

Hardver alapok

(VIII BA01)

Kommunikációs perifériák

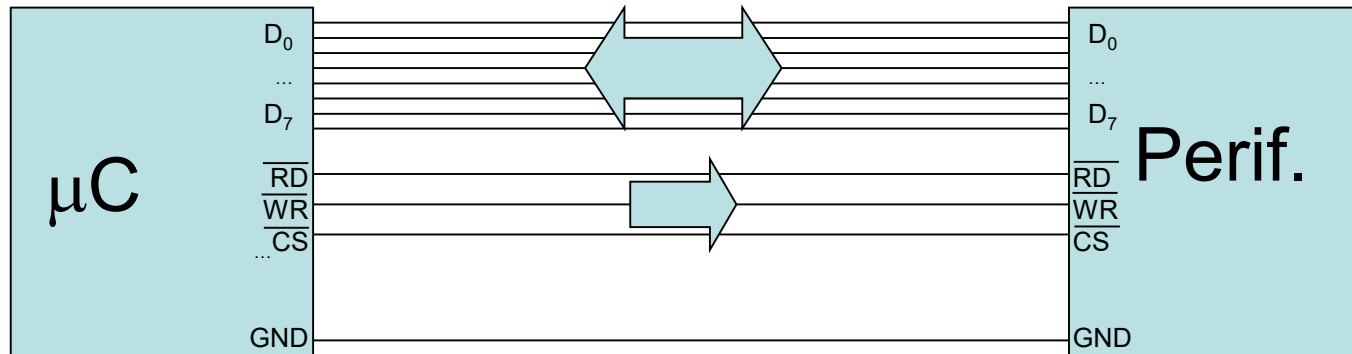
Rácz György gyuriracz@iit.bme.hu

2022/23. tanév őszi félév

- Adatátvitel a mikrokontroller és környezete között
 - Párhuzamos adattovábbítás
 - Bitsoros átvitel
 - Egyirányú átvitel (simplex)
 - Kétirányú (duplex)
 - Halfduplex
 - Fullduplex
 - Többféle szabványos megoldás a feladattól függően
 - IC-k közötti adatátvitel egy berendezésen belül
 - SPI
 - I²C
 - Berendezések közötti (nagyobb táv.) adatátvitel
 - UART
 - CAN
 - USB, Ethernet
- } Ezekkel nem foglalkozunk részletesebben

Párhuzamos adattovábbítás

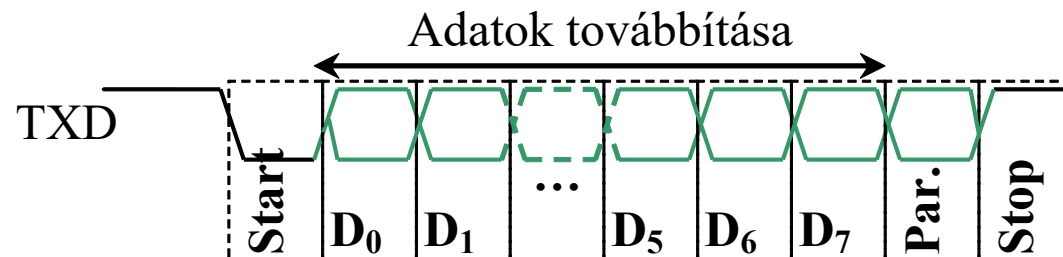
- A két(vagy több) állomás között adatvezetékek, vezérlő vezetékek és címző vezetékek → párhuzamos sín
- Átvitel ütemezése vezérlő jelekkel (RD, WR)

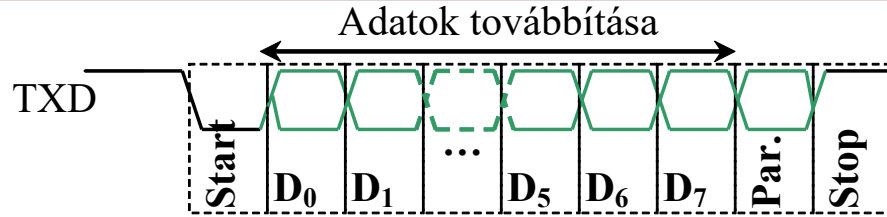


- Sokféle szabványos megoldás (nem foglalkozunk velük)
- Előny: egyszerű kialakítás
- Hátrány: -túl sok portlábat igényel a mikrokontrollertől
-Nagy sebességnél áthallás a jelvezetékek között

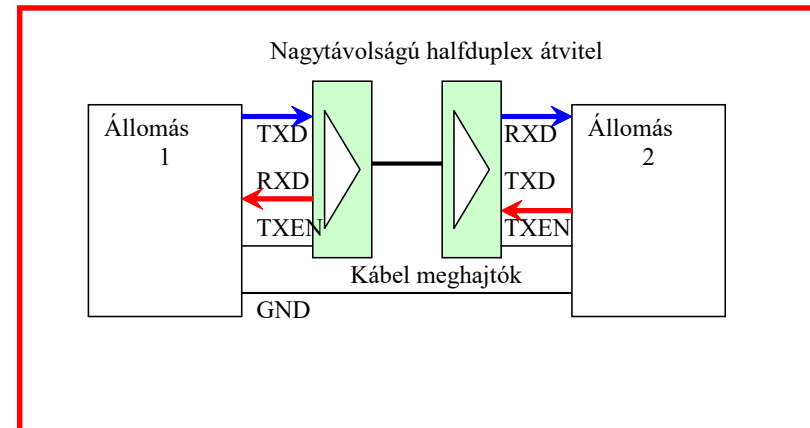
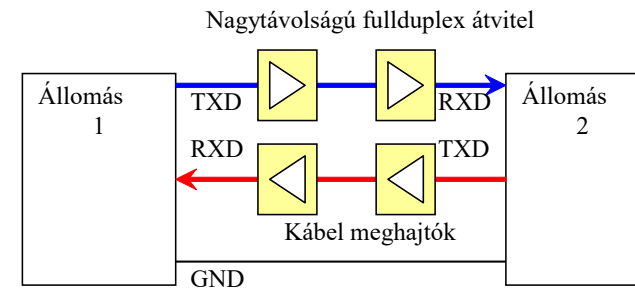
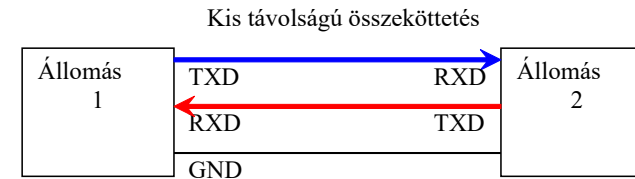
USART

- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter
- Bitsoros adattovábbítás egyetlen jelvezetéken
- Adó kimenet: TxD
- Vevő bemenet: RxD
- Vonal nyugalmi állapota: „1”
- Adatbájt keretezése: Start(0), adatbitek, STOP(1)
- Opcionális paritás bit az adatbitek után (Páros vagy Páratlan)
→ hibadetektálás
- BREAK jelzés
- Hibajelzési lehetőségek: paritás, keret(frame), túlfurás(overrun)





- Kis távolságra közvetlen összeköttetés
- Nagyobb távolságra meghajtó IC kell
- Egy adat kimenet (TXD)
- Egy adat bemenet (RXD)
- Bitsoros átvitel, LSB először
- Többféle formátum
- Simplex, halfduplex, fullduplex átvitel a kiépítéstől függően



USART fizikai rész

- A portlábat általában nem közvetlenül kötjük a hosszú kábelre, hanem szabványos fizikai jelszint illesztővel
- Többféle elterjedt szabvány, pl.:
 - TIA/EIA 232 → "PC soros port, RS232"
 - TIA/EIA 485
 - TIA/EIA 422

Interfész	adó	vevő	„0”	„1”	Max.táv.
TIA/EIA232	1	1	+3..+15V	-3..-15V	15m
TIA/EIA422	1	10	-6V	+6V	1500m
TIA/EIA485	32	32	>+200mV	<-200mV	1200m

