Trabajo Práctico N° 9

Módulo 3

Módulo III: Visualizadores – Protocolos – Interfaces de E/S

Profesor

Jorge Elias Morales

Integrantes

Marcos Bordón Rios - Marcos-BR-03

Fernando Gimenez Coria - FerCbr

Karina Jazmin Barbero - karina-lolis

Nicolás Barrionuevo - NicolasBa27

Macarena Aylen Carballo - MacarenaAC

Raul Jara - r-j28

Diego Ezequiel Ares - diegote7

Juan Diego Gonzaléz Antoniazzi - JDGA1997

Fecha de entrega

Miércoles 23 de Octubre 2024

Índice

Ejercicio Nº1

1. Implementen una simulación de una Conexión en RF(radio frecuencia) en Wokwi o Proteus, utilizando ESP32 ó ARDUINO con las siguientes especificaciones:

Comunicación entre ESP32 usando LoRa SX1278

1. Introducción

En este proyecto se busca implementar una comunicación punto a punto entre dos ESP32 NodeMCU-32S utilizando módulos LoRa RA-01 (SX1278). El sistema consistirá en un emisor que enviará datos y un receptor que los mostrará en una pantalla LCD 2x20, con la confirmación de recepción mediante un ACK. A continuación se detalla el diseño completo, asignación de pines y la estructura del código para facilitar su implementación.

2. Materiales Necesarios

- 2x ESP32 NodeMCU-32S
- 2x Módulo LoRa RA-01 (SX1278)
- 1x Pantalla LCD 2x20 con adaptador I2C
- 1x Botón pulsador
- 1x LED
- Cables jumper macho-macho y macho-hembra
- Protoboard

3. Diagrama de conexión

3.1. Conexión del Módulo LoRa RA-01 al ESP32 NodeMCU-32S

Módulo LoRa RA-01 (SX1278)	ESP32 NodeMCU-32S
VCC	3V3
GND	GND

MISO	GPIO 19
MOSI	GPIO 23
SCK	GPIO 18
NSS (CS)	GPIO 5
RESET	GPIO 14
DIO0	GPIO 2

3.2. Conexión del botón y el LED (Emisor)

- Botón: Conectar un extremo al GPIO 12 y el otro a GND (con resistencia pull-up interna activada).
- LED: Conectar el ánodo al GPIO 13 y el cátodo a GND.

3.3. Conexión del LCD 2x20 (Receptor)

- SDA del LCD al GPIO 21 (I2C SDA)
- SCL del LCD al GPIO 22 (I2C SCL)

4. Instalación del Entorno

PlatformIO en Vscode

- Generar un nuevo proyecto de PlatformIO para la placa nodeMCU-32S
- Elegir el directorio adecuado
- Instalar las siguientes librerías desde el gestor de librerías:
  - LoRa de Sandeep Mistry.

- LiquidCrystal_I2C de marcoschwartz para el LCD con I2C.

5. Flujo del Código

Emisor

- Cuando el botón se presiona, se genera un mensaje aleatorio y se envía a través del módulo LoRa.
- Si el emisor recibe un mensaje ACK del receptor, enciende un LED durante un segundo.

Receptor

- Escucha constantemente los mensajes entrantes mediante el módulo LoRa.
- Al recibir un mensaje, lo muestra en la pantalla LCD.
- Envía un mensaje ACK de vuelta al emisor.

¿Es posible mejorar el algoritmo para que los controladores no estén leyendo el botón o escuchando los mensajes constantemente?

Es posible mediante el uso de las interrupciones. Una interrupción, como su nombre lo indica, corta el flujo normal del programa para atender una actividad determinada y luego devuelve el control del flujo a donde había quedado.

ISR en Microcontroladores: Reglas y Buenas Prácticas

- ISR deben ser cortas y rápidas:
  - Las interrupciones bloquean otras operaciones críticas del sistema. Ejecutar procesos largos (como comunicación SPI con LoRa) puede llevar a problemas de latencia o pérdida de interrupciones.
- No se recomienda llamar a funciones complejas en la ISR:
  - Comunicaciones por SPI (como con el módulo LoRa) pueden ser problemáticas desde una ISR, ya que SPI usa interrupciones y podría generar un conflicto.
  - Manipular objetos de clase o funciones complejas podría llevar a comportamientos inesperados.
- Alternativa recomendada:
  - Usar una bandera en la ISR y delegar el procesamiento al loop() es más seguro.

