

# **Ejercicio Simulación y Diseño del PCB de una Fuente Capacitiva.**

## **Introducción:**

La fuente capacitiva es un circuito que transforma una corriente alterna, por ejemplo la de 220 voltios rms de la red, en una continua de menor voltaje, en este ejercicio unos 5 voltios aproximadamente.

Hay otra forma de realizar esta operación con un transformador. De esta forma se usa el efecto capacitivo de un condensador electrolítico previamente rectificado la señal en alterna por un puente de diodos, además de un diodo zener para fijar una tensión de salida entre otros componentes. Como toda esta forma de realizar el propósito tiene sus ventajas e inconvenientes.

La parte de simulación está hecha con la última versión de Orcad (la 17.2) y su correspondiente Pspice. Yo he manejado versiones más antiguas de Orcad con las que no me resultaba difícil sacar la PCB, y donde la herramienta era el layout o layout plus, en esta versión la herramienta es el PCB editor, que en mi ordenador va muy lento.

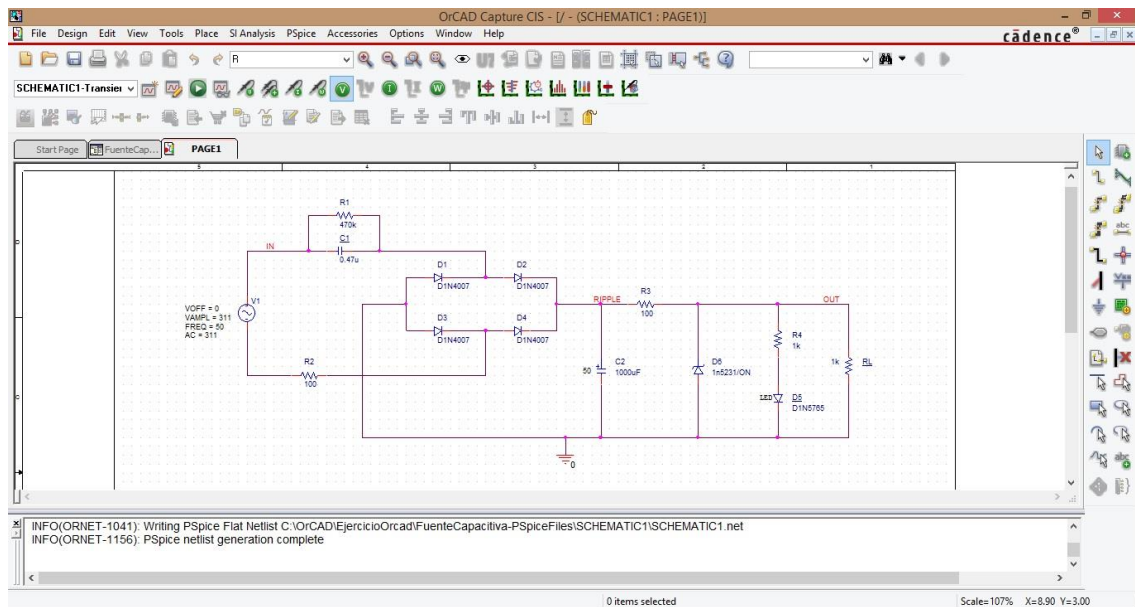
Como no controlo tan bien el PCB editor y va excesivamente lento decidí finalmente desarrollar el PCB con Altium, incluso aunque mi versión de Altium Designer va “a trompicones”, es una herramienta con la que tengo más soltura y se trataba de hacer algo de la mejor forma en poco tiempo.

El desarrollo y diseño del ejercicio es mejorable, pero creo que puede ser suficiente para demostrar que tengo cierto manejo en simulación y diseño de PCBs.

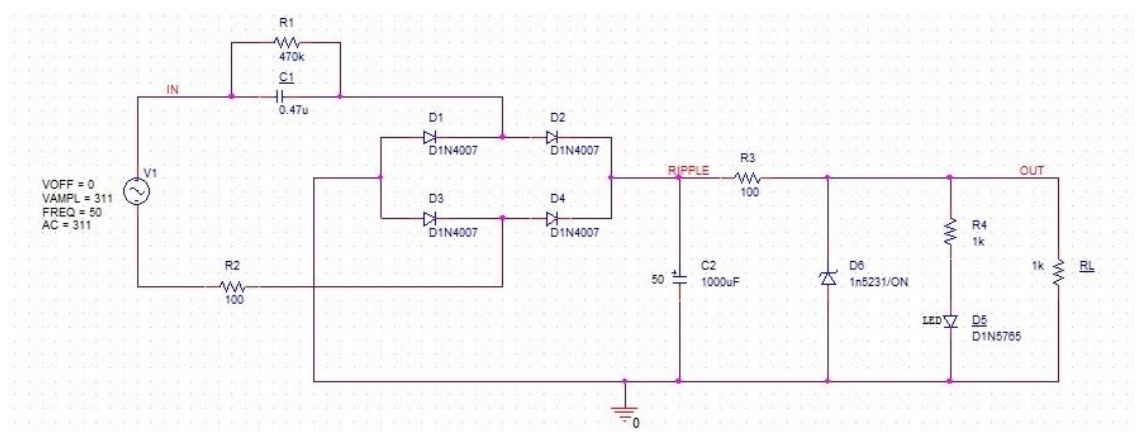
Dado que esto no es un tutorial, en la sucesivo trataré de ser lo más sintético posible usando más capturas de pantalla que mucha literatura.

## **Simulación con Orcad-Pspice.**

En primer lugar diseñé el esquemático en la herramienta Capture del Orcad para comprobar que el circuito funciona:



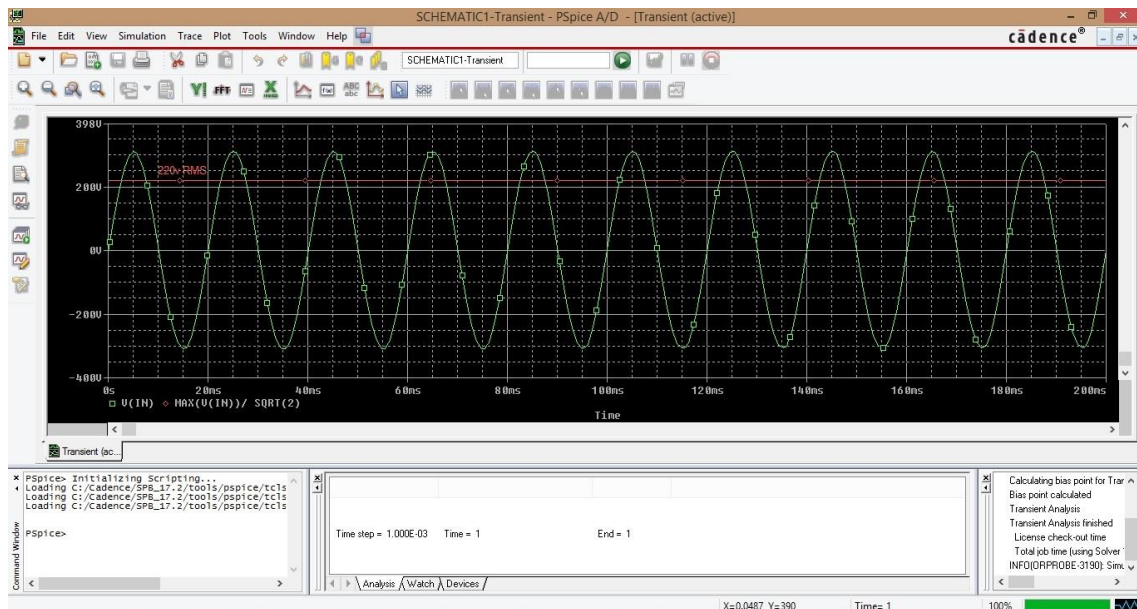
Con más detalle y tras ajustar los valores de los componentes el esquemático es:



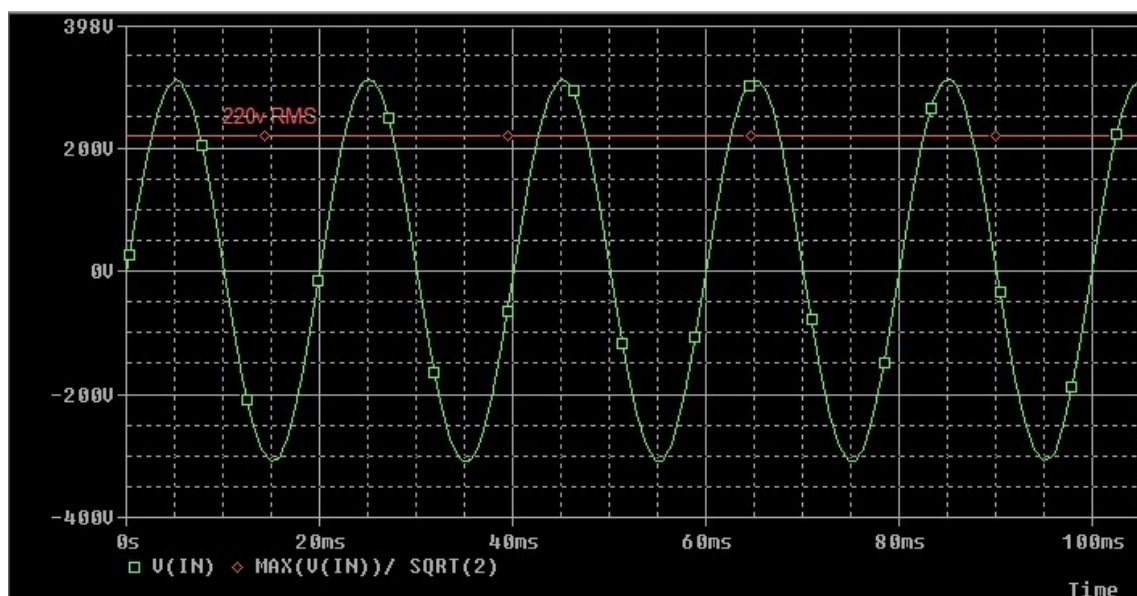
Investigando por Internet me doy cuenta que se podía añadir un tiristor en la parte de circuito de entrada para mejorar la seguridad además de un fusible. El fusible sí lo añadido en el diseño de la PCB.

### Análisis de respuesta transitoria con Pspice o Time Domain (Transient).

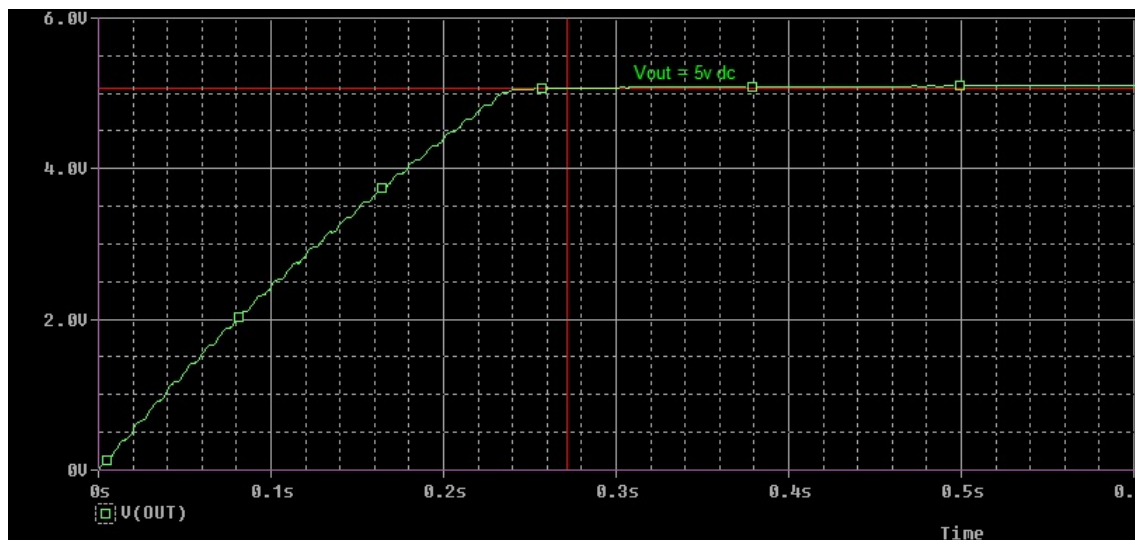
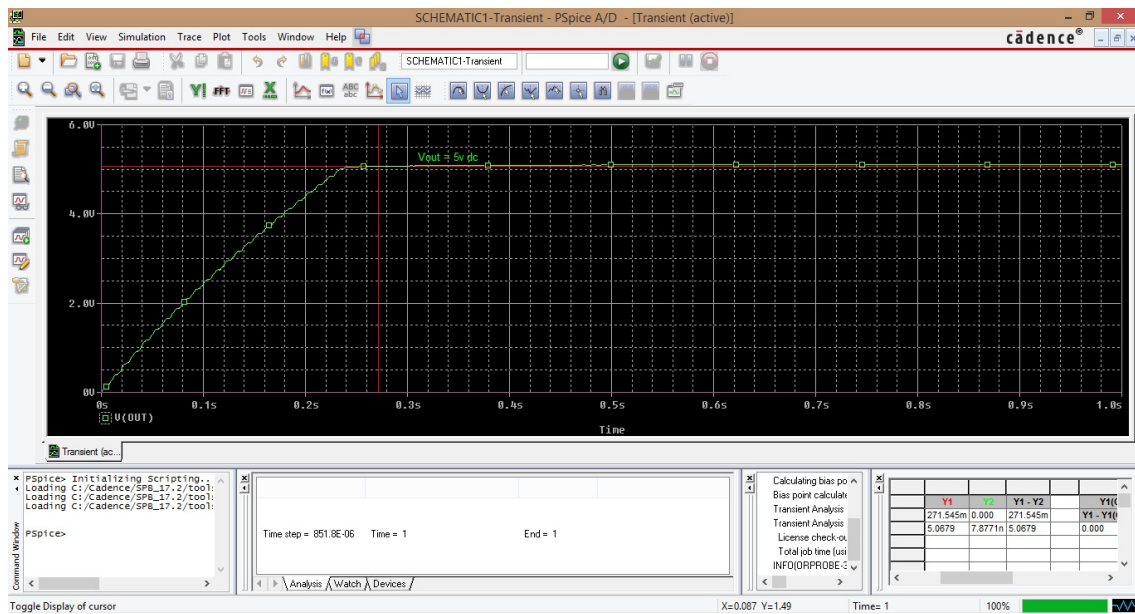
La simulación de la señal de entrada es:



Señal sinusoidal con una frecuencia de 50Hz 311 voltios de amplitud máxima (en la gráfica en verde) y 220 voltios rms o efectiva (en la gráfica en rojo).

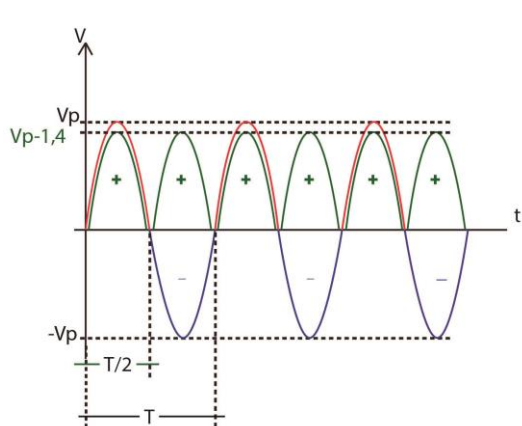


La señal de la salida es:

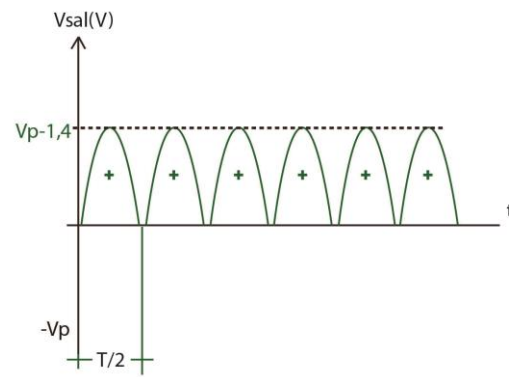


Vemos que en estado estacionario efectivamente es una señal de corriente continua y además muy aproximada a los 5 voltios deseados.

