

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Contador de Amperios-Hora basado en Arduino



Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Trabajo Fin de Grado

Adrián Bayo Beguería

Vicente Senosiáin Miquélez

Pamplona, 27 de junio de 2014

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la determinación del estado aproximado de carga de la batería de un sistema fotovoltaico midiendo las corrientes de carga (corriente procedente de un panel fotovoltaico) y descarga (corriente que circula por la carga a alimentar). Para ello se deben elegir y diseñar los sensores correspondientes que midan dichas corrientes y se debe realizar la programación de un microcontrolador (en este proyecto se utilizará un módulo Arduino) para poder mostrar en una pantalla LCD la carga aproximada disponible en la batería del sistema mediante la diferencia de las corrientes medidas y su correspondiente integración en el tiempo. En esta pantalla se podrá observar también el valor de las corrientes de carga y descarga mediante el uso de un pulsador que cambiará el valor a mostrar.

PALABRAS CLAVE

- Contador
- Amperios-hora
- Sistema fotovoltaico
- Batería
- Sensor corriente
- Carga
- Descarga
- Arduino

Índice

1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Objeto.....	4
1.2 Alcance.....	4
1.3 Antecedentes.....	4
1.4 Posibles soluciones	5
2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	7
2.1 Funcionamiento.....	7
2.2 Panel Fotovoltaico.....	8
2.3 Batería	9
2.4 Carga	12
2.5 Diodo.....	13
2.6 Sensor de corriente	14
2.7 Microcontrolador.....	18
2.8 Pantalla LCD	21
2.9 Montaje prototipo.....	22
3 PROGRAMACIÓN	24
4 DISEÑO DE PCB.....	27
5 PRESUPUESTO.....	30
6 BIBLIOGRAFÍA.....	32
PLANOS.....	33
Plano 1: Esquema general	
Plano 2: Esquema sensor de corriente	
Plano 3: Esquema pantalla lcd	
Plano 4: PCB en 3d	
ANEXO 1: DATASHEETS.....	38
Batería plomo-ácido:	39
Caja IP55:	41
Pantalla LCD:	43
Fuente de alimentación:	48
Amplificador operacional LM324:	49
ANEXO 2: PROGRAMACIÓN.....	58

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El presente proyecto consiste en la determinación del estado aproximado de carga de la batería de un sistema fotovoltaico. Existen varios métodos para conocer el estado de la batería, pero en este proyecto se realizará un cálculo aproximado mediante la medición de las corrientes de carga (corriente procedente de un panel fotovoltaico) y descarga (corriente que circula por la carga del sistema) de un sistema fotovoltaico y su posterior resta e integración para determinar la corriente que administra la batería a lo largo del tiempo mediante un microcontrolador.

1.2 Alcance

En este proyecto se llevará a cabo el diseño de los sensores de corriente del sistema, la programación del microcontrolador (se utiliza un módulo Arduino Uno) y la posterior realización de un prototipo para comprobar el funcionamiento del dispositivo.

1.3 Antecedentes

Un sistema fotovoltaico tiene como objetivo la captación de radiación solar y transformarla en energía eléctrica para el posterior consumo. Su principal componente es un panel fotovoltaico, el cual es el encargado de transformar la radiación recibida del Sol en electricidad. La electricidad generada se obtiene en corriente continua (CC) y según su conexionado y número de celdas en serie del panel se obtienen tensiones que oscilan entre 5 y 900 V.

Estos sistemas pueden llevar o no acoplados un sistema de acumulación de energía (baterías) según sea la aplicación que se vaya a llevar a cabo, aunque normalmente suelen utilizarse ya que también el sistema depende de las condiciones atmosféricas.

Un sistema fotovoltaico aislado es aquel en el que no se conectan los paneles fotovoltaicos a la red eléctrica. Está formado por uno o varios paneles fotovoltaicos, un sistema de almacenamiento, un regulador y la carga que se desea alimentar. El sistema puede llevar incluido también un inversor DC/AC si se necesita transformar la corriente continua en alterna debido a que los elementos que se desean conectar a este sistema funcionan en AC. Este es el sistema que se va a simular en este proyecto.

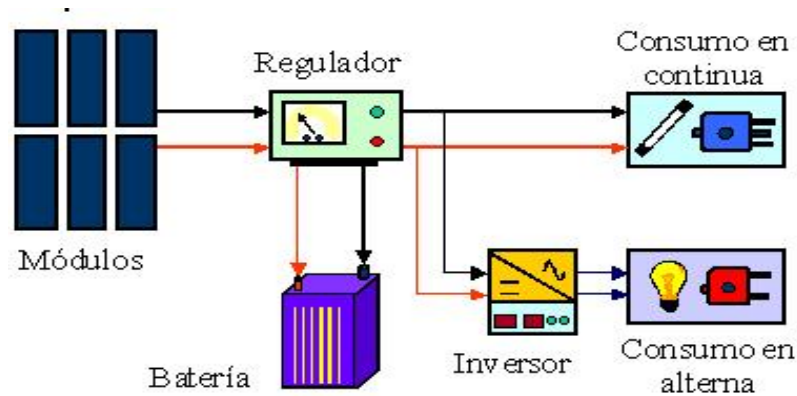


Figura 1. Sistema fotovoltaico aislado (Universidad Internacional de Andalucía)

A la hora de colocar un sistema de almacenamiento, es importante conocer cuál es la capacidad de este sistema, ya que delimita la autonomía con la que el sistema puede estar alimentado sin generar electricidad mediante el panel fotovoltaico. Por tanto, generalmente la capacidad de las baterías se mide en amperios-hora.

Un amperio-hora es una unidad de carga eléctrica y se abrevia como Ah. Indica la cantidad de carga eléctrica que circula por los terminales de una batería, si ésta proporciona una corriente eléctrica de 1 amperio durante una hora. Se emplea para evaluar la capacidad de una batería, es decir, la capacidad que puede almacenar ésta durante la carga y devolver durante la descarga.

1.4 Posibles soluciones

Para poder determinar los Amperios-Hora que nos suministra una batería se pueden seguir varios procedimientos:

- Medición directa de la corriente suministrada por la batería: En este caso se coloca un sensor de corriente directamente en la salida de la batería. Mediante este método se consigue obtener la corriente suministrada por la batería, que es el elemento que se desea medir. Para este proyecto concretamente no se puede utilizar, ya que tal y como está formado el sistema, la batería recibe corrientes entrantes y salientes, con lo que este sensor debe estar preparado para medir corrientes negativas y positivas, complicando su posterior diseño.
- Medición de la corriente de carga y descarga del sistema fotovoltaico: El método que se sigue es la medición de la corriente de carga (proveniente del panel solar) y la corriente de descarga (alimentación de la carga). Al realizar la resta de estas corrientes, tal y como está montado el sistema, se obtiene la corriente suministrada por la batería. Para poder llevar a cabo la medición de los Amperios-Hora suministrados, simplemente hay que integrar en el tiempo el valor de corriente que se ha medido en cada instante. La ventaja de este método es que se puede utilizar un método de sensado de corriente más sencillo, aunque haya que utilizar dos sensores.

En este proyecto se ha elegido la segunda opción para poder diseñar el sensor de corriente de una manera más simple y poder además visualizar otros datos, como puede ser la corriente suministrada por el panel fotovoltaico.

2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.1 Funcionamiento

En el presente proyecto se miden los amperios-hora proporcionados por la batería. Pero para ello se debe tener un sistema fotovoltaico aislado en el que se tenga un sistema de almacenamiento. El montaje de este sistema es el siguiente:

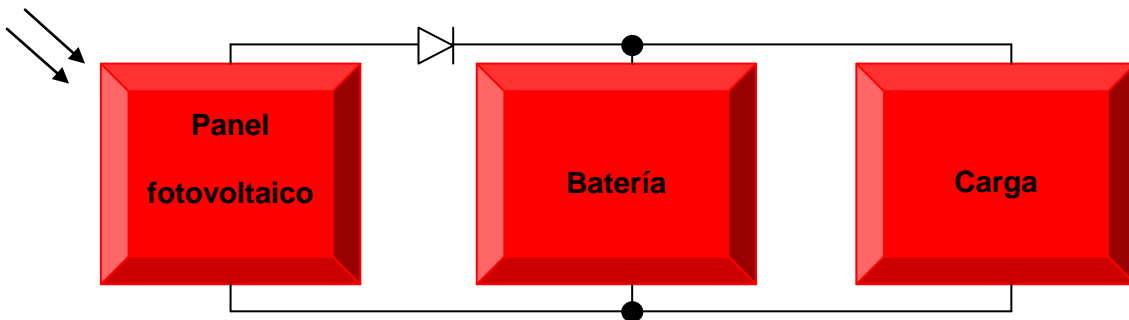


Figura 2. Montaje sistema fotovoltaico (Elaboración propia)

Tal y como está este sistema montado, todos los elementos deben tener la misma tensión, por lo cual, a la hora del dimensionamiento de cada componente, hay que tener en cuenta las tensiones que soportan. A su vez, debe ir colocado un diodo entre el panel fotovoltaico y la batería para no dejar circular corriente hacia el panel. Este diodo debe tener una caída de tensión mínima para que no haya diferencias apreciables de tensión entre el panel fotovoltaico y la batería.

Sobre este sistema se deben colocar los sensores de corriente, que acabarán proporcionando la medición deseada mandando sus valores a un microcontrolador. Estos sensores se deben colocar de la siguiente manera (explicación de la colocación en el punto 2.6:

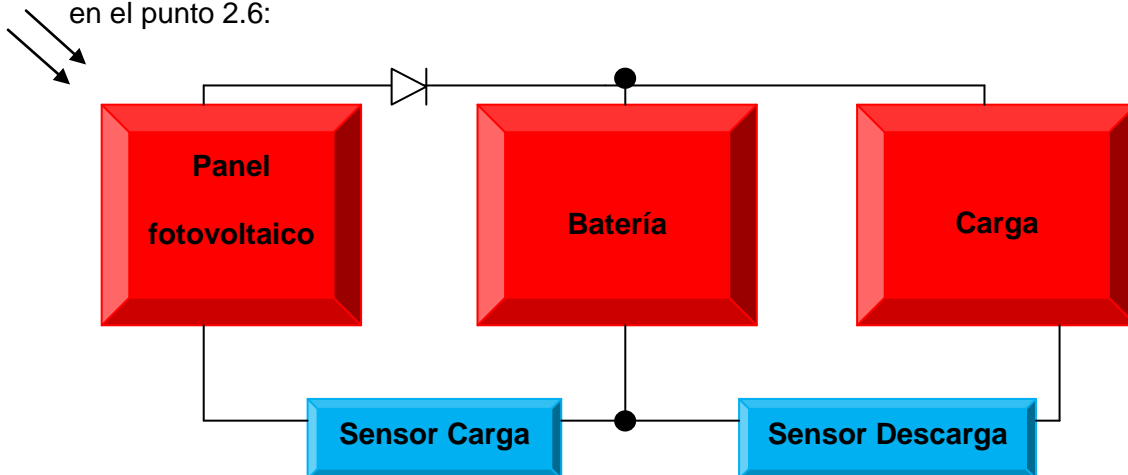


Figura 3. Medición corrientes carga y descarga (Elaboración propia)

Para conseguir una medición de amperios-hora, se necesita una programación concreta. El microcontrolador, para poder llegar a este objetivo, debe realizar:

- Medición de cada corriente (carga y descarga)
- Diferencia de las corrientes medidas para conseguir la corriente proporcionada por la batería.
- Integración en el tiempo. Consiste en la suma de los valores obtenidos de la diferencia en ciertos instantes de tiempo. En este proyecto se ha elegido ir realizando mediciones en intervalos de un segundo e ir realizando la suma.
- Conversión en amperios-hora. Con el paso anterior lo que se consigue son amperios-segundo, pero la medida utilizada para medir la capacidad de una batería en el mundo profesional son los amperios hora, por lo que el anterior valor debe ser dividido entre 3600.

Por último, para poder visualizar los datos sin necesidad de enviarlos a un ordenador, el proyecto incorpora una pequeña pantalla en la que se mostrarán los valores más significativos del sistema.

2.2 Panel Fotovoltaico

Todo sistema fotovoltaico necesita un panel fotovoltaico para poder generar energía eléctrica a partir de la luz solar. Pero a la hora de realizar en este proyecto un prototipo del funcionamiento global ha sido imposible disponer de uno. Por lo tanto, en vez de utilizar un panel fotovoltaico, se utilizará una fuente de tensión, que a la hora de simular el sistema, desempeña la misma labor que una célula fotovoltaica. Concretamente el modelo de fuente utilizado es una fuente de alimentación PROMAX FAC-662B. Esta fuente puede proporcionar una tensión máxima de 30 V y una corriente máxima de 1 A. Contiene dos salidas en las que se puede variar la tensión entre 0 y 30 V y otra salida que proporciona una tensión fija de 5 V.

En este proyecto se ha marcado un punto de trabajo concreto de la fuente debido a las características de la batería utilizada en el sistema (características en el punto 2.3). Deberá trabajar a 14,7 V, ya que el rango de carga de la batería está comprendido entre 13.5 y 14 V y antes de este dispositivo se encuentra un diodo (punto 2.5) en el que se produce una caída de tensión de 0,7 V.



Figura 4. Simulación panel fotovoltaico mediante fuente de alimentación (Elaboración propia)

2.3 Batería

En cualquier sistema fotovoltaico en el que se desee proporcionar energía a una carga cuando la radiación solar no llega con suficiente intensidad al panel para que pueda generar energía, se necesita colocar un sistema de acumulación de energía que vaya acumulando energía para poderla proporcionar en dichos instantes.

Actualmente, para un sistema fotovoltaico sencillo, lo más frecuente es el uso de baterías. Una batería es un dispositivo que contiene una o varias celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad. Cada celda consta de un cátodo, un ánodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya al exterior de la batería para llevar a cabo su función.

Los principales tipos de baterías que se pueden encontrar en el mercado son:

- Baterías de plomo-ácido: Tienen una baja relación entre el peso y la energía que almacenan, pero lo compensan con su gran duración y tienen un precio relativamente económico. Desde el punto de vista medioambiental, aun siendo el plomo un material pesado, se puede reciclar hasta el 90 % de su contenido. Tienen un periodo de recarga que oscila entre las 8 y 10 horas y son las baterías que más tiempo han estado usándose. Concretamente son muy utilizadas en los coches.
- Baterías Níquel-Cadmio: Se crearon hace muchos años, pero su coste hizo esperar su uso. Constan de un ánodo de níquel y un cátodo de cadmio. Al ser el cadmio un material pesado y muy tóxico, se prohibieron en la Unión Europea a partir del año 2004.

Su principal ventaja era su gran duración (unas 1500 recargas), pero tenía sus inconvenientes, como pueden ser que tenía una baja capacidad energética por unidad de peso y que sufre el efecto memoria.

- Baterías Níquel-hidruro metálico: Se crearon en los años 70, pero se introdujeron recientemente en el mercado para sustituir a las de Níquel-Cadmio.

Tienen mayor capacidad de almacenamiento por unidad de peso respecto a las baterías de plomo, pero tienen el inconveniente de que sufren el efecto memoria. Aún así han sido de las más usadas por los coches híbridos, puesto que dan muy buenos resultados.

- Baterías de litio-ion: A pesar de que este tipo de baterías se conocen desde 1960, su desarrollo ha sido debido a la telefonía móvil debido a que almacenan mucha energía.

A diferencia de las anteriores no sufre del efecto memoria ni tiene una gran pérdida de capacidad debido a su uso. Estas dos características hacen que se haya incrementado su uso en aparatos portátiles y teléfonos móviles.

También tienen sus inconvenientes, ya que se sobrecalientan y son un poco caras de momento, pero como toda tecnología su precio tiende a bajar.

- Baterías de litio-polímero: Se empezaron a producir en el año 2006, por lo tanto aun se encuentran en desarrollo. Son una variante de las baterías de litio-ion, a las que se le ha cambiado el electrolito por un polímero, que puede estar en estado sólido o gelatinoso, lo que permite dar a la batería formas según desee el fabricante. Esta característica hace que los fabricantes de móviles estén muy interesados puesto que les permite más libertad en el momento de diseñar su móvil.

Otra ventaja es que tienen una densidad de almacenamiento más alta, ya que teniendo el mismo peso pueden almacenar el doble de energía. Su inconveniente es que se vuelven inestables si las sobrecargamos o se descargan por debajo de un valor determinado.

- **Baterías Zebra:** Su electrolito necesita estar a altas temperaturas (entre 250 °C a 350 °C), por lo que tienen que aislarse del exterior para evitar pérdidas de carga. Para ello se aíslan al vacío. Tienen una capacidad de almacenamiento similar a las baterías de iones de litio, pero con la ventaja de que pueden trabajar con grandes tensiones (hasta 600 V) o bien almacenar grandes cantidades de energía.

En la tabla 1 se muestra una comparativa de todos los tipos de baterías en varios aspectos relevantes.

