

Gingl Zoltán, 2018, Szeged

Mikrovezérlők Alkalmazástechnikája

Mikrovezérlő alapok

A kurzus honlapja

- ▶ <http://www.inf.u-szeged.hu/~gingl/hallgatoknak/mikrovezerlok>
- ▶ Itt találhatók a legfrissebb részletes információk, letölthető anyagok

Bevezetés

Az ember kapcsolata a külvilággal



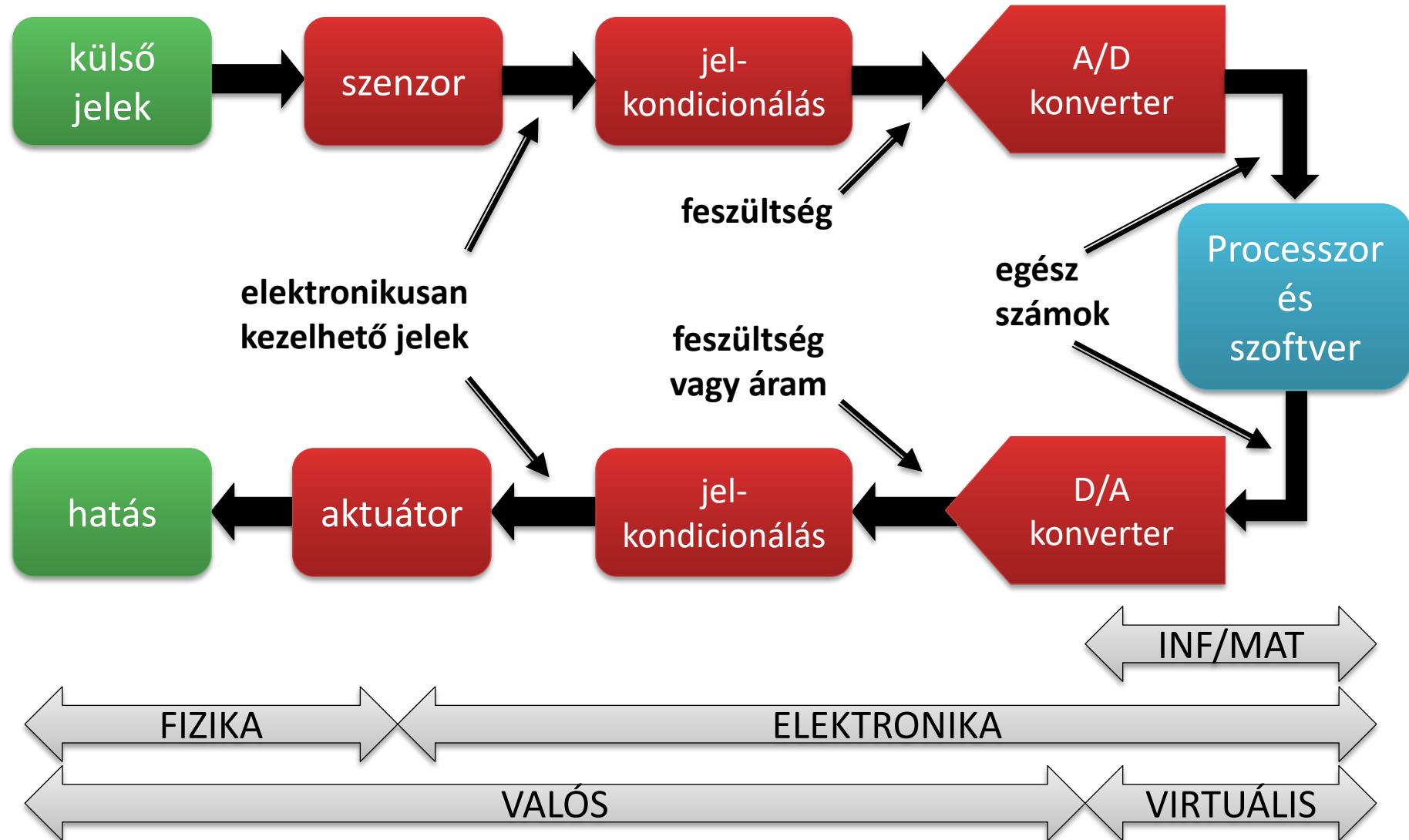
Az ember kapcsolata a külvilággal



Eszközök, gépek működése

- ▶ A működés matematika műveletekkel írható le
- ▶ Jelek - változók
- ▶ Információnyerés a jelekből - műveletek, egyenletek
- ▶ A feldolgozás eredményeként beavatkozás
- ▶ Azaz
 - ▶ fizikai, kémiai folyamatok, jelek
 - ▶ matematikai leírás, illetve ennek numerikus megfelelője közelítése

Modern műszer, gép, eszköz



Milyen előnyökhöz jutunk?

- ▶ Jeleken végezhető műveletek széles köre
- ▶ A feldolgozás a leghatékonyabb, rugalmas
- ▶ Azonos hardver, bővíthető funkciók
- ▶ Tárolás, másolás
- ▶ Továbbítás:
 - ▶ vezetékes
 - ▶ vezeték nélküli
 - ▶ helyi
 - ▶ távoli

Hogyan készítsünk ilyen rendszereket?

1. Jelek átalakítása: szenzorok
2. Jelek megfelelő formába hozása:
 - ▶ Analóg elektronika, jelkondicionálás
3. Digitális formába alakítás:
 - ▶ A/D konverter (ADC)
 - ▶ D/A konverter (DAC)
4. A kapott adatok (számok) feldolgozása
 - ▶ processzor
 - ▶ szoftver

Processzoros rendszerek

- ▶ Processzor
- ▶ Boot memória
- ▶ Adat és programmemória
- ▶ Interfész a perifériákhoz:
 - ▶ Felhasználói felület
 - ▶ Adattárolás
 - ▶ Adattovábbítás
 - ▶ Távelérés
- ▶ Szoftverek, operációs rendszer
- ▶ Tápellátás

A mikrovezérlők koncepciója

Mikrovezérlők

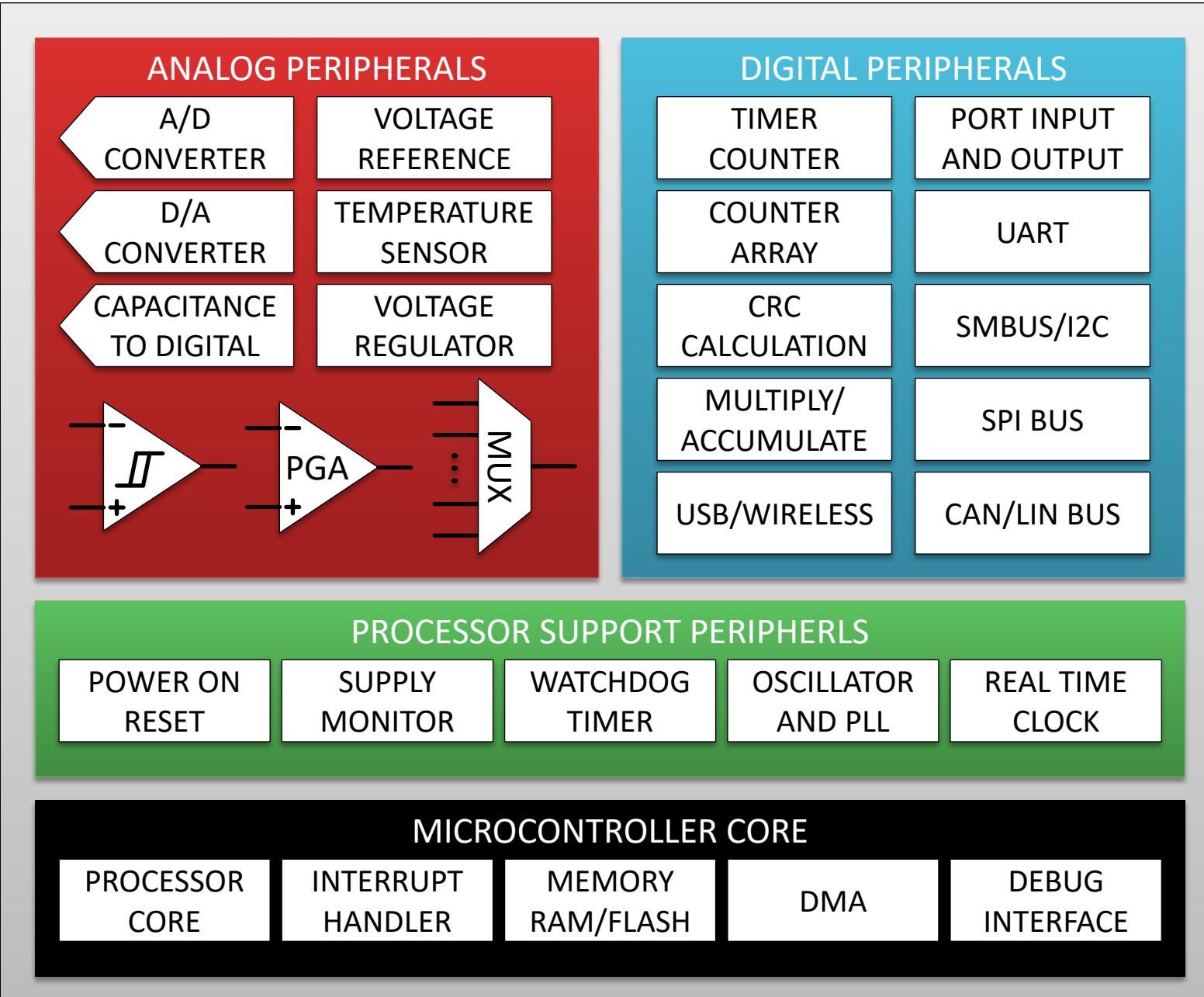
- ▶ A legtöbb komponens integrálása egyetlen lapkára
 - ▶ *komplett számítógép egyetlen integrált áramkörben*
- ▶ Célszámítógép, adott feladathoz
- ▶ Kis méret, fogyasztás
- ▶ Kommunikáció már áramkörökkel, PC-vel
- ▶ Univerzális digitális+szoftver(+analóg) építőelem
(mint a műveleti erősítő az analóg elektronikában)
- ▶ Beágyazott vezérlések, szenzorok,
- ▶ Mechanikai, mechatronikai rendszerek
- ▶ Alternatívák – nagysebességű valós idejű működés:
 - ▶ DSP, DSC, FPGA

Mikrovezérlők

- ▶ Megbízható, folyamatos működés
 - ▶ A programnak „nincs vége”, folyamatosan fut
- ▶ Nincs operációs rendszer, önálló kód fut
- ▶ Külső események, perifériák eseményei
 - ▶ Megszakítások bármikor keletkezhetnek
- ▶ Bármikor bekövetkezhet RESET (számos ok)
- ▶ Korlátozott erőforrások
- ▶ Optimalizált szoftver
- ▶ Hardverközeli programozás
- ▶ A hardver/assemblber ismerete

A mikrovezérlők tipikus felépítése

- ▶ CPU
- ▶ regiszterek
- ▶ cím és adatbuszrendszer
- ▶ RAM, ROM , EEPROM, flash
- ▶ Integrált perifériák
- ▶ CPU-periféria kommunikáció
 - ▶ Intel processzorokon külön utasítás
 - ▶ IN AX,ADDRESS
 - ▶ Memory mapping módszer (mintha memória lenne)
 - ▶ SFR egy speciális memory mapping



Perifériák ▶ Működést segítő áramkörök

Megnevezés	Feladat, leírás
Power On Reset	Megfelelő RESET jel generálása a tápfeszültség bekapcsolásakor
Power supply monitor (Brown-out detector)	A tápfeszültség folyamatos monitorozása, ha túl alacsony, RESET generálása
Watchdog timer	A program futásának folyamatos monitorozása, zavarjelek, hiba esetén RESET generálása
Oscillator, PLL	A processzor ütemjelének előállítása, a frekvencia sokszorozása (PLL, phase-locked loop)
LDO regulator	Tápfeszültség alacsony feszültségeséses stabilizálása
Debug interface	JTAG (Joint Test Action Group) vagy más port, amivel működés közben le lehet kérdezni az áramkör belső állapotát, a kivezetéseken levő jelszinteket.

