
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Diseño de la tarjeta de control de un
cargador de baterías de 1.5kW, basado en un
rectificador controlado monofásico.

PROYECTO FIN DE CARRERA 2010-11

Titulación: I.T.I. Electrónica Industrial
Intensificación: Automática Industrial
Alumno: Juan José Ros Gimeno
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 29 de febrero de 2012

INDICE

Alarmas y estado del sistema.....	1-20
Anexos.....	5-56
Anexos a la memoria.....	1-26
Bibliografía.....	1-31
Cálculos justificativos.....	1-26
CONDICIONES GENERALES.....	3-49
Esquemático.....	2-34
Instalación del sistema.....	1-25
Introducción.....	1-3
INTRODUCCIÓN.....	3-49
Memoria.....	1-2
Memoria Descriptiva.....	1-3
Normativa.....	1-4
Panel de control.....	2-46
PCB.....	2-39
PLACA DE CONTROL.....	2-34
PLANO DE SITUACIÓN.....	2-33
Planos.....	2-32
Pliego de condiciones.....	3-48
Presupuesto.....	4-53
Sensores.....	1-16
Sincronización de red.....	1-11
Sistema de alimentación.....	1-5
Sistema de carga.....	1-7
Sistemas de seguridad.....	1-23
Unidad de Control.....	1-12



1 MEMORIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

Se trata de realizar el diseño de la tarjeta de control de un cargador de baterías de 1.5kW, basado en un rectificador controlado monofásico, que nos permita cargar una determinada batería a corriente constante. Este cargador nos permitirá cargar baterías de 48 V. También nos permite elegir la corriente aplicada durante la carga.

1.1.1.2 TIPO DE BATERÍA Y MODOS DE CARGA

En función de sus diferentes propiedades eléctricas hemos escogido las baterías de plomo-ácido como las más apropiadas para este proyecto ya que son las más empleadas con los requerimientos de potencia especificados en la ficha técnica del proyecto.

Teniendo en cuenta las diversas construcciones de las baterías de plomo pueden subdividirse en distintos tipos en función del puenteado y también están las baterías conocidas como "dryfit". Por tanto poseen distintos tiempos de carga. Tenemos pues baterías de los siguientes tipos:

- Baterías para carga de corta duración (< 1 h)
- Baterías para cargas de larga duración (carga capacitiva, > 1 h)

Por ello, y para establecer distintos modos de carga de la batería, disponemos un potenciómetro que nos permite elegir la intensidad de corriente aplicada durante la carga de las baterías.

1.1.2 NORMATIVA

La normativa que vamos a aplicar en este proyecto es la UNE-EN_60335-2-29_2006 que controla los requisitos de seguridad para cargadores de baterías. Esta normativa complementa a la EN_60335-1 *“Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte I: requisitos generales”*, y por tanto la aplicación a sido conjunta de ambas normativas.

También se a tenido en cuenta la UNE 1000-3-2 a modo de control de armónicos. En toda esta normativa, se deduce que no se requieren equipos con una distorsión armónica total pequeña para la corriente de entrada, sino un cumplimiento individual de los límites para cada armónico. Esta circunstancia avala las soluciones pasivas, pues ellas no consiguen un THD pequeño pero son capaces de limitar las amplitudes de los armónicos de la corriente por debajo de lo establecido en la normativa.

Además el proyecto también se atiene a toda la normativa relacionada a simbología en los esquemas eléctricos y electrónicos dispuesta por AENOR.

1.1.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para el diseño de la alimentación se ha tenido en cuenta que este proyecto cuenta con tres etapas bien diferenciadas que son la etapa de potencia (Figura 1), la etapa de control y la etapa de alimentación (Figura 2).

La etapa de potencia está formada por el sistema de carga (apartado 1.1.4) que proporciona la energía necesaria para la carga de la batería. Desde la toma de red interpondremos un transformador cuya función es aislar galvánicamente y reducir la tensión al valor deseado de entrada en el sistema de carga, posteriormente mediante el rectificador controlado se adecuaran las tensiones y corrientes deseadas para la carga de la batería.

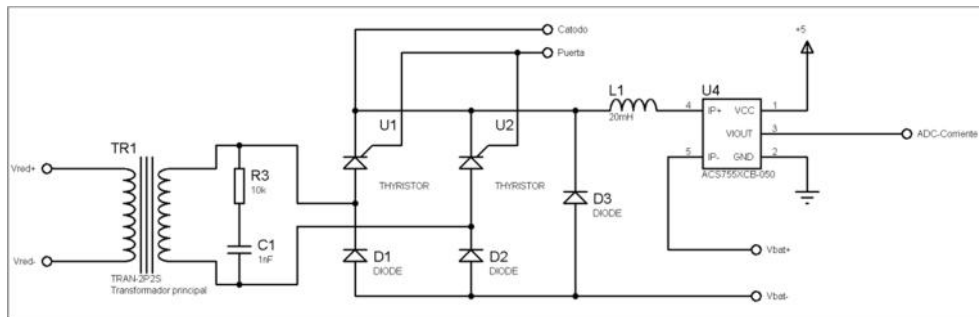


FIGURA 1

La etapa de alimentación es la encargada de ofrecer energía a la etapa de control y a los sensores proporcionando aislamiento galvánico de la tensión de red y la etapa de potencia. Esta etapa cuenta con un transformador de $\pm 12V$ con toma intermedia, entre bornes del transformador tenemos un puente rectificador de diodos con capacidad de 2A cuya se conecta a tres fuentes de alimentación lineal dispuestas en paralelo para obtener valores estables de tensión a 12V, -12V y 5V; a la salida del puente rectificador y antes del filtrado y conversión de tensión se conecta la entrada de la fase de sincronización de red (apartado 1.1.5).

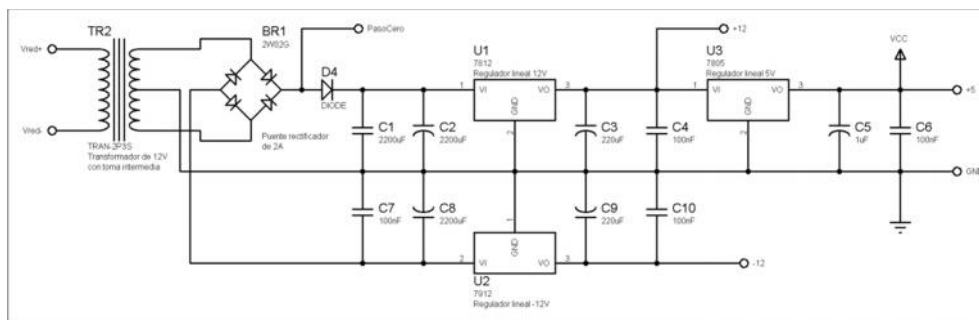


FIGURA 2

La etapa de control está formada por la unidad de control (apartado 1.1.6), los sensores (apartado 1.1.7) y los sistemas de alarmas y visualización (apartado 1.1.8).

1.1.3.1 FILTRADO

Antes y después de la fuentes de alimentación lineal de la etapa de control se filtra mediante condensadores para asegurar que la alimentación de los sensores y el sistema de control es lo mas estable posible.

Se dispone de un filtro RC a la entrada del semiconvertidor desde la red para minimizar la entrada de armónicos al sistema.

Por último tenemos otro filtro RC antes de la fase de sincronización de red, para evitar que los armónicos introducidos por la inductancia del transformador confundan al circuito.

1.1.4 SISTEMA DE CARGA

De entre las topologías disponibles entre los rectificadores monofásicos controlados hemos elegido como mejor opción al semiconvertidor monofásico por su relativa sencillez de implementación y por ajustarse debidamente a las especificaciones solicitadas.

1.1.4.1 SEMICONVERTIDOR MONOFÁSICO CON TIRISTORES

La disposición del circuito de un semiconvertidor monofásico aparece en la Figura 3, donde la carga está formada por una batería y una resistencia. La corriente de carga se supone continua y libre de componentes ondulatorias. Durante el medio ciclo positivo, el tiristor T_1 tiene polarización directa. Cuando el tiristor T_1 se dispara en $\omega t = \alpha$, la carga se alimenta a la alimentación de entrada a través de T_1 y D_2 durante el período $\alpha \leq \omega t \leq \pi$. Durante el período $\pi \leq \omega t \leq (\pi + \alpha)$, el voltaje de entrada es negativo y el diodo de marcha libre D_m tiene polarización directa. D_m conduce para proporcionar la continuidad de corriente de la carga inductiva. La corriente de carga se transfiere de T_1 y D_2 a D_m , y el tiristor T_1 así como el diodo D_2 se desactivan. Durante el medio ciclo negativo del voltaje de entrada, el tiristor T_2 queda con polarización directa y el disparo del tiristor T_2 en $\omega t = \pi + \alpha$ invierte la polarización D_m . El diodo D_m se desactiva y la carga se conecta a la alimentación a través de T_2 y D_1 .

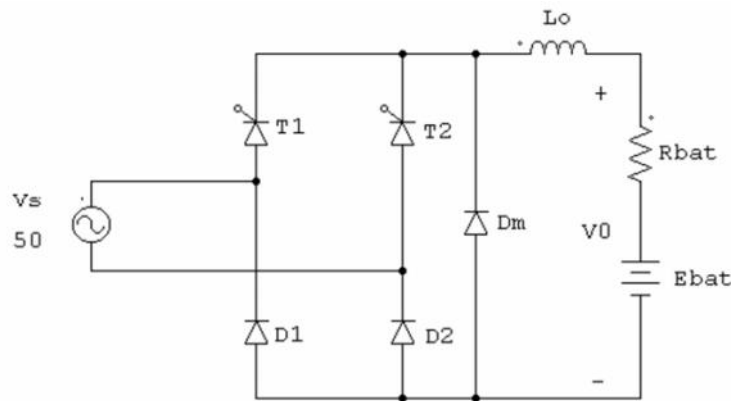


FIGURA 3

La Figura 4 muestra la región de operación del convertidor, donde tanto el voltaje como la corriente de salida tienen polaridad positiva. La Figura 5 muestra las formas de onda para el voltaje de entrada, el voltaje de salida, la corriente de entrada y las corrientes a través de T_1 y T_2 , D_1 y D_2 . Este convertidor tiene un mejor factor de potencia, debido a la operación del diodo de marcha libre.

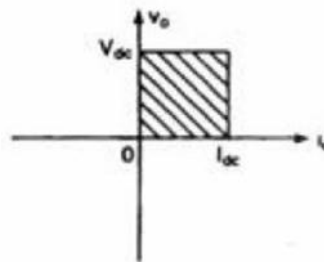


FIGURA 4

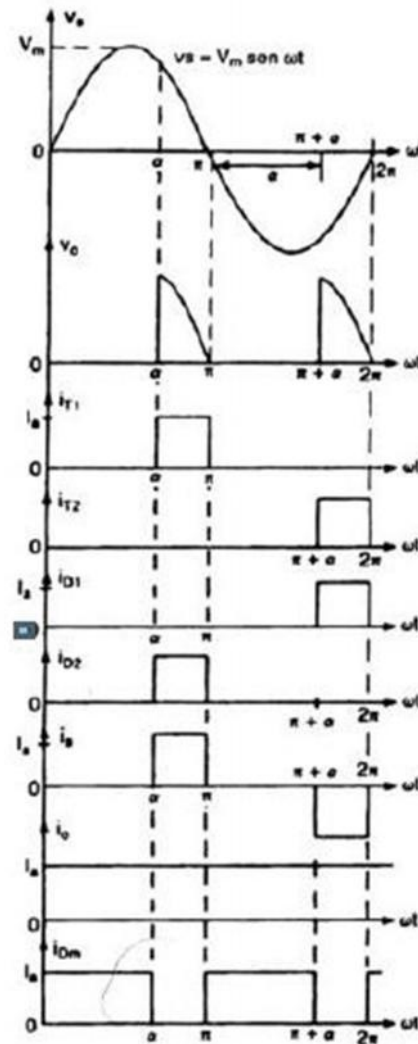


FIGURA 5

El voltaje promedio de salida se puede encontrar a partir de:

$$V_{DC} \approx \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos(\alpha))$$

Donde V_{DC} varia desde $2V_m/\pi$ hasta 0 al variar α desde 0 hasta π .

1.1.4.2 DRIVER DE DISPARO DE LOS TIRISTORES

Supondremos inicialmente que los tiristores usados en el semiconvertidor son de tipo SCR, por lo que para activarlos efectivamente necesitamos interponer un transformador de pulsos que tome como entrada la señal de activación enviada por la unidad de control y que genere a la salida una corriente suficiente entre puerta y cátodo (Figura 6).

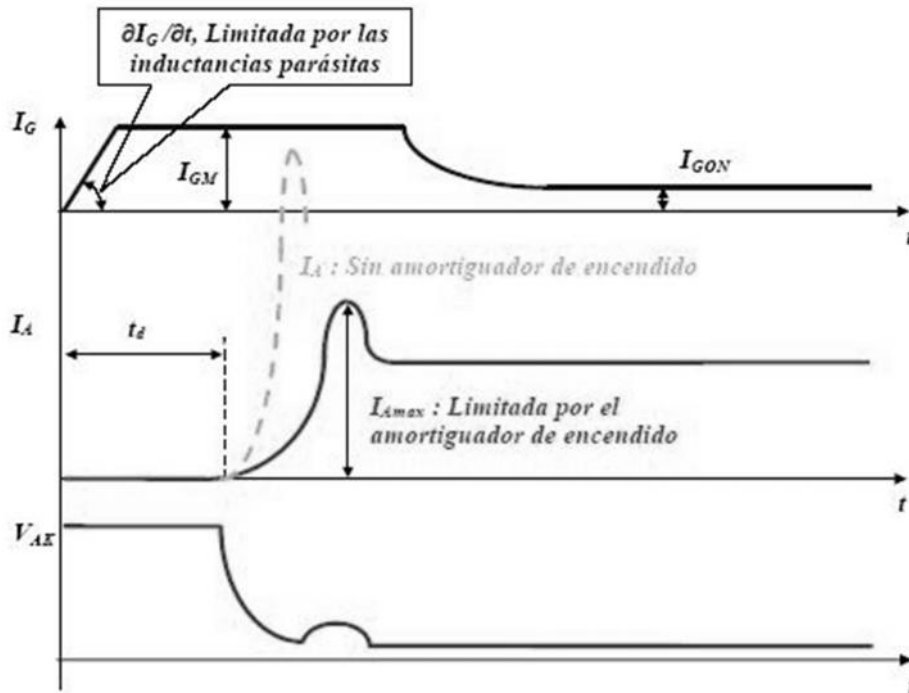


FIGURA 6

La extinción del tiristor ocurrirá naturalmente en cada semiperiodo cuando la corriente entre ánodo y cátodo sea cercana a cero por lo que si sincronizamos las señales de activación con este evento no sería necesario un circuito de extinción forzada.

