



Grado: Ingeniería Electrónica de Comunicaciones

Asignatura: Sistemas Lineales

Profesores: Victor Manuel Maroto

Jesús Chacón Sombria

Eva Besada Portas

Curso: 2020/21

PRACTICA 5A

Control de una planta real usando una red de adelanto

Índice general

1.	Guión de la práctica	1
1.1.	Objetivos	1
1.2.	Descripción de la práctica	1
1.3.	Realización de la práctica	2
2.	Información adicional sobre la práctica	3
2.1.	Estudio teórico de la planta	3
2.2.	Red de adelanto continua	3

En este documento se presenta el guión de la práctica 5A e información adicional sobre algunos aspectos de las prácticas que pueden ayudar a los alumnos a realizarla.

1. Guión de la práctica

A continuación se presentan los objetivos, la descripción y las tareas en las que se estructura la práctica.

1.1. Objetivos

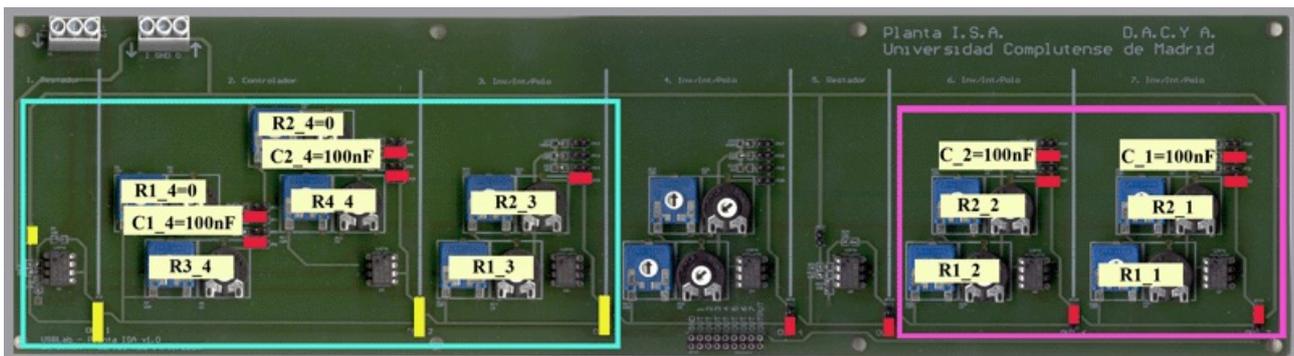
Los objetivos de esta práctica son:

- Diseño de un controlador continuo para una planta real utilizando una red de adelanto con el fin de que el sistema realimentado verifique unas especificaciones dadas para el error estacionario y el margen de fase.
- Caracterización del funcionamiento del controlador continuo diseñado sobre una versión simulada de la planta
- Discretización del controlador continuo y su implementación sobre la planta utilizando un ordenador.
- Implementación del controlador continuo mediante un circuito analógico.

1.2. Descripción de la práctica

La planta que se desea controlar, utilizando una red de adelanto, es la encuadrada en la parte fuxia de la siguiente figura. Las características de dicho sistema se encuentran recogidas en la sección 2.1.

Los elementos enmarcados en azul constituyen una red de adelanto continua, que se puede incluir o eliminar del circuito modificando la posición de los jumpers representados en amarillo de la parte inferior del circuito.



