



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ciencias



DISEÑO DE DRIVER SEMICONDUCTOR DE POTENCIA

Alumno:

José Ángel Rostro Hernández

Asesor:

Gerardo Vázquez Guzmán

08 de Septiembre de 2025, San Luis Potosí, S.L.P., México

INTRODUCCIÓN

El diseño de drivers semiconductores de potencia para aplicaciones académicas y de prototipado requiere un enfoque especializado que considere tanto los aspectos teóricos como las particularidades prácticas de implementación. Este proyecto se centró en desarrollar un driver de potencia utilizando Altium Designer, haciendo énfasis en las técnicas avanzadas de diseño de PCB aplicadas específicamente a sistemas de potencia.

El reto principal consistió en integrar múltiples requerimientos técnicos: manejo de altas corrientes transitorias, aislamiento galvánico efectivo, generación de señales de +15V y -5V, y optimización del layout para minimizar interferencias electromagnéticas. Todo esto mientras se seguían las mejores prácticas de diseño y se seleccionaban componentes basados en un análisis riguroso de sus hojas técnicas. Durante el tiempo de trabajo se siguieron los siguientes lineamientos:

- **Metodología de diseño integral:** Desde la creación de bibliotecas personalizadas (símbolos, footprints y modelos 3D) hasta la implementación de reglas específicas para sistemas de potencia.
- **Enfoque educativo:** Documentación detallada de cada etapa del proceso, sirviendo como referencia para proyectos similares.
- **Optimización técnica:** Balance entre desempeño eléctrico, confiabilidad y factibilidad de fabricación.

Este trabajo demuestra cómo los principios de ingeniería pueden aplicarse sistemáticamente para desarrollar soluciones electrónicas complejas, particularmente en el ámbito de las energías renovables donde la eficiencia y robustez son críticas. La metodología empleada puede adaptarse a otros proyectos que requieran el diseño de circuitos de potencia con altos estándares de calidad.

OBJETIVOS

Este proyecto se enfocó en el rediseño y optimización de un driver semiconductor de potencia preexistente, con el propósito de mejorar su funcionalidad, seguridad y eficiencia. A partir de un esquemático y prototipo inicial, se implementaron modificaciones clave, como la incorporación de compuertas lógicas para protección, mientras se mantenía la compatibilidad con dispositivos IGBT y MOSFET.

Objetivos Técnicos

- **Rediseño del esquemático**

Partir del diseño base existente para implementar mejoras en la etapa de control y protección. Integrando compuertas lógicas que permitan un manejo más seguro de las señales de entrada, evitando estados indeterminados en la conmutación.

- **Optimización del PCB en Altium Designer**

Aplicar técnicas avanzadas de diseño para garantizar un ruteo eficiente, minimizando interferencias electromagnéticas (EMI).

- **Validación mediante simulación y prototipado**

Fabricar un prototipo funcional que permita evaluar su desempeño en un entorno real.

METODOLOGÍA

El diseño de un PCB en Altium Designer sigue un flujo estructurado que abarca desde la captura esquemática hasta la generación de archivos para fabricación. A continuación, se detalla cada etapa, su propósito y su relevancia en el desarrollo del driver de potencia.

1. Diseño del Esquemático

Define la estructura eléctrica del circuito, interconectando componentes según su funcionalidad.

- a) Creación de Bibliotecas Personalizadas: Antes de dibujar el esquemático, es necesario contar con los símbolos y footprints de los componentes.
 - Símbolos esquemáticos: Representación gráfica del componente (ej. resistencias, ICs, conectores).
 - Footprints: Define el patrón físico de soldadura en el PCB (tamaño, pads, máscara de soldadura).
 - Modelos 3D: Permite visualizar el PCB en un entorno realista y detectar interferencias mecánicas.

1. Crear librería de componentes para almacenar diseños propios de símbolos y footprints. (File → New → Library → Create)

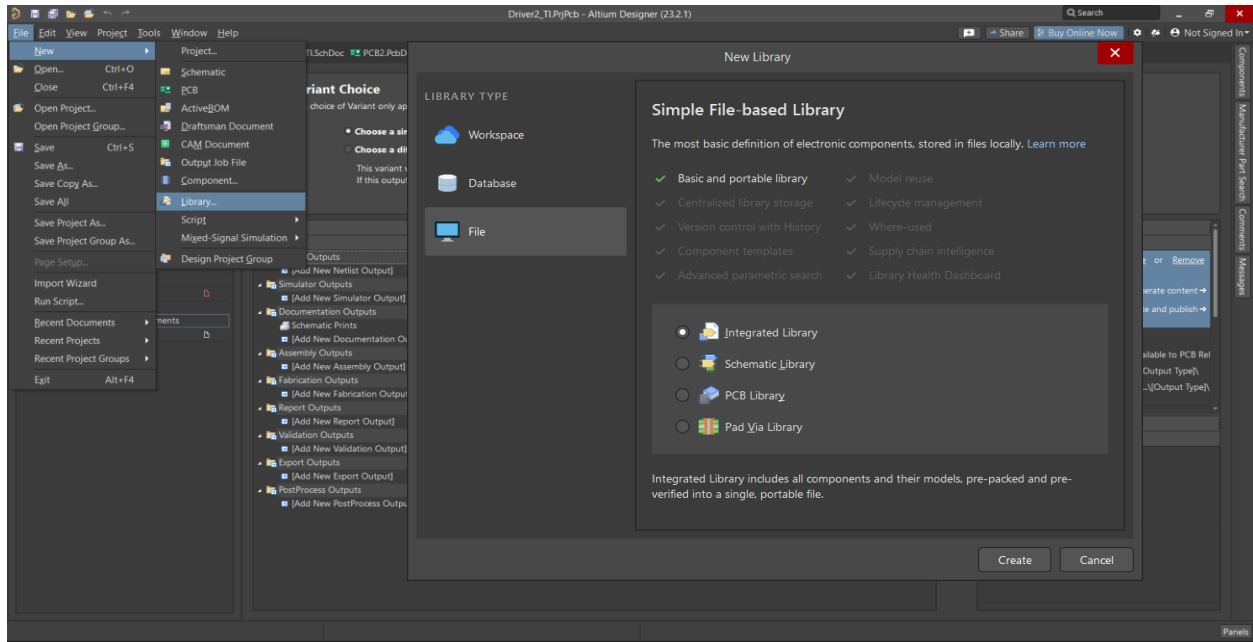


Imagen 1. Creación de librería para componentes

2. Agregar símbolos esquemáticos de acuerdo con el componente a utilizar, para ello se necesitará una librería de esquemáticos (Project → Add New to Project → Schematic Library).

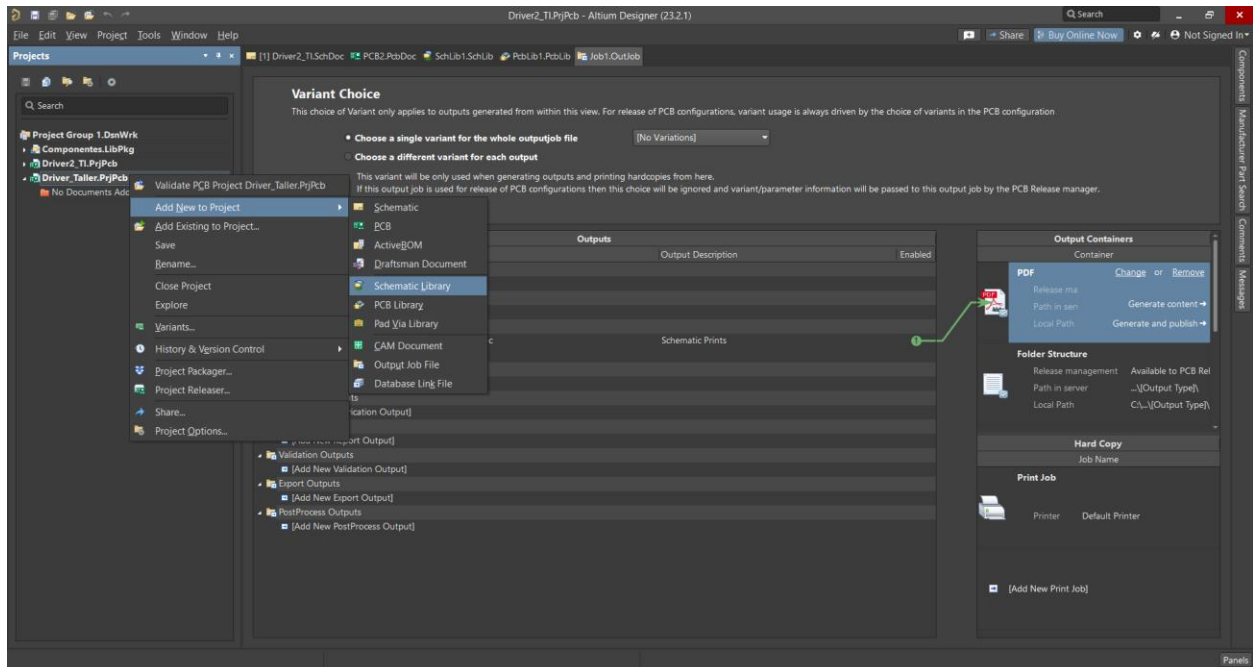


Imagen 2. Creación de librería para símbolos esquemáticos

Dibujar el símbolo con herramientas gráficas (rectángulos, pines, texto).

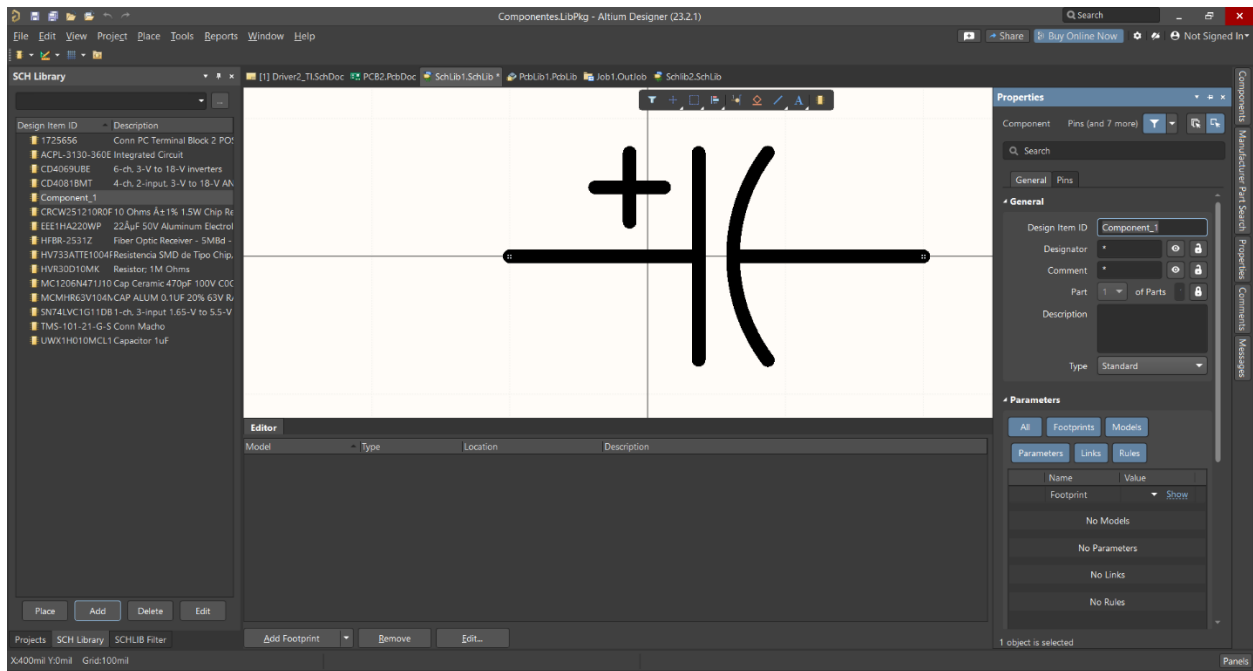


Imagen 3. Creación de librería para símbolos esquemáticos

En esta sección se definen propiedades eléctricas (número de pines, designador, parámetros).

