

André de Jesus Fernandes Flores & Tiago André Batista Rodrigues

faculdade de engenharia da universidade do porto

December 6, 2021

Trabalho Prático nº1  
Redes de computadores

# Sumário

O trabalho foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Redes de Computadores. O trabalho consiste em desenvolver um protocolo de ligação de dados fiável para a transmissão de ficheiros entre dois computadores.

O trabalho foi concluído com sucesso, tendo-se alcançado todos os objetivos explicitados.

## Introdução

O objetivo do projeto era desenvolver um protocolo de ligação de dados capaz de fornecer um serviço de comunicação fiável entre dois sistemas ligados por cabo série, de acordo com a especificação fornecida no guião. Este relatório visa documentar o funcionamento do protocolo implementado.

O relatório tem as seguintes unidades lógicas:

* Arquitetura
* Estrutura de Código
* Casos de Uso Principais
* Protocolo de Ligação Lógica
* Protocolo de Aplicação
* Validação
* Conclusão

## Arquitetura

O protocolo está dividido em dois blocos funcionais: o transmissor (*transmitter*) e o recetor (*receiver*). Ambos os blocos utilizam funções definidas na camada de aplicação e na camada de ligação de dados e estão definidos no mesmo ficheiro, havendo no entanto independência entre o funcionamento dos dois.

## Estrutura de Código

O código encontra-se dividido em três ficheiros: o *alarm.c*, que inclui funcões reponsáveis pelo tratamento de sinais **SIGALRM** usados para implementar o funcionamento de *timeouts*, o *linklayer.c*, que inclui funcões responsáveis pela implementação do protocolo de ligação de dados e o *main.c*, responsável pelo protocolo de aplicação.

#### alarm.c

Funções de tratamento de sinais

* ***atend()* –** imprime na consola que fez handle de um sinal, ativa uma *flag* que indica que ocorreu um alarme

#### linklayer.c

Funções do protocolo de ligação de dados

* ***llopen()* –** estabelece a ligação entre o *transmitter* e o *receiver*, se for chamado no *transmitter* envia uma trama com *SET* e recebe uma trama com *UA*, se for chamado no *receiver* recebe uma trama *SET* e envia uma trama *UA*
* ***llclose()* –** termina a ligação, se for chamado no *transmitter*, envia a trama *DISC*, recebe a trama *DISC*, e envia a trama *UA*, se for chamado no *receiver*, recebe a trama *DISC*, envia a trama *DISC*, e recebe a trama *UA*
* ***llwrite() –*** efetua o *byte stuffing* nos pacotes de dados que recebe e envia-os numa trama de informação para o *receiver*
* ***llread()* –** recebe pacotes de dados e efetua *byte destuffing*
* ***read\_message() –*** lê uma trama de supervisão

#### main.c

Funções da camada de aplicação

* ***extract\_filename() –*** extrai um nome de ficheiro de um pacote de controlo
* ***make\_start\_packet() –*** cria um pacote de controlo com um nome fornecido
* ***transmit() –*** transmite o ficheiro indicado pelo argumento *path*
* ***receive() –*** recebe um ficheiro

Variáveis globais

* **int alarm\_flag**
* **int alarm\_count**
* **int state**
* **struct termios oldtio**
* **struct termios newtio**
* **char llwrite\_start**
* **char llread\_start**

## Casos de Uso Principais

#### Interface

A interface permite ao utilizador escolher em que modo está a utilizar o programa, *transmitter* (T) ou *receiver* (R), a porta série que está a utilizar e, no caso de modo *transmitter*, o ficheiro a enviar.

./llapi T 10 pinguim.gif 

Figura 1 exemplo de comando para inicializar transmissão

#### Sequência de eventos

* O transmissor escolhe o ficheiro a ser enviado
* É estabelecida a ligação (ambos o transmissor e o recetor chamam *llopen()*)
* O transmissor envia os dados divididos em pacotes e o recetor escreve-os num ficheiro (o transmissor chama llwrite() e o recetor *llread()*)
* A ligação é terminada (ambos chamam *llclose()*)

## Protocolo de Ligação Lógica

No protocolo de ligação lógica foram implementadas as funções requeridas na especificação do projeto.

