

**Proyecto General de Final de carrera: Tarjeta  
de control de un cargador de baterías de 1.5  
Kw basado en un rectificador controlado**

Titulación: Ingeniería Técnica

Especialidad: Electrónica Industrial

Alumno: Antonio Hernández Díaz

Director: Pedro Díaz Hernández

Año: 2010-1011

Cartagena a 29 de Septiembre de 2010

*Índice:*

---

	Página
<b>Pliego de condiciones</b>	<b>2</b>
- Características para el usuario	
<b>Memoria</b>	<b>5</b>
- Descripción del comportamiento del cargador	
<b>Bloque 1</b>	<b>11</b>
- Sensado de temperatura	11
- Sensor de corriente	17
- Sensor de tensión	21
<b>Bloque 2</b>	<b>24</b>
- Detector de paso por cero	24
- Diente de sierra	30
<b>Bloque3</b>	<b>33</b>
- Controlador PI y señal de activación de disparo	
<b>Bloque 4</b>	<b>50</b>
- Drivers de disparo de tiristores	
<b>Bloque5</b>	<b>59</b>
- Indicación de carga de la batería	59
- Señal de bloqueo por temperatura	62
<b>Circuito de Interfaz</b>	<b>63</b>
<b>Programa para los PICs</b>	<b>68</b>
<b>Presupuesto</b>	<b>83</b>
<b>Planos</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía y Datasheets</b>	

---

# PLIEGO DE CONDICIONES

---

## CARACTERÍSTICAS PARA EL USUARIO

### El Cargador

Este Proyecto Final de Carrera es un cargador automático de baterías de 48V, que tiene como voltaje de entrada la tensión de red española (230V de tensión alterna a una frecuencia de 50 Hercios).

El cargador de baterías se basa en la carga de la misma a corriente constante, y automáticamente para de cargar cuando detecta que la batería ha completado su ciclo de carga.

Con la batería descargada el cargador comienza su funcionamiento, suministrando una intensidad constante seleccionada manualmente por el usuario mediante un potenciómetro en el cuadro de mandos del cargador.

### La batería

El cargador puede cargar baterías de 48V, con la base de fabricación en plomo y ácido, de distintas capacidades seleccionando una intensidad para inyectar adecuada a las características de capacidad de la batería.

### Protección de la batería

El cargador está fabricado para ser robusto y seguro respecto a la electrónica manejada.

El cargador de baterías está diseñado acorde con la normativa de modo que las partes externas que van a ser manipuladas para la visualización y configuración del correcto funcionamiento del cargador y el correcto estado de la batería estén aisladas de toda la electrónica de potencia y señales de te tensión e intensidad peligrosas para el personal manipulador.

- **Corriente:** La corriente suministrada a la batería estará limitada a un valor ajustado entre 5A y 60A.
- **Corriente inicial:** La corriente inicialmente suministrada será de un valor bajo, e irá creciendo hasta estabilizarse en un valor constante.

- **Sobre tensión:** El cargador está diseñado para detenerse automáticamente cuando detecte que la tensión de la batería llega a ser tan alto como el valor de carga máxima de la batería.
- **Tensión baja.** El diseño del cargador permite detectar cuando una batería está excesivamente descargada, anunciando posibles fallas en la batería. En este caso el cargador dejará de funcionar hasta que detecte una batería en buenas condiciones.
- **Protección de temperatura:** La temperatura interna del cargador es medida constantemente, y de forma automática el cargador se ocupará de apagarse cuando detecte que la temperatura de trabajo es demasiado alta. Después de una suspensión por temperatura alta, el cargador iniciará de nuevo la carga automáticamente cuando detecte una temperatura agradable para la vuelta al trabajo del mismo.

Protección al usuario.

- **Protección contra el contacto directo:** El cargador se ajusta a la normativa de protección contra el contacto directo del usuario con las partes de tensión peligrosa, usando una baja tensión (siempre menos de 20V en corriente continua y 17Vpico en alterna) para las placas de control de la electrónica de potencia; estas placas de control de la electrónica de potencia van a estar siempre separadas del usuario mediante barreras y obstáculos aislantes (esto es el cuadro de mandos y visualización del estado de carga va a estar separado de la electrónica de potencia). Así mismo la electrónica de potencia, que es la más peligrosa ante contactos, estará aislada completamente del usuario.

## Mantenimiento

El cargador no requiere de ningún tipo de mantenimiento especial. Es aconsejable llevar un chequeo de los conectores del cargador con la batería, estos deben estar siempre limpios para prevenir posibles chispas o impertinencias y asegurar el rendimiento.

## Precauciones de manipulación

No se debe conectar ni desconectar una batería sin que previamente se haya desconectado el cargador de la toma de red.

Para la manipulación del cargador el técnico debe quitarse de las manos y muñecas todos objetos personales metálicos.

## Precauciones contra el peligro de explosión por emisión de gas

Al ser un cargador de baterías de plomo y ácido, se debe tener en cuenta que durante la carga se emiten gases con riesgo de explosión. Esto ocurre como resultado de la electrolisis del agua por la corriente de carga.

Los gases que se producen son Hidrógeno y Oxígeno. Al emitirse al ambiente se puede crear una mezcla explosiva si la concentración de Hidrógeno supera el 4% en volumen.

Cuando se para la operación de carga del equipo, la emisión de gas de los elementos puede darse por finalizada una hora después de haber desconectado la corriente de carga.

Requisitos de ventilación:

- La cantidad de corriente de aire de ventilación debe ser preferiblemente natural, si no se deberá usar una ventilación forzada (con ayuda de elementos de ventilación artificiales)
- Se debe asegurar que las salas de carga de batería tienen una ventilación natural mínima estipulada por la Norma UNE-EN 50272.

Precauciones ante fuentes de ignición:

- Se debe asegurar una distancia de seguridad mínima de 0.5m dentro de la cual están prohibidos los aparatos que produzcan chispas o luz; Norma UNE-EN 50272

***Se deben tomar las precauciones indicadas en la manipulación del cargador y en el proceso de carga estipuladas en la Norma UNE-EN 50272: Requisitos de la seguridad para las baterías e instalaciones de batería; así como en todas las Normas relacionadas para satisfacer un uso responsable y sin riesgos.***

# MEMORIA

---

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto final de carrera es la tarjeta de control de carga de un cargador de baterías de 48V.

Este proyecto consta de 5 Bloques principales y de un bloque adicional, que es la interfaz con el usuario del cargador. En los 5 primeros bloques se describen las características funcionales del cargador, circuitos y cálculos que llevan al correcto funcionamiento del cargador como proyecto que aúna todos estos bloques. En el último convergen todos los elementos que van a interactuar con el usuario, tales como elementos de información, como son los LEDs de aviso y las pantallas LCD, y elementos de manipulación del comportamiento, que son los potenciómetros que regulan, por ejemplo la intensidad que se va a inyectar a la batería.

### *BLOQUE 1:*

---

Este bloque está formado por 3 partes, que son la adquisición de temperatura, corriente y voltaje. Estas tres partes se resumen en dos placas, en una de ellas se capta la temperatura y en otra se recogen la captación de tensión y corriente.

#### **El sensor de temperatura:**

El cargador consta de un sensor de temperatura, basado en un LM35, este sensor está acoplado al disipador de potencia de los tiristores, y mide la temperatura de este disipador.

El LM35 crea una tensión proporcional a la temperatura a la que se encuentra el disipador.

Esta tensión es la entrada de un comparador en ventana que la compara con los niveles de tensión correspondientes a las temperaturas de 60, 70 y 80 grados centígrados, generando tres señales correspondientes a estas temperaturas. Estas señales van a encender los LEDs correspondientes de aviso, y también son utilizadas para controlar los disparos de los tiristores, de modo que si la señal correspondiente a 80º o más está en un nivel alto, se bloquean los tiristores, y estos no se vuelven a disparar hasta que el sistema no detecta que la temperatura del disipador ha bajado por debajo de los 60º C.

#### **El sensor de corriente**

El sensor de corriente consta de un sensor de efecto Hall, con forma toroidal, de manera que este es atravesado por el cable donde fluye la corriente que se inyecta en la batería.

Este sensor se ha puesto en una disposición tal que a la salida de este da una corriente proporcional a la que pasa por el cable que lo atraviesa, con una ganancia de 0.001, es decir, que los amperios que pasan por el primario, se reflejan en el secundario en miliamperios.

Esta corriente atraviesa una resistencia, de modo que se crea una caída de tensión, que al seleccionarse una resistencia de  $100\Omega$ , la tensión será 100 veces la intensidad del secundario, o lo que es lo mismo, 0.1 veces la intensidad del primario (la tensión se mide en Voltios). Este voltaje es captado por un microcontrolador, que mide la tensión y muestra en una pantalla LCD, en su primera línea, la corriente que atraviesa el primario del sensor de corriente con el mensaje: **"INTENS: 00.0A"**

### **El sensor de voltaje**

El sensor de voltaje consta de un divisor resistivo paralelo a la batería, con resistencias de gran impedancia, para evitar que fluya corriente de magnitud relevante a través de estas. Este divisor de tensión resistivo está formado por dos resistencias, por una de ellas cae una tensión diez veces menor a la tensión en bornes de la batería. Esta tensión es captada por un microcontrolador, que haciendo cálculos, muestra en la pantalla LCD del apartado anterior, en la línea de caracteres de abajo el voltaje de la batería, mostrando el mensaje: **"VOLTAJE= 00.0 V"**

- Indicar que la pantalla LCD y los LEDs que se usan en este Bloque, en la representación PCB de los circuitos, están situados en la placa de interfaz, de modo que en las placas de sensor de temperatura, corriente y voltaje, se presentan unas regletas que van a ser el punto de interconexión de las placas con la placa de interfaz.

## ***Bloque 2***

---

En este bloque se define la sincronización de la placa y sus funciones con la tensión de red que se va a suministrar al cargador y la generación de una onda diente de sierra que va a interactuar con el bloque de control de disparo de los tiristores. Sus bloques principales son el de un detector de paso por cero, que da pulsos cada vez que la tensión de red se acerca al voltaje de 0V, y el circuito de creación de la onda triangular.

### **Circuito detector de paso por cero**

Esta parte tiene, en primer lugar, una adaptación con un transformador de la tensión de red a tensiones adecuadas para trabajar con operacionales y demás componentes que no soportan las tensiones demasiado altas.

La onda que se obtiene es una senoidal de 17V pico, que es rectificada.

Esta onda rectificada entra a un comparador con una tensión de referencia, de modo que cuando la tensión rectificada baja por debajo de cierto nivel, la salida del amplificador es una salida a nivel de tensión TTL alto. Cuando la tensión rectificada es superior a ese valor, la tensión a la salida es una tensión aproximada de 0V.

### **Circuito de creación de diente de sierra**

En la creación de un diente de sierra se usa un microcontrolador. El diente de sierra va a ser la conversión de digital a analógico de una señal binaria de 8 bits, que son los 8 bits correspondientes a un contador binario.

Indicar que la señal está sincronizada con la señal de paso por cero indicada en el apartado anterior, de modo que el contador se reinicia cada vez que le llega el pulso al microcontrolador.

Se ha seleccionado un DAC0800 para la conversión digital-analógico, este es un circuito integrado que en su interior lleva un convertidor de tipo R2R. Su salida es una señal diente de sierra con una tensión de pico igual a la tensión de alimentación, que en este caso va a ser de 10V.

## **Bloque 3**

---

En este bloque se describe el lazo de control de los tiristores, consta de 4 partes, la primera es la obtención de la función de transferencia del sistema, la segunda es la obtención del regulador y los parámetros que lo definen, la tercera es la implementación con amplificadores operacionales del regulador a usar que es el PI, y la última parte define el lazo de control completo.

### **Análisis del sistema y obtención de la función de transferencia**

La función de transferencia relaciona una señal de entrada, que es la señal de error obtenida de comparar la tensión que da el sensor de corriente con una tensión de referencia, con la señal de salida, que es el voltaje que se obtiene del sensor de corriente, es decir, esta tensión medida forma el lazo de realimentación del sistema.

En esta parte se analiza el sistema y se define con un diagrama de bloques y las ecuaciones que definen cada bloque.

### **Obtención de los parámetros del regulado**

Con un análisis de la función de transferencia, se llega a la conclusión de que el regulador idóneo es un PI, ya que es un sistema de primer orden, y se trazan las ecuaciones del regulador, así como los parámetros que lo definen (situación de ceros y polos y ganancia).

### **Diseño del regulador PI**

En este bloque se traza el PI con amplificadores operacionales y se definen los valores de resistencias y condensadores que hacen que la función de transferencia del PI coincida con la función de transferencia obtenida en el apartado anterior.

### **Lazo de control completo**

Este bloque se encarga de implementar el lazo de control completo, que consta de tres partes, la primera es la generación de la señal de error, que se crea restando a la señal de referencia la señal obtenida del sensor de corriente. La salida de esta parte es la entrada del regulador PI, que es la segunda parte. La salida del PI se va a comparar con la señal diente de sierra, generando una señal saturada, que indica los tiempos de conducción de los tiristores, esta es la tercera parte.

Indicar que la señal de referencia de la primera parte es generada con un divisor resistivo creado con un potenciómetro. Este potenciómetro se encuentra en la placa de interfaz.

La función de este lazo es crear una señal que indique el tiempo de conducción de los tiristores.

## ***Bloque 4***

---

La función de este bloque es crear la señal de disparo de los tiristores. Esta señal va a estar condicionada por varios factores:

- Los tiristores deben trabajar siempre y cuando se cumpla el requisito de que el disipador está a una temperatura adecuada, teniendo en cuenta que se debe parar al llegar el disipador a una temperatura de 80 grados centígrados y que si ocurre esto, los tiristores no deben trabajar hasta que no se disminuya la temperatura a una agradable de 60° C.
- Los tiristores solo deben trabajar cuando la tensión de la batería esté dentro de unos rangos de tensión máxima y mínima, de modo que cuando la batería llegue a un nivel de tensión determinado (tensión de batería cargada) deben pararse los tiristores. También deben pararse cuando se detecte una tensión en bornes de la batería demasiado baja, ya que esto es síntoma de batería defectuosa.

Cumplidos estos requisitos, se procede a la creación de la señal de puerta de los tiristores, que deben tener unas características de intensidad mínima de 35mA, que se debe mantener

durante un tiempo para asegurar los disparos de los tiristores. La señal que se aplica entre la puerta y el cátodo de los tiristores es la salida de un transformador de pulsos, al que entra la señal de disparo al primario, que es llevada al secundario cumpliendo los requisitos de la señal, para el disparo seguro. El transformador de pulsos hace de aislamiento galvánico entre el circuito de potencia y los circuitos de baja señal (en este caso, la tarjeta de drivers de disparo de tiristores)

## **Bloque 5**

---

Este bloque se dedica a indicar en todo momento el estado de carga de la batería en una pantalla LCD. Además tiene unos LEDs que avisan del estado de carga, es decir, si la batería se está cargando, ya ha terminado el proceso de carga o si la batería tiene una tensión inferior a un límite que determina que esta puede tener fallos.

En este bloque se incluye una función adicional en el microcontrolador, que es implementar la máquina de estados que define el comportamiento de los tiristores en función de la temperatura del disipador.

### **La pantalla LCD y su control**

Para el control de la pantalla LCD se usa un microcontrolador 16F877. La primera parte de este apartado es la captación del voltaje en bornes de la batería, que se usa el mismo sistema que para el apartado del Bloque 1, de sensor de tensión, es decir dos resistencias de gran impedancia en paralelo con la batería, usando la tensión entre ambas como entrada al microcontrolador.

Este microcontrolador se encarga de mostrar en una pantalla LCD el mensaje "CARGA: XX%" mostrando el porcentaje de carga de la batería.

### **LEDs indicadores de estado de carga**

A la vez que el microcontrolador maneja la pantalla LCD, también controla el encendido de tres diodos LEDs, cada uno indicando un mensaje. Si el LED azul está encendido significa que la batería ha alcanzado el nivel de tensión de carga completa. Si está encendido el LED amarillo indica que la batería tiene un nivel de tensión demasiado bajo, e indica que la batería puede estar defectuosa. Si se enciende el LED verde indica que se está llevando a cabo la carga correctamente.

- Indicar que las señales a la salida del microcontrolador que determinan el encendido de los LEDs azul y amarillo son señales que implicadas en el control de disparo de los tiristores, ya que como se ha descrito anteriormente, tanto si la batería está cargada como si está defectuosa se parará automáticamente el disparo de los tiristores.

### **Señales de bloqueo de tiristores en función de la temperatura**

En el microcontrolador se incluye una función adicional, que es la de comprobar las señales de temperatura que se obtienen en el Bloque 1, de modo que da una señal de bloqueo de tiristores cuando la temperatura excede los 80° centígrados y esta señal se mantiene hasta que la señal que detecta que la temperatura es superior a 60° se vuelve a cero, indicando que el disipador ya ha bajado de esa temperatura.

### *Circuito de interfaz con el usuario*

---

La función de este circuito es proporcionar al usuario toda la información que se extrae de cada bloque, y permitir al usuario cambiar los parámetros modificables de todo el sistema.

Aquí se reúnen las partes de cada bloque que aportan información al manipulador. La información que se obtiene es de forma visual, este apartado consta de 2 pantallas LCD (correspondientes a los Bloques 2 y 5) y de 6 diodos LEDs (los diodos de información de temperatura, Bloque 1, y los 3 que informan del estado de carga, Bloque 5)

Ambas pantallas llevan sendos potenciómetros que regulan el contraste de cada una.

En la parte de modificación de parámetros se incluyen dos potenciómetros.

La función del primer potenciómetro es la de proporcionar la tensión de referencia a la entrada de la etapa de control de disparo de tiristores, de modo que esta tensión sirve para seleccionar la intensidad que va a pasar a través de la batería. Cuando el potenciómetro está en un extremo la tensión de referencia es 0.5V, lo que propiciará que la intensidad a través de la batería sea de 5 amperios. Cuando el potenciómetro se gira por completo la tensión de referencia es de 5.5V, proporcionando una intensidad a la batería de 55 amperios.

El segundo potenciómetro controla la tensión de referencia que va a regular el paso por cero, cuando la tensión de la onda rectificada está por debajo de la tensión de referencia provoca un pulso alto de tensión, cuando está por encima provoca un cero lógico. Es decir este potenciómetro modifica la tensión de referencia, y esto provoca que modifique el ancho del pulso para la sincronización.

# BLOQUE 1

---

## SENSOR DE TEMPERATURA DE DISIPADOR

El objetivo de este apartado es el sensado de temperatura, para garantizar que los tiristores disipen con una temperatura adecuada de trabajo para que no lleguen a romperse.

El sistema consta de tres LEDs indicadores, de forma que indique que la temperatura de trabajo es aceptable, es algo alta o la temperatura es demasiado alta como para que los tiristores sigan trabajando.

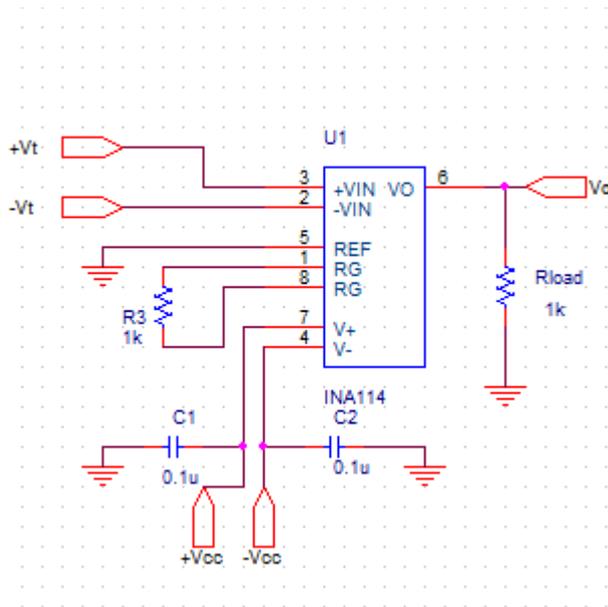
De este modo, el circuito bloqueará los tiristores automáticamente al llegar a una temperatura crítica, y estos seguirán bloqueados hasta que el disipador no alcance una temperatura agradable de inicio de trabajo.

Este bloque consta de tres etapas. La primera es la conversión de de temperatura a voltaje, la segunda es la adaptación del voltaje de salida del sensor, que da la salida en modo diferencial, y pretendemos dar la salida referenciada a masa incluyéndole una ganancia; y la tercera etapa es la de comparación de tres niveles para detectar las tres temperaturas que van a regir el comportamiento de los tiristores. Los tres niveles de temperatura son por encima de 80°C, que determina el apagado de los tiristores; 60°C que es la temperatura a la que debe bajar el disipador para que después de alcanzar la temperatura de 80°C puedan volver a dispararse los tiristores; por encima de 70°C, a esta temperatura únicamente habrá un aviso luminoso que indique que el disipador se está empezando a calentar demasiado.

### **Eta de sensado de temperatura:**

El circuito de la primera etapa viene facilitado por el fabricante en la hoja de características del LM35, es un circuito sencillo con salida diferencial:





En el circuito se incluye la  $R_g$ , una resistencia de carga y los condensadores de filtrado para la alimentación del INA,  $C_1=C_2=0.1\mu\text{F}$

Según la hoja de características del INA114, asegura una ganancia de:

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_g}$$

Según esto se quiere obtener una ganancia  $G=6$ , para que el rango de los valores de salida este limitado por  $-3\text{V}$  a  $9\text{V}$  para las temperaturas de  $-50^\circ\text{C}$  y  $+150^\circ\text{C}$  respectivamente. Para ello:

$$5 = \frac{50k\Omega}{R_g}$$

$$R_g=10K\Omega$$

- Para más información consultar hoja de características del INA114

### **Etapas de comparación:**

El objetivo de la etapa de comparación es el de obtener señales luminosas que indiquen de forma orientativa el estado de la temperatura del disipador.

Hay tres niveles descritos antes, el de 80 grados, temperatura muy alta, y por lo tanto se deben parar los tiristores, 60 grados, que es la temperatura que debe alcanzar el disipador para que se puedan volver a disparar los tiristores cuando el sistema se ha parado por

temperatura demasiado elevada, y 70 grados, que simplemente indica que la temperatura del disipador está por encima de esta indicando que se está elevando la temperatura.

Según la salida del INA, los voltajes correspondientes a estos niveles de temperatura son:

$$80^{\circ} \rightarrow 4800\text{mV}$$

$$70^{\circ} \rightarrow 4200\text{mV}$$

$$60^{\circ} \rightarrow 3600\text{mV}$$

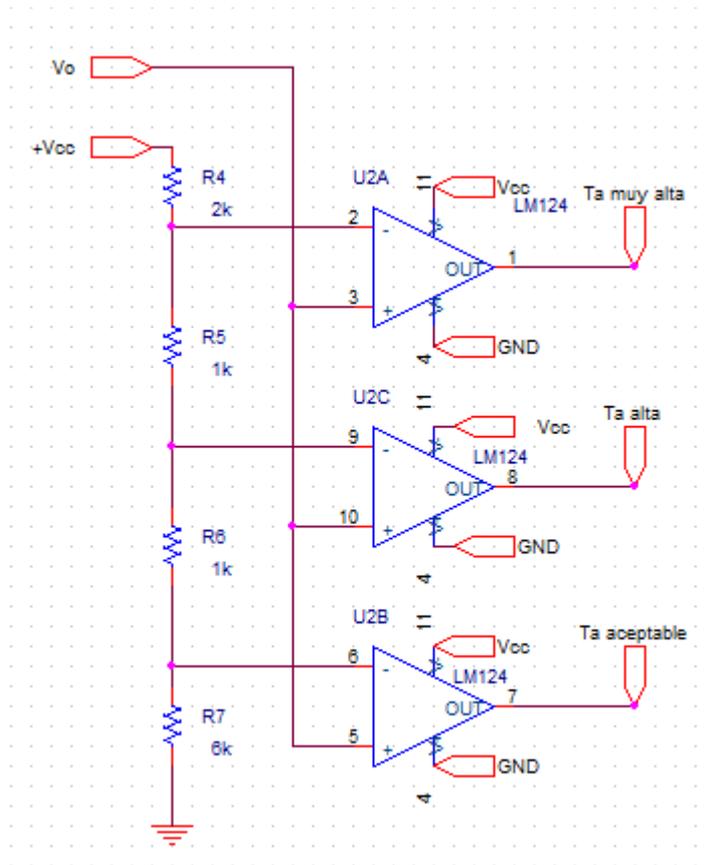
Tenemos un voltaje de referencia, +Vcc= 6V, y las resistencias se hallan de la siguiente manera:

$$R4(\Omega) = \frac{6 - 4.8 (V)}{I(A)} = \frac{1.2(V)}{I(A)}$$
$$R5(\Omega) = \frac{4.8 - 4.2(V)}{I(A)} = \frac{0.6(V)}{I(A)}$$
$$R6(\Omega) = \frac{4.2 - 3.6(V)}{I(A)} = \frac{0.6(V)}{I(A)}$$
$$R7(\Omega) = \frac{3.6(V)}{I(A)}$$
$$R7 = 3 \times R4 = 6 \times R5 = 6 \times R6$$

De esta manera, dando valor a R4:

$$R7 = 6K\Omega \quad R4 = 2K\Omega \quad R5 = R6 = 1K\Omega$$

El circuito es:



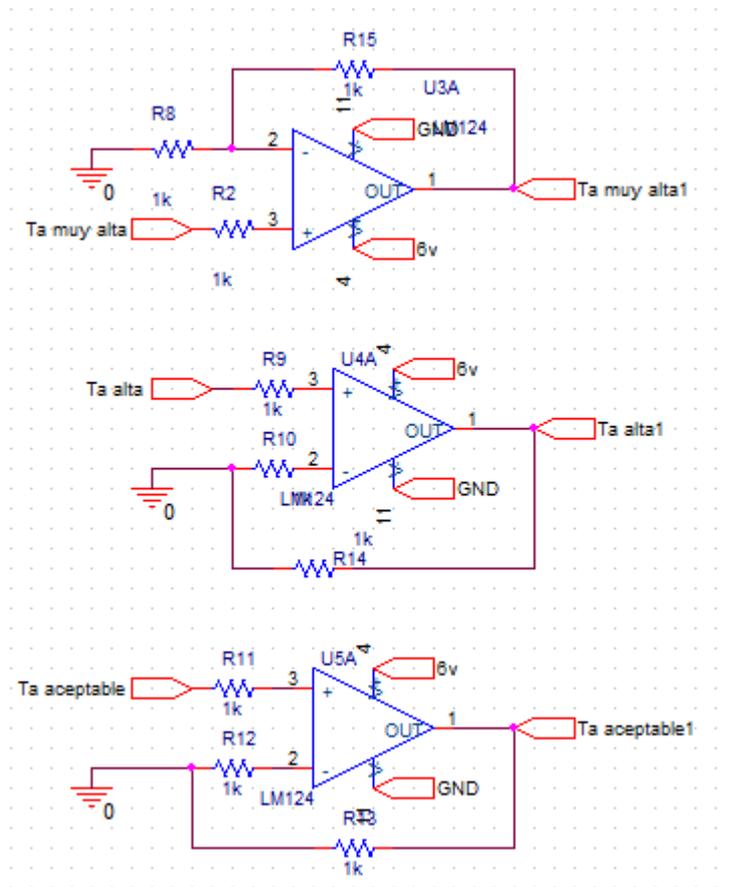
- Indicar que las señales de temperatura muy alta y de temperatura aceptable van a la etapa de control y bloqueo de tiristores.
- Para más información consultar hoja de características del LM124.

#### **Etapas de adaptación de señal:**

Esta etapa adapta la salida de los amplificadores a una tensión aceptada por el micro controlador que va a determinar el bloqueo de tiristores si la temperatura es inadecuada.

Son 3 amplificadores operacionales en modo no inversor y con ganancia de 0.4, para convertir los 15V de salida a 6V.

El circuito es el siguiente:



La salida siempre va a estar acotada entre 6 y 0V, que son los niveles alto y bajo para la entrada al microcontrolador.

La ganancia se ha seleccionado de modo que:

$$\frac{R2}{R1} = G = \frac{1k}{2.5K} = 0.4$$

A la vez que llevar las señales al microcontrolador para que las procese e indique si la temperatura es demasiado alta como para que se produzca disparo de tiristores, estas tres señales se llevan a la placa de visualización de la información, donde encienden tres LEDs para dar aviso del estado de temperatura.

## SENSOR DE CORRIENTE

El objetivo de esta parte es medir la corriente que se inyecta en la batería para que esta esté controlada y no se someta a la batería.

En el procedimiento se usa un sensor de corriente de efecto Hall, con disposición del bobinado toroidal, de modo que la corriente que circula por el primario induce una corriente proporcional en el secundario con una relación de espiras de 1:1000, de modo que la corriente en amperios en el primario se traduce en una corriente del mismo módulo medida en miliamperios en el secundario.

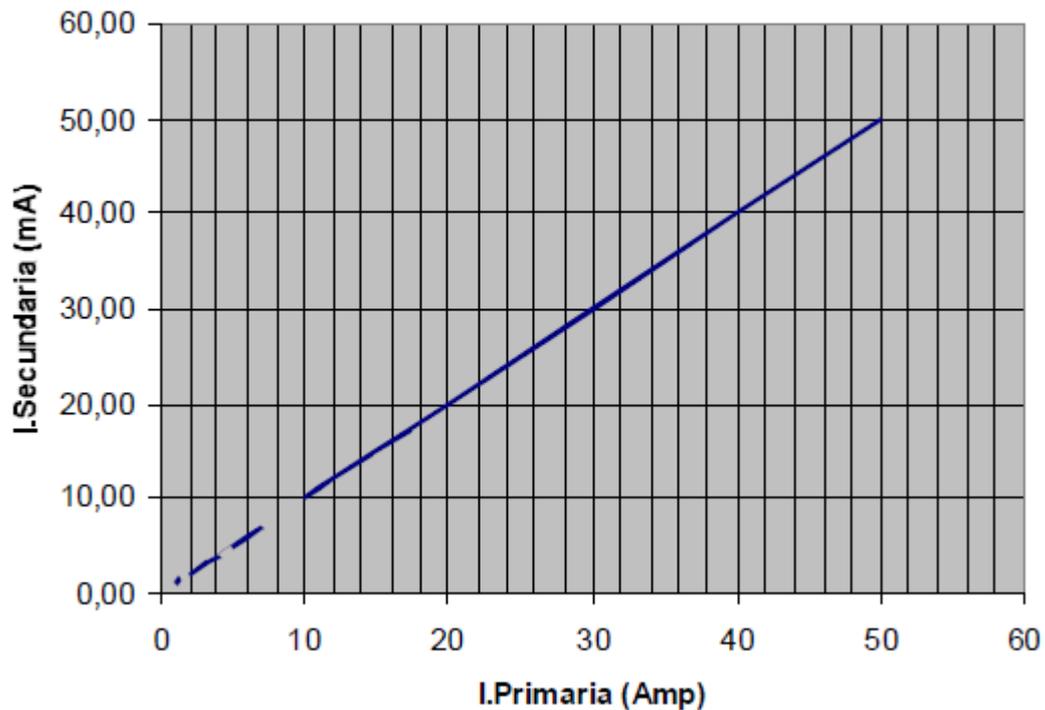


Fuente: <http://www.eltoroide.com.ar/sensores%20rs.htm>

Las características principales de este sensor son:

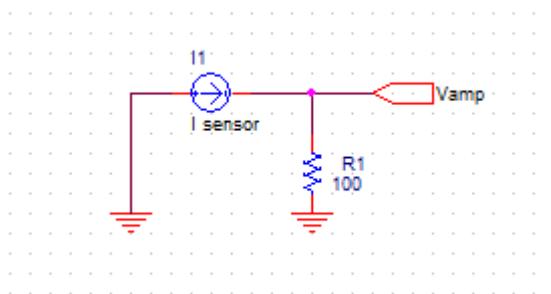
- Diámetro de apertura: 12 mm
- Espiras en el secundario: 1000
- Rango de corriente: 2 a 100 Amperios
- Terminales de salida: Cables
- Dimensiones: cabe en un prisma de 36x44x17 mm
- Terminación: encapsulado en resina de poliéster.

### Transferencia de corriente



Para la captación de la intensidad y poder mostrarla en valores numéricos se va a transformar esta corriente de secundario en un voltaje medible por un micro controlador, que será el encargado de mostrar los amperios que se inyectan en cada momento en la batería.

El circuito de entrada al micro controlador es:



La  $V_{amp}$  es la tensión correspondiente a cada intensidad, de modo que siguiendo la ley de Ohm:

$$V_{amp} = I_{sensor} \times R$$

Sabiendo que la  $I_{sensor}$  tiene una ganancia de 0.001 con respecto a la ganancia de entrada.

Fijando  $R$  a un valor de 100 ohm se consigue que  $V_{amp}$  sea:

$$V_{amp} = 0.001 \times I_{bat} \times 100 = 0.1I_{bat}$$

Esta tensión será la entrada al PIC, que este tomará de referencia de 6V para tensión máxima, la equivalente a 60 amperios, una intensidad que no debe ser alcanzada en el circuito y que da un amplio margen de conversión de tensión analógica a un número en binario de 10 bits.

El PIC usado es un 16F877, un dispositivo con 3 puertas de 8 bits (puerta B, puerta C, puerta D) y dos puertas de 5 y 3 bits (puerta A y puerta E respectivamente) estas dos últimas puertas son las usadas internamente para poder hacer la conversión analógica-digital.

El resultado de la conversión se almacena en 10 bits, son dos registros, de los que se usan 8 bits de uno y 2 bits de otro, de modo que tenemos 1024 valores de tensión al convertirla.

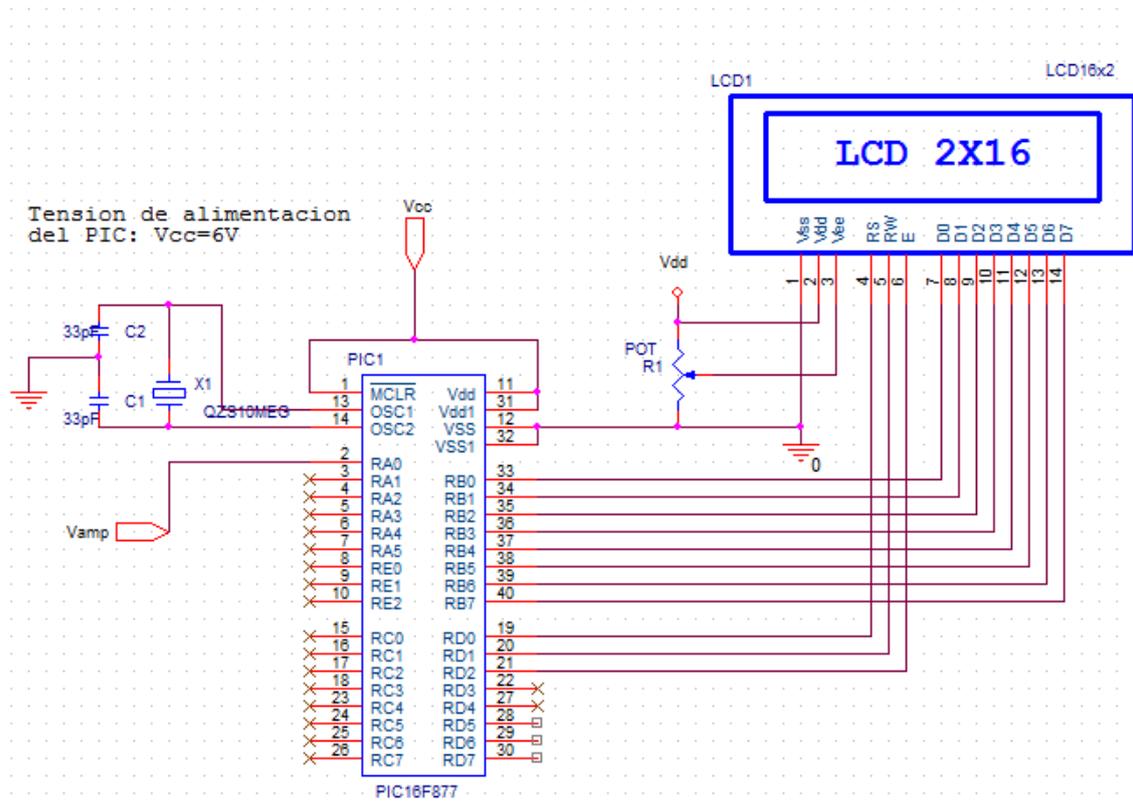
La tensión de alimentación del PIC es de 6V (Vdd), estando referenciado a masa por Vss, estos niveles de tensión hacen como referencia a la hora de hacer la conversión A/D, siendo Vdd el nivel de tensión correspondiente al Full Scale de la palabra de 10 bits, esto es, 10 bits puestos a "1" y el nivel de tensión equivalente a GND corresponde al nivel Zero Scale en la palabra de 10 bits, es decir todos ellos puestos a "0".

