

Trabajo Práctico 2

DCDC

August 23, 2023

Nombre y apellido:

Fecha:

1 Introducción

En este trabajo práctico, exploraremos el proceso de diseño y simulación de un circuito DC-DC utilizando herramientas EDA/CAD. En particular, nos centraremos en la implementación de un regulador step-down, también conocido como buck converter, utilizando un integrado específicamente diseñado para esta función. El objetivo principal de este proyecto es comprender y aplicar los conceptos fundamentales de diseño de circuitos de potencia, así como familiarizarnos con las herramientas de diseño que nos permiten simular y verificar el comportamiento del circuito en condiciones teóricas y prácticas.

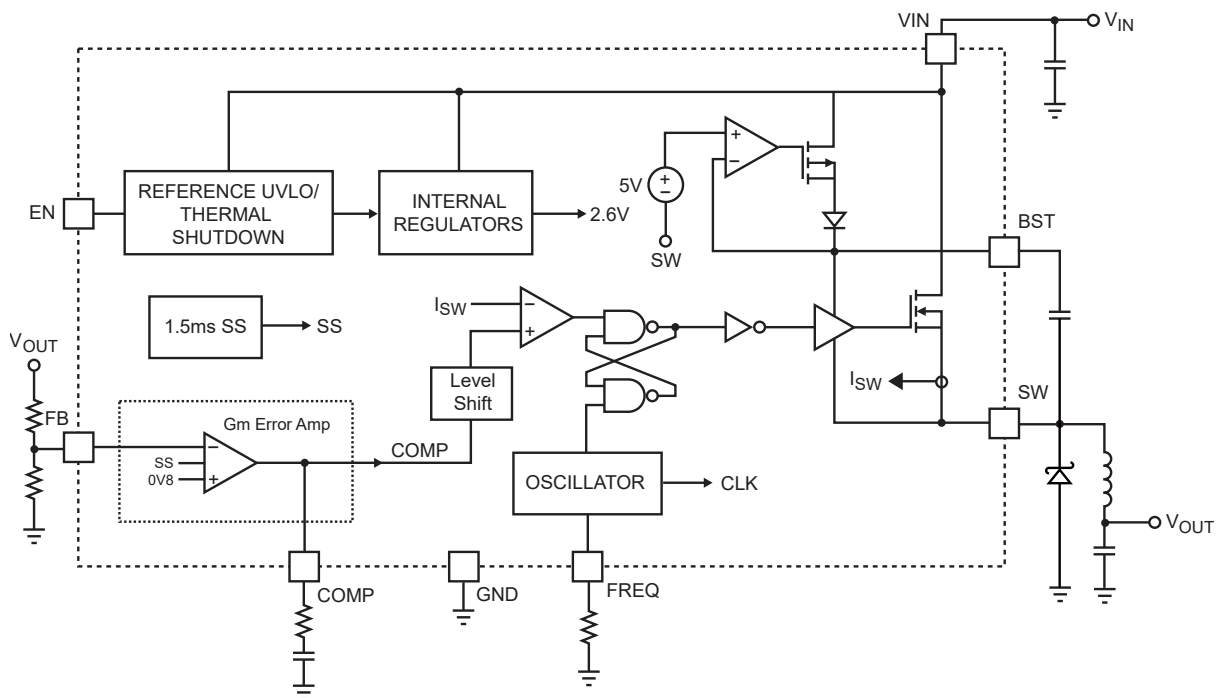


Figure 1: Diagrama en bloques funcional del MP1584

Principio de funcionamiento del MP1584

En esta sección se dará una explicación general del funcionamiento de cada bloque interno del MP1584¹.

¹Datasheet: <https://acortar.link/mp1584Datasheet>

Control PWM

El reloj interno (OSCILLATOR) inicia un ciclo PWM. El MOSFET de potencia se enciende (se cierra la 'llave') y permanece así hasta que su corriente alcanza el valor establecido por la tensión COMP (rama de compensación). El interruptor permanece apagado al menos durante 100 ns antes de que comience el siguiente ciclo. Si, en un período de PWM, la corriente en el MOSFET de potencia no alcanza el valor de corriente configurado por COMP, la alimentación permanece encendida.

Amplificador de error

El amplificador de error compara la tensión del pin FB con la referencia interna ($REF = 0.8V$) y genera una corriente proporcional a la diferencia entre las dos tensiones. Esta corriente de salida se usa luego para cargar la red de compensación externa para formar la tensión COMP, que se usa para controlar la corriente del MOSFET de potencia.

Regulador interno

El regulador interno recibe a su entrada una tensión superior a 3V y devuelve a su salida 2.6V. Esta tensión es utilizada para los circuitos internos del integrado.

Habilitador

El chip puede habilitarse a través del pin EN superando una tensión umbral de 1.5V. En caso de querer deshabilitar al circuito, es necesario decrementar la tensión por debajo de 1.2V. Si este pin se encuentra flotante, internamente se establece una tensión de 3V y el chip permanece habilitado.

Under Voltage Lockout (UVLO)

El UVLO se implementa para evitar que el chip funcione con una tensión de entrada insuficiente. El umbral superior de UVLO es de aproximadamente 3V, mientras que el umbral inferior es constante de 2.6V.

Arranque suave

El arranque suave se implementa para evitar que la tensión de salida del convertidor se exceda durante el arranque. Cuando el chip arranca, el circuito interno genera una tensión de arranque suave (SS) que aumenta de 0 V a 2,6 V. Cuando es más bajo que la referencia interna (REF), SS toma el control, por lo que el amplificador de error usa SS como referencia. Cuando SS es mayor que REF, REF recupera el control.

Apagado térmico

Esto es implementado para evitar que el chip exceda la temperatura normal de operación. Cuando el die del silicio es mayor que el umbral superior, se desactiva la totalidad del circuito. Cuando la temperatura se reduce por debajo del umbral inferior, el chip es habilitado nuevamente.

Floating driver and Bootstrap charging

El capacitor de bootstrap se carga y regula a unos 5V mediante el regulador de arranque interno dedicado. Cuando la tensión entre los nodos BST y SW es inferior a 5V, se enciende el transistor PMOS (se cierra la 'llave') conectado de VIN a BST y se carga el capacitor. Este capacitor activa el MOSFET de salida y lo hace conducir hasta que se descarga.