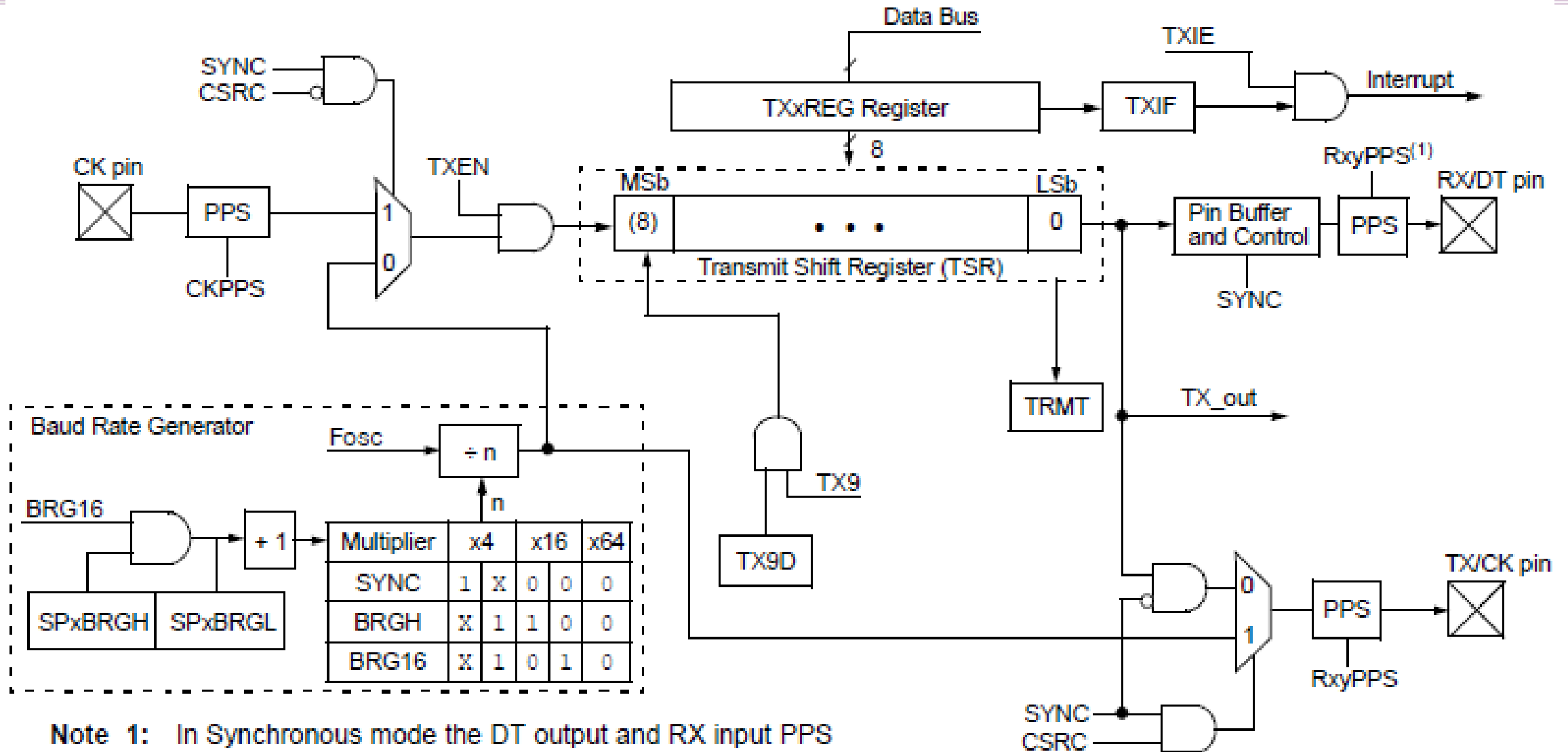
TIA: Telecommunications Industry Association

EIA: Electronic Industries Alliance

Átviteli sebesség

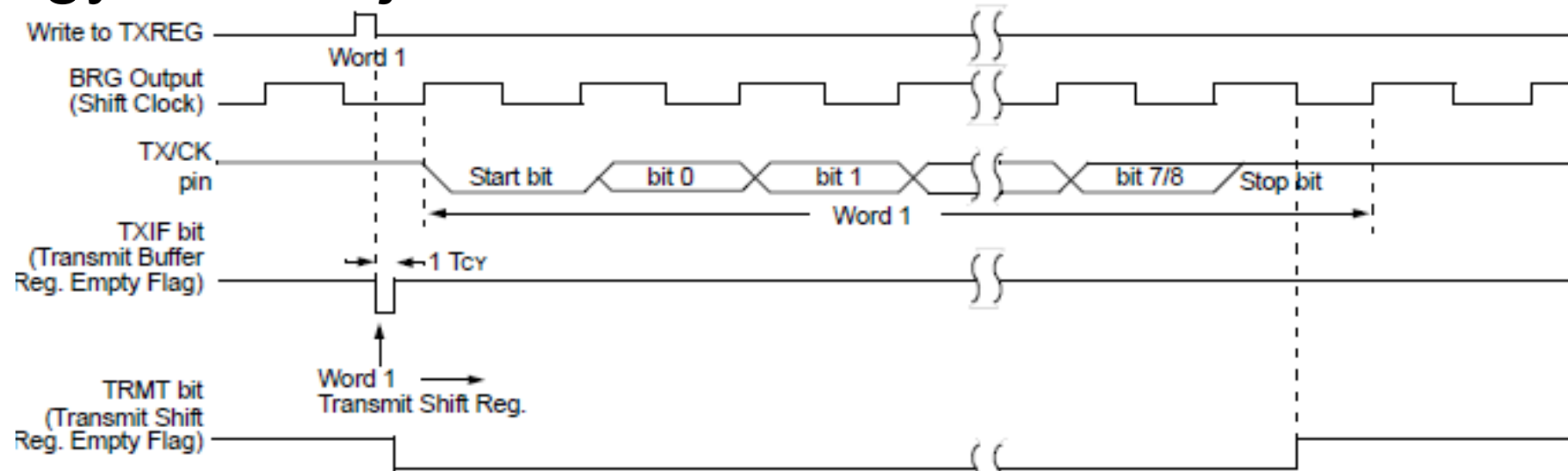
- Egy másodperc alatt továbbított szimbólumok száma
→BAUD
- Bináris jeltovábbítás esetén: bit/s
- Tipikus értékek: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 57600, 115200 bit/s
- Általában a csatorna képességei (sávszélesség, zaj) korlátozzák a maximális átvihető sebességet
- Az átviteli sebesség beállítása programozható frekvencia osztóval történik (SPBRGH, SPBRGL regiszterek)

