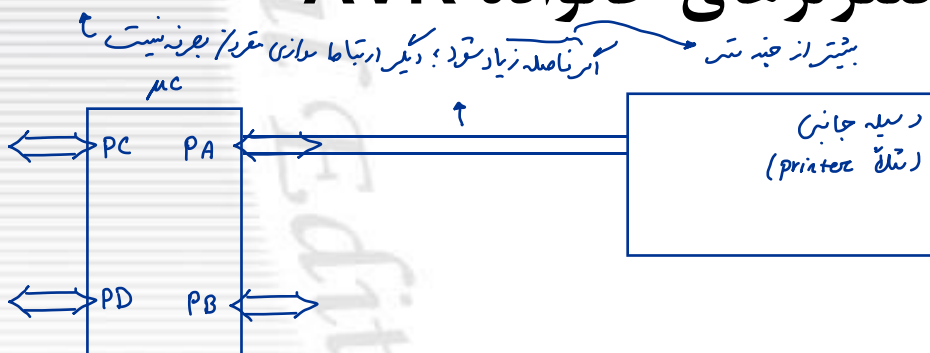




Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter

ارتباط سریال USART

در میکروکنترلرهای خانواده AVR



هر کس که داده بفرستد؛ CLK هم میزند

ارتباط سری

هنگام: یک خط هم برای CLK دارد

ناهمگام



فهرست مطالب

مطالبی که در این فصل با آنها آشنا خواهیم شد:
• ارتباط USART



واحد USART

- فرستنده و گیرنده سریال همگام و ناهمگام همه منظوره (USART) یک وسیله ارتباطی سریال بسیار انعطاف پذیر برای برقراری ارتباط همگام یا ناهمگام مابین واحد پردازشگر مرکزی و دستگاه های جانبی است
- ارتباط سریال همگام : علاوه بر خطوط ارسال و دریافت داده، خط ساعت هم لازم است (سیگنال ساعت روی پایه XCK منتقل می شود)
- ارتباط سریال ناهمگام : Clock حذف می شود و با تنظیم یکسان سرعت انتقال داده در فرستنده و گیرنده، فقط یک خط برای ارسال و یک خط برای دریافت لازم است (ارسال روی پایه TxD و دریافت روی پایه RxD انجام می شود)



مشخصات اصلی USART

مشخصات اصلی USART:

- عملیات کاملاً دوطرفه (ثبات‌های دریافت و ارسال سریال مستقل)
- عملیات همگام یا ناهمگام
- عملیات همگام اصلی راهبر یا پیرو *Master Slave*
- مولد نرخ باد با دقت بالا
- پشتیبانی فریم‌های سریال با ۵، ۶، ۷، ۸ یا ۹ بیت داده و ۱ یا ۲ بیت توقف
- تولید توازن فرد یا زوج و بررسی کردن توازن توسط سخت‌افزار
- تشخیص خطای سرروی (به معنی روی هم افتادگی داده‌های دریافتی جدید روی داده‌های دریافتی قبلی است که منجر به از بین رفتن داده قبلی می‌شود)

over run error



مشخصات اصلی USART

• مشخصات اصلی USART (ادامه)

• تشخیص خطای فریم

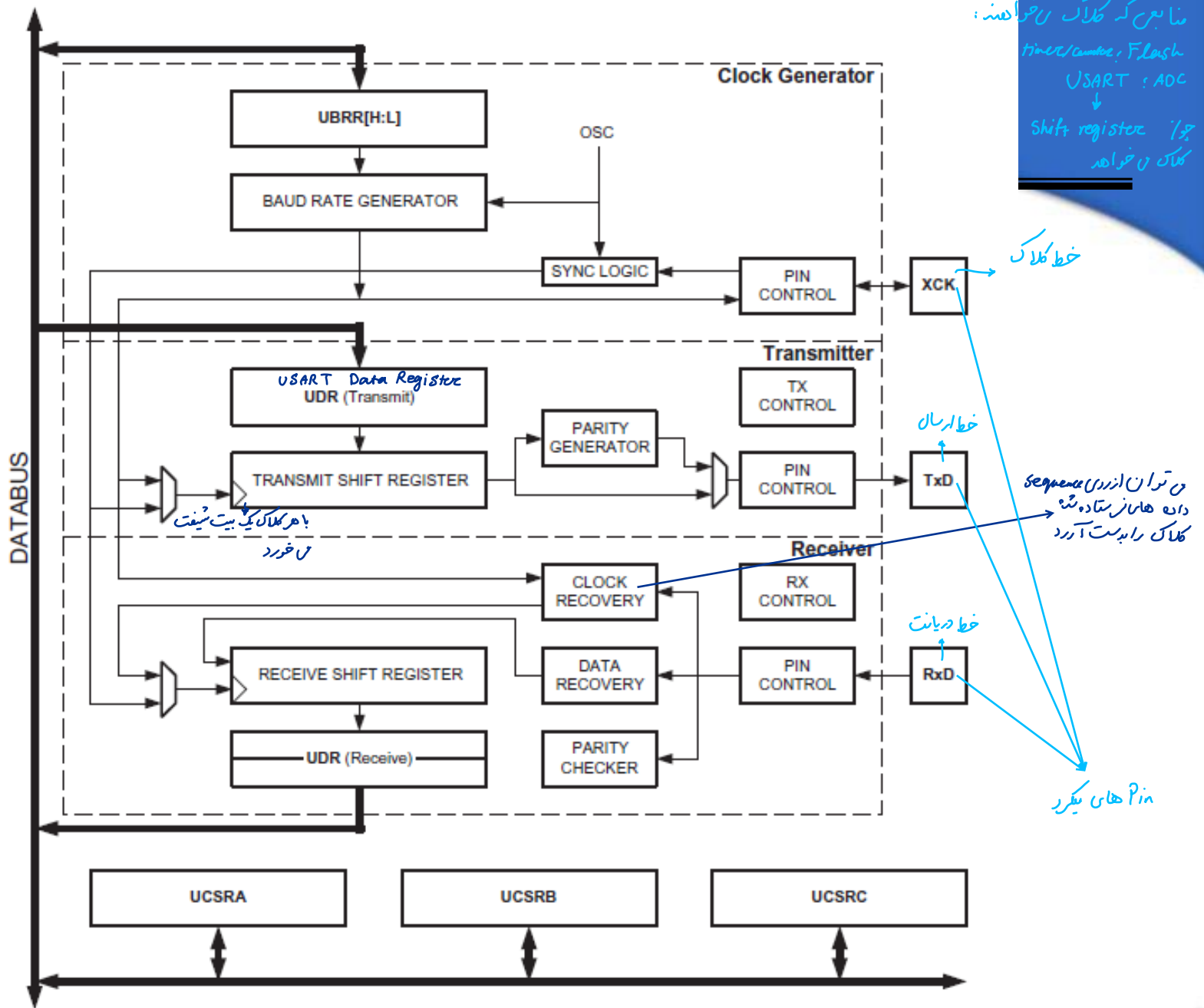
Transmit Complete

- فیلتر کردن نویز شامل تشخیص بیت شروع اشتباه و فیلتر پائین گذر رقمی
- سه وقفه جداگانه شامل وقفه ناشی از اتمام ارسال (TX_C)، وقفه ناشی از خالی بودن ثبات داده ارسال (UDRE) و وقفه ناشی از اتمام دریافت (RX_C)

Receiver Complete

Master Slave

- مود ارتباط چند پردازنده‌ای ←
- مود ارتباط ناهمگام با سرعت دوبرابر





تولید سیگنال ساعت

- واحد تولید ساعت، ساعت پایه برای گیرنده و فرستنده را تولید می‌نماید.

