

Amplificador Lock-in | Medición sensible a la fase

Técnicas e instrumentos

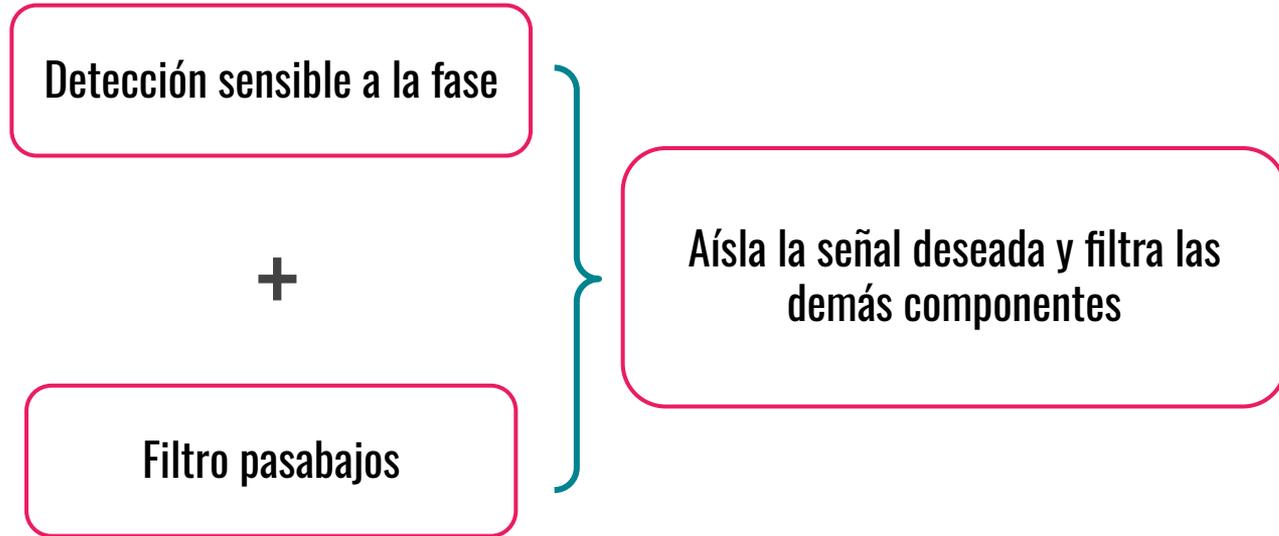
¿Qué es un amplificador Lock-in?