En este circuito el puente de diodos “rectifica la señal” esto es:



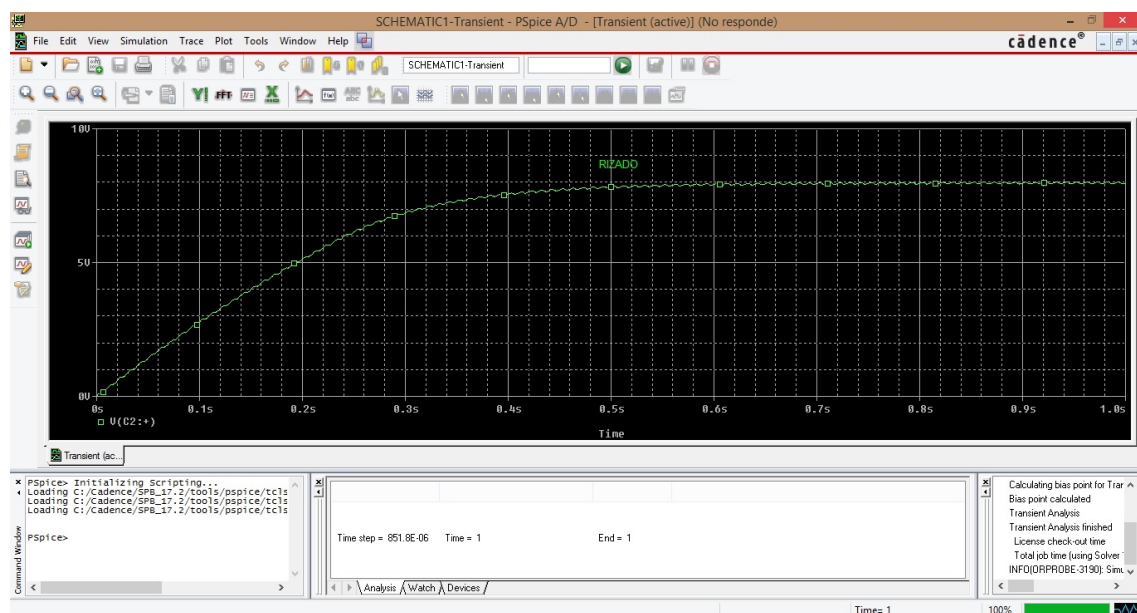
Comparación entre la tensión de entrada  
y la tensión de salida  
 $V_{sal}$  es menor en 1,4V con respecto  
a la Vent



El periodo de la tensión de salida  
es la mitad del de la tensión de entrada  
por tanto la frecuencia de la tensión de salida  
es el doble de la frecuencia de la  
tensión de entrada.

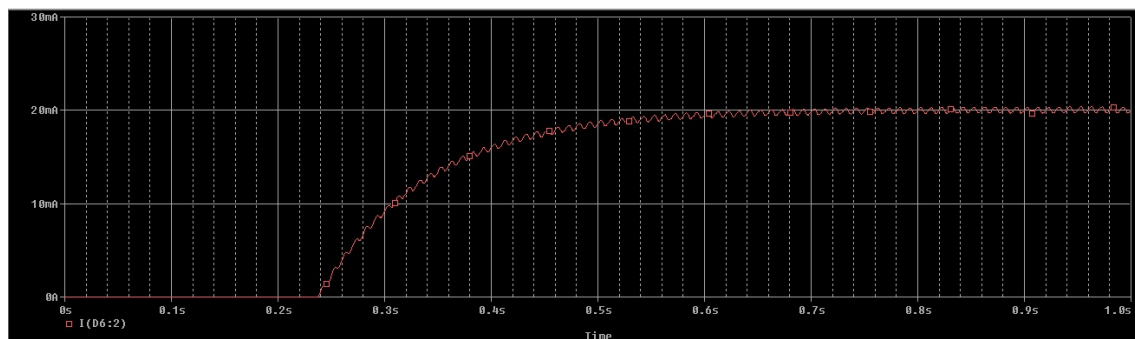
Imagen sacada de Internet, fuente: <http://mrelbernitutoriales.com/el-rectificador-blog/>

El condensador electrolítico de nuestro circuito crea una señal aproximadamente continua con un pequeño rizado (o ripple en inglés), veámoslo simulado por curiosidad:





Efectivamente, ahora es conveniente hacer algunas comprobaciones, por ejemplo, el diodo zener tiene una intensidad y vatios máximos a los que puede trabajar en inversa (como trabajan normalmente los zener), ya hemos visto que la tensión con la que trabaja en el circuito es de aproximadamente 8 voltios. Veamos la corriente:



La corriente en estado estacionario es de 20mA, así que miramos el datasheet de nuestro zener para comprobar si está por debajo de la máxima permitida.

1N5225 THRU 1N5267								
ELECTRICAL CHARACTERISTICS								
Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.								
Type	Nominal Zener Voltage <sup>(3)</sup> at I <sub>ZT</sub> (V)	Test Current I <sub>ZT</sub> (mA)	Maximum Zener impedance <sup>(1)</sup>		Typical Temperature Coefficient α <sub>VZ</sub> (% / K)	Maximum Reverse Leakage Current		Maximum Regulator Current <sup>(2)</sup> I <sub>ZM</sub> (mA)
			at I <sub>ZT</sub> Z <sub>ZT</sub> (Ω)	at I <sub>ZK</sub> =0.25mA Z <sub>ZK</sub> (Ω)		I <sub>R</sub> (μA)	Test Voltage V <sub>R</sub> (V)	
1N5225	3.0	20	29	1600	-0.075	50	1.0	152
1N5226	3.3	20	28	1600	-0.070	25	1.0	138
1N5227	3.6	20	24	1700	-0.065	15	1.0	126
1N5228	3.9	20	23	1900	-0.060	10	1.0	115
1N5229	4.3	20	22	2000	-0.055	5.0	1.0	106
1N5230	4.7	20	19	1900	+0.030	5.0	2.0	97
1N5231	5.1	20	17	1600	+0.030	5.0	2.0	89
1N5232	5.6	20	11	1600	+0.038	5.0	3.0	81
1N5233	6.0	20	7	1600	+0.038	5.0	3.5	76
1N5234	6.2	20	7	1000	+0.045	5.0	4.0	73
1N5235	6.8	20	5	750	+0.050	3.0	5.0	67



Tenemos 20mA, por debajo de los 89mA máximos permitidos. Vamos bien.

Además los vatios que soporta el zener sería de 0,5 o 1 (ya no recuerdo), pongamos el peor caso, 0,5w. Como sabemos la corriente que pasa por él y la caída de tensión (20mA y 8V respectivamente) sería aproximadamente de:

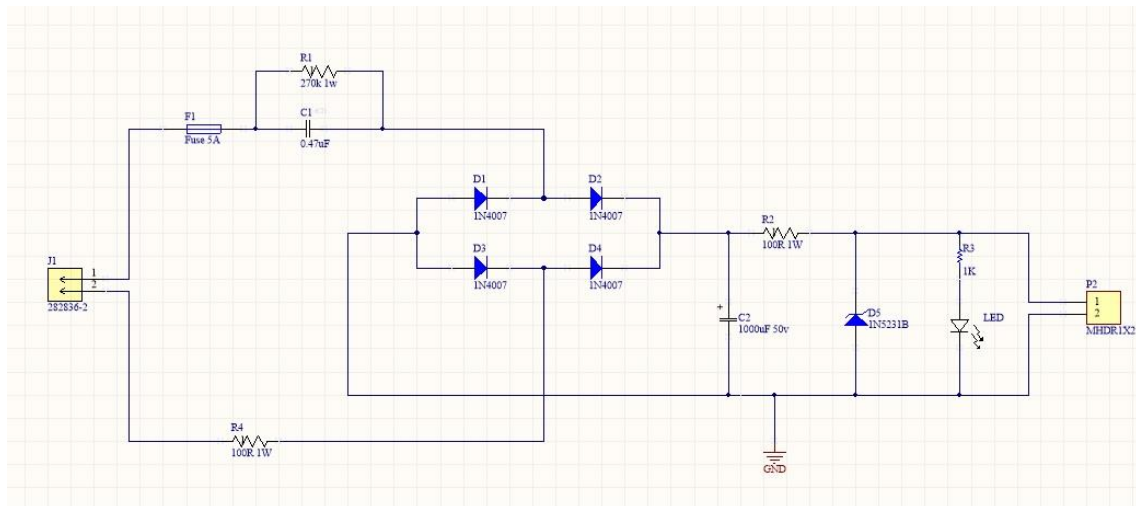
$$W = I \times V = 0,16w$$

Bastante por debajo de 0,5w.

No está mal hacer comprobaciones de este tipo. Además como la tensión suministrada no es fija siempre a 220v (hay picos de tensión que sobrepasan los 311v de amplitud) no está de más hacer un análisis AC sweep entre las amplitudes de la señal correspondientes a por ejemplo 200 y 240 voltios rms o eficaces (esto es, entre 140v y 170v de amplitud máxima aproximadamente). Pero es mejor no alargar mucho más esto.

## Diseño del PCB con el Altium Designer.

El esquemático en el Altium -en el que añadido un fusible, sustituyo la fuente ac por un terminal de empalme de cables para PCBs a la entrada y un conector de salida- sería:



En el proceso de diseño del esquemático me aseguré de que cada componente tuviera su footprint real, el del componente que seleccioné (en páginas como digikey, RS-online, Farnell ...etc).

¿Cómo hice esto?, bueno, en algún caso tiré de datasheet e hice el diseño correspondiente con el Altium (clic botón derecho en el proyecto, desplegable, add new to Project/PCB Library).

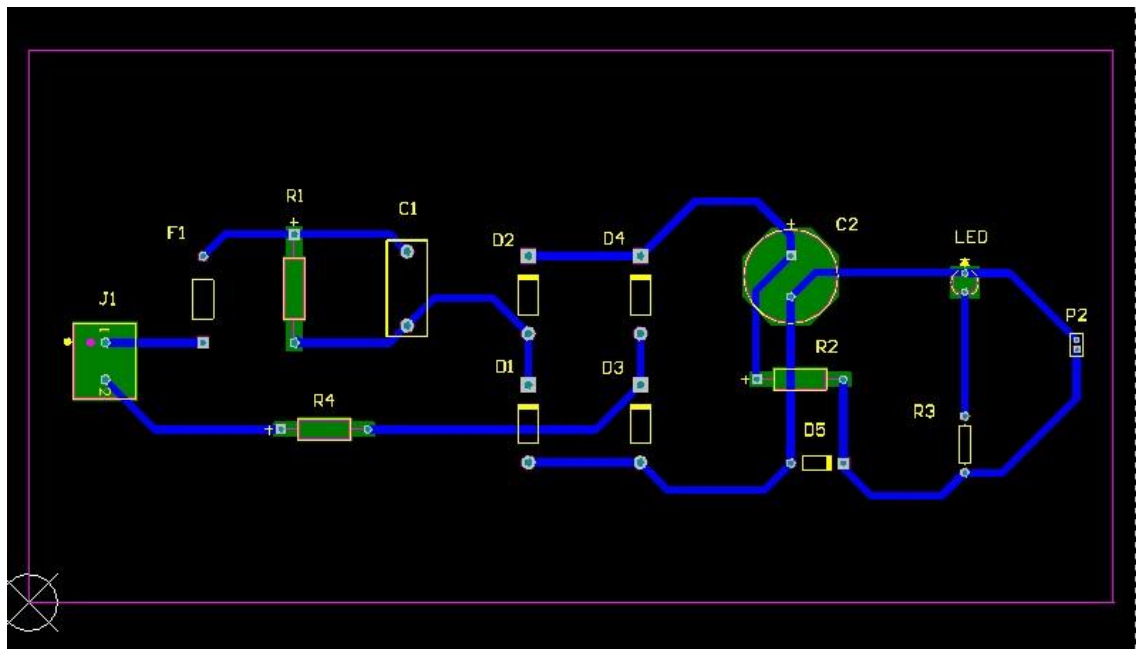
Otros estaban en las librerías que he recopilado con el tiempo de Altium, y por último algunos suministradores de componentes -como digkey- te dan la posibilidad de descargar y tras la ejecución de scripts obtener el esquemático del componente con su footprint (con una herramienta llamada ultra-librarian).

También está la opción para descargar modelos de una página llamada SanapEda, pero mientras que en el Orcad me iba muy bien, en mi versión de Altium no ...

Componente:	Unidades	Nº Serie Fabricante	Breve descripción
J1	1	282836-2	Bloque de terminales fijos
F1	1	0876005.MRET1P	Fusible 250v 5A
C1	1	MKT1822447405	Condensador poliéster de 0,47uF 400v
C2	1	UVY1H102MHD	Condensador electrolítico 1000uF y 50v
R1	1	PR01000104703JR500	Resistencia 270k y 1W
R2,R4	2	FMP100JR-52-100R	Resistencias 100 y 1W
R3	1	CF14JT1K00	Resistencia 1k y 0,25W (el tipo habitual)
D1,D2,D3 y D4	1	1N4007	Diodo de propósito general de 1ª 1Kv
D5	1	1N5231BTR	Diodo zener 5,1v y 0,5w
LED	1	HLMP-1301	LED orificio pasante (los más habituales)
P2	1	HDR1X2-M254-72	Conectores PCB macho

Si completáramos la anterior tabla con más información como el vendedor, marca del fabricante ... y añadiría el precio, tendríamos lo que se llama la “bill of material” o conocido con el acrónimo de BOM, dejo la anterior tabla para atestiguar que he trabajado la cuestión de la elección de componentes. No ha sido al azar.

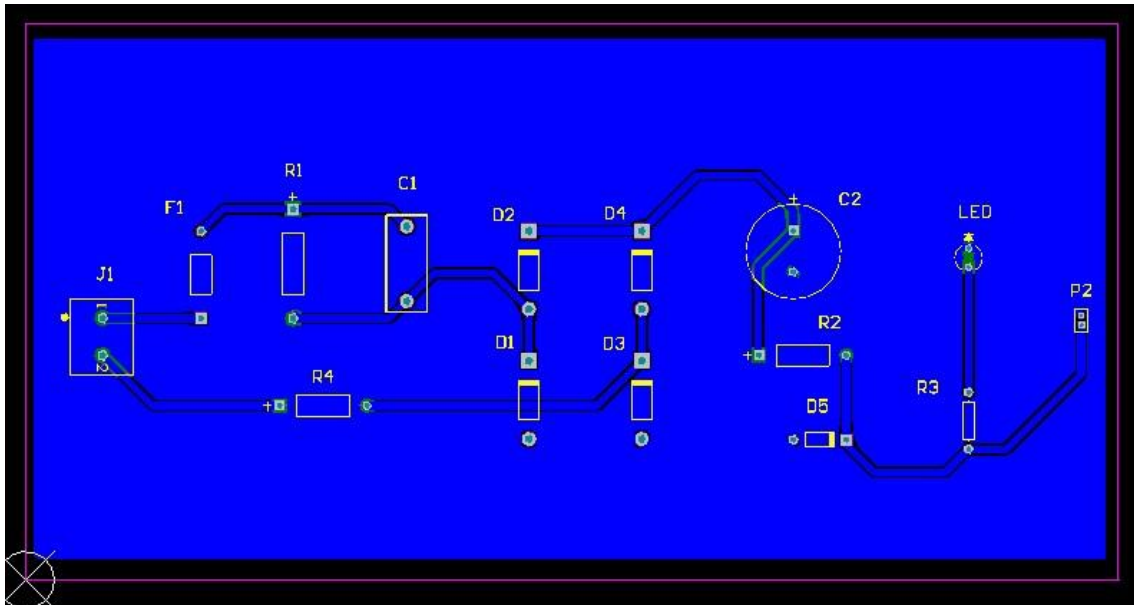
Una vez hecho el esquemático y la selección de componentes y sus footprints diseñé el PCB:



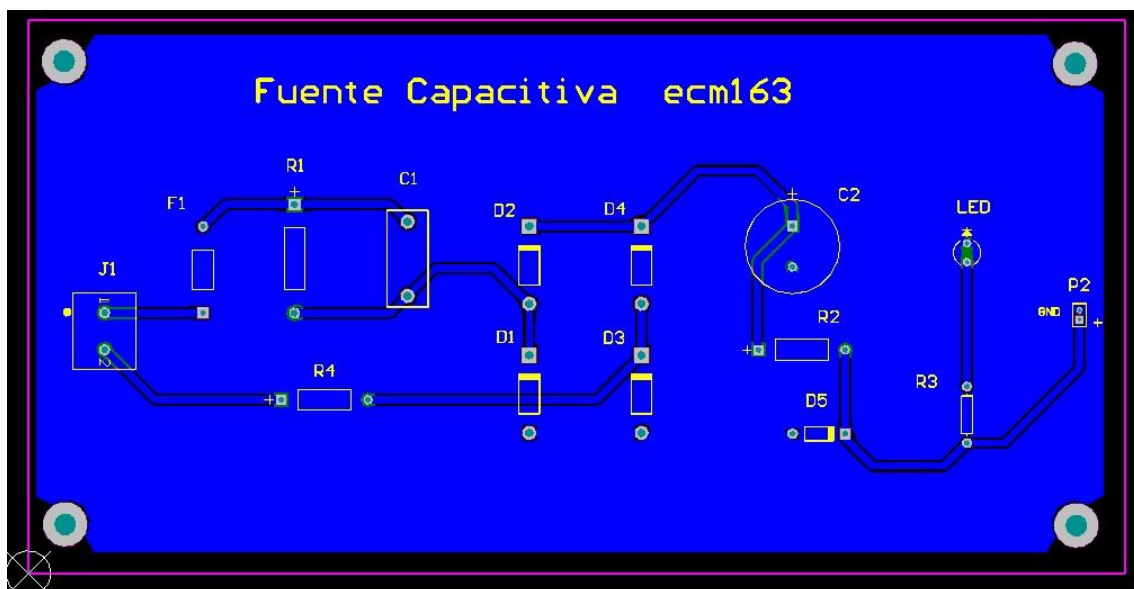
El ruteado lo hice manual, las pistas son de 40 mils (o milipulgadas) que corresponde aproximadamente a un milímetro en sistema métrico, en este caso creo que es un ancho de pista óptimo. El borde de la placa (en morado) aquí lo he puesto como me ha parecido, pero en caso de que el diseño fuera para fabricación lo óptimo es ajustar sus dimensiones a los estándares del fabricante.

A continuación le incorporamos un plano a masa, más concretamente a tierra, mejora la respuesta al ruido y evita corrientes parásitas.

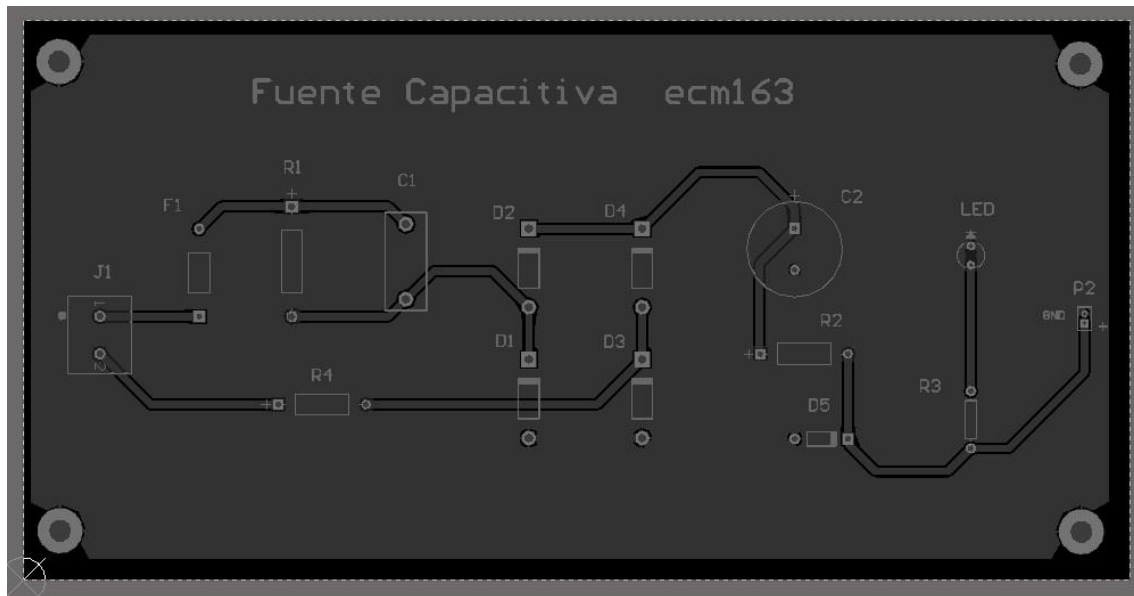




Finalmente le hice los taladros para fijar la placa a algún lado (en este caso es especialmente recomendable que vaya dentro de una carcasa por seguridad).



Y haciendo el “keepout”, es decir, si nos quedamos sólo con el trozo delimitado de la placa:



Para mandar a fabricar el PCB tendríamos que sacar los archivos Gerber, para ello seleccionamos la pestaña File, la opción Frabrication Outputs.

Ahí establecemos diversos parámetros cómo el tipo de unidades (sistema métrico o imperial), el formato de los archivos Gerber (usualmente RS274X), las capas etc.

Las capas o layers que normalmente se seleccionan (o al menos yo lo hago así) son las siguientes:

- **GTL** para la capa superior (TOP)
- **GBL** para la capa inferior (BOT)
- **GTS** para la capa de antisolder superior (TOP MASK)
- **GBS** para la capa de antisolder inferior (BOT MASK)
- **GTO** para la capa de Leyenda de Componentes superior (TOP SILK)
- **GBO** para la capa de Leyenda de Componentes inferior (BOT SILK)
- **GM1** para la capa de Borde o Corte externo del circuito (CUT)

Gerber Setup

General

Layers

Drill Drawing

Apertures

Advanced

Specify the units and format to be used in the output files.  
This controls the units (inches or millimeters), and the number of digits before and after the decimal point.

