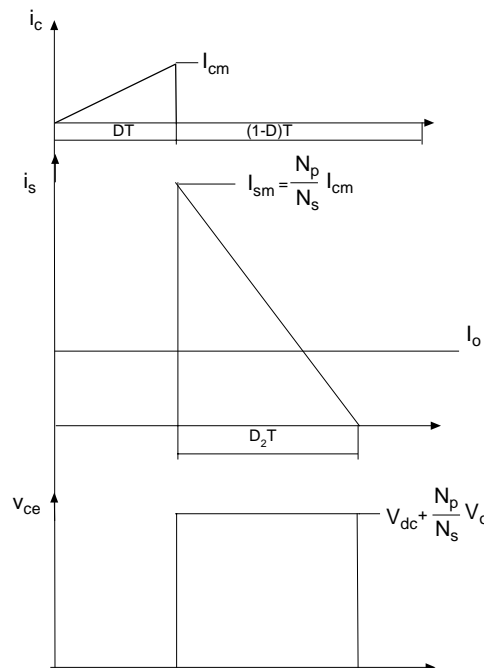
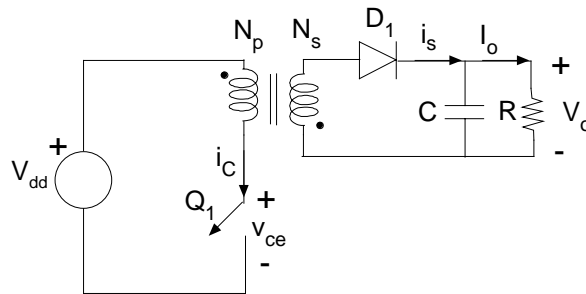




1.- Se diseña un convertidor flyback trabajando en el límite entre conducción continua y discontinua. La máxima tensión que debe soportar el transistor es 500V y la frecuencia de conmutación es $f_s=100\text{kHz}$

Datos: $V_{dd}=300\text{V}$, $V_o=50\text{V}$, $P_o=100\text{W}$. Densidad de flujo magnético máxima $B_{\text{max}}=100\text{mT}$, densidad de corriente $J=2\text{A/mm}^2$, sección del núcleo $A_c=150\text{mm}^2$, factor de llenado $k_{cu}=0,5$, permeabilidad magnética del aire $\mu_0=4\pi 10^{-7}$. No se tengan en cuenta la sobretensión debida a los transitorios de conmutación y supóngase rendimiento unidad.

Calcúlese: 1) Número de vueltas del primario y secundario, 2) el valor de la inductancia, 3) la máxima intensidad por el transistor y el diodo, 4) los tiempos de conducción del transistor y del diodo 5) el área producto y 6) el entrehierro.



$$V_{ce,max} = V_{dd} + \frac{N_p}{N_s} V_o \leq 500V \quad ; \quad \frac{N_p}{N_s} = 4$$



$$V_{dd}D - V_o \frac{N_p}{N_s}(1-D) = 0 \quad ; \quad D = 0,4 \quad ; \quad t_{on} = 4\mu s \quad ;$$

$$t_{off} = 6\mu s$$

$$V_{dd} = N_p A_c \frac{B_{max}}{t_{on}} \quad ; \quad N_p = 80 \text{vuelatas} \quad ; \quad N_s = 20 \text{vuelatas}$$

$$V_{dd} = L_{\mu 1} \frac{I_{cm}}{t_{on}} \quad ; \quad P_o = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{2} L_{\mu 1} I_{cm}^2 \right) \quad ; \quad P_o = \frac{1}{2} V_{dd} D I_{cm}$$

$$I_{cm} = 1,67 A \quad ; \quad L_{\mu 1} = 720 \mu H \quad ; \quad I_{sm} = 6,67 A$$

$$I_{cef} = I_{cm} \sqrt{\frac{D}{3}} = 0,61 A \quad ; \quad I_{sef} = I_{sm} \sqrt{\frac{1-D}{3}} = 2,98 A$$

$$A_{cu1} = 0,3 \text{mm}^2 \quad ; \quad A_{cu2} = 1,5 \text{mm}^2 \quad ;$$

$$A_w = \frac{A_{cu1} N_p + A_{cu2} N_s}{k_{cu}} = 110 \text{mm}^2$$

$$A_p = A_w A_c = 1,65 \text{cm}^4$$

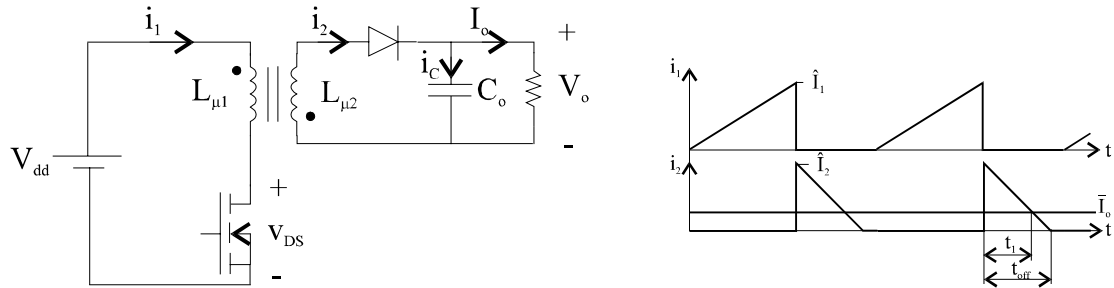
$$L_{\mu 1} \cong \frac{N_p^2 \mu_o A_c}{l_g} \quad ; \quad l_g \cong 1,68 \text{mm}$$



2.- Se diseña un convertidor flyback en el que se debe garantizar la desmagnetización del núcleo de ferrita en cada ciclo de conmutación. La máxima tensión que debe soportar el transistor es 400V.

