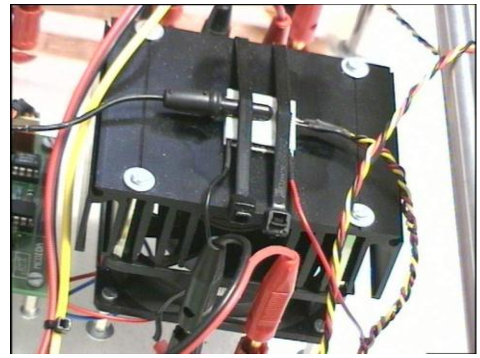
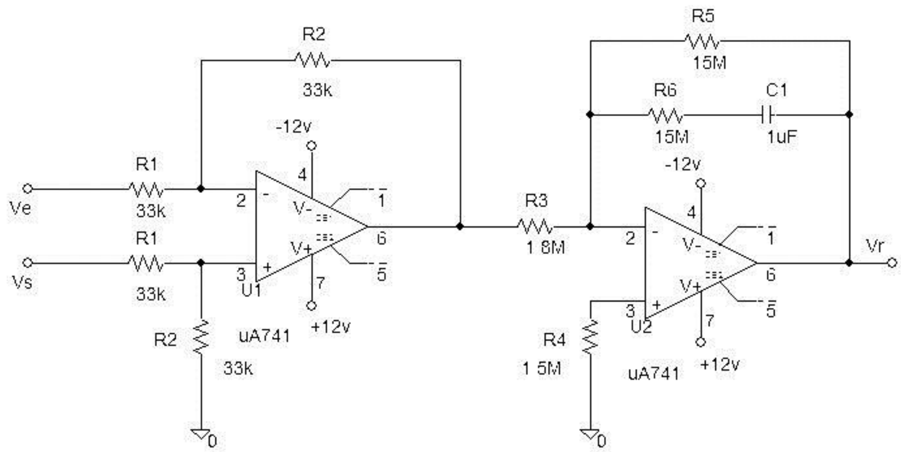
Problema 1 (55 minutos -5 puntos)



El control de temperatura de una célula Peltier es realizado mediante un sistema de realimentación unitaria. La planta Peltier es modelada mediante la siguiente función de transferencia $\frac{v_s(s)}{v_r(s)} = \frac{0.045}{(s+0.525)(s+0.07)}$ Se pide:

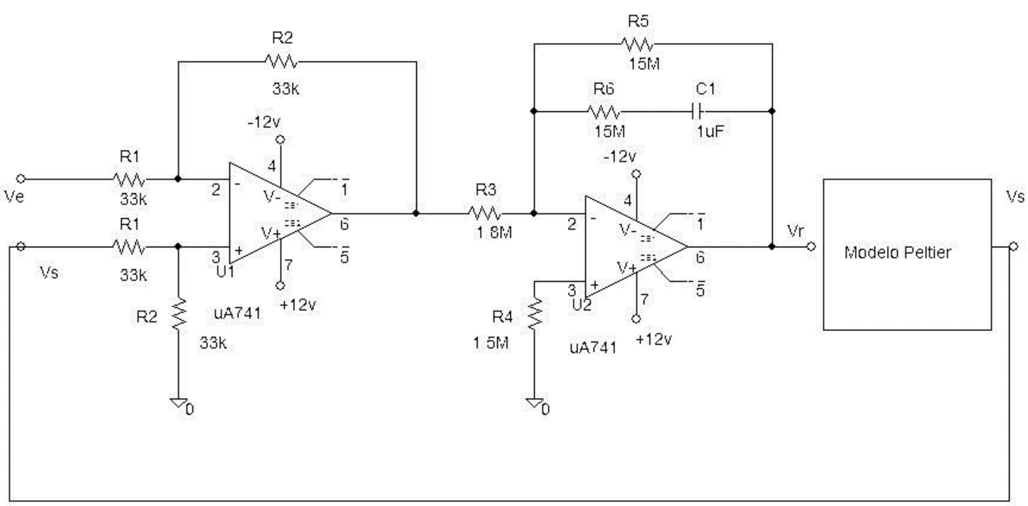
1. Dada el siguiente esquema electrónico, calcular $\frac{v_r(s)}{u_e(s)-u_s(s)}$ en función de los nombres de las resistencias y condensadores y demostrar que vale $\frac{v_r(s)}{u_e(s)-u_s(s)} = 8.3\frac{1+15s}{1+30s}$ para los valores dados. (4 puntos)



