UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CONTROL
TALLER 1. PROBLEMAS ASOCIADOS AL CAPÍTULO 3

Yoli Milena Cely Gómez 2202607

Luis Felipe Narvaez Gómez

Camilo Alberto Reyes Muñoz

1. Investigue que son las aproximaciones de padé, su instrucción en Matlab, y de un ejemplo de aplicación con Matlab (Fundamentos de control/con Matlab-Sección 5.14).
   Las aproximaciones de padé son utilizadas para evitar el retardo en la función de transferencia de un sistema generara errores debido al carácter no lineal del termino e^{-Ts} y de convertirlo en una función racional de la forma:

$$e^{-Ts} = \frac{e^{-\frac{Ts}{2}}}{e^{\frac{Ts}{2}}} = \frac{1 - \frac{Ts}{2} + \frac{1}{2!}\left(\frac{Ts}{2}\right)^2 - \cdots}{1 + \frac{Ts}{2} + \frac{1}{2!}\left(\frac{Ts}{2}\right)^2 + \cdots}$$

   El comando padé en Matlab, al que se le pasan como argumentos la función de transferencia con retardo y el número de los que constara la serie con la que se desea realizar la aproximación. Como se muestra acontinuación:

```
>> Gr                              % sistema ya definido con retardo de 0.5 segundos
 Transfer function:
                   1
exp(-0.5*s) * -----------
               0.5 s + 1

>> G_aprox1=pade(Gr,1)             % aproximación con orden uno de truncamiento
 Transfer function:
        -s + 4
-------------------
0.5 s^2 + 3 s + 4

>> G_aprox2=pade(Gr,2)             % aproximación con orden dos de truncamiento
Transfer function:
        s^2 - 12 s + 48
-----------------------------
0.5 s^3 + 7 s^2 + 36 s + 48
```

```
s = tf('s');
sys = exp(-0.5*s)*(1/((0.5*s)+1))
s_aprox1 = pade(sys,1)
s_aprox2 = pade(sys,2)
```

```
sys =

                   1
  exp(-0.5*s) * ---------
               0.5 s + 1

Continuous-time transfer function.


s_aprox1 =

       -s + 4
  -----------------
  0.5 s^2 + 3 s + 4

Continuous-time transfer function.


s_aprox2 =

       s^2 - 12 s + 48
  ---------------------------
  0.5 s^3 + 7 s^2 + 36 s + 48
```

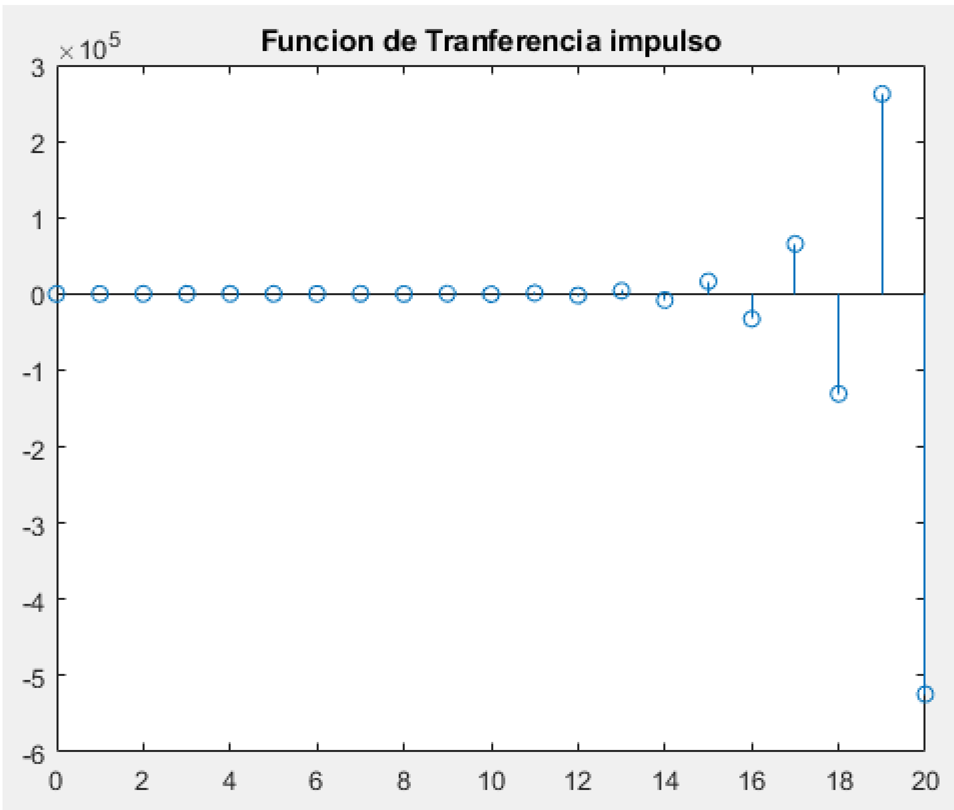
2. Del libro guía capítulo 3 realizar los siguientes ejercicios: 3.2,3.3

Ejercicio 3.2

```
%% Funcion de Transferencia

% La funcion de transferencia de un sistema continuo relaciona las
% transdormadas de Laplace de la salida en tiempo continuo con la
% correspondiente entrada de tiempo continuo

syms s k T

X = ( 1 ) / ( s + 2 );
x = ilaplace(X);
pretty(X)
pretty(x)
xkT = compose(x,k*T);
xz  = ztrans(xkT);
pretty(xz)

T=0.2;

ykT = compose(x,k*T);
yz  = ztrans(ykT);
pretty(yz)
```

```
  1
-----
s + 2

exp(-2 t)

      z
-------------
z - exp(-2 T)

       z
--------------
       /   2 \
z - exp| - - |
       \   5 /
```

```
%% Funcion de transferencia pulso o impulso

% realaciona las tranformadas Z de la salida en los instantes de muestreo
% con la correspondiente entrada muestreada.

numerador = [0 1];
denominador = [1 2];
unitario = [1 zeros(1,20)];
k=0:20;
y = filter(numerador,denominador,unitario);
stem(k,y)
title("Funcion de Tranferencia impulso")
```




```
%% Retenedor de orden cero

disp('Con retenedor de orden cero')

Numerador= [0 1];
Denominador= [1 2];
N=Numerador;
D=Denominador;

[ND,DD]=c2dm(N,D,1,'zoh');
printsys(ND,DD,'z')
```

```
Con retenedor de orden cero

num/den =

     0.43233
   -----------
   z - 0.13534
```

Ejercicio 3.3

```
disp("Funcion de Tranferencia")

syms s k T

X = ( 10 ) / ( (s)*( s + 4 ) );
x = ilaplace(X);
pretty(X)
pretty(x)
xkT = compose(x,k*T);
xz  = ztrans(xkT);
pretty(xz)

T=0.2;

ykT = compose(x,k*T);
yz  = ztrans(ykT);
pretty(yz)
```

```
disp("Funcion de Tranferencia Impulso")

numerador = [0 10];
denominador1 = [1 0];
denominador2 = [1 4];
den = conv(denominador1,denominador2)
unitario = [1 zeros(1,20)];
k=0:20;
y = filter(numerador,den,unitario);
stem(k,y)
title("Funcion de Tranferencia impulso")
```

```
disp("Funcion de Tranferencia Impulso")

syms s k T

G = ( (10) / ( (s)*( s + 4 ) ) );
pretty(G)
g = ilaplace(G);
pretty(g)
gkT = compose(g,k*T);
pretty(gkT)
Gz = ztrans(gkT);
pretty(Gz)
```

