

# Electrónica 2

## Práctico 2 Osciladores

Los ejercicios marcados con ★ son opcionales. Además cada ejercicio puede tener un número, que indica el número de ejercicio del libro del curso (*Microelectronic Circuits, 4th. edition. Sedra/Smith.*) o una fecha, que indica en que prueba (examen o parcial) se planteó el ejercicio.

**Objetivo:** El objetivo general del presente práctico es introducir al alumno en la temática de osciladores. Los ejercicios propuestos contienen varias configuraciones como el Puente de Wien, osciladores por corrimiento de fase, osciladores con resistencias dependientes de tensión, osciladores Colpitts y osciladores a cristal. Se trabaja con los conceptos básicos de frecuencia y condición de oscilación y condición de arranque.

### Ejercicio 1. (Examen 15/02/2000)

- Dado el circuito de la figura 1.1, dar la función que relaciona  $I_O$  con  $V_a$  y  $V_b$  ( $V_{EE} < 0 < V_{CC}$ ).
- Considere el oscilador de la figura 1.2, el bloque 1 es el circuito de la figura 1.1 (parte recuadrada, excluyendo a  $R_L$ ) y el bloque 2 presenta entre los terminales 1 y 2 una resistencia que depende de la tensión entre las terminales 3 y 2 ( $R(V_r)$  ya que 2 está a tierra). Se considera que la impedancia vista desde 3 es infinita. ¿Cómo debe ser la dependencia  $R(V_r)$  para tener una estabilización de la amplitud del oscilador? Fundamente.
- ¿Cómo dimensionaría  $C_{reg}$  para que el circuito funcione correctamente?
- Se desea una amplitud pico a pico  $V_{amp}$  a la salida; ¿Si  $R(V_r)$  es de la forma  $k \cdot V_r^2 + R_2/4$  qué valor debe tomar  $k$  en función de  $V_{amp}$  y los datos restantes para que eso suceda?

### Ejercicio 2. (Examen 03/2000)

En este ejercicio se trabaja con un oscilador por corrimiento de fase, junto con el uso de diodos como limitadores de ganancia.

- Determinar frecuencia y condición de oscilación para el oscilador por corrimiento de fase de la Figura 2.1
- A los efectos de controlar la amplitud de las oscilaciones, se sustituye  $R_f$  por el circuito de la Figura 2.2. Determinar la condición que deben cumplir  $R_1$  y  $R_2$  para que el oscilador arranque y la amplitud resultante de las oscilaciones sea  $V_{amp}$  de pico. Considerar para los diodos un modelo con tensión de umbral  $V_\gamma$  y resistencia nula (ver Figura 2.3).

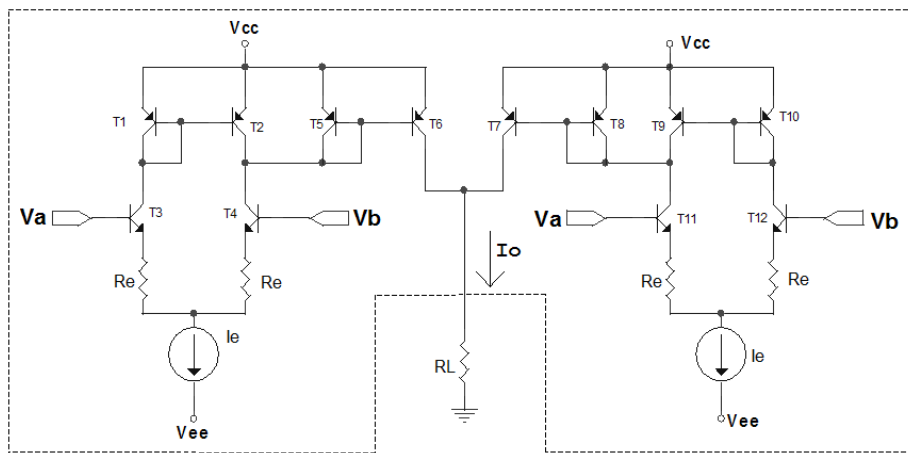


Figura 1.1:

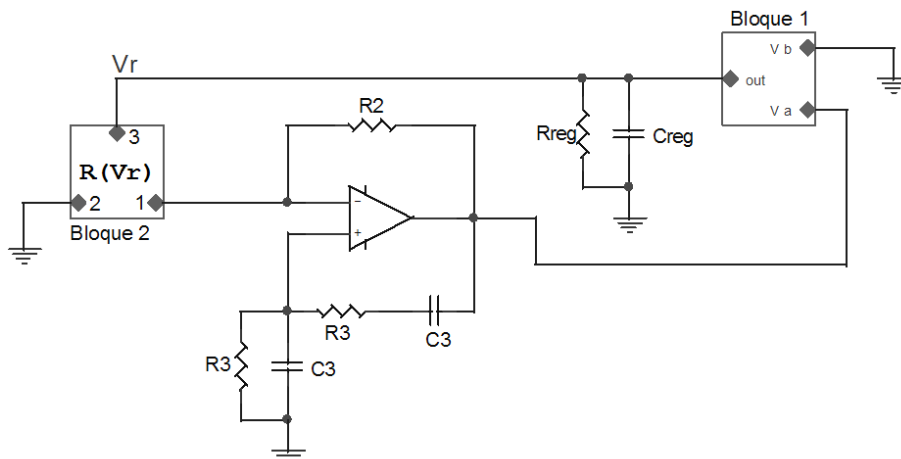


Figura 1.2:

- (c) Determinar cuál es la máxima frecuencia de oscilación para que el slew rate del amplificador no afecte la salida del oscilador en función del valor del slew rate.

### Ejercicio 3. (Examen 07/1999)

En este problema se muestra la implementación de una inductancia a partir del uso de un circuito que contiene un amplificador conectado como seguidor.

- (a) Calcular la impedancia vista  $Z_v$  en el circuito de la Figura 3.1 entre el punto A y tierra, ¿A qué frecuencia esta impedancia es puramente resistiva y cuál es su valor en este caso?. ¿Cuánto vale la parte positiva de la reactancia de la  $Z_v$ ? Notar que esto puede considerarse como una inductancia equivalente.

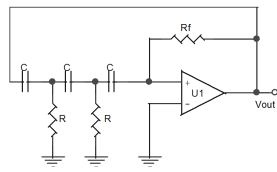


Figura 2.1:

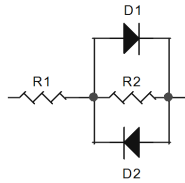


Figura 2.2:

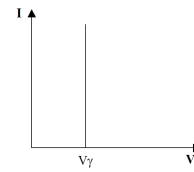


Figura 2.3:

- (b) Hallar en el oscilador de la Figura 3.2 la frecuencia y la condición de oscilación.
- (c) Si el circuito de la Figura se modifica como se indica en la Figura 3.3, ¿Qué cambio se produce en el comportamiento del circuito al mover el potenciómetro  $P$ ?

Nota: Considerar los amplificadores como ideales.

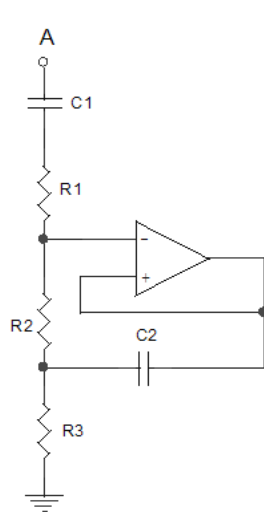


Figura 3.1:

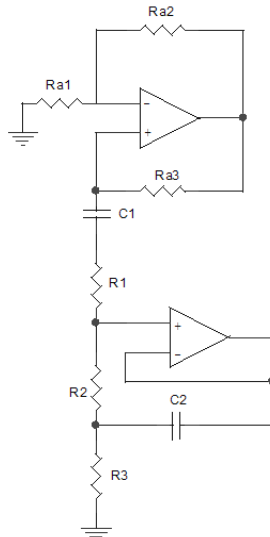


Figura 3.2:

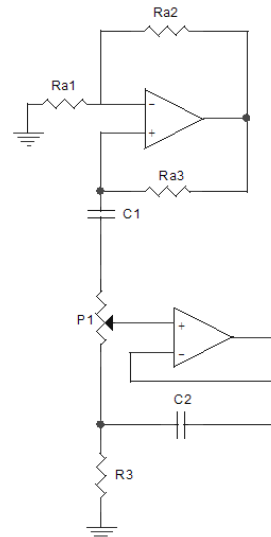


Figura 3.3:

#### Ejercicio 4. (Examen 03/1999)

En este circuito se utiliza como circuito detector de amplitud un rectificador de media onda y se discute que ocurre cuando se utiliza un rectificador de onda completa.

