



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE JUVENTINO ROSAS

KATSI Hardware

Presenta:

Daniel Castro Reyes

Cristian Jesús Ortiz Pineda

Ramses Alejandro Ramos Guerrero

Asesor:

Dr. Juan Israel Yañez Vargas

Co-Asesor:

M.C. Víctor Lauro Pérez García

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. 2 de abril de 2025.

Contenido

Contenido	I
Lista de figuras	vi
1 Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Planteamiento del problema.	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivo General	2
1.5. Objetivos particulares	2
2 Marco teórico	5
2.1. Elementos de hardware	5
2.2. Sensores utilizados	8
2.3. Protocolos de comunicación	11
2.4. Red de sensores con comunicación inalámbrica mediante Xbee	13
2.5. Análisis FODA septiembre diciembre 2024	13
3 Antecedentes del proyecto	15
3.1. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2023	15
3.2. Cuatrimestre Enero - Abril 2024	16
3.3. Cuatrimestre Mayo - Agosto 2024	17
3.4. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2024	17
4 Desarrollo	19
4.1. Importancia del control de CO2 dentro de invernaderos	19
4.2. Medición de CO2	19
4.3. Comparativa de sensores para la medición de Dióxido de carbono	21
4.4. Desarrollo de un sistema para el resguardo del circuito electrónico	22
4.5. Uso de tecnología Xbee	24
4.6. Estudio de la zona de fresnel	25

4.7. Determinación de la Zona de Fresnel	25
4.8. Cálculo del radio de la zona de fresnel	26
4.9. Consideraciones del uso de los módulos Xbee	27
5 Resultados	31
5.1. Sincronización de PIC	31
5.2. Comunicación y envío de datos de PIC a PIC por medio de Xbee	32
6 Conclusión	35
Bibliografía	57

Resumen

El presente documento tiene como objetivo presentar la idea principal del proyecto KATSIs, que se basa en el proyecto RIO para su desarrollo y evolución. Busca mejorar el software y crear un ambiente digital accesible para los administradores. El proyecto se centra en diseñar una interfaz para visualizar, procesar, controlar y almacenar datos de texto obtenidos por sensores en un prototipo para invernaderos. Estos sensores monitorearán la flora y captarán imágenes de los cambios en las plantas. Los datos se almacenarán en una base de datos relacionada con la interfaz para controlar la producción y el riego, así como detectar plagas.

Abstract

This document aims to present the main idea of the KATSIs project, which is based on the RIO project for its development and evolution. It seeks to improve the software and create an accessible digital environment for administrators. The project focuses on designing an interface to visualize, process, control and store text data obtained by sensors in a prototype for greenhouses. These sensors will monitor the flora and capture images of changes in the plants. The data will be stored in a database linked to the interface to control production and irrigation, as well as detect pests.

Lista de figuras

1.1. Diagrama de motivación del proyecto	1
2.1. Sistema embebido	6
2.2. Microcontrolador	6
2.3. Datasheet de PIC16f877A	7
2.4. Oscilador de cristal	7
2.5. Capacitores cerámico	7
2.6. Conversión analógica a digital	8
2.7. Pantalla OLED	8
2.8. Datasheet del sensor LM35	8
2.9. Datasheet DHT-11	9
2.10. Sensor de humedad de la tierra	9
2.11. Sensor de PH	10
2.12. Sensor CCS811	10
2.13. Modulos Xbee	11
2.14. Protocolo de comunicación inalámbrico	11
2.15. Protocolo I2C	12
2.16. Protocolo de comunicación USART	12
2.17. Ejemplo de red de sensores	13
4.1. Pruebas de CO2 con el sensor CCS811	21
4.2. Pruebas de CO2 con el sensor MQ135	21
4.3. Mediciones para las dimensiones del contenedor	22
4.4. Cortes del boceto establecido	23
4.5. Ensamble de piezas	23
4.6. Pruebas de envío y recepción de mensajes con Xbee	24
4.7. Zona de fresnel en radio enlace	25
4.8. Fórmula para el cálculo de la zona de fresnel	26
4.9. Fórmula posterior para realizar el cálculo	26
4.10. Fórmula posterior para realizar el cálculo	26

4.11. Fórmula posterior para realizar el cálculo	27
5.1. Conexión de PIC con módulos Xbee	31
5.2. Envío de mensajes de PIC con módulos Xbee	32
5.3. Lectura y envío de datos	32
5.4. Recepción de datos de un microcontrolador a otro.	33

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo será agregada la motivación del proyecto, así como la problemática que se busca resolver y la razón por la cual se busca dar una solución a la problemática, así como el objetivo general y los objetivos particulares del proyecto.

1.1. Motivación

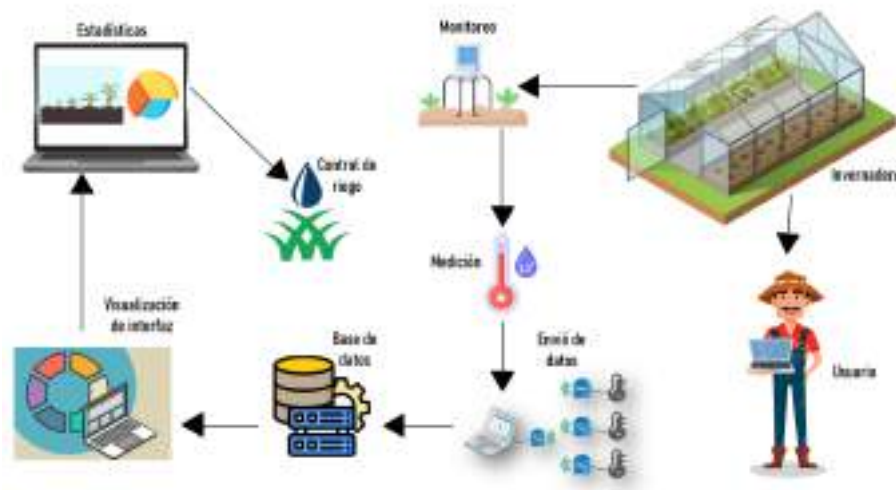


Figura 1.1: Diagrama de motivación del proyecto

En la figura 1.1 se realiza una descripción gráfica de la motivación y meta a seguir, este proyecto se enfoca en ayudar a la sociedad, en buscar un bien común y facilitar labores con un sistema de monitoreo, control y adquisición de información de un invernadero, más contar con una interfaz tecnológica fácil de usar y controlar para cualquier

usuario que la adquiriera.

Representa la búsqueda de objetivos y puntos a lograr partiendo desde el interior del invernadero, lugar que se espera lograr que pueda ser monitoreado por un usuario a distancia, a través de las mediciones y valores que proporcionen los sensores utilizados hacia la interfaz donde el usuario puede visualizar estos valores. A partir de módulos XBEE se transmitirán las mediciones de los sensores, éstas podrán ser visualizadas a través de la interfaz y además de lograr almacenar las variables dentro de una base de datos que pueda mostrar los datos almacenados a través de la interfaz en modo de datos y estadísticas y a partir de esto llevar un seguimiento del interior del invernadero.

1.2. Planteamiento del problema.

La pérdida y desperdicio de agua en cultivos de invernaderos podría evitarse creando un sistema de automatización, medición, análisis y control que pueda administrarse y realizar consultas de información almacenada dentro de una interfaz.

1.3. Justificación

Al implementar el proyecto se busca encontrar una solución y apoyo al problema de desperdicio de agua en el riego de cultivos en invernaderos, en donde la implementación de hardware propone realizar un sistema automatizado de riego mediante la recopilación de datos de sensores de humedad, temperatura y PH, y todos los datos sean almacenados en una interfaz desarrollada en python por el equipo que busque generar la automatización de invernaderos a un nivel más accesible para un usuario o administrador que busque consultar y monitorear los cambios y datos almacenados de cada cierto tiempo.

1.4. Objetivo General

Diseñar y desarrollar un sistema embebido para adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero y sean visualizados en una interfaz desarrollada en python para el procesamiento, control y almacenamiento de datos.

1.5. Objetivos particulares

- Realizar un análisis de requerimientos a partir del uso del sistema de adquisición de datos.
- Desarrollo de un sistema de control de invernadero a partir de un sensor de humedad del suelo y del ambiente.

- Ejecutar mediciones de temperatura dentro del invernadero, así como en el exterior.
- Comparar el margen de error que existe entre cada uno de los sensores utilizados.
- Registrar las mediciones obtenidas y representar mediante gráficas.
- Incorporar mecanismos de automatización para el control de motores mediante condiciones de temperatura.
- Anexar sensores de CO para monitorear la calidad del aire dentro del invernadero.
- Crear una topología utilizando la tecnología de XBee.
- Desarrollar una red de sensores para el monitoreo del invernadero.
- Realizar diversas pruebas para obtener datos mas precisos en cuanto a mediciones y distancia entre las XBee.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Elementos de hardware

Memoria RAM

La memoria RAM es la memoria principal de un dispositivo, esa donde se almacenan de forma temporal los datos de los programas que estás utilizando en este momento. Sus siglas significan Random Access Memory, lo que traducido al español sería Memoria de Acceso Aleatorio, y es un tipo de memoria que te puedes encontrar en cualquier dispositivo, desde ordenadores de sobremesa hasta teléfonos móviles.

Memoria ROM

La ROM o memoria de solo lectura (de su acrónimo en inglés read-only memory) es el medio de almacenamiento que se usa en los ordenadores y dispositivos electrónicos cuya característica diferencial es que únicamente tiene acceso de lectura, y no de escritura.

Sensor

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

Transductor

Un transductor define como un dispositivo fundamental en el sistema de control de medidores eléctricos. Actualmente, son muy utilizados en los sistemas de automatiza-

ción y control para registrar grandes magnitudes. Y no sólo nos estamos refiriendo a las magnitudes más conocidas como son: temperatura y presión; también sirven para registrar caudales o concentración de gases.

Sistema embebido

Es un sistema de computación diseñado para realizar funciones específicas, y cuyos componentes se encuentran integrados en una placa base.



Figura 2.1: Sistema embebido

Microcontrolador

Un Microcontrolador es un circuito integrado que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. Incluye un procesador y una memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM) para posteriormente ejecutar las instrucciones almacenadas en su memoria. Su función es la de automatizar procesos y procesar información.

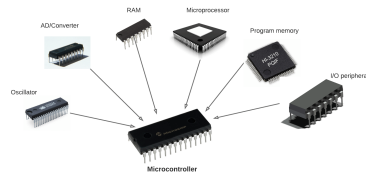


Figura 2.2: Microcontrolador

PIC

El Programmable Integrated Circuit (PIC) (Circuito Integrado Programable), es un dispositivo que controla las interrupciones que van al CPU.



