

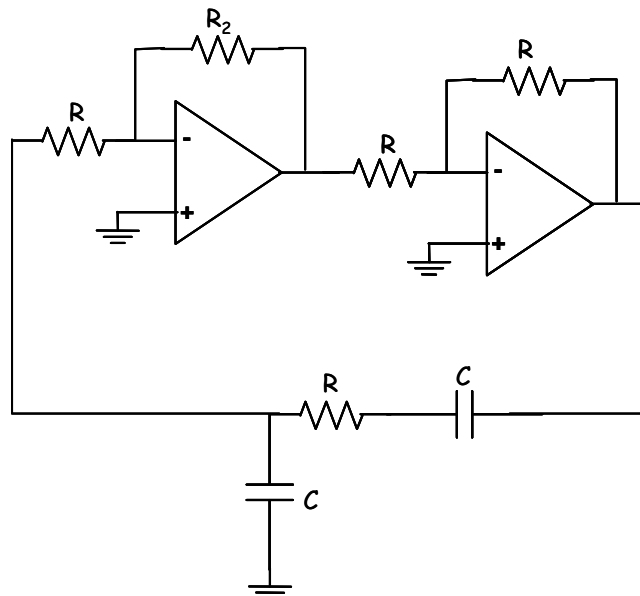
# **SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

Grados en Ingeniería de Sistemas de  
Comunicaciones, Sistemas Audiovisuales,  
Telemática y Tecnologías de Telecomunicación

Ejercicios propuestos Tema 4:  
“Osciladores Sinusoidales”

## EJERCICIO 1

El circuito de la figura representa un oscilador sinusoidal:



**Datos:** Amplificadores operacionales ideales

$$R = 100\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 270\text{k}\Omega$$

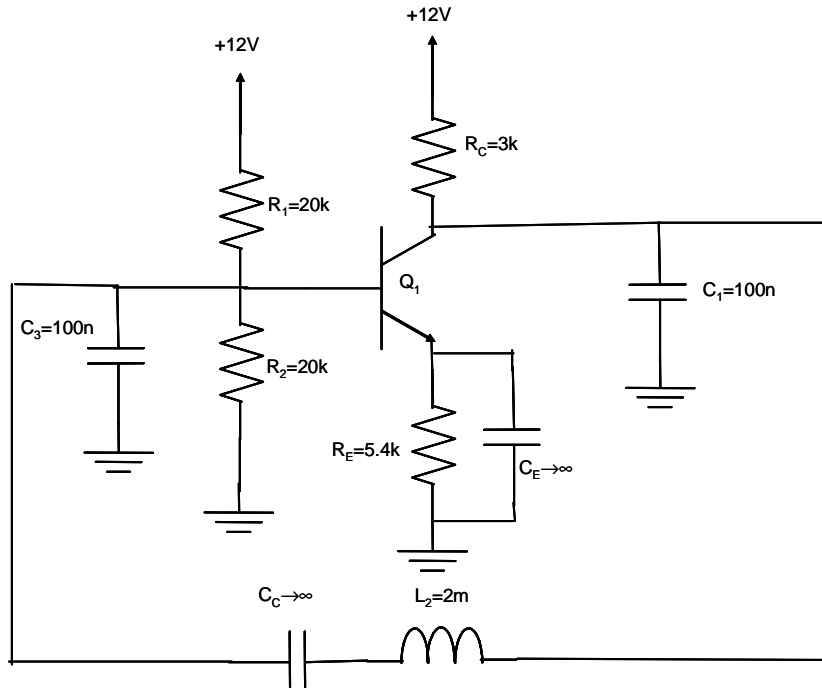
$$C = 1.2\text{nF}$$

### SE PIDE:

- Indique de qué tipo de oscilador se trata e identifique las redes  $A_{osc}$  y  $\beta_{osc}$  del mismo.
- Obtenga el circuito equivalente genérico (resistencia de entrada, ganancia de tensión y resistencia de salida) en pequeña señal a frecuencias medias de la red  $A_{osc}$ .
- Obtenga la expresión de la ganancia de lazo ( $A_{osc} \cdot \beta_{osc}(j\omega)$ ) del oscilador, justificando las aproximaciones que realice en los cálculos.
- Deduzca la frecuencia de oscilación,  $f_{osc}$ .
- Deduzca las condiciones de arranque y mantenimiento. ¿Arrancaría el oscilador con los valores de los componentes dados? Razone su respuesta.
- En caso de que el sistema no arranque para los valores de los componentes dados, ¿qué componente del circuito modificaría y que valor le daría para que el oscilador arranque? Razone su respuesta.