4. Crear una librería para el diseño y almacenamiento de footprints personalizados

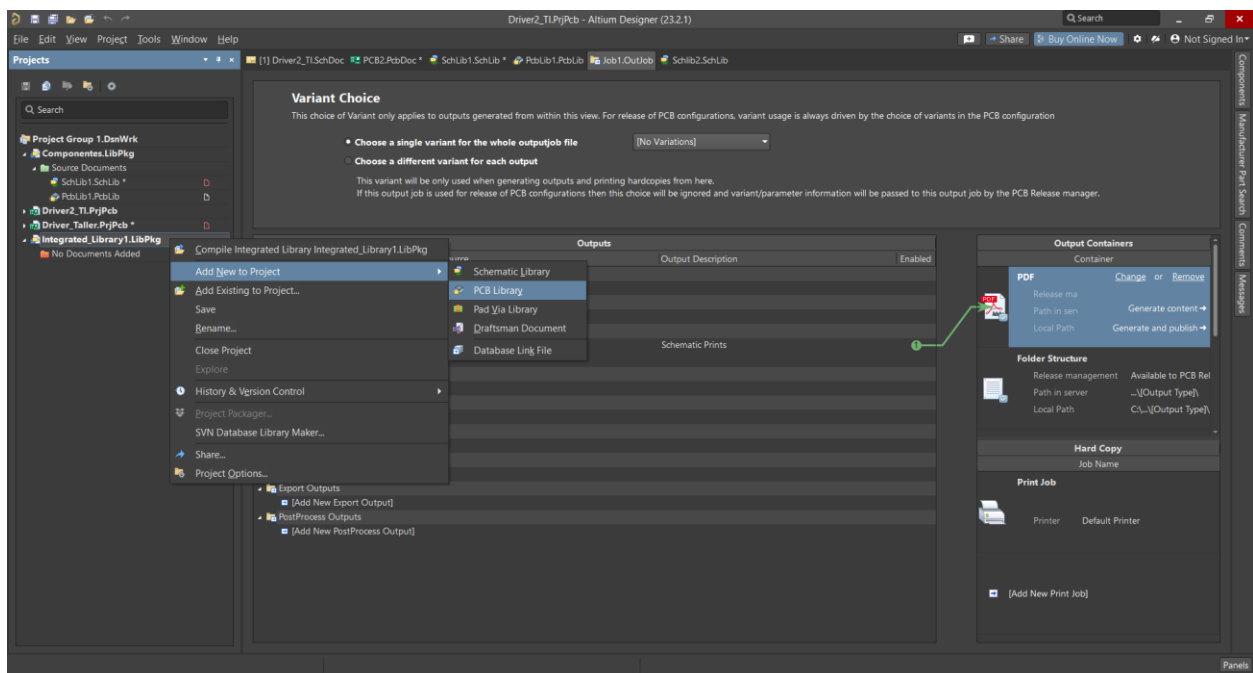


Imagen 4. Creación de librería para footprint

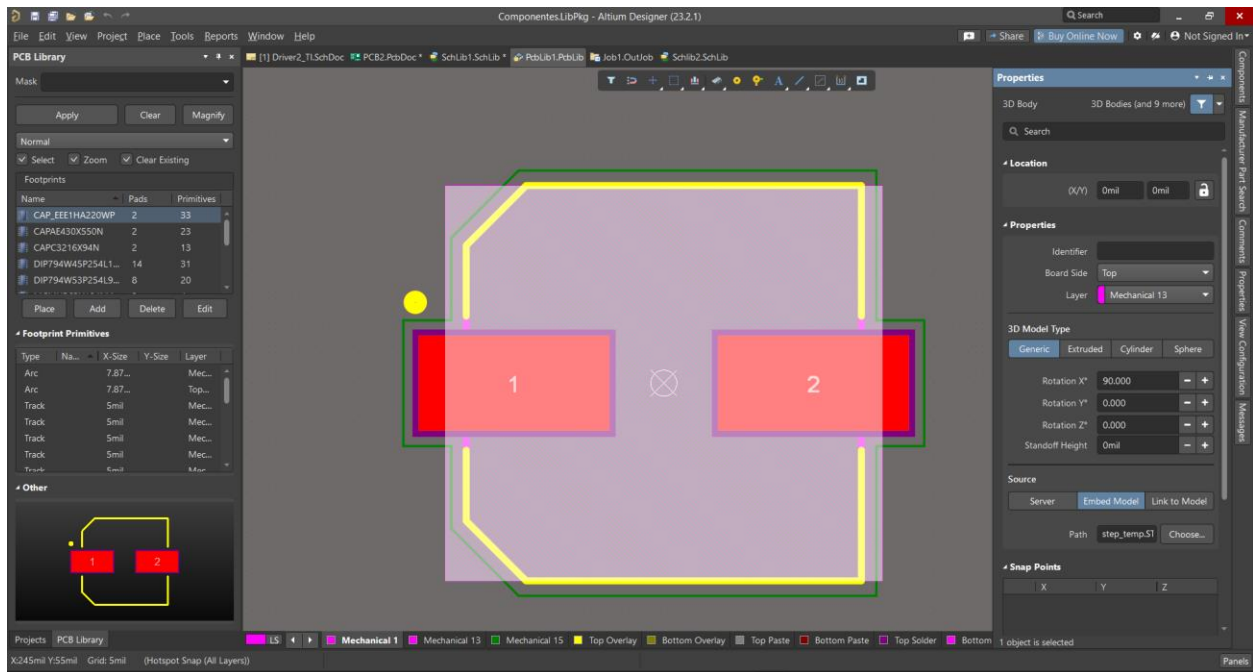


Imagen 5. Interfaz para la modificación de parámetros de footprints.

b) Dibujo del Esquemático: Una vez que los componentes están en la biblioteca, se colocan en la hoja esquemática y se conectan.

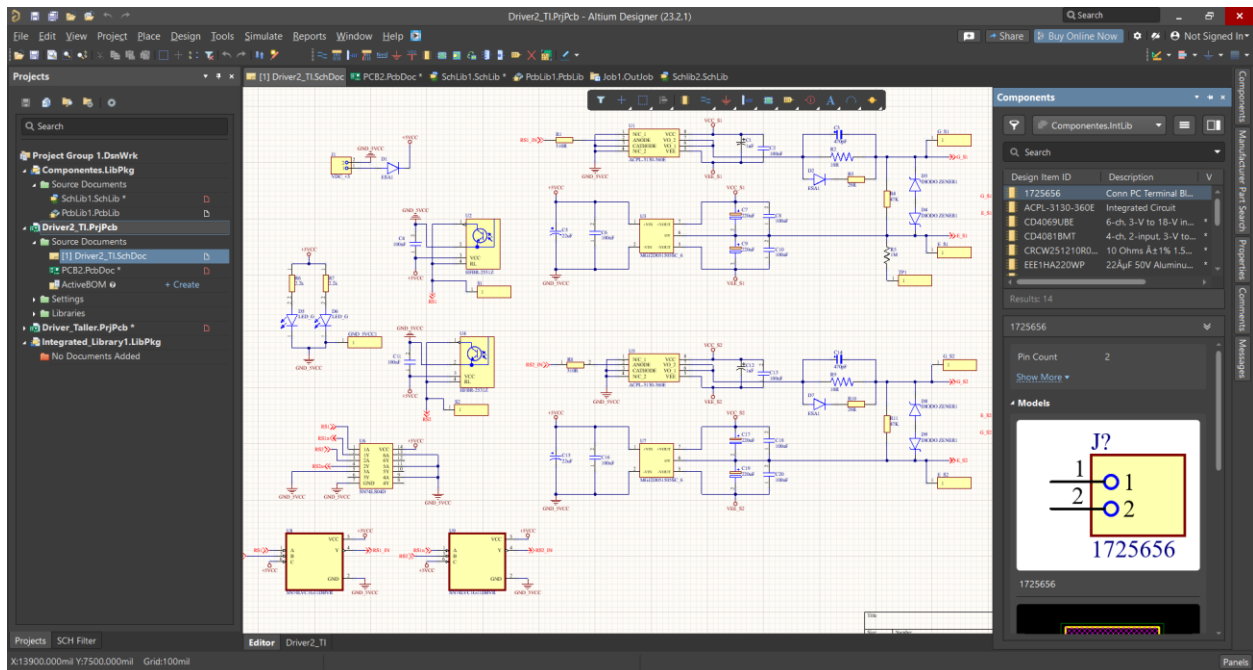


Imagen 6. Interfaz del esquemático

1. Colocar componentes desde las bibliotecas.
2. Conectar señales con cables (Wire) o etiquetas (Net Labels).

3. Anotar automáticamente (Tools → Annotate) para asignar referencias únicas (R1, C2, U3).

4. Verificar reglas eléctricas (ERC – Electrical Rule Check) para detectar pines flotantes o conexiones incorrectas.

El esquemático del driver incluyó tres secciones claras: **entrada óptica**, **procesamiento con compuertas lógicas** y **salida de potencia**.

2. Diseño del PCB (Layout)

Transforma el esquemático en un diseño físico optimizado para fabricación.

a) Configuración Inicial

1. Crear un nuevo PCB (File → New → PCB).
2. Definir tamaño de la placa y capas (en este caso, 2 capas: Top y Bottom).
3. Importar componentes desde el esquemático (Design → Update PCB).

b) Colocación de Componentes (Placement)

- Jerarquía de señales: Colocar primero componentes críticos (ej. optoacopladores cerca del borde para aislamiento).

- Flujo de señal: Ordenar etapas (entrada → procesamiento → salida) para minimizar cruce de pistas.

- Disipación térmica: Dejar espacio alrededor de componentes que generan calor.