Datos: $V_{in(min)}=20V$, $V_{in(max)}=300V$, $V_o=48V$, $P_o = 100W$, $f_s=50kHz$, $\Delta V_o=5\%$, $C \cdot ESR=50 \cdot 10^{-6}$

Calcular: la relación de transformación, inductancia vista desde el primario y el secundario, t_{on} máximo, C_o , valor eficaz de intensidad por C_o .



$$V_{DS,max} = V_{dd,max} + \frac{N_1}{N_2} V_o \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} < \frac{\hat{V}_{DS,max} - V_{dd,max}}{V_o} \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} = 2$$

$$V_{dd,min} t_{on,max} = V_o \frac{N_1}{N_2} (T - t_{on,max}) \quad ; \quad t_{on,max} = 16,55 \mu s \quad ; \quad P_o = \frac{1}{2} L_{\mu 1} \hat{I}_1^2 f_s$$

$$\hat{I}_1 = 12,083 A \quad ; \quad V_{dd} t_{on} = L_{\mu 1} \hat{I}_1 \quad ; \quad L_{\mu 1} = 27,4 \mu H \quad ; \quad \frac{L_{\mu 1}}{L_{\mu 2}} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$$

$$L_{\mu 2} = 6,85 \mu H \quad ; \quad V_o \frac{N_1}{N_2} t_{off} = L_{\mu 1} \hat{I}_1 \quad ; \quad t_{off} = 3,45 \mu s$$

$$I_{Co} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_{on,max}} I_o^2 dt + \int_0^{t_1} \left(\frac{\hat{I}_2 - I_o}{t_1} t \right)^2 dt + \int_0^{t_{off}-t_1} \left(\frac{I_o}{t_{off} - t_1} t \right)^2 dt \right]}$$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = 2,083 A = \frac{t_{off} \hat{I}_2}{2} f_s \quad ; \quad t_{off} - t_1 = \frac{I_o t_{off}}{\hat{I}_2} \quad ; \quad t_1 = 3,1526 \mu s$$

$$I_{Co} = \sqrt{f_s \left[I_o^2 (T - t_{off}) + (\hat{I}_2 - I_o) \frac{t_1}{3} + I_o^2 \frac{(t_{off} - t_1)}{3} \right]} \quad ; \quad I_{Co} = 5,408 A$$

$$5\% V_o = 2,4V \quad ; \quad ESR \cdot \hat{I}_2 \leq 5\% V_o \quad ESR \cdot C = 50 \cdot 10^{-6} \quad ; \quad C \geq 504 \mu F$$

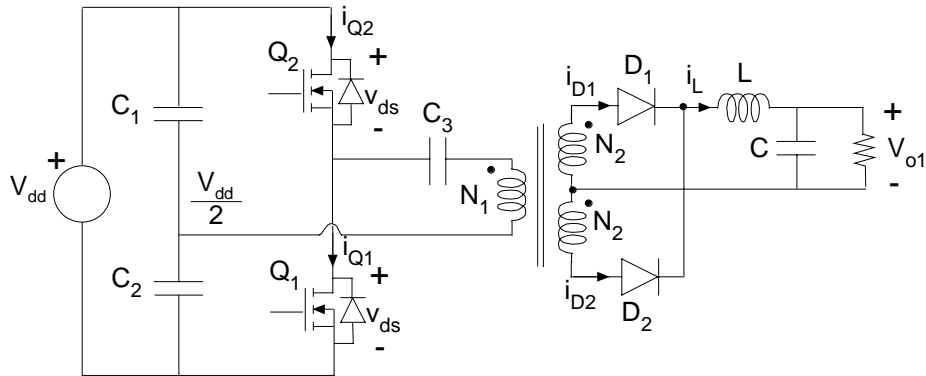


$$\Delta V_o = \frac{1}{C}(\hat{I}_2 - I_o) \int_0^{t_1} \left(1 - \frac{t}{t_1}\right) dt \quad ; \quad \Delta V_o = \frac{\hat{I}_2 - I_o}{C} \frac{t_1}{2} < 5\% V_o$$



3.- Se desea diseñar un convertidor cc/cc con aislamiento: Tensión de entrada $V_{dc}=300V$, Tensión de salida $V_o=50V$, Potencia de salida $P_o=1kW$. Rizado de intensidad de salida $\Delta I_o=30\%$. El ciclo de trabajo máximo es $D=0,8$. Indicar los valores de tensión e intensidad que deben soportar los transistores en el caso de elegir la configuración medio puente y puente completo.

Medio puente



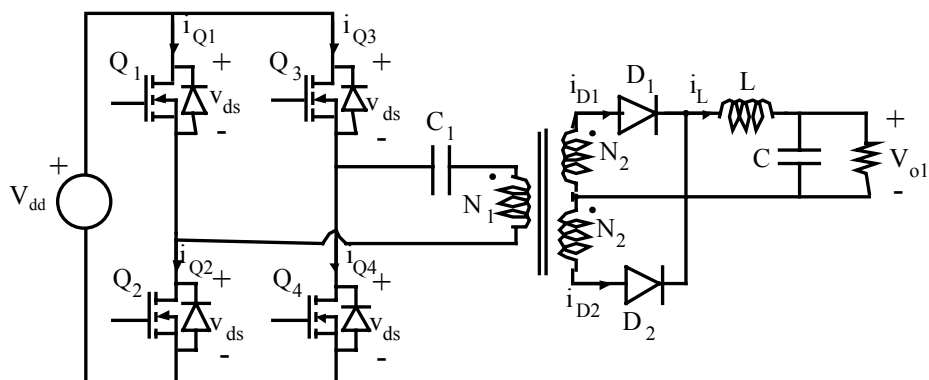
$$V_o = \frac{V_{dd}}{2} D \frac{N_2}{N_1} \quad ; \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{10}{24} \quad ; \quad I_o = \frac{P_o}{V_o} = 20A \quad ;$$

$$\hat{I}_L = 1,15I_o = 23A = \hat{I}_{N2}$$

Despreciando la intensidad de magnetización

$$N_1 \hat{I}_{N1} = N_2 \hat{I}_{N2} \quad ; \quad \hat{I}_{Q1} = \hat{I}_{N1} = 9,6A \quad ; \quad \hat{V}_{DS,Q1} = V_{dd} = 300V$$

Puente completo



$$V_o = V_{dd} D \frac{N_2}{N_1} \quad ; \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{5}{24}$$



$$N_1 \hat{I}_{N1} = N_2 \hat{I}_{N2} \quad ; \quad \hat{I}_{Q1} = \hat{I}_{N1} = 4,8A \quad ; \quad \hat{V}_{DS,Q1} = V_{dd} = 300V$$

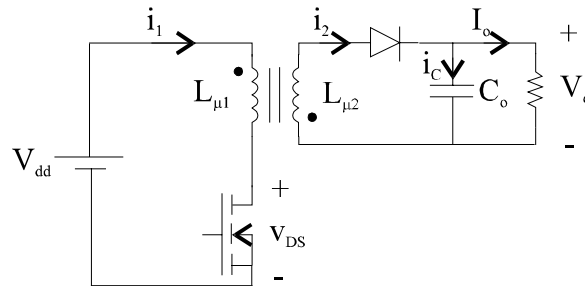


4.- Se diseña un convertidor flyback en conducción discontinua. El diseño garantiza que el núcleo magnético permanece sin flujo el 20% del periodo de conmutación. La máxima tensión que debe soportar el transistor es 420V y la frecuencia de conmutación es $f_s=100\text{kHz}$

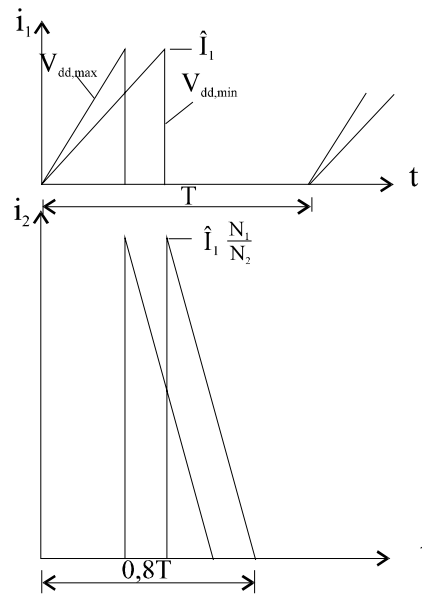
Datos: $V_{dd}=180\text{V} \pm 20\%$, $V_o=50\text{V}$, $P_o=100\text{W}$.

