

0.1. Simulación de Curvas

Para el estudio del modo discontinuo de la fuente estudiada anteriormente, se calculó la corriente media $I_{L_b} = I_{o_b}$ de boundary de la bobina, la cual es la misma que la corriente media de salida. El valor anterior de ΔI_L fue de $494.404mA$ por lo que la corriente media de boundary será

$$I_{L_b} = \frac{\Delta I_L}{2} = 247.202mA \quad (1)$$

Por esta razón, si la corriente de salida es menor que I_{L_b} , la fuente trabajará en modo discontinuo. Se seleccionó una resistencia de salida de $R_o = 500\Omega > R_{o_{min}} = \frac{V_o}{I_{L_b}} = 97.1\Omega$ para obtener resultados más significantes y se utilizó un duty cycle $D = 0.665$ para conservar los $24V$ de salida requeridos. A continuación se detallan las curvas simuladas.

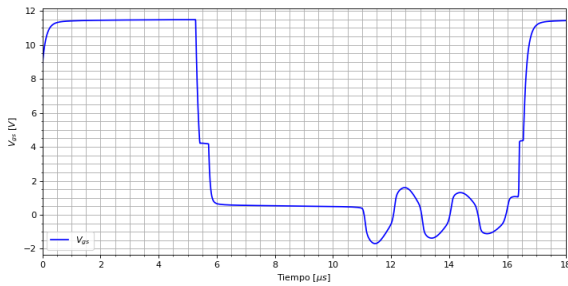


Figura 1: Tensión V_{gs} en modo discontinuo.

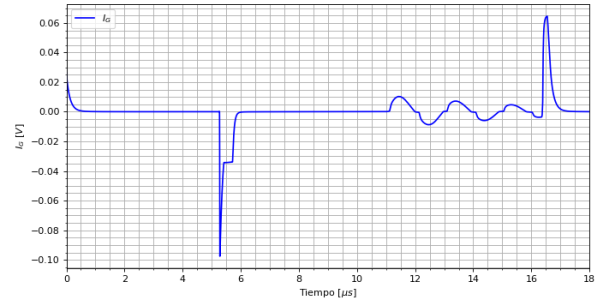


Figura 2: Corriente I_g en modo discontinuo.

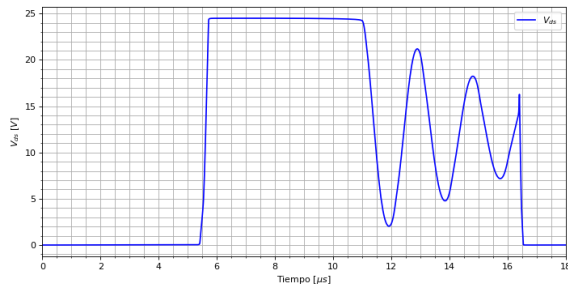


Figura 3: Tensión V_{ds} en modo discontinuo.

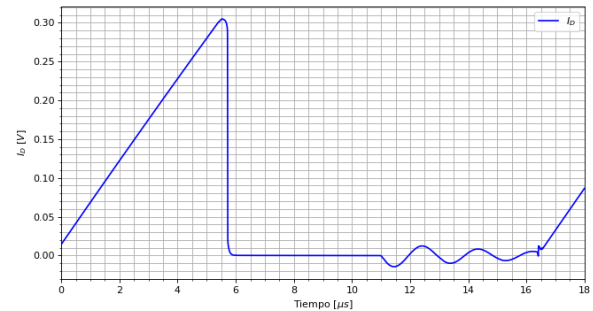


Figura 4: Corriente I_D en modo discontinuo.

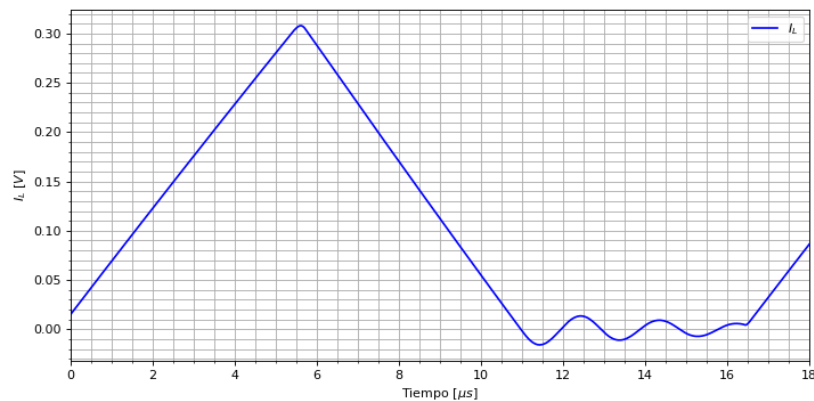


Figura 5: Corriente de la bobina en modo discontinuo.