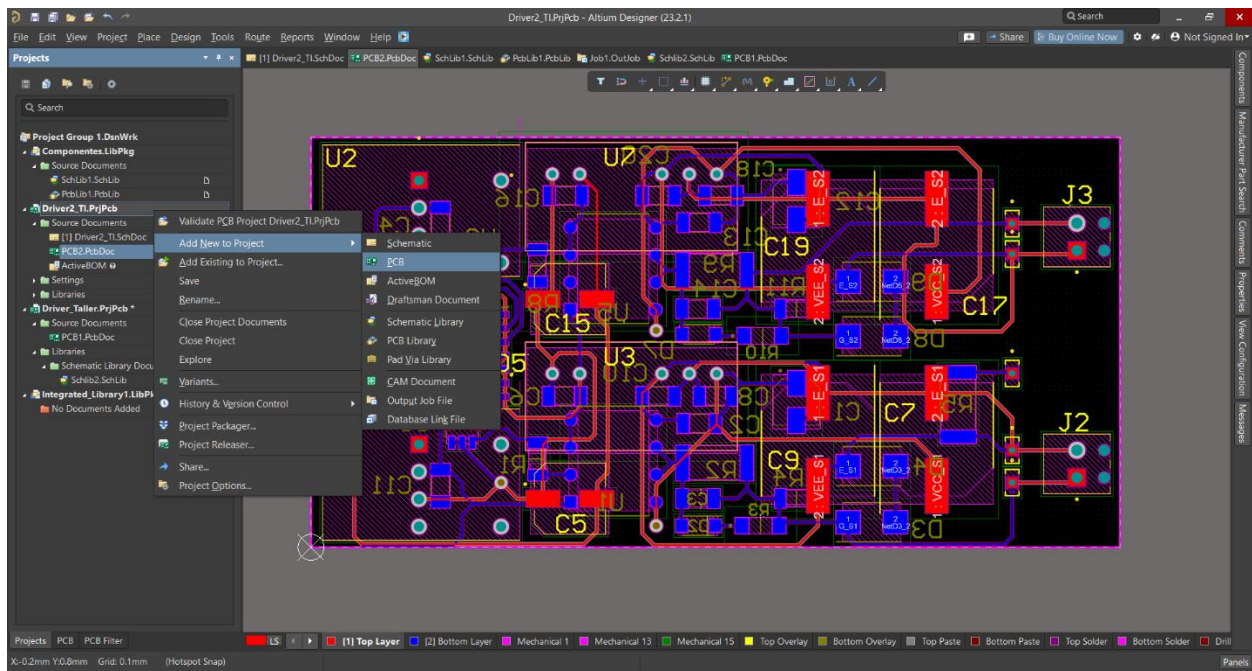


Imagen 7. Interfaz del PCB (Vista 2D)

c) Ruteo (Routing)

1. Evitar ángulos de 90°: Usar 45° o curvas para reducir reflexiones en señales de alta frecuencia.
2. Priorizar pistas de potencia:
 - Pistas gruesas (1.5 mm para 9 A).
 - Usar planos de tierra (GND) sólidos para reducir ruido.
3. Control de impedancia: Mantener pistas cortas en señales críticas.

Ejemplo en el driver: Las pistas de +15V y -5V se rutearon con prioridad, evitando paralelismo con señales digitales.

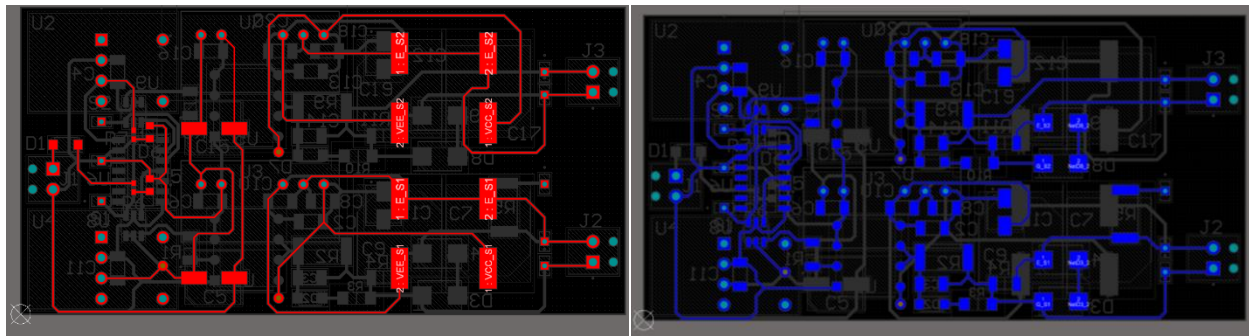


Imagen 8. Rutas (Lado izquierdo: Top Layer. Lado Derecho: Bottom Layer)

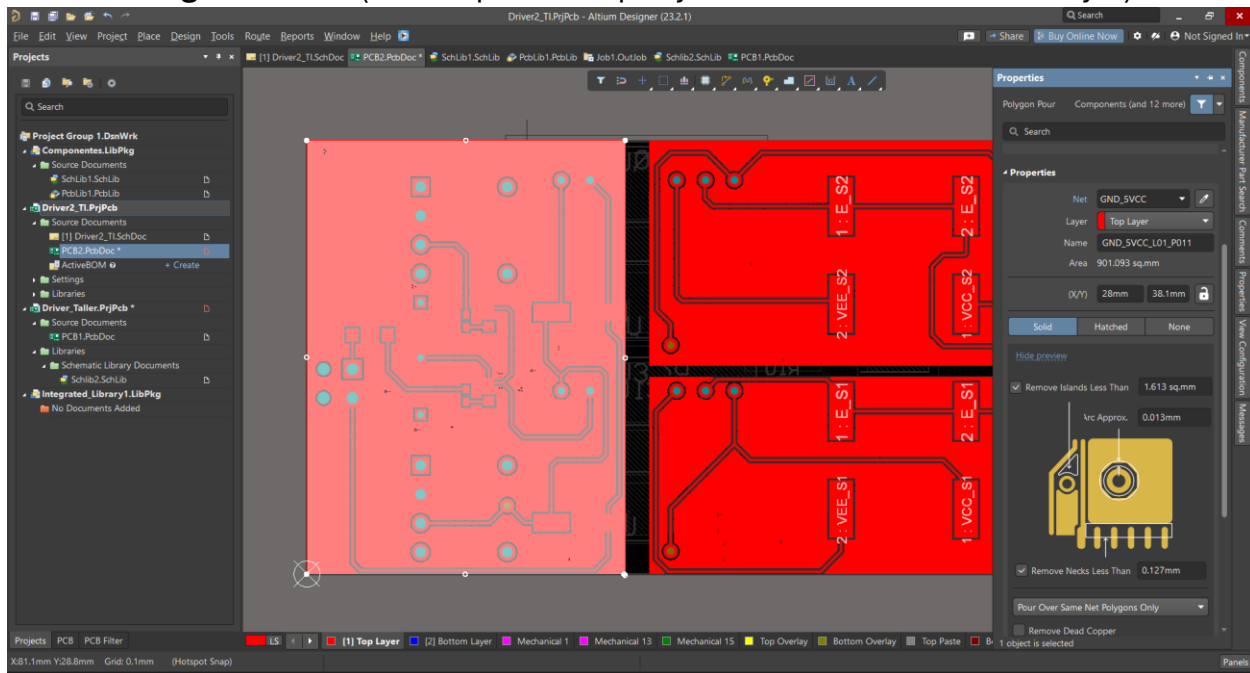


Imagen 9. Planos GND para cada conector.

3.Verificación de normativas en diseño

Verifica que el diseño cumpla con reglas predefinidas:

- Clearance: Separación mínima entre pistas.
- El ancho de pista (*trace width*) en un PCB depende de la corriente máxima, el espesor del cobre (oz/ft²), y el aumento de temperatura permitido. En este proyecto de driver de potencia (con pistas de hasta 9 A), es crítico calcularlo correctamente para evitar sobrecalentamiento.

Capacidades de PCB - PCB estándar

Artículos		Capacidades de fabricación	Observaciones
Número de capas	-	1-10 capas	Para pedidos superiores a 10 capas, consulte a continuación "PCB avanzado" o comuníquese con nuestro representante de ventas.
Material	-	FR-4, Aluminio	Para Flex, Rigid-flex, Metal-based (Aluminio, etc.), HDI, Libre de halógenos, Alta Tg, etc., consulte el siguiente "PCB avanzado" o comuníquese con el representante de ventas.
Tamaño máximo de PCB (dimensión)	-	500 * 1100 mm (mínimo 5 * 6 mm)	Cualquier tamaño más allá de esta dimensión, consulte a continuación "PCB avanzado" o comuníquese con el representante de ventas.
Tolerancia del tamaño de la placa (esquema)	-	±0,2 mm/±0,5 mm	±0,2 mm para enrutamiento CNC y ±0,5 mm para ranurado en V.
Espesor del tablero		0,2-2,4 mm	0,2/0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2, 1,6, 2,0, 2,4 mm. Consulte a continuación "PCB avanzado" o contáctenos si su placa supera estos.
Tolerancia de espesor del tablero (≥1.0mm)	-	±10%	Normalmente, se producirá "+ tolerancia" debido a los pasos de procesamiento de PCB, como el cobre químico, la máscara de soldadura y otros tipos de acabado en la superficie.
Tolerancia de espesor del tablero (<1.0mm)	-	±0,1 mm	
Rastreo mínimo		0,1 mm/4 milésimas de pulgada	La traza mínima fabricable es de 4 mil (0,1 mm), se recomienda encarecidamente diseñar una traza superior a 6 mil (0,15 mm) para ahorrar costos.
Espaciado mínimo			El espaciado mínimo de fabricación es de 4 mil (0,1 mm), se recomienda encarecidamente diseñar un espaciado superior a 6 mil (0,15 mm) para ahorrar costos.

Imagen 10. Parámetros permitidos por fabricante

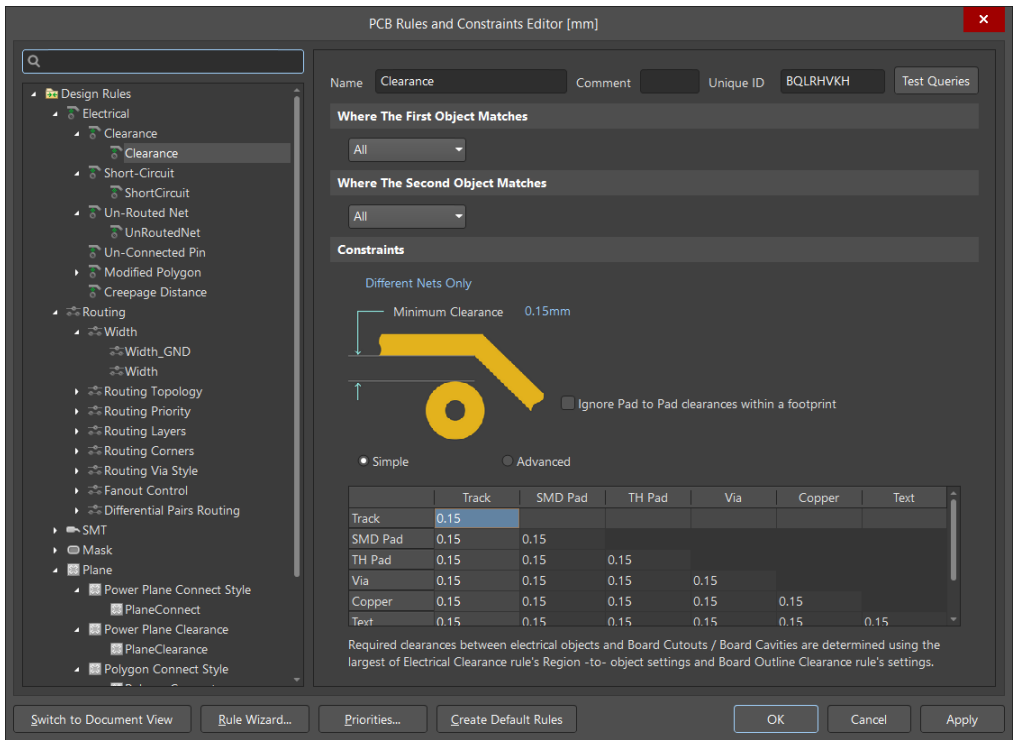


Imagen 11. Reglas de PCB definidas en Altium

La norma IPC-2221 proporciona una fórmula para pistas externas (capa superior/inferior):

$$Ancho(mil) = \frac{I}{k(\Delta T^{0.44})}$$

Donde:

I = Corriente máxima (A)

ΔT = Aumento de temperatura permitido ($^{\circ}\text{C}$)

k = Constante: 0.024 para pistas externas (Top/Bottom).

