

SEL-433 APLICAÇÕES DE MICROPROCESSADORES I

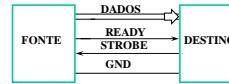


Prof. Evandro L. L. Rodrigues

Comunicação de Dados em Microprocessadores

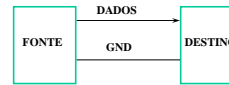
Tipos de Comunicação

Comunicação Paralela



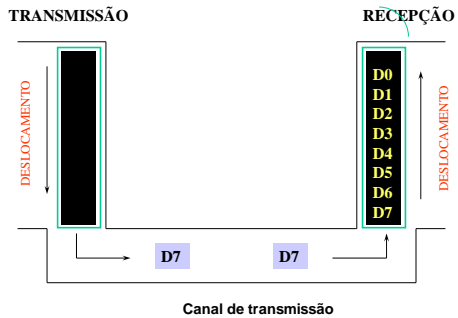
- Distância < 30 metros
- Amplificação complexa
- Custo elevado

Comunicação Serial



- Maior distância
- Fácil amplificação
- Baixo custo

Comunicação Serial



Comunicação Serial

Direção da Transferência dos Dados

a) SIMPLEX



b) HALF-DUPLEX



c) FULL-DUPLEX



## Comunicação Serial

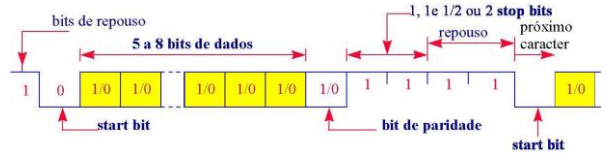
### Tipos de Comunicação Serial

**Síncrona:** um sinal de clock em separado é associado com o dado.

**Assíncrona:** não existe sincronismo entre transmissor e receptor - a resincronização é feita caractere por caractere.

## Comunicação Serial Assíncrona

### a. Formato do Caractere



### b. Sincronismo

O sincronismo é feito a cada caractere, através de um clock localizado no receptor, cujo período é  $K$  vezes menor do que o período de duração do bit.

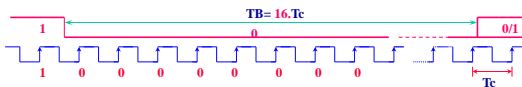
$$TB = K \cdot Tc$$

$TB$  - tempo de duração do bit

$Tc$  - período do clock de sincronismo do caractere

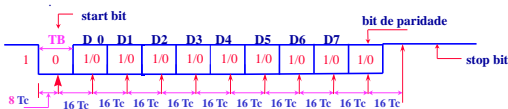
## Comunicação Serial Assíncrona

### c. Detecção do Start Bit ( $K=16$ )



Após a amostragem de 8 zeros, garante-se o START bit, ou seja, o início do caractere.

### d. Temporização na Recepção do caractere ( $K=16$ )



## Comunicação Serial Assíncrona

### e. Velocidade de Comunicação

- Considerando um caractere formado por 11 bits, como segue:
  - 1 start bit
  - 8 bits de dados
  - 1 bit de paridade
  - 1 stop bit
- Considerando por exemplo, uma velocidade de comunicação de 10 caracteres por segundo, tem-se:
  - 11 bits/caractere x 10 caracteres/s = 110 bits/s

• Defina-se:

$$BAUD = \text{bits/s}$$

$$BAUD \text{ RATE} = \text{Taxa de Comunicação}$$

## Comunicação Serial Assíncrona

### f. Taxas de Comunicação mais Comuns

Taxa	TB
110 Baud .....	9.1 ms
150 Baud .....	6.66 ms
300 Baud .....	3.33 ms
600 Baud .....	1.66 ms
1200 Baud .....	833 us
2400 Baud .....	416 us
4800 Baud .....	208 us
9600 Baud .....	104 us
19200 Baud .....	52 us

## Comunicação Serial RS 232 - C

Padronizada pela EIA ( Electronic Industries Association - USA)

RS : Recommended Standard  
 232 : número da norma  
 C : número de revisões da norma

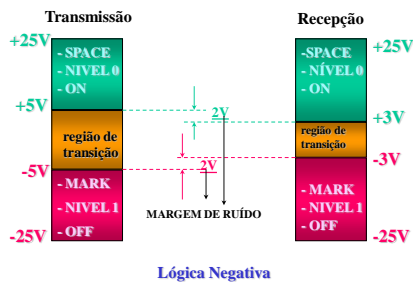
Tipo de comunicação : Serial Assíncrona

### Características da Interface

- ★ Taxa de Comunicação de 75 Baud a 19200 Baud
- ★ Comprimento do cabo de ligação entre equipamentos: menor do que 15 metros, sem amplificação.
- ★ Não existe isolamento elétrica entre os equipamentos