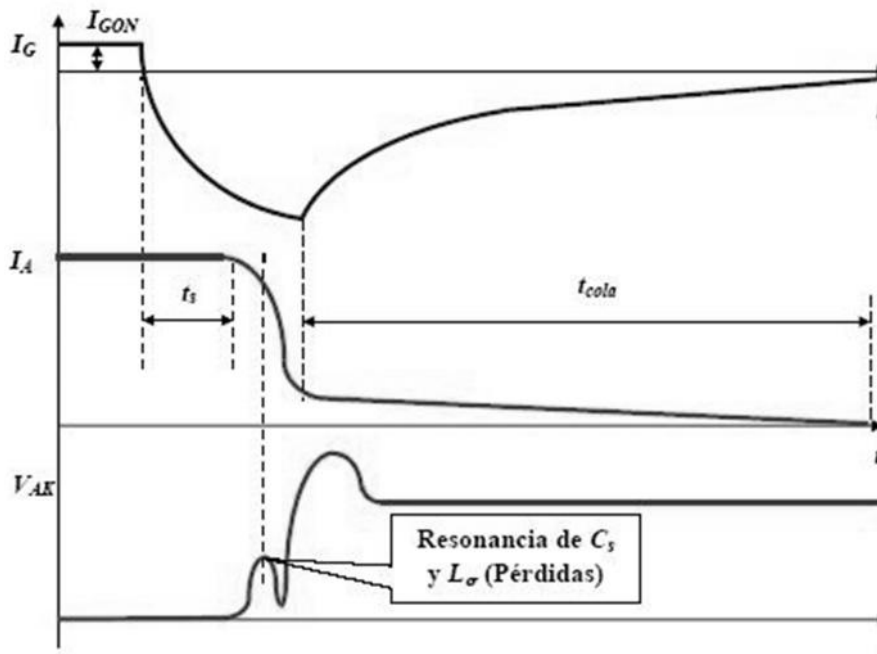


FIGURA 7

En el caso de que la solución expuesta mas arriba no sea suficientemente adecuada la alternativa mas sencilla seria la de seleccionar tiristores de tipo GTO que tienen las mismas características para el disparo y extinción natural que los de tipo SCR y además permiten la extinción forzada aplicando una corriente negativa entre los terminales de puerta y cátodo

(Figura 7), por lo que simplemente necesitamos una señal extra de la unidad de control para cada tiristor que indique cuando se debe forzar la extinción de dicho tiristor. En la Figura 8 podemos ver el driver implementado.

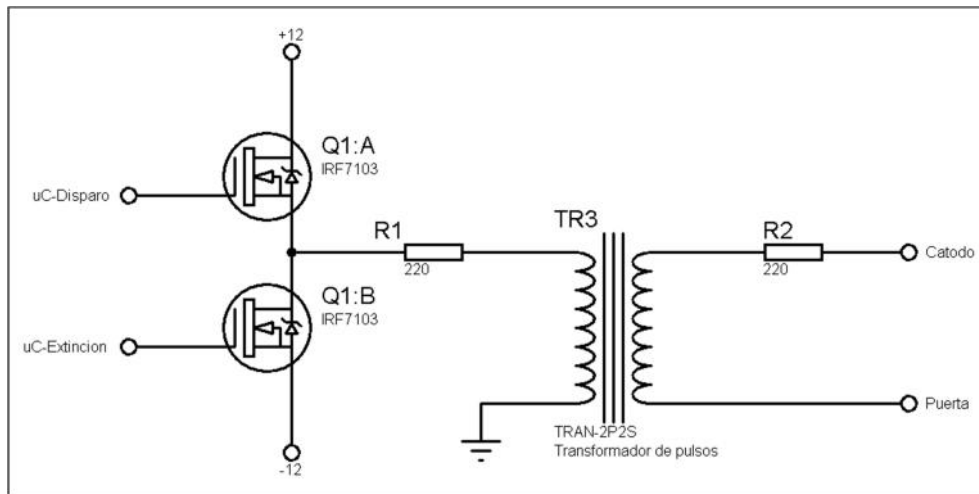


FIGURA 8

1.1.4.3 ESTABILIZACIÓN DE CORRIENTE A LA SALIDA.

Para que el circuito descrito anteriormente mantenga la corriente continua a la salida, hemos dispuesto una bobina en serie con la batería, la cual debemos dimensionar correctamente, que nos permite mantener un valor de corriente constante a la salida.

Podemos apreciar en el circuito simulado que el valor de la bobina está calculado para que el rizado de la corriente de salida sea lo más pequeño posible, y evitar así que ésta entre en régimen discontinuo.

1.1.5 SINCRONIZACIÓN DE RED

Para sincronizar la señal triangular con la señal sinusoidal de la alimentación de red usaremos un detector de paso por cero, que como su propio nombre indica, proporcionara un pulso en la salida cada vez que la entrada este próxima a 0 Voltios.

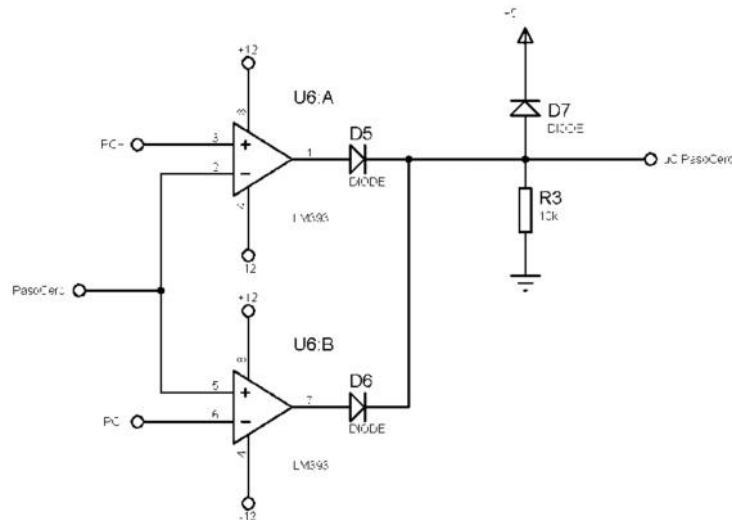


FIGURA 9

Para implementar el detector de paso por cero usaremos un comparador de ventana (Figura 9) con un circuito “clamper” a la salida que nos proporcionara pulsos de 5V de amplitud. Usando los dos potenciómetros de la Figura 10 ajustaremos el umbral de detección para obtener la duración de pulso deseada.

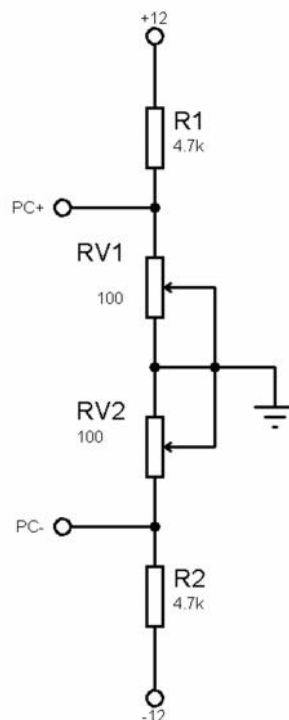


FIGURA 10

1.1.6 UNIDAD DE CONTROL

El núcleo del sistema de control está formado por un microcontrolador PIC de la empresa Microchip. El flujo de programa principal es el mostrado en la Figura 11 y se encarga de los siguientes puntos:

- Generar las señales de disparo de los tiristores
- Procesar la información de los sensores
- Mostrar el estado del sistema y la gestión de alarmas.

Por ahora nos centraremos en el primer punto ya que los dos siguientes son explicados con detalle en sendos apartados.

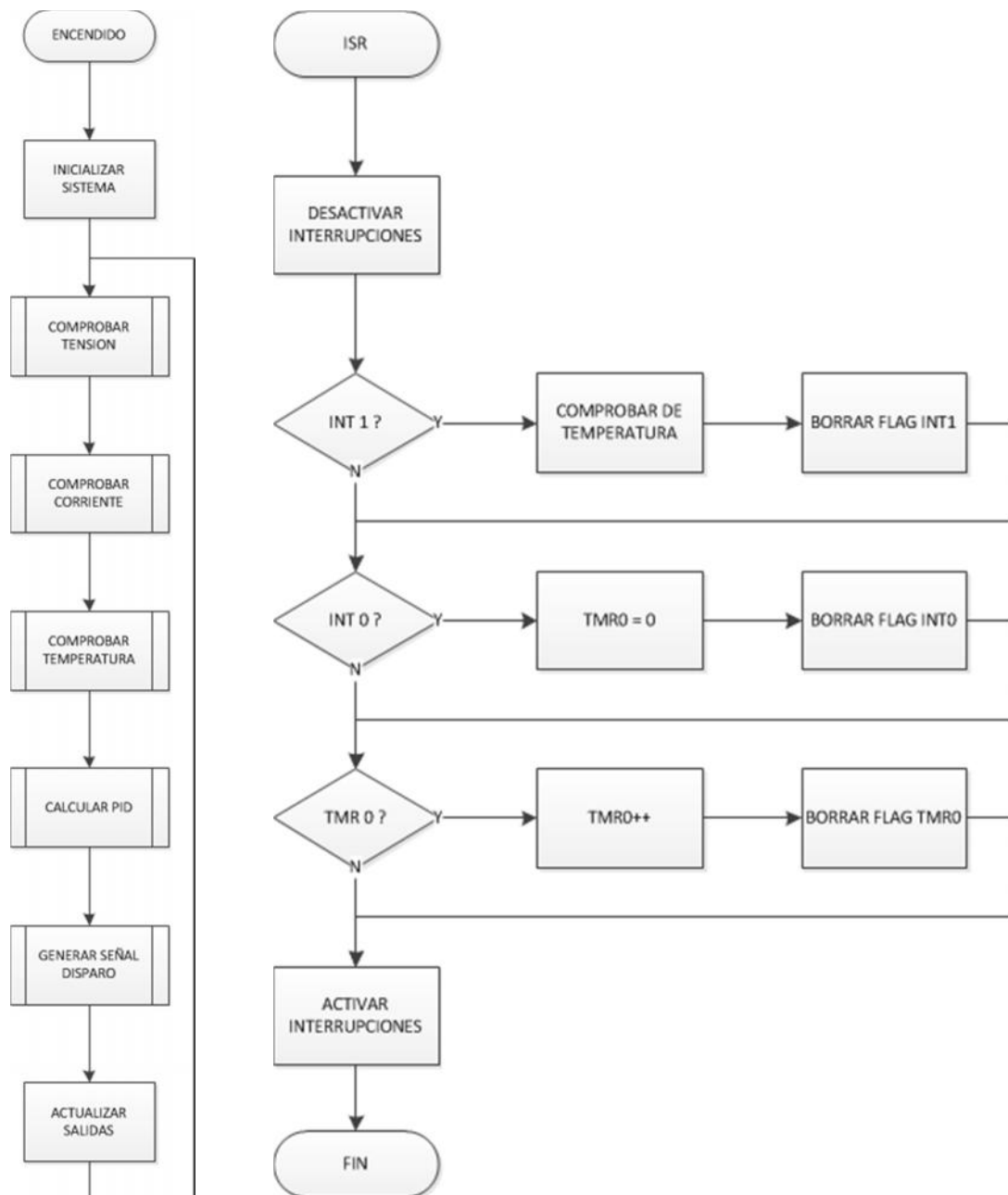


FIGURA 11

1.1.6.1 SEÑAL DE DISPARO DE LOS TIRISTORES

Lo primero que necesitamos para controlar el disparo de los tiristores es generar una señal diente de sierra de referencia de la misma frecuencia a la que queremos disparar los tiristores.

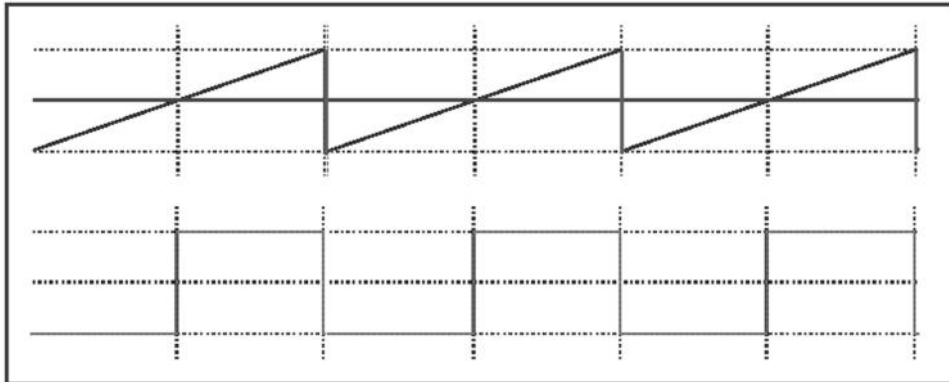


FIGURA 12

Para generar dicha señal usaremos uno de los temporizadores internos del microcontrolador, y dado que hemos elegido que la frecuencia de activación coincida con la frecuencia de extinción natural de los tiristores en el semiconvertidor, la que pondremos a cero cada vez que la etapa de sincronización de red (ver apartado 1.1.5) nos lo indique.

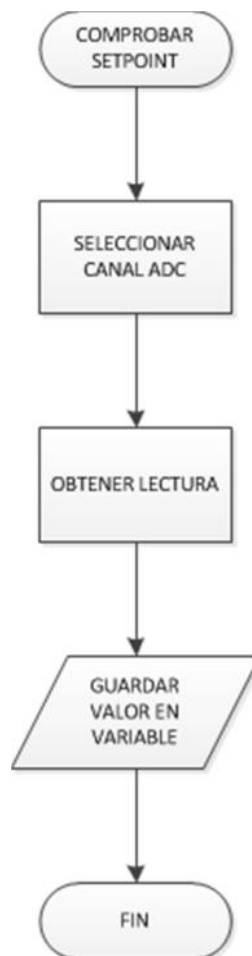


FIGURA 13

Para elegir la potencia que deseamos entregar a la batería disponemos de un potenciómetro con el cual podemos elegir la corriente de carga entre 0 y 30 Amperios. Este potenciómetro está conectado a uno de los puertos del convertor A/D del microcontrolador y entrega una tensión de 0 Voltios cuando la corriente seleccionada es de 0 Amperios, y una tensión de 5 Voltios cuando la corriente seleccionada son 30 Amperios. Esto nos permite maximizar la resolución del convertor A/D.

