

## Amplificador Lock-in | Medición sensible a la fase

# Técnicas e instrumentos

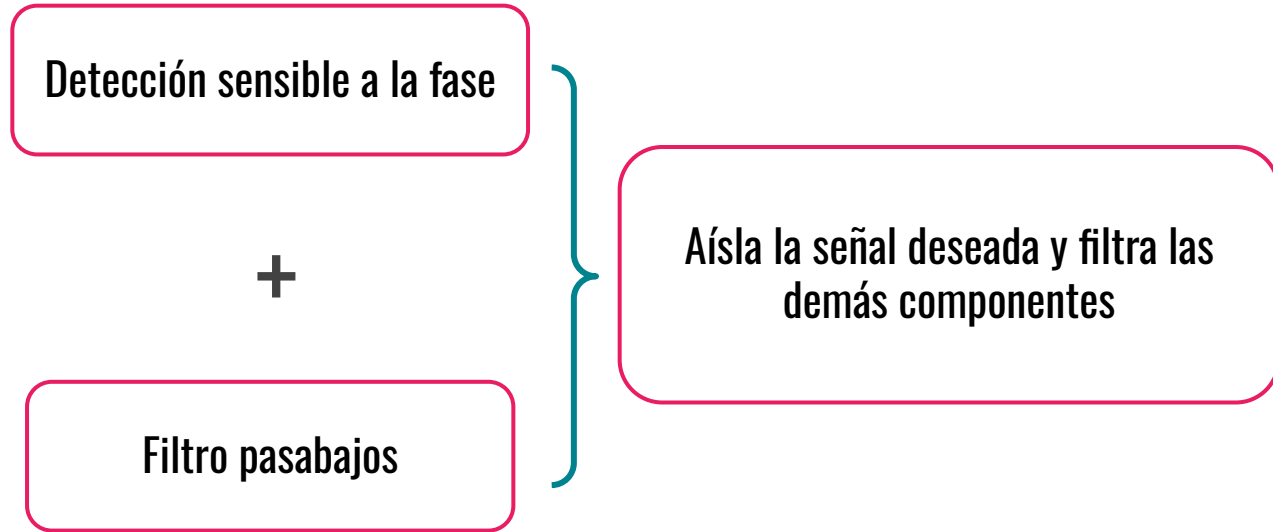
¿Qué es un amplificador Lock-in?

