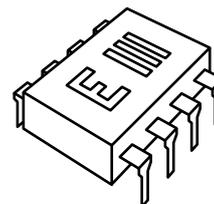




Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Electrónica
Departamento de Electrónica



ELECTRÓNICA III

Trabajo Práctico

LAZOS DE FIJACIÓN DE FASE Y FILTROS ACTIVOS

**Federico Miyara
José Salcedo Brull
Fernando A. Marengo Rodriguez
Ezequiel A. Mignini**

AÑO 2009

1 Introducción

En la carrera de Ingeniería Electrónica de la FCEIA-UNR, Electrónica III constituye una asignatura terminal del trayecto de las Electrónicas circuitales en el sentido de que se describen bloques funcionales avanzados y la naturaleza de su interconexión, incluyendo las precauciones, limitaciones y no idealidades (como los efectos de las cargas mutuas entre los diversos bloques). Si bien existe aún otra asignatura ulterior, Electrónica IV, ésta explora el universo de los circuitos no lineales, mientras que Electrónica III se aboca fundamentalmente a los circuitos lineales.

Su carácter terminal la acerca al mundo de las aplicaciones reales, por lo cual es conveniente que el alumno pueda conectar la teoría con la experiencia, abarcando las diversas herramientas utilizadas en la práctica profesional para la resolución de problemas de diseño circuital.

Por otra parte, en evaluaciones previas asociadas al proceso de acreditación de la carrera se diagnosticó la insuficiente utilización de herramientas de cálculo numérico en las diversas materias, siendo que éstas constituyen actualmente un recurso de gran utilidad y generalizada aplicación.

Con estas ideas en mente se decidió implementar una práctica que permitiera tratar el diseño de un pequeño sistema que combinara bloques funcionales mediante cuatro técnicas: el análisis y dimensionamiento teórico, el análisis de los modelos matemáticos del circuito mediante software matemático, la simulación digital del circuito mediante software específico, y la construcción de un prototipo físico en el cual efectuar las verificaciones finales de operación de acuerdo con lo previsto.

2 Selección del circuito a implementar

Una de las limitaciones para la realización de una amplia práctica según los lineamientos trazados en la introducción es el factor tiempo. Éste no debe medirse solamente como el tiempo asignado al dictado de la materia sino también en relación con otras asignaturas que en conjunto absorben gran parte del tiempo disponible por los alumnos, así como el tiempo asociado al factor de utilización de los Laboratorios. Se resolvió, entonces, al menos como experiencia piloto, seleccionar dos temas que pudieran representar una aplicación típica y que si bien fueran susceptibles de una modelización teórica elegante y conceptual, ofrecieran en su realización física algunas peculiaridades de difícil modelización.

Los temas seleccionados fueron Lazos de Fijación de Fase (PLL) y Filtros Activos, ya que en general un PLL requiere un filtro activo para su mejor aprovechamiento y además hay cuestiones fuertemente no lineales en el proceso de captura y enganche que dificultan la modelización con técnicas lineales. La simulación digital permite encarar en forma natural (si bien no completamente conceptual) el estudio e inspección de ese comportamiento.

Finalmente, ambos bloques pueden implementarse con circuitos integrados fácilmente disponibles en el mercado y a bajo costo, lo cual hace factible la construcción de un prototipo sin grandes erogaciones.

3 Recursos informáticos aplicados

Cuando se utiliza una computadora como medio de cálculo, generalmente se obtienen resultados simulados tales como curvas de evolución de las variables circuitales, valores característicos (amplitudes, frecuencias y fases, por ejemplo) o respuestas en frecuencia. También es posible efectuar un análisis de Montecarlo para tener en cuenta el impacto que tiene la dispersión de parámetros de componentes comerciales sujetos a cierta tolerancia.

En este trabajo se utilizó la computadora aún con otra finalidad: la provisión de señales de ensayo y la adquisición de señales de respuesta para el ensayo del prototipo físico. Para ello no fue necesario más que una tarjeta de sonido full dúplex (esto es, que pudiera reproducir y grabar sonidos simultáneamente). Las señales de prueba consistentes en senoides moduladas en frecuencia se generaron digitalmente en el mismo programa matemático que se utilizó para la simulación matemática de los modelos teóricos en bloques (MatLab), ya que el mismo permite enviar la señal generada a la placa de sonido creando una señal temporal en el rango de frecuencias de audio. Este rango es perfectamente compatible con los PLL comerciales típicos. Esta señal, presente en la salida de línea de la tarjeta de sonido, se utiliza para alimentar la entrada del PLL. Simultáneamente, se introduce la salida del prototipo en la entrada de línea de la tarjeta y se la graba con otro comando.

Este método (si bien se limita en principio al rango de audiodfrecuencias, salvo que se contara con hardware específico) es equivalente a un potente osciloscopio con memoria y a un potente generador de señales, ya que las señales generables mediante algoritmos específicos quedan sólo limitadas por la imaginación y la habilidad del programador. Más aún, el empleo de la PC como herramienta de medición permite implementar funciones avanzadas que van más allá de la graficación de señales y del análisis de espectro por medio de FFT, como por ejemplo la audición de la señal demodulada y otros tantos estudios de procesamiento digital de señales.

4 Ensayo propuesto

Para poner en marcha el trabajo aquí expuesto, se propuso utilizar un demodulador de frecuencia (FM) basado en el PLL LM 565 [1] y ensayarlo en la PC por medio de una placa adquisidora de audio como lo muestra la Fig. 1. Para diseñar dicho modulador, se siguieron las instrucciones expuestas en [2], [3] y [1], teniendo como ayuda de diseño el modelo matemático del PLL mostrado en [4], los softwares de simulación matemática (MatLab) y circuital basados en modelos Spice (Microcap o Proteus) y un ejemplo de simulación resuelto en [4]. Todo el material citado se encuentra disponible en la página web de la cátedra (<http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3>). Los detalles pertinentes al conexionado electrónico no se exponen acá, pero para mayores referencias se puede consultar el material aquí citado. Finalmente, la generación y la recuperación de las señales bajo estudio se analizaron en programas de análisis numérico. De esta forma, se pudo evaluar la performance del circuito ensayado.

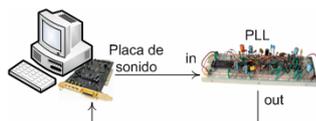


Figura 1. Esquema propuesto para el ensayo del circuito.

5 Conclusiones

Mediante el presente trabajo se brindó a los alumnos la posibilidad de construir y analizar un prototipo de demodulador electrónico de frecuencias con bajo costo y altísima flexibilidad, gracias al empleo de la PC como herramienta de simulación, análisis y medición. Para el diseño de dicho circuito se utilizaron programas de análisis matemático así como de simulación de circuitos, hecho que permitió realizar más comparaciones. Además, se abarcaron dos temas de la materia, lo que constituyó una experiencia globalizadora en la cátedra y permitió mostrar al alumno la interrelación entre distintos temas.

Bibliografía

- [1] LM565/LM565C Phase Locked Loop, Hoja de datos de National Semiconductor Corporation (1995).
- [2] PLL Lazos de fijación de fase, Federico Miyara. Segunda Edición (2005).
- [3] Filtros activos, Federico Miyara, Segunda Edición (2005).
- [4] Simulación matemática y circuital del PLL, Ezequiel A. Mignini, Fernando A. Maringo Rodriguez (2009).