

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRÓNICA



**INVERNADERO CON MICROCLIMA CONTROLADO
ELECTRÓNICAMENTE**

BIBLIOTECA

DE

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

MANUEL JOSÉ COTERO GIRÓN

GUATEMALA 2004

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**INVERNADERO CON MICROCLIMA CONTROLADO
ELECTRÓNICAMENTE**

MANUEL JOSÉ COTERO GIRÓN

GUATEMALA 2004

**INVERNADERO CON MICROCLIMA CONTROLADO
ELECTRÓNICAMENTE**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA

**INVERNADERO CON MICROCLIMA CONTROLADO
ELECTRÓNICAMENTE**

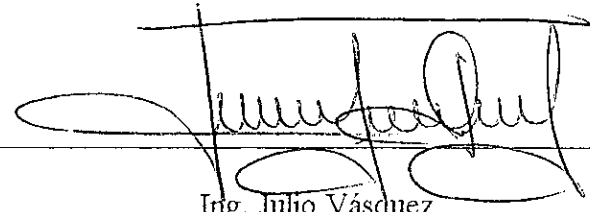
MANUEL JOSÉ COTERO GIRÓN

Trabajo de Graduación presentado para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Electrónica.

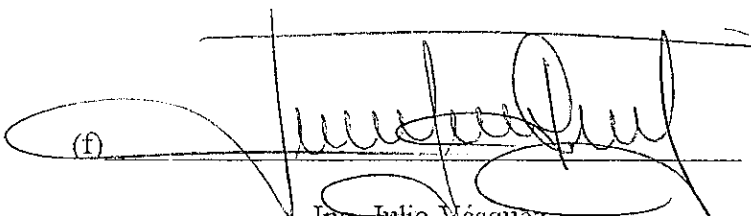
GUATEMALA 2004

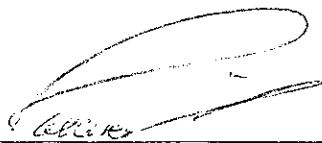
VoBo:

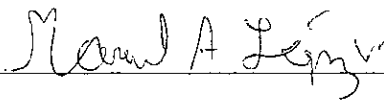
Asesor:

(f) 
Ing. Julio Vásquez

Terna Examinadora:

(f) 
Ing. Julio Vásquez

(f) 
Ing. Gonzalo Palarea Murga

(f) 
Dr. Ing. Manuel López

Fecha de aprobación: 15 de junio de 2004

RESUMEN

Este trabajo consiste en el diseño de un sistema que se encarga de mantener un ambiente controlado manejando los parámetros de humedad relativa, iluminación y temperatura por medio de sensores electrónicos especialmente diseñados para el propósito. Se diseñó un sistema con módulos independientes e inteligentes, cada uno controlado por un microcontrolador, que se conectan entre sí por medio de un bus de datos, y manejan un protocolo de comunicación especialmente diseñado sobre RS485.

El sistema se implementó en un invernadero para orquídeas en donde principalmente se trabajó con una especie de orquídea, *Clatleya Aurantiaca*. Se observó su desempeño por aproximadamente dos meses, y de esta manera se pudo concluir que el sistema sí ayuda al mejoramiento de las condiciones de crecimiento de dichas plantas, provocando de esta manera una mejora en la salud de los retoños de las plantas.

ÍNDICE

RESUMEN.....	vi
LISTADO DE FIGURAS.....	viii
LISTADO DE TABLAS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. Parámetros a considerar en el control climático.....	3
1. Temperatura.....	3
2. Humedad relativa.....	4
3. Iluminación.....	5
B. Climatización de invernaderos en períodos cálidos.....	6
C. Sistemas de sombreo.....	6
D. Ventilación.....	7
1. Ventilación mecánica o forzada.....	7
E. Refrigeración por evaporación de agua.....	7
1. Nebulización fina.....	7
F. Iluminación artificial en invernaderos.....	8
G. Orquídeas.....	9
H. Taxonomía y morfología de orquídeas.....	10
I. Género Cattleya.....	11
III. OBJETIVOS.....	13
A. Generales.....	13
B. Específicos.....	13
IV. Funcionamiento general del sistema.....	14
V. Módulos.....	17
A. Módulos sensores.....	18
1. Temperatura.....	18
2. Humedad Relativa.....	19
3. Iluminación.....	22
B. Actuadores.....	26
1. Control de velocidad del ventilador.....	26
2. Control de válvula.....	27
3. Central.....	28
VI. Bus.....	40
A. Señalización.....	40
B. Manejo del bus.....	41
1. Comandos.....	41
VII. Desarrollo de Circuitos Impresos.....	46
VIII. ImplEmentación del Invernadero.....	49
A. Consideraciones para los dispositivos y las conexiones.....	51
IX. RESULTADOS.....	53
X. Conclusiones.....	56
XI. Recomendaciones.....	57
XII. Bibliografía.....	58
XIII. APÉNDICE.....	59
A. Código fuente del módulo central.....	59
B. Código fuente del módulo de humedad relativa.....	72
C. Código fuente del módulo de temperatura.....	79
D. Código fuente del módulo de iluminación.....	85
E. Código fuente del módulo de ventilación.....	91
F. Código fuente del módulo controlador de válvula.....	95

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de conexión lógica entre los módulos.....	15
Figura 2: Diagrama de conexión física entre los módulos.....	15
Figura 3: Diagrama de flujo de los datos dentro del módulo sensor de temperatura.....	18
Figura 4: Esquemático del circuito del módulo sensor de temperatura.....	20
Figura 5: Curva de comportamiento del HS1100 (capacitancia contra humedad relativa).....	21
Figura 6: Diagrama de flujo del módulo sensor de humedad relativa.....	22
Figura 7: Esquemático del circuito del módulo sensor de humedad relativa.....	23
Figura 8: Curva de comportamiento del sensor de iluminación.....	24
Figura 9: Curva de tendencia del comportamiento del sensor de iluminación.....	24
Figura 10: Diagrama de flujo del módulo de iluminación.....	25
Figura 11: Esquemático del circuito del módulo de iluminación.....	26
Figura 12: Esquemático del circuito del módulo controlador de ventilación.....	27
Figura 13: Esquemático del circuito del módulo controlador del sistema nebulizador.....	28
Figura 14: Diagrama de flujo de la función general del módulo central.....	29
Figura 15: Diagrama de la función de nuevos dispositivos.....	31
Figura 16: Diagrama de la función que recibe información de los módulos periféricos.....	32
Figura 17: Diagrama de la función que transmite las acciones a los actuadores.....	34
Figura 18: Esquemático del circuito del módulo central.....	39
Figura 19: Diagrama de conexión entre los dispositivos manejadores de bus.....	40
Figura 20: Diagrama de los módulos periféricos en la parte de bus.....	42
Figura 21: Flujo de la información al recibir encabezado de dirección.....	43
Figura 22: Diagrama de la información al recibir encabezado de nuevo dato.....	43
Figura 23: Diagrama de la información al recibir encabezado de nueva dirección.....	44
Figura 24: Diagrama de la información cuando se recibe solicitud de datos leídos por el sensor.....	45
Figura 25: Diagrama del circuito impreso del módulo sensor de temperatura.....	46
Figura 26: Diagrama del circuito impreso del módulo sensor de humedad relativa.....	47
Figura 27: Diagrama del circuito impreso del módulo de iluminación.....	47
Figura 28: Diagrama del circuito impreso del módulo controlador del sistema nebulizador.....	47
Figura 29: Diagrama del circuito impreso del módulo controlador de ventiladores.....	48
Figura 30: Diagrama del circuito impreso del módulo central.....	48
Figura 31: Fotografía del Invernadero tomada desde la puerta.....	49
Figura 32: Fotografía de uno de los nebulizadores.....	50
Figura 33: Colocación de los nebulizadores bajos y tierra.....	50
Figura 34: Colocación de los dispositivos en el techo.....	50
Figura 35: <i>Cattleya Aurantiaca</i>	51
Figura 36: Gráfica de humedad relativa a distintas horas del día sin sistema de control.....	53
Figura 37: Gráfica de humedad relativa a distintas horas del día con sistema de control.....	53
Figura 38: Gráfica de la temperatura a distintas horas del día sin sistema de control.....	54
Figura 39: Gráfica de la temperatura a distintas horas del día con sistema de control.....	54
Figura 40: Gráfica de iluminación a distintas horas del día sin sistema de control.....	55
Figura 41: Gráfica de iluminación a distintas horas del día con sistema de control.....	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de lámparas	9
Tabla 2-a: Parámetros para orquídeas de clima frío	15
Tabla 2-b: Parámetros para orquídeas de clima templado	15
Tabla 2-c: Parámetros para orquídeas de clima cálido	16
Tabla 3: Tipos de dispositivos	17
Tabla 4: Valores de salida dependiendo de la lectura	19
Tabla 5: Rango de capacitancia del sensor de humedad	19
Tabla 6: Porcentajes de potencia en la lámpara	25
Tabla 7: Direcciones iniciales según tipo de dispositivo	30
Tabla 8: Decisiones del módulo central	33
Tabla 9: Equivalencias del contador de tiempo real	35
Tabla 10: Estructura de los bytes de información transmitidos a la computadora	36
Tabla 11: Mapa de direcciones de la memoria externa	37
Tabla 12: Mapa de direcciones de la memoria interna	38
Tabla 13: Palabras de control en el bus	41

I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes de ingreso para nuestro país es la agricultura. Las tierras de Guatemala son ideales para la producción de gran variedad de plantas productoras de frutas, legumbres y flores, pero siempre existen algunas condiciones ambientales que influyen de manera negativa en el desarrollo de las plantas.

Según la mayoría de autoridades en la materia, los factores ambientales que más afectan a las plantas para que se desarrollen bien son la temperatura, la humedad relativa y la correcta iluminación. Es necesario entonces que se controlen estos factores para lograr que la planta se desarrolle plenamente. En un invernadero cerrado se pueden controlar éstos y otros factores que contribuyen en el desarrollo.

La temperatura es determinante en los resultados agrícolas. La fotosíntesis se ve perjudicada o beneficiada según los rangos de temperatura que se suministren al área controlada y su aproximación o diferencia con las temperaturas óptimas para el desarrollo adecuado de las plantas protegidas.

Es necesario también que se logre controlar la humedad relativa por medio de una ventilación adecuada, ya que de lo contrario, el área queda muy vulnerable a que se desarrollen en ella plagas y hongos que diezmen la producción. Las esporas de la mayoría de los patógenos germinan a más de 90% de humedad relativa, lo que quiere decir que si una plantación es controlada eficientemente para que la humedad ambiente esté por debajo de este porcentaje el éxito en este renglón está prácticamente asegurado. En sentido contrario un diseño que no considere y resuelva este aspecto o un descuido en el manejo sería muy costoso para el productor tanto en la reducción de la productividad como en la calidad de las flores y los frutos, así como en el incremento de los costos de producción. Por otra parte, no se puede permitir que la humedad relativa baje de ciertos niveles, ya que esto también provocaría una baja en la calidad.

Cada planta tiene necesidades distintas y para que se optimicen las condiciones de crecimiento, se deben controlar cada uno de los factores antes mencionados para que estén en el rango ideal para su crecimiento.

Este proyecto contempla el desarrollo de un invernadero con un sistema de microclima controlado electrónicamente, que consiste en varios módulos periféricos inteligentes controlados por un módulo central. Los módulos periféricos son los encargados de detectar el estado de los parámetros del ambiente y de accionar piezas mecánicas que logren alterar los parámetros ambientales. Los módulos periféricos son los siguientes:

- Sensor de humedad relativa
- Sensor de temperatura
- Sensor de iluminación / controlador de intensidad lumínica.
- Controlador de velocidad de ventilador.
- Controlador de válvula de sistema nebulizador

Los módulos periféricos se pueden dividir en dos grupos: los sensores y los actuadores. Los sensores son dispositivos que contienen transductores y un circuito inteligente que convierte la señal eléctrica del transductor a un valor, y es capaz de transmitirlo al módulo central por medio de un protocolo adecuado.

Los actuadores son dispositivos que responden a órdenes entregadas por el módulo central, y que se encargan de controlar una operación mecánica.

Los parámetros que se controlan son:

- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Iluminación.

El módulo central es el encargado de monitorear los sensores del sistema y de mandar a accionar las válvulas o motores que sean necesarios para mantener las lecturas de los sensores dentro de los rangos programados. Además, tiene la capacidad de cambiar fácilmente los límites de los parámetros por medio de integrados de memoria programados con los parámetros específicos de cada planta. Así, parámetros como la temperatura mínima y máxima tolerada, serán los ideales para el crecimiento de la planta que haya sido sembrada. Si se desea cambiar a otro cultivo, sólo es necesario cambiar de integrado de memoria para que los parámetros cambien y se adapten a las exigencias de la nueva planta.

Todos los módulos están comunicados por medio de un bus serial de datos según el estándar RS-485, que maneja niveles de voltaje de 6V en una línea balanceada, y se utiliza un protocolo de comunicación adecuado para el efecto.

De esta forma se logra tener un ambiente de invernadero controlado bajo parámetros de temperatura, iluminación y humedad relativa que ayudará a tener un cultivo intensivo dedicado maximizando la producción por planta, con la versatilidad de cambiar los límites de los parámetros para un nuevo cultivo tan fácil como cambiar un integrado.

II. ANTECEDENTES

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, y a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado, los sistemas de gestión del clima, etc., que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

En los últimos años son muchos los agricultores que han iniciado la instalación de sistemas que permiten la automatización de la apertura de las ventilaciones, radiómetros que indican el grado de luminosidad en el interior del invernadero, instalación de equipos de calefacción, etc. Por ello, a manera de antecedentes, se exponen aquí los parámetros más relevantes que intervienen en el control climático de los invernaderos, así como una breve descripción de los sistemas para el control del clima que se pueden encontrar actualmente.

A. Parámetros a considerar en el control climático

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por cuatro factores ambientales o climáticos: temperatura, humedad relativa, luz y CO₂. Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesaria la conjunción de estos factores dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte.

1. **Temperatura.** Este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C, pero varía dependiendo de la región a la que pertenece la planta y sus propias características.

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores objetivo a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:

- Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.

- Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

La temperatura en el interior del invernadero, estará en función de la radiación solar, comprendida en una banda entre 200 y 4000 nm, la misión principal del invernadero será la de acumular calor durante las épocas invernales.

El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta (que puede ser especial para absorber rayos UV), se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, tanto los materiales dentro del invernadero como las mismas cubiertas, emiten radiación dentro del invernadero, calentándolo.

El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura. La radiación, por el movimiento del calor a través del espacio transparente. Es importante conocer la forma en que se propaga el calor en el interior del invernadero para lograr tener un control más eficiente de la temperatura, ya sea enfriándolo o calentándolo cuando sea necesario.

2. Humedad relativa. La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura.

Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta.

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones. Por ejemplo: al tomate, al pimiento y berenjena les gusta una HR sobre el 50-60%; al melón, entre el 60-70%; al calabacín, entre el 65-80% y al pepino entre el 70-90%.

La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos

florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

Para que la HR se encuentre lo más cerca posible del óptimo el agricultor debe ayudarse del higrómetro. El exceso puede reducirse mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, llenando canalillas o balsetas de agua, pulverizando agua en el ambiente, ventilado y sombreado. La ventilación cenital en invernaderos con anchura superior a 40 m es muy recomendable, tanto para el control de la temperatura como de la HR.

3. Iluminación. A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO₂, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para mejorar la luminosidad natural se usan los siguientes medios:

- Materiales de cubierta con buena transparencia.
- Orientación adecuada del invernadero.
- Materiales que reduzcan el mínimo las sombras interiores.
- Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas.
- Acolchados del suelo con plástico blanco.

En verano para reducir la luminosidad se emplean:

- Blanqueo de cubiertas.
- Mallas de sombreado.
- Acolchados de plástico negro.

Es interesante destacar el uso del blanqueo ya que esta labor está en función del desarrollo del cultivo y de las temperaturas, y tiene efectos contradictorios que hay que conocer para hacer un correcto uso. Hay que saber que la planta sombreada se ahila y se producen abortos de flores en determinadas especies sensibles a la luz (especialmente tomate, pimiento y berenjena), por lo que el manejo del riego y de la solución nutritiva tiene que ir unida al efecto que produce el blanqueo. Los plásticos sucios o envejecidos provocan el mismo efecto que el blanqueo.

B. Climatización de invernaderos en períodos cálidos

El clima de Guatemala es un clima privilegiado para los cultivos, ya que es, en comparación con muchas partes del mundo, muy estable en cuanto a temporadas frías y calientes. Las temperaturas se mantienen entre márgenes bastante tolerables en época fría, aunque durante la época cálida la temperatura del invernadero suele ser excesiva para el buen rendimiento del cultivo. Reducir la temperatura es uno de los mayores problemas de la horticultura protegida en climas cálidos, porque no es fácil refrigerar el invernadero sin invertir cantidades relativamente altas en instalaciones y equipos.

Los cuatro factores fundamentales que permiten reducir la temperatura son:

- La reducción de la radiación solar que llega al cultivo (blanqueado, sombreado, etc.).
- La evapotranspiración del cultivo.
- La ventilación del invernadero.
- La refrigeración por evaporación de agua (nebulización, "cooling system", etc.).

A continuación se detallan las técnicas y equipos de refrigeración más empleados en la climatización de invernaderos.

C. Sistemas de sombreado

El sombreado es la técnica de refrigeración más usada en la práctica. La reducción de temperatura se basa en cortar más de lo conveniente el porcentaje de radiación fotoactiva, mientras que el infrarrojo corto llega en exceso a los cultivos. Se pueden dividir los distintos sistemas de sombreado en dos grupos:

- Sistemas estáticos. Son aquellos que una vez instalados sombrean al invernadero de una manera constante, sin posibilidad de regulación o control: enalado y mallas de sombreado.
- Sistemas dinámicos. Son aquellos que permiten el control más o menos perfecto de la radiación solar en función de las necesidades climáticas del invernadero: cortinas móviles y riego de la cubierta.

Las mallas de sombreado suelen ser de polietileno, polipropileno, poliéster o de derivados acrílicos. Las mallas se clasifican en función de su porcentaje de transmisión, reflexión y porosidad. Siempre que sea posible deben situarse las mallas de sombreado en el exterior del invernadero, para que la reducción de la temperatura sea más efectiva.

La malla interior absorbe la radiación solar y la convierte en calor dentro del invernadero, que debe evacuarse por ventilación. Sin embargo, la malla exterior se calienta con la radiación, pero se refrigera con el aire exterior del invernadero. En ensayos realizados se ha comprobado como en invernaderos sin

sombreo se alcanzaban temperaturas medias máximas de 46,6° C. Al colocar la malla de sombreado negra por el exterior se conseguía reducir la temperatura a los 40,8° C, pero si se ponía en el interior ésta se incrementaba hasta los 50,5° C.

El color de la malla es importante. La de color negro es la de mayor duración pero bajo el punto de vista climático no es la mejor. Por ello se recomienda que no sean de color, puesto que cualquier material coloreado corta un porcentaje mayor del espectro visible.

D. Ventilación

La ventilación consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, la humedad, el contenido en CO₂ y el oxígeno que hay en el interior del invernadero. La ventilación puede hacerse de una forma natural o forzada.

1. **Ventilación mecánica o forzada.** Los sistemas de ventilación forzada consisten en establecer una corriente de aire mediante ventiladores extractores, en la que se extrae aire caliente del invernadero, y el volumen extraído es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior. Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura idéntica a la del exterior, pero su control es más preciso que el que se logra con la ventilación pasiva.

E. Refrigeración por evaporación de agua

1. **Nebulización fina.** Consiste en distribuir en el aire un gran número de partículas de agua líquida de tamaño próximo a 10 micras. Debido al escaso tamaño de las partículas, su velocidad de caída es muy pequeña, por lo que permanecen suspendidas en el aire del invernadero el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar a los cultivos.

Para ello es preciso emplear un sistema de nebulización formado por un conjunto boquillas nebulizadoras conectadas a tuberías que cuelgan del techo del invernadero. La instalación se completa con bombas, motores, inyectores, filtros y equipos de control (termostatos, humidostatos, etc.) que permiten la automatización del sistema.

Normalmente los difusores o boquillas tienen un caudal de 4l/h y se colocan cada 20-25 metros cuadrados. El control del sistema se hace a través de una electroválvula accionada por un humidostato. Con este sistema pueden conseguirse descensos térmicos en el interior del invernadero de hasta 10-15° C. Se emplea mucho en la producción de ciertas plantas ornamentales como rosas, crisantemos, orquídeas, etc.

Es importante disponer de un sistema de filtros para evitar que las aguas ricas en bicarbonatos y otras sales provoquen daños en los sistemas de fog, como la obturación de las boquillas.

Como emisores de fog system pueden utilizarse boquillas de alta presión (60 kg/cm², 5 l/h y gotas con un diámetro inferior a 20 micras), boquillas de baja presión (3-6 kg/cm² y gotas con un diámetro inferior a 10 micras) y humidificadores mecánicos.

F. Iluminación artificial en invernaderos

En ciertas ocasiones es preciso aplicar iluminación artificial o simplemente regular la iluminación natural en el interior del invernadero. Esto puede hacerse con el fin de:

- Aumentar la asimilación neta, forzando una mayor tasa de fotosíntesis, durante los meses invernales. La iluminación otoño-invernal supletoria ayuda a incrementar los rendimientos productivos en la mayor parte de las especies hortícolas y en numerosas ornamentales (claveles, Anthurium, gerbera, orquídeas, etc.).
- Aumentar la duración del día, en plantas de día largo que no florecerían de otra manera, durante el otoño-invierno. Destaca su empleo en plantas ornamentales como Anthurium, Dahlia, Calceolaria, Geconia tuberosa, etc.
- Romper la continuidad del periodo oscuro en plantas ornamentales de día corto (crisantemo, Poinsetia, Kalanchoe, etc.) con la finalidad de favorecer el crecimiento vegetativo en una época en que se vería favorecida la floración sin que las plantas tuvieran el adecuado tamaño, o bien para provocar la floración en plantas de día largo en épocas de poca iluminación.
- Disminuir la intensidad luminosa en siembras estivales de hortalizas como el apio, la cebolla, cubriendo los semilleros con mallas, cañizos, etc.
- Disminuir la duración del periodo iluminado, con el fin de que plantas de días corto puedan florecer en épocas en que la duración del día es demasiado elevada.

Para conseguir estos fines es común el empleo de diferentes tipos de lámparas, cuyas características se recogen en el cuadro siguiente:

Características	Incandescentes	Vapor de mercurio	Incandescentes y vapor de mercurio	Fluorescentes
Luz producida	Rojo e infrarrojo (elevado poder calorífico)	Visible y ultravioleta	Mixta	Mixta con preponderancia de azul y rojo
Potencia	3 W/m ²	150-200 W/m ²	-	-
Rendimiento luminoso	10 %	90 %	30%	90% (emana poco calor)
Duración	1000 horas	3500 horas	2000 horas	3500 horas
Aplicación	Invernadero de grandes dimensiones. Adelanto o retraso de la floración	Crecimiento de plantas	Adelanto de la floración	Crecimiento de plantas
Observaciones	Bajo costo de instalación; elevado uso	Atención al tipo comercial que se elige	Elevado costo de uso	Débil intensidad luminosa, colocación en batería de 3-4

Tabla 1: Tipos de lámparas

G. Orquídeas

Las orquídeas han fascinado al mundo durante siglos y han sido consideradas como flores místicas; aunque algunos pueblos primitivos también la han utilizado con fines medicinales. Debido a su belleza y al elevado coste que alcanzan las orquídeas actualmente, son motivo de cultivo por particulares e industriales como flor cortada y como planta ornamental, por ello tiene una importancia económica a nivel mundial.

Su cultivo es posible en todas partes y está especialmente desarrollado desde la mitad del siglo pasado porque muchos híbridos interespecíficos e intergenéricos fueron creados y comercializados con éxito por sus obtentores. La explotación comercial para flor cortada y el cultivo en maceta afecta a unos cincuenta géneros cuyo cultivo se practica en muchos países.

A pesar que las orquídeas presentan especies que se pueden desarrollar en casi cualquier medio, la mayoría de las orquídeas se concentra en zonas tropicales, donde la densa vegetación impide el paso a la luz, y se localizan en zonas de la Tierra lluviosas y húmedas como las grandes selvas y los bosques tropicales.

El aumento de la demanda en los países industrializados ofrece una oportunidad para el desarrollo de mercados de exportación en otros países en desarrollo tanto en Asia como en Centro y Sur América.

Las orquídeas son plantas con buena resistencia a condiciones climáticas que no se acoplan a sus necesidades específicas, pero esto en gran medida puede impedir el buen desarrollo de la planta, evitando que aflore en la época correcta del año, o que la floración sea muy reducida.

Si se manejan los valores correctos de humedad, temperatura e iluminación a través de un sistema electrónico automático que se encargue tanto de monitorear como de modificar los niveles de cada uno de los parámetros, se puede lograr una producción muy abundante de flores con poco control humano.

H. Taxonomía y morfología de orquídeas

Las orquídeas son plantas monocotiledóneas pertenecientes a la familia *Orchidaceae*, la más vasta del reino vegetal, ya que cuenta con 700 géneros con unas 28.000 especies botánicas distribuidas sobre toda la superficie de la Tierra. Si a esto le añadimos la enorme cantidad de híbridos entre especies e incluso entre géneros distintos, nos encontramos en un campo de enormes posibilidades.

Esta familia de plantas es la que ofrece las características más avanzadas desde el punto de vista evolutivo, motivo por el cual se encuentra en pleno proceso de diversificación, circunstancia que se ve reflejada en la abundancia y diversidad de especies. Encontramos orquídeas terrestres, litófitas, pero la mayoría son epífitas.

Las orquídeas no son plantas que crezcan comúnmente en Europa, a excepción de las orquídeas terrestres cuyo sistema radicular se encuentra bajo tierra, estas crecen en bosques abiertos, prados, o incluso márgenes de riachuelos o lagos ricos en humus. La mayoría de las orquídeas se concentra en bosques tropicales, donde la densa vegetación impide el paso a la luz, por este motivo muchas de ellas se han vuelto epífitas y se localizan en zonas de la Tierra lluviosas y húmedas como las grandes selvas de Sudamérica, Australia, Nueva Zelanda, etc.

La belleza de las flores contrasta con su simplicidad. La flor de la orquídea es hermafrodita, zigomorfa. trímeras (3 sépalos y 3 pétalos) y una columna central que sustenta las anteras y el pistilo llamada ginostemo. Los dos pétalos superiores son idénticos, pero el inferior, el labelo, se ha transformado en la estructura más llamativa de la flor, con sus propios colores, formas y tamaños que pueden ser muy diferentes en función de la especie que se trate. Las flores pueden ser aisladas o en inflorescencias y son polinizadas por insectos.

Las orquídeas tienen unas características de reproducción propias y a veces imitan las formas de los insectos polinizadores necesarios para su difusión y supervivencia. Los estambres y pistilos habituales en otras plantas, se han fusionado en una única estructura llamada columna, localizada en el centro de la flor.

La columna tiene una antera portadora de polen y un estigma femenino que segrega un fluido pegajoso hacia el interior de la flor. Los insectos son atraídos por ese néctar, y al intentar salir de la flor quedan impregnados con el polen de las anteras. Al visitar la siguiente flor de la misma especie efectúan el mismo recorrido y el estigma recibe el polen, efectuándose así la polinización. Se trata de un mecanismo muy avanzado y que implica una evolución paralela entre las orquídeas y los insectos que visitan sus flores.

El fruto es un cápsula seca con numerosas semillas pequeñas, sin endosperma y con embrión no diferenciado.

La mayoría de las orquídeas siguen dos patrones de crecimiento:

Crecimiento monopodial: tienen un único tallo, del que van naciendo nuevas hojas por ápice, y de entre ellas nacen el tallo floral y las raíces aéreas (*Phalaenopsis*).

Crecimiento simpoidal: tienen varios tallos o pseudobulbos que brotan de un rizoma. Los nuevos tallos crecen desde la base del tallo del año anterior, y generalmente las flores nacen del nuevo tallo (*Cymbidium*, *Cattleya*).

I. Género *Cattleya*

Género designado en honor a W. Cattley de Barnet, uno de los primeros amateurs que creó una colección privada de orquídeas.

Bajo esta denominación se encuentran los híbridos intergenéricos:

- *Laeliocattleya*.
- *Brassocattleya*.
- *Brassolaeliocattleya*.

Son orquídeas epífitas con pseudobulbos (proporcionan una defensa contra la sequía periódica), hojas oblongas gruesas con nervadura central hundida, tallos delgados, flores elegantes agrupadas en dos, tres o más con diferentes colores: malva, rosa, rojo, blanco, amarillo y bicolores. Las raíces son gruesas, carnosas y de desarrollo superficial. Los sépalos libres e iguales entre sí, generalmente extendidos; pétalos más anchos o iguales a los sépalos.

- Origen: bosques húmedos de América del Sur y América Central, donde viven como epífitas.
- Requerimientos edafoclimáticos: al tratarse de una planta epífita de las regiones tropicales o ecuatoriales exige condiciones climáticas de invernadero con calefacción (17-18°C durante la

noche y 28°C durante el día, con una humedad relativa del 80%), siendo preciso una buena aireación en verano.

La floración está determinada por el fotoperiodo en algunos híbridos. Se trata de plantas de días cortos y es posible adelantar o retrasar la floración. El tratamiento fotoperiódico consta de 8 a 10 semanas de días cortos (3-6 horas/noche) con temperatura próxima a los 15°C.

Ejemplo de sustrato empleado en *Cattleya*:

- Corteza de coníferas (70%).
- Turba (20%).
- Poliestireno o perlita (10%).
- Conviene un sustrato poroso, de fácil escurrimiento del agua de riego, donde las raíces encuentren suficiente circulación de aire.
- El pH debe oscilar entre 5 y 6.
- Abonado: se aportarán abonados solubles a bajas concentraciones (0.5-1‰ de 14-10-14 cada 15 días)
- Riego: se darán riegos abundantes, sobre todo después de aplicar los abonos solubles, para evitar los excesos de salinidad.
- Trasplantes: si el cultivo se realiza en macetas pequeñas, pueden trasplantarse a macetas del 12 o incluso del 16.
- Floración: de noviembre a marzo.

III. OBJETIVOS

A. Generales

- Crear un ambiente controlado en el cual las plantaciones específicas encuentren las condiciones ideales para desarrollarse, optimizando los parámetros ambientales de temperatura, humedad relativa e iluminación.
- Desarrollar un grupo de sensores inteligentes, que sea capaz de interpretar las señales provenientes de un transductor y comunicarse con el módulo central para reportar su estado.
- Desarrollar un grupo de módulos actuadores que sean capaces de responder mecánicamente ante una orden emitida por el módulo central.

B. Específicos

- Crear un protocolo de comunicación efectivo para comunicar dispositivos a baja velocidad a distancias relativamente grandes.
- Lograr que los sensores sean totalmente independientes del resto de sensores, y que tengan la menor dependencia posible del módulo central.
- Mantener los niveles de temperatura, iluminación y humedad relativa dentro de los márgenes tolerables que sean programados.
- Controlar por medio de accionadores mecánicos la velocidad del sistema de ventilación, la intensidad del sistema de iluminación y el encendido del sistema nebulizador.

IV. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

El sistema diseñado consiste en seis módulos distintos, cada uno con una función específica:

1. Módulo que mide la humedad relativa.
2. Módulo que mide la temperatura.
3. Módulo que mide la intensidad lumínica y controla el juego de lámparas para modificarla.
4. Módulo encargado de controlar la velocidad de los ventiladores.
5. Módulo encargado de controlar el estado de la válvula que acciona el sistema nebulizador.
6. Módulo central encargado de controlar y monitorear a todos los dispositivos conectados.