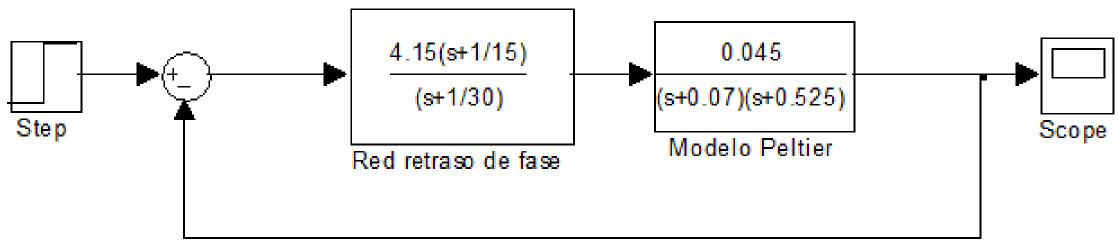
El esquema electrónico está formado por un procesamiento serie entre dos estructuras. La primera es un amplificador diferencial, la segunda es una estructura inversora. La FTD $\frac{v_r(s)}{u_e(s)-u_s(s)}$ es:

$$\frac{v_r(s)}{u_e(s)-u_s(s)} = \left(-\frac{R2}{R1}\right)\left(-\frac{R5}{R3}\frac{1+C1\cdot R6s}{1+C1\cdot(R6+R5)s}\right) = 8.3\frac{1+15s}{1+30s}$$

2. Diagrama de bloques del sistema de control y función de transferencia de la cadena cerrada. (3 puntos)



El diagrama de bloques quedará como:



La FDT de la cadena cerrada será:

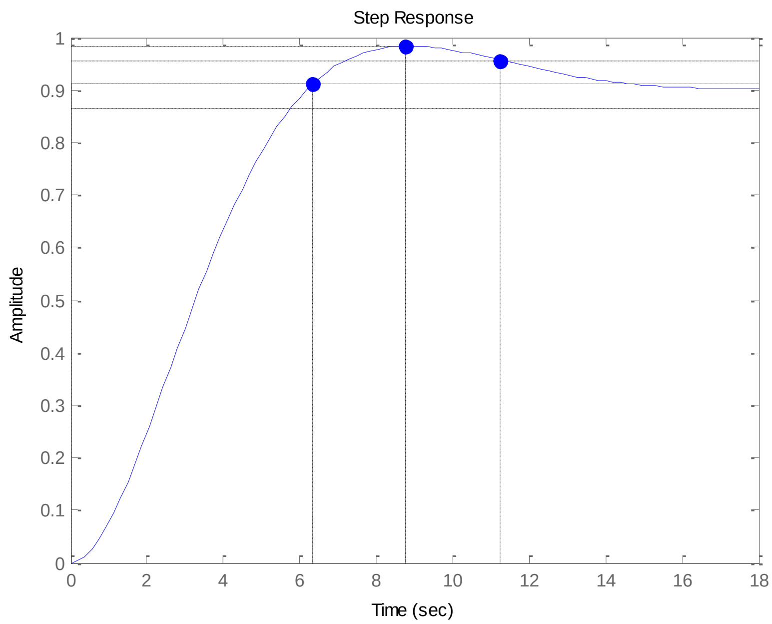
$$\frac{u_s(s)}{u_e(s)}=\frac{8.3\frac{1+15s}{1+30s}\frac{0.045}{(s+0.07)(s+0.525)}}{1+8.3\frac{1+15s}{1+30s}\frac{0.045}{(s+0.07)(s+0.525)}}=\frac{0.186(s+0.066)}{s^3+0.628s^2+0.242s+0.0134}$$