Siempre que VIN sea lo suficientemente mayor que SW, el capacitor de bootstrap se carga. Cuando el

MOSFET de potencia de salida está ENCENDIDO, VIN es aproximadamente igual a SW, por lo que el capacitor de arranque no se puede cargar. Este capacitor sirve como refuerzo para evitar que la diferencia de potencial entre Vin y SW sea menor que 5V.

Comparador de corriente y limitador

La corriente del MOSFET de potencia se detecta mediante un MOSFET sensor de corriente. El comparador de corriente la toma como una de sus entradas. Cuando la corriente detectada es mayor que el voltaje COMP, la salida del comparador es baja y apaga el MOSFET de potencia. De esto se trata el limitador de corriente.

En las secciones siguientes, discutiremos los pasos esenciales para llevar a cabo el diseño, simulación y análisis del circuito DC-DC. A lo largo de este proceso, adquiriremos conocimientos prácticos sobre cómo las herramientas EDA/CAD nos permiten tomar decisiones informadas durante el diseño y cómo estas decisiones afectan el funcionamiento del circuito en situaciones reales.

2 Simulación de Fuente DC/DC

Antes de comenzar se realizara la simulación del circuito con una herramienta provista por el fabricante, con ella extraeremos los valores de los componentes y también las curvas características del circuito: <https://www.monolithicpower.com/en/design-tools/design-tools/dc-dc-designer-online.html>. Podemos probar por ejemplo, distintos valores de voltaje de entrada, corriente y tensión de salida para ver como se modifican los valores. Elegir las características deseadas para su fuente, extraer la lista de componentes y los gráficos del circuito:

- Waveforms
- Small Signal
- Transient Ripple

3 Elaboración de componentes, esquemático y PCB.

Dado el circuito de fuente y los Datasheets a utilizar, se diseñara el PCB creando todos los componentes del mismo en forma manual, eso incluye símbolo y footprint para cada uno. Se relacionaran ambas bibliotecas para poder utilizarla en cualquier proyecto deseado.

1. Creación del Proyecto y Biblioteca de esquemático - Cree un nuevo proyecto con el nombre apropiado para su fuente DC/DC y sobre el mismo adhiera una biblioteca de tipo esquemático (Schematic Library). Coloque el nombre de su librería donde cargaremos los componentes.
2. Creación de Componente (Part) - Dentro de la nueva biblioteca comenzaremos a crear los componentes, colocamos los nombres correspondientes a cada uno de ellos:

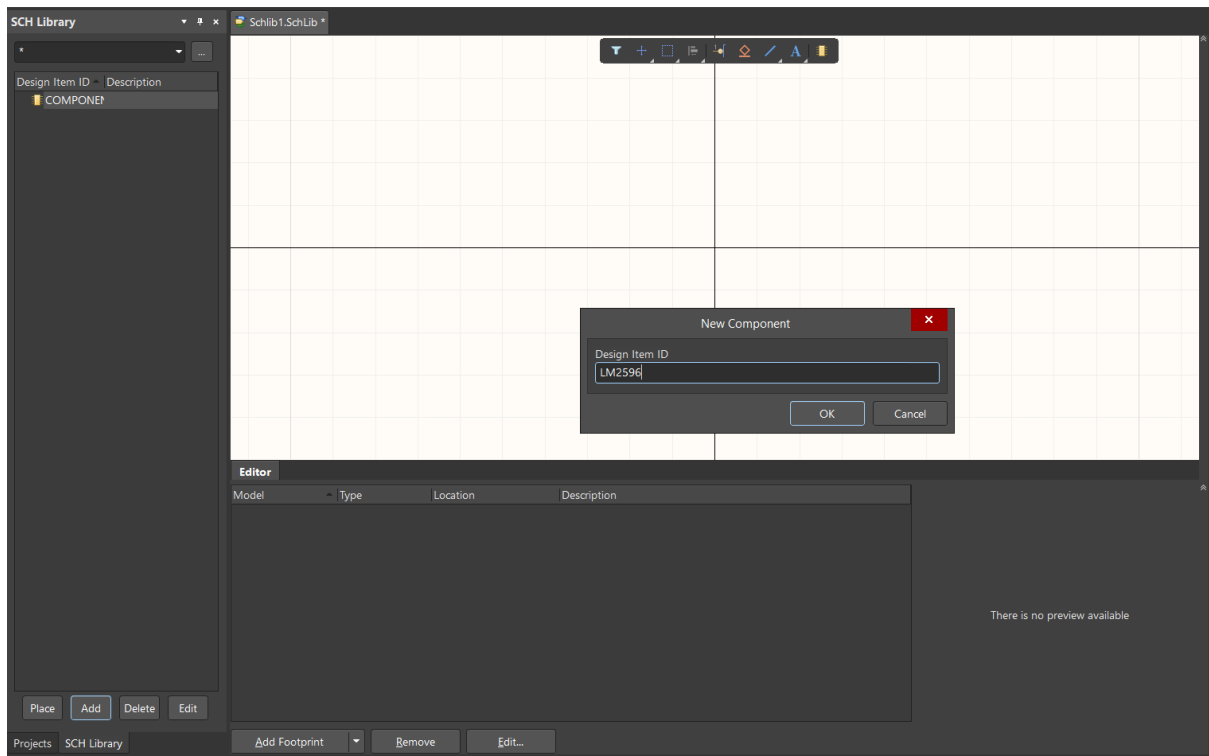


Figure 2: Ejemplo para un LM2596

Dentro del componente creado, comenzamos dándole una forma o símbolo y agregamos todos los pines del chip con la herramienta Place Pin. Cada uno de ellos es configurable, agregar numero y nombre. Observar que uno de los extremos del pin parecería tener un "punto", tenga en cuenta que allí se realiza la "conexión eléctrica" en el esquemático, debe orientarse correctamente.

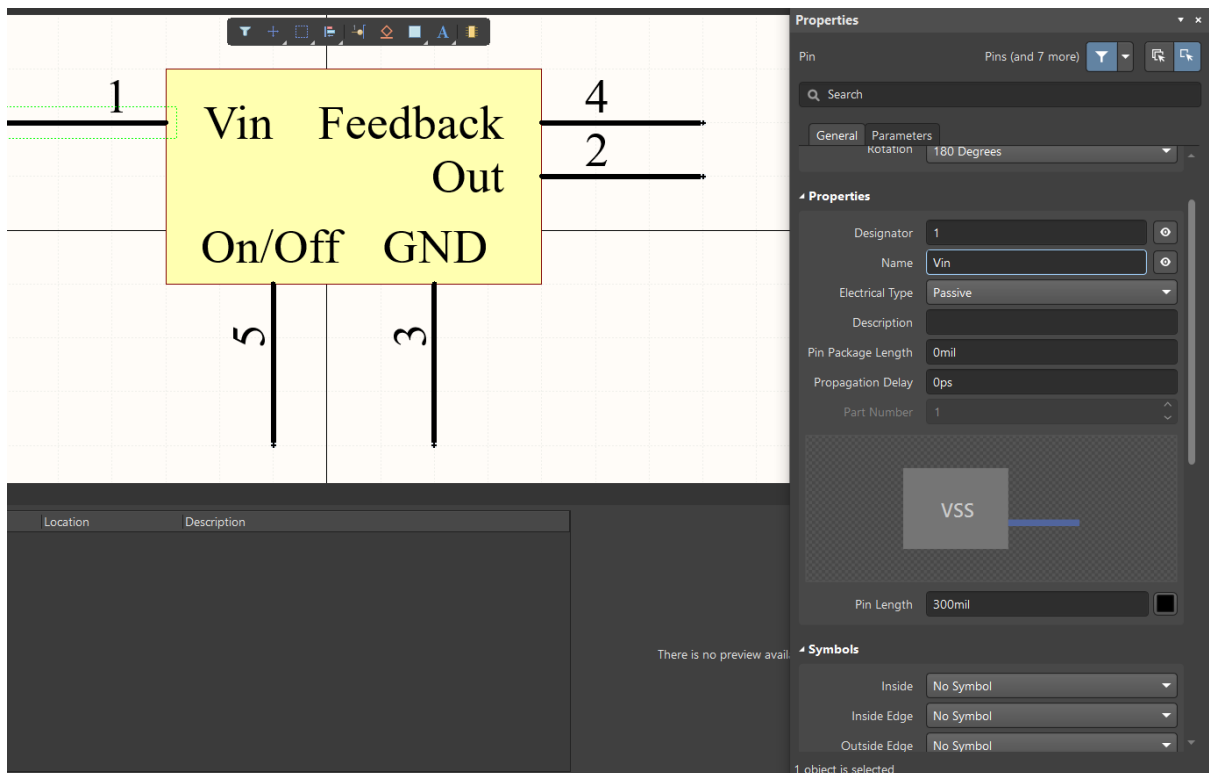


Figure 3: Configuración de Pin

Si necesitamos orientar los nombres para que no se superpongan podemos configurar la orientación del designator y del nombre:

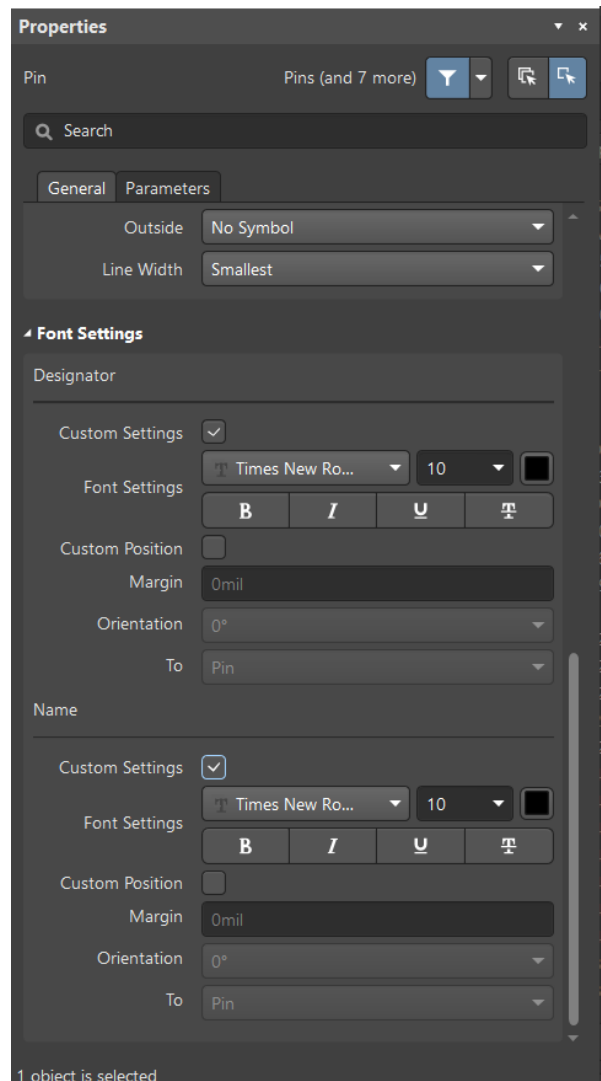


Figure 4: Opciones de orientacion

Finalmente le damos el Designator al componente, donde podremos darle una descripción o agregar algún tipo de dato pertinente (Frecuencias, Corrientes Máximas, etc). Por lo general se utilizan los siguientes indicadores:

- U? - Integrados
- R? - Resistencias
- C? - Capacitores
- L? - Inductores

Colocaremos U? (quitamos el *) para que altium pueda designar un numero aleatorio cuando hay mas de un componente del mismo tipo en nuestro esquemático.

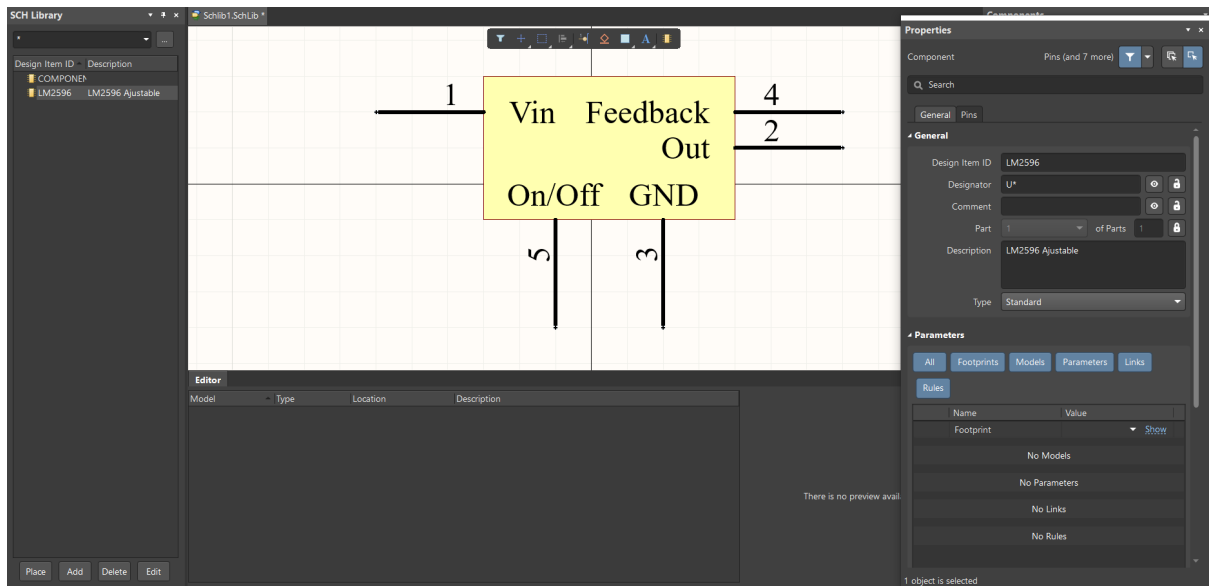


Figure 5: Configuración de Componente (Part)

3. Creación Biblioteca de tipo PCB - Dentro de nuestro proyecto agregar una biblioteca de tipo PCB (PCB Library). Coloque el nombre de su librería donde crearemos y guardaremos los footprints. A continuación agregamos un componente.

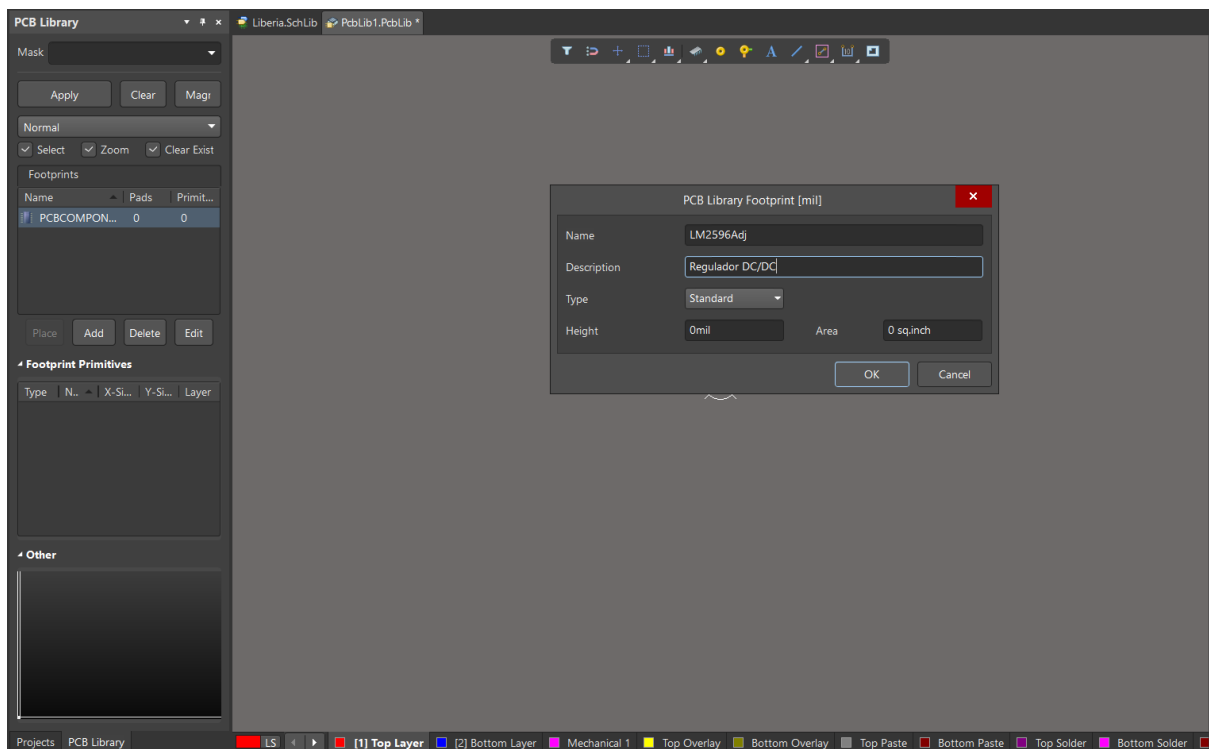


Figure 6: LM 2596 PCB Library

4. Footprint Wizard - Dentro del menu Tools, podemos encontrar la herramienta Wizard. Este es un asistente que nos ayudara a crear footprints básicos a base de preguntas en cuanto a tamaños y distancias, esta información la encontraremos en los datasheets de cada componente.

