



Proyecto final de carrera.

Tarjetas de control de
cargador de baterías
con
rectificador controlado.



Titulación: I.T.I Electrónica
Alumno: F. Javier Gómez Pérez.
Director: Pedro Díaz Hernández.

INDICE DE CONTENIDOS.

<u>MEMORIA</u>	3
Memoria: Descripción General.....	3
Anexo 1: Sensores.....	10
Sensor de Temperatura con LM35.....	11
Sensor de Corriente por Efecto Hall.....	16
Detección de tensión baja.....	25
Programación con PIC16F84 para detección de eventos.....	29
Anexo 2: Sincronismo de Paso por Cero.....	38
Anexo 3: Alarmas y medidas.....	50
Indicador de estado de carga de la batería.....	52
Indicador de batería baja.....	56
Circuitos de mando para tratamiento de errores en la carga.....	58
Anexo 4: Driver de disparo de los SCR.....	82
Rectificador controlado: consideraciones.....	84
Pulsos de disparo. Ángulo de disparo. Cálculos teóricos.....	90
Circuito de disparo y Transformadores de impulsos.....	91
Anexo 5: Control.....	102
Otros Anexos.....	120
Amperímetro con LEDs.....	122
Proceso de elaboración de las PCB por método de planchado.....	124
Mueble metálico para la batería.....	127
Otras consideraciones. Normativa.....	132
<u>PLANOS.</u> Esquemáticos, Placas (PCB). Otros.....	141
<u>PRESUPUESTO</u>	203

Memoria: Descripción General.

El Proyecto tiene como objetivo la realización de un cargador de baterías con una potencia de mil quinientos vatios, basado en un rectificador controlado.

De los distintos tipos de batería que existen, para este Proyecto se ha elegido una batería de plomo ácido. Las baterías de plomo son un tipo de batería muy común en vehículos convencionales, no híbridos.

Suelen dar 6V, 12V, 24v u otro múltiplo, pero la tensión que suministra cada celda es de 2 v. Tomaremos un valor de 48 voltios. Tienen una gran capacidad de corriente que las hacen ideales para los motores de arranque. Su forma más conocida es la batería de automóvil, si bien la que se va a diseñar en este Proyecto va encaminada a ocuparse de otro tipo de máquinas que necesiten de un cargador, que puedan encontrarse en cualquier nave industrial. Las baterías están formadas por un depósito de ácido sulfúrico y dentro de él una serie de placas de plomo dispuestas alternadamente.

A partir de un rectificador que realizaremos con tiristores, y a partir de distintas fases tales como sensores, medidas o control de dichos tiristores, controlaremos la carga de la batería que deberá al final ser correcta. Si ocurriese alguna eventualidad, tal como pueda ser por ejemplo una elevada temperatura u otras que se irán describiendo a continuación, la carga debería detenerse y saltar una alarma, o lo que sea de rigor.

Para detectar tales eventos deberemos utilizar un primer bloque compuesto por sensores, tales como sensores de temperatura para detectar cuándo se calienta más de lo normal la batería; sensores de tensión para comprobar que la tensión es lo suficientemente alta como para que la batería se cargue y sensores de corriente para poder controlar la intensidad que pasa en cada momento y controlar que no sea demasiado elevada para lo que la batería es capaz de soportar.

Como el cargador estaría funcionando durante un largo período de tiempo (tal vez horas) hasta que la batería esté totalmente cargada, sería un tanto absurdo tomar una muestra de los valores que nos ofrecen los sensores continuamente, esto es, cada segundo o cada pocos segundos. Bastaría pues con tomar los datos cada minuto, con lo

cual necesitaríamos programar un temporizador en un PIC16F84, y conectarlo a la salida de los sensores, para que de esta forma nos sean ofrecidos los valores que deseemos comprobar.

Si por cualquier causa los valores tomados por el PIC fueran más elevados de lo deseado, por ejemplo el valor de temperatura, se encenderá un diodo LED o algún indicador de tal manera que identificáramos el problema y así poder detener la carga nosotros mismos o ya, entrando en más detalle, programar un apagado automático al exceder X valor de temperatura, o del parámetro que fuese de rigor. Pero en este caso se preferirá el apagado manual, con tal de que el usuario de la batería quede enterado de que ha ocurrido algo. Además, mientras dure el fallo en la carga, ésta se detendrá, para lo cual nos valdremos de un botón, activado por circuitería neumática. Dicho botón desactiva el circuito de disparo de un diodo de potencia que quedará en circuito abierto, cortando así el suministro de corriente al rectificador y, por ende, a la batería.

>>Los sensores a utilizar serán varios. A continuación pasamos a describirlos brevemente:

- Sensor de Temperatura LM35. Ofrecerá un valor de tensión que tendrá asignado un valor de temperatura correspondiente. Nos valdremos de un circuito para obtener el valor de la tensión a su salida y, por tanto, la temperatura que haya en nuestro cargador.
- Sensor de Baja Tensión: un pequeño circuito encargado de detectar bajo voltaje, útil para asegurarnos de que el cargador se mantenga siempre operativo.
- Sensor de Corriente. Basado en efecto Hall, es decir, se tiene un conductor por el que circula una corriente, en presencia de un campo magnético perpendicular al movimiento de las cargas. Aparece una separación de cargas que da lugar a un campo eléctrico en el interior del conductor perpendicular al movimiento de las cargas y al campo magnético aplicado. El **sensor de efecto Hall** se sirve del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición. Si fluye corriente por un sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un

voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente.

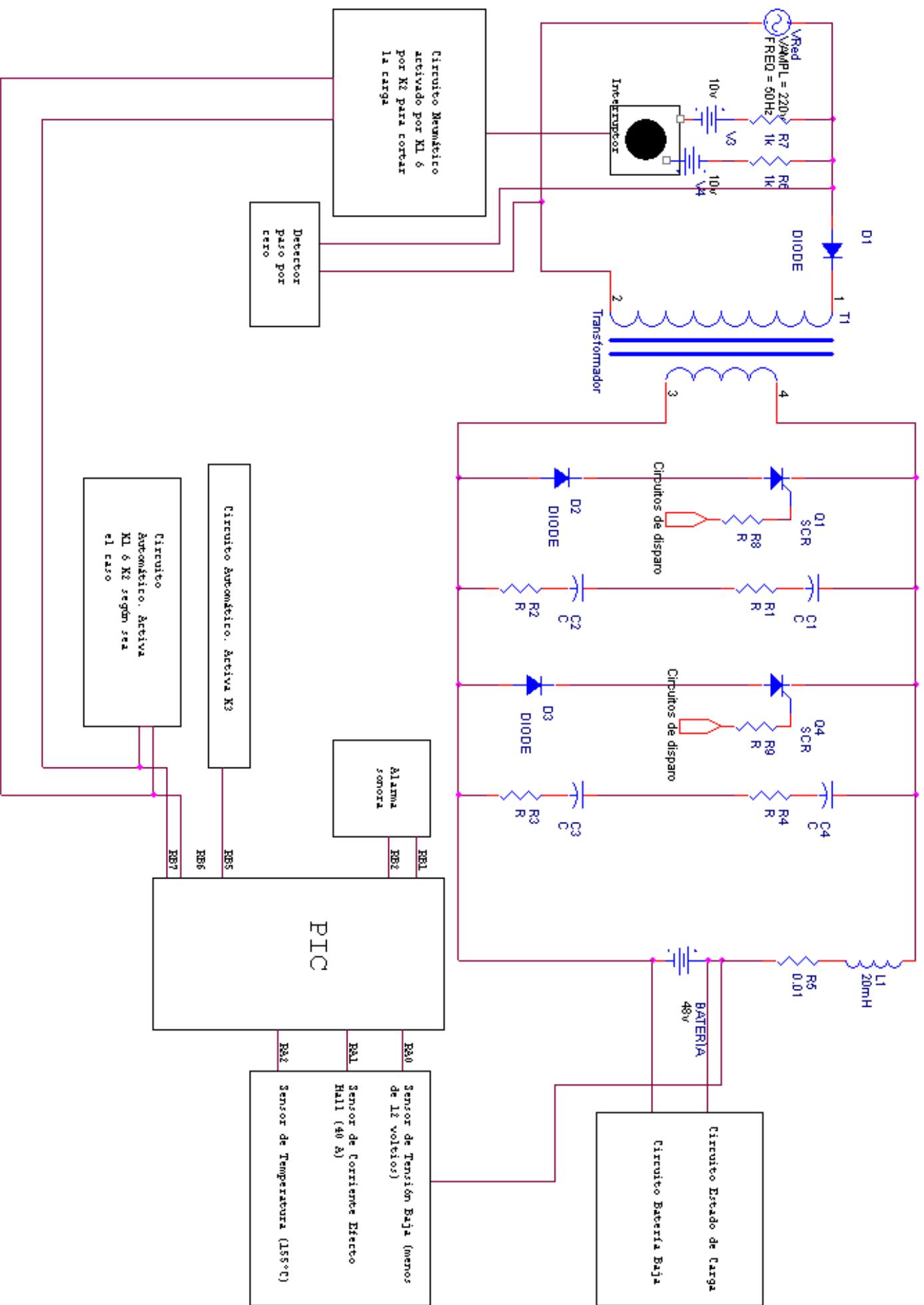
>>Otro de los bloques a realizar será el detector de paso por cero. Al tratarse de un diseño que va a operar con doble polaridad, necesitaremos saber cuándo se produce dicho cambio de polaridad. El detector de paso por cero se encarga de ello. Así pues, los detectores de cruce por cero se utilizan para detectar los tipos de señales, o diferentes significados de las mismas. Se utilizará un optoacoplador para el diseño del mismo.

>>La siguiente parte será el diseño de los drivers de disparo de los tiristores. Dependiendo del disparo que demos a los tiristores la potencia será una u otra. En todo caso tendremos que diseñar los circuitos de disparo para cada uno de los tiristores, alimentándolos debidamente y conectándolos a un transformador de impulsos. Este transformador de impulsos formará parte del circuito de cebado para los tiristores. Será necesario un generador de pulsos para generar una onda cuadrada de tensión del valor suficiente para que llegue a la puerta del SCR correspondiente y así poder dispararlo.

Deberemos conectar aquí nuestro detector de paso por cero de la forma que se verá en el anexo correspondiente a este apartado para que se detecte dicho paso por cero y en ese momento los tiristores dejen de conducir. El bloque quedaría, pues, con el diseño en primer lugar del generador de pulsos; el pulso generado iría al circuito de disparo y pasaría por el transformador de impulsos, cuya función de describiré en el apartado correspondiente para ello, para así llegar a la puerta del SCR y dispararlo.

>>Un último bloque tendrá como objetivo la señalización de la carga de la batería. Se implementará un circuito con cuatro diodos Led. A cada diodo se asignará el 25% de la carga total de tal manera que cuando la batería esté al 100% de su carga los cuatro diodos se encenderán. También se incorporará un señalizador de batería baja formado por dos diodos Led, uno rojo para señalar que la carga está baja y uno verde para señalar lo contrario. En este bloque también tenemos los circuitos que encenderán lámparas en caso de que los sensores den un valor elevado de cualquiera de las variables que controlemos y por tanto detener la carga de la batería en el mismo momento. Aquí utilizaremos dos automatismos con relés y circuitería neumática, que irá situada en un cuadro aparte del cargador de batería principal, pero conectado con éste. Los circuitos automáticos con relés serán activados cuando los valores de temperatura o de corriente excedan del límite, encendiendo una lámpara, y activando además un circuito neumático cuyo cilindro pulsará un botón que hará que a la entrada del circuito rectificador que controla la carga se

produzca un circuito abierto (será un diodo que pasará al estado de bloqueo). Cuando alguien vea el fallo, presionando un interruptor aparte la lámpara se apagará, los contactos de los relés volverán a su estado anterior y el cilindro neumático dejará de presionar el interruptor que interrumpe la carga de la batería en cuanto deje de detectarse el fallo, haciendo que el diodo de potencia vuelva al estado de conducción y permitiendo a la carga continuar. En el caso de detección de tensión baja simplemente se dará un aviso mediante un indicador luminoso que habrá de ser apagado manualmente con el mismo objeto: que un usuario se dé cuenta del fallo. A continuación mostramos el diagrama de bloques del proceso:



Tipos de baterías de plomo – ácido.

La tecnología del plomo ácido puede variar según las diferentes necesidades existentes. Las baterías se clasifican en grupos según el uso que estas tengan y por su diseño. Las diferencias principales entre estos grupos se dan por la estructura y diseño de los electrodos (ó placas), el material activo y el electrolito.

Los tipos más comunes de baterías de plomo más comunes son:

>>Baterías de tracción: para carretillas elevadoras, sillas de ruedas eléctricas y automóviles eléctricos. Las baterías de tracción están sujetas a una constante y relativamente pequeña descarga, durante largos periodos de tiempo, lo que supone un alto grado de descarga. Hay que procurar recargarlas, preferiblemente de 8 a 16 horas cada día antes de que se vuelvan a descargar. Además, tienen electrodos muy gruesos con rejillas pesadas y un exceso de material activo.

>>Baterías estacionarias: para fuentes de alimentación de emergencia y fuentes de alimentación ininterrumpida para usos de informática (UPS). Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas y se debe tener cuidado de evitar que se sequen. El electrolito y el material de la rejilla del electrodo están diseñados de forma que se minimice la corrosión.

>>Baterías de arranque: para arrancar automóviles y otros vehículos de motor diesel y gasolina. Tienen que ser capaces de descargar el máximo de corriente posible en un corto espacio de tiempo manteniendo un alto voltaje. Tienen que ser capaces de aguantar muchas descargas incluso con cambios fuertes de temperatura. El peso, el diseño y la forma son también características determinantes. Para poder cumplir su tarea principal que es arrancar un motor, se necesita mucha energía en un periodo corto de tiempo. Las baterías de arranque tienen generalmente una baja resistencia interna.

Además de estos hay baterías especiales para otras áreas tales como control remoto, herramientas portátiles, motores de carretillas etc.

Consideraciones a tener en cuenta en las baterías de plomo – ácido.

Su forma más conocida es la batería de automóvil, como ya hemos apuntado anteriormente. Están formadas por un depósito de ácido sulfúrico y dentro de él una serie de placas de plomo dispuestas alternadamente. Para evitar la combadura de las placas positivas, se dispone una negativa adicional, de forma que siempre haya una placa negativa exterior. Generalmente, en su fabricación, las placas positivas están recubiertas o impregnadas de dióxido de plomo (PbO_2), y las negativas están formadas por plomo esponjoso. Este estado inicial corresponde a la batería cargada, así que el electrolito agregado inicialmente debe corresponder a la batería con carga completa (densidad 1.280 g/ml). Según el número de placas, la corriente (intensidad) suministrada será mayor o menor. Debajo de las placas se deja un espacio para que se depositen eventuales desprendimientos de los materiales que forman las placas. Para que no haya contacto eléctrico directo entre placas positivas y negativas, se disponen separadores aislantes que deben ser resistentes al ácido y permitir la libre circulación del electrolito.

El Acumulador de plomo está constituido por dos tipos de electrodos de plomo que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo (PbSO_4 II) incrustado en una matriz de plomo metálico (Pb); el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico. Esta dilución en agua es tal que su densidad es de 1.280 +/- 0.010 g/ml con carga plena, y bajará a 1.100 g/ml cuando la batería esté descargada. Este tipo de acumulador se usa en muchas aplicaciones, además de los automóviles. Su funcionamiento es el siguiente:

Durante el proceso de carga inicial el sulfato de plomo (II) es reducido a plomo metal en el polo negativo, mientras que en el ánodo se forma óxido de plomo (IV) (PbO_2). Por lo tanto se trata de un proceso de dismutación. No se libera hidrógeno, ya que la reducción de los protones a hidrógeno elemental está cinéticamente impedida en una superficie de plomo, característica favorable que se refuerza incorporando a los electrodos pequeñas cantidades de plata. El desprendimiento de hidrógeno provocaría la lenta degradación del electrodo, ayudando a que se desmoronasen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortan la duración del acumulador. Sólo si se supera la tensión de carga recomendada se libera hidrógeno, se consume el agua del electrolito y se acorta la vida de las placas, con el consiguiente peligro de explosión por la combustibilidad del hidrógeno. Durante la descarga se invierten los procesos de la carga. El óxido de plomo (IV) es reducido a sulfato de plomo (II) mientras que el plomo elemental es oxidado para

dar igualmente sulfato de plomo (II).

>>Tensiones de uso normal:

Estos son rangos generales de voltaje para baterías de 6 celdas Pb-ácido:

- Circuito abierto (inactivo) a plena carga: 12.6 V ~ 12.8 V (2.10-2.13V por celda).
- Circuito abierto a plena descarga: 11.8 V ~ 12.0 V.
- Cargado a plena descarga: 10.5 V.
- Carga continua de preservación (flotación): 13.4 V para electrolito de gel; 13.5 V para AGM (absorbed glass mat) y 13.8 V para celdas de electrolito fluido común.
- Todos los voltajes están referenciados a 20°C, y deben ajustarse $-0.022\text{V}/^\circ\text{C}$ por cambios en la temperatura.
- Las recomendaciones sobre el voltaje de flotación varían, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Una tensión de flotación precisa (± 0.05 V) es crítica respecto a la longevidad; muy baja (sulfatación) es casi tan mala como muy alta (corrosión y pérdida de electrolito)
- Carga típica (diaria): 14.2 V a 14.5 V (dependiendo de las recomendaciones del fabricante)
- Carga de ecualización (baterías de electrolito fluido): 15 V por no mas de 2 horas. La temperatura de la batería debe controlarse.
- Umbral de gaseado: 14.4 V.
- Después de plena carga la tensión de terminales caerá rápidamente a 13.2 V y luego lentamente a 12.6 V.

Bloque 1.
Sensores.

Parte 1.

Sensor de Temperatura LM35.

Descripción: El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a $+150^{\circ}\text{C}$.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el mas común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un *valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo*. Con el LM35 sobre la mesa las patillas hacia nosotros y las letras del encapsulado hacia arriba tenemos que de izquierda a derecha los pines son: VCC - Vout - GND.

La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV, por lo tanto:

- $+1500\text{mV} = 150^{\circ}\text{C}$
- $+250\text{mV} = 25^{\circ}\text{C}$
- $-550\text{mV} = -55^{\circ}\text{C}$

Características generales.

Sus características más relevantes son:

- Precisión de $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso), $0,5^{\circ}\text{C}$ garantizados a 25°C .
- No linealidad de $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso).
- Baja corriente de alimentación (60uA).
- Amplio rango de funcionamiento (desde -55° a $+150^{\circ}\text{C}$).
- Bajo costo.
- Baja impedancia de salida.

Su tensión de salida es proporcional a la temperatura, en la escala Celsius. No necesita calibración externa y es de bajo costo. Funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

Como ventaja adicional, el **LM35** no requiere de circuitos adicionales para su calibración externa cuando se desea obtener una precisión del orden de ± 0.25 °C a temperatura ambiente, y ± 0.75 °C en un rango de temperatura desde 55 a 150 °C.

La baja impedancia de salida, su salida lineal y su precisa calibración inherente hace posible una fácil instalación en un circuito de control.

Debido a su baja corriente de alimentación (60 μ A), se produce un efecto de autocalentamiento reducido, menos de 0.1 °C en situación de aire estacionario.

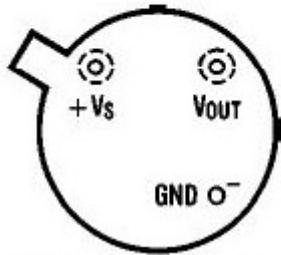
Encapsulado: El sensor se encuentra disponible en diferentes encapsulados pero el más común es el TO-92, una cápsula comúnmente utilizada por los transistores de baja potencia, como el BC54. Las imágenes del encapsulado pueden verse en la Figura 1.

Funcionamiento: Para hacernos un termómetro lo único que necesitamos es un voltímetro bien calibrado y en la escala correcta para que nos muestre el voltaje equivalente a temperatura. El **LM35** funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

Podemos conectarlo a un conversor Analógico/Digital y tratar la medida digitalmente, almacenarla o procesarla con un μ Controlador o similar.

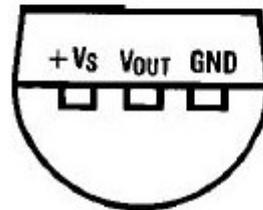
Usos: El sensor de temperatura puede usarse para compensar un dispositivo de medida sensible a la temperatura ambiente, refrigerar partes delicadas del robot o bien para loggear temperaturas en el transcurso de un trayecto de exploración. En nuestro caso vamos a utilizarlo para la medida de la temperatura en la carga de la batería.

TO-46 Metal



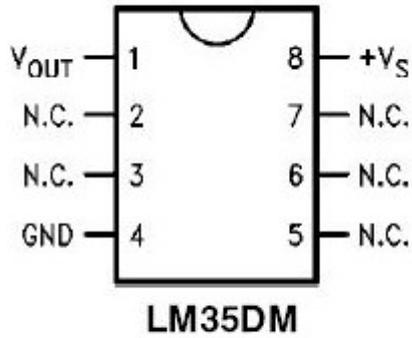
**LM35H, LM35AH, LM35CH,
LM35CAH o LM35DH**

TO-92 Plastico



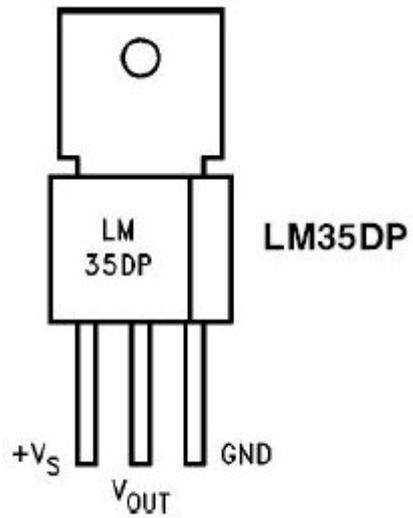
LM35CZ, LM35CAZ o LM35DZ

SO-8 Plastico



LM35DM

TO-202 Plastico



LM35DP

Encapsulados del LM35

Diseño del circuito con sensor de Temperatura LM35.

Nos valdremos de un amplificador operacional para comparar los valores de tensión. Por un lado conectaremos a alimentación la patilla 1 del sensor y a masa la patilla 3. La patilla 2, que entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura que tenga la batería en ese momento, irá conectada al amplificador operacional y a la salida de éste realimentaremos para corregir el valor del error que pueda obtenerse. El valor de tensión que tendremos a la salida se asociará a la temperatura que sea de rigor. Si dicha temperatura es demasiado alta, tendremos que detener la carga de la batería de inmediato.

COMPONENTES UTILIZADOS:

Dos resistencias.

Un sensor LM35.

Un amplificador operacional TLO22.

Nota: el diseño de los componentes LM35 y TLO22 se ha realizado con el Library Manager de Layout, al no tener éste incorporados los elementos necesarios para trasladar los componentes desde Capture.

Características de la Placa PCB del Sensor de Temperatura.

Dimensiones de la placa: 59 x 55 mm.

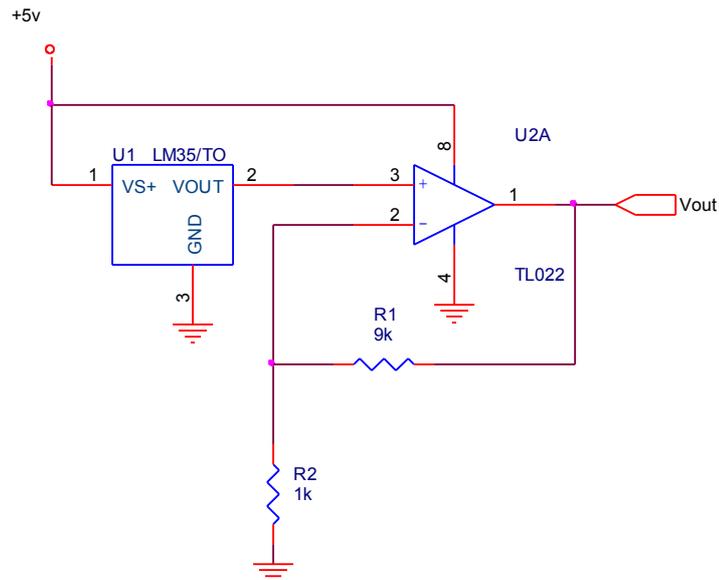
Routeado en capa Top.

Ancho de las pistas:

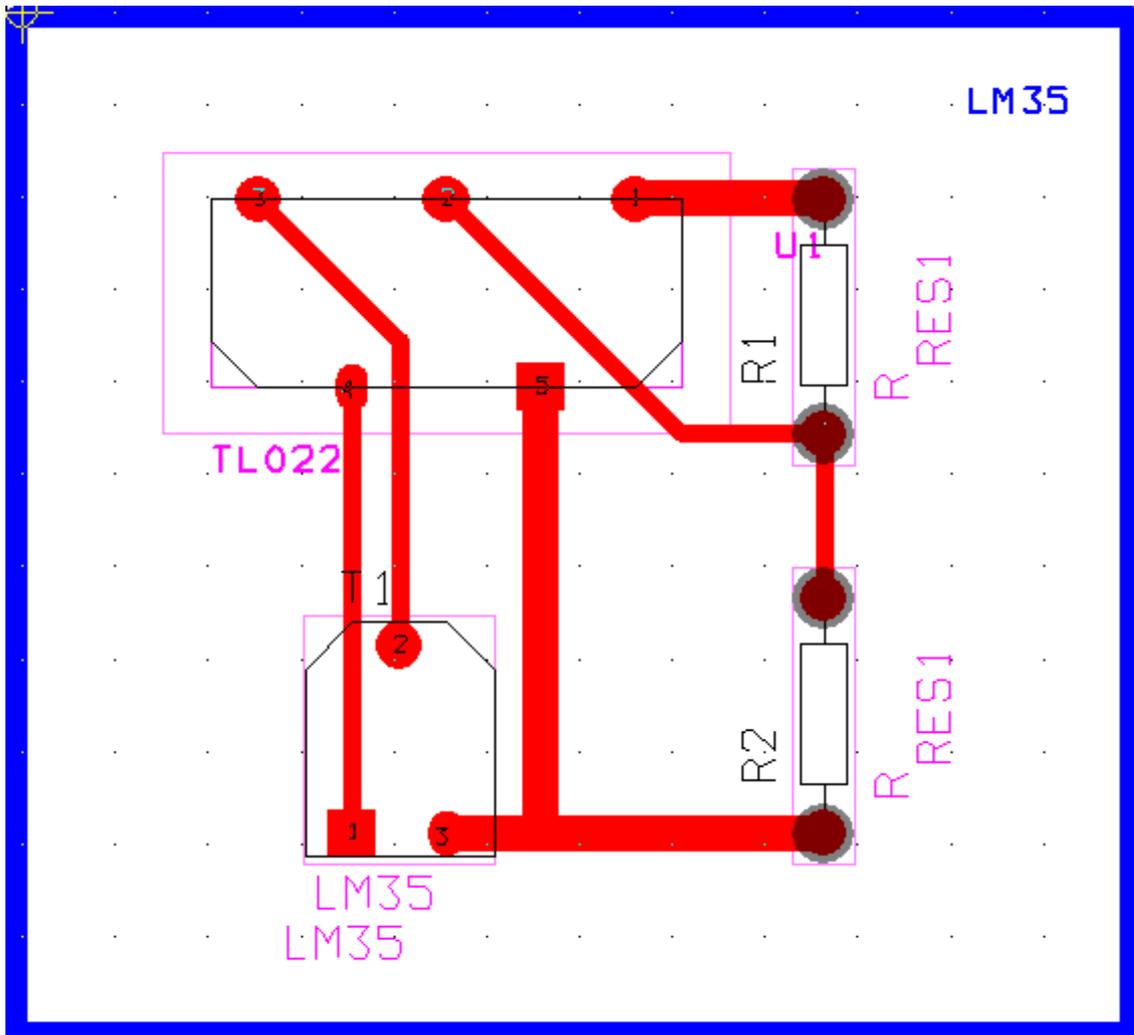
>>Alimentación y masa: 2mm

>>Resto de pistas: 1mm

ESQUEMÁTICO REALIZADO CON ORCAD CAPTURE:



PLACA PCB CON ORCAD LAYOUT



Referencias utilizadas: <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>

Parte 2. Sensor de Efecto Hall.

El sensor de efecto Hall o simplemente sensor Hall o sonda Hall (denominado según Edwin Herbert Hall) se sirve del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición.

Si fluye corriente por un sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente. Si se conoce el valor de la corriente, entonces se puede calcular la fuerza del campo magnético; si se crea el campo magnético por medio de corriente que circula por una bobina o un conductor, entonces se puede medir el valor de la corriente en el conductor o bobina.

Aplicaciones de los sensores Hall

- Mediciones de campos magnéticos (Densidad de flujo magnético)
- Mediciones de corriente sin potencial (Sensor de corriente)
- Emisor de señales sin contacto
- Aparatos de medida del espesor de materiales

Como sensor de posición o detector para componentes magnéticos los sensores Hall son especialmente ventajosos si la variación del campo magnético es comparativamente lenta o nula. En estos casos el inductor usado como sensor no provee un voltaje de inducción relevante.

En la industria del automóvil el sensor Hall se utiliza de forma frecuente, como por ejemplo en sensores de posición del cigüeñal (CKP) en el cierre del cinturón de seguridad, en sistemas de cierres de puertas, para el reconocimiento de posición del pedal o del asiento, el cambio de transmisión y para el reconocimiento del momento de arranque del motor. La gran ventaja es la invariabilidad frente a suciedad (no magnética) y agua.

Además puede encontrarse este sensor en circuitos integrados, en impresoras láser donde controlan la sincronización del motor del espejo, en disqueteras de ordenador así como en motores de corriente continua sin escobillas, por ejemplo en ventiladores de PC. Ha llegado a haber incluso teclados con sensores Hall bajo cada tecla.

Los sensores Hall se utilizan en señales salientes análogas para campos magnéticos muy débiles (campo magnético terrestre), por ejemplo brújula en un sistema de navegación.

Como sensores de corriente se usan como bobinas, recorridas con una corriente por medir situadas en la separación del núcleo de hierro. Estos sensores de corriente se comercializan como componentes íntegros, son muy rápidos, se pueden usar para la medición de corrientes continuas (a diferencia de los transformadores de corriente) y proveen una separación de potencial entre circuitos de rendimiento y la electrónica de control.

Como sensor de reconocimiento de posición o tecla a distancia trabajan en conexión con imanes permanentes y disponen de un interruptor de límite integrado.

Los sensores Hall se producen a partir de finas placas de semiconductores, ya que en ella el espesor de los portadores de carga es reducido y por ello la velocidad de los electrones es elevada, para conseguir un alto voltaje de Hall. Típicos formatos son:

- Forma rectangular
- Forma de mariposa
- Forma de cruz

Los elementos del Hall se integran mayoritariamente en un circuito integrado en los que se produce una elevación de la señal y una compensación de la temperatura.

Los sensores Hall analógicos solo contienen el sensor Hall sin ningún circuito adicional, y se usan en todos los casos donde la intensidad del campo magnético deberá ser medido en forma cuantitativa o por otros motivos (consumo de corriente eléctrica). Los sensores analógicos se pueden fabricar en pequeñas dimensiones de manera que pueden ser colocados en pequeñas ranuras.

Propiedades

- Carcasa SOT 23-o más pequeña.
- Version con posicionamiento vertical para detectar campos magnéticos que estan posicionados en forma paralela al cuadro de circuitos.
- Sensores de InSb o GaAs.

Aplicaciones

- Técnica de medición (por ejemplo en sensores de corriente, como nuestro caso).
- Detección de movimientos.



Funcionamiento:

El sensor de efecto Hall se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Colocando un voltímetro entre dos puntos transversales de un cable se puede medir esa tensión. Para ello hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece. Para poder utilizar la tensión transversal es necesario amplificarla, porque su valor es muy reducido.

Un sensor de efecto Hall utilizado en automoción se compone de:

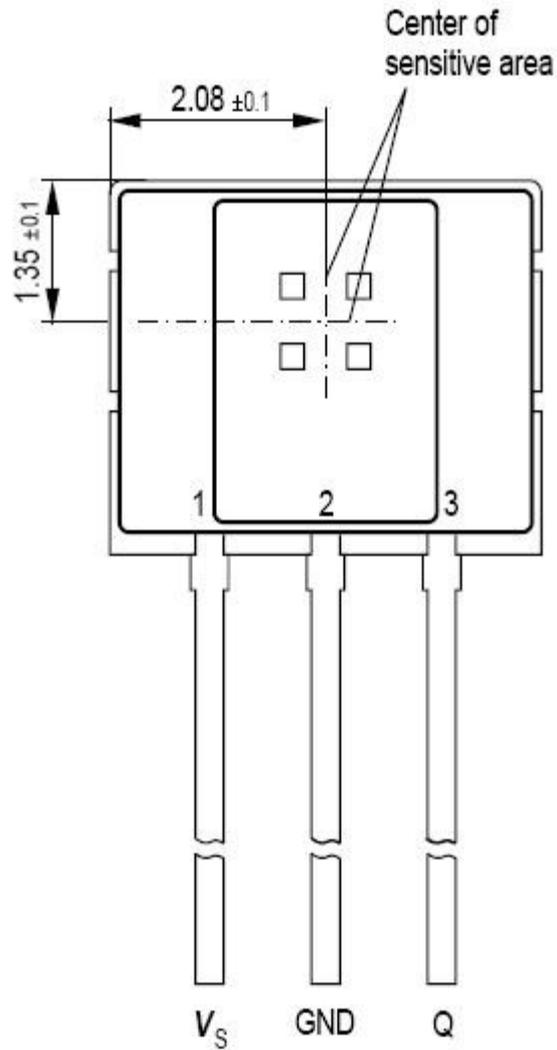
- Un generador magnético que suele ser un imán fijo.
- Un pequeño módulo electrónico donde se encuentran los componentes que miden la tensión transversal.

- Una corona metálica con ventanas para interrumpir el campo magnético.

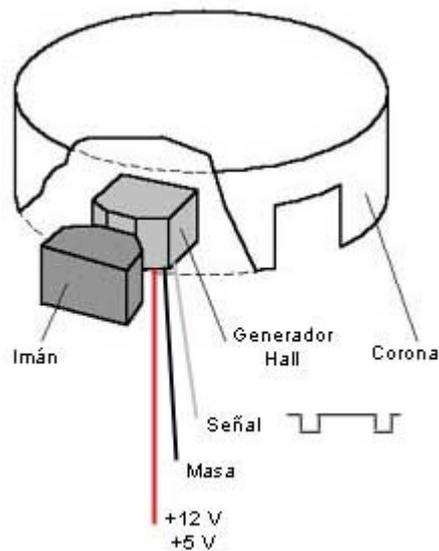
La corona metálica se intercala entre el imán fijo y el módulo electrónico y está unida a un eje con giro. Según la posición de la corona, el campo magnético del imán llega hasta el módulo electrónico. La tensión obtenida a la salida del módulo electrónico, una vez tratada y amplificada corresponde con un valor alto (de 5 a 12 voltios) cuando la corona tapa el campo magnético, y un nivel bajo (de 0 a 0,5 voltios) cuando la corona descubre el imán.

Los sensores de efecto Hall se suelen utilizar para detectar la posición de los árboles de levas, la velocidad del vehículo y en algunos distribuidores para determinar el momento de encendido. También pueden emplearse para determinar la posición del cigüeñal.

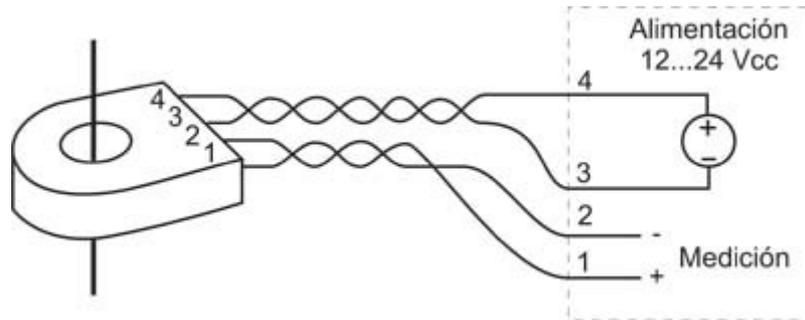
El sensor de efecto Hall se conecta mediante tres cables eléctricos. Uno de ellos corresponde con el valor negativo (masa), otro cable corresponde con la alimentación, que suele ser de 5 ó de 12 voltios. El tercer cable corresponde con la señal de salida que varía según la posición de la corona metálica.



Para comprobar el funcionamiento de un sensor Hall basta verificar el valor de la tensión de alimentación y la variación de la tensión en la señal de salida cuando alguna ventana de la corona permite el flujo del campo magnético.



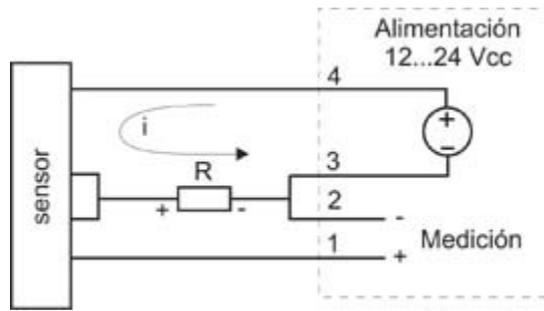
Ejemplos de sensor por Efecto Hall:

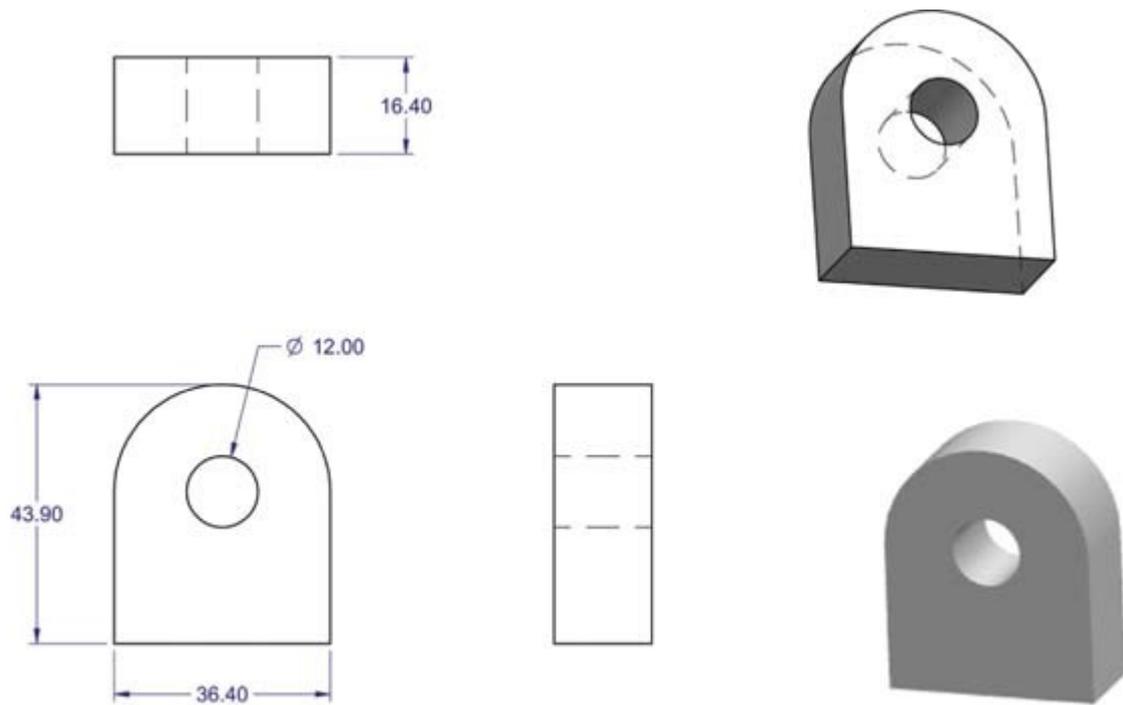


El cableado se realiza usando pares de conductores separados para alimentación y para medición.

La alimentación con tres conductores utiliza un cable que es simultáneamente el retorno de alimentación y de medición. Si la resistencia del cable es R , y el consumo de corriente del transductor es 8 mA , entonces se produce una tensión de 8 mV por cada ohm de resistencia del cableado que se suma a la tensión de medición.

El cableado con tres hilos es posible cuando los conductores son de pequeña longitud, o bien cuando la exactitud no es condicionante.

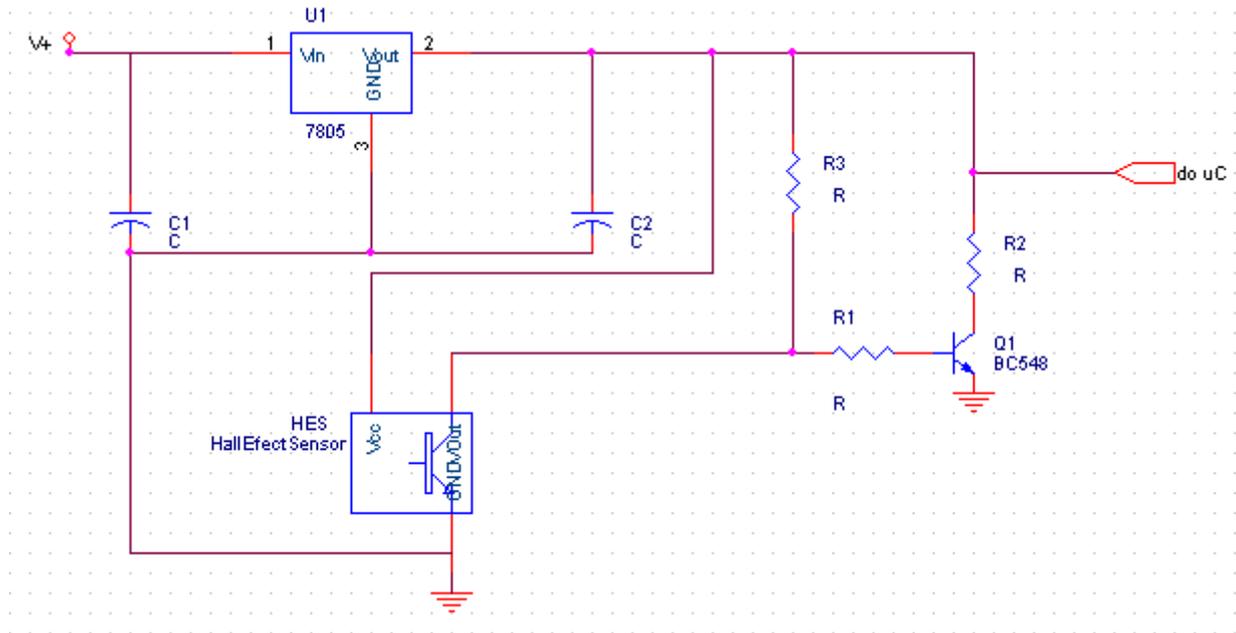




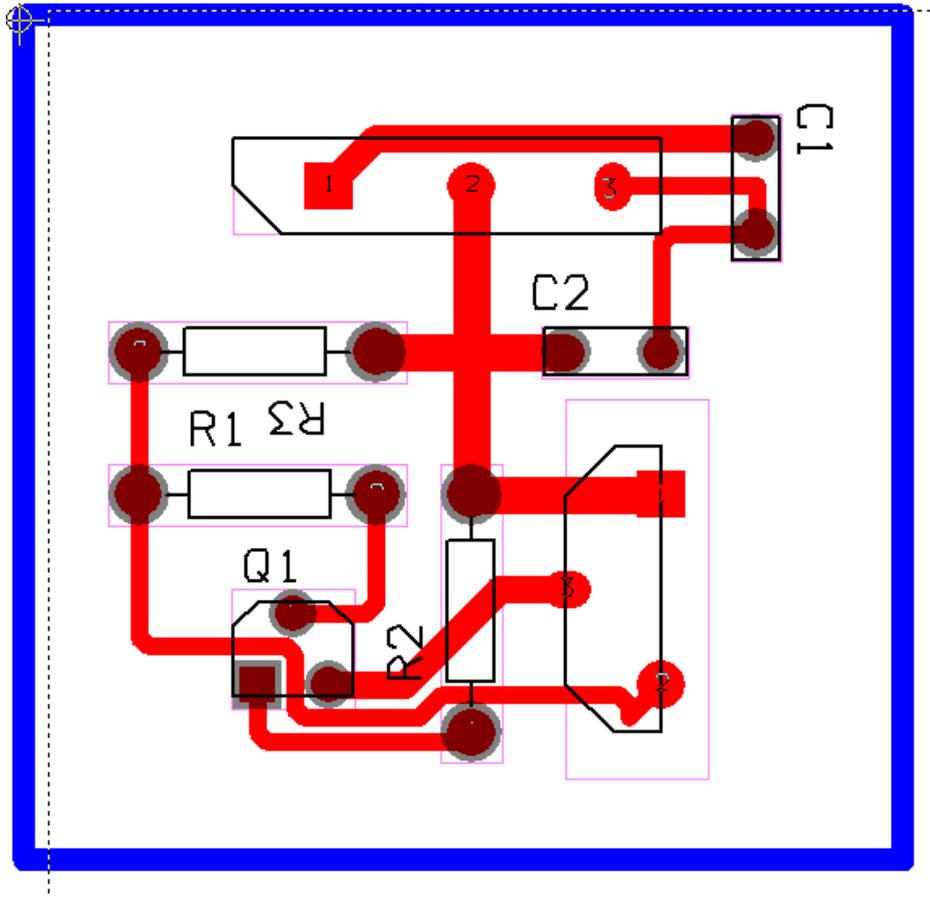
Dimensiones en mm

DISEÑO DEL CIRCUITO SENSOR CON EFECTO HALL.

Esquemático realizado con Capture:



Placa PCB realizada con Layout (capa TOP):



Dimensiones de la placa: 47 x 44 mm.

Componentes utilizados:

>>Sensor Hall (Q1)

>>Integrado 7805 para la toma de valores de tensión a la entrada del sensor.

>>Tres resistencias.

>>Dos condensadores

>>Un transistor bipolar.

Referencias utilizadas:

>>Wikipedia.

>><http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?codigoDoc=85>

>>www.eltoroide.com.ar

Parte 3. Sensor de tensión.

En esta parte se incorporará un pequeño circuito que detectará cuándo hay un bajo voltaje, con el fin de asegurarnos que todo marche bien en cuanto a la carga se refiere. Se pretende que cuando el valor de tensión sea demasiado bajo en la carga de la batería, se encienda una luz (al igual que ocurría con una elevada temperatura o una alta corriente).

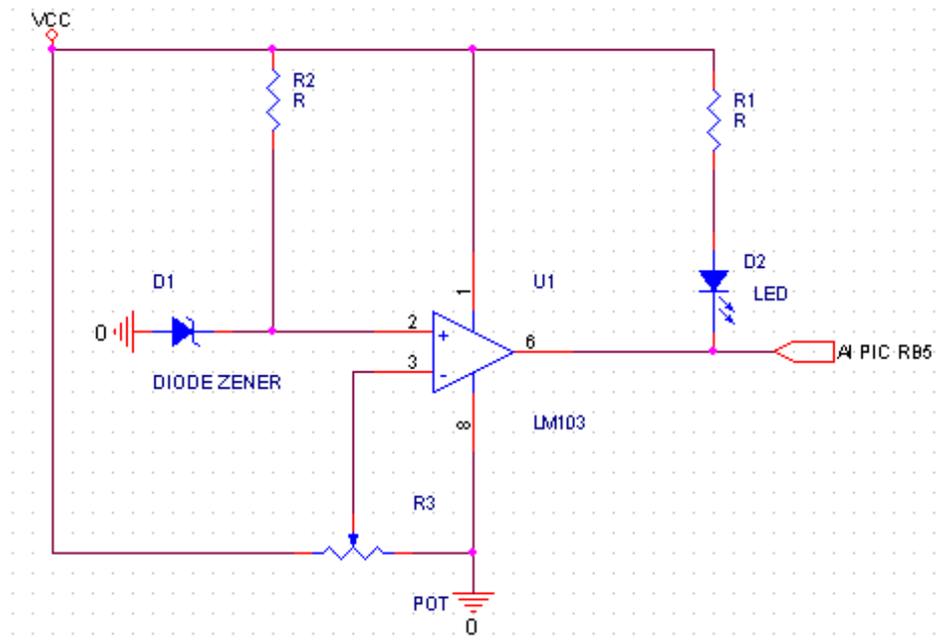
Se ha realizado el sensor para detectar baja tensión porque ya tenemos uno que nos indica cuándo hay una intensidad elevada. Y si hay una intensidad elevada hay una tensión elevada, ya que intensidad de corriente y tensión son directamente proporcionales (ley de Ohm, $V=I \cdot R$)

Puede funcionar con una alimentación entre 9 y 12 voltios, y su consumo es muy reducido. Al detectar *bajo voltaje* la señal se enviará por la salida al PIC, el cual tomará el valor, haciendo sonar la alarma pertinente y activando un circuito que encienda una lámpara más grande (ver bloque 5), y se iluminará el diodo led del propio circuito. El potenciómetro R2 nos permite calibrar el nivel al cual se activa la alarma. Calibrando ese valor, podemos compararlo con el valor que llega por la otra pata del amplificador operacional.

