

Comprensión "*intuitiva*" del comportamiento de un sistema dinámico lineal: cálculo de tren de escalones para comportamiento deseado

© 2022, Antonio Sala Piqueras, Universitat Politècnica de València. Todos los derechos reservados.

Presentación en vídeo en <http://personales.upv.es/asala/YT/V/linregla3.html>

Este código ejecutó sin errores en Matlab R2022b (Linux)

Objetivo: comprender intuitivamente el concepto de sistema (dinámico) lineal invariante en el tiempo, y cómo usar la respuesta temporal para calcular perfiles de entrada aproximados que consigan ciertos objetivos.

Tabla de Contenidos

Ensayo escalón del que obtener datos.....	1
Resolución de problemas de cálculo de escalones de entrada.....	2
Valor final prefijado.....	2
Valor final y tiempo de establecimiento prefijado.....	3
Apéndice funciones auxiliares.....	5

Ensayo escalón del que obtener datos

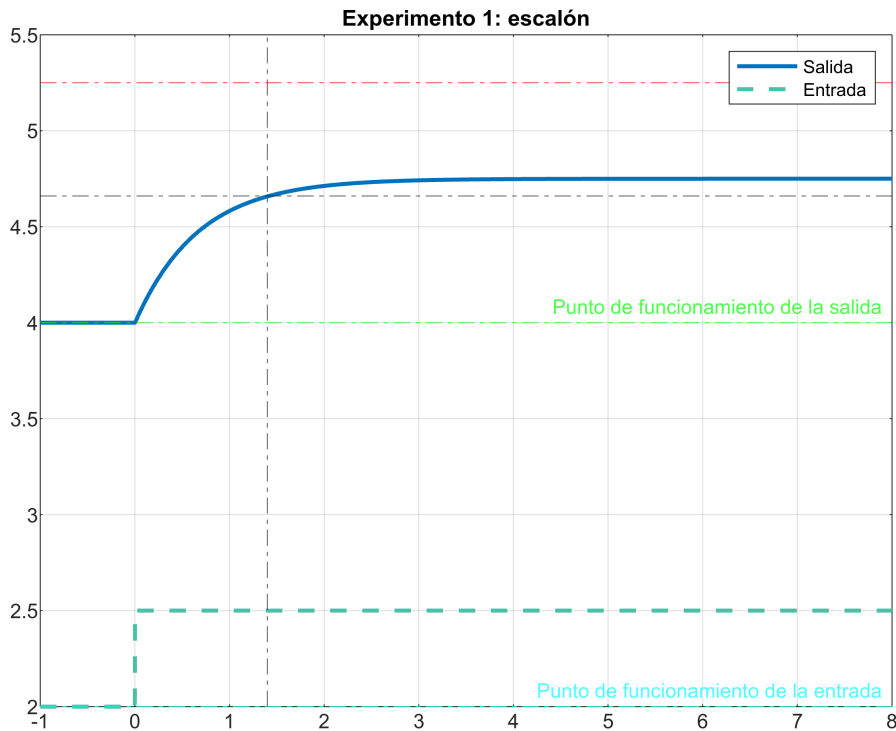
Consideremos un cierto sistema desconocido, del que sólo sabemos que es lineal (o aproximadamente) alrededor de un punto de operación $u=2$, $y=4$;

Simulemos su respuesta ante escalón de 0.5 (incremental)

```
u_pf=2; y_pf=4;
inc_u=0.5;
u=@(t) u_pf+inc_u*(t>=0);
Y=simulasistema(u);
yline(y_pf, '-.g', Label="Punto de funcionamiento de la salida")
yline(u_pf, '-.c', Label="Punto de funcionamiento de la entrada")
```

Marcamos en la gráfica ciertas líneas que necesitaremos en los ejemplos posteriores

```
xline(1.4, '-.') %lo necesitamos luego
yline(5.25, '-.r') %también lo necesitamos luego
yline(4.66, '-.') %también lo necesitamos luego
legend("Salida", "Entrada"), title("Experimento 1: escalón")
```



```
valfin=Y(end) %valor final
```

```
valfin = 4.7500
```

Resolución de problemas de cálculo de escalones de entrada

Con sólo esa información del ensayo ante escalón, podemos contestar a varias preguntas.

Valor final prefijado

1.) ¿Qué entrada será necesaria para subir a **5.25** unidades la salida?