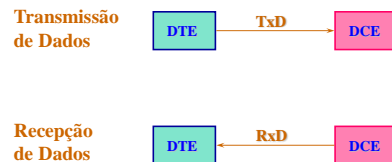
## Comunicação Serial RS 232 - C

### Características Elétricas do Sinal



## Comunicação Serial RS 232 - C

### Características Funcionais do Circuito

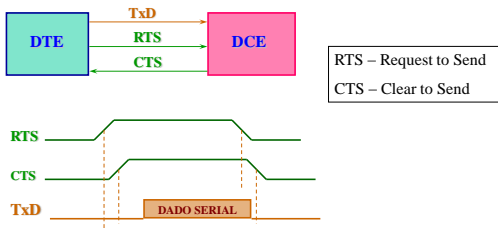


Em repouso, estas linhas permanecem em nível lógico "1" (tensão negativa).

DTE : Data Terminal Equipment  
 DCE : Data Communication Equipment

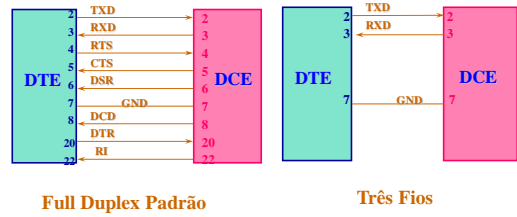
## Comunicação Serial RS 232 - C

### Comunicação Serial com "Handshaking"

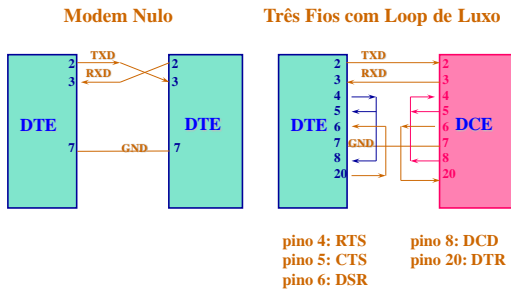


## Comunicação Serial RS 232 - C

### Implementação em Microcomputadores



## Comunicação Serial RS 232 - C



## Interface Serial no Microcontrolador 8051

### A porta serial é full-duplex

• Para Transmitir um Dado Serialmente  
Escrever no SBUF

• Para Receber um Dado Serialmente  
Ler do SBUF

F8									
F0	B								
E8	ACC								
D8									
D0	PSW								
C8	TCON	TMOD	RCAPL	RCAPH	TL2	TH2			
B8	IP								
B0	P3								
A8	IE								
A0	P2								
98	SCON		SBUF						
90	P1								
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			
80	P0	SP	DPL	DPH					PCON

Os registradores SBUF de recepção e de transmissão são fisicamente separados.

**Interface Serial no Microcontrolador 8051**

F8									
F0	B								
E8									
E0	ACC								
D8									
D0	PSW								
C8	TCON	TMOD	RCAPL	RCAPH	TL2	TH2			
C0									
B8	IP								
B0	PS								
A8	IE								
A0	P2								
98	SCON	SBUF							
90	P1								
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			
80	P0	SP	DPL	DPH					PCON

SCON → Usado para programar a Interface Serial

Endereçável a Bit

PCON → Possui um bit (SMOD) que permite dobrar Baud Rate

Não endereçável a Bit

**Interface Serial no Microcontrolador 8051**

**Modos de Operação**

**Modo 0 – Modo Síncrono:** O dado serial (de 8 Bits com LSB primeiro) é transmitido e recebido através de RxD. O TxD envia o clock. A Taxa de Comunicação ("baud rate") é fixa em 1/12 da frequência do oscilador .

**Modo 1 – Modo Assíncrono:** 10 Bits são transmitidos (via TxD) ou recebidos (via RxD) : 1 StartBit, 8 Bits de dados com LSB primeiro e um StopBit. O "baud rate" é variável .

**Modo 2 – Modo Assíncrono:** 11 Bits são transmitidos (via TxD) ou recebidos (via RxD) : 1 StartBit, 8 Bits de dados com LSB primeiro, um nono Bit programável, e um StopBit . O "baud rate" é programável para 1/32 ou 1/64 da frequência do oscilador.

**Modo 3 – Modo Assíncrono:** 11 Bits são transmitidos (via TxD) ou recebidos (via RxD) : 1 StartBit, 8 Bits de dados com LSB primeiro, um nono Bit programável, e um StopBit. O "baud rate" é variável .

