



Analóg modulok alkalmazása



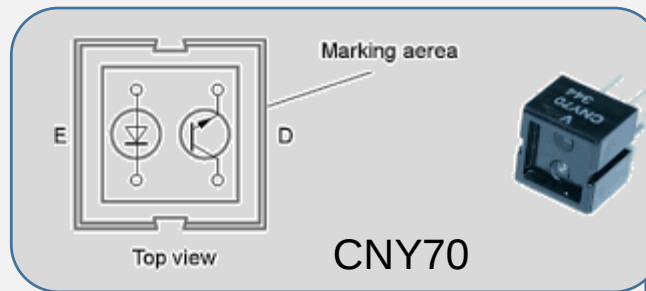
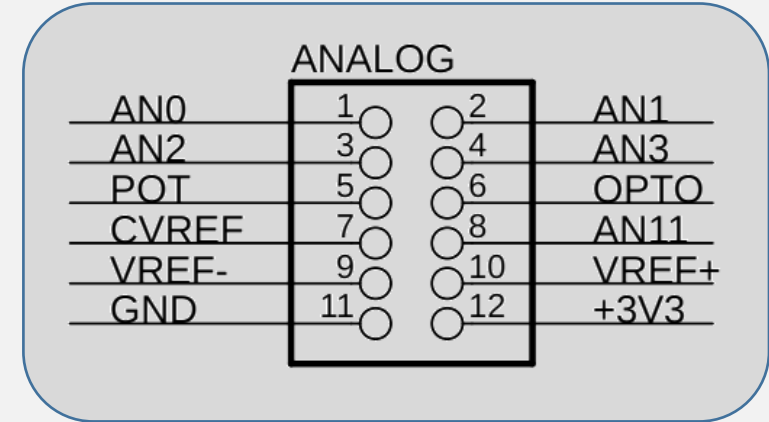
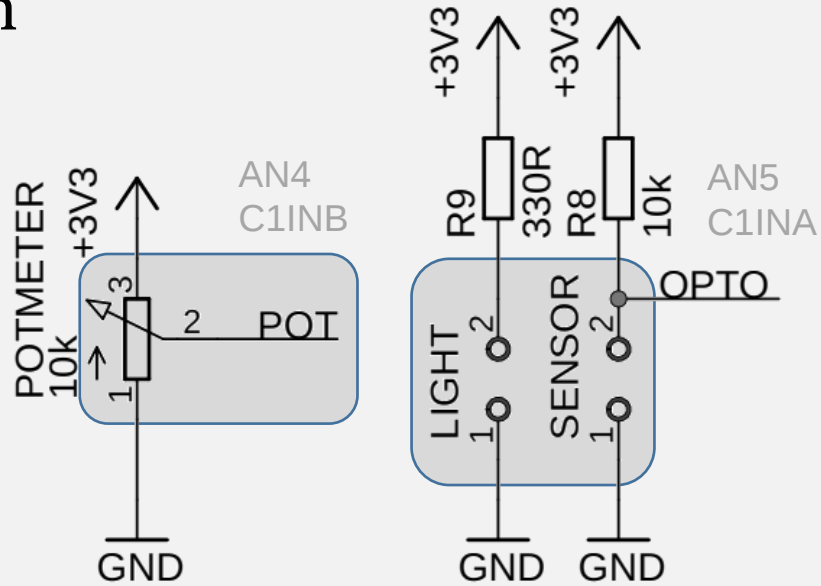
Analóg modulok

- 3 komparátor
- CVREF kimenet
- 16 x 10 bites A/D modul
- +/-VREF

+3V3	12	VDD
SW3	13	RE8/RPI33/CN66
SW4	14	RE9/RPI34/CN67
OPTO	15	RB5/ AN5 / C1INA /RP18/CN7
POT	16	RB4/ AN4 / C1INB /RP28/CN6
AN3	17	RB3/ AN3 / C2INA /CN5
AN2	18	RB2/ AN2 / C2INB /RP13//CN4
AN1	19	RB1/ AN1 /PR1/CN3
AN0	20	RB0/ AN0 /RP0/CN2
		RB6/PGEC2
		RB7/PGED2
		RA9/ VREF- /CN41
		RA10/ VREF+ /CN42
		AVDD
		AVSS
		RB8/ AN8 /RP8/CN26
		RB9/ AN9 /RP9/CN27
		RB10/ AN10 / CVREF /CN28
		RB11/ AN11 /CN29
		VSS
		VDD
		RB12/ AN12 /CN30
		RB13/ AN13 /CN31
		RB14/ AN14 /RP14/CN32
		RB15/ AN15 /RP29/CN12
		RD14/RPI43/CN20
		RD15/RP5/CN21
		RF4/RP10/CN17
		RF5/RP17/CN18
PGEC2	21	
PGED2	22	
VREF-	23	
VREF+	24	
+3V3	25	
GND	26	
IN1	27	
IN2	28	
CVREF	29	
AN11	30	
GND	31	
+3V3	32	
IN3	33	
IN4	34	
ENA	35	
ENB	36	
CS3	37	
LED_R	38	
LED_G	39	
LED_B	40	

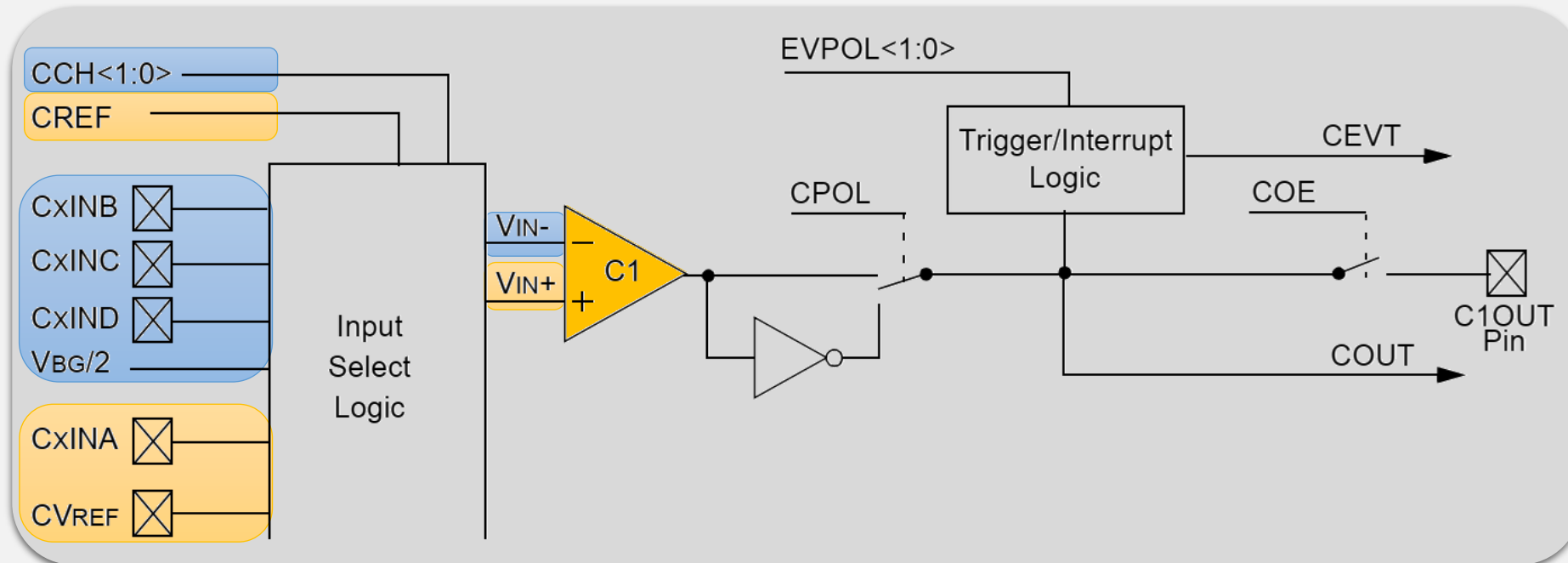
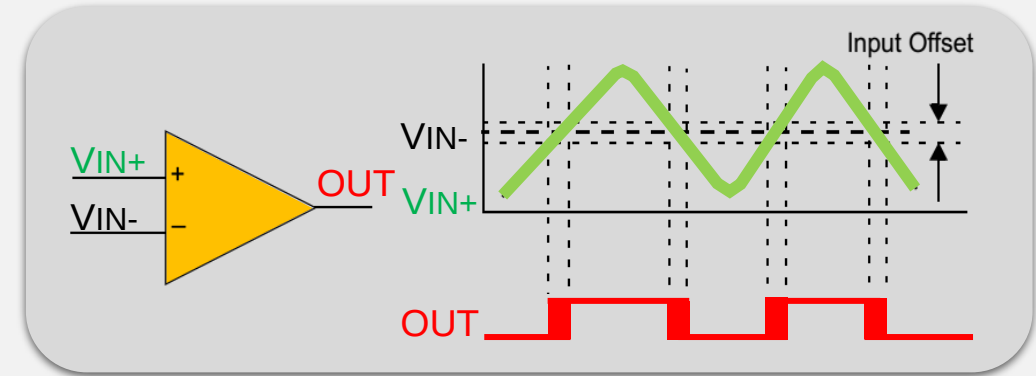
Analóg modulok