Tipo de batería	Energía/Peso (Wh/kg)	Energía/volumen (W/l)	Potencia/Peso (W/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética (%)
Zebra (NaNiCl)	125	300		1000	92,5
Polímero de litio (Li-Po)	200	300	>3000	1000	90
Iones de Litio (Li-Ion)	125	270	1800	1000	90
Niquel-hidruro metálico (NiMH)	70	140-300	250-1000	1350	70
Niquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1350	72,5
Plomo ácido	40	60-75	180	500	82,5

Tabla 1. Comparativa entre los distintos tipos de baterías del mercado. (Elaboración propia)

Para este proyecto, como es una simulación de un sistema fotovoltaico, se ha elegido una batería de plomo-ácido, ya que es bastante económica y puede hacer perfectamente la función de almacenamiento de carga. La batería escogida concretamente es una batería de plomo-ácido de 12 V con una capacidad de 4 amperios-hora. La corriente máxima que puede proporcionar esta batería es de 1,2 A, con lo que puede satisfacer las necesidades del proyecto debido a que se ha marcado un límite de corriente de 1 A.



Figura 5. Batería 12 V 4 Ah (RS)

2.4 Carga

Es el elemento para el que se diseña un sistema fotovoltaico. La energía generada se consume por la carga. Tal y como está diseñado el sistema, puede estar alimentada mediante la batería o mediante el panel fotovoltaico.

A la hora de realizar el prototipo de este proyecto, se utilizarán resistencias para disipar la energía entregada por la fuente de tensión o por la batería. A la hora de dimensionar estas resistencias hay que tener en cuenta dos aspectos:

- En la carga se produce una caída de tensión de 14V por el montaje del sistema.
- La fuente de alimentación es capaz de suministrar hasta una corriente de 1 A.

Por tanto, para poder realizar el mayor número de ensayos distintos se deben configurar las resistencias para que admitan una corriente máxima de 1 A. Esto significa que la potencia máxima a disipar por las resistencias sea de:

$$P_{MAX} = V \cdot I = 14 \cdot 1 = 14 \text{ W}$$

Este valor hay que tenerlo en cuenta, ya que si no se escogen unas resistencias que disipen esta potencia, dichas resistencias se quemarán. En el laboratorio se dispone de resistencias que disipan como máximo 2 W, por lo que se deben colocar mínimo 7 resistencias en paralelo que disipen 2 W cada una para disipar en conjunto los 14 W. Esto se debe a que la corriente se reparte por las resistencias por igual (si son del mismo valor), con lo que la potencia que debe disipar cada una es el resultado de la división de la potencia total a disipar entre el número de resistencias en paralelo colocadas.

A su vez, para dejar circular como máximo una corriente de 1 A, la carga debe tener un valor de:

$$R_{CARGA} = \frac{V}{I} = \frac{14 V}{1 A} = 14 \Omega$$

Tras tener en cuenta estas dos consideraciones, se ha escogido colocar como carga 8 resistencias en paralelo de 120 Ω y 2 W de potencia cada una para tener como resultado una carga final de 15 Ω y 16 W de potencia, por lo que no se superan los límites del sistema.

2.5 Diodo

Un diodo es un componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. La flecha de su representación simbólica indica la dirección en la que fluye la corriente. Es el dispositivo semiconductor más sencillo y se puede encontrar prácticamente en cualquier circuito electrónico. Constan de la unión de dos tipos de material semiconductor, uno tipo N y otro tipo P, separados por una juntura llamada barrera o unión.

En este proyecto se necesita la colocación de un diodo entre el panel solar y la batería, debido a que no se desea que el panel solar absorba corriente, sino que solo proporcione. De esta manera queda fijada la dirección de la corriente.

Un aspecto a tener en cuenta a la hora de la elección de este diodo es la tensión umbral de este. Se desea que la tensión que caiga en este elemento sea la menor posible, ya que se intenta que tengan el panel fotovoltaico y la batería la misma tensión, con lo que poder controlar mejor la carga de dicha batería.

El diodo apropiado para este proyecto es un diodo Schottky. Este diodo tiene una caída de tensión directa (tensión umbral) muy pequeña, que puede oscilar entre 0,15 y 0,45 V según sea la calidad del diodo. Operan a muy altas velocidades y se utilizan en fuentes de potencia, circuitos de alta frecuencia y en sistemas digitales. Se les suele denominar también diodos de recuperación rápida o de portadores calientes.

Al no poseer en el laboratorio de un diodo de este tipo, se ha tenido que optar un diodo que tenga la menor tensión umbral posible. En este caso la solución adoptada ha sido un diodo ultrarrápido, concretamente el diodo SBYV27-50, ya que este diodo era el que poseía menor tensión umbral. Concretamente tiene una caída de tensión de 0,7 V, lo que obliga a que la placa fotovoltaica funcione a 0,7 V más que la batería para compensar la caída de tensión producida en este elemento.



Figura 6. Diodo SBYV27-50 (DigChip)

2.6 Sensor de corriente

Debido a que el funcionamiento del contador de amperios-hora se basa en la diferencia entre las corrientes de carga y descarga de un sistema fotovoltaico, se necesita un dispositivo capaz de medirlas. Este dispositivo tiene que tener varias condiciones en cuenta:

- No debe alterar el funcionamiento del circuito, por lo que no debe producirse apenas una caída de tensión en él.
- El microcontrolador, en este caso un módulo Arduino, que es el encargado de recoger los datos de corriente de los sensores para su posterior procesamiento, solo puede leer datos en tensión, por lo que dicho sensor nos tiene que proporcionar valores de tensión.

Existen dispositivos concretos de medida de corriente, como puede ser el sensor de efecto Hall, pero se ha optado por medir la tensión mediante una resistencia de un valor bastante bajo.

Se ha escogido una resistencia de $0,2 \Omega$ para realizar el sensado, lo que nos puede llegar a producir una caída máxima de tensión de $0,2 V$, lo cual no modifica demasiado el sistema.

$$V_{MAX\ SENSOR} = I_{MAX} \cdot R_{SENSOR} = 1 A \cdot 0,2 \Omega = 0,2 V$$

Al no disponer de una resistencia con este valor en el laboratorio, se ha tenido que realizar una agrupación en paralelo de varias resistencias para conseguir un valor cercano al deseado. La elección final ha sido de 6 resistencias en paralelo de 1,5 Ω cada una, con lo que se consigue una resistencia equivalente de 0,235 Ω . Al ser un poco mayor el valor de la resistencia, el valor de caída de tensión en este punto aumentará, concretamente en 0,035V, lo que es un valor insignificante.

Para poder transformar la caída de tensión de la resistencia de sensado en un valor de corriente, se debe hacer una simple operación con el microcontrolador, que es dividir el valor de tensión entre el valor de la resistencia de sensado. Para ello, se tiene que conectar la resistencia a una entrada analógica del módulo Arduino, que a través de su conversor analógico-digital, conseguirá tomar datos de tensión de manera discreta.

Las entradas analógicas del módulo Arduino pueden leer valores comprendidos entre 0 y 5 voltios, y el conversor analógico-digital, que es de 10 bits (puede tomar 2^{10} valores distintos), trabaja en este mismo rango.

Esto quiere decir que, con el uso de estas resistencias de sensado, si el valor máximo de tensión que caen en ellas es de 0,235 V, el conversor analógico-digital puede recoger 48 valores distintos.

$$\text{Divisiones} = \frac{0,235}{5} \cdot 1024 = 48 \text{ valores distintos}$$

Si solo puede tomar 48 valores distintos, tenemos un déficit de precisión y un mal aprovechamiento del conversor analógico-digital, que puede proporcionar hasta 1024 divisiones. Por tanto, la opción más recomendable es realizar una amplificación de la medida obtenida para poder llegar hasta el máximo de 5 V y aprovechar la máxima precisión que ofrece. A continuación, con tal de dividir el valor de tensión entre el producto de la resistencia de sensado y la ganancia de la amplificación se vuelve a obtener un valor de corriente, pero esta vez con una mayor precisión en la medida.

Existen varias maneras de amplificar, pero se ha optado por el uso de un amplificador operacional en montaje diferencial, ya que es un dispositivo bastante económico que mediante este montaje realiza con bastante precisión su función y mantiene su ganancia constante. El montaje diferencial se realiza de la siguiente manera:

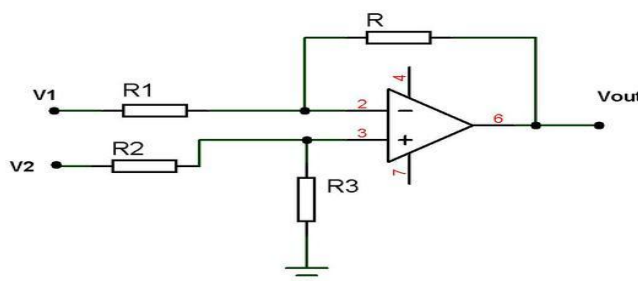


Figura 7. Montaje diferencial de un amplificador operacional (Aranha de Programa)

Si en dicho montaje R es igual a R3 y R1 es igual a R2, la ganancia del amplificador se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia} = \frac{V_{OUT}}{V_1 - V_2}$$

$$V_{OUT} = \frac{R}{R_1} \cdot (V_1 - V_2)$$

Si se sustituye V_{OUT} en la fórmula de la ganancia, queda que la ganancia depende de la relación de resistencias que se escojan.

$$\text{Ganancia} = \frac{R}{R_1}$$

En esta aplicación, la ganancia deseada es de:

$$\text{Ganancia} = \frac{5 \text{ V}}{0,235 \text{ V}} = 21,27$$

Por tanto, una posible configuración de las resistencias es que R1 y R2 sean de 1KΩ y R y R3 sean de 20KΩ.

El amplificador operacional utilizado es el LM324, el cual permite realizar en él 4 comparaciones distintas. Los amplificadores pueden ser alimentados a varias tensiones distintas, pero en este proyecto se ha elegido alimentarlo entre 0 y 5 voltios, ya que son tensiones que se pueden obtener sin ninguna dificultad mediante la fuente de alimentación. Por esta razón ha sido escogido dicho amplificador, ya que es de los pocos amplificadores que permiten realizar su alimentación entre 0 y 5 voltios.

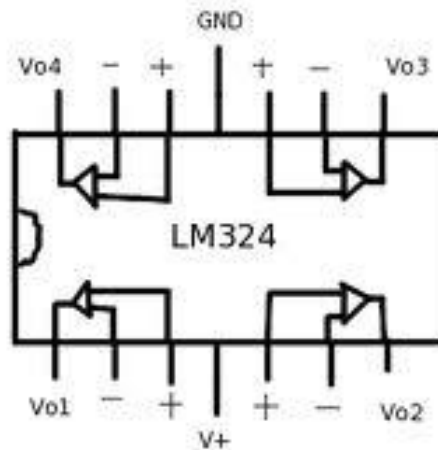


Figura 8. Esquema interno del amplificador operacional LM324 (Ryerson University)

Si se emplea la configuración de resistencias anteriormente descrita con este amplificador y a esta alimentación, se comprueba que a una tensión de salida V_{OUT} de 3,7 V, el amplificador se satura y no proporciona tensiones por encima de este valor. Por tanto, no se va a aprovechar el conversor analógico-digital al máximo, ya que no se consiguen los 5 V.

Ya que con esta configuración de resistencias hay un momento en el que aun variando la tensión del sensor el valor de salida del amplificador se mantiene constante, se debe reducir la ganancia hasta un valor en el que cuando se tenga la máxima tensión en las resistencias de sensado, el amplificador operacional ofrezca una tensión de salida de 3,7 V. Por tanto, la ganancia que se necesita es de:

$$Ganancia = \frac{3,7 V}{0,235 V} = 15,74$$

En consecuencia con estos resultados, si R1 y R2 son de 1K Ω y R y R3 son de 15K Ω , se produce un funcionamiento satisfactorio del amplificador, aunque con el defecto de que no se llega a los 5 V deseados.

Hay que tener en cuenta también que en los amplificadores operacionales se pueden producir tensiones de modo común que alteren el funcionamiento, pudiendo provocar en ciertos momentos picos de tensión que afecten al sistema, sobre todo al módulo Arduino, cuyas entradas analógicas admiten valores de hasta 5 V. Si se sobrepasa este valor de tensión, puede llegar a deteriorarse el módulo Arduino, con lo que no funcionaría el sistema.

Para evitar este problema, se deben escoger las resistencias de manera que las que tengan el mismo valor teórico tengan el mismo valor óhmico en la realidad. Para ello existen dos opciones:

- Elegir resistencias con tolerancias pequeñas para tener el menor error posible.
- Ir midiendo resistencias una por una con un polímetro y escoger aquellas que tengan el mismo valor.

Al montaje del amplificador también se le van a añadir condensadores para poder realizar un filtro pasabajo RC. Este filtro deja pasar solamente a señales con frecuencias inferiores a la frecuencia de corte marcada por el filtro. Es interesante para que no altere el funcionamiento del amplificador

La frecuencia de corte del filtro paso bajo viene marcada por la siguiente fórmula:

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Como ya se tiene la resistencia de 1 k Ω a la entrada de cada patilla del amplificador y sirve para realizar el filtro, y si se le añade un condensador de 100 nF, la frecuencia de corte de este filtro es:

$$f_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1591 \text{ Hz}$$

En principio es suficiente con esta frecuencia de corte, ya que solamente las frecuencias altas pueden alterar el funcionamiento. Si se desea un filtro con una frecuencia se necesita un condensador de mayor capacidad, lo que implica un mayor coste. Por ello hay que usar un término medio entre la eficacia del filtro y el coste.

La configuración de los sensores para las dos corrientes distintas que se van a medir es la misma. Se puede ver este montaje en el plano 2.

Por último, hay que tener en cuenta que los dos sensores hay que colocarlos en la parte inferior del circuito, es decir, referenciados a tierra, debido a que si se colocan de esta manera, se pueden evitar problemas de funcionamiento y sencillez en el montaje. Por ejemplo, si se coloca el sensor de carga seguido de la salida de corriente, aunque en la resistencia haya una caída de tensión máxima de 0,235 V, cada patilla de la resistencia ve una tensión con respecto a tierra de unos 14 V aproximadamente. Por tanto, si como se ha diseñado el amplificador, se alimenta a una tensión de 0 a 5 V, cuando una patilla de las resistencias de sensado viese más de 5 V, el amplificador dará a su salida siempre un valor fijo y será el máximo que pueda proporcionar.

Por tanto, si se desean colocar los sensores de corriente en la parte superior del circuito, es decir, donde ven sus patillas tensiones con respecto a tierra más elevadas, se debe alimentar el amplificador entre 0 y 15 V, por lo que su salida tendrá un comportamiento proporcional y normal.

Pero alimentar el amplificador entre estos últimos valores puede provocar que a la salida se puedan producir picos de tensión elevados debido a posibles tensiones de modo común, efecto comentado en este mismo punto. Por tanto, si se llegan a producir picos, podemos también llegar a destruir el microcontrolador, con lo que no se obtendría ningún tipo de dato. Por ello se ha optado en colocarlos referenciados a tierra y evitar cualquier problema de este tipo.

2.7 Microcontrolador

Para poder recoger los datos de los sensores de corriente, realizar su diferencia e integrar en el tiempo de la corriente suministrada por la batería se necesita un dispositivo que realice esta operación. Para ello se utiliza un microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes que se graben en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada/salida (E/S).

Estos dispositivos se diseñan para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependen de la aplicación a la que sea destinado.

Un microcontrolador típico tiene un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria de acceso aleatorio y/o ROM/EPROM/EEPROM/flash, con lo que para poder llevar a cabo su funcionamiento simplemente se necesitan unos programas de control y un cristal de sincronización. Además disponen generalmente de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como pueden ser un convertidor analógico/digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I2C y CAN.

Existen varios fabricantes de microcontroladores, entre los que destacan para esta aplicación:

- **PIC:** Forma parte de una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. Sus siglas significan Peripheral Interface Controller (control de interfaz periférico). Sus características principales son:
 - La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard. Este modelo influye directamente en la organización de la memoria del sistema. La memoria de programa o instrucciones es independiente de la de los datos, teniendo tamaños y longitudes de palabra diferentes. También permite acceder simultáneamente a las dos memorias y proporciona bastantes ventajas con respecto al funcionamiento del sistema.
 - Se aplica la técnica de segmentación (“pipe-line”) en la ejecución de las instrucciones. Esta técnica permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente, con lo que se puede realizar cada instrucción en un ciclo (en los PIC cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj).
 - El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.
 - Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).
 - Todas las instrucciones son ortogonales.
 - Arquitectura basada en un banco de registros.
 - Todos los PIC se caracterizan por tener unos mismos recursos mínimos.
 - Modelos de arquitectura cerrada y abierta.
 - Diversidad de modelos de microcontroladores.
 - Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas.
 - Herramientas de soporte potentes y económicas.

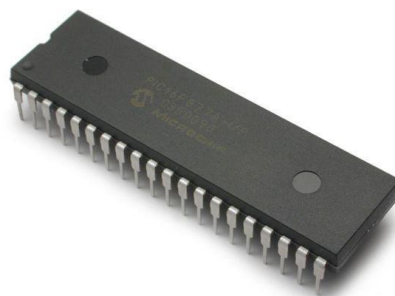


Figura 9. Microcontrolador PIC (Rcmdispmoviles)

- **Arduino:** Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware se basa en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más utilizados en las placas Arduino son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280 y Atmega8 debido a su sencillez y bajo coste.

El software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación de nivel alto llamado Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa.

