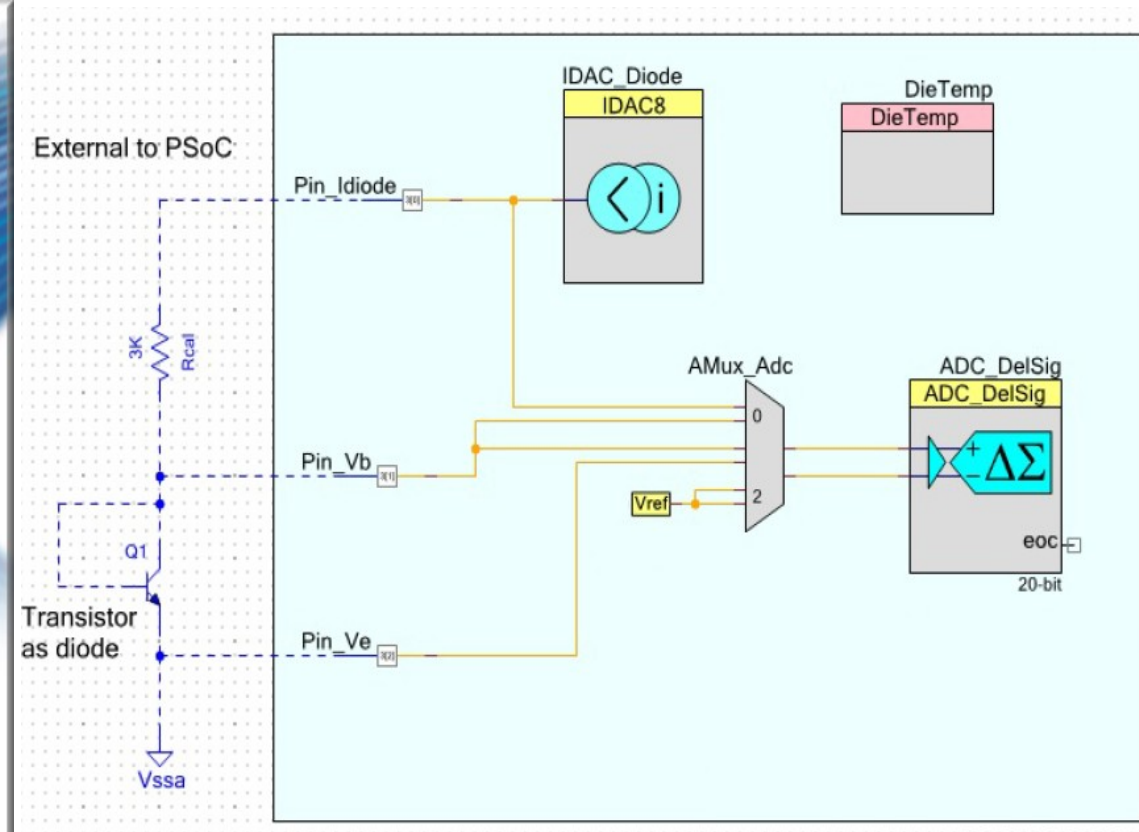
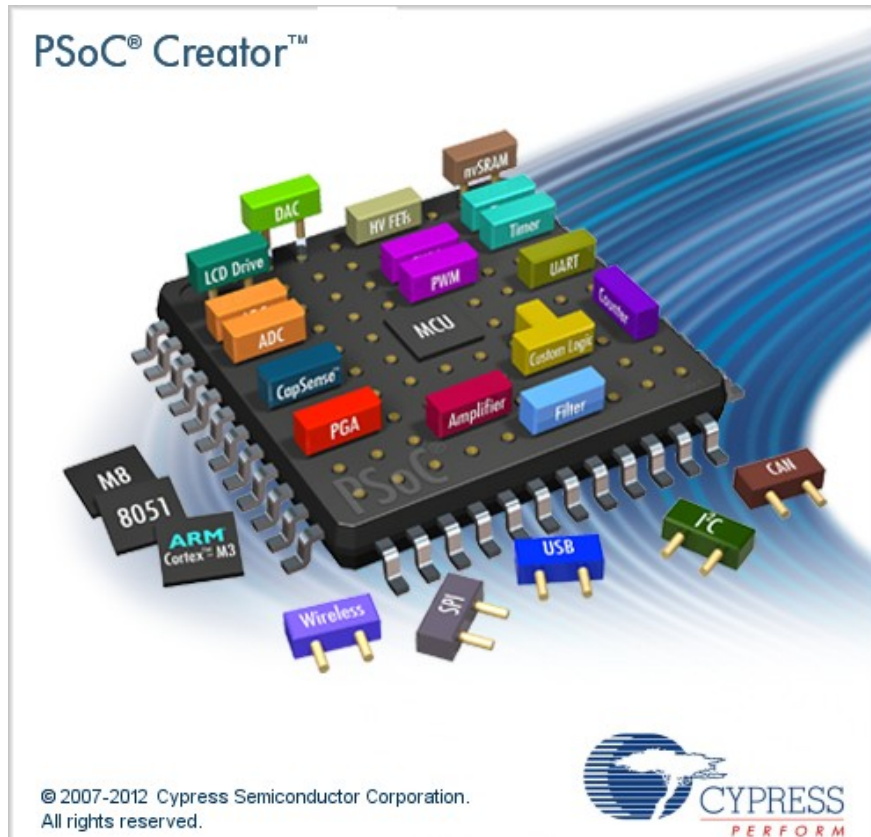