Corriente en el primario	Corriente en el secundario	Voltaje de entrada al PIC	Equivalente en binario en el PIC	Int. Mostrada en LCD
60 A	60 mA	6V	11 1111 1111	60.0 A
30 A	30 mA	3V	10 0000 0000	30.0 A
0 A	0 mA	0V	00 0000 0000	0 A

El PIC trabaja con una señal de reloj de 4 Mega Hercios proporcionada por un cristal de cuarzo exterior al PIC.

El código del micro controlador es capaz, mediante ecuaciones implementadas en su código, de transformar esa tensión de entrada en un mensaje en una pantalla LCD 2X16 que indique en todo momento de forma gráfica la intensidad que pasa por la batería.

El circuito con el micro controlador es:



Donde la  $V_{amp}$  es la tensión obtenida en el apartado anterior y tiene una ganancia de 0.1Volt/Amp, esto es que aumenta 0.1 V por cada amperio que corra por el interior de la batería.

La pantalla es una LCD 2x16 con un controlador HITACHI HD44780U, en ella se mostrará el mensaje: "Intens: 00.0A" indicando los amperios con un decimal.

La pantalla cuenta con 8 entradas de datos, 3 entradas de control y 3 entradas de alimentación que son tensión de alimentación, masa y tensión de ajuste de contraste.

Para el ajuste de contraste se ha incorporado un potenciómetro que permite ajustarlo manualmente hasta un nivel adecuado.

- La precisión del sensor de corriente montado es de  $\pm 1$  bit, y teniendo en cuenta que el código del PIC obtiene una precisión de una décima de amperio, el error puede llegar hasta 0,23 Amperios en el peor de los casos, que es para una intensidad inyectada a la batería de 60 amperios, teniendo como media del error 0.1 Amperios.

## SENSOR DE VOLTAJE

El objetivo de este apartado es el sensado del voltaje de la batería y su visualización mediante una pantalla LCD de 2x16 en tiempo real.

El procedimiento a seguir es la captación del voltaje de la batería por un micro controlador PIC 16F877, y este es el encargado de controlar la pantalla LCD para que muestre en todo momento el voltaje en cuestión.

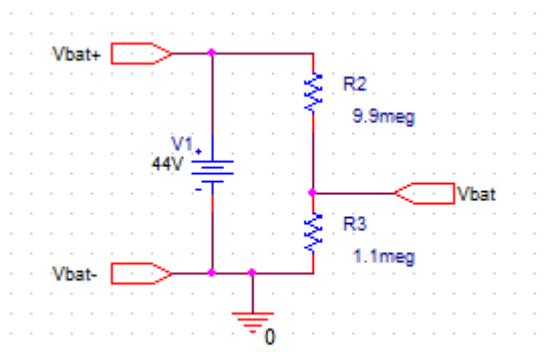
La pantalla es una LCD 16x2, esto es, que es capaz de mostrar 2 líneas de 16 caracteres cada una. Funciona a través del controlador Hitachi HD44780U. Este controlador es capaz de hacer mostrar en pantalla caracteres alfanuméricos, kana japoneses y símbolos memorizados en la memoria interna que lleva induida y que vienen descritos en el datasheet del dispositivo.

El primer paso que se va a seguir es adaptar el voltaje de la batería a uno que sea cómodo de leer por el PIC.

Para ello haremos un divisor de tensión resistivo, siendo el punto medio de ese divisor la entrada a la patilla de entrada analógica del PIC.

### Eta de captación de voltaje:

Circuito de divisor resistivo:



El criterio de diseño es que la tensión  $V_{bat}$  sea diez veces menos a la tensión de la batería real.

Para ello se ha creado el divisor con dos resistencias de valor 9.9Meg $\Omega$  y 1.1Meg $\Omega$ .

Con estas resistencias tan grandes evitaremos un flujo de corriente significativo a través de ellas, que podría causar defectos a la hora de cargar la batería.

### Etapa de procesado de la señal por el PIC

La Vbat entra por una patilla de entrada analógica del PIC para ser convertida a un número binario, y este, tras sucesivas operaciones consigue mostrar en la pantalla LCD 2x16 el valor de la tensión en bornes de la batería.

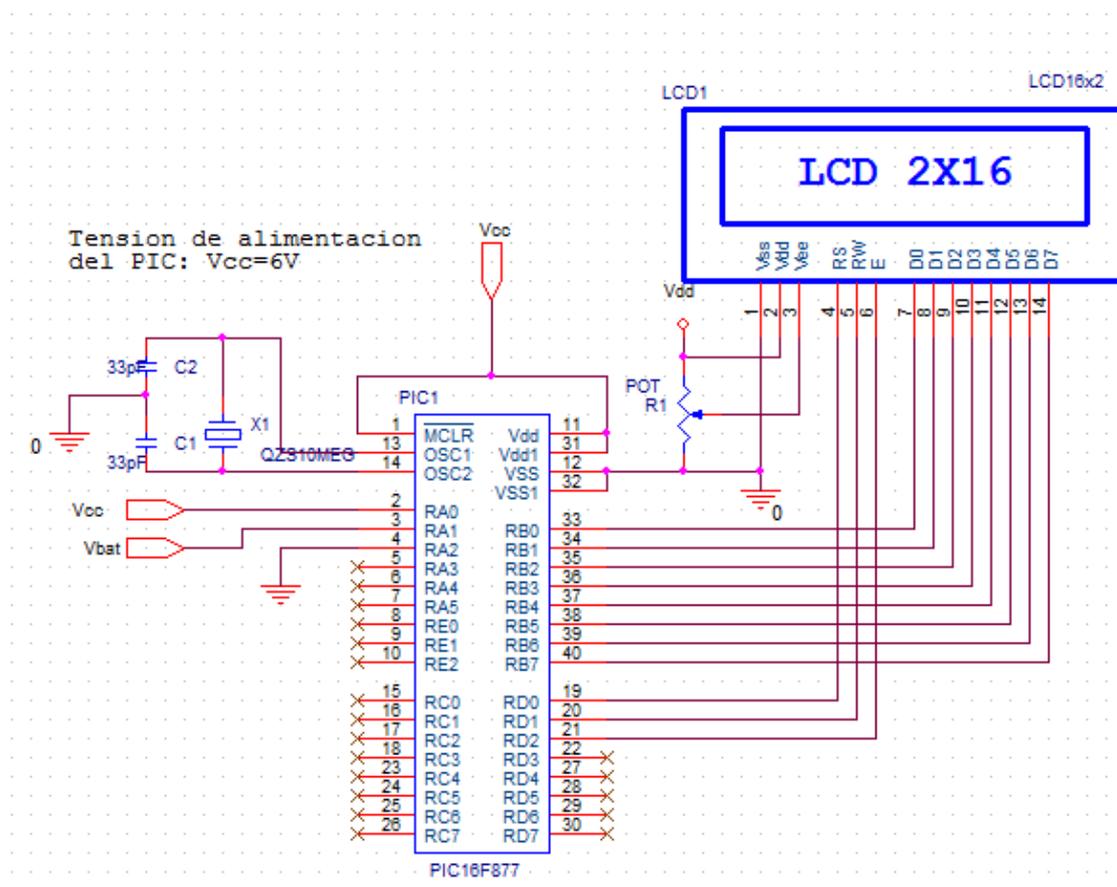
El micro controlador trabaja a una frecuencia de 4 MHz, es una frecuencia proporcionada por un oscilador exterior de cristal de cuarzo, con dos condensadores para la sostenibilidad de la onda de reloj.

La configuración del PIC para la conversión es de una tensión de alimentación del integrado de 6V (Vdd) y la patilla Vss está conectada directamente a masa.

Las referencias a las que se somete el PIC para cuantificar la señal Vbat que le entra son de +6V y 0V (GND) que se conectan a las patillas RA0 y RA2 respectivamente.

- Para más información consultar datasheet del PIC16F877

El circuito de control de la pantalla LCD es:



### La configuración de la pantalla LCD

La pantalla es controlada por 11 patillas del PIC que son 11 salidas digitales.

Ocho de ellas corresponden a la puerta B, esta controla el bus de datos entrante al controlador de la pantalla, estos datos pueden ser órdenes para la pantalla o pueden ser caracteres encriptados en ASCII.

Las tres patillas restantes llevan a las 3 entradas de control de la pantalla, según la información que esté en esas entradas de control, la señal de datos que entra será considerada como una orden para la pantalla para su configuración o como datos que llevan la información de un carácter.

El PIC está configurado para que muestre en la pantalla en todo momento el mensaje: "VOLTAJE= 00.0 V", marcando el valor del voltaje con un decimal de precisión.

Tensión real de la batería	Voltaje de entrada al PIC	Equivalente en binario en el PIC	Voltaje mostrad en pantalla LCD
60 V	6V	1024(D)	60.0 V
30 V	3V	512(D)	30.0 V
0 V	0V	0(D)	0 A

La pantalla tiene un total de 14 entradas, las 3 restantes no explicadas aún sirven para la alimentación de la pantalla y el ajuste de voltaje.

La alimentación de esta pantalla va a ser de 6V, un valor en el rango de los admitidos por el fabricante.

La tensión de ajuste de contraste será modificada mediante un potenciómetro para poder acceder al ajuste manual de este.

- Para más información consultar Datasheet del controlador Hitachi HD44780U.
- La precisión del sensor de voltaje montado es de  $\pm 1$  bit, y teniendo en cuenta que el código del PIC obtiene una precisión de una décima de Voltio, el error puede llegar hasta 0,23 Voltios en el peor de los casos, que es para un voltaje en bornes de la batería de 60 Voltios, teniendo como media del error 0.1 Voltios.
- En resumen, el sensor tiene un margen de error de  $\pm 0.5\%$

## BLOQUE 2

---

### CIRCUITO DETECTOR DE PASO POR CERO

El circuito detector de paso por cero consta de una etapa de aislamiento galvánico de la tensión de red con el circuito, una etapa de comparación de la tensión con una referencia, esta referencia es variable, en función de un potenciómetro. La tensión de referencia es el divisor de tensión entre una resistencia que es suma de la R del potenciómetro y una R mínima fija, y otra resistencia fija.

Los criterios que debe cumplir el circuito son:

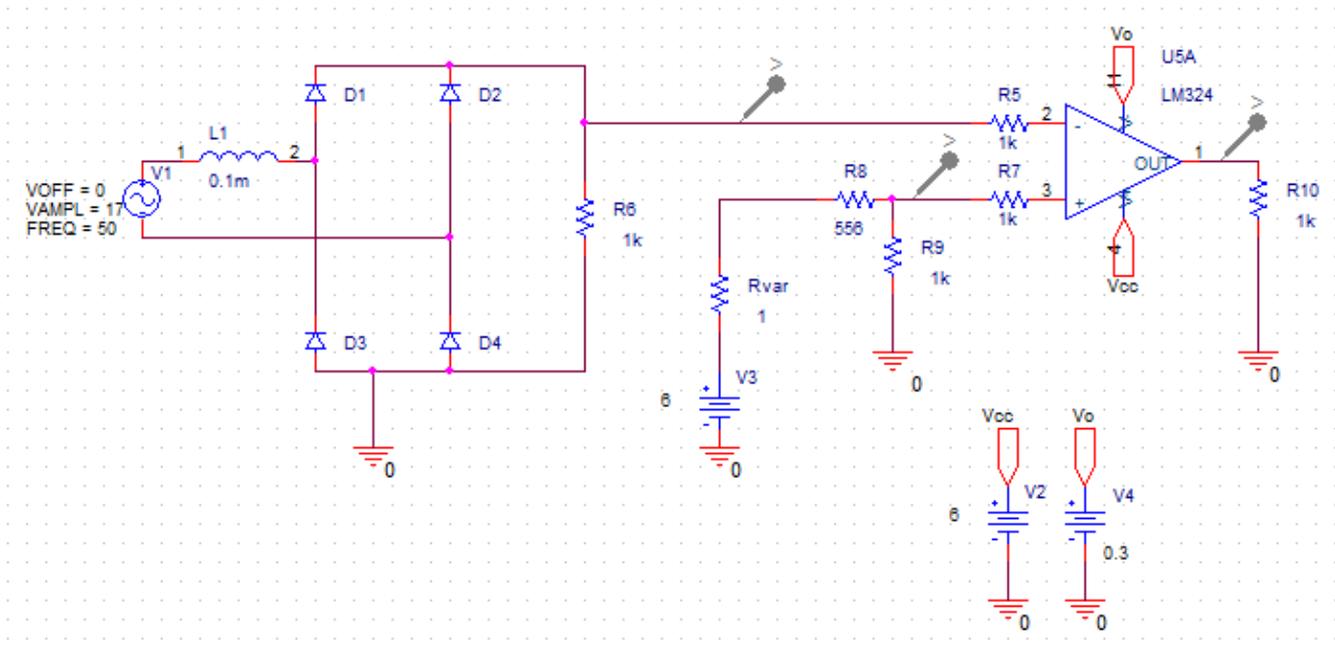
- Aislamiento galvánico entre la tensión de red y el circuito
- Salida a nivel alto TTL cuando detecte un cero lógico
- El nivel de cero lógico será variable manualmente con un potenciómetro
- El pulso que da el circuito no debe tener una duración mayor a 2 ms

Lo primero es seleccionar un transformador, en nuestro caso elegimos un trafo 230/12 (en tensiones eficaces), comercialmente está disponible uno de 6 VA ó 0,5 A; con esto solucionamos el requisito del aislamiento galvánico entre la red y el circuito.

El transformador no se incluye en el circuito que se muestra a continuación, se muestra directamente la salida que este daría, es decir un generador de alterna de amplitud 17V, que incluye una bobina, siendo esta la equivalente a la inductancia equivalente del transformador

Después de la etapa del transformador se necesita rectificar la señal, para ello se usa un rectificador con puente de diodos.

El circuito se detalla en la hoja siguiente.



El transformador convierte 230 Vef en 12 Vef, siendo el resultado una senoidal de 12 Vef

Con esto obtenemos una onda rectificada, cuya función es:

$$V_0 = V_p \times \sin(\omega t) - 2 \times V_d$$

Siendo:

La tensión de pico de la onda:  $V_p = 12 \times \sqrt{2} \cong 17V$

La tensión caída en los diodos:  $2 \times V_d = 2 \times 0,7 = 1,4V$

El comparador se disparará cuando la onda rectificada esté por debajo de una tensión de referencia, la cual se tiene que calcular.

Haciendo los cálculos por partes, se va a obviar la tensión de los diodos en el siguiente problema, para a posteriori tenerlo en cuenta y completarlo debidamente.

El pulso debe ser como máximo de 2ms de duración, con lo que obtenemos la siguiente ecuación:

$$V_0 = V_p \times \sin(\omega t)$$

Tenemos que  $V_p=17$ ;  $t=1\text{ms}$ ,  $\omega=2\pi f=2\pi 50$

Con estos parámetros hallamos la tensión de la onda a la que el pulso vale 2 ms

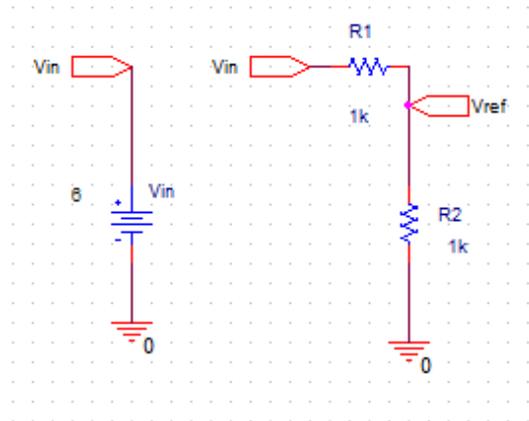
$$V_0 = 17 \times \sin(2\pi 50 \times 0,001)$$

$$V_0 = 5,253V$$

Teniendo en cuenta que caen 1,4V en los diodos, la tensión de referencia para que el pulso tenga una duración de 2 ms es:

$$V_{ref} = 5,253 - 1,4 = 3,853V$$

Esta tensión de referencia se obtiene de un divisor de tensión, que se obtiene según las formulas siguientes:



$$V_{ref} = I \times R_2$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

$$V_{ref} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Fijando  $R_2$  a  $1K\Omega$  y la tensión  $V_{in}=6V$ , la tensión de referencia máxima se corresponde con la obtenida en el apartado anterior,  $V_{ref}=3,853$

$$3,853 = 6 \times \frac{1k}{R_1 + 1k}$$

$$R_1 = \frac{6 \times 1k}{3,853} - 1k$$

$$R_1 = 556,42\Omega$$

Niveles de tensión TTL:

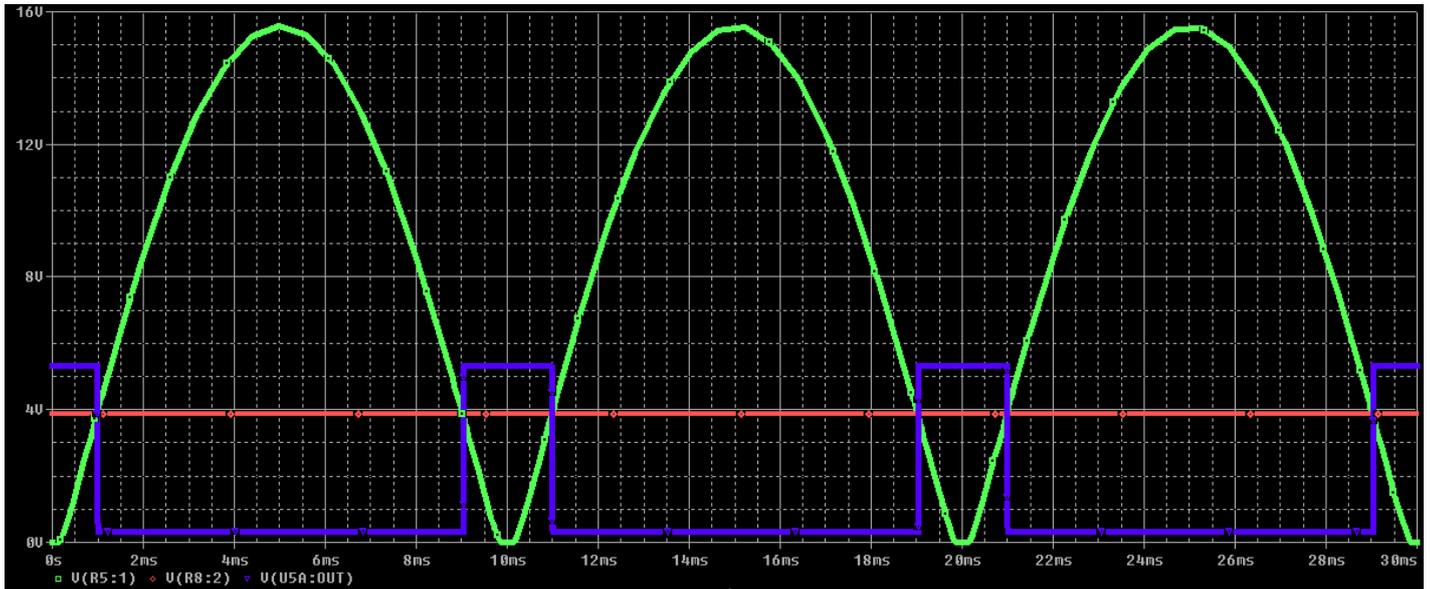
- Estado bajo: 0,2 a 0,8 V
- Estado alto: 2,4 a 5,25 V

Para conseguir la salida del amplificador en estos niveles solo se tiene que alimentar el amplificador a estos valores, ya que al trabajar en saturación el amplificador cambiará entre los valores de alimentación positiva y alimentación negativa.

El amplificador se alimenta entre 6V y 0V, a estos 6V se le resta la caída del amplificador, aproximadamente 0,7V, dando una salida TTL alta en los rangos indicados.

SIMULACIONES:

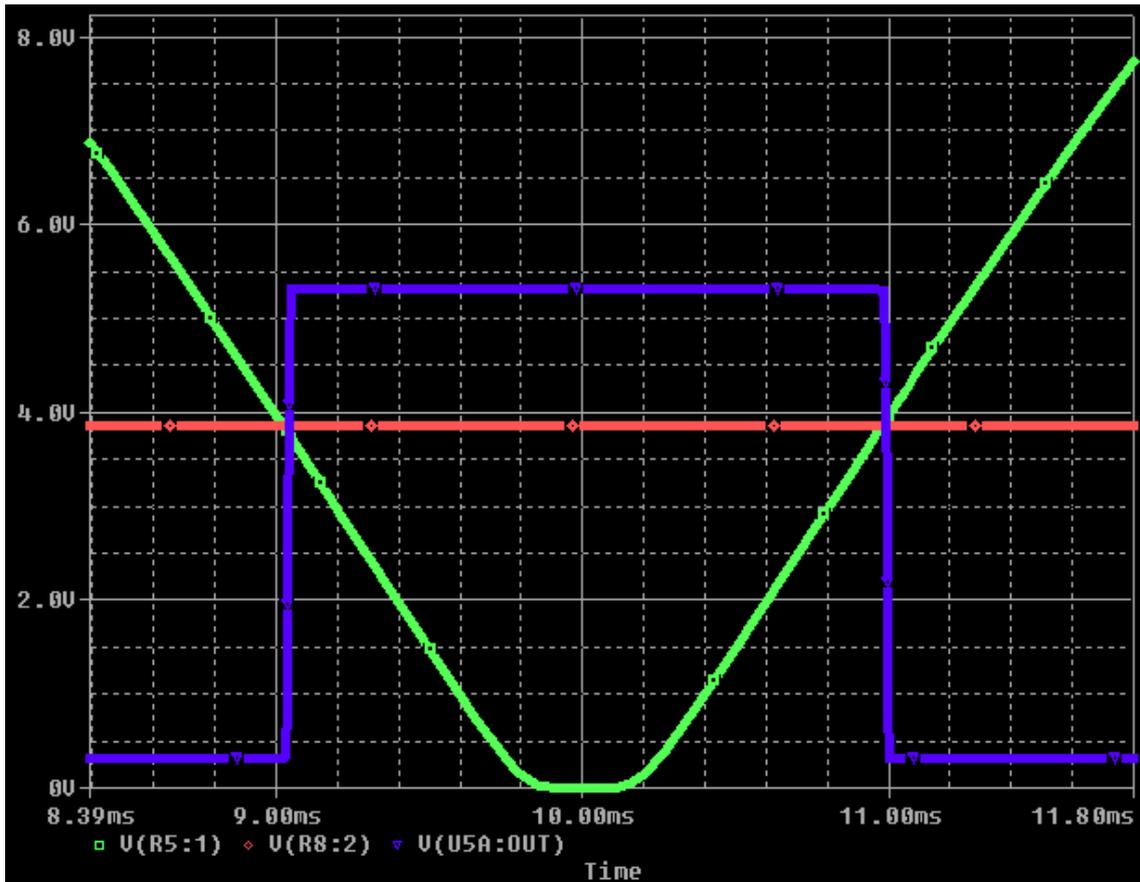
Simulación 1: Resistencia variable en su posición mínima de  $556 \Omega$  (potenciómetro a si mínimo nivel)



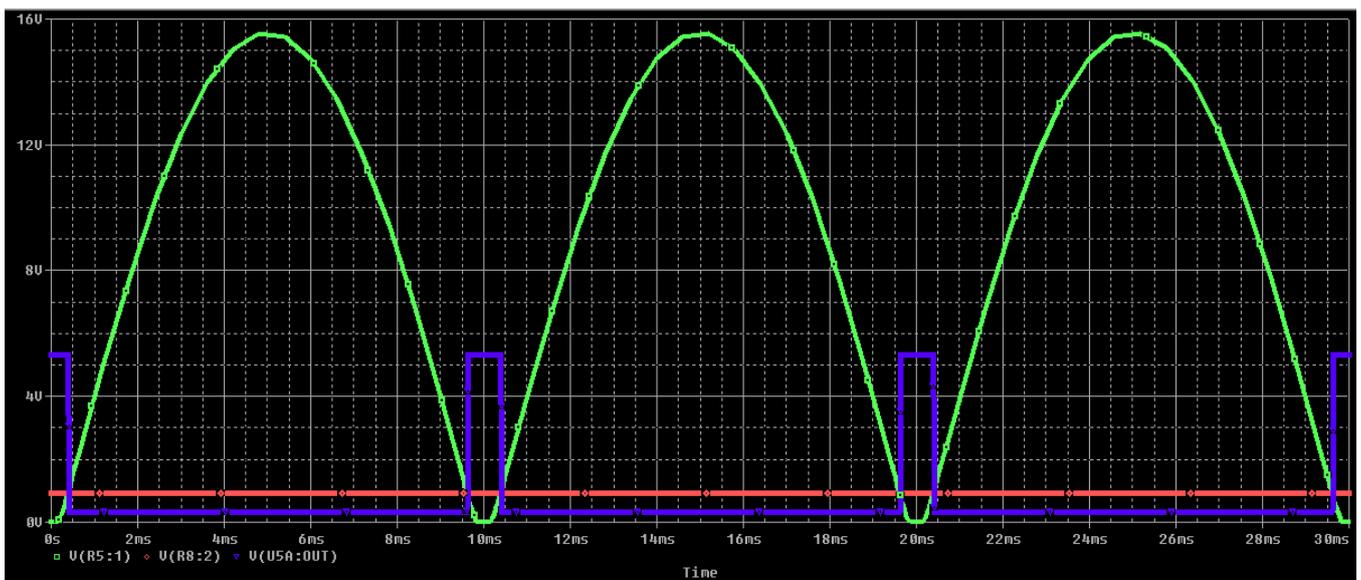
En verde la salida del rectificador, en rojo la referencia que da el divisor de tensión y en azul la onda salida de pulsos.

Para una  $R = 556 \Omega$ , la salida es un pulso de casi 2 ms de duración, respetando el límite impuesto.

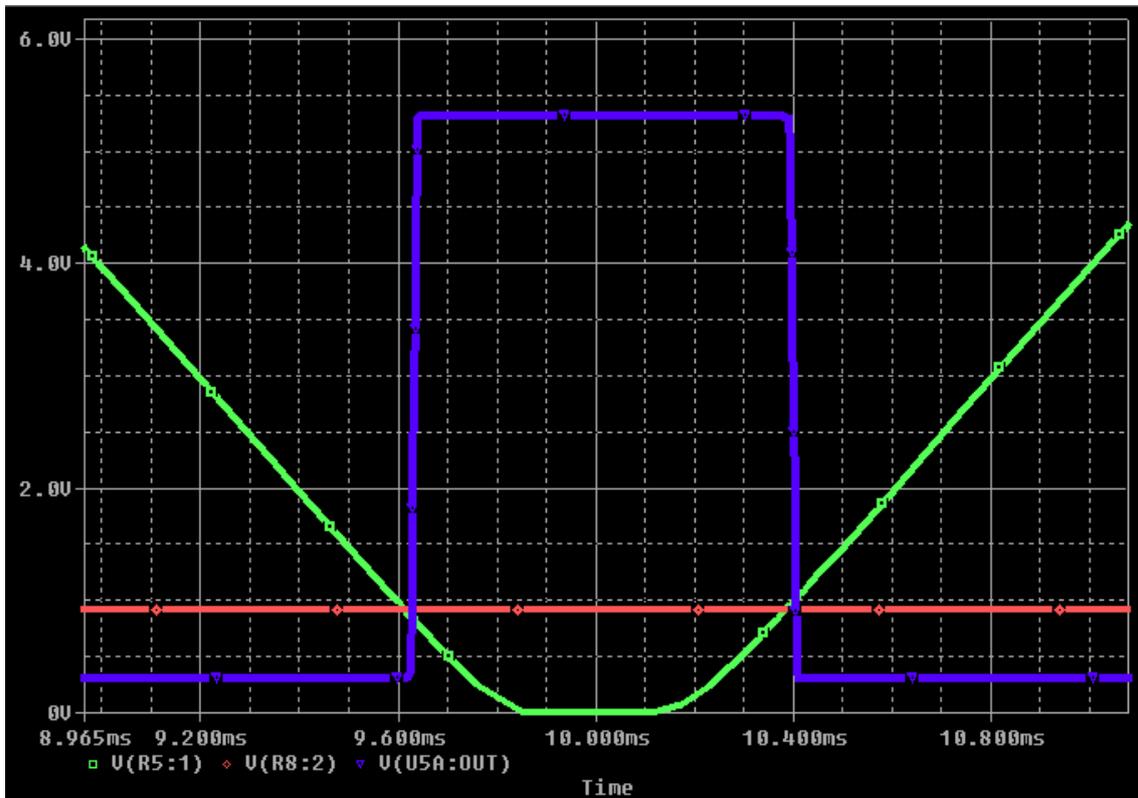
Se observa como la  $V_{ref}$  es de casi 4 V, siendo lo calculado una  $V_{ref}$  de 3,853V, coincidiendo los datos de la simulación con los datos calculados.



Simulación 2: Resistencia variable en una posición de 5,5kΩ



En verde la salida del rectificador, en rojo la referencia que da el divisor de tensión y en azul la onda salida de pulsos.



Para una resistencia de 5,5k la anchura del pulso se reduce a 0,8 ms y la tensión de referencia baja por debajo de 1V.

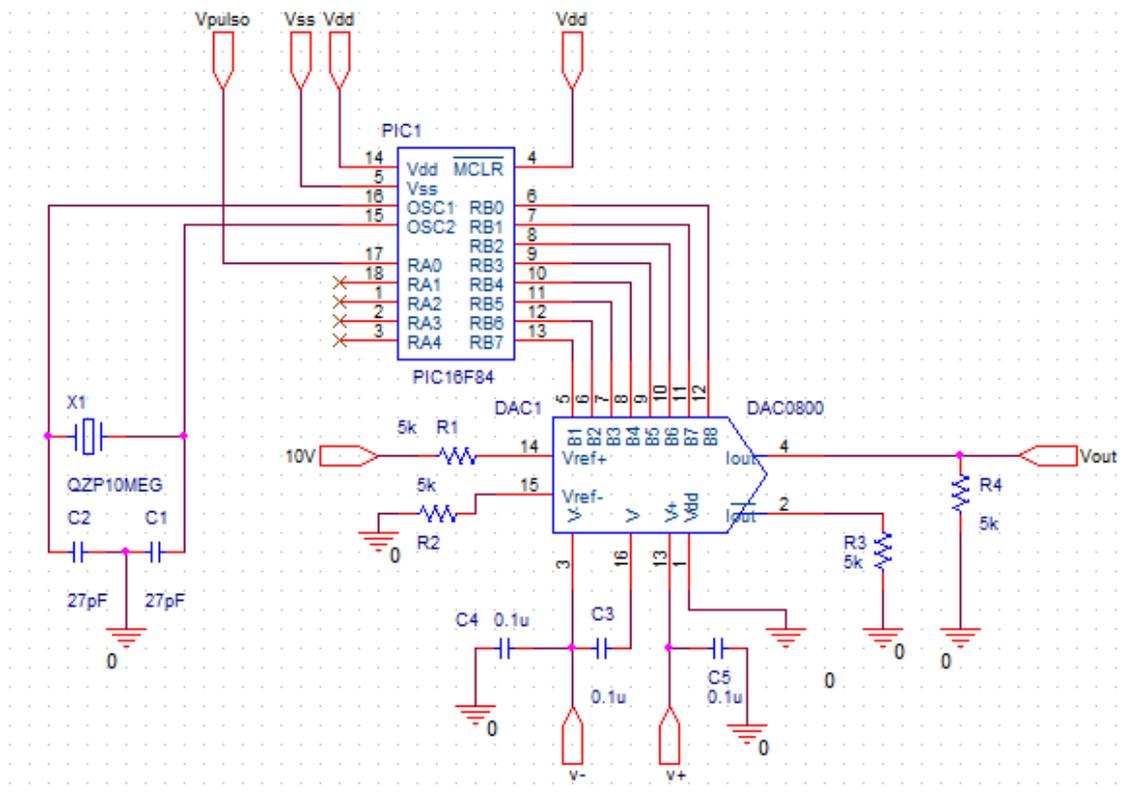
## SEÑAL DIENTE DE SIERRA

La señal diente de sierra que se va a obtener va a ser la conversión de una señal binaria de 8 bits en paralelo a una señal analógica, esto es, la implementación de una señal diente de sierra con un contador usando un micro controlador.

Esta señal diente de sierra viene sincronizada con una señal *Vpulso* obtenida en el apartado de detector de paso por cero.

El circuito a implementar consta de tres etapas, diferenciando la etapa microcontrolada, es decir, el contador hecho con el microcontrolador; la etapa de conversión digital-analógico, y la etapa de adaptación de señal, adaptando la señal triangular a los rangos requeridos.

El circuito de las etapas con microcontrolador y de conversor D/A



### El microchip PIC16F84

El micro usado es un PIC16F84, el código del fichero .asm que controla su funcionamiento se adjunta en el apartado de programas para PIC.

Trabaja a una frecuencia de 1 Mega Hertzio, dada por un oscilador externo que es un cristal de cuarzo, acompañado de 2 condensadores,  $C1=C2=33\text{pF}$ .

El PIC16F84 se caracteriza por su relación potencia de trabajo/precio.

Tiene dos puertas de 8 y 5 bits cada una (puerta B y puerta A respectivamente).

El voltaje de alimentación usado para el microchip es de 6V en Vdd y de 0V (GND) en Vss.

- Para más información consultar hoja de características del dispositivo PIC16F84.

### El convertor D/A

El convertor D/A es un DAC0800.

El circuito integra un convertor D/A basado en la tecnología de R 2R.

El convertor proporciona una gran precisión y una gran respuesta ante cambios rápidos de los bits de entrada.

