



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

Señales y Sistemas Lineales

Tema 1 · Señales (Parte I)

Grado en Ingeniería Electrónica de Telecomunicación (GIET)

Curso 2026/2027

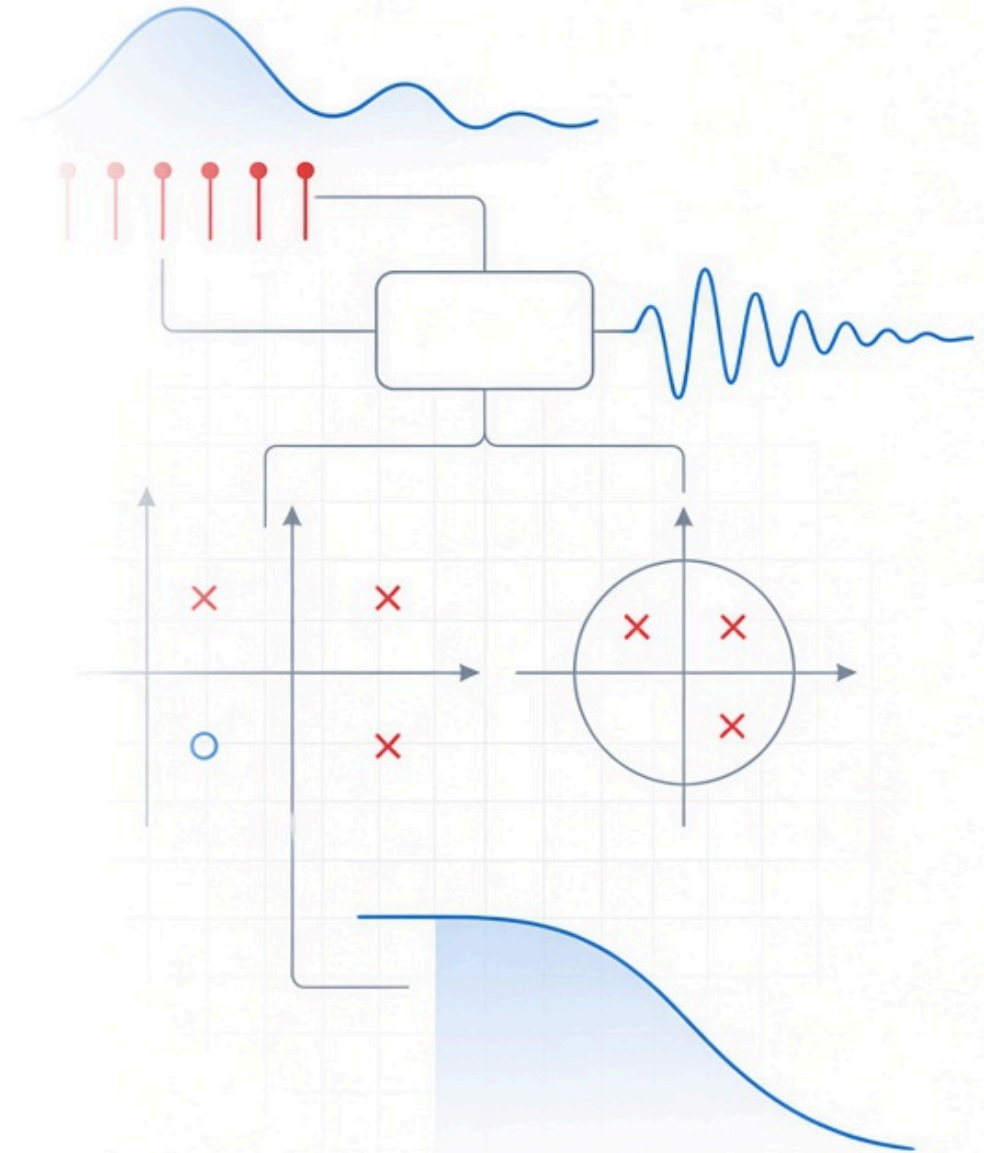
Ricardo Sanz Díaz

ricardo.sanz@uv.es

Departament d'Enginyeria Electrònica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

Despatx 2.2.14



Contenidos

1. Introducción
2. Continuas y discretas, analógicas y digitales
3. Señales elementales y periodicidad
4. Clasificación de señales
5. Operaciones con señales
6. Energía y potencia

La correlación y la convolución van en la **Parte II**.



Prerrequisitos

- Matemáticas I
- Matemáticas II
- Circuitos Electrónicos

Introducción

Antes que nada



Vaya a wooclap.com

Ingrese el código de evento en el banner superior

Código de evento

FTUYTLF



Esperando a los participantes...

¿Qué es una señal?

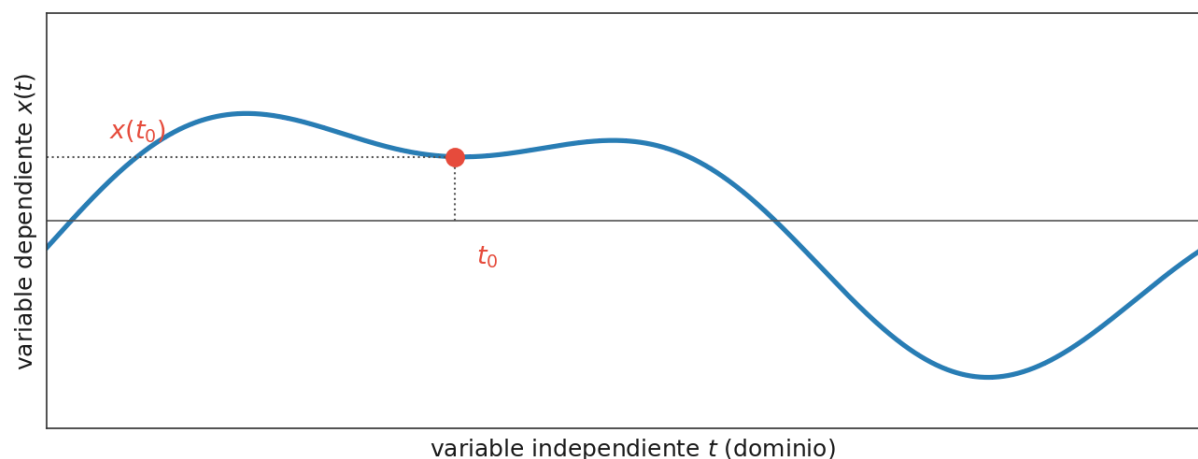
Una **señal** es una función que **transporta información** sobre un fenómeno.

- La **voz**: presión acústica que varía en el tiempo.
- Una **imagen digital**: función de dos variables espaciales.
- Un **electrocardiograma**: actividad eléctrica del corazón.
- El **precio de cierre de una acción**: un valor al final de cada día.

Una señal es una función

Una **función** asigna a cada valor de la **variable independiente** uno relacionado con la **variable dependiente**. Matemáticamente, lo expresamos como

$$x : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, \quad t \mapsto x(t)$$



- **Variable independiente (t):** es el **dominio** o la **entrada** aquello de lo que depende la señal
- **Variable dependiente (x):** es la **salida**, el valor que toma la señal
- **Notación:** $x(t)$ es el valor en el instante t

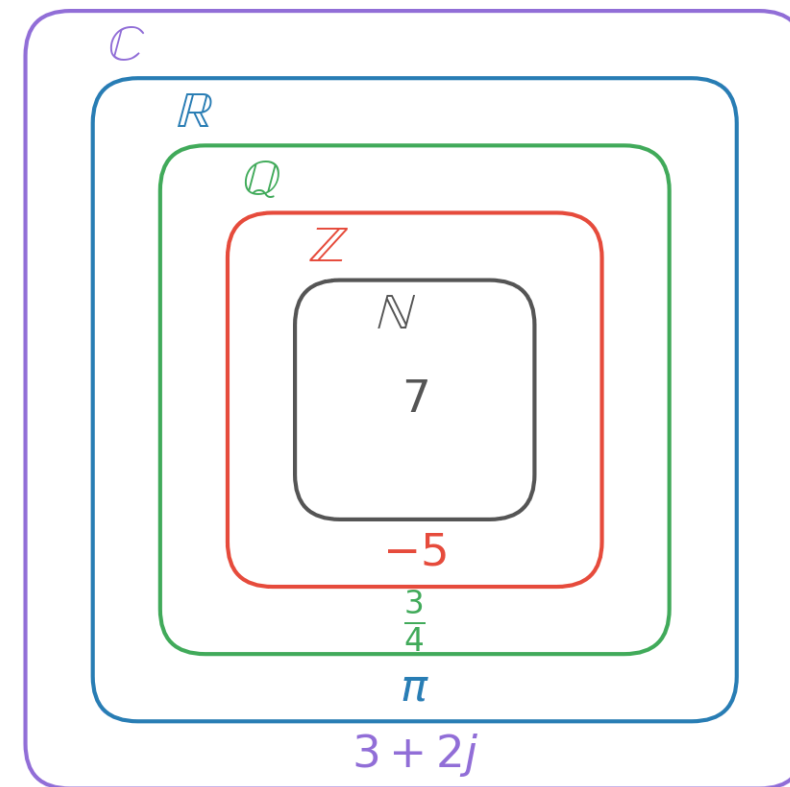
Conjuntos numéricos

Conviene repasar los conjuntos numéricos:

- $\mathbb{N}$ **naturales**: $1, 2, 3, \dots$
 - Los usaremos para contar muestras o múltiplos de un periodo
- $\mathbb{Z}$ **enteros**: $\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$
 - Será el índice n de las señales discretas
- $\mathbb{Q}$ **racionales**: aquellos que pueden expresarse como p/q siendo $p, q \in \mathbb{Z}$
 - Los usaremos para expresar relaciones de periodos y frecuencias
- $\mathbb{R}$ **reales**: incluyen también los números irracionales ($\pi, \sqrt{2}, \dots$)
 - Los usaremos para expresar valores de amplitud, tiempo y frecuencia
- $\mathbb{C}$ **complejos**: $a + jb$, con $j^2 = -1$
 - Se usan para representar amplitudes y fases de señales que oscilan

Relación entre conjuntos

Cada conjunto contiene al anterior: $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R} \subset \mathbb{C}$.



Trigonometría básica

- **Círculo unitario:** el punto de ángulo θ es $(\cos \theta, \sin \theta)$
- **Radianes:** $\pi \text{ rad} = 180^\circ$, una vuelta son 2π
- **Identidad fundamental:** $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$
- **Periodicidad:**

$$\cos(\theta + 2\pi) = \cos \theta$$

$$\sin(\theta + 2\pi) = \sin \theta$$

- **Paridad:**

$$\cos(-\theta) = \cos \theta$$

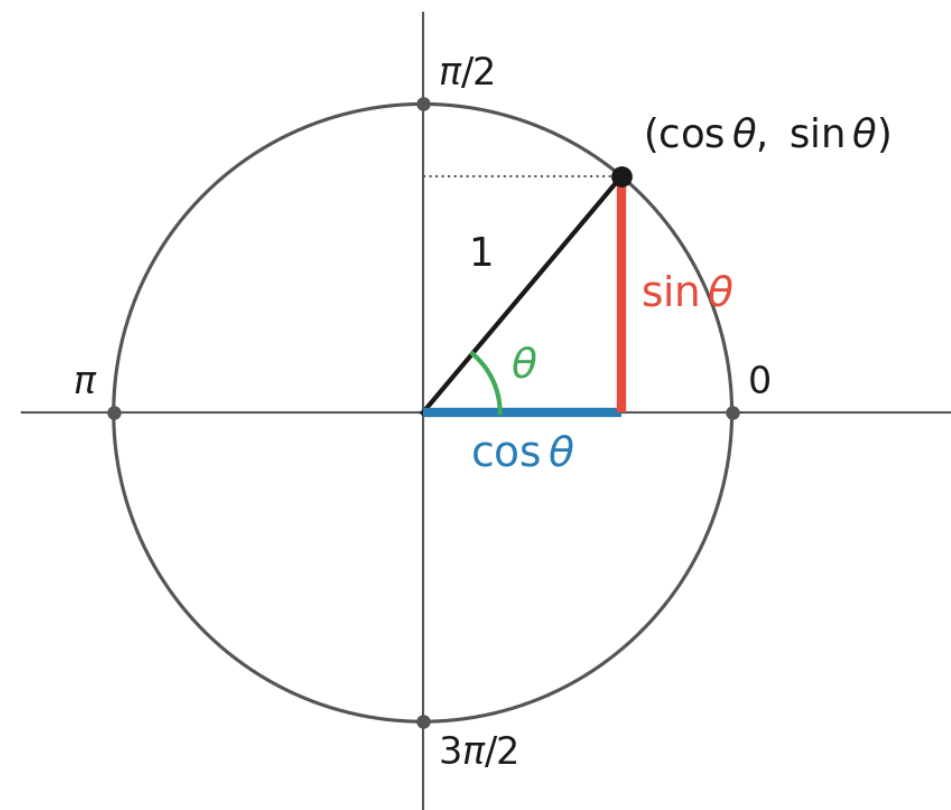
$$\sin(-\theta) = -\sin \theta$$

- **Desfase:** $\sin(\theta + \pi/2) = \cos \theta$

- **Suma de ángulos:**

$$\cos(a \pm b) = \cos a \cos b \mp \sin a \sin b$$

$$\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$$



Señales senoidales

- **Ecuación:**

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

- **Amplitud:** A (valor máximo)

- **Pulsación:** $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ (rad/s)

