U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Redes de Computadores

1º Trabalho Laboratorial

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

(30 de outubro de 2018)

Bruno Sousa **up201604145**@fe.up.pt

João Gonçalves **up201604245**@fe.up.pt

Pedro Neto **up201604420**@fe.up.pt

Sumário

Este relatório serve de complemento ao primeiro trabalho de Redes de Computadores. O trabalho consiste no desenvolvimento de um programa capaz de transmitir e receber ficheiros de um computador para o outro através de uma porta de série.

O trabalho foi concluído na totalidade, funcionando sem problemas a transmissão e receção de ficheiros sem perda de dados.

Introdução

O objetivo deste relatório é explicar a aplicação de envio de ficheiros de um computador para outro, através de uma porta de série. O relatório segue esta estrutura:

- **Arquitetura**

  Apresentação dos blocos e interfaces da aplicação.

- **Estrutura do código**

  Principais funções e sua relação com a arquitetura, macros e variáveis globais.

- **Casos de uso principais**

  Identificação dos mesmos e demonstração das sequências de chamada de funções.

- **Protocolo de ligação lógica**

  Identificação dos principais aspetos funcionais e descrição da estratégia de implementação dos mesmos com apresentação de extratos de código.

- **Protocolo de aplicação**

  Identificação dos principais aspetos funcionais e descrição da estratégia de implementação dos mesmos com apresentação de extratos de código.

- **Validação**

  Descrição dos testes efetuados com apresentação quantificada dos resultados.

- **Eficiência do protocolo de ligação de dados**

  Caraterização estatística da eficiência do protocolo, feita com recurso a medidas sobre o código desenvolvido.

- **Conclusão**

  Síntese da informação apresentada nas secções anteriores e reflexão sobre os objetivos de aprendizagem alcançados.

Arquitetura

Sendo o trabalho o desenvolvimento de uma aplicação capaz de transmitir e receber dados, este pode ser dividido fundamentalmente em duas partes: funções de transmissão e funções de receção. Existe também uma divisão do código em dois ficheiros que separa as funções da camada de ligação de dados das funções da camada de aplicação.

Para correr a aplicação deve ser corrido o executável do lado do transmissor com os argumentos: "transmit", a porta de série e o nome do ficheiro a ser enviado. Do lado do recetor, deve ser corrido com os argumentos: "receive" e a porta de série.

Para a execução "normal" da aplicação, esta deverá ser compilada com o comando make. Para a execução de testes de eficiência deverá ser compilada com o comando "make TEST]" em que TEST deverá ser o teste a ser efectuado. Testes possíveis são: efi_size, efi_baudrate, efi_delay e efi_error.

No modo "normal" será imprimida na consola uma barra de progresso e serão escritos no ficheiros "appLog.txt" e "llLog.txt" *logs* relativamente à parte da aplicação e à parte de ligação, respetivamente. Nos modos de teste, serão imprimidos apenas os resultados no ficheiro "testLog.txt".

Estrutura de código

O código está dividido por dois ficheiros, existe o ficheiro *ll.c* (responsável pela camada de ligação) e o ficheiro *application.c* (responsável pela camada da aplicação). Existem ainda três ficheiros *header* contendo constantes do programa.

Funções principais da camada de ligação (*ll.c*):

- **setup** – faz todo o setup necessário para a conexão, abre a porta de série e retorna o *file desctiptor* desta,
- **llopen** – chama a função setup, e dependendo de uma *flag,* chama a função **llopenTransmitter** ou a função **llopenReceiver.** A função **llopenTransmitter** envia uma trama *SET* e recebe uma trama *UA*. A função **llopenReceiver** lê uma trama *SET* e envia uma trama *UA*.

- **llwrite** – recebe um *buffer* com dados da aplicação a enviar, transforma-os numa trama *I* realizando *stuffing*, envia-a utilizando a porta de série e espera por uma resposta. Caso a resposta seja *RR* apropriado, retorna. Caso contrário tenta reenviar a trama até receber uma resposta positiva.
- **llread** – lê da porta de série uma trama I e transforma-a de volta em dados da aplicação, realizando *destuffing*. Caso esteja tudo correto com o cabeçalho e com o *BCC2*, escreve na porta de serie uma trama *RR* apropriada e retorna à aplicação os dados. Caso contrário envia uma resposta *REJ* ou *RR* de outra trama e espera até receber uma trama I com tudo correto antes de devolver à aplicação os dados.
- **llclose** – dependo da flag que lhe é passada, chama a função **llcloseTransmitter** ou a função **llcloseReceiver**. A função **llcloseTransmitter** envia uma trama *DISC,* lê uma trama *DISC* e envia uma trama *UA*. A função **llcloseReceiver** lê uma trama *DISC* e envia uma trama *DISC*.

Funções principais da camada da aplicação (*aplication.c*):

- **main** – distribui o programa em transmissor ou recetor consoante o argumento passado, chamando a função **transmit** ou **receive**, respetivamente.
- **transmit** – função principal da transmissão de dados, chama **llopen**, envia através da função **sendControl** o pacote de controlo de abertura, lê e envia por **llwrite** o ficheiro dividindo-o em pacotes e preparando-os por **setDataPackage** para ser enviados como um pacote de dados, envia o através da função **sendControl** pacote de controlo de fecho, e chama **llclose**.
- **receive –** função principal da receção de dados, chama **llopen,** lê por **llread** os pacotes do ficheiro enviados pelo emissor, interpreta os pacotes pela função **interpretPacket**, escrevendo-os no novo ficheiro e chama **llclose**.

Macros pertinentes:

- **MAX_ALARMS** – número de alarmes até sair da aplicação caso não receba uma resposta.
- **TIMEOUT** – número de segundos de cada alarme.
- **PACKET_SIZE** – tamanho de cada pacote de dados.
- **BAUDRATE –** capacidade da ligação.

Variáveis globais:

- **trama** – número sequencial da trama (*Ns*) a enviar, inicializada a 0. Vai variando entre 0 e 1 de acordo com a trama que irá enviar (do lado de quem envia) e de acordo com a trama que espera receber (do lado do recetor).
- **flagAlarm** – *TRUE* quando o alarme está ativo, *FALSE* caso esteja inativo.

