

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica

Electrónica de Potencia

**PRODUCTO INTEGRADOR DE APRENDIZAJE: CONVERTIDOR DC-
DC REDUCTOR**

PROFESOR: M.C. Mario Alberto González Vázquez

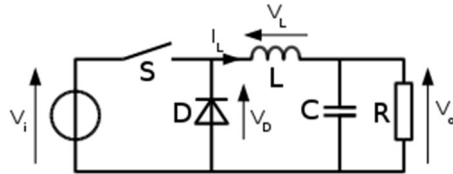
SEMESTRE: agosto – diciembre 2023

MATRÍCULA	NOMBRE	HORA	GRUPO
2077415	Andrés San Martín Morín	LMV: M6	005

22 de noviembre del 2023

2.- Convertidor reductor BUCK

Para este proyecto integrador se seleccionó un convertidor DC-DC debido a que fue el primer tema visto en clase por lo que se pudo estudiar con más preparación debido al tiempo. Se eligió el convertidor reductor BUCK en vez del boost o el buck-boost debido a la mayor facilidad para controlar el voltaje de salida en función del ciclo de trabajo y así disminuir las complicaciones del proyecto.



3.- Diseño del convertidor

Se desea un convertidor Buck con las siguientes especificaciones:

$$V_{in} = 12v$$

$$V_{out} = 5v$$

$$\text{Voltaje de rizo en la salida} = 10mV$$

$$I_{out} = 1A$$

$$f_s = 100KHz$$

Elementos pasivos:

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5v}{12V} = 41.67\%$$

$$\Delta I_L = 0.4I_o = 0.3(1A) = 300mA$$

$$L = \frac{V_o(1 - D)}{f_s \Delta I_L} = \frac{5v(1 - 0.416)}{100KHz \cdot 300mA} = 97\mu H$$

$$C = \frac{\Delta I_L}{8f_s \Delta V_o} = \frac{300mA}{8(100KHz)10mV} = 375\mu F$$



Para el inductor se seleccionará un inductor blindado SPRH127-101M de 100uH con una resistencia parásita de 200mOhms y una corriente de saturación de 2.56A.

Para el capacitor se seleccionará un arreglo de un capacitor electrolítico de 3300uF, un capacitor de tantalio de 10uF y un capacitor cerámico de 47nF. De esta manera nos aseguramos que el voltaje de rizo se disminuya aun mas.

MOSFET:

$$I_{MOSFET} > (I_o D = 2A * 0.416 = 416mA)$$

$$I_{peak} = I_o + \frac{IDL}{2} = 416mA + \frac{300mA}{2} > 566mA$$

$$V_{DS} > (V_i = 12v)$$

$$f_{MOSFET} > f_s = 100KHz$$

Se seleccionó un mosfet IRFZ44N con un VDS máximo de 55v, una resistencia interna de 17.5mOhms y una corriente pico de 49A

Calculo de la frecuencia máxima de conmutación tentativa del MOSFET

Este mosfet tiene una carga en total en gate Qg máxima de 63nC

Se estima que pase un voltaje pico en el gate del mosfet de 1.2A por lo que podemos hacer un calculo impreciso de la frecuencia máxima de conmutación con la siguiente formula:

$$f_{max} = \frac{I_G}{Q} = \frac{1.2A}{63nC} = 19MHz$$

Esta es una estimación muy alejada de la realidad, pero demuestra que si vamos a trabajar con una frecuencia máxima de 100KHz entonces no debe haber problema debido a la gran diferencia entre estas dos frecuencias.