Lista de componentes utilizados:

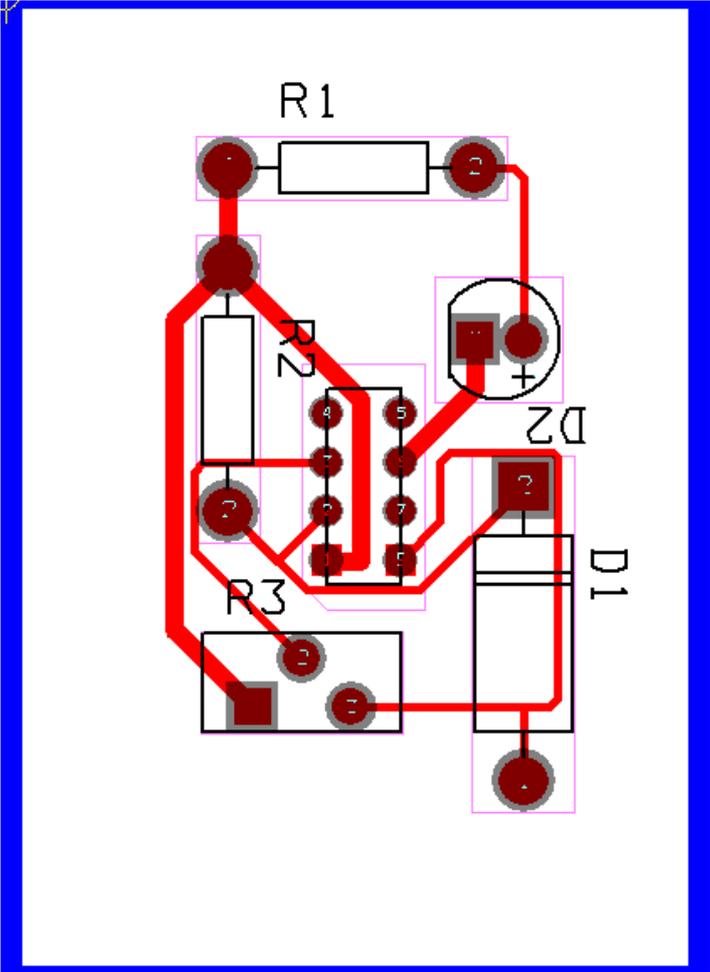
IC1	LM339 IC Amplificador operacional
R1 y R2	1 Kohm 1/4 W
R3	5 Kohm Potenciómetro Lineal
D1	1N5233 Diodo Zenner

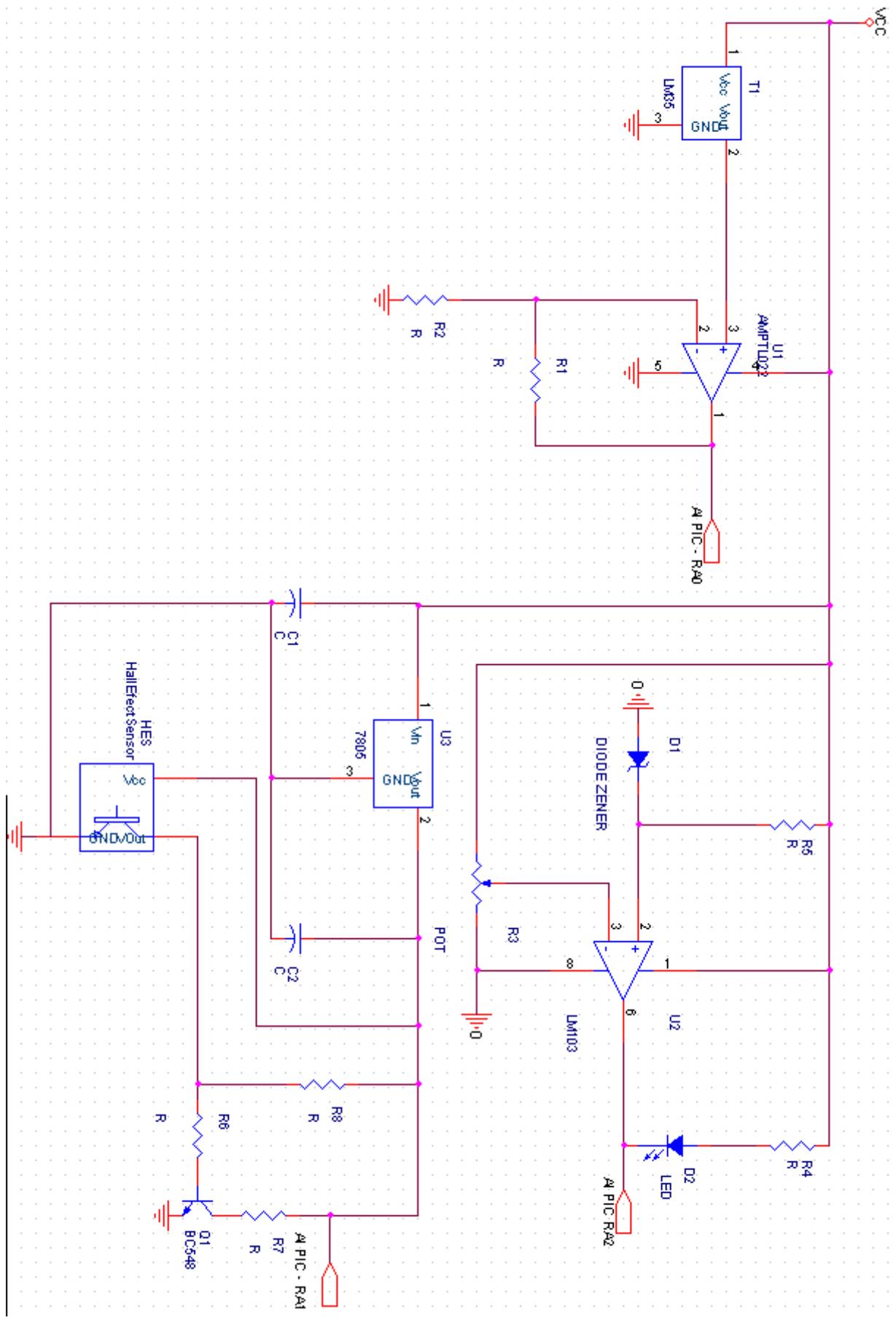
Esquemático en Orcad Capture:



Placa en Orcad Layout:

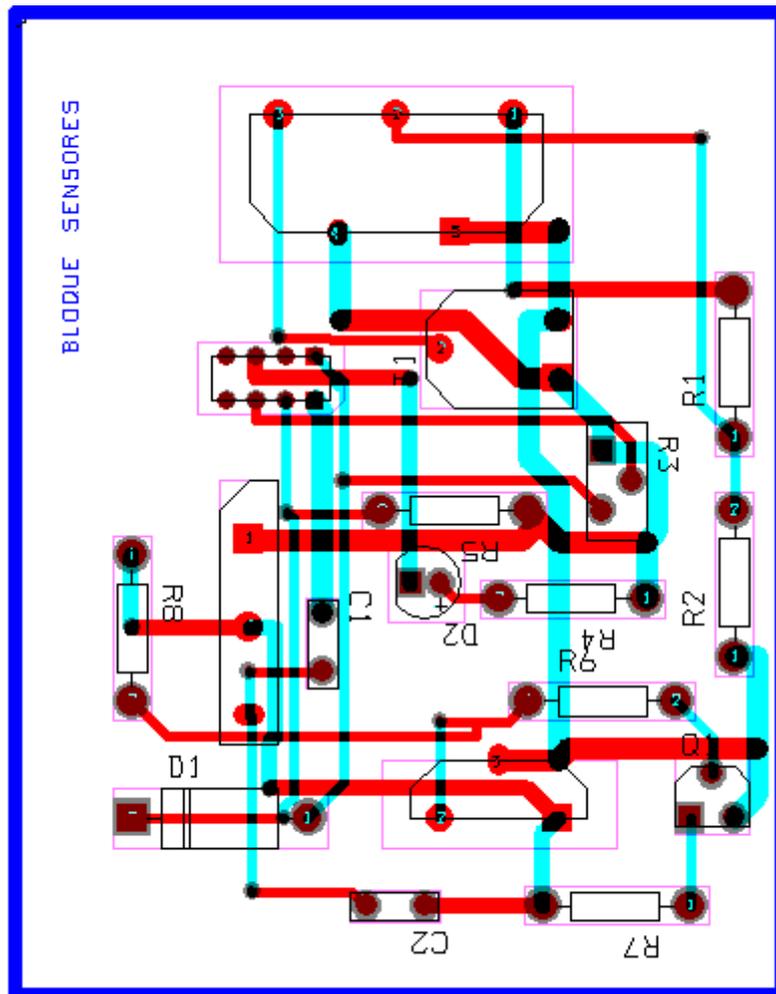
Dimensiones de la placa: 35 x 50 mm.





Para concluir el bloque de sensores, se incorporan los tres (alta temperatura, alta corriente, detector de baja tensión) en el mismo esquemático. Las salidas, tal como se indican, irán a la puerta A de un PIC16F84 (RA0, RA1, RA2) que, con un programa, tomará los valores cada pocos minutos con el fin de comprobar que todo marche bien. Si es así, el PIC continuará temporizando y si hay un valor alto la patilla del PIC se pondrá a 1.

La correspondiente placa de circuito impreso en Orcad Layout quedará como se muestra a continuación, habiendo realizado el routeo de la misma en las capas TOP y BOTTOM.



Dimensión de la placa: 66 x 84mm (aprox).

MUESTREO DE DATOS DE LOS SENSORES.

Una vez que se tienen realizados los sensores, necesitaremos comprobar los valores de las variables que controlamos para saber si son correctos en todo momento. De nada nos vale saber que hay un exceso de temperatura si no hacemos nada para apagar el sistema o al menos avisar del evento mediante el encendido de una lámpara, y evitar que la batería se sobrecaliente y se destruya.

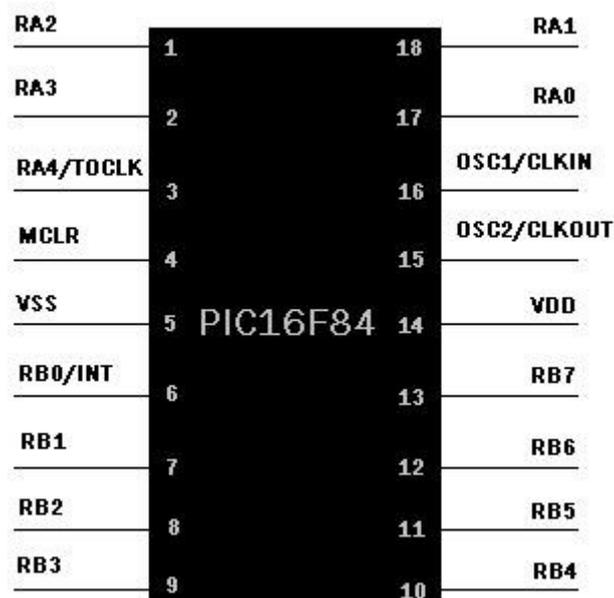
Para ello utilizaremos un programa realizado con un PIC16F84, que irá conectado a las salidas de los sensores que utilicemos en nuestro cargador de baterías.

Antes de entrar en detalle daremos unos detalles sobre el PIC y las funciones que van a ser utilizadas en el programa.

Sobre el PIC 16F84.

Diseñado por la empresa *Microchip*, las versiones más simples pero interesantes son la 16C84 y la 16F84.

Su memoria es de 1 kb, con un juego de instrucciones de 35. Trabaja a una frecuencia de 10 Mhz (como máximo) o 25000 instrucciones por segundo. Consta de un temporizador (el TMRO) y de un *perro guardián*, y permite cuatro interrupciones (esto es, cuando se está ejecutando el programa, sucede un evento interno o externo que hace que aquél se interrumpa)



Cuando un PIC funciona a su máxima frecuencia, le corresponde un ciclo de

instrucción cada 400 ns. La instrucción completa son 4 ciclos de instrucción o pulsos de reloj:

Q1 --> Incremento del contador del programa.

Q2 --> Decodificación y ejecución de la instrucción en curso.

Q3 --> Ídem Q2.

Q4 --> Búsqueda de la siguiente instrucción y carga en el registro.

Las **puertas de entrada y salida** del PIC nos sirven para comunicarlo con el mundo exterior. Tenemos la Puerta A (registro 05 del banco de datos, tiene cinco líneas de E/S, tendremos pues desde RA0 hasta RA4, donde irán conectados los sensores) y la Puerta B (registro 06 del banco de datos, tiene ocho líneas de E/S, desde RBo hasta RB7, por donde saldrá la señal de los sensores tomada en A, más dos líneas hacia una alarma sonora). Podemos configurar cada línea de manera independiente.

File Address		File Address
00h	Indirect addr. ⁽¹⁾	80h
01h	TMR0	81h
02h	PCL	82h
03h	STATUS	83h
04h	FSR	84h
05h	PORTA	85h
06h	PORTB	86h
07h		87h
08h	EEDATA	88h
09h	EEADR	89h
0Ah	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	8Bh
0Ch		8Ch
	68 General Purpose registers (SRAM)	Mapped (accesses) in Bank 0
4Fh		CFh
50h		D0h
7Fh		FFh
	Bank 0	Bank 1

Registros del PIC 16F84

Para poner una puerta a entrada ó salida debemos poner el bit RPO del registro Estado (registro 03) a uno ó a cero, respectivamente. Poniendo a 1 el RPO accedemos a TRIS A en el Banco 1. Poniendo a 1 todos los bits de TRIS A tendremos la Puerta A como entrada.

```
BSF          ESTADO, 05 (bit 05 del registro ESTADO a 1)
MOVLW      FF          (pongo el valor 1 en hexadecimal)
MOVWF      05          (muevo ese valor a Puerta A)
```

En nuestro programa debemos configurar **puerta A a entrada y puerta B a salida**.



El registro Estado.

Para sacar y meter los valores de las variables físicas que queremos controlar en el cargador de batería, es importante manejar bien las **puertas** del PIC. También debemos manejar bien el **temporizador** TMRO. Tendremos que coger los datos cada poco tiempo para comprobar que todo funciona correctamente y evitar la destrucción del cargador por culpa de una excesiva temperatura, por ejemplo. En nuestro caso lo haremos tomando los datos una vez cada minuto.

En la gestión del TMRO se ven involucrados dos registros: el TMRO y el registro OPTION. El TMRO (en el banco 0 de la memoria) lo utilizamos para almacenar el valor de los impulsos recibidos o para asignar un valor de tiempo). Como parte de la estructura de

funcionamiento del temporizador existe un bloque programable: el divisor de frecuencias, que utilizaremos para aumentar la duración de los pulsos que alimentan a los dispositivos. Para ello manipularemos los bits menos significativos del registro OPTION. Si queremos el divisor de frecuencias al máximo pondremos los tres bits a 1.

También vamos a utilizar el concepto de **interrupción** en nuestro programa. Las interrupciones son desviaciones del flujo de control del programa y se producen, como se ha dicho antes, por eventos internos o externos al sistema. En el caso de que detectemos un valor anómalo, saltará la interrupción y se activaría una alarma indicando que algo no va bien. En nuestro caso utilizaremos la interrupción por RB4 a RB7, ya que cuando detectemos por puerta A un valor a 1 cambiaremos de estado la patilla correspondiente a la puerta B.

El comportamiento del PIC cuando salta una interrupción es el siguiente: se detiene la ejecución del programa, se salva la dirección en la pila y se carga el PC con una dirección, el Vector de Interrupción, situado en la dirección 04, que es donde comienza la Rutina de Servicio a la Interrupción.

Programa.

Una vez explicados los conceptos que vamos a utilizar, entraremos en detalle en el programa. Tenemos tres sensores: temperatura, corriente y tensión. Como está indicado en el esquemático anterior, cada uno de los sensores irá a la puerta A del PIC16F84: RA0, RA1, RA2, que son, respectivamente, tensión, intensidad de corriente y temperatura. Comprobamos cada poco tiempo su estado, y lo reflejamos en RB5, RB6, RB7 (tensión, intensidad de corriente y temperatura, respectivamente). Así cuando tenemos un 1 por RA1 deberemos tener un 1 también en RB6 y activar el circuito que encienda la bombilla y detener la carga de la batería (ver bloque 5). Además de todo esto hemos incorporado a las patillas RB1, RB2 una alarma sonora. Cuando salte la interrupción por cambio de estado en las patillas RB5, RB6 o RB7, la rutina de servicio a la interrupción activará un programa que hará sonar esas alarmas. El programa es el siguiente:

	LIST	PIC=16F84
	RADIX	HEX
TMRO	EQU	01
ESTADO	EQU	03

PORTA	EQU	05
PORTB	EQU	06
INTCON	EQU	0B
	ORG	00
	GOTO	INICIO
	ORG	04
	GOTO	RSI
	ORG	05
INICIO	NOP	

;tomaremos los datos cada minuto. Para ello, con el temporizador se pretende temporizar 60 veces un segundo. Usaremos un contador descendente con un valor inicial de 60 al que cada segundo iremos restando una una unidad.

TIEMPO	MOVLW	d'60'
	MOVWF	TEMP
BUCLEI	MOVWL	d'10'
	MOVWF	A
BUCLEII	MOVLW	d'61'
	MOVWF	TMRO

;almaceno este en el TMRO y ahora comprobamos el desbordamiento del mismo. Entonces restaremos una unidad al 10, y cuando éste llegue a 0, habrá pasado un segundo. Restaremos una unidad al 180.

BUCLEIII	BTFSS	INTCON,ToIF
	GOTO	BUCLEIII

;no continúo hasta que TMRO se desborda

	BCF	INTCON,ToIF
--	-----	-------------

;vuelvo a poner a 0 el bit de desbordamiento

	DECFSZ	A,1
	GOTO	BUCLEII
	DECFSZ	TEMP,1
	GOTO	BUCLEII
	GOTO	PROGRAMA

PROGRAMA	BSF	ESTADO, RPO
----------	-----	-------------

```

CLRF          PORTB ; toda la puerta B a salida
MOVLW        b'00000111'
MOVWF        PORTA

```

;muevo a puerta A los bits correspondientes a cada sensor: RA0, RA1, RA2.

```

BCF          ESTADO,RP0
MOVWL        b'10001000'
MOVWF        INTCON

```

;permiso las interrupciones por cambio de estado en patillas de puerta B.

;con las siguientes líneas de código compruebo RA0, RA1, RA2. Si están a cero, pongo a cero el correspondiente de puerta B y vuelvo a temporizar un minuto. Si están a uno pongo a 1 las de puerta B, con lo que hago que salte la RSI.

```

BUCLE0      BTFSC          PORTA,0
             GOTO          BUCLE1
             BCF           PORTB,5
             GOTO          BUCLE2

```

```

BUCLE1      BSF           PORTB,5

```

;RA0 comprobado y puesto a 0 ó a 1, según se dé el caso. Vamos con RA1.

```

BUCLE2      BTFSC          PORTA,1
             GOTO          BUCLE3
             BCF           PORTB,6
             GOTO          BUCLE4

```

```

BUCLE3      BSF           PORTB,6

```

;ya está hecho con RA1 y asociado a RB6. Por último, RA2.

```

BUCLE4      BTFSC          PORTA,2
             GOTO          BUCLE5
             BCF           PORTB,7
             GOTO          BUCLE6

```

```

BUCLE5      BSF           PORTB,7

```

;si todo ha ido bien, se ejecutará la línea siguiente de código que manda de vuelta al temporizador. Si ha sido necesario poner algún bit de puerta B a 1, saltará la RSI.

```

GOTO        TIEMPO

```

RSI BTFSS INTCON, RBIF
;comprobación de que el flag está a 1, si deja de estarlo hay que parar la ejecución de este bloque.

```

                GOTO            PARAR1
                GOTO            BUCLEZ1

BUCLEZ1        BTFSS            PORTB,5
                GOTO            BUCLEZ2
                GOTO            ZUMBADOR

BUCLEZ2        BTFSS            PORTB,6
                GOTO            BUCLEZ3
                GOTO            ZUMBADOR

BUCLEZ3        BTFSS            PORTB,7
                GOTO            PARAR
                GOTO            ZUMBADOR

ZUMBADORBSF    PORTB,1
                BSF            PORTB,2
                GOTO            BUCLE0
PARAR          CLRF            PORTB
                GOTO            TIEMPO
                END

```

; el funcionamiento de este código es sencillo: se trata de comprobar que las patillas correspondientes de la puerta B no están a cero.

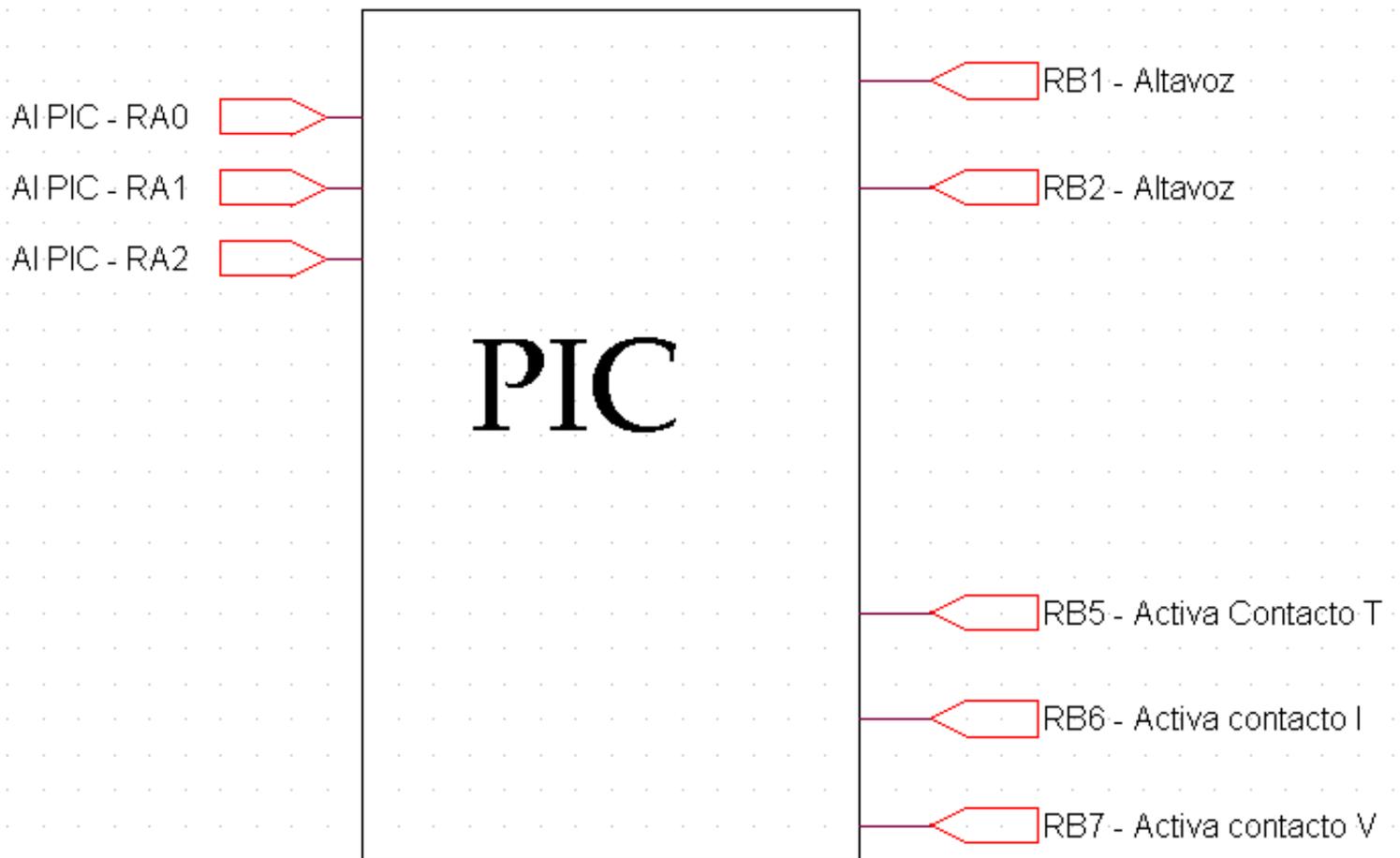
>>Se supone que la primera vez que se llega a la RSI es porque hay un cambio de estado y ha pasado a 1 alguna de las patillas. En ese caso va a ejecutarse sí o sí el bucle Zumbador. Y mientras se esté ejecutando ese bucle se manda de vuelta al programa a la rutina de comprobación del estado de la puerta A, para ver si los valores retornan o no a la normalidad. Si la patilla que se ha puesto a uno ha pasado a cero, cuando vuelva el programa a este bucle eso será detectado y el programa irá a la subrutina PARAR, volverá a contar el minuto, se volverán a tomar los valores y comenzarán de nuevo las comprobacio-

nes.

Las salidas de la puerta B hacen que los interruptores de los circuitos diseñados en el bloque 5 salten automáticamente por un impulso eléctrico. Así se produce el encendido de las señales luminosas.

Para Temperatura y Corriente se diseñará un circuito de relés incompatibles pasando por cero, y para la baja tensión un circuito independiente a éstos, de encendido de una lámpara.

En el circuito de relés incompatibles pasando por cero el apagado es manual a través de un interruptor. Debe ser pulsado por alguien para que la bombilla que sea de rigor se apague, aunque el PIC haya dejado de emitir el zumbido. Asimismo en el bloque 5 también se verá cómo se puede detener la carga de la batería cuando ocurran este tipo de eventualidades. Se recurrirá a circuitos neumáticos activados por esa misma señal que activan los automatismos con relés. El cilindro pulsará un interruptor que provocará un circuito abierto en el primario del rectificador. Ese interruptor deberá ser un componente de potencia que deberá soportar una considerable cantidad de tensión en bloqueo, como puede ser un diodo.



Bloque 2.
Sincronismo
de Paso por Cero.

Para realizar la detección del paso por cero utilizaremos un circuito con un octoacoplador.

Un **optoacoplador**, también llamado *optoaislador* o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor excitado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de **fototransistor** o fototriac. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar para aislar electricamente a dispositivos muy sensibles.

Se llama **fototransistor** a un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.

Un fototransistor es igual a un transistor común, con la diferencia que el primero puede trabajar de 2 formas:

1. Como transistor normal con la corriente de base I_b (modo común).
2. Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. I_p (modo de iluminación).
3. Puede utilizarse de las dos en formas simultáneamente, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con el pin de la base sin conectar.

En el mercado se encuentran fototransistores tanto con conexión de base como sin ella y tanto en cápsulas plásticas como metálicas (TO-72, TO-5) provistas de una lente.

Imagen de un optoacoplador:

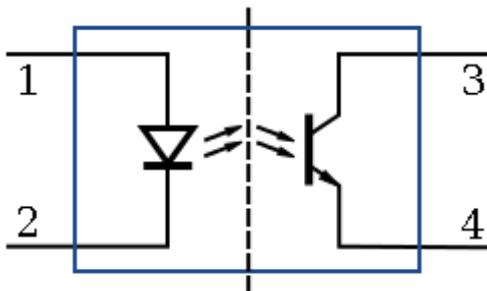
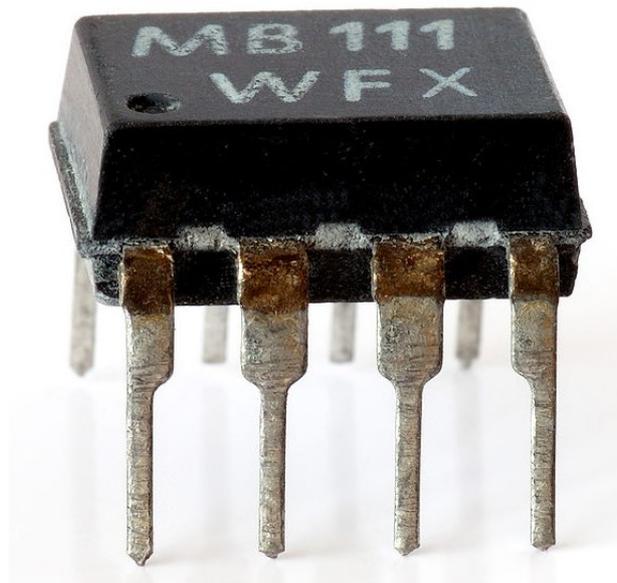
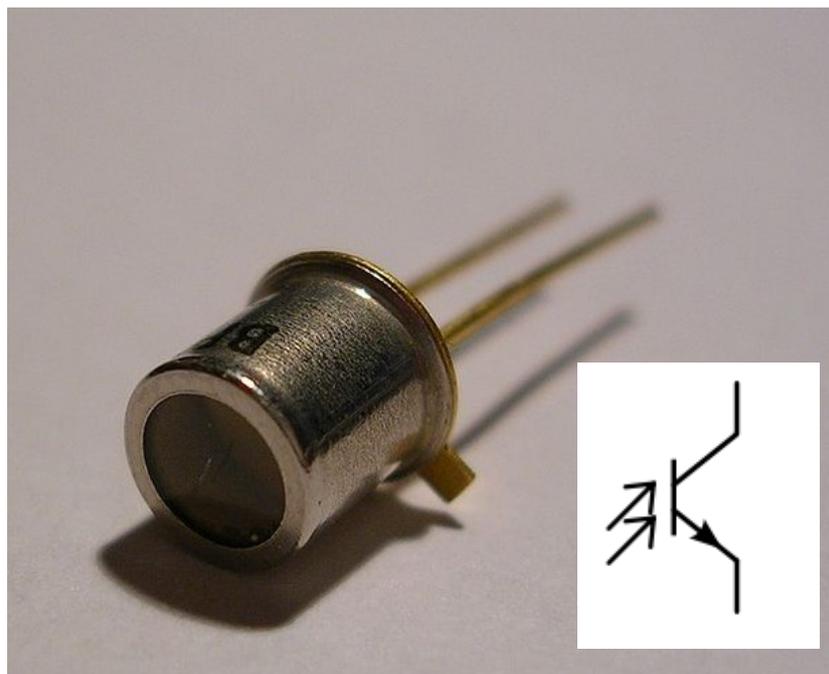
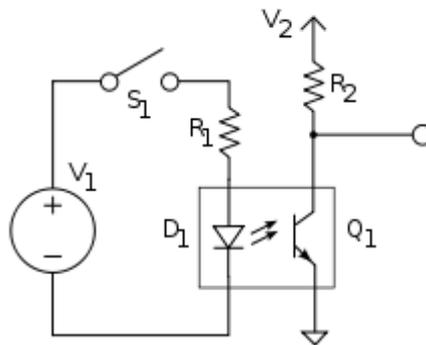


Imagen de un fototransistor y su símbolo electrónico.



Con un sencillo ejemplo podremos ver la actuación de un optoacoplador en un circuito.

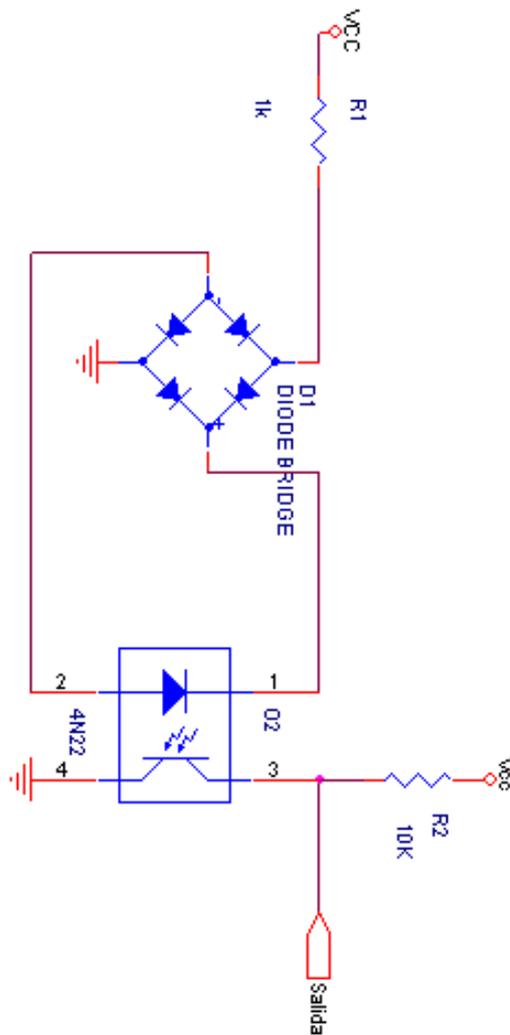


La figura muestra un optoacoplador 4N35 formado por un LED y un fototransistor. Tenemos una fuente de tensión y una resistencia en serie. Esto nos proporciona una corriente en el diodo LED al cerrar el interruptor S_1 . Si dicha corriente proporciona un nivel de luz adecuado, al incidir sobre el fototransistor tendremos éste en saturación, generando una corriente en R_2 . De este modo la tensión de salida será igual a cero con S_1 cerrado y a V_2 con S_1 abierto.

Si la tensión de entrada varía, la cantidad de luz también lo hará, lo que significa que la tensión de salida cambia de acuerdo con la tensión de entrada. De este modo el dispositivo puede acoplar una señal de entrada con el circuito de salida, aunque hay que tener en cuenta que las curvas tensión/luz del LED no son lineales, por lo que la señal puede distorsionarse.

La ventaja fundamental de un optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Mediante el optoacoplador, el único contacto entre ambos circuitos es un haz de luz. Esto se traduce en una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos del orden de miles de $M\Omega$. Estos aislamientos son útiles en aplicaciones de alta tensión en las que los potenciales de los dos circuitos pueden diferir en varios miles de voltios.

En el detector de paso por cero, como su propio nombre indica su objetivo es detectar cuándo el circuito pasa por cero. El circuito se encargará de detectar el cambio de polaridad. Esquemático:



NOTA: el VCC más a la izquierda va conectado al rectificador con tiristores, que a su vez va a la red eléctrica. Este paso se verá más adelante. De momento solamente presentaremos el circuito de paso por cero, que es el objeto del presente bloque. La tensión de pico en el puente rectificador es la tensión de red por la raíz de 2:

$$V_p = 220 * \sqrt{2} = 311.12 \text{ v.}$$

Conectamos a la red un puente de diodos y, a la salida del mismo, un optoacoplador.

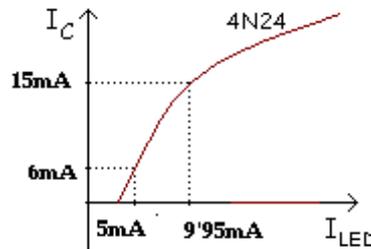
Algo muy simple en un circuito cualquiera de detección de paso por cero sería considerar una señal que en su *parte positiva* recibe un uno lógico y en su *parte negativa* un *cero lógico*. El detector de paso por cero sería la parte de nuestro circuito de detección por nivel encargada de determinar si se ha recibido un uno o un cero. Con señales analógicas los detectores de paso por cero operan con formas de onda mucho más

variantes que en el caso digital.

Se pueden utilizar para determinar el tipo de la forma de onda, el nivel promedio de la señal, ayudar a integrar o diferenciar señales, etc.

$$I_{Pled} = (311'12 - 0'7 - 0'7 - 2) / 16 = 9'95 \text{ mA}$$

Viendo en el catálogo: Esta gráfica solo se cumple en el caso de que se esté en activa.



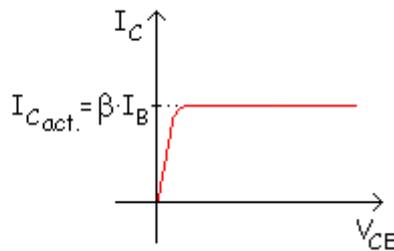
Ahora tenemos que saber donde nos encontramos. Hipótesis: Saturación.

$$V_{CE_{sat}} = 0$$

$$I_C = \frac{20 - 0}{10} = 2 \text{ mA}$$

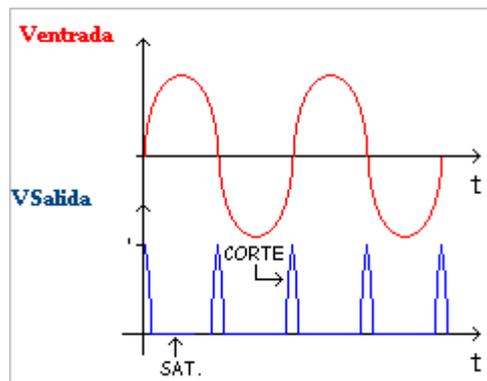
$$I_C > I_{C_{act.}}$$

$$\underline{\underline{2 \text{ mA} > 15 \text{ mA}}}$$



Como vemos trabaja en **Saturación** (los Optoacopladores siempre trabajan en Saturación, al diseñarlos hay que tener en cuenta esto).

En el pico de la onda de entrada $V_{sal} = 0 \text{ V}$. Se le dan distintos valores hasta que se salga de saturación, que ocurrirá en un punto cerca de 0 V. Después pasará a saturación y ya no emitirá luz.



En cada paso por cero hay un pico en el que pasa de saturación a corte y luego a saturación seguido. Con esto se detecta el paso por cero. Además de aislar el circuito de la red.

Especificaciones del Optoacoplador:

Altura del producto	1,75 mm
Anchura del producto	3,25 mm
Corriente directa máxima	50mA
Dispositivo de salida	Transistor
Encapsulado del fabricante	DIP
Función	Fotoacopladores de salida fotovoltaica y transistor
Longitud del producto	4,83 mm
Montaje	Pasante
Número de pines	4
Temperatura de funcionamiento máxima	100°C
Temperatura de funcionamiento mínima	30°C
Tensión de aislamiento mínima	5000Vrms
Tensión directa máxima	1.2V
Tensión inversa máxima	6V
Índice de transferencia de corriente mínima	60%

Componentes utilizados:

>> Dos resistencias.

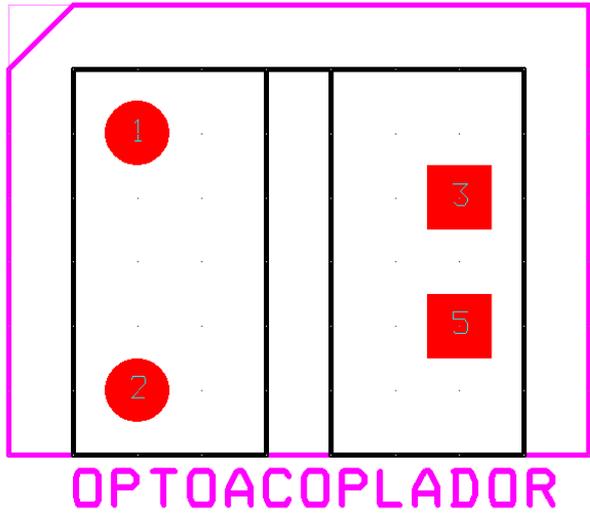
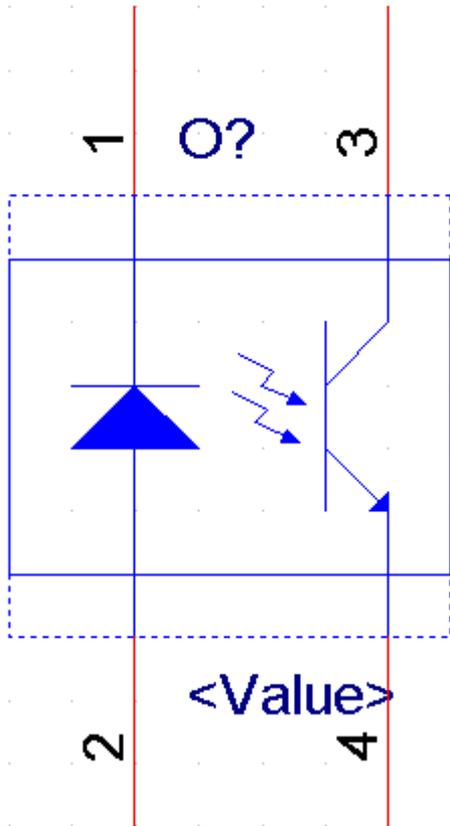
>> Un puente de diodos.

>> Un optoacoplador.

>> Tamaño de la placa: 44.7 x 33.7 mm.

>> Anchura de pistas: VCC y GND = 2 mm; resto pistas = 1 mm.

>> Para la realización del circuito con ORCAD Capture hemos diseñado el componente 4N22, optoacoplador, al no incluirlo las librerías del programa; además también se ha tenido que diseñar el PCB correspondiente, quedando los diseños como a continuación se muestra: componente y PCB.



Resumiendo: Este circuito es un detector de paso por cero y además está aislado de la red.

Bloque 3.

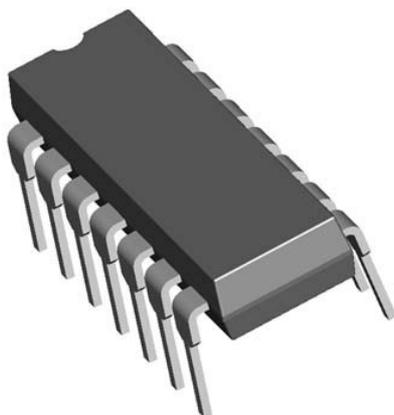
Indicadores, medidas y
detección de eventos.

1. Indicador de estado de carga con diodos LED.

Gracias a este sencillo circuito podemos construir un indicador de 4 leds que nos permitirá saber en forma gráfica el nivel de carga de una batería de plomo y ácido de 48 voltios.

El corazón del circuito es el integrado LM339 que consta de cuatro comparadores de tensión encapsulados en un DIP de 14 patillas. Cada comparador posee una entrada (+) y (-), y una salida. La tensión a la salida es igual a la tensión de la fuente de alimentación mientras la tensión en la entrada (+) supera a la tensión en la entrada (-). Cuando esta condición se invierte, la tensión de salida es igual a 0v.

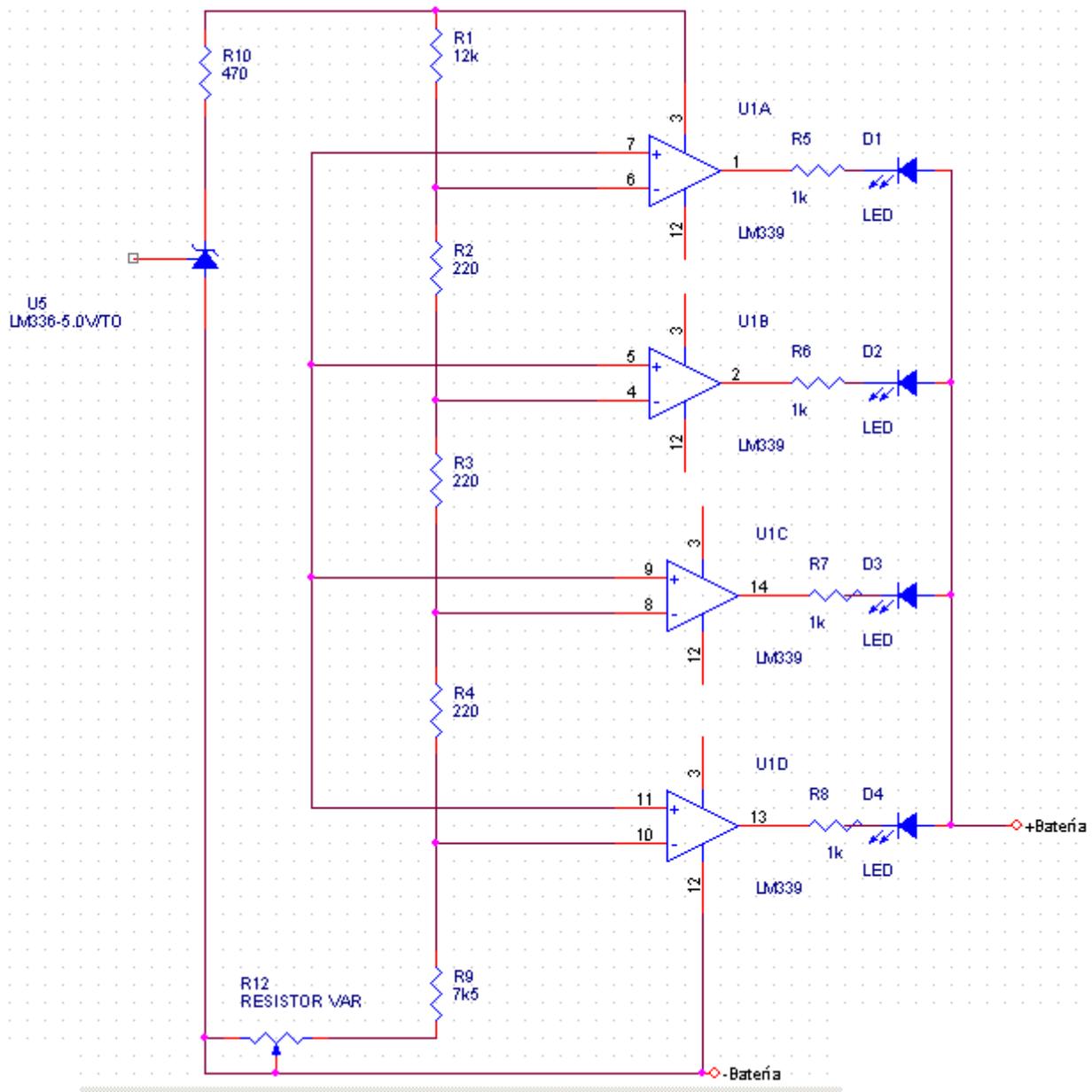
En el circuito propuesto, las entradas (+) de todos los comparadores se conectan a un valor de tensión fijo de 5v. Este valor está provisto por la referencia de tensión LM336. La patilla 1 de la referencia es de ajuste, se utiliza cuando se desea obtener una tensión distinta a la de 5v, en este circuito queda sin conectar.



El componente PCB se diseñará aparte por no tenerlo Layout incorporado. Los pads serán todos redondos de 1'27mm, excepto los número 3 y 12, e irán separados un múltiplo de 2'54 como se ha ido haciendo en el resto de placas del presente proyecto.

Se puede observar una red resistiva de 5 resistencias (R1-R5) y un preset (RV1) conectada entre los bordes de la batería. La misma es un divisor de tensión al cual se conectan las entradas (-) de los comparadores según se puede ver en el esquema. Este divisor gracias a los valores de resistencias elegidos hace que la tensión en las entradas (-) sea próxima los 5v.

Aquí mostramos el esquemático diseñado con Orcad Capture:



Una batería de plomo y ácido de 12 voltios , como es sabido, en estado cargado tiene una tensión de salida de 12,7 voltios sin conectarle la carga. A medida que se usa la batería y se va descargando, esta tensión disminuye hasta alcanzar unos 11,7 voltios cuando la batería esta totalmente descargada. Nuestra batería es de 48 voltios, lo que significa que e estado cargado tendrá una tensión de salida de 50'8 voltios y conforme se vaya descargando irá reduciendo su valor, hasta llegar a unos 48 voltios y medio (aprox).

En el estado cargado se aplican 50'8 voltios sobre el divisor tensión y la tensión presente en la entrada (-) de los cuatro comparadores es mayor a 5 voltios. Esto significa

que la tensión en (-) supera a la tensión en (+) que está fijada a los 5 voltios de referencia. Por tal motivo, la salida de los cuatro comparadores es de 0 voltios. Entonces, las ramas LED-resistor conectadas en las salidas de los comparadores quedan sometidos a la tensión de la batería, lo que hace circular una corriente de aproximadamente 10mA por cada led y éstos se iluminan.

A medida que la carga de la batería va disminuyendo, también disminuye su tensión de salida. Debido a esto la tensión en cada entrada (-) de los comparadores también irá disminuyendo. Pero, debido a la distribución de los comparadores, la tensión en la entrada (-) de cada comparador difiere con la tensión de los demás. Si los ordenamos de menor a mayor, la tensión en la entrada (-) del comparador D será menor a las correspondientes tensiones en los comparadores C, B y A, la tensión en la entrada (-) del comparador C será mayor que en B y A, etc. En definitiva, la menor tensión en la (-) de los cuatro comparadores la tiene el D. El voltaje de la batería irá disminuyendo y llegará un momento cuando la tensión en esta entrada pasará a ser menor a 5v. En este momento la tensión de salida del comparador D se iguala a la tensión de la batería, la diferencia de potencial en la rama LED - resistor conectado en la salida del comparador D pasa a ser nula y la el Led D5 se apaga.

Mediante un análisis similar, podemos concluir que a medida que la tensión de la batería va disminuyendo, disminuye la tensión en las entradas (-) y cuando esta pasa a ser menor a los 5v de referencia el led conectado al comparador se apaga. Los leds se irán apagando en este orden: D5, D4, D3, D2. Aquí podemos ver la relación de tensiones y de encendido de cada diodo:

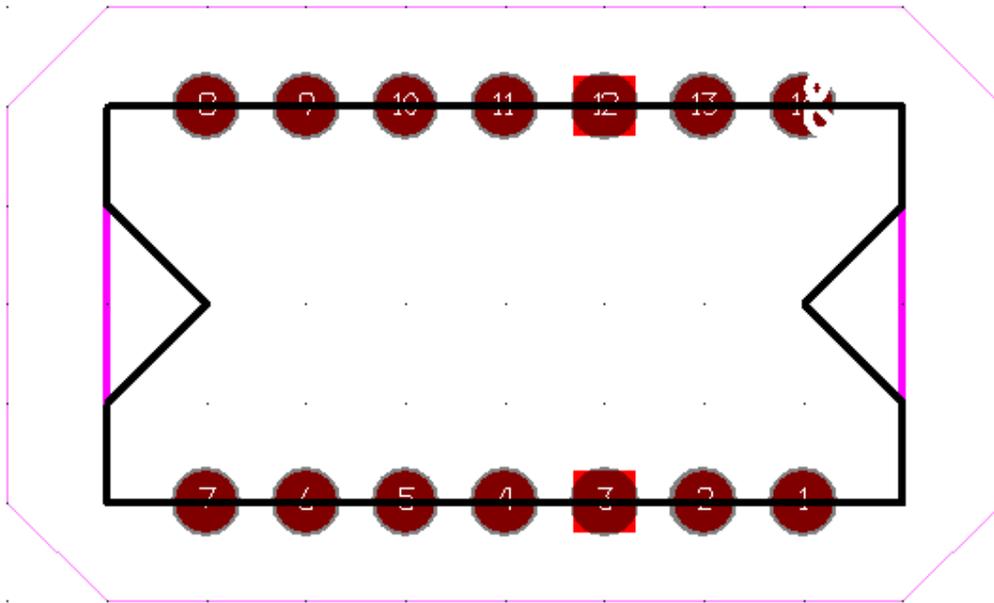
	50'8	50'6	50'4	50'2	50	49'8	49'6	49'4	49'2	49	48'8	48'6
D2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
D3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
D4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
D5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Cada columna representa el estado de los leds según el nivel de tensión en la batería (verde encendido, rojo - apagado).

