Centro Universitario de la Defensa Zaragoza

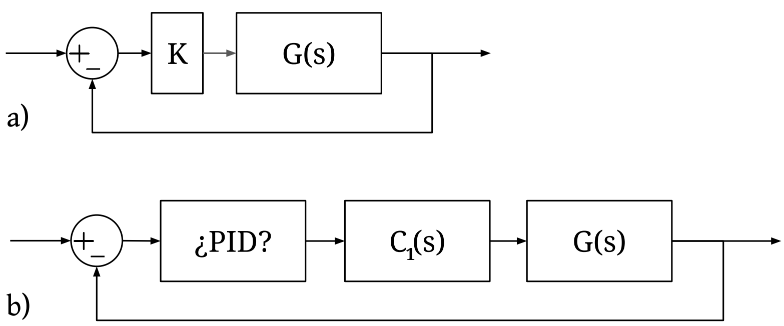
Examen de Sistemas Automáticos
Agosto 2016

Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Test	Total

Apellidos, Nombre:
Sección:
Fecha: 19 de agosto de 2016

- **Atención**: el enunciado consta de **cuatro** ejercicios prácticos y un test de respuesta múltiple
- Resuelva **todos** los ejercicios prácticos y el test
- Antes de empezar escriba **nombre y sección**
- La utilización de **bolígrafo rojo** o **Tipp-Ex** será seriamente penalizada

1. **(2 puntos)** Un determinado sistema con función de transferencia de rama directa $G(s) = \dfrac{1}{(s+2)(s+6)}$ controlado con un controlador proporcional como se muestra en la figura a) está trabajando con sus polos en $s_{12} = -4 \pm 4j$.



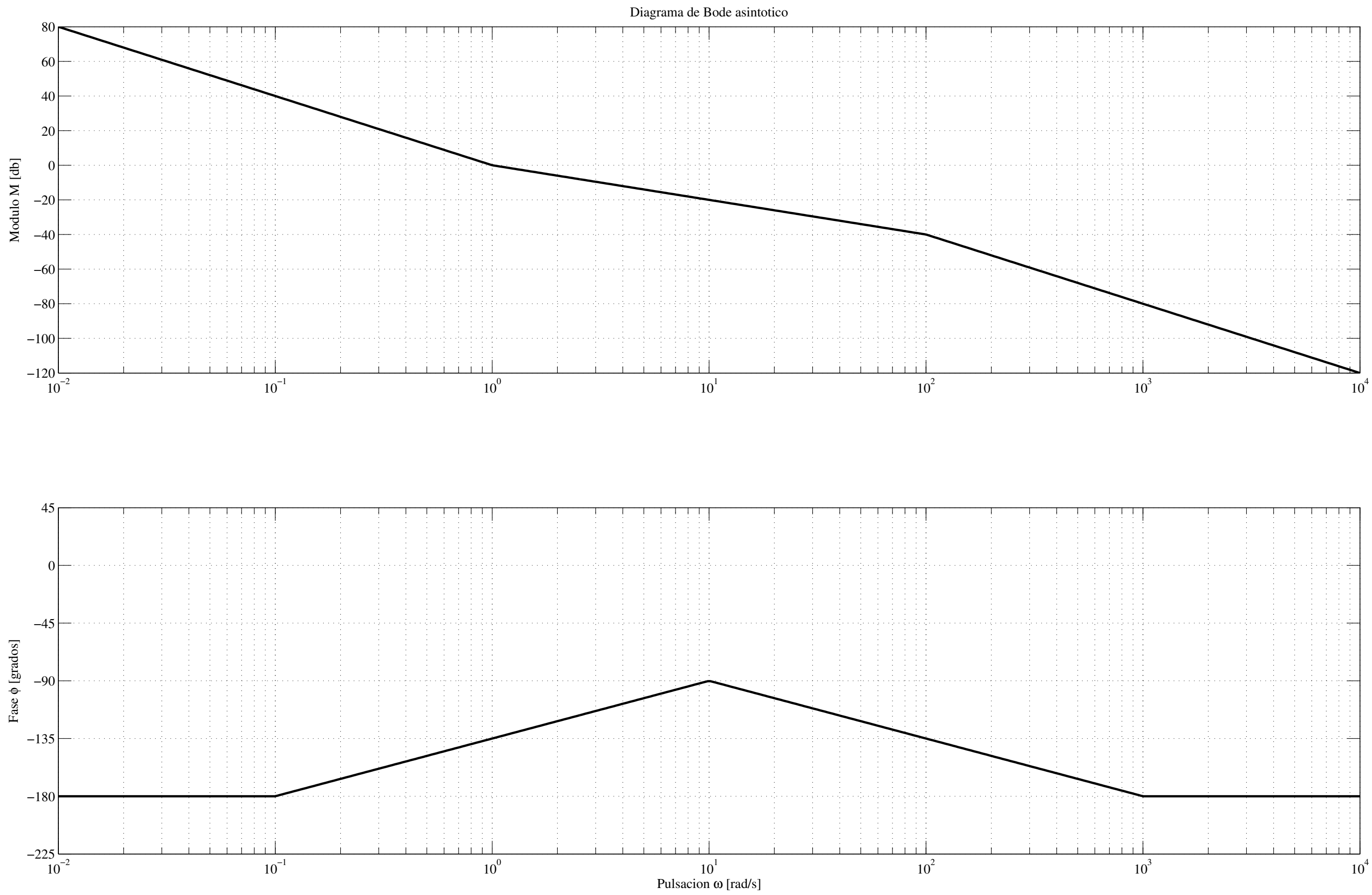
Se quiere remplazar el controlador proporcional para reducir el tiempo de pico y el tiempo de respuesta a $2/3$ de los actuales sin alterar la sobreoscilación. Además se quiere anular el error ante entrada escalón y acotar el error ante rampa a 3,84. Con este fin, se calcula un primer controlador $C_1(s) = \dfrac{1}{s+10}$ y se deja la tarea de completar el diseño del sistema de control en su mano.

