Aula 19

- *Device drivers*
- Princípios gerais
- Caso de estudo: *device driver* para uma UART
- Princípio de operação e estruturas de dados
- Funções de interface com a aplicação
- Funções de serviço de interrupções e interface com o hardware

José Luís Azevedo, Bernardo Cunha, Tomás Oliveira e Silva

Introdução

- O **número** de **periféricos** existentes é muito **vasto**:
  - Teclado, rato, placas (gráfica, rede, som, etc.), disco duro, *pen drive*, scanner, câmara de vídeo, etc.

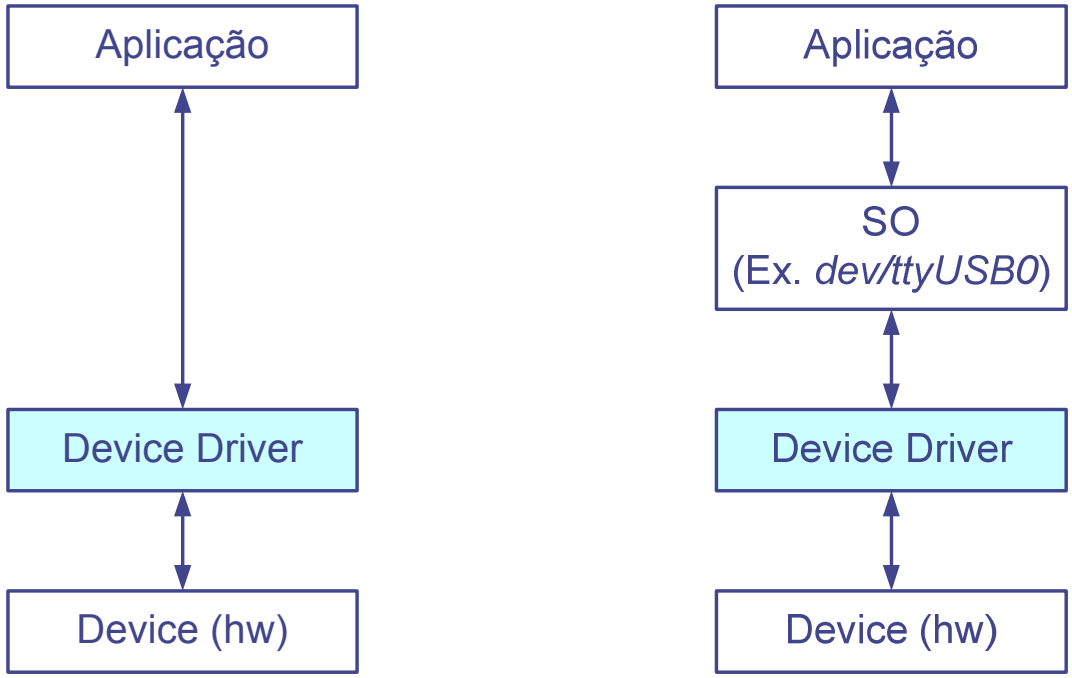
- Estes periféricos apresentam características distintas:
  - **Operações suportadas**: leitura, escrita, leitura e escrita
  - **Modo de acesso**: carater, bloco, etc.
  - **Representação da informação**: ASCII, UNICODE, Little/Big Endian, etc.
  - **Largura de banda**: alguns bytes/s a GB/s
  - **Recursos utilizados**: portos (I/O, memory mapped), interrupções, DMA, etc.
  - **Implementação**: diferentes dispositivos de uma dada classe podem ser baseados em implementações distintas (e.g. diferentes fabricantes, diferentes modelos) com reflexos profundos na sua operação interna

Introdução

- As aplicações/Sistemas Operativos (SO) **não podem conhecer todos os tipos de dispositivos** passados, atuais e futuros com um nível de detalhe suficiente para realizar o seu controlo a baixo nível!
- **Solução**: Criar uma camada de abstração que permita o acesso ao dispositivo de forma independente da sua implementação
- ***Device driver***
  - Um programa que permite a outro programa (aplicação, SO) interagir com um dado dispositivo de hardware
  - Implementa a camada de abstração e lida com as particularidades do dispositivo controlado
  - Como o *Device Driver* tem de lidar com os aspetos específicos da implementação física, o seu fornecimento é sempre assegurado pelo fabricante
- **Aspetos-chave:**
  - Abstração, uniformização de acesso, independência entre aplicações/SO e o hardware