- ماژول USART چهار حالت تولید ساعت را پشتیبانی می‌نماید که شامل حالت عادی ناهمگام، حالت ناهمگام با سرعت دوبرابر، حالت همگام راهبر و حالت همگام پیرو می‌باشد

- بیت UMSEL در ثبات کنترل و وضعیت UCSRC، وظیفه انتخاب بین حالات همگام و ناهمگام را برعهده دارد.

- بیت U2X در ثبات UCSRA، سرعت دوبرابر برای حالت ناهمگام را کنترل می‌کند

- هنگام استفاده از حالت همگام ($UMSEL=1$)، ثبات جهت داده برای پایه XCK (ثبات DDR-XCK) تعیین کننده منبع ساعت داخلی یا خارجی است.

- پایه XCK تنها زمان استفاده از حالت همگام فعال است



توصیف ثبات‌ها

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXB[7:0]								UDR (Read)
	TXB[7:0]								UDR (Write)
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

داده دریافتی جدید در داده دریافتی قبلی نوشته شده است

Frame Error ← خطای مربوط به عدم دریافت بیت‌های start, end مربوط به Frame

Data Overrun Error

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	UCSRA
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0	

Parity error

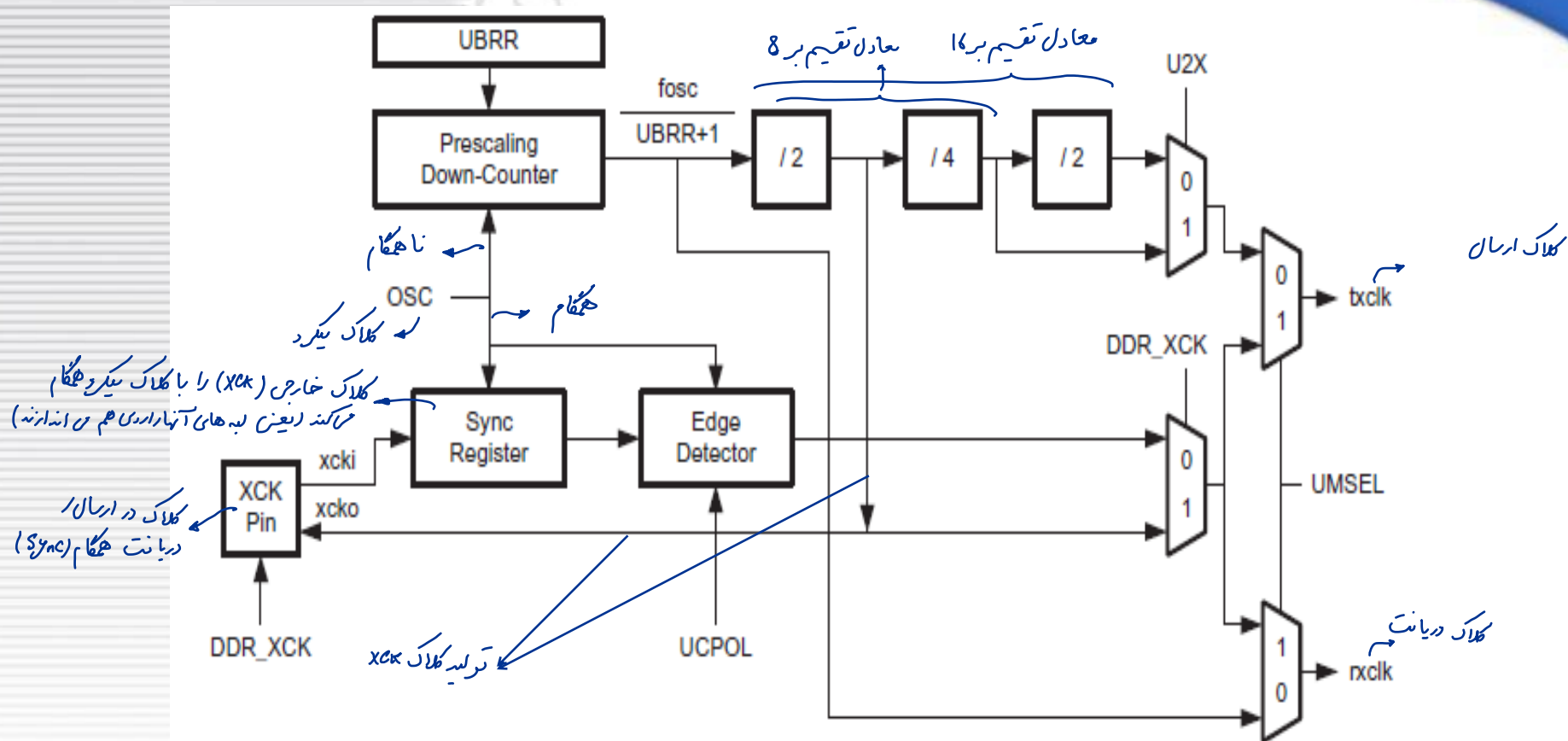
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	

* خواندن خطاها باید قبل از خواندن UDR دریافت باشد؛ اگر UDR خوانده بشود؛ یعنی خطاها را خوانیم



نمودار بلوکی واحد مولد ساعت





نمودار بلوکی واحد مولد ساعت

توصیف سیگنال‌ها:

- txclk: ساعت ارسال که یک سیگنال داخلی است.
- rxclk: ساعت گیرنده که یک سیگنال داخلی است
- xcki: ورودی از پایه XCK. برای عملیات راهبر همگام بکار می‌رود
- xcko: خروجی ساعت به پایه XCK (ساعت داخلی). برای عملیات راهبر همگام بکار می‌رود
- fosc: فرکانس پایه XTAL (همان ساعت سیستم)



تولید سیگنال ساعت ورودی-مولد نرخ باد

- ثبات UBRR و شمارنده نزولی متصل به آن، به عنوان یک پیش تقسیم کننده فرکانس یا مولد نرخ باد قابل برنامه ریزی عمل می کند
- هر وقت این شمارنده نزولی صفر شود، یک سیگنال ساعت تولید می شود
- فرستنده بر اساس مد، خروجی ساعت مولد نرخ باد را بر ۲، ۸ و یا ۱۶ تقسیم می کند
- خروجی مولد نرخ باد مستقیماً توسط واحد ساعت گیرنده و واحد بازیابی داده مورد استفاده قرار می گیرد.



توصیف ثبات‌ها

UBRR = USART Band Rate Register

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	URSEL	—	—	—	UBRR[11:8]				UBRRH
	UBRR[7:0]								UBRRL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	



روابطی برای محاسبه‌ی تنظیمات ثبات نرخ باد

مد عملیاتی	معادله محاسبه نرخ باد	معادله محاسبه مقدار UBRR
مد عادی ناهمگام ($U2X = 0$)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
مد سرعت دوبرابر ناهمگام ($U2X = 1$)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
مد غیرهمگام راهبر	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$

توجه: ۱- نرخ باد بصورت نرخ انتقال اطلاعات بر حسب بیت بر ثانیه تعریف می‌شود (bps).

BAUD: نرخ باد (بر حسب بیت بر ثانیه (bps))
fosc: فرکانس ساعت نوسان‌ساز سیستم

UBRR: محتوای ثبات‌های UBRRH و UBRL (۰ - ۴۰۹۵).