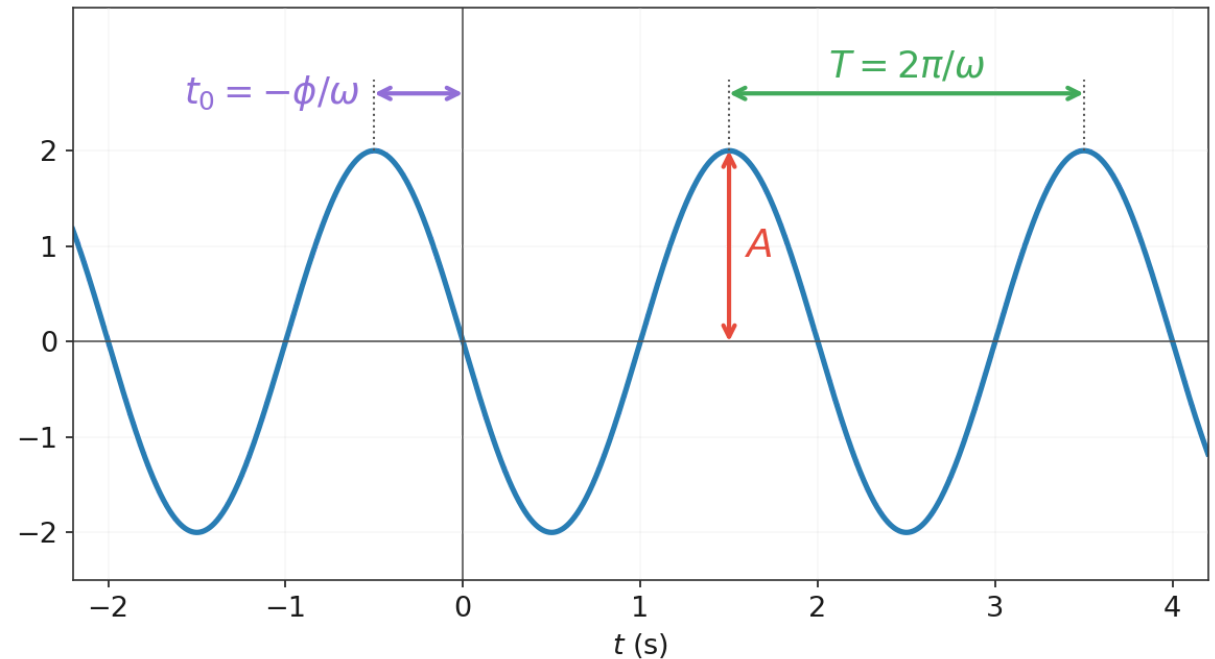
- **Fase:** ϕ (rad)

- **Periodo:** $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$

- **Desfase temporal:**

$$x(t) = A \cos(\omega(t - t_0)), \text{ con } t_0 = -\frac{\phi}{\omega}$$

- $\phi > 0$: adelantada (hacia la izquierda)
- $\phi < 0$: retrasada (hacia la derecha)

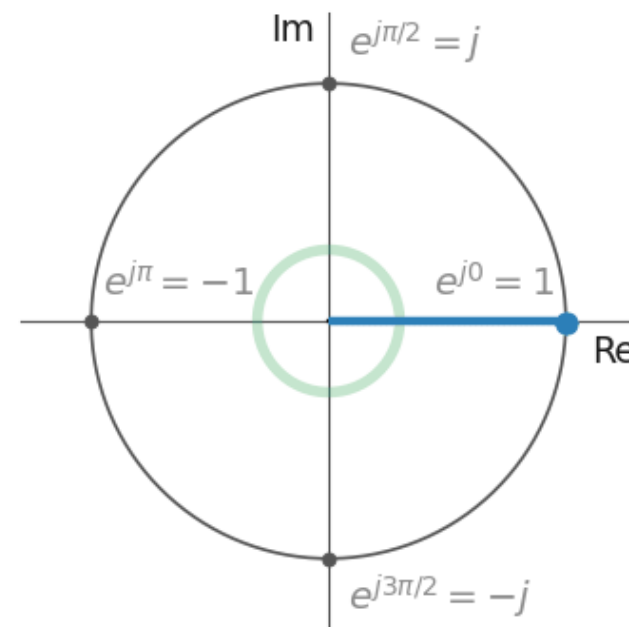


$$x(t) = 2 \cos(\pi t + \pi/2): T = 2 \text{ s y } t_0 = -0,5 \text{ s}$$

Números complejos

- **Binómica:** $z = a + jb$, con $a = \text{Re}\{z\}$, $b = \text{Im}\{z\}$ y $j^2 = -1$
- **Polar:** $z = |z| e^{j\theta}$
 - Módulo: $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$ y Fase: $\theta = \arctan(b/a)$
 - De polar a binómica: $a = |z| \cos \theta$, $b = |z| \sin \theta$
- **Fórmula de Euler:** $e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$, y al revés
$$\cos \theta = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2}, \quad \sin \theta = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$$
- **Conjugado:** $z^* = a - jb = |z| e^{-j\theta}$, con $z \cdot z^* = |z|^2$
- **Operaciones:** se suma en binómica; se multiplica y divide en polar (módulos se multiplican, fases se suman)

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$



$$\theta = 360^\circ$$



Lo que usaremos todo el curso

La exponencial compleja $e^{j\theta}$ gira sobre el círculo unidad, y su parte real es una oscilación.

Series geométricas

Son aquellas en las que cada término se obtiene **multiplicando** el anterior por una razón constante r .

- **Término general:** $a_k = a_0 r^k$
- **Suma Finita**, con $r \neq 1$: $\sum_{k=n_1}^{n_2} r^k = \frac{r^{n_1} - r^{n_2+1}}{1 - r}$
- **Suma Infinita**, solo si $|r| < 1$: $\sum_{k=n_1}^{\infty} r^k = \frac{r^{n_1}}{1 - r}$

Convergencia de series geométricas

Muy importante, la serie geométrica infinita $\sum_{k=0}^{\infty} r^k$ **converge** solo si $|r| < 1$, y en ese caso su suma infinita es $1/(1 - r)$.

Ejemplo 1.1: Serie geométrica

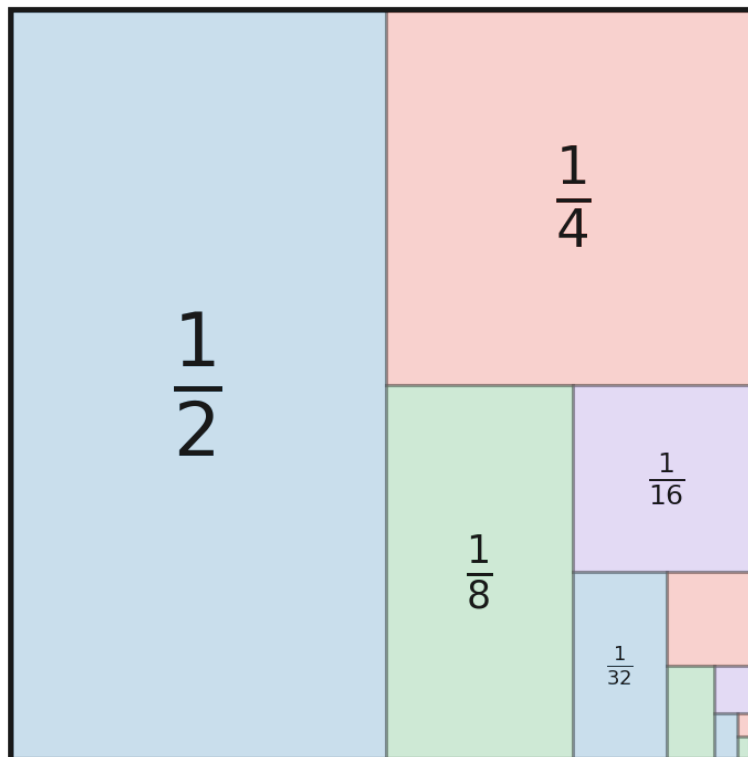
Dada la serie $\{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \dots\}$:

1. Determina a_0 y r y calcula el término general a_{10} .
2. Calcula la suma de los 3 primeros términos.
3. Calcula su suma infinita.

Solución

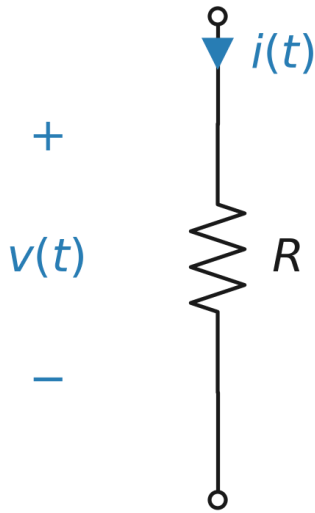
¿Una suma infinita que vale 1?

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots = \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^k = \frac{1/2}{1 - 1/2} = 1$$



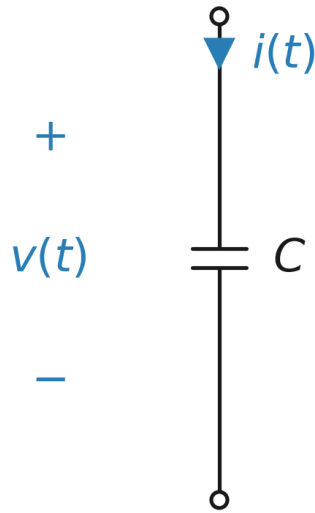
Circuitos electrónicos

Cada elemento relaciona dos señales: la **tensión** $v(t)$ y la **corriente** $i(t)$.



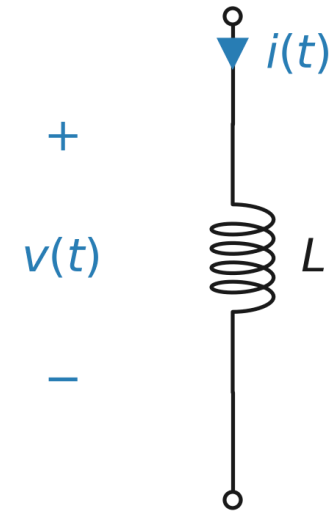
Resistencia (ley de Ohm)

$$v(t) = R i(t)$$



Condensador

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



Bobina

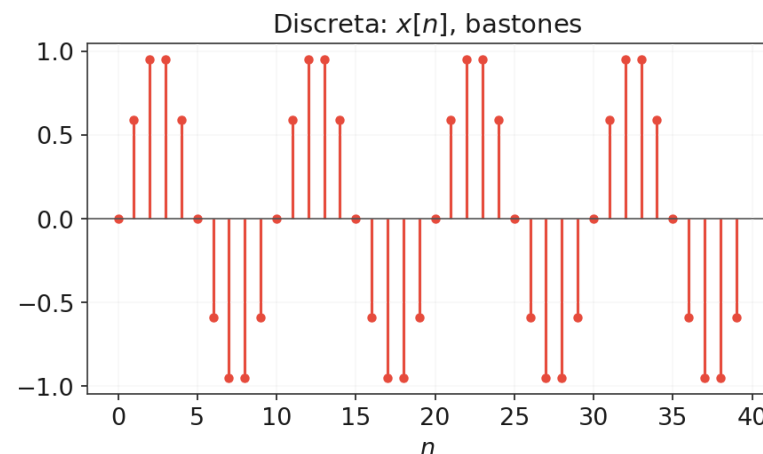
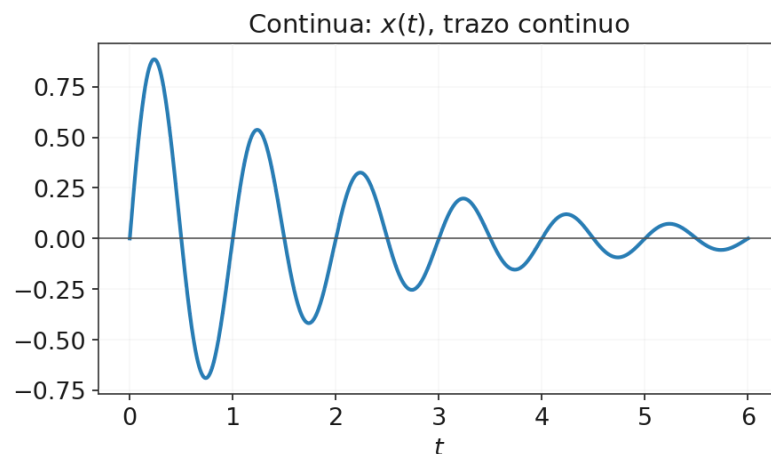
$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Clasificación de señales

Continuas y discretas

En función del **eje horizontal**, una señal puede ser:

- **Continua:** $x(\cdot) : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, para todo instante $t \in \mathbb{R}$.
- **Discreta:** $x[\cdot] : \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}$, solo en muestras $n \in \mathbb{Z}$.



Notación

Usaremos paréntesis $(\cdot)$ para señales continuas $x(t)$; y corchetes $[\cdot]$ para señales discretas, $x[n]$.