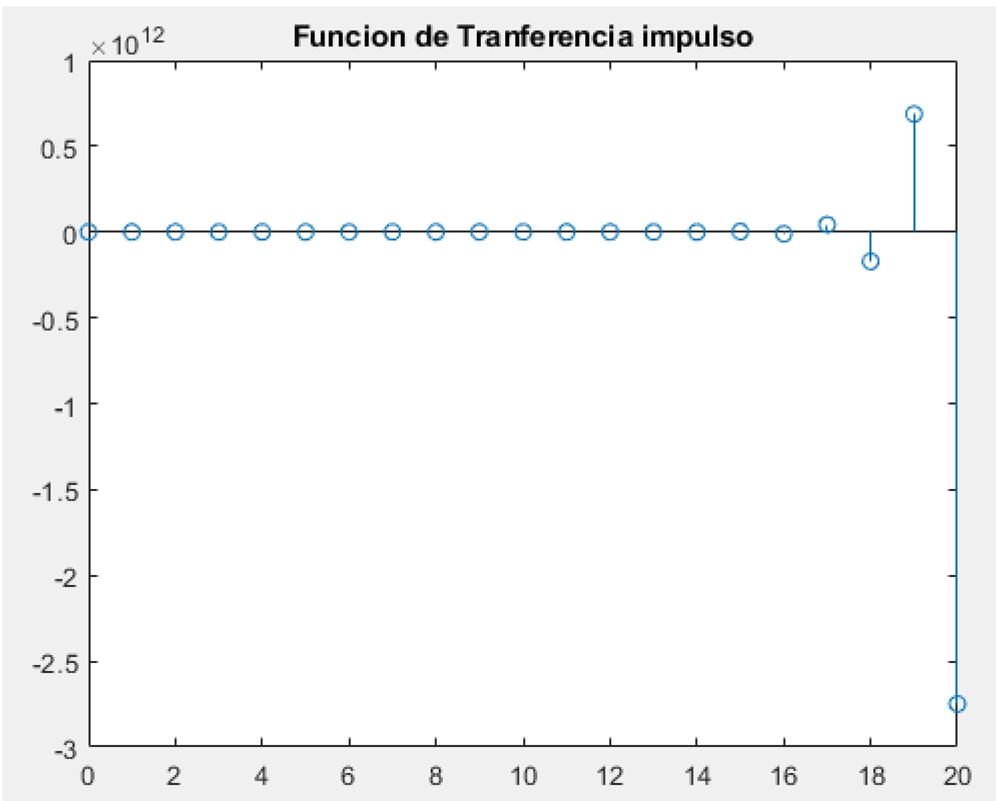
```
disp('Con retenedor de orden cero')

numerador = [0 10];
denominador1 = [1 0];
denominador2 = [1 4];
N=Numerador;
D=Denominador;

[ND,DD]=c2dm(N,D,1,'zoh');
printsys(ND,DD,'z')
```

```
syms s k T

X = ( (1) / (s) );
x = ilaplace(X);
pretty(X)
pretty(x)
xkT = compose(x,k*T);
xz  = ztrans(xkT);
pretty(xz)

T=0.2;

ykT = compose(x,k*T);
yz  = ztrans(ykT);
pretty(yz)
```

```
disp("Funcion de Tranferencia Impulso 1/s")

numerador = [0 1];
denominador = [1 0];
unitario = [1 zeros(1,20)];
k=0:20;
y = filter(numerador,denominador,unitario);
stem(k,y)
title("Funcion de Tranferencia impulso 1/s")

disp("Funcion de Tranferencia Impulso 1/s")

syms s k T

G = ( (1) / (s) );
pretty(G)
g = ilaplace(G);
pretty(g)
gkT = compose(g,k*T);
pretty(gkT)
Gz = ztrans(gkT);
pretty(Gz)

disp('Con retenedor de orden cero')

numerador = [0 1];
denominador = [1 0];
N=Numerador;
D=Denominador;

[ND,DD]=c2dm(N,D,1,'zoh');
printsys(ND,DD,'z')
```

```
Funcion de Tranferencia
    10
---------
s (s + 4)

5   exp(-4 t) 5
- - -----------
2        2

   5 z              5 z
--------- - -----------------
2 (z - 1)   (z - exp(-4 T)) 2

   5 z                5 z
--------- - --------------------
2 (z - 1)   /        /   4 \ \
            | z - exp| - - | | 2
            \        \   5 / /

Funcion de Tranferencia Impulso

den =

     1     4     0

Funcion de Tranferencia Impulso
    10
---------
s (s + 4)

5   exp(-4 t) 5
- - -----------
2        2

5   exp(-4 T k) 5
- - -------------
2         2
```

```
   5 z               5 z
--------- - -----------------
2 (z - 1)    (z - exp(-4 T)) 2

Con retenedor de orden cero

num/den =

     0.43233
   -----------
   z - 0.13534
```



```
Funcion de Tranferencia 1/s
1
-
s

1

  z
-----
z - 1

  z
-----
z - 1

Funcion de Tranferencia Impulso 1/s
Funcion de Tranferencia Impulso 1/s
1
-
s

1

1

  z
-----
z - 1

Con retenedor de orden cero

num/den =

     0.43233
   -----------
   z - 0.13534
```


```
disp("Funcion de Tranferencia")

syms s k T

X = ( 10 ) / ( (s)*( s + 4 ) );
x = ilaplace(X);
pretty(X)
pretty(x)
xkT = compose(x,k*T);
xz  = ztrans(xkT);
pretty(xz)

T=0;

ykT = compose(x,k*T);
yz  = ztrans(ykT);
pretty(yz)
```

```
Funcion de Tranferencia
    10
---------
s (s + 4)

5   exp(-4 t) 5
- - -----------
2        2

   5 z              5 z
--------- - -----------------
2 (z - 1)    (z - exp(-4 T)) 2

0
```

```
disp("Funcion de Tranferencia 1/s")

syms s k T

X = ( (1) / (s) );
x = ilaplace(X);
pretty(X)
pretty(x)
xkT = compose(x,k*T);
xz  = ztrans(xkT);
pretty(xz)

T=0;

ykT = compose(x,k*T);
yz  = ztrans(ykT);
pretty(yz)
```

```
Funcion de Tranferencia 1/s
1
-
s

1

  z
-----
z - 1

  z
-----
z - 1
```

3. Desarrolle el ejercicio 3.4 del libro guía, los problemas con retardo realizarlos con y sin padé.

   Hallar la función de transferencia de pulso para el sistema mostrado en la figura es un retenedor de orden cero y T se especifica para cada $G_P(S)$ así:

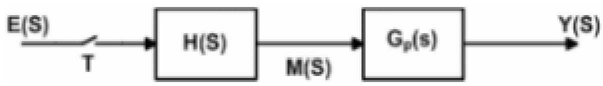


Fig.1.Sistema dado para problema sugerido.

a. $G_P(S) = \frac{s+2}{s(s+1)}$ $\qquad T = 0.2s$

$$G_P(S) = \frac{s+2}{s^2+s}$$

La función de transferencia de pulso con retenedor de orden cero:

```
n=[1 2];
d=[ 1 1 0];
[nd,dd]= c2dm(n,d,0.2,'zho');
printsys(nd,dd,'z');
```

La función de transferencia es:

```
num/den =

    0.21873 z - 0.14622
   ------------------------
   z^2 - 1.8187 z + 0.81873
```

b. $G_P(S) = \frac{s^2+5s+6}{s(s+4)(s+5)}$ $\qquad T = 0.1\ s$

$$G_P(S) = \frac{s^2+5s+6}{s^3+9s^2+20s}$$

La función de transferencia de pulso con retenedor de orden cero:

```
n=[1 5 6];
d=[ 1 9 20 0];
[nd,dd]= c2dm(n,d,0.1,'zho');
printsys(nd,dd,'z');
```

La función de transferencia es:

```
num/den =

     0.083223 z^2 - 0.12983 z + 0.050502
   -------------------------------------
   z^3 - 2.2769 z^2 + 1.6834 z - 0.40657
```

c. $\boldsymbol{G_P(S) = \frac{20e^{-01s}}{(s+2)(s+5)}}$ $\qquad$ $\boldsymbol{T = 0.2\ S}$

Sin Pade

Asumiendo que la función de transferencia del sistema esta dad por:

$$G_P(S) = G(S)e^{-\theta' s}$$

El procedimiento para evaluar la transformada z de esta función es el siguiente:

Sea:

$$\theta' = NT + \theta$$

En donde T es el periodo de muestreo y N es la parte entera del cociente:

$$N = \frac{\theta'}{T}$$

$$N = \frac{0.1}{0.2}$$

$$N = 0.5$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación asumida para el sistema, se tiene que:

$$G_P(S) = G(S)e^{-(NT+\theta)S}$$

Con Pade

```
s = tf('s');
sys = 20*exp(-0.1*s)*(1/((s+2)*(s+5)))
s_aprox1 = pade(sys,1)
```

sys =

```
                   20
  exp(-0.1*s) * --------------
                s^2 + 7 s + 10
```

