U1- Oscilación y periodicidad

Esta unidad permite describir una oscilación mediante su amplitud, período, frecuencia y fase; interpretar su gráfica y anticipar el resultado de sumar sinusoides. La secuencia parte del fenómeno físico y termina en su representación matemática.

1 Qué estudia la acústica

La acústica estudia cómo se genera y se propaga el sonido y cómo interactúa con los medios y sistemas. Conviene distinguir el fenómeno físico, su representación mediante una señal y su percepción. Una forma de onda en audio digital representa una magnitud transducida y registrada; no es una imagen de la trayectoria del aire.

2 Oscilación y ciclo

Una oscilación es la variación de una magnitud alrededor de un estado de equilibrio. Es periódica si su evolución se repite tras un intervalo constante. El período fundamental T es el menor intervalo positivo de repetición. No toda oscilación es periódica ni toda señal periódica es sinusoidal.

Para reconocer un ciclo de una sinusoide hay que recuperar el mismo valor y el mismo sentido de variación. Dos cruces consecutivos por cero están separados medio período: uno asciende y el otro desciende.

3 Período y frecuencia

Símbolo	Qué indica	Unidad
T	Duración de un ciclo	segundo (s)
f	Número de ciclos por segundo	hercio (Hz)
N	Ciclos durante un intervalo Δt	ciclos

$f = 1/T$ $T = 1/f$ $N = f \cdot \Delta t$

Al duplicar f, T se reduce a la mitad. Convierte primero los milisegundos a segundos si vas a obtener f en Hz: 1 s = 1000 ms; de ms a s, divide entre 1000.

T = 4 ms = 0,004 s → f = 1/0,004 = 250 Hz

Amplitud y medida angular

4 Amplitud y valor instantáneo

En una sinusoide centrada en cero, A es el máximo alejamiento respecto al equilibrio y se toma no negativo. El valor instantáneo x(t) puede ser positivo, negativo o cero. Los extremos son +A y −A; la amplitud pico a pico es 2A.

x(t) entre −0,8 V y +0,8 V → A = 0,8 V; pico a pico = 1,6 V

La unidad de A depende de la magnitud representada: desplazamiento en m, presión acústica en Pa o tensión eléctrica en V. Una curva normalizada puede expresarse en unidades arbitrarias. No debe confundirse la amplitud física con la sonoridad percibida.

5 Radianes

El radián mide un ángulo mediante la relación entre la longitud de un arco y el radio de su circunferencia. Usa la misma unidad de longitud en ambos datos. Una vuelta mide 2π rad porque la circunferencia completa tiene longitud 2πr.

θ = s/r 360° = 2π rad

radianes = grados · π/180 grados = radianes · 180/π

Parte de vuelta	Grados	Radianes
1/8	45°	π/4
1/4	90°	π/2
1/2	180°	π
3/4	270°	3π/2
1	360°	2π

Ejemplo: 120° · π/180 = 2π/3 rad ≈ 2,094 rad. La expresión con π conserva el resultado exacto; el decimal redondeado es una aproximación. No es necesario transformar π en decimal en cada paso.

El ángulo puede superar 2π o ser negativo. Una vuelta adicional cambia el ángulo acumulado, aunque devuelve el punto a la misma posición en la circunferencia.

Del círculo a la sinusoide

6 El seno como modelo

En la circunferencia de radio 1, sin θ es la coordenada vertical del punto asociado al ángulo θ. Su valor varía suavemente entre −1 y 1. Un seno negativo no exige un ángulo negativo: sin(3π/2) = −1.

θ	0	π/2	π	3π/2	2π
sin θ	0	1	0	−1	0

El círculo es una construcción matemática para obtener la función. No implica que las partículas del aire describan órbitas circulares. En una gráfica de sin θ, el eje horizontal indica ángulo; en una gráfica de x(t), indica tiempo.

7 El ángulo cambia con el tiempo

La frecuencia angular ω expresa el ritmo de avance de la fase. En una oscilación de frecuencia constante se mide en rad/s. Se completa un avance de 2π rad durante cada período.

ω = Δθ/Δt = 2πf = 2π/T

La relación Δθ/Δt expresa aquí una velocidad constante. En un movimiento no uniforme daría la velocidad angular media del intervalo.

8 Expresión general

$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin(2\pi f t + \varphi_0)$

$x(t) = A \sin(2\pi t/T + \varphi_0)$

A fija la amplitud; f fija los ciclos por segundo; φ_0 es la fase inicial en radianes. La fase instantánea es $\varphi(t) = \omega t + \varphi_0$. El tiempo t se introduce en segundos. El coeficiente de t dentro del seno es ω, no f.

Ejemplo: $x(t) = 3 \sin(20\pi t + \pi/6)$. A = 3; $\omega = 20\pi$ rad/s; f = 10 Hz; T = 0,1 s; $\varphi_0 = \pi/6$. En t = 0, $x(0) = 3 \sin(\pi/6) = 1,5$.

