Universidade Federal de Campina Grande

USART

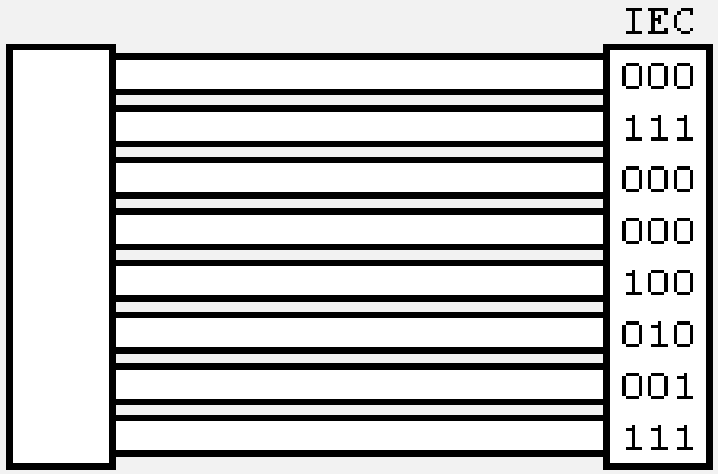
ATMEGA328P

Prof. Rafael Lima

COMUNICAÇÃO: SERIAL X PARALELO

PARALELO

- *Maior Velocidade*
- *Maior Custo*
- *Mais susceptível a ruídos*
- *Curtas distâncias*



SERIAL

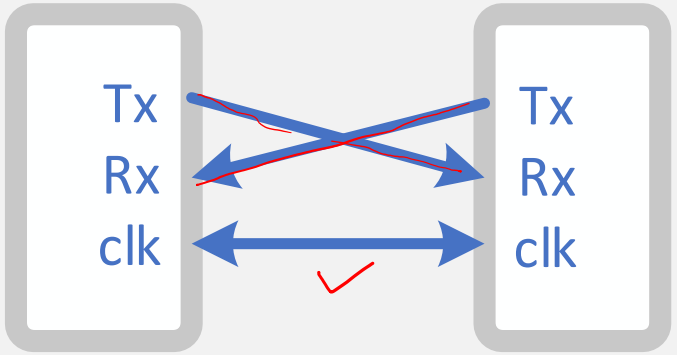
- *Menor Velocidade*
- *Menor Custo*
- *Menos susceptível a ruídos*
- *Longas distâncias*

Prof. Rafael Lima

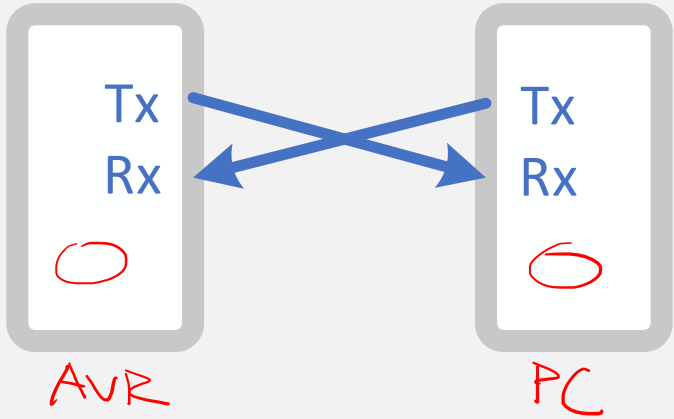
USART

USART (Universal **Synchronous** and **Asynchronous** Receiver and Transmitter)