Las características de los microcontroladores usados en las placas Arduino son:

- Voltaje operativo de 5V.
- Mínimo de 14 entradas/salidas digitales.
- Mínimo de 6 salidas que proporcionan PWM
- Mínimo de 6 entradas analógicas.
- Intensidad de corriente de 40 mA.
- Memoria Flash comprendida entre 16 y 128 KB.
- Memoria RAM comprendida entre 1 y 8 KB.
- EEPROM comprendida entre 512 bytes y 4 KB.
- Frecuencia de reloj de 16 MHz.

Una gran ventaja de una placa Arduino con respecto a un PIC es que, al ser una placa, simplemente hay que preocuparse por la conexión de las entradas/salidas a los dispositivos que se deseen, ya que las demás conexiones necesarias para el funcionamiento del microcontrolador ya están realizadas. Sin embargo el PIC se comercializa como un microcontrolador individual al que le hace falta añadir ciertos elementos.

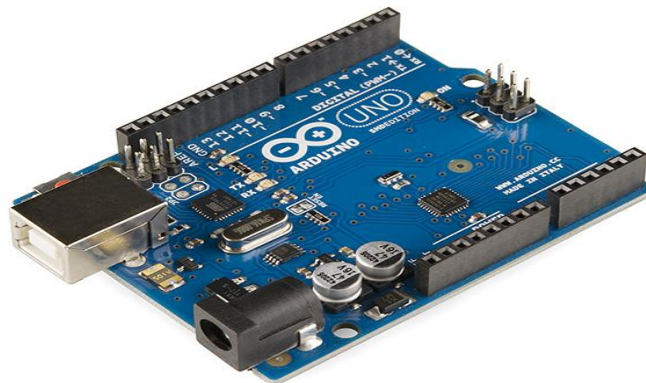


Figura 10. Placa Arduino Uno (Bricogeek)

Para el proyecto presente el microcontrolador necesita las siguientes características:

- 2 entradas analógicas para registrar los datos de los sensores.
- 8 entradas/salidas digitales: 2 entradas digitales para el uso de pulsadores y 6 salidas digitales para el funcionamiento de una pantalla LCD.
- No se requiere de una excesiva memoria de programa debido a que el programa necesario para ejecutar el proyecto no es muy largo.
- No se necesita un microcontrolador potente debido a que las acciones que se tienen que llevar a cabo no lo requieren.
- Alimentación del microcontrolador a 5V para que todos los elementos del sistema estén alimentado a esta tensión (es una condición prescindible).

Para satisfacer estas condiciones se ha escogido una placa Arduino, concretamente el módulo Arduino Uno, visible en la Figura 9, debido a:

- Arduino proporciona un lenguaje de programación más sencillo que otros tipos de lenguaje, puedan ser C, C++, etc. Esto ayuda a no tener que centrarse demasiado en la programación, ya que realmente este proyecto es bastante sencillo conforme a este tema.
- Una placa Arduino en principio tiene mayor coste que la compra de un microcontrolador PIC, pero en esta placa ya vienen realizadas todas las conexiones necesarias que necesita el microcontrolador, con lo que solo hay que centrarse en conectarle periféricos de entrada/salida, lo que hace más sencilla la realización del proyecto.
- La placa Arduino Uno contiene 6 entradas analógicas y 14 entradas/salidas digitales, con lo que se cumplen perfectamente las necesidades. Además tiene una memoria flash de 32 KB, una memoria RAM de 2KB y una EEPROM de 1 KB, con lo que el funcionamiento del programa a realizar en este microcontrolador va a ser bueno.
- La placa Arduino Uno se alimenta a 5V, con lo que no va a hacer falta tener dos tensiones distintas para alimentación de elementos en el proyecto.

2.8 Pantalla LCD

Para poder visualizar los datos relevantes de este sistema se necesita un display que pueda representar números y letras. Para ello se ha elegido una pantalla LCD.

Una pantalla LCD es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o refractora. La pantalla LCD elegida en este proyecto es la pantalla DisplayTech 162A, la cual posee dos líneas de escritura en las que puede mostrar 16 caracteres en cada una.

Al poder mostrar solo 32 caracteres como máximo, se utiliza un pulsador que irá cambiando el contenido a mostrar en la pantalla. Las mediciones que se van a mostrar en la pantalla son:

- Corriente de carga que circula.
- Corriente de descarga que circula.
- Capacidad de la batería en amperios-segundo.
- Capacidad de la batería en amperios-hora.

También se dispone de otro pulsador que resetea el valor de corriente entregada hasta cierto instante por la batería.

La conexión de la pantalla LCD con el módulo Arduino se puede observar en el plano 3.

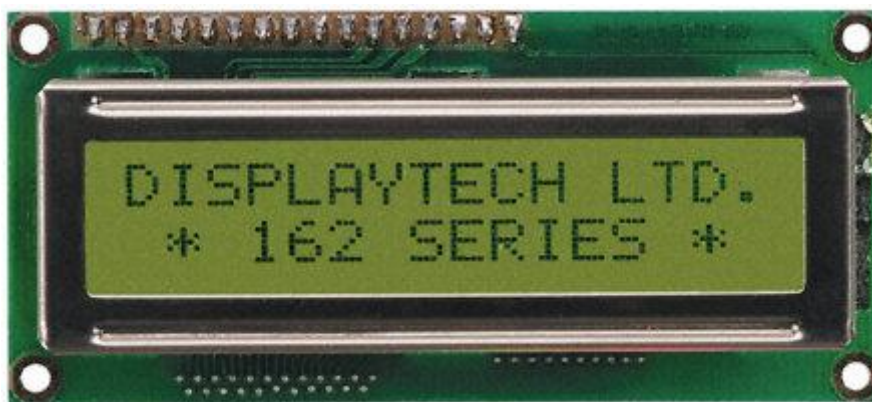


Figura 11. Pantalla LCD Displaytech 162A (RS)

2.9 Montaje prototipo

Para poder realizar un prototipo en el que se pueda comprobar el funcionamiento del sistema, se ha escogido hacer un primer montaje en una placa de pruebas o protoboard.

Una placa de pruebas es un tablero con orificios conectados eléctricamente entre sí, siguiendo un cierto patrón de líneas, en el que se pueden insertar componentes electrónicos y cables para el armado y prototipado de circuitos electrónicos similares. Está formada por un aislante, generalmente un plástico, y por un conductor que conecta ciertos orificios entre sí.

En la protoboard se conectan todos los elementos del sistema siguiendo el esquema marcado en el plano 1 y se pueden ir comprobando ciertos fallos posibles de diseño si los hay o errores propios a la hora de montar.

A la hora de realizar un prototipo, este tipo de montaje en protoboard está bien, pero se puede observar que no queda un montaje estéticamente bueno y además no se puede llegar a realizar un sistema lo suficientemente compacto. Por tanto, no se puede llegar a comercializar un producto de esta manera, y se puede optar por el diseño de un PCB (Printed Circuit Board). El diseño de la tarjeta impresa se puede observar en el punto 4.

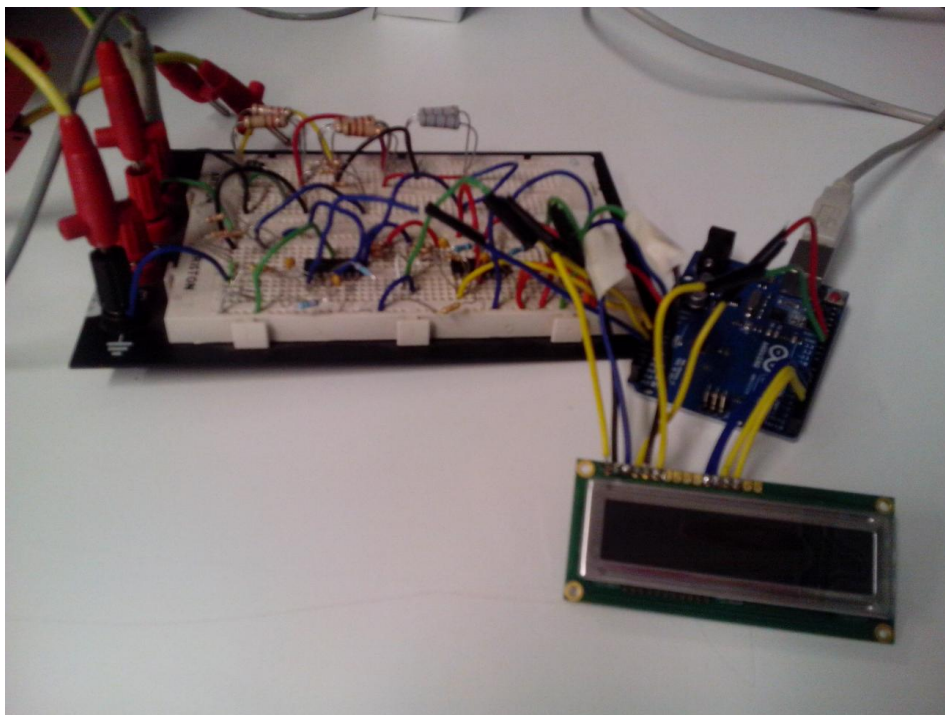


Figura 12. Prototipo contador amperios-hora (Elaboración propia)

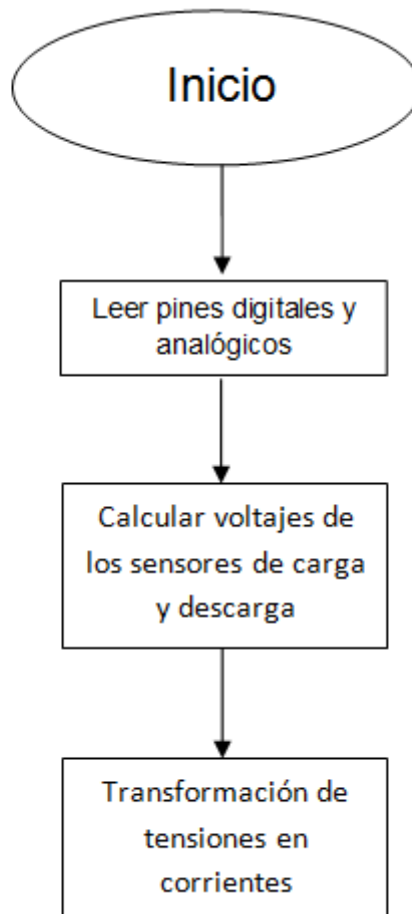
3 PROGRAMACIÓN

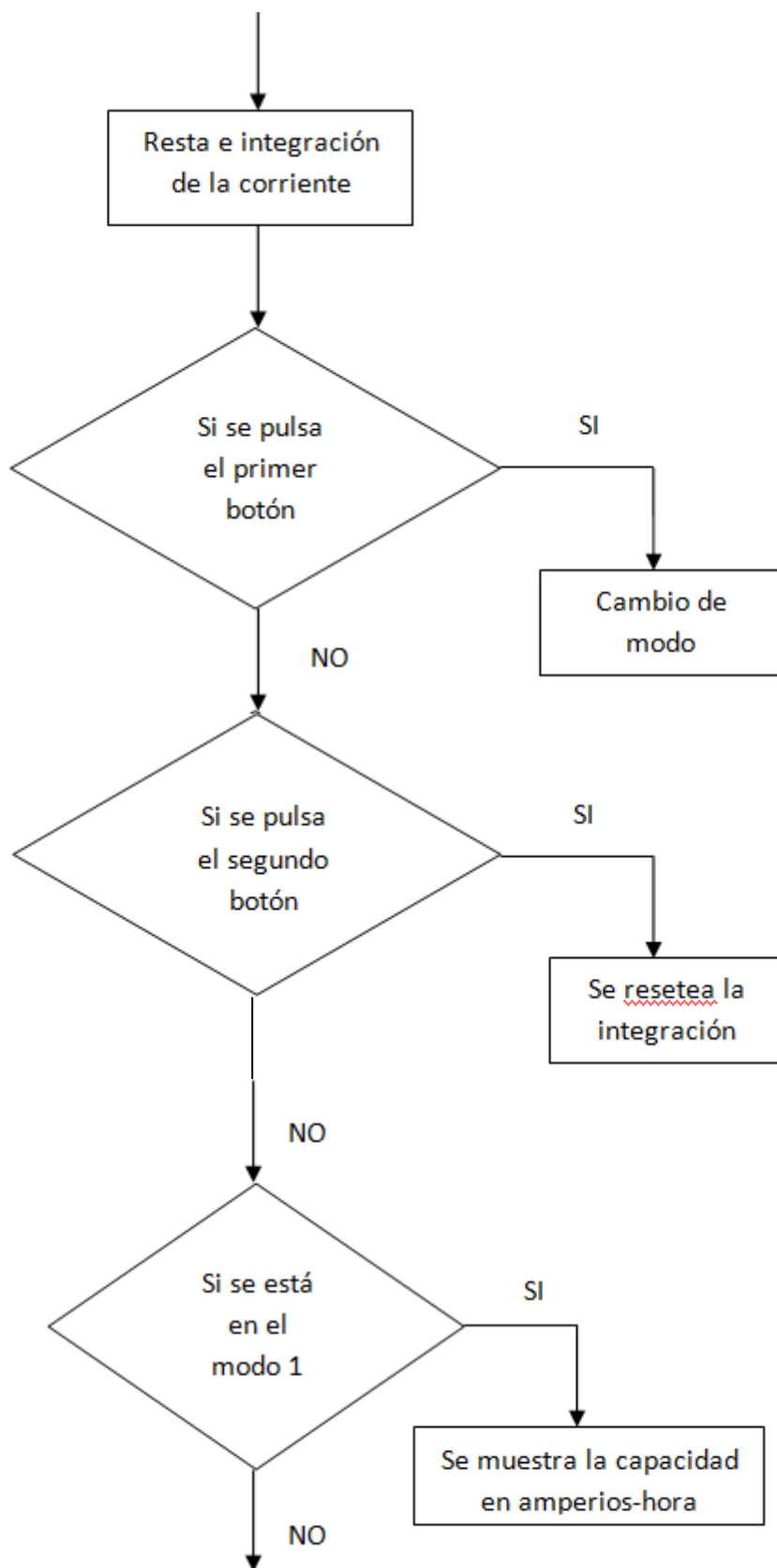
El programa que se introduce a un microcontrolador consiste en todas las instrucciones necesarias para llevar a cabo el objetivo del proyecto.

Los programas en Arduino se elaboran en un entorno propio de este módulo que hace falta descargarse. El lenguaje de programación Arduino se basa en C/ C++, pero contiene innumerables librerías en internet con multitud de instrucciones que pueden facilitar el proceso de programación. Los programas realizados con Arduino se dividen en tres partes principales: estructura, valores (variables y constantes) y funciones.

Para transmitir la programación de un ordenador al módulo Arduino, simplemente se necesita un cable USB que realizará una conexión serie.

El siguiente diagrama de flujo representa cuales son las acciones que realiza el microcontrolador en el siguiente proyecto. Se parte de una batería cargada totalmente con una capacidad de 4 amperios-hora, que será modificada según sean las condiciones de cada instante. Las instrucciones utilizadas en el módulo Arduino se pueden observar en el Anexo II.





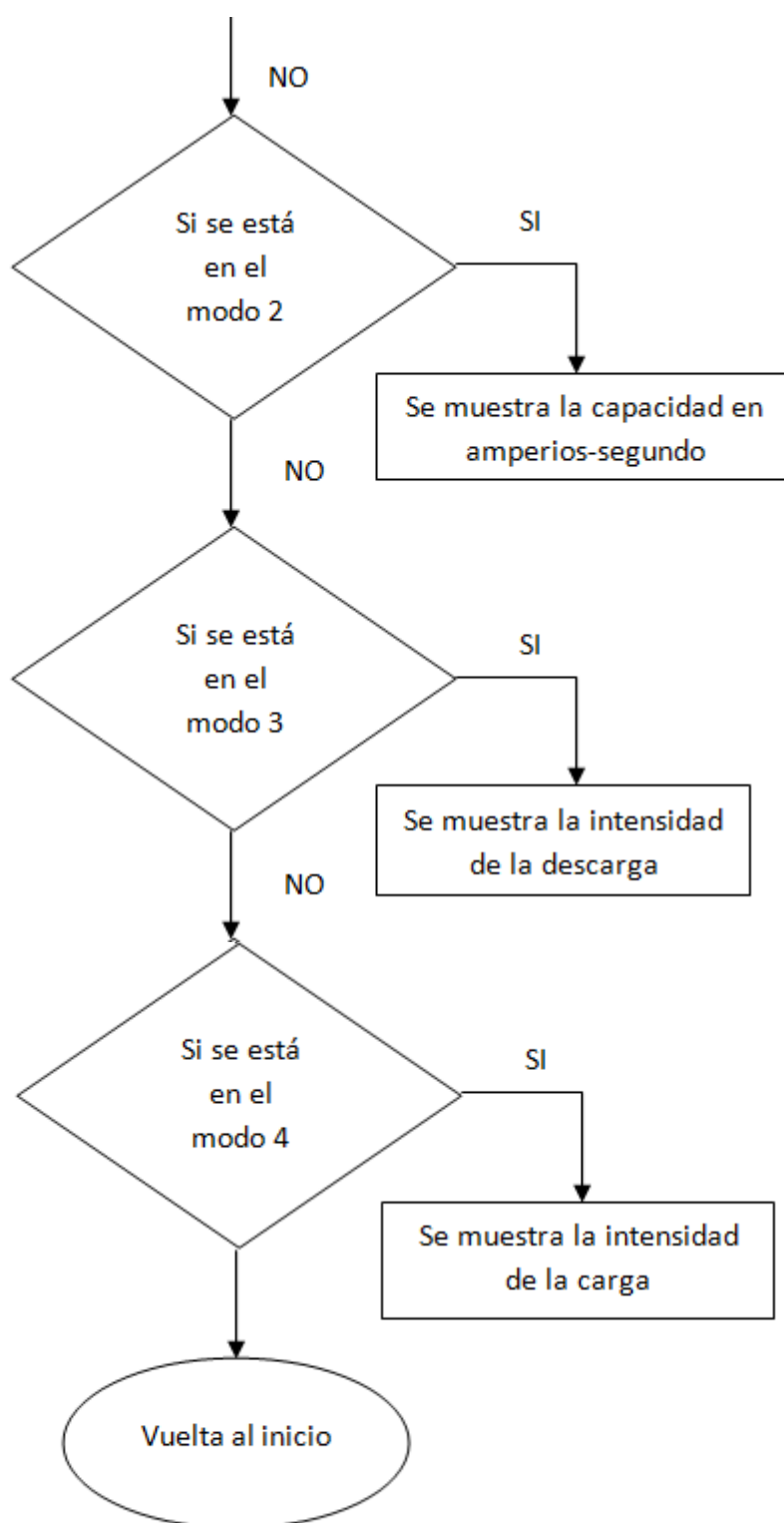


Diagrama de flujo 1. Programación del módulo Arduino

4 DISEÑO DE PCB

Tras realizar el montaje de un prototipo en una protoboard para comprobar el perfecto funcionamiento del proyecto, el siguiente paso es realizar un diseño comercial de este para poder llevarlo al mercado y poder llegar a venderlo. Para ello se ha optado por la realización de un PCB en el que irán incluidos todos los componentes necesarios para realizar el contador de amperios-hora y a su vez llevará unos conectores para poderlo acoplar en un sistema fotovoltaico aislado.

