Control Hinfinito: feedforward + retardo (Padé)

Presentación en video: http://personales.upv.es/asala/YT/V/ffhinfd.html

Este código funcionó correctamente con Matlab **R2020b**

Objetivo: plantear una planta generalizada para control feedforward. Comprobar la influencia del retardo en las soluciones $\mathscr{H}_\infty$ obtenidas, mediante la aproximación de Padé.

Tabla de Contenidos

Modelado y preliminares

- Modelo de planta (vble. manipulada a salida variable controlada):

```
caso=3
```

```
caso = 3
```

```
if(caso==1) %sin retardo
    ret_planta=0;  ret_pert=0;
elseif(caso==2) %difícil: la planta tarda en responder
    ret_planta=0.65;
    ret_pert=.0;
elseif(caso==3) %fácil: conocemos efecto pert. con antelación
    ret_planta=0;
    ret_pert=0.65;
end

s=tf('s');
Gsinretardo=2/(2.5*s+1)^2;
G0=exp(-ret_planta*s)*Gsinretardo
```

```
G0 =

          2
  ------------------
```

```
  6.25 s^2 + 5 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

- Modelo de efecto perturbaciones a variable controlada:

```
Gpert_sinretardo=1.1/(s+1);
Gpert0=exp(-ret_pert*s)*Gpert_sinretardo;
```

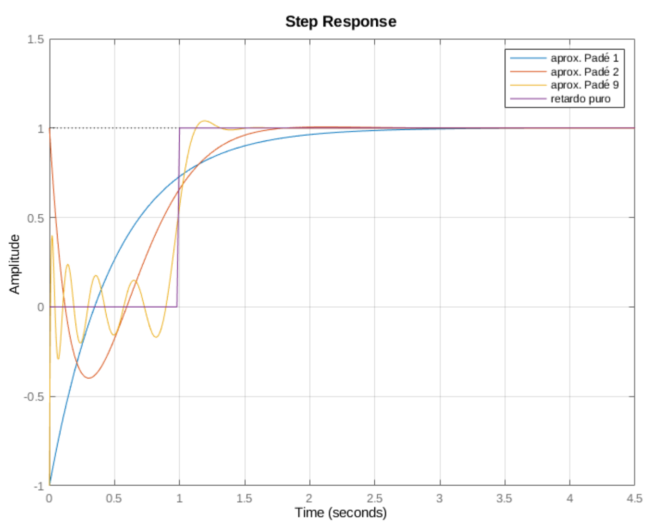
Aproximación de Padé

Aproximaremos con Padé, por ej. la de orden 1 es $e^{-ds}=\dfrac{e^{-ds/2}}{e^{ds/2}}\approx\dfrac{1-\frac{d}{2}s}{1+\frac{d}{2}s}$, la de orden 2 es

$e^{-ds}=\dfrac{e^{-ds/2}}{e^{ds/2}}\approx\dfrac{1-\frac{d}{2}s+\frac{d^2}{8}s^2}{1+\frac{d}{2}s+\frac{d^2}{8}s^2}$, etc., dado que las rutinas $\mathscr{H}_2$ o $\mathscr{H}_\infty$ no permiten retardos puros

(deben usarse FdT racionales de orden finito):

```
step(pade(exp(-s),1),pade(exp(-s),2),pade(exp(-s),9),exp(-s)), grid on
legend("aprox. Padé 1","aprox. Padé 2","aprox. Padé 9","retardo puro")
```




```
ordenPade=2;
G_pade=pade(G0,ordenPade);zpk(G_pade)
```

```
ans =

    0.32
  ---------
```

```
  (s+0.4)^2

Continuous-time zero/pole/gain model.
```

También necesitamos aproximar con Padé el modelo de las perturbaciones:

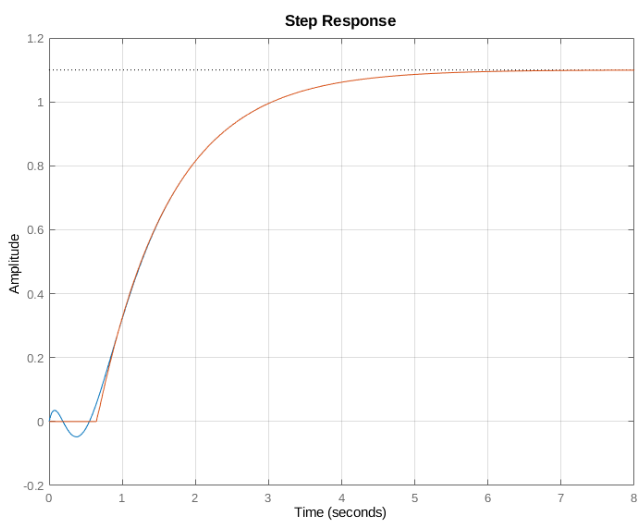
```
Gpert_pade=pade(Gpert0,ordenPade);zpk(Gpert_pade)
```

```
ans =

   1.1 (s^2 - 9.231s + 28.4)
  ---------------------------
  (s+1) (s^2 + 9.231s + 28.4)

Continuous-time zero/pole/gain model.
```

```
step(Gpert_pade,Gpert0),grid on
```



Prealimentación ideal (no realizable, + no causal en caso 2)

```
FF_ideal=inv(Gsinretardo)*Gpert_sinretardo
```

```
FF_ideal =

  6.875 s^2 + 5.5 s + 1.1
  -----------------------
         2 s + 2

Continuous-time transfer function.
```

aparte, habría que retrasar/adelantar, pero el bodemag coindice (retardo sólo desfasa); el FF_ideal debería ser lo de abajo, pero da error cuando ret_planta>ret_pert (caso 2)

```
%FF_ideal_conretardo=FF_ideal*exp((-ret_pert+ret_planta)*s)
```

Control por prealimentación: planta generalizada

- **Planta NO ponderada:**

```
PG0=[Gpert0 G0;0 1;1 0]; %para la simulación con retardo sin aproximar
PG0.InputName={'d','u'};
PG0.OutputName={'y','u','dmed'};
```

Para la síntesis hinfsyn (con modelos Padé) usaremos:

```
PGpade=[Gpert_pade G_pade;0 1;1 0]; %para diseño hinfsyn con Padé
PGpade.InputName=PG0.InputName;
PGpade.OutputName=PG0.OutputName;
```

- **Planta generalizada ponderada**

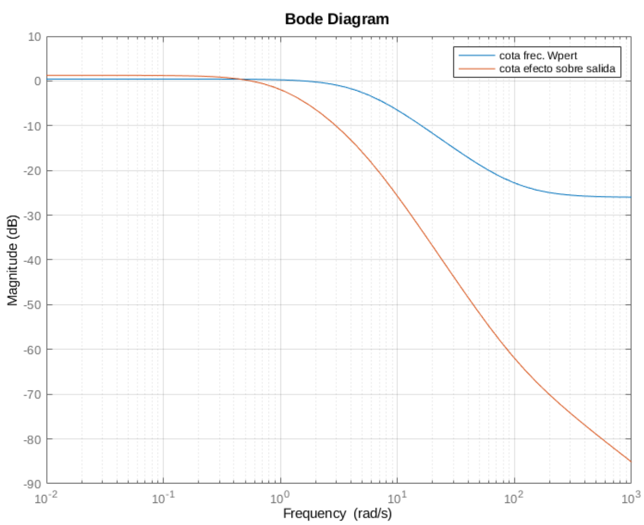
determinación de pesos

Peso de Entrada: Consideremos un filtro de entrada

```
Wpert=1/(0.2*s+1)+0.05;
```

En caso $\mathscr{H}_\infty$ se interpretaría como que la entrada podría tener componentes senoidales por debajo de ese límite de respuesta en frecuencia:

```
bodemag(Wpert,Gpert0*Wpert,logspace(-2,3)), grid on
legend("cota frec. Wpert","cota efecto sobre salida")
```

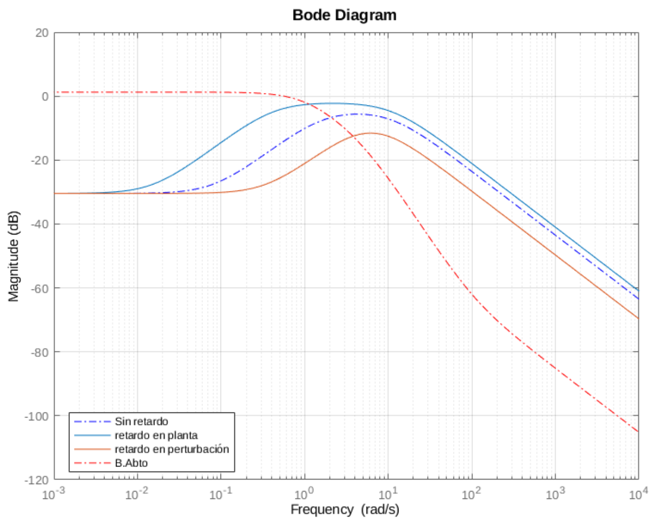


Peso sobre la salida:

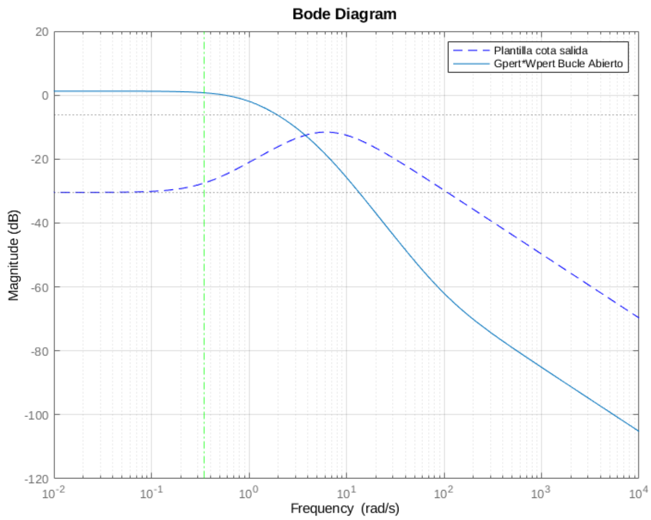
En $\mathscr{H}_\infty$, consideraremos un límite para la amplitud de la salida dado por una plantilla:

```
bw=0.082; LFgain=0.03; HFgain=0.6;
qu=HFgain/LFgain;
```

```
Plantilla{1}=zpk(LFgain*(s/bw+1)/(s/bw/qu+1)*1/(0.09*s+1));
bw=0.0157;LFgain=0.03;HFgain=0.8;
qu=HFgain/LFgain;
Plantilla{2}=zpk(LFgain*(s/bw+1)/(s/bw/qu+1)*1/(0.09*s+1));
bw=0.35;LFgain=0.03;HFgain=0.49;
qu=HFgain/LFgain;
Plantilla{3}=zpk(LFgain*(s/bw+1)/(s/bw/qu+1)*1/(0.15*s+1));
bodemag(Plantilla{1},'-.',Plantilla{2},Plantilla{3},Gpert0*Wpert,'-.r'), grid on,
legend("Sin retardo","retardo en planta","retardo en perturbación","B.Abto","Location",
```



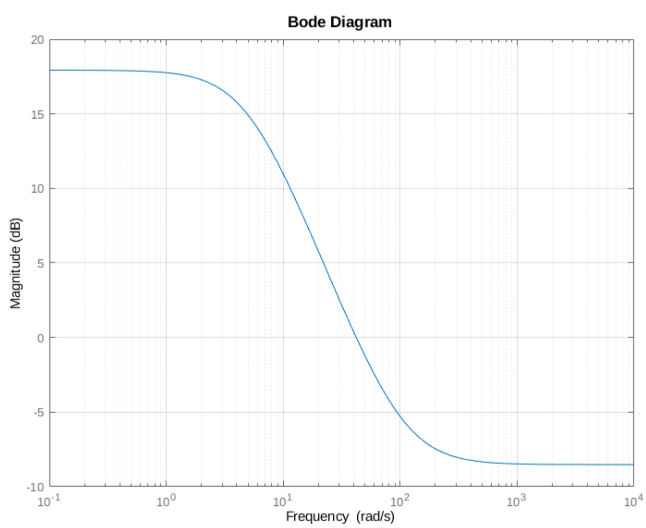

```
if(caso==2)
    xline(pi/ret_planta);
end
PlantillaY=Plantilla{caso};
Wy=1/PlantillaY;
bodemag(PlantillaY,"b--",Gpert0*Wpert), grid on,xline(bw,'-.g'),yline(20*log10(HFgain),
legend('Plantilla cota salida','Gpert*Wpert Bucle Abierto')
```



Peso sobre variable controlada.

En $\mathscr{H}_\infty$, lo interpretamos como límite de amplitud ante una excitación senoidal dada por Wpert, dado por una plantilla.

