

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TEMA:

“CONVERTIDOR REDUCTOR - BUCK REGULATOR”

Presentado por:

Espino Puma, Ruth Juana - 184657

Curso:

Sistemas Electrónicos de Potencia

Profesor:

Ing. Christian Deyvi Villares Holguin

13 de Enero 2026

Resumen

El convertidor reductor tipo Buck es una topología clave en la electrónica de potencia y sirve como punto de partida para la comprensión de los diferentes circuitos definidos en la electrónica de potencia y cuyo topología se integra de componentes básicos como inductores , capacitores y que en conjunto a dispositivos activos como los transistores permite su aplicación en ramas de relevancia como la electrónica industrial o de potencia.

Índice general

Índice de cuadros	V
Lista de Tablas	V
Índice de figuras	VI
Lista de Figuras	VI
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
2.1. Convertidor de potencia Buck	2
2.2. Principio de Funcionamiento	3
2.2.1. Interruptor encendido.	3
2.2.2. Interruptor Apagado.	3
2.3. Clasificación de corriente del interruptor en un convertidor Buck	4
2.4. Selección de un inductor para un convertidor Buck.	5
2.5. Parámetros que se consideran para escoger un Transistor MOSFET . .	6
3. Simulación	9
3.1. Modelado matemático detallado del convertidor Buck en MATLAB . .	9
3.1.1. Resultados de la simulación en MATLAB	10
3.2. Simulación del funcionamiento del convertidor Buck en PSIM	12

4. Implementación	15
4.1. Armado y consideraciones del circuito	15
4.2. Funcionamiento	16
5. Conclusiones	19
Bibliografía	20

Índice de cuadros

Índice de figuras

2.1.	Representación circuital básica de un convertidor Buck.	2
2.2.	3
2.3.	Caption	4
3.1.	Circuito Buck Regulator - MATLAB	10
3.2.	Voltaje de salida - Circuito Buck Regulator	10
3.3.	Gráfica reductor Buck Regulator - MATLAB	11
3.4.	Análisis estadístico de la respuesta del convertidor Buck obtenido en MATLAB.	11
3.5.	Circuito Reductor Buck Regulator - PSIM	12
3.6.	Buck Regulator - PSIM componentes definidos	13
3.7.	Salida Circuito Reductor Buck Regulator	14
4.1.	Circuito Reductor Buck Regulator	15
4.2.	Circuito integrado LM2576	15
4.3.	Reducer Buck Regulator - Implementación	17
4.4.	Voltaje de entrada - Implementación	17
4.5.	Voltajes de salida 22v - Buck Regulator	18
4.6.	Respuesta en el tiempo - Buck Regulator	18

1 | Introducción

El convertidor reductor tipo Buck es una de las topologías fundamentales en la electrónica de potencia, ampliamente utilizada para la conversión eficiente de energía de un valor elevado a uno continuo de valor inferior, manteniendo una alta eficiencia incluso ante variaciones de carga y de tensión de entrada por lo tanto para verificar su funcionamiento se destaca y pone a prueba el desarrollo de una simulación para analizar el comportamiento dinámico del sistema, evaluando variables como el rizado de voltaje, la respuesta transitoria en función a la elección de componentes y parámetros de diseño.

2 | Marco Teórico

2.1. Convertidor de potencia Buck

Un conversor *buck*, también conocido como convertidor reductor, es un convertidor CC–CC cuyo objetivo es disminuir de manera eficiente un voltaje de entrada elevado para obtener un voltaje de salida menor. Este circuito de potencia opera mediante commutación, lo que permite alcanzar altos niveles de eficiencia. Está conformado por un interruptor electrónico, generalmente un MOSFET, un inductor, un diodo de rueda libre y un capacitor encargado de filtrar y suavizar el voltaje de salida según Rashid (2004). La regulación del voltaje se realiza comúnmente mediante modulación por ancho de pulso (PWM), donde el valor del voltaje de salida depende del ciclo de trabajo D , cumpliéndose aproximadamente la relación $V_{out} \approx D \cdot V_{in}$.

Generalmente, está compuesto por los siguientes componentes:

- Interruptor/Transistor (S): Este componente suele ser un MOSFET, encargándose de encender y apagar rápidamente para cortar el voltaje de entrada.
- Diodo(D): Se utiliza el diodo Schottky y este se encarga de proporcionar una ruta de retorno para la corriente cuando el interruptor del transistor está apagado.
- Inductor(L): Acumula energía en su campo magnético durante el encendido del interruptor y la libera hacia la carga cuando este se apaga.
- Condensador(C): Reduce la ondulación del voltaje y ayuda a mantener una salida de corriente continua más estable.