Perifériák ▶ Digitális perifériák

Megnevezés	Feladat, leírás
Flash	A program és adatok tárolása tápfeszültség nélkül is Boot memória és programmemória is
Flash/EEPROM	Törölhető permanens adattároló memória
PORT I/O, GPIO	Logikai értékeket reprezentáló jelek előállítása és olvasása
Timer/Counter	Időzítések, események számlálása, periodikus események generálása
PCA (Programmable Counter Array)	Sokcsatornás időzítések, PWM jelek előállítása
RTC (Real-Time clock)	Valós idejű óra, időzített riasztások, processzor ébresztés
CRC (Cyclic Redundancy Check)	Adatok integritásának, hibáinak ellenőrzése
MAC (Multiply and Accumulate)	Gyorsított szorzás és összeadás (sok művelethez hasznos, pl. FFT spektrális analízis, FIR, IIR szűrés)

Perifériák ▶ Kommunikációs áramkörök

Megnevezés	Feladat, leírás
EMI (External memory interface)	Külső memória vagy hasonló periféria (ADC, DAC, stb.) kezelése, írása, olvasása. Adat-, címbusz, vezérlőjelek.
UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)	Egyszerű, igen elterjedt aszinkron soros adatátviteli mód, kommunikáció számos más eszközzel, számítógéppel
SPI (Serial Peripheral Interface)	Szinkronizált soros adatátvitel integrált áramtörök között
I2C (Inter Integrated Circuit)	Szinkronizált soros adatátvitel integrált áramtörök között, a két vezetékre sok eszköz csatlakozhat.
CAN (Controller Area Network) LIN (Local Interconnect Network)	Autóiparban és más kritikus alkalmazásokban használt soros adatátviteli hálózati interfész.
USB (Universal Serial Bus)	USB eszközként működés és kommunikáció biztosítása
Wireless	Vezeték nélküli kommunikáció biztosítása

Perifériák ▶ Analóg perifériák

Megnevezés	Feladat, leírás
Comparator	Feszültsékgkülönbség előjelének megfelelő logikai jelet ad
ADC (Analog-to-Digital Converter)	Feszültséget egész számmá konvertál. Az egész szám lehet előjeles vagy előjel nélküli 8-24 bites szám
DAC (Digital-to-Analog Converter)	Egész számmal arányos feszültséget vagy áramot ad. Az egész szám szám lehet előjeles vagy előjel nélküli 8-16 bites szám.
MUX (Multiplexer)	A bemenetén levő több analóg jelből egyet ad a kimenetén.
PGA (Programmable Gain Amplifier)	Analóg jelek szoftveresen kiválasztható erősítését végzi, az erősítés értéke tipikusan 1-128 között állítható
Temperature Sensor	A mikrovezérlő hőmérsékletétől függő jelet ad.
CDC (Capacitance-to-Digital Converter)	Kapacitív nyomógombok, csúszóérintkezők megvalósítását támogatja az érintés által megváltozott kapacitásérték digitalizálásával.

Integráltság: A/D konverter 1954-ből

- ▶ 11-bit felbontás
 - ▶ 50000 adat/s
 - ▶ 48cm x 38 cm x 66cm
 - ▶ 68kg
 - ▶ \$8500 1954-ben...
-
- ▶ *forrás:*
 - ▶ *Walt Kester, Analog-Digital Conversion, Analog Devices, 2004*



Integráltság: mai komplett számítógépek

► Fent: C8051F060

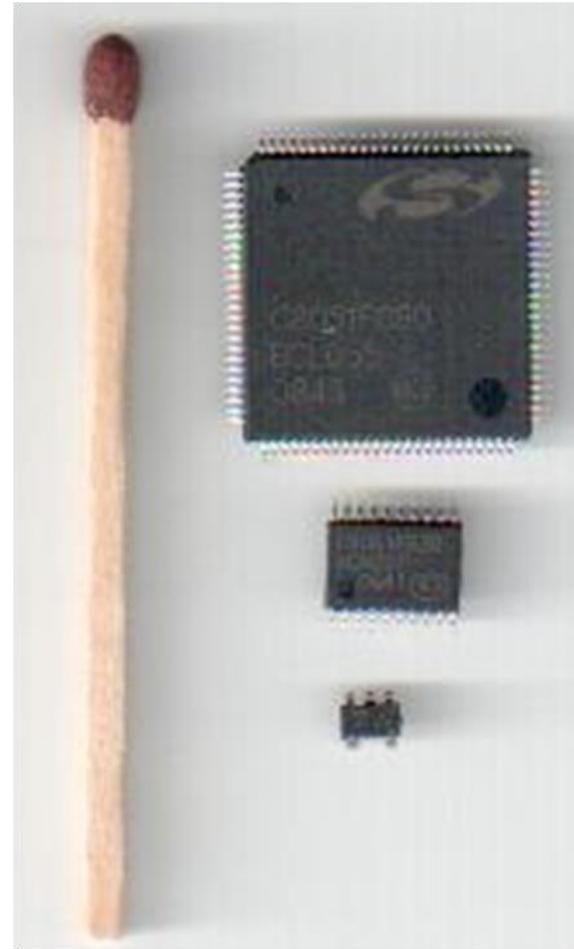
- ▶ Egycsipes számítógép
- ▶ 2 x A/D: 16-bit, 1M adat/s
- ▶ 2 x D/A: 12-bit
- ▶ 25 MIPS

► Középen: C8051F530

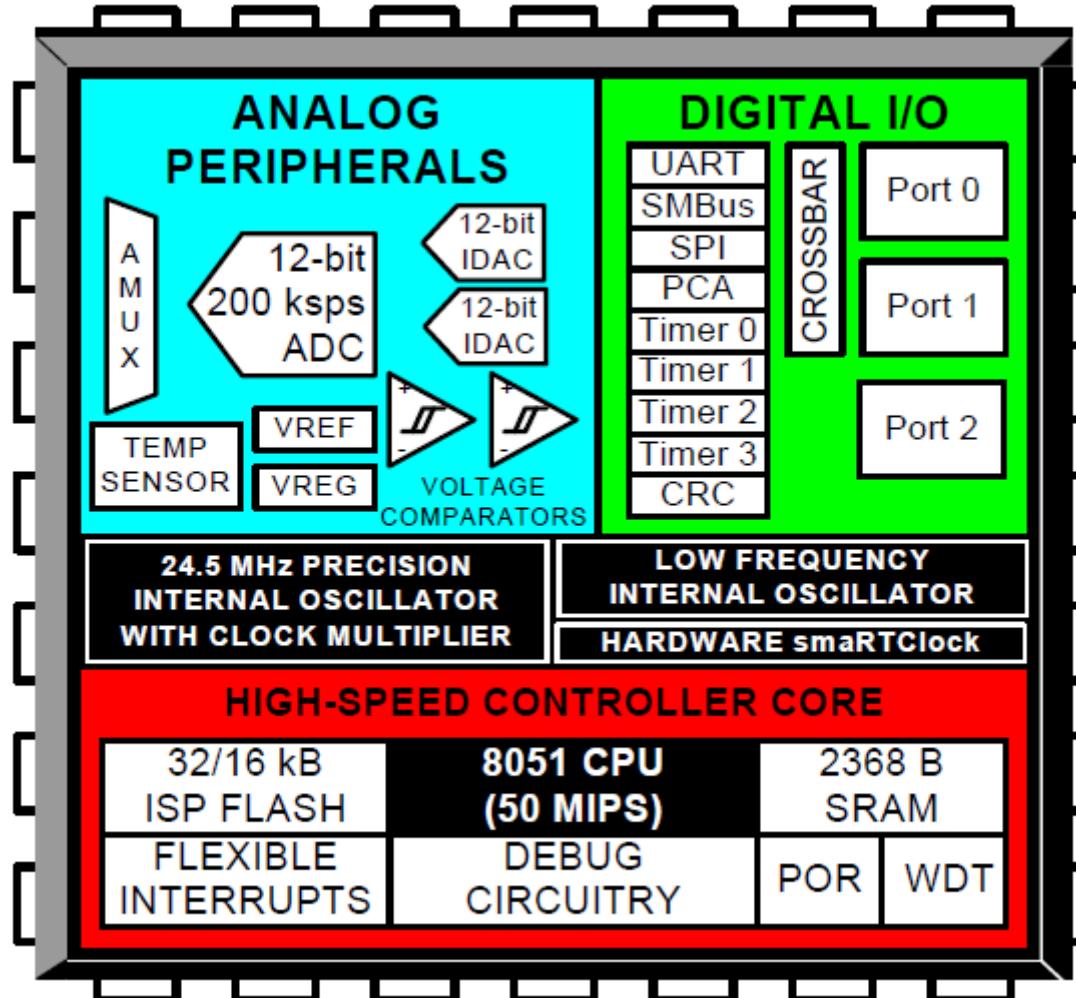
- ▶ Egycsipes számítógép
- ▶ A/D: 12-bit, 200k adat/s

► Lent: LM73

- ▶ Hőmérsékletszenzor
- ▶ 14-bit A/D



A C8051F410 felépítése



Típusválaszték, tulajdonságok

Típusválaszték, tulajdonságok

- ▶ **Architektúra, sebesség**
 - ▶ 8-bit, 16-bit, 32-bit
 - ▶ CISC, RISC
 - ▶ (DC) – 32768Hz – 1MHz/20MHz – 25MHz/100MHz
- ▶ **Általános mikrovezérlők** (general purpose)
 - ▶ digitális vezérlési feladatok
 - ▶ Kétállapotú, digitális jelek
- ▶ **Speciális mikrovezérlők** (special function)
 - ▶ USB MCU
 - ▶ wireless MCU
 - ▶ networked MCU
 - ▶ secure MCU

Típusválaszték, tulajdonságok

- ▶ **Kevert jelű mikrovezérlők**
(mixed-signal MCU)
 - ▶ valós jelek kezelése
 - ▶ analóg perifériák
 - ▶ analog MCU, analog-intensive MCU
- ▶ **Kapacitív érintésérzékelő mikrovezérlők**
(capacitive touch sensing MCU)
 - ▶ modern felhasználói felület
 - ▶ kapacitás digitalizálása sok bemeneten

Típusválaszték, tulajdonságok

- ▶ **Kisfogyasztású mikrovezérlők**
(low-power)
 - ▶ 100-300uA/MHz
 - ▶ <1uA nyugalmi módok
 - ▶ adatmegőrzés
 - ▶ elemes alkalmazásokhoz
- ▶ **Alacsonyfeszültségű mikrovezérlők**
(low-voltage)
 - ▶ 1,8V–2,7V, de akár 0,9V is elegendő a működéshez
 - ▶ elemes táplálás
 - ▶ gyakran kis fogyasztásúak is
 - ▶ a működési sebesség is függhet ettől

Típusválaszték, tulajdonságok

► Kisméretű mikrovezérlők

(small form factor)