عملیات با سرعت مضاعف (U2X)

- یک کردن این بیت موجب کاهش مقسوم علیه تقسیم کننده نرخ باد از ۱۶ به ۸ می شود، این کار عملاً نرخ باد را برای ارتباطات ناهمگام دو برابر می کند
- یک کردن این بیت صرفاً بر عملیات ناهمگام تاثیر دارد؛ این بیت باید در عملیات همگام صفر شود
- در این مورد گیرنده تنها از نصف تعداد نمونه ها برای بازیابی ساعت و نمونه برداری داده ها استفاده می نماید
- وقتی که از این حالت استفاده می کنیم، ساعت سیستم و نرخ باد دقیقتری مورد نیاز است



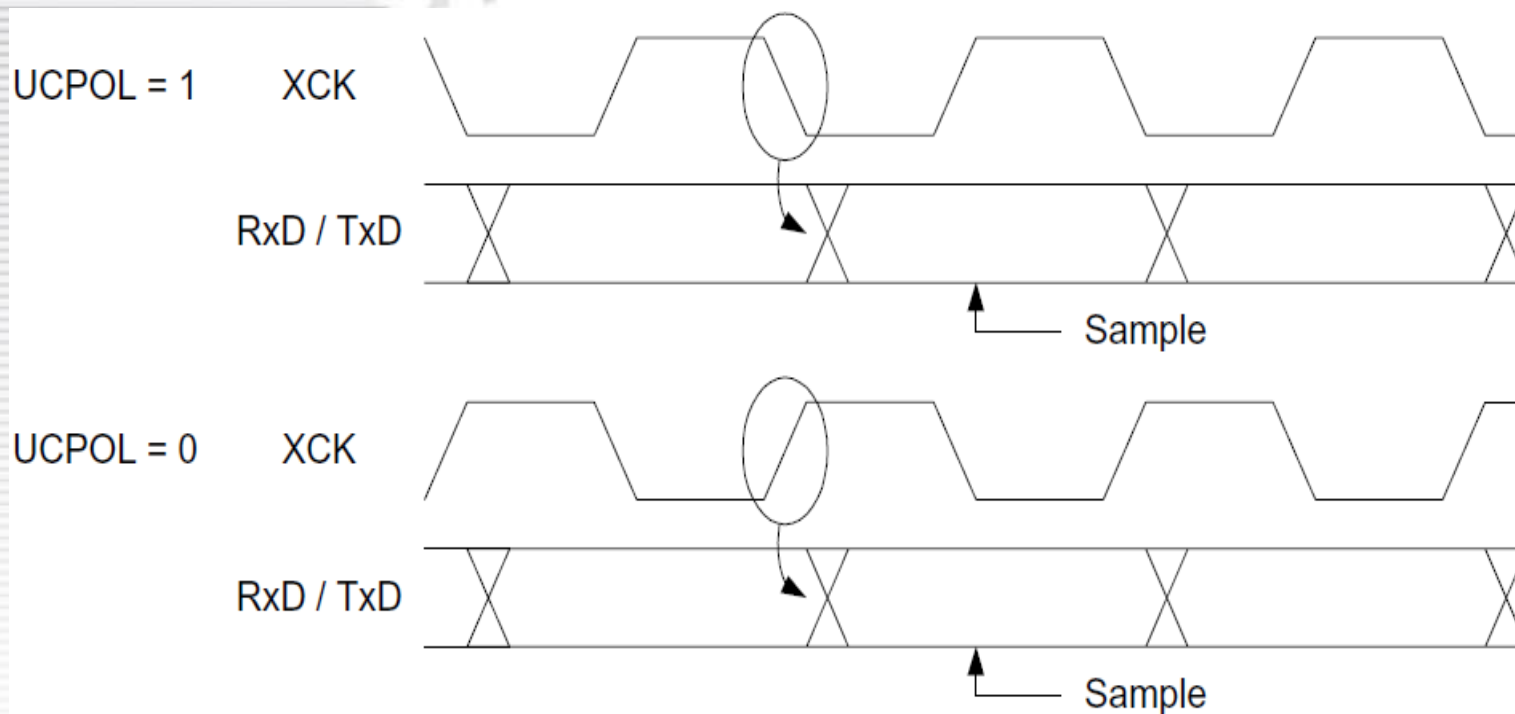
ساعت خارجی

- همگام‌سازی از طریق ساعت خارجی، توسط حالت‌های عملیاتی **پیرو همگام** مورد استفاده قرار می‌گیرد
- ورودی ساعت خارجی از پایه XCK توسط یک ثبات همگام‌سازی نمونه‌برداری می‌شود تا احتمال ناپایداری به حداقل برسد
$$f_{xck} < \frac{f_{osc}}{4}$$
- خروجی این ثبات قبل از بکارگیری باید از یک آشکارساز لبه عبور کند؛ که تاخیری به اندازه دوپریود ساعت CPU ایجاد می‌کند (بیشینه فرکانس ساعت خارجی)
- دقت f_{osc} به پایداری منبع ساعت سیستم بستگی دارد؛ بنابر این، فرکانس ساعت خارجی را کمی از مقدار بدست آمده از رابطه فوق کمتر می‌گیرند



عملیات ساعت همگام

- در حالت همگام ($UMSEL = 1$)، پایه XCK می‌تواند به عنوان ورودی ساعت و یا خروجی ساعت مورد استفاده قرار گیرد



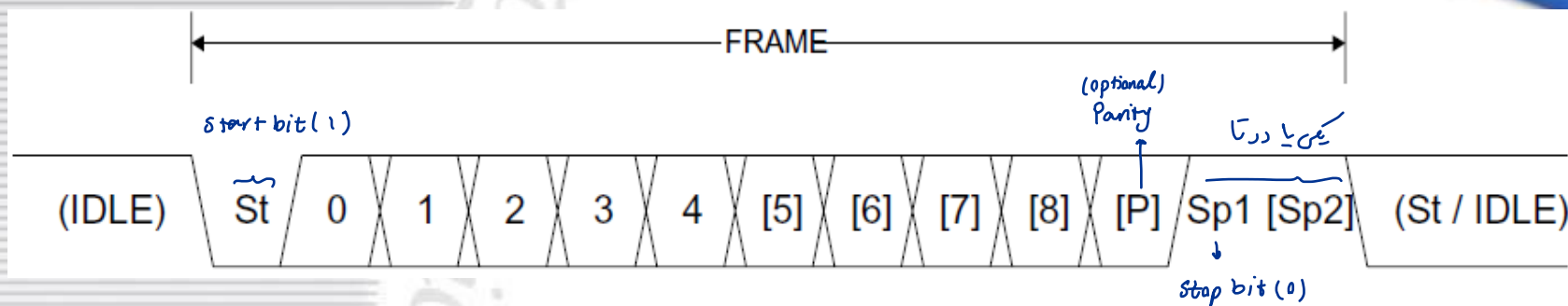


قالب فریم‌ها

- فریم یا قالب سریال: یک کاراکتر از بیت‌های داده به همراه بیت‌های همگام‌سازی (همچون بیت‌های شروع و پایان) و نیز بیت توازن که وجود آن اختیاری بوده و برای تشخیص خطا بکار می‌رود
- همه ۳۰ ترکیب ممکن از موارد زیر توسط USART به عنوان قالب‌های صحیح فریم پذیرفته می‌شوند:
 - یک بیت شروع
 - پنج، شش، هفت، و یا نه بیت داده
 - هیچ و یا یک بیت توازن فرد یا زوج
 - یک یا دو بیت پایان
- در آغاز فریم، بیت شروع و به دنبال آن کم‌ارزش‌ترین بیت داده، بعد از آن بیت‌های داده بعدی و با باارزش‌ترین بیت، خاتمه می‌یابند



قالب فریم ها



- قالب های فریم مورد استفاده توسط USART با استفاده از بیت های **UCSZ2:0**، **SPM1:0** و بیت های **USBS** در ثبات های UCSRB و UCSRC تنظیم می شوند (گیرنده و فرستنده از تنظیمات یکسانی استفاده می کنند)
- بیت های اندازه کاراکتر USART، تعداد بیت های داده در هر فریم را مشخص می کنند
- انتخاب اینکه یک یا دو بیت توقف داشته باشیم توسط بیت **USBS** تعیین می شود
- یک خطای قاب تنها زمانی آشکار می شود که اولین بیت توقف صفر باشد



محاسبه‌ی بیت توازن

بیت توازن با XOR کردن همه بیت‌های داده بدست می‌آید

$$P_{even} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 0$$

$$P_{odd} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 1$$

بیت توازن با استفاده از توازن زوج
بیت توازن با استفاده از توازن فرد
بیت داده n ام از کاراکتر مورد نظر

P_{even}
 P_{odd}
 d_n

- در صورتی که از امکان توازن استفاده شود، بیت توازن بین آخرین بیت داده و اولین بیت توقف واقع خواهد شد.