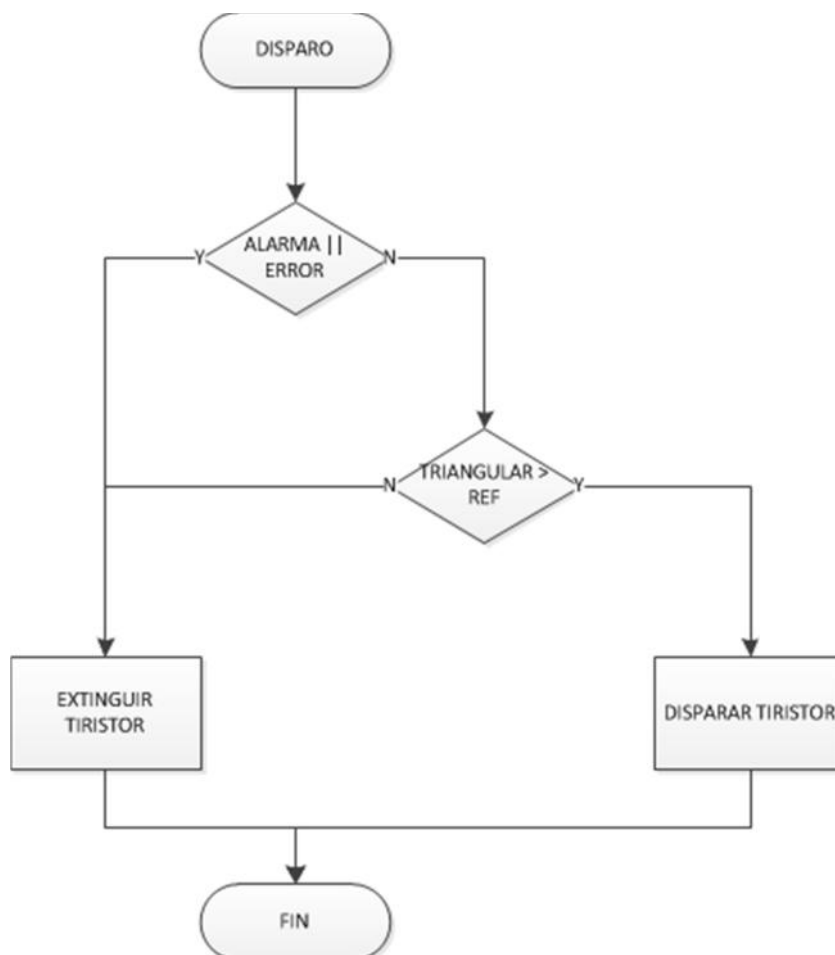


FIGURA 14

De la batería monitorizaremos la corriente real que inyectamos en la batería, cuyo valor compararemos con el valor establecido mediante el potenciómetro y a la diferencia entre el valor deseado y el valor medido aplicamos un algoritmo PID que explicaremos más abajo, el resultado de dicho algoritmo lo compararemos con la señal triangular y en el caso de que el valor de la señal triangular sea superior generaremos el pulso de disparo del tiristor. Como se muestra en la Figura 14

1.1.6.2 ALGORITMO PID

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del

tiempo en el que el error se produce. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "setpoint", y el grado de oscilación del sistema.

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional (K_d) como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo. La fórmula del proporcional esta dada por:

$$P_{\text{sal}} = K_p e(t)$$

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional, el error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante K_i . La formula del integral esta dada por:

$$I_{\text{sal}} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error, La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente. Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante K_d y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente. La fórmula del derivativo esta dada por:

$$D_{\text{sal}} = K_d \frac{de}{dt}$$

1.1.7 SENSORES

1.1.7.1 SENSOR DE TENSIÓN

Para medir la tensión usaremos un transformador de DC de relación 12:1 lo que nos permitirá medir una tensión de hasta 60 en bornes de la batería y nos proporciona en aislamiento galvánico que necesitamos.

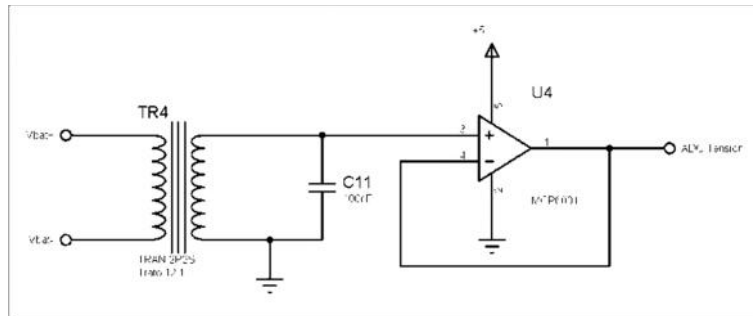


FIGURA 15

En la Figura 15 podemos observar que hemos incluido un pequeño condensador de 100nF para estabilizar la tensión ofrecida por el trafo y a continuación un circuito seguidor de tensión cuya salida conectaremos al conversor A/D del microcontrolador.

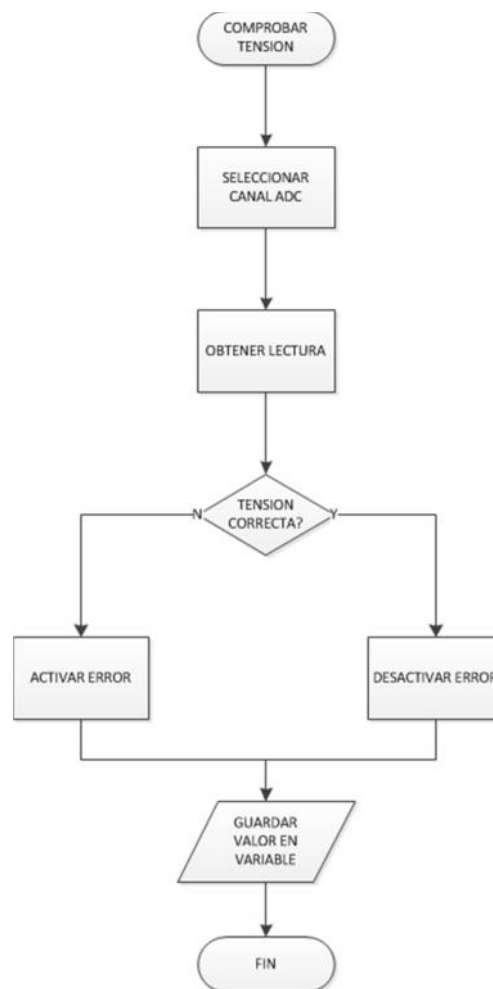


FIGURA 16

1.1.7.2 SENSOR DE CORRIENTE

Para la medida de la corriente disponemos del ACS755xCB-050, un sensor integrado de efecto hall con circuito de acondicionamiento de señal interno y aislamiento galvánico. Este sensor proporciona una salida de 0 a 5 Voltios para una entrada de 0 a 50 Amperios con un error máximo de 0.1 Amperios.

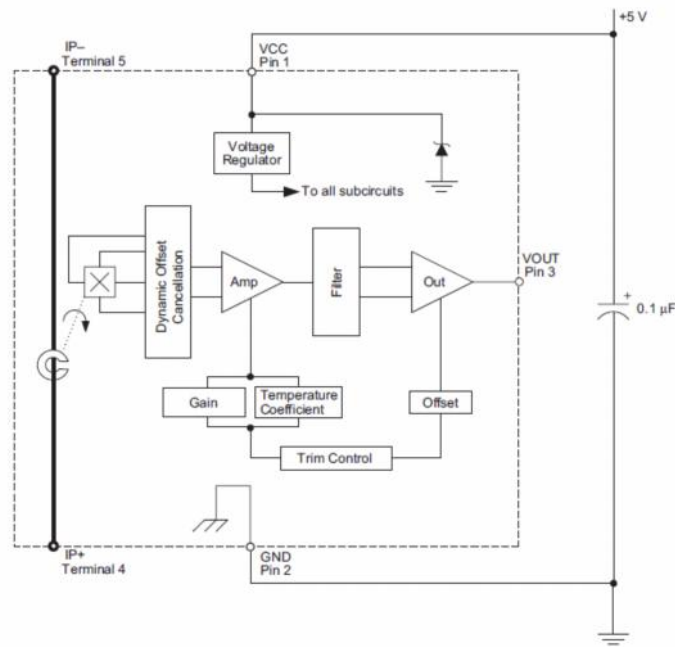


FIGURA 17

Hemos conectado el pin 4 y 5 en serie con la batería, los pines 1 y 2 a la alimentación de la etapa de control y el pin 3 a la entrada del conversor A/D de nuestro microcontrolador.

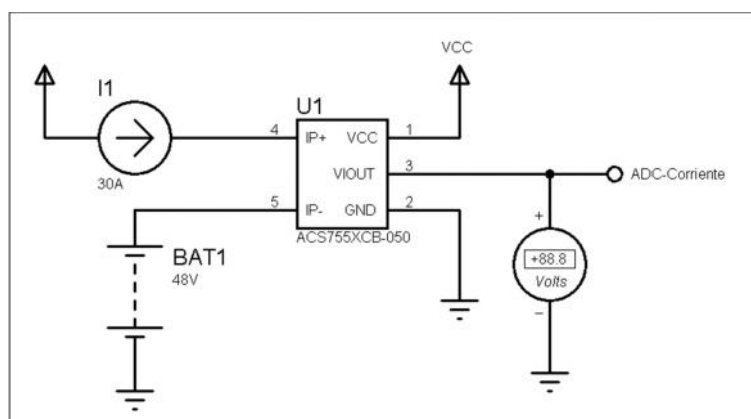


FIGURA 18

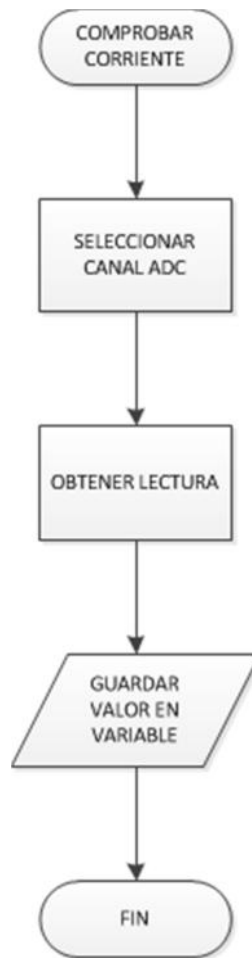


FIGURA 19

1.1.7.3 SENSOR DE TEMPERATURA

Para medir la temperatura de los disipadores usaremos el sensor MCP9801, un sensor digital dotado de bus I²C y 3 bits para programar la dirección que tiene asignado en dicho bus por lo que podríamos conectar hasta ocho sensores usando los mismos dos cables.

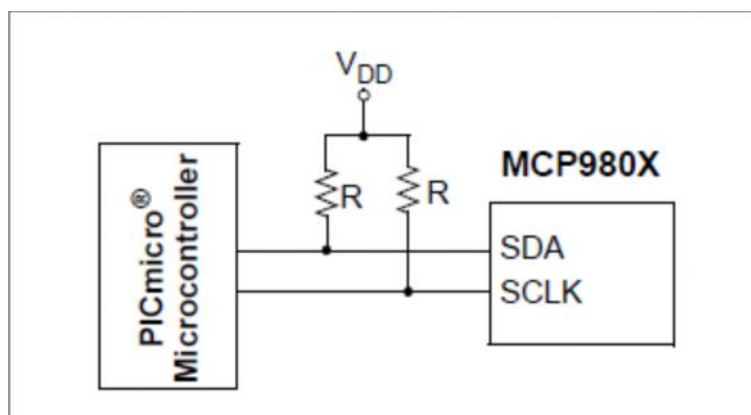


FIGURA 20

Además cuenta con aviso de exceso de temperatura e histéresis para dicho aviso programables por lo que podemos controlar la desconexión del sistema independientemente de la unidad de

control, o avisar a esta inmediatamente cuando esto suceda y la UC realice las acciones pertinentes. En la Figura 21 vemos la lógica de funcionamiento del sensor.

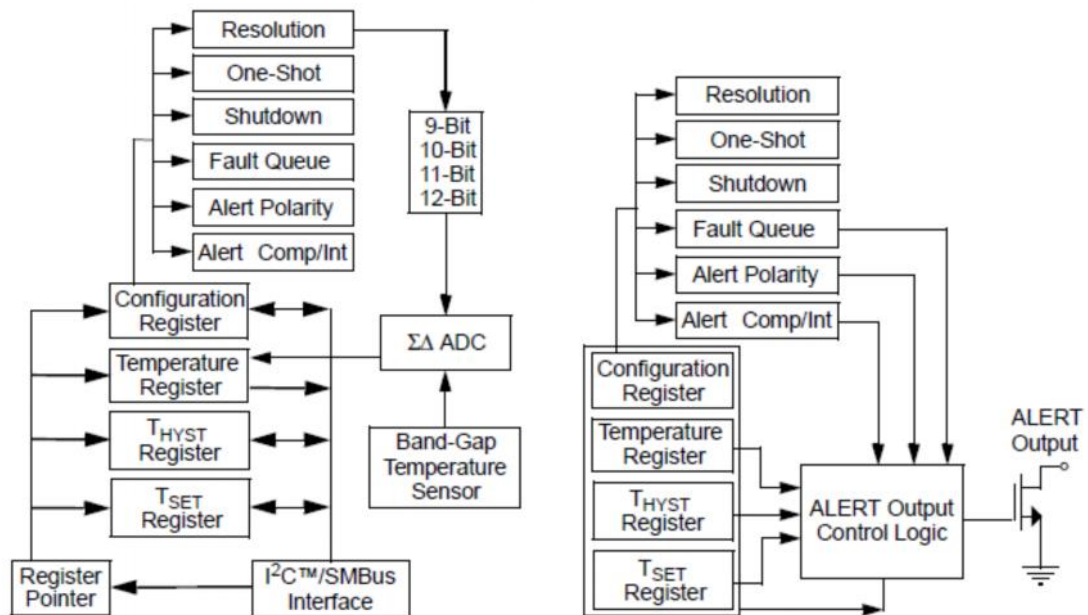


FIGURA 21

La resolución de la medida varía entre 0,5 °C/Bit hasta 0,0625 °C/Bit en función de la resolución configurada para el convertidor A/D interno entre 9 y 12 Bits, mientras que el error de precisión máximo en el rango de -10°C hasta 85°C es de $\pm 1^\circ\text{C}$, por lo que el error total de la medida es inferior al 5%.