#### llopen()

Função responsável por estabelecer a ligação entre os dois computadores. Abre e prepara a porta série, especifica a função de tratamento de sinais **SIGALRM**. Se for chamada no transmissor, envia uma trama de supervisão *SET* e aguarda o *UA* enviado pelo recetor tendo um *timeout* de três segundos até tentar outra vez e um número maximo de três tentativas. A função constrói as trama de supervisão que envia e lê respostas através da função *read\_message()*, que lê tramas *byte* a *byte*. Se for chamada no recetor, tenta ler uma trama de supervisão *SET* através da função *read\_message()* e, se tal acontecer, envia uma trama de supervisão *UA*.

#### llwrite()

Função responsável por efetuar *byte stuffing* a pacotes de dados e de os enviar em tramas de informação, apenas chamada no transmissor. Calcula o *bit* de paridade do pacote de dados e guarda o numa *array* com o pacote de dados, faz *byte stuffing* sobre essa *array* e coloca o resultado no campo de dados de uma trama de informação. Envia a trama e aguarda resposta (*timeout* de três segundos), se receber uma trama de supervisão *RR* retorna o número de *bytes* enviados, se receber uma trama de supervisão *REJ* ou ocorrer *timeout* envia a trama de informação outra vez, com um máximo de três tentativas. Caso não consiga enviar a trama de informação, retorna *-1*.

#### llread()

Função responsável por ler tramas de informação *byte* a *byte* e executar *destuffing*. Lê a trama de informação *byte* a *byte* e verifica o valor *BCC1* (se este valor estiver errado discarta a trama). Depois, faz *destuffing* do campo de dados e verifica o valor *BCC2*, se este valor estiver certo envia uma trama de supervisão *RR* e guarda os dados, caso contrário, envia uma trama de supervisão *REJ* e tenta ler a trama outra vez.

#### llclose()

Função responsável por terminar a ligação de dados. Se for chamada no transmissor envia uma trama de supervisão *DISC*, espera por uma resposta na forma de uma trama de supervisão *DISC* e envia uma trama de supervisão *UA*. Se for chamada no recetor espera pela receção de uma trama de supervisão *DISC*, envia uma trama de supervisão *DISC* e recebe uma trama de supervisão *UA*. No final fecha a porta série usando o seu *file descriptor*.

#### Funções Auxiliares

A única função auxiliar aqui implementámos foi a read\_message() esta função lê uma trama supervisão *byte* a *byte*.

## Protocolo de Aplicação

O protocolo de aplicação é implementado, principalmente, nas funções *transmit()* e *receive()*, chamadas pela função *main()* do emissor e do recetor, respetivamente.

#### transmit()

Esta função é responsável por enviar o ficheiro especificado no seu argumento. Começa por criar um pacote de início usando o nome do ficheiro e de o enviar através da função *llwrite()*, depois divide o ficheiro em pacotes de dados identificados e numerados e envia-los um a um também pela função *llwrite().* No final envia um pacote de fim pela função *llwrite()*.

#### receive()

Esta função é responsável por receber um ficheiro. Funciona com uma máquina de estados. No início (estado *WAITING*), lê pacotes até encontrar um pacote de início. Quando tal acontecer, extrai o nome do ficheiro a receber do pacote de início e cria um novo ficheiro com esse nome para onde vão ser escritos os dados, altera de estado para WRITING. De seguida lê e guarda os dados recebidos por pacotes de dados até receber um pacote de fim, onde termina de escrever e retorna.

#### Funções Auxiliares

Apenas existem duas funções auxiliares. A *extract\_filename()* que extrai o nome de ficheiro de um pacote de início, e a *make\_start\_packet()* que cria um pacote de início com o nome de um ficheiro.

## Validação

#### Testes efetuados

* Envio de vários ficheiros, com diferentes tamanhos.
* Interrupção e reconexão da ligação do cabo de série.
* Interrupção sem reconexão da ligação do cabo de série.

