

Amplificador sincrónico o Lock-In amplifier

Inventado por Robert H. Dicke en 1960's (dice haberse basado en W.C. Michels and N.L. Curtis, Rev Sci Instr 12, 444 (1941))



Signal Recovery 7265

Que es un amplificador lock-in?

Se lo puede pensar como un voltímetro de alterna que utiliza detección homodina. Detecta una señal por medio de mezclado con una señal de referencia

Pero además es sensible a la fase relativa entre la señal y la referencia

Detección sincrónica

Queremos detectar una señal alterna

$$V_s = V_S \sin(\omega_s t)$$

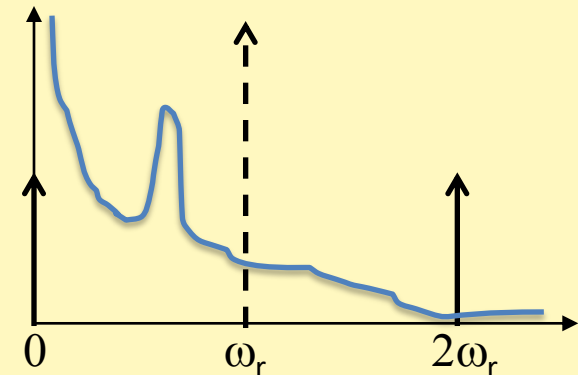
La multiplicamos por una señal de referencia

$$V_r = V_R \sin(\omega_r t + \phi)$$

$$V_s \times V_r = \frac{1}{2} V_R V_S \cos[(\omega_r - \omega_s) t - \phi] + \frac{1}{2} V_R V_S \cos[(\omega_r + \omega_s) t + \phi]$$

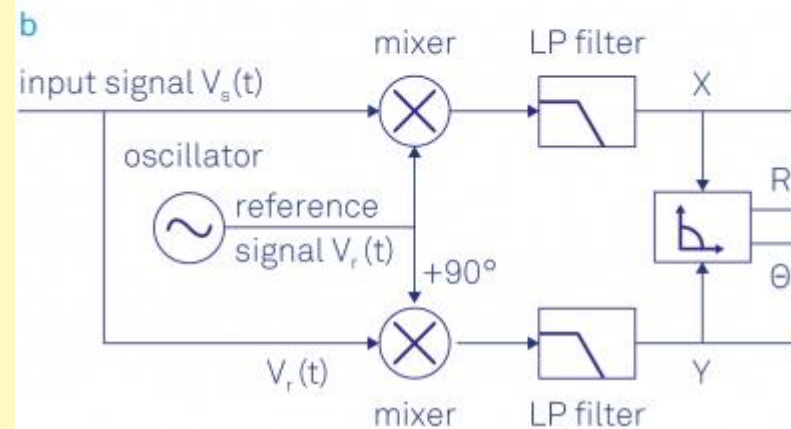
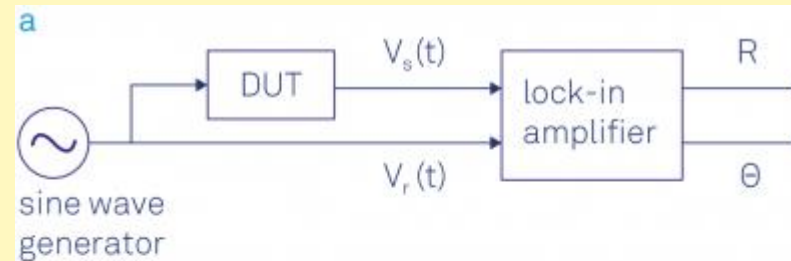
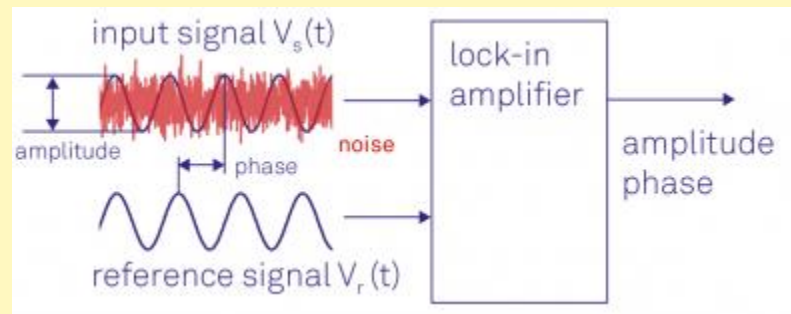
Si $\omega_s = \omega_r$ (homodino)

$$V_s \times V_r = \frac{1}{2} V_R V_S \cos \phi + \frac{1}{2} V_R V_S \cos[2\omega_s t + \phi]$$