El módulo central se encarga de mandar los parámetros que deberá manejar cada uno de los módulos sensores. Los módulos sensores, por su parte, están compuestos de un microcontrolador y de un transductor que determina el valor de humedad, temperatura o iluminación del ambiente, y además comparan el valor leído con los parámetros que el módulo central les transmitió.

Cuando el módulo central les solicita una lectura, los módulos sensores mandan tanto el valor proveniente del transductor, como un código que representa la diferencia que existe entre el dato leído y el parámetro deseado.

El módulo central está diseñado para soportar varios dispositivos del mismo tipo, de tal forma que lee todos los dispositivos disponibles de un tipo, y obtiene el promedio de los valores leídos para mandar a actuar a los dispositivos correspondientes basándose en el promedio. Cuando existen varios módulos sensores de un mismo tipo, se verifica que la diferencia entre la lectura más alta y la más baja esté dentro del rango establecido. Si esta diferencia es mayor que la permitida, se activa una alarma y se manda a apagar a los actuadores involucrados, debido a que el valor promedio obtenido es incierto.

La topología de la conexión de los dispositivos es un bus Figura 1. Físicamente todos los módulos poseen la versatilidad de poderse conectar entre sí, lo único que es necesario es que reciban la señal del módulo central como se muestra en la Figura 2.

Los parámetros con los que se trabaja, se encuentran en un integrado EEPROM del módulo central. Para cambiar dichos parámetros sólo es necesario cambiar el integrado EEPROM y presionar el botón de carga de programa con lo cual el módulo central lee los nuevos parámetros y se los transmite a los módulos sensores.

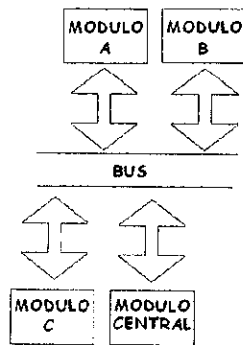


Figura 1: Diagrama de conexión lógica entre los módulos

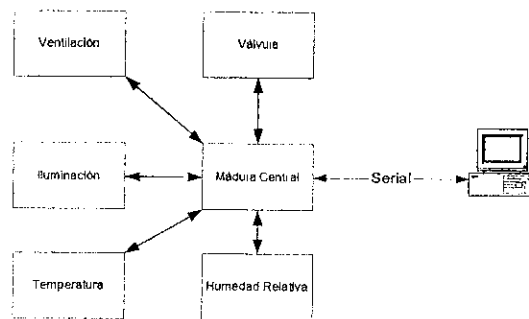


Figura 2: Diagrama de conexión física entre los módulos

Se programaron tres integrados EEPROM con tres juegos de parámetros óptimos para distintos tipo de orquídeas: clima frío, clima templado, y clima cálido. Los parámetros que maneja cada uno de los programas aparecen en la Tabla 2. Estos parámetros fueron obtenidos gracias al conocimiento de la Dra. Margaret Ann Dix, bióloga y orquidióloga.

	Parámetro	Máximo	Mínimo
Día	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	26	22
	Iluminación	15	10
Noche	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	16	14
	Iluminación	6	2

Tabla 2-a: Parámetros para orquídeas de clima frío

	Parámetro	Máximo	Mínimo
Día	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	28	26
	Iluminación	15	10
Noche	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	17	15
	Iluminación	6	2

Tabla 2-b: Parámetros para orquídeas de clima templado

	Parámetro	Máximo	Mínimo
Día	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	35	30
	Iluminación	15	10
Noche	Humedad relativa	85	60
	Temperatura	19	17
	Iluminación	6	2

Tabla 2-c: Parámetros para orquídeas de clima cálido

Las orquídeas con las que se escogió trabajar pertenecen al género *Cattleya*, que son orquídeas de clima templado. Así que se utilizaron los parámetros para clima templado.

Se desarrolló un programa para computadora personal habilitado para monitorear el estado del sistema. Éste muestra los parámetros con los que se está trabajando, el identificador de los parámetros, el número de dispositivos que están conectados, los promedios de los valores leídos de los sensores, el estado de los actuadores, el estado de las alarmas y el reloj de tiempo real que maneja el módulo central. También se puede utilizar este programa para actualizar el contador de tiempo real del módulo central y sincronizarlo con el reloj del sistema de la computadora. Toda esta comunicación se hace a través del puerto de comunicación serial (COM1).

V. MÓDULOS

Se diseñó un sistema con conexión de bus en el que cada módulo es lo más independiente posible del resto de módulos, incluyendo el módulo central. Todos los sensores pueden tomar lecturas del ambiente sin necesidad de estar conectados al bus, y los módulos actuadores pueden mantener un estado sin que el módulo central los controle todo el tiempo.

Otro factor que hace que cada módulo sea independiente es que cada uno posee su propia fuente de alimentación, lo que les permite conectarse a cualquier toma de corriente alterna. Cada fuente de alimentación convierte la corriente alterna de 110V RMS a 12V CA RMS, mediante un transformador y luego se utiliza un circuito rectificador con puente de diodos y capacitores para convertirla a 12V CD. Para obtener los 5V CD se utiliza un circuito regulador de voltaje, que alimenta a toda la parte lógica del sistema.

En cuanto al funcionamiento, el módulo central intenta detectar la conexión de módulos nuevos de forma periódica. Cada dispositivo tiene una dirección predefinida que es igual para los módulos del mismo tipo y los diferencia de los demás tipos. Así, si el módulo central encuentra un dispositivo nuevo inmediatamente reconoce de que tipo es el dispositivo.

Seguidamente el módulo central le asigna una dirección al dispositivo nuevo. Esta nueva dirección es guardada en la primera posición de la memoria EEPROM del módulo. La dirección será única para el dispositivo y servirá para que el módulo central lo distinga del resto de módulos conectados.

Los dispositivos se dividen en tipos, según la función que tengan.

Tipos	Descripción
Tipo 1	Sensor de humedad relativa
Tipo 2	Sensor de temperatura
Tipo 3	Sensor de iluminación / Control de iluminación
Tipo 4	Controlador de velocidad de ventilador
Tipo 5	Controlador de válvula de paso de agua.

Tabla 3: Tipos de dispositivos

Cada uno de los módulos periféricos tiene una luz indicadora que sirve para indicar si el dispositivo está conectado al bus y si ha recibido sus nuevos parámetros. Además, los módulos sensores de

temperatura y de humedad relativa tienen un botón para activar la pantalla donde se despliega el valor que están leyendo en ese momento. El módulo sensor de humedad relativa tiene un potenciómetro y un interruptor que se usan en la calibración del sensor.

A. Módulos sensores

Todos los módulos sensores trabajan con un valor máximo y un valor mínimo que son guardados en la segunda y tercera posición de memoria EEPROM interna del microcontrolador. Los valores crean una ventana de tolerancia para los valores leídos. Internamente, los módulos sensores comparan el valor leído con esta ventana, y mandan tanto el valor leído como el estado con respecto a la ventana.

1. **Temperatura.** El módulo de temperatura tiene la función de determinar la temperatura del ambiente, comparar este valor con los parámetros que recibió del módulo central, y comunicarle estos datos al módulo central por medio del bus.

Para esto, el módulo cuenta con un microcontrolador PIC16F872 que funciona como cerebro. El microcontrolador lee el valor de temperatura de un integrado DS1620 que tiene una resolución de medio grado centígrado. El módulo posee un par de “visualizadores de 7 segmentos” para desplegar la temperatura, y están controlados por un integrado 74LS247.

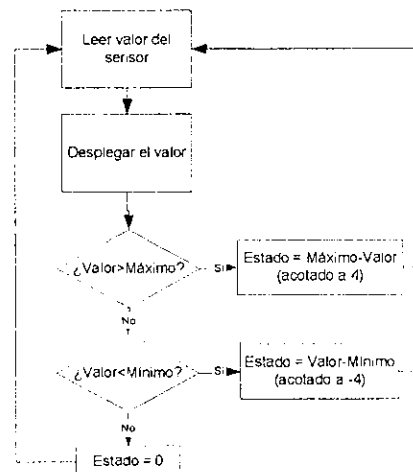


Figura 3: Diagrama de flujo de los datos dentro del módulo sensor de temperatura

Cuando el microcontrolador lee un dato del sensor, lo compara con los parámetros que se le mandaron. Esta comparación dará como resultado un valor entre -4 y 4. El signo indica si se está por arriba o por debajo de la ventana de comparación y el valor indica cuántos grados centígrados se está fuera

de la ventana. Si se está más de cuatro grados centígrados fuera de la ventana, se acota el valor a 4, debido a que los estados que pueden tomar los actuadores son limitados.

	Temperatura en grados centígrados	Valor de salida del sensor
Lecturas sobre el máximo tolerado	5 grados o más	+4
	4 grados	+4
	3 grados	+3
	2 grados	+2
	1 grado	+1
Ventana tolerada	Máximo temperatura	0
	::	0
	Mínimo temperatura	0
Lecturas debajo del mínimo tolerado	1 grado	-1
	2 grados	-2
	3 grados	-3
	4 grados	-4
	5 grados o más	-4

Tabla 4: Valores de salida dependiendo de la lectura

2. **Humedad Relativa.** El módulo sensor de humedad relativa trabaja a partir de un transductor HS1100 fabricado por HUMIREL. Este transductor es un capacitor que varía su capacitancia conforme a la humedad relativa. A un valor de humedad relativa de 0% tiene una capacitancia de 163pf, mientras que a una humedad relativa de 99% es de 201pf. El comportamiento de este dispositivo no es lineal, pero su comportamiento se puede aproximar por las tres rectas que se muestran en la Tabla 5 en donde Y representa el valor de la capacitancia y X el valor de la humedad relativa.

Rango	Ecuación de la recta
De 162pf a 185pf	$Y = 1/3 * X + 163$
De 186pf a 195pf	$Y = 0.4348X + 156.3$
De 196pf a 201pf	$Y = 3/5 * X + 141$

Tabla 5: Rango de capacitancia del sensor de humedad

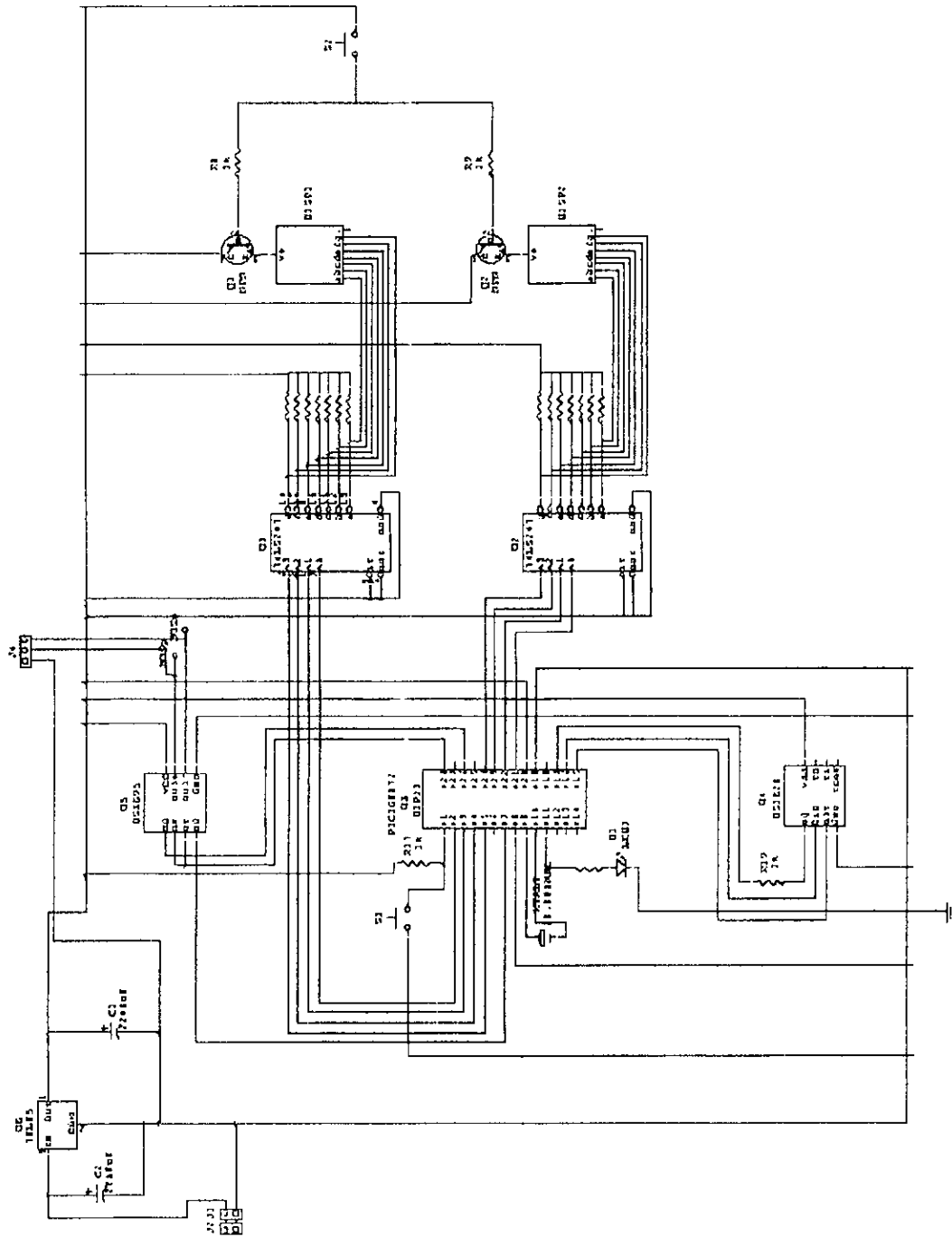


Figura 4: Esquemático del circuito del módulo sensor de temperatura

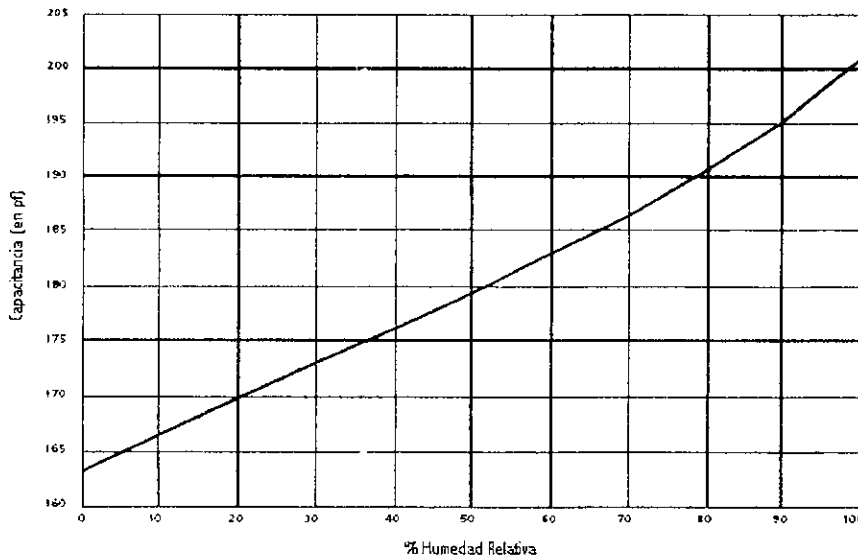


Figura 5: Curva de comportamiento del HS1100 (capacitancia contra humedad relativa)

Típicamente ante un porcentaje de 55% de humedad relativa, el valor de la capacitancia del sensor es de 185pF . Esta propiedad es utilizada para calibrar el módulo.

Para lograr determinar el valor de la humedad relativa a partir de esto, se utilizó un circuito oscilador con un integrado 555. Así, al variar el valor de la capacitancia, también varía la frecuencia de oscilación.

La salida de este circuito está conectada al pin RB0 del microcontrolador PIC16F84. Cada flanco de subida de la señal de entrada genera una interrupción que aumenta un contador, este contador se revisa cada medio segundo para determinar el número de ciclos para obtener la frecuencia a la que oscila el 555. El valor de la frecuencia se compara internamente con una serie de tablas y para obtener un valor aproximado de la humedad relativa.

Este valor se despliega en un par de “visualizadores de 7 segmentos” y se le manda al microcontrolador PIC16F872 que se encarga de manejar estos datos para comunicarlos al bus. Debido a que la obtención del valor de humedad relativa es una actividad que demanda velocidad es necesario dedicar un microcontrolador (PIC16F84) a esta tarea y un segundo microcontrolador (PIC16F872) para la comunicación con el bus. Este segundo microcontrolador es el encargado de realizar la comparación con los parámetros dados por el módulo central. La salida de esta comparación será un valor entre 0 y 2. Cero si está dentro de la ventana, uno si está por debajo y dos si está por arriba.

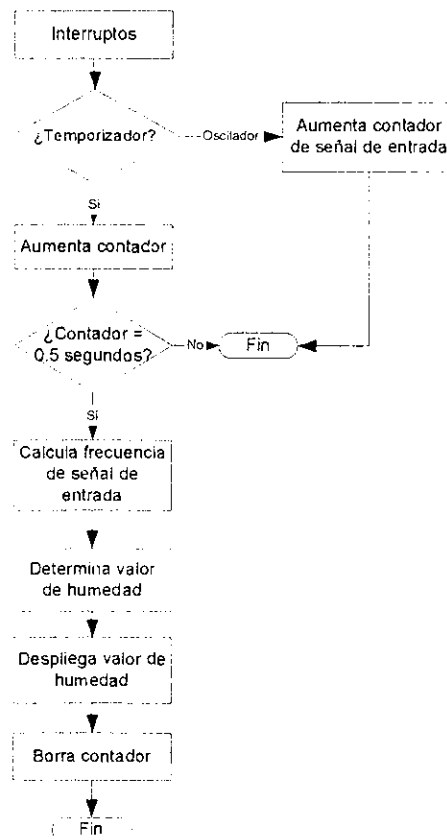


Figura 6: Diagrama de flujo del módulo sensor de humedad relativa

3. **Iluminación.** El módulo de iluminación tiene funciones tanto de sensor como de actuador. Como sensor, obtiene el valor de iluminación a partir de una fotorresistencia que varía su resistencia en forma inversamente proporcional con la iluminación.

Para obtener el voltaje en la fotorresistencia, ésta se colocó en un divisor de voltaje con una resistencia de $1k\Omega$. El valor de voltaje en la fotorresistencia se coloca como entrada en un convertidor análogo-digital en el microcontrolador PIC16F818. Internamente se puede determinar el valor de iluminación según tablas previamente programadas. El valor de intensidad lumínica está dado en tercios de STOP fotográfico. Un STOP equivale aproximadamente a 550 pies-candela.

Lo primero que se hizo fue determinar el comportamiento de la fotorresistencia ante las distintas intensidades lumínicas. Para eso se utilizó un “exposímetro” que es un aparato utilizado en fotografía para calibrar el tiempo de exposición de una determinada película dependiendo de la intensidad lumínica. Si se calibra este aparato para trabajar con película tipo ISO100, cada uno de los niveles que indica representa 550 pies-candela. Así, se determinó el valor de la fotorresistencia con una resolución de 1/3 de nivel o “STOP”. El resultado fue el siguiente:

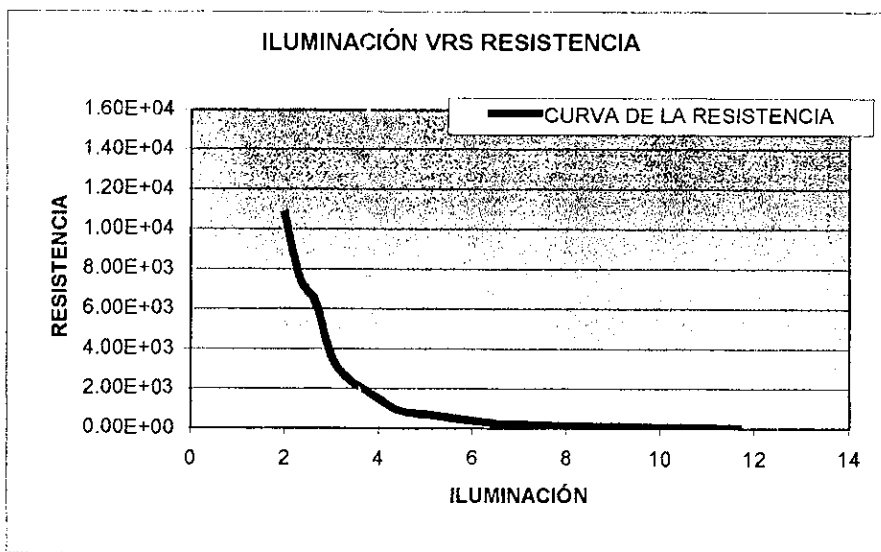


Figura 8: Curva de comportamiento del sensor de iluminación

Si se le saca una línea de tendencia a esta relación, se puede obtener esto:

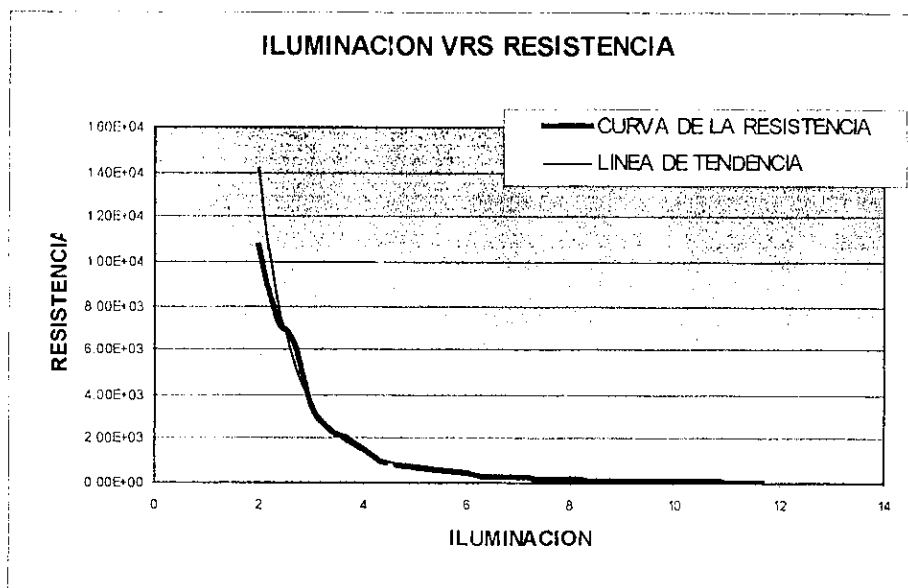


Figura 9: Curva de tendencia del comportamiento del sensor de iluminación

De esto podemos inferir que la fotorresistencia presenta un comportamiento exponencial, y que su tendencia está reflejada en la ecuación de la línea de tendencia de la gráfica:

$$Y = 144,095 \cdot X^{-3.3504}$$

El valor de iluminación determinado se compara con el valor mínimo de la ventana. El valor de la comparación puede estar entre 0 y 3, y representa cuántos tercios de STOP se está abajo de la parte inferior de la ventana. Si se está a más de tres unidades por debajo del valor éste será acotado a 3 debido a la resolución que puede brindar el actuador.

En su parte de actuador, el módulo puede recibir una orden del módulo central y colocar la luz en una de cuatro posibilidades, cada una definida por un valor entre 0 y 3, donde se varía la intensidad lumínica de bombillas incandescentes desde apagada (equivalente a 0) hasta encendida con toda la potencia (equivalente a 3).

Diferencia ante mínimo	Valor transmitido	Porcentaje equivalente de energía entregada a la lámpara
0	0	0%
-1	1	40%
-2	2	70%
-3	3	100%
-4	3	100%

Tabla 6: Porcentajes de potencia en la lámpara

Para lograr esto, el módulo tiene un sistema de control de ciclo que utiliza un TRIAC. Este es un dispositivo que se conecta a corriente alterna, y se puede definir el momento en el que conduce o no. En el ciclo de 60Hz., la corriente alterna tiene dos cruces por cero. En cada cruce por cero, el TRIAC deja de conducir porque el voltaje no es suficiente para saturarlo. Por lo tanto se puede controlar el momento de encendido lo que significa que se puede controlar el porcentaje de energía que alimenta a las bombillas. Es evidente que mientras más tiempo pase apagado, menos energía entregará, y por lo tanto, la intensidad de la luz será menor.

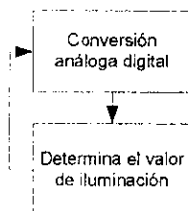


Figura 10: Diagrama de flujo del módulo de iluminación

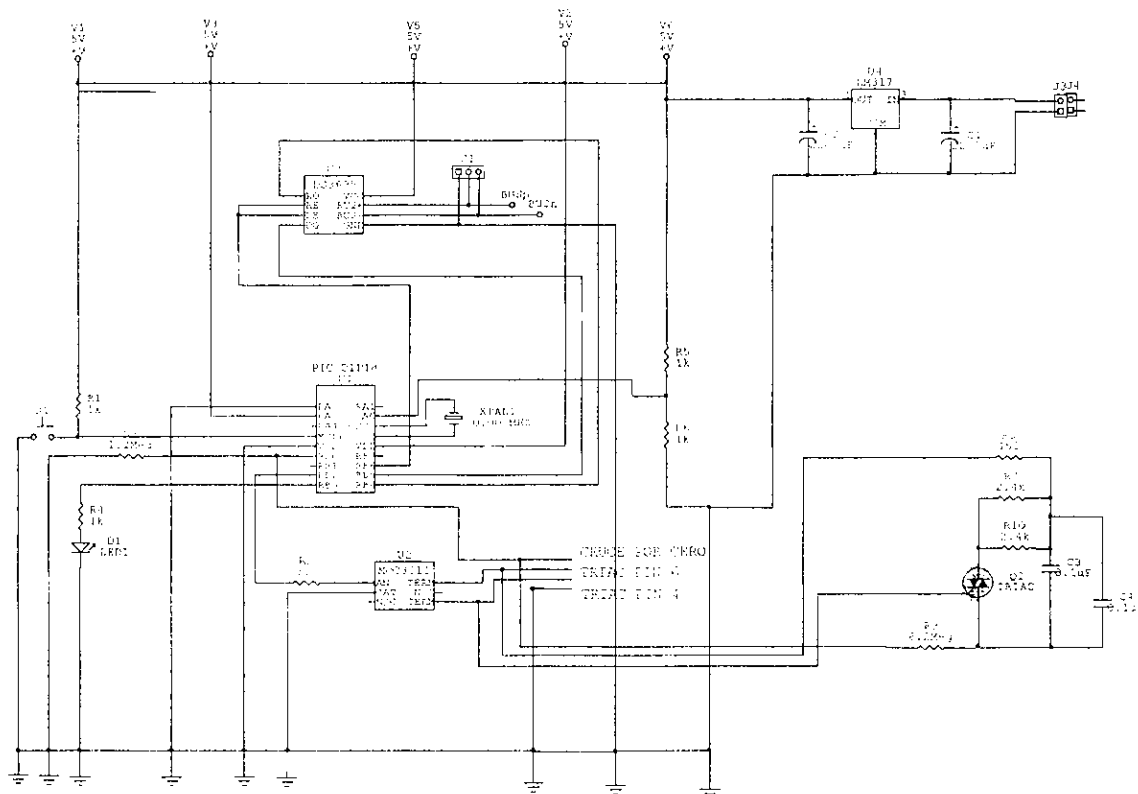


Figura 11: Esquemático del circuito del módulo de iluminación

B. Actuadores

1. **Control de velocidad del ventilador.** Este módulo se encarga de controlar la velocidad de los ventiladores por medio de un sistema de control de ciclo (dimmer). El cual permite mantenerlo apagado o encenderlo con tres diferentes velocidades. Para controlar la velocidad del motor se utiliza un sistema inteligente a base de un microcontrolador PIC16F818. Este microcontrolador se conecta a la línea de 110V CA a través de una resistencia de 9.1Meg. para detectar el momento en el que la señal cruza por cero. Este momento se aprovecha para apagar el TRIAC que le da potencia al motor.

Por medio de un temporizador interno se puede controlar el momento en que se deberá activar el TRIAC. Así, variando el tiempo de encendido, se controla la cantidad de energía que se le entrega al motor, y de esta manera, controlar la velocidad.

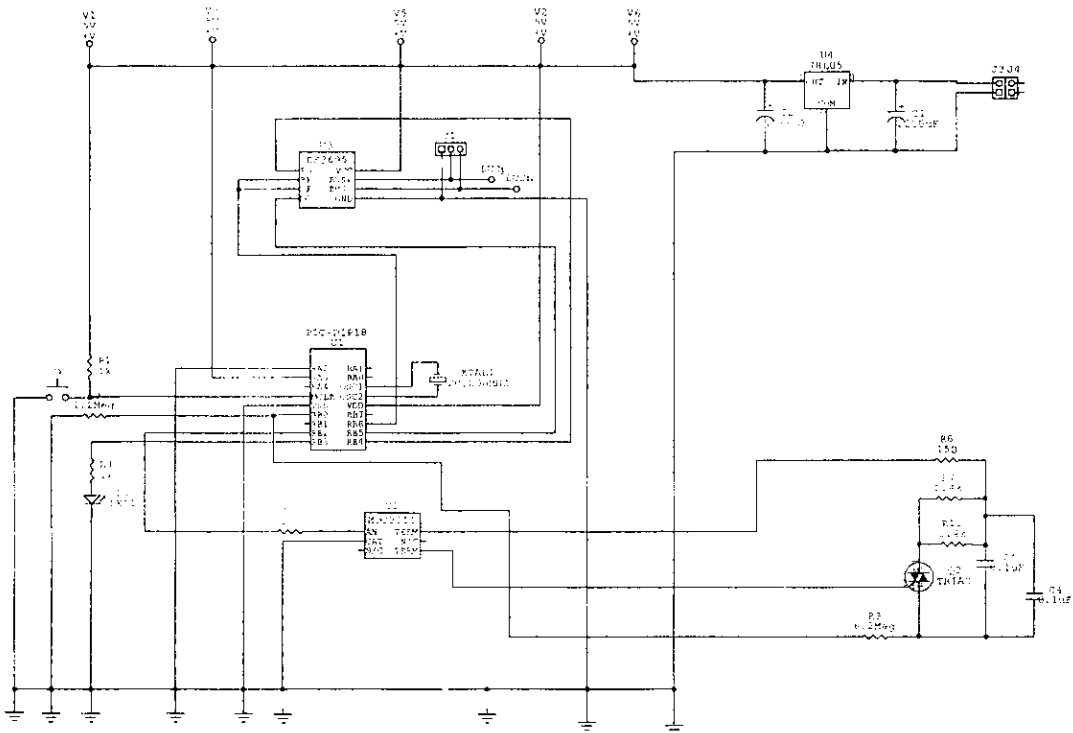


Figura 12: Esquemático del circuito del módulo controlador de ventilación

2. **Control de válvula.** Este módulo se encarga de controlar el estado (abierto o cerrado) de la válvula que alimenta el paso de agua del sistema nebulizador. Esta válvula posee internamente un solenoide que se retrae o se libera al conectarle o desconectarle un voltaje de 24V CA. Para controlar la válvula se utiliza un microcontrolador PIC16F818, que, a través de un transistor, activa un relevador que está conectado a la terminal de entrada de la válvula.

El módulo responde a órdenes entregadas por el módulo central. Únicamente responde a dos órdenes: abierto y cerrado. Para cada una se le asigna un número. La orden a abrir la válvula es 1 y para cerrarla es 2.