Calcúlese la relación de transformación, el valor de la inductancia, la máxima intensidad por el transistor y el diodo y los tiempos de conducción del transistor y del diodo en los casos de $V_{dd,\min}$ y $V_{dd,\max}$.

Dibújense las funciones de intensidad en los casos de $V_{dd,\min}$ y $V_{dd,\max}$.



$$V_{DS,\max} = V_{dd,\max} + \frac{N_1}{N_2} V_o \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} < \frac{\hat{V}_{DS,\max} - V_{dd,\max}}{V_o} \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} = 4$$



$$V_{dd,\min} = L_{\mu 1} \frac{\hat{I}_1}{t_{on,\max}} \quad ; \quad V_o = L \frac{N_2^2}{N_1^2} \frac{\hat{I}_1 \frac{N_1}{N_2}}{t_{off}} \quad ; \quad t_{on,\max} + t_{off} = 0,8T$$

$$0,8T = L_{\mu 1} \hat{I} \left(\frac{N_2}{N_1} \frac{1}{V_o} + \frac{1}{V_{in}} \right) \quad ; \quad P_o = 100\text{W} = \frac{1}{2} L_{\mu 1} \hat{I}_1^2 f_s$$

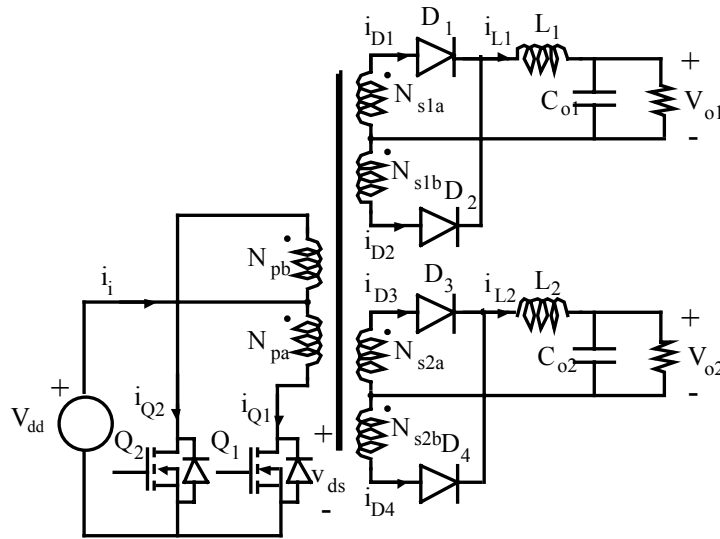
$$\hat{I}_1 = 2,986\text{A} \quad ; \quad L_{\mu 1} = 224,3\mu\text{A}$$



Con $V_{dd,min}$, $t_{on}=4,65\mu s$, $t_{off}=3,35\mu s$. Con $V_{dd,max}$, $t_{on}=3,1\mu s$, $t_{off}=3,35\mu s$



5.- Diseño de un convertidor cc/cc push-pull. Datos: tensión de entrada $V_{dc}=48V$, se disponen dos salidas aisladas de 5V, 8A(max) y 23V, 1,9 A(max). La frecuencia de conmutación de cada transistor es $f_s=200kHz$, $D=0,7$. Rizado de intensidad en el filtro de la primera salida 20% y de la segunda 50%. Rizado de tensión 0,5%. Para realizar el transformador se utiliza un núcleo del material 3F3 de $B_{max}=60mT$ para conseguir unas pérdidas de $100mW/cm^3$. Calcular: los filtros de salida, el área producto del núcleo del transformador ($J=2A/mm^2$, $k_{cu}=0,4$, $A_c=2cm^2$). Con las formas de onda más significativas determinar las sollicitaciones de tensión e intensidad en los semiconductores.



$$V_{dc} = N_p \frac{d\phi}{dt} ; \quad V_{dc} = N_p A_c \frac{dB}{dt} ; \quad N_p = \frac{V_{dc} D \frac{T}{2}}{A_c B_{max}} ;$$

$$N_{pa} = N_{pb} = 7$$

$$V_{o1} = V_{dc} D \frac{N_{s1}}{N_p} ; \quad N_{s1a} = N_{s1b} = 1 ; \quad V_{o2} = V_{dc} D \frac{N_{s2}}{N_p} ;$$

$$N_{s1a} = N_{s1b} \cong 5$$

$$\Delta I_{o1} = 1,6A ; \quad I_{o1p} = 8,8A ; \quad \Delta I_{o2} = 0,95A ; \quad I_{o2p} = 2,375A$$

$$N_p i_p = N_{s1} i_{s1} + N_{s2} i_{s2} ; \quad I_{Q1 \max} = \frac{N_{s1} I_{o1p} + N_{s2} I_{o2p}}{N_p} = 2,96A ;$$