- 2mm x 2mm – 3mm x 3mm – 7mm x 7mm
- 6-48 kivezetés

► Ipari, járműipari mikrovezérlők

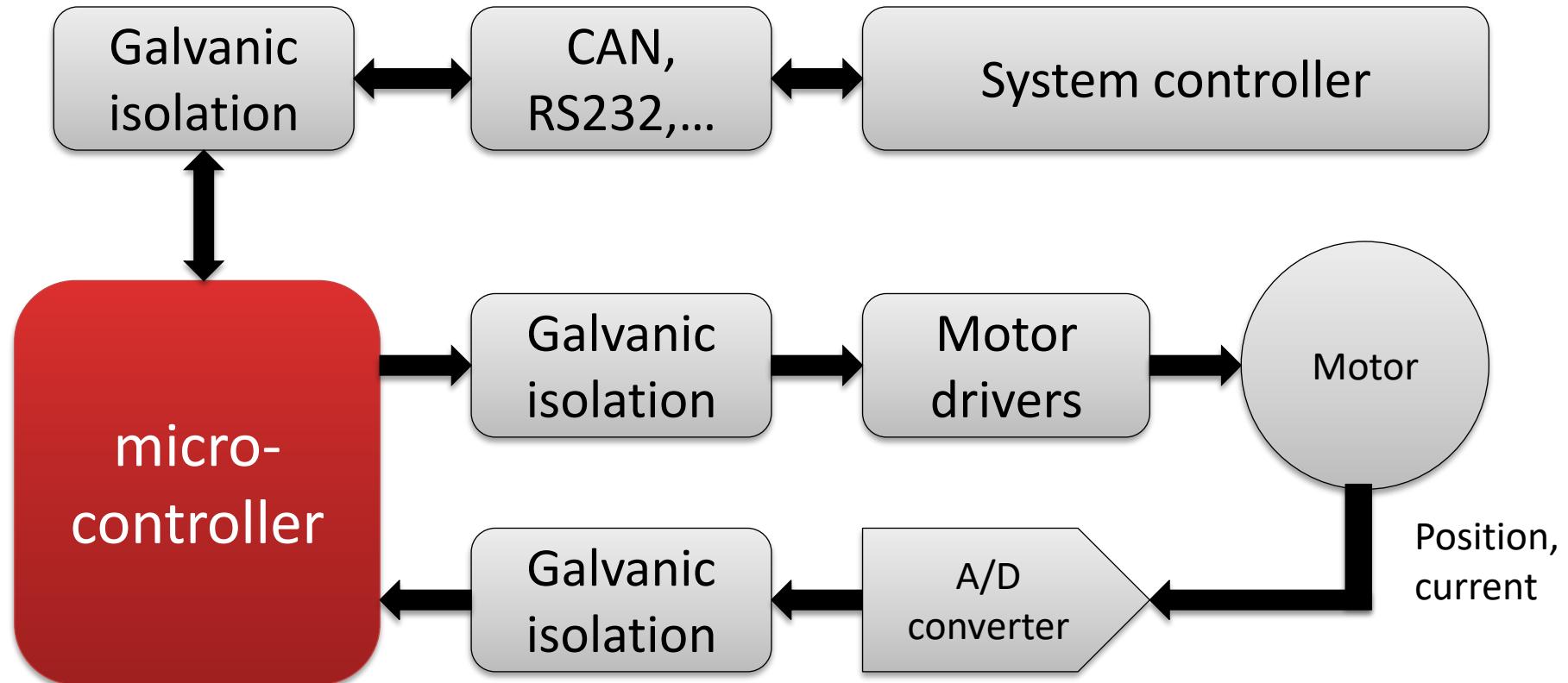
(industrial, automotive)

- speciális kommunikációs perifériák (CAN, LIN, ...)
- extra megbízhatóság
- széles hőmérséklettartomány
- szigorúbb specifikációk