μMogi² panelon



Komparátor modul

Analóg jelek összehasonlítására szolgál:





CMxCON Comparator x Control Register

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R-0
CEN	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
EVPOL1	EVPOLO	—	CREF	—	—	CCH1	CCH0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

CEN: Comparator Enable bit
 1 = Comparator is enabled
 0 = Comparator is disabled

COE: Comparator Output Enable bit
 1 = Comparator output is present on the CxOUT pin.
 0 = Comparator output is internal only

CPOL: Comparator Output Polarity Select bit
 1 = Comparator output is inverted
 0 = Comparator output is not inverted

CEVT: Comparator Event bit
 1 = Comparator event defined by EVPOL<1:0> has occurred;
 subsequent triggers and interrupts are disabled until the bit is cleared
 0 = Comparator event has not occurred

COUT: Comparator Output bit
When CPOL = 0:
 $1 = V_{IN+} > V_{IN-}$
 $0 = V_{IN+} < V_{IN-}$
When CPOL = 1:
 $1 = V_{IN+} < V_{IN-}$
 $0 = V_{IN+} > V_{IN-}$



CMxCON Comparator x Control Register

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R-0
CEN	COE	CPOL	—	—	—	CEVT	COUT
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
EVPOL1	EVPOLO	—	CREF	—	—	CCH1	CCH0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

EVPOL<1:0>: Trigger/Event/Interrupt Polarity Select bits

- 11 = Trigger/event/interrupt generated on any change of the comparator output (while CEVT = 0)
- 10 = Trigger/event/interrupt generated on transition of the comparator output:
 If CPOL = 0 (non-inverted polarity):
 High-to-low transition only.
 If CPOL = 1 (inverted polarity):
 Low-to-high transition only.
- 01 = Trigger/event/interrupt generated on transition of comparator output:
 If CPOL = 0 (non-inverted polarity):
 Low-to-high transition only.
 If CPOL = 1 (inverted polarity):
 High-to-low transition only.
- 00 = Trigger/event/interrupt generation is disabled

CREF: Comparator Reference Select bits (non-inverting input)

- 1 = Non-inverting input connects to internal CV_{REF} voltage
- 0 = Non-inverting input connects to C_xINA pin

CCH<1:0>: Comparator Channel Select bits

- 11 = Inverting input of comparator connects to $V_{BG}/2$
- 10 = Inverting input of comparator connects to C_xIND pin
- 01 = Inverting input of comparator connects to C_xINC pin
- 00 = Inverting input of comparator connects to C_xINB pin



CMSTAT Comparator Module Status Register

R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0
CMIDL	—	—	—	—	C3EVT	C2EVT	C1EVT
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0
—	—	—	—	—	C3OUT	C2OUT	C1OUT
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

CMIDL: Comparator Stop in Idle Mode bit

1 = Module does not generate interrupts in Idle mode, but is otherwise operational

0 = Module continues normal operation in Idle mode

C1EVT: Comparator 1 Event Status bit (read-only)

Shows the current event status of Comparator 1 (CM1CON<9>).

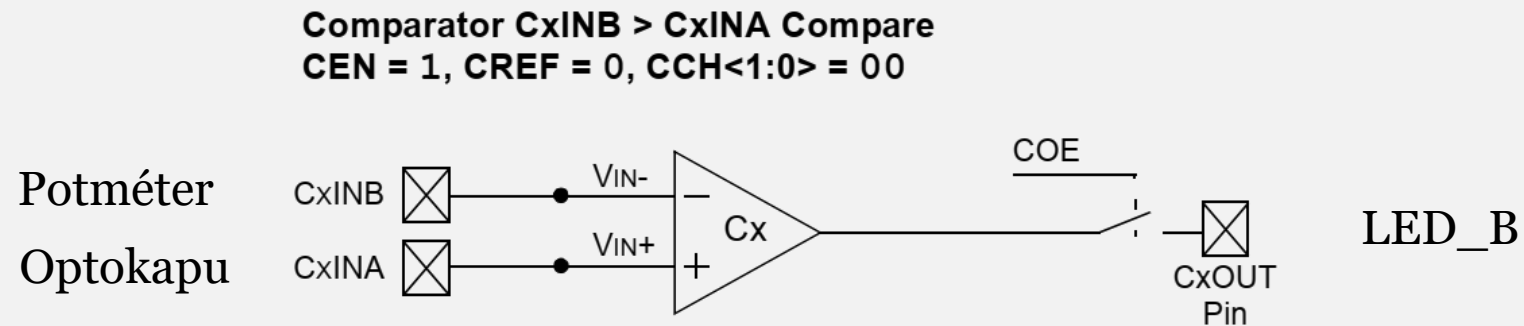
C1OUT: Comparator 1 Output Status bit (read-only)

Shows the current output of Comparator 1 (CM1CON<8>).

Gyakorlás

Feladat

- Hasonlítsuk össze a potméter és a reflexiós optokapu jelét.
- Működtesse a kék színű LED-et, ha a reflexiós optokapu értéke magasabb, mint a potméteré





