

# **Práctica 5**

**Diseño de controladores PID con  
MATLAB y RLTOOL**

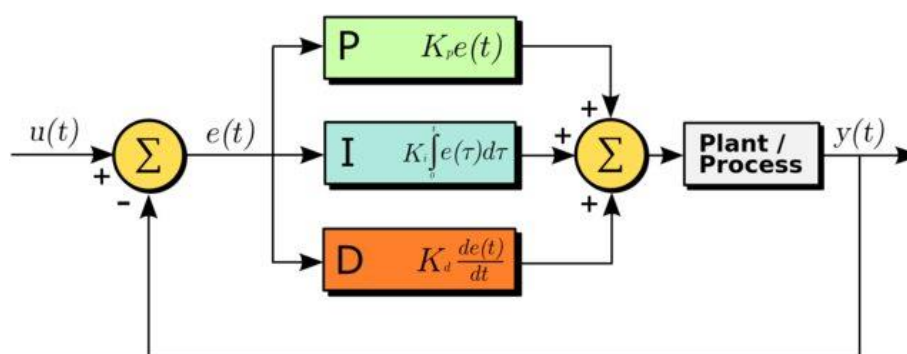
## **ÍNDICE**

<b>1. La familia de controladores tipo PID.....</b>	<b>3</b>
<b>2. La interfaz RLTOOL de MATLAB .....</b>	<b>5</b>

## 1. La familia de controladores tipo PID

Como se ha visto en la parte de teoría de la asignatura, un controlador PID es un tipo de regulador o compensador que aplica una señal de control  $u(t)$  a una planta o proceso, donde dicha señal de control  $u(t)$  es una combinación lineal (es decir, una suma) de acciones **proporcional**, **integral** y **derivativa** de la señal de error  $e(t)$ .

Su esquema típico es el siguiente:



La familia de controladores tipo PID está formada por diferentes combinaciones de los elementos proporcional, integral y/o derivativo. Las configuraciones más importantes son:

- **Proporcional (P):** cuenta sólo con una ganancia positiva,  $K$ .
- **Proporcional-Derivativo (PD):** cuenta con una ganancia  $K$  y un cero cuya posición es configurable.
- **Proporcional-Integral (PI):** ganancia  $K$ , polo en el origen y cero en posición configurable.
- **Proporcional-Integral-Derivativo (PID):** ganancia  $K$ , polo en el origen y dos ceros en posiciones configurables.

Las funciones de transferencia de PD, PI y PID son las siguientes:

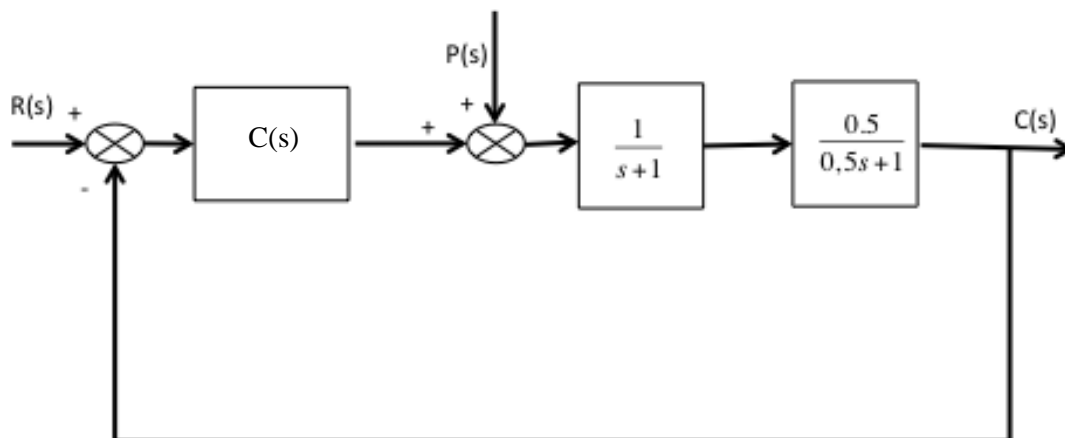
$$\begin{aligned}
 \text{PI} \quad G_c(s) &= K \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right) \\
 \text{PD} \quad G_c(s) &= K \left( 1 + T_d s \right) \\
 \text{PID} \quad G_c(s) &= K \left( 1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right)
 \end{aligned}$$

### Ejercicio práctico 1: Posiciones de los polos y los ceros de los controladores PID

1. Extrae la posición de los ceros de los controladores PD, PI y PID en función de las constantes de tiempo integral ( $T_i$ ) y derivativa ( $T_d$ ), para el caso general.

