Protocolo de Ligação Lógica

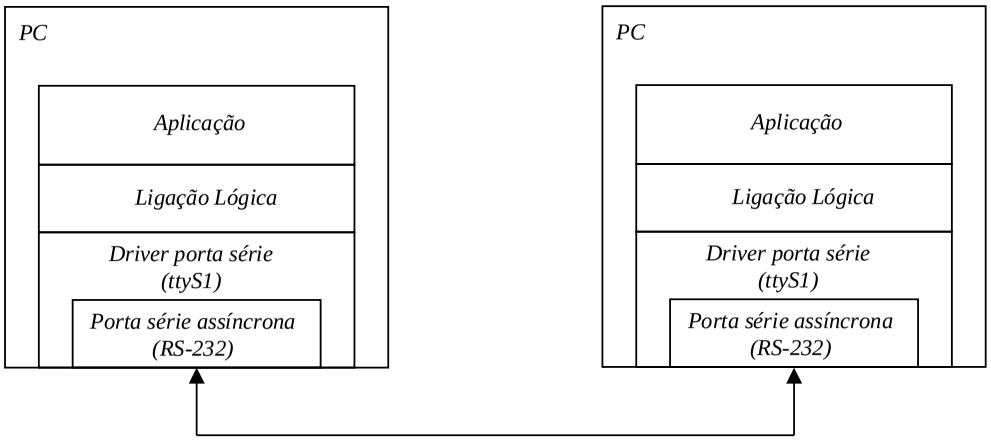
(Trabalho Laboratorial)

FEUP/DEEC/RCD – 2002
MPR/JAR

Descrição do Trabalho

- Objectivos
  - Implementar um protocolo de ligação lógica
  - Testar o protocolo com uma aplicação de transferência de ficheiros
- Ambiente de desenvolvimento
  - PC com Unix (LINUX)
  - Linguagem de programação - C
  - Portas série RS-232 (comunicação assíncrona)
- Avaliação
  - Contínua
  - Demonstração
  - Relatório

Configuração de Teste



Código ASCII

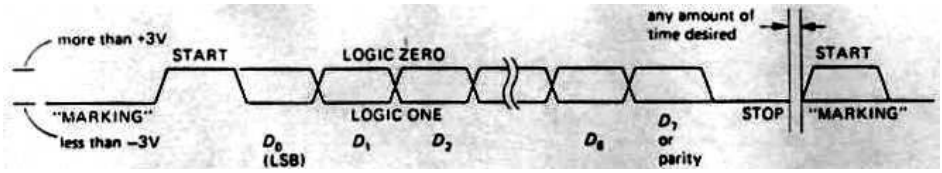
American
Standard
Code for
Information
Interchange