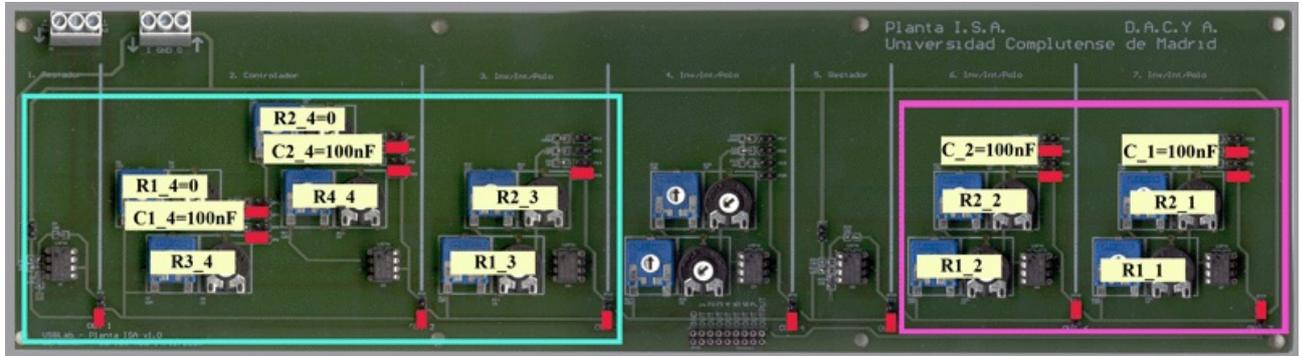
El primer objetivo de la práctica es diseñar un controlador mediante una red de adelanto, de forma que el sistema en lazo cerrado cumpla unas especificaciones dadas para el error y el margen de fase. El controlador diseñado debe incluir también el factor por el que es necesario multiplicar la ganancia de la planta para que el sistema (planta más compensador) tenga la ganancia necesaria para mejorar el error estacionario ya que no se puede modificar la ganancia de la planta.

Una vez calculadas las constantes que caracterizan la red de adelanto (incluido el factor de la ganancia), se:

1. Analizará el funcionamiento del sistema en lazo cerrado (formado por la planta + red + el factor de ganancia y una realimentación unitaria) mediante simulación. Para llevar a cabo el análisis se utilizará Simulink y se compararán:
 - a) El comportamiento del lazo cerrado con todos los elementos (la planta + red + el factor de ganancia y la realimentación unitaria) en continuo.
 - b) El comportamiento del lazo cerrado anterior más las saturaciones ($\pm 12V$) que hay en la entrada y salida de la planta.
 - c) El comportamiento del lazo cerrado anterior con la planta y el controlador discretizado con el periodo que se indique al inicio de la sesión de prácticas.

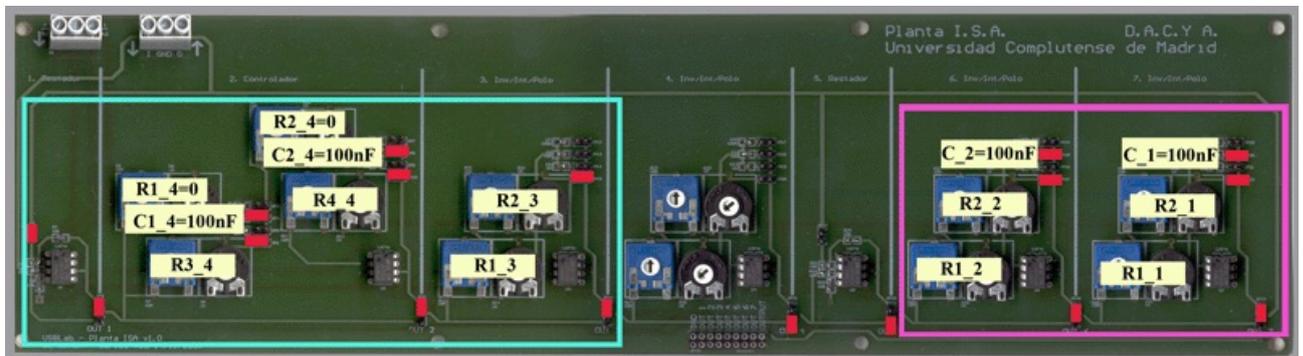
- Se controlará la práctica real a partir de la implementación de controlador + ganancia en discreto en un microcontrolador. El microcontrolador utilizado y el procedimiento correspondiente se indicará en la segunda parte de la práctica.

Para poder controlar el sistema desde el PC, hay que colocar en la parte inferior los jumpers representados en amarillo en la parte inferior del circuito anterior, y eliminar el jumper que se encuentra antes del restador. La configuración correcta es la que se muestra en la siguiente figura.



- Se controlará la práctica real a partir de la implementación de controlador + ganancia en continuo mediante la correcta configuración del controlador del circuito analógico reconfigurable (enmarcado en azul en la primera figura) y el sumador/restador que cierra el lazo de control (tal y como se describe en la sección 2.2). Para poder implementar dicho controlador es necesario calcular el valor de las resistencias que hacen que dicho circuito cumpla las especificaciones del controlador diseñado, y que serán sintonizadas por los alumnos durante la sesión del laboratorio. El microcontrolador utilizado y el procedimiento correspondiente se indicará en la segunda parte de la práctica.

