



Informe Técnico

Cámara de oxidación y secado para muestras orgánicas

Damián Zamacona Juan Ricardo

Castillo Hernández José

María Soledad Córdova Aguilar

junio de 2022

Proyecto financiado internamente

Institución Patrocinadora: ICAT

Financiamiento: Interno

Cámara de oxidación y secado para muestras orgánicas

Damián Zamacona Juan Ricardo
Castillo Hernández José
María Soledad Córdova Aguilar

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Circuito Exterior S/N, C.P. 04510, A.P.70-186, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.

Resumen

En este trabajo, se presenta el diseño y construcción de un prototipo de Cámara de oxidación y secado para muestras orgánicas. El prototipo está integrado en primera instancia por una cámara de 50 litros de capacidad, construida con perfiles de aluminio y paredes de acrílico, de tal forma que su peso total es de 35 kilogramos aproximadamente para fácil transportación y aislamiento térmico aceptable. Al interior de la cámara se controla la humedad relativa del ambiente, así como la temperatura y el movimiento del volumen de aire contenido en su interior, de tal forma que se logran oxidar o secar las muestras en estudio, dependiendo de la necesidad. La temperatura se puede seleccionar en un intervalo entre 30 y 50 °C, la humedad relativa se puede ajustar entre 30 y 70 % y el flujo de aire accionado por un ventilador es constante a manera de flujo laminar. Para el control de las variables involucradas se utilizan sensores y actuadores comandados por un circuito electrónico de control a base de un microcontrolador y componentes electrónicos adicionales de apoyo. El prototipo desarrollado está patrocinado por el laboratorio de Ingeniería de proceso del ICAT dado que su requerimiento obedece a una de sus líneas de investigación, por lo mismo, su aplicación es directa y específica para sus necesidades. En el documento se presentan las pruebas y resultados obtenidos, a partir de lecturas con equipo de apoyo tal como higrómetros y termómetros comerciales.

ÍNDICE

Nomenclatura

Introducción	4
1. Cámara de oxidación y secado	6
1.1. Panel frontal de control	7
1.2. Depósito de agua principal	9
1.3. Depósito de agua secundario	10
2. Sistema de control electrónico	12
2.1 Control electrónico	13
2.2 Control del sistema de suministro de agua	14
2.3 Control de porcentaje de humedad relativa de la cámara	16
2.4 Control de temperatura de la cámara	18
3. Fuente de alimentación	19
4. Sistema de movimiento de aire	20
5. Pruebas y resultados	21
Conclusiones	25
Agradecimientos	25
Referencias y bibliografía	26
Apéndice A	27
Apéndice B	42
Apéndice C	49
Apéndice D	70

Nomenclatura

<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>
<i>CD</i>	<i>Corriente directa</i>
<i>CA</i>	<i>Corriente alterna</i>
<i>SET POINT</i>	<i>Valor del Punto de ajuste</i>
<i>%HR</i>	<i>Porcentaje de humedad relativa</i>
<i>BOM</i>	<i>Bomba</i>
<i>LCD</i>	<i>Pantalla de cristal líquido</i>
<i>PD</i>	<i>Potencia disipada</i>
<i>TEM</i>	<i>temperatura</i>
<i>HUM</i>	<i>Humedad</i>
<i>V</i>	<i>Volts</i>
<i>VCD</i>	<i>Voltaje de corriente directa</i>
<i>VCA</i>	<i>Voltaje de corriente alterna</i>
<i>NIPLE</i>	<i>Unión/acoplamiento</i>
<i>RST</i>	<i>restablecer</i>
<i>SW</i>	<i>interruptor</i>
<i>W</i>	<i>Watts</i>
<i>PCB</i>	<i>Circuito Impreso</i>

Introducción

En la actualidad los productos alimenticios que se comercializan requieren de un etiquetado para poder ser distribuidos a la población, uno de los datos de gran importancia que debe de contener es su fecha de caducidad, dado que cada producto tiene un periodo de vida en el que se encuentra en óptimas condiciones para su consumo, después de este periodo de tiempo, el producto pierde muchas de sus propiedades, por lo que ya no se recomienda su ingesta. De aquí que se define la vida útil de los alimentos como el tiempo durante el cual el producto alimenticio permanecerá seguro, además de que tendrá las características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas deseadas y cumple con cualquier declaración de etiqueta de datos nutricionales. Para fijar este tiempo, es necesario cumplir ciertos requisitos de temperatura y humedad en su almacenamiento y estos son indicados por organismos regulatorios (IFST, 1993). Cuando un fabricante tiene que definir el tiempo de vida de su producto, tiene la opción de estudiarlo a lo largo del tiempo bajo las condiciones de almacenamiento (vida de anaquel) bien especificadas por los organismos regulatorios y que por lo general son de $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 25 %RH. El fabricante está obligado a definir el tiempo de anaquel hasta que este deja de cumplir las características recomendadas, este tipo de estudios es muy costoso dado que en ocasiones se requiere de mucho tiempo para obtener el resultado buscado. Al producto almacenado en estas condiciones ambientales se le realizan pruebas continuamente para estimar su calidad en diferentes días, y de esta manera poder determinar el momento en el que el producto ya no es aceptable o consumible. Con las pruebas realizadas se analiza el deterioro de las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del producto durante el tiempo de almacenamiento, lo cual implica de un gran número de horas hombre y de recursos económicos. En la figura 1 se muestra un procedimiento de algunas de las pruebas de laboratorio para estimar el tiempo de vida de anaquel, tal como la toma de muestras de un producto para realizar un análisis microbiano.



Figura 1. Pruebas de laboratorio, recolectando muestras de un producto

Otra opción con la que cuenta el fabricante, es la realización de la prueba de vida de anaquel acelerada (ASLD, por sus siglas en inglés), para lo cual se requiere de una cámara en la que se pueda controlar la temperatura y la humedad a diferentes valores. Por lo general estos parámetros son más altos de los que marca la norma para acelerar el proceso de deterioro del producto a comercializar, disminuyendo con esto el tiempo de estudio y por lo mismo los recursos económicos necesarios (Ruiz et al, 2008). Con estas pruebas es posible predecir con un cierto margen de incertidumbre, la estabilidad o pérdida de calidad del producto bajo estudio.

Comercialmente existen cámaras para la realización de pruebas de almacenamiento acelerado, en las cuales se puede tener control sobre la temperatura de prueba, entre 35 a 42 °C y para la humedad relativa entre 55 a 70 %HR, durante un periodo de 1 a 90 días, generalmente. Provocando con la combinación de estos valores la oxidación o secado acelerado de las muestras. Con este método se puede determinar la vida útil de anaquel a un precio más bajo, por lo que este método es muy recomendable para abaratar los costos finales de un producto. En el mercado, las cámaras de oxidación y secado como la mostrada en la figura 2, suelen ser muy caras, son por lo general para uso industrial y por lo mismo se consideran muy sobradas para la aplicación propia de un laboratorio de investigación como el laboratorio de ingeniería de proceso, es por ello que se plantea en este trabajo el diseño y construcción de una cámara a la medida de las necesidades específicas del laboratorio.



Figura 2. Cámara de almacenamiento para pruebas de vida de anaquel aceleradas

1 Cámara de oxidación y secado

En este trabajo se presenta el diseño y construcción del sistema electrónico de control de una cámara de oxidación y secado, fabricada a base de perfiles de aluminio y paredes de acrílico. La cámara tiene una capacidad de 50 litros y cuenta con una zona de generación de humedad y calor, en la que por medio de resistencias cerámicas y otros actuadores, se eleva la temperatura y la humedad del ambiente, distribuyendo el calor y la humedad al resto de la cámara a través del movimiento del aire generado por un ventilador (Damián et al., 2021). En otra zona de la cámara se aloja la electrónica de control así como el reservorio de agua para poder generar la humedad requerida. En la figura 3 se muestra una imagen de la cámara construida para este diseño.

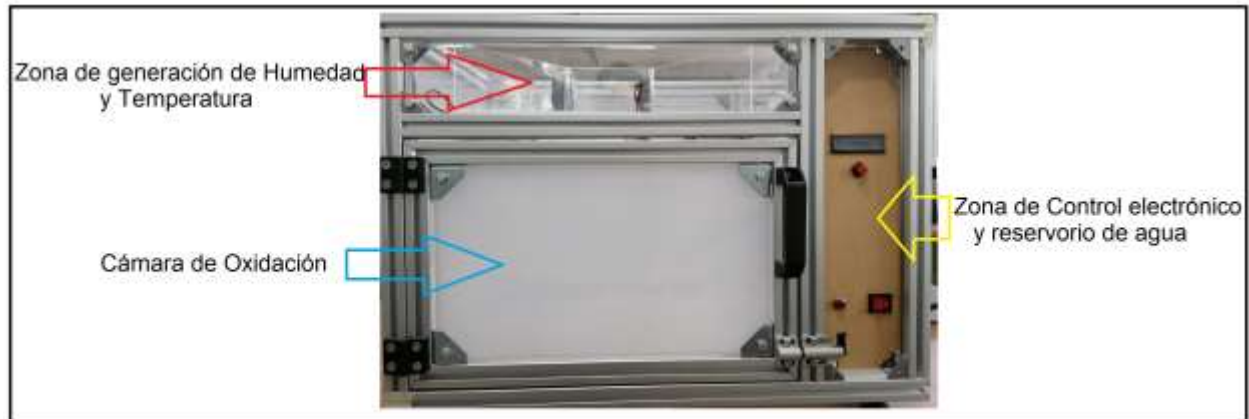


Figura 3. Cámara de oxidación y secado

1.1 Panel frontal de control

El panel frontal de control, es por medio del cual el usuario puede monitorear el estado interno de la cámara y ajustar las condiciones requeridas en determinado momento. Cuenta con una pantalla LCD (display) de 16x2 caracteres con la cual el usuario puede ver y ajustar las lecturas de humedad y temperatura, un botón de reset para reiniciar el sistema en caso de ser necesario, un interruptor de encendido general, un foco piloto que indica el estado encendido (ON) o apagado (OFF), un conjunto de leds para indicar el correcto funcionamiento de algunos sensores y actuadores tales como sensores de nivel de agua alto y bajo y actuadores tales como resistencias eléctricas y humidificador electrónico; adicionalmente el panel frontal cuenta con dos controles para ajustar el valor requerido de temperatura y humedad a un valor específico. En la figura 4 se muestra la forma de distribución de estos elementos en el panel frontal de pruebas.

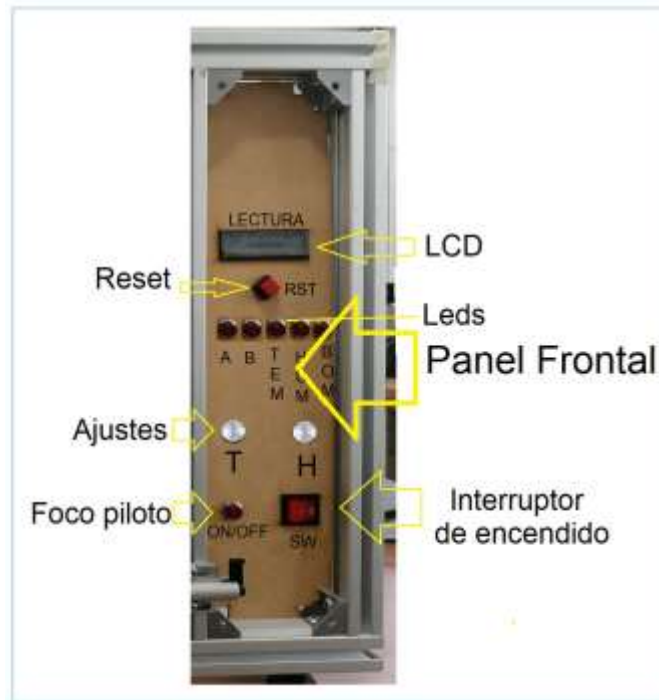


Figura 4. Vista del panel frontal de pruebas

En la tabla 1 se muestra el tipo de elementos presentes en el panel frontal (carátula), así como su función en el sistema.

Tabla 1. Elementos presentes en la carátula de la cámara de oxidación

Elemento	Nombre en carátula	Función del Elemento
Display	Lectura	Indica el estado interno de la cámara
Reset	RST	Reinicializa el sistema
Led	A	Indica el estado del sensor de agua bajo(ON/OFF)
Led	B	Indica el estado del sensor de agua alto(ON/OFF)
Led	TEM	Indica si la resistencia calefactora está encendida o apagada(ON/OFF)
Led	HUM	Indica si el humidificador está activo(ON/OFF)
Led	BOM	Indica si la bomba de agua se activa(ON/OFF)
Ajuste T	TEM	Perilla para fijar el "set point" de la temperatura
Ajuste H	H	Perilla para fijar el "set point" de la humedad
Interruptor	SW	Encendido/Apagado de la cámara
Foco Piloto	ON/OFF	Indicador de Encendido/Apagado

1.2 Depósito de agua principal

Un elemento importante para el correcto funcionamiento de la cámara de oxidación es la disponibilidad de agua en cualquier momento, siendo necesario garantizar que está estará presente en cualquier instante, es por ello que se dispone de un recipiente plástico de 5.2 litros para el almacenamiento principal de agua. En la figura 5 se muestra el depósito de agua y la forma de conexión del depósito al grifo principal del recinto en el que se ubica la cámara de oxidación.



Figura 5. Depósito principal de agua

La válvula de paso se conoce como válvula de bola, y es de 1/2 pulgada de diámetro con rosca interna, de esta manera se puede acoplar fácilmente al interruptor de nivel mediante un acoplamiento (niple). Esta válvula de paso se puede conectar directamente al grifo de agua o a algún otro depósito de agua más grande que garantice el suministro constante de agua.

Por su parte, el interruptor de nivel (válvula de control de nivel de agua) es un interruptor de tipo DT15 de ½ pulgada de diámetro (tipo A). En la figura 6 se muestra una vista de esta válvula.



Figura 6. Válvula de control de nivel de agua del depósito principal

1.3 Depósito de agua secundario

El depósito de agua secundario utilizado en la cámara de oxidación es otro contenedor para almacenar una cantidad menor de agua, necesaria para cubrir un cristal piezoeléctrico de tal forma que se lleve a cabo la nebulización del líquido y de esta forma poder proporcionar la humedad requerida al interior de la cámara. La capacidad de este depósito es de 1 litro y utiliza dos sensores de nivel para controlar el volumen necesario, en la figura 7 se muestra una vista de este depósito en la cual se observa el cristal piezoeléctrico encargado de la nebulización y los sensores de nivel alto y bajo.

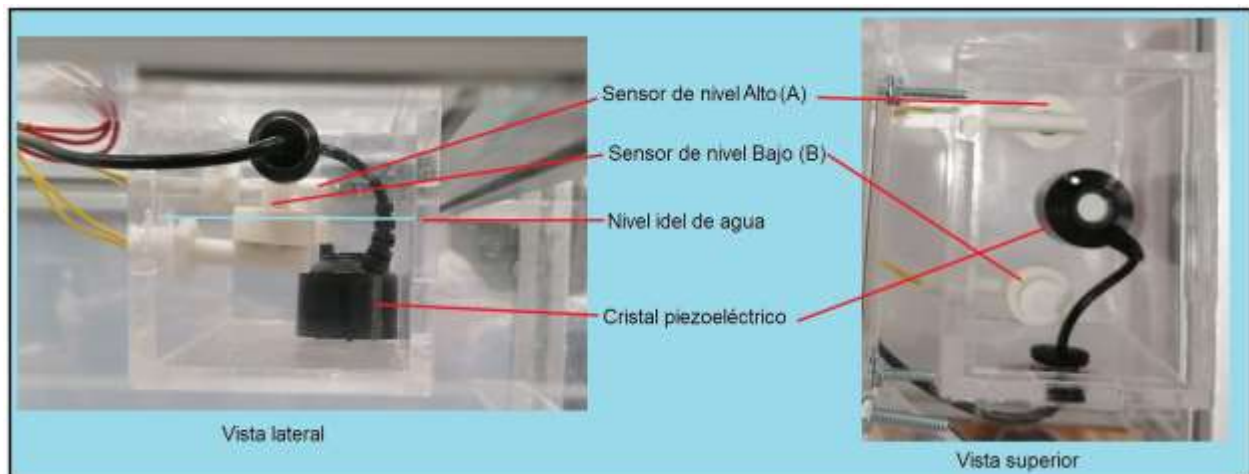


Figura 7. Vista del depósito de agua de 1 litro

En este segundo recipiente (1 litro), se localiza sumergido el actuador piezoeléctrico. El nivel de agua en este depósito es detectado por dos interruptores de nivel tipo FS-28, uno de ellos detecta el nivel bajo y el otro el nivel alto de agua, de tal forma que el actuador piezoeléctrico siempre se encuentre sumergido, garantizando el suministro de humedad a la cámara de oxidación. Para dosificar el agua en el recipiente pequeño se utiliza una pequeña bomba sumergible que es activada por el microcontrolador utilizado para los demás sistemas mencionados y en función de la información que le envían los interruptores de nivel. La bomba sumergible se alimenta con 12 V_{CD} y consume una corriente máxima de 340 miliamperes. En la figura 8 se muestra la forma en la que se interconectan los elementos para la dosificación de agua.