El fabricante nos proporciona el circuito indicado y asegura una precisión de  $\pm 1$ Bit de error. En el circuito se observan los condensadores de filtrado para la alimentación del circuito. Los valores de las resistencias y los voltajes de referencia son los siguientes para garantizarnos una salida lineal que cumpla con los requerimientos:

$$R1=R2=R3=R4= 5K\Omega \quad C3=C4=C5=0.1\mu F$$

Las señales de alimentación a las que se someten los circuitos integrados son:

$$V+=15V; V--=-15V; Vdd=6V; Vss=Gnd=0V$$

En la hoja de fabricante nos aseguran una salida con respecto a número en binario que sigue la siguiente tabla: (B8=LSB, B1=MSB)

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	$I_O$ mA	$\bar{I}_O$ mA	$E_O$	$\bar{E}_O$
Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992	0.000	-9.960	0.000
Full Scale - LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	1.984	0.008	-9.920	-0.040
Half Scale + LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.008	0.984	-5.040	-4.920
Half Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.992	-5.000	-4.960
Half Scale - LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	0.992	1.000	-4.960	-5.000
Zero Scale + LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008	1.984	-0.040	-9.920
Zero Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	1.992	0.000	-9.960

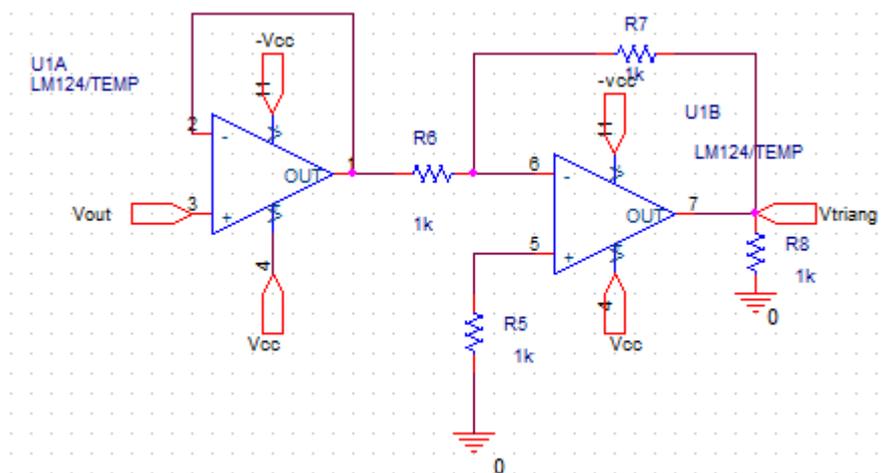
Seguindo el contador Binario de 8 bits, la salida del convertor, llamada Vout en el esquema, será una salida de diente de sierra invertido que va desde 0.000V hasta los -9.960V, para el

caso de zero Scale y de Full Scale respectivamente. La precisión de la conversión es de 1 bit, que equivale a 0.040 voltios.

- Para más información consultar hoja de características del dispositivo DAC0800

En la siguiente etapa, primero se pone un seguidor de tensión como adaptador de impedancias, ya que la salida del convertor es en corriente, y así se evitan derivaciones de esta a través de la etapa de adaptación de señal. A posteriori se usa un amplificador en disposición de inversor para que la señal negativa salida del convertor se convierta en una positiva adecuada a posteriores etapas. Es un amplificador con ganancia de tensión 1, de modo que obtendremos a la salida una onda diente de sierra con un pico de  $9.96V \cong 10V$ .

Indicar que las alimentaciones de los amplificadores son de  $\pm 15V$



## BLOQUE 3

### ANÁLISIS DEL SISTEMA Y OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

Según la ficha facilitada por el departamento de tecnología electrónica, la función de transferencia del proceso a regular se basa en lo siguiente:

Lo que se quiere regular con el lazo de control es la intensidad que le llega a la batería, esta debe ser estable y debe seguir una consigna.

La consigna que se va a establecer es una tensión de referencia, de modo que la tensión que se obtenga del sensor de corriente siga esa consigna

La intensidad va a ser medida con un sensor que obtiene de cada amperio que pasa por el sensor 1 mA a la salida, es decir, tiene una ganancia de  $10^{-3}$ . Esta corriente es captada y convertida a voltaje, de modo que se obtiene 1V de cada 10 mA, en resumen, la corriente inyectada a la batería es multiplicada por 0.001 y después se multiplica por 100, de modo que la ganancia es de 0.1Volt/Amp .

$$V_{\text{sensor}}(\text{voltios}) = K_{\text{sensor}} \left( \frac{\text{voltios}}{\text{amperios}} \right) \cdot I(\text{amperios})$$

$$V_{\text{sensor}}(t) = K_{\text{sensor}} \cdot I(t)$$

Que pasando al dominio de la frecuencia:

$$V_{\text{sensor}}(s) = K_{\text{sensor}} \cdot I(s)$$

- $K_{\text{sensor}}=0.1$

La intensidad que llega a la batería sigue la fórmula siguiente:

$$I(t) = \frac{V(t)}{Z}$$

Pasando al dominio de la frecuencia:

$$I(s) = \frac{V(s)}{Z}$$

- $Z=R+sL$  en el dominio de la frecuencia

La tensión indicada es la tensión que regulan los tiristores y sigue la fórmula:

$$V(t) = \frac{V_{redpico}}{\pi} (1 + \cos(\alpha))$$

Linealizando y pasando al dominio de la frecuencia:

$$V(s) = -\frac{V_{redpico}}{\pi} (\text{sen}(\alpha_0)) \cdot \alpha(s)$$

Para la anterior ecuación se necesita el valor de  $\alpha_0$ , que es el valor de  $\alpha$  que cumple que  $V(t)$  sea igual al valor de la tensión en continua que queremos que suministre el rectificador controlado, es decir, será la tensión de la batería a colocar, que en nuestro caso es de 48V.

$$48V = \frac{V_{redpico}}{\pi} (1 + \cos(\alpha))$$

Teniendo en cuenta que el transformador que se va a usar para rectificar la tensión de red es de un trafo que convierte los 230V de red en 110V:

$$48V = \frac{110V}{\pi} (1 + \cos(\alpha))$$

$$\frac{48V \cdot \pi}{110V} = (1 + \cos(\alpha))$$

$$\frac{48V \cdot \pi}{110V} - 1 = \cos(\alpha)$$

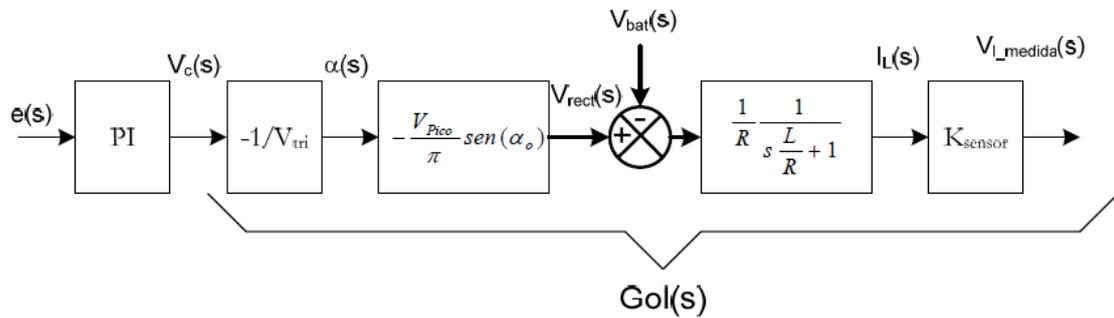
$$0.3708 = \cos(\alpha)$$

$$\alpha_0 = 1.19 \text{ rad}$$

El ángulo de conducción de los tiristores,  $\alpha(s)$  viene definido por la tensión de referencia del PI y por la señal triangular:

$$\alpha(s) = -\frac{V_{control}(s)}{V_{p\_triang}}$$

El diagrama de bloques en lazo abierto es:



La función de transferencia del proceso en lazo abierto sin tener en cuenta el PI es:

$$G_{ol}(s) = \frac{-1}{V_{tri}} \times \frac{-V_{pico}}{\pi} \sin(\alpha_0) \times \frac{1}{R + Ls} \times K_{sensor}$$

$$G_{ol}(s) = \frac{V_{pico}}{V_{tri} \cdot \pi} \cdot \frac{\sin(\alpha_0)}{R + Ls} \cdot K_{sensor}$$

$$G_{ol}(s) = \frac{110V}{6V \cdot \pi} \cdot \frac{\sin(1.19)}{R + Ls} \cdot 10^{-3}$$

Estipulando una resistencia interna del transformador y del cableado en 0.1Ω y añadiendo una bobina a la salida del rectificador para que estabilice la corriente, de valor 100mH, la función de transferencia en lazo abierto queda:

$$G_{ol}(s) = \frac{110V}{6V \cdot \pi} \cdot \frac{\sin(1.19)}{0.1 + 0.1s} \cdot 0.1$$

$$G_{ol}(s) = \frac{5.41766 \cdot 0.1}{0.1 + 0.1s}$$

$$G_{ol}(s) = \frac{5.41766}{1 + s}$$

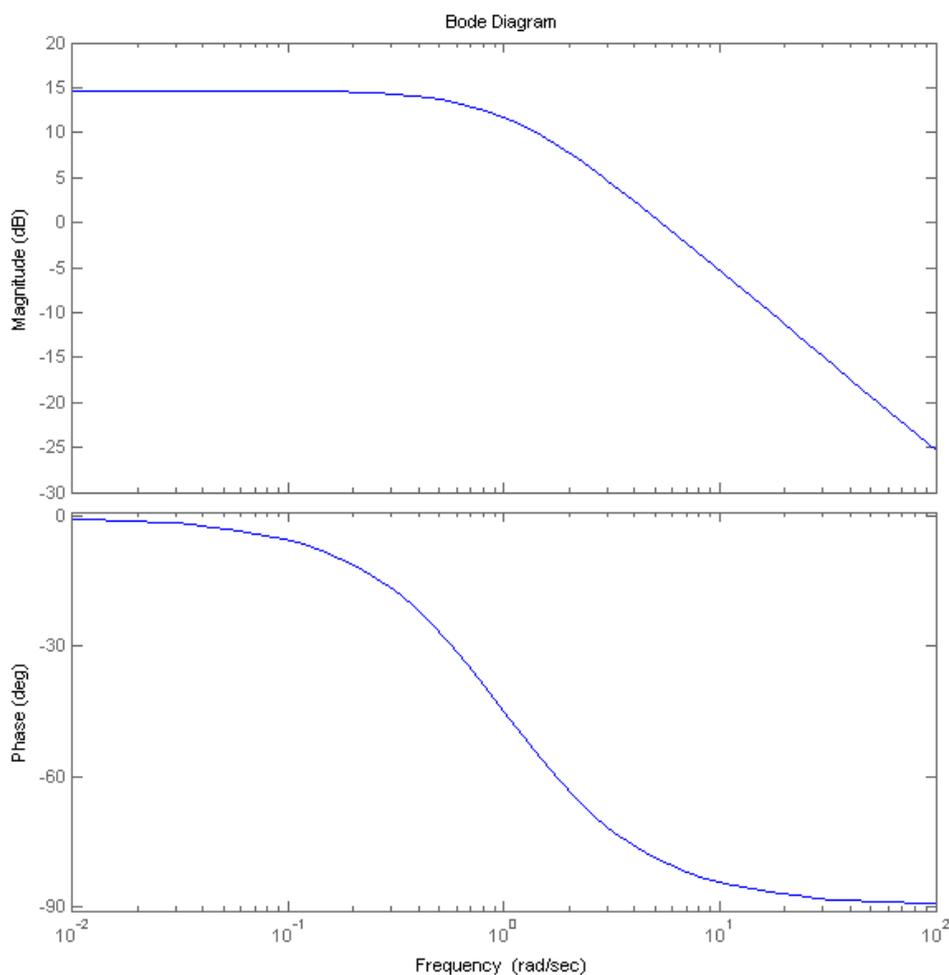
Con esta función de transferencia pasaremos al cálculo de los parámetros del regulador que nos haga estable la intensidad de salida, siguiendo fielmente la consigna de entrada.

## OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DEL REGULADOR

Como se ha visto anteriormente, el sistema obtenido es un sistema de primer orden simple, el regulador que se va a incluir debe anular el error en régimen permanente del sistema a la hora de estabilizar la señal. El regulador indicado es un PI, ya que la influencia de la parte integral sobre un sistema de primer orden es la eliminación del error en régimen permanente.

Para saber cuál es el PI indicado para este sistema se va a analizar su diagrama de bode.

El diagrama de bode del sistema descrito anteriormente es:

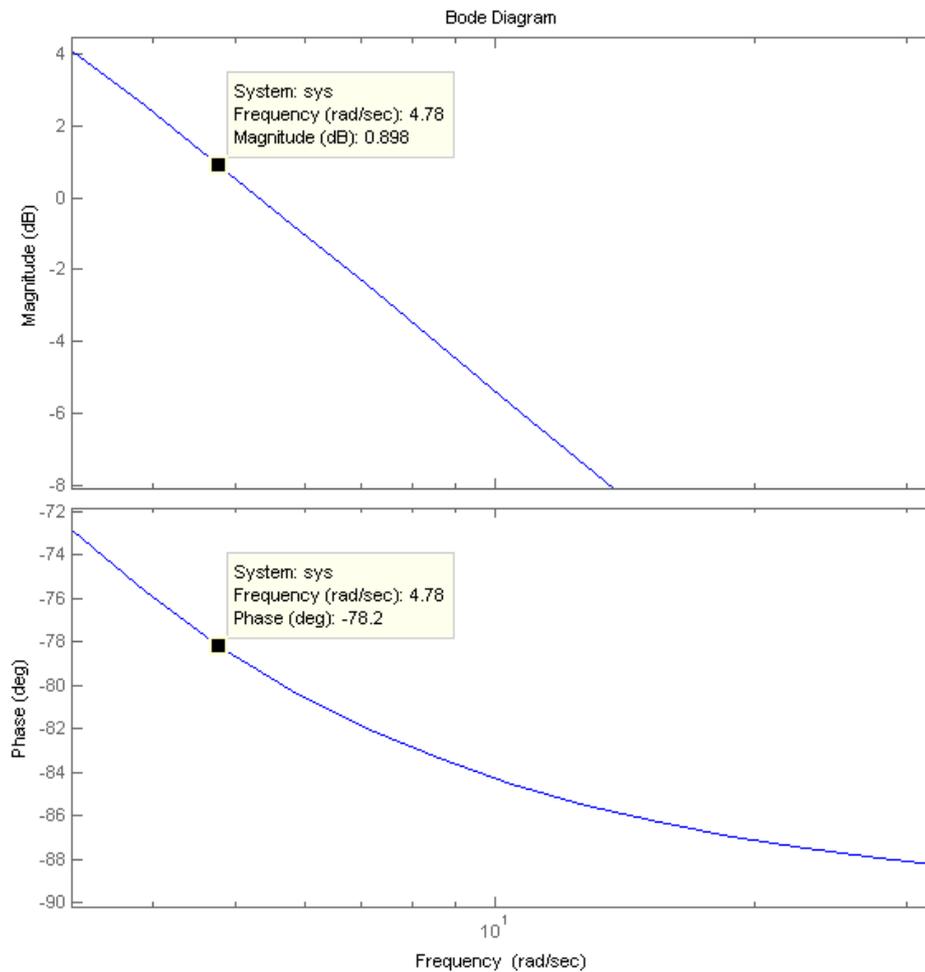


Este es el diagrama de bode característico de un sistema de primer orden.

Interesa que a la hora de calcular el regulador se sitúe el cero de forma estratégica para que no se necesite compensación de fase, para ello se intentará hacer coincidir el cero del controlador con la frecuencia de paso por 0 dB tendremos un margen de fase aceptable (de unos 33°, ya

que como se ve en la imagen siguiente, para los 0dB tenemos una fase de  $-77^\circ$ , viendo el bode del sistema en lazo abierto)

Haciendo zoom sobre los valores que nos interesan es:



Un criterio de diseño es que la que se va a usar para el PI será 10 veces menor que la señal que queremos que controle, es decir, la señal senoidal rectificada. En definitiva, el PI debe actualizarse a una frecuencia de 10 Hercios.

$$PI(s) = K_{pi} \frac{\frac{s}{w_z} + 1}{s}$$

Sabiendo que  $w_z$  viene definido por el criterio de que sea a una frecuencia de 10 Hercios, hay que hallar  $K_{pi}$  siguiendo el criterio de que el módulo de la función sea igual a 1:

$$W_z = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 10$$

$$|1| = \left| K_{pi} \frac{\frac{s}{w_z} + 1}{s} \right|$$

$$|1| = \left| K_{pi} \frac{\frac{s}{2\pi \cdot f} + 1}{s} \right|$$

En este caso hay que sustituir "s" por su valor que es:

$$s = 2\pi \cdot fj = 2\pi \cdot 10j$$

$$|1| = \left| K_{pi} \frac{\frac{2\pi \cdot 10j}{2\pi \cdot f} + 1}{2\pi \cdot 10j} \right|$$

$$|1| = \left| K_{pi} \frac{j + 1}{2\pi \cdot 10j} \right|$$

$$\left| \frac{2\pi \cdot 10j}{j + 1} \right| = |K_{pi}|$$

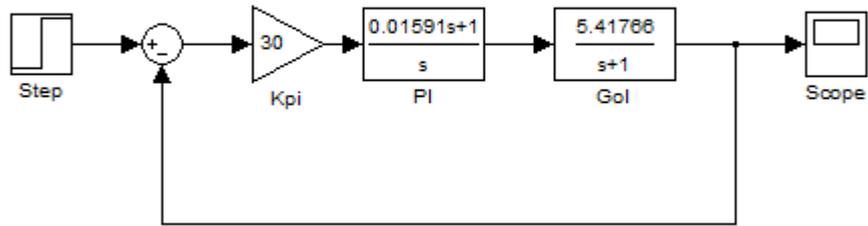
$$\frac{2\pi \cdot 10}{2} = |K_{pi}|$$

$$K_{pi} = \frac{2\pi \cdot 10}{2} = 10\pi = 31.141$$

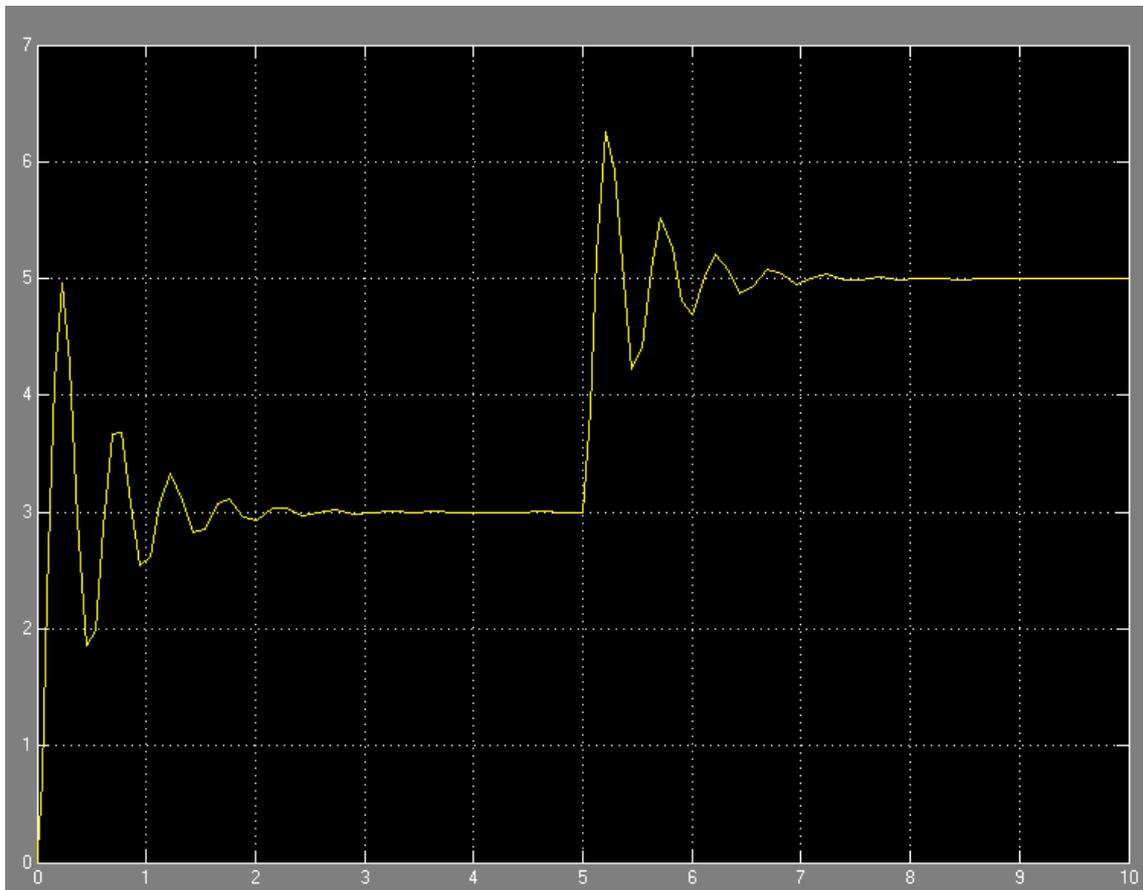
De este modo ya tenemos los dos parámetros del PI.

Observando las simulaciones en simulink vemos como el regulador no hace que el sistema sea inestable y es adecuado para hacer que la salida siga perfectamente la consigna.

El sistema simulado es:



Se ha simulado para una señal escalón inicial de valor 3 que cambia posteriormente a un valor de 5:



Con esto, se considera un PI apto para el control de la Intensidad del sistema.

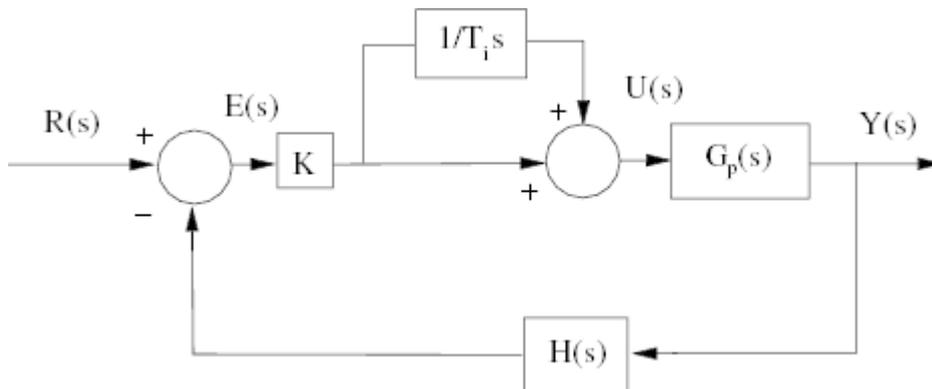
- La salida real de intensidad no será tan homogénea ya que proviene de la rectificación de unos tiristores, hay que tomar la simulación como el valor sobre el que oscilarán las medidas de corriente.

## DISEÑO DEL REGULADOR PI

El objetivo de esta etapa es el diseño e implementación del controlador PI que regula la intensidad que alimenta a la batería.

Se va a diseñar un regulador basado en amplificadores operacionales.

El diagrama de un lazo cerrado con los bloques de proporcional-integral es el siguiente:



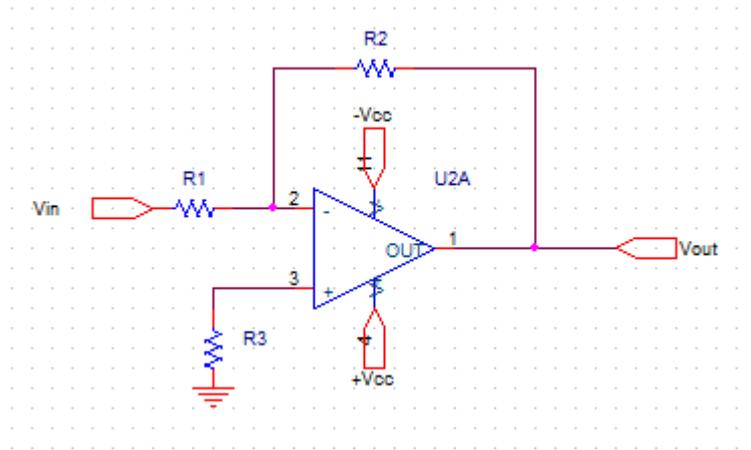
La función de transferencia de este PI es:

$$PI(s) = E(s) \cdot \left[ K \left( \frac{1}{T_i s} + 1 \right) \right] = E(s) \cdot \left( \frac{K}{T_i s} + K \right)$$

Dividiendo el PI en dos partes, por un lado el proporcional y por otro la parte integral y luego sumando los resultados se obtiene el controlador requerido:

Parte proporcional:

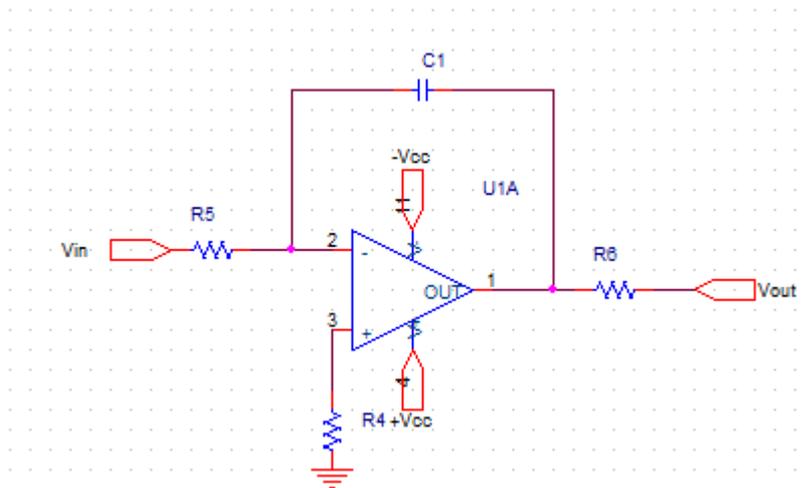
Esta parte es simplemente aplicar una ganancia a la señal de entrada. Para ello colocamos el amplificador en modo de inversor.



$$V_{out} = -\frac{R2}{R1}V_{in}$$

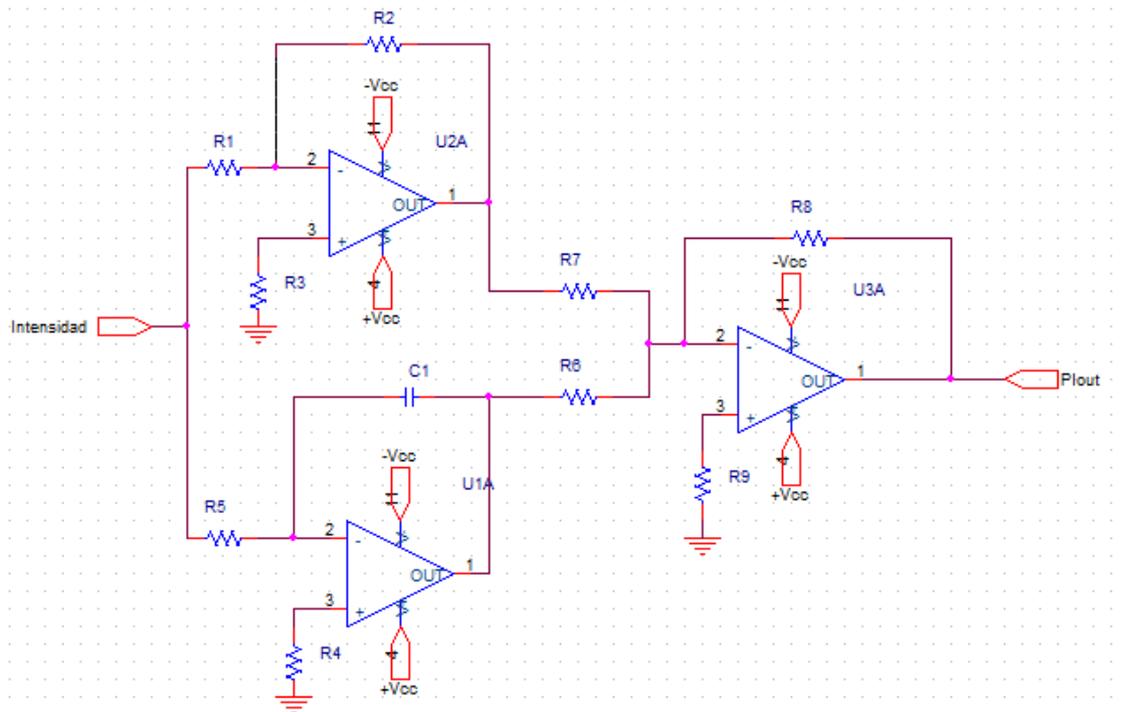
Parte integral:

Para esta parte colocamos el amplificador en modo de integrador.



$$V_{out} = \int -\frac{V_{in}}{RC} dt$$

Ambas etapas hay que sumarlas para que el regulador sea efectivo:



Haciendo  $R7=R6$ , la función de transferencia del circuito es:

$$V_{out} = - \left( -\frac{R2}{R1} - \int \frac{1}{R5 C1} dt \right) \cdot \frac{R8}{R7} \cdot V_{in}$$

$$V_{out} = \left( \frac{R2}{R1} + \int \frac{1}{R5 C1} dt \right) \cdot \frac{R8}{R7} \cdot V_{in}$$

Haciendo  $\frac{R2}{R1} = K1$ ;  $R5 * C1 = K2$ ;  $\frac{R8}{R7} = K3$  obtenemos la ecuación más simplificada:

$$V_{out} = \left( K1 + \int \frac{1}{K2} dt \right) \cdot K3 \cdot V_{in}$$

Pasando estas ecuaciones al dominio de la frecuencia obtenemos la función de transferencia equivalente a un regulador PI:

$$V_{out}(s) = \left( K1 + \frac{1}{s \times K2} \right) K3 \cdot V_{in}(s)$$

Se ha obtenido de los cálculos realizados en las etapas anteriores el valor de los parámetros que componen en PI, estos son:

$$K_{pi} = 31.141$$

$$W_z = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 10$$

$$PI(s) = K_{pi} \frac{\frac{s}{W_z} + 1}{s}$$

Con lo que tenemos un PI con una fdt:

$$PI(s) = 31.141 \frac{\frac{s}{2\pi \cdot 10} + 1}{s}$$

$$PI(s) = 31.141 \frac{\frac{s}{2\pi \cdot 10} + 1}{s}$$

$$31.141 \frac{\frac{s}{2\pi \cdot 10} + 1}{s} = \left( K1 + \frac{1}{s \times K2} \right) K3$$

$$31.141 \left( \frac{s}{2\pi \cdot 10 \cdot s} + \frac{1}{s} \right) = \left( K1 + \frac{1}{s \times K2} \right) K3$$

$$31.141 \left( \frac{1}{2\pi \cdot 10} + \frac{1}{s} \right) = \left( K1 + \frac{1}{s \times K2} \right) K3$$

Obtenemos con esto las equivalencias:

$$K3 = 31.141 = \frac{R8}{R7}$$

$$K1 = \frac{1}{2\pi \cdot 10} = \frac{R1}{R2}$$

$$K2 = 1 = R5 \cdot C1$$

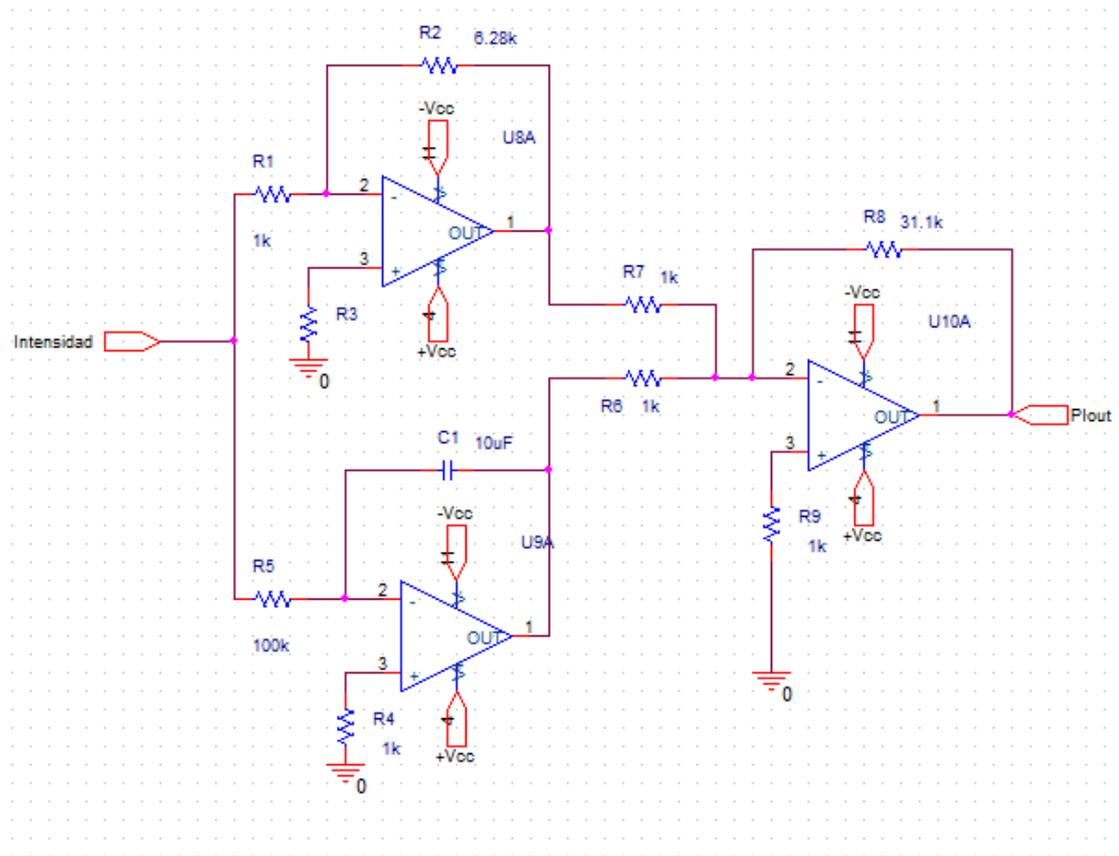
Seleccionando valores obtenemos los siguientes:

$$R7=1k \Omega \rightarrow R8=31k1\Omega$$

$$R1=1k \Omega \rightarrow R2=6k28 \Omega$$

$$R5=100k \Omega \rightarrow C1=10^{-5}F = 10\mu F$$

El circuito resultante para el PI es:



## LAZO DE CONTROL DE DISPARO

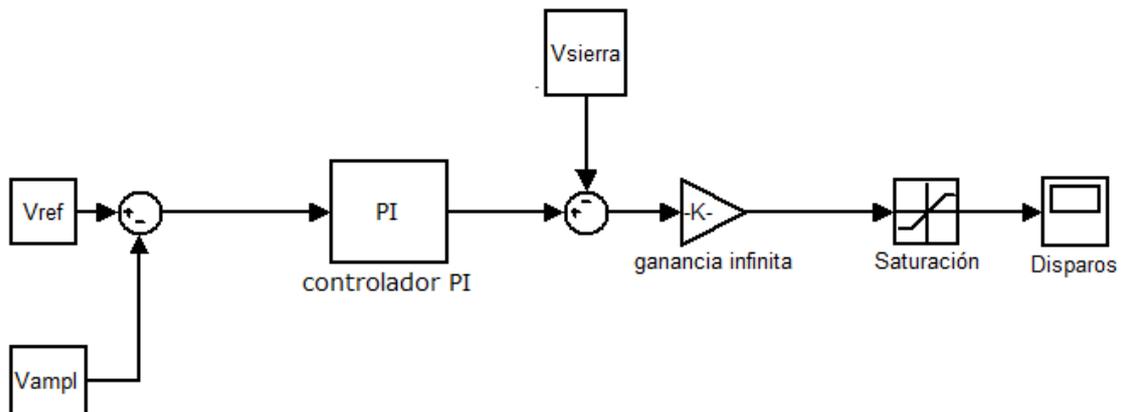
El lazo de control está dedicado a controlar el disparo de los tiristores, estos variaran su ángulo de disparo en función de la intensidad que atraviese la batería y en función de la tensión de referencia que se le aplique para seleccionar la intensidad que se quiere que pase.