El controlador y el lazo cerrado se incluyen en el circuito colocando en la parte superior los jumpers amarillos de la parte inferior del primer circuito, e incluyendo el jumper del restador. La configuración correcta se presenta en la siguiente figura.



1.3. Realización de la práctica

La práctica se puede estructurar en las siguientes etapas:

- Diseñar mediante Matlab una red de adelanto de forma que el sistema compensado verifique unas especificaciones dadas para el error estacionario y el margen de fase. La función de transferencia de la planta depende del valor elegido para las resistencias $R_{1,1}$, $R_{2,1}$, $R_{1,2}$ y $R_{2,2}$ y los condensadores $C_{,1}$ y $C_{,2}$.

$$G_p(s) = \frac{R_{2,1}R_{2,2}}{R_{1,1}R_{1,2}} \frac{1}{(R_{2,1}C_{,1}s+1)(R_{2,2}C_{,2}s+1)}$$

Al inicio de cada sesión de prácticas se indicará a los alumnos tanto las especificaciones para el error estacionario y el margen de fase como los valores de las resistencias elegidas para la planta.

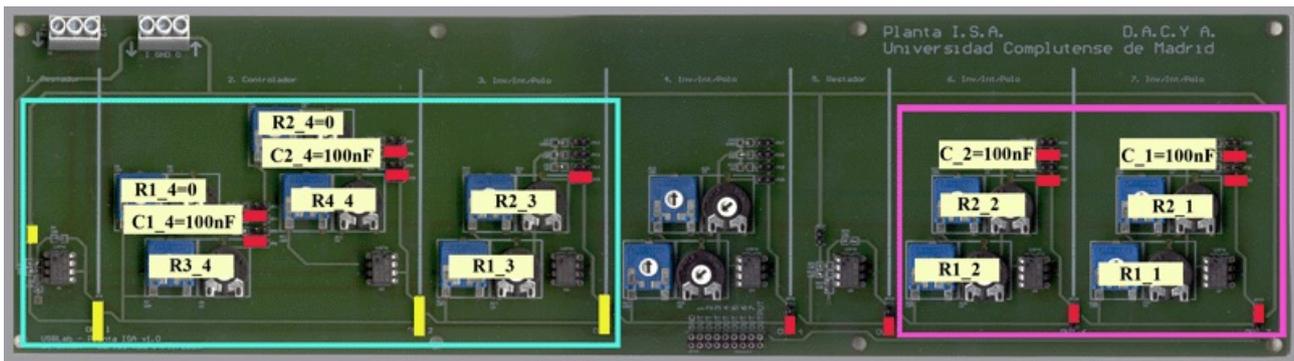
2. Comprobar el funcionamiento de la red con Simulink sobre la función de transferencia de la planta y ver si se verifican las especificaciones dadas para la respuesta del sistema ante una entrada escalón. Observar las características de la respuesta del sistema realimentado (t_s, M_p, e_{ss}, t_r) a una entrada escalón.
3. Comprobar el funcionamiento del lazo cerrado simulado cuando se añade las saturaciones propias del circuito y se discretiza el controlador con un periodo de muestreo que se indique al inicio de la sesión de prácticas.
4. Discretizar el controlador y comprobar su funcionamiento sobre la planta real. El procedimiento a seguir se detallará en la segunda parte de la práctica.
5. Calcular el valor de las resistencias para que el circuito analógico (ver sección 2.2) se comporte como la red de adelanto activa diseñada en el primer apartado. Sintonizar los potenciómetros variables del controlador del laboratorio con los valores de las resistencias calculadas, e introducir los elementos relacionados con el controlador en el circuito (teniendo en cuenta las indicaciones de la sección 2.2). Observar la respuesta del sistema siguiendo el procedimiento que se indique en la segunda parte de la práctica.

Ante cualquier duda sobre las conexiones finales de los circuitos, el alumno debe acudir al profesor de prácticas o al técnico de laboratorio.

2. Información adicional sobre la práctica

2.1. Estudio teórico de la planta

El circuito de la planta, que se encuentra remarcado en fuxia en la siguiente figura, esta formado por dos polos simples colocados en serie.



