Análisis de Señales

Señales exponenciales y sinusoidales

Dr. José Ramón Iglesias
DSP-ASIC BUILDER GROUP
Director Semillero TRIAC
Ingenieria Electronica
Universidad Popular del Cesar

Agenda

1. Señales exponenciales y sinusoidales
2. Sistemas continuos y discretos
3. Propiedades básicas de los sistemas

Señales continuas exponencial compleja y sinusoidal

Definicion

La señal continua exponencial compleja es de la forma

$$x(t) = Ce^{at},$$

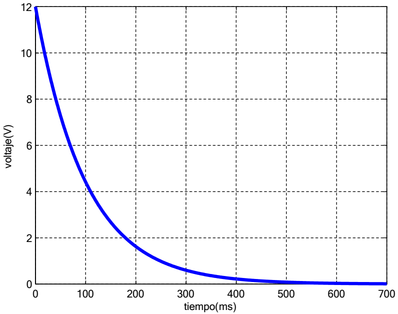


Figura: Descarga de un condensador.

Señales exponencial reales

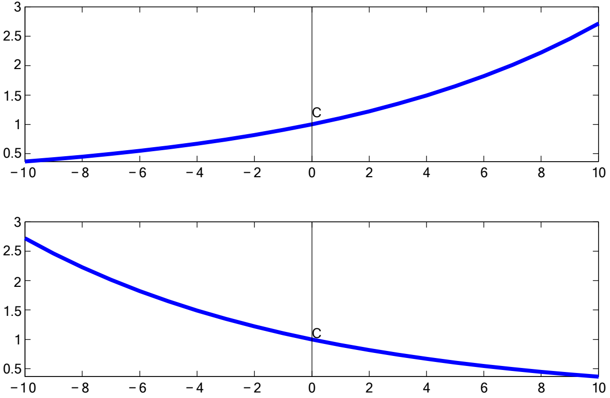


Figura: Exponencial real continua $x(t) = Ce^{at}$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Se obtiene considerando el campo puramente imaginario

$$x(t) = e^{j\omega_o t}$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Se obtiene considerando el campo puramente imaginario

$$x(t) = e^{j\omega_o t}$$

Esta señal será periódica con periodo T si

$$e^{j\omega_o t} = e^{j\omega_o (t+T)} = e^{j\omega_o t} e^{j\omega_o T}$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Se obtiene considerando el campo puramente imaginario

$$x(t) = e^{j\omega_o t}$$

Esta señal será periódica con periodo T si

$$e^{j\omega_o t} = e^{j\omega_o (t+T)} = e^{j\omega_o t} e^{j\omega_o T}$$

Para que sea periódica debemos tener

$$e^{j\omega_o T} = 1$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler, la exponencial compleja se puede escribir en términos de señales sinusoidales con el mismo periodo fundamental

$$e^{j\omega_0 t} = \cos\omega_0 t + j\,\mathrm{sen}\,\omega_0 t$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler, la exponencial compleja se puede escribir en términos de señales sinusoidales con el mismo periodo fundamental

$$e^{j\omega_0 t} = \cos\omega_0 t + j\,\mathrm{sen}\,\omega_0 t$$

- Si $\omega_0 = 0$, entonces $x(t) = 1$, la cual es periódica para cualquier valor de T. Si $\omega_0 \neq 0$ entonces el periodo fundamental T_0 de $x(t)$ es

$$T_0 = \frac{2\pi}{|\omega_0|}$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Una señal relacionada en forma muy estrecha con la exponencial periódica compleja es la *señal sinusoidal*

$$x(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

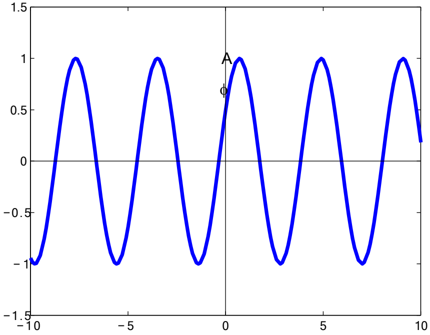


Figura: Señal sinusoidal continua $x(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler, la exponencial compleja se puede escribir en términos de señales sinusoidales con el mismo periodo fundamental

$$e^{j\omega_0 t} = \cos\omega_0 t + j\,\mathrm{sen}\,\omega_0 t$$

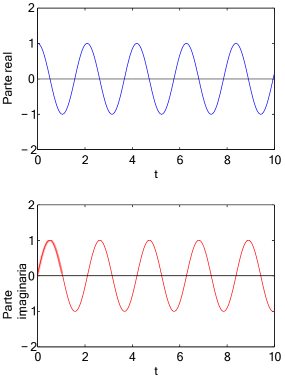


Figura: Parte imaginaria y real de una exponencial compleja

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler

$$Ae^{j(\omega_0 t+\varphi)} = A\cos(\omega_0 t+\varphi) + jA\,\mathrm{sen}(\omega_0 t+\varphi)$$

$$Ae^{-j(\omega_0 t+\varphi)} = A\cos(\omega_0 t+\varphi) - jA\,\mathrm{sen}(\omega_0 t+\varphi)$$

La señal sinusoidal en términos de exponenciales complejas periódicas

$$2A\cos(\omega_0 t+\varphi) = Ae^{j(\omega_0 t+\varphi)} + Ae^{-j(\omega_0 t+\varphi)}$$

$$A\cos(\omega_0 t+\varphi) = A\,\frac{e^{j(\omega_0 t+\varphi)} + e^{-j(\omega_0 t+\varphi)}}{2}$$

$$A\cos(\omega_0 t+\varphi) = \frac{A}{2}e^{j\varphi}e^{j\omega_0 t} + \frac{A}{2}e^{-j\varphi}\,e^{-j\omega_0 t}$$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler

$$e^{j\omega_0 t} = \cos\omega_0 t + j\,\mathrm{sen}\,\omega_0 t$$

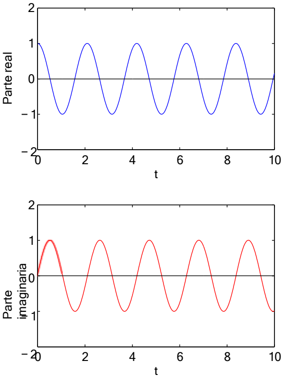


Figura: Parte imaginaria y real de una exponencial compleja

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler

$$e^{j\omega_0 t} = \cos\omega_0 t + j\,\mathrm{sen}\,\omega_0 t$$

- Podemos expresar una sinusoidal en términos de la señal exponencial compleja

$$A\cos(\omega_0 t + \varphi) = ARe\ \ e^{j(\omega_0)t+\varphi}$$

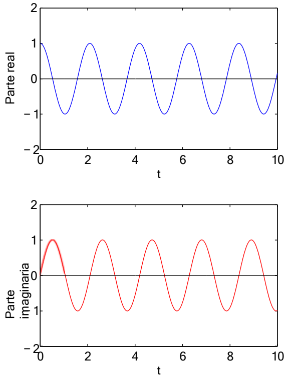


Figura: Parte imaginaria y real de una exponencial compleja

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Usando la relación de Euler

$$e^{j\omega_0 t} = \cos \omega_0 t + j \operatorname{sen} \omega_0 t$$

- Podemos expresar una sinusoidal en términos de la señal exponencial compleja

$$A \cos(\omega_0 t + \varphi) = A Re \; e^{j(\omega_0)t+\varphi}$$

- Para la parte imaginaria

$$A \operatorname{sen}(\omega_0 t + \varphi) = A Im \; e^{j(\omega_0)t+\varphi}$$

