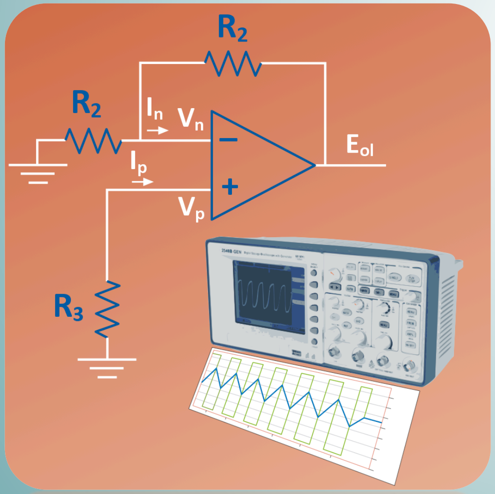
Electrónica Básica

Tema A.4.
Generadores de señal



Gustavo A. Ruiz Robredo

Juan A. Michell Martín

DPTO. DE ELECTRÓNICA Y COMPUTADORES

Introducción

- La función de un generador de señal es producir una señal dependiente del tiempo con características específicas de frecuencia, amplitud y forma.

- En algunos casos sus características son contoladas por un señal de control. Por ejemplo, los VCO (Voltage-controlled oscillator) u osciladores controlados por tensión.

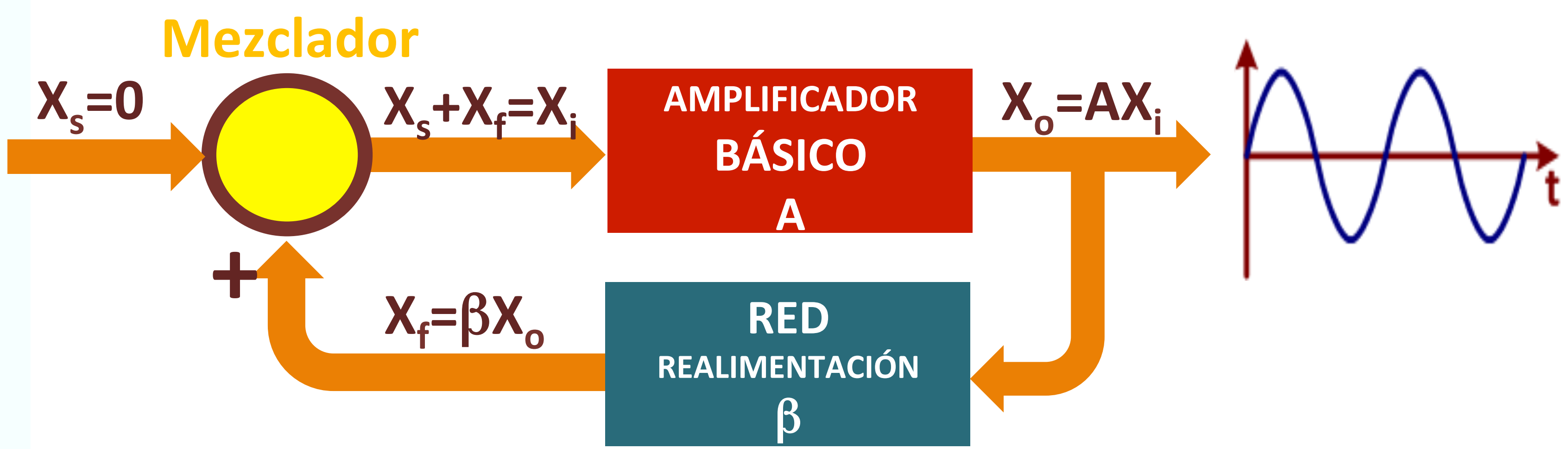
- Hay dos categorías:

  - Osciladores sintonizados o sinusoidales → Generan de manera sostenida una salida sinusoidal.
  - Osciladores de relajación → Generan señales de tipo cuadrada, triangular, pulsos, etc .... Están basados en comparadores, disparadores Schmitt y puertas lógicas que cargan y descargan repetitivamente condensadores.

Osciladores sinusoidales

- Los osciladores sinusoidales juegan un papel importante en los sistemas electrónicos que utilizan señales armónicas.

- El diseño de osciladores se realiza en dos fases: una lineal, basado en métodos en el dominio frecuencial que utilizan análisis de circuitos realimentados, y otra no-lineal, que utiliza mecanismos no lineales para el control de la amplitud.



ESTRUCTURA BÁSICA DE UN OSCILADOR SINUSOIDAL

- La ganancia del oscilador, debido a su realimentación positiva es

$$\boxed{A_f = \frac{A}{1-\beta A}}$$

βA → Ganancia de lazo

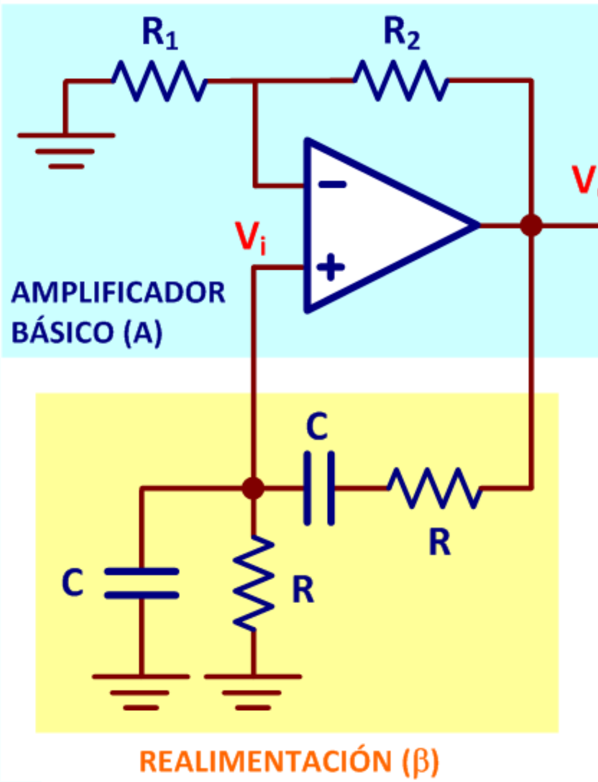
- La condición de oscilación: 1-βA=0 ⇒ Criterio de Barkhausen

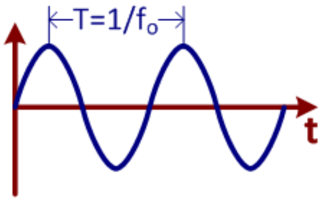
$$\boxed{\begin{aligned} &\mathrm{fase}(\beta A) = 0 + 2k\pi \\ &|\beta A| = 1 \end{aligned}}$$

Clasificación de los osciladores sinusoidales

- **β→RC** — Frecuencias bajas
  - Puente de Wien
  - Cambio de fase
- **β→LC** — Frecuencias altas
  - Colpitts
  - Hartley
- **β→Cristal** — Estabilidad
  - Cristal de cuarzo

Oscilador de puente de Wien





$$Z_C = \frac{1}{Cs} = \frac{1}{C\omega j}$$

❖ **Ganancia de lazo**

$$\beta A = \frac{1+\dfrac{R_2}{R_1}}{3 + j\left(\omega RC - \dfrac{1}{\omega RC}\right)}$$

1) Frecuencia de oscilación (ω_o):

$$\mathrm{fase}(\beta A)\big|_{\omega=\omega_o} = 0 + 2k\pi \Rightarrow \omega_o RC - \frac{1}{\omega_o RC} = 0 \Rightarrow \boxed{\omega_o = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_o = \frac{1}{2\pi RC}}$$

