



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Asignatura: Control Digital y Aplicaciones/
Control de Procesos por Computadora.

Práctica 2: Caracterización de un sistema de control de temperatura de primer orden con Arduino y Matlab.

Por:

Cortes Vázquez Edmundo Miguel

Durán Santos Martín

López Marcos Fernando

Profesor: Dr. Jaime Julián Cid Monjaraz.

Periodo: Primavera 2013.

OBJETIVO

- Caracterizar un sistema de control de temperatura de primer orden con Arduino y Matlab.

MARCO TEÓRICO

COMUNICACIÓN SERIAL CON ARDUINO

Se utiliza para la comunicación entre la placa Arduino una computadora u otros dispositivos. Todas las placas Arduino tienen al menos un puerto serie (también conocido como UART o USART). Se comunica a través de los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX) hacia la computadora mediante USB.

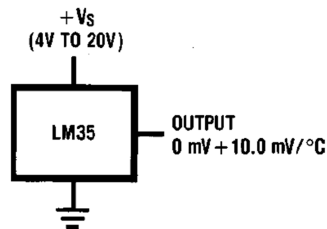
Para su utilización, se requiere emplear las funciones `Serial.begin` (para inicializar el puerto), `Serial.print` y `Serial.println` (para enviar datos a través de éste)

SENSOR DE TEMPERATURA LM35

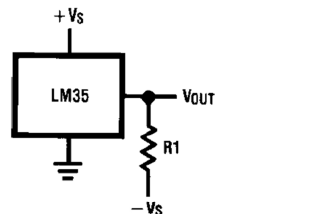
Es un sensor de temperatura en escala lineal Celsius de alta precisión. De acuerdo al voltaje de polarización aplicado, es capaz de realizar lecturas entre -55°C y 150°C .

Algunas de sus aplicaciones típicas son las siguientes:

- Sensor básico (de -2°C hasta 150°C):



- Sensor de temperatura de rango completo (de -55°C a 150°C):



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50 \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500 \text{ mV at } +150^{\circ}\text{C}$
 $= +250 \text{ mV at } +25^{\circ}\text{C}$
 $= -550 \text{ mV at } -55^{\circ}\text{C}$

RESPUESTA TEMPORAL DE SISTEMAS DE PRIMER ORDEN

El sistema de primer orden con un solo polo tiene una función de transferencia como la siguiente:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

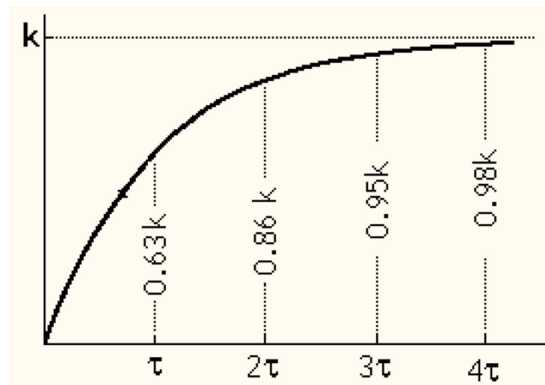
Si la entrada del sistema es un escalón unitario, entonces la transformada de Laplace de la salida estará dada por:

$$Y(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \frac{1}{s}$$

Entonces, su respuesta temporal será la transformada inversa de esa expresión, la cual es:

$$y(t) = K \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Donde K es la ganancia del sistema y τ es la constante de tiempo. Para determinarla, debemos hallar el tiempo que toma al sistema alcanzar $1 - e^{-1}$ veces el valor final K de la respuesta al escalón (aproximadamente 63%).



En consecuencia, la constante de tiempo se puede considerar como una especificación de la respuesta transitoria para sistemas de primer orden, puesto que va relacionada con la velocidad a la que el sistema responde a una entrada escalón unitario. Además, con la constante de tiempo podemos determinar la ubicación del polo, el cual se encuentra en $-\frac{1}{\tau}$.

