CONTROL BÁSICO

Facultad de Ingeniería – UNER
Carrera: Bioingeniería
Plan de estudio: 2008

Docentes de la Asignatura:

- Prof. Titular:
  Dr. Bioing. Luciano Schiaffino
- Jefe de Trabajos Prácticos:
  Esp. Bioing. Alejandro M. Massafra
  Dr. Bioing. Esteban Osella
- Auxiliar de Primera :
  Bioing. Carlos Rodolfo Ramirez
- Auxiliares Alumnos:
  Diana Vertiz del Valle
  Ana Inés Aquino Silguero

OBJETIVOS GENERAL

Que el alumno obtenga todos los elementos imprescindibles, para hacer uso, en su vida profesional, de la teoría de control para sistemas lineales a parámetros concentrados, invariables en el tiempo, con ejemplificación y aplicación en equipos y procesos vinculados a la bioingeniería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aprender a realizar modelado dinámico de sistemas reales representables por ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.
- Estudiar los elementos del lazo de control, conocer su tecnología y tener criterio para el diseño básico de un sistema de control a lazo cerrado.
- Aprender a predecir el comportamiento de sistemas realimentados en el campo temporal y frecuencial, aplicándolo a casos particulares de control en los procesos más relevantes de la bioingeniería.
- Adquirir conocimientos sobre el diseño de sistemas realimentados y el estudio de la estabilidad de los mismos.

Requisitos para REGULARIZAR

- **A**probar los 2 parciales con más de 60 % (solo un recuperatorio).
- **T**ener 100 % de asistencia y aprobación de los prácticos de laboratorio (implica concurrir al práctico y aprobar la evaluación correspondiente).
- **T**ener 80 % de asistencia a las clases de problemas por cuatrimestre.

PARCIALES y RECUPERATORIOS

- PRIMER PARCIAL: 02/05/2019
- SEGUNDO PARCIAL: 06/06/2019
- RECUPERATORIO del PRIMER o SEGUNDO PARCIAL: 19/06/2019

BIBLIOGRAFIA

- KATSUHIKO OGATA.- "Ingeniería de Control Moderna"
Editorial: Prentice-Hall
Edición: Quinta
Año: 2010
ISBN 9788483226605

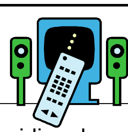
- NORMAN S. NISE – "Sistemas de Control para Ingeniería"
Editorial: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL S.A (CECSA)
Edición: Tercera
Año: 2004
ISBN 9702402549

BIBLIOGRAFIA

- BOLTON W. – "Ingeniería de Control"
Editorial: Alfaomega.
Edición: Segunda
Año: 2009
ISBN 9789701506363

- BENJAMÍN KUO.- "Sistemas de Control Automáticos"
Editorial: Prentice-Hall
Edición: Séptima
Año: 1996
ISBN 9789688807231

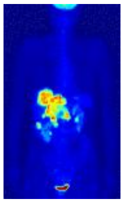
¿Qué es control?



Es la acción o el efecto de poder decidir sobre el desarrollo de un proceso o sistema. También se puede entender como la forma de manipular ciertas variables para conseguir que ellas u otras variables actúen en la forma deseada.

¿Qué es Ingeniería de control?

Es un enfoque interdisciplinario para el control de sistemas y dispositivos. Combina áreas como eléctrica, electrónica, mecánica, química, ingeniería de procesos, teoría matemática entre otras.



SISTEMAS DE CONTROL

- Control a lazo abierto
- Control a lazo cerrado
  - Manual
  - Automático

La función de transferencia

$$Función\ de\ transferencia = \frac{\mathcal{L}[c(t)]}{\mathcal{L}[r(t)]} \qquad \begin{array}{l} c(t) = salida \\ r(t) = entrada \end{array}$$

A Condiciones Iniciales nulas – CI=0

Características de La función de transferencia:

•Solo es aplicable a sistemas descritos por ecuaciones diferenciales lineales invariantes en el tiempo.