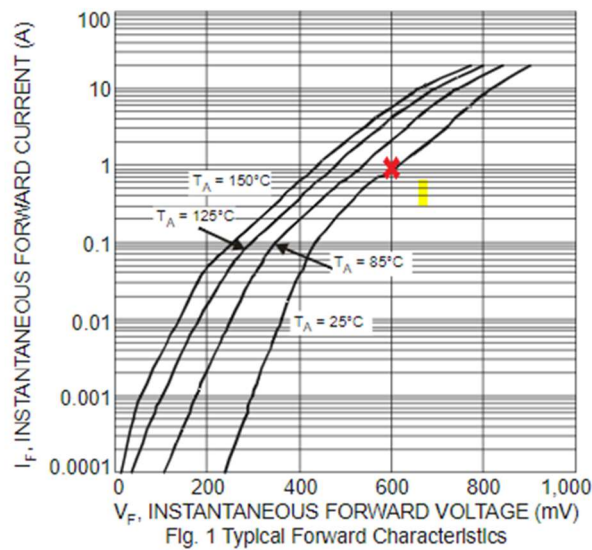
Diodo schottky:

$$I_D > [I_o(1 - D) = 1A(1 - 0.416) = 584mA]$$

$$V_{RRM} > (V_i = 12v)$$

Para el diodo schottky no se hizo una selección, simplemente usé el diodo 20150TCP debido a que ya contaba con él.

Este diodo tiene una máxima corriente de conmutación de 20A y un voltaje inverso máximo de 150v y un voltaje de activación de 600mV



Driver

Para el driver se seleccionó el IR2110 que tiene una corriente máxima de suministración de 2^a

Y una frecuencia máxima de conmutación de 4.6MHz.

4.- Análisis de convertidor promediado e instantáneo de las variables de entrada, así como de la estrategia de control

Análisis promediado

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} [(V_i - V_o)D + (-V_o)D']$$

$$\frac{dV_o}{dt} = \frac{1}{C} \left[\left(i_L - \frac{V_o}{R} \right) D + \left(i_L - \frac{V_o}{R} \right) D' \right]$$

Donde:

$$D' = 1 - D$$

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$

$$V_o = 5v$$

$$V_i = 12v$$

$$i_L = 1A$$

$$R_{min} = 50hms$$

$$C = 3300uF$$

$$L = 100uH$$

Simplificando resulta que:.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} [-V_o + V_i D]$$

$$\frac{dV_o}{dt} = \frac{1}{C} \left(i_L - \frac{V_o}{R} \right)$$

Obteniendo la función de transferencia:

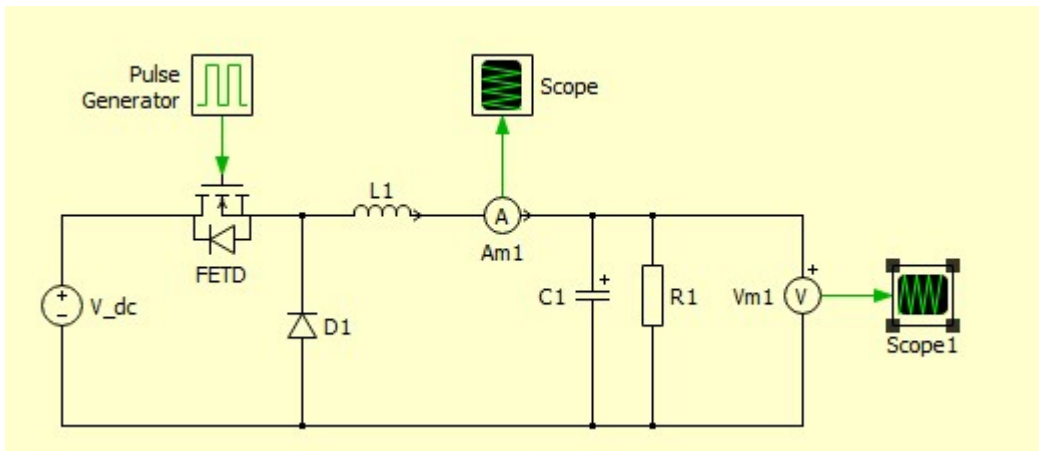
$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{\frac{V_i}{C}}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}}$$