Calculadora en RAD para evaluar senos con argumentos en radianes. En esta unidad se usa el seno como referencia; el coseno describe el mismo tipo de oscilación con otra fase inicial.

Fase y desplazamiento temporal

9 Fase inicial y diferencia de fase

La fase localiza la señal dentro de su ciclo respecto a una referencia. La frecuencia angular indica a qué ritmo cambia esa fase. Dos sinusoides pueden compartir A y f y tener distintas fases iniciales. Si sus frecuencias son iguales, su diferencia de fase permanece constante.

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

Los valores de fase separados por un número entero de vueltas, 2πn, son equivalentes para una sinusoide. La fase acumulada, en cambio, también registra las vueltas transcurridas.

10 Adelanto y retraso

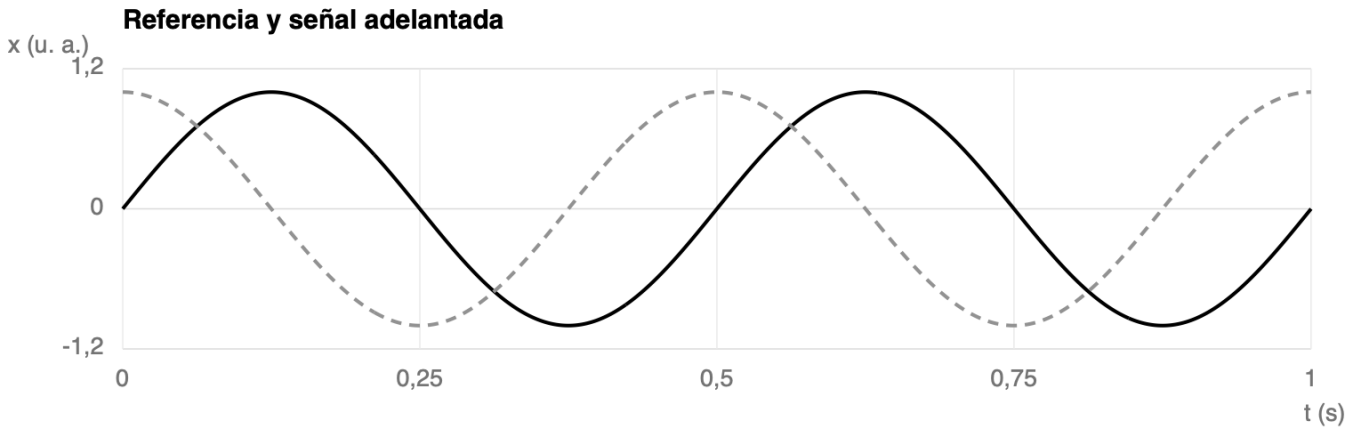
Con la convención $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, una fase inicial positiva adelanta la señal respecto a la de fase cero: sus acontecimientos aparecen antes. Una fase negativa la retrasa. Para describir explícitamente un retraso τ positivo:

$y(t) = x(t - \tau) \rightarrow \Delta\varphi = -\omega\tau = -2\pi f\tau$

Para un adelanto τ positivo se escribe $x(t + \tau)$ y $\Delta\varphi = +\omega\tau$. Si solo interesa la magnitud de un desplazamiento representativo:

$|\Delta t| = |\Delta\varphi|/(2\pi f)$

Ejemplo: a 2 Hz, T = 0,5 s. Un desfase de π/2 rad corresponde a T/4 = 0,125 s = 125 ms. A 4 Hz, el mismo ángulo corresponde a 62,5 ms. El tiempo equivalente depende de la frecuencia.



Trazo continuo: $\sin(4\pi t)$. Trazo discontinuo: $\sin(4\pi t + \pi/2)$, adelantada un cuarto de período.

Una fase medida módulo 2π no determina un retardo único: retrasos separados por T producen la misma sinusoide ideal. No permite deducir por sí sola cuánto tardó realmente una propagación.

Superposición e interferencia

11 Se suman valores instantáneos

En un sistema lineal, las señales de la misma magnitud se suman punto a punto. El signo de cada valor importa. No se suman siempre sus amplitudes de pico ni se aplica una resta fija entre amplitudes.

$x_{\Sigma}(t) = x_1(t) + x_2(t)$

Para dos sinusoides de la misma frecuencia, la suma es otra sinusoide de esa frecuencia, salvo si se anula. Su amplitud y su fase dependen de ambas señales. Si las dos tienen amplitud A:

$A_{\Sigma} = 2A\,|\cos(\Delta\varphi/2)|$

Diferencia de fase	Relación	Amplitud resultante
0 rad	En fase	2A
π/2 rad	Cuadratura	$\sqrt{2} \cdot A$
π rad	Oposición de fase	0 si las amplitudes son iguales

12 Condiciones de la cancelación total

La oposición de fase significa una separación de π rad, módulo 2π. Para que la suma sea cero de manera sostenida, también deben coincidir la frecuencia y la amplitud. En oposición de fase con amplitudes distintas, la amplitud residual es $|A_1 - A_2|$.