El cálculo asegura que las pistas no se sobrecalienten ni generen caídas de voltaje excesivas.

- Pistas de Potencia
 - Corriente máxima: 9 A.
 - Espesor de cobre: 2 oz/ft² (70 μm , estándar).
 - ΔT : 20 $^{\circ}\text{C}$ (para balancear disipación y espacio).

$$Ancho(mil) = \frac{9A}{(0.024)(10^{0.44})} = 237mils = 6mm \text{ (En el caso de un espesor de 1 oz/ft}^2\text{)}$$

El cobre más grueso reduce el ancho necesario. El factor de corrección es:

$$Factor = \left(\frac{1oz}{2oz}\right)^{0.725} = 0.6$$

$$Ancho(2oz) = 237mils(0.6) = 142mils = 3.6mm$$

Este es el máximo ancho de pista que se debe tener para que circule el máximo de corriente, pero podemos hacer las pistas más delgadas dentro del diseño ya que no se trabajara con él la potencia máxima en un estado común.

- Pistas para Señales de Baja Corriente ($\leq 20\text{ mA}$)
 - Corriente máxima: 20 mA.
 - Espesor de cobre: 1 oz/ft² (35 μm , estándar).
 - ΔT (aumento de temperatura permitido): 10 $^{\circ}\text{C}$ (conservador para señales de control).

$$Ancho(mil) = \frac{20mA}{(0.024)(10^{0.44})} = 1.2mils = 0.03mm$$

Debido a que el fabricante recomienda utilizar 0.2mm se utilizara dicha medida.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este proyecto demuestran la viabilidad técnica del diseño de un driver semiconductor de potencia utilizando Altium Designer, cumpliendo con los requerimientos de aislamiento, eficiencia y densidad de potencia establecidos.