Estrategia de control

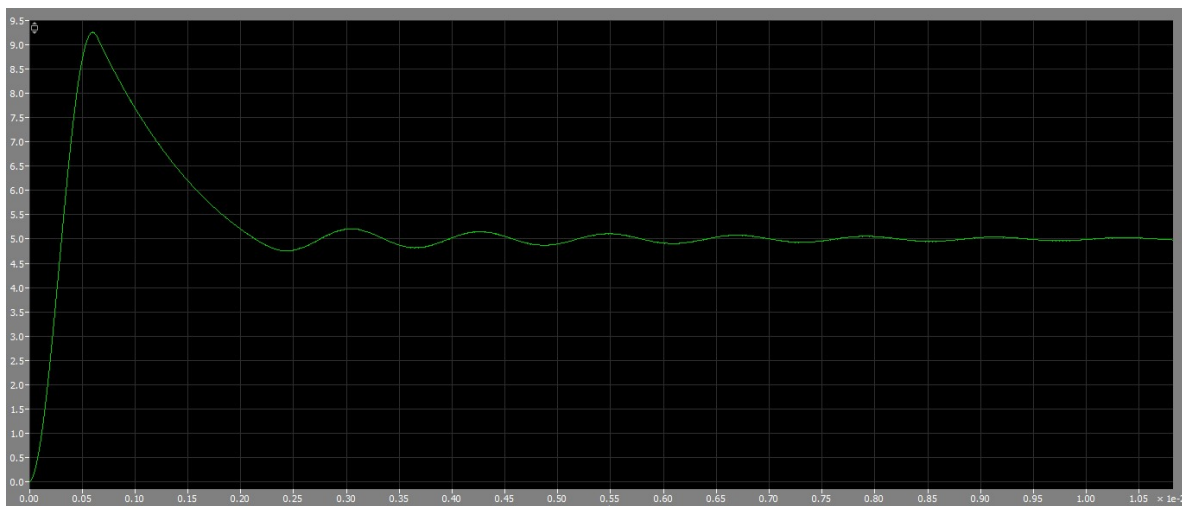
Para este convertidor reductor se hizo la selección de un controlador PI en vez de un PID ya que la parte derivativa dificultaba la estabilización del mismo debido al ruido de alta frecuencia que generan las inductancias parásitas de las pistas del circuito por lo que se optó por selección un controlador integrador proporcional de esa manera, aunque lento, se asegura llegar al punto de consigna.