Representación de señales

Ejemplo 1.2: Representación de señales

Dibuja las siguientes señales:

a) $x_1[n] = \{1, -1, \underset{\uparrow}{2}, 3, 1\}$, donde la flecha indica la muestra $n = 0$ y la señal es nula fuera de las muestras indicadas

b)
$$x_2[n] = \begin{cases} \left(\frac{1}{2}\right)^n, & n \geq 0 \\ \left(\frac{1}{2}\right)^{-n}, & n < 0 \end{cases}$$

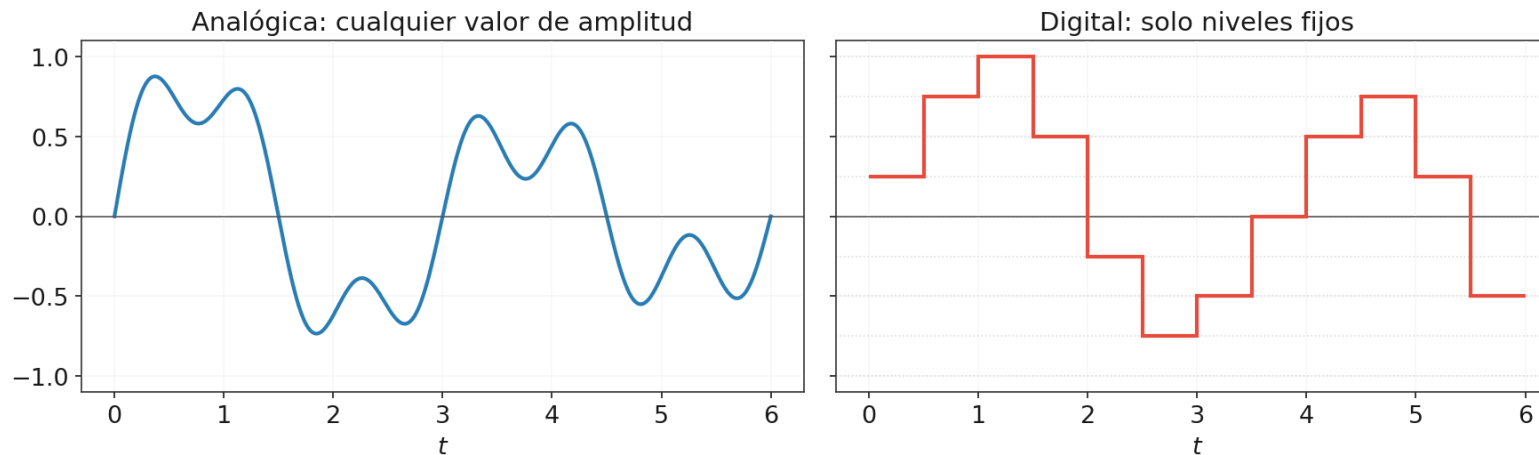
c)
$$x_3(t) = \begin{cases} t + 1, & -1 \leq t < 1 \\ 1, & 1 \leq t < 2 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

d) $x_4(t) = |\cos(\pi t)|$

Analógicas y digitales

En función del **eje vertical**, una señal puede ser:

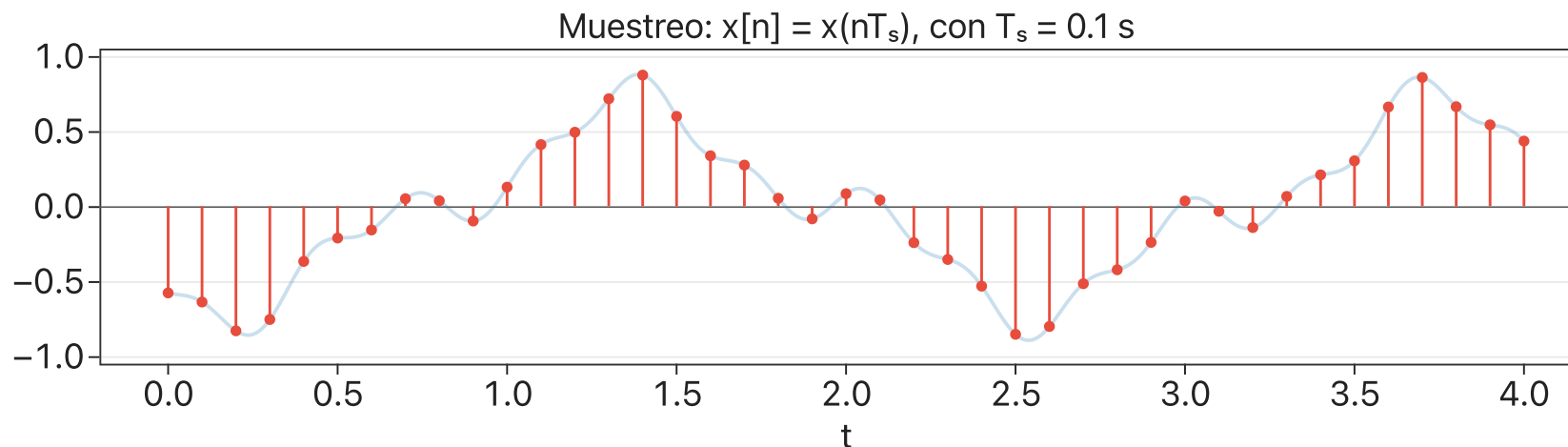
- **Analógica:** cuya amplitud puede tomar cualquier valor dentro de un rango continuo
- **Digital:** cuya amplitud está restringida a un conjunto finito y discreto de valores



Muestreo y cuantización

- **Muestreo (continuo -> discreto):** tomar valores solo en instantes determinados

T_s (s) 



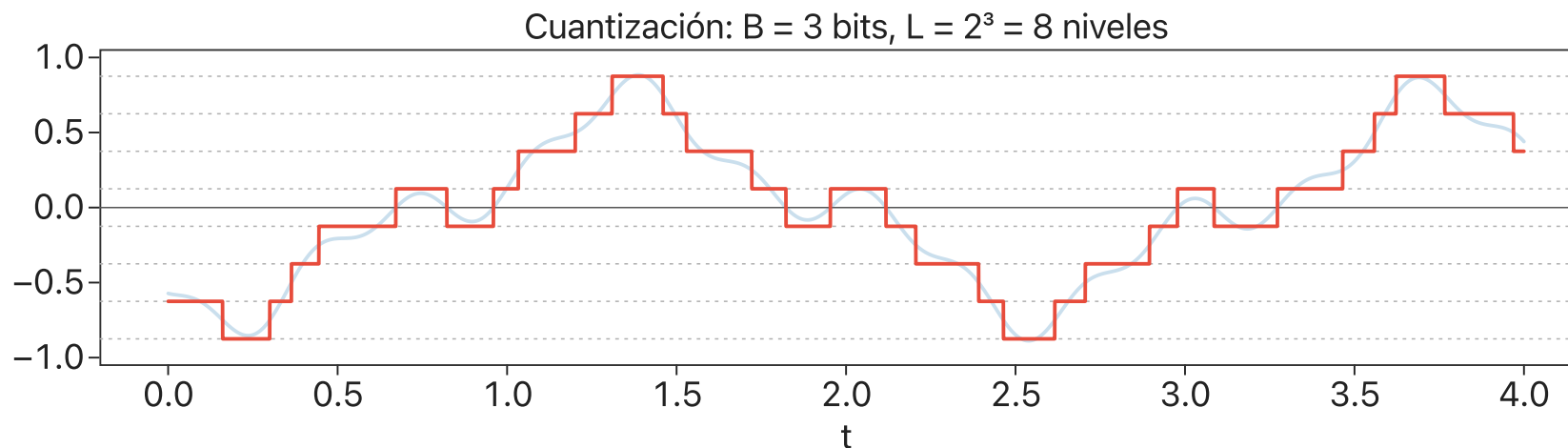
Periodo y frecuencia de muestreo

Llamamos periodo de muestreo (T_s , del inglés, *sampling*) al intervalo de tiempo transcurrido entre dos muestras consecutivas; y a su inversa, la frecuencia de muestreo ($f_s = 1/T_s$), medida en Hz.

Muestreo y cuantización

- **Cuantización (analógico -> digital):** restringir la amplitud a un conjunto finito de valores

B (bits)

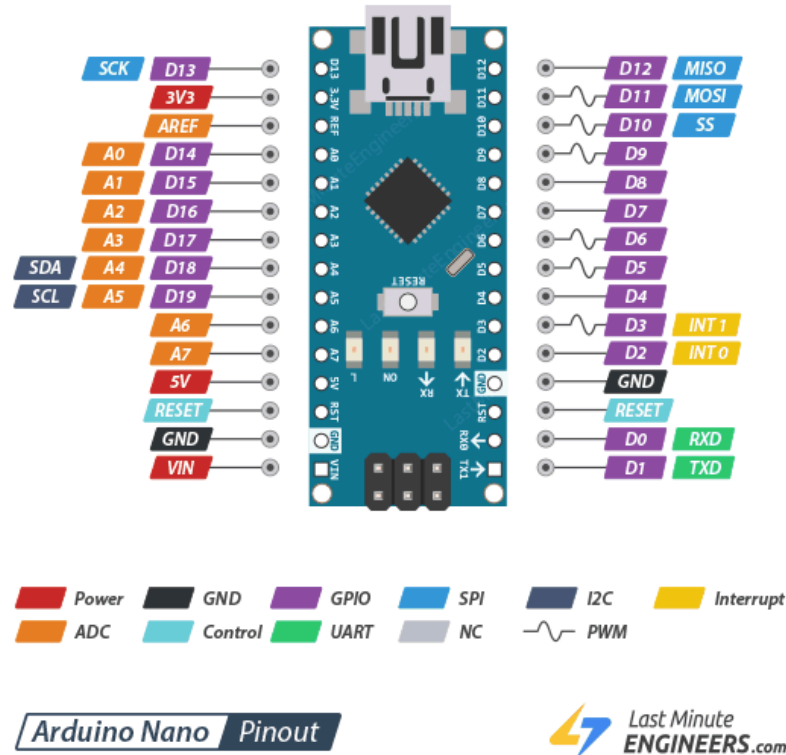
Bits y niveles de cuantización

Los cuantizadores se definen por su número de bits B , que determina el número de niveles de cuantización: $L = 2^B$.

Entradas y salidas de un Arduino Nano

Ejemplo 1.3: Entradas y salidas de un Arduino Nano

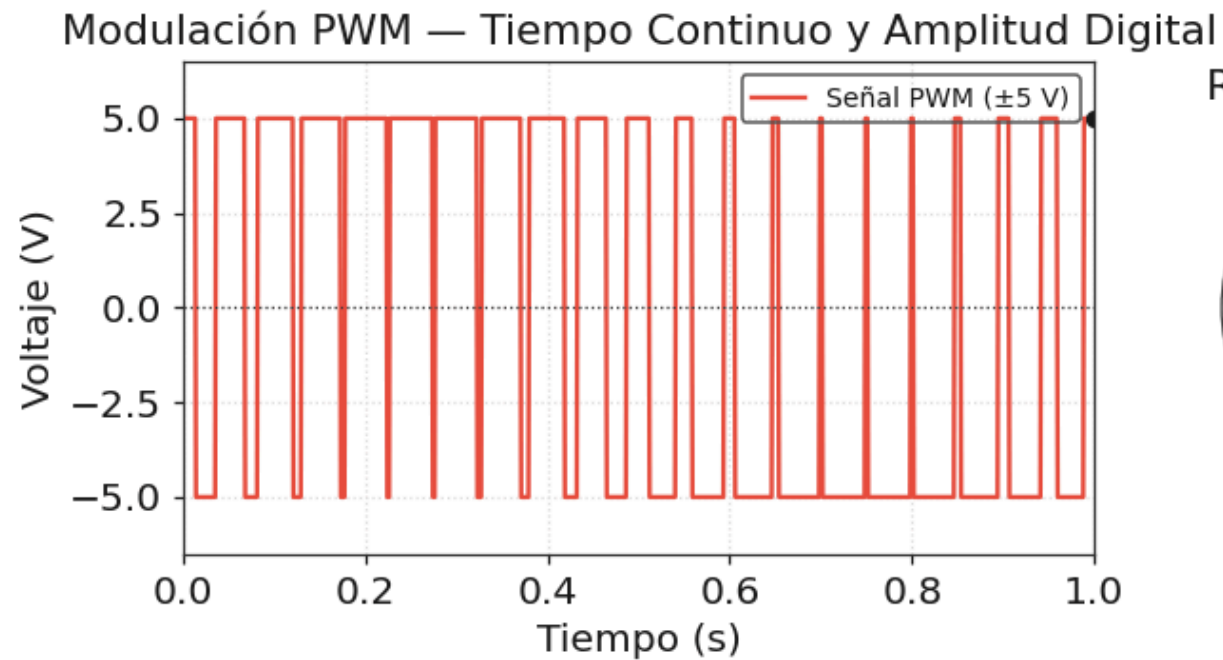
Identifica las entradas y salidas del Arduino Nano y su tipo (analógico o digital).



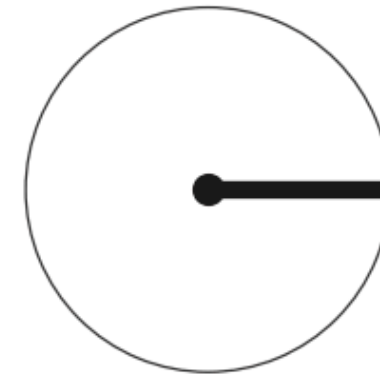
PWM: tiempo continuo, amplitud digital

Ejemplo 1.4: Señal PWM

Esto es una señal PWM. ¿Es analógica o digital? ¿Continua o discreta? Busca información sobre para qué sirve.



Rotor del Motor DC



Señales elementales

Señales elementales

- Existen señales que, por su **importancia y uso recurrente**, se consideran elementales
- Vamos a introducir las señales **escalón, rampa, impulso, exponencial y senoidal**
- Su **formulación discreta o continua** suele ser similar pero con **matices importantes**
- La combinación de estas señales (suma, multiplicación) junto con operaciones básicas de señales (desplazamiento, inversión, escalado) permite **construir cualquier señal**.

