UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Sistemas de Control 2

Sección 21

Laboratorio 8: Rastreo de Referencias mediante Control Integral

Fernando Javier Sandoval Ruballos 18313

Julio Emanuel Lopez Ozaeta 18211

GUATEMALA, 25 de Abril, 2023

Resumen:
En esta práctica de laboratorio, se utilizó un controlador Linear Quadratic Integral (LQI) para monitorear las señales de referencia con un circuito ya conocido del curso. Además, el objetivo era poder comparar el comportamiento con los resultados obtenidos en otros laboratorios anteriores. En la primera parte, simulink ejecuta el sistema de control a través de los bloques de espacio de estado y así obtiene los valores del vector x, también el valor de K en la función lqi. Ya con estos valores se corrió la simulación para obtener el resultado del intervalo. El circuito se tuvo que volver a hacer para la segunda parte del laboratorio, pero esta vez con bloques de observación. Encuentra lqr con esta función L. Para luego recibir nuevamente una respuesta del sistema. Con ambas partes, es posible comparar los dos gráficos para definir cómo administrar mejor la instalación.

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 $\boldsymbol{x}$ 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.

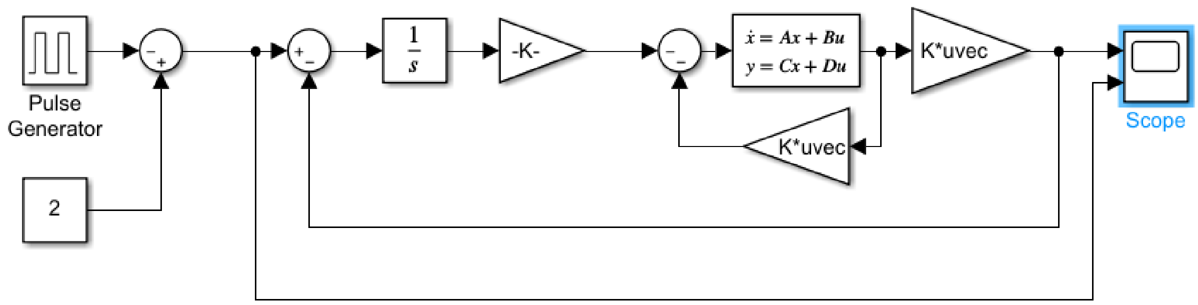

Figura 1. Diagrama de simulink

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 (k1, k2, k3) y el coeficiente de control integral (kI): $\mathcal{K}$ = [**K**, kI] = [k1, k2, k3, kI]. 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?

   Como se puede observar en la figura inferior la respuesta de la señal es muy lenta y no se asemeja en lo mínimo a la señal de entrada.

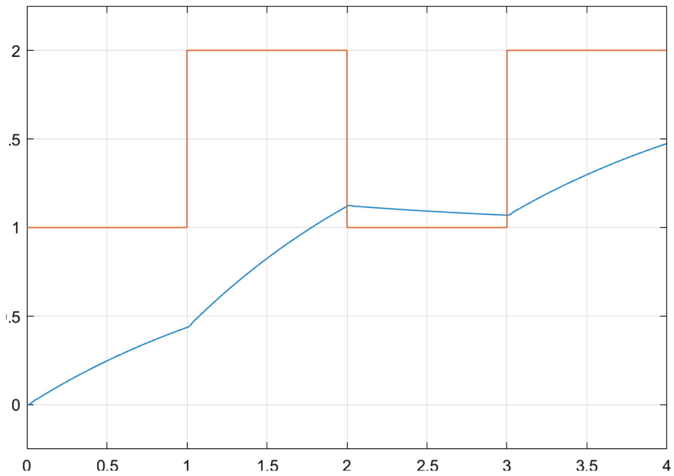

Figura 2. Resultados utilizando LQI

3. Repita el inciso 2, probando distintos valores para el término de penalización de xI 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.