Ya hemos explicado en detalle el funcionamiento del circuito. Ahora veremos su implementación.

El circuito se ha diseñado de tal forma que cada led indica aproximadamente un 25% de carga de la batería.

El LM339, como ya se ha mencionado, se diseñará en Layout al no contar éste con el PCB correspondiente. No es el caso en Capture, donde sí que se disponía de dicho componente. El PCB quedaría de la siguiente manera: 14 pads, dos de ellos diferenciados



LM339

del resto (el 3 y el 12):

El diseño del PCB podrá verse, como el resto de placas, en el apartado de Planos.

Para los tramos de alimentación y masa se ha utilizado una dimensión de las vías de 1.2 mm. Para el resto de tramos, 0.5mm.

Dimensión de la placa: 98 x 55 mm.

Componentes utilizados: Diez resistencias.

Cuatro diodos Led.

Un integrado LM339.

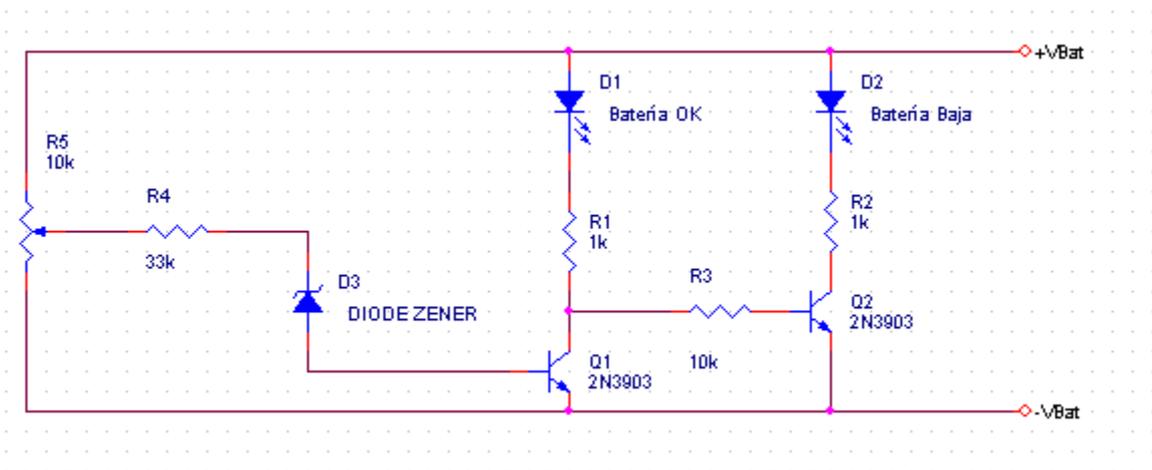
Un potenciómetro.

Un diodo zéner (D1).

2. Indicador de batería baja.

Este circuito funciona aparte del anterior. Podría salir más económico juntar ambos y que cuando hubiera un solo LED encendido en el anterior circuito se encendiera otro LED como indicador de batería baja, pero se ha preferido buscar un circuito alternativo para este problema y elaborar un circuito aparte.

El funcionamiento del circuito se basa en hacer circular parte de la corriente de la batería bajo prueba por el circuito del indicador. Un potenciómetro de ajuste de 10K (que figura como PRESET en el esquema que adjuntamos) sirve para regular la sensibilidad del aparato. La corriente atraviesa una resistencia y un diodo zener (D3) para luego llegar a la base del primer transistor. De acuerdo a su intensidad, bastará o no para encender el primer LED, que es el que indica que la batería bajo prueba esta cargada. El segundo LED, comandado por el segundo transistor, cumple la función opuesta: si se enciende, nuestra batería debe ser recargada.



Hay varios componentes en el circuito que deben elegirse en el momento del montaje de acuerdo al rango de tensiones de las baterías que vamos a medir:

>> El diodo zener D3 debe tener un valor de 3.3V si la batería a medir esta en el rango de los 6V; 5.1V si las baterías son de 9V; 7.5V para comprobar baterías de 12V y de unos 18V para las baterías de 24V.

>>Las dos resistencias de 1k tienen como función limitar la corriente que atraviesa los LEDs. Sus valores (ambas deben ser iguales) serán de 390 ohms para baterías de 6V; 470 ohms para comprobar las de 9V; 1000 ohms para las de 12V y de 1500 ohms para las baterías de 24V. El circuito se monta sobre una pequeña placa de circuito impreso, de 39 x 35 mm.

El circuito no requiere de alimentación para funcionar, ya que la toma de la batería bajo prueba.

Lista de componentes:

>>Cuatro resistencias.

>>Una resistencia variable (potenciómetro)

>>Dos transistores BJT (2N3904).

>>Dos diodos LED para las indicaciones de batería OK y batería baja.

>>Un diodo zener (alimenta la base del primer transistor polarizado inversamente a la tensión de 7'5 v)

>>Dimensión de la placa: 96 x 80 mm (aprox.)

3. Circuitos de mando para tratamiento de errores en la carga.

Introducción.

Si algún evento ocurre durante la carga de la batería, como ya se dijo, se encenderán unas lámparas que indicarán que hay algo que no va bien (como un exceso de temperatura). Se debe por tanto interrumpir la carga de la batería hasta que la lámpara sea apagada de forma manual, y cuando eso ocurra el PIC temporizará de nuevo 3 minutos y tomará otro valor que, esta vez podrá ser (o no) correcto. Entonces la carga continuará (o seguirá detenida). El objetivo es que las lámparas, siempre que se enciendan, sean apagadas manualmente, como ya se ha mencionado, pues de esta manera nos aseguraremos de que *alguien* vea que se ha producido un fallo.

También tendremos que detener la carga si hay un sobrecalentamiento del equipo. Aquí entra en juego el interruptor (diodo de potencia) que será incorporado al esquemático del rectificador, antes del primario del transformador. Cuando se detecte el error, un cilindro neumático presionará un botón que hará que el diodo sea alimentado por una fuente de tensión suficientemente alta tal que aquél quede polarizado en inversa y corte el suministro de corriente. Cuando todo funcione normalmente, el componente funcionará en conducción. Es decir, habrá que forzar el bloqueo del componente cuando se produzca el fallo para que actúe como circuito abierto.

Esta parte se va a implementar con automatismos realizados con contactores y relés por un lado y con un pequeño circuito neumático por otro. Estos circuitos son independientes del cargador de baterías, siendo tratados como un sistema automático que servirá para detener la carga: cuando el programa del PIC detecte un valor anómalo, un contacto se activará y alimentará el circuito que encenderá la lámpara. Otro contacto, asociado al circuito realizado con automatismos, se activará además, para activar un botón que detenga la carga de la batería. Dicho botón activará o desactivará el ya mencionado interruptor.

3.1 – Automatismos Eléctricos. Elementos utilizados. Consideraciones.

a) PULSADOR

Es un contacto que tiene una sola posición estable. Esta posición estable permitirá el paso de corriente y en este caso será un pulsador normalmente cerrado o pulsador de apertura (o pulsador de paro), o bien no lo permitirá y será un pulsador normalmente abierto o pulsador de cierre (o pulsador de marcha).

Cuando el pulsador normalmente cerrado es activado manualmente (se pulsa), el contacto se abre, y abre también el circuito durante el tiempo en que se mantiene pulsado.

Cuando el pulsador normalmente abierto es activado, el contacto se cierra, y realiza la conexión eléctrica entre sus contactos. Al dejar de pulsar, el circuito se abre y cesa la alimentación del elemento maniobrado.

b) RELÉ

Elemento típicamente usado en protección aunque por su funcionamiento puede desempeñar funciones de maniobra.

Los relés usados en protección, cuando se da una determinada condición indicativa de un mal funcionamiento, se produce la apertura de sus polos (contactos) interrumpiendo la alimentación de un circuito eléctrico o máquina. Esta condición suele ser la de una excesiva intensidad, pero también puede producirse el disparo (apertura de contactos), por una excesivamente grande o pequeña tensión o frecuencia, por una inadecuada dirección de la potencia, por una baja intensidad en el circuito de excitación de máquinas síncronas, etc.

En baja tensión, y para pequeñas potencias consta de un elemento sensible que detecta la condición de apertura y otro elemento actuador que realmente produce la apertura de los polos agrupados en un mismo cuerpo. En alta tensión o con potencias elevadas, estos dos elementos están separados por un órgano sensible (relé propiamente dicho) y el órgano actuador o mecanismo de disparo (disyuntor).

Los principales y más sencillos relés de protección que se encuentran en una instalación eléctrica (y por tanto en el cuadro eléctrico de una instalación de electrobomba) son los:

>>Relés térmicos: que protegen al circuito frente sobrecargas (intensidades por encima de la nominal); no actúan instantáneamente sino que el tiempo que tardan en abrir sus polos (o dar la orden de apertura) depende de cuánto más elevada es la intensidad por encima de la nominal.

>>Relés magnetotérmicos: que unen a su característica térmica un elemento que opera instantáneamente por acciones electromagnéticas cuando la intensidad es muy superior a la nominal, previsiblemente porque existe un cortocircuito cercano; la acción magnética puede llevar incorporada un retardo independiente de la intensidad.

Los relés usados en el control se encuentran precisamente en este circuito, con muy típicos los de:

>> Relés de tiempo o temporizados: como los relés de retardo a la conexión que no abren o cierran sus contactos hasta que no han transcurrido un cierto tiempo desde que se le da la orden (desde que se excita la bobina del relé); o los relés de retardo a la desconexión, que conmuta sus contactos cuando se da la orden, manteniendo esta conmutación hasta pasado un tiempo desde que se deja de aplicar dicha orden.

>> Relés de conmutación: que abren o cierran sus contactos cuando se alimenta su bobina, sin temporización; se asemejan a los contactores pero sin contactos principales. Es este tipo de relé el que se utilizará para la implementación del circuito de control que se pretende hacer.

c) CORTACIRCUITOS FUSIBLE O FUSIBLE

Elementos únicamente de protección frente a cortocircuitos. Se componen de un hilo delgado que se funde por efecto Joule al ser atravesado por la corriente de cortocircuito. En altas potencias, existen fusibles trifásicos que al fundirse alguno de los hilos, produce la apertura de las otras fases, evitando así una peligrosa alimentación desequilibrada para los motores o lámparas.

Las características de los fusibles dependen del elemento al que protegen. Así los fusibles destinados a proteger dispositivos semiconductores han de fundirse rápidamente al sobrepasar la intensidad nominal mientras que los destinados a proteger motores deben de aguantar las puntas de arranque sin fundirse durante el tiempo que tarda en arrancar los motores.



3.2. Consideraciones neumáticas y normativas.

A la hora de diseñar el circuito neumático para la detención de la carga se han tenido en cuenta las siguientes características:

Cuando se trata de producción y consumo de aire comprimido, estos se especifican en N l/min o N mm³/min., es decir, en aire libre (atmosférico), cuando no es así, como ya vimos, se debe emplear la siguiente fórmula para la conversión:

$$Q = Q_1 \frac{(P+1,033)}{1,033}$$

Donde:

Q = litros de aire libre por minuto

Q₁ = litros de aire comprimido por minuto

P = presión del aire comprimido en kg/cm²

Existen diversas denominaciones utilizadas por los fabricantes para indicar la cantidad de aire que proporciona el compresor, tales como desplazamiento volumétrico, volumen engendrado, etc. Bajo estos nombres genéricos se considera un caudal de aire expresado en cifras teóricas que no responde al verdadero caudal de aire suministrado por el compresor, mientras que el consumo de los equipos neumáticos se da en cifras efectivas. Es evidente que si adquirimos un compresor basándonos en alguna de las citadas especificaciones, nos encontraremos con que la cantidad de aire realmente suministrada es de un 20 a un 25% inferior a la indicada, pues ningún compresor rinde una prestación del

100%.

Para evitar estas ambigüedades solamente se deben adquirir compresores que garanticen el caudal de aire en consonancia con las condiciones de temperatura y presión de la aspiración, es decir, en litros o m³ de aire libre.

Ya que el clima no es el mismo en según qué zonas, sería difícil establecer unas tablas de consumo que correspondieran a los diferentes estados cismáticos; por ello, se va imponiendo el establecimiento de una normativa sobre la base de considerar unas condiciones normales de temperatura y presión del aire aspirado, independientemente de las condiciones atmosféricas en las cuales trabaje el compresor y que sirven de referencia comparativa, aire que llamaremos “aire normal” o “aire normalizado” distinguiéndolo con una N (Mayúscula) que situaremos después de las cifras y antes del volumen expresado. Por ejemplo: 600 N m³/h, equivale a un sistema que proporciona 600 m³/h, expresados en condiciones normales. Las condiciones normales varían según el área de influencia tecnológica.

En la zona europea, la norma C.E.T.O.P. RP-44P, propone como condiciones atmosféricas normales las que están especificadas en la ISO R554, y que corresponden a la temperatura de 20° C a la presión de 101.3 mbar y con una humedad relativa del 65%. Los procedimientos de prueba o los métodos de medida del caudal efectivo de aire libre suministrado por los compresores, vienen dados en las normas alemanas DIN 1945 y DIN 1952, inglesa BSS 726-1952, americana ASME PTC 9 y francesa NFX10.

En cuanto al uso del Sistema Internacional de Unidades, en la reunión del C.E.T.O.P. (Comité Europeo de las Trasmisiones Óleo-hidráulicas y Neumáticas) celebrada en Berlín el 11 de junio de 1966, para aquellos países europeos que tienen adoptada la terminología aprobada por dicho Comité se pensó usar en la definición de la presión como unidad de superficie el cm², y medir así la fuerza F que actúa sobre este elemento de superficie plana, dando como unidad de medida al kilogramo de presión por centímetro cuadrado, representado por kp/cm² (1 kp = 9.81 newton). De este modo, la presión del aire atmosférico es 1.033 kp/cm² = 1 atmósfera (Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado).

La relación de normas ISO que deben seguirse para la correcta instalación de un circuito neumático cualquiera vienen enumeradas a continuación. El desarrollo de todas ellas extendería el presente documento en demasía, así pues, simplemente se enumerarán

dichas normas.

NORMATIVA ISO	
General	
ISO 1000	Unidades SI y recomendaciones para utilización de sus múltiplos y de otras unidades.
ISO R1219	Símbolos gráficos para equipos y accesorios hidráulicos y neumáticos para transmisión de energía fluida.
ISO/DIS 3857/1	Compresores, herramientas y máquinas neumáticas. Parte I. generalidades y símbolos.
ISO/DIS 3857/n	Idem-Parte H. Características de los compresores.
ISO/DIS 5390	Compresores. Clasificación general y definición de los tipos principales.
Pruebas	
ISO/R 541	Medición de flujo de fluidos, por medio de placas con orificio y boquillas.
ISO 1217	Compresores de desplazamiento. Pruebas de aceptación.
ISO/R 1402	Pruebas hidrostáticas de mangueras de goma.
ISO/R 1607/1	Métodos de medición de características de bombas de vacío de desplazamiento positivo.
ISO 1746	Mangueras de goma. Prueba de doblado.
ISO 2151	Medición de ruidos aéreos emitidos por compresores/motores para utilización exterior
ISO 2787	Herramientas rotativas y de percusión. Pruebas de aceptación.
ISO 3723	Potencia hidráulica. Elementos filtrantes. Métodos para prueba de carga final.
Diseño	
ISO 3320	Cilindros para energía fluida. Diámetro interior de los cilindros. Serie métrica.
ISO 2398	Manguera industrial de goma para aire comprimido.
ISO 3662	Potencia hidráulica-Bombas y motores. Desplazamientos geométricos.
ISO/DIS 4393	Potencia de fluidos. Cilindros. Series básicas de carreras de pistón.

Bibliografía usada en este bloque:

<http://www.caballano.com/automa.htm>

http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo5/C5_indice.htm

3.3. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS:

3.3.1. *Temperatura y Corriente. Encendido de lámparas. Detención de la carga.*

Para detener la carga de la batería cuando sea necesario, nos valdremos de un interruptor electrónico que será realizado con un diodo de potencia.

Mientras el interruptor permanezca cerrado (conducción) todo irá bien; cuando ocurra alguna anomalía es cuando ha de abrirse interruptor, provocando que el diodo pase a corte impidiendo el paso de corriente al cargador de batería. Esto ocurrirá cuando el PIC haya cogido por la puerta B (RB6, RB7) un valor de temperatura o corriente que no es el deseado, es decir, cuando se active el contacto correspondiente del relé que active los circuitos asociados.

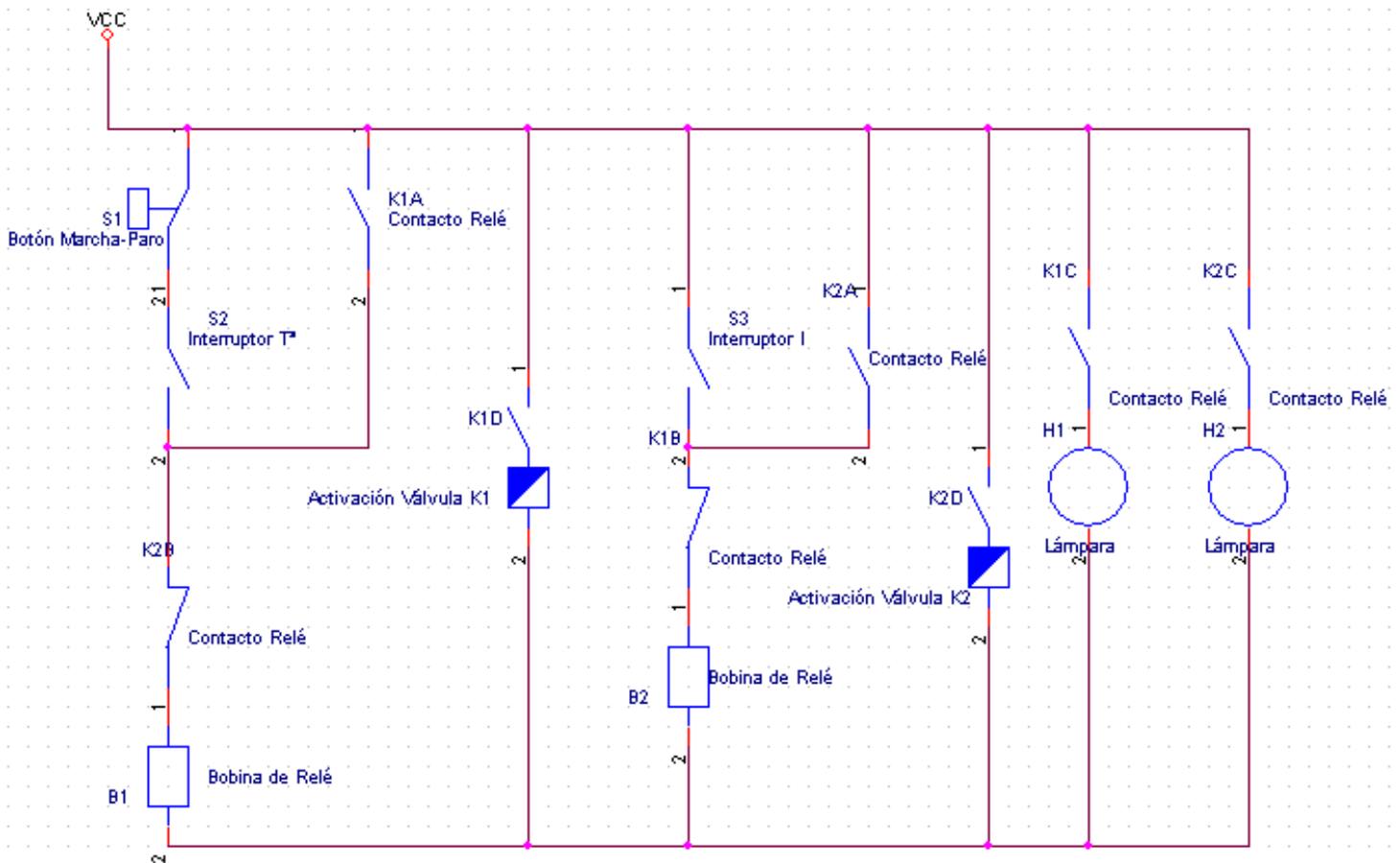
El interruptor está gobernado por un botón que, al ser presionado, desconectará la alimentación del circuito de disparo del transistor y será cuando éste pase a corte. Ese botón será activado por un circuito neumático que entrará en funcionamiento al detectar el PIC el valor anómalo de la variable que sea de rigor.

Además de esto, tendremos dos lámparas, una asociada a la temperatura y otra asociada a la corriente. Se encenderán cada vez que el PIC tome un valor demasiado alto y se implementarán mediante un circuito de relés incompatibles con paso por cero. Es decir, no tendremos en cuenta la posibilidad de que pueda ocurrir al mismo tiempo un exceso de las dos variables cuyos valores estamos controlando.

El esquema se ha realizado con Orcad Capture, creando una nueva librería donde se incorporan los componentes y su simbología normalizada: relés, contactos, interruptores, lámparas.

Para un relé de tres contactos se ha utilizado la vista normal para el contacto normalmente abierto, la vista *convert* para el normalmente cerrado y tres *partes por package* (o incluso cuatro) para cada uno de los contactos.

A continuación podemos ver el esquema y la explicación de su funcionamiento.



El sensor de Temperatura y el de Intensidad están conectados a sendos contactos a la salida del PIC que se activarán (uno u otro) dependiendo de lo que ocurra (S2 y S3). Si hay exceso de temperatura se alimentará la bobina del relé K1, enclavándose la misma por el contacto número uno, abriendo el contacto número dos (impidiendo así la alimentación de la bobina 2, destinada al otro fallo) y encendiendo la lámpara de fallo de temperatura por el contacto 3, además de activarse el cilindro neumático que activa el interruptor de paro de carga. El apagado de la lámpara se produce de forma manual, pulsando S1. De esta manera se obliga a que alguien vea que ha ocurrido algo antes de continuar cargando la batería, ya que el fallo detendrá la carga.

Ocurre igual con el fallo por intensidad elevada. El sensor detectará el evento pulsando I, alimentando la bobina K2, impidiendo la alimentación de K1 y encendiendo la lámpara 2, activando también la válvula neumática K2. El apagado se producirá de la misma manera.

Asimismo incorporaremos un cuarto contacto, tanto en K1 como en K2, para que, en el cilindro neumático, se pilote la válvula de alimentación y así el cilindro pulse el botón correspondiente para que el diodo de potencia entre en estado de bloqueo. Abrimos así el circuito principal del cargador de baterías e impedimos que se continúe cargando. El

circuito neumático se implementará como una OR, esto es:

Mientras se detecte que K1 ó K2 están activos, la válvula de alimentación V1 hará que por un lado de la válvula que nos permite ejecutar la operación lógica OR entre aire y así el vástago del cilindro presione el botón, impidiendo que el interruptor esté cerrado.

K1 activará el cilindro neumático por exceso de temperatura y K2 lo hará por sobrepasar la corriente máxima permitida. Cuando ocurra uno u otro evento se enviará la señal electroneumática a la válvula correspondiente, V1 (pilotada por K1) ó V2 (pilotada por K2). Al ser una OR lógica, cualquiera de las dos señales es válida para que el vástago del cilindro salga y se presione el botón de detención de carga.

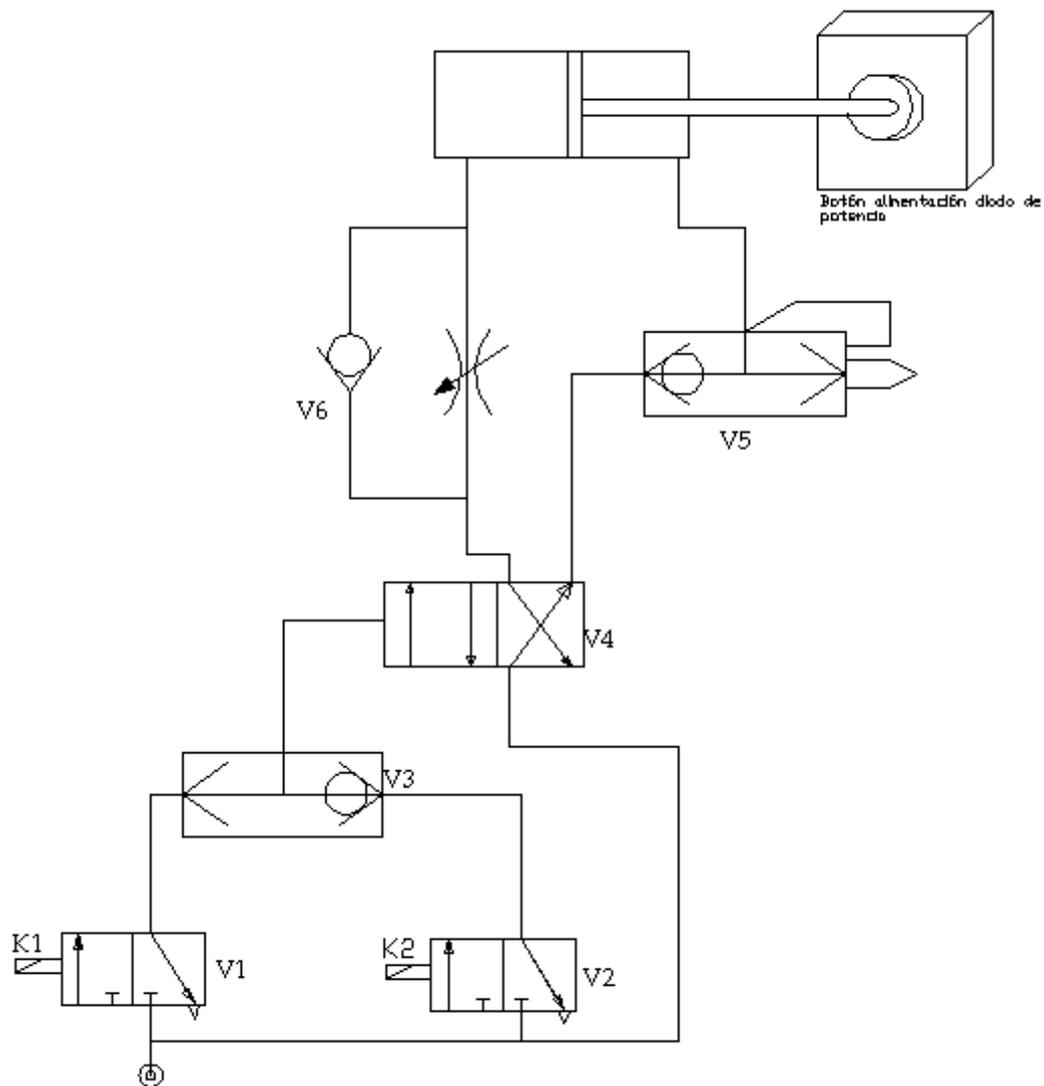
Dado que pretendemos pulsar un botón nos debemos asegurar de que el vástago del cilindro salga con la velocidad suficiente para asegurarnos de que el botón es presionado. Las características de nuestro actuador serán las siguientes:

- Cilindro 1.0: Presionar el botón.
 - Carrera: 200 mm
 - Tiempo de avance: inferior a 0'4 segundos.
 - Coeficiente de fricción dinámico – aire: despreciable.

Válvulas utilizadas:

- >>Válvulas 3/2.
- >>Válvula selectora (función OR lógica).
- >>Válvula antirretorno estranguladora.
- >>Válvula 4/2 para el gobierno del cilindro.

El esquema se ha realizado con AutoCAD, y tendremos dos circuitos neumáticos en nuestra caja, uno para desactivar el circuito por alta temperatura (el circuito será activado por la válvula gobernada de forma electroneumática, K1) o por alta intensidad de corriente (el circuito será activado por K2).



Como ya se apuntó, esta instalación es tratada como un *bloque aparte*, como un sistema automático que detenga la carga, ya que este circuito se encarga de funcionar únicamente cuando hay anomalías. Aun así el circuito neumático irá *directamente* asociado a un interruptor cuya función será detener la alimentación del diodo (interruptor que podría ser pulsado manualmente en cualquier momento, de ahí que busquemos este bloque para automatizar la detención de la misma). Es el interruptor que pulsará el cilindro cuando salga, para que la carga se corte, y que dejará de pulsar cuando se recojan, o sea cuando K1 ó K2 dejen de detectar el fallo, para que la carga vuelva a su cauce normal.

Cilindro neumático: ISO 15552 tubo perfilado



Válvulas V1 y V2:

- Fabricadas para funciones neumáticas 3/2 (normalmente abierta o cerrada, 5/2 y 5/3 (centros abiertos, centros cerrados y centros en presión).
- Simple o doble pilotaje eléctrico (5/2).
- Sistema de corredera con junta NBR.
- Roscas de 1/8" y 1/4".
- Construcción robusta y resistente.
- Buen tiempo de respuesta y frecuencia de ciclo.
- Gran caudal.
- Bajo consumo eléctrico.



Válvula de escape rápido:



Válvula reguladora de caudal:

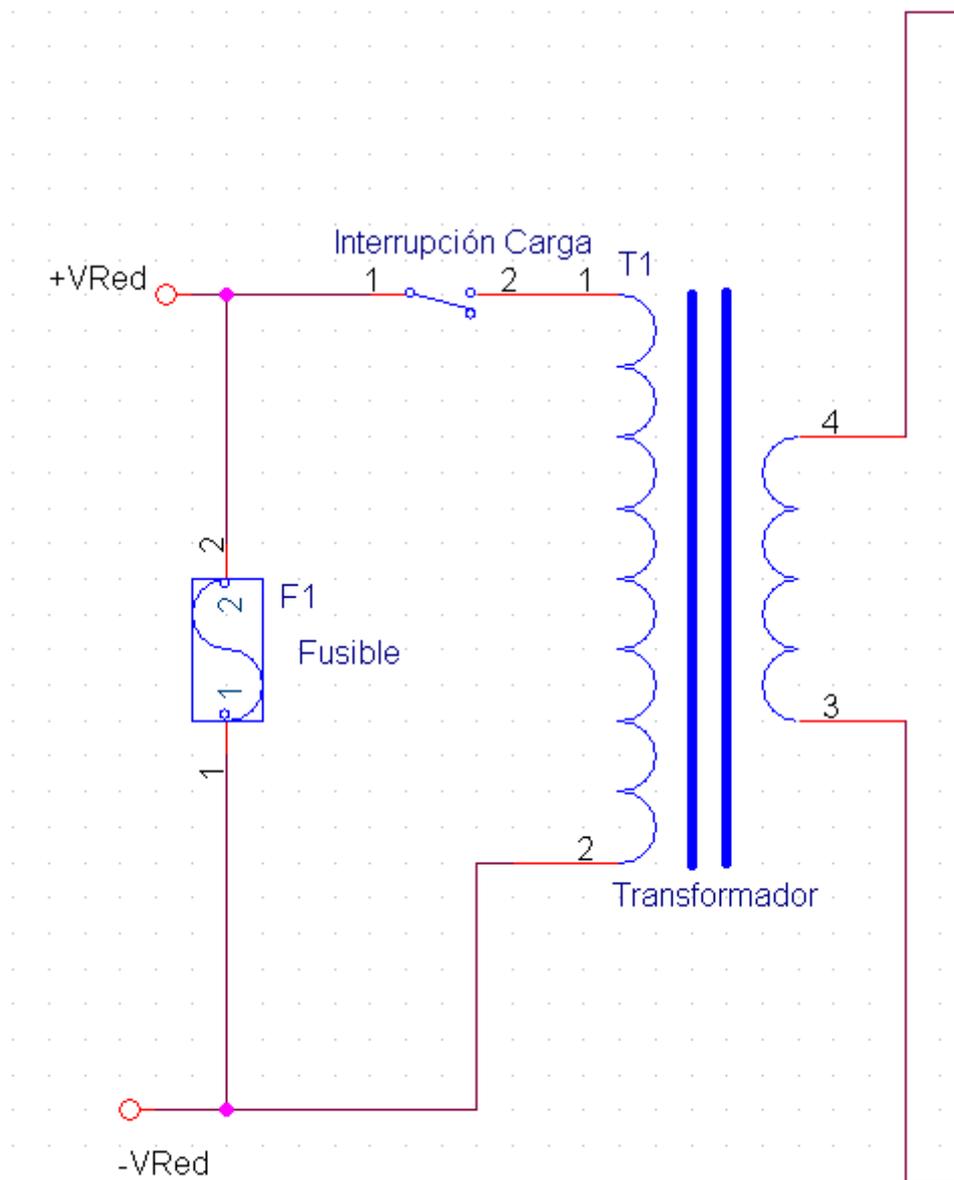


Documentación:

http://www.aircontrol.es/es/productos/productos_categoria.php?category=1

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/valvula-neumatica-63263.html>

A continuación mostramos el circuito rectificador con un interruptor en el primario. Cuando esté abierto, evidentemente no pasará corriente:

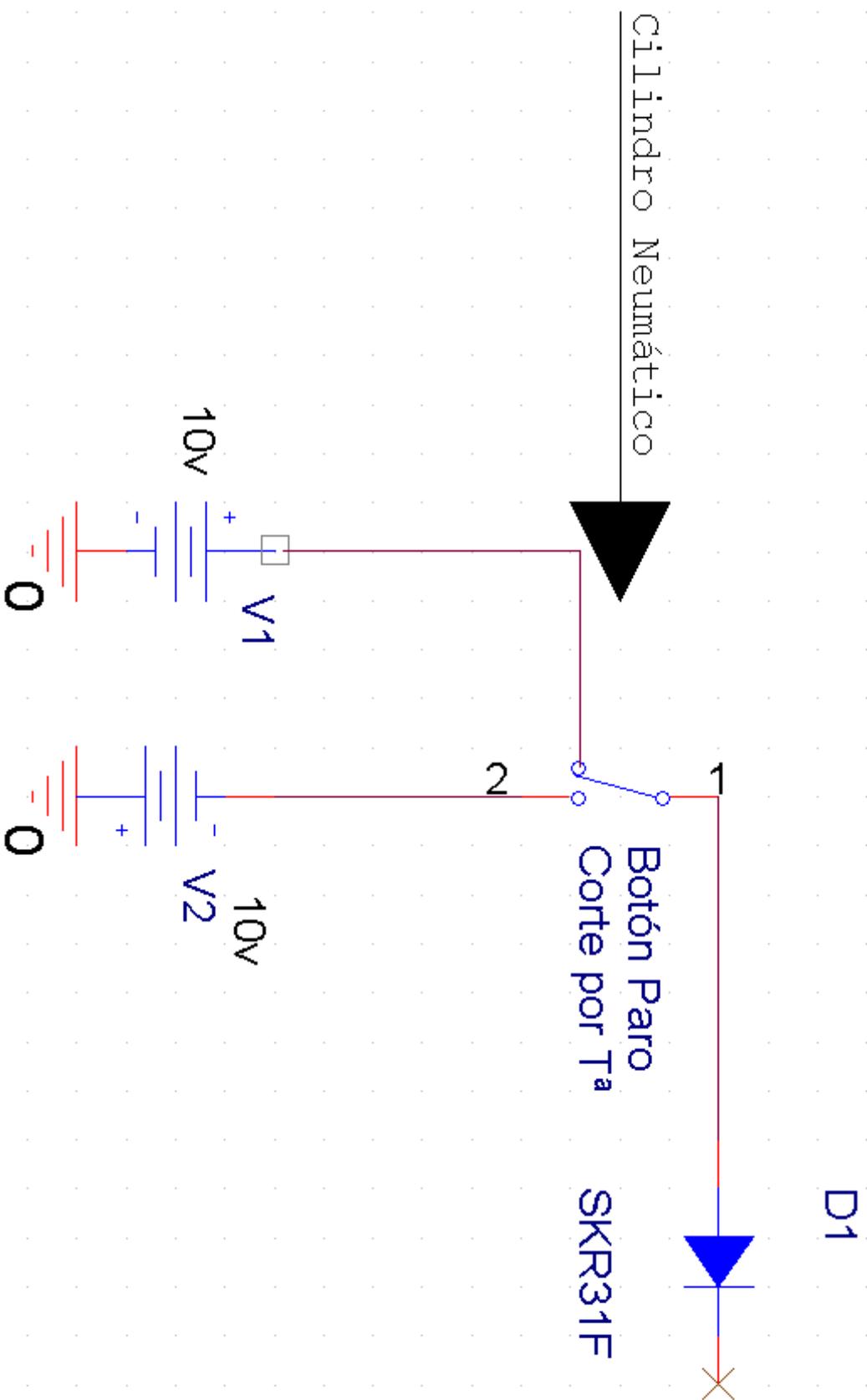


El interruptor es un diodo de potencia. El objetivo es hacer que ese diodo deje de conducir cuando el sistema ha detectado el fallo (bien alta temperatura, bien alta intensidad; al detectar baja tensión no hay *ningún problema*, por decirlo así, simplemente puede deberse a fallos de alimentación que habrá que subsanar). Al detectar el fallo se han activado las lámparas y las alarmas pertinentes, además de activarse el circuito neumático. El cilindro va a presionar un botón que hará que el diodo quede polarizado en inversa.

Ahora vamos a ver el circuito estándar de conducción de un diodo de potencia. Normalmente se utilizan dos fuentes de tensión, una directa y otra inversa, para proporcionar al ánodo del diodo la tensión necesaria para que éste conduzca.

Cuando salte el sensor de temperatura el cilindro presionará un botón que hará que sea la fuente inversa de tensión la que polarice al diodo de igual forma, dejando de conducir y quedando el conjunto en circuito abierto. El botón hace las veces de interruptor en una caja dentro de la cual tenemos el circuito de disparo del diodo de potencia, cuyo funcionamiento viene determinado por ese mismo botón.

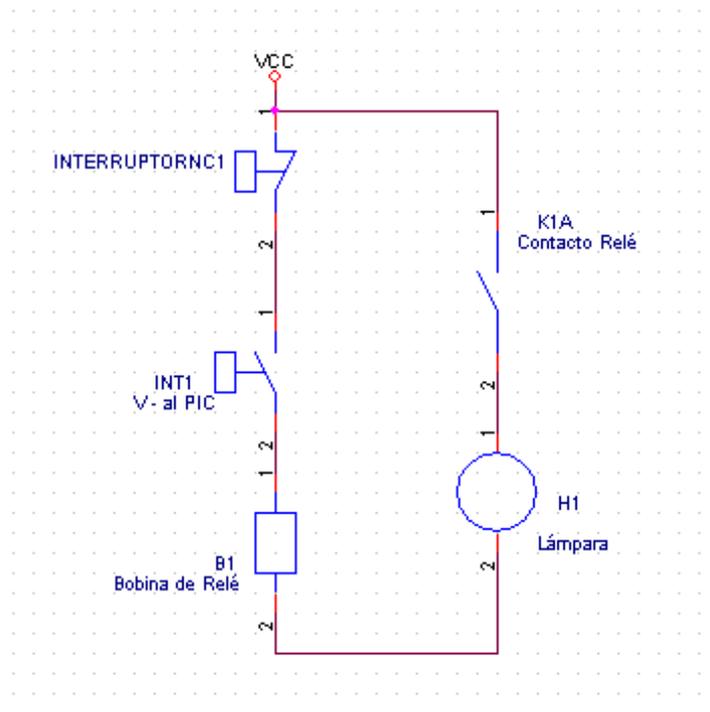
El diodo seleccionados, *SKR31F*, soporta una tensión en bloqueo muy alta, de hasta 1200 voltios, y una corriente en conducción de hasta 31 amperios.



3.3.2. Tensión baja. Indicador luminoso.

El circuito siguiente se activará cuando la salida correspondiente del PIC alimente el interruptor INT1.

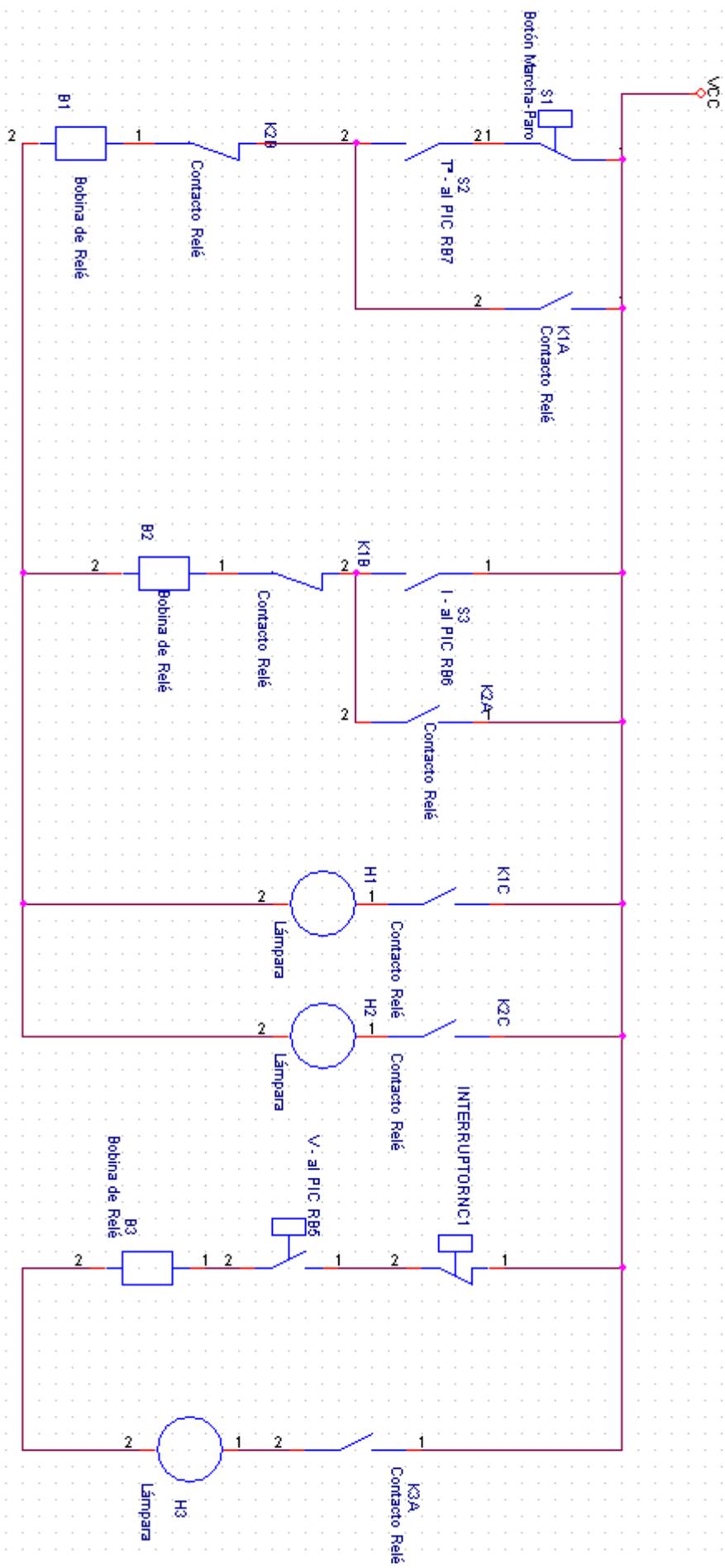
Para este circuito utilizaremos el circuito de automatismos eléctricos conocido como "circuito de encendido con retención":



Como en el caso de Temperatura e Intensidad, el apagado se realiza pulsando un interruptor normalmente cerrado [INTERRUPTORNC1] a fin de que una persona se dé cuenta de que algo ha sucedido: en este caso, hay una tensión muy baja en nuestro cargador de baterías (inferior a 12 voltios) y eso puede resultar insuficiente para la correcta carga del mismo.

Así pues desde el PIC sale el contacto INT1 que se activará cuando se detecte este fallo por baja tensión, alimentando la bobina del relé B1. Esto hará que el contacto K1 se cierre y la lámpara se encienda. Cuando alguien vea el fallo, presionando el interruptorNC1 la lámpara se apagará.

El bloque completo de automatismos quedará de la siguiente forma:



Funcionamiento Resumen:

>>S1 – Paro Manual del circuito.

>>S2 – a RB7 – conecta automáticamente por alta temperatura (superior a 155°C) – alimenta Bobina 1 – alimenta contactos K1 – enciende lámpara H1 – pilota válvula neumática K1 – cilindro pulsa botón – polarización inversa diodo de potencia – detención de la carga.

>>S3 – a RB6 – conecta automáticamente por alta corriente (superior a 40 A)– alimenta bobina 2 – alimenta contactos K2 – enciende lámpara H2 – pilota válvula neumática K2 – cilindro pulsa botón – polarización inversa diodo de potencia – detención de la carga.

>>Botón V – al PIC RB5 – conecta automáticamente por baja tensión (inferior a 12 v) – enciende lámpara H3.

COMPONENTES:

>>Dos interruptores de Marcha – Paro.

>>Tres interruptores automáticos.

>>Tres relés.

>>Tres indicadores luminosos.

>>Seis válvulas neumáticas.

>Dos válvulas 3/2.

>Una válvula selectora.

>Una válvula 4/2.

>Una válvula de estrangulamiento de caudal.

>Una válvula de escape rápido.

>>Un cilindro de doble efecto.

>>Generador de aire comprimido.

>>Tubo para la conducción del aire comprimido (un metro en total).

Dado que nuestra instalación es pequeña, no necesitaremos gran cosa para ponerla en marcha. Utilizaremos los siguientes elementos, los cuales deben ser pequeños, adecuados al tamaño de nuestra instalación y su objetivo final (manipular de manera automática un botón).



Compresor de aire de pistón sin aceite refrigerado por aire (estacionario) 150 - 587 l/min | A-O series: trabajan con alta potencia y fiabilidad con una o dos etapas, refrigeración por aire, y accionamiento directo.



Dimensión aproximada: unos 30 cm de largo.



Para encontrar un **depósito de aire comprimido** a medida del tamaño de nuestra instalación, hemos buscado en diversos fabricantes y el que más se adecúa a nuestros propósitos es un depósito de *Worthington Creyssensac*, cuyos depósitos almacenan un mínimo de 90 litros y un máximo de 5000. Cogemos el más pequeño de todos, el de 90.



En cuanto al secador, optamos por el fabricante VMECA, con el sistema "water free" cuyas características detallamos a continuación:
(1) Excelente capacidad de retirada de agua hasta el 99%

(2) Sin filtro de recambio.

(3) Poca pérdida de presión.

(4) Sin pérdida de rendimiento con el tiempo, manteniendo el caudal y la proporción de humedad.

(5) Diseño simple, sin partes móviles .



Filtro regulador para aire comprimido
max. 100 dm³/s, max. 10 bar | Bxx series:

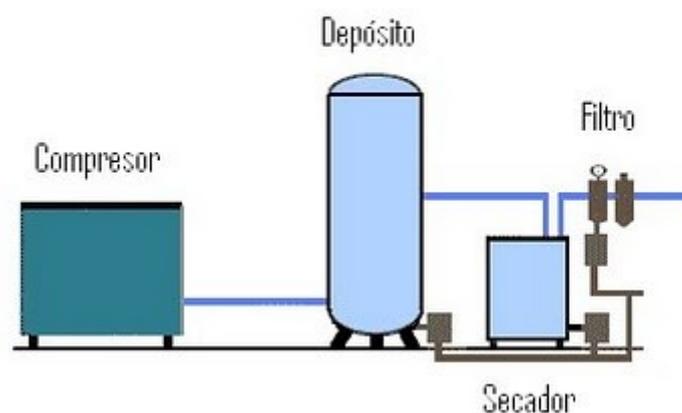
>>Alta eficacia en la eliminación de agua.

>>Excelente ajuste de regulación.

>>Ajuste mediante pomo con bloqueo deslizante .

Todos estos elementos y los anteriormente mostrados nos permiten tener nuestra pequeña instalación neumática para controlar la detención de la carga de forma automática. Aquí se muestra el esquema de conexiones de los elementos.

AIRE COMPRIMIDO



Todo ello irá al circuito neumático diseñado anteriormente.

Elementos utilizados para los automatismos eléctricos:

Relés: necesitamos dos relés de 4 contactos para tratar los fallos por temperatura y corriente. Su función será alimentación de la bobina del propio relé, el enclavamiento, el encendido de la señal luminosa que indica el fallo y la activación del circuito neumático que pulsará el botón, resultado, cuatro contactos. Así pues el modelo que usaremos es el siguiente:



Relay 14 pines, 24 VDC, 4 Contactos, 5 A 40 €

Indicadores luminosos utilizaremos dos: uno de color rojo para el K1 y otro de color blanco para el K2.



DECA SwitchLAB. Colorear la lente disponible.

Dimensión: 22mm

Queda por tratar el circuito que encenderá una luz por detección de baja tensión. Para ello usaremos un indicador luminoso como el mostrado en la anterior imagen y un relé de esta vez tres contactos.



La serie SIS2, SIS3 y SIS3 SEN de 2 y 3 polos son relés con contactos de guía forzada de acuerdo con EN 50205 muy compactos. Además de sus muy pequeñas dimensiones, esta serie de relés destacan gracias a su alta resistencia al choque, alto rango de tensiones de excitación y bajas pérdidas de energía, así como su alta fiabilidad de conmutación debida a sus contactos corona entallados.