TABLE 10.3. ASCII CODES

non-printing					printing			printing			printing		
Name	Control char	Char	Hex	Dec	Char	Hex	Dec	Char	Hex	Dec	Char	Hex	Dec
null	ctrl-@	NUL	00	00	SP	20	32	@	40	64	`	60	96
start of heading	ctrl-A	SOH	01	01	!	21	33	A	41	65	a	61	97
start of text	ctrl-B	STX	02	02	"	22	34	B	42	66	b	62	98
end of text	ctrl-C	ETX	03	03	#	23	35	C	43	67	c	63	99
end of xmit	ctrl-D	EOT	04	04	$	24	36	D	44	68	d	64	100
enquiry	ctrl-E	ENQ	05	05	%	25	37	E	45	69	e	65	101
acknowledge	ctrl-F	ACK	06	06	&	26	38	F	46	70	f	66	102
bell	ctrl-G	BEL	07	07	'	27	39	G	47	71	g	67	103
backspace	ctrl-H	BS	08	08	(	28	40	H	48	72	h	68	104
horizontal tab	ctrl-I	HT	09	09	)	29	41	I	49	73	i	69	105
line feed	ctrl-J	LF	0A	10	*	2A	42	J	4A	74	j	6A	106
vertical tab	ctrl-K	VT	0B	11	+	2B	43	K	4B	75	k	6B	107
form feed	ctrl-L	FF	0C	12	,	2C	44	L	4C	76	l	6C	108
carriage return	ctrl-M	CR	0D	13	-	2D	45	M	4D	77	m	6D	109
shift out	ctrl-N	SO	0E	14	.	2E	46	N	4E	78	n	6E	110
shift in	ctrl-O	SI	0F	15	/	2F	47	O	4F	79	o	6F	111
data line escape	ctrl-P	DLE	10	16	0	30	48	P	50	80	p	70	112
device control 1	ctrl-Q	DC1	11	17	1	31	49	Q	51	81	q	71	113
device control 2	ctrl-R	DC2	12	18	2	32	50	R	52	82	r	72	114
device control 3	ctrl-S	DC3	13	19	3	33	51	S	53	83	s	73	115
device control 4	ctrl-T	DC4	14	20	4	34	52	T	54	84	t	74	116
neg acknowledge	ctrl-U	NAK	15	21	5	35	53	U	55	85	u	75	117
synchronous idle	ctrl-V	SYN	16	22	6	36	54	V	56	86	v	76	118
end of xmit block	ctrl-W	ETB	17	23	7	37	55	W	57	87	w	77	119
cancel	ctrl-X	CAN	18	24	8	38	56	X	58	88	x	78	120
end of medium	ctrl-Y	EM	19	25	9	39	57	Y	59	89	y	79	121
substitute	ctrl-Z	SUB	1A	26	:	3A	58	Z	5A	90	z	7A	122
escape	ctrl-[	ESC	1B	27	;	3B	59	[	5B	91	{	7B	123
file separator	ctrl-\	FS	1C	28	<	3C	60	\	5C	92	|	7C	124
group separator	ctrl-]	GS	1D	29	=	3D	61	]	5D	93	}	7D	125
record separator	ctrl-^	RS	1E	30	>	3E	62	^	5E	94	~	7E	126
unit separator	ctrl-_	US	1F	31	?	3F	63	_	5F	95	DEL	7F	127

Transmissão Série Assíncrona

- Start bit
- Stop bit (1 ou 2)
- Paridade (par - nº 1s par, impar , nenhuma (D7 para dados)
- Taxa de transmissão: 300 a 115200 bit/s (períodos de relógio)



Sinais RS-232

- Protocolo de nível físico entre computador/terminal e modem
  - » DTE (Data Terminal Equipment)
  - » DCE (Data Circuit-Terminating Equipment)

TABLE 10.4. RS-232 SIGNALS

Name	Pin number 25-pin	9-pin	Direction (DTE↔DCE)	Function (as seen by DTE)	
TD	2	3	→	transmitted data	} data pair
RD	3	2	←	received data	
RTS	4	7	→	request to send (= DTE ready)	} handshake pair
CTS	5	8	←	clear to send (= DCE ready)	
DTR	20	4	→	data terminal ready	} handshake pair
DSR	6	6	←	data set ready	
DCD	8	1	←	data carrier detect	} enable DTE input
RI	22	9	←	ring indicator	
FG	1	–		frame ground (= chassis)	
SG	7	5		signal ground	

Conectores DB25 e DB9
sinal activo:
sinais de controlo (> + 3V)
sinais de dados (<-3 V)

