

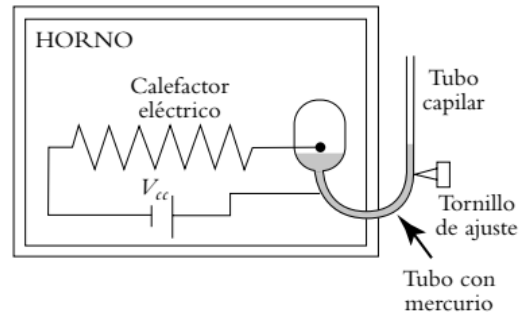
SISTEMAS DE CONTROL 1

Ejercicios Propuestos N° 1

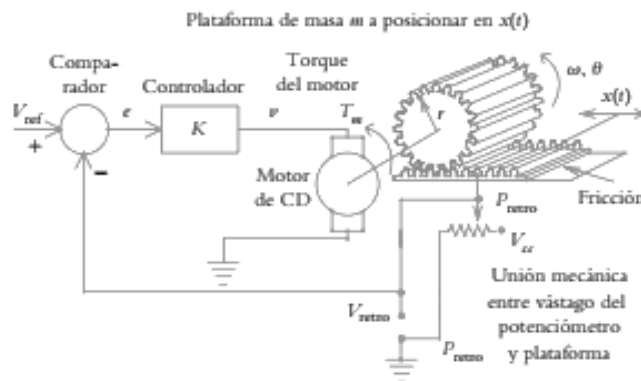
(2022)

I. Ejemplos de sistemas realimentados y de control. OBJETIVOS: entrenarse en el reconocimiento de los elementos principales presentes en sistemas realimentados y de control, así como las señales involucradas: camino directo, camino de retorno, comparador; controlador, actuador, proceso, sistema de medición, y las señales involucradas. Referencia: "Sistemas de Control Moderno", Richard Dorf, capítulo 1.

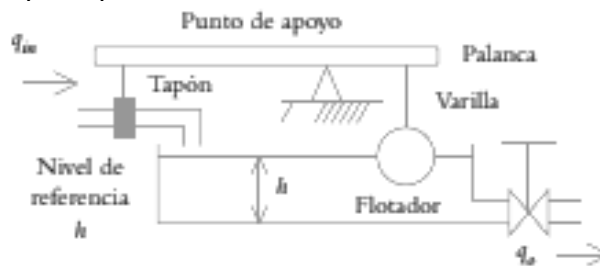
I.a) El sistema mostrado en la figura tiene como finalidad controlar la temperatura de un horno. Describa su funcionamiento, realice el Diagrama de Bloques que representa el sistema e indique si corresponde a un sistema a lazo abierto o a un sistema de lazo cerrado. El principio físico de funcionamiento del sistema es que el mercurio (contenido en el tubo capilar) es conductor de la electricidad y el tornillo de ajuste estrangula el tubo capilar en el lugar que se lo posiciona.



I.b) En la figura observamos el sistema de cremallera de un portón eléctrico, donde se desea controlar la posición de traslación $x(t)$ de la plataforma de masa m . Identifique las variables del sistema y realice el Diagrama de Bloques correspondiente.

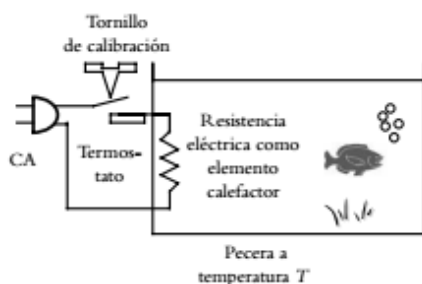


I.c) Para el control de nivel mostrado en la figura, identifique la entrada, la salida, el problema de control y el diagrama de bloques que representa el sistema



q_{in} = caudal de entrada y q_o = caudal de salida.

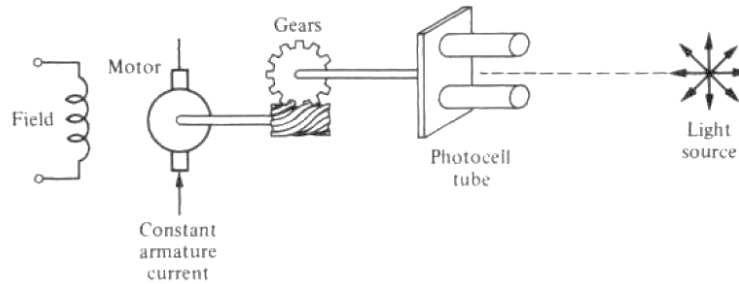
I.d)



El sistema de control correspondiente al sistema de control de temperatura de un acuario. La acción de control depende de la temperatura real del agua, detectada en todo momento por un termostato ajustable.