- **conta_alarme** – contador de alarmes, inicializada a 0. É incrementado sempre que é necessário reenviar algo por falta de resposta (volta a 0 quando/caso chegue a resposta). Se chegar a MAX_ALARMS, a aplicação fecha.

Casos de Uso

A aplicação permite, através de dois modos de utilização enviar e receber um ficheiro (ex. pinguim.gif) de um computador para o outro por uma porta de série.

A transmissão de dados dá-se com a seguinte sequência:

- Chamada de **llopen** para abrir a porta de série.
- Abertura do ficheiro pretendido.
- Envio do pacote de controlo *START* com informação sobre o nome e tamanho do ficheiro, através da função **sendControl**.
- Ciclo em que são lidos dados do ficheiro, é construído um pacote de dados através da função **setDataPackage**, e é enviado para a porta de série através da função **llwrite**.
- Quando o ficheiro está completamente lido, é enviado um pacote de controlo *END* através da função **sendControl**.
- A aplicação acaba chamando **llclose** para fechar a porta de série.

A receção de dados dá-se com a seguinte sequência:

- Chamada de **llopen** para abrir a porta de série.
- Leitura do pacote de controlo *START* através de **llread**, que é interpretado através da função **interpretPacket**, criando o ficheiro com o nome recebido.
- Ciclo de leitura de pacotes de dados através de **llread**, interpretados por **interpretPacket**, escrevendo os dados recebidos no ficheiro.
- Eventualmente, será recebido o pacote de controlo *END*, terminando o ciclo de leitura.
- A aplicação acaba chamando **llclose** para fechar a porta de série.

Protocolo de ligação lógica

LLOPEN

```
int llopen(char *port, int flag);
```

Esta função tem a responsabilidade de estabelecer a ligação entre o emissor e o recetor.

Em ambos, chama a função **setup** que abre a porta de série cujo nome é port, e retorna um *file descriptor*.

No emissor, esta função envia a trama de controlo *SET* e ativa o temporizador que é desativado depois de receber resposta (*UA*). Se não receber resposta dentro de um tempo *time-out*, *SET* é reenviado. Este mecanismo de retransmissão só é repetido um número máximo de vezes, se este número for atingido o programa termina.

No recetor, esta função espera pela chegada de uma trama de controlo SET para responder com um UA.

A leitura é feita dentro de um ciclo que só termina caso seja lida a trama pretendida ou que esgote o seu tempo definido pelos alarmes.

As escritas são feitas trama a trama, no entanto a leitura é feita carater a carater.

LLWRITE

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

Esta é a função no emissor responsável pelo envio das tramas e pelo *stuffing* das mesmas.

Primeiro são organizados os dados em tramas (*framing*), ou seja, acrescentado o cabeçalho do Protocolo de Ligação à mensagem. Depois é feito o *stuffing* da mensagem e do *BCC2*. A trama fica pronta para ser enviada trama a trama.

O envio da trama tem o mesmo mecanismo de *time-out* e retransmissão que o envio do *SET* no ***llopen***. Ou seja, depois de enviar a trama é acionado um alarme até à receção de uma resposta (*RR* ou *REJ*) e se atingido esse alarme a mensagem é reenvida (mecanismo que se pode ocorrer um número máximo de vezes). Se recebido um *REJ* ou um *RR* da mesma trama a mensagem é reenviada.

LLREAD

```
int llread(int fd, char *buffer);
```

Esta é a função no recetor responsável pela receção das tramas.

Na função **checkInitials**, verifica se o cabeçalho da trama está correto.

É depois exectuado o *destuffing*, verificado o *BCC2*, caso esteja correto é enviado *RR*, caso contrário *REJ*. A trama de resposta é enviada através da função **sendRR**. O campo de controlo enviado depende do número de sequência da trama.

LLCLOSE

```
void llclose(int fd, int flag);
```

Esta função tem a responsabilidade de terminar a ligação entre o emissor e o recetor. É dividida em duas funções: **llcloseTransmitter** e **llcloseReceiver**, consoante o valor de *flag*.

No emissor, é enviado a trama de Supervisão *DISC* e esperado outro *DISC* de resposta. Para finalizar é enviado um *UA*.

No recetor é esperado um *DISC*, enviado um *DISC* e esperado um *UA*.

Em ambas é fechada a porta de série.

Protocolo de aplicação

O protoloco de aplicação implementado tem como aspetos principais:

- O envio dos pacotes de controlo START e END. Estes contêm o nome e o tamanho do ficheiro a ser enviado;
- A divisão do ficheiro em pacotes quando se trata do emissor e a concatenação dos pacotes recebidos, quando se trata do recetor;
- Encapsular cada pacote de dados com um cabeçalho contendo o número de sequência do pacote (módulo 255) e o tamanho do pacote;
- Leitura do ficheiro a enviar, quando se trata do emissor, e criação do ficheiro, quando se trata do recetor.

Estas funcionalidades foram implementadas usando funções descritas a seguir.

transmit:

```
int transmit(char *port, char *file, int packet_size); //Packet_size
//apenas para testes
```

Esta função chama **llopen** para abrir a porta de série e iniciar a comunicação, abre o ficheiro a ser transmitido, envia um pacote de controlo *START* usando a função **sendControl**, executa um ciclo em que lê data do ficheiro, chama a função **setDataPackage** para construir um pacote de dados a partir desses dados e envia usando a função **llwrite**. Quando o ficheiro foi totalmente enviado, é enviado um pacote de controlo *END* e chamda a função **llclose** para terminar a comunicação e fechar a porta de série.

receive:

```
int receive(char *port, int packet_size); //Packet_size apenas para
//testes
```

Esta função chama **llopen** para abrir a porta de série e iniciar a comunicação, depois lê o pacote de controlo *START* utilizando **llread**, interpreta-o em **interpretPacket**, onde cria o ficheiro a ser recebido. Posteriormente, executa um ciclo onde lê pacotes de dados de **llread**, interpreta-os com **interprePacket** e os escreve no ficheiro. Eventualmente, interpretará um pacote de controlo *END*, o que fará a leitura parar. Posteriormente, chamará a função **llclose** para terminar a comunicação e fechar a porta de série.

