

CAPITULO III. Diseño e implementación del cargador solar portátil

3.1 Introducción

En el presente capítulo, se conformará el diseño total del cargador propuesto así como se implementará en *protoboard* para poder realizar las pruebas y verificar su correcto funcionamiento y, finalmente, la viabilidad de su construcción en un prototipo listo para su producción.

3.2 Diseño inicial del cargador solar portátil

Como se mencionó en el capítulo anterior el diseño propuesto del cargador solar portátil está representado en el siguiente diagrama de bloques:

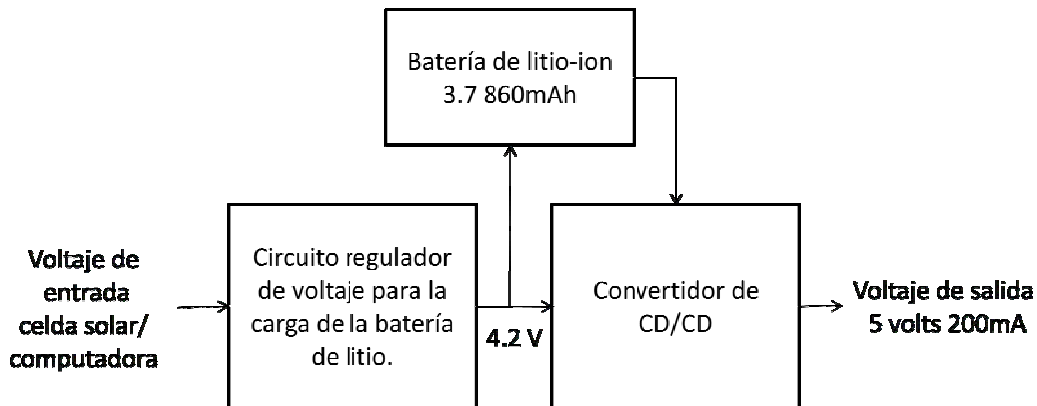


Figura 3.1 Diagrama a bloques del cargador solar portátil.

Al igual que en el capítulo anterior, no se deben pasar por alto las características y dimensiones esperadas del cargador, las cuales especifican que debe ser de un tamaño

de aproximadamente 10 x 10 x 4 cm y de peso no mayor a 100 gramos, y es por eso que se debe implementar cada parte del circuito en un tamaño reducido a manera que todo pueda caber dentro del mismo diseño. Debido a estas restricciones, se optó por utilizar circuitos integrados que cumplieran con las características de diseño requeridas y su correcta operación.

Existen actualmente en el mercado muchos circuitos integrados de convertidores CD-CD. Por lo cual, la búsqueda se basó en encontrar aquel que se acercará más a las características requeridas. Se decidió utilizar el circuito integrado MAX756 de la compañía MAXIM. Este chip es un convertidor de CD/CD con voltaje de salida ajustable entre los 3.3 y los 5V y una entrada de voltaje mínima de 0.7 volts.

En la hoja de datos del circuito integrado [16] se encuentra el circuito típico de operación con el cual se cumplen las especificaciones necesarias. En la figura 3.2 podemos observar dicho circuito.

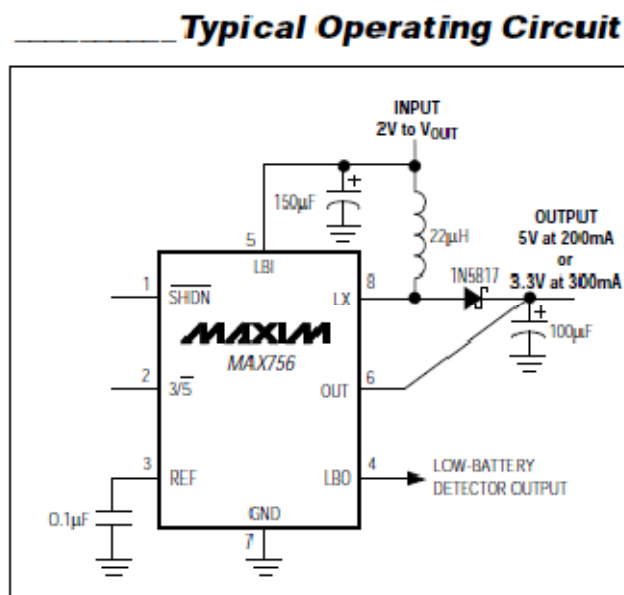


Figura 3.2 Circuito de típica operación del chip MAX756 [16]

