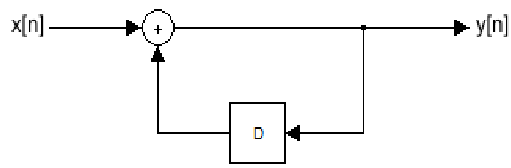
Análisis de Señales — Curso 2019

Trabajo Práctico Nº2
Sistemas lineales

1. Determine si los siguientes sistemas verifican las propiedades de:
   - Linealidad
   - Causalidad
   - Invariancia
   - Memoria (Dinámico)
   - Estabilidad

   a) $y(t) = x(t-5) - x(3-t)$
   b) $y[n] = 2 \cdot x[n-n_o]$; $n_o>0$
   c) $y[n] = (n+3) \cdot x[n-3]$
   d) $y[n] = 5 \cdot n \cdot x^2[n]$
   e) $y[n] = 3 \cdot x[n+3]$
   f) $y(t) = \int_{-\infty}^{2t} x(\sigma)\, d\sigma$

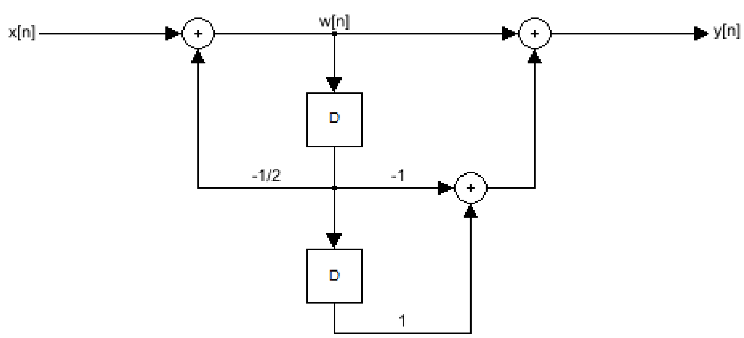
2. Determine que el sistema de la figura es lineal, invariante en el tiempo, dinámico e inestable:



3. Para los siguientes sistemas LIT discretos calcule la respuesta al impulso.

   a) $y[n] = x[n] - x[n-1]$
   b) $2y[n] + 6y[n-1] = x[n] - x[n-2]$
   c) $y[n+1] - 0{,}4y[n] = x[n]$

4. Para el siguiente sistema LIT discreto calcule la respuesta al impulso.



Sugerencia: Descomponer dicho sistema en dos subsistemas. Entonces podemos aplicar la operación de convolución a dichos subsistemas. Para el primer subsistema tenemos:

$$w[n] = h1[n] * x[n]$$

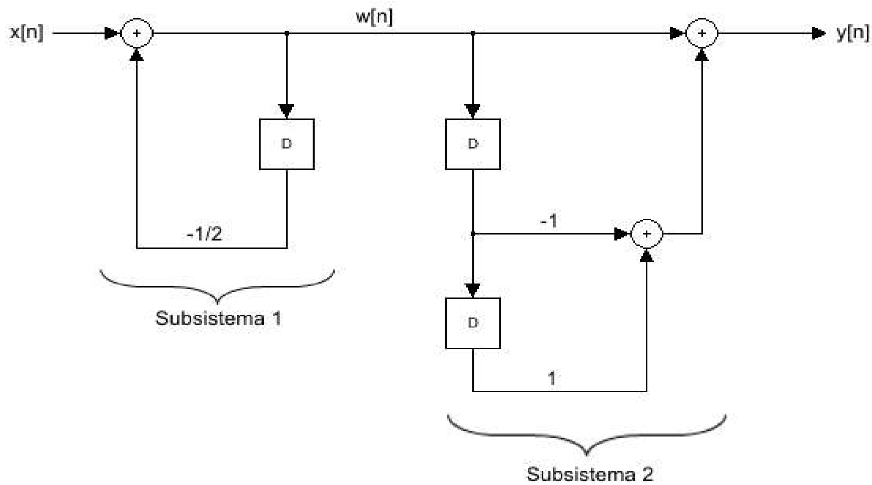
Para el segundo subsistema la operación de convolución resulta:

$$y[n] = h2[n] * w[n]$$

Si combinamos ambas operaciones de convolución obtenemos:

$$y[n] = h2[n] * h1[n] * x[n] = ht[n] * x[n]$$

Trabajo Práctico Nº2
Sistemas lineales



5. Para el sistema LIT anterior intercambie el orden de los subsistemas y calcule nuevamente la respuesta al impulso.

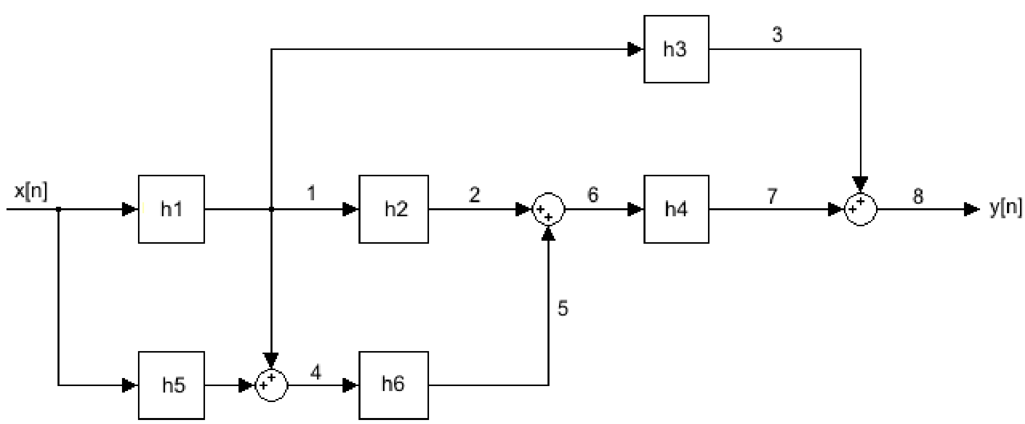
6. Determinar la respuesta al impulso de los siguientes sistemas continuos.

   a) $y'(t) + 5y(t) = x(t)$
   b) $y''(t) + 6y'(t) + 4y(t) = x(t)$

7. Calcular y graficar las siguientes funciones.

   a) $g(t) = rect(t) * rect(t)$
   b) $g(t) = rect(t) * rect(t/2)$
   c) $g(t) = rect(t-1) * rect(t/2)$
   d) $g(t) = [rect(t-5) + rect(t+5)] * [rect(t-4) + rect(t+4)]$
   e) $g[n] = 0.5^n u[n] * 0{,}8^n u[n-2]$
   f) $g[n] = 2rect_4[n] * (7/8)^n u[n]$

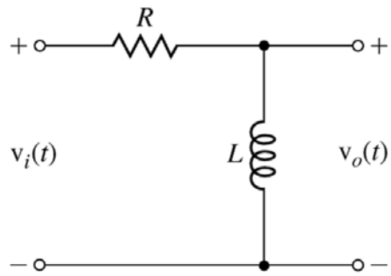
8. Aplicando las propiedades de interconexión de sistemas, determine la respuesta impulsional del diagrama en bloques siguiente.



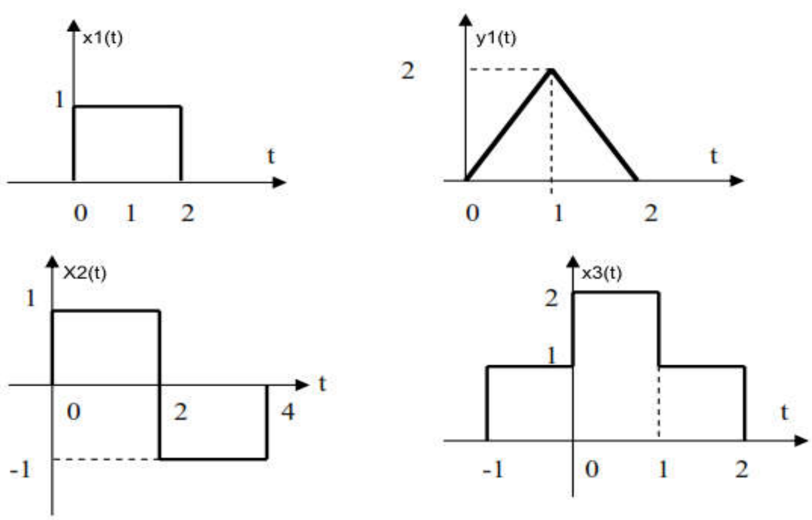
Dónde: $h_1[n]=3\delta[n]$; $h_2[n]=\delta[n]$; $h_3[n]=u[n]$; $h_4[n]=2^n u[n]$; $h_5[n]=0$; $h_6[n]=\delta[n]$

