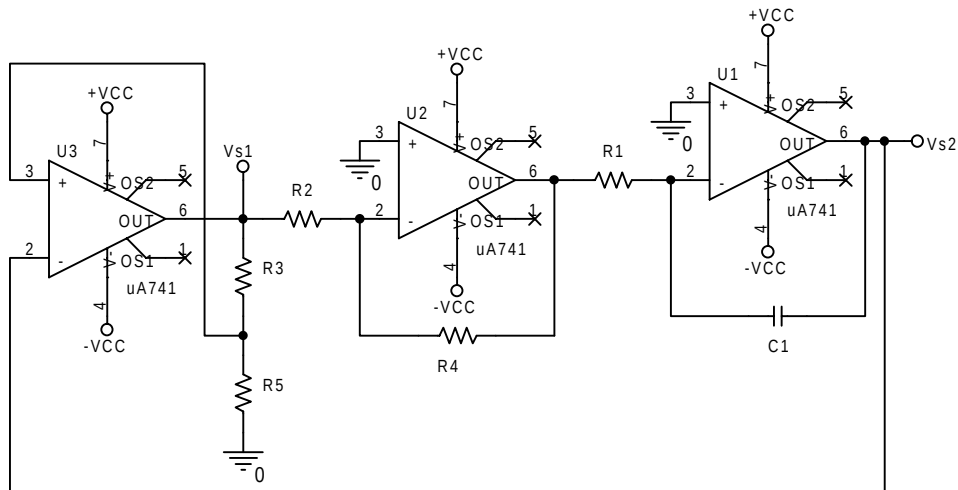


Primer ejercicio

El circuito de la figura es un generador de onda triangular. Se pide:

1. Determinar de qué operacional y de qué componentes pasivos depende la amplitud de la señal de salida. Calcular los valores de los componentes para que la señal triangular tenga una amplitud de $4 V_{pp}$.
2. Determinar de qué operacional y de qué componentes pasivos depende la frecuencia de la señal generada. Calcular los valores de los componentes para que esta frecuencia sea de 1 kHz.
3. Dibujar durante 2 ms la tensión en V_{s1} y V_{s2} .

Notas: $R_2 = R_4$. $V_{cc} = 12 V$. Considerar los A.A.O.O. ideales. Considérese descargado el condensador en el instante inicial y el valor de $u_{s1}(0)$ a $+V_{cc}$, también en el momento inicial.



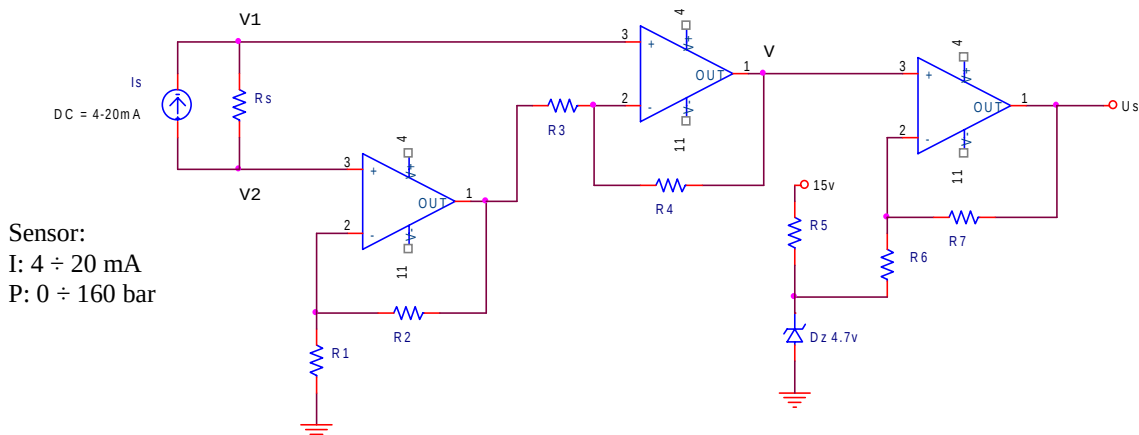
(40 minutos)

Segundo ejercicio

El circuito de la figura es una etapa de adaptación para acoplar la señal de medida de un sensor de presión I_s a un sistema de adquisición de datos, cuya entrada está configurada para admitir un rango de medida de 0 a 5 v. El sensor se encuentra alojado en un cilindro hidráulico, proporcionando una medida de presión relativa ejercida sobre el émbolo del mismo. La última etapa se encarga de desplazar y adaptar el nivel de la señal. La respuesta del sensor es lineal en el rango de medida, siendo la relación E/S: 4 mA a 0 bar y 20 mA a 160 bar.

