

REGULADORES PID

Reguladores PID.

1. Introducción a los sistemas de control. Objetivos.
2. Especificaciones de funcionamiento.
3. Acciones básicas de control. Reguladores PID.
4. Metodologías de diseño.
5. Ajuste empírico de reguladores. Métodos de Ziegler-Nichols.

Bibliografía

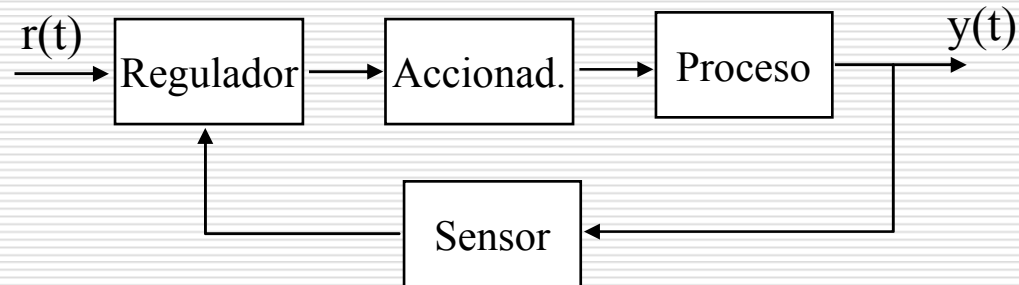
- Ogata, K., "Ingeniería de control moderna", Ed. Prentice-Hall.
 - Capítulo 10
 - Dorf, R.C., "Sistemas modernos de control", Ed. Addison-Wesley.
 - Capítulo
 - Kuo, B.C., "Sistemas de control automático", Ed. Prentice Hall.
 - Capítulo 10
 - F. Matía y A. Jiménez, "Teoría de Sistemas", Sección de Publicaciones Universidad Politécnica de Madrid
 - Capítulo 8
-

INTRODUCCIÓN

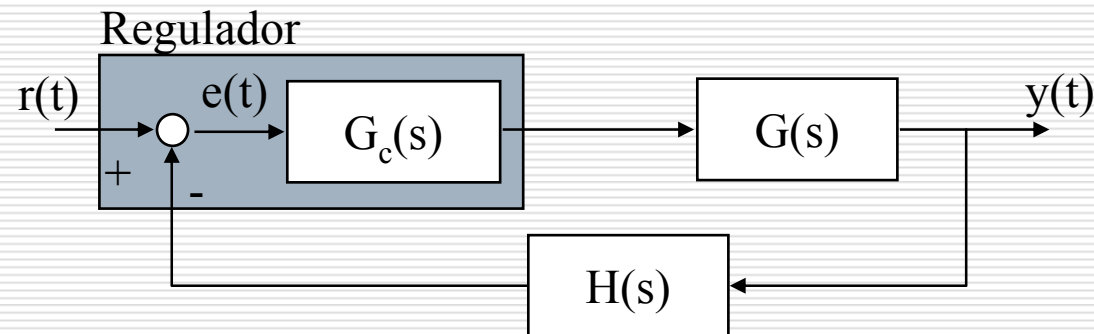
- ¿Para qué regulamos un sistema?
 - Mejorar la estabilidad
 - Conseguir un sistema estable a partir de uno inestable.
 - Mejorar la estabilidad de un sistema estable.
 - Precisión en régimen permanente
 - Seguimiento, sin error, de una señal de referencia
 - Eliminar la influencia de las perturbaciones sobre la salida del sistema
 - Respuesta transitoria adecuada
 - Transitorio suficientemente rápido
 - Amortiguamiento adecuado
-

INTRODUCCIÓN

- Sistema de control en bucle cerrado



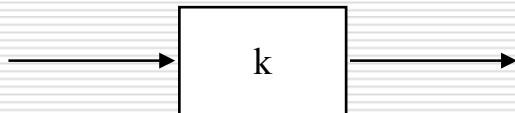
- Control lineal a partir de la diferencia entre la señal de referencia y la realimentación



- Objetivo: diseñar $G_c(s)$

ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL

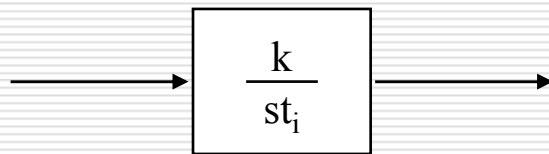
- Acción proporcional
 - Señal de control proporcional al error



$$u(t) = k \cdot e(t) \Rightarrow \frac{U(s)}{E(s)} = k$$

ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL

- Acción integral
 - Señal de control proporcional a la integral del error.