Trabajo Práctico Nº2
Sistemas lineales

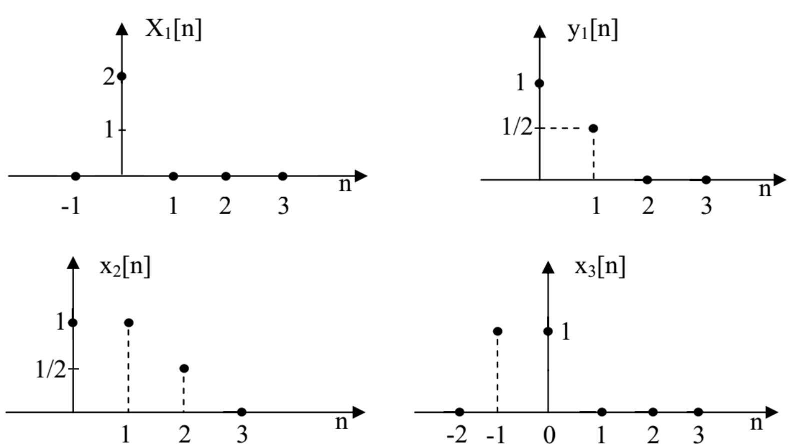
9. En el circuito de la figura, el voltaje de la señal de entrada es $V_i(t)$ y el voltaje de la señal de salida es $V_o(t)$.
   a) Determine la respuesta al impulso en términos de R y L.
   b) Si R=10KΩ y L=10μH, grafique la respuesta al escalón unitario.



10. Dado un sistema LIT cuya respuesta a la señal $x_1(t)$ es la señal de salida $y_1(t)$. Determinar y dibujar la respuesta de este sistema a las señales $x_2(t)$ y $x_3(t)$.



11. Sea un sistema LIT cuya respuesta a la señal $x_1[n]$ es $y_1[n]$. Halle las respuestas a las excitaciones $x_2[n]$ y $x_3[n]$.



Trabajo Práctico Nº2
Sistemas lineales
OCTAVE APLICADO

I. Para verificar el ejercicio Nº3 b) en el entorno de Octave, colocamos *edit* en la línea de comandos para abrir el editor. Allí generamos un archivo de comandos con el nombre Ej3b.m, para realizar las siguientes acciones:

```
%Generar un vector con la función delta de Kronecker
%Se crea un vector de ceros con 11 valores llamado delta
%y se almacena el valor 1 en la sexta posición.
delta = zeros(1,11);
delta(6)=1;
%Si el formato de una ecuación lineal en diferencias
%con coeficientes constantes es: y[k+n]+a_{n-1} y[k+n-1]+
%···+a_0y[k] = b_m x[k+m]+b_{m-1} x[k+m-1] +···+b_0 x[k].
%Se colocan los coeficientes de la señal de salida en
%un vector A.
A = [2 6];
%Se colocan los coeficientes de la señal de entrada en
%un vector B.
B = [1 0 -1];
%Calcula la señal de salida de la ecuación lineal en
%diferencias para la señal de entrada delta.
Y = filter(B,A,delta);
%En este caso las condiciones iniciales son nulas.
%Caso contrario ver las variantes de dicho comando.
%Grafica la respuesta al impulso;
n=-5:1:5;
stem(n,Y,'filled');
title('respuesta al impulso del sistema');
```

II. En el ejercicio Nº4 obtenemos las respuestas al impulso de cada subsistema, h1[n] y h2[n], para luego aplicar la convolución entre ambos y así obtener la respuesta al impulso del sistema total. En el editor armamos un archivo de comandos y lo almacenamos con el nombre Ej4.m. Los comandos de dicho archivo realizan las siguientes acciones:

```
%Vector de variable independiente discreta.
n=-20:1:20;
%Vector de ceros con 41 valores llamado delta
%Se almacena el valor 1 en la posición 21.
delta=zeros (1,41);
delta(21)=1;
%Subsistema h1
%Se colocan los coeficientes de la señal de salida en
%un vector A
A = [1 0.5];
%Se colocan los coeficientes de la señal de entrada en
%un vector B.
B = [1];
```

```
%Calcula la señal de salida de la ecuación lineal en
%diferencias h1 para la señal de entrada delta.
h1 = filter(B,A,delta);
%En este caso las condiciones iniciales son nulas.
%Caso contrario ver las variantes de dicho comando.
%Subsistema h2
%Se colocan los coeficientes de la señal de salida en
%un vector C
C = [1];
%Se colocan los coeficientes de la señal de entrada en
%un vector D.
D = [1 -1 +1];
%Calcula la señal de salida de la ecuación lineal en
%diferencias h2 para la señal de entrada delta.
h2=filter(D,C,delta);
%En este caso las condiciones iniciales son nulas.
%Caso contrario ver las variantes de dicho comando.
%Grafica la respuesta al impulso;
subplot (3,1,1)
stem(n,h1,'filled');
title('respuesta al impulso del sistema h1');
subplot (3,1,2)
stem(n,h2,'filled');
title('respuesta al impulso del sistema h2');
%Vector de variable independiente discreta nc para la
%respuesta al impulso del sistema total. Dicho vector
%debe tener como mínimo una longitud igual a la suma de
%las longitudes de las señales discretas menos uno.
nc=n(1)+n(1):n(41)+n(41);
%Convolución de las respuestas al impulso de los dos
%subsistemas
ht=conv(h1,h2);
%Grafica de las respuestas al impulso del sistema total
subplot(3,1,3);
stem(nc,ht,'filled');
title('respuesta al impulso del sistema total');
```

III. En el ejercicio Nº5, al invertir los subsistemas se obtiene una ecuación en diferencia dada por: y[n]+1/2y[n-1] = x[n]-x[n-1]+x[n-2]. En base a lo desarrollado en el punto anterior verifique el resultado utilizando Matlab.

