

Clase 1 - Repaso de control lineal

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Laboratorio de Control Automático (86.22)

Dr. Ing. Claudio D. Pose



Bases de un sistema de control

Objetivos de controlar un sistema o proceso:

- Estabilizar un sistema previamente inestable.
- Obtener una salida predecible al aplicar una señal de referencia.
- Lograr robustez frente a posibles variaciones del sistema a controlar.

Bases de un sistema de control

Requerimientos para poder controlar un sistema o proceso:

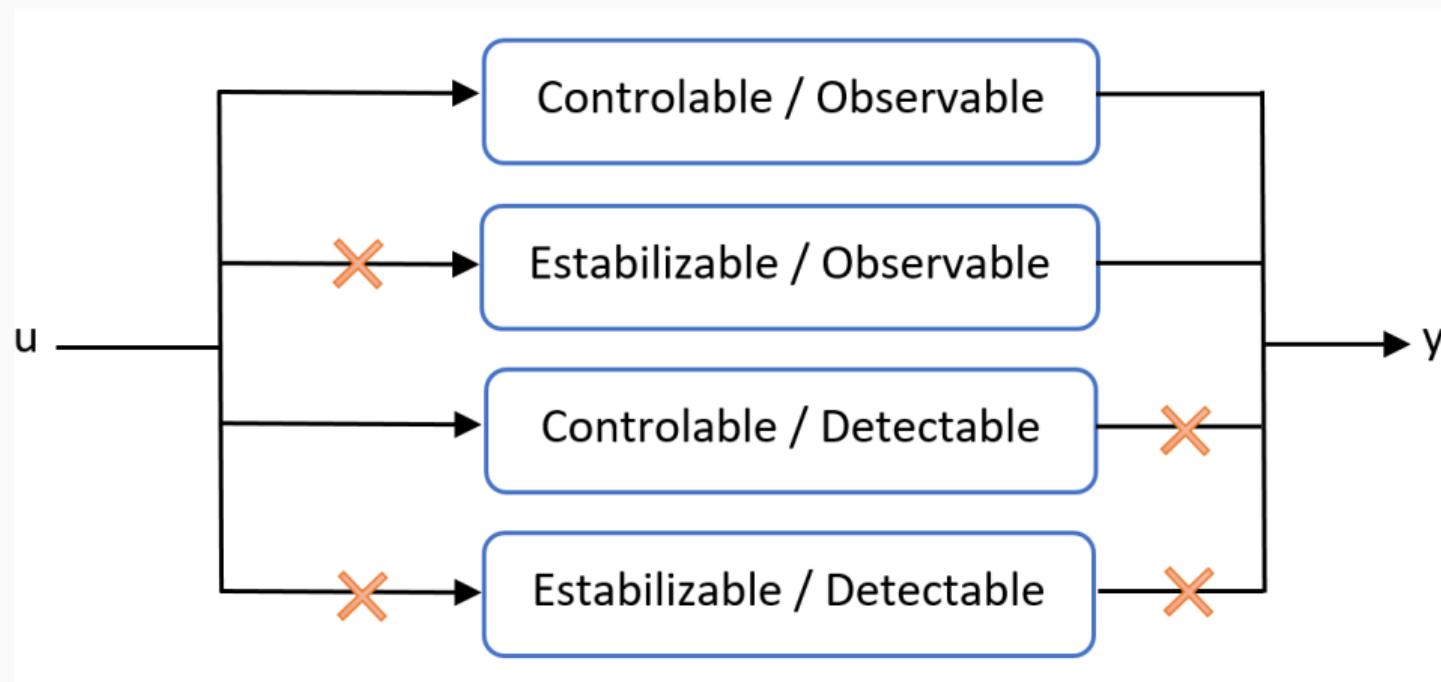
- Poder medir o estimar lo que se desea controlar.
- Disponer de una o más formas de afectar a la planta.
- Poder modificar lo que se desea controlar mediante las formas de afectar a la planta.

Bases de un sistema de control

Requerimientos para poder controlar un sistema o proceso (un poco más avanzados):

- Si no se puede sensar toda la información relevante del sistema, que al menos lo que no se pueda sensar no sea una parte inestable del mismo (detectabilidad).
- Si no se pueden controlar todos los aspectos del sistema, que al menos lo que no se pueda controlar no sea una parte inestable del mismo (estabilizabilidad).

