

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

ELECTRÓNICA IV

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO GRUPAL N°2

Convertidor Flyback



Carlos Ángel CHEN 60.689
Benjamin LIN 57.242
Nicolás Lorenzo MESTANZA 57.521
Victor OH 56.679

Profesores Responsables de la Materia:

Miguel AGUIRRE
Pablo COSSUTTA
Lien TORI
María Alejandra WEILL

Entrega: 04-06-2023
Corrección:

Índice

1. Introducción	2
2. Diseño del Convertidor Flyback	2
2.1. FlyBack	2
2.2. Snubber	2
2.3. PWM SG3525	3
2.3.1. Compensador	3
3. Simulación y Mediciones	4
4. Altium y Placa	7

1. Introducci3n

Se desea dise1ar un Convertidor Flyback desde un integrado modulador PWM SG3525 utilizando un n1cleo E55/28/21 de material CF196 y fabricante Cosmo. El objetivo del mismo ser1 obtener dos tensiones de salida, una de 16V y otra de 48V cuando la tension de entrada es de 300V (220VAC rectificadas y filtradas)

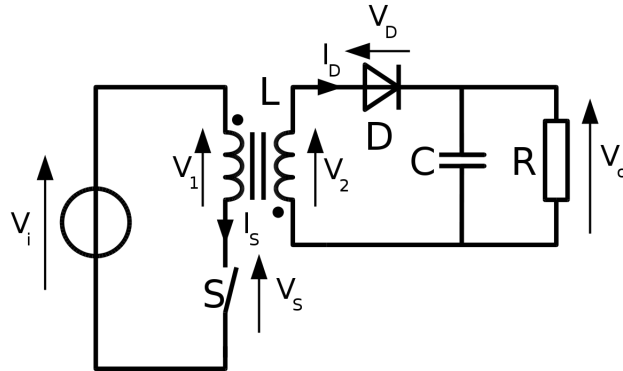


Figura 1: Convertidor Flyback Te3rico

Para dise1ar el circuito entonces se debe analizar el correcto funcionamiento del PWM, el Snubber y el circuito Flyback.

2. Dise1o del Convertidor Flyback

2.1. FlyBack

La relaci3n de tensi3n de salida de un Flyback esta dado por:

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{(1 - D)}$$

Luego, teniendo en cuenta los siguientes datos del mismo:

V _o	Nucleo	Material	Fabricante	AL	Modulador
48/16	E55/28/21	CF196	Cosmo	4700	SG3525

Tabla 1: Datos del Flyback a Dise1ar

Como el integrado PWM tiene un limite de Duty de hasta 45 % se tomo un Duty de 25 % dejando cierto rango de juego. Por lo cual se obtuvo que las vueltas del transformador deben ser:

$$N_1 = 25 \quad N_2 = 12 \quad N_3 = 4$$

2.2. Snubber

Se dise1a un snubber empleando un diodo, una resistencia y un capacitor

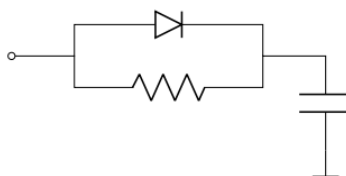


Figura 2: Circuito Snubber

Se calculan los valores del capacitor como:

$$C > \frac{I_p}{\Delta V 3 \cdot 10 f_{sw}} = \frac{1A}{700V 3 \cdot 10 f_{sw}} = 634,92pF$$

Se seleccionó entonces un capacitor de $1nF$, luego la resistencia del mismo circuito está dada por:

$$R = \frac{1}{C 10 f_{sw}} = 1333,33\Omega$$

Por ello, se utilizó una resistencia del mismo orden con valor $R = 1k\Omega$

2.3. PWM SG3525

Este integrado será el responsable de establecer la frecuencia de switching y controlar las tensiones de salida variando su Duty Cycle.

La frecuencia de oscilación a la salida del dispositivo esta dado por:

$$f_{sw} = \frac{1}{2C_T(0,7R_T + 3R_D)}$$

Entonces, para obtener una frecuencia de switching de 75kHz los componentes seleccionados fueron:

$$R_T = 3,9k\Omega \quad C_T = 2,2n \quad R_D = 0\Omega$$

Además, se incrementa o disminuye el duty dependiendo de la tensión de entrada al operacional dentro del integrado. Es decir si Inverting Input es mayor que el Non-Inverting Input, el duty disminuye; si Non-Inverting Input es mayor que el Inverting Input, el duty incrementa.

