Vol. IV, No. 1, enero - abril, 2013, pp. 79 - 85

TELECOMUNICACIONES

Análisis de alternativas para la reducción de lóbulos laterales de pulsos modulados linealmente en frecuencia

Liz Martínez Marrero
Correo electrónico:liz.mm@electrica.cujae.edu.cu
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Daniel Rivas Alonso
Correo electrónico:daniel.rivas@cneuro.edu.cu
Departamento de Electrónica, Centro de Neurociencias de Cuba, La Habana, Cuba

Nelson Chávez Ferry
Correo electrónico:nelson@electrica.cujae.edu.cu

Jorge Tores Gómez
Correo electrónico:jorge.tg@electrica.cujae.edu.cu
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Artículo Original

Resumen
El presente artículo aborda el tema de los métodos de ventana como técnicas para la reducción de lóbulos laterales de pulsos modulados linealmente en frecuencia (MLF) comprimidos mediante un filtro adaptado. Se presentan las principales características de las ventanas utilizadas, haciendo énfasis en aquellas que tributan a un mejor desempeño de las mismas. Se procede al diseño y simulación de dichas ventanas tanto en una interfaz gráfica de usuario en MatLab como en el Simulink con vistas a implementarlas en un FPGA. Los diseños implementados permiten la simulación de la aplicación de los métodos de ventana a pulsos MLF comprimidos mediante un filtro adaptado, permitiendo la selección de la ventana más apropiada según el caso.

Palabras clave: radar, compresión de pulso, MLF, reducción de lóbulos laterales, técnicas de ventana

Recibido: 12 de septiembre del 2012 Aprobado: 21 de noviembre del 2012

INTRODUCCIÓN

Entre los radares más usados se encuentra el radar de pulsos, que transmite pulsos de gran energía para detectar objetos lejanos mediante el análisis de los ecos producidos por los blancos. Para realizar la detección con bajos niveles de probabilidad de error es necesario que la señal contenga una gran cantidad de energía, lo cual se puede obtener mediante pulsos de duración prolongada o mediante pulsos estrechos de gran potencia. Por una parte, los pulsos de gran duración atentan contra el poder resolutivo del radar, sin embargo, el empleo de altos niveles de potencia equivale a un elevado consumo de energía, lo cual afecta al medio ambiente y dificulta el diseño del radar ya que se necesitan componentes capaces de soportar dichos valores.

Una vía para aumentar la duración del pulso sin afectar la resolución es mediante el procesamiento digital de señales, específicamente la técnica de compresión de pulsos. Esta técnica consiste en el ensanchamiento del pulso antes de transmitirlo mediante el tratamiento de su frecuencia o de su fase, para luego comprimirlo en el receptor empleando generalmente un filtro adaptado.

Entre las modulaciones más usadas para comprimir el pulso se encuentra la modulación lineal de frecuencia (MLF), la cual presenta la desventaja de que al ser comprimida la

señal produce lóbulos laterales de gran tamaño, estos pueden ocultar objetivos que reflejen en menor grado la onda transmitida, [1] como se muestra en la figura 1. No obstante, este tipo de modulación tiene a su favor que es la más fácil de generar, su implementación en hardware es muy sencilla y presenta una forma del pulso comprimido y una relación señal a ruido (SNR, por sus siglas en inglés) que no varía en gran medida ante los desplazamientos Doppler.

Para atenuar el nivel de los lóbulos laterales (NLL) en la compresión de señales MLF se abordan soluciones mediante la aplicación de ventanas. [1-6] No obstante, el empleo de las mismas deteriora el poder resolutivo de la modulación empleada, su aplicación requiere de una solución de compromiso en los parámetros de diseño. El presente artículo realiza un análisis y clasifica la aplicación de ventanas en cuanto a su desempeño en dos parámetros esenciales, la reducción de lóbulos laterales y el poder resolutivo resultante.

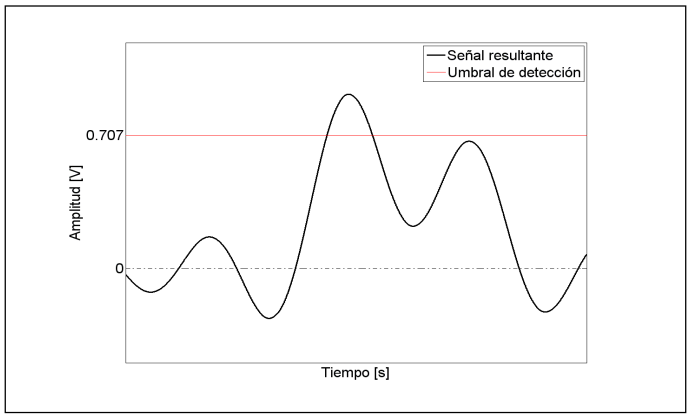


Fig. 1. Enmascaramiento de un blanco debido a los lóbulos laterales de otro.

MÉTODO DE ANÁLISIS Y SU APLICACIÓN

Con el fin de reducir la aparición de lóbulos laterales en la compresión de señales MLF se puede ponderar temporalmente la envolvente de la señal MLF a transmitir con la característica $w(t)$, o la respuesta de frecuencia del filtro adaptado del receptor con la misma característica $w(\omega)$ mediante un cambio de variables de t por ω [3], tal como se muestra en la figura 2. La aplicación de la técnica de ventana en el receptor representa la mejor opción para preservar la capacidad de detección, cuando se implementa esta variante el filtro adaptado se encuentra acoplado a la distribución del espectro de amplitud de la señal MLF y por tanto se obtiene una mejor relación señal a ruido a la salida del mismo. Por otra parte, ponderar en el transmisor requiere de esquemas circuitales más complejos dado que habrá variación no solo en la frecuencia de la señal transmitida sino también en su amplitud, la conformación de transmisores de alta potencia con esta característica no es realizable en la mayoría de los casos.

La característica de la forma de onda en el receptor mediante la aplicación de las técnicas de ventana a señales MLF se verifica por la ecuación (1). [3] Esta relación plantea que la respuesta al impulso del filtro adaptado denotado por $g(t)$ está relacionada con la característica frecuencial de la ventana $w(t)$ mediante la transformada inversa de Fourier. El diseño de ventanas se guía por este principio, deben ser funciones cuyas transformadas de Fourier poseen bajos niveles de lóbulos laterales y provoquen poco ensanchamiento del lóbulo principal, es por ello que su análisis se realizará a partir de la ecuación (1). Todas las ventanas que fueron analizadas están definidas en el dominio de la frecuencia en el intervalo de $-B/2$ f $- B/2$, donde B es el ancho de banda del pulso MLF y se aplican en el receptor de forma frecuencial a la salida del filtro adaptado.

$$|g(t)| = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi}} \int_{-T/2}^{T/2} w(\tau) e^{j\mu\tau t} d\tau \qquad (1)$$

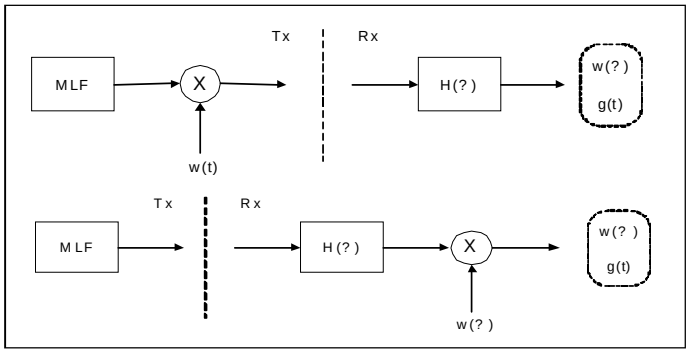


Fig. 2. Empleo de la ventana:a) En el dominio del tiempo en el transmisor; b) En el dominio de la frecuencia en el receptor.

La figura 3 muestra, en la imagen superior, cómo es recibida en el receptor la señal MLF; en la inferior el pulso comprimido a la salida del filtro adaptado y el resultado de aplicarle la ventana de Hamming a este pulso mediante un esquema similar al de la figura 2b).

Como se puede apreciar el filtro adaptado provoca un estrechamiento considerable de la señal MLF recibida y al aplicarle la ventana de Hamming se atenúan los lóbulos laterales pero a la vez se ensancha el pulso comprimido, lo cual equivale a una pérdida en la capacidad resolutiva del sistema. La relación entre estos parámetros constituye un compromiso existente en todas las ventanas que se presentarán a continuación, en las que una mayor disminución de los lóbulos laterales provocará inevitablemente mayor ensanchamiento del lóbulo principal.

Para comparar el desempeño de todas las técnicas de ponderado se consideran fundamentalmente el nivel de lóbulos laterales (NLL) y el ancho del lóbulo principal (ALP). El primero se toma como la diferencia de amplitud existente entre el lóbulo principal y el mayor de los lóbulos laterales de la señal ponderada, según se muestra en la figura 3, analizada en escala logarítmica y en el dominio del tiempo. El ALP se mide como la razón entre el ancho de la señal ponderada y el ancho del pulso comprimido a la salida del

filtro adaptado, como se muestra en la figura 3. Dicho ensanchamiento se calcula en los puntos de media potencia (-3dB) de la señal ponderada, analizada en las mismas condiciones que para el NLL. Se consideran estos puntos ya que es en ellos donde se sitúa el umbral de detección, dos pulsos comprimidos que coincidan por encima de este nivel serán detectados por el radar como un solo blanco. [4] Un mayor NLL puede dar lugar al enmascaramiento de blancos de una superficie más amplia efectiva de reflexión, a su vez el aumento del ALP afecta la característica resolutiva del sistema.

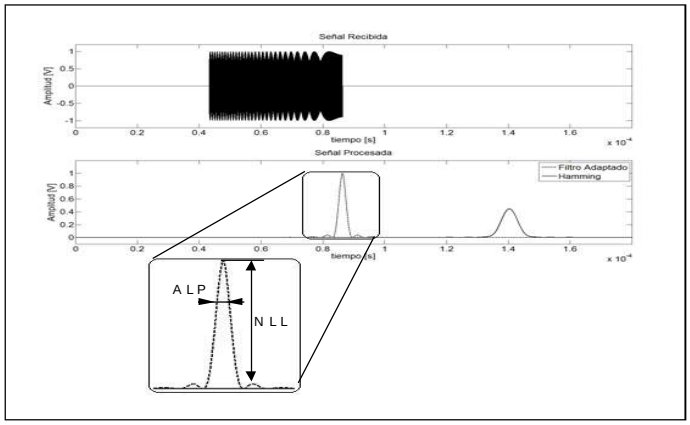


Fig. 3. Señal MLF, pulso comprimido a la salida del filtro adaptado y resultado de la aplicación de la ventana Hamming.

Las técnicas de ponderado estudiadas se pueden dividir en seis grupos de acuerdo con el método de su conformación. A continuación son presentados los referidos grupos.

Grupo I. Distribución Dolph-Chebyshev [3]

Esta distribución fue hallada por Dolph mediante el empleo de polinomios de Chebyshev, se especifica la función que permite obtener el haz más estrecho para un nivel de lóbulos laterales deseado en el patrón de radiación de una antena. Al emplear este resultado en el estudio de la función de distribución del espectro a la salida de un filtro adaptado se obtiene una expresión que permite obtener el pulso comprimido más estrecho para un nivel dado de lóbulos laterales, pero estos presentan un valor constante en el tiempo y se extienden infinitamente. Es por ello que la distribución Dolph-Chebyshev solo se emplea en la práctica como un modelo ideal con el cual se comparan aproximaciones realizables del mismo.

Grupo II [4, 7]

Este grupo está conformado por funciones obtenidas generalmente mediante truncamientos a la distribución Dolph-Chebyshev con el objetivo de encontrar aproximaciones realizables de esta. La técnicas de ponderado incluidas en el mismo son:

- Función coseno a la *n* sobre pedestal.
- Función coseno a la *n* sin pedestal.
- Ventana de Hanning.

Dichas ventanas presentan como forma básica la función coseno y se caracterizan por no afectar en gran medida la capacidad resolutiva del sistema.

Grupo III [4, 5, 7]

Mediante la manipulación de los coeficientes de la función coseno a la *n* sobre pedestal del Grupo II se obtienen las siguientes técnicas de ponderado:

- Ventana de Hamming.
- Ventanas de Blackman y Blackman Exacta.
- Ventanas de Blackman-Harris.
- Ventanas de Nuttall.