Se pide que:

a) Calcule las constantes del PID mostrado en la figura b) para que se cumplan los requisitos dados.

2. **(2 puntos)**

   Un determinado sistema tiene un diagrama asintótico de Bode como el representado en la siguiente figura.



Se pide que:

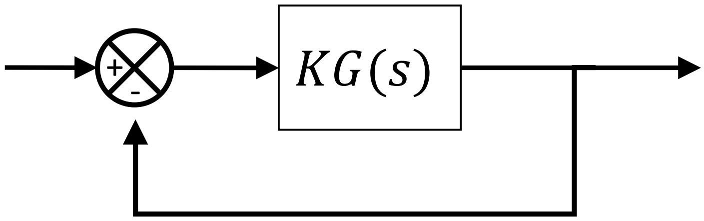
a) Indique en la propia figura el margen de fase y el de ganancia o especifique si no existen.

b) Interprete el diagrama y averigüe la función de trasferencia correspondiente.

c) Calcule el valor de controlador proporcional $C(s)$ necesario para obtener la mínima sobreoscilación una vez que el sistema se cierre en realimentación unitaria.

d) Calcule el valor de la sobreoscilación obtenida y la nueva frecuencia de corte del diagrama una vez aplicado el controlador.

3. **(2 puntos)** Se parte de un sistema con función de transferencia de rama directa $G(s) = \dfrac{(s+10)}{s(s+4)(s+8)}$ cerrado en realimentación como se muestra en la figura.

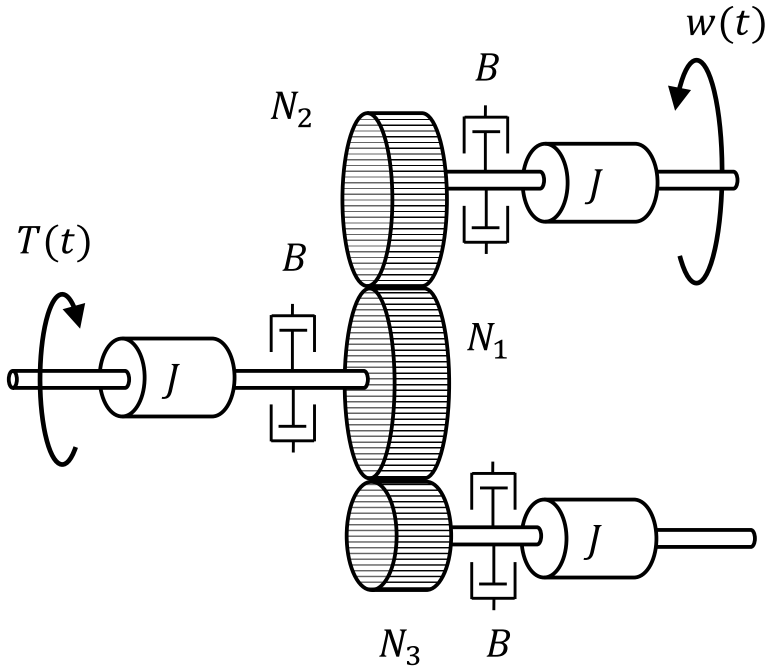


Se pide que:

a) Dibuje el lugar de las raíces de dicho sistema en función de la ganancia K. **Nota**: para el cálculo de los puntos de ruptura plantee la ecuación a resolver (en la forma $as^3 + bs^2 + cs + d = 0$) y considere como soluciones de la misma los valores $s = \{-1{,}91; -6{,}77; -12{,}3\}$.