2.3.1. Compensador

El circuito compensador o controlador para el PWM que se decidió utilizar es de la siguiente forma:

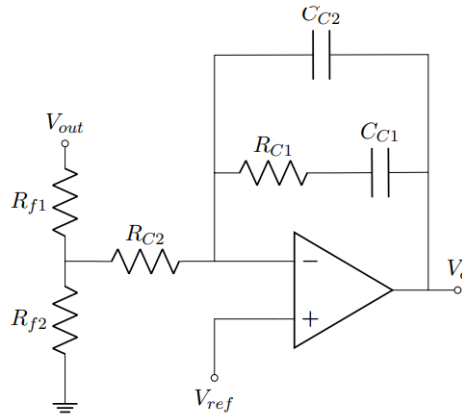


Figura 3: Circuito de Compensación

La transferencia del mismo circuito esta dado por:

$$H(s) = -\frac{C_{C1}R_{f2}s + 1}{R_{f1}(C_{C1}C_{C2}R_{f2}s^2 + (C_{C1} + C_{C2})s)}$$

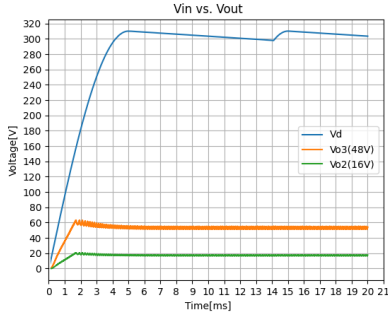
Luego, teniendo en cuenta que la transferencia a salida es:

$$T(s) = \frac{-0,0003738s^2 + 1039s + 2,38 \cdot 10^8}{0,001865s^2 + 22,36s + 2,948 \cdot 10^6}$$

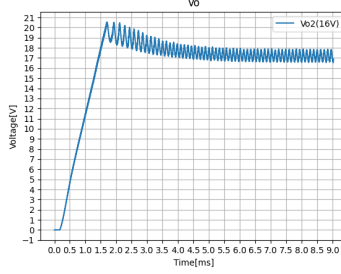
Se seleccionaron estos componentes:

$$\begin{aligned} R_{f1} &= 10k\Omega & R_{f2} &= 1,2k\Omega \\ R_{C1} &= 100k\Omega & R_{C2} &= 6,8k\Omega \\ C_{C1} &= 10nF & C_{C2} &= 1pF \end{aligned}$$

