

---

## LABORATORIO DE COMUNICACIONES ELO-241

### Informe Previo 3 MODULACIÓN DIGITAL DE PORTADORA: ASK, OOK Y BPSK

---

*Andrés Farías Bórquez*  
201121021-2

*Felipe Fernández Pino*  
201121011-5

*Felipe Padilla Oyanader*  
201121037-9

10 de junio de 2014

## 1. Resumen

En el desarrollo de este informe previo se describen los métodos de resolución para cada problema, los conceptos teóricos necesarios para comprender cada uno de éstos y se explica el diseño de los módulos de prueba que se pretenden utilizar en esta experiencia.

## 2. Objetivos

- Lograr simular la modulación de señales digitales utilizando transmisión de información en amplitud de portadora (ASK y OOK) y transmisión de información en fase de portadora (BPSK).
- Observar los espectros pertenecientes a cada una de estas modulaciones y calcular sus respectivos anchos de banda basándose en tres distintos criterios.
- Simular la etapa de demodulación sincrónica para cada una de las señales descritas anteriormente.
- Observar y comprender el efecto de introducir un desfase a la señal portadora con la cual se demodula.
- Diseñar correctamente un circuito detector de envolvente para frecuencias de portadora dadas.

### 3. Descripción del Problema

En esta sección se procede a identificar cada problema y comprender qué se busca aprender en cada uno.

#### 1. Problema 1

El principal objetivo en este problema es simular correctamente cada una de las modulaciones que se estudian en esta experiencia, observando los efectos que producen al modular con señales cuadradas de frecuencia fija y ciclo de trabajo variable o con señales cuadradas pseudoaleatorias (más cercanas a una modulación digital real). Se desea graficar el espectro para cada uno de estos casos identificando diferencias y similitudes.

#### 2. Problema 2

En este problema se busca determinar el ancho de banda para cada una de las señales moduladas considerando tres distintos criterios:

- Ancho de banda de -3 [dB]
- Ancho de banda del primer nulo
- Ancho de banda de 98 % de potencia

#### 3. Problema 3

El objetivo de este problema es simular correctamente un demodulador sincrónico junto con un filtro pasa bajos para poder recepcionar los mensajes simulados anteriormente. También se busca determinar el efecto que tiene el demodular con una portadora desfasada desde  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .

#### 4. Problema 4

En este problema busca familiarizarse con el amplificador operacional AD817, entender qué características son las que lo hacen útil para esta experiencia y diseñar las componentes que lo involucran para lograr desfasar la señal portadora.

#### 5. Problema 5

El objetivo de este problema es lograr diseñar correctamente el circuito detector de envolvente que se emplea para demodular en dos frecuencias de portadora distintas. Se debe especificar qué componentes se utilizan y el rango de voltajes apropiados para el circuito.

## 4. Metodología

### 1. Problema 1

### 2. Problema 2

### 3. Problema 3

Se utiliza el software MATLAB/Simulink para realizar la simulación del circuito demodulador sincrónico.

### 4. Problema 4

### 5. Problema 5

## 5. Resultados y Contrastaciones

1. Problema 1
2. Problema 2
3. Problema 3
4. Problema 4

Se tiene el siguiente circuito desfasador mostrado a continuación:

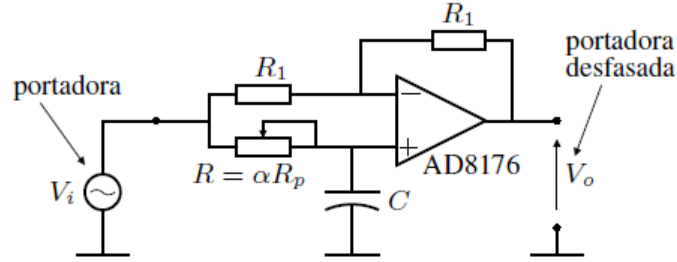


Figura 1: Circuito Desfasador.

Para comenzar entenderemos cuales son las características que hacen del amplificador operacional AD817 útil en esta experiencia, siendo una de estas su ancho de banda unitaria el cual es de  $50[\text{Mhz}]$  lo que quiere decir que dentro de este rango de frecuencias no se presentaran atenuaciones en la señal de salida, como en este caso se utilizara una frecuencia de portadora de  $f_c = 400[\text{kHz}]$  el amplificador operacional no causara problema a la señal de salida.