## EJERCICIO 2

La figura representa el esquema de un oscilador sinusoidal,



### DATOS:

**Q1:**

$$V_{BE\text{activa}} = 0.6V$$

$$V_{CE\text{sat}} = 0.2V$$

$$\beta = 160$$

$$V_T = 25mV$$

$$r_o \rightarrow \infty$$

$$C_\mu = 0$$

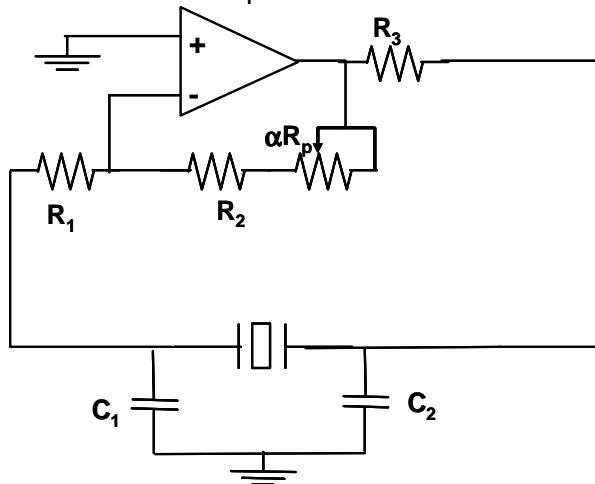
$$C_\pi = 0$$

### SE PIDE:

- Indique de qué tipo de oscilador se trata e identifique las redes  $A^*$  y  $\beta^*$  del mismo.
- Obtenga el punto de funcionamiento en continua de  $Q_1$ .
- Obtenga el circuito equivalente genérico (resistencia de entrada, ganancia de tensión y resistencia de salida) en pequeña señal a frecuencias medias de la red  $A^*$ . (Si no ha resuelto el apartado anterior considere  $I_{CQ1} = 1mA$ )
- Obtenga la expresión de la ganancia de lazo ( $A^* \cdot \beta^*(j\omega)$ ) del oscilador, justificando las aproximaciones que realice en los cálculos.
- Deduzca el valor de la pulsación angular de oscilación ( $\omega_{osc}$ ) del circuito.
- ¿Arrancaría el oscilador con los valores de los componentes dados en la figura 3? Justifique su respuesta.

### EJERCICIO 3

El circuito de la figura es un oscilador que utiliza un cristal de cuarzo de 5 MHz:



**Datos:** Amplificador operacional ideal,  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 20\text{k}\Omega$ ,  $R_p = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 100\ \Omega$ ,  $C_1 = 100\text{pF}$ ,  $C_2 = 22\text{pF}$

#### SE PIDE:

- Deduzca las expresiones de la frecuencia de oscilación y de las condiciones de arranque y mantenimiento del oscilador. Justifique todas las aproximaciones que realice en los cálculos.
- ¿Cual será la frecuencia de oscilación?.
- Determine el rango de valores de la posición del cursor ( $\alpha$ ) del potenciómetro  $R_p$  para los que el oscilador arrancaría.

## EJERCICIO 4

Los osciladores que se muestran en las Figuras P1.1 y P1.2 presentan como principal característica el generar dos o tres señales sincronizadas, que guardan un desfase constante entre ellas ( $v_1$  y  $v_2$  para la Figura 2.1 y  $v_A$ ,  $v_B$  y  $v_C$  para la Figura P1.2).

