

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED RS485 PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE 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 y la implementación de una red RS485 que emplea microcontroladores PIC18F4550 y sensores SHT15 para sensar temperatura y humedad.

El sistema cuenta con un nodo principal con GLCD donde se visualizan la temperatura y humedad de cada nodo; también cada nodo visualiza en una LCD la temperatura y la humedad.

El objetivo de este diseño es tener mediciones precisas a lo largo de todo el invernadero usando una red cableada de microcontroladores mediante RS485.

Además se pretende que el nodo principal se pueda configurar temperaturas de referencia para el cierre de cortinas ó encendido de ventiladores, todo esto calculando promedios de temperatura y humedad relativa.

Cabe hacer mención que esta red de sensores se implemento en el invernadero instalado en la Universidad.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen en el mercado muchas aplicaciones sobre redes de sensores inalámbricos o alámbricos las cuales utilizan protocolos de transmisión propietarios u estandarizados, además una desventaja es de que muchas de las veces son para aplicaciones muy específicas; debido a esto surge la inquietud de implementar una red de sensores a través de un protocolo industrial para comunicaciones alámbricas llamado RS485 el cual tiene un alcance de 1.2 Km. sin pérdida de datos. Los sensores utilizados son sensores I2C para el monitoreo de temperatura y humedad relativa; el motivo de monitorear dichas variables es el de automatizar el proceso de apertura de ventilas y el encendido de extractores y ventiladores dentro del invernadero instalado en la Universidad (ver figura 1). Cabe hacer mención que en dicho invernadero se cultivara tomate el

cual requiere de ciertas temperaturas que son idóneas para su crecimiento homogéneo.

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 Factores ambientales y culturales que afectan la productividad.

La productividad del cultivo de tomate en cierto grado suele estar limitada por luz, temperatura, nutrición y abastecimiento de agua. Por ejemplo, en el Altiplano del centro Norte de México no es posible producir tomate de calidad durante el invierno sin el apoyo de calefacción. Por otro lado, en varias zonas del Bajío, ha sido posible producir durante el invierno sin el apoyo de calefacción. La producción de cultivos en casas sombra ha mostrado gran auge en el Noroeste del País, su ventaja fundamental es la reducción de la temperatura. Estas estructuras funcionan como barrera física para los insectos y mejoran el ambiente en zonas con alta irradiación, alta temperatura y baja humedad relativa. [1]

1.3.1 Radiación

La calidad de la luz y el fotoperiodo no son tan importantes para el crecimiento del tomate como la radiación integral diaria. Tratar de superar las limitaciones de la luz a escala comercial utilizando luz artificial, rara vez se justifica económicamente. Generalmente es más recomendable maximizar la iluminación natural poniendo especial atención en el material y limpieza de la cubierta de los invernaderos.

Se estima que para que el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ/m² al día. [1]

1.3.2 Temperatura

El óptimo térmico para el desarrollo del tomate durante el día es de 23-25 °C y de 15-17 °C durante la noche; mientras que la humedad relativa apropiada es del orden de 70%. Las temperaturas por debajo de 8 °C y por encima de 30°C, alteran el desarrollo del tomate y suelen provocar una deficiente fructificación. A 0°C por varios minutos se hiela la planta. Altas temperaturas por encima de 30°C durante largos periodos agobian las plantas y ocasionan desórdenes fisiológicos en el fruto. [1]

1.4 Importancia del monitoreo de temperatura y humedad relativa

Para orientar el manejo y operación del invernadero, es conveniente contar con registros a nivel horario, cuando menos de temperatura y humedad relativa y de ser posible de radiación solar y concentración de dióxido de carbono, con la ayuda de sensores para su posterior registro en una computadora. Desarrollar la cultura del dato

en el manejo de los invernaderos es fundamental para tomar decisiones con conocimiento de causa. Esto es muy útil para ver las tendencias del comportamiento del clima, intuir y entender la presencia de plagas y enfermedades, explicar la respuesta y comportamiento de las plantas, así como también para el manejo y operación de invernaderos y la optimización de insumos. [1]