Nota

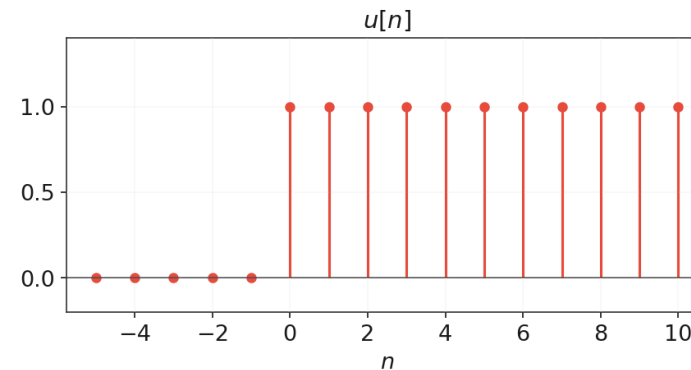
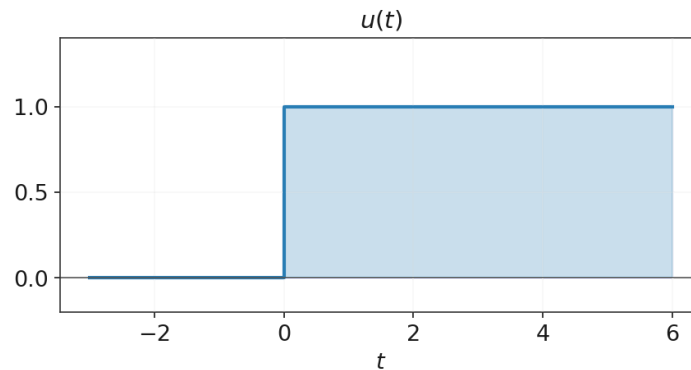
Todas las señales elementales y sus propiedades fundamentales **deben ser conocidas de memoria**, puesto que son la base de la asignatura. Presta especial atención a las diferencias entre las versiones **discretas y continuas** de las señales exponencial y senoidal ya que es motivo frecuente de confusión.

Escalón unitario

- **Definición:** señal que cambia de cero a uno en el instante cero:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

$$u[n] = \begin{cases} 1, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$$



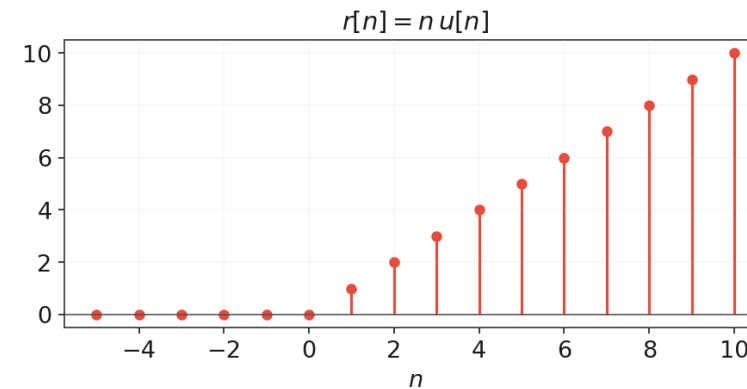
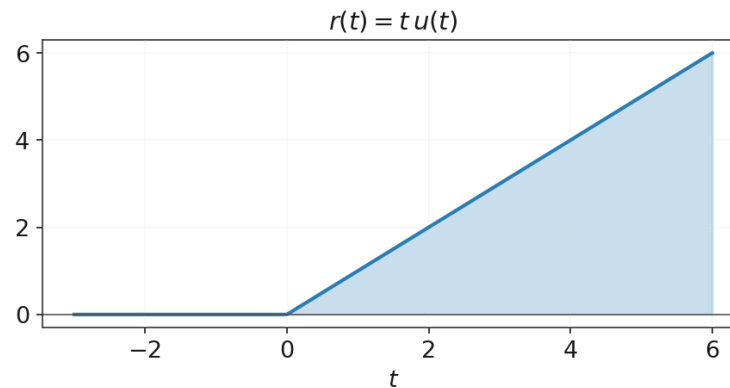
- **Señal de prueba:** es muy frecuente en sistemas de control y electrónica
- **Inventanado:** multiplicar por $u(t)$ anula cualquier señal para $t < 0$

Rampa unitaria

- **Definición:** señal que crece linealmente a partir del instante cero:

$$r(t) = t u(t)$$

$$r[n] = n u[n]$$

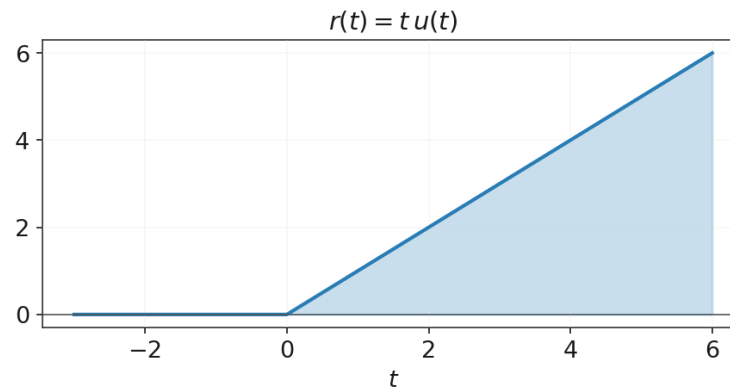


- **Sistemas físicos:** modela, por ejemplo, la carga de un condensador con corriente constante
- **Señal de prueba:** se usa para comprobar si un sistema es capaz de seguir entradas que varían lentamente

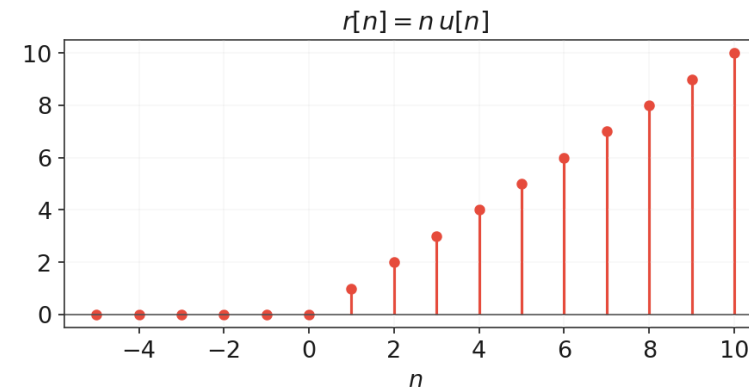
Rampa unitaria

- **Definición:** señal que crece linealmente a partir del instante cero:

$$r(t) = t u(t)$$



$$r[n] = n u[n]$$



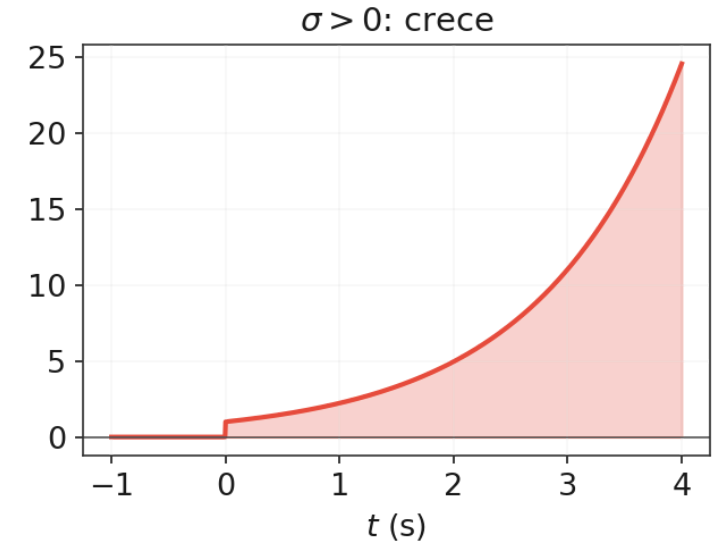
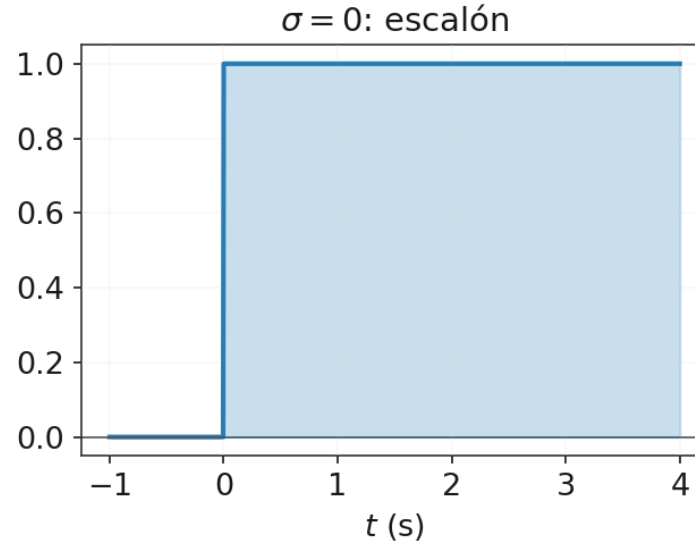
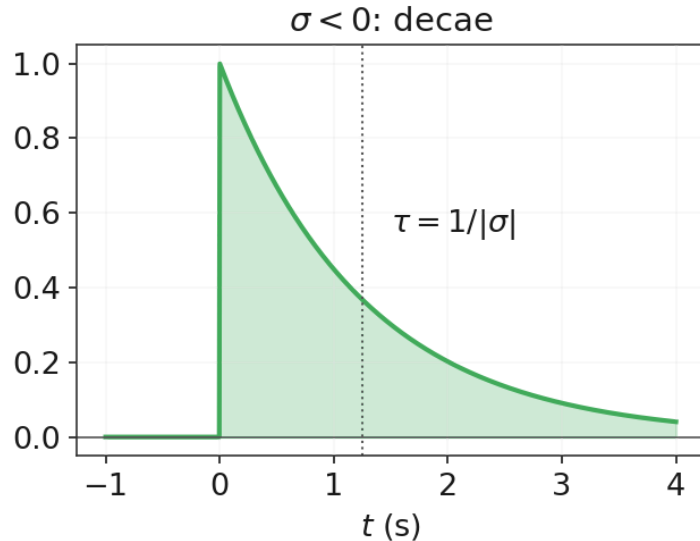
Nota

Fíjate que, en la definición, la multiplicación por el escalón unitario es lo que consigue que la rampa esté definida solamente a partir del instante cero. Podemos decir aquí que el escalón actúa como “ventana”. El **enventanado** es un concepto muy importante en Tratamiento Digital de Señales.

Exponencial real continua

- **Definición:** señal que crece (o decrece) exponencialmente a partir del instante cero:

$$x(t) = A e^{\sigma t} u(t), \quad \sigma \in \mathbb{R}$$

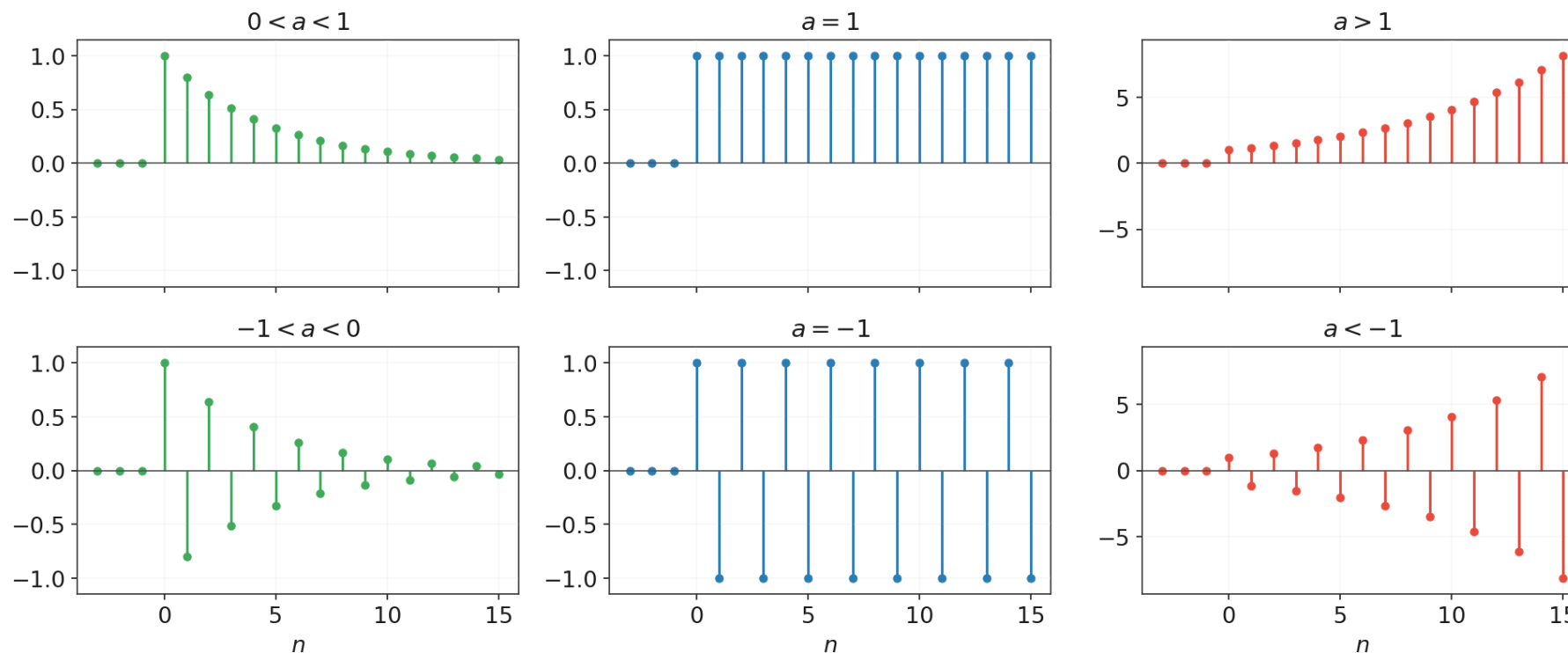


- **EDOs:** la exponencial real es fundamental para la resolución de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes, que modelan muchos sistemas físicos.