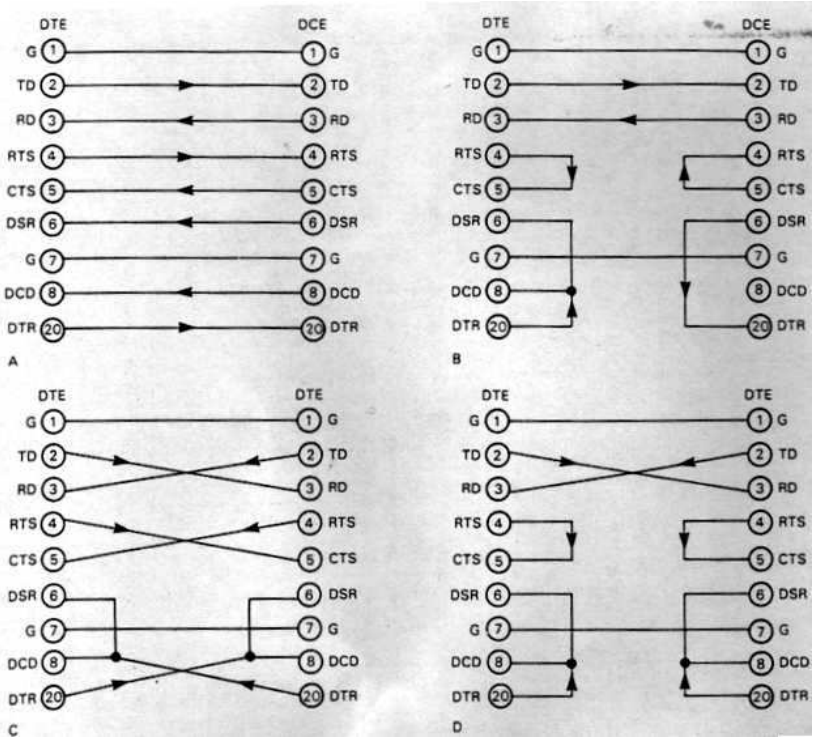
DTR (Data Terminal Ready). Computador ligado
DSR (Data Set Ready). Modem ligado

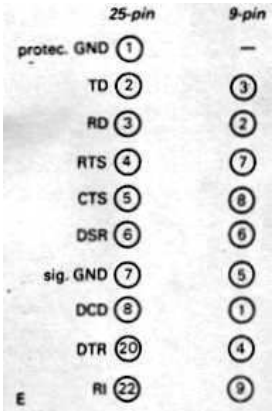
DCD (Data Carrier detected). Modem detecta portadora na linha telefónica
RI (Ring Indicator). Modem detecta ring

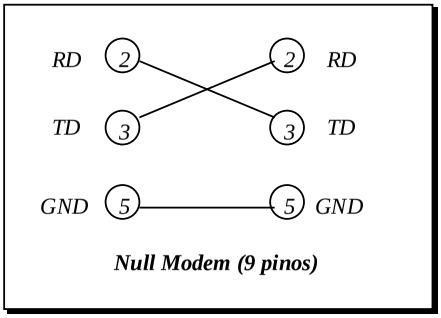
RTS (Request to Send). Computador pronto a comunicar
CTS (Clear To Send). Modem pronto a comunicar

TD (Transmit data). Transmissão de dados
RD (Receive data). Recepção de dados

Ligações entre Equipamentos







Null Modem (9 pinos)

Drivers Unix

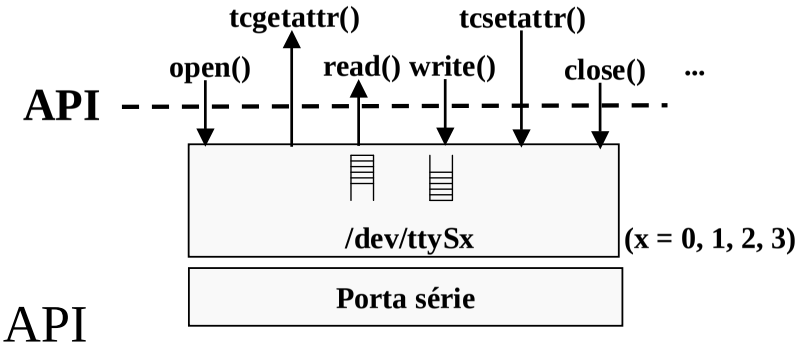
» Características
- Software que gere um controlador de hardware
- Conjunto de rotinas de baixo nível com execução privilegiada
- Residentes em memória (fazem parte do kernel)
- Interrupção de hardware associada

