

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO INDUSTRIALIZABLE DE CONVERTIDOR DC/AC PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Jorge Serrano¹, Luis Santos¹, Carlelines Gavidia¹, Gloria Carvalho¹, Héctor Núñez¹,
Dino Di Rosa¹.

¹ Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones, Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, Miranda – Venezuela.

lsantos@cendit.gob.ve / lsantos.cendit@gmail.com

RESUMEN

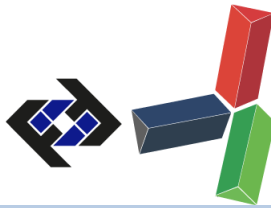
La Fundación Cendit en conjunto con otras instituciones gubernamentales plantearon la construcción de un convertidor fotovoltaico con el fin de suministrar energía eléctrica a muchas áreas pequeñas ubicadas en zonas aisladas, indígenas y fronterizas. Dada la razón la Fundación Cendit, ha desarrollado un prototipo convertidor DC / AC (también conocido como inversor), principalmente este dispositivo captura la energía solar de las celdas, donde una tensión de corriente continua (CC: 24 V o 48 V) está presente en los terminales de salida de los módulos y convierte esta energía en corriente alterna (CA: 120 V / 60 Hz) requerida por las instalaciones residenciales. Para alcanzar esto, el inversor usa una red de circuitos electrónicos complejos, cuya función es aumentar la tensión de CC de entrada y luego construir una señal sinusoidal de amplitud y frecuencia controlada. Al diseñar y construir dichos dispositivos en el país, se logra reducir las importaciones, y de esa manera se alenta a la industria nacional a crear productos de origen nacional, con la intención de poder tener un mayor dominio técnico en caso de fallas, lo que facilita el reemplazo de piezas y componentes en nuestro país.

Palabras Clave: fotovoltaico, convertidor, amplitud, frecuencia, tensión.

ABSTRACT

The Cendit foundation in conjunction with other institutions governmental they raised the construction of a photovoltaic converter in a order to supply electric power to many small areas located in isolated indigenous and border areas. Given the reason the Cendit foundation has developed a DC/AC converter prototype (also know as an inverter) mainly this device captures the solar energy of the cells, where a direct current voltage (CC: 24 V o 48 V) is present in the ouput terminals of the modules and convert this energy into alternating current (CA: 120 V / 60 Hz) required by residential facilities. To achieve this, the inverter uses a network of complex electronic circuits, whose function is to increase the input DC voltage and the build a sinusoidal signal of amplitude and frequency controlled. By designing and building such devices in the country, it is possible to reduce imports, and in this way the national industry is encouraged to create products of national origin, with the intention of being able to have a greater technical mastery in case of failures, which facilities the replacement of parts and components in our country.

Keywords: photovoltaic, converter, amplitude, frequency, voltage.



INTRODUCCIÓN

En el presente documento se reflejan las especificaciones técnicas a ser utilizadas en el diseño del prototipo de convertidor DC/AC, en el cual se describen los componentes electrónicos y su funcionamiento con respecto al convertidor, además se presenta un estudio de materiales, herramientas computacionales y equipos a ser utilizados para avanzar a la etapa 2, que es la construcción del prototipo. Para lograr una óptima distribución de energía eléctrica en zonas remotas o poco pobladas en el territorio nacional es muy importante este dispositivo ya que puede proveer energía a muchas familias, solventando el problema de la electricidad, ya que en la mayoría de los casos no existe una red de distribución cercana que pueda proveer energía suficiente para su convivencia. Es importante mencionar que los inversores que se utilizan generalmente para este sistema, son inversores importados, lo que se quiere lograr es un producto nacional que cumpla con las funciones necesarias para solventar la demanda de energía eléctrica requerida y con esto reducir el gasto en divisas de las importaciones de estos dispositivos.

METODOLOGÍA

El diseño propuesto del convertidor DC/AC debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas (ver Tabla 1):

Tabla 1. Especificaciones técnicas.

Características del convertidor		
Parámetro	Valor	Unidad
Tensión de entrada	24	V
Tensión de salida	110	V
Potencia	375	W
Frecuencia	60	Hz

Los componentes utilizados para el diseño y construcción del prototipo son de tipo through hole (ver Tabla 2):

Tabla 2. Características de los componentes.