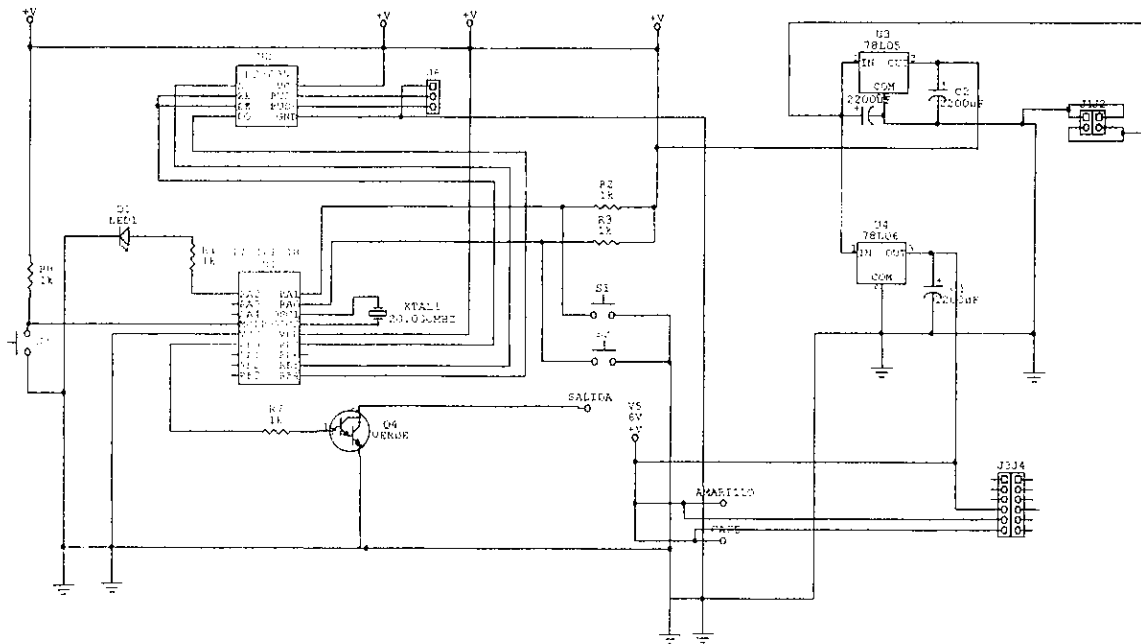


Figura 13: Esquemático del circuito del módulo controlador del sistema nebulizador

3. **Central.** El módulo central es el que se encarga de hacer funcionar el sistema, ya que es el que maneja toda la información proveída por los sensores. Este toma las decisiones de las acciones se las transmite a los módulos actuadores. Además es el único que tiene control del sistema de bus que utiliza la red de microcontroladores, con la potestad de asignar nuevas direcciones a cualquier otro dispositivo, o de mandarle órdenes o nuevos parámetros para trabajar. Está implementado en un microcontrolador PIC16F877.

Presenta cuatro luces indicadoras. La primera de ellas indica si se ha cargado un programa desde la memoria externa. Las otras cuatro indican un estado de alarma para cada uno de los parámetros que se están controlando. Si la alarma está activada, no se harán intentos de modificar los parámetros involucrados.

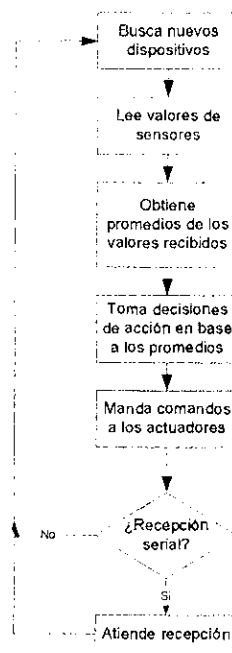


Figura 14: Diagrama de flujo de la función general del módulo central

a. Nuevos dispositivos. El sistema tiene asignación dinámica de direcciones, en el que a cada módulo que se conecta al bus se le asigna una dirección dependiendo de los dispositivos que se han conectado previamente. Existen cinco tipos de dispositivos que se pueden conectar al bus:

- Sensor de humedad relativa
- Sensor de temperatura
- Sensor de iluminación / control de intensidad lumínica
- Control de velocidad de ventiladores
- Control de válvula

Cada tipo de dispositivo tiene una dirección predeterminada con la que siempre se conecta al bus. Si el módulo central encuentra que algún módulo responde a esa dirección predeterminada, inmediatamente sabe de qué tipo de dispositivo se trata y le asigna una dirección nueva según tenga disponible en su memoria. Internamente el módulo central guarda en su memoria EEPROM, desde la posición 0x41 hasta la 0xF9, dos bytes por cada módulo que se conecte: uno para indicar la dirección del dispositivo en la red, y otro para indicar qué tipo de dispositivo es.

Los números 119, 120, 121, 122, 123, 124 y 125 son valores reservados para el sistema y a ningún módulo se le pueden asignar como dirección de red. Las funciones de cada uno se explican a continuación:

Valor reservado	Descripción
119	Dirección predeterminada para módulos controladores de válvula.
120	Dirección predeterminada para módulos controladores de velocidad de ventilador
121	Dirección predeterminada para módulos sensores de iluminación/controladores de intensidad lumínica
122	Dirección predeterminada para módulos sensores de temperatura
123	Dirección predeterminada para módulos sensores de humedad relativa.
124	Indicador de memoria que representa el espacio de memoria disponible para un nuevo módulo.
125	Indicador de memoria que representa la siguiente posición después del último módulo conectado.

Tabla 7: Direcciones iniciales según tipo de dispositivo

Al iniciar el programa el módulo central coloca un par de indicadores para marcar la siguiente posición de memoria después del último módulo conectado (125) en las posiciones 0x41 y 0x42 de la memoria EEPROM interna. Luego inicia la búsqueda de nuevos módulos conectados al sistema. Empieza con la 123 (sensor de humedad relativa) y va decreciendo hasta llegar a la 119 (controlador de válvula). Para cada uno manda la dirección en el bus y se queda esperando una respuesta. Si no recibe respuesta, pregunta por el siguiente módulo. Si recibe respuesta de un módulo entonces busca la dirección que se le puede asignar internamente. Primero busca las direcciones marcadas con 124, porque son las direcciones que se han liberado al soltarse algún módulo del bus. Si se llega al final de la memoria sin encontrar este indicador, entonces crea una nueva dirección para el dispositivo y corre el indicador a la siguiente posición.

Cuando ya tiene la dirección que se le asignará al dispositivo, le manda la nueva dirección y, dependiendo del tipo de dispositivo del que se trate y de la hora del día, también se le mandan los parámetros con los que debe trabajar.

Se pueden conectar varios dispositivos de un mismo tipo al sistema. Si esto sucede se debe tener cuidado de que no estén conectados al mismo tiempo con el mismo modo predefinido, porque si esto sucede habrá colisiones de bus indetectables para el sistema. Se pueden conectar un máximo de 80 dispositivos de cualquier tipo, y hasta 30 de un mismo tipo. El sistema hará un promedio de las lecturas de todos los dispositivos antes de tomar cualquier decisión.

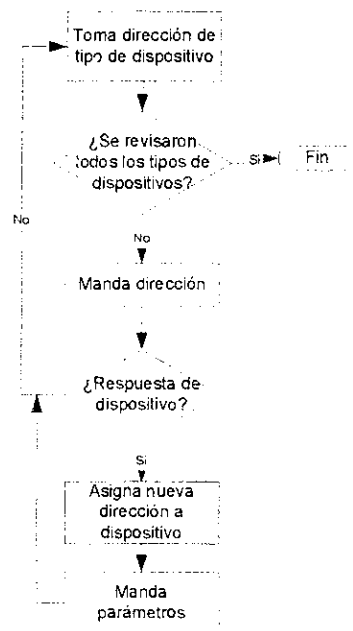


Figura 15: Diagrama de la función de nuevos dispositivos

b. Lectura de datos. El módulo central trata de mantener lecturas actualizadas de los sensores, para poder tomar acciones en el menor tiempo posible. Por esta razón pregunta a los módulos sensores periódicamente por su estado. Para esto revisa los tipos de dispositivos que tiene conectados uno por uno, y cuando encuentra uno que sea sensor, pregunta a esa dirección por su estado, y solicita además que se le transmita el valor leído por el sensor. De esta forma obtiene tanto la lectura como el estado de alarma en el que se encuentra el sensor.

Todas las lecturas son guardadas en la memoria RAM en parejas y en forma consecutiva sin importar el tipo de sensor al que pertenezcan. Una vez recolectadas todas las lecturas, se ordenan los datos en la memoria RAM según el tipo de sensor. Luego se toman los valores, se suman y se dividen entre el número de dispositivos del mismo tipo que hay, es decir, se hace un promedio de las lecturas. Este promedio se aproxima a entero a partir del primer decimal.

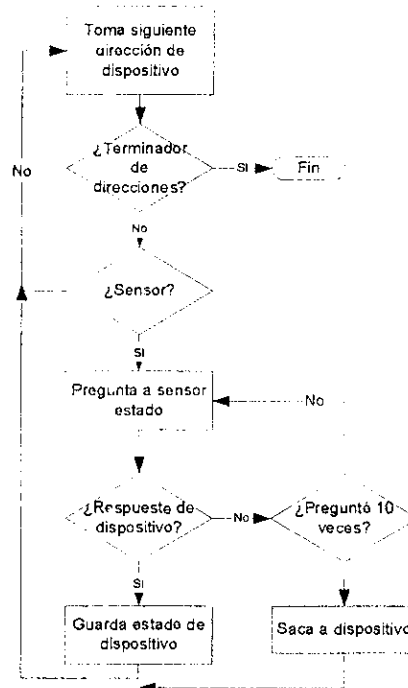


Figura 16: Diagrama de la función que recibe información de los módulos periféricos

c. **Decisiones.** Cuando se tienen los promedios de los datos, se revisa si la diferencia entre la lectura más alta y la más baja está dentro de un margen tolerable programado para ese tipo de sensor. De no estar, activará una alarma que impedirá que se tomen acciones para corregir ese parámetro, ya que los datos se pueden considerar no fiables.

Dependiendo de los estados de alarma que mandan los sensores se pueden tomar acciones para corregir las condiciones ambientales que sean necesarias. La tabla que presenta las distintas posibilidades de acción se presentan en la Tabla 8.

El signo del estado de la temperatura indica si se está por arriba o por debajo de los límites permitidos y con el dígito la diferencia en grados centígrados (con un máximo de cuatro) entre la lectura del sensor y el límite. Si la humedad relativa se encuentra dentro de los límites programados y la temperatura está un grado centígrado arriba del valor permitido, el ventilador se encenderá con velocidad uno, si son dos grados, se encenderá con velocidad dos, si son tres grados, con velocidad tres, y si son cuatro o más, se encenderá con velocidad tres e iniciará el sistema nebulizador.

Humedad	Temperatura	Velocidad de ventilador	Estado de válvula
0	-4	0	Cerrada
0	-3	0	Cerrada
0	-2	0	Cerrada
0	-1	0	Cerrada
0	0	0	Cerrada
0	1	1	Cerrada
0	2	2	Cerrada
0	3	3	Cerrada
0	4	3	Abierta
1	-4	0	Abierta
1	-3	0	Abierta
1	-2	0	Abierta
1	-1	0	Abierta
1	0	0	Abierta
1	1	1	Abierta
1	2	2	Abierta
1	3	3	Abierta
1	4	3	Abierta
2	-4	3	Cerrada
2	-3	3	Cerrada
2	-2	3	Cerrada
2	-1	3	Cerrada
2	0	3	Cerrada
2	1	3	Cerrada
2	2	3	Cerrada
2	3	3	Cerrada
2	4	3	Cerrada

Tabla 8: Decisiones del módulo central

Si la humedad está en estado 1 quiere decir que está por debajo de la humedad permitida, así que enciende el sistema nebulizador y deja que el ventilador trabaje según los parámetros de temperatura.

Si la humedad está en estado 2 quiere decir que está por encima de la humedad permitida, así que se deberá bajar la humedad. Esto se hace activando el sistema de ventilación a su máxima capacidad y, por supuesto, desactivando el sistema nebulizador.

En cuanto al control de la iluminación, es totalmente independiente de los otros dos sistemas, así que operará en todo momento dependiendo únicamente de las lecturas de los sensores de iluminación colocados.

d. Acciones. Cuando se han tomado las decisiones acerca de cómo deben operar los actuadores, se procede a buscar en la memoria del sistema a todos los módulos conectados que sean

actuadores, se verifica si ese tipo de módulo se encuentra sin estado de alarma, y si no, se le transmiten las órdenes correspondientes.

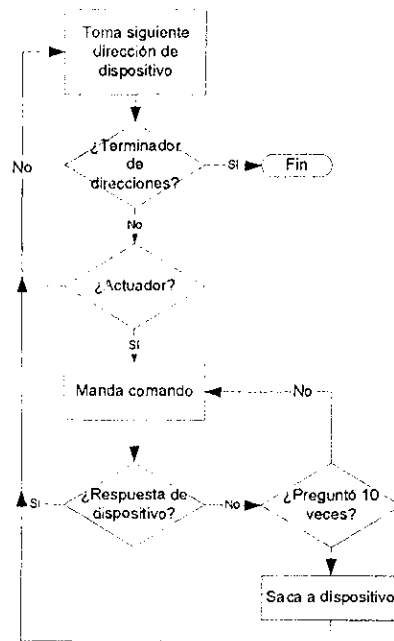


Figura 17: Diagrama de la función que transmite las acciones a los actuadores

e. Eliminación de dispositivos del bus. Si alguno de los dispositivos no contesta al momento que el módulo central se trata de comunicar, el módulo central tratará nuevamente de establecer contacto y si no lo logra luego de diez intentos, entonces asumirá que el dispositivo está desconectado y liberará la posición de memoria que le tenía asignada para que otro dispositivo la utilice al conectarse.

Por su parte, el resto de módulos tienen internamente un temporizador calibrado a 6 segundos de modo que si el módulo central ya no se comunica con ellos se desconectarán del bus, ignorarán los parámetros previos y se asignará de nuevo la dirección predeterminada, esperando a que el módulo central lo llame nuevamente y le asigne una nueva dirección. Pero si recibe un llamado del módulo central se re-iniciará manteniéndose conectado.

f. Contador de tiempo real. El módulo central utiliza internamente uno de sus temporizadores (Timer1) para tener un control de la hora del día en la que se encuentra. Este temporizador de 16 bits se utilizó con el máximo prescaler que es de 1:8, esto quiere decir que se genera un interrupto cada 524,288 instrucciones y, con un reloj de 20 MHz a 4 pulsos por instrucción se necesitan de 823,975 interrupciones para representar un día con un error de aproximadamente 15 segundos al año.

La razón de tener un contador de tiempo real, es determinar la hora del día en que deberá hacer cambio de parámetros diurnos y nocturnos, para ajustarse de mejor manera a las necesidades de las plantas. Se manejan dos tipos de parámetros en cada programa, unos para el día y otros para la noche. Al haber un cambio en el estado día noche el módulo central envía los nuevos parámetros a todos los sensores.

Para determinar si es de día o de noche, posee un comparador interno que define el día como el período comprendido entre las 6:00 y las 18:00 Hrs. El resto es considerado noche. Debido a que el número que representa un día es demasiado grande para ser representado por un byte se utilizaron tres variables de 8 bits. El valor que deben tener estas variables para horarios clave se presenta a continuación:

Hora	Variable	Equivalente	
		Decimal	Hcxadecimal
6:00 Hrs.	Bajo	170	AA
	Mediano	36	24
	Alto	3	03
18:00 Hrs.	Bajo	253	FD
	Mediano	109	6D
	Alto	9	09
24:00 Hrs.	Bajo	167	A7
	Mediano	146	92
	Alto	12	0C

Tabla 9: Equivalencias del contador de tiempo real

g. Comunicación con computadora personal. El sistema es prácticamente independiente de la computadora, pero se puede conectar a una para visualizar el estado de los dispositivos y para corregir la hora del módulo central.

La función principal de la computadora es el monitoreo del estado de los dispositivos conectados al módulo central de modo que cuando solicita que se le mande un reporte, el módulo central transmite todos los parámetros del sistema, como el número de dispositivos de cada tipo conectados, las lecturas promedio, o el estado de los actuadores y de las alarmas. Para solicitar esta información, la computadora deberá transmitir el valor 175. Luego de esto, el módulo central enviará a la computadora 267 bytes de información, con la siguiente estructura:

Bytes	Descripción
0-255	Transmisión completa de la EEPROM interna. Esto contiene los parámetros con los que se está trabajando, los límites tolerables, el nombre del programa, y los tipos y direcciones de los dispositivos conectados.
256 - 258	Promedio de lecturas de dispositivos tipo 1, 2 y 3
259 - 261	Estado de actuadores tipo 3, 4 y 5
262	Estado de las alarmas y si cree que es de día o de noche.
263 - 265	Contadores que manejan el tiempo interno del módulo.
266	Terminador de cadena.

Tabla 10: Estructura de los bytes de información transmitidos a la computadora

Una vez recibida esta información, el programa de la computadora ingresa estos datos a un archivo y los guarda, para luego poder analizar el comportamiento del sistema contra el tiempo. Tiene una opción de muestreo automático, que, de estar activada, toma muestras cada cierto tiempo, y guarda los datos recibidos de la misma manera que lo hace con el muestreo activado manualmente.

La otra función que tiene el programa de PC es la re calibración del contador interno de reloj. Se puede hacer esta re calibración presionando un botón, o, de modo automático, la hará el sistema si luego de una lectura encuentra una diferencia mayor a 10 minutos entre el contador del módulo central y el temporizador de la PC.

Para conectar el microcontrolador con la PC se utiliza el puerto serial COM1. Las comunicaciones por parte del módulo central se hacen gracias al módulo interno USART del microcontrolador calibrado para comunicarse a una velocidad de 9600bps. Para manejar los voltajes de comunicación serial definidos por el protocolo RS-232 se utiliza el integrado MAX232.

h. Carga de nuevo programa de parámetros. Mientras el sistema está funcionando, se pueden cambiar los parámetros programados para que se ajuste a una nueva planta utilizando los parámetros que están grabados en una memoria externa EEPROM serial accesada por I2C. Si se cambia el integrado que tiene los parámetros, se deberá generar una interrupción en el pin RB0 a través de un botón. Una vez generada la interrupción, se leerán los parámetros de la memoria externa EEPROM y se grabarán en la memoria interna del microcontrolador del módulo central, para luego transmitirlos a los módulos periféricos.

i. Estructura de la EEPROM. La memoria EEPROM externa tiene la siguiente distribución,

Posición de memoria	Función	Tipo de dato
0x01	Máximo de humedad relativa día	Entero
0x02	Mínimo de humedad relativa día	Entero
0x03	Máximo de temperatura día	Entero
0x04	Mínimo de temperatura día	Entero
0x05	Máximo de iluminación día	Entero
0x06	Mínimo de iluminación día	Entero
0x07	Diferencia máxima tolerada humedad	Entero
0x08	Diferencia máxima tolerada temperatura	Entero
0x09	Diferencia máxima tolerada iluminación	Entero
0x0A	Inicio de nombre de programa	ASCII
::	::	ASCII
0x40	Finaliza nombre de programa	ASCII
0x41	Máximo de humedad relativa noche	Entero
0x42	Mínimo de humedad relativa noche	Entero
0x43	Máximo de temperatura noche	Entero
0x44	Mínimo de temperatura noche	Entero
0x45	Máximo de iluminación noche	Entero
0x46	Mínimo de iluminación noche	Entero

Tabla 11: Mapa de direcciones de la memoria externa

La memoria interna EEPROM del microcontrolador del módulo central tiene la misma información que la memoria EEPROM externa, excepto que intercala en las posiciones de memoria 0x41 – 0xF9 la información de los módulos conectados.

Posición de memoria	Función	Tipo de dato
0x01	Máximo de humedad relativa día	Entero
0x02	Mínimo de humedad relativa día	Entero
0x03	Máximo de temperatura día	Entero
0x04	Mínimo de temperatura día	Entero
0x05	Máximo de iluminación día	Entero
0x06	Mínimo de Iluminación día	Entero
0x07	Diferencia máxima tolerada humedad	Entero
0x08	Diferencia máxima tolerada temperatura	Entero
0x09	Diferencia máxima tolerada iluminación	Entero
0x0A	Inicio de nombre de programa	ASCII
::	::	ASCII
0x40	Finaliza nombre de programa	ASCII
0x41	Inicio de direcciones de dispositivos	Entero
::	::	Entero
0xF9	Finaliza direcciones de dispositivos	Entero
0xFA	Máximo de humedad relativa noche	Entero
0xFB	Mínimo de humedad relativa noche	Entero
0xFC	Máximo de temperatura noche	Entero
0xFD	Mínimo de temperatura noche	Entero
0xFE	Máximo de iluminación noche	Entero
0xFF	Mínimo de iluminación noche	Entero

Tabla 12: Mapa de direcciones de la memoria interna

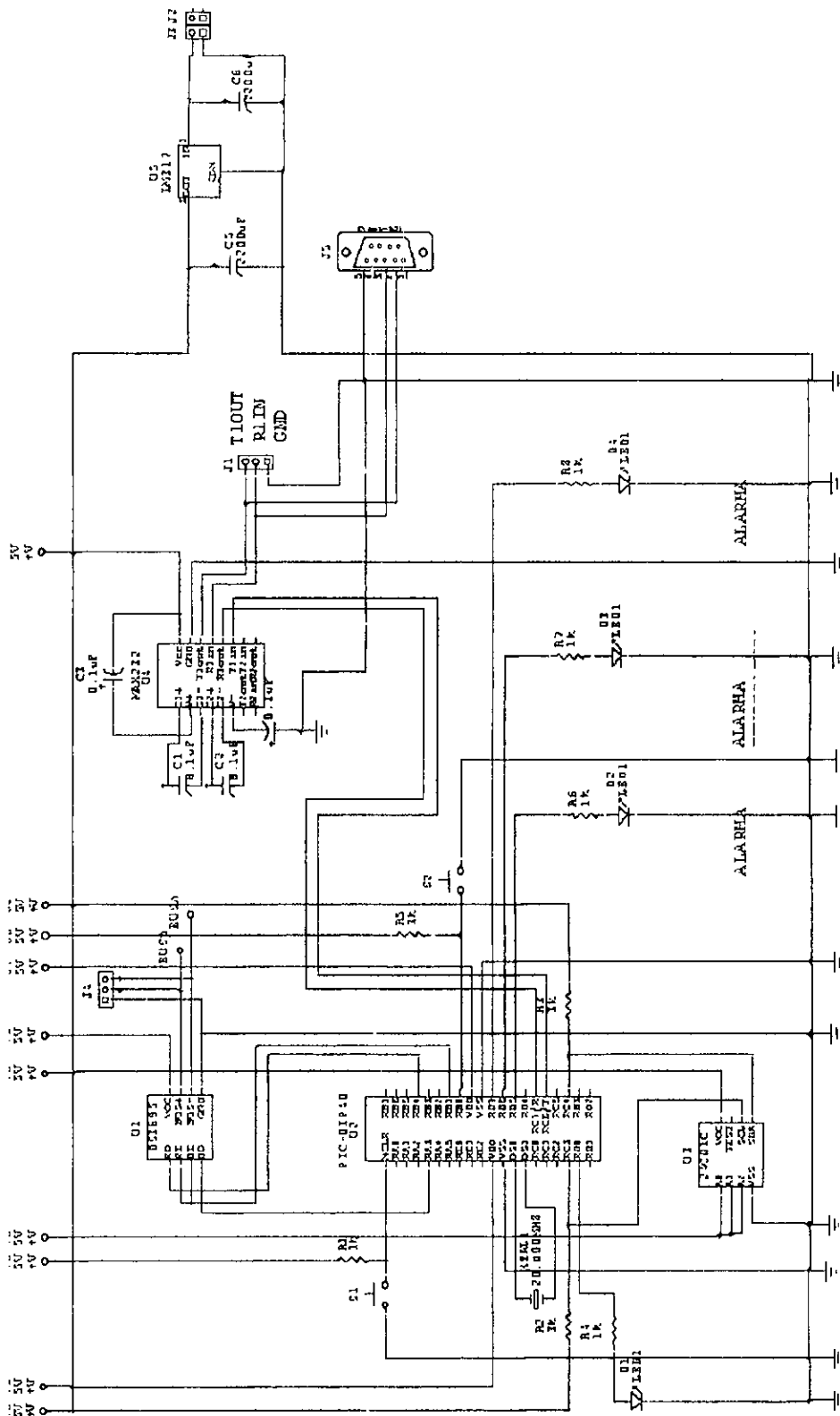


Figura 18: Esquemático del circuito del módulo central

VI. BUS

Para lograr una comunicación eficaz y reduciendo lo más posible el número de hilos necesarios para cablear, se diseñó un protocolo especial para la comunicación. Este protocolo utiliza un bus de comunicaciones con una línea balanceada que requiere únicamente tres hilos para conectarse a distancias considerables de hasta 1220m.

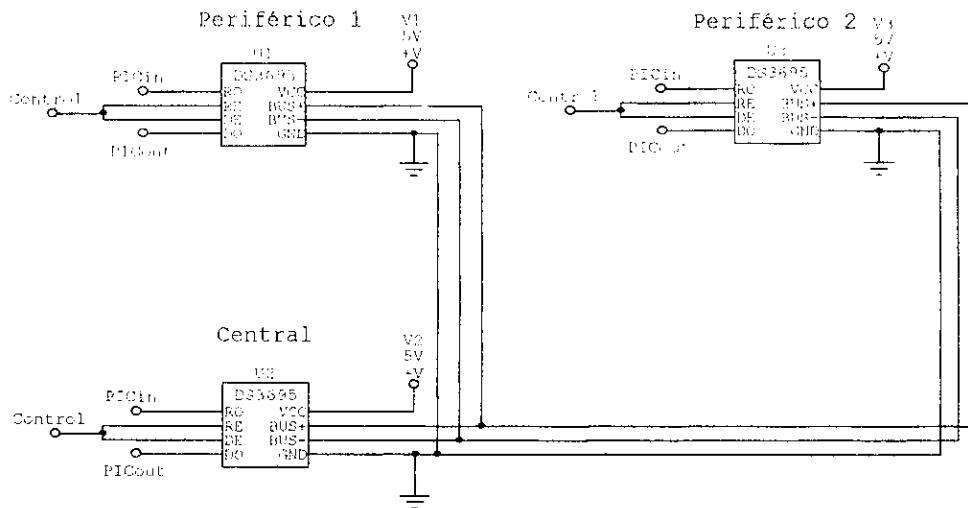


Figura 19: Diagrama de conexión entre los dispositivos manejadores de bus

Como sólo se necesitaron tres hilos para la comunicación, se utilizaron cables telefónicos de cuatro hilos para establecer el enlace físico, con la ventaja de la facilidad de conexión de los terminales de cable telefónico. Cada uno de los módulos tiene dos receptores de cable (a excepción del central que tiene tres), que funcionan tanto de entrada como de salida. De esta manera, cada uno de los dispositivos se puede usar también como fuente de señal de bus, evitando que todos los módulos tengan que estar conectados por medio de un cable al módulo central.

A. Señalización

El protocolo utiliza una codificación binaria multinivel, donde un uno se representa por un cambio en el estado de la línea y un cero por un no cambio en el estado de la línea.

Para la implementación práctica del bus se utilizó un integrado DS3695, que es un integrado bidireccional que maneja niveles de voltaje establecidos por el estándar RS-485. Este estándar establece los parámetros para lograr comunicaciones seriales a grandes distancias. Puede lograr comunicaciones hasta

1220m en una línea de comunicaciones a velocidades de hasta 10Mbps. Este protocolo utiliza una línea balanceada para transmitir los datos. Un uno es representado por una diferencia de voltaje de 6V entre las líneas, y un cero es representado por una diferencia de voltaje de -6V. La disipación de la electricidad debida a la resistencia interna de la línea de comunicación puede provocar una caída en la amplitud del voltaje, pero únicamente se necesita una diferencia de voltaje de 0.2V para reconocer un uno o de -0.2V para reconocer un cero, lo que ayuda a que el cable pueda ser bastante largo.

B. Manejo del bus

Cada uno de los módulos periféricos se mantiene en un estado de esclavo lo que significa que se mantienen escuchando la línea todo el tiempo, y únicamente transmiten si se les solicita expresamente desde el central. Únicamente el módulo central tiene control y potestad sobre el bus y decide en qué momento hablar y cuándo preguntar a los demás módulos.

1. **Comandos.** Cada vez que se transmita un byte en la red, debe ir precedido por una palabra de comando. Esta palabra será identificada por todos los módulos e interpretada según el caso. Las palabras de control existente se exponen a continuación:

Palabra	Nombre	Función
0 0 0 0 1 0 1	Dirección	Se antepone a la transmisión de un byte de dirección
0 0 0 0 1 1 0 1	Nuevo dato	Se antepone a la transmisión de un nuevo parámetro para los sensores
1 0 1 0 0 1 1 1	Nueva dirección	Se antepone a la transmisión de una nueva dirección para el dispositivo.
0 0 0 0 1 0 1 1	Solicitud de lectura	Es una solicitud de que se transmitan los datos leídos por un sensor
0 0 0 0 0 0 1 1	Información de dispositivo	Se anteponen ante cualquier repuesta de un módulo periférico al módulo central
1 1 0 0 1 0 1 1	Respuesta de dispositivo (ACK)	Es un byte de respuesta que indica la presencia del dispositivo en la red.

Tabla 13: Palabras de control en el bus

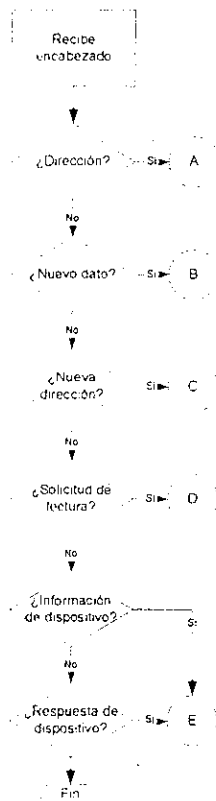


Figura 20: Diagrama de los módulos periféricos en la parte de bus.

a. **Dirección.** Cuando un módulo periférico encuentra el encabezado de dirección, procesa el siguiente byte que se transmite y lo compara con la dirección que tiene asignada. Si la dirección asignada es la misma que la que recibió, entonces transmite un byte de respuesta. Las direcciones pueden ser de 7 bits. El octavo bit se utiliza para determinar si se desea hacer una lectura del estado o si se va a transmitir un nuevo comando al módulo, caso en el que se quedaría esperándolo. Si el octavo bit está encendido, entonces transmitirá el estado del dispositivo anteponiendo el byte de encabezado de información de un dispositivo.

b. Nuevo dato. Al recibir un encabezado de nuevo dato, procesa el siguiente byte que se transmite, y luego verifica si estaba esperando un nuevo comando. Si lo estaba esperando, entonces guarda el dato recibido como un nuevo parámetro: máximo si es el primero que recibe y mínimo si es el segundo, y transmite un byte de respuesta.

