**Abstract**

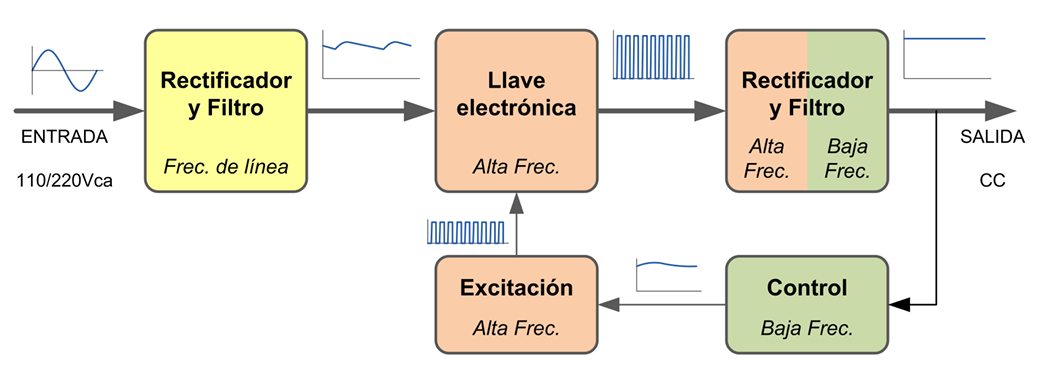
En este documento se presentan dos configuraciones de fuentes conmutadas a partir de dos modelos en Simulink. Se revelarán los modelos, esquemas circuitales e identificación de las configuraciones para luego hacer un análisis del funcionamiento de cada una y llegar a las conclusiones para cada circuito.

**Introducción**

Dada la necesidad de obtener una alta eficiencia en la conversión de potencia se plantea realizar un nuevo tipo de fuente con menor disipación de potencia con respecto a las fuentes lineales vistas anteriormente. Para evitar hacer trabajar a los semiconductores en la zona lineal, donde funcionan como una resistencia y disipan calor disminuyendo el rendimiento, se trabajará con fuentes cuyo principio de funcionamiento se basa en la operación de los semiconductores en corte y saturación, funcionando teóricamente, como una llave cerrada o una llave abierta y así lograr minimizar la disipación de potencia. Las fuentes que operan bajo este principio de funcionamiento son conocidas genéricamente como SMPS (Switched Mode Power Supply) o fuentes conmutadas.

El control de la conmutación de los semiconductores como una llave abierta o cerrada se realizará a través de señales PWM (Pulse-Width Modulation o Modulación por Ancho de Pulsos). Además, se define el ciclo de servicio o ciclo de trabajo como la relación entre el tiempo de conducción y el período de conmutación y se representa con la letra . En el análisis de los circuitos se verá, como afecta este parámetro a la relación entre la tensión de entrada y de salida de la fuente conmutada.

Por último, es útil recordar que el objetivo siempre será obtener una tensión de salida estable, lo más invariante posible frente a cambios en la tensión de entrada y variaciones de carga. Se presenta a continuación un diagrama en bloques de una fuente conmutada que toma como entrada una tensión de la red eléctrica rectificada y filtrada, se pasa por una llave que conmuta a alta frecuencia para generar una señal con un valor medio que dependerá de la señal de modulación y luego se filtran las altas frecuencias para obtener la tensión continua de salida. Por último se realiza un lazo de realimentación con objetivos de control sobre el set point deseado.



A partir del funcionamiento de las fuentes conmutadas, se listan las ventajas y desventajas de este tipo de fuentes tan utilizadas:

Ventajas:

* Tamaño y peso reducido. La operación a frecuencias elevadas permite la reducción del tamaño de los elementos inductivos.
* Mayor frecuencia del ripple de salida, facilitando las tareas de filtrado y reduciendo el tamaño de los elementos requeridos.
* Alta eficiencia. El elemento activo de conmutación opera entre corte y saturación, reduciendo su disipación de potencia. Rendimientos del 80 al 90% pueden ser obtenidos.
* Bajo costo. Debido a su reducido volumen y disipación, los elementos activos, pasivos y de disipación son más pequeños.