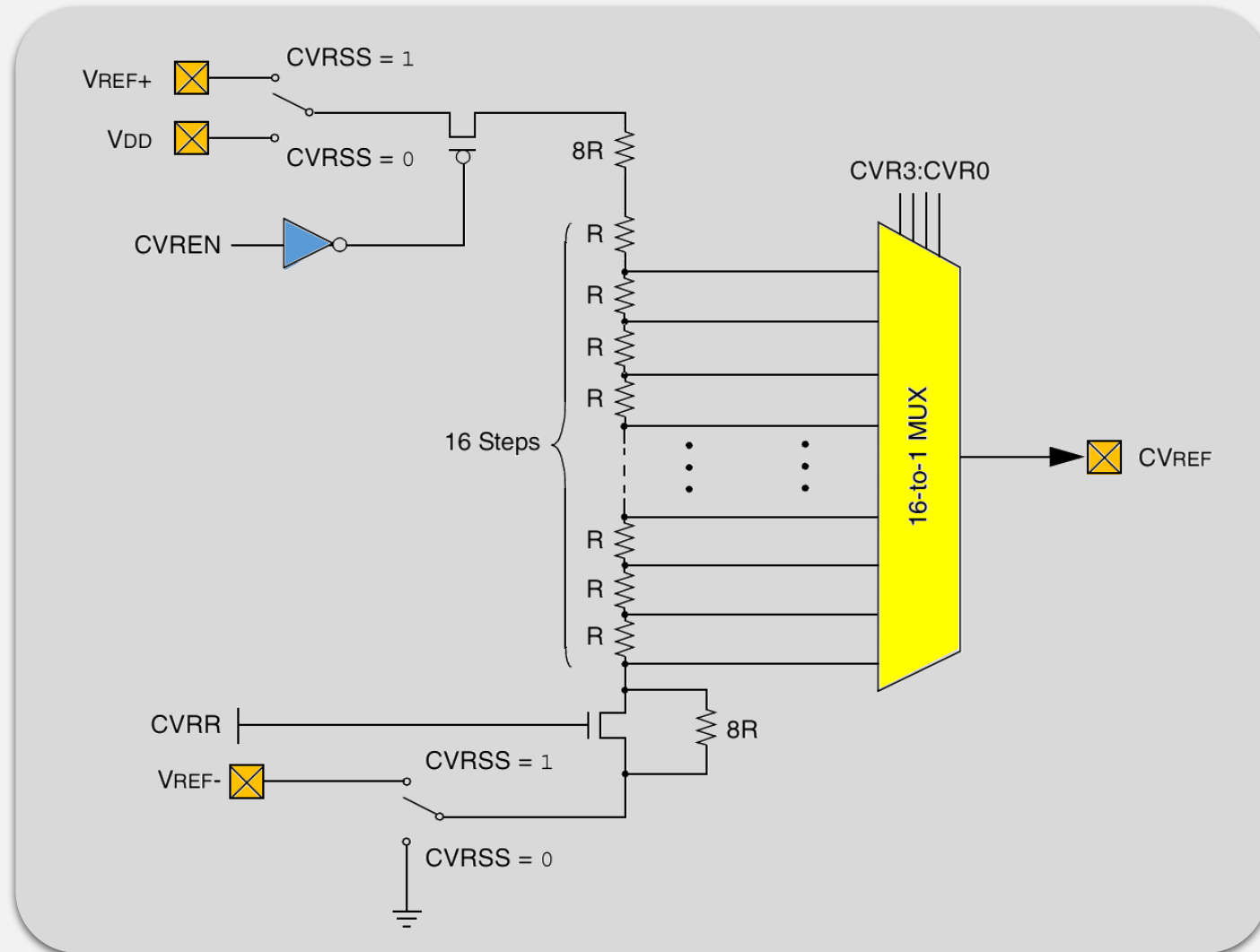
Megoldás:

```
__builtin_write_OSCCONL(OSCCON & 0xbf); // PPSUnlock;  
// Comparator  
_RP17R = 0x01; //40-es láb C1OUT  
__builtin_write_OSCCONL(OSCCON | 0x40); // PPSLock;
```

Function	Output Function Number (pp. 138)
C1OUT	1
C2OUT	2
C3OUT	36

```
void compInit()  
{  
    CM1CONbits.CREF=0; //Pozitív bemenet (C1INA): optokapu  
    CM1CONbits.CCH=0; //Negatív bemenet (C1INB): potméter  
    CM1CONbits.COE=1; //Kimenet engedélyezve  
    CM1CONbits.CEN=1; //Komparátor bekapcsolása  
}
```

Komparátor referencia feszültség





CVRCON Comparator Voltage Reference Control Register

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVROE	CVRR	CVRSS	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

CVREN: Comparator Voltage Reference Enable bit

1 = CV_{REF} circuit powered on

0 = CV_{REF} circuit powered down

CVROE: Comparator V_{REF} Output Enable bit

1 = CV_{REF} voltage level is output on CV_{REF} pin

0 = CV_{REF} voltage level is disconnected from CV_{REF} pin

CVRR: Comparator V_{REF} Range Selection bit

1 = CV_{RSRC} range should be 0 to $0.625 CV_{RSRC}$ with $CV_{RSRC}/24$ step size

0 = CV_{RSRC} range should be 0.25 to $0.719 CV_{RSRC}$ with $CV_{RSRC}/32$ step size

CVRSS: Comparator V_{REF} Source Selection bit

1 = Comparator reference source $CV_{RSRC} = V_{REF+} - V_{REF-}$

0 = Comparator reference source $CV_{RSRC} = AV_{DD} - AV_{SS}$

CVR<3:0>: Comparator V_{REF} Value Selection $0 \leq CVR3:CVR0 \leq 15$ bits

When CVRR = 1:

$$CV_{REF} = (CVR<3:0>/24) * (CV_{RSRC})$$

When CVRR = 0:

$$CV_{REF} = 1/4 * (CV_{RSRC}) + (CVR<3:0>/32) * (CV_{RSRC})$$

Typical Voltage Reference with $CV_{RSRC} = 3.3V$

CVR<3:0>	Tap	Voltage Reference	
		CVRR = 0	CVRR = 1
0000	0	0.83V	0.00V
0001	1	0.93V	0.14V
0010	2	1.03V	0.28V
0011	3	1.13V	0.41V
0100	4	1.24V	0.55V
0101	5	1.34V	0.69V
0110	6	1.44V	0.83V
0111	7	1.55V	0.96V
1000	8	1.65V	1.10V
1001	9	1.75V	1.24V
1010	10	1.86V	1.38V
1011	11	1.96V	1.51V
1100	12	2.06V	1.65V
1101	13	2.17V	1.79V
1110	14	2.27V	1.93V
1111	15	2.37V	2.06V



Gyakorlás

Feladat

Működtesse a kék színű LED-et, ha a potméter értéke nagyobb, mint a tápfeszültség fele.

Feladat

Működtesse a kék színű LED-et, ha a potméter értéke nagyobb, mint a tápfeszültség fele.
Működtesse a piros színű LED-et, ha a potméter értéke kisebb, mint a tápfeszültség fele.

Gyakorlás

Feladat

Működtesse a kék színű LED-et, ha a potméter értéke nagyobb, mint a tápfeszültség fele.

```
void compRefInit()  
{  
    CVRCONbits.CVRR=1;           //24-es osztás  
    CVRCONbits.CVR=12;          //1.65V referencia beállítása  
    CVRCONbits.CVREN=1;         //Belső referencia modul engedélyezése  
    CM1CONbits.CREF=1;          //Pozitív bemenet (C1INA): belső referencia  
    CM1CONbits.CCH=0;           //Negatív bemenet (C1INB): potméter  
    CM1CONbits.CPOL=1;          //Kimenet invertálva  
    CM1CONbits.COE=1;           //Kimenet engedélyezve  
    CM1CONbits.CEN=1;           //Komparátor bekapcsolása  
}
```

Gyakorlás

Működtesse a kék színű LED-et, ha a potméter értéke nagyobb, mint a tápfeszültség fele.
Működtesse a piros színű LED-et, ha a potméter értéke kisebb, mint a tápfeszültség fele.

```
void compRefIntInit()
{
    _CMIF=0;_CMIE=1;           //Interrupt engedélyezése
    CVRCONbits.CVRR=1;         //24-es osztás
    CVRCONbits.CVR=12;         //1.65V referencia beállítása
    CVRCONbits.CVREN=1;        //Belső referencia modul engedélyezése
    CM1CONbits.CREF=1;         //Pozitív bemenet (C1INA): belső referencia
    CM1CONbits.CCH=0;          //Negatív bemenet (C1INB): potméter
    CM1CONbits.CPOL=1;         //Kimenet invertálva
    CM1CONbits.COE=0;          //Kimenet engedélyezve
    CM1CONbits.CEVT=1;         //Esemény figyelése
    CM1CONbits.EVPOL = 0b11;   //Fel és lefutó élre generált esemény
    CM1CONbits.CEN=1;          //Komparátor bekapcsolása
}

void _ISR _CompInterrupt() {
    if(_C1OUT==0) {LEDG=0; LEDB=1;}
    else {LEDB=0;LEDG=1;}
    LED1 = !LED1;
    CM1CONbits.CEVT=0;         // következő eseményhez ki kell törölni,
    CM1CONbits.CEVT=1;         // majd újra vissza
    _CMIF = 0;                 // interrupt flag törlése
}
```