Újrakonfigurálható eszközök

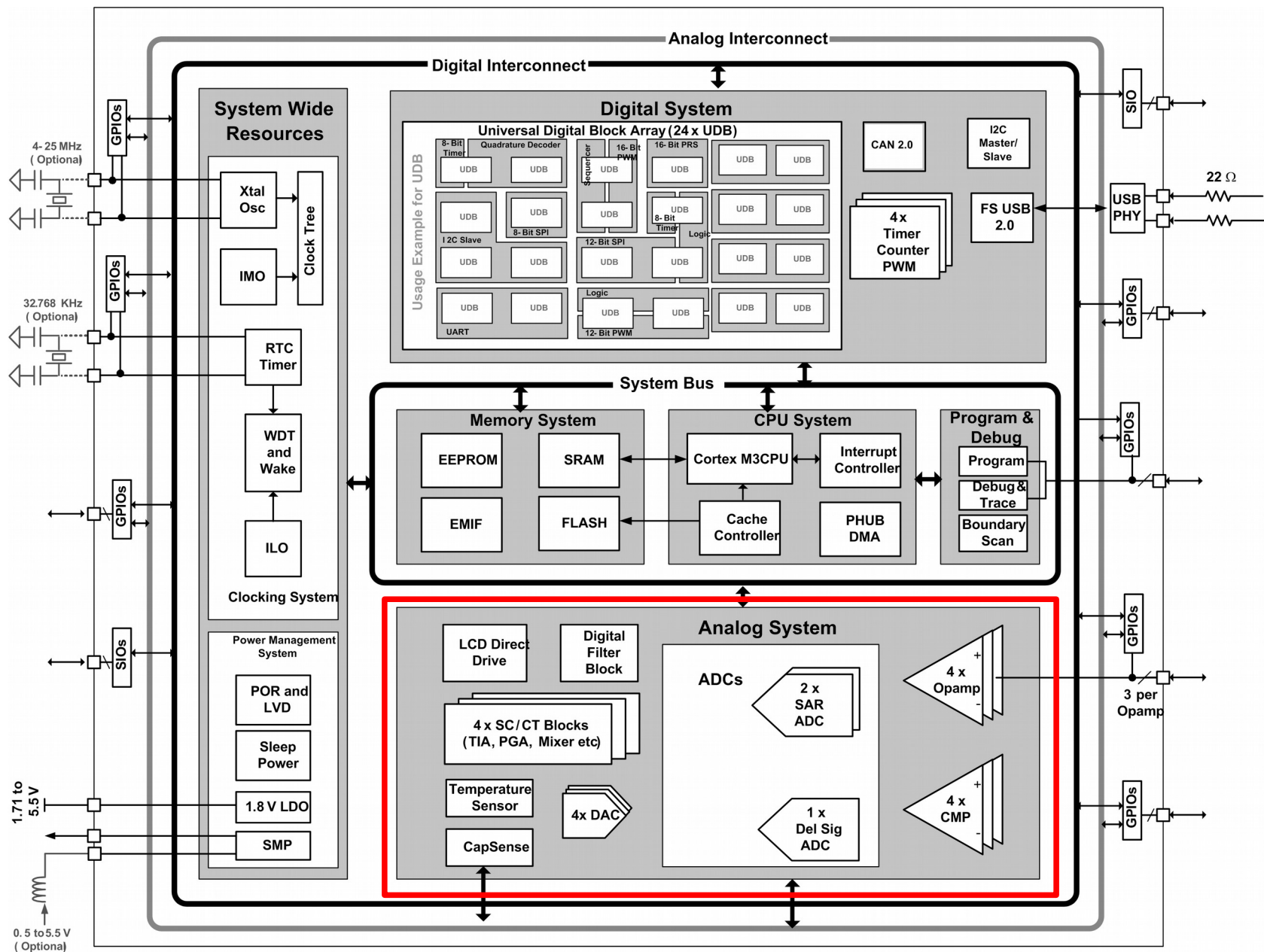


11. Cypress PSoC 5LP analóg perifériák

Felhasznált irodalom és segédanyagok

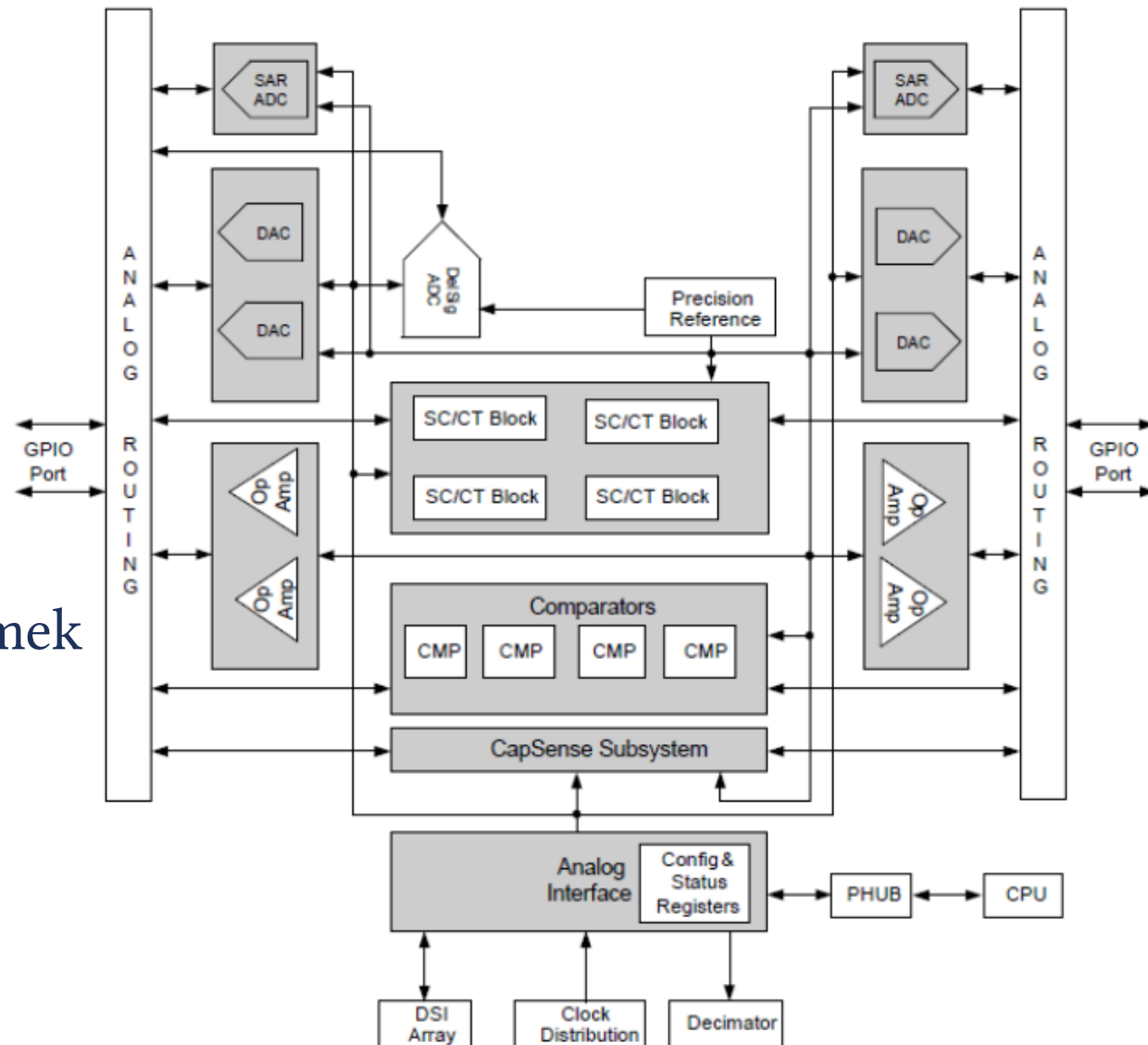
- Cypress: CY8C58LP Family Datasheet
- Cypress: PSoC 5LP Architecture Technical Reference Manual)
- Cypress: CY8CKIT-059 Prototyping Kit Guide
- Cypress: AN77759: Getting Started with PSoC® 5LP
- Cypress: PSoC® Creator™ User Guide
- Yuri Magda: Cypress PSoC 5LP Prototyping Kit Measurement Electronics
- Cserny István: PSoC 5LP Mikrokontrollerek programozása

PSOC 5LP Analóg alrendszer



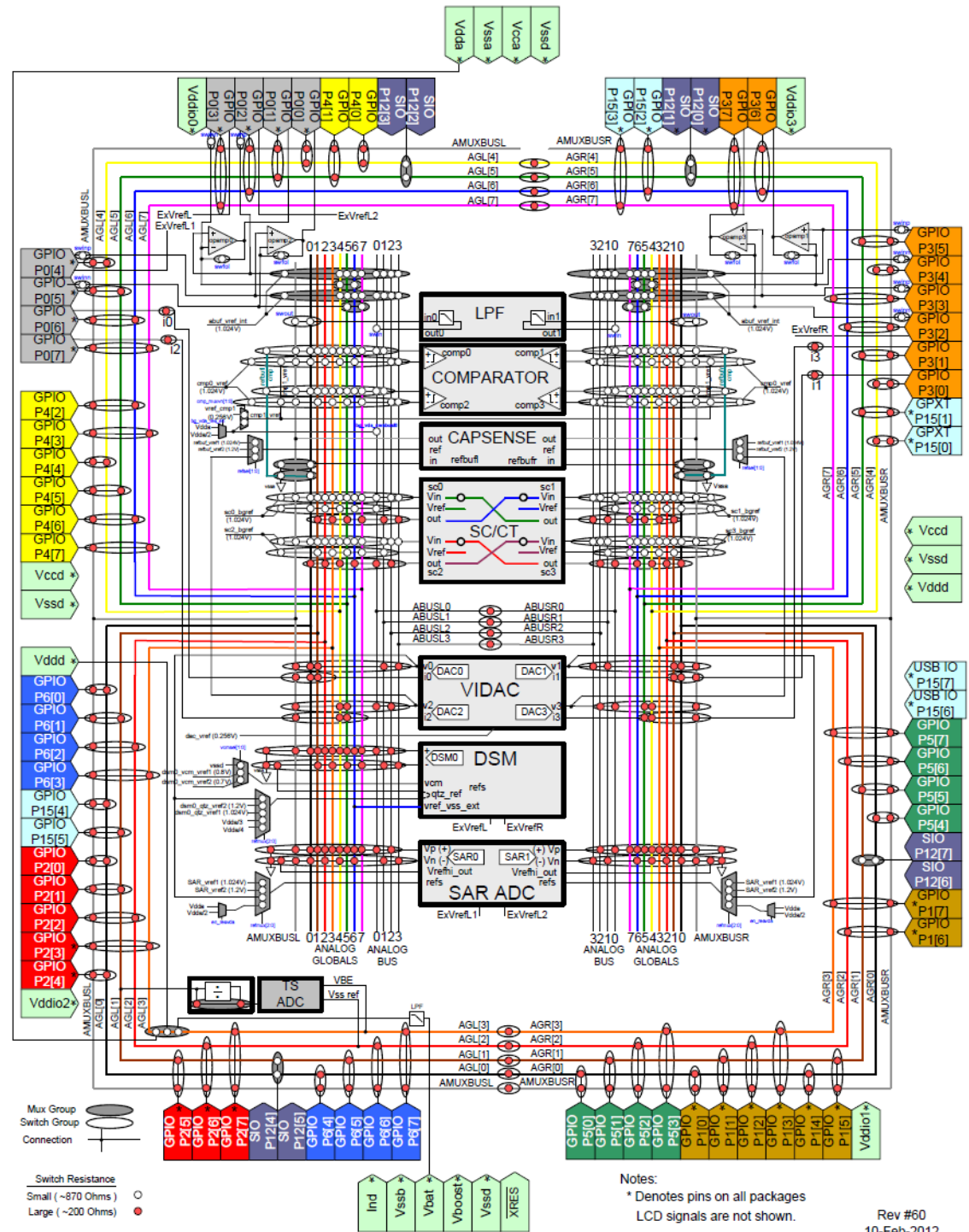
Analóg alrendszer

- Összekötések
- Multiplexerek
- Komparátorok
- Műveleti erősítők
- DAC-ok (V és I kimenet)
- DeltaSigma ADC
- SAR ADC-k
- Programozható analóg elemek
 - ❖ • PGA
 - ❖ • TIA
 - ❖ • Mixer
- CapSense érintésérzékelő
- Digitális szűrők