- Montaje de contacto 1NO / 1NC o 2NO / 1NC.
- Rango de corriente de conmutación 5mA a 6A.
- Tensión de bobinado de 5VDC a 110VDC (bobinas no estándar disponibles bajo consulta).
- Muy baja excitación de bobinado y capacidad de retención.
- Diseño (LxWxH) 29.2 x 16.6 x 16.5 mm.

Fuentes consultadas: <http://www.directindustry.es/>

Nota adicional acerca del Bloque 3.

No es para nada frecuente ver instalaciones de este tipo en los cargadores de baterías. Dado que es totalmente inusual, me gustaría hacer una pequeña reseña de por qué he decidido hacer esto aquí, dado que también podría exceder el presupuesto y salir más caro de lo que pudiera llegar a ser cualquier otro tipo de circuito electrónico para detener la carga. El motivo que me ha llevado a hacer este tipo de instalación es únicamente el de tratar de incorporar en el Proyecto el mayor número de posibilidades posible, y esto incluye el campo de la Automatización. Así se introducen en mayor grado los conocimientos adquiridos en la carrera no sólo reduciéndose a la electrónica en sí sino también la automatización industrial. Y además de todo eso, la solución al problema de detener la carga no deja de ser original. Se podría haber solucionado más fácilmente (el cuarto contacto del relé de rigor alimenta un interruptor normalmente cerrado y el circuito se abre, simplemente, sin circuitería neumática de por medio, por ejemplo), pero he preferido realizar un apartado algo más complejo para así recordar todos esos conceptos de Neumática y Automatismos vistos en la carrera.

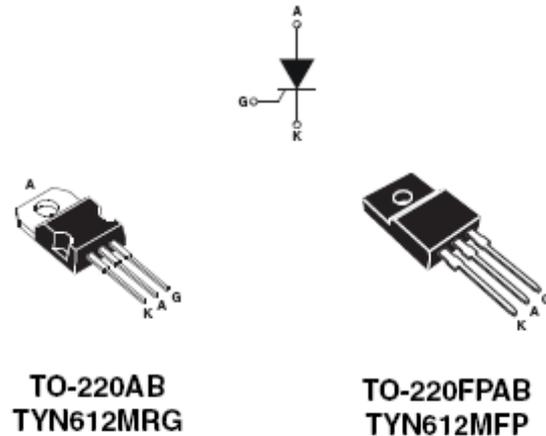
Bloque 4.

Rectificador controlado por SCR y drivers de disparo de los mismos.

1. Rectificador controlado y diagrama de bloques del driver de disparo.

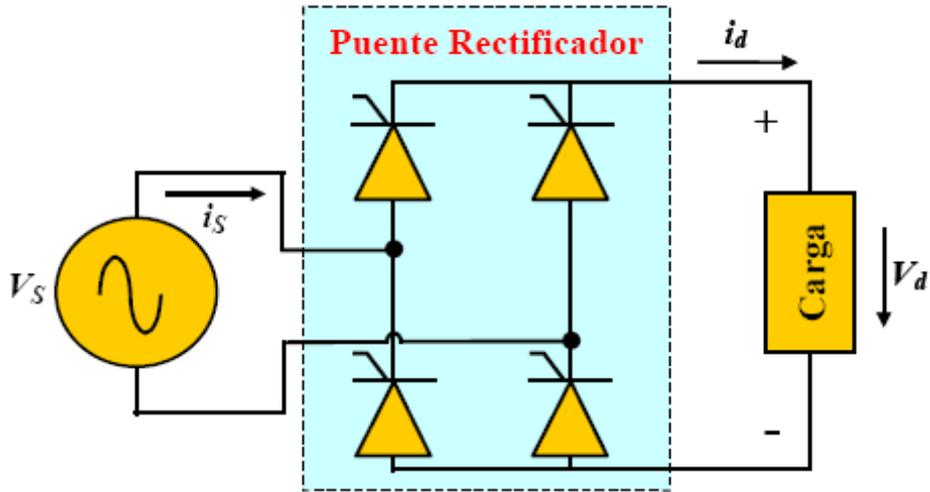
Los rectificadores controlados emplean el tiristor o SCR(rectificador controlado de silicio) como dispositivo de control.

El tiristor es un semiconductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro está en corte(bloqueo directo, bloqueo inverso y conducción directa).



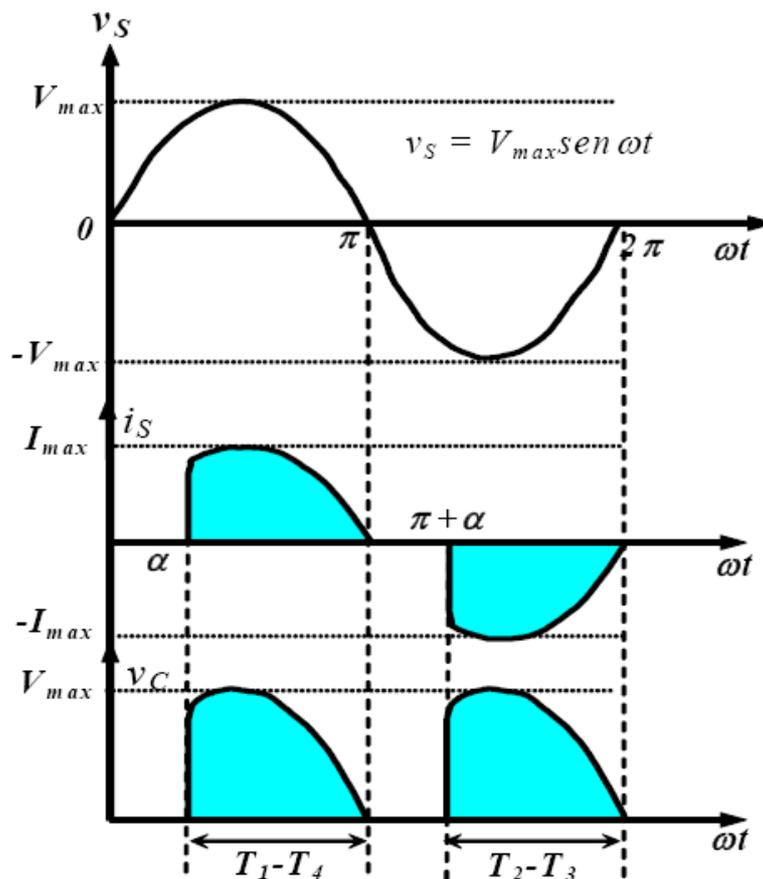
El objetivo del tiristor es retardar la entrada en conducción del mismo, ya que como se sabe, un tiristor se hace conductor no sólo cuando la tensión en sus bornes se hace positiva (tensión de ánodo mayor que tensión de cátodo), sino cuando siendo esta tensión positiva, se envía un impulso de cebado a puerta.

El parámetro principal de los rectificadores controlados es el ángulo de retardo. En los rectificadores controlados se controla el cebado del tiristor y su bloqueo es normalmente natural. Es decir, nosotros tenemos que diseñar el circuito correspondiente, disparando los tiristores cuando lo estimemos oportuno, atendiendo a las condiciones finales del diseño del rectificador: batería de 48 voltios y una potencia de 1500 vatios.



Los tiristores T1 y T4 conducirán durante el semiciclo positivo de la entrada, y los tiristores T2 y T3 en el negativo. Eso quiere decir que los tiristores se dispararán de dos en dos con un ángulo de fase α retardado a partir del paso por cero de la tensión de entrada. Tensión media en la carga y formas de onda del rectificador controlado.

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_{max} \sin \omega t \, d\omega t = \frac{1}{\pi} V_{max} (-\cos \pi + \cos \alpha) = \frac{V_{max}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$



Para un ángulo de disparo nulo de los tiristores:

$$V_{dc} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$$

Tensión eficaz en la carga:

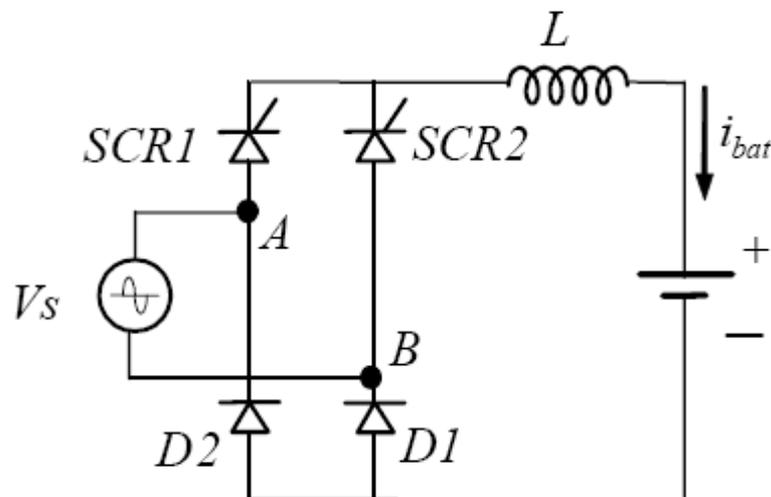
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (V_{\max} \sin \omega t)^2 d\omega t} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}\sqrt{\pi}} \sqrt{\left[(\pi - \alpha) + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right]}$$

Intensidad media en la carga:

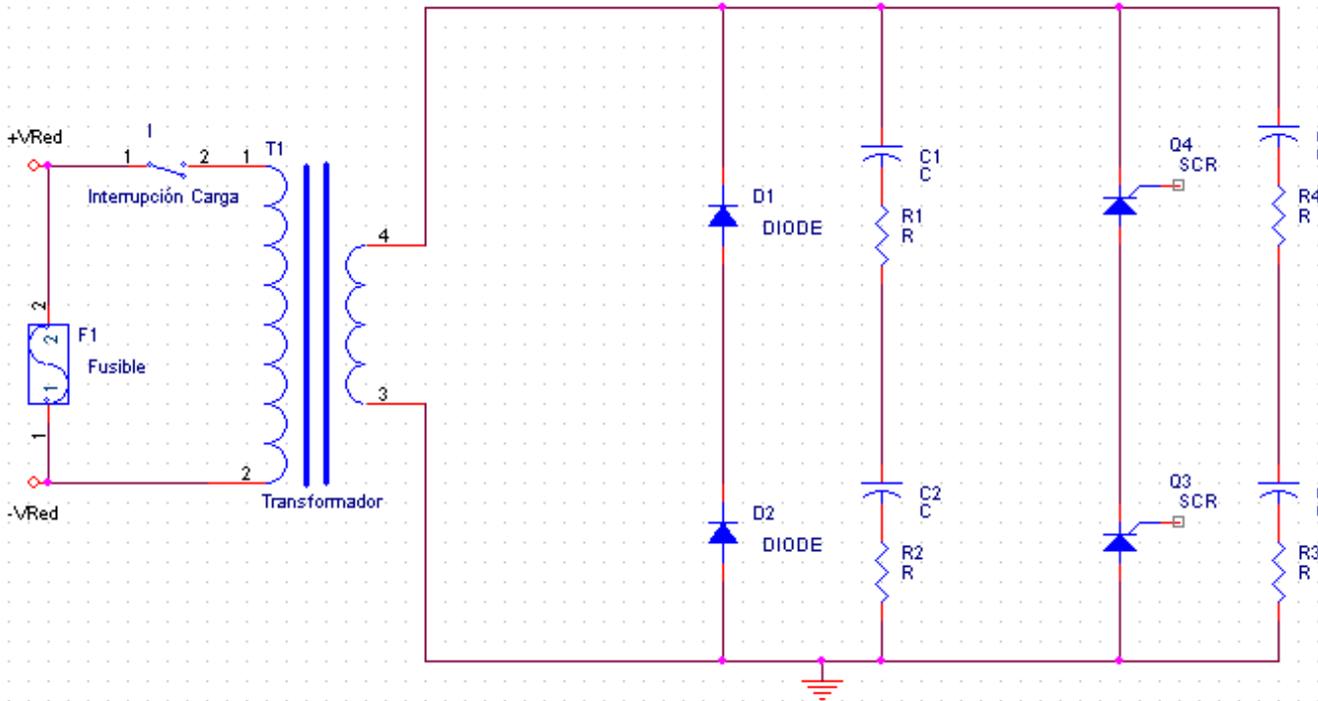
$$I_{dc} = \frac{I_{\max}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Una de las aplicaciones más comunes de los rectificadores son los cargadores de baterías. La idea es transformar energía de CA (red monofásica o trifásica) en CC para cargar baterías.

La siguiente figura muestra el esquema típico para un cargador de baterías con un rectificador semicontrolado como el nuestro.

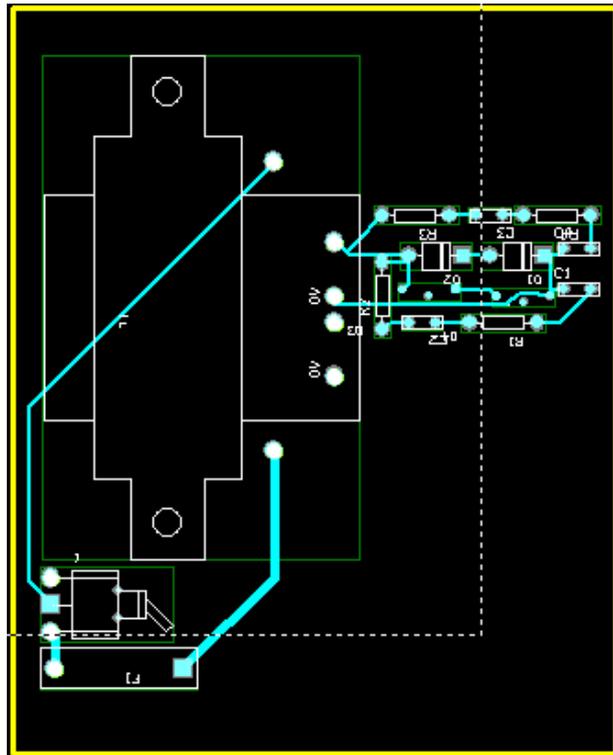


El rectificador para la carga puede ser, en general, de cualquier tipo: controlado, no controlado, monofásico, trifásico, de media onda o de onda completa, etc., dependiendo de las disponibilidades y necesidades de energía. En nuestro caso es el semicontrolado, y en el presente capítulo se pretende tratar a continuación el driver de disparo de los dos tiristores, puesto que dependiendo del ángulo de disparo de cada uno de los SCR, controlaremos la corriente de carga de la batería y finalmente, la potencia que tendremos: 1500 w. Se suele añadir una impedancia entre la batería y el rectificador, típicamente una bobina, para limitar la corriente y reducir el rizado. Para mejorar la vida de las baterías es necesario realizar un control complejo del sistema, ya sea, en modo tensión o modo corriente, de manera que se optimice el ciclo de carga y se alargue la vida de las baterías. A continuación mostramos el esquemático del rectificador realizado con Orcad Capture y la placa resultante con Layout.

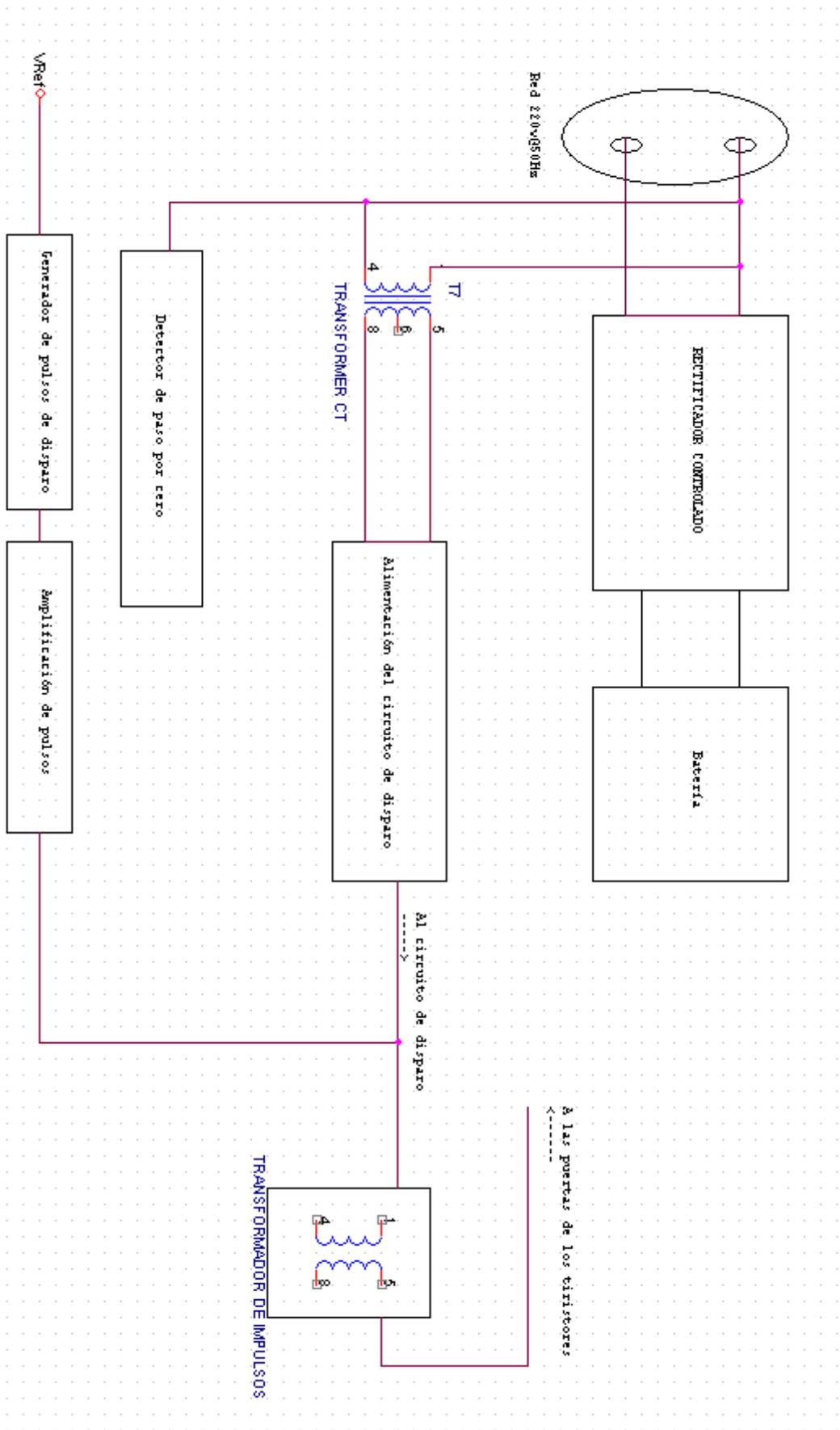


El interruptor señalados como I1 es un botón que servirá para detener la carga de la forma ya explicada en el anterior bloque.

El fusible se incorpora por motivos de seguridad. Desde el rectificador y desde el primario del transformador sacamos una línea que irá a la alimentación del circuito de disparo. Ahí conectaremos las cuatro líneas que irán cada una a un tiristor. Por otro lado, conectado al inicio de este circuito de alimentación, conectaremos el detector de paso por cero. El objetivo, que los tiristores no conduzcan durante el paso por cero.



Al anterior esquemático habrá que conectar los circuitos de disparo a los cuales irá conectado el generador de pulsos; a dichos circuitos de disparo conectaremos los transformadores de impulsos y desde esos transformadores de impulsos mandaremos las correspondientes señales de cebado a las puertas de los tiristores. El esquema a seguir será, pues, el siguiente (sin tener en cuenta la etapa de control, que se diseñará en el último anexo):



2. Pulsos de disparo. Ángulo de disparo y su cálculo teórico.

Para el disparo de los dos tiristores que pondremos en nuestro rectificador el circuito resultante es demasiado grande, así que en primer lugar vamos a tratar el disparo de un único tiristor.

Para el correcto disparo de un SCR debemos enviar una señal de cebado a la puerta del mismo, y para ello nos valdremos de una fuente de tensión, **Vpulse**, que colocaremos para alimentar cada circuito de disparo. Podemos poner el periodo, ancho de pulso, nivel de voltaje, tiempo de subida y bajada, y el tiempo de espera de comienzo de onda, es decir, lo podemos utilizar en varios periodos de la señal. Para esto hay que calcular el ángulo de disparo de cada tiristor.

En un rectificador como el nuestro la tensión media es:

$$V_{med} = (2 * V_{pico} / \pi) * \cos(\alpha)$$

La batería está pensada para funcionar a 48 voltios (como máximo) y se carga de forma que absorbe 1500 vatios. Absorbe corriente continua, es decir, aprovecha el valor medio de la intensidad de carga y por tanto el rizado que pueda existir no es empleado para cargar la batería. Según nuestros datos la corriente a suministrar (teóricamente) es:

$$P = I * V \Rightarrow I = P / V = 1500 / 48 = 31'25 \text{ A.}$$

$$I = (V_{med} - E) / R_{load} \Rightarrow 31'25 = (V_{med} - 24) / 2$$

Tenemos una tensión media aproximadamente de 86'5 voltios con una resistencia de carga colocada antes de la batería de 2 ohmios. Con esto, podemos calcular el ángulo de disparo de los tiristores para tener la potencia deseada:

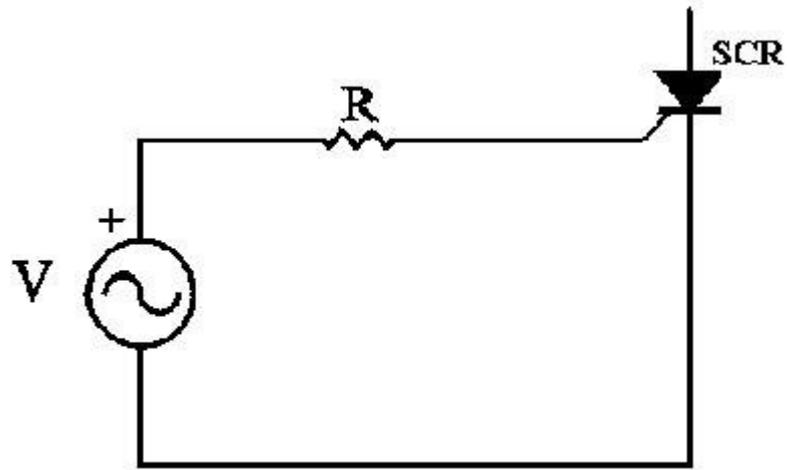
$$V_{med} = 86'5 = (2 * V_{pico} / \pi) * \cos(\alpha) \Rightarrow$$

$$\alpha = \arccos [86'5 * \pi / (2 * 230 * \sqrt{2})]$$

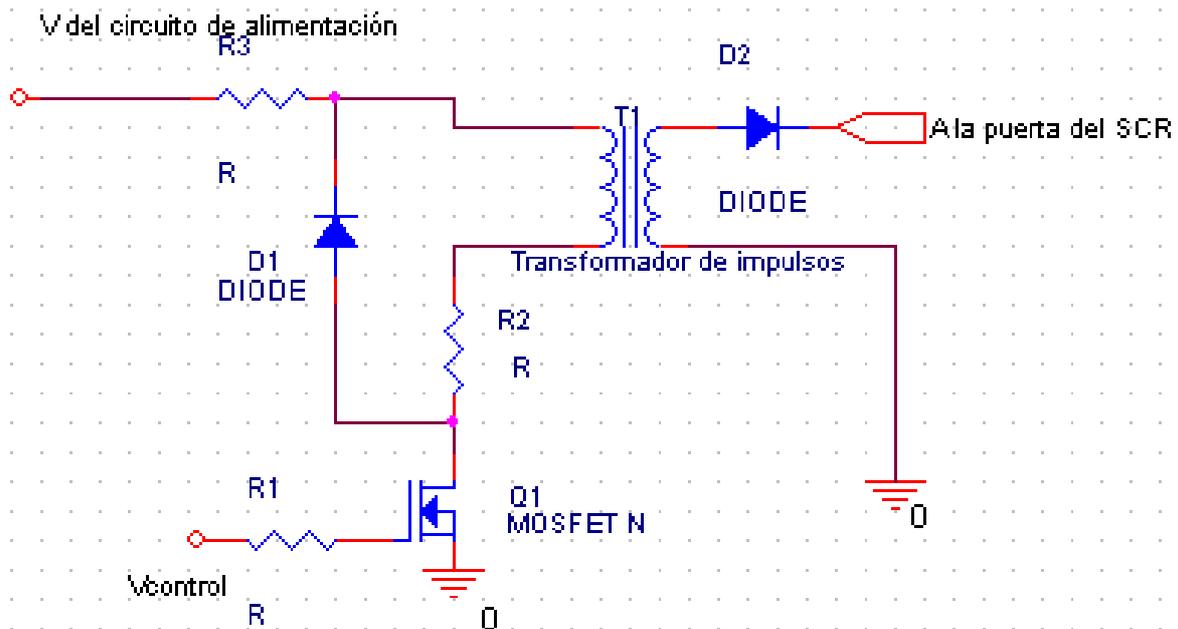
$$\underline{\underline{\alpha \approx 65'31^\circ}}$$

3. Circuito de disparo y transformador de impulsos.

El circuito de disparo más simple posible para un SCR es el siguiente:



Es un circuito muy simple, como se puede ver, y de ahí la necesidad de incorporar un bloque más compacto que incluya los transformadores de impulsos, teniendo un circuito de disparo de un SCR como este:



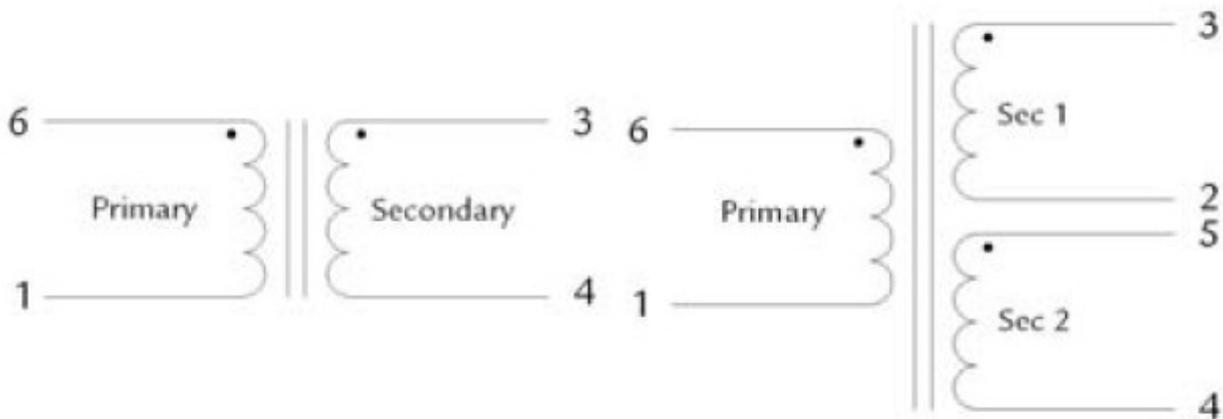
Tendremos dos bloques iguales a éste, los cuales ampliaremos y mejoraremos a continuación teniendo en cuenta unas características de diseño. Vcc es la señal que vendrá desde la salida del generador de pulsos que ha de pasar por el transformador de pulsos. Al MOSFET se conectará una resistencia alimentada con una tensión de control para el cebado de su puerta. El transformador de impulsos es un tipo especial de transformador con respuesta muy rápida (baja autoinducción) destinado a funcionar en régimen de pulsos y además de muy versátil utilidad en cuanto al control de tensión 220 V. Los disparos de cada tiristor se ejecutan entre la puerta y el cátodo. Normalmente las tensiones en el cátodo son distintas y por ello se usan los transformadores de impulsos, situados tras los circuitos de disparo de los tiristores, para aislar la señal de disparo. La resistencia limita la corriente en el primario; el diodo en antiparalelo es el camino de descarga de la inductancia del primario. Y el diodo en la puerta protege de corrientes negativas.

La relación en la que trabajan estos transformadores es normalmente 1:1.

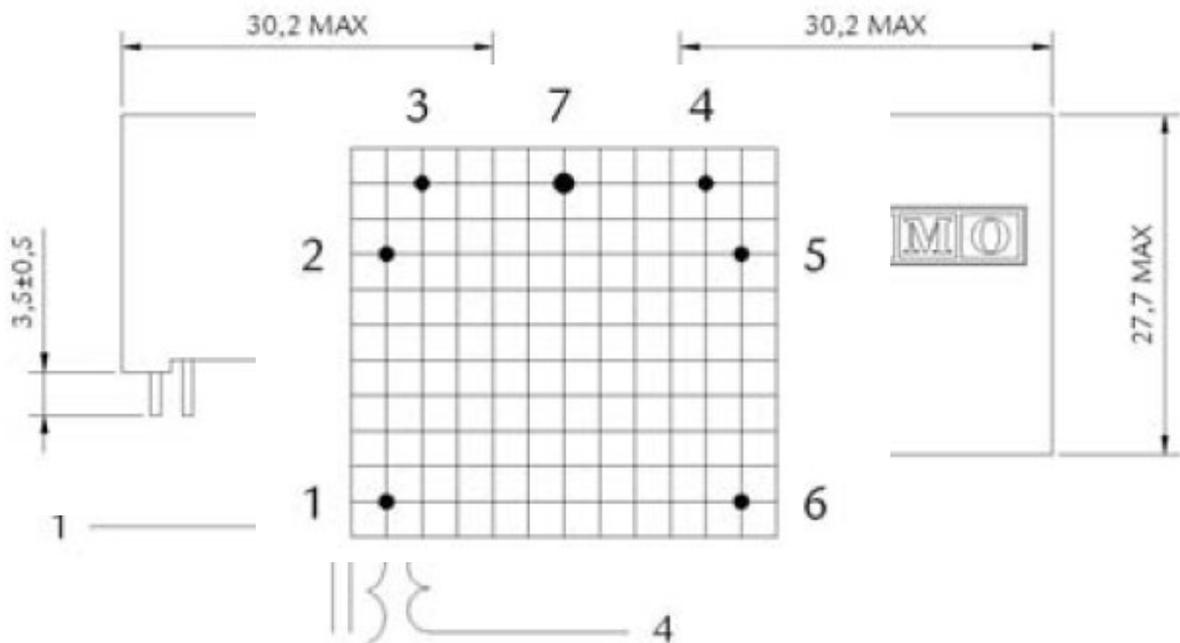
A continuación ofrecemos las distintas configuraciones en las que puede trabajar un transformador de impulsos:

Configuración A

Configuración B



Para simplificar el diseño todo lo posible se ha escogido la configuración A, en la que sólo se usan dos pines en el primario y dos en el secundario. El transformador de impulsos elegido es de la serie Pt – 27 :



Observación: el pin nº 7 no se utiliza en nuestro diseño, pero no está de más reseñar

que su diámetro es de 0'8mm según la hoja de características de que disponemos para la selección de un transformador. Acorde a las dimensiones mostradas habrá que diseñar el PCB correspondiente en Layout. Nótese que las dimensiones, tanto ancho como largo del transformador, son 30'2mm máximo de largo x 21mm máximo de largo x 27'7mm máximo de ancho. Así pues deberemos tener en cuenta estas medidas para el diseño del PCB, así como otras indicadas a pie de página en la hoja de características:

>>Todas las medidas son en milímetros.

>>El diámetro de un pin es de 0'6mm.

>>Los pines sin conexión se eliminan (en ese caso utilizaremos sólo los 4 que son necesarios en nuestra configuración).

>>Puntos de rejilla separados 2'5mm a menos que se indique lo contrario.

>>La tolerancia de los puntos de rejilla es de 0'2mm.

Tendremos pues los pines 1 y 6 para el primario y el 3 y el 4 para el secundario.

Características del transformador (según hoja de datos):

Types	N _P : N _S	$\int Vdt$ (μVs)	R _p Typ (Ω)	R _s Typ (Ω)	L _p (mH) at 10kHz $\pm 30\%$	L _{leak} (μH) MAX	C _c (pF) MAX							
								I _M (mA)	t _r (μs)	R _L (Ω)	V _w (V)	Visol P/S (kVac)	Visol S/S (kVac)	Config
PT 27a10	1:1	1000	0,4	0,4	2,2	8	160	2000	1,5	10	690	4	4	A



Transformador de impulsos

Consideraciones a tener en cuenta para el diseño, tomadas sobre el circuito estándar mostrado antes, para la configuración del disparo con un transformador de impulsos:

>>El circuito equivalente de un transformador de impulsos (para realizar un cálculo teórico) se puede aproximar por una inductancia de magnetización L_m en paralelo con el primario de un transformador ideal de tensión.

>>En un transformador de impulsos la relación de transformación es 1:1, así que por el primario y por el secundario circula la misma intensidad de corriente. Si la corriente necesaria para asegurar el disparo efectivo del SCR es superior a la que puede proporcionar el sistema de control, resultará necesario acoplar el pulso de tensión que se ha aplicado al primario a través de un transistor.

>>Saturación magnética del transformador de impulsos: debemos evitar que se produzca, asegurándonos de que el área temporal de pulso de disparo $V_p \times T_p$, resulte

menor o igual que el parámetro $\int V dt$, especificado en la tabla del fabricante. En nuestro caso:

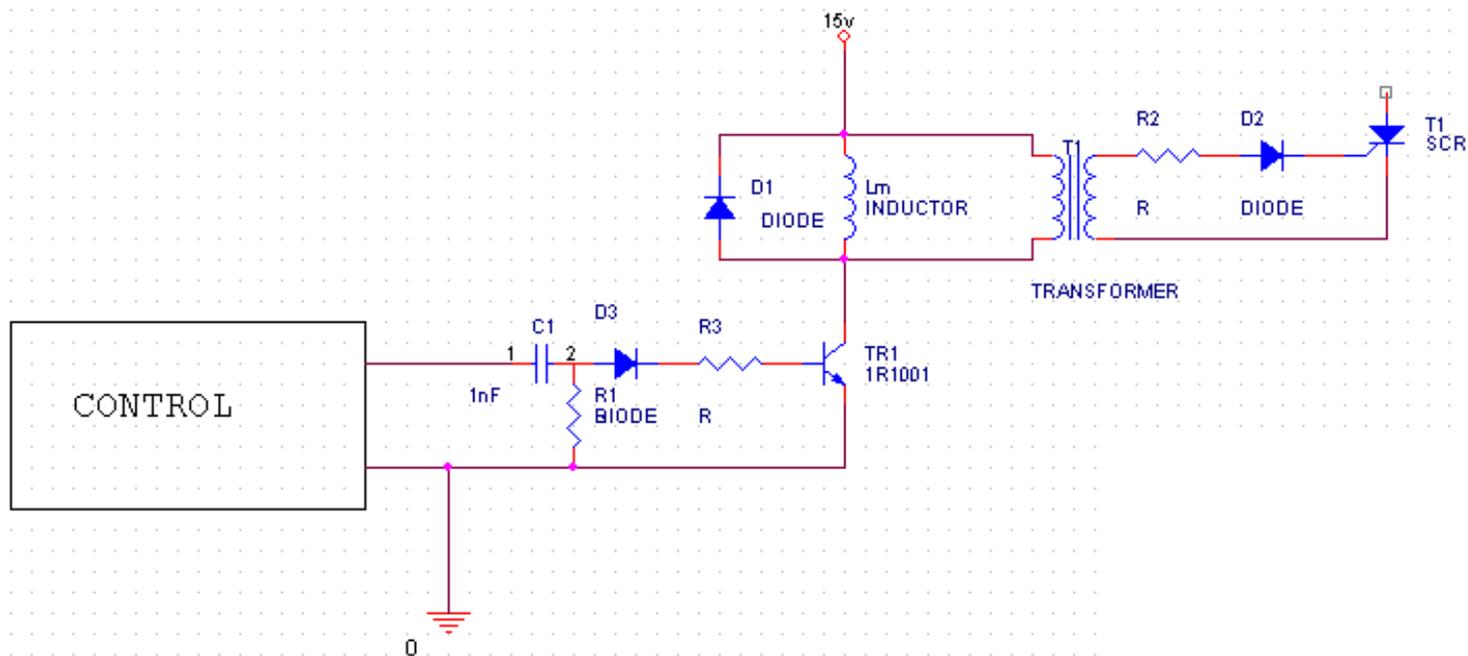
$$\int V dt = 1000$$

Si el tiempo de permanencia en estado alto de la señal de control V_c no asegura el requisito anterior el problema se puede solucionar intercalando un circuito RCD entre el circuito de control y la señal de activación del transistor.

>>Debe asegurarse la desmagnetización del transformador al final de cada pulso de

disparo. Para ello se coloca un diodo señalado en nuestro esquema como D1, en antiparalelo con el primario del transformador, habilitando un camino para la descarga de corriente de la inductancia de magnetización.

>>Durante el proceso de desmagnetización del transformador de impulsos la tensión en el secundario del transformador es negativa, y para evitar la aparición de una corriente inversa en la puerta del SCR se coloca un diodo D2 en serie con el terminal de puerta del tiristor. Teniendo estas consideraciones en cuenta el circuito de disparo final quedaría de la siguiente manera.



Desde el secundario del transformador las líneas irán a las puertas de los tiristores y desde la línea referenciada a masa el cableado se conecta a dos puntos del rectificador, entre los tiristores, como se verá en el esquema.

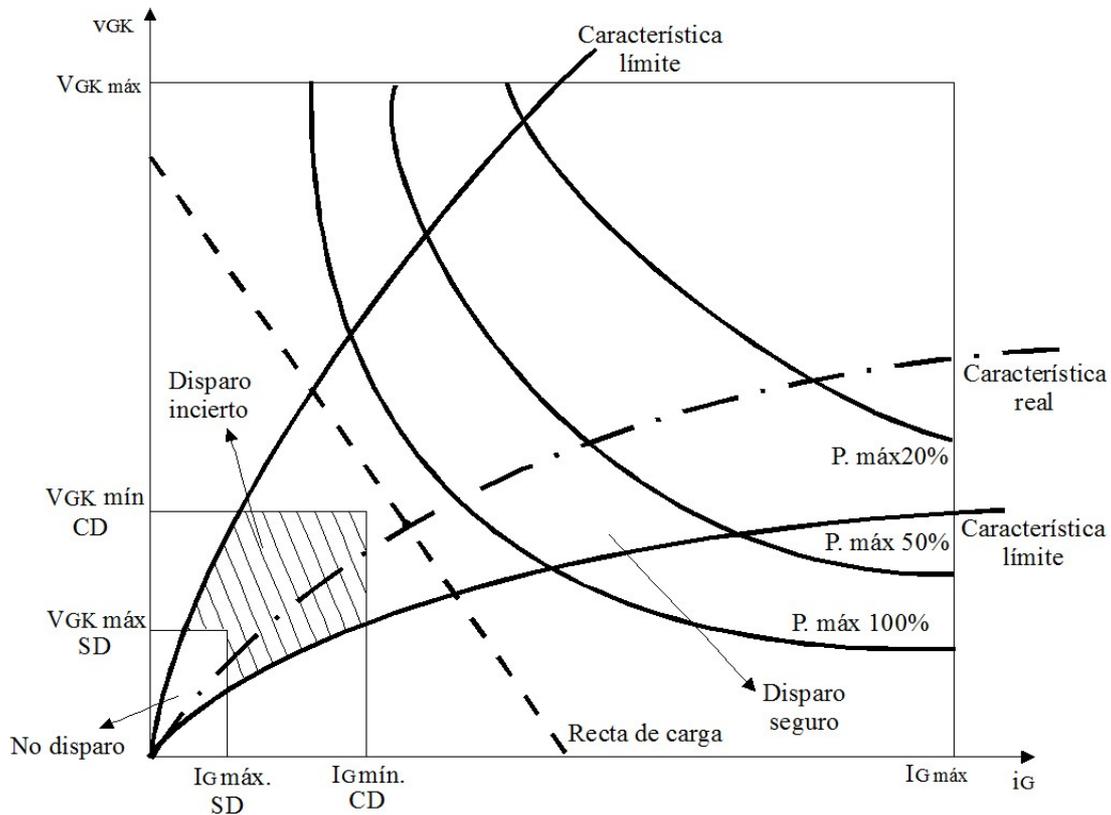
Serán dos módulos como el mostrado, cada uno para un tiristor.

Para determinar el valor de la corriente de base que asegura la saturación del transistor durante el tiempo de permanencia en estado alto del pulso de disparo, es necesario obtener el valor máximo que alcanza la corriente de colector durante ese intervalo de tiempo. Dicha corriente es la suma de las corrientes que circulan por la inductancia de magnetización y por el terminal de puerta del tiristor.

A partir del parámetro $\int V dt = 1000 \text{ V us}$ del transformador de impulsos, puede deducirse el área temporal de pulso del disparo. Es decir, estableciendo una tensión de alimentación $V_{dc}=15 \text{ v}$, la duración temporal del pulso de disparo, t_p , debe ser inferior o igual a 20us . Fijando la duración del pulso de disparo en esos 20us , el valor máximo de la corriente por la inductancia de magnetización será:

$$I_{lm} = V_{dc} * t_p / L_m = 15 * 20\text{us} / 1\text{mH} = 0'3\text{A}$$

Referido al cálculo del valor de corriente de puerta que asegura el disparo efectivo del tiristor, debemos tener en cuenta las características del disparo por puerta procedentes del fabricante. Como ya es sabido la característica de puerta que nos muestra la zona de no disparo, disparo posible y disparo seguro son proporcionadas por el fabricante para cada familia de SCR, así pues la curva IG(VG) de cada uno de los componentes se encuentran entre dos extremas, A y B, como se indica en la figura.

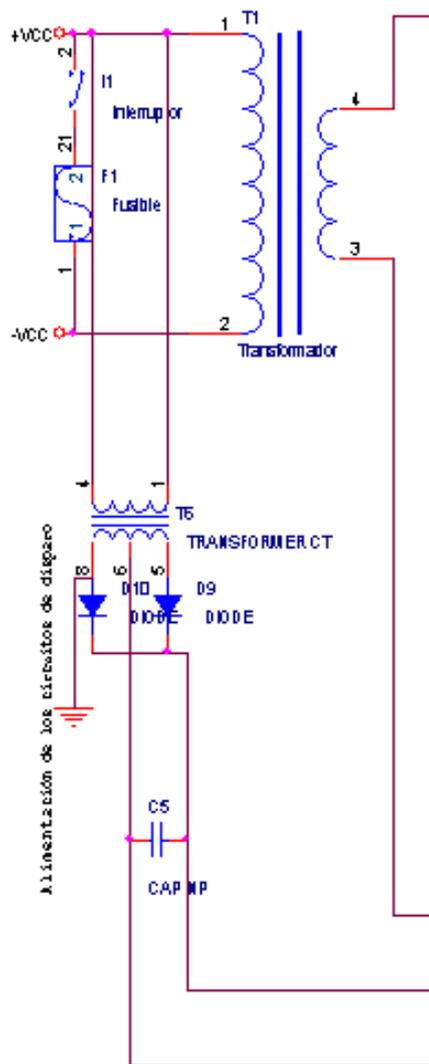


La dispersión de las características de puerta impondrá, para las mismas condiciones de funcionamiento (idéntica V_{dc} y R_G) valores diferentes de la corriente de disparo entre componentes de la misma familia. Para obviar este problema el fabricante especifica los valores de puerta mínimos, para la excitación pulsante suficientemente ancha (superior a 100 μ s) de corriente de puerta, I_{GT} , y de tensión de puerta, V_{GT} , capaces de asegurar el disparo de todos los componentes de la misma familia con una tensión a conmutar entre ánodo y cátodo de unos pocos voltios y una temperatura interna T_j determinada.

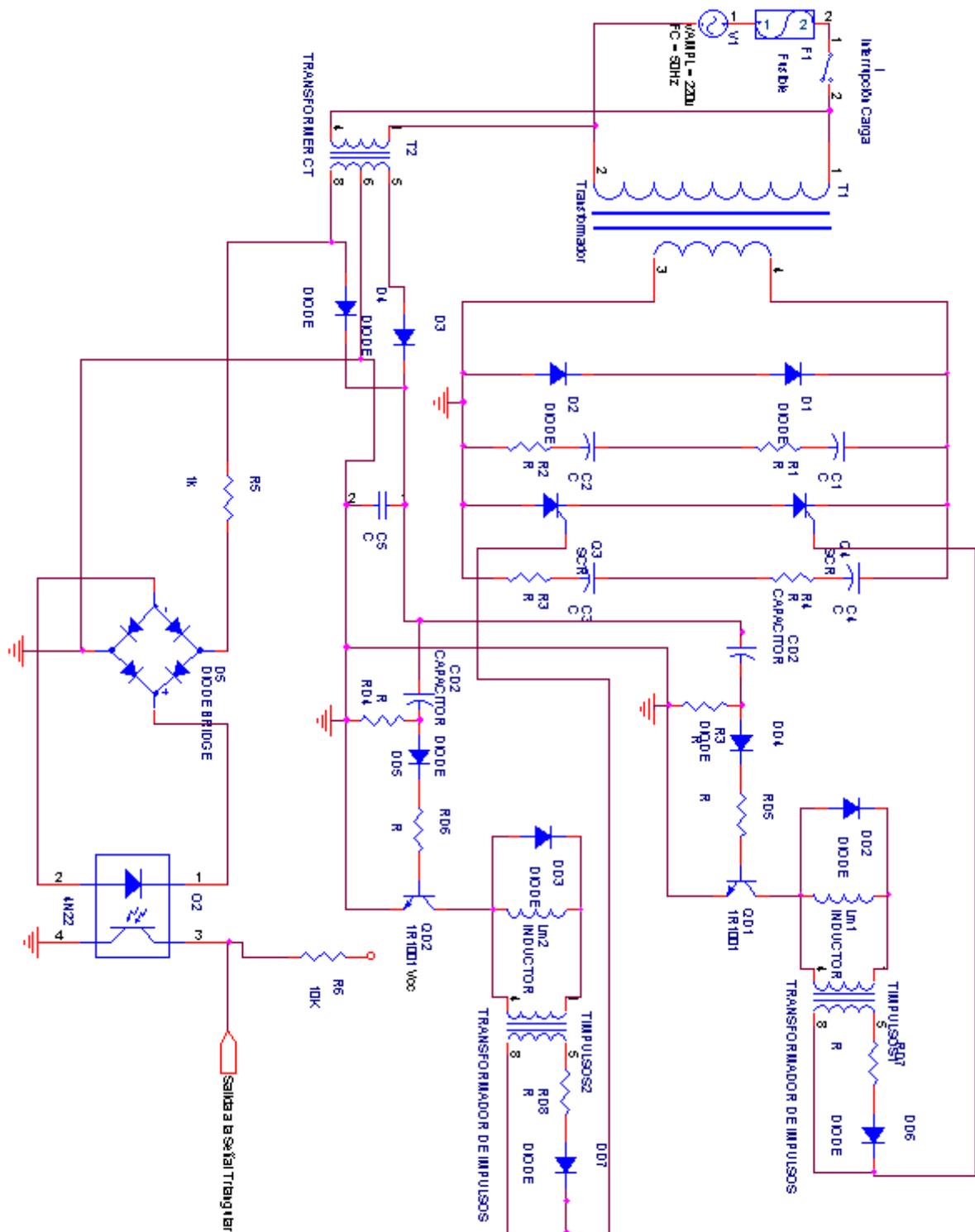
El disparo se provocará teniendo en cuenta el detector de paso por cero. Como se mencionó ya, cuando el circuito pase por cero no habrá disparo. Disposición de componentes:

No obstante, para poder lograr un disparo efectivo con la mayor independencia posible de las características intrínsecas de la unión PN puerta – cátodo y de la temperatura, utilizamos impulsos de disparo en el instante que se requiera la conmutación del dispositivo. Y para ello utilizaremos la fuente V_{pulse} como generador de pulsos, ajustando los parámetros según convenga a nuestro modo de funcionar, como veremos en el bloque de control. Con ella generaremos los pulsos necesarios para el disparo del tiristor. Nuestros tiristores se disparan con pulsos de corriente de puerta estrechos de 20 μ s, con lo que los pulsos deben ser intensos.

A continuación mostramos el módulo de alimentación básica de los circuitos de disparo. A la salida de este, pondremos los circuitos de disparo.