Desventajas:

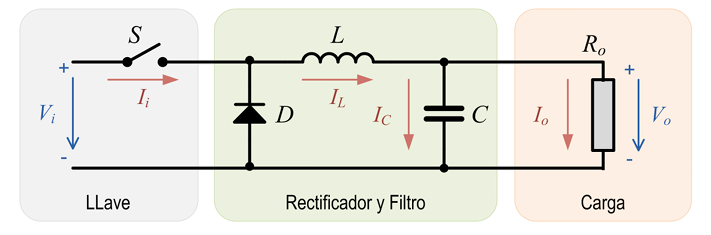
* Mayor complejidad de diseño.
* Emisión de señales de interferencia de radiofrecuencia (debido a las altas frecuencias de operación).
* Menor velocidad de respuesta ante bruscas variaciones de carga.

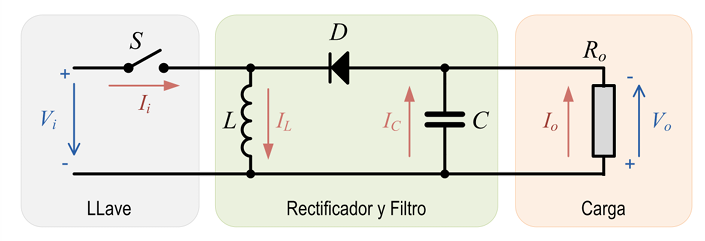
Una consideración a tener en cuenta es que, durante el desarrollo del trabajo, se idealizarán los almacenadores de energía como elementos que no disipan potencia, al igual que los semiconductores en conmutación.

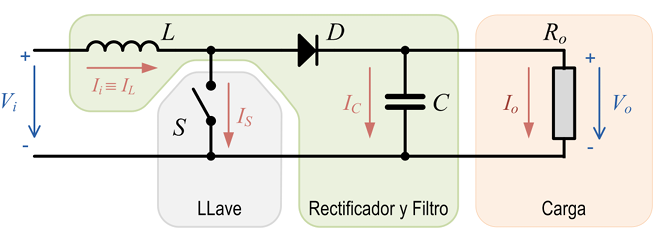
**Configuraciones típicas.**

A continuación, se presentan configuraciones típicas de fuentes conmutadas, junto con la relación entre la tensión de entrada y de salida . No se detallan las hipótesis ni los cálculos realizados para llegar a estas expresiones debido a que dichos análisis se realizarán posteriormente para las configuraciones de los modelos en Simulink, pero se adelanta que las relaciones mostradas corresponden al caso de conducción continua.