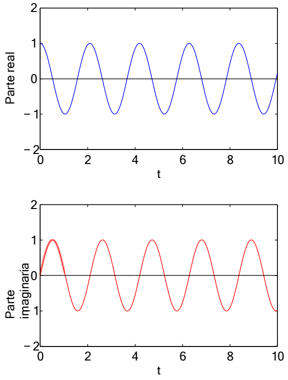


Figura: Parte imaginaria y real de una exponencial compleja

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

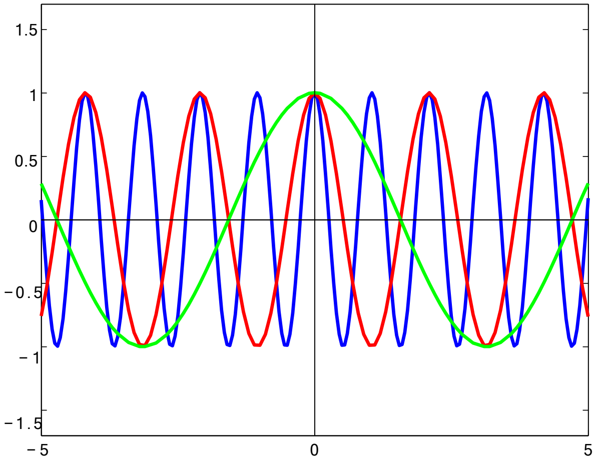


Figura: Relación entre la frecuencia fundamental y el periodo; $T_1 < T_2 < T_3$, $\omega_1 > \omega_2 > \omega_3$

Señales periódicas exponencial compleja y sinusoidal

Definicion

$$T_0 = \frac{2\pi}{|\omega_0|}$$

El periodo fundamental T_0 de una señal sinusoidal continua o una exponencial compleja periódica es inversamente proporcional a $|\omega_0|$, a la cual nos referimos como *frecuencia fundamental*

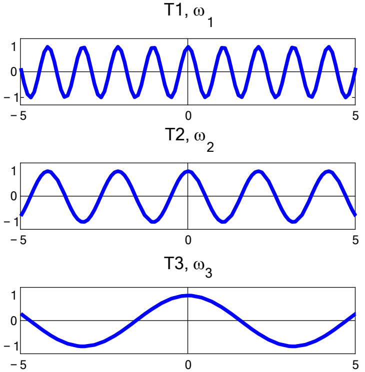


Figura: Relación entre la frecuencia fundamental y el periodo; $T_1 < T_2 < T_3$, $\omega_1 > \omega_2 > \omega_3$

Conjuntos de exponenciales complejas *relacionadas armónicamente*

Son conjuntos de exponenciales periódicas , las cuales son periódicas, con un periodo común T_0. Para que sea periódica con periodo T_0

$$e^{j\omega T_0} = 1,$$

Conjuntos de exponenciales complejas *relacionadas armónicamente*

Son conjuntos de exponenciales periódicas , las cuales son periódicas, con un periodo común T_0. Para que sea periódica con periodo T_0

$$e^{j\omega T_0} = 1,$$

lo cual implica que ωT_0 sea un múltiplo de 2π

$$\omega T_0 = 2\pi k,$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Conjuntos de exponenciales complejas *relacionadas armónicamente*

Son conjuntos de exponenciales periódicas , las cuales son periódicas, con un periodo común T_0. Para que sea periódica con periodo T_0

$$e^{j\omega T_0} = 1,$$

lo cual implica que ωT_0 sea un múltiplo de 2π

$$\omega T_0 = 2\pi k,$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

- Por lo tanto

$$\omega = \frac{2\pi}{T_0} k$$

Conjuntos de exponenciales complejas *relacionadas armónicamente*

$$\varphi_k(t) = e^{jk\omega_0 t} \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Para $k = 0$, $\varphi_k(t)$ es una constante, mientras que para cualquier otro valor de k, $\varphi_k(t)$ es periodica´ con frecuencia fundamental $|k|\omega_0$ y periodo fundamental

$$\frac{2\pi}{|k|\omega_0} = \frac{T_0}{|k|}$$

Señales exponencial complejas generales

En una exponencial compleja Ce^{at} donde C se expresa en forma polar y a en forma rectangular

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

y

$$a = r + j\omega_0$$

Señales exponencial complejas generales

En una exponencial compleja Ce^{at} donde C se expresa en forma polar y a en forma rectangular

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

y

$$a = r + j\omega_0$$

Entonces

$$Ce^{at} = |C|e^{j\vartheta}e^{(r+j\omega_0)t} = |C|e^{rt}e^{j(\omega_0 t+\vartheta)}$$

Señales exponencial complejas generales

En una exponencial compleja Ce^{at} donde C se expresa en forma polar y a en forma rectangular

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

y

$$a = r + j\omega_0$$

Entonces

$$Ce^{at} = |C|e^{j\vartheta}e^{(r+j\omega_0)t} = |C|e^{rt}e^{j(\omega_0 t+\vartheta)}$$

Usando la relación de Euler

$$Ce^{at} = |C|e^{rt}\cos(\omega_0 t + \theta) + j|C|e^{rt}\,\mathrm{sen}(\omega_0 t + \theta)$$

Señales exponencial complejas generales

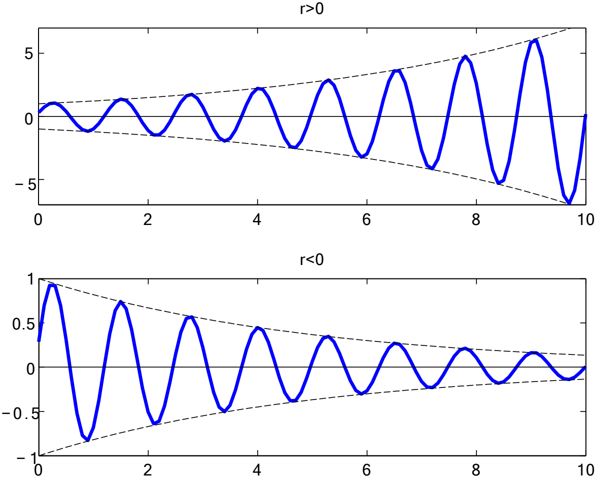


Figura: Señales sinusoidal creciente y decreciente $x(t) = Ce^{rt}\cos(\omega_0 t + \theta)$

Señales discretas exponencial compleja y sinusoidal

En tiempo discreto la señal o secuencia exponencial compleja está definida por

$$x[n] = Ca^n,$$

donde C y a son, en general, números complejos.