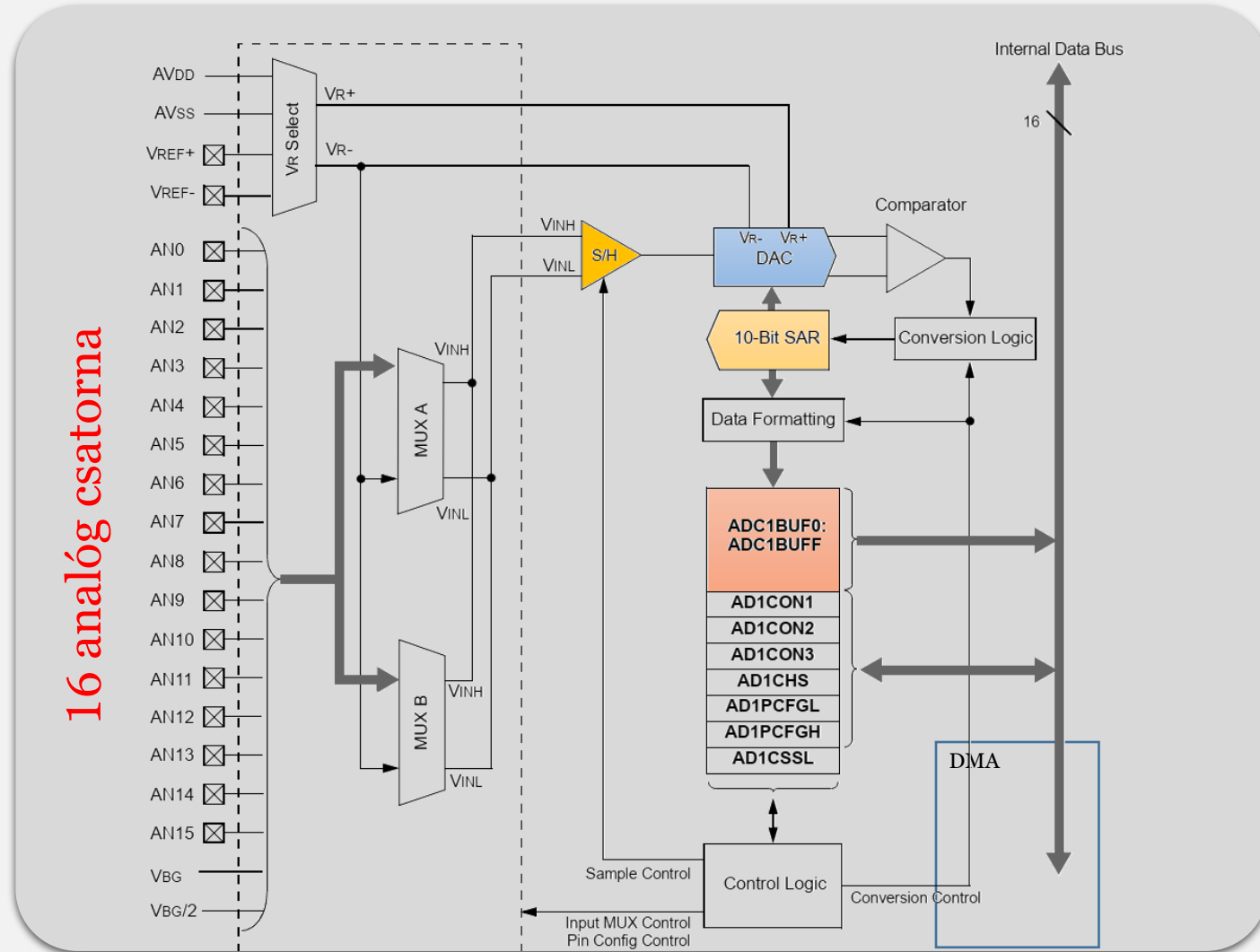
A/D modul

Fokozatos közelítéses (SAR):

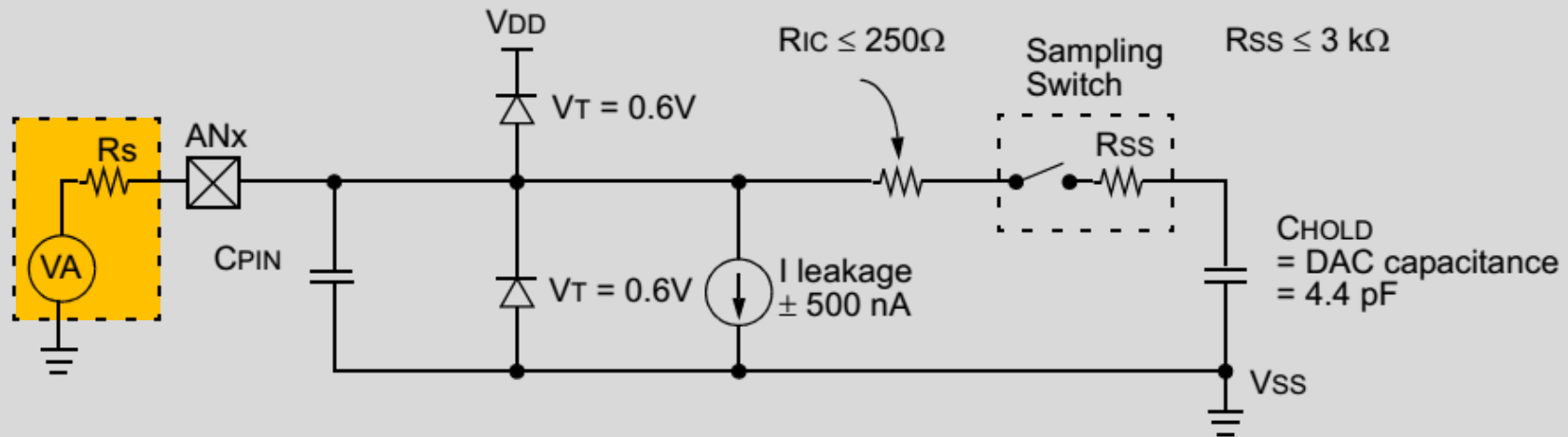
- 10 bites üzemmód
- A konverzió sebessége max. 500 ksps (ezer minta másodpercenként)
- Max. 16 analóg bemenet
- Csatlakozási lehetőség külső feszültség referenciához
- Automatikus pásztázó üzemmód
- Választható trigger jelforrás a konverzió indításához
- Választható adatbuffer feltöltési módok
- Működés a CPU alvás és tétlen állapotában is