Así, podemos mejorar la eficiencia del código y optimizar el manejo de eventos sin bloquear la ISR.

Implementación con Debounce Directo en la ISR

Podemos hacer debounce en la ISR del botón y disparar directamente el método de envío o recepción en loop(), siguiendo las buenas prácticas.

Código Mejorado para el Emisor con Debounce en ISR

Se implementa un debounce en la ISR para evitar múltiples interrupciones y llamamos el envío desde el loop() con mínima latencia.

```
#include <Arduino.h>
#include "com_LoRa.h"
#include "lcdDisplay.h"

com_LoRa lora(433E6);
lcdDisplay display;

volatile bool mensajeDisponible = false;

void IRAM_ATTR isrLoRa() {
    mensajeDisponible = true;  // Bandera para recibir mensaje
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    display.init();
    lora.init();

    // Configura interrupción en DIO0
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), isrLoRa, RISING);

    Serial.println("Receptor listo.");
}
```

```
void loop() {
  if (mensajeDisponible) {
    mensajeDisponible = false;  // Reinicia bandera

    // Procesa el mensaje recibido
    String mensaje = lora.receiveMessage();
    if (mensaje != "") {
      Serial.println("Mensaje recibido: " + mensaje);
      display.showMessage(mensaje);  // Mostrar en LCD

      lora.sendMessage("ACK");
      Serial.println("ACK enviado.");
    }
  }
}
```

Llamadas a funciones dentro de la ISR vs Uso de Banderas en loop()

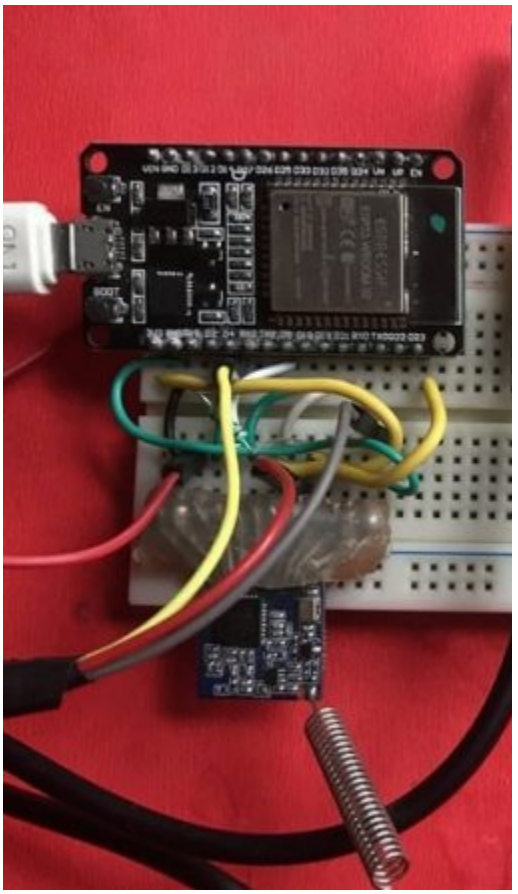
1- Interrupciones son para eventos rápidos: Las ISR deben ser cortas, manejando solo lógica simple como debounce o actualización de banderas.

2- Uso seguro de SPI y LoRa: Como SPI depende de interrupciones internas, el procesamiento complejo debe hacerse en el loop() para evitar conflictos.

3- Mínima latencia: Esta implementación ofrece una respuesta casi inmediata sin bloquear el sistema ni arriesgar conflictos.

A) Un ESP32 ó ARDUINO en modo Transmisor (TX)

Estructura del Emisor LoRa



1. Archivo de cabecera "com_Lora.h"

Este archivo define la clase com_LoRa, que encapsula la funcionalidad del módulo LoRa.

Métodos públicos:

- com_LoRa(long freq): Constructor que inicializa un objeto com_LoRa con una frecuencia específica.
- void init(): Inicializa el módulo LoRa configurando los pines y la frecuencia.
- void sendMessage(String msg): Envía un mensaje a través de LoRa.
- String receiveMessage(): Recibe un mensaje a través de LoRa.