Instrumento que nos permite detectar y medir señales muy chicas



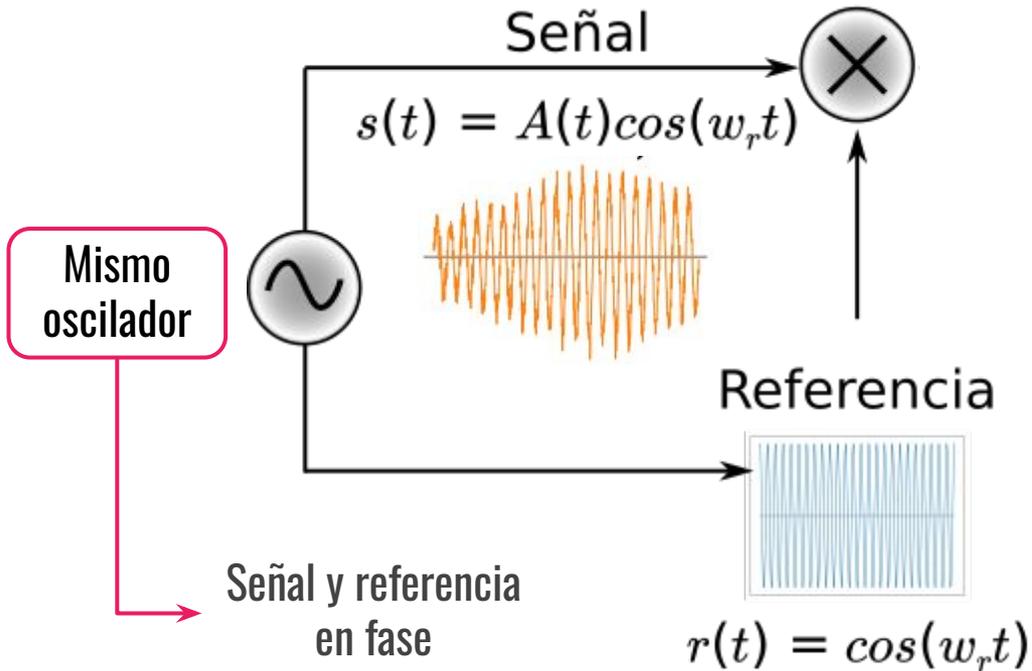
Técnicas e instrumentos

¿Cómo funciona?