El lazo de control de la intensidad tiene 3 etapas, la primera de ellas es generar una señal de error que es el resultado de comparar la señal obtenida de la medición de la corriente con una tensión de referencia, de modo que el lazo de control haga que la intensidad siga a la tensión de referencia.

La siguiente etapa es el control con el PI, este se ha detallado completamente en las hojas anteriores.

La salida del PI va a ser comparada con la señal diente de sierra, esta comparación va a tener ganancia infinita (de forma ideal) y va a estar acotada superior e inferiormente, es decir, que se va a generar una señal de forma de escalón, que estará a nivel alto cuando se vaya a disparar el tiristor y a nivel bajo cuando el tiristor no se tenga que disparar.

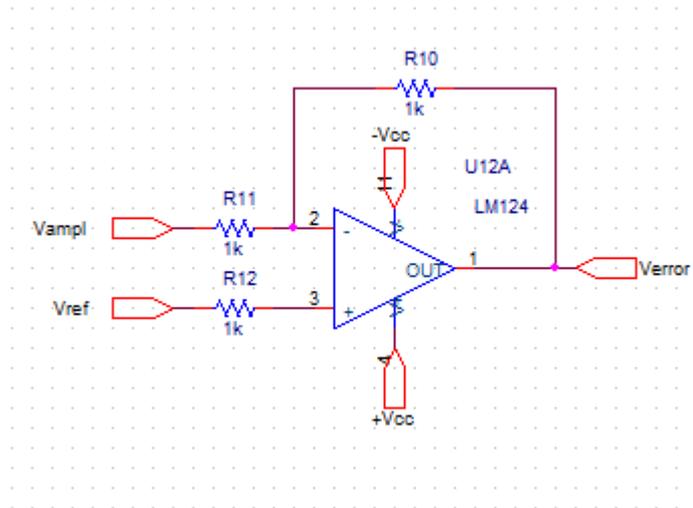
El diagrama de bloques a implementar es:



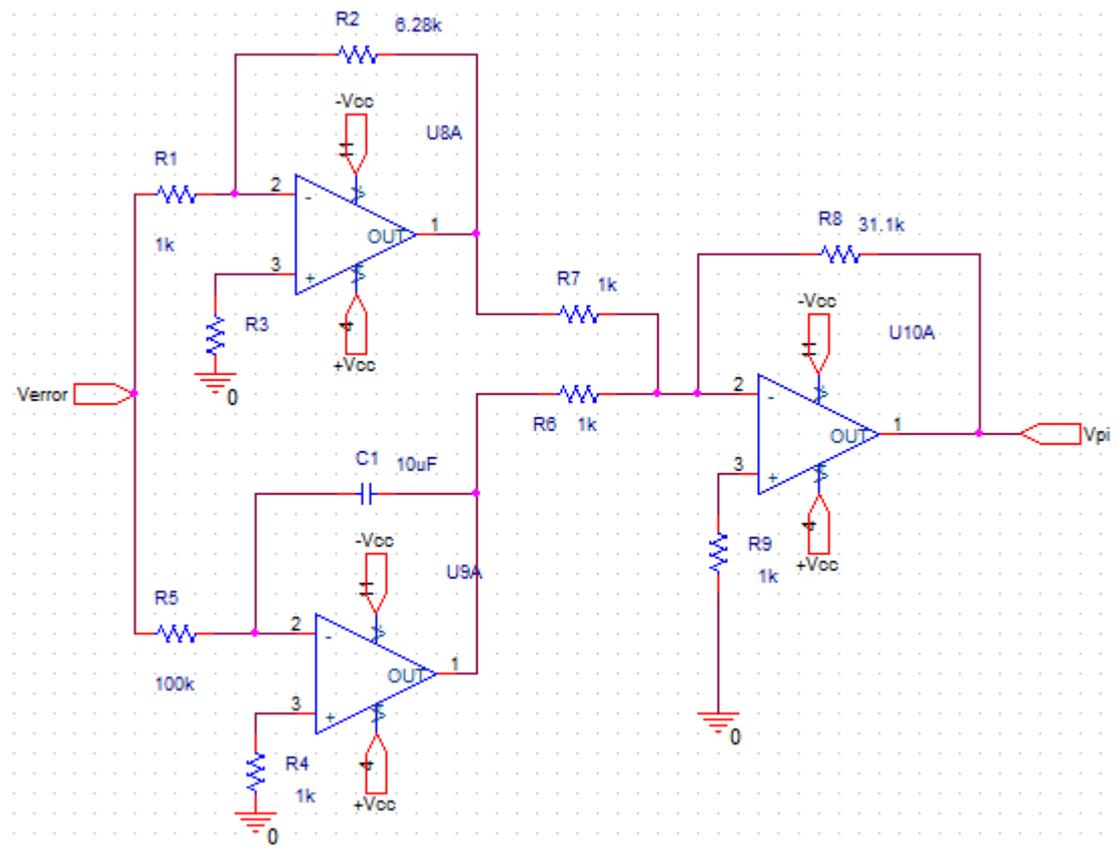
Para generar la señal de error, se implementa la operación de la resta con amplificadores operacionales, teniendo en la entrada no inversora la tensión de referencia y en la entrada inversora la tensión  $V_{ampl}$ , que es la tensión captada por el sensor de corriente.

La tensión de referencia se obtiene de un divisor de voltaje con un potenciómetro y una resistencia, alimentados a 6V, de modo que la referencia oscilará entre los 5.5V y un valor de 0.5V de modo que la corriente que se seleccione puede oscilar entre los 5 Amperios hasta los 55 Amperios.

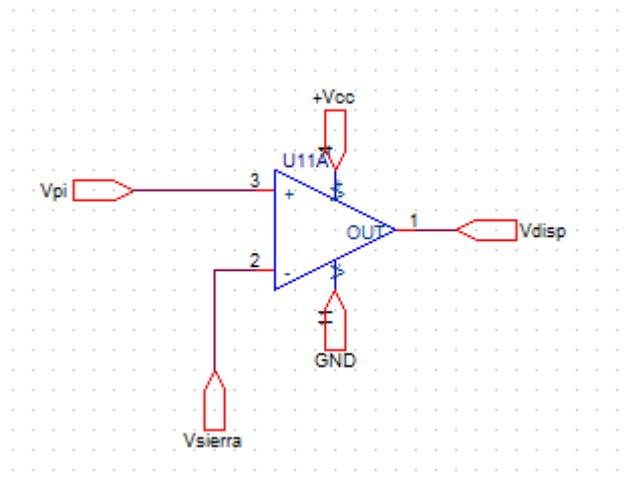
El circuito con amplificadores que genera la señal de error es:



La segunda etapa es el PI, este se ha implementado anteriormente, y su implementación con amplificadores es:



La tercera parte del control de disparo es la comparación de la señal de salida del PI con la señal diente de sierra creada, esta salida es la salida de un AO sin realimentaciones. Se conecta a la pata no inversora la salida del PI y a la pata inversora se conecta la señal diente de sierra, de modo que la salida sea un voltaje de valor la alimentación positiva del circuito (menos la caída en los transistores internos) cuando  $V_{pi}$  sea menor que  $V_{sierra}$  y la alimentación negativa cuando  $V_{pi}$  sea mayor que  $V_{sierra}$ .



- Obtención de Vref:

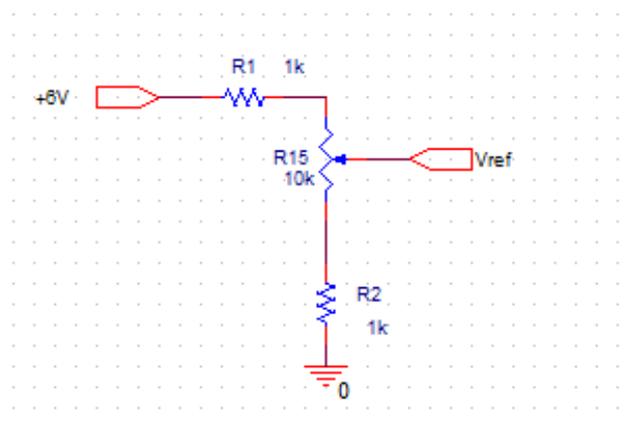
Como se ha dicho, la tensión de referencia se obtiene del divisor de tensión entre unas resistencias y un potenciómetro.

Las resistencias sirven para limitar los valores mínimos y máximos de la tensión de referencia. En este caso el criterio de diseño es que la tensión de referencia pueda oscilar entre los valores de 0.5V y 5.5V.

Para ello se ha usado un potenciómetro de 10K.

Por esos 10k $\Omega$  deben caer 5V siempre, de modo que en R1 y R2 van a caer siempre 0.5V en cada resistencia, es decir que R1 y R2 van a tener un valor 10 veces menor que el valor nominal del potenciómetro, así:

$$R1 = R2 = 10K\Omega / 10 = 1K\Omega$$



- Indicar que el potenciómetro irá situado en la placa de control y visualización del proceso de carga, que es la placa que hace de interfaz entre el usuario y el funcionamiento del cargador.

# BLOQUE 4

---

## **DRIVERS DE DISPARO DE LOS TIRISTORES**

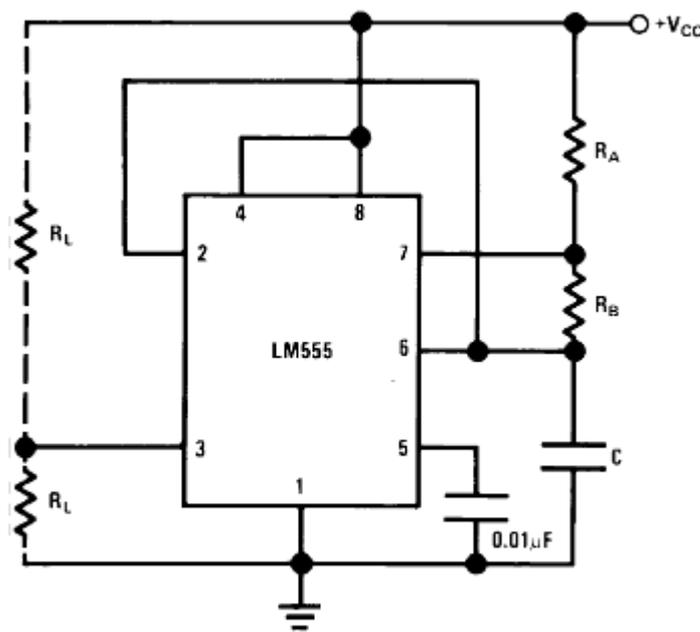
En este apartado se trata de gobernar el disparo de los tiristores en función de las señales de bloqueo que se emiten en otros apartados, esto es, siempre y cuando la temperatura sea la idónea y el estado de la batería el correcto se procederá a hacer efectivo el dopado de la puerta del tiristor con trenes de pulsos.

Este apartado consta de varias partes, la primera es crear una onda que sea un tren de pulsos, este apartado se va a basar en el funcionamiento como astable de un integrado 555; la siguiente etapa está formada por componentes lógicos digitales, que da un nivel alto cuando se cumplen las condiciones para que se lleve a cabo la excitación de la puerta; después de esta etapa es necesario una de amplificación de señal, ya que estas puertas lógicas suelen tener salida en corriente muy baja; por último esta corriente amplificada va a atravesar el primario del transformador de pulsos, generando en el secundario una corriente inducida que va a ser la corriente de excitación de la puerta del tiristor.

### **Creación del tren de pulsos**

Con el uso de un LM555 se puede generar un tren de pulsos a una frecuencia apta para el disparo de los tiristores, para ello se debe usar el 555 en su configuración como astable.

Según el datasheet, el diseño del circuito para su funcionamiento como astable es:



Con esta configuración el integrado obedece las siguientes ecuaciones para la creación de una onda cuadrada:

Para salida a nivel alto:

$$t1 = 0.693(R_A + R_B)C$$

Para salida a nivel bajo:

$$t2 = 0.693(R_B)C$$

Periodo total:

$$T = t1 + t2 = 0.693(R_A + 2R_B)C$$

De modo que la frecuencia de oscilación es:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

La frecuencia que se va a usar para el disparo de los tiristores va a ser de 1Khercio, que da un periodo de trabajo de 0.5ms que sirven para disparar el tiristor.

Entonces:

$$f = 1000\text{hercios}$$

$$T = 10^{-3}\text{seg} = 0.001\text{seg} = 1\text{ms}$$

Queremos que t1 sea de 0.4 ms y t2=0.6ms

$$t2 = 0.693(R_B)C = 0.4 \cdot 10^{-3}$$

$$t1 = 0.693(R_A + R_B)C = 0.6 \cdot 10^{-3}$$

Seleccionando una resistencia  $R_B=30K\Omega$

$$0.693(30 \cdot 10^3)C = 0.4 \cdot 10^{-3}$$

$$C = \frac{0.4 \cdot 10^{-3}}{0.693(30 \cdot 10^3)} = 1.92 \cdot 10^{-8}F = 12.2nF$$

$$t1 = 0.693(R_A + 30 \cdot 10^3)1.92 \cdot 10^{-8} = 0.6 \cdot 10^{-3}$$

$$(R_A + 30 \cdot 10^3) = \frac{0.6 \cdot 10^{-3}}{0.693 \cdot 1.92 \cdot 10^{-8}} = 45093$$

$$R_A = 45093 - 30 \cdot 10^3 \cong 15000 = 15K\Omega$$

Así, para obtener una frecuencia de oscilación de 1Khercio, tomamos los valores:

$$R_A = 15K\Omega$$

$$R_B = 30K\Omega$$

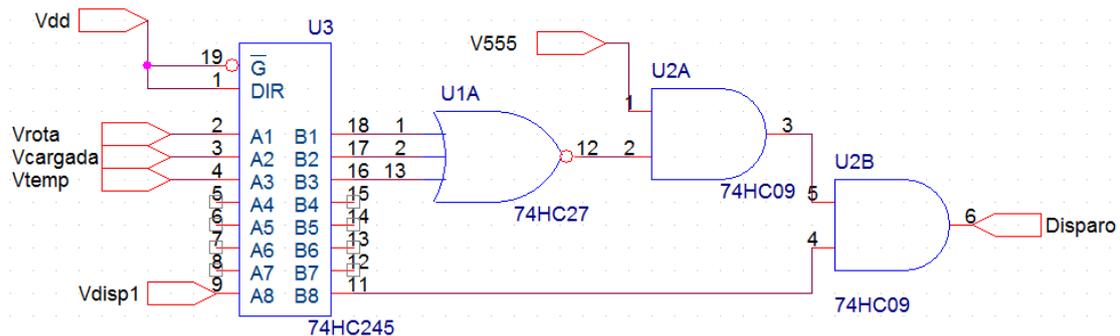
$$C = 12nF$$

### Condiciones de disparo

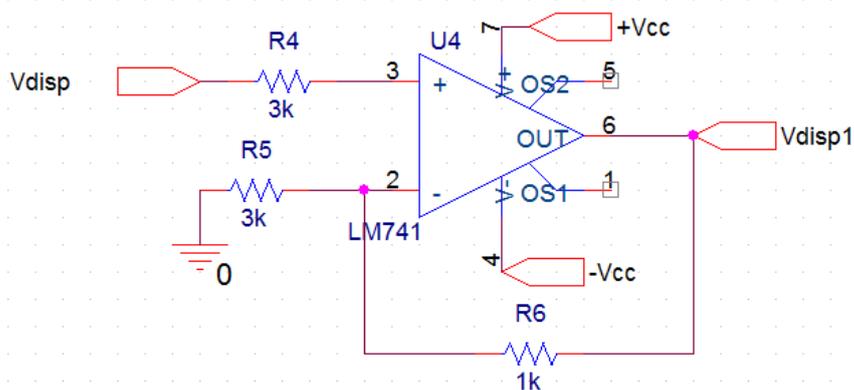
Las condiciones de disparo de los tiristores son que las señales provenientes de PICs "Vrota", "Vcargada" y "Vtemp" se encuentren todas a nivel bajo, es decir, que ni la batería esté rota, ni esté ya cargada y que no se produzca la señal de bloqueo por temperatura. Es decir, se necesita una puerta NOR de 3 entradas, para que cuando todas estén a cero, la salida sea un 1, en todos los demás casos, la salida de la puerta NOR es "0". La salida de esta puerta NOR va a ir a la entrada de una puerta AND de 2 entradas, donde la otra entrada va a ser la señal de pulsos creada anteriormente, de modo que funcione como interruptor, cuando la salida de la NOR sea "0", la salida de la AND es "0", cuando la salida de la NOR sea "1", la salida de la AND es la señal pulsatoria.

La salida de esta primera AND va a conectarse a la entrada de otra AND de dos entradas. En la otra se va a conectar la señal proveniente de la etapa de control de disparo, que es la señal que decide el ángulo de conducción de los tiristores. Esta señal proviene de un amplificador operacional, que da la salida saturada entre 0 y 15V, con lo que habrá que adaptar su salida para que sea compatible con la entrada a las puertas 74HC

El circuito lógico en cuestión es:



Siendo Vdisp1 la salida del siguiente circuito:



Como Vdisp va a tener un valor de 15V cuando esté en su nivel activo, primero se reduce esta tensión a 5V (ganancia del A.O. no inversor 1/3) y después se adapta a la entrada de las puertas con el buffer 74HC245.

De esta manera se adaptan todas las entradas a las señales compatibles con la familia de las puertas lógicas 74HC

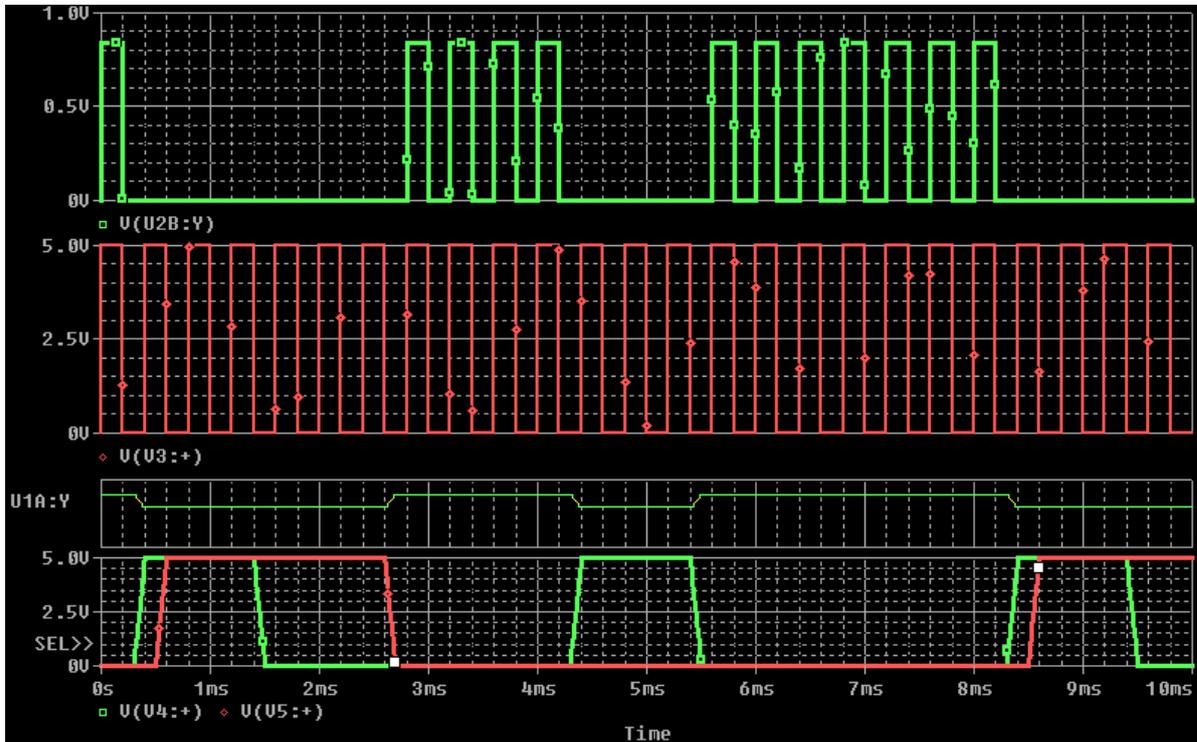
En circuitería lógica se está usando la familia CMOS, de modo que para que no exista error en las señales que entran a estas se va a conectar unos buffers a las salidas de las señales de los PICs, y se van a conectar a la entrada de la puerta NOR.

La simulación de este circuito da las siguientes ondas:

En la tercera línea se muestra dos señales de ejemplo que representan las señales de control, la tercera entrada de la puerta NOR está a "cero"; y encima se muestra el resultado de la operación lógica NOR, estando a nivel alto cuando las tres entradas están a nivel bajo.

En la segunda línea se muestra una señal pulsatoria de una frecuencia de 2.5Khercios.

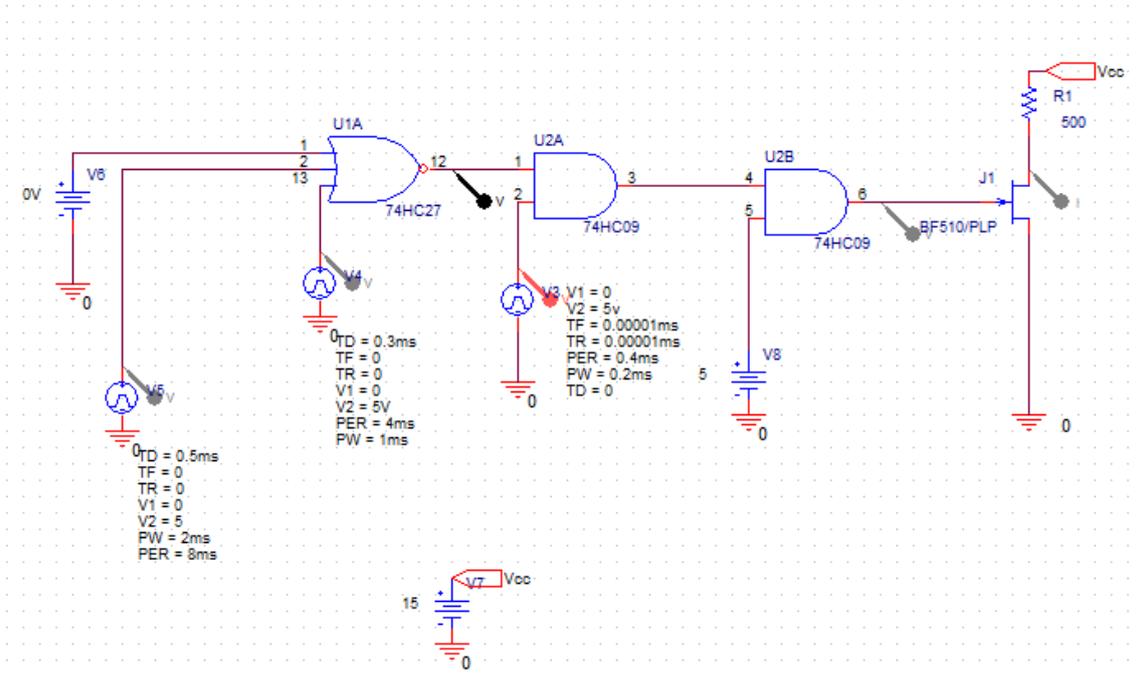
En la primera línea se muestra la segunda operación AND, una entrada se ha puesto a nivel alto constantemente, y la otra proviene de la operación AND entre la salida de la puerta NOR y la señal pulsatoria obtenida del 555. El resultado es una señal pulsatoria que se bloquea cuando la salida de la puerta NOR es "0"



### Amplificación de señal

Esta etapa está dirigida a amplificar la señal que dan las puertas lógicas, de modo que se pueda obtener una intensidad capaz de disparar los tiristores.

Como la salida de las puertas es en tensión, primero se va a hacer una conversión de esta tensión a corriente, para ello se usa un transistor JFET.



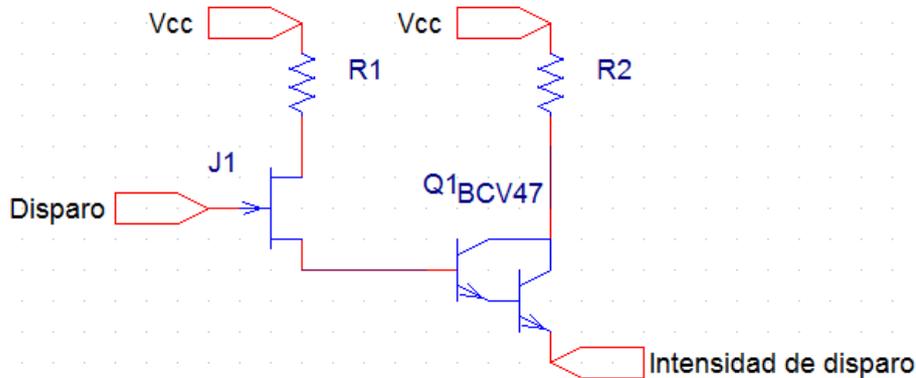
Este es el circuito de prueba. A la salida de la puerta AND se conecta la puerta del JFET, y este proporcionará intensidad en pulsos cuadrados. Simulando y midiendo la tensión de puerta nos da 0.5V. Las características del JFET, vienen descritas en su datasheet. Su  $I_{DSS}=3mA$ .

Estas es la simulación obtenida:

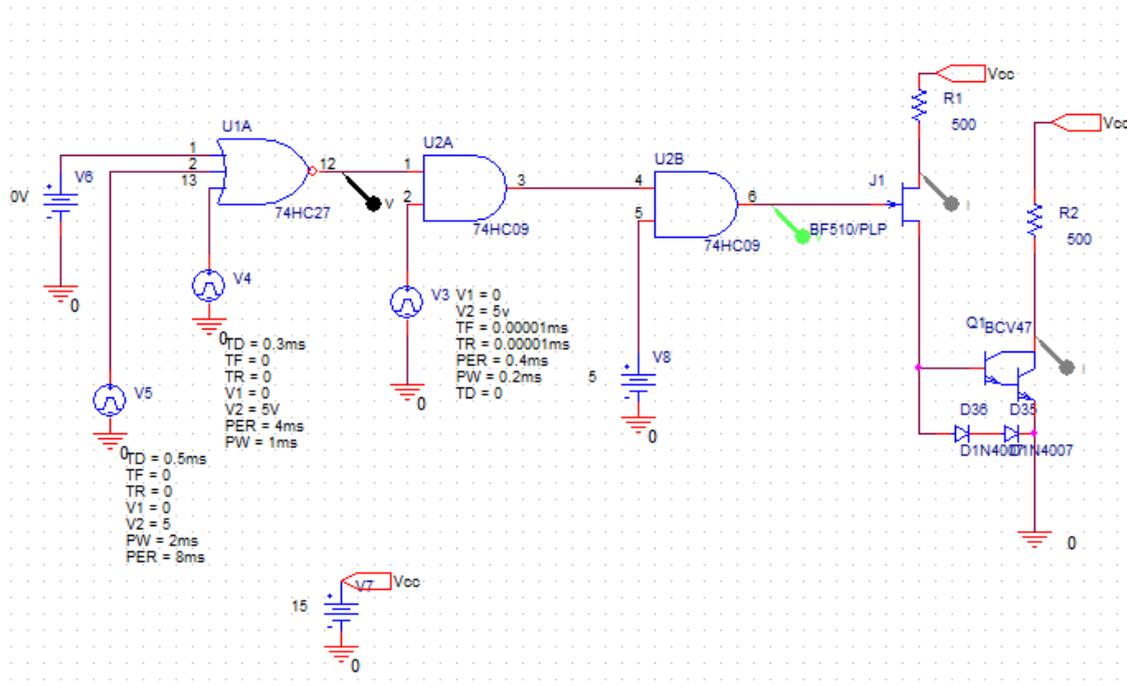


Aquí se puede ver como los pulsos que da el JFET tienen un valor de 6.5mA, insuficiente para excitar la puerta de nuestros tiristores.

La corriente de este JFET, va a ser pequeña de modo que ahora se va a amplificar la señal con un transistor Darlington de gran ganancia, generando una intensidad suficiente.



El circuito resultante sería:



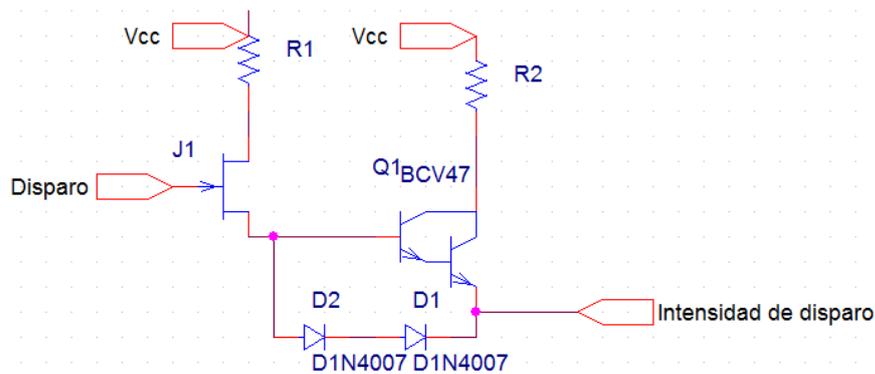
La intensidad obtenida a la salida de esta circuitería es suficiente para atravesar el primario del transformador de pulsos y generar en el secundario una intensidad de 35mA, que es la intensidad que se necesita para disparar los tiristores.

Para que el transistor Darlington asegure un vaciado rápido de portadores, se han induido en el diseño dos diodos, que mantengan una tensión base-emisor que ayude a que no se llegue a un saturado muy profundo y pueda funcionar más rápido.

Para los valores de  $R1=500$  y  $R2=200$  las simulaciones dan los siguientes datos:



La intensidad de salida del pulso es de unos 70mA cuando está en su nivel alto. Esta es la intensidad que va a inyectarse en el primario del transformador, de modo que este induzca una corriente en el secundario.

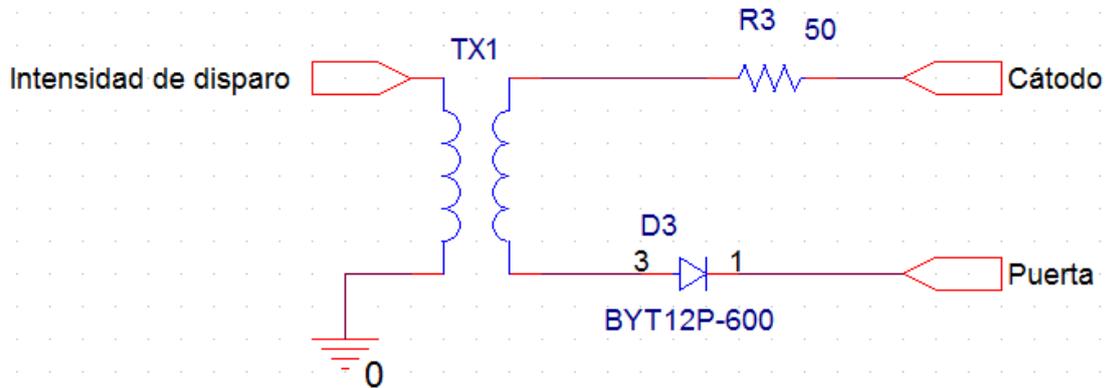


### El transformador de pulsos

Esta es la última etapa, se encarga de llevar la potencia del primario al secundario, con un aislamiento galvánico entre el circuito de potencia y el circuito de control.

Gracias a las características de los transformadores, no se necesitan fuentes adicionales de tensión en el secundario, como sería el caso de los optoacopladores.

Se ha seguido el siguiente diseño para el disparo de los tiristores:



El transformador de pulsos es un transformador con relación de 1:1 en el número de espiras.

De modo que el voltaje que se crea en el primario se transfiere al secundario con una ganancia de 1. Así, se debe crear un voltaje que cree una intensidad de 35mA en el secundario cuando cae el voltaje en la resistencia de limitación de intensidad.

El voltaje inducido del primario al secundario es un voltaje que oscila entre 1 y -1V, con lo que para crear una intensidad de 35mA de pico se debe poner una resistencia de 57 ohmios, para un pico un poco más alto se va a colocar una de 50 ohmios en el secundario del transformador en serie con un diodo que evita intensidades opuestas. Esto se conecta en serie con la puerta-cátodo del tiristor, obteniendo el disparo requerido.

# BLOQUE 5

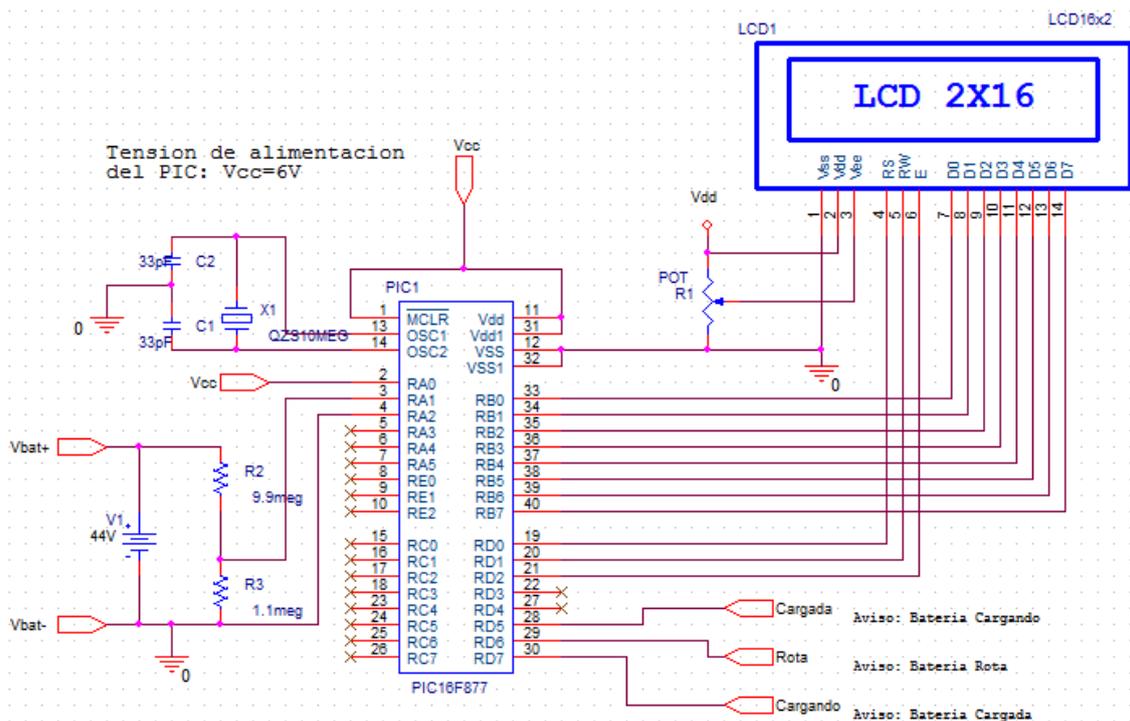
## INDICADOR DE CARGA DE BATERIA

El objetivo de este circuito es mostrar en todo momento el estado de carga de la batería, indicando con señales luminosas cuando la batería está cargando correctamente, cuando la batería está completamente cargada y cuando la tensión en bornes de la batería es tan baja que es indicio de que la batería esté rota.