Componente	Encapsulado	Función
SG3525	DIP-16	Generación de PWM
LM741	PDIP	Comparador
IRF1407	TO-220	Conmutación
781	TO-220	Regulación de voltaje
Transformador	-	Elevación/reductor de tensión
7805	TO-220	12/24 V 5 V
Puente rectificador	-	Rectificar señal de salida
Fusibles	-	Protección del circuito

Los substratos para los circuitos impresos utilizados en la electrónica, están hechos típicamente de un material designado FR-4. Estos consisten en un material de fibra de vidrio, impregnados

con una resina epoxica resistente a las llamas. Pueden ser mecanizados, pero debido al contenido de vidrio abrasivo, requiere de herramientas hechas de carburo de tungsteno. A continuación (ver Tabla 3) se mencionan las características del sustrato que se utilizó en la construcción:

Tabla 3. Características del sustrato.

Material Base	Fibra de vidrio
Caras o capas de cobre	Generación de PWM
Dimensiones	2
Espesor del soporte o sustrato	15x19cm Aprox
Espesor de la capa de cobre	1,6 mm
Transformador	35 micras (oz/ft ²)

En cuanto a la construcción de tarjetas electrónicas, se requieren los siguientes equipos y maquinarias (ver Tabla 4):

Tabla 4. Maquinarias y equipos para la construcción del PCB.

Maquinarias y Equipos	
Descripción	Cantidad
Kit para desoldar/soldar	1
Protomat S62	1
Contac RS	1
Multipress	1
ProtoPlace	1
ProtoFlow S	1
Lámpara UV	1

El esquema mostrado a continuación, muestra el funcionamiento del circuito. El SG3525 representado por el PWM seguido de los MOSFET y los transformadores representados por el bloque de elevación, y a su vez una retroalimentación con señal rectificada al controlador (ver Figura 1):

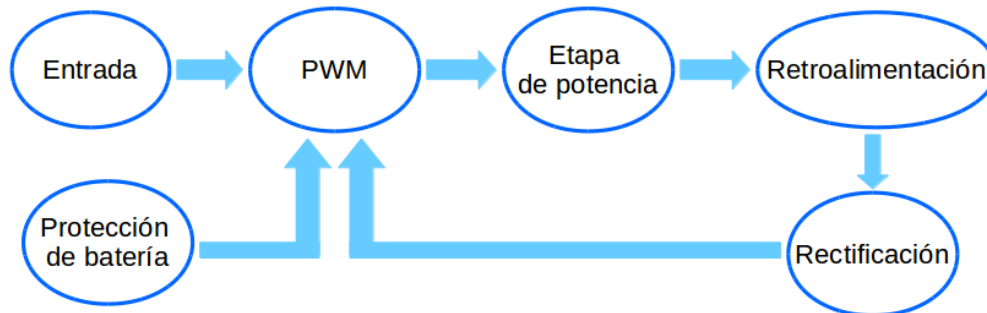


Figura 1: Esquema de funcionamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio el software Kicad se realizó el diseño del convertidor, donde se reflejan los 2 transformadores tanto el elevador como el reductor. También se adicionó el circuito integrado encargado de proporcionar la señal PWM aplicados a la puerta de los MOSFET, cada MOSFET se encarga de generar media onda, de modo que cuando uno de ellos se encuentra en estado de reposo, el otro se encuentra en funcionamiento, esta configuración es más conocida como push-pull. Push-pull es una topología de dos transistores operando en forma complementaria, requiere un transformador primario con toma central donde la toma central es conectada a la tensión V_{in} dejando a ambos extremos conectados a los MOSFET de conmutación y por medio de ellos controlar la energía que es entregada al transformador.

Seguidamente los potenciómetros también tienen su participación importante en el esquema, uno de ellos ajusta la frecuencia de salida, aplicado al integrado PWM. Para la regulación automática se introduce un segundo transformador para la técnica de retroalimentación, se utiliza ya que cuando se conecta una carga más potente la tensión disminuye respectivamente. Mediante este proceso este proceso el circuito hace las correcciones. Pasando de un transformador de entrada de 110V (salida del transformador toroidal) a una salida con una pequeña tensión de unos 9V aproximadamente, esta tensión se rectifica y es llevada al circuito integrado y por análisis se determina que, si la tensión supera cierto valor, los impulsos PWM empiezan cada vez a ser más estrechos, haciendo que los MOSFET trabajen a menos potencia y la tensión disminuye corrigiendo así la variación.