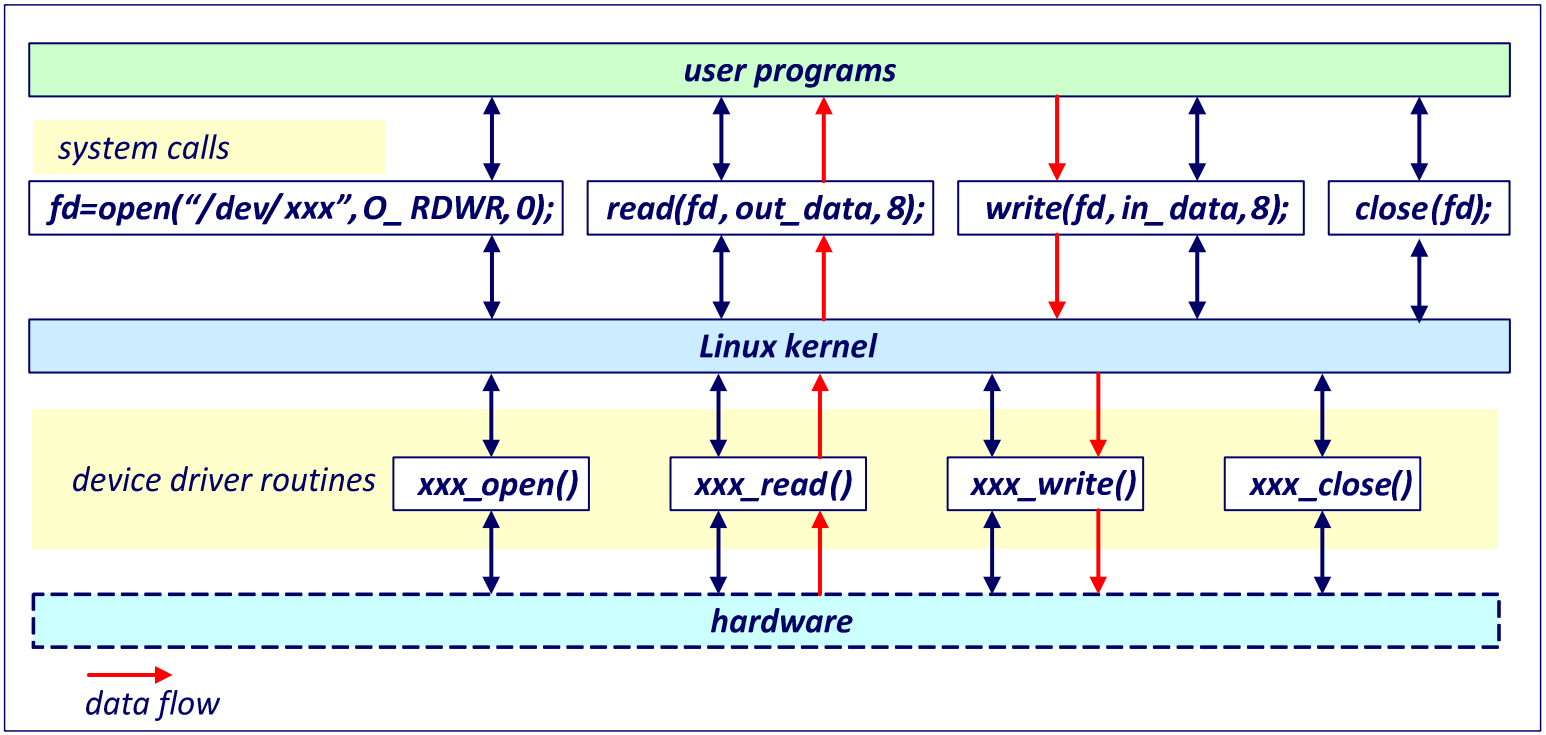
Princípios gerais

- O acesso, por parte das aplicações, a um *device driver* é diferente num sistema embutido e num sistema computacional de uso geral (com um Sistema Operativo típico, e.g. Linux, Windows, Mac OS):
  - Aplicações em sistemas embutidos acedem, tipicamente, de forma direta aos *device drivers*
  - Aplicações que correm sobre SO acedem a funções do SO (*system calls*); o kernel do SO, por sua vez, acede aos *device drivers*



Princípios gerais

- O Sistema Operativo especifica classes de dispositivos e, para cada classe, uma interface que estabelece como é realizado o acesso a esses dispositivos
  - A função do *device driver* é traduzir as chamadas realizadas pela aplicação/SO em ações específicas do dispositivo
  - Exemplos de classes de dispositivos: interface com o utilizador, armazenamento de massa, comunicação, ...