Por "proporcionalidad", si con incremento entrada 0.5 sube 0.75 unidades, para subir a 5.25:

```
incsalida=valfin-y_pf
```

```
incsalida = 0.7500
```

```
gananciaestatica=incsalida/inc_u %incremento por unidad de entrada
```

```
gananciaestatica = 1.5000
```

```
incsalida_deseado=5.25-y_pf
```

```
incsalida_deseado = 1.2500
```

```
inc_entrada_calculado=incsalida_deseado/gananciaestatica
```

```
inc_entrada_calculado = 0.8333
```

Por tanto, el valor "absoluto" que en equilibrio conseguirá la salida deseada será:

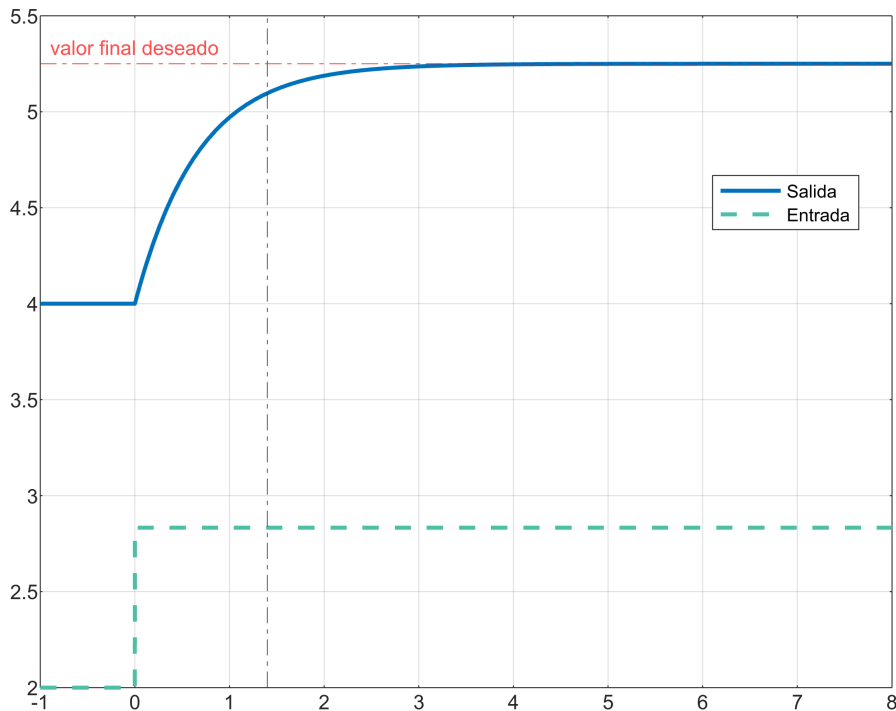
```
u_calculado=u_pf+inc_entrada_calculado
```

```
u_calculado = 2.8333
```

```
u=@(t) u_pf+inc_entrada_calculado*(t>=0);  
simulasistema(u);  
xline(1.4, '-.')
```

ylabel(5.25, '-.r', Label="valor final deseado", LabelHorizontalAlignment="left")

```
legend("Salida", "Entrada", Location="best")
```



Valor final y tiempo de establecimiento prefijado

1.) ¿Qué entrada será necesaria para subir a **5.25** unidades la salida **en 1.4 segundos**?

Por "proporcionalidad", si con incremento 0.5 sube 0.66 unidades en 1.4 segundos, para subir a 5.25:

```
incsalida=4.66-y_pf
```

```
incsalida = 0.6600
```

```
ganancia_en_1punto4segundos=incsalida/inc_u %incremento por unidad de entrada
```

```
ganancia_en_1punto4segundos = 1.3200
```

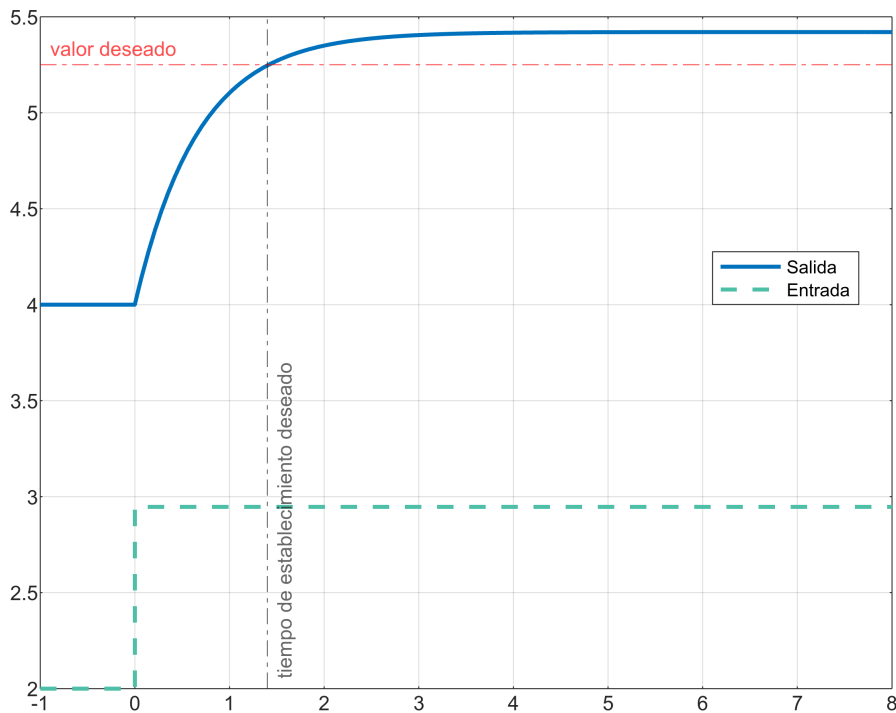
```
incsalida_deseado=5.25-y_pf
```

```
incsalida_deseado = 1.2500
```

```
inc_entrada_calculado2=incsalida_deseado/ganancia_en_1punto4segundos
```

