

Questão 1 (25%)

Durante os projetos de transmissão serial com o protocolo UART utilizamos dois Arduínos conectados como mostra a figura 1. Lembre-se de que você podia configurar parâmetros de sua comunicação UART através da classe *física*, como *baudrate*, número de *stop bit* e número de *bits de paridade*.

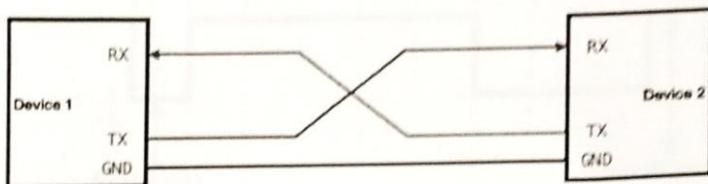


Figura 1

Considere uma transmissão feita com a configuração mostrada na figura abaixo:

```

15 ######
16 # Interface com a camada física #
17 #####
18 class física(object):
19     def __init__(self, name):
20         self.name      = name
21         self.port      = None
22         self.baudrate  = 115200
23         self.bytesize  = serial.EIGHTBITS
24         self.parity    = serial.PARITY_ONE
25         self.stop      = serial.STOPBITS_ONE
26         self.timeout   = 0.1
27         self.rxRemain = b""
  
```

1 bit de paridade
1 bit Stop

Figura 2

Usando esse modo de transmissão (*frame*) exemplificado acima, você ainda obedeceu à regra de uma camada superior que exigia o datagrama mostrado na figura 3 para envio de arquivos. Nesse datagrama, apenas o *payload* pode assumir tamanho variável, entre 0 e 110 bytes.

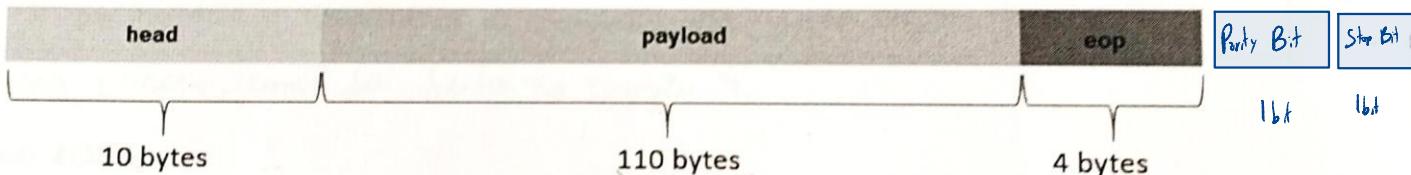


Figura 3

- a) (1,5 ponto) Com essa configuração UART e esse datagrama, qual o menor tempo possível para o envio de um arquivo de 1k bytes?

Baudrate: 115200 bits por segundo

$$n_{pacotes} = \frac{\text{Tamanho arquivo}}{\text{Tamanho no payload}} = \frac{1000 \text{ bytes}}{110 \text{ bytes}} = 9,09 \rightarrow 10 \text{ pacotes}$$

$$\text{Tamanho total} = n_{pacotes} (\text{tamanho head} + \text{tamanho EOP}) + \text{Tamanho arquivo}$$

$$\text{Tamanho total} = 10 (10+4) + 1000 = 1140 \text{ bytes}$$

$$\text{Tamanho total} = 2 + \text{Tamanho total} \cdot 8 = 2 + 1140 \cdot 8 = 9122 \text{ bits}$$

$$\text{baudrate} = \frac{\text{bits}}{\text{At}}$$

$$\text{At} = \frac{\text{Tam. bits}}{\text{baudrate}} \cdot \frac{9122}{115200} \approx 0,07918 \text{ s}$$

Suponha que você tenha alterado a configuração UART e o novo frame passou a ser o mostrado na figura 4.

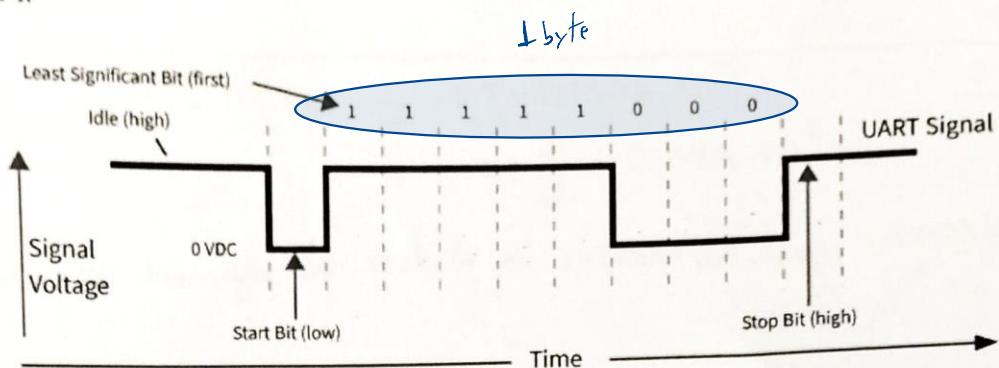


Figura 4

- b) (0,5 ponto) Qual o novo tempo de transmissão com o novo frame?