A primera vista, lo que más llama la atención es la oscilación de $517KHz$ producida en el nodo compartido por la bobina, el switch y el diodo. Esto ocurre en el momento en el que se acaba la energía almacenada en el campo

magnético. Este efecto de ringing es ocasionado debido a que, cuando la bobina queda sin energía y la corriente llega a cero, inductancias parásitas del circuito ocasionan que se genere una pequeña corriente I_{rr} de inversa del diodo antes de que este se polarice en inversa, energizando a su vez un circuito RLC muy subamortiguado entre la bobina, el resistor de la bobina y los capacitores parásitos del MOSFET. Este ringing producido por efectos parásitos puede resultar dañino para el transistor, si los picos de tensión sobrepasan la tensión máxima V_{ds} de este. Además, estas oscilaciones pueden provocar emisiones electromagnéticas, reducir la eficiencia del convertidor a causa de disipación elevada de potencia, e incluso generar un ripple de tensión ΔV_o mayor a la salida, si se comienza un nuevo ciclo de carga de la bobina cuando la corriente de esta no cruza exactamente por el cero, como se observa en la Figura (4) [Impact of Inductor Current Ringing in DCM on Output Voltage of DC-DC Buck Power Converters].

Una forma de reducir estas oscilaciones es implementando un circuito snubber [Minimizing Ringing at the Switch Node of a Boost Converter] correctamente dimensionado a costo de aumentar la disipación de potencia y el tiempo de conmutación. Sabiendo que la pseudo-frecuencia de oscilación es de $f_o = 517KHz$ y aproximando la capacidad parásita C_{par} que interactúa en el proceso como la capacidad parásita C_{gd1} se tiene que

$$L_{par} = \frac{1}{C_{par}(2\pi f_o)^2} = \frac{1}{750pf(2\pi 517KHz)^2} = 126.3\mu H \quad (2)$$

Luego,

$$C_{snub} = 3C_{par} = 2.225nF \quad (3)$$

$$R_{snub} = \sqrt{\frac{L_{par}}{C_{snub}}} = 355\Omega \quad (4)$$

Quedando el circuito como se observa en la Figura (). A continuación se detallan las curvas simuladas con el snubber en las Figuras (6) y (7).

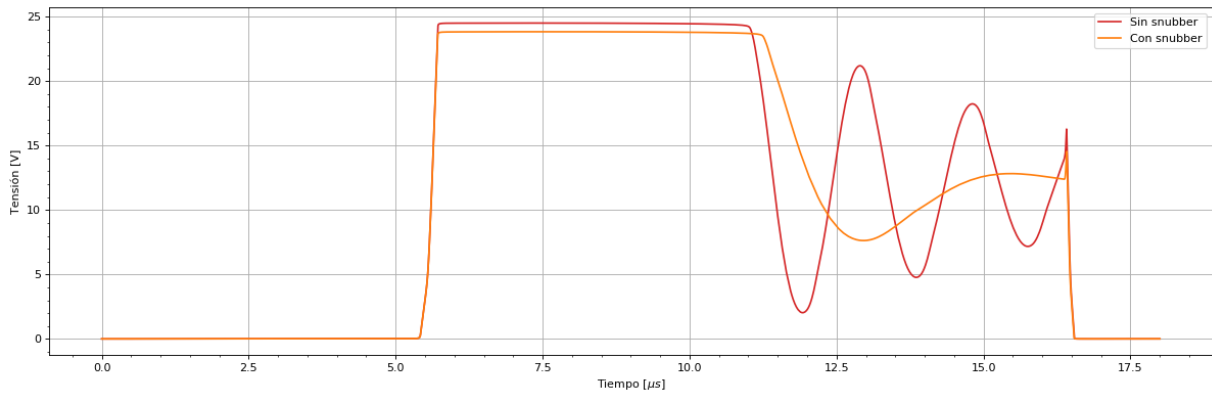


Figura 6: Comparación entre V_{ds} en modo discontinuo con y sin snubber.