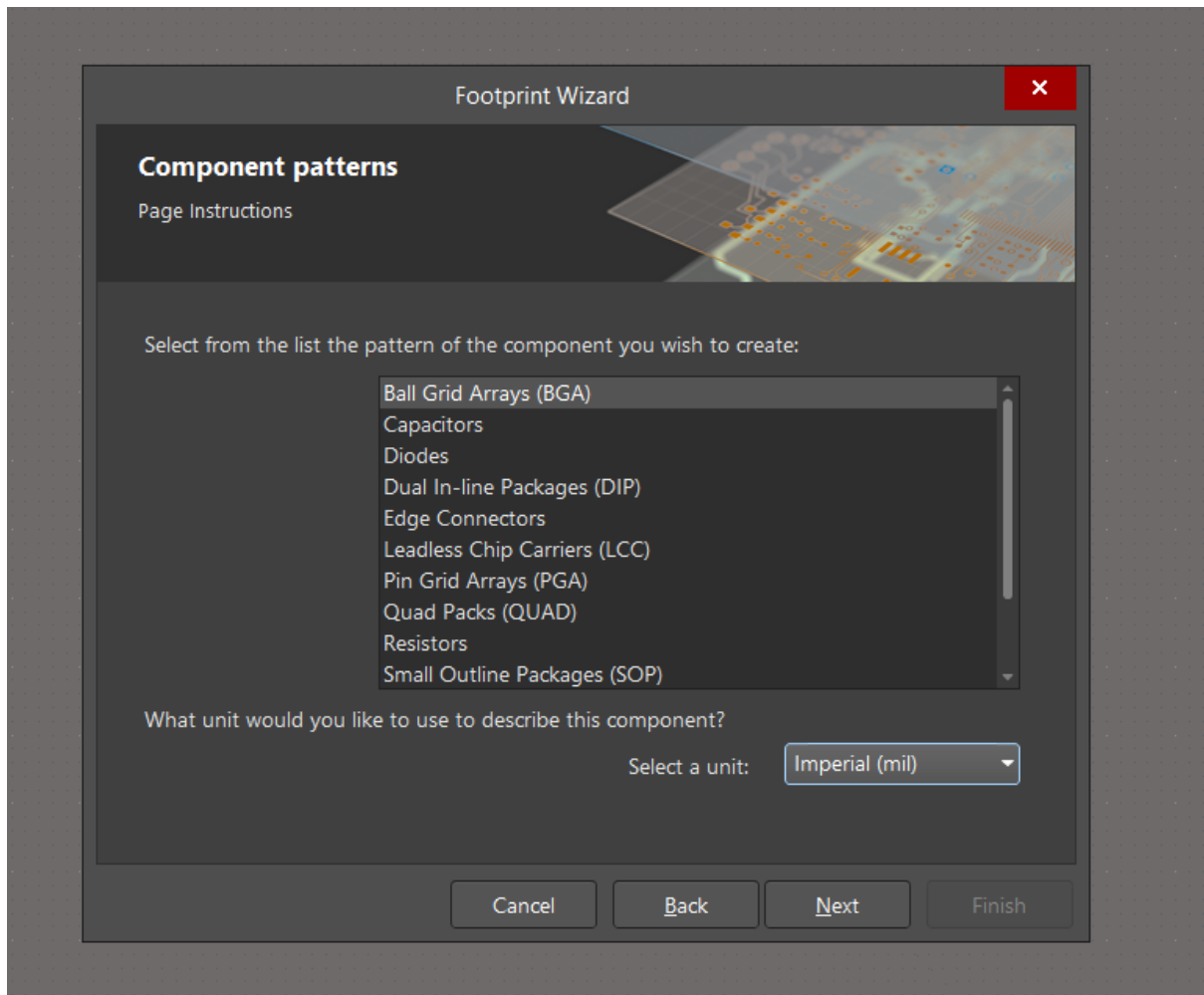


Figure 7: Wizard Library

Podemos por ejemplo crear componentes SMD, TH, BGA, SOP, DIP, etc.