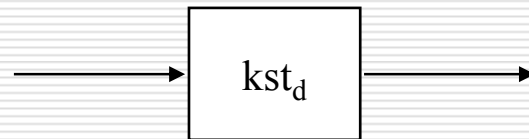


$$u(t) = \frac{k}{t_i} \int_0^t e(t) dt \Rightarrow \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{k}{s t_i}$$

- Elimina el error al aumentar el tipo del sistema
-

ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL

- Acción derivativa
 - Señal de control proporcional a la variación de la señal de error.

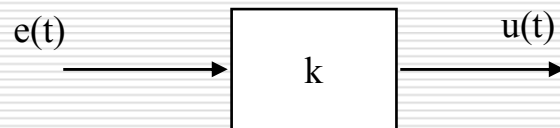


$$u(t) = kt_d \frac{de(t)}{dt} \Rightarrow \frac{U(s)}{E(s)} = kt_d s$$

- Es una acción de tipo anticipativo
-

REGULADORES P

- P (Proporcional)



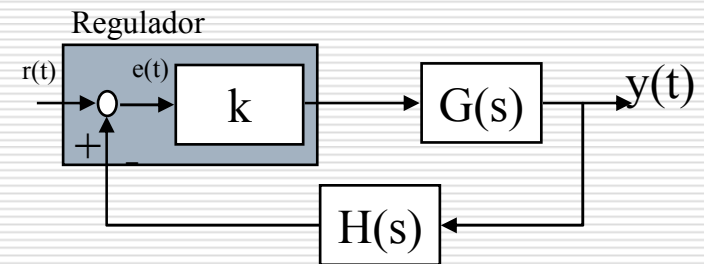
$$u(t) = k e(t)$$

$$G_c(s) = k$$

Con el regulador proporcional movemos los polos del sistema realimentado por las ramas del lugar de las raíces.

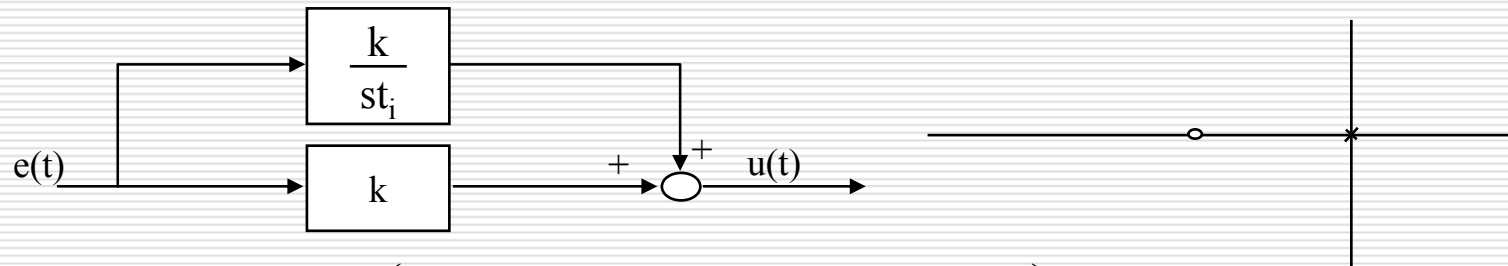
$$M(s) = \frac{k_p G(s)}{1 + k_p G(s)H(s)} = \frac{k_p G(s)}{1 + k_p k \frac{\prod (s - z_i)}{\prod (s - p_i)}}$$

$$G(s)H(s) = k \frac{\prod (s - z_i)}{\prod (s - p_i)}$$



REGULADOR PI

- PI (Proporcional Integral)



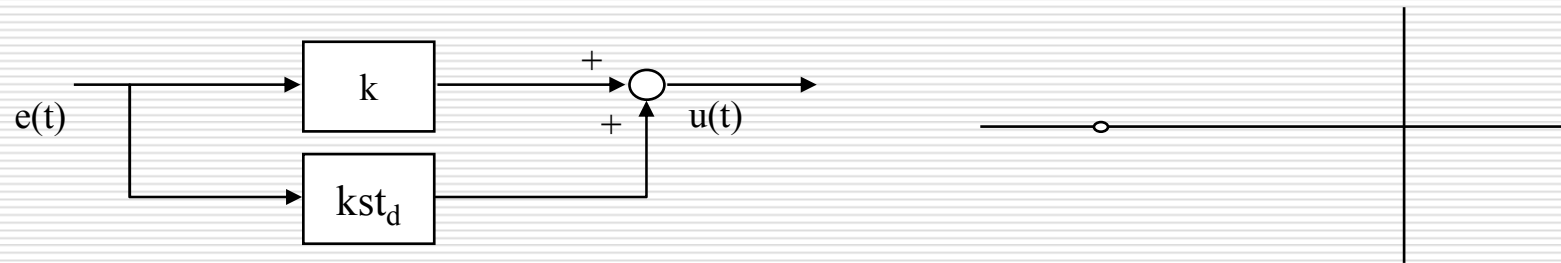
$$u(t) = k \left(e(t) + \frac{1}{t_i} \int e(t) dt \right)$$

$$G_c(s) = k \left(1 + \frac{1}{t_i s} \right)$$

- Debido a la acción integral, anula los errores de posición. **El polo en el origen aumenta el tipo del sistema y elimina el error en régimen permanente.**