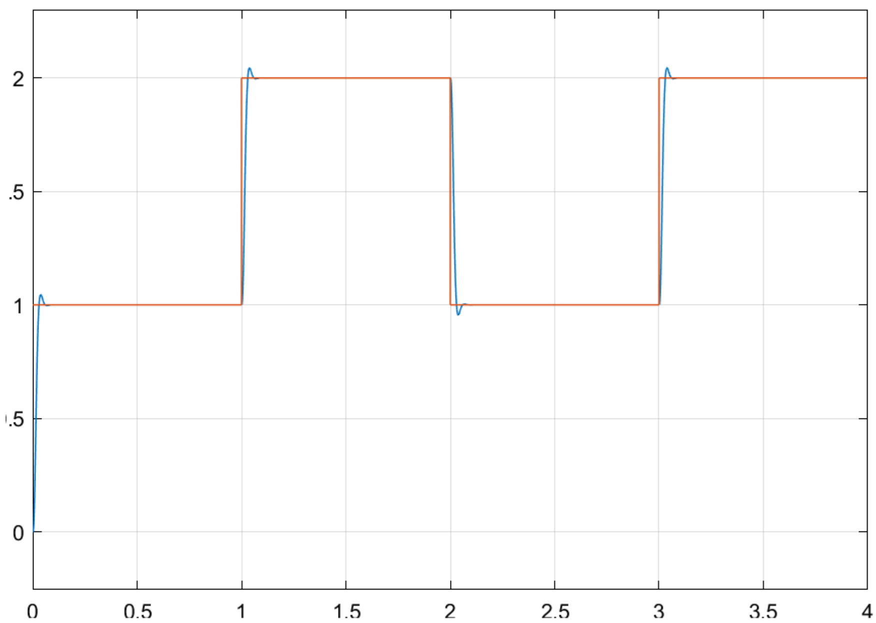

Figura 3. Sistema con overshoot

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 282740 \end{bmatrix} \quad K = [17 \quad 13589 \quad -8681]$$

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.

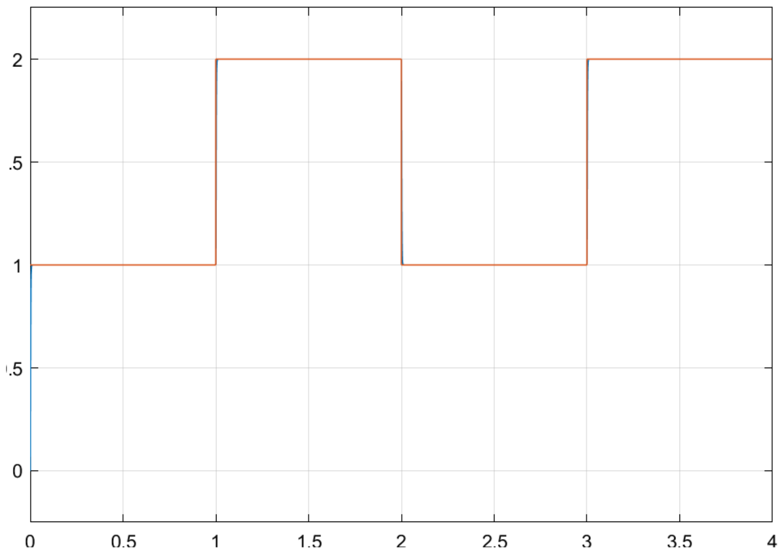

Figura 4. Salida perfecta

$$Q = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5000000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 683178{,}7378 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2827433388000 \end{bmatrix}$$

$$K = [6.636 \quad 3629.3 \quad -24300 \quad -1681500]$$

$$R = [1]$$

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 x con las variables de estado (como en el laboratorio 7). Incluyan en el reporte una captura de imagen del diagrama.

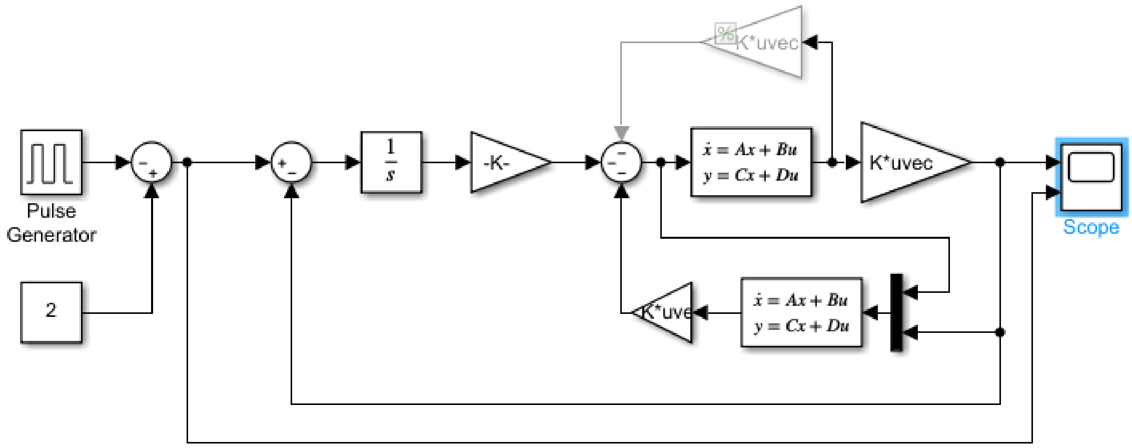

Figura 5. Diagrama del sistema

2. En Matlab, usen los valores finales de Q, R y $\mathcal{K}$ del inciso 3 de la Primera Parte, un valor unitario para RL, y encuentren L para el observador usando la función lqr. Ayuda: Para L, se necesita una matriz QL de 3×3 (submatriz de 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 L.