2. Archivo fuente "com_Lora.cpp"

Este archivo contiene la implementación de los métodos de la clase com_LoRa.

Implementación de los métodos:

- com_LoRa::com_LoRa(long freq): Asigna la frecuencia al atributo frequency.
- com_LoRa::init(): Configura los pines del módulo LoRa (NSS, Reset, DIO0) e inicia el módulo con la frecuencia especificada. Si la inicialización falla, muestra un mensaje de error y detiene el programa.
- com_LoRa::sendMessage(String msg): Inicia un nuevo paquete LoRa, escribe el mensaje en el paquete y lo envía.
- com_LoRa::receiveMessage(): Verifica si hay un paquete recibido. Si lo hay, lee el mensaje byte por byte y lo almacena en un String. Finalmente, devuelve el mensaje recibido.

3. Archivo principal "main.cpp"

Este archivo contiene la lógica principal del programa.

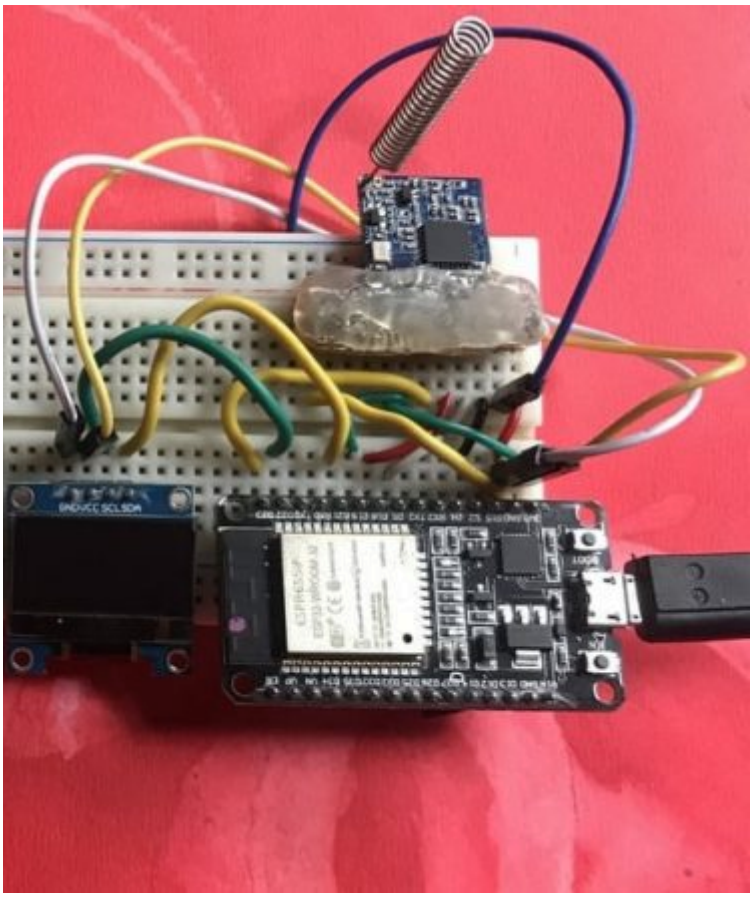
Estructura del programa:

El programa principal está estructurado en torno a un bucle principal (loop()) que se ejecuta continuamente.

- Dentro del loop(), se verifica si se ha pulsado un botón.
- Si se ha pulsado el botón, se selecciona un mensaje aleatorio de una lista predefinida.
- El mensaje se envía a través de LoRa utilizando la clase com_LoRa.
- Luego, se espera la recepción de un ACK (acuse de recibo) con un tiempo de espera de 2 segundos.
- Si se recibe el ACK, se enciende un LED durante 1 segundo.
- Si no se recibe el ACK, se muestra un mensaje en el monitor serie.