***Buck***

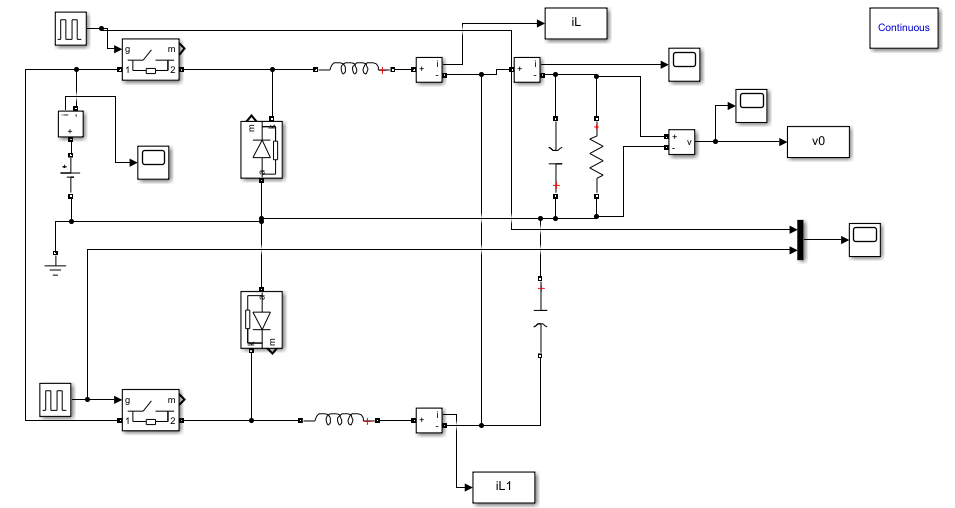


***Flyback***

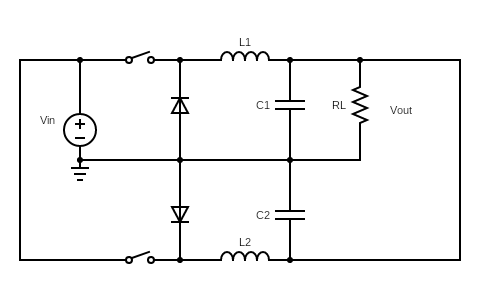
***Boost***

**Problema 1.**

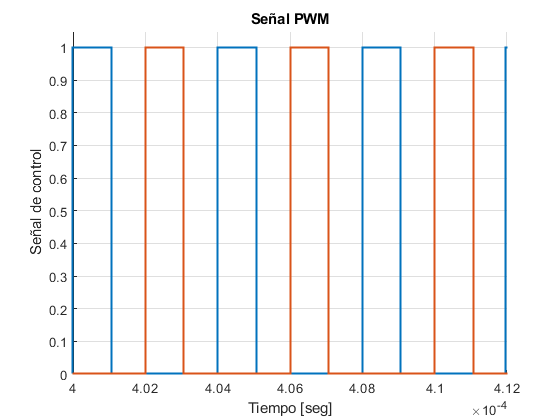
En este caso, el diagrama en bloques de Simulink propuesto es el de la siguiente figura:



A partir de este diagrama en bloques, modelando todos los dispositivos como ideales, se puede deducir el esquema circuital:



El circuito representa una configuración de “*Buck Intercalado*” o “*Multiphasing Buck*”. Este circuito está diseñado mediante dos fuentes conmutadas de tipo Buck en paralelo, con la particularidad que se intercalan las señales PWM de las llaves para que cada una se encuentre en conducción en momentos diferentes del período. El desfasaje entre pulsos es de 180° y en primera instancia se tiene un Duty Cicle de 26.6% como puede observarse en la siguiente figura:



Para analizar este circuito, será de utilidad redibujar el esquema circuital para todas las condiciones de operación.

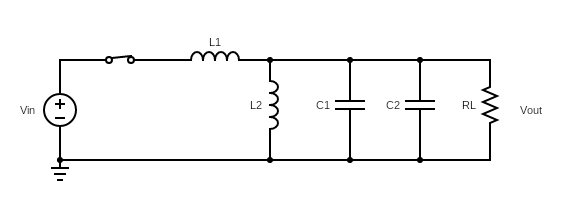


Figura XA) S1 Cerrado, S2 Abierto

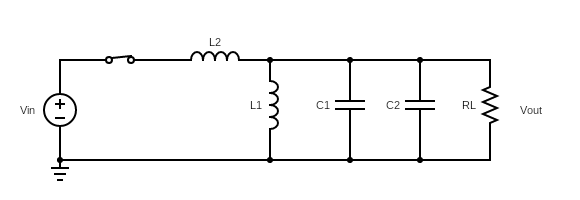


Figura XB) S1 Abierto, S2 Cerrado

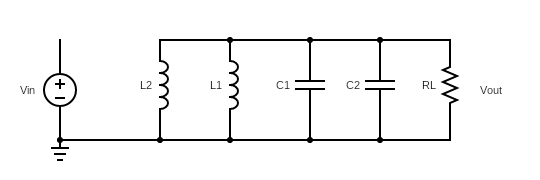
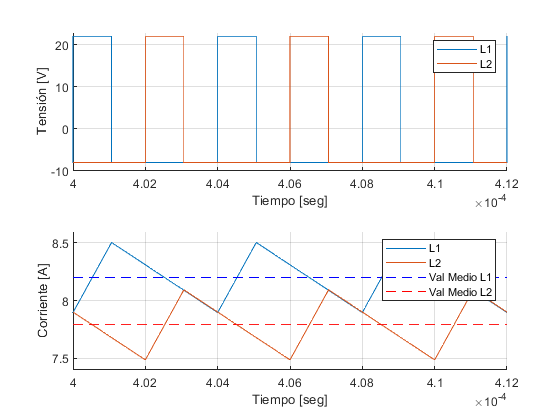


Figura XC) S1 y S2 Abiertos

Como se puede observar, las topologías que representan la conducción de una sola de las llaves son similares entre sí. Haremos primero un análisis en régimen permanente para luego evaluar el transitorio y poder sacar conclusiones al respecto.

Según la figura XA, el inductor L1 tiene una tensión en sus bornes igual a la diferencia de tensión entre la entrada y la salida. Dada que esta tensión es constante, la corriente por dicho inductor crecerá en forma de rampa durante el tiempo que indique el Duty Cicle.

