FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES

U.N.C.

Cátedra de Sistemas de Control ll

Año 2024

Informe de Trabajo Práctico

Alumna: Guadalupe Vega

Docente: Ing. Laboret

Función de transferencia para tiempo continuo

Con los siguientes valores asignados se trabajó con el sistema a lazo abierto, con la finalidad de obtener su función de transferencia:

- Polo 1 = -2
- Polo 2 = 0
- Ganancia = 5
- Sobrepaso = 10
- Tiempo de Muestreo = 0,06
- Tiempo de establecimiento con el criterio del 2% = 2
- Error = 0

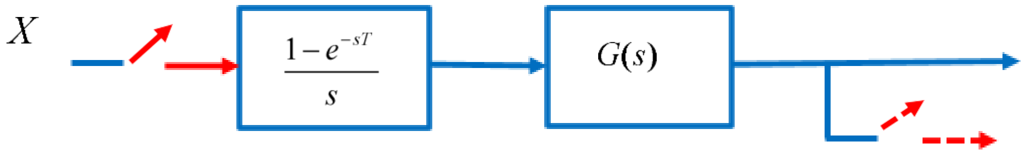


Fig 1: Sistema a Lazo Abierto

La función de transferencia del sistema es:

$$G(s) = \frac{K}{(s-p1)(s-p2)} = \frac{5}{s(s+2)}$$

Luego, podemos hallar la función de transferencia discreta de lazo abierto mediante el comando Gd = c2d(G,Tm,'zoh'), que realiza la conversión desde la función continua a discreta con un periodo de muestreo Tm y con el retentor Z0H.

$$G_d(z) = \frac{0.0086505\,(z+0.9608)}{(z-1)\,(z-0.0069)}$$

Mapa de polos y ceros

Al discretizar la función, con el Tm dado, vemos que aparece un cero, por lo tanto, el mapa de polos y ceros nos queda:

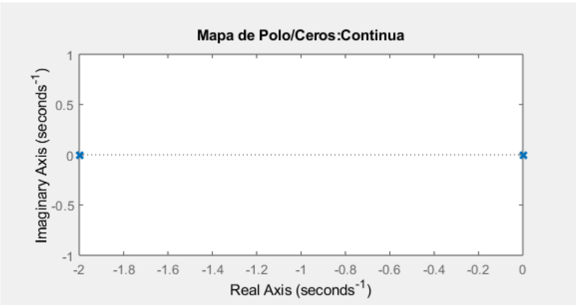


Fig 2: Mapa P/Z del Sist. continuo

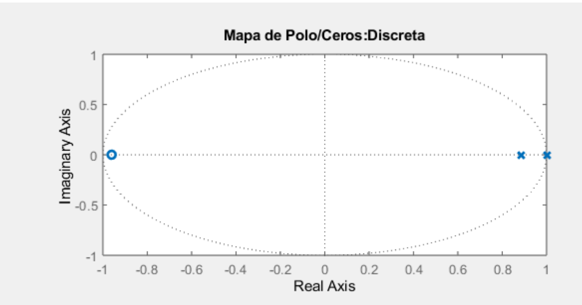


Fig 3: Mapa P/Z del Sist. discreto

Se puede ver que los polos y el cero se encuentran dentro del círculo unitario y sobre el círculo unitario, por lo que se tiene un polo estricto (dentro del círculo unitario) y un polo marginal (sobre el círculo unitario). Ahora, si se multiplica el periodo de muestreo por 10, nuestro periodo de muestreo pasa a ser Tm = 0.6 [s], por lo tanto, entonces la frecuencia de muestreo es ffm = 1,667 [Hz].

Esto es perjudicial para el análisis, pues no se podrá capturar el comportamiento del sistema original, tendrá una frecuencia de oscilación que debe ser la mitad de la del Tm y se generará un aliasing:

$$G_{d1}(z) \;=\; \frac{0.62649\,(z+0.6731)}{(z-1)\,(z-0.3012)}$$

En el mapa de polos y ceros observamos que ambos se cambian su valor, acercándose al eje imaginario:

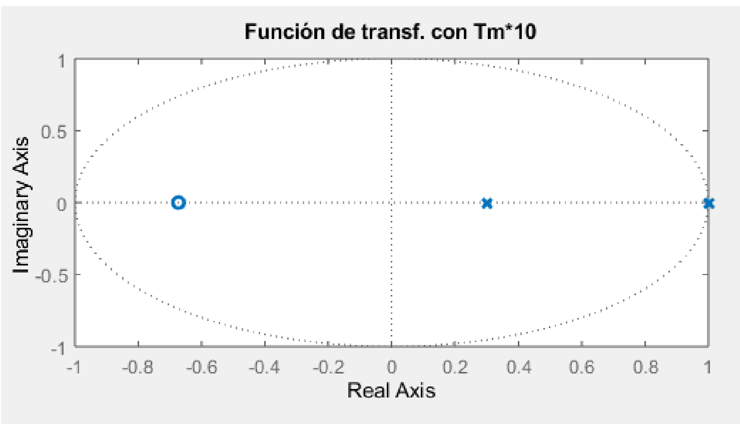
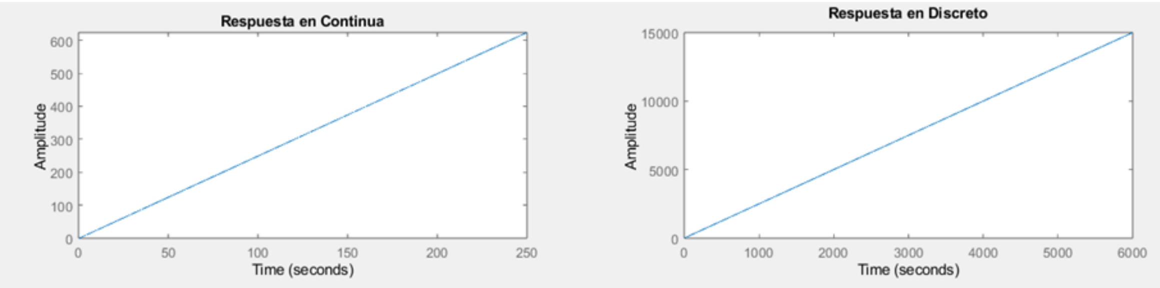


Fig 4: Mapa de Polos y Ceros con Tm10

Estabilidad

La estabilidad del sistema depende de que ambos polos se encuentren dentro del círculo unitario, lo cual no ocurre, entonces podemos considerar que el sistema es marginalmente estable. Un polo sobre el círculo unitario podría indicar oscilaciones persistentes, mientras que un polo dentro del círculo unitario tiende a la estabilidad, aunque es un punto crítico.

También podemos observar la respuesta al escalón y vemos que no presenta oscilaciones.

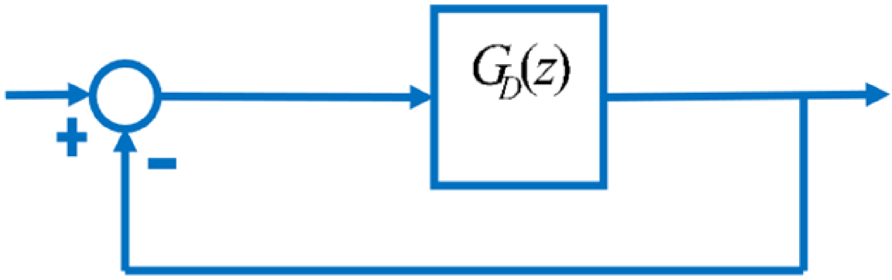


A continuación, se adjunta el código utilizado hasta el momento:

```
clear all; close all;

%Función de transferencia continua G(s)
P = [-2 -0];                % Polos
K = [5];                    % Ganancia
Sp = 10;                    % Sobrepasamiento

G  = zpk([],P,K)            % Funcion de transferencia
Tm = 0.06;                  % Tiempo de muestro
Gd = c2d(G,Tm,'zoh')         % FdT discreta
Gd1 = c2d(G,10*Tm,'zoh')  % Multiplicar Tm*10


figure
subplot(2,2,1)
pzmap(G)
title('Mapa de Polo/Ceros:Continua')
resaltarPZ();
subplot(2,2,2)
pzmap(Gd)
title('Mapa de Polo/Ceros:Discreta')
resaltarPZ();
subplot(2,2,3)
step(Gd)
title('Respuesta al escalon')

subplot(2,2,4)
pzmap(Gd1)
title('Función de transf. con Tm*10')
resaltarPZ();

figure
subplot(2,2,1)
```

```
step(G)
title ('Respuesta en Continua')
subplot(2,2,2)
step(Gd)
title('Respuesta en Discreto')
```

Análisis para el sistema discreto con realimentación unitaria

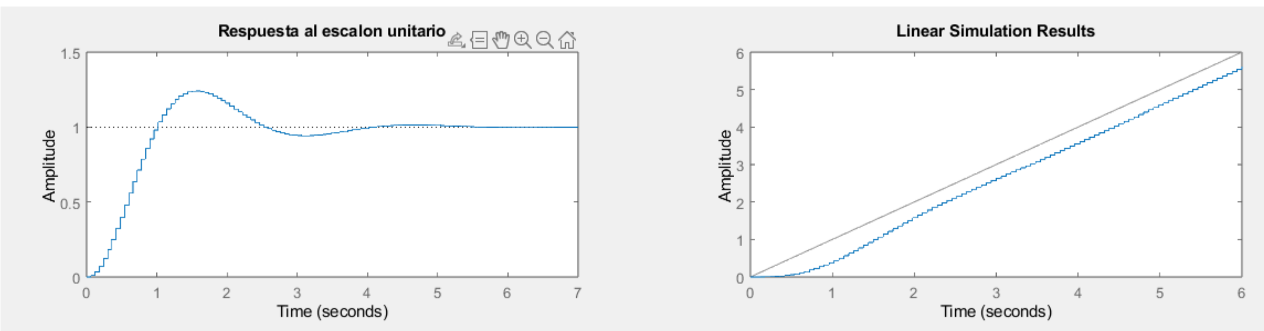


$$K_p = \lim_{z\to 1} G_d(z) = \infty \rightarrow e_{ss} = \frac{1}{1+K_p} = 0$$

Para una entrada de escalón unitario el error estacionario tiende a cero, por lo que el sistema es capaz de seguir la rampa y alcanzar un estado estacionario.