Figura 2.3: Datasheet de PIC16f877A

Oscilador de cristal

Un oscilador de cristal es un componente electrónico que utiliza las propiedades piezo eléctricas de ciertos cristales para generar una señal eléctrica precisa y estable en términos de frecuencia.

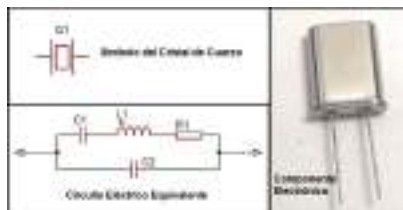


Figura 2.4: Oscilador de cristal

Capacitores cerámicos

Un capacitor cerámico es un componente electrónico pasivo que es capaz de almacenar una carga eléctrica, se comporta como un filtro que bloquea la corriente directa y permite que la corriente alterna fluya sin ningún problema.



Figura 2.5: Capacitores cerámico

ADC

Son dispositivos capaces de transformar una señal analógica en una digital, de esta manera permiten la transmisión de información de un dispositivo a otro.

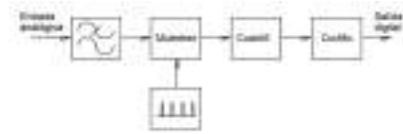


Figura 2.6: Conversión analógica a digital

Pantalla OLED

La tecnología OLED (diodo orgánico emisor de luz) se usa en televisores de gama alta. Estas pantallas son de muy alta calidad y se diferencian de las pantallas LED o LCD, ya que cada píxel se ilumina por separado, ofreciendo colores, contraste y brillo únicos.



Figura 2.7: Pantalla OLED

2.2. Sensores utilizados

Sensor de temperatura LM35

LM35 es un sensor de temperatura analógico permite medir temperatura en un rango desde -55°C hasta 150°C . Su salida es de tipo analógica y lineal con una pendiente de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.



Figura 2.8: Datasheet del sensor LM35

Sensor DHT-11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.



Figura 2.9: Datasheet DHT-11

Sensor de humedad de la tierra

Emplean electrodos insertados en el material cuya resistencia eléctrica cambia con el contenido de humedad. A medida que el material absorbe o libera agua, su resistencia eléctrica varía, y esta variación se mide para determinar el contenido de humedad.

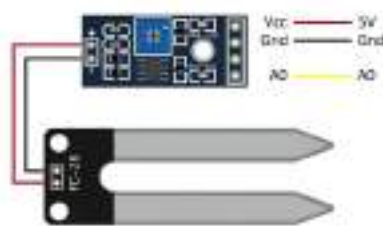


Figura 2.10: Sensor de humedad de la tierra

Sensor de PH

Los sensores de pH monitorean la actividad de los iones de hidrógeno en una solución usando electrodos. Al hacerlo, el electrodo de medición mide el intercambio de iones a través de la capa de gel formada en la membrana de vidrio y lo compara con el voltaje medido del electrodo de referencia interno.



Figura 2.11: Sensor de PH

Sensor de CCS811

El sensor de calidad de aire CCS811 es un sensor de detector de gas digital de muy baja potencia que incorpora un sensor de gas de óxido metálico para identificar una amplia gama de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) para el monitoreo de la calidad del aire con un microcontrolador que proporciona un ADC y una interfaz I2C.



Figura 2.12: Sensor CCS811

Módulos XBee

XBee es el nombre comercial del Digi de una familia de módulos de comunicación por radio y están basados en el estándar zigbee, pero digi tiene muchos Xbee y algunos son zigbee estándar y otros son propietarios o modificaciones del estándar. Existen muchos módulos Xbee basados en el estándar IEEE 802.15.4



Figura 2.13: Modulos Xbee

2.3. Protocolos de comunicación

Zigbee

Zigbee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.



Figura 2.14: Protocolo de comunicación inalámbrico

I2C

I2C es un puerto y protocolo de comunicación serial, define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales. El puerto incluye dos cables de comunicación, SDA y SCL. Además el protocolo permite conectar hasta 127 dispositivos esclavos con esas dos líneas, con hasta velocidades de 100, 400 y 1000

kbits/s.

El protocolo I2C es uno de los más utilizados para comunicarse con sensores digitales, ya que a diferencia del puerto Serial, su arquitectura permite tener una confirmación de los datos recibidos.

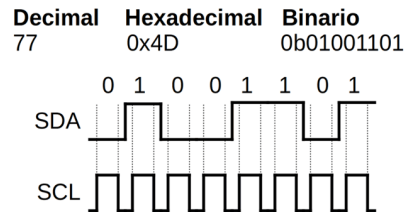


Figura 2.15: Protocolo I2C

USART

Es una forma de comunicación entre dispositivos que tengan esta capacidad, donde los datos son enviados en grupos de 8 bits o de 9 bits pero de bit por bit, esto es en serie por eso se dice que esta es una comunicación serial.

Existen dos tipos de comunicación USART

- Comunicación asíncrona: Uno de los hilos será para la transmisión de datos y el otro hilo será para la recepción de datos entre un dispositivo a otro, la transmisión y la recepción puede ocurrir de forma simultánea.
- Comunicación síncrona: Uno de los hilos será utilizado tanto para la transmisión y la recepción de datos por lo que la transmisión no puede ser simultánea, el otro hilo será utilizado para enviar la señal de reloj de sincronización entre dispositivos.

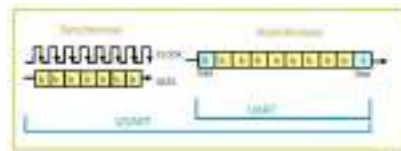


Figura 2.16: Protocolo de comunicación USART

2.4. Red de sensores con comunicación inalámbrica mediante Xbee

Una red de sensores se define como un conjunto de dispositivos interconectados que comunican y procesan datos mediante la implementación de tecnologías y protocolos de comunicación específicos. Las redes de sensores se utilizan en diversos campos, como la agricultura, la automatización y el monitoreo ambiental.

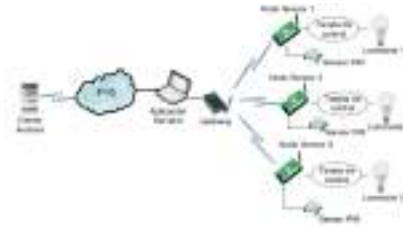


Figura 2.17: Ejemplo de red de sensores

2.5. Análisis FODA septiembre diciembre 2024

Fortalezas:

- Crecimiento en el área de la electrónica para futuros proyectos aplicados en invernaderos sustentables.
- Independencia en el desarrollo de las tarjetas electrónicas para su libre patente.
- Adaptabilidad para cumplir con los requerimientos solicitados, dentro de los invernaderos.
- Calidad en el producto.
- Crecimiento en el desarrollo de nuevas tecnologías para la competitividad.
- Aprendizaje práctico en el ámbito académico.
- Flexibilidad en el monitoreo de variables ambientales en invernaderos.
- Optimización de recursos para su desarrollo.

Oportunidades:

- Crecimiento inteligente del sector agrícola y sostenible con el medio ambiente.
- Comercialización de productos tecnológicos a consumidores del sector agrícola.
- Integración con tecnologías de control remoto.

- Colaboración con otros sectores.
- Aplicación de energías renovables para el suministro eléctrico.
- Aportaciones en el área agrícola para la solución de futuras problemáticas.
- Expansión de cultivo hacia otros productos para el consumo humano.

Debilidades:

- Limitaciones en el hardware en comparación con otras tecnologías.
- Consumo de energía con respecto a la aplicación de nuevos componentes.
- Falta de precisión en los sensores para la medición de variables ambientales.
- Deficiencia en el mantenimiento del invernadero por falta de herramientas.
- Falta de servicios debido a la ubicación del invernadero.
- Dificultades en la integración de nuevos módulos.
- Entorno desafiante en la programación de los microcontroladores.

Amenazas:

- Entorno peligroso al encontrarse en una zona rural.
- Fallas en los componentes y poca disponibilidad del material.
- Condiciones climáticas extremas, así como bajas temperaturas.
- Costos de implementación al contar con un presupuesto limitado.
- Competencia en el ámbito tecnológico.
- Propagación de plagas dentro del invernadero.
- Dificultades en el uso y aplicación para la persona que no esté capacitado.

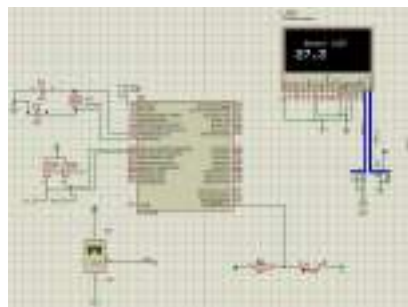
Capítulo 3

Antecedentes del proyecto

3.1. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2023

A continuación, se muestran las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 4to cuatrimestre.

Análisis de proyectos anteriores o similares. Estudio del estado del arte. Análisis de proyectos anteriores o similares. Comprensión teórica del proyecto. Examinar software de desarrollo de circuitos electrónicos. Simulación de circuitos en PIC para aplicación de invernaderos. Formular la implementación de una topología de red. Estudio de los sensores de temperatura y humedad LM35 y DHT-11. Construcción de un circuito en protoboard para la toma y visualización de datos de un sensor de humedad del suelo. Examinar la arquitectura interna de los microcontroladores para comprender su funcionamiento y aplicaciones. Construcción de diagramas a bloques para el entendimiento de la lectura de sensores.



Primeras simulaciones.



Actividades dentro del invernadero.

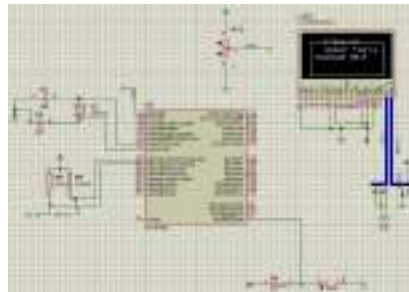
Actividades adicionales:

Limpieza del invernadero. Cultivo de plantas dentro de semilleros. Construcción del sistema mínimo del circuito PIC en protoboard.

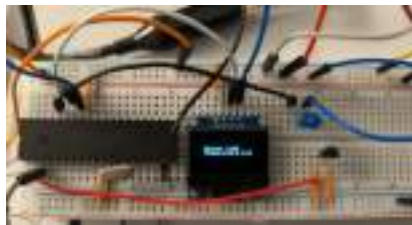
3.2. Cuatrimestre Enero - Abril 2024

A continuación, se mostrarán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 5to cuatrimestre.

