

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO DE UN CONVERTIDOR DE POTENCIA AISLADO PARA SISTEMA EXPERIMENTAL DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS

**Práctica Profesional Supervisada
Tomás Tavella**



Ing. Jorge L. Anderson
DOCENTE
SUPERVISOR

INSTITUTO LEICI
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNLP

Ing. Claus Mancini
PROFESIONAL
RESPONSABLE

ÍNDICE

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2 | DESARROLLO | 5 |
| 2.1 | Actividades Realizadas. | 6 |
| 2.1.1 | Selección de Footprints | 6 |
| 2.1.2 | Posicionamiento y Conexión de Footprints | 6 |
| 2.1.3 | Verificación del Diseño | 6 |
| 2.1.4 | Contacto con Fabricantes | 7 |
| 2.2 | Dificultades y Contratiempos | 7 |
| 2.2.1 | Software EDA | 7 |
| 2.2.2 | Aislación de Tierras. | 7 |
| 2.2.3 | Selección de Componentes. | 8 |
| 2.2.4 | Ancho de Pistas. | 8 |
| 3 | CONCLUSIONES | 9 |

INTRODUCCIÓN

Previo a comenzar con el diseño de la placa de circuito impreso, debemos introducir la plataforma que se tiene que plasmar en esta PCB, explicando brevemente su funcionamiento y los bloques principales y auxiliares que la componen. Se puede apreciar un diagrama de esta plataforma, separada en sus distintos bloques funcionales en la figura 1.1.

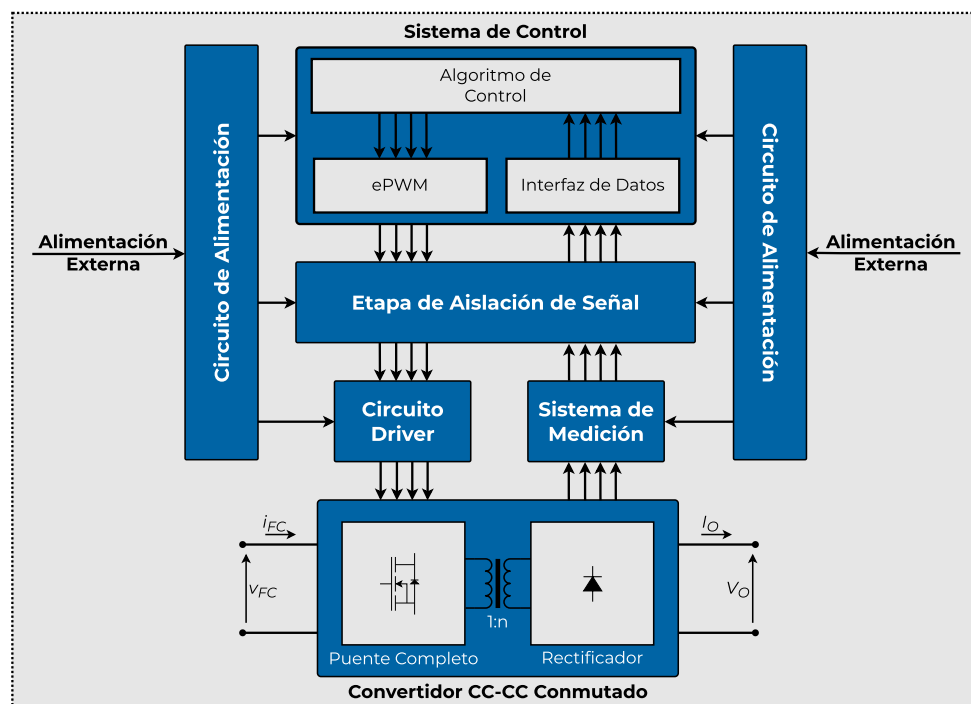


FIGURA 1.1 Diagrama de la plataforma experimental de evaluación de celdas de combustible.

Esta plataforma, como indica su nombre, tiene como objetivo la evaluación empírica de sistemas híbridos, que son sistemas de generación de energía que combinan múltiples módulos de generación y almacenamiento de energía, generalmente renovables, que luego son todos conectados a un bus de potencia, generalmente de corriente continua (CC).

Particularmente, este sistema evalúa el rendimiento de un módulo de generación a partir de pilas de combustible, con una tensión de pila en la entrada V_{FC} variable entre 30 V y 65 V, y una tensión de salida común fija de 75 V. Para realizar esta adaptación de niveles de tensión, se utilizó un convertidor CC-CC conmutado y aislado de tipo puente completo, que es controlado mediante el sistema de control basado en un controlador digital de señales (DSC, del inglés *Digital Signal Controller*).

Previo a la realización de esta PPS, se trató el diseño circuital de la plataforma, construyendo los circuitos correspondientes a cada uno de los bloques que se muestran en la figura 1.1. Con estos circuitos diseñados, nos es posible pasar a la implementación de los mismos en la placa de circuito impreso.