$2\sin(4\pi t) + 0{,}5\sin(4\pi t + \pi) = 1{,}5\sin(4\pi t)$

En acústica se suman las presiones en un punto del espacio. Una cancelación en ese punto no significa que el campo sonoro se haya anulado en todas partes. Un retardo distinto puede modificar la relación de fase en otro punto.

13 No confundir seno y sonido complejo

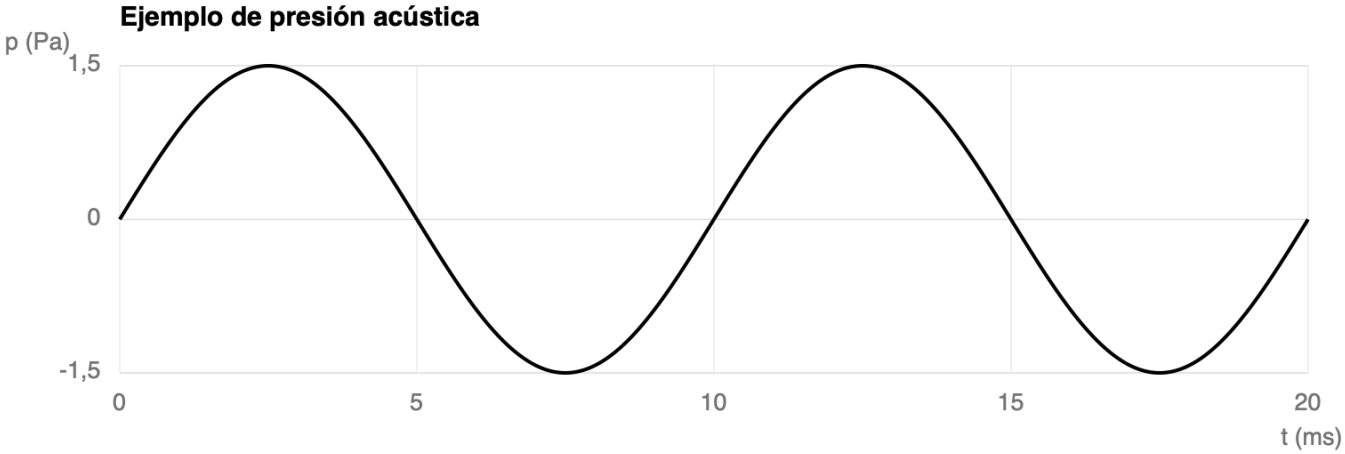
Un desfase de π invierte una sinusoide. En una señal con varias frecuencias, un mismo retraso introduce un desfase diferente en cada componente. Retrasar una señal compleja e invertir su polaridad no son operaciones equivalentes en general.

La fórmula de AΣ de esta página se aplica a dos sinusoides de igual frecuencia e igual amplitud. Para los casos especiales basta razonar con los valores de las señales o reconocer el desfase.

Leer y comprobar una señal

14 Lectura de una gráfica temporal

Lee primero las magnitudes y unidades de los ejes. Identifica el equilibrio y los extremos para obtener A. Mide T entre dos máximos consecutivos o entre cruces por cero con el mismo sentido; calcula después f = 1/T. Para deducir la fase inicial observa el valor y el sentido de variación en t = 0.



Aquí A = 1,5 Pa; T = 10 ms = 0,01 s; f = 100 Hz. La curva parte de cero ascendiendo, por lo que una expresión posible es p(t) = 1,5 sin(200πt). El retorno a cero en 5 ms solo completa medio ciclo.

15 Forma de onda y espectro como ampliación

En el análisis de Fourier, una señal puede describirse mediante componentes sinusoidales. El espectro de magnitud informa de la magnitud de esas componentes, pero no contiene sus fases. Distintas fases relativas pueden dar formas de onda diferentes manteniendo esas magnitudes. Esta observación no permite afirmar por sí sola que cualquier cambio de fase vaya a ser audible.

Relaciones para el repaso

Qué necesitas	Relación
Cambiar entre f y T	$f = 1/T$; $T = 1/f$
Contar ciclos	$N = f \cdot \Delta t$
Obtener ω	$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$
Obtener la fase	$\varphi(t) = \omega t + \varphi_0$
Describir un retraso τ	$y(t) = x(t - \tau)$; $\Delta\varphi = -2\pi f\tau$
Sumar dos señales	$x\Sigma(t) = x_1(t) + x_2(t)$