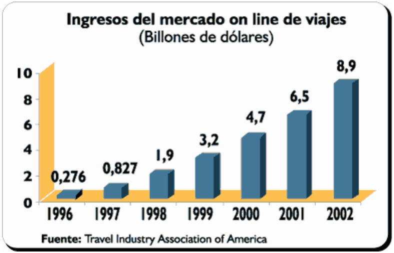


Figura: Ingresos del mercado online de viajes

Señales discretas exponencial compleja y sinusoidal

En tiempo discreto la señal o secuencia exponencial compleja está definida por

$$x[n] = Ca^n,$$

donde C y a son, en general, números complejos.

Se puede escribir como

$$x[n] = Ce^{\beta n},$$

donde

$$a = e^{\beta}$$

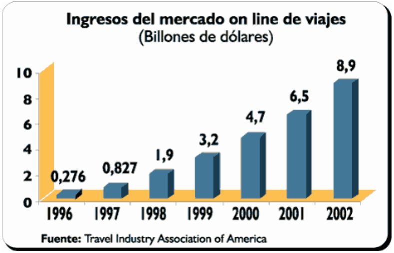


Figura: Ingresos del mercado online de viajes

Señales exponenciales reales

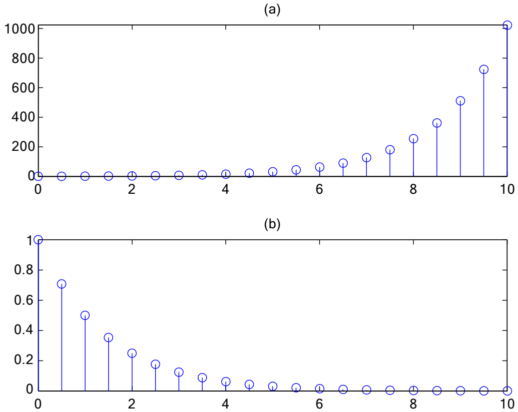


Figura: Señal exponencial real $x[n] = C\alpha^n$ (a)$\alpha > 1$; (b)$0 < \alpha < 1$

Señales exponenciales reales

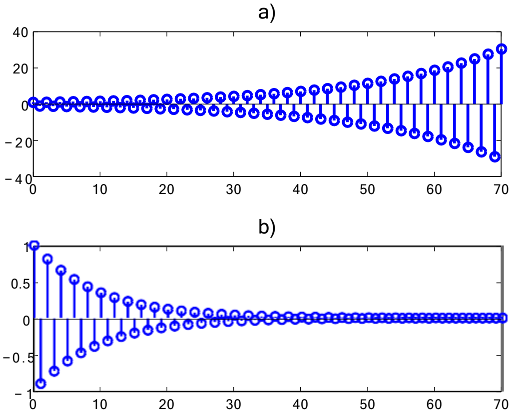


Figura: Señal exponencial real $x[n] = Ca^n$ (a)$a < -1$; (b)$-1 < a < 0$

Señales sinusoidales

Si β es puramente imaginaria

$$x[n] = e^{\beta n} = e^{j\omega_0 n}$$

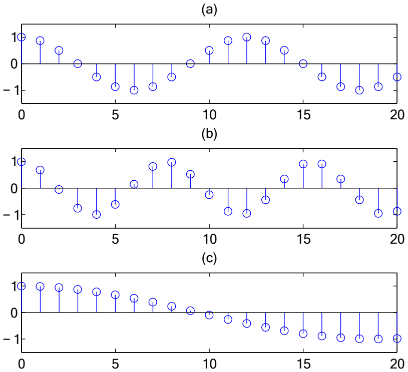


Figura: Señales sinusoidales discretas. $(a)\cos(2\pi n/12)$; $(b)\cos(8\pi n/31)$; $(c)\cos(n/6)$

Señales sinusoidales

Si β es puramente imaginaria

$$x[n] = e^{\beta n} = e^{j\omega_0 n}$$

- Esta señal está relacionada en forma muy estrecha con una señal sinusoidal

$$x[n] = A\cos(\omega_0 n + \varphi)$$

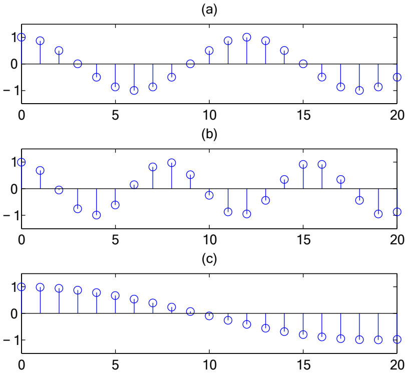


Figura: Señales sinusoidales discretas. $(a)\cos(2\pi n/12)$; $(b)\cos(8\pi n/31)$; $(c)\cos(n/6)$

Señales sinusoidales

Como antes, la relación de Euler nos permite relacionar las exponenciales complejas y sinusoidales

$$e^{j\omega_0 n} = \cos(\omega_0 n) + j\ \mathrm{sen}(\omega_0 n)$$

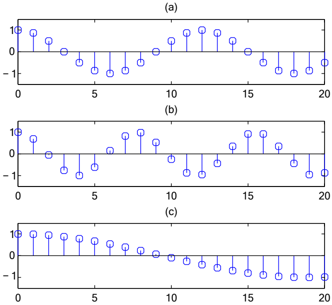


Figura: Señales sinusoidales discretas. $(a)\ \cos(2\pi n/12)$; $(b)\ \cos(8\pi n/31)$; $(c)\ \cos(n/6)$

Señales sinusoidales

Como antes, la relación de Euler nos permite relacionar las exponenciales complejas y sinusoidales

$$e^{j\omega_0 n} = \cos(\omega_0 n) + j\,\mathrm{sen}(\omega_0 n)$$

- y

$$A\cos(\omega_0 n + \varphi) = \frac{A}{2} e^{j\varphi} e^{j\omega_0 n} + \frac{A}{2} e^{-j\varphi} e^{-j\omega_0 n}$$

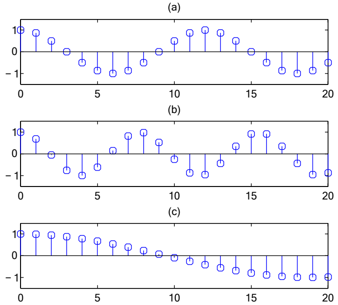


Figura: Señales sinusoidales discretas. (a) $\cos(2\pi n/12)$; (b) $\cos(8\pi n/31)$; (c) $\cos(n/6)$

Señales exponencial complejas generales

Si escribimos C y a en forma polar, a saber

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

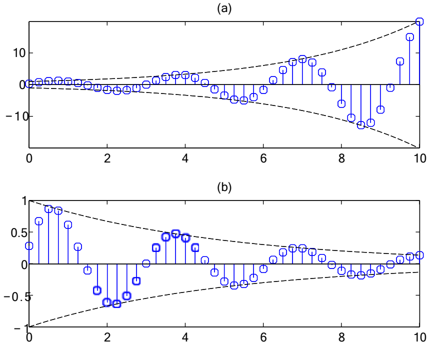


Figura: (a)Señales sinusoidales crecientes discretas; (b) sinusoidal decreciente discreta.