B) Un ESP32 ó ARDUINO en modo Receptor (RX)

Estructura del Receptor LoRa



1. Archivo de cabecera "com_Lora.h"

```
#ifndef COM_LORA_H
#define COM_LORA_H

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

class com_LoRa {
private:
   long frequency;  // Frecuencia del módulo LoRa
public:
   com_LoRa(long freq);
   void init();             // Inicializar LoRa
```

```
    void sendMessage(String msg);  // Enviar mensaje
    String receiveMessage();  // Recibir mensaje
};
#endif
```

Métodos públicos:

- **com_LoRa(long freq):** Constructor de la clase que recibe la frecuencia del módulo LoRa.
- **init():** Inicializa el módulo LoRa configurando los pines y la frecuencia.
- **sendMessage(String msg):** Envía un mensaje a través del módulo LoRa.
- **receiveMessage():** Recibe un mensaje a través del módulo LoRa.

2. Archivo fuente "com_Lora.cpp"

```
#include "com_LoRa.h"

com_LoRa::com_LoRa(long freq) : frequency(freq) {}

void com_LoRa::init() {
    LoRa.setPins(10, 9, 2);  // NSS, Reset, DIO0
    if (!LoRa.begin(frequency)) {
        Serial.println("Error al inicializar LoRa.");
        while (1);
    }
    Serial.println("LoRa inicializado.");
}

void com_LoRa::sendMessage(String msg) {
    LoRa.beginPacket();
```

```
    LoRa.print(msg);
    LoRa.endPacket();
    Serial.println("Mensaje enviado: " + msg);
}

String com_LoRa::receiveMessage() {
    String message = "";
    int packetSize = LoRa.parsePacket();
    if (packetSize) {
        while (LoRa.available()) {
            message += (char)LoRa.read();
        }
        Serial.println("Mensaje recibido: " + message);
    }
    return message;
}
```

Implementación de los métodos:

- **com_LoRa(long freq):** Inicializa la variable frequency con la frecuencia recibida como parámetro.
- **init():**
  - Configura los pines del módulo LoRa: **NSS en el pin 10, Reset en el pin 9 y DIO0 en el pin 2**.
  - Inicia el módulo LoRa en la frecuencia especificada. Si falla la inicialización, se imprime un mensaje de error y el programa se detiene.
  - Si la inicialización es exitosa, se imprime un mensaje de éxito.
- **sendMessage(String msg):**
  - Inicia un nuevo paquete LoRa.
  - Escribe el mensaje en el paquete.
  - Finaliza y envía el paquete.
  - Imprime en el monitor serial el mensaje enviado.
- **receiveMessage():**
  - Declara una variable message de tipo String para almacenar el mensaje recibido.
  - Obtiene el tamaño del paquete recibido.

- Si hay un paquete disponible (packetSize es mayor que 0), lee los bytes del paquete y los concatena en la variable message.
- Imprime en el monitor serial el mensaje recibido.
- Retorna el mensaje recibido.

3. Archivo principal "main.cpp"

```
#include <Arduino.h>
#include "com_LoRa.h"
#include "lcdDisplay.h"

com_LoRa lora(433E6);
lcdDisplay display;

volatile bool mensajeDisponible = false;

void IRAM_ATTR isrLoRa() {
    mensajeDisponible = true;  // Bandera para recibir mensaje
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    display.init();
    lora.init();

    // Configura interrupción en DIO0
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), isrLoRa, RISING);

    Serial.println("Receptor listo.");
```

