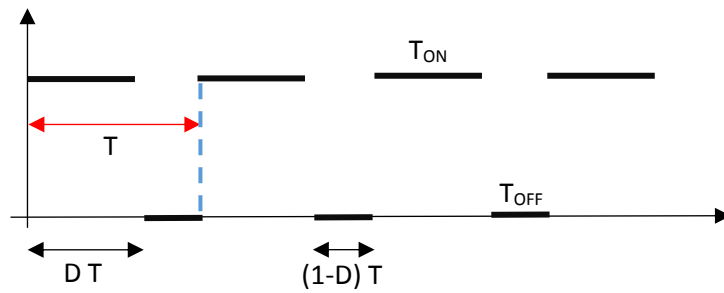
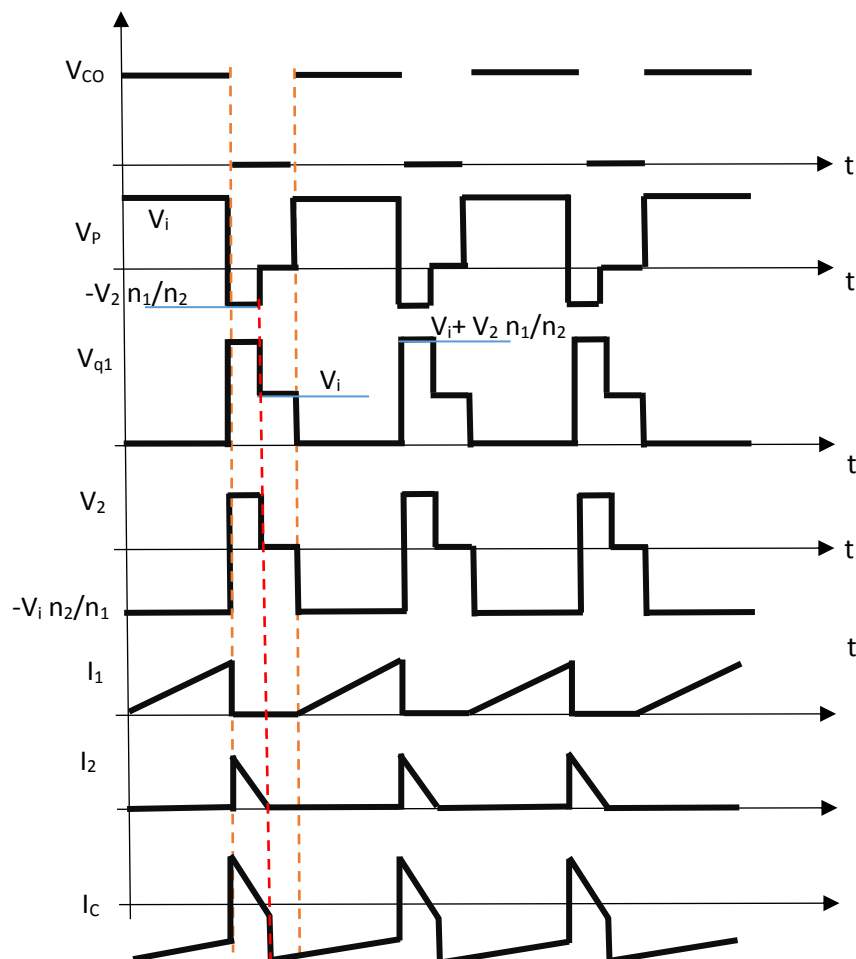
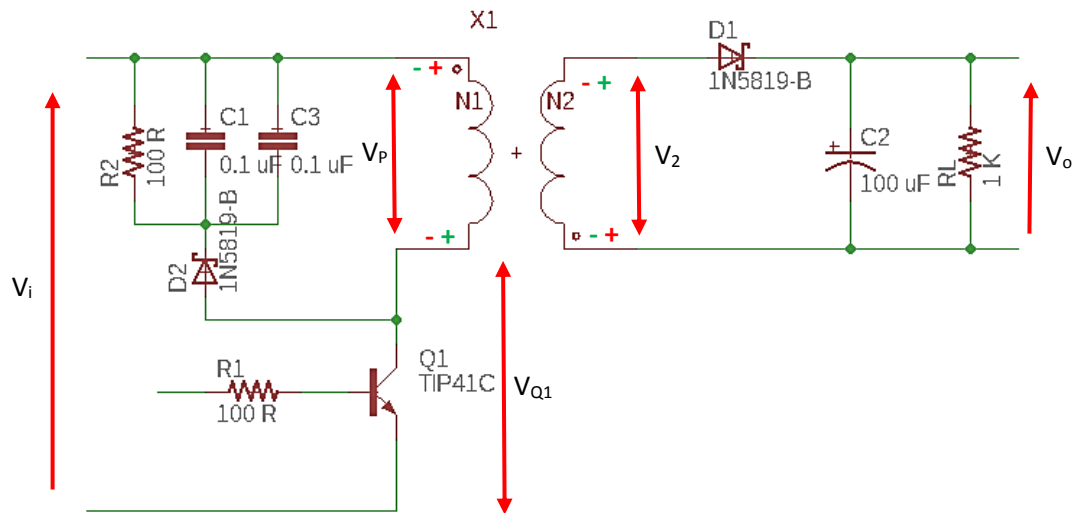


## Fuente flyback



$T = T_{ON} + T_{OFF}$	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]





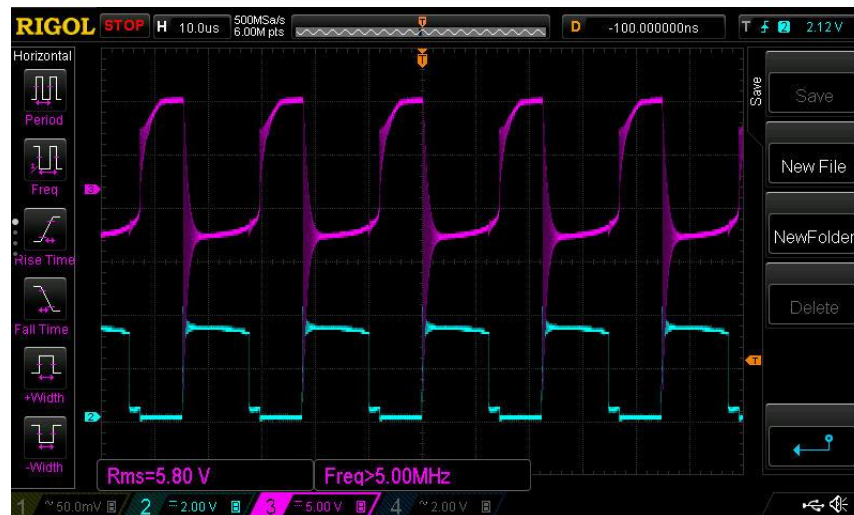
Gráfica de  $V_p$ :



Gráfica de  $V_{Q1}$ :



Gráfica de  $V_2$ :

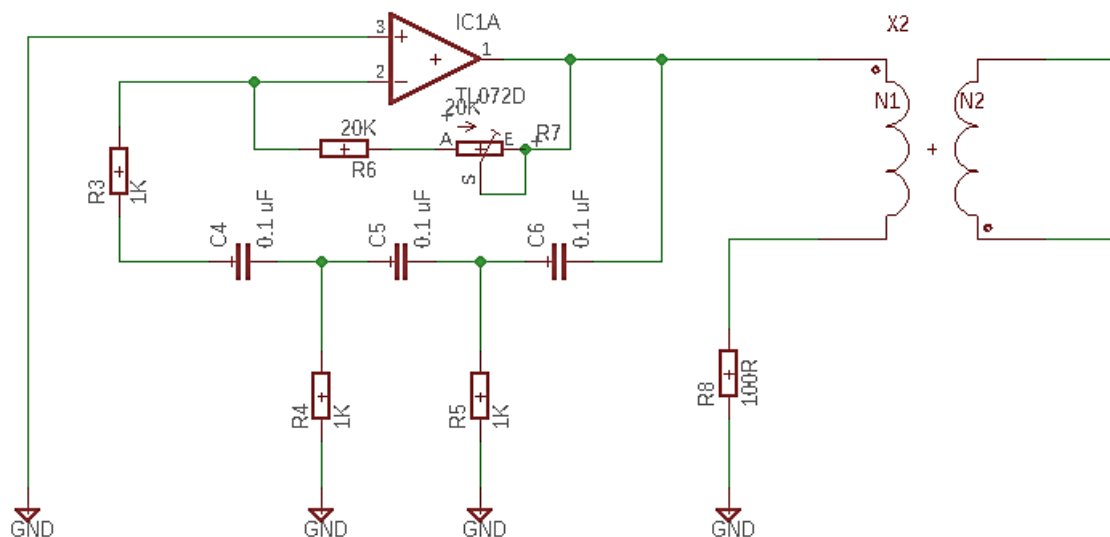


## Análisis del transformador

Bornes homólogos:

En la figura anterior se indicó la notación usada para determinar la fase de cada devanado, mediante un punto ( $\odot$ ). Éste indica que, si en el primario la corriente es **entrante** en el extremo marcado con el punto, en el secundario la corriente es **saliente** en el extremo marcado con el punto.

