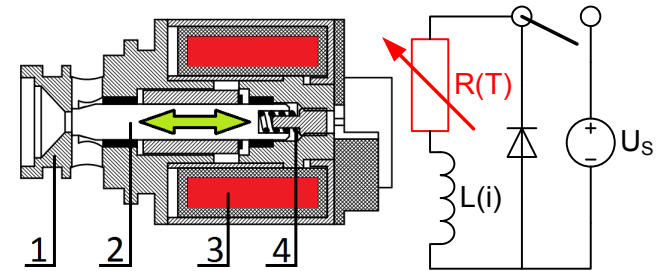
# Oktatás

- Előadások, laborok
  - 100-120 hallgató/félév
  - 2 MSc szakirány tárgy
  - 4 választható tárgy
  - számtalan mérés
- Önállólabor, szakdolgozat, diplomaterv témák
  - 40-50 hallgató/félév
- Bosch Labor
  - Modern autóiipari infrastruktúra



# Kutatás, PhD témák

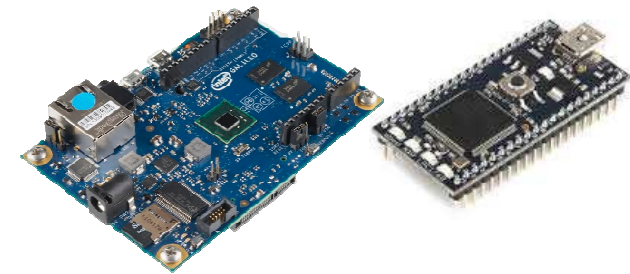
- Szenzor nélküli mágnesszelep állapotbecslése
  - Pozíció- és hőmérséklet becslés közvetlen mérés nélkül
- Beágyazott rendszerek mérés alapú tesztelése
  - HIL tesztek közben a vezérlő belső állapotainak megfigyelése
- Nagypontosságú óraszinkronizáció
  - Intel hálózati kártyák
  - Linux és beágyazott OS környezet



# Tanfolyamok

- 7 tanfolyam a csoport tématerületeiről

1. ARM magú 32 bites mikrovezérlők
2. Autóipari kommunikációs hálózatok
3. Ethernet és TCP/IP alkalmazása beágyazott rendszerekben
4. Linux Kernel space
5. Linux User space
6. Mikrokontrollerek alkalmazástechnikája
7. Párhuzamos, eseményvezérelt programozás beágyazott rendszerekben



- Több mint 200 elégedett mérnök



# Projektek

- Szenzorhálózati szabványok és ajánlások értékelése (2012,13, „Jövő Internet kutatások az elmélettől az alkalmazásig”, TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0001 )
- Ipari projectek a Bosch budapesti fejlesztő központjával
  - Közreműködés ipari előfejlesztésekben
  - Tesztrendszerek fejlesztése
- Intel Corporation és az Intel Magyarország által támogatott „Csomag alapú nagypontosságú óraszinkronizáció”
- Intel Corporation
  - Intel Quark SoC X1000 és Galileo kártya oktatási célú bevezetése
- TTTech Computertechnik AG
  - Audio Video Bridging (AVB) és IEEE 1588 fejlesztés beágyazott környezetben