**Programação dos Modos de Operação da Interface Serial**

Registrador de Controle da Porta Serial - SCON  
– Endereçável a Bit

SCON	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

SM0	SM1	Modo de Funcionamento	Taxa de Transmissão
0	0	0	Fclock / 12
0	1	1	Variável (10 bits)
1	0	2	Fclock / 32 ou Fclock / 64
1	1	3	Variável (11 bits)

SM2 - Habilita a comunicação em multiprocessadores nos modos 2 e 3 . No modo 0 , SM2 deve ser igual a zero .

**Programação dos Modos de Operação da Interface Serial**

SCON	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

REN - Habilita a recepção serial → 1 Habilita a recepção Serial  
→ 0 Desabilita a recepção Serial

TB8 - É o nono bit de dados que será transmitido nos modos 2 e 3. Setado ou zerado por Software.

RB8 - É o nono bit de dado que foi recebido nos modos 2 e 3. No Modo 1, se SM2=0 → RB8 é o StopBit recebido. No Modo 0 RB8 não é usado.

TI - Flag de Interrupção da Transmissão. Setado por Hardware no fim do oitavo bit no Modo 0, ou no começo do StopBit nos outros Modos.

RI - Flag de Interrupção da Recepção. Setado por Hardware no fim do oitavo bit no Modo 0, ou na metade do tempo do StopBit, nos outros Modos.

**(Baud Rates) Taxas de comunicação**

**Modo 0** : Baud Rate fixo. → = Freqüência do oscilador / 12

**Modo 2** : Baud Rate fixo. → = Freqüência do oscilador / 32 ou 64

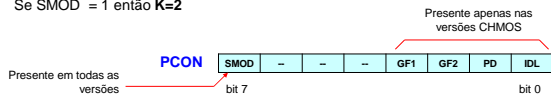
**Modo 1 ou Modo 3** : Baud Rate variável. → Pode ser gerado tanto pelo Timer 1 ou Timer 2 (8052)

O T1 é usado no Modo 2 (Auto Reload) como Timer (C/T = 0)

$$BaudRate = \frac{K \times (Freqüência\ do\ Oscilador)}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$$

Se SMOD = 0 então K=1 (default)

Se SMOD = 1 então K=2



**Exemplo:**

• Gerar a Taxa de Comunicação de 19,2 KBPS (19.200 BPS) sendo a freqüência do cristal de 12 MHz.

$$TH1 = 256 - \frac{K \times (Freqüência\ do\ Oscilador)}{384 \times (Baud\ Rate)}$$

Fazendo SMOD = 1 então K = 2

$$TH1 = 256 - \frac{2 \times 12 \times 10^6}{384 \times 19200} = 252,74 \approx 253 \Rightarrow 0FDh$$

• Como TH1 deve ser inteiro, deve-se ajustar a freqüência do cristal :

$$Freqüência\ do\ Oscilador = \frac{BaudRate \times 384 \times (256 - TH1)}{K}$$

$$Freqüência\ do\ Oscilador = \frac{19200 \times 384 \times (256 - 253)}{2} = 11059200Hz = 11.059MHz$$

**(Baud Rates) Taxas de comunicação**

• Logo, deve-se calcular o valor de TH1 (Byte mais significativo do Contador 1, que no Modo 2 é carregado em TL1 no fim de cada contagem)

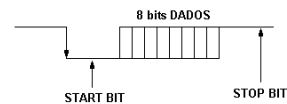
• TH1 é um valor inteiro de 8 Bits (de 00 a 255)

$$TH1 = 256 - \frac{K \times (Freqüência\ do\ Oscilador)}{384 \times (Baud\ Rate)}$$

• Arredonda-se TH1 para o inteiro mais próximo.

• Como o arredondamento pode não produzir o Baud Rate desejado, deve-se escolher uma outra freqüência para o cristal adotando-se o valor arredondado de TH1.

**Operação no Modo1:** Comunicação serial Assíncrona. (10 Bits)



**Transmissão :**

1. A transmissão começa escrevendo-se o dado em SBUF

```
MOV SBUF,#dado
```

2. Quando o MSB for transmitido, o bit TI de SCON é setado.

**Operação no Modo1:** Comunicação serial Assíncrona. (10 Bits)

**Recepção :**

1. Iniciada quando uma transição de 1 para 0 é detectada em RxD . A linha é amostrada 16 vezes. O valor é aceito após 2 ou 3 amostras para evitar ruído (falso StartBit)
2. O dado recebido é deslocado por um Shift Register e ao final carregado em SBUF, o StopBit em RB8 e **RI é setado** .
3. Isto só ocorre se a seguinte condição existir no final da última recepção
  - a) Ri =0
  - b) SM2 ou StopBit recebido = 1