» Método de acesso
- Mapeados no sistema de ficheiros Unix (/dev/hda1, /dev/ttyS0)
- Serviços oferecidos semelhantes aos dos ficheiros (open, close, read, write)

» Tipos de drivers
- Caracter
  - leitura e escrita no controlador feita em múltiplos de caracteres
  - acesso directo (sem buferização)
- Bloco
  - leitura/escrita em multiplos de blocos. (Bloco = 512 ou 1024 bytes)
  - buferização de dados e acesso aleatório
- Rede
  - leitura e escrita de pacotes de dados de comprimento variável
  - interface de sockets

Driver da Porta Série - API

API - ***A****pplication* ***P****rogramming* ***I****nterface*



Algumas funções da API

int open(DEVICE, O_RDWR); /*retorna um descritor para ficheiro*/

int read(int descritorFicheiro, char * buffer, int numChars); /*retorna o número de caracteres lidos*/

int write(int descritorFicheiro, char * buffer, int numChars); /*retorna o número de caracteres escritos*/

int close(int descritorFicheiro);

int tcgetattr(int descritorFicheiro, struct termios *termios_p);

int tcflush(int descritorFicheiro, int selectorFila); /*TCIFLUSH, TCOFLUSH ou TCIOFLUSH*/

int tcsetattr (int descritorFicheiro, int modo, struct termios *termios_p);

Driver da Porta Série - API

Estrutura de dados ***termios*** - permite configurar e guardar todos os parâmetros de configuração da porta série

```
struct termios {
    tcflag_t  c_iflag;    /*flags de configuração da recepção*/
    tcflag_t  c_oflag;    /*flags de configuração da transmissão*/
    tcflag_t  c_cflag;    /*flags de controlo*/
    tcflag_t  c_lflag;    /*flags de configuração local*/
    cc_t      c_line;     /*não usado */
    cc_t      c_cc[NCCS]  /*caracteres de controlo; NCCS = 19*/
};
```

Exemplo:

```
#define BAUDRATE B38400
struct termios newtio;

/* CS8:     8n1 (8 bits, sem bit de paridade,1 stopbit)*/
/* CLOCAL:  ligação local, sem modem*/
/* CREAD:   activa a recepção de caracteres*/
newtio.c_cflag = BAUDRATE | CS8 | CLOCAL | CREAD;

/* IGNPAR:  Ignora erros de paridade*/
/* ICRNL:   Converte CR para NL*/
newtio.c_iflag = IGNPAR | ICRNL;

newtio.c_oflag = 0;   /*Saída não processada*/

/* ICANON:  activa modo de entrada canónico, desactiva o eco e não envia
            sinais ao programa*/
newtio.c_lflag = ICANON;
```

Tipos de Recepção, na Porta Série

- Canónica
  - read( ) retorna apenas linhas completas (terminadas por ASCII LF, EOF, EOL)
  - utilizado nos terminais
- Não canónica
  - read( ) retorna até um número máximo de caracteres
  - permite configurar o tempo máximo entre caracteres
  - adequado para leitura de grupos de caracteres
- Assíncrona
  - read( ) retorna imediatamente e envia um sinal à aplicação quando termina
  - utilização de um *signal handler*

Exemplos de programas

Recepção canónica

```
main() {

int fd,c, res;
struct termios oldtio,newtio;
char buf[255];

fd = open(/dev/ttyS1,O_RDONLY|O_NOCTTY);
tcgetattr(fd,&oldtio);

bzero(&newtio, sizeof(newtio));
newtio.c_cflag = B38400|CS8|CLOCAL|CREAD;
newtio.c_iflag = IGNPAR|ICRNL;
newtio.c_oflag = 0;
newtio.c_lflag = ICANON;
tcflush(fd, TCIFLUSH);
tcsetattr(fd,TCSANOW,&newtio);

res = read(fd,buf,255);

tcsetattr(fd,TCSANOW,&oldtio);
close(fd);
}
```