Síncrono



Assíncrono

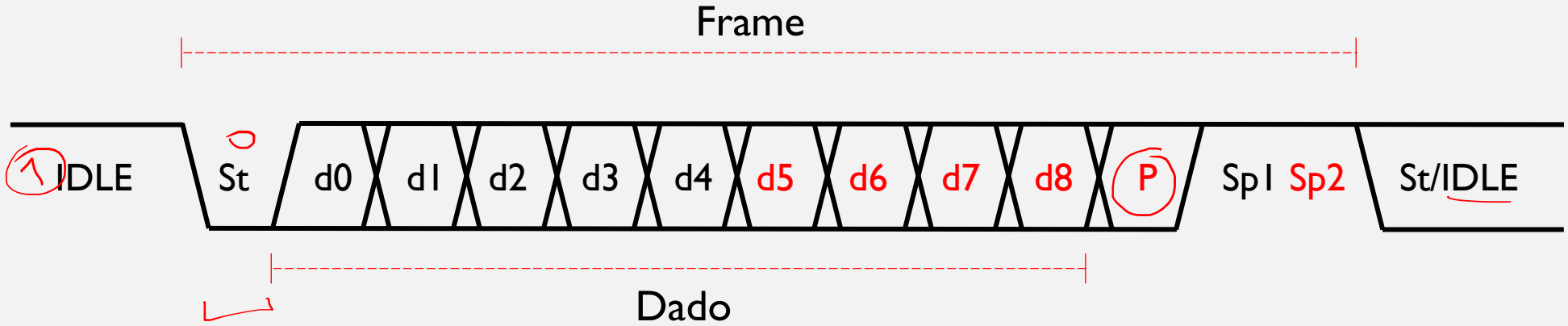


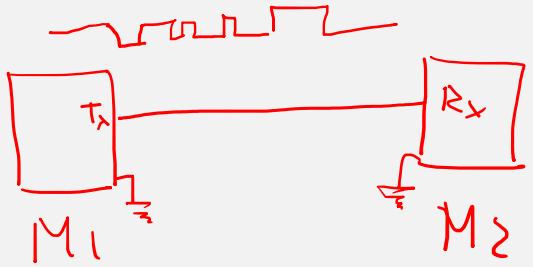
Full DUPLEX: Capaz de transmitir e receber simultaneamente

FRAME USART

Formato dos Frames

: Opcional





St: Start Bit (Sempre 0)

P: Bit de paridade (Par ou Impar)

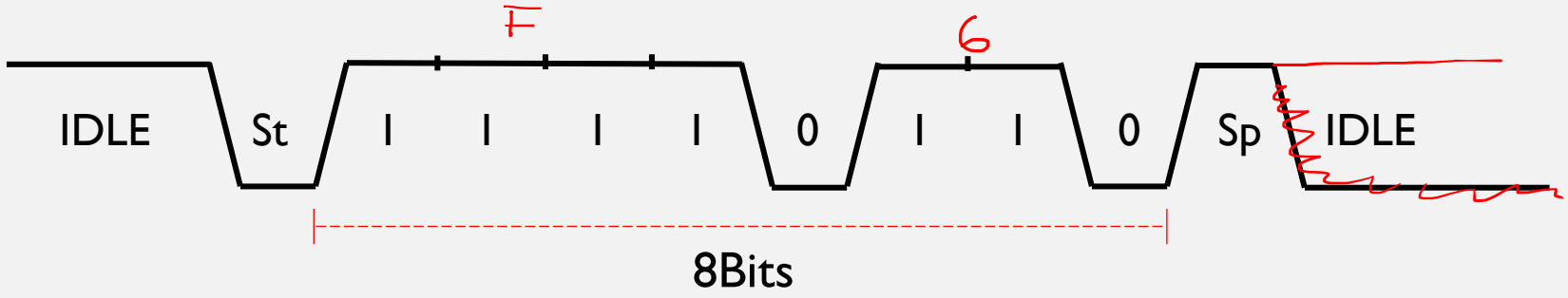
Sp: Stop Bit (Sempre 1)

IDLE: Estado de espera (Sempre 1)