Continuous-time transfer function.

s_aprox1 =

```
       -20 s + 400
  --------------------------
  s^3 + 27 s^2 + 150 s + 200
```

d. $G_P(S) = \frac{5e^{-01s}}{4s+1}$ $\quad T = 0.8\ S$

Sin Pade

Asumiendo que la función de transferencia del sistema esta dad por:

$$G_P(S) = G(S)e^{-\theta' s}$$

El procedimiento para evaluar la transformada z de esta función es el siguiente:

Sea:

$$\theta' = NT + \theta$$

En donde T es el periodo de muestreo y N es la parte entera del cociente:

$$N = \frac{\theta'}{T}$$

$$N = \frac{0.1}{0.8}$$

$$N = 0.125$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación asumida para el sistema, se tiene que:

$$G_P(S) = G(S)e^{-(NT+\theta)S}$$

Con Pade

```
s = tf('s');
sys = 5*exp(-0.1*s)*(1/((4*s)+1))
s_aprox1 = pade(sys,1)
```

sys =

```
                5
  exp(-0.1*s) * -------
               4 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

s_aprox1 =

```
     -5 s + 100
  -----------------
  4 s^2 + 81 s + 20
```

e. $G_P(S) = \frac{2e^{-0.7s}}{(s^2+2s+5)}$ $\qquad T = 0.2\ S$

Sin Pade

Asumiendo que la función de transferencia del sistema esta dad por:

$$G_P(S) = G(S)e^{-\theta' s}$$

El procedimiento para evaluar la transformada z de esta función es el siguiente:

Sea:

$$\theta' = NT + \theta$$

En donde T es el periodo de muestreo y N es la parte entera del cociente:

$$N = \frac{\theta'}{T}$$

$$N = \frac{0.7}{0.2}$$

$$N = 3.3$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación asumida para el sistema, se tiene que:

$$G_P(S) = G(S)e^{-(NT+\theta)s}$$

Con Pade

```
s = tf('s');
sys = 2*exp(-0.7*s)*(1/((s^2)+(2*s)+5))
s_aprox1 = pade(sys,1)
```

sys =

```
                 2
exp(-0.7*s) * -------------
              s^2 + 2 s + 5
```

Continuous-time transfer function.

s_aprox1 =

-2 s + 5.714

----

s^3 + 4.857 s^2 + 10.71 s + 14.29

f. $G_P(S) = \frac{5e^{-0.4s}}{s(s+1)}$ $\quad T = 0.2\ S$

Sin Pade

Asumiendo que la función de transferencia del sistema esta dad por:

$$G_P(S) = G(S)e^{-\theta' s}$$

El procedimiento para evaluar la transformada z de esta función es el siguiente:

Sea:

$$\theta' = NT + \theta$$

En donde T es el periodo de muestreo y N es la parte entera del cociente:

$$N = \frac{\theta'}{T}$$

$$N = \frac{0.4}{0.2}$$

$$N = 2$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación asumida para el sistema, se tiene que:

$$G_P(S) = G(S)e^{-(NT+\theta)S}$$

Con Pade

```
s = tf('s');
sys = 5*exp(-0.4*s)*(1/((s^2)+(s)))
s_aprox1 = pade(sys,2)
```

sys =

```
                 5
  exp(-0.4*s) * -------
               s^2 + s

Continuous-time transfer function.