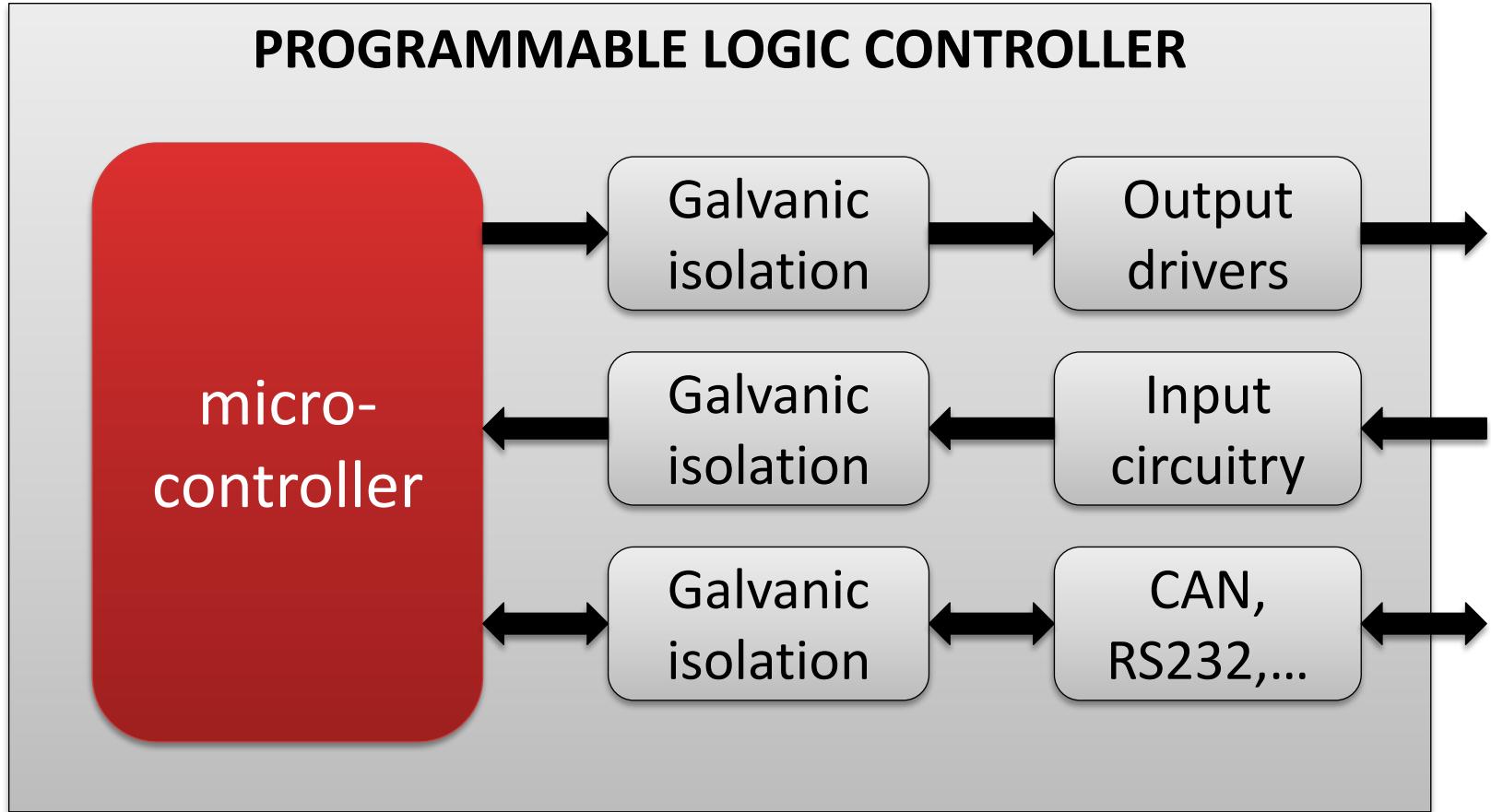
Alkalmazási példák

<http://www.silabs.com/applications/Pages/default.aspx>

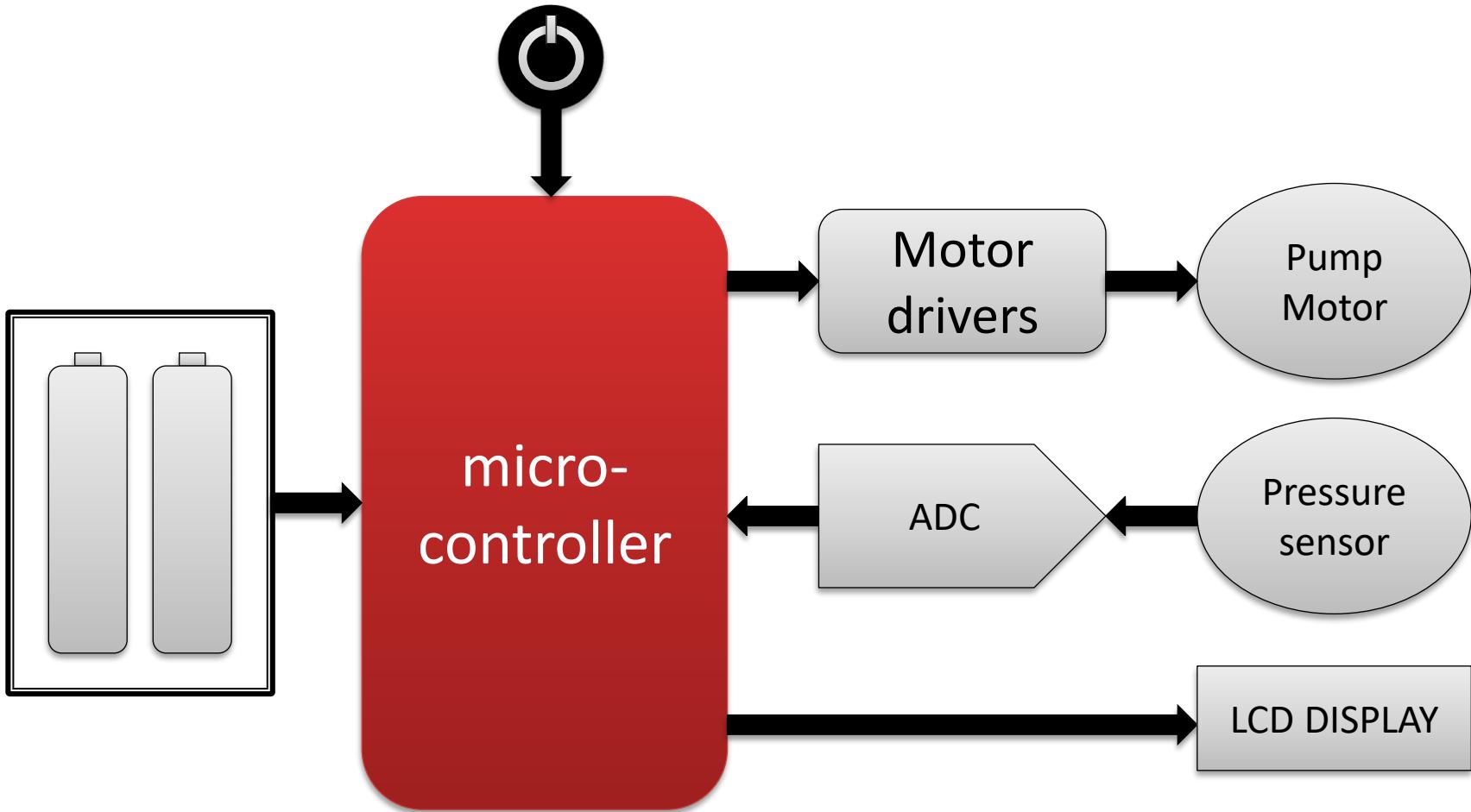
Példák ▶ motorvezérlés



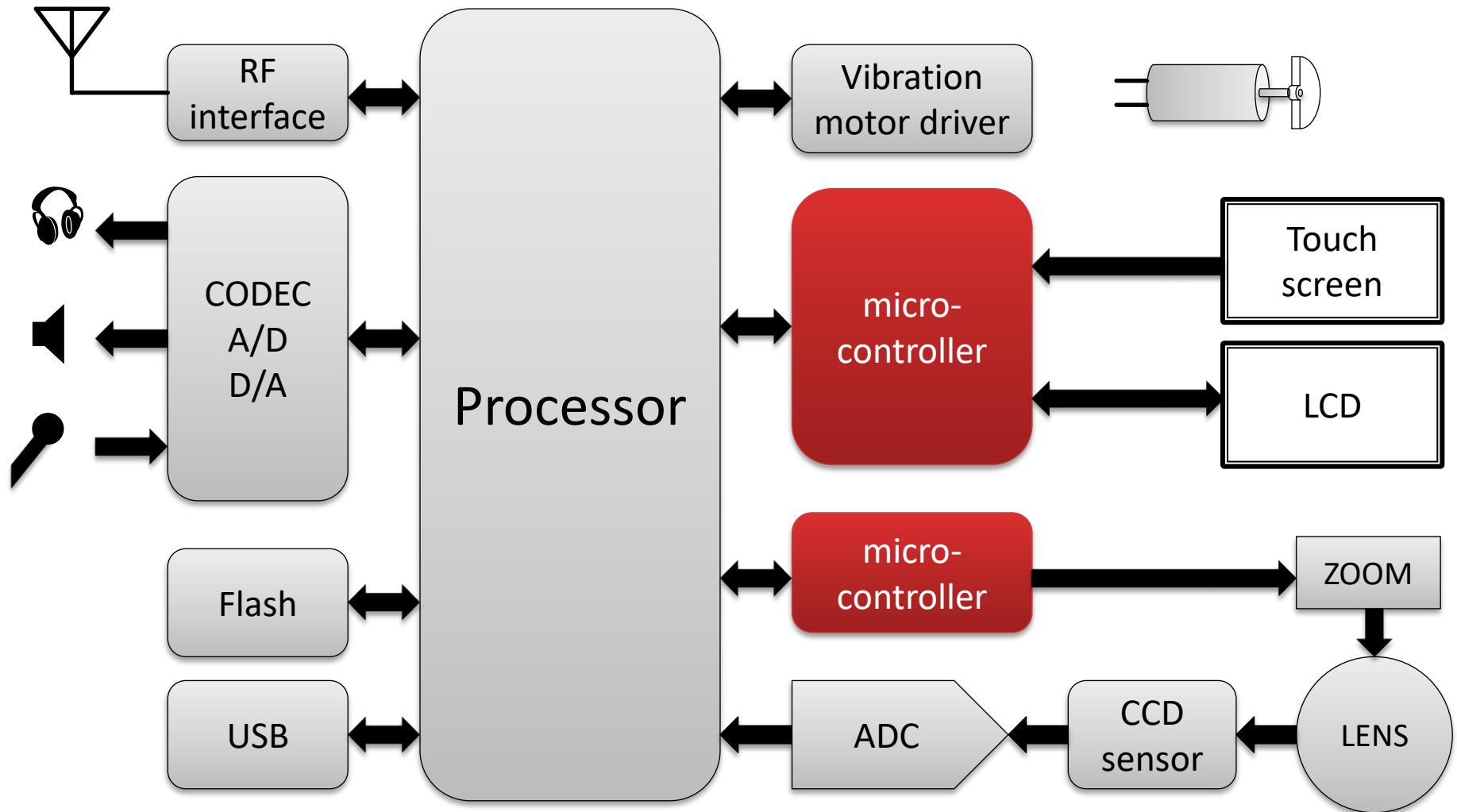
Példák ▶ PLC



Példák ▶ vérnyomásmérő



Példák ▶ Smart phone



Példák ▶ járműelektronika

- ▶ [http://www.silabs.com/applications/automotive/
Pages/default.aspx](http://www.silabs.com/applications/automotive/Pages/default.aspx)
- ▶ Ablakemelő motorok
- ▶ Riasztórendszer
- ▶ Akkumlátortöltés
- ▶ Tükörök mozgatása, fűtése
- ▶ Szellőzés, klimatizálás
- ▶ Gumininyomás mérése – menet közben
- ▶ ...

Hallgatóink részvételével készült eszközök

Elkészült és folyamatban levő munkák

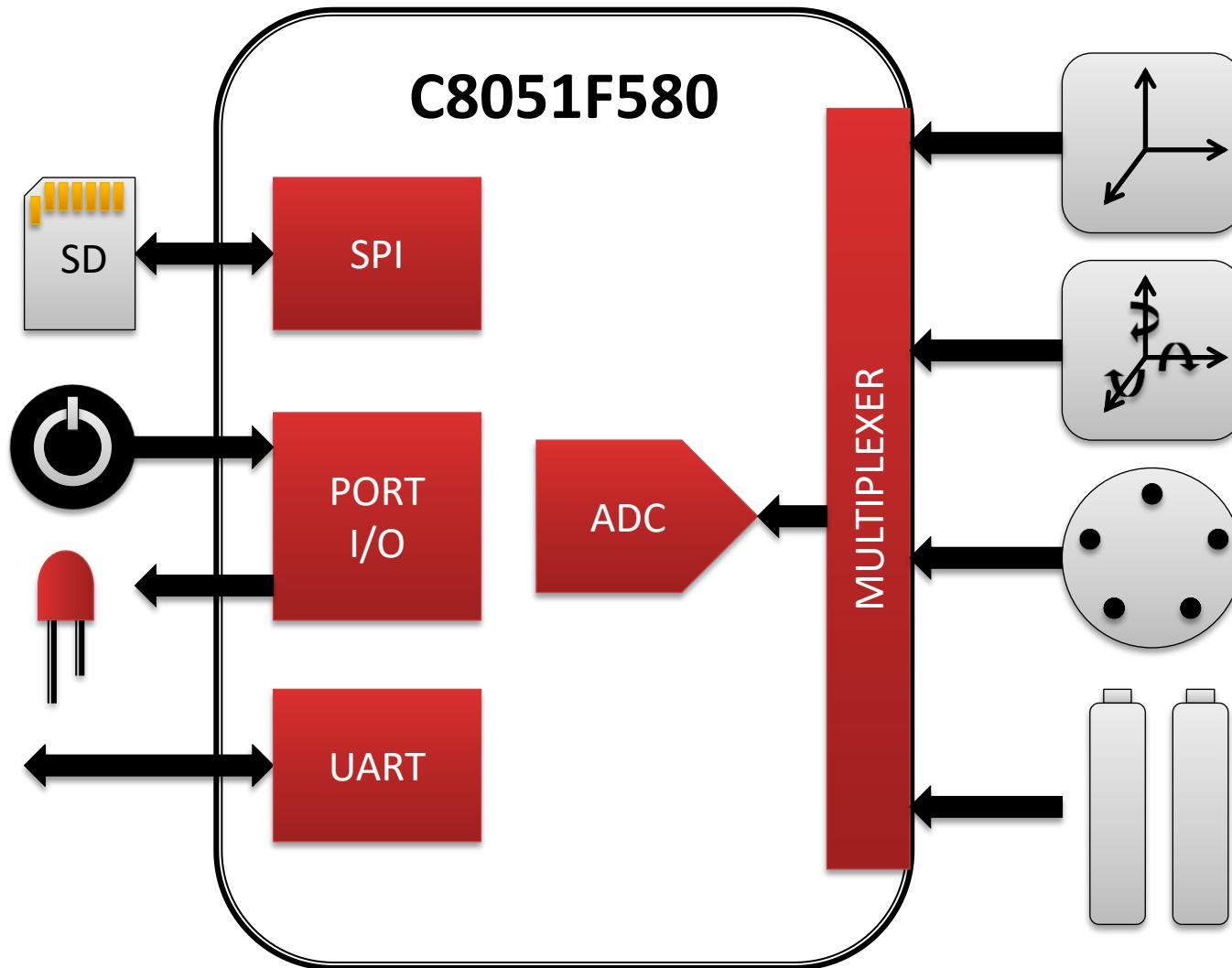
- ▶ Hallgatói részvétel:
 - ▶ Nyári szakmai gyakorlat
 - ▶ Szakdolgozat, diplomamunka
 - ▶ PhD munka
 - ▶ Ipari fejlesztések
- ▶ Információk:
 - ▶ <http://www.inf.uszeged.hu/tanszekek/muszakiinformatika/szakdolgozat.php>
 - ▶ <http://www.noise.physx.uszeged.hu/Instruments/index.aspx>

Kajak mozgáselemző műszer

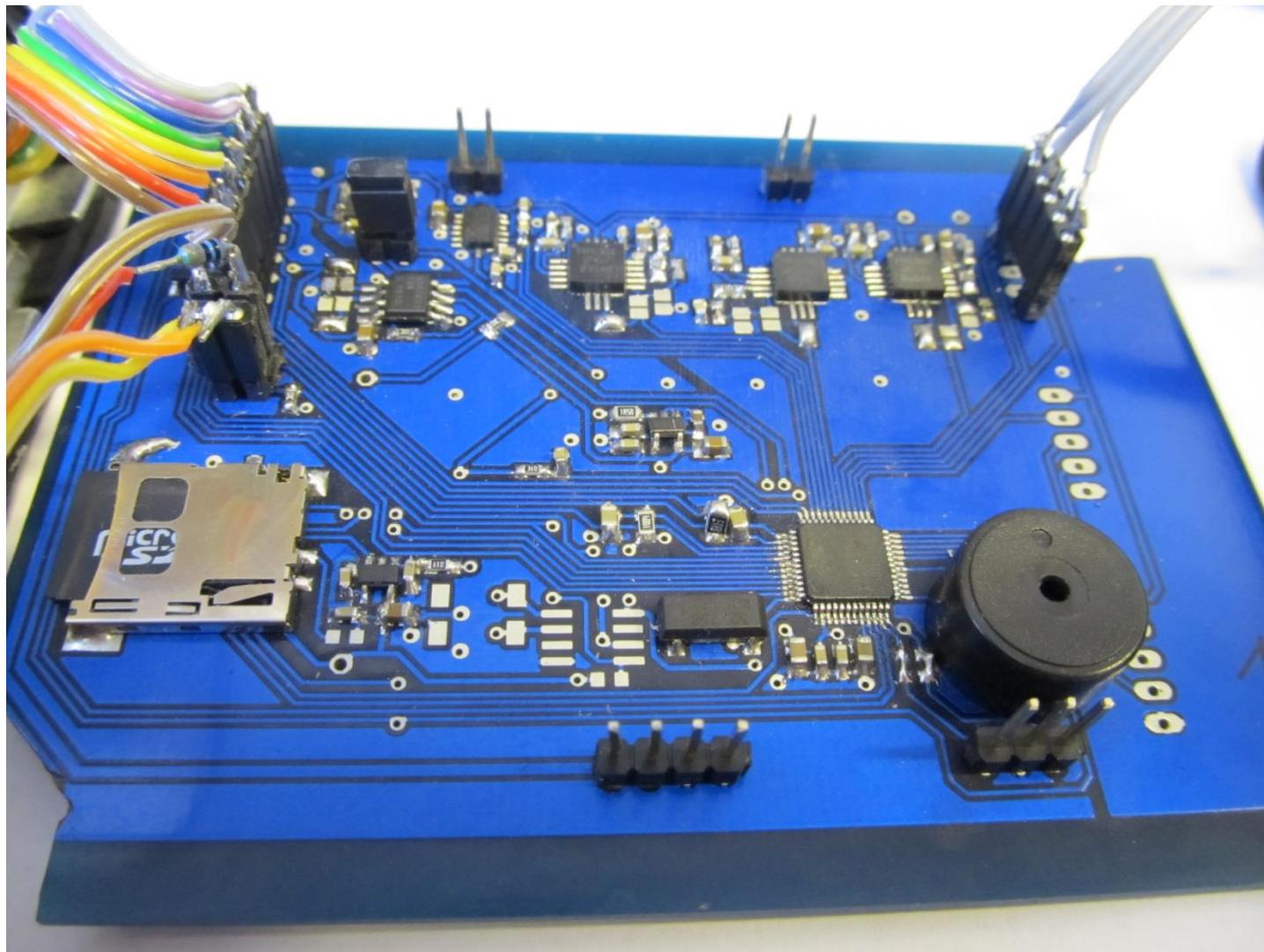
- ▶ Kajakba rögzíthető
- ▶ Start/stop
- ▶ Akkuról
- ▶ SD kártyára ment
- ▶ USB 2.0 upload
- ▶ JAVA PC-szoftver