Señales exponencial complejas generales

Si escribimos C y a en forma polar, a saber

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

- y

$$a = |a|e^{j\omega_0}$$

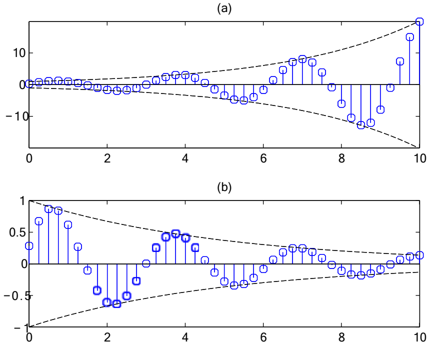


Figura: (a)Señales sinusoidales crecientes discretas; (b) sinusoidal decreciente discreta.

Señales exponencial complejas generales

Si escribimos C y a en forma polar, a saber

$$C = |C|e^{j\vartheta}$$

- y

$$a = |a|e^{j\omega_0}$$

- entonces

$$Ca^n = |C||a|^n \cos(\omega_0 n + \theta)$$

$$+j|C||a|^n \operatorname{sen}(\omega_0 n + \theta)$$

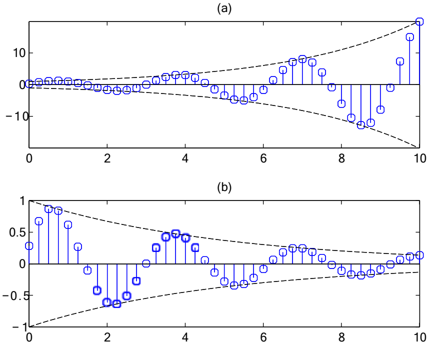


Figura: (a)Señales sinusoidales crecientes discretas; (b) sinusoidal decreciente discreta.

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 1

Considere la exponencial compleja discreta con frecuencia $\omega_0 + 2\pi$

$$e^{j(\omega_0+2\pi)n} = e^{j2\pi n} e^{j\omega_0 n} = e^{j\omega_0 n}$$

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 1

Considere la exponencial compleja discreta con frecuencia $\omega_0 + 2\pi$

$$e^{j(\omega_0+2\pi)n} = e^{j2\pi n}e^{j\omega_0 n} = e^{j\omega_0 n}$$

La exponencial con frecuencia $\omega_0 + 2\pi$ es la misma que aquella con frecuencia ω_0.

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 1

Considere la exponencial compleja discreta con frecuencia $\omega_0 + 2\pi$

$$e^{j(\omega_0+2\pi)n} = e^{j2\pi n}e^{j\omega_0 n} = e^{j\omega_0 n}$$

La exponencial con frecuencia $\omega_0 + 2\pi$ es la misma que aquella con frecuencia ω_0.

Para $\omega_0 = \pi$ o cualquier otro multiplo impar de π

$$e^{j\pi n} = (e^{j\pi})^n = (-1)^n$$

De manera que la señal oscila rápidamente, cambiado el signo en cada punto de tiempo.

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 2

Para que la señal $e^{j\omega_0 n}$ sea periódica con periodo $N > 0$, debemos tener

$$e^{j\omega_0 (n+N)} = e^{j\omega_0 n}$$

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 2

Para que la señal $e^{j\omega_0 n}$ sea periódica con periodo $N > 0$, debemos tener

$$e^{j\omega_0 (n+N)} = e^{j\omega_0 n}$$

o, de manera equivalente

$$e^{j\omega_0 N} = 1$$

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 2

Para que la señal $e^{j\omega_0 n}$ sea periódica con periodo $N > 0$, debemos tener

$$e^{j\omega_0(n+N)} = e^{j\omega_0 n}$$

o, de manera equivalente

$$e^{j\omega_0 N} = 1$$

Para que se cumpla $\omega_0 N$ debe ser un múltiplo de 2π. Debe haber un entero m tal que

$$\omega_0 N = 2\pi m$$

Propiedades de periodicidad de exponenciales discretas

Propiedad 2

Para que la señal $e^{j\omega_0 n}$ sea periódica con periodo $N > 0$, debemos tener

$$e^{j\omega_0(n+N)} = e^{j\omega_0 n}$$

o, de manera equivalente

$$e^{j\omega_0 N} = 1$$

Para que se cumpla $\omega_0 N$ debe ser un múltiplo de 2π. Debe haber un entero m tal que

$$\omega_0 N = 2\pi m$$

o equivalente

$$\frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{m}{N}$$

Secuencia de sinusoidales discretas para diferentes frecuencias

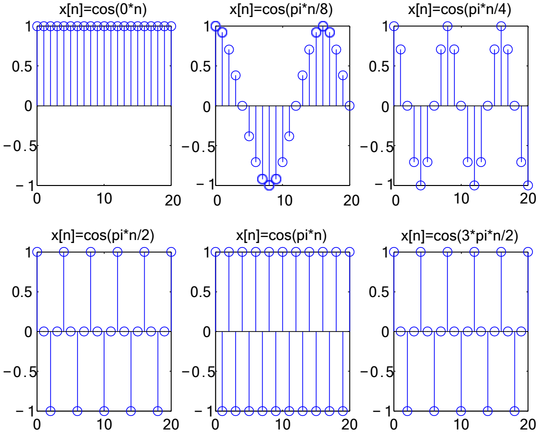


Figura: Secuencia de sinusoidales discretas para diferentes frecuencias

Secuencia de sinusoidales discretas para diferentes frecuencias

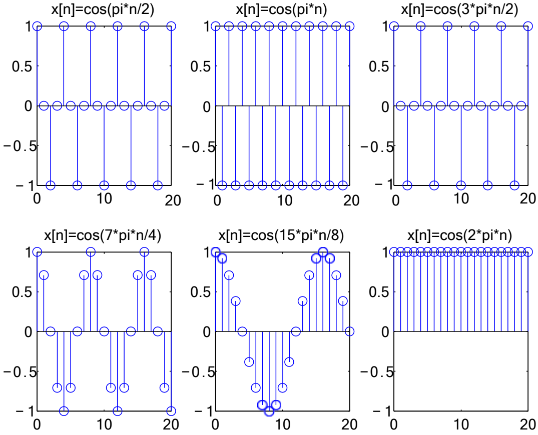


Figura: Secuencia de sinusoidales discretas para diferentes frecuencias

Propiedades

Continuas $e^{j\omega_0 t}$

Señales para distintos valores de ω_0.

Discretas $e^{j\omega_0 n}$

Señales idénticas para valores de ω_0 separadas por múltiplo de 2π.

Propiedades

Continuas $e^{j\omega_0 t}$

Señales para distintos valores de ω_0.

Periódica para cualquier elección de ω_0.

Discretas $e^{j\omega_0 n}$

Señales idénticas para valores de ω_0 separadas por múltiplo de 2π.

Periódica sólo si $\omega_0 = 2\pi m/N$ para algunos enteros $N > 0$ y m.