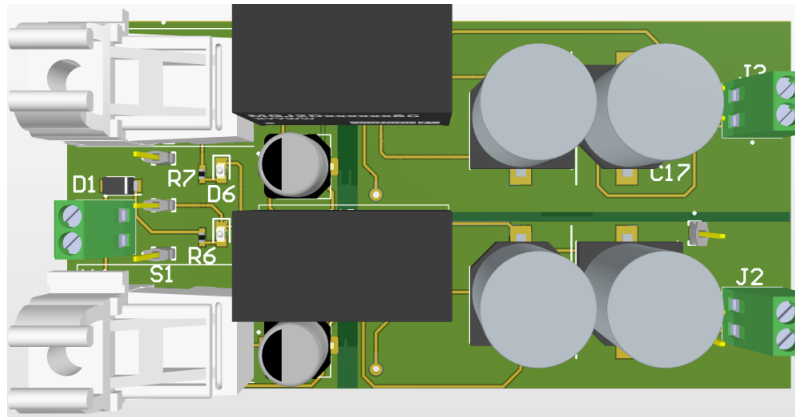


Imagen 12. Vista superior del Modelo 3D

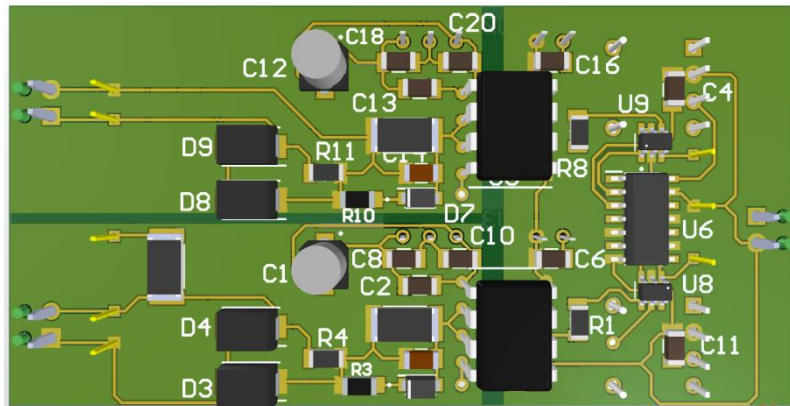


Imagen 13. Vista inferior del Modelo 3D

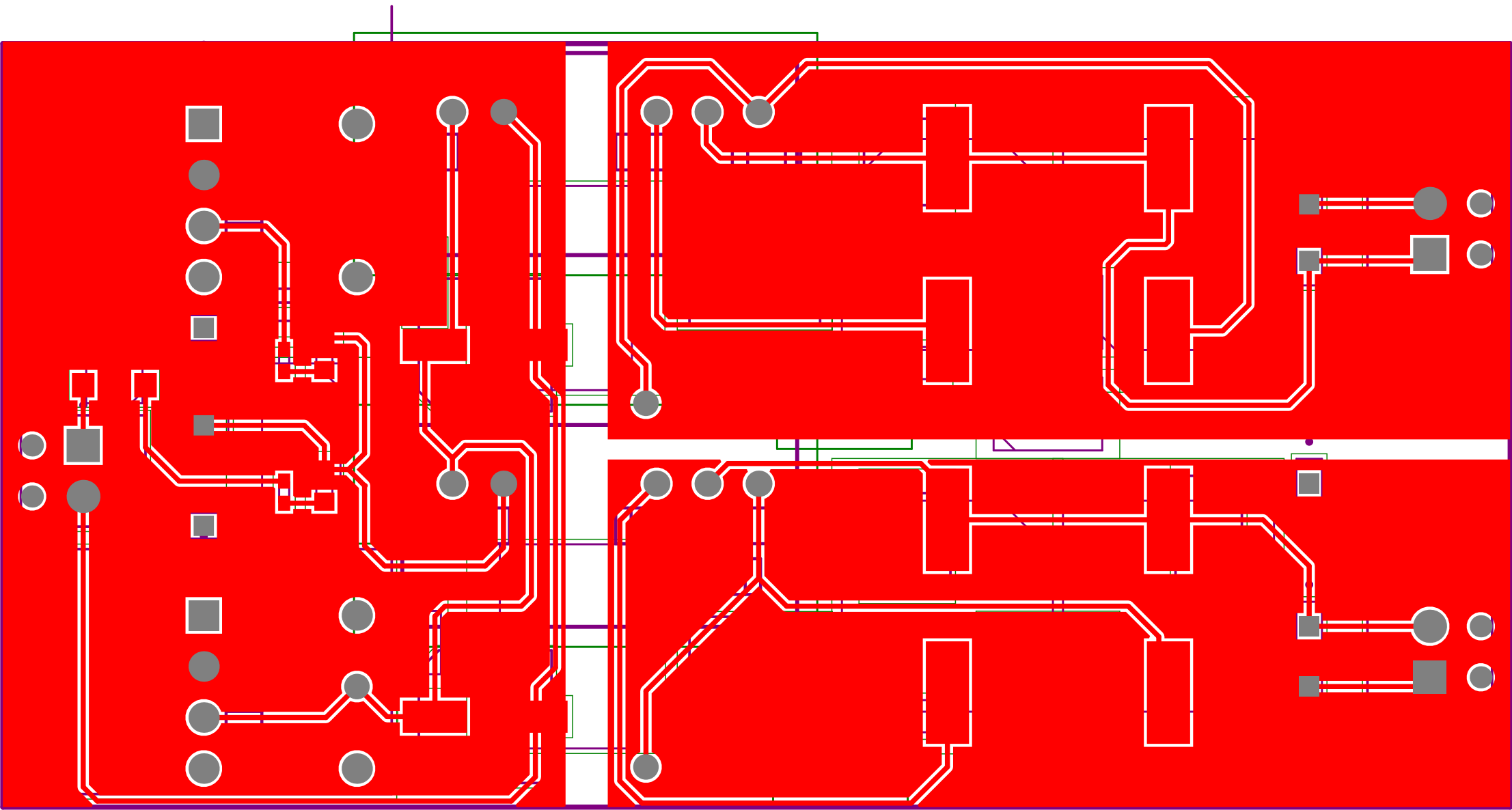


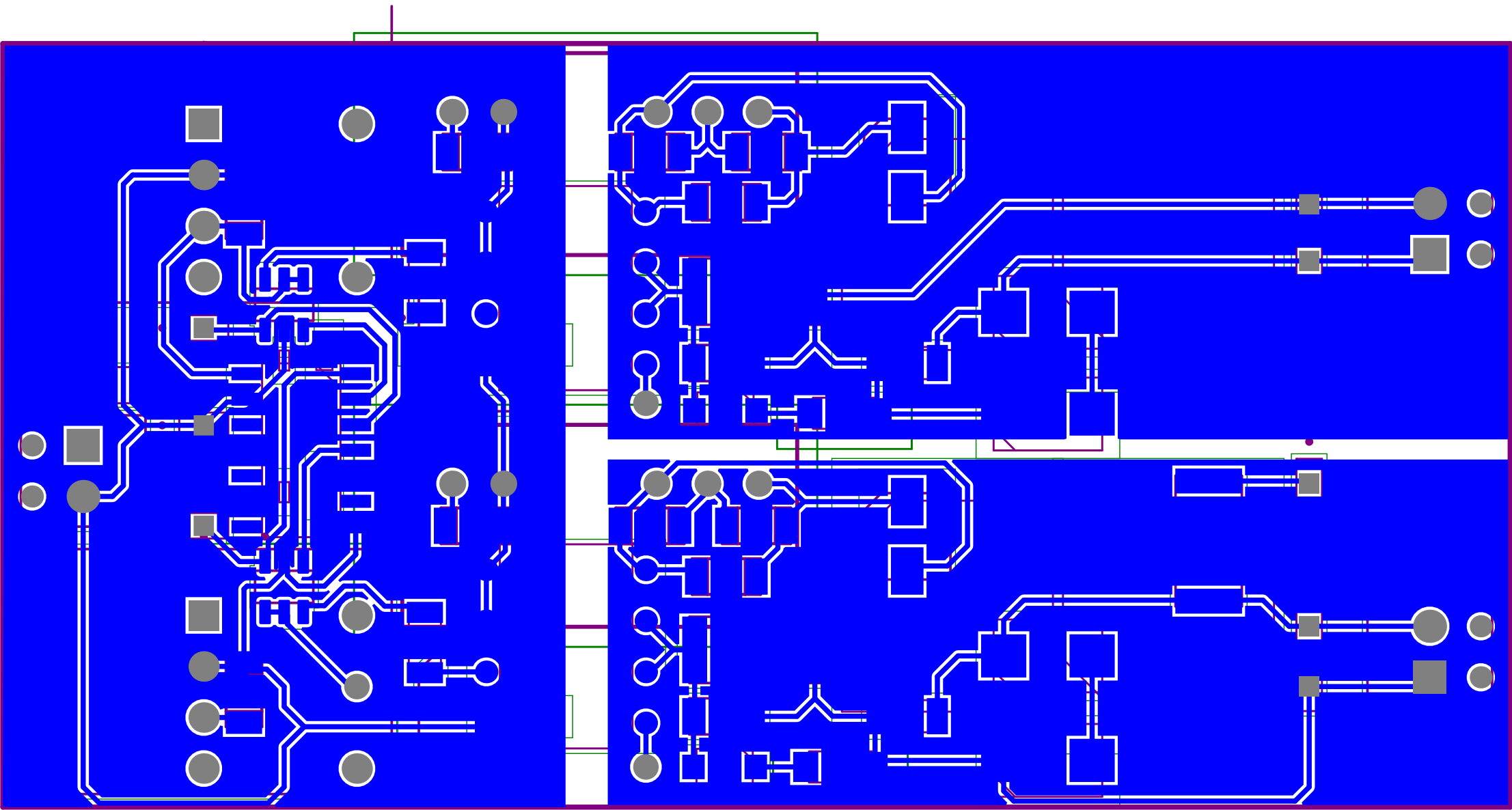
Imagen 14. Vista del Modelo 3D

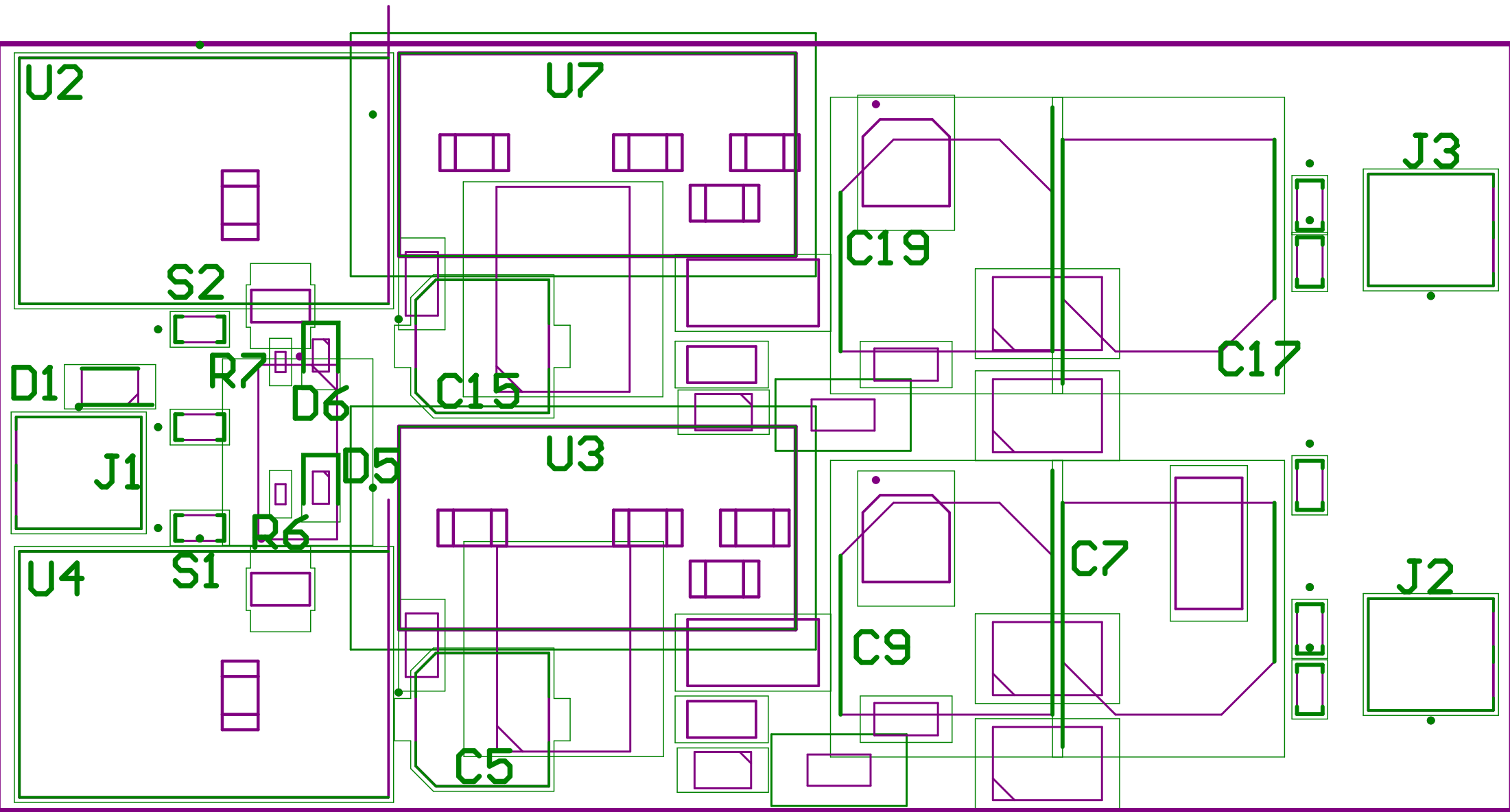
A continuación, se presentarán los planos del ruteado y componentes que se utilizaron.

