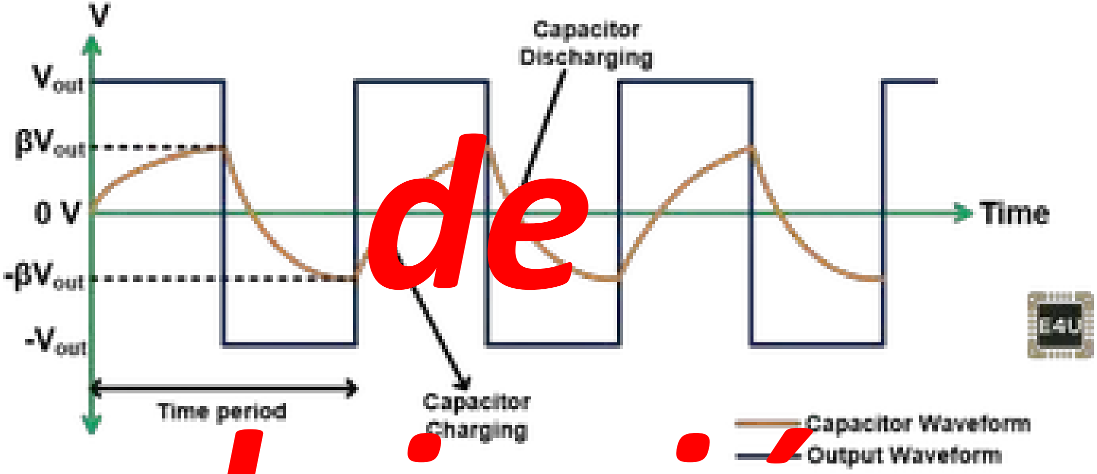
Oscilador de relajación



Introducción

El circuito oscilador de relajación genera una señal cuadrada a una frecuencia programada. Esta acción se realiza cargando y descargando el condensador C_1 a través del resistor R_1. La constante de tiempo viene dada por R_1 y C_1, y los niveles de umbral establecidos por la red de resistores: R_2, R_3 y R_4. La frecuencia máxima del oscilador está limitada por la velocidad de conmutación del comparador y la capacitancia de carga en la salida del operacional. Este circuito oscilador se utiliza comúnmente como referencia de tiempo o de señal de reloj.

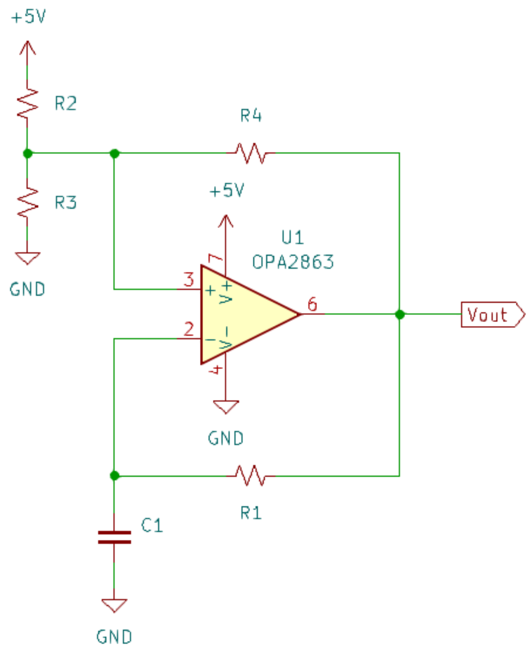


Figura 1: Oscilador de relajación con operacional

Notas de diseño

1. La velocidad de conmutación del comparador y la capacitancia de salida son consideraciones críticas al diseñar un dispositivo de alta velocidad.

2. Elegir un valor de C_1 tal que sea lo suficientemente grande como para minimizar los errores causados por las capacitancias parásitas.

3. Si utiliza un capacitor cerámico, seleccione un tipo NP0 para obtener la mejor estabilidad sobre la temperatura.

4. Seleccione resistores de valor más bajo para la red de resistencias R_2, R_3, R_4 para minimizar los efectos de la capacidad parásita.

5. R_2, R_3 y R_4 se pueden ajustar para crear un ciclo de trabajo distinto del 50 %.

Procedimiento de diseño

1. Cuando $R_2 = R_3 = R_4$, la red de resistencias establece los puntos de histéresis del oscilador de la entrada no inversora en: un tercio y dos tercios de la tensión de entrada.