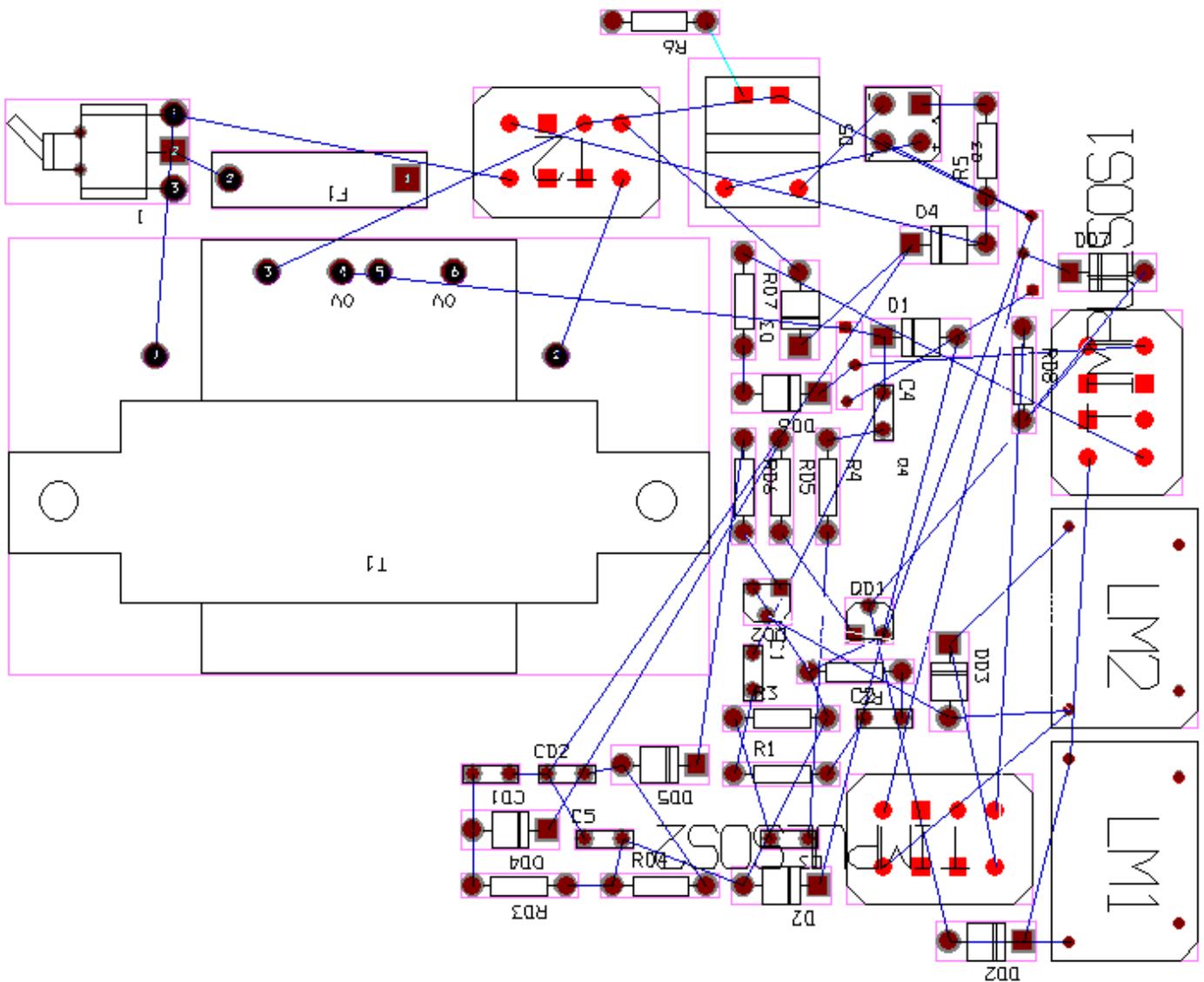
Todo el conjunto de los circuitos de disparo con sus respectivos amplificadores de impulsos, más módulo de alimentación de circuito de disparo (circuito anterior), más detector de paso por cero, todo conectado a nuestro rectificador controlado, quedaría como se muestra:



A esto habría que incorporarle el convertidor diseñado en la parte de control, a continuación: señal triangular a la salida del detector de paso por cero, y de ahí a la señal de control. Desde el bloque de la señal de control meteremos el generador de pulsos para el

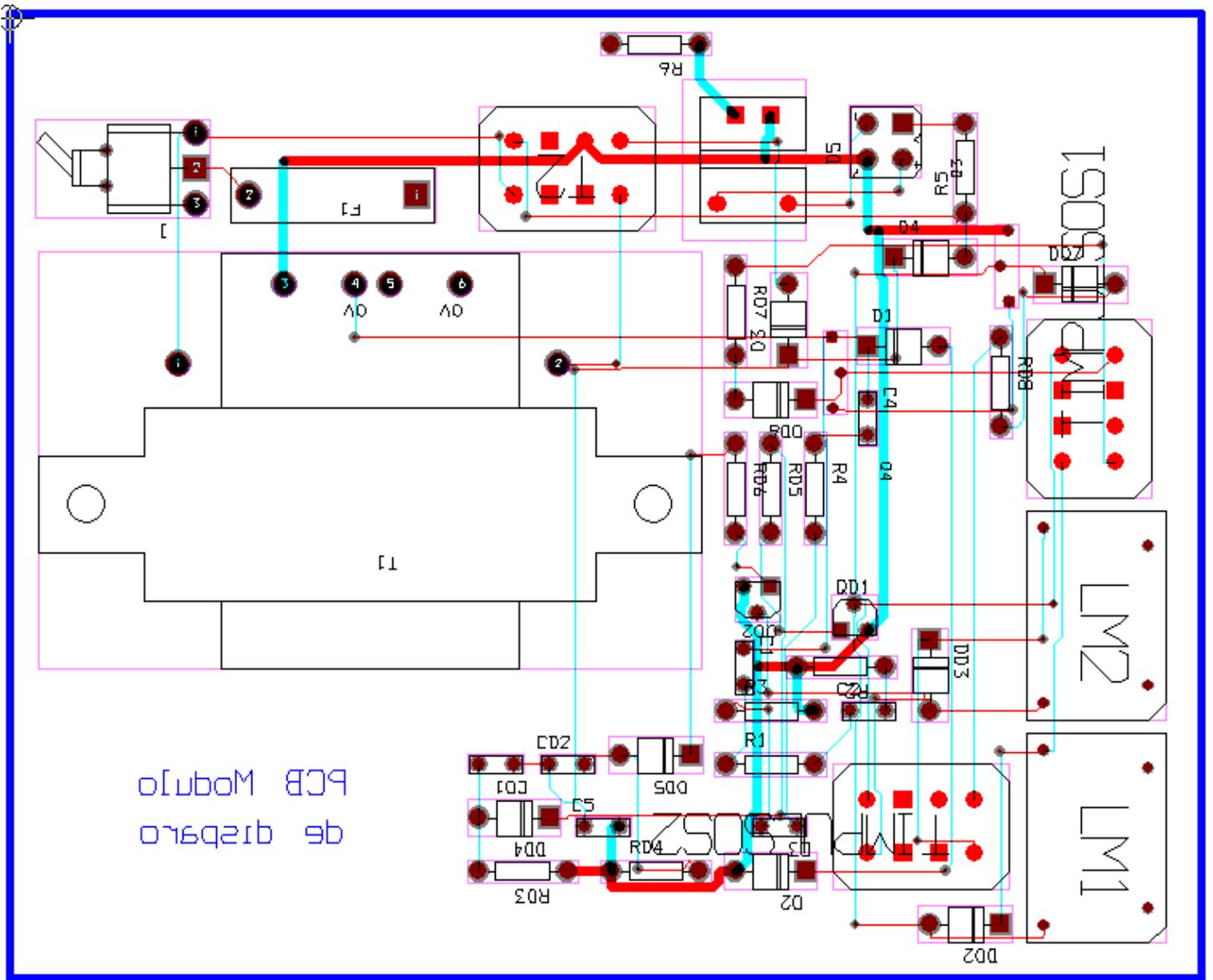
disparo definitivo de los SCR. Con esto se consigue controlar los pulsos. El detector de paso por cero nos dice cuándo son negativos. Éste va conectado al circuito que alimenta los disparos. Así pues cuando se detecte un pulso negativo en nuestro detector de paso por cero, el circuito de disparo no se activará y los tiristores no se dispararán. La placa de circuito impreso nos quedará así con la situación del anterior esquemático. Ante la complejidad de la misma por incorporar rectificador, paso por cero y circuitos de disparo, ruteamos en las capas Top y Bottom con el siguiente resultado.

Situación de los Componentes:



Nota: la *net* que sale del octoacoplador hacia R6 es la salida del detector de paso por cero hacia la señal triangular. Desde ahí se conectará el bloque de control de los pulsos de los disparos.

Ruteo en capas top y bottom. Líneas Vcc y GND: 1'5; resto, 1mm.
Dimensión de la placa: 170 x 138 mm aprox.

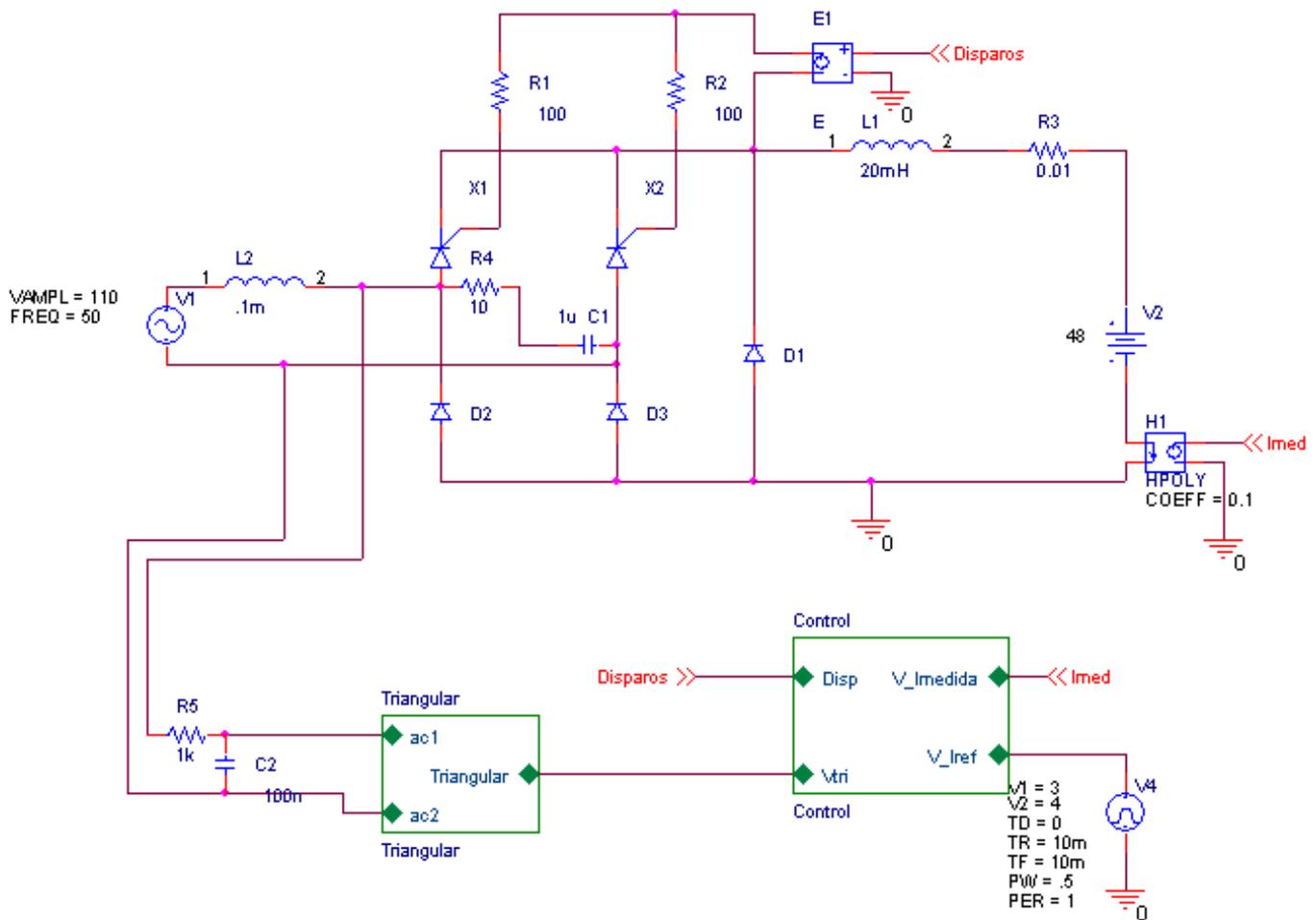


PCB Modulo
de Discreto

Bloque 5.

Etapa de control.

Partimos del circuito siguiente. En él podemos ver, a partir del secundario del transformador, el rectificador y su salida. Podemos ver una serie de elementos y bloques que a continuación se procede a explicar.



>>E1: en este elemento introduciremos los circuitos de disparo explicados en el apartado anterior. Éstos vendrán a la salida del bloque jerárquico de control.

>>H1: este elemento es el que toma las medidas de la salida del circuito. Aquí irán conectados los sensores diseñados en el anexo^o 1. Irán a una entrada del bloque jerárquico de control.

>> Filtro R5 C2. Colocado a la entrada del sincronismo de paso por cero evita que se produzcan picos que confundan al mismo. Recordemos que queremos impedir que los tiristores se disparen cuando haya un semiciclo negativo.

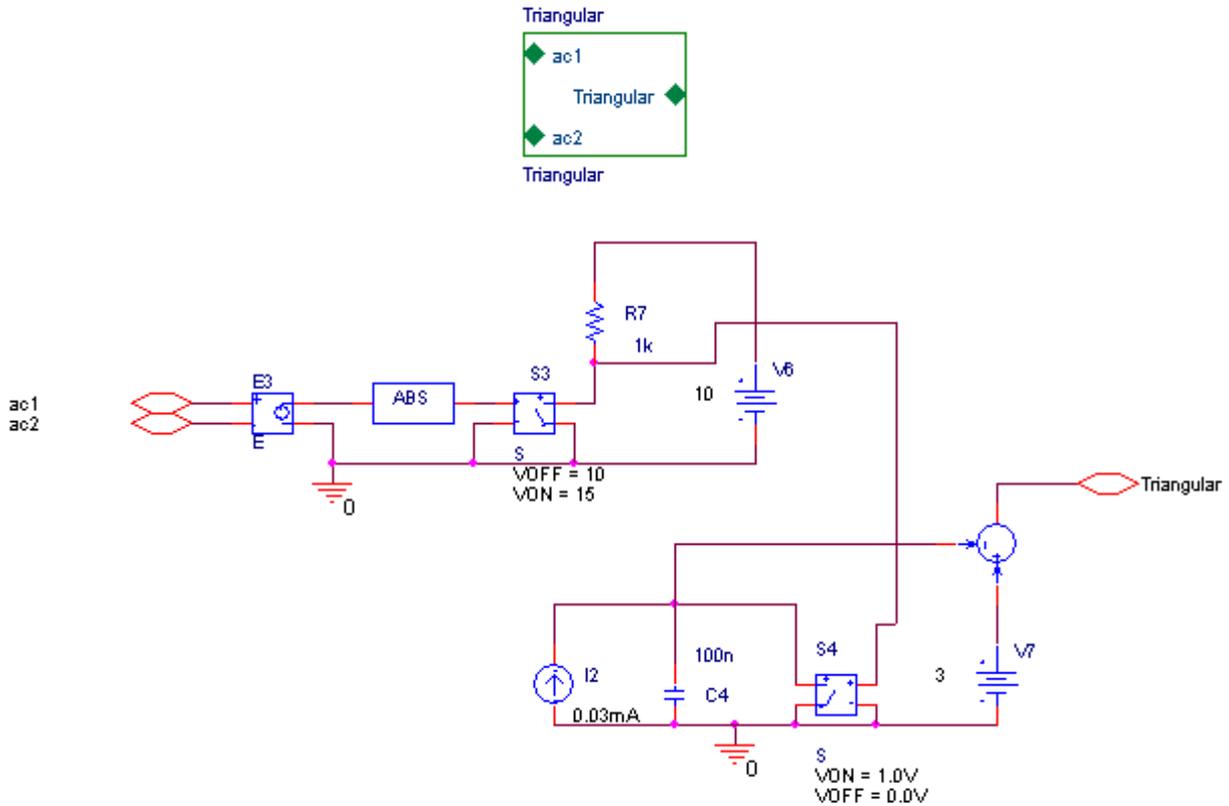
>>Triangular. Bloque jerárquico a cuya salida se produce una señal triangular. Uno de los objetos de esta parte es el diseño del correspondiente circuito analógico con amplificadores operacionales.

>>Control. Bloque jerárquico a cuya salida obtenemos una señal de control. Se diseñará el correspondiente circuito al igual que con la señal triangular, incorporando un PI y transformando todos los bloques en un circuito que, convenientemente ordenado, nos dará la PCB final de este apartado.

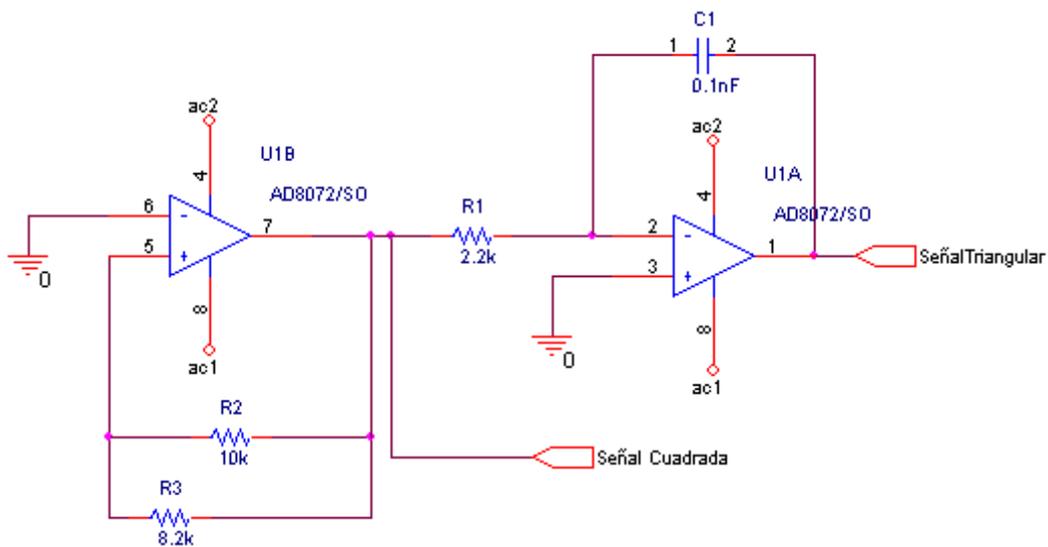
Una señal triangular con una V_p determinada superpuesta a una señal de control con una frecuencia mucho menor a aquella hace que tengamos el mismo caso que en un inversor modulado. La señal triangular fija la frecuencia de conmutación y generalmente se mantiene constante. En nuestro caso la tensión de pico de la triangular es de 3 voltios.

Nuestro objetivo en este bloque será convertir esos dos bloques jerárquicos, así como los circuitos y diagramas de bloques que contienen, en circuitos. Para ello utilizaremos los equivalentes que existen para transformar una función de transferencia cualquiera en un circuito electrónico y nos valdremos de *Ingeniería de Control Moderna, de Katsuhiko Ogata* y más concretamente de la página 270.

a) Circuito señal triangular.



Para implementar correctamente la señal triangular utilizaremos un circuito con amplificadores operacionales. Por un lado el disparador de Schmitt y por otro un integrador, que conjuntamente, a su salida generará la onda triangular buscada en la salida de este bloque jerárquico. La señal cuadrada señalada en la imagen no la utilizaremos.



Circuito 1. Triangular.

Hay que tener en cuenta que V_{pp} de la triangular es de unos 2'5 voltios.

Se muestra un circuito oscilador de onda triangular construido con amplificadores operacionales (TL082).

El primer operacional trabaja como circuito Schmitt, el otro como integrador.

La salida del circuito Schmitt genera una onda cuadrada e ingresada al integrador. El integrador entrega una onda triangular. Es necesaria una fuente de alimentación negativa y positiva. También R_2 debe ser mayor a R_3 . Si R_2 y R_3 son de valores aproximados es mejor, pero R_2 debe ser distinto a R_3 .

Se ha calculado que:

$$R_1=2,2k$$

$$R_2=10k$$

$$R_3=8,2k$$

$$C_1=0,1\mu F$$

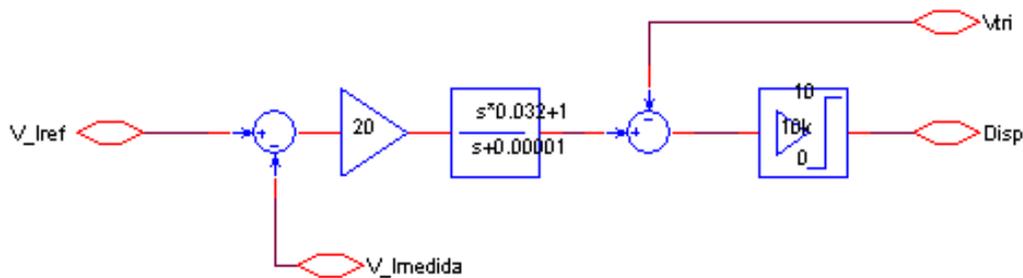
El oscilador puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$f = [1 / (4 * C * R_1)] * (R_2 / R_3) =$$

$$= [1 / (4 * 0,1\mu F * 2200)] * (10000 / 8200) = 1386 \text{ Hz.}$$

b) Bloque Control.

Es el más complejo de este apartado. Partiremos del siguiente esquema:



Por la salida V_{tri} entra la señal triangular diseñada anteriormente; por la de abajo ($Disp$) sacaremos una línea hacia los circuitos de disparo y por V_{ref} la señal enviada con el V_{pulse} . El $V_{Imedida}$ irá conectado a H_1 , a cuya salida conectaremos nuestro bloque de sensores. Esa señal es la que saldrá del bloque compuesto por la función de transferencia del sistema $G(s)$ y el PI.

Veamos en primer lugar el bloque que formará **$V_{Imedida}$** .

La tensión a la salida del rectificador semicontrolado viene dada por la ecuación

$$V_{media} = \frac{V_{red_{pico}}}{\pi} (1 + \cos(\alpha))$$

Donde α es el ángulo, ya calculado, para disparar los tiristores después del paso por cero de la tensión.

Linealizando, nos quedará que la tensión a la salida del puente rectificador linealizada en torno al punto de funcionamiento seleccionado será:

$$\tilde{V}(s) = -\frac{Vred_{pico}}{\pi} (\text{sen}(\alpha_o)) \cdot \alpha(s)$$

En esta expresión el valor de α_o es el ángulo para que la tensión de salida sea aproximadamente 48V, que es la tensión de la batería. Este ángulo cambiaren función del estado de carga de la batería, pero da un valor aceptable. Se calculó en el capítulo de dirivers de disparo su valor, siendo éste de $65'3^\circ$.

El signo negativo de la ecuación indica que a mayor valor del ángulo se tendrá una menor tensión de entrada. Al generar la señal triangular en lugar de generarla de forma ascendente se ha generado de forma descendente y eso hará que al modelar esa parte aparezca otro signo negativo y lo compense.

La corriente que circulará por el convertidor podrá calcularse a partir de la tensión y la impedancia:

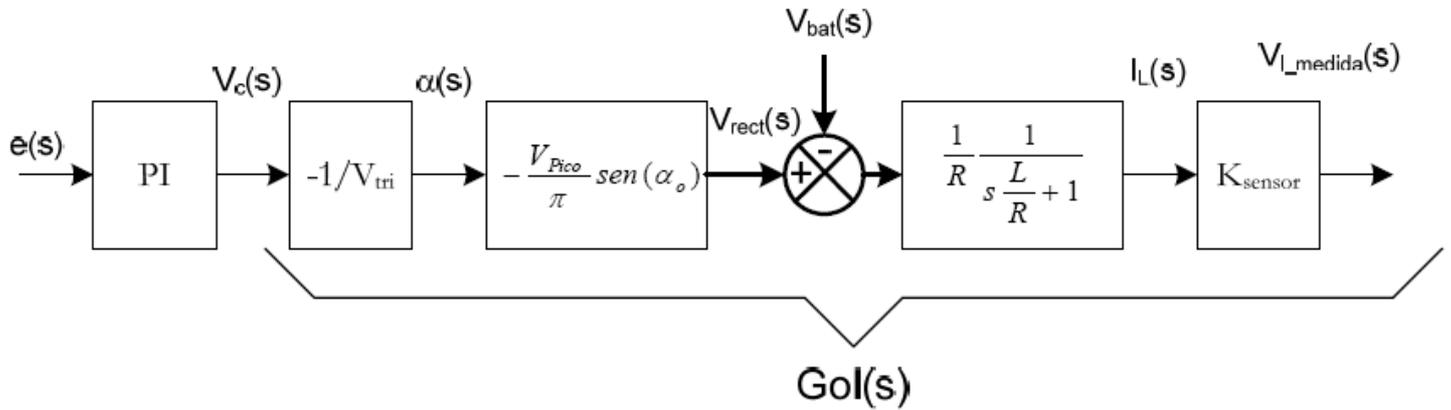
$$\tilde{I}(s) = -\frac{\frac{Vred_{pico}}{\pi} (\text{sen}(\alpha_o))}{s \cdot L + R} \cdot \alpha(s)$$

La relación entre la señal de control y el ángulo α se podrá calcular como el cociente entre la tensión de control (señal a la salida del controlador, en este caso un PI) y el valor de pico de la señal triangular.

$$\alpha(s) = -\frac{Vcontrol(s)}{V_{p_triangular}}$$

Si el ángulo es de $65'3^\circ$ y la $V_{pp_triangular}$ tiene unos 2'5 voltios, es fácil hallar la V de control. Son unos 162 voltios de pico a pico.

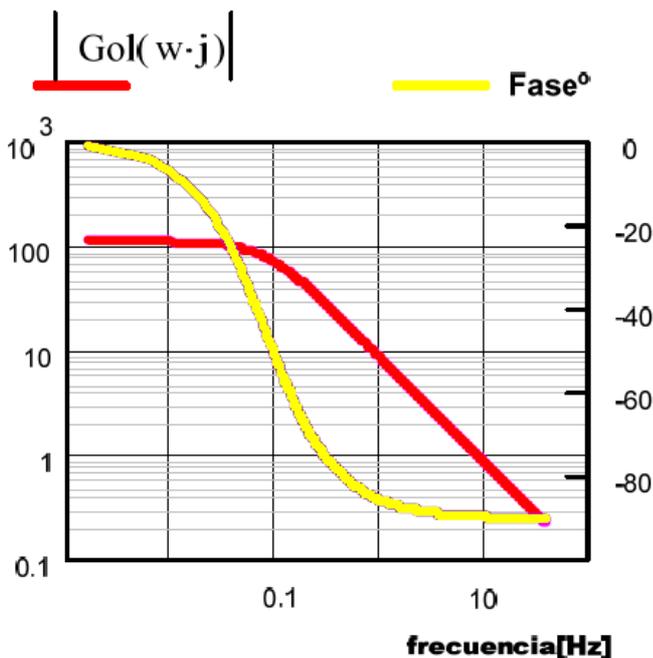
La función de transferencia en lazo abierto, $Gol(s)$, sin considerar el controlador (PI) se obtendrá a partir del esquema siguiente.



Despreciando las variaciones de tensión en la batería, la función en lazo abierto del convertidor *sin considerar el controlador PI* quedará como:

$$Gol(s) = \frac{\frac{V_{red_pico}}{\pi} (\text{sen}(\alpha_o))}{V_{p_triangular}} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\frac{L}{R}s + 1} \cdot K_{sensor}$$

Dado que es un sistema de primer orden con un controlador PI será más que



suficiente para asegurar un error nulo en régimen permanente. Situando con cierto cuidado el cero del controlador el sistema no necesitará compensación de fase. Si se hace coincidir el cero del controlador con la frecuencia de paso por 0dB deseada el margen de fase del sistema será aproximadamente 45° , ya que la fase en lazo abierto a esa frecuencia es de -90° . Los datos pueden comprobarse en el diagrama de Bode.

A la vista del diagrama de Bode de la Figura el sistema será estable y con un error bastante pequeño incluso sin ningún tipo de controlador (con un proporcional de ganancia 1), ya que la frecuencia de paso por 0dB (ganancia 1) de la función en lazo abierto es de 10 Hz y su margen de fase será 90°.

Con esta función de transferencia de primer orden se puede pensar que basta con ajustar la ganancia para mejorar la respuesta del sistema. El sistema seguiría siendo estable y además el error sería menor y la respuesta más rápida. Utilizando diagramas de Bode, la velocidad de respuesta de un sistema la podemos ver en su frecuencia de paso por 0dB. Cuanto mayor sea esta frecuencia mayor será la respuesta dinámica del sistema, es decir, podrá seguir señales de control senoidales de mayor frecuencia. Pero en este convertidor no podemos olvidar que está alimentado de la red y que a lo sumo podemos cambiar el ángulo de disparo cada 10ms.

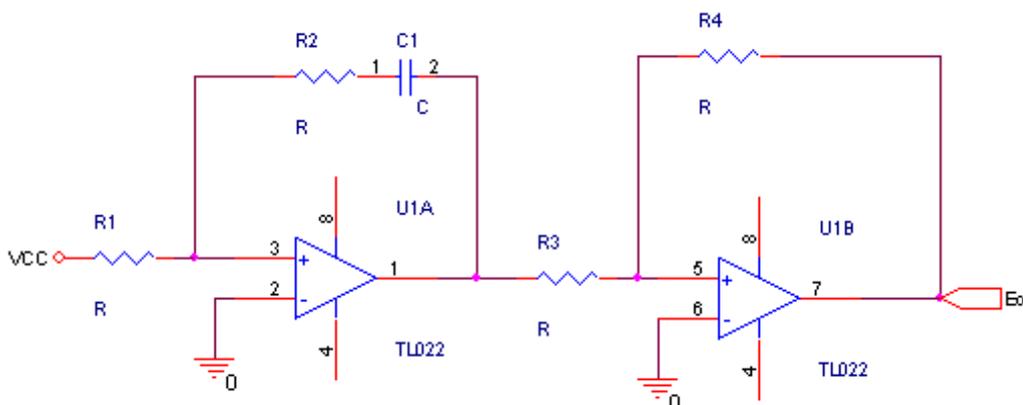
Esto quiere decir que nuestra acción sobre el control puede actualizarse a una frecuencia de 100Hz (cada semiciclo de red). Si aumentamos la frecuencia de paso por 0dB de nuestro sistema y nos acercamos a los 100Hz, nuestro modelo no servirá.

No podemos hacer que algo siga a una senoidal de 100Hz con señales de disparo cada 100Hz. Así nuestra frecuencia de paso por cero no debería superar los 10Hz, es decir, 10 veces menos que la frecuencia de actualización de nuestras señales de control.

Así pues, la opción que tenemos para mejorar la respuesta del sistema es un PI, cuya función de transferencia es:

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

Esta función es fácil de implementar utilizando amplificadores operacionales:



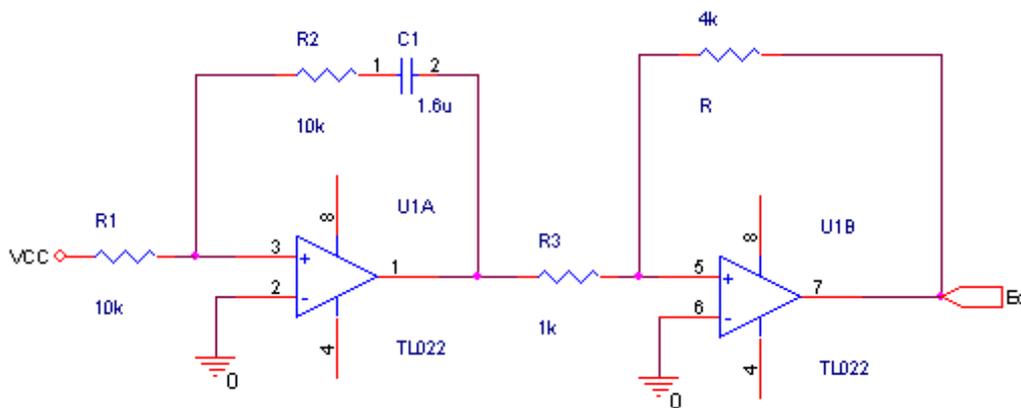
La función de transferencia del PI, a partir del circuito mostrado, es:

$$G(s) = [R_4 / R_3] * [R_2 / R_1] / [(R_2 C_2s + 1)] / (R_2 * C_2s)$$

Volviendo a la ecuación del PI: a continuación calcularemos el valor de ω_z y K_{pi} para que la frecuencia de paso por 0dB del conjunto sistema+controlador sea 10Hz y el margen de fase aproximadamente 45° . Como ya se ha mencionado el cero del controlador debe situarse sobre la frecuencia de paso por 0dB es decir $2 * \pi * 10 = \omega_z$. Con estos datos se debe recalculer la ganancia de K_{pi} para que el módulo de la ganancia sea 1 a la frecuencia de paso por 0dB. Para ello se debe sustituir $s = 2 * \pi * 10j$ donde K_{pi} es un parámetro desconocido. Igualando el módulo a 1 se podrá calcular el valor de esta ganancia. Operando así la ganancia que se obtiene aproximadamente es de 49.

Así pues, el cero se sitúa en 8 y la ganancia se toma en 49 (la calculada).

El circuito implementado para el PI tendrá los siguientes valores:



Circuito 2. PI.

La señal de control que ponemos al final queda compuesta por el propio PI y, a continuación, la función de transferencia llamada $G_{ol}(s)$, que tendremos que poner también como un circuito electrónico. Para esto se ha implementado mediante una variación del circuito equivalente a la red de adelanto o atraso, eliminando uno de los condensadores de ésta y adecuando los valores para que den la señal de transferencia que deseamos.

Cálculo de la función de transferencia de $G_{ol}(s)$ (sin PI):

$$G_{ol}(s) = \frac{\frac{V_{red_pico}}{\pi} (\text{sen}(\alpha_0))}{V_{p_triangular}} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\frac{L}{R}s + 1} \cdot K_{sensor}$$

donde:

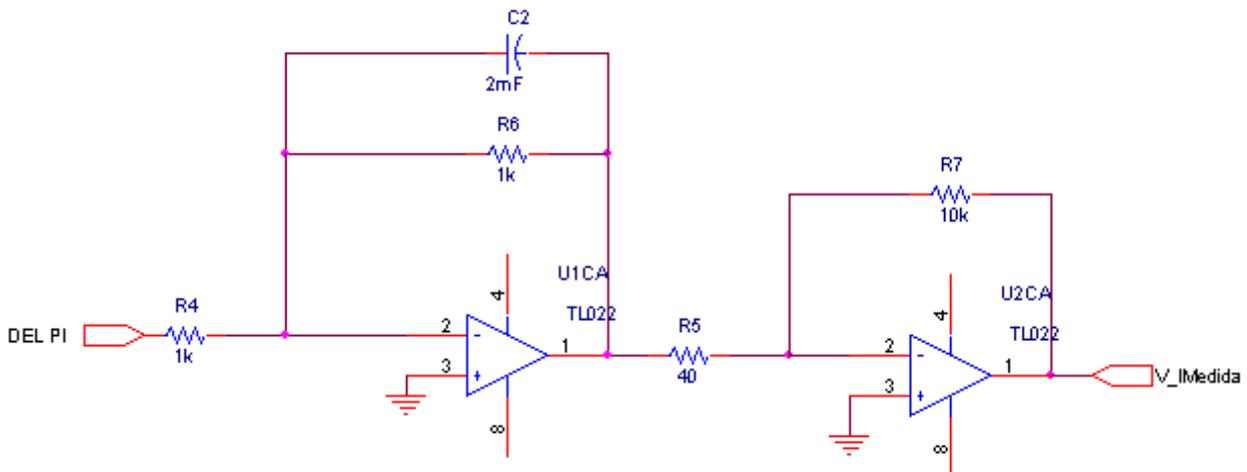
- $V_{red} = 220 \text{ v.}$
- El ángulo de disparo es 65° .
- V_{pp} de la señal triangular es de $2'5$ voltios.
- $R = 0'01 \text{ ohmios.}$
- $L = 20 \text{ mH.}$
- $K_{sensor} = 0'1.$

Calculando, la función de transferencia nos quedará:

$$G_{ol}(s) = \frac{254}{s+0'5} \quad F = \frac{R4}{R3} * \frac{R2}{R1} * \frac{R1C1s+1}{R2C2s+1}$$

Convertiremos el bloque a circuito electrónico y lo colocaremos *a continuación del PI*.

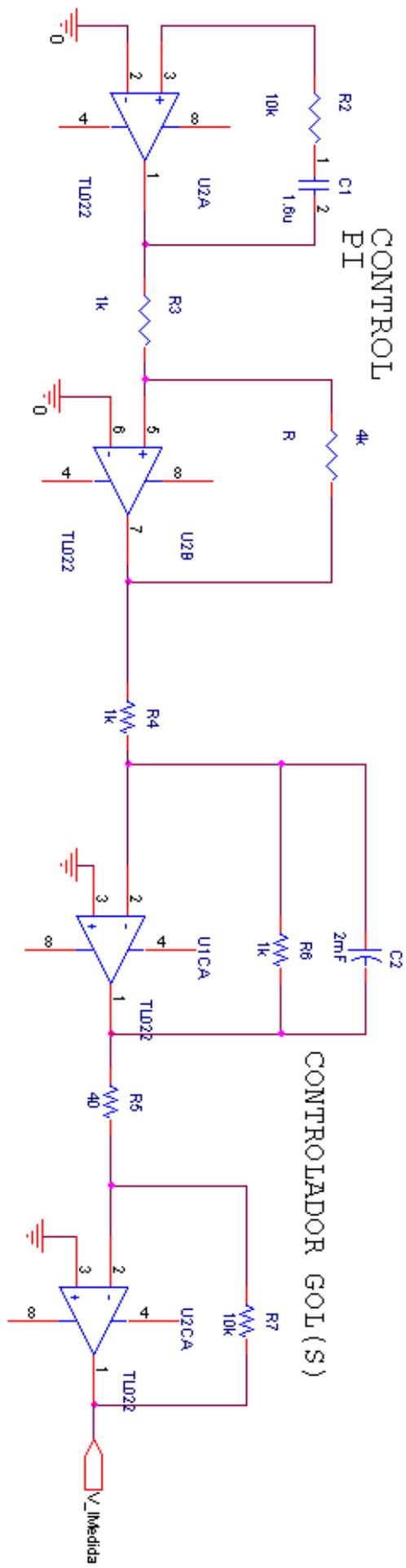
La salida la llevaremos a **V_I Medida del bloque control**. El circuito que utilizaremos será similar al de red de adelanto y atraso.



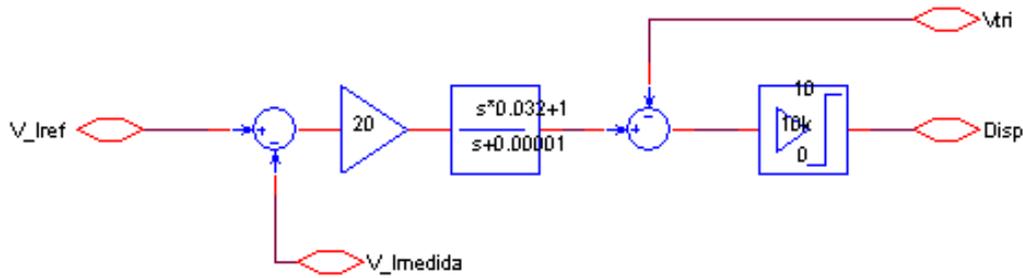
Circuito 3. Función de transferencia $G_{ol}(s)$.

El cambio con el circuito de adelanto o atraso normal es la supresión de un condensador que está en paralelo con la llamada R4. Eliminando ese condensador logramos que la fórmula concuerde totalmente con nuestra función de transferencia.

Donde: $R4 = 1k$, $C1=0$, $R6=1k$, $R5=40 \text{ ohmios}$, $R7=10k$, $C2=2 \text{ mF}$. A continuación, el PI con la FT $G_{ol}(s)$:

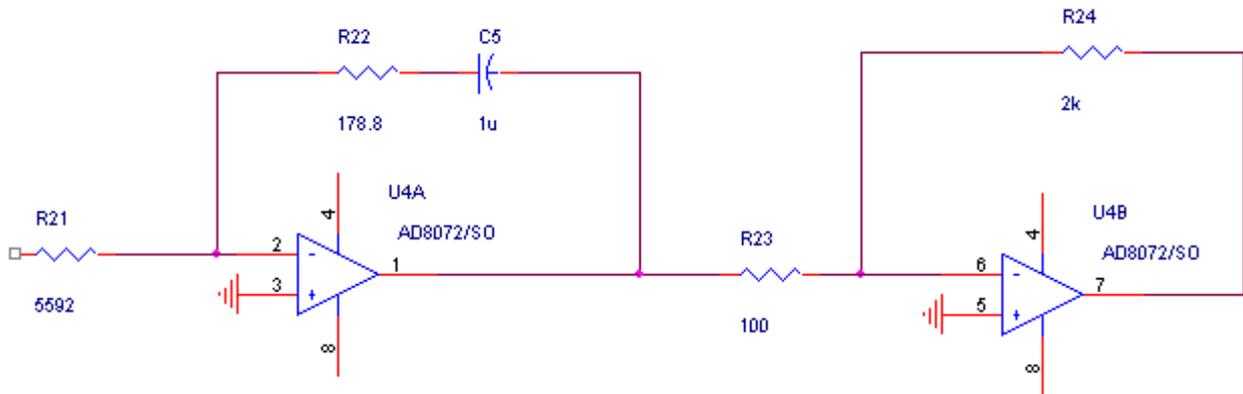


Recordemos el contenido del bloque jerárquico "control":

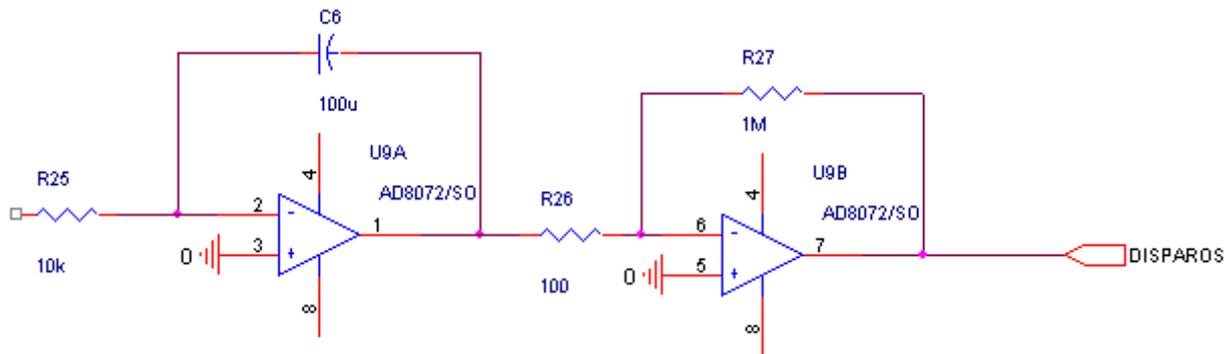


$$FT = [V_IRef - V_IMedida] * [20 * (1 + 0.032s / s + 0.00001) - Vtri] * 10k/s .$$

El bloque $20 * (1 + 0.032s / s + 0.00001)$ puede implementarse mediante un PI, despreciando para el circuito el insignificante polo en 0.00001.

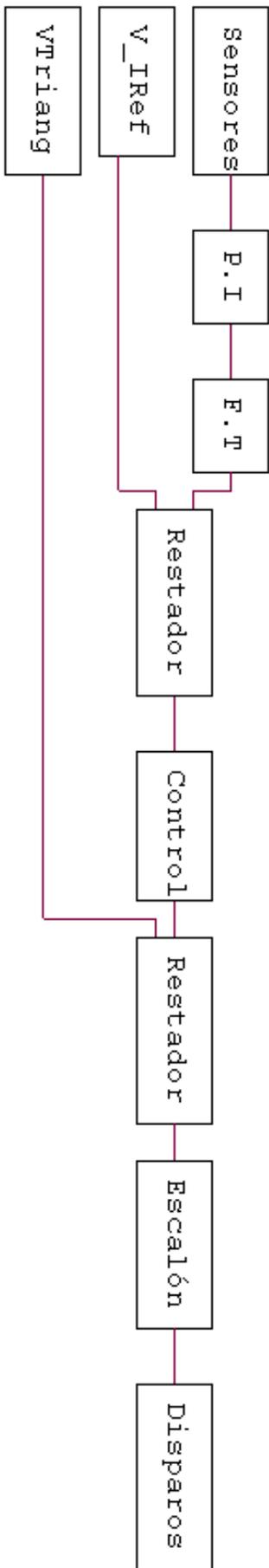


La salida de este circuito habría que restarla de la señal triangular según el punto suma del diagrama de bloques y a continuación poner en el circuito la señal en escalón, 10000/s, para la cual utilizaríamos el siguiente circuito:



De igual manera como hemos visto antes habrá que restar V_IRef y la $V_IMedida$ tomada en los sensores para la entrada de este circuito. Para ejecutar estas operaciones nos valdremos de un **circuito restador con amplificadores operacionales**.

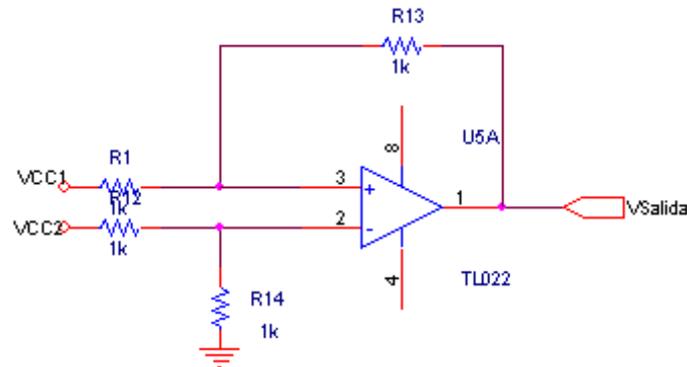
En resumen, el conjunto del bloque de control quedaría de la siguiente manera:



Desde el bloque de sensores sacaremos pues el bloque de control, con el PI, y a continuación la función de transferencia $G(s)$. Esta es la señal $V_{I\text{Medida}}$ que habrá que restar a $V_{I\text{Ref}}$ utilizando el circuito restador con amplificadores operacionales.

El resultado de esta operación lo llevaremos hasta la señal de control que habremos de restar de la señal triangular, utilizando para ello otro restador. La salida de esta línea nos proporciona una señal a la que meteremos una señal en escalón que enviaremos a los tiristores para controlar el disparo final.

El circuito restador es el siguiente:

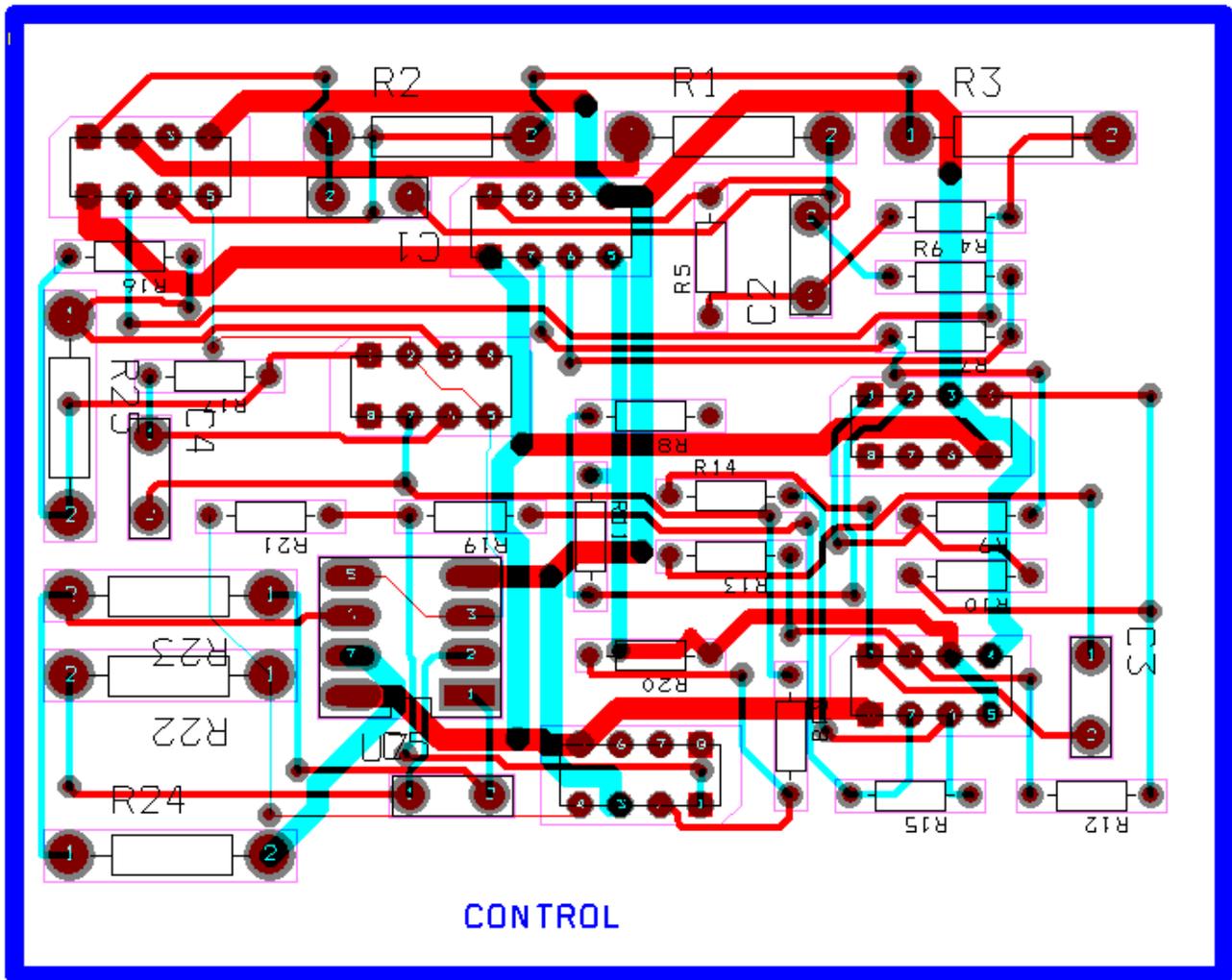


[La señal escalón 10k/s puede ser implementada mediante un circuito RC]

Basándonos en el esquema de bloques de la figura, ordenaremos todos los circuitos implementados hasta obtener el resultado final para controlar los tiristores.