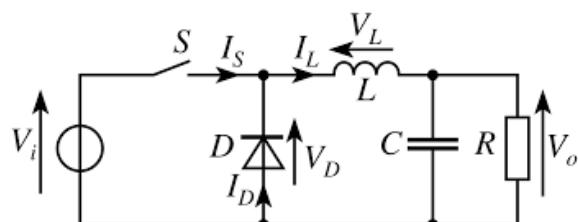


Figura 2.1: Representación circuital básica de un convertidor Buck.

2.2. Principio de Funcionamiento

El regulador buck utiliza un interruptor, transistor MOSFET, un diodo, un inductor y un condensador para transferir energía de manera controlada desde la entrada a la salida. El interruptor se enciende y apaga a una frecuencia determinada, permitiendo que el inductor almacene y libere energía, lo que resulta en un voltaje de salida regulado y más bajo que el de entrada. Greenwade (1993)

2.2.1. Interruptor encendido.

Cuando el interruptor se activa, el diodo queda polarizado en inversa debido al voltaje de entrada. En consecuencia, toda la corriente de entrada fluye a través del inductor. Así, la corriente continua de entrada (I_{dc}) que recorre el circuito es igual a la corriente que pasa por el inductor:

$$I_L = I_{dc}$$

Durante el tiempo en que el interruptor está encendido, el inductor almacena energía. La corriente que circula por él se reparte entre la corriente que va hacia la carga (I_o) y la corriente que carga o descarga el condensador (I_c).

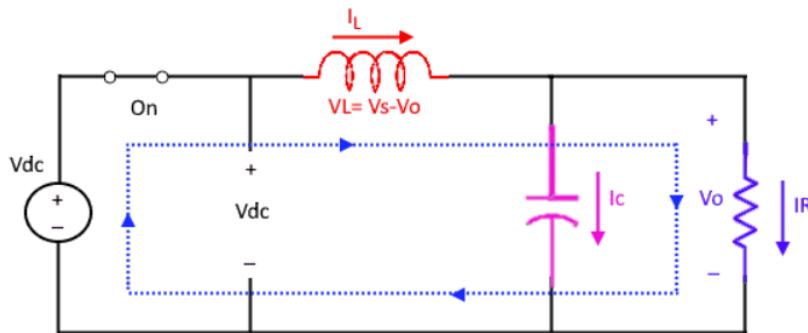


Figura 2.2

2.2.2. Interruptor Apagado.

Cuando el interruptor se apaga, el circuito pasa del modo 1 al modo 2. En este modo la polaridad del inductor se invierte y comienza a entregar la energía almacenada, por lo que actúa como una fuente. La corriente fluye gracias a dicha energía, ya que la fuente de entrada queda desconectada. La corriente continúa circulando hasta que el inductor se descarga por completo. Durante este intervalo, el voltaje en el inductor es igual al voltaje de salida, pero con signo negativo:

$$V_{L_{off}} = -V_o$$

Al apagarse el interruptor, la inversión de polaridad del inductor provoca la polarización directa del diodo, haciendo que el ánodo quede más positivo que el cátodo y permitiendo su conducción.

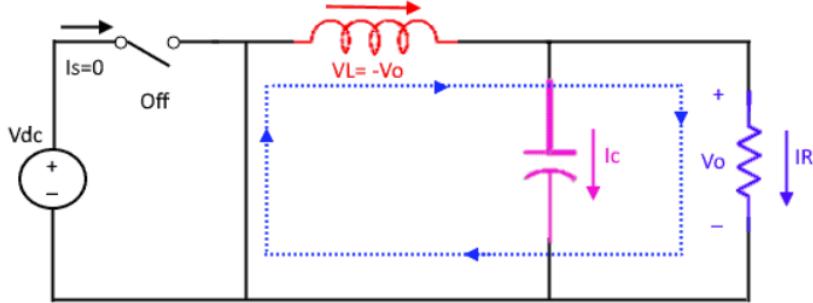


Figura 2.3: Caption

2.3. Clasificación de corriente del interruptor en un convertidor Buck

La corriente nominal del interruptor se determina a partir del valor promedio de la corriente que circula por él. Para obtener este valor, se analiza la forma de onda de la corriente del interruptor y se calcula su promedio.

La corriente del inductor puede expresarse como la suma de la corriente del interruptor y la corriente del diodo, de acuerdo con la Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK). Durante el intervalo de encendido, la corriente del inductor coincide con la corriente del interruptor, mientras que durante el intervalo de apagado coincide con la corriente del diodo.

Las formas de onda de la corriente del interruptor I_{switch} , la corriente del diodo I_{diode} y la corriente del inductor I_L se muestran para los tiempos de encendido y apagado.