**Ejercicio práctico 2: Respuesta de sistemas con controladores PID frente a perturbaciones**

La figura representa un sistema de control con una entrada  $R(s)$  y con una perturbación (señal no deseada)  $P(s)$  situada entre el controlador y la planta:



El controlador  $C(s)$  del sistema puede ser P, PI o PID. Se han obtenido por métodos empíricos los siguientes parámetros de tres controladores tipo PID:

- **Caso 1:** Controlador  $P$  ( $K = 2,35$ )
- **Caso 2:** Controlador  $PI$  ( $K = 0,235$        $T_i = 0,1s$ )
- **Caso 3:** Controlador  $PID$  ( $K = 2,55$        $T_i = 1,28s$        $T_d = 0,09$ )

Se requiere:

a.- Obtener la respuesta temporal  $c(t)$  del sistema ante una entrada  $r(t)$  escalón unitario considerando que no hay perturbación ( $p(t) = 0$ ), comparando las respuestas del sistema sin controlador y con los tres controladores en la misma gráfica. Obtener en cada caso la posición de los polos en lazo cerrado del sistema y justificar el resultado obtenido.

b.- Considerando que la entrada  $r(t)$  permanece a cero ( $p(t) = 0$ ), obtener cómo evoluciona la salida cuando se añade una perturbación  $p(t)$  de tipo escalón unitario con los tres controladores anteriores. ¿Con qué controlador se obtiene una mejor respuesta frente a la perturbación?

**Ayuda:** Para resolver el apartado b) debes calcular la nueva función de transferencia que relaciona la salida  $C(s)$  con la entrada perturbación  $P(s)$ , eliminando la entrada  $R(s)$  del sistema.

## 2. La interfaz RLTOOL de MATLAB

MATLAB incorpora distintas interfaces de usuario aplicadas al control, entre las que cabe destacar *Sisotool* para el análisis y diseño de sistemas y *Simulink* para la simulación de modelos matemáticos mediante diagrama de bloques.

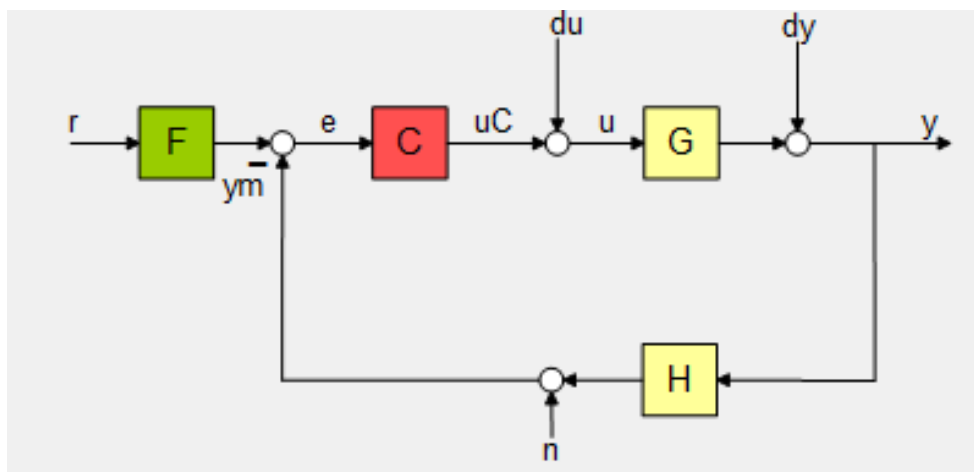
**SISOTOOL** (*Single Input Single Output Tool*), permite el análisis de sistemas de control de una entrada y una salida (sistemas SISO), así como el diseño de compensadores de adelanto o retardo y de controladores tipo PID.