I.e) En la siguiente figura se muestra un sistema de control que se emplea para rastrear el sol. El eje motriz accionado por el motor mediante un tornillo sin fin reductor, tiene una ménsula sobre la cual se montan dos fotocélulas.

Completar el sistema de circuito cerrado a fin de que el sistema siga la fuente luminosa. Realice un diagrama de bloques apropiado para este sistema.



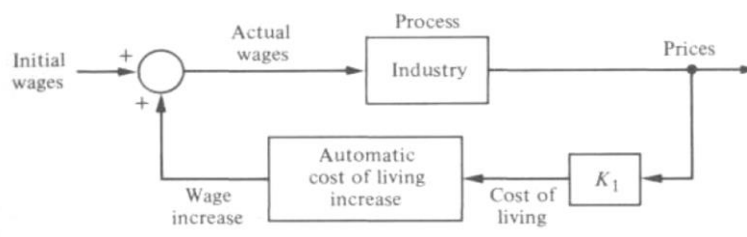
I.f) Un sistema de control con el que tenemos contacto habitualmente es el de dirección asistida eléctrica, en los automotores. Como el objetivo del sistema es reducir el esfuerzo realizado por el conductor al mover el volante, se usa (como mínimo) un sensor de torque. Los sistemas más desarrollados también usan sensores para el ángulo del volante y, emplean la velocidad del vehículo como dato para reducir la asistencia al conductor a mayores velocidades.

Realice un diagrama de bloques que indique los principales componentes y señales involucrados en un sistema de dirección asistida simple. Link interesante:

https://www.youtube.com/watch?v=tRp3qw_T9RE

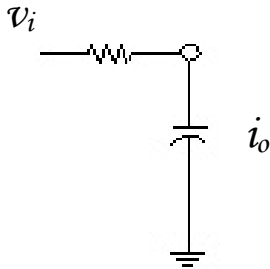
I.g) Adam Smith (1723-1790) analizó el tema de la libre competencia entre los participantes de una economía en su libro "La Riqueza de las Naciones". Puede decirse que Smith empleó mecanismos de retroalimentación social para explicar sus teorías. Él sugirió que 1) los trabajadores disponibles como un todo, comparan los diferentes empleos posibles y toman aquellos que ofrecen la mayor remuneración, y 2) en cualquier empleo el pago disminuye según aumenta el número de trabajadores solicitante. Supongamos que r =total promediado de pagos en todas las actividades; c =total de pagos en una actividad particular; q =afluencia de los trabajadores dentro de una actividad específica. Dibujar un ciclo de realimentación que represente este tipo de sistema.

I.h) Un sistema con retroalimentación no siempre es de retroalimentación negativa. La inflación económica, que se caracteriza por una elevación continua de los precios, es un sistema con retroalimentación positiva. Un sistema como este, termina efectivamente sumando la señal de retroalimentación. (Circuitos adicionales de retroalimentación, como el control legislativo y los impuestos suelen existir para la estabilización del sistema). Se supone que un aumento en el salario de los trabajadores da como resultado un aumento de precios. ¿Bajo qué condiciones podrán estabilizarse los precios mediante la falsificación o retraso de los datos sobre el valor del costo de vida?

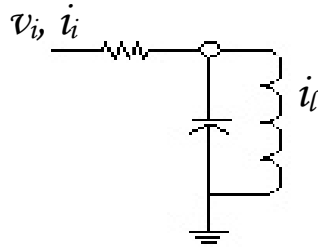


II) Impedancias complejas, ecuaciones diferenciales y funciones de transferencia. OBJETIVOS: Repasar los métodos para obtener funciones de transferencias a partir de EDs en circuitos eléctricos LTI.

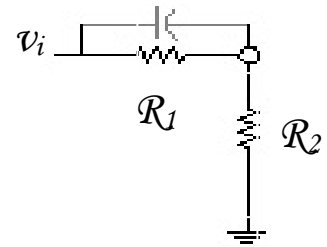
En los siguientes circuitos eléctricos encuentre las funciones de transferencias indicadas, primero a partir de las impedancias complejas involucradas; luego confirme las funciones de transferencias encontrándolas a partir de las ecuaciones diferenciales correspondientes y la aplicación de la transformada de Laplace.