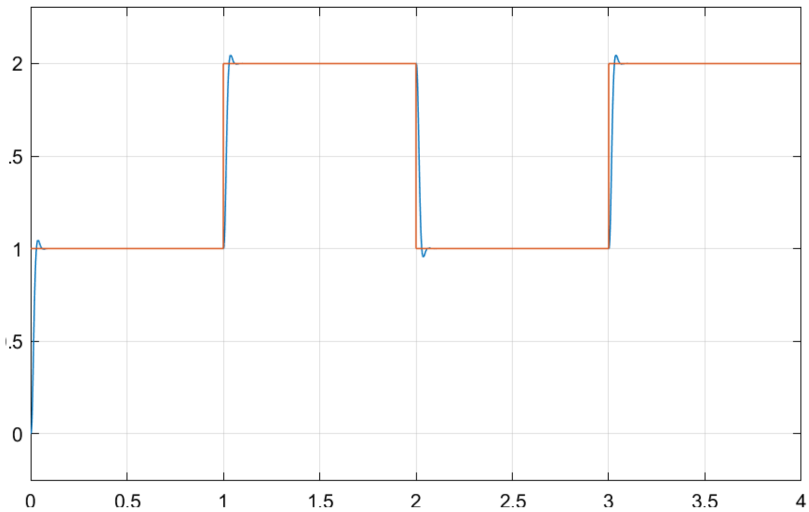

Figura 6. Respuesta usando un observador (con overshoot)

3. Usen ahora los valores de Q, R y $\mathcal{K}$ del inciso 4 de la Primera Parte (los finales). Observen las correspondientes gráficas (referencia y salida). Reporten L.

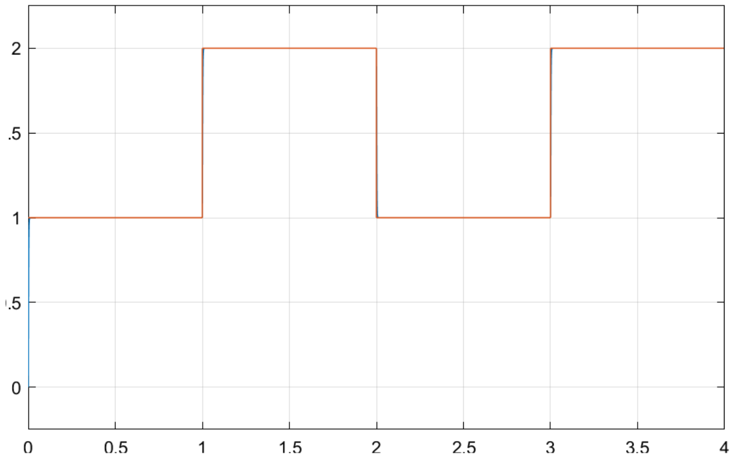

Figura 7. Respuesta con observador (sin overshoot)

Discusión

El objetivo del laboratorio era usar el controlador LQI para monitorear las señales de referencia del laboratorio anterior y compararlas con los resultados anteriores. Se puede observar que en la Figura 2, la respuesta del controlador es muy lenta, por lo que su parte fija es la única que funciona en ese momento. Esto se debe a que las constantes LQI utilizadas son uniformes, por lo que la respuesta del sistema no cambia. Por el contrario, se aplicaron constantes bastante grandes y agresivas en las Figuras 3 y 4, lo que permitió que la respuesta del sistema fuera mejor que en la Figura 1. Especialmente la respuesta en la Figura 4, que no muestra prima y es idéntica a la del benchmark.

Anexo

```
el inciso
     2

Q
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1

R
     1

RL
     1

K
   1.0e+04 *

    0.0017    1.3589   -0.8681

L
   1.0e+06 *

    6.0407
    0.0167
   -0.0685

Klqi
    0.4362    0.3024   -7.4973   -1.0000
```

```
el inciso
     3

Q
   1.0e+05 *

    0.0000         0         0         0
         0    0.0000         0         0
         0         0    0.0100         0
         0         0         0    2.8274

R
     1

RL
     1

K
   1.0e+04 *

    0.0017    1.3589   -0.8681

L
   1.0e+06 *

    6.0407
    0.0167
   -0.0685

Klqi
    0.7151    6.3779  -54.2375 -531.7362
```

```
el inciso
     4

Q
   1.0e+12 *

    0.0000         0         0         0
         0    0.0000         0         0
         0         0    0.0000         0
         0         0         0    2.8274

R
     1

RL
     1

K
   1.0e+04 *

    0.0017    1.3589   -0.8681

L
   1.0e+06 *

    6.0407
    0.0167
   -0.0685

Klqi
   1.0e+06 *

    0.0000    0.0036   -0.0024   -1.6815
```