1.5 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. [2]

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 2. 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. [2]

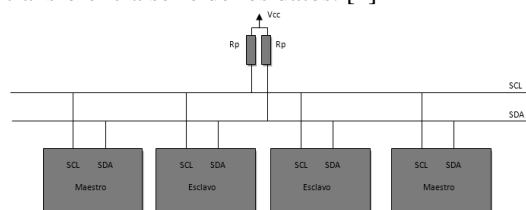


Figura 2. Estructura de un bus I2C

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. [2]

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. [2]

1.6 Sensor I2C SHT15

La familia SHT1x (incluyendo SHT10, SHT11 y SHT15) de SENSIRION® son sensores de temperatura y humedad relativa. Los sensores integran elementos de procesamiento de señales y proporcionan una salida completamente digital calibrada. Un único elemento sensor capacitivo se utiliza para medir la relación humedad, mientras que la temperatura se mide por un intervalo de banda del sensor. La aplicación de la tecnología CMOSens® garantiza una excelente fiabilidad y estabilidad a largo plazo. Ambos sensores son perfectamente acoplados a un convertidor analógico-digital de 14 bits y a un circuito de interfaz serie. Esto da como resultado una señal de calidad superior, un tiempo de respuesta rápido e insensibilidad a las perturbaciones externas. [3]

Cada SHT1x se calibra individualmente en una cámara de precisión. Los coeficientes de calibración son programados en una memoria de OTP en el chip. Estos coeficientes se utilizan para calibrar internamente las señales a partir de los sensores. La interfaz serie de 2 hilos y la regulación del voltaje permite una rápida y fácil integración del sistema. El pequeño tamaño y bajo consumo de energía hace a la familia SHT1x la mejor elección para incluso las aplicaciones más exigentes. [3]

La descripción de los pines del sensor SHT15 se muestra en la figura 3.

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

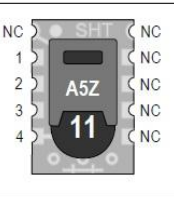


Figura 3. Descripción de pines del sensor SHT15

En la figura 4 se muestra el circuito para la conexión del sensor SHT15 con un microcontrolador.

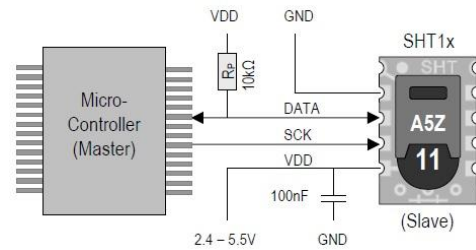


Figura 4. Conexión del sensor SHT15

En las figuras 5 y 6 se observa la precisión del sensor SHT15, la cuál es de ± 2 para humedad relativa y ± 0.3 para temperatura.

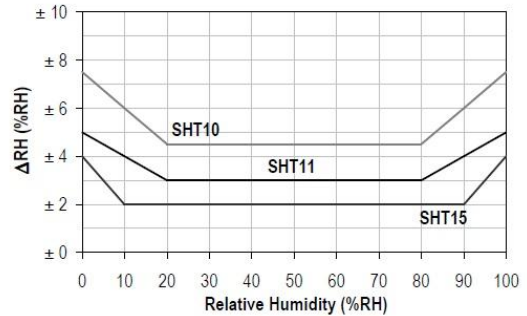


Figura 5. Precisión para humedad relativa

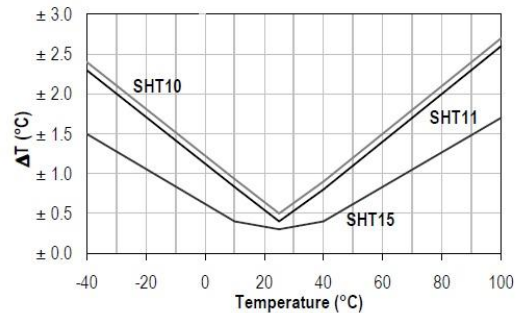


Figura 6. Precisión para temperatura.