Circuito para encontrar el homologo:



Relación de transformación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{n_1}{n_2} \cong \frac{I_2}{I_1} \quad [1]$$

Relación de impedancias:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad [2]$$

Procedimiento para encontrar el valor de  $A_l$ :

Dado que los inductores son los componentes vitales para el diseño de una SMPS y particularmente de una fuente flyback, determinaremos las fórmulas básicas para la determinación de los mismos. Por ley de Faraday, tenemos que:

$$V_L = \int n \frac{d\phi}{dt} = \int L \frac{dI}{dt}$$

$$L I = n \phi = n A_c B \quad [3]$$

$A_c$  = Área del núcleo

Multiplicando la ecuación [3] por  $\frac{I}{2}$ :

$$\frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} n I A_c B \quad [4]$$

Por otro lado, la inducción  $B$  es:

$$B = \mu_e \mu_0 H \quad [5]$$

$\mu_e$  = Permeabilidad relativa equivalente

$\mu_0$  = Permeabilidad del vacío



De acuerdo a la ley de Ampere, la fuerza magnetomotriz resulta:

$$f.m.m. = \oint H dl \Rightarrow n I = H l_e \quad [6]$$

$l_e$  = Longitud equivalente del circuito magnético

Sustituyendo [6] en [4]:

$$\frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} H l_e A_c B = \frac{1}{2} H V_c B \quad [7]$$

$V_c$  = Volumen del núcleo

De ecuaciones anteriores [4] y [6] se obtiene:

$$I = \frac{n A_c B}{L} \Rightarrow n I = \frac{n^2 A_c B}{L} = H l_e \quad [8]$$

Reemplazando en [8] el valor de H obtenido en [5], la inductancia resulta:

$$L = \underbrace{\frac{\mu_e \mu_0 A_c}{l_e}}_{A_L} n^2 \Rightarrow L = A_L n^2$$

La ecuación anterior permite obtener el valor de la inductancia en función del número de espiras y de la *permeancia magnética*  $A_L$ , que es la inversa de la reluctancia magnética. Normalmente dicha constante es provista por el fabricante dado que solo depende de las características constructivas del núcleo:

$$A_L = \frac{1}{\Re} \left[ \frac{n Hy}{t^2} \right]$$



Conocido  $A_L$  podemos despejar el número de espiras o sabiendo el número de espiras y la inductancia calculamos  $A_L$ :

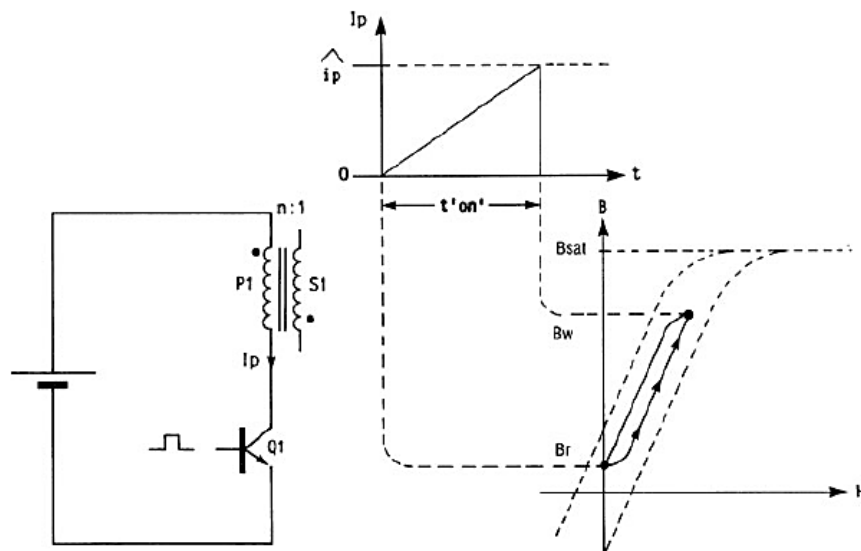
$$n = \sqrt{\frac{L}{A_L}} \quad \text{ó} \quad A_L = \frac{L}{n^2}$$

## Modo de funcionamiento

En el momento en que Q1 se activa, la corriente en el primario crecerá a un ritmo de:

$$\frac{di_p}{dt} = \frac{V_p}{L_p}$$

Esta ecuación muestra que habrá un incremento lineal de corriente en el primario durante el tiempo en el que Q<sub>1</sub> (t<sub>on</sub>) se encuentre conduciendo. Durante este periodo, la densidad de flujo magnético en el núcleo se incrementará desde un valor residual B<sub>r</sub> a un valor máximo de trabajo B<sub>w</sub>. En la figura siguiente se puede observar dicho fenómeno.