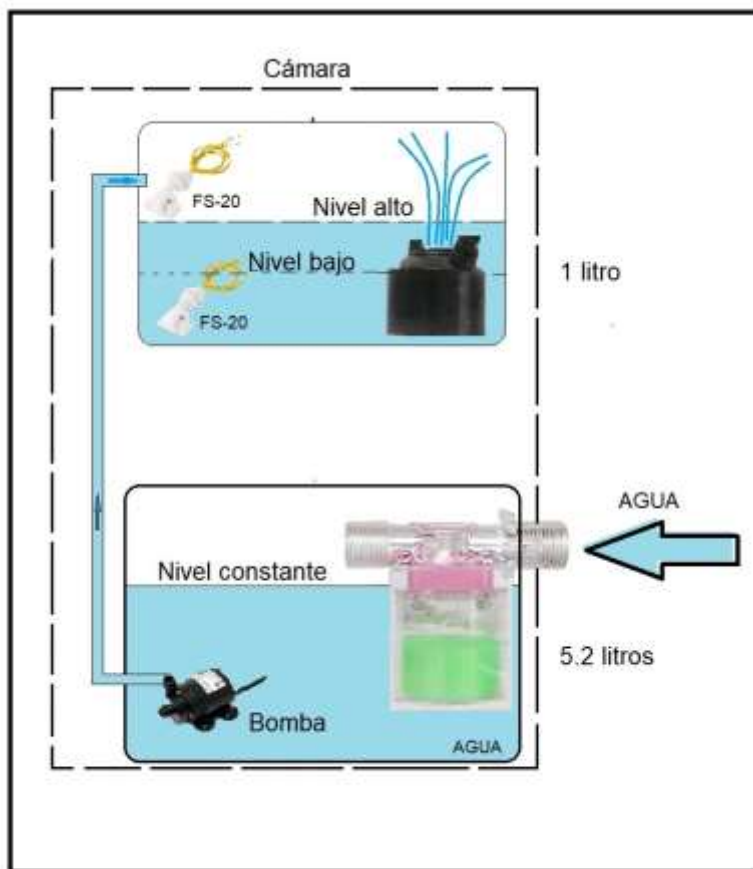


Figura 8. Sistema dosificador de agua

2 Sistema de control electrónico

La cámaras propuesta quiere de un sistema dosificador de agua que asegure la disposición de este elemento de manera constante y de un control de humedad relativa del ambiente interno de la cámara, que regule la humedad requerida para el estudio de las muestras y que presente una variación máxima de ± 10 %HR del valor seleccionado. Puesto que a mayor humedad del ambiente, menor será el ritmo de pérdida de agua en las muestras y viceversa. La humedad se regula con la evaporación de agua y por la recirculación de aire al interior de la cámara del sistema de almacenamiento (Damián et al, 2015). También se requiere de un control de temperatura que sea capaz de regular este parámetro con una variación de ± 5 °C. En la figura 9 se muestra un diagrama a bloques del sistema de control electrónico de la cámara de oxidación propuesta.

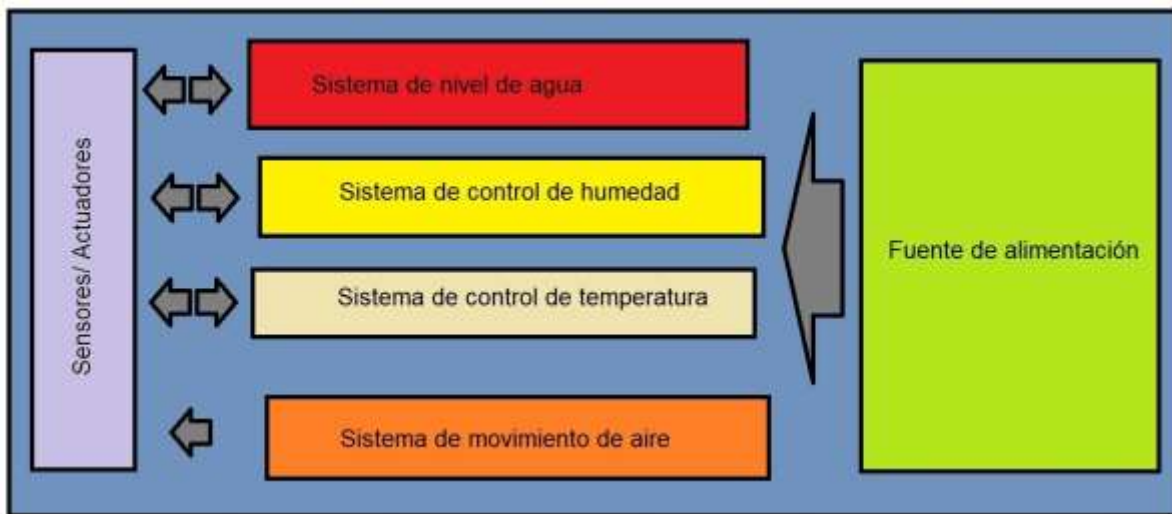


Figura 9. Diagrama a bloques de los sistemas que integran la cámara (memoria de congreso SOMI35:Bv_SOMI35_35)

2.1 Control electrónico

El cerebro del sistema es un microcontrolador Atmega 328 embebido en una placa de desarrollo de arduino, a partir de esta tarjeta se controlan los bloques involucrados en el sistema, tales como el sistema de humedad, el de temperatura y el de nivel de agua, encargándose de leer los valores de voltaje que envían los sensores y comparándolos con los valores seleccionados (set point) por el usuario. En base a esto datos, el controlador envía la señales de control a los actuadores tales como resistencias, cristal ultrasónico y bomba de agua a través de etapas de potencia formada por transistores MOSFET y un relevador de estado sólido. En el Apéndice A se muestran los diagramas de las diversas etapa así como sus circuitos impresos. En la figura 10 se muestra un diagrama a bloques de los elementos conectados al controlador utilizado. En el Apéndice B se muestran la lista de partes de la cámara de oxidación y en el Apéndice C las hojas de datos de donde se extrajeron algunas características eléctricas de los componentes las cuales son necesarias para el diseño. Por otra parte, en el Apéndice D se muestra el programa grabado en el microcontrolador y utilizado para el control de la cámara.

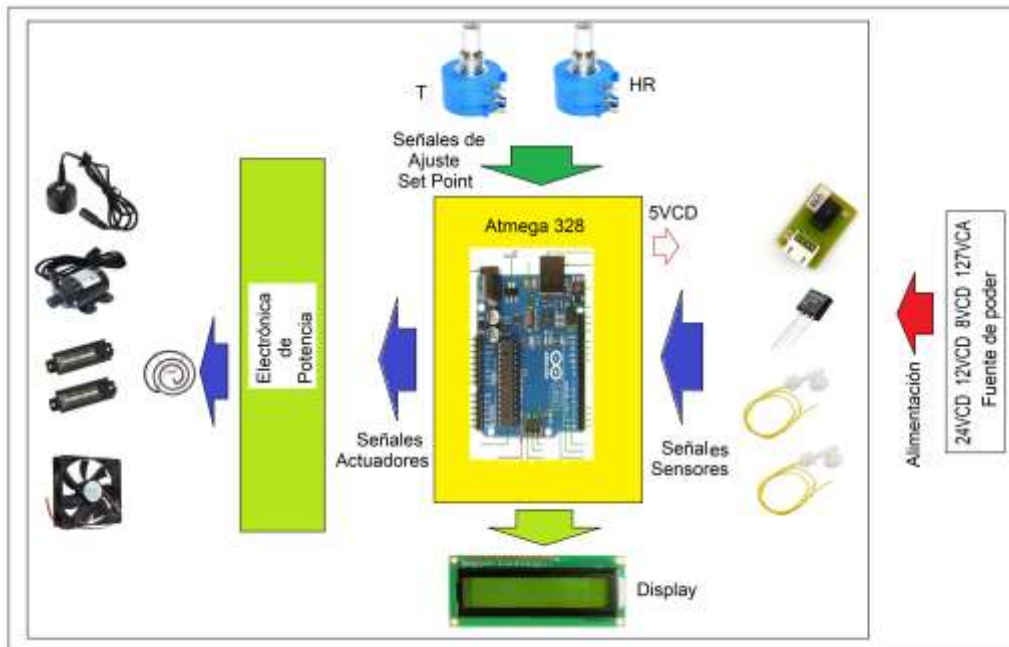


Figura 10. Diagrama a bloques del controlador utilizado y sus elementos periféricos

2.2 Control del sistema de suministro de agua

Este sistema como ya se vio, está integrado por dos recipientes de agua, el primero de 5.2 litros en el que se controla el nivel de agua mediante una válvula mecánica de control de nivel y el segundo de 1 litro, en el cual se utiliza un control electrónico para mantener el nivel de agua en promedio 1 centímetro por encima de la parte alta del cristal piezoeléctrico, de tal forma que se tenga una mayor eficiencia en la producción de humedad. En la figura 11 se muestra un diagrama a bloques de este sistema.

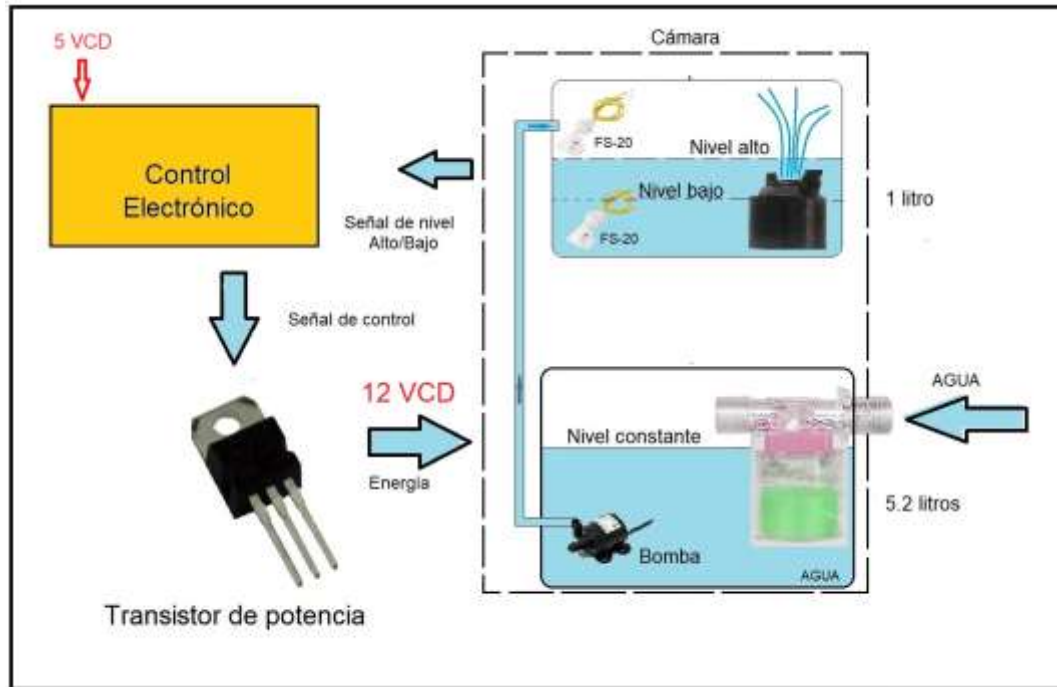


Figura 11. Diagrama a bloques del sistema de control de nivel de agua

Como se puede ver en la misma figura 11, el nivel de agua en el depósito de 1 litro controlado electrónicamente, es detectado por dos interruptores de nivel tipo FS-28. Uno de ellos detecta el nivel bajo y el otro el nivel alto de agua, garantizando que el piezoeléctrico este en promedio 1 centímetro por debajo del nivel de agua, de esta manera se asegura una mayor eficiencia en el suministro de humedad a la cámara de oxidación. Para dosificar el agua en el recipiente pequeño, se utiliza una pequeña bomba sumergible (JT-160) que es activada por el control electrónico a través de una etapa de potencia (MOSFET canal N) en función de la información que le envían los interruptores de nivel. La bomba sumergible se alimenta con 12 V_{CD} y consume una corriente máxima de 340 miliamperes. En la figura 12 se muestra la bomba utilizada para dosificar el agua en el depósito de un litro.



Figura 12. Bomba de agua sumergible

2.3 Control de porcentaje de humedad relativa de la Cámara

El sistema para el control de porcentaje de humedad relativa (%HR) se basa en un sensor tipo HCZ modelo HMZ-433A1, este sensor emplea un elemento a base de un polímero con electrodos de plata y carbón, montados sobre un substrato de alúmina. El sensor proporciona a su salida una señal de voltaje de corriente directa (VCD) proporcional al porcentaje de humedad relativa presente en la cámara de oxidación/secado, ver hoja de datos en Apéndice C. La señal generada por el sensor de humedad, es enviada al microcontrolador de tal forma que este activa un piezoeléctrico encargado de nebulizar el agua contenida en el recipiente de 1 litro y en el cual se encuentra sumergido. Para proporcionar la corriente necesaria al actuador, se utiliza una etapa de potencia a base de un transistor (MOSFET canal N) de tal forma que el microcontrolador pueda activar el piezoeléctrico sin dañarse por exceso en la demanda de corriente. En la figura 13 se muestra la forma de conectar los elementos electrónicos necesarios para esta etapa.

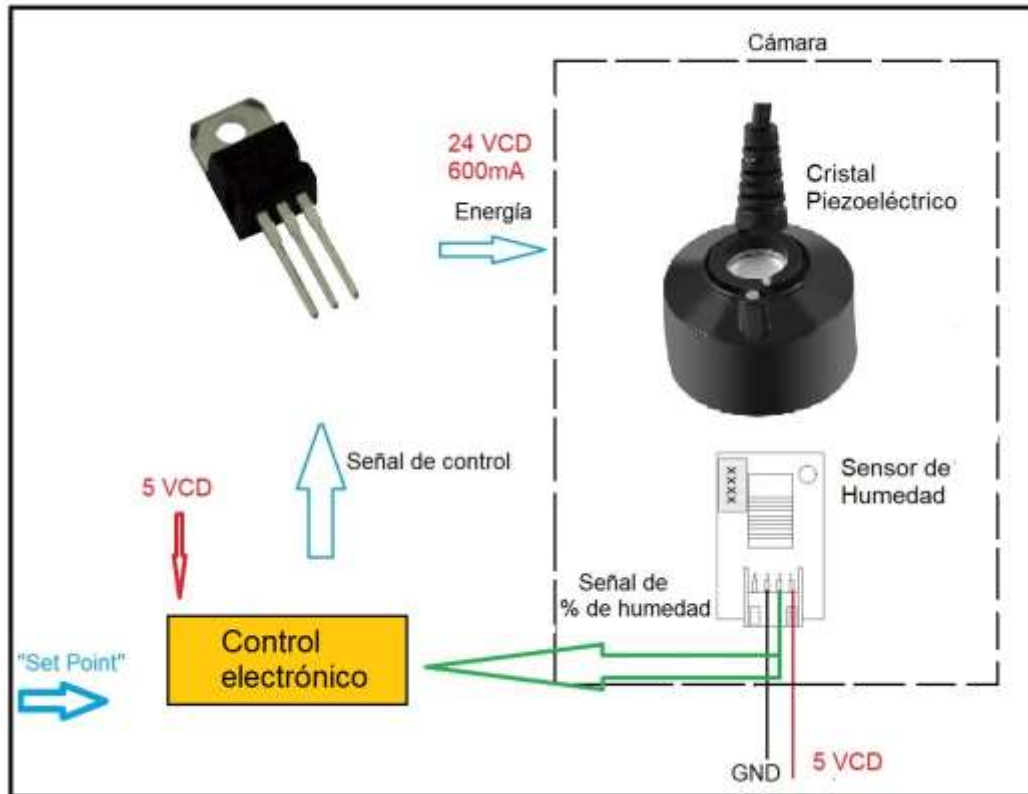


Figura 13. Sistema de control de porcentaje de humedad relativa (memoria de congreso SOMI35:Bv_SOMI35_35)

Como se puede ver en la figura 13, el cristal piezoeléctrico se alimenta con una señal de 24 volts de corriente directa y consume aproximadamente una corriente de 600 miliamperios para producir en promedio 300 mililitros por hora de agua nebulizada. Esta corriente es manejada por el transistor de potencia, obedeciendo a la señal que el microcontrolador le envía. A su vez, el microcontrolador también envía la señal de control al transistor de potencia en función del valor que el usuario le proporciona (set point de humedad) y a las condiciones de húmedas detectadas por el sensor al interior de la cámara. El *set point* es seleccionado por el usuario mediante un control a base de potenciómetro para establecer el valor deseado de humedad relativa. Por su parte, el sensor de humedad relativa, requiere de una fuente de alimentación de voltaje de 5 V_{CD} para su polarización, al igual que el microcontrolador.