Bases de un sistema de control

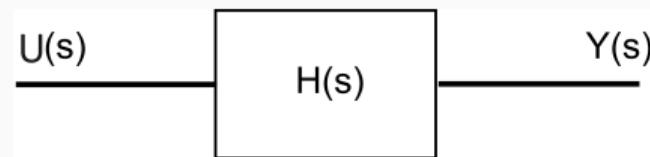


Representación de un sistema o proceso LTI

- Trabajamos con sistemas lineales. Si el sistema no es lineal, trabajamos en el entorno linealizado de un punto de equilibrio.
- Nos limitamos a sistemas invariantes en el tiempo, aquellos cuya respuesta ante una determinada entrada es la misma sea cual sea el instante de tiempo en que se aplique.

Representación - Función transferencia

Es la representación en el dominio de la transformada de Laplace (frecuencia), en el cual se trata al sistema como una caja negra donde sólo se relacionan la entrada y la salida.



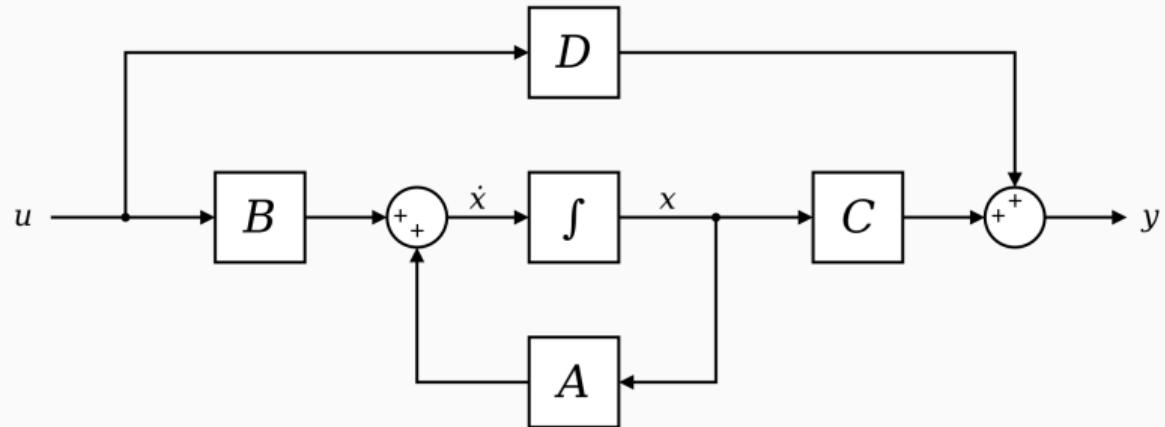
Representación - Función transferencia

- Simplifica el sistema a efectos del diseño de control.
- Permite métodos de diseño de controladores en el dominio de la frecuencia.
- No aporta información sobre la evolución interna del sistema.

Representación - Variables de estado

Es la representación de un sistema utilizando un número mínimo de variables para expresar la dinámica del mismo en ecuaciones diferenciales de primer grado.

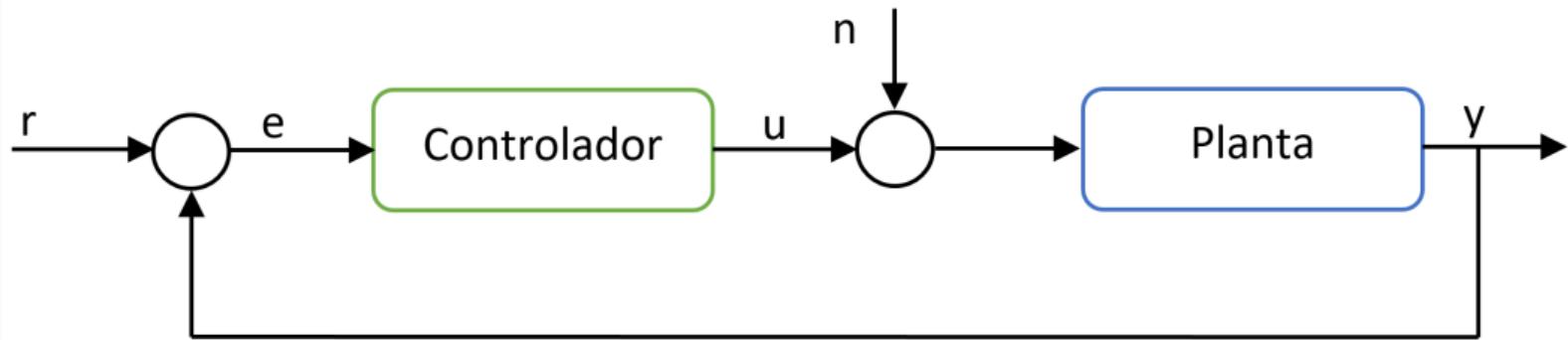
$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= A\mathbf{x} + B\mathbf{u} \\ \mathbf{y} &= C\mathbf{x} + D\mathbf{u}\end{aligned}$$