برنامه ریزی اولیه ی USART

- در مورد عملیات USART وقفه گرا، پرچم وقفه سراسری باید هنگام برنامه ریزی اولیه صفر شود (تمامی وقفه ها غیر فعال شوند)
- اول باید مطمئن شد هیچ انتقال در حال انجامی در طی دوره تغییر ثبات ها وجود ندارد
- پرچم TXC برای بررسی تکمیل ارسال و پرچم RXC برای بررسی وجود داده های خوانده نشده در بافر گیرنده استفاده می شود (پرچم TXC قبل از هر انتقال صفر شود)
- هنگامی که تابع در ثبات UCSRC چیزی را می نویسد، بیت URSEL (با ارزش ترین بیت)، به دلیل به اشتراک گذاشته شدن مکان I/O توسط UBRRH و UCSRC، باید یک شود



نمونه کد به زبان اسمبلی

Assembly Code Example

USART_Init:

; Set baud rate

out UBRRH, r17

out UBRRL, r16

; Enable receiver and transmitter

ldi r16, (1<<RXEN) | (1<<TXEN)

out UCSRB, r16

; Set frame format: 8data, 2stop bit

ldi r16, (1<<URSEL) | (1<<USBS) | (3<<UCSZ0)

out UCSRC, r16

ret

جدا جدا کنیم → ممکن است اسمبلر اجرا نکند →^{۰۱۱}



نمونه کد به زبان C

C Code Example

```
#define FOSC 1843200// Clock Speed
#define BAUD 9600
#define MYUBRR FOSC/16/BAUD-1
void main( void )
{
    ...
    USART_Init ( MYUBRR );
    ...
}
void USART_Init( unsigned int ubrr)
{
    /* Set baud rate */
    UBRRH = (unsigned char)(baud>>8);
    UBRRL = (unsigned char)baud;
    /* Enable receiver and transmitter */
    UCSRB = (1<<RXEN)|(1<<TXEN);
    /* Set frame format: 8data, 2stop bit */
    UCSRC = (1<<URSEL)|(1<<USBS)|(3<<UCSZ0);
}
```



انتقال داده‌ها-فرستنده USART

- فرستنده USART به واسطه یک **کردن بیت TXEN** در ثبات **UCSRB** فعال می‌شود
- بعد از فعال شدن فرستنده، کارکرد عادی پایه TXD به عنوان درگاه، تغییر یافته و به خروجی سریال فرستنده تبدیل می‌شود
- نرخ باد، حالت عملیات و قالب فریم، باید یک بار قبل از هرگونه انتقالی تنظیم شود
- در صورتی که عملیات همگام مورد استفاده قرار گیرد، عملکرد عادی پایه XCK ملغی شده و ساعت موجود بر روی پایه XCK به عنوان ساعت ارسال مورد استفاده قرار خواهد گرفت



توصیف ثباتها

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXB[7:0]								UDR (Read)
	TXB[7:0]								UDR (Write)
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	UCSRA
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	



توصیف ثبات‌ها

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	URSEL	—	—	—	UBRR[11:8]				UBRRH
	UBRR[7:0]								UBRRL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	



ارسال فریم‌هایی با ۵ تا ۸ بیت داده

- ارسال داده‌ها با بارگذاری بافر **ارسال**، با داده‌ای که قرار است ارسال شود آغاز می‌گردد
- هنگامی که ثبات انتقال آماده ارسال یک فریم جدید باشد، داده‌های بافر شده در بافر ارسال به ثبات ارسال منتقل می‌شوند
- ثبات ارسال هنگامی که در حالت بیکاری باشد و یا بلافاصله بعد از ارسال آخرین بیت توقف فریم قبلی، با داده‌های جدید بارگذاری می‌شود
- هنگامی که ثبات ارسال با داده جدید بارگذاری شود، یک فریم کامل را بسته به حالت عملیاتی مورد استفاده با نرخ مشخص شده توسط ثبات مربوط به نرخ باد، بیت U2X یا توسط XCK ارسال می‌کند



نمونه کد به زبان اسمبلی و C

Assembly Code Example

```
USART_Transmit:  
; Wait for empty transmit buffer  
sbis UCSRA,UDRE  
rjmp USART_Transmit  
; Put data (r16) into buffer, sends the data  
out UDR,r16  
ret
```

اگر یک برده، یعنی داده قبلی ارسال شده

C Code Example

```
void USART_Transmit( unsigned char data )  
{  
    /* Wait for empty transmit buffer */  
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) )  
    ;  
    /* Put data into buffer, sends the data */  
    UDR = data;  
}
```

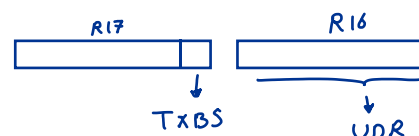


ارسال فریم‌هایی با ۹ بیت داده

- در صورتی که طول کاراکتر ۹ بیت باشد، باید قبل از اینکه بایت کم ارزش در **UDR** نوشته شود، نهمین بیت را در بیت **TXB8** واقع در **UCSRB** بنویسیم

Assembly Code Example

```
USART_Transmit:
; Wait for empty transmit buffer
sbis UCSRA,UDRE
rjmp USART_Transmit
; Copy 9th bit from r17 to TXB8
((: Nice { cbi UCSRB,TXB8
sbrc r17,0
sbi UCSRB,TXB8
; Put LSB data (r16) into buffer, sends the data
out UDR,r16
ret
```



C Code Example

```
void USART_Transmit( unsigned int data )
{
/* Wait for empty transmit buffer */
while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)))
;
/* Copy 9th bit to TXB8 */
UCSRB &= ~(1<<TXB8);
if ( data & 0x0100 )
UCSRB |= (1<<TXB8);
/* Put data into buffer, sends the data */
UDR = data;
}
```



دریافت داده‌ها - گیرنده USART

- گیرنده USART به واسطه یک کردن بیت **RXEN** (فعال سازی گیرنده) در ثبات **UCSRB** فعال می شود
- بعد از فعال شدن گیرنده، عملکرد عادی پایه RXD به عنوان درگاه، تغییر یافته و به ورودی سریال فرستنده تبدیل می شود
- نرخ باد، حالت عملیات و قالب فریم، باید یک بار قبل از هرگونه دریافت سریالی تنظیم شوند.
- در حالت همگام ساعت موجود بر روی پایه XCK به عنوان ساعت انتقال مورد استفاده قرار خواهد گرفت



دریافت فریم‌هایی با ۵ تا ۸ بیت داده

- دریافت داده‌ها با تشخیص یک بیت شروع، آغاز می‌گردد
- هر بیتی که بعد از بیت شروع قرار گیرد، با نرخ باد تعیین شده توسط ساعت XCK نمونه‌برداری می‌شود و تا دریافت بیت پایان، در ثبات انتقال دریافت، جابجا می‌شود
- بیت پایانی دوم توسط گیرنده نادیده گرفته می‌شود
- هنگامی که اولین بیت پایان دریافت شد، یعنی یک فریم سریال کامل در ثبات جابجایی گیرنده آماده شد، محتوای ثبات جابجایی به بافر دریافت انتقال می‌یابد
- **بافر دریافت** سپس با خواندن محل **UDR** خوانده می‌شود