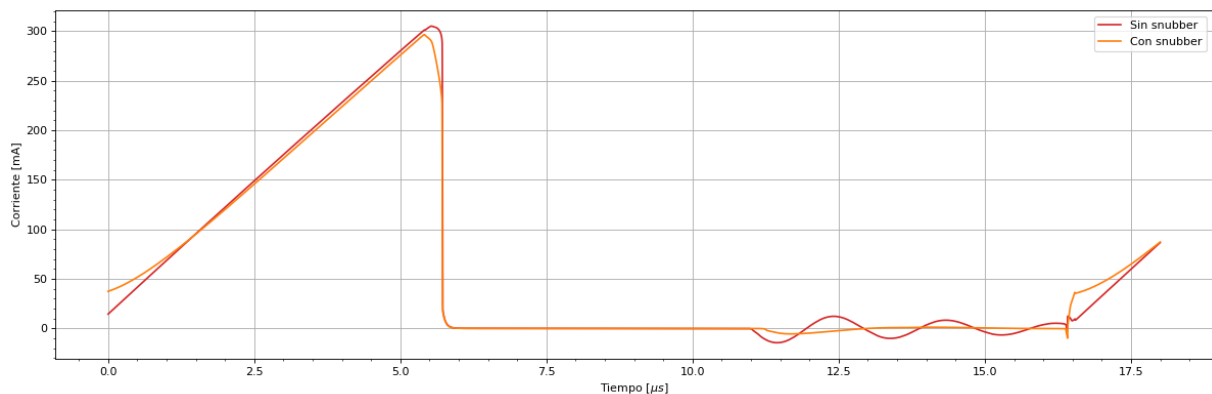


Figura 7: Comparación entre I_{ds} en modo discontinuo con y sin snubber.

Si bien se puede observar una disminución en la amplitud y pseudo-frecuencia de oscilación, se puede sintonizar el circuito snubber más allá de los cálculos teóricos para lograr un mayor amortiguamiento. Un efecto secundario que se observa también es la pequeña disminución de la tensión de salida del conversor a lazo abierto. En la siguiente sección veremos como si bien este circuito logra disminuir el efecto de ringing, también aumenta la disipación de potencia.

0.2. Potencia Disipada

Se observa en la Figura (8) que para el encendido del MOSFET la potencia disipada fue casi eliminada mientras que además ha disminuído considerablemente la potencia en el apagado.

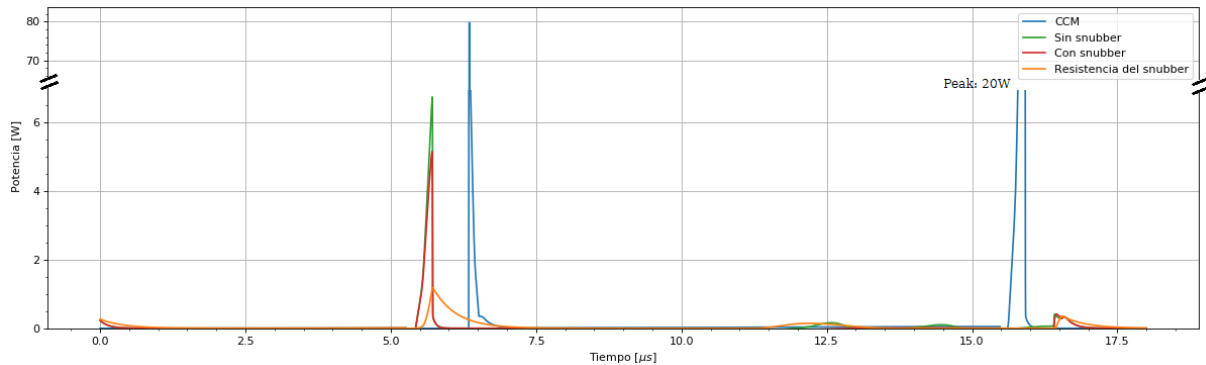


Figura 8: Comparación entre potencias disipadas en CCM, DCM y DCM con snubber, donde las curvas azul, verde y rojo son potencia disipada en el MOSFET en cada caso y la curva naranja es la potencia disipada en la resistencia del snubber para el caso de DCM con snubber.

Para el caso de DCM con snubber, se observa que si bien la potencia disipada en el apagado es menor, la diferencia ganada en el MOSFET es menor que la potencia que se disipa en la resistencia del snubber.

0.3. Conclusiones

La utilización del modo discontinuo en convertidores DC-DC puede ser útil a la hora de reducir la potencia disipada por el MOSFET, sin embargo, esto conlleva varios efectos secundarios como la generación de oscilaciones a partir de efectos parasíticos que pueden llegar a dañar al transistor, generar emisiones electromagnéticas, aumentar el tiempo de conmutación o aumentar el ripple en tensión de salida. Se pueden diseñar circuitos que minimicen este efecto de oscilación pero frecuentemente viene arraigado con esto una mayor disipación de potencia debido a la introducción de elementos resistivos para amortiguar el circuito RLC parasítico formado.