Exemplo de um *device driver*: comunicação série

- Admitindo que é fornecida uma biblioteca que apresenta a seguinte interface:
  - `void comDrv_init(int baudrate, char dataBits, char parity, char stopBits);`
  - `char comDrv_getc(void);  // read a character`
  - `void comDrv_putc(char ch);  // write a character`
  - `void comDrv_close(void);`

- **Do ponto de vista da aplicação**:
  - Do ponto de vista funcional é relevante qual o modelo/fabricante do dispositivo de comunicação série?
  - Se o dispositivo de comunicação for substituído por outro com arquitetura interna distinta, sendo fornecida uma biblioteca com interface compatível, será necessário alterar o código da aplicação?

Caso de estudo

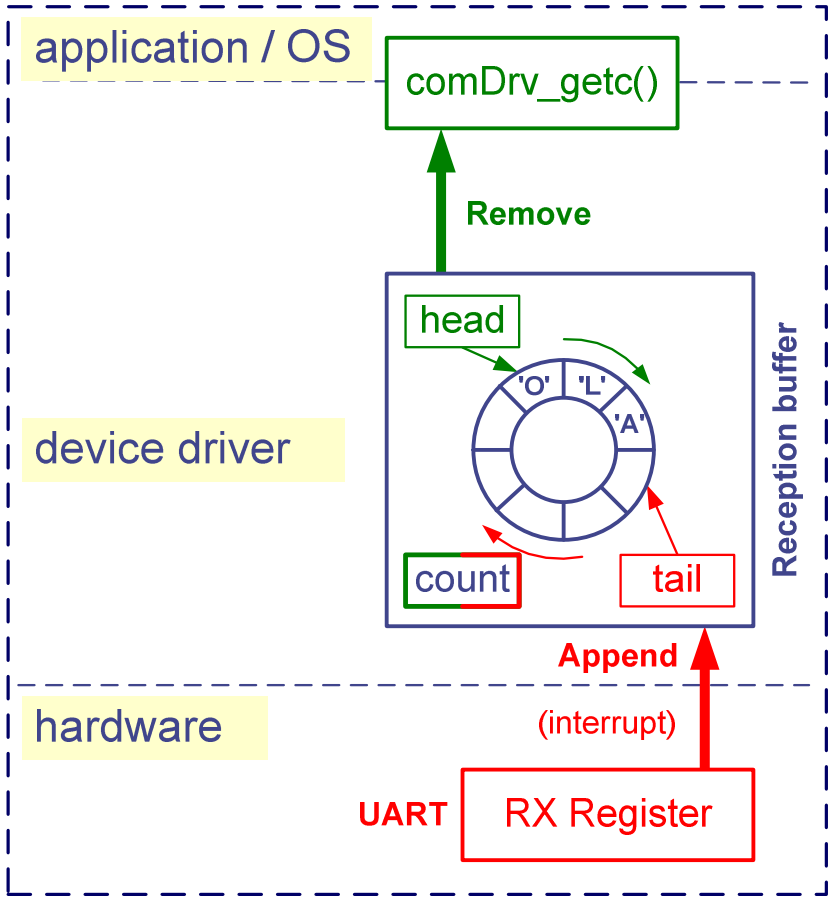
- Realização de um *device driver* para uma UART RS232 (*Universal Assynchronous Receiver Transmitter*) para executar num sistema com microcontrolador (i.e., sem sistema operativo)

- Princípio de operação
  - Desacoplamento da transferência de dados entre a UART e a aplicação realizada por meio de FIFOs (um FIFO de transmissão e um de receção). Do ponto de vista da aplicação:
    - A **transmissão** consiste em copiar os dados a enviar para o FIFO de transmissão do *device driver*
    - A **receção** consiste em ler os dados recebidos que residem no FIFO de receção do *device driver*
  - A transferência de dados entre os FIFOS e a UART é realizada por interrupção, i.e., sem intervenção explícita da aplicação
  - Um FIFO pode ser implementado através de um *buffer* circular

Nota: FIFO (***F**irst **I**n **F**irst **O**ut)* por oposição a LIFO (***L**ast **I**n **F**irst **O**ut*) [e.g. *stack*]