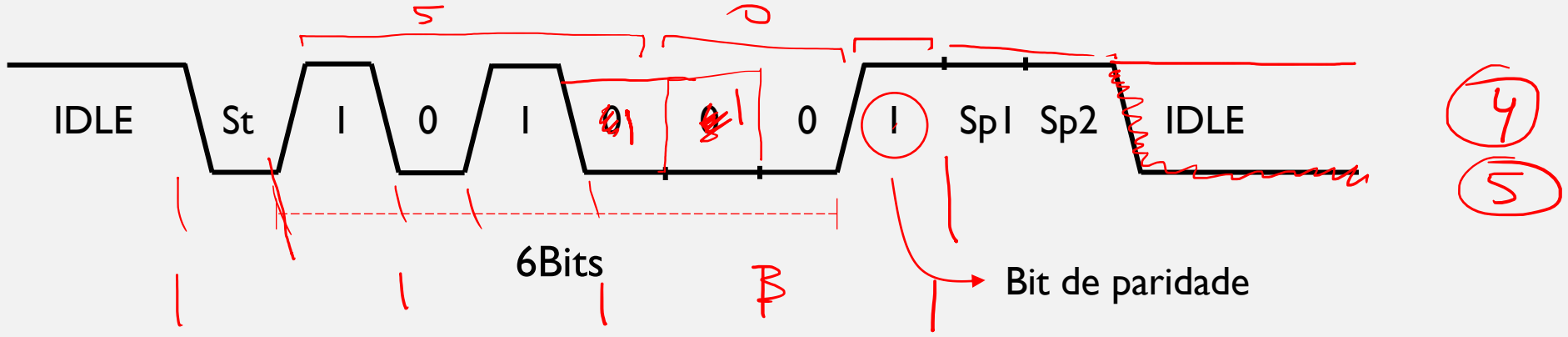
Prof. Rafael Lima

FRAME USART

Exemplo A: Transmitir 0x6F, 8bits, sem paridade, 1 Stop bit.



Exemplo B: Transmitir 0x05, 6bits, paridade impar, 2 Stop bits.



Prof. Rafael Lima

USART NO ATMEGA328P

- Operação Full Duplex (registradores independentes de recepção e transmissão).
- Operação síncrona ou assíncrona.
- Operação síncrona com clock mestre ou escravo.
- Gerador de taxa de comunicação de alta resolução (*Baud Rate Generator*)
- Suporta frames seriais com 5, 6, 7, 8 ou 9 bits de dados e 1 ou 2 bits de parada.
- Gerador de paridade par ou ímpar e conferência de paridade por hardware.
- Detecção de colisão de dados e erros de frames.
- Filtro para ruído, incluindo bit de início falso e filtro digital passa baixa.
- Três fontes separadas de interrupção (transmissão completa, recepção completa e esvaziamento do registrador de dados).
- Modo de comunicação assíncrono com velocidade duplicável.
- Pode ser utilizada como interface SPI mestre.