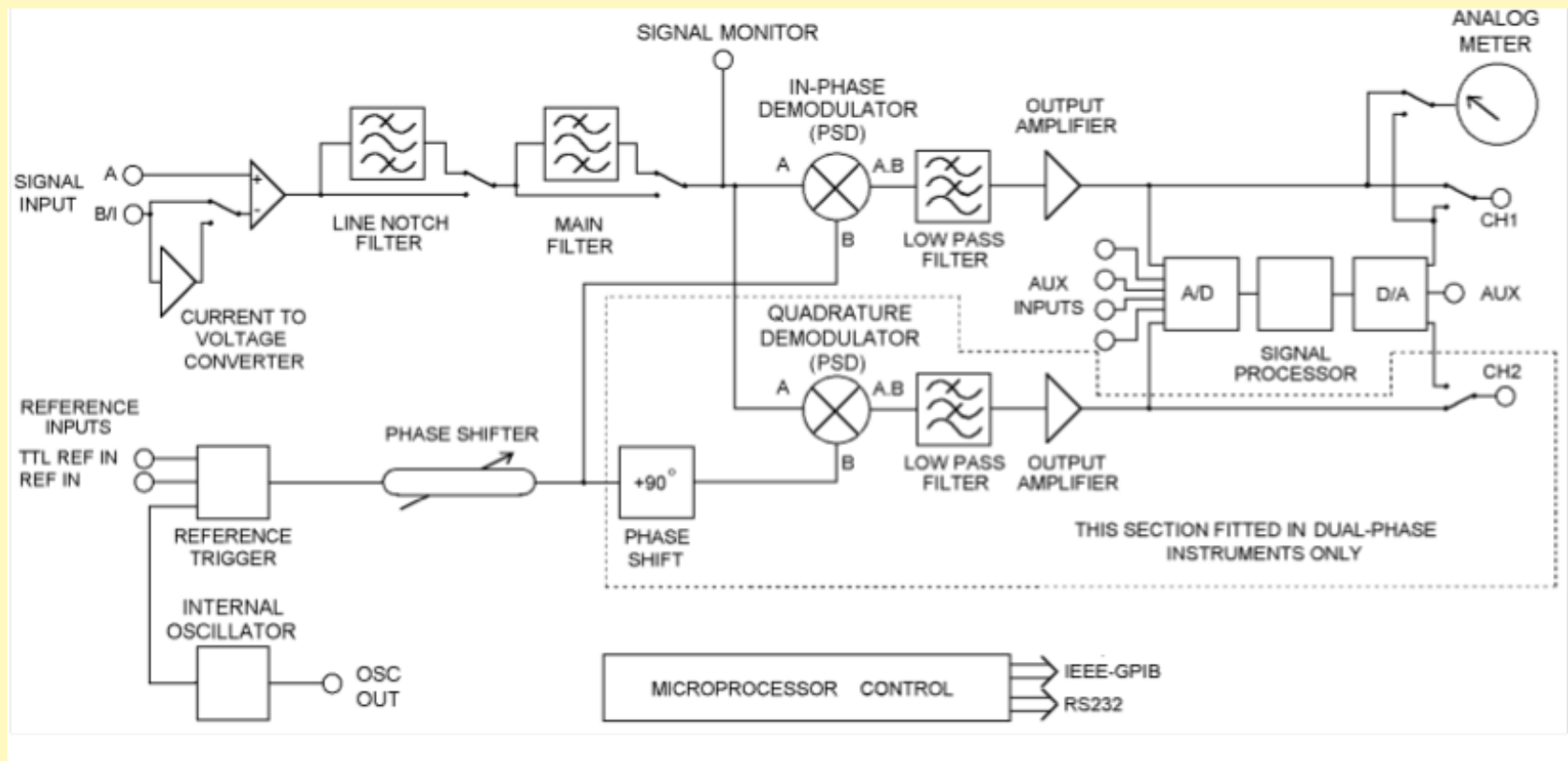


Hemos trasladado la información a frecuencia nula !!!

