

PRÁCTICA 3

Radar Pulsado Coherente

FMCW-Radar

Javier Gismero Menoyo, Alberto Asensio López
Grupo de Microondas y Radar
Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
E. T. S. I. de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid

Segunda edición. Octubre 2017

1. Descripción de la práctica. Montajes y medidas en el laboratorio.....	3
2. Radar Pulsado Coherente	4
3. FMCW Radar	12

1. Descripción de la práctica. Montajes y medidas en el laboratorio

Al completar esta práctica, deberá estar familiarizado con los conceptos básicos de los radares pulsados coherentes y de los radares de onda continua y frecuencia modulada. Será capaz de comprender la variación de la fase de los ecos con la distancia y velocidad. Para ello podrá visualizar las componentes en fase y cuadratura de un radar pulsado coherente. Podrá experimentar el efecto de ancho de banda de señal transmitida sobre la resolución en distancia, tanto en un radar pulsado como en un FMCW-radar. También será capaz de comprender que la información de distancia está en la fase en un FMCW-radar y que su procesamiento básico es una FFT en tiempo rápido.

En el transcurso de la práctica irá grabando la señal de salida de los receptores de los dos sistemas en diferentes situaciones.

Estos datos serán utilizados para la realización del trabajo nº 3 TB3, no para la a memoria de la práctica. La memoria de la práctica consiste en rellenar con criterio los apartados de este guión de prácticas. Recuerde que la memoria de la práctica no la tiene que rellenar en el laboratorio donde sólo debería tomar notas, datos y resultados.

La figura 1 muestra el montaje de un radar pulsado usando los módulos del sistema Lab-Volt.

Compruebe que el canal 1 y 2 del osciloscopio se corresponden con los canales 1 y 2 de la tarjeta HS5 TiePie, y que en el canal 1 dispone de la base de tiempos que entrega el muestreador de doble canal para la generación de la pantalla tipo A, y en el canal 2 la salida Q del demodulador.

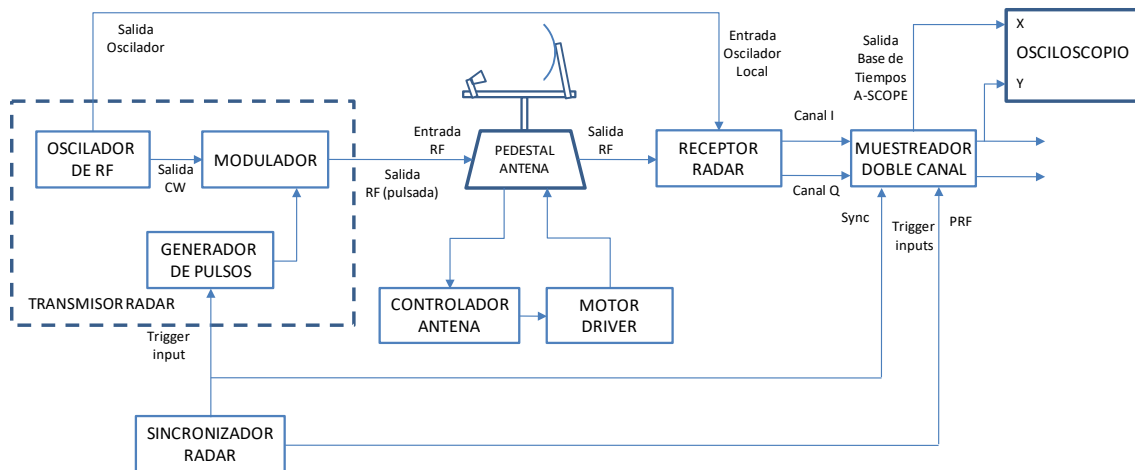


Figura 1 Montaje del radar pulsado coherente

MONTAJE:

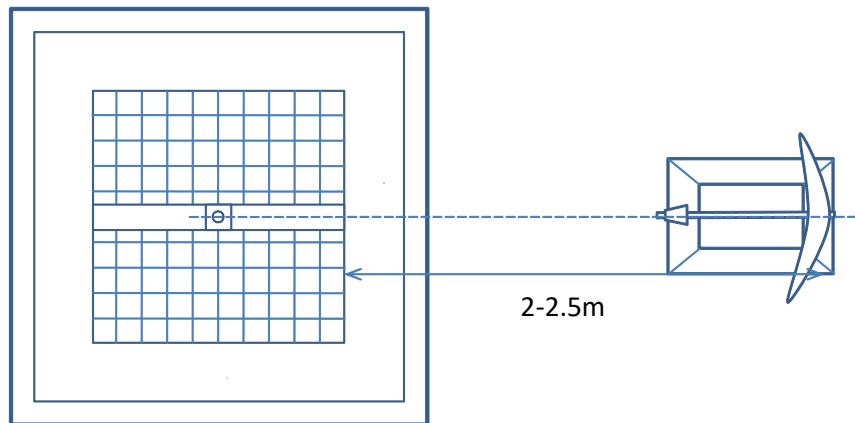
Compruebe que las interconexiones del banco responden al diagrama de bloques de la figura 1. Asegúrese de que en el módulo TRANSMISOR el botón RF POWER está en la posición STANDBY, y que en el controlador de antena el botón activado para el modo de rotación sea MAN (manual) y el control de SPEED a cero (Controlador de Antena). Puede comprobar que se ha sustituido el generador de señal del entrenador LabVolt por un generador de señal de microondas de instrumentación (HP8350B) y un acoplador direccional, y con ello se obtiene

tanto la señal a transmitir como el oscilador local del receptor. Es el mismo montaje que se utilizó en la práctica nº 2. Es un receptor de frecuencia intermedia cero.

Conecte la alimentación del generador HP y el módulo POWER SUPPLY. A continuación conecte todos los módulos del entrenador, la mesa de posicionamiento de blancos y el PC para capturar datos.

En realidad se lo va a encontrar todo encendido.

Sitúe la mesa de blancos como indica la figura (mesa pegada a la pared) y ajuste en el posicionador el blanco: plato reflector grande (PRG). Compruebe que tiene una plancha metálica pegada a la pared.



Recuerde que la memoria de la práctica no la tiene que rellenar en el laboratorio donde sólo debería tomar notas, datos y resultados.

2. Radar Pulsado Coherente

A-SCOPE

El propósito del indicador radar es proporcionar la información al operador de radar. Un tipo de unidad de presentación es el A-SCOPE. En este tipo de pantalla, la deflexión vertical es proporcional a la intensidad del eco y la coordenada horizontal de la deflexión es proporcional a la distancia del blanco.

En el generador HP seleccione como frecuencia de la portadora 9 GHz, y 10dBm de potencia de salida. Estos valores deben estar por defecto. En el GENERADOR DE PULSOS seleccione un ancho de pulso de 1ns, y en el sincronizador 288Hz de PRF.

A continuación, haga los siguientes ajustes en el control de movimiento del blanco:

MODE:	SPEED
X SPEED:	MÍNIMO
Y SPEED:	30 cm/s

Si la antena está bien posicionada (MODE POSITION $\theta=0^\circ$) frente al blanco, no toque los controles que permiten variar la velocidad de rotación. En caso contrario use el botón SPEED (a derecha e izquierda) en el CONTROLADOR DE ANTENA para conseguir alinear ésta con el movimiento del blanco. Hecho esto, sitúe SPEED del controlador de antena a 0. La unidad CONTROLADOR DE ANTENA le permite monitorizar tanto la velocidad de rotación (rpm) como el eje de puntería de la antena.

Si no lo consigue pida ayuda al profesor.

Los ajuste iniciales para el osciloscopio son los siguientes:

Canales en posición “tierra” centrados en la pantalla.

CH1: 1 V/div (Acoplamiento CC)

CH2: 200 mV/div (Acoplamiento CC)

Base de tiempos: 500us/div MODO Y(t) (menú DISPLAY)

Sincronismo CH1

En el MUESTREADOR seleccione un SPAN de 7.2 m. Recuerde que el reconstructor de la señal, hace que el retardo equivalente a los 7.2 m de SPAN se correspondan en tiempo con el inverso de la PRF. Lleve el botón ORIGIN hacia la izquierda hasta su tope. Gire lentamente el controlador del cero de distancia hasta observar en el osciloscopio que la componente Q tiene entre 4 y 6 blancos estáticos dentro de la rampa de distancias. Esos primeros ecos son internos, son los típicos ecos parásitos que se producen por falta de aislamiento y falta de adaptación en los distintos componentes e interconexiones entre Tx y Rx (normalmente no son problemáticos pues se encuentran a distancias muy cercanas, que no son de interés en un sistema real). Con el trozo de absorbente pequeño, tape la bocina para comprobar que no afecta a esos ecos. Sitúe el primer eco estático cerca del origen de rampa. Que se vea justo el pulso completo. Este eco es el que se produce por la falta de aislamiento del duplexor, en este caso un simple circulador. Ahora, si todo ha ido bien, podrá observar en la pantalla el movimiento del blanco PRG y el eco de la pared, que puede resultarle una buena referencia para el TB3.