Exponencial real discreta

- **Definición:** señal análoga a la exponencial real continua, pero definida solo en instantes discretos:

$$x[n] = A a^n u[n], \quad a \in \mathbb{R}$$



Comparativa discreta vs continua

- Los tres últimos casos de la tabla son exclusivos de la exponencial discreta

Comportamiento	Continua: $A e^{\sigma t} u(t)$	Discreta: $A a^n u[n]$
Decae (estable)	$\sigma < 0$	$0 < a < 1$
Constante (escalón)	$\sigma = 0$	$a = 1$
Crece (inestable)	$\sigma > 0$	$a > 1$
Alternante y estable	—	$-1 < a < 0$
Alternante y constante	—	$a = -1$
Alternante e inestable	—	$a < -1$

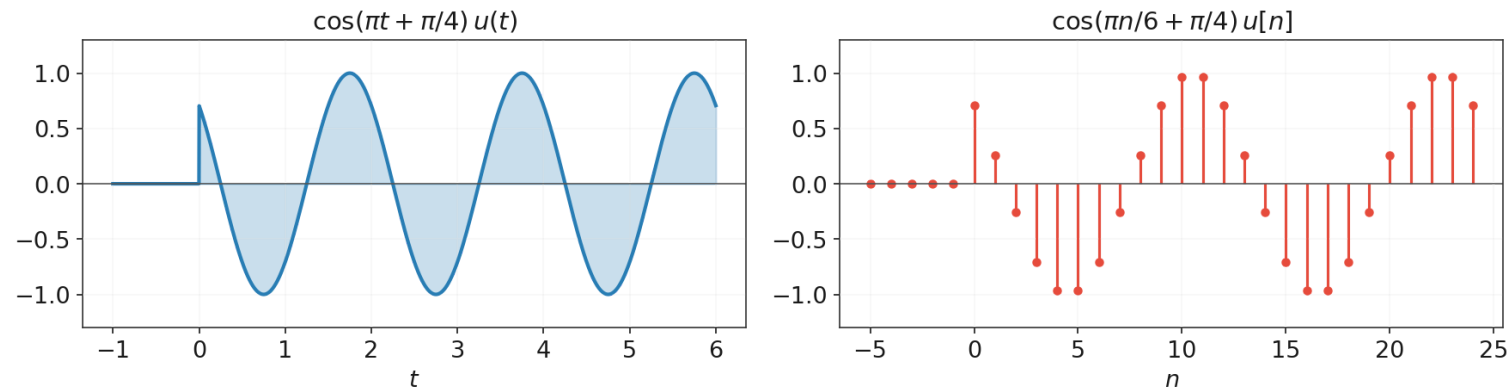
Estabilidad

- En resumen, el caso continuo es estable cuando $\sigma < 0$, mientras que el discreto es estable cuando $|a| < 1$.

Senoidal

- **Definición:** señal que varía senoidalmente a partir del instante cero:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) u(t), \quad x[n] = A \cos(\Omega n + \Phi) u[n], \quad \omega, \Omega \in \mathbb{R}$$



- **Sistemas físicos:** modela, por ejemplo, la tensión de la red eléctrica (corriente alterna a 50 Hz),
- **Series de Fourier:** cualquier señal periódica puede descomponerse en una suma de senoidales.

Diferencias importantes

Las senoidales continuas y discretas presentan diferencias importantes, que conviene tener muy claras

Señales elementales en la vida cotidiana

Ejemplo 1.5: Evoluciones en la vida cotidiana

Piensa situaciones de la vida cotidiana que presenten, a lo largo del tiempo, una evolución:

- a)** exponencial.
- b)** oscilatoria.
- c)** oscilatoria amortiguada.

Periodicidad analógica

- Una senoidal continua $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ es **siempre periódica** y su frecuencia analógica ω se mide en **radianes por segundo** (rad/s)
- Siempre se cumple la ya conocida relación entre frecuencia y periodo

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

- La suma de dos senoidales de periodos T_1 y T_2 es periódica **si y solo si** el cociente T_1/T_2 es racional:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{M}{N}, \quad M, N \in \mathbb{N}$$

¿Cómo lo aplicamos?

En la práctica, si vemos que el cociente T_1/T_2 es racional, entonces la suma de senoidales es periódica y $T_0 = \text{mcm}(T_1, T_2)$.

Periodicidad digital (i)

- Una senoidal digital $x[n] = A \cos(\Omega n + \Phi)$ **no siempre es periódica** y la “frecuencia digital” Ω se mide en **radianes por muestra** (rad/muestra):
- Para que sea periódica, con periodo $N \in \mathbb{Z}$, el desfase introducido en esas N muestras debe ser múltiplo entero de 2π :

$$\Omega N = 2\pi M, \quad M \in \mathbb{Z}$$

¿Cómo lo aplicamos?

El periodo N_0 (si existe) es el menor entero positivo que cumple

$$\frac{\Omega}{2\pi} = \frac{M}{N_0}, \quad M, N_0 \in \mathbb{Z}$$

Si dicho cociente es irracional, la senoidal no es periódica.

- La suma de dos senoidales digitales de periodos N_1 y N_2 es siempre periódica y su periodo es el **mínimo común múltiplo** de ambos: $N_0 = \text{mcm}(N_1, N_2)$.

Periodicidad digital (ii)

- La **oscilación más rápida** posible corresponde a $\Omega = \pi$ rad/muestra, que **alterna de signo en cada muestra**.
- Si $\Omega > \pi$ rad/muestra, **la senoidal se “pliega”** y se comporta como si $(\Omega - 2\pi)$ porque:

$$\cos(\Omega n + \Phi) = \cos((\Omega - 2\pi k)n + \Phi), \quad k, n \in \mathbb{Z}$$

- Fíjate que esto **no sucede en el caso continuo** porque:

$$\cos(\omega t + \phi) \neq \cos((\omega - 2\pi k)t + \phi), \quad k \in \mathbb{Z}, t \in \mathbb{R}$$

¿Cómo simplificamos una senoidal digital?

1. Partimos de una senoidal digital $x[n] = A \cos(\Omega n + \Phi)$
2. Calcular una nueva frecuencia $\Omega' \in [-\pi, \pi]$, sumando o restando múltiplos de 2π (tantas veces como sea necesario)
3. Si $\Omega' < 0$, usar la paridad de la función coseno para que $\Omega' \geq 0$
4. Sacar Ω' como factor común para obtener la forma $x[n] = A \cos(\Omega'(n - n_0))$

Periodicidad digital (iii)

Ejemplo 1.6: Periodo y representación

Determina si las siguientes señales son periódicas y, en caso de serlo, calcula su periodo y dibújalas:

a) $x_1[n] = \cos\left(\frac{\pi}{4}n\right)$

b) $x_2[n] = \cos(n)$

c) $x_3[n] = \cos\left(\frac{3\pi}{5}n + \frac{12\pi}{5}\right)$

d) $x_4[n] = \cos\left(\frac{7\pi}{4}n + \frac{3\pi}{4}\right)$

►  Solución a)

►  Solución b)

►  Solución c)

►  Solución d)

Periodicidad de señales compuestas

Ejemplo 1.7: Periodicidad

Determina si las siguientes señales son periódicas y, en caso de serlo, calcula su periodo:

a) $x_1(t) = \cos(2t) + \sin(3t)$

b) $x_2(t) = \cos(3t) + \sin(\pi t)$

c) $x_5[n] = \cos\left(\frac{\pi n}{3}\right) + \sin\left(\frac{\pi n}{4}\right)$

d) $x_6[n] = \cos\left(\frac{\pi n}{5}\right) + \sin\left(\frac{n}{2}\right)$

►  Solución a)

►  Solución c)

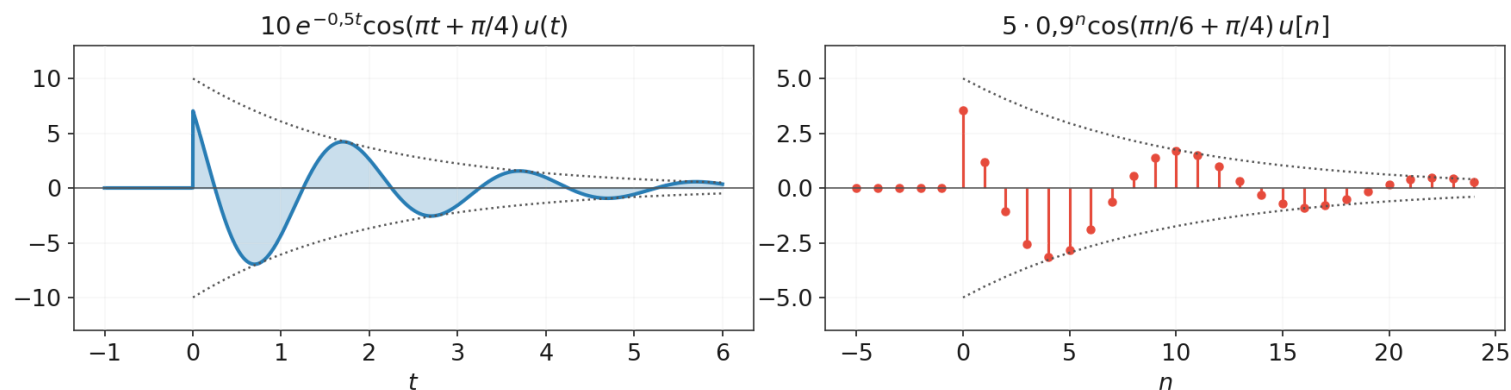
►  Solución b)

►  Solución d)

Senoidal amortiguada

- **Definición:** señal obtenida como el producto de una exponencial y una senoidal:

$$x(t) = A e^{\sigma t} \cos(\omega t + \phi) u(t), \quad x[n] = A a^n \cos(\Omega n + \Phi) u[n]$$

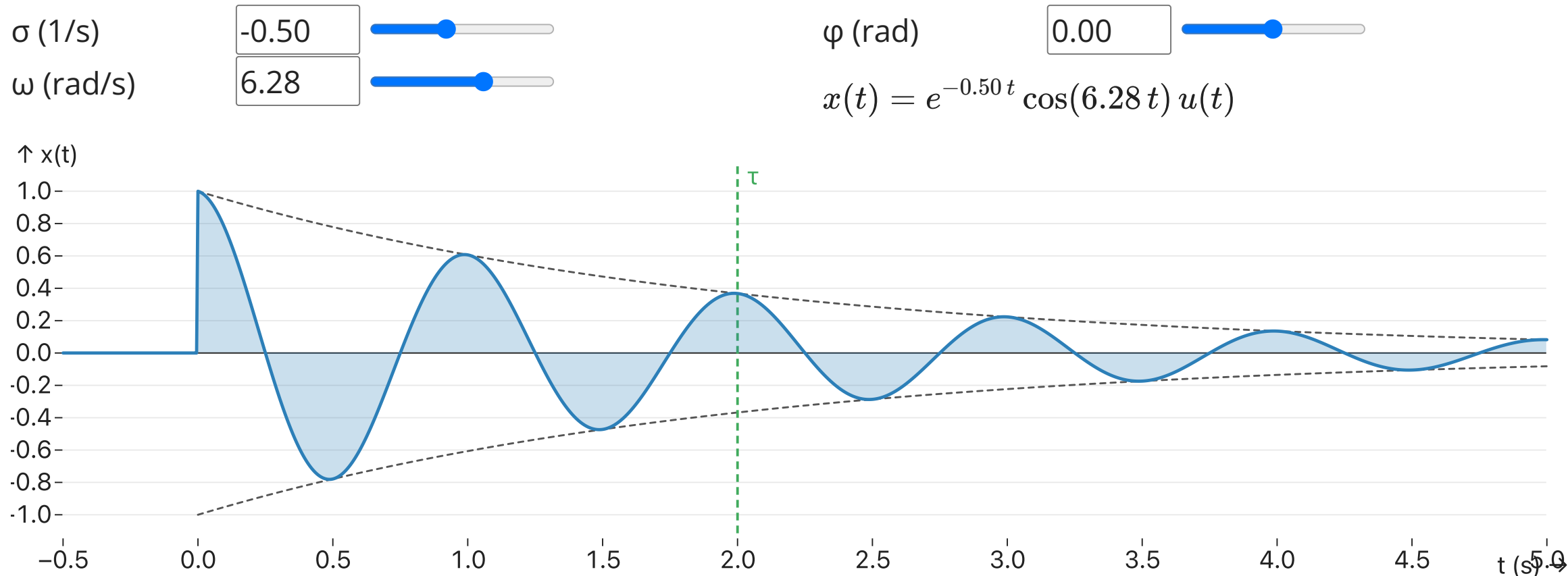


- **Sistemas físicos:** muy frecuente, por ejemplo, un columpio que se mueve y se detiene por rozamiento

Estabilidad

- La senoidal amortiguada **hereda las características de estabilidad de la exponencial** que la acompaña, es decir: estable si $\sigma < 0$ en el caso continuo; o si $|a| < 1$ en el caso discreto.