s_aprox1 =

     5 s^2 - 75 s + 375
  ----------------------------
  s^4 + 16 s^3 + 90 s^2 + 75 s
```

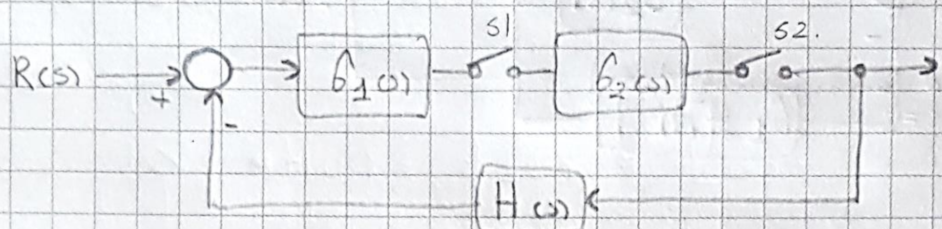
4. Desarrolle el ejercicio 3.9 del libro guía.

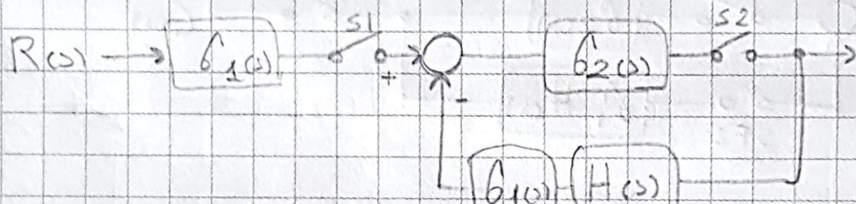
3.9 Determinar.

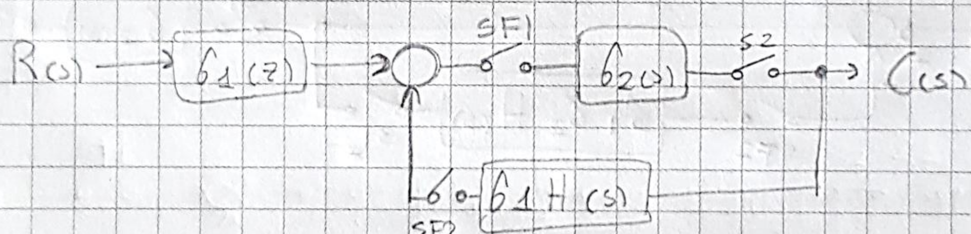
a) La Funcion de Transferencia de pulso o la re entre la entrada y la salida para cada uno de los sistemas que se muestran

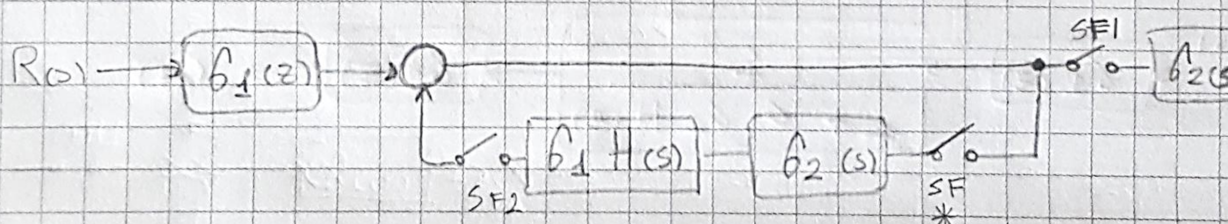
b) Aplicar el resultado obtenido en ⓐ when

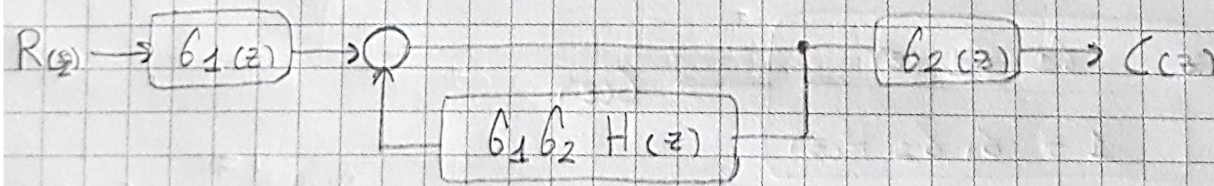
• $G_1(s) = \frac{0,5}{5s+1}$ • $G_2(s) = \frac{1}{s}$ • $H(s) = H_1(s) = H_2(s) =$

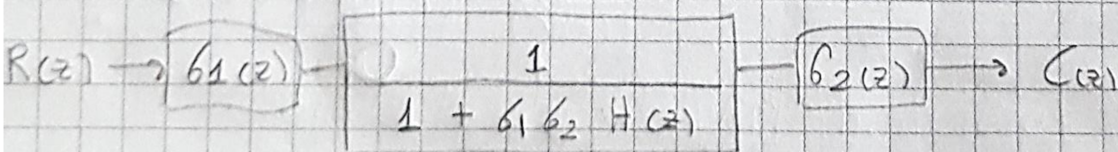


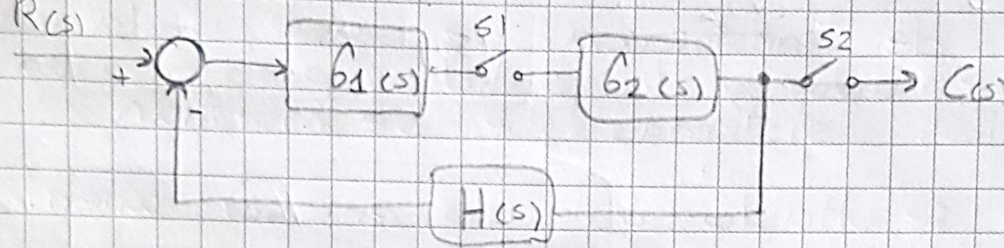


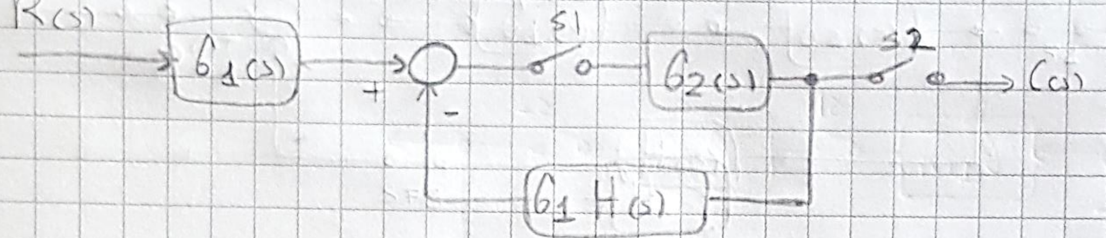


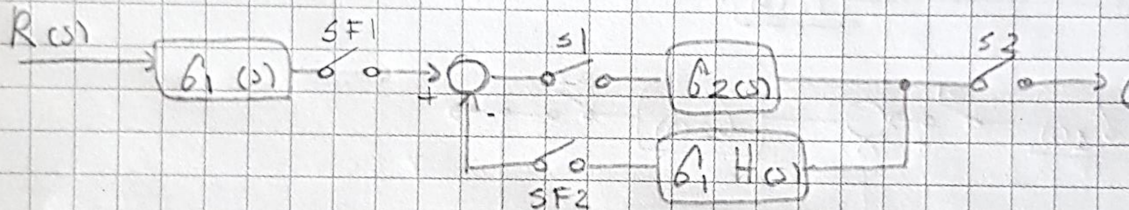


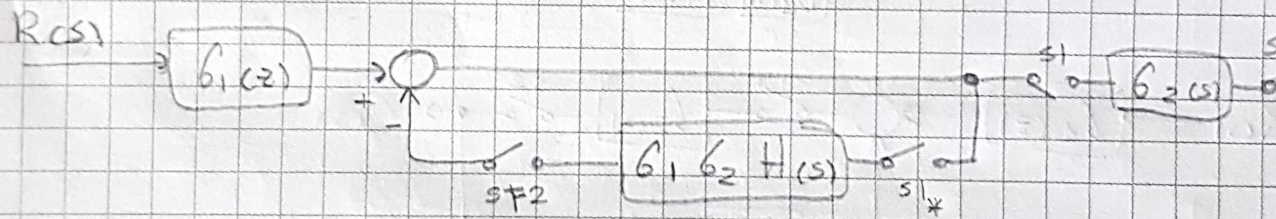


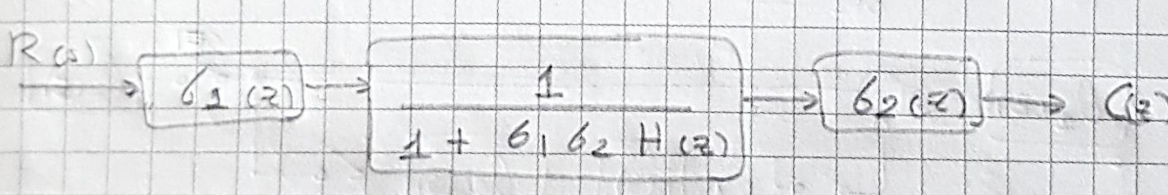


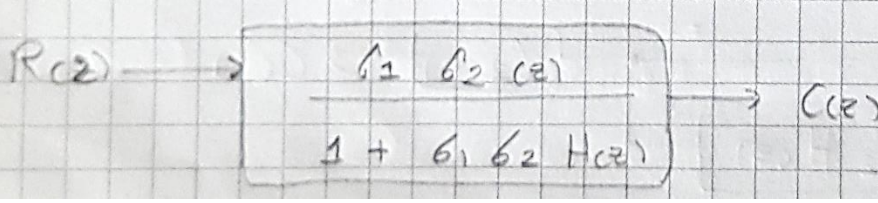

R(s)
+
-
G1(s)
S1
G2(s)
S2
C(s)
H(s)


R(s)
G1(s)
+
-
S1
G2(s)
S2
C(s)
G1 H(s)

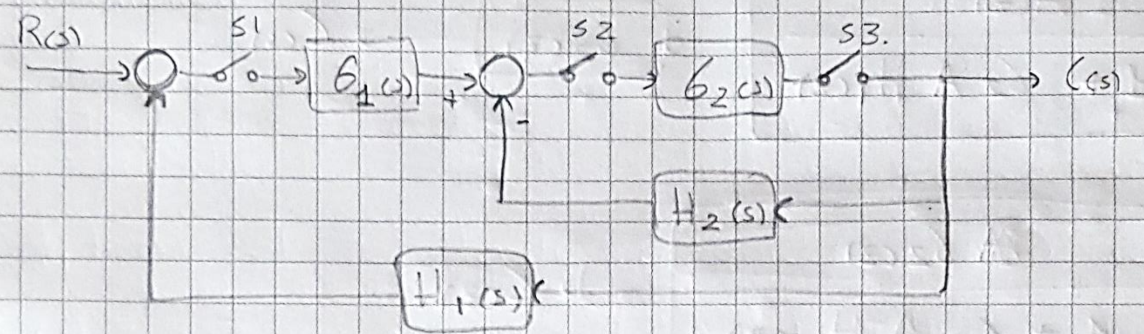

R(s)
G1(s)
SF1
+
-
S1
G2(s)
S2
C(s)
SF2
G1 H(s)

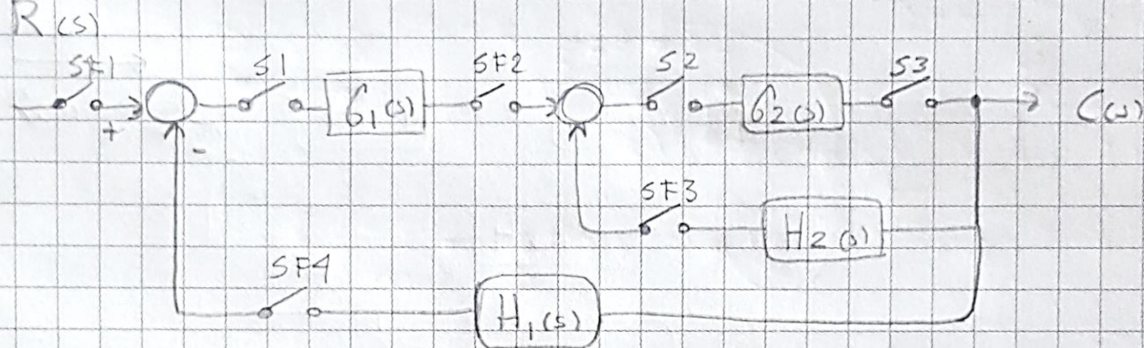

R(s)
G1(z)
+
-
S1
G2(s)
SF2
G1 G2 H(s)
S1*

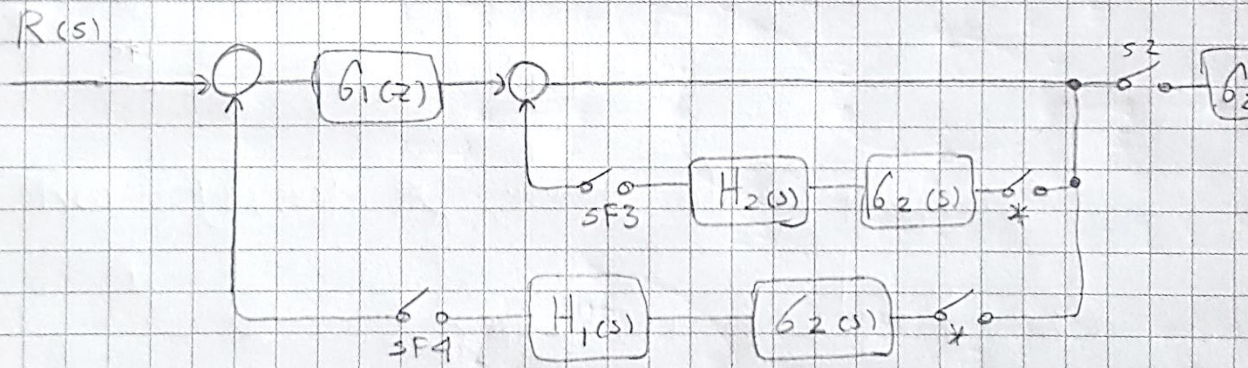

R(s)
G1(z)
1
1 + G1 G2 H(z)
G2(z)
C(z)

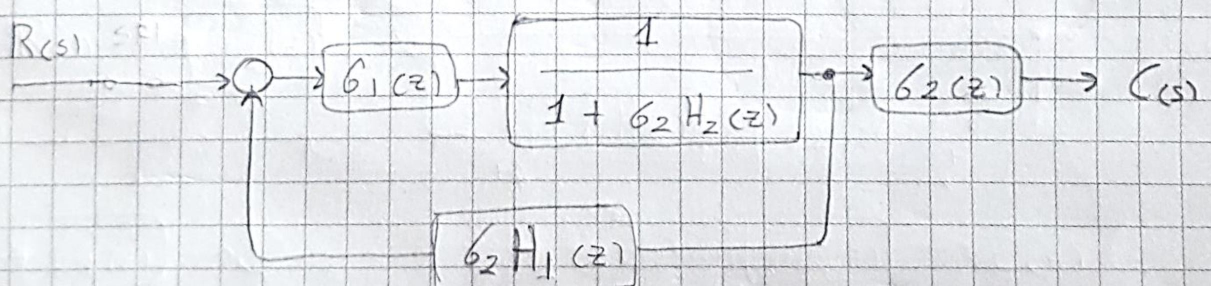

R(z)
G1 G2 (z)
1 + G1 G2 H(z)
C(z)

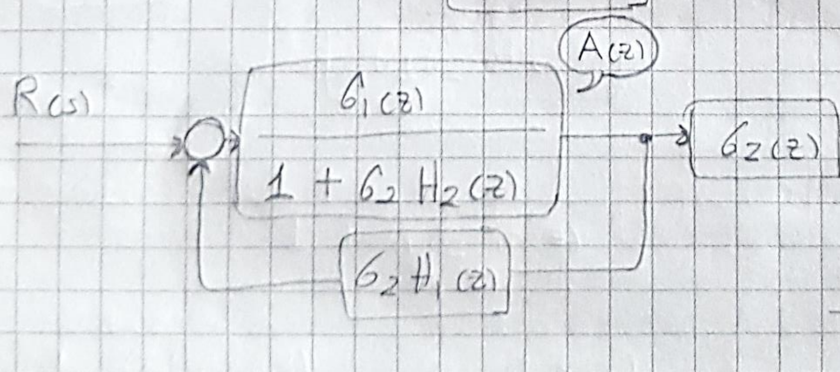
≡

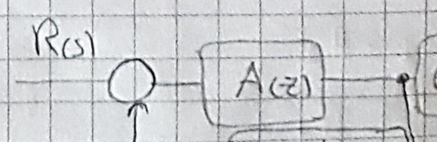

R(s)
S1
G1(s)
+
-
S2
G2(s)
S3.
C(s)
H2(s)
H1(s)


R(s)
SF1
+
-
S1
G1(s)
SF2
S2
G2(s)
S3
C(s)
SF3
H2(s)
SF4
H1(s)


R(s)
G1(z)
S2
SF3
H2(s)
G2(s)
*
SF4
H1(s)
G2(s)
*

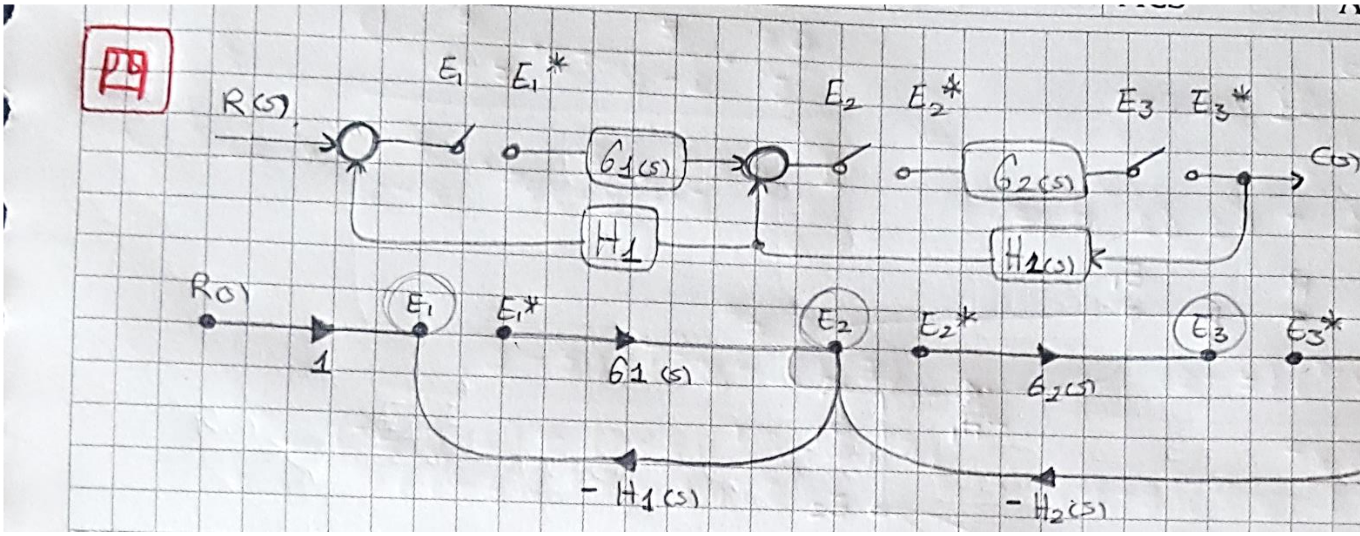

R(s)
G1(z)
1
1 + G2 H2(z)
G2(z)
C(s)
G2 H1(z)


A(z)
R(s)
G1(z)
1 + G2 H2(z)
G2(z)
C(s)
G2 H1(z)


R(s)
A(z)

$$R(s) \longrightarrow \boxed{\dfrac{A(z)}{1 + G_2\,A\,H_1(z)}} \longrightarrow \boxed{G_2(z)} \longrightarrow C(s)$$

