

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE RIEGO CON RELOJ DE TIEMPO REAL PARA UN INVERNADERO

Reyes Ibarra Luis Alberto, Herrera Castillo Perla Alejandra, Sifuentes Montelongo Sergio Alberto
Universidad Politécnica de Durango

Ing. Telemática

Carretera Durango-México Km 9.5 Tel. 618 1501300

C.P. 34300 Durango, Dgo

luis.reyes@unipolidgo.edu.mx, perla.herrera@unipolidgo.edu.mx, sergio.sifuentes@unipolidgo.edu.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño e implementación de un controlador de riego, con microcontrolador PIC18F4550 y una pantalla LCD de 16x4, además cuenta con reloj de tiempo real DS1307

Las características principales del controlador es que se pueden controlar por temporización en tiempo real el riego por goteo, el riego por aspersión y la inyección de fertilizantes a través de la cintilla de riego.

Hasta el momento se puede programar el inicio del riego y el tiempo; también cuenta con arranque y paro manual para el encendido de electroválvulas; se pretende configurar entradas de sensor de radiación solar para mejorar el funcionamiento del controlador de riego.

Una de las características de este controlador frente a los que existen en el mercado es su simplicidad en su operación y su bajo costo, además de que puede controlar el riego con fertilizante, el riego por aspersión y el riego por goteo para el cultivo de tomate en el invernadero instalado en la Universidad.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen en el mercado multitud de tecnología para aplicaciones de riego las cuales cuentan con características muy especiales, sin embargo el usuario final muchas de las veces no se adapta tan fácilmente a esas características por lo que no las aprovecha al máximo. Uno de los objetivos principales es el de implementar un controlador de riego que su operación sea muy sencilla para el usuario final y además que sea de bajo costo.

Cabe hacer mención que este controlador de riego ya se implementó en el invernadero con que se cuenta en la Universidad Politécnica de Durango, dicho invernadero es un proyecto aprobado por Promep para el fortalecimiento de cuerpos académicos, en la figura 1 se muestra el invernadero.

A continuación se detallan aspectos relevantes considerados para la implementación del controlador.

1.1 Horticultura protegida

La horticultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad.

La horticultura protegida contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleo para el país y una vida más digna entre la gente del medio rural. [1]



Figura 1. Invernadero tipo tunel con ventana cenital.

1.2 Manejo del cultivo de tomate en Invernadero.

Considerando la superficie dedicada a su cultivo y el valor de su producción, el tomate es la hortaliza número uno en el mundo. Es una planta arbustiva e indeterminada puede tener un ciclo de vida superior a un año, aunque se cultiva como anual. Para invernadero se utilizan las variedades de crecimiento indeterminado, pues permiten tener producción durante periodos largos si se manejan de forma adecuada. El manejo del cultivo es la clave para obtener altos rendimientos y calidad del fruto. [1]

1.3 Importancia del manejo del riego en el Invernadero.

El manejo del agua en el cultivo de tomate es una de las acciones más críticas del proceso de producción. El riego adecuado permite compensar las extracciones de agua y nutrimentos de la planta, controla la acumulación de sales y mantiene un adecuado nivel de oxígeno en el ambiente radical. Además, el riego afecta positiva o negativamente el crecimiento, la producción, la condición fitosanitaria de la planta, el uso efectivo de fertilizantes y el consumo de energía. El riego permite manipular en cierto grado el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Niveles bajos de humedad y/o un ambiente de alta salinidad propician un estrés que afecta el crecimiento, llevando al cultivo a una condición generativa, que a veces es necesaria, mientras que en otras resulta perjudicial. Por otro lado, niveles relativamente altos de humedad y bajos de salinidad puede conducir a una condición vegetativa. [1]

1.4 Manejo del riego para cultivo en suelo

Una de las ventajas del cultivo en suelo es que se tiene una alta capacidad de amortiguamiento desde el punto de vista nutricional y de manejo del agua, pues en caso de tener interrupciones pasajeras en el suministro de agua y nutrimentos, el sistema no se ve seriamente afectado, como ocurre con el cultivo en sustrato.

Otra ventaja adicional del cultivo en suelo es que, al disminuir las pérdidas de solución nutritiva por drenaje, implica una menor lámina de riego, pero sobre todo un ahorro sustancial en fertilizantes.

