



DEPARTAMENTO DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES
Y SISTEMAS TELEMÁTICOS Y COMPUTACIÓN

GRADO EN INGENIERÍA
EN TECNOLOGÍAS DE LA TELECOMUNICACIÓN

TERMINALES DE COMUNICACIONES

PRÁCTICA 3:
«SISTEMA FM: DISEÑO DE TRANSMISOR Y RECEPTOR»

CURSO ACADÉMICO 15/16

Mihaela I. Chidean
Eduardo del Arco
Óscar Barquero Pérez
Antonio J. Caamaño

Fecha publicación: 22/01/2016

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



1. Objetivos y descripción de la práctica

El objetivo de esta práctica es que los alumnos implementen un sistema de comunicaciones basado en la modulación FM. Para ello, en primer lugar diseñarán e implementarán un receptor de radio FM. A continuación, implementarán un transmisor de radio FM y, para terminar, diseñarán el sistema completo y lo probarán en la banda ISM¹.

1.1. Grupos

Los alumnos se organizarán en grupos formados por 3 miembros.

1.2. Evaluación

Todas las prácticas de Terminales de Comunicaciones se evaluarán mediante la entrega de una **única memoria**, que será organizada en tantas secciones como prácticas se llevarán a cabo. La extensión máxima de la memoria es de **15** páginas, incluida la portada y la bibliografía empleada. Únicamente serán corregidas las memorias entregadas en formato pdf.

Aunque las prácticas se realicen en grupos, cada alumno deberá entregar de forma individual la memoria. Los alumnos de un mismo grupo podrán utilizar las mismas figuras, sin embargo, la explicación de las mismas, así como las respuestas a las preguntas planteadas será individual. Tenga en cuenta que la nota de prácticas de cada alumno dependerá de la memoria individual y de los ficheros entregados.

En la portada cada alumno deberá indicar claramente su nombre y, además, incluirá el nombre del resto de miembros del grupo.

La fecha de entrega la memoria de prácticas es **28 de abril de 2016**.

Posibles penalizaciones sobre la nota de prácticas:

- | | |
|---|-----------|
| • Memoria entregada el día 29 de abril de 2016: | 3 puntos |
| • Memoria entregada el día 30 de abril de 2016 o sucesivos: | 10 puntos |
| • La portada no incluye el nombre de los compañeros de grupo: | 1 punto |

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Banda_ISM

1.3. Material

La práctica se realizará en el aula 3208 del Edificio Laboratorio III.

Además, esta práctica se puede realizar en ordenadores externos a la Universidad, instalando el entorno GNU Radio Companion en los ordenadores personales o portátiles. Esta opción es la más recomendada en caso de querer realizar la práctica fuera de horario de clase.

En caso de no conseguir finalizar la instalación, es posible utilizar una memoria USB de 4GB de capacidad o mayor, que tendrá instalada una imagen de Ubuntu 12.04. Los alumnos interesados deberán solicitar la memoria maestra a los profesores, copiar el contenido de dicha memoria maestra a la suya propia empleando el comando “dd” y **devolver** la memoria maestra a los profesores en el plazo de 48 horas. Esta opción es la menos recomendada, ya que el desarrollo se ve ralentizado.

En esta práctica se utilizarán dispositivos USRPTM modelo B210 para la implementación del analizador de espectros. Además, se dispondrá de una antena HF móvil 10-80 mts. modelo OUTBACK-1899² como material de apoyo.

2. Consideraciones previas

2.1. Frecuencia modulada

La frecuencia modulada (FM)³ o modulación en frecuencia es una técnica de codificación que permite transmitir información modificando la frecuencia instantánea de la portadora. Esta técnica se puede emplear en sistemas analógicos, donde la frecuencia de la portadora es directamente proporcional a la amplitud de la señal a modular. Además este tipo de modulación se puede emplear en sistemas digitales, mediante FSK (*Frequency Shift Keying*, donde solamente hay un conjunto de frecuencias disponibles para asignar a la portadora).

La técnica de FM se emplea en radio, telemetría, radar, prospección sísmica y monitorización de recién nacidos mediante EEG. En particular, FM es utilizado para radiodifusión de música y habla, sistemas de radio de dos bandas, sistemas de grabado de banda magnética y en algunos sistemas de transmisión de vídeo.

Además, en algunos textos se considera la modulación de fase (PM, *Phase Modulation*) como un subtipo de FM, donde el parámetro modificado de la portadora es la fase.

3. Desarrollo de la práctica

3.1. Hito 1: Simulación de sistema FM

Paso 1 - Cree un nuevo diseño que simule un sistema de comunicaciones que emplea la modulación FM. Para ello, tendrá que emplear un bloque “Wav File Source” para cargar una señal de audio, el bloque “NBFM Transmit” para modular la