1.1.8 ALARMAS Y ESTADO DEL SISTEMA

1.1.8.1 EXCESO DE TEMPERATURA

En caso de sobrecalentamiento de los tiristores usaremos los sensores indicados en la sección 1.1.7.3, que como ya hemos comentado pueden forzar la desconexión del sistema independientemente de la unidad de control.

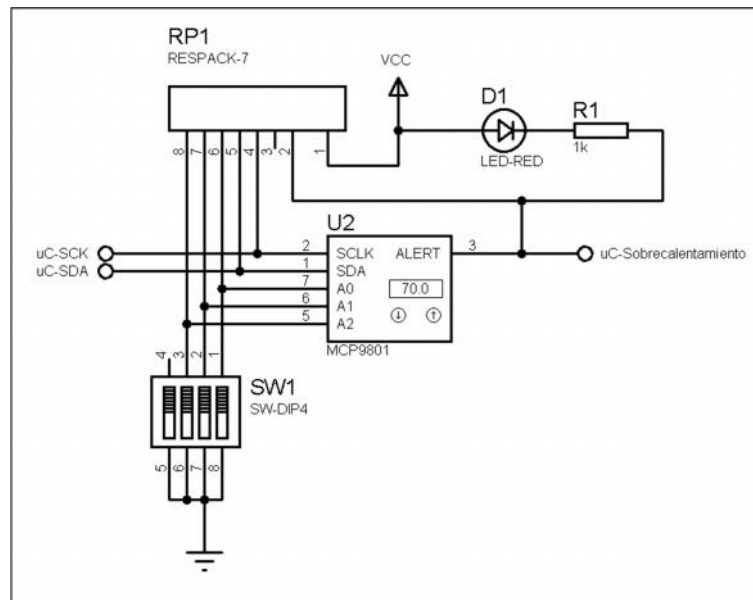


FIGURA 22

Como se observa en la Figura 22 usaremos esta señal de sobrecalentamiento que nos ofrece el sensor para encender un LED y avisar a la unidad de control del problema. Programaremos este aviso de temperatura en 70°C. En la Figura 23 podemos observar el funcionamiento normal del cargador, éste comprobará periódicamente la temperatura del sistema y en el caso de que la temperatura supere los 80°C se procederá a la desconexión total de la etapa de potencia y se impedirá la puesta en funcionamiento hasta que la temperatura descienda de 60°C.

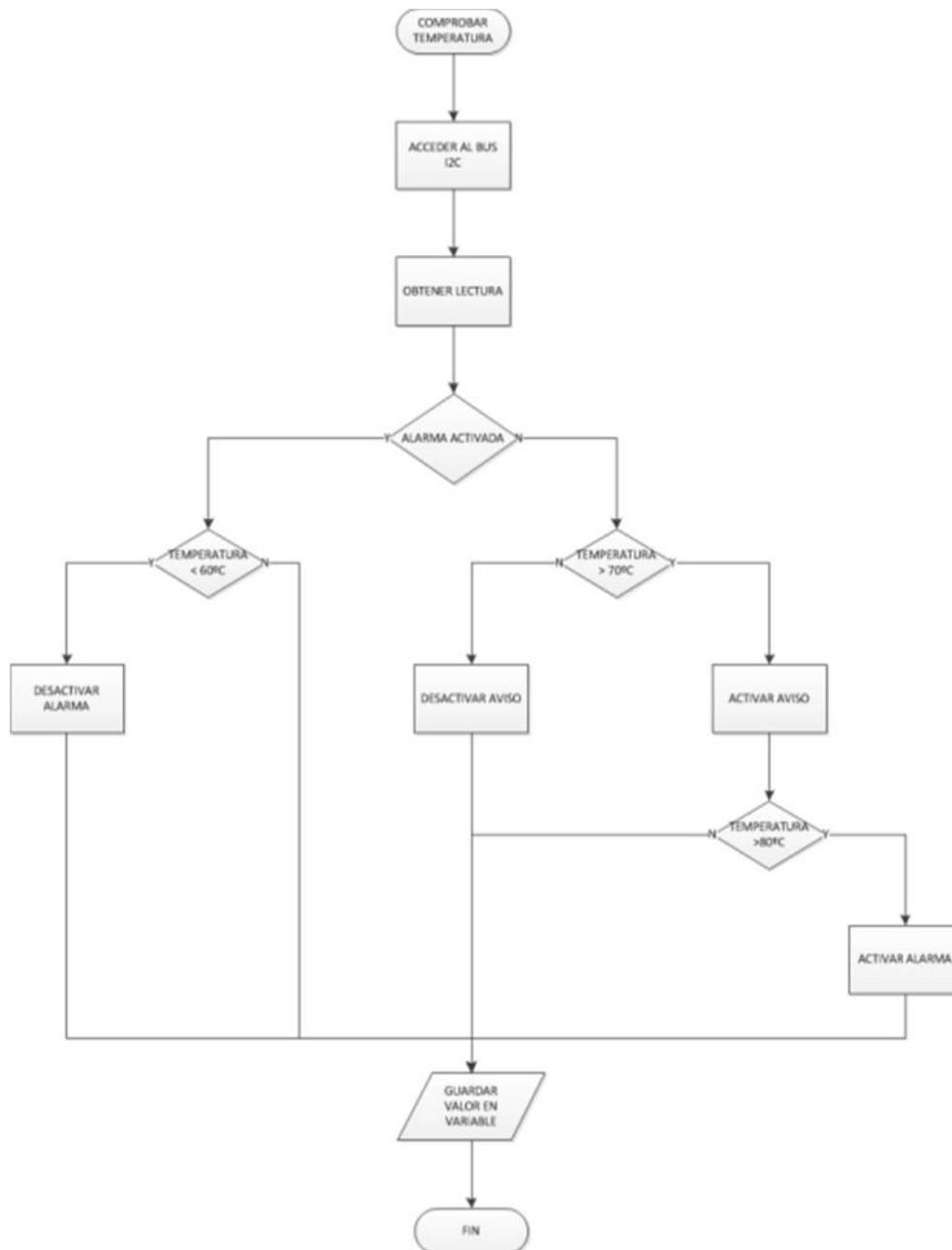


FIGURA 23

1.1.8.2 ESTADO DE CARGA DE LA BATERÍA

Sabemos que cada celda de una batería de ácido-plomo entrega aproximadamente 2 Voltios de tensión, concretamente cuando la celda está descargada esta tensión es de 1.95V y de 2.1V cuando la batería está completamente cargada. Una batería de 48V está compuesta por 24 celdas en serie por tanto, suponiendo una carga homogénea entre todas las celdas, la tensión sin carga en bornes de la batería oscilará entre 46.8V y 50.4. Con esos datos podemos monitorizar el estado de carga de la batería mediante la unidad de control. Opcionalmente podemos incluir un sistema de medida basado en amplificadores operacionales similar al de la Figura 24 que indique el nivel de carga en la batería.

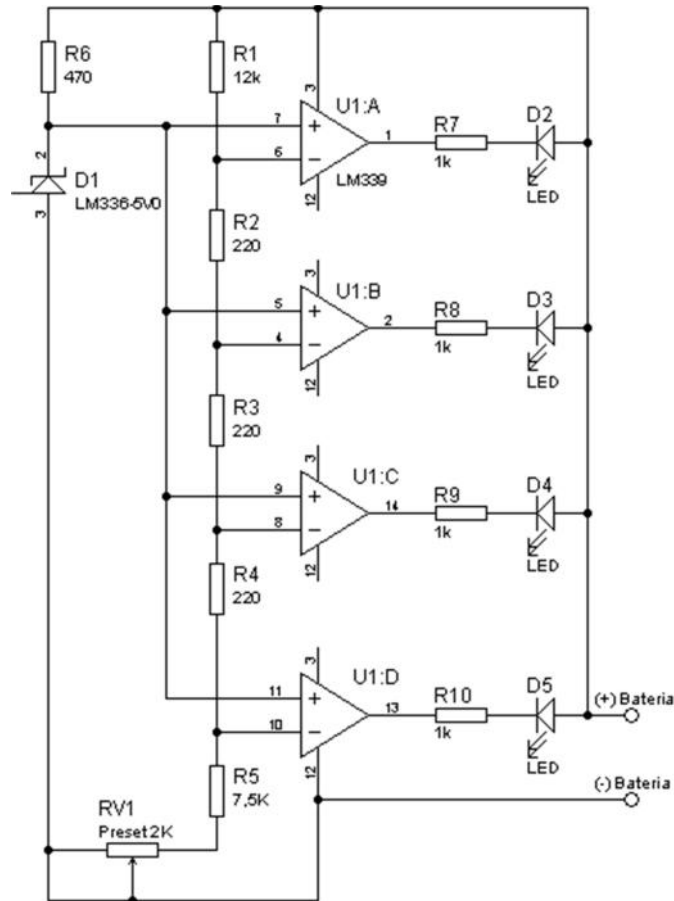


FIGURA 24

1.1.8.3 SISTEMA DE VISUALIZACION

Para la visualización de las variables del sistema (valores de tensión y corriente), así como para algún mensaje sobre el estado del proceso, se ha optado por un LCD 16x2 como el de la Figura 25 controlado por el chip HD44780, bastante común en este tipo de aplicaciones. Dicho LCD ha sido conectado al microcontrolador usando cuatro líneas para el bus de datos, tres líneas para las señales de control y alimentación necesaria.

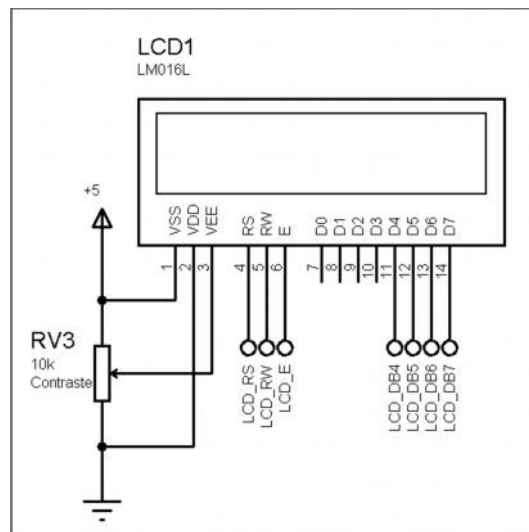


FIGURA 25

1.1.9 SISTEMAS DE SEGURIDAD

1.1.9.1 INTERRUPTOR DE POTENCIA

A la entrada de la línea de red el sistema lleva un interruptor de encendido-apagado con un fusible en serie que nos permite apagar el equipo en cualquier momento y nos protege de sobrecorrientes.

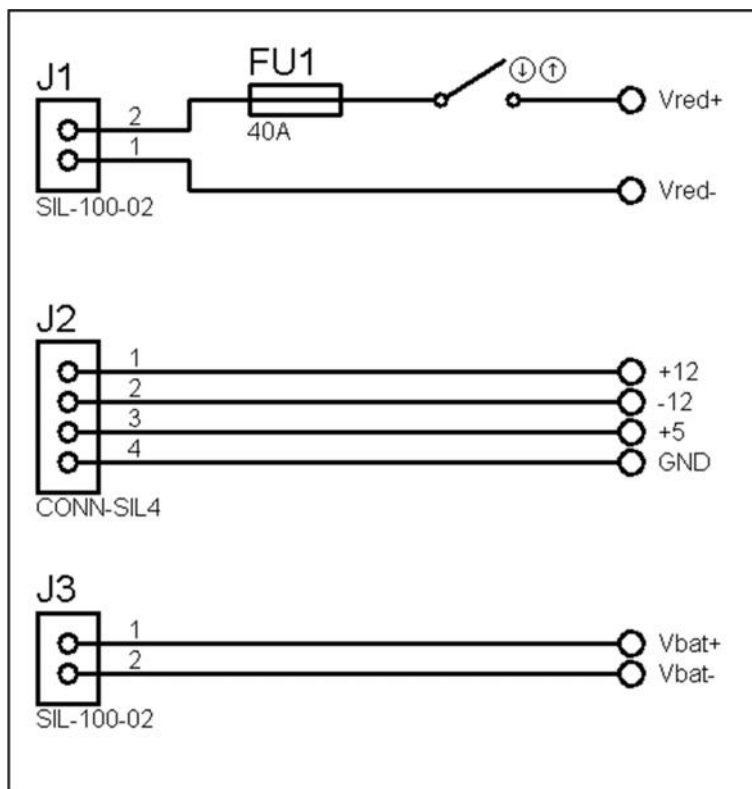


FIGURA 26

En la Figura 26 podemos observar todos los conectores disponibles en placa.

1.1.9.2 SISTEMA DE VENTILACIÓN

Se ha de tener en cuenta que estamos trabajando con baterías de tipo plomo-ácido, en las que el sistema de carga consiste en que la solución alcance una tensión de gasificación, esto puede generar algún tipo de pérdida de gases o vapores tóxicos y corrosivos. Estas emisiones son nocivas para cualquier persona e incluso ser corrosivos para cualquier objeto que se encuentre cerca de la instalación.

Por ello se estipula que las baterías han de cargarse en un entorno ventilado y con la suficiente renovación de aire. Considerando la opción más apropiada un sistema de ventilación forzada con un punto de extracción de aire sobre la zona en donde se van a alojar las baterías durante la carga. A continuación vemos un esquema básico de cómo funcionaría el sistema de ventilación.

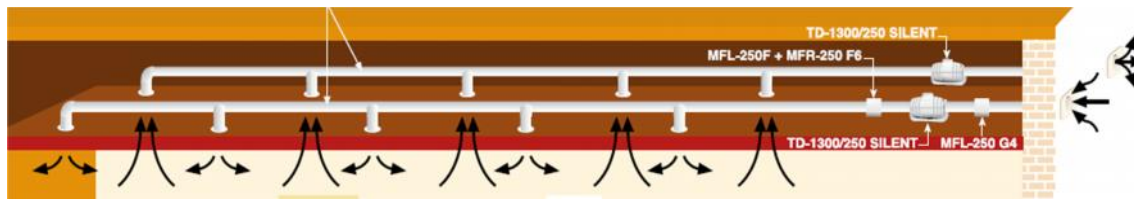


FIGURA 27

En el Anexo II “sistemas de ventilación” se incluye un catálogo del extractor de la figura de arriba y un manual de instrucciones básico para el mismo.

1.1.9.3 SEGURIDAD ANTI INCENDIOS.

Como medida de seguridad para la prevención de incendios, el local donde se instale el dispositivo especificado en este proyecto ha de contar con un extintor de polvo seco y otro extintor de Anhídrido Carbónico (CO₂), que no es conductor de la electricidad.