Posteriormente, se escogió el circuito integrado MAX1811 de la misma compañía MAXIM para la parte de la carga de la batería de litio. Este circuito es un cargador de batería de polímero de iones de litio. Este cargador puede utilizar como alimentación de entrada un voltaje de CD por medio del puerto USB u otra fuente de alimentación de corriente directa. Automáticamente este circuito reduce su corriente a un goteo de carga (otorga una corriente muy pequeña) cuando ésta está completa. La hoja de datos de dicho circuito [17] también muestra un diseño de aplicación típica lo cual cumple con las especificaciones necesarias (figura 3.3).

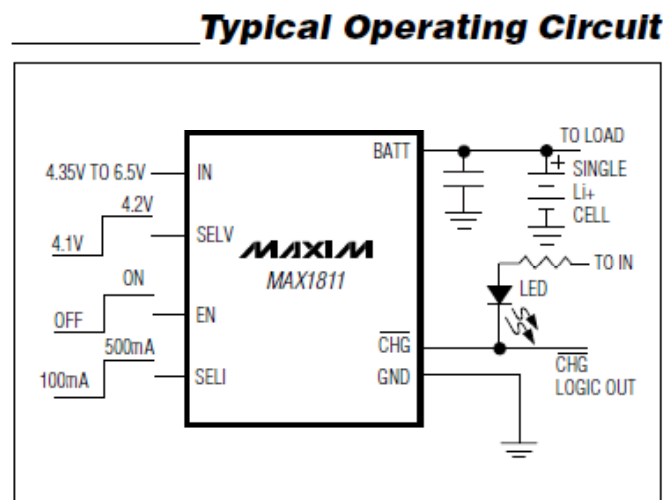


Figura 3.3 Circuito de aplicación típica del chip MAX1811 [17]

La ventaja del uso de estos circuitos es que cuentan sistemas de protección para evitar la sobrecarga de las baterías, además de tener un sistema completo para que la variación de voltaje a la entrada no afecte el voltaje de salida.

3.3 Implementación del diseño inicial del cargador solar portátil

Una vez que se escogieron los circuitos integrados adecuados para hacer las pruebas del diseño, se realizó la implementación con estos circuitos para hacer los ensayos

experimentales. Primero el de la modalidad de cargar la batería de litio por medio de la celda solar y, posteriormente, cargar directamente desde la celda solar el celular. En la figura 3.5 se puede observar el circuito implementado.