El conjunto final del bloque de control queda de la siguiente forma:

Ruteado en capas Top y Bottom:



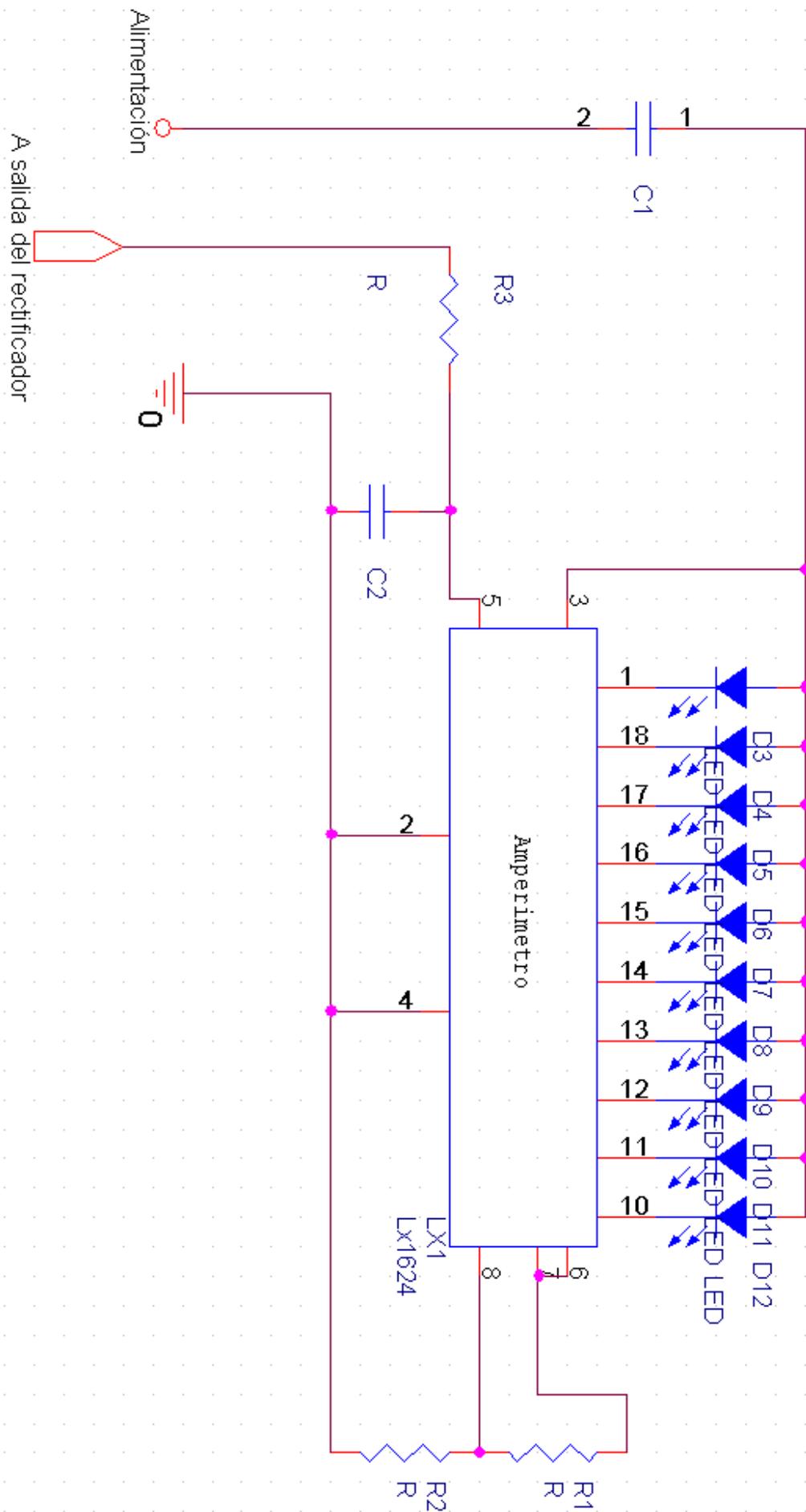
>>Salida a señal escalón desde el nodo U6 – R20.

>>Dimensión de la placa: 77 X 60 mm (aprox).

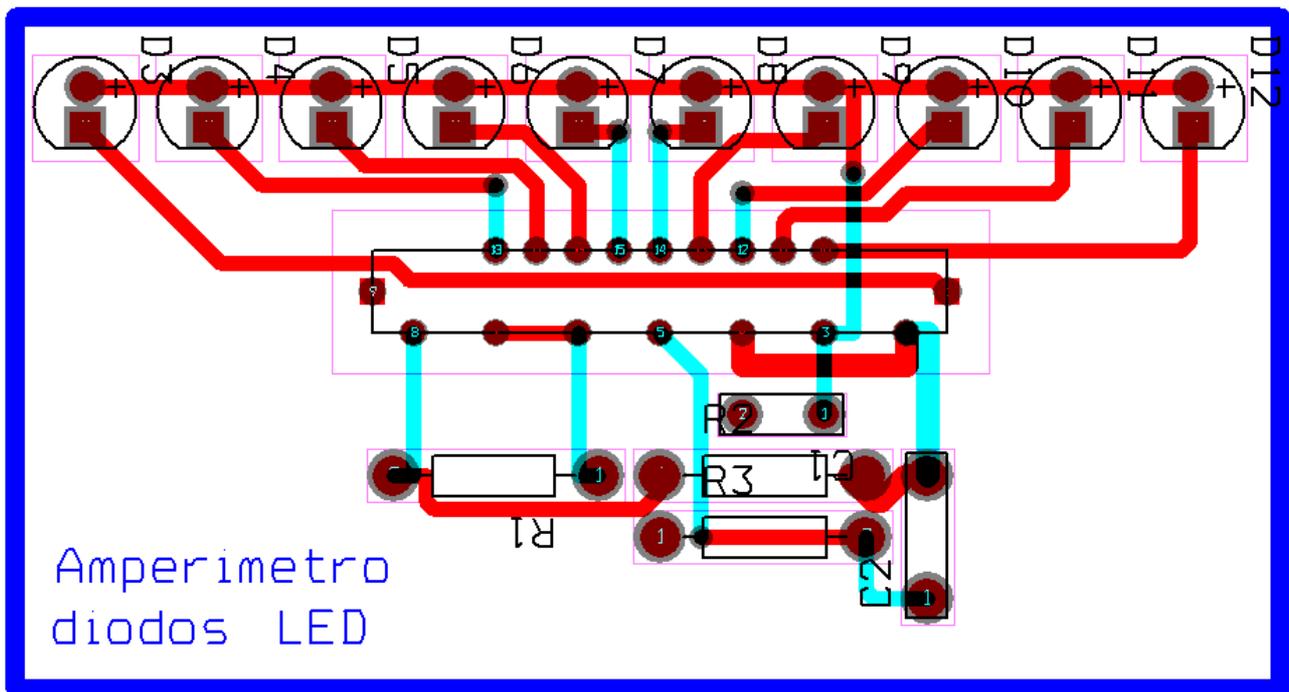
>>Salida: conectada a disparos desde R24, pin 2, y U7, pin 7.

**OTRAS NOTAS
ADICIONALES.**

1. Circuito adicional. Medida de Corriente.



Placa Amperímetro con Diodos LED.



Nota. El pin señalado como 'alimentación' se conecta a la salida de la etapa de control.

2. Proceso de fabricación de las PCB.

Una vez que tenemos todos los esquemáticos y sus correspondientes placas diseñadas, no está de más hacer una breve reseña de cómo se fabrican las PCB. El material más usado para la fabricación de circuitos impresos es la **baquelita**, un feno-plástico resistente al calor y a los solventes, desarrollado por Leo Hendrik Baekeland, entre 1902 y 1907. También se usa la fibra de vidrio con resina de poliéster, en la fabricación de circuitos impresos.

Esta es mas costosa, pero de mejor calidad y presentación.

Cualquiera de estos dos materiales llevan un baño de cobre en una o en ambas caras. La función del cobre es conducir la electricidad. Al momento de hacer un circuito impreso, la tarjeta, ya sea en baquelita o en fibra de vidrio y el cobre de esta, tendrán la forma de “camino”, los cuales interconectarán los componentes que irán en la tarjeta, como hemos visto en algunos PCB diseñados y veremos con más detalle en el apartado de planos.

El papel termo transferible es un material utilizado en la elaboración de circuitos impresos de cualquier tipo. Gracias a este papel podemos traspasar a la placa de cobre virgen el diseño del circuito impreso que hayamos hecho de manera fácil, rápida y económica, para luego introducirla en un recipiente con cloruro férrico, obteniendo así el circuito impreso deseado. Bastará con imprimir las PCB.

Teniendo hecho el diseño del circuito en Layout, lo imprimimos en alta resolución sobre el papel termo transferible, usando una **impresora láser**. Si la imprimimos en un tipo de impresora diferente a láser, el papel termo transferible no servirá (las impresoras láser se reconocen porque utilizan **Toner** en vez de cartuchos o cintas). Si poseemos el diseño del circuito impreso en una hoja de papel común y corriente o fue hecho a mano, debemos sacar una fotocopia de este, sobre el papel termo transferible. Las fotocopadoras utilizan el mismo sistema de impresión que las impresoras láser.

Una vez tengamos el diseño del circuito impreso sobre el papel termo transferible, lo recortamos usando unas tijeras o un bisturí, dejando una margen que nos permita manipularlo. El papel termotransferible restante lo podremos guardar para la elaboración de futuros circuitos impresos.

Ahora se debe cortar la baquelita con el cobre virgen a la medida del circuito impreso y posteriormente lavarla por el lado del cobre con jabón y una esponja no abrasiva. Hay que secar muy bien la baquelita con un trapo muy limpio o preferiblemente una servilleta

desechable. La placa de cobre deberá estar seca, brillante y limpia de polvo y grasa. La superficie de cobre no debe tocarse bajo ningún concepto.

A continuación colocamos la baquelita sobre una superficie dura, con el lado del cobre mirando hacia arriba. Luego colocamos el papel termo transferible con el diseño del circuito impreso sobre la placa de cobre, de tal manera que el dibujo haga contacto el cobre. Ahora colocamos una hoja de papel común y corriente, sobre el papel termo transferible.

Finalmente, haciendo uso de una plancha casera a temperatura máxima, (si la temperatura no es bastante alta, el toner no se adhiere bien al cobre de la baquelita), planchamos durante 10 minutos sobre la parte impresa del papel termo transferible, haciendo énfasis en los bordes y el centro de la placa.

Posteriormente se deja enfriar un instante y se introduce la placa con el papel termo transferible adherido en una cubeta con agua fría dejándola sumergida un mínimo de 5 minutos. Al cabo de este tiempo revise que el papel esté bien húmedo. Esto se nota porque el papel se va haciendo algo transparente y se alcanza a ver la tinta del dibujo a tras luz.

Después del tiempo recomendado o en el momento que vemos que el papel está bien húmedo, retiramos suavemente con la yema de los dedos el papel termotransferible de la superficie de cobre. Secamos la placa por el lado del cobre y revisamos que no hayan restos de fibras de papel adheridos a la superficie del cobre. Estos restos de papel pueden eliminarse frotando muy suave con la yema de los dedos teniendo la placa sumergida en el agua. Antes de pasar a la siguiente fase, la placa deberá estar seca y libre de fibras de papel no deseadas.

En algunos casos al desprender el papel, se levantan partes del dibujo, echándose a perder el trabajo. Esto puede suceder cuando no lavamos bien la placa virgen por el lado del cobre, dejando grasa que evita la buena adherencia del toner. El papel debe ser grueso, de material fino y liso. La temperatura de la plancha también influye en el agarre del dibujo en el cobre.

Una vez la imagen está adherida al cobre y hemos retocado cualquier defecto que haya quedado, se deberá introducir la placa de cobre en un recipiente no metálico que contenga *cloruro férrico* disuelto en agua caliente (lo suficiente para cubrir toda la placa de cobre). La función del cloruro férrico es la de disolver el cobre que no está cubierto con tinta, dejando al final las pistas de cobre que forman el circuito. Cuanto menos tiempo tenga que durar la placa de cobre en el cloruro férrico, la calidad del circuito impreso final será mejor, por esto debemos agitar el recipiente, con la placa de cobre sumergida en el

cloruro férrico, para que de esta manera se pueda disolver mas rápido el cobre de la placa.

Después de que el cloruro ferrico haya consumido todo el cobre sobrante, procedemos a sacar la placa del recipiente y a retirar la tinta con disolvente y un trapo, quedando las pistas de cobre. Como paso final se lava la placa nuevamente con esponjilla y jabón desengrasante de lavaplatos, para dar mayor presentación al circuito impreso final. Se puede usar una esponjilla abrasiva de acero para pulir el impreso y darle brillo. Revisaremos acontra luz el circuito impreso, y comprobaremos que no hayan quedado pistas colisionadas. De ser así utilice una cuchilla o bisturí para retirar el cobre sobrante.

Perforaremos todos los orificios por los cuales entrarán las patas de los componentes que irán en la tarjeta. Utilizaremos un taladro pequeño con brocas de 1/16, 1/32 o las que sean requeridas, dependiendo del componente a colocar.

Ahora está listo para ser ensamblado, colocando todos los componentes. Ya que este método no permite la impresión de la máscara antisoldante, se recomienda darle una mano de esmalte transparente a las pistas de cobre, para evitar que se oxiden.

3. Mueble metálico para la batería.

Una vez que se tienen todas las placas convenientemente realizadas e interconectadas entre sí de la manera explicada a lo largo de todo el Proyecto, deberemos colocarlas en el mueble habilitado para contenerlas.

El mueble metálico contendrá las siguientes placas:

>>Placa del rectificador y drivers de disparo – Dimensión de la placa: 170 x 138 mm.

>>Placa de los sensores – Dimensión de la placa 66 x 84mm.

>>Placa de medidas: estado de la carga, carga baja, amperímetro con LEDs – Dimensión de la placa aproximadamente 96 x 80 mm.

>>Placa Amperímetro con LEDS: dimensión aproximada 77 x 40 mm.

>>Placa de la etapa de control: 72 x 62 mm.

>>Botón de detención de la carga (para polarización inversa del diodo de potencia con un voltaje suficientemente alto como para provocar circuito abierto).

Un segundo mueble, complementario al primero, contendrá:

>>Circuitos automáticos para detección de errores en la carga.

En una caja metálica aparte, acoplada con el primer mueble, colocaremos el circuito neumático, independiente al cargador. Lo tratamos como otro sistema independiente (que, de hecho, es): "sistema automático para detención de la carga". El cilindro entra en la primera caja para pulsar el botón que detiene la carga.

Distribuiremos, pues, las placas de la siguiente manera:

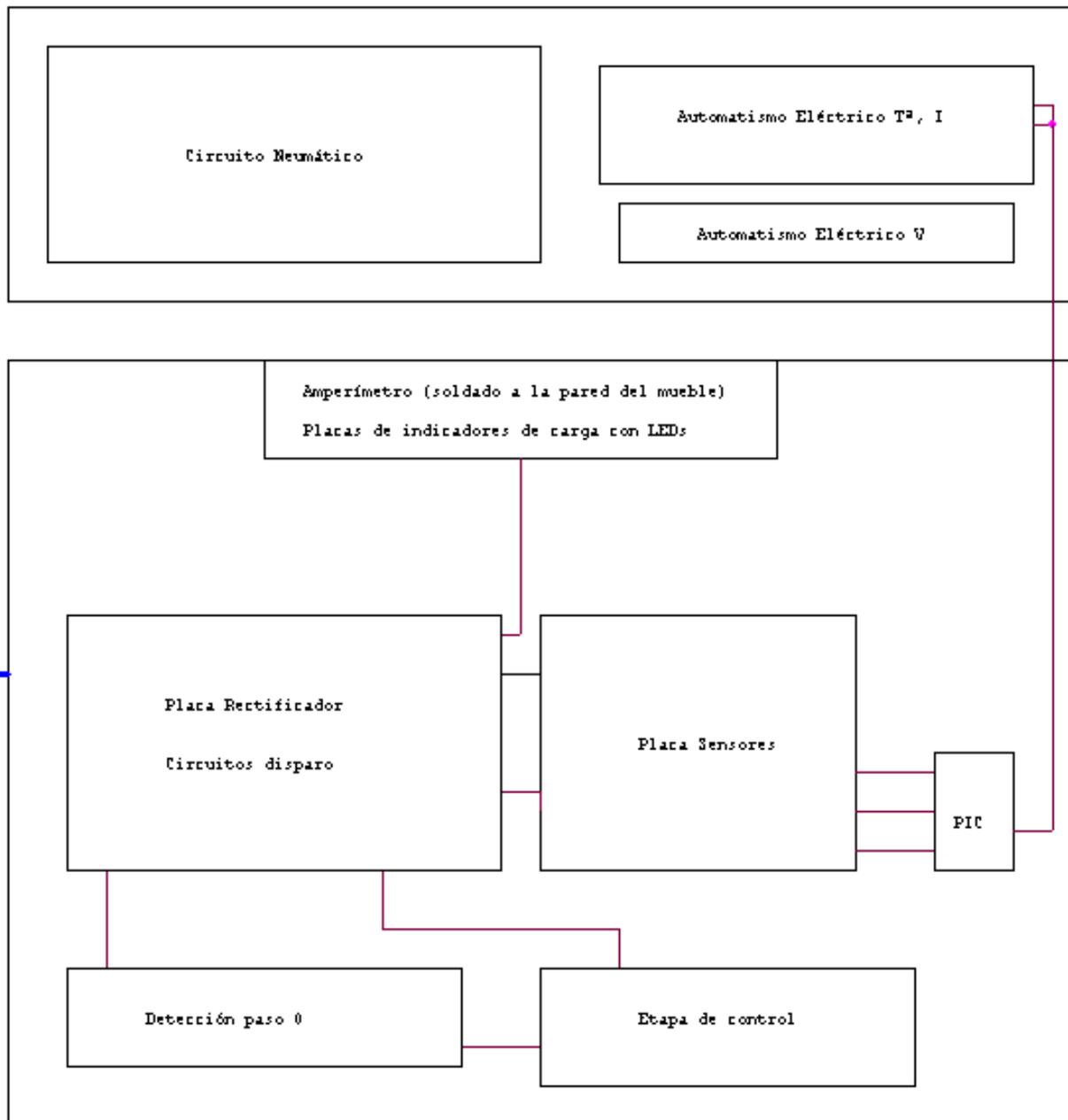
>>En el fondo del mueble colocaremos la placa más grande de todas: el rectificador y los drivers de disparo, colocando los transformadores conectados a la placa en el fondo.

>>Sobre esta placa colocaremos la de sensores y junto con esta acoplaremos la del PIC. Desde el PIC tendremos que sacar el cableado para la alimentación de los circuitos que activen los indicadores luminosos por fallos y el bloque de detención automática del sistema.

>>La placa de la etapa de control, paso por cero, etc, la colocaremos entre sensores y rectificador. Debemos aprovechar al máximo todo el espacio.

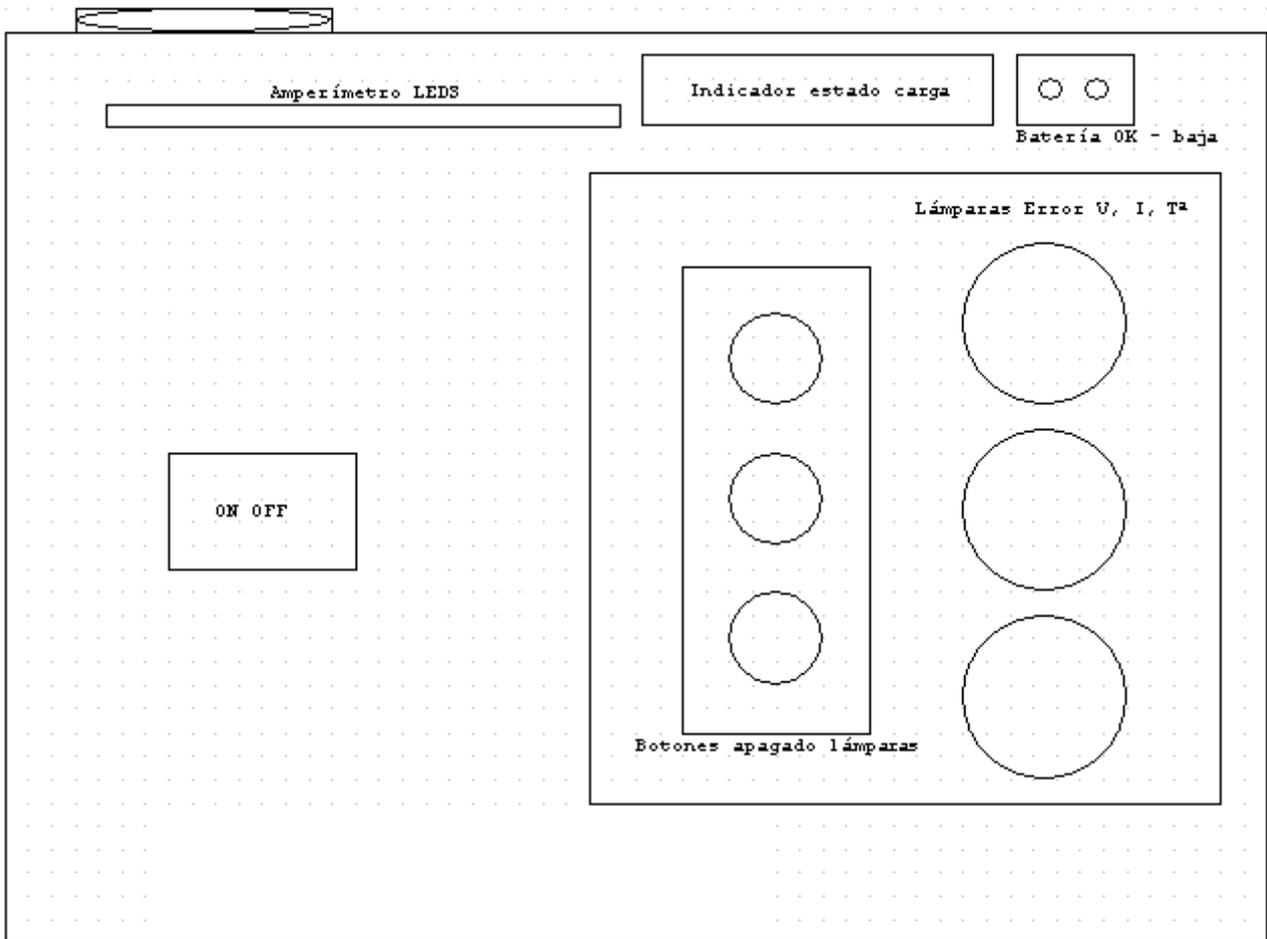
>>En las paredes del mueble, y para que puedan verse sin problemas, colocaremos los circuitos que contengan diodos LED. El amperímetro lo colocaremos mirando hacia la pared principal. Al lado colocaremos el indicador de estado de carga y de batería baja. En la pared del mueble colocaremos las etiquetas para saber a qué corresponde cada diodo.

>>El mueble que tratará los fallos a la carga contendrá un panel de montaje en el que quepan los elementos necesarios para montar los automatismos eléctricos: los tres relés, los tres indicadores luminosos, y los interruptores irán en la parte de arriba, para detener el funcionamiento de los circuitos si se da el caso. Si el mueble principal es lo suficientemente grande, se montarán ahí mismo en un compartimento aparte para diferenciarlo del apartado en que se han montado las PCB.



>>Es importante insistir en que la instalación neumática es *independiente*, y realizada con el objetivo de detener la carga *automáticamente*, ya que su cometido es únicamente pulsar un botón. Así, en una pequeña instalación contenida en otro mueble más cuyo contenido es un pequeño panel en el que irán conectadas las válvulas y el cilindro mediante el tubo distribuidor de aire, podemos meter este circuito. Colocaremos la caja de la instalación neumática de tal manera que el cilindro pueda pulsar un botón situado en la caja nº 1, la principal, la del cargador. El funcionamiento del botón es ya conocido: la carga se interrumpirá mientras dura el fallo y cuando deje de detectarse el cilindro se retraerá. Un esquema aproximado de cómo quedaría la situación se muestra en la siguiente figura.

Botón de Detención de Carga.
Puede ser pulsado
automáticamente por el cilindro
de la instalación para detener
la carga.



EXTERIOR MUEBLE CARGADOR BATERÍA

Cilindro Neumático



Instalación Neumática

Circuito Neumático - conectado a los
automatismos eléctricos a la salida
del PIC

Elementos de mantenimiento. Depósito,
compresor, etc.

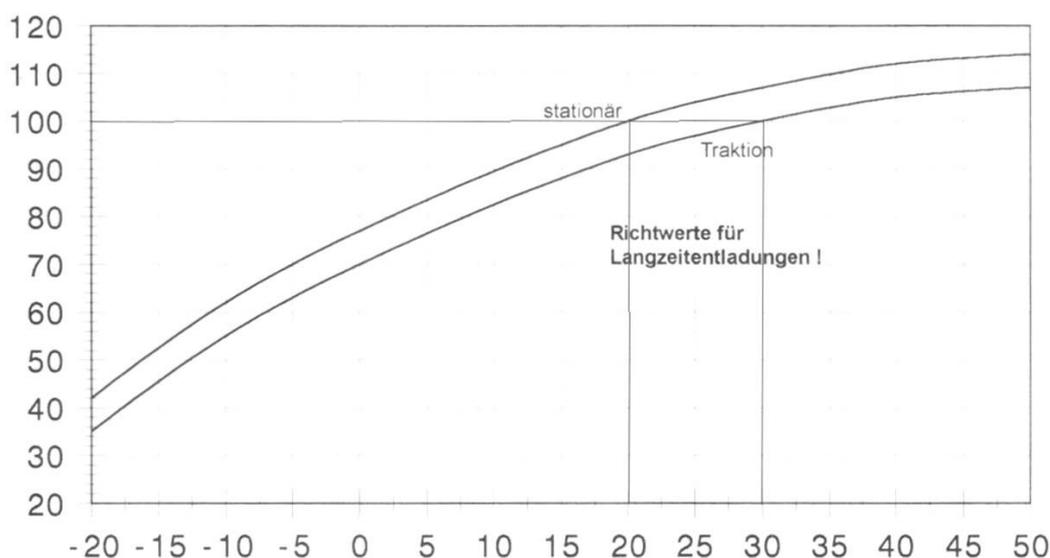
INSTALACION PARA DETENCIÓN
AUTOMÁTICA DE LA CARGA

4. Otras consideraciones adicionales.

Factores que alteran la capacidad de la batería:

Temperatura del electrolito.

Sin duda uno de los factores mas importantes que afectan la capacidad de una batería tanto de tracción como de estacionario es la temperatura. Para baterías de tracción a una temperatura del electrolito de 30°C tenemos una capacidad del 100% (20°C para baterías de estacionario). A menos temperatura la capacidad disminuye, tal como se muestra en la siguiente figura. Por contra, a mas temperatura la capacidad aumenta llegando casi a un 120% de capacidad nominal. De todas maneras al aumentar la temperatura la vida de la batería disminuye, del orden del 30% por cada 10°C de aumento.



Las bajas temperaturas disminuyen la capacidad del acumulador, como hemos visto, debido a que la profundidad de descarga para un voltaje de corte y un régimen de descarga determinado disminuye con la disminución de la temperatura. Esto ocurre porque cuanto menor sea la temperatura mayor es la viscosidad del electrolito y más lento son los procesos de difusión iónica.

Ciclos de carga/descarga (ciclos de vida).

Es el número de ciclos de carga/descarga que la batería puede soportar para una profundidad de descarga, régimen de descarga y temperatura determinadas. En cada ciclo se producen cambios irreversibles dentro del elemento. Estos cambios ocasionan una reducción gradual en la capacidad disponible. La capacidad de una batería de plomo-ácido permanece relativamente constante durante gran parte de su vida útil, pero cuando

comienza a decaer lo hace de una forma muy rápida.

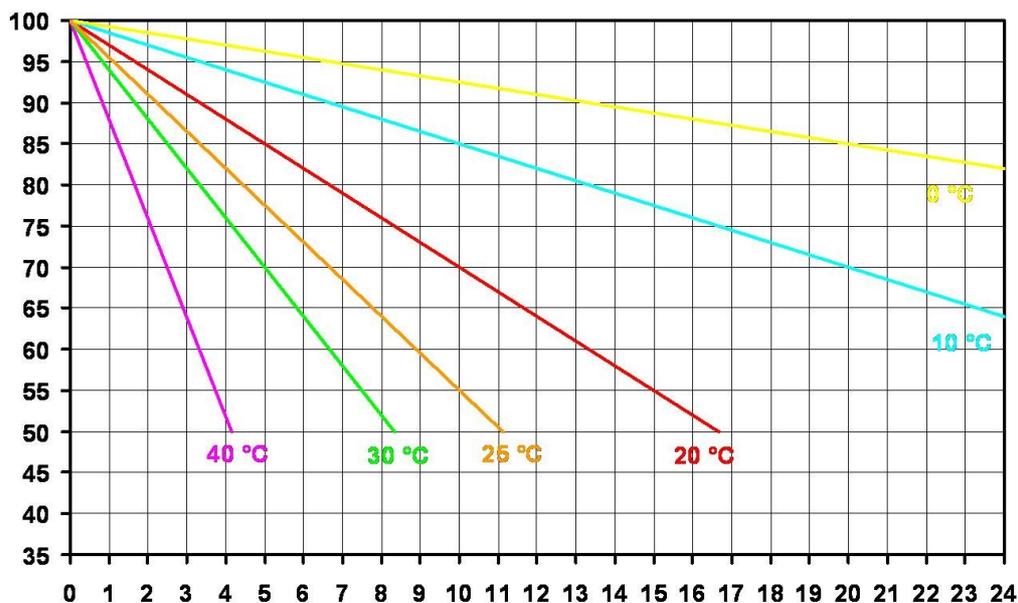
Sulfatación

Una batería sulfatada, es decir, con restos de sulfato en las placas, hace disminuir la capacidad de la batería. Los cristales de sulfato de plomo se endurecen en las placas. Estos cristales limitan el área disponible para la reacción electroquímica de las placas. Una vez que el PbSO_4 se ha cristalizado la carga normal no puede disolverlas en el proceso de la carga.

Varias causas producen este efecto en las baterías:

- Cargas incompletas
- Cargadores mal dimensionados para la capacidad de la batería
- Dejar la batería descargada por un periodo largo de tiempo
- Bajo nivel de electrolito
- Sobrecargas muy frecuentes
- Operar a temperaturas elevadas

Autodescarga (tiempo de almacenaje)



La autodescarga es una pérdida de capacidad de la batería a lo largo del tiempo. El porcentaje de autodescarga depende de la concentración del electrolito, tipo de aleación de plomo utilizada, años de uso de la temperatura y de la temperatura.

El tiempo de almacenaje o el tiempo que una batería está parada sin uso aparte de la temperatura ambiental modifican y alteran la capacidad de la batería. En la siguiente gráfica podemos ver la pérdida de capacidad de la batería en relación a los meses sin uso de la misma y de la temperatura ambiente. A más temperatura la reducción de la capacidad es más acusada que para temperaturas más bajas. Como ejemplo, en una batería a temperatura ambiente de 25°C la capacidad se ha reducido a la mitad en 8 meses.

Normativa.

La norma seguida es la UNE – EN 60335 – 2 – 29, sobre "Aparatos electrodomésticos y análogos", seguridad, parte 2 – 29, sobre "Requisitos particulares para cargadores de baterías".

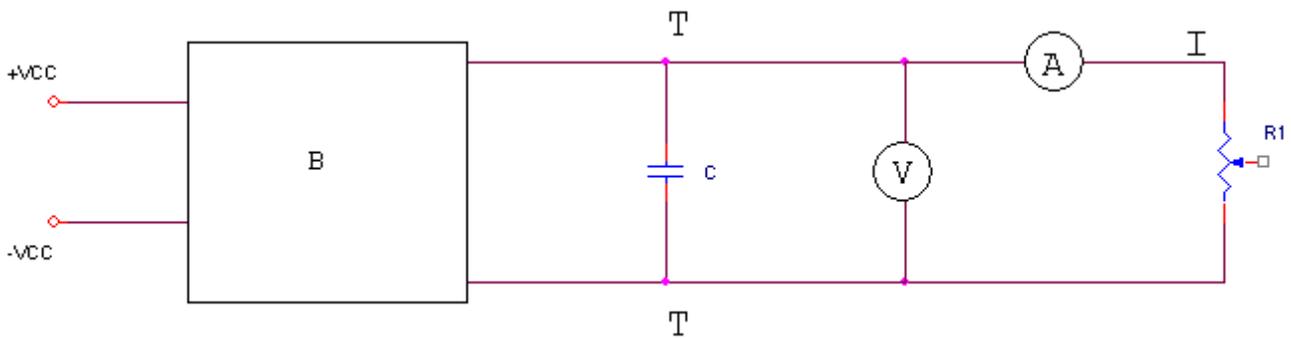
- Del apartado 1, *Objeto y Campo de Aplicación*: ya que la tensión asignada no es superior a 250 voltios, esta norma es aplicable. Sin embargo, de la nota 102 podemos ver que no se aplica a cargadores destinados *exclusivamente* a usos industriales.
- Del apartado 3, la corriente de salida asignada no debe superar en ningún caso los 20 Amperios.
- Del apartado 4, *Requisitos generales*, este capítulo de la parte 1 de la norma se aplica.
- Del apartado 5, *Condiciones generales para ensayos*, ídem, excepto que los cargadores se ensayan como aparatos a motor.
- Del apartado 6, *Clasificación*, se aplica.
- Del apartado 7, se aplica, teniendo en cuenta además (nota 101) que debemos marcar tanto tensión de salida en corriente continua (en voltios) y corriente de salida asignada (en amperios), sin indicar otro valor de corriente de salida y teniendo en cuenta los bornes: rojo para el positivo y negro para el negativo. Del punto 7.12, las instrucciones deben especificar los tipos, el número de elementos y la capacidad de la batería; e incluir advertencias contra baterías no recargables (si es el caso), indicar (para plomo – ácido) que la batería debe estar en una zona bien ventilada. Del punto 7.101, los cuadros de instalación de corriente continua deben estar marcados con la corriente máxima de salida en amperios para cada circuito de salida y con los tipos de todas las fuentes de alimentación suplementarias que puedan ser conectadas.
- Del apartado 8, *Protección contra el acceso a las partes activas*, se aplica.
- Del apartado 9, *Arranque de los aparatos a motor*, no se aplica.
- Del apartado 10, se aplica exceptuando que la tensión de salida, en vacío, no debe superar los 42'4 voltios; y el valor medio aritmético de la corriente de salida no debe desviarse de la corriente de salida continua asignada en más de

un 10%.

- Del apartado 11, *Calentamiento*, se aplica, teniendo en cuenta modificaciones de los puntos 11.2 (los cargadores se colocan en el rincón de ensayo como se especifica para los aparatos de calentamiento) y 11.5 (los cargadores se alimentan a 1'06 veces la tensión asignada).
- Del apartado 13, *Corriente de fuga y rigidez dieléctrica* a la temperatura de funcionamiento, se aplica.
- Del apartado 14, *Sobretensiones transitorias*, se aplica.
- Del apartado 15, *Resistencia a la Humedad*, se aplica.
- Del apartado 16, *Corriente de fuga y rigidez dieléctrica*, se aplica.
- Del apartado 17, *Protección contra las sobrecargas de transformadores y circuitos asociados*, se aplica, y se agrega, los bornes del cargador son cortocircuitables.
- Del apartado 18, *Endurancia*, no se aplica.
- Del apartado 19, *Funcionamiento Anormal*, se aplica. Se realizarán los ensayos estipulados en la parte 1 de la norma.
- Del apartado 20, *Estabilidad y riesgos mecánicos*, se aplica.
- Del apartado 21, *Resistencia mecánica*, se aplica, sometiendo el cargador completo al ensayo siguiente, siempre que no excedan los 5 kg: se deja caer el cargador cada vez desde una posición diferente, desde una altura de 1 metro sobre un suelo de hormigón. Si no presenta ningún daño, será apto para el uso. El punto 21.102 no lo tendremos en cuenta.
- Del apartado 22, *Construcción*, se aplica, teniendo en cuenta la sustitución del punto 22.26: el circuito de salida será alimentado por un transformador de aislamiento de seguridad y no debe estar conectado a partes metálicas accesibles o a un borne de tierra. El aislamiento entre las partes que funcionan a muy baja tensión de seguridad y las partes activas debe cumplir con los requisitos del doble aislamiento o el aislamiento reforzado. El punto 22.101 especifica que el conductor de los bornes debe ser rojo el positivo y negro el negativo. En el punto 22.102 se exige que cada circuito alimentado por un cuadro de distribución de corriente continua debe incorporar un dispositivo de protección contra sobrecargas.
- Del apartado 23, *Conductores internos*, se aplica.

- Del apartado 24, *Componentes*, se aplica.
- Del apartado 25, *Conexión a la red y cables flexibles exteriores*, se aplica.
- Del apartado 26, *Bornes para conductores externos*, se aplica, exceptuando a los bornes de salida.
- Del apartado 27, *Disposiciones para la puesta a tierra*, se aplica.
- Del apartado 28, *Tornillos y conexiones*, se aplica.
- Del apartado 29, *Distancias en el aire, líneas de fuga y aislamiento sólido*, se aplica.
- Del apartado 30, *Resistencia al calor y al fuego*, se aplica excepto el punto 30.2.2.
- Del apartado 31, *Resistencia a la oxidación*, se aplica.
- Del apartado 32, *Radiación, toxicidad y riesgos análogos*, se aplica.

Circuito de ensayo para cargadores de batería:



A = amperímetro de lectura del valor medio.

B = cargador de batería.

C= condensador de capacidad en faradios dada por $12'5 \frac{I_r}{p \times f \times U_r}$

donde:

>>Ir = corriente de salida asignada en Amperios.

>>p = 1 para rectificación en media onda y 2 para rectificación en onda completa.

>>f = frecuencia de alimentación, en hertzios.

>>Ur = tensión de salida asignada en cc, en voltios.

I = corriente de salida.

R1 = resistencia variable.

T = bornes de salida del cargador de baterías.

V = voltímetro de lectura en valor medio.

Nota 1: la capacidad del condensador utilizado puede desviar un 20% del valor calculado.

Nota 2: el condensador puede necesitar ser cargado previo funcionamiento del cargador de baterías.

Procedimiento.

La operación de carga se debe hacer de la siguiente manera:

- Revisar el estado de los tapones de respiración por si hubiera obstrucción en alguno de ellos.
- Al mismo tiempo se debe verificar el nivel del electrolito y rellenar con agua destilada o desmineralizada si fuera necesario.
- Se pueden dejar quitados o ligeramente desenroscados los tapones de las celdas de la batería según las instrucciones del fabricante.
- Conectar los polos correspondientes de la batería y del cargador, cuidando la coincidencia de la polaridad de ambos.
- Finalmente conectar el cargador a una toma de corriente alterna.

Para la *desconexión* se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Desconectar en primer lugar el cargador de la red eléctrica.
- Después desconectar los conectores de la batería.
- Finalmente se recolocan los tapones.

IMPORTANTE: la operación de carga y desconexión debe efectuar teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante.

Medidas generales de seguridad.

Riesgo de contacto y proyección de ácido sulfúrico

- No agregar ácido sulfúrico, si la norma del fabricante así lo especifica.
- Durante la desconexión de la batería pueden registrarse pequeños burbujeos de ácido. Utilizar los equipos de protección personal adecuados.

Riesgo de contacto con la corriente eléctrica en la utilización de los equipos de carga

- Para este caso particular tener en cuenta el procedimiento descrita en el punto 1 y en las instrucciones específicas del fabricante.

Riesgo de incendio y explosión ocasionado por el desprendimiento de hidrógeno y oxígeno en presencia de un foco de ignición

Este desprendimiento es débil con la batería en reposo o en descarga pero alcanza su valor máximo al final de la carga y especialmente si se somete a una sobrecarga. La generación de esos gases continúa durante aproximadamente una hora después de desconectar la corriente de carga. Por tal motivo se debe:

- Verificar la carga y regular la intensidad que suministra el cargador. Tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.
- Antes de realizar alguna operación en una batería que ha sido cargada, es recomendable dejarla como mínimo una hora y con los tapones retirados, para ventilar cada celda.
- Evitar los focos de ignición en las cercanías del sector de carga como por ejemplo:
 - >>Fósforos o encendedores utilizados para mirar el nivel de electrolito por los orificios de añadido de agua destilada.
 - >>Llamas de sopletes para soldadura o corte. Estas operaciones se deben realizar en lugares apartados.
 - >>Chispas de equipos de soldadura al arco eléctrico.
 - >>Chispas por cortocircuitos con herramientas u objetos metálicos que entren en contacto con los bornes de la batería. Se pueden evitar cubriendo los bornes con capuchón

aislante y utilizando herramientas aislantes.

>>Fumar. Está totalmente prohibido.

>>Chispas en la conexión o desconexión de la batería con el cargador. Se debe realizar la operación con el interruptor del cargador desconectado. Los conectores deben llevar marcadas sus polaridades para evitar confusiones y daños a la batería.

Riesgos mecánicos de caída de objetos pesados sobre los pies y sobreesfuerzos en operaciones de manipulación manual.

- Utilizar para el desmonte de la batería a carga los medios mecánicos disponibles. Evitar el movimiento manual de pesos.

- Tener en cuenta para el uso de medios mecánicos las normas específicas.

Riesgo de tropiezos con cables u objetos en lugares de paso.

- Tener cuidado de colocar los desperdicios en los recipientes apropiados. Nunca deje desperdicios en el piso o en los pasillos.

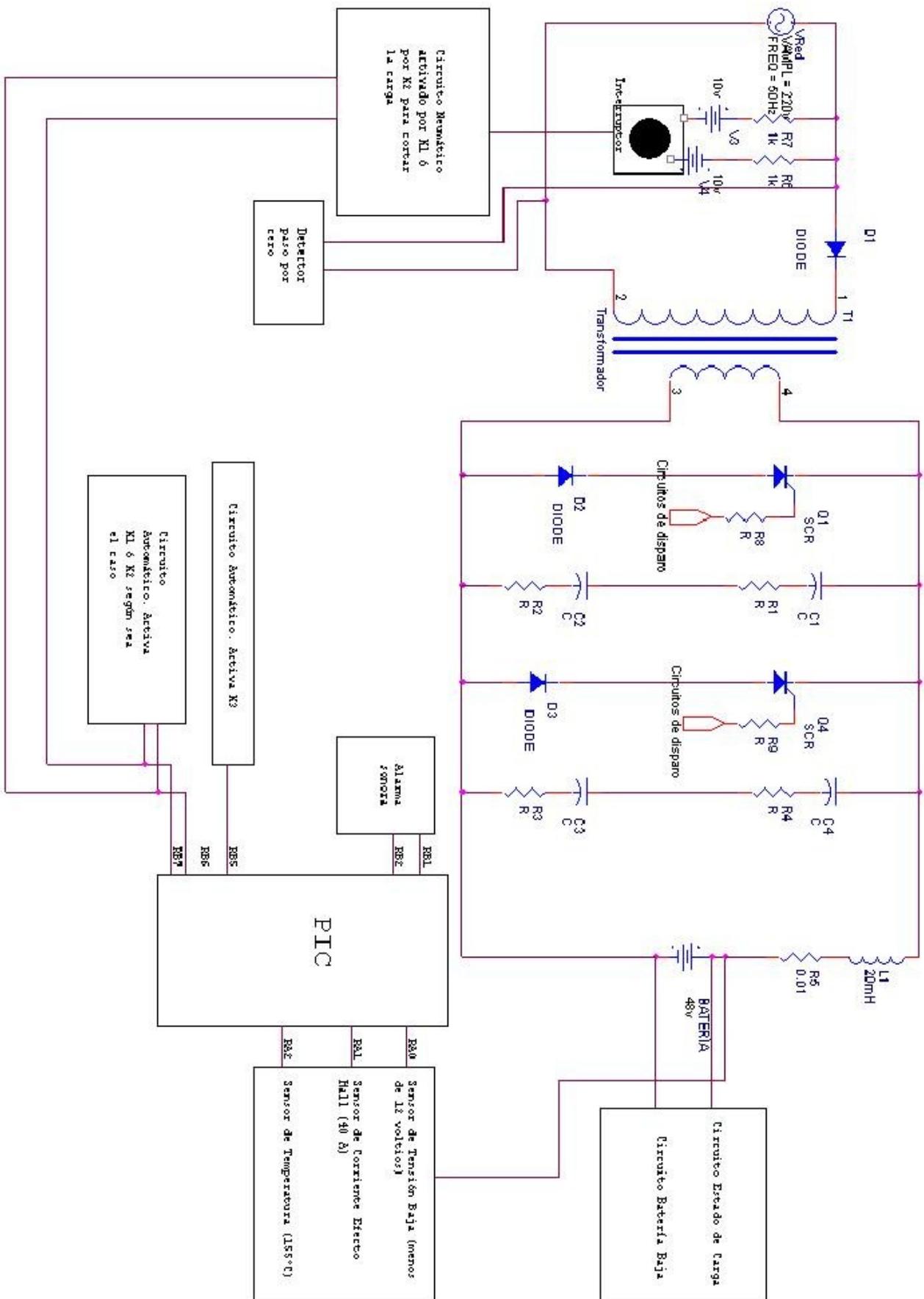
- Limpiar en forma correcta el puesto de trabajo después de la tarea, y coloque las herramientas utilizadas en su lugar.

- No dejar derrames de líquidos, límpielos tan pronto como aparezcan.

- Mantener los pasillos despejados todo el tiempo. Nunca dejar obstáculos asomarse en los pasillos, ni siquiera por un momento.

- Asegurarse de que no haya cables o alambres tirados en los pasillos.

- Mantener limpio el equipo de carga.



