

Nombre, apellidos y DNI:

El examen consta de seis preguntas. Lea detenidamente los enunciados. Si tiene cualquier duda consulte al profesor. Todas las respuestas deben razonarse. La hoja de enunciados y todas las hojas utilizadas deben entregarse. La duración del examen es de **3 horas**.

1. (2,5 puntos).

Considere un convertor *boost* o *step-up* ideal, en el que el estado de corte o conducción del transistor se controla mediante una señal V_{PWM} de ciclo de trabajo D (figura 1):

- a) Encuentre la relación entre la tensión de entrada y de salida, en estado estacionario, para un determinado ciclo de trabajo D de la señal V_{PWM} , suponiendo comportamiento ideal y funcionamiento en modo continuo.
- b) Deduzca las ecuaciones que permiten evaluar los valores máximo y mínimo de la corriente de la inductancia (i_{LMAX} e i_{LMIN}) en modo continuo y determine estos valores si $V_{in} = 12\text{ V}$; $V_{out} = 48\text{ V}$; $P_{out} = 24\text{ W}$; $L = 100\text{ }\mu\text{H}$ y $f_s = 800\text{ kHz}$ (frecuencia de conmutación de la señal V_{PWM}). Dato: En estas condiciones el convertor opera en modo continuo.
- c) Explique qué se entiende por modo discontinuo y encuentre la condición general que debe cumplirse para que el convertor funcione en modo continuo. Encuentre una expresión para el valor de la corriente de salida frontera I_{OB} que marca el límite de funcionamiento entre modo continuo y discontinuo.
- d) Encuentre las ecuaciones que permiten calcular la relación entre V_{out} y V_{in} en modo discontinuo (siendo conocidos los valores de los componentes, D y f_s).

2. (1 punto). En la figura 2 se muestra el montaje de un convertor *buck* o *step-down* en el que se ha utilizado un transistor PMOS como interruptor del lado alto. El transistor NMOS y la resistencia de $220\text{ }\Omega$ componen el circuito de *driver* para activar o desactivar este interruptor, partiendo de una señal de control V_c cuyos niveles bajo y alto son 0 y 5 V con respecto a tierra. Explique el funcionamiento del *driver* (es decir, cómo se consigue activar o desactivar el transistor PMOS) y explique también qué deficiencias tiene este *driver*.

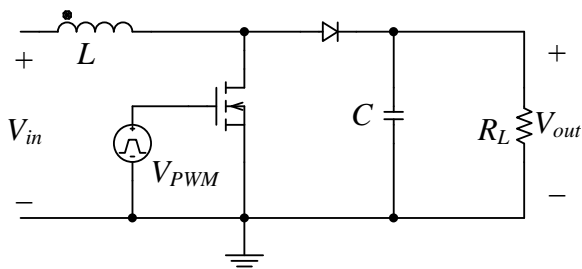
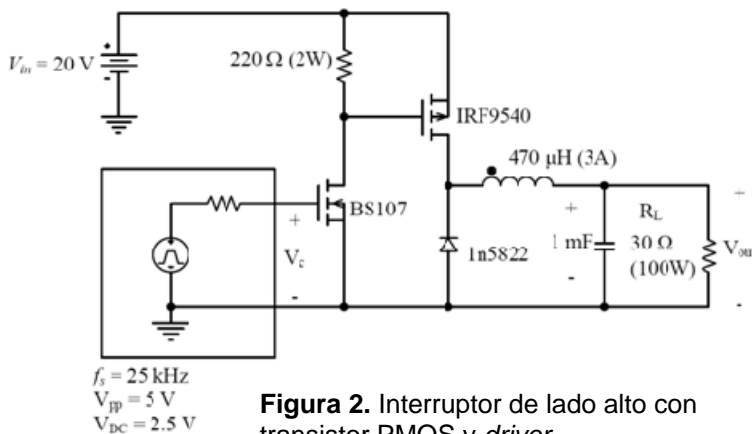


Figura 1. Convertor *boost*.



