

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 *buck-boost* o *down-up* ideal, en el que el estado de corte o conducción del transistor se controla mediante una señal V_{PWM} de frecuencia f_s y 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.
- 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. (1,5 puntos).

Considere un convertor *buck* fabricado con dos transistores NMOS, controlados con señales complementadas V_{PWM} y V'_{PWM} (figura 2). La tensión de entrada es de 12 V y a la salida se suministra una señal de 1,1 V a una carga que consume 81,5 W. El ciclo de trabajo de la señal V_{PWM} es $D = 0,1$ (por lo tanto V'_{PWM} tiene el ciclo complementario de 0,9). Su frecuencia es $f_s = 1$ MHz. Los transistores se caracterizan por una resistencia interna en estado de conducción $R_{D,on} = 1,3$ m Ω (debido a esta resistencia interna las ecuaciones ideales del convertor *buck* no son totalmente exactas). Se ha simulado el circuito con Pspice, encontrando que la variación en la corriente de la inductancia es:

$$\Delta i_L = i_{Lmax} - i_{Lmin} = 21,62 \text{ A}$$

Suponiendo despreciables las pérdidas como consecuencia de las capacidades de los transistores:

- a) Estime la potencia media disipada por cada transistor.
- b) Estime el rendimiento del convertor.

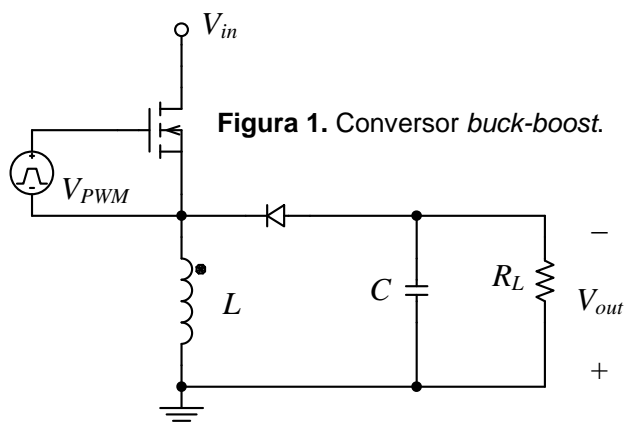


Figura 1. Convertor *buck-boost*.

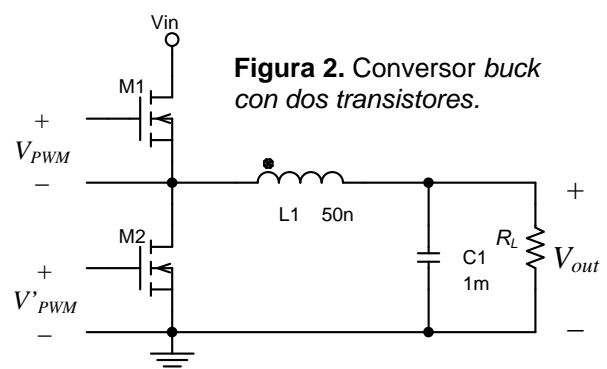


Figura 2. Convertor *buck* con dos transistores.

3. (1,5 puntos). Considere el transistor M1 del circuito de la figura 2.

a) Explique cómo será el transitorio de conmutación desde *off* a *on* de este transistor como consecuencia de sus capacidades internas. Dibuje en un diagrama en función del tiempo la forma de onda de las señales v_{GS} , v_{DS} e i_D . Suponga que la caída de tensión V_{DS} en estado *on* de los transistores es despreciable. Suponga que las tensiones umbrales son de aproximadamente 1 V y que la señal V_{PWM} son pulsos entre 0 y 10 V. (Lógicamente, la señal V_{PWM} es entregada por algún circuito que no tiene impedancia de salida nula. A efectos de este cálculo, la señal V_{PWM} sería una fuente de tensión con una cierta impedancia de salida).

b) Explique cómo afecta este transitorio a la disipación de potencia.

4. (2 puntos). Dibuje un diagrama de bloques que incluya los distintos elementos o subcircuitos para una etapa de potencia (fuente de tensión) con:

a) control en modo de tensión.

b) control en modo de corriente.

En ambos casos explique el funcionamiento básico del circuito de control.

5. (1 punto). 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 . Explique el funcionamiento del circuito y demuestre que: $V_{out} = \frac{N_2}{N_1} DV_{in}$.

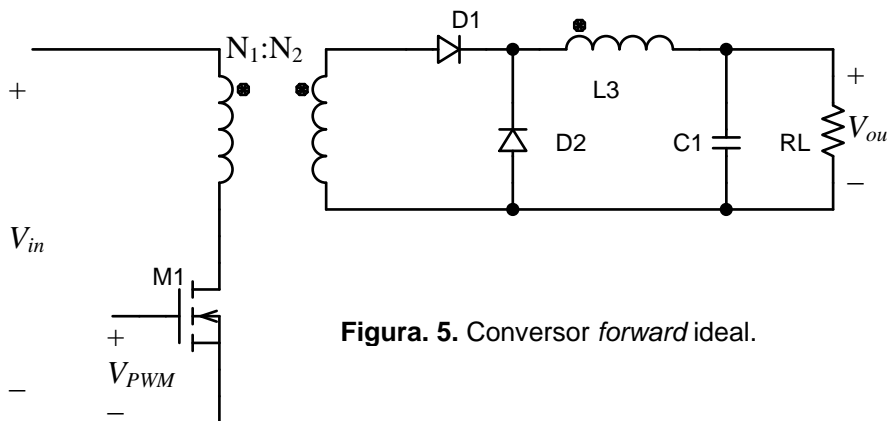


Figura. 5. Convertor *forward* ideal.

6. (1,5 puntos).

a) Dibuje la estructura de un diodo Shockley (diodo de 4 capas).

b) Dibuje el circuito equivalente como transistores y deduzca la condición que debe cumplirse para que el dispositivo entre en un estado de conducción con elevada corriente y baja resistencia.

Ecuación para un transistor en activa: $I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$ (Criterio de signos. NPN: I_E saliente, I_B e I_C entrantes. PNP: I_E entrante, I_B e I_C salientes).

Ecuación para un transistor en activa: $I_C = \alpha I_E + I_{CO}$ (Criterio de signos. NPN: I_E saliente, I_B e I_C entrantes. PNP: I_E entrante, I_B e I_C salientes).