Princípio de operação – receção

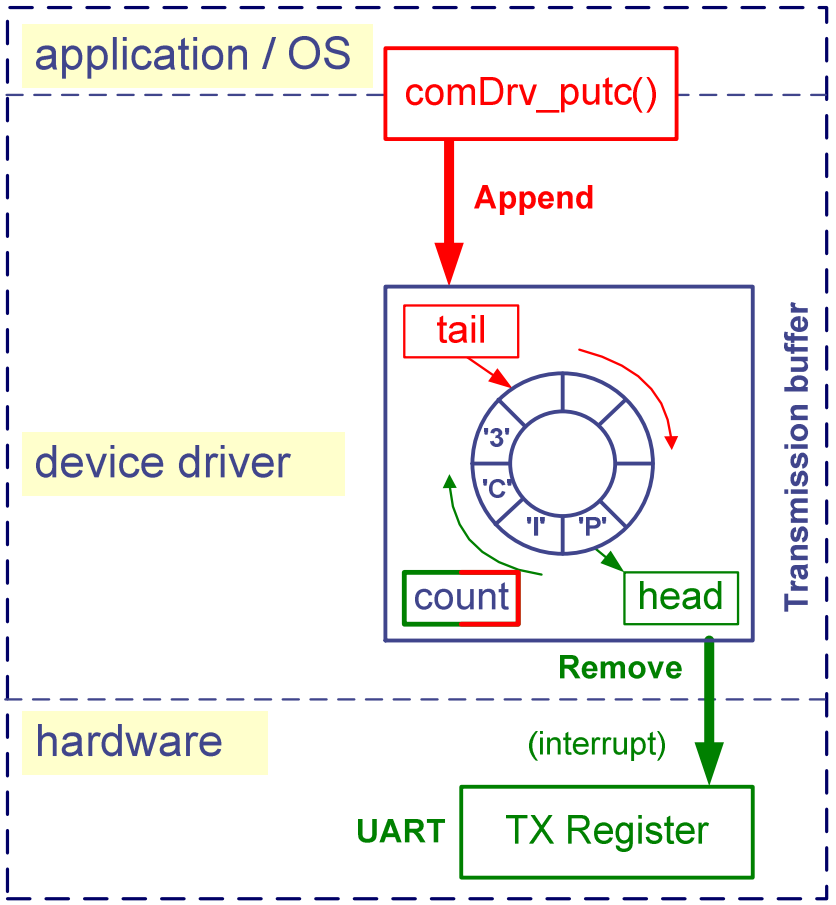
- "**tail**" – posição do buffer circular onde a **rotina de serviço à interrupção escreve** o próximo caracter lido da UART
- "**head**" – posição do buffer circular de onde a função **comDrv_getc()** lê o próximo caracter
- "**count**" – número de caracteres residentes no buffer circular (ainda não lidos pela aplicação)



A variável "count", bem como o buffer circular são "recursos partilhados". Porquê?

Princípio de operação – transmissão

- "**tail**" – posição do buffer circular onde a função **comDrv_putc()** escreve o próximo caracter
- "**head**" – posição do buffer circular de onde a **rotina de serviço à interrupção lê** o próximo caracter a enviar para a UART
- "**count**" – número de caracteres residentes no buffer circular (ainda não enviados para a UART)



A variável "count", bem como o buffer circular são também "recursos partilhados".

Implementação – FIFO

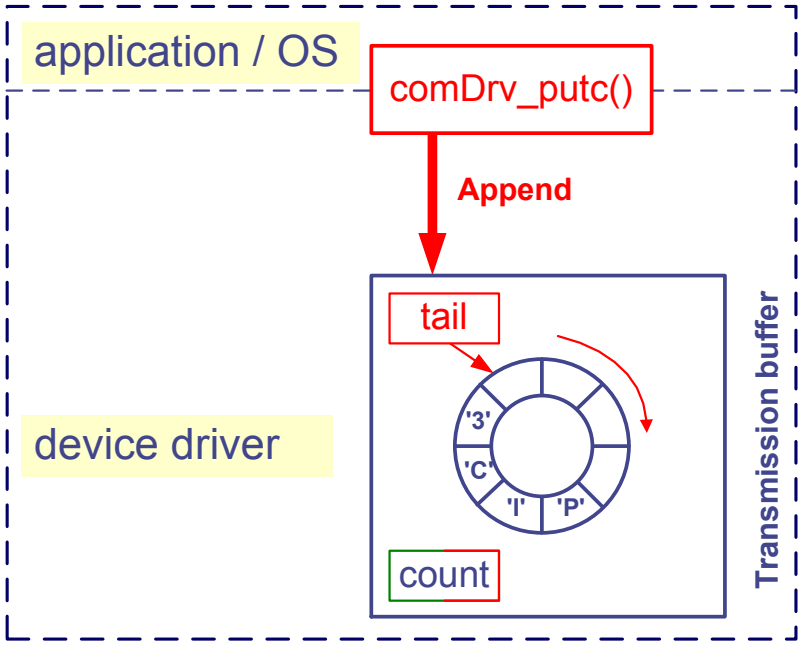
- FIFO - Buffer circular implementado através de um *array* linear:

```
#define BUF_SIZE 32

typedef struct
{
  unsigned char data[BUF_SIZE];
  unsigned int head;
  unsigned int tail;
  unsigned int count;
} circularBuffer;

volatile circularBuffer txb; // Transmission buffer
volatile circularBuffer rxb; // Reception buffer
```