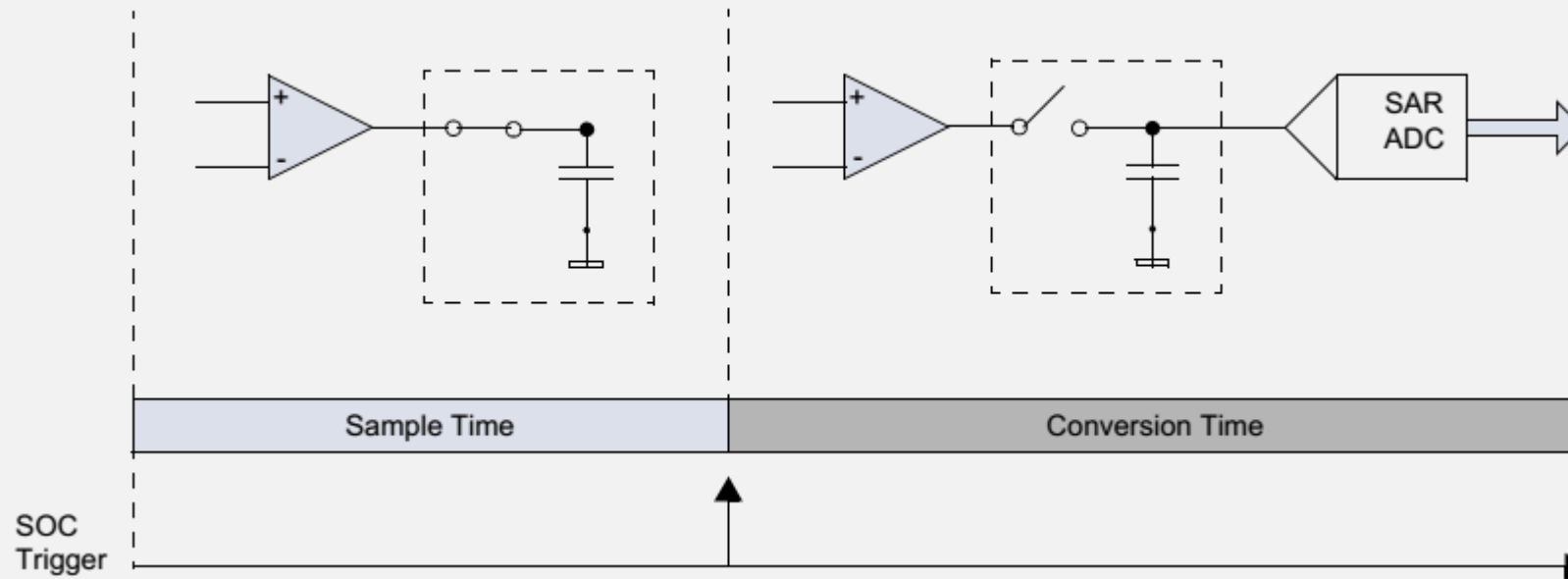
A/D modul



Analóg eszköz illesztése



Mintavételezés és konverzió indítása



A/D beállításának lépései

1. Engedélyezzük a használni kívánt bemenetek analóg funkcióját! (**AD1PCFGL** regiszter)
2. Válasszuk ki az ADC és a mintavevő feszültség referenciáját! (**AD1CON2<15:13>**)
3. Konfiguráljuk az ADC konverziós órajelét! (**AD1CON3<7:0>**)
4. Válasszuk ki a megfelelő mintavételi/konverziós szekvenciát! (**AD1CON1<7:5>** és **AD1CON3<12:8>**)
5. Állítsuk be, hogy az eredmények hogyan jelenjenek meg az adatbufferben! (**AD1CON1<9:8>**)
6. Kapcsoljuk be az ADC-t! (**AD1CON1<15>**)
7. Engedélyezzük az interruptot, ha használjuk!

AD1PCFGL: ADC1 Port Configuration Register Low

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PCFG15	PCFG14	PCFG13	PCFG12	PCFG11	PCFG10	PCFG9	PCFG8
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PCFG7	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

PCFG<15:0>: Analog Input Pin Configuration Control bits

1 = Pin for corresponding analog channel is configured in Digital mode; I/O port read enabled

0 = Pin configured in Analog mode; I/O port read disabled, A/D samples pin voltage

Bekapcsolást követően minden analóg funkcióval ellátott láb analóg bemenetre van konfigurálva. Meg kell adni, hogy mely lábak legyenek digitális ki/bemenetek és melyek analóg bemenetek!

```
// Analóg bemenetek engedélyezése  
AD1PCFGL=0xffcf;    // AN4 és AN5 analóg lábak
```



AD1CON2: ADC1 Control Register 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	r-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0
VCFG2	VCFG1	VCFG0	r	—	CSCNA	—	—
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
BUFS	—	SMPI3	SMPI2	SMPI1	SMPIO	BUFM	ALTS
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

VCFG<2:0>: Voltage Reference Configuration bits

VCFG<2:0>	VR+	VR-
000	AV _{DD}	AV _{SS}
001	External VREF+ pin	AV _{SS}
010	AV _{DD}	External VREF- pin
011	External VREF+ pin	External VREF- pin
1xx	AV _{DD}	AV _{SS}

CSCNA: Scan Input Selections for CH0+ S/H Input for MUX A Input Multiplexer Setting bit
1 = Scan inputs
0 = Do not scan inputs

```
// Referencia feszültség megadása  
AD1CON2bits.VCFG = 0b000;    // ref+=VDD, ref-=VSS
```

AD1CON2: ADC1 Control Register 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	r-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0
VCFG2	VCFG1	VCFG0	r	—	CSCNA	—	—
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
BUFS	—	SMPI3	SMPI2	SMPI1	SMPIO	BUFM	ALTS
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

BUFS: Buffer Fill Status bit (valid only when BUFM = 1)

1 = A/D is currently filling buffer, 08-0F, user should access data in 00-07

0 = A/D is currently filling buffer, 00-07, user should access data in 08-0F

SMPI<3:0>: Sample/Convert Sequences Per Interrupt Selection bits

1111 = Interrupts at the completion of conversion for each 16th sample/convert sequence

1110 = Interrupts at the completion of conversion for each 15th sample/convert sequence

.....

0001 = Interrupts at the completion of conversion for each 2nd sample/convert sequence

0000 = Interrupts at the completion of conversion for each sample/convert sequence

BUFM: Buffer Mode Select bit

1 = Buffer configured as two 8-word buffers (ADC1BUFn<15:8> and ADC1BUFn<7:0>)

0 = Buffer configured as one 16-word buffer (ADC1BUFn<15:0>)

ALTS: Alternate Input Sample Mode Select bit

1 = Uses MUX A input multiplexer settings for first sample, then alternates between MUX B and MUX A input multiplexer settings for all subsequent samples

0 = Always uses MUX A input multiplexer settings



AD1CON3: ADC1 Control Register 3

R/W-0	r-0	r-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADRC	r	r	SAMC4	SAMC3	SAMC2	SAMC1	SAMC0
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADCS7	ADCS6	ADCS5	ADCS4	ADCS3	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

ADRC: A/D Conversion Clock Source bit
 1 = A/D internal RC clock
 0 = Clock derived from system clock

SAMC<4:0>: Auto-Sample Time bits
 11111 = 31 T_{AD}

 00001 = 1 T_{AD}
 00000 = 0 T_{AD} (not recommended)

ADCS<7:0>: A/D Conversion Clock Select bits
 11111111 01000000 = Reserved, do not use
 00111111 = 64 T_{CY}
 00111110 = 63 T_{CY}

 00000001 = 2 * T_{CY}
 00000000 = T_{CY}

```
//Órajel forrása
AD1CON3bits.ADRC = 0; // rendszerórajel
```

Konverziós időegység:
 $T_{AD} = T_{CY} (ADCS + 1)$

Konverziós időegysége

Adatlap alapján: (pp. 326)
10 bit TAD min = 75 ns

TABLE 29-19: ADC CONVERSION TIMING REQUIREMENTS⁽¹⁾

AC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions: 2.0V to 3.6V (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$				
Param No.	Symbol	Characteristic	Min.	Typ	Max.	Units	Conditions
Clock Parameters							
AD50	TAD	ADC Clock Period	75	—	—	ns	T _{CY} = 75 ns, AD1CON3 in default state
AD51	t _{RC}	ADC Internal RC Oscillator Period	—	250	—	ns	
Conversion Rate							
AD55	t _{CONV}	Conversion Time	—	12	—	TAD	
AD56	F _{CONV}	Throughput Rate	—	—	500	ksps	A _{VDD} > 2.7V
AD57	t _{SAMP}	Sample Time	—	1	—	TAD	
Clock Parameters							
AD61	t _{PSS}	Sample Start Delay from setting Sample bit (SAMP)	2	—	3	TAD	

```
// ADC konverziós időegysége
AD1CON3bits.ADCS = 1; // Tad = 2 x Tcy = 125ns > 75ns
// Mintavételezési idő
D1CON3bits.SAMC = 31; // 31 Tad
```

Teljes konverzió:
mintavételezés + konverzió = 12TAD + 31TAD = 43TAD = 5.375us -> 372ksps

AD1CON1: ADC1 Control Register 1

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM1	FORM0
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0,HCS	R/W-0,HCS
SSRC2	SSRC1	SSRC0	—	—	ASAM	SAMP	DONE
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

ADON: A/D Operating Mode bit

0 = A/D Converter is off

1 = A/D Converter module is operating

ADSIDL: Stop in Idle Mode bit

0 = Continue module operation in Idle mode

1 = Discontinue module operation when device enters Idle mode

FORM<1:0>: Data Output Format bits

11 = Signed fractional (sddd dddd dd00 0000)

10 = Fractional (dddd dddd dd00 0000)

01 = Signed integer (ssss sssd dddd dddd)

00 = Integer (0000 00dd dddd dddd)

SSRC<2:0>: Conversion Trigger Source Select bits

111 = Internal counter ends sampling and starts conversion (auto-convert)

110 = CTMU event ends sampling and starts conversion

101 = Reserved

100 = Timer5 compare ends sampling and starts conversion

011 = Reserved

010 = Timer3 compare ends sampling and starts conversion

001 = Active transition on INT0 pin ends sampling and starts conversion

000 = Clearing SAMP bit ends sampling and starts conversion

Manuális konverzió indítás: SSRC = 0b000

Automatikus konverzió indítás: SSRC = 0b111 -> SAMC-t meg kell adni!