Representación - Variables de estado

- La matriz A aporta información de la dinámica propia del sistema, y sus autovalores y autovectores proveen información de los polos del sistema y la respuesta temporal.
- La matriz B indica cómo afectan las entradas de control \mathbf{u} a la dinámica.
- La matriz C representa cómo se mide la información de las variables de estado.
- La combinación de ellas da información sobre la controlabilidad y observabilidad del sistema.

Cerrando el lazo - Función transferencia



Cerrando el lazo - Transferencias

$$T(s) = \frac{C(s)P(s)}{1 + C(s)P(s)}$$

Sens. complementaria

$$S(s) = \frac{1}{1 + C(s)P(s)}$$

Sensibilidad

$$T_p(s) = \frac{P(s)}{1 + C(s)P(s)}$$

Sensibilidad a ruido

$$T_c(s) = \frac{C(s)}{1 + C(s)P(s)}$$

Sensibilidad del controlador

Cerrando el lazo - Estabilidad interna

- Al diseñar el controlador, todas las transferencias deben quedar estables (polos en el semiplano izquierdo).
- No puede haber cancelación de polos y ceros en el semiplano derecho entre controlador y planta.

Diseño por loop shaping

- Se diseña en base al bode en frecuencia del lazo $L(s) = C(s)P(s)$.
- Se toman en cuenta los márgenes de fase y ganancia del sistema.
- En general, se busca un margen de fase de 60°
- Se busca alta ganancia de lazo en bajas frecuencias (seguimiento de referencias), y baja ganancia en altas frecuencias (rechazo de perturbaciones).
- Se agregan integradores (polos en cero) para cumplir con requerimientos de seguimiento y rechazo.

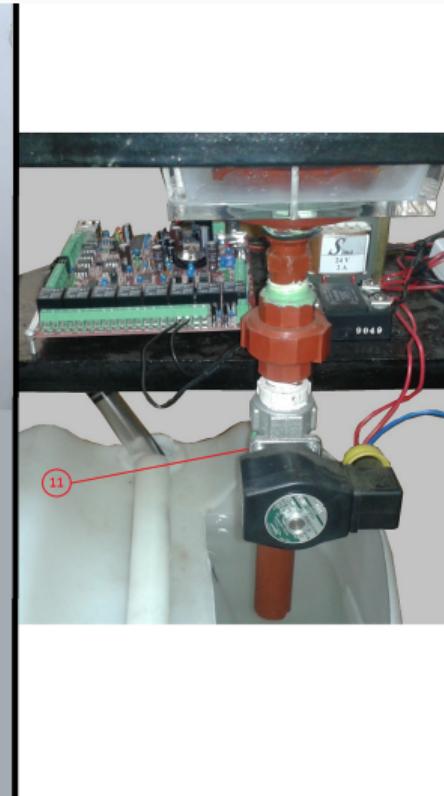
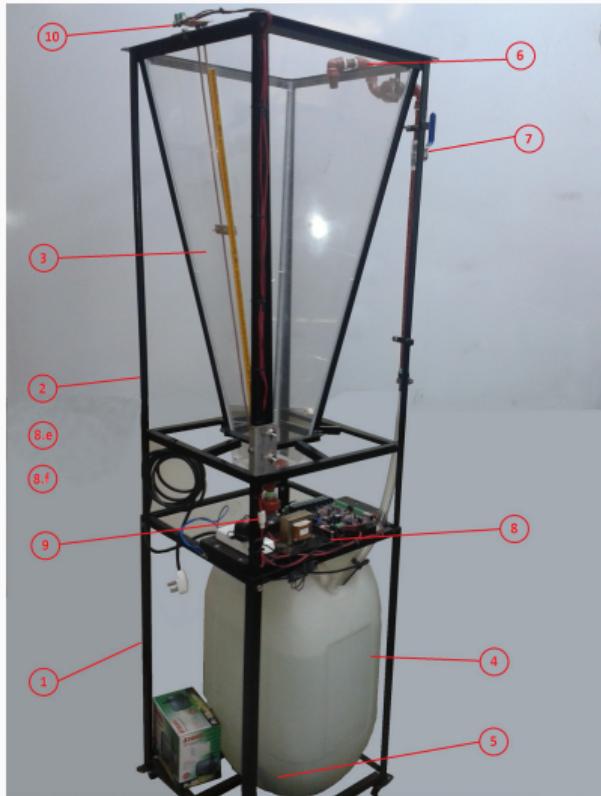
Limitaciones de diseño

