

Práctico de Laboratorio: Sistema de Rehabilitación Muscular

Objetivos:

- ❖ Implementar en circuitos electrónicos modelos análogos a modelos físicos.
- ❖ Realizar un estudio teórico-práctico de un sistema de segundo orden.
- ❖ Familiarizarse con los conceptos de relación de amortiguamiento (ζ), frecuencia natural amortiguada (ω_d) y no amortiguada (ω_n) de los sistemas de segundo orden.
- ❖ Obtener los parámetros de un sistema real observando su respuesta ante un estímulo dado.
- ❖ Simular circuitos activos para observar el comportamiento real de los sistemas.
- ❖ Observar los diferentes tipos de respuestas ante un estímulo dado, de acuerdo a la dominancia en sistemas de tercer orden

Elementos a utilizar:

- ❖ Plaqueta de experimentación.
- ❖ Generador de funciones.
- ❖ Componentes electrónicos necesarios para su diseño:
 - Capacitores cerámicos de $0,01\mu\text{F}$ (104)
 - Resistencias: $10\text{k}\Omega$, $100\text{k}\Omega$, $180\text{k}\Omega$. Potenciómetro de $1\text{ M}\Omega$.
- ❖ Fuente partida de Alimentación.
- ❖ Osciloscopio.
- ❖ Computadora con algún software de simulación de circuitos, se recomienda MULTISIM.

PRIMERA PARTE: Análisis de un Sistema de Primer Orden

Desarrollo:

En la figura 1 se observa un diagrama simplificado de un dispositivo para la rehabilitación muscular del miembro superior, representado mediante un sistema Hombre-Resorte.

El dispositivo consta de un resorte (constante de proporcionalidad k) sujeto por un extremo a un soporte rígido y restringido por guías de forma que solo puede moverse en dirección vertical. Las guías presentan en sus extremos una fricción viscosa y actúan como un amortiguador.

El hombre representado aplica una fuerza F al resorte estirándolo una cantidad y que puede medirse en la escala de la derecha. Cuando no se aplica ninguna fuerza ($F = 0$) el resorte está en la posición de reposo, correspondiente al 0 en la escala.

En términos del análisis de este sistema, la entrada es F y la salida es y .

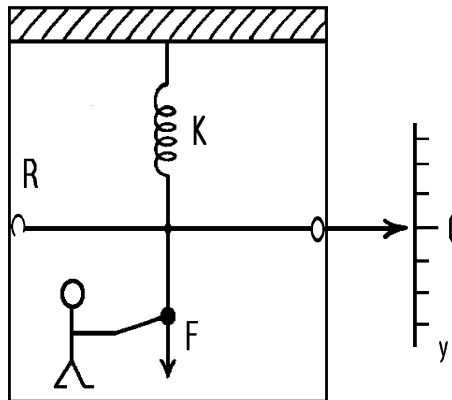


Figura 1

1. Determinar la función de transferencia $Y(s)/F(s)$. Considere:

$R = 0.47 \text{ kg/s}$ (coeficiente de fricción viscosa)

$k = 10 \text{ N/m}$ (constante del resorte)

Tener en cuenta que, en cada instante de tiempo, la fuerza que produce el movimiento es igual a la suma de las fuerzas que se oponen al mismo.

Las fuerzas opositoras en nuestro sistema son la fuerza generada por el resorte, que sigue la ley de Hook, y la fuerza correspondiente a la fricción viscosa que es proporcional a la velocidad.

De la función de transferencia encontrada, identificar los parámetros de la misma:

K: Ganancia

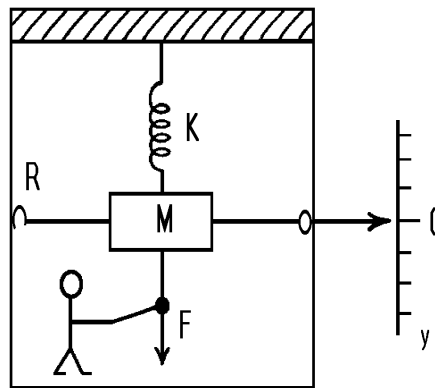
T: Constante de tiempo

2. Diseñar e implementar un circuito electrónico activo con operacionales inversores, sumadores e integradores que represente dicha función de transferencia.
3. Obtenga la respuesta ante una entrada escalón y verifique los parámetros del sistema.
4. Simular en algún programa de su preferencia el circuito diseñado y comparar con lo obtenido en el punto anterior.