Implementación de nuevos componentes electrónicos termistor, transistor, hidrómetro, pantalla oled y pantalla lcd. Investigación de los nuevos componentes implementados. Construcción del sistema mínimo para aplicación de invernaderos con la utilización del microcontrolador PIC. Creación de circuitos soldados para la exhibición de los valores de los sensores de temperatura y de humedad. Unión de circuitos electrónicos de los diferentes sensores utilizados en el transcurso del proyecto.



Implementación de nuevos sensores.



Construcción de circuitos en protoboard.

Desarrollo de circuitos individuales en protoboard:

Construcción del sistema mínimo del circuito PIC en protoboard. Descripción de los sensores utilizados LM35, DHT-11, DHT-22. Investigación de las conversiones analógica ? digital. Estudio de los sensores de temperatura y humedad LM35 y DHT-11. Atribuir el teorema de muestreo. Aplicación del protocolo I2C. Actualización del diagrama a bloques presentado el cuatrimestre anterior. Visualización de datos de temperatura y humedad en pantalla OLED. Construcción de un invernadero a escala para su exhibición en el salón. Análisis del principio teórico del sistema de comunicación USAR.

3.3. Cuatrimestre Mayo - Agosto 2024

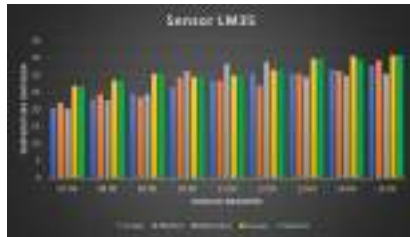
A continuación, se mostrarán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 6to cuatrimestre.

Realización de pruebas con los sensores para la búsqueda de una calibración de las mediciones. Generación de estadísticas para la calibración de los sensores.



Medición de temperatura con distintos sensores.

Análisis estadísticos de las temperaturas obtenidas :



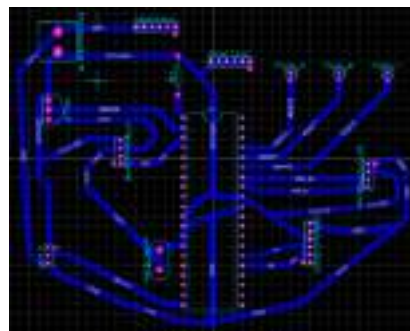
Registro de temperaturas.

Creación de gráficos a partir de las estadísticas de los sensores, para el análisis de precisión y exactitud. Replica de los circuitos para generación de constelación de sensores.

3.4. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2024

A continuación, se mostrarán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 7to cuatrimestre.

Retraso en tiempo de muestreo de variables de temperatura y humedad. Almacenamiento de la transmisión de datos de variables ambientales. Creación del circuito de la pantalla oled del sensor de humedad de la tierra. Implementación de todos los sensores en una sola tarjeta electrónica. Desarrollo de un generador 5 voltios para la activación de un relevador hacía



Desarrollo de una PCB en el software de Proteus.

otros componentes. Implementación de extractor para la disminución de la temperatura dentro del invernadero.

Desarrollo del PCB en placa de cobre:

Investigación sobre las mediciones del PH del agua, así como el funcionamiento del sensor. Ensamble superficial del circuito en una tarjeta electrónica de circuito impreso. Instauración de una alarma por medio del encendido de un foco. Pruebas dentro del invernadero.



Registro de temperaturas.

Capítulo 4

Desarrollo

4.1. Importancia del control de CO₂ dentro de invernaderos

Dentro de un invernadero es fundamental controlar el CO₂ para optimizar el crecimiento de las plantas y mejorar la eficiencia de la producción agrícola. A continuación, se mencionará su importancia dentro de los invernaderos para optimizar el crecimiento de las plantas y mejorar la eficiencia de la producción agrícola.

- Fotosíntesis y Crecimiento de las Plantas.
- Aumento del Rendimiento de los Cultivos.
- Regulación de la Transpiración
- Optimización de la Eficiencia de Fertilizantes

4.2. Medición de CO₂

En este trabajo se llevó a cabo la implementación y análisis de dos sensores de gas, el MQ135 y el CCS811, con el objetivo de medir la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en un invernadero.

El MQ135 es un sensor de bajo costo que puede detectar una amplia variedad de gases, incluyendo dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NHA), óxidos de nitrógeno (NO), alcohol y benceno. Aunque no es un sensor específico para CO₂, su respuesta a la calidad del aire permite estimar la concentración de este gas con una calibración adecuada.

Por otro lado, el CCS811 es un sensor digital que mide la concentración de compuestos orgánicos volátiles (TVOC) y dióxido de carbono equivalente (CO₂) en el aire. Este sensor utiliza un sistema de detección basado en semiconductores y ofrece lecturas más

precisas en comparación con el MQ135, ya que está diseñado específicamente para el monitoreo de la calidad del aire en interiores.

Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron pruebas en diferentes entornos y condiciones para evaluar el comportamiento de ambos sensores. Los resultados mostraron que el MQ135, aunque capaz de detectar la presencia de CO₂, presenta una menor precisión y requiere una calibración más rigurosa debido a su sensibilidad a otros gases. En contraste, el CCS811 ofreció mediciones más consistentes y específicas del dióxido de carbono, lo que lo convierte en una opción más adecuada para aplicaciones donde se requiere un monitoreo preciso.

4.3. Comparativa de sensores para la medición de Dióxido de carbono

Al contar con dos sensores para la medición dióxido de carbono se selecciono el más adecuado para el monitoreo del CO₂. Esta decisión se deriva de la comparación de ambos sensores.

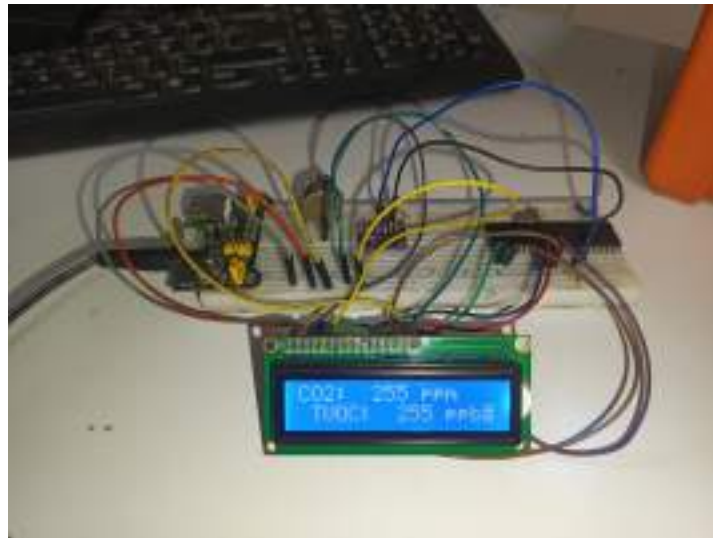


Figura 4.1: Pruebas de CO₂ con el sensor CCS811



Figura 4.2: Pruebas de CO₂ con el sensor MQ135

Se realizaron pruebas con ambos sensores en entornos internos y externos. Teniendo en cuenta que el estándar del CO₂ en lugares cerrados (aulas y oficinas de clases con una gran cantidad de personas) debe mantenerse por debajo de 800 ppm (partes por millón), es decir, la concentración aceptable esta entre 600 ppm y 800 ppm.

Tomando estas consideraciones se determino que el sensor más apegado a los estándares es el sensor MQ135, siendo este el sensor más eficaz debido al tiempo de calibración que es mucho menor a comparación de sensor css811.

4.4. Desarrollo de un sistema para el resguardo del circuito electrónico

Para el cuidado y la protección de la placa electrónica que se esta desarrollando, se opto por realizar un contenedor para resguardo y de esta manera las conexiones no queden expuestas ante posibles amenazas externas, o naturales que puede afectar o deteriorar su correcto funcionamiento.

Para ello se estuvo trabajando en el diseño, tomando medidas para adaptar el contenedor al tamaño de nuestra placa de PCB.



Figura 4.3: Mediciones para las dimensiones del contenedor

Al realizar los cortes del boceto mostrado anteriormente se procedio a realizar los cortes de cada una de las piezas del contenedor.



Figura 4.4: Cortes del boceto establecido

Al terminar los cortes se procedio a unir todas las piezas para comenzar a trabajar con la estructura del contenedor y verificar que cada una de las piezas se acomple conforme a su ubicación.



Figura 4.5: Ensamble de piezas

4.5. Uso de tecnología XBee

Se pretende utilizar la tecnología XBee para la creación de la red esta implementa el estándar Zigbee para transmitir datos entre dispositivos de manera eficiente.

Durante este cuatrimestre se desarrollara una red de sensores utilizando la tecnología de XBee para pruebas físicas se implementó una conexión punto a punto para realizar la transmisión de datos utilizando el sistema embebido Arduino uno, en este caso se utilizaron 2 XBee una como transmisora y otra como receptora, para probar que las XBee se encuentren funcionando de manera correcta se probaran y se cargara el firmware necesario puede ser cualquiera de los siguientes, tomando en cuenta su aplicación.



Figura 4.6: Pruebas de envío y recepción de mensajes con Xbee

- **Coordinador:**

Este es un nodo único y se encarga de crear la red, enrutar los paquetes y establecer conexiones con el resto de nodos de la red.

- **Router:**

De manera similar al Coordinador actúa como enrutador de paquetes pero no recibe conexiones entrantes.

- **End Device:**

Estos nodos son capaces de enviar y recibir paquetes de la red, pero no pueden enrutar paquetes.

4.6. Estudio de la zona de fresnel

La importancia de la zona de fresnel radica en que debe mantenerse libre de obstáculos para asegurar una buena calidad de la señal. Si algún obstáculo interfiere con la zona de fresnel, se producirá una atenuación de la señal y posiblemente errores de transmisión. La zona de fresnel se estrecha a medida que aumenta la frecuencia de la señal y a medida que aumenta la distancia entre las antenas.

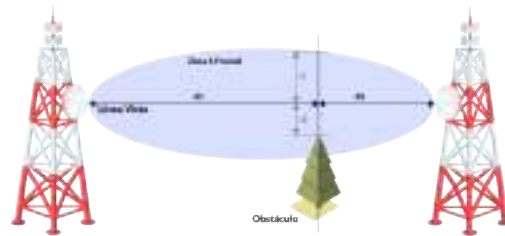


Figura 4.7: Zona de fresnel en radio enlace

4.7. Determinación de la Zona de Fresnel

Para determinar la zona de fresnel en un enlace inalámbrico se realiza cálculos que consideran la longitud de onda de la señal transmitida y la distancia entre las antenas. A continuación, se presenta una explicación general de cómo se calcula la zona de fresnel:

4.8. Cálculo del radio de la zona de fresnel

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

- r_n = radio de la enésima zona de fresnel (n=1,2,3...).
- d_1 = distancia desde el transmisor al centro del elipsoide en metros.
- d_2 = distancia desde el centro del elipsoide al receptor en metros.
- λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

Figura 4.8: Fórmula para el cálculo de la zona de fresnel

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo al objeto situado en el punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

donde:

- r_1 = radio en metros (m).
- D = distancia en kilómetros (km) ($d_1 = d_2$, $D = d_1 + d_2$).
- f = frecuencia de la transmisión en gigahertz (GHz) ($\lambda = \frac{c}{f}$).

Figura 4.9: Fórmula posterior para realizar el cálculo

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo que varios objetos se encuentren situados en lugares diferentes del punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 17,32 \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{f + D}}$$

donde:

- r_1 = radio en metros (m).
- d_1 = distancia desde el transmisor al centro del elipsoide en kilómetros.
- d_2 = distancia desde el centro del elipsoide al receptor en kilómetros.
- D = distancia en kilómetros (km) ($D = d_1 + d_2$).
- f = frecuencia de la transmisión en gigahertz (GHz) ($\lambda = \frac{c}{f}$).

Figura 4.10: Fórmula posterior para realizar el cálculo

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual

transmiten la señal, suponiendo que ningún objeto se encuentre situado en lugares diferentes del punto central, es decir que no haya obstrucción de la línea de vista. En unidades del SI:

$$r_1 = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4 \cdot f}}$$

donde

- + r_1 = radio en metros (m).
- + D = distancia en kilómetros (km) ($d_1 = d_2$).
- + f = frecuencia de la transmisión en gigahercios (GHz) ($\lambda = \frac{c}{f}$).

Figura 4.11: Fórmula posterior para realizar el cálculo

4.9. Consideraciones del uso de los módulos Xbee

Antes de comenzar la explicación de como se creará una red con módulos Xbee es importante tomar en cuentas las siguientes consideraciones, esto con el objetivo de trabajar de una manera más optima y aprovechar el máximo potencial de estas herramientas.

Para crear una red eficiente con módulos XBee, es esencial comprender cómo funcionan y cómo se configuran. Los módulos XBee permiten crear redes inalámbricas basadas en el protocolo ZigBee, el cual es ideal para comunicaciones de corto alcance y bajo consumo de energía.

La topología básica de una red XBee se compone de varios tipos de dispositivos: coordinadores, routers y dispositivos finales. Cada uno cumple una función específica dentro de la red, y para lograr que estos dispositivos se comuniquen entre sí, deben configurarse correctamente con la misma identificación de red y las direcciones de los dispositivos adecuadas. A continuación, se detallan los pasos fundamentales para configurar y establecer una red XBee.

Uno de los elementos cruciales para que los módulos XBee puedan comunicarse entre sí es el Identificador de Red o PAN ID. El PAN ID es un número único que identifica la red XBee y garantiza que los dispositivos de diferentes redes no interfieran entre sí. Para establecer una conexión exitosa, todos los dispositivos que formen parte de una misma red deben tener el mismo PAN ID.

El proceso de monitoreo y mantenimiento de la red XBee se realiza generalmente utilizando software como XCTU o mediante comandos AT enviados a través de la interfaz serial. Estos permiten configurar, actualizar y monitorear el estado de los dispositivos en la red. El software permite:

- **Coordinador:**

El coordinador es el encargado de crear la red y asignar un PAN ID único para todos los dispositivos que se conecten a esta red. El PAN ID se puede configurar manualmente al configurar el módulo XBee usando una herramienta como XCTU.

- **Router y dispositivos finales:**

Cuando se configuran los routers y dispositivos finales, estos deben configurarse con el mismo PAN ID que el coordinador para poder conectarse correctamente a la red. Esto asegura que todos los dispositivos dentro de la red tengan un identificador común, lo que les permite comunicarse sin interferencias de otras redes.

Es importante que, al crear la red, todos los dispositivos estén configurados con el mismo PAN ID, ya que de lo contrario no podrán establecer comunicación entre sí, y la red no funcionará.

Además del PAN ID, otro aspecto clave en la configuración de la red XBee es la Dirección MAC de cada dispositivo. Cada módulo XBee tiene una dirección única de 64 bits, conocida como dirección MAC, que lo identifica de manera global en la red. Sin embargo, para simplificar la configuración dentro de una red ZigBee, se utiliza una dirección de 16 bits (dirección de red), que es más manejable y se emplea para la comunicación interna entre dispositivos de la misma red.

- **Dirección MAC (64 bits):**

Esta dirección es única para cada módulo XBee y se asigna de fábrica. Es útil cuando se desea identificar de manera global un dispositivo dentro de una red más amplia, pero no se utiliza directamente en la configuración de la red local.

- **Dirección MAC (16 bits):**

Esta es la dirección que se asigna a cada dispositivo dentro de la red ZigBee. El coordinador asigna estas direcciones a los routers y dispositivos finales cuando se conectan a la red. Estas direcciones son cruciales para dirigir los paquetes de datos a los dispositivos correctos. Los dispositivos XBee utilizan estas direcciones de 16 bits para comunicarse entre sí dentro de la red.

Cuando un dispositivo final o un router necesita enviar datos, se dirige al coordinador utilizando la dirección de 16 bits del coordinador. De manera similar, el coordinador puede enviar datos a un router o dispositivo final utilizando las direc-

ciones correspondientes asignadas en la red. Una vez configurados los módulos con el mismo PAN ID y las direcciones de red correspondientes, se puede establecer la comunicación entre los dispositivos. La red ZigBee de XBee funcionará bajo un sistema de ruteo” donde los routers permiten que los dispositivos finales que no estén directamente en alcance del coordinador puedan enviar y recibir mensajes a través de otros routers.

■ **Coordinador:**

Una vez configurado, el coordinador estará a la espera de recibir paquetes de datos de los dispositivos finales o routers. Al estar centralizado, se encarga de gestionar el flujo de información y puede asignar nuevas direcciones a los dispositivos que se unan a la red.

■ **Router:**

Los routers son esenciales para asegurar que los dispositivos finales puedan comunicarse con el coordinador incluso si están fuera de su alcance directo. Los routers pueden reencaminar los paquetes de datos entre los dispositivos y el coordinador.

■ **Dispositivos finales:**

Los dispositivos finales solo pueden enviar y recibir datos, pero no pueden realizar funciones de ruteo. Estos dispositivos están diseñados para realizar tareas específicas como la adquisición de datos de sensores o recibir comandos.

El proceso de monitoreo y mantenimiento de la red XBee se realiza generalmente utilizando software como XCTU o mediante comandos AT enviados a través de la interfaz serial. Estos permiten configurar, actualizar y monitorear el estado de los dispositivos en la red. El software permite:

- Configurar el PAN ID: Para asegurarse de que todos los dispositivos estén en la misma red.
- Configurar el PAN ID: Para asegurarse de que todos los dispositivos estén en la misma red.
- Realizar ajustes: Como cambiar el canal de la red o ajustar las configuraciones de potencia. Además, el uso del Monitor Serial permite verificar el estado de la comunicación en tiempo real y realizar pruebas de conexión entre los módulos, asegurando que los dispositivos puedan intercambiar datos correctamente.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Sincronización de PIC

Una vez explicado lo anterior para realizar las pruebas de punto a punto se configuro dos XBee uno como coordinador y el otro actuará como receptor el cual se configuro como End Device que servirá como transmisor, para poder conectarlos con el PIC se requiere de un modulo USB que contenga los pines (VCC,GND,RX,TX) para poder configurarlos.

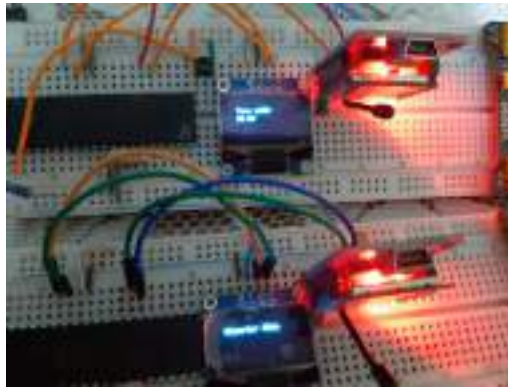


Figura 5.1: Conexión de PIC con módulos Xbee

Una vez que lo anterior se cumpla se espera lograr una topología con varios XBee funcionando como maestro esclavo esto será útil para sensar las diferentes variables de los diferentes partes del invernadero y de esta manera lograr tener datos de todas las temperaturas de las diferentes áreas de este mismo.

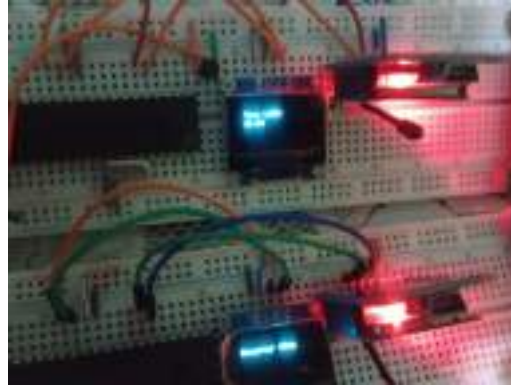


Figura 5.2: Envío de mensajes de PIC con módulos Xbee

Para crear una topología de red con módulos XBee, es crucial configurar adecuadamente los módulos según su función: coordinador, router o dispositivo final. Cada dispositivo debe tener el mismo PAN ID para establecer una conexión exitosa, y las direcciones MAC y de red deben configurarse de forma correcta para asegurar la comunicación. Con una configuración adecuada y una monitorización constante, es posible crear redes inalámbricas eficientes y de bajo consumo utilizando la tecnología ZigBee de XBee.

5.2. Comunicación y envío de datos de PIC a PIC por medio de Xbee

Para finalizar se realizó la prueba de envío y recepción de datos en la cual se puede ver que los datos leídos por el sensor, los está enviando de manera simultánea hacia el otro microcontrolador.

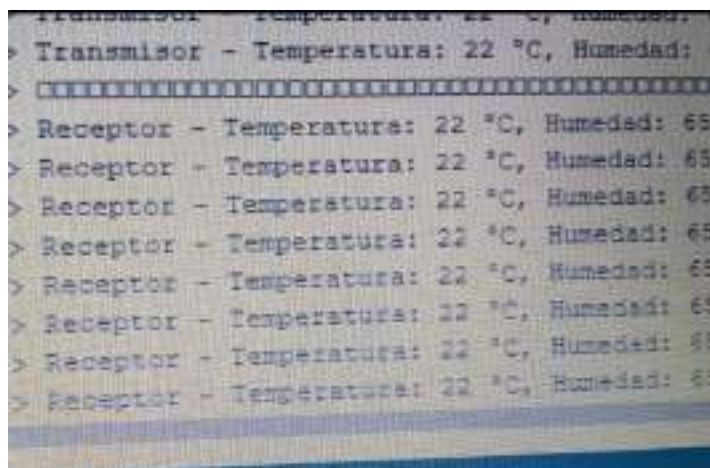


Figura 5.3: Lectura y envío de datos

Capítulo 6

Conclusión

En las etapas iniciales, el proyecto se centró en incluir sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad de la tierra en un único circuito electrónico. Este sistema muestra datos en una pantalla OLED y los envía a una PC usando USART. Se validaron sensores y se construyeron circuitos para asegurar la fiabilidad. Ahora, el sistema permite interacciones dinámicas, como encender un ventilador al detectar altas temperaturas. También se está desarrollando una interfaz de monitoreo remoto, accesible y económica, en software libre, mejorando la portabilidad y reduciendo costos.

Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI).**Design and development of an embedded system for acquisition, monitoring, control and remote transmission of greenhouse data (KATSI).**

Ortiz-Pineda, Cristian Jesús*, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro', Castro-Reyes', Daniel.

*Universidad Politécnica de Juventino Rosas. Departamento de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones.

ID 1^{er} Autor: Cristian Jesús, Ortiz Pineda

ID2^{do} Co-Autor: Ramses Alejandro, Ramos-Guerrero

ID3^{er} Co-Autor: Daniel Castro, Reyes

Resumen

La utilización de mejores recursos en la agricultura se ha vuelto más crucial en los últimos tiempos, particularmente en el seguimiento y control de las condiciones ambientales en los invernaderos. La producción de cultivos diversos requiere sistemas inteligentes que sean sostenibles y maximicen los beneficios. El objetivo de este proyecto es crear un invernadero sofisticado que pueda medir variables ambientales como la humedad, la humedad del suelo y la temperatura. El sistema tiene como objetivo registrar y regular estas variables, permitiendo la toma automatizada de decisiones, como la activación de sistemas de riego. Los principios de guiarán la implementación del proyecto La utilización de microcontroladores, sensores especializados y técnicas avanzadas como conversión analógico-digital, multiplexación y análisis de datos. La información será transmitida a un dispositivo central de seguimiento y control, lo que supondrá una disminución tanto del consumo de agua como de los gastos operativos.

Abstract

The use of better resources in agriculture has become more crucial in recent times, particularly in monitoring and controlling environmental conditions in greenhouses. The production of diverse crops requires intelligent systems that are sustainable and maximize profits.

The aim of this project is to create a sophisticated greenhouse that can measure environmental variables such as humidity, soil moisture and temperature. The system aims to record and regulate these variables, allowing automated decision making such as the activation of irrigation systems.

The principles that will guide the implementation of the project are:

The use of microcontrollers, specialized sensors and advanced techniques such as analog-to-digital conversion, multiplexing and data analysis. The information will be transmitted to a central monitoring and control device, which will lead to a decrease in both water consumption and operating costs.

Citación: Ortiz-Pineda, Cristian Jesús, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro, Daniel-Castro, Reyes, Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI).

*Correspondencia del Autor (322030253@upjr.edu.mx)

1.Introducción

La principal fuente de energía en los humanos radica en la alimentación, con la creciente población, mundial y local, se debe buscar la forma de dar sustento de una forma más eficiente. Al estar en contacto directo con la población en general, se debe instalar un invernadero inteligente lugares donde es más difícil recibir alimento como, por ejemplo, comunidades apartadas de la ciudad, al estar ubicados en diferentes lugares, cada invernadero deberá acoplar las diferencias ambientales (humedad, temperatura, etc.) a un punto de equilibrio donde favorezca el crecimiento de las plantas.

2.Materiales

Para el desarrollo del proyecto se eligió minuciosa y debidamente los materiales necesarios a utilizar esto en base a las necesidades requeridas, al alcance y las investigaciones documentadas, en esta sección se mostrarán los componentes utilizados en KATSI.



Figura 1: Sensor LM35

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

En la figura 1 se presenta uno de los 3 sensores a utilizar, en este caso es el analógico LM35, Sensor de temperatura.



Figura 2. Sensor DHT11

En la figura 2 se aprecia el segundo sensor a utilizar, se trata del sensor de humedad y temperatura dht11, donde a diferencia de los demás sensores que son del tipo analógico este sensor es del tipo digital.



Figura 3. Sensor de humedad del suelo, YC-28

En la figura 3 se muestra el tercer y último sensor que muestra la humedad, sin embargo, a diferencia del dht11 este muestra la humedad que tiene la tierra de una planta.



Figura 4. Modulo USART

En la figura 4 se muestra el enlace que tiene el circuito con una computadora, hablamos del módulo USART FT232R, un conversor USB a serial.



Figura 5. PIC 18f4550

En la figura 5 se presenta el microcontrolador PIC 18f4550 con el cual se estará desarrollando el proyecto para el procesamiento de la información y automatización.



Figura 6. Pantalla OLED

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

En la figura 6 se puede apreciar una pantalla oled la cual servirá para exhibir las mediciones que las placas dentro del invernadero estén midiendo a por medio de los sensores y el microcontrolador.



Figura 7. Oscilador de cristal

A fin de dar una correcta sincronía a las operaciones que está realizando el microcontrolador es necesaria la implementación de un oscilador el cual dará la sincronía suficiente y el cual es posible apreciar en la figura 7.



Figura 8. Modulo Xbee

Xbee son módulos de comunicación inalámbrica fabricados por DIGI International. Que permite

desarrollar aplicaciones más allá de la simple
conexión y comunicación entre mismos módulos.

3. Metodología

Sistema Embebido

Para el funcionamiento del proyecto se desarrollará un sistema embebido empleando microcontroladores, en este caso se estará trabajando con los microcontroladores PIC. El cual este se encargará de recabar la información que los sensores estén recolectando y enviarlos hacia la computadora, además, de mandar alertas, encender y apagar los sistemas de refuerzo cuando sean necesarios.

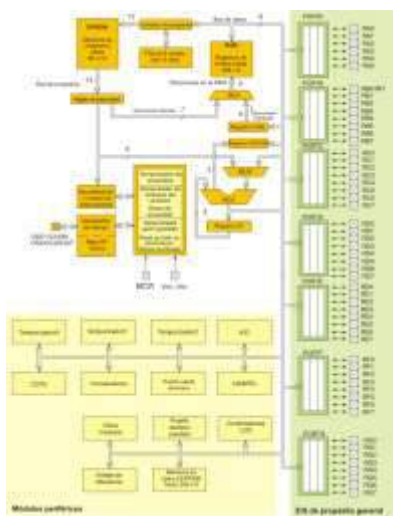


Figura 8. Estructura interna del PIC

4. Formulas de lectura de sensores

Sensor de temperatura LM35

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Valor_ADC} \times V_{\text{ref}}}{\text{Resolución ADC} \times 0.01}$$

Sensor de humedad de suelo YC-28

$$Humedad = m \cdot valor \text{ adc} + b$$

Incluso si tenemos ya el uso debido de los sensores, con el fin de construir un circuito funcional es necesario la implementación de un diagrama a bloques, acorde a lo que se necesite, donde se muestre las características del circuito y brinde la opción de conocer los componentes con lo que cuenta.

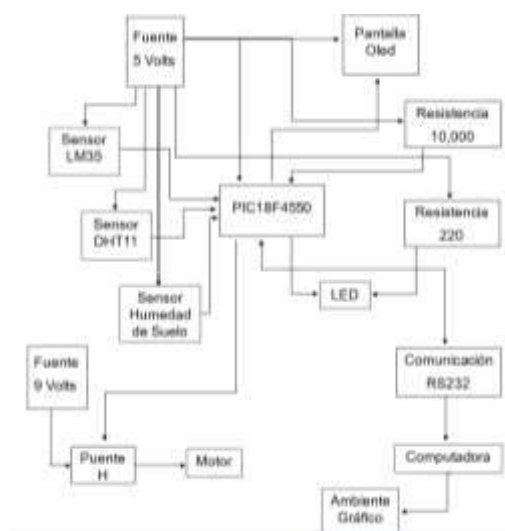


Figura 9. Diagrama a bloques del circuito

Las conexiones de los sensores y módulos, como el sensor DHT11, LM35 y YC-28, son similares cada uno lleva una conexión hacia la fuente de alimentación y envían su información hacia el PIC, el cual recibe la información y la transmite hacia la

pantalla oled para ser visualizada y hacia el módulo USART que la transmite hacia una computadora.

El bloque llamado “Ambiente Grafico” radica en el uso de la información una vez dentro de una computadora, pues esa es almacenada en una página web para su visualización posterior a todo el público.

El PIC puede realizar diversas funciones dependiendo de las condiciones que se apliquen, es decir, cuando los niveles en las lecturas son elevados pasando hacia el bloque denominado como “puente H”, este se encarga de encender una alarma, un extractor y una bomba dependiendo del tipo de lectura.

Este tipo de funciones de “emergencia” son alimentados de manera externa al circuito como tal, usando corriente alterna para alimentar aparatos con alto consumo de energía, para ello se utilizará un relevador para utilizar los pulsos del PIC y controlar el encendido y apagado de estos aparatos.

El cual estará armado en un módulo separado de la PCB general al tener una placa de relevadores unidos.

Módulo Xbee

Durante este cuatrimestre se llevó a cabo el desarrollo de un sistema de comunicación inalámbrica

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN] utilizando dos módulos Xbee, los cuales se configuraron mediante adaptadores USB para establecer la conexión entre ellos. El proceso de configuración se realizó utilizando el software XCTU, herramienta que permite gestionar y programar los módulos Xbee de manera eficiente. En este proceso, uno de los módulos se configuró como transmisor y el otro como receptor, permitiendo así la transmisión y recepción de datos de manera bidireccional.



Figura 10 . Interfaz Digi XCTU

Para llevar a cabo esta configuración, se conectaron los módulos Xbee a computadoras a través de puertos USB, operando en modo serial. A través del software XCTU, se ajustó el firmware de los módulos, lo que posibilitó la correcta comunicación entre ambos dispositivos. Este ajuste es crucial para garantizar que los módulos pudieran intercambiar datos sin problemas, asegurando su correcto funcionamiento dentro de las distancias y condiciones esperadas.

5. Resultados

La manera de evitar un corto circuito o quemar algún componente durante las pruebas, es

realizando una simulación del mismo circuito en algún software de simulación en este caso, "Proteus" a continuación se mostrarán las conexiones del diagrama esquemático del circuito.

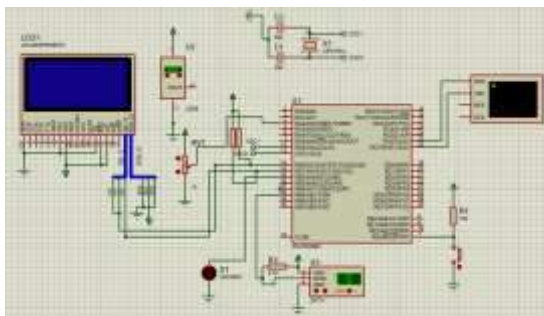


Figura 11. Simulación del circuito

Al verificar el funcionamiento correcto en la simulación pasaremos a las pruebas físicas, armando el circuito en una ProtoBoard y realizar observaciones sobre las acciones del mismo circuito, haciendo uso de corriente directa (DC).



Figura 12. Prueba física de funcionamiento

Inmediatamente en estas pruebas de funcionamiento, se deberán comprobar las acciones realizadas por el PIC al cambio de variables en las mediciones de los sensores, como se mostrará en la siguiente imagen.

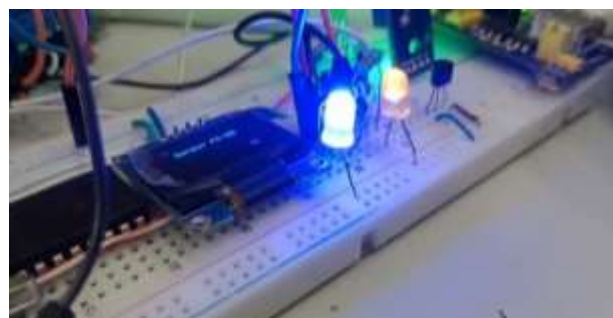


Figura 13. Cambio de variables en prueba de funcionamiento.

Al tener un funcionamiento cercano al deseado, las pruebas pasan por un cambio de voltaje, cambiando entre corriente directa hacia corriente alterna, donde se reemplazarán componentes, como Leds, resistencias, etc. En la siguiente imagen se mostrarán los cambios ya hechos en el circuito integrado.



Figura 14. Cambio de voltaje, AC.

Tras realizar dichos cambios se deberá comprobar nuevamente su correcto funcionamiento mostrados en la siguiente imagen.

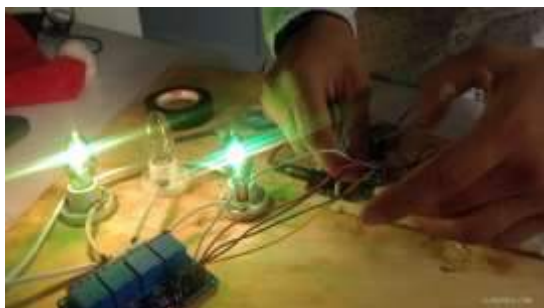


Figura 15. Buen funcionamiento con corriente Alterna.

Mediante el uso del módulo USART el circuito se conectará hacia una computadora, donde el código ingresado mandará los datos de los sensores a través de un puerto COM y al mismo tiempo guardando sus datos en un archivo de texto como se mostrará a continuación en la siguiente imagen.



Figura 16. Almacenamiento de datos

Una vez que el circuito haga lo esperamos, sabremos que las conexiones esquemáticas están

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]
en orden y se podrá pasar al armado de la PCB,
esto se iniciara con el diagrama en 2D para realizar
las conexiones de los Footprint. En la siguiente
imagen se mostrará el diagrama terminado.

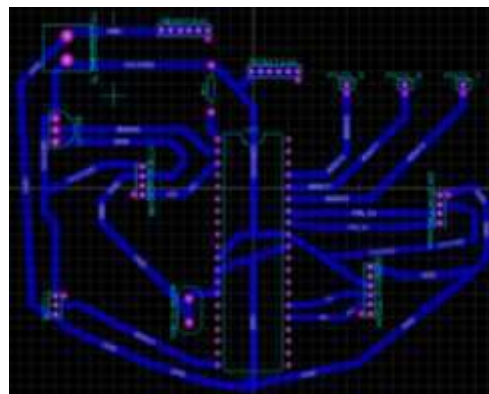


Figura 17. Diagrama 2D del circuito

Una vez construido el esquemático como el que se muestra en la figura 11 se podrá visualizar el modo 3D de la placa PCB para visualizar como se vería en físico.

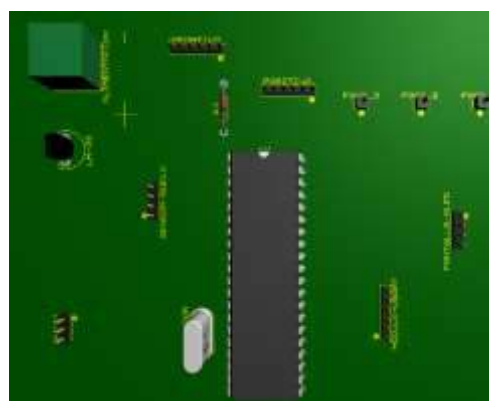


Figura 18. Placa PCB modelo 3D

El siguiente paso será le planchado de la placaba base, al exportarse en PDF el documento puede

imprimirse en papel transfer para facilitar ser pegado en una PCB mediante el planchado,



Figura 19. Planchado de la placa base

cuando es terminado de planchar, el diseño queda pegado a la PCB, aquí deberá ser puesto en cloruro férrico para disolver los excedentes de cobre, dejando únicamente las pistas.

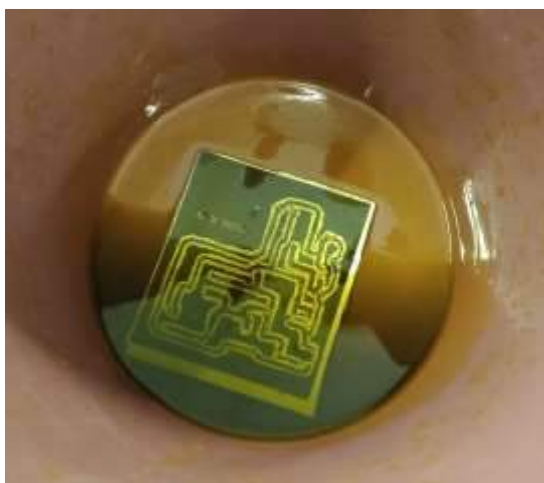


Figura 20. PCB en acido férrico

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

Cuando se terminan de disolver, estará listo para la perforación de las terminales, donde irán los componentes y posteriormente su soldado como se verá en la siguiente imagen.



Figura 21. Perforación y posterior soldadura

Al contar con nuestra placa de circuito impreso de manera física pasaremos a la sección de pruebas dónde se verificará que el circuito funcione de manera correcta y no existe ningún error.

Durante la realización de las pruebas restantes se implementó, un sistema de comunicación basado en Xbee, el cual demostró tener un alcance aproximado de 90 ...

metros en entornos cerrados, lo cual es adecuado para aplicaciones que requieren comunicación dentro de edificios o

estructuras con obstáculos. En espacios abiertos, el alcance se amplió significativamente, llegando

a alcanzar hasta 3200 metros, lo que hace que este sistema sea adecuado para aplicaciones al aire

libre, donde no hay interferencias físicas significativas.



Figura 22. Prueba de envío y recepción de mensajes con módulos Xbee.

Como se observa en la figura 18 se realizaron las pruebas de envío de información de manera inalámbrica implementado los módulos Xbee.

Esta comunicación fue solamente un emisor y receptor, posteriormente se pretende ampliar la topología.

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

6. Conclusiones

En las etapas iniciales, el proyecto se enfocó en integrar sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad de la tierra en un único circuito electrónico capaz de mostrar las variables en una pantalla OLED y enviar datos a una PC mediante el protocolo de comunicación USART. Este proceso requirió múltiples actividades, como la validación de sensores, la construcción de circuitos y cálculos de errores, garantizando la fiabilidad del sistema.

Actualmente, el proyecto ha evolucionado más allá del monitoreo, incorporando funcionalidades que permiten la interacción dinámica con el entorno. Por ejemplo, ahora es posible activar un ventilador cuando se detectan altas temperaturas, lo que amplía las aplicaciones prácticas del sistema. Además, se trabaja en una interfaz de monitoreo remoto accesible y económica, desarrollada en software libre, lo que mejora su portabilidad y reduce costos.

7. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones, al Dr. Juan Israel Yáñez Vargas y al M.C. Víctor Lauro Pérez García, quienes, con su valioso conocimiento y apoyo, han contribuido significativamente al desarrollo y financiamiento de este proyecto.

7. Referencias

¿Qué es XBee? XBee.cl – Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos. (2019, Noviembre 29). XBee.cl – Comunicación Inalámbrica Para Tus Proyectos. <https://xbec.cl/que-es-xbee/>

Farooq, M. S., Javid, R., Riaz, S., & Atal, Z.

(2022). IoT Based Smart Greenhouse Framework and Control Strategies for Sustainable Agriculture. IEEE Access, 10, 99394-99420. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3204066>

M. S. Farooq, S. Riaz, M. A. Helou, F. S. Khan,

A. Abid and A. Alvi, "Internet of Things in

Greenhouse Agriculture: A Survey on Enabling

Technologies, Applications, and Protocols," in

IEEE Access, vol. 10, pp. 53374-53397, 2022, doi:

10.1109/ACCESS.2022.3166634. C, S. (2022c).

Conversión Análogo/Digital (A/D). Control

Automático Educación.

<https://controlautomaticoeducacion.com/microc>

ontroladores-pic/14-conversion-analogodigital-

ad/ Jecrespom. (2018, 16 noviembre). Xbee –

Aprendiendo Arduino. Aprendiendo Arduino.

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/xbee/>

<https://blogagricultura.com/estadisticas->

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

agricolas-estado-guanajuato/

García

Breijo, E. (2012). Compilador C CCS y

Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. España: Marcombo.

Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI).**Design and development of an embedded system for acquisition, monitoring, control and remote transmission of greenhouse data (KATSI).**

Ortiz-Pineda, Cristian Jesús*, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro', Castro-Reyes', Daniel.

'Universidad Politécnica de Juventino Rosas. Departamento de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones.

ID 1er Autor: *Cristian Jesús, Ortiz Pineda*

ID 2do Co-Autor: *Ramsés Alejandro, Ramos-Guerrero*

ID 3er Co-Autor: *Daniel Castro, Reyes*

Resumen

La utilización de mejores recursos en la agricultura se ha vuelto más crucial en los últimos tiempos, particularmente en el seguimiento y control de las condiciones ambientales en los invernaderos. La producción de diversos cultivos necesita de sistemas inteligentes que sean autosustentables y maximicen los beneficios. Este invernadero sofisticado es un proyecto capaz de captar y medir variables ambientales como la humedad, la humedad del suelo, la temperatura y los gases dañinos como el CO₂. El sistema tiene como objetivo registrar y regular estas variables, permitiendo una toma automatizada de decisiones, como la activación de sistemas de riego. Los principios de guiarán la implementación del proyecto La utilización de microcontroladores, sensores especializados y técnicas avanzadas como conversión analógico-digital, multiplexación y análisis datos. La información recabada es transmitida a un dispositivo central de seguimiento y control, que supondrá una disminución tanto del consumo de agua como de los gastos operativos.

Abstract

The use of better resources in agriculture has become more crucial in recent times, particularly in the monitoring and control of environmental conditions in greenhouses. The production of various crops requires intelligent systems that are self-sustaining and maximize profits. This sophisticated greenhouse is a project capable of capturing and measuring environmental variables such as humidity, soil moisture, temperature, and harmful gases like CO₂. The system aims to record and regulate these variables, enabling automated decision-making, such as the activation of irrigation systems. The principles that will guide the project's implementation are the use of microcontrollers, specialized sensors, and advanced techniques such as analog-to-digital conversion, multiplexing, and data analysis. The information collected is transmitted to a central monitoring and control device, which will lead to a reduction in both water consumption and operating costs.

Citación: Ortiz-Pineda, Cristian Jesús, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro, Daniel-Castro, Reyes, Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI)

*Correspondencia del Autor
(322030253@upjr.edu.mx)

1.- Introducción

La principal fuente de energía en los humanos radica en la alimentación, con la creciente población, mundial y local, se debe buscar la forma de dar sustento de una forma más eficiente. Al estar en contacto directo con la población en general, se debe instalar un invernadero inteligente lugares donde es más difícil recibir alimento como, por ejemplo, comunidades apartadas de la ciudad, al estar ubicados en diferentes lugares, cada invernadero deberá acoplar las diferencias ambientales (humedad, temperatura, etc.) a un punto de equilibrio donde favorezca el crecimiento de las plantas.

2.- Materiales

En la elaboración de este proyecto se realizó una investigación y varias pruebas para determinar y seleccionar los materiales más óptimos y precisos a la visión del proyecto KATSI.



Figura 1: Sensor LM35

En la figura 1 se presenta uno de los 3 sensores a utilizar, en este caso es el analógico LM35, Sensor de temperatura.



Figura 2. Sensor DHT11

En la figura 2 se aprecia el segundo sensor a utilizar, se trata del sensor de humedad y temperatura dht11, donde a diferencia de los demás sensores que son del tipo analógico este sensor es del tipo digital.



Figura 3. Sensor de humedad del suelo, YC-28

En la figura 3 se muestra el tercer y último sensor que muestra la humedad, sin embargo, a diferencia del dht11 este muestra la humedad que tiene la tierra de una planta.



Figura 4. Modulo USART

En la figura 4 se muestra el enlace que tiene el circuito con una computadora, hablamos del módulo USART FT232R, un conversor USB a serial.



Figura 5. PIC 18f4550

En la figura 5 se presenta el microcontrolador PIC 18f4550 con el cual se estará desarrollando el proyecto para el procesamiento de la información y automatización.



Figura 6. Pantalla OLED

En la figura 6 se puede apreciar una pantalla oled la cual servirá para exhibir las mediciones que las placas dentro del invernadero estén midiendo a por medio de los sensores y el microcontrolador.



Figura 7. Oscilador de cristal

A fin de dar una correcta sincronía a las operaciones que está realizando el microcontrolador es necesaria la implementación de un oscilador el cual dará la sincronía suficiente y el cual es posible apreciar en la figura 7.



Figura 8. Módulo Xbee

Xbee son módulos de comunicación inalámbrica fabricados por DIGI International. Que permite desarrollar aplicaciones más allá de la simple conexión y comunicación entre mismos módulos.



Figura 9. Sensor MQ-135

Este sensor se especializa en la detección de diversos gases nocivos para la salud, como podría ser el metano, CO₂, etc.



Figura 10.- Arduino uno

Arduino es una plataforma de desarrollo de hardware y software libre que permite a las personas crear dispositivos digitales e interactivos fácilmente. La compañía diseña y fabrica placas de desarrollo que pueden ser programadas para interactuar con el mundo real a través de sensores y actuadores.

Metodología

Sistema Embebido

Para el funcionamiento del proyecto se desarrollará un sistema embebido empleando microcontroladores en este caso se estará trabajando con los microcontroladores PIC. El cual este será el encargado del procesamiento de la información, recabado y enviado de la información.



11.- Circuito Integrado

inclusivo si conocemos el uso debido de los sensores, con el fin de construir un circuito con múltiples sensores es necesario la implementación de un diagrama a bloques,

acorde a lo que se necesite, donde se muestre las características del circuito y brinde la opción de conocer los componentes con lo que cuenta.

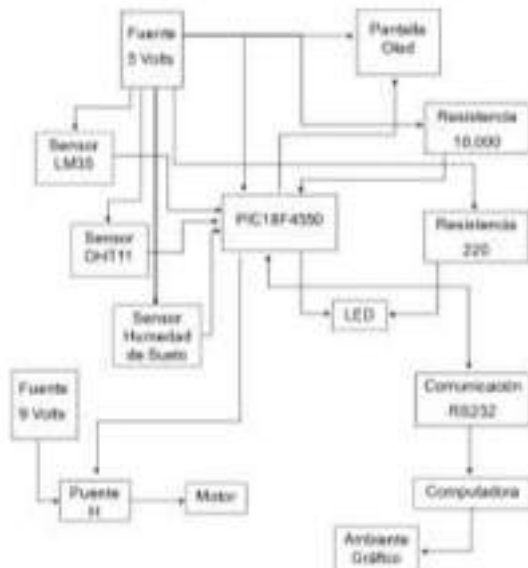


Figura 12.- Diagrama a bloques.

Las conexiones de los sensores y módulos, como el sensor DHT11, LM35 y YC-28, son similares cada uno lleva una conexión hacia la fuente de alimentación y envían su información hacia el PIC, el cual recibe la información y la transmite hacia la pantalla oled para ser visualizada y hacia el módulo USART que la transmite hacia una computadora. El bloque llamado “Ambiente Gráfico” radica en el uso de la información una vez dentro de una computadora, pues esa es almacenada en una página web para su visualización posterior a todo el público. El PIC puede realizar diversas funciones dependiendo de las condiciones que se apliquen, es decir, cuando los niveles en las lecturas son elevados pasando hacia el bloque denominado como “puente H”, este se encarga de encender una alarma, un extractor y una bomba dependiendo del tipo de lectura. Este tipo de funciones de “emergencia” son alimentados de manera externa al circuito como tal, usando corriente alterna para alimentar aparatos con alto consumo de energía, para ello se utilizará un relevador para utilizar los pulsos del PIC y controlar el encendido y apagado de estos aparatos. El cual estará armado en un módulo separado de

la PCB general al tener una placa de relevadores unidos.

CO2

La presencia de las plantas en un ambiente cerrado, en específico, la fotosíntesis, puede derivar en un exceso de CO₂, lo cual es perjudicial para los cultivos. Para analizar el CO₂ presente en el invernadero fue necesario el uso de un medidor de calidad del aire implementado dentro del sistema indebido, los sensores candidatos para este trabajo fueron los sensores CCS811 y el sensor MQ-135, que pesar de no ser exclusivamente de CO₂ pueden detectar este y otros gases extra como el gas metano, alcohol, amoníaco, etc.

El MQ-135 se basa en un material semiconductor de óxido de estaño (SnO₂), cuya resistencia cambia al entrar en contacto con ciertos gases.

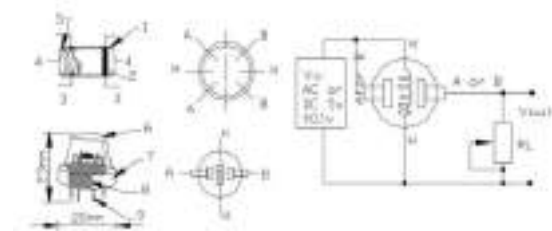


Figura 13.- Estructura del sensor

Cada módulo MQ tiene un escalado similar a los demás, es decir, Al obtener los valores del sensor y queremos implementarlos se debe realizar un escalado a los valores leídos haciendo una relación entre la lectura analógica y la real no lineal.

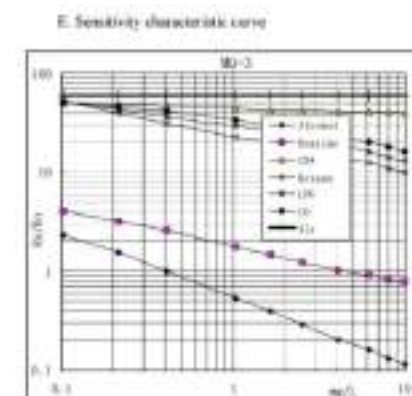


Figura 14.- Escalado de los valores

La fórmula necesaria para el uso de este sensor

$$V_{\text{sensor}} = \frac{\text{Lectura ADC} \times V_{\text{ref}}}{\text{Resolución ADC}}$$

Vsensor = Voltaje de salida del sensor
Lectura ADC = Valor digital leído por el microcontrolador

Vref = Voltaje de referencia del ADC (normalmente 5V o 3.3V)

Resolución ADC = Número máximo del ADC (1023 para un ADC de 10 bits)

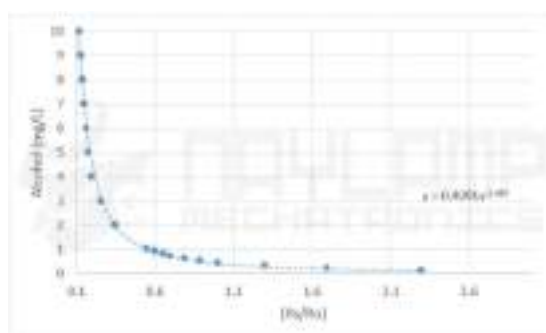


Figura 15.- Curvas de datos en mediciones

Módulo Xbee

Durante este cuatrimestre se llevó a cabo el desarrollo de un sistema de comunicación inalámbrica utilizando dos módulos Xbee, los cuales se configuraron mediante adaptadores USB para establecer la conexión entre ellos. El proceso de configuración se realizó utilizando el software XCTU, herramienta que permite gestionar y programar los módulos Xbee de manera eficiente. En este proceso, uno de los módulos se configuró como transmisor y el otro como receptor, permitiendo así la transmisión y recepción de datos de manera bidireccional.



figura 16.- Intercambio de datos por Xbee

Para llevar a cabo esta configuración, se conectaron los módulos Xbee a computadoras a través de puertos USB, operando en modo serial. A través del software XCTU, se ajustó el firmware de los módulos, lo que posibilitó la correcta comunicación entre ambos dispositivos. Este ajuste es crucial para garantizar que los módulos pudieran intercambiar datos sin problemas, asegurando su correcto funcionamiento dentro de las distancias y condiciones esperadas.

Resultados

La manera de evitar un corto circuito o quemar algún componente durante las pruebas, es realizando una simulación del mismo circuito en algún software de simulación en este caso, "Proteus" a continuación se mostrarán las conexiones del diagrama esquemático del circuito.

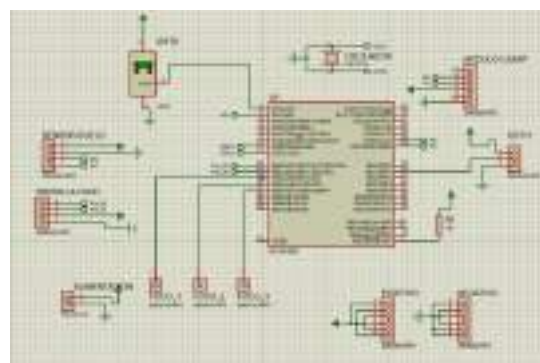


Figura 17. Simulación del circuito

Al verificar el funcionamiento correcto en la simulación pasaremos a las pruebas físicas, armando el circuito en una ProtoBoard y realizar observaciones sobre las acciones del mismo circuito, haciendo uso de corriente directa (DC).



Figura 18. Prueba física de funcionamiento

Inmediatamente en estas pruebas de funcionamiento, se deberán comprobar las acciones realizadas por el PIC al cambio de variables en las mediciones de los sensores, como se mostrará en la siguiente imagen.



Figura 19. Cambio de variables en prueba de funcionamiento.

Al tener un funcionamiento cercano al deseado, las pruebas pasan por un cambio de voltaje, cambiando entre corriente directa hacia corriente alterna, donde se reemplazarán componentes, como Leds, resistencias, etc. En la siguiente imagen se mostrarán los cambios ya hechos en el circuito integrado.



Figura 20. Cambio de voltaje, AC.

Tras realizar dichos cambios se deberá comprobar nuevamente su correcto funcionamiento mostrados en la siguiente imagen.



Figura 21. Buen funcionamiento con corriente Alterna.

Mediante el uso del módulo USART el circuito se conectará hacia una computadora, donde el código ingresado mandará los datos de los sensores a través de un puerto COM y al mismo tiempo guardando sus datos en un archivo de texto como se mostrará a continuación en la siguiente imagen.

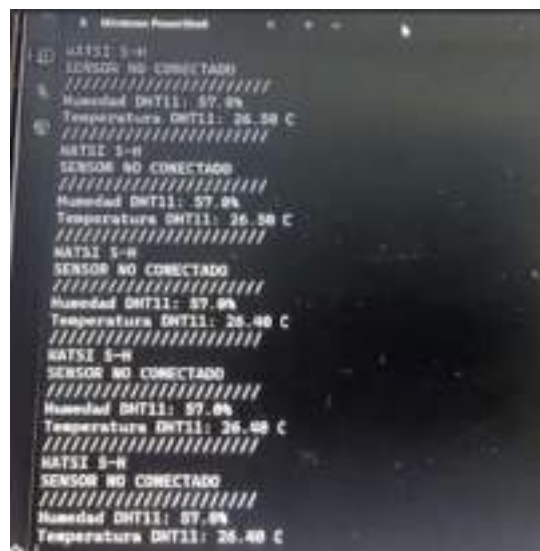


Figura 22. Almacenamiento de datos

Una vez que el circuito haga lo esperamos, sabremos que las conexiones esquemáticas están en orden y se podrá pasar al armado de la PCB, esto se iniciará con el diagrama en 2D para realizar las conexiones de los Footprint. En la siguiente imagen se mostrará el diagrama terminado.

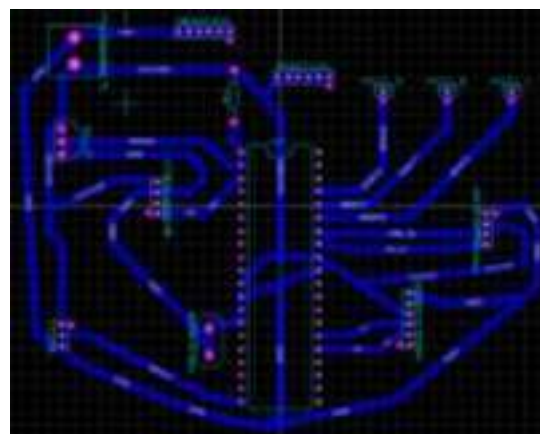


Figura 23. Diagrama 2D del circuito

Una vez construido el esquemático como el que se muestra en la figura 11 se podrá visualizar el modo 3D de la placa PCB para visualizar como se vería en físico.

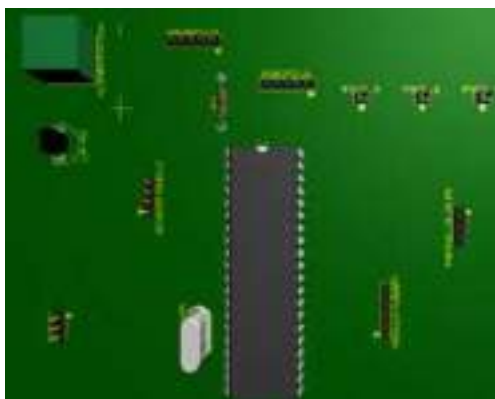


Figura 24. Placa PCB modelo 3D

El siguiente paso será el planchado de la placaba base, al exportarse en PDF el documento puede imprimirse en papel transfer para facilitar ser pegado en una PCB mediante el planchado.



Figura 25. Planchado de la placa base.

Cuando es terminado de planchar, el diseño queda pegado a la PCB, aquí deberá ser puesto en cloruro férrico para disolver los excedentes de cobre, dejando únicamente las pistas.

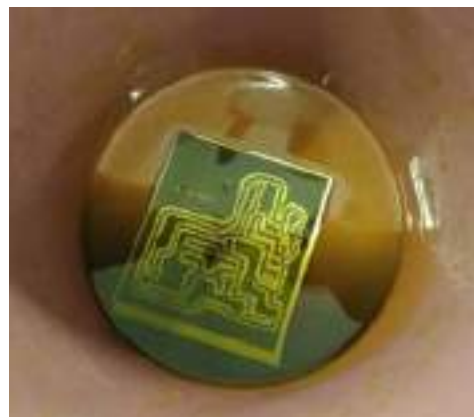


Figura 26. PCB en acido férrico

Cuando se terminan de disolver, estará listo para la perforación de las terminales, donde irán los componentes y posteriormente su soldado como se verá en la siguiente imagen.



Figura 27. Perforación y posterior soldadura

Al contar con nuestra placa de circuito impreso de manera física pasaremos a la sección de pruebas dónde se verificará que el circuito funcione de manera correcta y no existe ningún error.

XBEE

Durante la realización de las pruebas restantes se implementó, un sistema de comunicación basado en Xbee, el cual demostró tener un alcance aproximado de 90 metros en entornos cerrados, lo cual es adecuado para aplicaciones que requieren comunicación dentro de edificios o estructuras con obstáculos. En espacios abiertos, el alcance se amplió significativamente, llegando a alcanzar hasta 3200 metros, lo que hace que este sistema sea adecuado para aplicaciones

al aire libre, donde no hay interferencias físicas significativas.



Figura 22. Prueba de envío y recepción de mensajes con módulos Xbee.

Como se observa en la figura 18 se realizaron las pruebas de envío de información de manera inalámbrica implementado los módulos Xbee. Esta comunicación fue solamente un emisor y receptor, posteriormente se pretende ampliar la topología.

6. Conclusiones

En las etapas iniciales, el proyecto se enfocó en integrar sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad de la tierra en un único circuito electrónico capaz de mostrar las variables en una pantalla OLED y enviar datos a una PC mediante el protocolo de comunicación USART. Este proceso requirió múltiples actividades, como la validación de sensores, la construcción de circuitos y cálculos de errores, garantizando la fiabilidad del sistema. Actualmente, el proyecto ha evolucionado más allá del monitoreo, incorporando funcionalidades que permiten la interacción dinámica con el entorno. Por ejemplo, ahora es posible activar un ventilador cuando se detectan altas temperaturas, lo que amplía las aplicaciones prácticas del sistema. Además, se trabaja en una interfaz de monitoreo remoto accesible y económica, desarrollada en software libre, lo que mejora su portabilidad y reduce costos.

7. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones, al Dr. Juan Israel Yáñez Vargas y al M.C. Víctor Lauro Pérez García, conocimiento quienes, y apoyo, con han su valioso contribuido significativamente al desarrollo y financiamiento de este proyecto.

8. Referencias

¿Qué es XBee? XBee.cl – Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos. (2019, Noviembre 29). XBee.cl – Comunicación Inalámbrica Para Tus Proyectos. <https://xbee.cl/que-es-xbee/>

Farooq, M. S., Javid, R., Riaz, S., & Atal, Z. (2022). IoT Based Smart Greenhouse Framework and Control Strategies for Sustainable Agriculture. IEEE Access, 10, 99394-99420.

<https://doi.org/10.1109/access.2022.3204066>

M. S. Farooq, S. Riaz, M. A. Helou, F. S. Khan, A. Abid and A. Alvi, "Internet of Things in Greenhouse Agriculture: A Survey on Enabling Technologies, Applications, and Protocols," in IEEE Access, vol. 10, pp. 53374-53397, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166634. C, S. (2022c).

Conversión Automático Análogo/Digital (A/D). Control Educación. <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/14-conversion-analogodigital-ad/> Jecrespom. (2018, 16 noviembre).

XBee – Aprendiendo Arduino. Aprendiendo Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/xbee/> <https://blogagricultura.com/estadisticas-agricolas-estado-guanajuato/>

Breijo, E. (2012). Compilador C CCS y García Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. España: Marcombo.

Bibliografía