نمونه کد به زبان اسمبلی و C

Assembly Code Example

```
USART_Receive:
; Wait for data to be received
sbis UCSRA, RXC  → نغاله کردن دریافت
rjmp USART_Receive
; Get and return received data from buffer
in r16, UDR
ret
```

C Code Example

```
unsigned char USART_Receive( void )
{
/* Wait for data to be received */
while ( !(UCSRA & (1<<RXC)) )
;
/* Get and return received data from buffer */
return UDR;
}
```



دریافت فریم‌هایی با ۹ بیت داده

- در این صورت قبل از خوانده شدن بایت پائین از UDR، باید نهمین بیت در بیت RXB8 موجود در UCSRB خوانده شود
- همچنین برای پرچم‌های وضعیت FE، DOR و PE، این قانون اعمال می‌شود
- ابتدا پرچم‌های وضعیت از ثبات UCSRA و سپس داده از ثبات UDR خوانده شود

که تمام داده‌ها در UCSRB ذخیره شده‌اند و تغییر داده‌ها



نمونه کد به زبان اسمبلی

Assembly Code Example

USART_Receive:

; Wait for data to be received

sbis UCSRA, RXC

rjmp USART_Receive

; Get status and 9th bit, then data from buffer

in r18, UCSRA → خواننده/ خطاها باید قبل از خواندن UDR باشد

in r17, UCSRB → بیت نهم

in r16, UDR

; If error, return -1

andi r18, (1<<FE)|(1<<DOR)|(1<<PE)

breq USART_ReceiveNoError

ldi r17, HIGH(-1) } عدد ۱- شانزده بیتی →

ldi r16, LOW(-1)

USART_ReceiveNoError:

; Filter the 9th bit, then return

lsr r17 → شیفیت دادیم تا RxB8 به خانه اول r16 منتقل بشه

andi r17, 0x01

ret



نمونه کد به زبان C

C Code Example

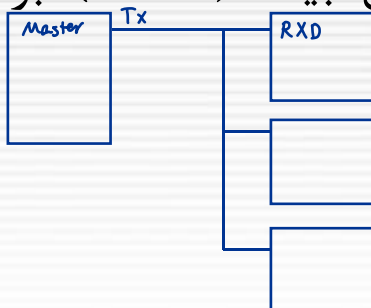
```
unsigned int USART_Receive( void )
{
    unsigned char status, resh, resl;
    /* Wait for data to be received */
    while ( !(UCSRA & (1<<RXC)) )
        ;
    /* Get status and 9th bit, then data */
    /* from buffer */
    status = UCSRA;
    resh = UCSRB;
    resl = UDR;
    /* If error, return -1 */
    if ( status & (1<<FE)|(1<<DOR)|(1<<PE) )
        return -1;
    /* Filter the 9th bit, then return */
    resh = (resh >> 1) & 0x01;
    return ((resh << 8) | resl);
}
```



مد ارتباطی چندپردازنده‌ای

Multi Processor Communication Mode

- یک کردن بیت **MPCM** (مد ارتباطی چند پردازنده‌ای) در ثبات UCSRA، یک قابلیت فیلتر کردن فریم‌های دریافتی توسط گیرنده USART را فعال می‌کند
- در اینصورت فریم‌هایی که حاوی اطلاعات آدرس نیستند، چشم‌پوشی خواهند شد
- این امر، تعداد فریم‌های وارده به میکروکنترلر را، در سیستمی که در آن چندین میکروکنترلر از طریق گذرگاه سریال با هم در ارتباط هستند، کاهش می‌دهد
- هنگام تنظیم برای دریافت فریم‌هایی با ۹ بیت داده، نهمین بیت (RxB8) برای شناسایی فریم‌های آدرس و داده بکار خواهد رفت





مد ارتباطی چندپردازنده‌ای

- مد ارتباطی چند پردازنده‌ای این قابلیت را فراهم می‌سازد که چندین میکروکنترلر پیرو از یک میکروکنترلر راهبر، داده دریافت کنند
- این عمل ابتدا با دیکد کردن یک فریم آدرس انجام می‌شود؛ که مشخص می‌کند کدام میکروکنترلر آدرس‌دهی شده
- در صورتی که یکی از میکروکنترلرهای پیرو آدرس‌دهی شود، آن میکروکنترلر فریم‌های داده بعدی را بطور عادی دریافت خواهد کرد و سایر میکروکنترلرهای پیرو، فریم‌های داده را تا آمدن یک فریم آدرس دیگر، نادیده خواهند گرفت



استفاده از MPCM

- یک میکروکنترلر راهبر، از یک قالب فریم با کاراکتر ۹ بیتی استفاده می کند. **نهمین بیت، هنگام ارسال فریم آدرس باید یک و هنگام ارسال فریم داده، باید صفر شود.** در این حالت میکروکنترلرهای پیرو باید از فریم‌هایی با کاراکترهای ۹ بیتی استفاده کنند

RXB8

↑

آدرس پیرسودنظر	۱
----------------	---

داده	۰
------	---

* بهتر است آدرس داده، تعداد داده‌ها باشد (البته نرم ندارد)

- رویه‌ی تبادل داده‌ها، در حالت ارتباطی چند پردازنده‌ای :
1. تمامی میکروکنترلرها در حالت ارتباطی چند پردازنده‌ای
 2. میکروکنترلر راهبر یک فریم آدرس ارسال، همه پیروها، آن را دریافت و محتوای آن را می خوانند. در میکروکنترلرهای پیرو پرچم RXC یک خواهد شد
 3. هر میکروکنترلر پیرو ثبات **UDR** را می خواند تا بفهمد، انتخاب شده است یا نه. اگر انتخاب شده باشد، بیت **MPCM** را در **UCSRA** صفر؛ و اگر نه منتظر بایت آدرس بعدی مانده و تنظیمات MPCM را حفظ می کند



استفاده از MPCM

- رویه‌ی تبادل داده‌ها، در حالت ارتباطی چند پردازنده‌ای (ادامه):
 4. میکروکنترلر آدرس‌دهی شده تمامی فریم‌های داده را تا دریافت یک فریم آدرس جدید، دریافت خواهد کرد. سایر میکروکنترلرهای پیرو که هنوز بیت MPCM را یک نگه داشته‌اند، فریم‌های داده را نادیده خواهند گرفت
 5. هنگام دریافت آخرین فریم داده توسط میکروکنترلر آدرس‌دهی شده، میکروکنترلر آدرس‌دهی شده، بیت MPCM را یک کرده و منتظر یک فریم آدرس جدید از میکروکنترلر راهبر می‌ماند. فرآیند از گام ۲ تکرار می‌شود



دسترسی به ثبات‌های UBRRH و UCSRC

- ثبات UBRRH همان مکان I/O ثبات UCSRC را استفاده می‌نماید

- دسترسی نوشتن :

- هنگام نوشتن در این مکان I/O، بیت با ارزش مقدار نوشته، تعیین می‌کند که در کدام یک از ثبات‌های USART یا URSEL، باید نوشته شود
- در صورتی که این بیت صفر باشد، مقدار UBRRH و در صورتی که این بیت یک باشد، UCSRC بروزرسانی خواهد شد



نمونه کد به زبان اسمبلی و C

Assembly Code Example

```
...  
; Set UBRRH to 2  
ldi r16,0x02  
out UBRRH,r16  
...  
; Set the USBS and the UCSZ1 bit to one, and  
; the remaining bits to zero.  
ldi r16,(1<<URSEL)|(1<<USBS)|(1<<UCSZ1)  
out UCSRC,r16  
...
```