Instrumento que nos permite detectar y medir señales muy chicas



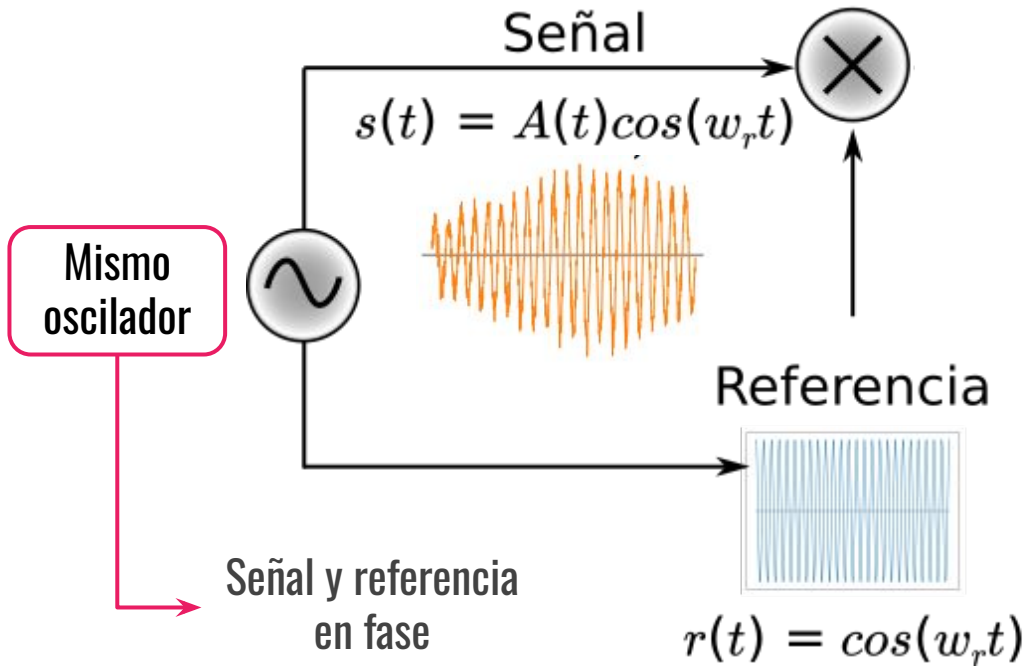
# Técnicas e instrumentos

¿Cómo funciona?