Validação

De forma a estudar a aplicação desenvolvida, foram efetuados os seguintes testes:

- Envio de ficheiros de vários tamanhos.
- Geração de curto circuito enquanto se envia um ficheiro.
- Interrupção da ligação por alguns segundos enquanto se envia um ficheiro.
- Envio do um ficheiro com variação do tamanho de pacotes.

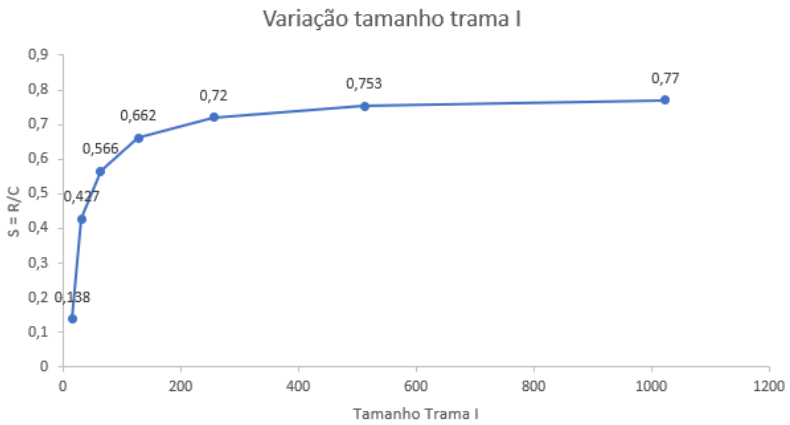
Todos os testes foram concluídos com sucesso.

Eficiência

Nota: Código de teste de eficiência elaborado após a apresentação.

De forma a testar a eficiência foram realizados 4 testes:

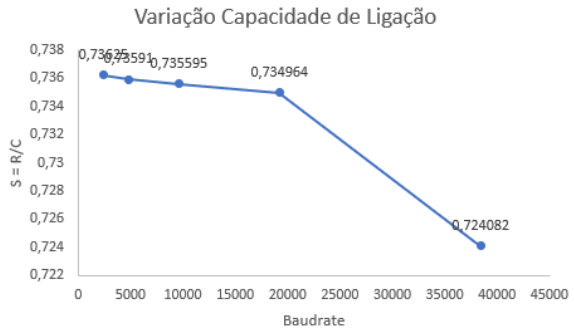
- Variação do tamanho das tramas I



Variando o tamanho de pacotes de dados, foi possível variar o tamanho da trama I. Como podemos ver pelo gráfico, quanto maior for a trama I, mais eficiente será o

protocolo da ligação de dados.

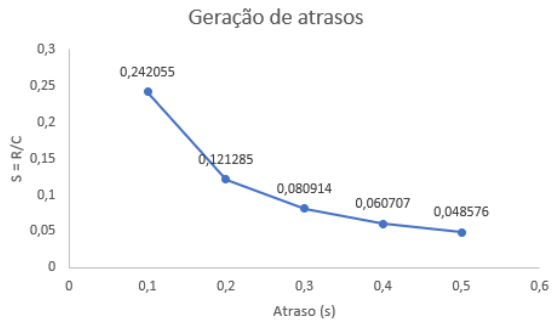
- Variação da capacidade de ligação



Alterando o *BAUDRATE*, foi possível alterar a capacidade de ligação.

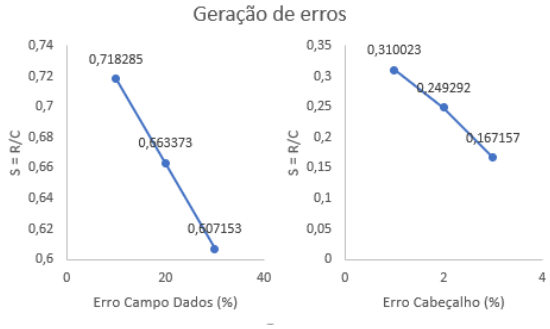
Como podemos ver pelo gráfico, quanto maior a capacidade de ligação, menor será a eficiência.

- Geração de atraso no processamento de cada trama



Introduzindo atrasos no processamento de cada trama recebida diminuirá a eficiência.

- Geração aleatória de erros em tramas I



Introduzindo erros tanto no cabeçalho como no campo de dados das

tramas I diminuirá a eficiência. Os erros no cabeçalho terão um maior impacto pois quando é detetado um erro no campo de dados é enviado um *REJ* que fará com que o transmissor reenvie imediatamente a trama, enquanto que quando é detetado um erro no cabeçalho é necessário esperar que o transmissor receba um alarme e reenvie a trama.

Conclusões

O tema deste trabalho é o protocolo de ligação de dados, que consiste em fornecer um serviço de comunicação de dados fiável entre dois sistemas ligados por um meio de transmissão, neste caso, um cabo série.

Foram alcançados os objetivos de aprendizagem propostos, fazendo o envio de dados assíncrono dividido por camadas.