Senoidal amortiguada continua



Senoidal amortiguada discreta

a

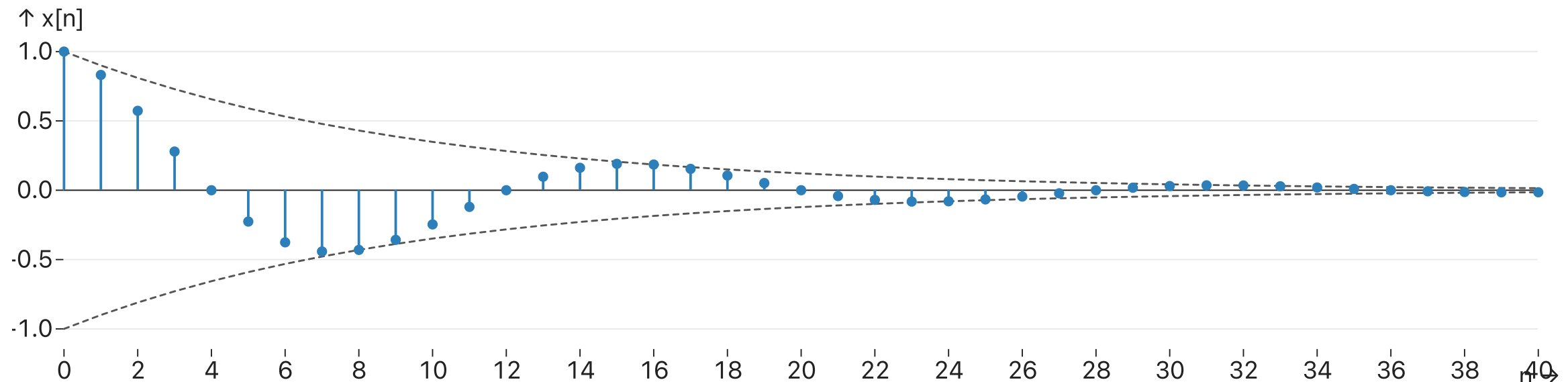
Ω (rad/muestra) 0.90 0.39

Coseno periódico ☐

Φ (rad) 0.00

$x[n] = 0.90^n \cos(0.39 n) u[n]$

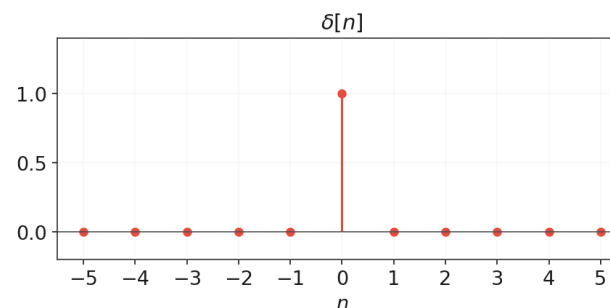
Periodo: —



Impulso discreto (delta de Kronecker)

- **Definición:** señal que vale 1 en el instante cero y 0 en cualquier otro instante:

$$\delta[n] = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases}$$



- **Sistemas físicos:** sirve para modelar un evento súbito como un golpe
- **Señal de prueba:** es la señal de prueba por excelencia (respuesta impulsional)

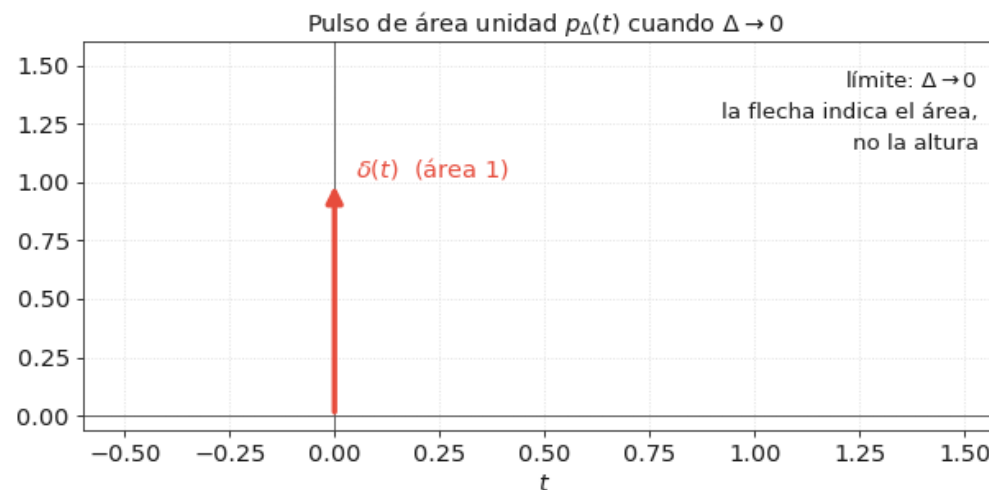
Respuesta impulsional

Cuando excitamos un sistema con un impulso, la salida que obtenemos contiene toda la información sobre su comportamiento.

Impulso continuo (delta de Dirac)

- **Definición:** señal nula en cualquier instante distinto de cero, y cuya integral es unitaria:

$$\delta(t) : \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1, \quad \delta(t) = 0 \quad \forall t \neq 0$$



Significado

Lo importante es comprender su significado físico, análogo al impulso discreto: un evento súbito.

Propiedades de las “deltas”

- La delta de Dirac tiene la propiedad de “extraer” el valor de una señal en un instante concreto si se multiplica por ella y se integra:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x(t) \delta(t - t_0) dt = x(t_0)$$

- La delta de Kronecker tiene la misma propiedad, pero con sumatorios:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \delta[n - n_0] = x[n_0]$$

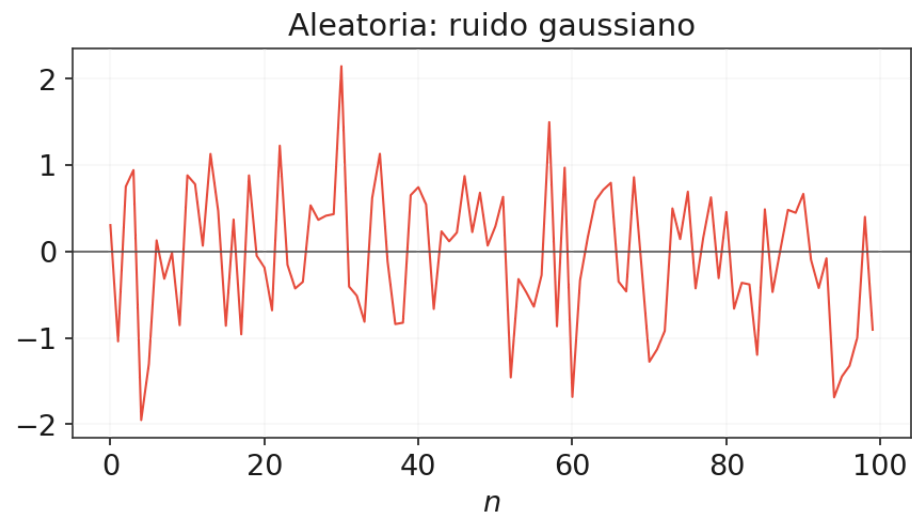
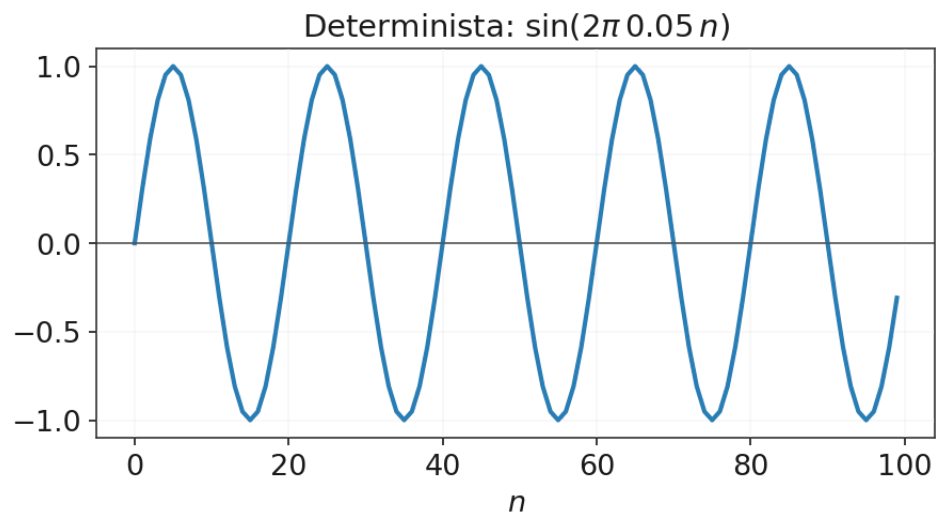
Aplicación

Estas propiedades serán cruciales a la hora de calcular convoluciones y correlaciones ya que permiten simplificar mucho los cálculos.

Clasificación de señales

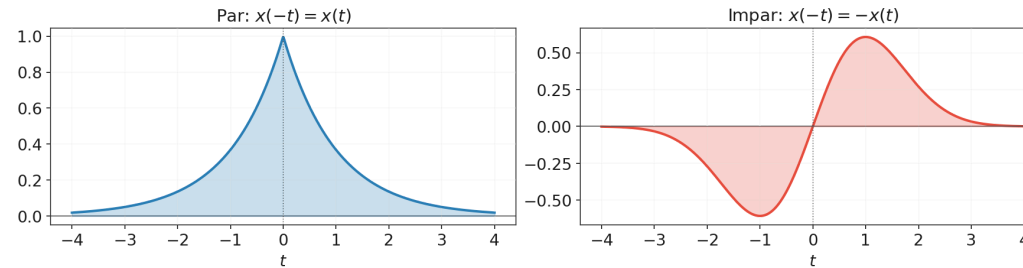
Deterministas y aleatorias

- **Determinista:** una fórmula exacta; su futuro es predecible
- **Aleatoria:** solo se describe estadísticamente (media, varianza...)



Pares e impares

- **Par:** simétrica respecto al eje vertical: $x(-t) = x(t)$
- **Impar:** simétrica respecto al origen: $x(-t) = -x(t)$



- Toda señal se descompone, **de forma única**, en parte par y parte impar:

$$x(t) = \underbrace{\frac{x(t) + x(-t)}{2}}_{x_p(t)} + \underbrace{\frac{x(t) - x(-t)}{2}}_{x_i(t)}$$

Aplicación

Se puede aplicar directamente estas fórmulas para obtener la descomposición de cualquier señal en su parte par e impar.

Descomponer en par e impar

Ejemplo 1.8: Descomposición de una señal continua

Dibuja la señal $x(t) = (1 + t)^2$ y calcula su descomposición como suma de una señal par y una impar.

Solución

Descomponer en par e impar

Ejemplo 1.9: Descomposición de una señal discreta

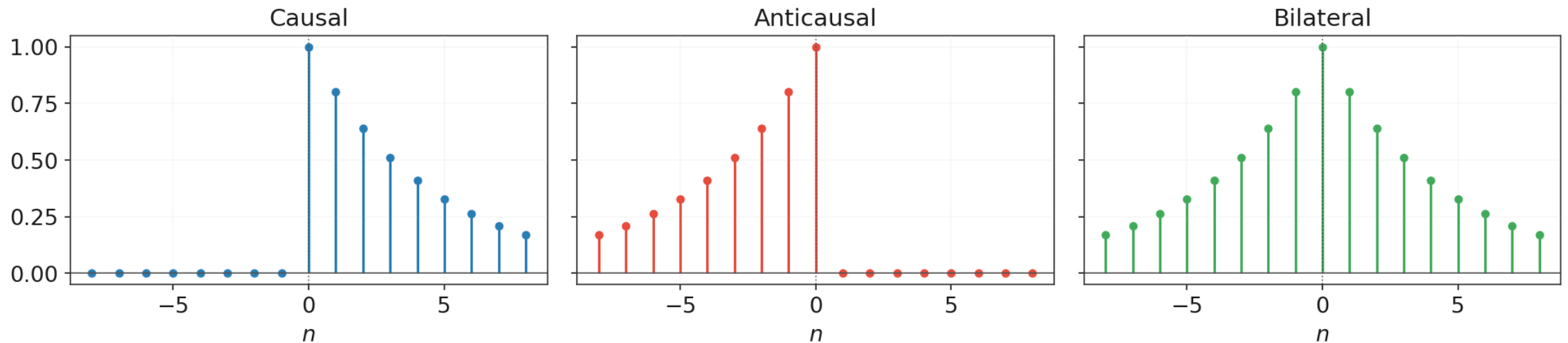
Dibuja la señal $x[n] = \{1, 1, 1\}$ y calcula su descomposición como suma de una señal par y una impar.

↑

Solución

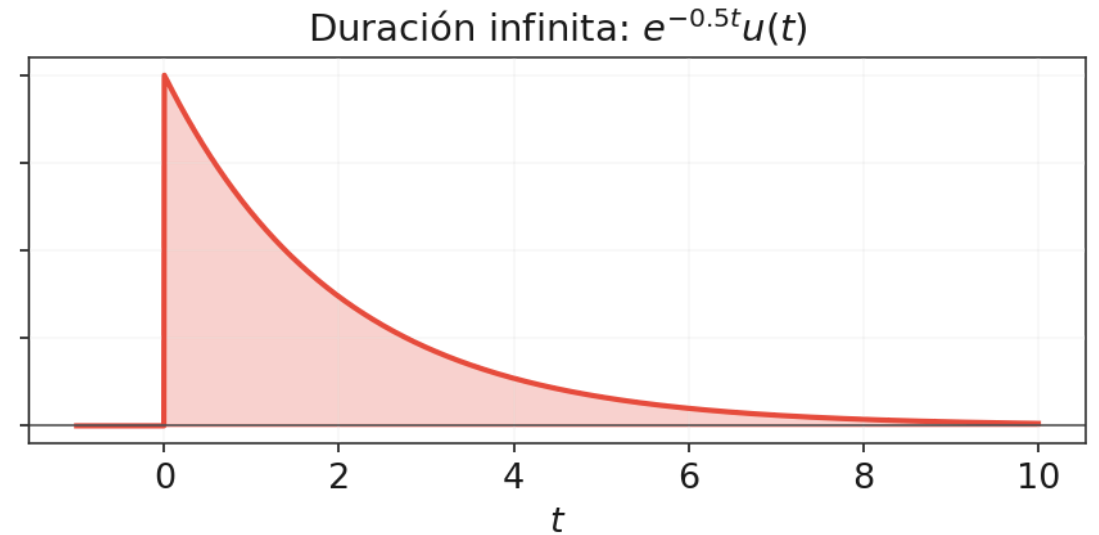
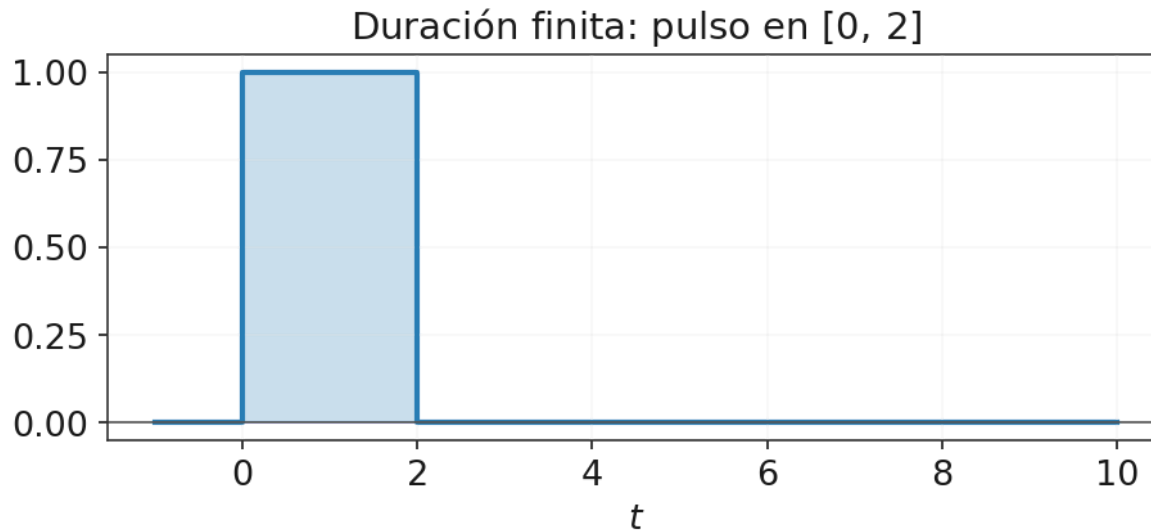
Causales, anticausales y bilaterales

- **Causal:** $x[n] = 0$ para $n < 0$. Las señales que medimos lo son.
- **Anticausal:** $x[n] = 0$ para $n > 0$.
- **Bilateral:** valores no nulos a ambos lados del origen.