²<http://www.madrono.net/manuales/outback1899.pdf>

³http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

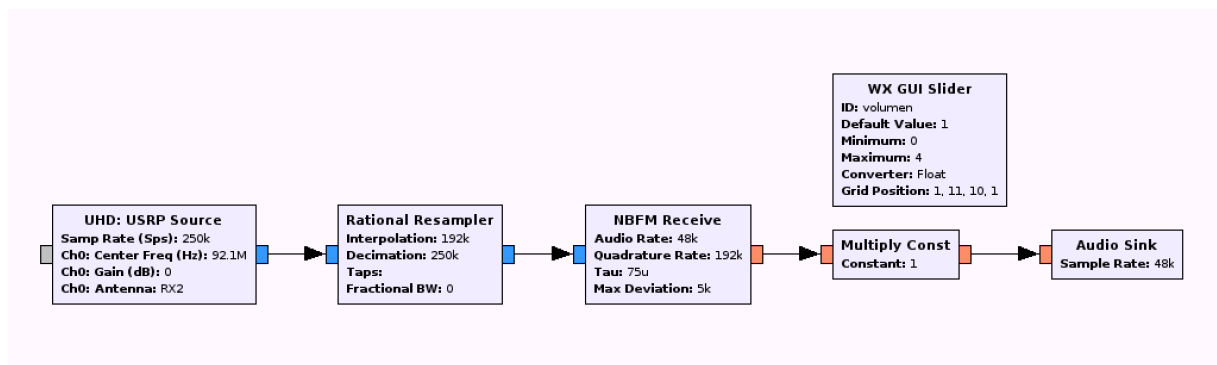


Figura 1: Diseño básico de un Receptor FM

señal, el bloque “NBFM Receive” para demodular la señal y el bloque “Audio Sink” para escuchar la señal demodulada. Los parámetros empleados en los bloques de modulación y demodulación son: 1) *Quadrature Rate* = 128k; 2) *Tau* = 75u; 3) *Max Deviation* = 5k.

Paso 2 - Añada los bloques necesarios para visualizar las señales en tiempo obtenidas en los siguientes puntos: 1) antes de la modulación; 2) después de la modulación; 3) después de la demodulación. Tenga en cuenta que en el segundo punto considerado solamente será necesario mostrar la parte real de la señal. Configure todas las gráficas como pestañas de la ventana de salida.

Entregable 1: Fichero llamado **pr3-paso2.grc** que incluya el diagrama de flujo.

Pregunta 1: Aporte a la memoria capturas de pantalla de las gráficas obtenidas.

Pregunta 2: Respecto a la forma de onda de la señal modulada, ¿es esta la forma de onda esperada? ¿Por qué?

Pregunta 3: Explique brevemente las principales diferencias entre las técnicas de modulación analógicas AM, FM y PM.

3.2. Hito 2: Receptor de radio comercial

Paso 3 - Cree un nuevo diseño siguiendo el diagrama de flujo mostrado en la Figura 1.

Paso 4 - Añada los bloques necesarios para visualizar la señal recibida en tiempo antes y después de la demodulación. Configure todas las gráficas como pestañas de la ventana de salida.

Entregable 2: Fichero llamado **pr3-paso4.grc** que incluya el diagrama de flujo.

Pregunta 4: Aporte a la memoria capturas de pantalla de las gráficas obtenidas.

Pregunta 5: Respecto a la forma de onda de la señal recibida, ¿es esta la forma de onda esperada? ¿Por qué?

Pregunta 6: ¿Considera que la calidad de audio recibida es adecuada? Enumere al menos dos motivos que puedan causar este deterioro en la calidad. Procure indicar al menos un motivo distinto al del resto de compañeros del grupo.

Pregunta 7: ¿Qué efecto tiene el bloque “Rational Resampler” sobre el espectro de la señal?

Paso 5 - Añada los bloques necesarios para permitir la resintonización en tiempo de ejecución.

Entregable 3: Fichero llamado **pr3-paso5.grc** que incluya el diagrama de flujo.

3.3. Hito 3: Transmisor FM en banda ISM

Paso 6 - Diseñe, utilizando los bloques disponibles en el programa GRC, un transmisor que transmita la señal de audio proporcionada modulada con la técnica FM. Teniendo en cuenta que la banda de frecuencias de la radio comercial es una banda licenciada, a partir de este hito solamente se utilizará la banda ISM.

Entregable 4: Fichero llamado **pr3-paso6.grc** que incluya el diagrama de flujo.

Pregunta 8: ¿Qué frecuencia central y que ancho de banda ha decidido utilizar? ¿Por qué?

Pregunta 9: ¿Qué ventajas y qué inconvenientes hay a la hora de utilizar la banda ISM? Enumere al menos 2 ventajas y al menos 2 inconvenientes. Procure indicar al menos una ventaja y un inconveniente distintos al del resto de compañeros del grupo.

3.4. Hito 4: Sistema FM en banda ISM

Paso 7 - Diseñe e implemente un sistema de transmisión y de recepción basado en la modulación FM. Para ello, puede reutilizar los diseños realizados en los dos hitos previos, modificando debidamente las variables utilizadas.

Entregable 5: Fichero llamado **pr3-paso7.grc** que incluya el diagrama de flujo.

Pregunta 10: ¿Qué frecuencia central y que ancho de banda ha decidido utilizar? ¿Por qué?

Pregunta 11: Valore cualitativamente la calidad de la señal de audio que se escucha en el receptor. (“Muy buena”, “Buena”, “Acceptable”, “Mala”, “Muy mala”)

Pregunta 12: Enumere al menos 2 elementos del sistema de comunicación o bloques del transmisor o receptor que pueden influir de forma negativa en la calidad de la señal recibida. Procure indicar al menos un elemento distinto al del resto de compañeros del grupo.

Paso 8 - Añada al sistema elementos de diseño para incrementar la calidad de la señal recibida.

Entregable 6: Fichero llamado **pr3-paso8.grc** que incluya el diagrama de flujo.

Pregunta 13: Describa brevemente los bloques que ha utilizado, donde los ha utilizado (transmisor/receptor) y su función.