La corriente promedio del interruptor está dada por:

$$\langle I_{\text{switch}} \rangle = \frac{1}{T} \int_0^{DT} I_L(t) dt$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se obtiene:

$$\langle I_{\text{switch}} \rangle = \langle I_L \rangle \cdot D$$

Dado que la corriente promedio del inductor es igual a la corriente promedio de salida:

$$\langle I_L \rangle = \langle I_o \rangle$$

la expresión queda como:

$$\langle I_{\text{switch}} \rangle = \langle I_o \rangle \cdot D$$

Finalmente, la ecuación de clasificación de corriente máxima para el interruptor es:

$$I_{\text{switch,max}} = I_{o,\text{max}} \cdot D$$

2.4. Selección de un inductor para un convertidor Buck.

La correcta elección del inductor es esencial para proporcionar una corriente continua y estable a medida que varía la señal PWM, ya que el ciclo de trabajo de dicha señal es el encargado de controlar el voltaje de salida. Al igual que la señal PWM, el inductor opera en régimen de conmutación, lo que genera un ligero rizado de corriente; este componente, junto con el capacitor, conforma un filtro pasa-bajo de segundo orden que permite reducir las ondulaciones y estabilizar la salida del convertidor. La designación de un valor adecuado para el inductor depende de la corriente de ondulación que el sistema puede tolerar, así como del ciclo de trabajo que se desea utilizar. Considerando estos factores, el voltaje de salida puede expresarse como una función de la caída de voltaje directo del diodo y de la caída de voltaje en estado de conducción del MOSFET. Después de tener en cuenta estas pérdidas de voltaje, el voltaje de salida se define como:

$$V_{\text{out}} = D(V_{\text{in}} + V_{\text{diode}} - V_{\text{MOSFET}}) - V_{\text{diode}} \quad (2.1)$$

La inductancia y la frecuencia de conmutación PWM son inversamente proporcionales al voltaje de ondulación. La ondulación también presenta una dependencia cuadrática respecto al ciclo de trabajo de la señal PWM. Bajo estas consideraciones, la corriente de ondulación en un convertidor *buck* se expresa como:

$$\Delta I = \frac{(V_{\text{in}} + V_{\text{diode}} - V_{\text{MOSFET}})(D - D^2)}{L f_{\text{PWM}}} \quad (2.2)$$

Un valor de inductancia mayor permite disminuir el rizado de corriente y mejorar la estabilidad del voltaje de salida; sin embargo, incrementa el tamaño y el costo del inductor, además de afectar la respuesta transitoria del convertidor. El aumento de la frecuencia de conmutación PWM contribuye a reducir la ondulación, aunque también

incrementa las pérdidas por conmutación en el MOSFET. Asimismo, el ciclo de trabajo influye de manera significativa en el comportamiento del rizado, presentando una dependencia cuadrática según la ecuación (2.2). En consecuencia, el valor del inductor debe seleccionarse considerando el nivel de ondulación admisible, el voltaje de entrada, la frecuencia de conmutación y las limitaciones prácticas del diseño, con el fin de garantizar un funcionamiento eficiente y estable del convertidor *buck*.

2.5. Parámetros que se consideran para escoger un Transistor MOSFET

El convertidor reductor puede ser de tipo **síncrono** o **asíncrono**. El convertidor síncrono utiliza dos interruptores electrónicos, generalmente MOSFETs, reemplazando al diodo reductor. Por otro lado, el convertidor asíncrono emplea un MOSFET y un diodo, lo que lo hace más simple y económico, ya que solo se controla un interruptor.

La correcta selección del MOSFET es fundamental tanto en convertidores síncronos como asíncronos. Los principales parámetros a considerar son la **corriente RMS**, el **voltaje de drenaje a fuente**, la **disipación de potencia** y la **temperatura de operación**. La disipación de potencia y la temperatura están estrechamente relacionadas y dependen de factores como la resistencia de conducción $R_{DS(on)}$, la carga total de compuerta Q_g , la capacitancia de salida C_{OSS} , los tiempos de subida y bajada y la frecuencia de conmutación.

En la siguiente tabla se presentan los principales criterios y parámetros para la selección adecuada del MOSFET en convertidores Buck.

Nº	Criterio de selección de MOSFET para convertidor Buck
1	No sobrecargar el drenaje

