

Control Hinfinito: ejemplo feedforward (prealimentación)

© 2020, Antonio Sala Piqueras, Universitat Politècnica de València. Todos los derechos reservados

Presentación en vídeo: <http://personales.upv.es/asala/YT/V/ffhinf.html>

Este código funcionó correctamente con Matlab R2020b

Objetivo: plantear una planta generalizada para control feedforward y haremos hinfsyn.

Tabla de Contenidos

Modelado.....	1
Control por prealimentación: planta generalizada.....	2
Planta NO ponderada:.....	2
Planta generalizada ponderada.....	2
Determinación de pesos.....	2
Construcción de la planta ponderada:.....	5
Control óptimo:.....	5
Evaluación de las prestaciones.....	7

Modelado

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

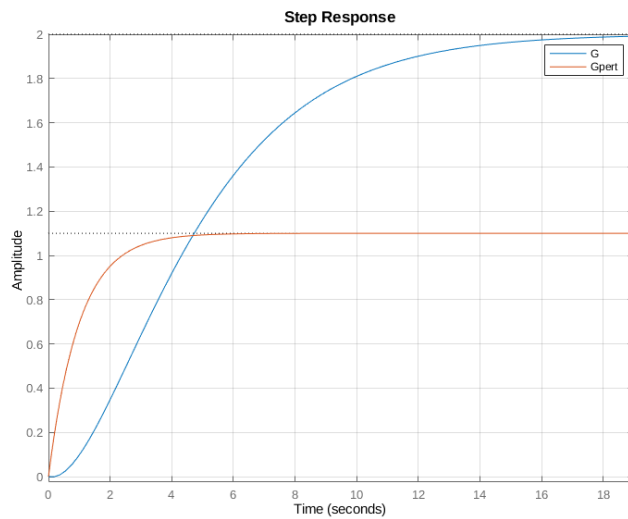
```
s=tf('s');  
G=2*(-0.1*s+1)/(2.5*s+1)^2/(0.02*s+1);
```

- Modelo de efecto perturbaciones a variable controlada:

```
Gpert=1.1/(s+1);
```

$$y = Gu + G_{pert}d$$

```
step(G,Gpert,19), grid on, ylim([-0.025 2]), legend
```



Control por prealimentación: planta generalizada

• Planta NO ponderada:

$y = G * u + G_{pert}d$, añadiendo u como salida (para limitarla), y d como información al controlador, tenemos:

```
PG=[Gpert G;
    0 1;
    1 0];
PG.InputName={'d','u'};
PG.OutputName={'y','u','dmed'};
```

La prealimentación "perfecta" no es ni realizable ni estable:

```
FF_ideal=zpk(-inv(G)*Gpert)
```

```
FF_ideal =
```

$$\frac{0.6875 (s+50) (s+0.4)^2}{(s-10) (s+1)}$$

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

• Planta generalizada ponderada

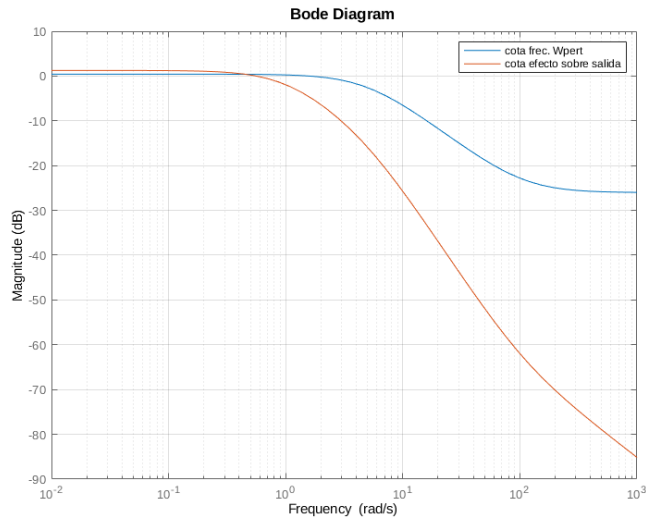
Determinación de pesos

Peso de Entrada "d": Consideremos un filtro de entrada

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

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

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



Peso sobre la salida:

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

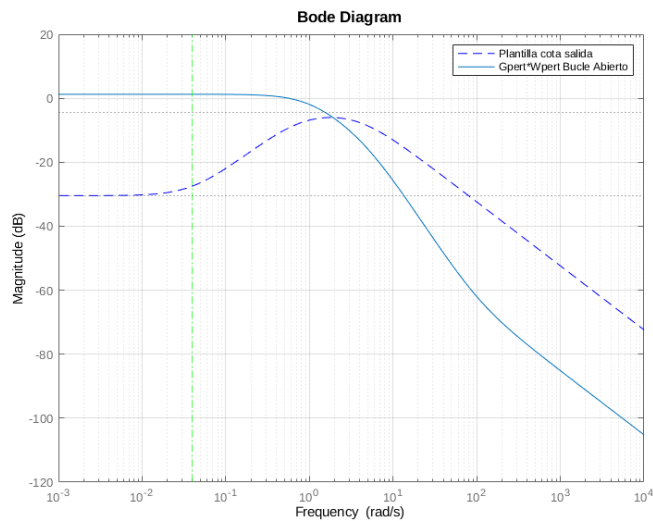
```
bw=0.04; LFgain=0.03; HFgain=0.6; qu=HFgain/LFgain;
PlantillaY=zpk(LFgain*(s/bw+1)/(s/bw/qu+1)*1/(0.25*s+1))
```

PlantillaY =

$$\frac{2.4 (s+0.04)}{(s+4) (s+0.8)}$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

```
bodemag(PlantillaY,"b--",Gpert*Wpert), grid on,xline(bw,'-.g'),yline(20*log10(HFgain), 'g')
legend('Plantilla cota salida','Gpert*Wpert Bucle Abierto')
```



El peso es la inversa de la plantilla:

```
Wy=1/PlantillaY;
```

Sin control tendríamos:

```
[GAMinf_OpenLoop,wc_freq]=norm(Wy*Gpert*Wpert,"inf")
```

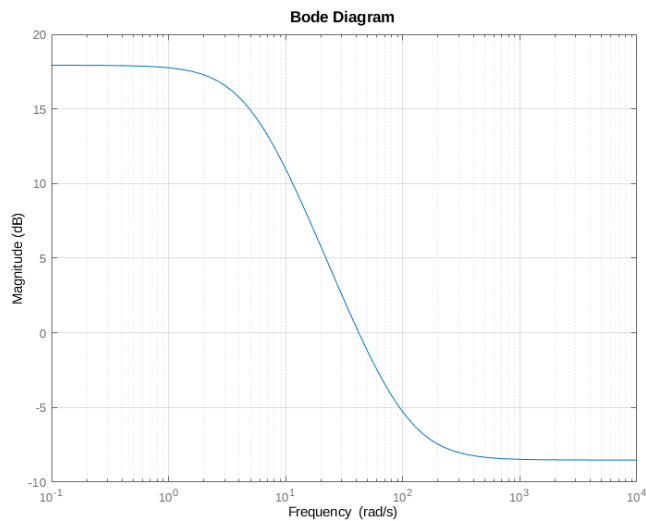
```
GAMinf_OpenLoop = 38.5000
wc_freq = 0
```

y el optimizador $\mathcal{H}_\infty$ debería evidentemente mejorar sobre ese valor.

Peso sobre variable manipulada (acción de control u)

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

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



```
Wu=1/PlantillaU; %pesos de salidas generalizadas son inversa de la plantilla
```

Construcción de la planta ponderada:

```
Wout=blkdiag(Wy,Wu,1); %pesos salidas generalizadas
Win=blkdiag(Wpert,1); %pesos entradas generalizadas
PGPond=Wout*PG*Win; %planta generalizada ponderada
norm(PGPond(1:2,1),inf) %con K=0 coincide con lo de arriba
```

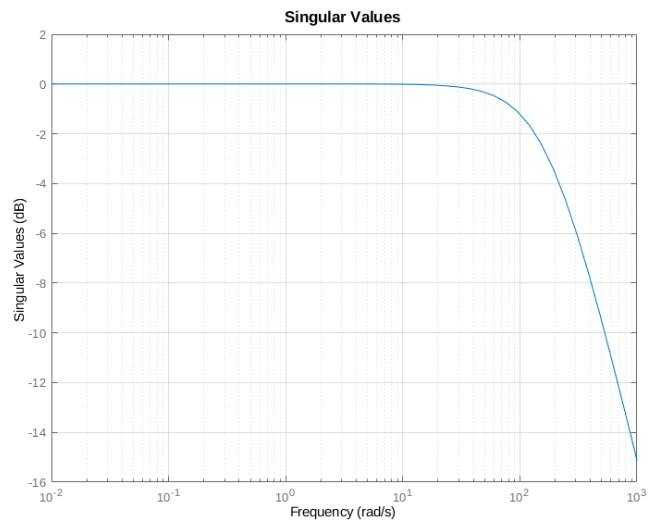
```
ans = 38.5000
```

Control óptimo:

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

```
GAMinf = 1.0002
```

```
sigma(CL,logspace(-2,3)), grid on
```



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

3 states removed.