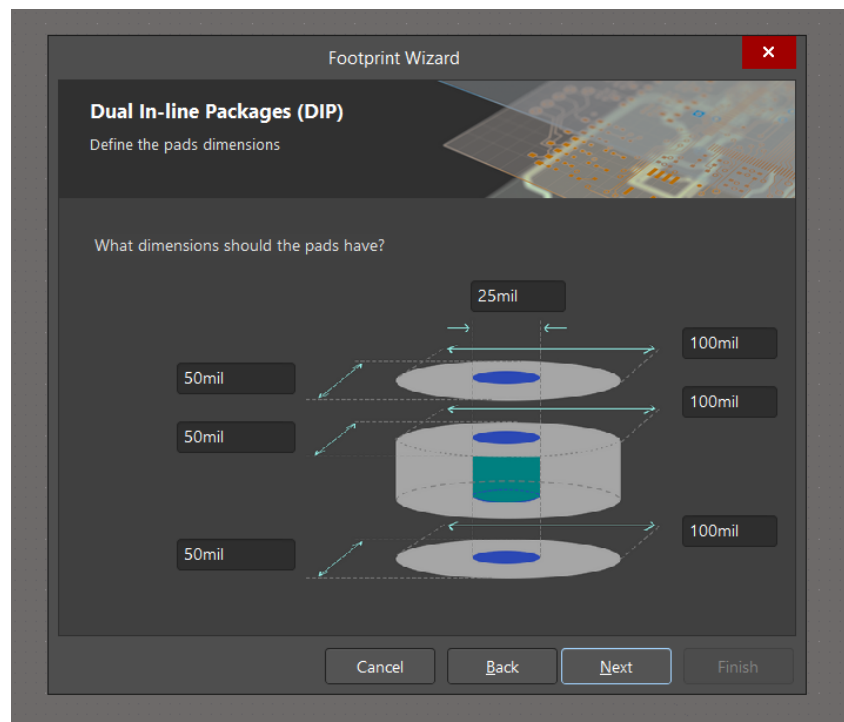


Figure 8: Componente Dip

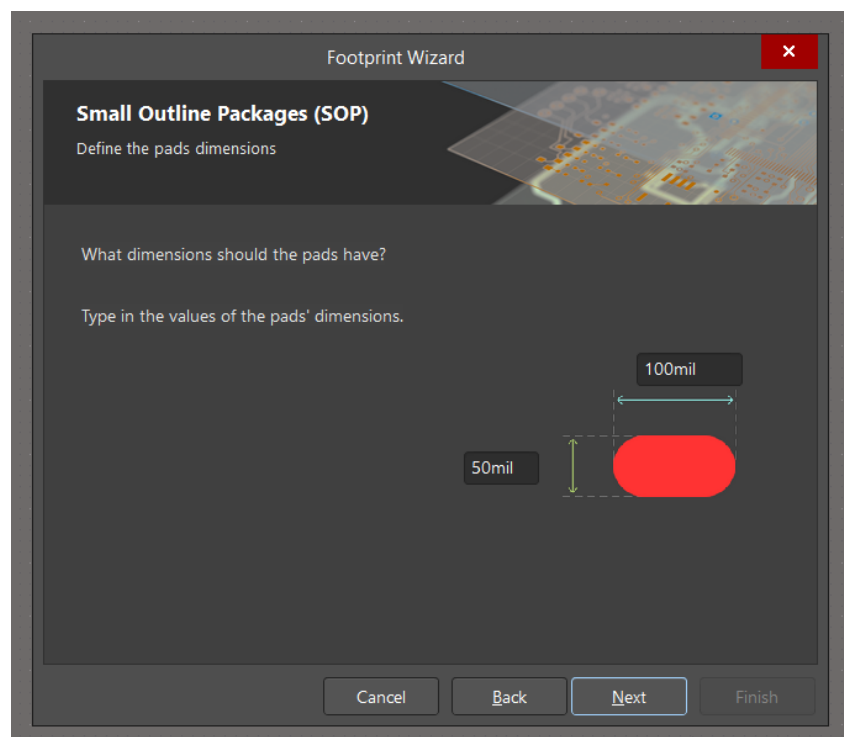


Figure 9: Componente Sop

Dentro de las propiedades de los pads, modificar el item Solder Mask Expansion, esta expansión de la mascara es la distancia entre la pista de cobre y la Solder Mask. Tildar "Rule" para que Altium lo configure automáticamente (4 mils), si se desea otra medida puede colocarse de forma manual. Esta expansión evitara que el pad quede cubierto por la mascara aislándolo del componente. Colocar el nombre de cada uno de los pads.

6. Top Overlay - Una vez finalizado agregar en la capa Top Overlay un contorno al componente, estas líneas NO son conductoras, es serigrafía que luego se vera en el PCB final (a menos que ocultemos alguna de forma manual).
7. Mechanical Layer - En el Layer Mechanical colocar la distancia mínima recomendada (a través de un cuadrado o rectángulo) que debe dejarse de los componentes contiguos. En caso de no contar con el dato estimar una distancia a criterio. Lo que se coloque en este layer NO sera parte del PCB final ni ayuda en la fabricación, pero sirve de mucha ayuda para el ensamble y el diseño.

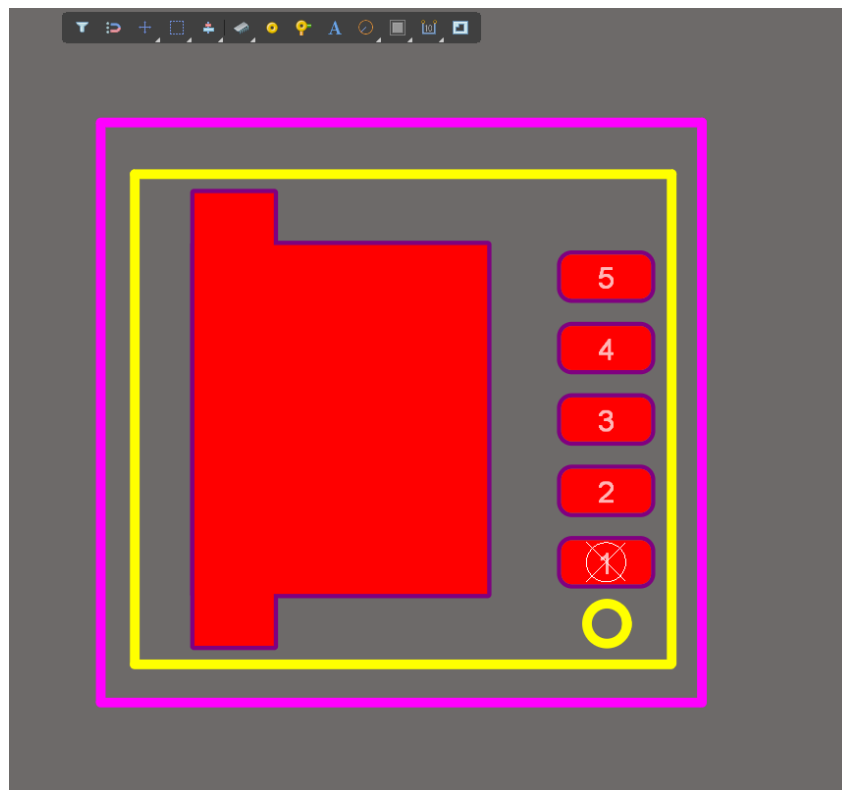


Figure 12: Ejemplo LM2596.

8. Vincular Footprint con componente - Finalizado el footprint, volvemos a la biblioteca de esquemático y agregamos el footprint de nuestra biblioteca PCB antes creada.

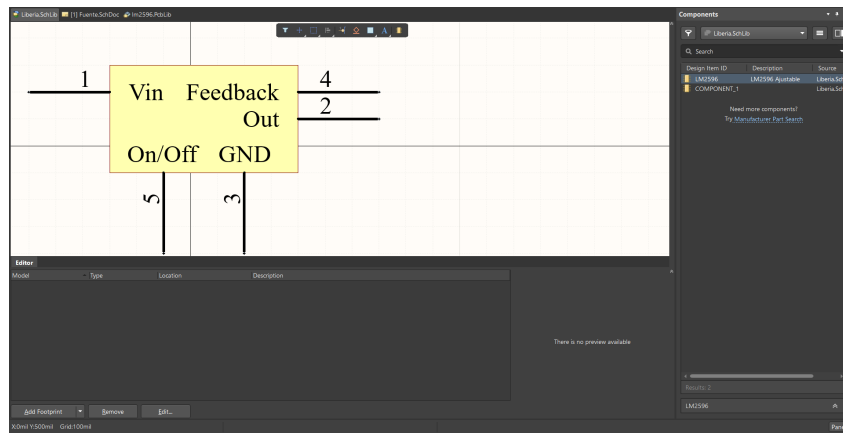


Figure 13: Seleccionamos add footprint.