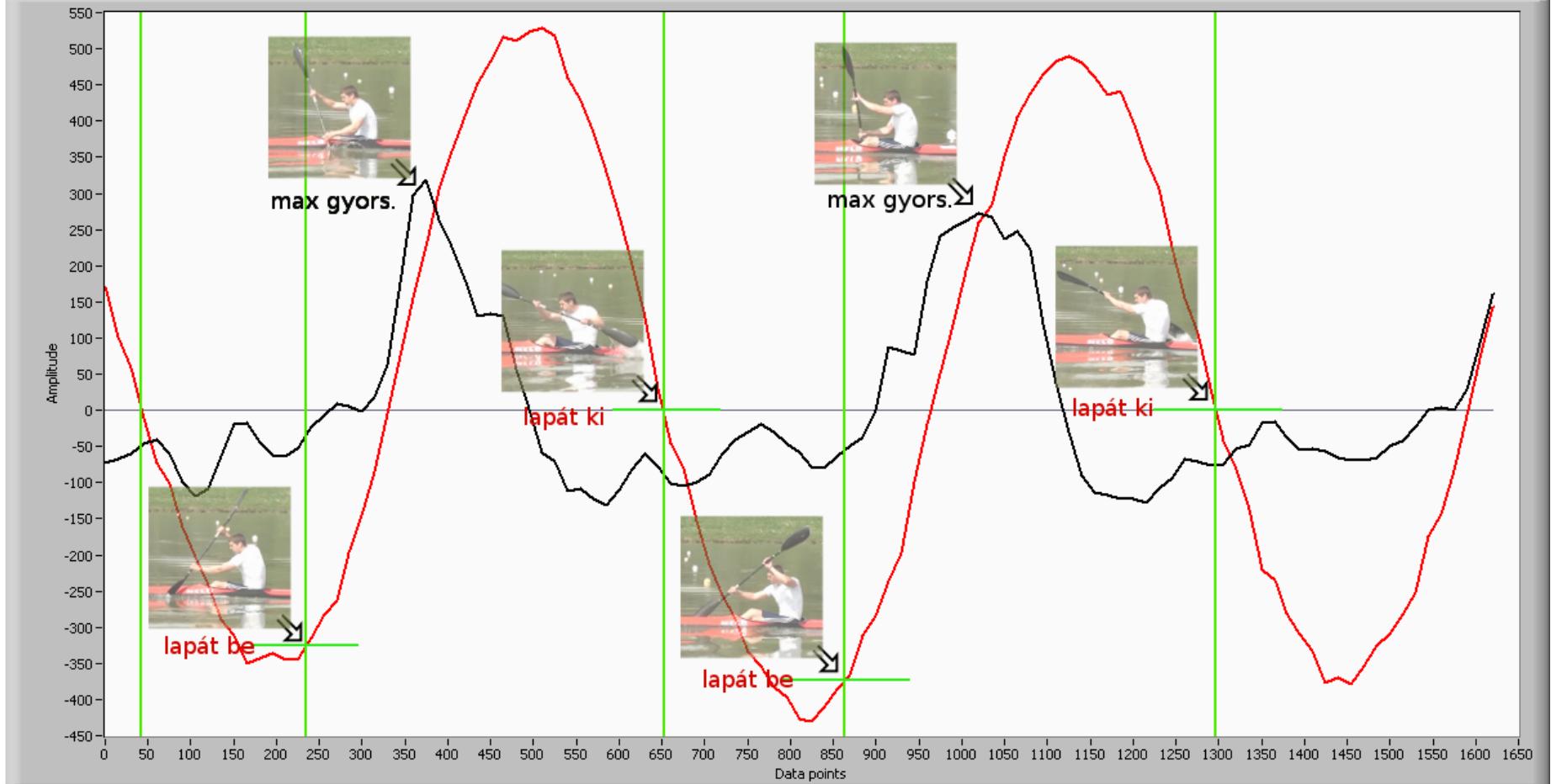
Kajak mozgáselemző műszer



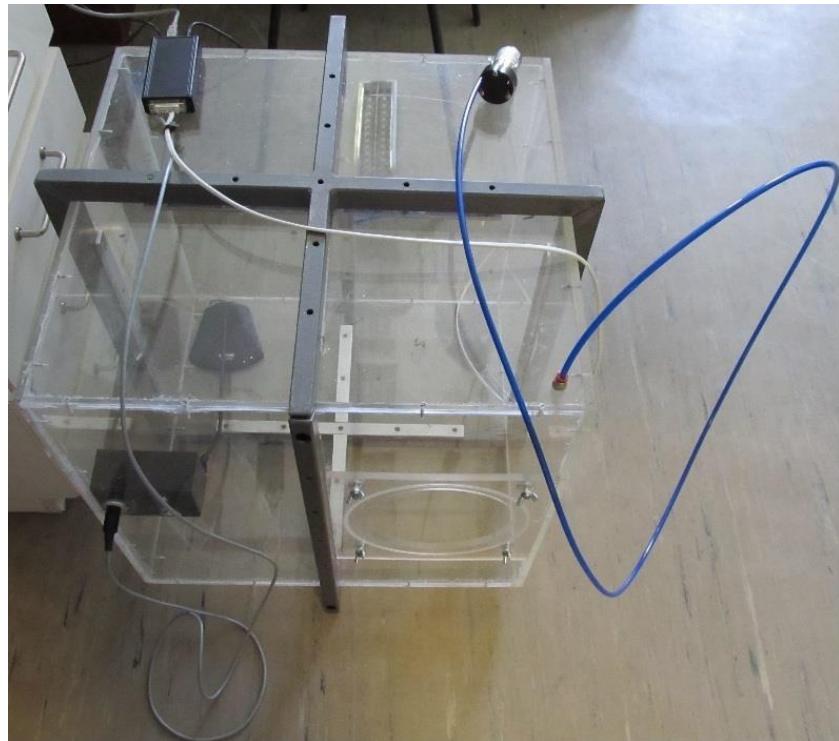
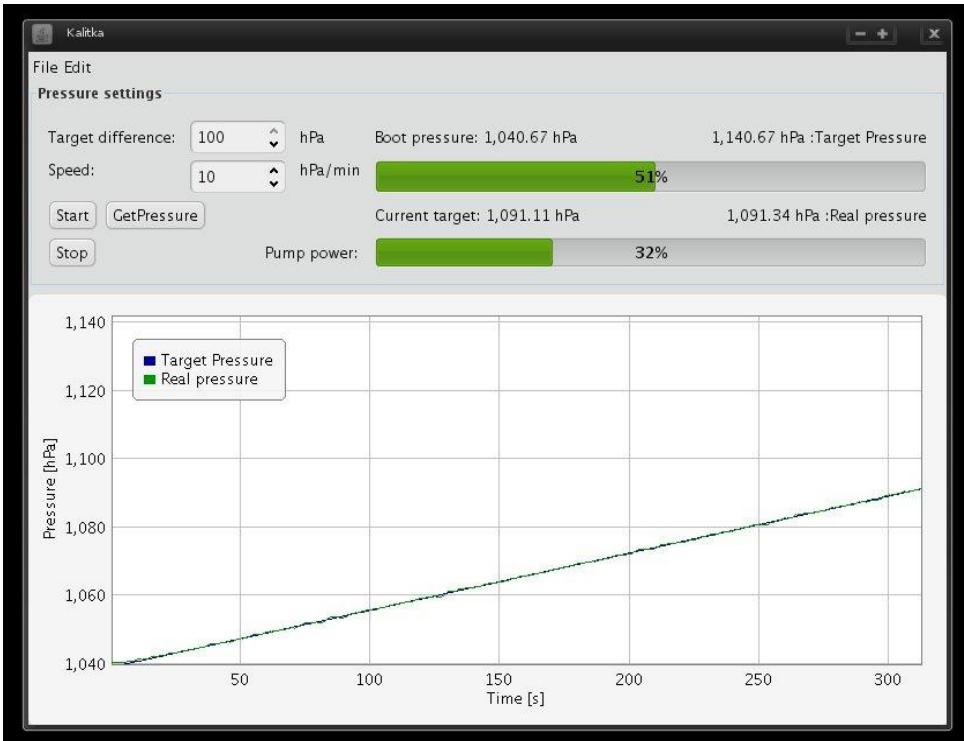
Kajak mozgáselemző műszer



Kajak mozgáselemző műszer

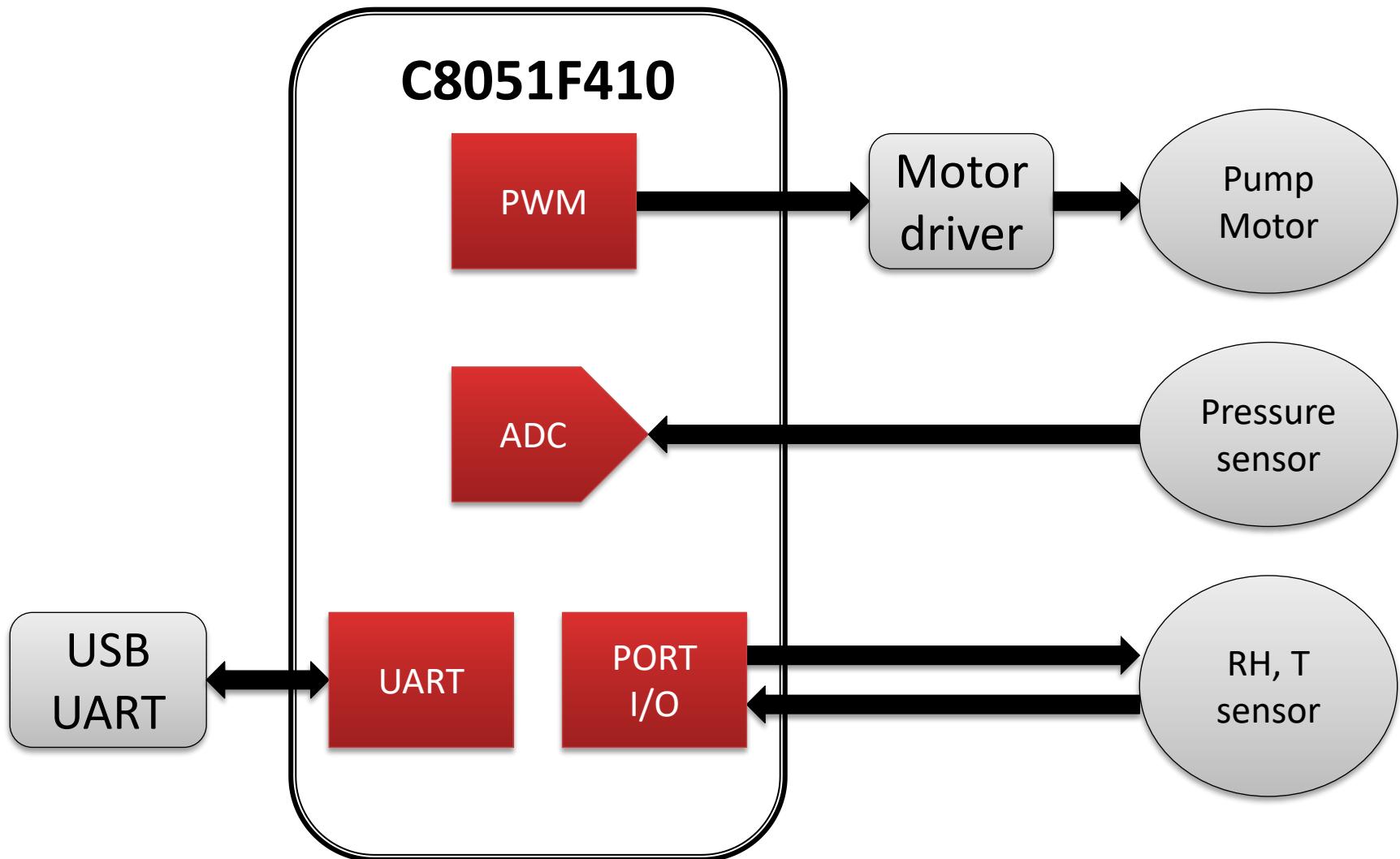


Légnyomásszabályzó rendszer



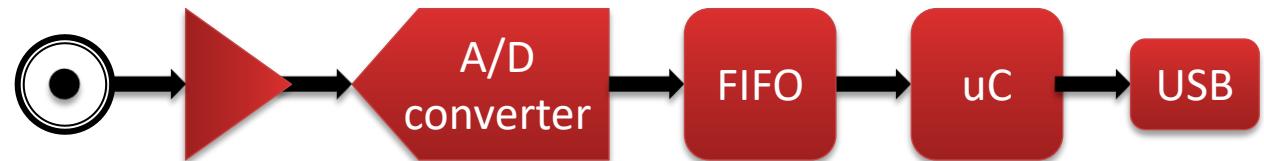
- ▶ Madarak viselkedése
- ▶ Légnyomás $\pm 50\text{Hgmm}$
- ▶ USB port
- ▶ Linux vezérlőszoftver
- ▶ nyomásmérés
- ▶ hőmérsékletmérés
- ▶ pumpa vezérlés
- ▶ mikrofonjel mérése