2) Condición de oscilación:

$$|\beta A|\big|_{\omega=\omega_o} = 1 = \left|\frac{1+\dfrac{R_2}{R_1}}{3 + j\underbrace{\left(\omega_o RC - \dfrac{1}{\omega_o RC}\right)}_{0}}\right| \Rightarrow 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 2}$$

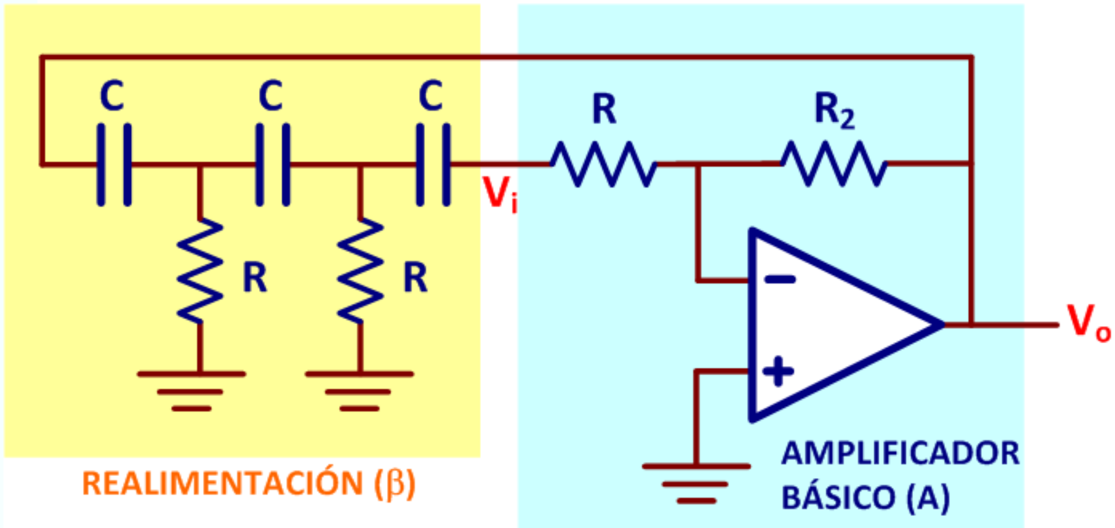
Prob A.IV.1

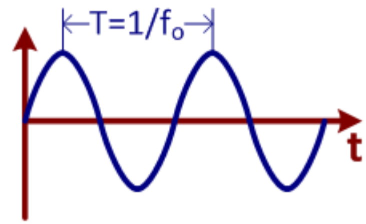
LTspice IV

Oscilador de cambio de fase

Prob A.IV.3

LTspice IV





❖ Ganancia de lazo Aβ

$$A\beta = \frac{-\dfrac{R_2}{R}}{1-\dfrac{5}{(\omega RC)^2}-j\left(\dfrac{6}{\omega RC}-\dfrac{1}{(\omega RC)^3}\right)}$$

1) Frecuencia de oscilación (ω_o):

$$\text{fase}(\beta A)\big|_{\omega=\omega_o} = 0+2k\pi \Rightarrow \frac{6}{\omega_o RC}-\frac{1}{(\omega_o RC)^3}=0 \Rightarrow$$

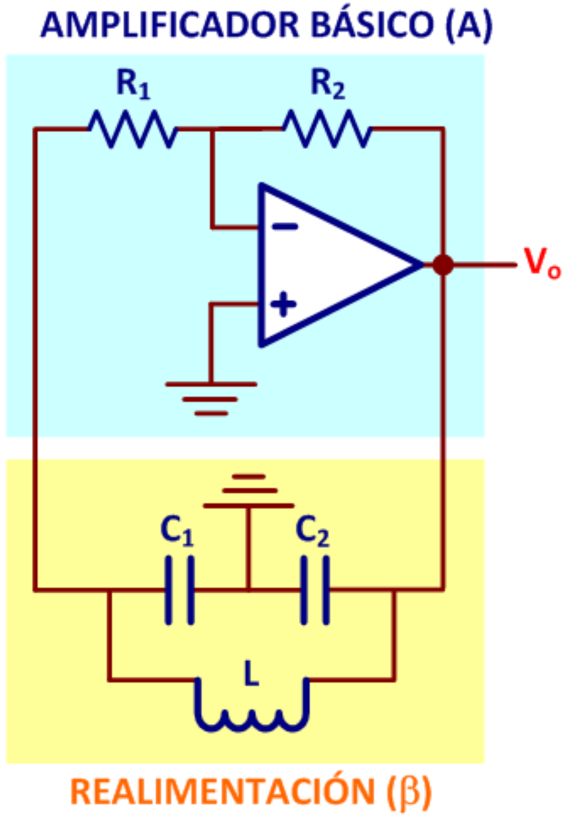
$$\boxed{\omega_o = \frac{1}{RC\sqrt{6}} \Rightarrow f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}}$$

2) Condición de oscilación:

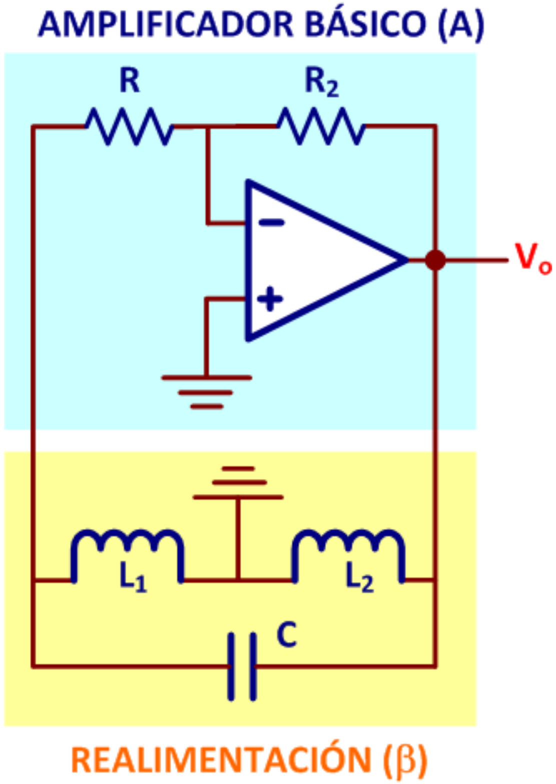
$$|A\beta|_{\omega=\omega_o} = 1 = \left|\frac{-\dfrac{R_2}{R}}{1-\dfrac{5}{(\omega_o RC)^2}-j\left(\dfrac{6}{\omega_o RC}-\dfrac{1}{(\omega_o RC)^3}\right)}\right| \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R}=29}$$

0

Osciladores LC



Oscilador Colpitts



Oscilador Hartley

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2}}} \quad y \quad A_v > \frac{C_1}{C_2}$$

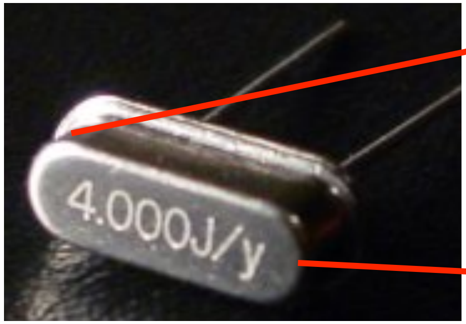
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C\left(L_1+L_2\right)}} \quad y \quad A_v > \frac{L_2}{L_1}$$

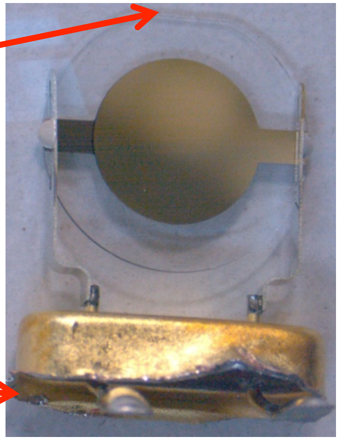
Osciladores de cristal de cuarzo

- Un cristal de cuarzo presenta la propiedad denominada **piezoeléctrica** por la cual cuando se aplica una presión mecánica genera una tensión eléctrica, y viceversa, reacciona mecánicamente cuando se somete a un cierto voltaje.