Analóg mátrix

- Több, mint 320 kapcsoló

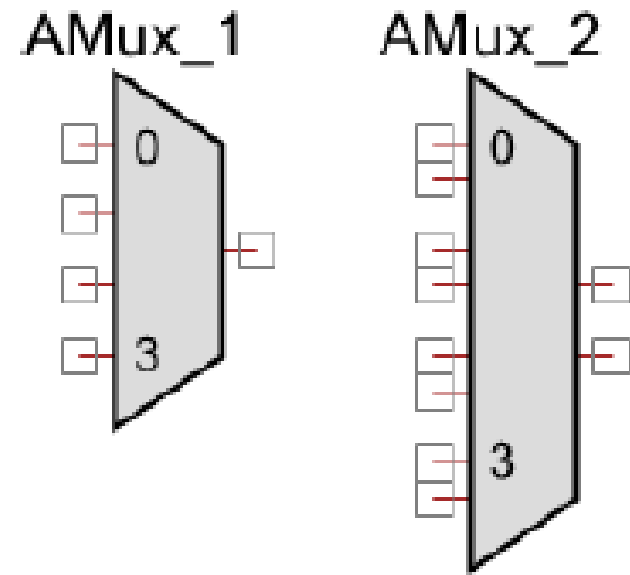


Cypress Component Catalog

- **ADC** (12-bit SAR, 12-bit pásztázó SAR, 20-bit Delta-Sigma)
- **Erősítő** (PGA, invertáló PGA, OPA, TIA)
- **Analóg multiplexer** (hardvare, internal, virtual, sequencing)
- **Analóg komparátor** (komparátor, SC/CT komparátor, pásztázó komparátor)
- **Digitális-analóg átalakító** (8-bit VDAC, IDAC, szórt árnyalásos DV-DAC, Wave DAC)
- **Mixer** – keverő
- **Mintavevő-tartó**
- **Vref** – feszültség referencia
- **Capsense** – kapacitív érintésérzékelés (gombok, csúszkák, mátrixok)
- **Die Temperature** – belső hőmérő

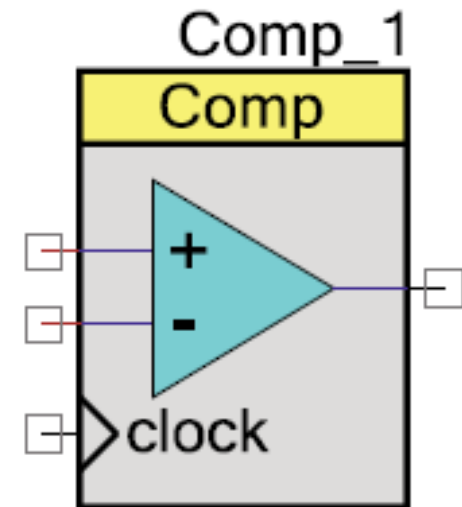
Analóg multiplexer/demultiplexer

- Szimpla vagy differenciális kapcsolat
- Beállítástól függően 1-64 analóg jelvezeték, kapcsolása egy gyűjtősínre (AMux1), vagy 1-32 differenciális jel kapcsolása (AMux2) .
- Szoftveresen vezérelt
- A kapcsolt jelvezeték lehet kivezetés vagy belső jelforrásé
- Több egyidejű kapcsolat
- Kétirányú (passzív)



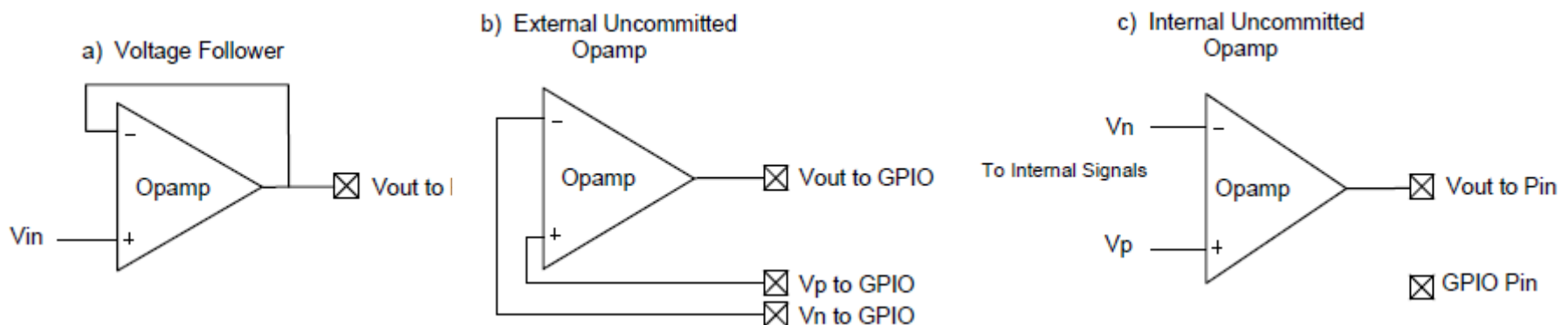
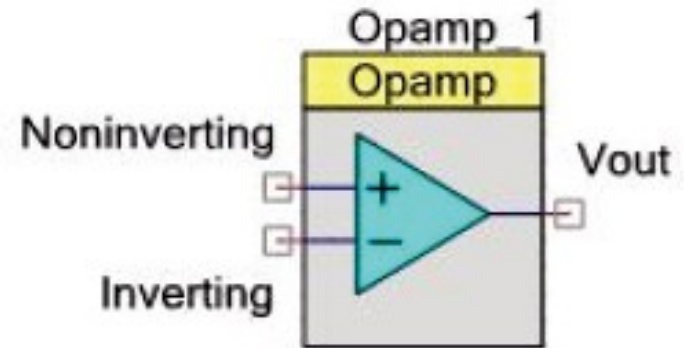
Analóg komparátor

- Két analóg jel összehasonlítására szolgál (digitális kimenet)
- 4 db analóg komparátor, az alábbi jellemzőkkel:
- Bemeneti offset feszültség $< 5 \text{ mV}$
- Rail-to-rail közös módusú bemenő jeltartomány
- (VSSA - VDDA)
- Sebesség: gyors, lassú, vagy ultra kisfogyasztás
- A pozitív bemenet opcionálisan aluláteresztő szűrő alkalmazható
- A komparátor bemenetek GPIO bemenetre vagy DAC kimenetre is köthetők



Műveleti erősítők

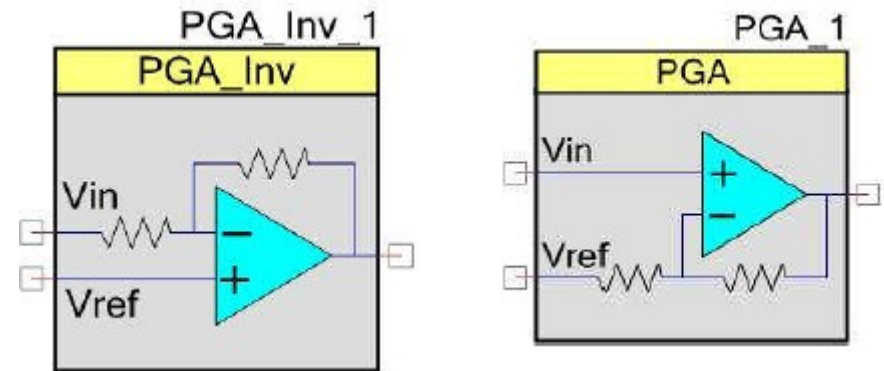
- 4 db OPA
- Sebesség:
 - ❖ Gyors – 80 ns / 250 μ A
 - ❖ Lassú – 55 μ s / 6 μ A
- Pontosság: 2 mV gyors módban
- nullázás; Belső VDACC
- Histerézis: 10 mV névleges
- Engedélyezhető/letiltható



Programozható erősítésű erősítő

■ Jellemzők:

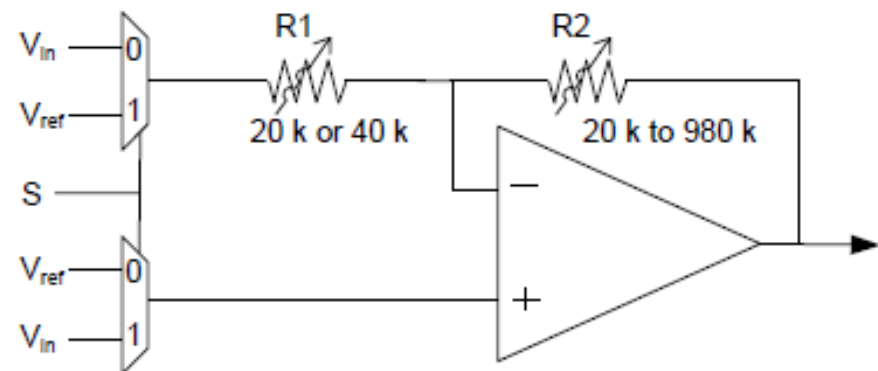
- ❖ Változtatható erősítés
- ❖ Invertáló vagy nem-invertáló
- ❖ Nem igényel külső alkatrészt
- ❖ Erősítés: 1x-től 50x-ig
- ❖ V_{in} és V_{ref} bármelyik bemenetre ráköthető



■ Pontosság:

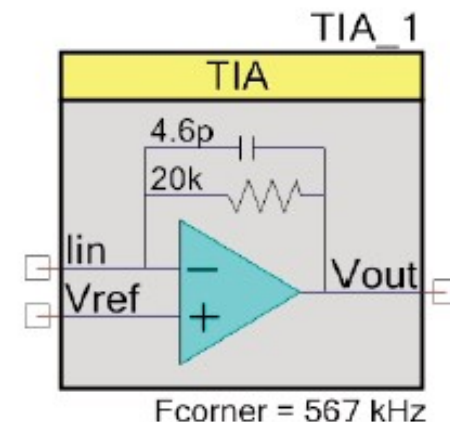
- ❖ Erősítés: $\pm 5\%$
- ❖ Offszet: 10 mV

Gain	Bandwidth
1	6.0 MHz
24	340 kHz
48	220 kHz
50	215 kHz

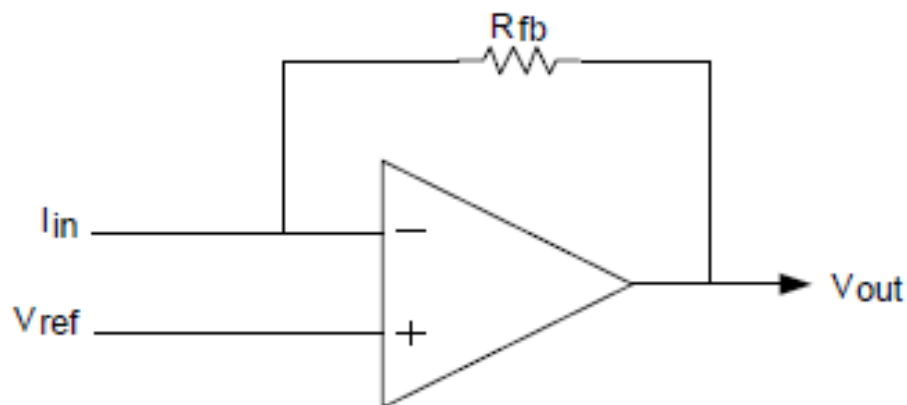


Áram-feszültség átalakító

- Az áram-feszültség konvertereket (Transimpedance Amplifier, TIA) általában akkor használjuk, ha egy külső szenzor valamilyen fizikai mennyiséget árammá alakítja. A TIA segítségével az áram feszültséggé alakítható, majd az ADC-vel digitális jellé konvertálható.



$$V_{ki} = V_{ref} - I_{be} * R_{fb}$$

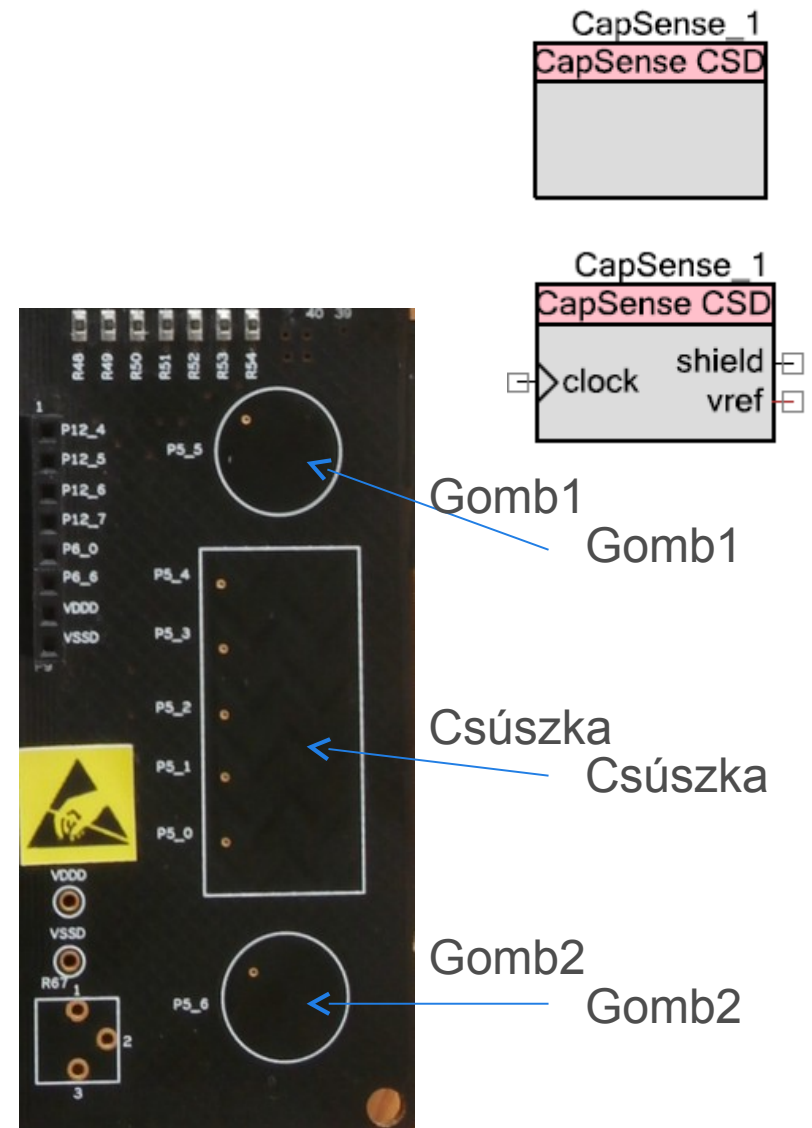


Configuration Word	Nominal R _{fb} (KΩ)
000b	20
001b	30
010b	40
011b	60
100b	120
101b	250
110b	500
111b	1000

Kapacitív érintésérzékelés

■ Jellemzők:

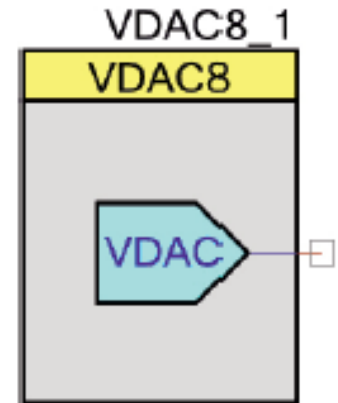
- ❖ Egyidejűleg két CapSense modul használható
- ❖ Mindkettő hasonló tulajdonságokkal rendelkezik
- ❖ Gombok: egyszerű CapSense érzékelő, ki/be állapot detektálással
- ❖ Csúszkák: Lineáris, radiális interpolált pozíciómeghatározással (az elektródok diplexelését is támogatja)
- ❖ Érintőpad: X, Y interpolált pozíciómeghatározással
- ❖ Nyomógomb mátrix kezelése
- ❖ Közeledés érzékelés
- ❖ Általános érzékelők



Digitális-analóg átalakítók

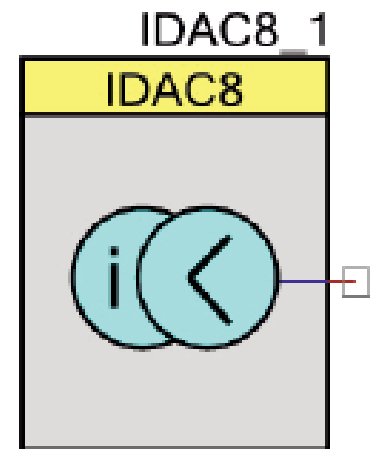
■ VDAC8 Jellemzők:

- ❖ 8-bites felbontás
- ❖ Feszültség kimenet (1.020 V vagy 4.080V kimeneti tartomány)
- ❖ Szoftveres vagy órajellel vezérelt beírás
- ❖ Adatforrás: CPU, DMA, vagy digitális komponensek



■ IADC8 Jellemzők:

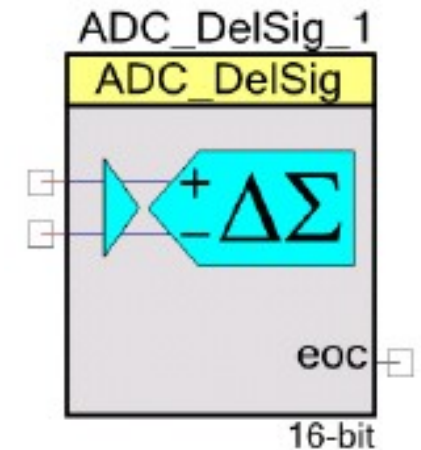
- ❖ 8-bites felbontás
- ❖ Áram kimenet (2040 μ A, 255 μ A, vagy 31.875 μ A kimeneti tartomány)
- ❖ Áram nyelő vagy forrás mód.
- ❖ Szoftveres vagy órajellel vezérelt beírás
- ❖ Adatforrás: CPU, DMA, vagy digitális komponensek



Analóg-digitális átalakító

Delta-sigma ADC:

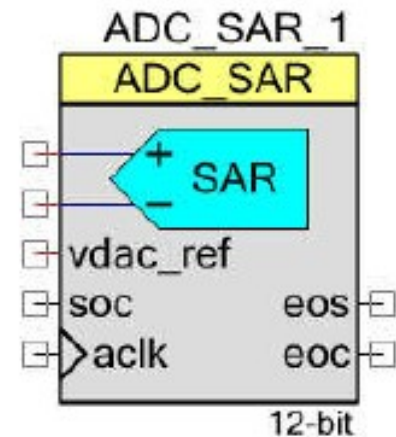
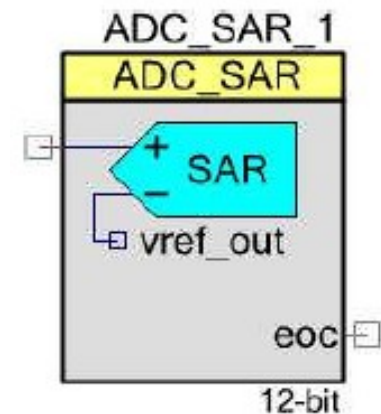
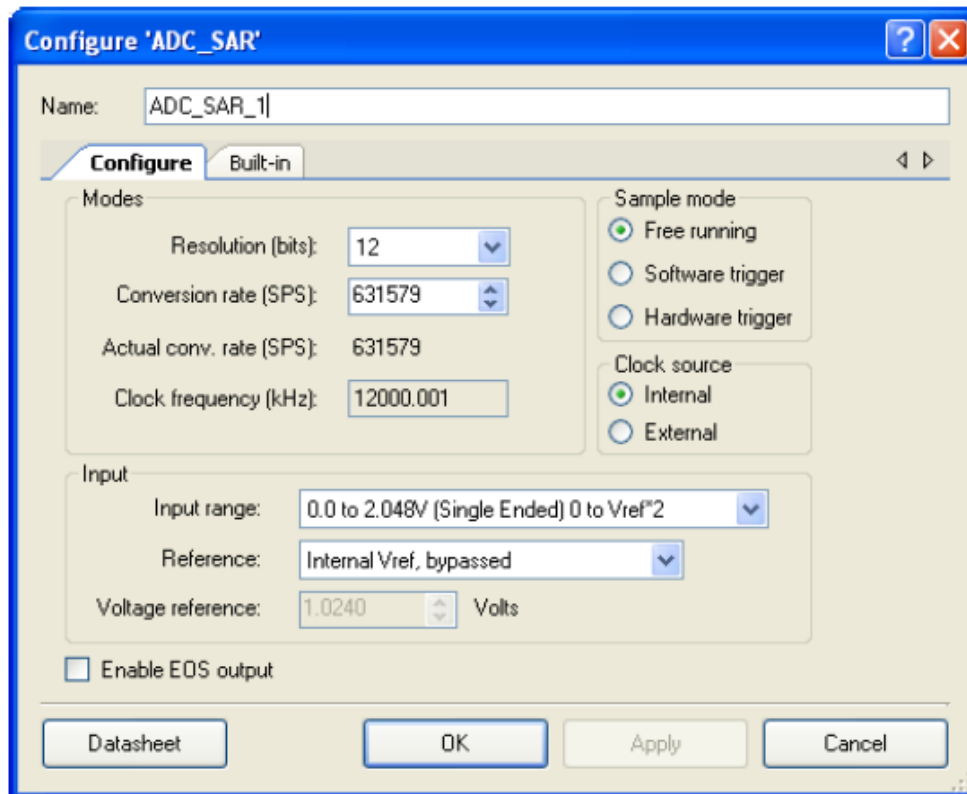
- Választható felbontás 8-20 bit
- Mintavétel 10 - 384 ksps
- Egyszeres vagy többszörös mintavétel, folyamatos mód
- Választható bemeneti erősítés: 1, 2, 4, 8
- Többféle belső vagy külső referencia mód
- Differenciális vagy egyvezetékes bemenet



Analóg-digitális átalakítók (ADC)

SAR ADC

- 2 db áll rendelkezésre
- Max. 12-bites felbontás 1 Msps mellett
- Differenciális vagy egyvezetékes bemenet



Az ADC-k jellemzői

■ Felbontás (precision, resolution)

A legkisebb észlelhető megváltozás a bemeneti jelben

Least Significant Bit, LSB)

$$R = \frac{1}{2^n - 1}$$

n – a bitek száma
(10-12: SAR,
16-24: Sigma-Delta)

■ Pontosság (accuracy)

A mérendő jel digitálissá alakításának megfelelősége
(az „igazság mértéke”)

DC:

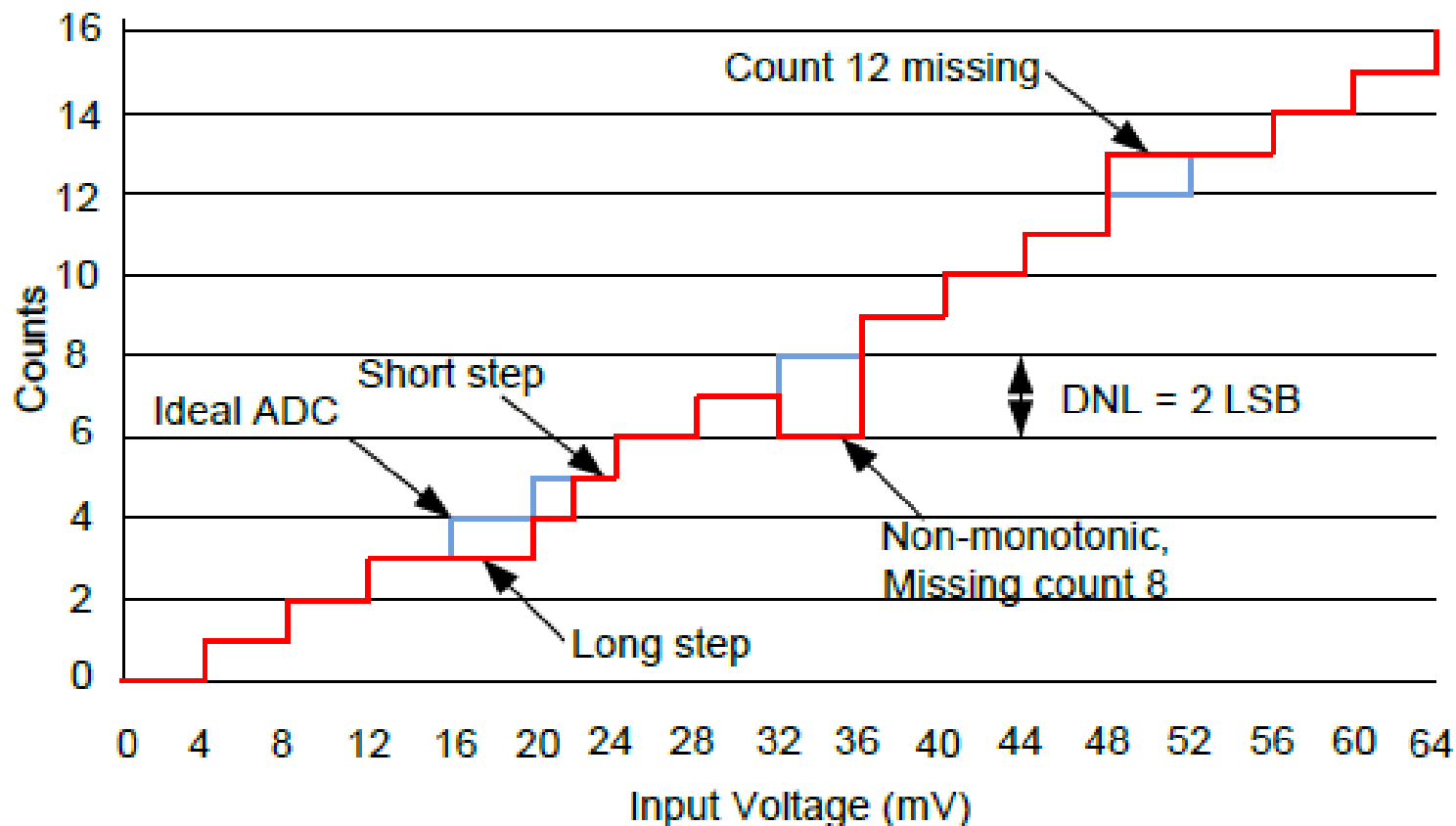
- Differential Non-Linearity (DNL)
- Integral Non-Linearity (INL)
- Offset error
- Gain error