Podemos buscar por otras bibliotecas incluso nativas del programa, seleccionamos la creada por nosotros y allí los vinculamos.

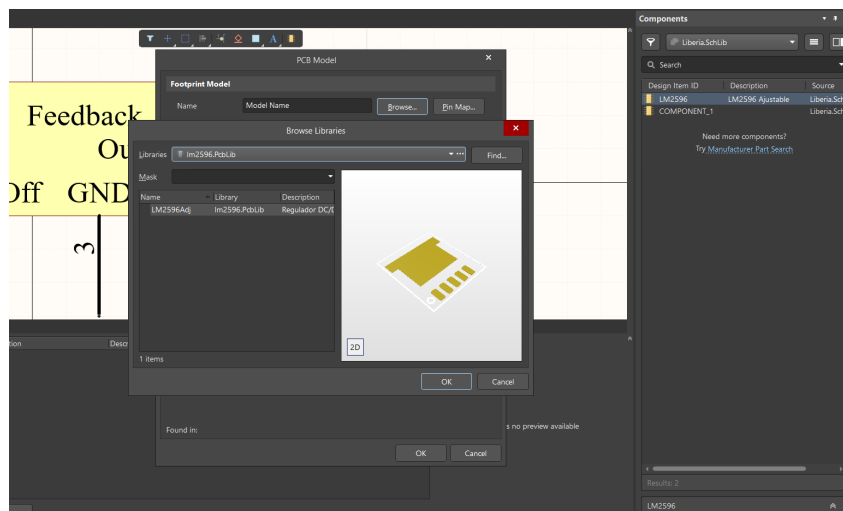


Figure 14: Seleccionar el footprint de la biblioteca que corresponda.

Repetir hasta haber creado todos los componentes del circuito.

9. Agregar Esquemático - Nuevamente desde la ventana de proyectos, agregamos un esquemático.
10. Finalizar Circuito - Agregar los componentes de nuestra biblioteca terminada y formar el circuito propuesto.
11. Denominación de los componentes - Para finalizar utilizamos la herramienta del menú Tools, Annotate. Esto nos da la posibilidad de que automáticamente Altium enumere los componentes con un patrón seleccionado (ascendente, descendente, izquierda a derecha, etc). Veremos la lista completa de los componentes, realizamos un Update Change List, y luego aceptamos los cambios. Si se hizo correctamente, ya tendremos todo listo para comenzar el PCB.

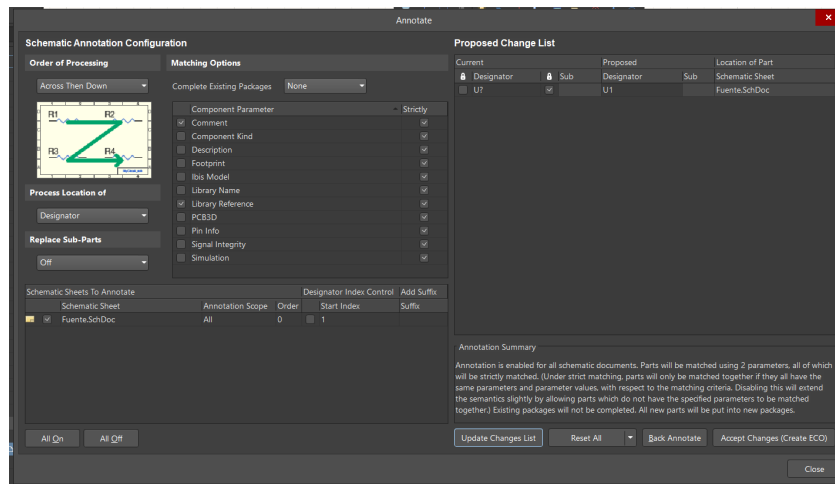


Figure 15: Herramienta para renombrar los componentes.

4 Elaboración de Layout.

Finalizado el esquemático, se procede a avanzar con el diseño del Layout de la fuente.

1. Agregar archivo PCB - Dentro de nuestro proyecto agregar el archivo PCB. Para agregar los componentes, dentro de la vista de diseño vamos al menú Design y utilizamos Import Changes from "Nombre del Esquemático". De esta manera llevaremos al PCB todos los componentes del esquemático.

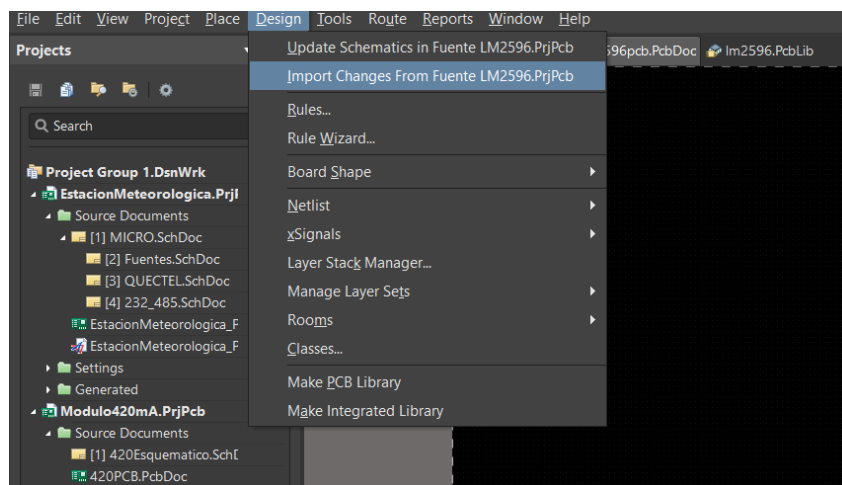


Figure 16: Importamos los componentes al PCB.

2. Definir limites de PCB - Utilizando la herramienta para crear líneas, creamos las dimensiones del PCB, una vez definida la seleccionamos y vamos al menu Design, Board Shape y definimos el limite con lo seleccionado. Dentro de esta área ahora comenzaremos a rutear.