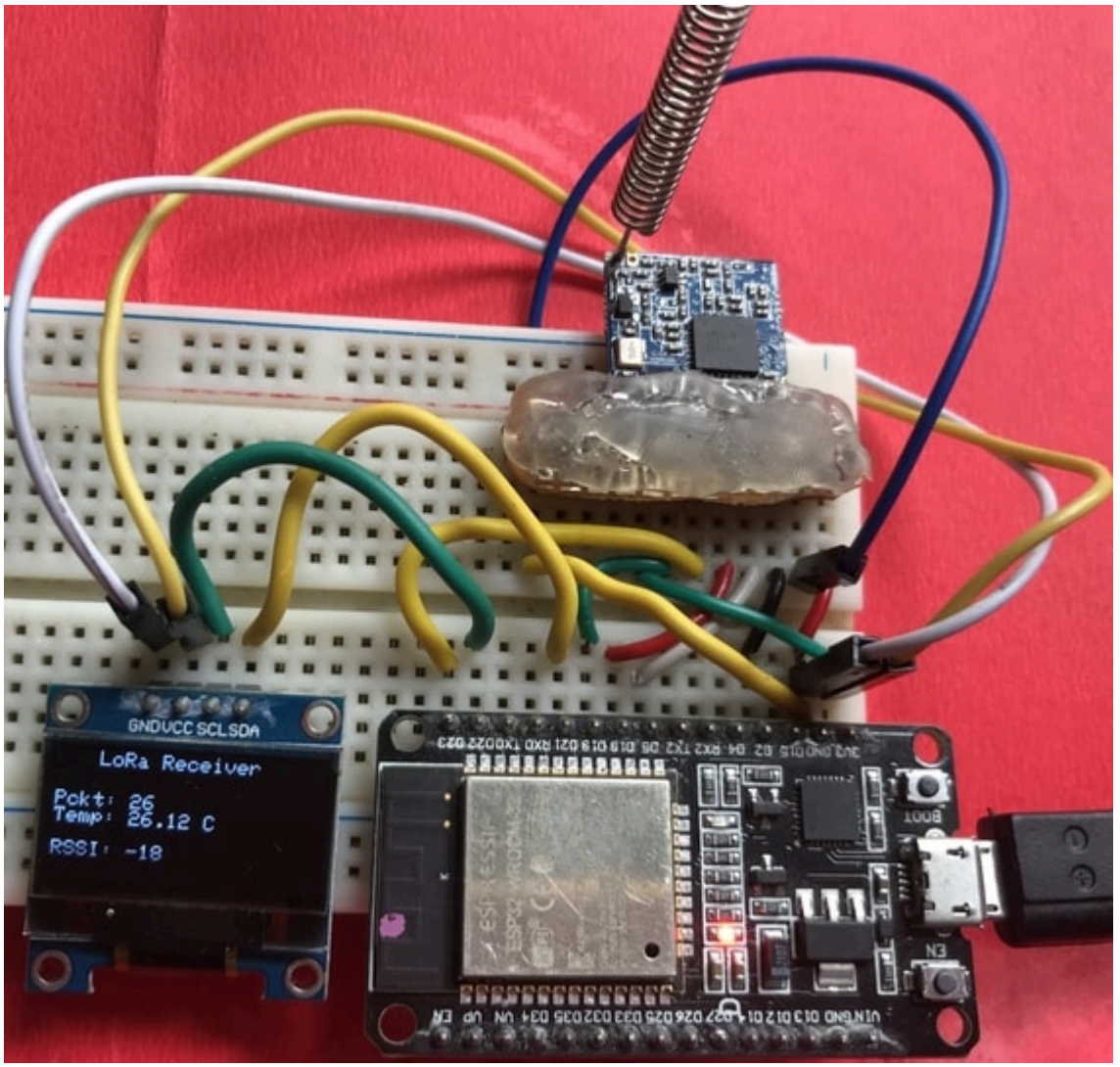
```
}


void loop() {
  if (mensajeDisponible) {
    mensajeDisponible = false;  // Reinicia bandera

    // Procesa el mensaje recibido
    String mensaje = lora.receiveMessage();
    if (mensaje != "") {
      Serial.println("Mensaje recibido: " + mensaje);
      display.showMessage(mensaje);  // Mostrar en LCD

      lora.sendMessage("ACK");
      Serial.println("ACK enviado.");
    }
  }
}
```

El programa está estructurado en:

- **Inicialización:** Se configura la comunicación serial, la pantalla LCD y el módulo LoRa. También se configura una interrupción en el pin DIO0 del módulo LoRa para detectar la llegada de un mensaje.
- **Bucle principal:** El programa principal espera la llegada de un mensaje a través de la interrupción. Cuando se recibe un mensaje, se procesa, se muestra en la pantalla LCD y se envía una confirmación ("ACK") al emisor.

2. Salida a una pantalla LCD de 16x2 ó Monitor Serial ó Terminal Virtual, para que solo aparezca una línea de transmisión, por ejemplo: Hello World.