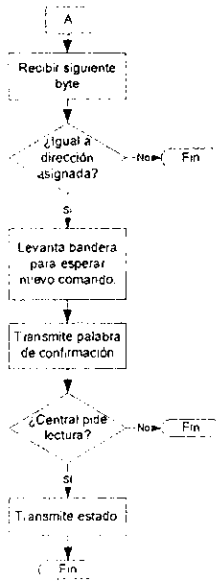


Figura 21: Flujo de la información al recibir encabezado de dirección

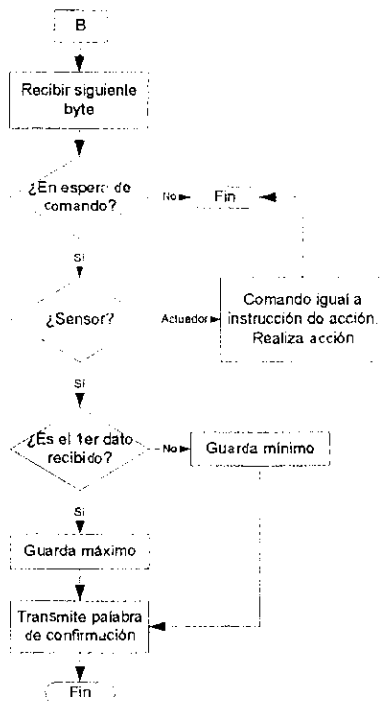


Figura 22: Diagrama de la información al recibir encabezado de nuevo dato

c. **Nueva dirección.** Luego de recibido el encabezado para una nueva dirección, se procesa el siguiente byte que se transmite y luego se verifica si se estaba esperando un nuevo comando. Si lo estaba esperando, entonces transmite un byte de respuesta y guarda el dato recibido como su nueva dirección. A partir de ese momento sólo responderá a la nueva dirección asignada.

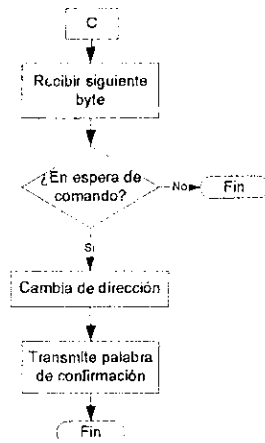


Figura 23: Diagrama de la información al recibir encabezado de nueva dirección

d. **Solicitud de lectura.** Si se recibe este byte y se estaba esperando un nuevo comando, se transmitirá un byte de respuesta y luego el valor de la lectura del sensor, anteponiendo el encabezado de información de dispositivo.

e. **Información de dispositivo.** Cuando se recibe este byte, el siguiente byte que se transmite será ignorado por completo, porque se trata de la información que otro dispositivo manda al central.

f. **Respuesta de dispositivo.** Se transmite cada vez que se responde al módulo central para hacerle saber que el módulo que lo transmite está presente en la red.

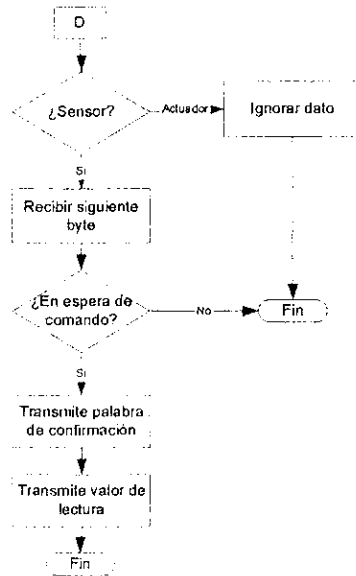


Figura 24: Diagrama de la información cuando se recibe solicitud de datos leídos por el sensor

VII. DESARROLLO DE CIRCUITOS IMPRESOS

Para desarrollar un invernadero controlado electrónicamente es importante que los circuitos de los aparatos electrónicos que se coloquen dentro del mismo estén lo más aislados del medio que se pueda para evitar que la oxidación los afecte. Para lograr eso, fue necesario independizar los módulos lo más posible de fuentes de alimentación externas, y se colocaron en circuitos impresos en placas de cobre de doble lado. De esta manera se lograron reducir los tamaños de los circuitos y aumentar la calidad de los mismos.

Los circuitos fueron diseñados utilizando el programa Circuit Maker, y luego importados al programa Trax Maker para el trazado de los caminos. Una vez terminados los trazados, se procedió a fresar los circuitos utilizando una fresadora Quick Circuit 7000.

Los resultados del trazado de los circuitos se presentan en las siguientes figuras:

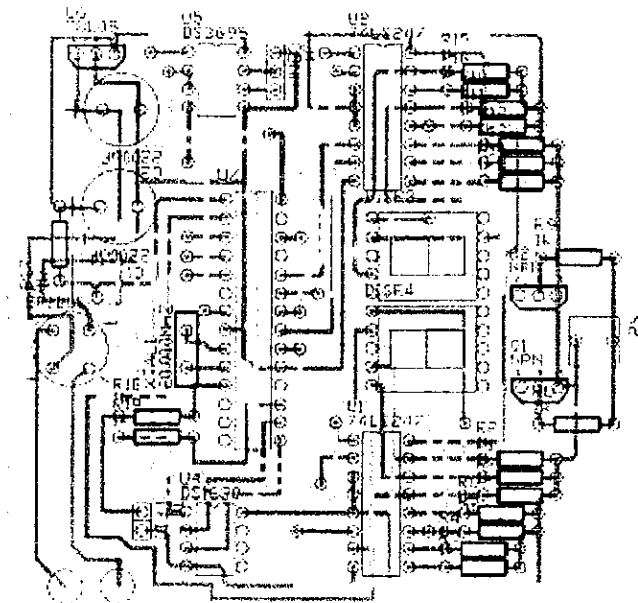


Figura 25: Diagrama del circuito impreso del módulo sensor de temperatura.

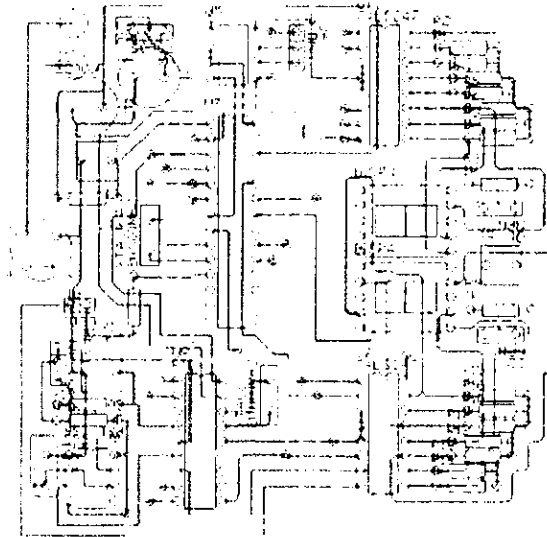


Figura 26: Diagrama del circuito impreso del módulo sensor de humedad relativa.

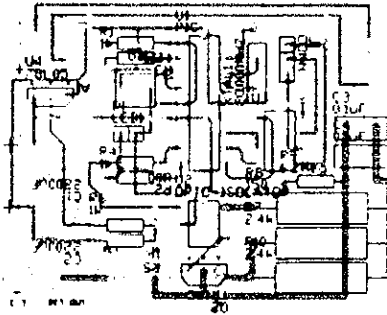


Figura 27: Diagrama del circuito impreso del módulo de iluminación

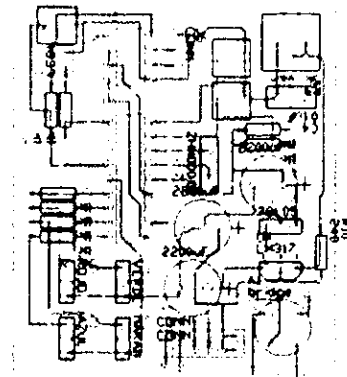


Figura 28: Diagrama del circuito impreso del módulo controlador del sistema nebulizador.

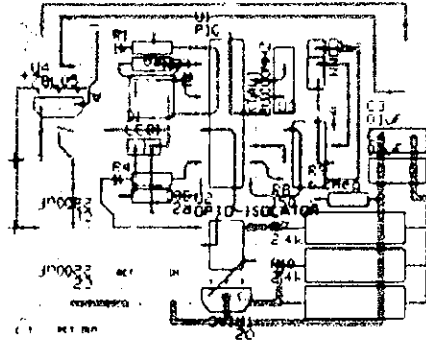


Figura 29: Diagrama del circuito impreso del módulo controlador de ventiladores.

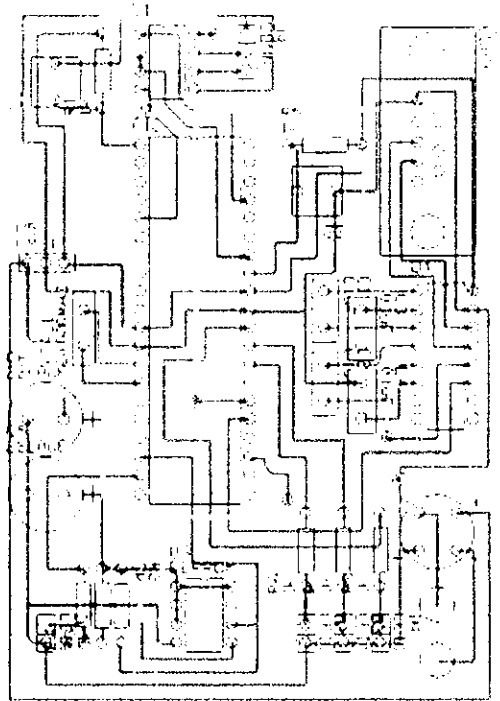


Figura 30: Diagrama del circuito impreso del módulo central.

VIII. IMPLEMENTACIÓN DEL INVERNADERO

El invernadero fue implementado en un espacio de 9 x 2.5 m, en un terreno ubicado en las cercanías de la carretera a San Juan Sacatepéquez. El espacio del invernadero está techado con lámina plástica color blanco leche con el fin de dejar pasar la mayor cantidad de luz posible. Esto es necesario debido a que hay muchos árboles en las cercanías del invernadero que producen sombra. Las paredes son de malla forrada con plástico transparente para lograr una aceptable acumulación de calor en el interior.

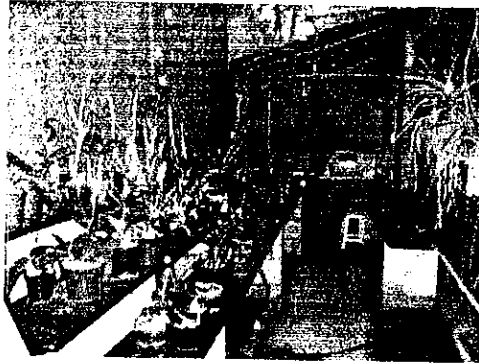


Figura 31: Fotografía del Invernadero tomada desde la puerta

Los retoños de orquídeas tienen la característica de que no tienen un sistema efectivo de drenado del agua. Debido a esto, si un retoño se moja, la única manera para poder deshacerse del agua es por evaporación. Si no se logran deshacer de esta agua, se pueden pudrir. Por eso, aunque necesiten humedad, no se pueden mojar las plantas después de medio día, para que se logre evaporar el agua que quede en los retoños. Para mantener la humedad en el ambiente, pero sin mojar las plantas, el sistema nebulizador está separado en dos partes: Una por debajo del nivel en que están colocadas las plantas y otra por arriba. La parte que está debajo de las plantas es la que en realidad tiene un control permanente de la humedad relativa, y se puede encender o apagar sin mojar los retoños. La parte superior se puede encender manualmente para que rocíe las plantas cuando se active el sistema nebulizador.

Para colocar las plantas se tienen tres estanterías colocadas en forma de grada, cada una de 5m de largo. Debajo de éstas, se colocó tierra mezclada con brosa, para tratar de mantener más elevada la humedad relativa, disminuyendo así el tiempo de encendido del sistema nebulizador.

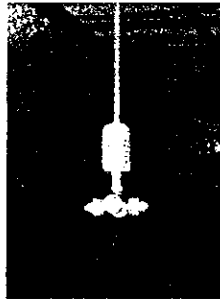


Figura 32: Fotografía de uno de los nebulizadores



Figura 33: Colocación de los nebulizadores bajos y tierra

El ventilador está colocado en el techo, y sopla directamente hacia las plantas, favoreciendo la circulación de aire en el invernadero y forzando el intercambio con el aire del exterior. En el techo también están colocadas las luces junto con el módulo de iluminación, evitando que sombras producidas dentro del invernadero alteren sus mediciones.

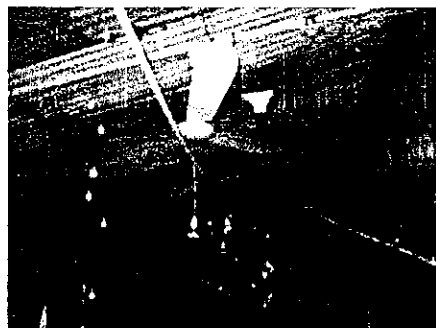


Figura 34: Colocación de los dispositivos en el techo.

En la parte más alta se puede ver el sensor de iluminación, luego, en el siguiente nivel se aprecian los focos para iluminación, luego el ventilador, y en el nivel más bajo están los nebulizadores

Los sensores de humedad y de temperatura están colocados en las mismas estanterías donde están las plantas. Esto es porque es a nivel de las plantas que nos interesa medir estos parámetros.

Junto con el módulo central se colocó una computadora personal, que sirve como monitor del sistema, y guarda los datos generados por éste.

Las plantas con las que se está trabajando son orquídeas del género *Cattleya*, que son plantas con una alta exigencia de humedad relativa y que pertenecen a zonas de clima templado. Se tienen 8 plantas *Cattleya Aurantiaca* y se utilizaron 4 como muestra y 4 como control.



Figura 35: *Cattleya Aurantiaca*

A. Consideraciones para los dispositivos y las conexiones

Considerando que el medio en el que los dispositivos van a ser colocados es un medio hostil para los dispositivos electrónicos, todos ellos deben estar bastante bien aislados del medio, sobre todo de la humedad, para evitar que se deterioren rápidamente.

En el caso del módulo sensor de temperatura, es de suma importancia aislar al sensor del autocalentamiento provocado por el transformador de voltaje y por el regulador, que se utilizan en la conversión de electricidad. Colocando el sensor en la tapadera de la caja del módulo, sin ningún tipo de aislamiento, el autocalentamiento provocaba una lectura de 10 grados centígrados por encima de la temperatura ambiental. Se trató de aliviar este efecto colocando justo debajo de la tapadera del módulo unas pequeñas planchas de duroport como aislante térmico. Con esta medida se logró que las lecturas estuvieran 5 grados por arriba de la temperatura ambiental.

Como última medida se procedió a separar el sensor 10cm. de la tapadera del módulo, alejándolo así del calor provocado por éste. Así se logró que el sensor midiera el valor de la temperatura ambiental sin ningún problema.

El sensor de iluminación presentó también ciertos inconvenientes que hubo necesidad de corregir en la marcha. La resolución de la salida de las lámparas es de únicamente 4 pasos desde apagado hasta el encendido con máxima intensidad. Por esta razón, no se podía pretender mantener un sistema 100% balanceado de intensidad lumínica. Si el sensor se coloca debajo de las lámparas, al momento de bajar la intensidad lumínica natural, se encenderán las mismas, lo que hará que la intensidad leída por el sensor aumente y haga creer al sensor que ya no hay necesidad de mantener la luz encendida. Por eso, nuevamente bajará la intensidad de salida de las lámparas y entrará en un ciclo infinito, encendiendo y apagando las luces.

El sensor de iluminación se debe poner entonces arriba de las lámparas, para únicamente medir la intensidad lumínica del exterior. También hay necesidad de colocar una pantalla al sensor, para evitar que le llegue luz desde las lámparas por los lados. Si esta pantalla no es lo suficientemente opaca, algo de luz logrará pasar a través de ella y provocará un efecto parecido al antes mencionado, pero en vez de encender y apagar las luces, hará que varíe la intensidad de las lámparas.

Es muy recomendable conectar los módulos a un aparato UPS para evitar que las variaciones de corriente puedan afectar directamente la electrónica interna de los aparatos. Si no se posee un UPS lo suficientemente robusto como para soportar la parte de potencia, se recomienda que por lo menos se conecte a éste el módulo central y los módulos que no controlan ningún dispositivo de potencia.

En cuanto a la configuración de las conexiones del bus, se recomienda que los módulos se interconecten con los demás utilizando el camino más corto disponible hasta otro módulo, cualquiera que éste sea, para así evitar en la medida de lo posible las pérdidas en la línea por degradación de la señal. Aunque se espera que esta degradación no se haga ver sino hasta distancias considerablemente grandes (cerca de 1000m), no se ha logrado establecer el alcance del bus en comunicaciones ramificadas, como este caso.

IX. RESULTADOS

Durante el tiempo que se ha observado el funcionamiento del sistema, se ha podido determinar que éste ha colaborado en forma significativa a la estabilización de la humedad relativa. Antes de implementado el sistema, la humedad relativa bajaba mucho en momentos del día en que el sol brillaba. Se puede determinar una curva promedio del comportamiento durante una semana de muestreo sin el sistema controlando la humedad. El comportamiento se presenta a continuación:

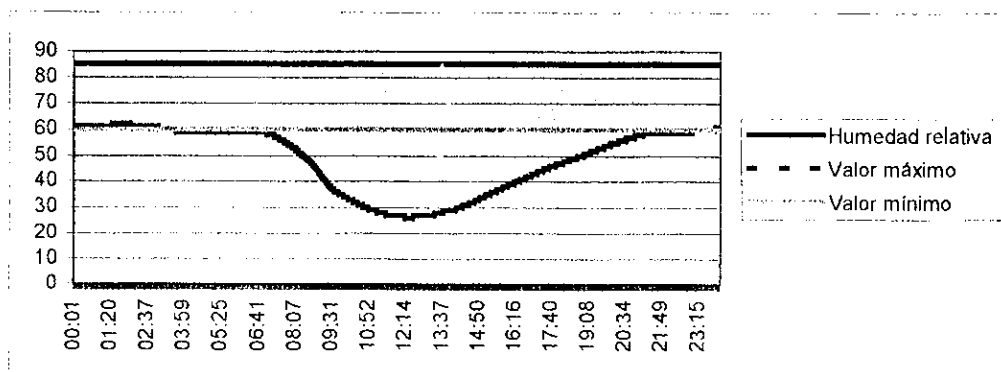


Figura 36: Gráfica de humedad relativa a distintas horas del día sin sistema de control

Las líneas roja y amarilla representan los límites máximo y mínimo respectivamente, que se deberían mantener. Se puede observar que cerca del medio día, el valor de humedad relativa resulta muy bajo para las necesidades de las plantas. Esto ha provocado que las hojas se arruguen y se pierda calidad en las plantas que se producen.

Con el sistema de control activado, la curva típica se presenta a continuación:

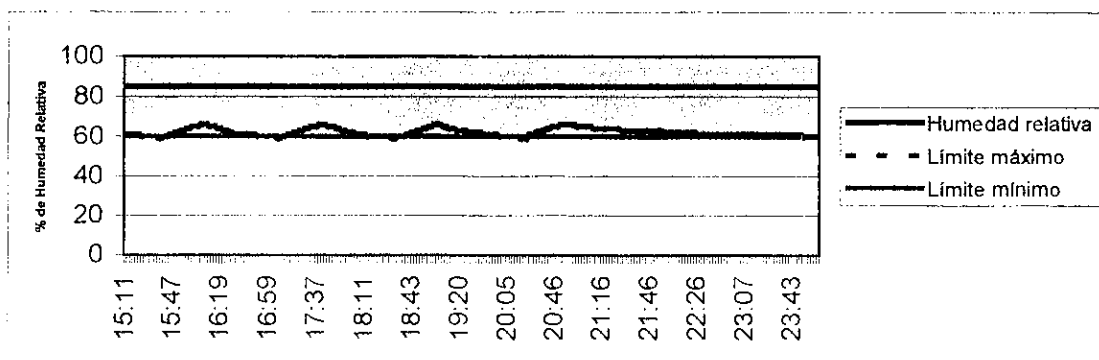


Figura 37: Gráfica de humedad relativa a distintas horas del día con sistema de control

En cuanto a la temperatura, debido a que la época del año es una época con muchos periodos del día nublado, el sol no ha logrado calentar lo suficiente en el día como para verificar de una mejor manera el funcionamiento del sistema automático de enfriamiento, pero su funcionamiento ha podido ser verificado de una mejor forma en el cambio entre el día y la noche, ya que los límites requeridos de temperatura son más bajos por la noche.

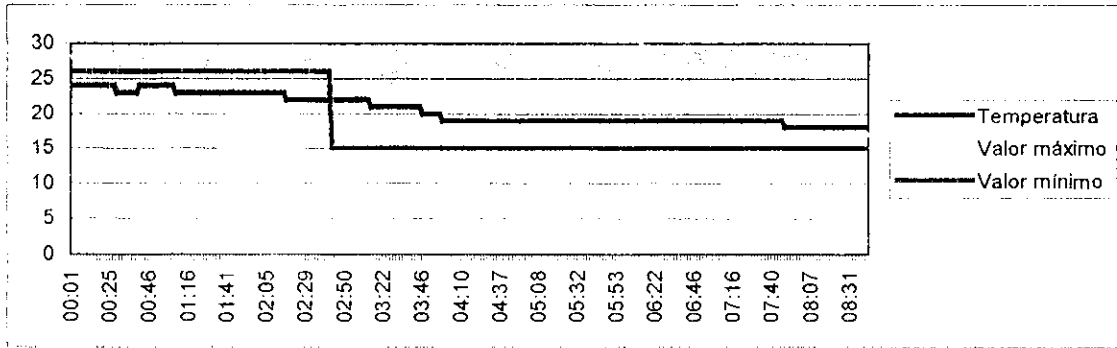


Figura 38: Gráfica de la temperatura a distintas horas del día sin sistema de control

Sin el sistema de control activado, se puede observar que en el momento de hacer el cambio entre los parámetros de día a los de noche, la temperatura desciende muy lentamente y nunca llega a bajar del máximo permitido.

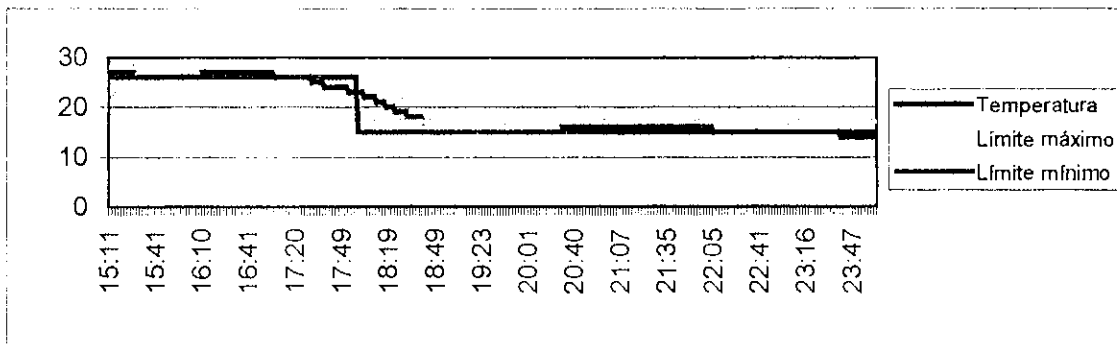


Figura 39: Gráfica de la temperatura a distintas horas del día con sistema de control

Con el sistema de control activado, se puede observar que en el cambio entre el día y la noche se hace de una manera mucho más rápida que en el sin el sistema de control. Además, se logra llegar a los valores de temperatura requeridos para ese momento, que es lo esperado.

Se ha encontrado que el sitio en el que está contruido el invernadero es un buen sitio en el aspecto lumínico, ya que no ha hecho falta la intervención del sistema de iluminación artificial.

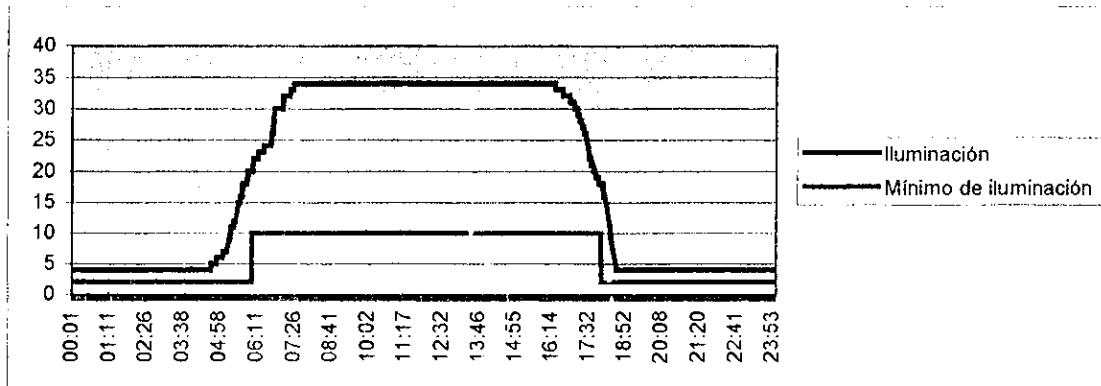


Figura 40: Gráfica de iluminación a distintas horas del día sin sistema de control

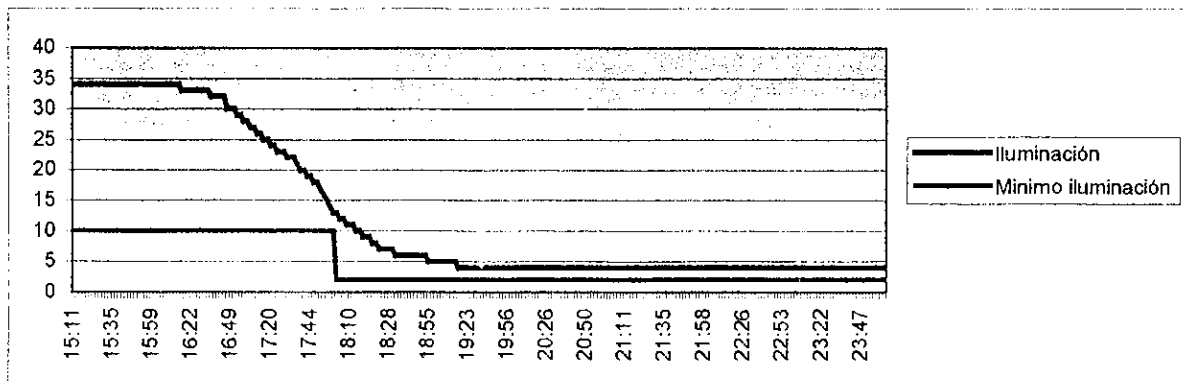


Figura 41: Gráfica de iluminación a distintas horas del día con sistema de control

A pesar del sistema de control, la iluminación ambiental ha estado bien, siempre manteniéndose sobre los parámetros mínimos, prescindiendo entonces de la iluminación artificial.

Se espera poder controlar los parámetros ambientales de temperatura, iluminación y humedad relativa, para así lograr una optimización del ambiente de crecimiento de plantas específicas dentro de un microclima aislado del exterior, y lograr mantener estos parámetros con el fin de aumentar la productividad por planta.

Para poder concluir algo de los resultados se pretende la obtención de la curvas del desarrollo del sistema de control.

X. CONCLUSIONES

- Se logró crear un sistema electrónico de control de microclima en donde se optimizan los parámetros de humedad relativa, temperatura e iluminación, manteniendo estos parámetros dentro de los márgenes que se han programado.
- Se logró diseñar, contruir y probar un grupo de módulos sensores capaces de medir y convertir a una señal eléctrica los valores de la humedad relativa, la temperatura y la iluminación.
- Se logró diseñar, construir y probar un grupo de módulos actuadores que se encargan de manejar el sistema nebulizador, la ventilación y la iluminación artificial dentro de un invernadero.
- Se diseñó e implementó un sistema de comunicación de bus que permite intercomunicar a todos los módulos.
- El sistema electrónico de control de microclima optimiza la humedad relativa dentro del invernadero
- El sistema electrónico de control de microclima acelera el enfriamiento en los cambios de día a noche, y no permite que la temperatura se eleve en el día.
- La iluminación artificial no es necesaria en el invernadero que se implementó.

XI. RECOMENDACIONES

- Incluir en el sistema un módulo elevador de temperatura, para calentar el invernadero en días fríos con poco sol.
- Implementar en la computadora personal un sistema que sea accesado vía telefónica (Dial-up) o por medio de internet, para el monitoreo remoto del sistema.
- Desarrollar programas para otro tipo de plantas.
- Diseñar cajas mecánicamente más robustas, para poder soportar de mejor manera los embates del ambiente hostil en el que se encuentran.
- Utilizar mandos que se ajusten mejor a las condiciones reales del medio ambiente, en vez de mandos cuadrados.
- Utilizar un sistema autocontrolado de lazo cerrado para el control más preciso del sistema de iluminación.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Dallas Semiconductor, "Digital Thermometer and Thermostat DS1620", 2002, Estados Unidos (www.dallas.com).

Humirel, "Relative Humidity Sensor HS1100/HS1101", Documento número HPC001, Junio 2002, Estados Unidos (www.humirel.com).

Infoagro, "El Cultivo de las Orquídeas", 2002, España (www.infoagro.com).

Infoagro, "Control Climático en Invernaderos", 2004, España (www.infoagro.com).

National Semiconductor Corporation, "Multipoint RS485/RS422 Transceivers / Repeaters", 1998, Estados Unidos (www.national.com).

Microchip Technology Incorporated, "PIC16F818/819 Datasheet", Documento número DS39598C, 2002, Estados Unidos (www.microchip.com).

Microchip Technology Incorporated, "PIC16F872 Datasheet", Documento número DS30221B, 2002, Estados Unidos (www.microchip.com).

Microchip Technology Incorporated, "PIC16F87X Datasheet", Documento número DS30292C, 2001, Estados Unidos (www.microchip.com).