AD1CON1: ADC1 Control Register 1

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM1	FORM0
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0,HCS	R/W-0,HCS
SSRC2	SSRC1	SSRC0	—	—	ASAM	SAMP	DONE
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

ASAM: A/D Sample Auto-Start bit

1 = Sampling begins immediately after last conversion completes. SAMP bit is auto-set.

0 = Sampling begins when SAMP bit is set

SAMP: A/D Sample Enable bit

1 = A/D sample/hold amplifier is sampling input

0 = A/D sample/hold amplifier is holding

DONE: A/D Conversion Status bit

1 = A/D conversion is done

0 = A/D conversion is NOT done

ADC beállítás példa

// Példa manuális mintavételezés indítás, automatikus konverzió indítás

```
void adcInit()
```

```
{
```

```
    // Analóg bemenet engedélyezése
```

```
    AD1PCFGL=0xffcf;           // AN4 és AN5 analóg lábak
```

```
    // Referencia feszültség megadása
```

```
    AD1CON2bits.VCFG = 0b000; // ref+=VDD, ref-=VSS
```

```
    // Órajel forrása
```

```
    AD1CON3bits.ADRC = 0;      // Rendszerórajel
```

```
    // ADC konverziós időegysége
```

```
    AD1CON3bits.ADCS = 1;      //  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
```

```
    // Mintavételezési idő
```

```
    AD1CON3bits.SAMC = 31;     //  $31T_{ad}$ 
```

```
    // Üzem mód
```

```
    AD1CON1bits.ASAM = 0;      // Manuális mintavétel indítás
```

```
    AD1CON1bits.SSRC = 0b111; // Automatikus konverzió indítás
```

```
    AD1CHSbits.CH0SA = 4;      // AN4 (poti) kiválasztása
```

```
    AD1CON1bits.ADON = 1;      // ADC bekapcsolása
```

```
}
```

Bemenő csatorna kiválasztása - AD1CHS regiszter

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NB	—	—	CH0SB4	CH0SB3	CH0SB2	CH0SB1	CH0SB0
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NA	—	—	CH0SA4	CH0SA3	CH0SA2	CH0SA1	CH0SA0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

CH0SA<4:0>: Channel 0 Positive Input Select for MUX B Multiplexer Setting bits

10001 = Channel 0 positive input is internal band gap reference (VBG)

10000 = Channel 0 positive input is VBG/2

01111 = Channel 0 positive input is AN15

01110 = Channel 0 positive input is AN14

01101 = Channel 0 positive input is AN13

01100 = Channel 0 positive input is AN12

01011 = Channel 0 positive input is AN11

01010 = Channel 0 positive input is AN10

01001 = Channel 0 positive input is AN9

01000 = Channel 0 positive input is AN8

00111 = Channel 0 positive input is AN7

00110 = Channel 0 positive input is AN6

00101 = Channel 0 positive input is AN5

00100 = Channel 0 positive input is AN4

00011 = Channel 0 positive input is AN3

00010 = Channel 0 positive input is AN2

00001 = Channel 0 positive input is AN1

00000 = Channel 0 positive input is AN0

CH0NA: Channel 0 Negative Input Select for MUX A Multiplexer Setting bit

1 = Channel 0 negative input is AN1

0 = Channel 0 negative input is VR

```
AD1CHSbits.CH0SA = 4; // AN4 (poti) kiválasztása
```

```
AD1CHSbits.CH0SA = 5; // AN5 (optokapu) kiválasztása
```

Scan csatorna kiválasztása - AD1CSSL regiszter

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CSSL15	CSSL14	CSSL13	CSSL12	CSSL11	CSSL10	CSSL9	CSSL8
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CSSL7	CSSL6	CSSL5	CSSL4	CSSL3	CSSL2	CSSL1	CSSL0
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

CSSL<15:0>: A/D Input Pin Scan Selection bits

1 = Corresponding analog channel selected for input scan

0 = Analog channel omitted from input scan

// Scan üzemmód:

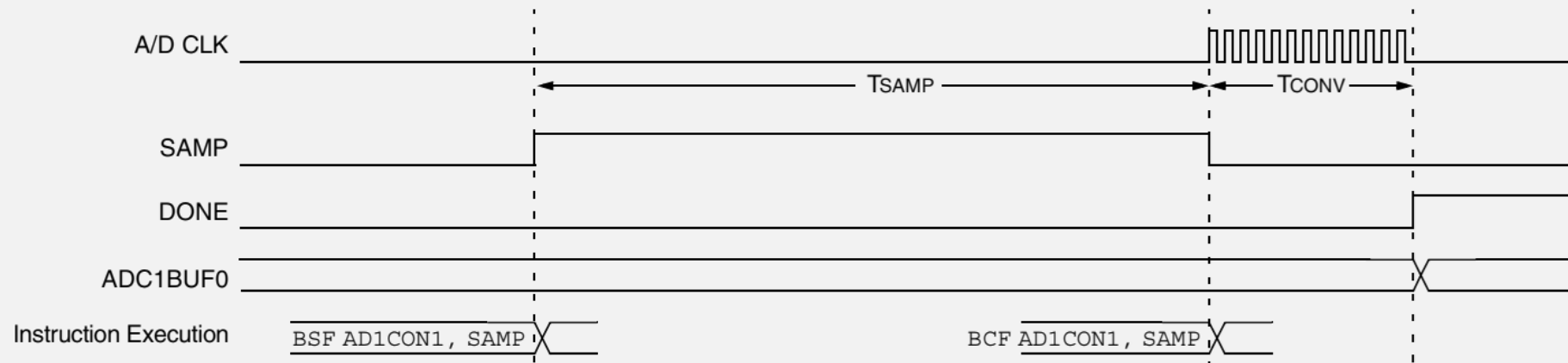
AD1CON2bits.CSCNA = 1; // Scan üzemmód bekapcsolása

AD1CSSL = 0x0030; // AN4 és AN5 csatornák kiválasztása

Gyakorlás

Feladat

Olvassuk be a potméteren mérhető feszültséget, manuális mintavételezés indítás és manuális konverzió indítás.
A beolvasott értéket jelenítse meg az LCD kijelzőn.



Gyakorlás

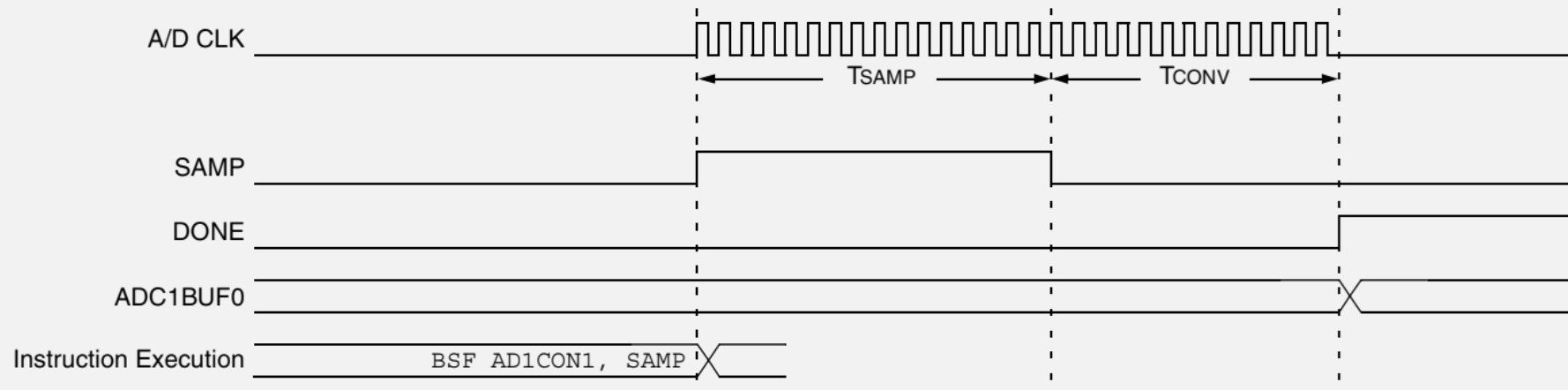
```
void adcManualInit()
{
    AD1PCFGL=0xffcf;           // AN4 és AN5 analóg lábak
    AD1CON2bits.VCFG = 0;       // Referencia feszültség: Vdd és Vss
    AD1CON3bits.ADRC = 0;       // Órajel forrás: rendszerórajel
    AD1CON3bits.ADCS = 1;       // ADC órajel beállítása:  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
    AD1CON3bits.SAMC = 31;      // Mintavételezési idő: maximális ( $31T_{ad}$ )
    AD1CON1bits.ASAM = 0;       // Manuális mintavétel indítás (SAMP bit)
    AD1CON1bits.SSRC = 0;       // Manuális konverzió indítás (SAMP bit)
    AD1CHSbits.CH0SA = 4;       // AN4 (poti) kiválasztása
    AD1CON1bits.ADON = 1;       // ADC bekapcsolása
}
```

```
int adcManualRead()
{
    AD1CON1bits.SAMP = 1;       // Mintavételezés indítása
    DELAY_MS(1);                // Várakozás a mintavételezésre (pl. 1 ms)
    AD1CON1bits.SAMP = 0;       // Mintavételezés leállítása, konverzió indul
    while (!AD1CON1bits.DONE);  // Várakozás a konverzió befejezésére
    return ADC1BUF0;            // A konverzió eredményének visszaadása
}
```