C Code Example

```
...  
/* Set UBRRH to 2 */  
UBRRH = 0x02;  
...  
/* Set the USBS and the UCSZ1 bit to one, and */  
/* the remaining bits to zero. */  
UCSRC = (1<<URSEL)|(1<<USBS)|(1<<UCSZ1);  
...
```




دسترسی به ثبات‌های UBRRH و UCSRC

دسترسی خواندن :

- خواندن ثبات‌های UBRRH و UCSRC با یک زمانبندی معین کنترل می‌شود
- خواندن یکبار مکان I/O محتوای ثبات UBRRH را برمی‌گرداند
- اگر مکان ثبات در سیکل ساعت قبلی خوانده شده باشد، خواندن ثبات در سیکل ساعت جاری، محتوای ثبات UCSRC را برخواهد گرداند
- دنباله زمانبندی برای خواندن UCSRC یک عملیات اتمیک می‌باشد
- عواملی چون وقفه نباید مانع از اجرای پشت سرهم و یک دفعه یک عملیات اتمی گردند. بنابراین وقفه‌ها در طی عمل خواندن باید کنترل شوند

با یک بار خواندن



نمونه کد به زبان اسمبلی و C

Assembly Code Example

```
USART_ReadUCSRC:  
; Read UCSRC  
in r16,UBRRH  
in r16,UCSRC  
ret
```

C Code Example

```
unsigned char USART_ReadUCSRC( void )  
{  
    unsigned char ucsrc;  
    /* Read UCSRC */  
    ucsrc = UBRRH;  
    ucsrc = UCSRC;  
    return ucsrc;  
}
```



توصیف ثبات‌های USART

ثبات داده USART I/O-UDR:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXB[7:0]								UDR (Read)
	TXB[7:0]								UDR (Write)
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

• ثبات بافر داده ارسال USART و دریافت USART، آدرس I/O یکسانی را به اشتراک می‌گذارند که به عنوان ثبات داده USART یا UDR شناخته می‌شود

• ثبات بافر داده ارسال USART (TXB) مقصدی برای داده نوشته شده در مکان رجیستر UDR است

• خواندن محل ثبات UDR، محتوای ثبات بافر داده دریافت (RXB) را برمی‌گرداند

• برای کاراکترهای ۵، ۶ یا ۷ بیتی، بیت‌های استفاده نشده بالاتر توسط ارسال‌کننده نادیده گرفته خواهند شد و توسط گیرنده صفر قرار داده می‌شوند



ثبات داده USART UDR-I/O

- بافر ارسال فقط وقتی پرچم UDRE در ثبات UCSRA یک است می‌تواند نوشته شود و زمانی که یک نیست، توسط ارسال‌کننده USART نادیده گرفته خواهد شد
- زمانی که داده در بافر ارسال، و ارسال‌کننده فعال است، ارسال‌کننده داده را در ثبات جابجایی ارسال بارگذاری می‌کند و داده به‌طور سریال روی پایه TXD منتقل می‌شود
- بافر دریافت شامل یک FIFO دو مرحله‌ای است. هر زمان که یک دسترسی به آن صورت گیرد، حالتش را تغییر می‌دهد. بنابراین از دستورات خواندن-ویرایش-نوشتن نباید استفاده کرد
- دستورات تست بیت (SBIC و SBIS) نیز حالت FIFO را تغییر می‌دهند

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	UCSRA
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0	



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRA -A

بیت ۷-RXC، تکمیل دریافت USART :

- اگر داده خوانده نشده در بافر دریافت موجود بود، یک و اگر بافر خالی باشد صفر می شود
- اگر گیرنده غیرفعال باشد، بافر دریافت خالی و در نتیجه بیت RXC صفر خواهد شد
- پرچم RXC می تواند برای تولید وقفه تکمیل دریافت استفاده شود

بیت ۶-TXC، تکمیل ارسال USART :

- اگر تمام فریم در ثبات جابجایی به خارج انتقال یافته و هیچ داده جدیدی در بافر ارسال به طور جاری موجود نباشد، یک می شود
- بیت پرچم TXC زمانیکه یک وقفه تکمیل ارسال، اجرا می شود به طور خودکار صفر می گردد. می تواند با نوشتن یک در مکان بیت مربوطه صفر شود
- پرچم TXC می تواند یک وقفه تکمیل ارسال تولید کند



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRA -A

بیت ۵-UDRE، خالی بودن ثبات داده USART :

- نشان دهنده‌ی آمادگی بافر ارسال (UDR)، برای دریافت داده جدید است
- اگر UDRE یک باشد، بافر خالی است. پرچم UDRE می‌تواند یک وقفه خالی بودن ثبات داده تولید کند
- پرچم UDRE بعد از بازنشانی، برای نشان دادن آمادگی فرستنده USART، یک می‌شود

بیت ۴-FE، بیت خطای فریم :

- اگر پس از دریافت کاراکتر بعدی در بافر دریافت، خطای قاب داشته باشیم، یک می‌شود
- خطای قاب زمانی که اولین بیت توقف از کاراکتر بعدی در بافر دریافت صفر باشد، رخ می‌دهد و تا زمانی که بافر دریافت (UDR) خوانده شود، معتبر است
- بیت FE وقتی بیت توقف یک باشد، صفر است. در زمان نوشتن در UCSRA، این بیت را صفر کنید



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRA-A

بیت ۳-DOR، خطای سرروی به معنی خطای روی هم افتادگی داده‌های دریافتی :

- اگر یک وضعیت سرروی، تشخیص داده شود، این بیت یک می‌شود
- این بیت تا زمانیکه بافر دریافت (UDR) خوانده شود، معتبر است. زمان نوشتن در UCSRA، این بیت را صفر کنید

بیت ۲-PE، خطای توازن :

- اگر کاراکتر دریافتی یک خطای توازن داشته باشد و بیت چک کردن توازن ($UPM=1$) فعال باشد، این بیت یک می‌شود
- این بیت تا زمانیکه بافر دریافت (UDR) خوانده شود، معتبر است. این بیت را زمان نوشتن در UCSRA صفر کنید



کنترل USART و ثبات وضعیت A-UCSRA

بیت ۱-U2X، دو برابر کردن سرعت ارسال USART :

- فقط برای عملیات ناهمگام کاربرد دارد
- زمان استفاده از عملیات همگام، این بیت را صفر کنید
- یک کردن این بیت مقسوم علیه تقسیم کننده نرخ باد را از ۱۶ به ۸ کاهش خواهد داد

بیت ۰-MPCM، حالت ارتباط چند پردازشگری :

- حالت ارتباط چند پردازشگری را فعال می کند
- وقتی بیت MPCM یک می شود، همه فریم های ورودی دریافت شده که حاوی اطلاعات آدرس نیستند توسط گیرنده USART نادیده گرفته خواهند شد
- فرستنده از وضعیت بیت MPCM تاثیر نمی پذیرد



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRB-B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

بیت ۷-RXCIE، فعال سازی وقفه تکمیل دریافت RX :

- یک کردن این بیت، وقفه ناشی از پرچم RXC را فعال و در صورتی که پرچم وقفه سراسری در SREG یک و بیت RXC در UCSRA یک باشد یک وقفه تکمیل دریافت USART تولید می شود.