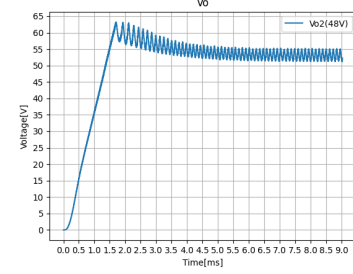
3. Simulación y Mediciones



(a) V_d y V_o

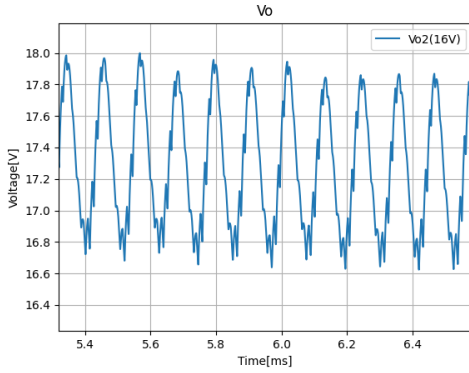


(b) V_o de 16V simulado

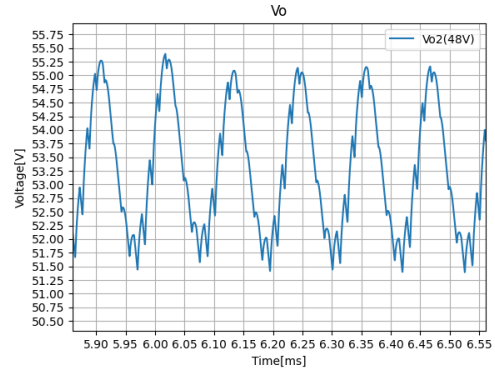


(c) V_o de 48V simulado

Figura 4: V_o

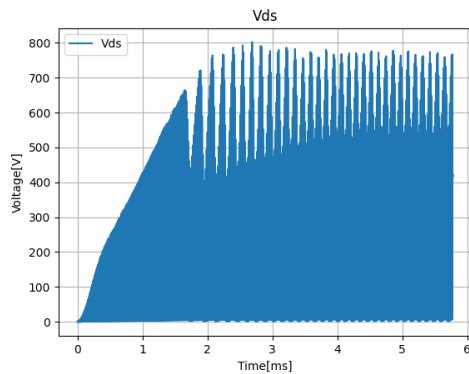


(a) Ripple de V_o de 16V simulado

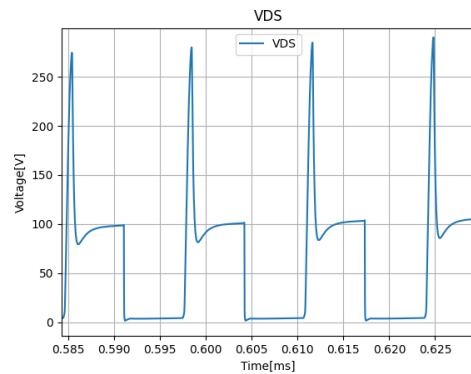


(b) Ripple de V_o de 48V simulado

Figura 5: V_o

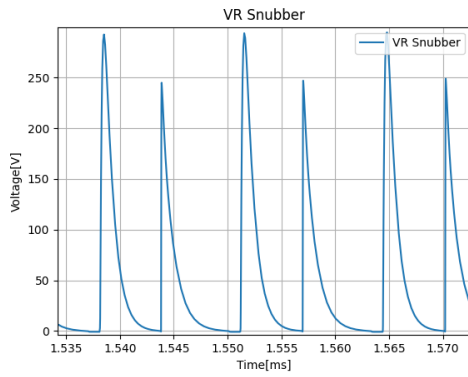


(a) V_{DS} en 5 ms simulado

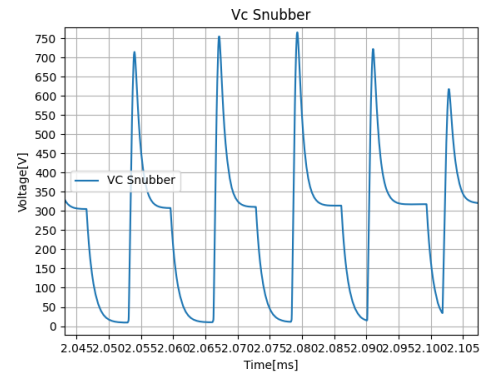


(b) V_{DS} en 3 ciclos simulado

Figura 6: V_{DS}

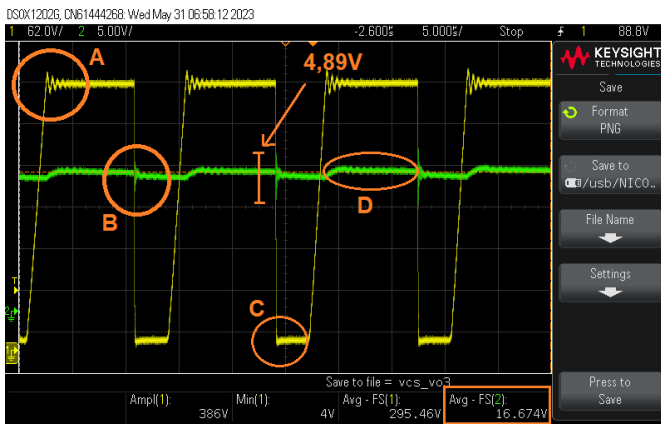


(a) V_R de Snubber simulado

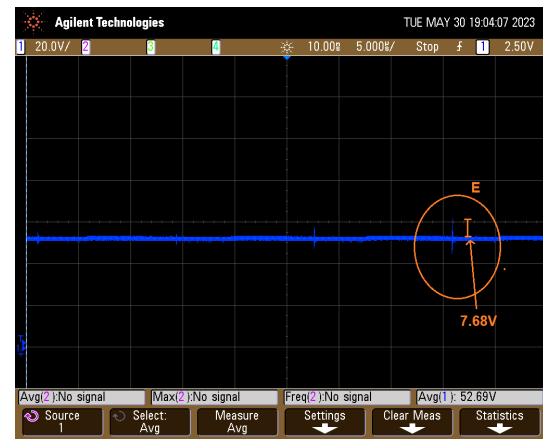


(b) V_C de Snubber simulado

Figura 7: V de Snubber



(a) V_{DS} (amarillo) y V_o de 16V (Verde) medidos



(b) V_o de 48V (Azul) medidos

Figura 8: V_{DS} y ambos V_o medidos

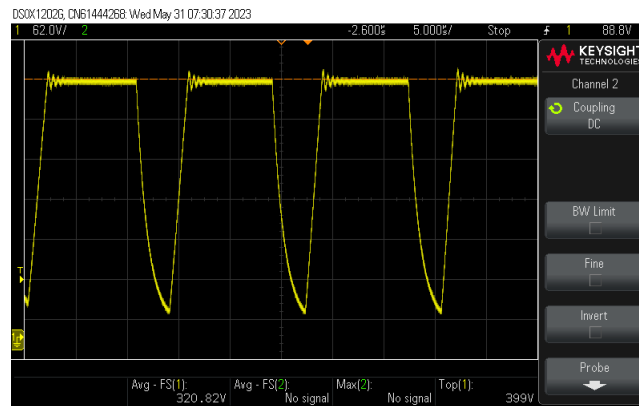


Figura 9: $V_{Snubber}$

En las figuras anteriores se puede observar lo simulado contrastado con lo medido. Partiendo de las simulaciones, en el circuito se obtiene lo deseado a la salida (16V y 48V) como se puede observar en las figuras 4. Luego se hicieron las mediciones de las salidas y la entrada como se observa en la figura 8.

En las mediciones, es posible observar en 8a que la salida coincide con lo esperado, sin embargo, en la figura 8b la salida no coincide con los 48V y la supera, obteniendo un valor de 52.69V. Esto puede deberse a que el

transformador se enrolló con unas vueltas de mas o una mala regulación del duty. Para las mediciones tanto en la salida V_o del secundario como del terciario, se utilizó una resistencia de $100\ \Omega$.

Es importante observar que en la marca A (tensión V_{DS}), cuando se apaga el transistor en el primario, se da una tensión para mantener la corriente en circulación por la $L_{dispersion}$. Por ello, V_{DS} crece hasta el punto en donde sobrepasa la tensión de Snubber, instante en el cual la corriente de dispersión puede circular por el diodo (ahora polarizado en directa) que se utilizó dado por el diseño de la sección 2.2. El