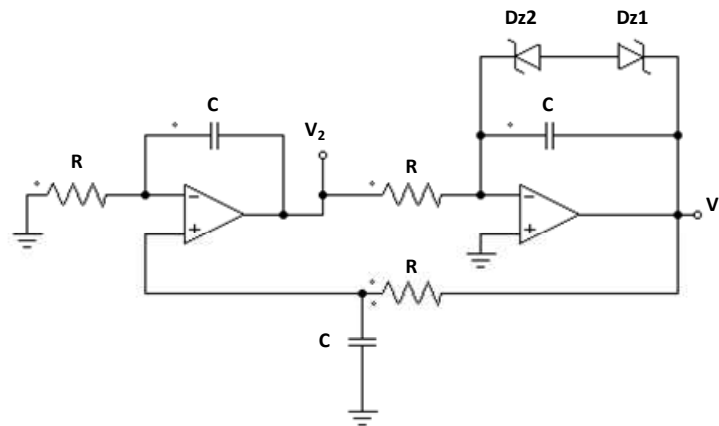


Figura P1.1

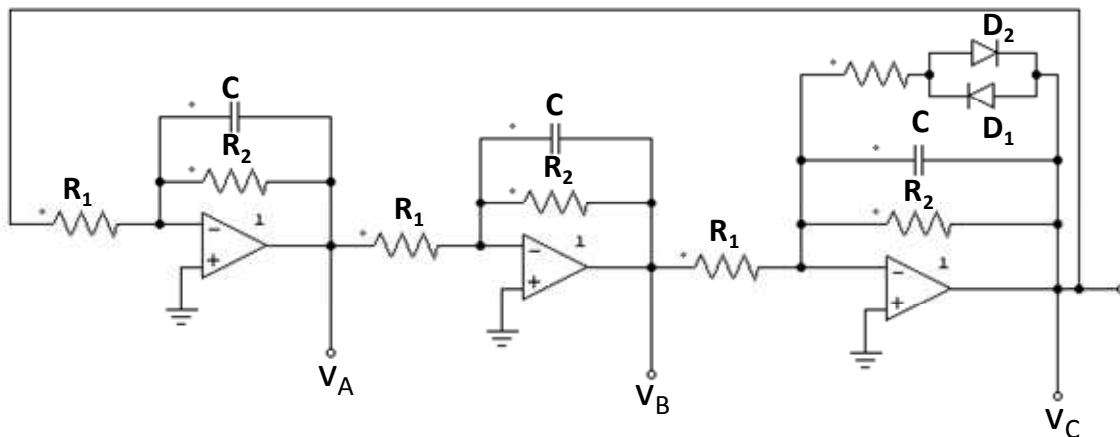


Figura P1.2

Se pide:

1. Para los circuitos de las Figuras P1.1 y P1.2 obtener la expresión de la ganancia de lazo.
2. Para los circuitos de las Figuras P1.1 y P1.2 obtener la expresión de la frecuencia de oscilación en función de las resistencias y condensadores que los componen.
3. Calcular  $R$  y  $C$  para que la frecuencia de oscilación del circuito de la Figura P1.1 sea 100 kHz. Justificar el desfase que existe entre las señales  $v_1$  y  $v_2$ .
4. Para el circuito de la Figura P1.2, calcular  $R_2$  y  $C$  para que la frecuencia de las señales generadas sea 50Hz. Calcular el valor de  $R_1$  para que se pueda iniciar la oscilación. Determinar primero la expresión teórica y después proponer un valor numérico razonable.
5. Demostrar que el desfase entre las señales generadas,  $v_A$ ,  $v_B$ ,  $v_C$ , es  $120^\circ$ . Dibuje la tensión de las señales  $v_A$ ,  $v_B$ ,  $v_C$ .
6. Justificar razonadamente para qué sirven los diodos  $D_{z1}$  y  $D_{z2}$  así como los diodos  $D_1$  y  $D_2$ . ¿Qué diferencia existe entre el funcionamiento de ambas parejas?

## EJERCICIO 5

En el circuito de la Figura 1 se muestra el esquema de un oscilador a cristal así como el circuito equivalente del cristal utilizado (Figura 2) y el comportamiento de su reactancia en función de la frecuencia.