- Un cristal de cuarzo sometido a un estímulo eléctrico puede continuar **vibrando a una cierta frecuencia** (dependiente de la propia naturaleza del cristal), de forma que si se mantiene el estímulo de manera periódica y sincronizada, tendremos una señal de una frecuencia extraordinariamente precisa.

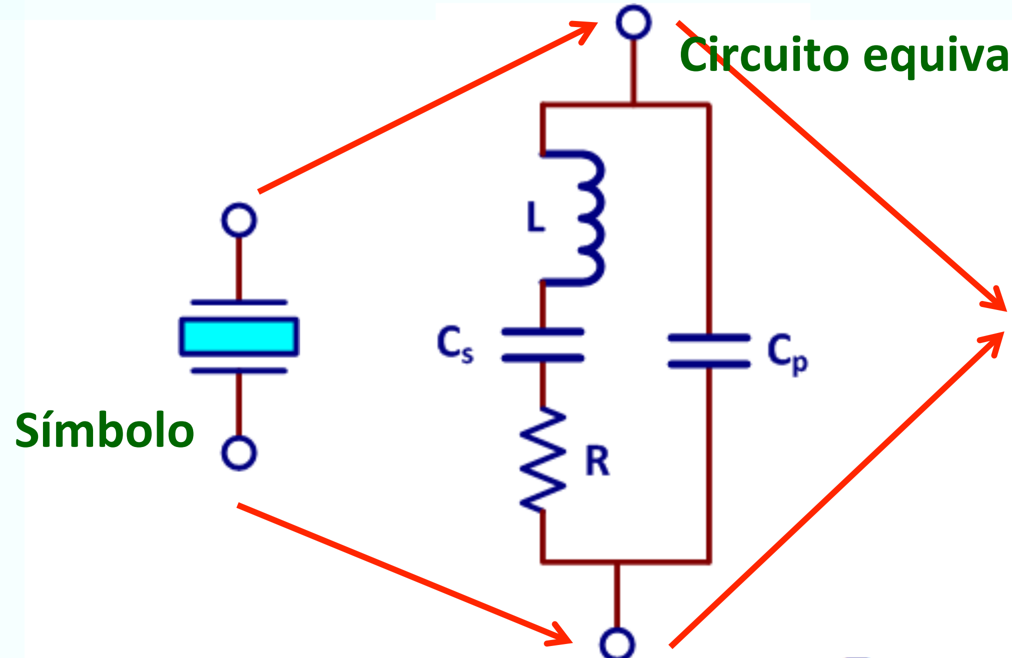
Cristal de 4MHz



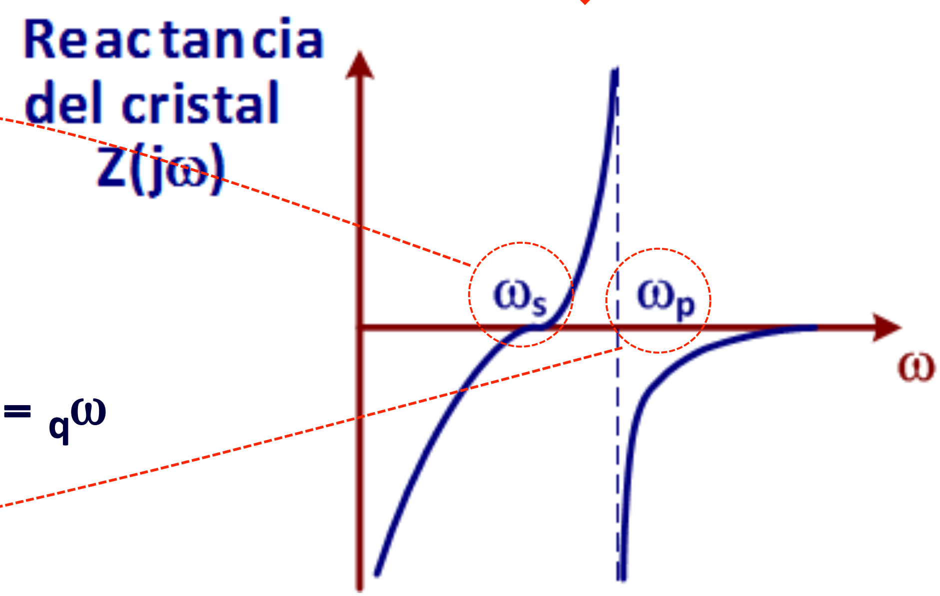


Wikimedia Commons@Natrij

Wikimedia Commons@OhanaUnited



$$Z(j\omega) = -\frac{1}{\omega C_p}\left(\frac{\omega^2-\omega_s^2}{\omega^2-\omega_p^2}\right)$$

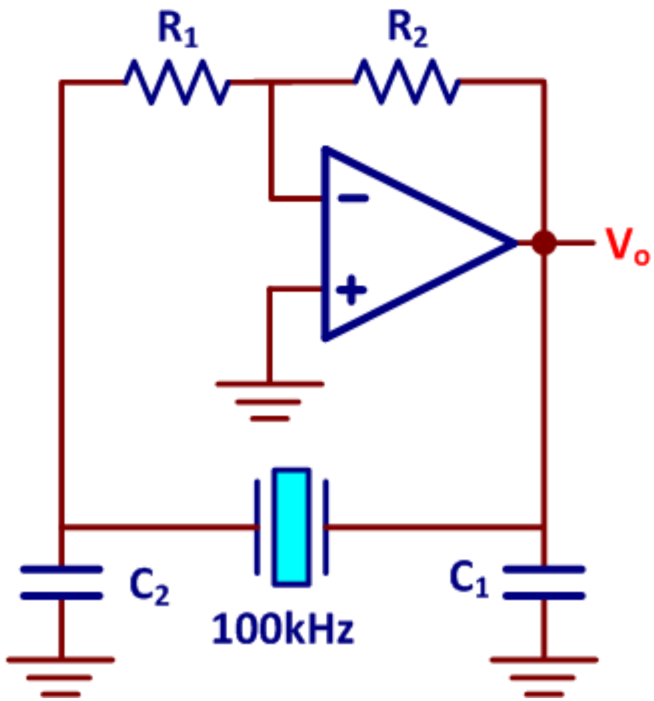


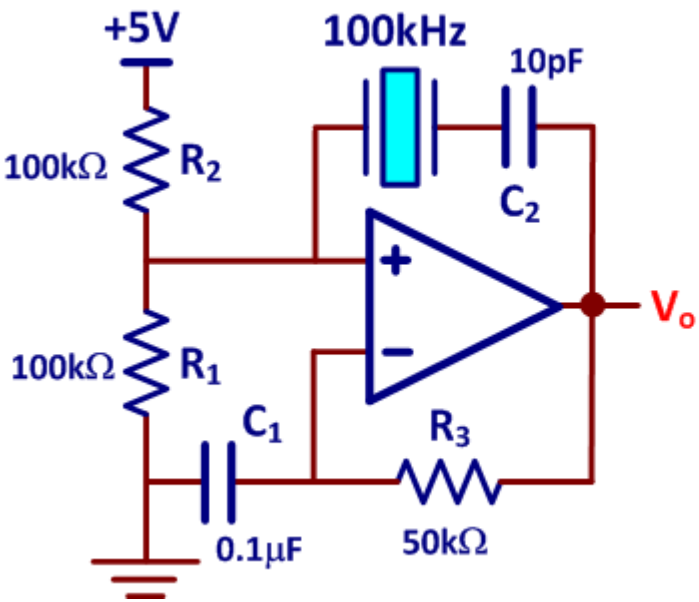
$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_s}}$$