Estas fueron realizadas con el objetivo de obtener mejores resultados en cuanto al NLL, por lo que dichas ventanas en su mayoría se caracterizan por presentar muy bajo NLL.

Grupo IV. Ventanas Conformadas [4, 7]

Este grupo contiene ventanas obtenidas mediante suma, multiplicación o convolución de otras ventanas más simples. Cada autor desea lograr una determinada característica en su ventana, que puede ser tanto disminuir el nivel de lóbulos laterales, como estrechar el lóbulo central o simplemente obtener una expresión más sencilla y que consuma menos recursos al implementarla. Es por ello que los resultados obtenidos con estas varían desde excelentes NLL, como la ventana de Hanning-Poisson, que no presenta lóbulos laterales hasta muy poco ALP, como la ventana de Tukey que solamente afecta la capacidad resolutiva del sistema en un 1 %. Las técnicas de ponderado incluidas en este grupo son:

- Ventana Triangular.
- Ventana de Riesz.
- Ventana de Riemann.
- Ventana de Bohman.
- Ventana de Tukey.
- Ventana de de la Vallé-Poussin.
- Ventana de Poisson.
- Ventana de Hanning-Poisson.
- Ventana de Cauchy.

Grupo V. Ventana Kaiser-Bessel [4, 6, 7]

Esta ventana fue obtenida por Kaiser mediante el criterio de limitar la energía a un valor y determinar la función de duración *T* que maximiza la energía en la banda de frecuencias *B*. Se caracteriza por brindar algunas facilidades para el diseño, ya que permite definir independientemente tanto el NLL como el ALP deseados, estos parámetros determinarán la cantidad de recursos necesarios para su implementación.

Grupo VI. Ventana de Gauss [4, 7]

Es conocido que el producto tiempo-ancho de banda (TB) de una señal se verifica constante, [8] el pulso gaussiano se caracteriza por presentar el menor producto TB, por lo que resulta razonable su empleo como ventana. Sin embargo, para poder emplearlo en este sentido es necesario que tenga extensión finita, por lo que debe truncarse. Esta operación provoca que la ventana no posea el mínimo TB, pero si se limita después del punto que denota tres veces la desviación estándar de la distribución gaussiana, entonces el error es pequeño y la ventana resulta una buena aproximación del mínimo producto TB.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS VENTANAS EN SIMULINK Y GUI DE MATLAB

Para la implementación de los métodos de ventana en un FPGA se simularon dichos métodos en la herramienta Simulink del MatLab, la cual cuenta con la capacidad de traducir a HDL algunos bloques funcionales, entre ellos la operación de convolución mediante el filtrado de respuesta finita al impulso (FIR por sus siglas en inglés), estas operaciones se encuentran definidas en la biblioteca hdllib. La técnica de ventana en el tiempo resulta de aplicar convolución entre la señal comprimida por el filtro adaptado y la transformada inversa de Fourier de la característica frecuencial de la ventana, [7] esta operación es la misma que define un FIR. Por este motivo se define en el entorno de Simulink un esquema como el mostrado en la figura. 4, en los coeficientes del filtro se almacena la característica temporal de la ventana, la señal comprimida por el filtro adaptado es la simulada en la figura 2 b) y está almacenada en el espacio de trabajo de MatLab (Workspace).

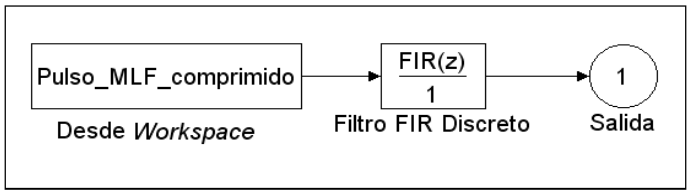


Fig. 4. Modelo para la simulación de los métodos de ventana.

El dispositivo a programar es un FPGA del tipo EP2C20F484C7 de la familia Cyclone II, el cual cuenta con 52 módulos de memoria de 4 kb y pueden ser configurados para trabajar en régimen de 256x16 bits, esto hace posible que puedan guardarse 1 3312 datos de 16 bits dentro del FPGA. No obstante, el FIR necesita de espacio en memoria para los retardadores y para el almacenamiento de los coeficientes en igual número, por este motivo se emplean solamente 6 655 espacios de 16 bits para almacenar la característica temporal de la ventana.