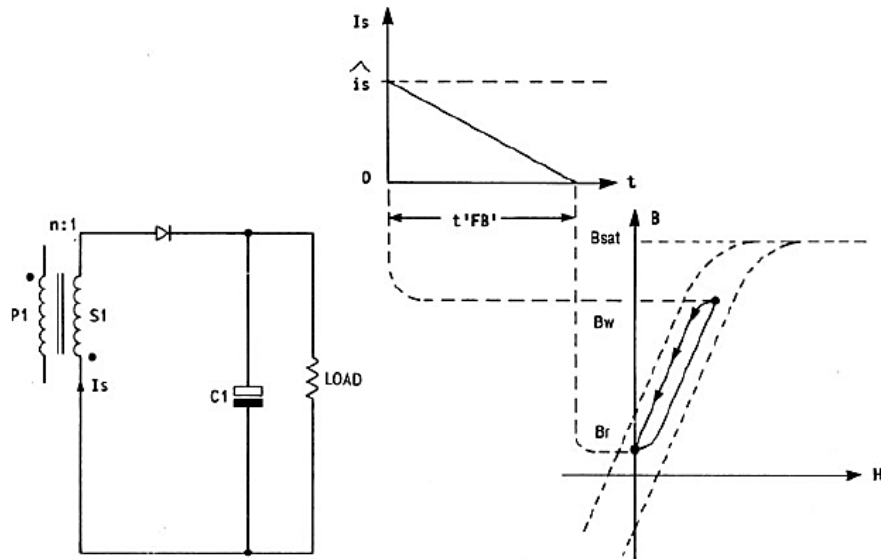


Cuando Q<sub>1</sub> se apaga, la corriente del primario se hace cero. Ocurre un cambio en la densidad de flujo magnético:  $-\Delta B$ .

$$\Delta B = \frac{V_i t_{on}}{N_p} = \frac{V_2 t_{off}}{N_s}$$



Como el cambio en la densidad de flujo es ahora negativo, la tensión será también negativa en todos los devanados (lo que llamamos acción “flyback”). El diodo rectificador del secundario conducirá, y la corriente magnetizante es transferida al secundario. La corriente disminuirá a cero durante este periodo.



Para estudiar este tipo de fuentes, consideraremos que trabaja en modo discontinuo. Los incrementos de corriente para el primario y secundario son:

$$\Delta I_1 = \frac{V_i}{L_1} D T$$

$$\Delta I_2 = \frac{V_o}{L_2} D_1 T$$

Considerando que toda la energía del primario puede ser transferida al secundario, se puede escribir:

$$\frac{1}{2} L (\Delta I)^2 = \frac{1}{2} L_1 \frac{V_i^2}{L_1^2} D^2 T^2 = \frac{1}{2} L_2 \frac{V_o^2}{L_2^2} D_1^2 T^2 \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{V_i^2 D^2}{L_1} = \frac{V_o^2 D_1^2}{L_2} \quad [9]}$$



De [9] se puede obtener la tensión de salida:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{D_1} \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{D}{D_1} \frac{n_2}{n_1} \quad [10]$$

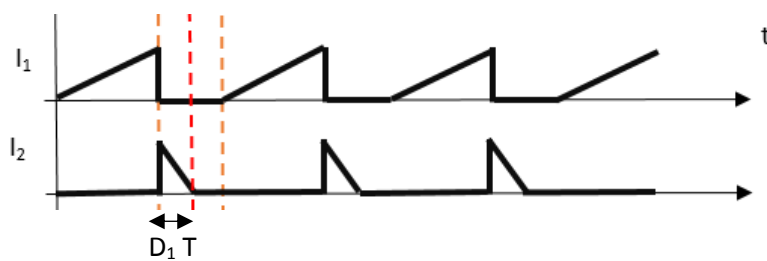
Cálculo de las potencias de entrada y de salida:

$$P_i = V_i I_i = V_i \frac{\Delta I_1}{2} D = \frac{V_i^2 D^2 T}{2 L_1} \quad [11]$$

$$P_o = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{D^2 L_2 V_i^2}{D_1^2 L_1 R_L} \quad [12]$$

Igualando [11] y [12], obtenemos  $D_1$ :

$$D_1 = \sqrt{\frac{2 L_2}{R_L T}} \quad [13]$$



Igualando [13] y [10]:

$$\frac{V_o}{V_i} = D \sqrt{\frac{R_L T}{2 L_1}}$$





Considerando la energía en cada periodo, la potencia resulta:

$$P = \frac{1}{2} L \frac{\Delta I^2}{T} = \frac{1}{2} L \Delta I^2 f_{sw} \quad [14]$$

Relacionando [14] con [11], finalmente se obtiene:

$$L_1 = \frac{V_{i\min}^2 D_{\max}^2}{2 P_{\max} f_{sw}} \quad [15]$$

También se puede demostrar:

$$L_2 = \frac{V_o^2 (1 - D_{\max})^2}{V_{i\min}^2 D_{\max}^2} L_1$$

Relacionando con [15]:

$$L_2 = \frac{V_o^2 (1 - D_{\max})^2}{2 P_{\max} f_{sw}}$$