b) Razone para valores de K altos si el sistema se puede aproximar a uno de segundo orden y, en caso afirmativo, determine su tiempo de respuesta.

4. **(2 puntos)** Dado el siguiente esquema rotacional se pide que:



a) Calcule la FdT que relaciona la entrada con la salida.

b) Calcule la influencia de J, B y los engranajes en la ganancia estática del sistema y el tiempo de respuesta al 98 %.

5. **(2 puntos, +0,1 cada acierto, –0,05 cada error)** Marque todas las respuestas que considere correctas. En caso de que haya globalmente más respuestas incorrectas que correctas la puntuación del test será cero.

1. Si el bloque $G_1(s) = \dfrac{1}{s+1}$ es antepuesto al bloque $G_2(s) = \dfrac{s+1}{s+3}$ la FdT resultante de la simplificación es:
   a) ☐ $G(s) = (s+3)/(s+1)$
   b) ☐ La misma que si es pospuesto
   c) ☐ Depende de la señal de entrada
   d) ☐ $G(s) = (s+1)^2/(s+3)$

2. La ganancia estática de una planta:
   a) ☐ Influye en el valor final de régimen permanente
   b) ☐ Determina su tiempo de respuesta
   c) ☐ Es independiente de los polos y de los ceros
   d) ☐ Puede verse en el lugar de las raíces

3. Dada una $G(s)$ con $\mu = 1$ y $\zeta = 0$. Si la entrada $R(s) = 2/s$:
   a) ☐ El valor máximo se alcanzará en régimen permanente
   b) ☐ El valor final asintótico será 2
   c) ☐ La respuesta será marginalmente estable
   d) ☐ El valor final asintótico será 1

4. Si un sistema estable realimentado tiene error nulo ante rampa:
   a) ☐ Tiene un error nulo ante escalón
   b) ☐ Su FdT de rama directa tiene con seguridad al menos un cero en el origen
   c) ☐ Tiene un error acotado no nulo ante escalón
   d) ☐ Su FdT de rama directa tiene con seguridad al menos un polo en el origen

5. Dada una FdT $G(s) = \dfrac{14}{(s+3+j)(s+3-j)(s+18)}$:
   a) ☐ Ante escalón la salida no exhibe sobreoscilación
   b) ☐ Es aproximable a una de segundo orden
   c) ☐ No es una FdT válida
   d) ☐ Es aproximable a una de primer orden

6. Sea $G(s) = \dfrac{(s+1)(s-1)}{(s+2)(s-4)}$:
   a) ☐ Ante escalón unitario tiene valor final acotado
   b) ☐ Es estable
   c) ☐ El error ante escalones positivos es nulo
   d) ☐ Es inestable

7. En un diagrama de Bode se observa una fase inicial de -90 y una final de -180 grados. El sistema correspondiente:
   a) ☐ Tiene con seguridad grado relativo 1
   b) ☐ Tiene al menos un cero
   c) ☐ Tiene con seguridad grado relativo 2
   d) ☐ Tiene al menos un polo

8. Dado un sistema $G(s) = \dfrac{45}{(s+1)(s+7)}$ a controlar en realimentación con un controlador proporcional:
   a) ☐ El tiempo de pico es siempre de 4 segundos
   b) ☐ Se puede obtener cualquier sobreoscilación
   c) ☐ Se puede obtener un sistema marginalmente estable
   d) ☐ En ningún caso se puede obtener un tiempo de respuesta de 1 segundo

9. La respuesta ante escalón unitario de un sistema exhibe un valor máximo de 12 voltios cuando el valor final es de 10 voltios. Entonces:

   a) ☐ La sobreoscilación es del 20 %
   b) ☐ El sistema es sobreamortiguado
   c) ☐ La ganancia estática del sistema es 12
   d) ☐ La sobreoscilación es del 120 %