Adicionalmente se reduce el costo de las instalaciones de riego, pues se puede usar cintilla en lugar de goteros autocompensados, mangueras y lanzas o piquetas. [1]

1.5 Factores que afectan la demanda hídrica del cultivo.

La demanda hídrica del cultivo es afectada por la radiación solar, temperatura y humedad del ambiente principalmente.

1.5.1 Radiación solar

La radiación es la fuente más importante de energía y tiene relación prácticamente con todos los procesos fisiológicos de la planta. Cabe destacar que en invierno el consumo hídrico se reduce en comparación de primavera ya que existe una mayor intensidad y duración de radiación.

Es por esto que existen sistemas de riego automático que disparan el riego cada vez que se acumula una cierta cantidad de energía.

La radiación solar se puede medir en forma instantánea cuyas unidades son W/m^2 , cuando se integra este valor a través del tiempo se expresa la cantidad de energía acumulada en determinado periodo. Por ejemplo una radiación global instantánea de $1 W/m^2$ durante un segundo es igual a $1 J/m^2/seg$ por lo que en una hora equivale a $3600 J/m^2/h$. [1]

1.5.2 Temperatura

La temperatura ambiental tiene un efecto directo sobre la transpiración de las plantas. El aumento de temperatura indica un incremento de la cantidad de energía en el aire, la cual está disponible para transpirar una mayor cantidad de agua. Por lo tanto, cuando los días son calientes y soleados, la planta está perdiendo mayor cantidad de agua por transpiración y es necesario regar con mayor frecuencia o en cantidades más altas. [1]

1.6 Tipos de riego

1.6.1 Riego por goteo

Llamado también riego localizado, suministran el agua sobre una fracción del suelo, a través de sistemas a presión con orificios emisores, o goteros, en los que la velocidad de salida es muy pequeña. [3]

En la figura 2 se muestra un ejemplo de riego por goteo donde se utiliza cintilla, esta cintilla cuenta con perforaciones muy pequeñas para realizar el riego.



Figura 2. Riego por goteo

1.6.2 Riego por aspersión

El riego por aspersión es la lluvia artificial que se produce al pulverizarse el agua que se descarga desde conductos a presión. El agua es asperjada a la atmósfera exterior a través de emisores que pueden consistir en boquillas de desagüe dispuestas en un mecanismo aspersor que

constituye el último elemento del sistema de distribución.

La técnica que usa aspersores de rotación rápida, o difusores fijos, con presión gasta y alcance relativamente pequeños es la llamada micro aspersión. [3]

En la figura 3 se muestra un microaspersor giratorio, este tipo de aspersores es ideal para realizar riegos de precisión.



Figura 3. Microaspersor

1.6.3 Ferti-riego

La horticultura protegida ha venido intensificando el consumo de nutrimentos debido a un significativo aumento en los potenciales de rendimiento, primeramente al pasar del riego por gravedad al sistema de riego por goteo y posteriormente al sistema de producción intensiva en invernadero. Teniendo en cuenta que por cada tonelada de fruta que se produce, se extrae una determinada cantidad de nutrimentos, a mayor rendimiento, mayor extracción nutrimental. Por esta razón, la dosis de fertilización por unidad de superficie en estos cultivos se ha disparado con relación a los cultivos convencionales. [1]

Hoy en día se suelen aplicar soluciones nutritivas en lugar de dosis de fertilizantes. El concepto de solución nutritiva ha sido originalmente propuesto para sistemas hidropónicos o de cultivos sin suelo, pero también se aplica para cultivos en suelo.

1.7 Programa de riego

Lo que habitualmente se expresa como cuándo y cuánto regar en ello consiste la programación del riego.

La programación puede basarse en la evolución de la humedad del suelo, de diversos parámetros de planta y/o microclima del medio circundante. [2]

Tradicionalmente, el seguimiento de la humedad del suelo ha sido el método empleado para programar los riegos.

Los modernos sistemas de riego localizado permiten hoy en día conseguir condiciones de humedad próximas a las óptimas para la absorción

del agua por las raíces, al poder suministrar agua al medio radicular en la cantidad y frecuencia deseadas con costos accesibles. [2]

Existen diversos automatismos para fijar el momento de riego y la cantidad de agua entre los más utilizados son los que utilizan tensiómetros para medir el contenido de agua en el suelo, además éstos son sensibles a cambios ligeros de humedad; otros sistemas más complejos utilizan las conductividades y pH del agua de riego.