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: INTRO1

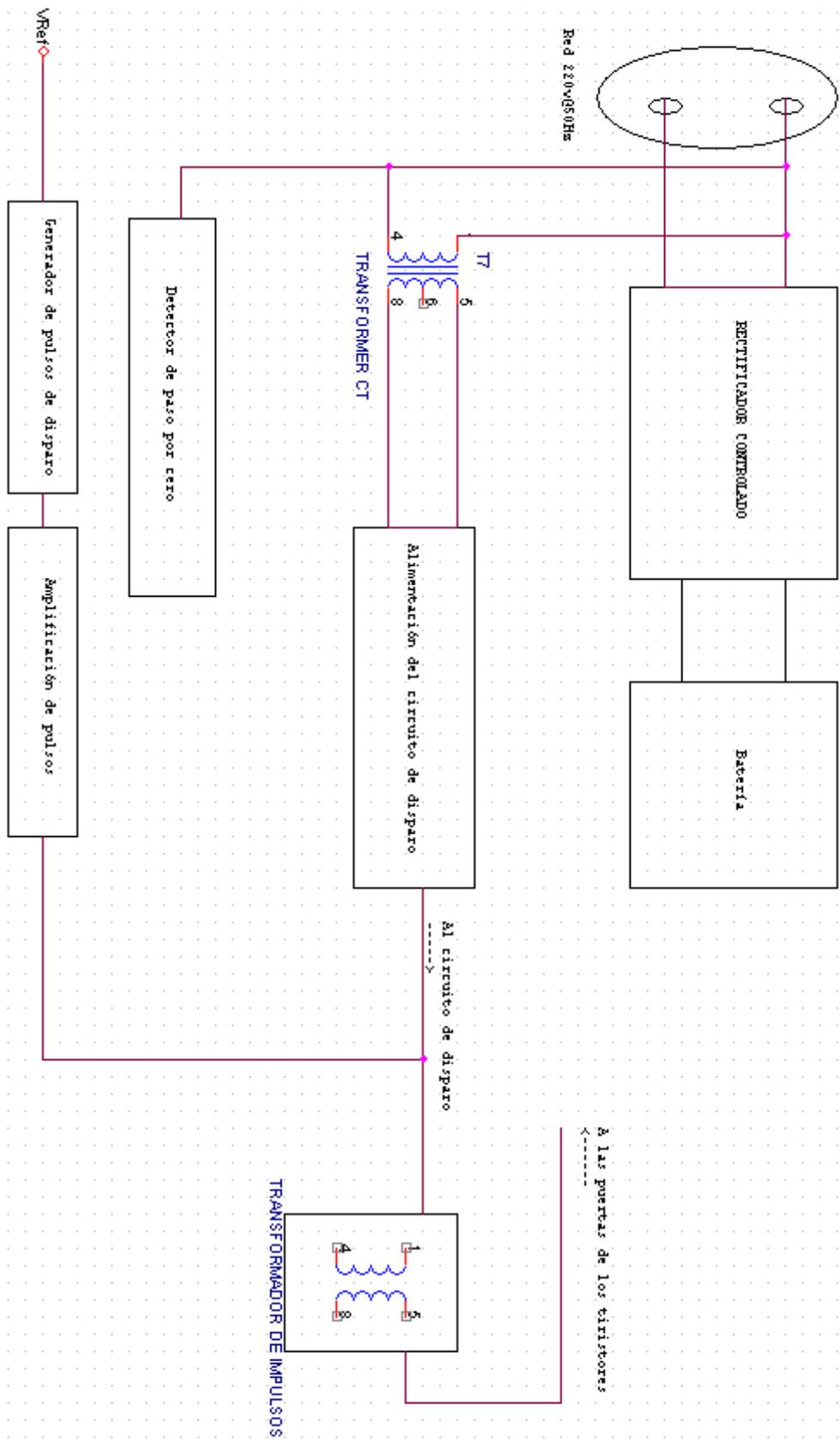
Descripción:

Escala

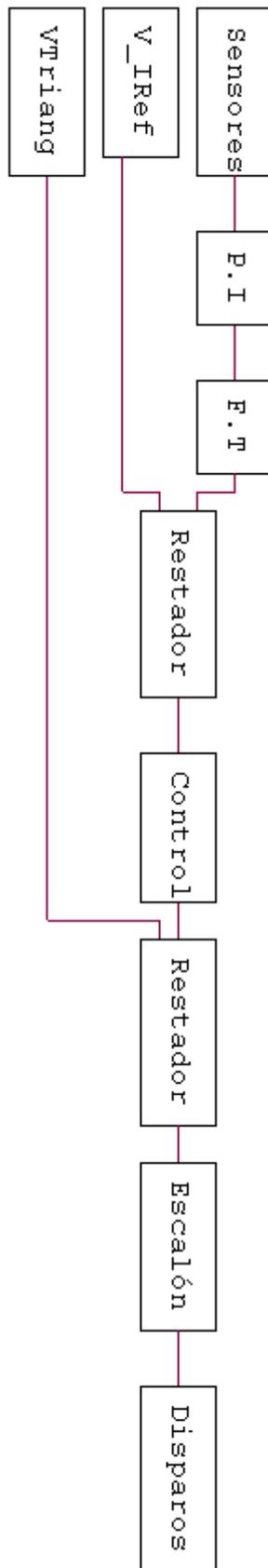
Esquema General del
Proceso de Carga

Fecha:

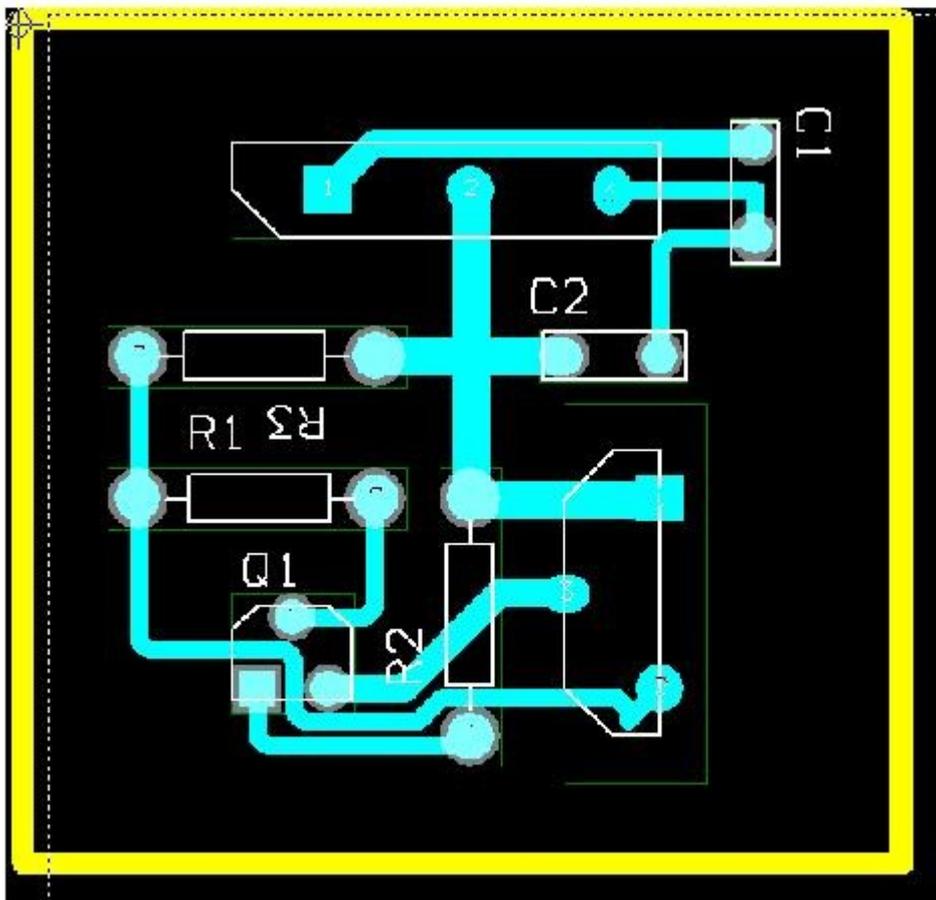
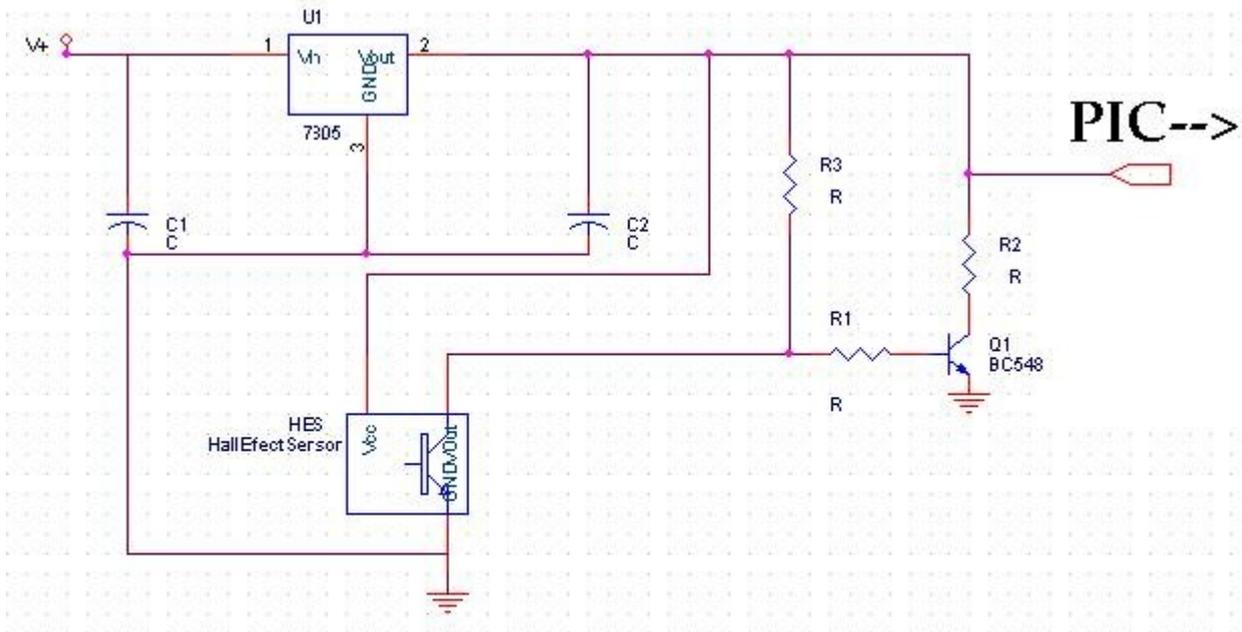
1/02/2012



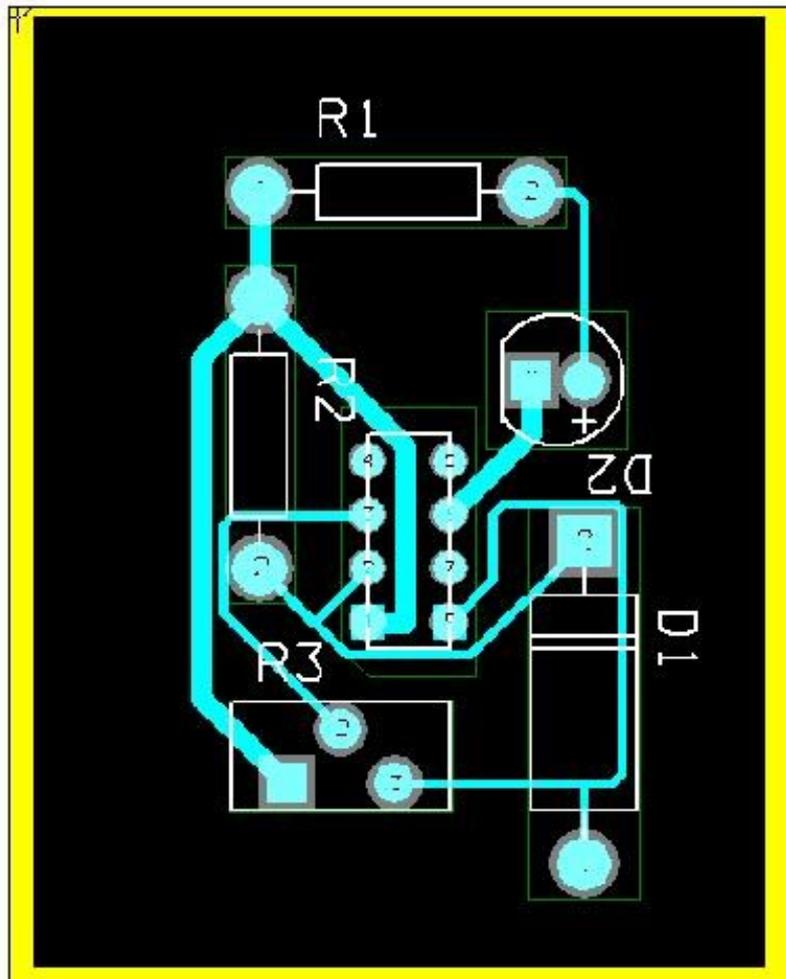
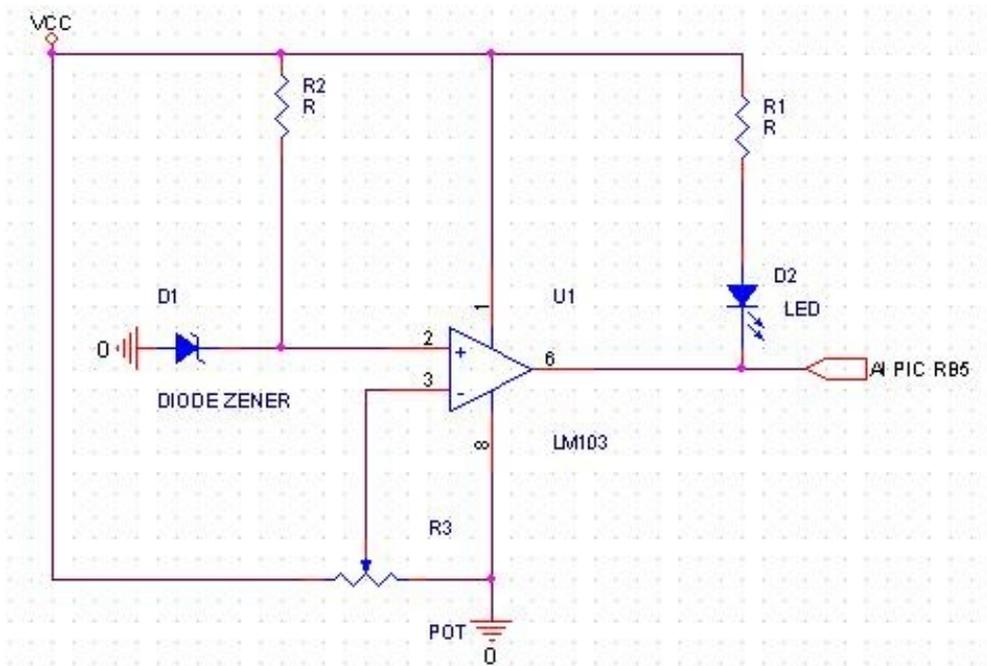
PROYECTO FIN DE CARRERA		
F. Javier Gómez Pérez		UPCT
Nº plano: INTRO2		Descripción:
Escala		Esquema General del Driver de Disparo
Fecha:	1/02/2012	



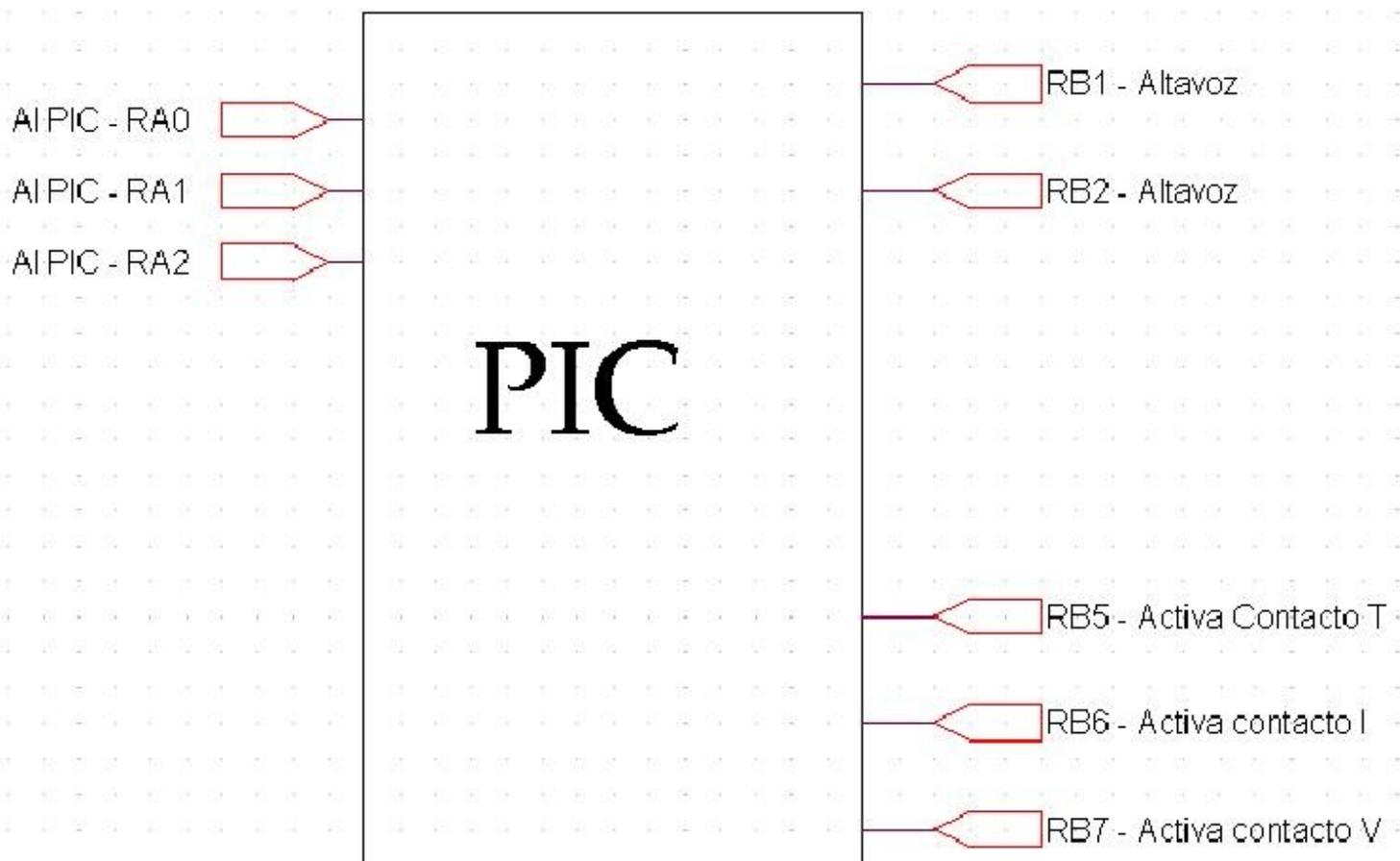
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: INTRO3	Descripción:
Escala	Esquema General de la Etapa de Control
Fecha:	



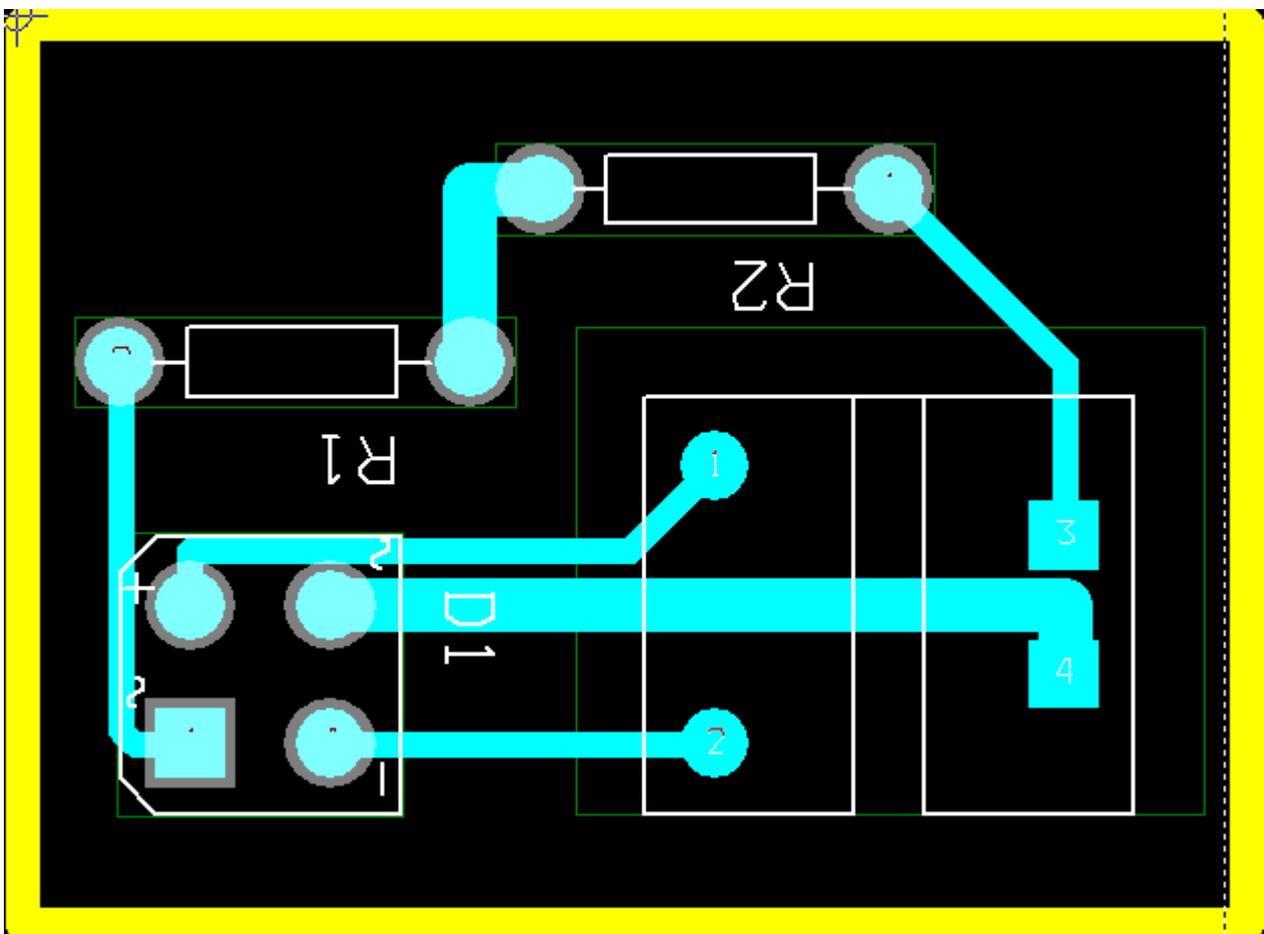
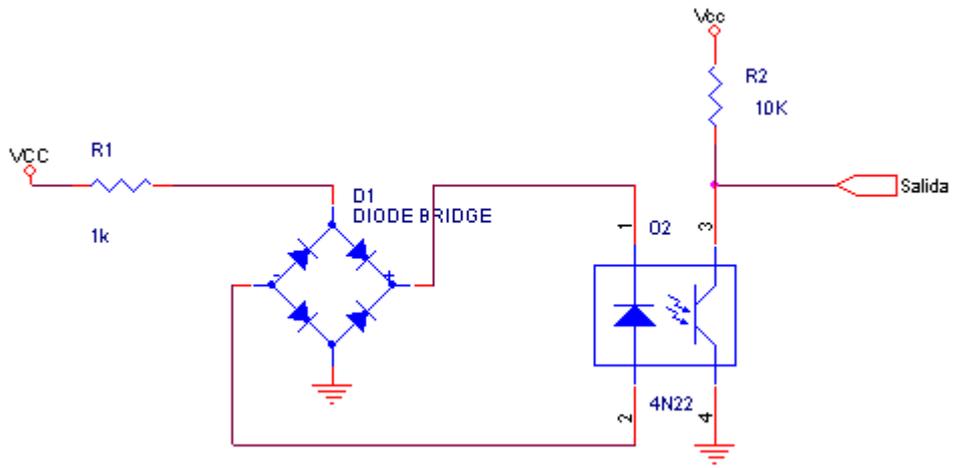
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 2	Descripción:
Escala	Sensor de Corriente con Efecto Hall
Fecha:	1/02/2012



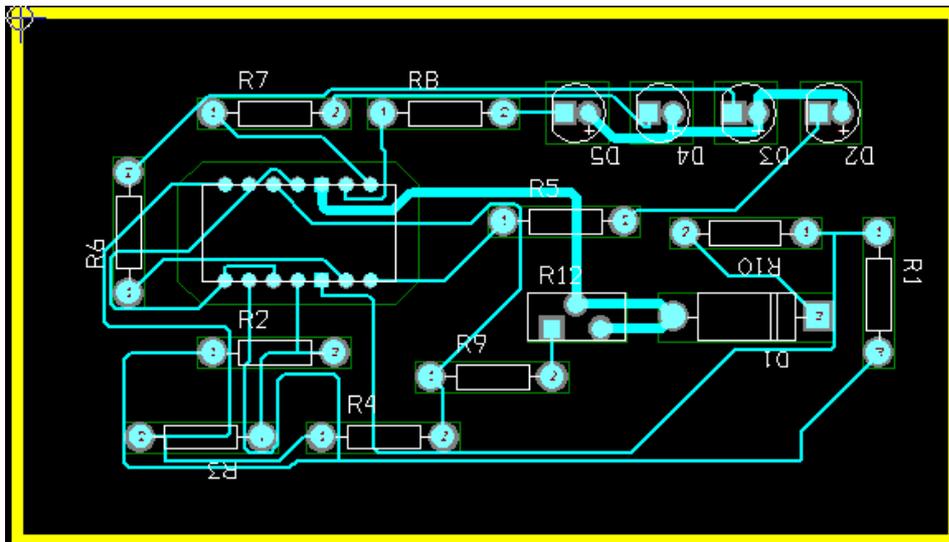
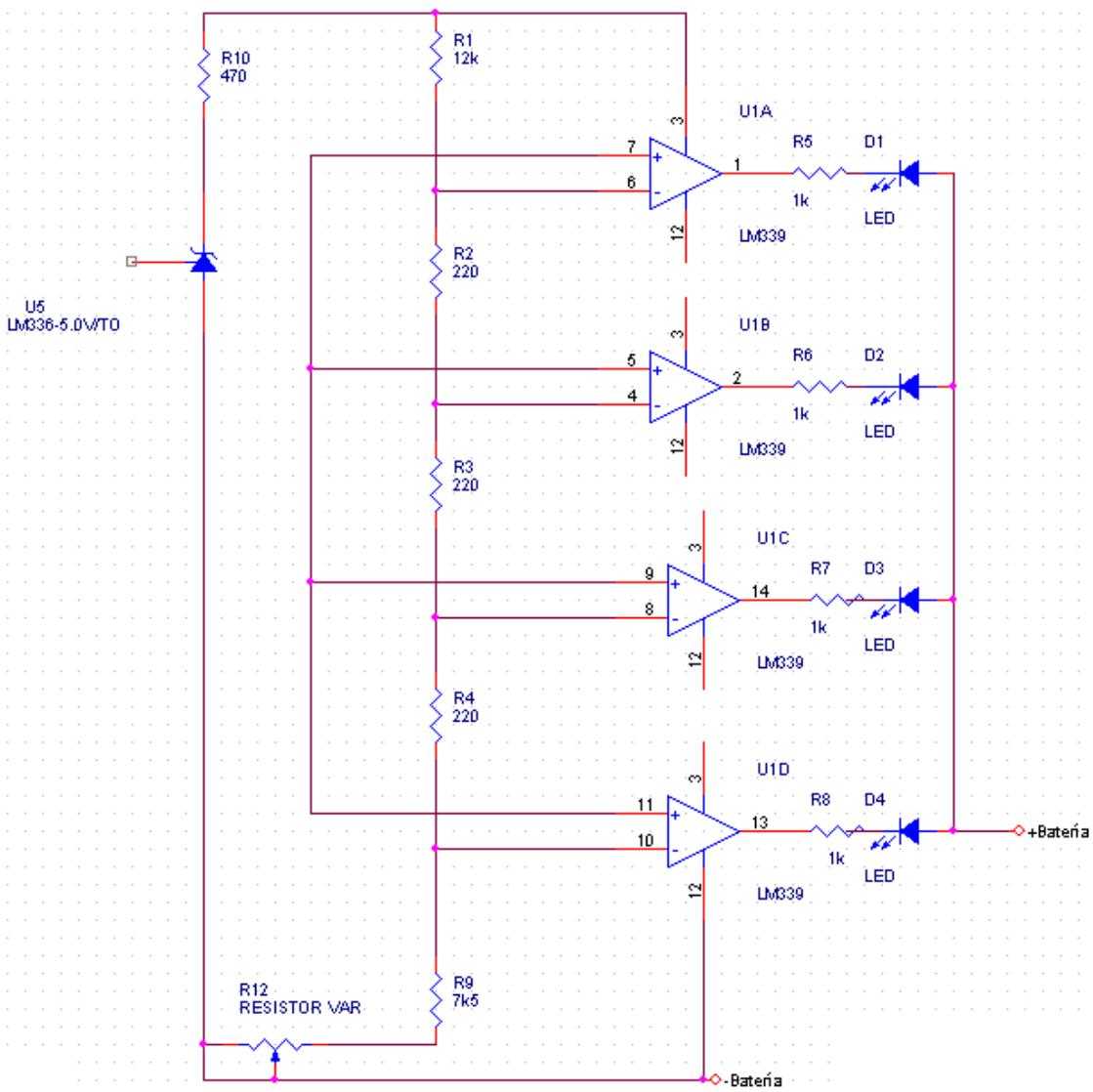
PROYECTO FIN DE CARRERA		
F. Javier Gómez Pérez		UPCT
Nº plano: 3		Descripción:
Escala		Sensor de Tensión
Fecha:	1/02/2012	



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 5	Descripción:
Escala	Entradas y salidas del PIC 16F84
Fecha:	1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 6	Descripción:
Escala	Circuito de Paso por Cero.
Fecha:	1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 7

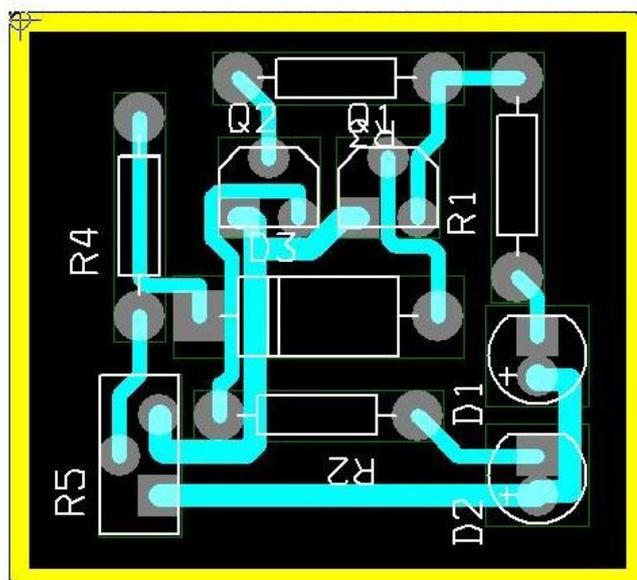
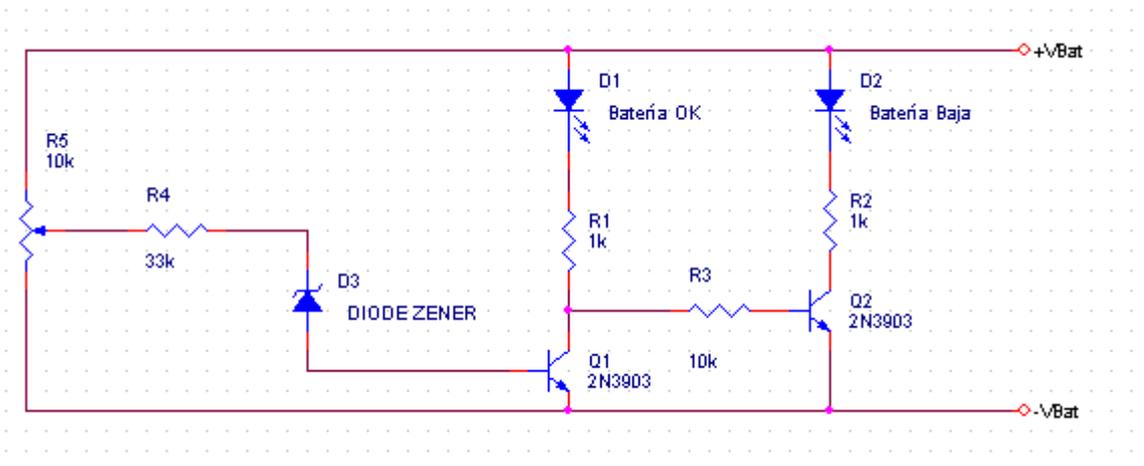
Descripción:

Escala

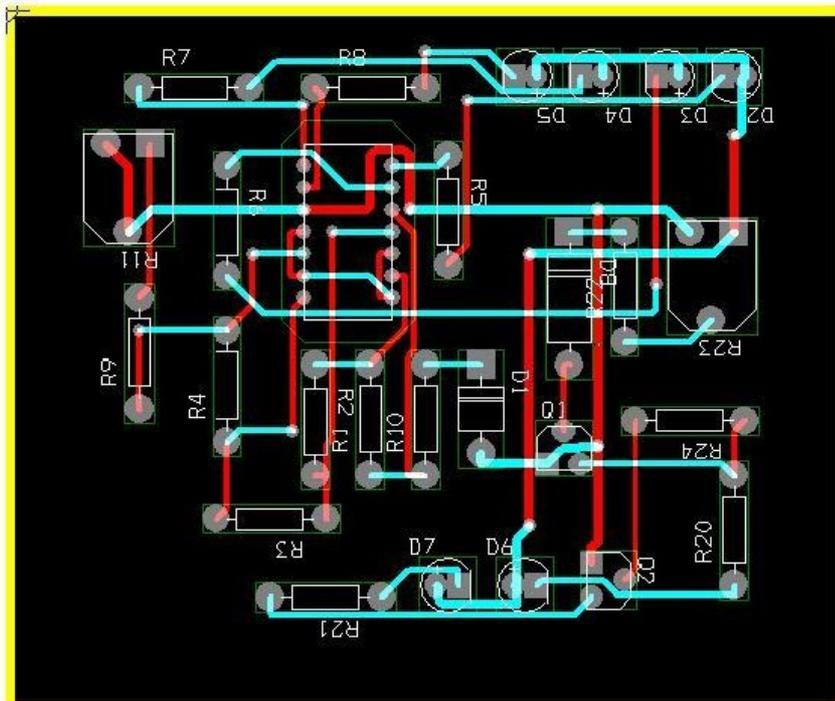
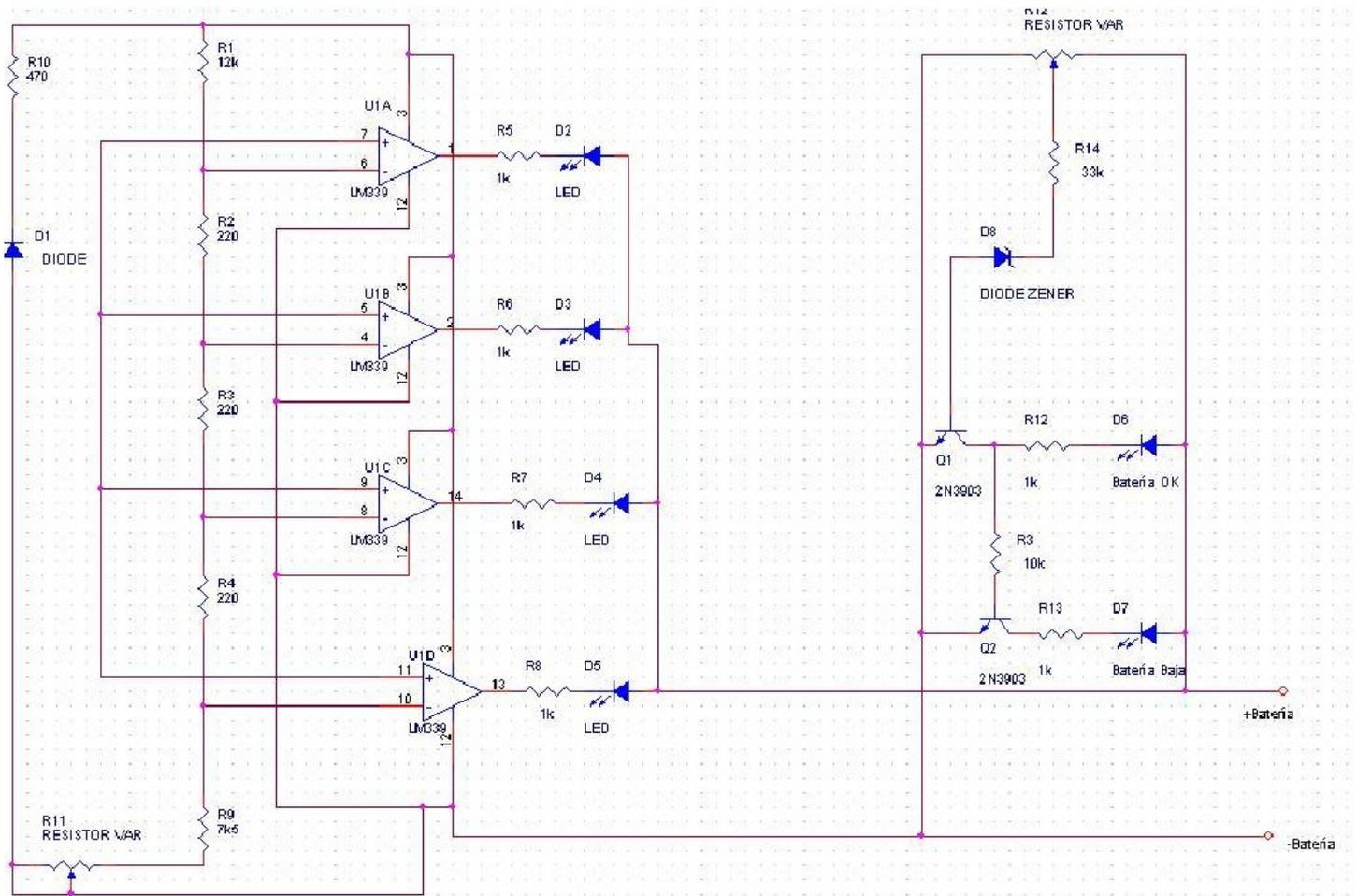
Indicador Carga de
Batería

Fecha:

1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA		
F. Javier Gómez Pérez		UPCT
Nº plano: 8		Descripción:
Escala		Indicador Batería Baja.
Fecha:	1/02/2012	



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 9

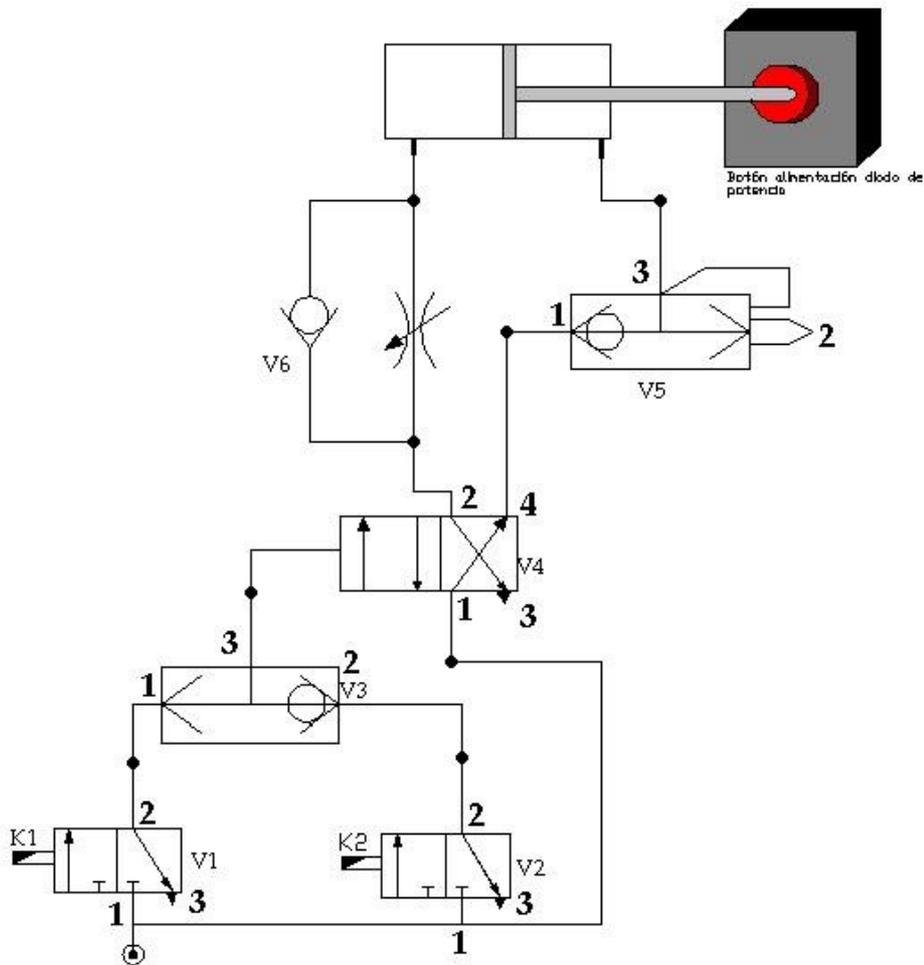
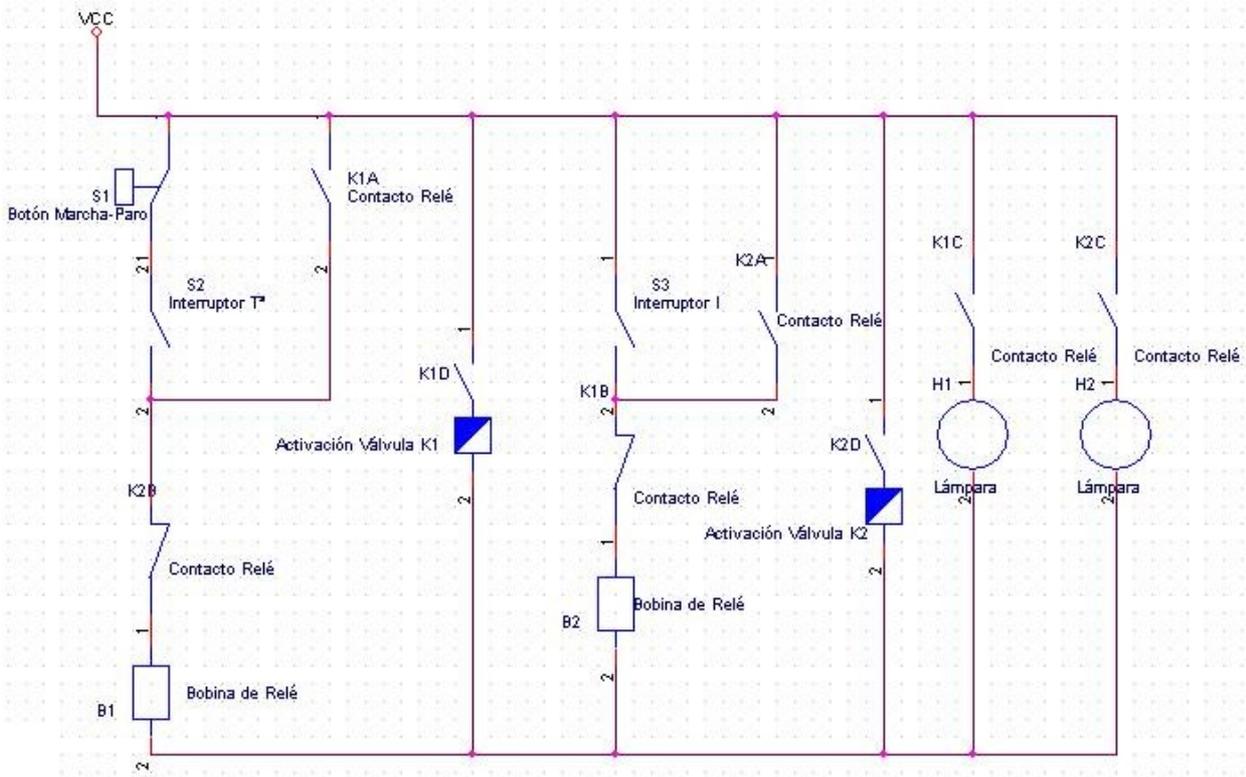
Descripción:

Escala

Conjunto de
Indicadores

Fecha:

1/02/2012



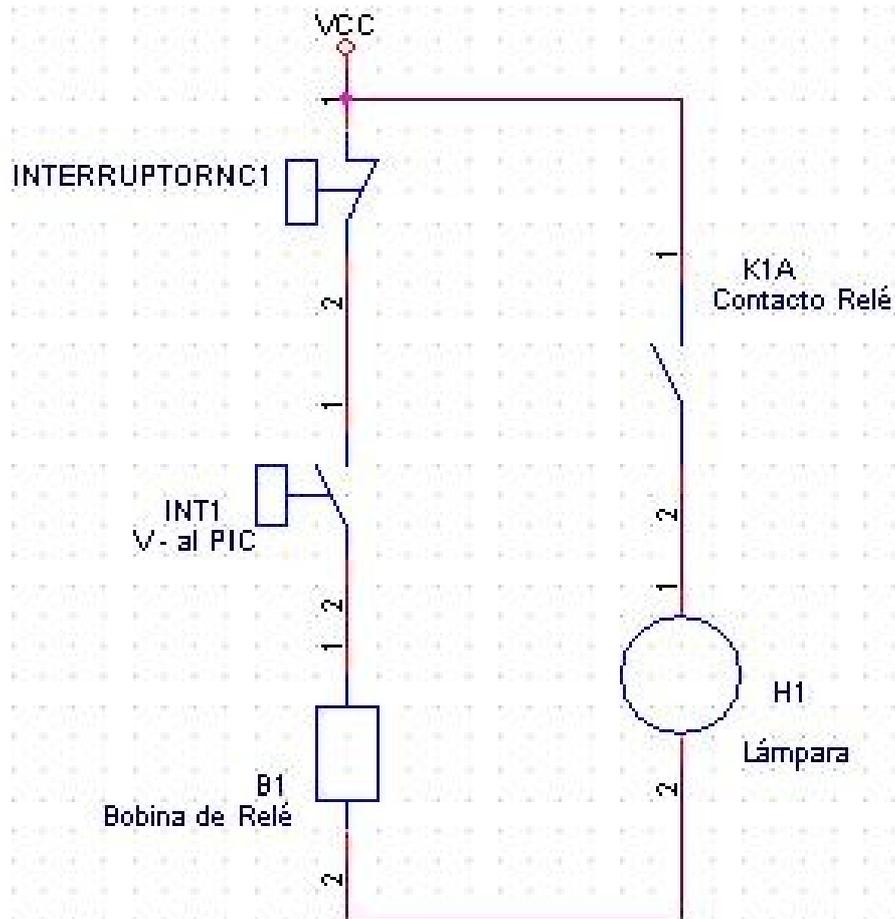
PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez	UPCT
-----------------------	------

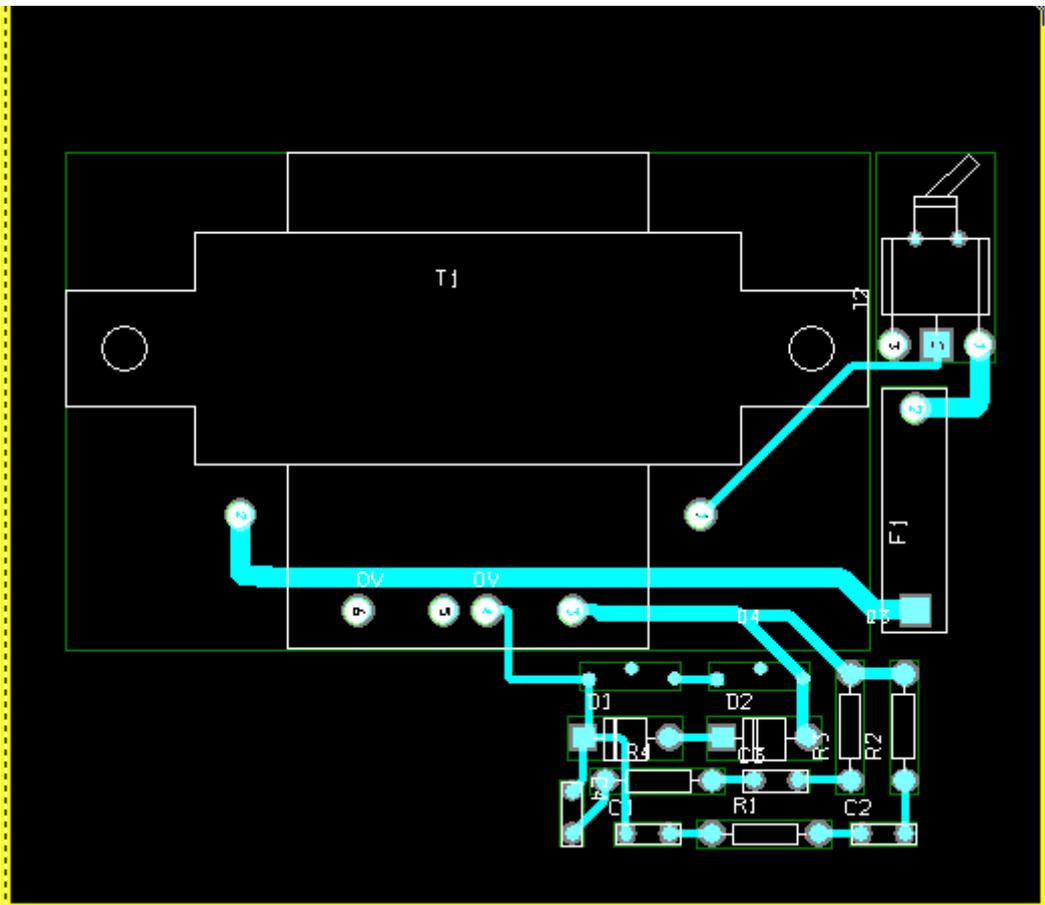
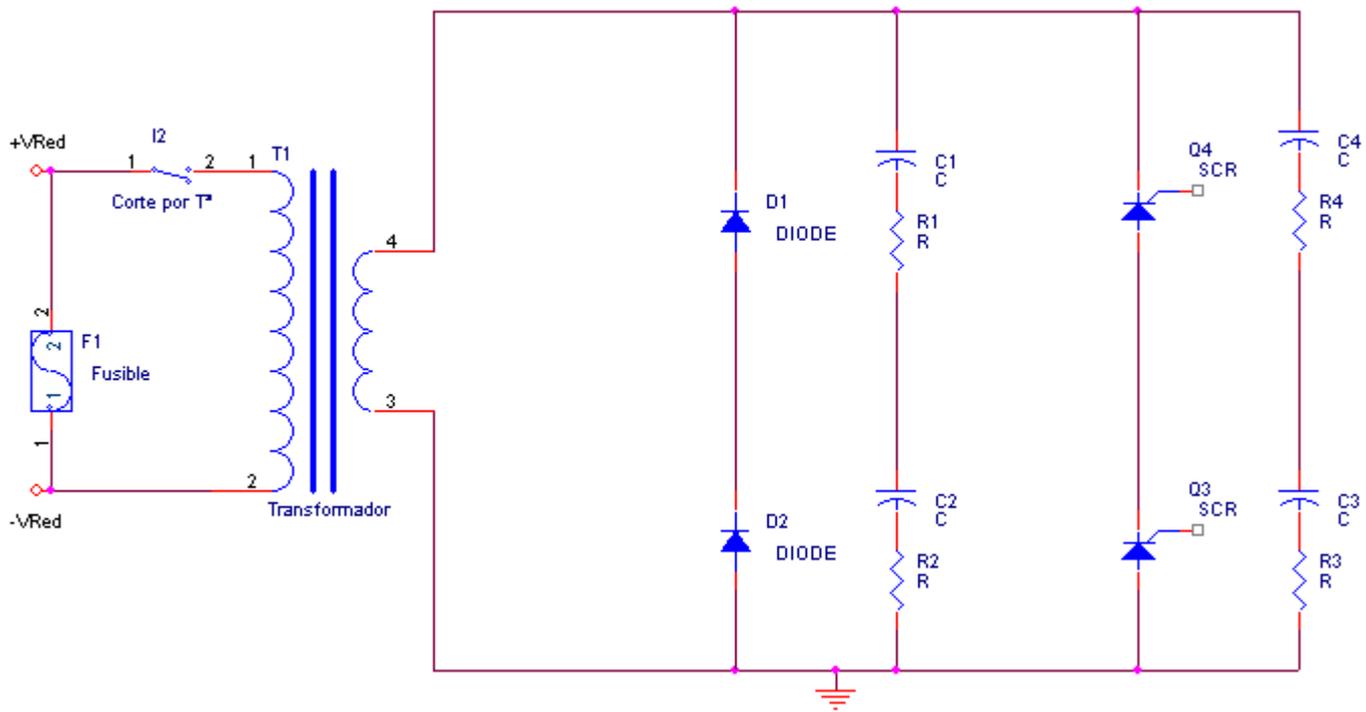
Nº plano: 10	Descripción:
--------------	--------------