Sólo resta filtrar la componente alterna, cosa que se puede hacer con Q efectivos inmensos, hasta 10^4



Esquema en bloque de un amplificador lock-in



Lock-in DSP

vs

lock-in analógico

Señal se digitaliza y el PSD se hace por procesamiento numérico

PSD analógico. Susceptible a no linealidades

Computadora interna con señal de clock = ruido interno

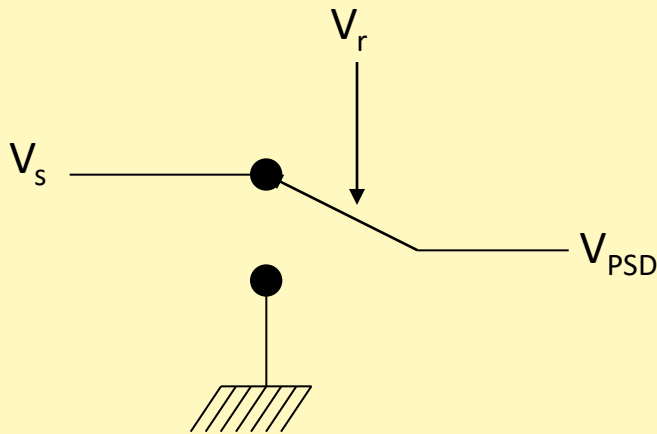
Muy bajo ruido

Mide fácilmente armónicas superiores pues no necesita la señal de esa frecuencia

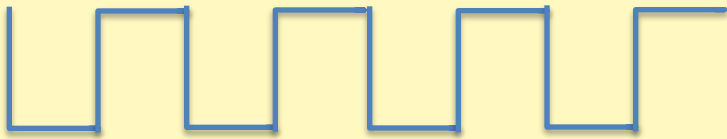
Suele medir ω y 2ω

PSD hecho por conmutación, sensible a armónicas superiores

PSD por inversión



PSD se hace controlando una llave con V_{ref} . Equivalente a multiplicar por onda cuadrada

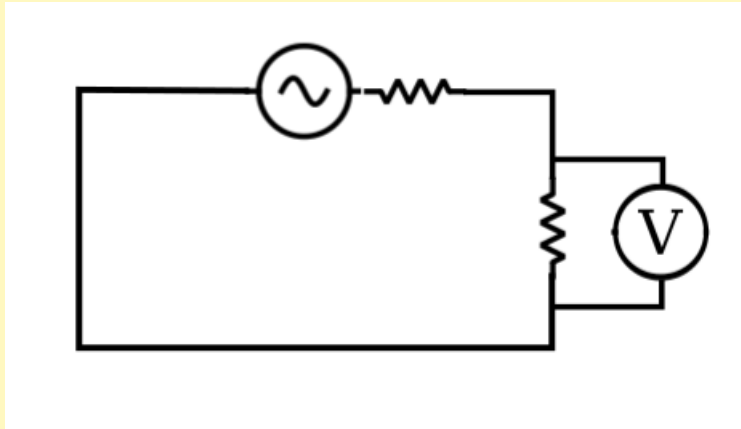


$$V_r = V_o \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \dots \right) \right]$$
$$x = \omega_r t + \phi$$

Aparecen armónicas impares !!!!