Nº	Criterio de selección de MOSFET para convertidor Buck
	<p>Al conocer la corriente RMS real, se puede seleccionar la corriente nominal del MOSFET. Para un convertidor reductor no síncrono, la corriente RMS del MOSFET Q_1 se calcula como:</p> $I_{RMS(Q1)} = \sqrt{D} \left[I_{carga} - \frac{\Delta i}{2} + \frac{\sqrt{3} \Delta i}{3} \right]$ <p>donde:</p> $\Delta i = \frac{V_{out}(1 - D)}{f_{sw} \cdot L_1} \quad y \quad D = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ <p>Ejemplo:</p> <p>$V_{in} = 20\text{ V}$, $V_{out} = 10\text{ V}$, $f_{sw} = 100\text{ kHz}$, $L_1 = 10\text{ }\mu\text{H}$, $I_{carga} = 10\text{ A}$</p> $D = \frac{10}{20} = 0,5$ $\Delta i = \frac{10(1 - 0,5)}{100\text{ kHz} \cdot 10\text{ }\mu\text{H}} = 5\text{ A}$ $I_{RMS} = \sqrt{0,5} \left[10 - \frac{5}{2} + \frac{\sqrt{3} \cdot 5}{3} \right] = 7,35\text{ A}$ <p>Se debe seleccionar un MOSFET con corriente RMS nominal muy superior a $7,35\text{ A}$.</p>
2	<p>No aplicar voltaje excesivo de drenaje a fuente</p> <p>El MOSFET se clasifica según la tensión drenaje–fuente. Para Q_1, la tensión máxima ocurre cuando está apagado y es aproximadamente igual a V_{in}. Para Q_2, sucede lo mismo cuando Q_1 está encendido.</p> <p>Se recomienda seleccionar MOSFETs cuya tensión nominal sea al menos el doble de la tensión máxima calculada.</p>
3	<p>No aplicar voltaje excesivo puerta–fuente</p> <p>La conexión puerta–fuente tiene un límite máximo especificado en la hoja de datos (por ejemplo, 20 V). Un buen criterio inicial es limitar el voltaje aplicado al 70 % del valor máximo permitido.</p>
4	<p>Superar el voltaje umbral puerta–fuente</p> <p>Para activar el MOSFET se debe cumplir:</p> $V_{GS(th)} < V_{GS(aplicado)} < V_{GS(max)}$ <p>Un voltaje de compuerta insuficiente provoca mayores pérdidas de conducción, mientras que un voltaje excesivo incrementa las pérdidas de conmutación y puede dañar el dispositivo.</p>
5	<p>Seleccionar un MOSFET con bajo $R_{DS(on)}$</p> <p>La resistencia drenaje–fuente es el principal factor de pérdida por conducción. La pérdida es proporcional al cuadrado de $R_{DS(on)}$, por lo que valores bajos aumentan la eficiencia del convertidor.</p>

Nº	Criterio de selección de MOSFET para convertidor Buck
6	Seleccionar un MOSFET con bajos parámetros dinámicos Parámetros como la carga total de compuerta, capacitancia de salida y tiempos de subida y bajada influyen directamente en las pérdidas de conmutación. Valores bajos mejoran la eficiencia del sistema.
7	Alta temperatura máxima de unión Una mayor temperatura máxima de unión permite al MOSFET soportar mayores niveles de calor.
8	Baja resistencia térmica La resistencia térmica debe ser baja para mejorar la disipación de potencia y aumentar la confiabilidad del MOSFET en el convertidor Buck.

Cuadro 2.1: Cuadro resumen para la elección de un MOSFET como commutador

3 | Simulación

Una forma de poder respaldar los parámetros eléctricos establecidos en el diseño de un circuito para este caso un convertidor reductor Buck Regulator es mediante el desarrollo de su equivalente en un programa de simulación siendo este especializado como PSIM o de propósito general como NI Multisim o Proteus.

En este apartado se presentarán dos simulaciones para reforzar y afianzar los conocimientos adquiridos.

3.1. Modelado matemático detallado del convertidor Buck en MATLAB

La simulación del convertidor Buck se inicia con la generación de una señal PWM que representa el ciclo de trabajo D , el cual determina los intervalos de encendido y apagado del interruptor. A partir de un voltaje de entrada constante, este se modula mediante el ciclo de trabajo para obtener el voltaje promedio aplicado al inductor. En la implementación realizada, el voltaje de entrada se fija en $V_{in} = 340\text{ V}$, manteniéndose constante durante toda la simulación.

El comportamiento del inductor se modela a partir de la diferencia entre el voltaje aplicado $D \cdot V_{in}$ y el voltaje de salida V_{out} . Esta diferencia se multiplica por una ganancia equivalente a $1/L$, donde el valor del inductor utilizado es $L = 400\text{ }\mu\text{H}$, por lo que la ganancia implementada es

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{400 \times 10^{-6}}.$$

Posteriormente, un bloque integrador permite obtener la corriente del inductor a partir de su derivada.

De manera similar, la ecuación del capacitor se implementa considerando la diferencia entre la corriente del inductor y la corriente de carga. La corriente de carga se obtiene mediante una ganancia $1/R$, donde la resistencia utilizada es $R = 0,6\Omega$. La señal resultante se multiplica por la ganancia asociada al capacitor, definida como $1/C$,

siendo el valor del capacitor $C = 100 \mu\text{F}$, lo que da lugar a la ganancia

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{100 \times 10^{-6}}.$$

Mediante un segundo integrador se obtiene el voltaje de salida del convertidor.