Como habrá podido comprobar no se dispone del cero real de distancias de radar.

Mida la frecuencia de la rampa con el osciloscopio y anote su valor: _____

Mida el off-set de continua introducido por el demodulador I-Q en el canal Q, y anote su valor : _____

Para transformar esa representación en una pantalla tipo A debe hacer trabajar al osciloscopio en modo X-Y:

CH1: 200m V/div (Acoplamiento CC)

CH2: 200 mV/div (Acoplamiento CC)

Base de tiempos: MODO X-Y (menú DISPLAY)

Con los cursores de posición del osciloscopio centre la representación. La amplitud de los ecos en el canal en cuadratura producidos por un blanco móvil varía con el tiempo. Pasa inevitablemente por ceros o fases ciegas. Juegue con la velocidad del blanco para comprender mejor el efecto, pero al final regrese a 30 cm/s.

Pare el blanco: MODE POSITION

Modo Y(t) en el osciloscopio (menú Display)

Mida la anchura del eco del PRG entre puntos de amplitud mitad. Aumente ligeramente la frecuencia de la portadora para conseguir maximizar la amplitud del eco. Para ello utilice la función single (disparo único), y los cursores de medida del osciloscopio. Recuerde que la anchura del pulso transmitido es de 1ns.

Anchura del Pulso: _____

Justifique que la Anchura del Pulso Medido es un valor razonable:

Estimación de las distancias (m) del primer eco, la pared y el PRG variando la frecuencia de la portadora

Para ello, varíe la frecuencia del generador de señal hasta que cada uno de esos blancos pase dos veces por un máximo. A partir de la medida de la diferencia de frecuencias de la portadora para dos máximos consecutivos puede determinar la distancia. Si mide la diferencia en frecuencia entre varios máximos mejorará mucho la precisión de la medida.

El cero de distancias de este experimento lo marca el demodulador I-Q.

	Número de Máximos	Frecuencia Inicial (MHz)	Frecuencia Final (MHz)	Incremento de Frecuencia (MHz)	Distancia (m)
Blanco nº 1					
PRG					
Pared					

Tiene que asumir que en este procedimiento de medida de la distancia se comete un error importante debido a la imprecisión para determinar las frecuencias de la portadora para las que se obtienen los máximos de la amplitud. Error que crece según se alejan los blancos.

Sabiendo que la representación A-SCOPE en el osciloscopio es de un margen de distancias de 7.2m, diez cuadros del osciloscopio, compruebe que el diferencial de distancias es más o menos correcto, y justifique los cálculos realizados. Razone la distancia medida para el primer eco. Esa distancia la puede estimar revisando el montaje, o con ayuda de los datos y fotografías de la documentación del Tema V. Observe el montaje y las longitudes de los cables respecto al cero de distancia en fase.

Vuelva a fijar como frecuencia de la portadora 9 GHz.

MODE:	SPEED
X SPEED:	MÍNIMO
Y SPEED:	30 cm/s

Seleccione en el HS5 (TiePie) 500KHz como frecuencia de muestreo y 5000 muestras.

Rango del canal 1 de la HS5 8v, y 800mV para el canal 2.

La imagen observada en la aplicación MultiChannel será similar a la vista en el osciloscopio.

Según el criterio de Nyquist la frecuencia mínima de muestreo necesaria en un sistema real es la que proporciona dos muestras por celda de resolución. Puede comprobar numéricamente que la HS5 está sobre-muestreando, es decir hay múltiples muestras en cada celda de distancia. Capture los dos canales con la siguiente configuración:

$f_s = 500 \text{ kHz}$; 10 Mmuestras; 20 s de captura.

DIENTE_ASCEPE_1.mat; CANAL__Q_ASCEPE_1.mat

¿Cuántas muestras se están capturado por celda de distancia?: _____

¿Cuál sería la frecuencia de muestreo mínima en un sistema real (sin el DUAL CHANNEL SAMPLER) ? : _____

Conecte el canal en fase del radar en el canal 1 del osciloscopio y el diente de sierra A-SCOPE en la entrada de sincronismo externa del osciloscopio. Manipule si es necesario el nivel de disparo de la señal de sincronismo.