El método más simple es programar la frecuencia y el tiempo (o volumen de riego).

1.8 Protocolo I2C

Actualmente hay en el mercado multitud de dispositivos gobernados por un bus serie desarrollado por la empresa Philips® conocido como bus I2C (IIR, Inter Integrated Circuit Bus). Entre estos dispositivos podemos encontrar sensores, reloj de tiempo real, etc. [4]

El bus serie I2C está formado por dos hilos que puede conectar varios dispositivos mediante un hardware muy simple, tal como se muestra en la figura 4. Por esos dos hilos se produce una comunicación serie, bit a bit. Se transmiten dos señales, una por cada línea:

SCL (Serial Clock). Es la señal de reloj utilizada para la sincronización de los datos.

SDA (Serial Data). Es la línea para la transferencia serie de los datos.

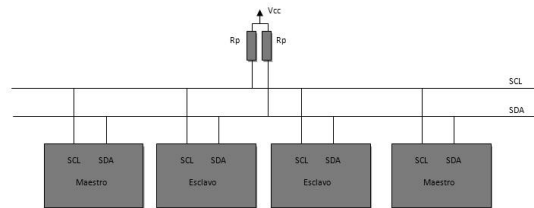


Figura 4. Estructura de un bus I2C

Los dispositivos conectados al bus I2C mantienen un protocolo de comunicaciones del tipo maestro esclavo (master/slave). Las funciones del maestro y del esclavo se diferencian en:

El circuito maestro inicia y termina la transferencia de información, además de controlar la señal de reloj. Normalmente es un microcontrolador.

El esclavo es el circuito direccionado por el maestro.

La línea SDA es bidireccional, es decir, tanto el maestro como los esclavos pueden actuar como transmisores o receptores de datos, dependiendo de la función del dispositivo.

La generación de señales de reloj (SCL) es siempre responsabilidad del maestro.

Cada dispositivo conectado al bus I2C es reconocido por una única dirección que los diferencia del resto de los circuitos conectados. Los dispositivos compatibles con bus I2C suelen llevar dos o tres pines para poder modificar esta dirección de modo que el diseñador pueda evitar que en un mismo diseño haya dos o más esclavos con la misma dirección.

El bus I2C puede ser multimaster, esto significa que puede soportar más de un dispositivo capaz de controlar el bus. Los sistemas más comunes están constituidos por un solo microcontrolador maestro. [4]

1.9 Reloj calendario DS1307

El DS1307 es un reloj en tiempo real RTC (Real Time Clock) con líneas de conexión a un bus I2C. Este circuito integrado es un poderoso reloj y calendario de tiempo real, que cumple perfectamente con muchas de las necesidades normales en la adquisición y registro del tiempo.

Sus características más destacadas son:

- Fabricado por Dallas Semiconductors® en encapsulado DIP de 8 pines.

- El DS1307 es un reloj y calendario de tiempo real que cuenta los segundos, los minutos, las horas, los días de la semana, los meses y los años, válido hasta el año 2100.

- Almacena los datos en formato BCD para que se pueda trabajar directamente con ellos.

- Tiene 56 bytes de RAM no volátil para almacenamiento de datos.

- En su pin SQW/OUT proporciona una onda cuadrada programable.

- Tiene una circuitería interna de respaldo para alimentación en caso de fallo de la alimentación principal, por tanto es capaz de mantener el tiempo y la fecha actualizados aun cuando el sistema este apagado.

- Se puede alimentar con 4.5 a 5.5 V siendo su valor típico de 5 V.

- Posee un bajo consumo, menos a 500 nA en el modo de respaldo.

- Utiliza un cristal de cuarzo propio de 32768 Hz para lograr tiempos exactos y no depender del microcontrolador.

- El último día del mes es automáticamente ajustado a 28,29, 30 o 31 días según corresponda, tiene en cuenta los años bisiestos.

- Puede trabajar en formato europeo de 24 horas o el americano de 12 con indicador de AM /PM.