USART adó blokkvázlata

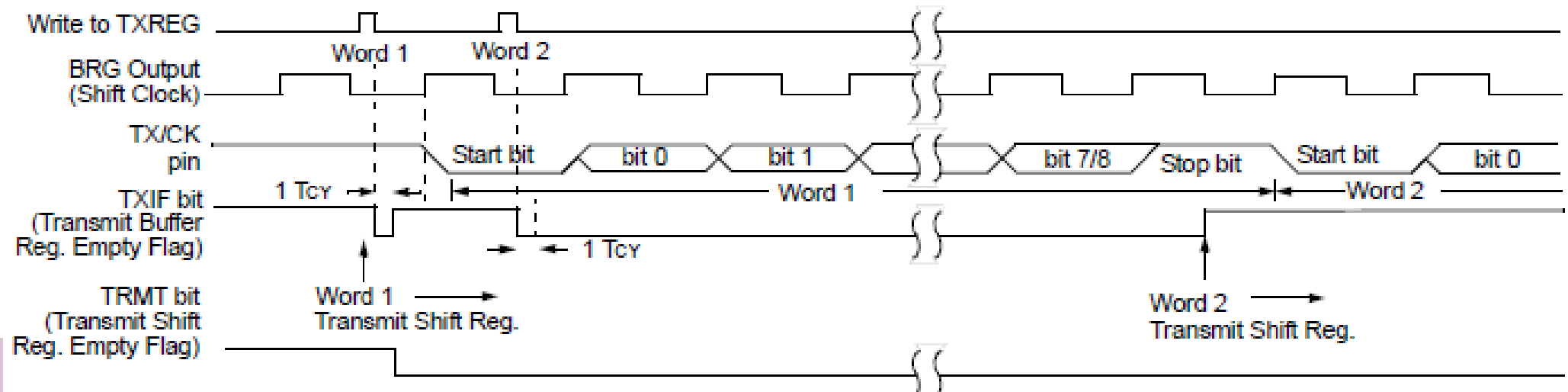


USART adás időzítése

- Egyetlen bájt továbbítása



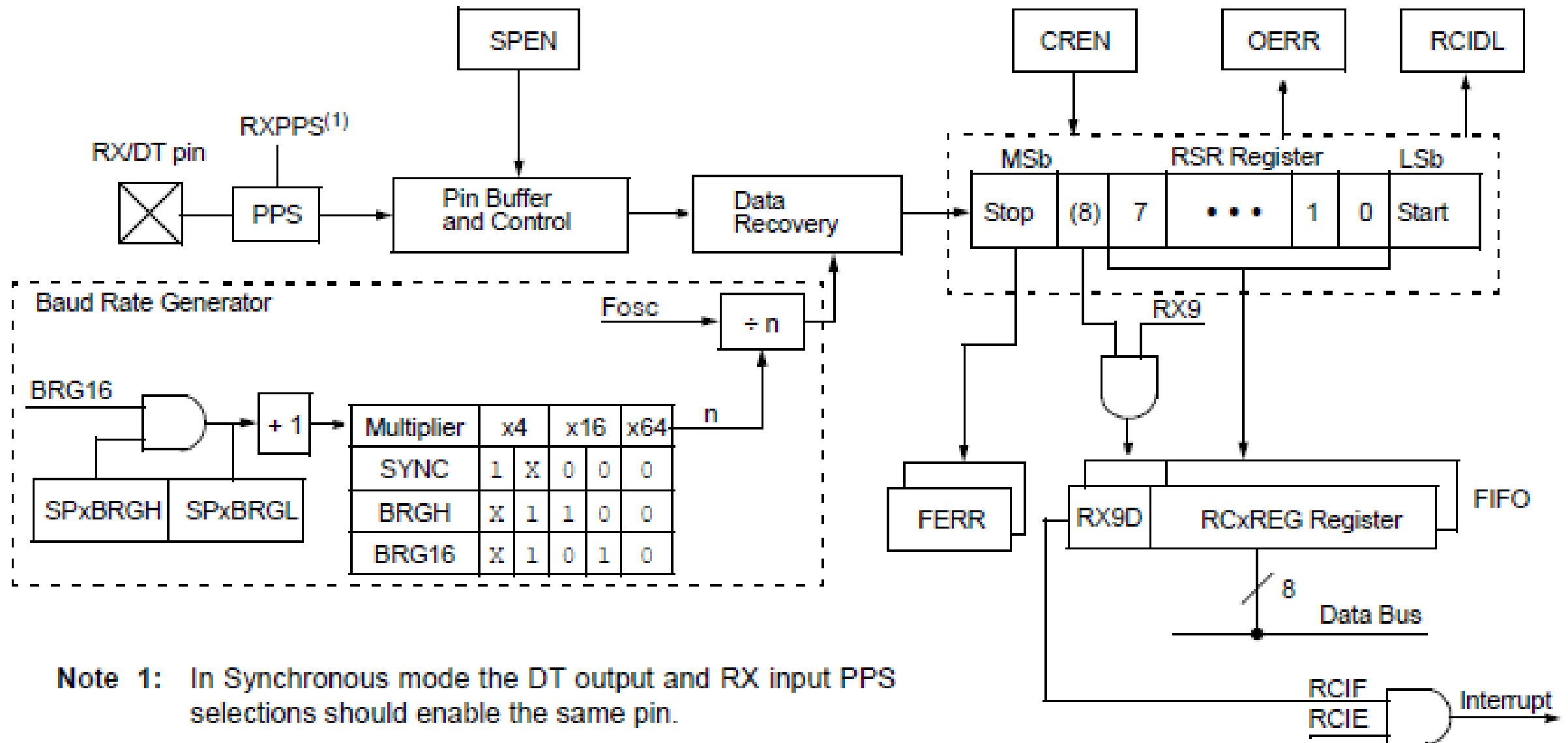
- Két bájt továbbítása (egymás után)



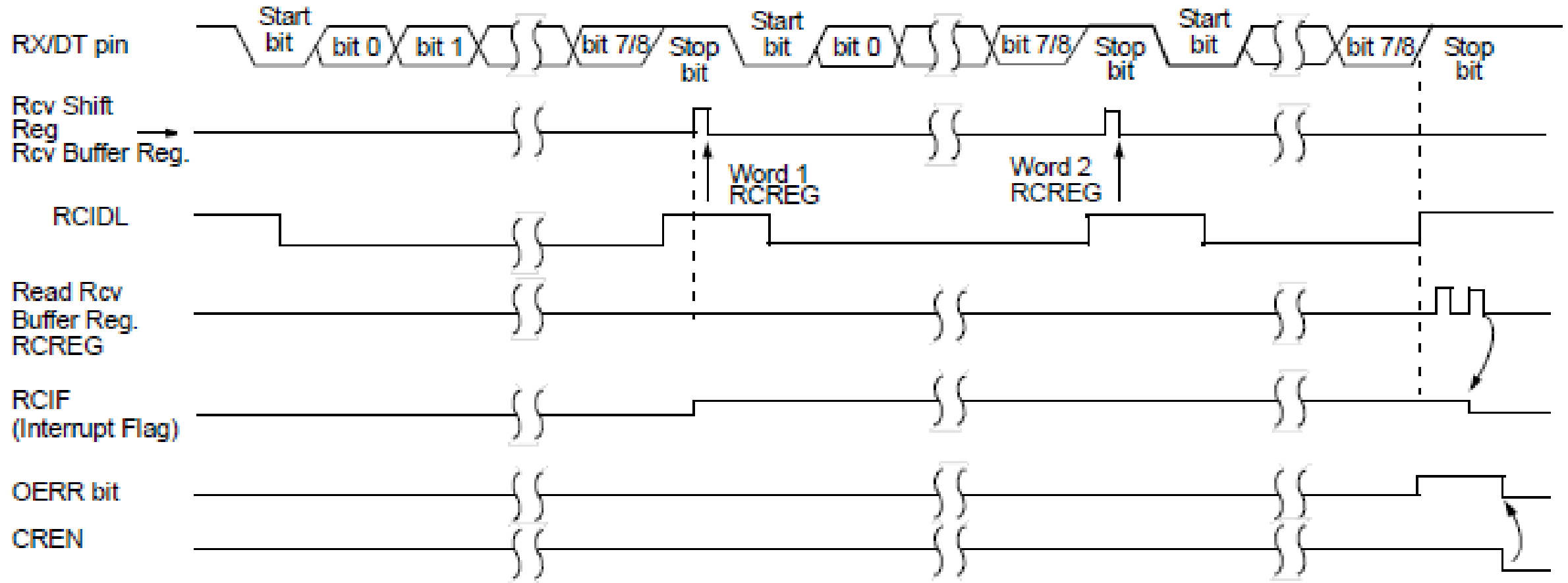
Fontos jelzőbitek

- TXIF: „1”, ha beírható a következő adatbájt a TXREG-be
Vigyázat! Ha nem akarunk semmit továbbítani, le kell tiltani a TX megszakítást (TXIE=0).
- TRMT: „1”, ha az utolsó stopbit is kiküldésre került a TXD vonalon→külső adó engedélyezéséhez/tiltásához használható (pl.: TIA/EIA485)

USART vevő blokkvázlata



Aszinkron vétel időzítése



Fontos jelzőbitek vételhez

- RCIF: „1”, ha kiolvasható adat várakozik az RCREG-ben
- FERR: „1”, ha kerethiba lépett fel a vétel során
- OERR: „1”, ha nem olvastuk ki az előző adatot és az új felülírta (ilyenkor letiltódik a CREN engedélyező bit is!)

Paritás bit kezelése

- Nincs hardveres ellenőrzés
- A 9. biten tetszőleges érték továbbítható (TX9D)
- Páros paritás: 1-es adatbitek számát párosra egészíti ki
- Páratlan paritás: 1-es adatbitek számát páratlanra egészíti ki
- Programból állítjuk elő, ha szükséges

(Vannak olyan mikrokontrollerek, amelyek hardveresen előállítják és ellenőrzik is...)

Paritás előállítás példa

$$PE = D7 \oplus D6 \oplus D5 \oplus D4 \oplus D3 \oplus D2 \oplus D1 \oplus D0$$

SETPARITY_EVEN:

;TXREG írása előtt kell meghívni

```

MOVWF    TEMP
SWAPF    TEMP, W
XORWF    TEMP, F
RRF      TEMP, W
XORWF    TEMP, F
BTFSC    TEMP, 2
INCF     TEMP, F
BCF      TX1STA, TX9D
BTFSC    TEMP, 0
BSF      TX1STA, TX9D
RETURN
    
```

TEMP:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

SWAP:

D3	D2	D1	D0	D7	D6	D5	D4
----	----	----	----	----	----	----	----

XOR:

D37	D26	D15	D04	D37	D26	D15	D04
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

RRF: W=

C	D37	D26	D15	D04	D37	D26	D15
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

XOR:

C37	D2367	D1256	D0145	D0347	D2367	D1256	D0145
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

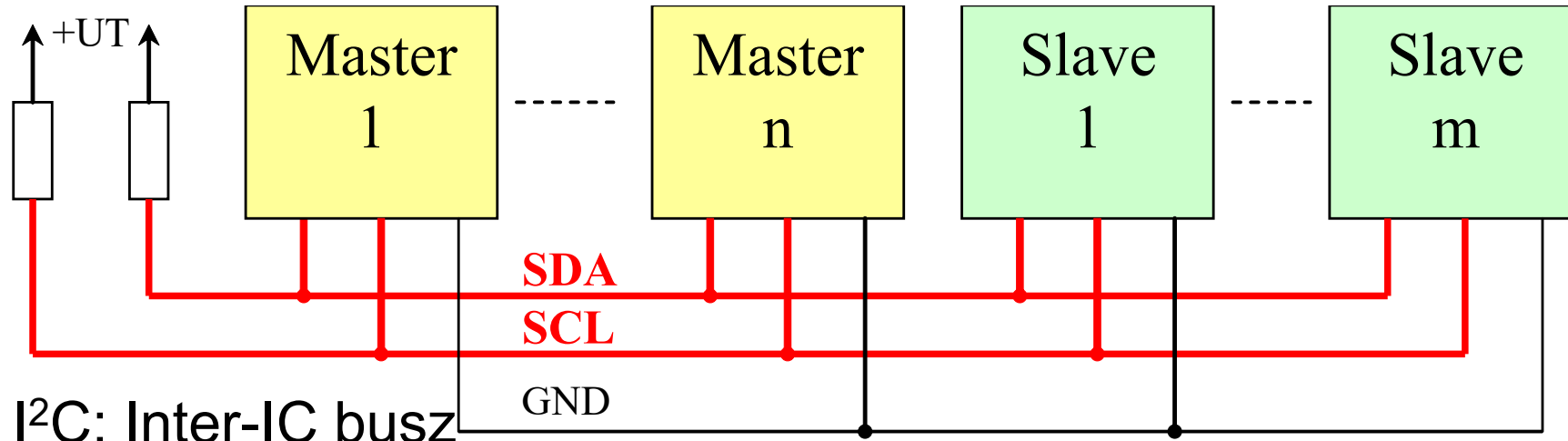
INCF:



USART-regiszterek

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Register on Page
INTCON	GIE	PEIE	—	—	—	—	—	INTEDG	133
PIR3	—	—	RCIF	TXIF	BCL2IF	SSP2IF	BCL1IF	SSP1IF	146
PIE3	—	—	RCIE	TXIE	BCL2IE	SSP2IE	BCL1IE	SSP1IE	137
RC1STA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	564
TX1STA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	SENDER	BRGH	TRMT	TX9D	563
BAUD1CON	ABDOVF	RCIDL	—	SCKP	BRG16	—	WUE	ABDEN	565
RC1REG	RC1REG<7:0>								548*
TX1REG	TX1REG<7:0>								546*
SPB1RGL	SP1BRG<7:0>								552*
SPB1RGH	SP1BRG<15:8>								552*
RXPPS	—	—	—	RXPPS<4:0>					240
CKPPS	—	—	—	CXPPS<4:0>					240
RxyPPS	—	—	—	RxyPPS<4:0>					241
CLCxSELY	—	—	—	LCxDyS<4:0>					320

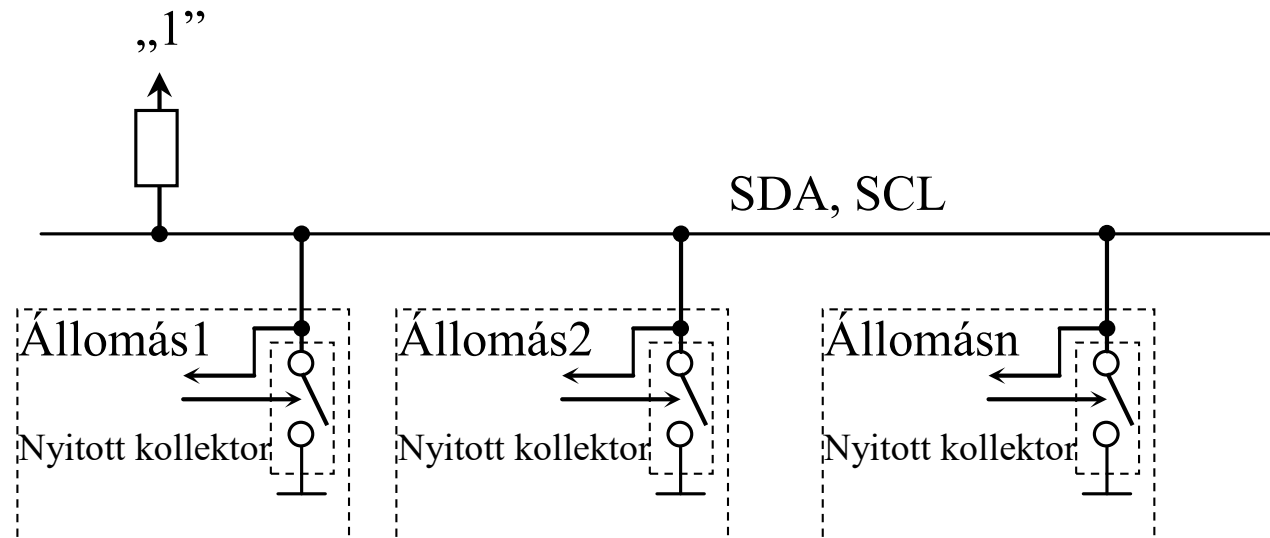
I²C – busz röviden

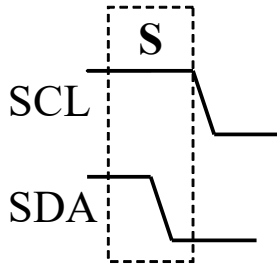


- I²C: Inter-IC busz
- Két vezeték az adatátvitelhez (SDA, SCL)
- Nyitott kollektoros meghajtás
- Multimasteres környezet
- Standard 100kHz, 400kHz órajel (vannak nagysebességű üzemmódok is...)
- „Kis” távolságra (berendezésen belül)
- Keretezett adattovábbítás (start és stop bitek)
- Többféle elnevezés: I²C, SMBUS, TWI
- Csak a 7 bites címmel foglalkozunk

Nyitott kollektor alkalmazása

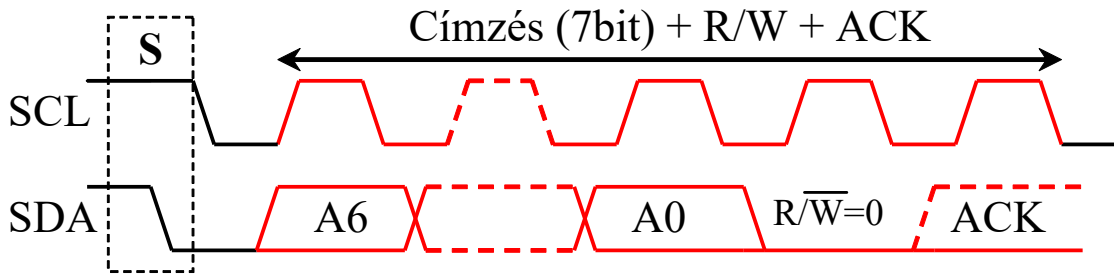
- Az egységek nem tudnak kiadni „1” szintet, azt külső „felhúzó” ellenállással biztosítják
- Az ellenállással felhúzott vezetékekre több egység csatlakozhat.
- Mindegyik egység 0-ba húzhatja a vonalat
- A vezetéken huzalozott ÉS kapcsolat jön létre, ha bárki 0-ba húzza, az eredő logikai szint „0”.
- Minden állomás figyeli az általa kiadott és a visszaolvasott eredő értéket. Ha eltérés van, abbahagyja az adást
→ az győz, aki éppen „0”-t küldött
- A „győztes” információja nem sérül a versengés során





← Órajel 1 értéke alatt lefutó él az SDA vonalon

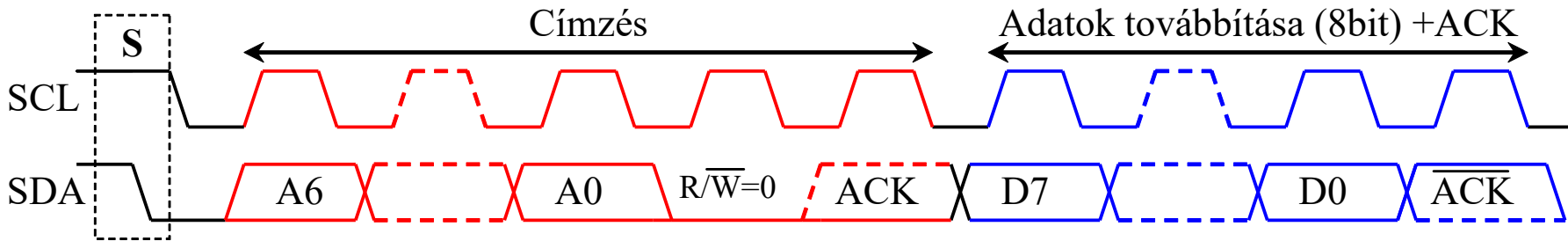
- Start
- Címzés
- Adattovábbítás
- Stop



- Start
- Címzés
- Adattovábbítás
- Stop

Az órajel 1 értéke alatt nincs változás az SDA vonalon

I²C-adatátvitel



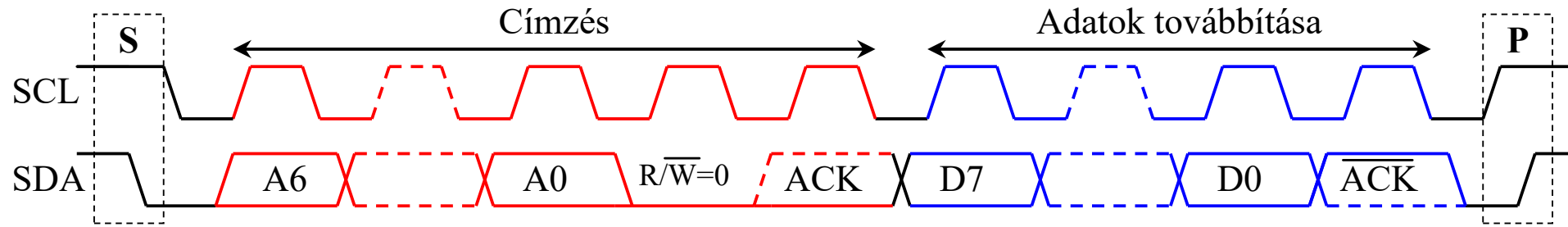
- Start
- Címzés
- Adattovábbítás
- Stop