El diseño del PCB se realiza mediante el software Design Spark, debido a que es un software libre y tiene multitud de opciones internas para poder llevar a cabo un buen diseño de una tarjeta.

En este programa primero se debe realizar un esquema de conexionado de todos los elementos del proyecto. En este esquemático se deben añadir varios elementos necesarios a la hora de realizar un PCB que no se necesitaban para realizar el prototipo en una placa de pruebas. Estos son:

- Conectores: Estos elementos son necesarios debido a que en el PCB no se integran ni la batería ni las cargas ni la fuente de alimentación, ya que son elementos externos a lo que es el propio contador de amperios-hora. Por tanto se colocan varios conectores en la tarjeta para poder integrar el contador con el sistema fotovoltaico.
- Reguladores de tensión: Estos elementos son necesarios para alimentar a todos los componentes del sistema a una tensión determinada. Como la batería y el panel fotovoltaico en la realidad proporcionan solamente tensiones de 14 V, se deben transformar a la tensión de funcionamiento del módulo Arduino y de los amplificadores operacionales. En este caso, como funcionan a 5 V estos elementos, se deben colocar dos reguladores de tensión que proporcionen 5 V a través de la tensión proveniente del exterior. Concretamente se ha escogido el regulador de tensión LM7805, el cual tiene un rango amplio de entrada de tensión y a su salida siempre se obtendrán 5 V.

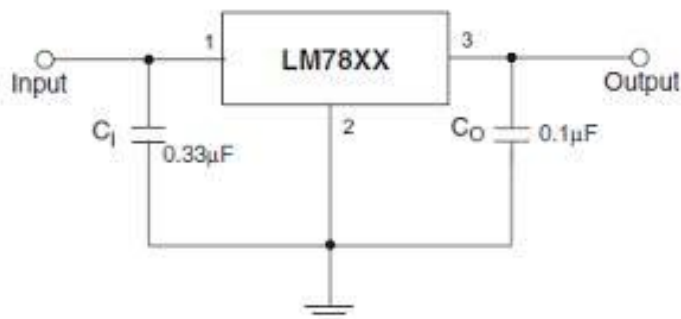


Figura 13. Esquema montaje regulador de tensión LM7805 (Cunning Wiki)

Tras haber realizado el esquemático, se convierte a un PCB mediante una opción del programa.

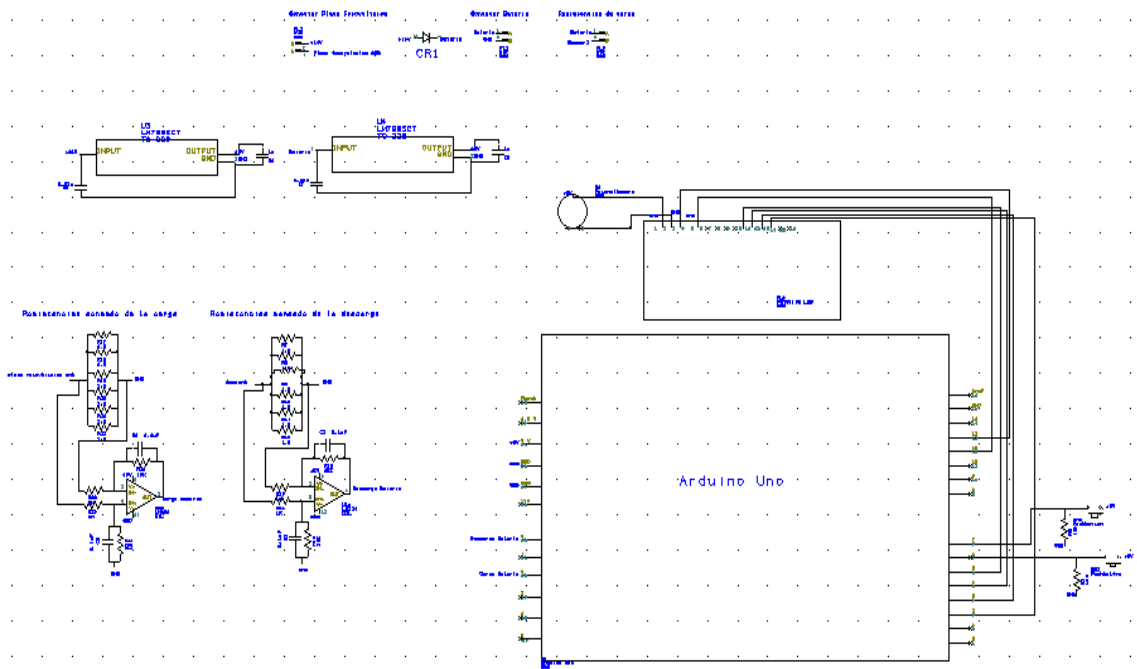


Figura 14. Esquemático Design Spark (Elaboración propia)

Para la realización del PCB hay que tener varios aspectos en cuenta para el correcto funcionamiento del proyecto. Los aspectos a seguir son:

- Realización de una tarjeta a dos caras. Esto permite tener una mayor distribución de las pistas del PCB, con lo que se facilita el diseño. Además se puede llevar a cabo la fabricación en la propia universidad debido a que tienen maquinaria para poder realizarlo.
- Colocación de los componentes en los bordes de la tarjeta para que sean accesibles a la hora de conectar en ellos sus correspondientes elementos.
- Colocación de los elementos en la parte superior de la tarjeta, especialmente el display y los pulsadores para que puedan mostrarse los datos y ser accesibles respectivamente.
- Reducir la distancia entre un elemento y un amplificador operacional para no tener ningún tipo de error a la hora de transmitirse la información. También reducir la distancia entre los elementos salientes y entrantes del módulo Arduino con sus respectivas entradas para reducir la longitud de pista.
- Creación de un área de cobre, correspondiente a un plano de tierra. Permite reducir el número de pistas, conseguir un mejor funcionamiento de la tarjeta y tener más a mano este valor de referencia.
- Creación de 2 tipos de pistas distintas en función de cuál es su cometido. Cada una tiene una anchura distinta, que es proporcional a la corriente que va a circular por ellas. Estos tipos son:
 - Potencia. Tiene una anchura de 0,7 mm. Se utiliza para las pistas por las que circulen grandes corrientes, concretamente las que provienen del módulo fotovoltaico y de la batería.

- Señal. Tiene una anchura de 0,5 mm. Se utiliza para las pistas correspondientes a envío de datos por parte del módulo Arduino o para pistas del amplificador.

En este caso no se ha creado una pista de tipo GND (tierra) debido a la existencia de un plano de masa, por lo que las pistas de tierra no existen.

- Creación de componentes que no están incorporados en las librerías del software. Es necesario reproducirlos de manera real en cuanto a dimensiones, porque a la hora de fabricar la tarjeta y soldar los componentes, si no se ha diseñado con las correctas distancias entre pines no se podrán colocar los componentes en el PCB. Los componentes creados para este proyecto son el módulo Arduino, un potenciómetro Piher 10 k Ω y una pantalla LCD.
- La dimensión del PCB se ha elegido acorde a una caja elegida para contenerlo. Esta tarjeta tiene unas dimensiones de 9,2 x 9,2 cm.
- Elección de elementos de agujeros pasantes para su soldadura en la tarjeta con mayor facilidad, aunque estos componentes sean de mayor tamaño que los de montaje superficial.
- Evitar pistas con ángulos de 90° para evitar la pérdida de información a la hora de transmitir y tener menores pérdidas.

En el plano 4 se puede observar la tarjeta diseñada en tres dimensiones.

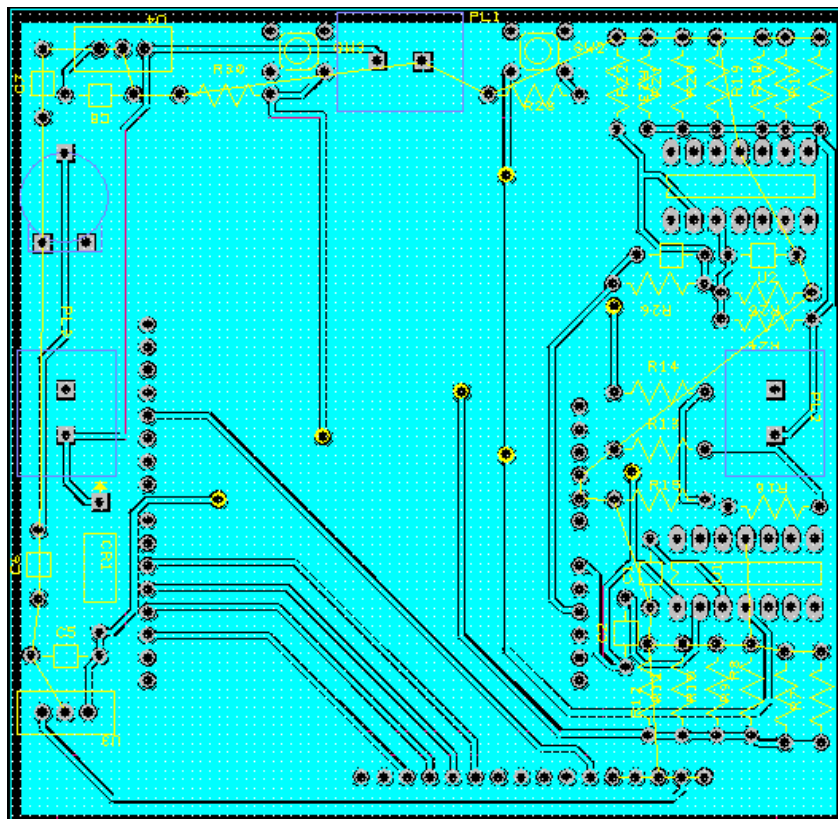


Figura 15. Diseño de PCB (Elaboración propia)

5 PRESUPUESTO

Se han realizado los presupuestos del prototipo realizado en una placa de pruebas y del dispositivo integrado en un PCB. Se contemplan únicamente los costes de los materiales, en los que va incluido el transporte y el IVA.

MONTAJE EN PROTOBOARD

Concepto	Proveedor	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Módulo Arduino Uno	Farnell	1	22,19	22,19
Pantalla LCD Displaytech 162a	Rutronik	1	4,93	4,93
Placa Ariston MB-31	Ariston	1	28,50	28,50
Cable aluminio 3 metros	Alibaba	1	3,00	3,00
Amplificador operacional LM324	Farnell	2	0,20	0,39
Resistencia 1,5 Ω 0,5 W	Farnell	12	0,04	0,48
Resistencia 1 k Ω 0,5 W	Farnell	4	0,04	0,16
Resistencia 10 k Ω 0,5 W	Farnell	2	0,03	0,06
Resistencia 15 k Ω 0,5 W	Farnell	4	0,03	0,10
Condensador 0,1 μ F	Farnell	4	0,18	0,70
Diodo SBYV27-50	Farnell	1	0,22	0,22
Potenciómetro Piher 10 k Ω	RS	1	0,36	0,36
Pulsador	RS	2	0,70	1,40

TOTAL	62,50
--------------	--------------

Tabla 2. Presupuesto prototipo en placa de pruebas

MONTAJE EN PCB

Concepto	Proveedor	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Módulo Arduino Uno	Farnell	1	22,19	22,19
Pantalla LCD Displaytech 162a	Rutronik	1	4,93	4,93
Placa de cobre 10x10 cm	Tertronick	1	19,10	19,10
Caja estanca IP 55 ABB	CiudadWireless	1	2,30	2,30
Amplificador operacional LM324	Farnell	2	0,20	0,39
Regulador tensión LM7805	Farnell	2	0,51	1,02
Resistencia 1,5 Ω 0,5 W	Farnell	12	0,04	0,48
Resistencia 1 k Ω 0,5 W	Farnell	4	0,04	0,16
Resistencia 10 k Ω 0,5 W	Farnell	2	0,03	0,06
Resistencia 15 k Ω 0,5 W	Farnell	4	0,03	0,10
Condensador 0,1 μ F	Farnell	6	0,18	1,05
Condensador 0,33 μ F	Farnell	2	0,16	0,31
Diodo SBYV27-50	Farnell	1	0,22	0,22
Potenciómetro Piher 10 k Ω	RS	1	0,36	0,36
Pulsador	RS	2	0,70	1,40
Conector hembra	RS	3	0,75	2,25
Pines	RS	3	0,17	0,52

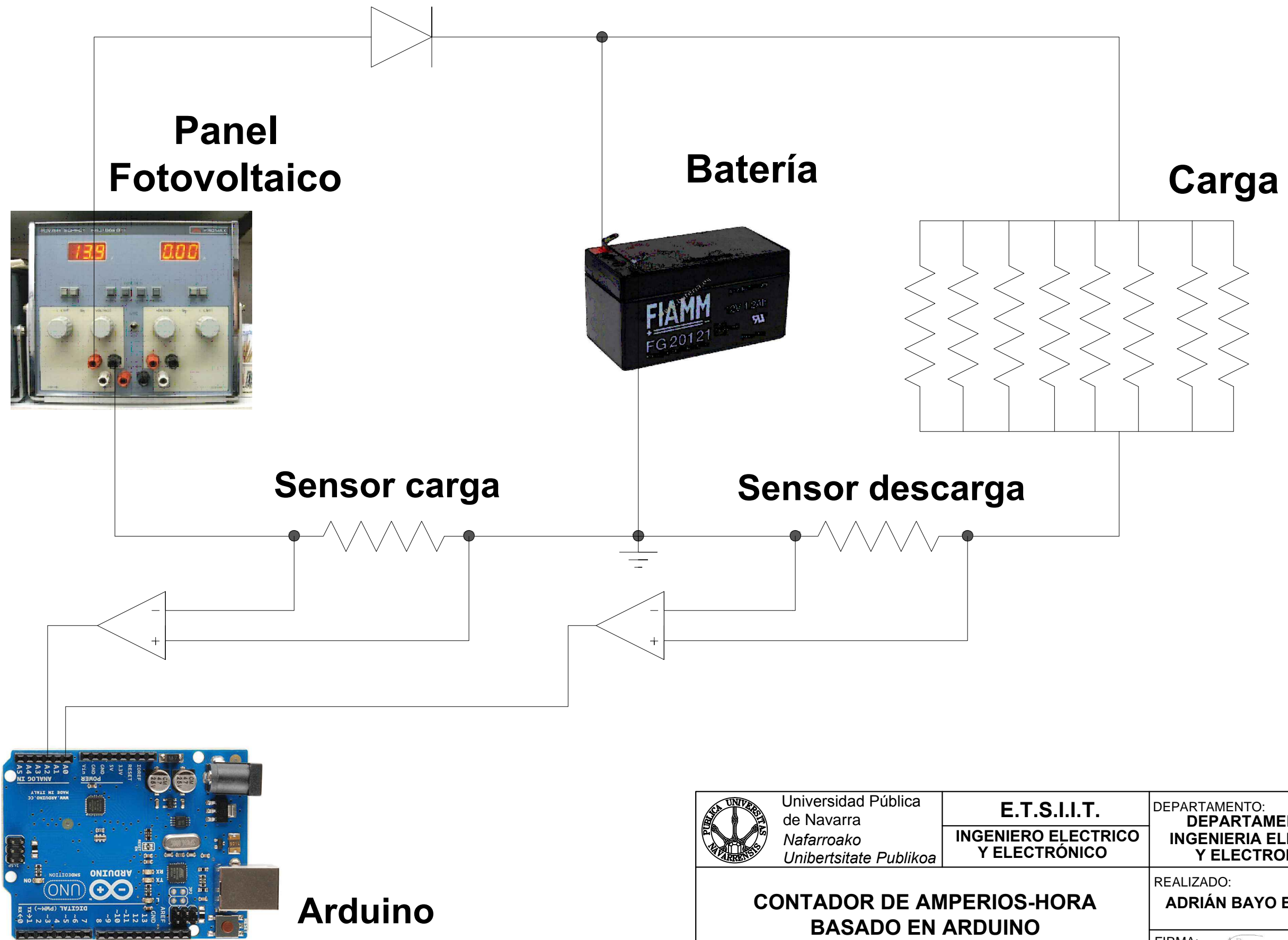
TOTAL	56,85
--------------	--------------