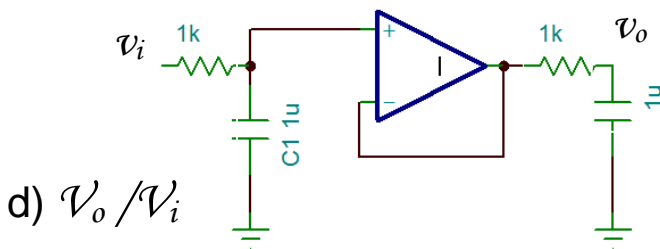
a) I_o/V_i



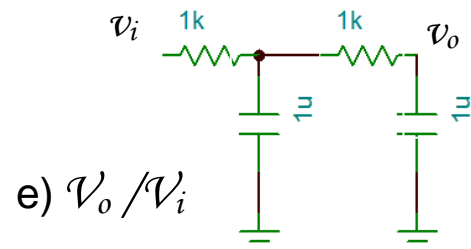
b) $I_l/V_i, I_l/I_i$



c) $I_{r_1}/V_i, I_{r_2}/V_i$



d) V_o/V_i



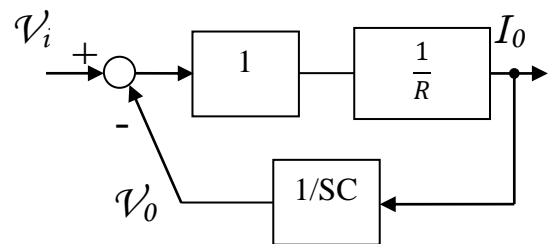
e) V_o/V_i

III. Diagramas de Bloques

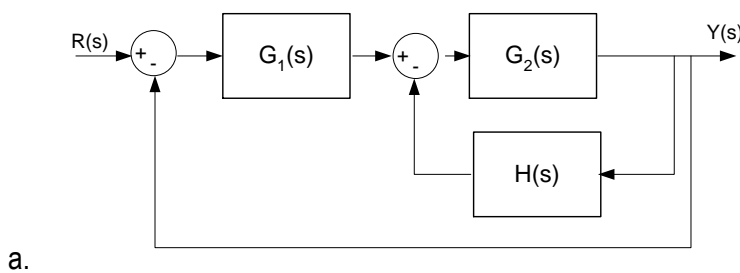
OBJETIVOS: lograr fluidez en expresar las ecuaciones matemáticas integrodiferenciales en forma gráfica empleando diagramas de bloques.

III.a) Para los circuitos y funciones de transferencia del problema II, intente llenar los diagramas de bloques correspondientes a un sistema realimentado. Tome como guía el siguiente esquema, correspondiente al primer circuito (RC).

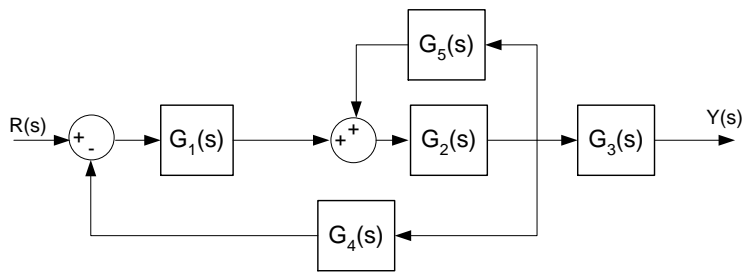
Aclaración: note que si bien estamos considerando a los circuitos como sistemas realimentados, NO significa que sean sistemas de control.



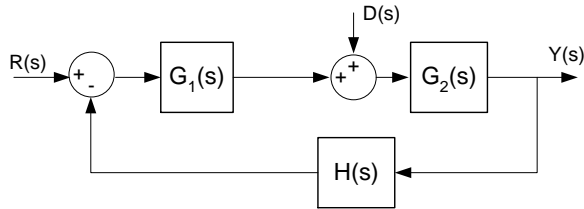
III.b) Reduzca, en la medida de lo posible, los siguientes diagramas de bloques, y encuentra la relación salida/entrada:



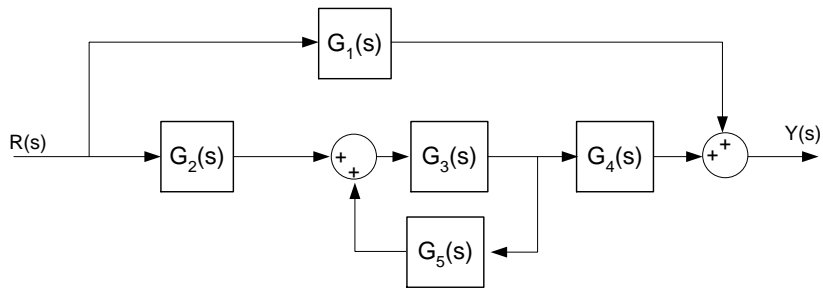
a.