$f_s = 25\text{ kHz}$
 $V_{pp} = 5\text{ V}$
 $V_{DC} = 2.5\text{ V}$

Figura 2. Interruptor de lado alto con transistor PMOS y *driver*.

3. (1,5 puntos). Para realizar un convertor *buck* se decide utilizar el transistor NTD5867NL, que tiene las siguientes características: $R_{DS,ON} = 39 \text{ m}\Omega$; $C_{ISS} = 675 \text{ pF}$; $C_{RSS} = 47 \text{ pF}$; $C_{OSS} = 68 \text{ pF}$. Se realiza una simulación Pspice del circuito, en la que se ha modelado el *driver* utilizado para aplicar la señal V_{PWM} como un equivalente Thévenin. El esquema de la simulación se muestra en la figura 3.

a) Considerando que el ciclo de trabajo es $D = 0,3$ y que los valores máximo y mínimo de la corriente de la inductancia son $i_{LMAX} = 18,6 \text{ A}$ e $i_{LMIN} = 15,8 \text{ A}$, evalúe la potencia media disipada en el transistor como consecuencia de que $R_{DS,ON}$ no es nula.

b) Al analizar el transitorio del MOSFET se obtienen los siguientes valores:

Transitorio MOSFET *Off-On*: $t_{d,on} = 6,6 \text{ ns}$; $t_{ri} = 1,5 \text{ ns}$; $t_{fv} = 2,9 \text{ ns}$.

Transitorio MOSFET *On-Off*: $t_{d,off} = 2,3 \text{ ns}$; $t_{rv} = 1,3 \text{ ns}$; $t_{fi} = 0,8 \text{ ns}$.

Dibuje un diagrama de ambos transitorios, en los que aparezcan las señales V_{PWM} , V_{GS} , V_{DS} e I_D e identifique los tiempos anteriores. En la medida de lo posible, indique los valores máximos y mínimos de las señales anteriores en cada transición. (En la simulación la resistencia $R_{DS,ON}$ se ha incluido como un elemento aparte. A efectos prácticos la fuente del transistor sería en realidad el terminal 2 (el de abajo) de la resistencia $R_{DS,ON}$).

c) Evalúe la potencia disipada en el transistor como consecuencia de su respuesta transitoria. La frecuencia de la señal V_{PWM} es de 1 MHz.

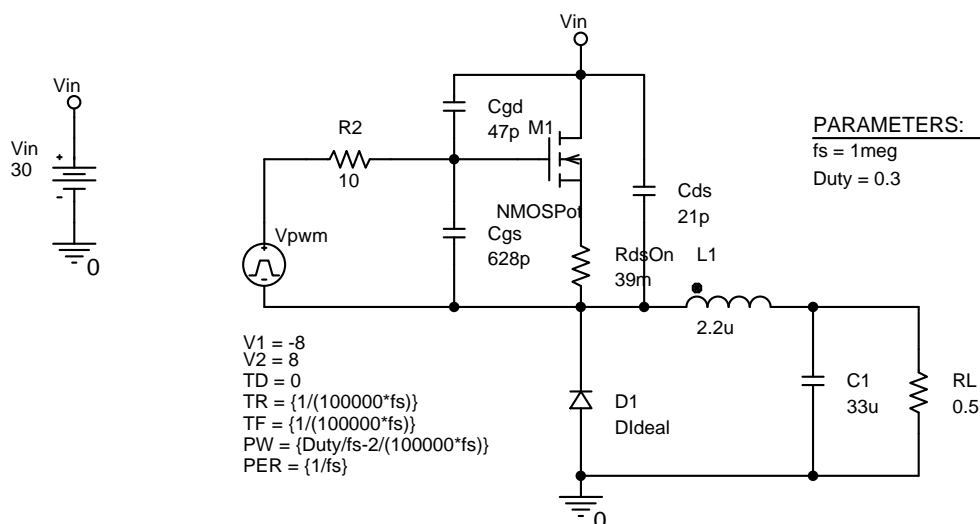


Figura 3. Esquema de la simulación del convertor *buck* del problema 3.

