DISEÑO CONVERTIDOR C/F PARA LA MEDIDA DE NIVEL

Diseñar un circuito convertidor C/F para utilizarlo junto con un sensor capacitivo de nivel que proporciona una capacidad

$$C = C_0 \cdot (1 + 0.2h) = 177 \cdot (1 + 0.2h)\ pF$$

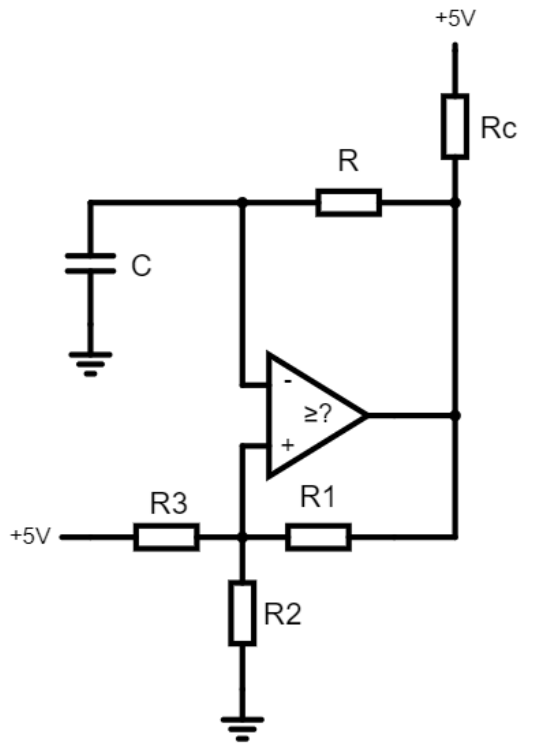
Ubicado en un depósito de 10 metros de altura, con objeto de conseguir una señal cuadrada que presente un periodo relacionado con el nivel según la expresión:

$$T(\ \mu s) = 100 + 10 \cdot h(m)$$

O, lo que es lo mismo:

- El circuito generará una señal cuadrada de 10 kHz (100 µs de periodo) con el depósito vacío.
- El circuito tendrá una sensibilidad de 10 µs/m de nivel, alcanzando 200 µs (5 kHz) a nivel máximo.

El circuito que se utilizará es: https://tinyurl.com/2hdletqu



Fórmulas del circuito

$$T = R \cdot C \cdot ln\left(\frac{5 - V_L}{5 - V_H}\frac{V_H}{V_L}\right)$$

$$V_H = 5\frac{R_2}{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2}$$

$$V_L = 5\frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3}$$

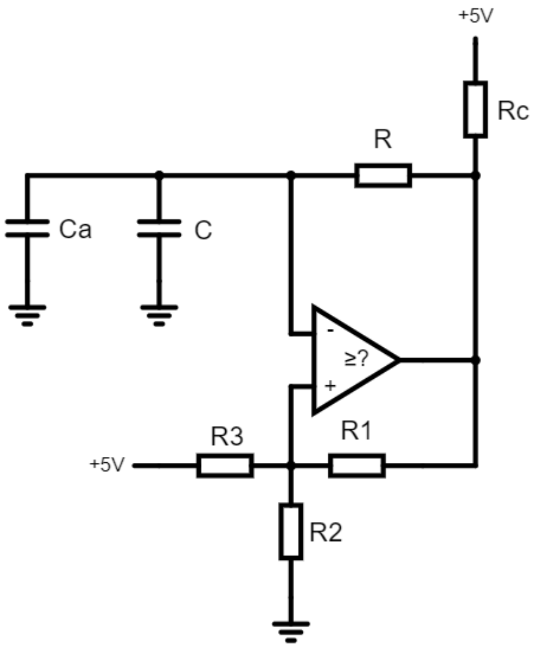
Desarrollo:

$$T = R \cdot C \cdot ln\left(\frac{5 - V_L}{5 - V_H}\frac{V_H}{V_L}\right) = R \cdot C \cdot A = R \cdot 177 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0.2h) = 100 + 10 \cdot h$$

$$R \cdot 177 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0.2h) = 100 + 10 \cdot h$$

$$\left.\begin{array}{r} R \cdot 177 \cdot 10^{-6} = 100 \\ R \cdot 177 \cdot 10^{-6} \cdot 0.2 = 10 \end{array}\right\}$$

Es un sistema de 2 ecuaciones con una incógnita. Se necesita otra variable más para poder cumplir las dos condiciones impuestas. Para ello, se añade un condensador de ajuste (Ca) en paralelo con el sensor (C).



$$T = R \cdot (C + C_a) \cdot ln\left(\frac{5 - V_L}{5 - V_H}\frac{V_H}{V_L}\right) = R \cdot (C + C_a) \cdot A = A.R \cdot [C_0 \cdot (1 + 0.2h) + C_a]\, \mu s$$

$$T = A \cdot R \cdot [C_0 \cdot (1 + 0.2h) + C_a]\ \ \mu s = 100 + 10 \cdot h\ \ \mu s$$

Igualando los coeficientes de orden 0 y los coeficientes de orden 1:

$$\left.\begin{array}{r} A \cdot R \cdot [C_0 + C_a] = 100 \\ A \cdot R \cdot C_0 \cdot 0.2 = 10 \end{array}\right\}$$

Dividendo ambas ecuaciones, miembro a miembro:

$$\frac{A \cdot R \cdot [C_0 + C_a]}{A \cdot R \cdot C_0 \cdot 0.2} = \frac{100}{10}$$

Simplificando:

$$\frac{C_0 + C_a}{C_0 \cdot 0.2} = 10$$

$$1 + \frac{C_a}{C_0} = 2$$

$$\frac{C_a}{C_0} = 1$$

$$C_a = C_0 = 177\ pF$$

Ahora, queda por obtener el valor de R. Pero para ello es preciso calcular el valor de A previamente. El valor de A es función de los niveles de histéresis del comparador.

$$A \cdot R \cdot 177 \cdot 10^{-6} \cdot 0.2 = 10$$

El valor de A puede elegirse, en función de los niveles de histéresis. En este caso se han elegido las resistencias que determinan los niveles de histéresis, siendo todas ellas del mismo valor (10K).

Una vez seleccionadas las resistencias R1 = R2 = R3 = 10 K, se calculan los niveles de histéresis:

$$V_H = 5\frac{R_2}{\frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + R_2} = 5\frac{10}{\frac{10 \cdot 10}{10+10} + 10} = 5\frac{10}{5+10} = 5\frac{10}{15} = \frac{10}{3}\ V = 3.33\ V$$

$$V_L = 5\frac{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}{\frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + R_3} = 5\frac{\frac{10 \cdot 10}{10+10}}{\frac{10 \cdot 10}{10+10} + 10} = 5\frac{5}{5+10} = 5\frac{5}{15} = \frac{5}{3}\ V = 1.33\ V$$

El valor de A, será:

$$A = ln\left(\frac{5 - V_L}{5 - V_H}\frac{V_H}{V_L}\right) = ln\left(\frac{5 - \frac{5}{3}}{5 - \frac{10}{3}}\frac{\frac{10}{3}}{\frac{5}{3}}\right) = ln\left(\frac{\frac{10}{3}}{\frac{5}{3}}\frac{\frac{10}{3}}{\frac{5}{3}}\right) = ln\left(\frac{100}{25}\right) = ln(4) = 1{,}386$$

La resistencia del circuito integrador se calcula según:

$$R = \frac{10}{1{,}386 \cdot 177 \cdot 10^{-6} \cdot 0.2} = 203.813{,}76\ ohmios$$

Solución en simulador.