2.4 Control de temperatura de la Cámara

El control de temperatura de la cámara está integrado por tres resistencias calefactoras, dos de ellas de 100 W cada una de tipo cerámico, se localizan en la parte superior de la cámara justo antes de la salida del agua nebulizada para precalentarla a la temperatura seleccionada por el usuario. Una tercer resistencia tubular de 1000 W localizada en la parte baja de la cámara de generación de humedad, es utilizada para ajustar la temperatura del aire al interior de la cámara.

En la figura 14 se muestra un diagrama a bloques de la forma de conexión de los elementos involucrados en este sistema.

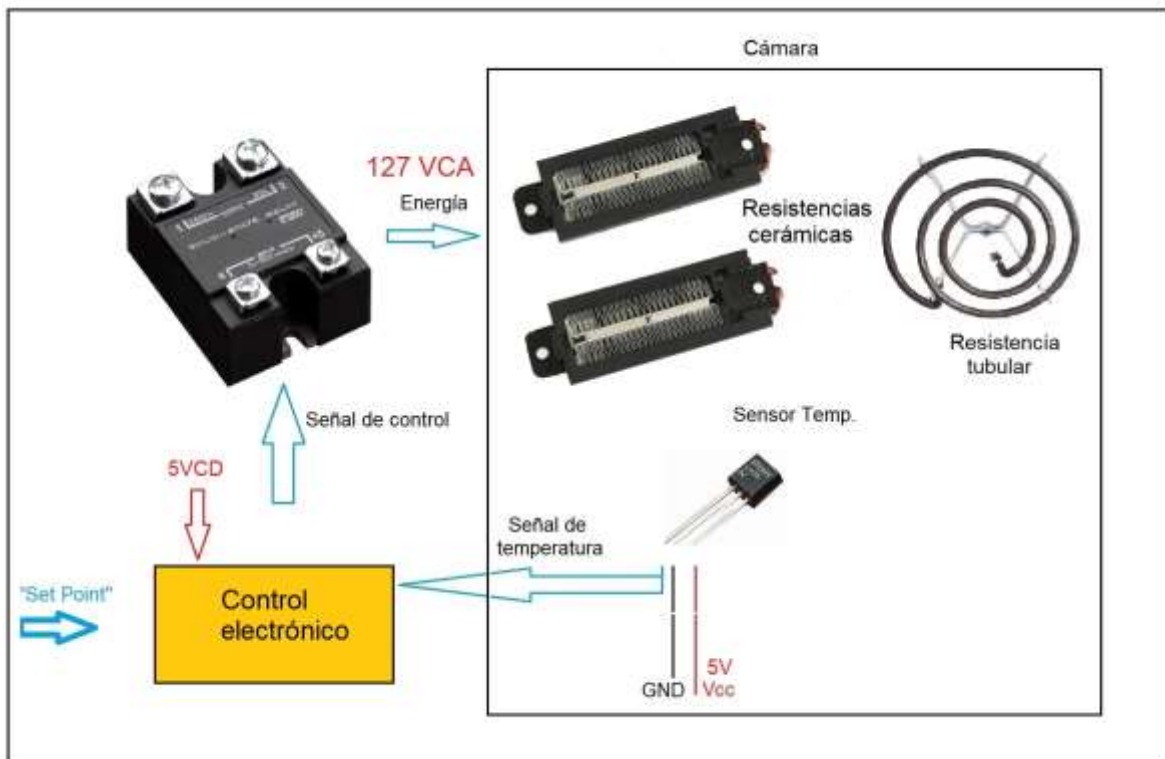


Figura 14. Sistema de control de temperatura

Como se puede ver en la figura 14, el microcontrolador envía la señal de control al elemento de control de potencia que se encarga de suministrar la corriente necesaria a

las resistencias, este elemento es un relevador de estado sólido de 12 Amperes, a su vez el microcontrolador monitorea la temperatura de la cámara mediante el sensor de temperatura que corresponde a un circuito integrado LM35, el valor leído lo compara con el valor seleccionado por el usuario para poder enviar la señal de control adecuada al relevador de potencia. El sensor de temperatura es alimentado con un voltaje de 5 volts al igual que el microcontrolador. Las resistencias por su parte operan a 127 V_{CA}.

3 Fuente de alimentación

Para poder alimentar los sistemas involucrados en la cámara de oxidación, se construyó una fuente lineal de voltaje, esta fuente entrega diferentes valores de voltaje de corriente continua (V_{CD}), para ello se utilizó un transformador de 127 V_{CA} a 24 V_{CA} y 3 Amperes de corriente. Después de rectificar el voltaje a la salida del transformador, la señal se filtró para la eliminación del rizo, posteriormente la señal se reguló mediante circuitos integrados de la serie 78 de tal forma que se tuvieran los voltajes adecuados, para ello se utilizaron tres reguladores de voltaje que entregan 24 V, 12 V y 8 V respectivamente conectados en cascada. En la figura 15 se muestra un diagrama a bloques de la fuente de alimentación. El nivel de voltaje de 5 volts requerido en algunos bloques, se obtiene a partir del voltaje de 8 volts que entrega la fuente. En el Apéndice A se muestra el diagrama completo de la fuente utilizada.

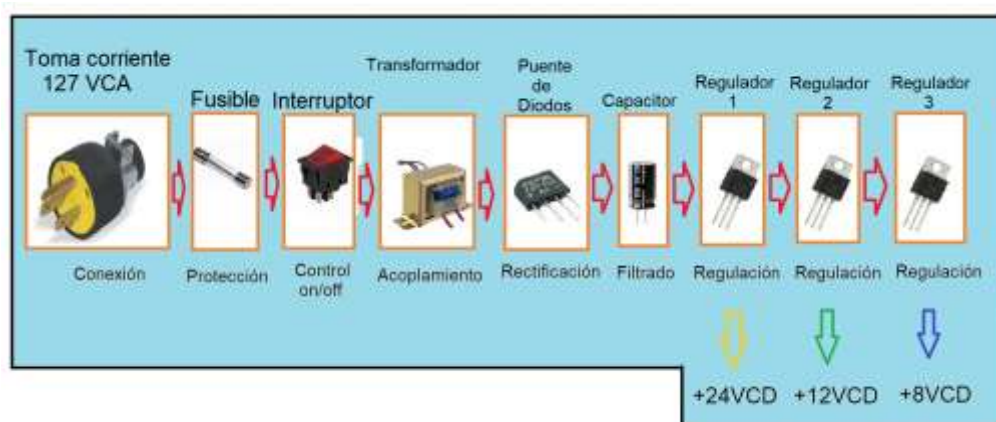


Figura 15. Diagrama a bloques de la fuente de alimentación

4 Sistema de movimiento de aire

Este sistema involucra un ventilador de corriente alterna conectado directamente a la línea de alimentación, el cual mediante su disposición dentro de la cámara y en la zona de generación de humedad y calor, provoca el movimiento y mezcla del aire al interior de la zona de oxidación. El ventilador se ubica en la parte alta de la cámara y mediante el uso de una pequeña tobera direcciona el flujo de aire para que pase a través de las dos resistencias de 200 W en donde el aire se precalienta. Posteriormente este flujo es forzado a pasar por la zona en la que se humedece el aire con agua nebulizada atrapando las gotas de agua, acarreándolas y distribuyéndolas hacia la zona de la cámara de oxidación y secado, mediante aletas de acrílico. En la figura 16 se muestra un esquema de la disposición del ventilador utilizado en la cámara, visto desde arriba.

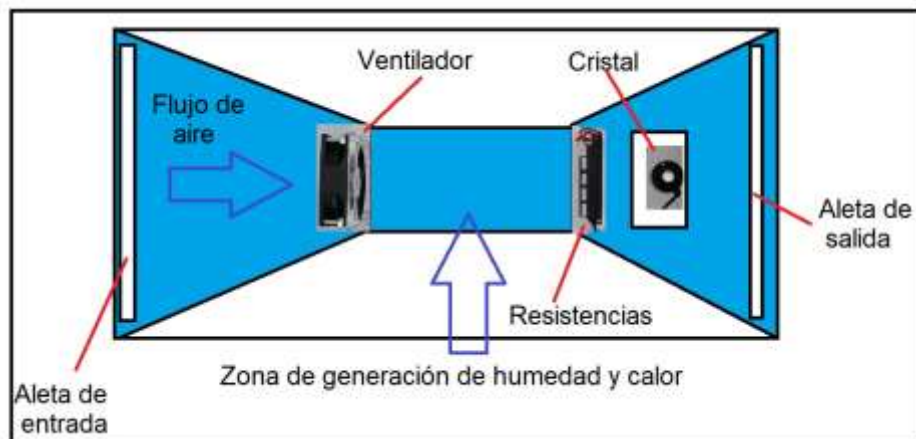


Figura 16. Figura representativa de la ubicación del ventilador

En la parte superior de la cámara se ha colocado una rejilla de entrada de aire para poder renovarlo al interior de la cámara y de esta forma contribuir al correcto control de humedad relativa.

5 Pruebas y Resultados

En la figura 17 se muestra una vista de la cámara finalmente terminada con su panel frontal definitivo construido en acrílico, el panel final conserva la misma distribución de elementos que el panel de pruebas mostrado anteriormente.

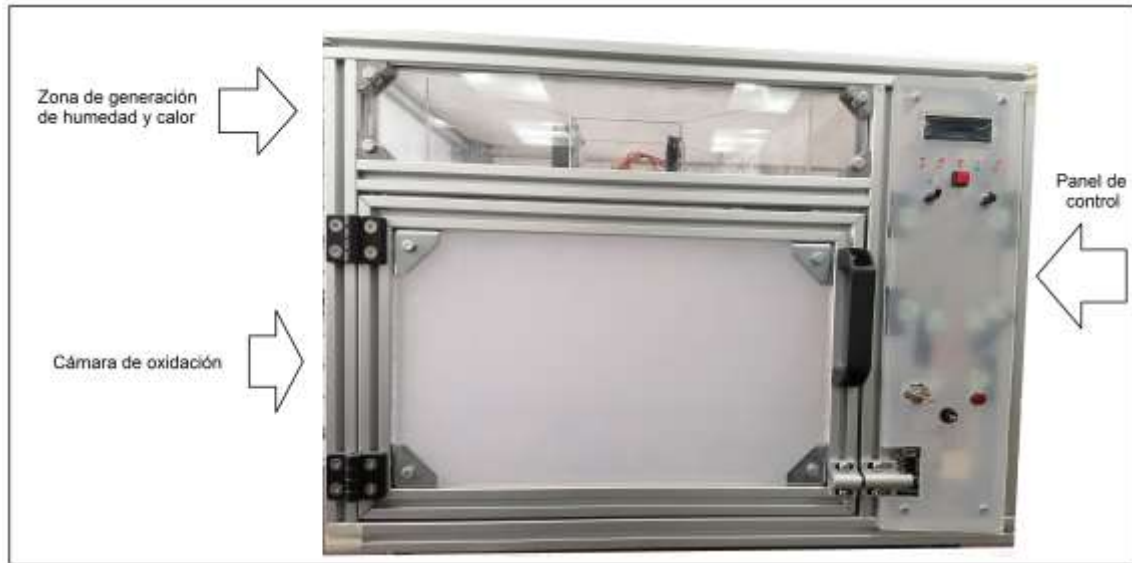


Figura 17. Cámara de oxidación terminada

En la figura 18 se muestran todos los elementos electrónicos utilizados, que fueron montados en la zona del control electrónico. Como ya se mencionó, el control electrónico se montó en la parte trasera del panel frontal, cuenta con un ventilador para refrigerar los componentes electrónicos de la fuente de alimentación de tal forma que no presenten calentamiento debido al tiempo prolongado de operación al que tienen que estar sometidos.

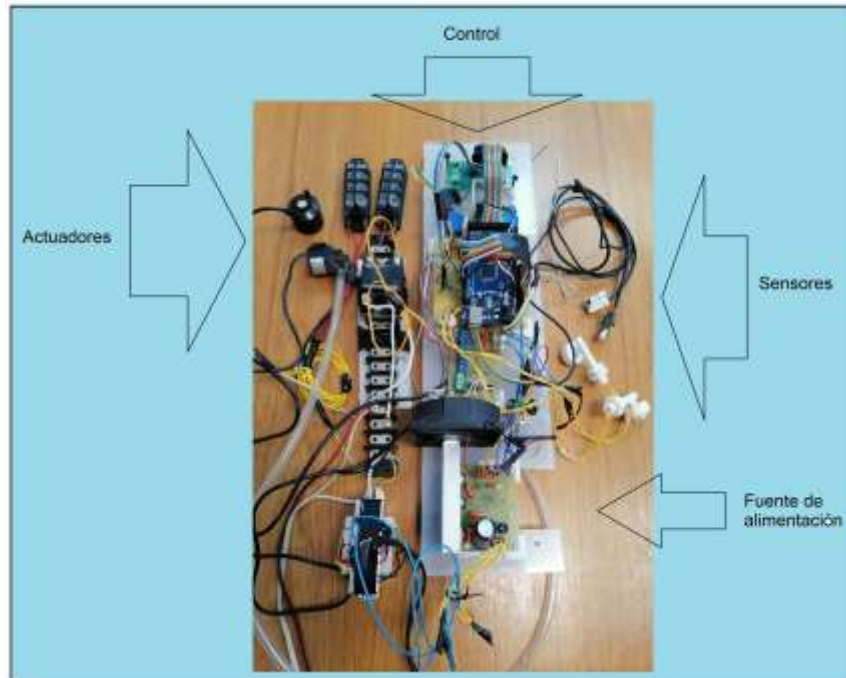


Figura 18. Componentes electrónicos involucrados para el control de variables. Montados en sus circuitos impresos correspondientes y presentados en el apéndice A.

En la figura 19 se muestra la cámara en funcionamiento, se pueden apreciar los indicadores luminosos mostrando el estado de los sensores y actuadores, así como el LCD indicando el valor de las variables de temperatura y humedad, también muestra los valores seleccionados por el usuario.



Figura 19. Cámara en funcionamiento

En la figura 20 se muestra el equipo de medición utilizado para comprobar el correcto funcionamiento de la cámara. Se utilizó un Termohigrómetro comercial de la marca UNI-T modelo UT-333S como el mostrado. En el Apéndice C se presenta su hoja técnica, este equipo puede medir temperaturas en un rango de -10 a 60 °C con una resolución de 0.1 °C y valores de porcentaje de humedad relativa entre 0 y 100 % con una resolución de 0.1 %HR.



Figura 20. Termohigrómetro utilizado para la verificación de lecturas en la cámara

Con la ayuda de este equipo se pudo verificar que la temperatura al interior de la cámara presenta una variación de ± 2 °C con respecto al medidor comercial lo cual se considera adecuado para la aplicación a la que está encaminada la cámara. En cuanto a la variación del valor de la humedad relativa se tiene un valor de ± 7 %HR, lo cual también se considera que está en un intervalo aceptable.

En la figura 21 se puede apreciar una toma de valores de temperatura, ajustando el “set point” a 55 °C durante aproximadamente 30 minutos, se puede observar que la subida es muy rápida desde 35 grados a la temperatura seleccionada y se logra en

aproximadamente 4 minutos. Además se puede apreciar que se presenta una variación de ± 2 grados con respecto al valor deseado una vez alcanzada la temperatura seleccionada.

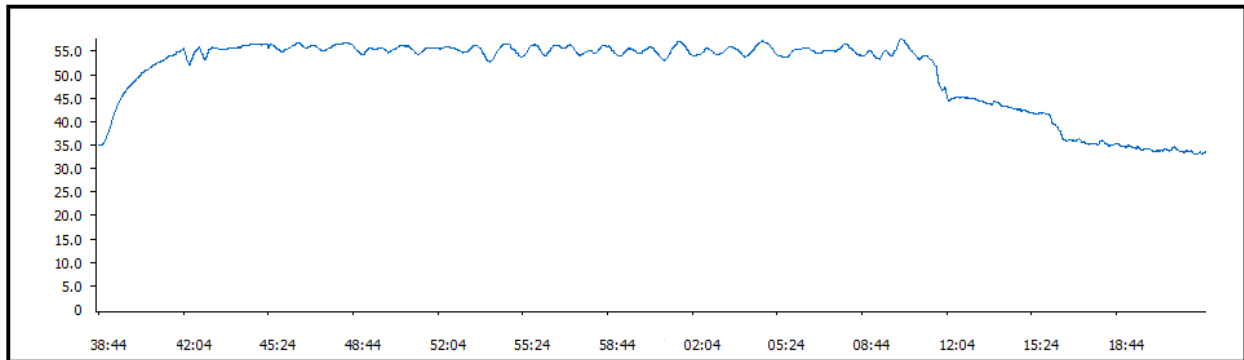


Figura 21. Gráfica de control de temperatura obtenida al interior de la cámara

En la figura 22 se muestra un gráfico del control de humedad relativa a 60 %, esta gráfica se obtuvo durante aproximadamente 15 minutos. Se puede observar que alcanzando el valor de ajuste se tiene una variación aproximada de $\pm 7\%$ HR respecto al valor seleccionado.