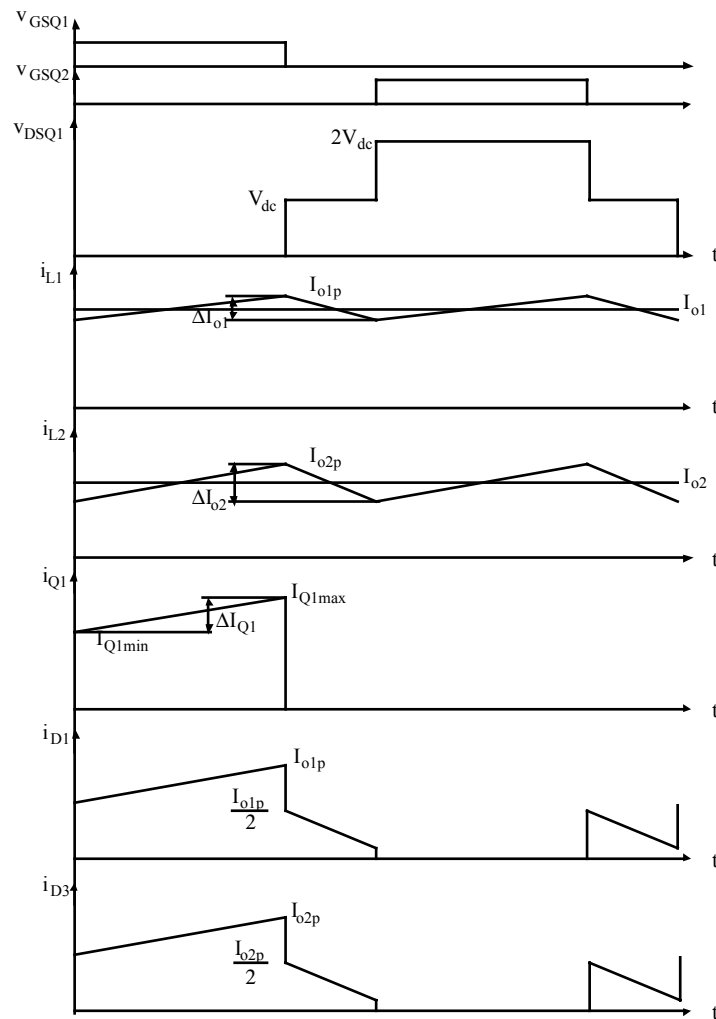
$$I_{Q1 \min} = 2,05A$$



$$\Delta I_{Q1} = 0,91A ; \quad I_{Q1rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_{on}} \left(I_{Q1min} + \frac{\Delta I_{Q1}}{t_{on}} t \right)^2 dt \right]}$$

$$I_{Q1rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[I_{Q1min}^2 t_{on} + I_{Q1min} \Delta I_{Q1} t_{on} + \frac{\Delta I_{Q1}^2 t_{on}}{3} \right]} ; \quad t_{on} = D \frac{T}{2} = 1,25\mu s$$

$$I_{Q1rms} = 1,46A ; \quad J = 2 \frac{A}{mm^2} ; \quad A_{cuNp} = 0,73mm^2$$



$$I_{D1rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_{on}} \left(I_{D1min} + \frac{\Delta I_{D1}}{t_{on}} t \right)^2 dt + 2 \int_0^{t_{off}} \left(\frac{I_{D1min}}{2} + \frac{\Delta I_{D1}}{2t_{off}} t \right)^2 dt \right]}$$



$$I_{D1rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left\{ I_{D1\min}^2 t_{on} + I_{D1\min} \Delta I_{D1} t_{on} \frac{\Delta I_{D1} t_{on}}{3} + 2 \left[\left(\frac{I_{D1\min}}{2} \right)^2 t_{off} + \frac{I_{D1\min}}{2} \frac{\Delta I_{D1}}{2} t_{off} + \left(\frac{\Delta I_{D1}}{2} \right)^2 \frac{t_{off}}{3} \right] \right\}}$$

$$I_{D1rms} = 5,23A \quad ; \quad A_{cuNs1} = 2,62mm^2$$

$$I_{D3rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_{on}} \left(I_{D3\min} + \frac{\Delta I_{D3}}{t_{on}} t \right)^2 dt + 2 \int_0^{t_{off}} \left(\frac{I_{D3\min}}{2} + \frac{\Delta I_{D3}}{2t_{off}} t \right)^2 dt \right]}$$

$$I_{D3rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left\{ I_{D3\min}^2 t_{on} + I_{D3\min} \Delta I_{D3} t_{on} \frac{\Delta I_{D3} t_{on}}{3} + 2 \left[\left(\frac{I_{D3\min}}{2} \right)^2 t_{off} + \frac{I_{D3\min}}{2} \frac{\Delta I_{D3}}{2} t_{off} + \left(\frac{\Delta I_{D3}}{2} \right)^2 \frac{t_{off}}{3} \right] \right\}}$$

$$I_{D3rms} = 1,252A \quad ; \quad A_{cuNs2} = 0,63mm^2$$

$$A_w = \frac{1}{k_{cu}} \left[A_{cuNp} (N_{pa} + N_{pb}) + A_{cuNs1} (N_{s1a} + N_{s1b}) + A_{cuNs2} (N_{s2a} + N_{s2b}) \right]$$

$$; A_w = 54,4mm^2$$

$$A_p = A_w A_c = 1,088cm^4$$

Cálculo de las inductancias:

$$V_{dc} \frac{N_{s1}}{N_p} - V_{o1} = L_1 \frac{\Delta I_{o1}}{t_{on}} \quad ; \quad L_1 = 2,03\mu H$$

$$V_{dc} \frac{N_{s2}}{N_p} - V_{o2} = L_2 \frac{\Delta I_{o2}}{t_{on}} \quad ; \quad L_2 = 20,8\mu H$$

Cálculo de los condensadores:

$$\Delta V_{o1} = \frac{1}{C_{o1}} \frac{\Delta I_{o1}}{2} \frac{T}{2} \frac{1}{2} \quad ; \quad C_{o1} = 20\mu F$$



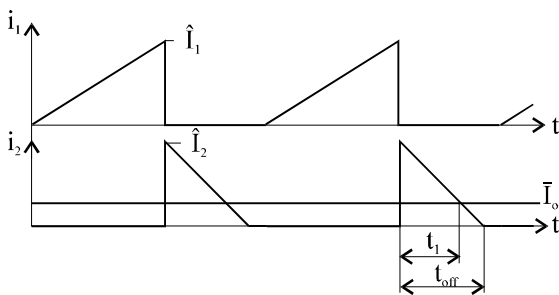
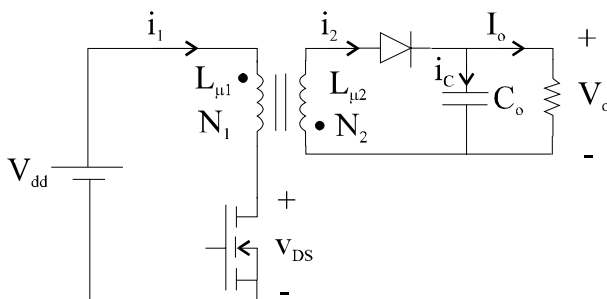
$$\Delta V_{o2} = \frac{1}{C_{o2}} \frac{\Delta I_{o2}}{2} \frac{T/2}{2} \frac{1}{2} \quad ; \quad C_{o2} = 2,6\mu F$$



6.- Se diseña un convertidor flyback en el que se debe garantizar la desmagnetización del núcleo de ferrita en cada ciclo de conmutación con un margen del 20% sobre el periodo total. La máxima tensión que debe soportar el transistor es 400V.

Datos: $V_{in} = 100V$, $V_o = 48V$, $P_o = 100W$, $f_s = 50kHz$. Núcleo EE. Variación de densidad de flujo adecuada para limitar las pérdidas en el núcleo a 10 mW/cm^3 , $\Delta B = 400 \text{ Gauss}$ (1 Tesla (S.I.) = 10^4 Gauss) $A_c = 178 \text{ mm}^2$, $\mu_o = 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$. $\Delta V_o = 5\%$, $C_o \text{ ESR} = 10^{-7}$.

