

Proyecto final

Control de invernadero

Cruz Calderón Jorge Luis, Frías Hernández Camille Emille Román,
Sánchez Estrada Angel Isaac

El presente proyecto busca gestionar de manera eficiente las condiciones internas del entorno controlado, asegurando la regulación de temperatura, la irrigación y el flujo de aire, mediante la integración de sensores y actuadores.

El sistema contará con funciones automatizadas, como el encendido y apagado del sistema de irrigación, el control de temperatura a través de un controlador PID, y la administración de la velocidad del ventilador mediante señales PWM. Adicionalmente, se implementará un servidor web que permitirá el acceso remoto a las funciones del invernadero y la consulta de gráficas históricas que registran las variables monitoreadas y las acciones realizadas.

El proyecto incluye tanto el diseño de hardware, que comprende la conexión de sensores y actuadores, como el desarrollo de software para la programación del sistema embebido, garantizando una solución práctica, robusta y accesible para usuarios con conocimientos básicos en electrónica y sistemas embebidos.

1. Objetivos

- Diseñar e implementar un sistema embebido que permita la supervisión y control remoto de un invernadero más enfocado en las plantas suculentas, integrando sensores y actuadores para gestionar de manera precisa las variables ambientales internas.
- Desarrollar una solución de software y hardware que incorpore un controlador PID para regular la temperatura, así como señales PWM para administrar la velocidad del ventilador, asegurando un funcionamiento eficiente y confiable.
- Proveer un sistema de visualización de datos históricos mediante gráficas almacenadas, accesibles a través de un servidor web local, para facilitar el análisis y la toma de decisiones sobre el funcionamiento del invernadero.

2. Antecedentes

2.1. Adaptabilidad y Eficiencia de las Suculentas en Espacios Reducidos: Diseño y Gestión de un Invernadero Controlado

En este proyecto se plantea usar la planta suculenta debido a los cuidados que requiere, ya que se caracteriza por su bajo consumo de recursos, tanto naturales como de mantenimiento. Esta elección resulta particularmente adecuada para un entorno de estudiante o en espacios reducidos, como un departamento, donde el tiempo y los recursos disponibles para el cuidado de plantas suelen ser limitados.

Las suculentas, gracias a su capacidad natural para almacenar agua en sus hojas, tallos o raíces, prosperan con un riego esporádico y no necesitan de un sustrato complejo, lo que facilita su cuidado. Además, estas plantas toleran ambientes con baja humedad relativa, entre el 10 % y el 30 %, y se adaptan fácilmente a invernaderos con condiciones controladas, sin requerir sistemas complicados de irrigación.

o ventilación. Estas características las hacen ideales para espacios donde la optimización de recursos es crucial (Nabors, 2006).

El diseño de un invernadero para plantas suculentas debe considerar los aspectos clave de ventilación, irrigación y control de temperatura, ya que estos influyen directamente en su crecimiento .

Las suculentas requieren una iluminación intensa para un crecimiento óptimo. El uso de una lámpara incandescente de 100W proporciona la intensidad lumínica necesaria. Sin embargo, estas lámparas emiten una cantidad significativa de calor, lo que puede dañar las plantas si se colocan demasiado cerca. Por lo que, una lámpara incandescente de 100W puede colocarse a una distancia de 30cm de las plantas, proporcionando la intensidad lumínica adecuada sin el riesgo de sobrecalentamiento (Saltón Verde, 2022).

La temperatura de las suculentas prosperan en un rango de temperatura diurna de 21°C a 29°C y nocturna de 10°C a 15°C. Es esencial monitorear la temperatura dentro del invernadero, especialmente al utilizar fuentes de luz que emiten calor. El uso de lámparas incandescentes puede elevar la temperatura interna, por lo que es crucial asegurarse de que no exceda los 30°C para evitar el estrés térmico en las plantas (Garvillo, 2023).

Una ventilación adecuada es vital para mantener niveles óptimos de temperatura y humedad, así como para prevenir la acumulación de patógenos. La instalación de dos ventiladores en la parte superior del invernadero ayudará a promover la circulación del aire y a disipar el calor generado por la lámpara. Es recomendable que los ventiladores operen de manera continua o en intervalos regulares para asegurar una renovación constante del aire (Bribiesca, R., 2020).

El metodo de riego subterráneo es una técnica que suministra agua directamente al sistema radicular mediante emisores enterrados. Este método minimiza pérdidas por evaporación y que lo convierte en una opción eficiente para las suculentas, especialmente en ambientes controlados como invernaderos. Al permitir que el agua llegue directamente a las raíces, este sistema evita el desperdicio hídrico, una ventaja significativa en regiones con limitaciones de agua (Lucas et al., 2015).

2.2. Protocolos

El bus 1-Wire es un protocolo de comunicación serial desarrollado por Dallas Semiconductor, ahora parte de Maxim Integrated, que permite la interconexión de dispositivos digitales utilizando una única línea de datos y una referencia a tierra común. En una configuración maestro-esclavo, el dispositivo maestro controla la comunicación y puede interactuar con múltiples esclavos, cada uno con una dirección única de 64 bits, lo cual facilita la identificación y el acceso a cada dispositivo en el bus (Maxim Integrated, 2008).

Por otro lado, el bus I2C, desarrollado por Philips, permite la interconexión de múltiples dispositivos mediante dos líneas, SDA (datos) y SCL (reloj). Este protocolo soporta varios modos de velocidad y puede conectar múltiples dispositivos maestros y esclavos, cada uno identificado por una dirección única de 7 o 10 bits (NXP Semiconductors, 2021).

2.3. Componentes

El sensor DS18B20 es un sensor de temperatura digital que utiliza el bus 1-Wire para comunicarse con dispositivos maestros como la Raspberry Pi. Este sensor, que tiene un rango de temperatura de -55°C a +125°C y una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$, se puede alimentar directamente desde la línea de datos, simplificando el diseño del sistema (Maxim Integrated, 2015).

El TRIAC es un dispositivo semiconductor utilizado para controlar flujos de baja potencia en un circuito CA, los TRIACS pueden conducir en ambos sentidos de la corriente permitiendo la modulación del ciclo completo de la señal alterna riente permitiendo la modulación del ciclo completo de la señal alterna (Boylestad y Nashelsky, 2015).

El IRLZ44N es un transistor MOSFET de canal N diseñado principalmente para aplicaciones de

conmutación y control de potencia. Este componente se destaca por su capacidad para manejar altas corrientes de hasta 47 amperios y su baja resistencia en estado de conducción, lo que lo hace eficiente en términos de disipación de energía. Gracias a su voltaje de umbral bajo, puede ser controlado directamente mediante señales de nivel lógico, lo cual facilita su integración en circuitos digitales (Philips Semiconductors, 1999).

El MOC3021 es un optoacoplador diseñado para aislar eléctricamente circuitos de control de corriente directa y dispositivos de corriente alterna. Este dispositivo emplea un diodo emisor de infrarrojos y un interruptor bilateral de silicio que, juntos, permiten controlar cargas como motores, lámparas o solenoides. Una de sus principales ventajas es su capacidad para bloquear voltajes de hasta 400 voltios, proporcionando un aislamiento seguro de hasta 5300 voltios RMS (Fairchild Semiconductor, 2003).

Por otro lado los optoacopladores o optoaislador es un dispositivo que permite la transmisión de señales entre dos circuitos. El dispositivo consta de un LED y un fotodiodo donde el LED emite luz en señal de entrada activando el fotodiodo de salida. El optoacoplador 4N25 es un dispositivo electrónico ampliamente utilizado que combina un diodo emisor de luz (LED) y un fototransistor NPN en un encapsulado DIP de 6 pines, con el propósito de proporcionar aislamiento eléctrico entre dos circuitos. Entre sus características principales destacan su capacidad de manejar tensiones de colector-emisor de hasta 70 V, así como una corriente de entrada típica de 10 mA para activar el LED interno. (Mishra y Singh, 2018; Vishay Semiconductors, 2010).

El sensor de humedad del suelo FC-28 es un dispositivo ampliamente utilizado para medir la humedad en aplicaciones agrícolas, como los sistemas de riego automatizados en invernaderos. Este sensor opera mediante la medición de la conductividad eléctrica entre sus electrodos, la cual varía según el contenido de agua en el suelo, ofreciendo tanto una salida analógica como una digital que facilitan su integración con microcontroladores, su implementación permite monitorear continuamente la humedad del suelo, lo que resulta fundamental para optimizar el uso del agua y evitar problemas como el riego excesivo o la deshidratación de las plantas (Marrero Ramírez et al., 2021).

2.4. Control de un foco incandescente de 100 W mediante PID

El control PID es ampliamente utilizado para regular dispositivos que requieren precisión, como un foco incandescente de 100 W. Este sistema ajusta la potencia en función de la diferencia entre el valor deseado y el valor medido, minimizando el error actual, acumulado. El control PID ofrece una respuesta dinámica y estable al regular variables como la temperatura, gracias a su capacidad de ajustar automáticamente los parámetros proporcional, integral y derivativo. En este caso, la señal del PID puede controlar un TRIAC para modular gradualmente la intensidad lumínica del foco y, en consecuencia, la temperatura generada (Dorf y Bishop, 2011).

2.5. Control de los ventiladores mediante PWM

La Modulación por Ancho de Pulso (PWM) es una técnica eficiente para controlar dispositivos como ventiladores. El PWM permite variar la velocidad de un motor ajustando el ciclo de trabajo de una señal digital, lo que regula la potencia entregada sin pérdidas significativas de energía. En este caso, la frecuencia de la señal debe seleccionarse adecuadamente para evitar ruido y garantizar un funcionamiento suave. Este método se implementa fácilmente mediante un microcontrolador y un transistor o driver de motor, permitiendo ajustar la velocidad del ventilador según los requerimientos del sistema (Rashid, 2013).

Lista de Componentes

Se asume que el alumno cuenta con una Raspberry Pi con sistema operativo Raspberry Pi OS Legacy (2023-05-03 o anterior) e intérprete de Python instalado. Se aconseja encarecidamente el uso de git como programa de control de versiones.

Dispositivos principales

- 1 Raspberry Pi Placa Base Modelo B / 8GB
- 1 microcontrolador RP2040 (Raspberry Pico) con firmware MicroPython precargado

Accesorios y conectividad

- 1 cable USB-C con soporte para datos
- 1 conector DIL con cable plano tipo listón para el GPIO de la Raspberry Pi
- Cables y conectores varios
- 10 Borneras de 2
- 2 Borneras de 3

Alimentación y energía

- 1 fuente de alimentación regulada a 5V y al menos 2 amperios de salida
- 1 fuente de alimentación regulada a 12V y al menos 1 amperio de salida

Resistencias

- 1 resistencia de 68 k Ω (1/4 Watt)
- 4 resistencias de 10 k Ω (1/4 Watt)
- 1 resistencia de 4.7 k Ω (1/4 Watt)
- 1 resistencia de 1 k Ω (1 Watt)
- 4 resistencias de 470 Ω (1/4 Watt)
- 1 resistencia de 330 Ω (1/4 Watt)

Componentes electrónicos adicionales

- 1 TRIAC BT137
- 4 diodos 1N4007 o puente rectificador equivalente
- 1 optoacoplador 4N25
- 1 optoacoplador MOC 3021
- 1 LED ultrabillante de 5 mm
- 3 transistores IRLZ44

Sistema de ventilación y enfriamiento

- 2 ventiladores plásticos 510-740 de 4" 12V RAD (8x8x2.5 cm)

Sistema de bombeo

- 1 mini bomba de agua 6-12V (3W, 0.3Mpa)
- 4 metros de manguera para bomba de agua de 0.9 a 1 cm

Iluminación

- 1 foco incandescente de 100W (NO AHORRADOR NI LED)
- 1 socket para foco incandescente

Otros

- 1 protoboard o circuito impreso equivalente
- 1 sensor de humedad del suelo FC-28 Higrómetro4
- 4 sensores de temperatura DS18B20

3. Descripción del funcionamiento de los componentes

3.1. Control del foco

Al estar trabajando con un circuito que requiere una parte en AC y otra en DC, es necesario rectificar la señal. Para ello se utilizaron diodos 1N4007, debido a su capacidad de soportar hasta 1000 V, lo cual es más que suficiente para la señal de AC en México, que es de 120 V. Por otro lado, el amperaje especificado para ellos es de un máximo de 1 A. Al usar un foco de 100 W y despejar de la fórmula $I = \frac{P}{V}$, obtenemos un resultado de menos de un amperio, 0.833, por lo que estos diodos son ideales para la rectificación de esta señal.

Se utiliza un triodo de corriente alterna que permite conmutar el paso de la corriente en un circuito de AC. En nuestro caso, este circuito enciende el foco, cumpliendo la función de un interruptor, similar a un transistor en DC o a un relé, pero con la ventaja de ser más duradero y de poder funcionar con una señal de un microcontrolador, incluso con una corriente muy pequeña, permitiendo su activación controlada.

Con el fin de aislar correctamente las señales de AC y DC, se utilizaron dos optoacopladores: el 4N25 y el MOC3021. De esta forma, podemos detectar el cruce por cero de la señal rectificada. Asimismo, se puede enviar una señal al tristor para activarlo y permitir el paso de la corriente al foco. El MOC3021 fue utilizado por tener un tristor interno que le permite manejar los cambios de fase de una señal de AC sin perjudicar su funcionamiento, de forma que puede mandar una pequeña señal de AC al TRIAC, que manejará la señal directa de AC. Por su parte, el 4N25, al tener un circuito simple con un LED y un fototransistor, permite mandar una señal que el microcontrolador lea cada vez que el LED se apague, lo cual indica que la señal ha pasado por cero.

3.2. Control de motores

Los motores son actuadores que requieren una gran corriente para vencer la inercia y comenzar su trabajo. Con el fin de no exigir demasiado al microcontrolador y evitar dañarlo, se utilizan transistores en modo de switch con una fuente externa que pueda satisfacer las necesidades de los actuadores, como amperajes relativamente altos (1 A) y un voltaje diferente al de salida de los microcontroladores.

Para este circuito se utilizaron transistores IRLZ44, ya que los motores de los ventiladores requieren 12 V de DC y un amperaje de 220 mA, según la hoja de especificaciones. Por lo tanto, se empleó un transistor en modo interruptor para cada ventilador, así como para la bomba de 12 V y 250 mA. Para proteger al microcontrolador y aprovechando la capacidad de los transistores de activarse con una señal

de bajo amperaje, se utilizó una resistencia de $470\ \Omega$ y otra resistencia de $10\ \text{k}\Omega$ entre el source y el gate para evitar ruido en la señal, asegurando que se apaguen y enciendan según lo deseado.

3.3. Sensado

Dentro del circuito se encuentran dos tipos de sensores: sensores de temperatura y sensores de humedad.

Los sensores de temperatura son del tipo DS18B20, que operan mediante el protocolo One Wire. Esto permite realizar varias mediciones usando solamente un pin de señal, sin la necesidad de preocuparse por la sincronización de datos ni por la conversión analógica a digital. Estos sensores utilizan una resistencia de $470\ \Omega$ conectada a VCC, según lo recomendado en la hoja de datos.

Por su parte, para la medición de humedad se utilizó un higrómetro FC-28, que permite medir la humedad tanto de forma analógica como digital. Esto facilita aproximar mejor la humedad dentro del invernadero. Además, su cableado es simple, necesitando únicamente un pin de ADC que proporciona la Pico, obteniendo un porcentaje de humedad útil para decidir el riego.

Camille

4. Descripción del funcionamiento de la tarjeta controladora y circuito microcontrolador

En este sistema se emplean dos tarjetas: una Raspberry Pi 4 y una Raspberry Pi Pico, cada una con funciones específicas dentro del diseño.

La Raspberry Pi 4 se encarga de ejecutar los procesos principales, incluyendo el cálculo y la activación de los actuadores. Esta tarjeta realiza los cálculos del error y las correcciones correspondientes para el control PID, además de gestionar el sensado de los termómetros mediante el protocolo One Wire. También es responsable de la interfaz gráfica para el servidor, permitiendo la visualización y el control centralizado de la mayoría de las señales del sistema.

Por otro lado, la Raspberry Pi Pico tiene como función principal la gestión de señales críticas hacia la Raspberry Pi 4. Esto incluye la detección del cruce por cero en el circuito del foco y el envío de la señal de retorno desde el dimmer al MOC. Gracias a sus puertos ADC, la Raspberry Pi Pico también realiza la medición de los niveles de humedad, enviando un valor binario (0 o 1) a la Raspberry Pi 4 para su procesamiento, contribuyendo así al comportamiento automatizado del sistema.

Camille

5. Cuidado de la salud y advertencias de riesgos

El diseño e implementación de un sistema de invernadero utilizando componentes electrónicos y eléctricos requiere adoptar medidas de seguridad rigurosas para proteger tanto al usuario como al equipo.

En primer lugar, se deben manipular con precaución las fuentes de alimentación y los dispositivos conectados a la corriente eléctrica. Nunca se debe operar con las manos húmedas ni en superficies mojadas, ya que esto aumenta significativamente el riesgo de electrocución. Asimismo, es fundamental utilizar protectores contra sobrecargas para evitar picos de voltaje que puedan dañar el sistema o causar incendios. Los cables y conectores deben revisarse regularmente para garantizar que no presenten desgaste o daño que pueda resultar en cortocircuitos o pérdida de funcionalidad.

El foco incandescente de 100W utilizado para la iluminación del invernadero representa un riesgo adicional, ya que alcanza temperaturas elevadas durante su operación. El contacto directo con este elemento puede causar quemaduras graves, y su proximidad a materiales inflamables aumenta el peligro.

de incendio. Por ello, se debe instalar en un soporte resistente al calor y mantenerlo alejado de otros componentes sensibles al calor, como sensores o cables.

Los sistemas de ventilación y bombeo implican riesgos mecánicos y eléctricos. Los ventiladores en funcionamiento pueden causar lesiones si se tocan accidentalmente, mientras que la bomba de agua, al operar con líquidos, presenta el peligro de cortocircuitos si las conexiones no están adecuadamente selladas. Es recomendable utilizar carcasas protectoras para los ventiladores y garantizar que los puntos de conexión eléctrica estén alejados de la humedad.

Trabajar con estos dispositivos requiere un entorno limpio, seco y bien ventilado, así como un conocimiento básico de las especificaciones técnicas de cada componente. Tener acceso a un interruptor de seguridad para desactivar rápidamente el sistema en caso de emergencia, además de un kit de primeros auxilios, puede ser crucial para abordar cualquier eventualidad.

6. Información sobre el cuidado de los componentes electrónicos delicados

El cuidado adecuado de los componentes electrónicos es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil, especialmente en proyectos donde se utilizan dispositivos sensibles como los incluidos en el sistema de invernadero. En primer lugar, es necesario considerar las descargas electrostáticas (ESD), ya que estas representan un riesgo significativo para componentes como la Raspberry Pi y el microcontrolador RP2040. Para mitigar este riesgo, se recomienda trabajar en superficies antiestáticas, utilizar una pulsera antiestática conectada a tierra y manipular los dispositivos únicamente por los bordes, evitando el contacto directo con pines o terminales expuestos.

Los TRIAC, optoacopladores y transistores requieren un manejo delicado, asegurando siempre que sus terminales estén aislados y protegidos contra picos de corriente. Para ello, se sugiere utilizar fusibles o circuitos de protección adicionales. El sistema de ventilación y bombeo también presenta cuidados específicos. Los ventiladores deben mantenerse libres de polvo y montados de manera firme para evitar vibraciones que puedan dañar otros componentes. Asimismo, la bomba de agua debe operarse con precaución, evitando su funcionamiento en seco y asegurando que las conexiones eléctricas estén debidamente selladas para prevenir filtraciones y cortocircuitos.

El foco incandescente, se recomienda mantener una distancia prudente entre este y los componentes electrónicos para evitar daños por exposición al calor. Además, debe evitarse su manipulación mientras está encendido o caliente, debido al riesgo de quemaduras. Por último, el sensor de humedad del suelo FC-28 requiere una limpieza regular para evitar corrosión y debe ser utilizado dentro de sus límites operativos, evitando inmersiones completas en agua que podrían dañarlo.

7. Configuración de la tarjeta controladora y microcontrolador

Para la configuración de los protocolos de comunicación I2C y One-Wire en la Raspberry Pi, se siguieron los pasos descritos a continuación:

1. Acceder al menú de configuración de la Raspberry Pi utilizando el comando:

```
sudo raspi-config
```

2. Dentro del menú de configuración, seleccionar la opción **Interface Options**.
3. Habilitar el protocolo I2C seleccionando la opción **I2C** y confirmando su activación.
4. Repetir el proceso para habilitar el protocolo One-Wire seleccionando la opción **One-Wire**.
5. Guardar los cambios y salir del menú de configuración.

6. Reiniciar la Raspberry Pi para aplicar los cambios ejecutando el comando:

```
sudo reboot
```

7. Verificar que los protocolos estén habilitados correctamente:

- Para I2C, instalar la utilidad `i2c-tools` si aún no está instalada:

```
sudo apt-get install -y i2c-tools
```

Luego, utilizar el comando:

```
i2cdetect -y 1
```

Esto mostrará una tabla con los dispositivos conectados en el bus I2C.

- Para One-Wire, verificar la presencia del archivo de dispositivo asociado en el sistema de archivos en la ruta:

```
/sys/bus/w1/devices
```

Donde los sensores o dispositivos conectados deberían aparecer listados.

Con estos pasos, los protocolos I2C y One-Wire quedan configurados y listos para su uso en la Raspberry Pi. Esto permite la comunicación con sensores de temperatura y la Raspberry Pi pico.

isaac Camille

8. Desarrollo de los componentes de software

8.1. Control del sistema de irrigación y humedad

Cruz Calderón Jorge Luis

Como se investigó en la parte de los antecedentes la planta suculenta es capaz de soportar humedades bajas de alrededor del 10 % y 30 % y en base a esto se creó la función `controlar_humedad` que gestiona el nivel de humedad mediante la activación o desactivación de una salida según los valores obtenidos del sensor. En primer lugar, evalúa si el porcentaje de humedad es inferior al umbral mínimo 10 %. Si esta condición se cumple, activa la salida a un estado alto (1) y emite un mensaje indicando que la humedad es baja. En cambio, si la humedad excede el umbral máximo 30 %, desactiva la salida estableciendo un estado bajo (0). Finalmente, si la humedad se encuentra dentro del rango aceptable, la función asegura que la salida permanezca desactivada. De esta forma, el sistema garantiza el control eficiente de la humedad, manteniéndola dentro de los límites especificados para una suculenta.

```
1 def controlar_humedad(humedad, pin, min_humedad=10, max_humedad=30):
2     if humedad < min_humedad:
3         pin.value(1)
4         print("Humedad baja. Activando salida...")
5     elif humedad > max_humedad:
6         pin.value(0)
7         print("Humedad alta. Desactivando salida...")
8     else:
9         print("Humedad dentro del rango adecuado.")
10        pin.value(0)
```

Código 1: Función para el control de humedad

8.2. Control de temperatura del invernadero utilizando PID atravez del foco incandescente

implementa un controlador PID para regular la temperatura de un sistema y enviar los ajustes de potencia a través del protocolo I²C.

La clase `PIDController` es el núcleo del sistema de control proporcional-integral-derivativo (PID). Utiliza la fórmula:

$$\text{salida} = K_p \cdot \text{error} + K_i \cdot \text{integral} + K_d \cdot \text{derivada}$$

Donde:

- `Kp`: Coeficiente proporcional.
- `Ki`: Coeficiente integral.
- `Kd`: Coeficiente derivativo.
- `error`: Diferencia entre el setpoint y el valor actual.
- `integral`: Acumulación de errores pasados.
- `derivada`: Cambio del error con respecto al tiempo.

El método `calculate()` ajusta la potencia del sistema y la limita entre 0 % y 100 %.

- `write_power(pwr)`: Envía el valor de potencia al dispositivo esclavo a través de I²C.
- `control_temperature(setpoint)`: Lee la temperatura actual, calcula la potencia ajustada usando el controlador PID y la envía al esclavo.

Este archivo actúa como dispositivo esclavo I²C y controla un dimmer para ajustar la intensidad de un foco, además de monitorear la humedad en un hilo separado.

Se utiliza un programa PIO (Programmable I/O) para sincronizar el control del foco con el cruce por cero de la corriente alterna, ajustando el retraso según la potencia recibida.

El dispositivo esclavo I²C, implementado con la librería `i2cslave.py`, recibe valores de potencia, los valida y ajusta el brillo del foco utilizando el dimmer.

Se utilizó una librería desarrollada por Mauricio Matamoros, esta librería permite usar la Raspberry Pi Pico como dispositivo esclavo I²C. Especificaciones clave:

- Soporta direcciones de 7 bits y operaciones de lectura y escritura en bloques.
- Implementa control a nivel de registros según la documentación del RP2040.
- No admite interrupciones ni transacciones avanzadas.

De forma que el flujo es el siguiente:

1. El script `PID.py` calcula el nivel de potencia necesario para mantener la temperatura deseada y lo envía al esclavo I²C.
2. El script `main.py` recibe el valor de potencia y ajusta el brillo del foco mediante el dimmer.
3. Paralelamente, el hilo de monitoreo mide la humedad, asegurando una operación concurrente.

Camille

8.3. Control de potencia del ventilador mediante PWM

8.4. Programado de ciclos de temperatura e irrigado

Cruz Calderón Jorge Luis

8.5. Servidor web y gráfica con histórico de temperatura, irrigación y acciones tomadas

isaac

9. Integración de los componentes en una solución de software

10. Conclusiones

Cruz Calderón Jorge Luis:

Frías Hernández Camille Emille Román:

Sánchez Estrada Angel Isaac:

11. Cuestionario

1. ¿Qué factores deben considerarse en el diseño de un invernadero para plantas suculentas?
Los factores a considerar son la importancia de la ventilación, la iluminación, el riego y el control de temperatura.
2. ¿Cómo contribuye el sensor DS18B20 al monitoreo de temperatura en un sistema de invernadero?
Este sensor digital mide temperaturas entre -55°C y $+125^{\circ}\text{C}$ con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Su diseño permite alimentarlo directamente desde la línea de datos, simplificando la integración en sistemas basados en microcontroladores como la Raspberry Pi
3. ¿De qué trata el protocolo 1-Wire y cómo se relaciona con el sensor DS18B20?
El protocolo 1-Wire es una interfaz serial que permite la comunicación entre dispositivos utilizando una sola línea de datos y una referencia a tierra. El sensor DS18B20 utiliza este protocolo para transmitir datos de temperatura al sistema maestro, simplificando el diseño del circuito
4. ¿Qué papel desempeña el TRIAC en el control de dispositivos de corriente alterna dentro del invernadero?
El TRIAC regula el flujo de corriente alterna, permitiendo controlar dispositivos como lámparas incandescentes. Su capacidad para modular el ciclo completo de la señal facilita la regulación de la intensidad lumínica y, por ende, de la temperatura dentro del invernadero.
5. ¿Qué es el transistor MOSFET IRLZ44N y para qué aplicaciones es más adecuado?
El IRLZ44N es un transistor MOSFET de canal N diseñado para aplicaciones de conmutación y control de potencia. Es adecuado para manejar altas corrientes, hasta 47 amperios, y su baja resistencia lo hace eficiente en términos de disipación de energía. Su capacidad para ser controlado mediante señales de nivel lógico facilita su integración en sistemas digitales

Referencias

- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2015). *Electronic Devices and Circuit Theory* (11.^a ed.). Pearson.
- Bribiesca, R. (2020). *Manejo de la temperatura en el invernadero*. Consultado el 12 de noviembre de 2024, desde <https://agrofacto.com/manejo-temperatura-invernadero/>

- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2011). *Sistemas de Control Moderno* (12ª). Pearson Educación. Consultado el 21 de noviembre de 2024, desde https://www.academia.edu/35915273/Sistemas_de_Control_Moderno_Richard_Dorf
- Fairchild Semiconductor. (2003). *MOC3021 Datasheet*. Consultado el 24 de noviembre de 2024, desde <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/53870/FAIRCHILD/MOC3021.html>
- Garvillo. (2023). *La mejor temperatura para las suculentas: una guía para un control óptimo*. Consultado el 12 de noviembre de 2024, desde <https://garvillo.com/es/mejor-temperatura-para-suculentas/>
- Lucas, F. J., Martínez-Álvarez, V., & Valiente, M. (2015). *Subsurface drip irrigation vs. surface drip irrigation in tomato*. Consultado el 12 de noviembre de 2024, desde <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/52874a73-c7f9-4283-824d-9ab2ce4da923/content>
- Marrero Ramírez, S., González Palau, I., León Segovia, M. A., & Suárez Vinuesa, R. E. (2021). Control de humedad y consumo de agua en un invernadero. *Ciencia, Universidad Técnica de Cotopaxi*. Consultado el 20 de noviembre de 2024, desde https://www.academia.edu/80463745/Control_de_humedad_y_consumo_de_agua_en_un_invernadero
- Maxim Integrated. (2008). *1-Wire Communication Through Software*. Consultado el 19 de noviembre de 2024, desde <https://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN126.pdf>
- Maxim Integrated. (2015). *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. Consultado el 15 de noviembre de 2024, desde <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS18B20.pdf>
- Mishra, M., & Singh, S. P. (2018). *Power Electronics: Circuits, Devices and Applications*. McGraw Hill Education.
- Nabors, M. W. (2006). *Introducción a la botánica* (1.ª ed.). Addison-Wesley. Consultado el 12 de noviembre de 2024, desde https://www.academia.edu/44352742/Introducci%C3%B3n_a_la_Bot%C3%A1nica_Murray_W_Nabors
- NXP Semiconductors. (2021). *UM10204 I2C-bus specification and user manual*. Consultado el 16 de noviembre de 2024, desde <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>
- Philips Semiconductors. (1999). *IRFZ44N Datasheet*. Consultado el 24 de noviembre de 2024, desde https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17807/PHILIPS/IRFZ44N.html?utm_source=chatgpt.com
- Rashid, M. H. (2013). *Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones* (4ª). Pearson Educación.
- Saltón Verde. (2022). *Calculadora de iluminación LED: Potencia, PPF, PPFD y más*. Consultado el 12 de noviembre de 2024, desde <https://saltonverde.com/calculadora-de-iluminacion-led/>
- Vishay Semiconductors. (2010). *4N25, 4N26, 4N27, 4N28: Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection [Hoja de datos]*. Consultado el 15 de noviembre de 2024, desde <https://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>