El circuito consta de tres etapas diferenciadas que son primero el sensado de la tensión en bornes de la batería, el MicroControlador viendo el voltaje de la batería se ocupa primero de comprobar si esta tensión presenta una tensión alta, es decir, está cargada, o una tensión muy baja, es decir, que la batería esté rota, a continuación el PIC se encarga de escribir en la pantalla LCD el mensaje "CARGA: XXX%" indicando el porcentaje de carga de la batería.

- Nota: El código está diseñado para la carga de baterías de plomo-ácido de 48V de tensión nominal, cuyo rango de funcionamiento varía desde el 90% de su capacidad nominal (completamente descargada) hasta el 115% de su capacidad nominal (capacidad máxima de carga). Es decir, la batería a cargar debe tener un rango de funcionamiento de entre 43.2 V hasta 55.2 V.

Partiendo de un PIC16F877, cuyas características se detallan en su datasheet, posee 4 puertas, tres de ellas de 8 terminales, y las otras dos de 5 y 3, estas 8 últimas (puerta A y puerta E respectivamente) se ocupan de la captación de las señales analógicas a convertir en binarias.



### ***Medición de la tensión:***

La primera etapa es la de sensado de tensión de la batería, se han incorporado en paralelo a ella dos resistencias de gran impedancia con la batería a cargar, formando un divisor resistivo, de modo que entre ambas resistencias exista una tensión equivalente a dividir entre 10 la tensión de la batería.

La referencia del PIC para realizar la conversión de tensión a un valor en binario se dan entre las patillas RA0 y RA2, donde se dan los valores de tensión para un estado de Full Scale y de Zero Scale respectivamente.

Esta tensión es la captada por el PIC que analizará la tensión y la comparará con dos niveles de tensión, uno equivalente al 115% de la tensión nominal de la batería (el estado completo de carga) y otro correspondiente al 85% de la tensión nominal (estado de descarga profunda, y posible rotura de la batería).

### ***La indicación óptica del estado de la batería:***

El programa incluido en el PIC reconoce el estado de la batería e indica en forma de LEDs en qué estado se encuentra:

- LED verde: Indica el correcto funcionamiento del cargador y de la batería.
- LED azul: Indica que la batería ha completado su carga.
- LED rojo: Indica que la batería incorporada está defectuosa.

A la vez que iluminar los LEDs la circuitería detiene automáticamente el disparo de los tiristores encargados de suministrar la potencia a la batería, parando su carga cuando la batería esté defectuosa o haya terminado su periodo de carga.

### ***Pantalla LCD 16X2:***

La pantalla LCD muestra en todo momento el mensaje "CARGA: XXX%" indicando el porcentaje de carga de la batería con un simple vistazo.

La pantalla funciona con el controlador HITACHI HD44780U, este es un controlador que permite mostrar en estas pantallas caracteres alfanuméricos, japoneses, kana y símbolos.

Tiene 3 terminales de alimentación, que son masa, alimentación y tensión para la intensidad de la pantalla, en esta última entrada es donde se ha colocado el potenciómetro, que permite regular fácilmente la intensidad del mensaje que aparece escrito.

Posee tres terminales de control, con los que se decide según el estado alto o bajo de determinados de ellos si la instrucción que toma en el ciclo siguiente va a ser de escritura, en memoria, impresión en pantalla, u órdenes de configuración del modo de escritura en la pantalla.

Los 8 terminales siguientes D0-D7 son los que llevan los datos, que según estén configurados los terminales de control, posee una orden encriptada para la pantalla o un carácter que tomará el controlador.

Todas las características completas del controlador HITACHI HD44780U en el datasheet adjunto.

#### ***El microcontrolador PIC16F877:***

El PIC está sometido a la oscilación de 4 MHz proporcionada por un cristal de cuarzo externo al PIC con dos condensadores de 33pF para mantener la oscilación.

El Integrado se alimenta con una tensión  $V_{cc}=6V$ , y por  $V_{dd}$  está referenciado a masa.

Se ocupa su puerta B completa para el manejo de las 8 entradas de señal de la pantalla LCD.

Se ocupan los 3 LSB de la puerta D del PIC para los 3 bits de control de la pantalla.

Se usan los 3 MSB de la puerta D para la indicación por LEDs del estado de carga.

Se usa RA0, RA1 y RA2 para el sensado de la tensión de la batería (RA0 como tensión de referencia positiva, RA2 como tensión de referencia a masa y RA1 como tensión a convertir con respecto a las otras dos).

La conversión del voltaje analógico se almacena en una palabra de 10 bits, que corresponde a dos registros concretos del PIC (ADRESH y ADRESL) que se usan 2 bits de uno y los 8 restantes del otro.

La resolución del conversor A/D viene dada por 1024 bits, de modo que si tenemos una referencia de 6V y esta es el resultado de dividir entre 10 la tensión de la batería, nos queda:

$$60V/1024bits = 0.058V/bit$$

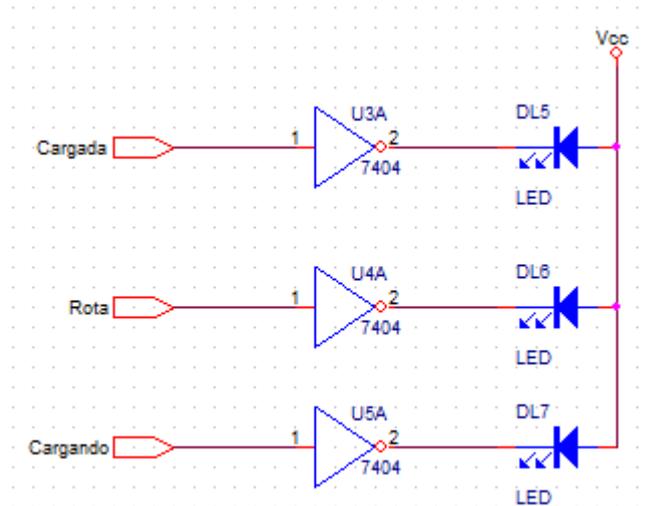
Para más información consultar la hoja de características del PIC16F877.

#### ***Diodos LEDs indicadores:***

Estos LEDs se encuentran en la placa de interfaz con el usuario.

Son 3 diodos LED. Como la salida a nivel alto de las patillas del PIC no pueden proporcionar intensidad suficiente como para encenderlos diodos, se recurre al encendido de los LEDs con un cero lógico, que a nivel TTL es capaz de proporcionar más intensidad que a nivel alto.

Los LEDs se deben colocar con la siguiente disposición:



De este modo si la señal Cargada viene a nivel alto el inversor la convertirá a nivel bajo, un “cero” de tensión, situado en el cátodo del LED, como en el ánodo del LED siempre hay tensión positiva, esto provoca que el LED se encienda con la intensidad que es capaz de suministrar el circuito integrado 7404, que es el que contiene los inversores.

Indicar que las señales “Cargada” y “Rota” son señales que se van a llevar a la etapa de control y bloqueo de tiristores.

### Señales de bloqueo de tiristores en función de la temperatura

En el microcontrolador se incluye una función adicional, que es la de comprobar las señales de temperatura que se obtienen en el Bloque 1, de modo que da una señal de bloqueo de tiristores cuando la temperatura excede los 80° centígrados y esta señal se mantiene hasta que la señal que detecta que la temperatura es superior a 60° se vuelve a cero, indicando que el disipador ya ha bajado de esa temperatura.

# INTERFAZ

## CIRCUITO DE INTERFAZ CON EL USUARIO

El circuito de interfaz con el usuario es un circuito dedicado a la visualización y manipulación de las variables del cargador, de modo que desde esa misma placa el usuario puede ver el estado de carga de la batería, la corriente que se le inyecta, el voltaje de la misma, la indicación por LEDs de la temperatura del disipador, el indicador por LEDs del estado de la batería; Desde este mismo circuito también se pueden modificar los valores de intensidad que se quiere inyectar a la batería y el ancho del pulso del detector de paso por cero con sendos potenciómetros.

### 1. Pantallas LCD:

Las pantallas LCD sirven para mostrar, en una, el estado de carga de la batería, mostrando el mensaje: "CARGA: XX %", indicando en todo momento el estado de carga de la batería en porcentaje. Esta pantalla es controlada por el PIC16F877, cuyo circuito es definido en el bloque 5, "indicador de carga de la batería.

La otra pantalla mostrará continuamente el mensaje "INTENS: 00.0A" en la primera línea de la pantalla, indicando la cantidad de amperios que atraviesan la batería con un decimal de precisión; y el mensaje "VOLTAJE= 00.0 V", en la segunda línea de la pantalla, indicando el voltaje de la batería. Esta pantalla está controlada por el PIC 16F877, cuyo circuito es definido en el Bloque 1, de "captación de corriente" y "captación de voltaje".



Ambas pantallas LCD llevan un potenciómetro cada una para la regulación del contraste. Estos potenciómetros están situados al lado de la pantalla que corresponde cada uno. Son potenciómetros de 10K $\Omega$  mono vuelta, con 270 $^{\circ}$  de recorrido efectivo.

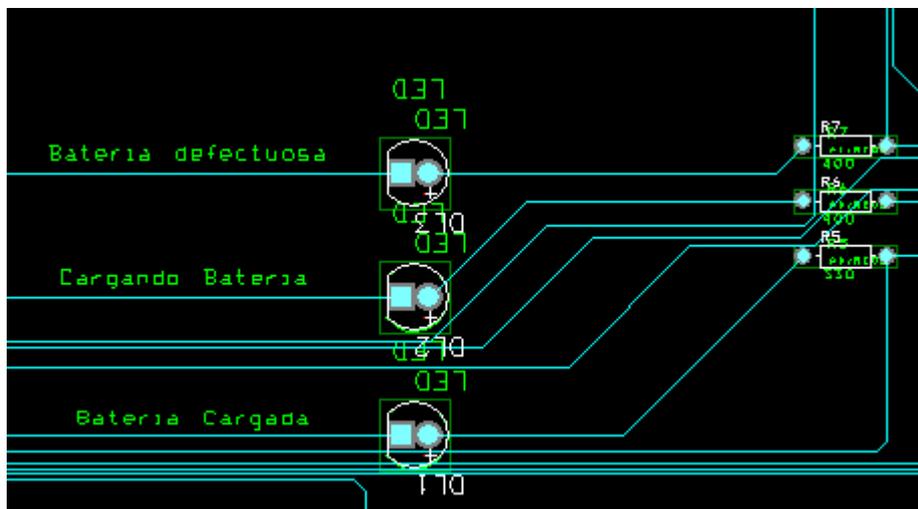
## 2. Diodos LEDs de comprobación de estado de batería

El circuito tiene 3 diodos LEDs que informan en cada momento del estado de carga de batería. Esta medida es complementaria a la pantalla LCD que indica el estado de carga.

El significado de los diodos es el siguiente:

- Diodo LED Rojo: este diodo indica que cuando está encendido, que la batería se encuentra en un estado excesivamente descargado, que puede ser muestra de que la batería está defectuosa.
- Diodo LED Verde: que este diodo esté encendido significa que la batería se está cargando de forma normal y correcta.
- Diodo LED Azul: si este diodo está encendido indica que la batería ha terminado su proceso de carga.

Indicar que tanto si está encendidos el LED Rojo o el LED Azul, no se le inyecta intensidad a la batería, es decir, se para de cargar la batería cuando esta está defectuosa o esta ha terminado de cargarse.

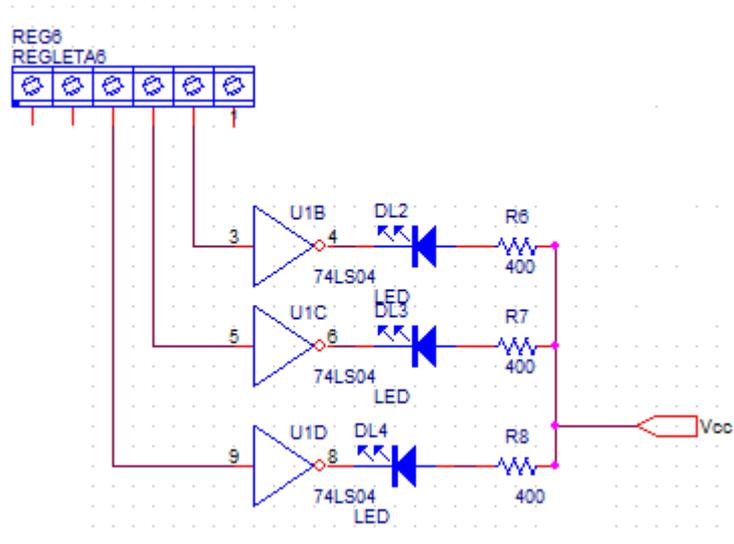


Las señales que controlan el encendido de estos LEDs vienen de la placa que controla el estado de carga de la batería (Bloque 5).

- **Encendido de los LEDs:**

Los LEDs incluidos en este diagrama se encienden con señales de salida de microcontroladores, la salida de estos a menudo no puede suministrar la intensidad suficiente para que los LEDs lleguen a encenderse. Un método es poner a la salida del microcontrolador o de cualquier dispositivo que te de una salida TTL conectada a la

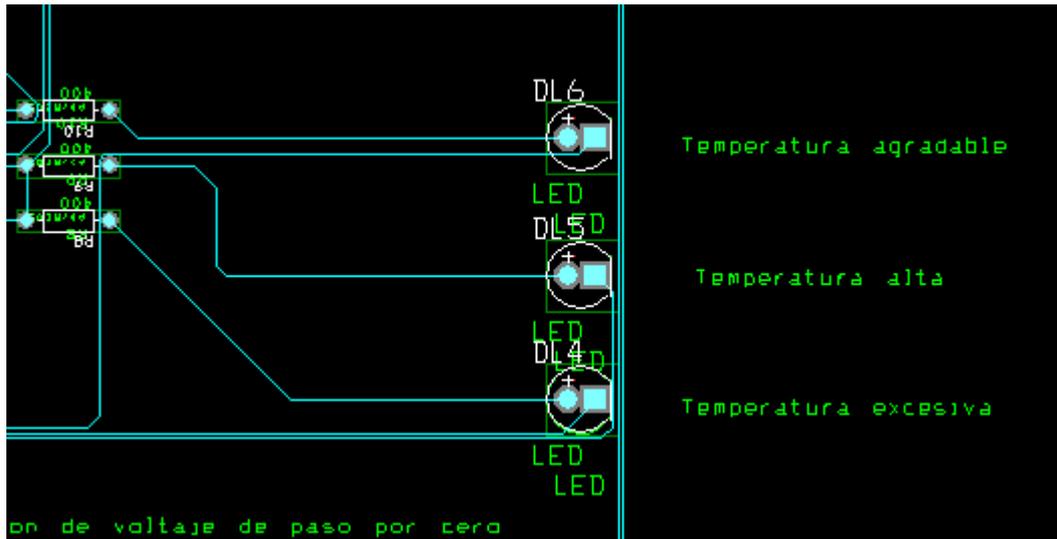
entrada de unos inversores, a la salida de estos inversores se colocan los diodos, de forma que el cátodo del diodo se conecte con la salida del inversor y el ánodo se conecte a tensión positiva. Entre la tensión positiva se pone una resistencia limitadora que regule la intensidad que atraviesa el LED. La característica de los dispositivos TTL es que son capaces de entregar más corriente en su nivel alto que en su nivel bajo, de ahí que este método de encender LEDs con "0" lógicos sea el método usado.



### 3. Diodos LEDs de aviso de temperatura

El circuito consta de tres diodos LEDs de aviso de temperatura, cada uno indica una temperatura, y se enciende de forma que son la salida de un comparador en ventana, es decir, que se enciende el primero, luego el primero y el segundo y luego los tres a la vez.

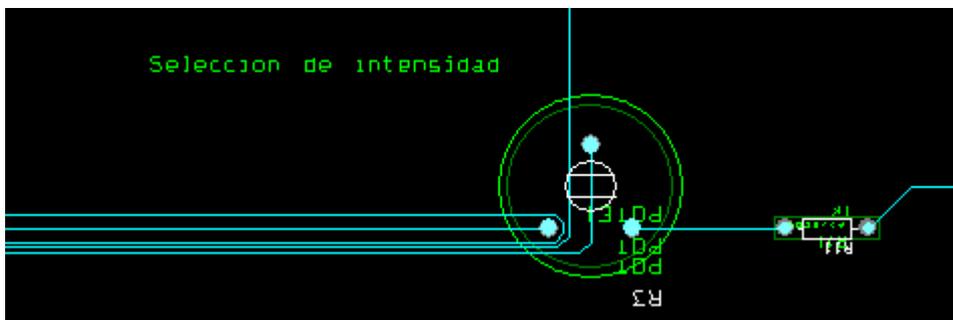
- Diodo LED Verde: que este diodo esté encendido significa que la temperatura del disipador de potencia acoplado a los tiristores tiene una temperatura agradable de trabajo comprendida entre los 60° y los 70°.
- Diodo Amarillo: cuando este diodo está encendido (y por consiguiente, el anterior también) significa que el disipador de potencia tiene una temperatura algo alta, comprendida entre los 70 y los 79°C
- Diodo LED Rojo: que este diodo esté encendido (y los otros dos a su vez) significa que el disipador de potencia acoplado a los tiristores ha alcanzado una temperatura de 80° o mayor, con lo cual, se envía una señal que hace que pare el mando de los tiristores, dejando "descansar" y enfriándose los tiristores y su disipador.



Las señales que controlan el encendido de estos LEDs vienen de la placa de medición de temperatura, que está incluida en el Bloque 1.

#### 4. Potenciómetro de selección de intensidad

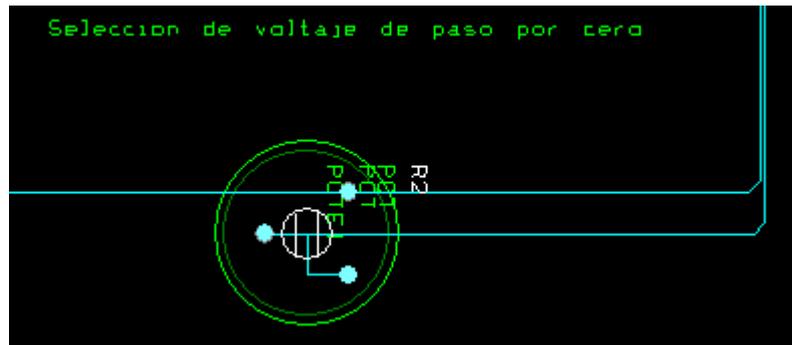
La función de potenciómetro de selección de intensidad es crear una tensión de referencia para la entrada del lazo de control de disparo de tiristores, de forma que la tensión de entrada variará linealmente en función de los ángulos de giro del potenciómetro. Indicar que el potenciómetro tiene 270° grados efectivos, siendo la tensión de referencia 0.5V cuando esté en un extremo y 5.5V de referencia cuando se ha girado por completo los 270°. El potenciómetro tiene unos topes para no poder girar más allá de los valores indicados.



Este potenciómetro pertenece al bloque de control del disparo de los tiristores (bloque3).

### 5. Potenciómetro de selección de anchura del pulso de paso por cero

La función de este potenciómetro es regular la tensión de referencia que entra al amplificador operacional del Bloque 2, de modo que regula la tensión con la que el disparador da un nivel alto, y a su vez, controla el ancho del pulso. El circuito del bloque 2 está diseñado para que el ancho del pulso sea de un máximo de 2 ms.



Indicar que el potenciómetro está puesto en forma de reóstato, es decir, que patilla 2 (la que varía con el giro del potenciómetro) esta cortocircuitada con la patilla 3 (que es fija).

# PROGRAMAS EN ENSAMBLADOR PARA LOS PICs

## PROGRAMA PIC 16F877: MEDICIÓN DE CORRIENTE Y VOLTAJE

### CÓDIGO EN ENSAMBLADOR DEL PROGRAMA INCLUIDO EN EL PIC:

```

LIST    P=16F877
RADIX  HEX
TMRO   EQU    01           ;declaración de todos los registros a usar
PCL    EQU    02
ESTADO EQU    03
PORTA  EQU    05
PORTB  EQU    06
PORTC  EQU    07
PORTD  EQU    08
PORTE  EQU    09
INTCON EQU    0B
ADRES  EQU    1E
ADCON0 EQU    1F

RETAR1 EQU    20           ;registros de uso general
RETAR2 EQU    21
CONT1  EQU    22
CONT2  EQU    23

U1     EQU    25
D1     EQU    26
DC1    EQU    27
UNIDAD EQU    28
DECENA EQU    29
DCMAL  EQU    2A

UD10   EQU    2B
NUM    EQU    2C

A10    EQU    2D
CONV1  EQU    2E
CONV2  EQU    2F
CONA1  EQU    30
CONA2  EQU    31
A17    EQU    32

```

```

FULL          EQU    33

LCD_E         EQU    2      ; da nombre a los bits 0, 1 y 2
LCD_RW       EQU    1
LCD_RS       EQU    0

ORG          00          ; inicio del programa

CLRF  NUM          ; primero se ponen a cero algunos registros
CLRF  DECENA
CLRF  DCMAL
CLRF  U1
CLRF  D1
CLRF  DC1
CLRF  UD10

BCF  ESTADO,6      ; se pone toda la puerta A como entradas y la
BSF  ESTADO,5      ; y la puerta B como salidas digitales
CLRF  PORTB
CLRF  PORTC
MOVLW 0XFF
MOVWF  PORTA

BSF  ESTADO,5
MOVLW B'00000000'
MOVWF  PORTC
MOVLW B'00000000'
MOVWF  PORTB
BCF  ESTADO,5

CALL  TEMPO2      ; se inicia la configuración de la pantalla LCD
MOVLW B'00110000' ; estas son instrucciones que configuran
CALL  LCDI        ; la pantalla
MOVLW B'00111000' ; la rutina LCDI sirve para indicarle que el
CALL  LCDI        ; código que se le da es una Instrucción
MOVLW B'00001110'
CALL  LCDI
MOVLW B'00000110'
CALL  LCDI

MOVLW A'I'        ; se comienza a escribir en la pantalla el
CALL  LCDC        ; mensaje
MOVLW A'N'        ; la rutina LCDC significa que el código
CALL  LCDC        ; que se le da es un Carácter
MOVLW A'T'
CALL  LCDC
MOVLW A'E'
CALL  LCDC
MOVLW A'N'

```

CALL	LCDC	
MOVLW	A'S'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A':'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A''	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A''	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'A'	
CALL	LCDC	
MOVLW	B'1100000'	; IR A DIRECCIÓN 40
CALL	LCDI	; que es segunda línea, primer carácter de la pantalla
MOVLW	A'V'	; se escribe en la segunda línea de la pantalla
CALL	LCDC	
MOVLW	A'O'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'L'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'T'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'A'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'J'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'E'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A':'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A''	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'*'	
CALL	LCDC	
MOVLW	A'V'	
CALL	LCDC	
INI2	MOVLW	B'10001001'
	CALL	LCDI ;IR LA DIRECCION 9

	CALL	CONVI	; CONVERSION CORRIENTE
	CALL	X10	; estas instrucciones son para dividir el numero
	CALL	DIV17	; entre 1.7
	CALL	DEC17	; se halla el primer decimal de la división
	CALL	DUD	; se pasa el número en binario a 3 registros
			; que son la decena, unidad y primer decimal
			; de la división
	CALL	IMPRM	; imprime los 3 registros con el punto decimal
	MOVLW	B'11001001'	
	CALL	LCDI	; IR A LA DIREC 49
	CALL	CONVV	; Conversión VOLTAJE
	CALL	X10	;se repite lo anterior pero con el valor captado
	CALL	DIV17	; de voltaje
	CALL	DEC17	
	CALL	DUD	
	CALL	IMPRM	
	GOTO	INI2	;cierra el bucle para mostrar continuamente los valores
			; de voltaje y corriente
IMPRM	MOVF	DECENA,0	;muestra la decena en pantalla
	CALL	LCDC	; informa de que se da un caracter
	MOVF	UNIDAD,0	;muestra la unidad
	CALL	LCDC	
	MOVLW	B'00011000'	;mueve cursos a la derecha
	CALL	LCDI	
	MOVF	DC1,0	; imprime el decimal
	CALL	LCDC	
	RETURN		
LCDI	BCF	PORTC,LCD_RW	;esta función da un valor en
	BCF	PORTC,LCD_RS	;binario a la pantalla y le informa
	BSF	PORTC,LCD_E	;de que es una instrucción
	MOVWF	PORTB	
	BCF	PORTC,LCD_E	
	CALL	TEMPO1	; entre orden y orden a la pantalla debe
	RETURN		;transcurrir un tiempo
LCDC	BCF	PORTC,LCD_RW	;esta función da un valor binario
	BSF	PORTC,LCD_RS	; e informa que es un carácter
	BSF	PORTC,LCD_E	
	MOVWF	PORTB	
	BCF	PORTC,LCD_E	
	CALL	TEMPO1	
	RETURN		
TEMPO1	MOVLW	RETAR1	
	MOVWF	CONT1	

CICLOT1	NOP DECFSZ GOTO RETURN	CONT1,1 CICLOT1	
TEMPO2	MOVLW MOVWF	RETAR2 CONT2	
CICLOT2	CALL DECFSZ GOTO RETURN	TEMPO1 CONT2,1 CICLOT2	
X10	MOVF CONV1,0 MOVWF CONA1 MOVF CONV2,0 MOVWF CONA2 MOVLW D'10' MOVWF A10		;esta función multiplica por 10 el ;registro obtenido de la conversión ; para poder obtener el decimal ;necesario
MULT1	MOVF CONV1,0 ADDWF CONA1,1 DECFSZ A10 GOTO MULT1		
MULT2	MOVLW D'10' MOVWF A10 MOVF CONV2,0 ADDWF CONA2,1 BTFSC ESTADO,0 INCF CONA1,1 DECFSZ A10 RETURN GOTO MULT2		
DIV17	MOVLW D'17' MOVWF A17 MOVLW 0xFF MOVWF FULL GOTO DIVID1		;se divide entre 17 y se obtienen ;la decena y la unidad
DIVID DIVID1	INCF NUM MOVF A17,0 SUBWF CONA2,1 BTFSS ESTADO,0 GOTO DIVID INCF NUM		
C2	DECF CONA2,1 MOVF FULL,0 XORWF CONA2,1 MOVF CONA2,0 SUBWF FULL,0 MOVWF CONA2 DECF CONA1,0		

	BTFSC	ESTADO,0	
	GOTO	DIVID2	
	GOTO	DIVID	
DIVID3	INCF	NUM	
DIVID2	MOVF	A17,0	
	SUBWF	CONA2,0	
	BTFSC	ESTADO,0	
	GOTO	RETE	
	MOVF	A17,0	
	SUBWF	CONA2,1	
	GOTO	DIVID3	
RETE	RETURN		
DEC17A	INCF	DCMAL,1	;se multiplica por 10 y se vuelve a
DEC17	CALL	X10	;dividir entre 17 para obtener el
	MOVLW	D'17'	;decimal
	MOVWF	A17	
	MOV F	A17,0	
	SUBWF	CONA2,0	
	BTFSS	ESTADO,0	
	GOTO	RETE2	
	MOVF	A17,0	
	SUBWF	CONA2,1	
	GOTO	DEC17A	
RETE2	RETURN		
DUD	CLRF	U1	;aquí se pasa del registro con el numero entero
	CLRF	D1	;en binario a dos registros, decena y unidad
	CLRF	DC1	;y otro registro con el primer decimal
	MOVF	NUM,0	
	MOVWF	U1	
COMPR1	CALL	DEC10	
	BTFSS	UD10,0	
	GOTO	ALMACEN	
	MOVLW	D'10'	
	SUBWF	U1,1	
	INCF	D1,1	
	GOTO	COMPR1	
ALMACEN	MOVF	D1,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	DECENA	
	MOVF	U1,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	UNIDAD	
	MOVF	DCMAL,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	DC1	
	RETURN		

DEC10	MOVLW D'10' SUBWF U1,0 BTFSC ESTADO,0 GOTO MAY1 BCF UD10,0 RETURN		
MAY1	BSF UD10,0 RETURN		
TABLA	ADDWFPCL,1 RETLW A'0' RETLW A'1' RETLW A'2' RETLW A'3' RETLW A'4' RETLW A'5' RETLW A'6' RETLW A'7' RETLW A'8' RETLW A'9'		;esta función convierte los registros decena ;unidad y decimal que son valores en binario ;de su equivalente decimal en su equivalente ;en ASCII que es el lenguaje que entiende ;la pantalla
CONVI	BCF ESTADO,6 BSF ESTADO,5 MOVLW B'10000000' MOVWF ADCON BCF ESTADO,6 BCF ESTADO,5 MOVLW B'01000001' MOVWF ADCON CALL ESPERA		;esta es la función de conversión de ;RA0 que es la línea de intensidad ;a binario y lo guarda en dos registros ;primero se configura el registro ;ADCON1 (en el banco 1) ;y luego el ADCON0 en el banco 0
CONV3 ESP	BSF ADCON,2 BTFSC ADCON,2 GOTO ESP BSF ESTADO,5 MOVF ADRES,0 MOVWF CONV2 BCF ESTADO,5 MOVF ADRES,0 MOVWF CONV1 CALL ESPERA RETURN		; y se pone en marcha la conversión     ;se guarda el resultado en los registros ;CONV1 Y CONV2
CONVV	BCF ESTADO,6 BSF ESTADO,5 MOVLW B'10000000' MOVWF ADCON BCF ESTADO,6 BCF ESTADO,5 MOVLW B'01001001' MOVWF ADCON		;se hacen los mismos pasos que antes ;pero ahora el canal que se va a ;convertir es RA1

```

CONV4      CALL      ESPERA
ESP1       BSF       ADCON,2
           BTFSC    ADCON,2
           GOTO     ESP1
           BSF       ESTADO,5
           MOVF     ADRES,0
           MOVWF    CONV2
           BCF       ESTADO,5
           MOVF     ADRES,0
           MOVWF    CONV1
           CALL     ESPERA
           RETURN

ESPERA     BSF       ESTADO,5
           CLRF     TMRO
           BCF       ESTADO,5
           MOVLW    D'56'
           MOVWF    TMRO
DESB      BTFSS    INTCON,2
           GOTO     DESB
           RETURN

           END

```

## PROGRAMA PIC 16F877: ESTADO DE CARGA DE LA BATERÍA Y SEÑAL DE BLOQUEO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

### Código fuente en ensamblador del PIC:

```

LIST      P=16F877
RADIX    HEX
TMRO     EQU    0x 01      ;primero se procede a la declaración de todos los
PCL      EQU    0x 02      ;registros que aparecen
ESTADO   EQU    0x 03
PORTA    EQU    0x 05
PORTB    EQU    0x 06
PORTC    EQU    0x 07
PORTD    EQU    0x 08
PORTE    EQU    0x 09
INTCON   EQU    0x 0B
ADRES    EQU    0x 1E
ADCON    EQU    0x 1F

RETAR1   EQU    0x 20
RETAR2   EQU    0x 21
CONT1    EQU    0x 22

```

CONT2	EQU	0x 23	
U1	EQU	0x 25	
D1	EQU	0x 26	
C1	EQU	0x 27	
UNIDAD	EQU	0x 28	
DECENA	EQU	0x 29	
CENTENA	EQU	0x 2A	
UD10	EQU	0x 2B	
NUM	EQU	0x 2C	
V166	EQU	0x 2D	
V216	EQU	0x 2E	
PERCENT	EQU	0x2F	
LCD_E	EQU	2	
LCD_RW	EQU	1	
LCD_RS	EQU	0	
	ORG	00	;inicio de programa
	CLRF	NUM	;se ponen a cero todos los registros
	CLRF	CENTENA	; que se necesiten
	CLRF	DECENA	
	CLRF	UNIDAD	
	CLRF	U1	
	CLRF	D1	
	CLRF	C1	
	CLRF	UD10	
	MOVLW	D'166'	; se les da el valor a los registros que
	MOVWF	V166	;van a indicar el estado de la batería
	MOVLW	D'216'	;en función de su tensión
	MOVWF	V216	
	BCF	ESTADO,6	;se configuran las puestas del pic
	BSF	ESTADO,5	; puerta B y C como salidas, A como
	CLRF	PORTB	;entradas y D con los bits 5 y 6 como
	CLRF	PORTC	;entradas y 7 como salida
	MOVLW	B'00001110'	
	MOVWF	PORTD	
	MOVLW	0XFF	
	MOVWF	PORTA	
	BSF	ESTADO,5	; se ponen a cero las puertas B, C y D
	CLRF	PORTC	
	CLRF	PORTB	
	CLRF	PORTD	
	BCF	ESTADO,5	
	CALL	TEMPO2	;Se inicializa la pantalla
	MOVLW	B'00110000'	;las funciones LCDI y LCDC se han

	CALL	LCDI	;explicado en el código anterior
	MOVLW	B'00111000'	
	CALL	LCDI	
	MOVLW	B'00001110'	
	CALL	LCDI	
	MOVLW	B'00000110'	
	CALL	LCDI	
	MOVLW	A'C'	;se imprime el mensaje en la pantalla
	CALL	LCDC	;se va a visualizar "CARGA: 000%"
	MOVLW	A'A'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'R'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'G'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'A'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A':'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A''	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'*'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'*'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'*'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	A'%'	
	CALL	LCDC	
	MOVLW	B'00010000'	
POR	CALL	LCDI	
	MOVLW	B'00010000'	
	CALL	LCDI	
	MOVLW	B'00010000'	
	CALL	LCDI	
	MOVLW	B'00010000'	
	CALL	LCDI	
VERIFIC	CALL	CONVER	;Función de conversión A/D
	MOVF	V166,0	;se compara el resultado obtenido con
	SUBWF	NUM,0	;los limites de tensión alta y baja
	BTFSS	ESTADO,0	;para decir el estado de la batería
	GOTO	BATROT	; si llega aquí la batería está rota
	BCF	PORTD,6	
	MOVF	V216,0	
	SUBWF	NUM,0	
	BTFSC	ESTADO,0	
	GOTO	BATCAR	;si llega aquí la batería está cargada
	BCF	PORTD,7	;si llega aquí la bat. Se está cargando

	BSF	PORTD,5	
	MOVF	V166,0	
	SUBWF	NUM,0	;se determina la unidad, decena y
	MOVWF	PERCENT	;centena que componen el tanto
	RLF	PERCENT,1	;por ciento
	CALL	UDC	
	MOVF	CENTENA,0	;se muestra la centena
	CALL	LCDC	
	MOVF	DECENA,0	;se muestra la decena
	CALL	LCDC	
	MOVF	UNIDAD,0	;se muestra la unidad
	CALL	LCDC	
	CALL	TEMPER	;implementa la función de temperatura
	GOTO	POR	
BATROT	BSF	PORTD,6	;se da la señal de batería rota
	BCF	PORTD,5	
	GOTO	VERIFIC	
BATCAR	BSF	PORTD,7	;se da la señal de batería cargada
	BCF	PORTD,5	
	GOTO	VERIFIC	
LCDI	BCF	PORTC,LCD_RW	;función definida en el código anterior
	BCF	PORTC,LCD_RS	
	BSF	PORTC,LCD_E	
	MOVWF	PORTB	
	BCF	PORTC,LCD_E	
	CALL	TEMPO1	
	RETURN		
LCDC	BCF	PORTC,LCD_RW	;función definida en el código anterior
	BSF	PORTC,LCD_RS	
	BSF	PORTC,LCD_E	
	MOVWF	PORTB	
	BCF	PORTC,LCD_E	
	CALL	TEMPO1	
	RETURN		
TEMPO1	MOVLW	RETAR1	
	MOVWF	CONT1	
CICLOT1	NOP		
	DECFSZ	CONT1,1	
	GOTO	CICLOT1	
	RETURN		
TEMPO2	MOVLW	RETAR2	
	MOVWF	CONT2	
CICLOT2	CALL	TEMPO1	
	DECFSZ	CONT2,1	
	GOTO	CICLOT2	