En la figura 5 se muestra la conexión del reloj-calendario DS1307. [4]

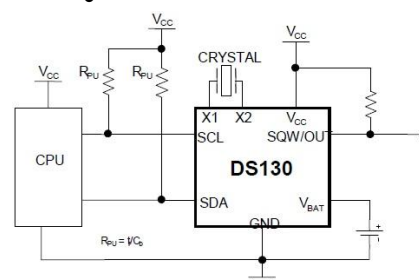


Figura 5. Conexión del DS1307

1.10 Controladores de riego inteligentes

Actualmente existen controladores de riego avanzados como el ET Manager de Rain Bird® que mide la evaporación y la lluvia para controlar los ciclos de riego automáticamente. El controlador recibe una señal inalámbrica de las estaciones meteorológicas locales para calcular la evaporación y se adapta a cualquier controlador de aspersores, a fin de regar solo cuando sea necesario lo que contribuye a administrar inteligentemente el agua. [6]

Cuenta también con una pantalla gráfica para leer y programar el ET Manager, además conserva la información sobre el clima y las gráficas de las dos últimas semanas. En la figura 6 se muestra dicho controlador de riego.



Figura 6. Diagrama a bloques del controlador de riego

2. DESARROLLO

En la figura 7 se muestra la imagen del controlador de riego implementado



Figura 7. Controlador de riego

2.1 Programación del algoritmo

Se utilizó CCS Compiler® para la programación del microcontrolador, donde se incluyen dos librerías principales una para el manejo del reloj de tiempo real (ds1307) y otra para el manejo de un LCD de 16x4.

La librería para el manejo del reloj de tiempo real utiliza las siguientes funciones:

ds1307_init() Inicializa el reloj de tiempo real.

ds1307_set_date_time (day, mth, year, dow, hour, min, sec) Fija la fecha y el tiempo

ds1307_get_date (day, mth, year, dow) Obtiene la fecha.

ds1307_get_time (hr, min, sec) Obtiene el tiempo.

En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo implementado en el microcontrolador.

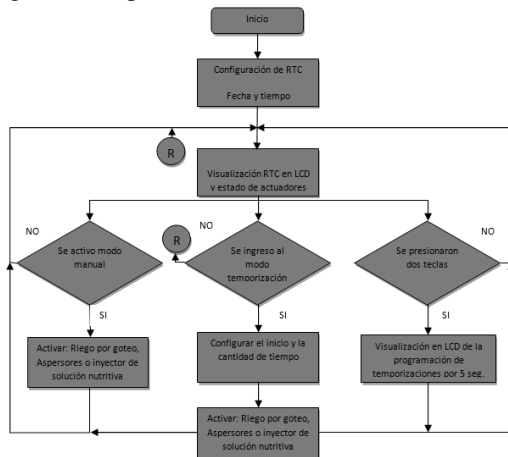


Figura 8. Diagrama de flujo del algoritmo implementado.

2.2 Funcionamiento del controlador de riego

El funcionamiento del controlador es muy sencillo, se dispone de una botonera de arranque directo para el sistema de riego por goteo, para la inyección de solución nutritiva y para el riego por aspersión. Como se observa en la figura 7 el controlador cuenta con cuatro teclas para en un inicio fijar la fecha y hora del sistema, ya inicializado sirven para programar el arranque automático y la cantidad de tiempo que va a permanecer encendido el actuador, para observar la programación del arranque de actuadores por temporización se presionan dos teclas al mismo tiempo, y lo mostrara por 5 segundos. El controlador cuenta con entradas y salidas adicionales para la activación de más actuadores o

para la conexión de sensores de humedad, radiación o temperatura.

2.3 Actuadores

Los actuadores con que interactúa el controlador de riego son electroválvulas Rain bird ® y bombas sumergibles Baby 30

Las principales características de la electroválvula utilizada son:

- Purga externa para limpiar el sistema manualmente y quitar la suciedad y las partículas de basura durante la instalación y la puesta en marcha del sistema.

- Funciona en aplicaciones de flujos bajo y de riego por goteo o de bajo volumen

- Presión de 15 a 150 PSI (de 1.03 a 10.34 bares)

- Solenoides de 24 VCA, Corriente de entrada de 0.3 A, Corriente de retención de 0.19 A.

La razón de utilizar una bomba sumergible es que se requiere que sea de poco consumo de corriente ya que todo el sistema de riego se va alimentar con un sistema de alimentación fotovoltaico. Además se implementó un sistema de riego por goteo donde no se requieren altas presiones.

Las principales características de la bomba sumergible utilizada son:

- Bajos costos de operación

- Voltaje de alimentación 120 Vca.

- Potencia 85 W.

