

EXPERIENCIAS DE LABORATORIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MODULACIONES ANALÓGICAS

A. Ayala, E. Magdaleno, O. González y M. Rodríguez

Univ. de La Laguna. Dpto. de Física Fundamental y Exp., Electrónica y Sistemas
Avenida Francisco Sánchez, s/n, La Laguna, Tenerife. e-mail: aayala@ull.es

RESUMEN

El presente trabajo muestra un conjunto de experiencias de laboratorio dirigidas a alumnos de ingeniería en electrónica encaminadas a la implementación, mediante la utilización de componentes electrónicos simples, de señales moduladas en AM y FM, y que permiten determinar las características inherentes a este tipo de modulaciones.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las materias troncales que conforman el plan de estudio de la ingeniería electrónica encontramos aquellas centradas en el estudio de los sistemas de radiocomunicación. Sin embargo, es importante que en dicho campo un futuro ingeniero no sólo reciba los conocimientos teóricos que le permitan conocer, entre otras, las diferentes técnicas de modulación (tanto analógicas como digitales) sino que, además, debe ser capaz de implementarlas electrónicamente aunque sea de una manera básica. El objetivo buscado por las experiencias aquí propuestas es que el alumno, con el conocimiento en electrónica adquirido en otras materias, haga uso de componentes discretos e integrados para la implementación de moduladores analógicos que permitan obtener señales de AM y FM [1]. Es decir, ha de ser capaz de “traducir” un concepto teórico a su equivalente electrónico. En ese sentido, las experiencias aquí presentadas constituyen “propuestas de diseño” que el alumno realizará en el laboratorio y que le servirán de ejemplo para que éste realice otras alternativas que ha de presentar al profesor para su evaluación.

2. MODULACIÓN EN AMPLITUD. SÍNTESIS Y DEMODULACIÓN

Entre las múltiples técnicas utilizadas en la obtención de una señal modulada en amplitud [2,3], en el presente trabajo se utilizan aquellas que hacen uso de elementos no lineales para la implementación de los denominados “moduladores de ley cuadrática”. En las clases prácticas de laboratorio el alumno hará uso de un diodo de señal como elemento “no lineal”. En este caso, las señales moduladora ($X_m(t)$) y portadora ($X_c(t)$) son conectadas en serie antes de su paso por dicho componente electrónico y posterior procesamiento mediante un filtro “paso banda” centrado en la frecuencia de la señal portadora (ω_c) que normalmente estará realizado mediante un “circuito tanque” (figura 1). Ello hace que todas las componentes espectrales de baja y alta frecuencia exteriores a la banda pasante

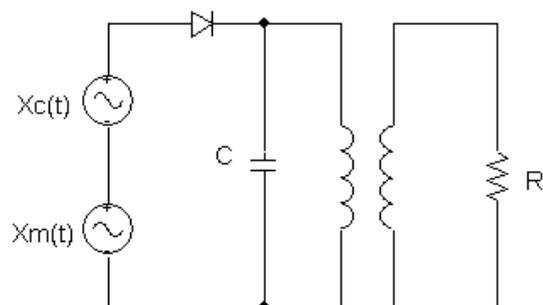


Figura 1

del mismo sean eliminadas, quedando exclusivamente aquellas centradas en torno a ω_c y que corresponden a las componentes de una señal modulada en amplitud (AM). Las figuras 2 y 3 muestran dos señales de AM en el dominio del tiempo obtenidas mediante el empleo de este método, utilizando como moduladoras una señal senoidal y otra de audio, respectivamente. El alumno podrá comprobar que el espectro obtenido de dichas señales se corresponde con el teóricamente esperado y se observará el fenómeno de sobremodulación, determinando experimentalmente parámetros como el índice de modulación y ancho de banda.