- A constante "BUF_SIZE" deve ser definida em função das necessidades previsíveis de pico de tráfego.
- Se "BUF_SIZE" for uma potência de 2 simplifica a atualização dos índices do buffer circular (podem ser encarados como contadores módulo 2^N e podem ser geridos com uma simples máscara)

Implementação – Função de transmissão

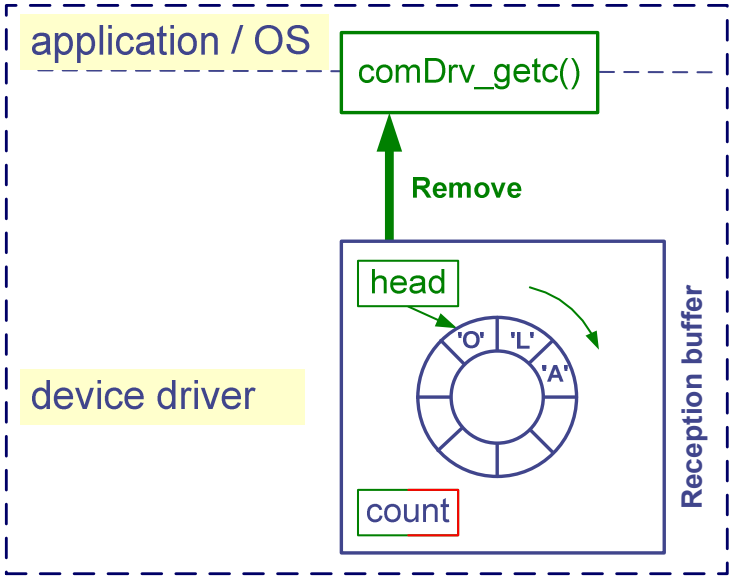
- A função de transmissão, evocada pela aplicação, copia o caracter para o **buffer de transmissão** (posição "**`tail`**"), incrementa o índice "**`tail`**" e o contador




```
void comDrv_putc(char ch)
{
  Wait while buffer is full (txb.count==BUF_SIZE)
  Copy "ch" to the buffer ("tail" position)
  Increment "tail" index (mod BUF_SIZE)
  Increment "count" variable
}
```

Implementação – Função de receção

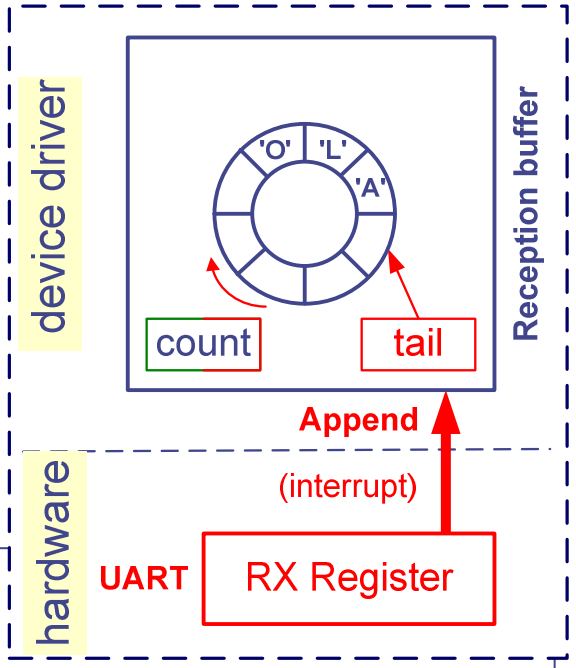
- A função de receção, evocada pela aplicação, verifica se há caracteres no **buffer de receção** para serem lidos e, caso haja, retorna o caracter presente na posição "**head**", incrementa o índice "**head**" e decrementa o contador




```
int comDrv_getc(char *pchar)
{
  If "count" variable is 0 then return false
  Copy character at position "head" to *pchar
  Increment "head" index (mod BUF_SIZE)
  Decrement "count" variable
  return true;
}
```