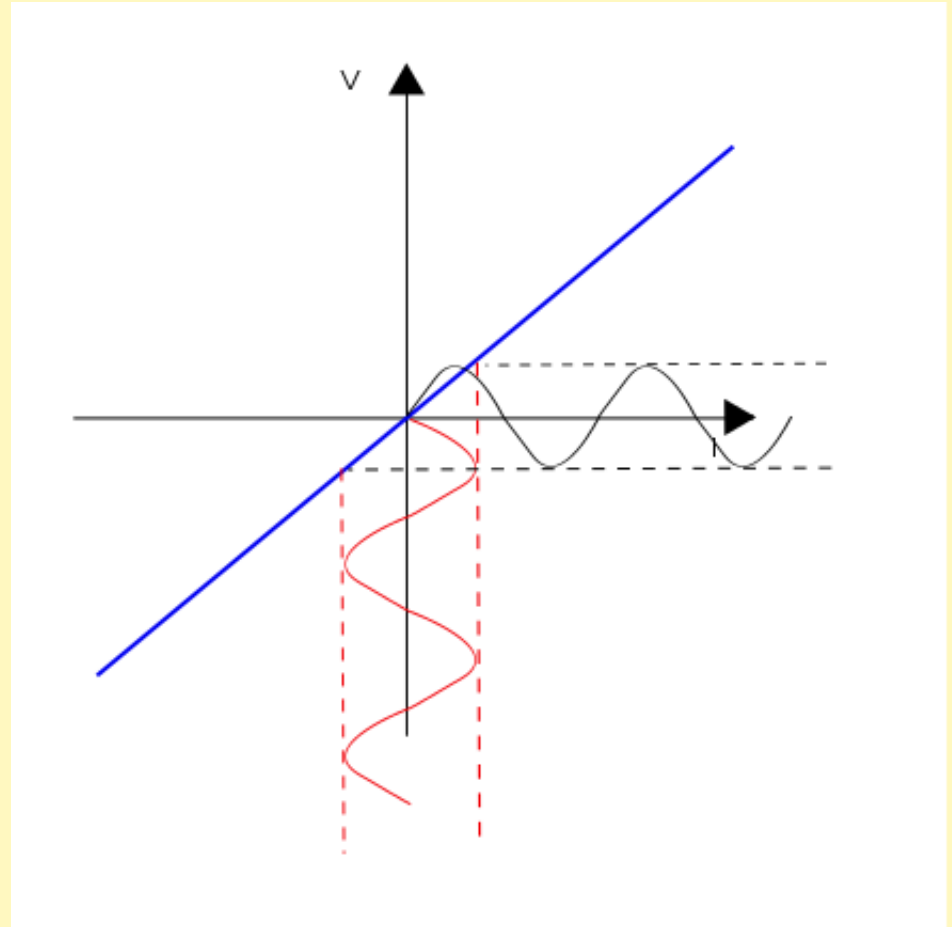
Por el otro lado, si lo que estoy midiendo es una onda cuadrada, mido el valor pico a pico directamente

Como usar un lock-in (midamos una resistencia)