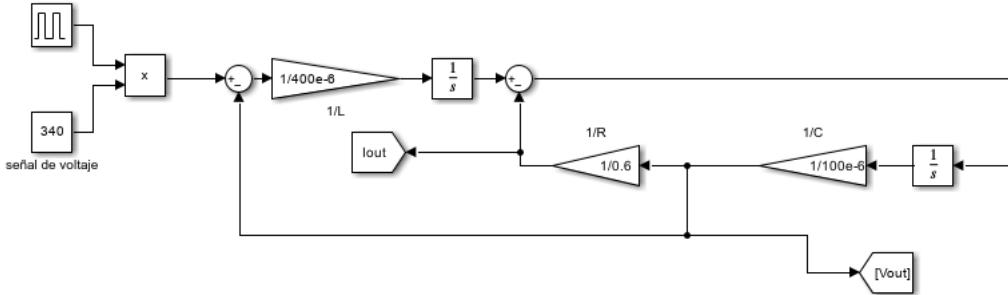


Figura 3.1: Circuito Buck Regulator - MATLAB

Finalmente, se incorporan bloques de medición y visualización que permiten observar la evolución temporal de la corriente del inductor y del voltaje de salida. Se observa que la corriente de salida I_{out} alcanza un valor aproximado de 283,3 A, mientras que el voltaje de salida V_{out} se estabiliza alrededor de 170 V.

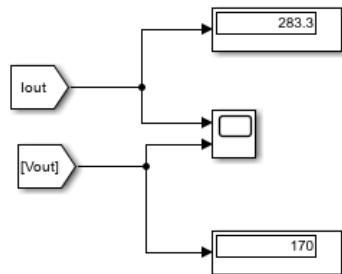


Figura 3.2: Voltaje de salida - Circuito Buck Regulator

3.1.1. Resultados de la simulación en MATLAB

La señal superior (trazo amarillo) corresponde al voltaje de entrada del convertidor, el cual se mantiene constante a lo largo del tiempo. Este comportamiento indica que la fuente de alimentación es estable y no presenta variaciones durante la simulación, lo que permite evaluar correctamente el desempeño del convertidor Buck bajo condiciones ideales de entrada. La señal inferior (trazo azul) representa el voltaje

3.1. MODELADO MATEMÁTICO DETALLADO DEL CONVERTIDOR BUCK EN MATLAB11

de salida del convertidor Buck. Se observa que dicho voltaje alcanza rápidamente un valor constante menor que el voltaje de entrada.

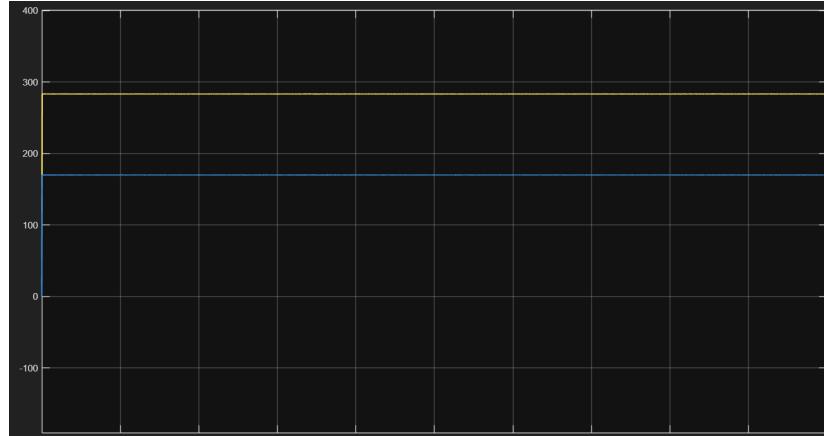


Figura 3.3: Gráfica reductor Buck Regulator - MATLAB

Como se observa en el siguiente cuadro, el voltaje presenta un valor medio de aproximadamente 283,31 V y un valor RMS de 283,32 V, los cuales son prácticamente iguales, indicando un comportamiento cercano a una señal de corriente continua. La desviación estándar obtenida es de 2,17 V, lo que evidencia una ondulación reducida en la salida del convertidor.

Statistics							
1/R	Max	Min	Peak to Peak	Mean	Standard Deviation	Median	RMS
Time (s)	8.0086	0.0000					
Value	283.40913774363185	0	283.4091	283.3081	2.1714	283.2575	283.3164

Figura 3.4: Análisis estadístico de la respuesta del convertidor Buck obtenido en MATLAB.

La ausencia de oscilaciones apreciables y la forma prácticamente continua de la señal indican que:

- El filtro LC cumple adecuadamente su función.
- El sistema ha alcanzado un régimen permanente estable.
- La ondulación del voltaje de salida es mínima y no significativa a la escala mostrada.

3.2. Simulación del funcionamiento del convertidor Buck en PSIM

Diseñe las especificaciones de los componentes del circuito de potencia de un convertidor reductor (buck) de 32 V a 20 V, controlado a una frecuencia fija de 10 kHz y con una potencia de salida que varía hasta 10 W. El diseño debe ser para operación en modo de conducción continua y con un rizado de voltaje de salida del 5%.

Como primer paso para la resolución del problema es generar un esquema de los componentes a usar y las magnitudes correspondientes para los mismos, necesitando para este caso el valor de la inductancia (L) y capacitancia (C) y la carga (R) para la potencia especificada.