Tabla 3. Presupuesto dispositivo integrado en PCB

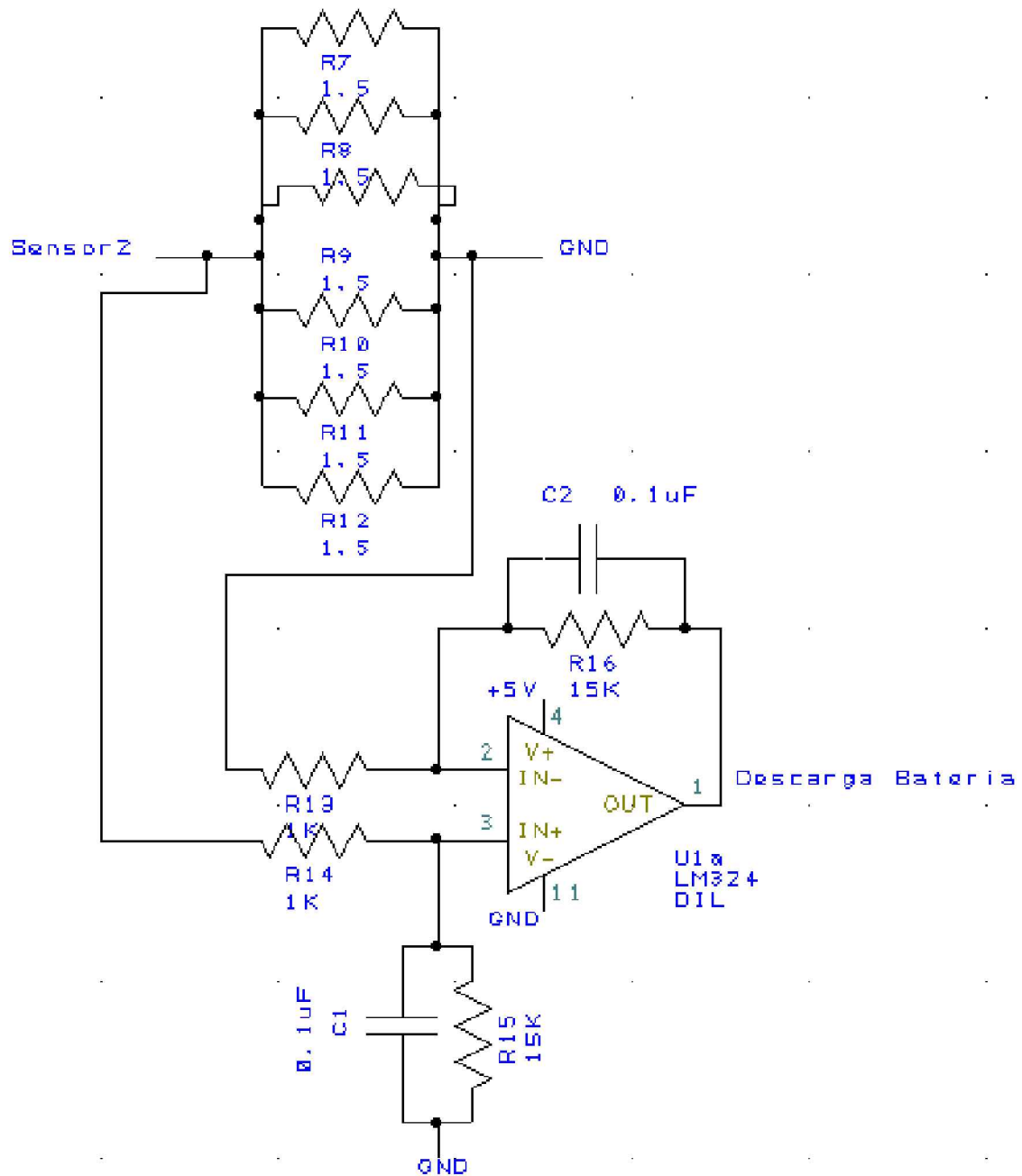
6 BIBLIOGRAFÍA



- Apuntes de Electrónica Básica del año 2012 de la Universidad Pública de Navarra.
- Apuntes de Diseño de Tarjetas del año 2013 de la Universidad Pública de Navarra.
- Arduino CookBook. Libro basado en las funcionalidades de Arduino.
Autor: Michael Margolis. Editorial: O'Reilly. 1ª Edición de Marzo de 2011.
ISBN: 978-0-596-80247-9
- Páginas web:
 - Universidad Internacional de Andalucía. Sistemas Fotovoltaicos
http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema1/skinless_view
 - Arduino
<http://www.arduino.cc/es/>
 - Olajedatos. Batería de Plomo Ácido
http://www.olajedatos.com/documentos/baterias_plomo.pdf
 - Wanadoo. Microcontrolador PIC
<http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>
 - Universidad Politécnica de Madrid. Diodo Schottky
<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/434-diodo-schottky>
 - Renobat. Baterías en el mercado
<http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/130-principales-tipos-de-baterias-en-el-mercado>
 - Farnell
<http://es.farnell.com/>
 - RS España
<http://es.rs-online.com/web/>

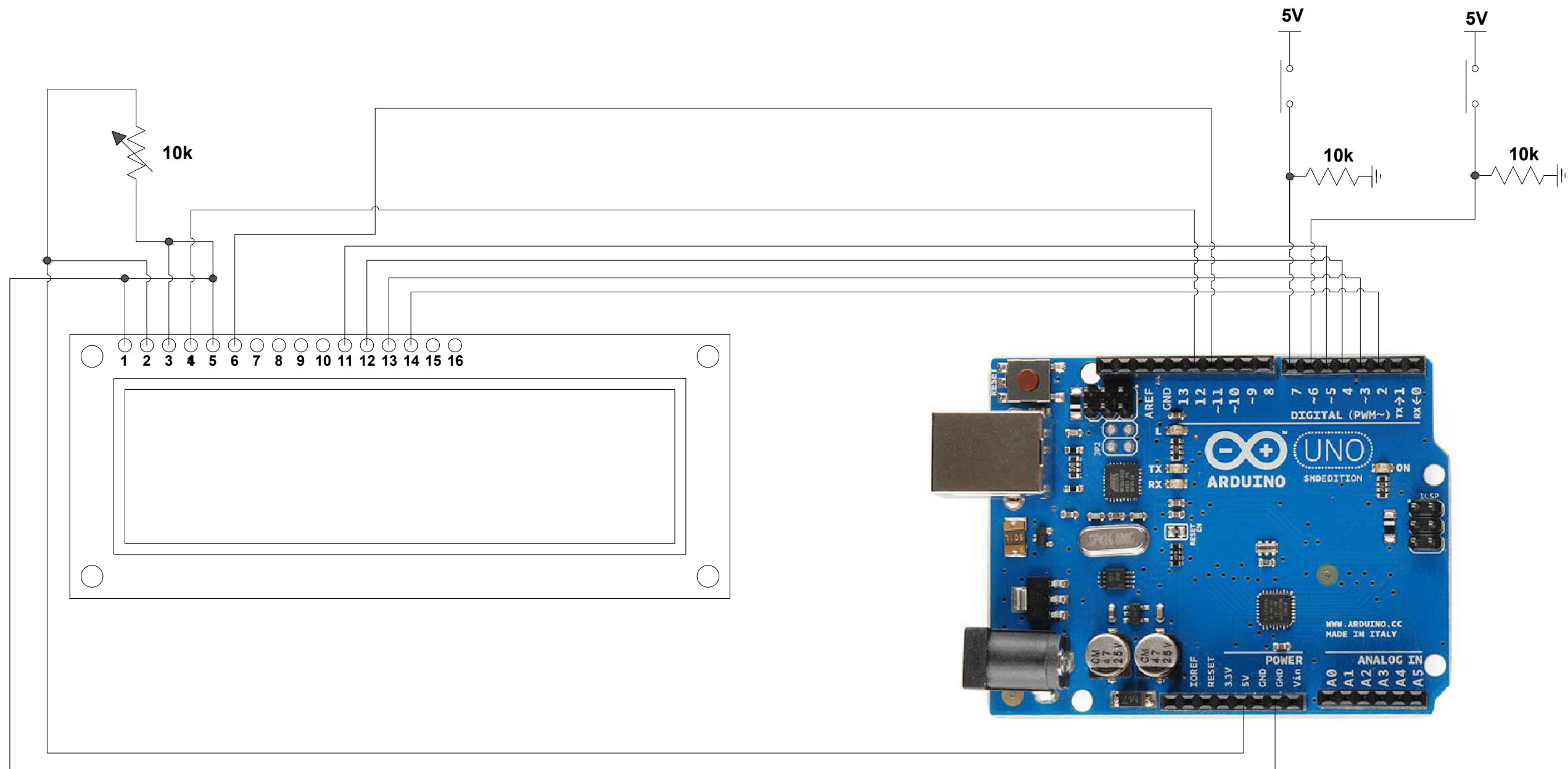
PLANOS





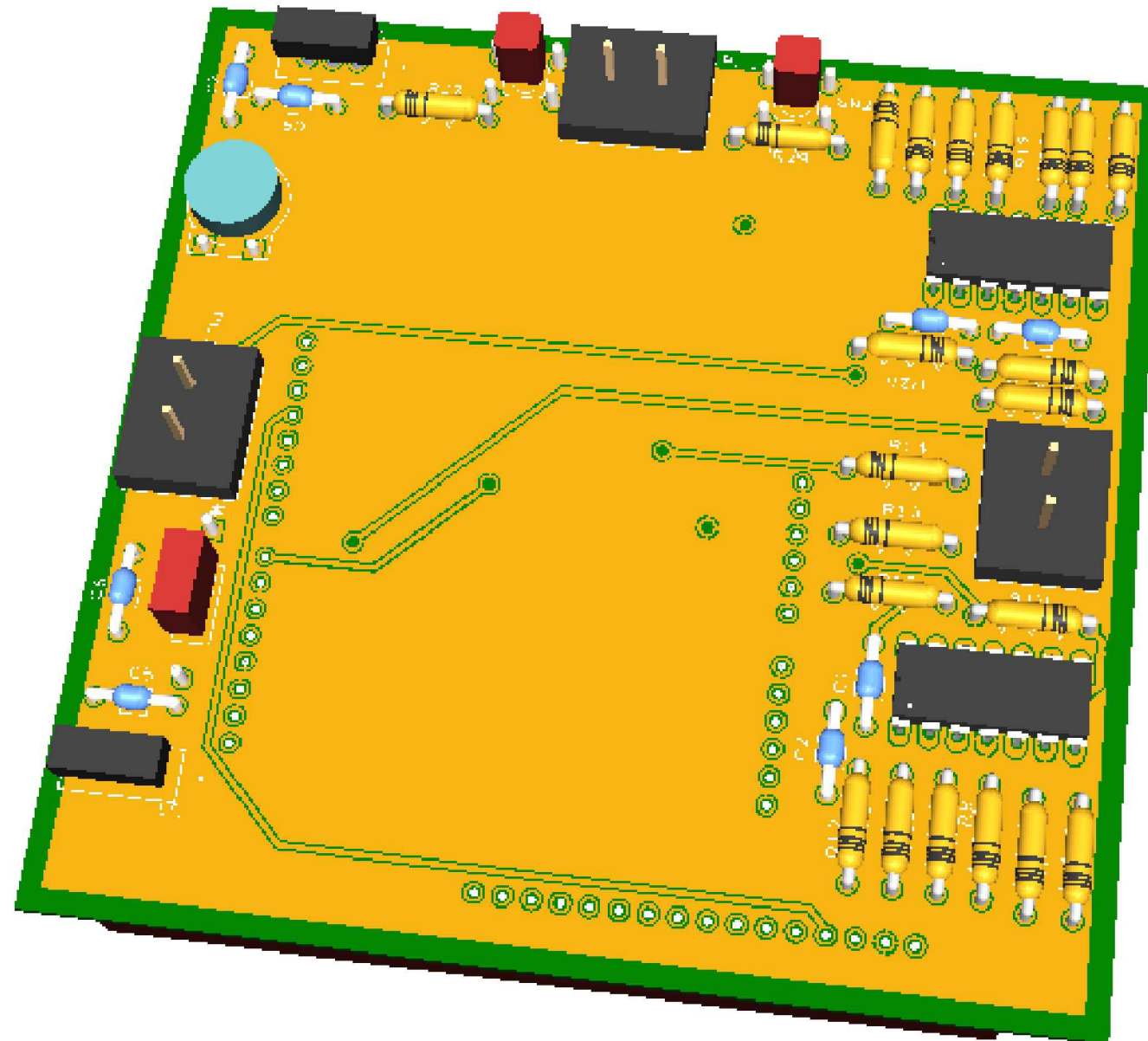
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	CONTADOR DE AMPERIOS-HORA BASADO EN ARDUINO	
		REALIZADO: ADRIÁN BAYO BEGUERÍA
		FIRMA: 
ESQUEMA GENERAL		FECHA: 20/05/2014
		Nº PLANO: 1




	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	CONTADOR DE AMPERIOS-HORA BASADO EN ARDUINO		REALIZADO: ADRIÁN BAYO BEGUERÍA
		FIRMA: 	
ESQUEMA SENSOR DE CORRIENTE		FECHA: 20/05/2014	Nº PLANO: 2



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	CONTADOR DE AMPERIOS-HORA BASADO EN ARDUINO	
		REALIZADO: ADRIÁN BAYO BEGUERÍA
		FIRMA: 
ESQUEMA PANTALLA LCD	FECHA: 20/05/2014	Nº PLANO: 3



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
	INGENIERO ELECTRICO Y ELECTRONICO		REALIZADO: ADRIÁN BAYO BEGUERÍA
CONTADOR DE AMPERIOS-HORA BASADO EN ARDUINO			FIRMA: 
PCB EN 3D			FECHA: 20/05/2014
			Nº PLANO: 4

ANEXO 1

DATASHEETS

Batería plomo-ácido:

Sealed Lead-Acid Battery General Purpose

698-8091(12V4.0Ah)

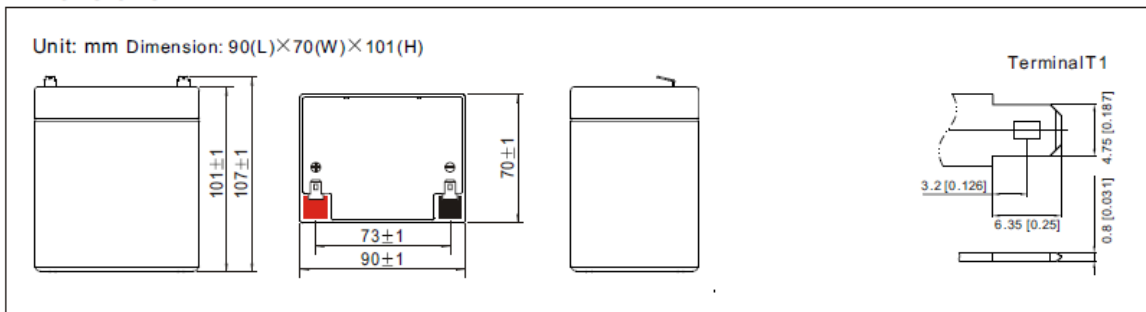
Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	4.0Ah@20hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx 1.45kg
Max. Discharge Current	60 A(5 sec)
Internal Resistance	Approx 40mΩ
Operating Temp.Range	Discharge : -15~50°C (5~122°F) Charge : 0~40°C (32~104°F) Storage : -15~40°C (5~104°F)
Nominal Operating Temp. Range	25±3°C (77±5°F)
Float charging Voltage	13.5to 13.8VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	1.20A
Equalization and Cycle Service	14.4to15.0 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	The batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	T1
Container Material	A.B.S. (UL94-HB) , Flammability resistance of UL94-V0 can be available upon request.