IV. Para verificar el ejercicio Nº6 b, se descompone la ecuación diferencial de orden 2 en dos ecuaciones diferenciales de orden 1. Para esto consideramos $y'_2(t)=y_1(t)$, con lo cual el sistema diferencial puede ser representado en forma matricial como:

$$\begin{matrix} \acute{y}_1(t) \\ \acute{y}_2(t) \end{matrix} = \begin{matrix} -6y_1(t) - 4y_2(t) + x(t) \\ y_1(t) \end{matrix}$$

Simulamos dicho sistema con una señal escalón en la entrada x(t), por lo tanto, escribimos en el editor la función funej6.m:

```
function [dery] = funej6(t,y)
dery(1,1) = -6*y(1) - 4*y(2)+ 1*(t >= 0);
dery(2,1) = y(1);
```

Ahora generamos un archivo de comandos con el nombre Ej6b.m, para realizar las siguientes acciones:

```
%Define el vector tiempo tv, con una resolución de 0,02s
tv=0:0.02:20;

%En este caso el valor inicial se considera nulo.
y0=[0;0];
%Resuelve numéricamente la ecuación diferencial
[t,ye]=ode23('funej6',tv,y0);
%Divide la ventana gráfica en dos figuras en columna
%y selecciona la ventana superior
subplot(2,1,1)
%Grafica la respuesta del sistema al escalón.
plot(t, ye(:,2));
%Deriva la respuesta anterior.
yd=diff(ye(:,2))/0.02;
%Ajusta la cantidad de elementos del vector yd
yd(1001)=0;
%Divide la ventana gráfica en dos figuras en columna
%y selecciona la ventana inferior
subplot(2,1,2);
%Grafica la respuesta del sistema al impulso.
plot(t,yd);
```

V. En el ejercicio Nº7 se realizan una serie de convoluciones. A continuación se muestran los diferentes archivos con los comandos aplicados en cada caso.

```
%Archivo del ejercicio N°7a (Ej7a.m);
%Intervalo de tiempo;
ts=0.01;
%Vector de variable independiente discreta;
n=-100:99;
%Construcción de la función rectángulo con la función
escalón %(heaviside);
rec=heaviside((n*ts)+.5)-heaviside((n*ts)-.5);
%Vector de variable independiente discreta de la
%convolución;
%Suma de la longitud de las dos señales a convolucionar;
nc=n(1)+n(1):n(end)+n(end);
%Convolución de dos señales rectángulo;
y=ts*conv(rec,rec);
```

```
%Secuencia de comandos para graficar las señales;
subplot(3,1,1);
plot(ts*n,rec);
title('función rectángulo');
grid on;
subplot(3,1,2);
plot(ts*n,rec);
title('función rectángulo');
grid on;
subplot(3,1,3);
plot(ts*nc,y);
title('convolución de dos rectángulos');
grid on;

%Archivo del ejercicio N°7b (Ej7b.m)
%Intervalo de tiempo;
ts=0.01;
%Vector de variable independiente discreta;
n=-200:199;
%Construcción de la función rectángulo con la función
escalón %(heaviside);
rec1=heaviside((n*ts)+.5)-heaviside((n*ts)-.5);
rec2=heaviside((n*ts)+1)-heaviside((n*ts)-1);
%Vector de variable independiente discreta de la
%convolución;
%Suma de la longitud de las dos señales a convolucionar;
nc=n(1)+n(1):n(end)+n(end);
%Convolución de dos señales rectángulo;
y=ts*conv(rec1,rec2);
%Secuencia de comandos para graficar las señales;
subplot(3,1,1);
plot(ts*n,rec1);
title('función rectángulo1');
grid on;
subplot(3,1,2);
plot(ts*n,rec2);
title('función rectángulo2');
grid on;
subplot(3,1,3);
plot(ts*nc,y);
title('convolución de las señales anteriores');
grid on;
```

Compruebe la convolución para los ejercicios restantes del ejercicio Nº7.

VI. Resuelva el ejercicio Nº9, confeccionando los archivos funej9.m y Ej9.m, basados en los archivos correspondientes utilizados en el EjNº6.