

**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).**

Dado un convertor *buck* o *step-down* ideal, en el que el estado de corte o conducción del transistor se controla mediante una señal  $V_{PWM}$  de ciclo de trabajo  $D$ :

- 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  $V_{in} = 40\text{ V}$ ;  $V_{out} = 5\text{ V}$ ;  $P_{out} = 50\text{ W}$ ;  $L = 1\text{ }\mu\text{H}$  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) Deduzca la expresión que permite evaluar el rizado de la tensión de salida y determine el valor necesario del condensador para que el rizado de salida no supere el 0.5%. (Utilice los mismos datos que en el apartado anterior).
- d) Explique qué se entiende por modo discontinuo y encuentre la condición general que debe cumplirse para que el convertor funcione en modo continuo.
- e) 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. (1,5 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 2.

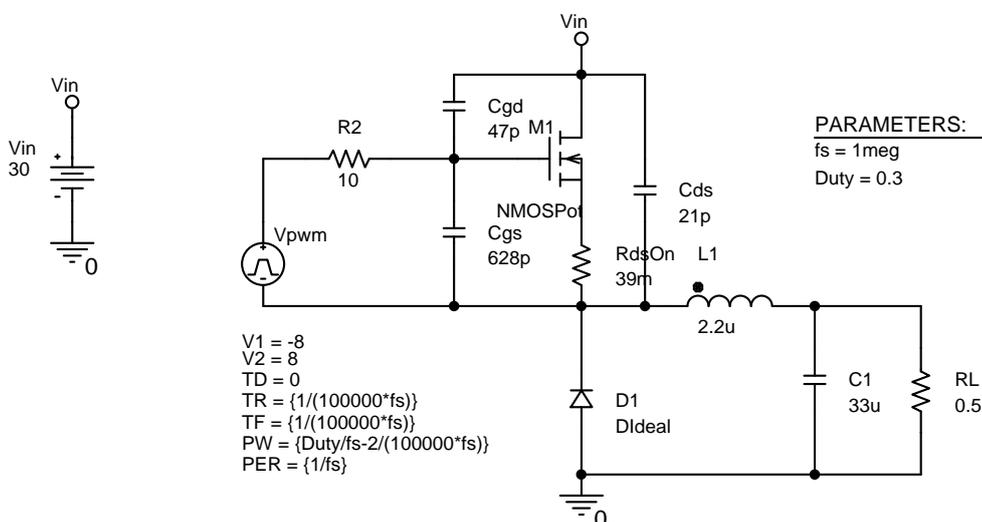


Figura 2. Esquema de la simulación del convertor *buck* del problema 2.

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  $i_{LMAX} = 18,6$  A e  $i_{LMIN} = 15,8$  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*:  $t_{d,on} = 6,6$  ns;  $t_{ri} = 1,5$  ns;  $t_{fv} = 2,9$  ns.

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

3. (1 punto). En la figura 3 se muestra el montaje de un convertor de medio puente, en el que se utiliza el integrado IR2103 como *driver* para los transistores. Explique la función del diodo 1n4148 y del condensador  $C_{BS}$  que aparecen en el montaje.