Por definición, las ventanas son de duración temporal infinita, dado que frecuencialmente presentan una extensión finita, [9] como las limitaciones de memoria del FPGA impiden que sean implementadas de esta manera es necesario limitar las ventanas. En aras de minimizar el efecto Gibbs [8] por truncamiento rectangular y controlar el parámetro NLL, se multiplicaron las expresiones temporales de las ventanas por una ventana de Kaiser, [6] con la condición de no aumentar frecuencialmente más del 5 % los parámetros originales de ALP y NLL.

La figura 5 muestra en decibeles, los efectos de aplicar a la señal de filtro adaptado la ventana de Hamming con truncamiento rectangular y con ventana de Kaiser, ambos con 6 655 elementos. La ventana de Kaiser no aumenta significativamente el ancho del lóbulo principal pero acerca más a cero en veces la amplitud negativa del primer lóbulo secundario. Este resultado provoca la mejor distinción de dos blancos cercanos.

La programación de las ventanas se implementó además en una interfaz gráfica de usuario en MatLab para la modelación de la recepción de pulsos de radar con modulación MLF. Para ello se complementó lo realizado en [10] mediante la adición de un menú desplegable donde se puede seleccionar la ventana que se desee simular, se le agregó además la posibilidad de que el usuario pueda especificar los valores de los parámetros de aquellas ventanas que están parametrizadas (figura 6).

En la figura 6 se pueden apreciar las bondades de la aplicación de las técnicas de ventana, el primer gráfico superior izquierdo muestra la superposición de tres pulsos MLF sin aplicación de ventana en el transmisor, estos con las características indicadas por el usuario en el panel inferior derecho. La aplicación del receptor con filtro adaptado distingue los tres pulsos recibidos pero no permite el nivel de umbral establecido con la línea roja, el gráfico superior derecho indica la detección de múltiples pulsos de radar dado por los lóbulos laterales del pulso comprimido. Sin embargo, con el empleo de la ventana es posible la disminución de estos lóbulos e identificar solo tres pulsos, es decir, dada la aplicación de técnicas de ventana se hace posible la disminución del nivel de umbral de detección y permitir con esto la detección de blancos con baja superficie efectiva de reflexión.

Los parámetros NLL y ALP fueron medidos numéricamente mediante lo implementado en Simulink, para las distintas ventanas mencionadas. La figura 7 muestra la ubicación de las ventanas en un gráfico de histograma donde el eje de las abscisas denota los valores de NLL y ALP, mientras que los colores relacionan los grupos de ventanas clasificadas anteriormente con estas características.

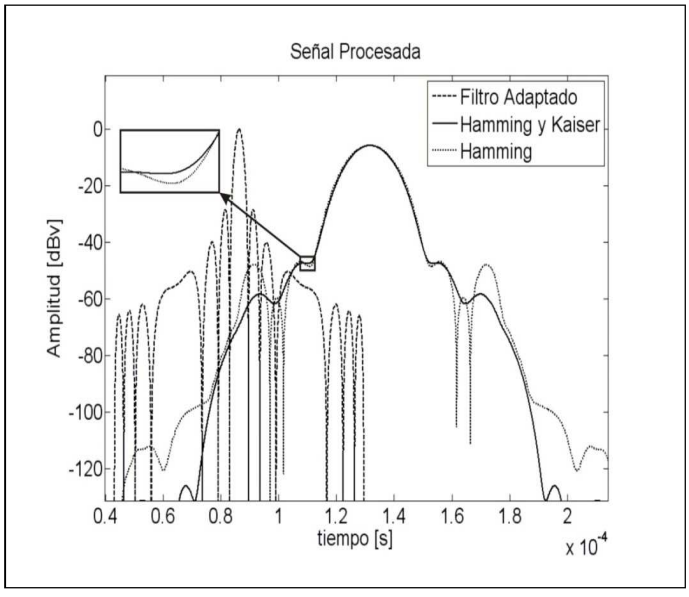


Fig. 5. Comparación entre la ventana de Hamming limitada por un pulso rectangular y la misma ventana limitada por una ventana de Kaiser, ambas de 6 655 elementos y aplicadas a un pulso MLF comprimido.