Recepção não canónica

```
main() {

int fd,c, res;
struct termios oldtio,newtio;
char buf[255];

fd = open(argv[1], O_RDWR | O_NOCTTY );
tcgetattr(fd,&oldtio);

bzero(&newtio, sizeof(newtio));
newtio.c_cflag = B38400 | CS8 | CLOCAL | CREAD;
newtio.c_iflag = IGNPAR;
newtio.c_oflag = 0;
newtio.c_lflag = 0;
newtio.c_cc[VTIME] = 0; /* temporizador entre
                           caracteres*/
newtio.c_cc[VMIN] = 5;  /* bloqueia até ler 5
                           caracteres */
tcflush(fd, TCIFLUSH);
tcsetattr(fd,TCSANOW,&newtio);

res = read(fd,buf,255); /*pelo menos 5 caracteres*/

tcsetattr(fd,TCSANOW,&oldtio);
close(fd);
}
```

Exemplos de programas

Recepção assíncrona

```
void signal_handler_IO (int status);   /*definição signal handler */
main() {
   /*…declaração de variáveis e abertura do dispositivo série...*/
   saio.sa_handler = signal_handler_IO;
    saio.sa_flags = 0;
    saio.sa_restorer = NULL;    /*obsoleto*/
    sigaction(SIGIO,&saio,NULL);
    fcntl(fd, F_SETOWN, getpid());
    fcntl(fd, F_SETFL, FASYNC);
   /*… configuração da porta através da estrutura termios ...*/
  while (loop) {
      write(1, ".", 1);usleep(100000);
     /* após o sinal SIGIO, wait_flag = FALSE, existem dados na
entrada para o read */
      if (wait_flag==FALSE) {
        read(fd,buf,255); wait_flag = TRUE; /*aguardar novos dados*/
      }
    }
    /* … configurar a porta com os valores iniciais e fechar ...*/
}
void signal_handler_IO (int status) { wait_flag = FALSE; }
```

Recepção múltipla

```
main(){
    int    fd1, fd2;  /* input sources 1 and 2 */
    fd_set readfs;    /* file descriptor set */
    int    maxfd, loop = 1; int    loop=TRUE;
    /* open_input_source opens a device, sets the port correctly,
and returns a file descriptor */
    fd1 = open_input_source("/dev/ttyS1");   /* COM2 */
    fd2 = open_input_source("/dev/ttyS2");   /* COM3 */
    maxfd = MAX (fd1, fd2)+1;  /*max bit entry (fd) to test*/
    while (loop) {                    /* loop for input */
      FD_SET(fd1, &readfs);  /* set testing for source 1 */
      FD_SET(fd2, &readfs);  /* set testing for source 2 */
      /* block until input becomes available */
      select(maxfd, &readfs, NULL, NULL, NULL);
      if (FD_ISSET(fd1))        /* input from source 1 available */
        handle_input_from_source1();
      if (FD_ISSET(fd2))        /* input from source 2 available */
        handle_input_from_source2();
    }
  }
```