Gyakorlás

Feladat

Olvassuk be a potméteren mérhető feszültséget, manuális mintavételezés indítás és automatikus konverzió indítás ütemezésével.
A beolvasott értéket jelenítse meg az LCD kijelzőn.



Gyakorlás

```
void adcInit()
{
    AD1PCFGL=0xffcf;           // AN4 és AN5 analóg lábak
    AD1CON2bits.VCFG = 0;       // Referencia feszültség: Vdd és Vss
    AD1CON3bits.ADRC = 0;       // Órajel forrás: rendszerórajel
    AD1CON3bits.ADCS = 1;       // ADC órajel beállítása:  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
    AD1CON3bits.SAMC = 31;      // Mintavételezési idő: maximális (31 $T_{ad}$ )
    AD1CON1bits.ASAM = 0;       // Manuális mintavétel indítás (SAMP bit)
    AD1CON1bits.SSRC = 0b111;   // Automatikus konverzió indítás (belső időzítéssel)
    AD1CHSbits.CH0SA = 4;       // AN4 (poti) kiválasztása
    AD1CON1bits.ADON = 1;       // ADC bekapcsolása
}
```

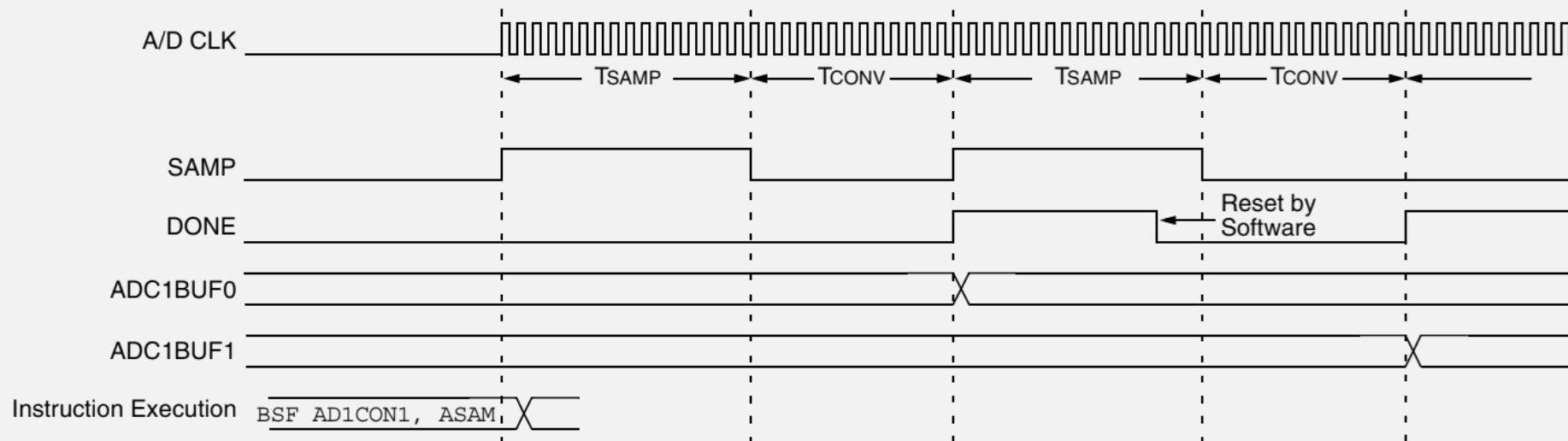
```
int adcRead()
{
    AD1CON1bits.SAMP = 1;       // Mintavételezés indítása, mintavételi idő után konverzió indítása
    while (!AD1CON1bits.DONE);  // Várakozás a konverzió befejezésére
    return ADC1BUF0;            // A konverzió eredményének visszaadása
}
```

Gyakorlás

Feladat

Olvassuk be a potméteren mérhető feszültséget, automatikus mintavételezés indítás és automatikus konverzió indítás ütemezésével.

Alkalmazzon interruptot 8 mérésenként. A mérési adatokat átlagolja és jelenítse meg az LCD kijelzőn.



Interrupt használata

```
void adcContInterruptInit()  
{  
    _AD1IF = 0;           // Interrupt flag törlése  
    _AD1IE = 1;           // Interrupt engedélyezése  
    AD1CON1bits.ASAM = 1; // Automatikus mintavételezés indítás konverzió után  
    AD1CON2bits.SMPI = 7; // 8 konverzió után legyen interrupt  
    ...  
}
```

```
AD1CHS0bits.CH0SA = 4; // AN4 (poti) kiválasztása  
while(1){}
```

```
void _ISR _ADC1Interrupt (void)  
{  
    //utasítások  
    _AD1IF = 0; // Interrupt flag törlése  
}
```

Gyakorlás

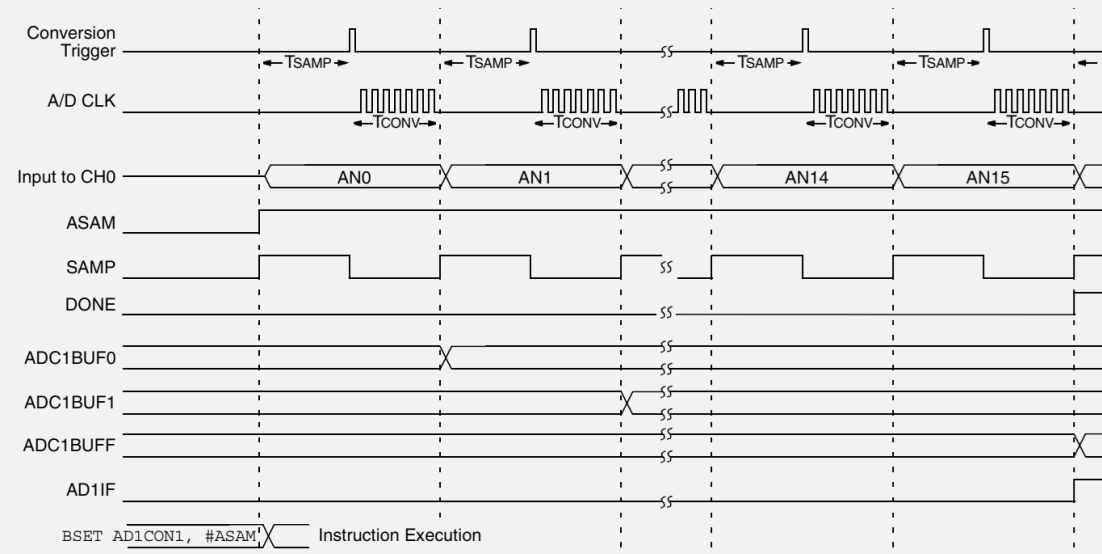
```
void adcContInterruptInit()
{
    _AD1IF = 0; _AD1IE = 1; // Interrupt használata
    AD1CON2bits.SMPI = 7;    // 8 konverzió után legyen interrupt
    AD1PCFGL=0xffcf;        // AN4 és AN5 analóg lábak
    AD1CON2bits.VCFG = 0;    // Referencia feszültség: Vdd és Vss
    AD1CON3bits.ADRC = 0;    // Órajel forrás: rendszerórajel
    AD1CON3bits.ADCS = 1;    // ADC órajel beállítása:  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
    AD1CON3bits.SAMC = 31;   // Mintavételezési idő: maximális (31 $T_{ad}$ )
    AD1CON1bits.ASAM = 1;    // Automatikus mintavételezés indítás konverzió után
    AD1CON1bits.SSRC = 0b111; // Automatikus konverzió indítás (belső időzítéssel)
    AD1CHSbits.CH0SA = 4;    // AN4 (poti) kiválasztása
    AD1CON1bits.ADON = 1;    // ADC bekapcsolása
}
```

```
void _ISR _ADC1Interrupt() {
    AD1CON1bits.ASAM = 0;
    int* ADC = &ADC1BUF0;
    poti = 0;
    for(int i = 0 ; i < 8 ; i++)
        poti += ADC[i];
    poti >>= 3; // osztás 8-cal
    _AD1IF = 0; // Interrupt flag törlése
    AD1CON1bits.ASAM = 1;
}
```

