

# Capítulo 3

## Sistema de Medida

En este capítulo se explica la parte del funcionamiento del equipo de RMN que concierne a la parte análogica del receptor, que comprende desde la respuesta de la muestra a los estímulos, hasta el paso de la señal por un conversor A/D. Todo el trabajo presentado en este capítulo ha sido desarrollado en otro proyecto final de carrera, que corresponde a la primera parte del proyecto general descrito en el capítulo 1. El trabajo correspondiente a ambos proyectos ha sido desarrollado de forma paralela y coordinada.

### 3.1. Cadena Receptora

La *cadena receptora* es la que recoge la señal FID resultante del experimento de resonancia magnética. Ha sido desarrollada en la primera parte del proyecto en el que está enmarcado el presente proyecto final de carrera, y tiene por título *Implementación del Hardware analógico de un instrumento de análisis químico mediante técnicas de RMN*.

En la figura 3.1 se puede observar el diagrama funcional de dicha cadena. El objetivo de este subsistema es recoger la señal FID lo más fielmente posible, y amplificarla hasta niveles en los que resulte cómodo trabajar con ella; todo ello añadiendo el mínimo posible de ruido.

La ganancia total de la cadena es de unos 108 dB, repartidos en varios amplificadores con filtros intercalados. Se ha conseguido que el factor de ruido sea de  $F = 5$  dB, con una  $SFDR > 50$  dB (*rango dinámico libre de espúreos*, en inglés *Spurious Free Dynamic Range*), y con una potencia de ruido calculada de aproximadamente  $P_N = -61$  dBm/Hz. Esto quiere decir

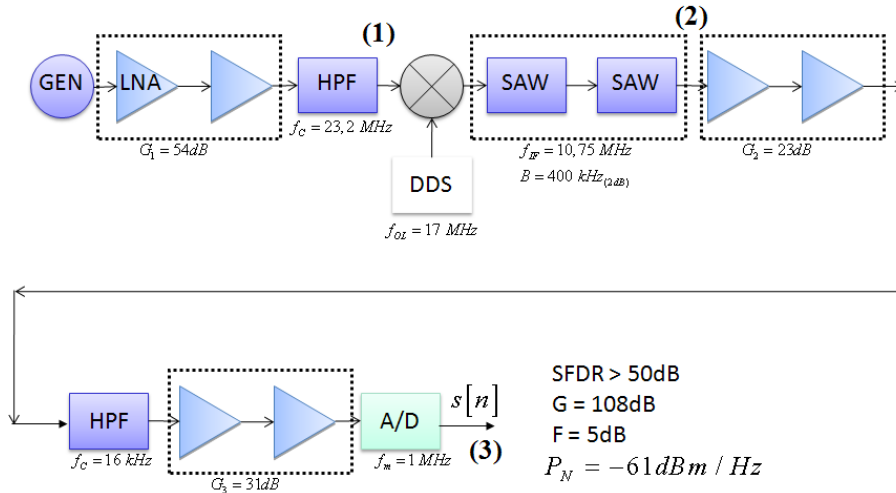


Figura 3.1: Diagrama de bloques de la cadena receptora

que la relación señal a ruido ( $SNR$ ) a la salida es  $5 \text{ dB}$  más baja que en la entrada, y que la potencia de la señal de interés es  $50 \text{ dB}$  mayor que la potencia del pico de señal no deseada (correspondiente a ruido o a distorsión armónica) mayor.

## 3.2. Procesos de RF to Down y ADC

Como puede observarse en la figura 3.1, la cadena receptora está compuesta por tres etapas claramente diferenciadas. La primera etapa es la pre amplificación, en la que se eleva el nivel de potencia de la señal útil para que el resto de elementos de la cadena puedan trabajar con ella. La segunda etapa realiza una conversión de frecuencia, que facilita el trabajo de la etapa digital del proceso<sup>1</sup>, mientras que la tercera adapta el nivel de la señal a los necesarios para alimentar un convertor A/D con la misma.

En primer lugar, la señal amplifica mediante un *amplificador de bajo ruido*<sup>2</sup>. Este *LNA* tiene una ganancia de  $54 \text{ dB}$ , y un factor de ruido mínimo, puesto que, como en toda cadena receptora, en esta etapa es crucial el no añadir ningún tipo de ruido a la señal útil.

<sup>1</sup>Capítulo 4.

<sup>2</sup>O *LNA*, del inglés *Low Noise Amplifier*.

Antes de pasar por la segunda etapa, la señal es filtrada con un filtro paso alto con una frecuencia de corte de  $23,2\text{ MHz}$ . Se calcula que la señal FID tendrá una frecuencia alrededor de unos  $27,7\text{ MHz}$ , así que este filtro sirve para eliminar las componentes de baja frecuencia, que podrían crear frecuencias imagen en el siguiente mezclador, de frecuencia  $17\text{ MHz}$ , que lleva la señal útil a  $10,7\text{ MHz}$  y  $44,7\text{ MHz}$ .

La segunda etapa de la cadena está compuesta por dos filtros paso banda y una cadena de amplificadores. Los filtros consisten en un par de filtros fabricados con tecnología *SAW*<sup>3</sup>, que es una tecnología de fabricación de filtros que consigue una selectividad muy grande en un ancho de banda muy reducido. Los usados aquí tienen una frecuencia central de  $10,7\text{ MHz}$  y un ancho de banda de  $400\text{ kHz}$  (a  $2\text{ dB}$ ), rechazando por tanto la imagen a  $44,7\text{ MHz}$  y conservando la centrada en  $10,7\text{ MHz}$ . La cadena de amplificadores tiene una ganancia total de  $23\text{ dB}$ , que en parte compensa las pérdidas del mezclador y los filtros.

La tercera etapa consiste en un filtro paso alto con frecuencia de corte de  $16\text{ kHz}$  y una última cadena de amplificadores con  $31\text{ dB}$  de ganancia que ajustan el nivel de la señal al requerido por el conversor A/D.

El conversor A/D trabaja a una frecuencia de  $1\text{ MHz}$ . Esta frecuencia no cumple la condición de Nyquist, que es que la frecuencia de muestreo sea mayor que dos veces el ancho de banda de la señal a muestrear, en este caso,  $21,4\text{ MHz}$ . Sin embargo, usando una técnica de muestro de señales pasobanda conocida como *muestro a frecuencia intermedia*, conseguimos recuperar la señal. Este proceso se detalla en el capítulo 4.

---

<sup>3</sup>*Surface Acoustic Wave.*

