UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

LABORATORIO DE INGENIERÍA DE CONTROL

PRACTICA N° 5

ANÁLISIS DE LA RESPUESTA TRANSITORIA DE SISTEMAS DE PRIMER ORDEN

OBJETIVO

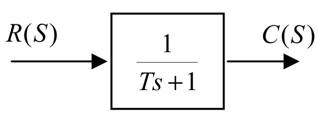
Hacer uso de los comandos de *matlab* y *simulink* para analizar la respuesta transitoria de un sistema de control de primer orden.

INTRODUCCION

Por respuesta transitoria se refiere al comportamiento que tiene el sistema cuando va del estado estacionario inicial al estado estacionario final.

Las características de respuesta transitoria tales como tiempo de subida , tiempo pico, máximo sobreimpulso, tiempo de asentamiento y error en estado estable se pueden determinar a partir de la respuesta a un cambio en su entrada.

Considere el sistema de primer orden de la figura.



La función de transferencia del sistema es

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts+1}$$

La respuesta para una entrada escalón unitario $R(S) = 1/s$ sería

$$C(S) = \frac{1}{Ts+1}\frac{1}{s}$$

Si tomamos la transformada inversa de Laplace de $C(s)$ nos quedaría.

$$C(t) = 1 - e^{-t/T}$$

T se le denomina constante de tiempo del sistema y es el tiempo que tarda la respuesta del sistema en alcanzar el 63.2% de su valor estacionario. La constante de tiempo es una medida de la velocidad de repuesta del sistema. Cuando más pequeña es la constante de tiempo más rápida es la respuesta del sistema. El tiempo de respuesta del sistema (tiempo de asentamiento) es el tiempo que tarda el sistema en alcanzar el 98% de su valor estacionario, o sea que después de ese tiempo las variaciones de la respuesta son menores al 2% de su valor estacionario.

Utilizando comandos del MATLAB

Para generar la gráfica de respuesta al escalón unitario, se utiliza el comando *step*

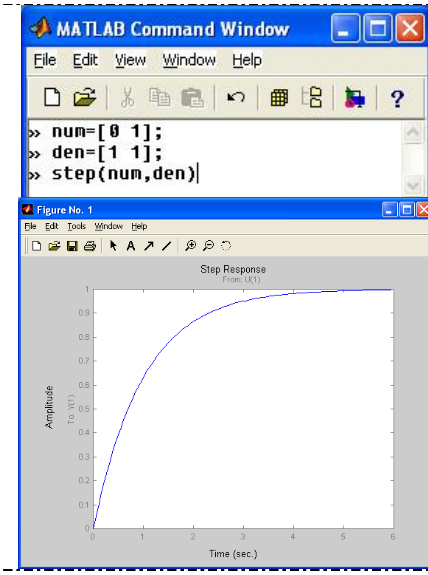
step(num,den)
step(num,den,t)

donde *num* es el polinomio del numerador y *den* es el polinomio del denominador, *t* es el vector de tiempo especificado por el usuario.

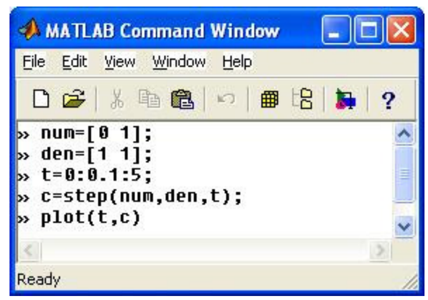
Ejemplo:
Crear la siguiente función de transferencia

$$G = \frac{1}{s+1}$$

y graficar su respuesta en el tiempo al escalón unitario.