capacitor de Snubber, entonces, empieza a cargarse. Luego el diodo del Snubber se apaga una vez que la corriente de dispersión se aproxima a 0. La oscilación amortiguada que observamos se da por un circuito de segundo orden (RLC) compuesto por R (resistencia de ESR del capacitor del Snubber), L (inductancia de dispersión) y C, capacidad interna del transistor MOS (C_{ds} y C_{gd}). Es de vital importancia para el correcto funcionamiento del circuito, el buen diseño e implementación del circuito Snubber para que los sobrepicos no afecten al transistor. Una nota adicional es que durante las mediciones se trabajó en zonas lejanas a los 1000V que soporta dicho transistor para V_{DS} . En las simulaciones, los valores de sobrepico de V_{DS} son mucho mas significativas que en las mediciones pero en las primeras no se ve el comportamiento oscilatorio, efecto que si se aprecia en las mediciones.

La oscilación observada en la tensión V_{DS} (Marca A) se ve trasladada a ambas salidas, como se puede ver en la marca D y menor medida en la marca E. Destacamos que la tensión en la salida del terciario (V_o de 48V), se midió con un osciloscopio diferente y la medición se observa con un componente de ruido notable. Esta medición pudo haberse mejorado utilizando osciloscopios con diferente referencia a tierra. En principio, se pensó que al medir con dos osciloscopios diferentes la medición sería mejor, pero no se tuvo en cuenta el detalle de la tierra compartida por ambos.

Se observa en ambas tensiones de salida un pequeño decrecimiento de la tensión así como una oscilación amortiguada de ambas salidas que ocurre debido a que las corrientes de los bobinados (secundario y terciarios) son menores que las corrientes de ambas salidas, haciendo que los capacitores de salida se descarguen para así entregar corriente al transformador. Sumado a ello, también aparece, nuevamente, un circuito de segundo orden (RLC) con comportamiento amortiguado donde la resistencia e inductancia se deben a componentes parásitos de los capacitores de salida y la capacidad por los mismos capacitores de salida.