Applications

- ◆ All purpose
- ◆ Uninterruptable Power Supply (UPS)
- ◆ Electric Power System (EPS)
- ◆ Emergency backup power supply
- ◆ Emergency light
- ◆ Railway signal
- ◆ Aircraft signal
- ◆ Alarm and security system
- ◆ Electronic apparatus and equipment
- ◆ Communication power supply
- ◆ DC power supply
- ◆ Auto control system

Dimensions

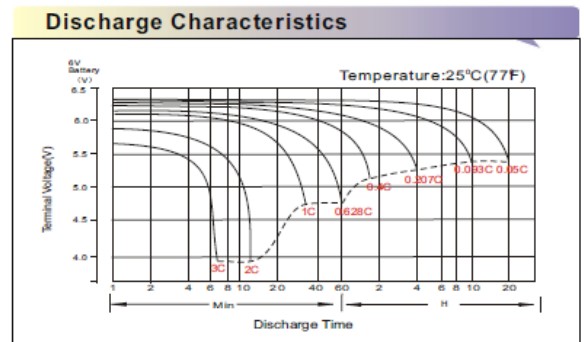
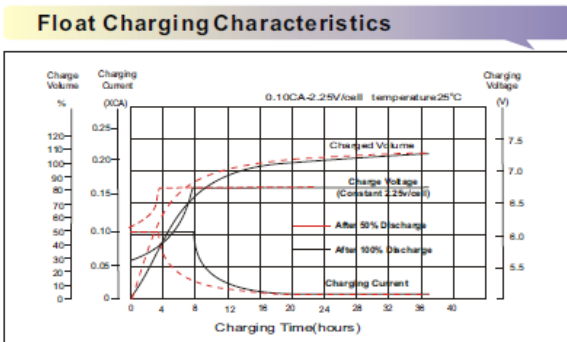
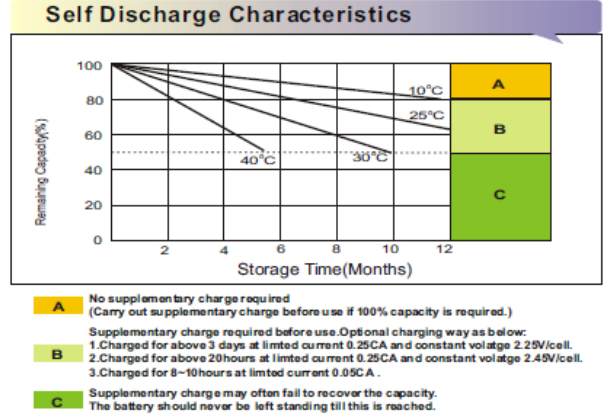
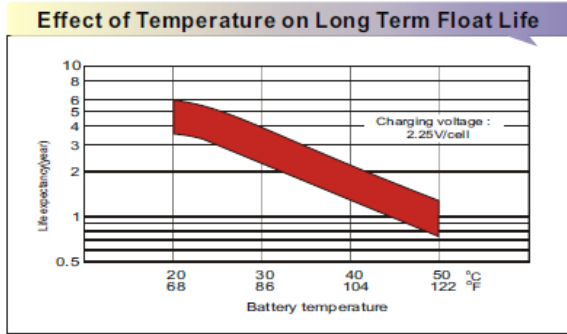


Constant Current Discharge Characteristics : A (25°C)

F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
11.1V	7.62	5.06	4.18	3.67	3.01	2.35	1.94	1.19	0.899	0.739	0.627	0.543	0.432	0.361	0.198
10.8V	9.12	6.07	4.91	4.20	3.36	2.58	2.10	1.28	0.960	0.786	0.659	0.567	0.448	0.372	0.200
10.5V	10.9	6.96	5.46	4.64	3.60	2.76	2.22	1.33	0.992	0.805	0.678	0.583	0.460	0.381	0.202
10.2V	12.7	7.78	6.02	5.03	3.84	2.89	2.32	1.38	1.02	0.824	0.693	0.596	0.467	0.387	0.206
9.90V	14.0	8.42	6.45	5.39	4.04	3.02	2.40	1.42	1.05	0.845	0.708	0.607	0.475	0.392	0.208
9.60V	15.4	9.12	6.93	5.69	4.26	3.14	2.50	1.46	1.07	0.866	0.723	0.621	0.485	0.399	0.210

Constant Power Discharge Characteristics : W (25°C)

F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
11.1V	85.3	56.9	47.1	41.5	34.3	27.0	22.5	13.9	10.5	8.67	7.38	6.41	5.12	4.28	2.35
10.8V	99.0	66.7	54.5	47.1	38.0	29.4	24.2	14.8	11.2	9.17	7.72	6.67	5.29	4.41	2.37
10.5V	117.6	75.7	60.0	51.7	40.4	31.3	25.5	15.4	11.5	9.36	7.91	6.83	5.42	4.51	2.39
10.2V	134.5	83.5	65.5	55.5	42.9	32.6	26.5	15.9	11.8	9.56	8.07	6.97	5.50	4.58	2.44
9.90V	146.2	89.1	69.3	58.9	44.8	33.9	27.3	16.3	12.0	9.77	8.22	7.08	5.57	4.63	2.47
9.60V	158.4	95.1	73.2	61.2	46.6	35.0	28.2	16.7	12.3	10.0	8.37	7.22	5.68	4.70	2.48



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
AGM	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.80V	1.75V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.4~2.45V/Cellx24h, Max. Current 0.3CA
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1CAx 12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3CAx4.0h

Maintenance & Cautions

Float Service:
◆very month, recommend inspection every battery voltage.
◆Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 2.35V/Cell charge 24h.
◆Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
◆Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.



Caja IP55:

New junction boxes with 1/4 turn screws

*Faster
installation
for a full
protection*

novità • new • nouveau • neuheit • novedad

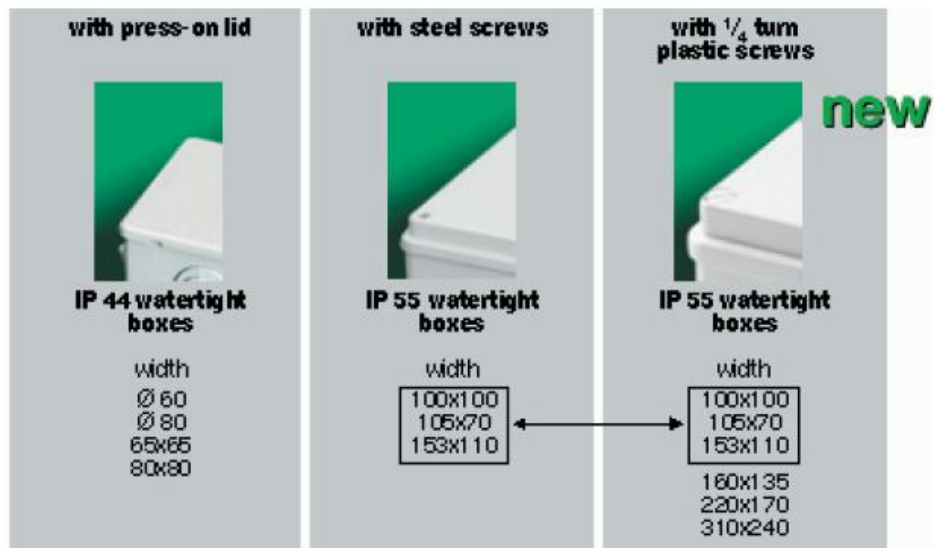
novità • new • nouveau • neuheit • novedad

The high level of reliability which characterises the various models of boxes supplied by ABB SACE perfectly meets the need for watertight enclosures which guarantee complete protection in any situation where wall-mounted junction boxes are required. To further enhance the existing range, ABB SACE has introduced the new IP55 watertight boxes with 1/4 turn plastic closing screws. Installation is much quicker thanks to the new captive screws, which make the various opening/closing operations simpler and faster. All of the watertight boxes with 1/4 turn screws also have a hinged cover and new laser markings indicating the IP protection rating on the product.

ABB

ABB SACE watertight boxes with IP55 protection rating are made of self-extinguishing thermoplastic resistant to abnormal heat and fire up to 960°C (glow wire test) according to IEC 60695-2-1 standards. The range is extremely versatile: there are versions with smooth sides or with cable holder inlets, with opaque covers (grey RAL 7035) or transparent ones, high or low. The base of the box has special seats for securing terminal boards and various accessories. The boxes consist of a patented cover produced with the seal during a single moulding stage.

All of the junction boxes have obtained the IMQ approval mark and are made in conformity with CEI 23-48 and IEC 60670 standards.



Code	Internal dimensions WxHxD (mm)	Description	Box/pack no items
Boxes IP44			
00 800	ø 60 - H 35	With cable glands and press-on lid	240/240
00 802	ø 80 - H 40	With cable glands and press-on lid	144/144
00 808	65x65x32	With cable glands and press-on lid	168/168
00 810	80x80x40	With cable glands and press-on lid	100/100

IP55 watertight boxes with steel screws			
00 816	100x100x50	With cable glands and low cover grey RAL 7035	1/54
00 820	105x70x50	With cable glands and low cover grey RAL 7035	1/70
00 821	100x100x80	With cable glands and low cover grey RAL 7035	1/40
00 822	153x110xP66	With cable glands and low cover grey RAL 7035	1/32
00 846	100x100x50	With smooth sides and low cover grey RAL 7035	1/60
00 850	105x70x50	With smooth sides and low cover grey RAL 7035	1/100
00 851	100x100x80	With smooth sides and low cover grey RAL 7035	1/40
00 852	153x110x66	With smooth sides and low cover grey RAL 7035	1/32
00 872	153x110x 66	With smooth sides and low transparent cover	1/34

Pantalla LCD:

Displaytech Ltd

LCD MODULE

162A SERIES

Version : 2.0

2. GENERAL SPECIFICATION

Item	Contents
Display Format	16 Characters x 2 Lines
Character matrix (W×H)	5 × 8 Dots
Character size (W×H)	2.95mm x 4.35mm
Dot size (W×H)	0.55mm x 0.50mm
Dot pitch (W×H)	0.60mm x 0.55mm
View Area	64.5mm x 13.8mm
Module Size	80.0mm x 36.0mm x 11.0mm MAX (14.0mm MAX w/LED backlight)
LCD Type	TN / STN / FSTN
Polarizer Mode	Reflective / Transflective / Transmissive
View Angle	6 o'clock / 12 o'clock
Backlight	LED / EL
Backlight Driver Type	External Power
Backlight Color	Yellow Green / White / Blue / Pure Green / Amber
Controller & LCD Driver	ST7066U-0A-B & ST7065C
Driving Method	1/16 Duty, 1/5Bias

3. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Ta=25°C VSS=0V)

ITEM	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Power Supply for Logic	VDD	-0.3	---	7.0	V
Power Supply for LCD	VDD - V0	-0.3	---	15.0	V
Input Voltage	V _{IN}	-0.3	---	VDD+0.3	V
Normal Operating Temperature	Top	0	---	50	°C
Normal Storage Temperature	Tst	-10	---	60	°C
Wide operating / storage temperature (except FSTN)	TOP / TST	-30	---	80	°C
Wide operating / storage temperature (FSTN)	TOP / TST	-30	---	70	°C

4. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

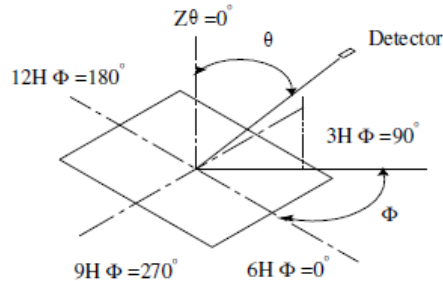
(Ta=25°C, VDD=5.0V±5%)

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Power Supply for LCM	VDD	---	4.75	5.0	5.25	Volt
Input Voltage	V _{IL}	L level	V _{SS}	---	0.2VDD	Volt
	V _{IH}	H level	0.8VDD	---	V _{DD}	Volt
LCD Driver Driving Voltage	V0-VSS	---	---	---	---	Volt
		25°C	---	4.5	---	
Supply Current for LCM	IDD	VDD=5.0V	---	4.5	---	mA
	Ie *	---	---	---	---	

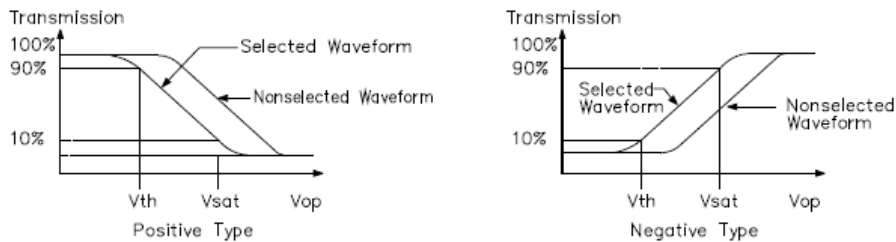
5. ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

NO	Item	Symbol	Measuring Condition	STD.Value			Unit	Remark	
				°C	Min	Typ			Max
1	Recommended Operating Voltage	VLCD	$\theta = 0$ $\Phi = 0$	25	---	5.0	---		
2	Operating Voltage	Vth	$\theta = 0$ $\Phi = 0$	0	---	---	---	V	Note1 Note2
				25	---	1.30	---		
				50	---	---	---		
		Vsat	$\theta = 0$ $\Phi = 0$	0	---	---	---		
				25	---	1.45	---		
				50	---	---	---		
3	Response time	Tr	$\theta = 0$ $\Phi = 10$	0	---	---	---	ms	Note4
				25	---	97	---		
				50	---	---	---		
		Tf	$\theta = 0$ $\Phi = 10$	0	---	---	---		
				25	---	56	---		
				50	---	---	---		
4	Viewing Angle ($Cr \geq 2$)	θ	$\Phi = 0^\circ$	25	---	40	---	Deg	Note1
		θ	$\Phi = 180^\circ$	25	---	30	---		
		θ	$\Phi = 90^\circ$	25	---	25	---		
		θ	$\Phi = 270^\circ$	25	---	25	---		
5	Current Consumption	ILCD	Hz=64	25	---	10.4	---	uA	Note3

NOTE 1: DEFINITION OF VIEWING ANGLE AND DIRECTION



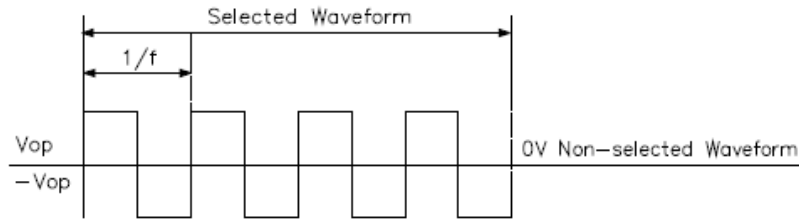
NOTE 2: THERSHOLD VOLTAGE AND SATURATION VOLTAGE



Vth: The voltage V_{op} which the transmission rate of segment is 90%(positive) or 10%(negative) of saturated value on conditions of the selected waveform.(non-selected waveform is opposition)

Vsat: The voltage V_{op} which the transmission rate of segment is 10%(positive) or 10%(negative) of saturated value on conditions of the selected waveform.(non-selected waveform is opposition)

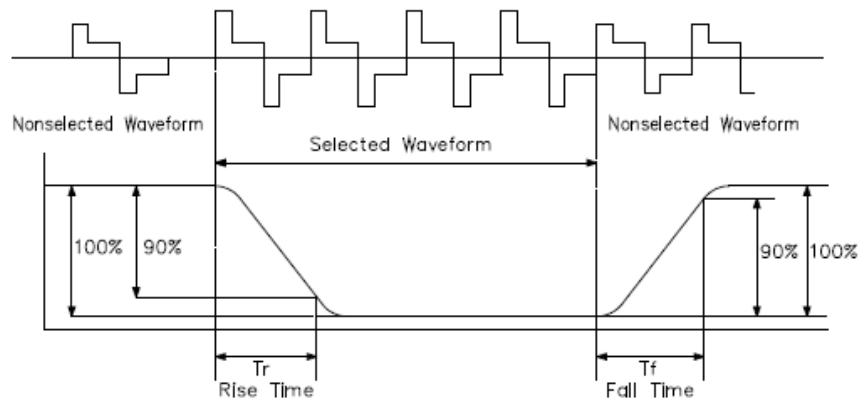
NOTE 3: CURRENT CONSUMPTION (I_{LCD})



Conditions:

- 1. Driving waveform: static waveform.
- 2. Voltage applied to all segments

NOTE 4: RESPONSE TIME (T_r , T_f)



NOTE 5: CONTRAST RATIO (CR)

5.1 POSITIVE TYPE:

$$\text{CONTRAST RATIO} = \frac{\text{BRIGHTNESS AT } V_{OP}(\text{NON-SELECTED})}{\text{BRIGHTNESS AT } V_{OP}(\text{SELECTED})}$$

5.2 NEGATIVE TYPE:

$$\text{CONTRAST RATIO} = \frac{\text{BRIGHTNESS AT } V_{OP}(\text{SELECTED})}{\text{BRIGHTNESS AT } V_{OP}(\text{NON-SELECTED})}$$

NOTE 6: CAPACITANCE (C)

Measuring Methode Of Capacitance



Conditions:

Voltage applied to all segments.

Fuente de alimentación:



FUENTES DE ALIMENTACIÓN

FA-363B, FA-376, FA-662B, FA-665, FA-672

Las fuentes de alimentación **FA-376/FA-672** combinan las tecnologías lineal y conmutada para obtener de cada una de ellas sus ventajas más relevantes:

Reducción de tamaño comparado con la ejecución de potencia similar en tecnología lineal y mejora correspondiente de rendimiento además de una importante reducción de peso.

Obtención de unas características de salida propias de equipos lineales. Los equipos van dotados de controles fino y grueso para mejor ajuste de la tensión, así como de un control para prefijar la corriente máxima de salida.

Además de la salida principal se dispone de otra auxiliar a tensión fija de 5 V. Ambas salidas son flotantes.

La fuente de alimentación **FA-665** posee relevantes ventajas que le confiere la utilización de tecnologías lineal y conmutada.

Consiste en dos fuentes independientes que permiten ajustar su salida entre 0 y 30 V independientemente que además son flotantes respecto a la toma de tierra, y pueden suministrar cada una de ellas hasta 5 A.