Microchip Technology Incorporated, "24C01C Serial EEPROM Datasheet", Documento número DS21201C, 1999, Estados Unidos (www.microchip.com).


```

TIPO REACTOS
CLRF VERSTAT
GOTO MANDA_SIG_DISP

==== ACCIONES PARA LAS CONDICIONES DE VENTILADOR ====

MANDA_VENTILADOR:
CLRF CONTACT F
DECF DIRREAD F
CALL EE_READ
BANKSEL PORTO
MOVF DATABEAD, W
MOVWF DISPOLA
BTFSO FLAG6, 6
GOTO APAGA_VENTILADOR

REACTOS:
INCF CONTACT, F
MOVWF .10
XORWF CONTACT, W
BTFSO STATUS, Z
GOTO SACA_DISP3
GOTO DATO_VALV

DATO_VENT:
CALL RECIBE_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 6
GOTO RE_ACK_VENT
CLRF CONTACT
MOVF DATABEAD, W
XORWF FRONTACT, W
BTFSO STATUS, Z
GOTO MANDA_SIG_DISP
MOVF FRONTACT, W
MOVWF DATABEAD

M_VENTILADOR:
CALL MANDA_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 6
GOTO RE_AJETA
MOVF FRONTACT, W
MOVWF VENTSTAT
GOTO MANDA_SIG_DISP

APAGA_VENTILADOR:
CLRF DATABEAD
CALL MANDA_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 6
GOTO RE_ACK74
CLRF VERSTAT
GOTO MANDA_SIG_DISP

==== ACCIONES PARA LAS CONDICIONES DE VALVULA ====

MANDA_HUMEDAD:
CLRF CONTACT
DECF DIRREAD, F
CALL EE_READ
BANKSEL PORTO
MOVF DATABEAD, W
MOVWF DISPOLA
BTFSO FLAG6, 5
GOTO CIERRA_VALVULA

DATO_VALV:
CALL RECIBE_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 6
GOTO RE_ACK_SEND
CLRF CONTACT
MOVF DATABEAD, W
XORWF FRONTACT, W
BTFSO STATUS, Z
GOTO MANDA_SIG_DISP
MOVF FRONTACT, W
MOVWF DATABEAD

M_HUMEDAD:
CALL MANDA_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 6
GOTO RE_ACK75
MOVF VALVSTAT
GOTO MANDA_SIG_DISP

CIERRA_VALVULA:
MOVWF .2
MOVWF DATABEAD
CALL MANDA_DATO
BANKSEL PORTO
BTFSO FLAG6, 3
GOTO RE_ACK75
MOVWF .2
MOVWF VALVSTAT
GOTO MANDA_SIG_DISP

==== FUNCIONES QUE MANTIENEN DIFERENTES POR 10 CICLOS ====

RE_ACK_LUZ:
INCF CONTACT, F
MOVWF .10
XORWF CONTACT, W
BTFSO STATUS, Z
GOTO SACA_DISP3
GOTO DATO_VALV

RE_ACK_VENT:
INCF CONTACT, F
MOVWF .10
XORWF CONTACT, W
BTFSO STATUS, Z
GOTO SACA_DISP3
GOTO DATO_VENT

RE_ACK_SEND:
RETURN

SACA_DISP3:
MOVWF .101
MOVWF EE_DAT
MOVF DIRREAD, W
TIPO
MOVWF EE_DIR
CALL EE_WRITE
INCF EE_DIR, F
CALL EE_WRITE
GOTO MANDA_SIG_DISP

MANDA_SIG_DISP:
CALL TIMERS
MOVWF .2
ADDF DISP, F
GOTO CICLO_ACCIONES

CICLO_NUEVOS_DISP:
; FUNCION QUE SE ENCARGA DE AGREGAR NUEVOS
; DISPOSITIVOS AL LISTADO.
MOVWF .103
MOVWF BEMEM
MOVWF .1
MOVWF IDATA
CLRF CONTACT
CICLO_NUEVOS_DISP:
CALL FINEM
MOVF BEMEM, W
MOVWF DIRPOLA
CALL MANDA_DIR
DEL TIPO
CALL TIMERS
BTFSO FLAG6, 0
GOTO FOUND_NEW
TIPO
DECF BEMEM, F
CICLO_NUEVOS_DISP:
INCF IDATA, F
MOVWF .115
XORWF BEMEM, W
BTFSO STATUS, Z
RETURN

GOTO CICLO_NUEVOS_DISP

FOUND_NEW:
CALL RECICLO_DIR
BTFSO (REDATA), 1
DIR:
GOTO NO_SE_RECICLO
SI_SE_RECICLO:
BANKSEL PORTO
MOVF PUNTO, W
MOVWF EE_DIR
MOVWF PUNTO, W
MOVWF EE_DAT

```

```

CALL EE_WRITE
INCF EE_DIR, F
MOVF TDATA, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
CALL MANDA_PARAMETROS ; MANDAMOS LOS PARAMETROS
ADRECIADOS
GOTO CICLO_NUEVOS_DIR

NO SE RECIBIO:
BANKSEL PORTD
MOVF PUNTO, W ; HABILITA LAS DIRECCIONES POSIBLES
MOVWF EE_DIR
BTFSZ STATUS, 2
GOTO CICLO_NUEVOS_DIR

MOVF PUNTO, W
MOVWF EE_DIR
MOVF PUNTO, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE ; HABILITAMOS A MEMORIA LA NUEVA
INCF EE_DIR, F ; DIRECCION Y SU TIPO
MOVF TDATA, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
INCF EE_DIR, F
MOVWF EE_DIR
MOVWF EE_DAT ; HABILITAMOS NUEVOS TERMINADORES DE
CALL EE_WRITE ; PALABRA
INCF EE_DIR, F
CALL EE_WRITE
CALL MANDA_PARAMETROS ; MANDAMOS LOS PARAMETROS
GOTO CICLO_NUEVOS_DIR

-----
; FUNCION QUE MANDA LOS PARAMETROS AL DISPOSITIVO
; NUEVO
;
; ENTRADA: EL TIPO DE DISPOSITIVO NUEVO EN TDATA
; Y SU NUEVA DIRECCION EN PUNTO
;-----
MANDA_PARAMETROS:
MOVWF .1
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO TIP_UNO
MOVWF .2
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO TIP_DOS
MOVWF .3
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO TIP_TRES
MOVWF .4
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO TIP_CUATRO
MOVWF .5
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO TIP_CINCO

TIP_UNO:
MOVWF .123 ; EN LA LA DIRECCION TEMPORAL DEL DISP
MOVWF DISPDIR ; DEPENDIENDO DEL TIPO
BCF PREDATA, 3
GOTO MANDADOR

TIP_DOS:
MOVWF .122
MOVWF DISTDIR
BCF PREDATA, 3
GOTO MANDADOR

ADEMAS DE LA
GOTO MANDADOR ; EN LA DIRECCION

TIP_TRES:
MOVWF .121
MOVWF DISPDIR
BCF PREDATA, 3
GOTO MANDADOR

TIP_CUATRO:
MOVWF .120
MOVWF DISPDIR
BCF PREDATA, 3
GOTO MANDADOR

MANDAR MAS
GOTO MANDADOR ; PARAMETROS QUE LA NUEVA
DIRECCION
TIP_CINCO:
MOVWF .119
MOVWF DISPDIR
BCF PREDATA, 3
MOVWF .12
MOVWF VALVEZAT ; PARA MANDAR EN LA PALABRA
GOTO MANDADOR

MANDADOR:
BANKSEL PORTD
MOVF PUNTO, W ; HABILITA LA NUEVA DIRECCION DEL
MOVF TDATA, W ; MANDA PARAMETRO MAX
MOVWF DISPDIR
CALL MANDA_DADO
BCF PREDATA, 3
BTFSZ FLAGS, 3
GOTO NO_ACK11 ; SI NO SE HAYA RECIBIDO
CLRF CONTACT
CALL TIMER3
BTFSZ PREDATA, 1
RETURN

MANDADOR3:
INCF DISPAD, F
CALL EE_READ
CALL MANDA_DADO ; MANDA PARAMETRO MINIMO
BTFSZ FLAGS, 3
GOTO NO_ACK13

CLRF INTCON
CALL TIMER3
RETURN

NO_ACK11:
INCF CONTACT, F
MOVWF .12
XORWF CONTACT, W
BTFSZ STATUS, 0
GOTO MANDADOR
GOTO SACA_DISP4

NO_ACK12:
INCF CONTACT, F
MOVWF .10
XORWF CONTACT, W
BTFSZ STATUS, 2
GOTO MANDADOR3
GOTO SACA_DISP4

NO_ACK13:
INCF CONTACT, F
MOVWF .10
XORWF CONTACT, W
BTFSZ STATUS, 2
GOTO MANDADOR3
GOTO SACA_DISP4

SACA_DISP4:
MOVWF PUNTO, W ; SACA AL DISPOSITIVO DE LA
LISTA
MOVWF EE_DIR
MOVWF .124
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
INCF EE_DIR, F
CALL EE_WRITE

DATO_A_LEER:
MOVWF .1
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 2
RETLW .1
MOVWF .2
XORWF TDATA, W
BTFSZ STATUS, 0
RETLW .3
RETLW .5

-----
; FUNCION QUE TRANSMITE UNA DIRECCION Y ESPERA ACK
;
; ENTRADA: DIRECCION A MANDAR EN DISPDIR
; SALIDA: FLAGS, 1 CON SI HUBO ACK
;-----
MANDA_DIR:
BCF STATUS, 0
BANKSEL INTCON
CLRF INTCON
MOVWF '00000001'
MOVWF DATA_IN
CALL MANDAR
MOVWF DISPDIR, W
MOVWF DATA_OUT
CALL MANDAR
CALL REV_ACK
CALL TIMER3
RETURN

-----
; FUNCION QUE PONE EL PUERTO Y RECIBE EL ACKNOWLEDGE
; DEL DISPOSITIVO
;-----
REV_ACK:
BANKSEL PORTB
BCF INTCON, RBIF
BCF INTCON, TOIF
BCF FLAGS, 0
NOP
NOP
NOP
BANKSEL INTCON
BCF INTCON, RBIF
BCF INTCON, TOIF
BCF FLAGS, 1
BANKSEL PORTD
MOVWF .7
XORWF CONTACT, W
BCF TEMP, 0
ESPERA_ACK3:
BTFSZ INTCON, RBIF
GOTO RECIBE_SERIAL3

```

```

BTFSZ INTCON, T0IF
GOTO ESPERA_ACK3
BCF INTCON, T0IF
BANKSEL PORTB
DECFSZ CONTINI, F
GOTO ESPERA_ACK3
RETURN

RECIBE_SERIAL3:
CALL CAMBIO_ACK
MOVF FLAG3, 0
CALL REvisa_ACK ;VERIFICAMOS ACKNOWLEDGE
RETURN

;-----
; FUNCION QUE POSICIONA EL PUERTO DE LA DIRECCION
; EN LA QUE HUBO UNA DIRECCION DE INTERUPTIVO, PERO
; QUE FUE DESCONECTADO.
;
; ENTRADA: DIRECCIONES EN LA ENTRADA
; SALIDA: EL PUERTO CONTI EN LA Direccion de salida
; Y PUNTO CON LA DIRECCION DE ENTRADA.
;-----
RECIBIR_DIR:
BANKSEL PORTC
MOVW .1 ;INICIALIZAMOS PUERTO
MOVWF PUNTO
MOVW 0x41
MOVWF DISE
CICLO_RECIBO:
MOVW DISP, W
MOVWF DIREAD
CALL EE_READ
BANKSEL PORTD
MOVW .124
XORWF DATAREAD, W ;REVISAMOS SI ES DISE BERRALO
BTFSZ STATUS, Z
GOTO RE_DIR ;SI NO, VAMOS A USAR LA DIRECCION
MOVW .125
XORWF DATAREAD, W ;REVISAMOS SI NO TERMINAMOS DE
CADENA
BTFSZ STATUS, Z
GOTO NO_RE_DIR ;SI NO, REVISAMOS EL SIGUIENTE
DISP
INCF DISP, F
INCF DISP, F
INCF PUNTO, F
GOTO CICLO_RECIBO
RE_DIR:
BANKSEL PORTD
MOVW DIREAD, W
MOVWF PUNTO
BSF PREDATA, 1
RETURN
NO_RE_DIR:
BANKSEL PORTD
MOVW DIREAD, W
MOVWF PUNTO
BCF PREDATA, 1
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE MODULOS
;-----
;-----
; CONFIGURACION DE LOS PUNTIOS
;-----
PORT_CONFIG:
BANKSEL TRISC ;SENE TODO EL PUERTO C COMO
ENTRADAS.
MOVW B'11111111'
MOVWF TRISC
CLRF TRISA
BSF TRISB, 0
BSF TRISB, 4
BSF TRISA, 3
CLRF TRISD

BANKSEL ADCON1
MOVW B'00000111'
MOVWF ADCON1

BANKSEL PORTD
BCF PORTD, 7
BCF PORTD, 6
BCF PORTD, 5
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL USART
;-----
USART_CONFIG:
BANKSEL TXSTA
MOVW B'00100100' ;ACTIVA ALTA VELOCIDAD DE
TRANSMISION.
MOVWF TXSTA ;Y ACTIVA EL TRANSMISOR.

BANKSEL RCSTA
MOVW B'10010000' ;ACTIVA EL RECEPTOR.
MOVWF RCSTA

BANKSEL SPBRG
MOVW .129 ;LA VELOCIDAD ES DE 9600.
MOVWF SPBRG
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 0
;-----
TIMER0_CONFIG:
BANKSEL OPTION_REG
MOVW B'00000011'
MOVWF OPTION_REG
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 1
;-----
TIMER1_CONFIG:
BANKSEL T1CON
MOVW B'0110001'
MOVWF T1CON

BANKSEL PORTD
CLRF TMREAL1
CLRF TMREAL2
CLRF TMREAL3
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE INTERRUPTOS
;-----
INTERRUPT_CONFIG:
BANKSEL INTCON
MOVW B'11000000' ;SE HABILITAN INTERRUPTOS GLOBALES,
MOVWF INTCON ;ERREREMOS Y DEL RBO

BANKSEL PIE1
MOVW B'11110001' ;SE HABILITA INTERRUPTO DE
TIMER1
MOVWF PIE1
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE I2C
;-----
I2C_CONFIG:
BANKSEL SSPSTAT
MOVW B'10000000'
MOVWF SSPSTAT
BANKSEL SSPCON
MOVW B'00111000'
MOVWF SSPCON
BANKSEL SSPCON1
MOVW B'00000000'
MOVWF SSPCON1
BANKSEL SSPADD
MOVW .44
MOVWF SSPADD
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE EEPROM INTERNA
;-----
EE_CONFIG:
BANKSEL EECON1
MOVW B'00000100'
MOVWF EECON1

MOVW 0x41
MOVWF EE_DIR
MOVW 0x7D
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
CALL EE_DIR, F
CALL EE_WRITE
RETURN

;-----
; RUTINA PRINCIPAL
;-----
MAIN:
BANKSEL PORTB
MOVW .255
MOVWF CONTINI
LOOP_INI:
DECFSZ CONTINI, F
GOTO LOOP_INI

CALL PORT_CONFIG
CALL USART_CONFIG
CALL TIMER0_CONFIG
CALL TIMER1_CONFIG
CALL INTERRUPT_CONFIG
CALL I2C_CONFIG
CALL EE_CONFIG

BANKSEL PORTB
CLRF FLAG3
CLRF PREDATA
CLRF CONTACK
MOVW .0
MOVWF VALVESTAT
CLRF VENTSTAT
CLRF LUZSTAT

CICLO_MAIN:
CALL RECIBE_BUS
CALL PROMEDIOS
CALL DECISIONES
CALL ACCIONES
CALL NUEVO_DISP
BTFSZ PREDATA, 7
CALL TRANSMITE_USART
GOTO CICLO_MAIN
END

```

B. Código fuente del módulo de humedad relativa

```

.....
;Programa que se encarga de hacer una relacion
;entre la capacitancia de un capacitor de humedad
;relativa de tipo capacitivo con el RH100 y su
;medida de la frecuencia de un oscilador externo
;que le hace un tan y entre el RH100 y
;desplaza el valor obtenido en el paso
;7 siguientes.

;Programa creado por Manuel Ochoa
;Universidad del Valle de Guatemala
;Carnet 98060
;Tercer modulo para controlar humedad relativa.
;

list p=1678
include "p1678.inc"

__CONFIG __WDT_OFF & __MCLBE0 & __FSCN_ON
;
;
; DEFINICION DE VARIABLES
;
;
CONT1 EQU 0x0C
C555L EQU 0x0D
C555H EQU 0x0E
TMRCNT EQU 0x0F
BANDERA EQU 0x10 ;BIT 0 = LUEGO DE 30 CON PASO 256
; BIT 1 = LUEGO DE 1 CON PASO 32

CWR1 EQU 0x11
CHRH EQU 0x12
HREL EQU 0x13
CONT2 EQU 0x14
DECENA EQU 0x15
UNIDAD EQU 0x16
STAT_TEMP EQU 0x17

;
;
; VECTOR DE INICIO
;
ORG 0x000
GOTO MAIN

ORG 0x004
GOTO INTERRUPTOS
;
;
; ES IMPORTANTE NOTAR QUE LA CURVA DE TENDENCIA DEL SENSOR DE
; HUMEDAD RELATIVA FUE APROXIMADA POR TRES RECTAS DEFINIDAS POR:
; DE 16% A 18% pF Y 100% RH
; DE 18% A 19% pF Y 100% RH + 150.3
; DE 19% A 24% pF Y 80% RH + 141
;
; EN DONDE Y REPRESENTA LA CAPACITANCIA EN pF Y X EL VALOR DE RH
; RELATIVA
;
;
; TABLA CON LOS VALORES L QUE DEBIERA TENER EN CONTADOR
; PARA CIERTOS VALORES DE RH
;
;
; ENTRADA: CONT1 CON EL VALOR DE RH TENTATIVO
; SALIDA: W CON EL VALOR L DE RH CORRESPONDIENTE
;
;
; TABLA VALORES:
;
MOVW PCL, F
RETLW B'10001000' ; 70
RETLW B'01111101' ; 71
RETLW B'01110011' ; 72
RETLW B'01110101' ; 73
RETLW B'01011111' ; 74
RETLW B'01010101' ; 75
RETLW B'01000101' ; 76
RETLW B'00110111' ; 77
RETLW B'00110101' ; 78
RETLW B'00100011' ; 79
RETLW B'00011111' ; 80
RETLW B'00011101' ; 81
RETLW B'00010011' ; 82
RETLW B'00001111' ; 83
RETLW B'00001101' ; 84
RETLW B'00000111' ; 85
RETLW B'00000101' ; 86
RETLW B'00000011' ; 87
RETLW B'00000001' ; 88
RETLW B'00000000' ; 89
RETLW B'00000000' ; 90
RETLW B'00000000' ; 91
RETLW B'00000000' ; 92
RETLW B'00000000' ; 93
RETLW B'00000000' ; 94
RETLW B'00000000' ; 95
RETLW B'00000000' ; 96
RETLW B'00000000' ; 97
RETLW B'00000000' ; 98
RETLW B'00000000' ; 99
RETLW B'00000000' ; 100
RETLW B'00000000' ; 101
RETLW B'00000000' ; 102
RETLW B'00000000' ; 103
RETLW B'00000000' ; 104
RETLW B'00000000' ; 105
RETLW B'00000000' ; 106
RETLW B'00000000' ; 107
RETLW B'00000000' ; 108
RETLW B'00000000' ; 109
RETLW B'00000000' ; 110
RETLW B'00000000' ; 111
RETLW B'00000000' ; 112
RETLW B'00000000' ; 113
RETLW B'00000000' ; 114
RETLW B'00000000' ; 115
RETLW B'00000000' ; 116
RETLW B'00000000' ; 117
RETLW B'00000000' ; 118
RETLW B'00000000' ; 119
RETLW B'00000000' ; 120
RETLW B'00000000' ; 121
RETLW B'00000000' ; 122
RETLW B'00000000' ; 123
RETLW B'00000000' ; 124
RETLW B'00000000' ; 125
RETLW B'00000000' ; 126
RETLW B'00000000' ; 127
RETLW B'00000000' ; 128
RETLW B'00000000' ; 129
RETLW B'00000000' ; 130
RETLW B'00000000' ; 131
RETLW B'00000000' ; 132
;
; TABLA CON LOS VALORES H QUE DEBIERA TENER EN CONTADOR
; PARA CIERTOS VALORES DE RH
;
;
; ENTRADA: CONT1 CON EL VALOR DE RH TENTATIVO
; SALIDA: W CON EL VALOR H DE RH CORRESPONDIENTE
;
;
; TABLA VALORES:
;
MOVW PCL, F
RETLW B'00010011' ; 70
RETLW B'00010011' ; 71
RETLW B'00010011' ; 72
RETLW B'00010011' ; 73
RETLW B'00010011' ; 74
RETLW B'00010011' ; 75
RETLW B'00010011' ; 76
RETLW B'00010011' ; 77
RETLW B'00010011' ; 78
RETLW B'00010011' ; 79
RETLW B'00010011' ; 80
RETLW B'00010011' ; 81
RETLW B'00010011' ; 82
RETLW B'00010011' ; 83
RETLW B'00010011' ; 84
RETLW B'00010011' ; 85
RETLW B'00010011' ; 86
RETLW B'00010011' ; 87
RETLW B'00010011' ; 88
RETLW B'00010011' ; 89
RETLW B'00010011' ; 90
RETLW B'00010011' ; 91
RETLW B'00010011' ; 92
RETLW B'00010011' ; 93
RETLW B'00010011' ; 94
RETLW B'00010011' ; 95
RETLW B'00010011' ; 96
RETLW B'00010011' ; 97
RETLW B'00010011' ; 98
RETLW B'00010011' ; 99
RETLW B'00010011' ; 100
RETLW B'00010011' ; 101
RETLW B'00010011' ; 102
RETLW B'00010011' ; 103
RETLW B'00010011' ; 104
RETLW B'00010011' ; 105
RETLW B'00010011' ; 106
RETLW B'00010011' ; 107
RETLW B'00010011' ; 108
RETLW B'00010011' ; 109
RETLW B'00010011' ; 110
RETLW B'00010011' ; 111
RETLW B'00010011' ; 112
RETLW B'00010011' ; 113
RETLW B'00010011' ; 114
RETLW B'00010011' ; 115
RETLW B'00010011' ; 116
RETLW B'00010011' ; 117
RETLW B'00010011' ; 118
RETLW B'00010011' ; 119
RETLW B'00010011' ; 120
RETLW B'00010011' ; 121
RETLW B'00010011' ; 122
RETLW B'00010011' ; 123
RETLW B'00010011' ; 124
RETLW B'00010011' ; 125
RETLW B'00010011' ; 126
RETLW B'00010011' ; 127
RETLW B'00010011' ; 128
RETLW B'00010011' ; 129
RETLW B'00010011' ; 130
RETLW B'00010011' ; 131
RETLW B'00010011' ; 132
;

```

```

RETLW B'00010010' 233
RETLW B'00010010' 234
RETLW B'00010010' 235
RETLW B'00010010' 236
RETLW B'00010010' 237
RETLW B'00010010' 238
RETLW B'00010010' 239
RETLW B'00010010' 240
RETLW B'00010010' 241
RETLW B'00010010' 242
RETLW B'00010010' 243
RETLW B'00010010' 244
RETLW B'00010010' 245
RETLW B'00010010' 246
RETLW B'00010010' 247
RETLW B'00010010' 248
RETLW B'00010010' 249
RETLW B'00010010' 250
RETLW B'00010010' 251
RETLW B'00010010' 252
RETLW B'00010010' 253
RETLW B'00010010' 254
RETLW B'00010010' 255
RETLW B'00010010' 256
RETLW B'00010010' 257
RETLW B'00010010' 258
RETLW B'00010010' 259
RETLW B'00010010' 260
RETLW B'00010010' 261
RETLW B'00010010' 262
RETLW B'00010010' 263
RETLW B'00010010' 264
RETLW B'00010010' 265
RETLW B'00010010' 266
RETLW B'00010010' 267
RETLW B'00010010' 268
RETLW B'00010010' 269
RETLW B'00010010' 270
RETLW B'00010010' 271
RETLW B'00010010' 272
RETLW B'00010010' 273
RETLW B'00010010' 274
RETLW B'00010010' 275
RETLW B'00010010' 276
RETLW B'00010010' 277
RETLW B'00010010' 278
RETLW B'00010010' 279
RETLW B'00010010' 280
RETLW B'00010010' 281
RETLW B'00010010' 282
RETLW B'00010010' 283
RETLW B'00010010' 284
RETLW B'00010010' 285
RETLW B'00010010' 286
RETLW B'00010010' 287
RETLW B'00010010' 288
RETLW B'00010010' 289
RETLW B'00010010' 290
RETLW B'00010010' 291
RETLW B'00010010' 292
RETLW B'00010010' 293
RETLW B'00010010' 294
RETLW B'00010010' 295
RETLW B'00010010' 296
RETLW B'00010010' 297
RETLW B'00010010' 298
RETLW B'00010010' 299
RETLW B'00010010' 300

```

GOTO SALE_TIMER
BSF BANDERA, 0
SALE_TIMER: BANKSEL INTCON
BCF INTCON, TOIF
RETURN
SEG_VUELTA: BTFSC BANDERA, 1
GOTO TER_VUELTA
BANKSEL OPTION_REG
MOVLW B'00001000' ; FONE PRESSADLER A 1:32
MOVWF OPTION_REG
BSF BANDERA, 1
GOTO SALE_TIMER
TER_VUELTA: BTFSC BANDERA, 2
GOTO FIN_TIMER
BANKSEL TRISA
MOVLW 0x12
MOVWF TRISA
BSF BANDERA, 2
GOTO SALE_TIMER
FIN_TIMER: CLRF TRISHT
CLRF BANDERA
BANKSEL OPTION_REG
MOVLW B'00000111'
MOVWF OPTION_REG
CALL MEDIO_SEG
GOTO SALE_TIMER

; RUTINA QUE LUEGO DE TRANSCURRIDOS 0.5 SEG, DETERMINA
; EL VALOR EQUIVALENTE DE HUMEDAD RELATIVA
; ENTRADA: EL CONTADOR DEL OSCILADOR 555
; SALIDA: LA HUMEDAD RELATIVA EN LOS 7 SEGMENTOS,
; Y EN HREL.

MEDIO_SEG: CLRF CONT1
CICLO_REV: CALL TABLA_VALOREL ; CAPTURA LOS VALORES EN TABLA
MOVLW CHRL
CALL TABLA_VALORESH
MOVWF CHRH
MOVF C555H, W
SUBWF CHRH, W ; VALOR LEIDO ES IGUAL QUE
BTFSC STATUS, Z ; EL DE LA TABLA.
GOTO SIG_CICLO
MOVF C555H, W
SUBWF CHRL, W ; SI EL VALOR LEIDO ES MENOR QUE
BTFSC STATUS, C ; EL DE LA TABLA.
GOTO SIG_CICLO
GOTO SALIR_CICLO

SIG_CICLO: INCF CONT1, F ; SI ES MENOR, REV EL SIGUIENTE
MOVLW 101
SUBWF CONT1, W
BTFSC STATUS, 1
GOTO CICLO_REV
SALIR_CICLO: MOVF CONT1, W
MOVWF HREL
CALL HREL_TRANSF ; CONVIERTE VALOR LEIDO A DOS DIGITOS
CALL HREL_OUT ; LOS DESPLIEGA EN LOS PUERTOS
CLRF C555L ; LIMPIAR VARIABLES
CLRF C555H
CLRF CONT1
CLRF HREL
RETURN

; RUTINA QUE SE ENCARGA DE CONVERTIR UN NUMERO A DOS
; DIGITOS SEPARADOS
; ENTRADA: HAEL CON EL VALOR A CONVERTIR
; SALIDA: UNIDAD Y DECENA CON EL VALDA DE HREL RESPECTIVO

HREL_TRANSF: CLRF CONT1
MOVWF HREL, W
MOVWF CONT2
CICLO_DECENA: MOVWF 10 ; RESTA DE 10 EN 10 HASTA DEJAR AL
NUMERO: SUBWF CONT2, W ; SIN OPERAS.
BTFSC STATUS, C ; AL RESTAR 10 SALE 0, NO SE AUMENTAN
GOTO SIGUE_TRANSF ; LAS DECENAS, SE DEJA NUMERO ORIGINAL
MOVWF CONT2 ; Y SE PASA A LAS UNIDADES.
INCF CONT1, F
GOTO CICLO_DECENA
SIGUE_TRANSF: MOVF CONT1, W
MOVWF DECENA
MOVWF CONT2, W
MOVWF UNIDAD
RETURN

; FUNCION QUE DESPLIEGA EN EL PUERTO B(1:4) LAS UNIDADES
; Y EN EL PUERTO A(0:3) LAS DECENAS
; ENTRADA: LAS UNIDADES EN UNIDAD, LAS DECENAS EN DECENA

VECTOR DE INTERRUPTOS:
INTERRUPTOS:
SWAPF STATSH, W
MOVWF STAT_TEMP
BANKSEL INTCON
BTFSC INTCON, TOIF
CALL TIMER
BANKSEL INTCON
BTFSC INTCON, INTF
CALL OSCILADOR_555
SALE_INT: BANKSEL INTCON
BCF INTCON, RBIF ; BORRA BANDERA QUE GENERA INTERRUPTO
SWAPF STAT_TEMP, W
MOVWF STATUS
BTFSF

; AUMENTA EL CONTADOR DEL OSCILADOR 555
OSCILADOR_555:
INCF C555L, F
BTFSC STATUS, 2
INCF C555H, F
BANKSEL INTCON
BCF INTCON, INTF
RETURN

; VERIFICA SI HAN PASADO 0.5 SEUNDOS DE MUESTREO
TIMER:
BTFSC BANDERA, 0
GOTO SEG_VUELTA
INCF TRISHT, F
MOVLW 0x38
XORWF TRISHT, W
BTFSC STATUS, 2

!SALIDA: LOS NUMEROS DELIMITADOS EN ESCILAY 7 SEGMENTOS

```

HREL_OUT:
    MOVWF 1100
    SWAPF HREL, W
    BTFSZ STATUS, 0
    RETURN

    BANKSEL PORTA
    BCF STATUS, 0
    BCF DECEHA, W
    MOVWF PORTB
    MOVWF UNIDAD, W
    MOVWF PORTA

    RETURN
    
```

 ! CONFIGURACION DE PUERTOS

```

FORT_CONFIG:
    BANKSEL TRISA
    CLRF TRISA
    MOVWF B'00000001'
    MOVWF TRISE

    RETURN
    
```

 ! CONFIGURACION DEL TIMER 0

! SE UTILIZA PARA CONTAR LOS PERIodos

```

TMR0_CONFIG:
    BANKSEL OPTION_REG
    MOVWF B'00000111'
    MOVWF OPTION_REG
    BANKSEL PORTB
    RETURN
    
```

 ! CONFIGURACION DE INTERRUPTOS

```

INT_CONFIG:
    BANKSEL INTCON
    MOVWF B'10110000'
    MOVWF INTCON ;HABILITA INT. PBO Y OSEENMASCARA INT.

    RETURN
    
```

PERIF.

 ! RUTINA PRINCIPAL

MAIN:

```

CALL FORT_CONFIG
CALL TMR0_CONFIG
CALL INT_CONFIG

CLRF BANDERA
CLRF TMR0CNT
CLRF CS55L
CLRF CS55H
    
```

CICLO_MAIN:

```

GOTO CICLO_MAIN

END
    
```

 ! Programa que se encarga de hacer una relacion
 entre la capacitancia de un sensor de humedad
 relativa de tipo capacitivo modelo RH100 por
 medio de la frecuencia de un oscilador externo
 que trabaja con base a este oscilador, y
 despliega el valor obtenido en Hex y en
 7 segmentos.

! Esta version incluye la interfaz de comunicacion de
 I2C para el microcontrolador PIC16C69 que utiliza
 niveles de voltaje definidos por el modelo.