Duración finita e infinita

- **Finita:** distinta de cero solo en un intervalo limitado.
- **Infinita:** valores no nulos en un intervalo ilimitado.



Tender a cero **no** hace finita a una señal.

¿Finita o infinita?

Ejemplo 1.10: Duración de una señal

Representa las siguientes señales y determina si son de duración finita o infinita:

a) $x_1[n] = u[n] - u[n - 1]$

b) $x_2(t) = e^{-t} \cos(4\pi t) u(t)$

►  Solución a)

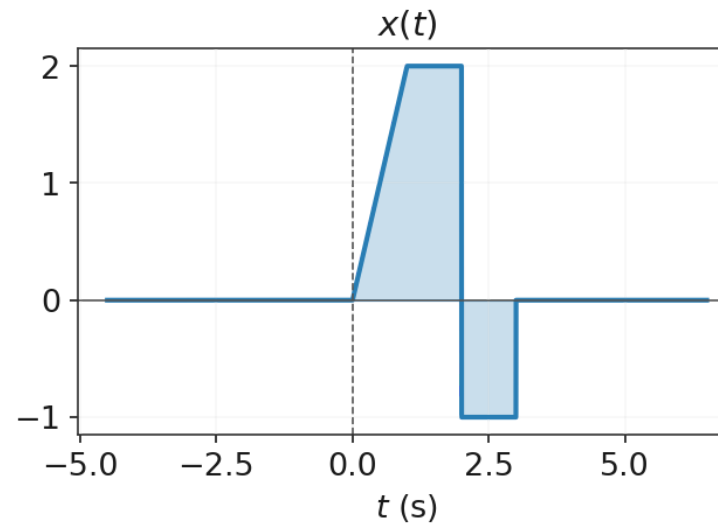
►  Solución b)

Operaciones con señales

La señal de ejemplo

Se van a ilustrar las diferentes operaciones con la siguiente señal de ejemplo:

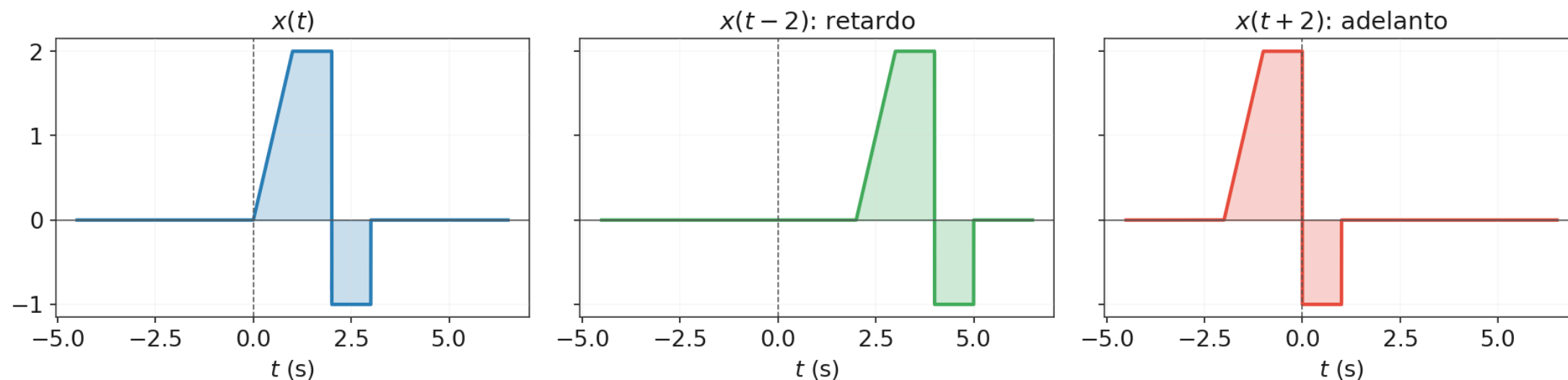
$$x(t) = \begin{cases} 2t, & 0 \leq t < 1 \\ 2, & 1 \leq t < 2 \\ -1, & 2 \leq t < 3 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$



Desplazamiento temporal

- El desplazamiento temporal se obtiene mediante:

$$y(t) = x(t - t_0) \quad t_0 > 0 : \text{retardo (derecha)} \quad t_0 < 0 : \text{adelanto (izquierda)}$$

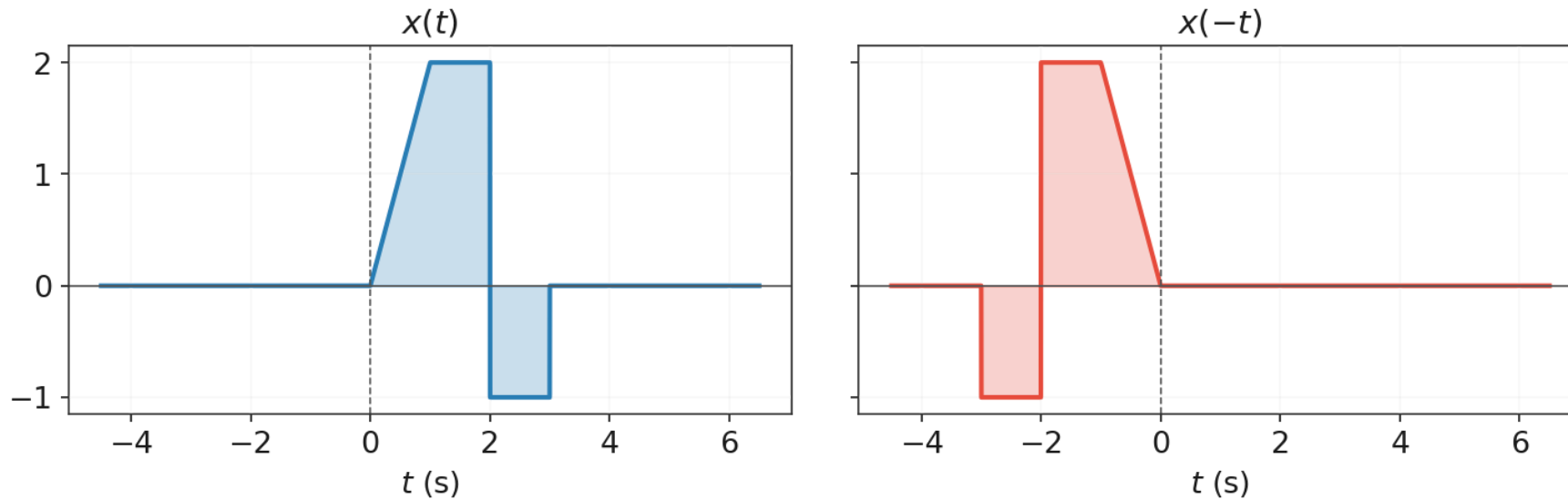


- La señal se desplaza a izquierda o derecha según el signo de t_0 .
- No se modifica la forma de la señal

Inversión temporal

- La inversión temporal se consigue cambiando el signo de la variable independiente:

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

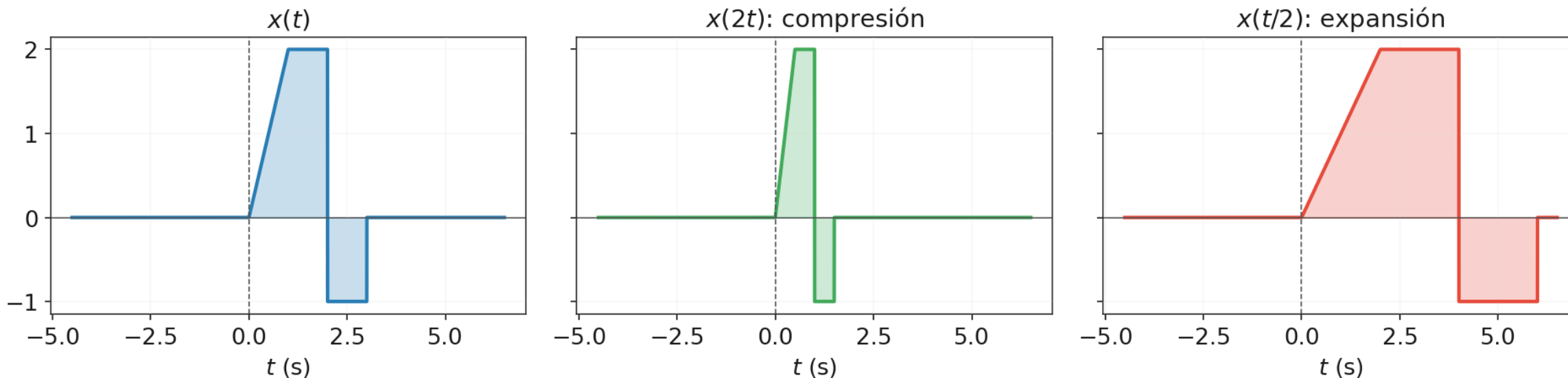


- El efecto es un reflejo respecto al eje vertical
- No se modifica la forma de la señal

Escalado temporal

- El escalado temporal se consigue multiplicando la variable independiente por un factor a :

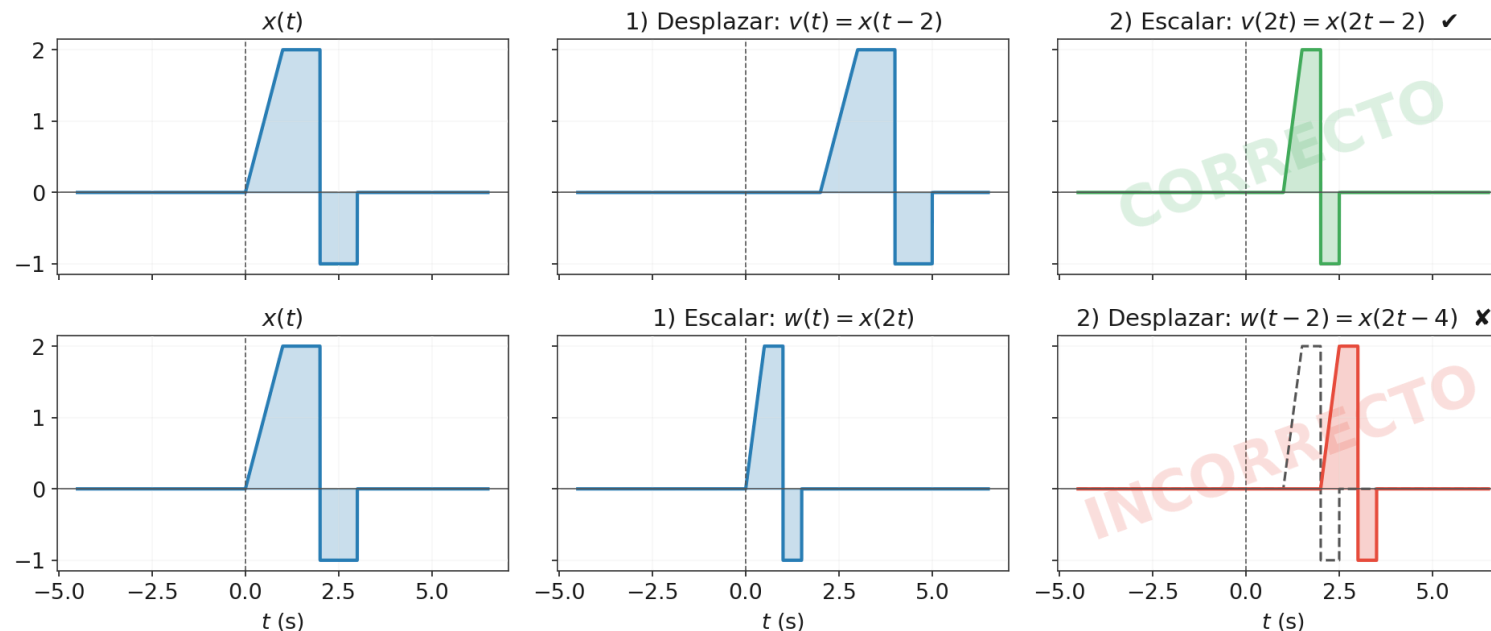
$$y(t) = x(at), \quad a > 0 \quad a > 1 : \text{compresión} \quad 0 < a < 1 : \text{expansión}$$