**Se estas condições não ocorrerem, o dado será perdido**

**Exemplo:** Transmitir o código ASCII da letra A pelo canal serial a uma taxa de 9600 BPS.  
Considerar o cristal da CPU de 11,0592 MHz.

```

ORG 0
MOV TMOD,#20h ;TMOD = 00100000 →Timer 1 no
                ;Modo 2, controle por software
                TH1 = 256 -  $\frac{K \times (\text{Frequência do Oscilador})}{9600 \times (\text{Baud Rate})}$ 
MOV TH1,#253 ;valor 253 em TH1 e TL1 para
                ;gerar a Taxa de Comunicação de
MOV TL1,#253 ;9600 BPS com fc=11,0592 MHz e
                ; K=1(default)
SETB TR1 ;Dispara Temporizador
MOV SCON,#50h ;SCON = 01000000 → modo 1 do
                ;Canal Serial
MOV SBUF,#'A' ; Transmite o caractere ASCII A
JNB TI,$ ; Espera terminar a transmissão
CLR TI ; Prepara para nova transmissão
SJMP $ ; Para
    
```

Timer 1				Timer 0			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

Inicializa a Serial

**Exemplo:** Receber um código ASCII pelo canal serial a uma taxa de 9600 BPS.  
Considerar o cristal da CPU de 11,0592 MHz.

```

ORG 0
MOV TMOD,#20h ;TMOD = 00100000 →Timer 1 no
                ;Modo 2, controle por software
MOV TH1,#253 ;valor 253 em TH1 e TL1 para
                ;gerar a Taxa de Comunicação de
MOV TL1,#253 ;9600 BPS com fc=11,0592 MHz e
                ; K=1(default)
SETB TR1 ;Dispara Temporizador
MOV SCON,#50h ;SCON = 01010000 → modo 1 do
                ;Canal Serial
                ; Habilita a Recepção (REN)
JNB RI,$ ; Aguarda a recepção
MOV A, SBUF ; Lê o dado recebido serialmente
CLR RI ; Prepara para nova recepção
SJMP $ ; Para
    
```

Inicializa a Serial

**Exemplo:** Retransmitir qualquer caractere recebido pelo canal serial a uma taxa de 9600 bps, utilizando Interrupção. Considerar o cristal da CPU de 11,0592 MHz.

**IMPLEMENTAÇÃO 1**

```

FLAG1 EQU 0 ;Flag de atendimento de interrupção
ORG 0
LJMP PROG
ORG 23H ;sub-rotina de interrupção Serial

Espaço reservado para a rotina de atendimento da interrupção

PROG: MOV TMOD,#20H ;TMOD=00100000 - Timer 1 no Modo 2
      MOV TH1,#253 ;gera taxa de 9600 bps fc=11,0592MHz e K=1
      MOV TL1,#253
      SETB TR1 ;dispara temporizador
      MOV SCON,#50H ;SCON=01010000 - Serial Modo 1 e REN habilitada
      SETB ES ;habilita interrupção serial
      SETB EA ;habilita interrupções

LOOP: CLR FLAG1 ;zera Flag de monitoramento de interrupção
      JNB FLAG1,$ ;verifica se a interrupção foi atendida
      MOV SBUF,A ;transmite o caractere recebido
      SJMP LOOP ;continua a comunicação serial
    
```

**Exemplo:** Retransmitir qualquer caracter recebido pelo canal serial a uma taxa de 9600 bps, utilizando Interrupção. Considerar o cristal da CPU de 11,0592 MHz.

### IMPLEMENTAÇÃO 2

```

ORG      0
LJMP    PROG

ORG      23H                ;sub-rotina de interrupção Serial

JB      RI,LE_SER           ;verifica se foi recepção
CLR     TI                  ;sendo transmissão limpa a Flag TI
SJMPC  FIM                 ;retorna
LE_SER: MOV    SBUF,SBUF    ;Retransmite o caracter recebido pela serial
CLR     RI                  ;limpa o Flag RI
FIM:    RETI                ;retorna

PROG:   MOV    TMOD,#20H    ;TMOD=00100000 - Timer 1 no Modo 2
        MOV    TH1,#253    ;gera taxa de 9600 bps fc=11.0592MHz e K=1
        MOV    TL1,#253
        SETB   TR1         ;dispara temporizador
        MOV    SCON,#50H   ;SCON=01010000 - Serial Modo 1 e REN habilitada
        SETB   ES          ;habilita interrupção serial
        SETB   EA          ;habilita interrupções

LOOP:   SJMP   $           ;aguarda interrupção serial

```

### Exercício 3

Entrega pelo Site do Curso até o dia 24/04/2017

Construir um programa que seja capaz de enviar pela porta serial uma frase armazenada na memória de programa do microcontrolador, toda vez que o número 50h (código ASCII da letra "P") for recebido pela porta serial.

Utilizar Baud Rate de 9600 bps.

Construir em duas versões:

- 1 - sem o uso da interrupção serial;
- 2 - utilizando interrupção serial.