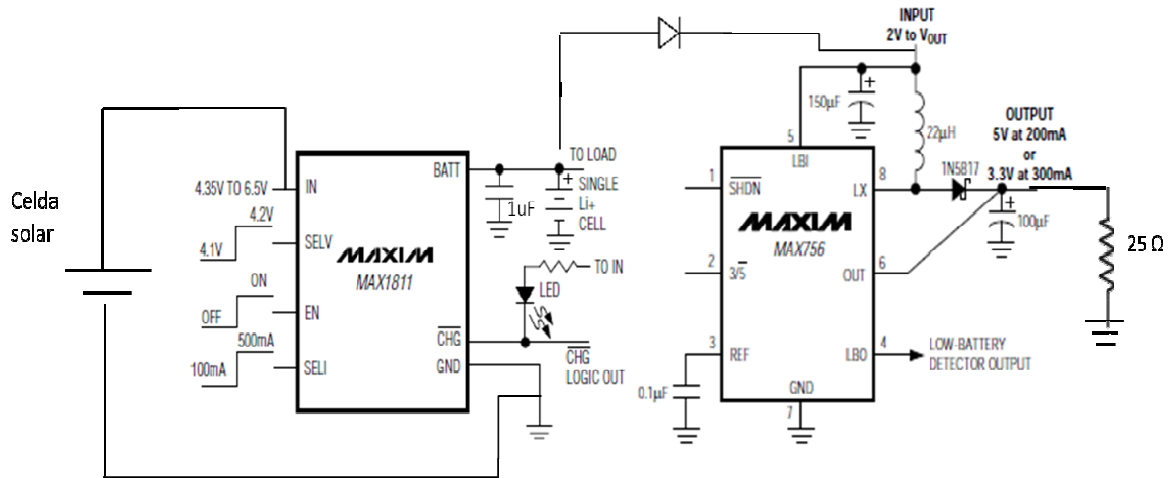


Figura 3.5 Circuito implementado para realizar el cargador solar

Para este proyecto, se utilizó una celda solar que entrega 5.4 volts a la salida con una corriente máxima de 600mA, pero al momento de conectarlo al circuito, el voltaje cae y entregan solo 3.9 V.

El circuito MAX1811 funciona correctamente cuando esta a pleno sol la celda solar. Éste entrega un voltaje de salida de 4.2 para cargar la batería. Al conectar la batería, si ésta se encuentra vacía (con un nivel del voltaje de 3V) la corriente que entrega el MAX1811 es de 558mA. Con forme se va cargando la batería la corriente que entrega el circuito va disminuyendo hasta alcanzar 500mA cuando el voltaje en la batería sea de 3.7V

Desafortunadamente el problema con este chip es que trabaja en un rango de 4.3 y 6 volts a la entrada, por lo que cuando disminuye un poco la intensidad luminosa del sol, este deja de funcionar.

El convertidor utilizado, que es un elevador, entrega un voltaje de 5 Volts a 200mA, lo cual es conveniente para funcionar como cargador de celular.

Entre las dos etapas del circuito se agregó un diodo tipo *schottky* para evitar que la corriente fluyera en los dos sentidos y se regresara la corriente al regulador de voltaje y que este la absorbiera.

Para solucionar el problema del rango de voltaje del MAX1811, se encontró otro integrado que cumple con la mismas funciones, pero el rango del voltaje de entrada es mayor. Es el MAX1555, de la misma compañía MAXIM. La principal diferencia entre estos dos circuitos, además del rango de voltaje de entrada, es la siguiente:

- El chip MAX1811, solo tiene una modalidad de entrada ya sea por el puerto USB de la computadora o por el voltaje de CD, pero el chip MAX1555 puede utilizar las dos modalidades ya que tiene dos entradas de voltaje para las dos posibilidades existentes.

El chip MAX1555 puede realizar la carga de la batería ya sea por el puerto USB de cualquier computadora o por una alimentación de voltaje CD como lo es la celda solar. Si las dos entradas de voltaje están conectadas al mismo tiempo, el voltaje de entrada de CD tiene prioridad. El circuito típico de este chip que se muestra en la hoja de datos [18] es el se presenta en la figura 3.6.

Typical Operating Circuit

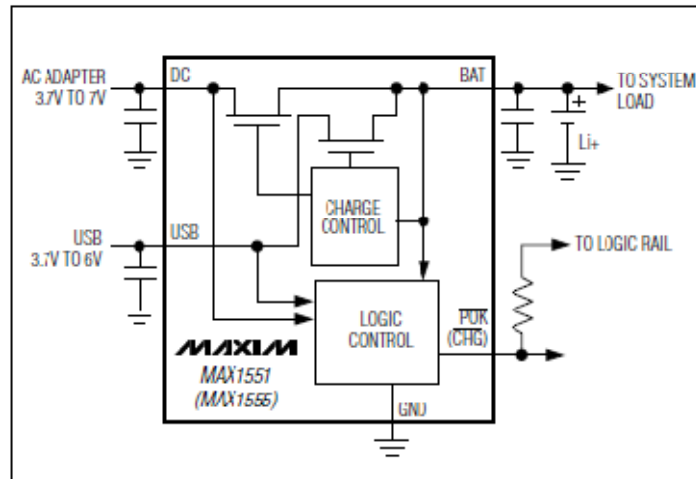


Figura 3.6. Circuito típico de operación del circuito integrado MAX1555 [18]

3.4 Implementación del diseño del cargador solar portátil mejorado.

Se utilizó el mismo diseño anterior con la diferencia de que se reemplazó el circuito MAX1811 por el circuito MAX1555, para mejorar su desempeño con las celdas solares y lograr la compatibilidad con la entrada de voltaje proveniente del puerto USB de una computadora.