Légnyomásszabályzó rendszer



Nagysebességű adatgyűjtő műszer

- ▶ 12-bit felbontás
- ▶ 40 millió adat/s
- ▶ USB port

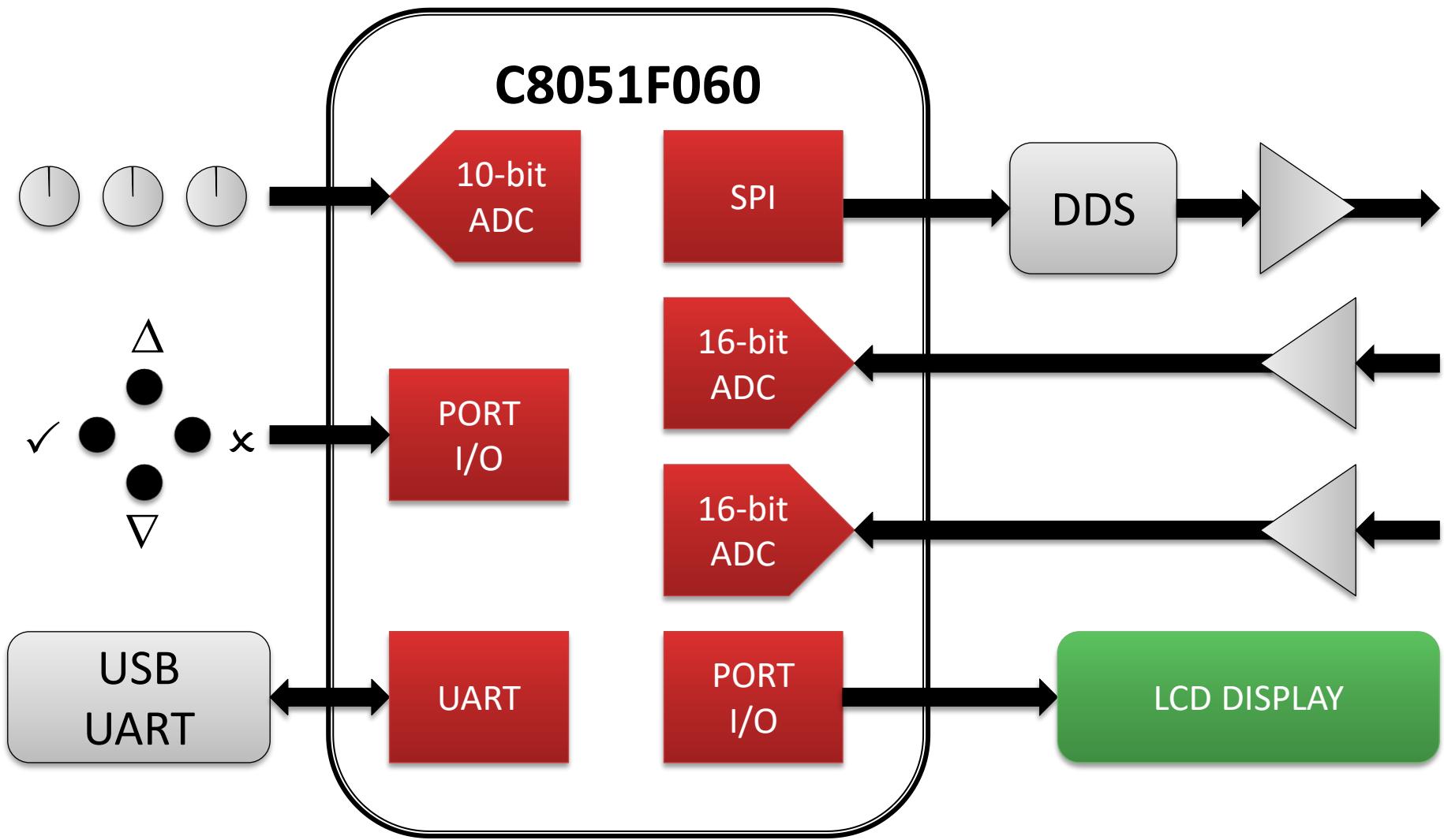


DDS jelgenerátor, vektor voltmérő

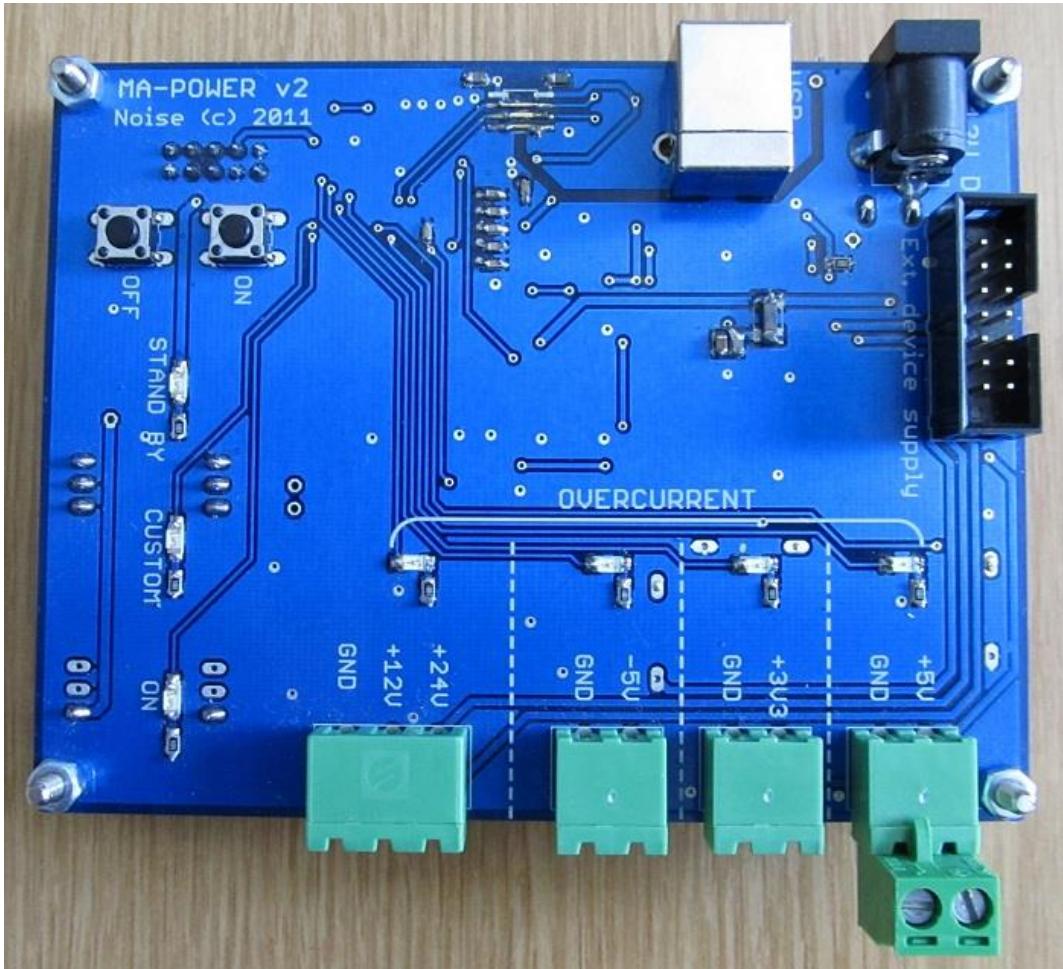
- ▶ DC-1MHz jeltartomány
- ▶ LCD kijelző
- ▶ Amplitúdó, fázis mérése
- ▶ DDS technológia
- ▶ Frekvenciafelbontás 24-bit