- (a) Determinar la frecuencia y condición de oscilación del circuito de la Figura 4.  $R_{1A}$  es una resistencia dependiente de la tensión  $V_a$ .
- (b) ¿Qué condición debe cumplir el valor de  $R_{1A}$  con  $V_a = 0$  para que el oscilador arranque? ¿Cómo debe ser la variación de  $R_{1A}$  con  $V_a$  para estabilizar la amplitud a la salida de oscilador (creciente o decreciente)? Justificar claramente.

- (c) ¿Cómo debe elegirse el polo del filtro implementado por AO3? ¿Cómo cambia esta condición si se emplea, en lugar del circuito implementado por AO2, un rectificador de onda completa?.

Nota : Considerar los amplificadores como ideales.

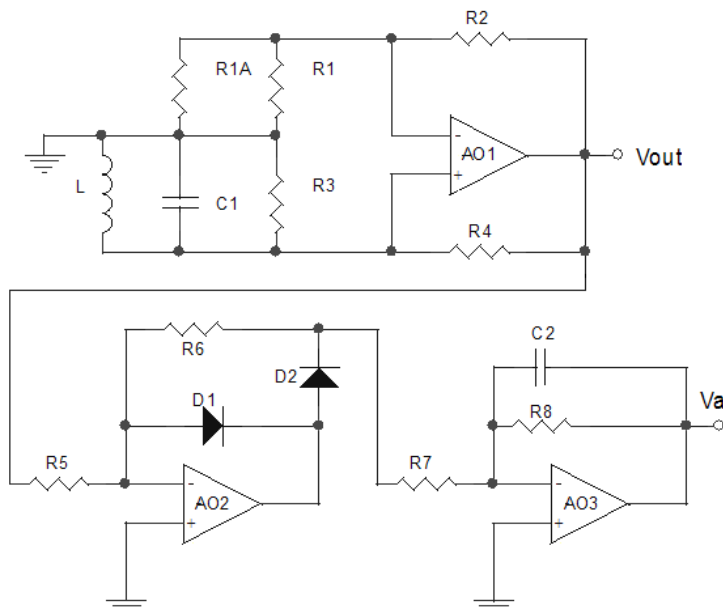


Figura 4:

### Ejercicio 5. (Examen 12/1998)

El circuito de la Figura 5.1 es un regulador de tensión lineal para una fuente de alimentación. Para el amplificador se considerará un modelo de dos polos con ganancia en DC  $A_0$  infinita. Por lo tanto, la respuesta en frecuencia del amplificador se puede aproximar por la ecuación 1, siendo  $f_T$  la frecuencia de transición del modelo de primer orden, es decir el producto de ganancia por ancho de banda del modelo de primer orden suponiendo un solo polo, y  $f_{pnd}$  el polo no dominante. La impedancia de entrada del amplificador de supondrá infinita.

$$A(s) = \frac{A_0}{\left(1 + \frac{s}{\omega_T/A_0}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{pnd}}\right)} \cong \frac{1}{\frac{s}{\omega_T}\left(1 + \frac{s}{\omega_{pnd}}\right)} \quad (1)$$

donde  $\omega_T = 2\pi f_T$  y  $\omega_{pnd} = 2\pi f_{pnd}$ .

Considerar  $R_L$  tal que:  $R_{min} < R_L < R_{max}$ .