AC:

- Signal-to-noise ratio (SNR)
- Signal-to-noise and distortion ratio (SINAD)
- Total harmonic distortion (THD)
- Spurious-free dynamic range (SFDR)

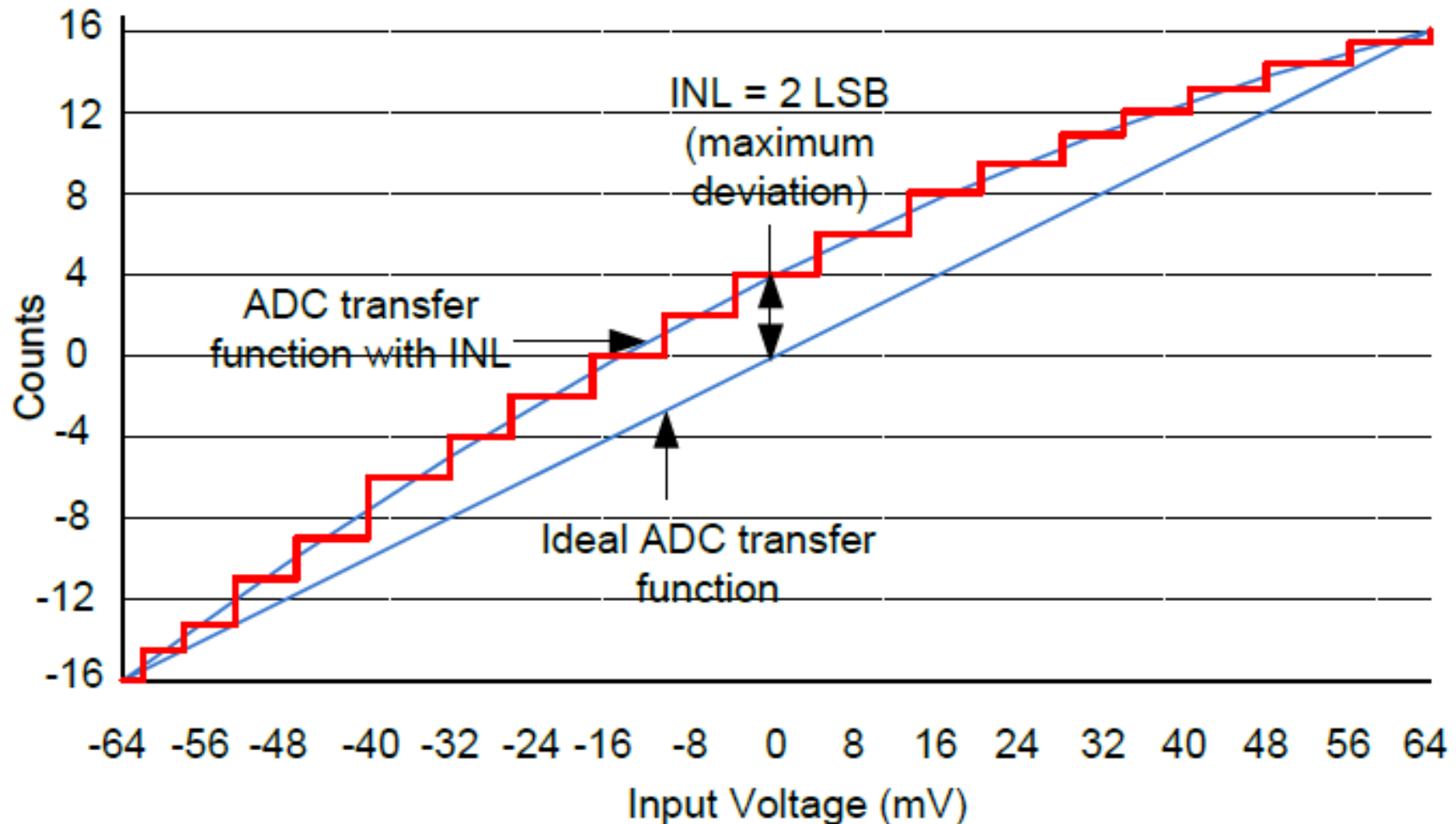
Differenciális nonlinearitás (DNL)

- Azt mondja meg, hogy az átalakításból kapott kódok eltérése a szomszédos értékektől mennyire szór. Az eltérés LSB-re konvertált ΔV_{IN} egységben van megadva. Például ± 0.5 LSB
- Ha a **DNL** hiba $< \pm 1$ LSB, akkor nincs kieső kód (no missing code)



Integrális nonlinearitás

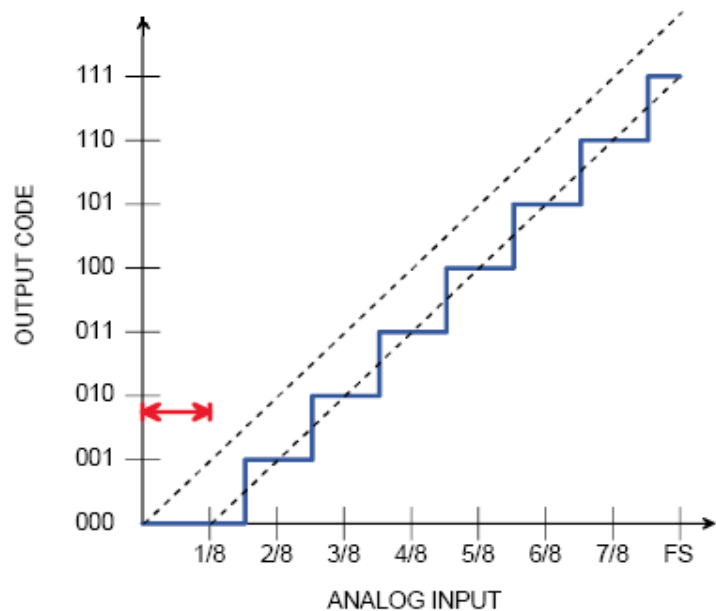
- A DNL hibák halmozódása adja meg az integrális nonlinearitás (INL) mértékét, hogy legrosszabb esetben mennyivel tér el a reális átviteli függvény az ideálistól.