3. Respuesta temporal ante una entrada en escalón unitario. Utilice el equivalente reducido, sabiendo que el sistema tiene un polo en cadena cerrada en -0.067. Indicar sobre la gráfica el tiempo de establecimiento, el tiempo de subida, el tiempo de pico y la sobreoscilación. (3 puntos)

$$\frac{u_s(s)}{u_e(s)}=\frac{0.186(s+0.066)}{s^3+0.628s^2+0.242s+0.0134}=\frac{0.186(s+0.066)}{(s+0.066)(s^2+0.526s+0.206)}=\frac{0.186}{s^2+0.526s+0.206}$$

Los polos son -0.28±j0.357. El sistema es sub-amortiguado, luego los valores de los puntos característicos son:

$$t_s=11.2s \quad t_p=8.8s \quad t_r=6.2s \quad M_p=8.6\%$$



Problema 2

El diagrama de la figura representa un esquema simplificado de levitación magnética. La fuerza magnética producida por el electroimán intenta compensar la fuerza de gravitación sobre el cuerpo que levita. Sabiendo que la fuerza magnética es proporcional al cuadrado de la corriente de la bobina e inversamente a la posición del cuerpo $f_m(t) = K_p \frac{i^2(t)}{x(t)}$

Se pide:

1. Conjunto de ecuaciones algebro-diferenciales que modela el comportamiento dinámico del sistema. (2 puntos)

$$u(t) = R \cdot i(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

$$M \cdot \ddot{x} = M \cdot g - k_p \frac{i^2(t)}{x(t)}$$

2. Determinar el punto de reposo en **Xo=25mm**. (1 puntos)
   En reposo las derivadas de I(t) y de x(t) son nulas, por lo que de la segunda ecuación se obtiene directamente el valor de io:

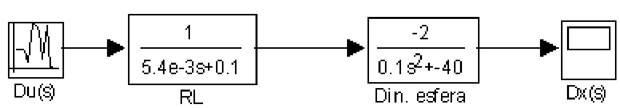
$$i_0^2 = \frac{M \cdot g \cdot x_0}{k_p} \rightarrow i_0 \cong 1A$$

3. Modelo incremental alrededor del punto de reposo. (1 puntos)
   Linealizando en torno al punto de reposo:

$$\Delta u(t) = R \cdot \Delta i(t) + L\Delta \dot{i}(t)$$

$$M \cdot \Delta\ddot{x} = \left[-k_p \frac{2 \cdot i_0}{x_0}\right] \cdot \Delta i(t) + \left[k_p \frac{i^2{}_0}{x^2{}_0}\right] \cdot \Delta x(t)$$

4. Diagrama de bloques. (1 puntos)



De los apartados anteriores se llega a una función de transferencia global determinada por:

$$G(s) = \frac{x(t)}{u(t)} = \frac{-3703}{(s^2 - 400)(s + 18.52)}$$

5. ¿En que valor absoluto de x se estabilizará la masa transcurrido un tiempo suficiente ante una entrada en escalón?(1 punto)

   El sistema tiene tres polos: -20, +20 y -18.52. Al ser inestable, no se estabiliza ante una entrada en escalón, por lo que no se puede aplicar el teorema del valor final.