USART NO ATMEGA328P

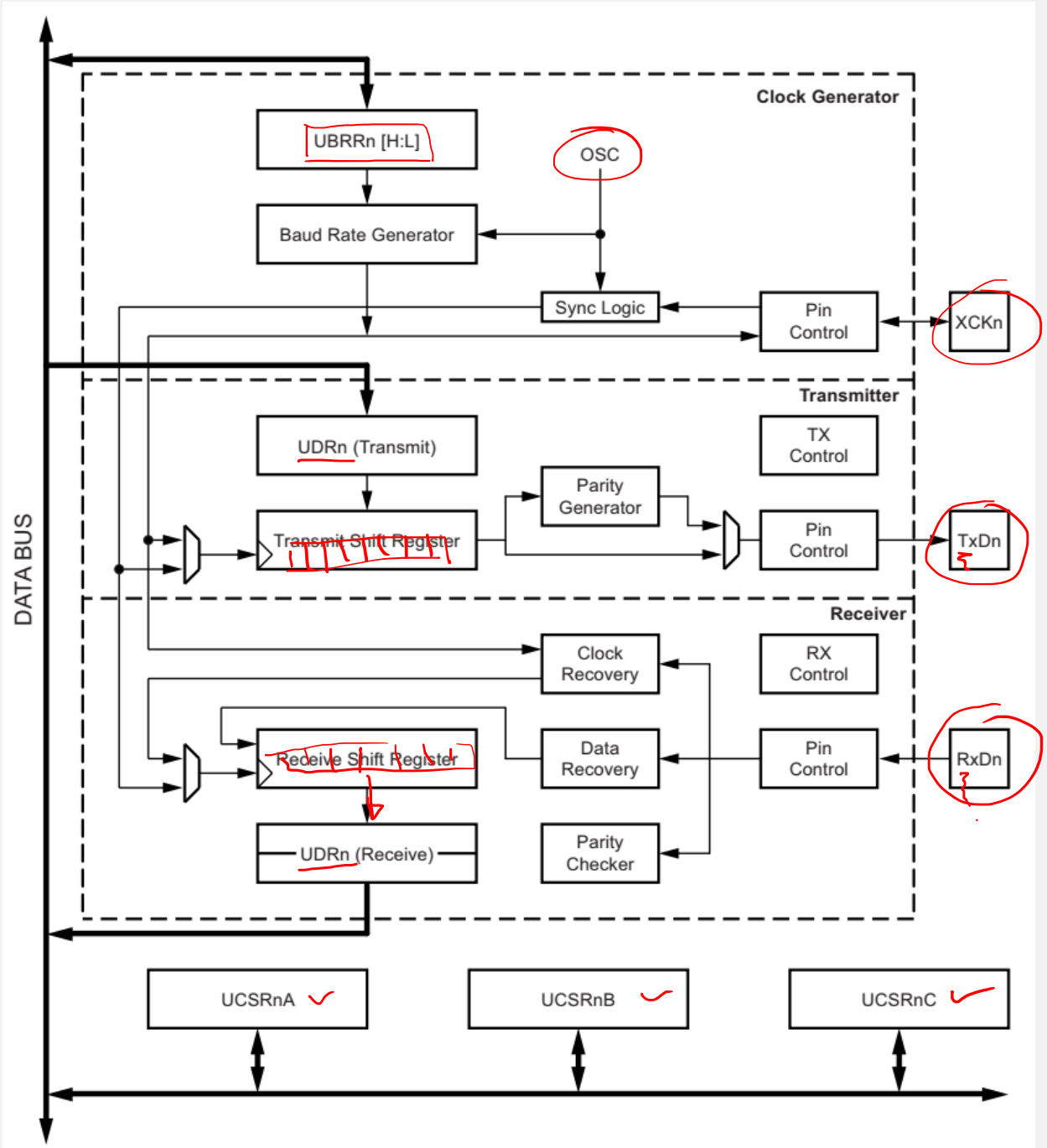
Baud Rate

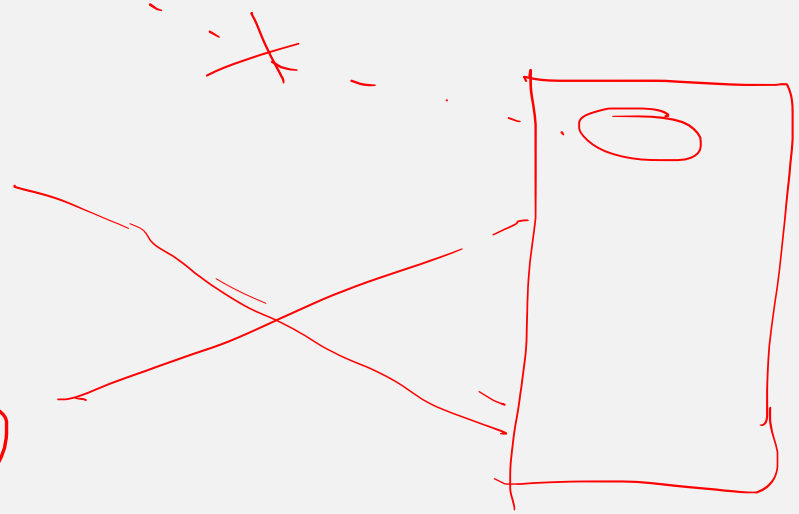
- A taxa de transmissão deve ser a mesma no transmissor e no receptor

Modo de operação	Equação para o cálculo da taxa de transmissão	Equação para o cálculo do valor de UBRR0
Modo Normal Assíncrono (U2X0 = 0)	$TAXA = \frac{f_{osc}}{16(UBRR0 + 1)}$	$UBRR0 = \frac{f_{osc}}{16.TAXA} - 1$
Modo de Velocidade Dupla Assíncrono (U2X0 = 1)	$TAXA = \frac{f_{osc}}{8(UBRR0 + 1)}$	$UBRR0 = \frac{f_{osc}}{8.TAXA} - 1$
Modo Mestre Síncrono	$TAXA = \frac{f_{osc}}{2(UBRR0 + 1)}$	$UBRR0 = \frac{f_{osc}}{2.TAXA} - 1$