$$R(z) \longrightarrow \boxed{\dfrac{A\,G_2(z)}{1 + G_2\,A\,H_1(z)}} \longrightarrow C(z)$$



-Primero señales.

$$E_1 = 1 \cdot R(s) - H_1(s)\,\cancel{E_2}\,G_1(s)\,E_1^*$$

$$E_2 = G_1(s)\,E_1^* - H_2(s)\,\cancel{C(s)}\,1\,E_3^*$$

$$E_3 = G_2(s)\,E_2^*$$

$$C(s) = 1\,E_3^*$$

- Anular senales

$$E_1 = R_{(s)} - H_1 G_1 E_1^*{}_{(s)}$$

$$E_2 = G_1 E_1^*{}_{(s)} - H_2 E_3^*{}_{(s)}$$

$$E_3 = G_{2(s)} E_2^*$$

$$C_{(s)} = E_3^*$$

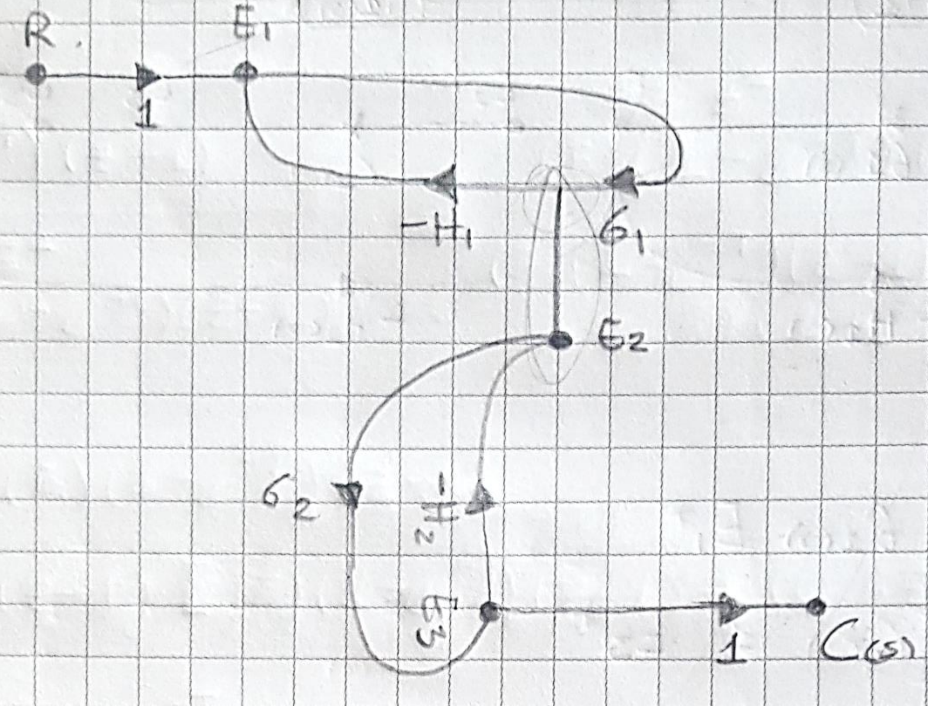
- Poner Asterist

$$E_1^* = R^*_{(s)} - H_1^* G_1^* E_1^*{}_{(s)}$$

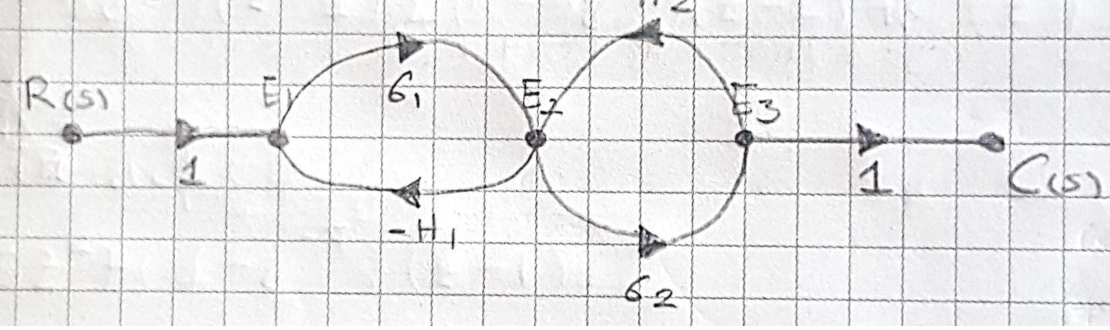
$$E_2 = G_1^*{}_{(s)} E_1^*{}_{(s)} - H_2^* E_3^*{}_{(s)}$$

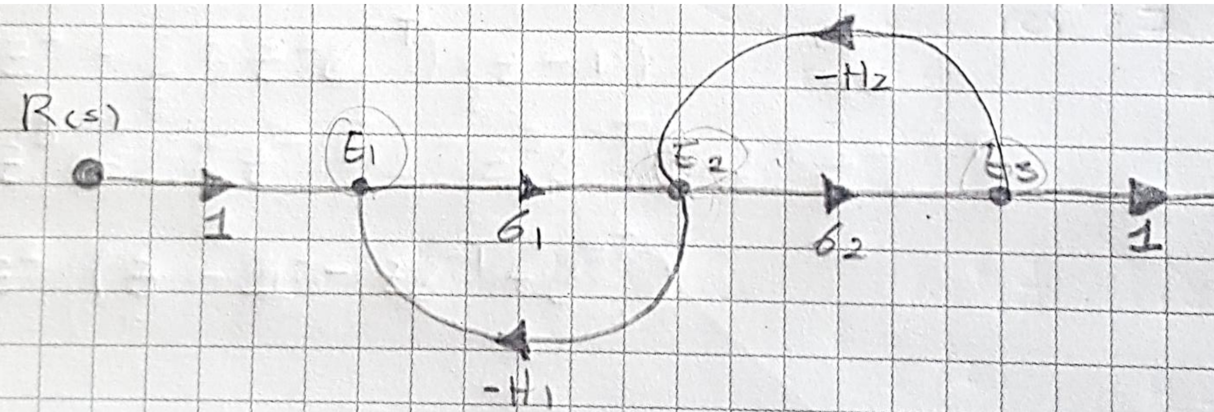
$$E_3 = G_2^*{}_{(s)} E_2^*$$

$$C_{(s)} = E_3^*.$$



Redibujando





1. Ganancia de Trayectoria directa.

   $G_1 \cdot G_2$.

2. Ganancia de Malla

   $G_1 \cdot H_1$.

   $G_2 \cdot H_2$.

3. Mallas que no se tocan, dobles.
4 De las que no se tocan si hay, tres, mallas

5 formar Δ

$\Delta = 1 - [(G_1 \cdot H_1) + (G_2 \cdot H_2)]$

6. $K = 1$

$T_1 = G_1 \cdot G_2$

7. $\Delta k = 1$

8. Sustituir en Mason

$$G(s) = \frac{T_1 \ \Delta k}{\Delta}$$

$$G(s) = \frac{(G_1 \cdot G_2)(1)}{1 - [G_1 \cdot H_1 + G_2 H_2]}$$

$$\boxed{G(s) = \frac{G_1 \ G_2}{1 - (G_1 H_1 + G_2 H_2)}}$$

Reemplazar Valores.

$$G_1 = \frac{0{,}5}{s(s+1)} \qquad G_2 = \frac{1}{s} \qquad H = 1$$

$$\downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow$$

6 $\qquad$ 2 $\qquad$ 1

$$\frac{0{,}5}{5} \cdot \frac{1}{s+1} \qquad \frac{z}{z-1} \qquad 1$$

$$\downarrow$$

$$\frac{0{,}5}{5} \cdot \frac{z}{z - e^{-T}}$$

$\boxed{-}$

$$\frac{G_1\, G_2\,(z)}{1 + G_1\, G_2\, H(z)} \Rightarrow \frac{\frac{0,5}{5} \cdot \frac{z}{1-e^{-T}} \cdot \frac{z}{z-1}}{1 + \frac{0,5}{5} \cdot \frac{z}{1-e^{-T}} \cdot \frac{z}{z-1} \cdot 1}$$