Por otra parte, el inductor L2 tiene aplicada una tensión negativa igual al opuesto de la tensión de salida, dado como resultado una corriente que también será en forma de rampa, pero en este caso descendente, representando la descarga del inductor. Luego, si comparamos con la figura XC, se puede observar que cuando ambas llaves están abiertas, los dos inductores se están descargando a igual tensión , por lo tanto, esta condición de rampa decreciente, se dará durante todo el tiempo que no conduce el inductor: .

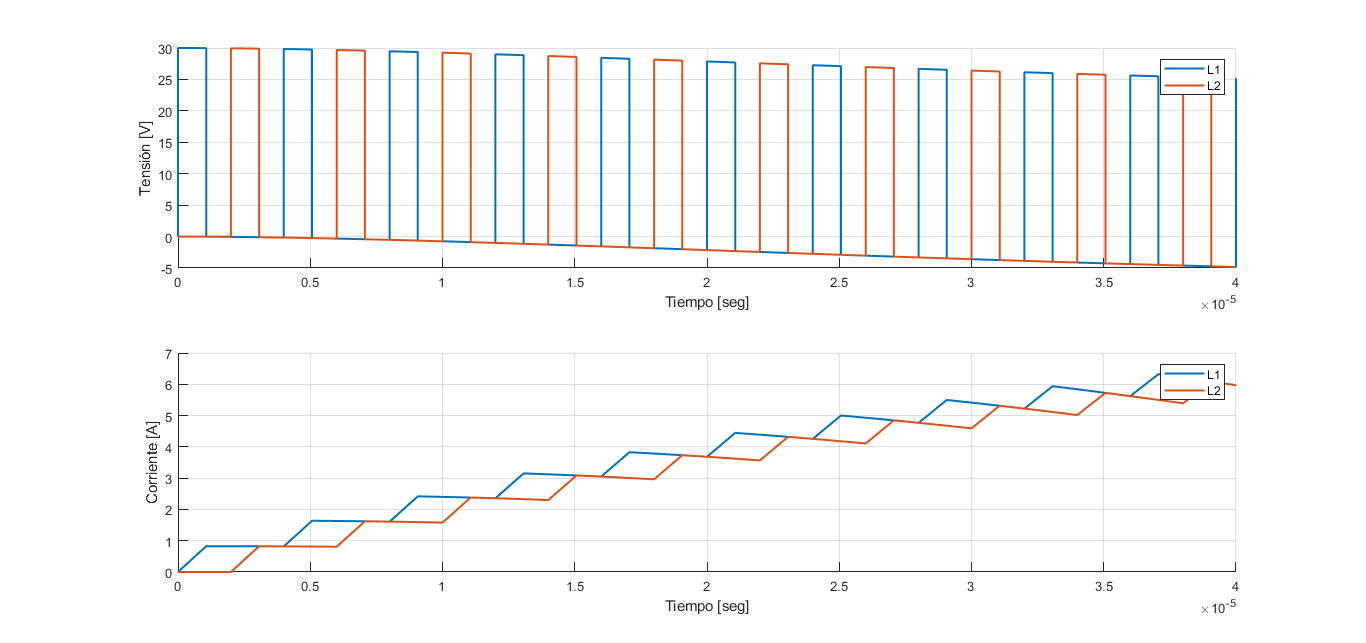
Si se considera la topología de la figura (b), el análisis de las corrientes por los inductores es similar al analizado, pero cambiando las ecuaciones para la rampa según la tensión aplicada y el tiempo. Se realiza una simulación y se grafican las corrientes de salida por los inductores.

Para esta simulación se utilizó una tensión de entrada , un Duty Cicle , un período de , inductores de y resistencia de carga de

La tensión de salida será

La simulación comprueba el análisis circuital realizado para los inductores. En el período de conducción de la llave de cada inductor, la corriente tiene forma de rampa ascendente mientras que en el tiempo que dicho inductor se encuentra con su respectiva llave abierta, la corriente disminuye también a tensión constante. Es importante analizar que la suma de las corrientes por los inductores se sumará, pasará por los capacitores de filtrado e irá directo a la carga. Dado que la corriente media por los capacitores será nula, entonces la suma de las corrientes medias por los inductores será la corriente media en la carga. En la figura puede verse que cada rama aporta casi la mitad de la corriente de carga con una pequeña diferencia entre ellas que se analizará en el transitorio.

A continuación se repite la simulación pero se observa la respuesta transitoria de tensión y corriente por los inductores.

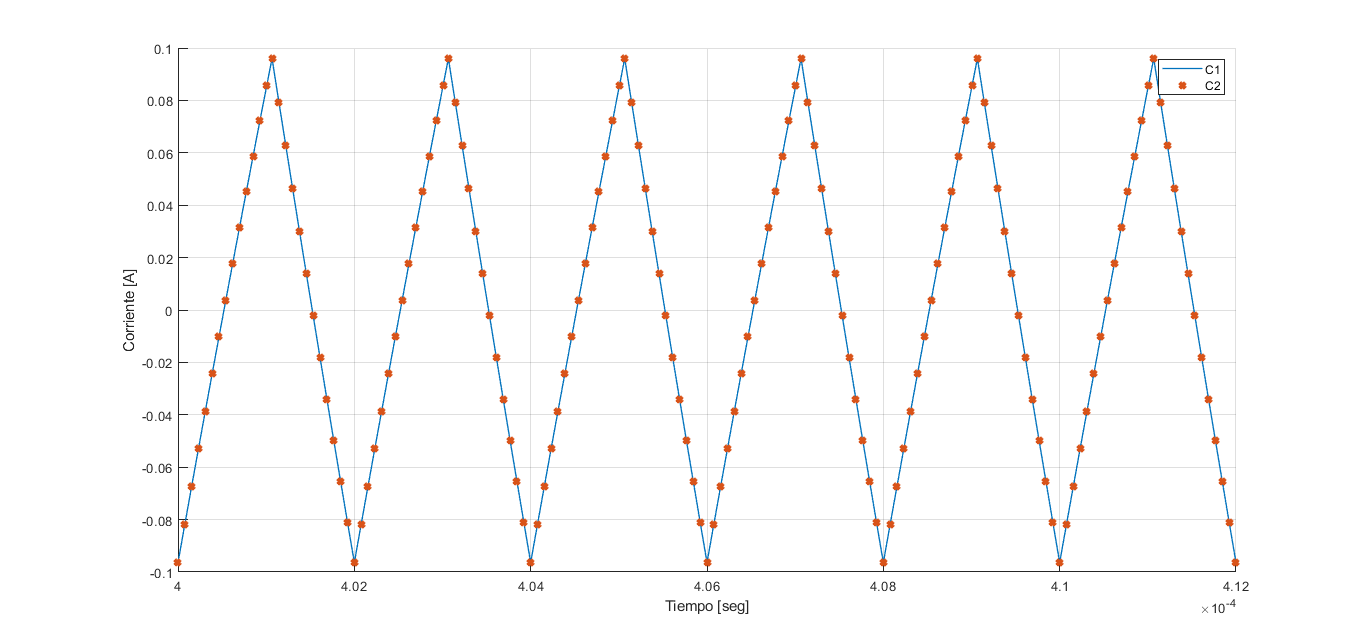


Si observamos detenidamente el primer pulso, vemos que cuando S1 se cierra, la tensión de entrada es mientras que la tensión de salida es de Debido a esto, la rampa de corriente en el inductor L1 tendrá una mayor pendiente por la mayor diferencia de tensión aplicada en sus bornes y el inductor L2, en vez de tener una pendiente negativa, tendrá un valor constante nulo debido a que, en dicho momento, la tensión aplicada en sus bornes es de 0V.