Prof. Rafael Lima

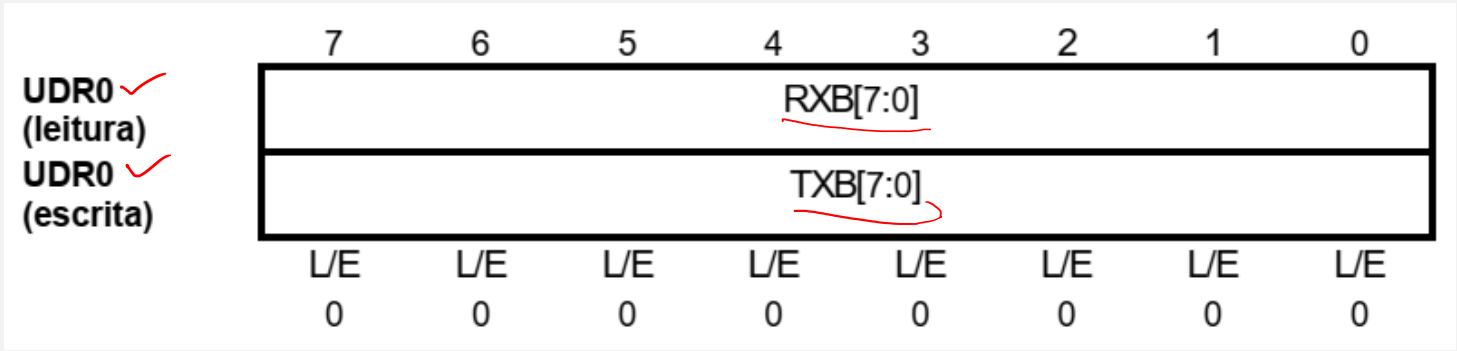
DIAGRAMA DE BLOCOS DA USART





REGISTRADORES DA USART

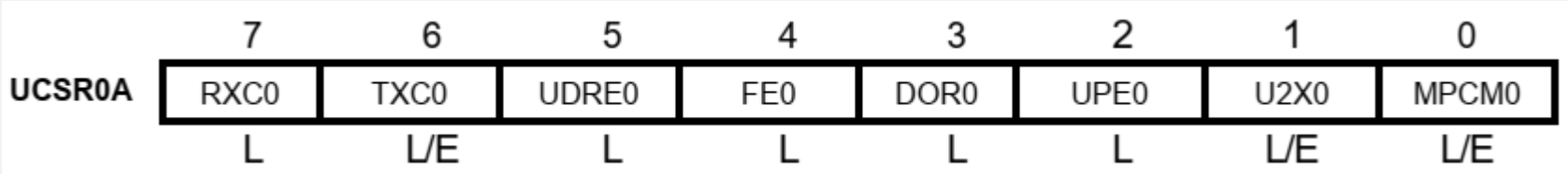
UDR0 (USART I/O Data Register)



Os registradores de **envio** e **recepção** compartilham o mesmo endereço. O acesso deles dependerá do contexto, se leitura ou escrita.

REGISTRADORES DA USART

UCSR0A (USART Control and Status Register A)



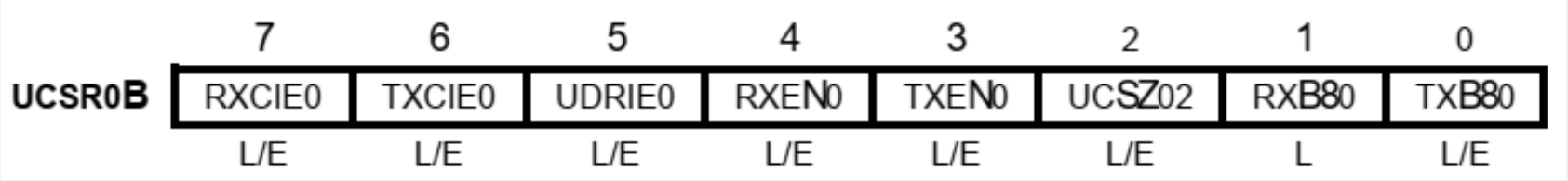
	7	6	5	4	3	2	1	0
UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0
	L	L/E	L	L	L	L	L/E	L/E