- Las singularidades en el semiplano derecho imponen restricciones de diseño.
- Por ejemplo, los polos en el semiplano derecho implican un sistema inestable.
- A mayor frecuencia del polo inestable, más rápidamente se desestabiliza la planta.
- Impone un ancho de banda mínimo para el controlador, si no fuese lo suficientemente rápida la acción de control, no se puede compensar la planta.
- También impone restricciones sobre los sensores reales que miden las variables de la planta.

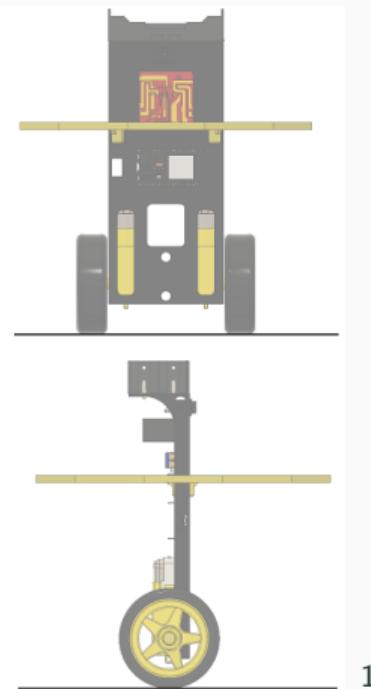
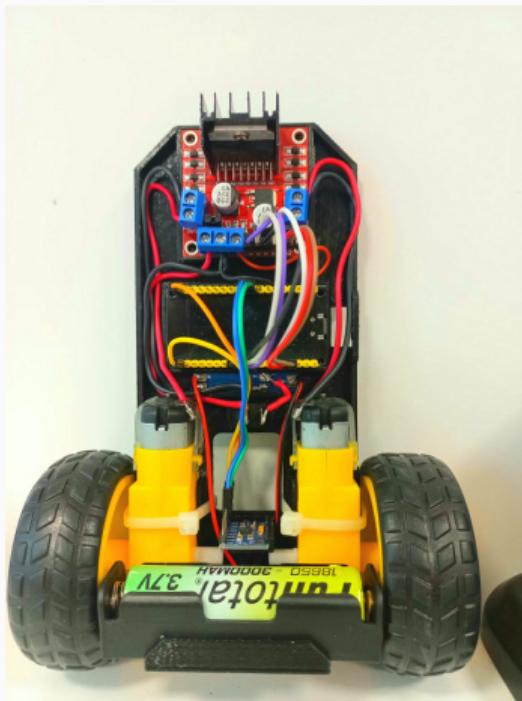
Limitaciones de diseño

- Las singularidades en el semiplano derecho imponen restricciones de diseño.
- Además, los ceros de fase no mínima inyectan dinámica de fase no mínima en la respuesta del lazo.
- Impone un ancho de banda máximo para el controlador, ya que lazos muy rápidos se verían afectados por dicha dinámica.

Algunos ejemplos de plantas reales



Algunos ejemplos de plantas reales



¹<https://github.com/udesa-ai/balancio-kit>

Algunos ejemplos de plantas reales



2

²<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/centros-y-estaciones/centro-espacial-punta-indio>

Algunos ejemplos de plantas reales



Algunos ejemplos de plantas reales