En el Anexo III “Prevención de incendios” se ha incluido un manual editado por un cuerpo de bomberos en el que explica desde los tipos de extintores y las medidas de mantenimiento, hasta el modo de empleo.

1.1.10 INSTALACIÓN DEL SISTEMA

La instalación del sistema consistirá en enchufar el cargador a una toma de tensión monofásica a $230 V_{rms}$, es decir a una toma de corriente “normal” de uso domestico con enchufe de potencia.

En el Anexo IV “Criterios para instalaciones eléctricas” se incluye una pequeña guía de cosas a tener en cuenta a la hora de hacer la instalación del cableado y demás, para el caso de instalación de una nueva toma.

Para la disposición del sistema se ha seleccionado un garaje, que podría ser un sitio típico para encontrar un dispositivo de estas características. El croquis se puede encontrar en la sección de planos.

1.2 ANEXOS A LA MEMORIA

1.2.1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.2.1.1 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE SALIDA DEL SEMICONVERTIDOR.

Para poder buscar el valor de la corriente de salida del semiconvertidor, debemos buscar primero el valor de la tensión media. La tensión media en la salida es la siguiente:

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2V_m}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

El valor de V_{dc} puede modificarse o variar, desde $2V_m/\pi$ hasta 0 al variar el ángulo de disparo (α) de los tiristores desde 0 hasta π . El voltaje promedio máximo de salida es

$$V_{dm} = \frac{2V_m}{\pi}$$

y el voltaje promedio de salida normalizado

$$V_n = \frac{V_{dc}}{V_{dm}} = 0.5(1 + \cos \alpha)$$

Una vez obtenemos el valor del voltaje medio de salida, podemos obtener fácilmente el valor de la corriente de carga de la batería. Dicho valor lo obtenemos de la siguiente manera:

$$I_{dc} = \frac{V_{dc} - E_{bat}}{R_{bat}}$$

Donde R_{bat} es la resistencia serie que tienen todas las baterías y E_{bat} es el valor de la batería.

Para poder diseñar correctamente el valor de la bobina en la carga, debemos saber el valor de los armónicos de la corriente de carga. Para calcular los armónicos, debemos hallar primero los armónicos de la tensión de salida del semiconvertidor. El valor de éstos armónicos son los siguientes:

$$A_n = \frac{V_m}{\pi} \left[\frac{\cos(n-1)\alpha - (-1)^n}{n-1} - \frac{\cos(n+1)\alpha - (-1)^n}{n+1} \right]$$

$$B_n = \frac{V_m}{\pi} \left[\frac{-\sin(n-1)\alpha}{n-1} + \frac{\sin(n+1)\alpha}{n+1} \right]$$

$$V_o(t) = V_{dc} + \sum_{n=2,4,\dots}^{\infty} (A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t)$$

A partir de la ecuación (5), podemos obtener el valor de los armónicos de la corriente de carga de la batería, haciendo las transformaciones con la ecuación (6).

$$I_{dc} = \frac{V_{dc} - E_{bat}}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$I_o(t) = I_{dc} + \sum_{n=2,4,\dots}^{\infty} \sqrt{2} I_{sn} \sin(n\omega t + \phi_n - \theta_n)$$

$$\phi_n = \tan^{-1}\left(\frac{An}{Bn}\right)$$

$$\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{n\omega L}{R}\right)$$

$$I_{sn} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{(An^2 + Bn^2)^{1/2}}{\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}}$$

Los valores de los armónicos correspondientes al rizado de la corriente de salida, los obtenemos dando valores a I_{sn} . Estos armónicos los podremos reducir, colocando una bobina en la carga.

1.2.1.2 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE ENTRADA DEL SEMICONVERTIDOR.

Para el cálculo de la corriente de entrada del semiconvertidor, tendremos en cuenta la tensión de alimentación del circuito (220V), y el ángulo de disparo de los tiristores. Con estas dos condiciones, el valor de los armónicos se calcula de la siguiente manera:

$$An = \frac{-2I_a}{n\pi} \sin n\alpha \quad \text{para } n = 1,3,5,\dots$$

$$An = 0 \quad \text{para } n = 2,4,6,\dots$$

$$Bn = \frac{2I_a}{n\pi} (1 + \cos n\alpha) \quad \text{para } n = 1,3,5,\dots$$

$$Bn = 0 \quad \text{para } n = 2,4,6,\dots$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} I_s(t) d(\omega t) = 0$$

$$I_s(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \sqrt{2} I_{sn} \sin(n\omega t + \phi_n)$$

Donde:

- I_a = es la corriente media que tenemos en la salida del semiconvertidor.
- I_{sn} = es el valor n del armónico de la corriente de entrada.

En la ecuación (7), hallamos el valor de la corriente de entrada del semiconvertidor. Las ecuaciones siguientes nos mostrarán el cálculo de los armónicos.

La ecuación (8), nos muestra el cálculo del valor rms de la componente armónica de orden n de la corriente de entrada.

$$I_{sn} = \frac{1}{\sqrt{2}} (An^2 + Bn^2)^{1/2} = \frac{2\sqrt{2}Ia}{n\pi} \cos\left(\frac{n\alpha}{2}\right)$$

De la ecuación (8), el valor rms de la corriente fundamental es

$$I_{s1} = \frac{2\sqrt{2}Ia}{\pi} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

La corriente de entrada rms, también la podemos calcular a partir de la ecuación (8).

$$I_s = \left(\sum_{n=1,2,\dots}^{\infty} I_{sn} \right)^{1/2}$$

Los valores de la ecuación (9), deben cumplir la norma UNE-EN 61000-3-2, con lo cual debemos elegir el valor del ángulo de disparo de los tiristores que nos permite cumplir la norma.

1.2.1.3 CÁLCULO DE LOS FILTROS UTILIZADOS EN EL SEMICONVERTIDOR CON TIRISTORES.

En el semiconvertidor con tiristores, hemos colocado una bobina entre la carga y la salida del semiconvertidor. Ésta bobina, tiene como objetivo mantener el valor de la corriente en la carga, y eliminar un porcentaje del contenido de los armónicos en la carga.

En éste semiconvertidor, hemos probado poner un filtro paso bajo (RC) en la entrada, para poder eliminar los armónicos de la corriente de entrada. A continuación mostraremos los cálculos que hemos utilizado en éstos filtros.

1.2.1.4 DISEÑO DE BOBINA EN LA CARGA DEL SEMICONVERTIDOR.

La bobina en la carga la hemos diseñado, para permitirnos mantener la corriente constante en la salida y para eliminar un porcentaje los armónicos de la corriente de salida del semiconvertidor.

En la figura 1, podemos ver un esquema del filtro utilizado en el semiconvertidor con tiristores.

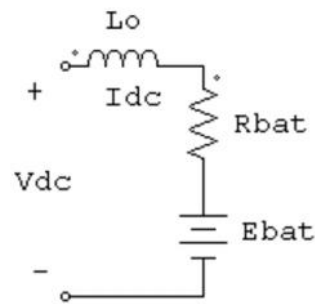


Figura 1

El primer paso a seguir, es buscar los armónicos de la corriente de entrada del semiconvertidor. El cálculo de la bobina lo haremos para el peor caso, que es el de una batería de 48V y una corriente de carga de 30A.

El valor del inductor limitará la corriente rms de la componente ondulatoria $I_{ca} \leq 1\%$.

La impedancia de carga es:

$$Z = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2} \theta n$$

$$\theta n = \text{tag}^{-1} \frac{n\omega L}{R}$$

Para el cálculo del rizado de la corriente de salida, utilizamos la armónica de orden más bajo ($n=2$), como la significativa. Tenemos la siguiente ecuación del armónico más significativo:

$$I_{ca} = \frac{V_m}{\pi [R^2 + (n\omega L)^2]^{1/2}} \frac{I_{sn}}{\sqrt{2}}$$

Usando el valor de la corriente continua (I_{cd}), obtenemos la ecuación del factor de la componente ondulatoria descrita en la ecuación.

$$RF = \frac{I_{ca}}{I_{cd}}$$

En nuestro caso, para reducir la componente ondulatoria más del 1%, seguiremos los siguientes pasos:

Lo que tenemos que hacer primero, es buscar el ángulo de disparo que nos permite obtener una corriente de 30A con una batería de 48V.

$$\alpha = 78.11^\circ$$

Una vez obtenemos el valor del ángulo de disparo, buscaremos el valor de la componente ondulatoria (I_{sn}) de orden más bajo ($n=2$). Dicha componente la buscamos a partir de la ecuación (6).

Para $n=2$ obtenemos el siguiente valor de la corriente ondulatoria:

$$I_{s1} = 0.843A.$$

Una vez obtenido el valor de la componente ondulatoria, podremos buscar el valor de la bobina que nos reduzca como mínimo el 1% de la componente ondulatoria. Dicho valor lo calculamos y obtenemos:

$$H = 0.5H$$

Podemos ver como el valor de la bobina para reducir el 1% de la componente ondulatoria es $L=0.5 H$. En la simulación hemos elegido una bobina de $L=50mH$ ya que nos proporciona mejores resultados para los armónicos de la corriente de entrada del semiconvertidor.

En la simulación, hemos podido comprobar que las bobinas con valores altos nos mejoran los armónicos altos y nos empeoran los bajos. En cambio, las bobinas con valor pequeño nos empeoran los armónicos altos y nos mejoran los bajos. Por éste motivo, hemos considerado utilizar bobinas con valor bajo, aunque nos empeore el valor del rizado de la corriente de salida, ya que éste no importa que tenga un cierto rizado

1.3 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Muhammad H. Rashid, "Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones". Ed. Prentice Hall, 1995.
- [2] B.M. Bird, K.G. King, D.A.G. Pedder, "An introduction to power electronics". Ed. Wiley, 1993.
- [3] Philip T. Krein, "Elements of power electronics". Ed. Oxford University Press, 1998
- [4] Robert W. Erickson, "fundamentals of power electronics". Ed. Kluwer Academic Publishers (KAD), 1999.
- [5] Kjeld Thorborg, "Power electronics". Ed. Prentice Hall, 1988.
- [6] Jos Arrillaga, Bruce C. Smith, "Power system harmonic analysis". Ed. Wiley, 2000.
- [7] Miro Milanovic, "Electrónica de potencia". Universidad de Maribor, 1997.
- [8] <http://www.forosdeelectronica.com>



2 PLANOS

2.1 PLANO DE SITUACIÓN

Debido a la naturaleza del producto concretado en este proyecto, es un dispositivo que se puede encontrar en diferentes sitios, aun así he seleccionado un garaje de un taller, ya podría ser un entorno típico donde encontrar nuestro producto.

En realidad no es un plano, sino más bien un croquis de una distribución apropiada del garaje y el emplazamiento del dispositivo y algún elemento de seguridad como el extintor que no debe situarse lejos del dispositivo. Y el sistema de ventilación debería de ir sobre el hueco entre las 2 líneas de los conectores que es el emplazamiento de las baterías.

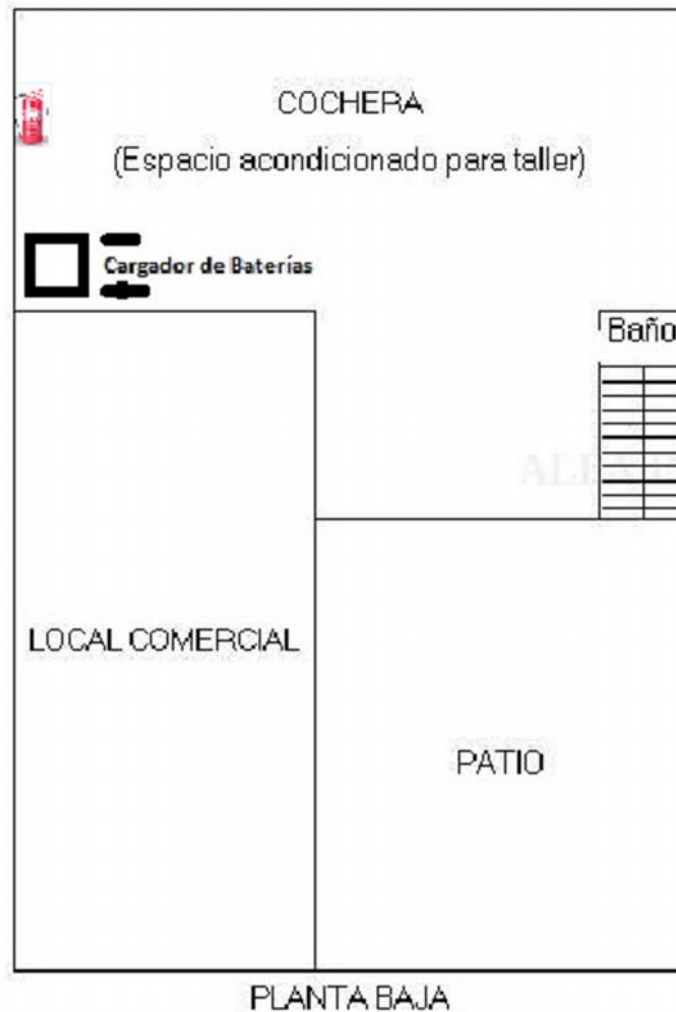


FIGURA 28. CROQUIS DE SITUACIÓN

El dispositivo se situaría en el cuadrado negro y las dos líneas de la derecha serían los cables de conexión con la batería.

2.2 PLACA DE CONTROL

2.2.1 ESQUEMÁTICO

El esquemático se ha organizado en un solo plano de conjunto que nos aporta una visión global de todos los elementos que incorpora nuestro sistema de control de carga.

Para facilitar su comprensión se ha establecido una disposición bastante modular en la que se aprecian bastante independientes los distintos bloques: por un lado la etapa de potencia se sitúa en la zona superior del esquemático, junto con los sensores que toman medidas de ella y los drivers para el disparo de los tiristores; por debajo de ésta encontramos la etapa de alimentación, el paso por cero; debajo de la alimentación tenemos el modulo de control, con los indicadores, la pantalla LCD y el resto de componentes.

El circuito está diseñado para la impresión en un formato A2 por lo cual está disminuido a un cuarto de su tamaño real. Para facilitar su examinación también se proporcionan esquemas de cada bloque para su impresión en formato A4.