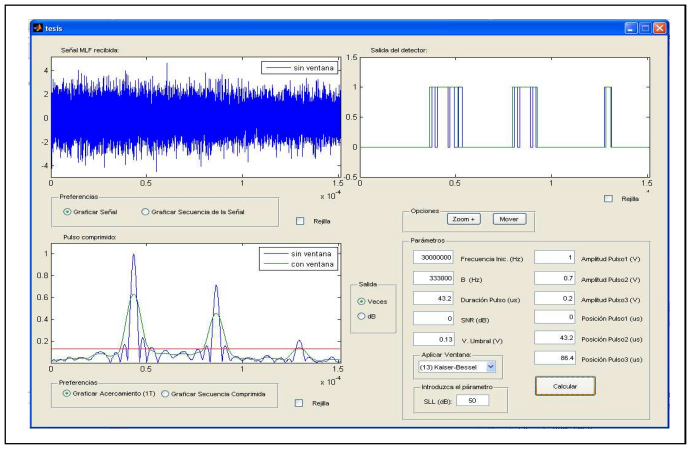


Fig. 6. Simulación de función coseno a la *n* sobre pedestal en interfaz gráfica.

Los resultados mostrados en la figura 7 indican que en las ventanas del Grupo IV se ubica todo el intervalo de ALP, no así para el parámetro NLL. La conformación de nuevas ventanas mediante la operación con otras más simples evidencia aún un intervalo de NLL entre los -90 dB y los -60 dB no cubierto, este resultado puede dar pie al estudio de otras técnicas de conformación. A modo general se puede observar, con excepción del Grupo IV, que los Grupos no se ubican simultáneamente en valores bajos de ALP y NLL; lograr bajos niveles de lóbulos laterales y a la vez poco ensanchamiento del lóbulo lateral resulta una solución de compromiso.

Por otro lado los resultados de la figura 7 sugieren una clasificación entre bajo, medio y alto desempeño para ambos parámetros, lo cual ayuda a una mejor selección de la ventana según el caso de aplicación.

Los resultados de las tablas 1 y 2 indican además que no se encuentran ventanas en alto desempeño para ALP y NLL simultáneamente incluso para el Grupo IV. Para el caso de aplicación de aumento de resolución de radar con la disminución de los lóbulos laterales del filtro adaptado, resulta aconsejable el empleo de ventanas con desempeño medio en la amplitud del lóbulo principal y alto desempeño en la amplitud de los lóbulos laterales, estas ventanas son las siguientes:

- Ventana de Kaiser.
- Ventana de Gauss.
- Ventana de Hamming.
- Ventana coseno.

Tabla 1
Clasificación de las ventanas con respecto al ALP

Alto desempeño (ALP < 1,35)	Desempeño medio (1,35 < ALP < 1,7)	Bajo desempeño (ALP > 1,7)
Ventana de Tukey	Ventana de Riemann	Ventana de Blackman exacta
Ventana coseno cuadrado sobre pedestal	Ventana Triangular	Ventana coseno a la n sobre pedestal
Ventana de Riesz	Ventana de Hamming	Ventana de Hanning - Poisson
Ventana coseno	Ventana de Gauss	Ventanas coseno a la n
	Ventana de Cauchy	Ventana de Blackman
	Ventana de Kaiser	Ventana de Bohman
	Ventana de Hanning	Ventana de Poisson
		Ventana De la Vallé - Poussin
		Ventanas de Nuttall
		Ventanas de Blackman - Harris

