

# Radio Taller Fourier

## Laboratorio 11

### Recepción de FM Estéreo

## 1. Introducción

En el laboratorio anterior se demoduló la señal FM transmitida por las estaciones locales. La amplísima mayoría de éstas transmiten el audio en estéreo. Es decir, es necesario transmitir dos flujos de audio: uno correspondiente al canal derecho (R) y otro al izquierdo (L). Esta manera de reproducir el audio con dos canales distintos se popularizó a finales de la década de los '50 y principios de los '60, y ya en 1961 comenzaron a operar las primeras radios FM estéreo.

Uno de los objetivos cuando se diseñó el sistema estéreo para FM fue ser compatible con los receptores mono (es decir, no estéreo). Fue necesario entonces que al demodular la señal FM, los receptores “antiguos” pudieran seguir recibiendo la señal de audio sin problemas. Por lo tanto, en la señal a ser modulada en frecuencia  $s(t)$ , la suma L+R debería estar en bandabase. Para que un receptor estéreo recupere los canales R y L por separado,  $s(t)$  incluirá también la resta L-R, pero fuera del espectro audible (el audio se consideró audible hasta los 15 kHz). En particular,  $s(t)$  incluye la señal L-R centrada en 38 kHz.

En esta práctica, trataremos de recibir los canales L y R por separado, tanto de las estaciones locales como de transmisiones que haremos durante la evaluación. **Este laboratorio incluye entrega.**

## 2. Tareas

1. Demodule alguna radio local y observe con atención el espectro de la señal demodulada. Identifique la componente L+R y L-R. Un detalle importante es que el filtro de pre-énfasis se aplica a cada canal por separado (R y L) y no a  $s(t)$ .
2. Baje a bandabase la señal L-R con un tono generado localmente.
3. ¿Cómo puede verificar si la señal L-R fue bien demodulada (i.e. bajada a bandabase)?<sup>1</sup> Observe que su demodulación falló. ¿Porqué?

En la parte 1 seguramente habrá notado la presencia de dos tonos fijos a  $\pm 19$  kHz. Es a partir de éstos que se espera que el receptor demodule la señal L-R. Para enten-

---

<sup>1</sup>Quizá le sea más fácil trabajar con complejos.

der la relación entre este tono (real) y la señal modulada en 38 kHz repasaremos la reglamentación al respecto.

4. Lea el numeral (c) de la sección TRANSMISIÓN ESTEREOFÓNICA de la RESOLUCIÓN D.N.C. 063/999 (búsquela por Internet). A partir de esta lectura, brinde una expresión para el tono real usado para modular la señal L-R en función de los parámetros del piloto de 19 kHz.
5. Imagine que recuperó el piloto de 19 kHz. ¿Cómo puede generar el tono a 38kHz que necesita para demodular el L-R?
6. El primer paso será entonces quedarse únicamente con la exponencial compleja a -19 kHz. Hágalo. Brinde además una expresión similar a la de la parte 4 pero para los tonos complejos involucrados.

En las siguientes partes nos centraremos en esta señal, que debería contener un tono complejo a una frecuencia similar a -19 kHz, magnitud y fase desconocida y ruido superpuesto.

7. Intente usar este tono para bajar a banda-base la señal L-R. Para esto, use la expresión hallada en la parte anterior. Verifique que la señal está bien bajada a banda-base de la misma forma que en la parte 3.
8. Recupere la señal estéreo (es decir, el canal izquierdo y derecho por separado) y escúchelo. El bloque **Audio Sink** tiene el parámetro **Num Inputs** que se puede fijar en 2 para señales estéreo. **Atención** con los filtros y el retraso de grupo que generan, así como con la amplitud del tono usado para demodular.

En el EVA del curso hay un modulador FM estéreo que puede usar para testear el desempeño de su receptor. Verifique que todo funciona correctamente alimentándolo con una canción en un canal y otra en el otro.

9. Usando señales sencillas (como un tono en cada canal), mida la SNR de su sistema para distintos niveles de ruido en el canal.

El tono usado en la parte anterior contenía ruido además de incertidumbres sobre su amplitud. Se podría estimar la frecuencia y la fase del tono, y generar un tono limpio localmente a partir de estos valores. En lo que sigue, trataremos de obtener una versión limpia del piloto, y verificaremos si se gana algo en términos de SNR en recepción.

10. Busque información sobre PLLs (Phase-Locked Loop). ¿Qué utilidad tienen? ¿Cómo funciona? Incluya un diagrama y explíquelo.
11. Busque entre los bloques de GNU Radio una implementación que le permita recuperar el tono limpio que está buscando. Repita lo que hizo en las partes anteriores y compare el SNR en recepción resultante.

### 3. Informe

Se deberá entregar informe (**máximo 10 páginas**) con:

- Explicación de cómo funcionan los sistemas de recepción estéreo que implementó.
- Verificación del correcto funcionamiento de los mismos, así como las medidas de desempeño relevadas.
- Discusión de parámetros involucrados, si los hubiera.