Los sobre picos observados en ambas salidas (marcas B y E), V_{pp} son 4.89V y aproximadamente 16V para las salidas de 16V y 48V respectivamente. La parte negativa de ambos sobrepicos se atribuye, en cierta medida, a la I_{rr} de los diodos de salida del secundario y del terciario multiplicados por el factor de la ESR de los capacitores de salida. Notar que se utilizan tres capacitores en paralelo para cada salida, haciendo que la ESR resultante de los 3 capacitores en paralelo disminuya y aumente la capacitancia pero de todas formas aun así el impacto de este factor es significativo.

Notar que para los sobrepicos de ambas salidas V_o (componente negativo) se podría haber implementado un Snubber en paralelo a los diodos de salida teniendo como consecuencia la circulación de I_{rr} por el capacitor del potencial nuevo Snubber y no afectando así al componente de V_o secundario y terciario.

En la marca C, también se observa en mucho menor medida que en el apagado, una oscilación sobre V_{DS} pero sin sobrepicos. Durante el prendido del transistor MOS, y debido al apagado de los diodos de salida (consecuentemente con el efecto de la I_{rr}), se da una oscilación con la $L_{dispersion}$ del transformador. Ésta, luego, se refleja en el primario y es lo que observamos sobre V_{DS} .

Algo muy importante observado en la práctica es que para el compensador, se calcularon teóricamente las resistencias y capacitores de compensación. Sin embargo, a la hora de medir, éste no compensó según lo esperado para una tensión de 220V AC. Una vez detectado el problema, se probaron otros valores en la simulación y en la práctica, sin embargo no se pudieron encontrar valores que estabilicen por completo el comportamiento del circuito. En las iteraciones, puede verse que en las simulaciones de las figuras 5, se observan ripples con oscilaciones muy pronunciadas. De todas formas, se procedió a medir el circuito teniendo esto en consideración. Lo obtenido en la simulación no se observó de manera exacta en las mediciones aunque si se puede ver el comportamiento oscilatorio de ambas V_o .

Sobre la tensión de Snubber (Figura 9) también se observa un sobrepico y un comportamiento oscilatorio amortiguado. El pequeño sobrepico que se observa se debe a la ESR del capacitor de Snubber utilizado y el comportamiento oscilatorio se debe a lo mencionado para V_{DS} precedentemente que se ve en la Marca A, siendo éste trasladado a la tensión de Snubber. Al igual que para V_{DS} , en las simulaciones se observa un sobrepico mucho más pronunciado que no se obtuvo en las mediciones.

