

Regulación de temperatura de un horno. La Figura 1 representa un horno, aislado longitudinalmente, pero expuesto a la temperatura ambiente T_{ext} en un extremo y calefaccionado en el otro extremo u . El horno posee tres puntos de medición, indicados como “termocuplas”, para sensar las temperaturas en x_1 , x_2 y x_3 .

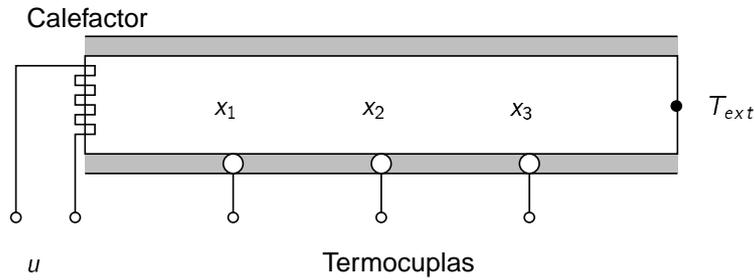


Figura 1: Horno

Un modelo en ecuaciones de estado, tomando como variables de estado las temperaturas en x_1 , x_2 y x_3 , como entrada de control u y como entrada de perturbación T_{ext} , es

$$(1) \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3/2 & 1/2 & 0 \\ 1/2 & -1 & 1/2 \\ 0 & 1/2 & -3/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} T_{ext}.$$

La Figura 2 muestra el diagrama de bloques correspondiente al sistema (1).

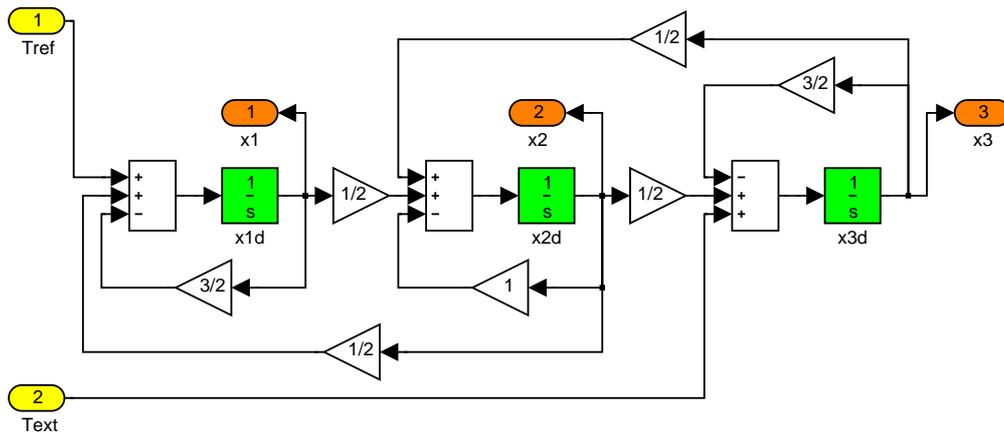


Figura 2: Diagrama de bloques del horno

Criterios de diseño. Se desea diseñar un regulador para la temperatura en x_2 para que con una temperatura de referencia $T_{ref} = 200C$ se satisfagan las siguientes especificaciones:

- (i) Tiempo de establecimiento menor a 5 segundos.
- (ii) Sobrevalor menor a 15%.
- (iii) Cero error estático a una entrada T_{ref} escalón arbitraria.
- (iv) Cero error estático a una perturbación escalón T_{ext} arbitraria.

- 10% 1. Analizar la controlabilidad del sistema con respecto a las entradas u y T_{ext} .
2. Asumiendo que las tres temperaturas x_1 , x_2 y x_3 pueden sensarse:
- 20% (a) Diseñar un control por realimentación de estados $u = NT_{ref} - Kx$ para satisfacer las especificaciones (i), (ii) y (iii).
- 20% (b) Rediseñar el control para incorporar acción integral y satisfacer ahora (i), (ii), (iii) y (iv).
3. Suponer que se pueden sensar a lo sumo dos temperaturas (sólo hay dos termocuplas).
- 10% (a) ¿Es necesario utilizar las dos termocuplas para poder estimar asintóticamente el estado completo del sistema? Justificar la respuesta y señalar qué debería medirse.
- 10% (b) ¿Es necesario utilizar las dos termocuplas para poder implementar la realimentación con acción integral del punto 2(b)? Justificar la respuesta y señalar qué debería medirse.
- 20% (c) De acuerdo a la respuesta al punto anterior, elegir qué medir y diseñar un observador de estados para estimar lo no medido.
- 10% (d) Implementar en SIMULINK el observador del punto 3(b), acoplado al controlador con acción integral del punto 2(b). Simular la respuesta del sistema completo para $T_{ref} = 250C$ y $T_{ext} = 28C$. Salvar (para entregar) el modelo SIMULINK del sistema controlado completo (control + observador) en un archivo [legajo].mdl y las variables del espacio de trabajo de MATLAB necesarias para repetir la simulación:
- ```
>> save [legajo].mat
```
- Copiar los dos archivos [legajo].mdl y [legajo].mat al directorio compartido a ser indicado.