La protección contra batería baja para el sulfato de baterías se utiliza el amplificador operacional este actúa como un comparador, ambas entradas se encuentran conectadas a la batería y se alimenta con 5V mediante la regulación del 781. El zener establece que la tensión sea de 3.3V, en la otra entrada la tensión es variable. Se ajusta con otro potenciómetro a 3.8V, a medida que la batería se descarga y su tensión disminuye, el led se enciende cuando la carga de la batería es crítica. A continuación, se obtiene un diseño CAD electrónico en tres dimensiones del convertidor (ver Figura 2):

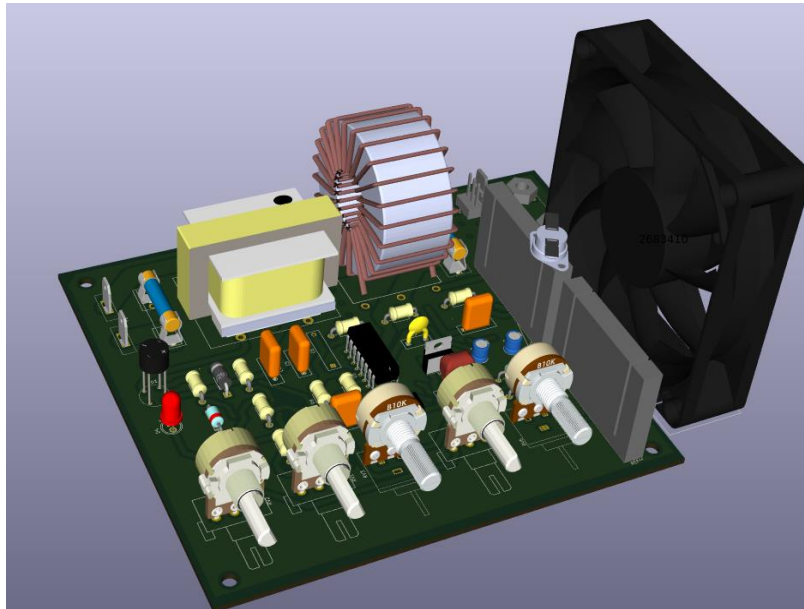


Figura 2: Esquemático 3D del convertidor.

En la etapa de construcción del prototipo convertidor DC-AC, requiere un conjunto de pruebas que puedan garantizar un correcto funcionamiento del convertidor, para lograr los objetivos propuestos. Este protocolo se realiza a partir del PCB y finalizando en el PCBA, sin embargo, es importante destacar que el diseño del PCB se debe regir en lo posible bajo la norma IPC 2221.

Con un multímetro se prueba la continuidad para verificar que todas las pistas lleguen enteras de un lado a otro. En caso de haber una pista cortada se estaña desde donde se interrumpe hasta el otro lado y se coloca sobre ella un fino alambre. En el siguiente cuadro muestra los protocolos empleados para este tipo de prueba (ver Tabla 5):

Tabla 5. Características del substrato.

Inspección visual general
Inspección visual de pads y vías
Pruebas de continuidad de las vías y las pistas
Pruebas de continuidad entre las pistas y los pads
Pruebas de continuidad entre los planos de tierra
Pruebas de aislamiento entre las pistas

CONCLUSIONES

Para la etapa del diseño del prototipo se logró obtener satisfactoriamente una correcta posición de los componentes en el layout, así mismo se realizó el trazado de pistas bajo la norma IPC 2221.

Al mismo tiempo se seleccionó un transformador cuya capacidad de potencia alcanzara al menos unos 375W, se determinó la función PWM del integrado SG3525 y como se encuentra internamente conformado. La selección de la topología push-pull es la más idónea, ya que la característica distintiva de un convertidor push-pull es que el transformador primario se alimenta con corriente de la línea de entrada por pares de transistores en un circuito simétrico push-pull obteniendo mejores resultados y un circuito de mejor calidad.

REFERENCIAS

- [1] D. Tomás y G. Carlelines, “Informe de especificaciones de Diseño y Términos de Referencia para Construcción de prototipo industrializable de Convertidor DC-AC para paneles solares”. Fundación Cendit DEC, 2015.
- [2] G. Carlelines, M. Eduardo, D. Tomás, E. José y N. Héctor “Cuaderno de especificaciones”. Etapa 0. Conceptualización (proyecto convertidor DC-AC). Fundación Cendit, DEC, 2014.
- [3] O. Perpiñan, A. Colmenar y M. Castro (2012), “Diseño de sistemas fotovoltaicos”.
- [4] E. Lorenzo (1994), “Solar Electricity. Engineering of photovoltaic system”.
- [5] Muhammad H. Rashid (2007) “Electrónica de potencia”. 2da edición.
- [6] W. Shepherd, L. Zhang (2004) “Power Converter Circuits”.
- [7] R. Muhammad, H. Ye y F. Lin lu (2005) “Digital Power Electronics and Applications”.
- [8] JR. Williams (1974) “Solar energy: technology and applications”.