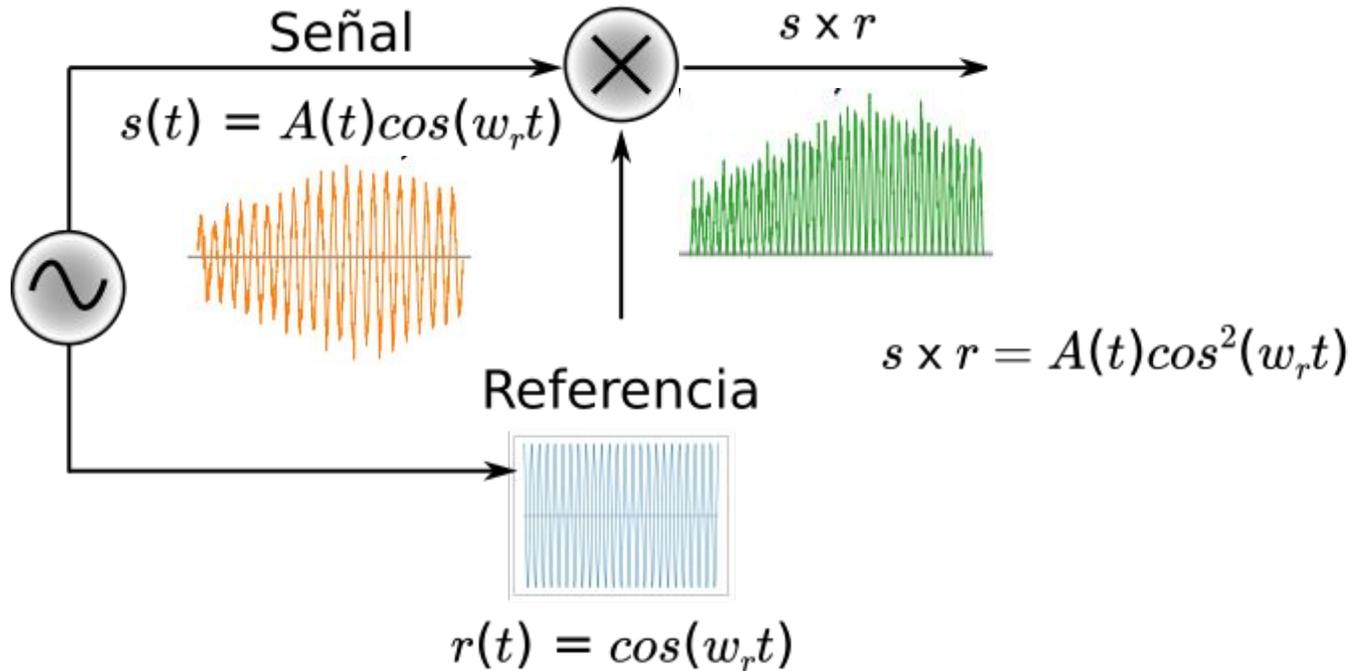
Técnicas e instrumentos

Técnica de detección sensible a la fase



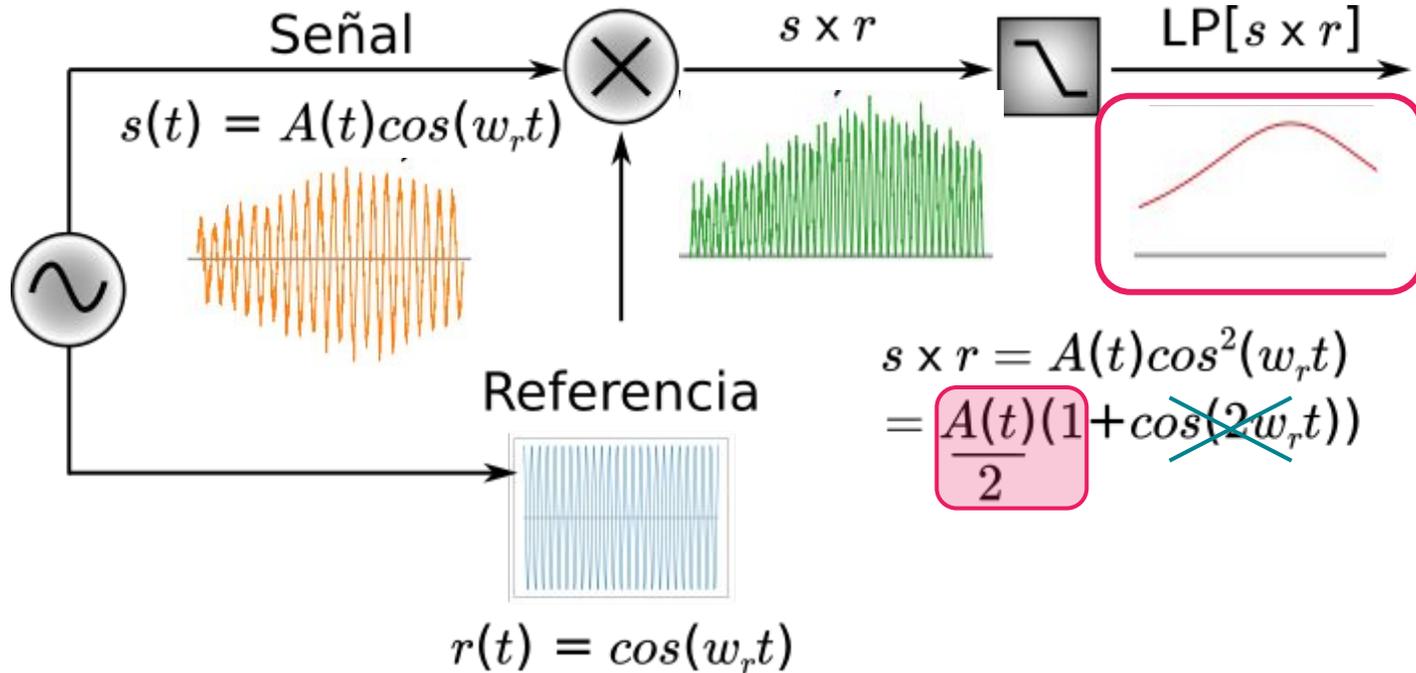
Técnicas e instrumentos

Técnica de detección sensible a la fase



Técnicas e instrumentos

Técnica de detección sensible a la fase



Técnicas e instrumentos

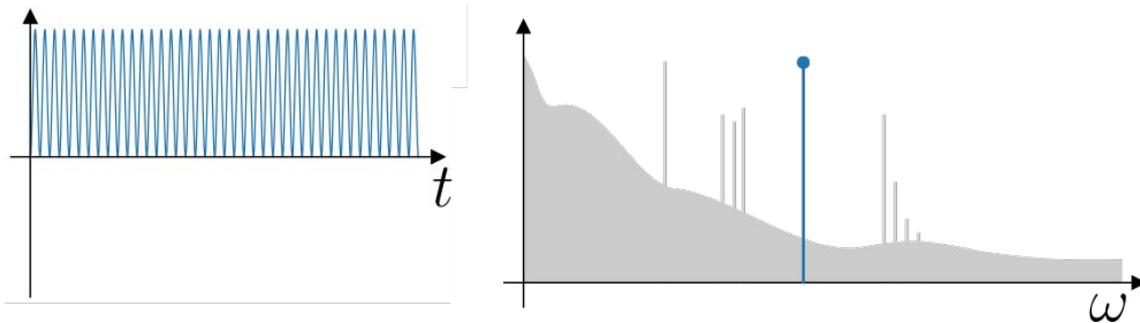
¿Cuándo conviene usarlo?