2. Cuando la salida es alta, el punto de disparo superior se establecerá en dos tercios de la tensión de alimentación para llevar la salida a un estado bajo nuevamente.

$$V_{out} = V_{cc}\left(\frac{R_3}{(R_2 \parallel R_3) + R_3}\right)$$

$$\boxed{V_{out} = \frac{2}{3}\, V_{cc}}$$

3. Cuando la salida es baja, el punto de disparo inferior se establecerá en un tercio de la tensión de alimentación para llevar la salida a un estado alto.

$$V_{out} = V_{cc}\left(\frac{R_3 \parallel R_4}{(R_3 \parallel R_4) + R_2}\right)$$

$$\boxed{V_{out} = \frac{1}{3}\, V_{cc}}$$

4. La frecuencia de la oscilación está controlada por la velocidad de carga y descarga del condensador C_1 a través de la resistencia R_1. Este condensador establece la tensión de la entrada inversora del comparador.

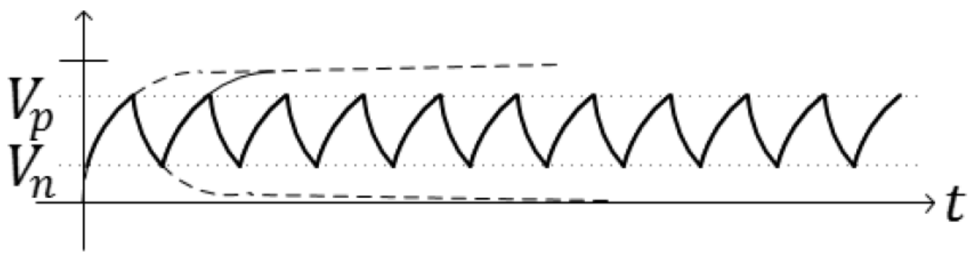


Figura 2: Ciclos de carga y descarga del capacitor

$$\boxed{V_c = V_i \, e^{-\frac{t}{R_1 \, C_1}}}$$

$$\frac{V_c}{V_i} = e^{-\frac{t}{R_1 \, C_1}}$$

$$\frac{\frac{1}{3} \; V_{cc}}{\frac{2}{3} \; V_{cc}} = e^{-\frac{t}{R_1 \, C_1}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\frac{t}{R_1 \, C_1}} \quad \Rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln\left(e^{-\frac{t}{R_1 \, C_1}}\right) \quad \Rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\frac{t}{R_1 \, C_1} \; \ln(e^1) \quad \Rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\frac{t}{R_1 \, C_1} \quad \therefore$$

$$t = -\ln\left(\frac{1}{2}\right) R_1 \, C_1$$

$$\boxed{t_d \cong 0{,}693 \, R_1 \, C_1}$$

5. Cálculo del tiempo de carga del capacitor

$$\boxed{V_i = V_C\left(1 - e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}}\right)}$$

$$\frac{V_i}{V_C} = 1 - e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}}$$

$$\frac{\frac{1}{3}\,V_{cc}}{\frac{2}{3}\,V_{cc}} - 1 = -e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}} \quad \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} - 1 = -e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}} \quad \Rightarrow$$

$$-\frac{1}{2} = -e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}} \quad \Rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln\left(e^{-\frac{t}{R_1\,C_1}}\right)$$

Por inciso 4, tenemos que:

$$\boxed{t_c \cong 0{,}693\,R_1\,C_1}$$

6. Variables de diseño:

Tensión:	Frecuencia:
5V	1 MHz

El tiempo para que el capacitor se cargue o descargue está dado por $0{,}693\ R_1\ C_1$. Con un oscilador a una frecuencia de 1 MHz, el tiempo de carga o descarga debe ser de 500 ns (la mitad del periodo).

$$500\ 10^{-9}\ s = 0{,}693\ R_1\ C_1$$

Dado que tenemos una ecuación y dos incógnitas, este problema se resuelve dando un valor a cualquiera de las dos incógnitas (variable de diseño), para este caso diremos que:

$$\boxed{C_1 = 105\ pF\ (LCR)}$$

Luego, despejaremos el valor de R_1:

$$500\ 10^{-9}\ s = 0{,}693\ R_1\ 105\ 10^{-12}\ F \quad \Rightarrow$$

$$\boxed{R_1 = 6871{,}4\ \Omega}$$

$$R_1 = 4700\ \Omega + 2200\ \Omega = 6900\ \Omega$$

$$R_1 = 6815\ \Omega\ (\mathrm{LCR})$$

Recalculando valores:

$$t = 0{,}693\ 6815\ \Omega\ 105\ 10^{-12}\ F = 495{,}89\ 10^{-9}\ s$$

Frecuencia:

$$\boxed{f = \frac{1}{2\ t} = \frac{1}{2\ 495{,}89\ 10^{-9}\ s} = 1{,}008\ MHz}$$