#### Resultados

Todos os testes foram um sucesso, ocorrendo o comportamento esperado.

## Eficiência do Protocolo de Ligação de Dados

Para testar a eficiência do protocolo foram realizados testes de transmissão de ficheiros de vários tamanhos (10968 bytes, 1342403 bytes, 4741165 bytes) três vezes e registada a média do tempo de transmissão de cada um.

## Conclusão

#### Síntese

Neste projeto foi implementado um protocolo de ligação de dados que fornece um serviço fiável na ligação de dois computadores.

#### Reflexão

A concretização deste trabalho salientou a necessidade da indepêndencia de camadas, nenhuma das camadas precisa de ter conhecimento sobre funcionamento da outra.

# Anexo – Código Fonte

## main.c

|  |
| --- |
| /\*Non-Canonical Input Processing\*/  #include <sys/types.h>  #include <sys/stat.h>  #include <fcntl.h>  #include <termios.h>  #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <unistd.h>  #include <string.h>  #include <stdbool.h>  #include "linklayer.h"  #define \_POSIX\_SOURCE 1 /\* POSIX compliant source \*/  #define FALSE 0  #define TRUE 1  #define PACKET\_SIZE 256  #define WAITING 0 // Waiting for a file to be transmitted  #define WRITING 1 // Writing a file  #define DATA 0x01  #define START 0x02  #define END 0x03  #define C 0  #define N 1  #define L2 2  #define L1 3  #define D 4  **volatile** **int** STOP=FALSE;  **int** state;  **int** alarm\_flag = **1**;  **int** alarm\_count = **0**;  /\*\*  \* Extract filename from a control packet  \*  \* @param packet Packet to read filename  \* @param filename Name of file  \*/  **void** **extract\_filename**(**char** \* packet, **char** \* filename) {  **int** size = packet[**1**];  **for** (**int** i = **0**; i < size - **1**; i++) {  filename[i] = packet[**2** + i];  }  }  /\*\*  \* Create a start control packet  \*  \* @param filename Name of file  \* @param packet Start packet  \* @return int Size of Packet  \*/  **int** **make\_start\_packet**(**char** \* filename, **char** \* packet) {  **char** size = (**char**) (strlen(filename) + **1**);  packet[C] = START;  packet[**1**] = size;  memcpy(packet + **2**, filename, size);  **return** size + **2**;  }  /\*\*  \* Transmit file at filename path through serial port indicated by fd  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @param filename Name of file  \* @return int -1 in case of error, 0 otherwise  \*/  **int** **transmit**(**int** fd, **char** \* filename) {  **int** fd\_file;  **struct** stat file\_stat;  **char** packet[**1024**];  **int** size = make\_start\_packet(filename, packet), n = **0**;  **char** msg[**256**];  **if**((fd\_file = open(filename, O\_RDWR)) < **0**) perror("Error opening file: ");  printf("Writing file: %s. Packet size: %d**\n**", filename, PACKET\_SIZE);  // START PACKET  llwrite(fd, packet, size);  // DATA PACKETS  **char** read\_data[PACKET\_SIZE];  **int** read\_size;  **int** c = **0**;  **while** (true)  {  **if** (true) {  read\_size = **0**;  **for** (; read\_size < PACKET\_SIZE; read\_size++) {  **if** (read(fd\_file, read\_data + read\_size, **1**) == **0**) **break**;  }  **if** (read\_size == **0**) {  printf("File over.**\n**");  **break**;  }  packet[C] = DATA;  packet[N] = c % **256**;  packet[L2] = (**unsigned** **char**) (read\_size / **256**);  packet[L1] = (**unsigned** **char**) (read\_size % **256**);  memcpy(packet + D, read\_data, read\_size);  }  **if** (llwrite(fd, packet, read\_size + **5**) < **0**) **return** -**1**;  c++;  }    // END PACKET  size = make\_start\_packet(filename, packet);  packet[C] = END;  llwrite(fd, packet, size);  printf("Finished writing file**\n**");  close(fd\_file);  **return** **0**;  }  /\*\*  \* Receive a file through serial port indicate by file descriptor fd  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @return int -1 in case of error , 0 otherwise  \*/  **int** **receive**(**int** fd) {  **int** fd\_file, status = WAITING;  **while** (true) {  **char** packet[**1024**];  **int** bytes\_read = llread(fd, packet);    // If state machine is waiting for file and receives start packet  **if** (status == WAITING && packet[C] == START) {  **char** filename[**256**];  memset(filename, **0**, **256**);  extract\_filename(packet, filename);  unlink(filename);  **if**((fd\_file = open(filename, O\_RDWR | O\_CREAT, **0777**)) < **0**) perror("Error creating new file: ");  status = WRITING;  }  // If state machine is writing and receives an end packet  **else** **if** (status == WRITING && packet[C] == END) {  printf("Finished receiving**\n**");  close(fd\_file);  **return** **0**;  }  // If state machine is writing and receives a data packet  **else** **if** (status == WRITING && packet[C] == DATA) {  **unsigned** **char** l2 = packet[L2], l1 = packet[L1];  **int** res = l2 \* **256** + l1;  write(fd\_file, packet + **4**, res);  }  // Otherwise  **else** {  printf("Catastrophe!**\n**");  close(fd\_file);  **return** -**1**;  }  }  }  **int** **main**(**int** argc, **char**\*\* argv)  {  **int** fd, c, res, port;  **char** buf[**255**];  // Case: lesser arguments than should have  **if**(argc < **3**) {  printf("./llapi T/R port\_number [file to transfer]**\n**");  exit(**1**);  }  // Get the transmiter/receiver state  **if** (strcmp(argv[**1**], "T") == **0**) state = TRANSMITER;  **else** **if** (strcmp(argv[**1**], "R") == **0**) state = RECEIVER;  **else** {  printf("Bad arguments!**\n**");  printf("./llapi T/R port\_number [file to transfer]**\n**");  exit(-**1**);  }  **if** ((argc < **3** && state == RECEIVER) || (argc < **4** && state == TRANSMITER)) {  printf("Bad arguments!**\n**");  printf("./llapi T/R port\_number [file to transfer]**\n**");  exit(**1**);  }  sscanf(argv[**2**], "%d", &port);  printf("New termios structure set**\n**");  // Establish connection    **if** ((fd = llopen(port, state)) < **0**) exit(-**1**);  printf("Establish connection**\n**");  // Starting writing/reading packet from file  **if**(state == TRANSMITER) {  transmit(fd, argv[**3**]);  } **else** {  receive(fd);  }  // Close Connection  llclose(fd);  **return** **0**;  } |