5.- Simulación del convertidor y su aplicación

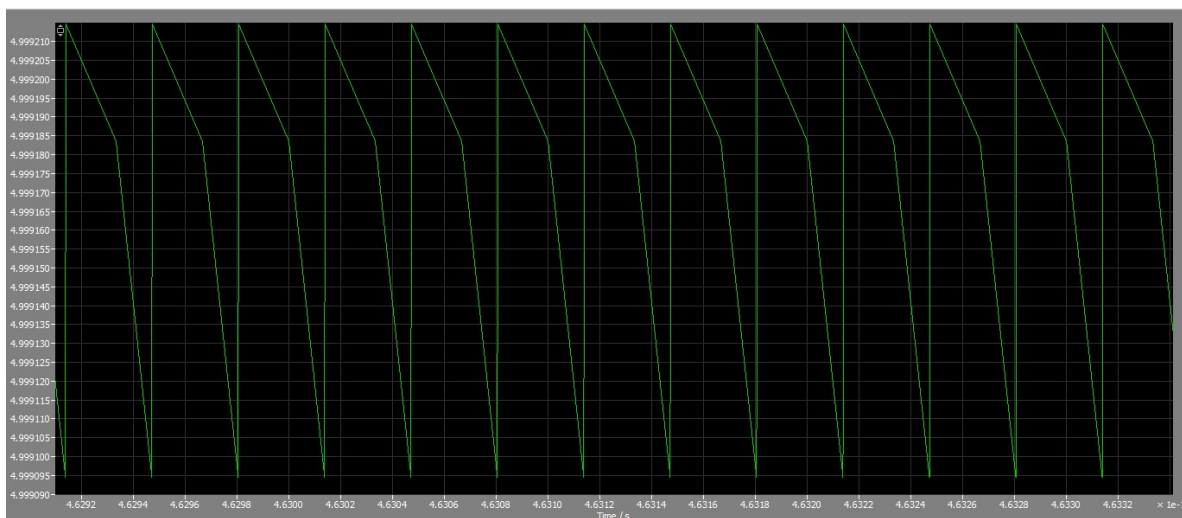
Lazo abierto



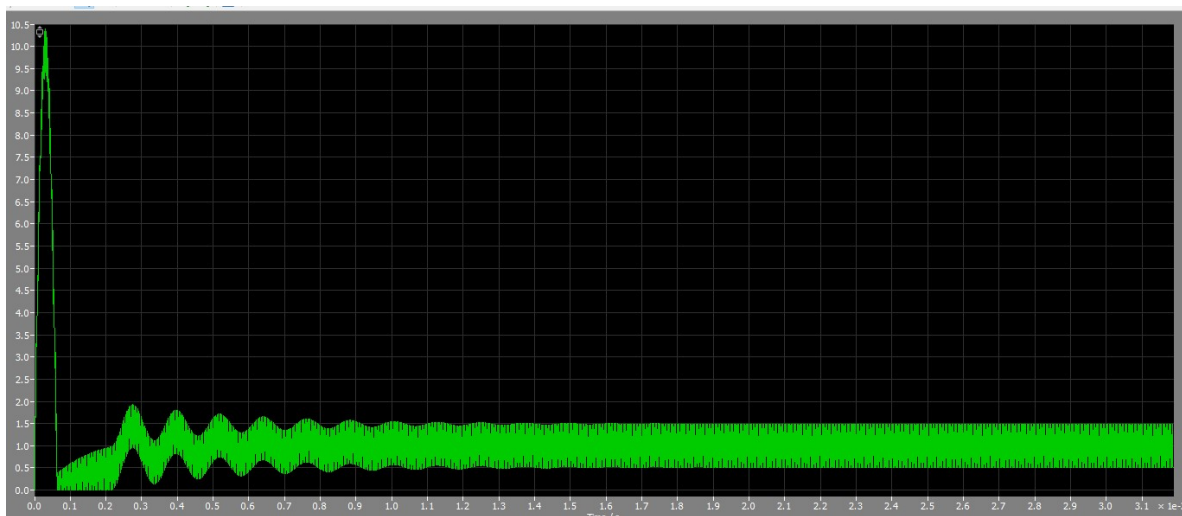
Voltaje de salida promedio



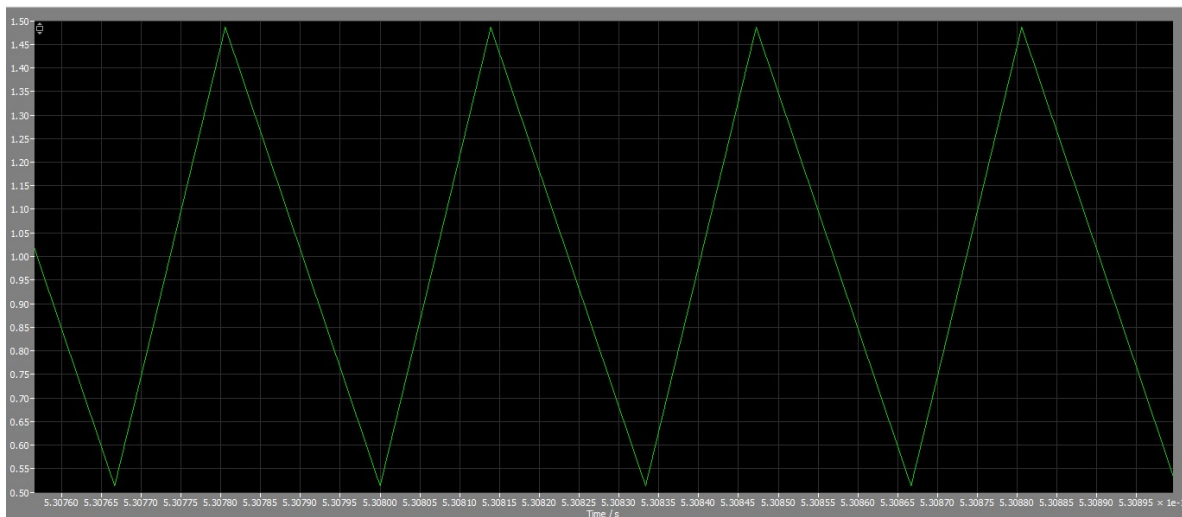