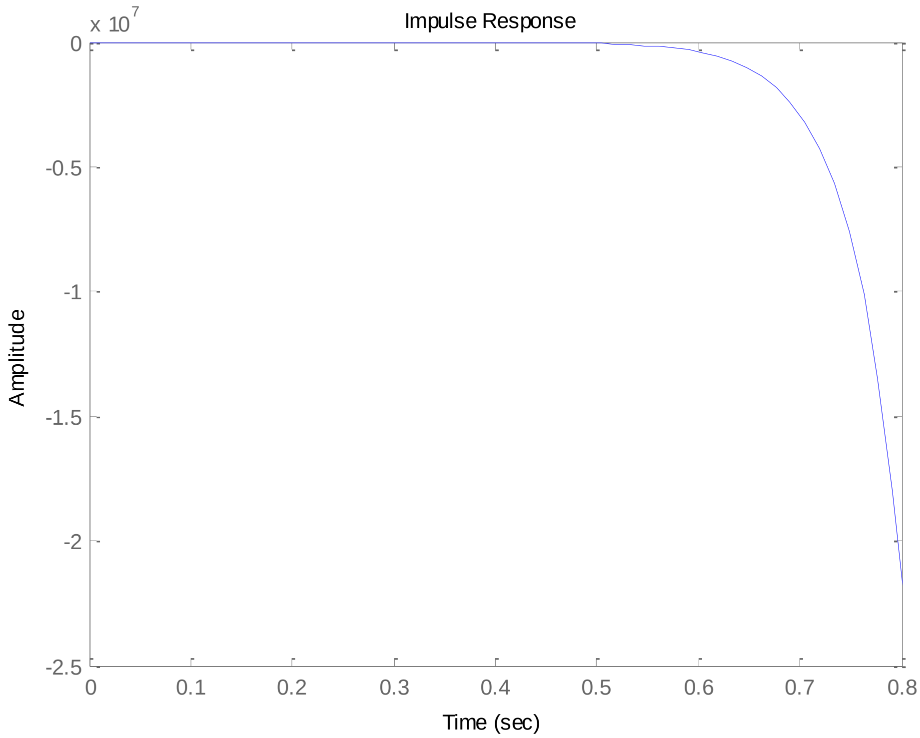
6. Si al sistema se le estimula con un pulso de dirac, evolución de x(t) alrededor del punto de reposo. Expresión matemática y gráfica de x(t) en los tres primero segundos. (2 puntos)

   Para obtener la respuesta es necesario antitransformar:

$$X(t) = L^{-1}\left[1 \cdot \frac{-3703}{(s+20)(s-20)(s+18.52)}\right]$$

   Descomponiendo en fracciones simples:

$$X(t) = L^{-1}\left[\frac{64.95}{(s+18.52)} + \frac{-2.4}{(s-20)} + \frac{-62.55}{(s+20)}\right] = 64.95e^{-18.52t} - 2.4e^{20t} - 62.55e^{-20t}$$



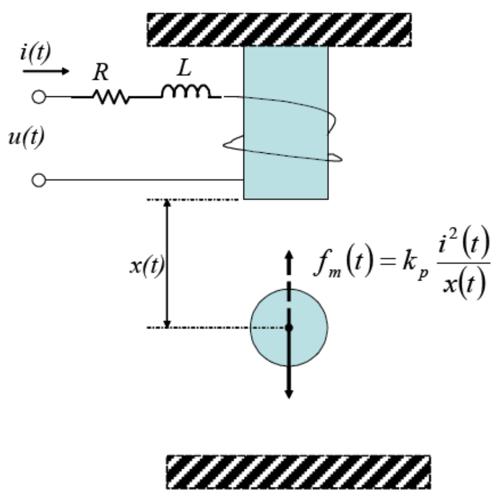
7. ¿Cuál es la posición absoluta de la masa cuando t=250 ms?. (1 puntos)

   Sustituyendo la expresion x(0.250), se obtiene -355.4701 m

8. Sintaxis en Matlab para la simulación del anterior experimento. (1 puntos)

```
>>g=tf(-3703,poly([-20 20 -18.52]))
>>impulse(g)
```

(5 puntos - 50 minutos)



Datos:
M= 0.1kg Kp= 0.025 [Nm/A^2] R=0.1Ω L=5.4mH