## linklayer.h

|  |
| --- |
| #ifndef LLAPI\_H  #define LLAPI\_H  #include <signal.h>  #include <sys/types.h>  #include <sys/stat.h>  #include <stdbool.h>  #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <string.h>  #include <unistd.h>  #include <fcntl.h>  #include <termios.h>  #include "alarm.h"  #define BAUDRATE B38400  #define RECEIVER 0x00  #define TRANSMITER 0x01  #define FLAG 0x7E  #define DISC 0x0B  #define SET 0x03  #define UA 0x07  #define ADDR 0x03  #define IADDR 1  #define ICTRL 2  #define IBCC1 3  #define RR(n) ((n << 7) | 0x05)  #define REJ(n) ((n << 7) | 0x01)  **extern** **int** alarm\_flag;  **extern** **int** alarm\_count;  **extern** **int** state;  /\*\*  \* Establish the connection between 2 systems  \*  \* @param port Number of port  \* @param state State: Transmiter/Receiver  \* @return int -1 in case of error, 0 otherwise  \*/  **int** **llopen**(**int** port, **int** state);  /\*\*  \* Close connection  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @return int -1 in case of error , 0 otherwise  \*/  **int** **llclose**(**int** fd);  /\*\*  \* Read from serial port to buffer according to protocol  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @param buffer Buffer to write to  \* @return int  \*/  **int** **llread**(**int** fd, **char**\* buffer);  /\*\*  \* Write length number of bytes from buffer to serial port indicated by fd  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @param buffer Buffer to read from  \* @param length NUmber of bytes from buffer to read  \* @return int -1 in case of error, 0 otherwise  \*/  **int** **llwrite**(**int** fd, **char**\* buffer, **int** length);  /\*\*  \* Read supervision trama  \*  \* @param fd File Descriptor  \* @param message message to write to  \* @return int -1 in case of error, 0 otherwise  \*/  **int** **read\_message**(**int** fd, **unsigned** **char** \* message);  #endif |