Se incluye el modo de funcionamiento "TRACKING" en cuyo caso quedan interconectadas de tal modo que se convierten en dos fuentes iguales y de signo opuesto respecto un punto central común a ambas.

En este modo de trabajo la tensión de salida se controla únicamente desde una de ellas resultando la otra del mismo valor.

Es de reducido tamaño comparado con la ejecución de potencia similar en tecnología lineal por la mejora del rendimiento, es destacable además una importante reducción de peso. Ofrece unas características de salida propias de equipos lineales.

Todas las salidas de las fuentes son cortocircuitables.

ESPECIFICACIONES	FA-363B	FA-376	FA-662B	FA-665	FA-672
Salida principal					
Tensión de salida DC	0 a 30 V		2 x 0 a 30 V 0 a 30 V / 0 a 2 A 0 a 60 V / 0 a 1 A Función Tracking	2 x 0 a 30 V Función Tracking	0 a 60 V
Corriente de salida	0 a 2 A	0 a 5 A	0 a 1 A	0 a 5 A	0 a 2,5 A
Regulación de carga	≤ 0,05%+2 mV	0,02%+ 5mV	≤1,5 mV Tensión continua Corriente constante	0,02%+5 mV	0,02%+5 V
Regulación de red	≤ 0,02%+2 mV	0,02%+5 mV	≤1 mV	0,02%+2 mV	0,02%+5 mV
Ruido y zumbido	500 μV rms	6m V rms	≤500 μV rms	10 mV rms	6 mV rms
Tecnología	Lineal	Lineal con prerregulador conmutado	Lineal	Lineal con prerregulador conmutado	
Salida	Flotante				
Medidores	Digitales, V y A				
Tipo	±(0,1% lectura±1dígito)	3 ½ dígitos	±(0,1% lectura±1dígito)	3 ½ dígitos	
Resolución	100 mV 10 mA				
Protecciones	Por limitación de corriente y térmica, por desconexión del equipo		Por limitación de corriente	Por limitación de corriente y Térmica por desconexión del equipo	
Salida auxiliar					
Tensión de salida DC	5 V	± 15 V	5 V		
Corriente de salida	1 A	± 0,5 A	1 A		
Regulación de carga			50 mV		
Regulación de red			50 mV		
Tecnología	Lineal				
Condiciones ambientales					
Margen de temperaturas	5° C a 40° C				
Humedad relativa	Máximo 80% (hasta 31°C) decreciendo linealmente hasta el 50% a 40°C				
Alimentación					
Tensión de red	110-125-220-240 V AC ± 10% 50 Hz	230 V A C ± 10% 50 Hz	110-125-220-240 V AC ± 10% 50 Hz	230 V A C ± 10% 50 Hz	
Consumo	120 W	200 W	145 W	380 W	200 W
Características mecánicas					
Dimensiones A. x Al. x Pr.	230 x 145 x 290 mm	200 x 195 x 254 mm	210 x 185 x 280 mm	300 x 195 x 292 mm	200 x 95 x 254 mm
Peso	6 Kg	2,8 Kg	6,6 Kg	5,4 Kg	2,8 Kg

Amplificador operacional LM324:



LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

www.ti.com

SNOSC16B – MAY 2004 – REVISED SEPTEMBER 2004

LM124-N/LM224-N/LM324-N/LM2902-N Low Power Quad Operational Amplifiers

Check for Samples: LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

FEATURES

- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain) 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply 3V to 32V
 - or Dual Supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (700 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Biasing Current 45 nA (Temperature Compensated)
- Low Input Offset Voltage 2 mV
 - and Offset Current: 5 nA
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing 0V to $V^+ - 1.5V$

UNIQUE CHARACTERISTICS

- In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage can also Swing to Ground, Even Though Operated from Only a Single Power Supply Voltage
- The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated
- The Input Bias Current is also Temperature Compensated

ADVANTAGES

- Eliminates Need for Dual Supplies
- Four Internally Compensated Op Amps in a Single Package
- Allows Directly Sensing Near GND and V_{OUT} also Goes to GND
- Compatible with All Forms of Logic
- Power Drain Suitable for Battery Operation

DESCRIPTION

The LM124-N series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

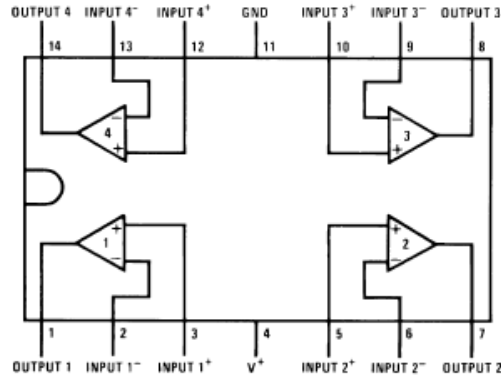
Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124-N series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

SNOSC16B –MAY 2004–REVISED SEPTEMBER 2004

www.ti.com

Connection Diagrams

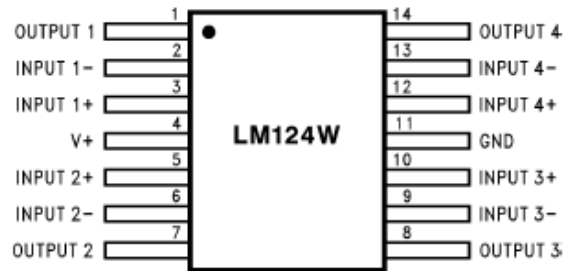


Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124-N available per JM38510/11005

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

Figure 1. Dual-In-Line Package - Top View
See Package Number J0014A D0014A or NFF0014A

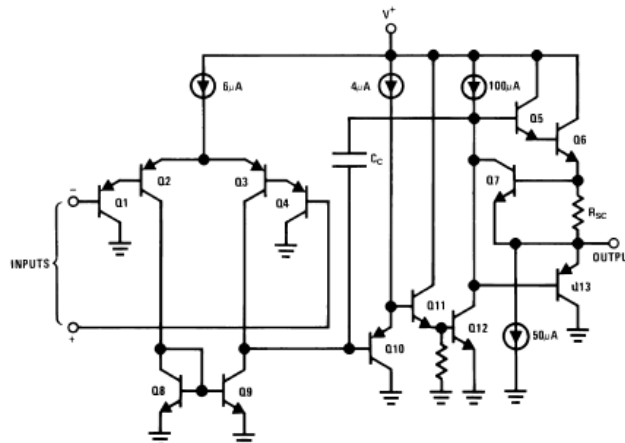


Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

Figure 2. See Package Number NAD0014B
See Package Number NAC0014A

Schematic Diagram

(Each Amplifier)





LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

www.ti.com

SNOSC16B – MAY 2004 – REVISED SEPTEMBER 2004



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		LM124-N/LM224-N/LM324-N LM124A/LM224A/LM324A	LM2902-N
Supply Voltage, V*		32V	26V
Differential Input Voltage		32V	26V
Input Voltage		-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current (V _{IN} < -0.3V) ⁽³⁾		50 mA	50 mA
Power Dissipation ⁽⁴⁾	PDIP	1130 mW	1130 mW
	CDIP	1260 mW	1260 mW
	SOIC Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) ⁽⁵⁾			
V* ≤ 15V and T _A = 25°C		Continuous	Continuous
Operating Temperature Range			-40°C to +85°C
LM324-N/LM324A		0°C to +70°C	
LM224-N/LM224A		-25°C to +85°C	
LM124-N/LM124A		-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range		-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)		260°C	260°C
Soldering Information	Dual-In-Line Package	Soldering (10 seconds)	260°C
	Small Outline Package	Vapor Phase (60 seconds)	215°C
		Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Tolerance ⁽⁶⁾		250V	250V

- (1) Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124-N military specifications.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/
- (3) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V* voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3V (at 25°C).
- (4) For operating at high temperatures, the LM324-N/LM324A/LM2902-N must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224-N/LM224A and LM124-N/LM124A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
- (5) Short circuits from the output to V* can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V*. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
- (6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

SNOSC16B –MAY 2004–REVISED SEPTEMBER 2004

www.ti.com

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V* = +5.0V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T _A = 25°C ⁽²⁾	1	2		1	3		2	3		mV
Input Bias Current ⁽³⁾	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	20	50		40	80		45	100		nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		2	15		5	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	V* = 30V, (LM2902-N, V* = 26V), T _A = 25°C	0	V* - 1.5		0	V* - 1.5		0	V* - 1.5		V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V* = 30V (LM2902-N V* = 26V) V* = 5V										mA
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V, T _A = 25°C	70	85		70	85		65	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2902-N, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling ⁽⁵⁾	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	10	20		10	20		10	20		mA
	Sink V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V* = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	V* = 15V, T _A = 25°C ⁽⁶⁾	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	See ⁽²⁾		4			4			5		mV
V _{OS} Drift	R _B = 0Ω	7	20		7	20		7	30		μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V		30			30			75		nA
I _{OS} Drift	R _B = 0Ω	10	200		10	200		10	300		pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}	40	100		40	100		40	200		nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	V* = +30V (LM2902-N, V* = 26V)	0	V* - 2		0	V* - 2		0	V* - 2		V

- (1) These specifications are limited to -55°C ≤ T_A ≤ +125°C for the LM124-N/LM124A. With the LM224-N/LM224A, all temperature specifications are limited to -25°C ≤ T_A ≤ +85°C, the LM324-N/LM324A temperature specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C, and the LM2902-N specifications are limited to -40°C ≤ T_A ≤ +85°C.
- (2) V_O ≈ 1.4V, R_B = 0Ω with V* from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to V* - 1.5V) for LM2902-N, V* from 5V to 26V.
- (3) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- (4) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V* - 1.5V (at 25°C), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902-N), independent of the magnitude of V*.
- (5) Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.
- (6) Short circuits from the output to V* can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V*. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.



LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N

www.ti.com

SNOSC16B – MAY 2004 – REVISED SEPTEMBER 2004

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

V* = +5.0V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V* = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	26			26			26			V
	V _{OL}	5			5			5			mV
Output Current	Source	10			10			10			mA
	Sink	10			5			5			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V* = +5.0V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124-N/LM224-N			LM324-N			LM2902-N			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T _A = 25°C ⁽²⁾	2			2			2			mV
Input Bias Current ⁽³⁾	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	45			45			45			nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	3			5			5			nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	V* = 30V, (LM2902-N, V* = 26V), T _A = 25°C	0			0			0			V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V* = 30V (LM2902-N V* = 26V) V* = 5V	1.5			1.5			1.5			mA
		0.7			0.7			0.7			
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50			25			25			V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V, T _A = 25°C	70			65			50			dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2902-N, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65			65			50			dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling ⁽⁵⁾	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)	-120			-120			-120			dB

- (1) These specifications are limited to -55°C ≤ T_A ≤ +125°C for the LM124-N/LM124A. With the LM224-N/LM224A, all temperature specifications are limited to -25°C ≤ T_A ≤ +85°C, the LM324-N/LM324A temperature specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C, and the LM2902-N specifications are limited to -40°C ≤ T_A ≤ +85°C.
- (2) V_O ≈ 1.4V, R_S = 0Ω with V* from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to V* - 1.5V) for LM2902-N, V* from 5V to 26V.
- (3) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- (4) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V* - 1.5V (at 25°C), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902-N), independent of the magnitude of V*.
- (5) Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N



SNOSC16B – MAY 2004 – REVISED SEPTEMBER 2004

www.ti.com

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

V* = +5.0V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM124-N/LM224-N			LM324-N			LM2902-N			Units	
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Output Current	Source	$V_{IN+} = 1V, V_{IN-} = 0V,$ $V^* = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA	
	Sink	$V_{IN-} = 1V, V_{IN+} = 0V,$ $V^* = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20			
			$V_{IN-} = 1V, V_{IN+} = 0V,$ $V^* = 15V, V_O = 200\text{ mV}, T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground		$V^* = 15V, T_A = 25^\circ C^{(6)}$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage		See ⁽²⁾			7			9			10	mV	
V_{OS} Drift		$R_S = 0\Omega$			7			7			7	$\mu V/^\circ C$	
Input Offset Current		$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$						100			150	nA	
I_{OS} Drift		$R_S = 0\Omega$			10			10			10	$\mu A/^\circ C$	
Input Bias Current		$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$			40			300			40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾		$V^* = +30V$ (LM2902-N, $V^* = 26V$)	0			V^*-2			0			V^*-2	V
Large Signal		$V^* = +15V (V_{O\text{ Swing}} = 1V \text{ to } 11V)$											
Voltage Gain		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$			25			15			15	V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^* = 30V$ (LM2902-N, $V^* = 26V$)			26			26			22	V	
	V_{OL}	$V^* = 5V, R_L = 10\text{ k}\Omega$			27	28		27	28		23	24	mV
Output Current	Source	$V_O = 2V$			10	20		10	20		10	20	mA
	Sink	$V_{IN+} = +1V,$ $V_{IN-} = 0V,$ $V^* = 15V$			5	8		5	8		5	8	

(6) Short circuits from the output to V* can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V*. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

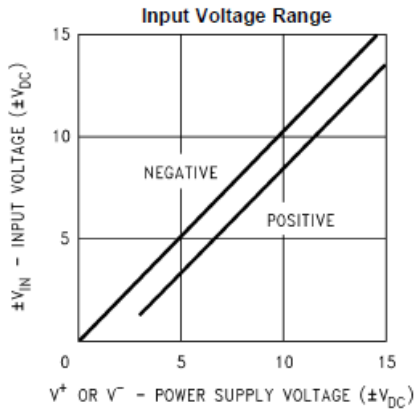


Figure 3.

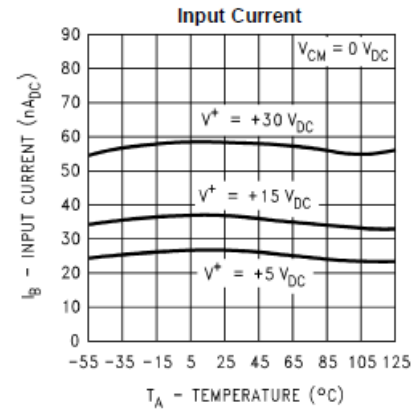


Figure 4.

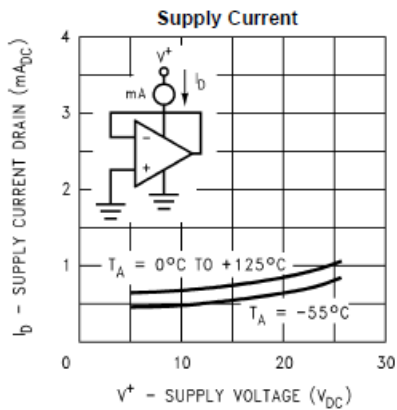


Figure 5.

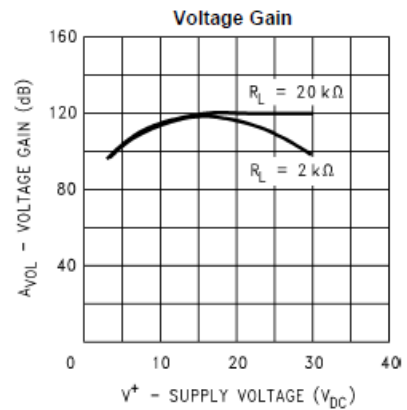


Figure 6.

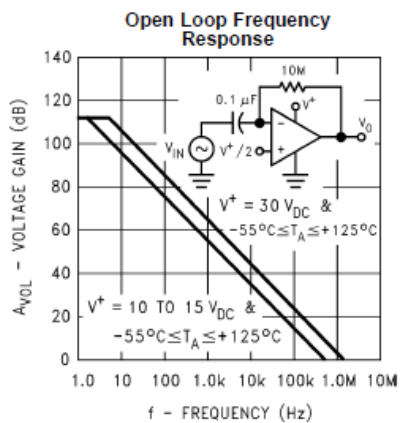


Figure 7.

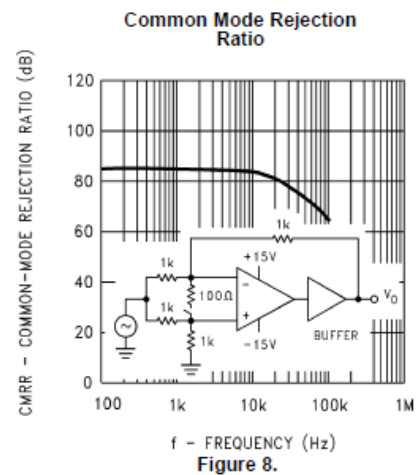


Figure 8.

LM124-N, LM224-N, LM2902-N, LM324-N



SNOSC16B – MAY 2004 – REVISED SEPTEMBER 2004

www.ti.com

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)

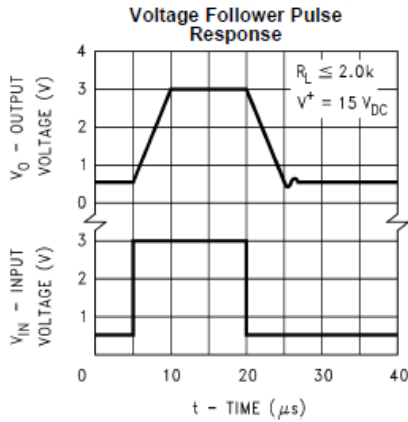


Figure 9.