- Filtrar una señal
- Mejorar la relación señal-ruido
- Medir una fase

Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

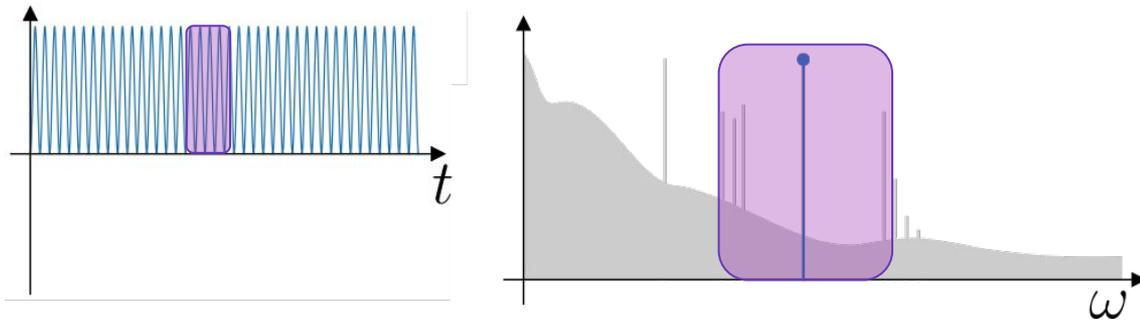
$$\frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos(\omega t) \cos(\omega' t) dt \approx \begin{cases} 1 & \text{si } \omega = \omega' \\ 0 & \text{si } \omega \neq \omega' \end{cases}$$



Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

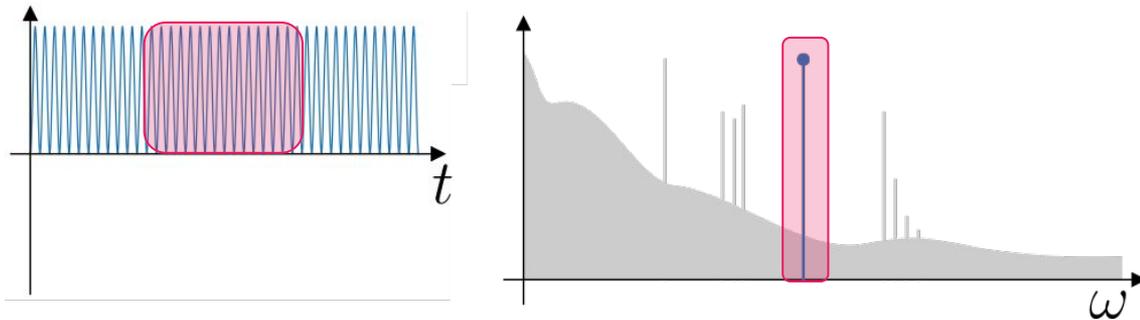
$$\frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos(\omega t) \cos(\omega' t) dt \approx \begin{cases} 1 & \text{si } \omega = \omega' \\ 0 & \text{si } \omega \neq \omega' \end{cases}$$



Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

$$\frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos(\omega t) \cos(\omega' t) dt \approx \begin{cases} 1 & \text{si } \omega = \omega' \\ 0 & \text{si } \omega \neq \omega' \end{cases}$$



