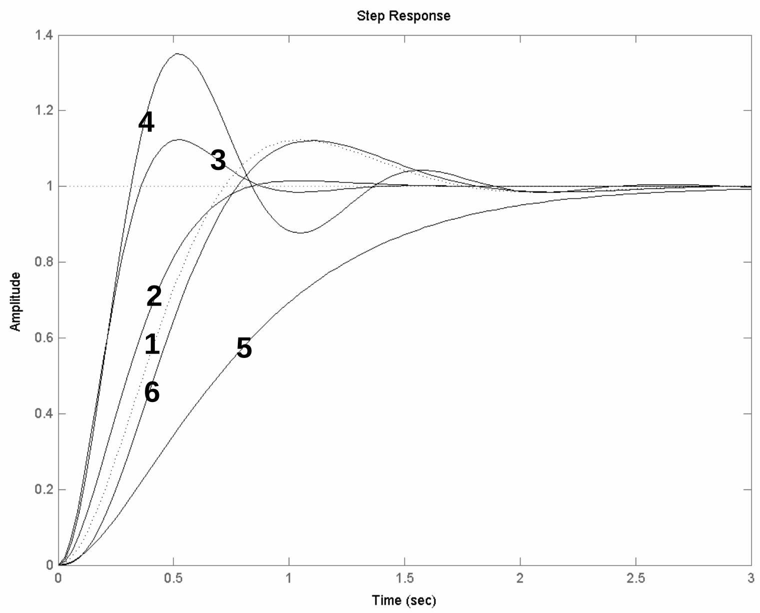
Puntaje total: 65 puntos Tiempo disponible: 3:40 horas