DESARROLLO

Partiendo de los esquemas circuitales que conforman la plataforma, que en total cuenta con 185 componentes discretos, se procedió a su implementación en una placa de circuito impreso. Como guías generales para su diseño, se estableció que la PCB debía ser de doble capa, con unas dimensiones de aproximadamente 15 cm x 15 cm. En tanto a su construcción, se utiliza el sustrato FR-4 estándar (laminado de resina epoxi reforzado con vidrio) y vías de tipo PTH (del inglés *Plated Through-Hole*). En la siguiente figura se puede observar un modelo tridimensional de la plaqueta finalizada, con todos los componentes en sus lugares correspondientes.

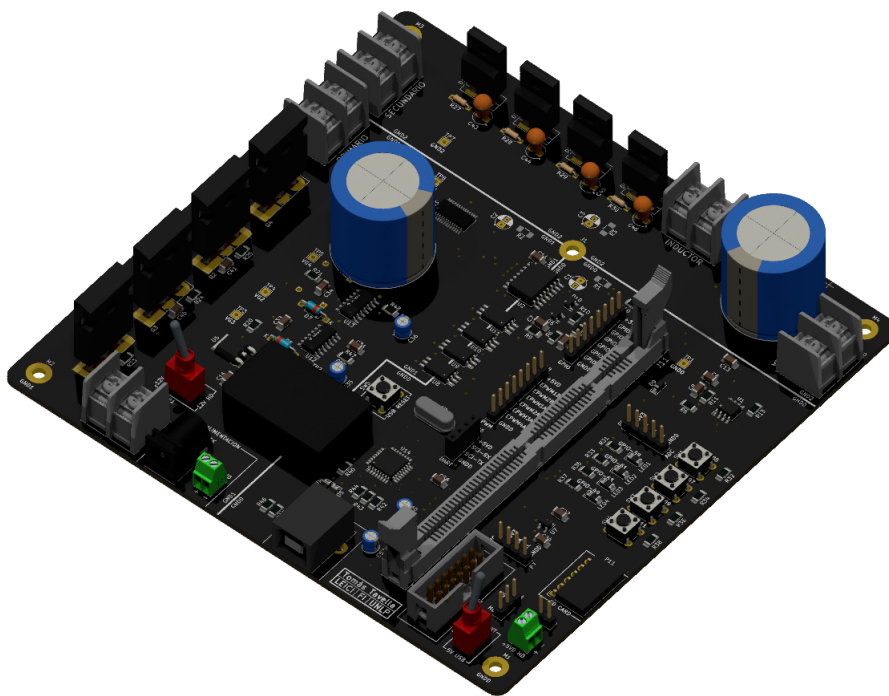


FIGURA 2.1 *Modelo tridimensional de la implementación en PCB de la plataforma con todos sus componentes, vista desde la parte superior.*

Con este fin se utilizó el software de diseño electrónico **KiCad**, una suite de software libre, gratuita y de código abierto que incluye todas las funcionalidades necesarias para el diseño electrónico. Cuenta con herramientas de captura de esquemático, diseño de PCB, simulación mediante SPICE o Ngspice, visualización de archivos de fabricación y cálculos de diseño de PCB. Dada la falta de experiencia con este tipo de software, las formas de utilización de la herramienta se aprendieron a medida que se iba completando el trabajo.

2.1 ACTIVIDADES REALIZADAS

2.1.1 SELECCIÓN DE FOOTPRINTS

Para comenzar el desarrollo de la PCB, primero se tomó la lista de componentes de la plataforma, provista por el programa, y se le asignó a cada uno de los componentes una *footprint*, que es el patrón de pads (para dispositivos de montaje superficial o SMD) u orificios (para dispositivos de tecnología *through-hole* o THT) de un componente sobre la superficie de la placa, sobre el cuál luego se suelda el componente apropiado.

Para esta plataforma se decidió utilizar, siempre que fuese posible, componentes de tipo SMD, ya que estos no atraviesan la placa y facilitan el ruteo de pistas de cobre al no ocupar espacio en la capa opuesta de la placa. Casi todas las resistencias y capacitores que se utilizan en la placa son de montaje superficial, de dimensiones 1206 (3 mm x 1,5 mm), ya que es un tamaño bastante reducido que es fácil de conseguir en proveedores locales. En la figura 2.2 se puede ver este junto con otros encapsulados utilizados en la plataforma.



FIGURA 2.2 Algunos de los encapsulados que utilizan los componentes de la placa de circuito impreso (Placeholder: suponen ser varios encapsulados).

Para esto se comenzó utilizando la biblioteca de footprints y componentes disponible por defecto en el programa. Pero rápidamente se hizo claro que esto es insuficiente, por lo que se tuvo que recurrir a páginas web como *SnapEDA*, que tiene un catálogo gratuito de footprints y símbolos esquemáticos para una enorme cantidad de componentes electrónicos.