! Programa creado por Manuel Alvarez
 Universidad del Valle de Guatemala
 Febrero 1996

 ! Tercer modulo para controlar investigacion.

```

list p16c692
include "pic16c692.h"

__CONFIG _BODEN_ON & _WDT_OFF & _PWR_OSC & _JTAG_OFF
    
```

 ! DEFINICION DE VARIABLES

```

PREDATA EQU 0x00 ; SE GUARDA EL NIVEL  

RECIBIDO ANTES

AHORA EQU 0x01 ; GUARDA EL NIVEL RECIBIDO  

AHORA

TMR0CNT EQU 0x02
    
```

```

TEMP1 EQU 0x03 ; BANDERAS PARA RECEPCION
REC_FLAG EQU 0x04
TMR0CNT EQU 0x05
CONT2 EQU 0x06
    
```

```

HREL EQU 0x07
MY_STATUS EQU 0x08
HRELTEMP EQU 0x09
    
```

```

DATAIN EQU 0x0A ; CONTADOR DE PULSOS DEL 555
DATAOUT EQU 0x0B
    
```

```

W_TEMP EQU 0x0C ; GUARDA VALOR TABLA PARTE ALTA
CHR1 EQU 0x0D ; GUARDA VALOR TABLA PARTE BAJA
CHRL EQU 0x0E ; SE USA PARA DETERMINAR NUMERO DE  

PULSOS
CONT3 EQU 0x0F
    
```

```

UNIDAD EQU 0x10 ; GUARDA UNIDADES DE HUMEDAD RELATIVA
DECEHA EQU 0x11 ; GUARDA DECENAS DE HUMEDAD RELATIVA
    
```

```

STAT_TEMP EQU 0x12
    
```

```

BYTEIN EQU 0x13
    
```

```

EE_DIR EQU 0x14
EE_DAT EQU 0x15
MAXIM EQU 0x16
MINIM EQU 0x17
FLAGC EQU 0x18
RECIBIDO ES VALIDO
    
```

```

; BIT 0 --> NO SE DICE SI EL BYTE
; 1 --> ES VALIDO
; 0 --> NO ES VALIDO
; BIT 1 --> ESTAMOS EN UNA RECEPCION
; BIT 2 --> SE TERMINO EL ENCABEZADO
; BIT 3 --> ESTAMOS EN RECEPCION
; BIT 4 --> VALOR RECIBIDO MAX / MIN
    
```

```

MY_STATUS EQU 0x19
    
```

 ! VECTOR DE INICIO

```

ORG 0x000
GOTO MAIN

ORG 0x004
GOTO INTERRUPTOS
    
```

 ! VECTOR DE INTERRUPTOS

```

INTERRUPTOS:
    MOVWF W_TEMP
    SWAPF STATUS, W ; TOMA EL VALOR DE STATUS QUE  

    TENIA ANTES ; DE LA INTERRUCCION
    MOVWF STAT_TEMP
    
```

```

BANKSEL INTCON
BTFSZ INTCON, BRF
GOTO SERIAL_IN
BANKSEL F1A1
BTFSZ F1A1, TMR0IF
GOTO TMR2_INT
    
```

```

SALE_INT:
    SWAPF STAT_TEMP, W ; RETORNA EL VALOR DE STATUS QUE TENIA  

    MOVWF STATUS ; ANTES DE LA INTERRUCCION
    SWAPF W_TEMP, F
    SWAPF W_TEMP, W
    
```

RETETE

 ! TABLA DE COMANDOS POSIBLES RECIBIDOS

```

COMMAND_TABLE:
    BANKSEL PORTB
    MOVF CONT2, W
    ADDWF PCL, F
    RETLW B'00000000'
    RETLW B'00000101'
    RETLW B'00000110'
    RETLW B'00000111'
    RETLW B'00000111'
    RETLW B'00000111'
    RETLW B'00000111'
    RETLW B'00000111'
    
```

 ! MANEJA LA ENTRADA DE DATOS POR
 EL SERIAL DE UN HILO

```

SERIAL_IN:
    CALL PIN_CAMBIA
    CALL REvisa ; REvisa SI HAY MATCH CON EL ENCABEZADO
    
```

```

BANKSEL PORTB
MOVF REC_FLAG, W
ADDWF PCL, F
GOTO SALE_SERIAL
GOTO RECIBE_BYTE
GOTO CONTESTAN
GOTO RECIBE_BYTE
GOTO SALE_SERIAL
GOTO MANDA_LECTURA
    
```

```

SIGUE_SERIAL:
    BANKSEL PORTB
    MOVF REC_FLAG, W
    ADDWF PCL, F
    GOTO SALE_SERIAL
    GOTO ADD_CHECK
    GOTO MANDA_DATA
    
```

```

GOTO SALE_SERIAL
GOTO NEW_ADD

SALE_SERIAL:
BANKSEL PORTB
BCF INTCON, RBIF ;BORRA BANDERA QUE GENERA INTERRUPTO
GOTO SALE_INT

-----
; ENTRA CADA 0.013 SEG. AL JUMPAR
; 1.5 MIN, DESCONECTA AL DISPOSITIVO Y LO
; PONE CON DIRECCION DEFAULT DEL TIPO DE DISP.
-----
TMR2_INT:
BANKSEL PORTB
DEFSZ TMOONT1, F
GOTO SALE_TMR2_INT

CICLO_TMR2:
BANKSEL PORTB
MOVW .154
MOVWF TMOONT1

DEFSZ TMOONT2, F
GOTO SALE_TMR2_INT

BANKSEL PORTC
BTFSS PORTC, 0
GOTO SALE_TMR2_CLEAR
BCF PORTC, 0

MOVLW 0x00
MOVWF EE_DIR
MOVLW .123
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE

SALE_TMR2_CLEAR:
CLRF HREL
CLRF FLAGS
CLRF PORTB
CLRF PORTC

SALE_TMR2_INT:
BANKSEL PORTB
OCF PORTB, TMR2IF
GOTO SALE_INT

-----
; FUNCION QUE SE ENCARGA DE DEJAR QUE ENTAS
; MANDEN SU CONTESTACION AL MASTER, INHIBIENDO LOS DATOS
-----
CONTESTAR:
CALL IGNOBA_DATO
GOTO SALE_SERIAL

-----
; MAPA DE MEMORIA EEPROM
;
;00 --> DIRECCION DE DISPOSITIVO
;01 --> MAXIMO DEL DISPOSITIVO
;02 --> MINIMO DEL DISPOSITIVO
;
; FUNCION QUE REvisa QUE EL DATO RECIBIDO SEA
; LA DIRECCION PROGRAMADA.
;
; ENTRADA: DATO A REVISAR EN BYTEIN
; SALIDA: FLAGS, 3 ON SI ES DIRECCION Y ACK EN LA LINEA
-----
ADD_CHECK:
BANKSEL PORTB
MOVWF BYTEIN, W
MOVWF TMR1
BCF BYTEIN, 7
MOVLW 0x00
MOVWF EE_DIR
CALL EE_READ
MOVWF EE_DAT, W
BANKSEL PORTB
MOVWF BYTEIN, W
BTFSS STATUS, 2
GOTO NO_ADD
CALL ACK_SEND

BANKSEL TMR2
CLRF TMR2 ;SE REINICIA EL CONTADOR DE BARRAS DE
BANKSEL PORTB
MOVLW .159
MOVWF TMOONT1
MOVLW .3
MOVWF TMOONT2

BTFSS TMR1, 7
GOTO SALE_SERIAL

RECIBIR:
BCF FLAGS, 3
GOTO SALE_SERIAL

NO_ADD:
CALL IGNOBA_DATO
GOTO SALE_SERIAL

-----
;
; AGREGA NUEVO MAXIMO O MINIMO
;
; ENTRADA: DATO NUEVO EN STATUS Y
; FLAGS, 4 = 1 ES MAXIMO
; FLAGS, 4 = 0 ES MINIMO
; SALIDA: DATO GUARDADO EN LA POSICION DE EEPROM
; Y PORTC, 1 INDICANDO QUE SE ENGANCHO
-----
NEW_DATA:
BTFSS FLAGS, 3
GOTO NO_NEW
BTFSS FLAGS, 4
GOTO GUARDA_MAX
GOTO GUARDA_MIN

GUARDA_MAX:
BCF FLAGS, 4
OCF FLAGS, 3
CALL ACK_SEND
MOVLW 0x01
MOVWF EE_DIR
BANKSEL PORTB
MOVWF BYTEIN, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
GOTO SALE_SERIAL

GUARDA_MIN:
BCF FLAGS, 4
BCF FLAGS, 3
CALL ACK_SEND

BANKSEL PORTC
BCF PORTC, 0
MOVLW 0x02
MOVWF EE_DIR
BANKSEL PORTB
MOVWF BYTEIN, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
GOTO SALE_SERIAL

NO_NEW:
CALL IGNOBA_DATO
GOTO SALE_SERIAL

-----
; FUNCION QUE CAMBIA LA DIRECCION DEL DISPOSITIVO
-----
NEW_ADD:
BTFSS FLAGS, 3
GOTO NO_NEW_ADD

CALL ACK_SEND
MOVLW 0x00
MOVWF EE_DIR
BANKSEL PORTB
MOVWF BYTEIN, W
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
BCF FLAGS, 3
GOTO SALE_SERIAL

NO_NEW_ADD:
CALL IGNOBA_DATO
GOTO SALE_SERIAL

-----
; FUNCION QUE MANDA ACKNOWLEDGE
-----
ACK_SEND:
BANKSEL TMR0
CLRF TMR0
BANKSEL PORTA
BSF PORTA, 5
BSF PREDATA, 0

BANKSEL PORTB
BSF PORTB, 6 ;DESHABILITA LA RECEPCION
BSF PORTB, 7 ;HABILITA LA TRANSMISION
MOVLW 0x10101111
MOVWF DATACUT
CALL MANDAR

BANKSEL PORTB
BTFSS TMR1, 7
CALL MANDAR_STATUS

CALL TMR1

BANKSEL PORTB
BCF PORTB, 6 ;HABILITA LA RECEPCION
BCF PORTB, 7 ;DESHABILITA LA TRANSMISION
BANKSEL INTCON
BCF INTCON, RBIF

RETURN

-----
; FUNCION QUE MANDA BYTE VIA SERIAL DE UN HILO
;
; ENTRADA: EL VALOR A MANDAR EN LA VARIABLE DATACUT
; SALIDA: EL DATO SERIAL EN LA DATA PIN
-----
MANDAR:
BANKSEL PORTB
MOVLW .8
MOVWF CONT1

MANDA:
CALL TMR1
BANKSEL PORTB
BCF STATUS, C
RRF DATACUT, F
BTFSS STATUS, C
GOTO USO
GOTO CERO

USO:
BTFSS PREDATA, 0
GOTO SUBE
GOTO BAJA

CERO:
BTFSS PREDATA, 0
GOTO BAJA
GOTO SUBE

SUBE:

```

```

        BCF PORTA, 5
        BSF PREDATA, 0
        GOTO FIN_MANDA
BAJA:   BCF PORTA, 5
        BCF PREDATA, 0
FIN_MANDA: DECFSZ CONT1, F
          GOTO MANDA
          RETURN
-----
; FUNCION QUE MANDA AL MASTER EL ESTADO DEL
; DISPOSITIVO
;
; ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN MANDAR
;
MANDA STATUS:
        BANKSEL PORTB
        MOVW B'00000111' MANDA ENCABEZADO
        MOVWF DATAOUT
        CALL MANDAR
        BANKSEL PORTB
        MOVF MY STATUS, W MANDA DATO DE INTERES
        MOVWF DATAOUT
        CALL MANDAR
        CALL TIMER1
        RETURN
-----
; FUNCION QUE MANDA AL MASTER LA LECTURA DEL
; DISPOSITIVO
;
; ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN REEL
;
MANDA LECTURA:
        BTFSZ FLAGS, 3
        GOTO NO_MLECTURA

        BANKSEL TMRO
        CLRF TMRO
        BANKSEL PORTA
        BSF PORTA, 5
        BSF PREDATA, 0

        BANKSEL PORTB
        BSF PORTB, 6 MANDABILITA LA RECEPCION
        BSF PORTB, 7 MANDABILITA LA TRANSMISION
        MOVW B'11001011' MANDABILITA LA TRANSMISION
        MOVWF DATAOUT
        CALL MANDAR

        BANKSEL PORTB
        MOVW B'00000111' MANDA ENCABEZADO
        MOVWF DATAOUT
        CALL MANDAR
        BANKSEL PORTB
        MOVF REEL, W MANDA DATO DE INTERES
        MOVWF DATAOUT
        CALL MANDAR
        CALL TIMER1

        BANKSEL PORTB
        BCF PORTB, 6 MANDABILITA LA RECEPCION
        BCF PORTB, 7 MANDABILITA LA TRANSMISION
        BANKSEL INTCON
        BCF INTCON, RBIF

        BCF FLAGS, 3
        GOTO SALE_SERIAL
NO_MLECTURA:
        CALL LECTURA_DATO
        CALL LECTURA_LAB
        CALL LECTURA_UNO
        GOTO SALE_SERIAL
-----
; FUNCION QUE CAPTURA LOS VALORES EN LOS ENCABEZADOS
;
; SALIDA: EL VALOR DE ENCABEZADO EN DATAIN
;
PIN_CAMBIA:
        BCF FLAGS, 0
        CALL TIMER1
        BANKSEL TMRO
        CLRF TMRO
        BANKSEL PORTB
        BTFSZ PORTB, 5 MANDA VALOR DEL PUSATO 5
        GOTO BAJA
        GOTO ALTO
ALTO:   BSF PORTC, 1
        BCF PREDATA, 1
        GOTO SIGUE_CAMBIO
BAJO:  BCF PORTC, 1
        BCF PREDATA, 1
SIGUE_CAMBIO:
        BSF STATUS, 0 MANDA LEYENDO LOS OTROS ?
        DATO:
        BANKSEL PORTB
        BSF DATAIN, F
        MOVW .7
        MOVWF CONT1
CAMBIO_CICLO:
        CALL TIMER1 MANDA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMER
        BANKSEL PORTB
        BTFSZ PORTB, 5 MANDA VALOR DEL ESTADO

```

```

        GOTO HIGH1
HIGH1:  GOTO LOW1
        BSF PORTC, 1
        BSF PREDATA, 1 COMPARA ESTADO ANTERIOR
        BTFSZ PREDATA, 0
        GOTO UNO3
        GOTO CERO3
LOW1:   BCF PORTC, 1
        BCF PREDATA, 1 COMPARA ESTADO ANTERIOR
        BTFSZ PREDATA, 0
        GOTO CERO3
        GOTO UNO3
UNO3:   BSF STATUS, 0 MANDA UN UNO
        GOTO CAMBIA
CAMBIA: BCF STATUS, 0 MANDA UN CERO
        BANKSEL PORTB
        BSF DATAIN, F MANDA VALOR EN DATAIN
        BTFSZ PREDATA, 1
        GOTO UNO
OFF:    BCF PREDATA, 0 MANDA EL VALOR DE DATO
        ANTERIOR
        GOTO MI
ON:     BSF PREDATA, 0
MI:    DECFSZ CONT1, F MANDA SI SE RECIBIO EL BYTE
        GOTO CAMBIO_CICLO
        RETURN
-----
; COMPARA EL VALOR DE ENCABEZADO CON EL VALOR
; RECIBIDO PARA VER SI COINCIDEN
;
; ENTRADA: EL VALOR DE ENTRADA EN DATAIN
; SALIDA: EL VALOR CORRESPONDIENTE AL TIPO DE DATO EN
; REC_FLAG
;
REVISAR:
        BANKSEL PORTB
        MOVW .6
        MOVWF CONT2
        CLRF REC_FLAG
CICLO_REVISAR:
        CALL COMMAND_TABLE
        XDRWF DATAIN, W
        BTFSZ STATUS, 2
        GOTO REV_CICLO
        BANKSEL PORTB
        MOVF CONT2, W
        MOVWF REC_FLAG
        RETURN
REV_CICLO:
        BANKSEL PORTB
        DECFSZ CONT2, F
        GOTO CICLO_REVISAR
        RETURN
-----
; CAPTURA EL BYTE RECIBIDO
;
; ENTRADA: PINES DE SERIAL DE UN HILO CON LOS DATOS
; SALIDA: DATO RECIBIDO EN BYTEIN
;
RECIBE_BYTE:
        BANKSEL PORTB
        MOVW .5
        MOVWF CONT1
CAMBIO_CICLO2:
        CALL TIMER1 MANDA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMER
        BANKSEL PORTB
        BTFSZ PORTB, 5 MANDA VALOR DEL ESTADO
        GOTO HIGH2
        GOTO LOW2
HIGH2:  BSF PORTC, 1
        BSF PREDATA, 1 COMPARA ESTADO ANTERIOR
        BTFSZ PREDATA, 0
        GOTO UNO2
        GOTO CERO2
LOW2:   BCF PORTC, 1
        BCF PREDATA, 1 COMPARA ESTADO ANTERIOR
        BTFSZ PREDATA, 0
        GOTO CERO2
        GOTO UNO2
UNO2:   BSF STATUS, 0 MANDA UN UNO
        GOTO CAMBIA2
CERO2:  BCF STATUS, 0 MANDA UN CERO
CAMBIA2:
        BANKSEL PORTB
        BSF DATAIN, F MANDA VALOR EN DATAIN
        BTFSZ PREDATA, 1
        GOTO ON2
OFF2:   BCF PREDATA, 0 MANDA EL VALOR DE DATO
        ANTERIOR
        GOTO MI2
ON2:    BSF PREDATA, 0
MI2:   DECFSZ CONT1, F MANDA SI SE RECIBIO EL BYTE
        GOTO CAMBIO_CICLO2
        GOTO SIGUE_SERIAL

```

```

-----
; FUNCION QUE DEJA PASAR LOS ENTIMOS BITS
-----
IGNORA_DATO:
    BANKSEL    PORTB
    MOVW    .9
    MOVWF    CONT1
CICLO_IGNORA:
    CALL    TIMER1
    BANKSEL    PORTA
    BTFSS    CONT1, F
    GOTO    CICLO_IGNORA
    BTF    FLAG0, 1
    RETURN

-----
; MARCA EL TIEMPO PARA REBINARIZACION
-----
TIMER1:
    BANKSEL    INTCON
    BCF    INTCON, TOIF
CICLO_TIMER1:
    BTFSS    INTCON, TOIF ;VERIFICA A QUE HAYA UN OVERFLOW EN EL
    TIMER 0
    GOTO    CICLO_TIMER1
    BTFSS    INTCON, TOIF ;EQUIVALE A 4096us
    GOTO    CICLO_TIMER1
    BCF    INTCON, TOIF
    RETURN

-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RESINCIONIZACION
-----
TIMER2:
    BANKSEL    PORTB
    MOVW    .255
    MOVWF    CONT2
CICLO_TIMER2:
    BTFSS    CONT2, F ;CICLO QUE MUESTRA UN DELAY PARA LA
    RECEPCION
    GOTO    CICLO_TIMER2
    RETURN

-----
; ESCRIBE A EEPROM
; ENTRADA: LA DIRECCION EN EE_DIR Y EL DATO EN EE_DAT
; SALIDA: EL DATO GUARDADO EN EEPROM
-----
EE_WRITE:
    BANKSEL    EEADR
    MOVF    EE_DIR, W
    MOVWF    EEADR
    BANKSEL    EEDATA
    MOVF    EE_DAT, W
    MOVWF    EEDATA
    BANKSEL    EECON2
    MOVW    0x55
    MOVWF    EECON2
    MOVW    0x0A
    MOVWF    EECON2
    BCF    EECON1, WR
CICLO_EE_WRITE:
    BTFSC    EECON1, WR
    GOTO    CICLO_EE_WRITE
    BANKSEL    PORTB
    RETURN

-----
; LEE DE LA EEPROM
; ENTRADA: LA DIRECCION A LEER EN EE_DIR
; SALIDA: EL VALOR LEIDO EN EE_DAT
-----
EE_READ:
    MOVF    EE_DIR, W
    BANKSEL    EESDR
    MOVWF    EESDR
    BANKSEL    EECON1
    BSF    EECON1, RD
CICLO_EE_READ:
    BTFSC    EECON1, RD
    GOTO    CICLO_EE_READ
    BANKSEL    EEDATA
    MOVF    EEDATA, W
    MOVWF    EE_DAT
    BANKSEL    PORTB
    RETURN

-----
; FUNCION QUE SE ENCARGA DE TOMAR EL VALOR DE LA CONVERSION
; DEL PUERTO Y LA CONVIERTE A UN VALOR ENTERO.
; ENTRADA: LAS UNIDADES EN BINARIO EN RB1:4 Y LAS DECENAS
; EN BINARIO EN RA0:3
; SALIDA: HREL CON EL VALOR CONVERTIDO A UN ENTERO
-----
CAPTURE:
    BANKSEL    PORTB
    MOVF    PORTB, W
    MOVWF    DECENA
    RRF    DECENA, F
    MOVF    PORTA, W
    MOVWF    UNIDAD
    BTFSC    UNIDAD, 4
    GOTO    BITSUM

```

```

BITDOWN:
    BCF    DECENA, 3
    GOTO    SIGUE_CAPTURE
BITSUP:
    BSF    DECENA, 3
SIGUE_CAPTURE:
    MOVW    0'00011111'
    ANDWF    UNIDAD, F
    ANDWF    DECENA, F
    BANKSEL    PORTA
    CLRF    HRELTMP
    CLRN
    MOVWF    DECENA, W
    BTFSC    STATUS, 2
    GOTO    CICLO_UNIDAD
CICLO_DECENA:
    MOVW    10
    ADDWF    HRELTMP, F
    DECF    DECENA, F
    GOTO    CICLO_DECENA
CICLO_UNIDAD:
    MOVF    UNIDAD, W
    ADDWF    HRELTMP, F
    MOVF    HRELTMP, W
    MOVWF    HREL
    RETURN

-----
; Rutina que verifica si se esta dentro de los limites
; permitidos para el dispositivo
; ENTRADA: LOS LIMITES MIN Y MAX EN EEPROM Y EL VALOR LEIDO
; EN HREL.
; SALIDA: MY_STATUS CON EL CODIGO DE ESTADO
; MY_STATUS = 0 = ESTAMOS DENTRO DE LA VENTANA
;           = 1 = ESTAMOS DEBAJO DE LA VENTANA
;           = 2 = ESTAMOS SOBRE LA VENTANA
-----
BPMO_CHECK:
    BANKSEL    PORTA
    CLRF    MY_STATEMP
    MOVW    0x01
    MOVWF    EE_DIR
    CALL    EE_READ
    MOVF    EE_DAT, W
    MOVWF    MAXIM ;LEEMOS EL VALOR MAXIMO
    MOVW    0x00
    MOVWF    EE_DIR
    CALL    EE_READ
    MOVF    EE_DAT, W
    MOVWF    MINIM ;LEEMOS EL VALOR MINIMO
    BANKSEL    PORTA
    MOVF    HREL, W
    SUBWF    MAXIM, W
    BTFSS    STATUS, C
    GOTO    LIM_MAX
    MOVF    MINIM, W
    SUBWF    HREL, W
    BTFSS    STATUS, C
    GOTO    LIM_MIN
    GOTO    SALE_CHECK
LIM_MAX:
    MOVW    10
    MOVWF    MY_STATEMP
    GOTO    SALE_CHECK
LIM_MIN:
    MOVW    11
    MOVWF    MY_STATEMP
SALE_CHECK:
    MOVF    MY_STATEMP, W
    MOVWF    MY_STATUS
    RETURN

-----
; CONFIGURACION DE PUERTOS
-----
PORT_CONF:
    BANKSEL    TRISA
    MOVW    0'00011111'
    MOVWF    TRISA
    MOVW    0'00101111'
    MOVWF    TRISB
    CLRF    TRISC
    BANKSEL    ADCON1
    MOVW    0'00000111' ;TODO EL PUERTO A DIGITAL
    MOVWF    ADCON1
    RETURN

-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 0
-----
TMRO_CDNT:
    BANKSEL    OPTION_REG
    MOVW    0'00000010'
    MOVWF    OPTION_REG
    BANKSEL    PORTB
    RETURN

-----
; CONFIGURACION DE EEPROM INTERNA

```

```

-----
EE_CONFIG:
    BANKSEL    EEDON1
    MOVW      B'00000100'
    MOVWF    EEDON1
    MOVW      0x00
    MOVWF    EE_LTR
    MOVW      170
    MOVWF    EE_DAT
    CALL     EE_WRITE

    RETURN

-----
; CONFIGURACION DE TMR2
;
; SE UTILIZA PARA CONTAR MINUTO Y MEDIO PARA MANTENER
; ENGANCHADO EL DISPOSITIVO
-----
TMR2_CONFIG:
    BANKSEL    T2CON
    MOVW      B'01111110'
    MOVWF    T2CON
    BANKSEL    PORTB
    RETURN

-----
; CONFIGURACION DE INTERRUPTO
-----
INTERRUPTO:
    BANKSEL    INTCON
    MOVW      B'11001000'
    MOVWF    INTCON ;HABILITA INT. 0 y DESMASCARA INT.

;EEIF.
    BANKSEL    PIE1
    MOVW      B'00000010'
    MOVWF    PIE1 ;HABILITA INT. DEL TIMER 2

    RETURN

-----
; TIMER QUE DETERMINA TIEMPO DE ENCENDE
; DESPUES DE ENCENDIDO
-----
TIMER_ON:
    MOVW      10
    MOVWF    CNT1
    MOVWF    CNT1
    CALL     TIMER1
    BANKSEL    PORTB
    MOVW      0x00
    MOVWF    PORTB
    CALL     TIMER1
    MOVW      159
    MOVWF    TMR2NT1
    MOVW      3
    MOVWF    TMR2INTC

    CLRF    HREL
    CLRF    FLAGB
    CLRF    PORTB
    CLRF    PORTC

    CALL     TIMER_ON
    CALL     INTERRUPTO

;CICLO MAIN:
    CALL     CAPTURE
    CALL     BOUND_CHECK

    GOTO     CICLO_MAIN

    END

```



```

RETURN
;-----
; FUNCION QUE MANDA AL MANEJO LA CEBERA DEL
; DISPOSITIVO
;
; ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN TEM
;-----
MANDA_LECTURA:
    BTFS    FLAGS, 3
    GOTO   NO_MLECTURA

    BANKSEL PORTB
    CLRF   TMR0
    BANKSEL PORTA
    BSF    PORTA, 1
    BSF    PREDATA, 1

    BANKSEL PORTB
    BSF    PORTB, 6           ;DESABILITA LA RECEPCION
    BSF    PORTB, 7           ;HABILITA LA TRANSMISION
    MOVWF B"1001011"         ;ACKNOWLEDGE
    MOVWF DATACOUT
    CALL   MANDAR

    BANKSEL PORTB
    MOVWF B"00000011"        ;MANDA ENCABEZADO
    MOVWF DATACOUT
    CALL   MANDAR
    BANKSEL PORTB
    MOVWF TEM, W             ;MANDA FASE DE INTERES
    MOVWF DATACOUT
    CALL   MANDAR
    CALL   TIMER1

    BANKSEL PORTB
    BSF    PORTB, 6           ;HABILITA LA RECEPCION
    BSF    PORTB, 7           ;DESABILITA LA TRANSMISION
    BANKSEL INTCON
    BSF    INTCON, 5B1F

    BSF    FLAGS, 3
    GOTO   SALE_SBAIAL

NO_MLECTURA:
    CALL   IGNORA_DATO
    CALL   IGNORA_DATO
    CALL   IGNORA_DATO
    GOTO   SALE_SERIAL

;-----
; FUNCION QUE CAPTURA LOS VALORES DE LOS ENCABEZADOS
;
; SALIDA: EL VALOR DE ENCABEZADO EN DATAIN
;-----
FIN_CAMBIA:
    BSF    FLAGS, 4
    CALL   TIMER1
    BANKSEL PORTB
    CLRF   TMR0
    BANKSEL PORTA
    BTFS    PORTB, 5         ;LEER VALOR DEL PUERTO B
    GOTO   BAJO
    GOTO   ALTO

ALTO:
    BSF    PORTC, 1
    BSF    PREDATA, 0
    GOTO   SIGUE_CAMBIO

BAJO:
    BSF    PORTC, 1
    BSF    PREDATA, 1

SIGUE_CAMBIO:
    BSF    STATUS, 0         ;CONTINUA LEYENDO LOS BITS ?

DATOS:
    BANKSEL PORTB
    BSF    DATAIN, F
    MOVWF .7
    MOVWF CONTA1

CAMBIO_CICLO:
    CALL   TIMER1           ;MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR UN BYTE
    BANKSEL PORTB
    BTFS    PORTB, 5         ;LEER EL ESTADO
    GOTO   HIGH2
    GOTO   LOW2

HIGH2:
    BSF    PORTC, 1
    BSF    PREDATA, 1       ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
    BTFS    PREDATA, 0
    GOTO   UNO2
    GOTO   CERO2

LOW2:
    BSF    PORTC, 1
    BSF    PREDATA, 1       ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
    BTFS    PREDATA, 0
    GOTO   CERO2
    GOTO   UNO2

UNO2:
    BSF    STATUS, 0         ;CAPTURE UN UNO
    GOTO   CAMBIA2

CERO2:
    BSF    STATUS, 0         ;CAPTURE UN CERO

CAMBIA2:
    BANKSEL PORTB
    BSF    BYTDAIN, F       ;INGRESA EL VALOR EN DATAIN
    BTFS    PREDATA, 1
    GOTO   ON2

OFF2:
    BSF    PREDATA, 0       ;CAMBIA EL VALOR DE DATO
    ANTERIOR
    GOTO   M12

ON2:
    BSF    PREDATA, 0
    M12:
    DECFSZ CONTA1, F         ;REVISAR SI SE RECIBIO EL BYTE
    GOTO   CAMBIO_CICLO2

    BANKSEL PORTC
    BSF    PORTC, 1
    GOTO   SIGUE_SERIAL

;-----
; FUNCION QUE DEJA PASAR LOS ULTIMOS BITS
;-----
IGNORA_DATO:
    BANKSEL PORTB
    MOVWF .9
    MOVWF CONTA1

CICLO_IGNORA:
    CALL   TIMER1
    BANKSEL PORTB
    DECFSZ CONTA1, F
    GOTO   CICLO_IGNORA
    BSF    FLAGS, 3
    RETURN

;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR POR UN HILO
;-----
TIMER1:
    BANKSEL INTCON
    BSF    INTCON, 7B1F
    CICLO_TIMER1:
    BANKSEL PORTB
    BTFS    INTCON, 7B1F    ;LEER A QUE HAYA UN OVERFLOW EN EL
    GOTO   CICLO_TIMER1    ;TIMER 0
    BSF    INTCON, 7B1F    ;REINICIALE A 4096US
    GOTO   CICLO_TIMER1
    BSF    INTCON, 7B1F

    RETURN

;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RESINCRONIZACION
;-----
TIMER2:
    BANKSEL PORTB
    MOVWF .255
    MOVWF CONTA2
    CICLO_TIMER2:
    BSF    STATUS, 0         ;CICLO QUE GENERA UN DELAY PARA LA
    GOTO   CICLO_TIMER2    ;RECEPCION
    DECFSZ CONTA2, F
    GOTO   CICLO_TIMER2

    RETURN

;-----
; ESCRIBE A EEPROM
;
; ENTRADA: LA DIRECCION EN EE_DIR Y EL DATO EN EE_DAT
; SALIDA: EL DATO GUARDADO EN EEPROM
;-----
EE_WRITE:
    BANKSEL READER
    MOVWF EE_DIR, W
    MOVWF EE_DATA