بیت ۶-TXCIE، فعال ساز وقفه تکمیل ارسال (TX) :

- یک کردن این بیت، وقفه ناشی از پرچم TXC را فعال و در صورتی که پرچم وقفه سراسری در SREG یک و بیت TXC در UCSRA یک باشد یک وقفه تکمیل ارسال USART تولید می شود



کنترل USART و ثبات وضعیت UCSRB-B

بیت ۵-UDRIE، بیت فعال ساز وقفه خالی بودن ثبات داده USART :

- یک کردن این بیت، وقفه روی پرچم UDRE را فعال و در صورتی که پرچم وقفه سراسری در SREG یک و بیت UDRE در UCSRA یک باشد، یک وقفه خالی بودن ثبات داده، تولید می شود

بیت ۴-RXEN، فعال ساز گیرنده :

- یک کردن این بیت، گیرنده USART را فعال می کند
- گیرنده وقتی فعال است کارکرد عادی پایه RXD به عنوان درگاه را متوقف می نماید
- غیرفعال کردن گیرنده، بافر دریافت را تخلیه و مقادیر پرچم های RE، DOR و PE را نامعتبر می سازد



کنترل USART و ثبات وضعیت B-UCSRB

بیت ۳-TXEN، فعال ساز فرستنده :

- یک کردن این بیت، فرستنده USART را فعال می کند
- فرستنده وقتی فعال است کارکرد عادی پایه RXD به عنوان درگاه را متوقف می نماید
- غیرفعال کردن فرستنده، تا زمان تکمیل ارسال داده های در حال جریان و معطل کامل نشود، انجام نخواهد شد
- وقتی فرستنده غیر فعال شود، بعد از آن پایه TXD در وضعیت کارکرد عادی به عنوان یک بیت درگاه قرار می گیرد

بیت ۲-UCSZ2، طول کاراکتر :

- بیت های UCSZ2 در ترکیب با بیت های UCSZ1:0 موجود در UCSRA، تعداد بیت های داده را در یک فریم تنظیم می نمایند



کنترل USART و ثبات وضعیت B-UCSRB

بیت ۱-RXB8، بیت داده دریافتی شماره ۸ :

- نهمین بیت داده از کاراکتر دریافت شده در زمان انجام عملیات با فریم‌های سریال با ۹ بیت داده می‌باشد
- باید قبل از خواندن بیت‌های ۰ الی ۷، از UDR خوانده شود

بیت ۰-TXB8، بیت داده ارسالی شماره ۸ :

- نهمین بیت داده از کاراکتری است که باید در زمان انجام عملیات با فریم‌های سریال با ۹ بیت داده ارسال شود
- باید قبل از نوشتن بیت‌های بیت‌های ۰ الی ۷، در UDR نوشته شود



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	

• ثبات **UCSRC** و ثبات **UBRRH** مکان I/O یکسانی را به اشتراک می گذارند

بیت ۷-**URSEL**، انتخاب ثبات :

- برای انتخاب بین دسترسی به یکی از ثبات های **UCSRC** یا **UBRRH** بکار می رود
- هنگام خواندن **UCSRC** این بیت یک خوانده می شود. زمان نوشتن در **UCSRC** این بیت باید یک باشد.

بیت ۶-**UMSEL**، انتخاب حالت **USART** :

UMSEL	Mode
0	Asynchronous Operation
1	Synchronous Operation



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

بیت ۴:۵-UPM1:0، حالت توازن :

- برای فعال کردن توازن و تنظیم نوع تولید و چک کردن توازن بکار می‌روند
- اگر فعال باشد، فرستنده، توازن بیت‌های داده در هر فریم را تولید کرده و می‌فرستد
- گیرنده یک مقدار توازن برای داده ورودی تولید و آن را با مقدار UPM0 مقایسه می‌کند. در صورت عدم تطابق، پرچم PE در UCSRA یک خواهد شد

UPM1	UPM0	Parity Mode
0	0	Disabled
0	1	Reserved
1	0	Enabled, Even Parity
1	1	Enabled, Odd Parity



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

بیت ۳-USBS: انتخاب بیت توقف :

- تعداد بیت‌های توقف را که توسط فرستنده در انتهای یک فریم درج می‌شود، انتخاب می‌کند. گیرنده این تنظیمات را نادیده می‌گیرد

USART Stop Bit Select

USBS	Stop Bit(s)
0	1-bit
1	2-bit



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

بیت ۱:۲-UCSZ1:0: طول کاراکتر :

- بیت‌های UCSZ1:0 در ترکیب با بیت UCSZ2 در ثبات UCSRB، تعداد بیت‌های داده را در یک فریم تنظیم می‌کنند

UCSZ2	UCSZ1	UCSZ0	Character Size
0	0	0	5-bit
0	0	1	6-bit
0	1	0	7-bit
0	1	1	8-bit
1	0	0	Reserved
1	0	1	Reserved
1	1	0	Reserved
1	1	1	9-bit



کنترل USART و ثبات وضعیت C-UCSRC

بیت ۰-UCPOL: قطبیت ساعت:

- تنها برای حالت همگام استفاده می شود. در حالت ناهمگام، این بیت را صفر کنید
- ارتباط بین تغییر خروجی داده و نمونه داده ورودی و ساعت همگام را تنظیم می کند

UCPOL	Transmitted Data Changed (Output of TxD Pin)	Received Data Sampled (Input on RxD Pin)
0	Rising XCK Edge	Falling XCK Edge
1	Falling XCK Edge	Rising XCK Edge



ثبات نرخ باد USART شامل UBRRH و UBRRL

اگر صفر نباشد، UCSRC انتخاب می‌شود

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	URSEL	-	-	-	UBRR[11:8]				UBRRH
	UBRR[7:0]								UBRRL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

- ثبات UBRRH مکان I/O یکسانی را به عنوان ثبات UCSRC به اشتراک می‌گذارند

بیت ۱۵-URSEL: انتخاب ثبات :

- برای انتخاب یکی از ثبات‌های UBRRH یا UCSRC بکار می‌رود
- زمان خواندن UBRRH، صفر خوانده می‌شود
- بیت URSEL در زمان نوشتن در ثبات UBRRH، باید صفر باشد



ثبات نرخ باد USART شامل UBRRL و UBRRH

بیت ۱۲:۱۴ - بیت‌های رزرو شده :

- بیت‌ها برای استفاده‌های آینده رزرو شده‌اند
- برای سازگاری با وسایل آینده، باید زمانیکه در UBRRH نوشته می‌شود، صفر باشند

بیت ۱۱:۰ - UBRR11:0: ثبات نرخ باد USART :

- نرخ باد USART را تعیین می‌کنند
- شامل چهار بیت با ارزش و UBRRL شامل هشت بیت کم ارزش نرخ باد USART است
- در حال مخابره، تغییر نرخ باد، باعث آسیب داده‌های در حال انتقال می‌شود
- نوشتن در UBRRL موجب به روز رسانی آنی پیش مقیاس‌گذار نرخ باد می‌شود



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

- خطای بالا بین نرخ باد واقعی و نرخ باد هدف قابل قبول است
- لیکن مقاومت گیرنده نسبت به نویز، در صورت وجود خطای بالا در نرخ باد، خصوصا زمانی که طول فریم طولانی باشد، کمتر است
- مقدار خطا با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود :

در آنجا که $BaudRate_{closestMatch}$ یا $BaudRate$ باشد

$$Error[\%] = \left(\frac{BaudRate_{closestMatch}}{BaudRate} - 1 \right) . 100\%$$

- انتخاب حالت همگام و یا ناهمگام با توجه به نوع دستگاه جانبی صورت می‌پذیرد
- یکی از کاربردهای رایج واسط ارسال و دریافت سریال همگام-ناهمگام، دریافت اطلاعات محیط از طریق سنسورها و ارسال این اطلاعات به رایانه به منظور انجام پردازش‌های لازم بر روی این داده‌ها می‌باشد



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 1.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 1.8432 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 2.0000 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%
4800	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%
9600	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%
14.4k	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%
19.2k	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%
28.8k	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%
38.4k	1	-18.6%	2	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%
57.6k	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%
76.8k	—	—	1	-18.6%	1	-25.0%	2	0.0%	1	-18.6%	2	8.5%
115.2k	—	—	0	8.5%	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%
230.4k	—	—	—	—	—	—	0	0.0%	—	—	—	—
250k	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.0%
Max ⁽¹⁾	62.5 kbps		125 kbps		115.2 kbps		230.4 kbps		125 kbps		250 kbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