Otra característica importante es el slew rate el cual en el AD817 es de  $350[\frac{\text{V}}{\mu\text{s}}]$ , el slew rate es la máxima velocidad de cambio que puede tener la señal de salida, es decir la capacidad del A.O para seguir los cambios de una señal de alta frecuencia de entrada y que la señal de salida no presente problemas.

En conclusión estas características del AD817 hace posible el procesamiento de señales de entrada de alta velocidad siendo algunos ejemplos las señales de imágenes y videos, y en este caso la modulación de alta frecuencia.

Ahora para diseñar los valores de  $R_p$  y  $C$  se tiene que la función de transferencia del circuito desfasador es la siguiente:

$$V_o = V_i \frac{1 - j\omega RC}{1 + j\omega RC} \quad (1)$$

En donde expresando el fasor en modulo y ángulo se tiene:

$$|V_o| = |V_i| \sqrt{\frac{1 + (\omega RC)^2}{1 + (\omega RC)^2}} \frac{\angle \arctan(-\omega RC)}{\angle \arctan(\omega RC)}$$

Dado que la arcotangente es una función impar finalmente se obtiene:

$$|V_o| = |V_i| \angle -2 \arctan(\omega RC) \quad (2)$$

Se observa que no importa la frecuencia o valores de R y C la amplitud de la señal salida es igual al de la entrada, ahora tomando el ángulo se tiene:

$$\begin{aligned} \theta &= -2 \arctan(\omega RC) \\ R &= \frac{\tan(-\theta/2)}{\omega C} \end{aligned}$$

Dado que  $-\frac{\pi}{2} < \theta < 0$  buscamos el desfase para  $\theta = -\frac{\pi}{2}$  Remplazando este valor en la ecuación se obtiene:

$$R = \alpha R_p = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Escogiendo para este valor de desfase, el valor máximo del potenciómetro y con  $f_c = 400[kHz]$  se tiene

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 \\ \omega &= 2\pi f_c = 2,513,274 \left[ \frac{rad}{s} \right] \end{aligned}$$

Fijando el potenciómetro de  $R = 2[k\Omega]$  se tendrá un valor de  $C = 0,198[nF]$ .

Finalmente con respecto a  $R_1$  se escoge un valor de unos pocos  $k\Omega$  con el fin de reducir el efecto ocasionado por las capacitancias parasitas, las cuales provocan oscilaciones de alta frecuencia en el lazo cerrado.

Luego los valores diseñados son:

$$\begin{aligned} R &= 2[k\Omega] \\ R_1 &= 10[k\Omega] \\ C &= 0,198[nF] \end{aligned}$$

### 5. Problema 5

Para diseñar el circuito detector de envolvente se basa en el siguiente criterio de diseño:

$$\frac{1}{f_p} \ll \tau \ll \frac{1}{f_m} \quad (4)$$

En donde la constante de tiempo es  $\tau = RC$

Este criterio se debe a que eligiendo un valor muy pequeño de  $\tau$  cercano a  $1/f_p$  existirá un ripple muy pronunciado debido a la rapidez que tendrá el comportamiento dinámico del circuito impidiendo la detección correcta de la envolvente, por otro lado el valor pequeño de  $\tau$  producirá que el efecto llamado negative peak clipping el cual consiste en que la señal demodulada tiende a redondear y no seguir correctamente a la señal AM será menos significativa.

En la siguiente figura se ilustran estos efectos.