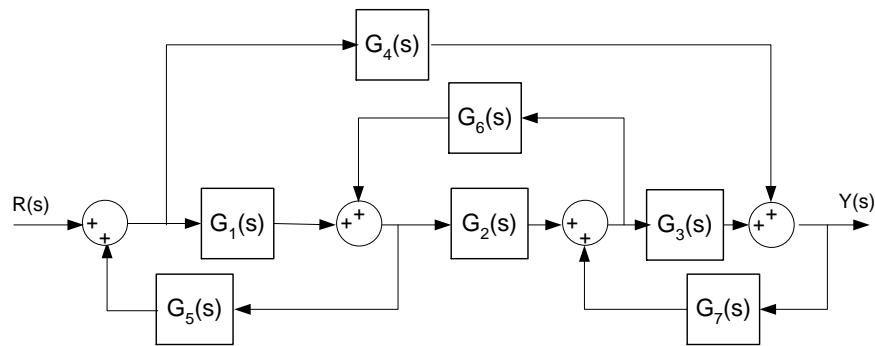
b.



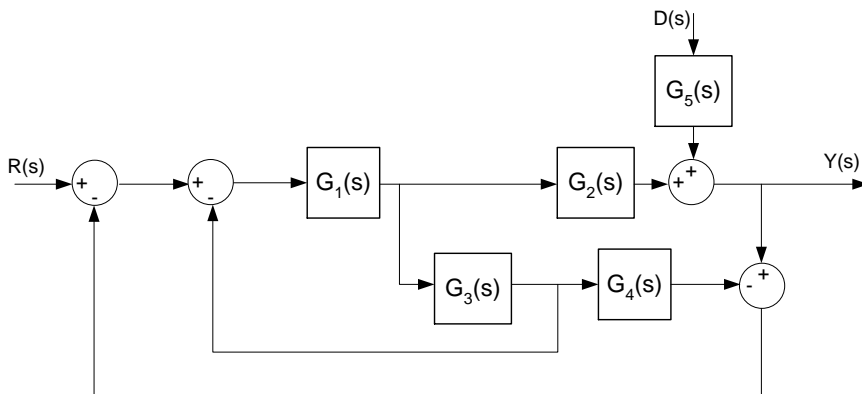
c.



d.



e.



f.

IV. Funciones de transferencia, Plano S, Respuestas en el tiempo y en la frecuencia. OBJETIVOS: Repasar los métodos analíticos para calcular respuestas en el tiempo y en la frecuencia de sistemas LTI. APRENDER el método gráfico (sobre el plano S).

Para cada uno de los circuitos del problema II y de las funciones de transferencia siguientes desarrolle los ítems a, b y c.

1. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{100}{(s+25)}$

2. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{36}{(s+3)^2 + 3^2}$

3. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{36}{s^2 + 11s + 18}$

4. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{450}{(s+25)[(s+3)^2 + 3^2]}$

5. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{0,450}{(s+0,25)[(s+3)^2 + 3^2]}$

6. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{(\frac{s}{2}+1)(\frac{s}{3}+1)}{(s+2)[(s+1)^2 + 1^2]}$

7. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{(s/9+1).100}{(s^2+14.s+100)}$

8. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{10.(s^2+10s+50)}{10(0,1s+1)(s+1)(s+50)}$

9. $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{50(s-10)}{(s+5)(s+100)}$

IV.a) Reescriba las funciones de transferencia encontrando las correspondientes expansiones en fracciones parciales.

Usando las expansiones en fracciones parciales calcule y grafique las respuestas en el tiempo considerando que la señal de entrada es un escalón unitario; es decir: encuentre las anti-transformadas de Laplace $y(t)$. Compruebe los valores iniciales y finales mediante la aplicación de los teoremas del valor inicial y del valor final. Puede verificar con el Matlab usando la función "step".

IV.b) Suponiendo que $U(s)$ es la función escalón de valor 2:

* Dibujar los diagramas polos y ceros que representan a las transformadas de Laplace de las señales de salida, $Y(s)$.