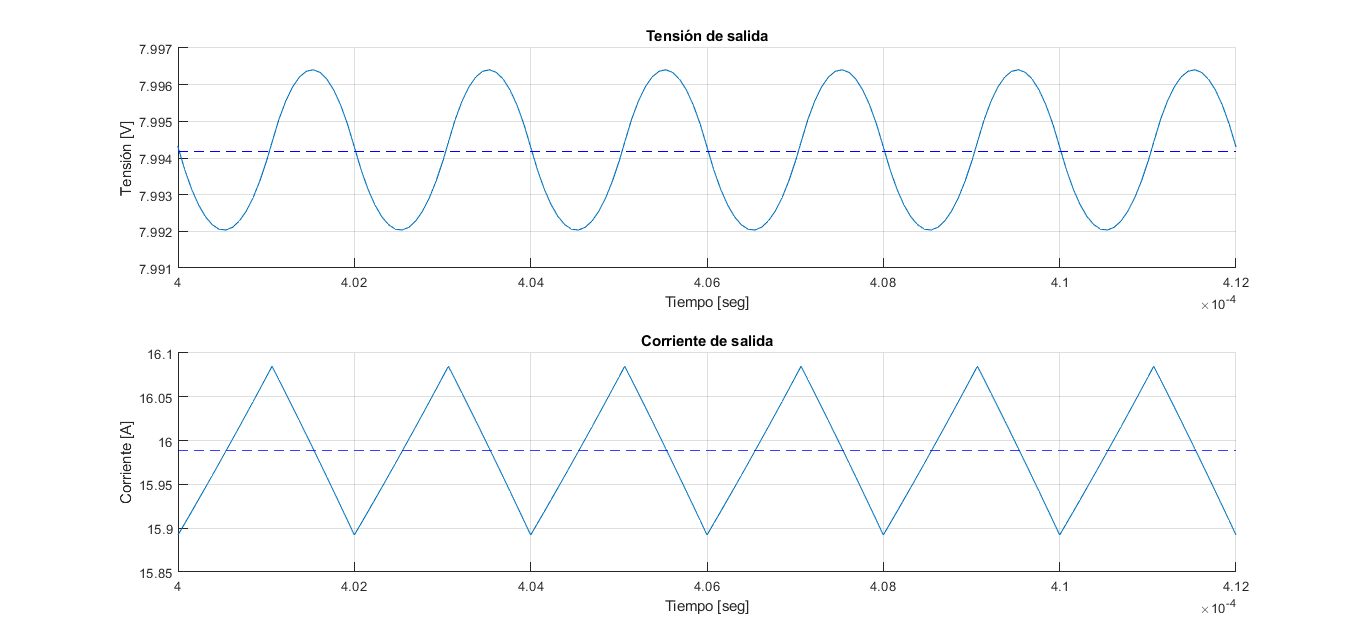
Esto se repite durante varios períodos mientras el circuito intenta llegar al régimen permanente donde las diferencias de tensión aplicadas sobre las bobinas son las analizadas en el desarrollo de ítems anteriores. Mientras esto sucede, se observa como la tensión por los inductores comienza a disminuir y de pronto las rampas de corriente por ella empiezan a tener la forma previamente calculada.

Debido al régimen transitorio también podemos observar que la pequeña diferencia en las rampas de corriente para el régimen permanente, dependen exclusivamente de que llave del circuito fue cerrada primero y esto dependerá del circuito de control.

Continuando el análisis de la simulación realizada, se grafica la corriente por los capacitores:



Como puede observarse, ambos capacitores tienen igual forma de corriente debido a que son de igual valor, con igual tensión aplicada. El valor medio de corriente por los capacitores es nulo, tal como puede verse y la forma de onda es igual a la suma de las corrientes por ambos inductores. A partir de esto, se puede saber que la corriente por la rama de salida tendrá un ripple pero su valor medio dependerá únicamente de la sumatoria de valores medios por los inductores, como puede verificarse en la figura a continuación.



En la salida se puede ver como se obtienen los valores medios calculados. . Sin embargo, se obtiene un pequeño ripple en corriente y tensión que dependerá del Duty Cicle y el valor de los capacitores de salida.

Hasta ahora, la mayor ventaja en cuanto a la utilización de este circuito en comparación con un Buck tradicional, es la de poder dividir la corriente por la carga a través de dos inductores, resultando en inductores de menor volumen y costo. Sin embargo, todo este análisis se realizó para un único Duty Cicle, por lo tanto, ahora se realizarán varias simulaciones dentro de una iteración para diferentes y observaremos el ripple de salida.

GRAFICA

Q

Notas exposición Grupo 2 – 26/11/24

Buck intercalado.

1. Explicar como funciona un Buck.

Modelo en regimen permanente con 2 inductores…

Análisis de corrientes en bobinas (La corriente media es la suma de las corrientes medias por las dos bobinas independientemente de como esté la llave. Los valores son distintos porque depende de qué transistor comienza a conducir primero).

Análisis de ripple en capacitor ¿Desarrollar integral?

Análisis para distintos Duty Cicle

Qué mejoras presenta este circuito? Mejor ripple de corriente.

Boost intercalado.

Poner gráficas de tensión y corriente por inductores en orden vertical.

Tensión y corriente en capacitores -> Explicar las relaciones de la integral entre ambas.