1.7 Protocolo RS485

RS-485 es una versión mejorada del RS422 ya que extiende el número de periféricos que pueden ser conectados. Permite comunicaciones multipunto por un par de hilos. Puede ser usado en aplicaciones de redes. El RS485 permite múltiples receptores en una sola línea, facilitando la comunicación half-duplex. La máxima velocidad de datos se limita a 10 Mbps. Una red que utilice el estándar RS-485 puede tener hasta 32 transmisores ó receptores, con una longitud de cable máxima de 1,2 km. [4]

En la tabla 1 se muestra una comparación entre el protocolo RS232 y RS485. [5]

Tabla 1. Comparación entre RS232 y RS485

Characteristic	RS-232	RS-485
Differential	No	Yes
Max. number of drivers	1	32
Max. number of receivers	1	32
Modes of operation	Half- and full-duplex	Half- or full-duplex
Network topology	Point-to-point	Multidrop
Max. distance	15 m	1,200 m
Max. speed at 12 m	20 kbit/s	35 Mbit/s
Max. speed at 1,200 m	n/a	100 kbit/s

Debido a que altas frecuencias intervienen en el intercambio de datos, que las distancias entre las terminales siempre son inciertas, y que los cables apropiados a utilizar no se determinan en el estándar, se acepta el uso de un par de cables trenzados comunes que tienen una impedancia aproximada de 120 Ohms. [6]

En la figura 7 se muestra la conexión de tres dispositivos mediante bus RS485 con su respectiva resistencia de terminación.

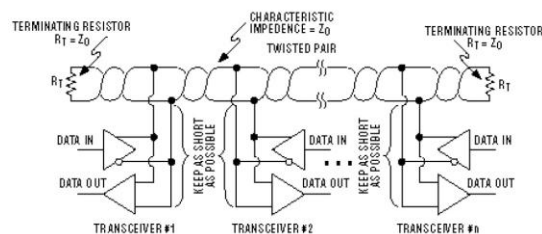


Figura 7. Dispositivos conectados a un bus RS485

Las terminaciones inapropiadas de la línea a utilizar se traducen en reflexiones no deseadas de la señal, tal como se muestra en la figura 8.

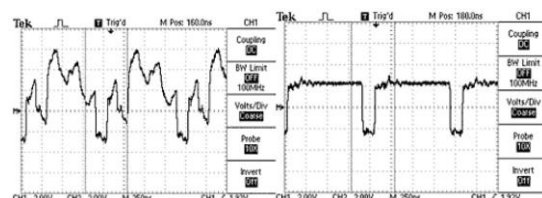


Figura 8. Formas de onda cuando se tienen resistencias de terminación (derecha) y cuando se omiten (izquierda).

1.7.1 Red RS485 con MAX485

El MAX485 es un transceptor utilizado para implementar el protocolo RS485, es fabricado por la empresa Maxim ® en empaquetado DIP de 8 pines, con el cual se pueden implementar redes con 32 transmisores ó receptores, con una longitud de cable máxima de 1,2 km y a una velocidad máxima de 2.5 Mbps. En la figura 9 se muestra la distribución de los pines del MAX485. [7]

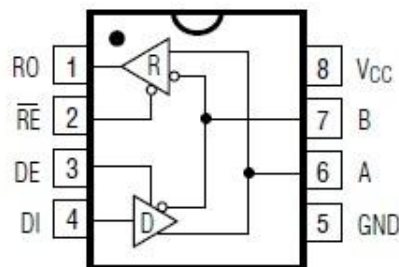


Figura 9. MAX485

Existen dos formas de realizar redes con bus RS485 una es la que utiliza dos hilos y la otra que utiliza cuatro hilos, enseguida se describen cada uno de ellos:

Dos hilos (multipunto), en este modo se utilizan dos hilos para conectar a todas las estaciones, que comparten un canal de comunicaciones. Se pueden conectar hasta 32 transmisores o receptores. (Ver figura 10) [4]