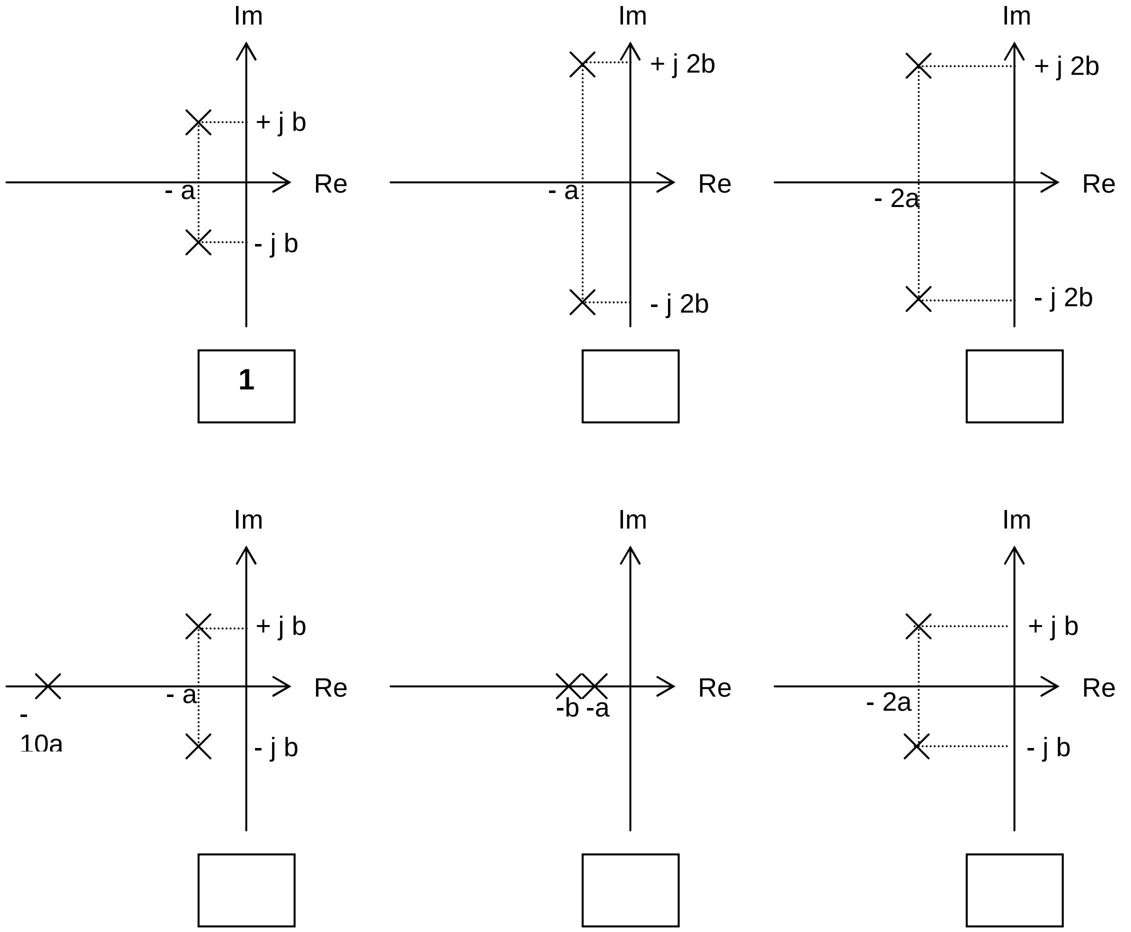
Ejercicio 1

(Total 8 puntos: hasta -1 punto por respuesta incorrecta)

En la figura se muestra las respuestas a escalón (normalizadas a valor final 1) de 6 sistemas lineales e invariantes en el tiempo.
El patrón de ceros y polos de cada uno de los sistemas se reproduce a continuación.

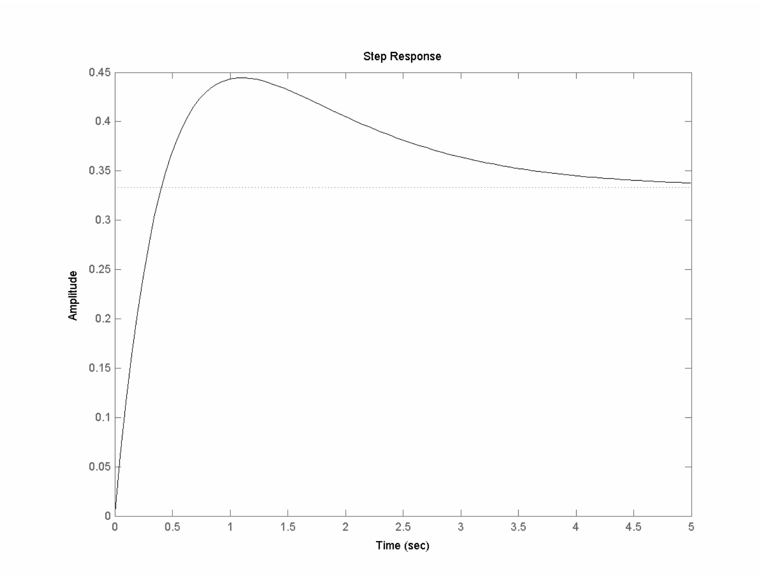
Asocie cada una de las respuestas con el patrón adecuado. A modo de ejemplo, al primer patrón corresponde la respuesta nº 1 (identificada por el trazo punteado en la figura).





Ejercicio 2 (4 puntos si correcta; hasta -1 punto por incorrecta)

En la figura se muestra la respuesta a escalón de un sistema lineal e invariante en el tiempo.

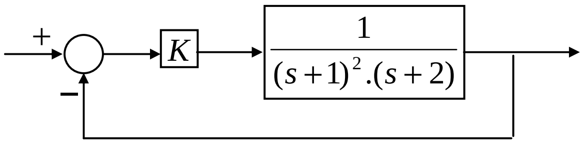


¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas?

a) El sistema es de primer orden.
b) El sistema es de segundo orden sin ceros.
c) La función de transferencia del sistema tiene algún polo en el semiplano derecho del plano complejo.
d) La función de transferencia del sistema tiene algún polo con parte imaginaria no nula.
e) Ninguna de las anteriores.

