

Introducción

La figura 1 muestra la configuración básica de un convertidor Forward. Para mayor claridad, Los circuitos de accionamiento y control se han simplificado y se ha omitido la rectificación de entrada.

Aunque el aspecto general de la etapa de potencia es similar al del flyback, el modo de funcionamiento es completamente diferente. El devanado secundario está en fase de modo que esa energía se transferirá a los circuitos de salida cuando el transistor de potencia esté "encendido". El transformador de potencia TR1 opera como un transformador con una baja resistencia de salida.

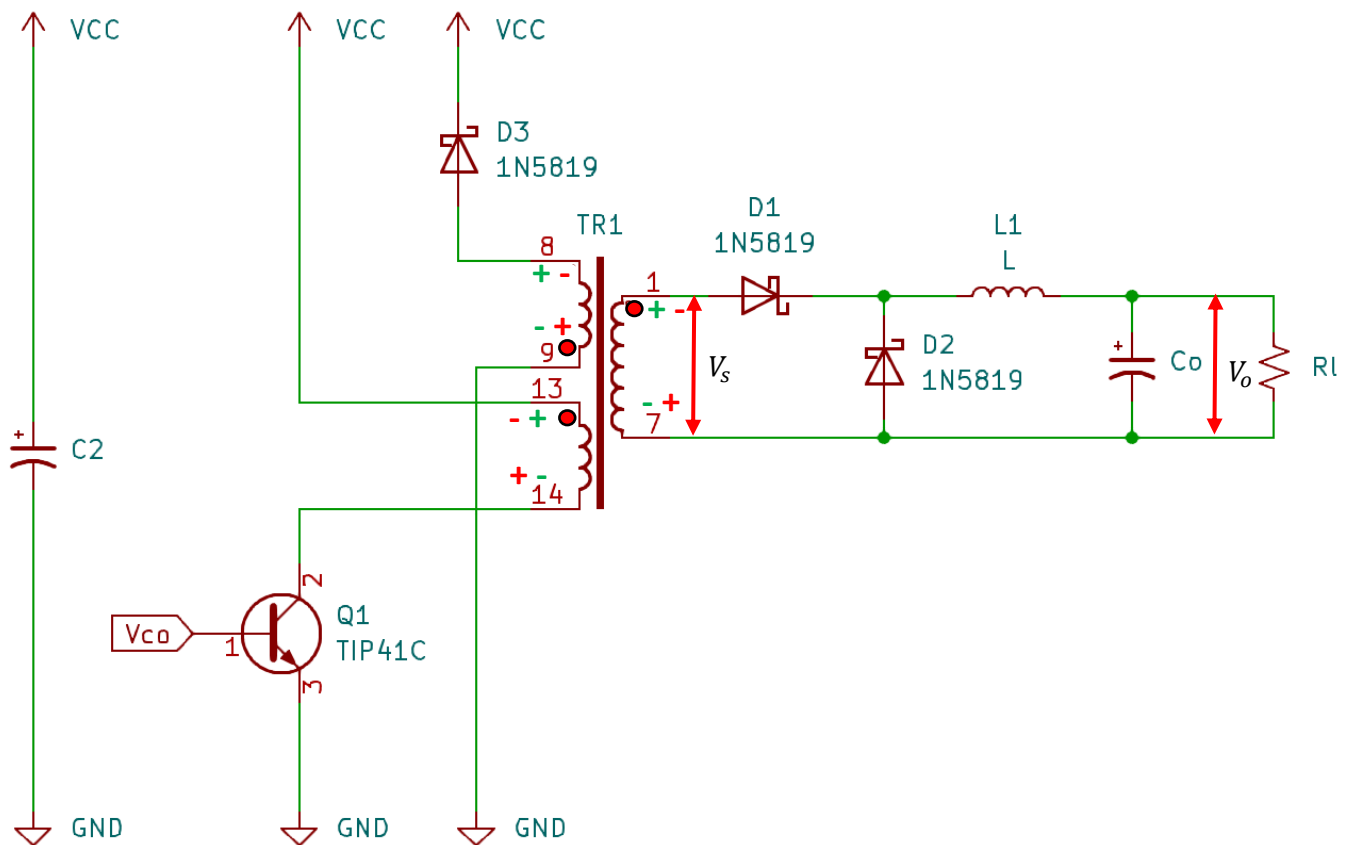
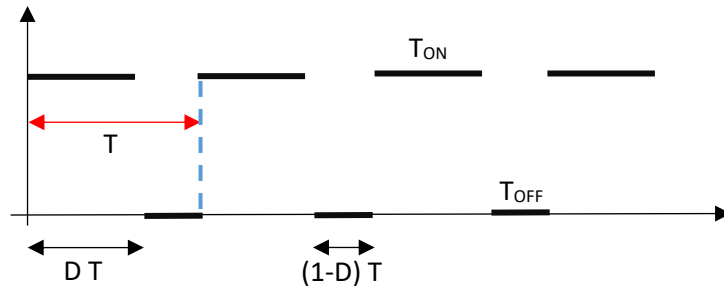
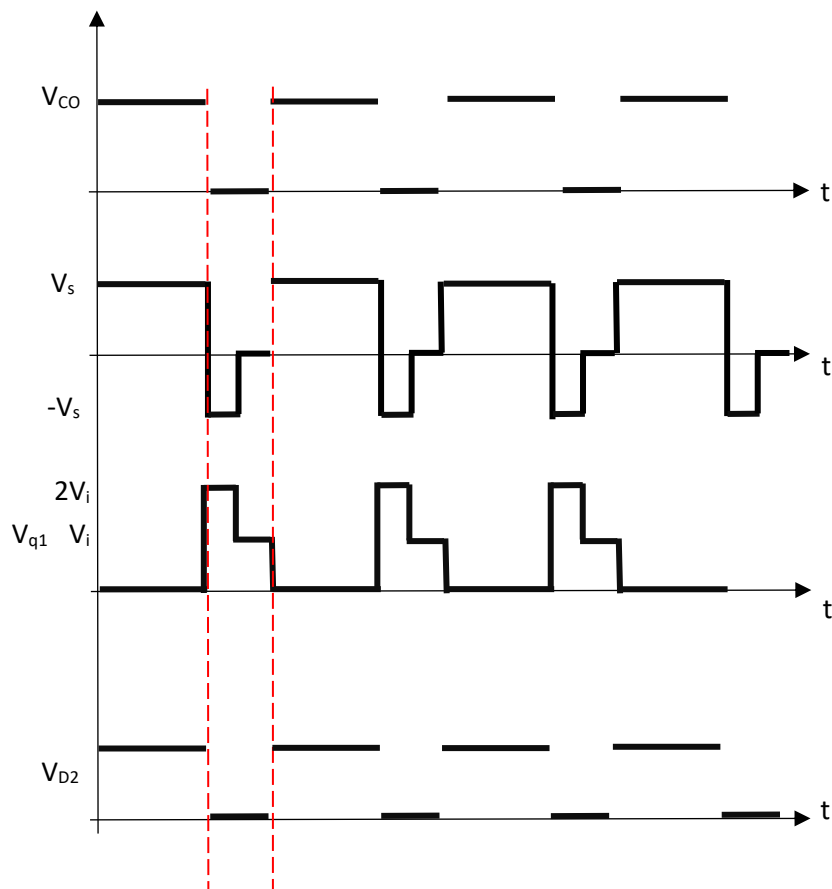


Figura 1: representación de una fuente forward





$T = T_{ON} + T_{OFF}$	Periodo [Seg]
$f = \frac{1}{T}$	Frecuencia [Hz]
$D = \frac{T_{ON}}{T}$	Ciclo de trabajo [%]
$T_{ON} = D T$	Tiempo de encendido [Seg]
$T_{OFF} = (1 - D)T$	Tiempo de apagado [Seg]



Modo de funcionamiento

Cuando el transistor Q1 se enciende, la tensión de suministro V_{cc} se aplica al devanado primario, y se desarrollará y aplicará una tensión al secundario V_s y al rectificador de salida. Despreciando las caídas y pérdidas del diodo, la tensión a través del inductor L será V_s menos la tensión de salida V_o (asumiendo que el capacitor de salida C_o es suficientemente grande para que la tensión de salida pueda considerarse constante). La corriente en L aumentará linealmente según lo definido por la siguiente ecuación:

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

Al final de un período de "encendido", Q1 se apagará y las tensiones secundarias se invertirán en la acción normal según la ley de Faraday. La corriente en el inductor de salida continuará fluyendo en dirección directa bajo la acción forzada de L , poniendo en conducción el diodo D2. La tensión a través del inductor L ahora se invierte, con un valor igual a la tensión de salida (despreciando las caídas de tensión del diodo). La corriente en L ahora disminuye como lo define la siguiente ecuación:

$$-\frac{di}{dt} = \frac{V_o}{L}$$

Recuperación de energía

Durante el período "encendido" del transistor Q1, la energía se transferirá al circuito de salida. Al mismo tiempo, el primario del transformador tomará un componente de corriente magnetizante y almacenará energía en forma del campo magnético. Cuando Q1 se apaga, esta energía almacenada dará como resultado tensiones de retorno perjudiciales y grandes en el colector del transistor de conmutación Q1 a menos que se realice una acción de recuperación de energía.

Nota: Durante el período "off", los diodos de salida tendrán polarización inversa y no proporciona ninguna acción, a diferencia del convertidor flyback.

En este ejemplo, se conectan un "bobinado de recuperación de energía" (segundo bobinado del primario) y un diodo D3 de modo que la energía almacenada será devuelta a la línea de suministro durante el período. Tener en cuenta que durante el período de retorno de energía, la tensión a través del devanado de retorno está siendo realizado



por D3, siendo positivo el acabado del devanado. Por tanto, la tensión en el colector del transistor será el doble de V_{cc} .

Para evitar una inductancia parásita excesiva entre ambos devanados del primario y, por lo tanto, una tensión excesiva "sobrepulso" en el colector del transistor, es convencional enrollar bifilarmente la recuperación de energía. En esta disposición es importante que el diodo D3 se colocará en el extremo superior del devanado de recuperación de energía. La razón de esto es que el aparecerá la capacitancia entre devanados (que puede ser considerable con un devanado bifilar).

Tensión de salida

La tensión aplicada al circuito de salida tiene la misma forma que la tensión de control, como sucede en un convertidor Buck. Por lo tanto, la tensión de salida será:

$$V_o = V_2 D$$

Considerando al transformador:

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_i$$

Reemplazando:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{n_2}{n_1} D$$

La expresión obtenida da la relación entre la tensión de entrada y salida para un funcionamiento en modo continuo. Dada las prestaciones que tal convertidor ofrece, se utiliza en aplicaciones que requieren bajo riple de tensión y alta corriente de salida.



Inductor de salida

El valor mínimo de L normalmente está diseñado por la necesidad de mantener una conducción continua. La figura 2 muestra la conducción en modo continuo en la forma de onda superior y conducción en modo discontinuo en la forma de onda inferior.

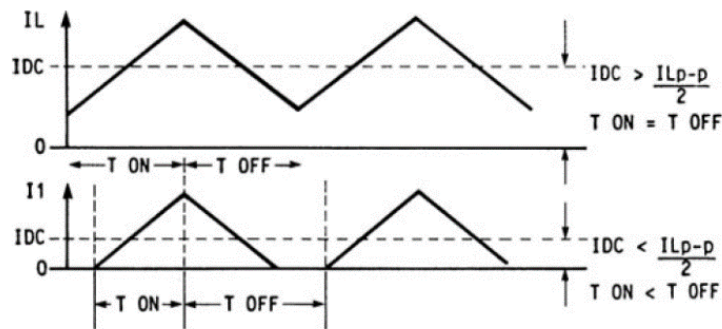


Figura 2: formas de corriente para distintos modos

A medida que la corriente de carga I_{dc} disminuye, se alcanza un valor crítico donde el valor mínimo de la corriente ondulada en el inductor tocará apenas cero (eje de abscisas). En este punto la corriente de carga crítica es igual a la corriente de ripple media en el inductor y se define de la siguiente manera:

$$I_{dc} = \frac{I_{PK}}{2}$$

En corrientes de carga por debajo de este valor crítico, L entrará en un modo de corriente discontinua de operación. Sin embargo, este no es un límite mínimo final para la corriente de carga, ya que la tensión de salida aún se puede mantener constante reduciendo la relación. En corrientes superiores al valor crítico, la relación permanecerá casi constante, independientemente de la corriente de carga (modo de funcionamiento continuo). Por debajo del valor crítico, la relación debe ajustarse para tanto variaciones de carga como variaciones de tensión de entrada (operación en modo discontinuo).

Ventajas

- Las pérdidas de cobre del transformador tienden a ser algo menores, ya que Las corrientes máximas en primario y secundario tenderán a ser más bajas que en el caso de la topología flyback.
- No requiere gap
- Buena reducción ripple en el secundario. La acción del inductor de salida y el diodo mantiene una corriente razonablemente constante en la carga de salida y condensadores de depósito.
- Debido a la reducción de la corriente de ripple, las tensiones de ripple de salida tenderán a ser más bajos también.



Desventajas

- Se incurre en un mayor costo debido al inductor de salida adicional y al diodo del secundario
- El transistor de potencia debe soportar una tensión superior al doble de la tensión de entrada.
- Es necesario un buen acoplamiento magnético entre el devanado de desmagnetización y el primario.

Diseño de fuente Forward con LM2577

1.

$$\frac{N_p}{N_c} \leq \frac{V_{sw} - V_{imax} - V_{snubber}}{V_{imax}}$$

2.

$$D_{max} = \frac{\frac{N_p}{N_c}}{\frac{N_p}{N_c} + 1}$$

3.

$$\frac{N_s}{N_p} \geq \frac{V_o + V_{diode}}{V_{inmin} D_{max}}$$

4.

$$\Delta_{ilp} = i_{sw(pk)} - (I_{omax} + 0,15 \Delta i_{lo}) \left(\frac{N_s}{N_p} \right)$$

$$L_p = \frac{V_{imax} - V_{sat}}{\Delta_{ilp} f} D_{max}$$



Inductor de salida

$$\Delta i_{lo} = 0,3 I_o$$

$$L_o = \left((V_i - V_{sat}) \left(\frac{N_s}{N_p} \right) - V_D - V_o \right) \frac{D}{\Delta i_{lo} f}$$

Red Snubber

Resistencia:

$$R_s = 2 \left(V_{ce} - V_i \left(1 + \frac{N_p}{N_c} \right) \right) \frac{(V_{ce} - V_i - V_D)}{L_L I_{pri}^2 f}$$

Capacitor:

$$C_s = \frac{V_R}{R_s f \Delta V_R}$$

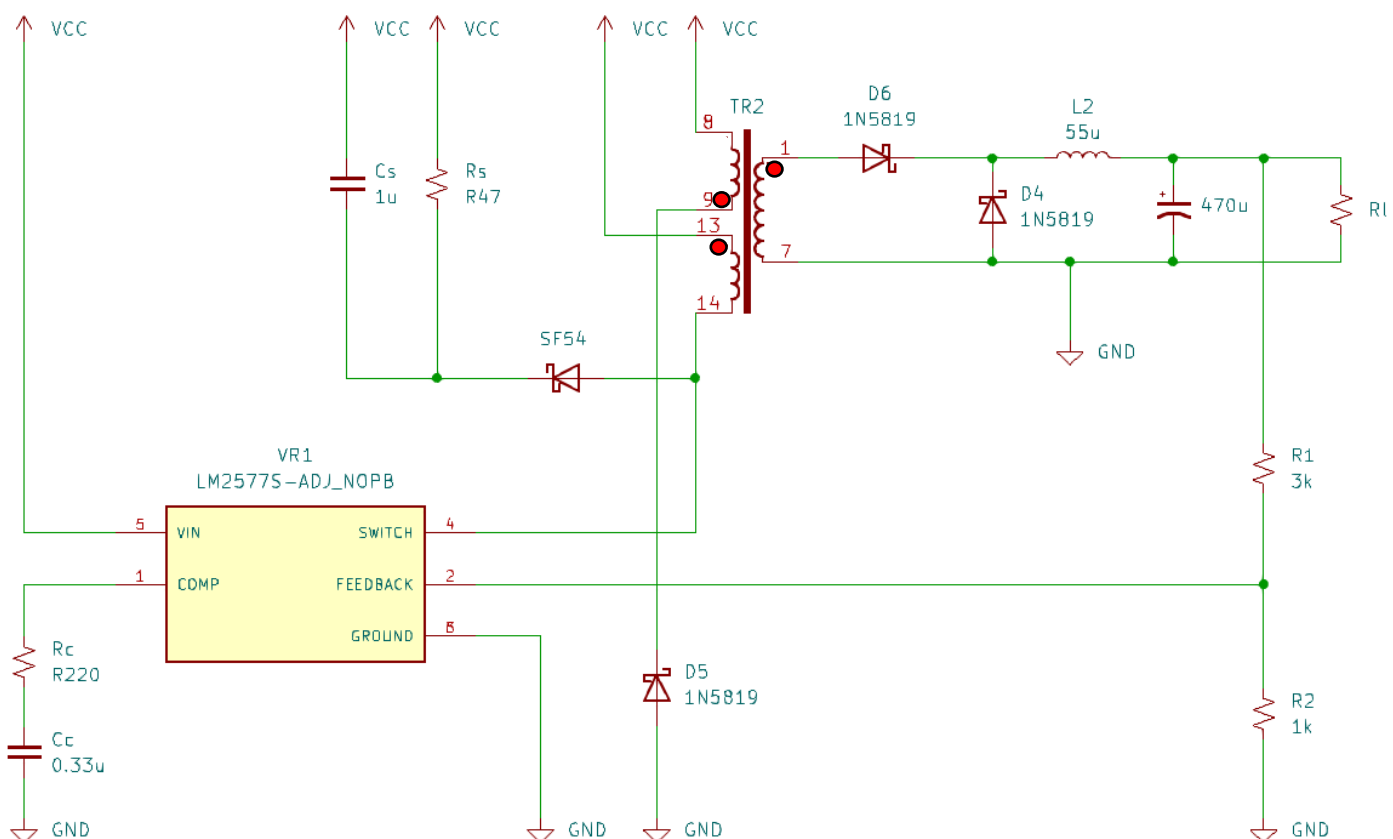


Figura 3: circuito resultante

