

Lab 8: Rastreo de Referencias mediante Control Integral

Objetivos

- Utilizar el controlador Lineal Cuadrático Integral (LQI) para realizar el rastreo de señales de referencia, usando el circuito trabajado en laboratorios anteriores.
- Comparar con lo realizado en los laboratorios 6 y 7.

Duración: 1 sesión

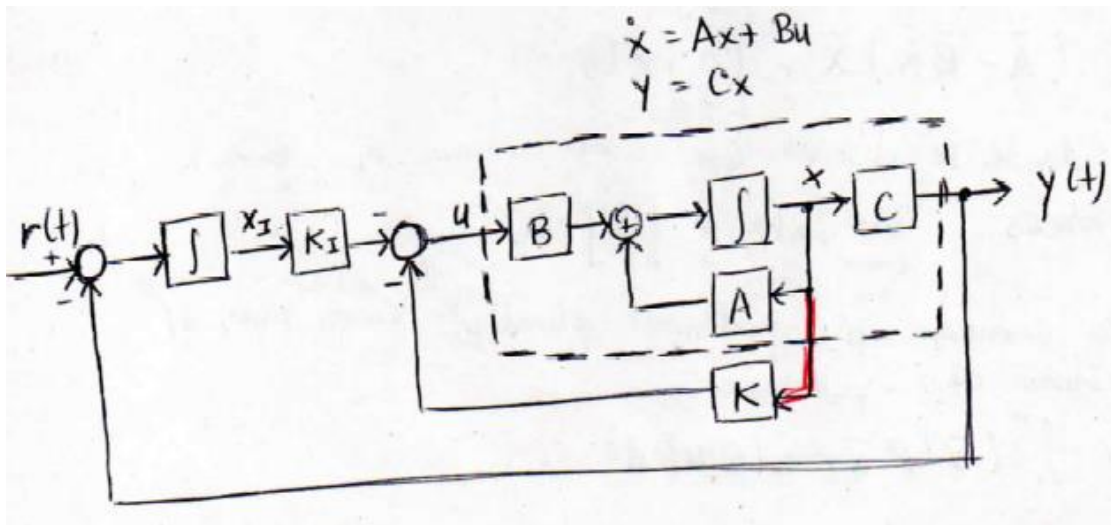


Figura 1. Sistema con rastreo de referencias mediante control integral (Zea, 2019).

En los laboratorios 6 y 7 usaron un factor de escala (“Nbar”) para ajustar una señal de referencia, y lograr que el error en estado estacionario del sistema con retroalimentación de estado fuera cero. En esta práctica, usarán el controlador Lineal Cuadrático Integral (LQI) para lograr ese rastreo de la señal de referencia. Se comparará el resultado con lo obtenido anteriormente.

Nota importante: La imagen de la Figura 1 fue tomada de las notas de clase del 2019 de Miguel Zea. K es la K_1 y K_I es la K_2 del documento “IE3041 - Lecture 9 slides.pdf” del 2023. El diagrama mostrado en esta figura corresponde a sistemas LTI, y tiene algunas pequeñas diferencias respecto al diagrama mostrado en las notas del 2023 (el cual es el caso general para sistemas no necesariamente LTI). Se usa esta imagen porque es más fácil de relacionar con lo que hemos hecho en laboratorios anteriores.

En los experimentos a continuación, usarán la misma planta de los laboratorios anteriores. La referencia será de nuevo una **señal cuadrada de entre 1 y 2 V, a una frecuencia de 0.667 Hz. Esta señal debe tener dos períodos, iniciando en 1, no en 2.**

Primera Parte: Diseño y Simulación sin usar Observador

1. En Simulink, construyan el sistema ilustrado en la Figura 1 usando bloques (usen un bloque de espacio de estados para la planta, como lo ha hecho en prácticas anteriores). En esta parte no usarán observador, por lo que el vector x con las variables de estado deberá sacarse directamente del bloque de la planta. **Incluyan en el reporte una captura de imagen del diagrama de Simulink.**

Ayuda: Consideren los bloques mostrados a continuación. Así es posible sacar las variables de estado del bloque de espacio de estados. ¿Qué debe ser la matriz C (parámetro) del bloque? Noten que, para obtener la salida y , a las variables de estado se le deben aplicar la matriz C del modelo original (que no es la misma que el parámetro C del bloque de espacio de estados).