Anexos

application.c

```c
#include "common.h"
#include "ll.h"

#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>

#ifdef TIME
#include <time.h>

FILE *timeLog;

void openTimeLogFile()
{
    timeLog = fopen("timeLog.txt", "a");
}

void closeTimeLogFile()
{
    fclose(timeLog);
}
#endif

#ifdef LOG
FILE *appLog;

void openAppLogFile()
{
    appLog = fopen("appLog.txt", "a");
}

void closeAppLogFile()
{
    fclose(appLog);
}
```

```
#endif

#ifdef PROGRESS
void print_progress(int progress, int max)
{
    printf("\rProgress[");

    int i = 0;
    for (; i < 10; i++)
    {
        if (i < (progress * 10.0 / max))
            printf("#");

        else
            printf(" ");
    }

    printf("] %d%%", (int)(progress * 100.0 / max));
    fflush(stdout);
}
#endif

void sendControl(int porta, char *name, int size, int option)
{

    int package_size = 5;
    int name_length = strlen(name) + 1;

    int byte_size = ceil(log2((double)size + 1.0) / 8);

    package_size += byte_size;
    package_size += name_length;

    char *package;
    package = (char *)malloc(package_size);

    package[0] = option;
    package[1] = 0x00;
    package[2] = byte_size;

    memcpy(package + 3, &size, byte_size);

    int i = 3 + byte_size;

    package[i] = 0x01;
    package[i + 1] = name_length;

    int j;
    for (j = 0; j < name_length; j++)
```

```
    {
        package[i + j + 2] = name[j];
    }

    llwrite(porta, package, package_size);

    free(package);
}

void setDataPackage(char *buf, int data_size, int n)
{

    char *data = (char *)malloc(data_size);
    memcpy(data, buf, data_size);

    buf[0] = C_DATA;
    buf[1] = n % 256;
    buf[2] = data_size / 256;
    buf[3] = data_size % 256;

    int i;

    for (i = 0; i < data_size; i++)
    {
        buf[i + 4] = data[i];
    }

    free(data);
}

int transmit(char *port, char *file, int packet_size)
{
    int serial = llopen(port, TRANSMITTER);

#ifdef LOG
    fprintf(appLog, "Called llopen().\n");
#endif

    if (serial < 0)
        return -1;

    FILE *ficheiro = fopen(file, "r");

    if (ficheiro == 0)
    {
        printf("Error: %s is not a file.\n", file);
        return -1;
    }
```

```
    fseek(ficheiro, 0L, SEEK_END);
    int size = ftell(ficheiro);
    fclose(ficheiro);

    int n = 0; //PACKET n = 0 será START, a partir de n = 1 dados

    sendControl(serial, file, size, C_START);

#ifdef LOG
    fprintf(appLog, "Sent START Control Packet.\n");
#endif

    n++;

    int fd = open(file, O_RDONLY);

    int res;
    char *buf = (char *)malloc(packet_size);
    int progress = 0;

    while (progress != size)
    {
#ifdef PROGRESS
        print_progress(progress, size);
#endif

        res = read(fd, buf, packet_size - 4);

        if (res == 0)
            break;

        setDataPackage(buf, res, n);
        if (llwrite(serial, buf, res + 4) < 0)
            return -1;

#ifdef LOG
        fprintf(appLog, "Sent Data Packet n = %d.\n", n);
#endif

        progress += res;

        n++;
    }

    free(buf);

#ifdef PROGRESS
    print_progress(progress, size);
    printf("\n"); //To fix console after progress bar
```

```
#endif

    sendControl(serial, file, size, C_END);

#ifdef LOG
    fprintf(appLog, "Sent END Control Packet.\n");
#endif

    close(fd);

    llclose(serial, TRANSMITTER);

#ifdef LOG
    fprintf(appLog, "llclose() called.\n");
#endif

    return 0;
}

int interpretPacket(char *buf, int res, int *file, int n, int *size)
{
    if (buf[0] == C_START)
    {
        memcpy(size, buf + 3, buf[2]);

        int i = 5 + buf[2];
        int j = 0;
        char *file_name = (char *)malloc(res - i);

        for (; i < res; i++, j++)
        {
            file_name[j] = buf[i];
        }

        int fd = open(file_name, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0644);
        *file = fd;

        free(file_name);

#ifdef LOG
        fprintf(appLog, "Received START Control Packet.\n");
#endif

        return FALSE;
    }

    if (buf[0] == C_END)
    {
#ifdef LOG
```

```
        fprintf(appLog, "Received END Control Packet.\n");
#endif

        return TRUE;
    }

    if (buf[0] != C_DATA)
        printf("Campo Controlo Packet %d não conhecido, assumindo 1.\n",
n);

    if (buf[0] == C_DATA)
    {
        char *data = (char *)malloc(res - 4);

        int i;

        for (i = 0; i < res - 4; i++)
        {
            data[i] = buf[i + 4];
        }

        write(*file, data, res - 4);

        free(data);

#ifdef LOG
        fprintf(appLog, "Received Data Packet n = %d.\n", buf[1]);
#endif

        return FALSE;
    }

    return FALSE;
}

int receive(char *port, int packet_size)
{
#ifdef TIME
    struct timespec start;
    clock_gettime(CLOCK_REALTIME, &start);
#endif

    int serial = llopen(port, RECEIVER);

    if (serial < 0)
        return -1;

    char buffer[PACKET_SIZE];
```

```
    int res = llread(serial, buffer);

    int file;

    int n = 0;
    int size = 0;

    interpretPacket(buffer, res, &file, n, &size); //PACKET n = 0 será
START, a partir de n = 1 dados
    n++;

    char *buf = (char *)malloc(packet_size);

    int end = FALSE;

    int progress = 0;
    while (!end)
    {
#ifdef PROGRESS
        print_progress(progress, size);
#endif

        res = llread(serial, buf);
        if (res < 0)
            return res;

        end = interpretPacket(buf, res, &file, n, &size);
        n++;

        progress += res - 4;
    }

    free(buf);

#ifdef PROGRESS
    printf("\n"); //To fix console after progress bar
#endif

    close(file);

    llclose(serial, RECEIVER);

#ifdef TIME
    struct timespec finish;
    clock_gettime(CLOCK_REALTIME, &finish);

    float time = (finish.tv_sec - start.tv_sec) + (finish.tv_nsec -
start.tv_nsec) / 1E9;
```

```
    float r = (size * 8)/time;
    float s = r/38400;

    fprintf(timeLog, "%f %f %d %f 38400\n", s, r, packet_size, time);
//BAUDRATE WILL BE DIFFERENT ON EFI_BAUDRATE
#endif

    return 0;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    if (argc < 2 || argc > 4)
    {
        printf("Usage: [transmit/receive] SerialPort [filename]\n");
        return -1;
    }

    if (argc == 4)
    {
        if (strcmp(argv[1], "transmit"))
        {
            printf("Usage: [transmit/receive] SerialPort [filename]\n");
            return -1;
        }

#ifdef LOG
        openAppLogFile();
#endif

#ifdef PROGRESS
        transmit(argv[2], argv[3], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_SIZE
        int i = 0;
        for (; i < 3; i++)
        {
            transmit(argv[2], argv[3], 10);
            transmit(argv[2], argv[3], 26);
            transmit(argv[2], argv[3], 58);
            transmit(argv[2], argv[3], 122);
            transmit(argv[2], argv[3], 250);
            transmit(argv[2], argv[3], 506);
            transmit(argv[2], argv[3], 1018);
        }
#endif

#ifdef EFI_BAUDRATE
```

```
        int i = 0;
        for (; i < 15; i++)
            transmit(argv[2], argv[3], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_DELAY
        int i = 0;
        for (; i < 30; i++)
            transmit(argv[2], argv[3], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_ERROR
        int i = 0;
        for (; i < 18; i++)
            transmit(argv[2], argv[3], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef LOG
        closeAppLogFile();
#endif

        return 0;
    }

    if (argc == 3)
    {
        if (strcmp(argv[1], "receive"))
        {
            printf("Usage: [transmit/receive] SerialPort [filename]\n");
            return -1;
        }

#ifdef LOG
        openAppLogFile();
#endif

#ifdef TIME
        openTimeLogFile();
        fprintf(timeLog, "S=R/C R PACKET_SIZE TIME BAUDRATE\n");
#endif

#ifdef PROGRESS
        receive(argv[2], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_SIZE
        int i = 0;
        for (; i < 3; i++)
        {
```

```
            receive(argv[2], 10);
            receive(argv[2], 26);
            receive(argv[2], 58);
            receive(argv[2], 122);
            receive(argv[2], 250);
            receive(argv[2], 506);
            receive(argv[2], 1018);
        }
#endif

#ifdef EFI_BAUDRATE
        int i = 0;
        for (; i < 15; i++)
            receive(argv[2], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_DELAY
        int i = 0;
        for (; i < 30; i++)
            receive(argv[2], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef EFI_ERROR
        srand(time(NULL));
        int i = 0;
        for (; i < 18; i++)
            receive(argv[2], PACKET_SIZE);
#endif

#ifdef LOG
        closeAppLogFile();
#endif

#ifdef TIME
        closeTimeLogFile();
#endif

        return 0;
    }

    printf("Usage: [transmit/receive] SerialPort [filename]\n");
    return 1;
}
```