```

```

BANKSEL    EEDATA
MOVWF    EE_DAT, W
MOVWF    EEDATA

BANKSEL    EECOM1
MOVWF    0x55
MOVWF    EECOM2
MOVWF    0x0A
MOVWF    EECOM3
BCF     EECOM1, WR

CICLO_EE_WRITE:
BTFSZ   EECOM1, WR
GOTO    CICLO_EE_WRITE
BANKSEL    PORTB
RETURN

;-----
; LEE DE LA MEMORIA
; ENTRADA: LA DIRECCION A LEE EN RDATH
; SALIDA: EL VALOR LEIDO EN RDATH
EE_REAL:
MOVWF   EE_DIP, W
BANKSEL REAR
MOVWF   REAR
BANKSEL EECOM1
BSF    EECOM1, RD
CICLO_EE_READ:
BTFSZ  EECOM1, RD
GOTO   CICLO_EE_READ

BANKSEL    EEDATA
MOVWF    EEDATA, W
MOVWF    EE_DAT
BANKSEL    PORTB
RETURN

;-----
; RUTINA DE DELAY DE 500µS
DELAY1:
BANKSEL    PORTB
MOVLW    .27
MOVWF    TEMPO
CICLO_DELAY1:
NOP
NOP
NOP
MOVLW    .200
MOVWF    TEMP2
CICLO_DELAY2:
NOP
NOP
NOP
DEFSZ   TEMP2, F
GOTO    CICLO_DELAY2
DEFSZ   TEMP2, F
GOTO    CICLO_DELAY1
RETURN

;-----
; FUNCION QUE REFRESCA LOS DATOS EN LOS 7 SEGMENTOS
RFSN:
BANKSEL    PORTB
MOVWF    UNIDAD, W
MOVWF    PORTB
MOVWF    DECENA, W
MOVWF    PORTA
RETURN

;-----
; RUTINA QUE MANDA O RECIBE UN DATO AL DS1620
; ENTRADA: LA INSTRUCCION EN SDAT Y EL DATO A MANDAR
; EN SDAT2. SI SE VA A RECIBIR, QUATE NO SE
; CONSIDERA.
; FLAGS, 4 EN 0 PARA TRANSMITIR, EN 1 PARA
; RECIBIR.
; SALIDA: SI SE MANDA, NADA SE SALIDA, SI SE RECIBE,
; LOS 9 BITS EN RDATH (TXSB = 0) Y RDATL.
SEND:
BANKSEL    PORTC
BSF     PORTC, 4
MOVLW    0
MOVWF    CONT1
CALL    CICLO_SEND
BTFSZ   FLAGS, 4
GOTO    MANDAR

CLRF    CONT1
CALL    CICLO_RECVIE
BTFSZ   CONT1, W
GOTO    TERMINA_SEND

MANDAR2:
BANKSEL    PORTC
MOVWF    RDATL, W
MOVWF    SDAT
CLRF    CONT1
CALL    CICLO_SEND
;-----
; RUTINA QUE MANDA DATO AL DS1620
; ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN SDAT
CICLO_SEND:
BCF     PORTC, 5
BTFSZ   SDAT, 0
GOTO    VRES
VRES:
BSF    PORTC, 6
GOTO    CLACK
VRES:
BCF    PORTC, 6
CICLO_RECVIE:
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
BSF    PORTC, 5
DATA
RRF    SDAT, F
INCF   CONT1, F
MOVLW    8
XORWF   CONT1, W
COMPLETO
BTFSZ   STATUS, Z
GOTO    CICLO_SEND
RETURN

;-----
; RUTINA QUE LEE UN DATO DEL DS1620
; SALIDA: EL DATO RECIBIDO EN RDATH Y RDATL
; NOTA: LAS RECEPCIONES DEL DS1620 SIN DN 9 BITS,
; LOS 7MSH EN RDATH SON 0.
CICLO_RECVIE:
BANKSEL    TRISC
BSF     TRISC, 6
BANKSEL    PORTC
BCF     PORTC, 5
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
BTFSZ   PORTC, 6
GOTO    RVRES
RVSET:
BSF    STATUS, C
RRF    RDATH, F
GOTO    CLACK2
RVRES:
BCF    STATUS, C
RRF    RDATL, F
CICLO_RECVIE:
BSF    PORTC, 5
INCF   CONT1, F
MOVLW    8
XORWF   CONT1, W
COMPLETO
BTFSZ   STATUS, Z
GOTO    CICLO_RECVIE
CLRF   RDATH
BCF    PORTC, 5
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
BTFSZ   PORTC, 6
GOTO    RVRES2
RVSET2:
BSF    STATUS, C
RLF   RDATH, F
GOTO    CLACK3
RVRES2:
BCF    STATUS, C
RLF   RDATH, F
CICLO_RECVIE:
BSF    PORTC, 5
BANKSEL    TRISC
BCF    TRISC, 6
BANKSEL    PORTC
RETURN

;-----
; FUNCION QUE LEE LA TEMPERATURA DEL DS1620
; SALIDA: LOS DATOS EN RDATH (TXSB = 0) Y RDATL

```



```

TMR2_CONFIG:
    BANKSEL    T2CON
    MOVLW    B'01111110'
    MOVWF    T2CON
    BANKSEL    PORTB

    RETURN

;-----
;  Rutina que configura el DS1620
;-----
DS1620_CONF:
    BANKSEL    TRISC           ;CONFIGURO LOS PUESTOS
    BCF    TRISC, 4           ;RESET
    BCF    TRISC, 5           ;PULSE
    BCF    TRISC, 6           ;PULSE

    BANKSEL    PORTC           ;LEO LOS VALORES PRE-
DEFINIDOS
    BCF    PORTC, 4
    BCF    PORTC, 5
    BCF    PORTC, 6

    BCF    FLAGC, 4           ;CAMBIO LA CONFIGURACION
    MOVLW    0x0C
    MOVWF    DDAT
    MOVLW    B'00000011'
    MOVWF    SBAAT
    CALL    SEND
    CALL    DELAY1

    MOVLW    0x8E             ;FUNCION CONVERSION
    MOVWF    SDAT
    BANKSEL    PORTC           ;LEVANTA EL PIN DE RESET
    BSF    PORTC, 4
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP
    MOVWF    0
    MOVWF    CONT1

    CALL    CICLO_SEND

    BCF    PORTC, 4           ;BAJA EL PIN DE RESET
    CALL    DELAY1

    RETURN

;-----
;  Rutina principal
;-----
MAIN:
    CALL    PORT_CON
    CALL    TIMERO_CONFIG
    CALL    EE_CONFIG
    CALL    TMR2_CONFIG
    CALL    DS1620_CONF

    BANKSEL    PORTC
    BCF    PORTC, 0
    BSF    PORTC, 1
    CLRF    FLAGS
    BANKSEL    TMR2
    CLRF    TMR2             ;SE INICIA CONTADOR DE ENGANCHE
    BANKSEL    PORTB
    MOVLW    0x159
    MOVWF    TMRCON1
    MOVLW    0
    MOVWF    TMRCON2
    BCF    PORTB, 6
    BCF    PORTB, 7

    CALL    INTERRUPT_CONFIG

CICLO_MAIN:
    CALL    LEE_DATOR
    CALL    CONV_DATOR

    CALL    RPSH
    CALL    COMPARE

    GOTO   CICLO_MAIN

END

```

D. Código fuente del módulo de iluminación

```

.....
; Prm Dim: Programa que controla un P1010:016 para
; actuar como sensor de luz y bajar
; si ha bajado del nivel mínimo permitido
; y proceder con encender un LED, o apagarlo
; en caso contrario.

; Este versión se encarga de mantener un nivel aceptable
; iluminación en el sistema, lo consigue para mantener
; constante la luz durante todo el día.

; Programa creado por Manuel J. Pérez
; Universidad del Valle de Guatemala
; Carnet 90060
; Primer módulo para controlar iluminación.

.....
; El sistema funciona a partir de un detector de cruce
; por cero que se implementa a partir del pío RB0. En el
; pío se mete la señal de IL7 los comparadores para dar la
; por una resistencia de pull-up, internamente al pío RB0 tiene
; dos diodos que se encienden al detectar la señal,
; volviéndose
; aproximadamente un nivel de 5 V a 8V.
; Una vez que esta señal se genera se manda a pararse a
; un delay por cada 40 ms, esto se hace con un delay de
; hecho a partir del Timer 2, y se manda a un comparador para
; mantener
; apaga la parte del RB0, se manda al Timer 2 y se hace una
; conversión analógico-digital, y se manda el valor determinado
; en
; la conversión, en el valor a comparar del Timer 2.
; De esta manera, se puede disminuir el consumo de este
; presencia a la lampara.

List p=1001H
Include "p1001b.inc"

__CONFIG _BODEN_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC & _JWRTEN_ON

; DEFINICION DE VARIABLES
; VARIABLES PARA LA CONVERSION ADC
CONH EQU 0x40
CONL EQU 0x41

; CONTADORES DE USD GENERAL
CONTAL EQU 0x42
CONTAL EQU 0x43
CONTAL3 EQU 0x44
CONTAL4 EQU 0x45

CONV_EQUALA EQU 0x46
CONV2 EQU 0x47
CONV3 EQU 0x48

LUC EQU 0x49 ; GUARDA VALOR DE LA ILUMINACION

DIMMER_IN EQU 0x4A
TABCONV EQU 0x4B

MY_STATMP EQU 0x4C
LUTMP EQU 0x4D

DATAIN EQU 0x70
CONTI EQU 0x71
RESVATA EQU 0x72 ; PARA GUARDAR EL NIVEL
RECIBIDO ANTES
AHORA EQU 0x73
DATAOUT EQU 0x74
BYTEM EQU 0x75
FLAG EQU 0x76 ; PARA GUARDAR EL NIVEL
RECIBIDO ANTES

RECIPCION
ENCABEZADO
CONV EQU 0x76
MY_STATUS EQU 0x77
TMCON1 EQU 0x78
TEMP EQU 0x79
EE_FLAG EQU 0x7A ; BANDERAS PARA RECIPCION
EE_DIR EQU 0x7B
EE_DAT EQU 0x7C
TMCON2 EQU 0x7D

STAT_TEMP EQU 0x7E
W_TEMP EQU 0x7F

; VECTOR DE INICIO
ORG 0x00
GOTO MAIN
ORG 0x01
GOTO INTERRUPTO
; RUTINA DE INTERRUPTO
INTERRUPTO:
MOVWF W_TEMP ; GUARDA EL ESTADO DEL STATUS
SWAPF STATUS, W ; GUARDA EL ESTADO DEL STATUS
ANTES
MOVWF STAT_TEMP ; GUARDA LA INTERRUPTO
BANKSEL PR1
BTFSZ PR1, INTRIF ; VERIFICA SI FUE INTERRUPTO DEL TIMER2
GOTO DIMMER
BANKSEL INTCON
BTFSZ INTCON, INTE ; VERIFICA SI FUE INTERRUPTO DEL RB0
GOTO INT_RBU
; SALE_INT:
SWAPF STAT_TEMP, W ; REGRESA EL ESTADO DEL STATUS A COMO
MOVWF STATUS ; ERA ANTES DE LA INTERRUPTO
SWAPF W_TEMP, F
SWAPF W_TEMP, W
RETIE ; SALE DE LA INTERRUPTO
; MANDA TABLE:
MOVWF TABLE, W
ADDWF FCL, F
RETLW B'00000000'
RETLW B'00001010' ; MANDA DIRECCION
RETLW B'00001101' ; MANDA NUEVOS PARAMETROS
RETLW B'00000011' ; OTRO ESCRIBE AL MASTER
RETLW B'10101111' ; NUEVA DIRECCION
RETLW B'11001011' ; ACKNOWLEDGE DE OTRO
RETLW B'00001011' ; ME PUEDE LECTURA DE
ILUMINATION
; MANDA LA ENTRADA DE DATOS POR
; EL SERIAL DE UN HILO
SERIAL_IN:
CALL FIN_CAMBIA
CALL REVISA ; REVISA SI HAY MATCH CON EL ENCABEZADO
CLRF F1MATCH
MOVWF RES_FLAG, W
ADDWF FCL, F
GOTO SALE_SERIAL
GOTO RETIE_BYTE
GOTO INTERRUPTAN
CALL FIN_CAMBIA
CALL REVISA
GOTO SALE_SERIAL
GOTO MANDA_LECTURA
; MANDA SERIAL:
MOVWF RES_FLAG, W
ADDWF FCL, F
GOTO SALE_SERIAL
ADD CHECK
GOTO NEW_DATA
GOTO SALE_SERIAL
GOTO NEW_ACK
; SALE_SERIAL:
BANKSEL INTCON
BCF INTCON, RBIF
RETURN
; ENTRA CADA 0.611 SEG. AL JUNTAR
; 1.5 MIN, DESCONECTA AL DISPOSITIVO Y LO
; PONE CON DIRECCION DEFAULT DEL TIPO DE DISP.
TM2_INT:
DECFSE TM2CNT, F
GOTO SALE_TM2
; TM2_INT:
MOVWF TM2CNT
MOVWF TM2CNT1
DECFSE TM2CNT2, F
GOTO SALE_TM2
; MANDA SERIAL:
BANKSEL PORTB
BTFSZ PORTB, 3
GOTO SALE_TM2
BCF PORTB, 3
MOVWF 0x10
MOVWF EE_DIR
MOVWF .121
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
; MANDA SERIAL:
BANKSEL PR2
CLRF PR2
CLRF FLAG
CLRF MY_STATUS
CALL APAGAR_LED
; SALE_TM2:

```

```

BANKSEL    PIR1
BCF        PIR1, TMR1IF

RETURN

;-----
; FUNCION QUE SE ENCARGA DE DEJAR QUE OTROS
; MANDEN SU CONTESTACION AL MASTER, IGNORANDO LOS DATOS
;-----
CONTESTAN:
CALL    IGNORA_DATO
GOTO   SALE_SERIAL

;-----
; MAPA DE MEMORIA EEPROM
;-----
;00 --> DIRECCION DE DISPOSITIVO
;01 --> MAXIMO DEL DISPOSITIVO
;02 --> MINIMO DEL DISPOSITIVO
;-----
; FUNCION QUE REVISIA QUE EL DATO REPTIDO SEA
; LA DIRECCION PROGRAMADA.
;
; ENTRADA: DATO A REVISAR EN DATIN
; SALIDA: FLAGS, 3 04 SI ES DIRECCION Y ACK EN LA LINEA
;-----
ADD_CHECK:
MOVWF    BYTEIN, W
MOVWF    TEMP1
BCF      BYTEIN, 7
MOVLW   0x10
MOVWF    EE_DIR
CALL    EE_READ
MOVWF    EE_DAT, W
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
GOTO    NO_ADD
CALL    ACK_SEND

BANKSEL    TMR1H
CLRF     TMR1H
BANKSEL    TMR1L
CLRF     TMR1L
MOVLW   .150
MOVWF    TMOU1
MOVLW   .3
MOVWF    TMOU2

BTFS    TEMP1, 7
GOTO    SALE_SERIAL

RECIBIR:
BSF     FLAGS, 3
GOTO    SALE_SERIAL

NO_ADD:
CALL    CONVERT
CALL    IGNORA_DATO
GOTO    SALE_SERIAL

;-----
; AGREGA NUEVO MAXIMO O MINIMO
;
; ESTA FUNCION RECIBE DATOS TANTO PARA LA PARTE DE LIMITES
; PROGRAMADOS DE ILUMINACION, COMO LOS REDES PARA LA
; ACTIVACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION ARTIFICIAL.
; SI EL BIT 7 ESTA ENCENDIDO, ENTONCES SE TRATA DE UNA
; ORDEN PARA EL DIMMER, SI NO, SE TRATA DE NUEVOS LIMITES.
;
; ENTRADA: DATO NUEVO EN DATIN Y
;          FLAGS, 4 = 1 ES MINIMO
;          FLAGS, 4 = 0 ES MAXIMO
; SALIDA: DATO GUARDADO EN LA POSICION DE EEPROM
;          Y PORTB, 1 ENCENDIDO INDICANDO QUE SE ENGRANCHO
;-----
RW_DATA:
BTFS    FLAGS, 3
GOTO    NO_NEW
BTFS    BYTEIN, 7
GOTO    CTRL_DIMMER
BTFS    FLAGS, 4
GOTO    GUARDA_MAX
GOTO    GUARDA_MIN

GUARDA_MAX:
BSF     FLAGS, 4
BCF     FLAGS, 3
CALL    ACK_SEND
MOVLW   0x11
MOVWF    EE_DIR
MOVWF    BYTEIN, W
MOVWF    EE_DAT
CALL    EE_WRITE
BCF     FLAGS, 3
GOTO    SALE_SERIAL

GUARDA_MIN:
BCF     FLAGS, 4
BCF     FLAGS, 3
CALL    ACK_SEND

BANKSEL    PORTB
BSF     PORTB, 3
MOVLW   0x12
MOVWF    EE_DIR
MOVWF    BYTEIN, W
MOVWF    EE_DAT
CALL    EE_WRITE
GOTO    SALE_SERIAL

CTRL_DIMMER:
BCF     BYTEIN, 7
CALL    ACK_SEND
CALL    TABLA_DIMMER
BANKSEL    PR2
MOVWF    PR2

CALL    R80_ACTIVE
BCF     FLAGS, 3

BANKSEL    PORTB
MOVWF   MY_STATUS, W
MOVWF   MY_STATEMP

MOVLW   B'00111111'
ANDWF   MY_STATEMP, F
SWAPF   BYTEIN, F
RCF     STATUS, C
RLF     BYTEIN, F
RLF     BYTEIN, W
IORWF   MY_STATEMP, F

MOVWF   MY_STATEMP, W
MOVWF   MY_STATUS

GOTO    SALE_SERIAL

R80_ACTIVE:
CLRF
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
GOTO    APAGAR_LUZ
MOVLW   .3
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
GOTO    ENCENDER_LUZ
GOTO    ENCIENDE_DIMMER

APAGAR_LUZ:
BANKSEL    INTCON
BCF     INTCON, GIE
BANKSEL    PORTB
BCF     PORTB, 2
BCF     FLAGS, 3
RETURN

ENCENDER_LUZ:
BANKSEL    INTCON
BCF     INTCON, GIE
BANKSEL    PORTB
BSF     PORTB, 2
BCF     FLAGS, 3
RETURN

ENCIENDE_DIMMER:
BANKSEL    INTCON
BCF     INTCON, INTF
BANKSEL    PIR1
BCF     PIR1, TMR2IF
BANKSEL    INTCON
BSF     INTCON, GIE
BCF     FLAGS, 3
RETURN

TABLA_DIMMER:
MOVLW   .1
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
RETLW   .150
MOVLW   .2
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
RETLW   .60
MOVLW   .3
XORWF   BYTEIN, W
BTFS    STATUS, Z
RETLW   .7
RLF     BYTEIN
RETLW   .250

NO_NEW:
CALL    IGNORA_DATO
GOTO    SALE_SERIAL

;-----
; FUNCION QUE CAMBIA LA DIRECCION DEL DISPOSITIVO
;-----
NEW_ADD:
BTFS    FLAGS, 3
GOTO    NO_NEW_ADD

CALL    ACK_SEND
MOVLW   0x10
MOVWF    EE_DIR
MOVWF    BYTEIN, W
MOVWF    EE_DAT
CALL    EE_WRITE
BCF     FLAGS, 3
GOTO    SALE_SERIAL

NO_NEW_ADD:
CALL    IGNORA_DATO
GOTO    SALE_SERIAL

;-----
; FUNCION QUE HACE ACKNOWLEDGE
;-----
ACK_SEND:
BANKSEL    TMR0
CLRF     TMR0
BANKSEL    EDRTA
BSF     PORTB, 5
BSF     PREDATA, 0

BSF     PORTB, 6 ; DESHABILITA LA RECEPCION
BSF     PORTB, 7 ; HABILITA LA TRANSMISION
MOVLW   B'11001011'
MOVWF    DATAOUT
CALL    MANDAR

BTFS    TEMP1, 7

```



```

HIGH2:   BCF   PORTB, 1
         BCF   PREDATA, 1      ;CAMBIARA ESTADO ANTERIOR
         BTFSZ PREDATA, 0
         GOTO  UNO2
         GOTO  CERO2

LOW2:    BCF   PORTB, 1
         BCF   PREDATA, 1      ;CAMBIARA ESTADO ANTERIOR
         BTFSZ PREDATA, 0
         GOTO  CERO2
         GOTO  UNO2

UNO2:    BCF   STATUS, C      ;CAPTURO UN UNO
         GOTO  CAMBIA2

CERO2:   BCF   STATUS, C      ;CAPTURO UN CERO
         GOTO  CAMBIA2

CAMBIA2: BCF   BYTEIN, 1      ;INGRESA EL VALDR EN DATAIN
         BTFSC PREDATA, 1
         GOTO  DN2

OFF2:    BCF   PREDATA, 0      ;CAMBIA EL VALOR DE DATO
         GOTO  ANTERIOR

ANTERIOR GOTO  M12

ON2:     BCF   PREDATA, 0

M12:     DECFSZ CDNT1, F      ;REVISAR SI SE RECIBIO EL BYTE
         GOTO  CAMBIO_CICLO2
         GOTO  SIGUE_SERIAL

;-----
; FUNCION QUE DEJA PASAR LOS DIFERENTES BITS
;-----
IGNORA_DATO:
MOVW    .8
MOVWF   CONT1

CICLO_IGNORA:
CALL   TIMER1
DECFSZ CONT1, F
GOTO   CICLO_IGNORA
BCF    FLAGS, 3
RETURN

;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR POR UN BITO
;-----
TIMER1:   BCF   INTOCN, TMRGIF
CICLO_TIMER1:
TIMER1_0: BTFSZ INTOCN, TMRGIF      ;ESPERA A QUE HAYA UN OVERFLOW EN EL
GOTO   INTCON, TMRGIF      ;EQUIVALE A 10µs
BCF    INTOCN, TMRGIF
RETURN

;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR UN DATO
;-----
TIMER2:   MOVW    .255
MOVWF   CONT2

CICLO_TIMER2:
TIMER2_0: BTFSZ INTOCN, TMRGIF      ;CONTIENE QUE GENERA UN DELAY PARA LA
GOTO   INTCON, TMRGIF      ;RECEPCION
DECFSZ CONT2, F
GOTO   CICLO_TIMER2
RETURN

;-----
; ESCRIBE A EEPROM
;-----
; ENTRADA: LA DIRECCION EN EE_DIR Y EL DATO EN EE_DAT
; SALIDA: EL DATO GUARDADO EN EEPROM
;-----
EE_WRITE: BANKSEL  EEADR
MOVWF  EE_DIR, W
MOVWF  EEADR
BANKSEL  EEDATA
MOVWF  EE_DAT, W
MOVWF  EEDATA

BANKSEL  EEDATA
MOVW    0x55
MOVWF  EEDATA
MOVW    0xAA
MOVWF  EEDATA
BCF    EEDATA, W
BCF    EEDATA, W

CICLO_EE_WRITE:
BTFSC  EEDATA, W
GOTO   CICLO_EE_WRITE
RETURN

;-----
; LEE DE LA EEPROM
;-----
; ENTRADA: LA DIRECCION A LEER EN EE_DIR
; SALIDA: EL VALOR LEIDO EN EE_DAT
;-----
EE_READ:  MOVWF  EE_DIR, W
BANKSEL  EEADR
MOVWF  EEADR
BANKSEL  EEDATA
MOVWF  EEDATA
BCF    EEDATA, W
BCF    EEDATA, W

CICLO_EE_READ:
BTFSC  EEDATA, W
GOTO   CICLO_EE_READ
RETURN

;-----
; FUNCION PARA CONVERTIR ANALOGICO A DIGITAL
;-----
; ENTRADA: VALOR ANALOGICO A CONVERTIR EN PIN RA0
; SALIDA:  CONT1 --> BITS MAS SIGNIFICATIVOS
;         CONT2 --> BITS MENOS SIGNIFICATIVOS
;-----
CONVERT:  BANKSEL  PORTA
MOVWF  .35
MOVWF  CONT1

CICLO_AGT:
CONVERT_0: BTFSZ CONT1, F
GOTO   CICLO_AGT

BANKSEL  ADCON0
BCF    ADCON0, 2      ;INICIA CONVERSION

CICLO_CONVERT:
CONVERT_1: BTFSC  ADCON0, 2
GOTO   CICLO_CONVERT

BANKSEL  ADRESH
MOVWF  ADRESH, W      ;MUEVE EL RESULTADO DE LA
CONVERSION

BANKSEL  PORTA
MOVWF  CONT1, W      ;A CONT1 (MSB) Y CONT2 (LSB).
BANKSEL  ADRESL
MOVWF  ADRESL, W
BANKSEL  PORTA
MOVWF  CONT2, W

MOVW    .10
MOVWF  TABCONV
MOVWF  CONT1, W
SUBWF  TABCONV, W
BTFSC  STATUS, C
GOTO   NO_TABLA
CALL   CONE_TABLA
MOVWF  LUT
CALL   CONTROL_LUZ
RETURN

NO_TABLA: MOVW    .34      ;SI EL VALOR LEIDO ES MAYOR
MOVWF  LUT      ;QUE 245, OSEACAMOS 34 PARA ADCTAA
CALL   CONTROL_LUZ
RETURN      ;LA TABLA

;-----
; SE ENCARGA DE CONTROLAR LA SALIDA A LA LAMPARA
;-----
; ENTRADA: EL VALOR DE LA INTENSIDAD EN LUT
; SALIDA: MY_STATUS CON EL VALOR A TRANSMITIR
;-----
CONTROL_LUZ:
BANKSEL  PORTE
MOVWF  MY_STATUS, W
MOVWF  MY_STATUS, W
MOVWF  MY_STATUS, W
MOVW    0x10

```

```

MOVWF EE_DIR
CALL EE_READ
BANKSEL PORTA
MOVWF LUZ, W
MOVWF LUZTMP

CICLO CONTROL LUZ:
MOVWF EE_DAT, W
SUBWF LUZTMP, W
BTFSZ STATUS, C
GOTO DENTRO

MOVWF LUZTMP, W
SUBWF EE_DAT, W
MOVWF LUZTMP

MOVWF .3
SUBWF LUZTMP, W
BTFSZ STATUS, C
GOTO FUERA
MOVWF .3
MOVWF LUZTMP
GOTO FUERA

DENTRO:
CLRF LUZTMP

FUERA:
BANKSEL PORTA
MOVWF B'11000000'
ANDWF MY_STATUS, F
MOVWF LUZTMP, W
IORWF MY_STATUS, F
MOVWF MY_STATUS, W
MOVWF MY_STATUS

RETURN

; ESTA TRABAJANDO PARA EL TIEMPO DE ENCENDIDO DEL DIMMER
;-----
TIMER_CONFIG:
BANKSEL TIMER0
MOVWF B'01111111'
MOVWF TCON

RETURN

; CONFIGURACION DE TIMER 1
;-----
; ESTA TRABAJANDO PARA ENCONTRAR EL MOMENTO DE DESCONECTAR
; AUTOMATICAMENTE EL DISPOSITIVO
;-----
TMR1_CONFIG:
BANKSEL TIMER1
MOVWF B'00000001' ;CONFIGURA EL PRESCALER 1:1
MOVWF T1CON ;RELOJ A OSC/4 Y ENCIENDE TIMER

RETURN

; CONFIGURACION DE LOS INTERRUPTOS
;-----
INT_CONFIG:
BANKSEL INTCON ;DESEMMASCARA INTERRUPTOS Y
ACTIVA
MOVWF B'01010000' ;INTERRUPTO DEL RB0 Y DE RB
CHANGE
MOVWF INTCON
BANKSEL PIE1
MOVWF B'00000010' ;INTERRUPTOS TIMER 1 Y 2
MOVWF PIE1

RETURN

;-----
; RUTINA PRINCIPAL
;-----
MAIN:
CALL PORT_CONFIG ;CONFIGURA EEPROM
CALL TIMER0_CONFIG ;CONFIGURA TIMER0
CALL TMR1_CONFIG ;CONFIGURA TIMER1
CALL INT_CONFIG ;CONFIGURA INTERRUPTOS
CALL ADC ;CONFIGURAR ADC

BANKSEL PORTB
OCF PORTB, 3
BCF PORTB, 6
BCF PORTB, 7
BANKSEL TIMER0
CLRF TMR0
MOVWF .159
MOVWF TMR0T1
MOVWF .3
MOVWF TMR0T2

BANKSEL PORTC
CLRF PPS
CLRF PPS
CLRF MY_STATUS
CALL APAGAR_LUZ

;-----
; INICIALIZACION DE PUERTOS
;
; PUERTO B 0 --> DETECTOR DE CRUCE POR CERRO
; 1 --> PERSIGUE EL VALOR REGISTRADO
; 2 --> SALIDA PARA CONTROL DEL TRIAC
; 3 --> LUZ INDICADORA DE CONEXION
; 4 --> PIN DE ENTRADA SERIAL
; 5 --> PIN DE SALIDA SERIAL
; 6 --> RECEPCION CHIP SERIAL
; 7 --> TRANSMISION CHIP SERIAL
;
; PUERTO A 0 --> ENTRADA ANALOGICA
; 1 -->
; 2 -->
; 3 -->
; 4 -->

PORT_CONFIG:
BANKSEL TRISA
MOVWF B'00010001'
MOVWF TRISA
MOVWF B'00011001'
MOVWF TRISA
MOVWF TRISA

RETURN

;-----
; INICIALIZACION DEL ADC
;-----
ADC:
BANKSEL ADCON0 ;SE ACTIVA EL ADC Y SE COLOCA
EN RA0
MOVWF B'00000001' ;CON PRESC/2 COMO RELOJ.
MOVWF ADCON0

BANKSEL ADCON1 ;SE MENOS SIGNIFICATIVOS DE
ADRESL
MOVWF B'00001110' ;CON 7 BITOS, SE PONEN RA0 COMO
ENTRADA
MOVWF ADCON1 ;ANALOGICA, RA1 Y RA4, I/O DIGITAL,
;RA0 COMO RA0 MOVWF

RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE EEPROM INTERNA
;-----
EE_CONFIG:
BANKSEL EECON1
MOVWF B'00000100'
MOVWF EECON1

MOVWF 0x10
MOVWF EE_DIR
MOVWF .121
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE

RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 0
;
; DICHA EL TIEMPO EN LA COMUNICACION SERIAL DE UN HILO
;-----
TIMER0_CONFIG:
BANKSEL OPTION_REG
MOVWF B'10000010'
MOVWF OPTION_REG

RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 1
;
;-----