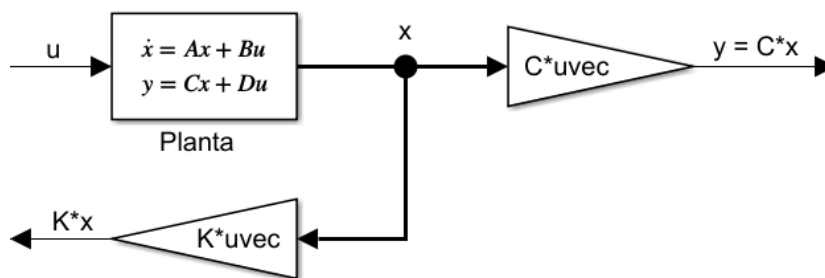


Figura 2. Planta, variables de estado, salida, y control.

2. En Matlab, encuentren \mathcal{K} usando la función `lqi`. Usen matriz/escalar identidad para Q y R . **Ayuda:** La matriz Q debe ser de dimensión 4×4 (aumentada). La \mathcal{K} que devuelve la función `lqi` contiene los coeficientes para la ley de control (k_1, k_2, k_3) y el coeficiente de control integral (k_I): $\mathcal{K} = [K, k_I] = [k_1, k_2, k_3, k_I]$. **Sugerencia:** lean sobre la función `lqi` en el *help* de Matlab. Usen la \mathcal{K} encontrada en el modelo de Simulink del inciso 1 y corran la simulación. En un *Scope*, **observen tanto la señal de referencia como la salida controlada de la planta. ¿Consideran que los resultados son aceptables?**
3. Repitan el inciso 2, probando distintos valores para el término de penalización de x_1 en la matriz Q . El objetivo es lograr una salida **parecida** al caso con overshoot de los laboratorios 6 y 7. **Sugerencia:** prueben valores potencias de 10 (10, 100, 1000, ...). Observen cómo cambia la respuesta del sistema controlado en cada caso. **Únicamente deberán reportar un caso (Q y \mathcal{K}) que logre que la respuesta se parezca a la de los laboratorios anteriores. Incluyan la gráfica con la referencia y la salida controlada de la planta en el reporte.**
4. Repitan el inciso 2, probando distintos valores para cada término distinto de cero de Q y de R . El objetivo ahora es lograr una salida **parecida** al caso sin overshoot de los laboratorios 6 y 7. **Sugerencia:** vayan cambiando los términos uno por uno. Prueben usar potencias de 10, y observen cómo cambia la respuesta del sistema controlado. Si no logran una respuesta satisfactoria, prueben otros valores. **Únicamente deberán reportar el mejor caso (Q , R y \mathcal{K}) y la correspondiente gráfica con la referencia y la salida controlada.**

Segunda Parte: Diseño y Simulación usando un Observador

1. En Simulink, construyan el sistema ilustrado en la Figura 1 usando bloques, pero ahora deberán usar un bloque observador para obtener el vector \mathbf{x} con las variables de estado (como en el laboratorio 7). **Incluyan en el reporte una captura de imagen del diagrama.**
2. En Matlab, usen los valores finales de \mathbf{Q} , \mathbf{R} y \mathcal{K} del inciso 3 de la Primera Parte, un valor unitario para \mathbf{R}_L , y encuentren \mathbf{L} para el observador usando la función `lqr`.
Ayuda: Para \mathbf{L} , se necesita una matriz \mathbf{Q}_L de 3×3 (submatriz de \mathbf{Q}).
Corran la simulación en Simulink. En un *Scope*, **observen tanto la señal de referencia como la salida controlada de la planta. Reporten el vector \mathbf{L} .**
3. Usen ahora los valores de \mathbf{Q} , \mathbf{R} y \mathcal{K} del inciso 4 de la Primera Parte (los finales). **Observen las correspondientes gráficas (referencia y salida). Reporten \mathbf{L} .**

Evaluación:

Deberán subir a Canvas un reporte (.pdf). Una entrega por grupo. Revisen la fecha límite de entrega en Canvas.

El reporte deberá incluir:

- 1) **Identificación:** sus nombres, carnés, nombre del curso, sección de laboratorio (11, 12 o 21), número y título del laboratorio, fecha.
- 2) **Resumen y discusión.** Incluyan los objetivos y lo más destacado de sus resultados obtenidos. Discutan sobre las similitudes y diferencias entre lo hecho en los laboratorios 6 y 7 y el enfoque usando LQI de este laboratorio (máximo una página).
- 3) Una sección de **Resultados.** Incluyan las matrices/escalares \mathbf{Q} , \mathbf{R} , \mathbf{R}_L usados, los vectores \mathcal{K} y \mathbf{L} encontrados, y todas las imágenes/gráficas solicitadas. Como siempre, **se verificará que esté todo lo indicado en color azul. Recuerden organizar los resultados según las partes y los incisos de la guía, como se ha explicado antes. Asegúrense de numerar y titular todas las gráficas, figuras, tablas, etc.**

Asistencia y trabajo durante la sesión:	20%
Reporte:	80%