Si $C_p >> C_s \Rightarrow \omega_s \cong \omega_p$

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L\frac{C_pC_s}{C_p+C_s}}}$$

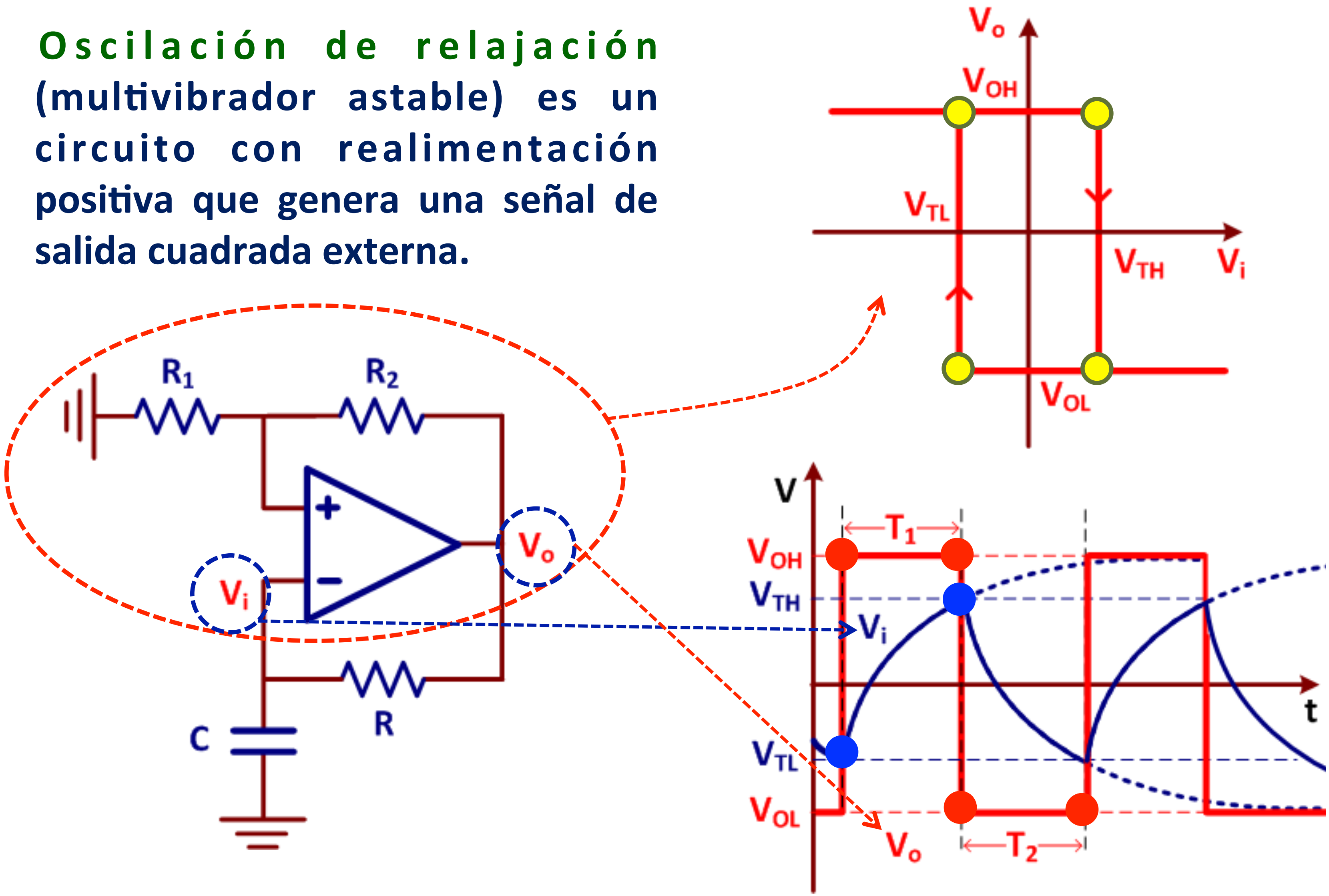
➢ Ejemplos de osciladores de cristal a la frecuencia ω_s

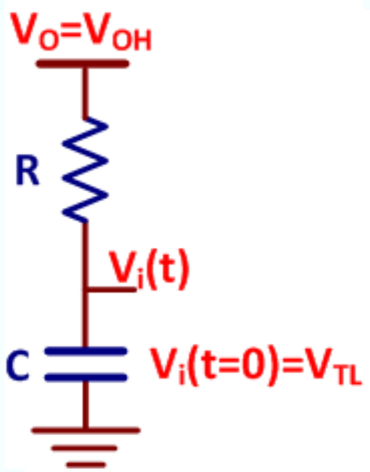




Oscilador de relajación basado en un disparador Schmitt

- **Oscilación de relajación (multivibrador astable) es un circuito con realimentación positiva que genera una señal de salida cuadrada externa.**





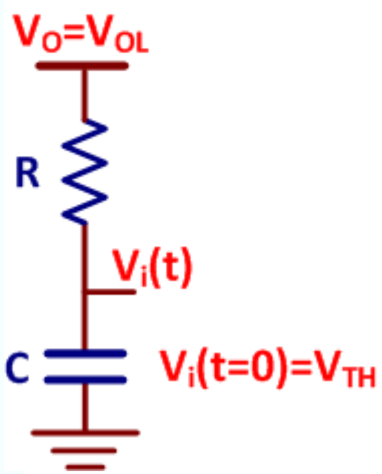
Ecuación de carga:

$$V_i(t) = V_{OH} + (V_{TL} - V_{OH})e^{-\frac{t}{RC}}$$

Condición del cambio de estado del disparador: $V_{OH} \rightarrow V_{OL}$

$$V_i(t = T_1) = V_{TH}$$

$$\boxed{T_1 = RC \cdot \ln \frac{V_{OH} - V_{TL}}{V_{OH} - V_{TH}}}$$



Ecuación de carga:

$$V_i(t) = V_{OL} + (V_{TH} - V_{OL})e^{-\frac{t}{RC}}$$

Condición del cambio de estado del disparador: $V_{OL} \rightarrow V_{OH}$

$$V_i(t = T_2) = V_{TL}$$

$$\boxed{T_2 = RC \cdot \ln \frac{V_{OL} - V_{TH}}{V_{OL} - V_{TL}}}$$

- Periodo de la onda rectangular

$$\boxed{T = T_1 + T_2 = RC \cdot \ln\left(\frac{V_{OH} - V_{TL}}{V_{OH} - V_{TH}} \frac{V_{OL} - V_{TH}}{V_{OL} - V_{TL}}\right)}$$

Caso Particular: Simetría

$$V_{OH} = -V_{OL}$$

$$V_{TH} = -V_{TL} = \beta V_{OH}$$

Entonces:

$$\boxed{T = 2RC \cdot \ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right)}$$