$$\frac{\frac{0,5\, z^2}{(5)(1-e^{-T})(z-1)}}{\frac{1}{1} + \frac{0,5\, z^2}{(5)(1-e^{-T})(z-1)}} \Rightarrow \frac{\frac{0,5\, z^2}{(5)(1-e^{-T})(z-1)}}{\frac{(5)(1-e^{-T})(z-1) + (0,5\, z^2)}{(5)(1-e^{-T})(z-1)}}$$

$$\frac{(0,5\, z^2)\,\cancel{(5)(1-e^{-T})(z-1)}}{\cancel{(5)(1-e^{-T})(z-1)}\,[\,(5)(1-e^{-T})(z-1) + (0,5\, z^2)\,]}$$

$$\boxed{=}\ \frac{G_1 G_2(z)}{1 + G_1 G_2 H(z)}$$

* Es exactamente igual al ⊖, por tanto mismo resultad

$$\frac{0,5\, z^2}{(5)(1 - e^{-T})(z-1) + (0,5 z^2)}$$

$$\boxed{=}\ \frac{A\, G_2(z)}{1 + G_2\, A\, H_1(z)} \qquad A = \frac{G_1(z)}{1 + G_2 H_2(z)}$$

entonces

$$\frac{\frac{G_1(z)}{1+G_2 H_2(z)} \cdot G_2(z)}{1 + G_2 \cdot \frac{G_1(z)}{1+G_2 H_2(z)} \cdot H_1(z)} \Rightarrow \frac{\frac{G_1 G_2(z)}{1+G_2 H_2(z)}}{\frac{1}{1} + \frac{G_2 G_1 H_1(z)}{1 + G_2 H_2(}}$$

$$\frac{\frac{G_1 G_2(z)}{\cancel{1 + G_2 H_2(z)}}}{\frac{1 + G_2 H_2(z) + G_2 G_1 H_1(z)}{\cancel{1 + G_2 H_2(z)}}} \Longrightarrow \frac{G_1 G_2(z)}{1 + G_2 H_2(z) + G_2 G_1 H}$$

$$\frac{\frac{0,5}{5} \cdot \frac{z}{z-e^{-T}} \cdot \frac{z}{z-1}}{\frac{1}{1} + \frac{z}{z-1} + \frac{z}{z-1} \cdot \frac{0,5}{5} \cdot \frac{z}{z-e^{-T}}} \qquad \frac{0,5}{5} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{5}{1}}$$

$$\frac{\frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}}{\frac{1}{1} + \frac{z}{z-1} + \frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}}$$

$$\frac{\frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}}{\frac{1}{\ } + \frac{(z)(10)(z-e^{-T})(z-1) + (z^2)(z-1)}{\ }}$$

$$\frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}$$

$$\frac{(z-1)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z^2)(z-1)}{\cancel{(z-1)(10)(z-e^{-T})}(z-1)}$$

$$\frac{z^2}{1}$$

$$\frac{(z-1)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z^2)(z-1)}{(z-1)}$$

