

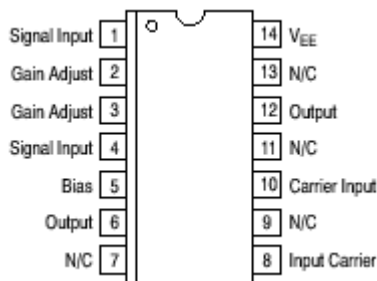
Práctica 4. Modulador y Demodulador de Amplitud

4.1. Objetivos

Estudiar la modulación de amplitud mediante la generación de una señal OOK (ASK binaria, *on-off keying*), y su posterior demodulación.

4.2. El modulador/demodulador balanceado MC1496

El MC1496 es un dispositivo que permite obtener a su salida el producto de dos señales y, por tanto, puede utilizarse como modulador balanceado, mezclador doblemente balanceado, detector coherente, doblador de frecuencia, y cualquier aplicación que haga uso de dicha operación.



Este dispositivo ofrece una excelente supresión de portadora (más de 50 dB) para frecuencias en torno a 500 kHz.

Para bajas frecuencias de señal, la ganancia en voltaje viene dada por (ver figura 1):

$$A_{VS} = \frac{V_O}{V_m} = \frac{R_L}{R_E + 2r_e}, \quad r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I5 \text{ (mA)}} \quad (1)$$

cuando la amplitud de la portadora es de 500 mV (pico). Para una operación lineal del dispositivo es aconsejable que la señal de entrada no tenga un valor de pico superior a:

$$V_m \leq I5 \cdot R_E \text{ (voltios de pico)} \quad (2)$$

Además, el MC1496 ha sido optimizado para un valor de corriente $I5 = 1 \text{ mA}$, lo que se consigue conectando una resistencia de $6,8 \text{ k}\Omega$ entre la patilla 5 y tierra.

4.3. Realización práctica

4.3.1. Modulador de doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC)

En la figura 1 se muestra el circuito práctico para el uso del MC1496 como modulador de amplitud.

1. Realizar dicho montaje y aplicar una señal portadora senoidal de 100mV (pico) de amplitud y frecuencia 50 kHz y una señal moduladora senoidal de 2 kHz y amplitud de pico también de 100 mV.
2. Observar la señal de salida del modulador y ajustar el potenciómetro (carrier null) hasta que dicha señal tenga la apariencia de ser de doble banda lateral con portadora suprimida (se observan dos envoltentes opuestas correspondientes a la moduladora en cuyo interior se encuentra la portadora modulada). Para suprimirla del todo, desconectar la señal

- moduladora y ajustar el potenciómetro hasta que desaparezca la señal de salida.
- Determinar la ganancia del modulador y comparar el valor obtenido con el teórico dado por la ecuación (1).
 - Sustituir R_E por una resistencia de $100\ \Omega$ y ver si cambia la amplitud de la señal de salida. Tras realizar la comprobación, volver a poner la resistencia de $1\ \text{k}\Omega$ para R_E .

