
RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE: PRIMEROS PASOS

M. en C. Raúl Fernández Zavala

M. en C. Cyntia E. Enríquez Ortiz

IPN-UPIITA

Academia de Telemática

Resumen

En este trabajo se presenta de forma simplificada el uso de la tecnología de Radios Definidos por Software como una herramienta de análisis de señales presentes en los sistemas de comunicaciones analógicos y digitales.

Introducción

La proliferación de diferentes estándares de comunicaciones inalámbricas ha generado la necesidad de nuevas herramientas de enseñanza en la formación de ingenieros en el área de telecomunicaciones. Los estudiantes necesitan asimilar diferentes técnicas de modulación, igualación, sincronización, estimación de canal y a la vez desarrollar habilidades prácticas para la implementación de sistemas de comunicaciones digitales, de igual forma, las estrategias de enseñanza tienen que adaptarse a estas necesidades [1]. Contar con el equipo necesario para abordar los aspectos prácticos de los conceptos antes mencionados no es económicamente viable para los estudiantes. La tecnología de Radios Definidos por Software (SDR por sus siglas en inglés) provee una plataforma flexible que permite a los estudiantes programar diferentes algoritmos de procesamiento digital de señales utilizados ampliamente en la implementación de estándares de comunicaciones.

El término radio definido por software fue introducido por Joseph Mitola [2] y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define un Radio Definido por Software (RDS) o Sistema Radioeléctrico Determinado por Programa Informático (RDI) como [3]: "Un transmisor y/o receptor radioeléctrico que utiliza una tecnología que permite fijar o modificar mediante programas informáticos los parámetros de funcionamiento de RF, incluidos, entre otros, la gama de frecuencias, el tipo de modulación o la potencia de salida".

Hardware para Radios definidos por Software

Un receptor SDR convencional está formado por una etapa de Radio Frecuencia (RF), seguido de un convertidor analógico a digital (ADC) y una etapa de procesamiento digital. La etapa de RF tiene como función el filtrado, la amplificación, sintonización y conversión de la señal de radio frecuencia (RF) en una señal de frecuencia intermedia (FI) o en banda base. La etapa de procesamiento digital realiza la demodulación, filtrado y decodificación de la señal proporcionada por el ADC. En la etapa de procesamiento digital, cada una de sus operaciones se define por medio de un algoritmo que se implementa en un procesador de propósito general (GPP), en un procesador digital de señales (DSP), en un arreglo de compuertas programables en campo (FPGA) o una combinación de ellos. En la figura 1 se puede observar el diagrama a bloques simplificado de un receptor SDR.

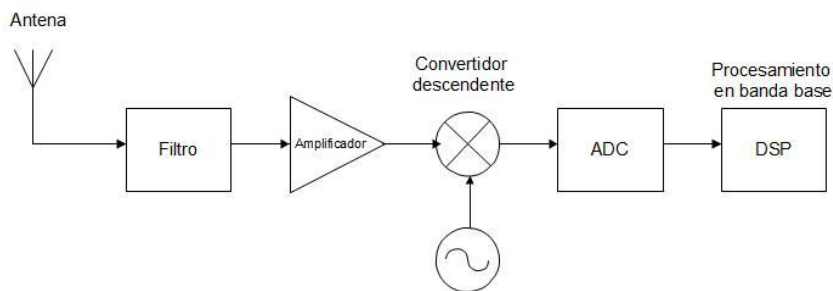


Figura 1. Receptor SDR convencional

La plataforma de radio definido por software más económica (US\$17.50) disponible actualmente es un dispositivo USB diseñado originalmente como receptor de televisión digital terrestre (DVB-T) conocido como RTL-SDR [4]. El receptor RTL-SDR está formado por dos circuitos integrados: un sintonizador DVB-T **Rafael Micro R820T** y un demodulador COFMD **Realtek RTL2832U** con interfaz USB 2.0 y un convertidor analógico a digital (ADC) de 8 bits.

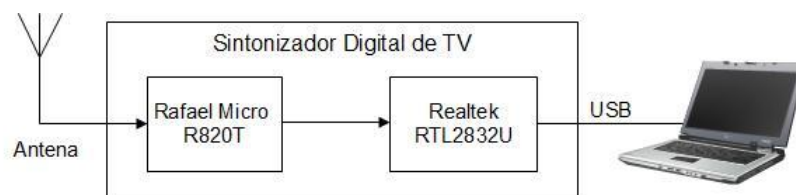


Figura 2. Receptor RTL-SDR

El sintonizador R820T es la etapa de RF del receptor RTL-SDR y realiza la conversión de la señal de RF recibida en una señal de FI. En la figura 3 se muestran los principales componentes del circuito R820T [5]: un amplificador de bajo ruido (LNA), un amplificador de ganancia variable (VGA), un mezclador, un oscilador controlado por voltaje (VCO) y filtros de RF y FI.

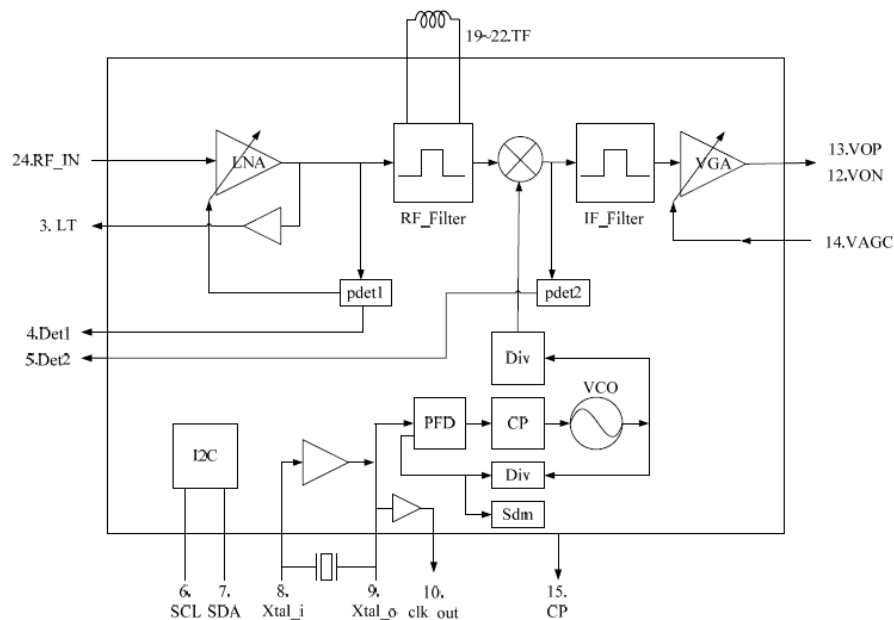


Figura 3. Circuito Sintonizador R820T

El circuito RTL2832U muestrea a una tasa de 28.8 Msps la señal de frecuencia intermedia proporcionada por el circuito R820T y realiza la conversión de FI a banda base mediante un convertidor descendente digital (DDC) en cuadratura. Dado que el reloj de muestreo del ADC es mucho mayor que la tasa de símbolo, el DDC disminuye la tasa de muestreo a 3.2 Msps, como máximo. La interfaz USB proporciona las muestras en cuadratura (I/Q) de la señal en banda base con una resolución de 8 bits.

RTL-SDR y Simulink

Cuando se utiliza el receptor *RTL-SDR*, todo el procesamiento digital de señales se puede realizar en una computadora personal. Los algoritmos de procesamiento se pueden programar en lenguajes de alto nivel como C/C++ o Python, pero también es posible utilizar ambientes gráficos basados en diagramas de bloques para el modelado y simulación de sistemas como **GNU Radio Companion** o **Simulink**. En **Simulink**, el bloque **RTL-SDR receiver** realiza la interfaz

entre el dispositivo USB y la computadora. Algunos de los parámetros que se pueden ajustar en el bloque *RTL-SDR* son los siguientes:

- *Frecuencia central*: establece la frecuencia de operación de sintonizador R820T.
- *Ganancia del sintonizador*: determina la ganancia de amplificación del circuito R820T
- *Tasa de muestreo*: establece la frecuencia de muestreo del circuito R2832U.
- *Factor de corrección de frecuencia*: permite compensar errores en la frecuencia del sintonizador.