Listamos a continuación dichos esquemas:

- Figura 29. Circuito completo
- Figura 30. Etapa de potencia
- Figura 31. Etapa de alimentación
- Figura 32. Etapa de control

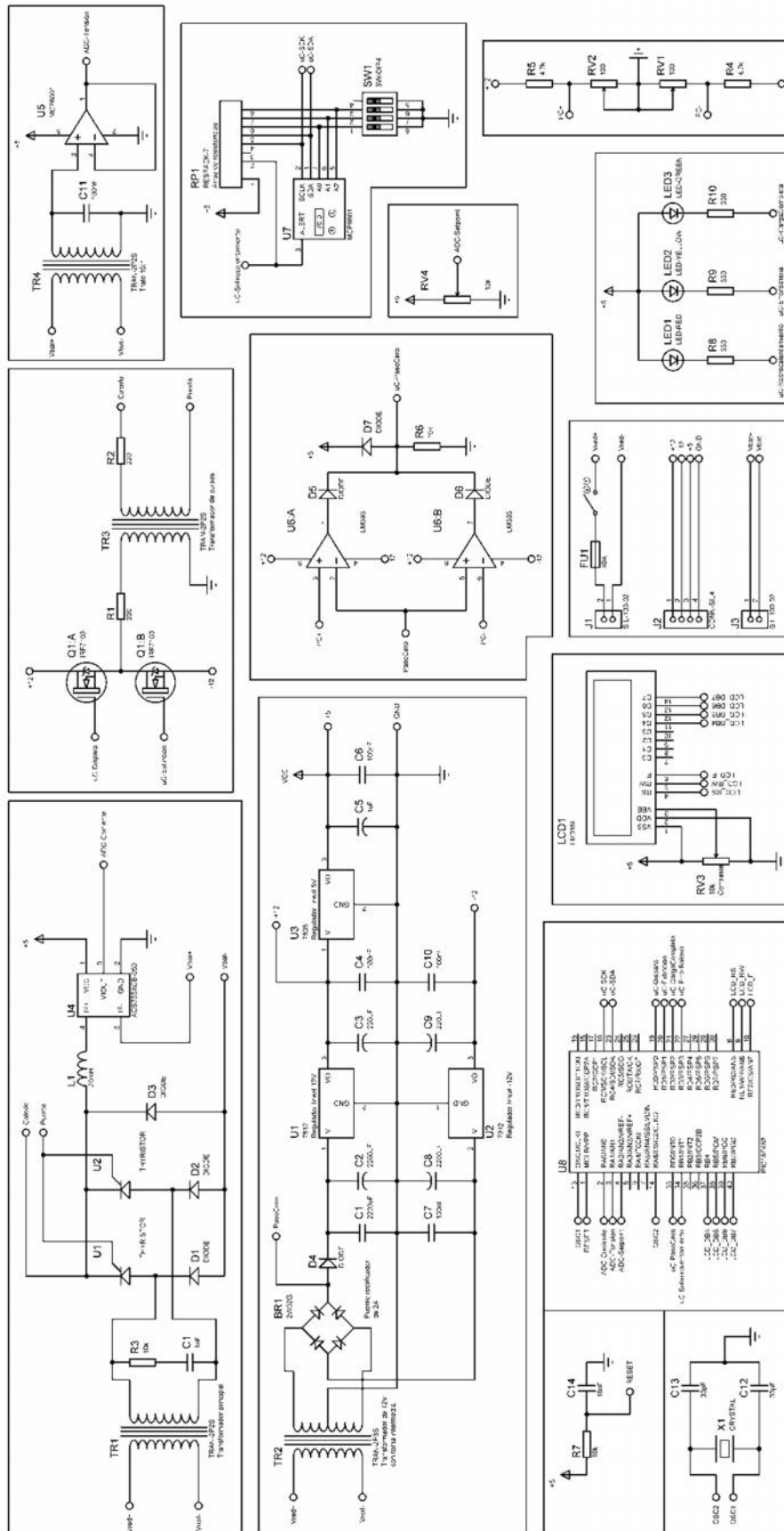


FIGURA 29. CIRCUITO COMPLETO

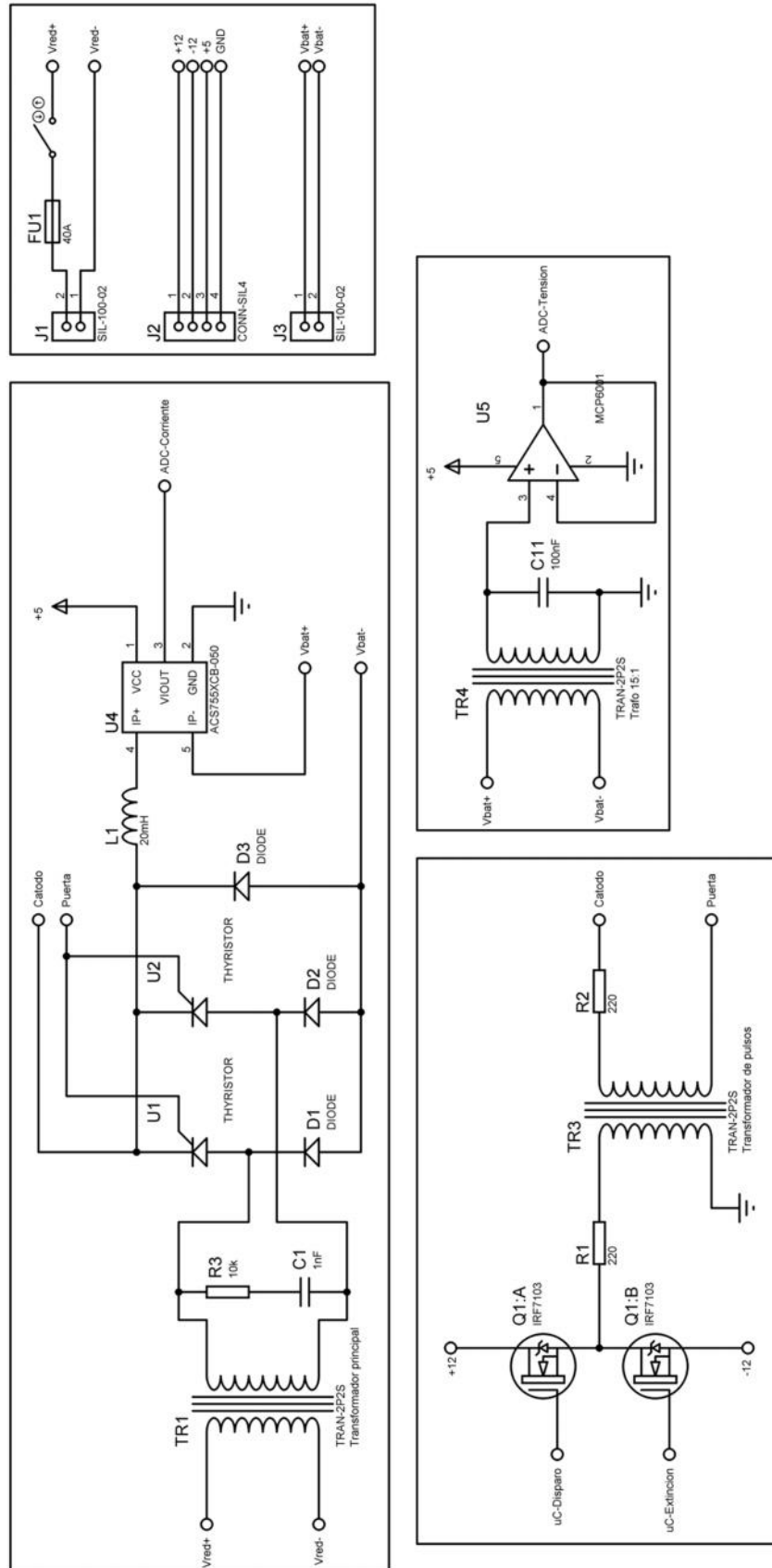


FIGURA 30. ETAPA DE POTENCIA

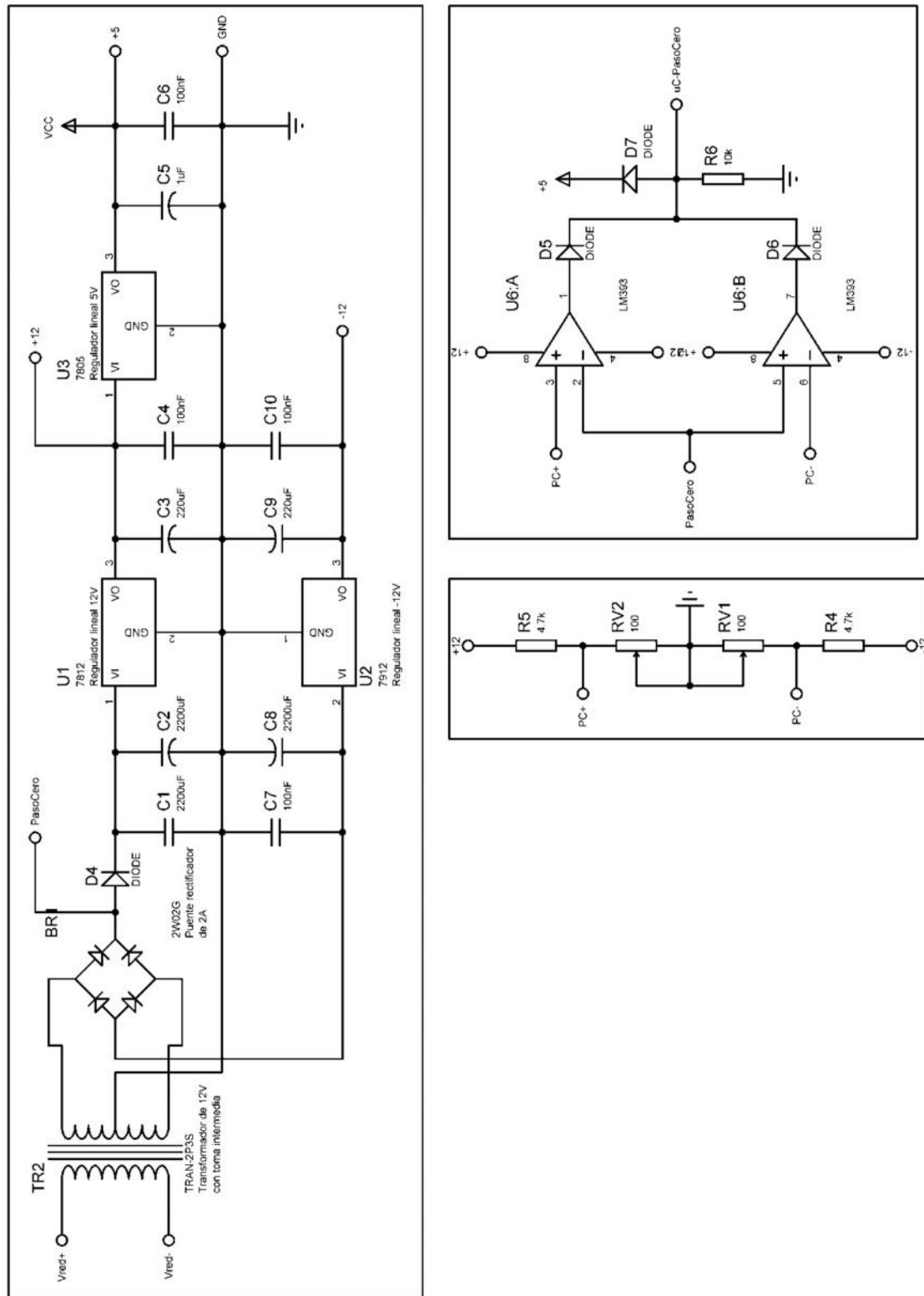


FIGURA 31. ETAPA DE ALIMENTACIÓN

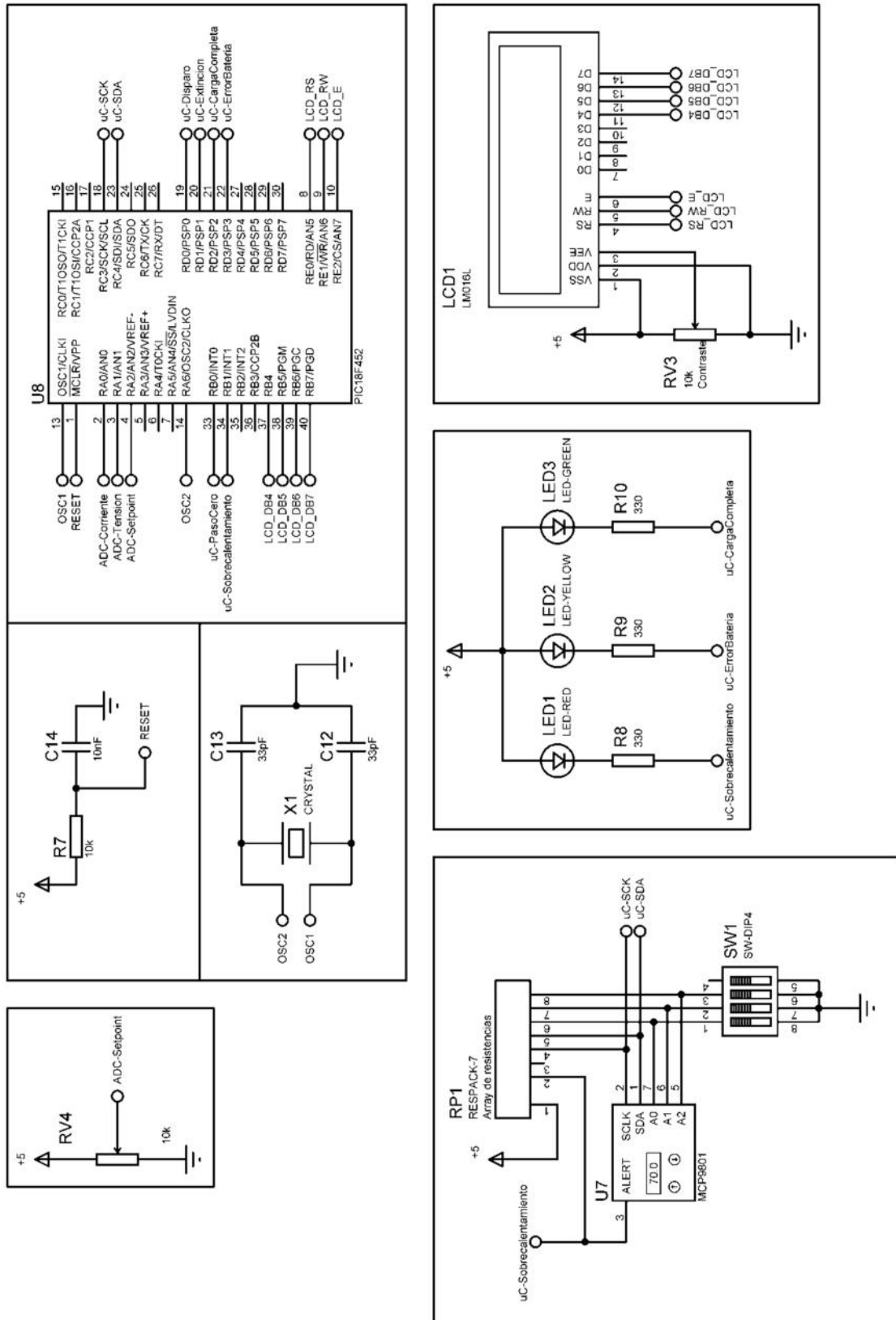


FIGURA 32. ETAPA DE CONTROL

2.2.2 PCB

La disposición de la PCB se ha realizado teniendo en cuenta que la etapa de potencia introduce ruidos y armónicos al sistema que podrían distorsionar nuestras señales de control, y estropear así el buen funcionamiento. Por ello, a pesar de estar realizado todo el circuito en una sola placa para minimizar costes de fabricación de placas y de conexionado entre las mismas, la placa esta fabricada con 2 capas interiores.