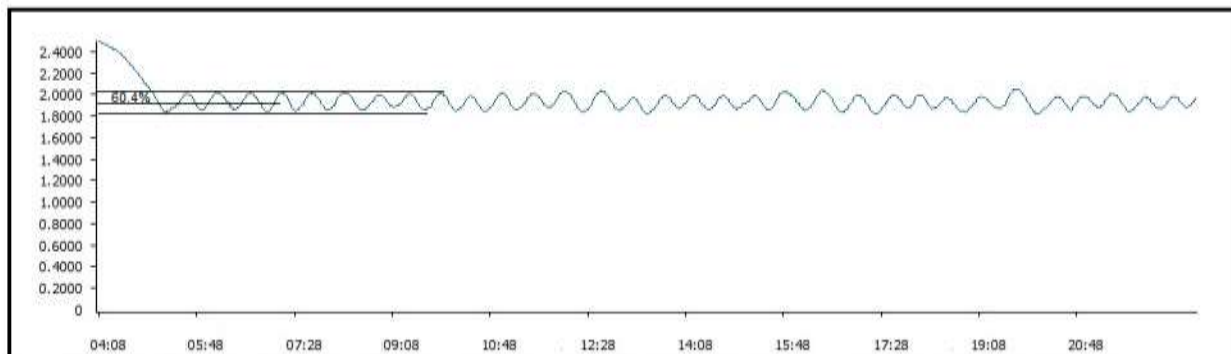


Figura 22. Gráfica de control de porcentaje de humedad relativa

Conclusiones

Se logra satisfactoriamente el control de temperatura entre 30 y 50 °C con un margen de variación de ± 2 °C. Por otro lado, el porcentaje de humedad relativa se puede mantener entre 30 y 60 % ± 7 %HR, respecto al valor seleccionado. Con respecto a la circulación de aire se consigue mantenerlo homogéneo dentro de la cámara con un solo ventilador colocado en la parte superior. Por último, el sistema de control de nivel de agua y generación de humedad mostró un funcionamiento satisfactorio.

Agradecimientos

Un agradecimiento al Dr. Miguel Ángel Bazán Ramírez por su colaboración en el diseño y construcción del sistema mecánico de la cámara.

Un agradecimiento al Mtro. Salvador Rodríguez Lozano y a la Mtra. Iliana Rodríguez Lozano por su invaluable apoyo en la elaboración de los circuitos impresos que se diseñaron durante este desarrollo.

Referencias

Damián J.R, Castillo J, Córdova M.S, Quintana S, Fuentes R, Castillo A., Sistema electrónico de control de una incubadora para estudios de morfogénesis y diferenciación celular, SOMI XXX, México, 2015.

Damián J.R, Castillo J, Córdova M.S, Prototipo para la oxidación y secado de muestras orgánicas, SOMI XXXV, México, 2021.

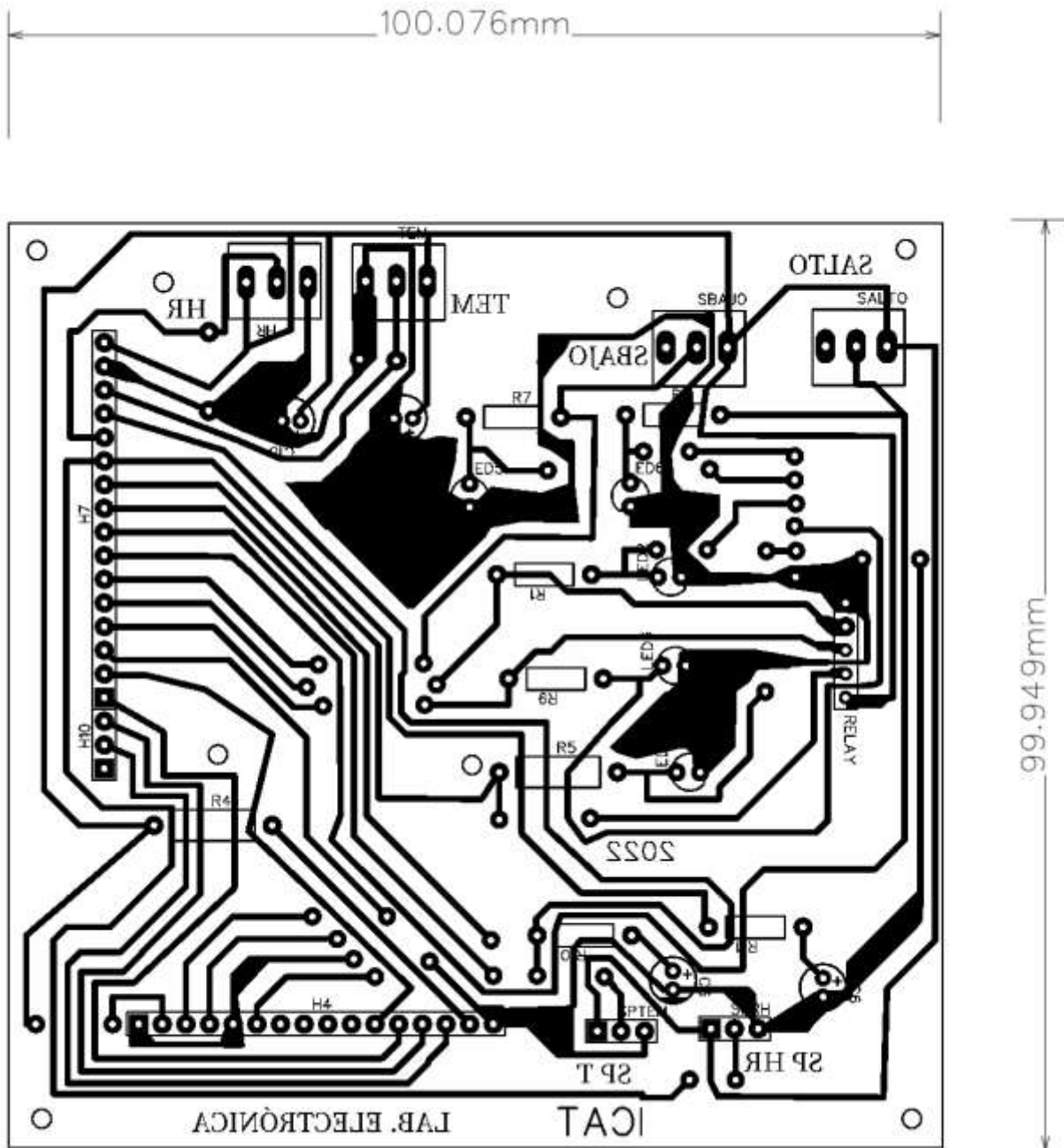
Institute of Food Science and Technology (IFST), 1983. Shelf life of foods: guidelines for its determination and prediction, London, Institute of Food Science & Technology UK.

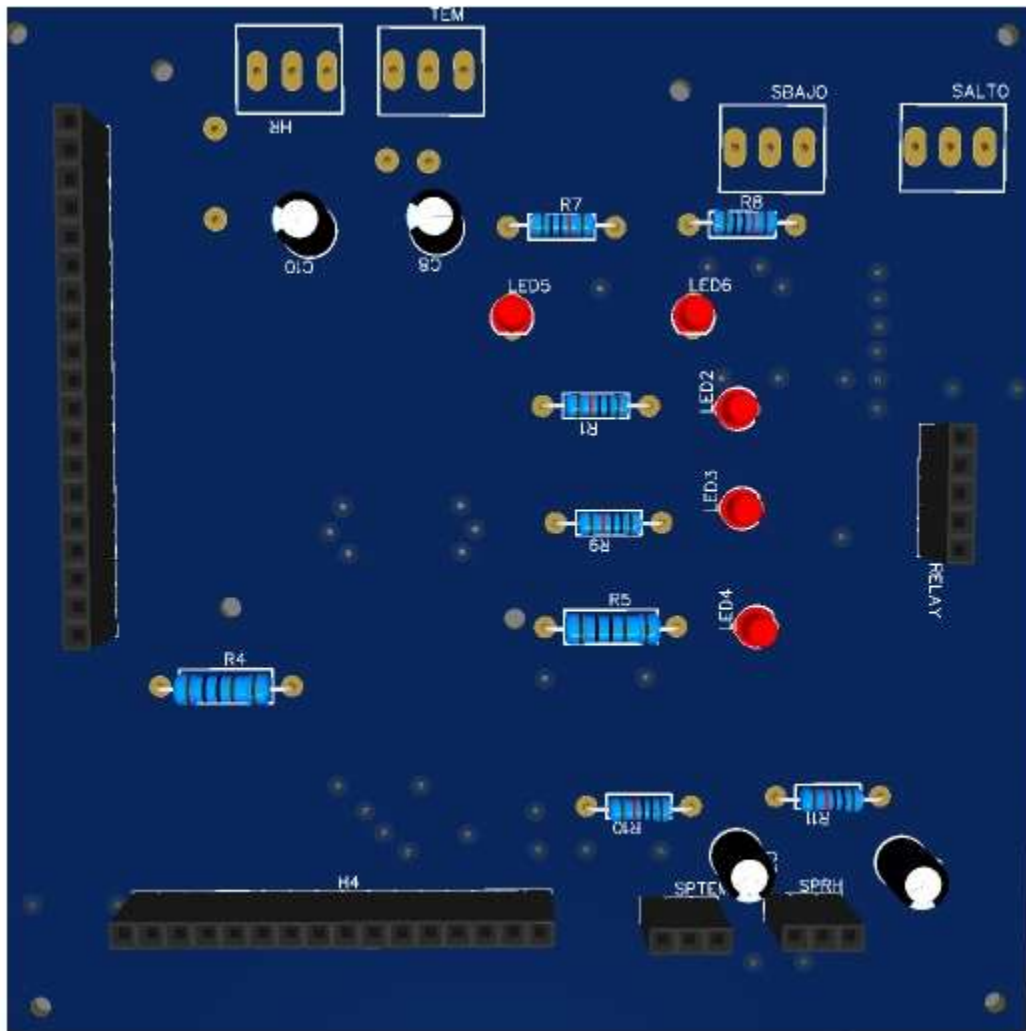
Man, D., Jones, A., 2000. Scientific principles of shelf-life evaluation. En: D, Man., y A, Jones. eds Shelf-Life evaluation of foods. London: Blackie A & P, Capítulo 1.

Ruiz, J., Segura M., Chel L. y Betancur D. 2008. Caducidad de productos alimenticios: implicaciones teóricas y prácticas. Revista de la Facultad de Ingeniería Química (Yucatán, México) 47, 17-24.

Circuito Impreso Tarjeta de control

Tarjeta de control



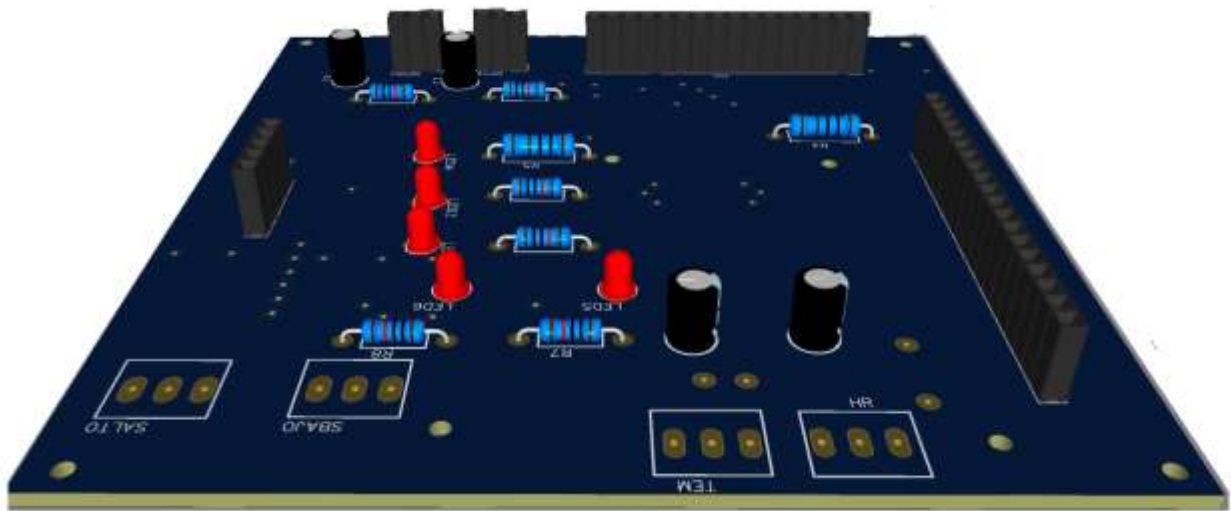


Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de control (PCB)

Cara Superior

Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de control (PCB)

Perfil



Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de control (PCB)

Cara de pistas

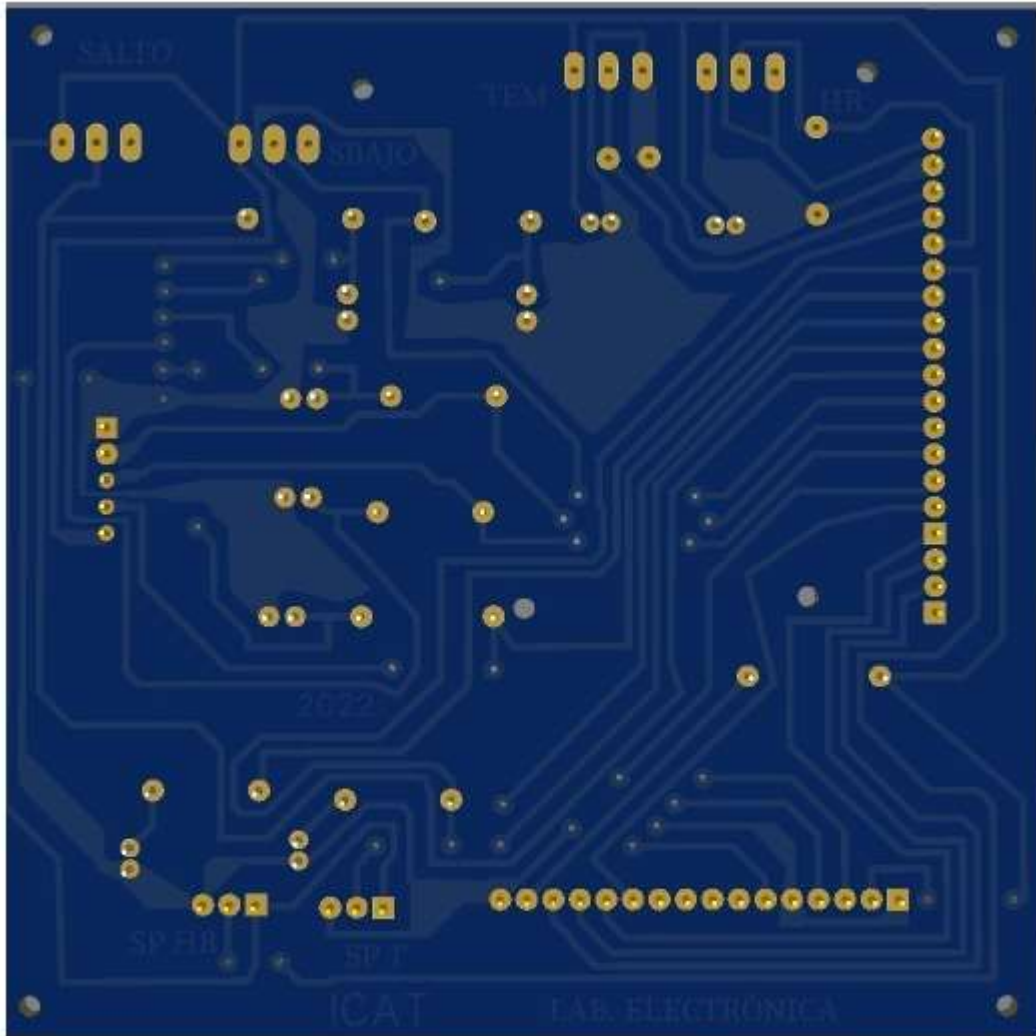
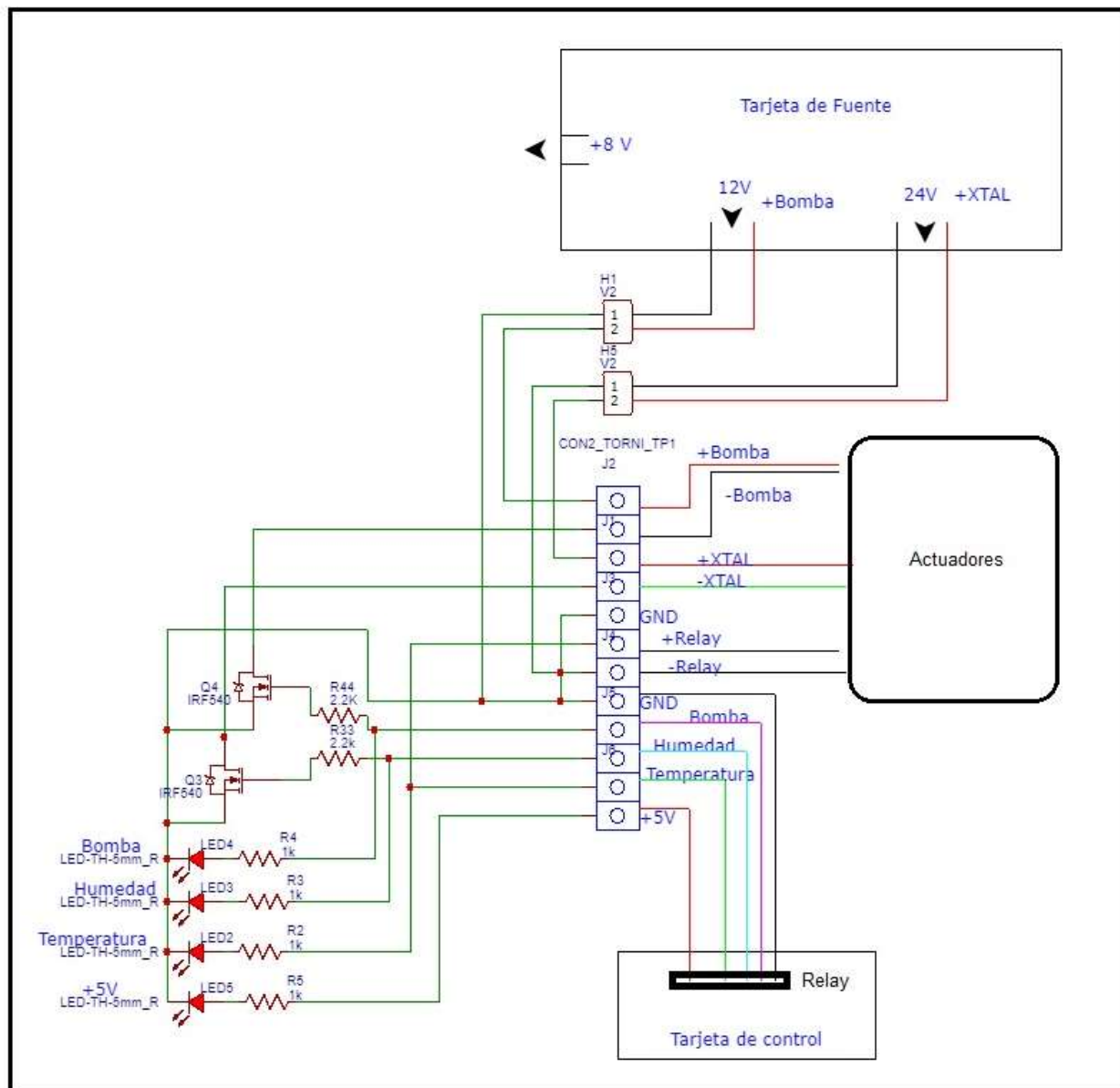