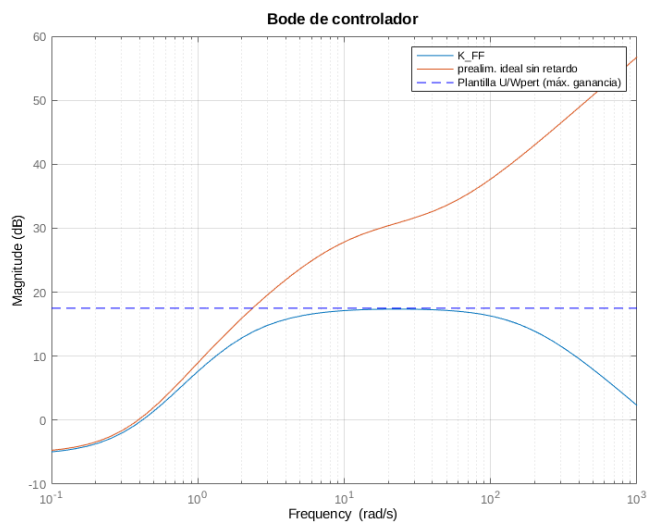
```
zpk(K_FF)
```

ans =

$$\frac{-1323.7 (s+50) (s+4.837) (s+0.875) (s+0.4)^2}{(s+176.5) (s+49.96) (s+5.218) (s+2.246) (s+1) (s+0.8097)}$$

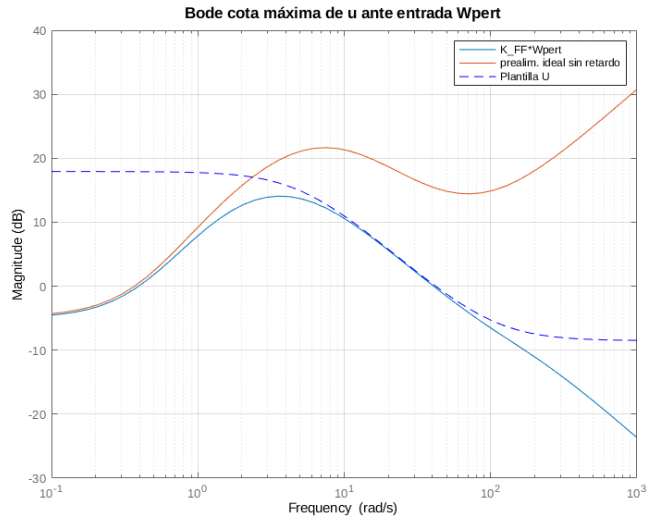
Continuous-time zero/pole/gain model.

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



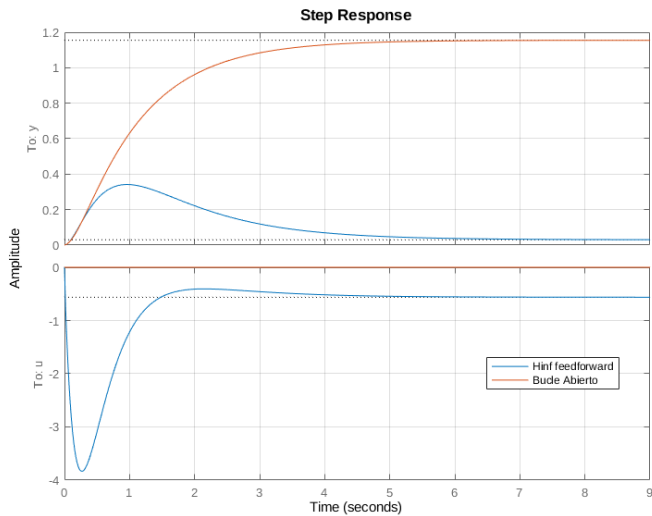
Evaluación de las prestaciones

```
bodemag(K_FF*Wpert,FF_ideal*Wpert,PlantillaU,'b--',logspace(-1,3)), grid on,
legend('K_{FF}*Wpert','prelim. ideal sin retardo','Plantilla U')
title("Bode cota máxima de u ante entrada Wpert")
```



Cerremos el bucle para evaluar prestaciones

```
CLNW=lft(PG,K_FF);
CLWpert=CLNW*Wpert;
%Sólo peso "entrada" para simular ante entrada "física" (no amplitud 1)
step(CLWpert,[Gpert*Wpert;0]), grid on
legend("Hinf feedforward","Bucle Abierto","location","best")
```



```
bodemag(CLWpert,[Gpert*Wpert;0],[PlantillaY;PlantillaU],'g-.'), grid on
legend("FF","B. Abto","Plantillas")
```