Implementação – RSI de receção

- A rotina de serviço à interrupção da receção é executada sempre que a UART recebe um novo caracter
- O caracter recebido pela UART deve então ser copiado para o **buffer de receção**, na posição "**`tail`**"; a variável "**`count`**" deve ser incrementada e o índice "**`tail`**" deve ser igualmente incrementado

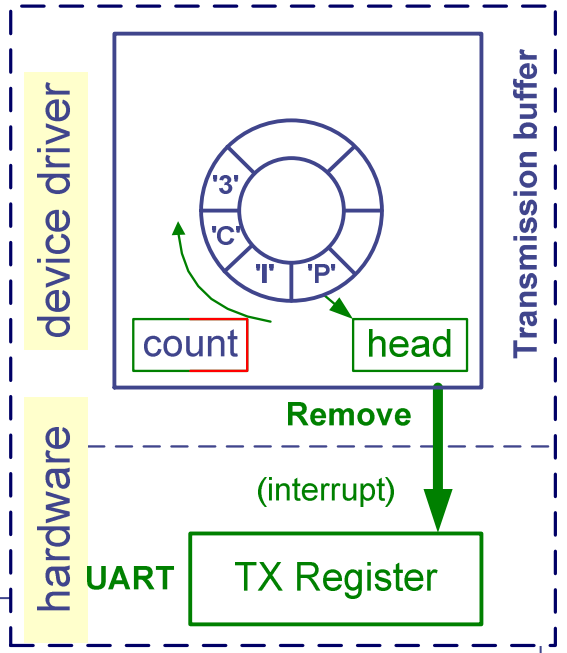



```
void interrupt isr_rx(void)
{
  Copy received character from UART to RX
     buffer ("tail" position)
  Increment "tail" index (mod BUF_SIZE)
  Increment "count" variable
}
```

O que acontece no caso em que o *buffer* circular está cheio e a UART recebe um novo caracter? Como resolver esse problema?

Implementação – RSI de transmissão

- A UART gera, normalmente, uma interrupção de transmissão quando tiver disponibilidade para transmitir um novo caracter
- As tarefas a implementar na respetiva rotina de serviço à interrupção são:
  - Se o número de caracteres no **buffer de transmissão** for maior que 0 ("`count`" > 0), copiar o conteúdo do buffer na posição "`head`" para a UART
  - Decrementar a variável "`count`" e incrementar o índice "`head`"




```
void interrupt isr_tx(void)
{
  If "count" > 0 then {
    Copy character from TX buffer ("head") to UART
    Increment "head" index (mod BUF_SIZE)
    Decrement "count" variable
  }
  If "count" == 0 then disable UART TX interrupts
}
```

Atualização do TX "count" - Secção crítica

```
void comDrv_putc(char ch)
{
  Wait while buffer is full (count==BUF_SIZE)
  Copy "ch" to the transmission buffer ("tail")
  Increment "tail" index (mod BUF_SIZE)
  Disable UART TX interrupts
  Increment "count" variable
  Enable UART TX interrupts
}
```

Secção crítica ("count" é um recurso partilhado)

Se a UART estiver disponível para transmitir, desencadeia a imediata geração da interrupção de transmissão

```
void interrupt isr_tx(void)
{
  if "count" > 0 then
  {
    Copy character from TX buffer ("head") to UART
    Increment "head" index (mod BUF_SIZE)
    Decrement "count" variable
  }
  if "count" == 0 then disable UART TX interrupts
}
```

Atualização do RX "count" - Secção crítica

```
int comDrv_getc(char *pchar)
{
  If "count" variable is 0 then return false
  Copy character at position "head" to *pchar
  Increment "head" index (mod BUF_SIZE)
  Disable UART RX interrupts
  Decrement "count" variable
  Enable UART RX interrupts
  return true;
}
```

Secção crítica ("count" é um recurso partilhado)

```
void interrupt isr_rx(void)
{
  Copy received character from UART to RX buffer
     ("tail" position)
  Increment "tail" index (mod BUF_SIZE)
  Increment "count" variable
}
```