



# Centro Universitario de la Defensa Zaragoza

## Examen de Sistemas Automáticos Parcial 2

Ej. 1	Ej. 2	Test	Total

Apellidos, Nombre:

Sección:

Fecha: 22 de enero de 2015

- **Atención:** el enunciado consta de dos ejercicios prácticos y un test de respuesta múltiple
- Resuelva **ambos ejercicios prácticos** y el test
- Utilice únicamente **bolígrafo negro o azul**

### Sistemas de 2º orden básico

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

$$T_{s95\%} \approx \frac{3}{\zeta\omega_n} \quad T_{s98\%} \approx \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad \zeta = \frac{-\ln(S_{\%}/100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(S_{\%}/100)}}$$

### Sistemas realimentados

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

### Lugar de las raíces

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

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

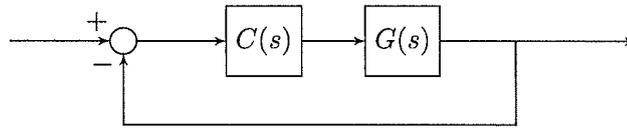
### Diagramas de Bode

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

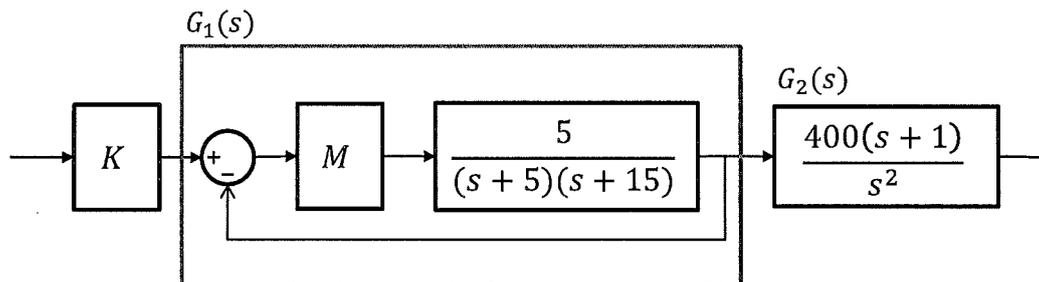
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

1. (3.5 puntos) Se desea mejorar el comportamiento de la planta  $G(s) = \frac{2}{(s-2)(s+4)}$ , controlada en realimentación. Inicialmente  $C(s)$  es un controlador proporcional ajustado para que el sistema exhiba una sobreoscilación del 35.1 %.



- Se quiere reducir el tiempo de respuesta a **entre la mitad y un cuarto del original**, conservando el tiempo de pico. Esboce el lugar de las raíces de  $G(s)$  y la zona válida e identifique el punto de **menor sobreoscilación** dentro de la zona válida.
- Utilizando **condición de fase y módulo**, diseñe un nuevo controlador  $C(s)$  para que los nuevos polos complejos conjugados del sistema estén en el punto hallado en el apartado anterior.
- Esboce el nuevo lugar de las raíces del sistema controlado sin calcular puntos de ruptura o cruces con el eje imaginario.
- Si quisiera anular el error ante entradas escalón, ¿qué controlador utilizaría? Proponga una posible solución.

2. (3.5 puntos) Se quiere mejorar un viejo sistema de apuntamiento automático, cuyo rama directa se representa en la siguiente figura. Para ello se va a instalar un potenciómetro ( $K$ ) que permitirá modificar la sobreoscilación en el momento de apuntar al objetivo. Desafortunadamente se desconoce el valor de un parámetro  $M$ , pero se sabe que la FdT  $G_1(s)$  tiene respuesta críticamente amortiguada.



Se le pide, por lo tanto:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3. **3 puntos, +0.2 cada acierto, -0.1 cada error.** Marque todas las respuestas que considere correctas.  
**¡Atención!** Si hay más respuestas incorrectas que correctas la calificación final del test será de **cero**.

