

## EJERCICIOS ENTREGABLES

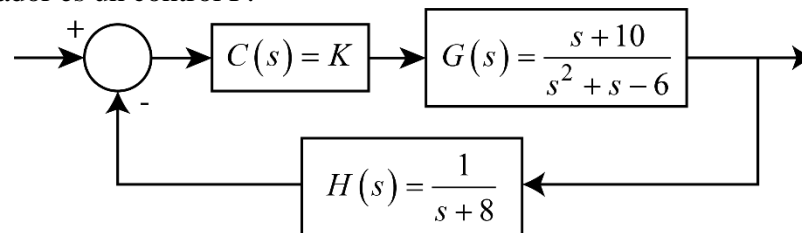
### PRÁCTICA 4: Análisis y diseño de sistemas de control mediante el método del Lugar de las Raíces (LDR) con MATLAB

### PRÁCTICA 5: Diseño de controladores PID con MATLAB y RLTOOL

#### NORMAS DEL ENTREGABLE DE PRÁCTICAS

- La solución de los ejercicios se deberá entregar en un *LiveScript* .mlx independiente, o en un modelo Simulink. Guarda los script también en formato .pdf junto con las anotaciones oportunas. En caso de utilizar un modelo Simulink, adjunta también un documento de texto en formato .pdf con los comentarios que consideres necesarios.
- Se entregarán todos los archivos (.mlx/.slx + .pdf) en un archivo comprimido con comentarios explicativos precisos, con formato de nombre: Grupo\_Número.zip.
- La entrega se realizará a través del Aula Virtual. Se dispondrá de 14 días naturales desde la subida del enunciado de los ejercicios entregables en dicha plataforma.
- Cualquier atisbo de copia del trabajo de otros compañeros se penalizará con un 0 en la práctica para todos los integrantes de los grupos involucrados.

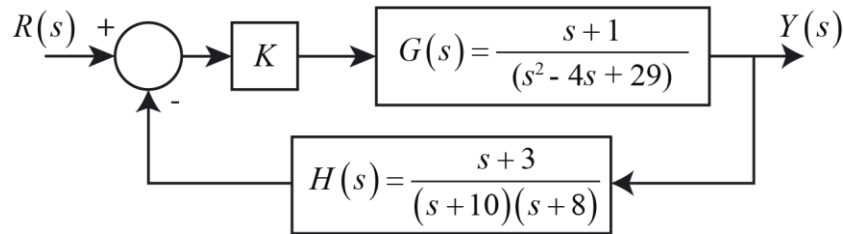
**Ejercicio 1 (1.5 puntos).** Dado el sistema representado por el diagrama de bloques de la figura, en el que el controlador es un control P:



- ¿Existe algún rango de valores para el controlador que hacen que el sistema se vuelva inestable? (0.25 pts)
- ¿Cuál sería el valor del controlador que consigue un comportamiento críticamente amortiguado? (0.25 pts)
- Se quiere que el sistema se comporte con un factor de amortiguamiento  $\zeta = 0.75$  y una frecuencia natural  $\omega_n = 6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . ¿Es posible hacer que el sistema se comporte con estas características, cómo se haría? Justifique su respuesta (0.5 pts)
- ¿Cuál es el controlador que consigue una frecuencia natural de 1.5rad/s? Represente el comportamiento del sistema con este controlador ante una entrada escalón (0.5pts)

#### Ejercicio 2 (2 puntos).

- Escriba una función de Matlab que reciba como entrada las matrices  $G(s)$  y  $H(s)$  de un sistema de control y devuelva la solución de cada uno de los 7 pasos vistos en clase de teoría para el dibujo a mano del lugar de las raíces. A modo de evaluación de dicho script considere el diagrama de la siguiente figura (1.5 pts)



