

Electrónica Fundamental

Práctico 7 Transistores (Gran Señal)

Objetivo: En esta hoja se estudia la aplicación del transistor MOS como llave y circuitos de amplia aplicación basados en ello.

Ejercicio 1.

En este ejercicio se aplica el transistor MOS como interruptor. El MOSFET de la Figura 1 tiene tensión umbral $V_{t0} = 1V$ y $\mu \cdot C_{ox} = 100\mu A/V^2$. Determinar W/L y R de modo que cuando $V_i = V_{DD} = 5V$, la resistencia drain-source sea 50Ω y V_O sea $50mV$.

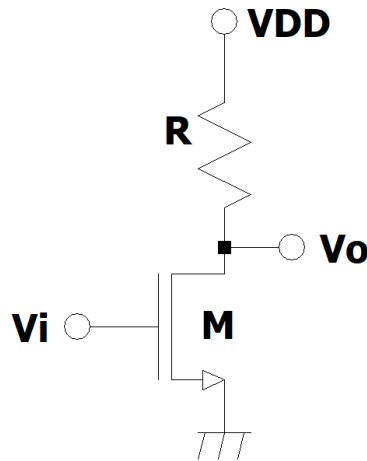


Figura 1

Ejercicio 2.

El circuito de la figura es usado para manejar un LED a partir de la señal digital V_{in} que cierra o abre la llave implementada con el transistor M . Mirando las hojas de datos de ambos dispositivos, diseñe la resistencia R para que el circuito funcione correctamente.

Qué pasa si en el cálculo de R desprecia la resistencia r_{DS} del transistor M ? Cambia significativamente el valor de la corriente calculada?

LED: HLMP-810X.
 Transistor M: BSS138.
 $V_{DD} = 10V$.
 V_{in} vale 0 o V_{DD} .

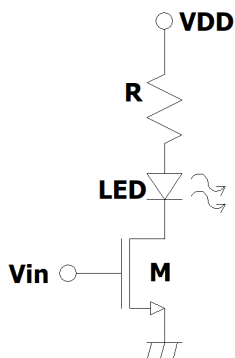


Figura 2

Ejercicio 3.

En este ejercicio se estudia una configuración ampliamente utilizada cuando un interruptor debe conmutar una carga inductiva, en este caso un relé. En la Figura 3.1, R y L modelan la bobina de un relé, el cual se maneja a través del transistor M . El circuito está funcionando en régimen con una entrada $V_b = 3V$ cuando en el instante $t = 0$ pasa a ser $V_b = 0V$. (ver Figura 3.2.(b)). El diodo tiene la curva mostrada en la figura 3.2.(a).

- Asumiendo que el transistor M es ideal ($R_{DS_{ON}} = 0\Omega$ y $R_{DS_{OFF}} = \infty$), calcular y graficar (para $t < 0$ y para $t \geq 0$): V_{DS} (tensión drain-source de M); I_D ; e I para el circuito con y sin diodo D . ¿Qué función cumple el diodo?
- Si $V_{DD} = 10V$, y la tensión umbral del transistor es $V_T = 1V$, calcule cuanto tiene que valer β para que se cumpla que $V_{DS} < V_{DD}/10$ en todo instante.

Ejercicio 4.

El circuito de la Figura 4 es un tipo sencillo de convertidor DC-DC del tipo *Step-Up*. Con él se obtiene una tensión DC regulada a la salida de valor superior a la de entrada (verificar que el circuito efectivamente se comporta así) con alta eficiencia en el sentido que la relación entre la potencia consumida de la fuente y la transferida a la carga es alta. El objetivo de este ejercicio es conocer el principio de funcionamiento de este tipo de convertidores DC y como realizar su análisis. A los efectos de simplificar el análisis se asume que el condensador de filtrado de salida es infinito. Esto es una simplificación que implica asumir que la tensión en bornes del condensador es prácticamente constante (la ondulación o *ripple* a la salida es nulo). A los efectos de analizar el condensador infinito, se

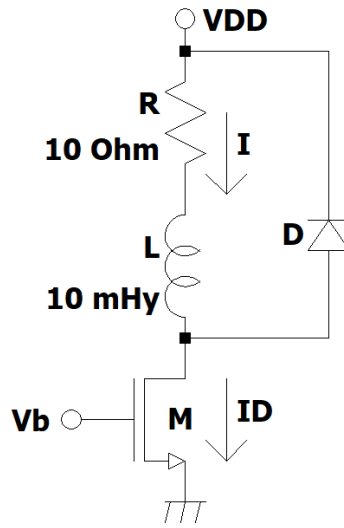


Figura 3.1

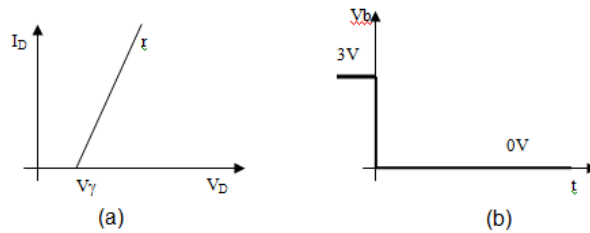


Figura 3.2

debe tener en cuenta que la ecuación del condensador ($i=C \cdot dV/dt$) que ahora *pierde sentido* al tender C a infinito, debe sustituirse por la condición de que en régimen la integral de la corriente por el condensador en un ciclo debe ser nula (es decir que en régimen, en un ciclo entra al condensador la misma cantidad de carga que sale).

Se desea mantener sobre R una tensión de 20 V. Se supone que la inductancia es ideal y que el transistor funciona como llave (entre corte y zona lineal).

Datos: $R_{DS_{ON}} = 0\Omega$, $R_{DS_{OFF}} = \infty$, $V_{\gamma} = 1.2V$, $T = 40\mu s$, $C = \infty$.

- Calcular el ciclo de trabajo del transistor, necesario para obtener el funcionamiento deseado, calculando luego los valores de T_1 y T_2 .
- Calcular L si la variación pico a pico de la corriente en la inductancia debe mantenerse igual a 1,5 A.
- Calcular la eficiencia del circuito $\left(\eta = \frac{P_{DCOUT}}{P_{DCIN}}\right)$

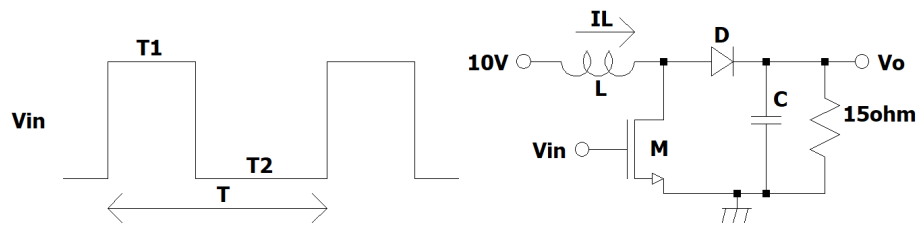


Figura 4

Ejercicio 5.

El circuito de la Figura 5 implementa un convertor DC / DC que en lugar de elevar la tensión de entrada, la reduce (es del tipo *Step-Down*). El transistor funciona como llave (entre corte y zona lineal) con $R_{DS_{ON}} = 0\Omega$, $R_{DS_{OFF}} = \infty$, el diodo tiene $V_{\gamma} = 1.2V$ y se supondrá que el condensador C es infinito. Se desea:

- Calcular $V_o = f(T_1/T; V_{\gamma}; V_{DD})$
- Graficar I_L en función del tiempo.
- Calcular la eficiencia del circuito $\left(\eta = \frac{P_{DCOUT}}{P_{DCIN}}\right)$
- Determinar el ciclo de trabajo T_1/T y el valor de V_{DD} si se desea obtener un voltaje de salida $V_o = 15V$ con una eficiencia del 95%.