Canales en posición “tierra” centrados en la pantalla

CH1: 500m V/div (Acoplamiento CC)

CH2: 500 mV/div (Acoplamiento CC)

Base de tiempos: 500us/div

MODO Y(t) (menú DISPLAY)

Sincronismo EXT

Corrija el offset de continua de cada uno de los canales. En el módulo DUAL CHANNEL SAMPLER, dispone de controles para realizar esta función de forma independiente en cada canal. Una vez corregidos, centre cada uno de los canales en la parte superior e inferior de la pantalla del osciloscopio con los controles de posición del osciloscopio. Comente el resultado visto en el mismo, puede jugar con la Vy para que la frecuencia doppler sea muy pequeña, pero luego vuelva a 30 cm/s:

Seleccione persistencia infinita en el osciloscopio, menú DIPLAY, y comente el resultado visto en el osciloscopio:

Ajuste la ganancia del canal Q, para que los dos canales estén equilibrados en amplitud. En el módulo DUAL CHANNEL SAMPLER, dispone de los controles para realizar esta función. Una vez hecho esto, quite la persistencia del osciloscopio, y ajústelo con las siguientes magnitudes

CH1: 500m V/div (Acoplamiento CC)

CH2: 500 mV/div (Acoplamiento CC)

Base de tiempos: 10ms/div MODO Y(t) (menú DISPLAY)

Comente el resultado visto en el osciloscopio, le puede ser útil utilizar la función SINGLE.

¿Están los canales más o menos equilibrados en fase?

Observe cómo cambia el canal en cuadratura respecto al canal en fase, cuando el blanco cambia de sentido, cuando su velocidad cambia de signo. Comente el resultado.

CH1:	200m V/div (Acoplamiento CC)
CH2:	200 mV/div (Acoplamiento CC)
Base de tiempos:	500us/div MODO Y(t) (menú DISPLAY)

Capture los dos canales con la siguiente configuración de la HS5

$f_s = 500 \text{ KHz}$; 10 Mmuestras; 20 s de captura.

Rango del canales en 800mV.

CANAL_I_2.mat;

CANAL_Q_2.mat

Ponga la antena a explorar a derechas, en el modo PRF LOCK y anote la velocidad de giro.

Velocidad de Giro de la Antena: ____

En este modo de trabajo el número de pulsos que el sistema transmite en una vuelta es siempre el mismo, así como la dirección de apuntamiento en el instante de transmisión. Velocidad de Giro y PRF están conmensurados, o sincronizados.

Ahora podrá observar en el osciloscopio los ecos de todo el laboratorio, de la misma forma que ocurría con el osciloscopio utilizado en el radar Marino como pantalla tipo A.

Realice una captura de la escena con la siguiente configuración:

$f_s = 500 \text{ KHz}$; 10 Mmuestras; 20 s de captura.

CANAL_I_SCAN_3.mat;

CANAL_Q_SCAN_3.mat

¿Cuántas vueltas de antena está capturando aproximadamente?

Calcule, en su casa, el tiempo de iluminación y el número de ecos de cada blanco por vuelta de antena.

Ponga la antena a explorar a derechas, en el modo SCAN TRACK, y a su máxima velocidad. Anote la velocidad de giro aproximada cuando ilumina al PRG.

Velocidad de Giro de la Antena: _____

En este modo de trabajo el sistema explora 90º.

Realice una captura de la escena con la siguiente configuración:

$f_s = 500 \text{ KHz}$; 10 Mmuestras; 20 s de captura.

CANAL_I_SCANTRACK_4.mat;

CANAL_Q_SCANTRACK_4.mat

¿Cuántas exploraciones está capturando? _____

Calcule en su casa, el tiempo de iluminación y el número de ecos de cada blanco por vuelta de antena.

Ponga el modo de rotación en manual, e intente ajustar la posición de la antena a cero grados. Si no lo consigue pida ayuda al profesor.

¿El encoder del sistema es absoluto o relativo?

3. FMCW Radar

A continuación, haga los siguientes ajustes en el control de posición:

MODE:	SPEED
X SPEED:	MÍNIMO
Y SPEED:	30 cm/s

En este apartado se van a repetir los experimentos pero para un sistema con otra forma de onda, onda continua y frecuencia modulada. Para ello tiene que desconectar el cable granate de salida del modulador de pulsos y conectarlo a la puerta acoplada del acoplador direccional. Es la misma configuración de CW-Radar utilizada en la Práctica nº 2.

- El canal 2 del osciloscopio tiene que estar conectado a FMCW OUTPUT DEL RECEPTOR.

En esta salida del entrenador Lab-Volt dispone de la señal de batido tras pasar por un filtro paso alto de frecuencia de corte de 1KHz según reza en el frontal del equipo.

- La muestra de la señal moduladora que entrega el generador debe estar conectada al canal 1 del Osciloscopio, salida SWEEP OUT del frontal.