El sensor de temperatura se encuentra junto a los disipadores de los tiristores en la zona de potencia que es donde la temperatura es más elevada, ya que las pérdidas por disipación son altas.

Los conectores son los indicados en los anexos, capaces de soportar tensiones muy superiores a las que tenemos y corrientes de hasta 40A de continua y el cable de conexionado con la batería es de 1.5 metros de largo. El ancho de pista es de 2.54 cm para soportar la corriente que debe circular por la placa.

El panel de control por tanto se situaría en la zona inferior de la caja del dispositivo y quedara con una apariencia parecida a la del esquema del apartado 2.2.3.

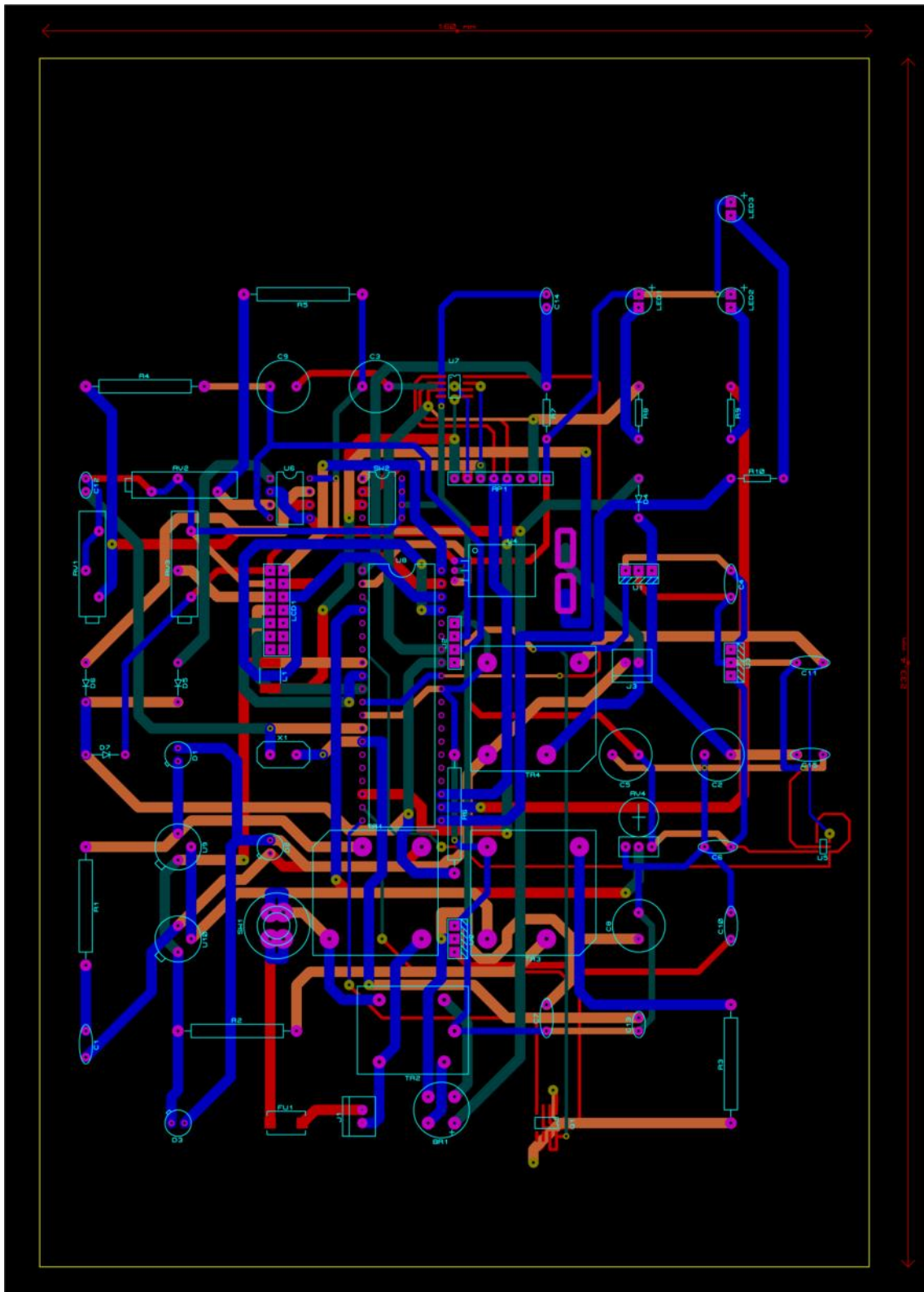


FIGURA 33. PLACA COMPLETA

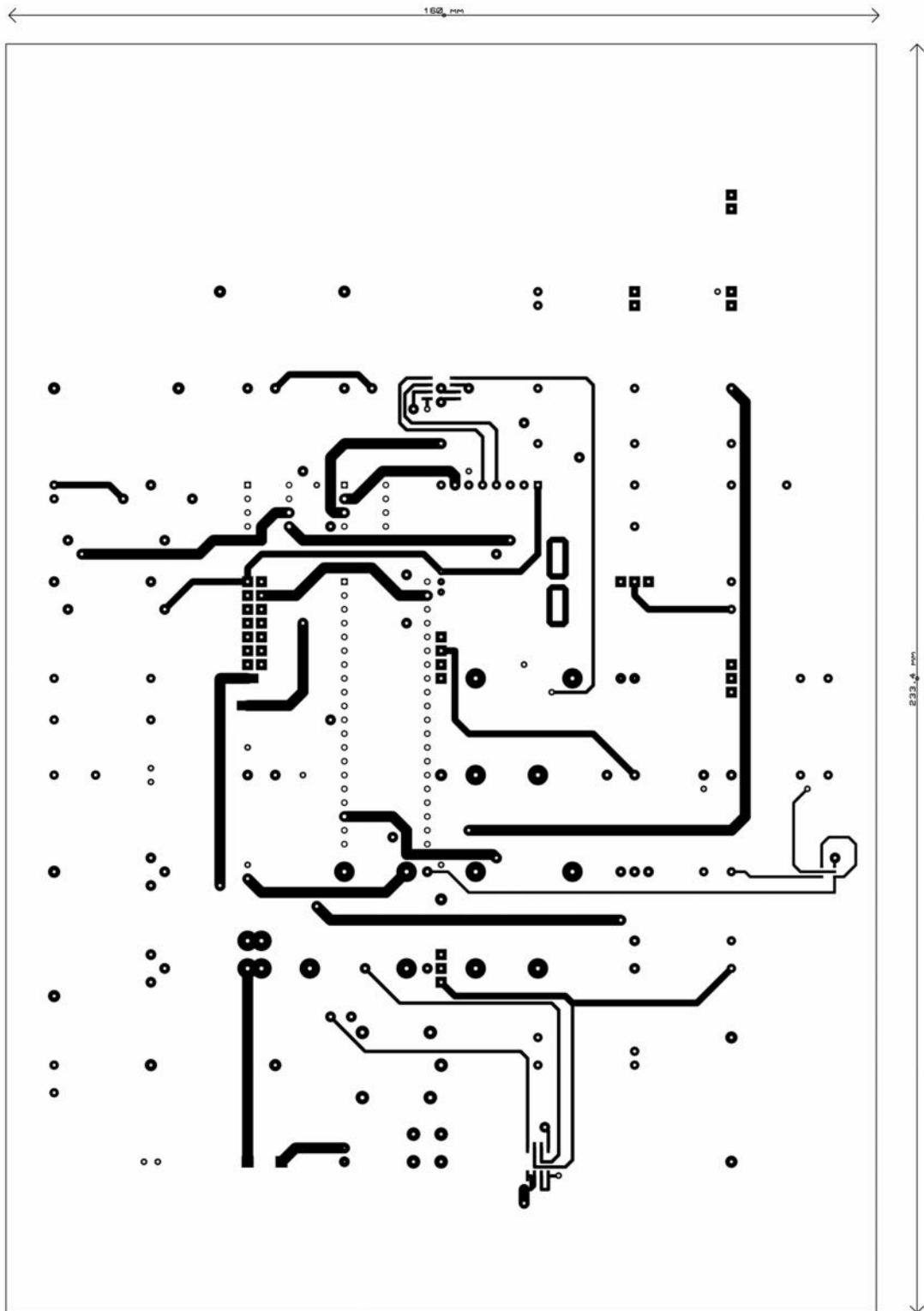


FIGURA 34. CAPA TOP

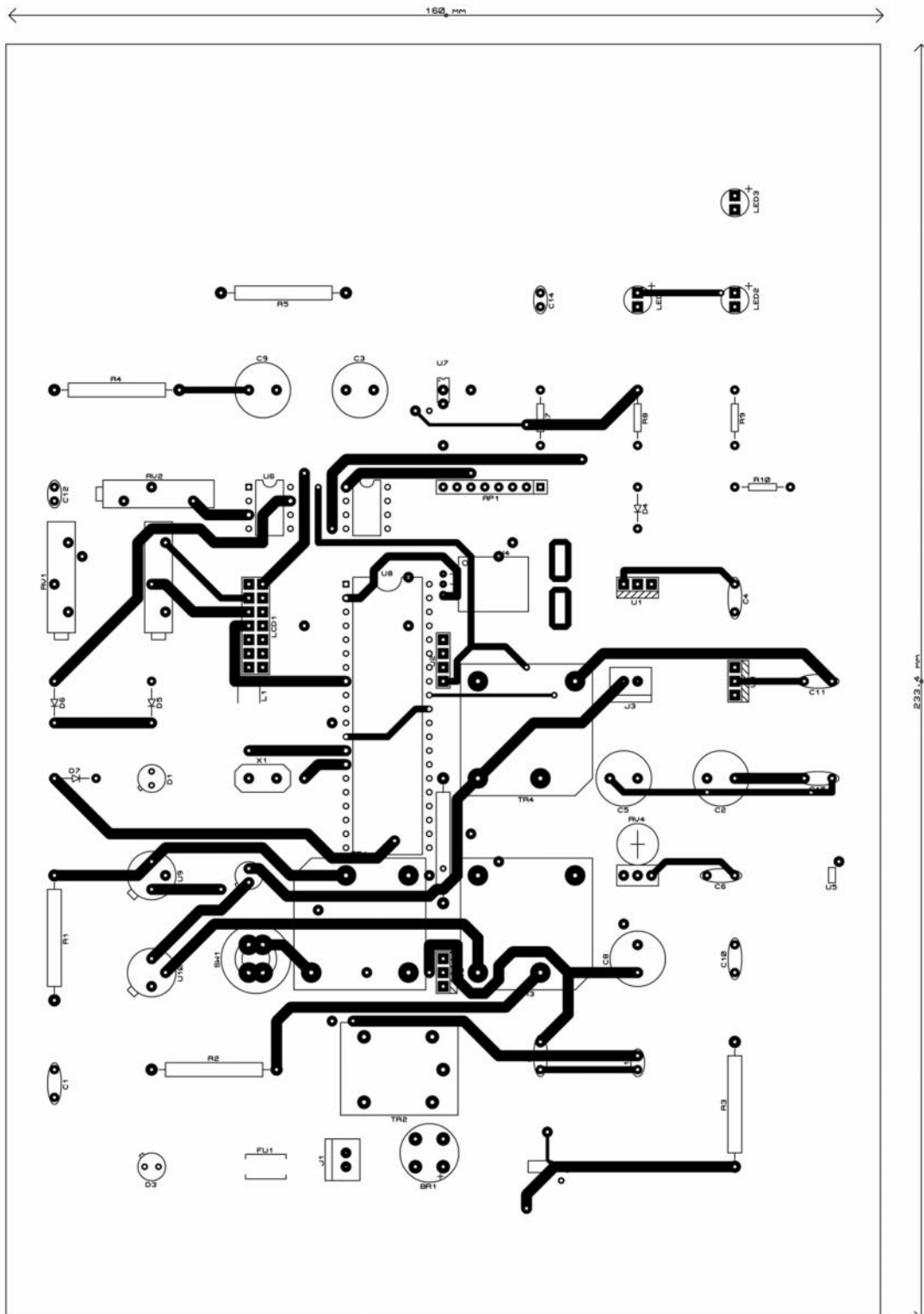


FIGURA 35. CAPA INNER1

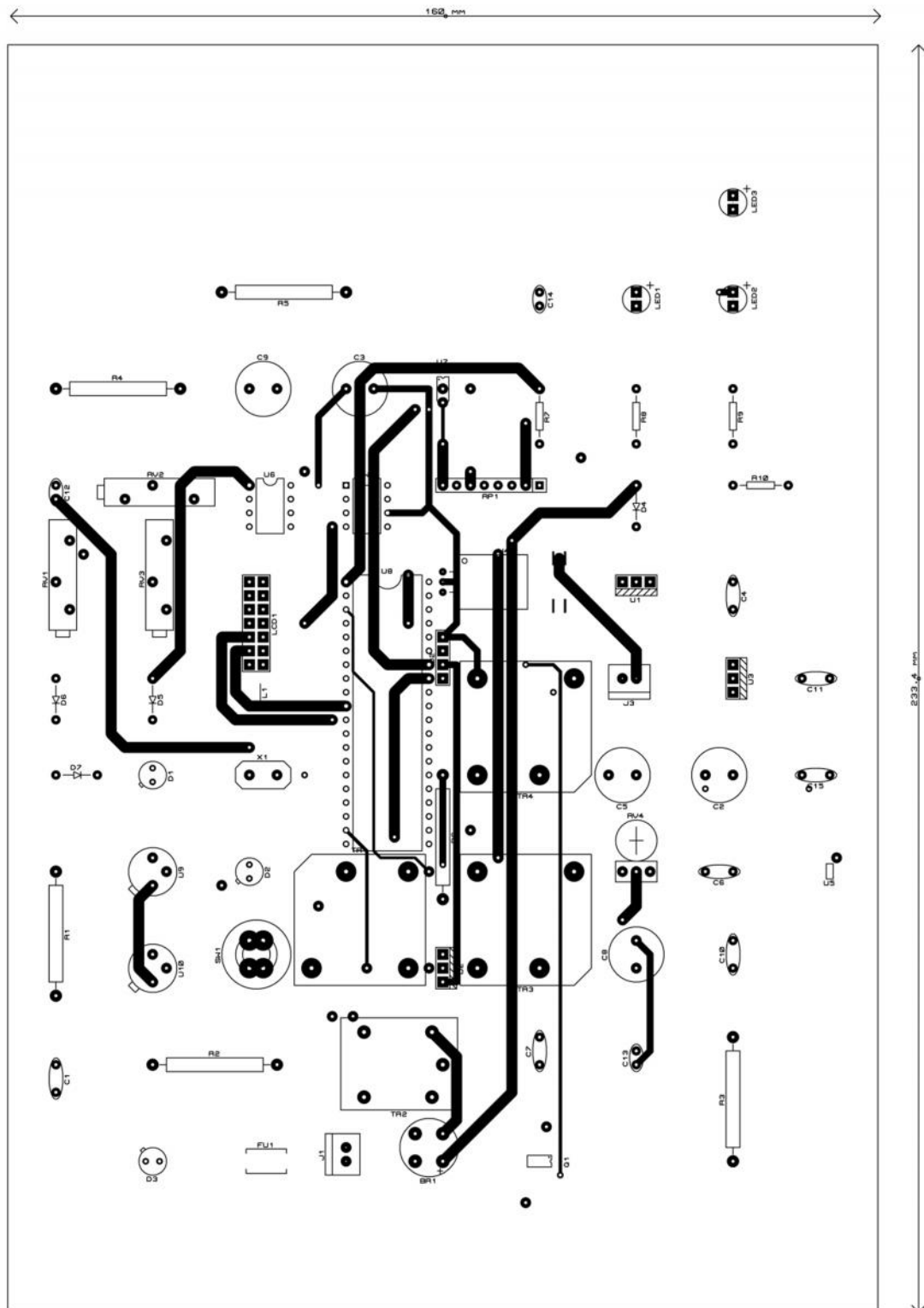


FIGURA 36. CAPA INNER2

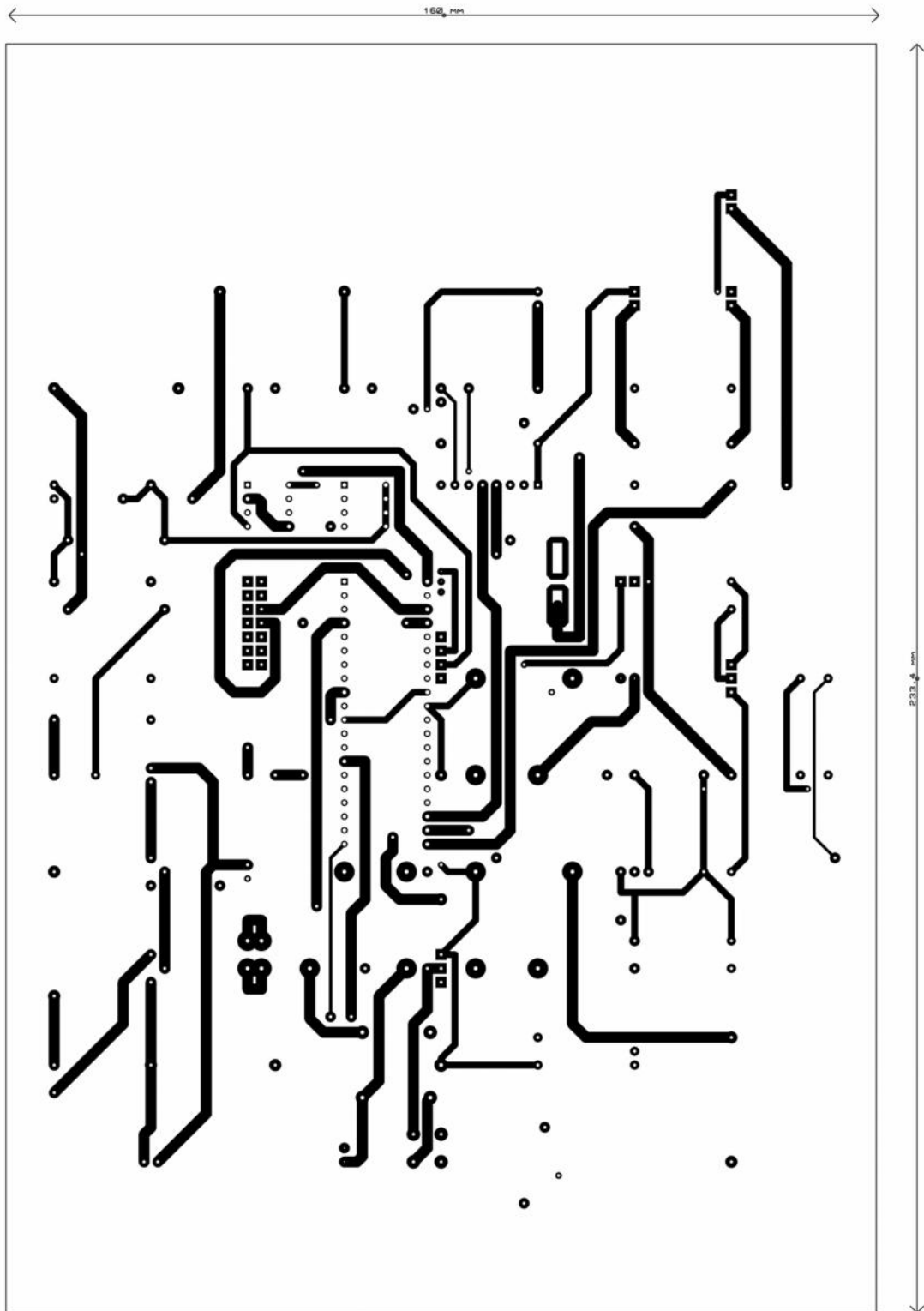


FIGURA 37. CAPA BOTTOM



FIGURA 38. PCB TERMINADA

2.2.3 PANEL DE CONTROL

Este plano es simplemente un boceto de cómo quedaría el panel de control en función de la distribución que han seguido los componentes a la hora de situarse sobre la placa de circuito impreso. Es una simple ayuda para visualizar el resultado del prototipo sin entrar en el diseño del formato de la caja del dispositivo

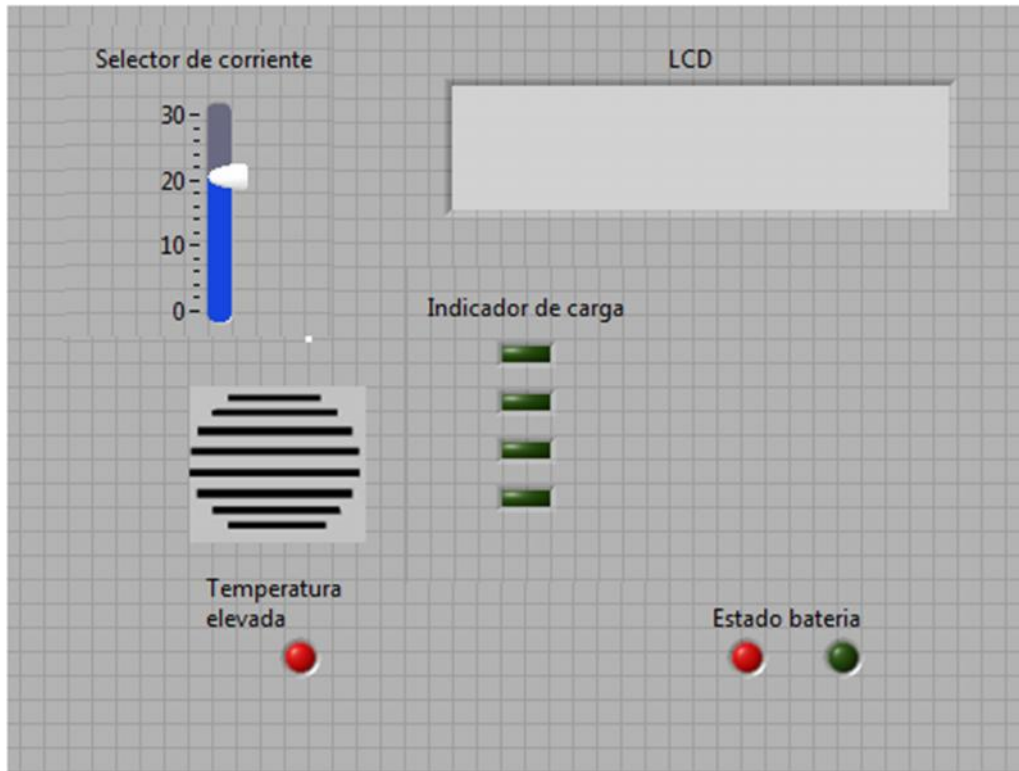


FIGURA 39. PANEL DE CONTROL

2.2.4 NOTA FINAL

El diseño de todos los esquemáticos y PCB se ha empleado el programa Proteus.

Para el apartado de esquemas y simulaciones se ha usado el modulo ISIS 7 Professional.

Para la creación de la placa y diseño de la PCB se ha usado el modulo ARES 7 Professional.

El croquis de la ubicación está realizado en Autocad.

El boceto del panel de control está realizado en LabVIEW.



3 PLIEGO DE CONDICIONES

1.1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de "Solución Integral en materia de Seguridad Electrónica". En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

1.2 CONDICIONES GENERALES

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes condiciones generales:

- I. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
- II. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
- III. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
- IV. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior Industrial, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.
- V. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.
- VI. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.
- VII. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.
- VIII. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.
- IX. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja

- de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.
- X. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.
- XI. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
- XII. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.
- XIII. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.
- XIV. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.
- XV. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.
- XVI. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
- XVII. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.
- XVIII. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
- XIX. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
- XX. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.
- XXI. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de

efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

- XXII. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
- XXIII. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

1.3 CONDICIONES PARTICULARES

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

- I. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
- II. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
- III. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
- IV. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
- V. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
- VI. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
- VII. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
- VIII. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
- IX. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
- X. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

- XI. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.
- XII. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.



4 PRESUPUESTO

Bill Of Materials para cargador de baterías

Design Title : Cargador de baterías
Author : Juan José Ros Gimeno
Design Last Modified : martes, 28 de febrero de 2012
Total Parts In Design : 64

15 Resistencias

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
2	R1, R2	220	0.30 €	0.60 €
3	R3, R6, R7	10k	0.30 €	0.90 €
2	R4, R5	4.7k	0.30 €	0.60 €
3	R8-R10	330	0.30 €	0.90 €
1	RP1	1k	2.00 €	2.00 €
2	RV1, RV2	100	0.60 €	1.20 €
2	RV3, RV4	10k	0.60 €	1.20 €

15 Condensadores

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
3	C1, C2, C8	2200uF	1.50 €	4.50 €
2	C3, C9	220uF	1.00 €	2.00 €
5	C4, C6, C7, C10, C11	100nF	0.50 €	2.50 €
1	C5	1uF	0.50 €	0.50 €
2	C12, C13	33pF	0.50 €	1.00 €
1	C14	10nF	0.50 €	0.50 €
1	C15	1nF	0.50 €	0.50 €

10 Circuitos Integrados

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
1	U1	7812	1.50 €	1.50 €
1	U2	7912	1.50 €	1.50 €
1	U3	7805	1.50 €	1.50 €
1	U4	ACS755XCB-050	3.00 €	3.00 €
1	U5	MCP6001	2.00 €	2.00 €
1	U6	LM393	2.00 €	2.00 €
1	U7	MCP9801	4.00 €	4.00 €
1	U8	PIC18F452	5.00 €	5.00 €

1 Transistores

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
1	Q1	IRF7103	2.50 €	2.50 €

12 Diodos

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
7	D1-D7	1N4005	0.50 €	3.50 €
1	LED1	LED-RED	0.75 €	0.75 €
1	LED2	LED-YELLOW	0.75 €	0.75 €
1	LED3	LED-GREEN	0.75 €	0.75 €
2	U9, U10	THYRISTOR	5.00 €	10.00 €

21 Otros

<u>Cantidad:</u>	<u>Referencia</u>	<u>Valor</u>	<u>Precio Ud</u>	<u>Total</u>
1	BR1	2W02G	3.00 €	3.00 €
1	FU1	40A	0.50 €	0.50 €
2	J1, J3	SIL-100-02	0.50 €	1.00 €
1	J2	CONN-SIL4	0.75 €	0.75 €
1	L1	20mH	1.20 €	1.20 €
1	LCD1	LM016L	25.00 €	25.00 €
1	SW1	SW-DIP4	1.50 €	1.50 €
3	TR1, TR3, TR4	TRAN-2P2S	5.00 €	15.00 €
1	TR2	TRAN-2P3S	6.00 €	6.00 €
1	X1	CRYSTAL	3.00 €	3.00 €

Resumen:

Parte	Precio
Resistencias	7.50 €
Condensadores	11.50 €
Circuitos integrados	20.50 €
Transistores	2.50 €
Diodos	15.75 €
Otros	56.95 €
Impresión de circuito	80 €
Desarrollo (100 Horas)	900 €
Total	1100 €



5 ANEXOS

Los anexos se entregan en formato electrónico. Índice de documentos incluidos:

- I. Reglamento para cargadores de baterías
- II. Sistema de ventilación
- III. Seguridad anti incendios
- IV. Instalaciones eléctricas
- V. Datasheet tiristor
- VI. Datasheet Conectores
- VII. Datasheet ACS755xCB-050
- VIII. Datasheet HD44780
- IX. Datasheet IRF7103
- X. Datasheet LM393
- XI. Datasheet MCP6001
- XII. Datasheet MCP9801
- XIII. Datasheet PIC18F452
- XIV. Manual de programación PIC18
- XV. Diagramas de flujo de software
- XVI. Código fuente
- XVII. Esquemáticos y ficheros de simulación
- XVIII. Fichero PCB