Voltaje de rizo



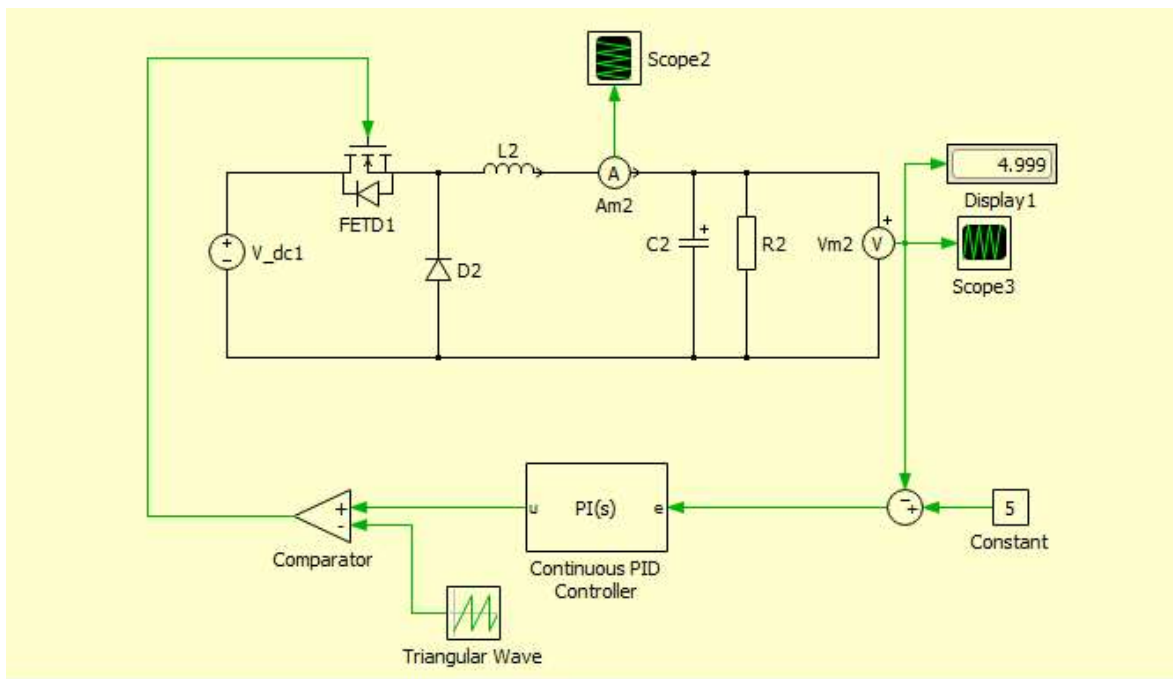
Corriente del inductor promedio



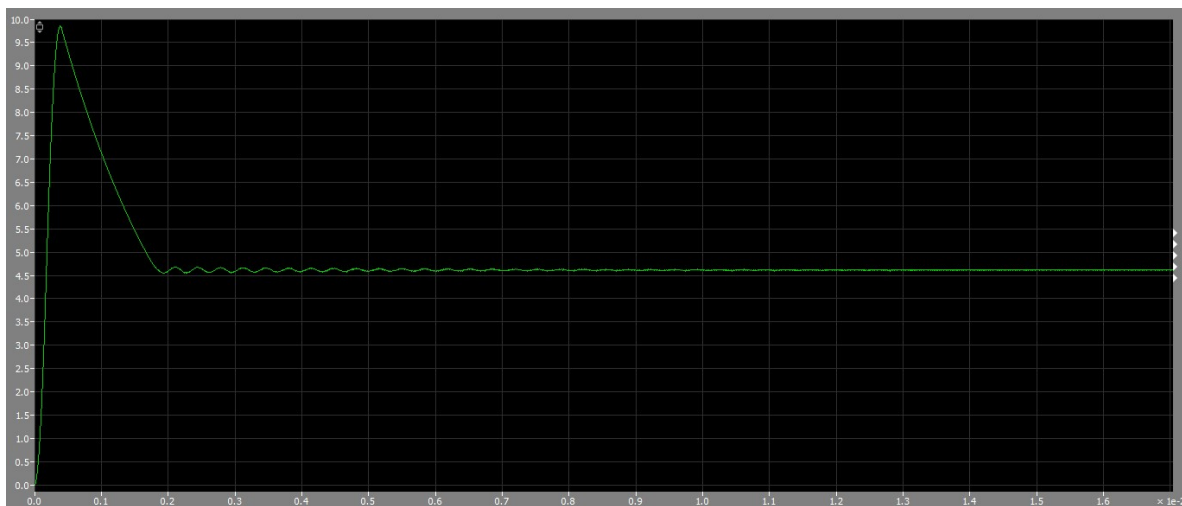
Corriente del inductor de rizo



Lazo cerrado

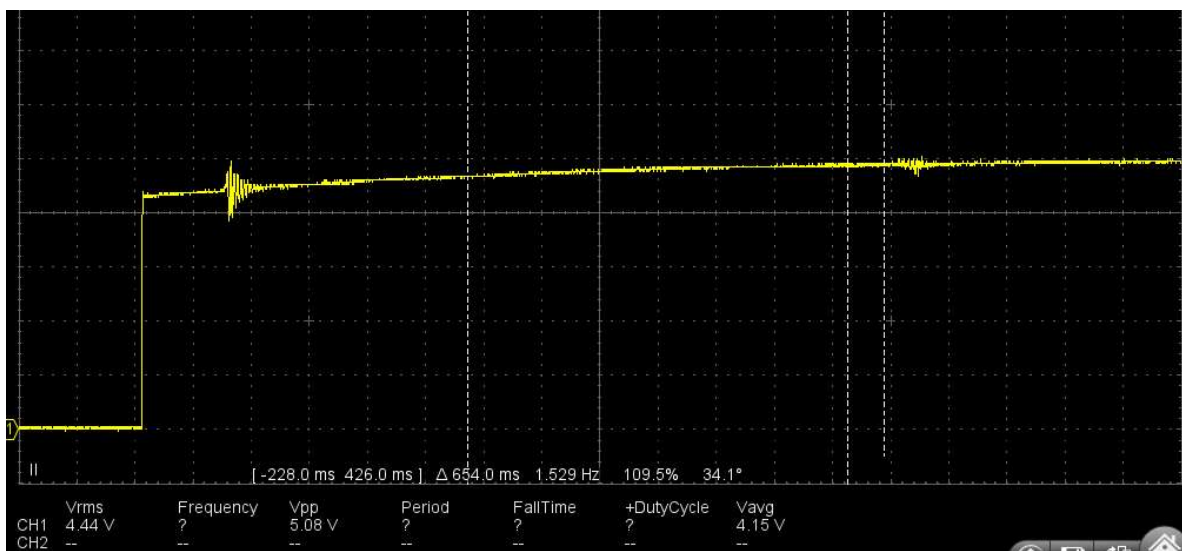