	RETURN		
UDC	CLRF	U1	;esta función es similar a la UDU del ;código anterior, extrae en 3 registros ; la unidad, la decena y la centena
	CLRF	D1	
	CLRF	C1	
	MOVF	PERCENT,0	
	MOVWF	U1	
COMPR	CALL	DEC100	
	BTFSS	UD10,1	
	GOTO	COMPR1	
	MOVLW	D'100'	
	SUBWF	U1,1	
	INCF	C1,1	
	GOTO	COMPR	
COMPR1	CALL	DEC10	
	BTFSS	UD10,0	
	GOTO	ALMACEN	
	MOVLW	D'10'	
	SUBWF	U1,1	
	INCF	D1,1	
	GOTO	COMPR1	
ALMACEN	MOVF	C1,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	CENTENA	
	MOVF	D1,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	DECENA	
	MOVF	U1,0	
	CALL	TABLA	
	MOVWF	UNIDAD	
	RETURN		
DEC100	MOVLW	D'100'	
	SUBWF	U1,0	
	BTFSC	ESTADO,0	
	GOTO	MAYOR	
	BCF	UD10,1	
	RETURN		
MAYOR	BSF	UD10,1	
	RETURN		
DEC10	MOVLW	D'10'	
	SUBWF	U1,0	
	BTFSC	ESTADO,0	
	GOTO	MAY1	
	BCF	UD10,0	
	RETURN		
MAY1	BSF	UD10,0	
	RETURN		
TABLA	ADDWFPCL,1		;esta función explicada en el código anterior

```

RETLW A'0'
RETLW A'1'
RETLW A'2'
RETLW A'3'
RETLW A'4'
RETLW A'5'
RETLW A'6'
RETLW A'7'
RETLW A'8'
RETLW A'9'

CONVER    BCF      ESTADO,6    ;función de conversión y almacenamiento en
          BSF      ESTADO,5    ; registros el numero obtenido
          MOVLW    B'00001000'
          MOVWF    ADCON
          BCF      ESTADO,6
          BCF      ESTADO,5
          MOVLW    B'01000001'
          MOVWF    ADCON
          CALL     ESPERA
CONV1     BSF      ADCON,2
ESP       BTFSC    ADCON,2
          GOTO     ESP
          MOVF     ADRES,0
          MOVWF    NUM
          CALL     ESPERA
          RETURN

ESPERA    BSF      ESTADO,5
          CLRF     TMRO
          BCF      ESTADO,5
          MOVLW    D'56'
          MOVWF    TMRO
DESB     BTFSS    INTCON,2
          GOTO     DESB
          RETURN

TEMPER    BTFSS    PORTC,5    ;esta es la función que hace un chequeo de
          GOTO    TMPRT1      ;la temperatura, dando una señal por
          BSF     PORTC,7      ;la pata 7 de la puerta D si se quiere parar
          RETURN              ;de disparar los tiristores
          BTFSC   PORTC,6
          RETURN
          BCF     PORTC,7
          RETURN

          END

```

## PROGRAMA PIC 16F84: CREACIÓN DE UN DIENTE DE SIERRA

### Programa que se incluirá en el PIC:

```

LIST    p=16F84
RADIX  HEX
TMRO   EQU    0x01
ESTADO EQU    0x03
PATA   EQU    0x05
PBTB   EQU    0x06
INTCON EQU    0x0B
CONT   EQU    0x0C
NU100 EQU    0x0D

ORG    00
CLRF   CONT
BSF    ESTADO,5
CLRF   PBTB
MOVLW      0xFF
MOVWF     PATA
BCF    ESTADO,5
CLRF   PBTB
MOVLW      D'100'
MOVWF     NU100

INICIO CLRF   CONT
        BTFSS PATA,0
        GOTO  INICIO
        GOTO  INC

INC     INCF   CONT,1
        CALL  ESPERA
        MOVF  CONT,0
        MOVWF PBTB
        XORWF NU100,0
        BTFSS ESTADO,2
        GOTO  INC
        GOTO  INC2

INC2    INCF   CONT,1
        CALL  ESPERA
        MOVF  CONT,0
        MOVWF PBTB
        BTFSS PATA,0
        GOTO  INC2
        GOTO  INICIO

ESPERABSF      ESTADO,5
        MOVLW      B'00000111'
        MOVWF     TMRO

```

```
          BCF          ESTADO,5
          MOVLW       D'10'
          MOVWF       TMR0

DESB  BTFSS INTCON,2
      GOTO  DESB
      RETURN

END
```

# LISTADO DE COMPONENTES

## Bloque 1

Nombre	Modelo	Distribuidor	Descripción	Cantidad
LM35	LM35	National	Sensor	1
		semiconductor	temperatura	
INA	INA114	National	Ampl.	1
		semiconductor	instrumentación	
A.O	LM123	National	Quad	2
		semiconductor		
Resistencia	18K			1
	10k			1
	6k			1
	2k			1
	1k			5
	2.5k			6
	100 ohmios			1
	1.1Mega			1
	9.9Mega			1
Condensador	0.1pF		Cerámico	2
	33pF			2
Diodos	1N914			2
Sensor corriente	RSC	Eltoroide.ar	Sensor toroidal de efecto Hall	1
PIC	PIC16F877	Microchip		1
Cristal de cuarzo	4Mhercios		Oscilador	1

## Bloque 2

Nombre	Modelo	Distribuidor	descripción	Cantidad
Transformador	230/12 Vef			1
diodos				4
A.O	LM124	National	quad	2
		Semiconductor		
Potenciómetro	10K		Potenciómetro monovuelta	1
Resistencias	1k			9
	5k			4
	556			1
PIC	16F84	Microchip		1
DAC	DAC0800	National	Conversor	1
		Semiconductor	analógico-digital	

Cristal de cuarzo	4MH	Oscilador de cuarzo	1
-------------------	-----	---------------------	---

Condensadores	27pF	2
	0.1uF	3

## Bloque 3

Nombre	Modelo	Distribuidor	descripción	Cantidad
A.O.	LM741			5
Resistencias	1k			9
	6.28k			1
	100k			1
	31.1k			1
Condensadores	10uF			1

## Bloque 4

Nombre	Modelo	Distribuidor	Descripción	Cantidad
LM555	LM555	National semiconductor	Oscilador	1
Buffer 74HC	74HC24	NXP Phillips	8 buffers	1
NOR	74HC27	NXP Phillips	3 puertas NOR de 3 entradas	1
AND	74HC09	NXP Phillips	4 puertas AND 2 entradas	1
JFET	BF510	NXP Phillips	JFET canal N	4
Transistor Darlington	BCV27	NXP Phillips	Transistor en etapa Darlington	4
Transformador de pulsos	PT14a3	PREMO		4
Diodos	1N4007	Fairchild		8
	BY249-300	Phillips semiconductor		4
A.O.	LM741	National Semiconductor		1
Condensadores	12nF			1
	0.01uF			1
Resistencias	30K			1
	15K			1
	3k			2
	1k			1
	200			4
	500			4
	100			4

## Bloque5

Nombre	Modelo	Distribuidor	descripción	Cantidad
PIC	16F877	Microchip		1
Cristal de cuarzo	4Mh		Oscilador de cuarzo	1
Resistencias	9.9Meg		1%	1
	1.1Meg		1%	1
Condensadores	33pF			2

## Placa de visualización

Nombre	Modelo	Distribuidor	descripción	Cantidad
Potenciómetro			10K resistencia nominal monovuelta	
LEDS	rojo			2
	Verde			2
	Amarillo			1
	azul			1
Inversores	7404		6 puertas en un integrado	1
Resistencias	400			6
	1k			2
Pantalla 16X2	SPRK- LCD216W	<a href="http://www.electan.com">www.electan.com</a>	Pantalla LCD	2



# BIBLIOGRAFÍA

- J. Velasco Ballano y otros. Sistemas Electrónicos de Potencia. Editorial Paraninfo, 1998.
- Hart J. Electrónica de Potencia. Pearson-PrenticeHall, 2005.
- Rashid M. H. Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Editorial Prentice Hall, 1993
- Bühler H. Electrónica Industrial. Editorial Gustavo Gili, 1990
- Martínez y Bernia. Electrónica analógica
- Electrónica de potencia principios fundamentales y estructuras básicas. Ballester, Eduard.
- Fiore, James M. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales: teoría y aplicación
- Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll

## **Páginas web:**

[www.upv.es](http://www.upv.es) ; trabajos de la Universidad Politécnica de Valencia.

[www.forosdeelectronica.com](http://www.forosdeelectronica.com) ; Proyectos, tutoriales e información de programación de PICs

## **Datasheets de los componentes:**

Controlador Hitachi

PIC 16F84

PIC 16F877

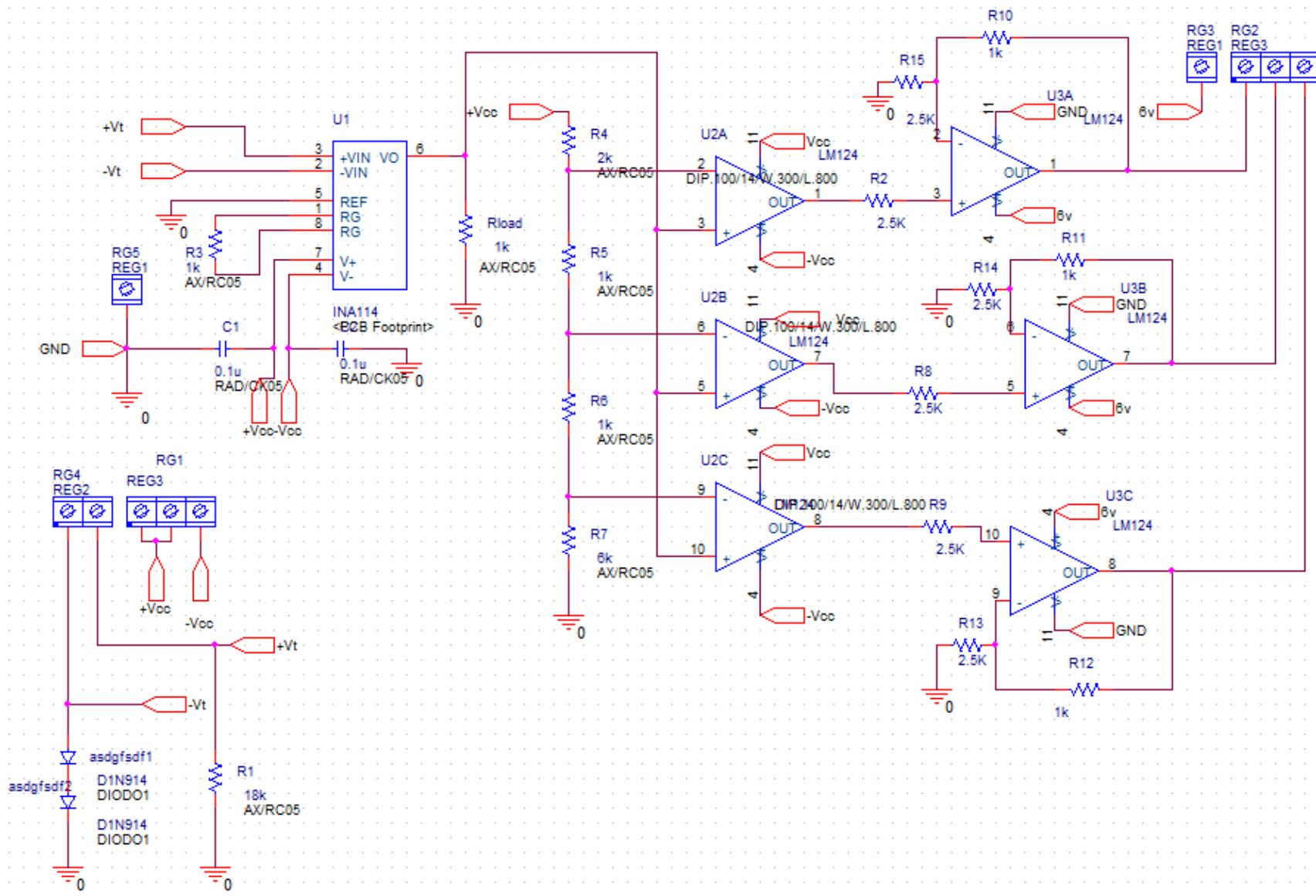
LM555

DAC0800

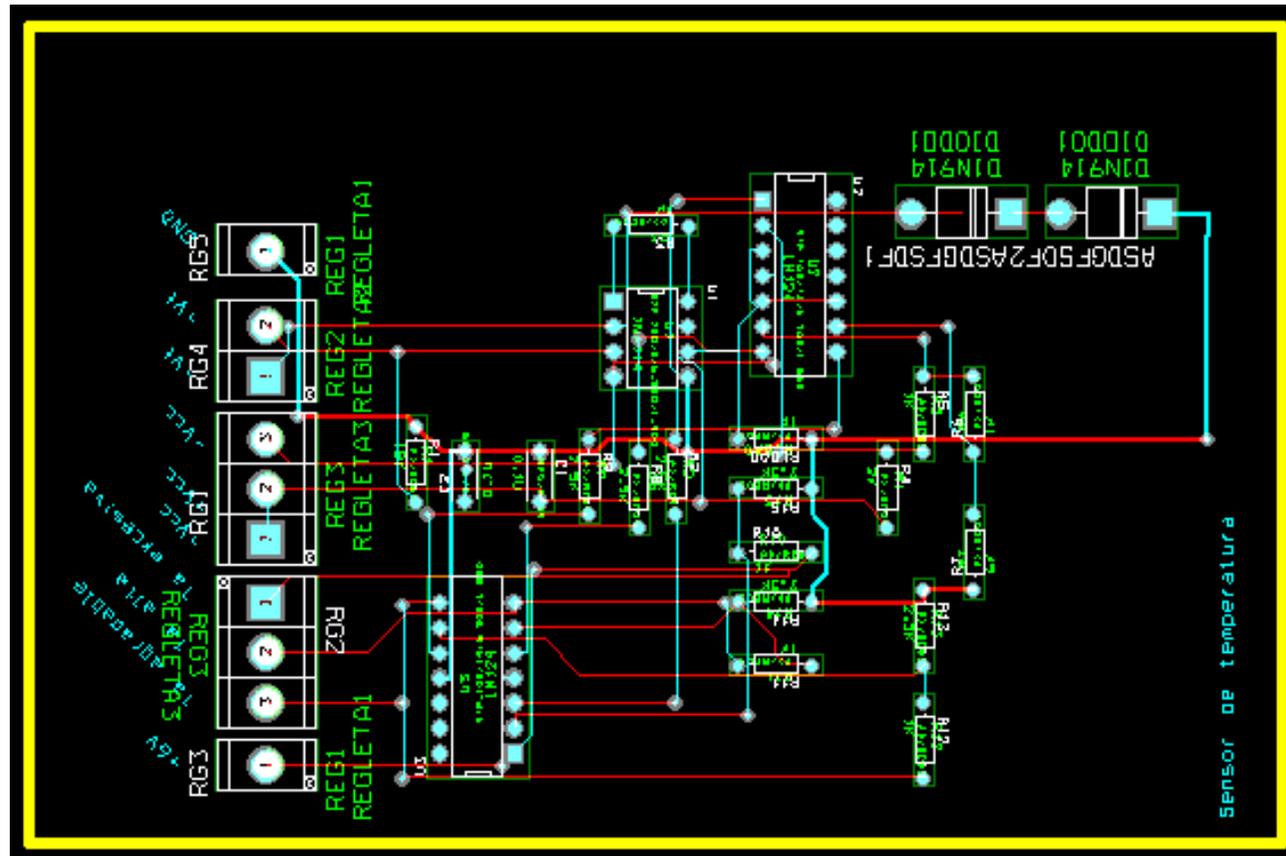
Transformador de pulsos PT14a3 de PREMO

Plano 1: Placa del sensor de temperatura

1.1) circuito esquemático

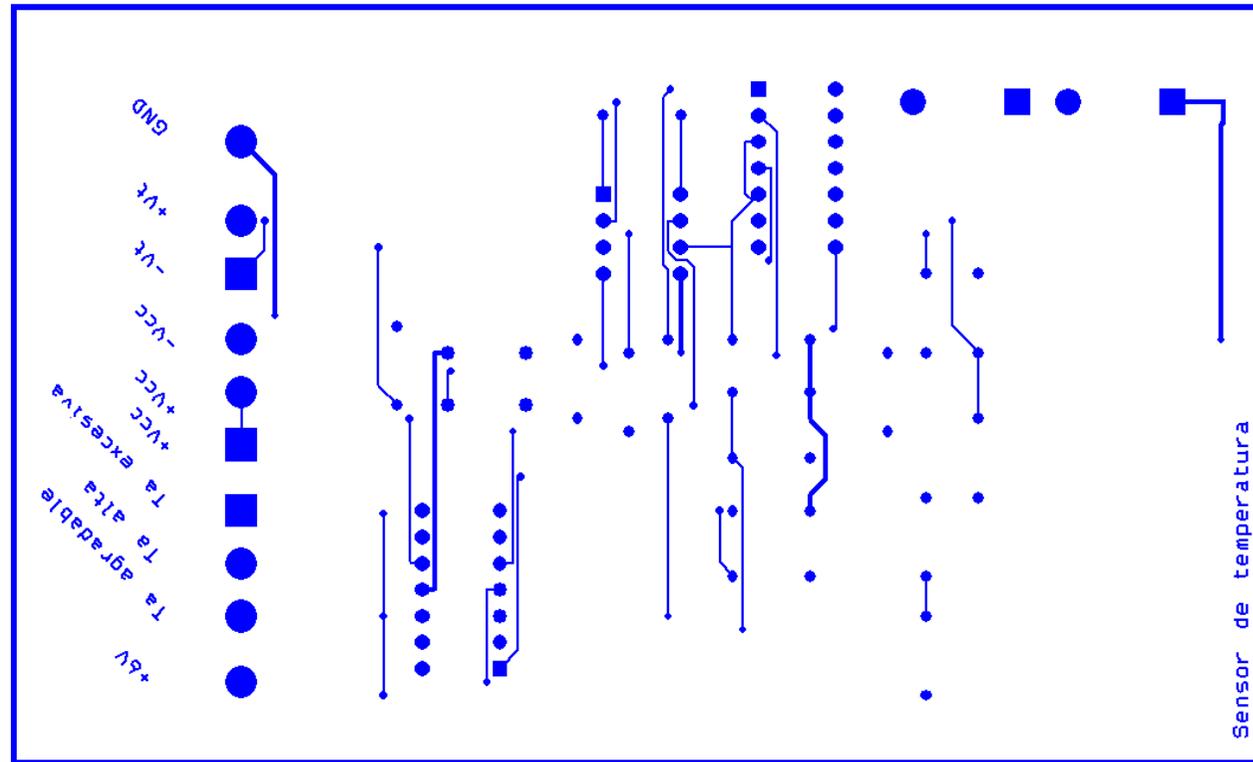


## Plano 1: Placa del sensor de temperatura



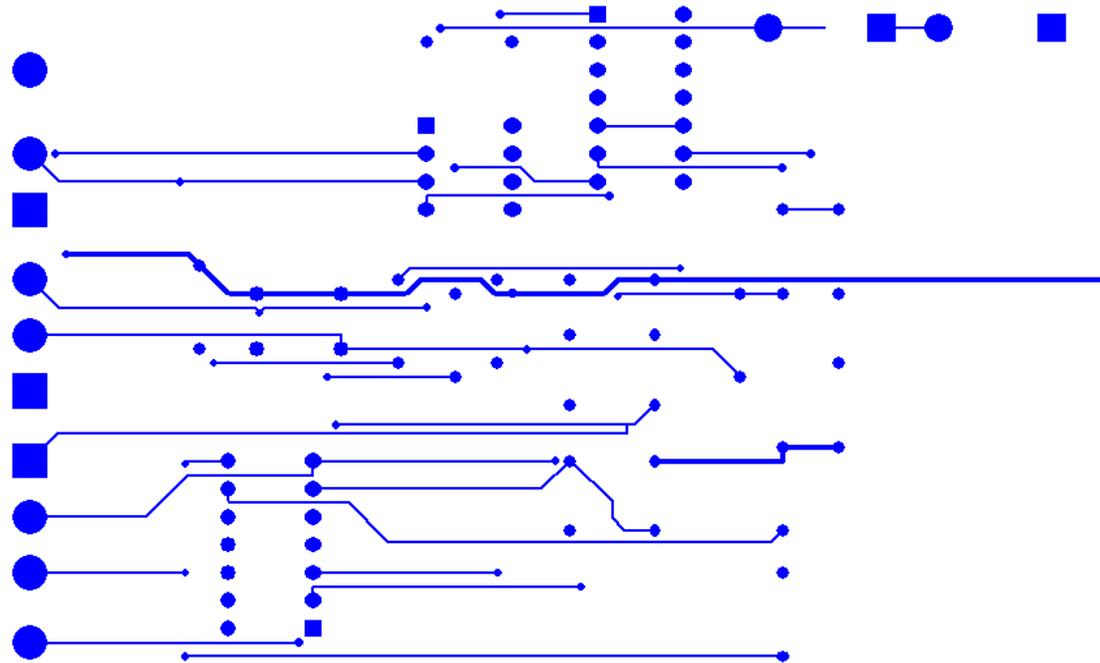
1.2) Placa completa

### Plano 1: Placa del sensor de temperatura



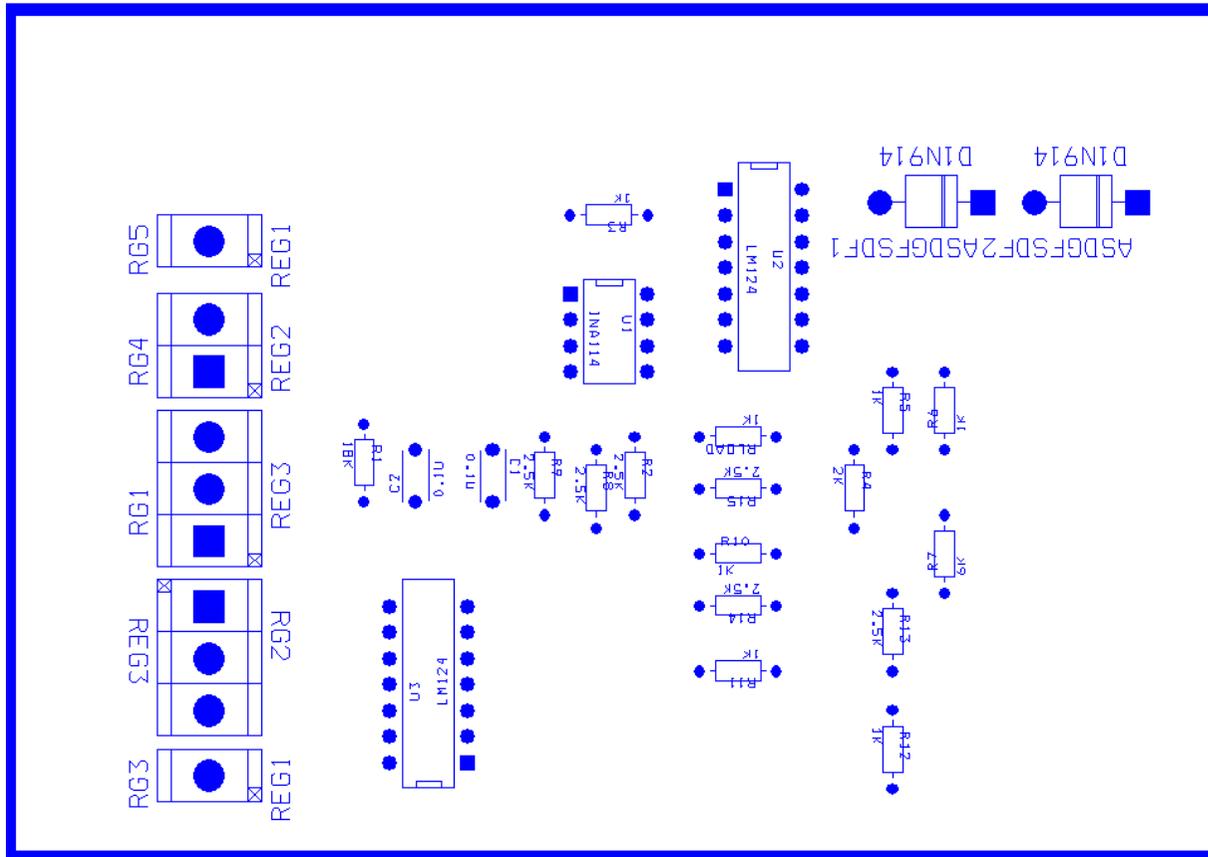
### 1.3) Capa TOP de soldadura

Plano 1: Placa para el sensor de temperatura



1.4) Capa BOTTOM

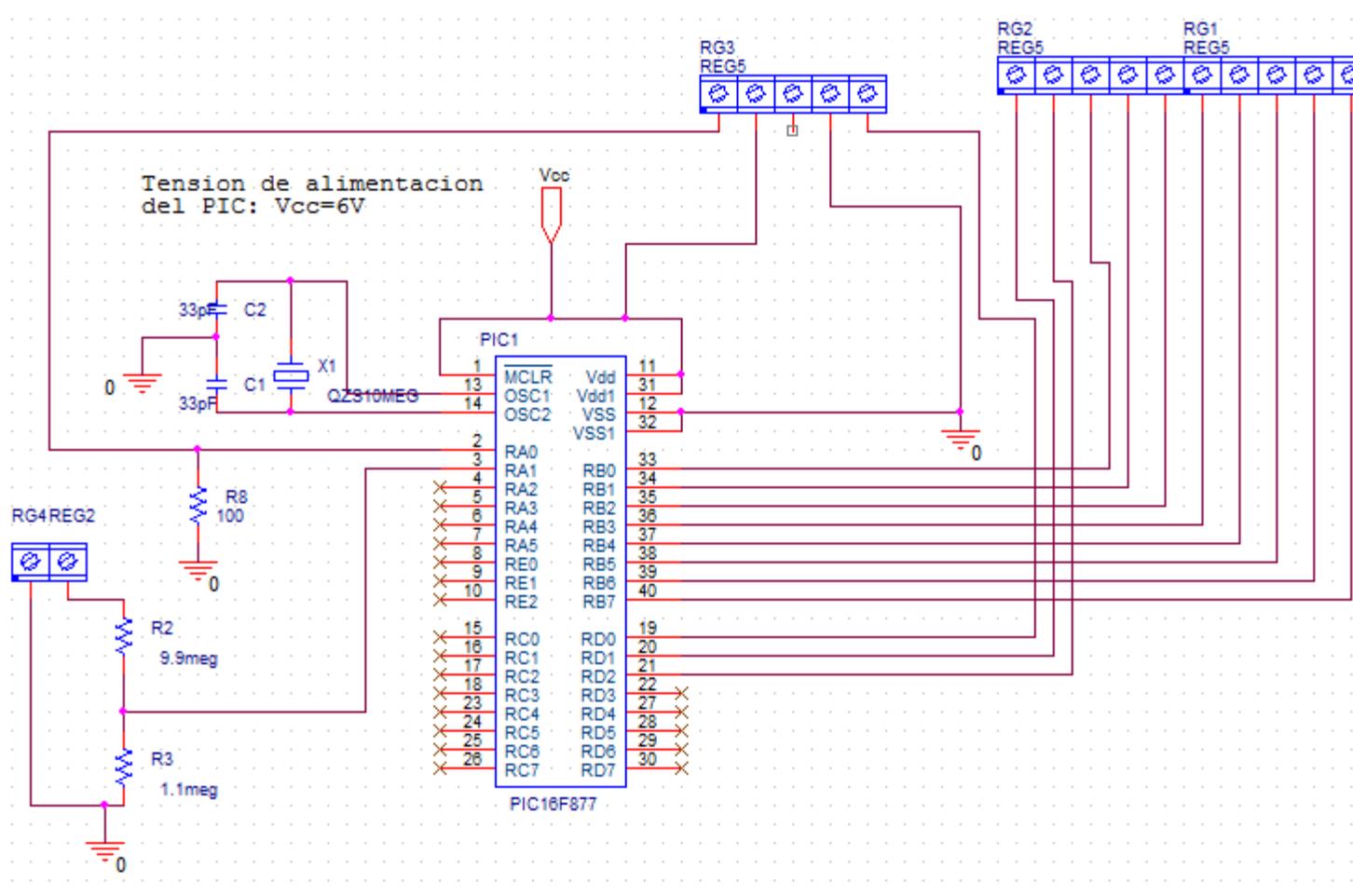
Plano 1: Placa para el sensor de temperatura