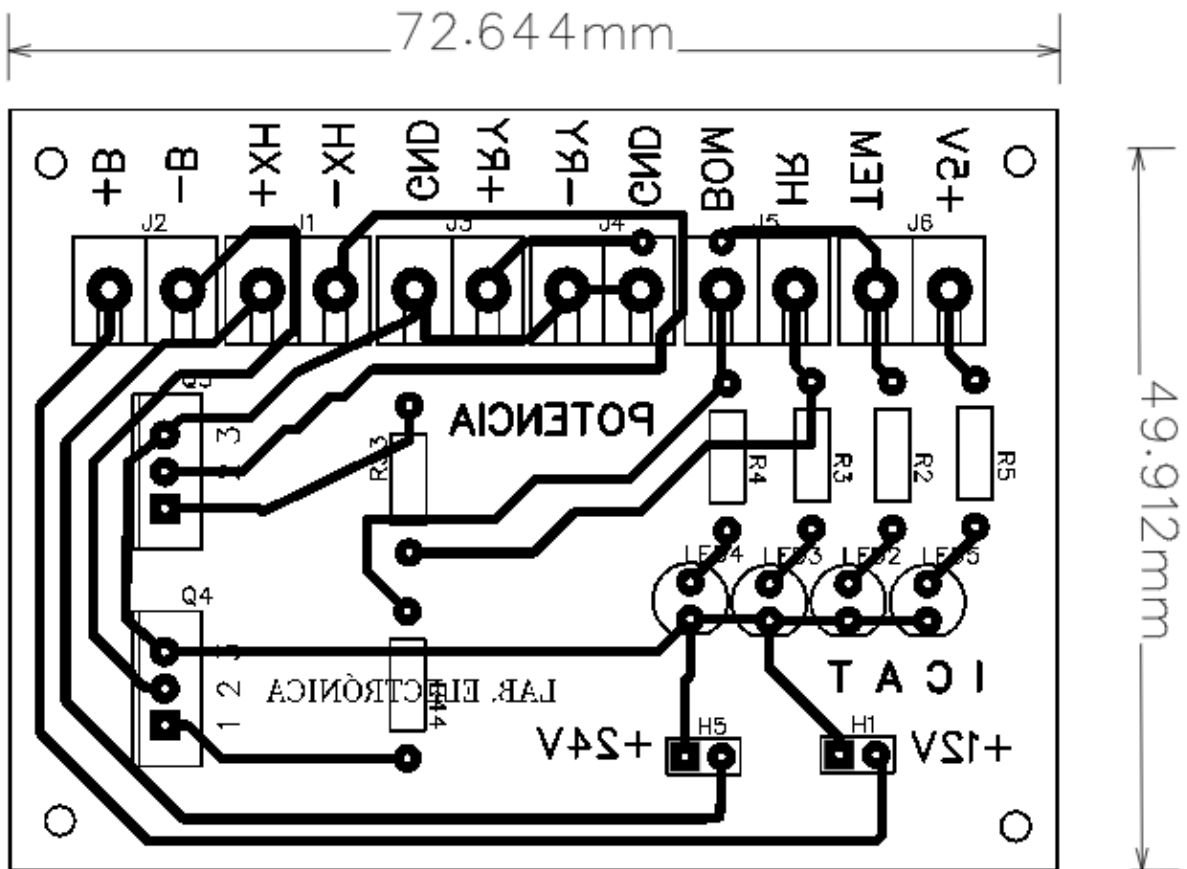
Diagrama de circuito

Tarjeta de Potencia



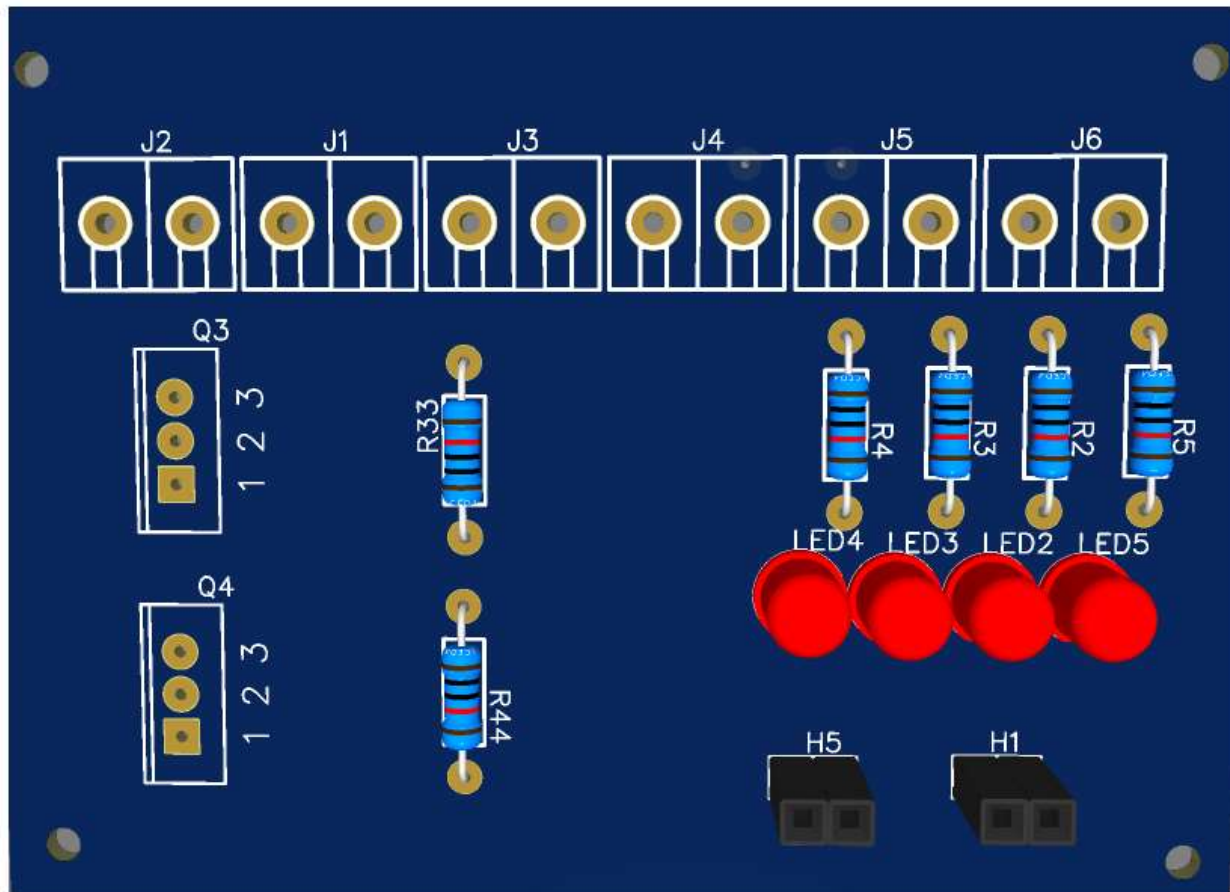
Circuito Impreso

Tarjeta de Potencia



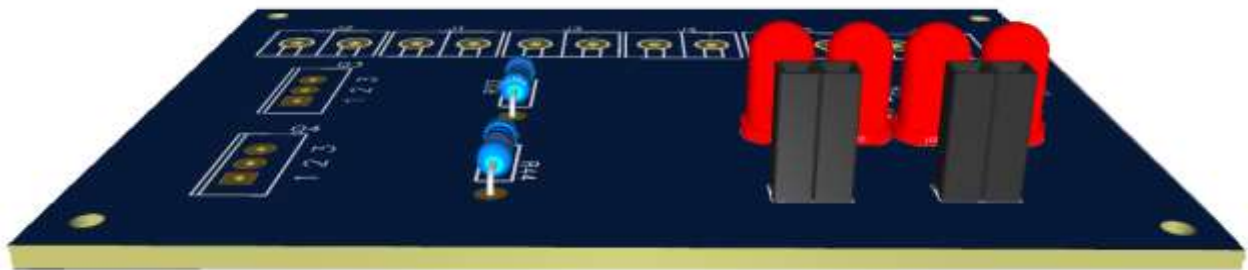
Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Potencia (PCB)

Cara Superior



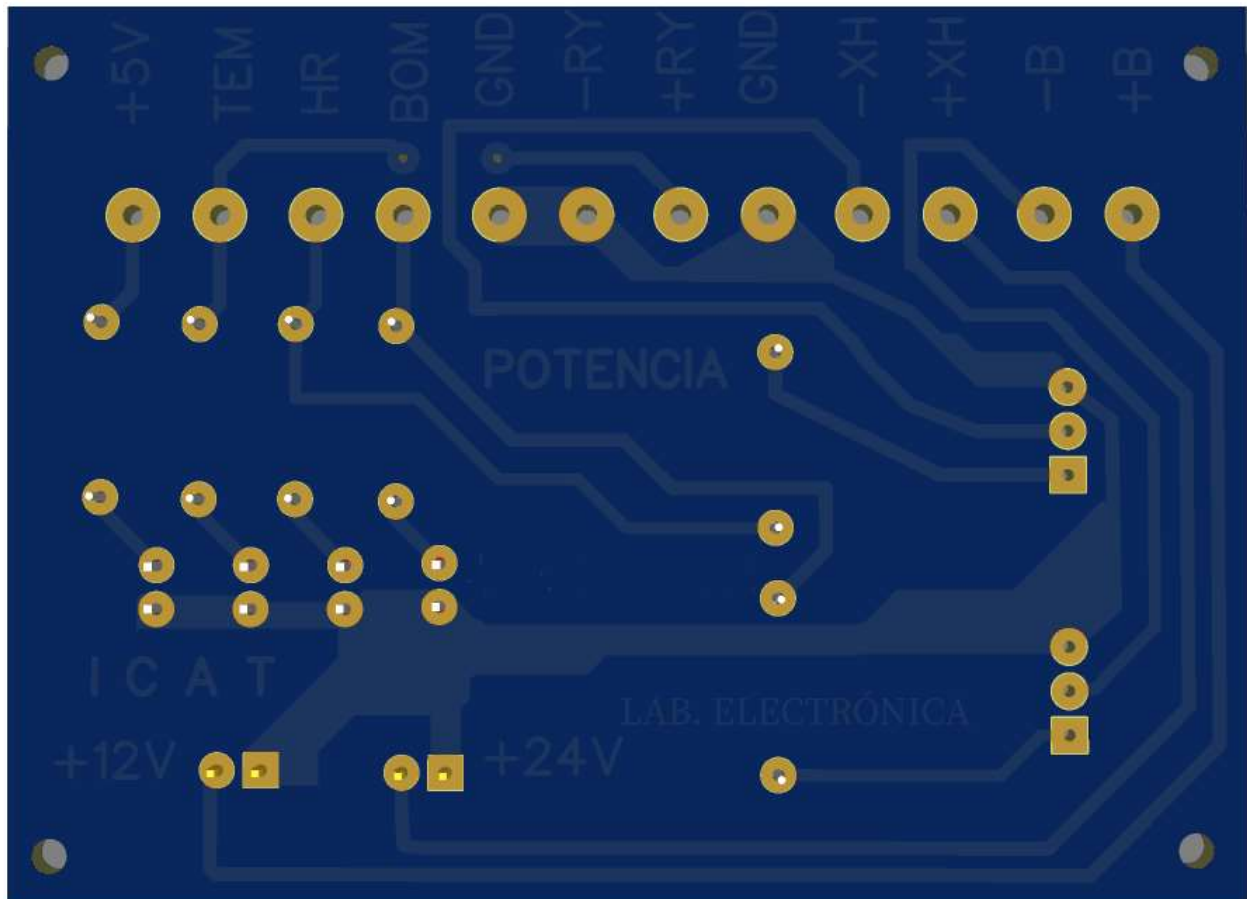
Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Potencia (PCB)

Perfil

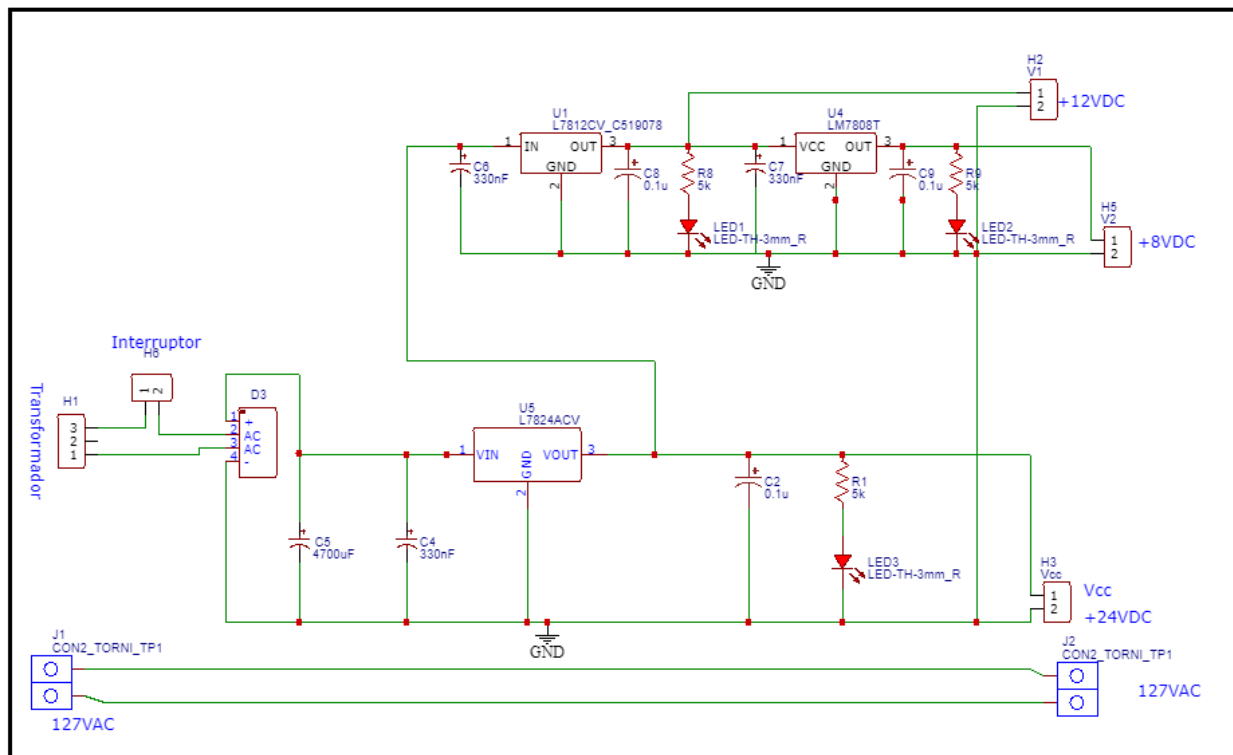


Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Potencia (PCB)