Propiedades

Continuas $e^{j\omega_0 t}$

Señales para distintos valores de ω_0.

Periódica para cualquier elección de ω_0.

Frecuencia fundamental ω_0.

Discretas $e^{j\omega_0 n}$

Señales idénticas para valores de ω_0 separadas por múltiplo de 2π.

Periódica sólo si $\omega_0 = 2\pi m/N$ para algunos enteros $N > 0$ y m.

Frecuencia fundamental ω_0/m (se supone que m y N no tienen ningún factor en común).

Propiedades

Continuas $e^{j\omega_0 t}$

Señales para distintos valores de ω_0.

Periódica para cualquier elección de ω_0.

Frecuencia fundamental ω_0.

Periodo fundamental

$$\omega_0 = 0 : \text{indefinido}$$

$$\omega_0 \neq 0 : \frac{2\pi}{\omega_0}$$

Discretas $e^{j\omega_0 n}$

Señales idénticas para valores de ω_0 separadas por múltiplo de 2π.

Periódica sólo si $\omega_0 = 2\pi m/N$ para algunos enteros $N > 0$ y m.

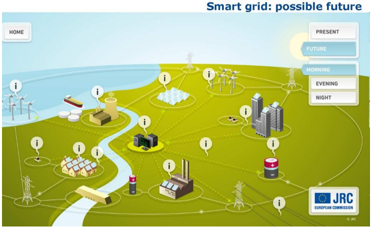
Frecuencia fundamental ω_0/m (se supone que m y N no tienen ningún factor en común).

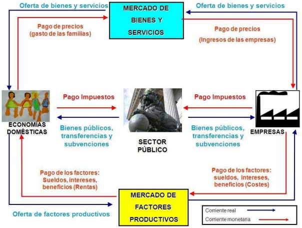
Periodo fundamental

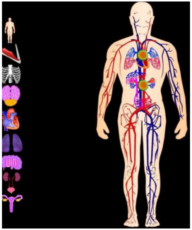
$$\omega_0 = 0 : \text{indefinido}$$

$$\omega_0 \neq 0 : m\frac{2\pi}{\omega_0}$$

Ejemplos sencillos de sistemas







Ejemplos sencillos de sistemas

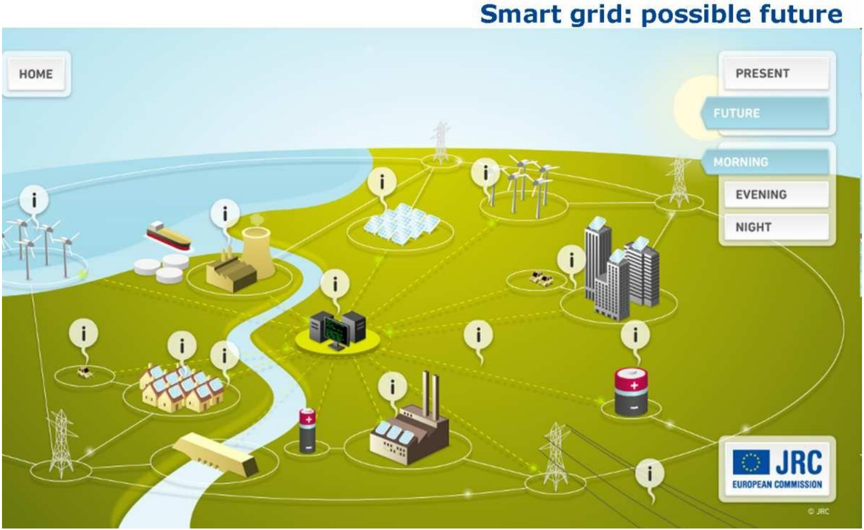


Figura: Sistema de transmisión eléctrica.http://ses.jrc.ec.europa.eu//

Ejemplos sencillos de sistemas

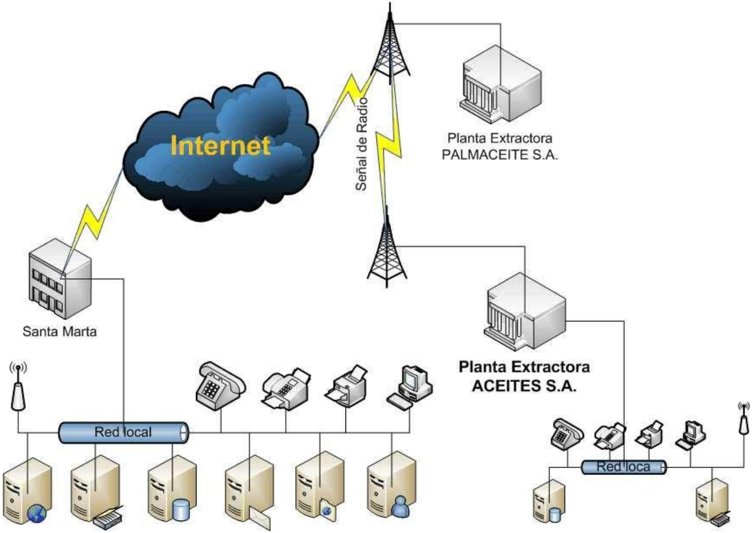


Figura: Sistema de comunicaciones. Fuente:www.aceitesa.com

Ejemplos sencillos de sistemas

Figura: Refinación de petróleo. Fuente:www.acuna-sa.cl

Ejemplos sencillos de sistemas

Figura: Diagrama circular económico. Fuente:e-ducativa.catedu.es

Ejemplos sencillos de sistemas

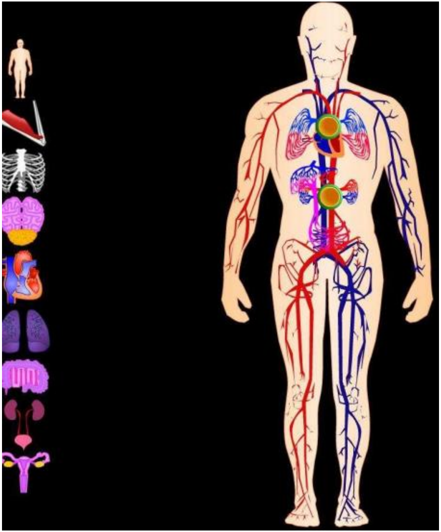


Figura: Cuerpo humano. cuerpohumano23.blogspot.com

Ejemplos sencillos de sistemas

Considere un circuito RC. Si consideramos a $v_S(t)$ como la señal de entrada y a $v_C(t)$ como señal de salida. La caída de voltaje a través del resistor

$$i(t) = \frac{v_S(t) - v_C(t)}{R}$$

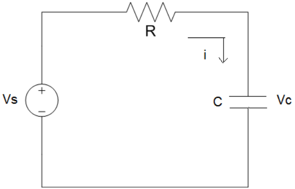


Figura: Circuito eléctrico

Ejemplos sencillos de sistemas

Considere un circuito RC. Si consideramos a $v_S(t)$ como la señal de entrada y a $v_C(t)$ como señal de salida. La caída de voltaje a través del resistor

$$i(t) = \frac{v_S(t) - v_C(t)}{R}$$

- La relación básica para un condensador, relacionando $i(t)$ con la razón del cambio del voltaje

$$i(t) = C\frac{dv_C(t)}{dt}$$

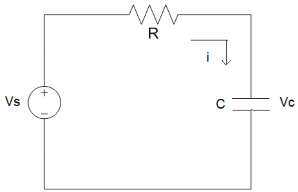


Figura: Circuito eléctrico

Ejemplos sencillos de sistemas

$$i(t) = \frac{v_S(t) - v_C(t)}{R}$$

- La relación básica para un condensador, relacionando $i(t)$ con la razón del cambio del voltaje

$$i(t) = C\frac{dv_C(t)}{dt}$$

- Igualando se obtiene una relación entrada-salida

$$\frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC}v_C(t) = \frac{1}{RC}v_S(t)$$