$$\frac{z^2(z-1)}{(z-1)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z)(10)(z-e^{-T})(z-1)+(z^2)(z-1)}$$

$$\frac{z^3-z^2}{(z-1)^2(10)(z-e^{-T})+(10z)(z-1)(z-e^{-T})+z^3-z^2}$$

四

$$\frac{G_1 G_2}{1-(G_1H_1+G_2H_2)}$$

$$\frac{\frac{1}{10}\cdot\frac{z}{z-e^{-T}}\cdot\frac{z}{z-1}}{\frac{1}{1}-\left(\frac{1}{10}\cdot\frac{z}{z-e^{-T}}+\frac{z}{z-1}\right)}$$

$$\frac{\frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}}{\frac{1}{1}-\left(\frac{(z-1)(z)+(z)(10)(z-e^{-T})}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}\right)}$$

$$\frac{z^2}{(10)(z-e^{-T})(z-1)}$$

$$\frac{(10)(z-e^{-T})(z-1)-(z-1)(z)+(z)(10)(z-e^{-T}}{z^2}$$

$$\frac{(10z-10)(z-e^{-T})-z^2-z+10z^2-10ze^{-T}}{z^2}$$

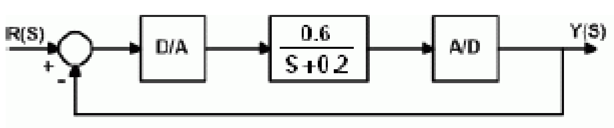
$$\frac{10z^2-10ze^{-T}-10z+10e^{-T}-z^2-z+10z^2-10z}{z^2}$$

$$\frac{10z^2-z^2+10z^2-10ze^{-T}-10ze^{-T}-10z-z+}{z^2}$$

$$\frac{19z^2-20ze^{-T}-11z+10e^{-T}}{z^2}.$$

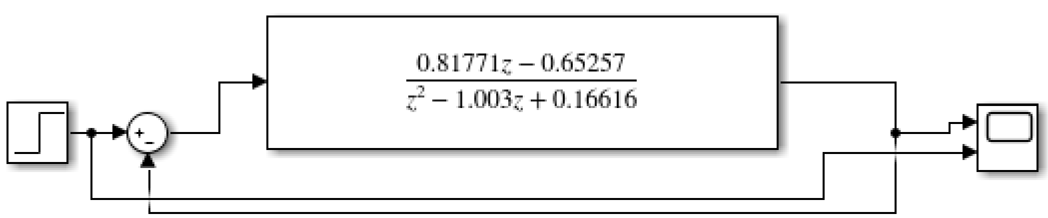
5. Desarrolle los ejercicios 3.13, 3.14.

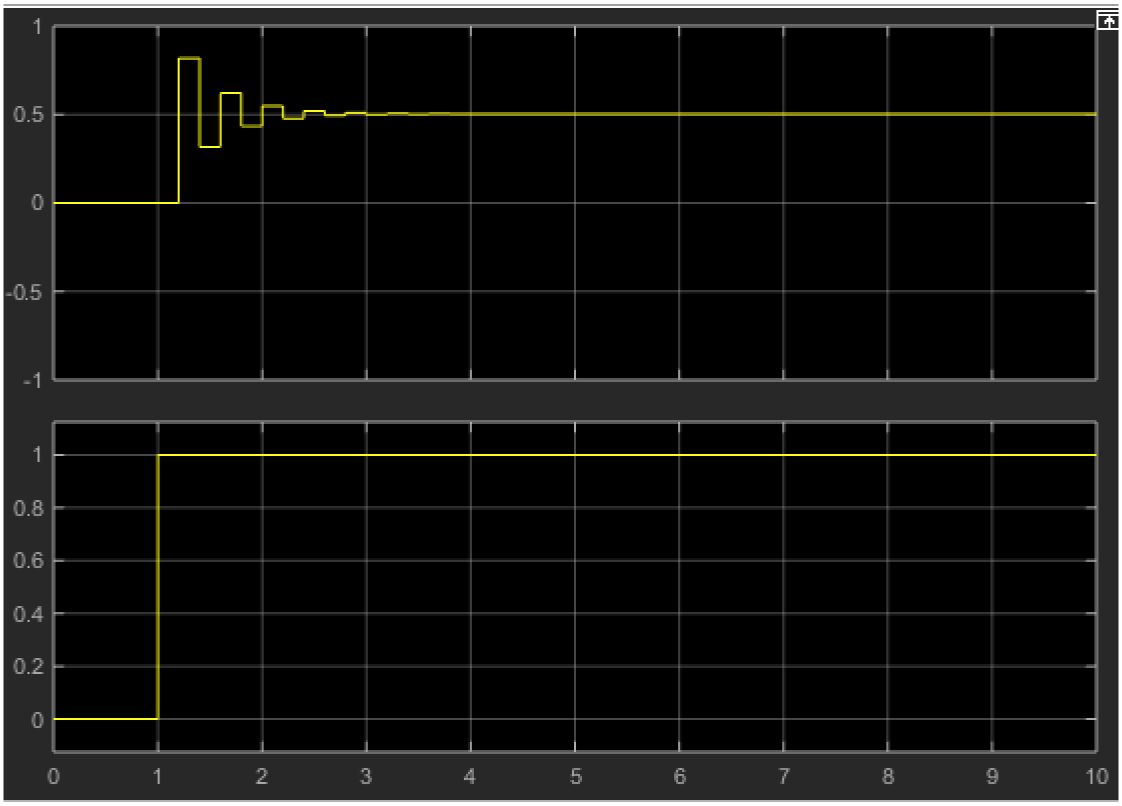
3,14) Para cada uno de los diagramas de bloques de la figura 3.23 a) Obtener la respuesta si la entrada es un escalón unitario. b) Comprobar el resultado obtenido en la parte a) utilizando SIMULINK. Asuma que t=1s.



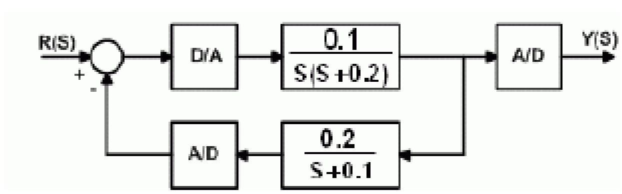
```
% Entrar la planta continua
n=[0.6];
d=[1 0.2];
% Discretizar la planta continua
[nd,dd]=c2dm(n,d,1,'zoh');
% Entrar el controlador discreto
nc=[1.5 -1.2];
dc=[1 -1];
% Multiplicar planta discreta por el controlador
[ns,ds]=series(nc,dc,nd,dd);
% Función de transferencia de lazo cerrado
[nw,dw]=cloop(ns,ds,-1);
% Mostrar función de transferencia de pulso en lazo cerrado
printsys(nw,dw,'z')
pause
% Evaluar la respuesta del sistema
k=0:39;
r=ones(1,40);
y=filter(nw,dw,r);
c=y
```