Calcular el entrehierro, A_p y C_o .



$$T_s = 20 \mu\text{s}; \quad t_{on} + t_{off} = 16 \mu\text{s} \quad ; \quad \hat{V}_{DS} = V_{dd} + \frac{N_1}{N_2} V_o \leq 400V$$

$$\frac{N_1}{N_2} = 6 \quad ; \quad P_o = \frac{1}{T_s} \frac{1}{2} L_{\mu 1} \hat{I}_1^2 \quad ; \quad V_{dd} t_{on} = L_{\mu 1} \hat{I}_1$$



Cálculo de t_{on}

$$V_{dd} = N_1 \frac{\hat{\phi}}{t_{on}} ; \quad -V_o \frac{N_1}{N_2} = N_1 \frac{\hat{\phi}}{t_{off}} ; \quad t_{on} + t_{off} = 0,8T_s$$

$$t_{on}=11,8\mu s ; \quad t_{off}=4,12\mu s$$

$$\text{Por tanto, } L_{\mu 1} = 352,7\mu H, \hat{I}_1 = 3,368A, \quad \hat{I}_2 = \frac{N_1}{N_2} \hat{I}_1, \quad \hat{I}_2 = 20,21A$$

$$\hat{B} = 0,04T ; \quad A_c = 178mm^2 \text{ (datos)}$$

$$\hat{\phi} = 7,12 \cdot 10^{-6} Tm^2 ; \quad V_{dd} = N_1 \frac{\hat{\phi}}{t_{on}} ; \quad N_1 = 167 \cong 168 ;$$

$$N_2 = 28$$

$$\text{Tomando } A_c = A_g, \quad L_{\mu 1} = \frac{N_1^2 \mu_o A_g}{l_g} ; \quad l_g = 18mm$$

Con el núcleo EE, $g=9mm$

$$I_{ef1} = \hat{I}_1 \sqrt{\frac{t_{on}}{3T_s}} ; \quad I_{ef1} = 1,5A ; \quad I_{ef2} = \hat{I}_2 \sqrt{\frac{t_{off}}{3T_s}} ; \quad I_{ef2} = 5,3A$$

$$\text{Tomando } J = 2 \frac{A}{mm^2} \quad A_{cu1} = 0,75mm^2 \quad A_{cu2} = 2,65mm^2$$

$$A_w = \frac{A_{cu1} N_1 + A_{cu2} N_2}{k_{cu}}, \text{ con } k_{cu}=0,6. \quad A_w = 334mm^2 ; \quad A_p = A_w A_c$$

$$A_p=5,94cm^2.$$

Cálculo de C_o teniendo en cuenta la ESR

$$\Delta I_o = \hat{I}_2 ; \quad \hat{I}_2 ESR \leq 0,05 \cdot 48V ; \quad ESR \leq 0,12\Omega ; \quad C_o \geq 842nF$$



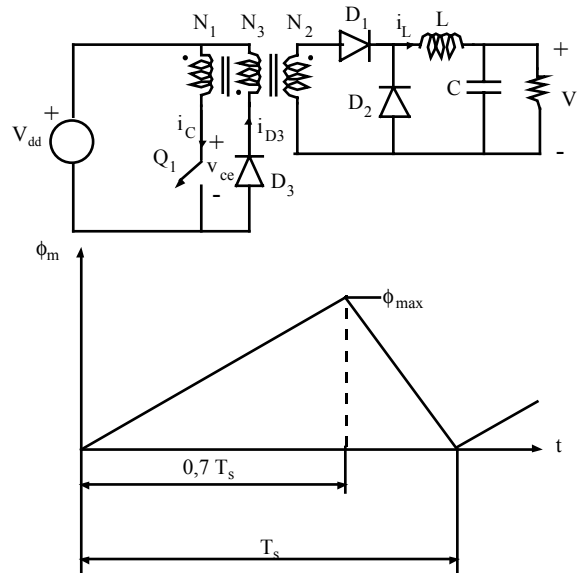
Cálculo de C_o teniendo en cuenta la integral de intensidad por el condensador

Teniendo en cuenta la figura $t_1=3,7\mu s$

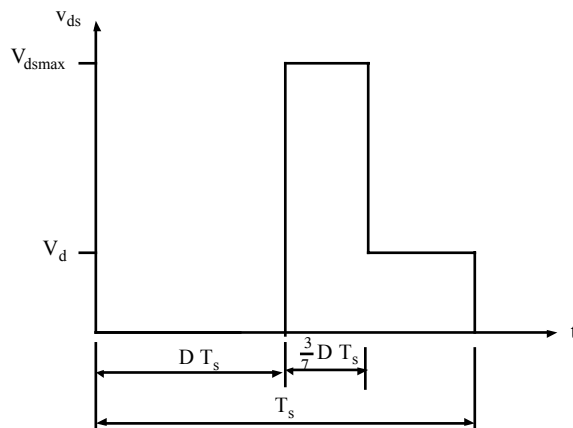
$$\Delta V_o = \frac{1}{C_o} \int_0^{t_1} i dt \quad ; \quad C_o \geq 14\mu F \quad ; \quad ESR \leq 71,4m\Omega \quad \text{que es el valor a adoptar}$$



7.- Se diseña un convertidor directo con aislamiento para que su ciclo de trabajo máximo sea $D_{max}=0,7$. a) Indicar la relación de vueltas entre el primario N_1 y el devanado de desmagnetización N_3 . b) Si la tensión de alimentación es $V_d= 48$ V, dibujar la tensión que soporta el transistor durante un ciclo de conmutación con $D < D_{max}$.



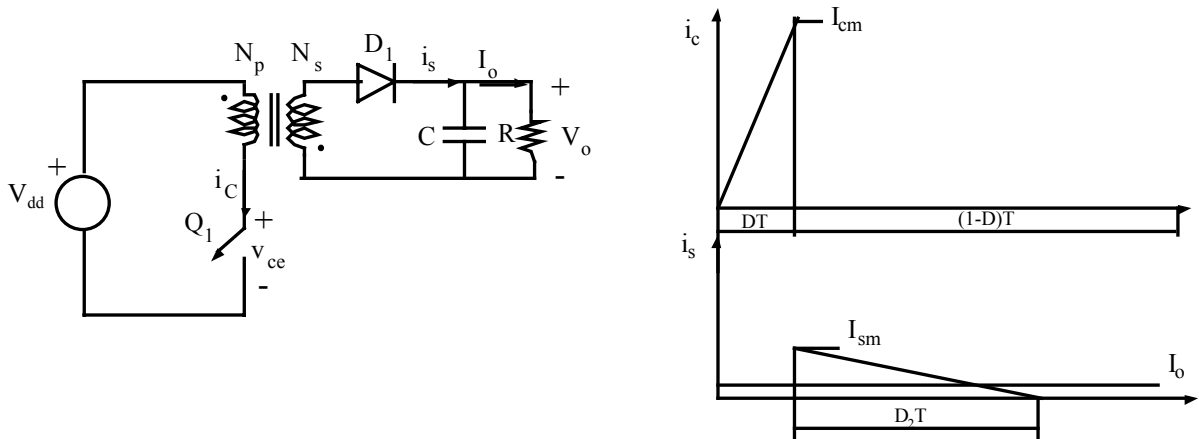
$$V_N = N \frac{d\phi_m}{dt} ; \quad \phi_{max} = \frac{V_d \cdot 0,7 T_s}{N_1} = \frac{V_d \cdot 0,3 T_s}{N_3} ; \quad N_3 = \frac{3}{7} N_1$$