La expresión *c=step*(num,den,t) lo que hace es almacenar los valores de la respuesta en la variable *c*, en lugar de graficarlos, tantos puntos como lo especifique la variable *t*, posteriormente se pueden graficar los puntos con el comando *plot*



Lo que se está obteniendo con el comando *step* es la transformada inversa de Laplace $\mathscr{L}^{-1}$ de la función de transferencia a la cual se le ha agregado un escalón unitario.

$$\mathscr{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+1}\,\frac{1}{s}\right\}$$

Para generar la gráfica de respuesta al impulso unitario, se utiliza el comando *impulse*

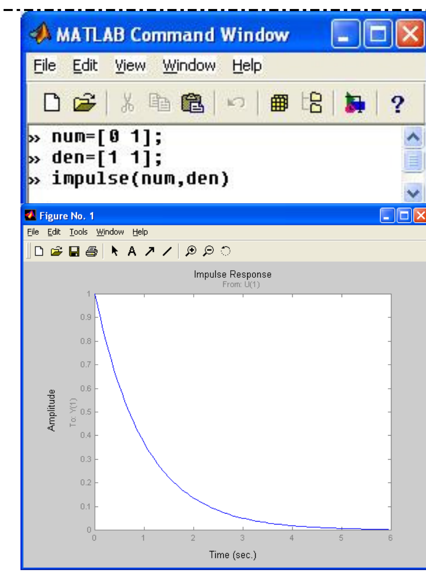
impulse(num,den)
impulse(num,den,t)

donde *num* es el polinomio del numerador y *den* es el polinomio del denominador, *t* es el vector de tiempo especificado por el usuario.

Ejemplo:
Crear la siguiente función de transferencia

$$G = \frac{1}{s+1}$$

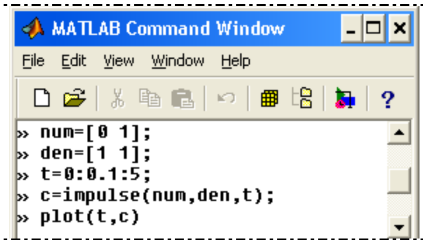
y graficar su respuesta en el tiempo a un impulso unitario.



Lo que se está obteniendo con el comando *impulse* es la transformada inversa de Laplace $\mathscr{L}^{1}$ de la función de transferencia únicamente ya que la entrada es unitaria.

$$\mathscr{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+1}\right\}$$

La expresión *c=impulse*(num,den,t) funciona de la misma manera que comando *c=step*(num,den,t)



Para obtener la respuesta en el tiempo de la función G para una entrada rampa unitaria, se puede utilizar el comando *impulse*, donde la función G se multiplica por la entrada para la cuál se quiere analizar (entrada rampa $1/s^2$), se multiplica por la entrada ya que el comando *impulse* no le agrega nada adicional a la función.

$$\frac{C(s)}{R(s)}=G \qquad C(s)=G\,R(s)=\left(\frac{1}{s+1}\right)\frac{1}{s^2}$$

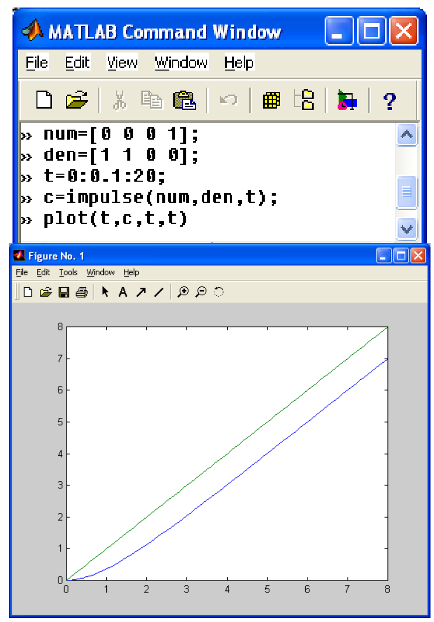
$$\frac{1}{s+1}\ \frac{1}{s^2}=\frac{1}{s^2(s+1)}=\frac{1}{s^3+s^2}$$

Con esto se tienen dos nuevos polinomios del numerador y denominador

Ejemplo:
Crear la siguiente función de transferencia

$$G=\frac{1}{s+1}$$

y graficar su respuesta en el tiempo para una rampa unitaria.



Nota: Con este comando podemos obtener la respuesta en el tiempo de cualquier función con cualquier tipo de entrada.

El comando *hold* sirve para mantener la gráfica anterior al graficar una nueva, con esto se obtiene varias graficas en una misma ventana. Se ejecuta una sola vez para activarlo, si se vuelve a ejecutar se desactiva la opción.