- La señal se comprime o expande según el valor de a .
- En discreto, llamamos **diezmado** a la compresión y **sobremuestreo** a la expansión

El orden importa: desplazar y escalar

Queremos obtener $y(t) = x(2t - 2)$ a partir de $x(t)$:



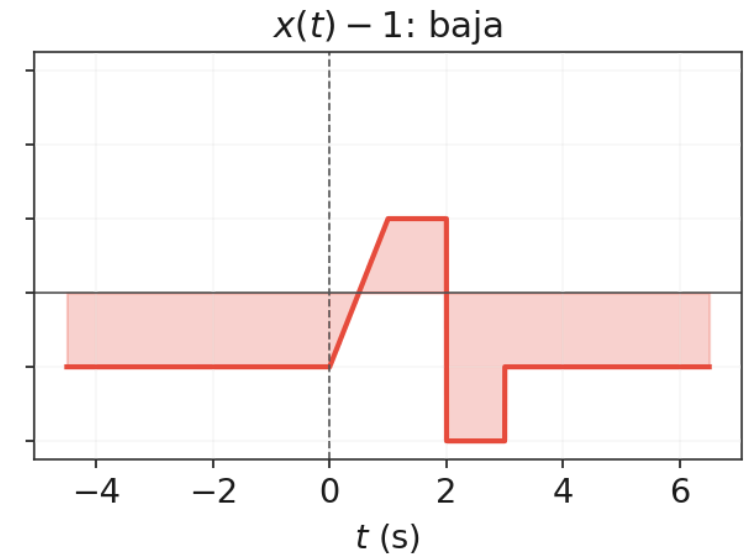
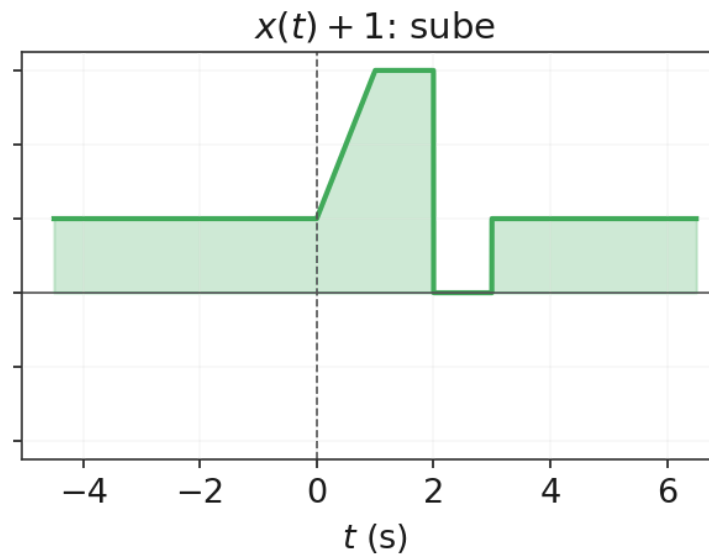
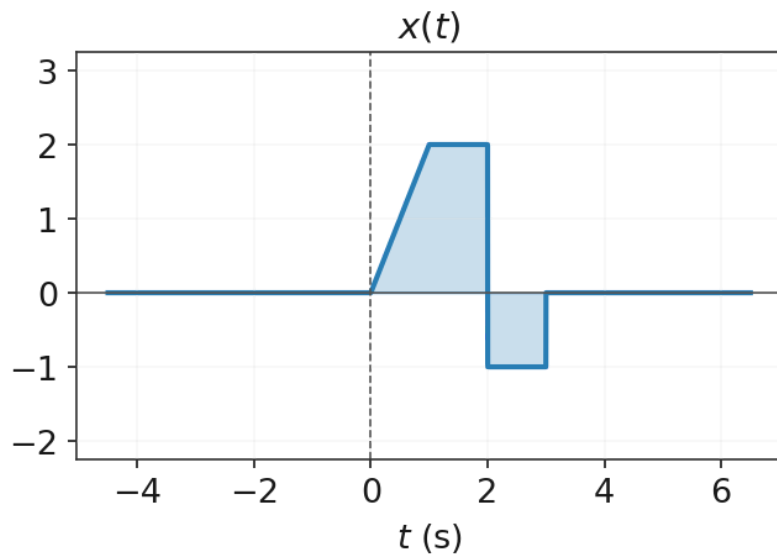
Regla

Para $y(t) = x(at + b)$, primero se **desplaza**, $v(t) = x(t + b)$, y después se **escala**, $y(t) = v(at)$.

Desplazamiento en amplitud

- El desplazamiento en amplitud se obtiene sumando una constante c a la señal:

$$y(t) = x(t) + c \quad c > 0 : \text{sube} \quad c < 0 : \text{baja}$$

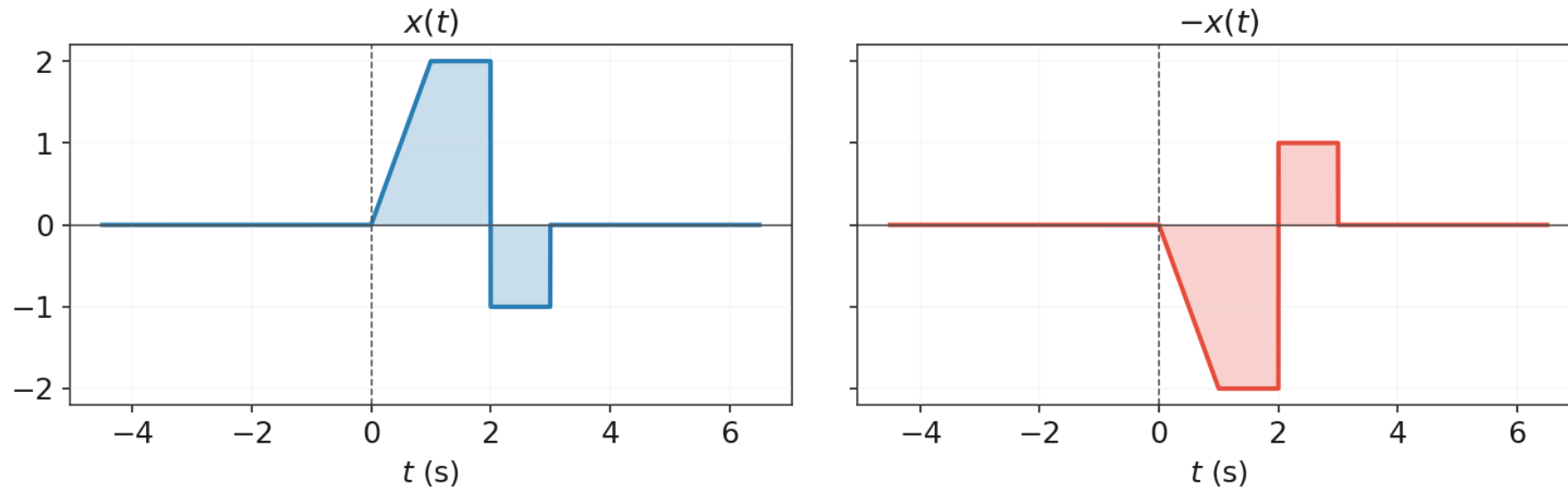


- La señal se desplaza arriba o abajo según el signo de c .
- No se modifica la forma de la señal, pero sí su valor medio (componente continua).

Inversión en amplitud

- La inversión en amplitud se consigue cambiando el signo de la variable dependiente:

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

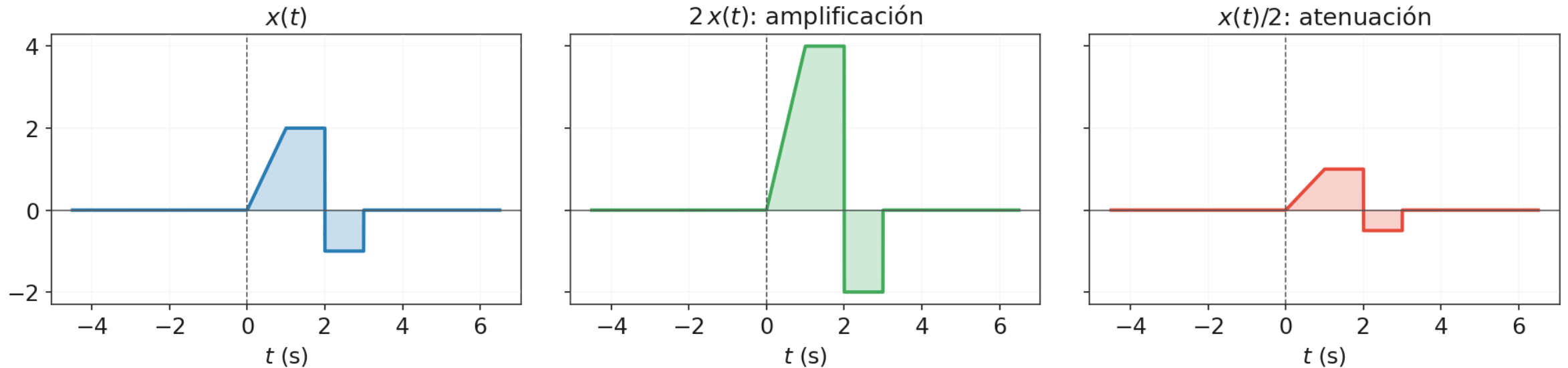


- El efecto es un reflejo respecto al eje horizontal
- No se modifica la forma de la señal

Escalado en amplitud

- El escalado en amplitud se consigue multiplicando la señal por un factor A :

$$y(t) = A x(t), \quad A > 0 \quad A > 1 : \text{amplificación} \quad 0 < A < 1 : \text{atenuación}$$



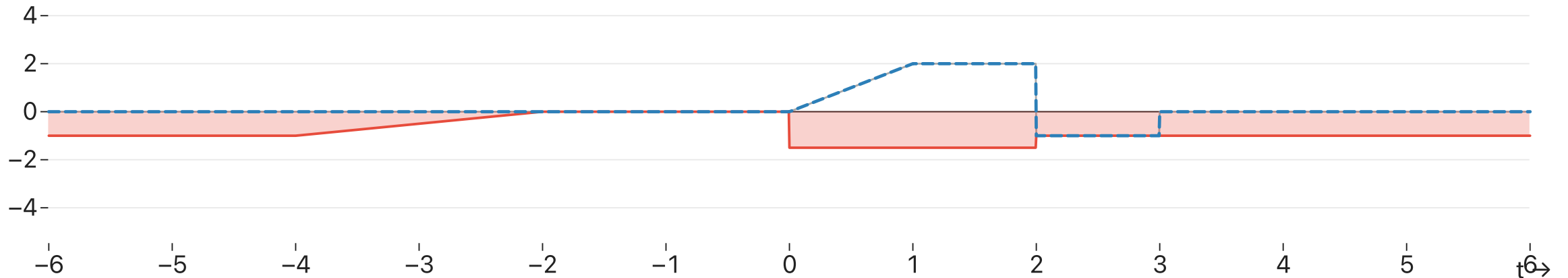
- La señal se amplifica o atenúa según el valor de A (muchas veces llamado **ganancia**)
- Es común expresar la ganancia en decibelios: $A_{dB} = 20 \log_{10} A$

Adivina la transformación: $y(t) = A x(at + b) + c$

a	1.00		A (ganancia)	1.00	
b	0.00		c (offset)	0.00	
Nuevo reto			Ver solución	☐	

Mueve los controles hasta que la curva azul tape la roja.

■ x(t) ■ objetivo ■ tu intento



Ejercicios: transformaciones de una señal

Ejemplo 1.11: Transformaciones de una señal

Dada la función:

$$x(t) = \begin{cases} t + 1, & -1 \leq t < 0 \\ 1, & 0 \leq t < 2 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

dibuja, las siguientes señales:

a) $y_1(t) = x(t - 2)$

b) $y_2(t) = x(3 - t)$

c) $y_3(t) = x(2t + 2)$

d) $y_4(t) = -2x(1 - t/2) + 1$

Soluciones

Energía y potencia

Energía y potencia

Energía

La energía es una **medida absoluta** de la magnitud de una señal:

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2$$
$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$$

Potencia media

La potencia media es una medida de la magnitud de una señal **por unidad de tiempo**:

$$P_x = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x[n]|^2$$
$$P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt$$



Potencia de señales periódicas

Para una señal periódica basta promediar sobre **un periodo**, lo que permite simplificar el cálculo de la integral (o el sumatorio).

Clasificación energética

En función de su energía y potencia, decimos que las señales son:

- **de energía:** energía finita, potencia nula.
- **de potencia:** energía infinita, potencia finita.

	Energía	Potencia
De energía	$0 < E_x < \infty$	$P_x = 0$
De potencia	$E_x = \infty$	$0 < P_x < \infty$

Exclusión mutua y señales no acotadas

- Una señal **no puede ser de energía y de potencia** a la vez: energía finita repartida en un intervalo infinito da potencia nula.
- Existen señales que no son de energía ni de potencia; todas aquellas que crecen indefinidamente, como por ejemplo, una rampa.

Energía y potencia: ejemplos

Ejemplo 1.12: Energía y potencia

Calcula la energía y la potencia media de las siguientes señales, y clasifícalas:

a) $x_1[n] = 3(u[n] - u[n - 5])$

b) $x_2(t) = 4 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{3})$

c) $x_3[n] = (\frac{1}{2})^n u[n]$

►  Solución a)

►  Solución b)

►  Solución c)

Para terminar



Vaya a wooclap.com

Ingrese el código de evento en el banner superior

Código de evento

UPNTALS



Esperando a los participantes...