$$V_{ds\ max} = V_d + \frac{N_1}{N_3} V_d = 160V$$



8.- Un convertidor flyback tiene una tensión de entrada $V_i = 50 \text{ V}$, la inductancia de magnetización vista desde el primario es $500 \mu\text{H}$ y la relación de transformación $N_s/N_p = 4$. La frecuencia de conmutación $f_s = 1 \text{ kHz}$ con un ciclo de trabajo $D = 20\%$. Determinar el valor máximo de la intensidad en el primario, la duración de la intensidad por el secundario y la tensión media a la salida. Nota: considérese modo de funcionamiento en conducción discontinua y valor de la carga R .



Cálculo de \hat{I}_c

$$V_{dd} = L_{\mu 1} \frac{di_c}{dt} ; \hat{I}_c = \frac{V_{dd} \cdot DT}{L_{\mu 1}} = 20 \text{ A}$$

Cálculo de V_o

$$P_o = V_o \cdot I_o = \frac{V_o^2}{R} = \frac{L_{\mu 1} \hat{I}_c^2}{2T} ; V_o = \hat{I}_c \sqrt{\frac{L_{\mu 1} R}{2T}} ; V_o = 10 \sqrt{R} \text{ V}$$

Cálculo de $D_2 T$

$$-V_o \frac{N_p}{N_s} = L_{\mu 1} \frac{di_{\mu 1}}{dt} ; D_2 T = \frac{L_{\mu 1} \hat{I}_c}{V_o} \frac{N_s}{N_p} ; D_2 T = L_{\mu 1} \hat{I}_c \frac{N_s}{N_p} \frac{1}{\hat{I}_c \sqrt{\frac{L_{\mu 1} R}{2T}}}$$

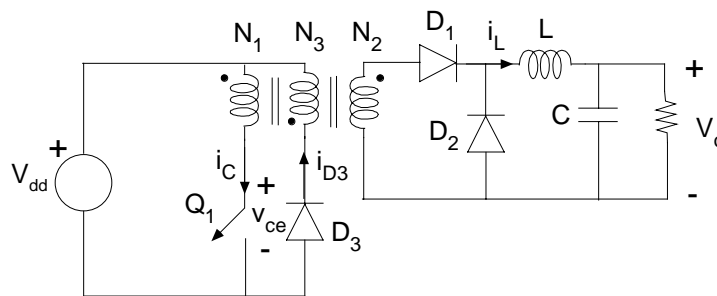
$$D_2 T = \frac{N_s}{N_p} \sqrt{\frac{2TL_{\mu 1}}{R}} ; D_2 T = \frac{4}{\sqrt{R}} \text{ ms}$$



9.- Convertidor cc/cc directo con transformador de aislamiento y un transistor de potencia.

Datos: Tensión de alimentación, $V_{cc} = 50 \text{ V}$. Frecuencia de conmutación, $f_s = 1 \text{ kHz}$. Tensión media de salida $V_o = 25 \text{ V}$ con un ciclo de trabajo máximo $D = 0,6$. Numero de vueltas del primario $N_1 = 100$.

Determinar: a) Número de vueltas del devanado de desmagnetización. b) Número de vueltas del secundario. c) Tiempo necesario para la desmagnetización del transformador en cada ciclo de conmutación.



$$v_{N1} = N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

Es necesario que en cada ciclo el flujo magnético ϕ en el núcleo del transformador sea nulo

En tiempo de ON

$$\Delta\phi = \frac{V_{cc} DT}{N_1}$$

Durante el tiempo de OFF hay que conseguir $-\Delta\phi$ en un tiempo t_r

$$-\Delta\phi = \frac{-V_{cc} t_r}{N_3}$$

El tiempo t_r puede ser como máximo $(1-D)T$. Sin factores de protección $t_r < (1-D_{max})T$ para garantizar $\phi = 0$ en el inicio del siguiente ciclo para cualquier D , por lo que $N_3 < 66,6$; $N_3 = 60$ vueltas.

Si suponemos un ciclo nominal $D = 0,5$ en conducción continua, $V_o = V_{cc} D N_2/N_1$, $N_2 = 100$

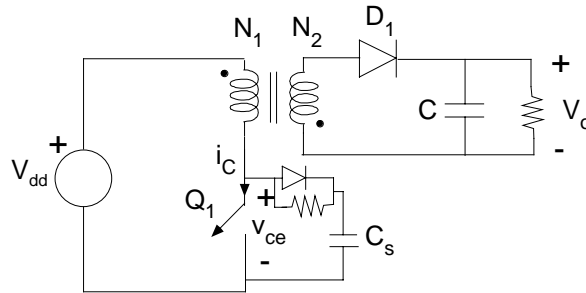
En estas condiciones: $D = 0,5$ y $N_3 = 60$, $t_r = 300 \mu\text{s}$



10.- Convertidor cc/cc flyback

a) Comprobar que funciona en conducción continua. b) Diseñar el snubber (C_s , R_s , D_s) del BJT que actúa como interruptor. C_s se calculará de forma que v_{ce} no sobrepase el 70% del valor nominal V_{ce0} del transistor cuando la corriente de colector sea nula. R_s será tal que la descarga de C_s dure como mucho el 50% del mínimo período de conducción seleccionado para el convertidor, asegurando una descarga completa antes del siguiente bloqueo. Asumir una caída de i_c lineal

Datos: Tiempo de caída e intensidad $t_{ff} = 0,4 \mu s$. Tensión de alimentación $V_{cc} = 220V$. Tensión de bloqueo del transistor $V_{ce0} = V_{cc}$. Ciclo de trabajo $D = 0,4$. Frecuencia de conmutación $f_s = 200kHz$. Condensador de salida $C_L = 100\mu F$. Inductancia del primario del transformador $L_p = 30 \mu H$. Resistencia de carga $R_L = 1\Omega$. Relación de transformación $N_1/N_2 = 4$