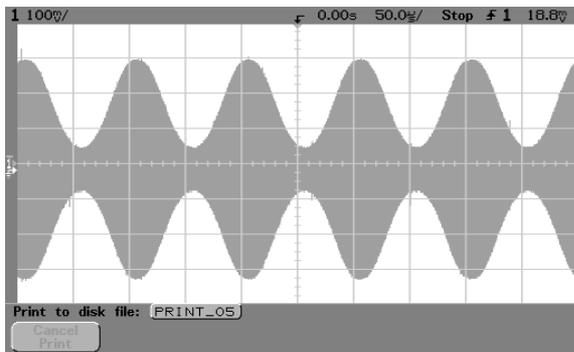


Figura 2

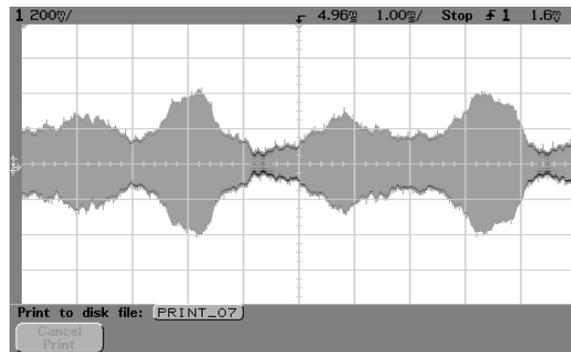


Figura 3

Tras esta experiencia, los alumnos propondrán diseños propios que hagan uso de otros elementos electrónicos no lineales como los transistores bipolares de unión (BJT) y los de efecto campo (J-FET).

En cuanto a la demodulación, la señal de AM anterior será demodulada de forma no coherente, haciendo uso de un diodo seguido de un filtro “paso baja” actuando el conjunto como un detector de envolvente (figura 4). En el caso de la señal de voz empleada como moduladora, el alumno podrá comprobar como, tras su recuperación, ésta se puede escuchar perfectamente en un altavoz.

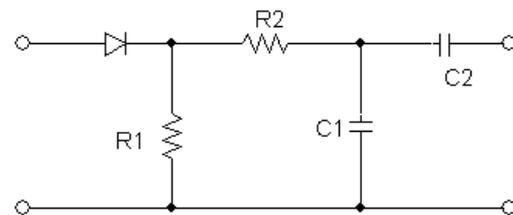


Figura 4

3. MODULACIÓN EN FRECUENCIA. SÍNTESIS Y DEMODULACIÓN

En el caso de la señal modulada en FM, se sigue una dinámica similar a la anterior [2,3]. En primer lugar, se genera la señal deseada haciendo uso de un “oscilador controlado por voltaje” (VCO), de forma tal que la frecuencia del mismo es controlada por la señal moduladora. Los alumnos podrán comprobar, mediante el analizador de espectros, la forma del mismo y el ancho de banda. Por otro lado, mediante un osciloscopio, podremos observar fácilmente los cambios de frecuencia producidos por la primera (figura 5).

En cuanto a la demodulación, los alumnos harán uso de un “discriminador” (construido mediante un circuito “tanque”, figura 6) que transformará los cambios de frecuencia de la señal de FM en otros de amplitud, es decir, obtendríamos una señal de “pseudo-AM” que podrá ser fácilmente demodulada mediante el mismo detector de envolvente usado en el caso de AM. Para ello, será necesario que la frecuencia de la portadora de la señal de FM posea un valor superior o inferior a la frecuencia de resonancia del circuito tanque, intentando trabajar en la región de máxima linealidad de la curva.

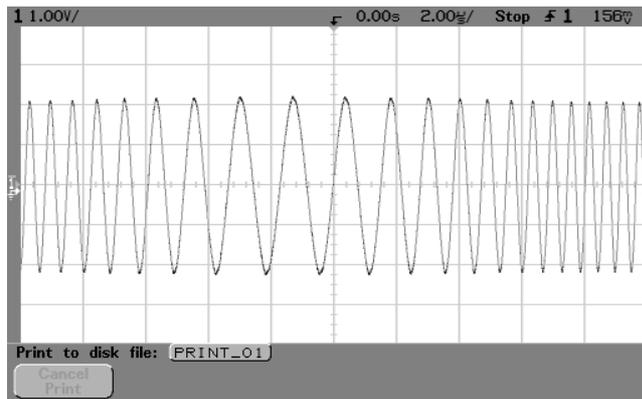


Figura 5

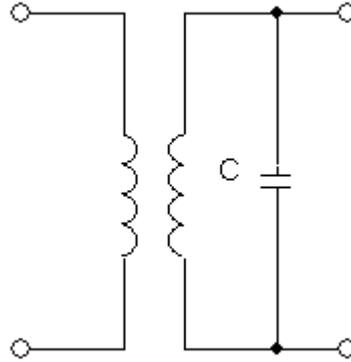


Figura 6

4. CONCLUSIÓN

Las experiencias de laboratorio propuestas permiten comprobar al alumno, que haciendo uso de las propiedades inherentes a componentes electrónicos discretos, y que normalmente suelen ser empleados con fines electrónicos diferentes, es posible modular y demodular señales en AM y FM. Dicho enfoque constituye una vía de motivación para los alumnos a los que va dirigida esta materia.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. W. Couch, *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos*, Prentice Hall, México , 1997.
- [2] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicación Electrónicas*, Pearson Education, México, 2001.
- [3] K.K.Clarke y D. T. Hess, *Communication Circuits: Analysis and Design*, Addison Wesley, NY, 1971.