Prob A.IV.5.A

LTspice IV

Generador de una onda triangular

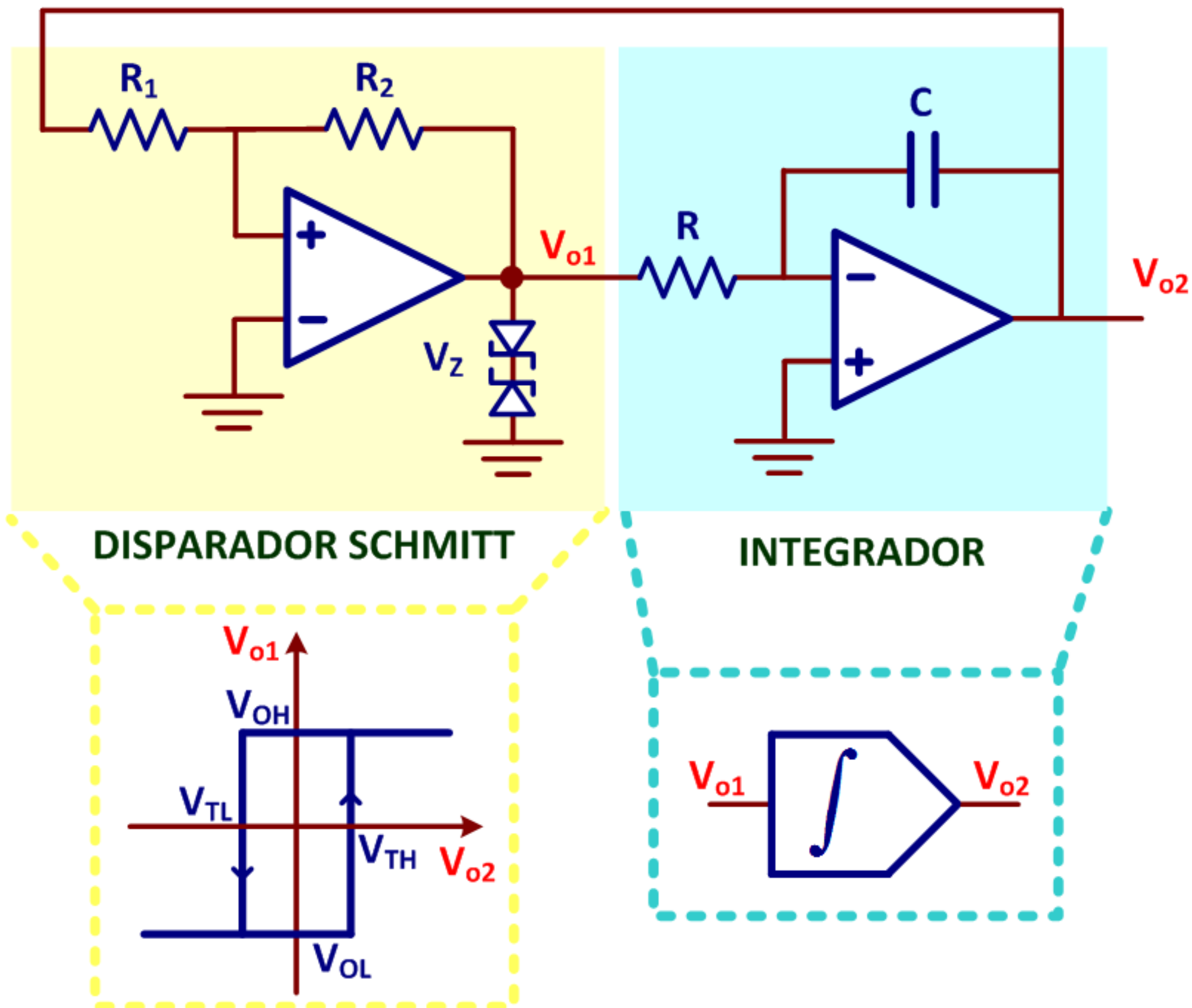
- El oscilador de relajación anterior se convierte en un generador de onda triangular si se reemplaza la red RC por un integrador.

- Si la entrada del integrador es una constante, como la salida de un disparador Schmitt, entonces su salida es

$$V_o(t) = -\frac{1}{RC}\int V_i dt + Cte \Rightarrow \begin{cases} V_i = V_{OH} \Rightarrow V_o(t) = -\dfrac{V_{OH}}{RC}t + cte \\ V_i = V_{OL} \Rightarrow V_o(t) = -\dfrac{V_{OL}}{RC}t + cte \end{cases}$$

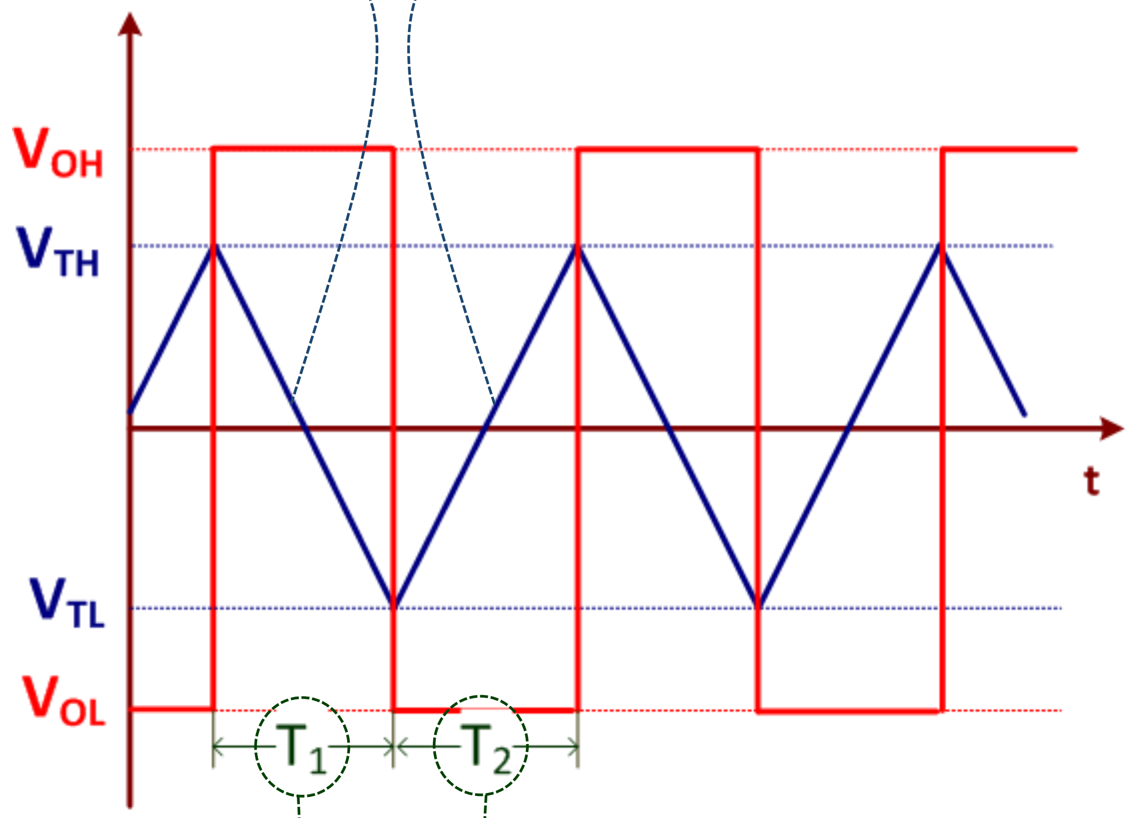
- Estas ecuaciones representan a una rampa cuya pendiente varía en función del signo de V_{OH} y V_{OL}:
  - Si $V_i > 0 \Rightarrow V_o \downarrow$
  - Si $V_i < 0 \Rightarrow V_o \uparrow$