REPORTE

Utilizando comandos del MATLAB.

1. Genere las siguientes funciones de transferencia:

$$G1 = \frac{1}{2s+1} \qquad G2 = \frac{0.2}{s+0.2} \qquad G3 = \frac{0.2}{2s+0.2}$$

Sugerencia: Las funciones $G1, G2\ y\ G3$ se pueden almacenar en *num1, den1, num2, den2 y num3, den3* respectivamente.

2. Grafique las tres respuestas $(G1, G2, G3)$ para una entrada escalón unitario (*step*) en una sola gráfica, para un tiempo de respuesta de 0 a 50 con incrementos de 0.1 y compárelas.

3. Obtenga las constantes de tiempo de cada una de las funciones $(G1, G2, G3)$

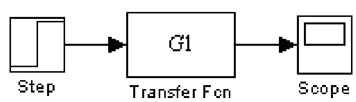
4. ¿Que sistema tiene la respuesta más rápida y cuál la más lenta?

5. Grafique las tres respuestas para una entrada impulso unitario con el comando *impulse* para el mismo tiempo de respuesta.

6. Grafique las tres respuestas para una entrada rampa unitaria $R(s) = 1/s^2$, utilizando el comando *impulse*.

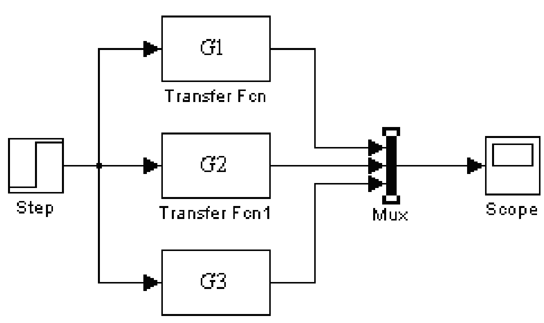
Utilizando el *simulink* para obtener la respuesta en el tiempo.

1. Modele el siguiente diagrama de bloques, simúlelo y obtenga su grafica de respuesta en el tiempo para una entrada escalón unitario, ajuste el tiempo de inicio del escalón a cero.

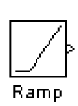


2. Modele el diagrama de bloques para las funciones de transferencia $G2\ y\ G3$, simúlelos y obtenga las gráficas de respuestas en el tiempo para una entrada escalón unitario, ajuste el tiempo de inicio del escalón a cero.

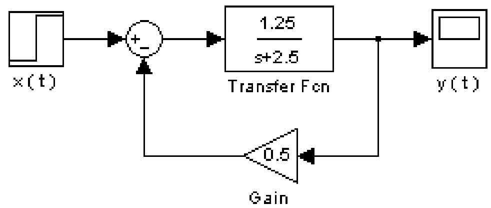
Obtenga las 3 señales juntas en el osciloscopio, utilizando el bloque *mux* ubicado en la biblioteca *Signals & Systems,* modifique sus parámetros para recibir 3 entradas. Utilice un tiempo de simulación de 0 a 50.



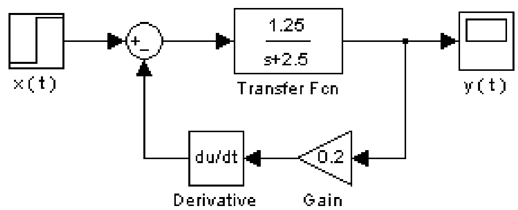
3. Cambie el escalón por una entrada rampa unitaria, simúlelo y obtenga sus respuestas.



4. Modele el siguiente sistema de control y obtenga la respuesta $y(t)$ para un tiempo de 0 a 3 seg. para una entrada $x(t)$ escalón unitario, que inicia en $t=0$.



5. Modifique el modelo anterior agregando una realimentación de velocidad en el sistema de control y obtenga la respuesta $y(t)$ para un tiempo de 0 a 3 seg. para una entrada $x(t)$ escalón unitario, que inicia en $t=0$.



6. Calcule en forma aproximada de la gráficas de respuesta, la constantes de tiempo de los sistemas de control obtenidas en los puntos 4) y 5).

7. Conclusiones