IMPORTANTE: No desarme el circuito diseñado ya que será utilizado en el desarrollo de la segunda parte del laboratorio.

SEGUNDA PARTE: Sistemas de Segundo y Tercer Orden

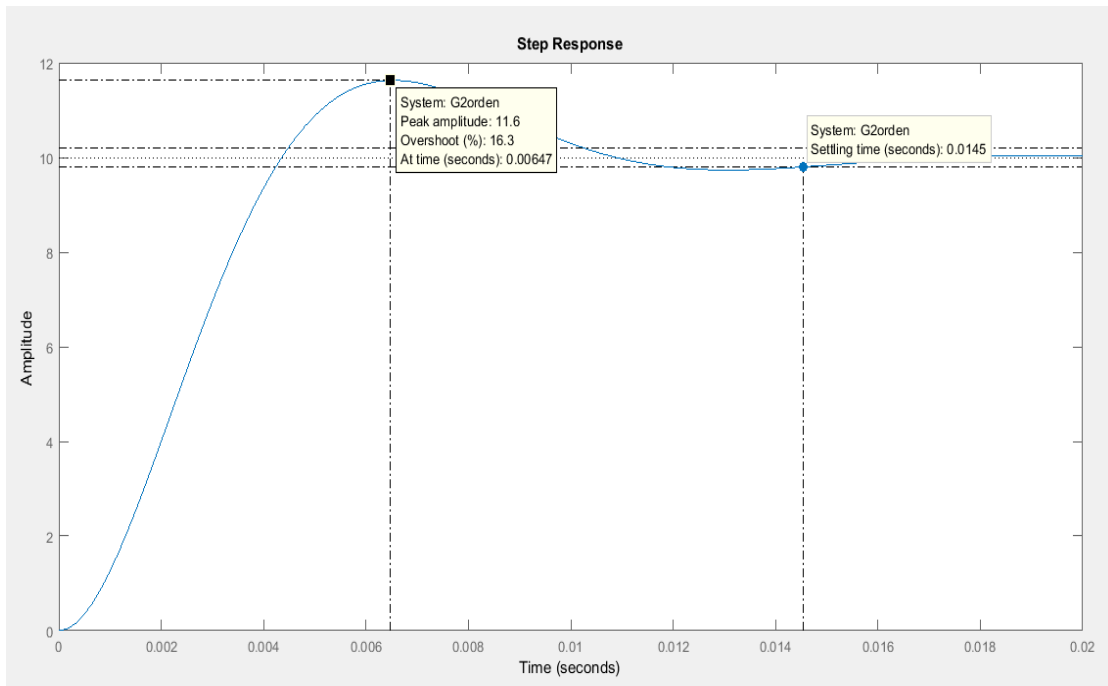
Desarrollo:



Partiendo del sistema anterior si colocamos una masa m en la punta libre del resorte, y reajustamos la escala de manera que ésta lea 0 cuando solamente esté actuando la fuerza de la gravedad, aparece una nueva fuerza debido a la acción de la masa, que, de acuerdo a la segunda ley de Newton, es proporcional a la aceleración con lo que tendremos entonces un sistema de segundo orden:

$$F = m * \frac{d^2 y}{dt^2} + R * \frac{dy}{dt} + k * y$$

Si la respuesta del sistema ante un estímulo de tipo escalón es la siguiente:



NOTA: Traer el circuito armado y simulado a la clase.

Parte 1: Sistema de Segundo Orden

1. Obtener la función de transferencia del sistema a través de los datos de la gráfica.
2. Diseñar y simular en algún programa de su preferencia el circuito electrónico activo que represente dicha función de transferencia.
3. Arme el circuito y estimúlelo con una entrada escalón para verificar los parámetros de diseño

Parte 2: Sistema de Orden Superior

4. Conecte el circuito de segundo orden implementado en cascada con el sistema de primer orden realizado en la clase de laboratorio anterior. Observe el comportamiento del sistema completo ante una entrada escalón y verifique mediante simulación. ¿Observa un comportamiento de primer o segundo orden?
5. Seleccione la resistencia correcta en el circuito de primer orden para cambiar la constante de tiempo y que la misma sea de $T=0.1[\text{ms}]$ (sin cambiar el capacitor), observe el comportamiento del sistema. (RECOMENDACIÓN: utilizar un potenciómetro)
6. Compare la respuesta del sistema en las dos situaciones y saque conclusiones.