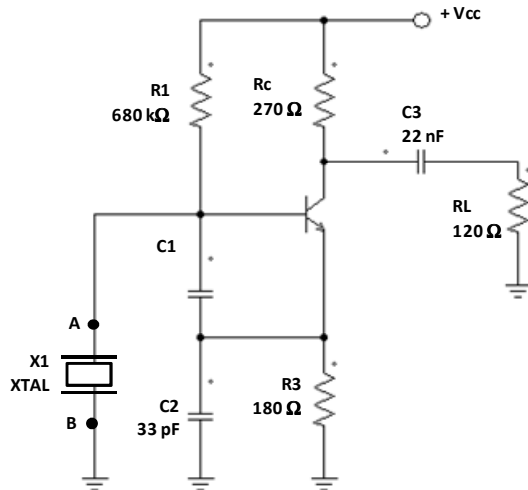


Figura 1

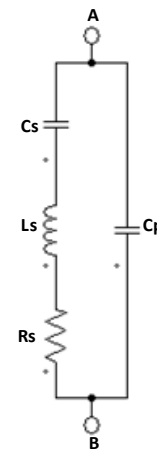


Figura 2

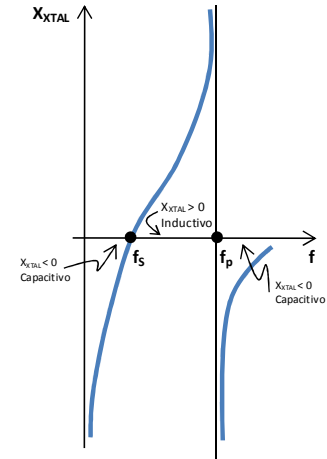


Figura 3

### DATOS:

Transistor:  $V_{CC} = 5V$ ;  $I_{CQ} = 0,75 \text{ mA}$ ,  $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ ;  $\beta_o = 125$ ;  $V_T = 25 \text{ mV}$

$X_{TAL}$ :  $C_s = 0,007 \text{ pF}$ ;  $C_p = 5 \text{ pF}$ ;  $L_s = 100,55 \text{ mH}$ ;  $R_s = 40 \Omega$

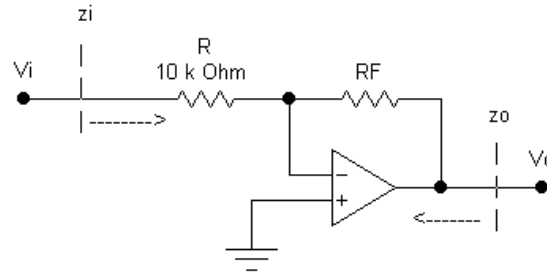
$f_s = 5,999 \text{ MHz}$ ;  $f_p = 6,003 \text{ MHz}$

### Se pide:

1. Dibujar el circuito en pequeña señal para el oscilador, indicando claramente que elementos constituyen el amplificador y la red de realimentación,  $\beta$ . Indicar además que puntos son la entrada y salida del amplificador y de la red de realimentación.
2. Para el rango de frecuencias de oscilación compare la impedancia del condensador C3 con el de la resistencia de carga RL.
3. Para el rango de frecuencias de oscilación justifique si el cristal está cargado con la impedancia de entrada del amplificador.
4. A partir de los cálculos realizados en los apartados 2 y 3, dibuje de nuevo el esquema en pequeña señal del oscilador, separando las redes A y  $\beta$ . Indique el punto por donde se debe abrir el lazo para estudiar la ganancia de lazo y obtenga la expresión de la ganancia de lazo  $A\beta$  en función de las impedancias de los condensadores y del cristal.
5. Una vez obtenida la ganancia de lazo, calcule el valor de la frecuencia de oscilación,  $f_o$ . NOTA: Se recomienda comprobar qué comportamiento (inductivo o capacitivo) deberá presentar el cristal y a qué frecuencias se produce dicho comportamiento.
6. Calcular el valor de C1 para que se garantice el arranque del oscilador.
7. Sería posible utilizar un amplificador operacional ( $A_o = 100 \text{ dB}$  y polo dominante en  $15 \text{ Hz}$ ) para implementar este oscilador utilizándolo en vez del transistor bipolar.