Voltaje promedio de salida

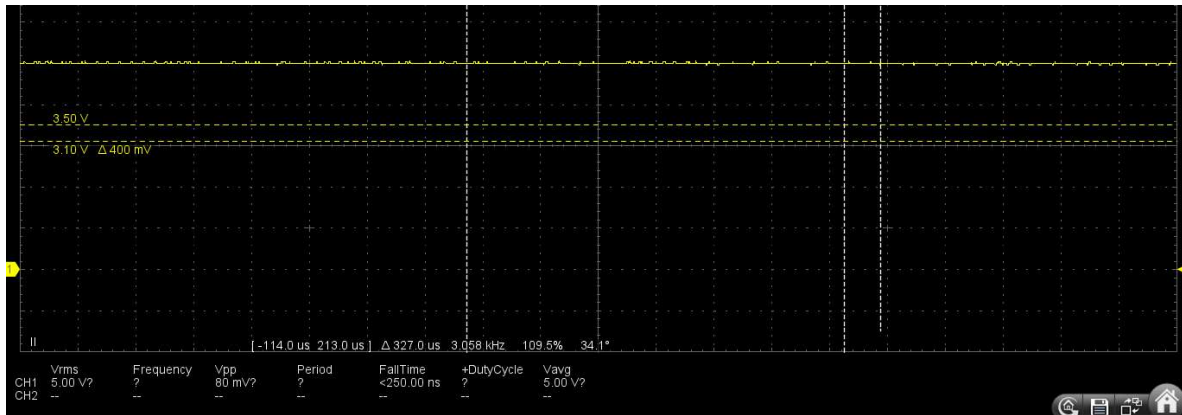


6.- Análisis comparativo

Voltaje de la salida en estado estacionario

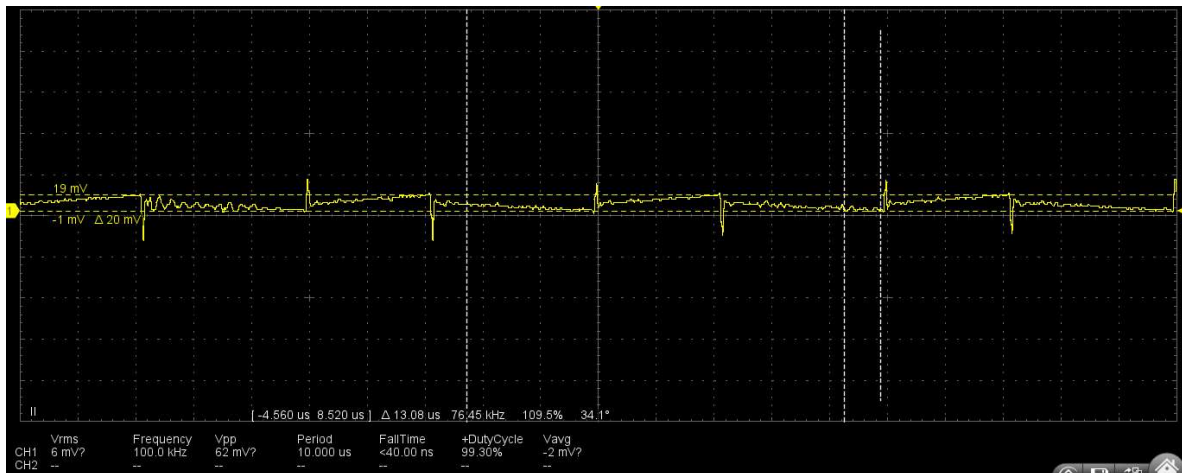


Se puede observar que, a diferencia de la simulación, el voltaje aquí tiene una forma sobreamortiguada sin sobre paso, eso se debe a que se ajustó el PI para lograr esto. El PI fue digital.



Después de unos segundos se estabiliza a 5V.