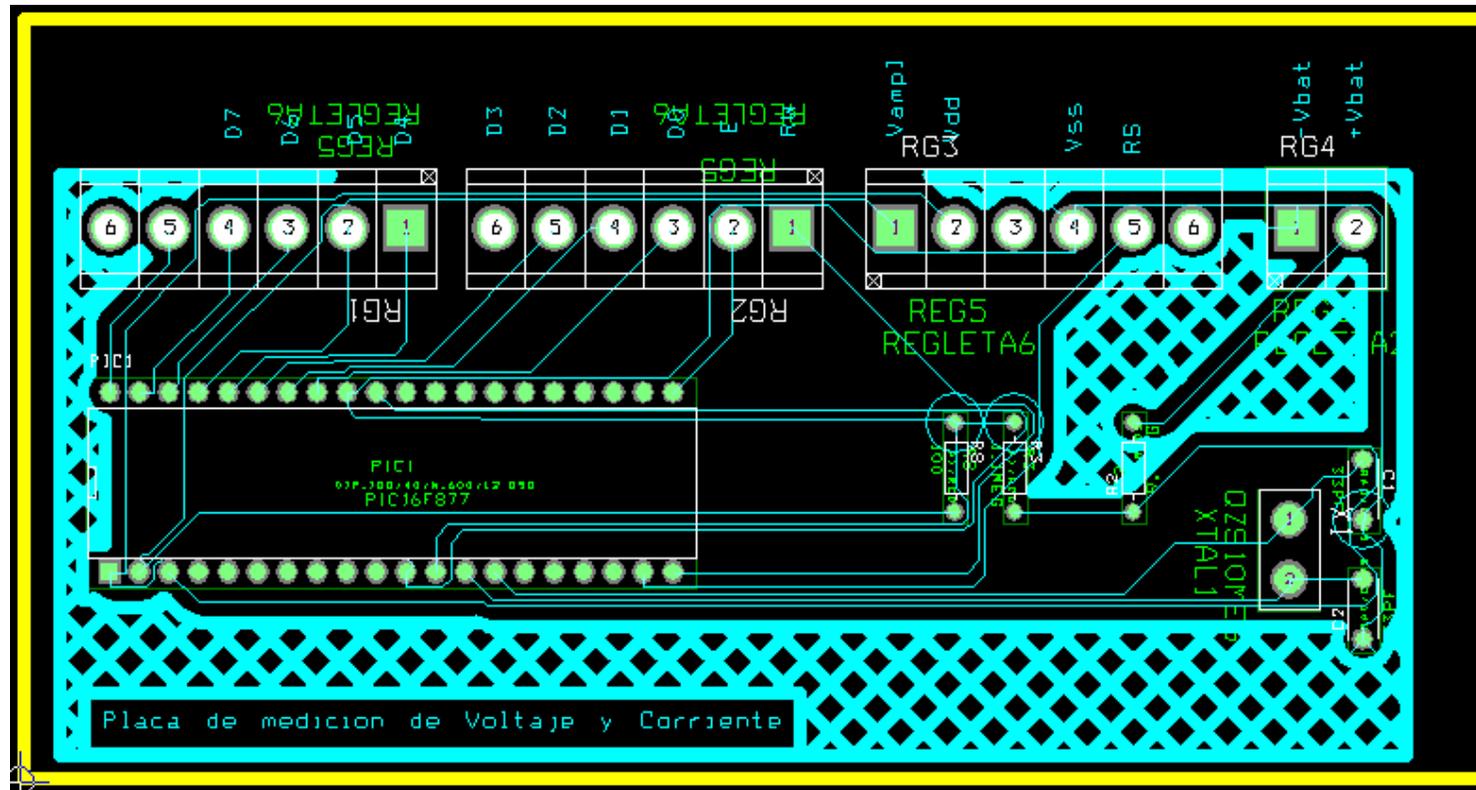
1.5) Distribución de los componentes

Plano 2: Placa ruteada de los sensores de corriente y voltaje

2.1) Circuito esquemático

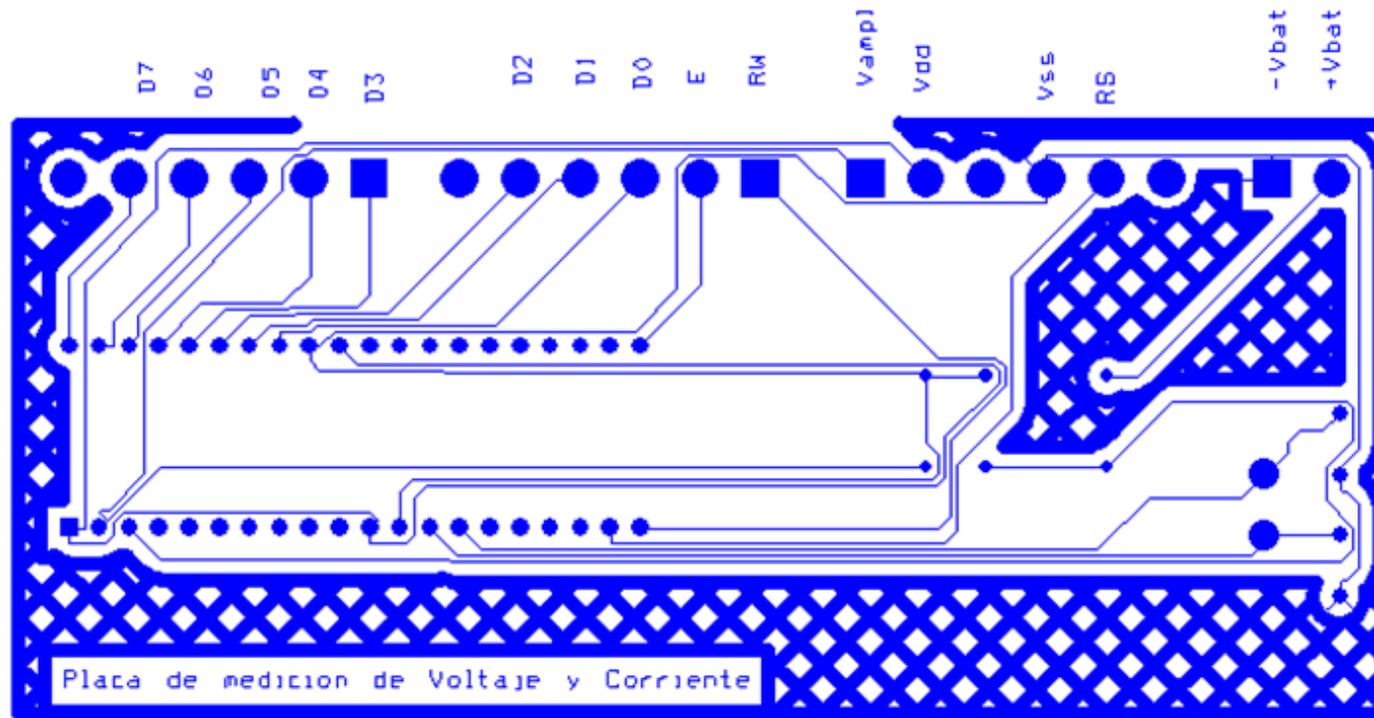


Plano 2: Placa ruteada de los sensores de corriente y voltaje



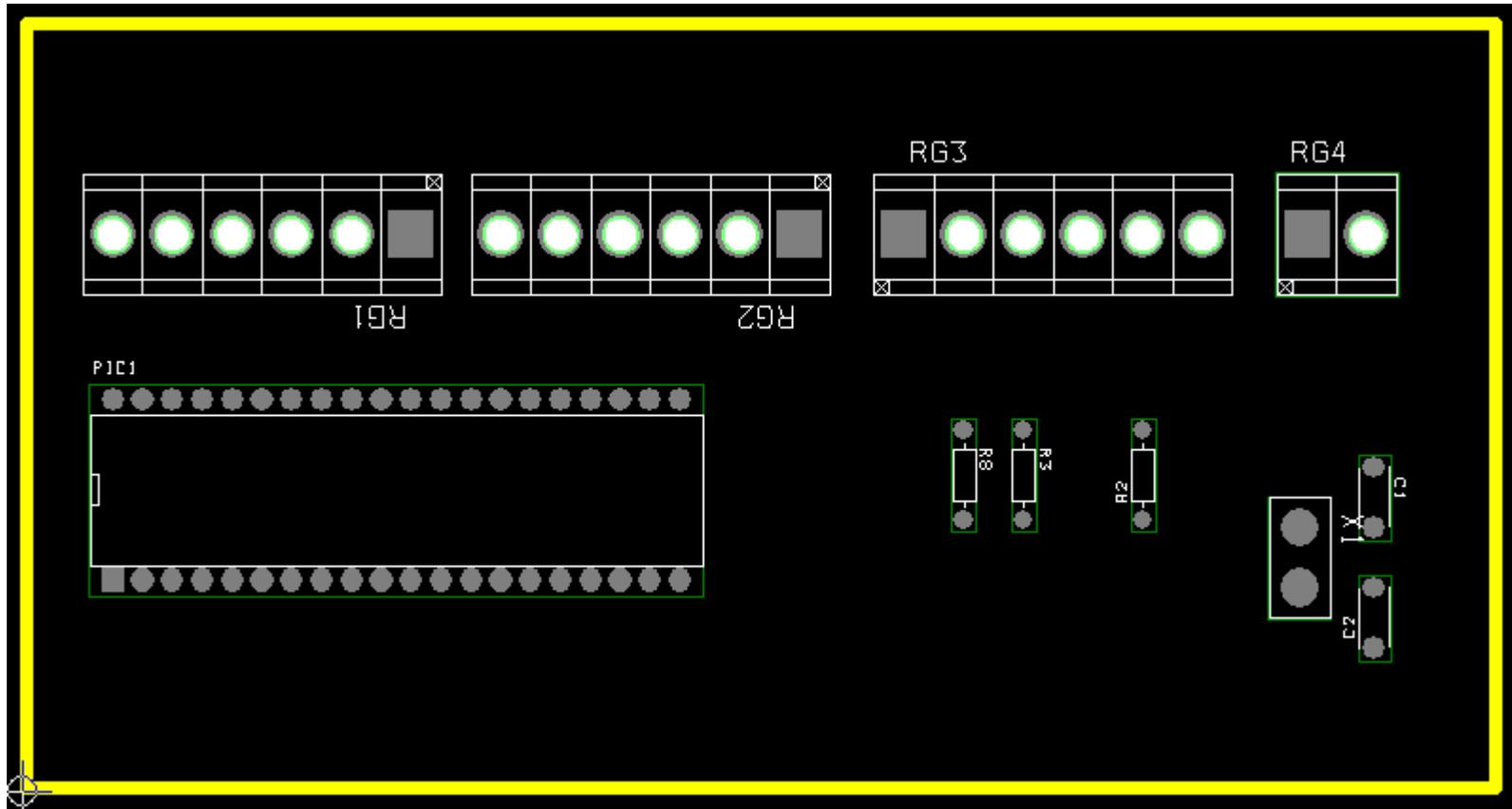
2.2) PCB con vista completa

Plano 2 Placa ruteada de los sensores de corriente y voltaje



2.3) Capa TOP

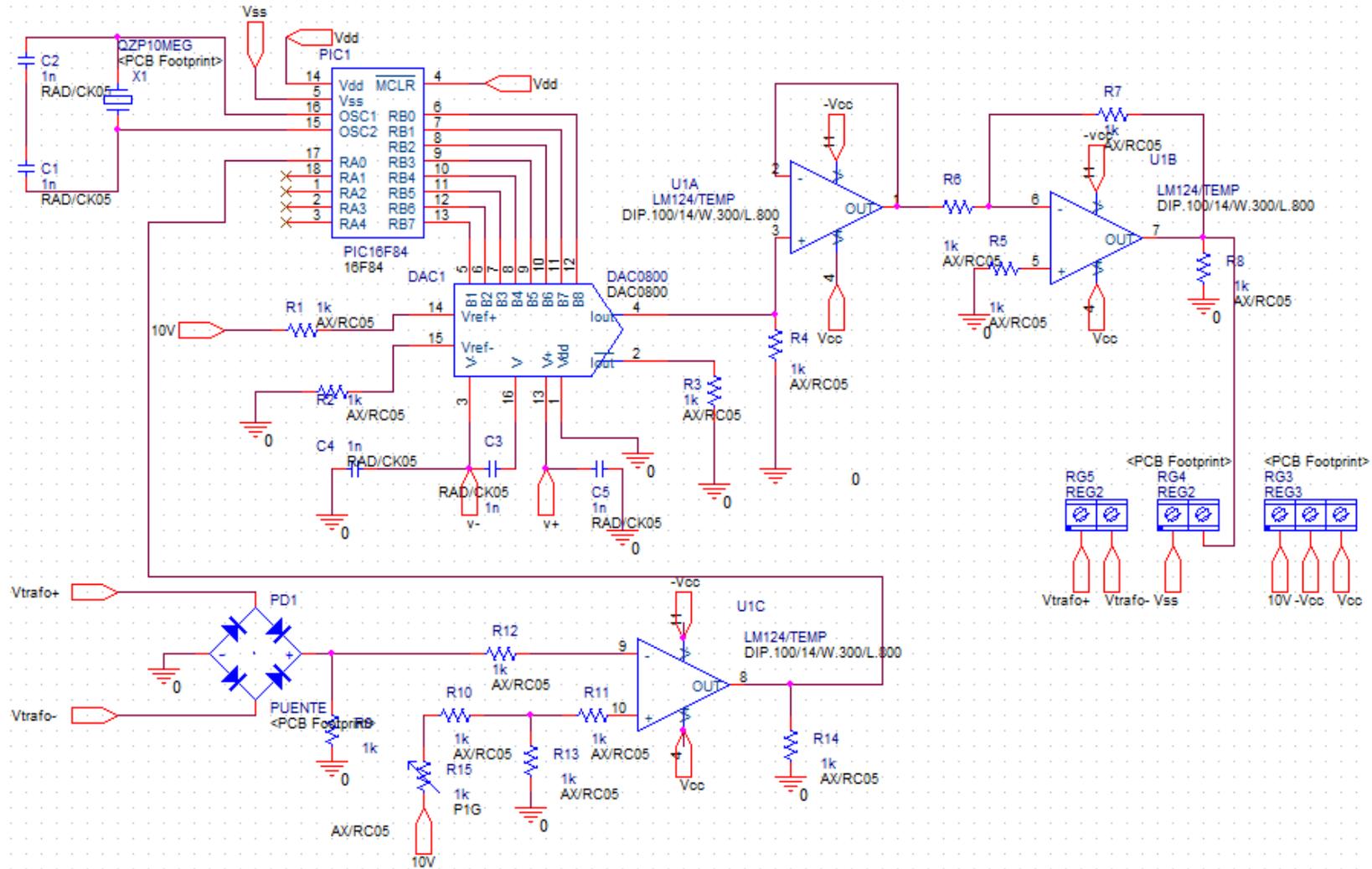
## Plano 2 Placa ruteada de los sensores de corriente y voltaje



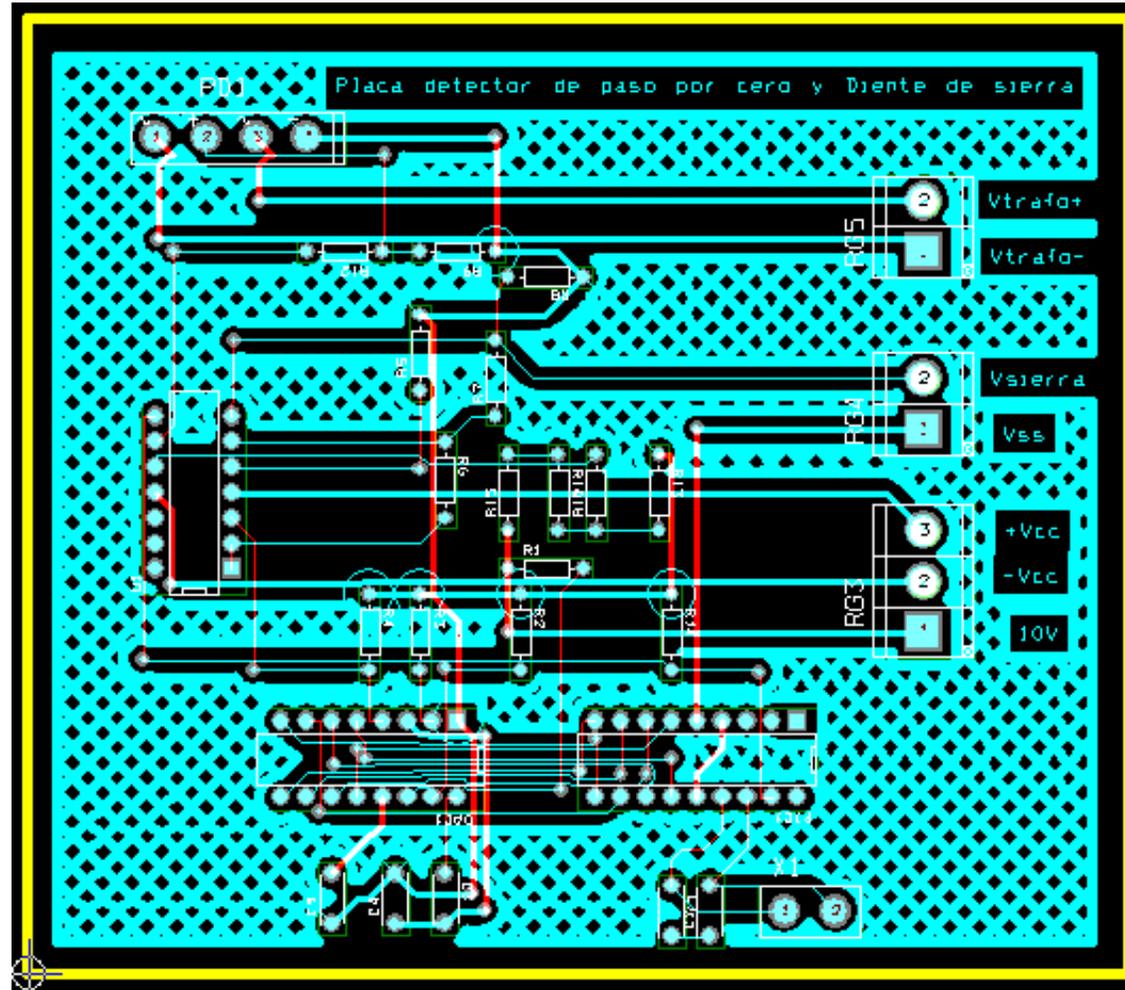
2.4) plano de distribución de componentes

Plano 3: Detector de paso por cero y diente de sierra.

3.1) Circuito esquemático

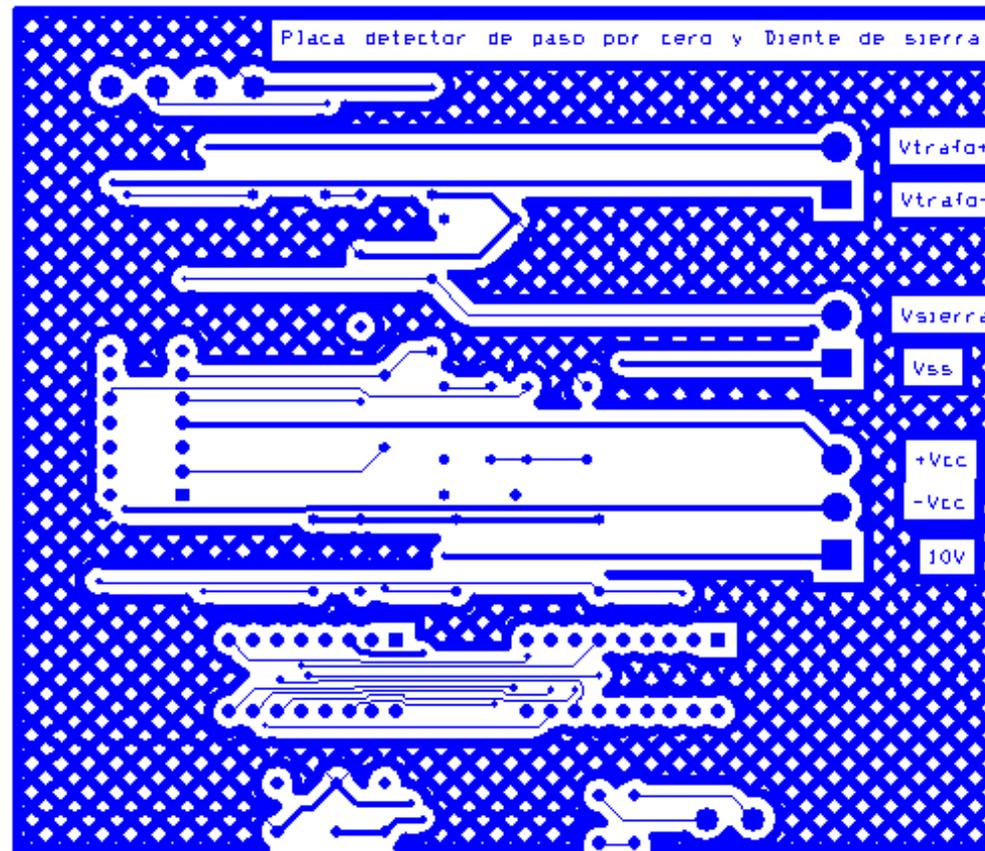


Plano 3: Detector de paso por cero y diente de sierra.



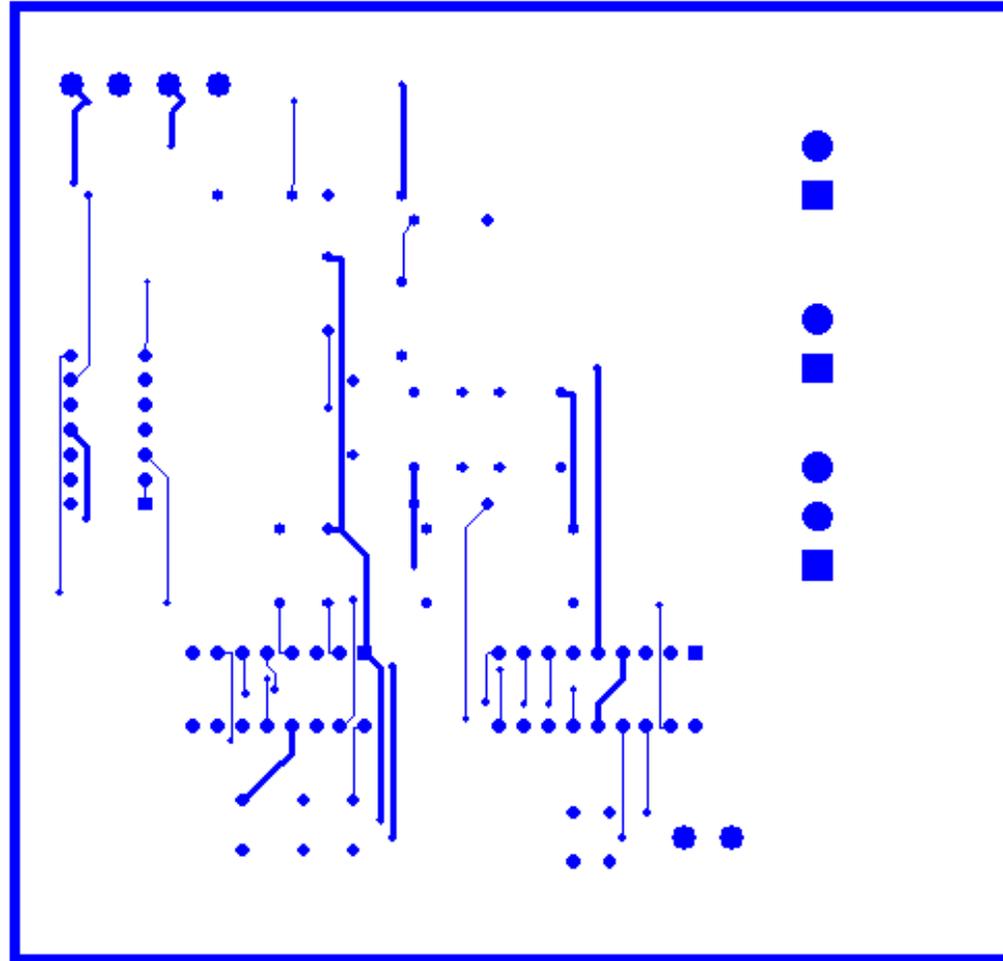
3.2) Vista de placa completa

### Plano 3: Detector de paso por cero y diente de sierra



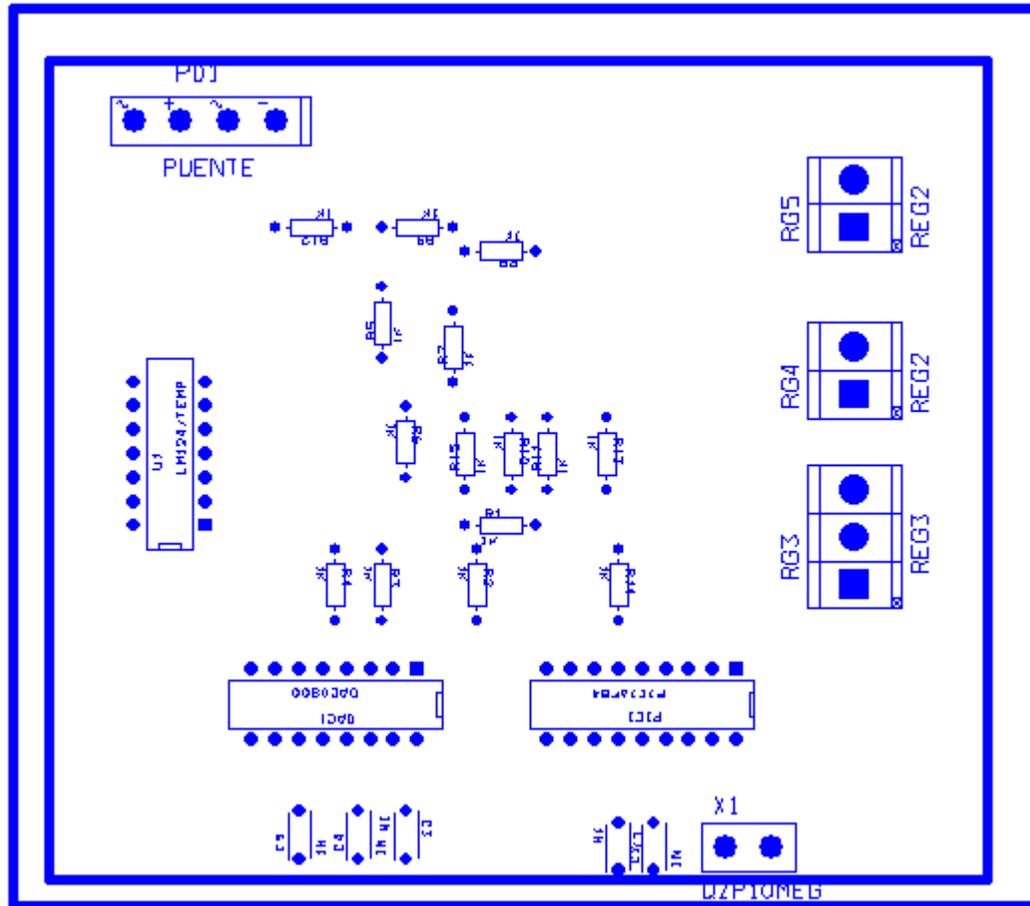
3.3) Vista de la capa TOP de la placa

Plano 3: Detector de paso por cero y diente de sierra



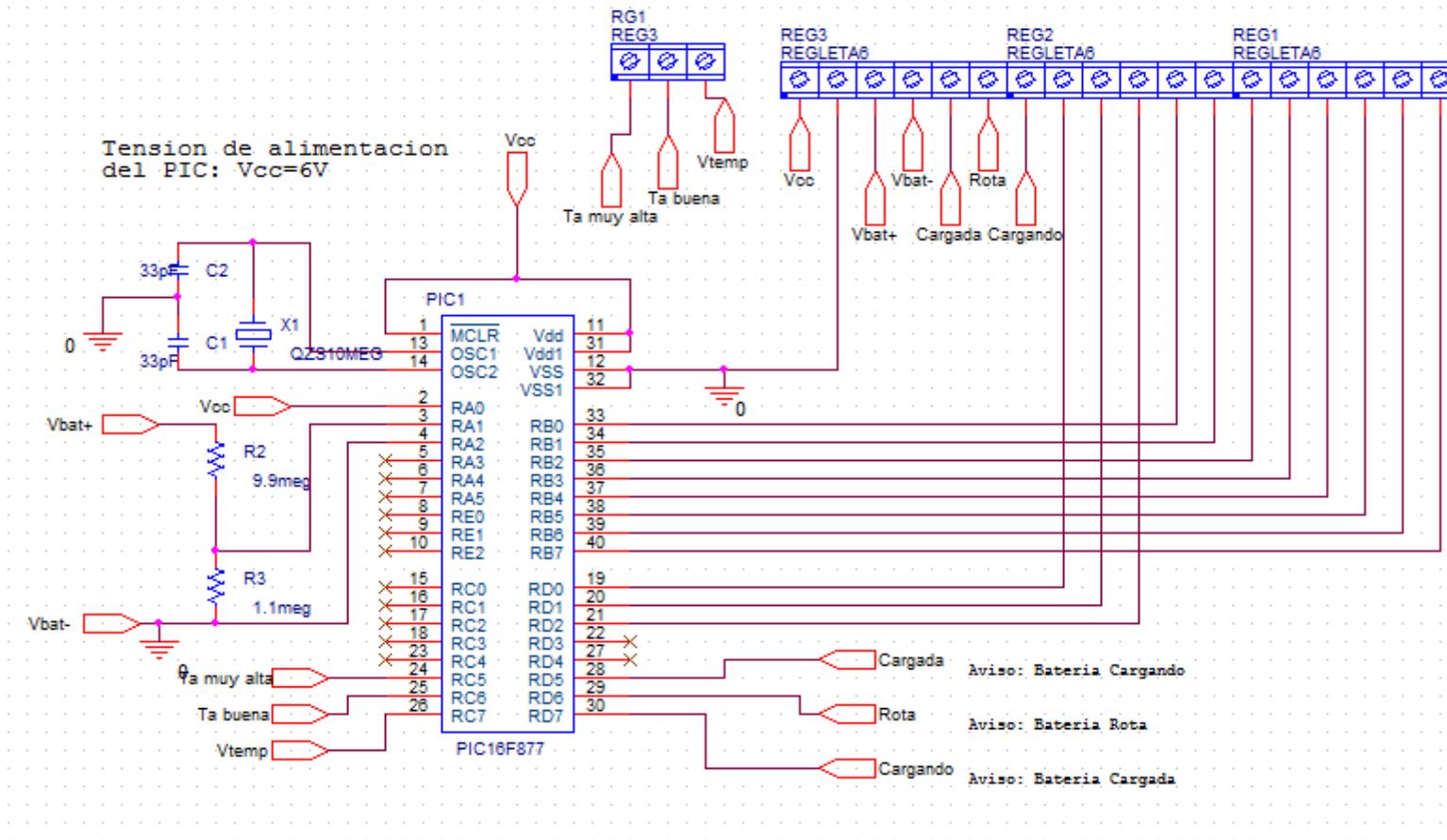
3.4) Vista de la capa BOTTOM de la placa

### Plano 3: Detector de paso por cero y diente de sierra



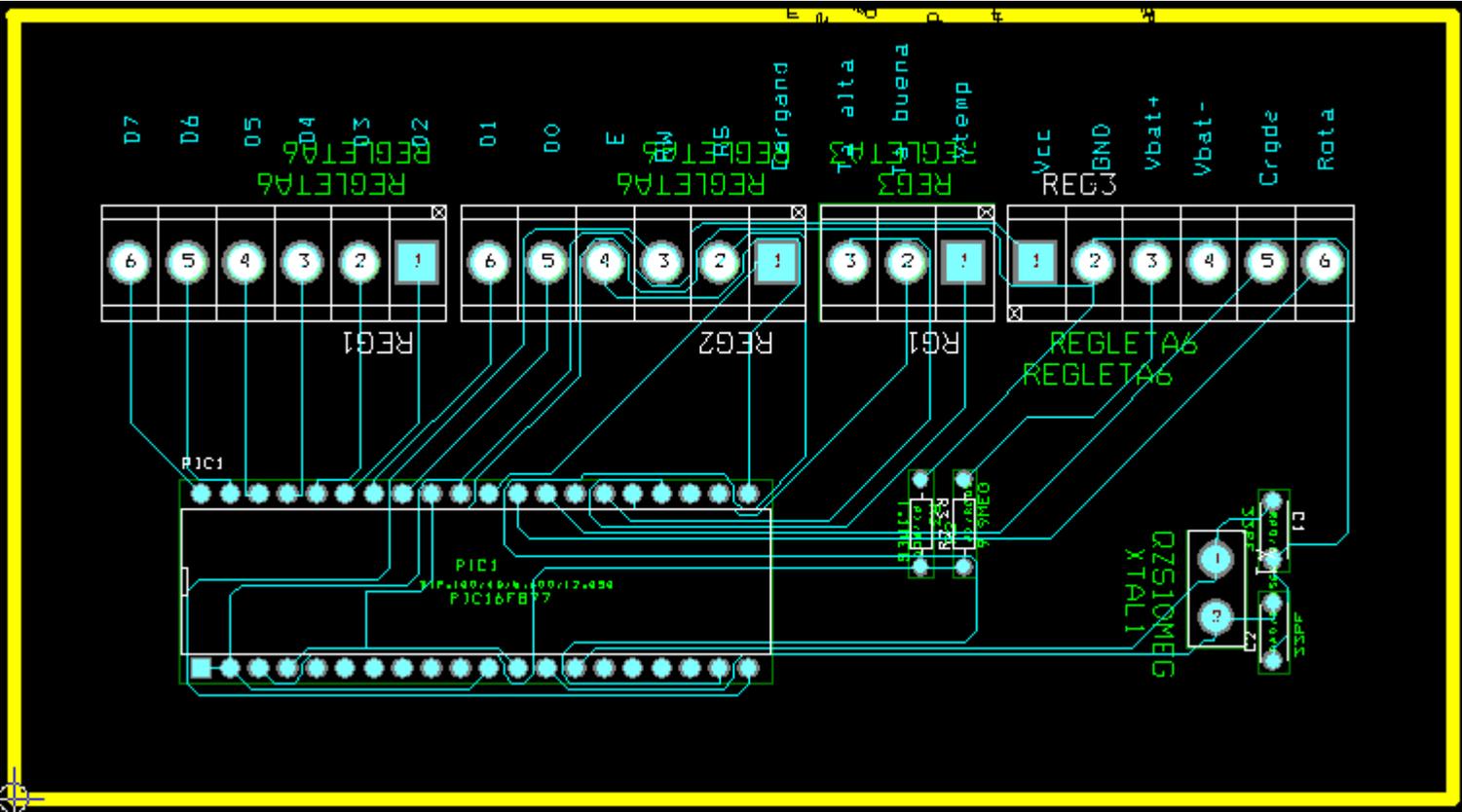
3.4) Vista de la distribución de componentes de la placa

Plano 4: Indicador de carga de batería y señal de bloqueo por temperatura



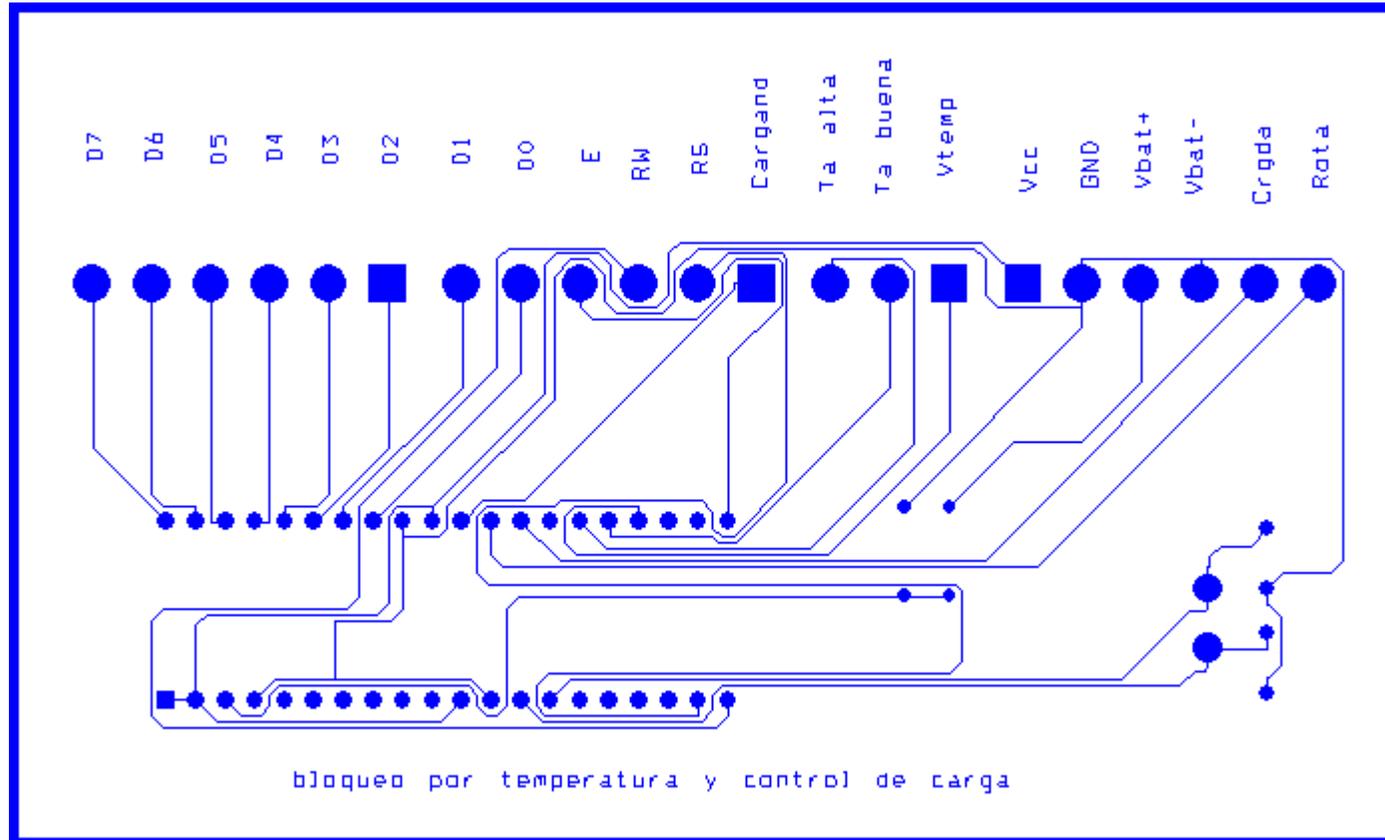
4.1) Esquemático

Plano 4: Indicador de carga de batería y señal de bloqueo por temperatura



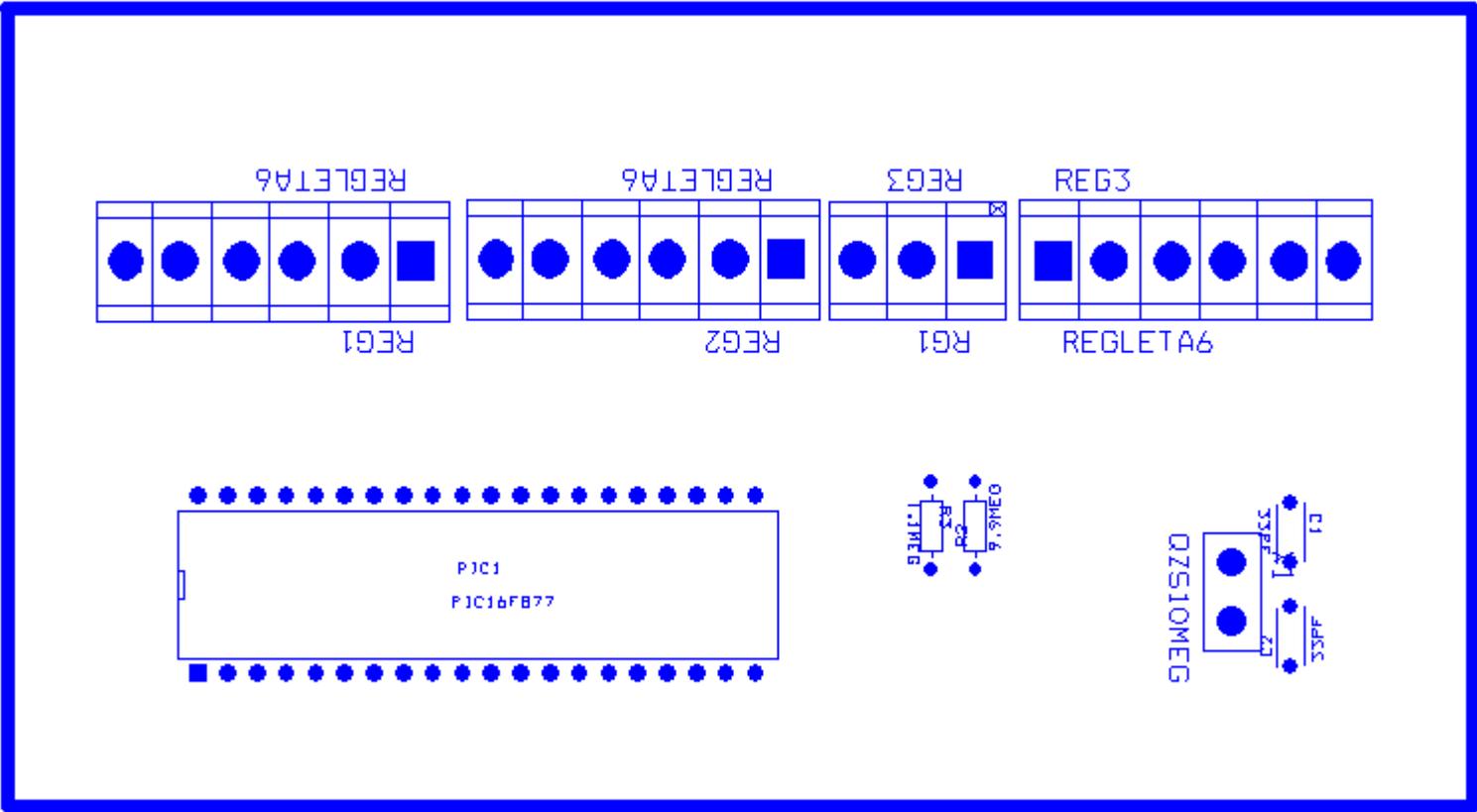
4.2) Placa completa del indicador de carga