- Corriente de entrada 0.7 A

- Altura máxima de 3.5 m.

- Flujo de salida de hasta 50 litros por minuto

Los actuadores son activados mediante etapas de potencia conformadas por MOC y TRIAC's, dichos módulos se muestran en la figura 9.

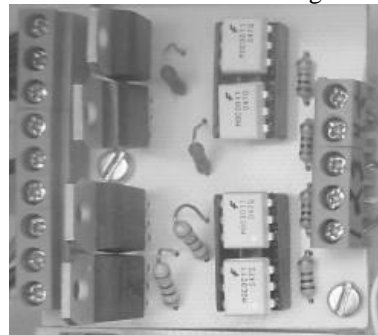


Figura 9. Módulos de potencia.

3. RESULTADOS

Hasta el momento se han realizado pruebas del controlador de riego utilizando su modo manual para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de alimentación fotovoltaico, además de utilizar la programación por temporización de

ciclos completos que incluyen el riego inicial, el ferti-riego y el riego final.

Para las pruebas realizadas se dividió el día en tres periodos o ciclos de riego, en la tabla 1 se detallan los ciclos de riego y temporización para el riego por goteo.

Tabla 1. Ciclos de riego y temporización para el riego por goteo.

Parámetro	Periodo 1	Periodo 2(Ferti-riego)	Periodo 3
Hora del día	7:00-9:30	9:30-11:30	18:00-20:00
Temperatura	15-20	25-30	15-20
Humedad relativa	40-50	20-40	40-60
Tiempo de riego, en minutos	30-45	45-60	45-60

Como se menciona anteriormente el controlador sirve también para controlar el riego por aspersión de una cierta área para la plantación de plántula de diferentes hortalizas, este controlador es de gran relevancia en esta área ya que se requiere precisión en cuanto al tiempo. En la tabla 2 se detallan los ciclos de riego y temporización.

Tabla 2. Ciclos de riego y temporización para el riego por aspersión.

Parámetro	Periodo 1	Periodo 2
Hora del día	7:00-9:30	18:00-20:00
Temperatura	15-20	15-20
Humedad relativa	40-50	40-60
Tiempo de riego, en minutos	30-45	45-60

En la figura 10 se muestra parte del panel de control instalado en el invernadero donde se encuentra el controlador de riego, parte de los reguladores de voltaje para su alimentación y las etapas de potencia para la activación de actuadores.

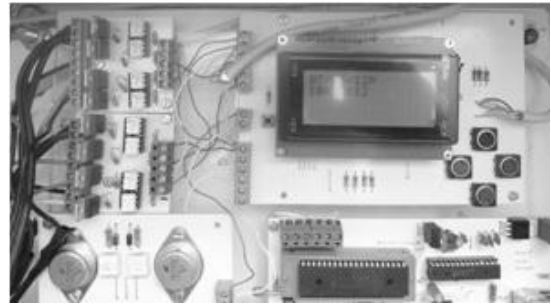


Figura 10. Instalación del controlador de riego en el panel de control del invernadero.

4. CONCLUSIONES

El objetivo primordial se alcanzó ya que actualmente se está utilizando nuestra propia tecnología en el invernadero instalado en la Universidad, además de que el controlador de riego tiene un diseño que se facilita su uso al operador de esté.

Como es sabido existen en el mercado poderosos controladores por zonas, con entrada de sensor, etc, pero su principal inconveniente muchas de las veces es su difícil programación y su costo; por lo que con la implementación de este tipo de controlador se obtuvo una gran eficacia en su funcionamiento y en su operación.

Como trabajo futuro se pretende patentar dicho controlador presentando sus principales características; por lo que se trabaja en mejorar sus funcionalidades.

5. REFERENCIAS

- [1] Manual de producción de tomate en invernadero Javier Z. Castellanos, Intagri, 2009
- [2] Fertirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales, Carlos Cadahía, Mundi.Prensa, 2005
- [3] El riego: Fundamentos de su hidrología y de su práctica, A. Losada Villasante, Mundi.Prensa, 2005
- [4] Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos, Enrique Palacios, Fernando Remiro. Lucas J. López, Alfaomega, 2009
- [5] DataSheet DS1307/REV: 100208/MAXIM
- [6] Productos para irrigación paisajística Catálogo 2012/http://www.rainbird.com.mx/documents/TurfCatalog2012_es.pdf