10. La primera columna de una tabla de Routh tiene los valores $\{1, 7K-2, 4, 7K-3\}$. Por tanto:

   a) ☐ El sistema es estable para todo $K > 2/7$
   b) ☐ El sistema es siempre estable
   c) ☐ El sistema es estable para todo $K > 3/7$
   d) ☐ Con $K = 2$ el sistema es estable

11. Sea $G(s) = \dfrac{s+1}{s-2}$. Por tanto:

   a) ☐ Tiene grado relativo 1
   b) ☐ Existe un rango de K para que el sistema realimentado es estable
   c) ☐ Es un sistema impropio
   d) ☐ El sistema es estable en bucle abierto

12. Dado un compensador de tipo red de anticipo:

   a) ☐ Su fase siempre es mayor o igual que cero grados
   b) ☐ Éste tiene grado relativo 1
   c) ☐ Suele emplearse para corregir el permanente
   d) ☐ Su polo se encuentra a la derecha de su cero

13. Sea $G(s) = \dfrac{1}{(s+1)^3}$. Por tanto:

   a) ☐ El sistema realimentado siempre es inestable
   b) ☐ Su lugar de las raíces tiene tres asíntotas
   c) ☐ El sistema realimentado siempre es estable
   d) ☐ Su lugar de las raíces tiene dos puntos de ruptura diferentes

14. Se sabe que la frecuencia crítica de una planta es igual a $10\ rad/s$, con $\Phi(10) = -150°$. Entonces, para una entrada $r(t) = 10\sin(10t - 240°)$:

   a) ☐ La fase de la salida en bucle abierto será la misma que la de la entrada
   b) ☐ La amplitud de entrada y salida en bucle abierto será la misma
   c) ☐ El sistema realimentado será inestable
   d) ☐ La respuesta al escalón en realimentación unitaria será subamortiguada

15. Sea un sistema realimentado estable de tipo 3 y una entrada rampa unitaria. Entonces:

   a) ☐ El error en permanente es cero
   b) ☐ El error en permanente depende de K_p
   c) ☐ La salida en permanente crece hacia infinito
   d) ☐ El error en permanente es infinito

Transformada de Laplace

$$\mathcal{L}[t^n] = \frac{n!}{s^{n+1}} \qquad \mathcal{L}[\sin \omega t] = \frac{\omega}{s^2+\omega^2} \qquad \mathcal{L}[\cos \omega t] = \frac{s}{s^2+\omega^2} \qquad \mathcal{L}[f(t-T)] = e^{-sT}F(s)$$

$$\mathcal{L}[e^{-at}f(t)] = F(s+a) \quad \mathcal{L}\left[\int_{0-}^{t} f(\tau)d\tau\right] = \frac{F(s)}{s} \quad \mathcal{L}\left[\frac{d^n f}{dt^n}\right] = s^n F(s) - \sum_{k=1}^{n} s^{n-k} f^{(k-1)}(0-)$$

Sistemas de 2º orden básico

$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_d} \qquad S_{\%} = 100 \times e^{-\pi\zeta\omega_n/\omega_d}$$

$$T_{s_{95\,\%}} \approx \frac{3}{\zeta\omega_n} \qquad T_{s_{98\,\%}} \approx \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad \zeta = \frac{-\ln(S_{\%}/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(S_{\%}/100)}}$$

Sistemas realimentados

$$e_{\text{escalón}}(\infty) = \frac{1}{1+K_p} \quad e_{\text{rampa}}(\infty) = \frac{1}{K_v} \quad e_{\text{parábola}}(\infty) = \frac{1}{K_a}$$

Lugar de las raíces

$$\sigma_a = \frac{\sum \text{polos} - \sum \text{ceros}}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}} \qquad \theta_a = \frac{180(2k+1)}{\#\text{polos} - \#\text{ceros}}$$

$$\angle_{\text{salida/llegada}} = 180 - \sum \angle\text{sing. del mismo tipo} + \sum \angle\text{sing. distinto tipo}$$

Diagramas de Bode

$$M_F = \arctan\left(\frac{2\zeta}{\sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2}}\right) \approx 100\zeta \quad \omega_c = \omega_n\sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4}-2\zeta^2} \qquad \omega_r = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2}$$

$$M_P = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-2\zeta^2}} \qquad \omega_{\text{BW}} = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2+\sqrt{4\zeta^4-4\zeta^2+2}}$$

$$|G(j\omega_c)| = 1 = 0dB \qquad M_F = 180 + \angle G(j\omega_c) \qquad G_{\text{PID}}(s) = K_p + \tfrac{K_i}{s} + K_d s$$