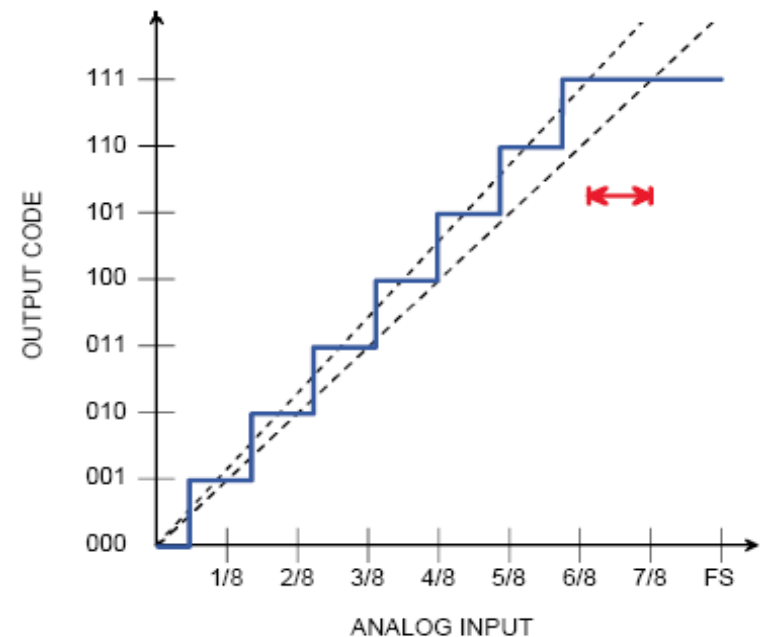
Offset- és erősítés hiba

- Korrekció: $y = a + (1+b) x$
- Mindkettő csökkenti az ADC bemeneti tartományát!
- AN68 403– PSoC 3 and PSoC 5LP Analog Signal Chain Calibration

Offset hiba

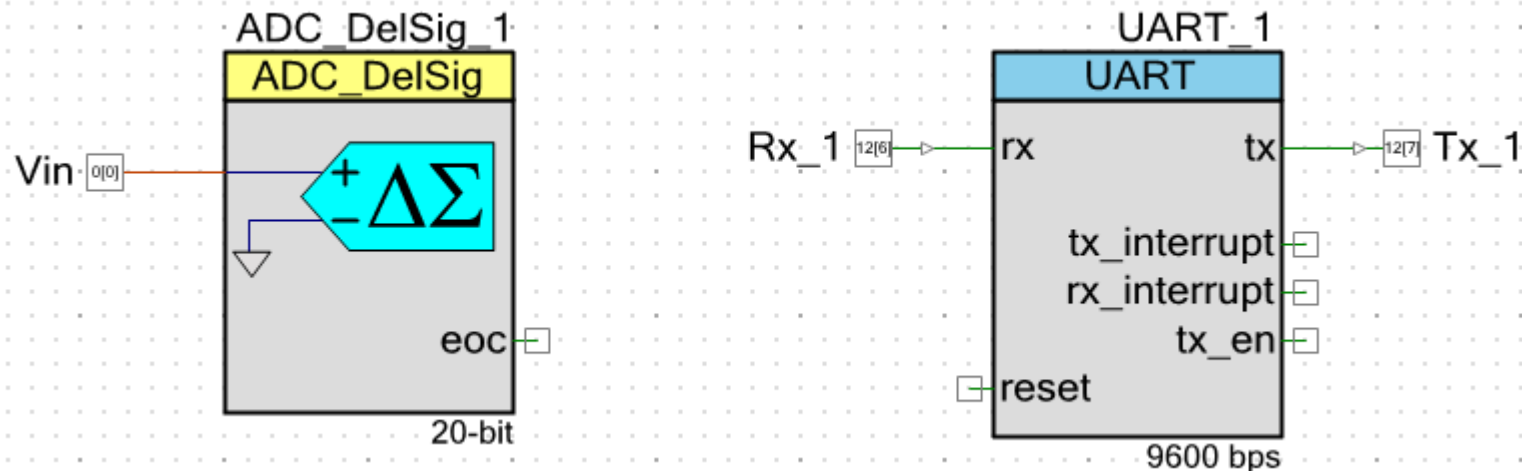


Erősítés hiba



ADC_and_UART projekt

- A "CE95 277 - Delta Sigma ADC in Single Ended Mode with PSoC3/PSoC 5LP" gyári mintapéldát egy picit átalakítottuk
- Az ADC felbontását 20 bitesre növeltük (a változó típusokat és az API függvények paramétereit emiatt 32 bitesre változtattuk)
- A program a P0[0] kivezetésre kapcsolt feszültséget méri meg (0 – 6 V kapcsolható rá), s a beépített referenciát használjuk
- A mérés az UART-on érkező parancsokkal indítható, s az eredményt is ott íratjuk ki (duplex mód, 9600 bps, no interrupt)



A Delta-Sigma ADC konfigurálása

Beállítások:

- Continuous mód
- 20 bites felbontás
- 100 minta/sec
- Range: $0-6 \cdot V_{ref}$
- Nincs bufferelés
- Belső referencia

A Common lapon:

- Belső órajel
- Single-ended mód

The screenshot shows the 'Configure 'ADC_DelSig'' window with the following settings:

- Name: ADC_DelSig_1
- Comment: Default Config
- Configuration name: CFG1 (ADC_DelSig_1_CFG1)
- Modes:
 - Conversion mode: 2 - Continuous
 - Resolution (bits): 20
 - Conversion rate (SPS): 100 (Range: 8 - 187 SPS)
 - Actual conv. rate (SPS): 98
 - Clock frequency (kHz): 1638.400
- Input options - Single ended mode:
 - Input range: Vssa to 6.144V (0.0 to 6*Vref)
 - Buffer gain: 1
 - Buffer mode: Bypass Buffer
- Reference:
 - Reference: Internal 1.024 Volts
 - Vref (V): 1.024
- Alignment:
 - Right (selected) Coherency = LOW
 - Left Bit-23 (OVF Protected)

The diagram on the right illustrates the input range, showing a red line for Vdda and a black line for Vssa. The ADC Range (Bypass Buffer Mode) is indicated as +100 mV to -100 mV.

ADC_and_UART projekt – main.c

```
#include <project.h>
#include "stdio.h"
#define FALSE 0
#define TRUE 1
#define TRANSMIT_BUFFER_SIZE 64

int main() {
    uint32 result, millivolts, microVolts;
    uint8 Ch, EmulatedData;
    uint8 ContinuouslySendData, SendSingleByte, SendEmulatedData;
    char TransmitBuffer[TRANSMIT_BUFFER_SIZE];
    ADC_De1Sig_1_Start();
    UART_1_Start();
    ContinuouslySendData = FALSE;
    SendSingleByte = FALSE;
    SendEmulatedData = FALSE;
    EmulatedData = 0;
    ADC_De1Sig_1_StartConvert();
    UART_1_PutString("COM Port Open");
```

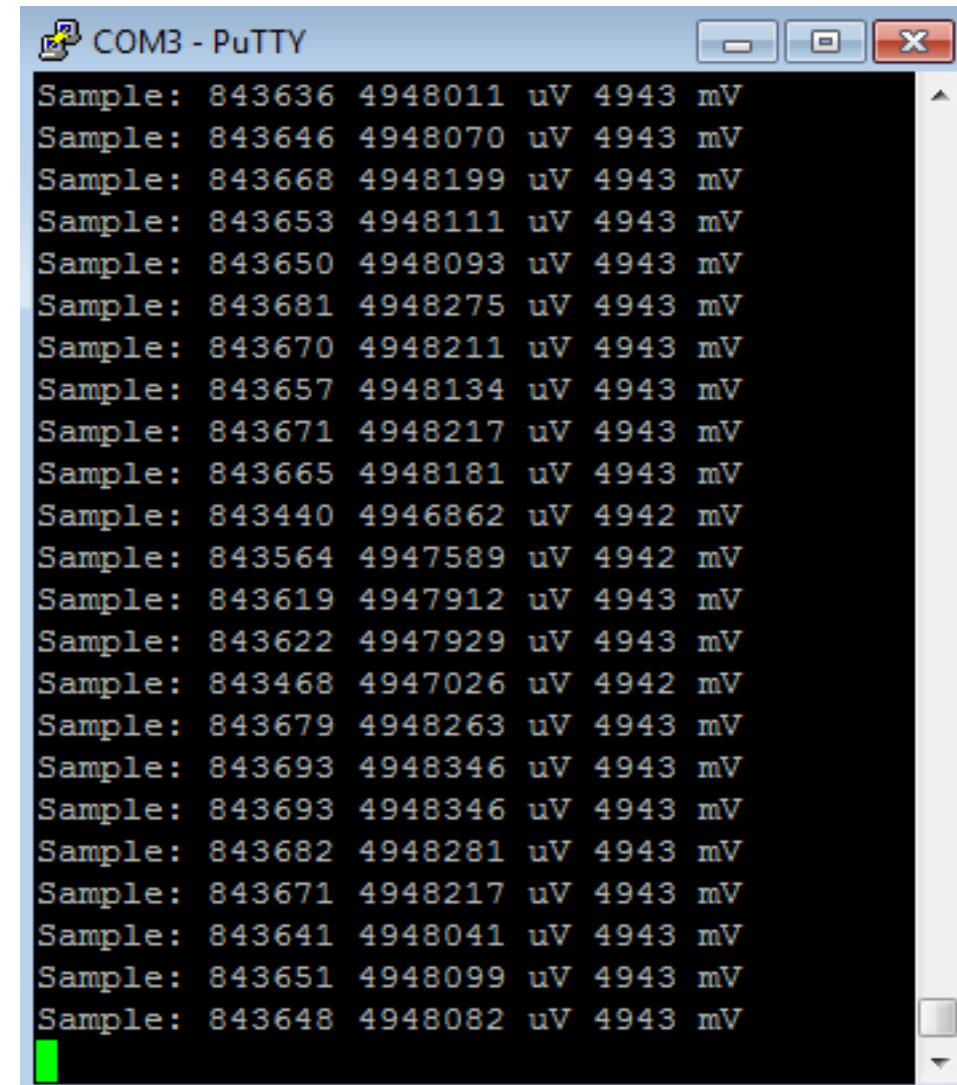
Folytatás a következő oldalon...