DDS jelgenerátor, vektor voltmérő

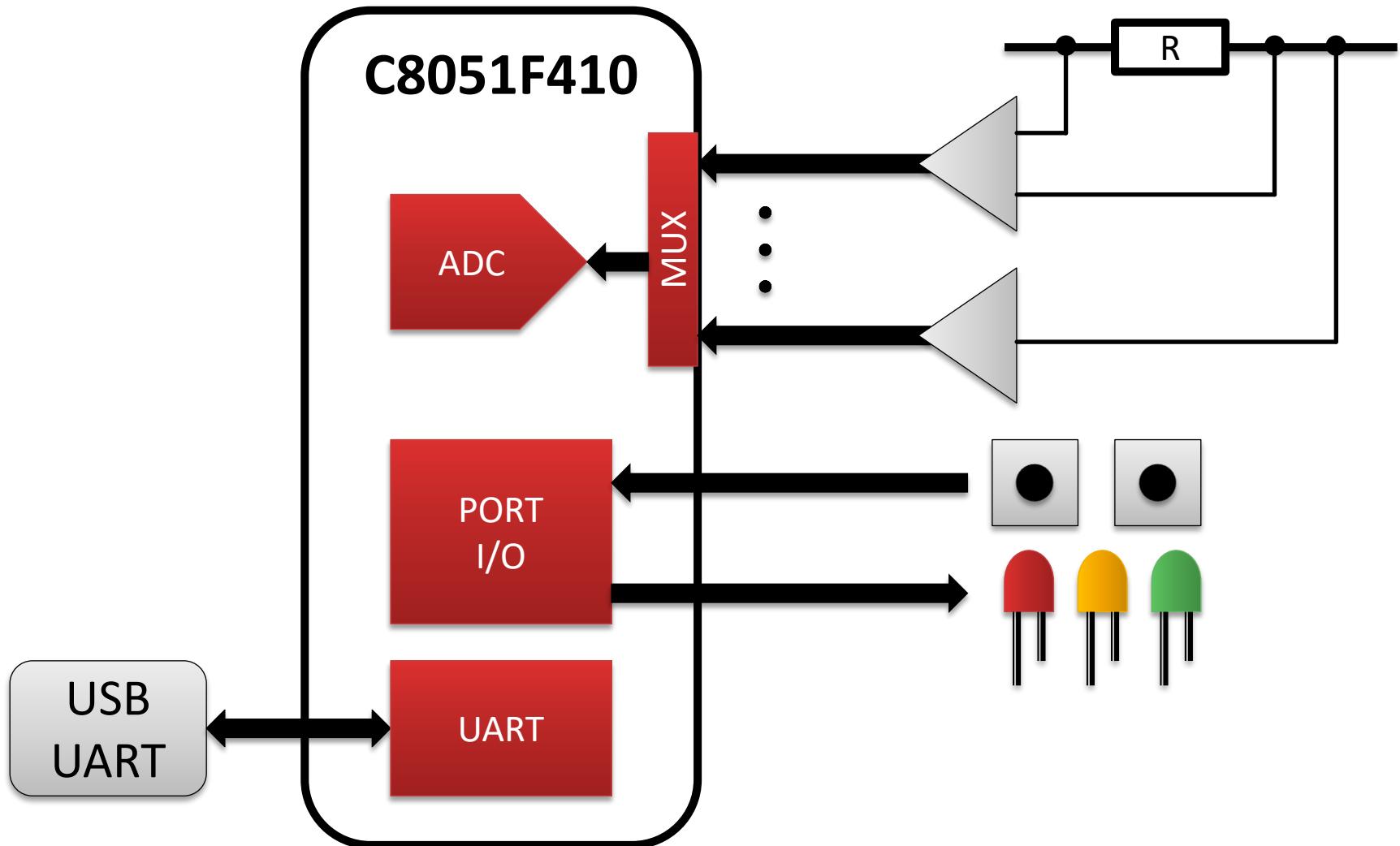


Intelligens tápegységpanel



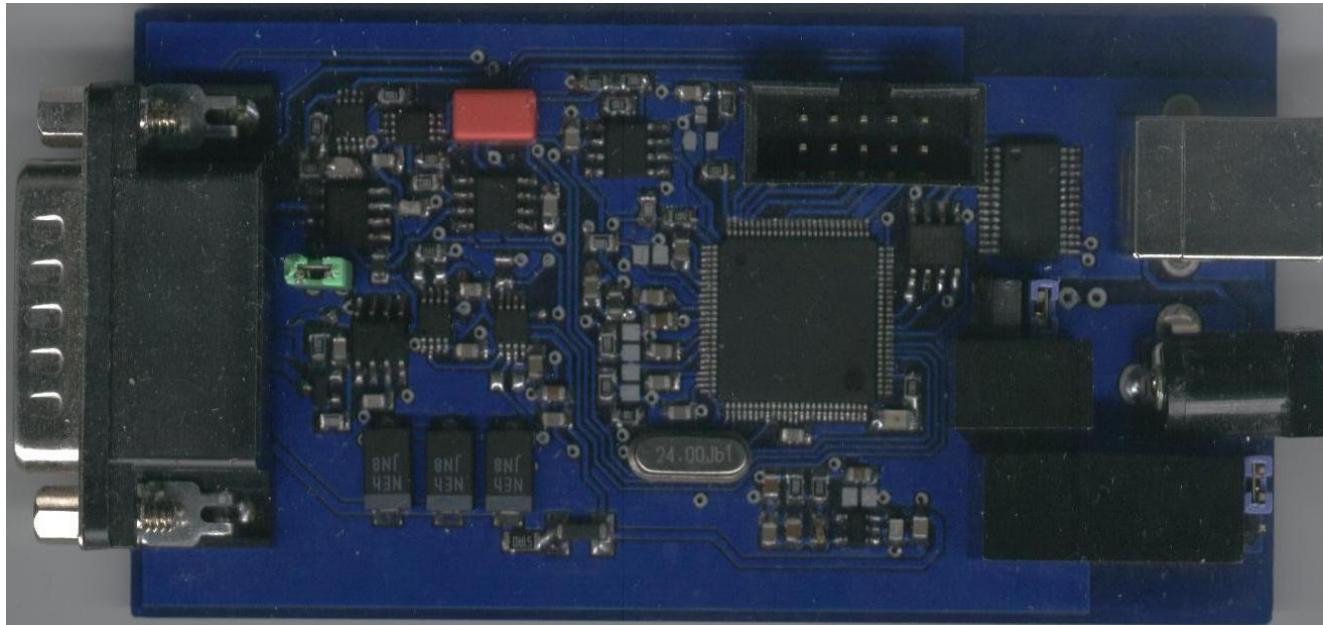
- ▶ Tápegység
- ▶ I, V mérése
- ▶ Biztonsági lekapcsolás
- ▶ LED állapotjelzés
- ▶ Mérés és adatgyűjtés laboron

Intelligens tápegységpanel

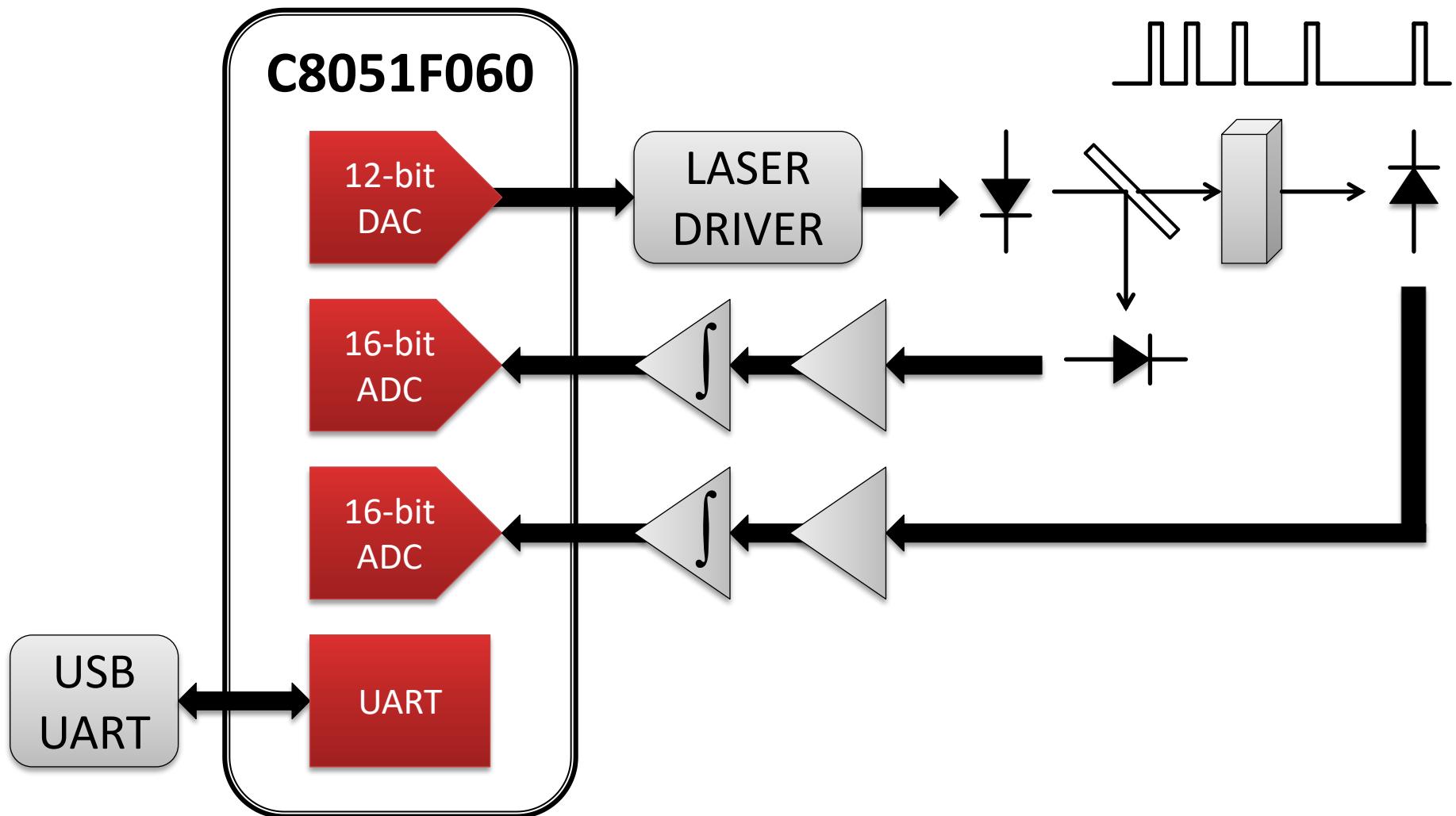


Bacteriochlorophyll fluorometer

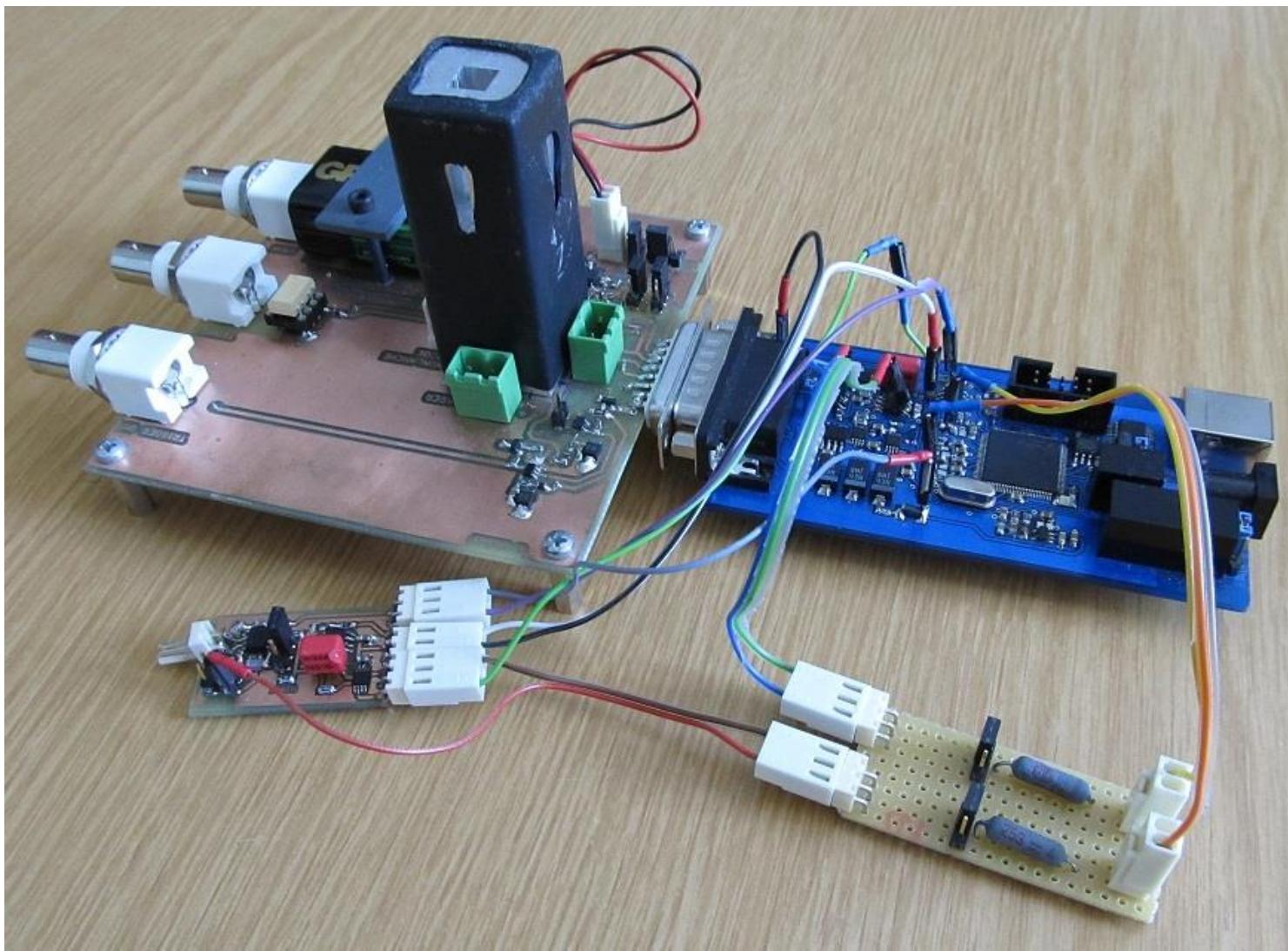
- ▶ 2A lézerdióda
- ▶ Logaritmikus pulzusok
- ▶ 1us felbontás
- ▶ Sok műszer kiváltása
 - ▶ oszcilloszkóp, jelgenerátor, lézermeghajtó
- ▶ Biofizika
- ▶ Baktériumok fotoszintézise
- ▶ Fényimpulzusos gerjesztések
- ▶ Keletkezett fény mérése