Entre las aplicaciones del bloque *RTL-SDR* incluidas en *Simulink* se encuentra un analizador de espectros que puede cubrir un rango de frecuencias de 24 a 1766 MHz. Esta banda de frecuencias incluye entre otras, la banda de radio FM, la banda del sistema de televisión NTSC y la banda de radio GMRS. En la figura 4 se muestra el modelo de *Simulink* del analizador de espectros.

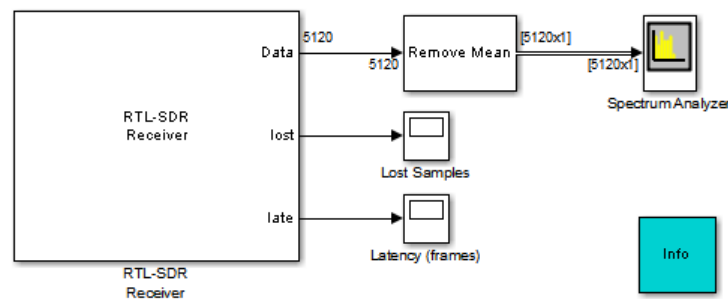
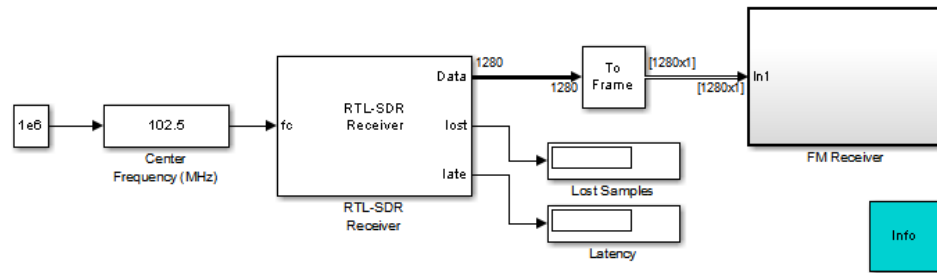


Figura 4. Analizador de espectros

Otra de las aplicaciones del receptor RTL-SDR incluidas en *Simulink* es un receptor FM que permite sintonizar estaciones de radio en la banda comercial de 88 a 108 MHz. La recepción de señales FM permite verificar fácilmente el funcionamiento del dispositivo USB RTL-SDR ya que produce una señal audible a través de la tarjeta de sonido de la PC y al mismo tiempo permite analizar la señal recibida en el dominio del tiempo y de la frecuencia. La utilización conjunta del receptor RTL-SDR y de los modelos de *Simulink* ayuda a reforzar en forma práctica los conceptos básicos de la teoría de comunicaciones.



A.

Figura 5. Receptor FM

En la figura 6 se muestra el espectro de la señal de FM transmitida en la frecuencia 97.7 MHz. En la figura puede observarse el espectro de una señal de FM convencional y en las bandas laterales se observa el espectro de una señal de Radio HD con audio de alta calidad.