Esquema de un generador de onda triangular



$$V_{o2}(t) = -\frac{V_{OH}}{RC}t + V_{TH}$$

$$V_{o2}(t) = -\frac{V_{OL}}{RC}t + V_{TL}$$



$$T_1 = RC\frac{V_{TH} - V_{TL}}{V_{OH}}$$

$$T_2 = -RC\frac{V_{TH} - V_{TL}}{V_{OL}}$$

- Periodo de la onda rectangular

$$\boxed{T = T_1 + T_2 = RC\left(V_{TH} - V_{TL}\right)\left(\frac{1}{V_{OH}} - \frac{1}{V_{OL}}\right)}$$

Caso Particular: Simetría

$$V_{OH} = -V_{OL}$$
$$V_{TH} = -V_{TL} = \beta V_{OH}$$

Entonces:

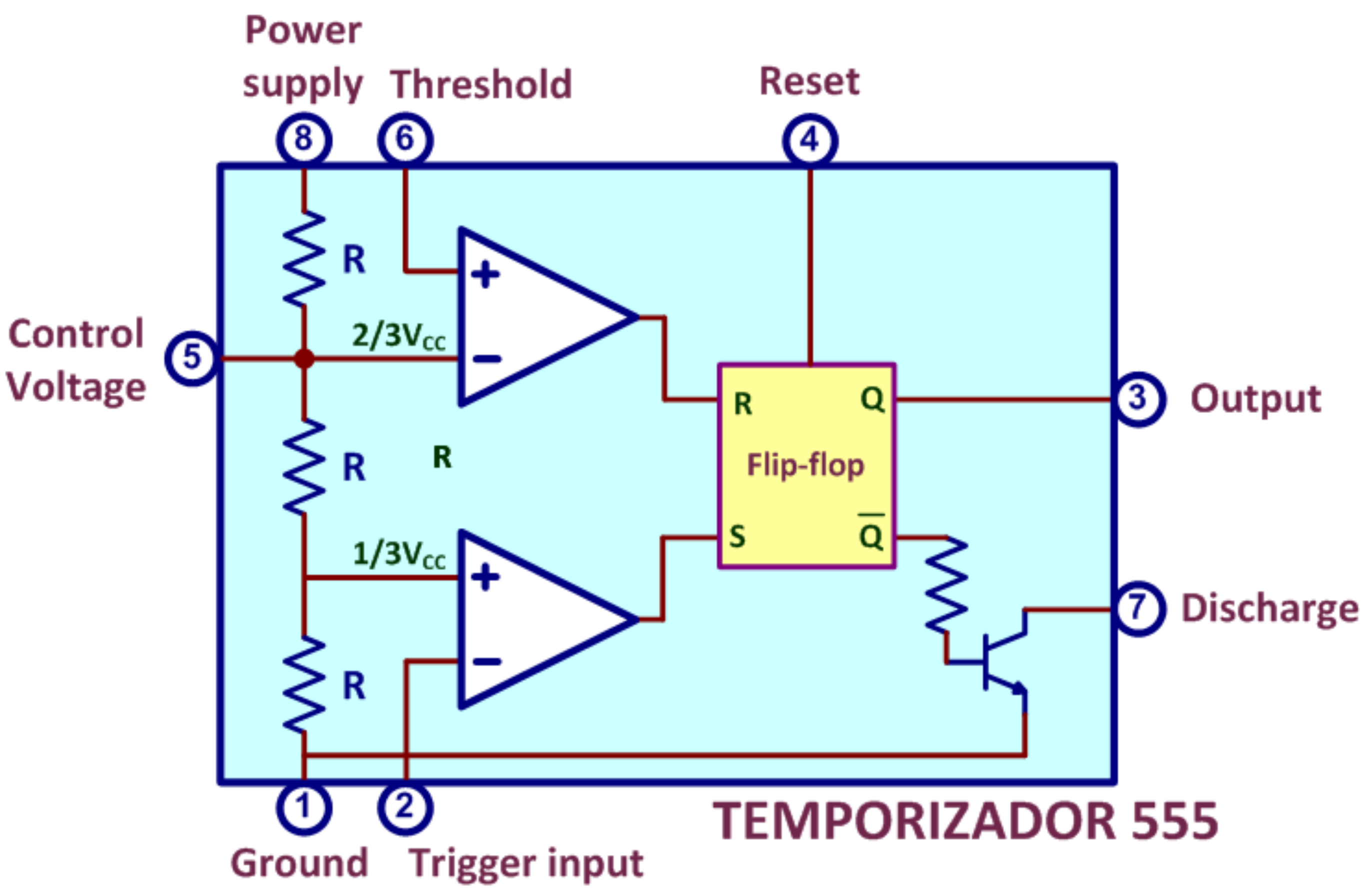
$$\boxed{T = 4RC\beta}$$

Prob A.IV.8

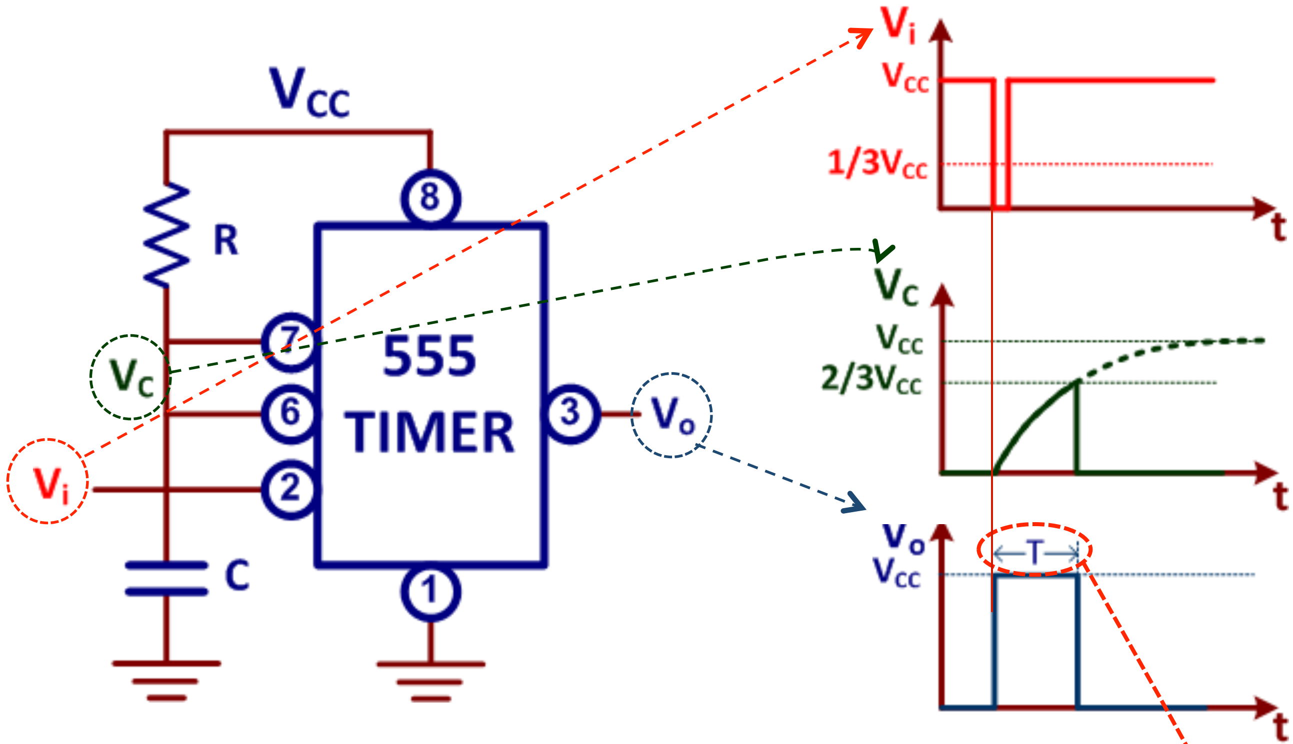
LTspice IV

Temporizadores integrados

- Los temporizadores integrados (Timers) son circuitos monolíticos diseñados para realizar multivibradores monostables y astables.
- El 555, desarrollado por Signetics Corporation in 1972, es el más popular.