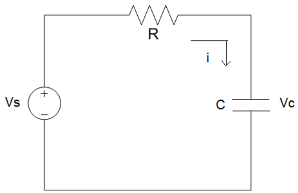


Figura: Circuito eléctrico

Propiedades básicas de los sistemas

- Sistemas con y sin memoria
- Invertibilidad y sistemas inversos
- Causalidad
- Estabilidad
- Invarianza en el tiempo
- Linealidad

Sistemas con y sin memoria

Definicion

Se dice que un sistema es *sin memoria* si su salida para cada valor de la variable independiente en un tiempo dado depende solamente de la entrada en el mismo tiempo.

$$y[n] = (2x[n] - x^2[n])^2$$

$$y[n] = x[n-1]$$

$$y[n] = x[n+1]$$

Sistemas con y sin memoria

Definicion

Se dice que un sistema es *sin memoria* si su salida para cada valor de la variable independiente en un tiempo dado depende solamente de la entrada en el mismo tiempo.

$y[n] = (2x[n] - x^2[n])^2$ sin memoria

$y[n] = x[n-1]$ con memoria

$y[n] = x[n+1]$ con memoria

Invertibilidad y sistemas inversos

Definicion

Se dice que un sistema es invertible si distintas entradas producen distintas salidas.

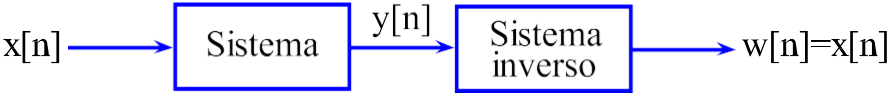


Figura: Sistema general invertible

Causalidad

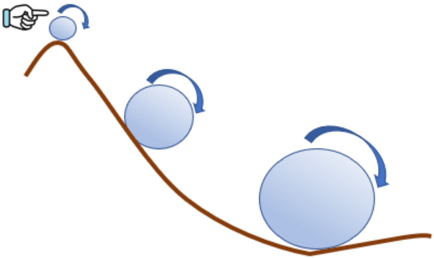
Definicion

Un sistema es **CAUSAL** (no-anticipativo o físico) si la salida y(t) en un valor arbitrario de tiempo $t=t_0$ depende solo de la entrada x(t) para $t \leq t_0$, es decir depende solo de los valores **presentes y/o pasados** de la entrada; no depende de valores futuros

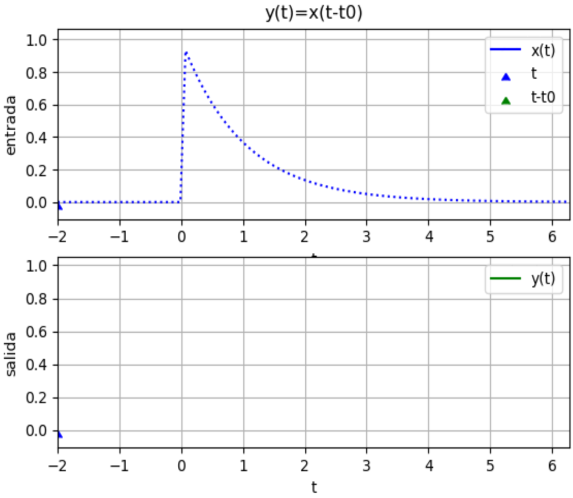
$$x(t+1)$$

$$x(t)\cos(t+1)$$

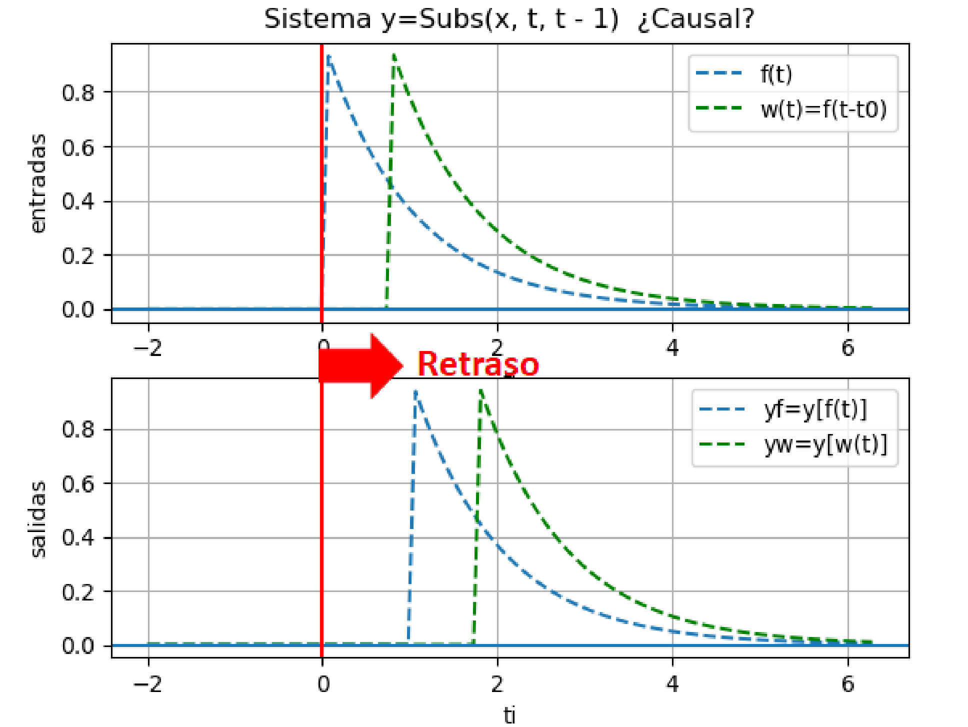
No es posible obtener una salida antes que se aplique la entrada.