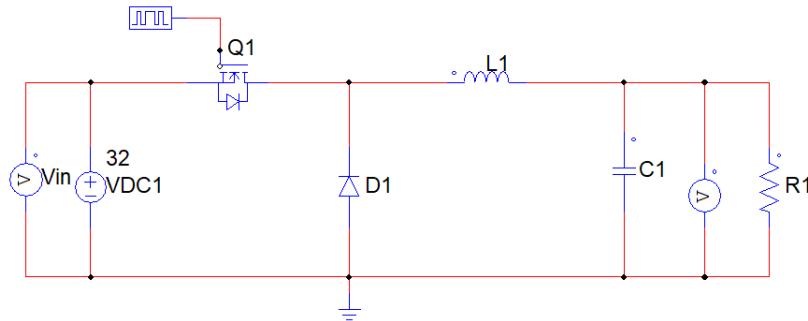


Figura 3.5: Circuito Reductor Buck Regulator - PSIM

Un vistazo general al circuito a diseñar se aprecia en la figura 3.5 el cual determina la topología para el Buck Regulator y que se tomara como referencia para la solución, en este se puede destacar las siguientes relaciones 3.1, 3.2 y 3.3 para obtener el valor de la inductancia, capacitancia y la carga respectivamente.

$$L = \frac{(1 - K)V_o^2}{2FP_o} \quad (3.1)$$

$$C = \frac{(1 - K)V_o}{8L\Delta_C F^2} \quad (3.2)$$

$$R = \frac{V_o^2}{P_o} \quad (3.3)$$

En primera instancia para el ciclo de trabajo se tiene que:

3.2. SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL CONVERTIDOR BUCK EN PSIM13

$$K = \frac{V_o}{V_i n} \quad (3.4)$$

$$K = \frac{20}{32} \quad (3.5)$$

$$K = 0,625 \quad (3.6)$$

Desarrollando 3.1, 3.2 y 3.3 se tiene para cada elemento del Buck, se obtiene:

$$L = \frac{(1 - 0,625)20^2}{2(10K)(10)} \quad (3.7)$$

$$L = 750\mu H \quad (3.8)$$

$$C = \frac{(1 - 0,625)20}{8(1)(750\mu)(10K)^2} \quad (3.9)$$

$$C = 12,5\mu F \quad (3.10)$$

$$R = \frac{20^2}{10} \quad (3.11)$$

$$R = 40\Omega \quad (3.12)$$

Los resultados de configurar estos valores en el entorno PSIM se muestran en la figura 3.6

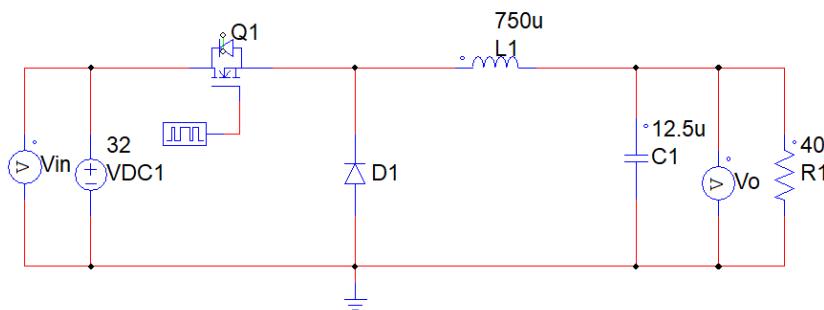


Figura 3.6: Buck Regulator - PSIM componentes definidos

Mostrándose el resultado del circuito modelado en la figura 3.7 y en el cual se aprecia el comportamiento esperado con la salida estabilizada en los 20V con un voltaje rizo de 0.932v cercano a la variación definida del 5 % en la salida.



Figura 3.7: Salida Circuito Reductor Buck Regulator

Mediante el circuito simulado se puede establecer una base para continuar las siguientes etapas de estudio como la implementación física y la evolución del circuito para obtener una voltaje de salida reducido y variable .

4 | Implementación

4.1. Armado y consideraciones del circuito

En la parte de experimental y física del Buck Regulator se tuvo en cuenta una evolución del circuito Buck Regulator mostrado en la figura 3.6 agregando una etapa de regulación para el voltaje de salida y retroalimentación para estabilizar a un determinado nivel para cargas variables.