Considerando conducción continua

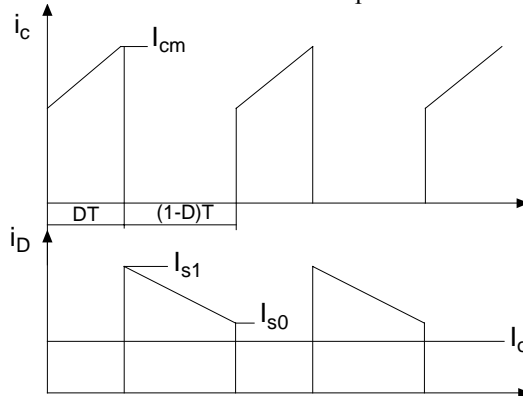
$$V_o = V_{cc} \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{1-D} ; V_o = 36,7 V$$

Para el mismo ciclo de trabajo si el convertidor entra en conducción discontinua, V_o aumenta. En conducción discontinua

$$V_o = V_{cc} D \sqrt{\frac{RT}{2L_p}} > V_{cc} \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{1-D} ; \sqrt{\frac{RT}{2L_p}} > \frac{N_2}{N_1} \frac{1}{1-D}$$

Lo que no es cierto en el caso propuesto. Por tanto conducción continua. Se comprueba también que si en el límite entre conducción continua y discontinua $D = D_{crit}$, $D=0,4 > D_{crit}$ por lo que existe conducción continua

A continuación se realiza el cálculo de la intensidad máxima por el transistor.



$$I_R = 36,7 A ; I_R = \frac{1}{T} \left[I_{s0} (1-D) T + (I_{s1} - I_{s0}) (1-D) \frac{T}{2} \right]$$

$$I_{s0} = I_{s1} - \frac{V_o (1-D) T}{L_p \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2}$$

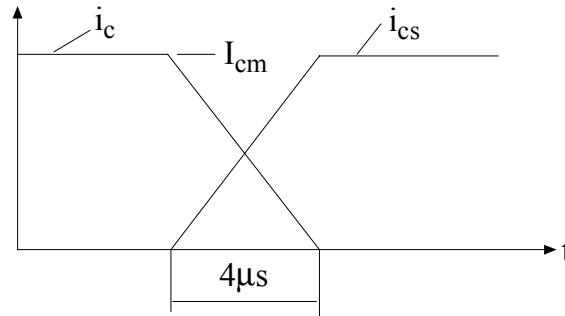
$$I_R = \left[I_{s1} - \frac{V_o (1-D) T}{L_p \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2} \right] (1-D) + \frac{V_o (1-D) T (1-D)}{L_p \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \cdot 2}$$



$$I_R = - \frac{V_o (1-D) T}{2L_p \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2} (1 - D) + I_{s1} (1 - D) ; I_{s1} = 90 \text{ A}$$

$$I_{cm} = I_{s1} \frac{N_2}{N_1} ; I_{cm} = 22,5 \text{ A}$$

Cálculo de la variación de tensión en C_s a partir del detalle del apagado del transistor



$$v_{C_s} = \frac{1}{C_s} \int i_{C_s} dt ; \int_0^{t_f} i_{C_s} dt = \frac{t_f I_{cm}}{2} ; 0,7 V_{cc} = \frac{1}{C_s} \frac{t_f I_{cm}}{2} ; C_s > 30 \text{ nF}$$

Considerando que la descarga de C_s se produce en 3τ

$$\tau = R_s C_s ; 3\tau < 0,5 DT ; R_s \cong 10 \Omega$$



11.- Para el diseño de un convertidor cc/cc directo con aislamiento se dan las siguientes especificaciones:

- Tensión de alimentación, $V_{dd} = 48 \text{ V} \pm 10\%$
- Tensión de salida regulada, $V_o = 5 \text{ V}$
- Frecuencia de conmutación, $f_s = 100 \text{ kHz}$
- La potencia de salida es variable, $P_L = 15 - 50 \text{ W}$

Se utiliza un devanado terciario de desmagnetización cuyo número de vueltas $N_3 = N_1$

Calcular la relación de transformación N_2/N_1 más pequeña posible

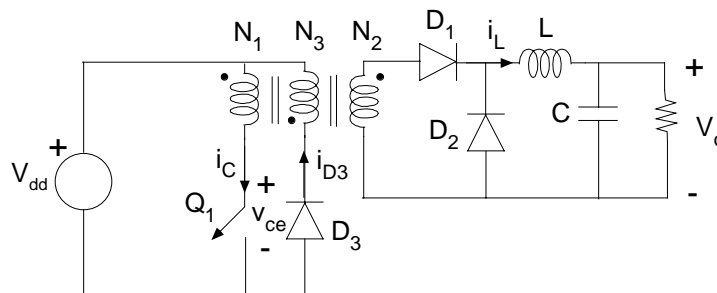
Calcular el valor mínimo de la inductancia del filtro de salida, L_o , para que siempre exista conducción continua.

Tensión máxima, $V_{ce\max}$. Intensidad media máxima, $I_{C\max}$, y de pico máxima, $I_{Cp\max}$ por el transistor sin considerar la intensidad de magnetización del transformador.

Se garantiza en cualquier caso conducción continua por L

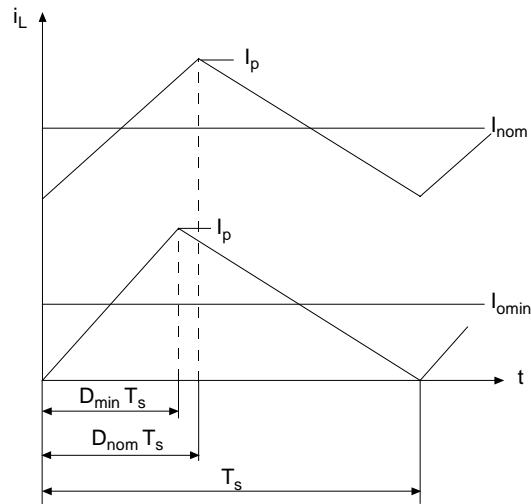
Si $N_3 = N_1$, entonces $D_{\max} = 50\%$ para permitir la desmagnetización completa del núcleo del transformador. Será necesario D_{\max} cuando $V_{dd} = V_{dd\min}$

$$V_o = V_{dd\min} D_{\max} \frac{N_2}{N_1} ; \frac{N_2}{N_1} = 0,23 \cong \frac{1}{4}$$



Las peores condiciones para mantener conducción continua son: $P_L = P_{L\min}$ y $V_{dd} = V_{dd\max}$. Calculamos L para que en estas condiciones se produzca el límite entre conducción continua y discontinua.