Configuración monoestable del 555



- La duración del monoestable T se calcula a partir de la ecuación de carga del condensador

$$V_C(t) = V_{CC}\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

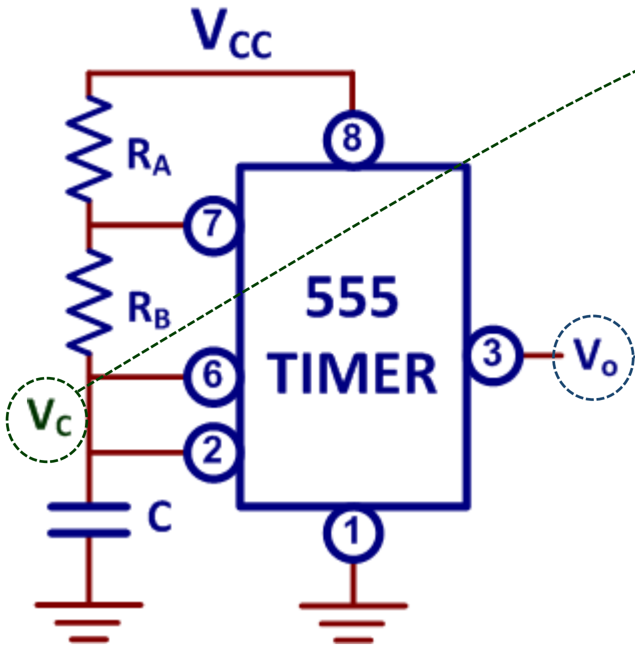
- La carga finalizará cuando la tensión del condensador alcance $V_C(T)=2/3V_{CC}$

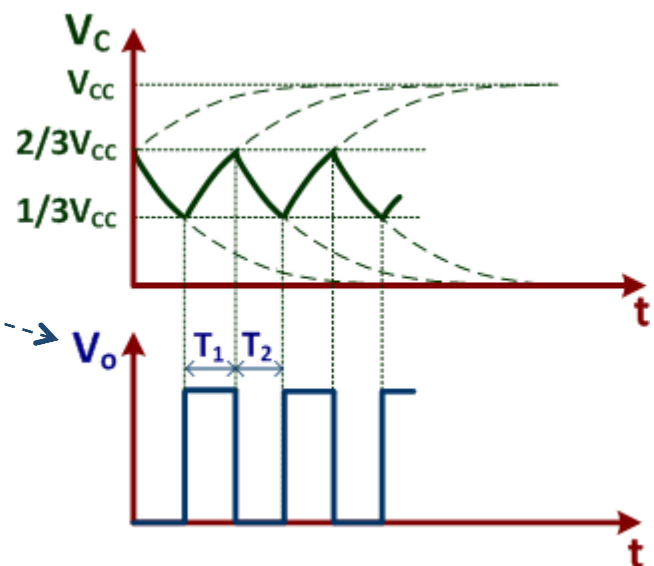
$$V_C(t=T) = \frac{2}{3}V_{CC} = V_{CC}\left(1 - e^{-T/RC}\right) \Rightarrow \quad \boxed{T = RC \cdot \ln(3)}$$

Prob A.IV.9

LTspice IV

Configuración astable del 555





$$T_1 = (R_A + R_B)C \cdot \ln(2)$$

$$T_2 = R_B C \cdot \ln(2)$$

- Periodo de la señal

$$\boxed{T = T_1 + T_2 = (R_A + 2R_B)C \cdot \ln(2)}$$

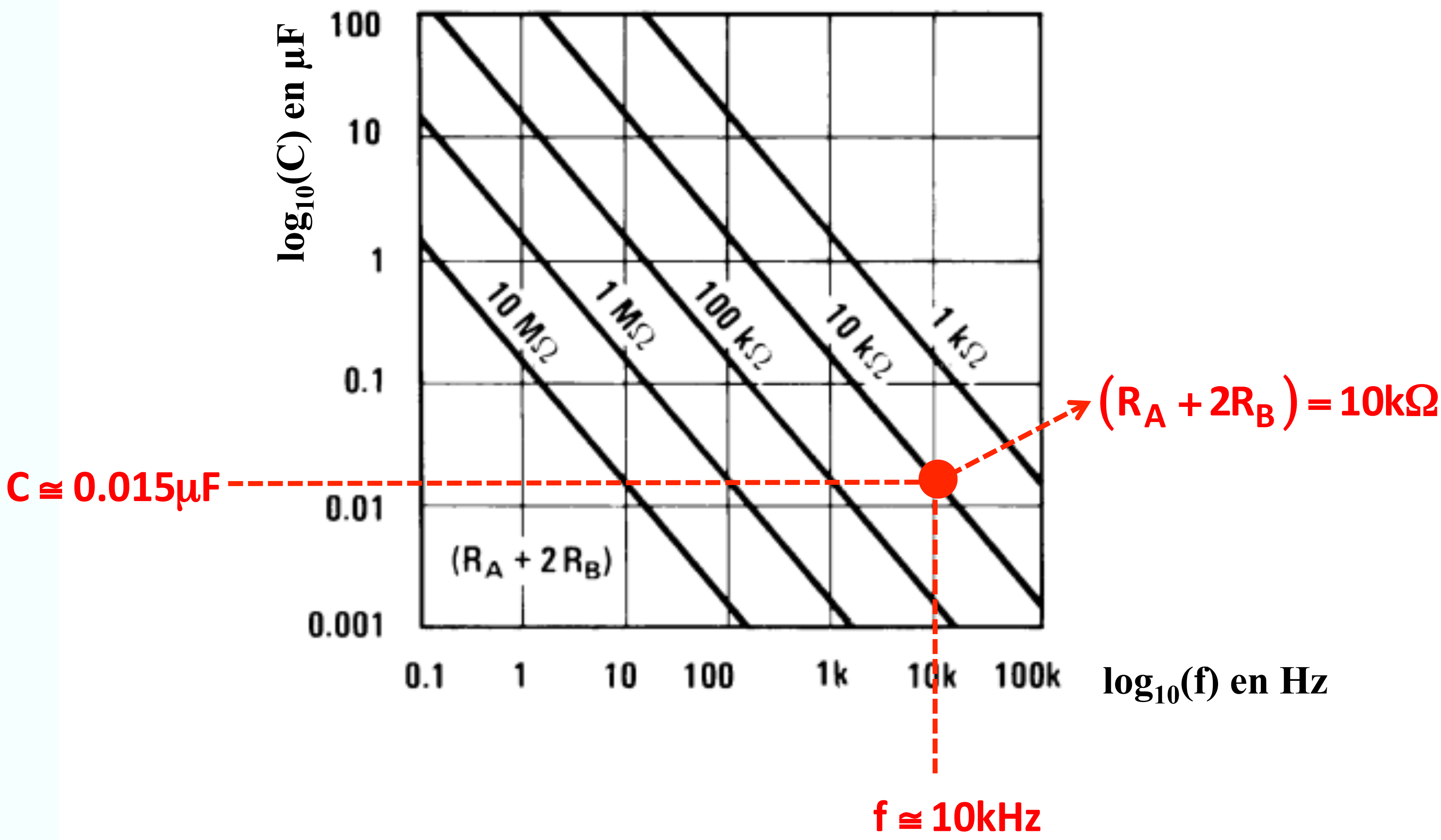
- Señal no simétrica ($T_1 \neq T_2$)