2.1.2 POSICIONAMIENTO Y CONEXIÓN DE FOOTPRINTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2.1.3 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

2.1.4 CONTACTO CON FABRICANTES

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

2.2 DIFICULTADES Y CONTRATIEMPOS

2.2.1 SOFTWARE EDA

Para realizar el diseño de todos los esquemas circuitales del sistema, y luego plasmarlos a una placa de circuito impreso se debe utilizar un herramienta de automatización de diseño electrónico o EDA (del inglés *Electronic Design Automation*). Existe una gran variedad de programas que cumplen este propósito, estando entre los más conocidos el *Altium Designer* de *Altium*, el *EAGLE* de *Autodesk*, el *KiCad* y el *Proteus Design Suite* de *Labcenter Electronics*.

Para este proyecto se eligió utilizar la plataforma **KiCad** (que se encuentra en la versión 6.0.7 al momento de escribir este informe), una suite de software libre, gratuita y de código abierto que incluye todas la funcionalidades necesarias para el diseño electrónico. Cuenta con herramientas de captura de esquemático, diseño de PCB, simulación mediante SPICE o Ngspice, visualización de archivos de fabricación y cálculos de diseño de PCB.



FIGURA 2.3 Logotipo de la plataforma KiCad EDA.

El programa también cuenta con una extensa biblioteca de componentes y *footprints* (son las “huellas” de los componentes en el circuito impreso) y la capacidad de crear o importar bibliotecas. Además tiene la capacidad de generar archivos de fabricación, modelos tridimensionales de la PCB y una *bill of materials* (lista de componentes).

2.2.2 AISLACIÓN DE TIERRAS

En toda la plataforma se va a trabajar con tres puestas a tierra distintas y aisladas entre sí: GND_1 es la tierra del primario del convertidor, GND_2 es la tierra del secundario del convertidor, y GND_D es la tierra de las partes de señal y digitales, como los sensores y el DSC.

Esto, si bien agrega una mayor complejidad al diseño, es ventajoso por múltiples razones. Primero, evita la generación de interferencia de modo común entre las tierras

del convertidor (GND_1 y GND_2) que manejan altas corrientes y por lo tanto son más ruidosas; y la tierra de señal GND_D de más bajas corrientes que es más sensible al ruido. Además, dadas las altas corrientes del convertidor, esta separación permite la protección de los circuitos de señal ante picos de corriente y tensión inesperados en la parte de potencia.

En la PCB, las tierras se implementan mediante la funcionalidad de KiCad (y otros software EDA) llamada *fill zone* o rellenar zona, que permite elegir una zona en la placa que es rellenada de cobre en todos los lugares donde no existan otras pistas. Esto facilita la interconexión de todos los componentes, en especial dado que la gran mayoría de estos tienen al menos una conexión a tierra.

2.2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para todos los componentes en los que sea posible, se eligieron encapsulados de tamaño reducido y de montaje superficial (SMD, del inglés *Surface Mounted Devices*). Estos son encapsulados, que como su nombre indica, son montados sobre la superficie de la placa, sin necesidad de una perforación que la atraviese (como es el caso de la tecnología THT o *through-hole*). Esto facilita el ruteo de las pistas de cobre, dado que si una pista pasa por la capa opuesta de un componente SMD, no es necesario esquivar los pines del mismo, que se encuentran únicamente de un lado de la PCB.

Para componentes sencillos como capacitores, resistencias, diodos y LEDs, se elige, siempre que sea posible, los de tipo SMD de dimensiones 1206, que corresponden a un empaquetado de 3 mm x 1.5 mm.

2.2.4 ANCHO DE PISTAS

La selección de los anchos de las pistas de cobre de las distintas partes del circuito es un parámetro sumamente importante, y presenta una situación de compromiso entre la superficie ocupada por las pistas y su pérdida de potencia (y elevación de temperatura). Para realizar estos cálculos se utiliza la herramienta *PCB Calculator* incluida en la suite de KiCad, que tiene la capacidad de realizar múltiples cálculos de utilidad en el diseño de PCBs, incluido el cálculo de ancho de pista, basado en la ecuación definida por la norma IPC-2221.

$$I = K \cdot (\Delta T)^{0.44} \cdot (1550 \cdot W \cdot H)^{0.725} \quad (2.1)$$

Donde I es la corriente que circula por la pista en [A], K es una constante definida por la norma de valor 0.048 para pistas externas, ΔT es la elevación de temperatura de pista en [°C], y W y H son el ancho y grosor de la pista en [mm].

En nuestro caso, vamos a tomar un grosor H fijo de 0,035 mm para ambas capas de cobre, que es un valor estándar; y una elevación de temperatura de pista máxima de 20 °C. Con estos valores fijados, se calculará el ancho W de cada pista de la placa.

Para las pistas de señal ubicadas en la parte digital de la plataforma, se decidió utilizar como estándar un ancho de pista W de 0.25 mm, que dadas las bajas corrientes que estas manejan (rara vez por encima de 100 mA), su temperatura no llega a elevarse ni 1 °C según la ecuación 2.1. Además, este es un ancho muy reducido, cercano a los límites de fabricación de múltiples fabricantes de placas locales.

CONCLUSIONES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.