$y(t) = x(t\text{-}1)$



Para observar mejor el sistema del ejemplo, se inicia con un desplazamiento negativo. Si **t** es en segundos, la salida depende de los valores de **x** *hace un segundo* atrás (t-1)



Sistema y=Subs(x, t, t - 1) ¿Causal?
entradas
f(t)
w(t)=f(t-t0)
Retraso
salidas
yf=y[f(t)]
yw=y[w(t)]
ti
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−2
0
2
4
6

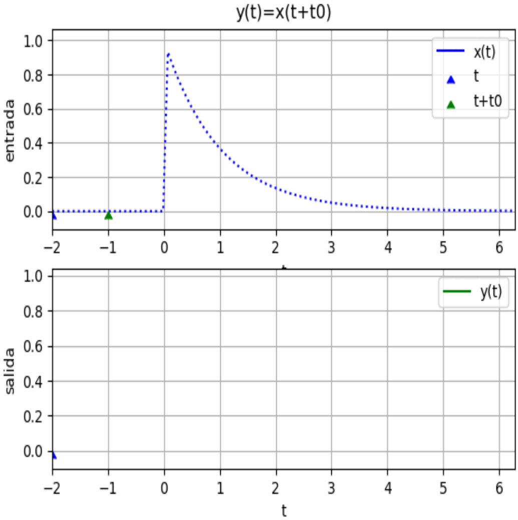
Considere los eventos de interés mundial que se transmiten con un retraso de segundos para corregir «fallos» o por seguridad, se puede aún editar lo que los espectadores en televisión pueden observar, en tiempo «casi real»

Por ejemplo:
» La cadena de televisión NBC transmitirá la ceremonia de apertura de los Juegos Olímpicos con una hora de retraso … eso permitirá a los productores «curar» la cobertura para proporcionar un contexto adecuado.»

En el caso contrario, los sistemas **NO CAUSALES** muestran una salida anticipada a la señal de entrada. ¿es posible? ¿cómo?

Desplazamiento en tiempo, adelanto

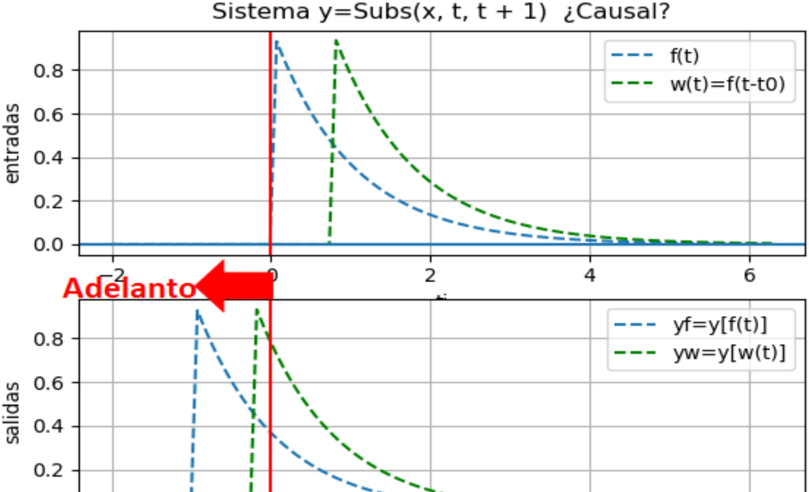
$y(t)=x(t+1)$



si t es en minutos o años, la salida depende de los valores que x(t) **tendría** un minuto o año después o (**t**+1).

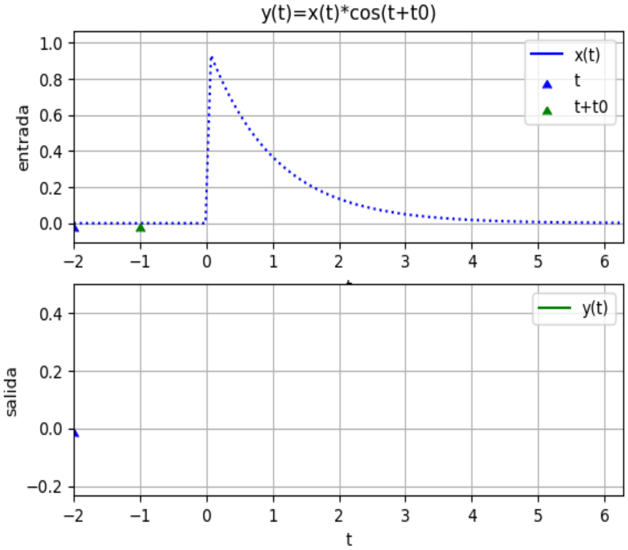
Si **t** es en días, la situación se vuelve complicada de realizar, es como decir: para determinar el valor de la variable y(t) HOY, necesitamos conocer el valor de x(**t**+1) que es MAÑANA.

Los sistemas **no-casuales** por tener variable independiente referenciada a **tiempo futuro**, **no se pueden implementar en tiempo real**. Sin embargo si los sistemas ***no causales*** se realizan con variables diferentes al tiempo, por ejemplo «espacio» se podrían implementar.



Sistema con amplitud variable en tiempo

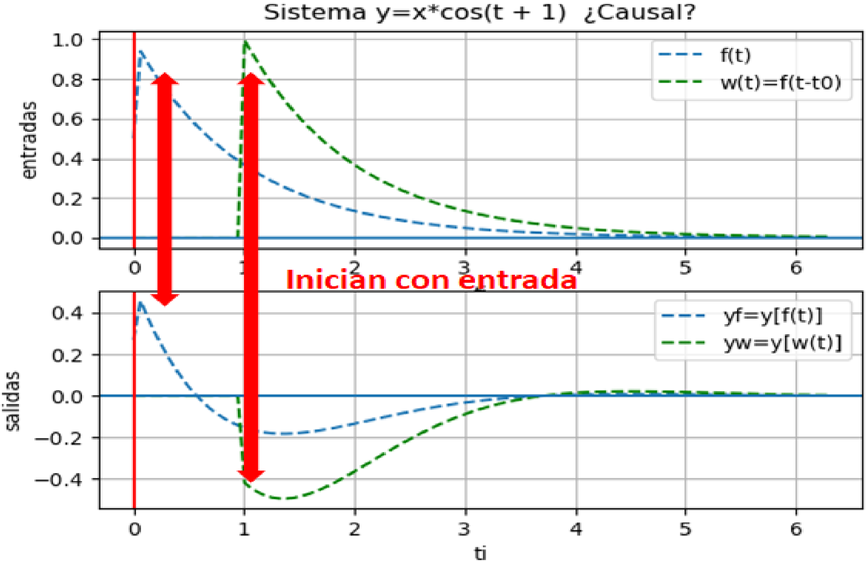
Considere el sistema dado por:



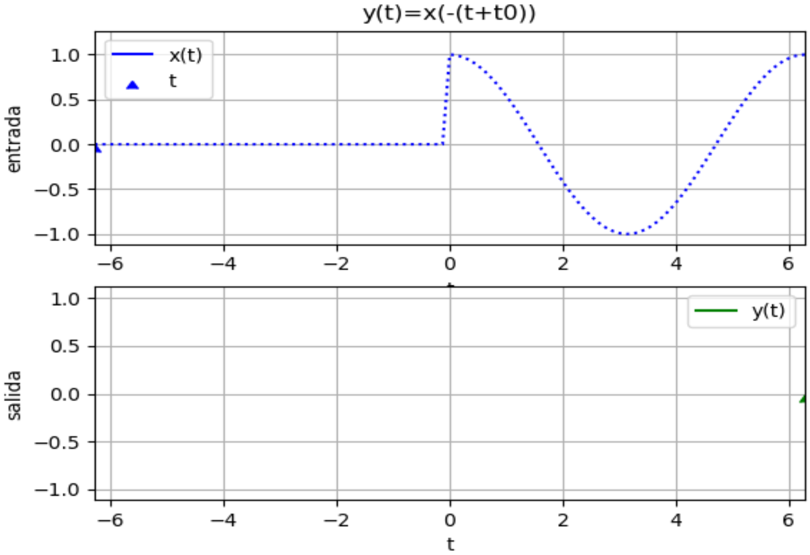
En este sistema, la salida en cualquier tiempo t es igual a la entrada en el mismo tiempo t multiplicada por un número que varia en el tiempo. Usando q(t) = cos(t+1) que es una función variante en el tiempo, el sistema puede escribirse como

$$y(t)=x(t)q(t)$$

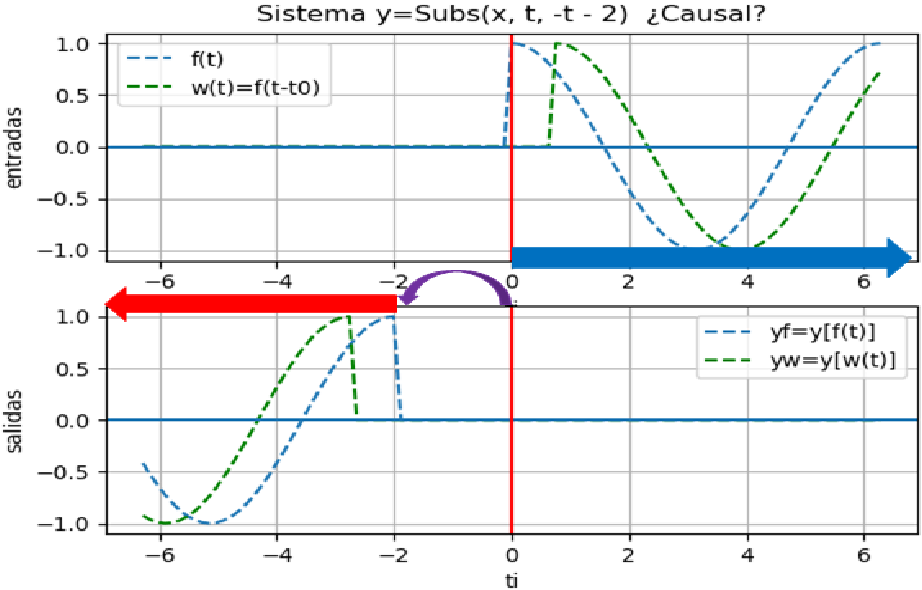
Se observa que solo el valor actual de la entrada x(t) influye en el valor de salida de y(t). Se concluye que el **sistema es causal** y también sin memoria.



Adelanto e Inversión en tiempo
y(t) = x(-(t+2))



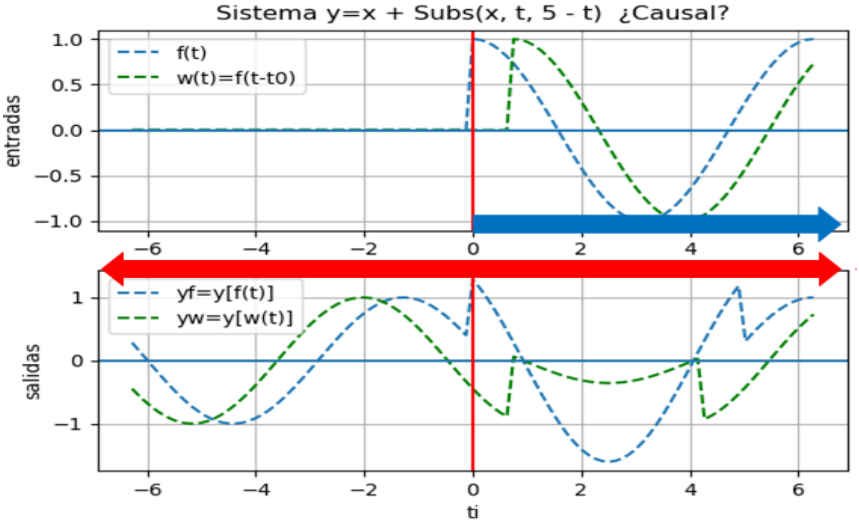
Suponga que $x(t) = \cos(t)\,\mu(t)$ para hacer notar el inicio de la señal de entrada



Desplazamiento e inversión en tiempo

$$y(t) = x(t)+x(5-t)$$

Suponga que $x(t) = \cos(t)\,\mu(t)$ para hacer notar el inicio de la señal de entrada



Descripción a ser aplicada a TeneT:

https://www.youtube.com/watch?v=QxhDXmb2O3k&embeds_euri=http%3A%2F%2Fblog.espol.edu.ec%2F&feature=emb_imp_woyt

Estabilidad

Definicion

Un sistema estable es aquel en el que entradas pequeñas conducen a respuestas que no divergen.

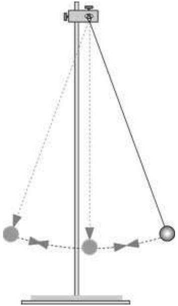


Figura: Péndulo simple

Invariancia en el tiempo

Definicion

Un sistema es invariante en el tiempo si el comportamiento y características del mismo están fijos en el tiempo.

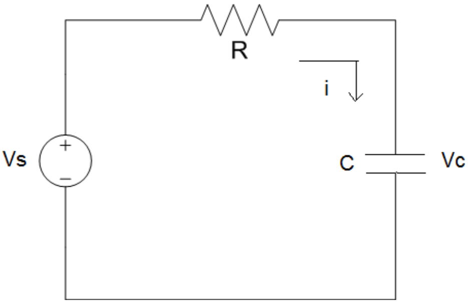


Figura: Es invariante si R y C son constantes en el tiempo

Linealidad

Definicion

Un sistema lineal, en tiempo continuo o en tiempo discreto, es aquel que posee la importante propiedad de la superposición. Sea $y_1(t)$ la respuesta del sistema continuo a una entrada $x_1(t)$, y sea $y_2(t)$ la salida correspondiente a la entrada $x_2(t)$. Entonces es lineal si:

La respuesta a $x_1(t) + x_2(t)$ es $y_1(t) + y_2(t)$.

La respuesta a $ax_1(t)$ es $ay_1(t)$, donde a es una constante compleja cualquiera.

Resumen de sesión

- Señales exponenciales y sinusoidales
- Sistemas continuos y discretos
- Propiedades básicas de los sistemas

Siguiente sesión

- Sistemas LTI discretos: La suma de convolución
- Sistemas LTI continuos: La integral de convolución
- Tarea: realizar la lectura de las secciones
  - 2.1
  - 2.2

  del libro *Señales y Sistemas, Alan V. Oppenheim, Segunda Edición*.