DESARROLLO

DESCRIPCIÓN

Se caracterizó una planta por medio de un sensor de temperatura LM35, el cual estaba adherido a un foco incandescente. El sensor se conectó a una de las entradas analógicas del Arduino, el cual realizaba capturas en tiempo real del voltaje recibido, el cual, sabemos, es proporcional a la temperatura.

Luego se encendió el foco, para que éste comenzara a elevar la temperatura del sensor.

Después, los datos obtenidos por la conversión analógico-digital que realiza la tarjeta fueron transmitidos por el puerto de comunicación serial que simula Arduino hacia la computadora, los cuales fueron procesados con Matlab para su posterior graficación. Las muestras fueron tomadas en intervalos de 200ms.

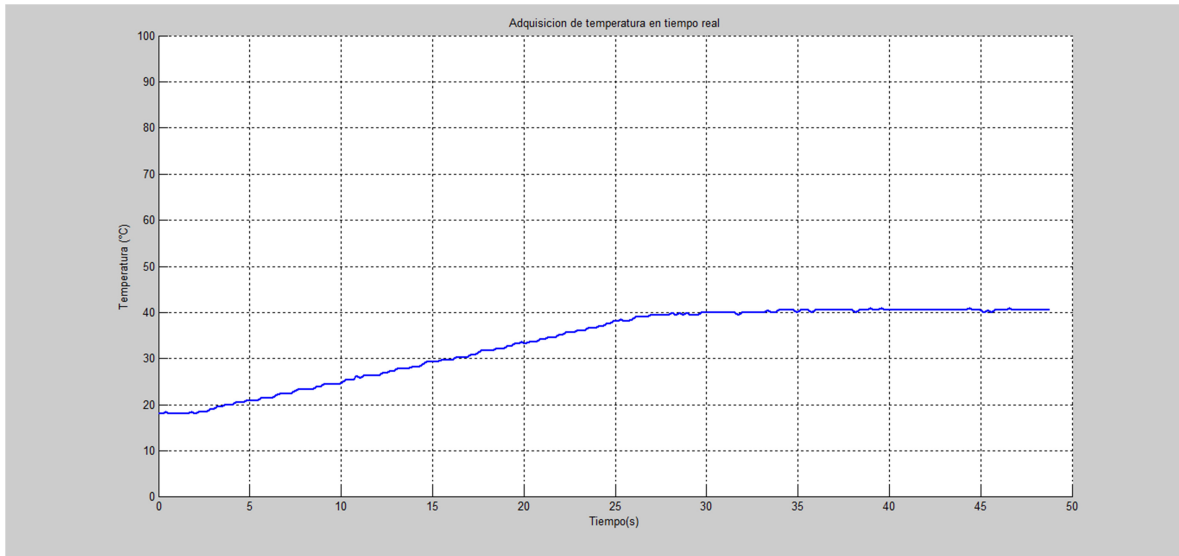
A partir de la gráfica obtenida, se determinó el valor de la constante de tiempo, para así poder caracterizar al sistema de primer orden de la planta.

IMPLEMENTACIÓN



RESULTADOS

Para la caracterización del sistema, se tomó como valor de temperatura en reposo 18°C y como temperatura límite 38°C.



Entonces, la variación de temperatura entre el valor inicial y el final es 20, por lo que:

$$K = 20$$

Y, de acuerdo a los datos obtenidos, la temperatura donde se alcanzó el 63% del valor final (12.6°C por arriba del valor inicial o 30.6°C) fue en 15 segundos, por lo que:

$$t = 15s.$$

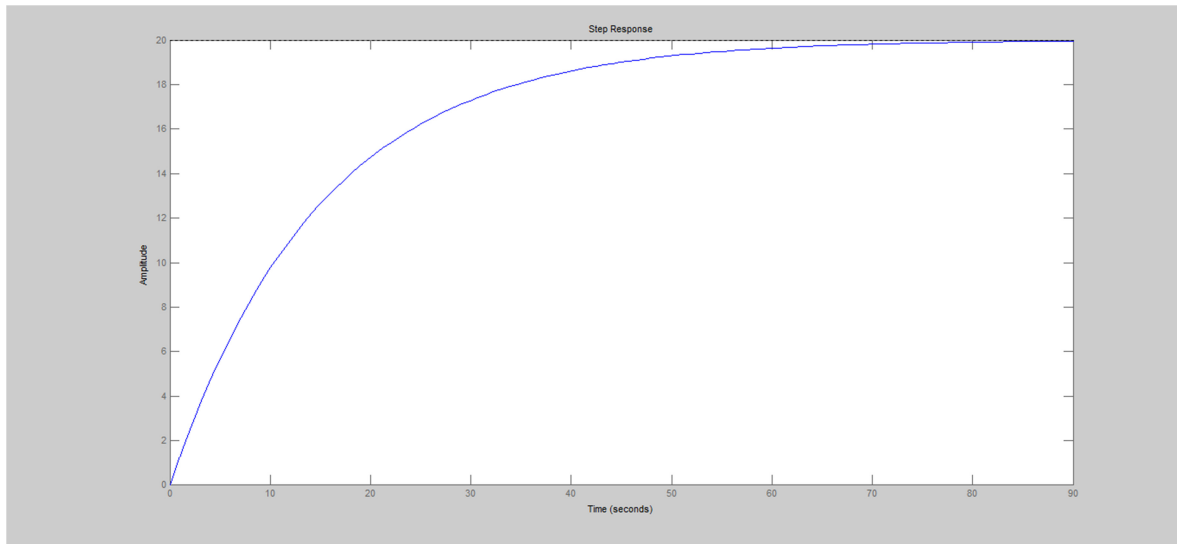
Usando la función de transferencia para sistemas de primer orden con un solo polo:

$$G(s) = \frac{K}{ts + 1}$$

Evaluamos los valores obtenidos:

$$G(s) = \frac{20}{15s + 1} = \frac{\frac{20}{15}}{s + \frac{1}{15}}$$

Graficando la respuesta al escalón de la función de transferencia obtenida, tenemos lo siguiente:



CONCLUSIONES

- Es necesario recordar todos los conceptos vistos en materias como interfaces, en las que se estudia la forma en como se establece comunicación entre la computadora y otros dispositivos externos por medio de los puertos que posee. Una de las cuestiones que más problemas ocasionó fue la de la apertura y cierre del puerto serial, ya que, en varias ocasiones fue necesario reiniciar Matlab tras correr un programa que contenía errores y que, tras su detención, dejaba abierto el puerto serial.
- Es menester reafirmar los conocimientos previos del área de control clásico y moderno, en la que se estudió la forma de modelar sistemas a través de la respuesta temporal.

REFERENCIAS

- Página de MatLab & Simulink:
<http://www.mathworks.com/>
- Página del proyecto Arduino:
www.arduino.cc
- Hoja de datos del sensor LM35:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>
- Ogata, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna (4ª ed)*. Pearson, 2003.

CÓDIGO REALIZADO PARA PROCESAMIENTO DE DATOS EN MATLAB

```
s=serial('COM3', 'BaudRate', 9600, 'Terminator', 'CR/LF');
fopen(s);
tmax=50;
razon=5;
g=figure('Name',' Adquisicion');
a=axes('XLim', [0 50], 'YLim', [0 100]);

l2=line(nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
xlabel('Tiempo(s)');
ylabel('Temperatura (°C)');

title('Adquisicion de temperatura en tiempo real');
grid on;
hold on;

temp=zeros(1, tmax*razon);
i=1;
t=0;
tic;

while t<tmax

    t=toc;
    a=fscanf(s,'%d');

    temp(i)=a(1)*500/1024-2;
    x=linspace(0, i/razon,i);

    set(l2, 'YData', temp(1:i), 'XData', x);
    temp(1:i)
    drawnow;
    i=i+1;
end

fclose(s);
delete(s);
clear s;
```

CÓDIGO REALIZADO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS CON ARDUINO

```
int outA2=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  outA2=analogRead(A1);
  Serial.println(outA2);
  delay(200);
}
```

CÓDIGO PARA GENERAR LA RESPUESTA AL ESCALÓN DEL SISTEMA

```
num=[20/15];
den=[1 1/15];

sys=tf(num,den);
step(sys);
```