Si $V_{dd\max} = 52,8 \text{ V}$ entonces $D_{\min} = 38\%$. $P_{L\min} = 15\text{W}$, luego $I_{o\min} = 3\text{A}$

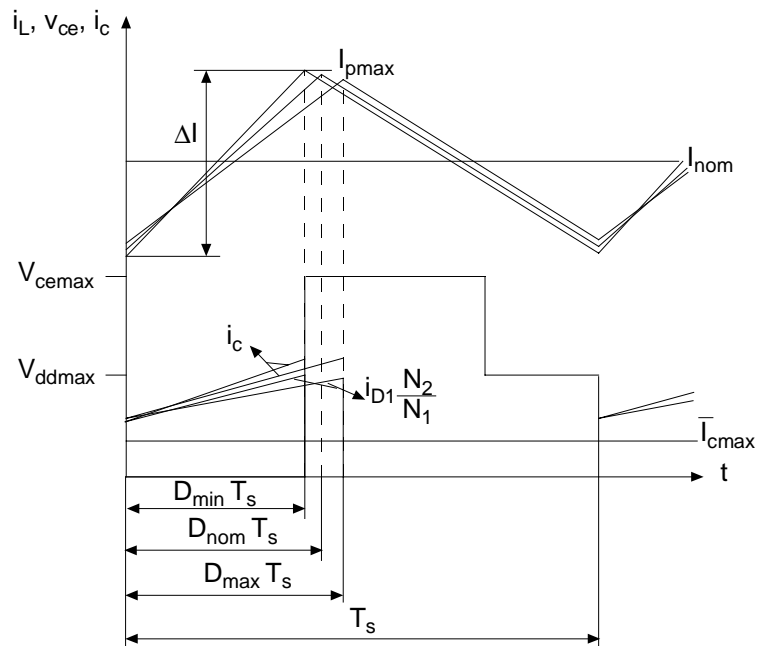


Con $P_L = P_{Lmin}$ y $V_{dd} = V_{ddmax}$

$$I_p = 2 I_{omin} = \frac{V_o}{L} (1 - D_{min}) T_s ; L = 5,17 \mu H$$

El transistor soporta tensión máxima con $V_{dd} = V_{ddmax}$ y conduce intensidad máxima con:

$P_L = P_{Lnom}$ y $V_{dd} = V_{ddmin}$.



$$V_{cemax} = 2V_{ddmax} = 105,6V$$

$$\bar{I}_{cmax} = I_{onom} D_{max} \frac{N_2}{N_1} ; \bar{I}_{cmax} = 1,16 A$$

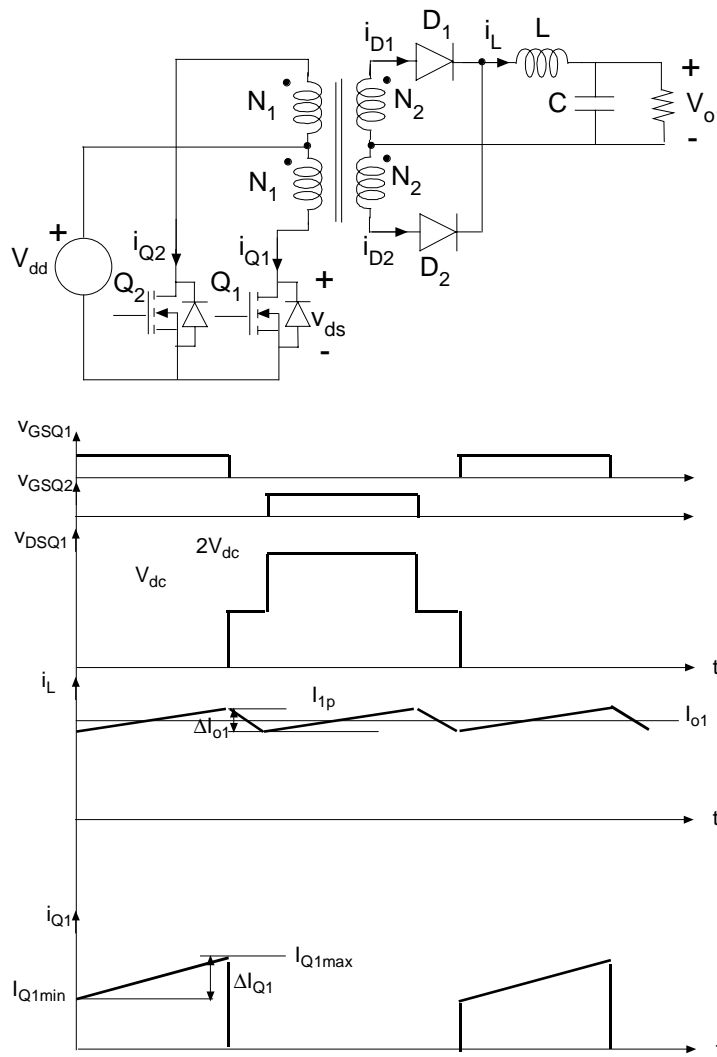
$$I_{pmax} = I_{onom} + \frac{\Delta I}{2} = 13A ; I_{cpmax} = I_{pmax} \frac{N_2}{N_1} = 3,25 A$$



12.- Se desea diseñar un convertidor cc/cc con aislamiento. La tensión máxima que soporta el tipo de transistor a utilizar es 150V siendo una frecuencia de conmutación adecuada de este tipo de transistores 100kHz, Potencia de salida $P_o=75\text{ W}$, $V_{dc}=48\text{V}$. $V_o=25\text{V}$. Se desea un ciclo de trabajo en condiciones nominales $D=0,8$.

Elegir el convertidor más adecuado, indicar la relación de transformación, formas de onda de tensión e intensidad en los transistores. Dato: rizado de intensidad por la inductancia del filtro de salida $\Delta I_o=1\text{A}$

Con las topologías básicas de convertidor directo con aislamiento y convertidor flyback no es posible cumplir las especificaciones de tensión máxima en el transistor y rizado de intensidad con el ciclo de trabajo indicado. Como criterio de elección de la configuración del convertidor se adopta la que resulta en una especificación de intensidad por los transistores menor, una vez se verifica que los transistores cumplen las especificaciones de tensión.





$$\frac{\Delta I}{2} < I_o, \text{ conducción continua.}$$

Durante el tiempo de conducción, $i_{Q1} = \frac{N_2}{N_1} i_L + i_\mu$

$$L \frac{\Delta I}{(1-D)T} = V_o \quad ; \quad L = 25 \mu H .$$

Si cada transistor conmuta a 100kHz el periodo del rizado de intensidad de salida es $T = \frac{1}{2f_s} = 5 \mu s$.

$$V_o = D \frac{N_2}{N_1} V_{dc} \quad ; \quad \frac{N_2}{N_1} \cong \frac{2}{3}$$