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

Prob A.IV.10

LTspice IV

➢ Método gráfico para ajustar rápidamente valores al astable



Generadores de señal monolíticos

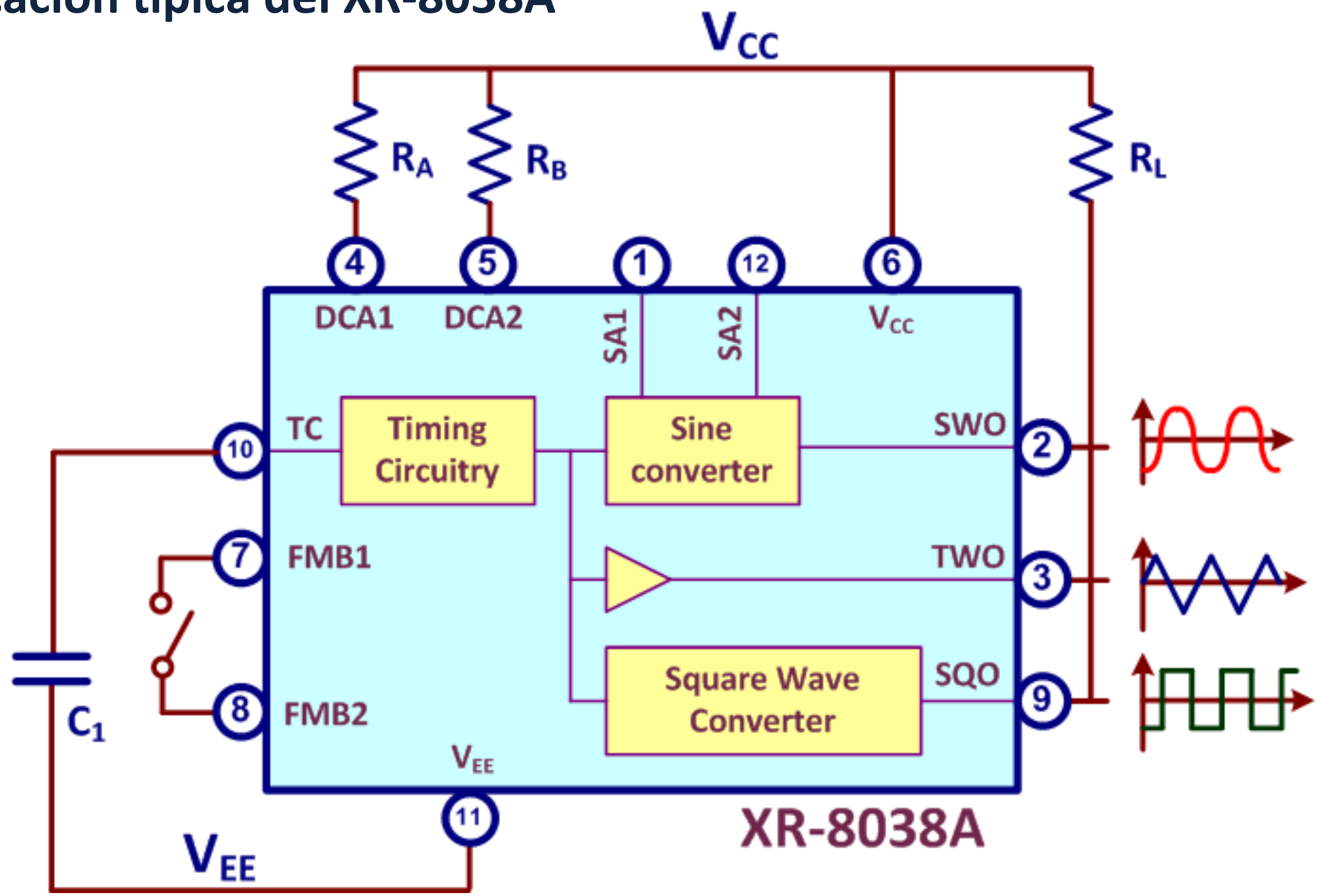
- Existen una gran variedad de generadores de señal monolíticos para producir diferentes formas de onda. Sus principales campos de aplicación son:
  - Comunicaciones
  - Telemetría
  - Sintetizadores de música electrónica
  - Verificación y calibración de equipos de laboratorio

Generador de formas de onda de precisión XR8038A

- El XR-8038A de EXAR es un circuito integrado para generar señales cuadradas, triangulares, dientes de sierra y pulsos, con un mínimo número de componentes externos y de ajuste.

- El rango de frecuencias varía de 0.001Hz a 200KHz, ajustable con componentes externos RC.

- **Aplicación típica del XR-8038A**



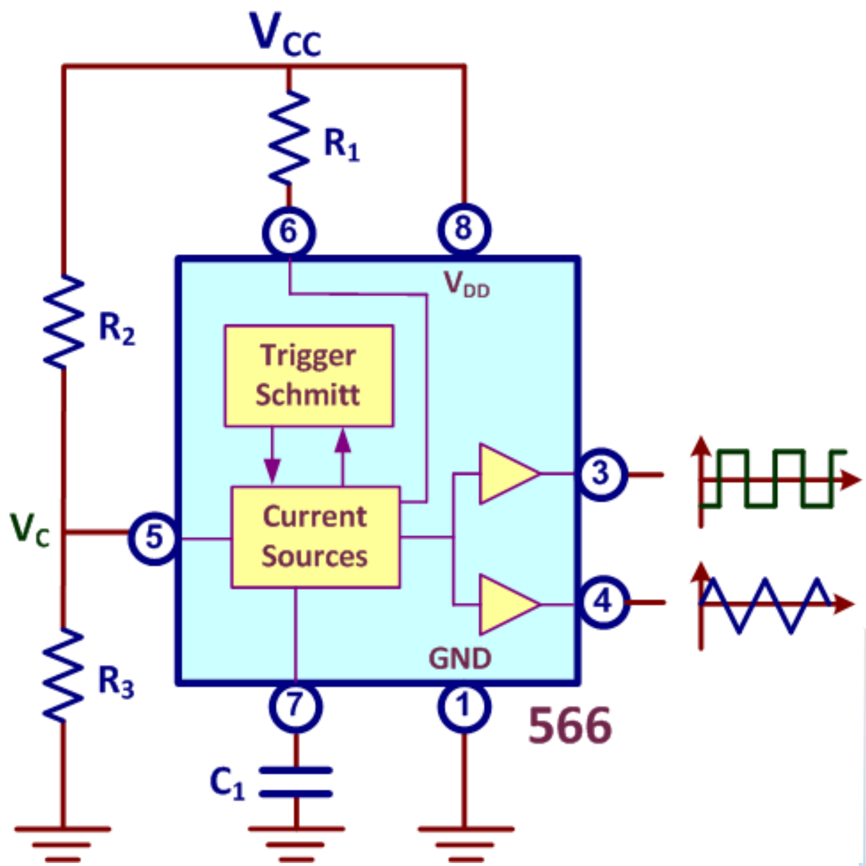
- **Frecuencia de las señales de salida:**

$$f = \frac{1}{\frac{5}{3} R_A C_1 \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B} \right)}$$

Generador VCO 566

- El VCO (*voltage-controlled oscillator*) 566 de National Semiconductor proporciona una onda cuadrada y trangular de salida ajustada a través de red RC cuya frecuencia de salida depende de la tensión V_C.
- Frecuencia de las señales de salida:

$$f = \frac{2.4}{R_1 C_1}\left(\frac{V_{CC} - V_C}{V_{CC}}\right)$$



- Limitaciones:

$$2k\Omega \le R_1 \le 20k\Omega$$

$$0.75V_{CC} \le V_C \le V_{CC}$$

$$f < 1MHz$$

$$10V \le V_{CC} \le 24V$$