•Es una descripción entrada - salida del comportamiento del sistema.

•Depende de las características del sistema y no de la magnitud y tipo de entrada

•No proporciona información acerca de la estructura interna del sistema

Ejemplos de funciones de transferencia

1.- Circuito RL: v(t)→ ENTRADA ; i(t)→ SALIDA

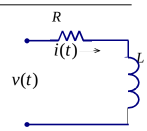


Figura 1. Circuito RL

Utilizando la ley de voltajes de Kirchhoff:

$$v(t) = Ri(t) + L\frac{di}{dt}$$

Aplicando la transformada de Laplace con condiciones iniciales cero:

$$V(s) = RI(s) + LsI(s)$$

la relación corriente voltaje en Laplace, queda:

$$\frac{I(s)}{V(s)} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{L}{R}s + 1}$$

Otro Ejemplo…

2.- Sistema masa amortiguador resorte:
ENTRADA r(t) y SALIDA la posición y(t)

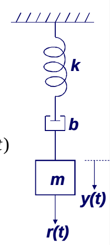


Figura 1. Sistema masa Amortiguador resorte.

Utilizando las leyes de Newton, se obtiene:

$$m\frac{d^2y}{dt^2} + b\frac{dy}{dt} + ky(t) = r(t)$$

donde m es la masa, b es el coeficiente de fricción viscosa, k es la constante del resorte, $y(t)$ es el desplazamiento y $r(t)$ es la fuerza aplicada. Su transformada de Laplace es:

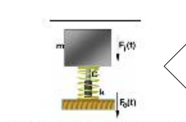
$$m\left(s^2Y(s) - sy(0^+) - y'(0^+)\right) + b\left(sY(s) - y(0^+)\right) + kY(s) = R(s)$$

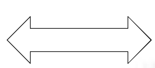
considerando: ⟶ $y'(0^+) = 0,\ \ y(0^+) = 0,$

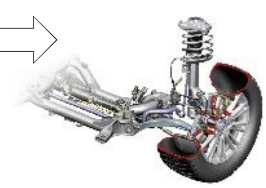
$$ms^2Y(s) + bsY(s) + kY(s) = R(s)$$

La función de transferencia es: $\dfrac{Y(s)}{R(s)} = \dfrac{1}{m.s^2 + bs + k}$

Modelos matemáticos y sistemas reales….

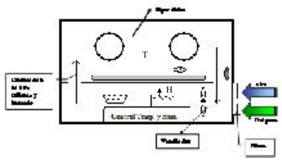






Otro Ejemplo…

Sistema térmico visto como modelo de una incubadora:



$$C\frac{dT}{dt} = \left(H - H_{perdidas}\right) \qquad H_{perdidas} = \frac{(T - T_{ext})}{R}$$

Text: temperatura del ambiente de la habitación donde está la incubadora [ºC].
T: temperatura de la incubadora [ºC].
H: calor entregado por la resistencia eléctrica por unidad de tiempo [Kcal/seg].
C: capacitancia térmica equivalente de la incubadora [Kcal/ºC].
R: resistencia térmica equivalente de pérdida en la incubadora [ºC seg/Kcal].

$$C\frac{dT}{dt} = H - \frac{(T - T_{ext})}{R}$$

$$T(s) = \frac{R}{RCs+1}H(s) + \frac{T_{ext}}{RCs+1}$$

Ejemplo (continuación)

Ajustando el modelo ideal al comportamiento real podemos considerar el siguiente aspecto: Como el sistema desde que se enciende inicialmente (t=0) tarda unos 5 minutos en comenzar a detectar variación la temperatura de la incubadora, supondremos un «tiempo muerto» en la función real. Entonces:

$$T(s) = \frac{R.\,e^{-5.s}}{RCs+1}H(s)$$

DIAGRAMAS DE BLOQUES

Son bloques operacionales y unidireccionales que representan la función de transferencia de las variables de interés.