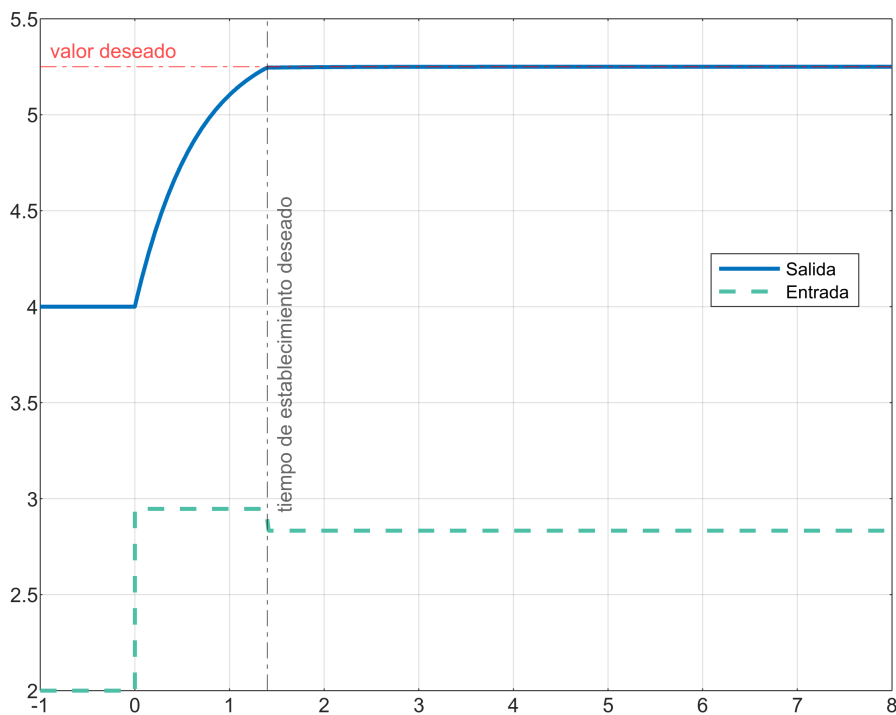
```
inc_entrada_calculado2 = 0.9470
```

```
u=@(t) u_pf+inc_entrada_calculado2*(t>=0);  
simulasistema(u);  
yline(5.25,'- .r',Label="valor deseado",LabelHorizontalAlignment="left")  
xline(1.4,'- .',Label="tiempo de establecimiento deseado",LabelVerticalAlignment="bottom")  
legend("Salida","Entrada",Location="best")
```



Para que no "se pase" habrá que conmutar al valor de entrada que mantiene el valor deseado en equilibrio una vez se alcanza:

```
u=@(t) u_pf+inc_entrada_calculado2*(t>=0).*(t<=1.4)+inc_entrada_calculado*(t>1.4);  
simulasistema(u);  
yline(5.25,'- .r',Label="valor deseado",LabelHorizontalAlignment="left")  
xline(1.4,'- .',Label="tiempo de establecimiento deseado",LabelVerticalAlignment="middle")  
legend("Salida","Entrada",Location="best")
```



Esto es, hemos diseñado un perfil de 2 escalones: un "boost" inicial para que suba más rápido y luego un valor "permanente" para mantenerse en el punto deseado.

NOTA: los cálculos realizados sólo son "**exactos**" en **sistemas lineales de primer orden**; en *sistemas lineales de orden superior* hay cierta "*inercia*" que hará que aunque se baje la entrada hasta el punto de equilibrio calculado, haya un cierto "sobrepasamiento transitorio". Esto se ilustrará en un segundo vídeo <http://personales.upv.es/asala/YTV/linregla3ord2.html>

Apéndice funciones auxiliares

Este código es "secreto": no hace falta examinarlo para realizar los cálculos objetivo de este material.

```
function dxdt=modelo1(x,u)
    dxdt=-1.5*x+2.25*u+1.5;
end

function Y=simulasistema(u)
    opts=odeset(RelTol=1e-5,AbsTol=1e-5);
    [T,X]=ode45(@(t,x) modelo1(x,u(t)),[-1 8],4,opts);
    plot(T,X,LineWidth=2), grid on
    Y=X;
    hold on
    plot(T,u(T),'--',LineWidth=2,Color=[.3 .75 .65])
```

```
hold off  
end
```