Para analizar su comportamiento, estudiaremos el comportamiento de cada componente por separado.

Cada uno de las componentes Inv/Int/Polo se encuentra conectado en la configuración de un polo simple, y por lo tanto, la relación entre la entrada y salida de cada uno de estos subsistemas viene dada por la siguiente función de transferencia:

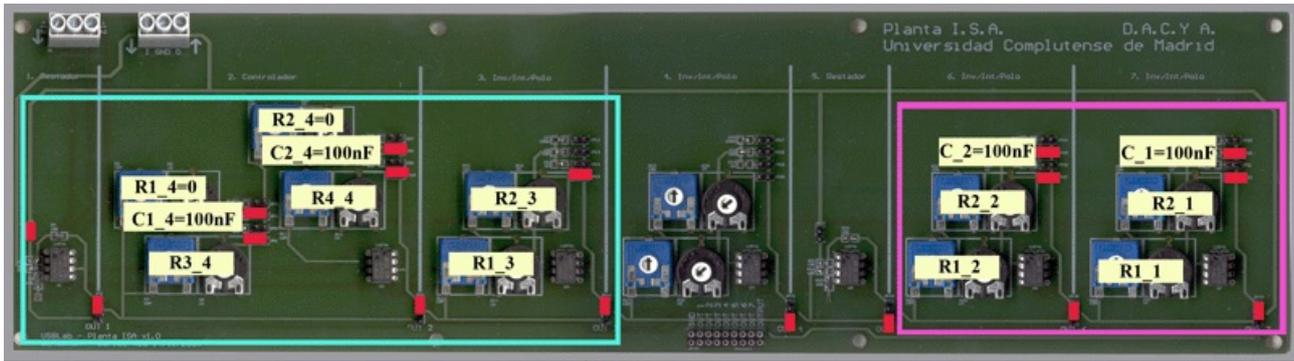
$$G(s) = \frac{R_{2-X}}{R_{1-X}} \frac{1}{(R_{2-X}C_X s + 1)}$$

Como los dos polos se encuentran conectados en serie, la función de transferencia de la planta es:

$$G_p(s) = \frac{R_{2,1}R_{2,2}}{R_{1,1}R_{1,2}} \frac{1}{(R_{2,1}C_1 s + 1)(R_{2,2}C_2 s + 1)}$$

2.2. Red de adelanto continua

El controlador implementado con el circuito analógico enmarcado en azul en la siguiente figura constituye una red de adelanto con una ganancia elegible, y un restador que realimenta la salida del circuito a la entrada del mismo.



Para analizar su comportamiento, estudiaremos el comportamiento de cada componente por separado.

El controlador está configurado como una red de adelanto o retraso, y su función de transferencia viene dada por la siguiente expresión:

$$G(s) = -\frac{R_{4,4} (R_{3,4} C_{1,4} s + 1)}{R_{3,4} (R_{4,4} C_{2,4} s + 1)}$$

El tener una ganancia fija e invertir la señal de entrada impide que por sí misma se pueda usar como un controlador cuya función de transferencia sea la ganancia que corrige el error estacionario y la red de adelanto diseñada. Para poder elegir la ganancia del controlador y corregir la inversión introducida por el circuito se incluye el elemento inversor, cuya función de transferencia viene dada por:

$$G(s) = -\frac{R_{2,3}}{R_{1,3}}$$

Por medio del uso de estos dos elementos en serie se consigue tener un controlador cuya función de transferencia es:

$$G_c(s) = \frac{R_{2,3} R_{4,4} (R_{3,4} C_{1,4} s + 1)}{R_{1,3} R_{3,4} (R_{4,4} C_{2,4} s + 1)}$$

Si se compara dicha expresión con la de una red de adelanto genérica con ganancia arbitraria K

$$G_c(s) = K \cdot \frac{aTs + 1}{Ts + 1}$$

se puede encontrar las relaciones entre los valores de K , a y T con los valores de los elementos del circuito.

Por último, para introducir estos elementos en el circuito, y cerrar el lazo de control es necesario modificar la posición de los jumpers relacionados con los mismos, así como conectar la salida del circuito a la entrada del restador que se encuentra a la entrada del circuito.

La configuración final del circuito completo, en lazo cerrado con el controlador diseñado es el que se encuentra en el circuito de la figura de esta página.