Plano 4: Indicador de carga de batería y señal de bloqueo por temperatura



4.3) Vista de la capa TOP de la placa

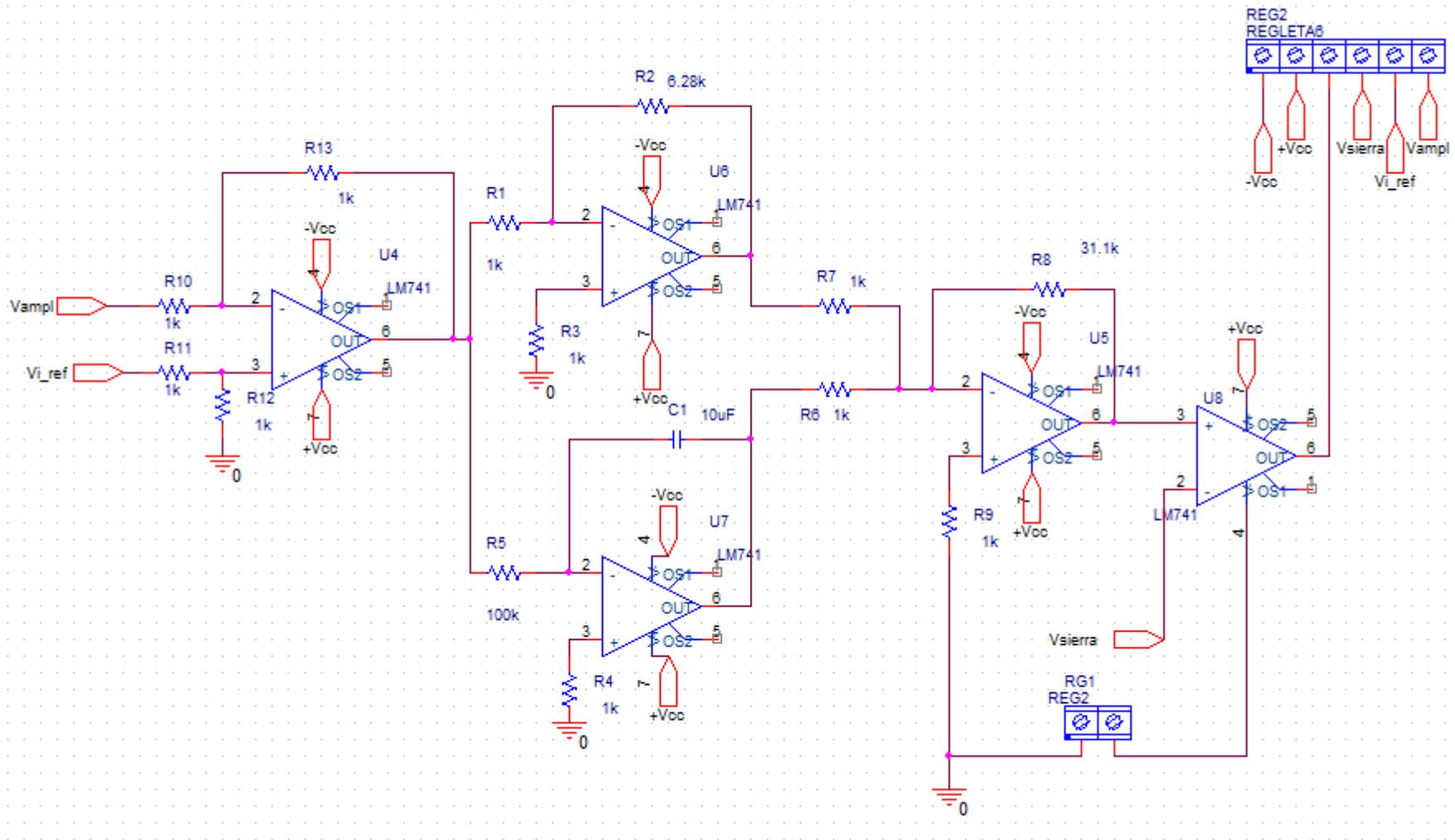
Plano 4: Indicador de carga de batería y señal de bloqueo por temperatura



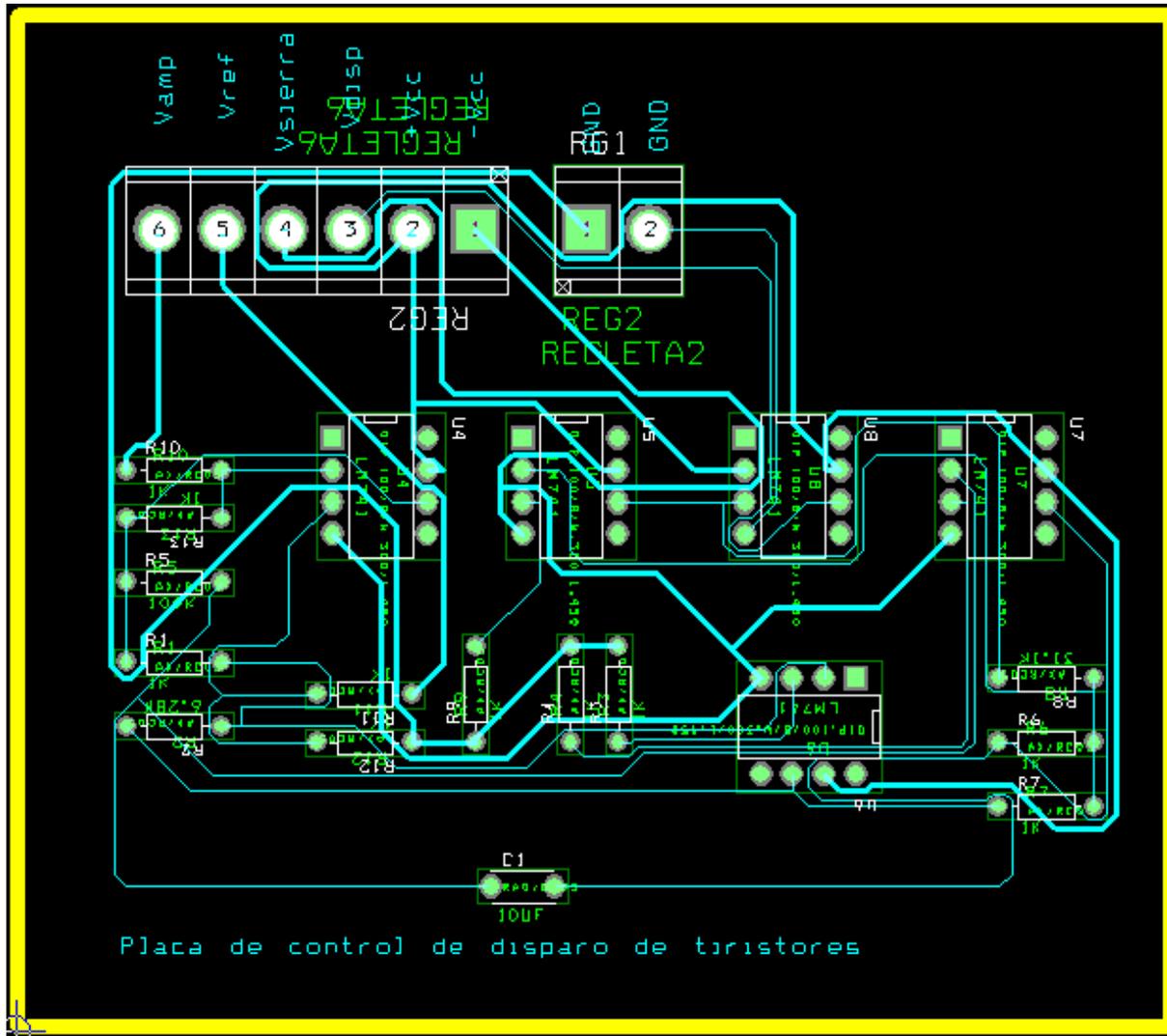
4.4) Distribución en planta de los componentes

Plano 5: Placa de control de disparo de tiristores

5.1) circuito esquemático

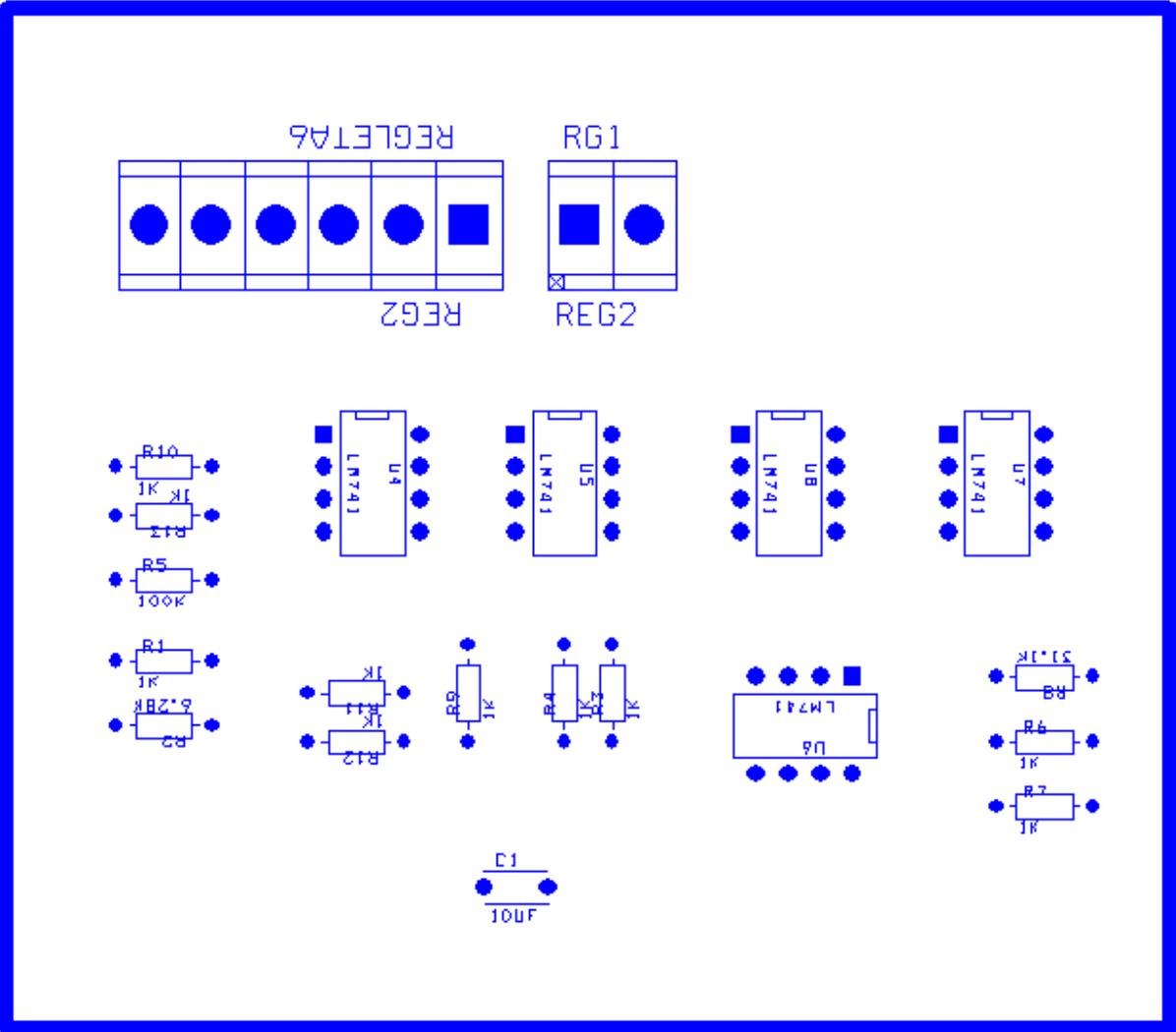


Plano 5: Placa de control de disparo de tiristores



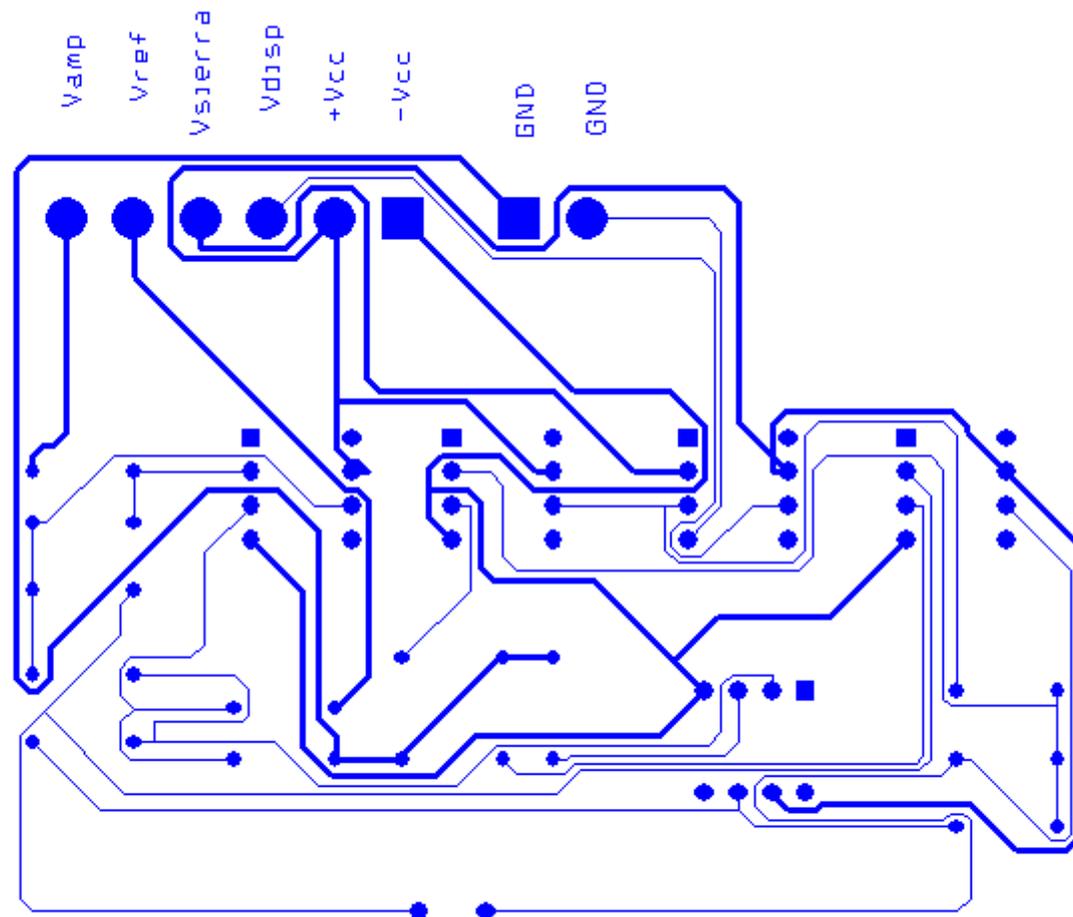
5.2) Vista completa

Plano 5: Placa de control de disparo de tiristores



5.3) Vista de la capa AST (de distribución de componentes)

Plano 5: Placa de control de disparo de tiristores

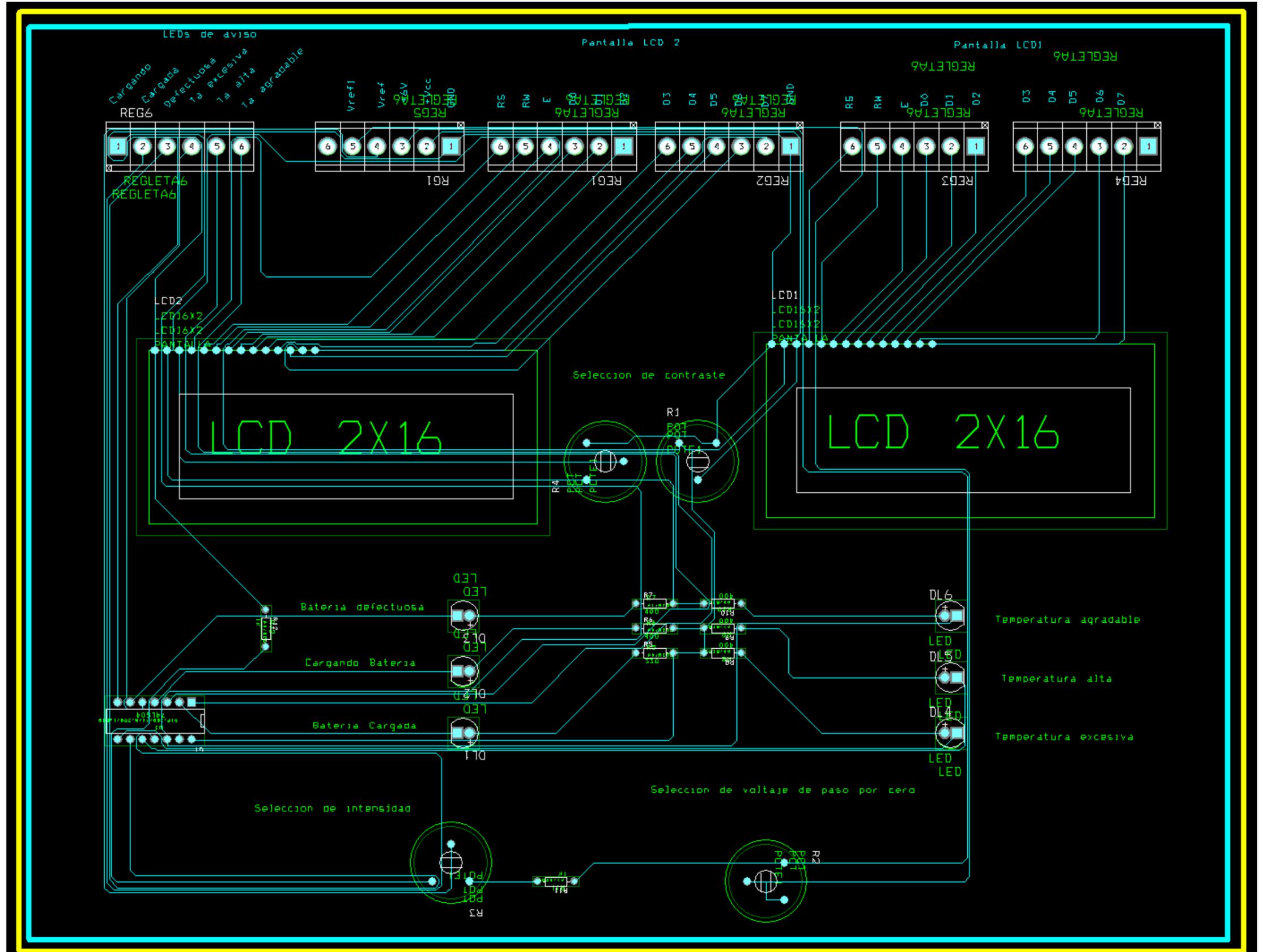


Placa de control de disparo de tiristores

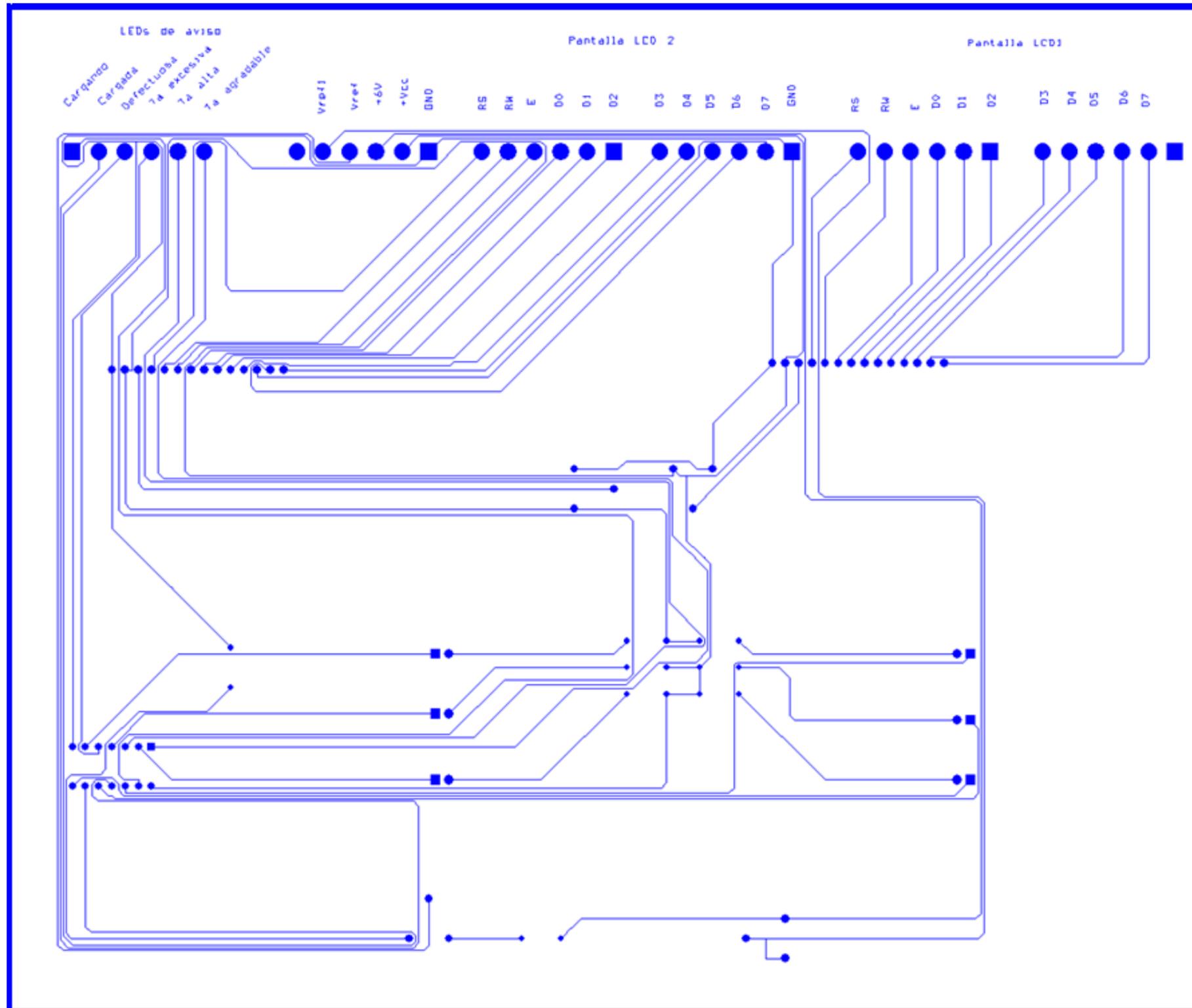
5.4) Vista de la capa de soldadura TOP

Plano 7: Circuito de interfaz con el usuario

7.1) Vista completa de la placa de interfaz.

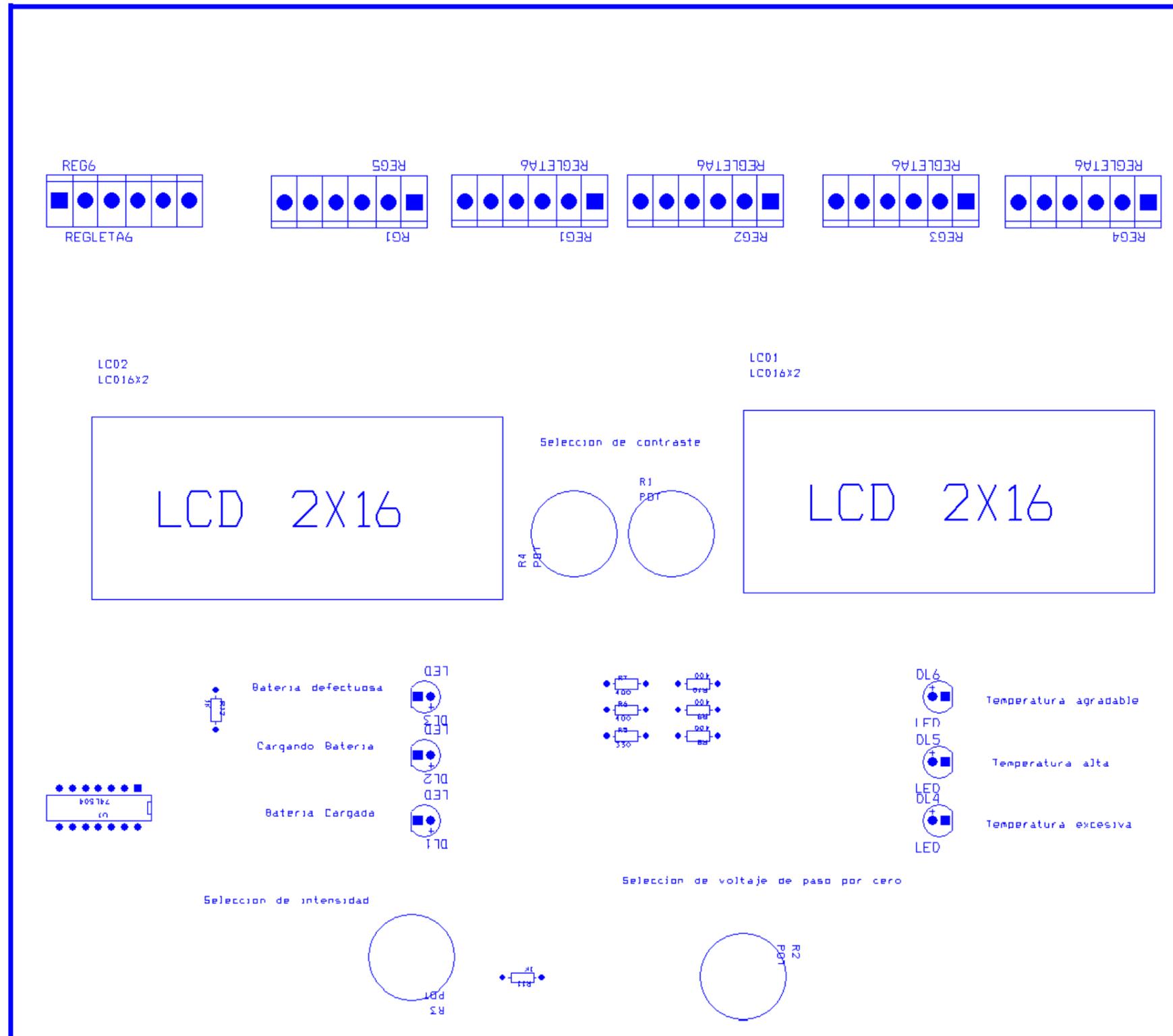


Plano 7: Circuito de interfaz con el usuario:



7.1) Capa TOP ruteada.

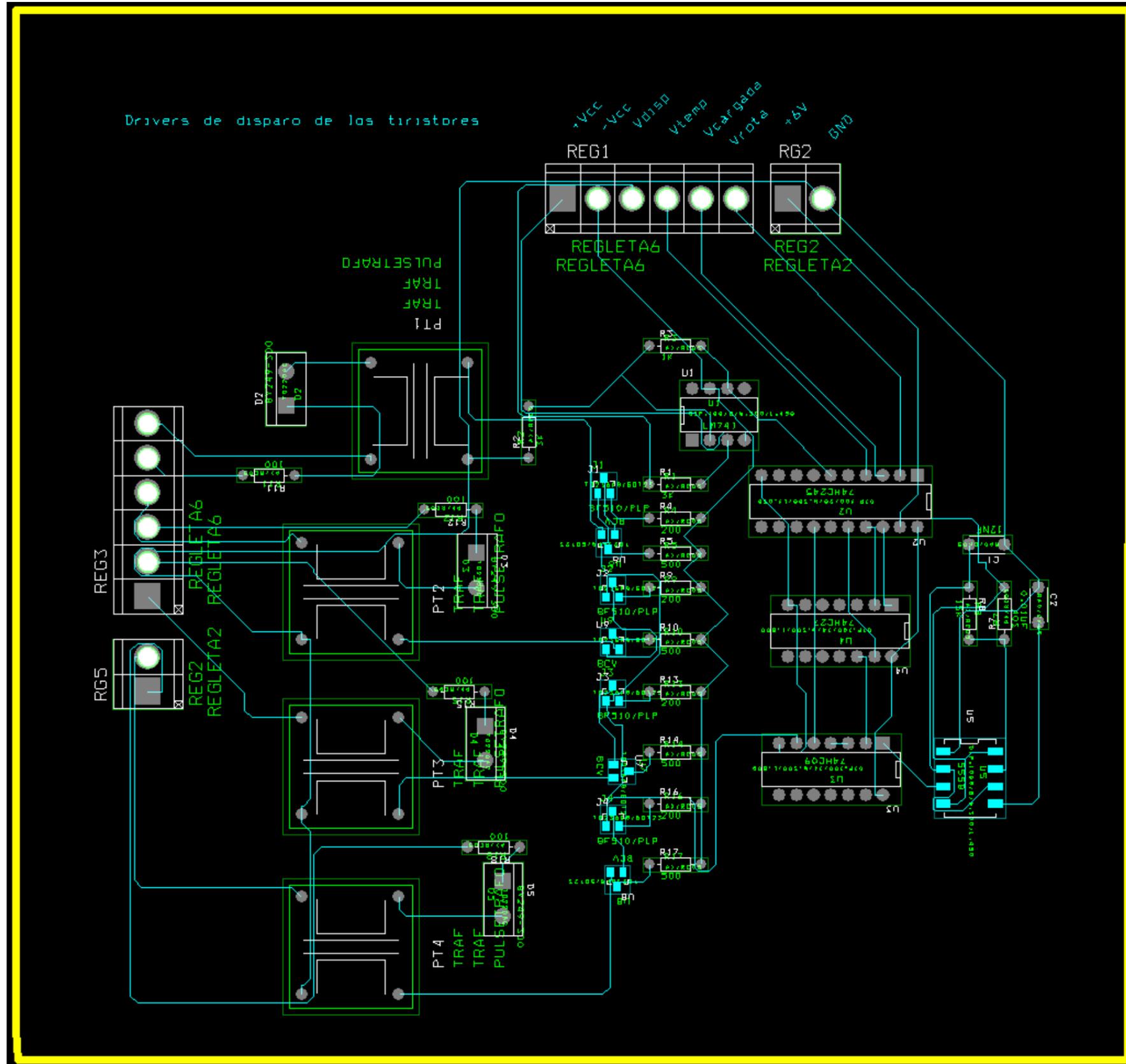
Plano 7: Circuito de interfaz con el usuario:



7.2) Capa ASYTOP de disposición en planta de los componentes

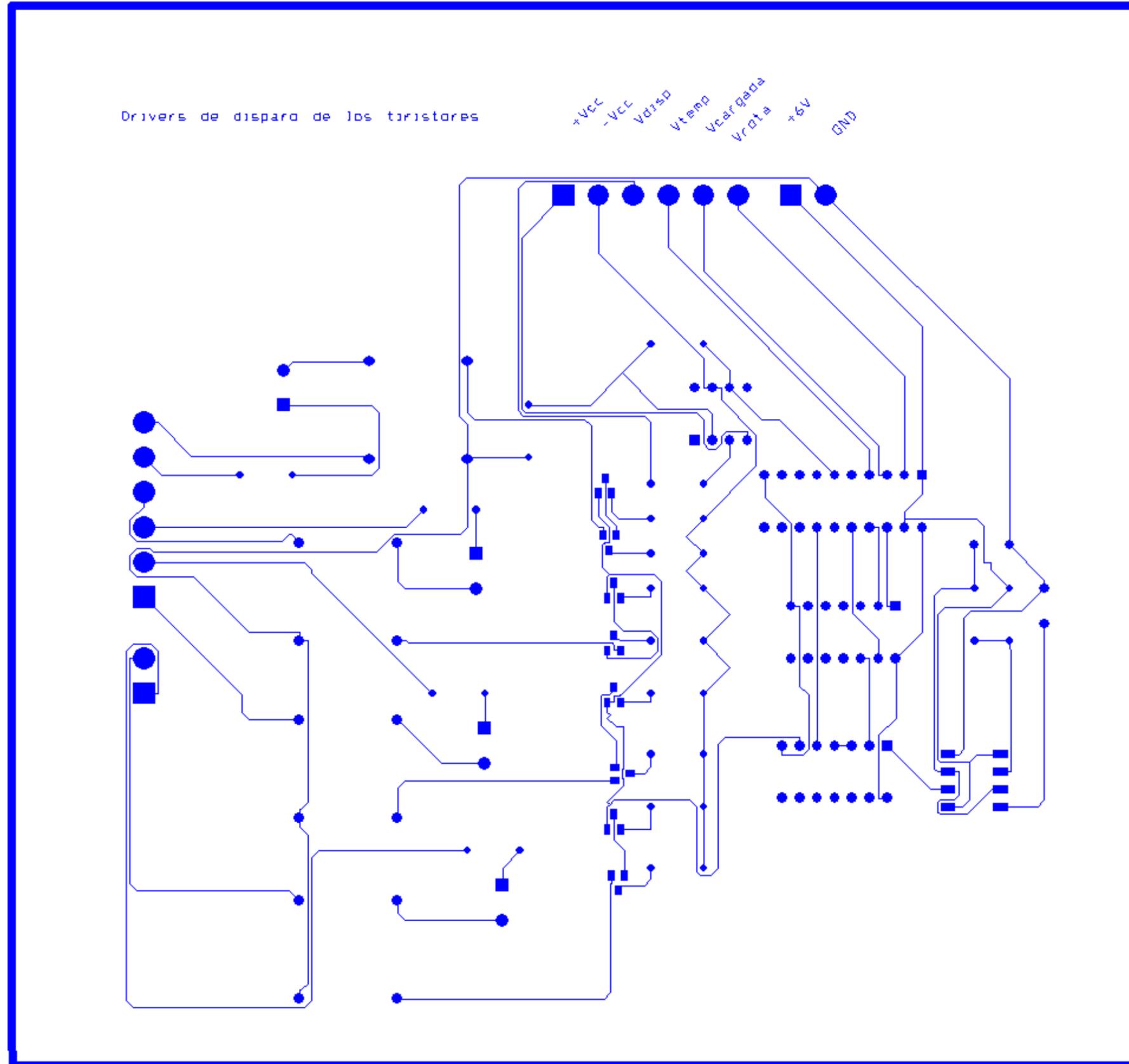
Plano 8: Drivers de disparo de tiristores:

8.1) Placa completa



Plano 8: Drivers de disparo de tiristores:

8.2) Capa TOP



Plano 8: Drivers de disparo de tiristores:

8.3) Capa ASYTOP, distribución de componentes