4. (1,5 puntos). Dibuje un diagrama de bloques de un controlador para fuente conmutada basado en un control en modo de tensión y explique el funcionamiento básico de dicho controlador.

5. (2 puntos). En la figura 5 se muestra el esquema de un convertor *flyback* ideal. Las inductancias L_1 y L_2 están acopladas. La señal de control del transistor V_{PWM} tiene un ciclo de trabajo D y una frecuencia de conmutación f_s .

a) Explique el funcionamiento del circuito y demuestre que: $V_{out} = \frac{N_2}{N_1} \frac{D}{1-D} V_{in}$.

b) Si $L_1 = 10 \mu\text{H}$; $R_L = 20 \Omega$; $V_{in} = 15 \text{ V}$; $D = 0,75$; $N_2/N_1 = 2$ (y por lo tanto $L_2 = 40 \mu\text{H}$); $f_s = 1 \text{ MHz}$, determine los valores máximos de las corrientes de L_1 y L_2 . Dibuje un diagrama donde se muestren las formas de estas corrientes en función del tiempo.

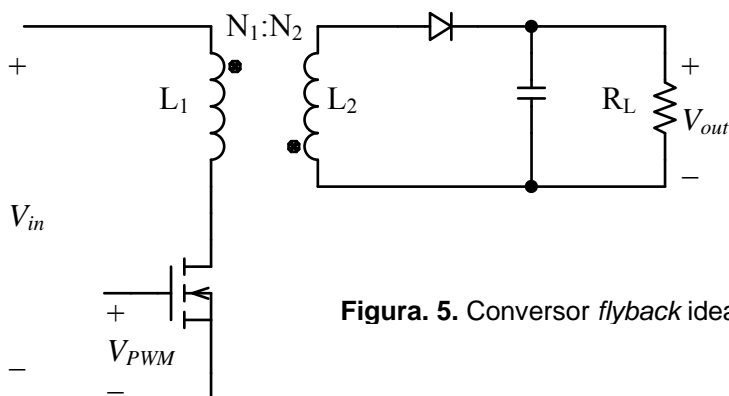


Figura. 5. Convertor *flyback* ideal.

6. (1,5 puntos). En la figura 6 se muestra un circuito de control de la potencia entregada a una carga R_L en alterna, que utiliza un TRIAC y un DIAC. Explique el funcionamiento del circuito y represente las formas de V_{in} , V_I y V_C en función del tiempo, suponiendo que $R_L \ll R$. V_{in} es una señal sinusoidal. Detalle el efecto de modificar el valor de R .

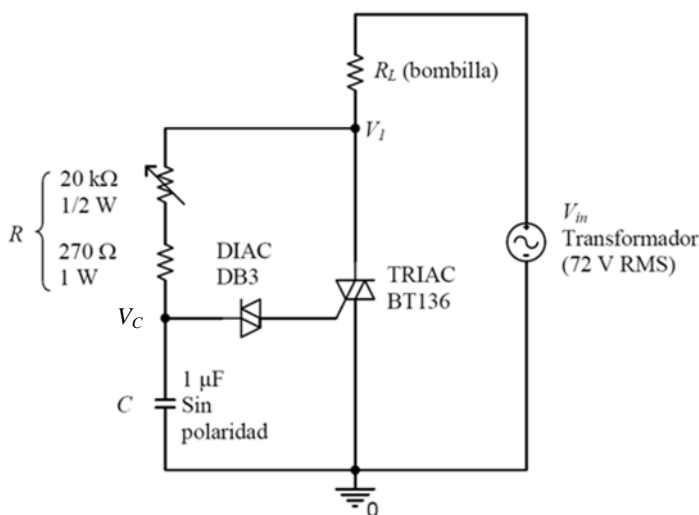


Figura 6. Circuito de control de potencia en AC.