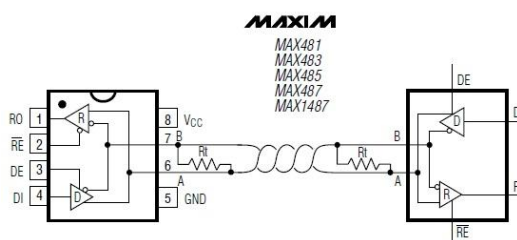


Figura 10. Conexión por dos hilos

Cuatro hilos, en este modo, cada estación se conecta a un bus de cuatro hilos. Es necesario en este modo que un nodo actúe como una estación maestra y todos los demás como esclavos. El maestro se comunica con cada uno de los esclavos. Todos los nodos esclavos se comunican sólo con el nodo maestro. Una red maestro-esclavo es útil cuando se utilizan protocolos mixtos. (Ver figura 11) [4]

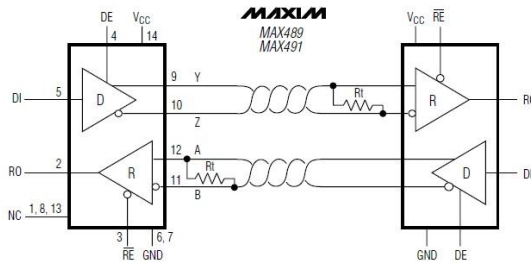


Figura 11. Conexión por cuatro hilos.

2. DESARROLLO

2.1 Arquitectura de la red RS485

En la figura 12 se observa la red RS485 implementada en donde se utiliza el transceptor MAX485 que se explico con anterioridad. La red consta de 3 esclavos donde cada uno de ellos cuenta con un sensor I2C SHT15 para la medición de la temperatura y humedad relativa, cuenta además con un LCD para mostrar los datos, se dispone también de entradas y salidas digitales ya sea para teclados o para entradas de sensor.

El nodo maestro cuenta con un GLCD para mostrar los datos de cada uno de los esclavos, también cuenta con un teclado con cuatro teclas para ingresar temperaturas o humedades relativas de referencia, además cuenta con salidas digitales para el control de actuadores.

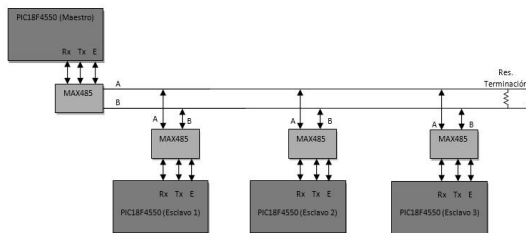


Figura 12. Estructura de la red RS485 implementada

2.1 Programación del algoritmo

Se utilizó CCS Compiler® para la programación de los nodos esclavo y maestro de la red RS485; se incluyeron tres librerías principales una para el manejo del GLCD, otra para la implementación de la red RS485 y una para el sensor I2C SHT15.

La librería para la implementación de la red RS485 utiliza las siguientes funciones:

int1 rs485_get_message (int* data_ptr, int wait) Envía mensaje a través del bus

int1 rs485_send_message (int to, int len, int* data) Recibe mensaje a través del bus

void rs485_wait_for_bus(int1 clrwtdt) Espera que esté listo el bus.

La librería para el sensor de temperatura y humedad SHT15 utiliza las siguientes funciones:

sht_init() Inicialización del sensor

sht_rd (temp, truehumid) Adquisición de temperatura y humedad relativa con valores flotantes.

2.2 Funcionamiento de la red RS485

El funcionamiento de la red es controlado por el nodo maestro el cual tiene un identificador (ID) y a su vez cada nodo esclavo tiene un ID único; primeramente el maestro le envía una petición al nodo uno, esté lo recibe y a la vez envía dos datos (humedad relativa y temperatura), enseguida el maestro envía la petición al nodo dos, el cual también contesta con el envío de dos datos, por último el maestro envía la petición al nodo tres el cual también contesta con el envío de dos datos. El destino que tiene programado cada uno de los nodos esclavos es el ID que tiene el maestro.