REGULADOR PD

- PD (Proporcional Derivativo)



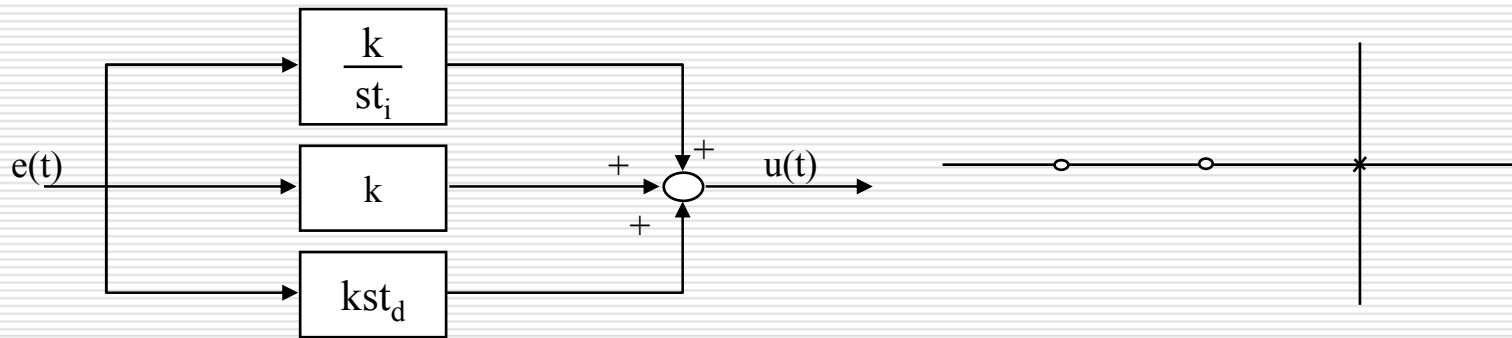
$$u(t) = k \left(e(t) + t_d \frac{d e(t)}{d t} \right)$$

$$G_c(s) = k (1 + t_d s)$$

- Predice linealmente el valor futuro del error
- Permite **mejorar la respuesta del sistema en cuanto a sobreoscilación y tiempo de respuesta** sin afectar al error en régimen permanente.

REGULADOR PID

- **PID (Proporcional Integral Derivativo)**



$$u(t) = k \left(e(t) + \frac{1}{t_i} \int e(t) dt + t_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

$$G_c(s) = k \left(1 + \frac{1}{t_i s} + t_d s \right)$$

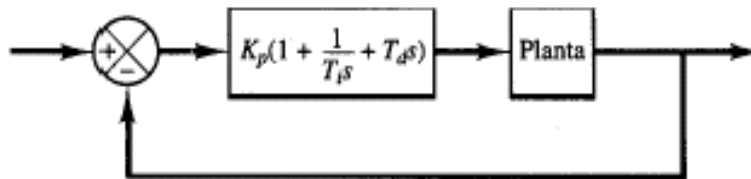
- Une los efectos del PI y del PD

DISEÑO DE REGULADORES PID

- **Métodos empíricos**
 - Permiten calcular un valor razonable para los parámetros del PID cuando no se dispone de un modelo del sistema a controlar.
 - Método Ziegler-Nichols en bucle abierto
 - Método Ziegler-Nichols en bucle cerrado
 - **Métodos analíticos o de asignación de polos**
 - Fijar los polos deseados del sistema en bucle cerrado, según los requisitos de funcionamiento, y despejar los parámetros del regulador. Se necesita un modelo del sistema.
 - Diseño basado en el lugar de las raíces
 - Diseño frecuencial
-

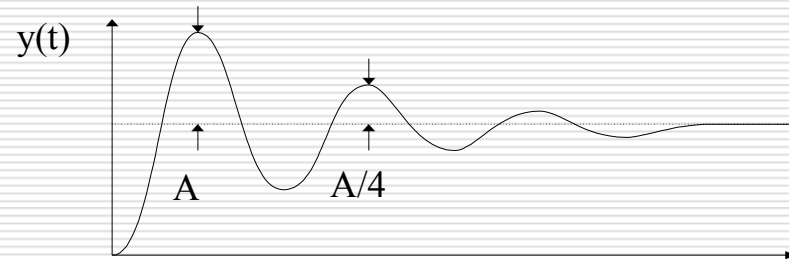
AJUSTE POR MÉTODOS EMPÍRICOS

- En muchos procesos industriales el sistema a controlar es no lineal y no es fácil de modelar
- El método más simple de ajuste es el de prueba y error
- La mayoría de los métodos empíricos se basan en:
 - Medir determinados parámetros relacionados con el comportamiento del sistema
 - A partir de los parámetros anteriores, usando determinadas fórmulas o tablas, calcular los parámetros del regulador
- Existen diversos métodos empíricos.