Protocolo de Ligação Lógica

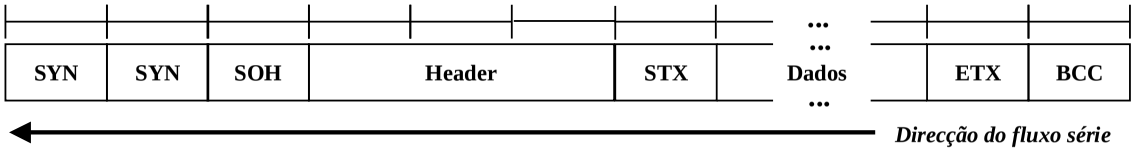
- Objectivo
  - » Fornecer serviços à camada protocolar superior
    - – Ex.: serviço confirmado orientado às ligações
- Funções
  - » ***Framing*** - sequência de bits acondicionados em tramas
    - – Comprimento dos pacotes
    - – Caracteres/*Flags* de início e fim
  - » Inicialização / terminação da ligação
  - » Detecção de erros
    - – Confirmação negativa
    - – Temporizadores
    - – Números de sequência (0, 1) - evitam duplicação de informação
  - » Controlo de fluxo (ex.: *Stop-and-Wait)*
  - » Transparência dos mecanismos da ligação

Protocolo de Ligação Lógica

Trama de Dados

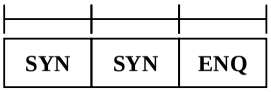
SYN - Octeto de sincronismo
SOH - Início de cabeçalho (Start Of Heading)
Header - Cabeçalho
1 octeto - comprimento dos dados
1 octeto - número de sequência (0 ou 1, alternados)
1 octeto – protecção do cabeçalho

DLE - Data Link Escape
STX - Início do texto (Start of Text)
Dados - 0..256 caracteres
ETX - Fim do texto (End of Text)
BCC – Protecção dos dados (Block Check Character)