Az órajel 1 értéke alatt nincs változás az SDA vonalon

Az órajelet mindig a MASTER szolgáltatja

A nyugtát mindig a vevő állítja elő (ACK vagy NACK)

I²C-adatátvitel

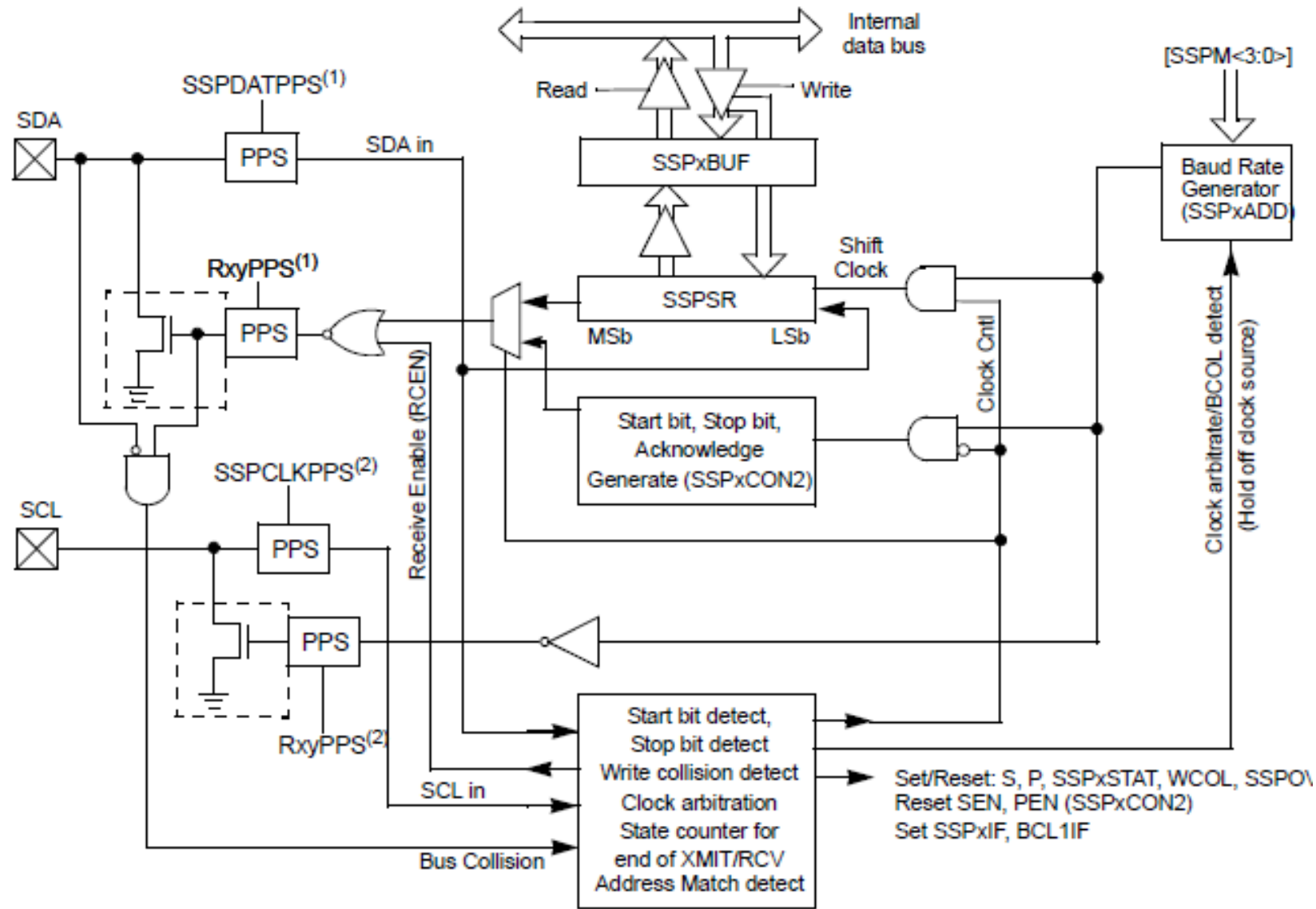


- Start
- Címzés
- Adattovábbítás
- Stop

Órajel 1 értéke alatt felfutó él az SDA vonalon

A STOP után a vonal felszabadul, innentől másik egységek is kezdeményezhetnek átvitelt.

I²C master mód

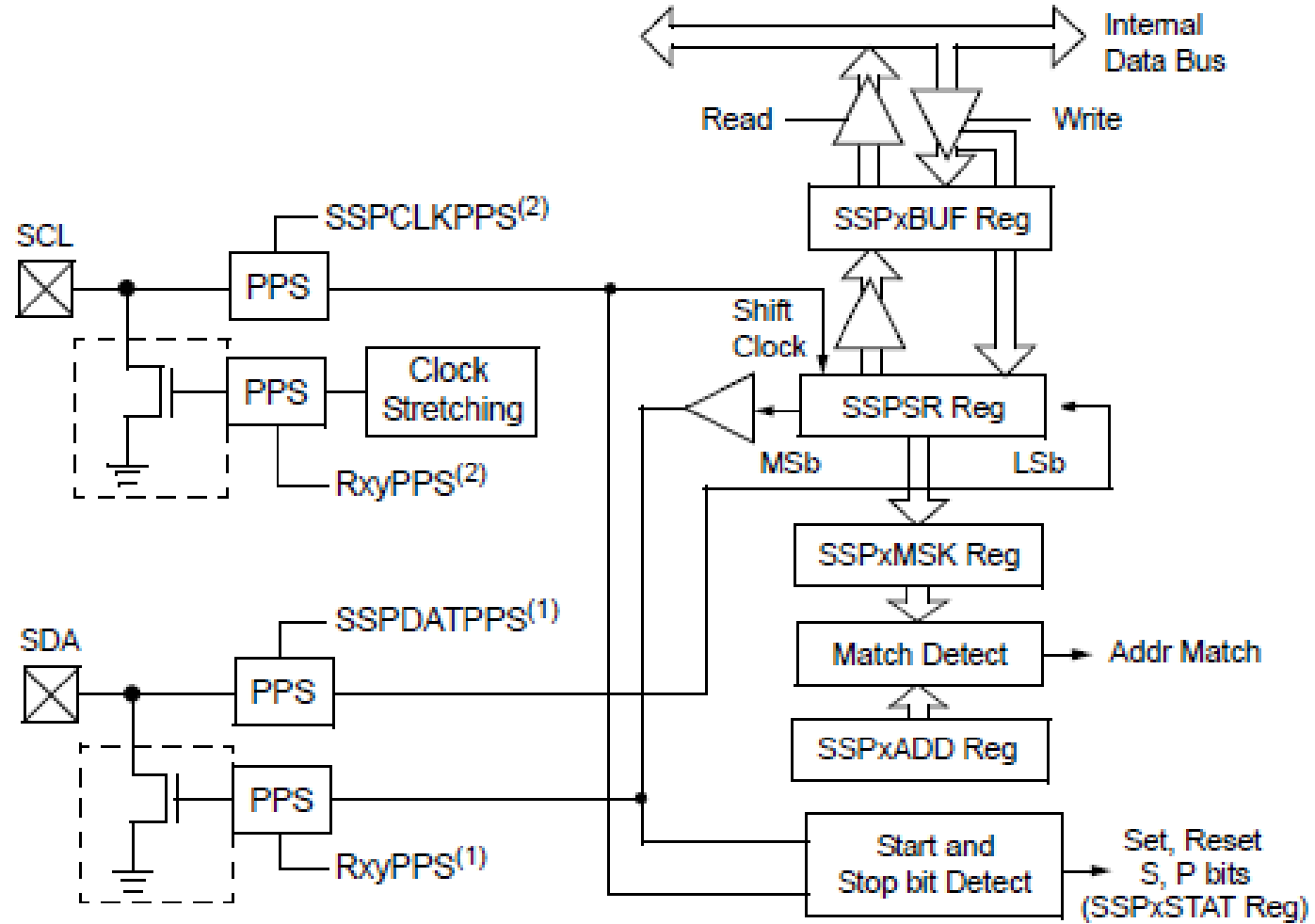


- Sebesség beállítása
- START feltétel előállítása→SEN
- Adatbájtok továbbítása→SSPxBUF
- ACK (nyugta) ellenőrzése→ACKDT
- (Ismételt START feltétel előállítása→RSEN)
- (Adatbájtok fogadása→RCEN, SSPxBUF)
- Nyugta küldés→ACKDT, ACKEN
- STOP feltétel előállítása→PEN
- Címzési, ütközési hibák észlelése→WCOL, SSPOV