Cara de Pistas

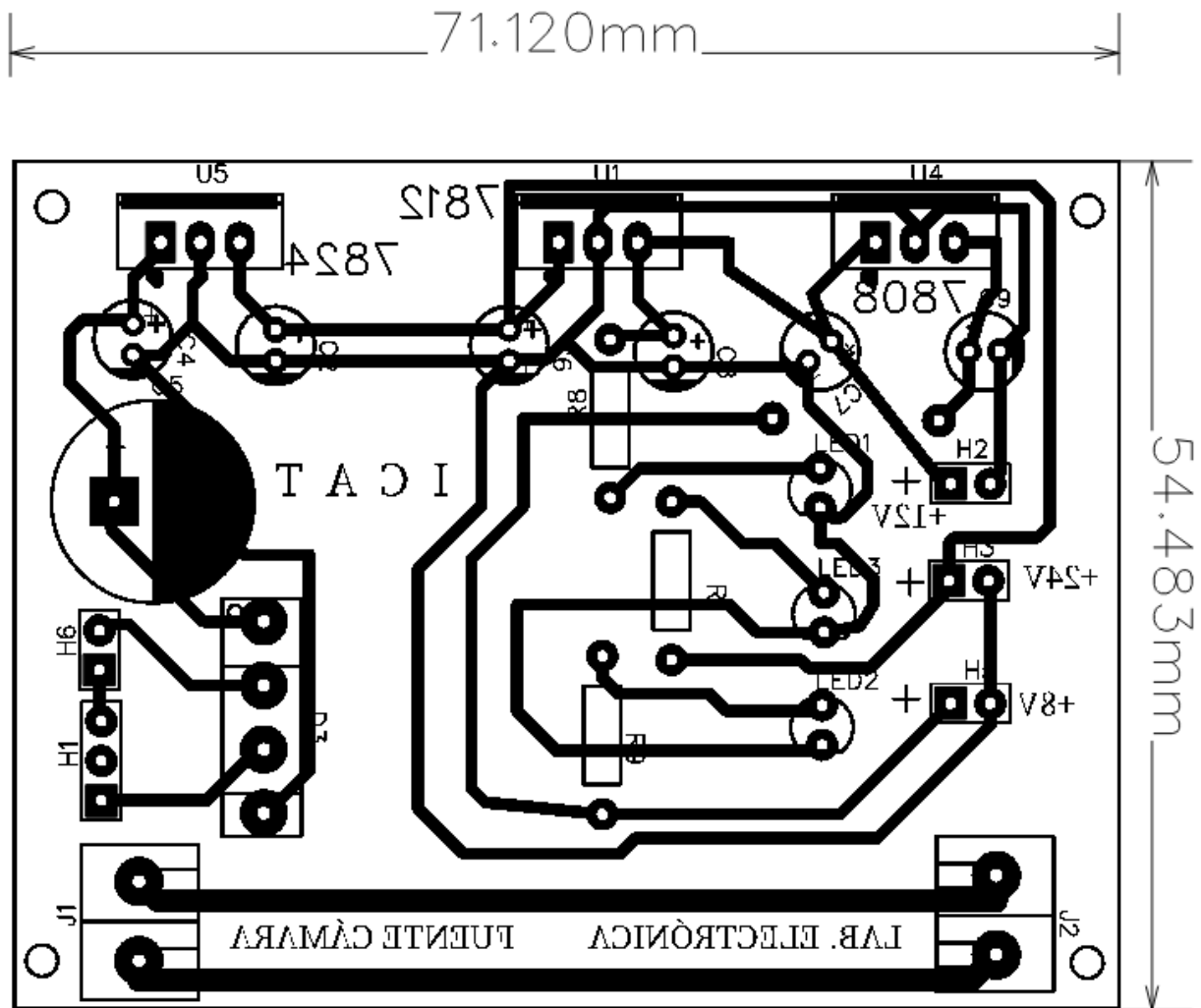


Tarjeta de Fuente de Poder



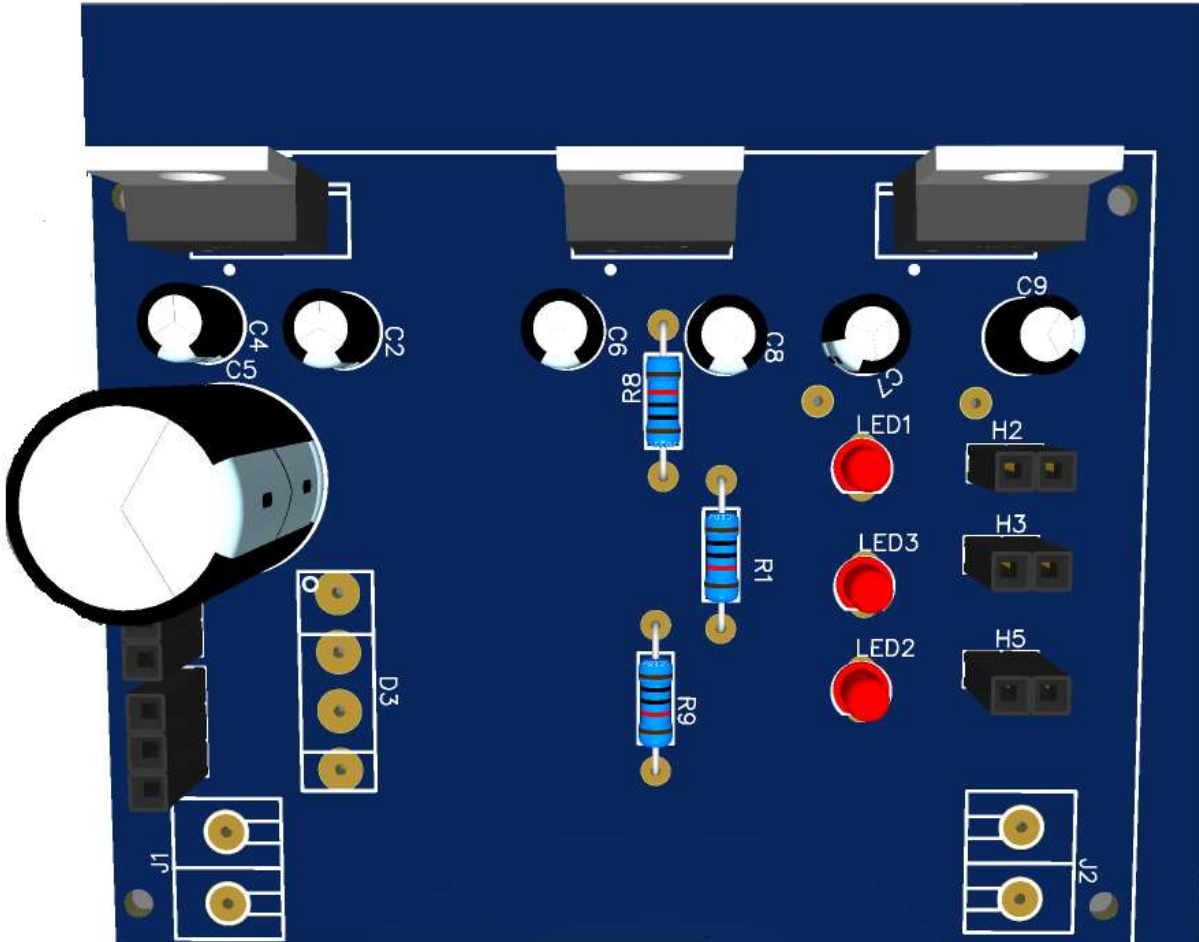
Circuito Impreso

Tarjeta de Fuente de poder



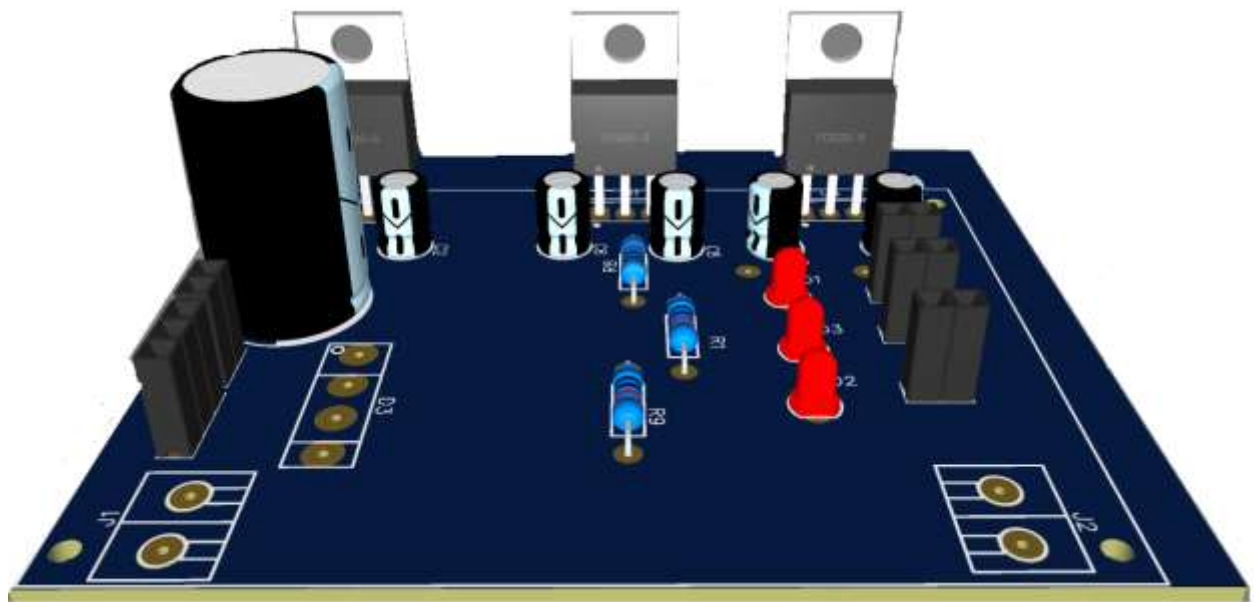
Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Fuente de Poder (PCB)

Cara Superior



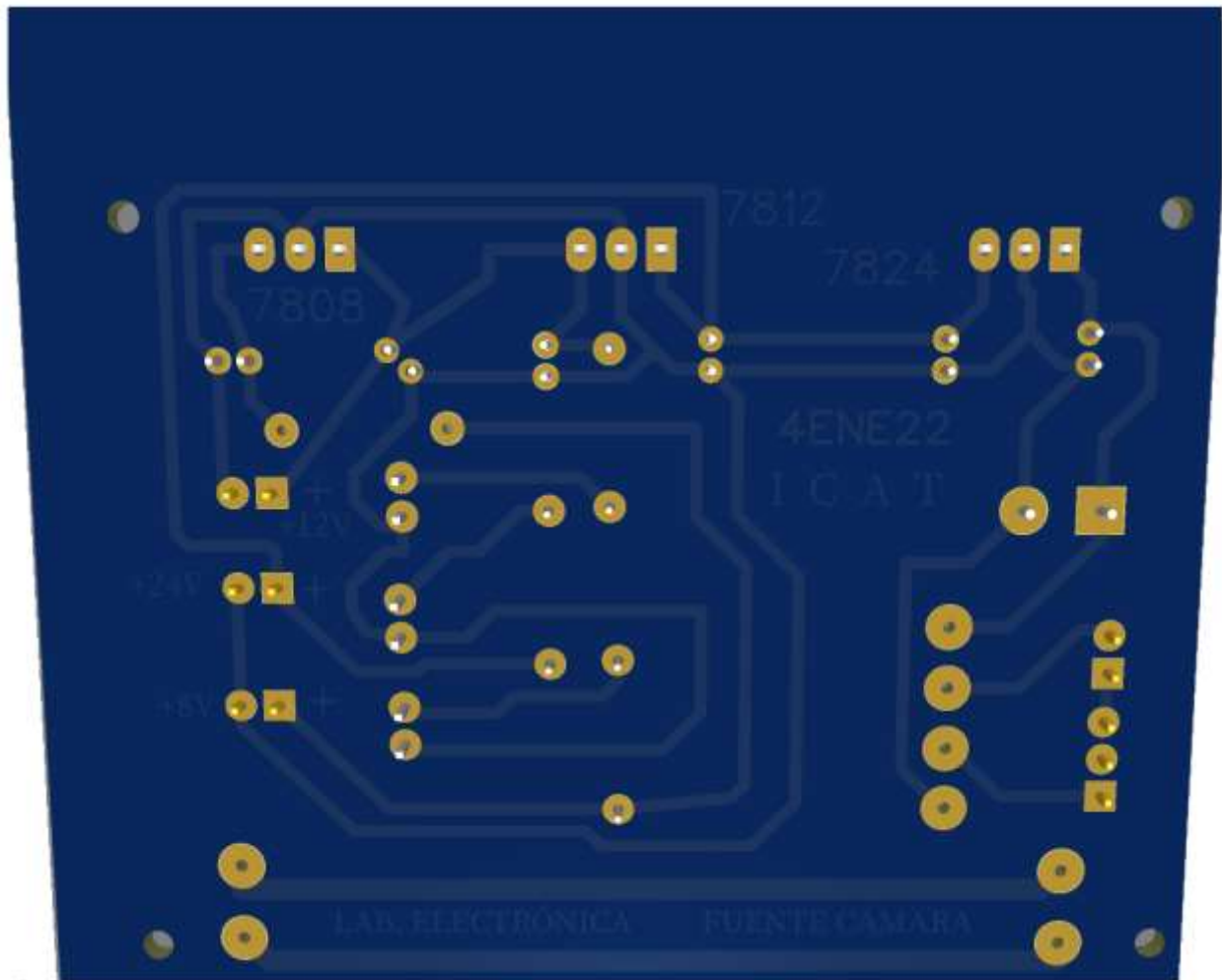
Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Fuente de Poder (PCB)

Vista de Perfil



Vista 3D Circuito Impreso de tarjeta de Fuente de Poder (PCB)

Cara de Pistas



Apéndice B

Lista de partes

Sensores y actuadores				
Cantidad	Componente	Características	Figura	
1	Cristal ultrasónico	36mm/24V		
1	Bomba de agua	JT-160		
1	Interruptor de nivel	DT15 (tipo A)		
1	Válvula de paso	Globo de 1/2"/rosca interna		
2	Resistencia cerámica	127 VCA/100W/PTC		
1	Resistencia tubular	127 VCA/1000W		
1	Ventilador PC	127 VCA		
1	Relevador estado sólido	75-250 VCA,15A/4-32VDC/AQA211VL(AG)		
1	Sensor de humedad	HMZ-433A1		
1	Sensor de temperatura	LM35		
2	Detector de nivel de líquido	FS-28		

Tarjeta de control				
Cantidad	Componente	Características	Figura	Ubicación
4	Resistencia	220Ω		R27,R28,R10,R11
3	Resistencia	5KΩ		R1,R9,R5
5	Led	Verde/5mm/LG5D-AC-R30(AG)		Leds(2,3,4,5,6)
4	Capacitor poliéster	0.1μF/200V		C8,C10,C3,C6
1	Arduino uno	Tarjeta Arduino uno		
1	LCD	Display(LCD) 16x2 (1602A)		Panel frontal
1	Header Hembra	Conector header 40,terminales hembra,1 línea, 2.54mm(Housing-40)		H7,H4,Relay
1	Header Macho	Conector header 40,terminales macho,1 línea, 2.54mm(Header-1)		H7,H4,Relay
3	Conector para tarjeta	Tipo Molex 3 pines (2.54mm)		H1,H2,HR1,HR2,HR3,HR4
2	Potenciómetro	Potenciómetro de precisión 1KΩ (10 vueltas)		SPT,SPH (panel frontal)

Tarjeta de Potencia				
Cantidad	Componente	Características	Figura	Ubicación
4	Resistencia	1K Ω		R2,R3,R4,R5
2	Resistencia	2.2K Ω		R33,R44
4	Led	Verde/5mm/LG5D-AC-R30(AG)		Leds(2,3,4,5,)
2	Transistor MosFet	IRF540		Q3,Q4
2	Conector para tarjeta	Tipo Molex 2 pines (2.54mm)		H1,H5
6	Conector para tarjeta tipo tornillo	KF301-2P/TRTG-02		J1,J2,J3,J4,J5,J6

Fuente de alimentación				
Cantidad	Componente	Características	Figura	Ubicación
1	Toma Corriente	Clavija de uso rudo		
1	Indicador	Foco piloto		Panel frontal
1	Transformador	127VCA/24VCA, 3A		
1	Porta fusible	Tipo europeo de cartucho		Panel frontal
1	Porta fusible	De línea europeo de bayoneta		H6
1	Fusible	Tipo europeo, 3A		
1	Fusible	Tipo europeo , 10A		
1	Interruptor	Switch de palanca 1 polo, 1 tiro, 2 posiciones/15A		Panel frontal
1	Puente de diodos	Puente rectificador 200V, 2A		D3
1	Capacitor	Capacitor electrolítico 4700μF/50V		C5

1	Capacitor	Capacitor poliéster 0.33µF/200V		C4,C6,C7
1	Capacitor	Capacitor poliéster 0.1µF/200V		C2,C8,C9
1	Regulador	Regulador de voltaje L7824/1A		U5
1	Regulador	Regulador de voltaje L7812/1A		U1
1	Regulador	Regulador de voltaje L7808/1.5A		U4
3	Resistencia	Resistencias 5KΩ/1/2W		R1,R8,R9
3	Led	Leds 5mm		Led1,Led2,Led3
1	Disipador	Disipador aluminio 8cm		

Alambrado (material para el alambrado) y adicionales				
Cantidad	Componente	Características	Figura	Ubicación
1	Conector	Culca de conexión		
1	Cable plano colores	16 hilos, calibre 26AWG (1 m)		
1	Cable colores	Cable unipolar, Calibre 22 AWG (4 m)rojo,negro		
1	Cable de Línea	Uso rudo, calibre 16 AWG (2 m)		
1	Cable señal	Cable 3 hilos blindado calibre 26AWG(3 m)		
1	Thermofit	Tubo termoretráctil 3/32(1m)		
1	Termofit	Tubo termoretráctil 3/8(1m)		
1	Soldadura	Soldadura de estaño 40/60 (1 m)		
1	Pasta	Pasta para soldadura (1 lata)		
10	Tornillos con tuerca	Medidas varias		

1	Depósito	Recipiente para agua 5.2 litros		Cámara
20	Soportes	Soportes plásticos para PCB auto adhesivos(20)		
5	Led	Leds indicadores de estado 5mm		Panel frontal
1	interruptor	Switch de push, de botón cuadrado normalmente abierto (reset)		Panel frontal

Apéndice C

Hojas de datos



PRODUCT SPECIFICATIONS

HMZ-433A1

HMZ-433A1 Humidity module specifications

1. Application range :

The HMZ-433A1 module consists of an HCZ sensor and integrated circuit to provide a linear DC Voltage for 0-100%RH to enable easy user application of the HCZ sensor. They are specifically designed for use appliances and controllers.