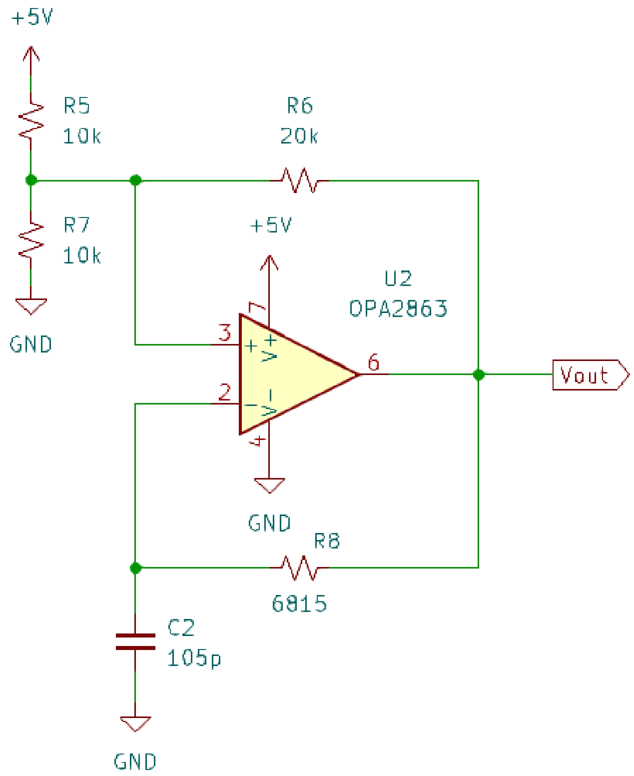


Figura 3: Circuito resultante

Oscilador con compuerta Schmitt-trigger inversora

Funcionamiento:

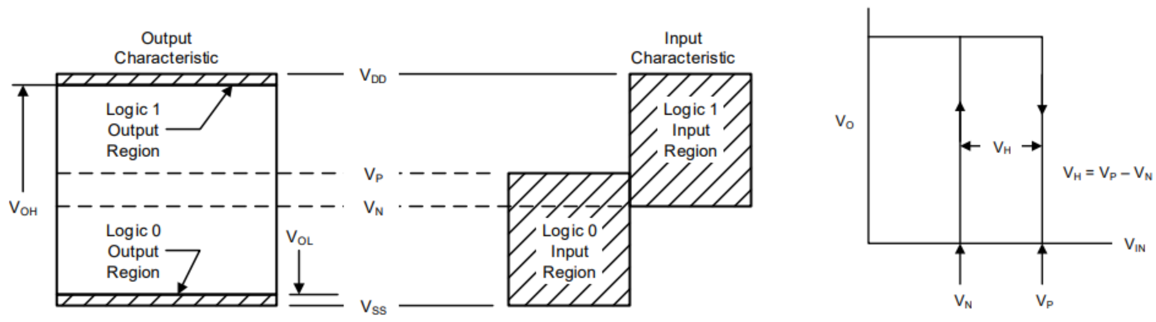


Figura 4: Ciclo de histéresis

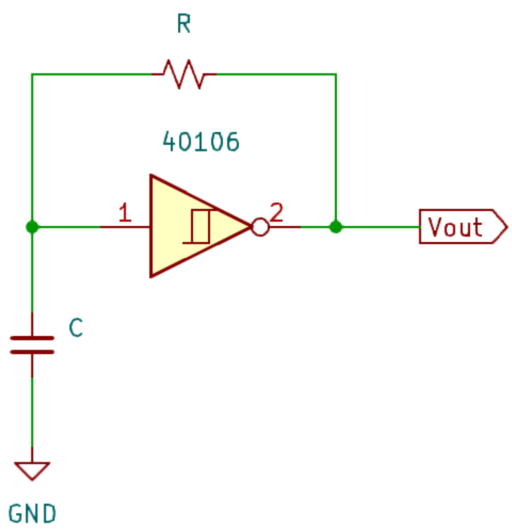


Figura 5: Circuito en estudio

Periodo:

$$t_A = R\ C \ln\left[\left(\frac{V_P}{V_N}\right)\left(\frac{V_{CC}-V_N}{V_{CC}-V_P}\right)\right]$$