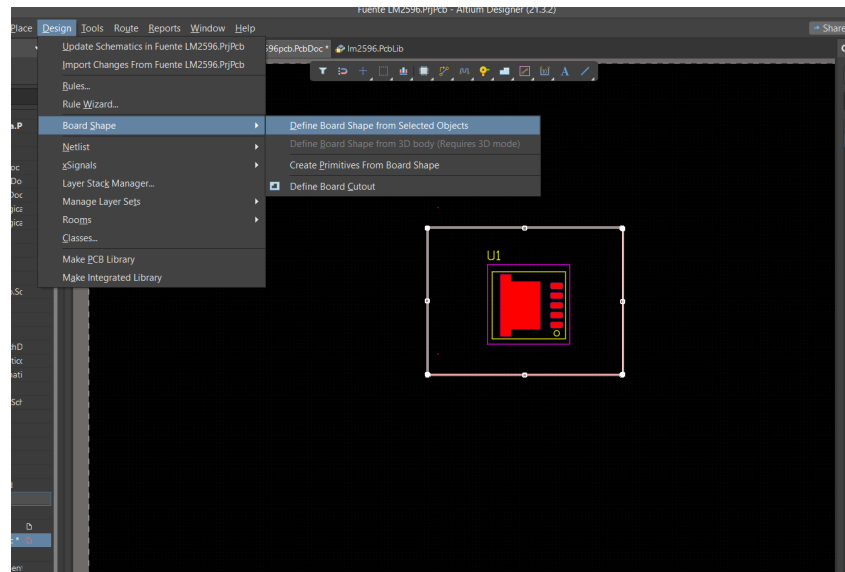


Figure 17: Definimos el contorno de la placa.

3. Ruteo de pistas - Dentro de la paleta principal de herramientas, se encuentran la de ruteo interactivo, la seleccionamos y comenzamos a generar las pistas del circuito hasta finalizar.

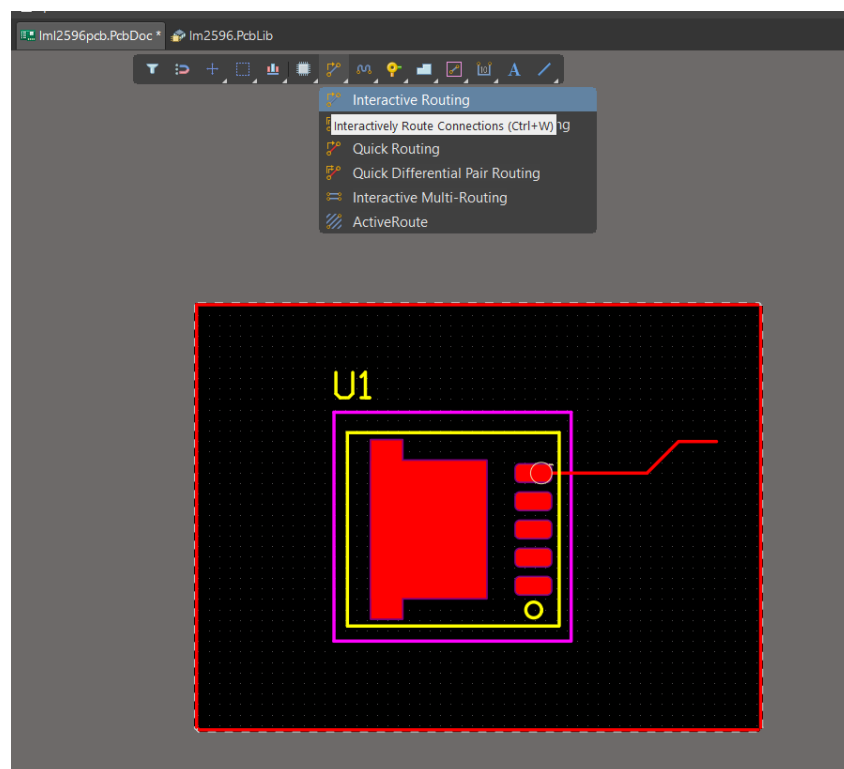


Figure 18: Ruteo de las pistas.

Apretando el numero 3 desde la vista PCB, podemos pasar a la vista 3D del Hardware, esto nos dará un panorama visual real del PCB, agregar en sus PCB información de serigrafía que crea necesaria.

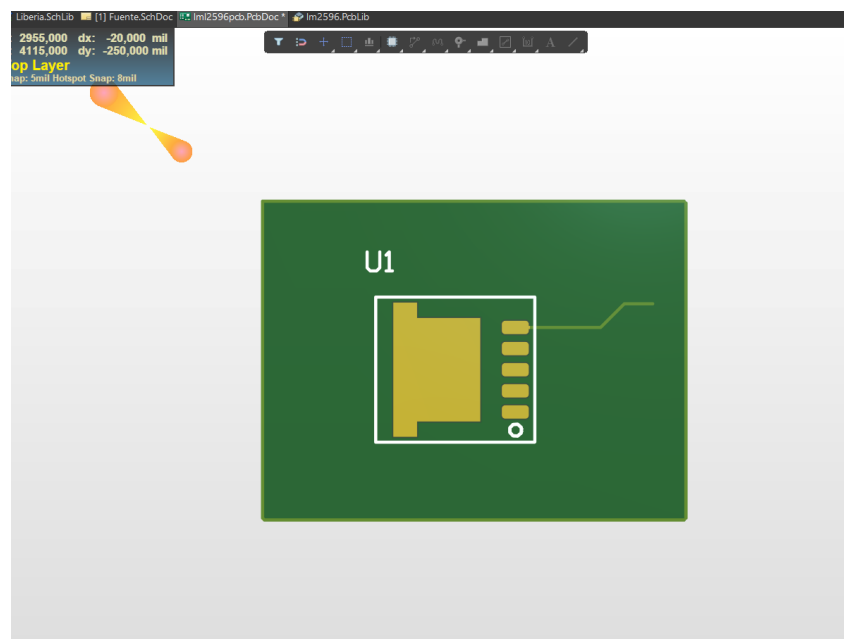


Figure 19: Vista 3D del PCB.