**RLTOOL** es una parte de la herramienta SISOTOOL que se centra en usar el Lugar de las Raíces como técnica principal de análisis y diseño de los sistemas. Proporciona una forma rápida, fácil y útil de diseñar controladores, y ver su influencia en el lugar de las raíces dibujado sobre el plano complejo. Con RLTOOL podemos añadir, mover y eliminar los polos y los ceros del controlador de forma rápida, cambiar su ganancia y ver los resultados de forma inmediata en la nueva localización de los polos del sistema en bucle cerrado y en la respuesta del sistema a la señal de entrada

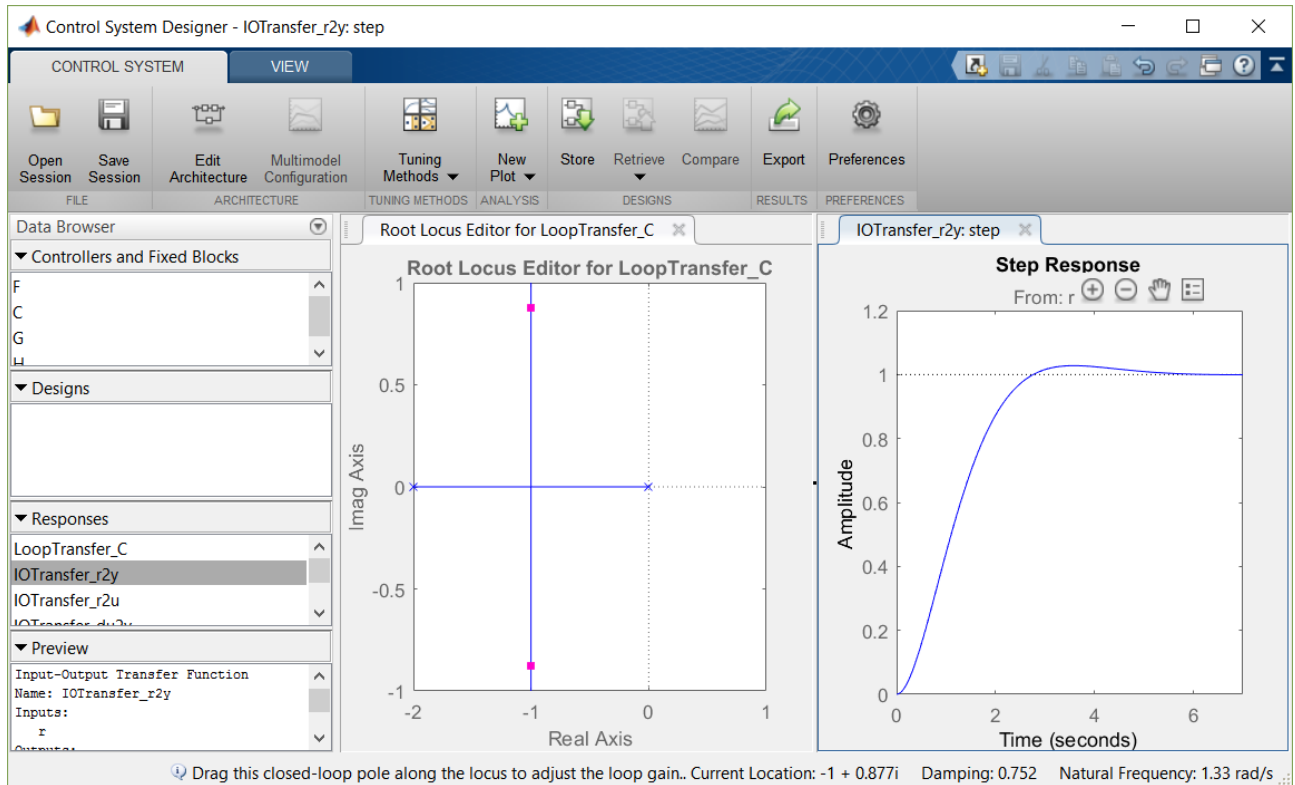
### ¿COMO ARRANCO RLTOOL?

RLTOOL puede ser invocado con una gran variedad de parámetros. Escribiendo "help rltool" la ventana de comandos de MATLAB podemos ver las posibles opciones:

- `rltool(G)`, siendo  $G$  la función de transferencia de la planta, creada con `zpk` o `tf`.
- `rltool(G,C)`, siendo  $C$  el controlador para el sistema en bucle cerrado con realimentación negativa.