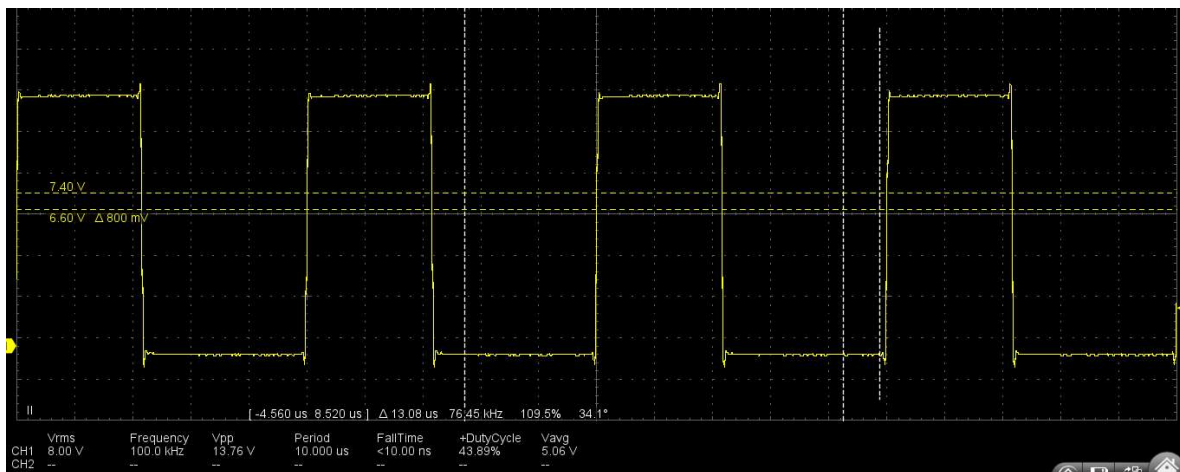
Voltaje de rizo



A pesar del capacitor excesivamente grande para nuestra aplicación sigue existiendo un voltaje de rizo notable de 20mV esto debido a que los capacitores son de alta impedancia e inductancia lo que merma su verdadera función de filtrar a señales.

El pico de alta frecuencia en la onda se debe a las inductancias parasitas que se encuentran en todo el circuito. Para solucionarlo se recomienda acortar las pistas o poner un circuito de snubber tanto en el diodo de retorno como en el MOSFET.

Voltaje en Source del MOSFET



Aquí también se puede apreciar los picos que se generan en los escalones.

También podemos ver un voltaje menor a 0, esto se debe al voltaje de retorno del diodo con una caída de 600mV.

Discusión de resultados

El convertidor fue logrado exitosamente, pero resultaron problemas que no tenía idea que ocurrirían como el voltaje pico debido a la inductancia parásita. Esto lo hace inútil para una aplicación verdadera debido a que puede dañar los equipos electrónicos. Como mencioné anteriormente, esto se suprime con una red de snubber, núcleos de ferrita en los conductores o optimizando el circuito en la PCB disminuyendo las distancias entre los nodos del voltaje de alimentación, el nodo de Source y la maya de la carga.

El PI cumplió con su función pero falto realizar cálculos adecuados para obtener una respuesta más rápida en el estado estacionario.

Conclusiones

No estoy satisfecho con el estado actual del convertidor debido los inmensos picos que tiene, por lo que se tendrá que mejorar en un futuro. Primero empezaré calculando las debidas resistencias y capacitancias de la red de snubber, además de un rediseño de la placa del circuito electrónico y una amplia investigación acerca de los núcleos de ferrita en las pistas de la placa.

Por otro lado, optimizar el controlador PI y además hacer un filtro digital para eliminar los picos parásitos que inhabilitan el uso del controlador derivativo.

Por lo visto falta mucho que hacer para obtener un decente convertidor reductor más, sin embargo, en este proyecto aprendí muchas cosas y me puse a prueba por lo que le dedicaré tiempo a mejorar este proyecto en el futuro.

Referencias

CODACA ELECTRONIC CO. (2023). *SPRH127 Series*. Obtenido de CODACA:

<https://www.codaca.com/Private/pdf/SPRH127.pdf>

International IOR rectifier. (2010). *IRFZ44NPbF*. Obtenido de International IOR rectifier:

https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRFZ44N-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a40153563b3a9f220d

INTERNATIONAL IOR RECTIFIER. (2019). *IR2110(S)PbF/IR2113(S)PbF*. Obtenido de INTERNATIONAL

IOR RECTIFIER: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IR2110-DataSheet-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c80333167e

luguang. (2008). *MBR20150CTP*. Obtenido de luguang.cn: [https://www.qdatasheet.com/pdf-](https://www.qdatasheet.com/pdf-view/MBR20150CTP-LUGUANG)

[view/MBR20150CTP-LUGUANG](https://www.qdatasheet.com/pdf-view/MBR20150CTP-LUGUANG)

Ortega, L. F. (31 de mayo de 2011). *Electrónica de potencia*. Obtenido de EcuRed:

https://www.ecured.cu/Electr%C3%B3nica_de_potencia

Rashid, M. (2004). *Electrónica De Potencia*. Pearson.

Diagrama esquemático