Feature	Application
Wide humidity operation range	Air condition, humidifier, Dehumidifier.
Linear DC Output	Humidity controller, Humidity transmitter.
Easy operation	Hygrometer, Hygro-recorder.
Long-term stability	Copying machine.
Small and economical	Clock, Weather-forecast barometer.

2. Electrical characteristics :

2.1 Sensing element (Humidity) : HMZ-433A1 Humidity sensor " GHITRON HCZ sensor"

2.2 Supply Voltage(Vin) : 5VDC±5%

2.3 Current Consumption : 5mA max.(2mA avg.)

2.4 Operating Range

Temperature : 0 to 60℃

Humidity : 95%RH or less

2.5 Storage

Temperature : -20 to 70℃

Humidity : 95%RH or less

2.6 Humidity transmitting

Range : 20 to 90%RH

2.7 Accuracy :

Temperature : Resistance(1%) : 50±0.5KΩ(at 25±0.2℃)

Humidity : ±5%RH (at 25℃, 60%RH, Vin=5.00VDC)

2.8 Humidity Output 0~3.3V

At 25℃, Vin=5.00VDC
Signal(Reference) : (Output Impedance approx:5KΩ)

Humidity(%RH)	20	30	40	50	60	70	80	90
Output Voltage(V)	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97

2.9 Temperature Output

Using thermistor 503 R(25℃)=50K(Ω)±1%,
Signal(Reference) : B(25/85)=3950K±1%

This document is the exclusive property of Ghitron and shall not be reproduced or copied or transformed to any other format without prior permission of Ghitron. 本資料為機密資料，未經許可，不得複製、翻印或轉變成其他形式使用。

Page 1 of 1

App. No.

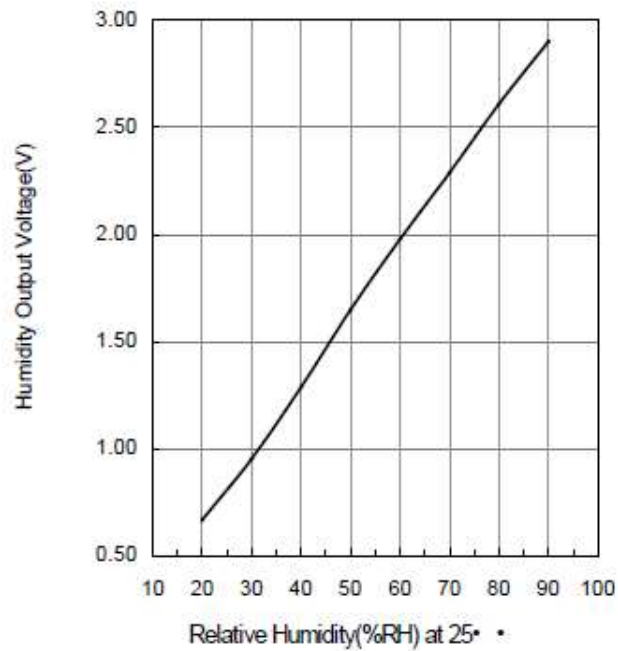
EC-002001

Ghitron Technology

Temperature(°C)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance(K(Ω))	160.56	98.714	62.328	50.0	40.356	26.756	18.138	12.554

2.10 Humidity Output 0~3.3V characteristics :

HMZ-433A1 Humidity Output 0~3.3V characteristics



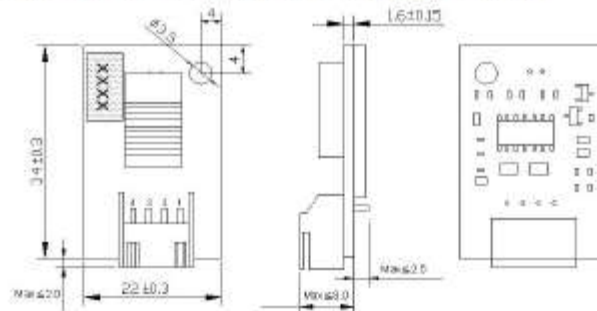
This document is the exclusive property of Ghitron and shall not be reproduced or copied or transformed in any other format without prior permission of Ghitron. 本資料為機密財產，未經許可，不得複製、翻印或轉變成其他形式使用。	Page 2 of 2	
	App. No.	EC-M02001

2.11 HMZ module Humidity Output 0~3.3V v.s Temperature characteristics :

	10° ±	15° ±	20° ±	25° ±	30° ±	35° ±	40° ±
20%RH	0.75	0.72	0.69	0.66	0.62	0.59	0.55
30%RH	1.03	1.00	1.00	0.99	0.96	0.93	0.90
40%RH	1.32	1.30	1.31	1.32	1.30	1.28	1.25
50%RH	1.64	1.63	1.64	1.65	1.64	1.63	1.61
60%RH	1.97	1.97	1.98	1.98	1.98	1.98	1.96
70%RH	2.30	2.30	2.31	2.31	2.31	2.31	2.30
80%RH	2.64	2.64	2.63	2.64	2.63	2.63	2.61
90%RH	2.97	2.96	2.94	2.97	2.94	2.92	2.90

Remark: Accuracy: ±5%RH(at 25° ± 60%RH Vin=5.00VDC)

Output range: 4.815~2.145V(55%RH~65%RH Output)

3. Configuration & Dimensions (Units :mm) : Model No. HMZ-433A1 Drawing

3.1 Terminal Connection :

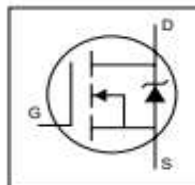
Terminal	Content. (4Pin Pitch : 2.5mm)
Pin1	Power Source 5V DC.
Pin2	Humidity Output
Pin3	GND
Pin4	Temp Output 50kΩ (at 25°C)

Remark : Please pay attention to the power source and GND polarity position.

IRF540N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$$V_{DS} = 100V$$

$$R_{DS(on)} = 44m\Omega$$

$$I_D = 33A$$

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



TO-220AB

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	33	A
I_D @ $T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	23	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	110	
P_D @ $T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	130	W
	Linear Derating Factor	0.87	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AS}	Avalanche Current②	16	A
E_{AS}	Repetitive Avalanche Energy②	13	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	7.0	V/ns
T_J	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
T_{SOL}	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lb-in (1.1N-m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
R_{JC}	Junction-to-Case	—	1.15	°C/W
R_{CS}	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
R_{JA}	Junction-to-Ambient	—	62	

www.irf.com

1
03/13/01

IRF540, RF1S540SM

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	IRF540, RF1S540SM	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	V_{DS}	100 V
Drain to Gate Voltage ($R_{DS} = 20k\Omega$) (Note 1)	V_{DGR}	100 V
Continuous Drain Current	I_D	28 A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	I_D	20 A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM}	110 A
Gate to Source Voltage	V_{GS}	± 20 V
Maximum Power Dissipation	P_D	120 W
Dissipation Derating Factor		0.8 $W/^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS}	230 mJ
Operating and Storage Temperature	T_A, T_{STG}	-55 to 175 $^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	T_L	300 $^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	T_{pkg}	260 $^\circ\text{C}$

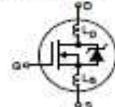
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. $T_J = 25^\circ\text{C}$ to $T_J = 150^\circ\text{C}$.

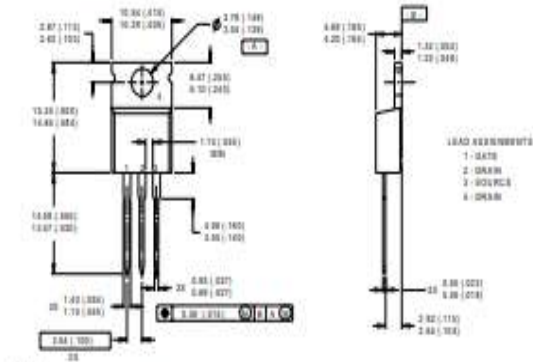
Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 10)	100	-	-	V
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$	2	-	4	V
Zero-Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = 50\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	μA
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} = 0.5 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$	-	-	250	μA
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{DS} > I_{D(ON)} \neq I_{D(ON)MAX}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figure 7)	28	-	-	A
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	± 100	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$I_D = 17\text{A}$, $V_{DS} = 10\text{V}$ (Figures 8, 9)	-	0.080	0.077	Ω
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DS} \geq 50\text{V}$, $I_D = 17\text{A}$ (Figure 12)	8.7	13	-	s
Rise Time	t_r	$V_{DS} = 50\text{V}$, $I_D = 28\text{A}$, $R_G = 0.1\Omega$, $R_L = 1.7\Omega$	-	15	23	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$	MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	70	110	ns
Fall Time	t_f		-	40	60	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$		-	50	83	ns
Gate to Source Charge	Q_{gs}	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 28\text{A}$, $V_{DS} = 0.5 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $I_{G(REF)} = 1.5\text{mA}$ (Figure 14) Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	38	59	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	8	-	nC
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$	-	21	-	nC
Output Capacitance	C_{oss}	(Figure 11)	-	1450	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}		-	550	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured From the Contact Screw on Tab To Center of Die	-	100	-	pF
		Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	3.5	-	nH
			-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured From the Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad	-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	1.25	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	80	$^\circ\text{C/W}$
	$R_{\theta JA}$	RF1S540SM Mounted on FR-4 Board with Minimum Mounting Pad	-	-	82	$^\circ\text{C/W}$



International
IOR Rectifier

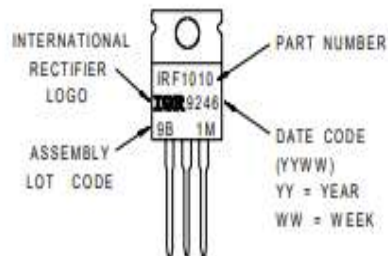
Dimensions are shown in millimeters (inches)



NOTES:

1. DISSEMINATING & TELETYPE FOR 001110AM, 1962	2. OUTLINE CONFORMS TO JESOC OUTLINE TO COMEX.
3. CONTROLLING SUBSIDIARY: BCB	4. HEAVY & LAD MEASUREMENTS DO NOT INCLUDE WINGS

EXAMPLE : THIS IS AN IRF1010
WITH ASSEMBLY
LOT CODE 9B1M



Data and specifications subject to change without notice.
This product has been designed and qualified for the industrial market.
Qualification Standards can be found on IR's Web site.

International
IOR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
TAC Fax: (310) 252-7903
Visit us at www.irf.com for sales contact information.03/01

Panasonic

Small Screw Terminal SSR
Ideal for DC Control

AQ-A RELAYS
(DC only)



FEATURES

1. Compact size
W 40 × L 58 × H 25.5 mm
W 1.575 × L 2.283 × H 1.004 inch
2. With terminal cover for safety (output side only).
3. Mounting pitch 47.6 mm 1.870 inch
4. Internal diode protects element on output side
5. With LED indication for operation status verification

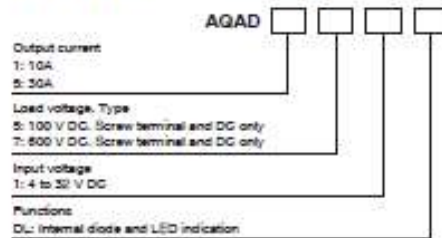
* Cover on input side available as option.

TYPICAL APPLICATIONS

- Photovoltaic power generation system
- Storage battery system
- For control of all types of business equipment and industrial use DC heaters/motors, etc.

* Please visit our website to find out the latest about international standards compliance.

ORDERING INFORMATION



TYPES

1. AQ-A Solid State Relays (DC only)

Type	Load current	Load voltage	Input voltage	Part No.
DC only	30A	100V DC	4 to 32V DC	AQAD51DL
	10A	600V DC		AQAD171DL

Standard Packing: carton, 2 pos., case: 50 pos.

2. Accessories

Type	Part No.	Packaged quantity
Standard heat sink	AQP-HS-D5A	No carton, 5 in a case
Slim heat sink (45mm 1.77inch wide) (Mountable on a DIN rail)	AQP-HS-SJ20A	No carton, 5 in a case
DIN rail mounting plate	AQP-DRJ	No carton, 50 in a case
Terminal cover	AQA301	No carton, 50 in a case
Mounting rail	ATA-DLA1	1 in a carton, 100 in a case
Fastening plate	ATA6006	1 in a carton, 200 in a case

AQ-A (AQAD)

RATING

1. Ratings (Measurement condition: at 20°C 68°F, Input ripple: 1% or less)

Item	Part No.	AQAD551DL	AQAD171DL	Remarks
Input side	Input voltage	4 to 32V DC		
	Input current	Max. 20mA		
	Drop-out voltage	Min. 1V		
Output side	Max. load current (DC)	30A	10A	
	Peak load current	90A (V _L = 60V DC)	20A (V _L = 600V DC)	100 ms (1 shot)
	Load voltage (DC)	100V	600V	Absolute maximum rating
	"OFF-state" leakage current	Max. 100μA		V _I = Max.
	ON resistance	Max. 20mΩ	Max. 200mΩ	at Max. carrying current
	Max. power dissipation	20W		

2. Characteristics (Measurement condition: at 20°C 68°F, Input ripple: 1% or less)

Item	AQAD551DL	AQAD171DL	Remarks
Operate time	Max. 10ms	Max. 5ms	V _I = 4 V, I _L = 1 A, V _L = 10 V Resistance load
Release time	Max. 3ms	Max. 1ms	V _I = 4 V, I _L = 1 A, V _L = 10 V Resistance load
Insulation resistance	100MΩ between input and output		at 500V DC
Breakdown voltage	4,000 Vrms between input and output 2,500 Vrms between input, output and case		for 1 min.
Vibration resistance	10 to 55Hz double amplitude of 1.5mm (0.059in)		X, Y, Z axes
Shock resistance	Min. 900 ms		X, Y, Z axes
Ambient temperature	-20°C to +60°C (-4°F to +132°F)		Non-condensing at low temperatures
Storage temperature	-20°C to +85°C (-4°F to +183°F)		Non-condensing at low temperatures
Max. switching frequency	0.5 times/s		V _I = 4 V, duty = 50%, I _L = Max., V _L = Max.

Note: V_I is input voltage, I_L is load current, and V_L is load voltage.

REFERENCE DATA

1. Load current vs. ambient temperature characteristics Use load current within range specified in the figure below.

Tested condition

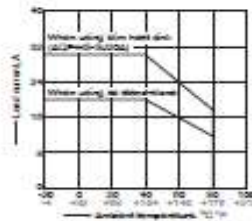
With external heat sink

When using standard heat sink (AGP-HS-025A) or slim heat sink (AGP-HS-032A):
1) If attached to a heat sink, use a heat conductive compound (Ei, Momentive Performance Materials Inc. YG6111 or TSK5303) of similar coating to improve cooling.

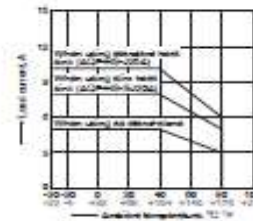
Without external heat sink

If the mounting surface is not metallic and a heat sink is not used, expose the bottom surface and plate surface to improve heat dissipation.