Canales en posición “tierra” centrados en la pantalla

CH1:	5 V/div (Acoplamiento CC)
CH2:	1 V/div (Acoplamiento CC)
Base de tiempos:	MODO Y(t) 2.5ms
Sincronismo CH1	

- Generador de Señal, barrido entre 8.5-9.5 GHz, y tiempo de barrido en 10 ms.

Para ello tiene que utilizar los controles Frequency Start, Frequency Stop y Frequency/Time del generador de señal.

Habrà podido comprobar que la señal moduladora no es un diente de sierra, sino una señal trapezoidal con intervalos de tiempo CW y con dos barridos en frecuencia de la misma magnitud pero distintas pendientes.

Comente si en la señal de batido que se observa en el osciloscopio puede ver o no al blanco PRG y su movimiento, justifique la respuesta.

Mida la frecuencia de la señal moduladora y los intervalos de tiempo de las rampas de subida y bajada, así como los tiempos donde el generador no varía su frecuencia:

Compare el comportamiento de la señal de batido con tiempos de rampa entre 10 ms y 100 ms y justifique lo que ve (Control Frequency/Time)

Trabajando con una rampa de 10 ms, ajuste la posición de la señales del osciloscopio para ver justo una rampa ascendente en pantalla utilizando el control de posición temporal.

Con el MATH-MENU del osciloscopio, seleccione FFT para el canal 2 con un ZOOM de FFT x10 y ventana rectangular. Actúe sobre el control de posición horizontal del osciloscopio hasta encontrar el cero de la FFT.

Comente el resultado:

Mida la frecuencia de batido que produce la pared y deduzca su distancia:

-Frecuencia de batido: _____

-Distancia de la pared: _____

Trabajando ahora con la rampa descendente, ajuste la posición de la señales del osciloscopio para ver justo una rampa descendente centrada utilizando el control de posición temporal. La base de tiempos del osciloscopio en 500 μ s/div.

Con el MATH-MENU del osciloscopio, seleccione FFT para el canal 2 con un ZOOM de FFT x10 y ventana rectangular.

Mida la frecuencia de batido que produce la pared, y deduzca su distancia:

-Frecuencia de batido:

-Distancia de la pared:

Comente el resultado:

Vuelva a ajustar al sistema para trabajar con la rampa principal, la positiva, ajuste la posición de la señales del osciloscopio para ver justo una rampa utilizando el control de posición temporal.

Con el MATH-MENU del osciloscopio, seleccione FFT para el canal 2 con un ZOOM de FFT x10 y ventana rectangular.

Compare de forma cualitativa el comportamiento del sistema con las diferentes ventanas de procesado de las que dispone el osciloscopio y elija la que más le convenza de forma justificada.

Con la ventana que ha seleccionado, compare el comportamiento del sistema con los siguientes barridos en frecuencia:

- a) 8-8.2 GHz; b) 8-8.5 GHz; c) 8-9 GHz; d) 8-10 GHz

Pare el blanco: MODE POSITION

Mida la posición de todos los blancos estáticos con 2 GHz (8-10 GHz) de barrido, tanto los ecos internos hasta un máximo de 8, la pared y el blanco, PRG:

Blancos	Frecuencia de Batido (Hz)	Distancia (m)
Blanco nº 1		
Blanco nº 2		
Blanco nº 3		
Blanco nº 4		
Blanco nº 5		
Blanco nº 6		
Blanco nº 7		
Blanco nº 8		
PRG		
Pared		

Para finalizar se va a proceder a la captura de datos un barrido de 2GHz, (8-10 GHz), y un tiempo de rampa de 10 ms.

Mida la frecuencia de la señal moduladora, fm:

A continuación, haga los siguientes ajustes en el control de posición:

MODE:	SPEED
X SPEED:	MÍNIMO
Y SPEED:	30 cm/s

Ajuste el rango de los canales de la HST5 a ± 20 v, canal1 y ± 4 V canal2, y capture datos de los dos canales.

La siguiente configuración de la tarjeta HS5: fs=100kHz ; 2Mmuestras; 20s de captura.

CANAL_1_2GHz_FM_5.mat;

CANAL_2_2GHz_FM_5.mat;

Siguiendo con 2GHz de excursión en frecuencia, capture dos ficheros con los mismos movimientos de la antena utilizados para el radar pulsado

CANAL_1_2GHz_FM_SCAN_6.mat;

CANAL_2_2GHz_FM_SCAN_6.mat;

CANAL_1_2GHz_FM_SCAN_TRACK_7.mat;

CANAL_2_2GHz_FM_SCAN_TRACK_7.mat;