$$1 \text{ byte por pacote} \rightarrow 1 \text{ pacote} = 1000$$

$$T_{transm_bits} = n_{bits} (Start_bit + Stop_bit + 8\cdot bits_{info}) \rightarrow 1000 (1 + 1 + 8) = 10.000 \text{ bits}$$

$$\Delta t = \frac{T_{transm_bits}}{baudrate} = \frac{10.000}{115200} \approx 0,0868 \text{ s}$$

- c) (0,5 ponto) Qual uma desvantagem desse novo frame em relação ao primeiro?

Como esse novo frame não possui head, EOP ou bit de paridade, não há nenhum mecanismo de garantir que não houve perda de dados durante a comunicação. Portanto, esse novo frame torna a comunicação muito menos segura.

Questão 2 (25%)

No projeto 6 do curso de Camada Física da computação você implementou um código que serializava um byte e o enviava através de um pino do Arduino. Nesse código você utilizou funções de espera, que inativavam o processamento por um período, como mostrada na figura 6.

```

81 void _sw_uart_wait_half_T(due_sw_uart *uart) {
82     for(int i = 0; i < NUMERO_CK; i++)
83         asm("NOP");
84 }
85
86 void _sw_uart_wait_T(due_sw_uart *uart) {
87     _sw_uart_wait_half_T(uart);
88     _sw_uart_wait_half_T(uart);
89 }
```

Figura 6

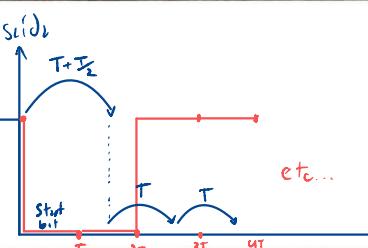
- a) (1,5 ponto) Sendo o *clock* do processador de 5.3 MHz , por quanto você teria de fixar o valor da variável NUMERO_CK, presente no *loop* da função _sw_uart_wait_half_T, para que o baudrate seja o de 115200 bits/s ?

$$\frac{T}{2} = \frac{1}{2 \cdot 115200} = \frac{1}{230400}$$

$$T_{clock} = \frac{1}{5.3 \cdot 10^6} \rightarrow \frac{1}{230400} = \text{NUMERO_CK} \cdot \frac{1}{5.3 \cdot 10^6}$$

$$\text{NUMERO_CK} = \frac{5.3 \cdot 10^6}{230400} = 23$$

- b) (1 ponto) Por que são necessárias duas funções de espera, sendo uma o dobro do tempo de espera da outra? Ou seja, quando é preciso esperar apenas meio período e quando é preciso esperar um período inteiro?



Para que não façamos leituras nas bordas (momentos de mudanças entre os níveis HIGH e LOW), o que poderia causar erros no recebimento dos dados, inicialmente esperamos $\frac{1}{2}$ período referente ao start bit e então esperamos meio período ($\frac{T}{2}$) para que a leitura seja feita no meio do tempo referente ao primeiro bit de informação.

Após isso, basta esperar um período completo (T) para que a leitura sempre seja feita no meio.

Questão 3 (25%)

Nos projetos DTMF e Modulação AM você utilizou a digitalização de um sinal de áudio seguida de geração de arquivos contendo os dados digitalizados. Suponha que você utilizou uma placa de áudio que digitalizou um sinal por 5 segundos em apenas 1 canal, com taxa de amostragem de 44.1 kHz . Suponha ainda que cada amostra foi digitalizada com 20 bits de resolução.