```
PlantillaU=tf(7.5)*Wpert; %la ganancia máxima del FF será 7.5
bodemag(PlantillaU), grid on
```




```
Wu=1/PlantillaU;
```

Construcción de la planta generalizada ponderada

```
Wout=blkdiag(Wy,Wu,1);
Win=blkdiag(Wpert,1);
PGPond=Wout*PGpade*Win;
norm(PGPond(1:2,1),inf) %con K=0
```

```
ans = 38.5000
```

Control óptimo H-infinito

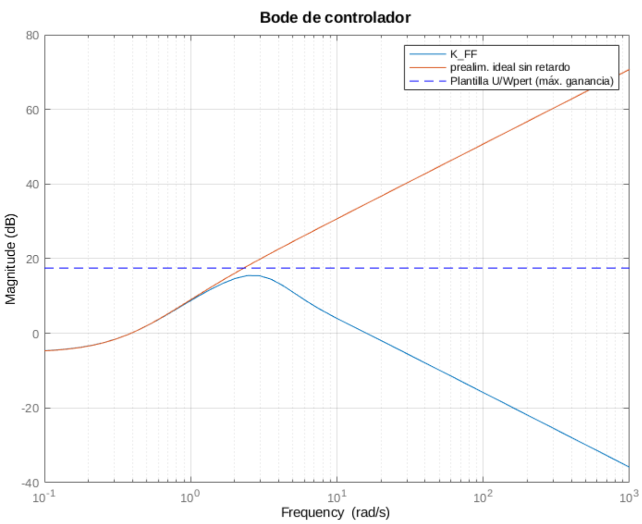
```
[K_FF,~,GAMinf,~]=hinfsyn(PGPond,1,1);
GAMinf
```

```
GAMinf = 1.0000
```

```
K_FF=minreal(K_FF);
```

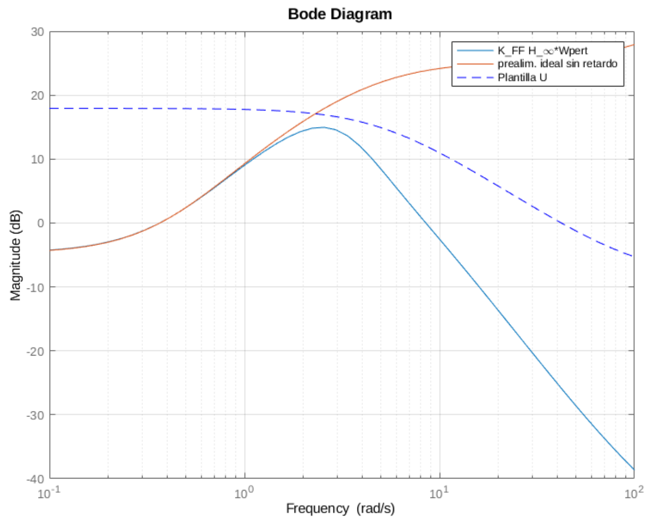
```
3 states removed.
```

```
bodemag(K_FF,FF_ideal,PlantillaU/Wpert,'b--',logspace(-1,3)), grid on,
legend('K_{FF}','prealim. ideal sin retardo','Plantilla U/Wpert (máx. ganancia)')
title("Bode de controlador")
```



Evaluación de las prestaciones

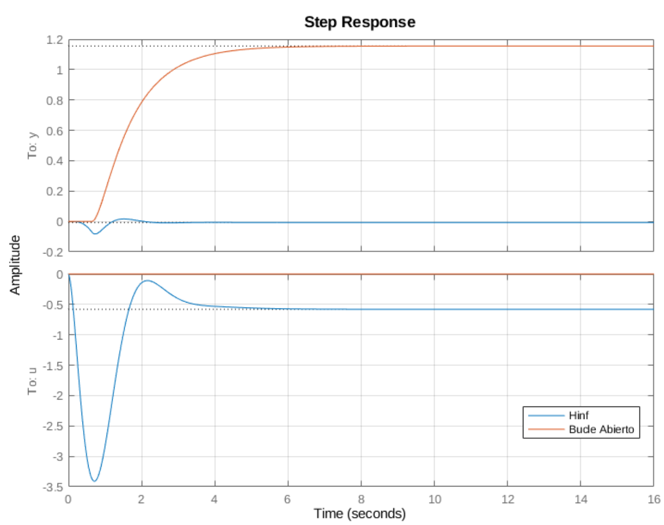
```
bodemag(K_FF*Wpert,FF_ideal*Wpert,PlantillaU,'b--',logspace(-1,2)), grid on,
legend('K_{FF} H_\infty*Wpert','prealim. ideal sin retardo','Plantilla U')
```



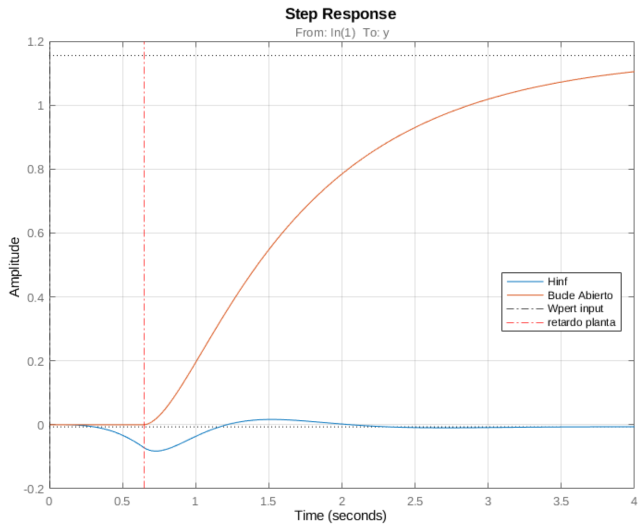