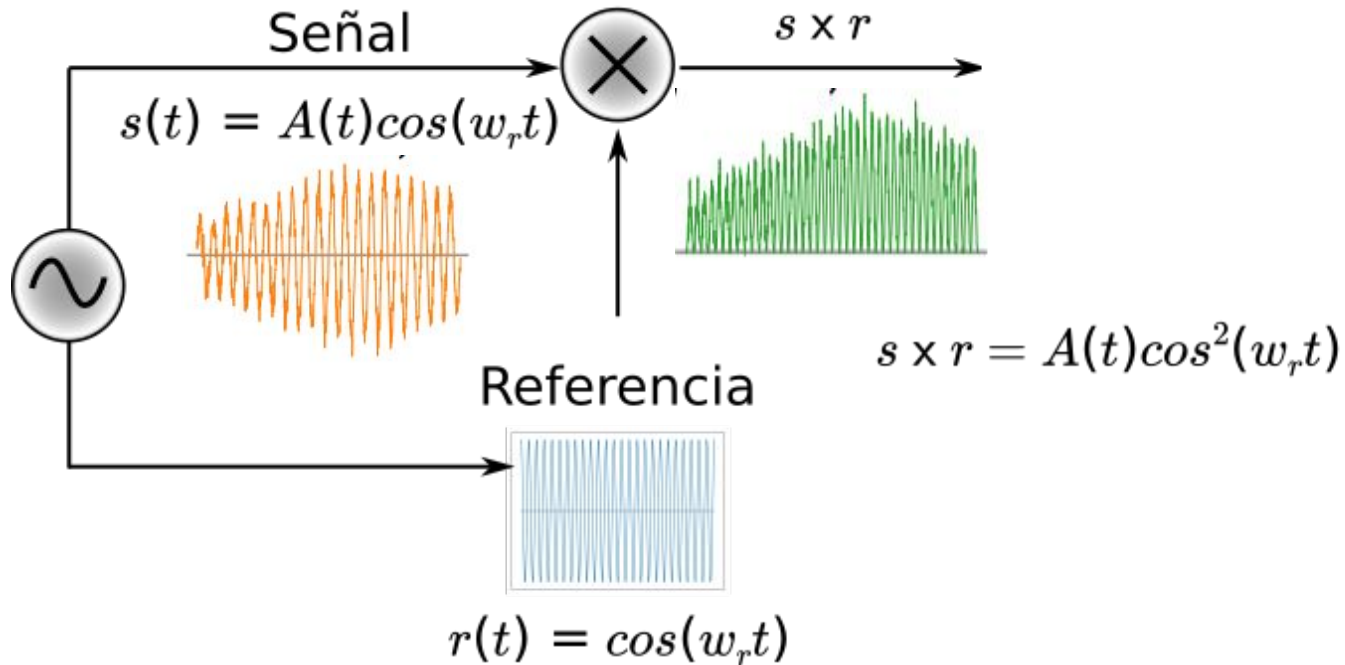
# Técnicas e instrumentos

## Técnica de detección sensible a la fase



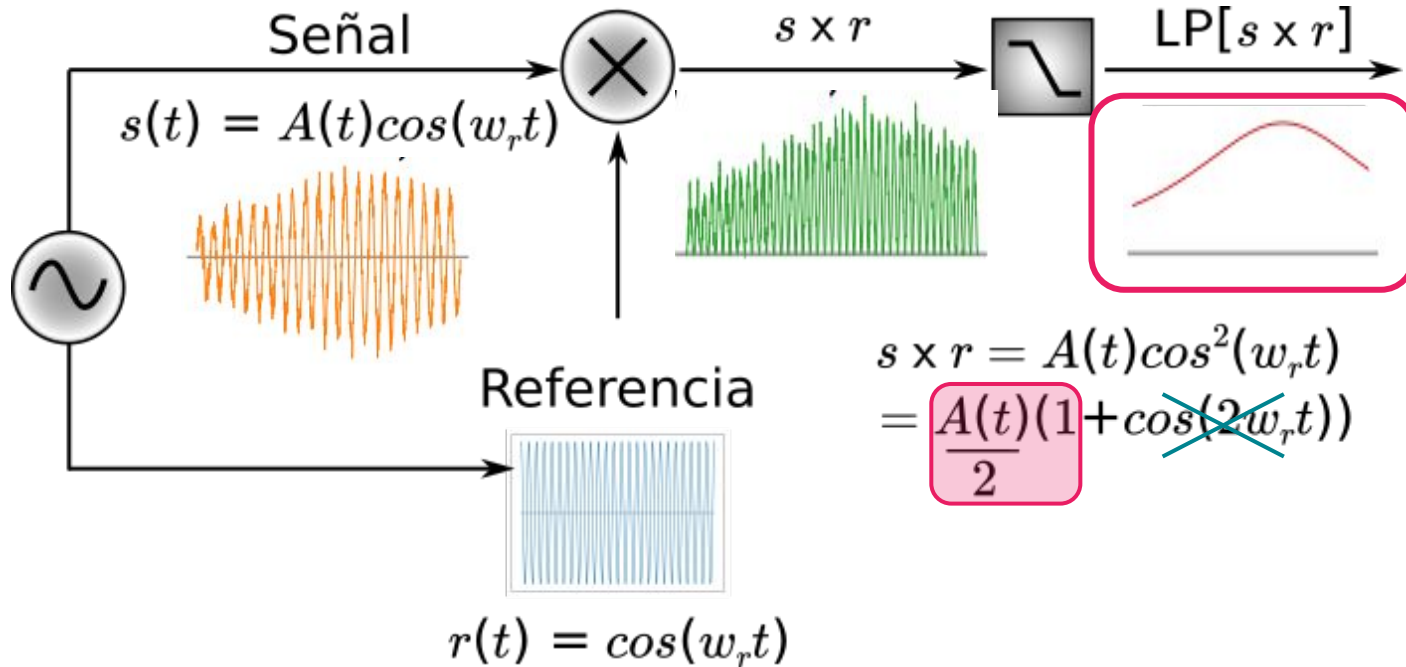
# Técnicas e instrumentos

## Técnica de detección sensible a la fase



# Técnicas e instrumentos

## Técnica de detección sensible a la fase



# Técnicas e instrumentos

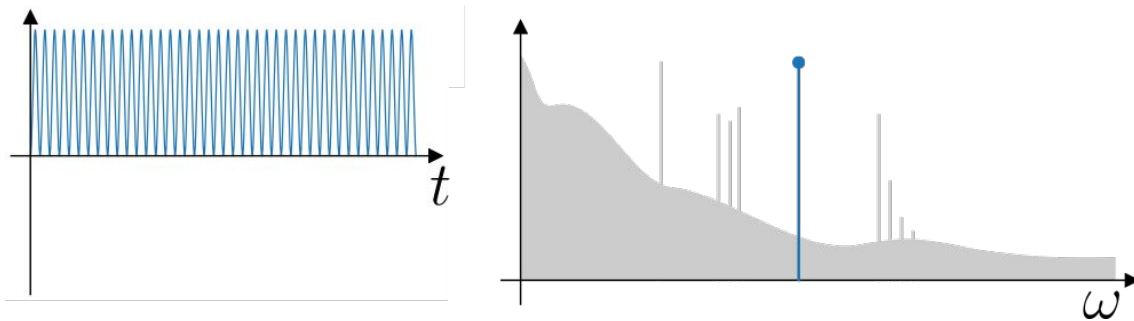
## ¿Cuándo conviene usarlo?

