Solución Problema 1

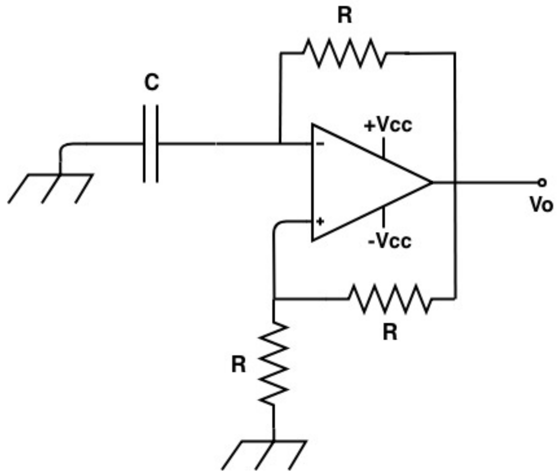

Figura 1: Comparador

a.
- $e_+ = \frac{V_o}{2}$
- $e_- = v_c$ (voltaje en el condensador)
- Suponemos que el comparador inicialmente está en $V_o = V_{cc}$
- Inicialmente el condensador se encuentra descargado: $v_c = 0$

Verificamos por lo tanto la hipotesis sobre la salida del comparador debido a que $e_+ > e_-$, y la salida permanecerá en este valor ($V_o = V_{cc}$) mientras se cumpla esta condición:

- $e_+(t) > \frac{V_{cc}}{2}$
- $e_-(t) = v_c(t) = V_{cc}(1 - \mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}})$ (Condensador cargandose desde 0 hasta V_{cc})

Por lo tanto la salida cambiará a $V_o = -V_{cc}$ en el instante t_1 en el que $e_-(t_1) = \frac{V_{cc}}{2}$:

- $\frac{V_{cc}}{2} = V_{cc}(1 - \mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}})$
- $\frac{1}{2} = \mathrm{e}^{\frac{-t_1}{RC}}$
- $\boxed{t_1 = RC.ln(2)}$

A partir del instante t_1 el comparador pasa a tener salida $V_o = -V_{cc}$. Entonces,

- $e_+ = \frac{-V_{cc}}{2}$
- El dato previo en el condensador será $\frac{V_{cc}}{2}$
- $e_-(t) = -V_{cc} + (\frac{V_{cc}}{2} + V_{cc})\mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}} = V_{cc}.(-1 + \frac{3}{2}\mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}})$

El comparador permanecerá en este estado hasta un instante t_2 (medido a partir de t_1) en el que $e_-(t_2) = \frac{-V_{cc}}{2}$:

- $e_+(t_2) = e_-(t_2)$
- $\frac{-V_{cc}}{2} = V_{cc}.(-1 + \frac{3}{2}\mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}})$
- $\boxed{t_2 = RC.ln(3)}$

A partir de este nuevo instante el comparador vuelve a conmutar hacia $V_o = V_{cc}$ y ahora el comportamiento será el mismo que en el tramo inicial pero partiendo el capacitor de un voltaje $\frac{-V_{cc}}{2}$. Entonces,

- $e_-(t) = V_{cc} + (\frac{-V_{cc}}{2} - V_{cc})\mathrm{e}^{\frac{-t}{RC}}$

Y esto vale hasta transcurridos t_3 segundos más, instante en el cual se cumple:

- $e_-(t_3) = V_{cc}.(1 - \frac{3}{2}\mathrm{e}^{\frac{-t_3}{RC}}) = \frac{V_{cc}}{2}$
- $\boxed{t_3 = RC.ln(3)}$

Tenemos entonces que la salida vale (ahora considerando siempre instantes desde t=0):

- $V_o = V_{cc}$ desde $t = 0$ hasta $t = t_A = RC.ln(2)$
- $V_o = -V_{cc}$ desde $t = t_A = RC.ln(2)$ hasta $t = t_B = RC.ln(2) + RC.ln(3)$
- $V_o = V_{cc}$ desde $t = t_B = RC.ln(2) + RC.ln(3)$ hasta $t = t_C = RC.ln(2) + 2RC.ln(3)$
- en el instante t_C tenemos las mismas condiciones iniciales que en t_A por lo que comprobamos que el circuito entra en régimen.

b. Para determinar los valores para R y C de forma de obtener en régimen una señal periódica con período de 1 segundo. Observamos que el período es $T = 2RC.ln(3)$, por lo que debe ser:

- $\boxed{RC = \frac{1}{2ln(3)}}$

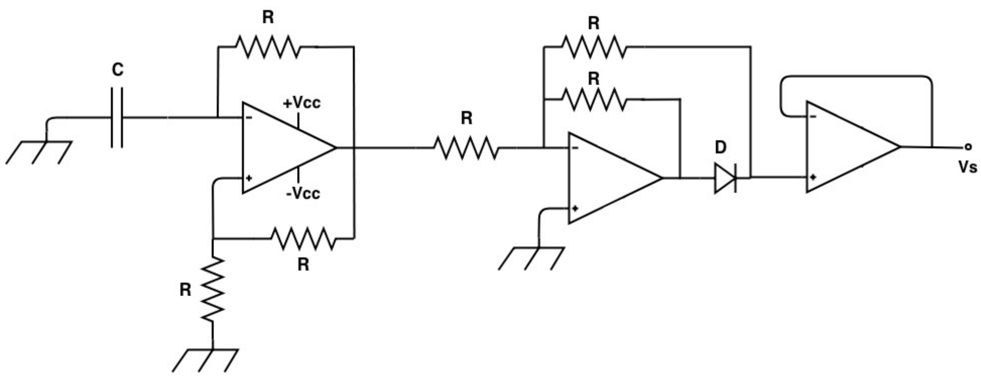

Figura 2: Circuito en régimen.

c. Para hallar la salida $v_s(t)$ en régimen en el circuito de la Fig. 2 observamos que tenemos una onda cuadrada a la salida del oscilador estudiado en la parte anterior.

- Veamos primero que sucede cuando el oscilador nos da un voltaje positivo V_{cc}.
  Suponemos que inicialmente D está OFF y por lo tanto no conduce corriente y debido a que el seguidor de la salida tiene resistencia de entrada ∞ y no toma corriente, vemos a la salida del diodo un voltaje 0. Vemos facilmente que el voltaje en el D es negativo ya que tenemos una configuración inversora por lo que $V_D = -V_{cc}$ verificando así la hipótesis del diodo. Por lo tanto,
  - $V_s = 0$ desde $t = 0$ hasta $t = t_A$
- Para el tramo donde el oscilador nos da un voltaje negativo $-V_{cc}$, suponemos que el diodo ahora conduce. Nos queda con esta suposición una configuración inversora que tendrá a la salida $\frac{V_{cc}}{2}$ (tenemos en la realimentación el paralelo de las dos resitencias, equivalente a $\frac{R}{2}$. Debido a que ahora el voltaje a la salida de esta etapa será positivo (inversor) comprobamos que la corriente por el diodo cumple $I_D > 0$ verificando nuestra suposición sobre el mismo. Resulta entonces,
  - $V_s = \frac{V_{cc}}{2}$ desde $t = t_A$ hasta $t = t_B$

  Vemos que el circuito entra en regimen el el mismo momento que el oscilador y que a la salida obtenemos una onda cuadrada del mismo período $T = 2RC.ln(3)$ pero que ahora oscila entre 0 y $\frac{V_{cc}}{2}$.