1. En un diagrama de Bode de un sistema en bucle abierto, el diagrama de amplitud cruza por 0 dB una vez y el de fase por  $-180^\circ$  dos veces:

- a)  El sistema realimentado se puede con certeza estabilizar con un controlador proporcional  
 b)  El sistema es con certeza estable  
 c)  El margen de amplitud es con certeza positivo  
 d)  El margen de amplitud es con certeza negativo

2. Dada una función de transferencia  $G(s) = \frac{s+100}{(s+10)^2}$  y una entrada  $20 \sin(10t)$ , a la salida se obtendrá:

- a)   $\sin(10t + 45^\circ)$   
 b)   $20 \sin(10t - 135^\circ)$   
 c)   $\sin(20t)$   
 d)   $20 \sin(10t - 90^\circ)$

3. Dada una planta  $G(s) = \frac{(s-2)(s-4)}{(s+2)(s+4)}$  controlada en realimentación unitaria:

- a)  Existe una ganancia que permite obtener un sistema marginalmente estable  
 b)  Existe una ganancia que permite obtener una sobreoscilación del 20 %  
 c)  Si la ganancia crece, se pasará de un sistema estable a uno inestable  
 d)  Existe una ganancia que permite obtener un tiempo de respuesta de 0.5 s

4. En parte de un diagrama de Bode de fase se observa una pendiente de  $-90^\circ/\text{déc}$  que empieza en  $\omega = 1 \text{ rad/s}$  y se suaviza a  $-45^\circ/\text{déc}$  en  $\omega = 2 \text{ rad/s}$ . La función de transferencia podría ser:

- a)   $G(s) = \frac{(s+20)(s+200)}{(s+10)^2}$   
 b)   $G(s) = \frac{(s+20)}{(s+10)^2}$   
 c)   $G(s) = \frac{(s+20)(s+200)}{(s+10)}$   
 d)   $G(s) = \frac{(s+2)}{(s+1)^2}$

5. El ancho de banda de un sistema:

- a)  Depende solo de la frecuencia amortiguada  
 b)  Aumenta al hacerlo la frecuencia natural  
 c)  Es el intervalo  $[0, \omega_r]$  siendo  $\omega_r$  la frecuencia de resonancia  
 d)  Coincide con la frecuencia de corte

NO

6. La planta  $G(s) = \frac{K}{s(s+2)}$  en bucle cerrado cumple el requisito  $T_p = \pi$  segundos. Entonces:

- a)  Su margen de fase es aproximadamente  $110^\circ$   
 b)  Tiene  $K = \frac{1}{\sqrt{2}}$   
 c)  Su margen de fase es aproximadamente  $71^\circ$   
 d)  Tiene  $K = 2$

7. Si el diagrama de Bode de amplitud de un sistema siempre decrece:

- a)  Forzosamente hay polos en el origen  
 b)  No hay polos  
 c)  Forzosamente la fase es constante  
 d)  No hay ceros

8. Dada la FdT  $G(s) = \frac{s+2}{s^2+2s+2}$ , en su lugar de las raíces:

- a)  El ángulo de partida es  $45^\circ$   
 b)  El ángulo de partida es  $135^\circ$   
 c)  El ángulo de partida es  $-45^\circ$   
 d)  Tiene un punto de ruptura

9. Dada la FdT  $G(s) = \frac{3}{(s-1)(s-4)}$  y el requisito  $S\% = 20\%$ :

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

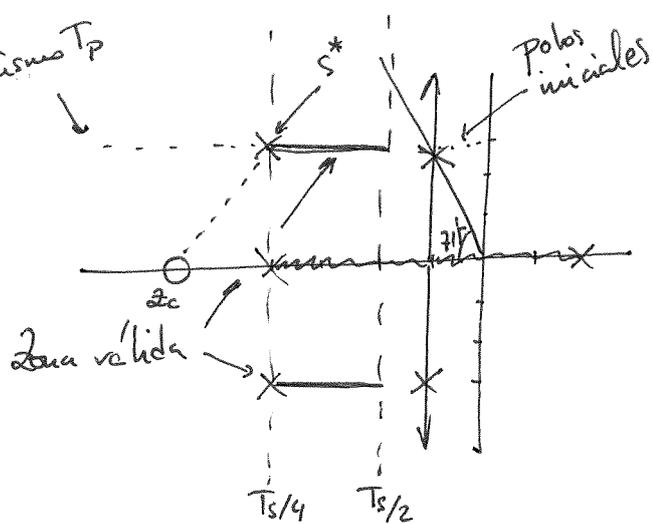
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

Cartagena99

4) mismo  $T_p$

a)



$$\zeta_0 = 35.1\% \Rightarrow \zeta = 0.316$$

$$\arccos \zeta = 71.57^\circ \Rightarrow \frac{\omega_d}{\omega_n} = \tan 71.57^\circ$$

$$\Rightarrow \omega_d = 3, \quad \zeta \omega_n = 1$$

después de (s) con (s) inicial tiene polos en  $-1 \pm 3j \Rightarrow T_s = \frac{4}{\zeta \omega_n} = 4 \text{ seg.}$

$$T_p = \frac{\pi}{3}$$

Mitad de  $T_s \Rightarrow$  doble  $\zeta \omega_n$ ; Cuarta parte  $\Rightarrow$  cuádruple  $\zeta \omega_n$