El circuito MAX1555 también funciona correctamente cuando esta a pleno sol la celda solar. Al conectar la celda solar a este circuito integrado, el voltaje que entrega la celda cae a 3.9V. La ventaja de estos circuitos integrados es que requieren de pocos componentes externos, lo que reduce el costo total del prototipo y sus dimensiones, siendo estas primordiales para lograr el objetivo perseguido.

El circuito integrado MAX1555 sólo requiere de 3 capacitores de $1\mu\text{F}$, una resistencia de 330Ω y un *LED* para el indicador de carga (figura 3.7).

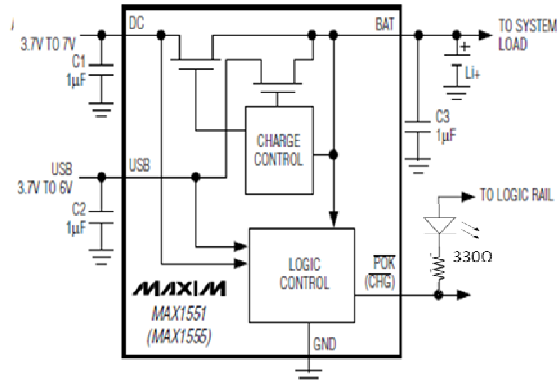


Figura 3.7 Diagrama del circuito MAX1555 con los componentes utilizados [18]

Para el chip MAX756 se requiere dos capacitores de $100\mu\text{F}$, uno de $0.1\mu\text{F}$ y uno de $1\mu\text{F}$, un diodo *schotky* IN5817 y un inductor de $22\mu\text{H}$. También requiere 4 resistencias para el circuito de detección de “batería baja”. Como en este caso no se usará este comparador se conecta al V_{in} y a tierra por medio de 2 resistencias de valores grandes. En este caso las resistencias seleccionadas para R3 y R4 son de $110\text{k}\Omega$ y $100\text{k}\Omega$ respectivamente de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la hoja de datos del MAX756 (figura 3.8).

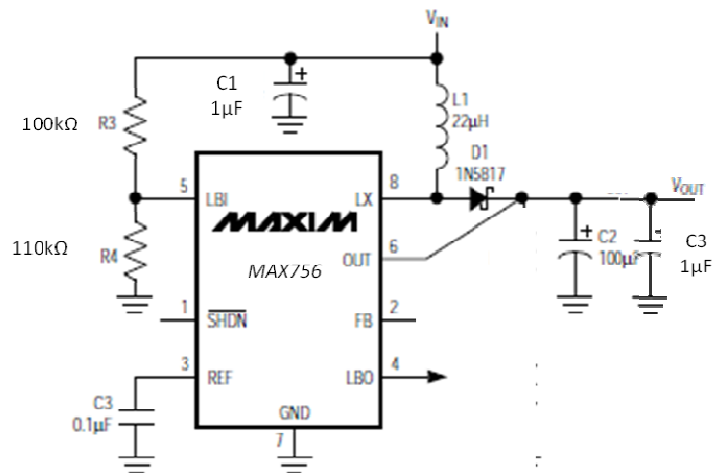


Figura 3.8 Diagrama del MAX756 con los componentes utilizados [16]