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

# Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

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

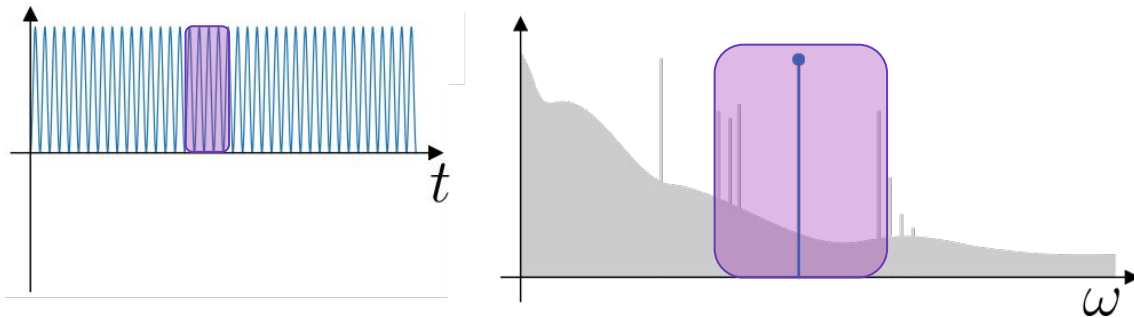




# Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

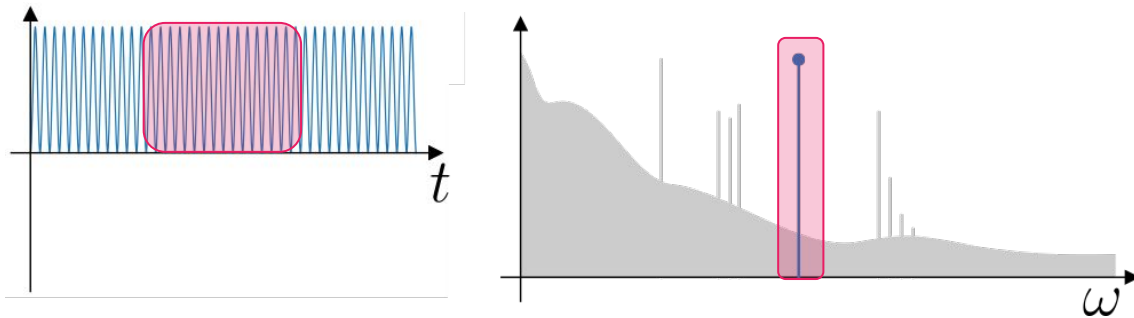
$$\frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos(\omega t) \cos(\omega' t) dt \approx \begin{cases} 1 & \text{si } \omega = \omega' \\ 0 & \text{si } \omega \neq \omega' \end{cases}$$



# Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

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



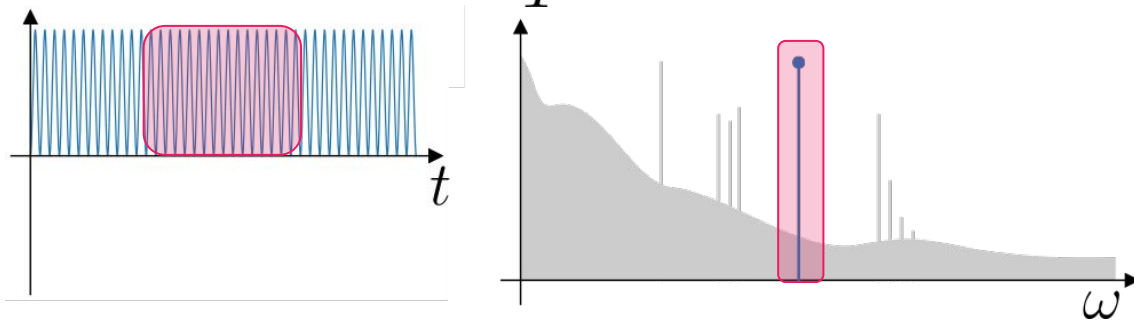
# Técnicas e instrumentos

- Filtrar una señal

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

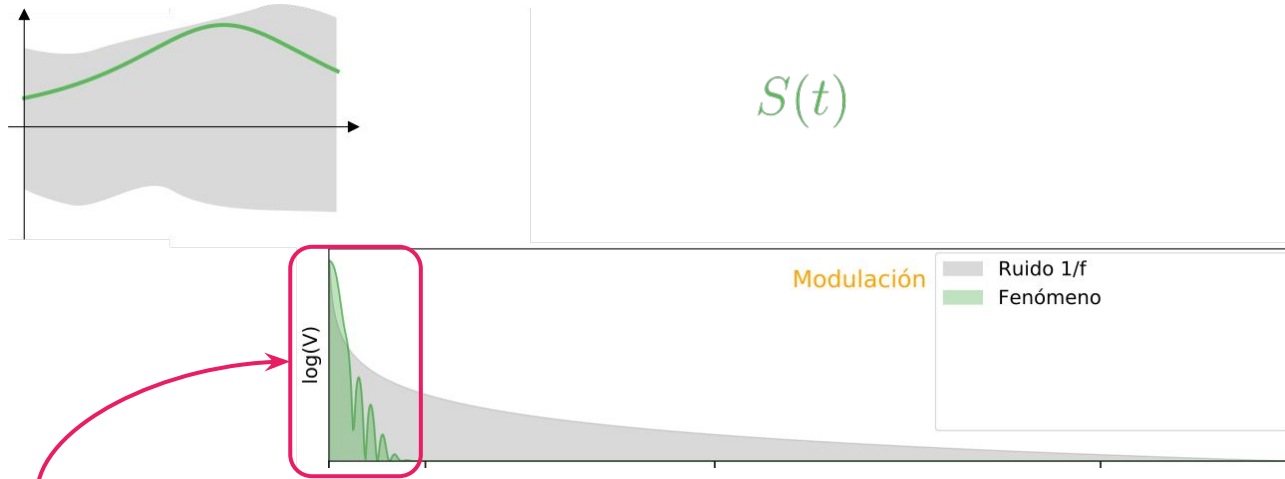
$$\omega_c = \frac{1}{\tau} \quad \tau > T$$

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



# Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido

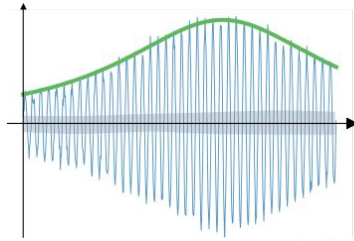


No puedo amplificar esto porque también amplifico el ruido

Solución: modular y demodular

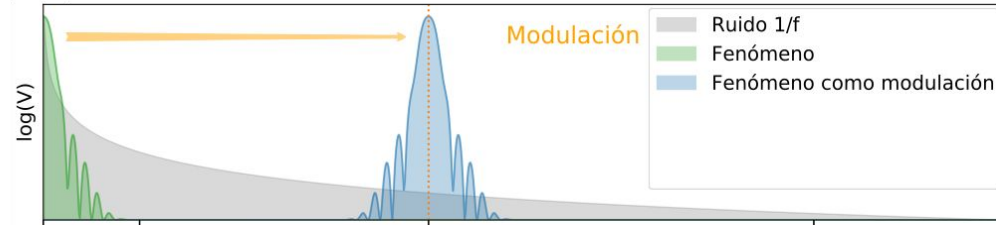
# Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido



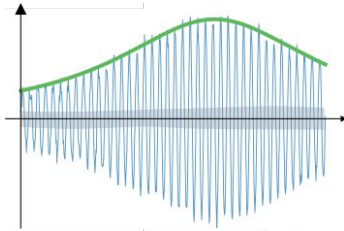
$$S(t) \cos(\omega_r t)$$

Modulación



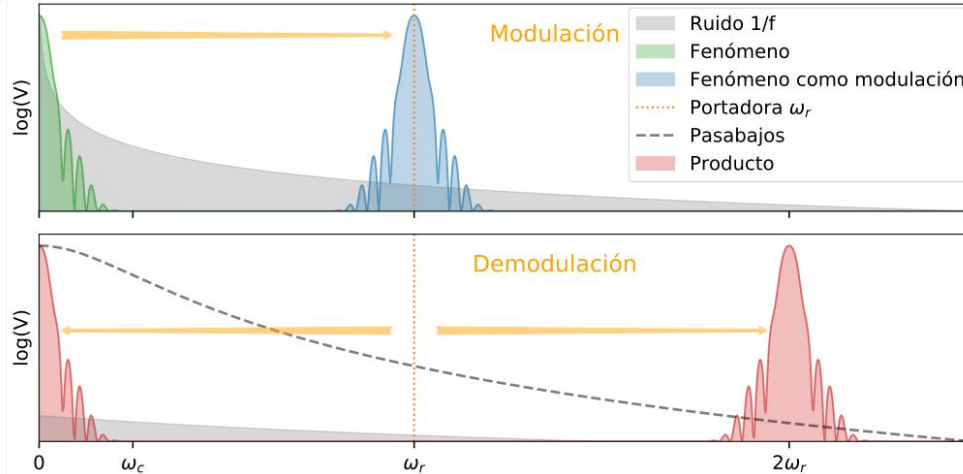
# Técnicas e instrumentos

- Mejorar la relación señal ruido



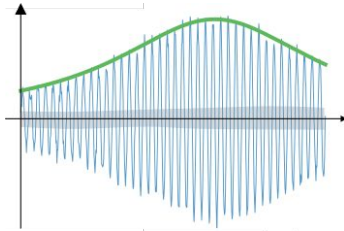
$$S(t) \cos^2(\omega_r t) = S(t) \left( \frac{1}{2} + \frac{\cos(2\omega_r t)}{2} \right)$$

