Práctica 8: Radar

Objetivo

Montaje y verificación de un radar de efecto Doppler

Material

Generador de RF, componentes para el montaje del radar, amplificador de baja frecuencia, osciloscopio de baja frecuencia.

Base teórica

La Figura 1 muestra un ejemplo de radar CW por efecto Doppler de tipo biestático. La antena emisora se alimenta con un generador de RF (LO) cuya señal es amplificada por un amplificador de potencia (PA). La señal, de frecuencia f_0, incide en un objeto en caída libre. Debido a ello se produce una onda reflejada con una frecuencia distinta, $f_0 + \Delta f$. La antena receptora suministra la señal reflejada a un amplificador de bajo ruido (LNA) que alimenta una de las entradas de un mezclador. La segunda entrada del mezclador procede del generador, de modo que el proceso de mezclado producirá una señal de baja frecuencia Δf que es amplificada por un amplificador en banda base (BBA), entre otros armónicos que podrían ser filtrados por un filtro pasobaja (LPF), en el caso de que produjeran interferencias significativas en la detección.

Las pérdidas de conversión del mezclador se reducen aplicando a su entrada LO una potencia suficientemente elevada. Sin embargo, el uso de potencias excesivas multiplica la generación de armónicos significativos y puede llegar a dañar el mezclador. Es por ello que la entrada LO debe ir precedida por un atenuador (At) que debe seleccionarse teniendo en cuenta tanto la potencia generada como las pérdidas del divisor (Di) que distribuye la potencia del generador.

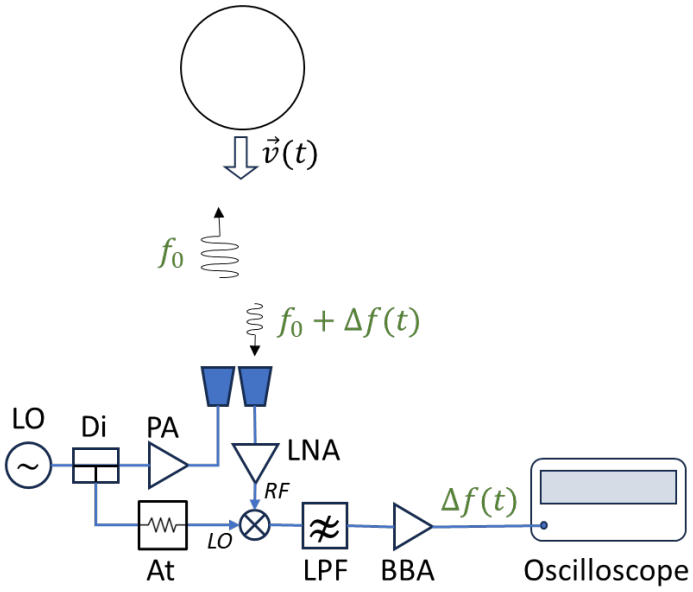


Figura 1. Esquema de un radar CW de efecto Doppler

La frecuencia de la señal medida por el osciloscopio permite determinar la velocidad mediante la ecuación del efecto Doppler, que para el caso de un radar estacionario y velocidades muy inferiores a la velocidad de la luz c se reduce a

$$v(t) = c\frac{\Delta f(t)}{2f_0}$$

La ecuación del radar permite realizar una estimación de la potencia recibida por la antena receptora P_r. Si las antenas son idénticas, tienen una ganancia G, y la potencia emitida es P_t, entonces a una distancia R del objeto la potencia recibida P_r será

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

En esta ecuación σ recibe el nombre de sección eficaz de radar, se mide en m^2 y representa la superficie equivalente del objeto iluminado. Es un factor que depende fundamentalmente de las dimensiones del objeto normalizadas a la longitud de onda, las propiedades eléctricas del objeto, y la orientación del objeto respecto al radar. Para una esfera conductora de radio $a \gg \lambda$, $\sigma = \pi a^2$. Asimismo, para una esfera σ se maximiza cuando $a = \lambda$.

ANEXO

```
% Generate a quadratic chirp sampled at 1 kHz for two seconds.
% Specify the chirp so that its freq is initially 100 Hz and increases
% to 200 Hz after one second.
Fs = 1000;
t = 0:1/Fs:2-1/Fs;
y = chirp(t,100,1,200,'quadratic');

% Estimate the spectrum of the chirp using the short-time Fourier transform
% implemented in the spectrogram function.
% Divide the signal into sections of length 100, windowed with a Hamming window.
% Specify 80 samples of overlap between adjoining sections and evaluate
% the spectrum at frequencies.
spectrogram(y,100,80,100,Fs,'yaxis')
view(-77,72)

% Track the chirp frequency by finding the maximum of
% the power spectral density at each of the time points.
% View the spectrogram as a two-dimensional graphic.
[s,f,t,p] = spectrogram(y,100,80,100,Fs);
[q,nd] = max(10*log10(p));
hold on
plot3(t,f(nd),q,'r','linewidth',4)
hold off
view(2)
```

Tareas a realizar

1. Verificar el diseño y el funcionamiento del radar en el laboratorio. Realizar los ajustes que se consideren necesarios para maximizar la sensibilidad.

   Explicar cómo se ha realizado la verificación:

2. Transportar el radar al lugar de las medidas. Ponerlo en funcionamiento y realizar un mínimo de 5 ensayos, registrando las formas de onda medidas y la estimación de la velocidad máxima alcanzada.

   Gráficas de las medidas realizadas junto con la estimación de las velocidades:

3. Realizar un análisis espectral en el dominio del tiempo con un script similar al adjunto en el Anexo. El script se modificará para utilizar como datos de entrada los voltajes medidos.

   Script generado y los resultados obtenidos:

4. Suponiendo que los componentes del radar tienen un comportamiento ideal, estimar el alcance máximo que podría conseguirse para detectar una esfera conductora en caída libre, de 10 cm de diámetro. Utilizar para ello el valor de la ganancia de las antenas que facilitará el profesor, así como los datos de las especificaciones de los componentes y la sección eficaz de radar del objeto. Se hará la hipótesis de que el osciloscopio tiene una impedancia de 1 MOhm y permite medir señales con amplitudes de pico mínimas de 1 mV.

   Resultados obtenidos y breve explicación de cómo se han realizado los cálculos: