

Primer ejercicio

El siguiente fichero representa la descripción SPICE de un circuito, en el que el componente 2N2222 representa un transistor npn, se pide:

```

R_R1      2 10 51k
R_R2      0 2 10k
R_R3      3 10 4k
R_R4      0 4 1k
R_R5      0 5 500
V_V1      1 0 AC 1V
C_C1      1 2 33n
C_C2      3 5 330n
C_C3      0 4 220u
V_V2      10 0 DC 10V
Q_Q8      3 2 4 Q2N2222A

```

1. Representación gráfica del circuito descrito en el anterior fichero.
2. Calcular los parámetros: h_{ie} , h_{fe} y C_{ce} del transistor sabiendo que el diagrama de Bode es la representada en la figura 1, obteniéndose como la relación entre las tensiones medidas en los puntos de salida (N 5) y entrada (N 1). Despreciar el efecto de C3.
3. Como afectaría la realimentación con muestre de corriente y mezcla en serie a dicha etapa amplificadora, representar gráficamente la forma de realizarla sin modificar el punto de polarización.

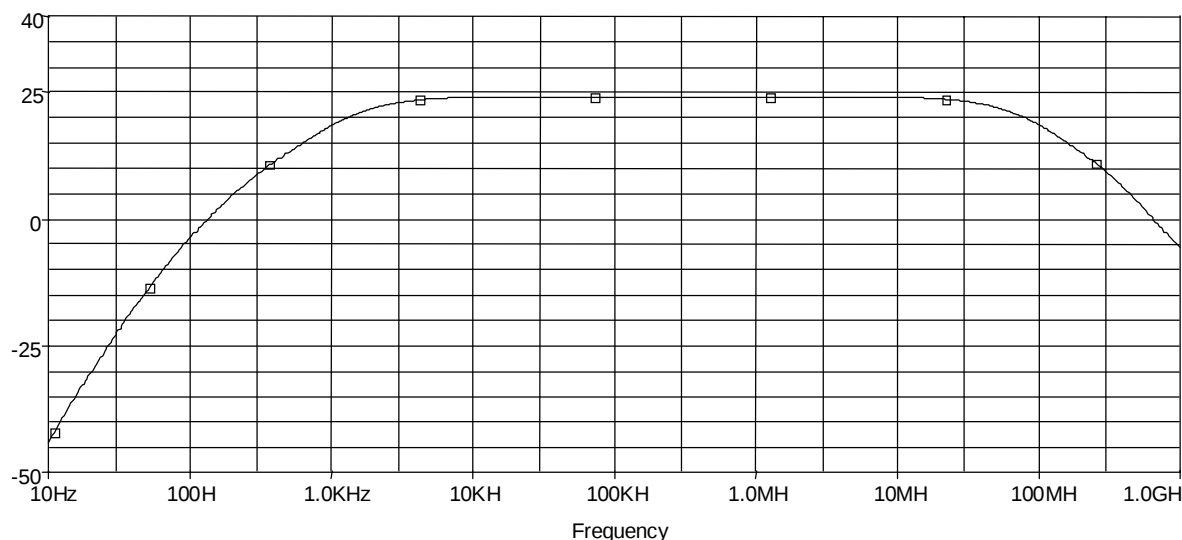


Figura 1. Diagrama de Bode

(35 min.)

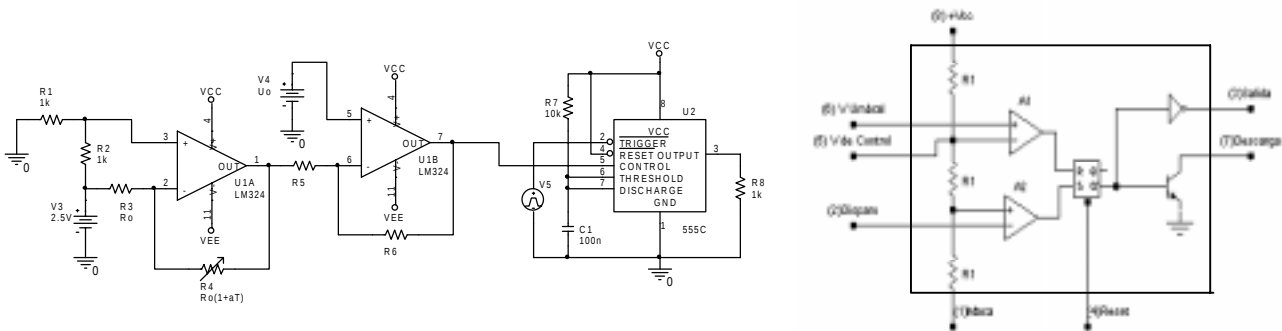


Segundo ejercicio

El circuito de la figura se emplea para la medida de la temperatura en un horno industrial entre 0°C y 700°C. Se basa en una resistencia variable con la temperatura denominada Pt100. El valor de dicha resistencia a una temperatura dada es $R=R_0(1+\alpha T)$, donde R_0 es la resistencia a 0°C, T es la temperatura en °C y $\alpha = 0,00385\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Para su transmisión la señal se convierte en un tren de pulsos de frecuencia constante y ciclo de trabajo variable con ayuda del c.i. 555 U2 y el generador de pulsos V5. Los pulsos del generador V5 tienen una frecuencia de 1 kHz, un ancho del pulso de 100µs y una amplitud de 12V. Se pide:

1. Calcular los valores de R_5 , R_6 y U_0 para que a la salida del c.i. U1B se obtenga una tensión de 2V a 0°C y 6V a 700°C.
2. Hallar la expresión del ancho de pulso a la salida de U2 en función de la tensión en la patilla CONTROL de U2.
Calcular los anchos de pulso mínimo y máximo.
3. Dibujar las formas de onda en las patillas 2, 3, 5 y 6 de U2 durante 2ms para $T=350^{\circ}\text{C}$.

La tensión de alimentación del circuito, VCC, es de 12V.

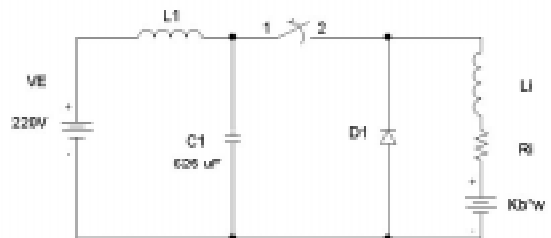


(45 min.)

Tercer ejercicio

Para el control de potencia de un motor de c.c. se emplea el convertidor cc/cc de la figura. El funcionamiento se basa en mantener prácticamente constante la corriente en el inducido, I_M , y hacer variar la tensión que se le aplica entre extremos. Se pide:

1. Explicar el funcionamiento del circuito. Obtener las expresiones de evolución de tensión del condensador.
2. De la variación de tensión en el condensador, determinar la relación entre I_E/I_M respecto al ciclo de trabajo. Dibujar la forma de corriente de la entrada, I_E .
3. Calcular el valor medio de tensión aplicado al motor, U_M . Recuerdese que el rendimiento del convertidor es del 100 %.
4. Representar las formas de onda de la corriente y tensión en el condensador y en el motor durante 2 ms.
5. ¿Cuál sería el dispositivo más adecuado para implementar el interruptor y por qué ?



(40 min.)

Datos:

$V_E = 220\text{ V}$; $L_1 = \infty\text{ H}$; $C_1 = 625\text{ }\mu\text{F}$; Frecuencia del troceador 1kHz, $d = 0.5$; $I_M = 100\text{ A}$



RESOLUCIÓN DEL EXAMEN**Primer ejercicio**

1.1 La descripción del circuito corresponde al esquemático de la figura 2.

1.2 $f_{CI} \approx 1600 \text{ Hz} \Rightarrow h_{ie} \approx 4708 \Omega$

$|A_v| \approx 16 \text{ db} \Rightarrow h_{fe} \approx 108$

$f_{CS} \approx 60 \text{ MHz} \Rightarrow C_{CE} \approx 6 \text{ pF}$

1.3 Aumentan la impedancia de entrada, impedancia de salida y el ancho de banda, y disminuye la ganancia. La forma de conseguir dicha realimentación se representa en la figura 3.

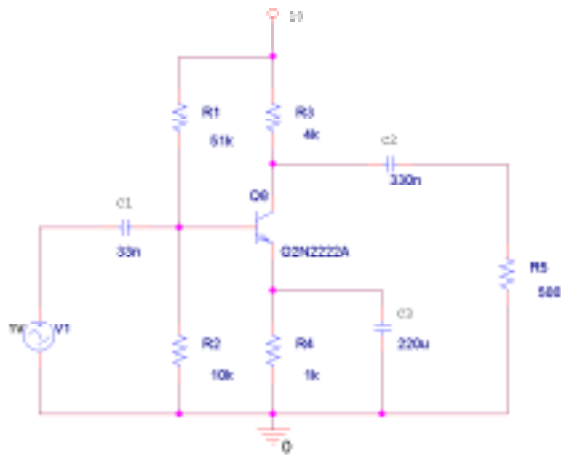


Figura 2. Esquemático del apartado 1.1

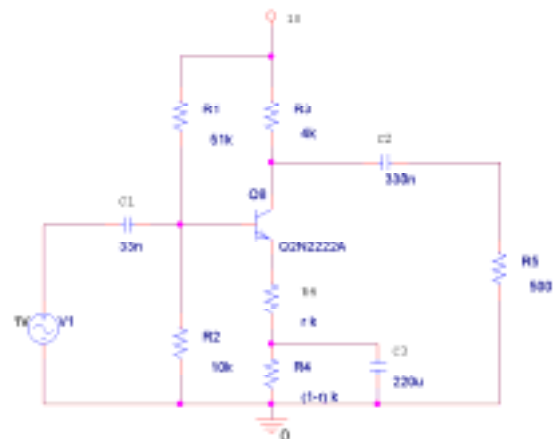


Figura 3. Esquemático del apartado 1.3

Segundo ejercicio

Gracias a la baja impedancia de salida de los A.A.O.O. podemos estudiar cada uno de los operacionales y el 555 por separado. El primer bloque los vemos en la figura 2. El divisor de tensión formado por R1 y R2 hace que la tensión en la entrada no inversora de U1A sea igual a $U_3/2$, ya que ambas resistencias son iguales. Por otro lado, con realimentación negativa y considerando el A.O. ideal, se cumple que:

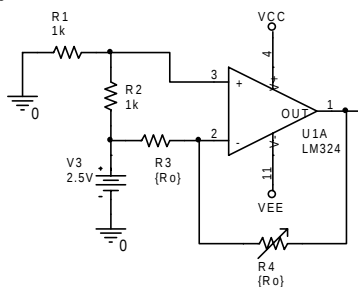


Figura 2

$$\left. \begin{aligned} U^- = U^+ &= \frac{U_3}{2} \\ \frac{U_3 - \frac{U_3}{2}}{R_0} &= \frac{\frac{U_3}{2} - U_{s1}}{R_0(1 + \alpha \cdot T)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{s1} = -\frac{U_3}{2} \alpha \cdot T$$



De forma semejante, para el segundo bloque, ver figura 3 podemos escribir:

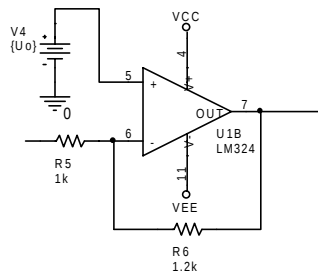


Figura 3

$$\left. \begin{aligned} U^- &= U^+ = U_0 \\ \frac{U_{s1} - U_0}{R_5} &= \frac{U_0 - U_{s2}}{R_6} \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{s2} = \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) \cdot U_0 - \frac{R_6}{R_5} \cdot U_{s1}$$

Para el cálculo de los valores de los componentes podemos plantear las siguientes dos ecuaciones:

$$\left. \begin{aligned} 2V &= \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) \cdot U_0 + \frac{R_6}{R_5} \cdot \frac{U_3}{2} \cdot \alpha \times 0^\circ \text{C} \\ 6V &= \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) \cdot U_0 + \frac{R_6}{R_5} \cdot \frac{U_3}{2} \cdot \alpha \times 700^\circ \text{C} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} U_0 &= 0,914V \\ \frac{R_6}{R_5} &= 1,1874 \end{aligned}$$