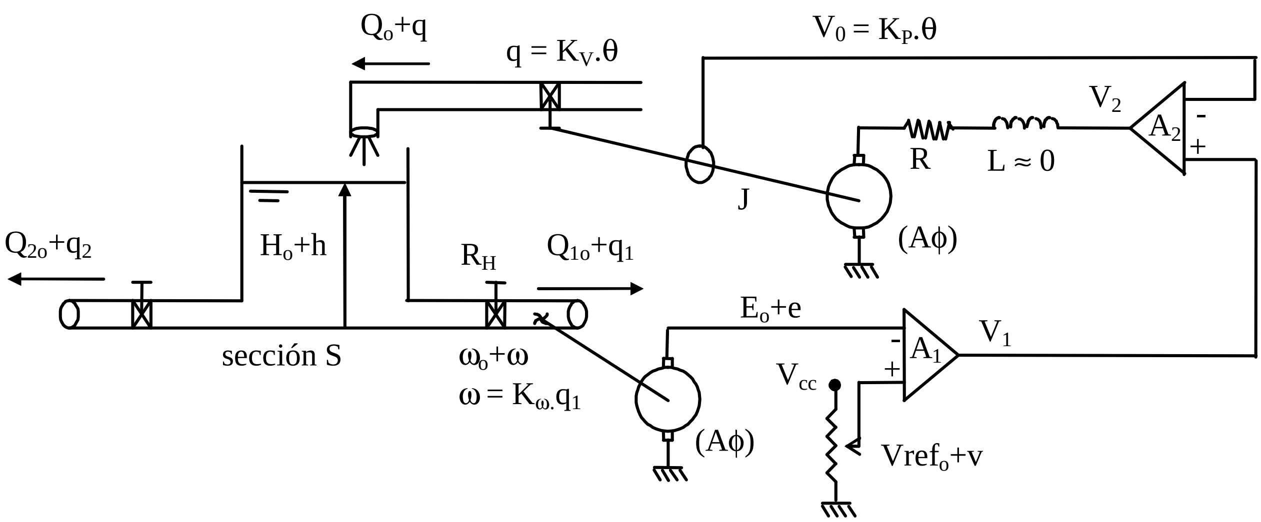
Ejercicio 3 (5 puntos)

Sea el sistema realimentado de la figura, donde K es un número real.
Determine el conjunto de valores de K para el cual el sistema realimentado es estable.



Ejercicio 4 (32 puntos)

El sistema de la figura representa un controlador de caudal de líquido (**Q_1** caudal a controlar). Se desea que el valor del caudal siga a un valor de referencia fijado a través de un potenciómetro.
El control consiste en aplicar una tensión de error, amplificada por **A_1**, a un servomecanismo posicionador de la válvula de alimentación del tanque. El servomecanismo consta de un motor de continua de excitación independiente, controlado por una tensión **V_2**, resultado de una amplificación por **A_2** de la diferencia entre la tensión **V_1** y la referencia de la posición del eje del motor dada por un potenciómetro.
En la tubería 1 hay un sensor de caudal que está acoplado al eje de un tacómetro.



Se pide:

1) Encontrar las ecuaciones dinámicas del sistema en un entorno de la posición de equilibrio.

$Q = Q_o + q$ $\qquad H = H_o + h$

$E = E_o + e$ $\qquad \Omega = \omega_o + \omega$

$Q_1 = Q_{1o} + q_1$ $\qquad Q_2 = Q_{2o} + q_2$

El tacómetro y el motor tienen constantes iguales $A\phi$.

Representar este sistema con un modelo en variables de estado, tomando como entradas **v** y **q_2**, como salida **q_1**, y como estados θ, $\dot{\theta}$ y **h**. Hacer un diagrama de bloques usando bloques sumadores, integradores y proporcionales exclusivamente, e identificar las señales.