خطا صفر شده (۸۸)

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 3.6864 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 4.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 7.3728 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	95	0.0%	191	0.0%	103	0.2%	207	0.2%	191	0.0%	383	0.0%
4800	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%	95	0.0%	191	0.0%
9600	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%
14.4k	15	0.0%	31	0.0%	16	2.1%	34	-0.8%	31	0.0%	63	0.0%
19.2k	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%
28.8k	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%	15	0.0%	31	0.0%
38.4k	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%
57.6k	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%
76.8k	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%
115.2k	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%
230.4k	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%
250k	0	-7.8%	1	-7.8%	0	0.0%	1	0.0%	1	-7.8%	3	-7.8%
0.5M	—	—	0	-7.8%	—	—	0	0.0%	0	-7.8%	1	-7.8%
1M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	-7.8%
Max ⁽¹⁾	230.4 kbps		460.8 kbps		250 kbps		0.5 Mbps		460.8 kbps		921.6 kbps	

۱. ۶۲ UBRR = 0, Error = 0.0%



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 8.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 11.0592 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 14.7456 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	207	0.2%	416	-0.1%	287	0.0%	575	0.0%	383	0.0%	767	0.0%
4800	103	0.2%	207	0.2%	143	0.0%	287	0.0%	191	0.0%	383	0.0%
9600	51	0.2%	103	0.2%	71	0.0%	143	0.0%	95	0.0%	191	0.0%
14.4k	34	-0.8%	68	0.6%	47	0.0%	95	0.0%	63	0.0%	127	0.0%
19.2k	25	0.2%	51	0.2%	35	0.0%	71	0.0%	47	0.0%	95	0.0%
28.8k	16	2.1%	34	-0.8%	23	0.0%	47	0.0%	31	0.0%	63	0.0%
38.4k	12	0.2%	25	0.2%	17	0.0%	35	0.0%	23	0.0%	47	0.0%
57.6k	8	-3.5%	16	2.1%	11	0.0%	23	0.0%	15	0.0%	31	0.0%
76.8k	6	-7.0%	12	0.2%	8	0.0%	17	0.0%	11	0.0%	23	0.0%
115.2k	3	8.5%	8	-3.5%	5	0.0%	11	0.0%	7	0.0%	15	0.0%
230.4k	1	8.5%	3	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	3	0.0%	7	0.0%
250k	1	0.0%	3	0.0%	2	-7.8%	5	-7.8%	3	-7.8%	6	5.3%
0.5M	0	0.0%	1	0.0%	—	—	2	-7.8%	1	-7.8%	3	-7.8%
1M	—	—	0	0.0%	—	—	—	—	0	-7.8%	1	-7.8%
Max ⁽¹⁾	0.5 Mbps		1 Mbps		691.2 kbps		1.3824 Mbps		921.6 kbps		1.8432 Mbps	

1. ^{۶۳} UBRR = 0, Error = 0.0%



مثال‌هایی از تنظیمات نرخ باد

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 16.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 18.4320 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 20.0000 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	416	-0.1%	832	0.0%	479	0.0%	959	0.0%	520	0.0%	1041	0.0%
4800	207	0.2%	416	-0.1%	239	0.0%	479	0.0%	259	0.2%	520	0.0%
9600	103	0.2%	207	0.2%	119	0.0%	239	0.0%	129	0.2%	259	0.2%
14.4k	68	0.6%	138	-0.1%	79	0.0%	159	0.0%	86	-0.2%	173	-0.2%
19.2k	51	0.2%	103	0.2%	59	0.0%	119	0.0%	64	0.2%	129	0.2%
28.8k	34	-0.8%	68	0.6%	39	0.0%	79	0.0%	42	0.9%	86	-0.2%
38.4k	25	0.2%	51	0.2%	29	0.0%	59	0.0%	32	-1.4%	64	0.2%
57.6k	16	2.1%	34	-0.8%	19	0.0%	39	0.0%	21	-1.4%	42	0.9%
76.8k	12	0.2%	25	0.2%	14	0.0%	29	0.0%	15	1.7%	32	-1.4%
115.2k	8	-3.5%	16	2.1%	9	0.0%	19	0.0%	10	-1.4%	21	-1.4%
230.4k	3	8.5%	8	-3.5%	4	0.0%	9	0.0%	4	8.5%	10	-1.4%
250k	3	0.0%	7	0.0%	4	-7.8%	8	2.4%	4	0.0%	9	0.0%
0.5M	1	0.0%	3	0.0%	—	—	4	-7.8%	—	—	4	0.0%
1M	0	0.0%	1	0.0%	—	—	—	—	—	—	—	—
Max ⁽¹⁾	1 Mbps		2 Mbps		1.152 Mbps		2.304 Mbps		1.25 Mbps		2.5 Mbps	

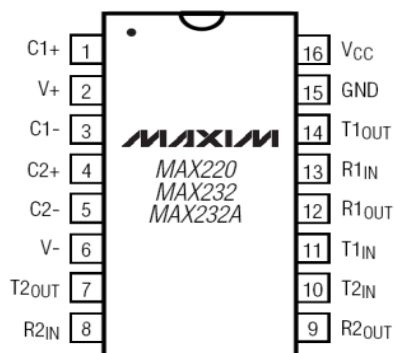
1. ۶۴ UBRR = 0, Error = 0.0%



ارتباط USART از طریق پروتکل RS232C

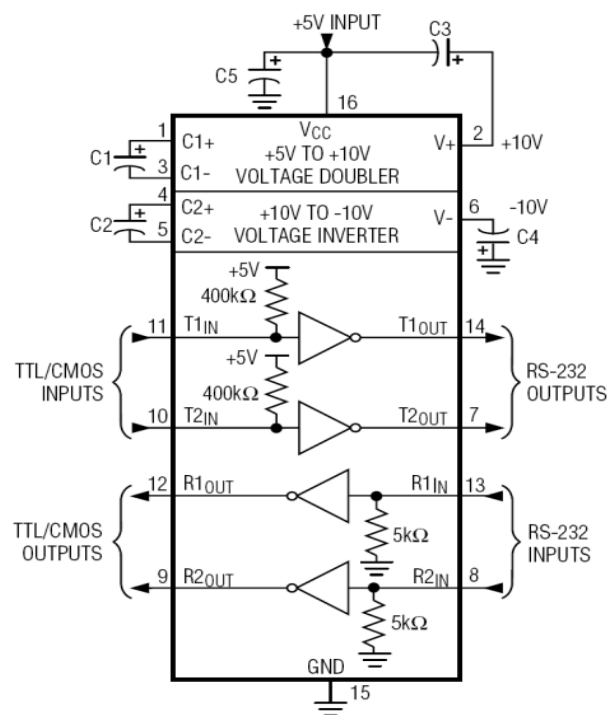
- به منظور برقراری ارتباط سریال برای ارسال و دریافت همگام-ناهمگام اطلاعات بین تجهیزات مختلف، از تراشه‌هایی مانند قالب RS232C استفاده می‌شود
- یکی از این تراشه‌ها تراشه MAX232 می‌باشد :

TOP VIEW



DIP/SO

CAPACITANCE (μF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	0.047	0.33	0.33	0.33	0.33
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1





توصیف ثبات‌ها

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXB[7:0]								UDR (Read)
	TXB[7:0]								UDR (Write)
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	UCSRA
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	UCSRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	UCSRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0	



توصیف ثبات‌ها

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	URSEL	—	—	—	UBRR[11:8]				UBRRH
	UBRR[7:0]								UBRRL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	