* Encuentre la expresión analítica de la respuesta en el tiempo. Para esto encuentre los residuos (y otros coeficientes) mediante el **método gráfico**. Deje indicado en el diagrama de polos y ceros los ángulos y magnitudes empleadas en los cálculos.

* Para cada caso, según sea la ubicación de los polos indique si alguno de los mismos puede considerarse como "dominante".

IV.c) Valiéndose del reemplazo $S=j\omega$, encuentre al menos 4 puntos de la respuesta en frecuencia (un par en bajas frecuencias, un par en frecuencias elevadas). Verifique con Matlab, usando la función "bode".

IV.d) Verifique el cálculo de los puntos de la respuesta en frecuencias encontrados en el ítem anterior mediante el **método gráfico**

Deje indicado en el plano S los módulos y ángulos correspondientes para uno de esos puntos de la respuesta en frecuencia.

V. Repita el ejercicio "II.a)" tomando en cuenta las condiciones iniciales de tensión y corriente en condensadores e inductores. Referencia: "Engineering circuit analysis" Hayt-Kemmerly-Durbin cap. 15.

VI. MÉTODO DEL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES

OBJETIVOS: practicar con las reglas para la construcción del lugar geométrico de las raíces, e interpretar características a lazo cerrado a partir del diagrama. Observar el efecto de polos o ceros agregados en lazo abierto sobre la ubicación de los polos a lazo cerrado.

VI.a) Para los sistemas de lazo unitario como el mostrado en la figura siguiente. Para construir el LGR use las reglas prácticas de construcción. Puede verificar con el Matlab. (Función útil: rlocus)

i. $\phi(s) = \frac{15}{(s+1)(s+3)(s+5)}$

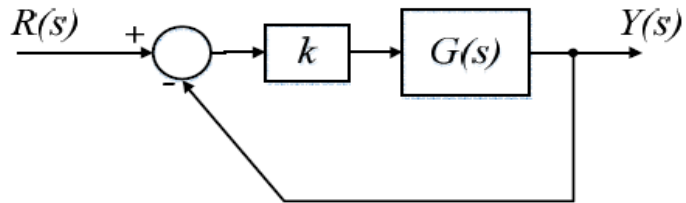
ii. $\phi(s) = \frac{(s+2)(s+6)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$

iii. $\phi(s) = \frac{(s+2)(s+4)}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$

iv. $\phi(s) = \frac{1}{s^2+3s+1}$

v. $\phi(s) = \frac{s^2+2s+12}{s(s^2+2s+10)}$

vi. $\phi(s) = \frac{s+2}{s(s+10)(s^2+2s+2)}$



Además, para cada caso:

- i. Encontrar analíticamente el origen de asíntotas.
- ii. Calcular el ángulo de las asíntotas.
- iii. Calcular según corresponda los puntos de salida o entrada al eje real (puede usar una computadora para calcular las raíces).

VI.b) Para el sistema del ejercicio VI.a.i grafique el lugar geométrico de las raíces para los siguientes casos:

- i. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-30$ y afecte la constante de G por un factor de 10.
- ii. Agregue a $G(s)$ un cero en $s=-30$ y afecte la constante de G por un factor de $1/10$.
- iii. En el sistema del ejercicio 2.a.4:
 - agregue un cero en $s=-5$ y un factor de ganancia igual a 5. Dibuje el LR y luego, haga cada una de las siguientes modificaciones por separado:
 1. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-10$.
 2. Agregue a $G(s)$ un polo en $s=-20$.
- iv. De acuerdo a los resultados obtenidos... ¿Qué puede concluir con respecto al efecto sobre el lugar de las raíces que tienen los polos alejados del origen para valores bajos y para valores elevados de K ?

¿Qué sucedería con la forma del lugar de las raíces si en vez de agregar polos, agregase a la la ganancia de lazo ceros alejados del origen?

Relacione estos fenómenos con el concepto de dominancia, y la técnica de reducción del orden para los modelos de funciones de transferencia que presentan polos y ceros alejados del origen.

- v. En los puntos alejados del origen...¿De qué depende la forma del lugar de las raíces? (Relacionar con la regla de las asíntotas).

VI.c) La ecuación característica de un sistema tiene dos polos en $s=-1$ y un cero en $s=-2$. Hay un tercer polo sobre el eje real localizado en algún sitio a la izquierda del cero. Varios lugares geométricos de raíces diferentes son posibles, dependiendo de la localización exacta del tercer polo. Los casos extremos ocurren cuando el polo se localiza en $-\infty$ ó en $s=-2$. Dibuje los lugares geométricos posibles.