Entre de la zona válida,  $s^* = -4 + 3j$  tiene mínima  $\delta\%$  (menor ángulo)

b) Como el LDIR no pasa por  $s^*$ , voy a usar un PD

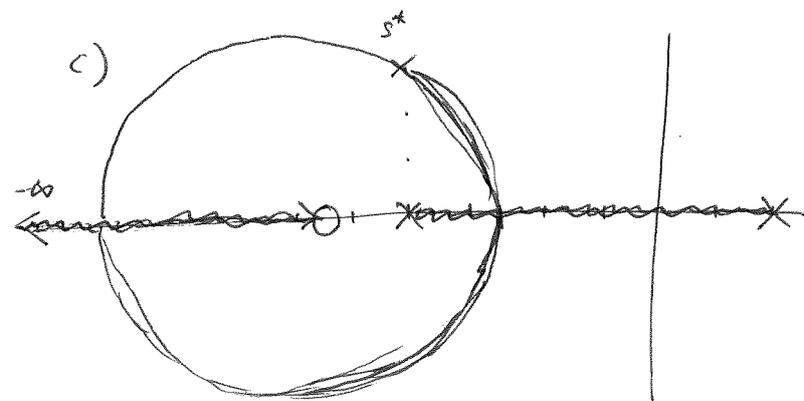
$$180^\circ = \angle z_c - 90^\circ - (180 - \arctan \frac{3}{6}) \Rightarrow \angle z_c = 63^\circ$$

$$\frac{3}{z_c - 4} = \tan 63^\circ \Rightarrow z_c = 5.5$$

$$K = \frac{3\sqrt{3^2+6^2}}{2\sqrt{3^2+15^2}} = \frac{20.1}{6.7} = 3$$

$$\text{Mi PD es } 3(s+5.5) \Rightarrow C(s) = 3(s+5.5)$$

c)



$$\frac{1}{2} (-\infty \dots -5.5) \cup [-4 \dots 2] \in \text{LDIR}$$

Una asíntota hacia  $-\infty$

Dos puntos de ruptura por calcular

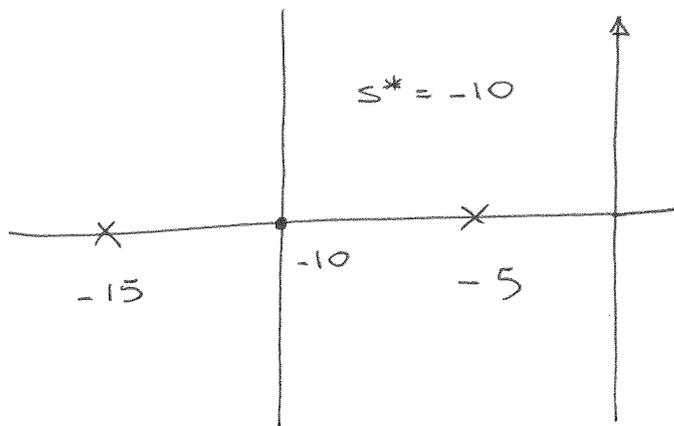
d) Como necesitaría tener tipo 1, esto requiere un P.I.

Al ... condiciones de error ante rampa, cualquier cero

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



$$|M|=|K| = \frac{|s^* + 5| |s^* + 15|}{5} = \frac{|-10 + 5| |-10 + 15|}{5} = \frac{5 \cdot 5}{5} = 5$$

Realimentado para obtener la  $G_1(s)$

$$G_1(s) = \frac{25}{(s+5)(s+15) + 25} = \frac{25}{(s+10)^2}$$

$$G(s) = G_1(s) G_2(s) = \frac{10000 (s+1)}{(s+10)^2 s^2} = \frac{10000 (s+1)}{(s+10)(s+10) s^2}$$

NORMALIZO

$$G(s) = \frac{10000 (s+1)}{100 \left(\frac{s}{10} + 1\right) \left(\frac{s}{10} + 1\right) s^2}$$

Frecuencias:  $\omega = \{0.1, 1, 10, 100\} \xrightarrow{\text{extremos}} \{0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000\}$