ADC_and_UART projekt – main.c

```
for(;;) {
    Ch = UART_1_GetChar();
    switch(Ch) {
        case 'c': SendSingleByte = TRUE; break;
        case 's': ContinuouslySendData = TRUE; break;
        case 'x': ContinuouslySendData = FALSE; break;
        case 'e': SendEmulatedData = TRUE; break;
        default : break;
    }
    if(ADC_De1Sig_1_IsEndConversion(ADC_De1Sig_1_RETURN_STATUS)) {
        result = ADC_De1Sig_1_GetResult32();
        microVolts = ADC_De1Sig_1_CountsTo_uVolts(result);
        millivolts = ADC_De1Sig_1_CountsTo_mVolts(result);
        if(SendSingleByte || ContinuouslySendData) {
            sprintf(TransmitBuffer, "Sample: %lu %lu uV %lu mV\r\n",\
                result, microVolts, millivolts);
            UART_1_PutString(TransmitBuffer); SendSingleByte = FALSE;
        }
        else if(SendEmulatedData) {
            sprintf(TransmitBuffer, "Emulated Data: %x \r\n", EmulatedData);
            UART_1_PutString(TransmitBuffer);
            EmulatedData++; SendEmulatedData = FALSE;
        }
    }
}
}
```

ADC_and_UART projekt

- A program futtatásához csatlakozzunk egy terminál emulátor programmal (például PuTTY vagy Termite)!
- Az alábbi parancsokat használjuk:
 - ❖ C vagy c: egy mérés indítása
 - ❖ S vagy s: folyamatos mérés
 - ❖ X vagy x: folyamatos mérés leállítása
 - ❖ E vagy e: emulált mérés
- Kiírásra kerül az ADC-ből kiolvasott szám, valamint az átszámolt feszültség értéke mikrovoltokban és millivoltokban
- Az ábrán az 5 V-os tápfeszültséget mértük meg.



The screenshot shows a PuTTY terminal window titled 'COM3 - PuTTY'. The window displays a series of ADC measurements. Each line represents a sample and contains four columns of data: a sample number, a raw ADC value, a voltage in microvolts (uV), and a voltage in millivolts (mV). The data shows a consistent reading of approximately 4943 mV (4943000 uV) across multiple samples, with a few variations in the last two digits of the mV value (e.g., 4942 mV). A green cursor is visible at the bottom left of the terminal window.

```
COM3 - PuTTY
Sample: 843636 4948011 uV 4943 mV
Sample: 843646 4948070 uV 4943 mV
Sample: 843668 4948199 uV 4943 mV
Sample: 843653 4948111 uV 4943 mV
Sample: 843650 4948093 uV 4943 mV
Sample: 843681 4948275 uV 4943 mV
Sample: 843670 4948211 uV 4943 mV
Sample: 843657 4948134 uV 4943 mV
Sample: 843671 4948217 uV 4943 mV
Sample: 843665 4948181 uV 4943 mV
Sample: 843440 4946862 uV 4942 mV
Sample: 843564 4947589 uV 4942 mV
Sample: 843619 4947912 uV 4943 mV
Sample: 843622 4947929 uV 4943 mV
Sample: 843468 4947026 uV 4942 mV
Sample: 843679 4948263 uV 4943 mV
Sample: 843693 4948346 uV 4943 mV
Sample: 843693 4948346 uV 4943 mV
Sample: 843682 4948281 uV 4943 mV
Sample: 843671 4948217 uV 4943 mV
Sample: 843641 4948041 uV 4943 mV
Sample: 843651 4948099 uV 4943 mV
Sample: 843648 4948082 uV 4943 mV
```

CY8CKIT-059 fejlesztői kártya

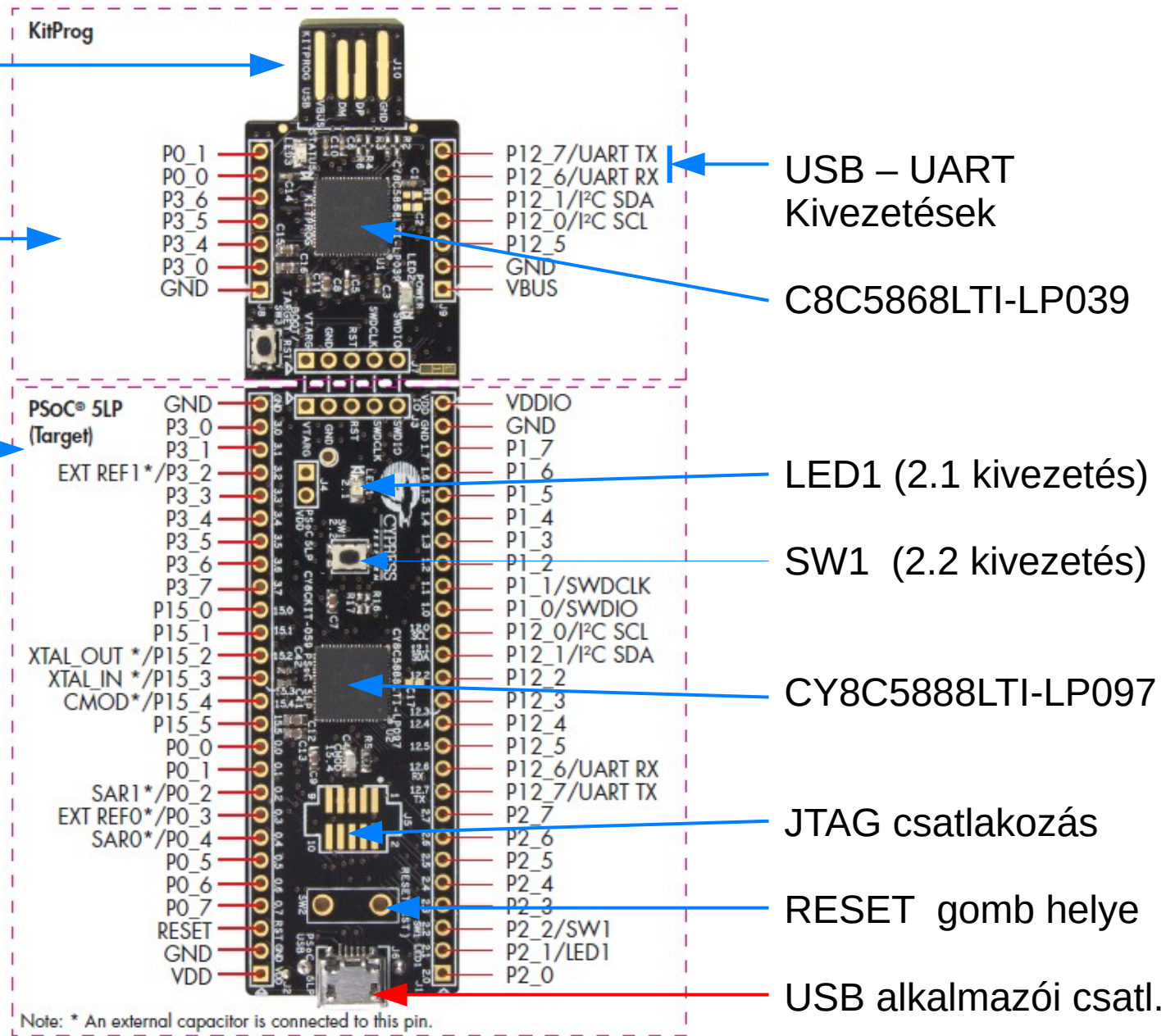
USB csatlakozás
a PC-hez

KitProg programozó és
hibavadász

PSOC 5LP
Target áramkör

A tápellátás történhet a
programozó felől (5V),
Az alkalmazói USB
csatlakozóról (5V),
vagy a VDD
csatlakozáson
keresztül (3,3 – 5 V).

Utóbbi esetben a D1
és D2 diódákat el kell
távolítani az USB-re
csatlakozás előtt!



A céláramkör kapcsolási rajza