4. Altium y Placa

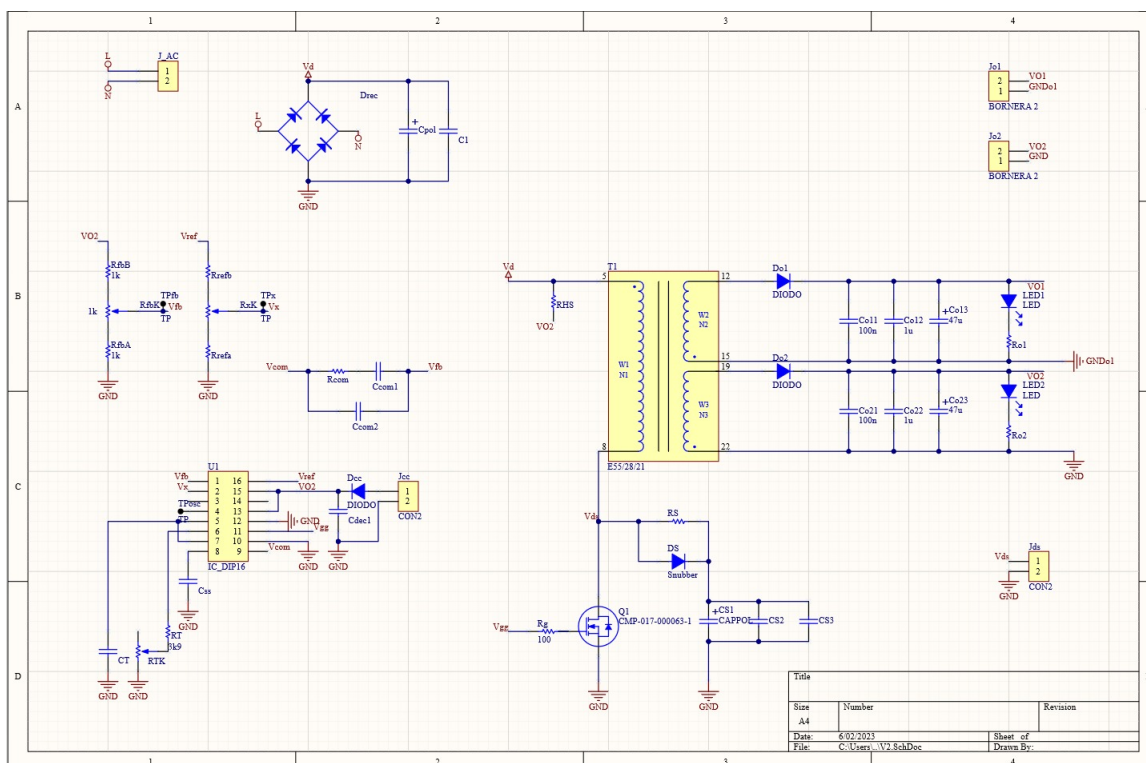


Figura 10: Esquemático en Altium

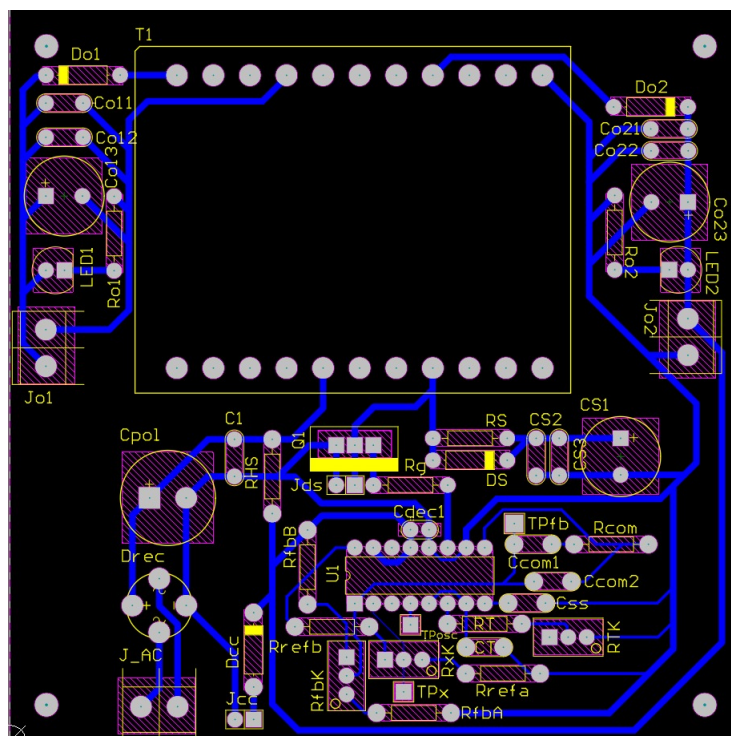


Figura 11: PCB

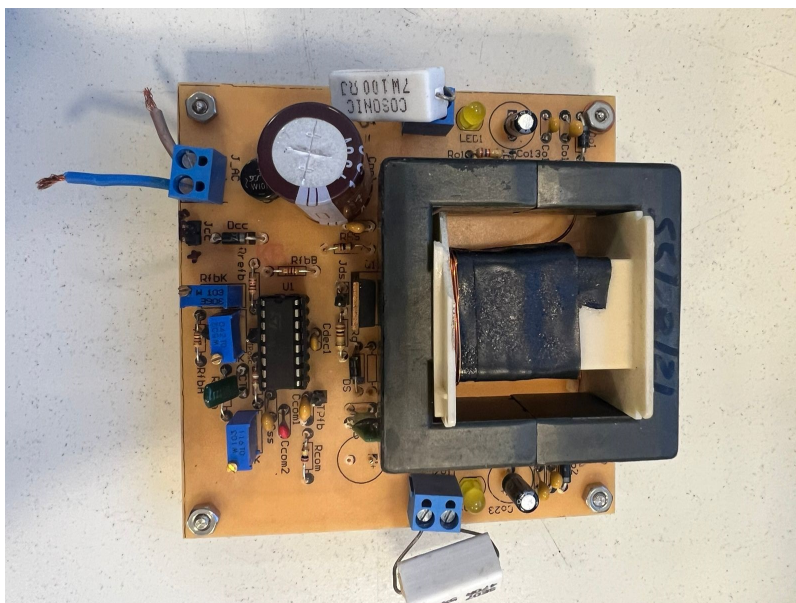


Figura 12: Circuito Utilizado para las mediciones