Bacteriochlorophyll fluorometer

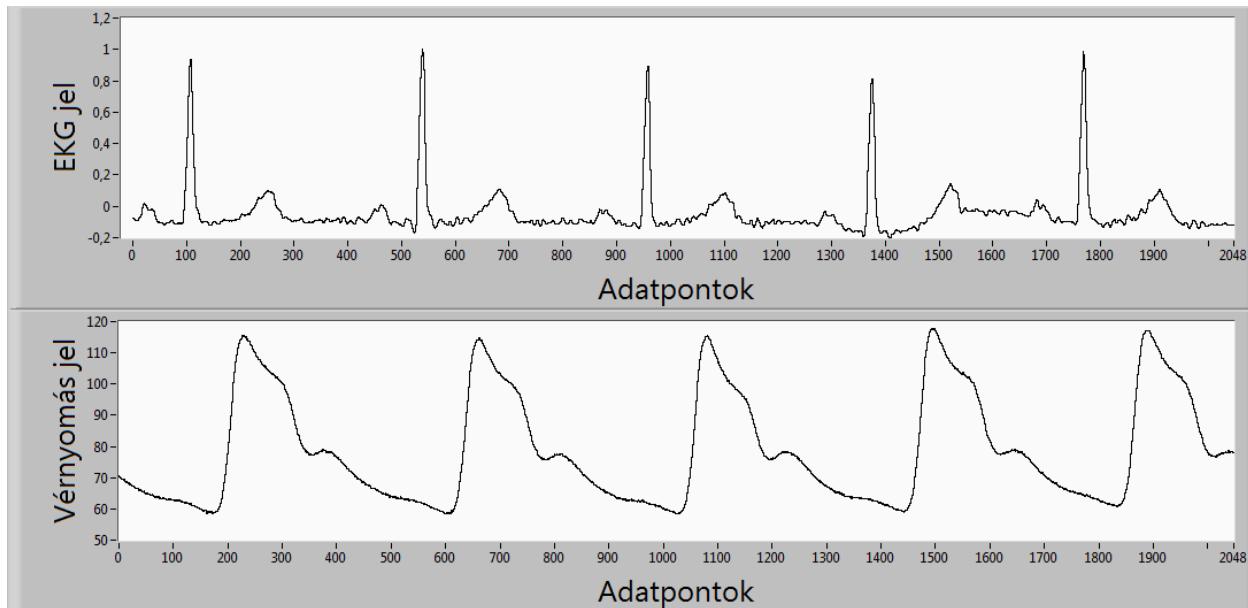


Bacteriochlorophyll fluorometer

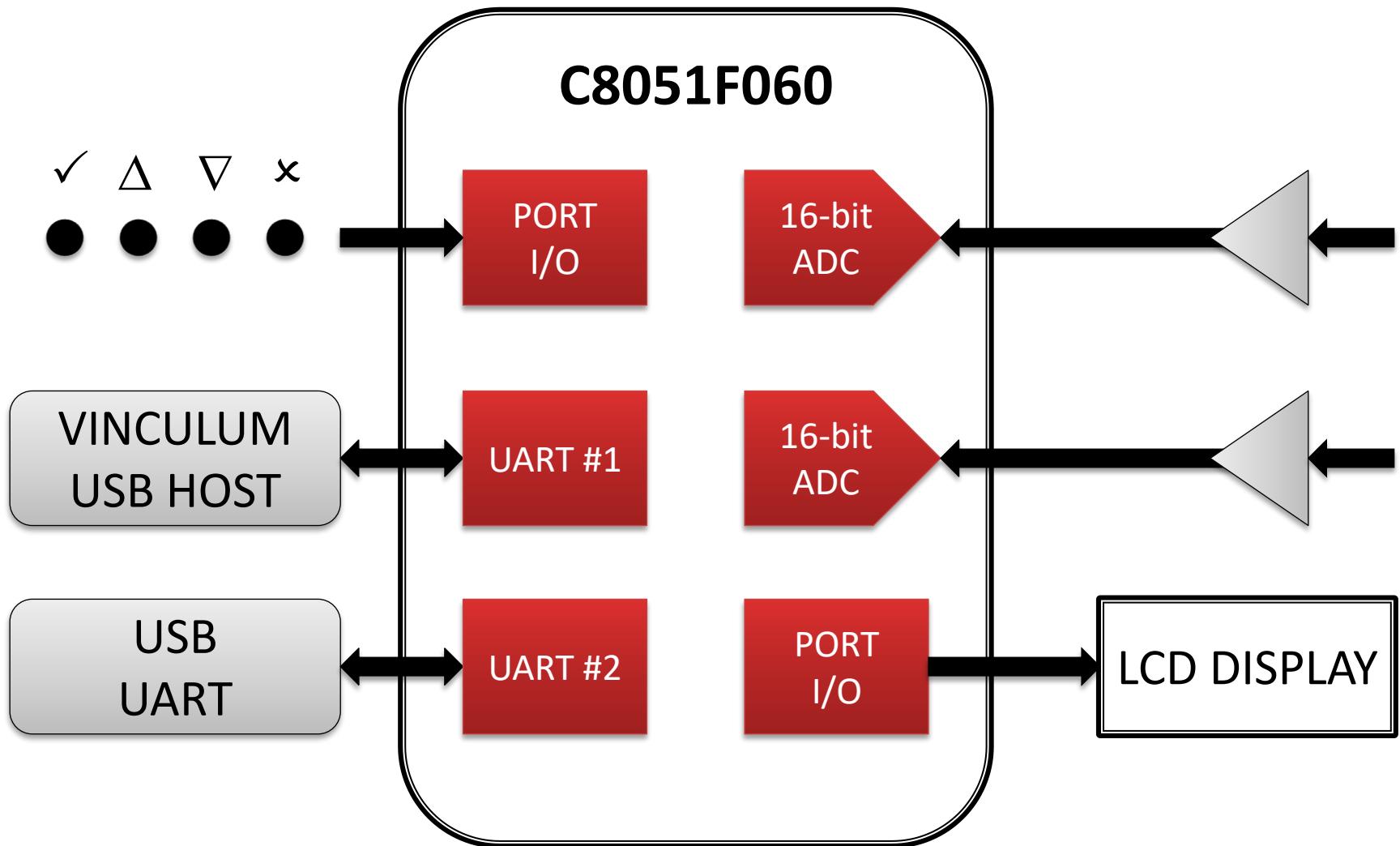


EKG adatgyűjtő műszer

- ▶ EKG és vérnyomás-jelek
- ▶ Önálló műszer
- ▶ LCD kijelző, gombok
- ▶ USB adattárolás



EKG adatgyűjtő műszer



C8051Fxxx mikrokontrollerek

C8051Fxxx mikrokontrollerek választási okai

Típus	Tulajdonságok
C8051Fxxx www.silabs.com	Eredeti INTEL: 8-bit CISC, 12 cycles/clock C8051Fxxx: 1 cycle/clock
PIC www.microchip.com	8-bit RISC, 4 cycles/clock népszerű, magyar nyelvű könyv
Atmel AVR (ATMEGA) www.atmel.com	8-bit RISC, 1 cycle/clock Arduino
ARM (uP/MPU, uC/MCU) www.arm.com	32-bit RISC 1 cycle/clock egylapos PC-k, okostelefonok

PIC16F87X – C8051F410

	PIC16F87X	C8051F410
Speed	5MIPS @ 20MHz @ 4V-5V 10MHz @ <3,5V	50MIPS @ 50MHz, 2V..5V
ADC	10-bit, 34kHz, 8 channel	12-bit, 200kHz, 27 channel
DAC	-	2x12 bit
Timer	2x8 bit, 1x16 bit	4x16 bit, 6x16 bit PCA
Memory	8kx14 flash, 368 byte SRAM	32kx8 flash 2304 byte SRAM
Idd	20uA @ 8kIPS 0,6mA @ 1MIPS	13uA @ 32kIPS 0,3mA @ 1MIPS
I/O tolerance	0V-VDD	0V-5,5V

ATMEGA328 (Arduino) – C8051F410

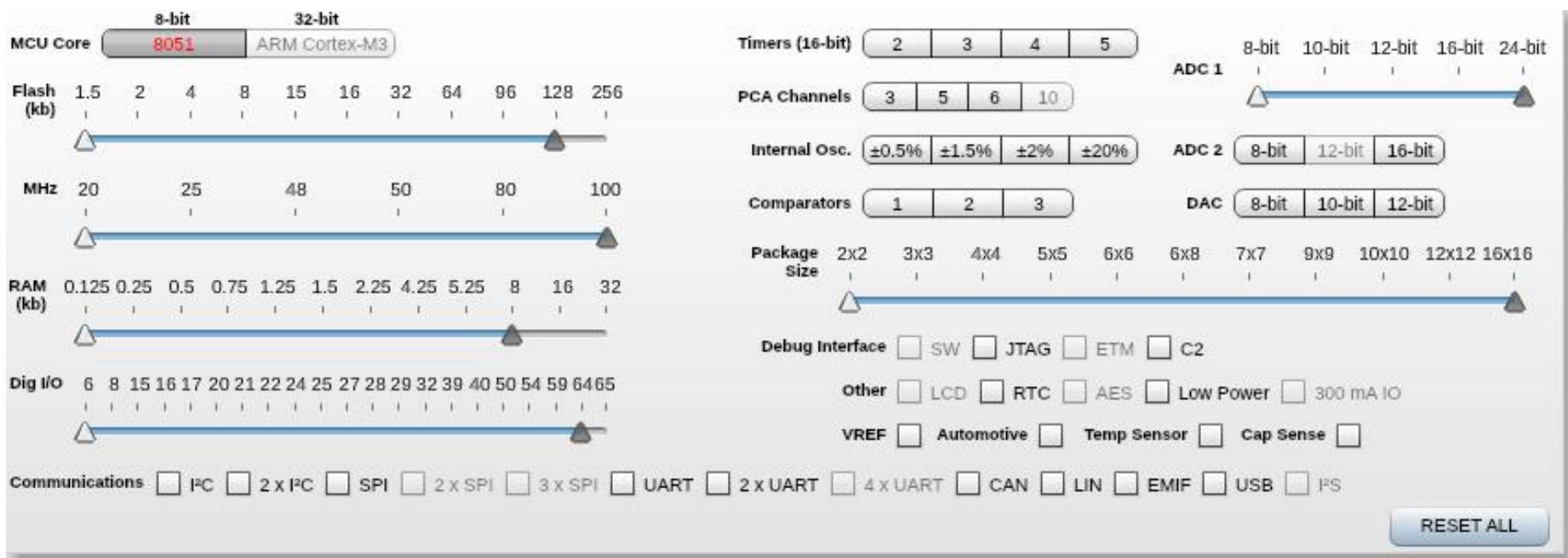
	ATMEGA328	C8051F410
Speed	20MIPS @ 20MHz @ 4,5V-5V 5MIPS @ 2V	50MIPS @ 50MHz, 2V..5V
ADC	10-bit, 15kHz, 8 channel	12-bit, 200kHz, 27 channel
DAC	-	2x12 bit
Timer	2x8 bit, 1x16 bit	4x16 bit, 6x16 bit PCA
Memory	32kx8 flash, 2048 byte SRAM	32kx8 flash 2304 byte SRAM
Idd	0,3mA @ 1MIPS	0,3mA @ 1MIPS 13uA @ 32kIPS
I/O tolerance	0V-VDD	0V-5,5V

C8051Fxxx – ARM Cortex M3

8051 – 8-bit CISC @ 25MHz-100MHz	ARM – 32-bit RISC @ 80MHz
<ul style="list-style-type: none">▶ sokkal egyszerűbb programozás▶ kisebb kód méret▶ kisebb feladatok▶ 8-bites adatokkal írhatók le▶ kisebb fogyasztás	<ul style="list-style-type: none">▶ nagyobb számítási kapacitás, pontosság▶ modern architektúra▶ bonyolultabb algoritmusok▶ gyorsabb végrehajtás▶ valós idejű számítások
<ul style="list-style-type: none">▶ nyomógombok, billentyűzet kezelése▶ LED-ek, kijelzők kezelése▶ szenzorok jelének digitalizálása▶ intelligens szenzorok▶ elemről működő modulok, adatgyűjtők▶ vezeték nélküli szenzorhálózatok▶ mechanikai rendszerek vezérlése▶ járműelektronika▶ beágyazott vezérlések	<ul style="list-style-type: none">▶ motorvezérlés▶ gyors időfüggő jelek kezelése▶ digitális szűrés▶ USB eszközök▶ multiprocesszoros vezérlőrendszerek▶ ipari automatizálás▶ otthoni automatizálás▶ egylapos PC-k, beágyazott PC-k

Silicon Laboratories

C8051Fxxx mikrokontrollerek



- ▶ 25MHz-100MHz (100MIPS)
- ▶ 128k flash, 8k SRAM
- ▶ 64 I/O
- ▶ UART, SPI, I²C, CAN, LIN, USB, EMIF, Wireless
- ▶ JTAG, USB debug, IDE, SDCC
- ▶ 5x16-bit timer, 6xPCA
- ▶ 0.5% OSC, RTC
- ▶ 3 ADC (8-24 bit, 10Hz-1MHz)
- ▶ 2 DAC (8-12 bit), 3 CMP
- ▶ Vref, Temp Sensor, Cap Sense
- ▶ 2x2mm
- ▶ 160uA at 1MHz, 13uA at 32768Hz
- ▶ VDD: 0,9V-5V

C8051Fxxx előnyök összefoglalása

- ▶ Teljes hőmérséklettartomány
- ▶ Teljes órafrekvencia-tartomány
- ▶ Teljes tápfeszültség-tartomány
- ▶ Digitális perifériák minősége, gazdagsága
- ▶ Analóg perifériák minősége, gazdagsága
- ▶ Azonos mag, széles választék, sok szoftver
- ▶ Rendkívül jó dokumentáltság
- ▶ Hatékony fejlesztőkörnyezet, debug
- ▶ Egyszerű programozás
- ▶ Oktatási kedvezmények

A laboron: C8051F410DK