Gyakorlás

Feladat

Olvassuk be a potméteren és az optokapun mérhető feszültségeket, automatikus mintavételezés indítás és automatikus konverzió indítás ütemezésével, scan üzemmódban. Alkalmazzon interruptot 2 mérésenként. A mérési adatokat jelenítse meg az LCD kijelzőn.



Gyakorlás

```
void adcContScanInit()
{
    _AD1IF = 0; _AD1IE = 1; // Interrupt használata
    AD1CON2bits.SMPI = 1;    // 2 konverzió után legyen interrupt
    AD1PCFGL=0xffcf;        // AN4 és AN5 analóg lábak
    AD1CON2bits.VCFG = 0;    // Referencia feszültség: Vdd és Vss
    AD1CON3bits.ADRC = 0;    // Órajel forrás: rendszerórajel
    AD1CON3bits.ADCS = 1;    // ADC órajel beállítása:  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
    AD1CON3bits.SAMC = 31;   // Mintavételezési idő: maximális (31 $T_{ad}$ )
    AD1CON1bits.ASAM = 1;    // Automatikus mintavételezés indítás konverzió után
    AD1CON1bits.SSRC = 0b111; // Automatikus konverzió indítás (belső időzítéssel)
    AD1CON2bits.CSCNA = 1;   // Csatorna scan mód bekapcsolása
    AD1CSSL = 0x0030;        // AN4 és AN5 csatornák kiválasztása
    AD1CON1bits.ADON = 1;    // ADC bekapcsolása
}
```

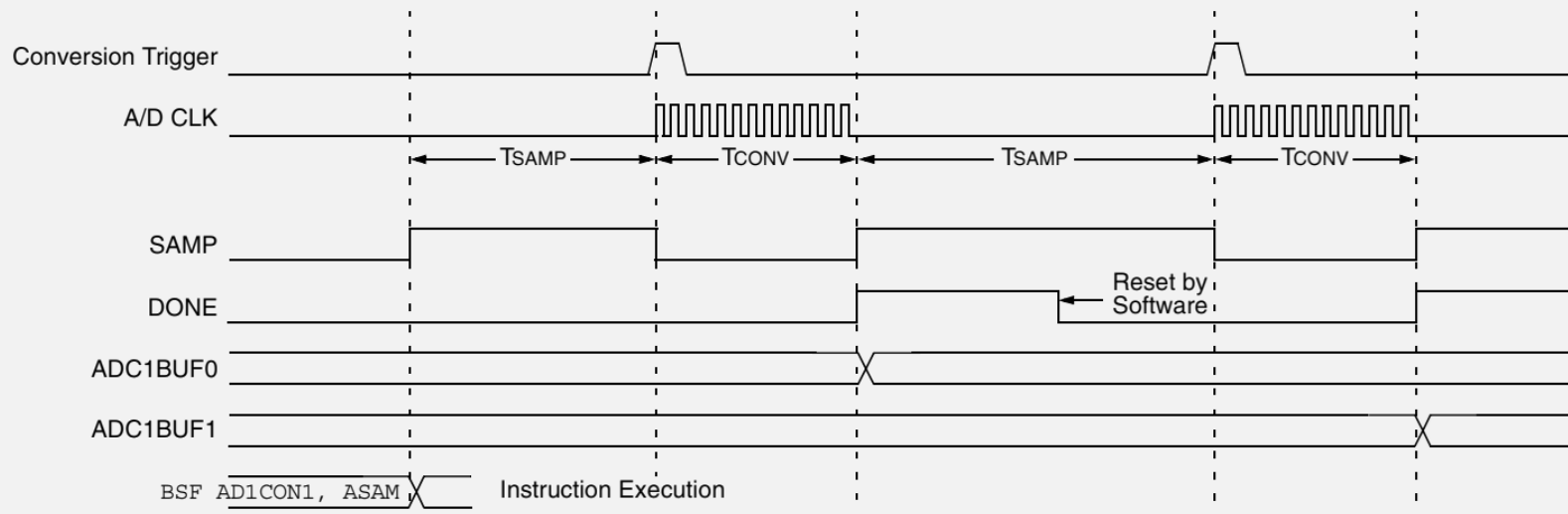
```
void _ISR _ADC1Interrupt() {
    AD1CON1bits.ASAM = 0;
    poti = ADC1BUF0;
    opto = ADC1BUF1;
    _AD1IF = 0; // Interrupt flag törlése
    AD1CON1bits.ASAM = 1;
}
```

Gyakorlás

Feladat

Olvassuk be a potméteren és az optokapun mérhető feszültségeket, automatikus mintavételezés indítás és TMR3-as konverzió indítás ütemezésével, scan üzemmódban. A TMR3 ütemezése legyen 800ms.

Alkalmazzon interruptot 2 mérésenként. A mérési adatokat jelenítse meg az LCD kijelzőn.



Gyakorlás

```
void adcTriggeredScanInit()
{
    _AD1IF = 0; _AD1IE = 1; // Interrupt használata
    AD1CON2bits.SMPI = 1; // 2 konverzió után legyen interrupt
    AD1PCFGL=0xffcf; // AN4 és AN5 analóg lábak
    AD1CON2bits.VCFG = 0; // Referencia feszültség: Vdd és Vss
    AD1CON3bits.ADRC = 0; // Órajel forrás: rendszerórajel
    AD1CON3bits.ADCS = 1; // ADC órajel beállítása:  $T_{ad} = 2 \times T_{cy} = 125\text{ns} > 75\text{ns}$ 
    AD1CON3bits.SAMC = 31; // Mintavételezési idő: maximális ( $31T_{ad}$ )
    AD1CON1bits.ASAM = 1; // Automatikus mintavételezés indítás konverzió után
    AD1CON1bits.SSRC = 0b010; // Automatikus konverzió indítás (TMR3 időzítéssel)
    TMR3 = 0; // Timer3 törlése
    PR3 = 50000; // Periódusidő: 800 ms
    T3CONbits.TCKPS = 3; // TMR3 előosztó 1:256
    T3CONbits.TON = 1; // TMR3 indítása
    AD1CON2bits.CSCNA = 1; // Csatorna scan mód bekapcsolása
    AD1CSSL = 0x0030; // AN4 és AN5 csatornák kiválasztása
    AD1CON1bits.ADON = 1; // ADC bekapcsolása
}
```

```
void _ISR_ADC1Interrupt() {
    poti = ADC1BUF0;
    opto = ADC1BUF1;
    _AD1IF = 0; // Interrupt flag törlése
}
```



Gyakorlás

Feladat

Olvassa be a potméter értékét és működtesse PWM üzemmódban a kék LED-et, a beolvasott érték alapján