R/W-0/0	R/HS/HC-0	R/W-0/0	R/S/HC-0/0	R/S/HC-0/0	R/S/HC-0/0	R/S/HC-0/0	R/S/HC-0/0
GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN
bit 7		bit 0					

R/C/HS-0/0	R/C/HS-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0
WCOL	SSPOV ⁽¹⁾	SSPEN	CKP	SSPM<3:0>			
bit 7				bit 0			

I²C slave mód



I²C slave mód

- Slave címet az SSPADD regiszter tárolja
- Érzékeli a start→S, stop→P feltételeket a buszon
- Jelzi, hogy címet vagy adatot vett éppen→D/A
- Lehetőség van a busz „megfogására”, ha lassú a feldolgozó rutin→CKP=0

REGISTER 31-1: SSPxSTAT: SSPx STATUS REGISTER

R/W-0/0	R/W-0/0	R/HS/HC-0	R/HS/HC-0	R/HS/HC-0	R/HS/HC-0	R/HS/HC-0	R/HS/HC-0
SMP	CKE ⁽¹⁾	D/A	P ⁽²⁾	S ⁽²⁾	R/W	UA	BF
bit 7							bit 0

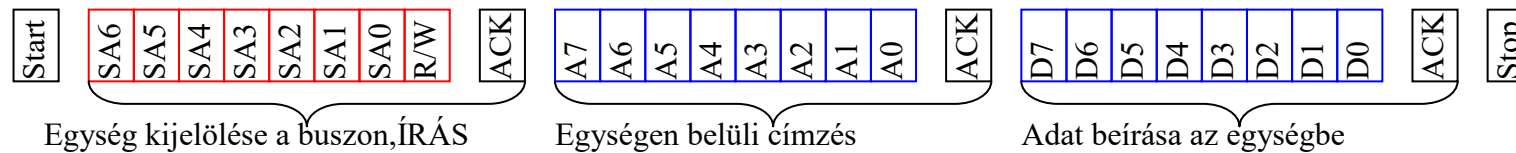
REGISTER 31-2: SSPxCON1: SSPx CONTROL REGISTER 1

R/C/HS-0/0	R/C/HS-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0
WCOL	SSPOV ⁽¹⁾	SSPEN	CKP	SSPM<3:0>			
bit 7							bit 0

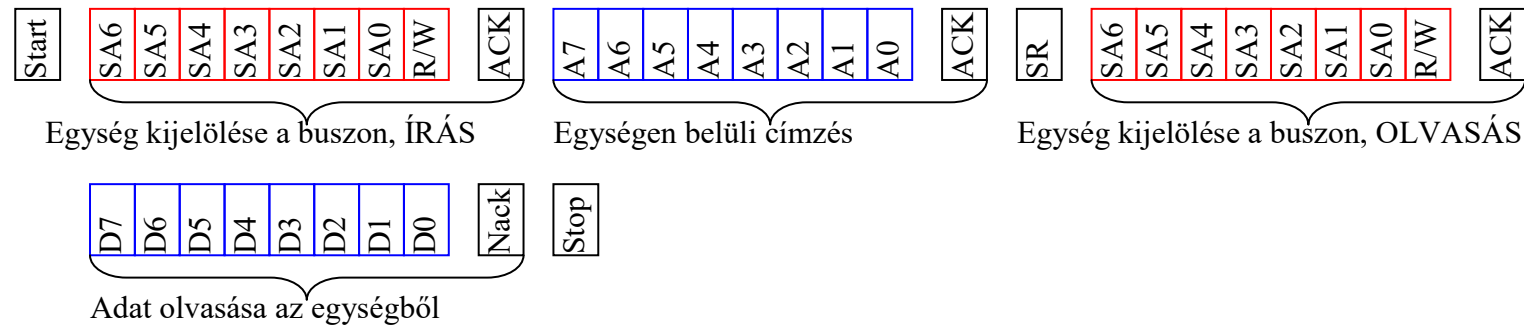
[illegible]

„Tipikus” I²C eszköz kezelése

- Külső eszköz saját slave címmel
- Egyenként címezhető belső regiszterekkel
- Írási szekvencia:

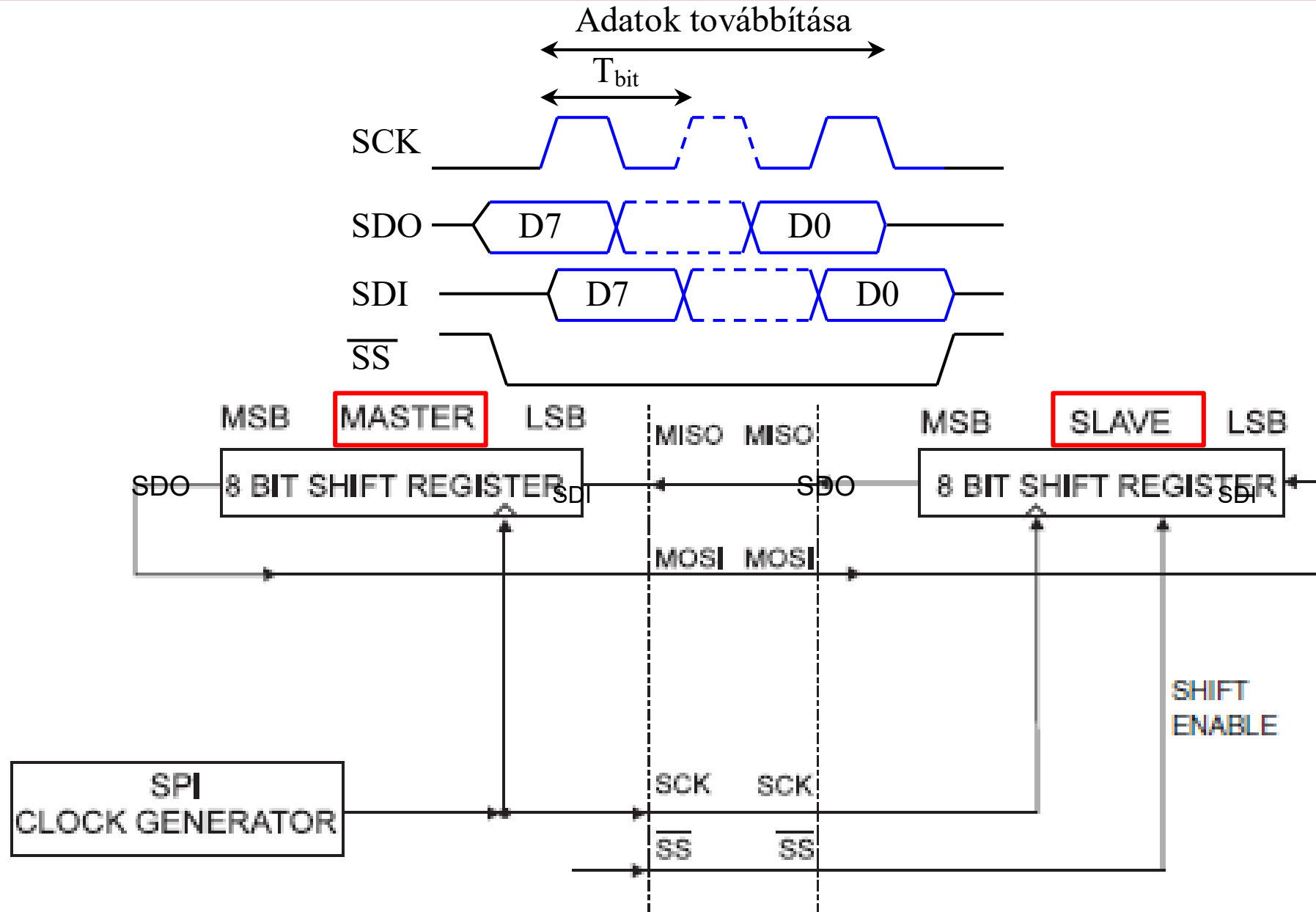


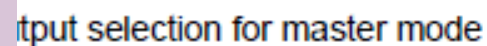
- Olvasási szekvencia:



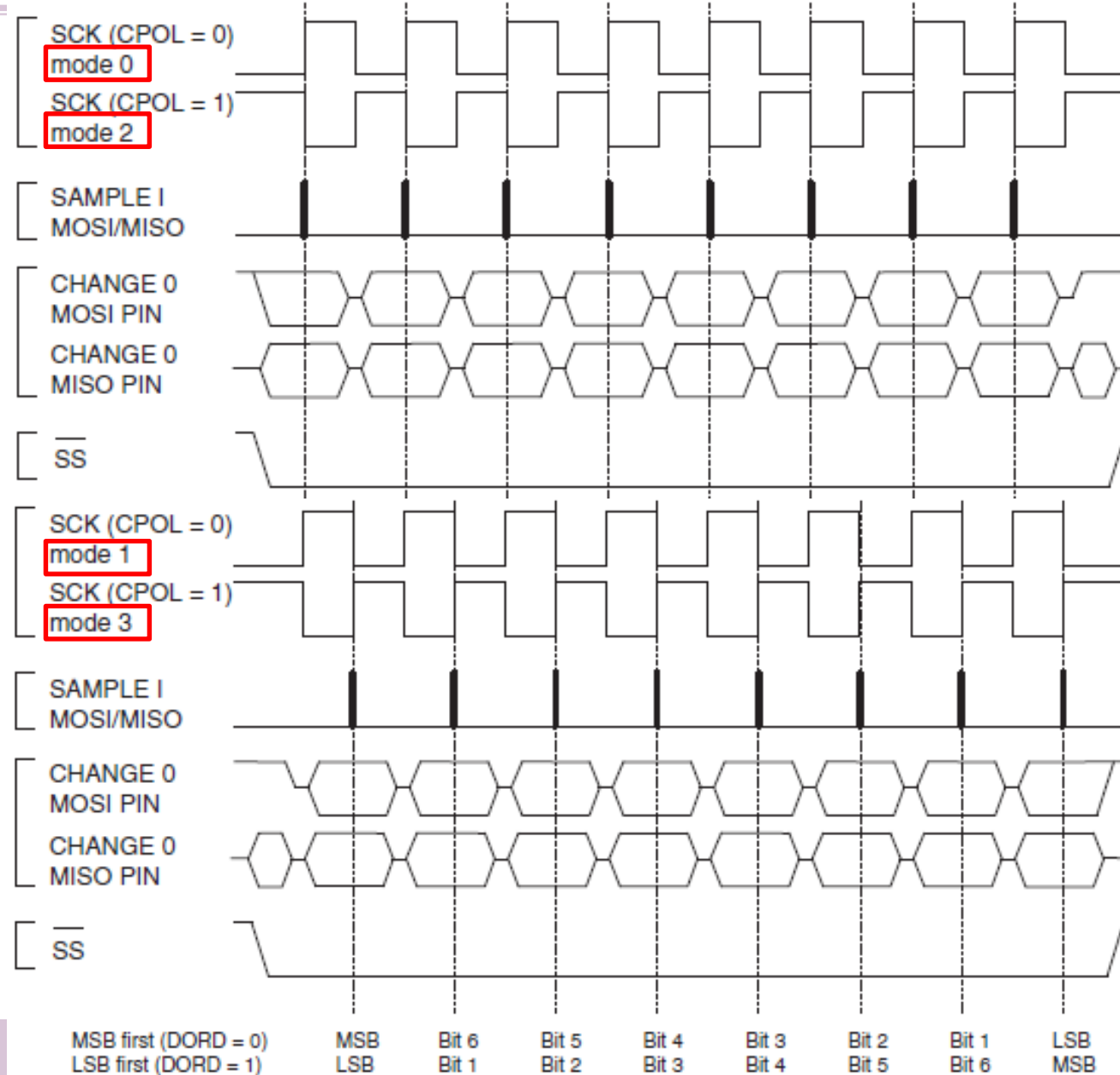
- Egységen belüli cím lehet több bájtos is
- SR: busz felszabadulása nélkül ismételt START feltétel

SPI

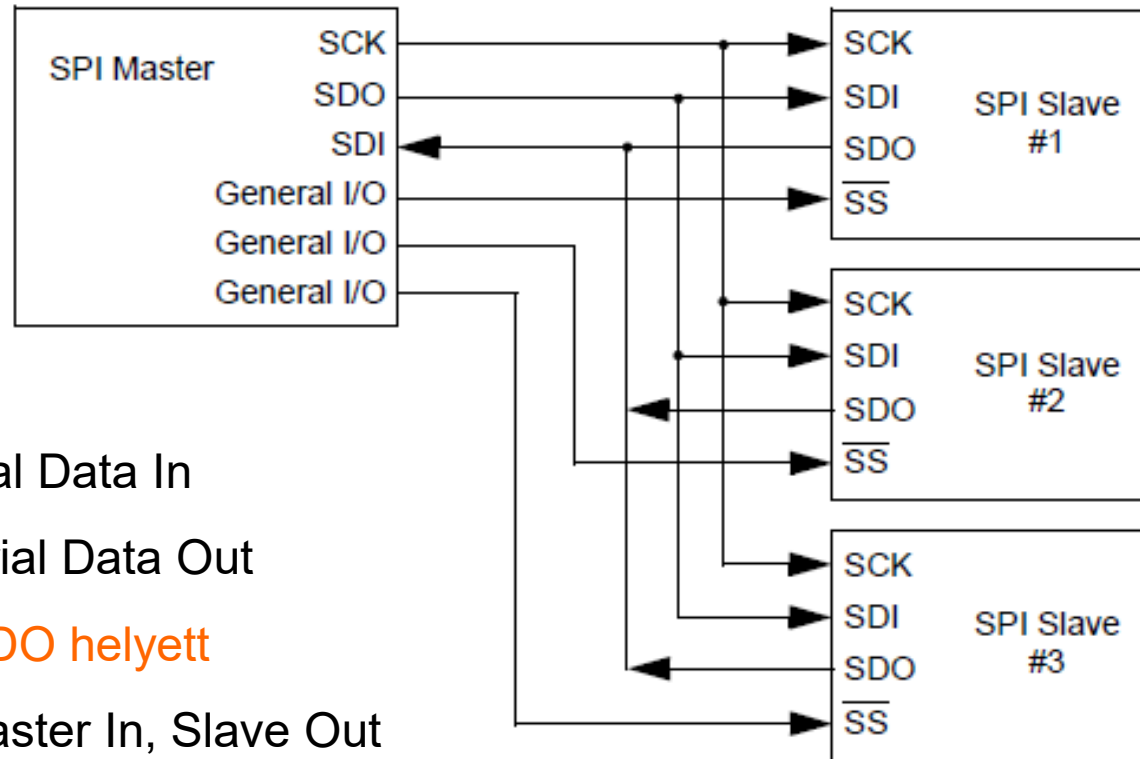




SPI üzemmódok



Több SPI egység csatlakoztatása



SDI: Serial Data In

SDO: Serial Data Out

SDI és SDO helyett

MISO: Master In, Slave Out

MOSI: Master Out, Slave In

SPI kezelése

INITSPI:

```

BANKSEL PPSLOCK
MOVLW    H'55'
MOVWF    PPSLOCK
MOVLW    H'AA'
MOVWF    PPSLOCK
BCF      PPSLOCK,PPSLOCKED
BANKSEL RB3PPS
MOVLW    H'17'
MOVWF    RB3PPS    ; RB3=MOSI
MOVLW    H'16'
MOVWF    RB1PPS    ; RB1=SCK
BANKSEL SSP2STAT
CLRF     SSP2STAT
BSF      SSP2STAT,CKE
MOVLW    B'00000010' ;SPI master mode 500kHz
MOVWF    SSP2CON1
BSF      SSP2CON1,SSPEN
BANKSEL TRISB
BCF      TRISB,1    ; SCK kimenet
BCF      TRISB,3    ; MOSI kimenet
RETURN