ll.c:

```
#ifdef EFI_DELAY
#define _BSD_SOURCE
#endif

#include "common.h"
#include "constants.h"

#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 <strings.h>
#include <signal.h>

int trama = 0;
int flag_alarme = 0;
int conta_alarme = 0;

#ifdef EFI_BAUDRATE
int indice = 0;
int baudrate[8];

#endif

#ifdef EFI_DELAY
int indice = -1;
#endif

#ifdef EFI_ERROR
int indice = -1;
#endif

#ifdef LOG
FILE *llLog;

void openLLLogFile()
{
    llLog = fopen("llLog.txt", "a");
}
```

```
void closeLLLogFile()
{
    fclose(llLog);
}
#endif

void atende_alarme()
{
    flag_alarme = 1;
    conta_alarme++;

#ifdef LOG
    fprintf(llLog, "Alarme %d\n", conta_alarme);
#endif
}

void desativa_alarme()
{
    flag_alarme = 0;
    alarm(0);
}

int setup(char *port)
{
    int fd;
    struct termios oldtio, newtio;

    if (((strcmp("/dev/ttyS0", port) != 0) && (strcmp("/dev/ttyS1", port)
!= 0)))
    {
        printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS1\n");
        exit(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.

  */

    fd = open(port, O_RDWR | O_NOCTTY);
    if (fd < 0)
    {
        perror(port);
        exit(-1);
    }

    if (tcgetattr(fd, &oldtio) == -1)
```

```
    { /* save current port settings */
        perror("tcgetattr");
        exit(-1);
    }

    bzero(&newtio, sizeof(newtio));

#ifdef EFI_BAUDRATE
    if (indice == 0)
    {
        baudrate[0] = B38400;
        baudrate[1] = B19200;
        baudrate[2] = B9600;
        baudrate[3] = B4800;
        baudrate[4] = B2400;
    }

    if (indice == 5)
        indice = 0;

    newtio.c_cflag = baudrate[indice] | CS8 | CLOCAL | CREAD;

    indice++;

#else
    newtio.c_cflag = BAUDRATE | CS8 | CLOCAL | CREAD;
#endif

    newtio.c_iflag = IGNPAR;
    newtio.c_oflag = 0;

    /* set input mode (non-canonical, no echo,...) */
    newtio.c_lflag = 0;

    newtio.c_cc[VTIME] = 1; /* 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);
```

```
    }

#ifdef LOG
    openLLLogFile();

    fprintf(llLog, "New termios structure set\n");
#endif

    struct sigaction action;
    action.sa_handler = atende_alarme;
    sigemptyset(&action.sa_mask);
    action.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGALRM, &action, NULL);

#ifdef EFI_DELAY
    indice++;
    if (indice == 5)
        indice = 0;
#endif

#ifdef EFI_ERROR
    indice++;
    if (indice == 6)
        indice = 0;
#endif

    return fd;
}

int llopenTransmitter(int fd)
{
    char set[SUP_SIZE];

    set[0] = FLAG;
    set[1] = ADDRESS_SENDER;
    set[2] = SET_CONTROL;
    set[3] = ADDRESS_SENDER ^ SET_CONTROL;
    set[4] = FLAG;

    char ua[SUP_SIZE];

    int recebido = FALSE;
    int i = 0, res = 0;

    while (conta_alarme <= MAX_ALARMS && !recebido)
    {
        desativa_alarme();

        res = write(fd, set, SUP_SIZE);
```

```
        if (res != SUP_SIZE)
            continue;

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "SET enviado!\n");
#endif

        alarm(3);

        i = 0;

        while (!flag_alarme && !recebido)
        {
            res = read(fd, ua + i, 1);

            if (res <= 0)
                continue;

            switch (i)
            {
            case 0:
                if (ua[i] != FLAG)
                    continue;
                break;
            case 1:
                if (ua[i] != ADDRESS_SENDER)
                {
                    if (ua[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    continue;
                }
                break;
            case 2:
                if (ua[i] != UA_CONTROL)
                {
                    if (ua[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    else
                        i = 1;
                    continue;
                }
                break;
            case 3:
                if (ua[i] != (ADDRESS_SENDER ^ UA_CONTROL))
                {
                    if (ua[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    else
```

```
                        i = 1;
                    continue;
                }
                break;
            case 4:
                if (ua[i] != FLAG)
                {
                    i = 0;
                    continue;
                }
                break;
            default:
                break;
            }

            i++;

            if (i == SUP_SIZE)
            {
                recebido = TRUE;

#ifdef LOG
                fprintf(llLog, "UA recebido!\n");
#endif

                desativa_alarme();
            }
        }
    }

    if (!recebido)
        return -1;

    conta_alarme = 0;

    return 0;
}

int llopenReceiver(int fd)
{
    char set[SUP_SIZE];

    char ua[SUP_SIZE];

    ua[0] = FLAG;
    ua[1] = ADDRESS_SENDER;
    ua[2] = UA_CONTROL;
    ua[3] = ADDRESS_SENDER ^ UA_CONTROL;
    ua[4] = FLAG;
```

```
int recebido = FALSE;
int i = 0, res = 0;

while (!recebido)
{
    res = read(fd, set + i, 1);

    if (res <= 0)
        continue;

    switch (i)
    {
    case 0:
        if (set[i] != FLAG)
            continue;
        break;
    case 1:
        if (set[i] != ADDRESS_SENDER)
        {
            if (set[i] != FLAG)
                i = 0;
            continue;
        }
        break;
    case 2:
        if (set[i] != SET_CONTROL)
        {
            if (set[i] != FLAG)
                i = 0;
            else
                i = 1;
            continue;
        }
        break;
    case 3:
        if (set[i] != (ADDRESS_SENDER ^ SET_CONTROL))
        {
            if (set[i] != FLAG)
                i = 0;
            else
                i = 1;
            continue;
        }
        break;
    case 4:
        if (set[i] != FLAG)
        {
            i = 0;
```

```
                continue;
            }
            break;
        default:
            break;
        }

        i++;

        if (i == SUP_SIZE)
        {
            recebido = TRUE;

#ifdef LOG
            fprintf(llLog, "SET recebido!\n");
#endif
        }
    }

    int enviado = FALSE;

    while (!enviado)
    {
        res = write(fd, ua, SUP_SIZE);

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "UA enviado!\n");
#endif

        if (res == SUP_SIZE)
            enviado = TRUE;
    }

    return 0;
}

int llopen(char *port, int flag)
{
    int fd = setup(port);
    int res;

    if (flag == TRANSMITTER)
        res = llopenTransmitter(fd);

    else if (flag == RECEIVER)
        res = llopenReceiver(fd);

    if (res < 0)
        return res;
```

```
    return fd;
}

void sendRR(int fd, int rej)
{
    char rr[5];

    rr[0] = FLAG;
    rr[1] = ADDRESS_SENDER;

    if (trama == 0)
    {
        if (rej)
        {
            rr[2] = REJ_CONTROL0;
            rr[3] = ADDRESS_SENDER ^ REJ_CONTROL0;
        }

        else
        {
            rr[2] = RR_CONTROL0;
            rr[3] = ADDRESS_SENDER ^ RR_CONTROL0;
        }
    }

    else
    {
        if (rej)
        {
            rr[2] = REJ_CONTROL1;