Lo anterior se realiza constantemente, el maestro se encarga de visualizar los datos de cada uno de los esclavos en una pantalla GLCD.

Por lo anterior es notorio que habría un retraso en la lectura actual que aproximadamente sería de dos segundos, que para nuestra aplicación no afectaría.

En la figura 13 se muestra el diagrama a bloques del nodo maestro y en la figura 14 el diagrama a bloques del nodo esclavo.

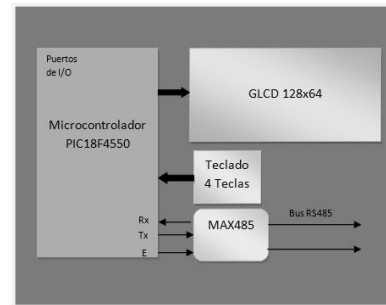


Figura 13. Diagrama a bloques del nodo maestro

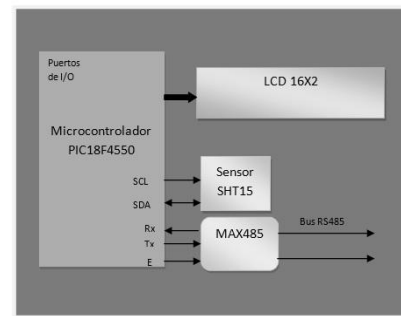


Figura 14. Diagrama a bloques del nodo esclavo

3. RESULTADOS

En la figura 15 se muestra un nodo esclavo en donde se aprecia la pantalla LCD que sirve para visualizar la temperatura y humedad que proporciona el sensor I2C SHT15.



Figura 15. Nodo esclavo

En la figura 16 se aprecia el nodo maestro que despliega en una pantalla GLCD los datos de cada uno de los nodos esclavos.

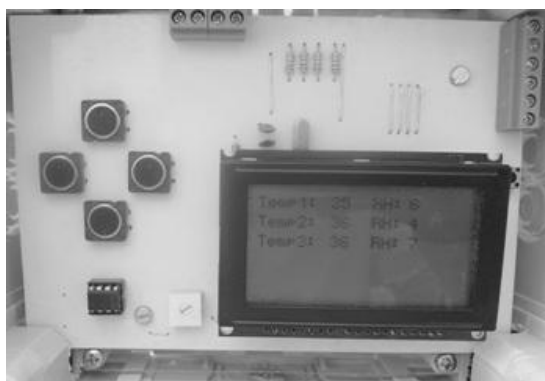


Figura 16. Nodo maestro

Cabe resaltar que esta red de sensores a través del bus RS485 esta implementada en su totalidad en el invernadero instalado en la Universidad, la ubicación de los sensores se muestran en la figura 17.



Figura 17. Ubicación de los módulos esclavo.

Como trabajo futuro esta red nos servirá para activar la apertura y cierre de cortinas o de actuadores como ventiladores o extractores, ya que el nodo maestro cuenta con un teclado para fijar referencias que permitirían dicho control, otra aplicación que se le pretenda dar es el conectar la red RS485 a un servidor para recabar información para el manejo adecuado del cultivo en el 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 dicha red nos servirá para implementar aplicaciones de monitoreo y control que son de vital importancia para el manejo del cultivo en el invernadero.

Además la asimilación e implementación de este protocolo de comunicación industrial permitirán realizar operaciones de monitoreo y control para diferentes aplicaciones.

Como trabajo futuro se pretende patentar la aplicación en específico de la red implementada, 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] Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos, Enrique Palacios, Fernando Remiro. Lucas J. López, Alfaomega, 2009
- [3] Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15)/ Version 5/December 2011/SENSIRION
- [4] Computer Busses, William Buchanan, Elsevier, 2000
- [5] Real World Instrumentation with Python: Automated Data Acquisition and Control Systems, John M. Hughes, O'Reilly Media, Inc., 2010
- [6] Datasheet AN763/MAXIM
- [7] Datasheet RS-485/RS-422 Transceivers/19-0122; Rev 7; 6/03/MAXIM