Demodulación



# Técnicas e instrumentos

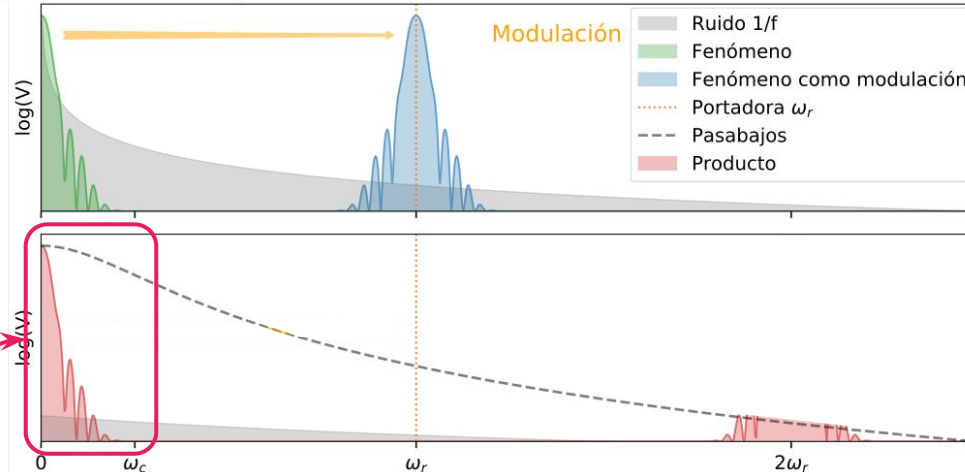
- Mejorar la relación señal ruido



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

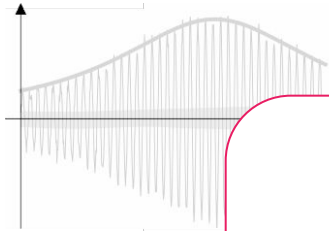
Demodulación

Ahora puedo  
amplificar sin que  
el ruido moleste



# Técnicas e instrumentos

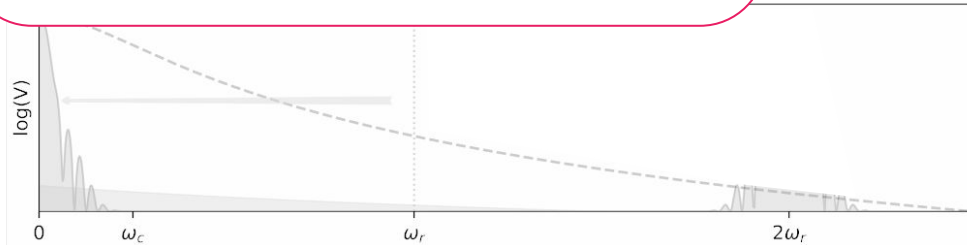
- Mejorar la relación señal ruido



**Importante**

$$T_f > \tau > T$$

$$\omega_f < \omega_c < \omega_r$$



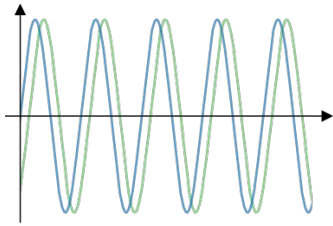
$$a(\omega) = 2 \cos(\omega_r t) \left( 1 + \frac{\cos(2\omega_r t)}{2} \right)$$

f  
no  
no como modulación  
ra  $\omega_r$   
os  
p



# Técnicas e instrumentos

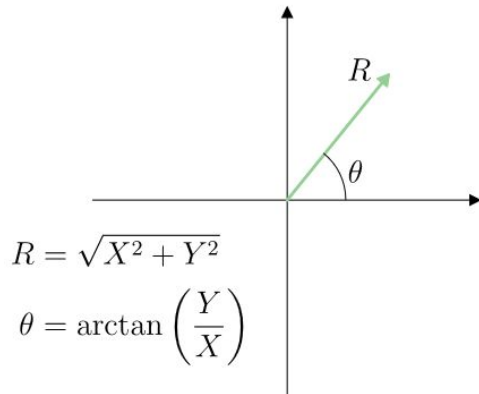
- Medir una fase



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

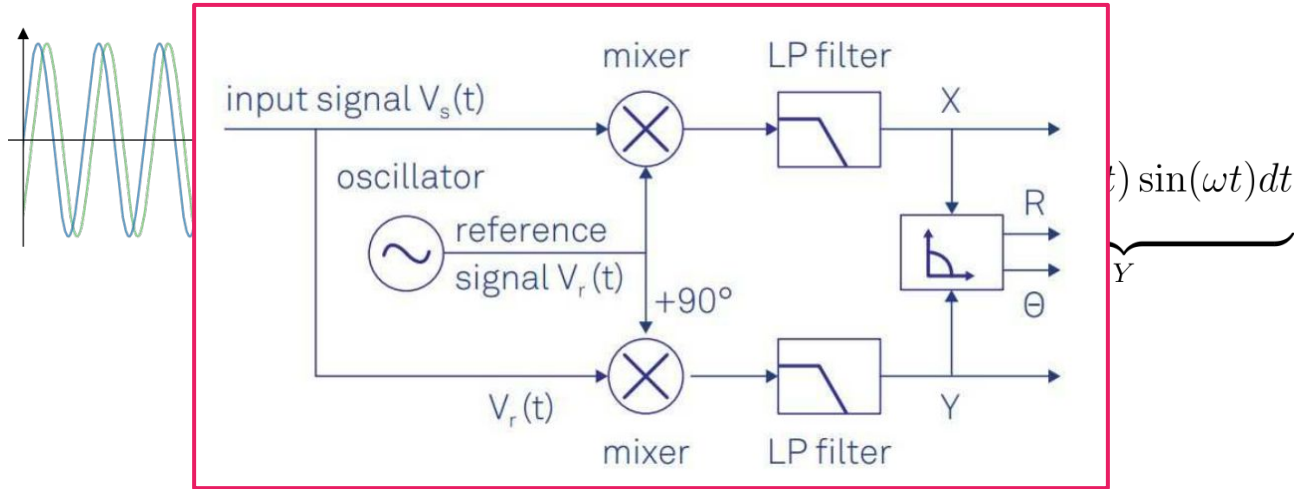
En fase

En cuadratura



# Técnicas e instrumentos

- Medir una fase



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

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