- Bit 7 – **RXC0** – USART Receive Complete
- Bit 6 – **TXC0** – USART Transmit Complete
- Bit 5 – **UDRE0** – USART Data Register Empty
- Bit 4 – **FE0** – Frame Error
- Bit 3 – **DOR0** – Data OverRun
- Bit 2 – **UPE0** – USART Parity Error
- Bit 1 – **U2X0** – Double the USART transmission speed
- Bit 0 – **MPCM0** – Multi-processor Communication Mode

Prof. Rafael Lima

REGISTRADORES DA USART

UCSR0B (USART Control and Status Register B)



	7	6	5	4	3	2	1	0
UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80
	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E	L	L/E

- Bit 7 – **RXCIE0** – RX Complete Interrupt Enable
- Bit 6 – **TXCIE0** – TX Complete Interrupt Enable
- Bit 5 – **UDRIE0** – USART Data Register Empty Interrupt Enable
- Bit 4 – **RXEN0** – Receiver Enable
- Bit 3 – **TXEN0** – Transmitter Enable
- Bit 2 – **UCSZ02** – Character Size
- Bit 1 – **RXB80** – Receive Data Bit 8 (Nono bit)
- Bit 0 – **TXB80** – Transmit Data Bit 8 (Nono bit)

REGISTRADORES DA USART

UCSR0C (USART Control and Status Register C)

	7	6	5	4	3	2	1	0
UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01	UCSZ00	UCPOL0
	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E	L/E

- Bit 7:6 – **UMSEL01:0** – USART Mode Select
- Bits 5:4 – **UPM01:0** – Parity Mode
- Bit 3 – **USBS0** – Stop Bit Select

UMSEL01	**UMSEL00**	**Modo de operação**
0	0	assíncrono
0	1	síncrono
1	0	reservado
1	1	SPI mestre

USBS0	**Stop Bit**
0	1 Stop bit
1	2 Stop bit

UPM01	**UPM00**	**Modo de Paridade**
0	0	Desabilitado
0	1	Reservado
1	0	Habilitado, paridade par
1	1	Habilitado, paridade ímpar

Prof. Rafael Lima

REGISTRADORES DA USART

- Bits 2:1 – **UCSZ01:0** – Character Size

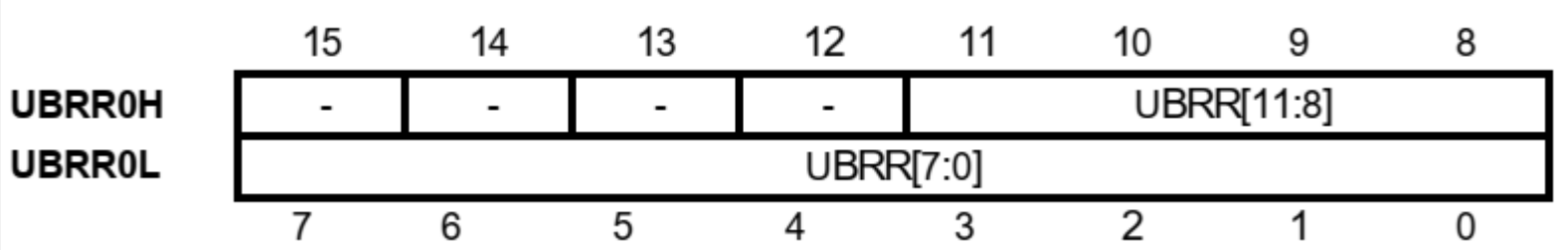
UCSZ02	UCSZ01	UCSZ00	Tamanho do Caractere
0	0	0	5 bits
0	0	1	6 bits
0	1	0	7 bits
0	1	1	8 bits
1	0	0	reservado
1	0	1	reservado
1	1	0	reservado
1	1	1	9 bits