```



```

; FUNCION QUE MARCA AL MASTER LA DISTRIBUCION DEL
; DISPOSITIVO
;
; ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN HILO
;
;-----
MANDA_LETRAS:
CALL  IGNOBA_DATO
CALL  IGNOBA_DATO
CALL  IGNOBA_DATO
GOTO  SALE_SERIAL
;-----
; FUNCION QUE CAPTURA LOS VALORES DE LOS ENCABEZADOS
;
; SALIDA: EL VALOR DE ENCABEZADO EN DATAIN
;-----
FIN_CAMBIA:
BCF   FLAG2, 0
CALL  TIMER2
BANKSEL  TMRO          ; INICIA CUENTA DEL TIMER 0
CLRF   TMRO
BANKSEL  INTCON
BTFSC  INTCON, 4
GOTO  BAST
GOTO  ALTO
ALTO:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 0
GOTO  SIGUE_CAMBIO
SIGUE_CAMBIO:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
;-----
DATOS
BCF   DATAIN, F
MOVW  .7
MOVWF  CONT1
;-----
BANKSEL  INTCON
BCF   INTCON, TMROIF
;-----
CAMBIO_CICLO:
CALL  TIMER1          ; ESPERA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMER
BTFSC  PORTB, 4      ; MARCA EL ESTADO
GOTO  HIGH1
HIGH1:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
BTFSS  PIRATA, 0
GOTO  UNO3
UNO3:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
;-----
LOW1:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
BTFSS  PIRATA, 0
GOTO  UNO3
UNO3:
BCF   STATUS, C
GOTO  CAMBIA
CAMBIA:
BCF   STATUS, C
;-----
OFF:
BCF   DATAIN, F
BTFSC  PIRATA, 1
GOTO  ON
ON:
BCF   PIRATA, 0
;-----
MI:
DECFSZ  CONT1, F
GOTO  CAMBIO_CICLO
RETURN
;-----
; COMPARA EL VALOR DE ENCABEZADO CON EL VALOR
; RECIBIDO PARA VER SI COINCIDE
;
; ENTRADA: EL VALOR DE ENTRADA EN DATAIN
; SALIDA: EL VALOR COMPARENDOMO AL TIPO DE DATO EN
; REC_FLAG
;
; 0 --> NO HUBO MATCH
; 1 --> EL SIGUIENTE BYTE ES DIRECCION
; 2 --> EL SIGUIENTE BYTE ES TRANSMISION DEL MASTER
; 3 --> EL SIGUIENTE BYTE ES TRANSMISION DE OTRO MODULO
; 4 --> EL SIGUIENTE BYTE ES NUEVA DIRECCION
; 5 --> NUNO ACK DE OTRO DISPOSITIVO
;-----
REVISAR:
CLRF  FLAG2
MOVW  .6
MOVWF  CONT2
CLRF  REC_FLAG
CICLO_REVISAR:
CALL  COMAND_TABLE
XORWF  DATAIN, W
BTFSS  STATUS, Z
GOTO  REV_CICLO
MOVWF  CONT2, W
MOVWF  REC_FLAG
RETURN
REV_CICLO:
DECFSZ  CONT2, F
GOTO  CICLO_REVISAR
RETURN
;-----
; CAPTURA EL BYTE RECIBIDO
;
; ENTRADA: PINES DE SERIAL DE UN HILO CON 1 O 2 DATOS
; SALIDA: DATO RECIBIDO EN BYTEM
;-----
RECIBIR_BYTE:
MOVW  .8
MOVWF  CONT1
CAMBIO_CICLO:
CALL  TIMER1          ; ESPERA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMER
BTFSC  PORTB, 4      ; CAPTURA EL ESTADO
GOTO  HIGH1
HIGH1:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
BTFSS  PIRATA, 0
GOTO  UNO3
UNO3:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
;-----
LOW1:
BCF   PORTB, 1
BCF   PIRATA, 1
BTFSS  PIRATA, 0
GOTO  UNO3
UNO3:
BCF   STATUS, C
GOTO  CAMBIA
CAMBIA:
BCF   STATUS, C
;-----
OFF2:
BCF   DATAIN, F
BTFSC  PIRATA, 1
GOTO  ON2
ON2:
BCF   PIRATA, 0
;-----
MI2:
BCF   PIRATA, 1
DECFSZ  CONT1, F
GOTO  CAMBIO_CICLO2
GOTO  SIGUE_SERIAL
;-----
; FUNCION QUE DEJA PAGAR LOS ULTIMOS BITS
;-----
IGNORA_DATO:
MOVW  .3
MOVWF  CONT1
CICLO_IGNORE:
CALL  TIMER1
DECFSZ  CONT1, F
GOTO  CICLO_IGNORE
BCF   FLAG2, 1
RETURN
;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR POR UN HILO
;-----
TIMER1:
BANKSEL  INTCON
BCF   INTCON, TMROIF
CICLO_TIMER1:
BTFSS  INTCON, TMROIF
GOTO  INTCON_TIMER1
BCF   INTCON, TMROIF
RETURN
;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RESINCRONIZACION
;-----
TIMER2:
MOVW  .255
MOVWF  CONT2
CICLO_TIMER2:
BTFSS  CONT2, F
GOTO  CICLO_TIMER2
RETURN
;-----
; ESCRIBE A EEPROM
;
; ENTRADA: LA DIRECCION EN EE_DIR Y EL DATO EN EE_DAT
; SALIDA: EL DATO GUARDADO EN EEPROM
;-----
EE_WRITE:
BANKSEL  EEADR
MOVWF  EE_DIR, W
MOVWF  EEADR
BANKSEL  EEDATA
MOVWF  EE_DAT, W
MOVWF  EEDATA
BANKSEL  EECON2
MOVW  0x55
MOVWF  EECON2
MOVW  0xAA
MOVWF  EECON2
BCF   EECON1, WR
CICLO_EE_WRITE:
BTFSC  EECON1, WR

```

```

GOTO CICLO_EE_WRITE
RETURN

;-----
; LEE DE LA EEPROM
;
; ENTRADA: LA DIRECCION A LEER EN EEPROM
; SALIDA: EL VALOR LEIDO EN EE DAT
;-----
EE_READ:
MOVW EE_DIR, W
BANKSEL READR
MOVWF EADR
BANKSEL EECON1
BSF EECON1, MD
CICLO_EE_READ:
BTFS EECON1, PI
GOTO CICLO_EE_READ

BANKSEL EFATA
MOVW EFATA, W
MOVWF EE_DAT
RETURN

;-----
; FUNCION QUE ACTIVA LA LEM
;
; AL ENTRAR ESTE INTERRUPTO QUIERE DECIR QUE YA ES HORA
; DE ENCENDER EL TRIAC
;-----
DIMMER:
BANKSEL TCON
BCF TCON, TMR2ON PARA EL TIMER 2
BSF PORTB, 1 ; ENCIENDE CICLO DEL TRIAC

BANKSEL TMR1
BCF TMR1, TMR1IF
GOTO SALE_INT

;-----
; FUNCION QUE DETECTA CRUCE POR CERO
;
; AL ENTRAR ESTE INTERRUPTO QUIERE DECIR QUE YA HAN SIDO
; DOS CRUCE POR CERO, ASI QUE ENCIENDE EL TIMER2 PARA
; ESPERAR A QUE ENCIERA EL DIMMER...
;-----
INT_RBO:
BANKSEL PORTB
BCF PORTB, 2 ; PARA EL CICLO DEL TRIAC

BANKSEL TMR1
BCF TMR1, TMR1IF
BANKSEL TMR2
CLRWF TMR2

BANKSEL TCON
BSF TCON, TMR2ON ; ENCIENDE TIMER 2

;-----
; SALIDA PARA
;-----
BANKSEL INTOCON
BCF INTOCON, INTCON
GOTO SALE_INT

;-----
; CONFIGURACION DE PUERTOS
; PUERTO B 0 -> DETECTOR DE NIVEL A CERO
; 1 -> PERSEGUE EL VALOR RESIDUAL
; 2 -> SALIDA PARA CONTROL DEL TRIAC
; 3 -> LEZ INDICADORA DE COHERENCIA
; 4 -> PIN DE ENTRADA SERIAL
; 5 -> PIN DE SALIDA SERIAL
; 6 -> RECEPCION CHIP SERIAL
; 7 -> TRANSMISION CHIP SERIAL
;
; PUERTO A 0 ->
; 1 ->
; 2 ->
; 3 ->
; 4 ->
;-----
PORT_CONFIG:
BANKSEL TRISP
MOVWF B'00010001'
MOVWF TRISP
MOVWF B'00011001'
MOVWF TRISA
MOVWF TRISA
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE SERVO INTERNA
;-----
EE_CONFIG:
BANKSEL EECON1
MOVWF B'00000100'
MOVWF EECON1

MOVWF GR00
MOVWF EE_DIR
MOVWF .120
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE

RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 0
;
; DICEA EL TIEMPO EN LA COMUNICACION SERIAL DE UN HILO
;-----
TIMER0_CONFIG:
BANKSEL OPTION_REG
MOVWF B'10000010'
MOVWF OPTION_REG
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DEL TIMER 1
;
; ESTA TRABAJANDO PARA EL TIEMPO DE ENCENDIDO DEL DIMMER
;-----
TMR1_CONFIG:
BANKSEL TCON
MOVWF B'01111110' ; CONFIGURA EL PRESCALER Y
POSTSCALER ;
MOVWF TCON ; A 1:16 Y DEJA APAGADO EL TIMEA
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE TMR1
;
; ESTA TRABAJANDO PARA ENCONTRAR EL MOMENTO DE DESCONECTAR
; AUTOMATICAMENTE EL DISPOSITIVO
;-----
TMR1_CONFIG:
BANKSEL TCON
MOVWF B'00000001' ; CONFIGURA EL PRESCALER 1:1
MOVWF TCON ; A 1:16 Y ENCIENDE TIMER
RETURN

;-----
; CONFIGURACION DE LOS INTERRUPTOS
;-----
INT_CONFIG:
ACTIVA BANKSEL INTCON ; DESENMASCARA INTERRUPTOS Y
MOVWF B'01010000' ; INTERRUPTO DEL RBO
MOVWF INTCON
BANKSEL PIE1
MOVWF B'00000010' ; INTERRUPTOS TIMER 1 Y 2
MOVWF PIE1
RETURN

;-----
; RUTINA PRINCIPAL
;-----
MAIN:
CALL PORT_CONFIG ; CONFIGURA EEPROM
CALL EE_CONFIG ; CONFIGURA TIMER0
CALL TIMER0_CONFIG ; CONFIGURA TIMER0
CALL TMR1_CONFIG ; CONFIGURA TIMER1
CALL TMR2_CONFIG ; CONFIGURA TIMER2
CALL INT_CONFIG ; CONFIGURAR INTERRUPTOS

BANKSEL PORTB
BCF PORTB, 3
BCF PORTB, 6
BCF PORTB, 7
BANKSEL TMR1
CLRWF TMR1 ; INICIAMOS CONTADORES PARA
DESENMASCARR
MOVWF .150
MOVWF TMR1CNT1
MOVWF .12
MOVWF TMR1CNT2

BANKSEL FR2
CLRWF FR2
CLRWF FLAGS
CLRWF MY_STATUS
CALL APAGAR_VENT

CICLO_MAIN:
BANKSEL INTOCON
BTFS INTOCON, RBIF
CALL SERIAL_IN
BANKSEL TMR1
BTFS TMR1, TMR1IF
CALL TMR1_INT

GOTO CICLO_MAIN
END

```

F. Código fuente del módulo controlador de válvula

```

; Válv_Bus: Programa que se encarga de controlar una electroválvula
; utilizando un PIC16C818 para controlar el sistema
; de nebulización.
; También implementa la comunicación de bus, y hace
; lectura de datos de la línea.
;
; La electroválvula utiliza 24VAC para accionarse, con una
; resistencia interna de 24 Ohms, consumiendo entonces 1A de
; de corriente (24 Watts aproximadamente)
;
; El estado de la válvula de conectada es cerrado, y se usa
; un Relevancia para controlarla.
;
; Programa creado por Manuel Caldera
; Universidad del Valle de Guatemala
; Carnet 99060
;
; Módulo de control del sistema de válvulas de nebulización
; para el invernadero.

list p16c818
include "p16c818.inc"

__CONFIG _BODEN_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC & _PART0_ON

;-----
; DEFINICION DE VARIABLES
;-----

CONST EQU 0x01
CATAIN EQU 0x02
COMSERL EQU 0x03
PREDATA EQU 0x04 ;BIT 0 --> GUARDA EL NIVEL
RECIBIDO BITES ;BIT 1 --> GUARDA EL NIVEL RECIBIDO
AHORA
DATABUS EQU 0x05
BYTEIN EQU 0x06
FLAG EQU 0x07 ;BIT 0 --> NOS DICE SI EL BYTE
RECIBIDO ES VALIDO
; 10 --> ES VALIDO
;BIT 1 --> NOS DICE SI ESTAMOS EN UNA
RECEPCION
;BIT 1 --> NOS DICE SI TERMINO EL
ENGARCEZADO
;BIT 0 --> ESTAMOS EN RECEPCION
;BIT 0 --> DIRECCION DE MANDAR
;BIT 0 --> SE DEBE MANDAR EL MANDAR

CONTAR EQU 0x08
MY_STATUS EQU 0x09
TMCONT1 EQU 0x0A
TEMP1 EQU 0x0B
MY_FLAG EQU 0x0C ;TRANSERAS PARA REVER DAT
RE_DAT EQU 0x0D
RE_DAT EQU 0x0E
TMCONT2 EQU 0x0F
STAT_TEMP EQU 0x10
W_TEMP EQU 0x11

;-----
; VECTOR DE INICIO
;-----
ORG 0x00
GOTO MAIN

ORG 0x04
GOTO INTERRUPTO

;-----
; TABLAS
;-----
; MANDAR TABLE:
;-----
MOVWF COMSERL, W
ADDFW PCL, F
RETLW 0x00000000
RETLW 0x00000001
RETLW 0x00000002
RETLW 0x00000003
RETLW 0x00000004
RETLW 0x00000005
RETLW 0x00000006
RETLW 0x00000007
RETLW 0x00000008
RETLW 0x00000009

; MANDAR LA ENTRADA DE DAT Y ACK
; EL SERIAL DE UN BILLO

SERIAL_IN:
CALL FIN_CAMBIA
CALL REVERA ;REVERA SI HAY MATCH CON EL ENGARCEZADO

MOVWF REC_FLAG, W
ADDFW PCL, F
GOTO SALE_SERIAL
GOTO RECIBIE_BYTE
GOTO RECIBIE_BYTE
GOTO CONTESTAR
GOTO RECIBIE_BYTE
GOTO SALE_SERIAL
GOTO MANDA_LECTURA

FINDE_SERIAL:
MOVWF REC_FLAG, W
ADDFW PCL, F
GOTO SALE_SERIAL
GOTO ACK_CHECK
GOTO MANDA_DATA

;-----
; INTERRUPTO:
;-----
MOVWF W_TEMP ;GUARDAMOS VALORES IMPORTANTES
SWAPF STATUS, W
MOVWF STAT_TEMP

BANKSEL INTCON
BTFSF INYCON, RBIF
GOTO SERIAL_IN ;VERIFICA QUE SEA EL INTERRUPTO

DE INTERES
BANKSEL PIR1
BTFSF PIR1, TMR2IF
GOTO TMR2_INT

SRLE_INT:
SWAPF STAT_TEMP ;RECOBRAMOS VALORES IMPORTANTES
MOVWF STATUS
SWAPF W_TEMP, F
SWAPF W_TEMP, W

RETLW

;-----
; ENTRA CADA 0.013 SEG. AL JUNTAR
; 1.5 MIN, DESCONECTA AL DISPOSITIVO Y LO
; PONE CON DIRECCION DEFAULT DEL TIPO DE DISP.
;-----
TMR2_INT:
DECFSZ TMCONT1, F
GOTO SALE_TMR2_INT
CICLO_TMR2:
MOVWF .159
MOVWF TMCONT1;
DECFSZ TMCONT2, F
GOTO SALE_TMR2_INT

BANKSEL PORTA
BTFSF PORTA, 2
GOTO SALE_TMR2_CLEAR
BCF PORTA, 2

CLRF PORTB
CALL TIMER

MOVWF 0x00
MOVWF EE_DIA
MOVWF .119
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE

SALE_TMR2_CLEAR:
CLRF FLAG
CLRF PORTB
MOVWF .5
MOVWF MY_STATUS

SALE_TMR2_INT:
BANKSEL PIR1
BCF PIR1, TMR2IF
GOTO SALE_INT

;-----
; FUNCION QUE SE ENCARGA DE DEJAR QUE OTROS
; MANDEN SU CONTRASTACION AL MASTER, IGNORANDO LOS DATOS
;-----
CONTESTAR:
CALL IGNORE_DATO
GOTO SALE_SERIAL

;-----
; MASA DE MEMORIA EEPROM
;-----
; 00 --> DIRECCION DE DISPOSITIVO
; 01 --> MAXIMO DEL DISPOSITIVO
; 02 --> MINIMO DEL DISPOSITIVO
;-----
; FUNCION QUE REVERA QUE EL DATO RECIBIDO SEA
; LA DIRECCION PROGRAMADA.
;
; ENTRADA: DATO A REVERAR EN BYTEIN
; SALIDA: FLAG, 1 ON SI ES DIRECCION Y ACK EN LA LINEA
;-----
ADD_CHECK:
MOVWF BYTEIN, W
MOVWF TEMP1
BCF BYTEIN, 7
MOVWF 0x00
MOVWF EE_DIA
CALL EE_READ
MOVWF EE_DAT, W
KORWF BYTEIN, W
BTFSF STATUS, 2
GOTO NO_ACK
CALL ACK_SEND

BANKSEL TMR2
CLRF TMR2 ;SE INICIA CONTADOR DE ENGACHE
MOVWF .159
MOVWF TMCONT1;

```

```

MOVW 13
MOVWF TMOONTE

BTFSZ TEMP1, 7
GOTO SALE_SERIAL

RECEBIR:
BSF  FLAGS, 3
GOTO  SALE_SERIAL

NO_ADD:
CALL  IGNORA_DATO
GOTO  SALE_SERIAL

-----
;
;  ABRE O CIERRA LA LINEA DEL ABRA
;
;  ENTRADA: DATO NUEVO EN BYTEIN
;
;  BYTEIN = 1 PARA ABRIR
;
;  BYTEIN = 2 PARA CERRAR
;
;  SALIDA: ORDEN PARA ABRIR O CERRAR VAINILLA
-----
REX_DATA:
BTFSZ  FLAGS, 3
GOTO  NO_NEW

CALL  ACK_SEND
MOVW  13
MOVWF BYTEIN, W
BTFSZ  STATUS, 2
GOTO  ABRIR
MOVW  13
MOVWF BYTEIN, W
BTFSZ  STATUS, 2
GOTO  CERRAR
GOTO  SALE_SERIAL

ABRIR:
BSF  FLAGS, 4
BSF  FLAGS, 5
MOVW BYTEIN, W
MOVWF MY_STATUS
BANKSEL PORTA
BCF  FLAGS, 3
GOTO  SALE_SERIAL

CERRAR:
BCF  FLAGS, 4
BSF  FLAGS, 5
MOVW BYTEIN, W
MOVWF MY_STATUS
BANKSEL PORTA
BCF  FLAGS, 3
GOTO  SALE_SERIAL

NO_NEW:
CALL  IGNDRA_DATO
GOTO  SALE_SERIAL

-----
;
;  FUNCION QUE CAMBIA LA DIRECCION DEL DISPOSITIVO
;
-----
REX_ADD:
BTFSZ  FLAGS, 3
GOTO  NO_NEW_ADD

BANKSEL PORTA
BSF  PORTA, 0

CALL  ACK_SEND
MOVW  0x00
MOVWF EE DIR
MOVW  BYTEIN, W
MOVWF EE DAT
CALL  EE_WRITE
BSF  FLAGS, 3
GOTO  SALE_SERIAL

NO_NEW_ADD:
CALL  IGNORA_DATO
GOTO  SALE_SERIAL

-----
;
;  FUNCION QUE MANDA ABRIR/CERRAR
;
-----
ACK_SEND:
BANKSEL TMR0
CLR  TMR0
BANKSEL INTCON
BCF  PORTB, 4
BSF  PERRATA, 1

BANKSEL PORTB
BSF  PORTB, 4 ;HABILITA LA RECEPCION
BSF  PORTB, 7 ;HABILITA LA TRANSMISION
MOVW  B'11101011'
MOVWF DATAOUT
CALL  MANDAR

BTFSZ  TEMP1, 7
CALL  MANDA_STATUS

CALL  TIMER1

BANKSEL PORTB
BCF  PORTB, 6 ;HABILITA LA RECEPCION
BCF  PORTB, 7 ;HABILITA LA TRANSMISION
BANKSEL INTCON
BCF  INTCON, RIMF

RETURN

-----
;
;  FUNCION QUE MANDA BYT VIA SERIAL DE UN HILO
;
;  ENTRADA: EL VALOR A MANDAR EN LA VARIABLE DATAOUT

```

```

; SALIDA: EL DATO SERIAL EN LA PATA RB4
-----
MANDAR:
MOVW  16
MOVWF CNTAL ;CUENTA NUMERO DE BITS

MANDA:
CALL  TIMER1
BSF  STATUS, 0
BSF  DATAOUT, F
BANKSEL PORTA
BTFSZ STATUS, 0
GOTO  UNO
GOTO  CERO

UNO:
BTFSZ  PERRATA, 1
GOTO  SUPE
GOTO  BAJA

CERO:
BTFSZ  PERRATA, 0
GOTO  SUPE
GOTO  BAJA

SUPE:
BSF  PORTB, 4
BSF  PERRATA, 0
GOTO  FIN_MANDA

BAJA:
BCF  PORTB, 4
BCF  PERRATA, 0

FIN_MANDA:
DECF  CNTAL, F
GOTO  MANDA

RETURN

-----
;
;  FUNCION QUE MANDA AL MASTER EL STATUS DEL
;  DISPOSITIVO
;
;  ENTRADA: EL DATO A MANDAR EN MY_STATUS
-----
MANDA_STATUS:
MOVW  B'00000011'
MOVWF DATAOUT ;MANDA ENCABEZADO
CALL  MANDAR
MOVW  MY_STATUS, W ;MANDA DATO DE INTEAES
MOVWF DATAOUT
CALL  MANDAR
CALL  TIMER1

RETURN

-----
;
;  FUNCION QUE MANDA AL MASTER LA LECTURA DEL
;  DISPOSITIVO
;
-----
MANDA_LECTURA:
CALL  IGNORA_DATO
CALL  IGNORA_DATO
CALL  IGNORA_DATO
GOTO  SALE_SERIAL

-----
;
;  FUNCION QUE CAPTURA LOS VALORES DE LOS ENCABEZADOS
;
;  SALIDA: EL VALOR DE ENCABEZADO EN DATAIN
-----
FIN_CAMBIA:
BCF  FLAGS, 0
CALL  TIMER2
BANKSEL TMR0 ;INICIA CUENTA DEL TIMER 0
CLR  TMR0
BANKSEL PORTB
BTFSZ PORTB, 5 ;LEE VALOR DEL PUERTO B
GOTO  BAJO
GOTO  ALTO

ALTO:
BSF  PORTA, 3
BSF  PERRATA, 0
GOTO  SIGUE_CAMBIO

BAJO:
BCF  PORTA, 3
BCF  PERRATA, 0

SIGUE_CAMBIO:
BSF  STATUS, 0 ;CONTINUA LEYENDO LOS OTROS 7
DATOS
BSF  DATAIN, F
MOVW  17
MOVWF CNTAL

CAMBIO_CICLO:
CALL  TIMER1 ;ESPERA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMEA
BTFSZ PORTB, 5 ;CAPTURA EL ESTADO
GOTO  HIGH1
GOTO  LOW1

HIGH1:
BSF  PORTA, 3
BSF  PERRATA, 1 ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
BTFSZ PERRATA, 0
GOTO  UNO3
GOTO  CERO3

LOW1:
BCF  PORTA, 3
BCF  PERRATA, 1 ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
BTFSZ PERRATA, 0
GOTO  UNO3
GOTO  CERO3

UNO3:
BSF  STATUS, 0 ;CAPTURO UN UNO
GOTO  CAMBIA

CERO3:
BCF  STATUS, 0 ;CAPTURO UN CERO

CAMBIA:
BSF  DATAIN, F ;INGRESA EL VALOR EN DATAIN

```

```

BTFSZ PREDATA, 1
GOTO ON
OFF:
BCF PREDATA, 0 ;CAMBIA EL VALOR DE DATO
ANTERIOR
GOTO M1
ON:
BSF PREDATA, 0
M1:
DECFSS CNTAL, F ;REVISAR SI SE RECIBIO EL BYTE
GOTO CAMBIO_CICLO
RETURN
;-----
; COMPARA EL VALOR DE ENTRADA CON EL VALOR
; RECIBIDO PARA VER SI SON IGEN
;
; ENTRADA: EL VALOR DE ENTRADA EN DATALN
; SALIDA: EL VALOR CORRECIENDO EN EL TIPO DE DATO EN
; REC_FLAG
;
; 0 ---- NO HAYO MARE
; 1 ---- EL SIGUIENTE BYTE ES DIRECCION
; 2 ---- EL SIGUIENTE BYTE ES TRANSMISION DEL MASTER
; 3 ---- EL SIGUIENTE BYTE ES TRANSMISION DE OTRO MODOLO
; 4 ---- EL SIGUIENTE BYTE ES HERRA DIRECCION
; 5 ---- HERRA ACK DE OTRO MODOLO
;-----
REVISAR:
MOVW .8
MOVWF CNTAL
CLRF REC_FLAG
CICLO_REVISAR:
CALL COMMAND_TABLE
XORWF DATALN, W
BTFSZ STATUS, 2
GOTO REV_CICLO
MOVW CNTAL, W
MOVWF REC_FLAG
RETURN
REV_CICLO:
DECFSS CNTAL, F
GOTO CICLO_REVISAR
RETURN
;-----
; CAPTURA EL BYTE RECIBIDO
;
; ENTRADA: PINES DE SERIAL DE UN HILO CON LOS DATOS
; SALIDA: DATA RECIBIDO EN DATIN
;-----
RECIBE_BYTE:
MOVW .8
MOVWF CNTAL
CAMBIO_CICLO:
CALL TIMER1 ;ESPERA A QUE PASE EL TIEMPO DEL TIMER
BTFSZ PORTB, 5 ;CAPTURA EL ESTADO
GOTO HIGH2
HIGH2:
BSF PORTA, 3
BCF PREDATA, 1 ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
BTFSZ PREDATA, 0
GOTO LOW2
LOW2:
BSF PORTA, 3
BCF PREDATA, 1 ;COMPARA ESTADO ANTERIOR
BTFSZ PREDATA, 0
GOTO ZERO2
ZERO2:
BSF STATUS, 0 ;ABRIBO UN UNO
GOTO CAMBIA2
CAMBIA2:
BCF STATUS, 0 ;CAPTURO UN CERO
BRF BYEIN, F ;INGRESA EL VALOR EN DATALN
BTFSZ PREDATA, 1
GOTO OFF2
OFF2:
BCF PREDATA, 0 ;CAMBIA EL VALOR DE DATO
ANTERIOR
GOTO M12
M12:
BSF PREDATA, 0
DECFSS CNTAL, F ;REVISAR SI SE RECIBIO EL BYTE
GOTO CAMBIO_CICLO
GOTO SIGUE_SERIAL
;-----
; FUNCION QUE DEJA PASAR LOS ULTIMOS BITES
;-----
IGNORA_DATO:
MOVW .9
MOVWF CNTAL
CICLO_IGNORE:
CALL TIMER1
DECFSS CNTAL, F
GOTO CICLO_IGNORE
BCF FLAGS, 3
RETURN
;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RECIBIR UN BYE
;-----
TIMER1:
BANKSEL INTCON

```

```

BCF INTCON, TMR0IF
CICLO_TIMER1:
;ESPERA A QUE HAYA UN OVERFLOW EN EL
TIMER 0
BTFSZ INTCON, TMR0IF ;EQUIVALE A 400us
GOTO CICLO_TIMER1
BCF INTCON, TMR0IF
RETURN
;-----
; MARCA EL TIEMPO PARA RESINCRONIZACION
;-----
TIMER2:
MOVW .255
MOVWF CNTAL2
CICLO_TIMER2:
;CICLO QUE GENERA UN DELAY PARA LA
RECEPCION
DECFSS CNTAL2, F
GOTO CICLO_TIMER2
RETURN
;-----
; ESCRIBE A EEPROM
;
; ENTRADA: LA DIRECCION EN EE_DIR Y EL DATO EN EE_DAT
; SALIDA: EL DATO GUARDADO EN EEPROM
;-----
SE_WRITE:
BANKSEL EEADR
MOVWF EE_DIR, W
MOVWF EEADR
BANKSEL EEATA
MOVWF EE_DAT, W
MOVWF EEATA
BANKSEL EECONE
MOVW 0x55
MOVWF EECONE
MOVW 0x0A
MOVWF EECONE
BSF EECONE, WR
CICLO_SE_WRITE:
BTFSZ EECONE, WR
GOTO CICLO_SE_WRITE
BANKSEL PORTB
RETURN
;-----
; LEE DE LA EEPROM
;
; ENTRADA: LA DIRECCION A LEER EN EE_DIR
; SALIDA: EL VALOR LEIDO EN EE_DAT
;-----
EE_READ:
MOVWF EE_DIR, W
BANKSEL EEADR
MOVWF EEADR
BANKSEL EECONE
BSF EECONE, RE
CICLO_EE_READ:
BTFSZ EECONE, RD
GOTO CICLO_EE_READ
BANKSEL EEATA
MOVWF EEATA, W
MOVWF EE_DAT
BANKSEL PORTB
RETURN
;-----
; FUNCION QUE DA TIEMPO PARA QUE LA VALVULA SE COLOQUE
; EN POSICION
;
; DA APROXIMADAMENTE 0.3 SEG ENTRE PASO Y PASO.
;-----
TIMER:
BANKSEL TMR1H
MOVW 0x00
MOVWF TMR1H
MOVW 0x00
MOVWF TMR1L
CLRF CNT
CICLO_TIMER:
BANKSEL PIR1
BCF PIR1, TMR1IF
CICLO_TIMER:
PIR1, 5
BSF STATUS, 2
INCF CNT, F
MOVW .3
XORWF CNT, W
BTFSZ STATUS, 2
GOTO CICLO_TIMER
RETURN
;-----
; FUNCION QUE HACE ABRIR O CERRAR LA VALVULA
;
; ENTRADA: FLAGS, 4 = 1 PARA ABRIR, = 0 PARA CERRAR
;-----
ABRE_CIERRA:
BTFSZ FLAGS, 4
GOTO CIERRA
ABRE:
BANKSEL PORTB
BSF PORTB, 0

```

```

CALL TIMER
BCF FLAGS, 5
RETURN
CERRAR:
BANKSEL PORTB
BCF PORTB, 0
CALL TIMER
BCF FLAGS, 5
RETURN
-----
/ CONFIGURACION DE PUERTOS
/ EL MAPA DE LOS PUERTOS ES EL SIGUIENTE:
/
/ PORTB: 0 --> SALIDA PARA ELECTROVALVULA
/ 1 -->
/ 2 -->
/ 3 -->
/ 4 --> PIN DE SALIDA SERIAL
/ 5 --> PIN DE ENTRADA SERIAL
/ 6 --> RECEPCION DE DNI SERIAL
/ 7 --> TRANSMISION DE DNI SERIAL
/
/ PORTA: 0 -->
/ 1 -->
/ 2 --> LAS INDICADORAS DE CONEXION
/ 3 --> PERCEPCION EL VALOR DE SERVIDO
/ 4 -->
-----
PORT_CONFIG:
BANKSEL TRISB
MOVLW B'00000000'
MOVWF TRISB
MOVLW B'00000000'
MOVWF TRISA
BANKSEL ADCON1
MOVLW B'00000111'
MOVWF ADCON1
RETURN
-----
/ CONFIGURACION DEL TIMER 0
/
/ TIMER USADO PARA LA COMUNICACION SERIAL
/
TIMER0_CONFIG:
BANKSEL OPTION_REG
MOVLW B'00000010'
MOVWF OPTION_REG
BANKSEL PORTB
RETURN
-----
/ CONFIGURACION DEL TIMER 1
/
/ TIMEA USADO PARA DELAY DESPUES DE ABRIR O CERRAR
/
TMR1_CONFIG:
BANKSEL T1CON
MOVLW B'00110001' ;PRESCALER A 1:8 Y ACTIVA TIMER
MOVWF T1CON
RETURN
-----
/ CONFIGURACION DE TMR2
/
/ TIMER USADO PARA TIME-OUT DE COMUNICACION DE BUS
/
TMR2_CONFIG:
BANKSEL T2CON
MOVLW B'01111110'
MOVWF T2CON
-----
BANKSEL PORTB
CHANGE
MOVLW INTCON
BANKSEL PIE1
MOVLW B'00000010' ;HABILITA INTERRUPTO DE TMR2
MOVWF PIE1
BANKSEL PORTB
RETURN
-----
/ CONFIGURACION DE EEPROM INTERNA
/
EE_CONFIG:
BANKSEL EECON1
MOVLW B'00000111'
MOVWF EECON1
MOVLW 0x00
MOVWF EE_DIR
MOVLW 119
MOVWF EE_DAT
CALL EE_WRITE
RETURN
-----
/ FUNCION PRINCIPAL
/
MAIN:
CALL PORT_CONFIG
CALL TIMER0_CONFIG
CALL TMR1_CONFIG
CALL TMR2_CONFIG
CALL EE_CONFIG
MOVLW 159
MOVWF TMCOUNT1
MOVLW 13
MOVWF TMCOUNT2
CLRF PORTA
CLRF PORTB
CALL TIMER
MOVLW 2
MOVWF MY_STATUS
BCF FLAGS, 4 ;VALVULA CERRADA
BCF FLAGS, 5
CALL INTERRUPT_CONFIG
CICLO_MAIN:
BTFSF FLAGS, 5
CALL ABRE_CIERPA
GOTO CICLO_MAIN
END

```