Units

☒ Inches

☐ Millimeters

Format

☐ 2:3

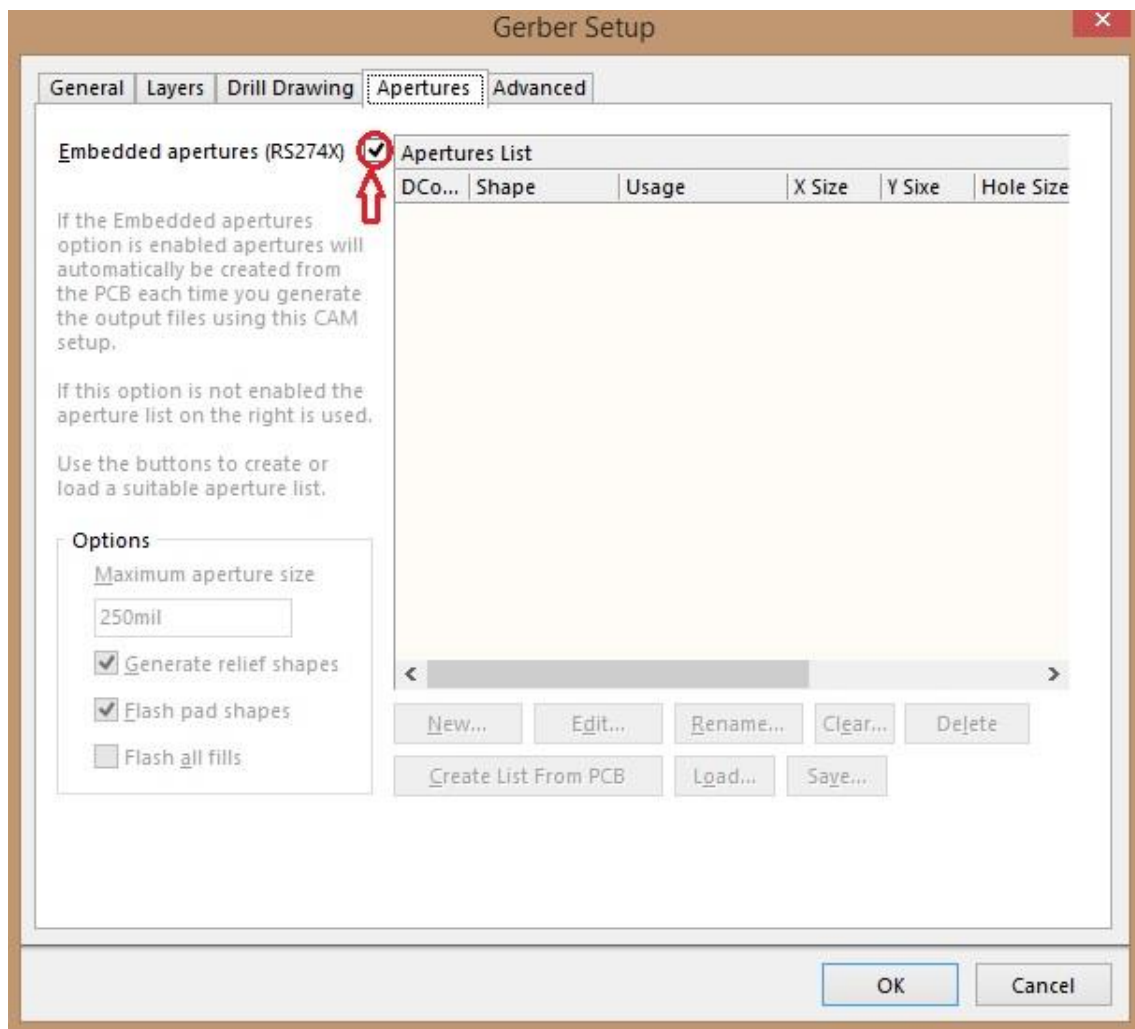
☒ 2:4

☐ 2:5

The number format should be set to suit the requirements of your Project.  
The 2:3 format has a 1 mil resolution, 2:4 has a 0.1 mil resolution, and 2:5 has a 0.01 mil resolution.  
If you are using one of the higher resolutions you should check that the PCB manufacturer supports that format.  
The 2:4 and 2:5 formats only need to be chosen if there are objects on a grid finer than 1 mil.

OK

Cancel



Gerber Setup

General

Layers

Drill Drawing

Apertures

Advanced

Film Size

X (horizontal)

20000mil

Y (vertical)

16000mil

Border size

1000mil

Aperture Matching Tolerances

Plus

0.004mil

Minus

0.004mil

Batch Mode

☒ Separate file per layer

☐ Panelize layers

Other

☐ G54 on aperture change

☐ Use software arcs

☒ Use polygons for octagonal pads

☒ Optimize change location commands

☒ Generate DRC Rules export file (.RUL)

Leading/Trailing Zeroes

☐ Keep leading and trailing zero

☒ Suppress leading zeroes

☐ Suppress trailing zeroes

Position on Film

☐ Reference to absolute origin

☒ Reference to relative origin

☐ Center on film

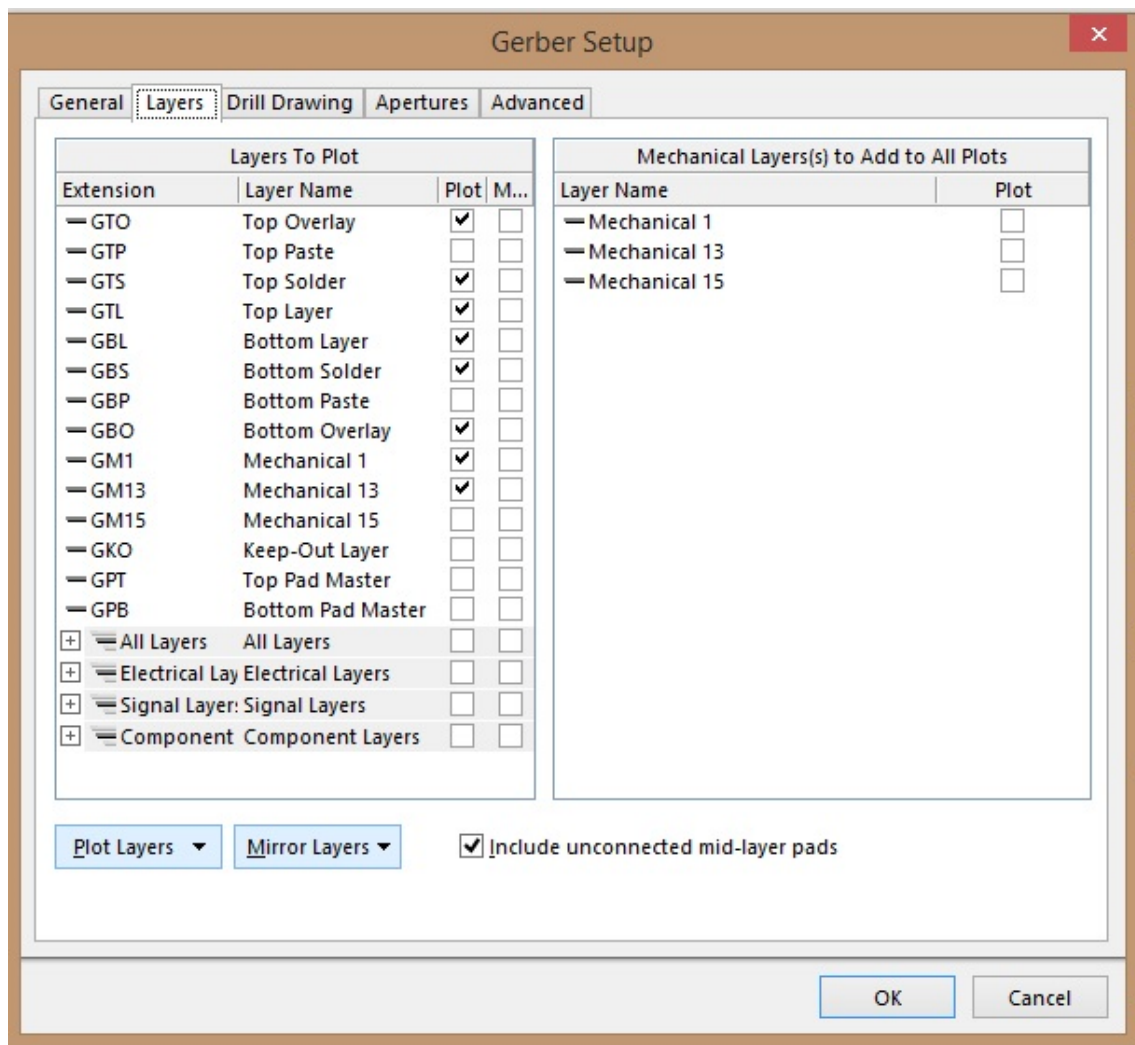
Plotter Type

☒ Unsorted (raster)

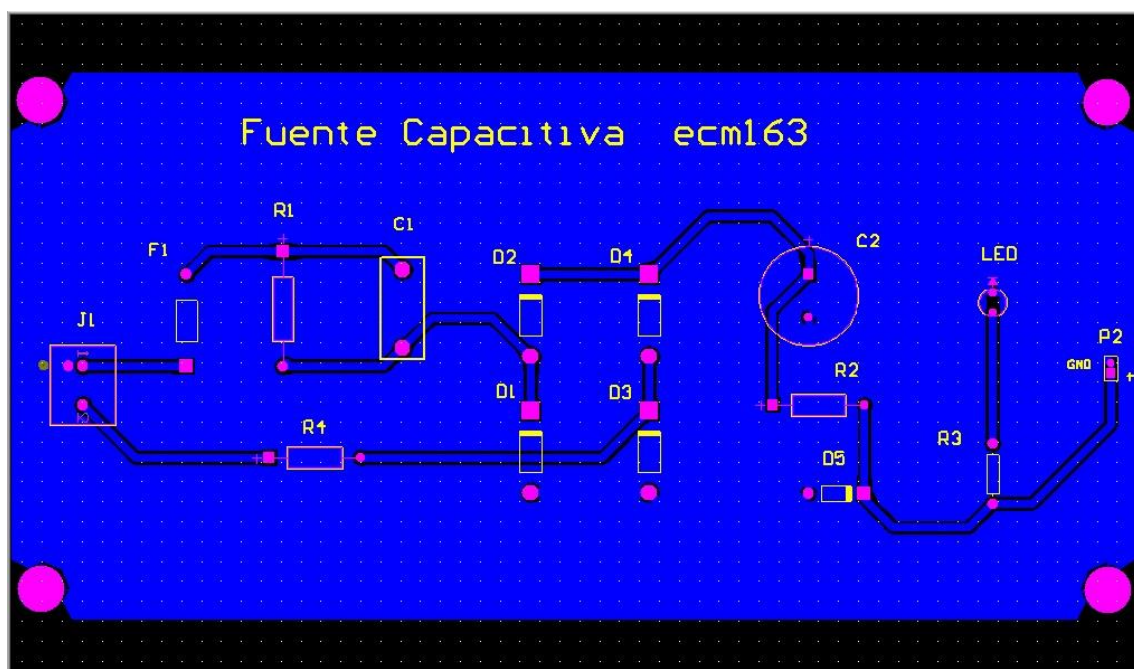
☐ Sorted (vector)