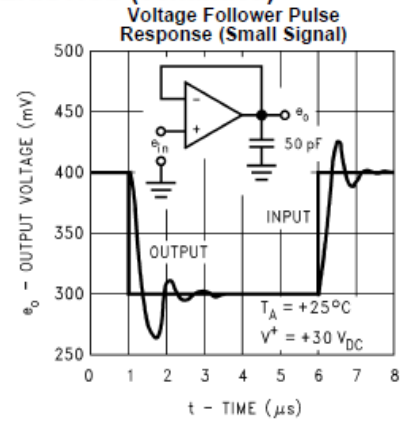


Figure 10.

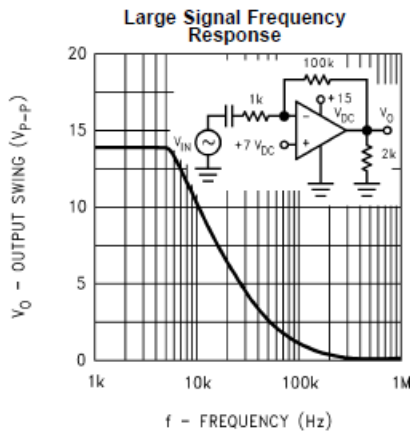


Figure 11.

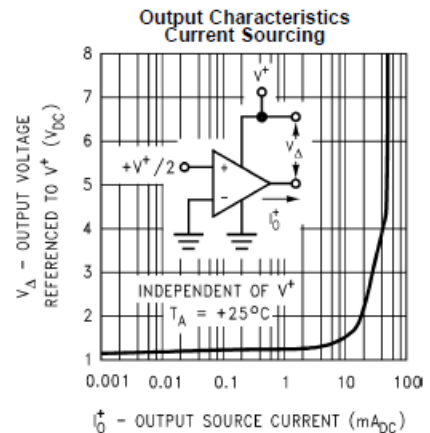


Figure 12.

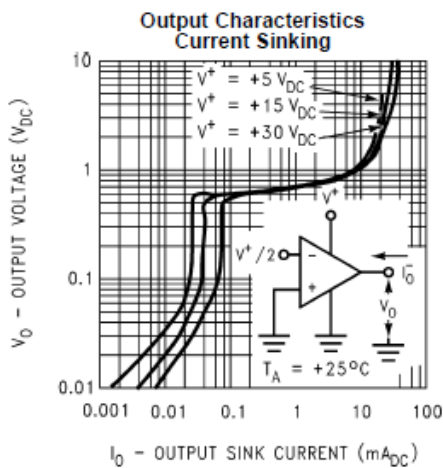


Figure 13.

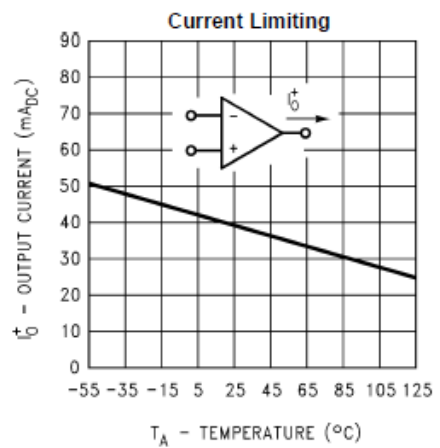


Figure 14.



TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)

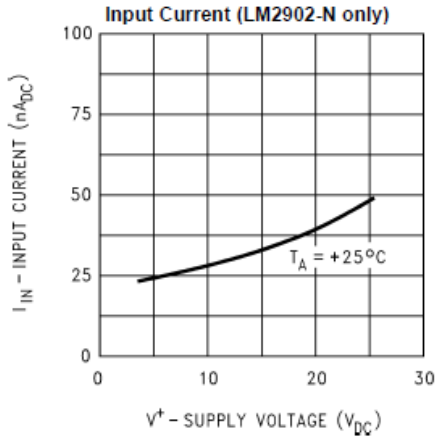


Figure 15.

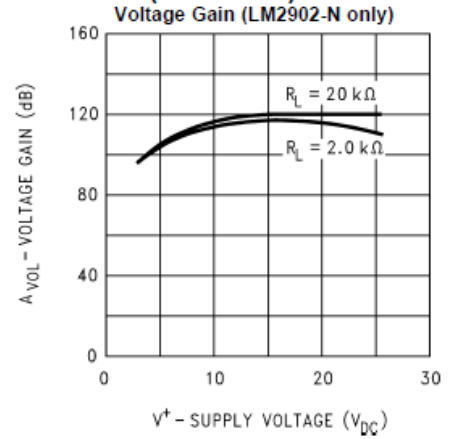


Figure 16.

ANEXO 2

PROGRAMACIÓN

El programa que se ha utilizado para el funcionamiento correcto de este proyecto es el siguiente:

`#include <LiquidCrystal.h>` → Se incluye una librería con instrucciones de la pantalla LCD para poder mostrar datos en ella.

Se configuran todas las constantes y variables del sistema:

- **Constantes**

`const int analogInPin = A0;` → Se crea la constante entera “analogInPin” que se asocia al pin analógico 0.

`const int entrada1 = A1;` → Se crea la constante entera “entrada1” que se asocia al pin analógico 1.

`const int entrada2 = A2;` → Se crea la constante entera “entrada2” que se asocia al pin analógico 2.

`const int entrada3 = A3;` → Se crea la constante entera “entrada3” que se asocia al pin analógico 3.

`const int entrada4 = A4;` → Se crea la constante entera “entrada4” que se asocia al pin analógico 4.

`const int entrada5 = A5;` → Se crea la constante entera “entrada5” que se asocia al pin analógico 5.

- **Variables enteras**

`int sensorValue1 = 0;` → Se crea la variable entera “sensorValue1” y se inicializa a 0.

`int sensorValue2 = 0;` → Se crea la variable entera “sensorValue2” y se inicializa a 0.

`int sensorValue3 = 0;` → Se crea la variable entera “sensorValue3” y se inicializa a 0.

`int sensorValue4 = 0;` → Se crea la variable entera “sensorValue4” y se inicializa a 0.

`int boton1 = 0;` → Se crea la variable entera “boton1” y se inicializa a 0. Se utilizará para controlar el botón responsable del cambio de los datos mostrados en la pantalla LCD.

`int boton2 = 0;` → Se crea la variable entera “boton2” y se inicializa a 0. Se utilizará para controlar el botón responsable del reseteo de los datos.

`int modo = 1;` → Se crea la variable entera “modo” y se inicializa a 1. Controla el estado concreto en el que se encuentra la pantalla.

- **Variables de tipo float.** Las variables de tipo float permiten que se puedan hacer cálculos con decimales.

`float integracion = 4;` → Se crea la variable de tipo float “integración” y se inicializa a 4, debido a que la batería escogida en este proyecto tiene una capacidad de 4 amperios-hora, que será a su vez la cantidad de carga con la que comienza. En esta variable se irá realizando la integración cada segundo de la corriente proporcionada por la batería. Se mide en amperios-segundo.

`float integracionhora = 14400;` → Se crea la variable de tipo float “integracionhora” y se inicializa a 14400, que es la transformación de los 4 amperios-hora en amperios-segundo. En esta variable se obtiene el mismo valor que en la variable “integración”, pero medida en amperios-hora.

`float resta = 0;` → Se crea la variable de tipo float “resta” y se inicializa a 0. En esta variable se realiza la diferencia entre las corrientes de carga y descarga.

`float intensidaddescarga = 0;` → Se crea la variable de tipo float “intensidaddescarga” y se inicializa a 0. En esta variable se recoge la medición de la intensidad de descarga.

`float intensidadcarga = 0;` → Se crea la variable de tipo float “intensidadcarga” y se inicializa a 0. En esta variable se recoge la medición de la intensidad de carga.

- **Pantalla LCD**

`LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);` → Se asignan los pines digitales a los que la pantalla LCD va conectada.

Se configura la pantalla LCD, la comunicación de un ordenador con el módulo Arduino y el modo de ciertos pines digitales.

```
void setup() {
```

`Serial.begin(9600);` → Se configure una comunicación serie entre un ordenador y la placa Arduino a una velocidad de 9600 bits por segundo.

`lcd.begin(16,2);` → Se configura el programa para que tenga en cuenta que la pantalla LCD consta de 2 filas que pueden mostrar 16 caracteres cada una.

`pinMode(8 , INPUT);` → Se configure el pin digital 8 para que sea de entrada.

`pinMode(9 , INPUT);` → Se configura el pin digital 9 para que sea de entrada.

En el bucle principal es donde se recogen las instrucciones que se deben realizar. Al acabar de realizar la última instrucción, se volverá de nuevo a realizar la primera instrucción, por lo que es un bucle infinito.

```
void loop() {
```

```
sensorValue2 = analogRead(analogInPin); → En esta variable se recogen los valores del pin A0, que serán los valores tomados por el sensor de la descarga de la batería.
```

```
sensorValue3 = analogRead(entrada2); → En esta variable se recogen los valores del pin A2, que serán los valores tomados por el sensor de la carga de la batería.
```

```
boton1 = digitalRead(8); → La variable “boton1” recoge los valores del pin digital 8.
```

```
boton2= digitalRead(9); → La variable “boton2” recoge los valores del pin digital 9.
```

```
float voltaje2 = sensorValue2*5.0/1024.0; → Se crea la variable de tipo float “voltaje2” que es el voltaje amplificado de la descarga de la batería. La variable “sensorValue2” no proporciona directamente un valor en voltios, por lo que hace falta realizar su conversión.
```

```
float voltaje3 = sensorValue3*5.0/1024.0; → Se crea la variable de tipo float “voltaje3” que es el voltaje amplificado de la carga de la batería. La variable “sensorValue3” no proporciona directamente un valor en voltios, por lo que hace falta realizar su conversión.
```

```
intensidaddescarga = voltaje2/(15.5*0.230); → Se establece la intensidad que circula en la descarga. Para convertir el valor de tensión en descarga, hay que aplicar la Ley de Ohm. Por tanto, la corriente de descarga será igual a la tensión obtenida dividida de la resistencia de sensado. La resistencia de sensado es de 0.235 ohmios. A su vez, también hay que dividir entre la ganancia del amplificador, ya que el valor de tensión no es el real que tienen las resistencias. La ganancia es de 15.5.
```

```
intensidadcarga = voltaje3/(15.9*0.25) → Se establece la intensidad que circula en la carga. Para convertir el valor de tensión en descarga, hay que aplicar la Ley de Ohm. Por tanto, la corriente de descarga será igual a la tensión obtenida dividida de la resistencia de sensado. La resistencia es de 0.24 ohmios. A su vez, también hay que dividir entre la ganancia del amplificador, ya que el valor de tensión no es el real que tienen las resistencias. La ganancia es de 15.2
```

```
resta = intensidadcarga-intensidaddescarga; → Se realiza la resta de las dos corrientes para su posterior integración.
```

```
integracion = integracion + resta; → Se realiza la integración de la diferencia de las corrientes. Para ello hay que ir sumando la variable “resta” a la variable “integración” cada vez que se ejecuta el bucle, que tiene una duración de 1 segundo. Esto significa que la integración se realiza en intervalos de 1 segundo. Este valor se obtiene en Amperios-segundo
```

`integracionhora = integracion/3600;` → Se transforma el valor de la variable “integración”, que se mide en amperios-segundo, en un valor medido en amperios-hora mediante la división de la anterior variable entre 3600.

En la siguiente condición se refleja el funcionamiento deseado si se pulsa el primer botón, que está destinado a cambiar los datos mostrados por la pantalla LCD.

`if(boton1 == HIGH)` → Si el boton1 está pulsado, es decir, que el pin al que está conectado el botón tiene una tensión de 5 V.

```
{  
    delay(100); → Esperar 100 milisegundos para evitar rebotes producidos por el  
    botón.  
    modo = modo + 1; → Se cambia al próximo modo que se haya configurado  
    if (modo ==5) → Si se llega al modo 5, que no existe  
    {  
        modo =1; → Se vuelve al modo 1 para que siga el ciclo, ya que solo hay 4  
        modos  
    }  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("      ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print ("      ");  
    delay(200); ; → Estas 5 instrucciones se colocan para que durante 200  
    milisegundos la pantalla se muestre en blanco, debido a que se sin estas instrucciones  
    se producen solapamientos de letras al cambiar de modo y no se lee claramente la  
    medición deseada.  
}
```

En esta condición se refleja el funcionamiento deseado si se pulsa el segundo botón, que está destinado a resetear los datos en un cierto instante.

if(boton2 == HIGH) → Si el botón 2 está pulsado, es decir, que el pin al que está conectado el botón tiene una tensión de 5 V.

{

delay(100); → Esperar 100 milisegundos para evitar rebotes producidos por el botón.

resta = 0; → Se borra el dato que haya en resta.

integracion = 0; → Se borra el dato que haya en integración, con lo que hay que empezar la cuenta de 0.

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print(" ");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print (" ");

delay(200); ; → Estas 5 instrucciones se colocan para que durante 200 milisegundos la pantalla se muestre en blanco, debido a que se sin estas instrucciones se producen solapamientos de letras al cambiar de modo y no se lee claramente la medición deseada.

}

Para el funcionamiento correcto de los pulsadores se debía haber utilizado interrupciones. Las interrupciones permiten que se ejecute una instrucción en un momento deseado sea cual sea la instrucción que se esté ejecutando en un momento determinado. El problema ha sido que el módulo Arduino Uno puede ejecutar interrupciones externas en los pines 2 y 3, pero estos están siendo utilizados para la conexión de la pantalla LCD.

La necesidad de interrupciones es debida a que en la programación existe un retardo de 1000 milisegundos para que se tomen valores cada segundo. Durante este retardo no se puede ejecutar ninguna instrucción, con lo que puede ocurrir que al pulsar el pulsador no se cambie de modo. A la hora de usarlo se debe mantener pulsado el pulsador y se cambiará el modo.

Las siguientes condiciones reflejan los 4 modos distintos en los que puede estar la pantalla. Es decir, los distintos datos que va a mostrar la pantalla.

- **Modo 1**

if (modo == 1) → En el modo 1 se muestra:

{

lcd.setCursor(0,0); → Se colocan los próximos caracteres a partir de la primera celda de la primera fila de la pantalla LCD.

lcd.print("Capacidad"); → Se escribe la palabra "capacidad", que permanecerá fija mientras se esté en este modo.

lcd.setCursor(0,1); → Los próximos caracteres se colocan a partir de la primera celda de la segunda fila de la pantalla LCD.

lcd.print(integracionhora,3); → Se mostrará el valor de la variable "integracionhora" con 3 decimales

lcd.print (" Ah"); → Tras el valor de la variable "integraciónhora", se escribirá "Ah".

delay(1000); → Se realiza un retardo de 1 segundo para que se realicen los cálculos y toma de datos cada segundo en el bucle principal

}

- **Modo 2**

if (modo == 2) → En el modo 2 se muestra:

{

lcd.setCursor(0,0); → Se colocan los próximos caracteres a partir de la primera celda de la primera fila de la pantalla LCD.

lcd.print("Capacidad"); → Se escribe la palabra "capacidad", que permanecerá fija mientras se esté en este modo.

lcd.setCursor(0,1); → Los próximos caracteres se colocan a partir de la primera celda de la segunda fila de la pantalla LCD.

`lcd.print(integracion,3);` → Se mostrará el valor de la variable “integración” con 3 decimales.

`lcd.print (" As");`→ Tras el valor de la variable “integración” se escribirá “ As”.

`delay(1000);` → Se realiza un retardo de 1 segundo para que se realicen los cálculos y toma de datos cada segundo en el bucle principal.

}

- **Modo 3**

`if (modo == 3)` → En el modo 3 se muestra:

{

`lcd.setCursor(0,0);` → Se colocan los próximos caracteres a partir de la primera celda de la primera fila de la pantalla LCD.

`lcd.print("Int. descarga");`→ Se escribe la palabra “Int. Descarga”, que permanecerá fija mientras se esté en este modo.

`lcd.setCursor(0,1);` → Los próximos caracteres se colocan a partir de la primera celda de la segunda fila de la pantalla LCD.

`lcd.print(intensidaddescarga,3);` → Se mostrará el valor de la variable “intensidaddescarga” con 3 decimales.

`lcd.print (" A");` → Tras el valor de la variable “intensidaddescarga” se escribirá “ A”.

`delay(1000);` → Se realiza un retardo de 1 segundo para que se realicen los cálculos y toma de datos cada segundo en el bucle principal.

}

- **Modo 4**

if (modo == 4) → En el modo 4 se muestra:

```
{
```

lcd.setCursor(0,0); → Se colocan los próximos caracteres a partir de la primera celda de la primera fila de la pantalla LCD.

lcd.print("Int. carga"); → Se escribe la palabra "Int. Carga", que permanecerá fija mientras se esté en este modo.

lcd.setCursor(0,1); → Los próximos caracteres se colocan a partir de la primera celda de la segunda fila de la pantalla LCD.

lcd.print(intensidadcarga,3); → Se mostrará el valor de la variable "intensidadcarga" con 3 decimales.

lcd.print (" A"); → Tras el valor de la variable "intensidadcarga" se escribirá " A".

delay(1000); → Se realiza un retardo de 1 segundo para que se realicen los cálculos y toma de datos cada segundo en el bucle principal

```
}
```