Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica
IEE2123 Circuitos Eléctricos
Prof. David Watts

Ayudantía 9

Solución del Problema 1: Generador de Funciones

Ayudante: Benjamín Álvarez
balvarezc@uc.cl

Generador de funciones.

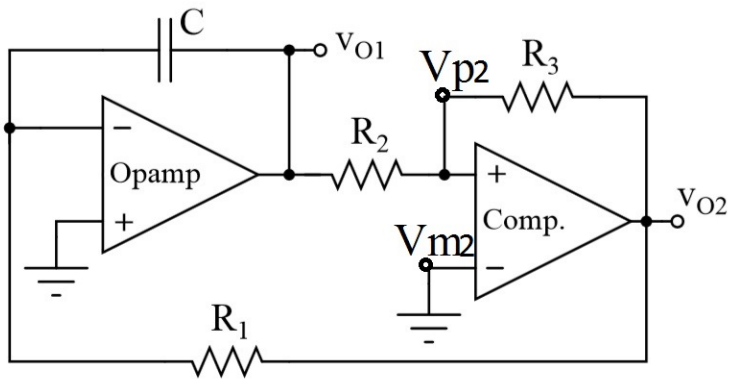


Figura 1: CKT generador de funciones.

1. Opamp.

$$\frac{V_{02}}{R_1} = \frac{-V_{01}}{\frac{1}{sc}}$$

$$\rightarrow V_{01(t)} = \frac{-1}{R_1 C}\int_{t_i}^{t} V_{02(\tau)}d\tau + V_{01(t_i)}$$

El opamp tiene la función de integrador, es decir, integra de la señal de entrada.

2. Comparador.

Los voltaje comparados son $V_{p(t)}$ y $V_{m(t)}$ lo que produce la salida $V_{02(t)}$.

$$V_{m2(t)} = 0 \forall t$$

$$V_{p2(t)} = \frac{V_{02(t)}R_2}{R_2 + R_3} + \frac{V_{01(t)}R_3}{R_2 + R_3}$$

$$V_{02(t)} = \begin{cases} V_R & V_{p(t)} > V_{m(t)} \\ -V_R & V_{p(t)} < V_{m(t)} \end{cases}$$

El comparador cumple la función de comparar los voltajes $V_{p(t)}$ y $V_{m(t)}$ y en base a esa comparación entrega un valor saturado en los rieles ($\pm V_R$) para $V_{02(t)}$.

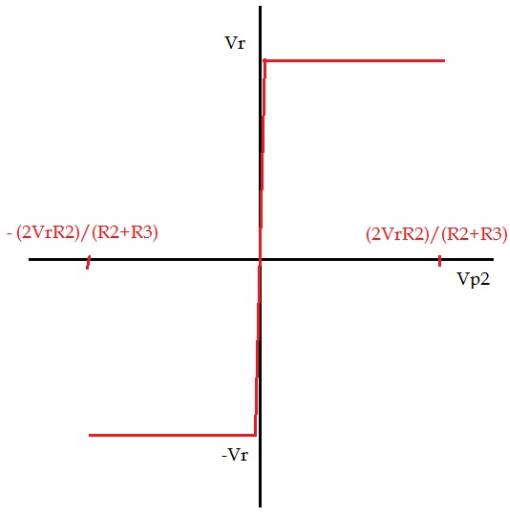


Figura 2: Recta de carga (con histéresis).

3. Funcionamiento y señales.

El circuito funciona de la siguiente manera. Existe una señal de entrada en $V_{02(t)}$ la cual es integrada por el opamp hasta alcanzar cierto valor establecido por el comparador. En ese momento la señal de entrada cambia de signo, por lo tanto la recta generada por la integral cambia de pendiente, ya que se integra un área de signo opuesto a la anterior, hasta alcanzar nuevamene el valor esablecido por el comparador pero de signo opuesto. Luego se repite el proceso.

Atraves de un analisis temporal fraccionado se puede determinar que la señal cuadrada es $V_{02(t)}$ y la señal triangular es $V_{01(t)}$.