OK

Cancel

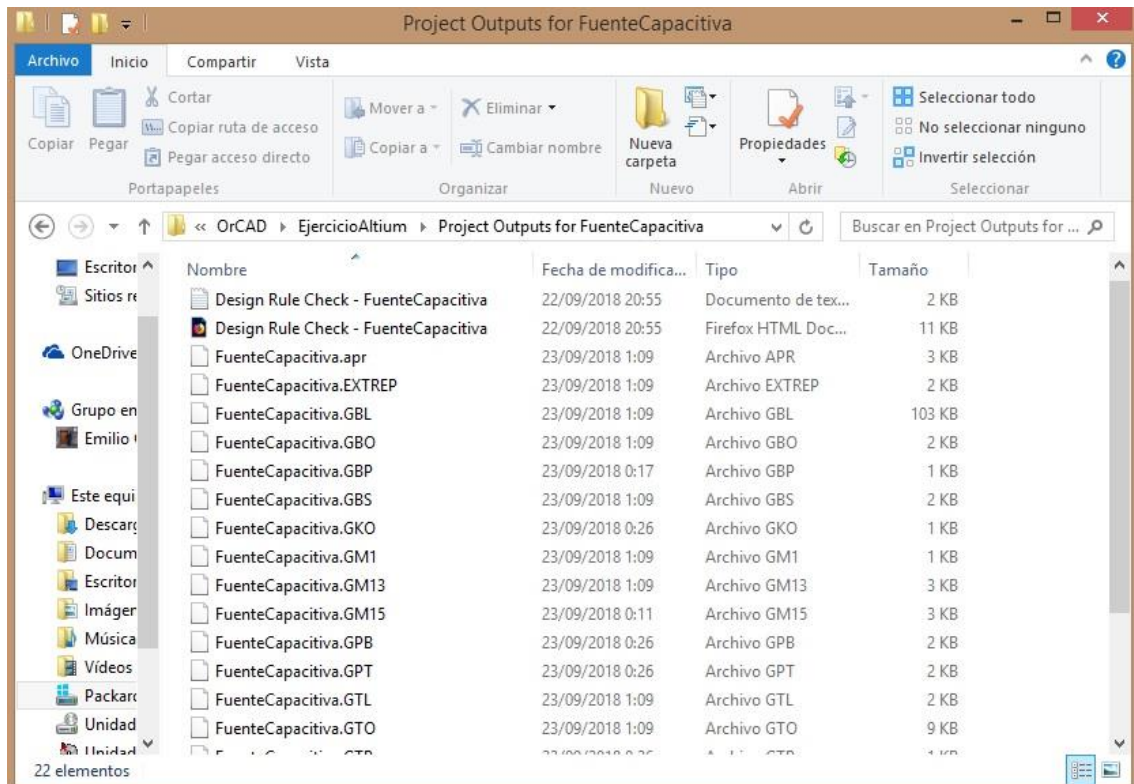


Al pulsar OK nos aparece la utilidad Camtastic que nos permite visualizar los archivos Gerber antes de enviarlos al fabricante. Tal y como lo he configurado el Camtastic es el siguiente:





Los archivos Gerber se han generado automáticamente en una carpeta dentro del proyecto llamada “Project Output”.



Según las capas o layers que seleccionemos y si lo vemos desde arriba o abajo (seleccionando los casilleros top o mirror), tendremos distintas perspectivas desde las que ver nuestro PCB y las distintas capas que lo forman, por ejemplo.

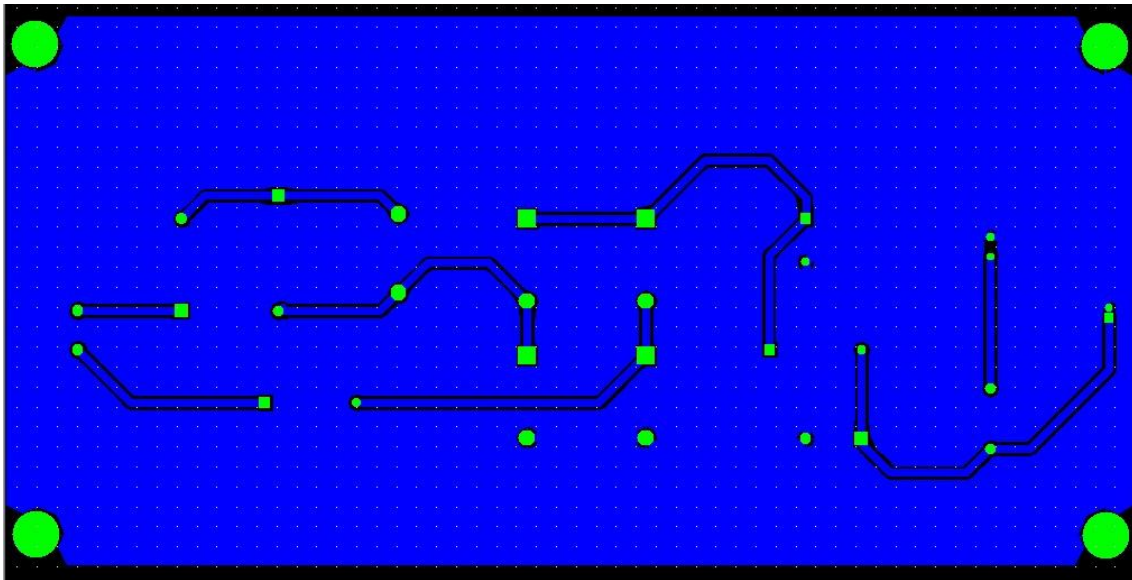
Capa “silkscreen u overlay” (en verde en la imagen) y “top solder” (en morado en la imagen) todo visto desde arriba (en morado también están los taladros en las esquinas de la placa):



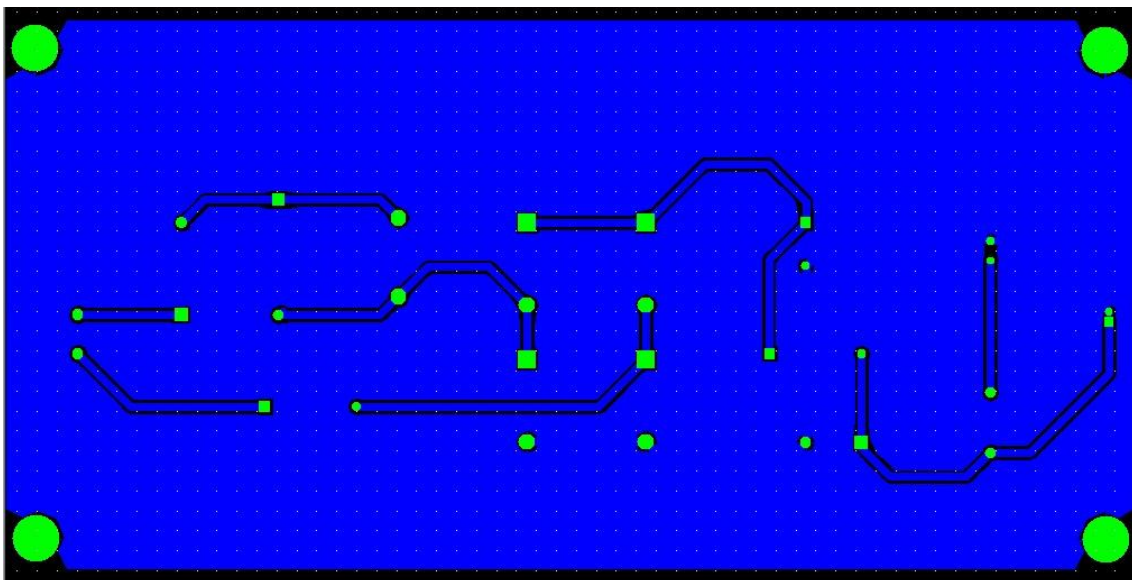
La capa “silkscreen” u “overlay” con los “silk”, es una de las capas superiores que incluye serigrafiado y demarcaciones de componentes, en los PCB los “silk” tienen color blanco con el tradicional fondo verde u de otro color de la máscara antisoldante o “solder mask”.