            rr[3] = ADDRESS_SENDER ^ REJ_CONTROL1;
        }

        else
        {
            rr[2] = RR_CONTROL1;
            rr[3] = ADDRESS_SENDER ^ RR_CONTROL1;
        }
    }

    rr[4] = FLAG;

    int enviado = FALSE;
    int res;

    while (!enviado)
    {
        res = write(fd, rr, SUP_SIZE);
```

```
        if (res == SUP_SIZE)
            enviado = TRUE;
    }
}

int llwrite(int fd, char *buffer, int length)
{
    if (length <= 0 || !(trama == 0 || trama == 1))
        return -1;

    char bcc2 = 0;
    int i = 0;

    for (; i < length; i++)
        bcc2 ^= buffer[i];

    char *buf;

    buf = (char *)malloc((length + 1) * 2 + 5);

    buf[0] = FLAG;
    buf[1] = ADDRESS_SENDER;

    if (trama == 0)
    {
        buf[2] = INF_CONTROL0;
        buf[3] = ADDRESS_SENDER ^ INF_CONTROL0;
    }

    else if (trama == 1)
    {
        buf[2] = INF_CONTROL1;
        buf[3] = ADDRESS_SENDER ^ INF_CONTROL1;
    }

    i = 0;
    int j = 4;

    for (; i < length; i++, j++)
    {
        if (buffer[i] == FLAG)
        {
            buf[j] = INF_ESCAPE;
            j++;
            buf[j] = INF_XOR_FLAG;
        }

        else if (buffer[i] == INF_ESCAPE)
```

```
        {
            buf[j] = INF_ESCAPE;
            j++;
            buf[j] = INF_XOR_ESCAPE;
        }

        else
            buf[j] = buffer[i];
    }

    if (bcc2 == FLAG)
    {
        buf[j] = INF_ESCAPE;
        j++;
        buf[j] = INF_XOR_FLAG;
    }

    else if (bcc2 == INF_ESCAPE)
    {
        buf[j] = INF_ESCAPE;
        j++;
        buf[j] = INF_XOR_ESCAPE;
    }

    else
        buf[j] = bcc2;

    j++;

    buf[j] = FLAG;

    j++; // j contém numero de chars usados

    char rr[5];
    int res;
    int recebido = FALSE;
    i = 0;
    int temp_trama = -1;
    int rej = FALSE;

    while (conta_alarme <= MAX_ALARMS && !recebido)
    {
        desativa_alarme();

        res = write(fd, buf, j);

        if (res != j)
            continue;
```

```
#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "Trama I%d enviada!\n", trama);
#endif

        alarm(3);

        i = 0;

        while (!flag_alarme && !recebido)
        {
            res = read(fd, rr + i, 1);

            if (res <= 0)
                continue;

            switch (i)
            {
            case 0:
                if (rr[i] != FLAG)
                    continue;
                break;
            case 1:
                if (rr[i] != ADDRESS_SENDER)
                {
                    if (rr[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    continue;
                }
                break;
            case 2:
                if (rr[i] == (char)RR_CONTROL0)
                    temp_trama = 0;
                else if (rr[i] == (char)RR_CONTROL1)
                    temp_trama = 1;
                else if (rr[i] == (char)REJ_CONTROL0)
                {
                    rej = TRUE;
                    temp_trama = 0;
                }
                else if (rr[i] == (char)REJ_CONTROL1)
                {
                    rej = TRUE;
                    temp_trama = 1;
                }
                else
                {
                    if (rr[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    else
```

```
                    i = 1;
                continue;
            }
            break;
        case 3:
            if ((rej && ((rr[i] == (char)(ADDRESS_SENDER ^
REJ_CONTROL0) && temp_trama == 0) || (rr[i] == (char)(ADDRESS_SENDER ^
REJ_CONTROL1) && temp_trama == 1))) || (!rej && ((rr[i] ==
(char)(ADDRESS_SENDER ^ RR_CONTROL0) && temp_trama == 0) || (rr[i] ==
(char)(ADDRESS_SENDER ^ RR_CONTROL1) && temp_trama == 1))))
                break;
            else
            {
                if (rr[i] != FLAG)
                    i = 0;
                else
                    i = 1;
                continue;
            }
        case 4:
            if (rr[i] != FLAG)
            {
                i = 0;
                continue;
            }
            break;
        default:
            break;
        }

        i++;

        if (i == SUP_SIZE)
        {
            desativa_alarme();
            recebido = TRUE;

#ifdef LOG
            if (rej)
                fprintf(llLog, "REJ%d recebido!\n", temp_trama);

            else
                fprintf(llLog, "RR%d recebido!\n", temp_trama);
#endif
        }
    }

    if (!recebido)
        continue;
```

```
        conta_alarme = 0;

        if (rej || trama == temp_trama)
        {
            temp_trama = -1;
            recebido = FALSE;
            rej = FALSE;

#ifdef LOG
            fprintf(llLog, "Re-sending trama I%d!\n", trama);
#endif

            continue;
        }

        if (trama == 0)
            trama = 1;

        else
            trama = 0;
    }

    if (!recebido)
        return -1;

    free(buf);

    return j;
}

int check_initials(int fd)
{
    char inf[4];

    int recebido = FALSE;
    int i = 0, res = 0;
    int temp_trama = -1;

    while (!recebido)
    {
        res = read(fd, inf + i, 1);

#ifdef EFI_ERROR
        if (i == 0 && indice % 2 == 1)
        {
            int r = rand() % 100;

            if (r < indice + 1)
```

```
                inf[i] = 0;
        }
#endif

        if (res <= 0)
            continue;

        switch (i)
        {
        case 0:
            if (inf[i] != FLAG)
                continue;
            break;
        case 1:
            if (inf[i] != ADDRESS_SENDER)
            {
                if (inf[i] != FLAG)
                    i = 0;
                continue;
            }
            break;
        case 2:
            if (inf[i] == INF_CONTROL0)
                temp_trama = 0;
            else if (inf[i] == INF_CONTROL1)
                temp_trama = 1;
            else
            {
                if (inf[i] != FLAG)
                    i = 0;
                else
                    i = 1;
                continue;
            }
            break;
        case 3:
            if (!((inf[i] == (ADDRESS_SENDER ^ INF_CONTROL0) &&
temp_trama == 0) || (inf[i] == (ADDRESS_SENDER ^ INF_CONTROL1) &&
temp_trama == 1)))
            {
                if (inf[i] != FLAG)
                    i = 0;
                else
                    i = 1;
                continue;
            }
            break;
        default:
            break;
```

```
        }

        i++;

        if (i == INF_HEADER_SIZE)
            recebido = TRUE;
    }

    return temp_trama;
}

int llread(int fd, char *buffer)
{
    int certo = FALSE;
    int rej;
    int temp_trama;
    char data;
    char bcc;
    int recebido;
    int i;
    int destuffing;
    int res;

    while (!certo)
    {
        temp_trama = check_initials(fd);

        if (temp_trama < 0)
            return temp_trama;

        rej = FALSE;
        recebido = FALSE;
        i = 0;
        destuffing = FALSE;
        res = 0;

        while (!recebido)