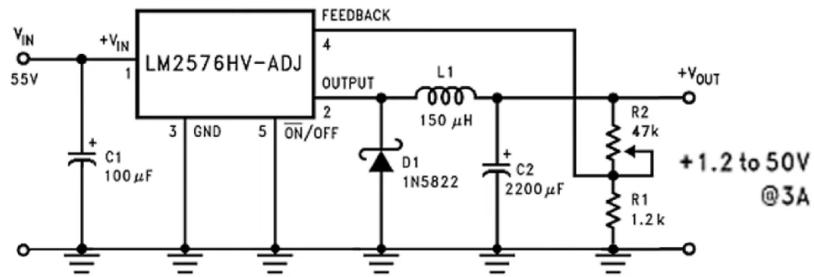


Figura 4.1: Circuito Reductor Buck Regulator

En la figura 4.1 se muestra el esquema del circuito reductor tomando como elemento central para ello el integrado LM2576 el cual permite la regulación del voltaje y estabilidad en la salida, integrando además en su topología el uso de dispositivos de rápida recuperación inversa como el diodo Schottky.

En tal caso para comprender de mejor forma el funcionamiento del circuito es de vital importancia estudiar este integrado y el cual se detalla en la tabla 4.1 en función a su hoja de datos y la figura mostrada en 4.2

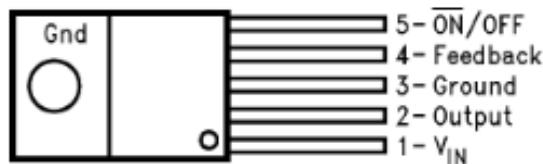


Figura 4.2: Circuito integrado LM2576

Pin	Nombre	Función / Utilidad
1	Vin	Entrada de alimentación del regulador. Se conecta a la fuente DC no regulada y al capacitor de desacoplo de entrada (CIN). Debe mantenerse una trayectoria corta hacia tierra para reducir ruido y EMI.
2	Output	Nodo de conmutación del transistor interno. Se conecta al inductor de salida y al cátodo del diodo externo. Transporta señales de alta frecuencia.
3	GND	Tierra del sistema. Referencia común del circuito. Debe conectarse directamente al retorno del capacitor de entrada para minimizar inductancias parásitas.
4	Feedback	Entrada de realimentación. En versiones fijas se conecta directamente a la salida; en la versión ajustable se conecta al divisor resistivo que define el voltaje de salida.
5	On/Off	Pin de habilitación del regulador. Nivel bajo activa el dispositivo y nivel alto lo apaga. No debe dejarse flotante. Permite funciones de apagado y arranque retardado.

Cuadro 4.1: Tabla de resumen pines del Integrado LM2576

Respecto a los niveles de alimentación el LM2576 cuenta con un amplio rango de operación en la entrada limitándose en su extremo superior los 40v en la entrada y entre los -0.3V a 2.4V para el voltaje de activación del pin 5 de control considerando como nivel lógico bajo (habilitado) valores típicamente menores a 1.2 V, y como nivel alto (apagado) valores mayores a 1.4–2.4 V según la temperatura. Estos límites garantizan una operación segura del dispositivo, evitando daños permanentes y asegurando un control confiable del encendido y apagado del regulador.

En la armado del circuito se consideraron todos los componentes definidos en la figura 4.1 obtenidos cada uno de forma comercial a excepción de la bobina que fue reemplazada por uno de los devanados de un transformador, mostrándose el resultado en la figura 4.3 que integra todo en una placa de pruebas.

Utilizando para regular el voltaje reducido de salida el potenciómetro en conjunto con la resistencia de salida, pudiéndose conectar una carga en paralelo a estos y entre sus terminales.

4.2. Funcionamiento

Durante las pruebas realizadas se sometió el circuito reductor implementado a un voltaje de entrada V_{in} de 30V como se muestra en la figura 4.4 configurado en la