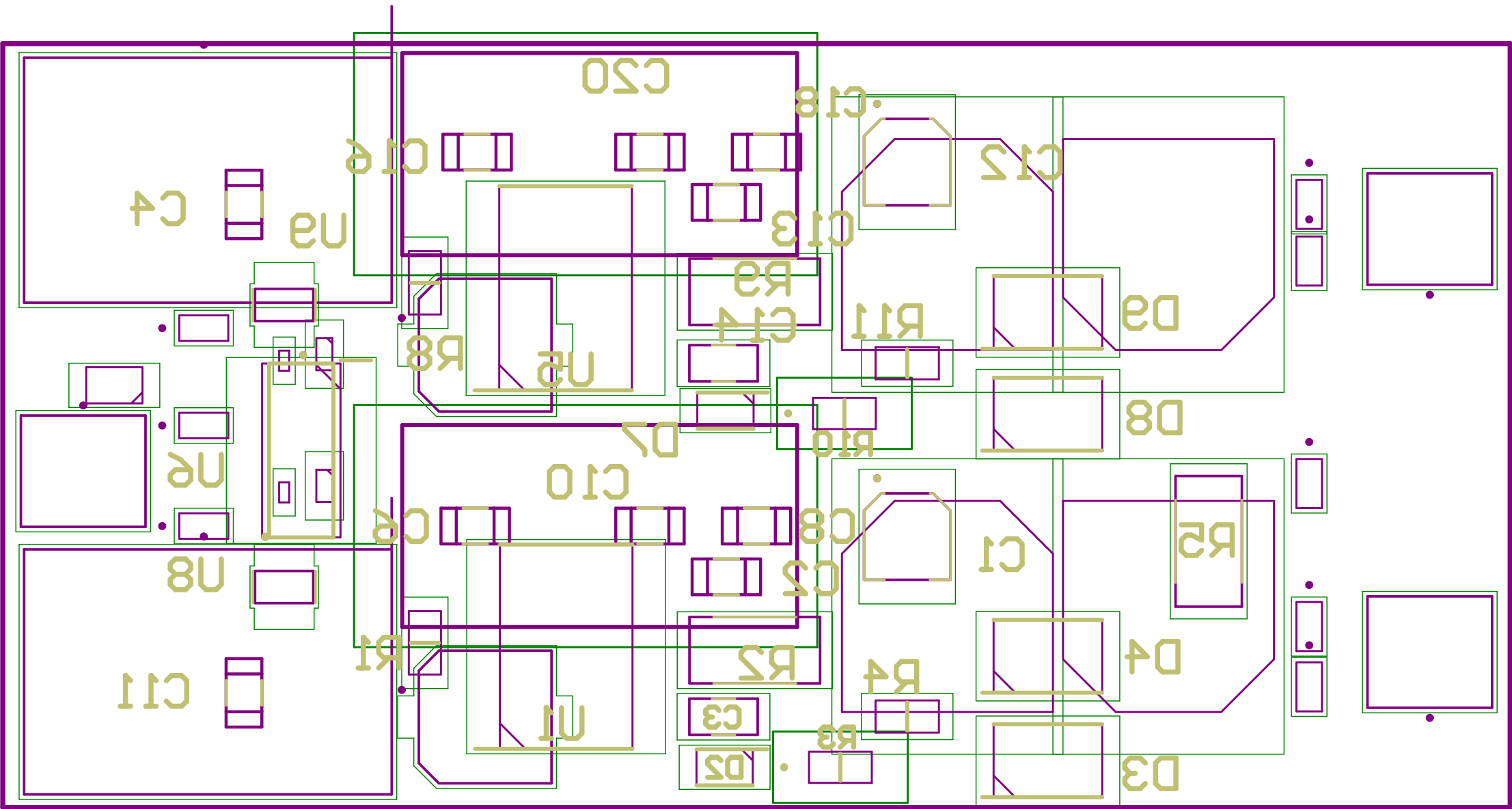
LISTA DE COMPONENTES

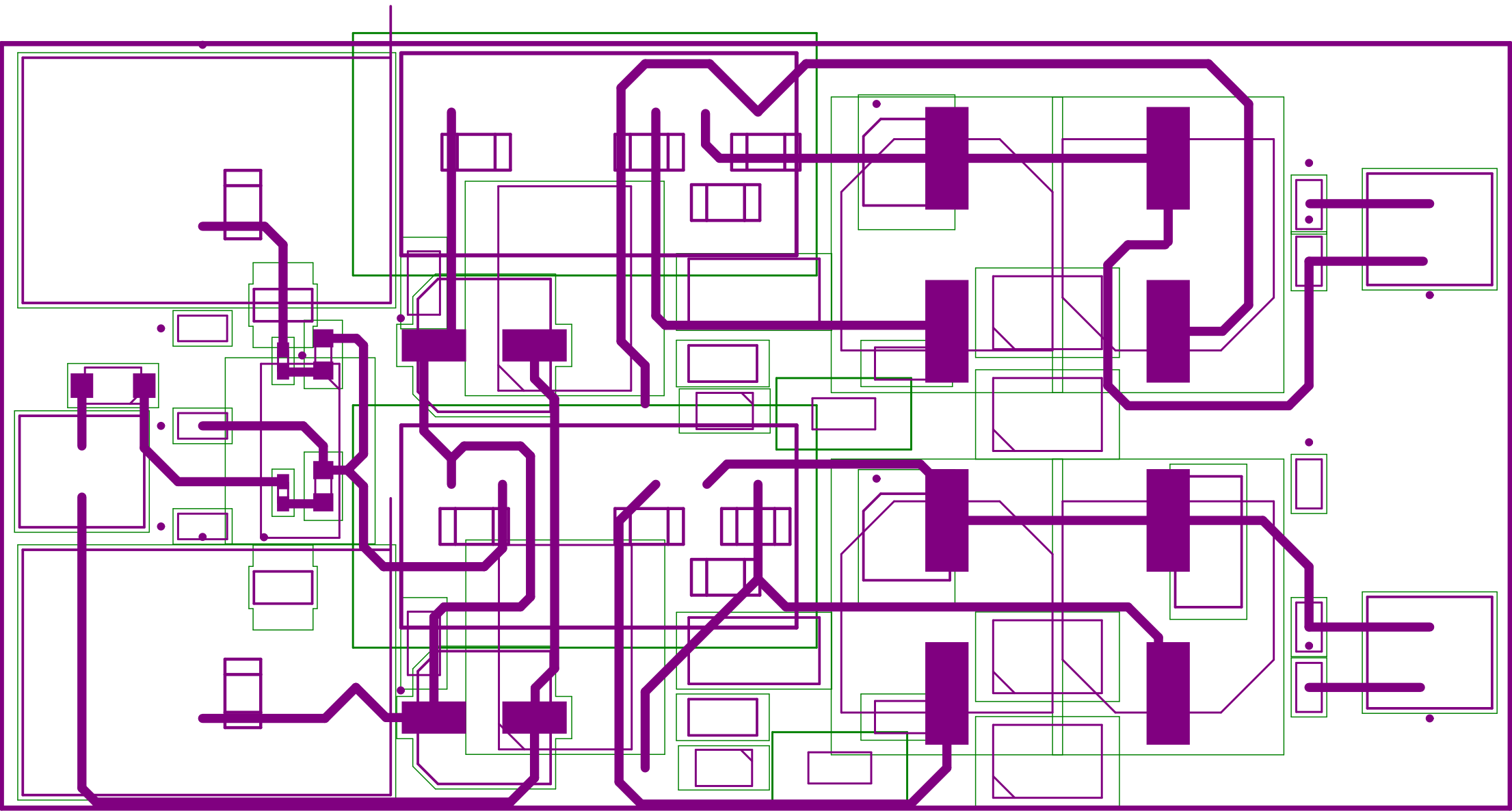
No. Parte Newark	No. Parte Fabricante	Descripción
34C6819	12063C104MAT2A	Capacitor de 0.1uF SMD [1206]
90W2923	MC1206N471J101CT	Capacitor Cerámico Multicapa SMT, 1206 [Métrica 3216], 470 pF, 100 V, ± 5%
58R3636	UWX1H010MCL1GB	Capacitor Electrolítico de Aluminio SMT, Radial - SMD, 1 µF, 50 V
58R3636	UWX1H010MCL1GB	Capacitor Electrolítico, 0.1 µF, 63 V, Serie MCMHR, ± 20%, Conexión Radial, 4 mm
53W3820	EEE-1HA220WP	Capacitor Electrolítico de Aluminio SMT, Radial - SMD, 22 µF, 50 V
94M5768	MAL215097102E3	Capacitor Electrolítico de Aluminio SMT, Radial - SMD, 220 µF, 50 V
58Y4429	ACPL-3130-000E	Optoacoplador Driver de Compuerta 3750Vrms
84AH5907	HV733ATTE1004F	Resistencia de pelicula delgada 1MOhms a 1W SMD [2512]
57K2482	CRCW1206510RFKEA	Resistencia de pelicula delgada 510Ohms a 0.25W SMD [1206]
79M6132	MC1206S4F100JT5E	Resistencia SMD Chip, Película Gruesa, 10 ohm, 200 V, 1206
53K2422	CRCW120647K0FKEA	Resistencia de pelicula delgada 47KOhms a 0.25W SMD [1206]
90W3811	ERJ-8ENF30R0V	Resistencia SMD Chip, Película Gruesa, 30 ohm, 200 V, 1206
71K0286	HFBR-2531Z	Fibras_receptor_Rx_HFBR-2531
53X9031	MGJ2D241505SC	Fuente de alimentacion 2W, 24V a 5V
45J2455	1SMB5931BT3G	Diodo Zener 3W, 18V
58K1379	ES1A	Diodo de recuperacion rapida, 1A, 50V
72K9435	SN74LS04D	74LS04, 1 Entrada, 8 mA, 4.75 V a 5.25 V, SOIC-14
29AH7598	SN74LVC1G11DBVR	3-input 1.65-V to 5.5-V 32 mA drive strength AND gate
53K3941		Resistencia SMD Chip, Película Gruesa, 10 ohm, 500 V, 2512 [6432 Metric], 1 W, ± 1%
18R3518		Resistencia SMD Chip, Película Gruesa, 18 ohm, 200 V, 2512 [6432 Metric], 1 W, ± 5%
18R3531		Resistencia SMD Chip, Película Gruesa, 22 ohm, 200 V, 2512 [6432 Metric], 1 W, ± 5%