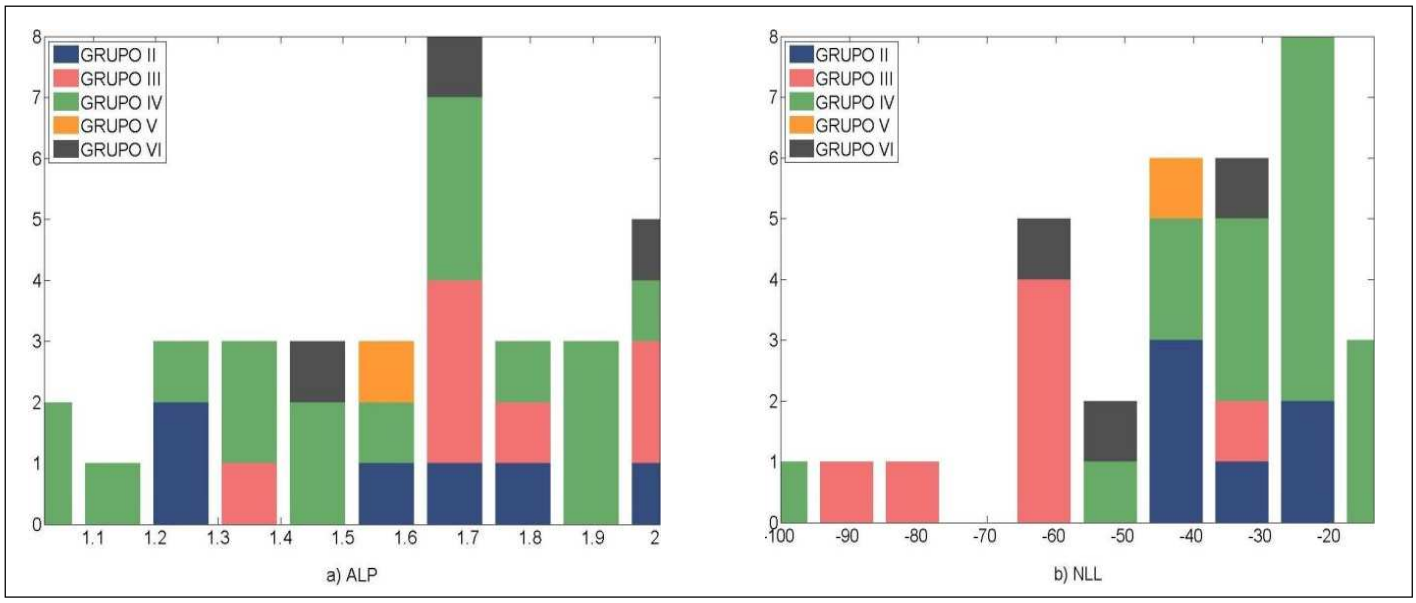


Fig. 7. Resultados de las simulaciones en la interfaz gráfica de MatLab: a) Parámetro ALP; b) Parámetro NLL en dB.

Tabla 2
Clasificación de las ventanas con respecto al NLL

Sin lóbulos laterales	Alto desempeño (NLL < -40 dB)	Desempeño medio (-40 dB < NLL < -30 dB)	Bajo desempeño (NLL > -30 dB)
Ventanas de Blackman - Harris	Ventana de Blackman exacta	Ventana coseno a la n sobre pedestal	Ventana de Riesz
Ventana de Hanning - Poisson	Ventanas coseno a la n	Ventana de Hanning	Ventana coseno cuadrado sobre pedestal
Ventanas de Nuttall	Ventana de Blackman	Ventana de Riemann	Ventana triangular
Ventana de Poisson	Ventana de Kaiser	Ventana de Cauchy	Ventana de Tukey
	Ventana de Bohman	Ventana coseno	
	Ventana de Gauss		
	Ventana De la Vallé - Poussin		
	Ventana de Hamming		

CONCLUSIONES

La aplicación de ventanas en el receptor constituye un método efectivo para la eliminación de los lóbulos laterales provenientes de la compresión del pulso MLF mediante un filtro adaptado. No obstante, su aplicación provoca pérdidas en la resolución del sistema debido a que produce un ensanchamiento del lóbulo principal. El empleo de las técnicas de ventana requiere de una valoración previa según el caso de interés en lo cual ayudan los resúmenes mostrados entre la figura 7 y las tablas 1 y 2.

De todas las ventanas las del Grupo IV pueden resultar a primera vista las más atractivas por encontrarse con casi todo el intervalo de ALP y NLL. No obstante, estas no conforman el grupo de ventanas aconsejadas dado que no clasifican a la vez para desempeño medio de ALP y desempeño alto para NLL. Las ventanas de este grupo se encuentran con sus características de ALP y NLL opuestas, algunas presentan muy buen NLL como las ventanas de Hanning-Poisson, Bohman y De la Vallé-Poussin, que a su vez ensanchan considerablemente el pulso; mientras que otras se caracterizan por no provocar tanto ensanchamiento del lóbulo principal, entre estas se encuentran las ventanas de Tukey, Riesz y Riemann, cuyos NLL no son relevantes.