        {
            res = read(fd, &data, 1);

            if (res <= 0)
                continue;

            if (destuffing)
            {
                destuffing = FALSE;

                if (data == INF_XOR_FLAG)
                    data = FLAG;
```

```
                else if (data == INF_XOR_ESCAPE)
                    data = INF_ESCAPE;

                else
                    return -1;
            }

            else if (data == FLAG)
            {
                if (i == 0)
                    return -1;

                recebido = TRUE;
                break;
            }

            //DE-STUFFING
            else if (data == INF_ESCAPE)
            {
                destuffing = TRUE;
                continue;
            }

            if (i != 0)
                buffer[i - 1] = bcc;

            bcc = data;
            i++;
        }

        i--; //BCC doesn't count

        //i has num char read to buffer

        char check = 0;
        int j = 0;

        for (; j < i; j++)
            check ^= buffer[j];

        if (check != bcc)
            rej = TRUE;

#ifdef EFI_ERROR
        if (indice % 2 == 0)
        {
            int r = rand() % 100;
```

```
            if (r < (indice * 10) / 2)
                rej = TRUE;
        }
#endif

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "Trama %d recebida!\n", temp_trama);
#endif

        if (rej && temp_trama == trama)
        {
            sendRR(fd, rej);

#ifdef LOG
            fprintf(llLog, "REJ%d enviado!\n", trama);
#endif

            continue;
        }

        if (temp_trama != trama)
        {
            sendRR(fd, rej);

#ifdef LOG
            fprintf(llLog, "RR%d re-enviado!\n", trama);
#endif

            continue;
        }

        certo = TRUE;

        if (trama == 0)
            trama = 1;

        else
            trama = 0;

        sendRR(fd, rej);

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "RR%d enviado!\n", trama);
#endif
    }

#ifdef EFI_DELAY
    usleep(100000 * (indice + 1));
#endif
```

```
    return i;
}

int llcloseTransmitter(int fd)
{
    char disc_sender[5];

    disc_sender[0] = FLAG;
    disc_sender[1] = ADDRESS_SENDER;
    disc_sender[2] = DISC_CONTROL;
    disc_sender[3] = ADDRESS_SENDER ^ DISC_CONTROL;
    disc_sender[4] = FLAG;

    char disc_receiver[5];

    int recebido = FALSE;
    int i = 0, res = 0;

    while (conta_alarme <= MAX_ALARMS && !recebido)
    {
        desativa_alarme();

        res = write(fd, disc_sender, SUP_SIZE);

        if (res != SUP_SIZE)
            continue;

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "DISC enviado!\n");
#endif

        alarm(3);

        i = 0;

        while (!flag_alarme && !recebido)
        {
            res = read(fd, disc_receiver + i, 1);

            if (res <= 0)
                continue;

            switch (i)
            {
            case 0:
                if (disc_receiver[i] != FLAG)
                    continue;
                break;
```

```
            case 1:
                if (disc_receiver[i] != ADDRESS_RECEIVER)
                {
                    if (disc_receiver[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    continue;
                }
                break;
            case 2:
                if (disc_receiver[i] != DISC_CONTROL)
                {
                    if (disc_receiver[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    else
                        i = 1;
                    continue;
                }
                break;
            case 3:
                if (disc_receiver[i] != (ADDRESS_RECEIVER ^
DISC_CONTROL))
                {
                    if (disc_receiver[i] != FLAG)
                        i = 0;
                    else
                        i = 1;
                    continue;
                }
                break;
            case 4:
                if (disc_receiver[i] != FLAG)
                {
                    i = 0;
                    continue;
                }
                break;
            default:
                break;
            }

            i++;

            if (i == SUP_SIZE)
            {
                recebido = TRUE;

#ifdef LOG
                fprintf(llLog, "DISC recebido!\n");
#endif
```

```
                desativa_alarme();
            }
        }
    }

    if (!recebido)
        return -1;

    conta_alarme = 0;

    char ua[5];

    ua[0] = FLAG;
    ua[1] = ADDRESS_RECEIVER;
    ua[2] = UA_CONTROL;
    ua[3] = ADDRESS_RECEIVER ^ UA_CONTROL;
    ua[4] = FLAG;

    int enviado = FALSE;

    while (!enviado)
    {
        res = write(fd, ua, SUP_SIZE);

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "UA enviado!\n");
#endif

        if (res == SUP_SIZE)
            enviado = TRUE;
    }

    close(fd);

    return 1;
}

int llcloseReceiver(int fd)
{
    char disc_sender[5];

    char disc_receiver[5];

    disc_receiver[0] = FLAG;
    disc_receiver[1] = ADDRESS_RECEIVER;
    disc_receiver[2] = DISC_CONTROL;
    disc_receiver[3] = ADDRESS_RECEIVER ^ DISC_CONTROL;
    disc_receiver[4] = FLAG;
```

```
int recebido = FALSE;
int i = 0, res = 0;

while (!recebido)
{
    res = read(fd, disc_sender + i, 1);

    if (res <= 0)
        continue;

    switch (i)
    {
    case 0:
        if (disc_sender[i] != FLAG)
            continue;
        break;
    case 1:
        if (disc_sender[i] != ADDRESS_SENDER)
        {
            if (disc_sender[i] != FLAG)
                i = 0;
            continue;
        }
        break;
    case 2:
        if (disc_sender[i] != DISC_CONTROL)
        {
            if (disc_sender[i] != FLAG)
                i = 0;
            else
                i = 1;
            continue;
        }
        break;
    case 3:
        if (disc_sender[i] != (ADDRESS_SENDER ^ DISC_CONTROL))
        {
            if (disc_sender[i] != FLAG)
                i = 0;
            else
                i = 1;
            continue;
        }
        break;
    case 4:
        if (disc_sender[i] != FLAG)
        {
            i = 0;
```

```
                continue;
            }
            break;
        default:
            break;
        }

        i++;

        if (i == SUP_SIZE)
        {
            recebido = TRUE;

#ifdef LOG
            fprintf(llLog, "DISC recebido!\n");
#endif
        }
    }

    int enviado = FALSE;

    while (!enviado)
    {
        res = write(fd, disc_receiver, SUP_SIZE);

#ifdef LOG
        fprintf(llLog, "DISC enviado!\n");
#endif

        if (res == SUP_SIZE)
            enviado = TRUE;
    }

    close(fd);

    return 1;
}

int llclose(int fd, int flag)
{
    if (flag == TRANSMITTER)
    {
        llcloseTransmitter(fd);

#ifdef LOG
        closeLLLogFile();
#endif

        return 0;
```

```
    }

    if (flag == RECEIVER)
    {
        llcloseReceiver(fd);

#ifdef LOG
        closeLLLogFile();
#endif

        return 0;
    }

    return -1;
}
```