```

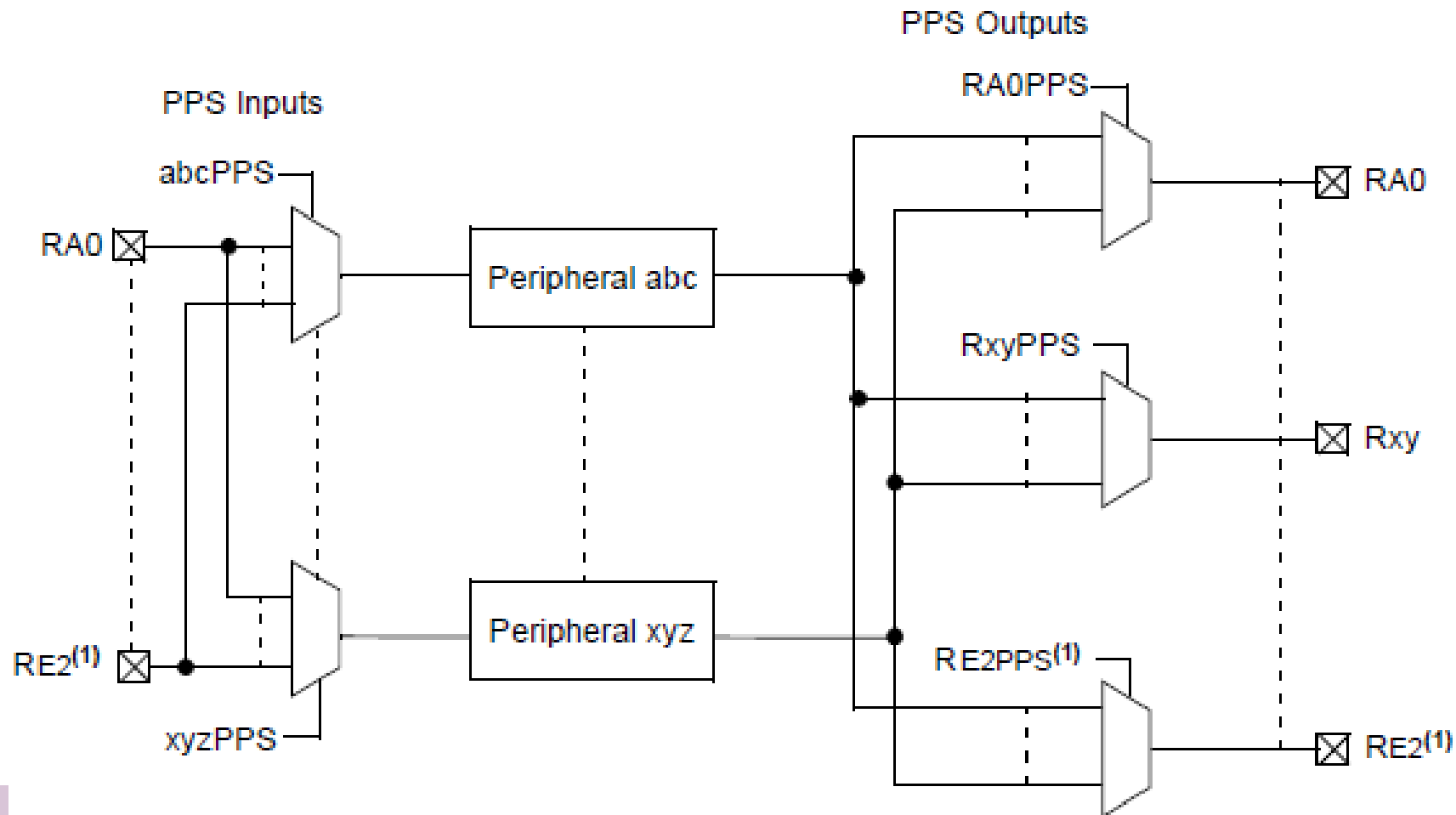
Portbit neve	Felhasználása
RA3	MIKROBUS1 – CS
RD3	MIKROBUS2 – CS
RB1	SCK
RB2	MISO
RB3	MOSI

```
#define nCS          LATA,3
SENDBYTE:        ; W-t kiviszi az SPI-n
    BANKSEL    LATA
    BCF        nCS          ;/CS alacsony aktív
    BANKSEL    SSP2BUF
    MOVWF      SSP2BUF ; adat beírás, továbbítás indul
    BTFSS      SSP2STAT,BF
    BRA        $-1          ;megvárjuk ameddig kiér
    MOVF       SSP2BUF,W
    BANKSEL    LATA
    NOP        ; időzítés
    BSF        nCS          ;/CS magas, inaktív
    RETURN
```

- Sokkal több periféria van, mint portláb
- PPS: Peripheral Pin Select → sok multiplexer
- A belső perifériák jelei nincsenek fixen egy portbithez huzalozva, hanem konfigurálhatók
- Minden bemeneti- és kimeneti ponthoz ki kell választani (hozzá kell rendelni) a portlábát
- Előnyök:
 - A nem használt perifériák nem foglalnak fixen másra nem használható lábakat
 - Sokkal több periféria lehet a mikrokontrollerben, mint portláb

PPS blokkvázlat

- Mindig a bemeneti oldalon található a kiválasztó regiszter (periféria bemeneti pontjai, I/O portbit bemeneti pontja)



PPS bemeneti korlátok

- Központi LOCK bit a téves átállítás ellen (PPSLOCK)
- Korlátozott választási lehetőségek

Input Signal Name	Input Register Name	Default Location at POR	Applicable to Pins of PORTx				
			PIC16F18875				
			PORTA	PORTB	PORTC	PORTD	PORTE
INT	INTPPS	RB0	•	•			
T0CKI	T0CKIPPS	RA4	•	•			
T1CKI	T1CKIPPS	RC0	•		•		
T1G	T1GPPS	RB5		•	•		
T3CKI	T3CKIPPS	RC0		•	•		
T3G	T3GPPS	RC0	•		•		
T5CKI	T5CKIPPS	RC2	•		•		
T5G	T5GPPS	RB4		•		•	
T2IN	T2INPPS	RC3		•		•	
T4IN	T4INPPS	RC5		•	•		
T6IN	T6INPPS	RB7		•		•	
CCP1	CCP1PPS	RC2		•	•		
CCP2	CCP2PPS	RC1		•	•		
CCP3	CCP3PPS	RB5		•		•	
CCP4	CCP4PPS	RB0		•		•	
CCP5	CCP5PPS	RA4	•				•
SMTWIN1	SMTWIN1PPS	RC0		•			
SMTSIG1	SMTSIG1PPS	RC1		•			
SMTWIN2	SMTWIN2PPS	RB4		•		•	
SMTSIG2	SMTSIG2PPS	RB5		•		•	
CWG1IN	CWG1PPS	RB0		•		•	
CWG2IN	CWG2PPS	RB1		•		•	
CWG3IN	CWG3PPS	RB2		•		•	
MDCARL	MDCARLPPS	RA3	•			•	
MDCARH	MDCARHPPS	RA4	•			•	
MDMSRC	MDSRCPPS	RA5	•			•	
CLCIN0	CLCIN0PPS	RA0	•		•		
CLCIN1	CLCIN1PPS	RA1	•		•		
CLCIN2	CLCIN2PPS	RB6		•		•	

Input Signal Name	Input Register Name	Default Location at POR	Applicable to Pins of PORTx				
			PIC16F18875				
			PORTA	PORTB	PORTC	PORTD	PORTE
CLCIN3	CLCIN3PPS	RB7		•		•	
ADCACT	ADCACTPPS	RB4		•		•	
SCK1/SCL1	SSP1CLKPPS	RC3		•	•		
SDI1/SDA1	SSP1DATPPS	RC4		•	•		
SS1	SSPSS1PPS	RA5	•			•	
SCK2/SCL2	SSP2CLKPPS	RB1		•		•	
SDI2/SDA2	SSP2DATPPS	RB2		•		•	
SS2	SSP2SSPPS	RB0		•		•	
RX/DT	RXPPS	RC7		•	•		
CK	TXPPS	RC6		•	•		

PPS kimeneti korlátok

Output Signal Name	RxyPPS Register Value	appable to Pins of PORTx				
		PIC16F18875				
		PORTA	PORTB	PORTC	PORTD	PORTE
ADGRDG	0x25	•		•		
ADGRDA	0x24	•		•		
CWG3D	0x23	•			•	
CWG3C	0x22	•			•	
CWG3B	0x21	•				•
CWG3A	0x20		•	•		
CWG2D	0x1F		•		•	
CWG2C	0x1E		•		•	
CWG2B	0x1D		•		•	
CWG2A	0x1C		•	•		
DSM	0x1B	•			•	
CLKR	0x1A		•	•		
NCO	0x19	•			•	
TMR0	0x18		•	•		
SDO2/SDA2	0x17		•		•	
SCK2/SCL2	0x16		•		•	
SD01/SDA1	0x15		•	•		
SCK1/SCL1	0x14		•	•		
C2OUT	0x13	•				•
C1OUT	0x12	•			•	
DT	0x11		•	•		
TX/CK	0x10		•	•		
PWM7OUT	0x0F	•		•		
PWM6OUT	0x0E	•			•	
CCP5	0x0D	•				•
CCP4	0x0C		•		•	
CCP3	0x0B		•		•	
CCP2	0x0A		•	•		
CCP1	0x09		•	•		
CWG1D	0x08		•		•	
CWG1C	0x07		•		•	
CWG1B	0x06		•		•	
CWG1A	0x05		•	•		
CLC4OUT	0x04		•		•	
CLC3OUT	0x03		•		•	
CLC2OUT	0x02	•		•		
CLC1OUT	0x01	•		•		

← Nem lehet bármelyik perifériát bármelyik portra kapcsolni!

PPS_UNLOCK:

```
BCF INCTON, GIE
```

```
BANKSEL PPSLOCK
```

```
MOVLW 0x55
```

```
MOVWF PPSLOCK
```

```
MOVLW 0xAA
```

```
MOVWF PPSLOCK
```

```
; BSF PPSLOCK, PPSLOCKED; lock
```

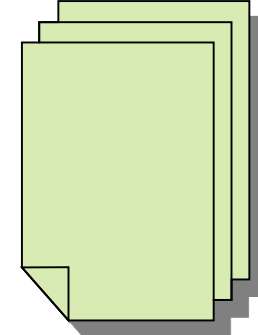
```
BCF PPSLOCK, PPSLOCKED; unlock
```

```
BSF INTCON, GIE
```

```
. . .
```




A témához kapcsolódó anyagok



- Microchip weboldala
<http://www.microchip.com>
- MPLABX fejlesztői környezet és dokumentáció
letöltése
<https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>
- Online help a mikrokontrollerhez és a fejlesztői
környezethez
<http://microchipdeveloper.com/mcu1102:start>
- Tárgy honlapján
<https://www.iit.bme.hu>