Se pide:

- a) R_s para que la potencia máxima entregada por el sensor sea de 40 mW. Rangos de $(V_1 - V_2)$.
- b) Valores de R_1 , R_2 , R_3 y R_4 para que la tensión V sea proporcional a $(V_1 - V_2)$, con un rango de variación de 1 a 5 v.
- c) ¿Cuál es la misión de D_z ? ¿Y de R_5 ? Valor de R_5 para polarizar al zener en la zona de avalancha ($I_{zmin} = 10 mA$).
- d) Valores de R_6 y R_7 para que $U_s = 0 \div 5 v$. Suponer $V_z \approx 5 v$.
- e) Si la presión en el cilindro es de $81,577 kgf/cm^2$, ¿qué valor proporcionará el montaje a la salida (U_s)?



(45 minutos)



Tercer ejercicio

Diseñar un filtro paso banda simétrico digital de Butterworth, tal que las frecuencias de banda son de 225 Hz y 250 Hz. Se desea una atenuación de 20 dB a la frecuencia de 125 Hz y una ganancia unitaria en la banda pasante. De otro lado, la frecuencia de muestreo es de 1kHz. Se pide:

1. Orden del filtro.
2. Función de transferencia del filtro analógico proveniente de la transformación bilineal.
3. Función de transferencia del filtro digital.

Datos

$$D = \frac{10^{0.1A_{\min}} - 1}{10^{0.1A_{\max}} - 1} \quad n \geq \frac{\log_{10} D}{2 \log_{10} \frac{1}{k}} \quad \omega_{ai} = \frac{2}{T} \tan \frac{\omega_{di} T}{2} \quad \frac{1}{as+1} \rightarrow \frac{\frac{1}{aQ}s}{s^2 + \frac{1}{aQ}s + 1}$$

$$G(s) = \frac{bs}{as^2 + bs + 1} \quad \left| \begin{array}{l} G(z) = \frac{b_0 - b_0 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \\ a_0 = 1 + \frac{4a}{T^2} + \frac{2b}{T}; \quad a_1 = 2 - \frac{8a}{T^2}; \quad a_2 = 1 + \frac{4a}{T^2} - \frac{2b}{T} \\ b_0 = \frac{2b}{T}; \end{array} \right.$$

Polinomios de Butterworth	
1	(s+1)
2	(s ² +1,4142s+1)

(40 minutos)



Resolución**Primer ejercicio**

Gracias a la baja impedancia de salida de los A.A.O.O. es posible estudiar cada uno de ellos de forma independiente. Así, tenemos que U_3 es un comparador con histéresis, U_2 un inversor y U_1 un integrador.

Puesto que R_5 está conectada a masa, la ventana de histéresis del comparador será simétrica respecto del origen. Considerando ideal el operacional (saturación a $\pm V_{cc}$), las tensiones de conmutación serán:

$$\pm U_h = \frac{\pm V_{cc} \cdot R_5}{R_3 + R_5}$$

El inversor tiene ganancia igual a -1 , puesto que R_2 y R_4 son iguales, de forma que invierte la tensión v_{s1} .