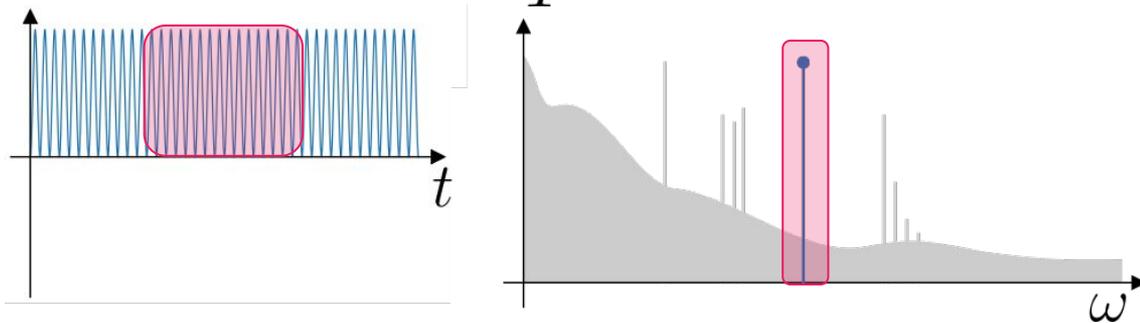
Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

$$\frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos(\omega t) \cos(\omega' t) dt \approx \begin{cases} 1 & \text{si } \omega = \omega' \\ 0 & \text{si } \omega \neq \omega' \end{cases}$$

$$\omega_c = \frac{1}{\tau} \quad \tau > T$$

$$\omega_r = \frac{1}{T} \quad \omega_c < \omega_r$$



Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido

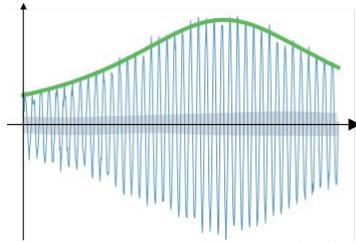


No puedo amplificar esto porque también amplifico el ruido

Solución: modular y demodular

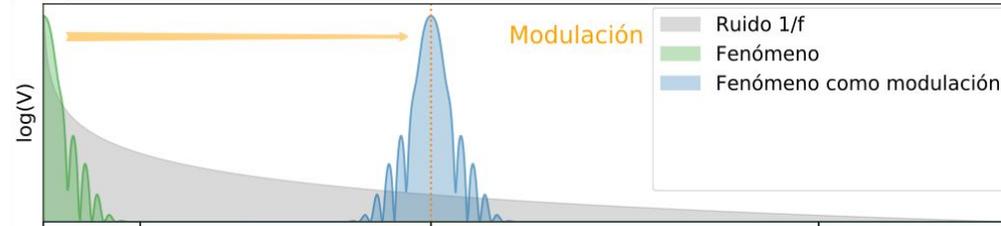
Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido



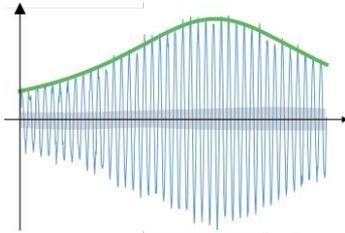
$$S(t) \cos(\omega_r t)$$

Modulación



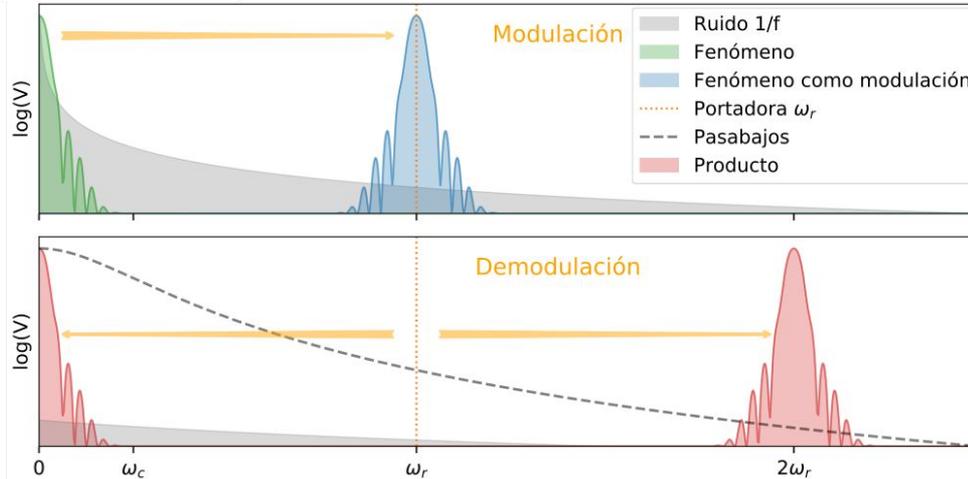
Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido



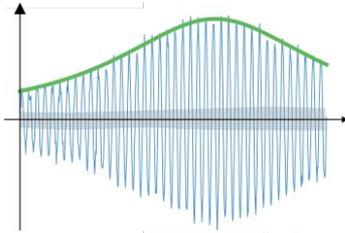
$$S(t) \cos^2(\omega_r t) = S(t) \left(\frac{1}{2} + \frac{\cos(2\omega_r t)}{2} \right)$$

Demodulación



Técnicas e instrumentos

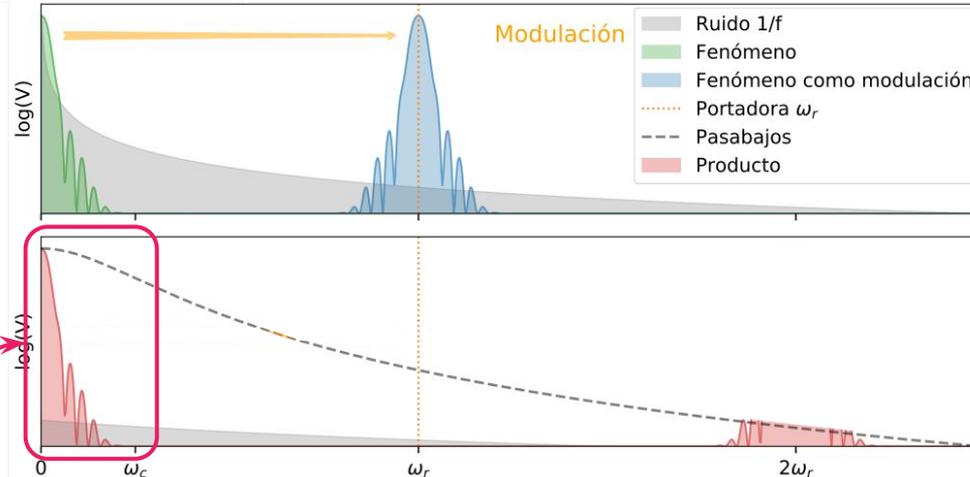
- Mejorar la relación señal ruido



$$S(t) \cos^2(\omega_r t) = S(t) \left(\frac{1}{2} + \frac{\cos(2\omega_r t)}{2} \right)$$

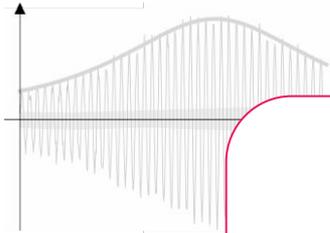
Demodulación

Ahora puedo
amplificar sin que
el ruido moleste



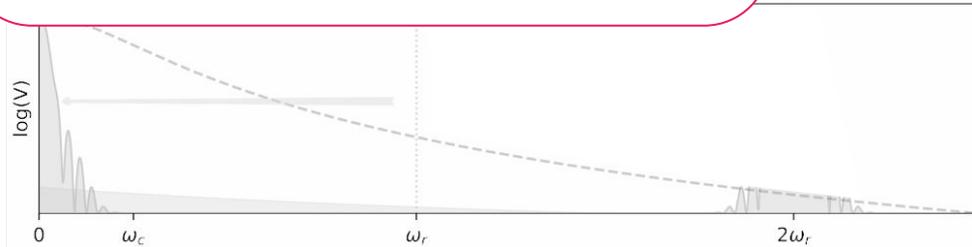
Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido



Importante

$$T_f > \tau > T$$
$$\omega_f < \omega_c < \omega_r$$

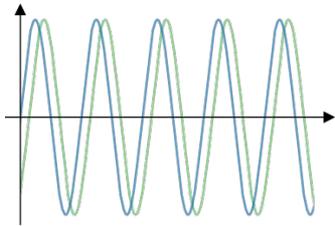


$$a(\omega) = 2 \cos(\omega_r t) \left(1 + \frac{\cos(2\omega_r t)}{2} \right)$$

f
no
no como modulación
ra ω_r
os
p

Técnicas e instrumentos

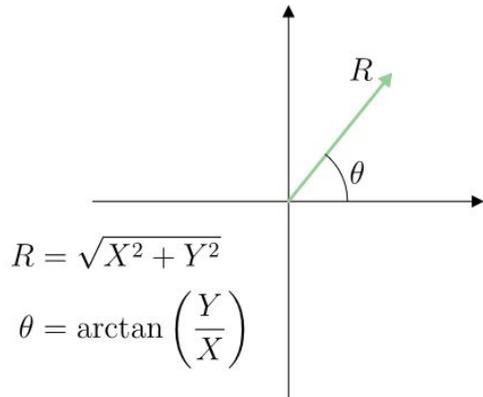
- Medir una fase



$$F(\omega) = \frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} S(t) e^{-i\omega t} dt =$$
$$= \underbrace{\frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} S(t) \cos(\omega t) dt}_X + i \underbrace{\frac{1}{\tau} \int_{-\tau}^{\tau} S(t) \sin(\omega t) dt}_Y$$

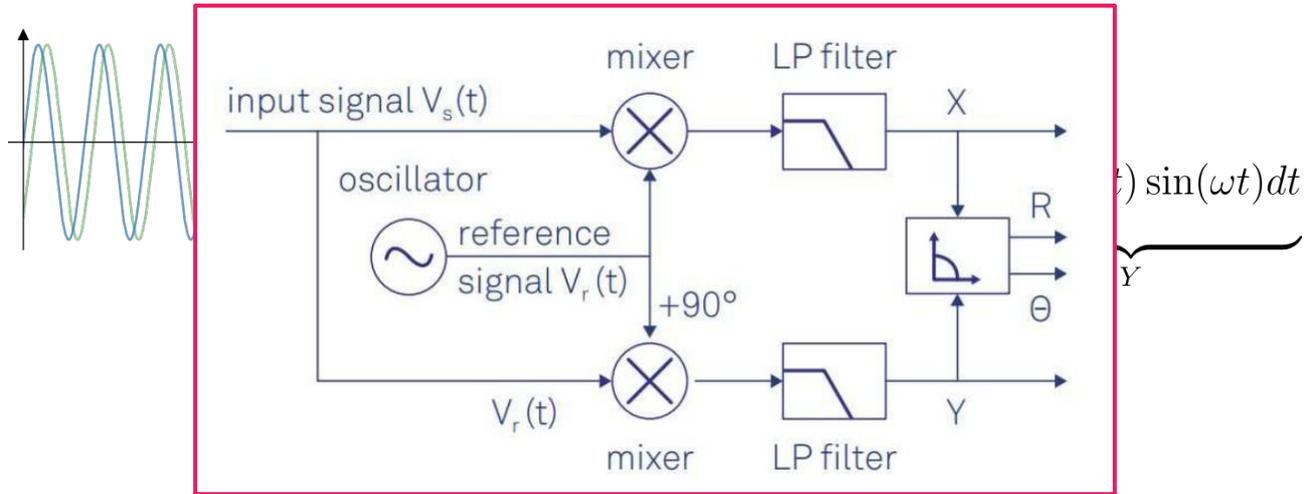
En fase

En cuadratura



Técnicas e instrumentos

- Medir una fase



$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$$