Tramas de controlo

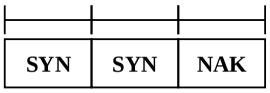
• Abertura de ligação



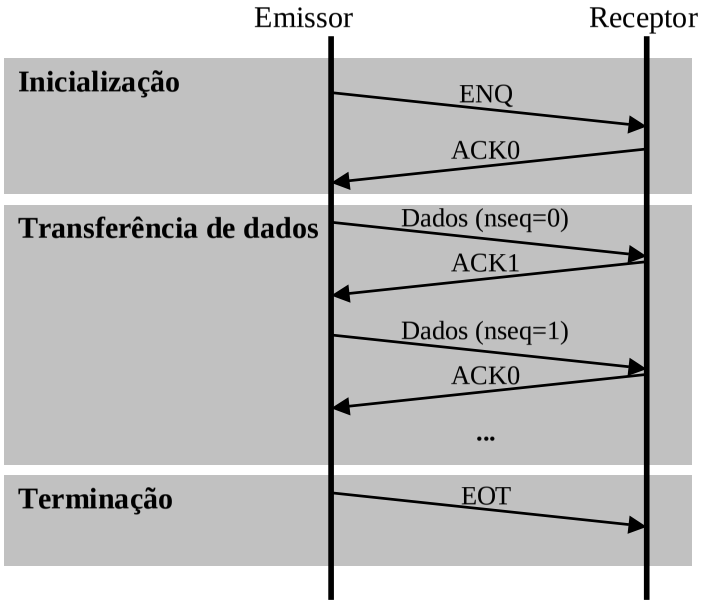
• Terminação de ligação

• Confirmação positiva alternada → **nseq**:= ´0´ | ´1´

• Confirmação negativa



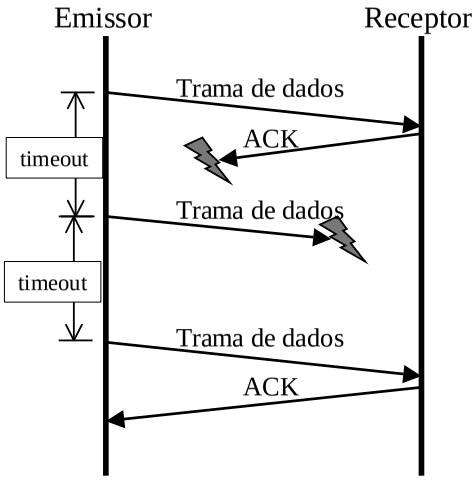
Protocolo de Ligação Lógica



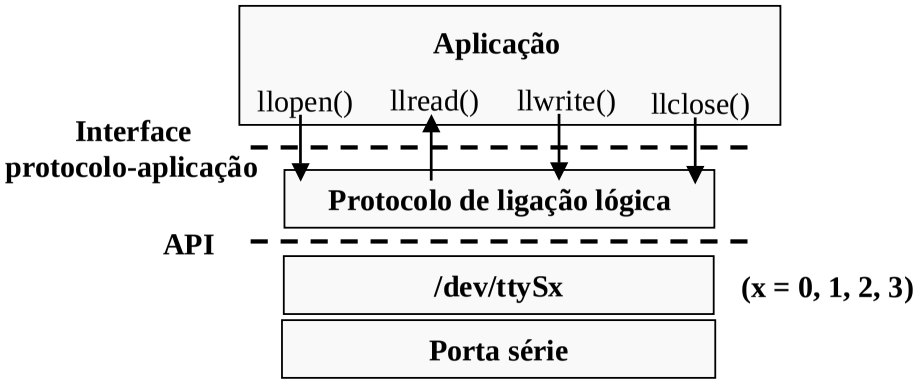
- Trama detectada
  SYN, SYN, SOH
  - » Cabeçalho com erros →
    ignora trama
  - » Cabeçalho sem erros
    - – Dados sem erros →
      trama de confirmação positiva
    - – Dados com erros →
      trama de confirmação negativa

Protocolo de Ligação Lógica

- Controlo de fluxo
  - protocolo *Stop-and-Wait*
- Temporizador, no Emissor
  - activado após o envio de uma trama
  - desactivado na recepção de uma resposta do receptor
  - quando excedido obriga a retransmissão
- Retransmissão
  - Recepção de confirmação negativa
  - temporizador excedido
    (trama de dados ou de confirmação perdida)
  - 2 tentativas de retransmissão
- Detecção de Erros
  - OR exclusivo, octeto a octeto
  - Resultado colocado em octeto de protecção
  - Receptor faz verificação



Interface Protocolo-Aplicação



Interface Protocolo-Aplicação

- Exemplos de estruturas de dados
  - » Aplicação

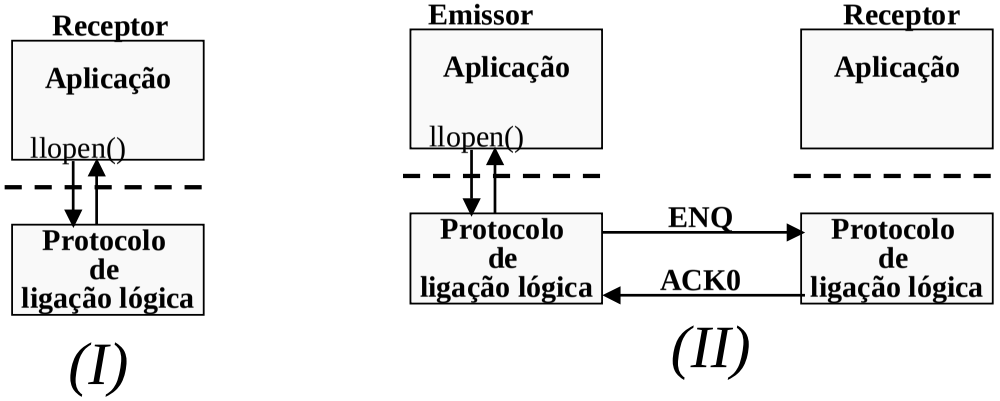
```
struct applicationLayer {
  int fileDescriptor;     /*Descritor correspondente à porta série*/
  int status;             /*TRANSMITTER | RECEIVER*/
  }
```