El integrador integra la tensión a la salida de U_2 que es $-v_{s1}$. Como v_{s1} es constante entre conmutaciones, v_{s2} evoluciona linealmente (como una recta):

$$\Delta v_{s2} = \frac{-1}{R_1 C_1} \int_{t_1}^{t_2} -v_{s1} \cdot dt = \left[\frac{v_{s1} t}{R_1 C_1} \right]_{t_1}^{t_2} = \frac{\pm V_{cc} \cdot \Delta t}{R_1 C_1}$$

La salida del integrador está conectada a la entrada del comparador, por lo que cuando v_{s2} sale de los límites de la ventana de histéresis provoca el cambio de signo de v_{s1} . Pero el signo de v_{s1} es también el signo de la derivada de v_{s2} , por lo que al mismo tiempo se invierte el sentido de la evolución de v_{s2} , de modo que v_{s2} queda confinada al interior de la ventana de histéresis.

1.

Según se vio, la amplitud de la señal de salida está determinada por la ventana de histéresis y está depende a su vez de U_3 , R_3 y R_5 . Puesto que la señal de salida tiene que tener una amplitud de $4 V_{pp}$, es decir, tiene que evolucionar entre $-2 V$ y $+2 V$, se debe cumplir:

$$\pm 2V = \frac{\pm 12V \times R_5}{R_3 + R_5} \Rightarrow R_3 = 5R_5$$

Eligiendo $R_5 = 2 k\Omega$, $R_3 = 10 k\Omega$.

2.

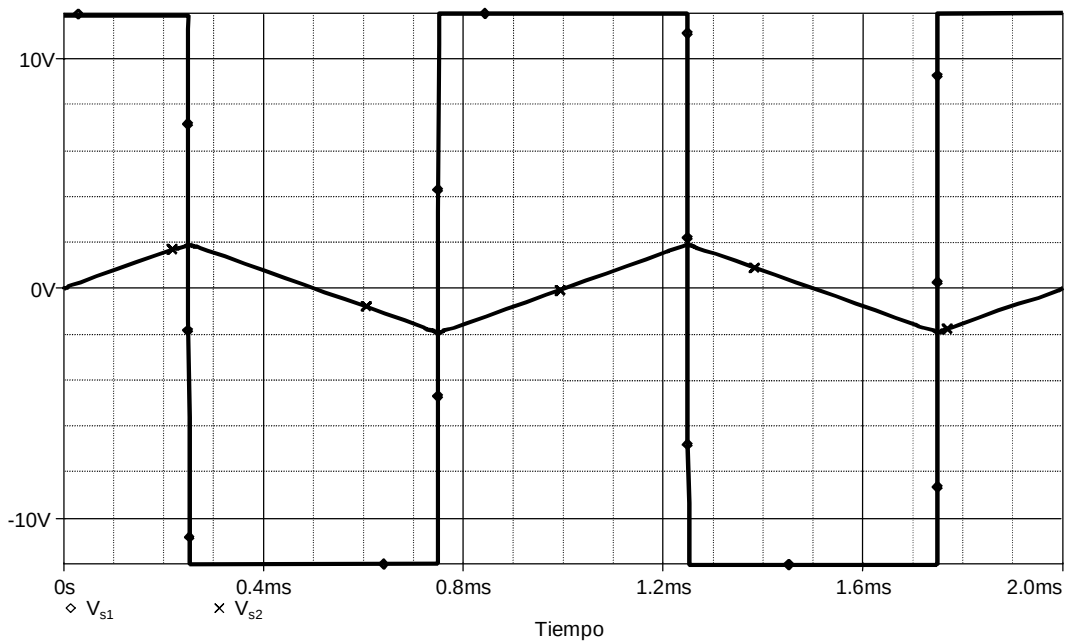
Una vez definida la amplitud de la señal de salida el periodo de la misma será igual al tiempo que tarda en ir de un extremo de la ventana al otro ida y vuelta. Éste depende de la pendiente de v_{s2} que, según la expresión obtenida del estudio del integrador, sólo depende de R_1 y C_1 (V_{cc} es un dato del problema). Por tanto, la frecuencia de la señal depende de U_1 , R_1 y C_1 :

$$4V = \frac{12V \times \frac{T}{2}}{R_1 C_1} \Rightarrow R_1 C_1 = \frac{3}{2f} = 1,5 \times 10^{-3} s$$

Tomando $C_1 = 100 nF$, $R_1 = 15 k\Omega$.