4. Periodo. Analisis temporal fraccionado del circuito.

Ecuaciones generales para los voltajes de nodo del circuito.

$$V_{02(t)} = \begin{cases} V_R & V_{p(t)} > V_{m(t)} \\ -V_R & V_{p(t)} < V_{m(t)} \end{cases}$$

$$V_{01(t)} = \frac{-1}{R_1 C} \int_{t_i}^{t} V_{02(\tau)} d\tau + V_{01(t_i)}$$

$$V_{p(t)} = V_{01(t)} + \frac{(V_{02(t)} - V_{01(t)})R_2}{R_2 + R_3} = \frac{V_{02(t)} R_2}{R_2 + R_3} + \frac{V_{01(t)R_3}}{R_2 + R_3}$$

$$V_{m(t)} = 0, \forall t$$

Para $t = t_0 = 0$

$$V_{p(t_0)} > V_{m(t_0)} \rightarrow V_{02(t_0)} = V_R$$

$$V_{01(t_0)} = \frac{-1}{R_1 C} \int_{t_0}^{t_0} V_{02(\tau)} d\tau + V_{01(t_0)} = 0$$

$$V_{p(t_0)} = \frac{V_{02(t_0)}R_2}{R_2+R_3} + \frac{V_{01(t_0)R_3}}{R_2+R_3} = \frac{V_R R_2}{R_2+R_3}$$

Para $t_1 > t > t_0 = 0$

$$V_{p(t)} > V_{m(t)} \rightarrow V_{02(t)} = V_R$$
$$V_{01(t)} = \frac{-1}{R_1 C}\int_{t_0}^{t} V_{02(\tau)}d\tau + V_{01(t_0)} = \frac{-V_R t}{R_1 C}$$
$$V_{p(t)} = \frac{V_{02(t)}R_2}{R_2+R_3} + \frac{V_{01(t)R_3}}{R_2+R_3} = \frac{V_R R_2}{R_2+R_3} - \frac{V_R R_3 t}{R_1 C(R_2+R_3)}$$

Para $t = t_1$

$$V_{p(t_1)} = V_{m(t_1)} \rightarrow \frac{V_R R_2}{R_2+R_3} - \frac{V_R R_3 t_1}{R_1 C(R_2+R_3)} = 0 \rightarrow t_1 = \frac{R_2 R_1 C}{R_3}$$
$$V_{02(t_1)} = V_R$$
$$V_{01(t_1)} = \frac{-V_R t_1}{R_1 C} = \frac{-V_R R_2}{R_3}$$

Para $t_2 > t > t_1 = \frac{R_2 R_1 C}{R_3}$

$$V_{p(t)} < V_{m(t)} \rightarrow V_{02(t)} = -V_R$$
$$V_{01(t)} = \frac{-1}{R_1 C}\int_{t_1}^{t} V_{02(\tau)}d\tau + V_{01(t_1)} = \frac{V_R(t-t_1)}{R_1 C} - \frac{V_R R_2}{R_3}$$
$$V_{p(t)} = \frac{V_{02(t)}R_2}{R_2+R_3} + \frac{V_{01(t)R_3}}{R_2+R_3} = \frac{-2V_R R_2}{R_2+R_3} + \frac{V_R R_2(t-t_1)}{R_1 C(R_2+R_3)}$$

Para $t = t_2$

$$V_{p(t_2)} = V_{m(t_2)} \rightarrow \frac{-2V_R R_2}{R_2+R_3} + \frac{V_R R_2(t_2-t_1)}{R_1 C(R_2+R_3)} = 0 \rightarrow t_2 = \frac{3R_2 R_1 C}{R_3}$$
$$V_{02(t_2)} = -V_R$$
$$V_{01(t_2)} = \frac{V_R(t_2-t_1)}{R_1 C} - \frac{V_R R_2}{R_3} = \frac{V_R R_2}{R_3}$$

Finalmente el periodo resulta del doble de la resta de t_2 y t_1.

$$T = 2(t_2 - t_1) = \frac{4R_2 R_1 C}{R_3}$$

5. Gráfica de las señales.

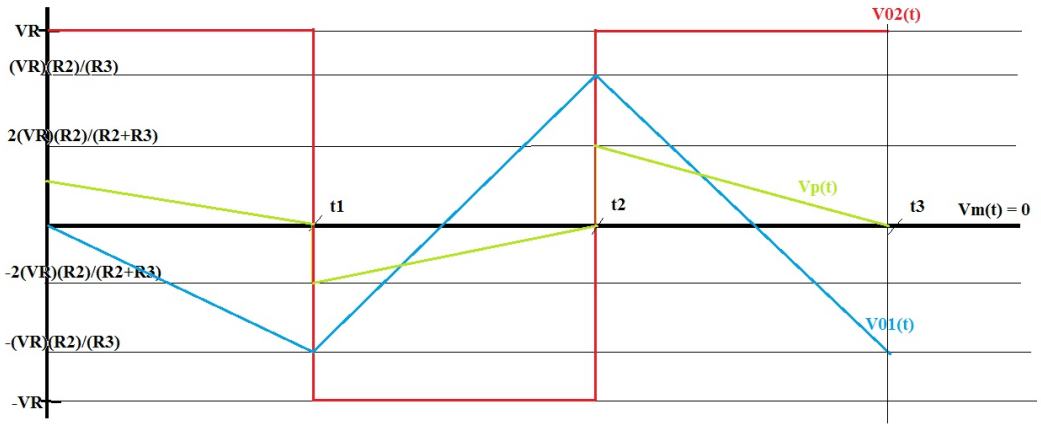


Figura 3: Señales producidas y comparadas por el circuito.