ZIEGLER-NICHOLS EN BUCLE ABIERTO

- Especificaciones:

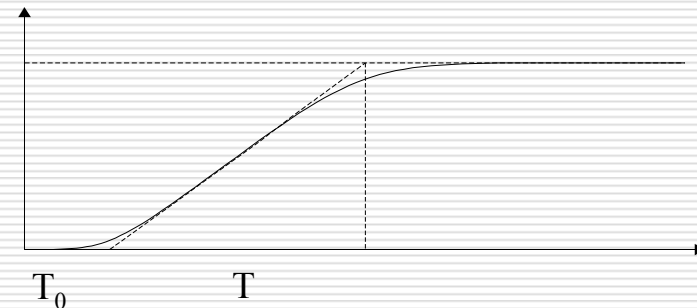


- Se obtiene experimentalmente la respuesta a escalón del sistema en bucle abierto

T_0 Retardo puro

T Constante de tiempo

K Ganancia



- Se aproxima la respuesta a la de un sistema de primer orden con retardo puro, calculando sus tres parámetros.

ZIEGLER-NICHOLS EN BUCLE ABIERTO

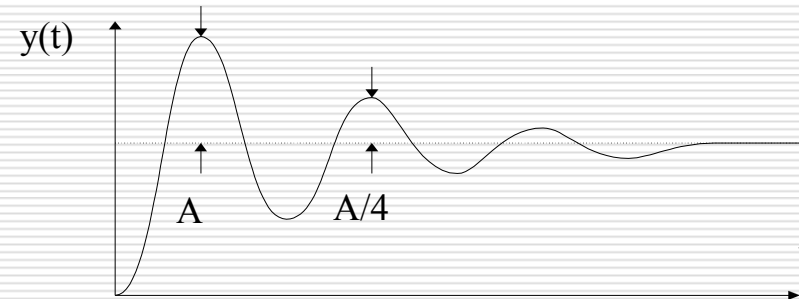
- Se ajusta el regulador de acuerdo con las fórmulas:

	k	t_i	t_d
P	$\frac{T}{kT_0}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{kT_0}$	$\frac{T_0}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{kT_0}$	$2T_0$	$0,5T_0$

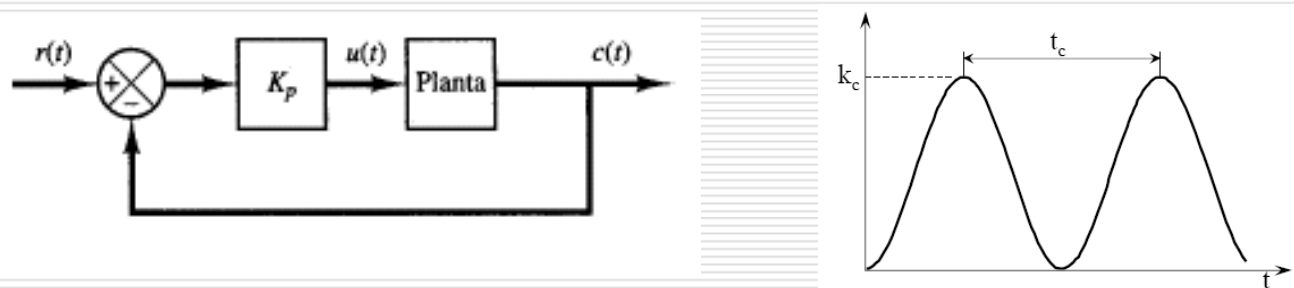
$$G_c(s) = k \left(1 + \frac{1}{t_i s} + t_d s \right)$$

ZIEGLER-NICHOLS EN BUCLE CERRADO

- Especificaciones



- Con un regulador proporcional se varía la ganancia hasta el valor crítico en el que la respuesta del sistema en bucle cerrado sea una oscilación mantenida



- Se mide la ganancia del regulador proporcional (k_c) y el periodo de las oscilaciones (t_c)

ZIEGLER-NICHOLS EN BUCLE CERRADO

- Se ajusta el regulador de acuerdo con las fórmulas:

	k	t_i	t_d
P	$0,5k_c$	∞	0
PI	$0,45k_c$	$\frac{t_c}{1,2}$	0
PID	$0,6k_c$	$0,5t_c$	$\frac{t_c}{8}$

$$G_c(s) = k \left(1 + \frac{1}{t_i s} + t_d s \right)$$