(1) 30A type (AQAD551DL)



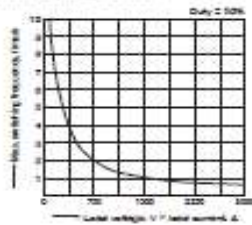
(2) 10A type (AQAD171DL)



2. Max. switching frequency vs. load voltage × load current characteristics

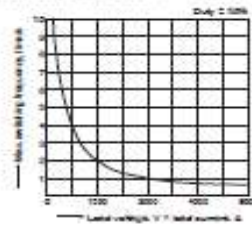
(1) 30A type (AQAD551DL)

Ambient temperature: 20°C 68°F

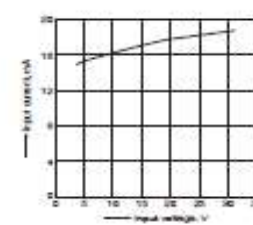


(2) 10A type (AQAD171DL)

Ambient temperature: 20°C 68°F



3. Input current vs. input voltage characteristics



LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

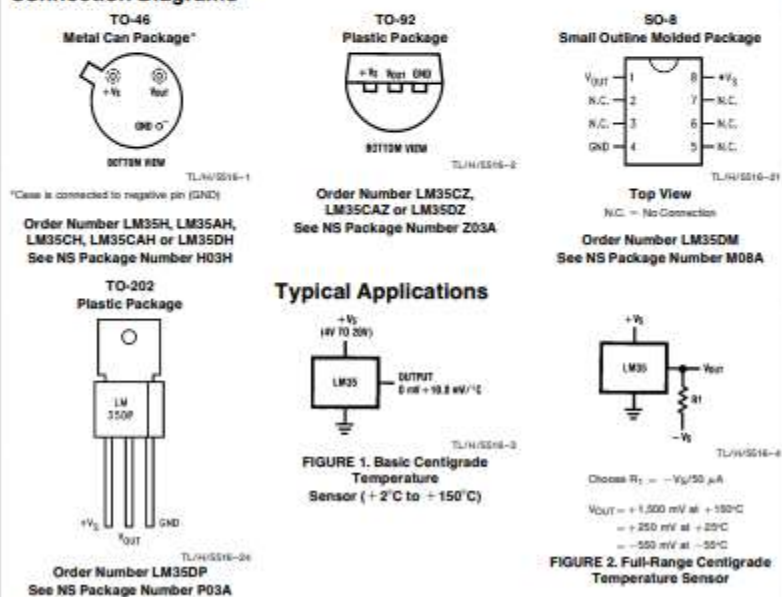
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in °Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full $-55^\circ\text{ to }+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a $-55^\circ\text{ to }+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a $-40^\circ\text{ to }+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full $-55^\circ\text{ to }+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams



TM/ST/79 is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

ESD Susceptibility (Note 11)

2500V

Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}

(Note 2)

LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5	± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_B \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_B = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_B = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_B = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_B = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_B \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_B \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_B = +5V$ dc and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $320^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is $85^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadyest reading despite small deviations in the air temperature.

Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**	SO-8, no heat sink	SO-8, small heat fin**	TO-202, no heat sink	TO-202***, small heat fin
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	85°C/W	60°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W				
(Clamped to metal, infinite heat sink)	(24°C/W)				(55°C/W)		(23°C/W)	

* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

** TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications (Continued)

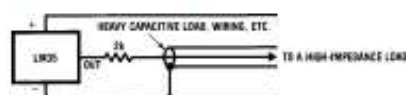


FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load
TL/H/SS16-19

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring

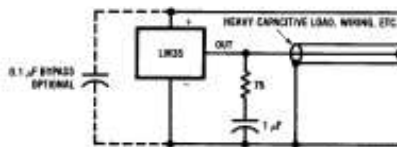


FIGURE 4. LM35 with R-C Damper
TL/H/SS16-20

capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc., as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.

Specification
for
LCD Module
1602A-1
(V1.2)

1. 0 FEATURES

- Display Mode: STN, BLUB
- Display Formate: 16 Character x 2 Line
- Viewing Direction: 6 O'clock
- Input Data: 4-Bits or 8-Bits interface available
- Display Font : 5 x 8 Dots
- Power Supply : Single Power Supply (5V±10%)
- Driving Scheme : 1/16Duty,1/5Bias
- BACKLIGHT (SIDE) : LED (WHITE)

2.0 ABSOLUTE MAXIMUM

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
Power Supply for logic	Vdd	-0.3	+7.0	V
Power supply for LCD Drive	Vlcd	Vdd-10.0	Vdd+0.3	V
Input Voltage	Vi	-0.3	Vdd+0.3	V
Operating Temperature	Ta	0	+50	℃
Storage Temperature	Tstg	-10	+60	℃

3.0ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Ta=25℃;Vdd=3.0V±10%,otherwise specified)

Item	Symbol	Test Condition	Mfm.	Typ.	Max.	Unit
Power Supply for Logic	Vdd	--	4.7	5.0	5.5	V
Operating Voltage for LCD	Vdd-Vo	--	--	5.0	--	V
Input High voltage	Vih	--	2.2	--	Vdd	V
Input Low voltage	Vil	--	-0.3	--	0.6	V
Output High voltage	Voh	-Ioh=0.2mA	2.4	--	--	V
Output Low voltage	Vol	Iol=1.2mA	--	--	0.4	V
Power supply current	Idd	Vdd=3.0v	--	1.1	--	mA

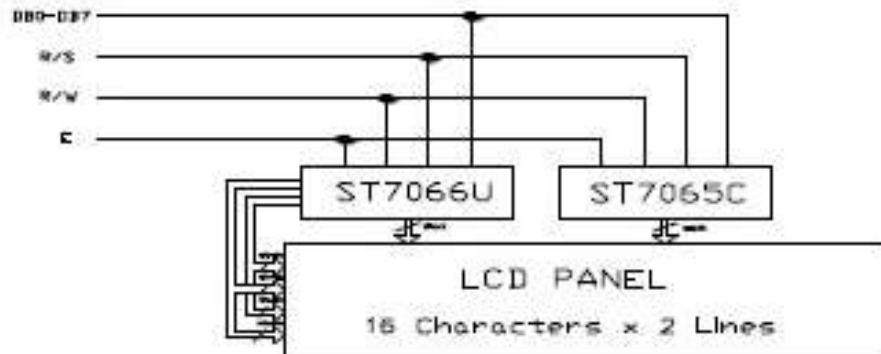
4.0 MECHANICAL PARAMETERS

Item	Description	Unit
PCB Dimension	80.0*36.0*1.6	mm
View Dimension	69.5*14.5	mm

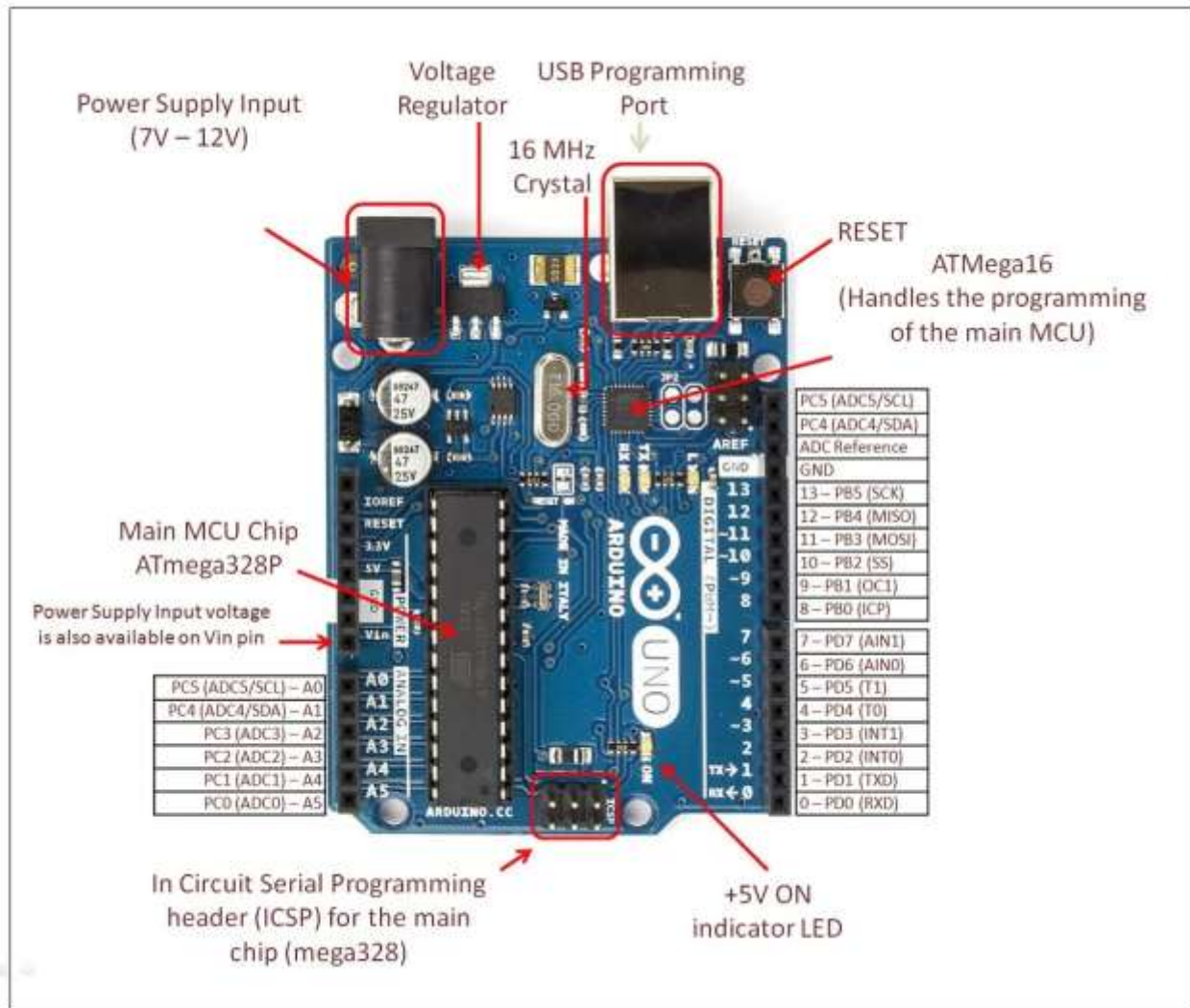
5.0 PIN ASSIGNMENT

No.	Symbol	Level	Function	
1	Vss	-	0V	Power Supply
2	Vdd	-	+5V	
3	V0	-	for LCD	
4	RS	H/L	Register Select: H-Data Input L-Instruction Input	
5	R/W	H/L	H-Read L-Write	
6	E	H-H-L	Enable Signal	
7	DB0	H/L	Data bus used in 8 bit transfer	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L	Data bus for both 4 and 8 bit transfer	
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	BLA	-	BLACKLIGHT +5V	
16	BLK	-	BLACKLIGHT 0V-	

6.0 BLOCK DIAGRAM



7.0 POWER SUPPLY BLOCK DIAGRAM



PINOUT Arduino uno

Placa	Arduino UNO R3
Microcontrolador	ATmega328p
Procesador	AVR 8 bits
Tensión de funcionamiento	5V
Tensión mínima de funcionamiento	2,7V
Máxima tensión de funcionamiento	6V
Placa IDE de Arduino	Arduino/Genuino Uno
Alimentación a través de VIN,VCC	7V...12V
Pines de E/S digitales (con PWM)	14 (6)
Pines de entrada analógica	6
Resolución ADC	10 bits (0...1023)
Pines de salida analógica	0
SPI/I2C/I2S/UART	1/1/0/1
Corriente CC máxima por pin de E/S	20 mA

Placa	Arduino UNO R3
Corriente CC máxima por pin de 3V	50 mA
Memoria flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1024 bytes
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud x Anchura	69mm x 53mm
Se adapta a la placa de pan estándar	no
WIFI	no
Bluetooth	no
Sensor táctil	no
CAN	no
Interfaz MAC Ethernet	no

Placa	Arduino UNO R3
Sensor de temperatura	no
Sensor de efecto de pared	no
Toma de corriente	sí
Conexión USB	sí
Conexión a la batería	no
Programable	Arduino IDE
Regulador de tensión de 5V	NCP1117ST50T3G
Tensión de salida	5V
Máxima tensión de entrada	20V
Tensión de entrada mínima	6,5V
Corriente de salida máxima	1A

Placa	Arduino UNO R3
Máxima caída de tensión	1,2V @ 800mA
Corriente de reposo típica	6mA
Regulador de voltaje de 3,3 V	LP2985-33DBVR
Tensión de salida	3,3V
Tensión de entrada máxima	16V
Tensión de entrada mínima	3,9V
Corriente de salida máxima	150mA
Máxima caída de tensión	350mV @ 150mA
Corriente de reposo típica	1,5mA
Consumo de energía a 9V	
Guion vacío de referencia [mA]	98,43

Placa	Arduino UNO R3
Reducir la velocidad del reloj [mA]	42,76
Modo de bajo consumo [mA]	27,85
Consumo de energía a 3,3V	
Velocidad de reloj [mA]	11,55
Modo de bajo consumo [mA]	11,45

UNI-T.

UT-333S **MEDIDOR DE TEMPERATURA** **/HUMEDAD CON Sonda**

Descripción.

UT-333S es un medidor digital de temperatura y humedad seguro y confiable. Con un diseño de tipo dividido, es conveniente y rápido para medir la temperatura con precisión en diferentes entornos. Se usa ampliamente en el almacenamiento y transporte de granos, la gestión de archivos y materiales, la silvicultura y la ganadería, la atención sanitaria, la enseñanza, el sector público y el hogar. Su diseño es perfecto para monitorear conductos de ventilación pequeños y difíciles de alcanzar.

UT-333S



Especificaciones

Funciones de prueba	Rango	Resolución
Temperatura °C	-10°C~80°C	0.1°C
Temperatura °F	14°F~140°F	0.2°F
Humedad	0%RH~100%RH	0.1%RH
°C/°F	✓	
MAX/MIN	✓	
Retención de datos	✓	
Alarma de sobrecarga	✓	
Display con Luz de fondo	✓	
Función Automática de Apagado	✓	

Apéndice D

Programa Arduino

```
// Se requiere la biblioteca de uso del display
```

```
// combinado tem, hum, y nivel
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
int VO = 6;
```

```
//código humedad
```

```
int bajo = 9;
```

```
int arriba = 10;
```

```
int motor = 13;
```

```
int estadobajo=bajo;
```

```
int estadoarriba=arriba;
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
const int pinLed = 8;
```

```
const int pinLed2 = 7;
```

```
float valorPotenciometro= (A1);
```

```
float valorPotenciometro2= (A2);
```

```
float valorPotenciometro3= (A3);
```

```
const float pinSensor = 0;

const float pinSensor2 = 2;

float valorSensor = 0;

float temperatura = 0;

float humedad=2;

float Shumedad;

float voltaje;

float voltaje2;

float voltaje3;

void setup() {

  //código humedad

  pinMode(bajo, INPUT);

  pinMode(arriba, INPUT);

  pinMode(motor, OUTPUT);

  analogWrite(VO, 25);

  lcd.begin(16,2);

  // Manda un letrero al display

  pinMode(pinSensor, INPUT);

  pinMode(pinLed, OUTPUT);

  pinMode(pinLed2, OUTPUT);
```

```

lcd.print("T:");

lcd.setCursor(8,0);

lcd.print("ST:");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("H:");

lcd.setCursor(8,1);

lcd.print("SH:");

}

void loop() { // Programa principal

valorPotenciometro= analogRead(A1);

valorPotenciometro2 = analogRead(A2);

valorPotenciometro3 = analogRead(A3);

voltaje = 500*(valorPotenciometro/1023);

humedad = ((5*(valorPotenciometro2/1023))/0.03)+17;

voltaje3=(5*(valorPotenciometro3/1023))/0.03;

lcd.setCursor(11,0);

lcd.print(voltaje);

valorSensor = analogRead(pinSensor);

temperatura = (500*(valorSensor/1023.0));

lcd.setCursor(2,0);

```

```
lcd.print(temperatura);

lcd.setCursor(2,1);

lcd.print(humedad);

lcd.setCursor(11,1);

lcd.print(voltaje3);

if (temperatura > voltaje){

digitalWrite(pinLed, LOW);

}

else {

digitalWrite(pinLed, HIGH);

}

if (humedad > voltaje3){

digitalWrite(pinLed2, LOW);

else {

digitalWrite(pinLed2, HIGH);

}

}

estadobajo = digitalRead(bajo);

estadoarriba = digitalRead(arriba);

if((estadobajo!=1) && (estadoarriba!=0)){
```

```
digitalWrite(motor,LOW);

estadobajo = digitalRead(bajo);

estadoarriba = digitalRead(arriba);

delay(200);

}

estadobajo = digitalRead(bajo);

estadoarriba = digitalRead(arriba);

if ((estadobajo!=0) && (estadoarriba!=1)){

digitalWrite(motor,HIGH);

estadobajo = digitalRead(bajo);

estadoarriba = digitalRead(arriba);

delay(200);

}

delay(2000);

}
```