6. Simulación.

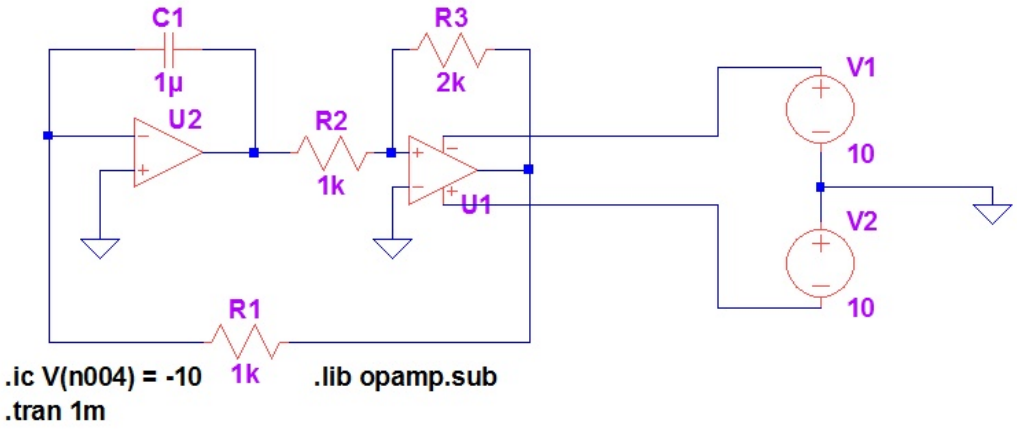


Figura 4: Esquemático de la simulación.

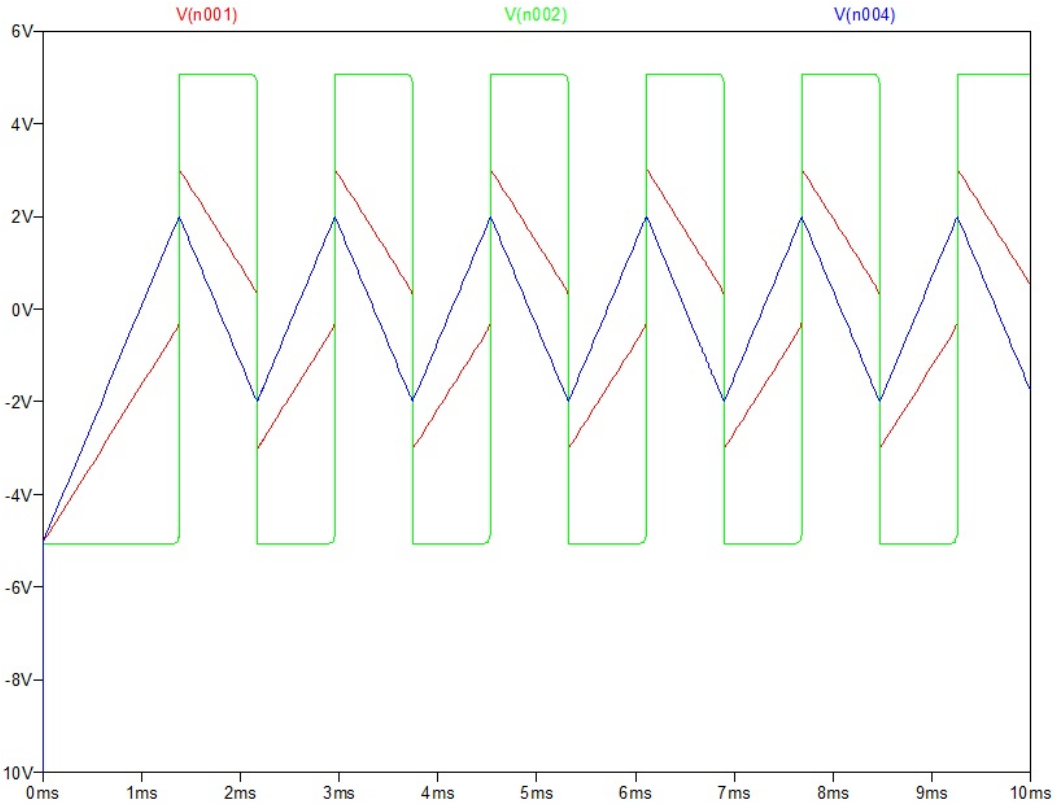


Figura 5: Curvas de la simulación. En verde V_{02}, en azul V_{01} y en rojo V_{p2}.