- Bit 0 – **UCPOL0** – Clock Polarity

UCPOL0	Mudança do Dado Transmitido (saída do pino TxD0)	Amostragem do Dado Recebido (entrada do pino RxD0)
0	borda de subida de XCK	borda de descida de XCK
1	borda de descida de XCK	borda de subida de XCK

REGISTRADORES DA USART

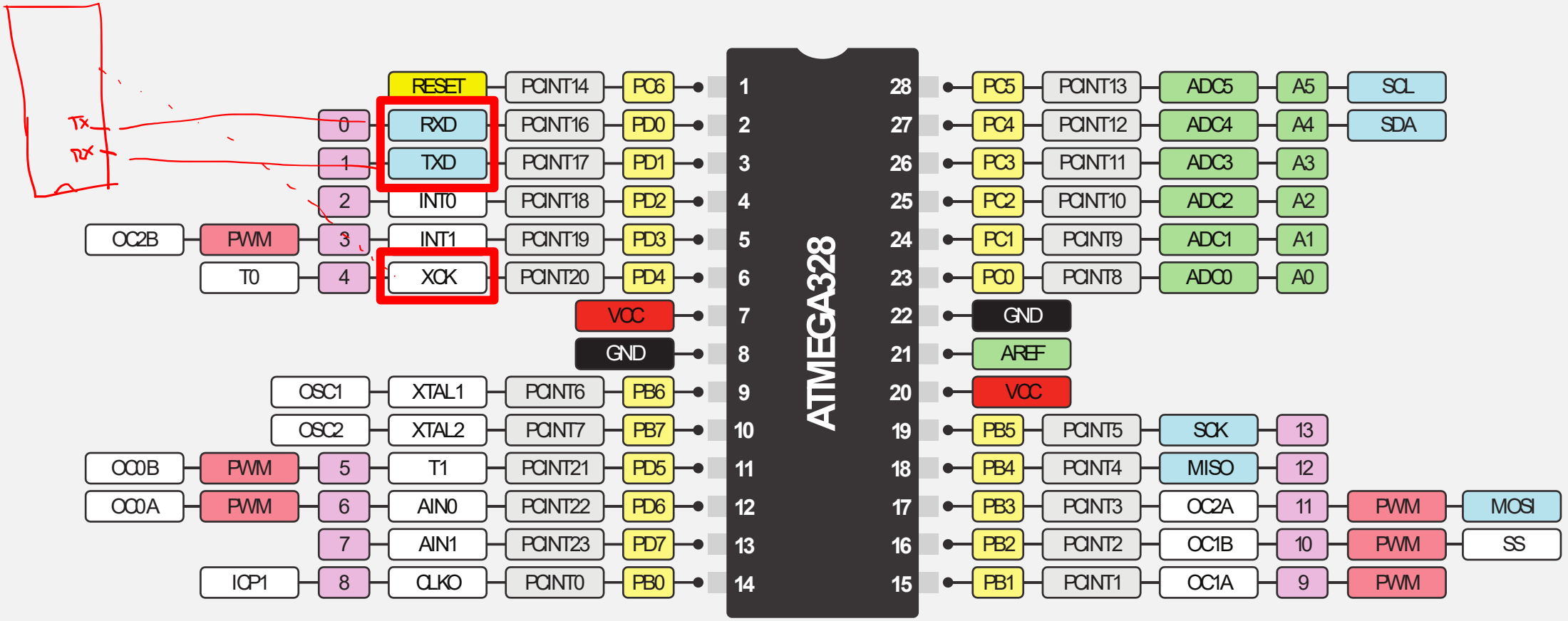
UBRR0L e **UBRR0H** (USART Baud Rate Register)