```
num/den =

     0.81571 z - 0.65257
   -----------------------
   z^2 - 1.003 z + 0.16616
```





1
0.5
0
-0.5
-1
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



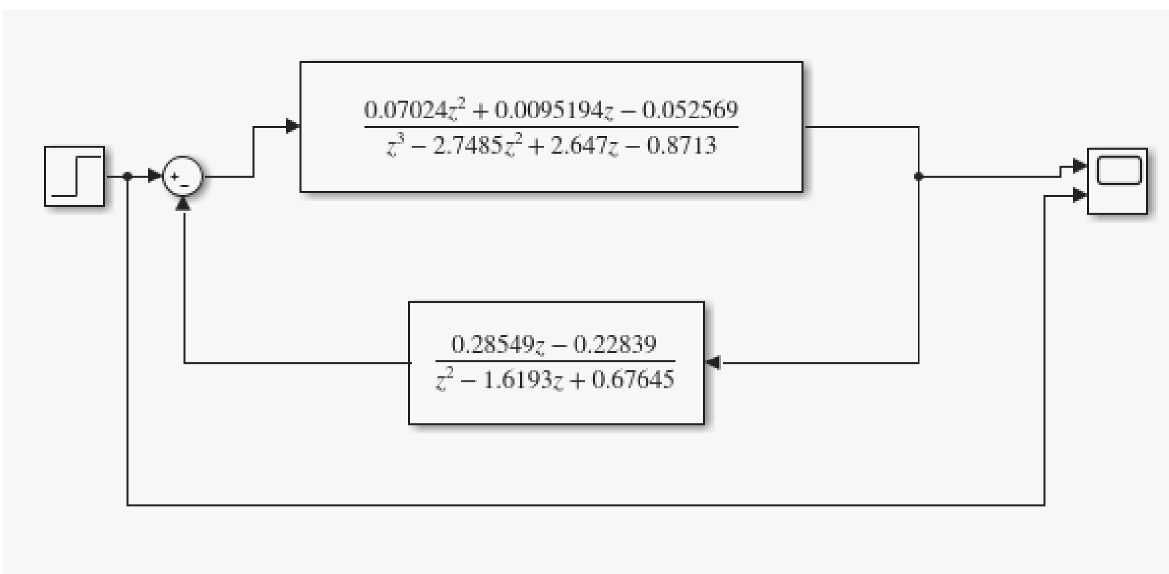
R(S)
+
-
D/A
0.1
S(S+0.2)
A/D
Y(S)
A/D
0.2
S+0.1

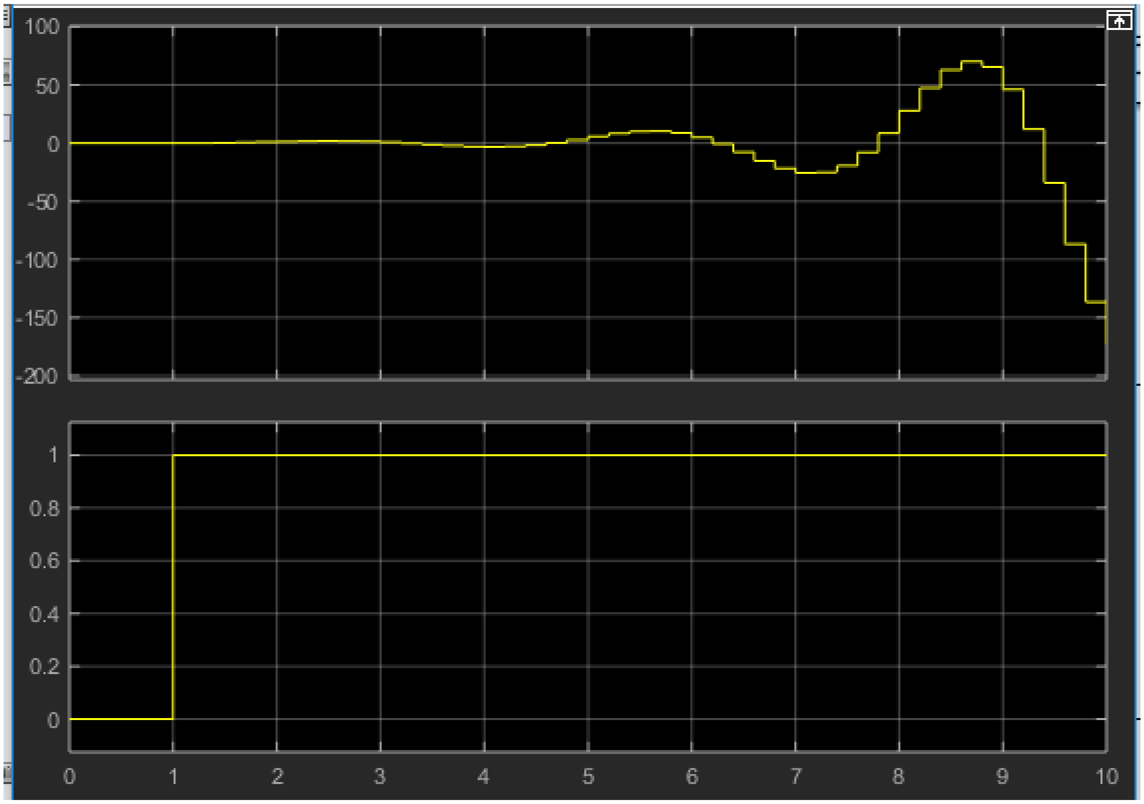
```
% Entrar la planta continua
n=[0.1];
d=[1 0.2 0];
% Discretizar la planta continua
[nd,dd]=c2dm(n,d,1,'zoh');
% Entrar el controlador discreto
nc=[1.5 -1.2];
dc=[1 -1];
% Multiplicar planta discreta por el contro
[ns,ds]=series(nc,dc,nd,dd);
% Función de transferencia de lazo cerrado
[nw,dw]=cloop(ns,ds,-1);
% Mostrar función de transferencia de pulso
printsys(nw,dw,'z')
pause
% Evaluar la respuesta del sistema
k=0:39;
r=ones(1,40);
y=filter(nw,dw,r);
c=y
```

```
num/den =

   0.07024 z^2 + 0.0095194 z - 0.052569
   ------------------------------------
    z^3 - 2.7485 z^2 + 2.647 z - 0.8713
```

```
% Entrar la planta continua
n=[0.2];
d=[1 0.1];
% Discretizar la planta continua
[nd,dd]=c2dm(n,d,1,'zoh');
% Entrar el controlador discreto
nc=[1.5 -1.2];
dc=[1 -1];
% Multiplicar planta discreta por el controlac
[ns,ds]=series(nc,dc,nd,dd);
% Función de transferencia de lazo cerrado
[nw,dw]=cloop(ns,ds,-1);
% Mostrar función de transferencia de pulso er
printsys(nw,dw,'z')
pause
% Evaluar la respuesta del sistema
k=0:39;
r=ones(1,40);
y=filter(nw,dw,r);
c=y
```

```
num/den =

      0.28549 z - 0.22839
   ------------------------
   z^2 - 1.6193 z + 0.67645
```




100
50
0
-50
-100
-150
-200
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10