## linklayer.c

|  |
| --- |
| #include "linklayer.h"  **struct** termios oldtio,newtio;  **char** llwrite\_start = **0**;  **char** llread\_start = **1**;  **int** **llopen**(**int** port, **int** state) {  **if** (state != RECEIVER && state != TRANSMITER) **return** **1**;  **char** serial[**256**];  snprintf(serial, **256**, "/dev/ttyS%d", port);  **int** fd = open(serial, O\_RDWR | O\_NOCTTY );  **if** (fd < **0**) { perror(serial); **return**(-**1**); }  /\*  Open serial port device for reading and writing and not as controlling tty  because we don't want to get killed if linenoise sends CTRL-C.  \*/  **if** (tcgetattr(fd,&oldtio) == -**1**) { /\* save current port settings \*/  perror("tcgetattr");  exit(-**1**);  }  bzero(&newtio, **sizeof**(newtio));  newtio.c\_cflag = BAUDRATE | CS8 | CLOCAL | CREAD;  newtio.c\_iflag = IGNPAR;  newtio.c\_oflag = **0**;  /\* set input mode (non-canonical, no echo,...) \*/  newtio.c\_lflag = **0**;  newtio.c\_cc[VTIME] = **100**; /\* inter-character timer unused \*/  newtio.c\_cc[VMIN] = **0**; /\* blocking read until 5 chars received \*/  /\*  VTIME e VMIN devem ser alterados de forma a proteger com um temporizador a  leitura do(s) próximo(s) caracter(es)  \*/  tcflush(fd, TCIOFLUSH);  **if** (tcsetattr(fd,TCSANOW, &newtio) == -**1**) {  perror("tcsetattr");  exit(-**1**);  }  **unsigned** **char** message[**5**] = {FLAG, ADDR, SET, SET ^ ADDR, FLAG};  alarm(**0**);  signal(SIGALRM, atend);  **if** (state == TRANSMITER) {  **while** (alarm\_count < **3**) {  **if** (alarm\_flag == **1**) {    write(fd, message, **5**);  alarm(**3**);    alarm\_flag = **0**;  }  **if** (!read\_message(fd, message)) **break**;  tcflush(fd, TCIOFLUSH);  }  **if** (alarm\_count >= **3**) {  printf("llopen - timeout**\n**");  **return** -**1**;  }  **if** ((message[ICTRL] ^ message[IADDR]) != message[IBCC1]) {  printf("Parity error**\n**");  **return** -**1**;  }  }  **else** **if** (state == RECEIVER) {  alarm\_flag = **0**;  read\_message(fd, message);  **if** ((message[ICTRL] ^ message[IADDR]) != message[IBCC1]) {  printf("Parity error**\n**");  **return** -**1**;  }  message[ICTRL] = UA;  message[IBCC1] = message[ICTRL] ^ message[IADDR];  write(fd, message, **5**);  } **else** {  printf("Bad state!**\n**");  **return** -**1**;  }  alarm(**0**);  alarm\_count = **0**;  alarm\_flag = **0**;  **return** fd;**struct** termios oldtio,newtio;  **char** llwrite\_start = **0**;  **char** llread\_start = **1**;  }  **int** **llclose**(**int** fd) {    **if**(state == TRANSMITER) {  /\*  Write a DISC, read a DISC and write a UA to check if it is OK  \*/  **char** msg\_tr[**5**] = {FLAG, ADDR, DISC, ADDR ^ DISC ,FLAG};  **char** msg\_re[**5**];  write(fd, msg\_tr, **5**);  read\_message(fd, msg\_re);  **if**((msg\_re[IADDR] ^ msg\_re[ICTRL]) != msg\_re[IBCC1]) {  printf("BCC1 bad!