Estructura para pantalla_de_16x2



1. Archivo de cabecera "DisplayOutput.h"

```
#ifndef DISPLAY_OUTPUT_H
#define DISPLAY_OUTPUT_H
```

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

class DisplayOutput {
private:
    LiquidCrystal_I2C *lcd; // Puntero a la pantalla LCD
    int lcdColumns;
    int lcdRows;

public:
    // Constructor
    DisplayOutput(int address, int lcdCols, int lcdRows);

    // Inicializar la pantalla
    void init();

    // Mostrar mensaje en el LCD
    void printMessage(const String &message);
};

#endif
```

Métodos públicos:

- DisplayOutput(int address, int lcdCols, int lcdRows): Constructor de la clase. Recibe la dirección I2C de la pantalla, el número de columnas y el número de filas.
- init(): Inicializa la pantalla LCD.
- printMessage(const String &message): Muestra un mensaje en la pantalla LCD.

2. Archivo fuente "DisplayOutput.cpp"

```
#include "DisplayOutput.h"

// Constructor
DisplayOutput::DisplayOutput(int address, int lcdCols, int lcdRows)
: lcdColumns(lcdCols), lcdRows(lcdRows) {
    lcd = new LiquidCrystal_I2C(address, lcdCols, lcdRows); // Crear el objeto LCD
}

// Inicializar el LCD
void DisplayOutput::init() {
    lcd->begin(lcdColumns, lcdRows);
    lcd->backlight();
}

// Mostrar mensaje en el LCD
void DisplayOutput::printMessage(const String &message) {
    lcd->clear();
    lcd->setCursor(0, 0); // Iniciar desde la primera línea
```

```
    lcd->print(message);
}
```

Implementación de los métodos:

- El constructor crea un objeto LiquidCrystal_I2C con la dirección, columnas y filas especificadas.
- init() inicializa la comunicación con la pantalla LCD y enciende la retroiluminación.
- printMessage() limpia la pantalla, posiciona el cursor en la primera línea y muestra el mensaje.

3. Archivo principal "main.cpp"

```
#include <Arduino.h>
#include "DisplayOutput.h"

// Dirección I2C de la pantalla LCD
#define LCD_ADDRESS 0x27
#define LCD_COLUMNS 16
#define LCD_ROWS 2

// Crear un objeto de la clase DisplayOutput
DisplayOutput display(LCD_ADDRESS, LCD_COLUMNS, LCD_ROWS);

void setup() {
    // Inicializar la comunicación serial
    Serial.begin(115200);
    // Inicializar el display
    display.init();
    // Mostrar mensaje en la LCD
    display.printMessage("Grupo Nro 1");
}

void loop() {
    // Enviar el mismo mensaje por el Monitor Serial
    Serial.println("Grupo Nro 1");
    delay(2000); // Esperar 2 segundos
}
```

El programa está estructurado en:

- Se definen las constantes para la dirección I2C, columnas y filas de la pantalla LCD.
- Se crea un objeto DisplayOutput llamado display.
- En setup(), se inicializa la comunicación serial y la pantalla LCD, y se muestra un mensaje inicial.
- En loop(), se envía el mismo mensaje por el monitor serial y se espera 2 segundos.

4. Archivo de cabecera "lcdDisplay.h"

```
#ifndef LCDDISPLAY_H
#define LCDDISPLAY_H

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

class lcdDisplay {
private:
    LiquidCrystal_I2C lcd;
public:
    lcdDisplay();
    void init();
    void showMessage(String msg);
};

#endif
```

Métodos públicos:

- lcdDisplay(): Constructor de la clase.
- init(): Inicializa la pantalla LCD.
- showMessage(String msg): Muestra un mensaje en la pantalla LCD.

2. Archivo fuente "lcdDisplay.cpp"

```
#include "lcdDisplay.h"

lcdDisplay::lcdDisplay() : lcd(0x27, 20, 2) {}

void lcdDisplay::init() {
    lcd.begin(20, 2, 0);
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    lcd.print("Esperando...");
}

void lcdDisplay::showMessage(String msg) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Recibido:");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(msg);
}
```

Implementación de los métodos:

- El constructor crea un objeto LiquidCrystal_I2C con la dirección, columnas y filas predefinidas.
- init() inicializa la comunicación con la pantalla LCD, enciende la retroiluminación, limpia la pantalla y muestra un mensaje de espera.
- showMessage() limpia la pantalla, muestra "Recibido:" en la primera línea y el mensaje recibido en la segunda línea.

3. Realizar una presentación en *.pptx, Canvas o software de su elección, con los pasos que siguieron para llegar al resultado final. La presentación no debe tener más de 10 diapositivas.