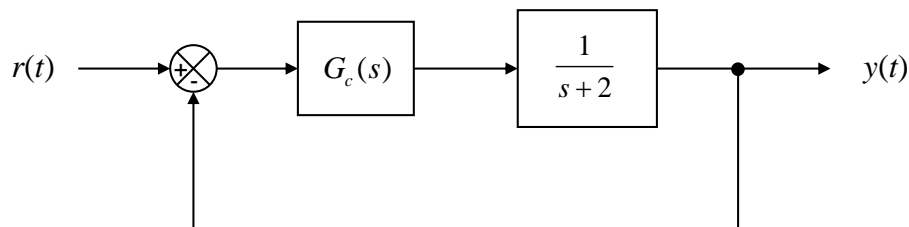
Una vez se ha ejecutado el comando aparecerá la interfaz de usuario (*Control System Designer*), a través de la cual se puede configurar y guiar todo el diseño y ajuste del sistema. En MATLAB R2016a tiene este aspecto:



Para descubrir todo el potencial de *RLTOOL* se va a abordar el proceso de ajuste y análisis de varios sistemas de control en los siguientes ejercicios:

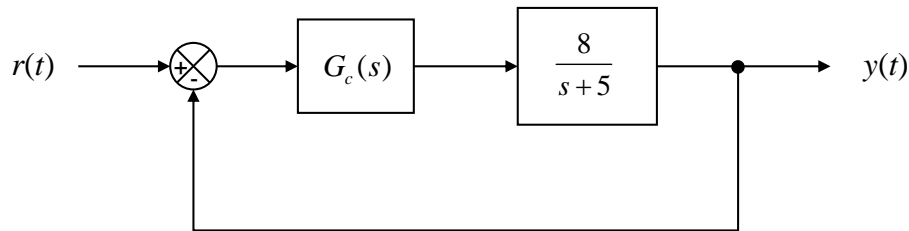
**Ejercicio práctico 3:** Utiliza la herramienta *RLTOOL* para averiguar el controlador más sencillo de tipo PID (P, PI, PD o PID, en ese orden) a colocar en el sistema de la figura de forma que dicho sistema tenga un error en estado estacionario frente a una entrada escalón exactamente igual a  $e_{ss} = 30\%$ .

Una vez averiguado el tipo de controlador, calcula los parámetros del mismo y comprueba el resultado:



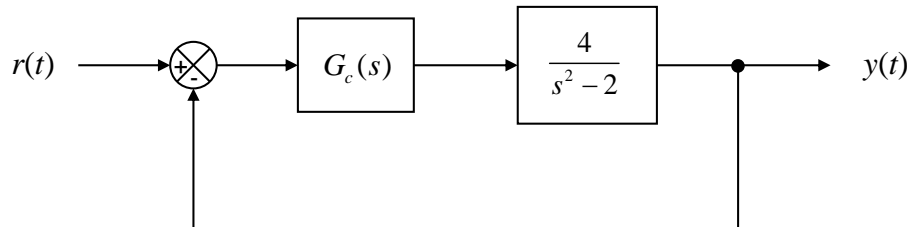
**Ejercicio práctico 4:** Utiliza la herramienta RLTOOL para averiguar el controlador más sencillo de tipo PID (P, PI, PD ó PID) a colocar en el sistema de la figura de forma que dicho sistema tenga una sobreelongación del  $M_p = 10\%$  y un tiempo de asentamiento  $t_s = 1$  s (para la banda del 2%)

Una vez averiguado el tipo de controlador, calcula los parámetros del mismo:



**Ejercicio práctico 5:** Utiliza la herramienta RLTOOL para averiguar el controlador más sencillo de tipo PID (P, PI, PD ó PID) a colocar en el sistema de la figura de forma que dicho sistema tenga ahora  $M_p = 20\%$  y  $t_s(2\%) = 1$  s.

Una vez averiguado el tipo de controlador, calcula los parámetros del mismo:



**Ejercicio práctico 6:** Utiliza la herramienta RLTOOL para averiguar el controlador más sencillo de tipo PID (P, PI, PD ó PID) que es necesario incorporar como controlador en el sistema para el control de la velocidad de la máquina herramienta del ejercicio de la práctica del tema anterior, "Lugar de las Raíces".

Las especificaciones del sistema ante una respuesta escalón unitario que deberán cumplirse una vez elegido y configurado el controlador serán las siguientes:

$$M_p < 15\%$$

$$t_s < 30s$$

$$\text{error de posición} = 0$$