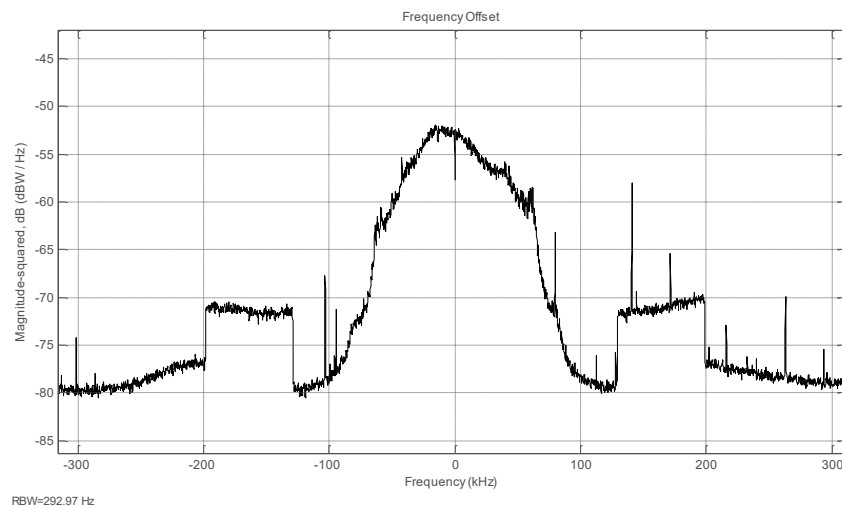


Figura 6. Espectro de la señal FM

En la figura 7 se muestra el espectro de la señal estéreo obtenida a la salida del demodulador FM. En la banda de 0 a 15 kHz se puede observar el espectro de la señal en banda base que se obtiene al sumar los canales de audio izquierdo y derecho (L+R). En la misma figura también se puede observar el espectro de la señal AM DSB-SC centrado en 38 kHz correspondiente a la resta del canal de audio izquierdo y derecho (L-R). El tono piloto en la frecuencia de 19 kHz se utiliza para demodular la señal DSB-SC. Centrado en 57 kHz se puede observar el espectro de la señal digital RBDS (*Radio Broadcast Data Service*) que contiene información de la estación emisora.

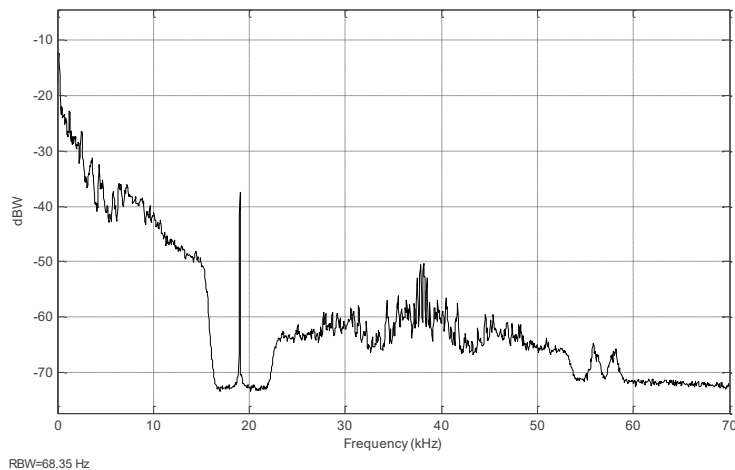


Figura 7. Espectro de la señal FM estéreo demodulada

Conclusiones

La utilización de radios definidos por software como herramienta educativa fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje al permitir llevar a la práctica los conceptos teóricos vistos en el aula. El receptor RTL-SDR de bajo costo ofrece características adecuadas para el desarrollo de algoritmos de radio con propósitos educativos y al integrarse en *Simulink* facilita a los estudiantes el análisis de señales reales utilizadas en los sistemas de comunicaciones.

Referencias

- [1] Petrova, M., Achtzehn A., Mähönen P., *"System-Oriented Communications Engineering Curriculum: Teaching Design Concepts with SDR Platforms"*, IEEE Comm. Magazine, May 2014.
- [2] J. Mitola, III, *"Software radios: Survey, critical evaluation and future directions"*, IEEE Aerospace Electron. Syst. Mag., vol. 8. no. 4, 1993.
- [3] Informe UIT-R SM.2152, *"Definiciones de sistema radioeléctrico determinado por programas informáticos (RDI) y sistema radioeléctrico cognoscitivo (SRC)"*, Septiembre 2009.
- [4] <http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>
- [5] <http://superkuh.com/rtlsdr.html>