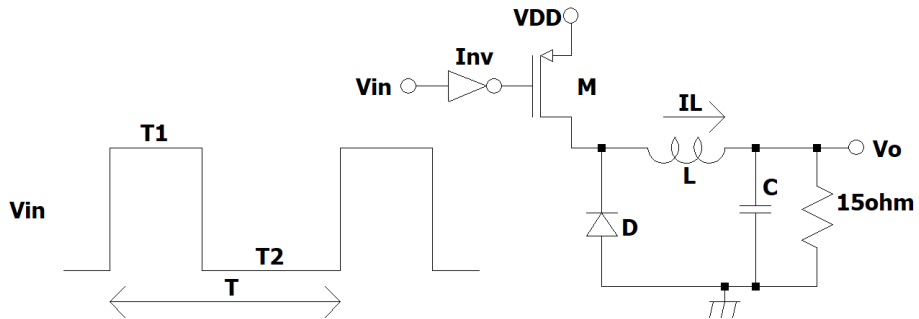


Figura 5

Solución

Ejercicio 1

$$\frac{W}{L} = 50$$
$$R = 4.95k\Omega$$

Ejercicio 2

De la hoja de datos del MOS, $R_{ON} = 1\Omega$.

De la hoja de datos del LED, $I = 20mA$ y $V_F = 1.85V$;

$$\Rightarrow R = 406.5\Omega$$

Despreciando $r_{DS} \Rightarrow R = 407.5\Omega$ Los efectos de despreciar dicha resistencia son despreciables.

Ejercicio 3

(a)

■ Sin diodo:

- Para $t > 0$; $V_{DS}(t) = V_{DD} + L.I_o.\delta(t)$; $I_L = 0$; con $I_o = V_{DD}/R$

- Para $t < 0$; $V_{DS}(t) = 0$; $I_L = V_{DD}/R$

■ Con diodo: Sea $t_1 = \frac{L}{R+r} \cdot \ln\left(\frac{(R+r) \cdot I_o + V_\gamma}{V_\gamma}\right)$

- Para $0 < t < t_1$; $V_{DS}(t) = V_{DD} + \frac{R}{R+r} \cdot V_\gamma + r \cdot \left(I_o + \frac{V_\gamma}{R+r}\right) \cdot e^{-\frac{t \cdot (R+r)}{L}}$
 $I_L = -V_\gamma + \left(I_o + \frac{V_\gamma}{R+r}\right) \cdot e^{-\frac{t \cdot (R+r)}{L}}$

- Para $t < 0$; $V_{DS}(t) = 0$; $I_L = V_{DD}/R$

- Para $t > t_1$; $V_{DS}(t) = V_{DD}$; $I_L = 0$

El diodo evita la sobre tensión que aparece debido a la $\delta(t)$.

(b) $\beta = 111mA/V^2$

Ejercicio 4

(a) $T_1 = 21.1\mu s$ $T_2 = 18.9\mu s$

(b) $L = 141\mu H$

(c) $\eta = 94.3\%$

Ejercicio 5

(a) $V_0 = V_{DD} \frac{T_1}{T} - V_\gamma (1 - \frac{T_1}{T})$

(b) $i_{L1}(t) = \frac{(V_{DD} - V_0)}{L} t + i_{o1} \quad t \in [0, T_1]$
 $i_{L2}(t') = -\frac{(V_\gamma + V_0)}{L} t' + i_{o2} \quad t' \in [0, T_2]$ con $t' = t - T_1$
 $i_{L1}(T_1) = i_{o2}$
 $i_{L2}(T_2) = i_{o1}$

(c) $\eta = \frac{V_0 T}{V_{DD} T_1}$

(d) $V_{DD} = \frac{V_0 V_\gamma}{\eta(V_0 - \frac{V_0}{\eta} + V_\gamma)} = 46.2V$
 $D = \frac{T_1}{T} = 0.34$