Módulo	0.01	1	10	1000	Fase	0.01	0.1	1	10	100	1000
$s = \emptyset$	-20	-20	-20		$s = \emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$
$s = \emptyset$	-20	-20	-20		$s = \emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$

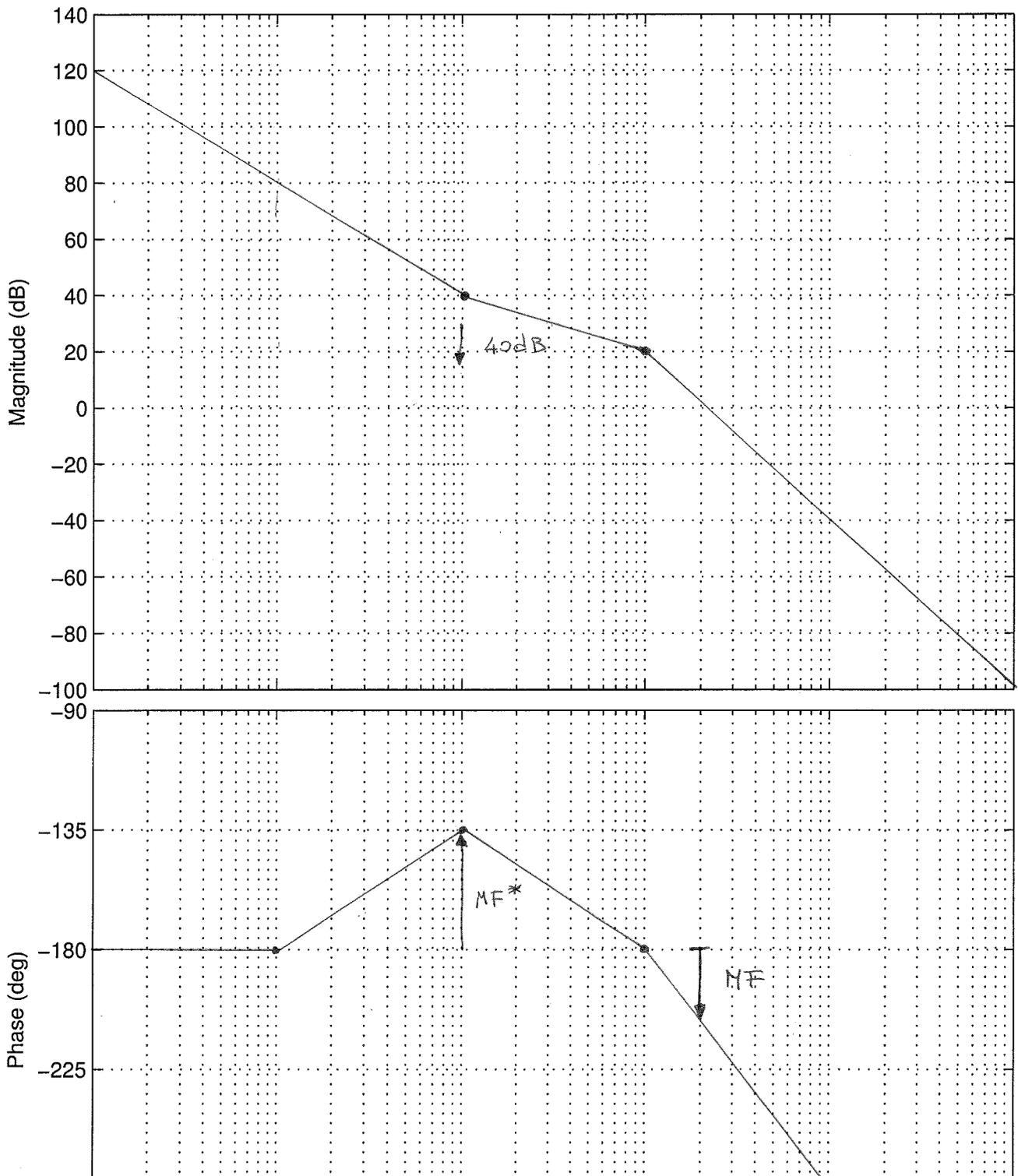
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$M(0.01) = 20 \lg 100 + 2 \times 20 \lg \frac{1}{100} = 40 + 2 \times (-40) = -40 \quad \varphi(0.01) = 2 \times -90 = -180$$

### Bode Diagram



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

$$-40 = 20 \times y \quad -\frac{40}{20} = y \quad y \neq 10 = 0.01$$

**Cartagena99**