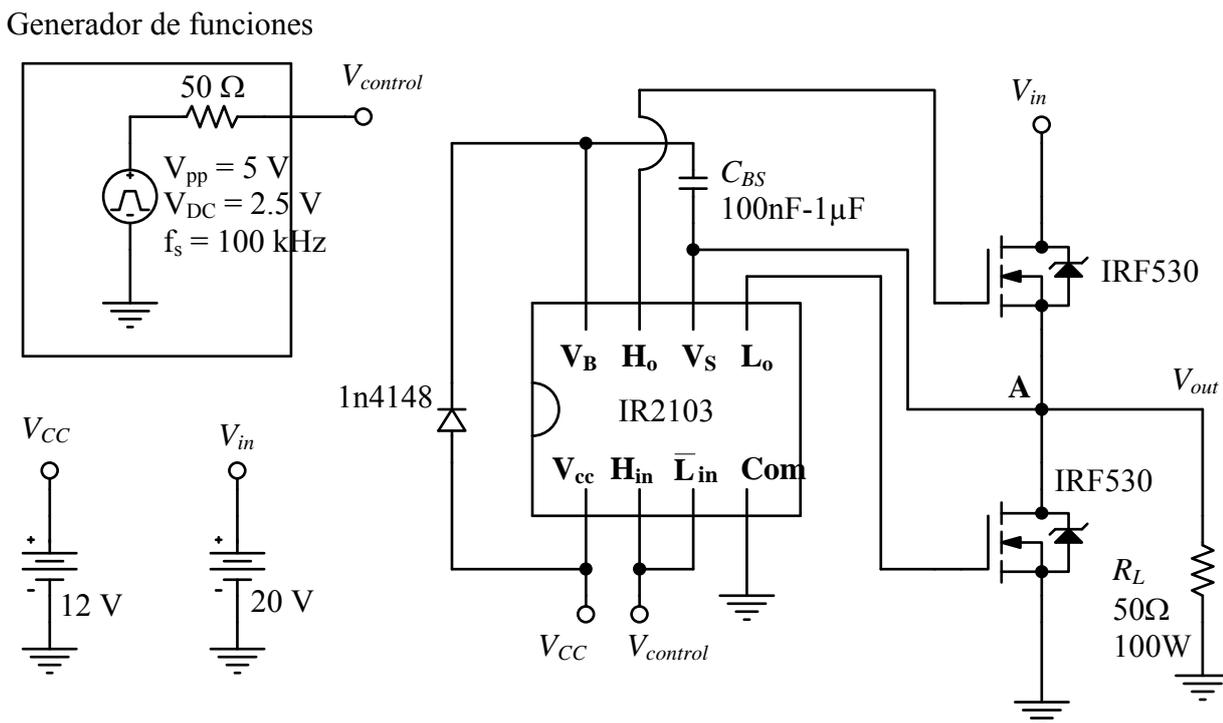


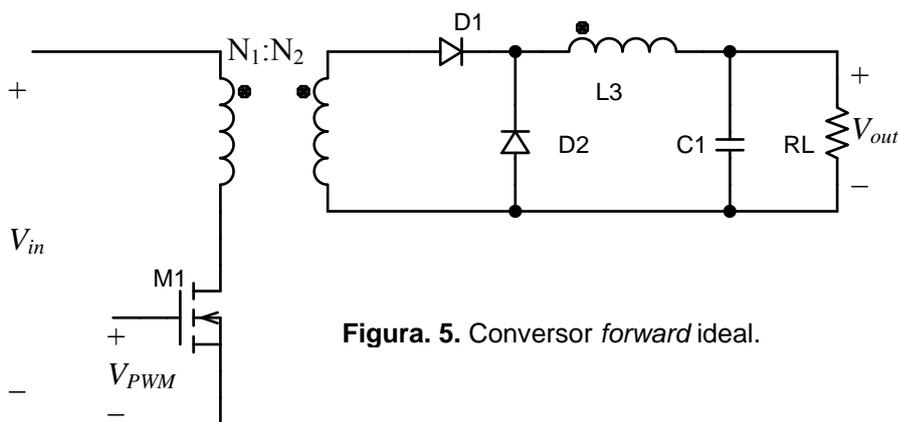
Figura. 3. Convertor de medio puente síncrono con carga resistiva.

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 *forward* en el que se ha considerado que el transformador empleado es ideal; es decir, que tiene una inductancia magnetizante infinita (o una reluctancia nula). La señal de control del transistor  $V_{PWM}$  tiene un ciclo de trabajo  $D$  y una frecuencia de conmutación  $f_s$ .

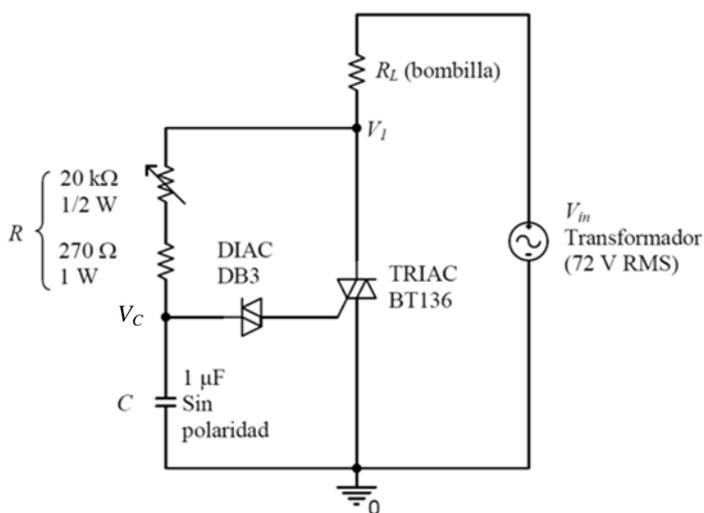
a) Explique el funcionamiento del circuito y demuestre que:  $V_{out} = \frac{N_2}{N_1} DV_{in}$ .

b) Si  $L_3 = 200 \mu\text{H}$ ;  $R_L = 5 \Omega$ ;  $V_{in} = 200 \text{ V}$ ;  $D = 0,25$ ;  $N_2/N_1 = 1/5$ ;  $f_s = 200 \text{ kHz}$ , determine los valores máximos (en valor absoluto) de las corrientes de los bobinados primario y secundario del transformador y de la corriente de  $L_3$ . Dibuje un diagrama donde se muestren las formas de estas tres corrientes en función del tiempo.



**Figura 5.** Convertor *forward* 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  $V_{in}$ ,  $V_L$  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.