## EJERCICIO 6

El amplificador operacional del circuito de la figura puede considerarse ideal.



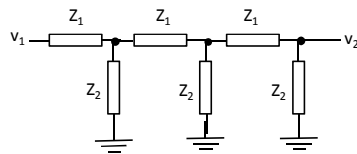
**Se pide:**

1. Deduzca la impedancia de entrada ( $z_i$ ), la ganancia en tensión ( $V_o/V_i$ ) y la impedancia de salida ( $z_o$ ) del amplificador.

Se utiliza este amplificador para construir un oscilador por desplazamiento de fase paso alto:

2. Represente el esquemático del oscilador, el amplificador como un bloque funcional y la red de realimentación dependiente de la frecuencia con los componentes necesarios, utilizando resistencias de 10 kΩ.
3. Deducir las condiciones de oscilación y de arranque/mantenimiento del oscilador.
4. Valores de todos los componentes necesarios para que el circuito oscile a una frecuencia de 1kHz.

**Nota:** Se adjunta la función de transferencia de una red en escalera, por si le resulta de utilidad en los cálculos del problema:



$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^3 + 5 \cdot \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 + 6 \cdot \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right) + 1}$$

## EJERCICIO 7

Se pretende determinar si el circuito de la Figura 1 oscila y en qué condiciones.

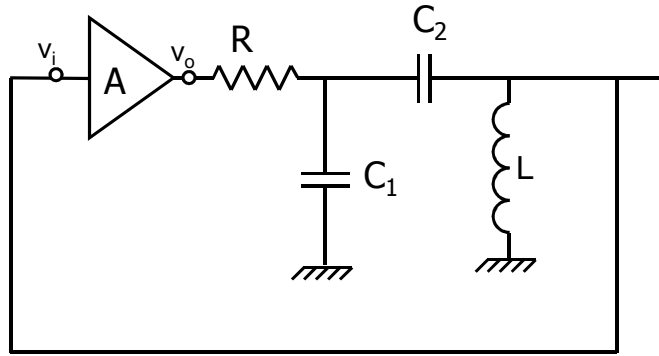


Figura 1

Para ello, se pide:

1. Calcular la expresión de la ganancia de lazo  $A\beta(j\omega)$ .
2. Determinar la frecuencia de oscilación en función de los valores de los componentes del circuito.
3. Calcular la condición de arranque y mantenimiento de la oscilación en función de los componentes del circuito.
4. Considerando  $C_1 = C_2 = 1 \text{ nF}$ , y que  $f_o = 1 \text{ MHz}$ , ¿cuál sería el valor mínimo de la impedancia de entrada del amplificador, para que los cálculos anteriores resultasen correctos?
5. Justificar razonadamente cuál de los tres siguientes circuitos (Figura 2, 3 o 4) puede ser utilizado como amplificador, conectándose sus terminales  $v_i$  y  $v_o$  a las correspondientes etiquetas del circuito de la Figura 1.

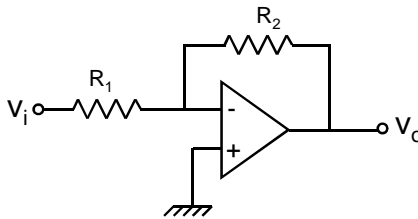


Figura 2

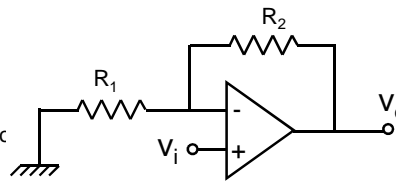


Figura 3

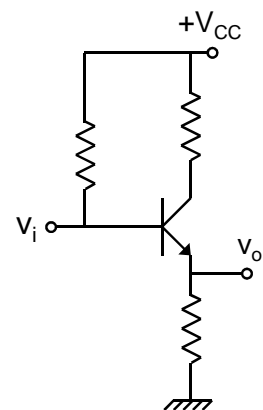


Figura 4