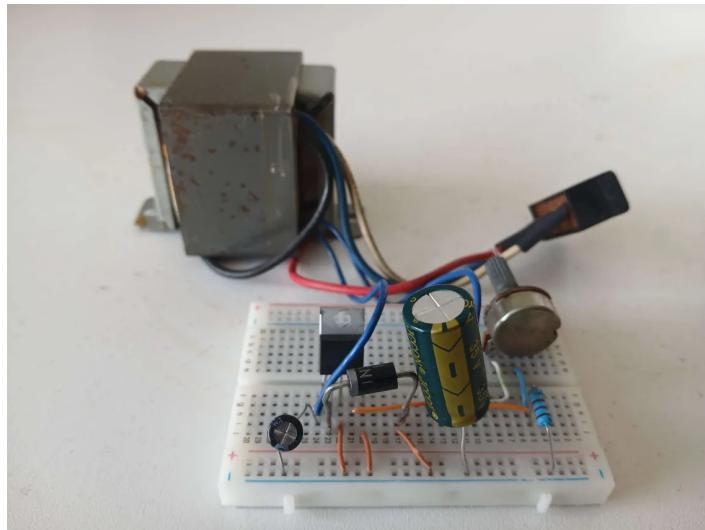


Figura 4.3: Reductor Buck Regulator - Implementación

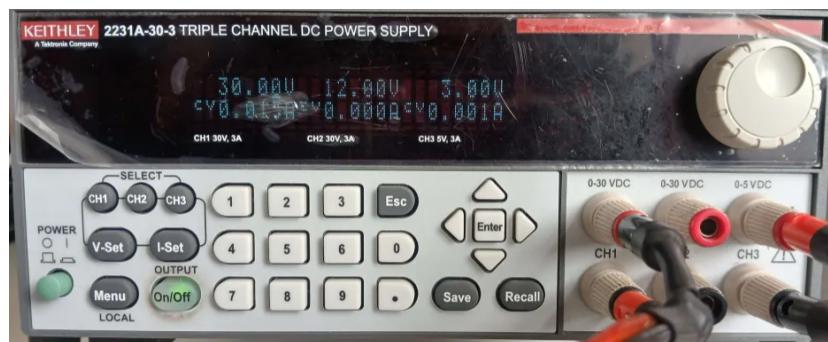


Figura 4.4: Voltaje de entrada - Implementación

fuente DC del laboratorio.

Con el voltaje de entrada establecido este mismo se redujo a 22v como se muestra en la figura 4.5

Destacando la capacidad del integrado para la regulación variable en relación inversa a la variación en la resistencia del potenciómetro además de integrar una etapa de regulación de voltaje que logra mediante una etapa de retroalimentación negativa que compara continuamente el voltaje de salida con una referencia interna de aproximadamente 1.23V mediante el pin 4 feedback que se conecta mediante un divisor de tensión ocasionando que cuando ocurre un variación de voltaje significativa este sea detectado por el amplificador de error interno, el cual ajusta el ciclo de trabajo del interruptor de potencia comutado a una frecuencia fija de 52 kHz, incrementando el tiempo de conducción cuando la carga aumenta (para elevar la energía transferida al inductor) o reduciéndolo cuando la carga disminuye, asegurando así que el voltaje de salida permanezca prácticamente constante dentro de los márgenes especificados aun ante cambios dinámicos de corriente.

Finalmente un análisis en tiempo respecto a la respuesta inicial o al impulso del



Figura 4.5: Voltajes de salida 22v - Buck Regulator

circuito se muestra en la figura 4.6 el cual presenta inicialmente un sobre impulso del 10% destacando así un sistema de segundo orden sobre amortiguado para un voltaje de salida establecido en los 5.12V.

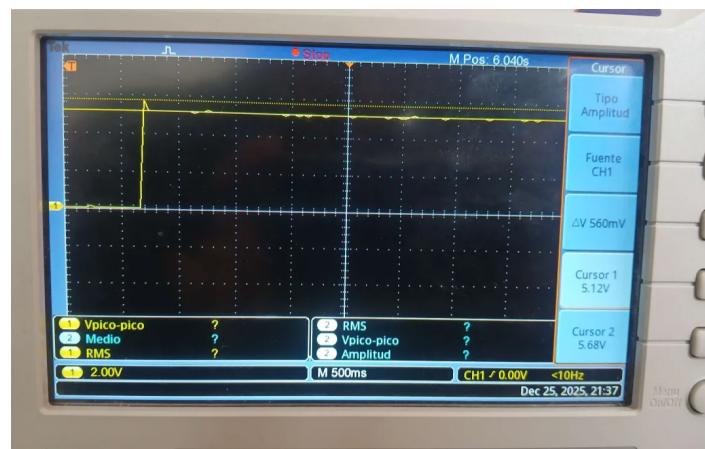


Figura 4.6: Respuesta en el tiempo - Buck Regulator

5 | Conclusiones

- Se analizó el funcionamiento del convertidor reductor Buck, comprendiendo su principio de operación y la relación directa entre el voltaje de salida y el ciclo de trabajo de la señal PWM, lo que permite regular eficientemente el nivel de salida.
- El modelado matemático implementado en MATLAB permitió describir adecuadamente la dinámica del convertidor mediante las ecuaciones del inductor y del capacitor. El uso de ganancias equivalentes a $1/L$, $1/C$ y $1/R$ facilitó la obtención de una respuesta estable y coherente con el comportamiento esperado del sistema. Los resultados de la simulación mostraron que el convertidor alcanza un régimen permanente estable, con un voltaje de salida cercano a 170 V y una corriente de salida aproximada de 283,3 A, evidenciando una ondulación reducida gracias al correcto dimensionamiento del filtro LC.
- La simulación en PSIM permitió validar el diseño del convertidor bajo condiciones más cercanas a una aplicación práctica, confirmando su operación en modo de conducción continua y el cumplimiento del nivel de rizado de voltaje especificado.
- La implementación basada en el integrado LM2576 demostró ser una solución práctica y confiable para la regulación de voltaje, al integrar funciones de control y protección que simplifican el diseño y mejoran la estabilidad del sistema.

Bibliografía

- Greenwade, G. D. (1993). The Comprehensive Tex Archive Network (CTAN). *TUG-Boat*, 14(3):342–351.
- Rashid, M. H. (2004). *Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación, México, segunda edición.