ll.h:

```
#ifndef LL_H
#define LL_H

#define C_START 0x02
#define C_END 0x03
#define C_DATA 0x01
#define PACKET_SIZE 250

int llopen(char *port, int flag);
int llwrite(int fd, char *buffer, int length);
int llread(int fd, char *buffer);
int llclose(int fd, int flag);

#endif
```

constants.h:

```
#ifndef CONSTANTS_H
#define CONSTANTS_H

#define BAUDRATE B38400
#define MODEMDEVICE "/dev/ttyS1"
#define _POSIX_SOURCE 1 /* POSIX compliant source */

#define MAX_ALARMS 3

#define FLAG 0x7E
#define ADDRESS_SENDER 0x03
#define ADDRESS_RECEIVER 0x01
```

```
#define SUP_SIZE 5

#define SET_CONTROL 0x03
#define UA_CONTROL 0x07
#define RR_CONTROL0 0x05
#define RR_CONTROL1 0x85
#define REJ_CONTROL0 0x01
#define REJ_CONTROL1 0x81
#define DISC_CONTROL 0x0B

#define INF_HEADER_SIZE 4

#define INF_CONTROL0 0x00
#define INF_CONTROL1 0x40

#define INF_ESCAPE 0x7D
#define INF_XOR_FLAG 0x5E
#define INF_XOR_ESCAPE 0x5D

#endif
```

common.h:

```
#ifndef COMMON_H
#define COMMON_H

#define FALSE 0
#define TRUE 1

#define TRANSMITTER 0
#define RECEIVER 1

#endif
```