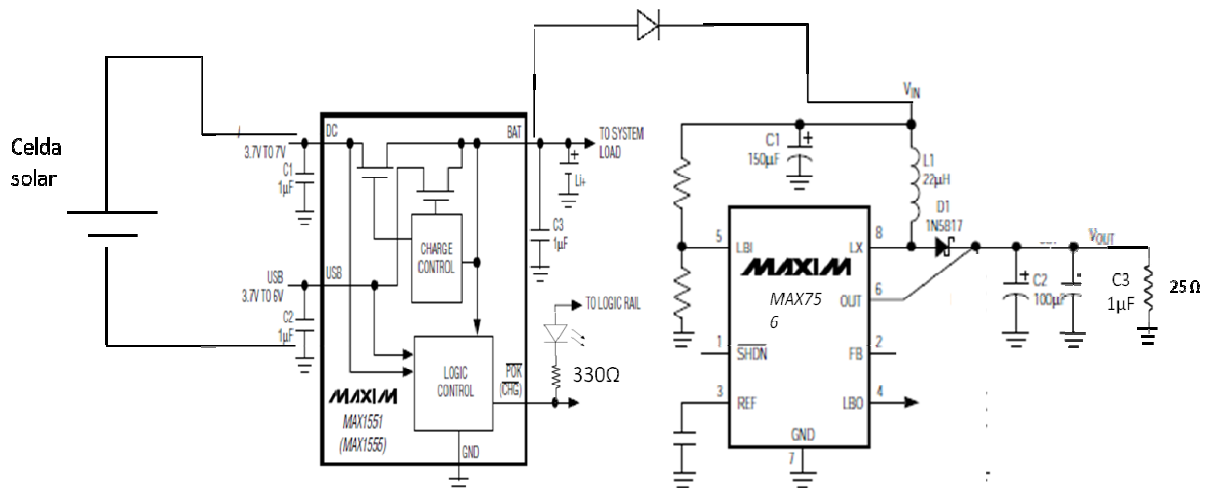


Figura 3.9 Circuito implementado para el diseño mejorado.

El circuito funcionó de manera correcta, cumpliendo con las condiciones esperadas. Como circuito regulador de voltaje MAX1555 requiere desde 0.7 Volts hasta 7 Volts a la entrada, aunque la celda solar disminuya su voltaje debido a la intensidad de luz, se carga perfectamente la batería. Este entrega a la salida del circuito 4.2 Volts, que es el voltaje requerido para cargar una batería de litio-ion. Se realizaron las pruebas utilizando la celda solar y la salida de voltaje de la computadora por medio del puerto USB. Esta parte del circuito funciona de manera óptima. De la misma manera, se observó que el convertidor elevador CD-CD MAX756 también funcionó muy bien, entregándonos 5 volts a la salida.

A la salida del MAX756 se anexó un conector USB para poder acoplar el circuito a los equipos celulares.

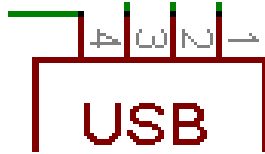


Figura 3.10 Diagrama conector de USB

La figura 3.10 muestra la disposición de pines para una conexión USB. Los dos pines del centro (2 y 3) son los pines de transmisión de datos, el pin 1 es el pin de voltaje, y el 4 de tierra. Aunque no se van a transmitir datos para el objetivo de este cargador, muchos equipos electrónicos parecen utilizar las líneas de datos como una forma para determinar si está conectado a una computadora o a un cargador. También es utilizado por algunas empresas (como Apple y Motorola) para asegurarse de que las personas utilizan sólo los cargadores "autorizados" con sus aparatos.

Por ejemplo, Apple utiliza un arreglo de resistencias en las terminales de datos del conector USB para generar un divisor de voltaje y con esto detectar si se está utilizando un dispositivo autorizado en sus equipos. El arreglo de resistencias encontrado en un cargador de Apple para *iPhone* se encuentra en la figura 3.9, los valores de resistencias de 5% de rango de error y junto entre paréntesis aparecen los valores reales medidos [19]. El voltaje de referencia de 5 volts, es el voltaje otorgado para el proyecto por el circuito MAX756.

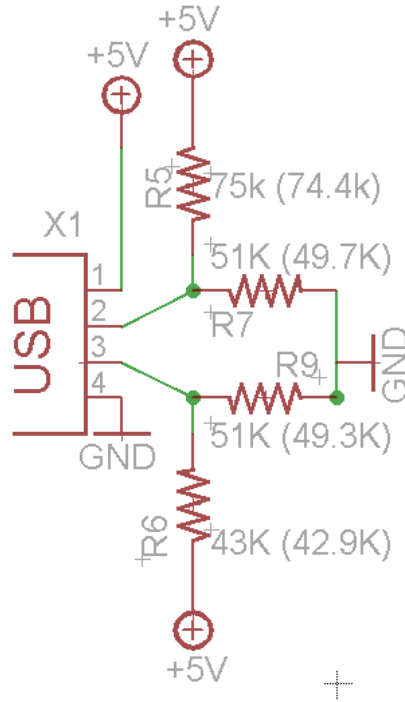


Figura 3.11 Arreglo de resistencias para cargadores Apple [19]