**\n**");  **return** -**1**;  }  **char** msg\_ua[**5**] = {FLAG, ADDR, UA, ADDR ^ UA ,FLAG};  write(fd, msg\_ua, **5**);  } **else** **if** (state == RECEIVER) {  /\*  Read a DISC, write a DISC and receive a UA to check if it is OK  \*/  **char** msg\_tr[**5**] = {FLAG, ADDR, DISC, ADDR ^ DISC ,FLAG};  **char** msg\_re[**5**];  read\_message(fd, msg\_re);    **if**((msg\_re[IADDR] ^ msg\_re[ICTRL]) != msg\_re[IBCC1]) {  printf("BCC1 bad!**\n**");  **return** -**1**;  }  write(fd, msg\_tr, **5**);    read\_message(fd, msg\_re);    **if**((msg\_re[IADDR] ^ msg\_re[ICTRL]) != msg\_re[IBCC1]) {  printf("BCC1 bad!**\n**");  **return** -**1**;  }  } **else** {  **return** -**1**;  }  printf("Closing FD!**\n**");  tcsetattr(fd,TCSANOW,&oldtio);  close(fd);  **return** **0**;  }  **int** **llread**(**int** fd, **char**\* buffer) {  **char** \*trama = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **char** \*stuffed = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **char** \*destuffed = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **int** stuffed\_size = **0**, destuffed\_size = **0**, trama\_index = **0**;  **while** (true)  {  trama\_index = **0**;  stuffed\_size = **0**;  destuffed\_size = **0**;  **while**(true) {  **int** res = read(fd, trama + trama\_index, **1**);    **if**( trama[trama\_index] != FLAG && trama\_index == **0**) **continue**;  **if**( trama[trama\_index] == FLAG && trama\_index != **0**) **break**;  trama\_index++;  }  // Check BCC1    **if** ((trama[ICTRL] ^ trama[IADDR]) != trama[IBCC1]) {  **continue**;  }  // Get stuffed data  memcpy(stuffed, (trama + **4**), trama\_index - **4**);  stuffed\_size = trama\_index - **5**;  // Byte Destuffing  **for** (**int** i = **0**, j = **1**; i < stuffed\_size; i++, j++) {  **if** (j == stuffed\_size) destuffed[destuffed\_size] = stuffed[i];  **else** **if** (stuffed[i] == **0x7D** && stuffed[j] == **0x5D**) {  destuffed[destuffed\_size] = **0x7D**;  i++; j++;  }  **else** **if** (stuffed[i] == **0x7D** && stuffed[j] == **0x5E**) {  destuffed[destuffed\_size] = **0x7E**;  i++; j++;  }  **else**  destuffed[destuffed\_size] = stuffed[i];  destuffed\_size++;  }  // Check BCC2  **char** xordata = destuffed[**0**];  **for**(**int** i = **1**; i < destuffed\_size - **1**; i++) {  xordata = xordata ^ destuffed[i];  }  **if** (xordata != destuffed[destuffed\_size - **1**]) {  **unsigned** **char** temp = REJ(llread\_start);  **unsigned** **char** msg[**5**] = {FLAG, ADDR, temp, ADDR ^ temp, FLAG};  write(fd, msg, **5**);  **continue**;  } **else** {  **unsigned** **char** temp = RR(llread\_start);  **unsigned** **char** msg[**5**] = {FLAG, ADDR, temp, ADDR ^ temp, FLAG};    write(fd, msg, **5**);  llread\_start = llread\_start ? **0** : **1**;  **break**;  }  }  memcpy(buffer, destuffed, (destuffed\_size-**2**) \* **sizeof**(**char**));    free(destuffed);  free(stuffed);  free(trama);  **return** destuffed\_size -**2**;  }  **int** **llwrite**(**int** fd, **char**\* buffer, **int** length) {  **char** \*unstuffed = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **char** \*stuffed = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **char** \*trama = (**char** \*)malloc(**sizeof**(**char**)\* **1024**);  **int** stuffed\_index = **0**;  // Fill Unstuffed  **for** (**int** i = **0**; i < length; i++) unstuffed[i] = buffer[i];    // BCC2  **char** bcc2 = buffer[**0**];  **for** (**int** i = **1**; i < length; i++) {  bcc2 ^= buffer[i];  }  unstuffed[length] = bcc2;  // Stuff  **for** (**int** i = **0**; i < length + **1**; i++, stuffed\_index++) {  **if** (unstuffed[i] == **0x7E**) {  stuffed[stuffed\_index++] = **0x7D**;  stuffed[stuffed\_index] = **0x5E**;  }  **else** **if** (unstuffed[i] == **0x7D**) {  stuffed[stuffed\_index++] = **0x7D**;  stuffed[stuffed\_index] = **0x5D**;  }  **else** {  stuffed[stuffed\_index] = unstuffed[i];  }  }  // Setup Trama  **char** temp\_C = **0x00**;  trama[**0**] = FLAG;  trama[**1**] = ADDR;  trama[**2**] = temp\_C;  trama[**3**] = ADDR ^ temp\_C;  memcpy(trama + **4** \* **sizeof**(**char**), stuffed, (stuffed\_index + **1**) \* **sizeof**(**char**));  trama[**5** + stuffed\_index] = FLAG;  **unsigned** **char** ans[**5**];  **int** tries = **0**;  // Write trama with ACK handling  **while** (tries < **3**) {  alarm(**0**);  **int** temp = write(fd, trama, stuffed\_index + **6**);  alarm(**3**);  **if** (read\_message(fd, ans) == **1**) {  printf("Read message failed**\n**");  tries++;  alarm\_flag = **0**;  **if** (tries >= **3**) exit(**1**);  **continue**;  }  alarm(**0**);  **unsigned** **char** t = (ans[IADDR] ^ ans[ICTRL]);  **if** (t != ans[IBCC1]) {  printf("BCC1 failed**\n**");  tries++;  **continue**;  }  t = REJ(llwrite\_start ? **0** : **1**);  **if** (ans[ICTRL] == t) {  printf("REJ**\n**");  tcflush(fd, TCIOFLUSH);  tries++;  **continue**;  }  t = RR(llwrite\_start ? **0** : **1**);  **if** (ans[ICTRL] == t) {  llwrite\_start = llwrite\_start ? **0** : **1**;  **break**;  }  tries++;  }  free(trama);  free(unstuffed);  free(stuffed);    alarm(**0**);  **return** tries >= **3** ? -**1** : stuffed\_index + **6**;  }  **int** **read\_message**(**int** fd, **unsigned** **char** \* message) {  **int** res, message\_index = **0**;  **while** (alarm\_flag == **0**) {  res = read(fd, message + message\_index, **1**);  **if**(res < **0**) **continue**;  **if** (message[message\_index] != FLAG && message\_index == **0**) **continue**;  **else** **if** (message[message\_index] == FLAG && message\_index == **1**) {  message\_index = **1**;  message[**0**] = FLAG;  **continue**;  }  **else** **if** (message[message\_index] == FLAG && message\_index == **4**) {  message\_index = **0**;  **return** **0**;  }  **else** **if** (message\_index >= **4**) **return** -**1**;  **else** {  message\_index++;  }  }  **return** **1**;  } |

## alarm.h

|  |
| --- |
| #ifndef ALARM\_H  #define ALARM\_H  #include <stdio.h>  #include <unistd.h>  **extern** **int** alarm\_flag;  **extern** **int** alarm\_count;  /\*\*  \* @brief Alarm handle  \*  \*/  **void** **atend**();  #endif |

## alarm.c

|  |
| --- |
| #include "alarm.h"  **void** **atend**() {  printf("Alarm #%d**\n**", ++alarm\_count);  alarm\_flag = **1**;  } |