- Calcular la condición que debe cumplir  $\omega_T$  para que el circuito no oscile para ningún valor de  $R_L$ . Expresar claramente la condición en que se evalúa  $R_L$  ( $R_{min}$  o  $R_{max}$ ).
- La Figura 5.2 muestra un esquema interno del amplificador operacional utilizado en el circuito. Este amplificador permite colocar una capacidad de

compensación externa ( $C_{ext}$ ) adicional en paralelo con la capacidad interna  $C_m$ . La segunda etapa tiene una respuesta en frecuencia:  $A_2(s) = \frac{A_{02}}{1+s/\omega_{pnd}}$  con  $A_{02} \gg 1$ , y una impedancia de entrada que se supondrá puramente resistiva. Calcular la condición que debe cumplir  $C_{ext}$  para asegurar la condición determinada en la primer parte y que por tanto el circuito no oscile para ningún valor de  $R_L$ .

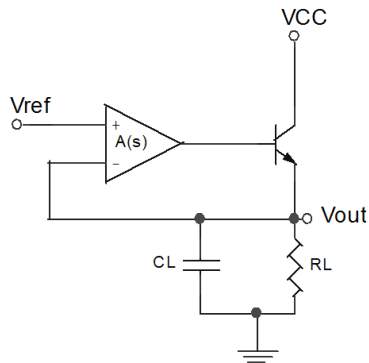


Figura 5.1:

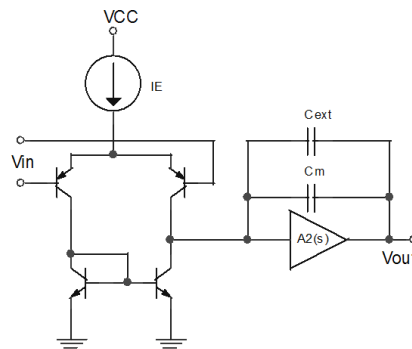


Figura 5.2:

### Ejercicio 6.

El circuito de la Figura 6.1 es un oscilador Colpitts al que se le ha agregado una capacidad variable en paralelo con la inductancia L. Esta capacidad variable se implementa a partir del varactor D; ésta varía con el voltaje E de acuerdo con la curva que se presenta en la Figura 6.2.

- Si definimos  $G_m = I_C/E_X$  con  $I_C$  y  $E_X$  componentes del primer armónico, hallar la condición y frecuencia oscilación del circuito de la Figura 6.1 en función de los parámetros  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $G_m$  y  $R_e$ . Se supondrá a estos efectos que la impedancia vista desde la base del transistor es infinita.
- Hallar el voltaje de polarización que es necesario aplicar al varactor para que con  $L = 10mH$ ,  $C_1 = 200pF$ ,  $C_2 = 300pF$  y la frecuencia de oscilación sea  $f = 4MHz$ .

### Ejercicio 7.

El amplificador de la Figura 7.1, tiene ganancia  $A$ , impedancia de entrada grande e impedancia de salida  $R_O$ . El cristal se representa por el modelo de la Figura 7.2, sus frecuencias propias son  $\omega_S$  y  $\omega_P$ :

- Hallar la frecuencia y condición de oscilación. Mostrar que la frecuencia de oscilación está comprendida entre  $\omega_S$  y  $\omega_P$  (En un cristal  $C_S \ll C_P$  de manera que son próximas).
- Hallar  $C_1$  y  $C_2$  para obtener un oscilador de  $1krad/s$  considerando que  $\omega_S = 998rad/s$ ,  $\omega_P = 1002rad/s$ ,  $C_P = 3pF$  y  $A=10$ .

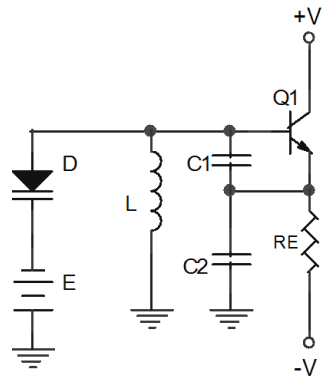


Figura 6.1:

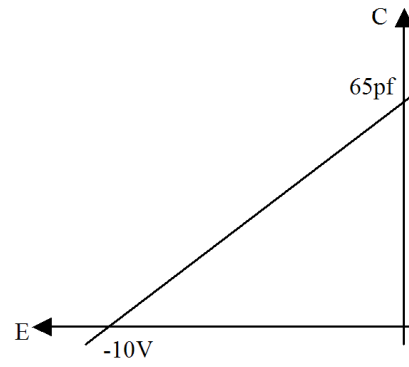


Figura 6.2:

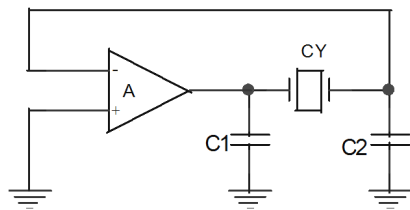


Figura 7.1:

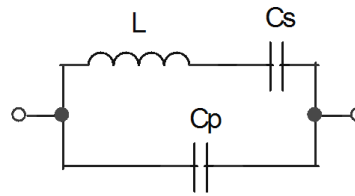


Figura 7.2:

# Solución

## Ejercicio 1

(a)  $I_O = \frac{|V_a - V_b|}{R_e}$

(b)  $R(V_r)$  debe tener pendiente positiva.

(c)  $C_{reg} \gg \frac{R_3 C_3}{2 R_{reg}}$

(d)  $k = \frac{\pi^2 R_2 R_e^2}{4 R_{reg} V_{amp}^2}$

## Ejercicio 2

(a) Frecuencia de oscilación  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{3}RC}$  y condición de oscilación  $\frac{R_f}{12R} = 1$

(b)  $R_1 + R_2 > 12R$  y  $R_1 < 12R$

(c)  $f_0 < \frac{SR}{2\pi V_{amp}}$

## Ejercicio 3

(a)  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_3 R_2 C_1 C_2}}$  y  $X_{pos} = R_3 R_2 C_2$

(b) La frecuencia de oscilación es  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_3 R_2 C_1 C_2}}$  y la condición de oscilación  $\frac{(1 + \frac{R_{a2}}{R_{a1}})(R_3 + R_2 + R_1)}{R_3 + R_2 + R_1 + R_{a3}} = 1$

(c) Cambia la frecuencia de oscilación al cambiar  $R_2$ , la condición de oscilación se mantiene al permanecer constante  $R_1 + R_2 = P$

## Ejercicio 4

(a) La frecuencia de oscilación es  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC1}}$  y la condición de oscilación  $(1 + \frac{R_2}{R_1 // R_{1A}})(\frac{R_3}{R_3 + R_4}) = 1$

(b)  $R_{1A} < \frac{R_3 R_2 R_1}{R_4 R_1 + R_3 R_2}$  y ser creciente hasta alcanzar el valor que cumple la condición de oscilación  $R_{1A} = \frac{R_3 R_2 R_1}{R_4 R_1 + R_3 R_2}$

(c) El polo debe ser menor que  $\omega_0$  de forma de tener a la salida el valor de continua de la señal que es proporcional a la amplitud de las oscilaciones. Si se considera un rectificador de onda completa la condición pasa a ser que el polo sea menor que  $2\omega_0$  por ser la frecuencia del primer armónico a la salida del rectificador igual a  $2\omega_0$

### Ejercicio 5

(a) Debe cumplirse que  $\omega_T < (\omega_L + \omega_{pnd})(1 + \frac{1}{g_m R_L})$  donde  $\omega_L = \frac{g_m + 1/R_L}{C_L}$  y el peor caso se da para  $R_{LMAX}$ .

(b)  $C_{ext} > \frac{g_m}{\omega_{TMAX}} - C_m$  donde  $\omega_{TMAX}$  es el calculado en la parte (a)

### Ejercicio 6

(a) La frecuencia de oscilación es  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L(C_D + \frac{C_2 C_1}{C_1 + C_2})}}$  y la condición de oscilación  $1 = \frac{g_m R_E (C_1 + C_2)}{(1 + g_m R_E) C_1}$

(b)  $C_D = 38pF$  y  $V_{pol} = -4.15V$

### Ejercicio 7

(a) La frecuencia de oscilación es  $\omega_0 = \sqrt{\frac{C_1 C_2 + (C_1 + C_2)(C_p + C_s)}{L C_s (C_1 C_2 + C_p (C_1 + C_2))}}$  y la condición de oscilación  $C_2 = A C_1$

(b)  $C_1 = 3.31pF$  y  $C_2 = 33.1pF$