Consideraciones:

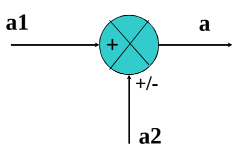
- Tiene la ventaja de representar en forma más gráfica y esquemática el flujo de señales de un sistema.
- Con los bloques es posible evaluar la contribución de cada componente al desempeño total del sistema.
- No incluye información de la construcción física del sistema (Laplace).
- El diagrama de bloques de un sistema determinado no es único.

Diagramas de Bloques

$$Y = G * X$$

Diagramas de Bloques

Elemento Sumador:

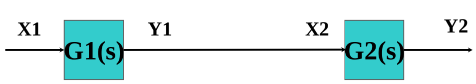


La salida será:

a = a1 +/- a2

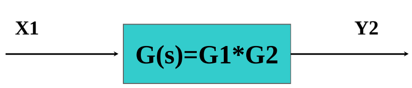
Diagramas de Bloques

Si tenemos dos bloques y los conectamos en SERIE:



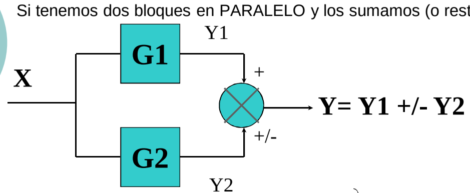
$$G1(s) = \frac{Y1}{X1} \qquad G2(s) = \frac{Y2}{X2}$$

Como Y1=X2 => $G = \frac{Y2}{X1} = \frac{Y2}{X2} * \frac{X2}{X1}$

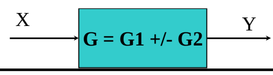


Diagramas de Bloques

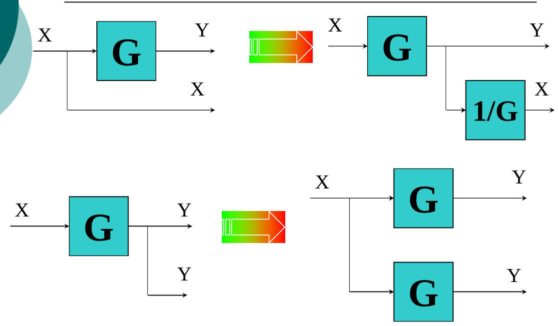
Si tenemos dos bloques en PARALELO y los sumamos (o restamos):



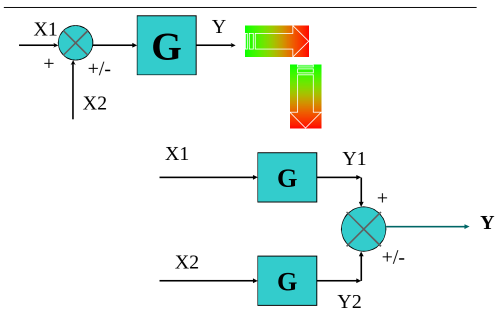
$$\left.\begin{array}{l} Y1 = G1*X \\ Y2 = G2*x \end{array}\right\} Y= (G1 +/- G2) * X$$



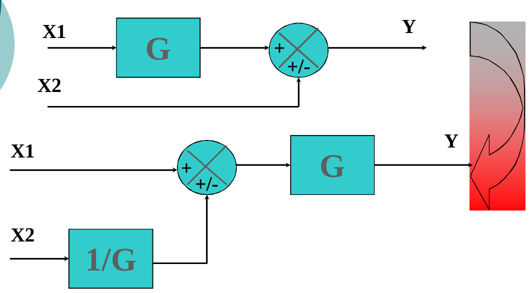
Otras operaciones con bloques:



Otras operaciones con bloques:

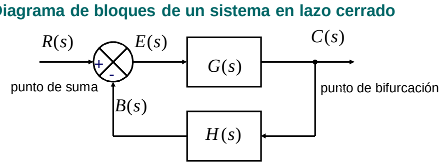


Otras operaciones con bloques:



Diagramas de Bloques

Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado

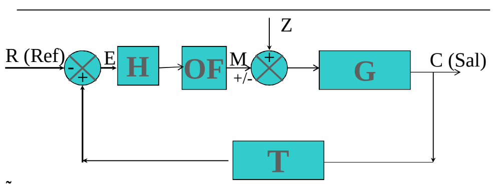


Función de transferencia en lazo abierto $\frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s)$

Función de transferencia trayectoria directa $\frac{C(s)}{E(s)} = G(s)$

Función de transferencia lazo cerrado $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$

Componentes y señales de un Lazo de Control en bucle cerrado



SEÑALES:

R= Entrada de Referencia o consigna

E= Error

M= Variable Manipulada

C= Salida o Variable Controlada

Z= Pertubación Externa al Sistema, Carga o Ruido

COMPONENTES:

H= Regulador o Controlador

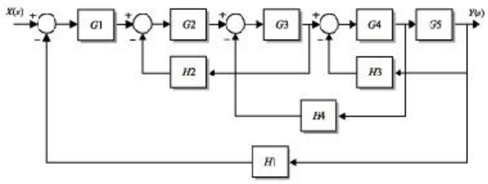
OF= órgano de acción final

G= Planta

T= Sensor y transductor

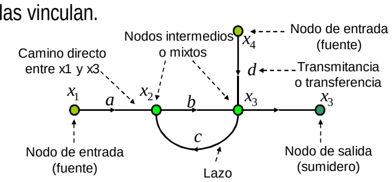
Diagramas de Bloques

Resuelva el siguiente diagrama de bloques



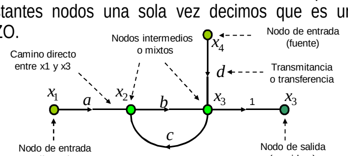
Diagramas de Flujo: Definición

Es una forma de representar esquemáticamente un sistema en función de las señales que interactúan en el mismo (entradas, salidas y señales intermedias) considerando el flujo (sentido) de ellas y las funciones de transferencias que las vinculan.



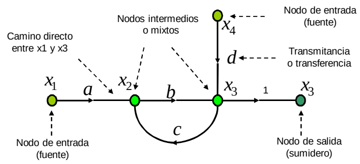
Diagramas de Flujo: Componentes

- Nodo: Es representado por un punto y define una señal (esta puede ser de entrada, salida o intermedia).
- Transmitancia: Es representada por una flecha orientada que une dos nodos. Define la función de transferencia que vincula a los 2 nodos o señales.
- Trayecto o Camino: Es un recorrido en el sentido de las flechas que une dos nodos o variables. Si solo toca los nodos una vez decimos que es un camino ABIERTO , si finaliza en el mismo nodo del cual partió pasando por los restantes nodos una sola vez decimos que es un camino cerrado o LAZO.

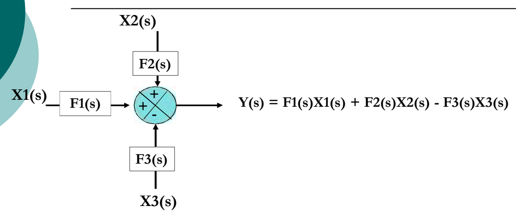


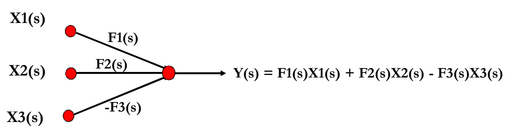
Diagramas de Flujo: Componentes

- Lazos Disjuntos : Aquellos lazos que no tienen nodos en común.
- Trayecto o camino Directo: Son los camino o trayectorias, en el sentido de las flechas, que unen un nodo de entrada con uno de salida.
- Ganancia de un Camino o Lazo: representa el producto de las transmitancias a medidas que recorremos la trayectoria.