Escala		Automatismo para
--------	--	------------------

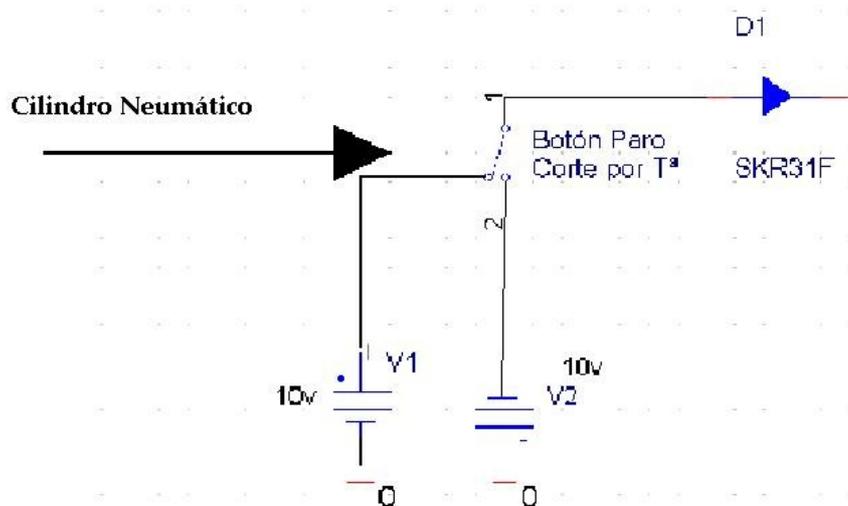
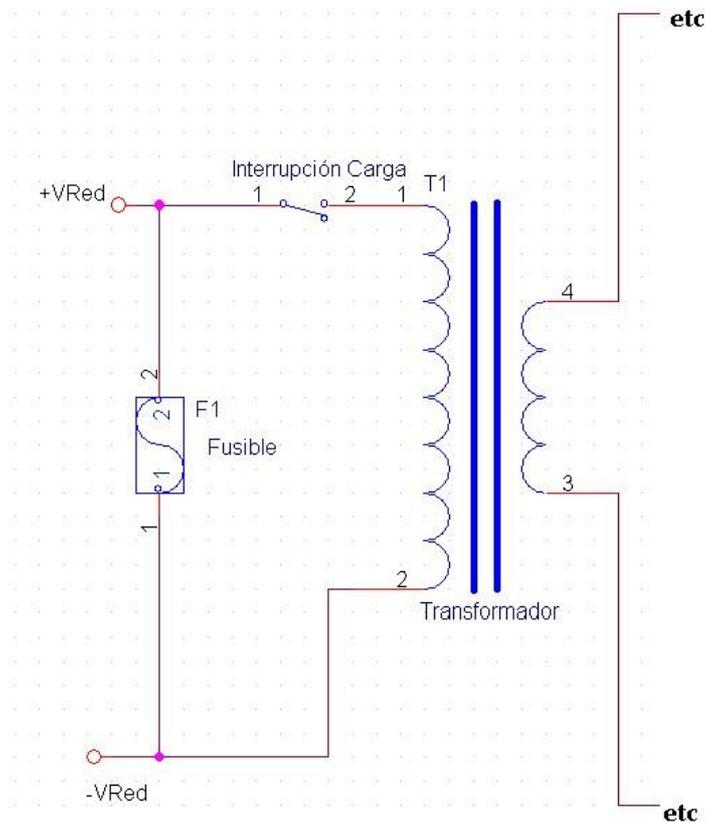
Fecha:	1/02/2012	corte de carga (T ^a , I)
--------	-----------	-------------------------------------



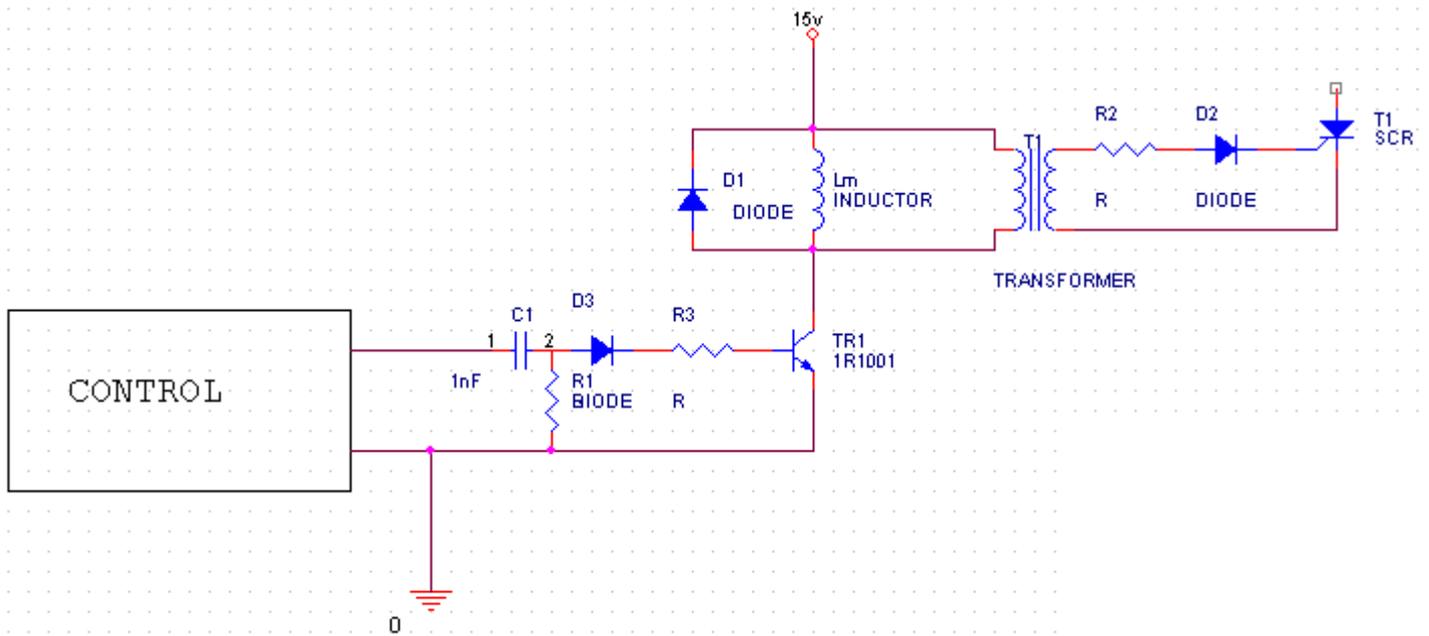
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 11	Descripción:
Escala	Indicación luminosa por tensión insuficiente
Fecha:	1/02/2012



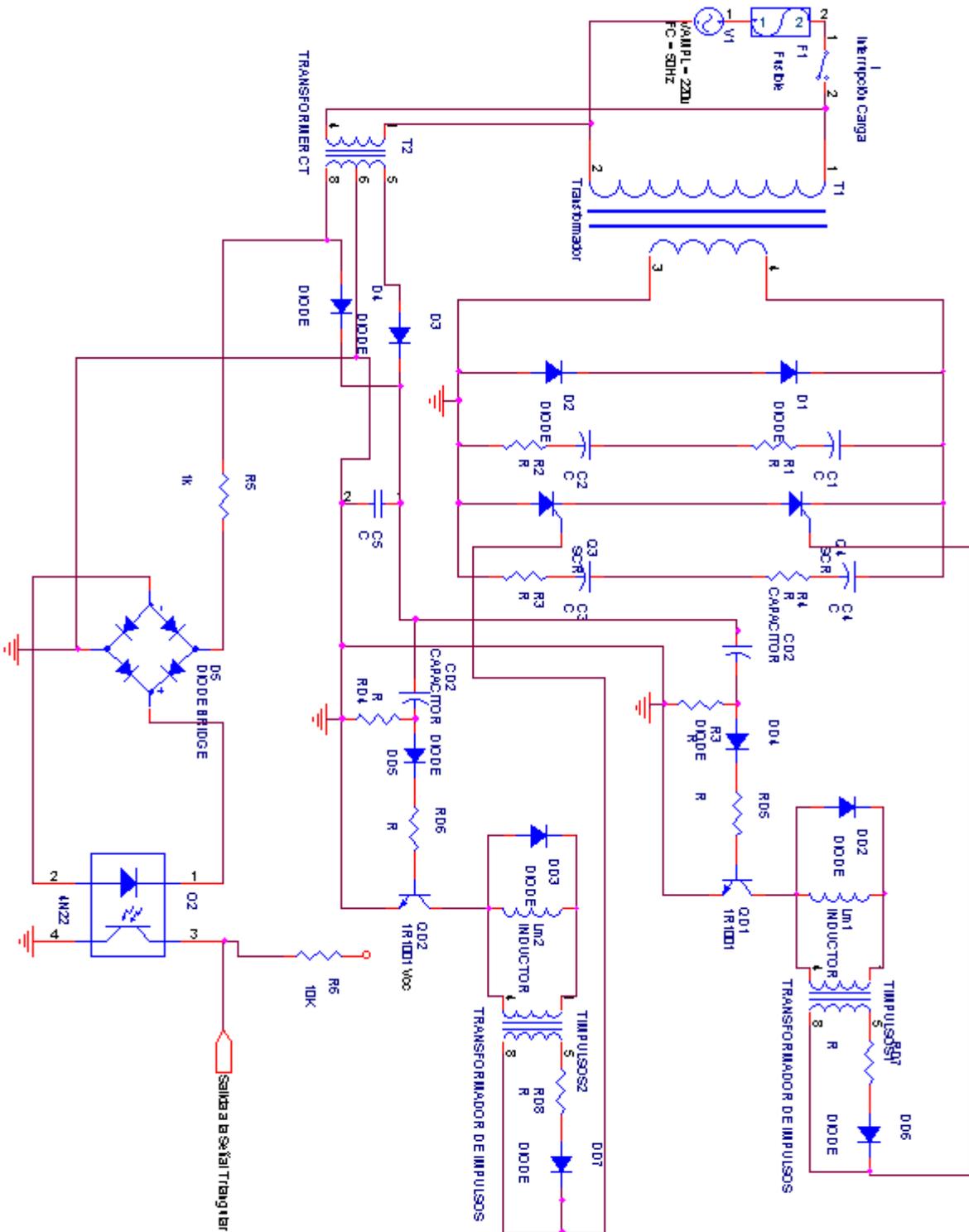
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 12	
Escala	Descripción: Esquema Rectificador Controlado [sin carga]
Fecha:	



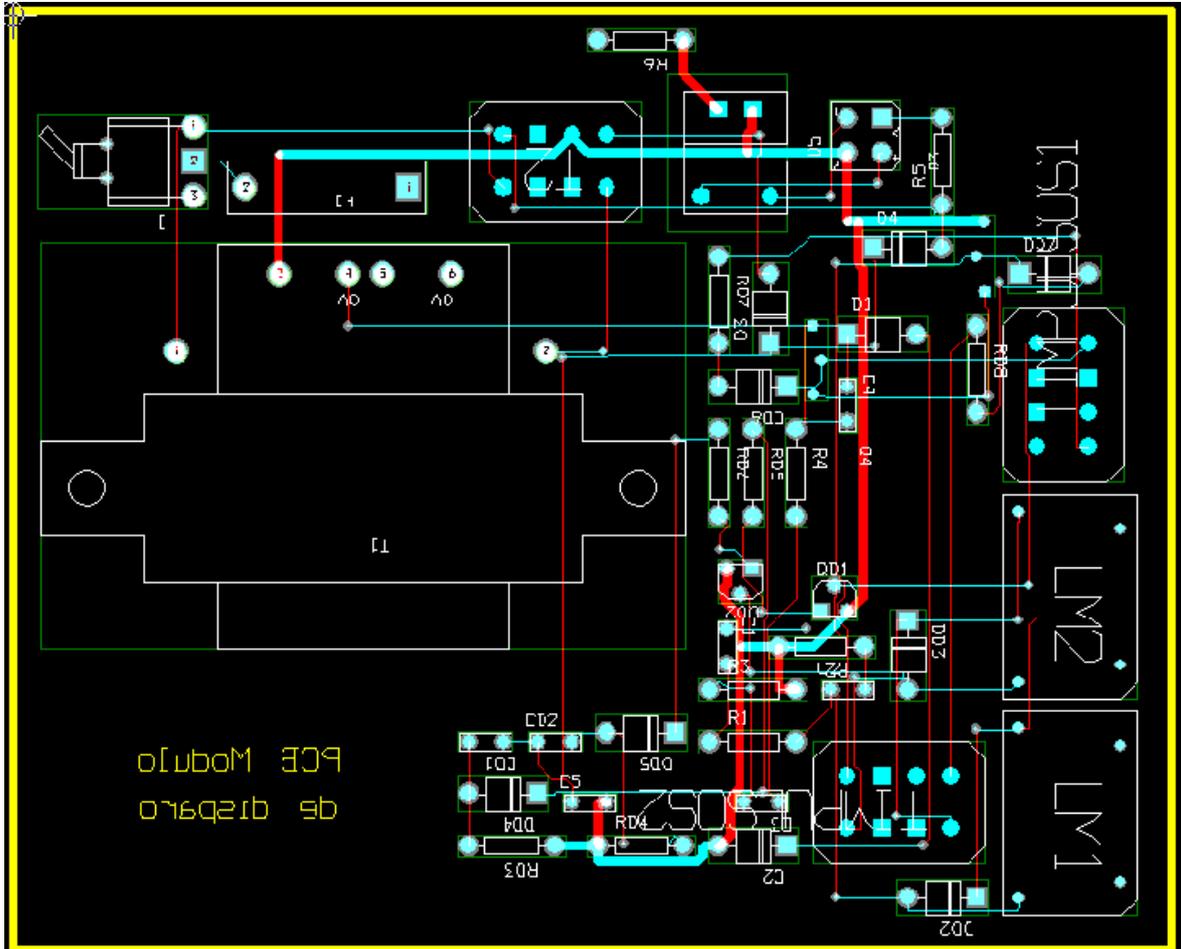
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 13	Descripción:
Escala	Actuación del cilindro neumático
Fecha:	1/02/2012



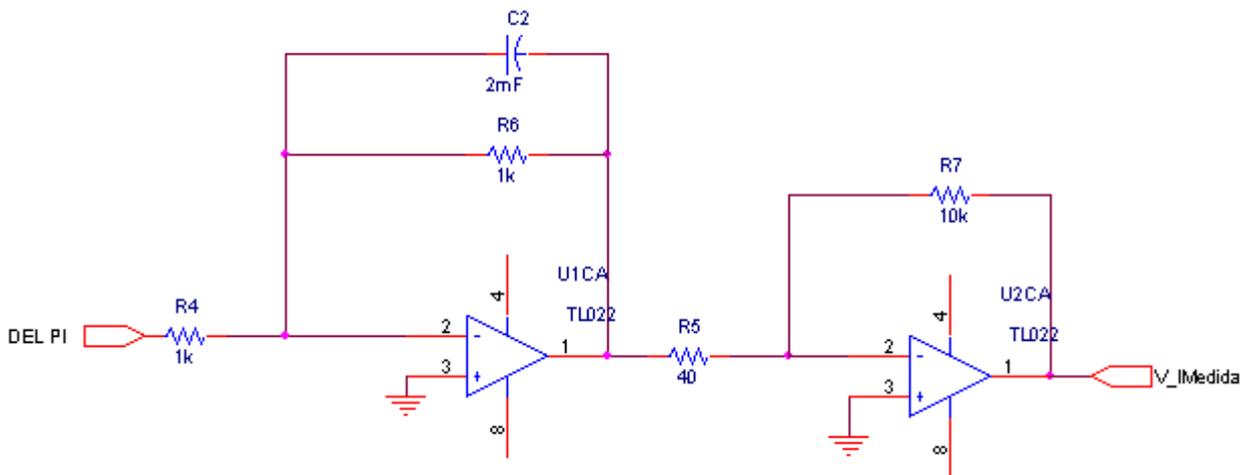
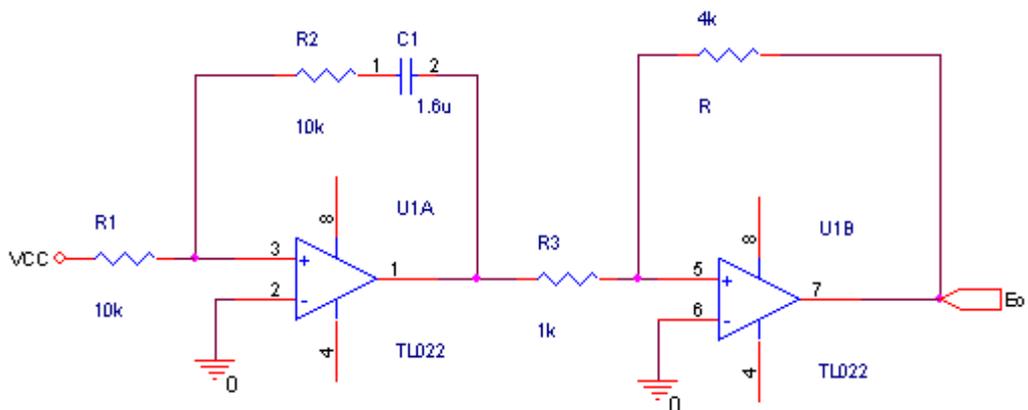
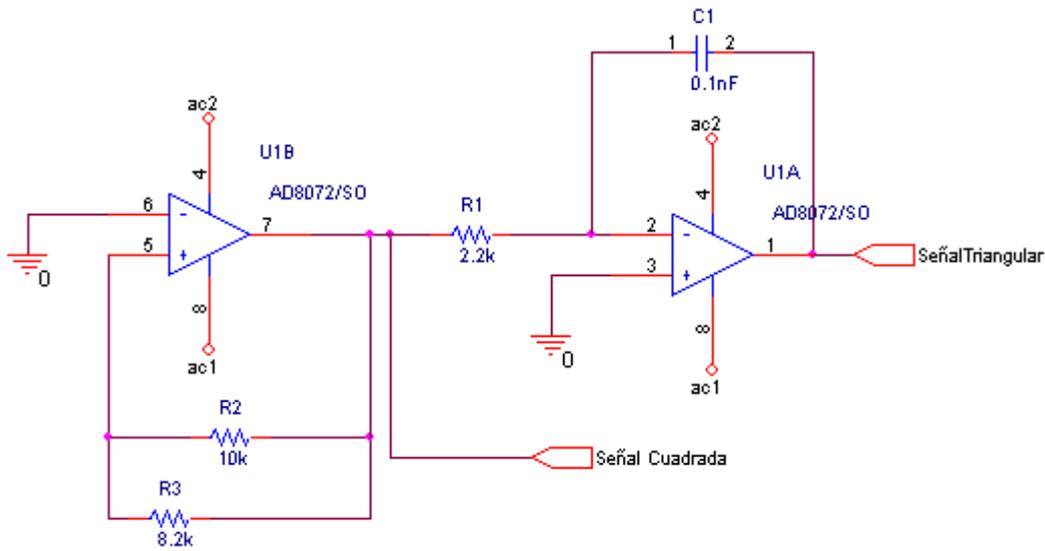
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 14	Descripción:
Escala	Diseño Circuito de disparo de los SCR
Fecha:	1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 15	
Escala	Descripción: Esquemático Rectificador + Disparos
Fecha:	



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 16	Descripción:
Escala	PCB Rectificador +
Fecha:	Circuitos de disparo.
	1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 18

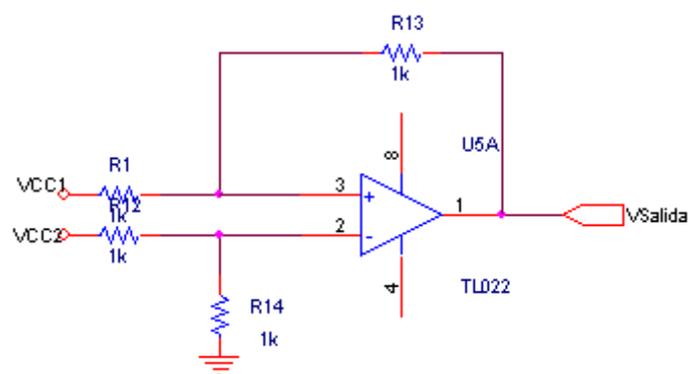
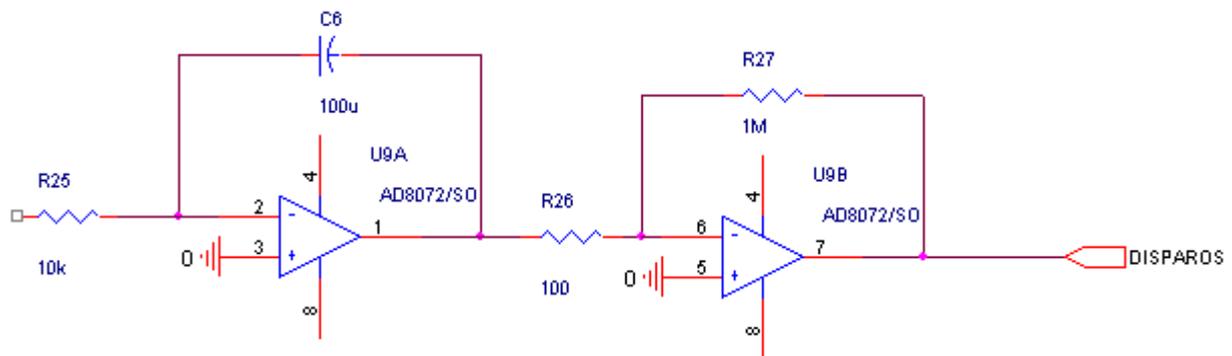
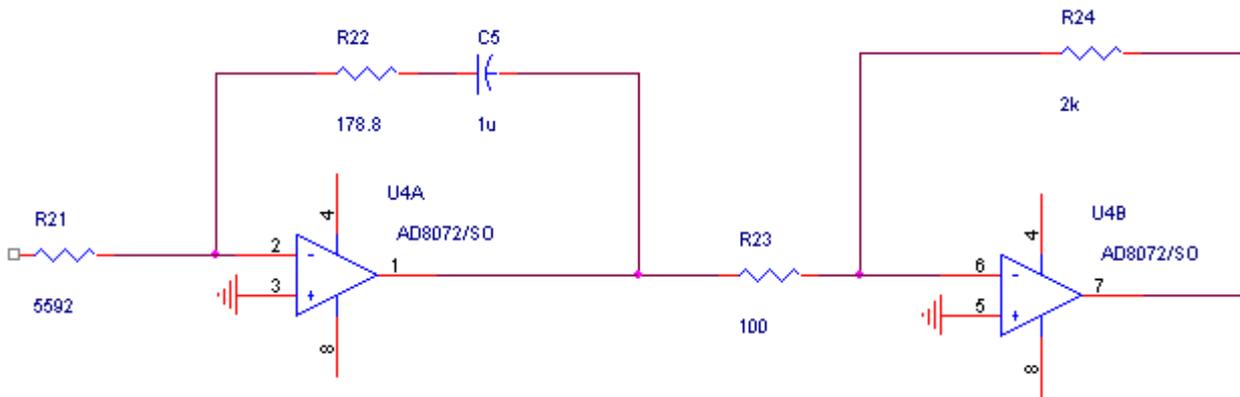
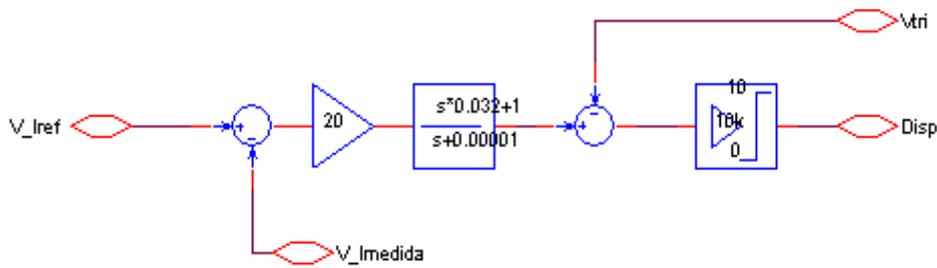
Descripción:

Escala

Triangular. PI. Función de Transf. gol(s)

Fecha:

1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 19

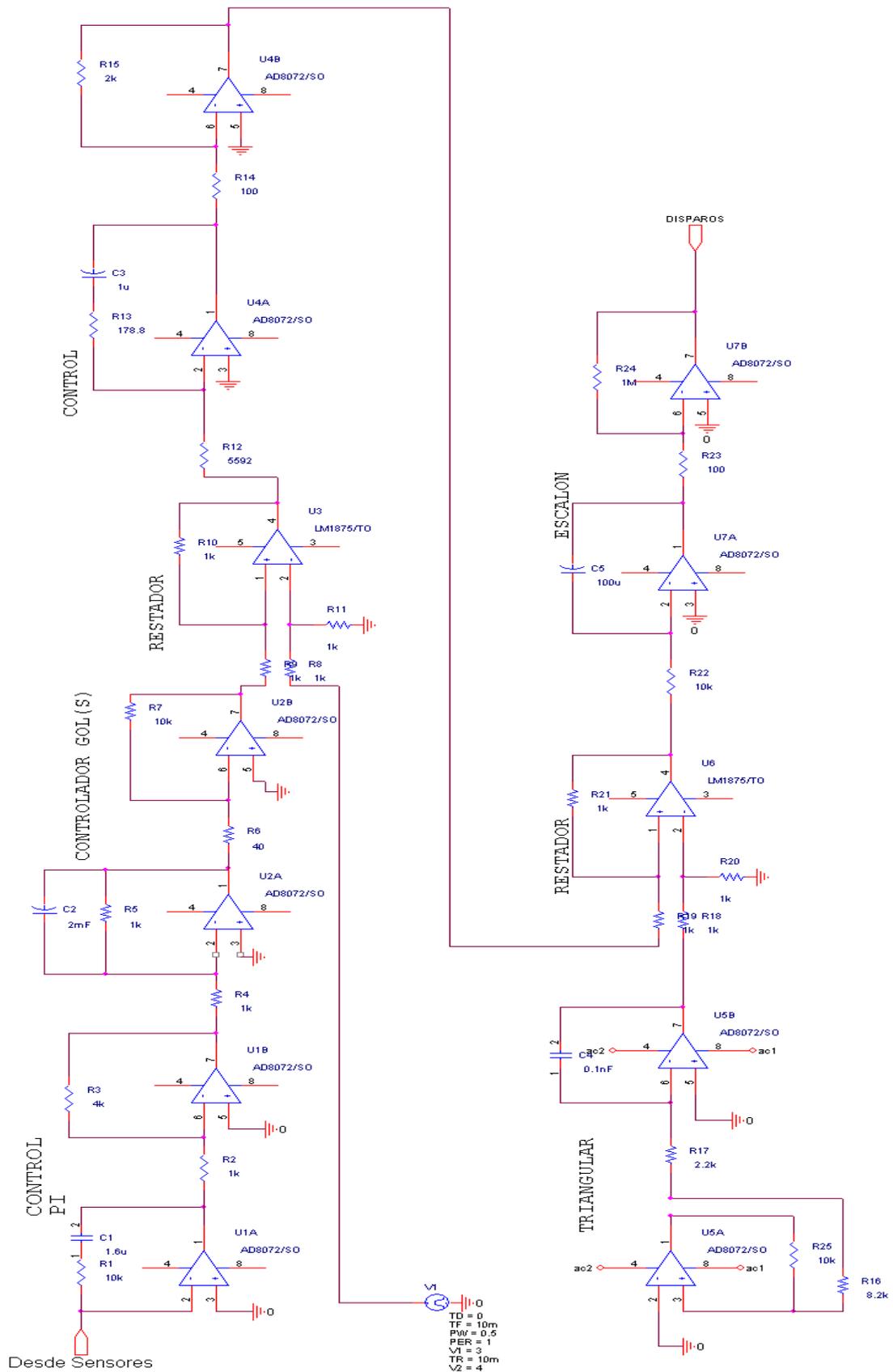
Descripción:

Escala

Bloque Control y Señal
Escalón. Restador.

Fecha:

1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 20

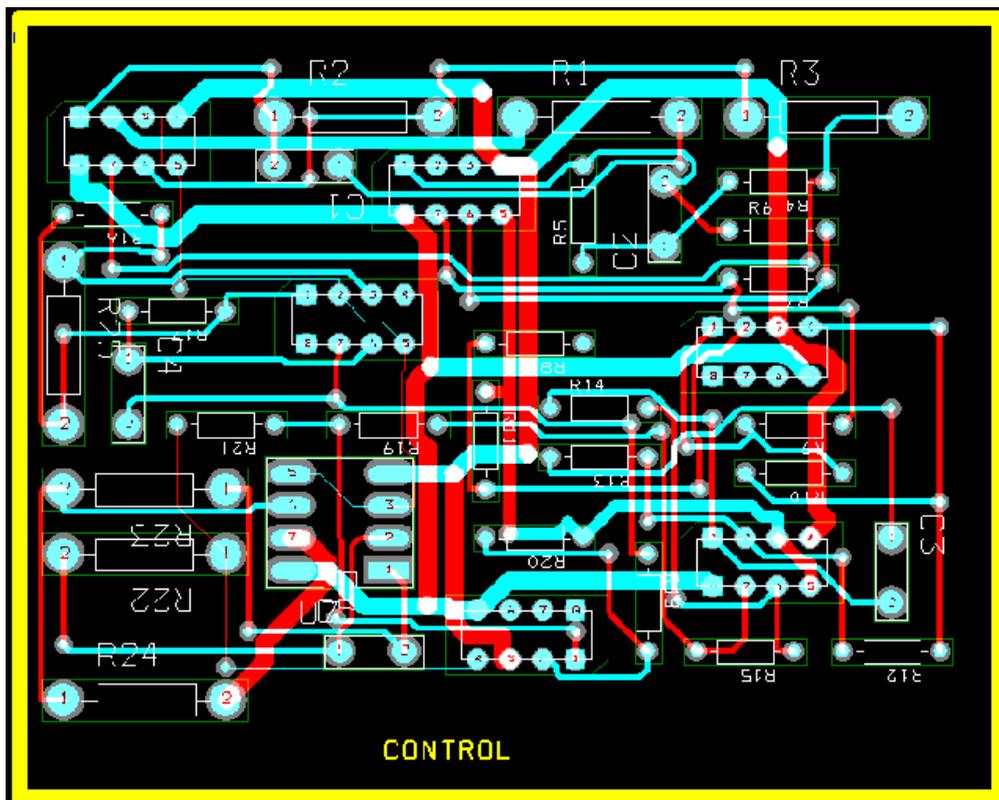
Descripción:

Escala

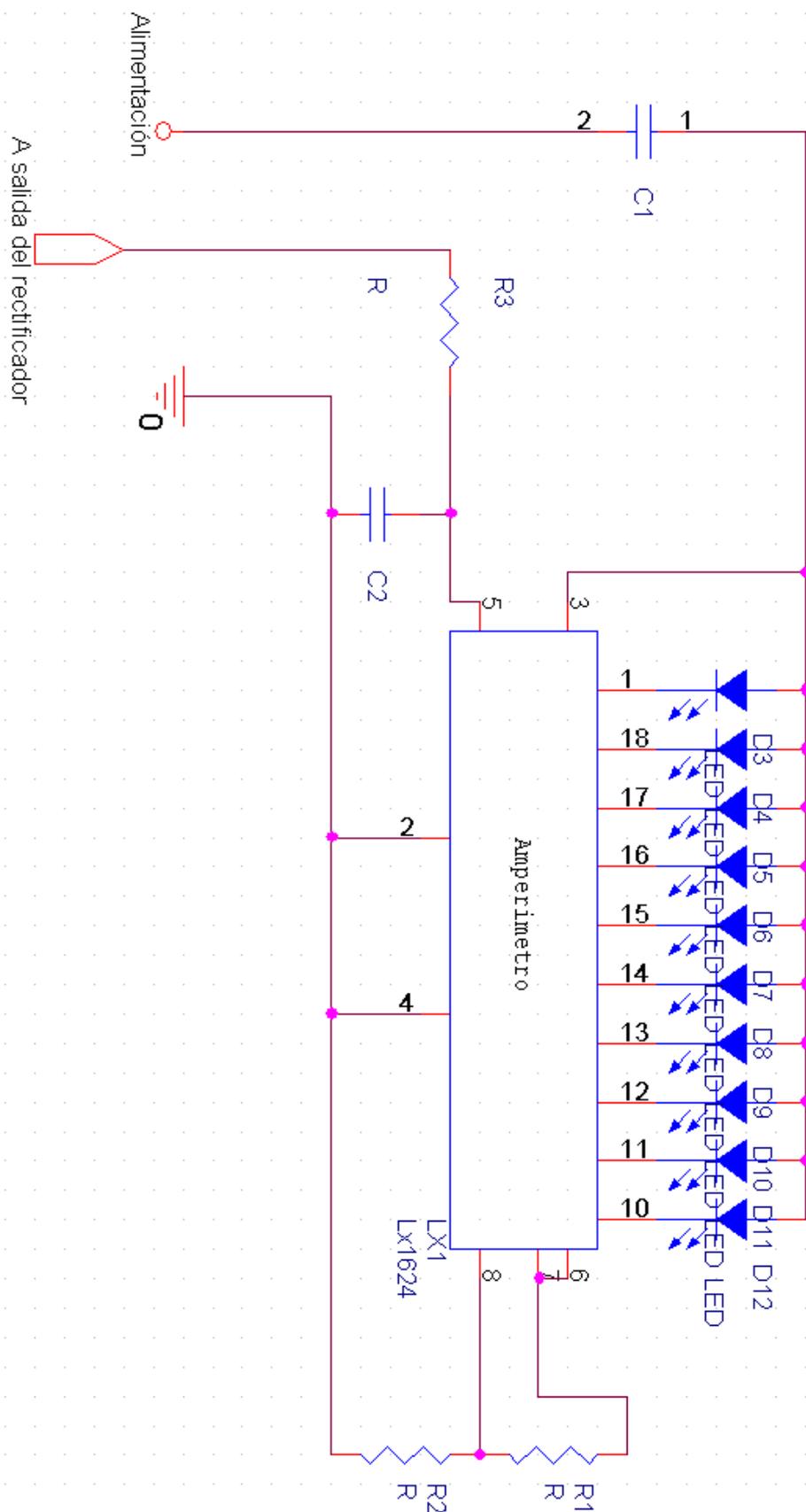
Esquemático del
Bloque Control

Fecha:

1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 21	Descripción:
Escala	PCB del Bloque Control
Fecha:	1/02/2012



PROYECTO FIN DE CARRERA

F. Javier Gómez Pérez

UPCT

Nº plano: 22

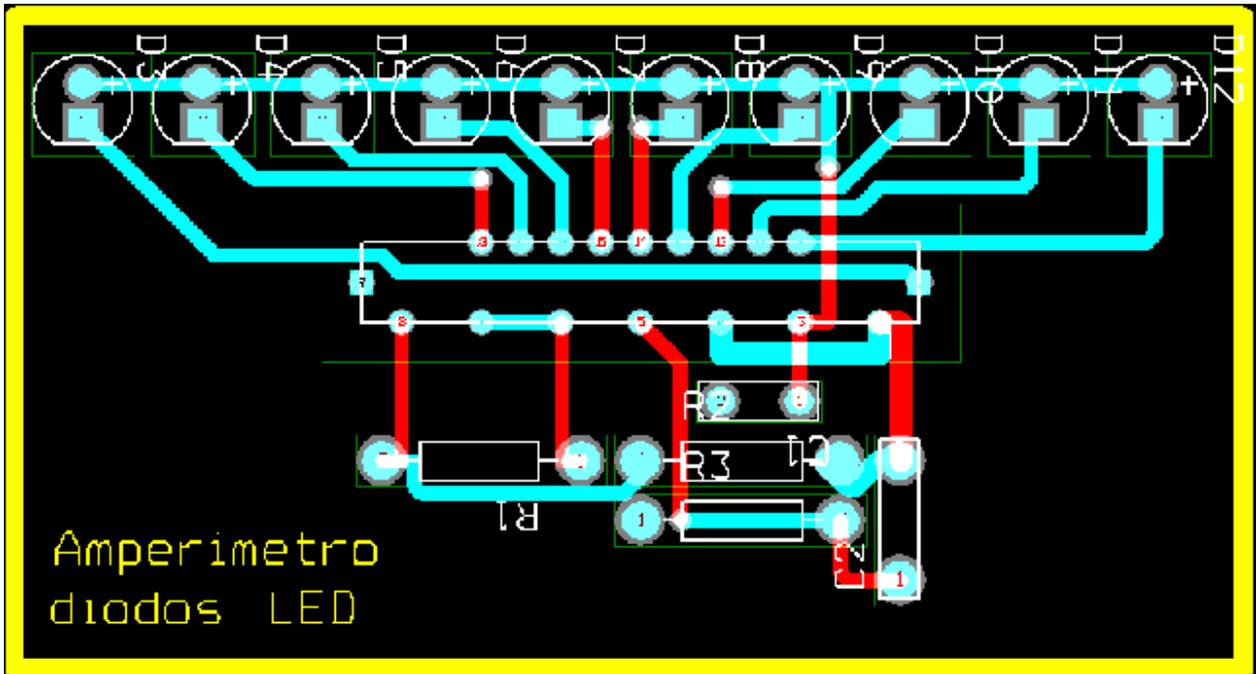
Descripción:

Escala

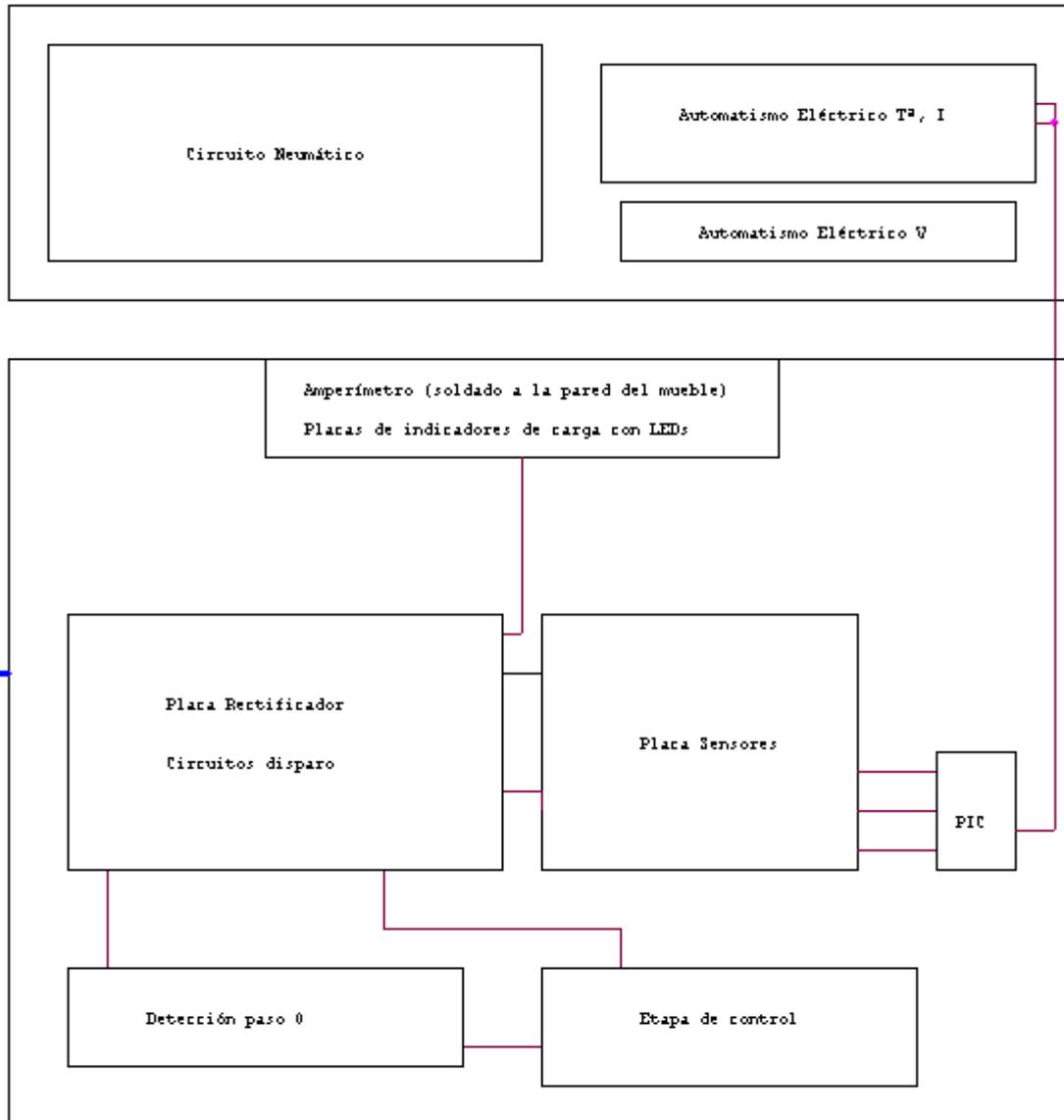
Esq. Amperímetro con LEDs.

Fecha:

1/02/2012

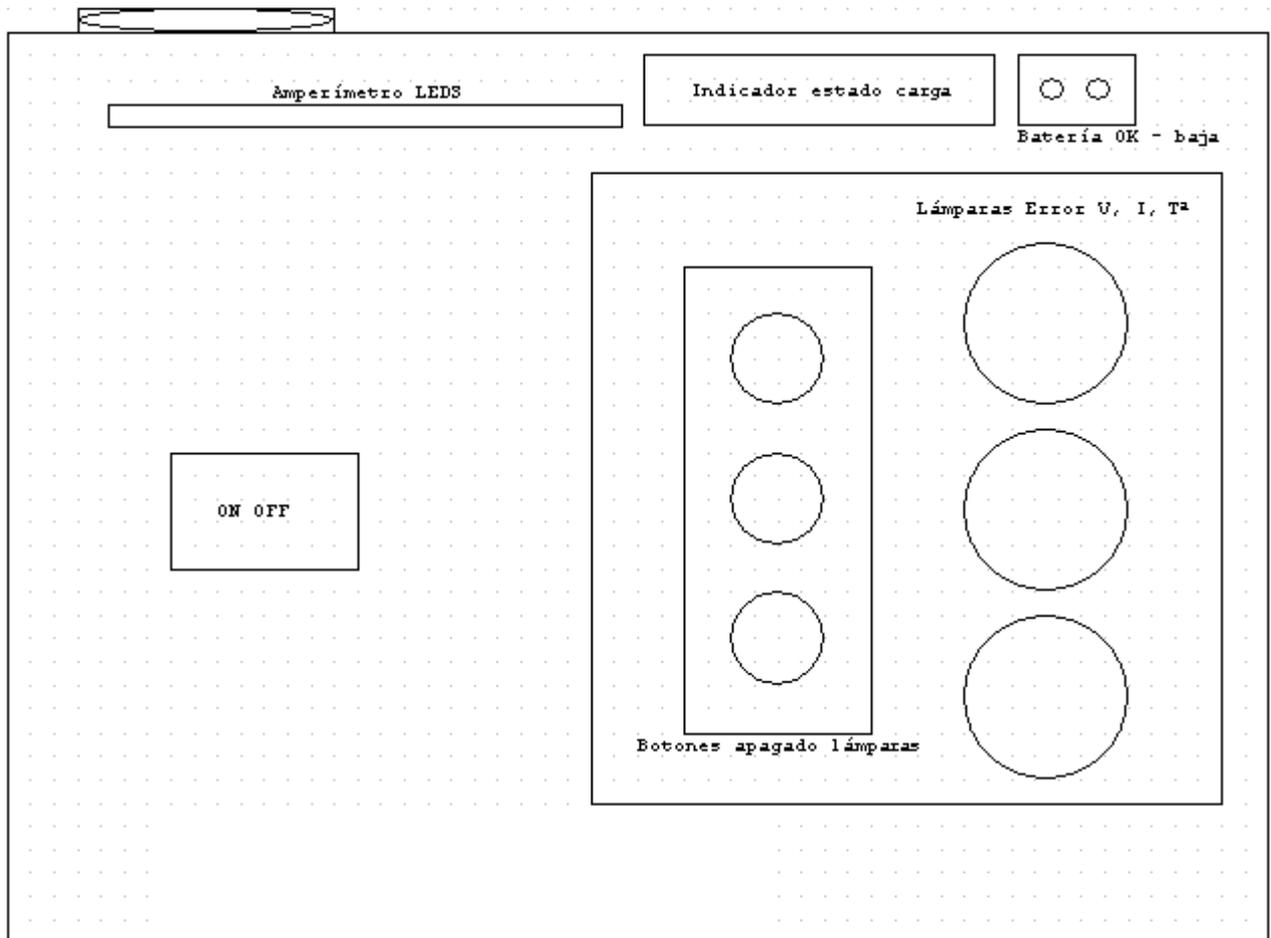


PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 23	Descripción:
Escala	PCB Amperímetro con LEDs.
Fecha:	1/02/2012



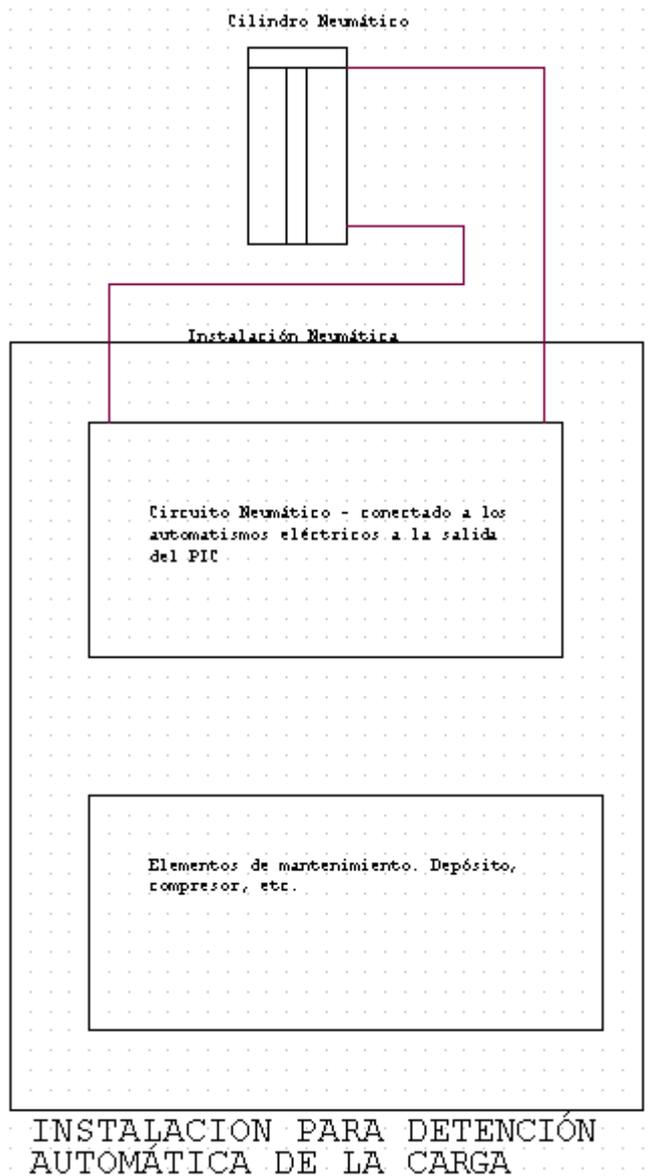
PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 24	Descripción:
Escala	Conexión PCBs en
Fecha:	mueble de la batería.
	1/02/2012

Botón de Detención de Carga.
 Puede ser pulsado
 automáticamente por el cilindro
 de la instalación para detener
 la carga.



EXTERIOR MUEBLE CARGADOR BATERÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 25	Descripción:
Escala	Vista frontal del
Fecha:	1/02/2012
	mueble de la batería



PROYECTO FIN DE CARRERA	
F. Javier Gómez Pérez	UPCT
Nº plano: 26	Descripción:
Escala	Vista instalación
Fecha:	1/02/2012
	detención carga.

PRESUPUESTO

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO APROX.
Resistencias Varias	62	6,20 €
Resistencias normales	59	5,90 €
Potenciómetros	3	0,30 €
Condensadores	16	2,00 €
Amplif.Operacionales	10	10,00 €
Sensor LM35	1	1,20 €
Sensor Ef. Hall	1	1,37 €
Integrado 7805	1	1,50 €
Transistores Bipolares	5	1,50 €
Diodos	35	13,00 €
Zener	3	1,50 €
Leds	17	6,80 €
Normales	10	1,50 €
Diodo SKR31F	1	1,20 €
Puente de Diodos	1 x 4	0,50 €
Tiristores (SCR) T0220AB	2	4,00 €
Fusibles	1	3,00 €
Transformadores varios	4	15,00 €
Transformador Principal	1	6,00 €
Transformador de impulsos	2	6,00 €
Otros	1	3,00 €
Generador Vpulse	1	3,00 €
PIC16F84	1	3,00 €
Octoacoplador 4N22	1	3,00 €
TOTAL		82,17 €

ELEMENTOS NEUMÁTICOS		
Válvulas Neumáticas	6	420,00 €
Válvula 3/2	2	75,00 €
Válvula 4/2	1	75,00 €
Válvula Selectora	1	90,00 €
Válvula Escape Rápido	1	90,00 €
Válvula Estranguladora	1	90,00 €
Cilindro Doble Efecto	1	150,00 €
Generador Aire Comprimido	1	50,00 €
Tubo de distribución de Aire	1 metro	15,00 €
Interruptores Marcha – Paro	2	0,50 €
Relés	3	12,00 €
Indicadores Luminosos	3	9,00 €
Zumbadores	2	5,00 €
Otros Interruptores	3	6,00 €
TOTAL	15	635,00 €

>> Tarjeta Amperímetro: precio de todos los componentes necesarios para realización de tarjeta amperímetro con diodos LED: 15 €.

>> Precio del mueble metálico que contiene los PCB, con panel frontal perforado y serigrafiado, con paneles laterales para la impedancia Z_1 : 44 €.