La capa “top solder” incluyen los pads para soldaduras.

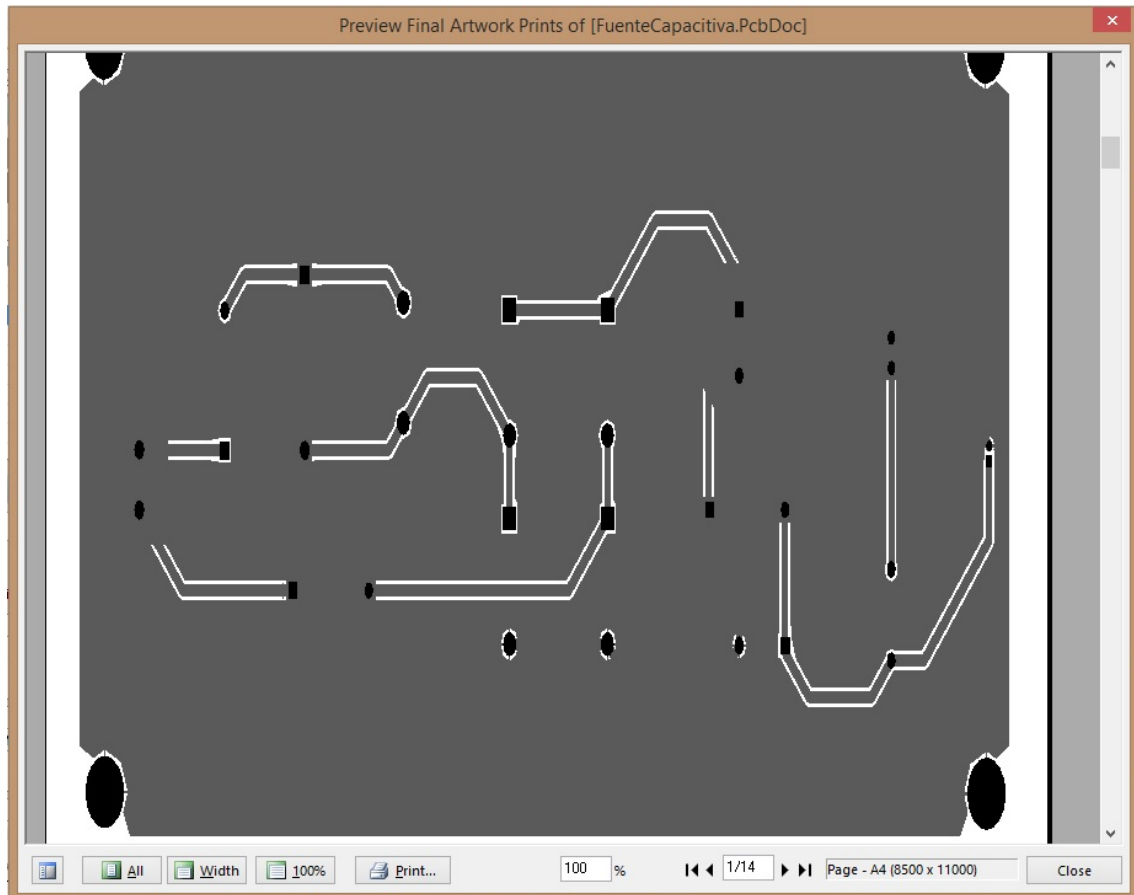
A continuación muestro una vista desde arriba del bottom layer y las soldaduras, es decir una vista desde arriba de la parte inferior del PCB dónde se encuentran las pistas o tracks de este circuito así como el plano de masa y las soldaduras.

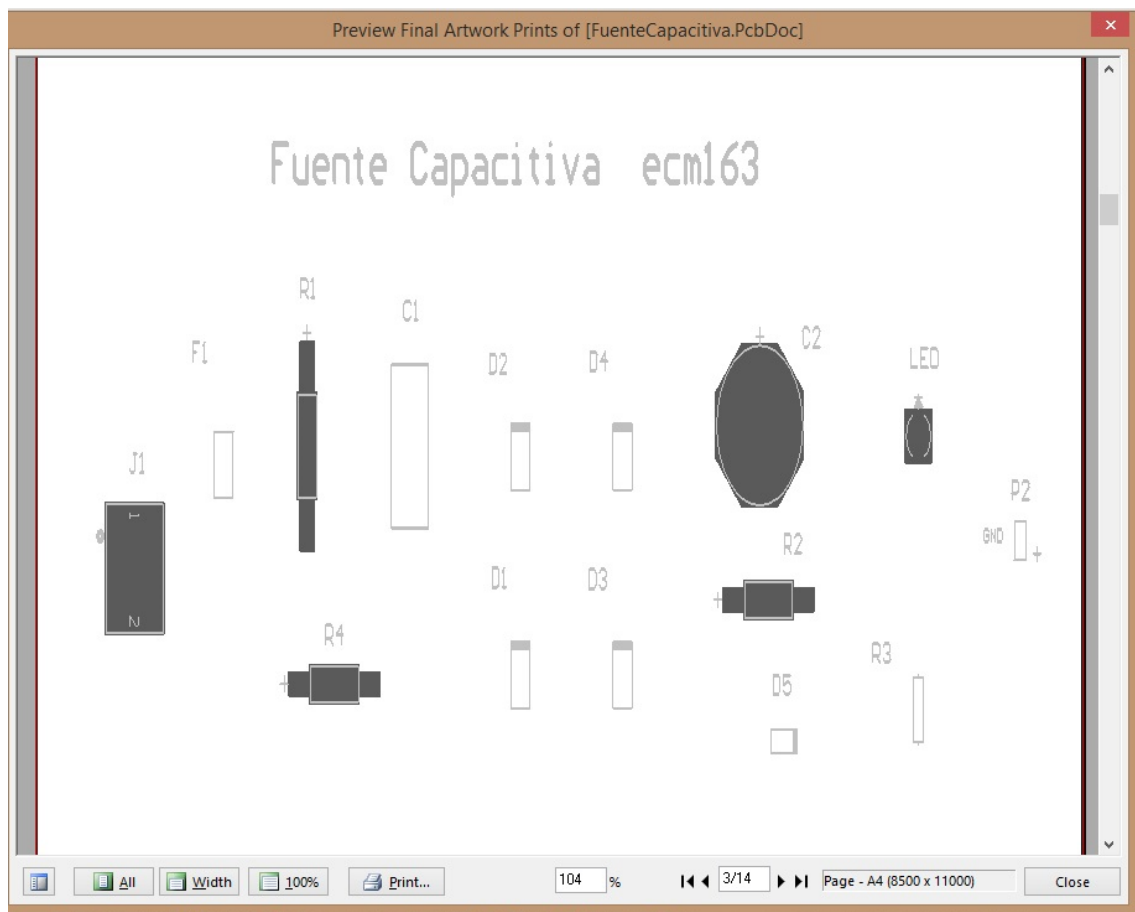


En el siguiente sería lo mismo que en la anterior imagen pero vista desde abajo, es decir, como si hubiéramos dado la vuelta al PCB (por eso a este tipo de vistas en Camtastic se le llaman mirror o espejo):



Hay otra manera de previsualizar el PCB, además esta otra forma nos permite imprimir por si queremos hacer el PCB de manera casera en lugar de pedírselo a un fabricante de PCBs (con el método del planchado por ejemplo). Sería con la opción File/Fabricatio outputs/Final. Muestro dos vistas a modo de ejemplos:





Bueno, con lo documentado hasta ahora espero haber mostrado el proceso de simulación y diseño de la PCB de este ejercicio, así como mostrar que tengo conocimientos de estas cosas.

Gracias por la atención.