$$K_v = \frac{1}{T}\lim_{z\to 1} [(z - 1)G(z)] = \infty \rightarrow e_{ss} = \frac{1}{K_v} = 0$$

Este comportamiento indica que el sistema tiene un error de tipo cero para una entrada de rampa unitaria. Entonces el sistema puede rastrear y seguir la entrada de rampa sin generar un error constante en estado estacionario, lo que implica que la respuesta del sistema converge hacia la entrada deseada a medida que el tiempo avanza.

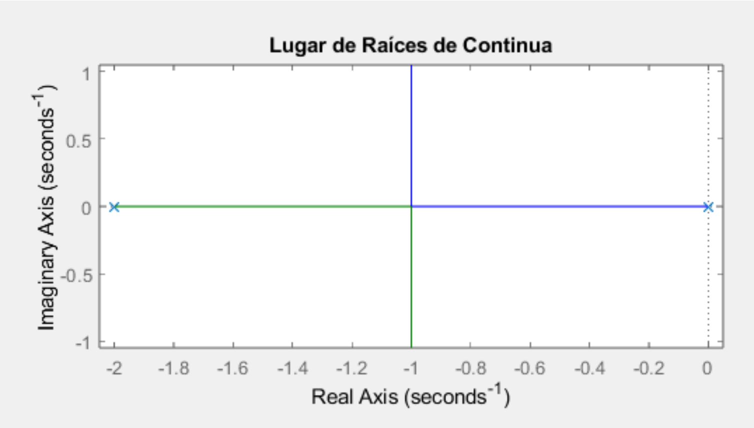


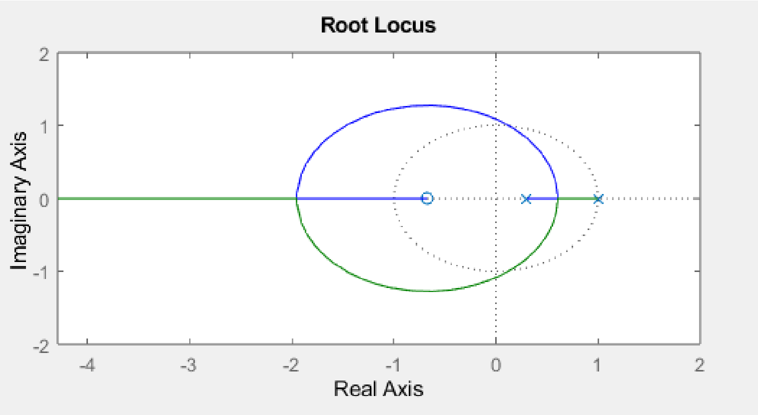
El código utilizado fue el siguiente:

```
Kp = dcgain(Gd)           % Error de posicion Kp
F  = feedback(Gd,1)       % Funcion con relimentacion unitaria
ess = 1/(1+Kp)            % Error en estado estacionario

figure
subplot(2,2,1)
step(F)                   % Respuesta al escalon sist realimentado
title('Respuesta al escalon unitario')

t = 0:Tm:100*Tm;          % Rampa
subplot(2,2,2)
lsim(F,t,t)               % Respuesta a rampa sist realimentado

%Calculo de Kv y error debido a rampa
Kv = dcgain(Gd)
ess1 = 1 / Kv

subplot(2,2,3)
rlocus(G)                 % Lugar de raíces FdT continua
title('Lugar de Raíces de Continua')

subplot(2,2,4)
rlocus(Gd)                % Lugar de raíces FdT discreto
title('Lugar de Raíces de Discreta')

[Gm,Pm] = margin(Gd)      % Ganancia crítica y margen de fase

rlocus(Gd1)              % LDR del sistema discreto Tm*10
[Gm1,Pm1] = margin(Gd1)



function resaltarPZ()
    % Encontrar los objetos de línea que representan los polos y ceros
    h = findobj(gca,'Type','Line');
    % Cambiar el espesor para resaltar los polos y ceros
    set(h,'LineWidth',2)
end
```

Lugar de Raíces

Analizamos el comportamiento del sistema a través de su lugar de raíces, graficando obtenemos:





Podemos observar que en el sistema continuo es marginalmente estable. La ganancia crítica de estabilidad del sistema discreto, la podemos observar gráficamente en el cruce con el círculo unitario o podemos utilizar la función “margin(Gd)” en Matlab que nos devuelve el valor:

$$G_m = 13,6054$$

cualquier valor mayor que esa ganancia el sistema discretizado pasará a ser inestable. Como nuestra ganancia Kp = 5, es estable.

Si se aumenta 10 veces el tiempo de muestreo original, raíces podemos observar que la relatividad relativa disminuye, y el valor de la ganancia crítica disminuye hasta:

$$G_{m1} = 1,6571$$