La implementación de estas técnicas de ventanas en HDL se realizó teniendo en cuenta la cantidad de recursos de cómputo que consumiría su implementación en un FPGA. Las ventanas analizadas requieren de infinitas muestras para su representación, por lo que se tuvo que limitar su extensión mediante el truncado en el tiempo. De las formas de truncar una forma de onda se escogió la ventana de Kaiser, ya que esta sirve como elemento controlador del desempeño espectral de la ventana y limitar así su efecto en la reducción de lóbulos laterales. El resultado obtenido permite su utilización en tiempo real como recurso adicional en la técnica de compresión de pulsos MLF.

REFERENCIAS

1. **SKOLNIK, Merrill.** *Radar Handbook*. 3th edition. The McGraw-Hill Companies. 2008, 1352 pp. ISBN 978-0-07-148547-0.
2. **ESCAMILLA HÉRNANDEZ, Enrique,** *et al*. "Signal Compression in Radar Using FPGA". *Rev. Fac. Ing.* Univ. Antioquia, 2010, núm. 55, pp. 134-143.
3. **COOK, Charles; BERNFELD, Marvin.** *Radar Signals: An Introduction to Theory and Application*. New York: United States of America: Academic Press, 1967, 546 pp.
4. **HARRIS, Fredric.** "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform". *Proceedings of the IEEE*, 1978, vol 66, núm 1, pp. 51-83.
5. **NUTTALL, Albert.** "Some Windows with Very Good Sidelobe Behavior". *Acoustics, Speech and Signal Processing*. IEEE Transactions on, 1981, vol. 29, núm. 1, pp. 84-91.
6. **OPPENHEIM, Alan; SCHAFER, Ronald; BUCK, John.** *Discrete-Time Signal Processing*. 2nd. edition. Prentice-Hall Inc, 1999, 850 pp. ISBN 0-13-754920-2.
7. **MARTÍNEZ MARRERO, Liz; RIVAS ALONSO, Daniel.** "Implementación de algoritmos para la reducción de lóbulos laterales". Tutor: Jorge Torres Gómez. Tesis de Grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba, 2012.
8. **BOASHASH, Boualem.** "Interpreting and Estimating the Instantaneous Frequency of a Signal-Part I: Fundamentals". *Proc. IEEE*, 1992, vol. 80, núm. 4, pp. 519-538.
9. **CARLSON, A. Bruce; CRILLY, Paul B.; RUTLEDGE, Janet C.** *Communication Systems: An introduction to Signals and Noise in Electrical Communication*. 4th edition. The McGraw-Hill Companies, 2002, 853 pp. ISBN 0-07-011127-8.
10. **MORALES GUERRA, Andy Luis; LÓPEZ MOYANO, Jorge Félix.** "Contribución a la modernización de radares de banda métrica mediante el diseño de un receptor para una señal de sondeo ionosférica". Tutor: Jorge Torres Gómez. Tesis de grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba. 2011.

AUTORES

Liz Martínez Marrero
Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica,Facultad de Ingeniería Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae.

Daniel Rivas Alonso
Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Centro de Neurociencias de Cuba, La Habana, Cuba

Nelson Chávez Ferry
Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, Facultad de Ingenieria Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Jorge Torres Gómez
Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Máster en Sistemas de Telecomunicaciones, Instructor, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae. Miembro de la ACRP (Asociación Cubana de Reconocimiento de Patrones)

Analisys of alternatives for sidelobe reduction in linearly frequency modulated pulses

Abstract

Taking The present article deals with the topic of windowing techniques for sidelobe reduction in linearly frequency modulated (LFM) pulses compressed by an adapted filter. Main characteristics of window´s techniques are presented; focusing on those that improves the window´s performance. Designs are simulated in a Graphic User Interface in MatLab and Simulink to conform it on FPGA. Simulation of carried out softwares allows the selection of the best choice as the case of interest.

Key words: radar, pulse compression, LFM, sidelobe level reduction, weighting.