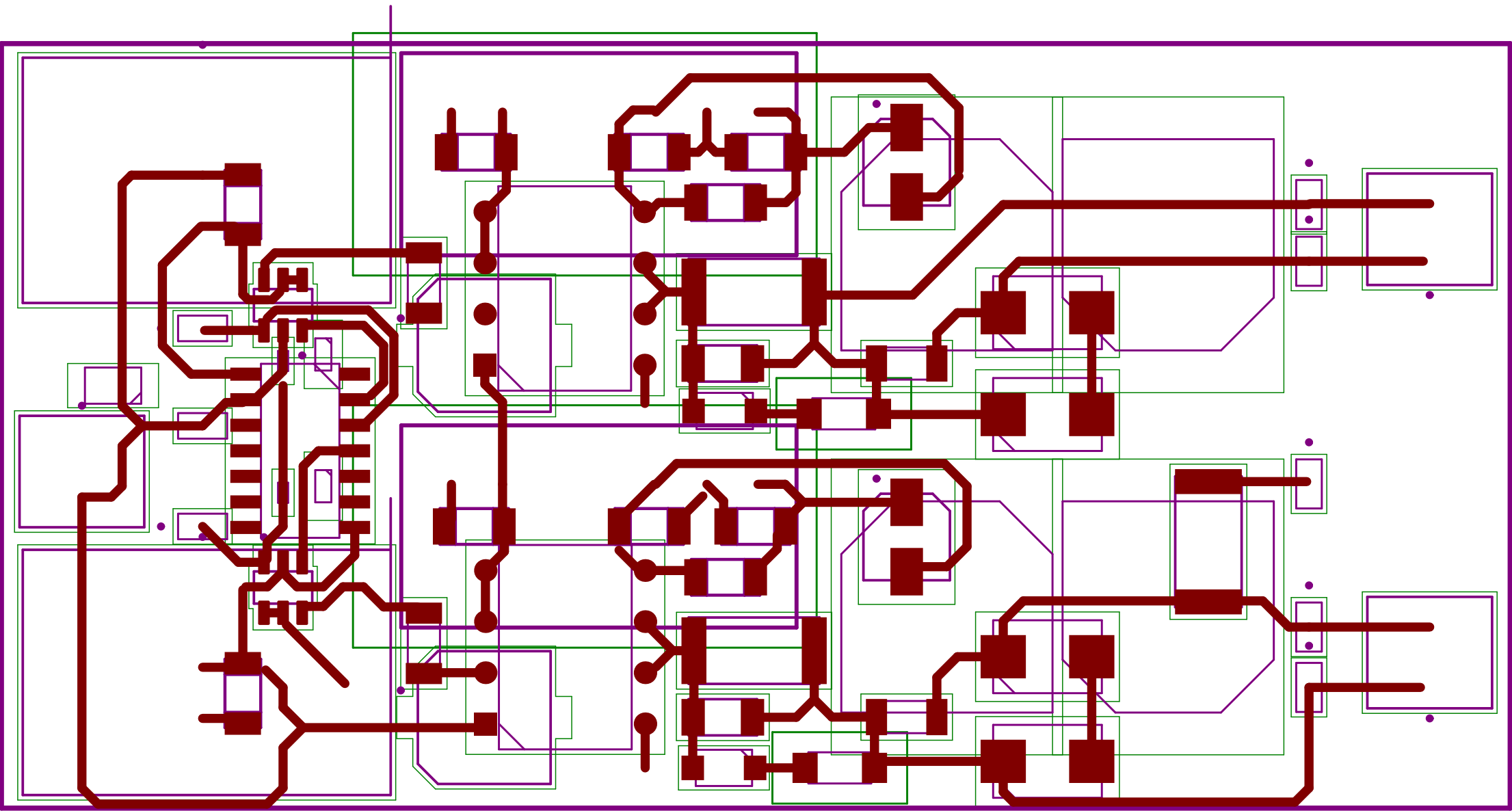


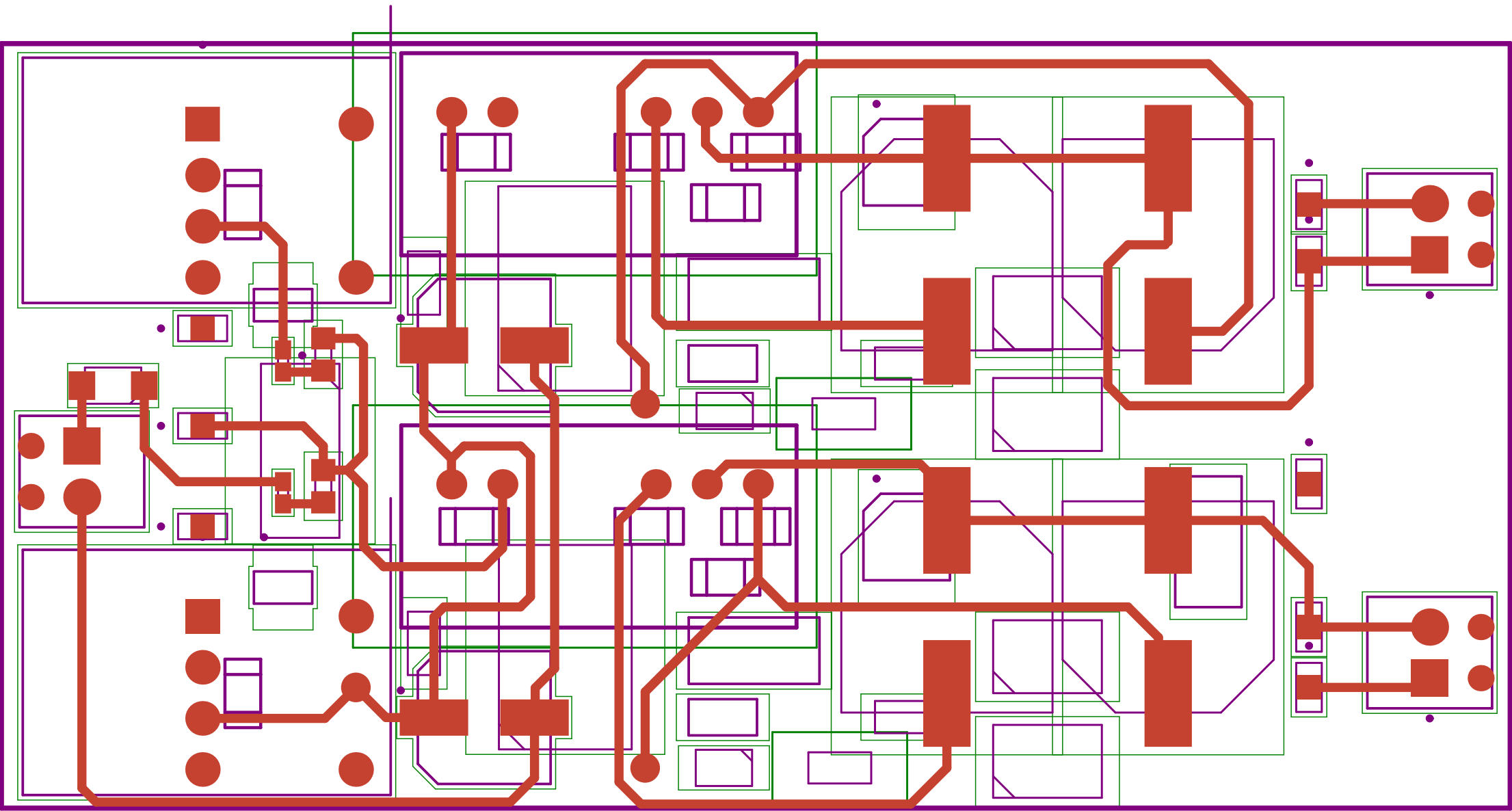


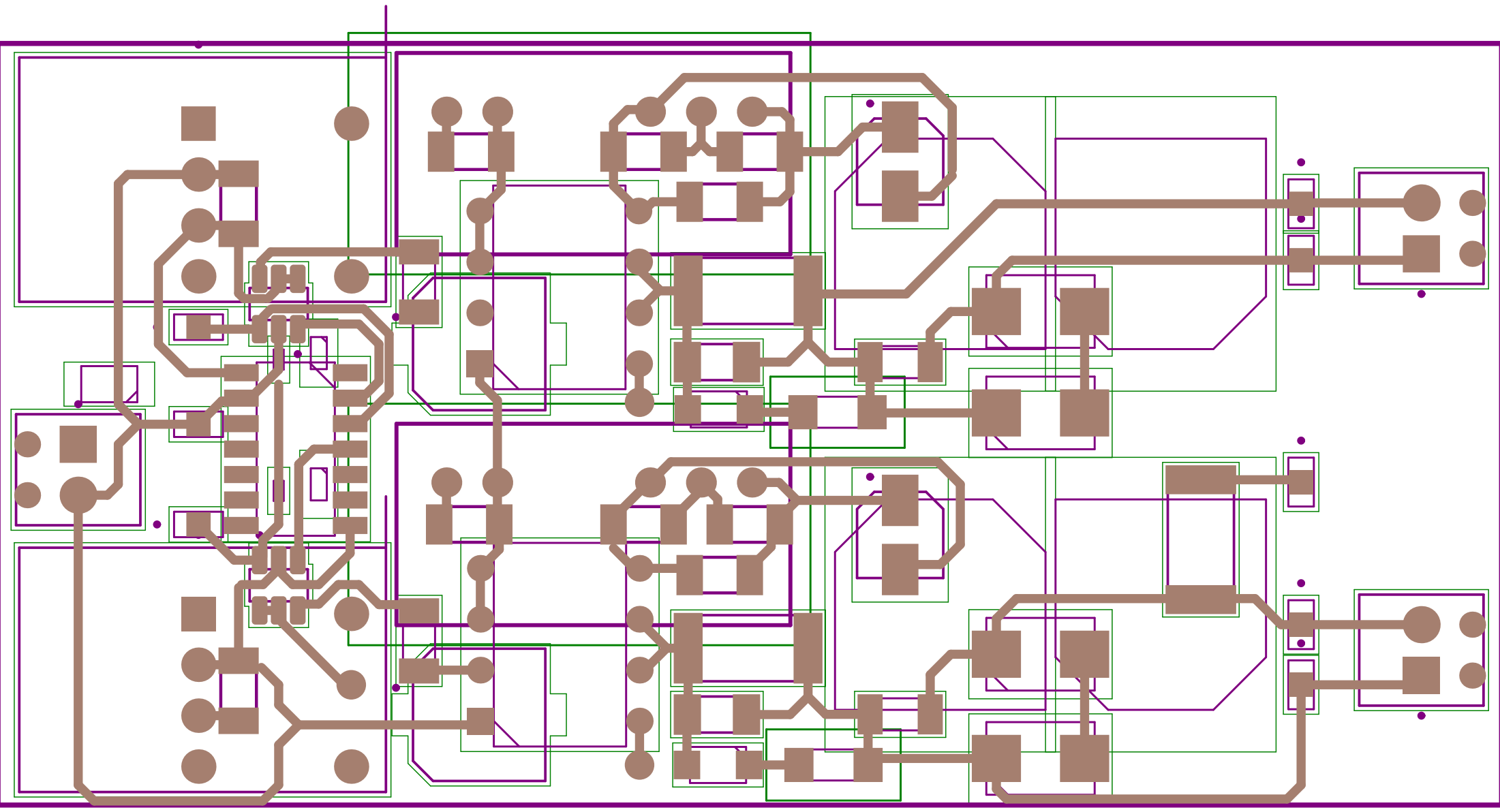


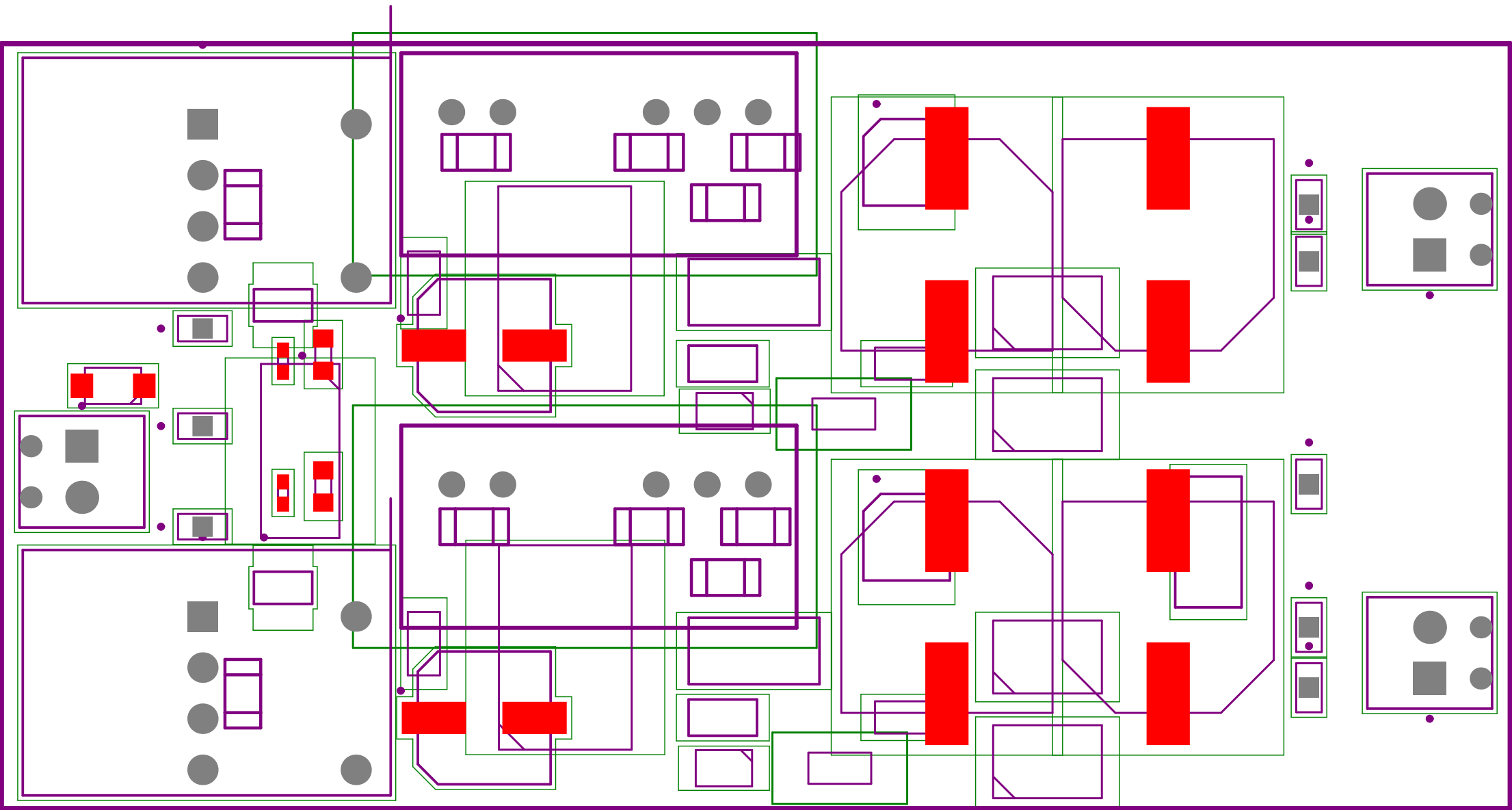


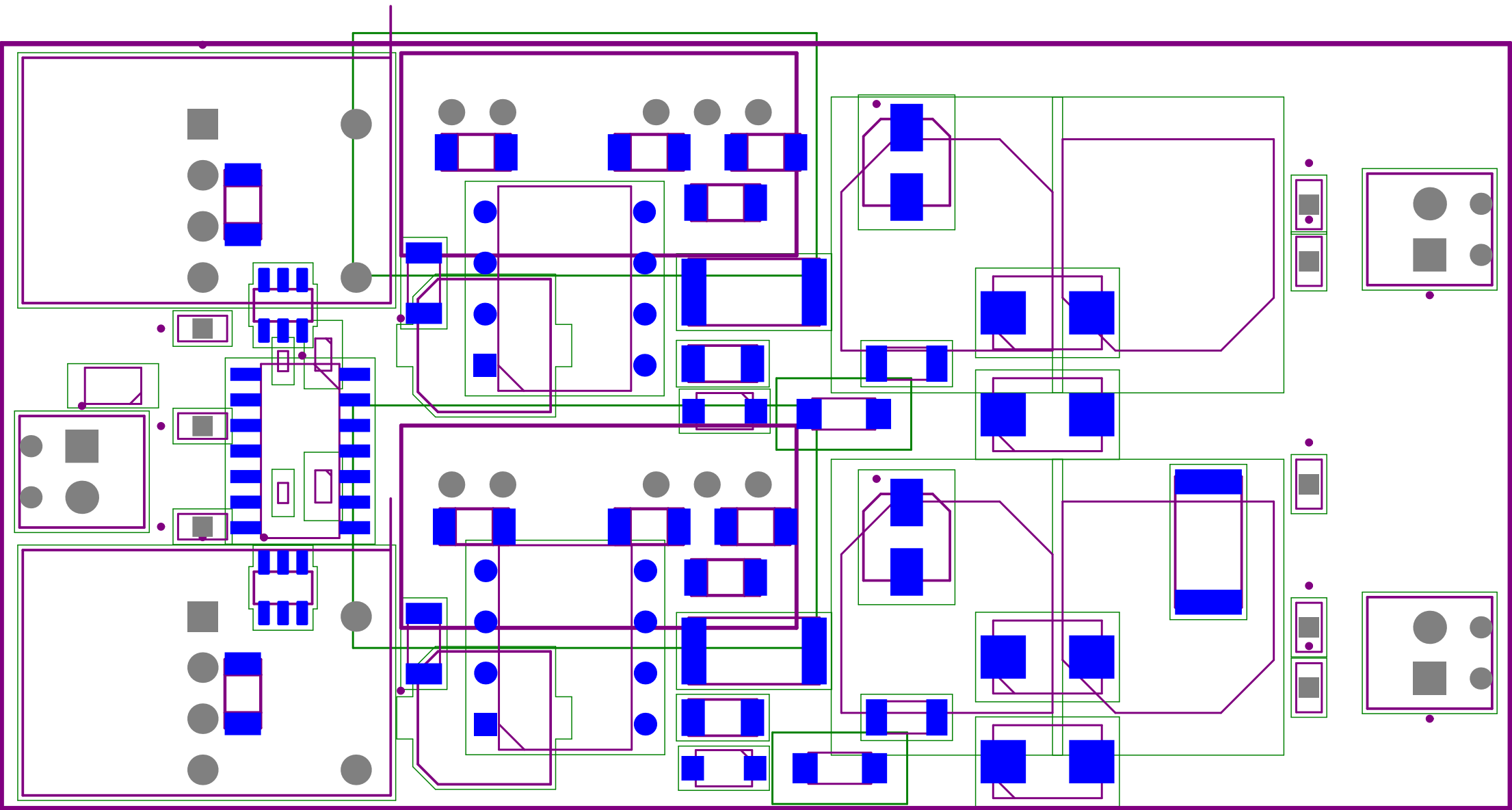


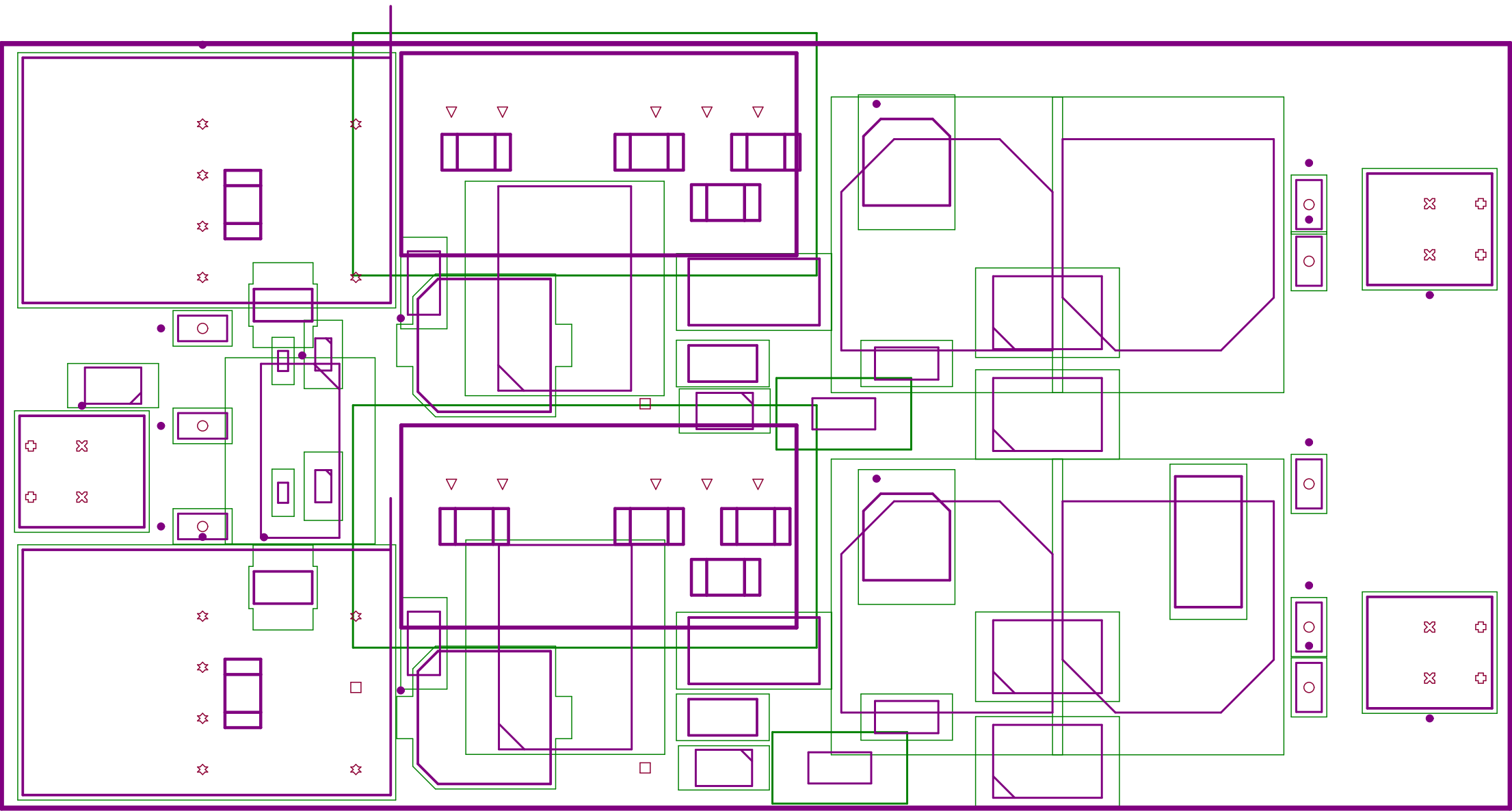


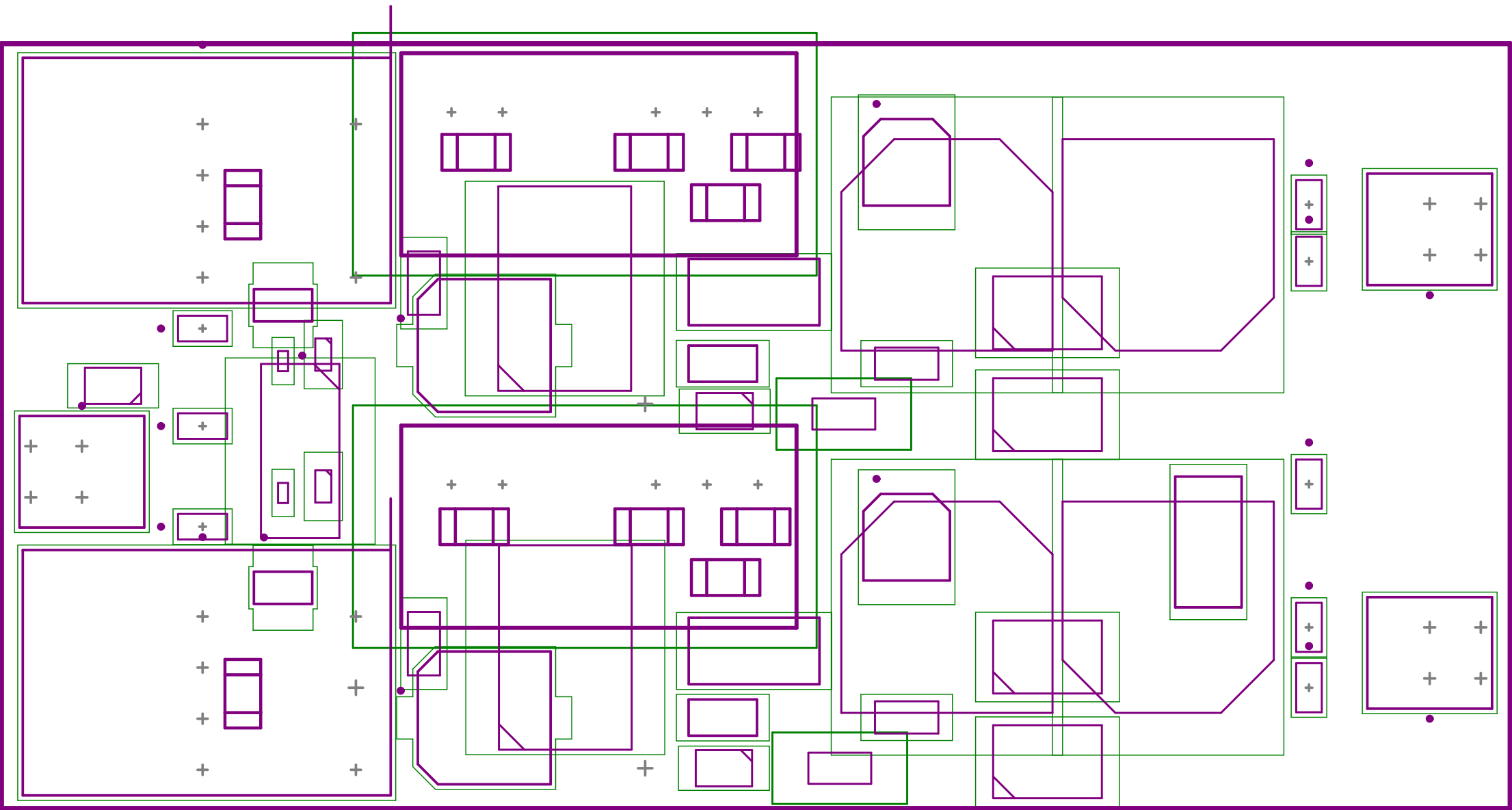












DISCUSIÓN

Desafíos Técnicos

- Footprints Personalizados: La creación del footprint para el capacitor MCMHR63V104M4X7 (0.1uF) requirió realizar su pad size de acuerdo con los parámetros dados en la hoja de datos del componente.

Limitaciones y Mejoras Futuras

- Pruebas Experimentales: Pendiente medir comportamiento con osciloscopio de alta frecuencia, una vez impreso el PCB.

CONCLUSIONES

1. El diseño cumple con normativas IPC y requisitos técnicos para aplicaciones de energía renovable.
2. La integración de modelos 3D redujo errores en la fabricación.
3. El proyecto demuestra que es posible desarrollar drivers de potencia profesionales en entornos académicos.

Este reporte refleja el rigor de un proyecto en cual se han integrado desde detalles técnicos (normativas IPC, análisis de datasheets) hasta metodologías avanzadas de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Mitzner, K. (2011). Complete PCB design using OrCad capture and layout. Elsevier.
- Jones, D. L. (2004). PCB design tutorial. June 29th, 3-25.
- Tähtinen, I. (2023). Design and simulation of a solid-state power switch for 48 V li-ion battery applications.
- Brooks, D. (2015). PCB Currents: How They Flow, How They React. Prentice Hall.
- PCB Capabilities - Custom PCB Prototype the Easy Way - PCBWay. (s. f.). <https://www.pcbway.com/capabilities.html>

- Marrakchi, D. (2024, 14 septiembre). Las 5 reglas de diseño de PCB más importantes que debes conocer. Altium. <https://resources.altium.com/es/p/pcb-layout-guidelines>
- Eurocircuits. (2025, 20 marzo). PCB Design Guidelines - Eurocircuits. Eurocircuits. <https://www.eurocircuits.com/technical-guidelines/pcb-design-guidelines/>
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). Power electronics: converters, applications, and design. John wiley & sons.
- Texas Instruments. (2021). Gate Driver Design Basics.
- Altium Designer Documentation. (s. f.). Altium Documentation. <https://www.altium.com/documentation/altium-designer>
- Bogatin, E. (2004). Signal integrity: simplified. Prentice Hall Professional.
- Montrose, M. I. (1996). Printed circuit board design techniques for EMC compliance (Vol. 1, p. 996). Piscataway, NJ: IEEE press.
- Traister, J. (2012). Design guidelines for surface mount technology. Elsevier.