Suma de Señales





Resolución de un Diagrama de Flujo de Señales
Fórmula de ganancia de Mason

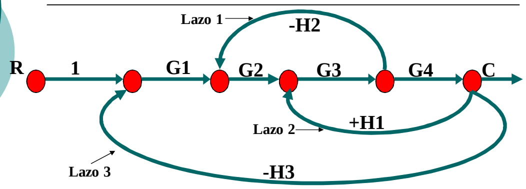
$$G(s) = \frac{1}{\Delta}\sum_k P_k \Delta_k$$

G es la Función de Transferencia de todo el sistema.
P_k es la transmitancia del *k*-ésimo camino directo.
Δ es el determinante del diagrama
Δ = 1- (suma de todas las ganancias de lazos individuales)+(suma de los productos de las ganancias de todas las posibles combinaciones de dos lazos que no se tocan)-(suma de los productos de ganancias de todas las posibles combinaciones de tres lazos que no se tocan)+...

$$= 1 - \sum_n L_n + \sum_{m,q} L_m L_q - \sum L_r L_s L_t + \cdots$$

Δ_k Es el cofactor o adjunto del k-ésimo camino directo.

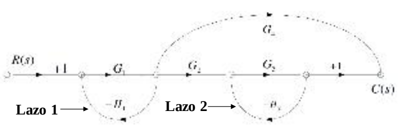
Ejemplo a resolver: encuentre C(s)/R(s)



El único camino de R a C es p1 = G1 * G2 * G3 * G4

Los Lazos son:
- L1 = - G2 * G3 * H2
- L2 = + G3 * G4 * H1
- L3 = - G1 * G2 * G3 * G4 * H3

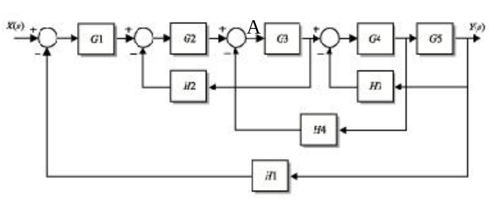
Otro ejemplo para resolver: encuentre C(s)/R(s)



Dos caminos de R a C es p1 = G1 * G2 * G3
p2 = G1 * G4

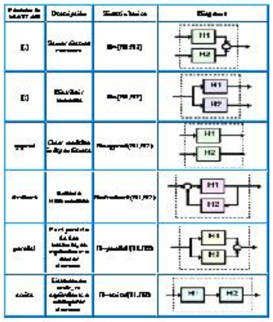
Los Lazos son
- L1 = - G2 * G3 * H2
- L2 = + G3 * G4 * H1

Convierta en Diagrama de Flujo y Resuelva aplicando MASON



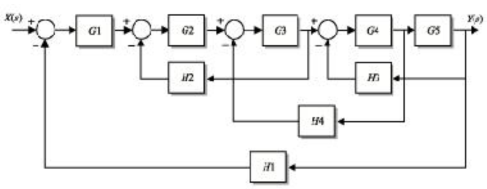
Encontrar Y(s)/X(s) y A(s)/X(s)

Resolución de Bloques mediante MATLAB



Para RESOLVER mediante MATLAB

Encuentre la Función de Transferencia Y(s)/X(s) y la respuesta temporal gráfica ante un escalón unitario



$$G1 = 30 \;;\; G2 = 2 \;;\; G3 = \frac{1}{s(s+2)} \;;\; G4 = \frac{2}{s+3} \;;\; G5 = \frac{1}{s+2}$$

$$H1 = \frac{2}{(s+6)} \;;\; H2 = 0.1 \;;\; H3 = \frac{s}{(s+1)} \;;\; H4 = \frac{10(s+1)}{(s+2)(s+5)}$$

FIN !!!!

Dudas ……

Preguntas ????