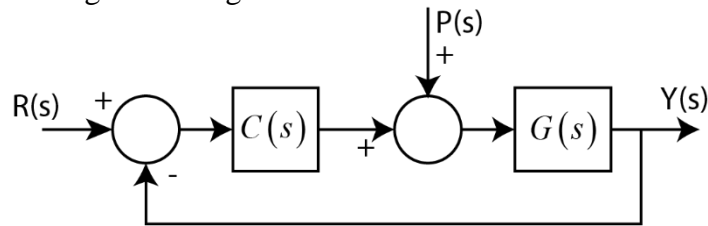
- b) Para el caso del sistema de la figura anterior, compare el resultado obtenido en base al procedimiento manual con el lugar de las raíces calculado directamente con Matlab. ¿Existen diferencias?, ¿A qué podrían ser debidas? (0.5 pts)

**Ejercicio 3 (2 puntos).** Dado el sistema físico conocido como “Pelota sobre barra” cuya función de transferencia es

$$G(s) = \frac{mdg}{\frac{L(J + mR^2)}{R^2} s^2}$$

Con parámetros:  $m=0.1\text{kg}$ ;  $R=0.015\text{m}$ ;  $g=9.8\text{m/s}^2$ ;  $L=1\text{m}$ ;  $d=0.03\text{m}$ ;  $J=10^{-6}\text{kg}\cdot\text{m}^2$

Haciendo uso de las herramientas de diseño y análisis de Matlab, diseñe un controlador para que el sistema presente un tiempo de establecimiento menor a 3.5 segundos y un pico máximo inferior al 10%, según el siguiente diagrama de control:



- a) Analice el lugar de las raíces del sistema y exponga los criterios de selección del controlador en función de las diferentes gráficas y datos que considere relevantes. En base a estos, diseñe el controlador del tipo seleccionado y exponga las gráficas que considere necesarias incluyendo, LDR, respuesta paso, y una captura de pantalla del ambiente RLTOOL donde se vea claramente el tipo de herramientas de calibración utilizadas (para el ajuste del controlador y para los criterios de diseño) (1 pts).
- b) Analice la respuesta del sistema en lazo cerrado frente a una perturbación de tipo impulso y tipo paso (0.5 pts).
- c) Diseñe un controlador tal que mantenga las características en el régimen transitorio anterior y anule el error frente a una perturbación de tipo paso (0.5 pts).

**Ejercicio 4 (2.5 puntos).** El exoesqueleto robótico REFLEX es un dispositivo de rehabilitación de rodilla basado en un motor de corriente continua. Dicho motor se comporta de manera que su señal de control,  $u(t)$ , comanda la velocidad de giro del eje,  $v(t)$ , según la relación  $u(t) = \dot{v}(t) + 15v(t)$ .

Se quiere controlar la posición del eje de dicho motor  $p(t)$  para que siga comandos de posición angular. Para ello, se utiliza un esquema de control en lazo cerrado realimentando la posición

angular del eje. Esta realimentación se realiza mediante un sensor que incorpora un filtro paso bajo correspondiente a la siguiente función de transferencia:

$$H(s) = \frac{1}{0.001s^2 + 0.05s + 1}$$

- a) Utilizando Simulink, modele el sistema a controlar y esboce el diagrama de bloques que representa el control de dicha articulación para el seguimiento de referencias de posición (0.5 pts)
- b) Utilizando el método de Ziegler-Nichols de sintonización empírica de PID, obtenga el controlador PID para el sistema (1 pts).
- c) Dentro del modelo simulink, introduce un controlador PID (bloque PID Controller) y explora las herramientas de sintonización automática de PID. Propón un controlador justificando sus prestaciones en el marco de la aplicación planteada (0.5 pts)

**Ejercicio 5 (2 puntos).** Considere el modelo “robot\_5DoF\_entregable\_R2021a.slx” que tiene disponible en aula virtual. En él se ha implementado un control de posición para la primera articulación de un robot manipulador que no se comporta correctamente.

- a) Obtenga un modelo aproximado para el sistema de control en lazo cerrado que ya está implementado (1 pts).
- b) Diseñe e implemente un sistema de control realimentado para controlar la posición de la primera articulación del robot manipulador. Utilice un controlador de la familia de los PID que anule el error en estado estacionario, reduzca el tiempo de asentamiento a menos de 0.75s y la máxima sobreoscilación a menos del 10%. Simule dicho controlador sobre el modelo original del robot y analice su funcionamiento (1pts)