Se probó el cargador solar con este arreglo de resistencias con diferentes celulares, para poder verificar si su funcionamiento solo era aplicable en equipos de la marca Apple o si se podía implementar con otros modelos de otras compañías.

Para probar el cargador con el arreglo de resistencias, las pruebas que se hicieron se realizaron por partes, primero cargar la batería de litio (figura 3.12) y posteriormente utilizar esta como voltaje de entrada en el convertidor para hacer las pruebas con los diferentes tipos de teléfonos celulares.

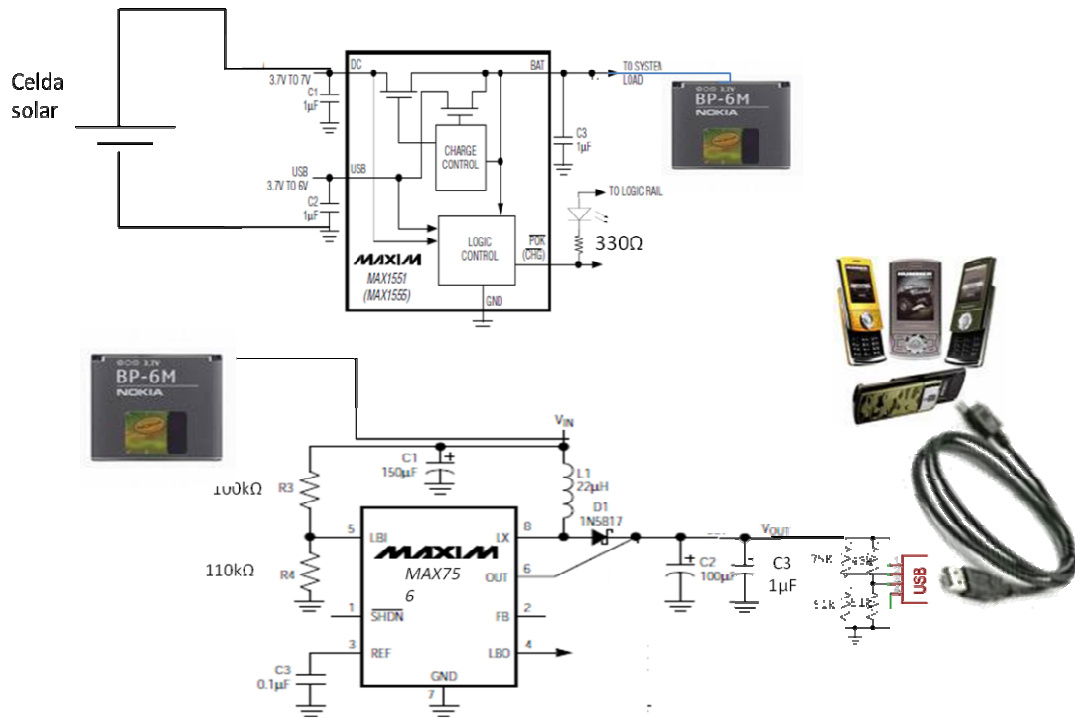


Figura 3.12 Esquema los diagramas usados en las primeras pruebas

Los resultados de las pruebas para verificar el funcionamiento del cargador solar con este arreglo de resistencias funcionó eficazmente y como se esperaba con el celular Blackberry 8100; así mismo, cargó por pequeños intervalos de tiempo un *iPod Touch* y un *iPhone 2G* y mientras que con otros celulares como Sony Ericsson, Nokia, y *iPhone 3Gs* sólo detectaba el cargador solar pero no cargaba su batería interna.

Al parecer el arreglo de resistencias para el conector USB es el correcto ya que aunque algunos celulares no cargaban su batería si lograban detectar el cargador solar.