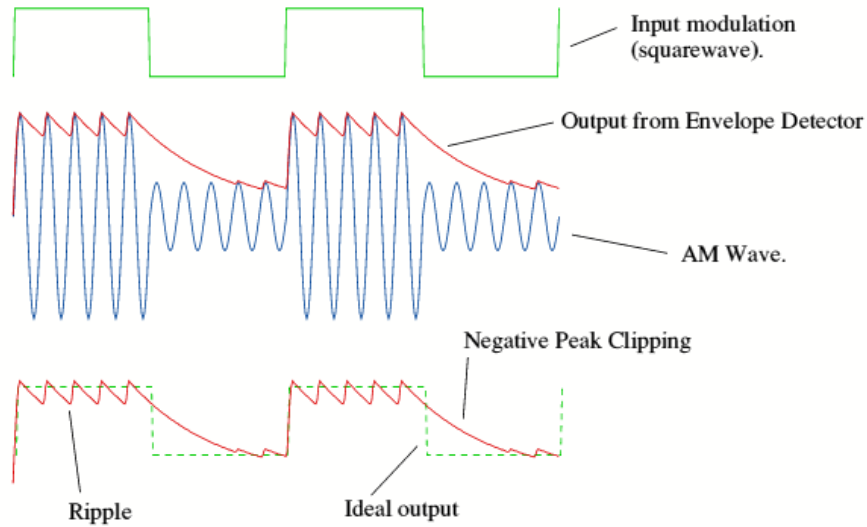


Figura 2: Efectos Ripple y Negative peak clipping.

Por otro lado si escogemos un valor de  $\tau$  más grande el efecto ripple será menos notorio, pero por otro lado el efecto del negative peak clipping se verá incrementado por lo cual usando las inecuaciones (4) consideraremos componentes con valores tales que la constante de tiempo se encuentre en un equilibrio para que no exista ni un efecto Ripple pronunciado ni un negative peak clipping pronunciado y obtener una demodulación bastante correcta de la señal AM.

Considerando  $f_m = 10[kHz]$  y  $f_c = 400[kHz]$  resolviendo se tiene:

$$\frac{1}{f_p} \ll \tau \ll \frac{1}{f_m}$$

$$2,5 \cdot 10^{-6}[s] \ll RC \ll 1 \cdot 10^{-4}[s]$$

Considerando  $R = 10[k\Omega]$ :

$$0,25[nF] \ll C \ll 10[nF] \quad (5)$$

Escogiendo  $C = 5,6[nF]$  y simulando:

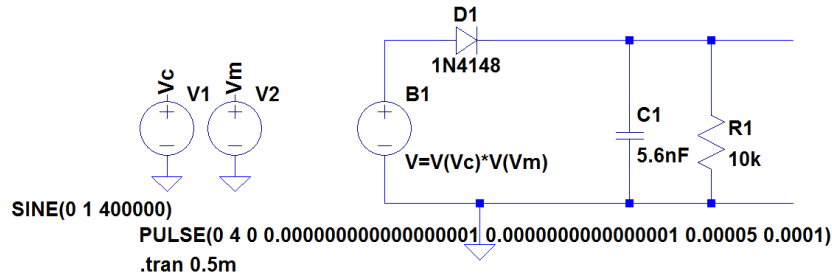


Figura 3: Circuito simulado mediante LTspice.

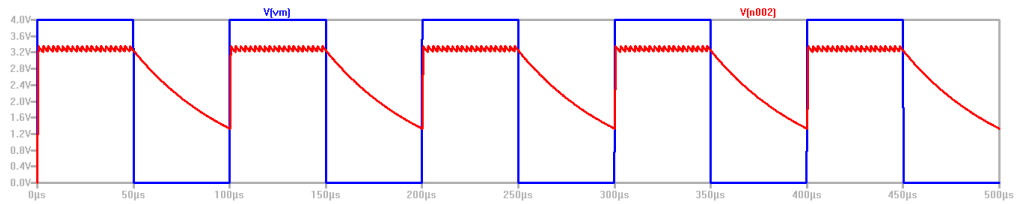


Figura 4: Señal moduladora cuadrada y señal demodulada.

En la figura se observa que la señal demodulada se observa cómo se encuentran presentes ambos efectos explicados anteriormente pero ni uno de los es tan imponente como para afectar la finalidad del circuito que es la detección de envolvente. Además se observa menos voltaje en la señal de salida esto se debe a la caída de tensión que existe en el diodo.



El diodo que se utilizara es el 1N4148 el cual es un con alta velocidad de switching de frecuencia máxima de 250[MHz], por lo cual para nuestra señal AM de 400[kHz] es más que suficiente , NO SEGURO EN ALGUNOS LADOS SALE 100 MEGAS

## 6. Conclusiones

- Conclusión
- Conclusión