  - » Protocolo

```
struct linkLayer {
  char port[20];           /*Dispositivo /dev/ttySx, x = 0, 1, 2, 3*/
  int baudRate;                 /*Velocidade de transmissão*/
  unsigned int sequenceNumber; /*Número de sequência da trama: 0, 1*/
  unsigned int timeout;          /*Valor do temporizador: 1 s*/
  unsigned int numTransmissions; /*Número de tentativas em caso de I
                                   falha*/
  char frame[MAX_SIZE];          /*Trama*/
}
```


Interface Protocolo-Aplicação

- int llopen(int porta, TRANSMITTER | RECEIVER)
  - argumentos
    - porta:COM1, COM2, ...
    - flag: TRANSMITTER ou RECEIVER
  - retorno
    - identificador de ligação lógica
    - valor negativo em caso de erro



Interface Protocolo-Aplicação

int llwrite(int fd, char * buffer, int length)

argumentos

- fd: identificador da ligação lógica
- buffer: *array* de caracteres a transmitir
- length: comprimento do *array* de caracteres

retorno

- número de caracteres escritos
- valor negativo em caso de erro

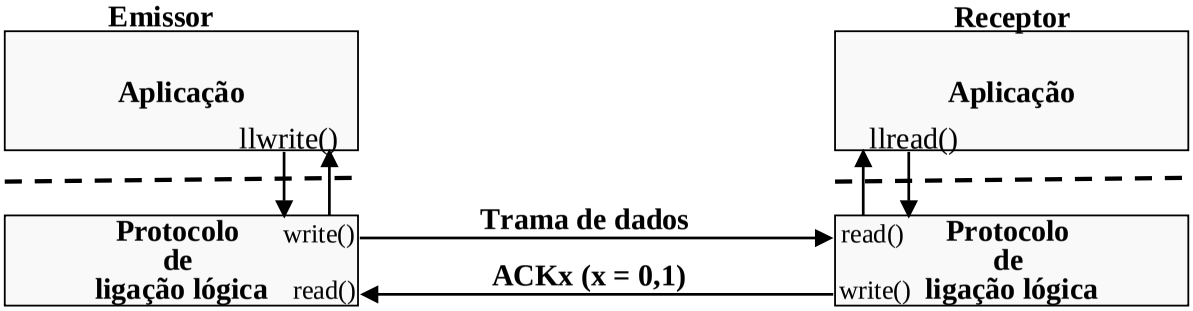
int llread(int fd, char * buffer)

argumentos

- fd: identificador da ligação lógica
- buffer: *array* de caracteres recebidos

retorno

- comprimento do *array* (número de caracteres lidos)
- valor negativo em caso de erro



Interface Protocolo-Aplicação

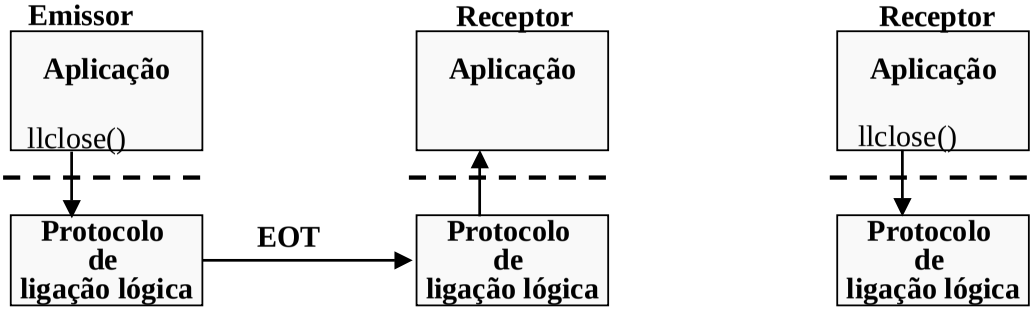
int llclose(int fd)

argumentos

- fd: identificador da ligação lógica

retorno

- valor positivo em caso de sucesso
- valor negativo em caso de erro



Aplicação de Teste