- a) (1,5 ponto) Qual o tamanho do arquivo contendo os dados digitalizados?

$$f = 44.1 \cdot 10^3 \text{ amostras por segundo}$$

$$T = \frac{1}{f} \text{ Período de amostragem}$$

$$\text{bit depth} = m^2 \text{ de bits por amostra}$$

$$\text{range} = \text{intervalo de nível analógico}$$

$$\text{resolução} \rightarrow \frac{\text{range}}{2^{\text{bit depth}}} - 1$$

$$f = 44.1 \cdot 10^3 \text{ amostras por segundo}$$

$$\text{resolução} = 20 \text{ bits por amostra}$$

$$\text{Transito} = \Delta t \cdot f \cdot \text{resolução} \cdot n_{amostras} = 5 \cdot 44.1 \cdot 10^3 \frac{\text{mínus}}{\text{s}} \cdot 20 \frac{\text{bits}}{\text{amostra}} \cdot 1 = 4410.000 \text{ bits}$$

$$= 4.41 \cdot 10^6 \text{ bits}$$

$$= 551,25 \text{ KB}$$

- b) (1 ponto) Se esse arquivo for reproduzido em outra placa de som que possui taxa de amostragem de 48 kHz , quanto tempo levará para reproduzi-lo e qual a diferença entre o som original e o reproduzido com nova taxa de amostragem?

$$\text{Transito} = \Delta t \cdot f \cdot \text{resolução} \cdot n_{amostras}$$

$$\Delta t = \frac{\text{Transito}}{f \cdot \text{resolução} \cdot n_{amostras}} = \frac{4.41 \cdot 10^6}{48 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 1} = 4,59375 \text{ s}$$

O som reproduzido na nova placa terá uma sonoridade "eccrash", ou seja, com tons mais agudos e reproduzido em menos tempo que o original, por conta da maior taxa (frequência) de amostragem.

Questão 4 (25%)

Um nano satélite da classe dos cubesats emite ondas de rádio em $S(t) = A \cdot \cos(18849 \cdot t)$, moduladas em amplitude por uma frequência de 433MHz. Uma vez tendo sido esse sinal modulado por uma mera multiplicação entre portadora e informação, responda:

- a) (1 ponto) Qual a banda ocupada (maior e menor frequências transmitidas) pelo sinal modulado transmitido?

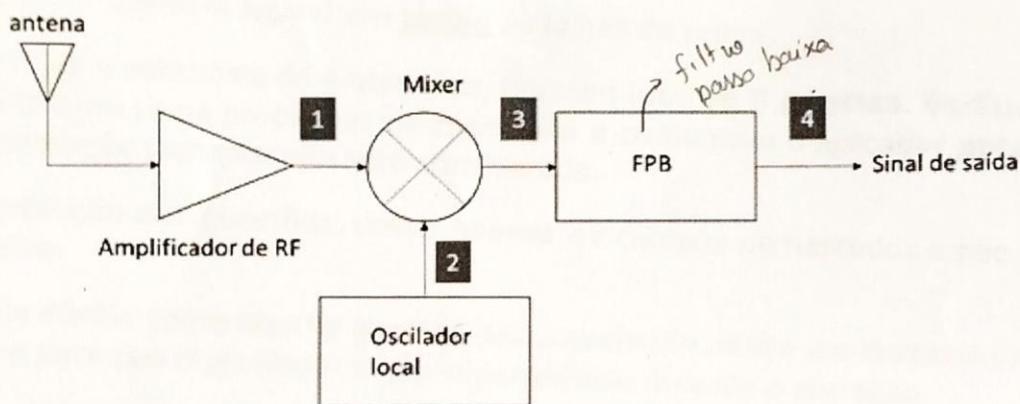
$$f_{info} = \frac{18849}{2\pi} = 3\text{ KHz}$$

$$\text{Banda} \rightarrow (f_{portadora} - f_{info}) \sim \frac{(f_{portadora} + f_{info})}{f_{min}}$$

$$433 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^3 \sim 433 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^3$$

$$\frac{432,997\text{ MHz}}{f_{min}} \sim \frac{433,003\text{ MHz}}{f_{max}}$$

Uma ERB (estação Rádio Base) possui um equipamento apropriado que monitora o sinal modulado que é transmitido pelo cubesat. O diagrama de blocos simplificado deste equipamento pode ser observado na imagem abaixo. Lembre-se do algoritmo de demodulação AM que você utilizou e responda:



- b) (1 ponto) Qual a relação matemática entre os sinais nos pontos 1, 2 e 3?

$$3 = 1 \cdot 2$$

O sinal do ponto 3 é uma multiplicação ponto a ponto dos sinais 1 e 2.

- c) (0,5 ponto) Que frequência de corte você escolheria para o filtro entre os pontos 3 e 4?

A frequência da onda emitida, $f_{info} = 3\text{ KHz}$

O Filtro Passa Baixa eliminará as frequências acima de 3KHz, ou seja, as frequências da portadora, deixando apenas as frequências do sinal demodulado.