Limitaciones (ofrecidas por el fabricante):

$$50\ k\Omega \leq R \leq 1\ M\Omega$$

$$100\ pF \leq C \leq 1\ \mu F$$

$$2\ \mu s \leq t_A \leq 0{,}4\ s$$

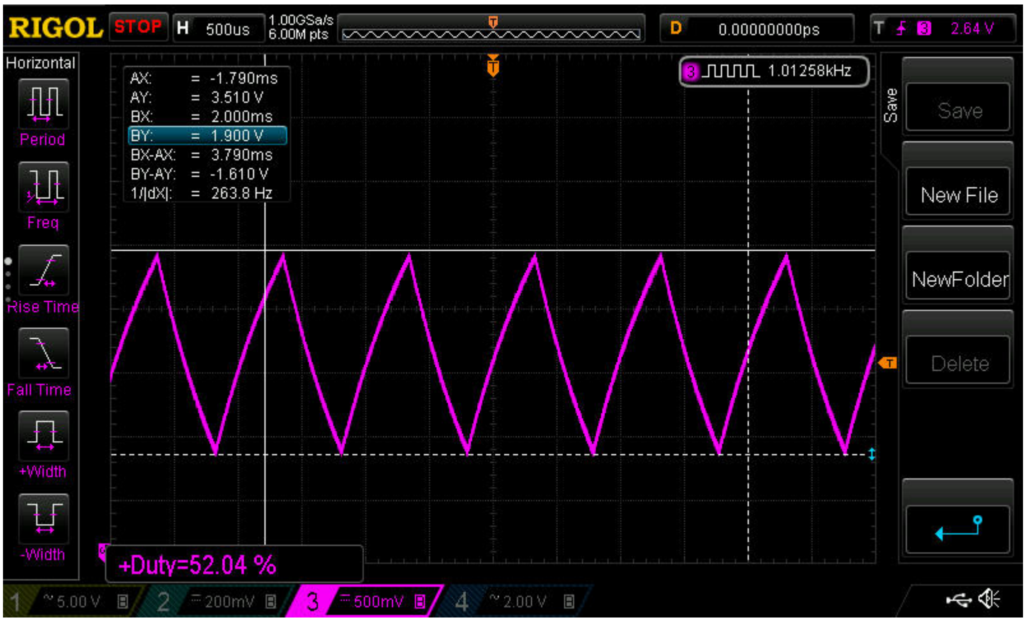


Figura 6: Diagrama de tiempos de carga y descarga

Elijo:

$$R = 99380\ \Omega\ (LCR)$$

$$C = 8{,}2\ nF\ (LCR)$$

$$V_P = 2{,}9\ V\ (para\ 5V)$$

$$V_N = 1{,}9\ V\ (para\ 5V)$$

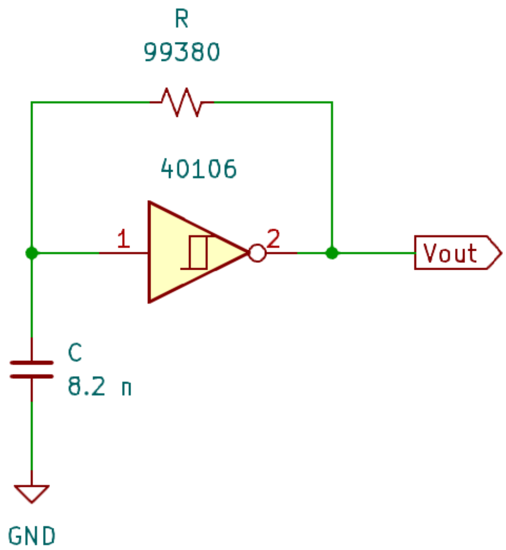


Figura 7: Circuito resultante

$$t_A = 99380\ \mathrm{k\Omega}\ 8{,}2\ 10^{-9}\ F \ln\left[\left(\frac{3{,}5\ V}{1{,}9\ V}\right)\left(\frac{5\ V - 1{,}9\ V}{5\ V - 3{,}5\ V}\right)\right] = 1{,}08\ 10^{-3}\ s$$

$$f = \frac{1}{t_A} = \frac{1}{1{,}08\ 10^{-3}\ s} = 917{,}92\ Hz$$