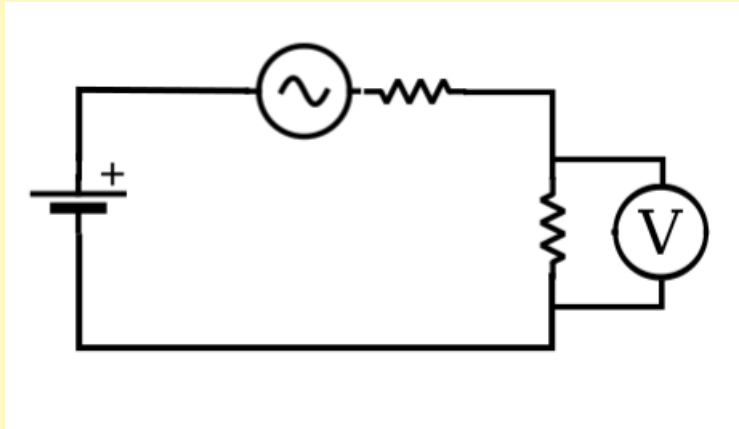


Excitación alterna

$$\Delta V = R \Delta I$$

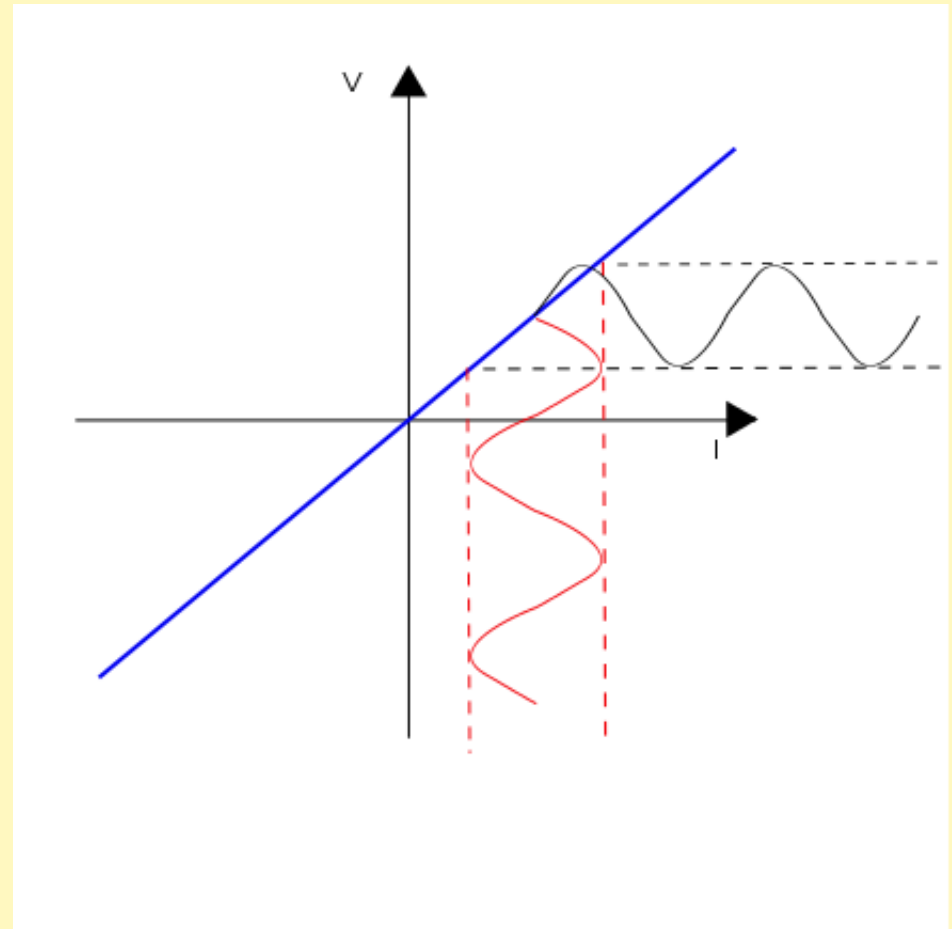


Como usar un lock-in (midamos una resistencia)

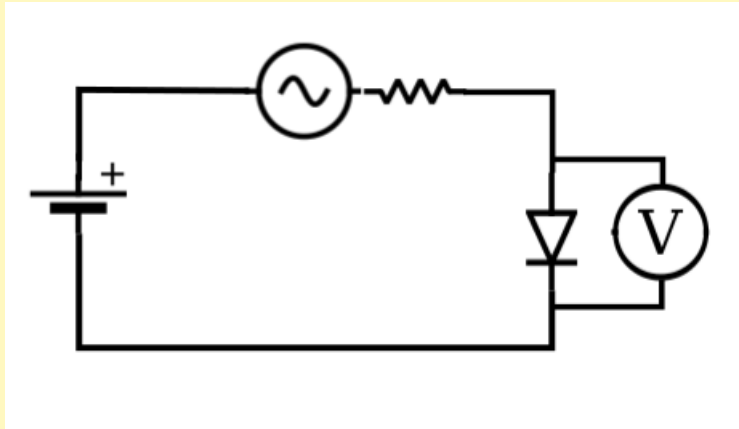


Excitación alterna con bias

$$\Delta V = R \Delta I$$



Como usar un lock-in (midamos algo no lineal)



Excitación alterna con bias

$$V = f(I)$$

$$V = V(I_0) + \frac{df}{dI} \Delta I_0 e^{i\omega t} + \frac{1}{2} \frac{d^2 f}{dI^2} \Delta I_0^2 e^{i2\omega t} + \dots$$

$$V = V(I_0) + \frac{df}{dI} \Delta I + \frac{1}{2} \frac{d^2 f}{dI^2} \Delta I^2 + \dots$$