Nos queda un grado de libertad, ya que tenemos tres incógnitas, por lo que podemos elegir libremente el valor de una de las resistencias. Elegimos R1:

$$U_0 = 0,914V$$

$$R_5 = 1k\Omega$$

$$R_6 = 1,19k\Omega \cong 1,2k\Omega$$

El 555 funciona como monoestable. El c.i. permanece en su estado estable (salida a cero, condensador cortocircuitado a masa a través de la patilla DESCARGA) hasta que recibe un impulso de disparo por la patilla DISPARO. En ese momento la salida pasa a uno y el condensador inicia su carga. La carga termina cuando la tensión en el condensador alcanza la tensión presente en el nodo superior de la red de resistencias del 555, momento en el que se vuelve al estado estable. Normalmente dicho punto se encuentra a $2/3V_{CC}$, pero es accesible a través de la patilla CONTROL, de forma que es posible establecer la tensión en ese punto externamente, como en este caso. El intervalo de temporización es igual al tiempo necesario para que el condensador alcance la tensión aplicada a la patilla de CONTROL:

$$U_C = U_{C0} + (U_{CF} - U_{C0}) \left(1 - e^{-\frac{t}{R_7 C_1}}\right) \Rightarrow U_{s2} = V_{CC} \left(1 - e^{-\frac{T}{R_7 C_1}}\right) \Rightarrow T = R_7 C_1 \ln \left(\frac{V_{CC}}{V_{CC} - U_{s2}} \right)$$

$$T_{min} = 10k\Omega \times 100\mu F \times \ln \left(\frac{12V}{12V - 2V} \right) = 182,3\mu s$$

$$T_{max} = 10k\Omega \times 100\mu F \times \ln \left(\frac{12V}{12V - 6V} \right) = 693,1\mu s$$

En la figura 4 se pueden observar las formas de onda en las patillas 2, 3, 5 y 6 del 555 para una temperatura de 350°C .



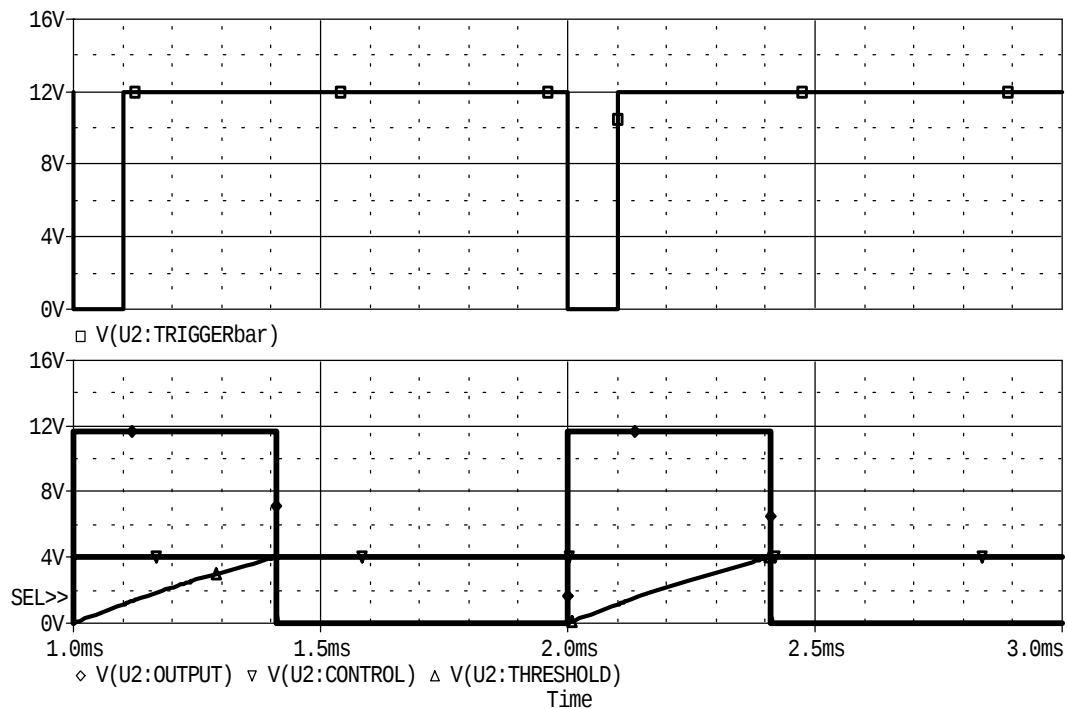
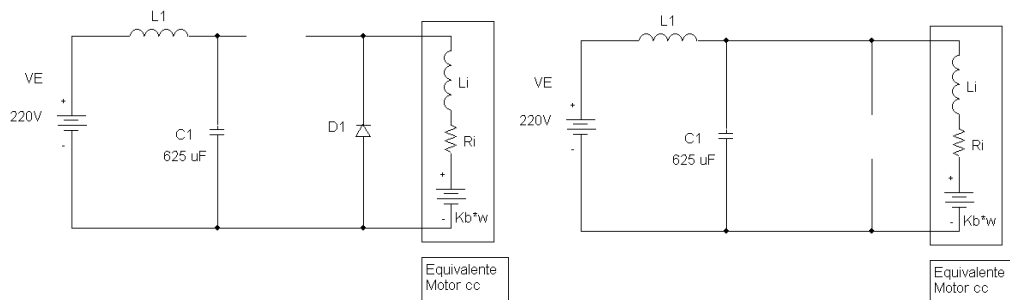


Figura 4

Tercer ejercicio

1. Cuando el interruptor está abierto, la malla de entrada es un circuito resonante L1C1. Al ser L1 una bobina que tiende a infinitos henrios hará que la corriente de entrada, I_E , se mantenga prácticamente constante haciendo que el condensador se cargue. La evolución de la tensión en C1 será una rampa con pendiente positiva. De otro lado, la bobina también está almacenando energía hasta que el condensador supere la tensión de entrada, V_E . Mientras el motor está cortocircuitado a través del diodo D1 y por la que está circulando la corriente del inducido. Ésta permanecerá constante.

Si el interruptor se cierra, el condensador quedará en paralelo con extremos del motor. La corriente de inducido será dada tanto por la bobina como por el condensador, esto es, ambos dispositivos ceden sus energías para abastecer al motor.

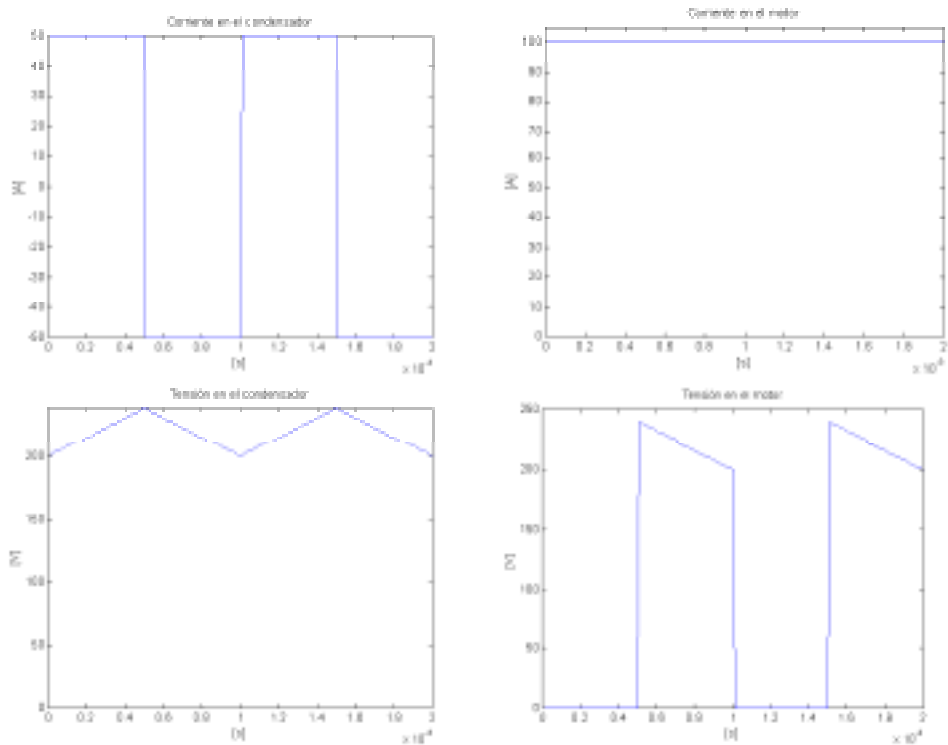


$$u_{C1}(t) = \begin{cases} u_{C1}(t_0) + \frac{I_E}{C} \Delta t & t_0 < t < t_0 + t_{OFF} \\ u_{C1}(t_0 + t_{OFF}) - \frac{I_M - I_E}{C} \Delta t & t_0 + t_{OFF} < t < t_0 + t_{OFF} + t_{ON} = t_0 + T \end{cases}$$

2. $\frac{I_E}{I_M} = \frac{t_{ON}}{T} = d \quad I_E = 50A$

3. $V_M = \frac{V_E I_E}{I_M} = 110V$

4.



5. Por frecuencia (1kHz), por el tipo de control, por la tensión (de 200V a 240V) y por la corriente 100A la elección adecuada será un IGBT.