```
CLNWpade=lft(PGpade,K_FF); %bucle cerrado con aproximaciones de Padé
CLNW=lft(PG0,K_FF);
CLWpert=minreal(CLNW*Wpert);
```

```
3 states removed.
```

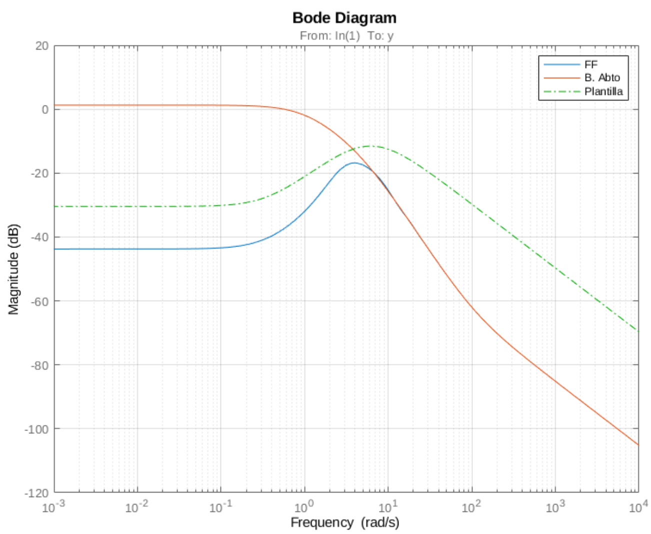
```
CLcasos{caso}=CLWpert;
step(CLWpert,[Gpert0*Wpert;0],16), grid on
legend("Hinf","Bucle Abierto","Location","best")
```




```
step(CLWpert(1),Gpert0*Wpert,4), grid on
xline(ret_planta,'-.k')
xline(ret_pert,'-.r')
legend("Hinf","Bucle Abierto","Wpert input","retardo planta","Location","best")
```

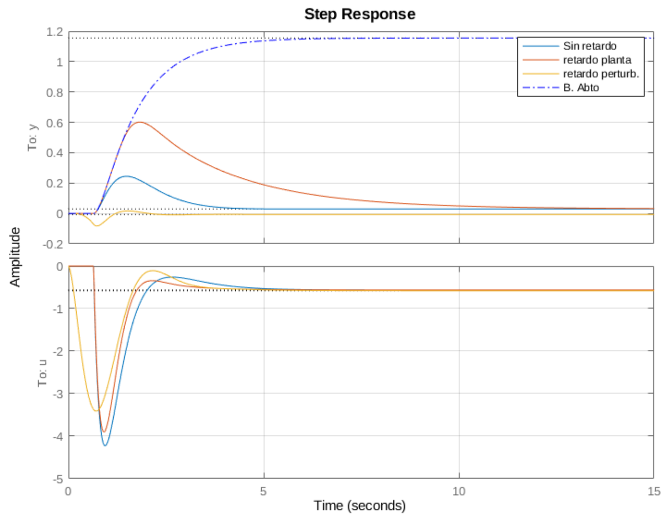



```
figure()
bodemag(CLWpert(1),Gpert0*Wpert,PlantillaY,'g-.'), grid on
legend("FF","B. Abto","Plantilla")
```




```
return
```

```
step(CLcasos{1}*exp(-0.65*s),CLcasos{2}*exp(-0.65*s),CLcasos{3},Gpert0*Wpert,'-.'), gri
legend("Sin retardo","retardo planta","retardo perturb.","B. Abto","Location","best")
```




```
bodemag(CLcasos{1},CLcasos{2},CLcasos{3},Gpert0*Wpert,'-.',[0;PlantillaU],'-.r'), grid
legend("Sin retardo","retardo planta","retardo perturb.","B. Abto","Location","best")
```