9600 bps

MAPA DE PINOS DO ATMEGA328P

- Pinos da USART



Prof. Rafael Lima

EXEMPLO: USART POLLING

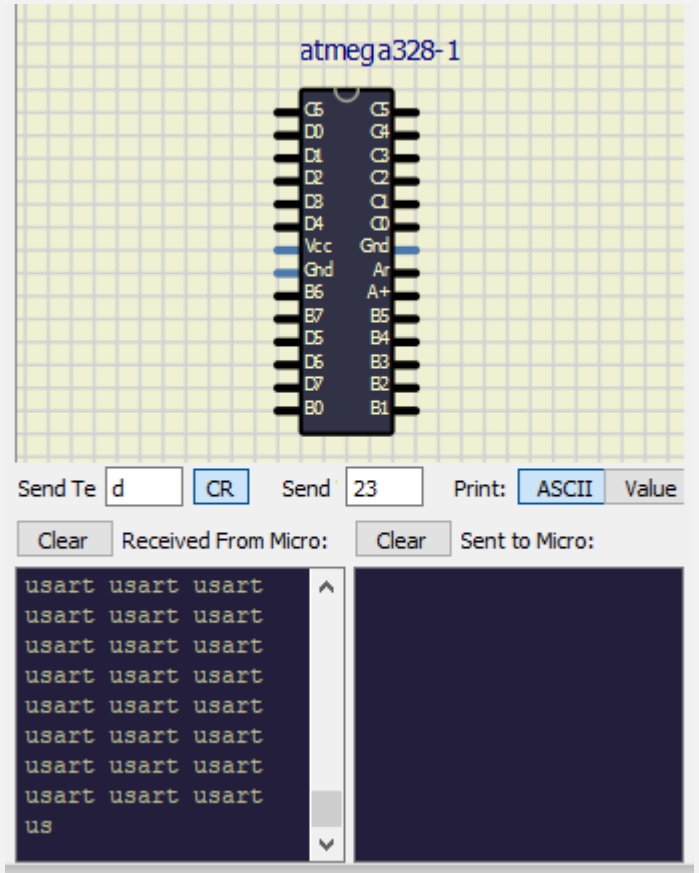
```c
#define F_CPU 16000000UL //Frequência de trabalho da CPU
#define BAUD 9600
#define MYUBRR F_CPU/16/BAUD-1
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

// ||Função para inicialização da USART||
void USART_Init(unsigned int ubrr)
{
     UBRR0H = (unsigned char)(ubrr>>8); //Ajusta a taxa de transmissão
     UBRR0L = (unsigned char)ubrr;
     UCSR0B = (1<<RXEN0)|(1<<TXEN0); //Habilita o transmissor e o receptor
     UCSR0C = (1<<USBS0)|(3<<UCSZ00); //Ajusta o formato do frame: 8 bits de dados e 2 de parada
}

// ||Função para envio de um frame de 5 a 8bits||
void USART_Transmit(unsigned char data)
{
     while(!( UCSR0A & (1<<UDRE0)));//Espera a limpeza do registr. de transmissão
     UDR0 = data; //Coloca o dado no registrador e o envia
}

// ||Função para recepção de um frame de 5 a 8bits||
unsigned char USART_Receive(void)
{
     while(!(UCSR0A & (1<<RXC0))); //Espera o dado ser recebido
     return UDR0; //Lê o dado recebido e retorna
}

void main(void)
{
     USART_Init(MYUBRR);
     while(1)
     {
     USART_Transmit('u');
     _delay_ms(200);
     ...
     }
}
```



Prof. Rafael Lima

EXEMPLO: USART INTERRUPÇÃO

```
#include <avr/interrupt.h>

// ||Função de tratamento de interrupção – Recepção USART||
ISR(USART_RX_vect)
{
    char recebido;
    recebido = UDR0; //UDR0 contém o dado recebido via USART
    USART_Transmit(recebido);
}

UCSR0B |= (1<<RXCIE0); //Habilita a interrupção de recepção da USART
sei(); //Habilita as interrupções globais
```

REFERÊNCIAS

IDE

- Atmel Studio 7 (gratuito) https://www.microchip.com/mplab/avr-support/atmel-studio-7

Simuladores

- https://www.simulide.com/p/blog-page.html
- https://github.com/lcgamboa/picsimlab/releases
- https://www.labcenter.com/downloads/

Material de referência:

- Datasheet do Atmega 328p: https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p#datasheet-toggle
- Livro texto: http://borgescorporation.blogspot.com/2012/05/avr-e-arduino-tecnicas-de-projeto.html