Datos numéricos para utilizar desde la parte 2) en adelante:

$S = 10{,}0\ m^2$	$R_H = 1\ s/m^2$ $\quad (R_H = \partial\Delta h/\partial q)$	
$L \approx 0$	$R = 0{,}40\ \Omega$	$J = 5{,}00\text{x}10^{-3}\ N.m.s^2/rad$
$K_V = 0{,}50\ m^3/(s.rad)$	$K_\omega = 2{,}00\ rad/m^3$	$K_P = 0{,}05\ V/rad$
$A\phi = 0{,}10\ V.s/rad$	A_1 y A_2 ctes. positivas	

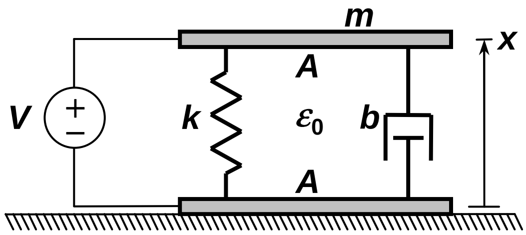
2) Para el subsistema de entrada **V_1** y salida θ, calcular **A_2** para un sobretiro de 9.5% en la respuesta escalón.

3) Para el sistema total, y usando el valor de **A_2** de la parte 2), calcular el margen de variación de **A_1** para que haya estabilidad.

4) Encontrar **A_1** para que una variación en la entrada **v** igual a un escalón unitario ocasione una variación en la salida de 2,00 (**q_2** = 0).
Con este valor de **A_1** ¿cuanto varía la salida ante una variación nula en **v** y una variación unitaria en la entrada **q_2** (**q_2** = Y(t))?

5) Proponer un controlador para sustituir el amplificador **A_1**, de forma tal de obtener un error en régimen nulo para variaciones en escalón en **q_2** (**v** = 0).

Ejercicio 5 (16 puntos)



Considere el actuador electrostático de la figura, que consta de dos placas conductoras cuadradas de área A, inmersas en un medio vacío de permitividad ε_0. La placa inferior está fija, y la placa superior, de masa m, se mueve verticalmente, manteniéndose paralela a la placa inferior. Un resorte de constante de elasticidad k y un amortiguador de constante de viscosidad b (aislantes y de volumen despreciable) acoplan ambas placas conductoras. Entre las placas se aplica una diferencia de potencial V. La posición de la placa superior con respecto a la placa inferior se denota x. Sea x_0 la posición de equilibrio correspondiente a $V = 0$ constante.

Se supone que $x_0 << \sqrt{A}$, de forma tal que los efectos de borde en relación al campo eléctrico puedan despreciarse y entonces ambas placas conductoras conformen un capacitor *ideal* de placas paralelas.

Notas:

- La energía potencial electrostática almacenada en un capacitor, de capacidad C, es $U = \frac{1}{2}C(\Delta\varphi)^2$, donde $\Delta\varphi$ es la diferencia de potencial entre los conductores del capacitor.
- La capacidad de un capacitor ideal de placas paralelas es $C = \frac{\varepsilon A}{d}$, donde A es el área de ambas placas, d es la separación entre ellas, y ε es la permitividad del dieléctrico que llena la región entre las placas.
- La fuerza eléctrica sobre una parte de un sistema de conductores en el que el potencial de cada conductor es impuesto por un agente externo está dada: $F_e = \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_\varphi$.

1) Halle la ecuación del movimiento de la placa superior.
2) Considere los puntos de equilibrio de la placa superior que corresponden a una diferencia de potencial aplicada genérica $V = V_{eq}$ constante y positiva. Halle la ecuación que deben verificar estos puntos de equilibrio. Dibuje detalladamente cómo varían *todas* las soluciones de esta ecuación al variar $V_{eq} > 0$ (se sugiere aprovechar la técnica del lugar geométrico de las raíces). Discuta la existencia de puntos de equilibrio según $V_{eq} > 0$.

Se desea controlar la posición x a través de la diferencia de potencial aplicada V.

3) Halle una representación en variables de estado para el actuador electrostático, tomando V como entrada y x como salida. Linealice la representación en torno a un punto de equilibrio genérico x_{eq}, correspondiente a $V = V_{eq} > 0$. Sean $\tilde{x} = x - x_{eq}$ y $\tilde{V} = V - V_{eq}$. Halle la función de transferencia $H(s) = \frac{\tilde{x}}{\tilde{V}}(s)$.