3.



**Segundo ejercicio**

a) $R_S = \frac{P}{I^2} = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{(20 \cdot 10^{-3})^2} = 100 \Omega \quad (V_1 - V_2) = 0.4 \div 2V$

b) $V = V_1 \cdot \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) - V_2 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3}$

Para que $V = k(V_1 - V_2) \rightarrow \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3} \rightarrow$

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_2}{R_1}$$

$V = 1 \div 5V \rightarrow k = 2.5 \quad 1 + \frac{R_4}{R_3} = 2.5 \rightarrow R_4 = 1.5 \cdot R_3$

$R_1 = 1.5 \cdot R_2$

$$\begin{aligned} R_1 &= R_4 = 15k\Omega \\ R_2 &= R_3 = 10k\Omega \end{aligned}$$

- c) D_z polarizado en su zona de avalancha o zona zéner permite proporcionar una tensión de referencia constante sobre la entrada inversora de la última etapa, para efectuar el desplazamiento de nivel en la señal de salida. R_5 es la encargada de polarizar el diodo zéner en su zona zéner.

$$R_5 = \frac{15 - 4.7}{10 \cdot 10^{-3}} \approx 1k\Omega$$

d) $V_s = V \cdot \left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right) - V_z \cdot \frac{R_7}{R_6}$



$$\begin{array}{ll}
 \text{V} = 1 \text{ V} \rightarrow \text{V}_s = 0 \text{ V} & 0 = 1 \cdot \left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right) - 5 \cdot \frac{R_7}{R_6} \rightarrow \boxed{R_6 = 4 \cdot R_7} \quad \boxed{R_6 = 12 \text{ k}\Omega} \\
 \text{V} = 5 \text{ V} \rightarrow \text{V}_s = 5 \text{ V} & 5 = 5 \cdot \left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right) - 5 \cdot \frac{R_7}{R_6} \quad \boxed{R_7 = 47 \text{ k}\Omega}
 \end{array}$$

- d) $p = 81.577 \text{ kgf/cm}^2 = 81.577 \cdot 9.8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 81.577 \cdot 9.8 \cdot 10^4 \cdot 10^{-5} \text{ bar} \approx 80 \text{ bar}$
Sensor lineal + A.O. ideales trabajando en zona lineal:

$$V_s = 2.5 \text{ v} \quad (p_{\text{máx}}/2 \rightarrow V_{s_{\text{máx}}}/2)$$

Tercer ejercicio

1. Para determinar el orden del filtro se requiere conocer en primer lugar la selectividad de éste, luego habrá de localizar cuál es la otra frecuencia supresora. Este valor se calcula a través de la propiedad de simetría del filtro:

$$f_{s2,d} = \frac{f_{b1,d} \cdot f_{b2,d}}{f_{s1,d}} = 450\text{Hz}$$

Para la aplicación de las expresiones de filtros analógicos habrá de pasar las frecuencias digitales a analógicas mediante la transformación bilineal:

$$f_d = \{125 \quad 225 \quad 250 \quad 450\} \rightarrow f_a = \{131.8 \quad 271.9 \quad 318.3 \quad 2009.7\}$$

Ahora ya es posible determinar el orden del filtro:

$$n = n \left(3dB, 40dB, \frac{318.3 - 271.9}{2009.7 - 131.8} \right) \rightarrow n = 1$$

2. Tomando el polinomio de Butterworth de orden 1 y calculando el factor de calidad del filtro paso banda,

$$Q = \frac{294.18}{271.9 - 318.3} = 6.34, \text{ se tendrá la FDT del filtro analógico:}$$

$$G(s) = \frac{\frac{1}{6.34} \left(\frac{s}{1848} \right)}{\left(\frac{s}{1848} \right)^2 + \frac{1}{6.34} \left(\frac{s}{1848} \right) + 1}$$

3. Mediante la tabla de conversión se obtendrá la FDT del filtro digital:

$$G(z) = \frac{0.17 - 0.17z^{-1}}{2.34 - 0.34z^{-1} + 2z^{-1}}$$



Bode Diagrams