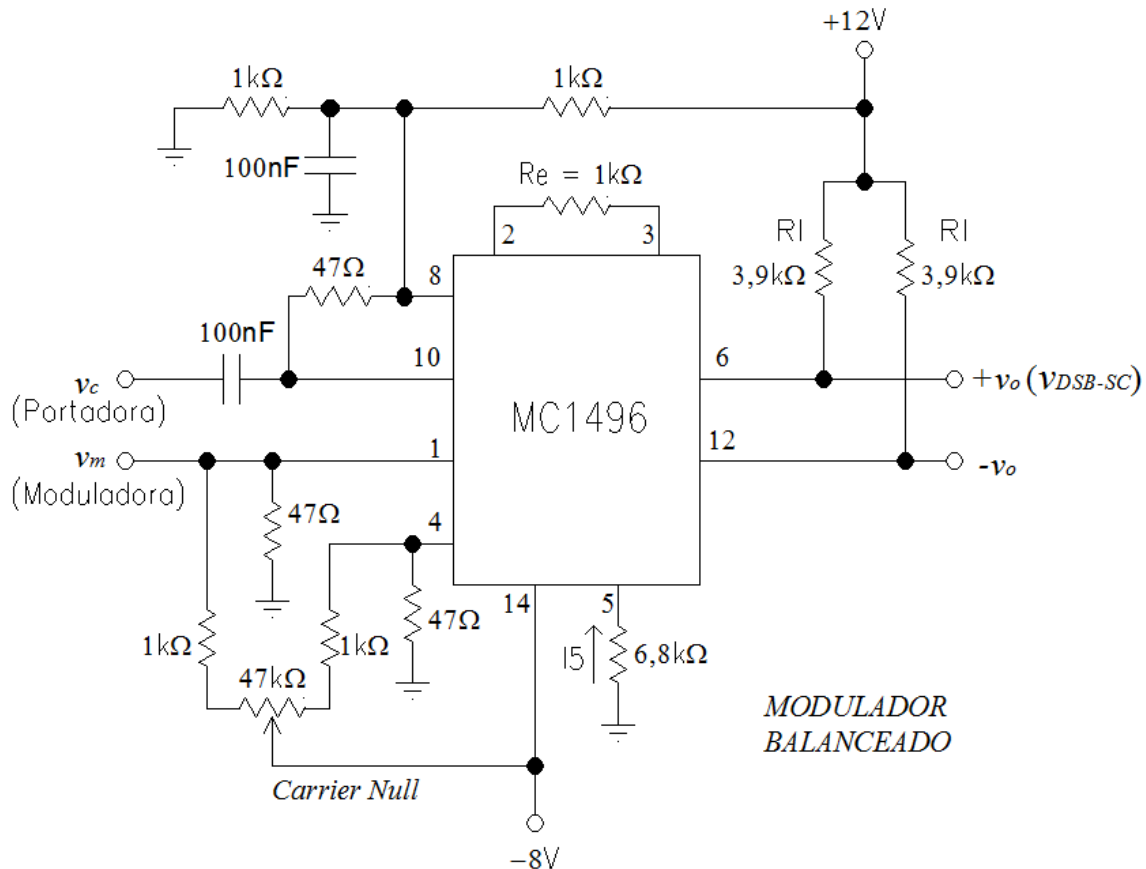


Figura 1. Modulador de doble banda lateral con portadora suprimida

4.3.2. Obtención de una señal OOK

Una señal OOK consiste básicamente en una señal DSB-SC donde la moduladora es una onda cuadrada con dos niveles: 0 voltios que representa al cero binario y A voltios para representar el uno binario.

- En el mismo montaje de la figura 1, introducir una onda cuadrada de frecuencia 2 kHz y amplitud 100 mV con nivel inferior a cero voltios.
- Modificar la frecuencia de la portadora a 500 kHz.

4.3.3. Detector de producto

En la figura 2 se muestra un detector de producto para señales moduladas en amplitud, el cuál nos permitirá recuperar la señal moduladora, en este caso, la señal OOK.

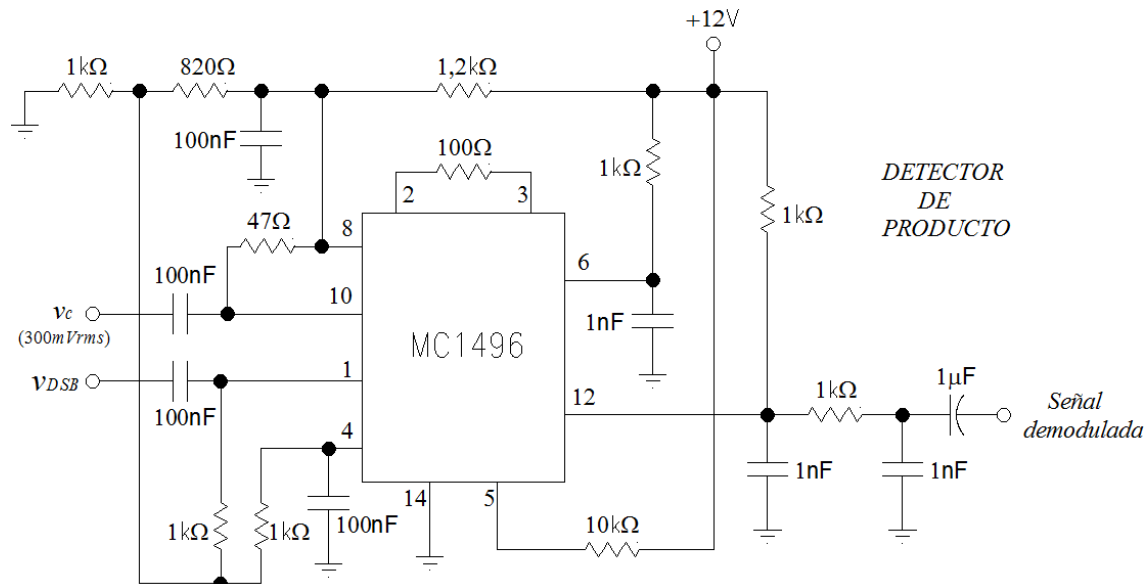


Figura 2. Detector de producto

1. Implementar el circuito de la figura 2 y conectar la salida del modulador a la entrada v_{DSB} de éste. Igualmente, conectar la portadora (la misma que la conectada al modulador) a la entrada v_c . Esto implica una perfecta sincronización entre el emisor y el receptor. En una aplicación real habría que diseñar algún tipo de circuito sincronizador de portadora. Observar si se recupera la señal moduladora para el caso de que esta sea senoidal de frecuencia 2 kHz. Observar si se sigue recuperando para frecuencias superiores, hasta llegar a unos 100 kHz
2. Utilizar a continuación como señal moduladora la onda cuadrada de amplitud 100 mV y observar la salida del detector para diferentes frecuencias desde pocos kHz hasta unos 100 kHz.
3. El detector de producto puede utilizarse igualmente para la demodulación de señales BPSK, ya que éstas se corresponden con una modulación DSB-SC haciendo uso de una moduladora digital polar. Utilizar como moduladora una señal polar de ± 100 mV de amplitud y observar si esta es demodulable para diferentes frecuencias desde unos pocos kHz hasta unos 100 kHz.

4.4. Simulación mediante la herramienta Simulink

Previamente al desarrollo de la práctica es conveniente realizar un estudio para saber qué nos vamos a encontrar, haciendo uso de la herramienta Simulink del paquete de simulación MatLab.

Para ello, implementar el diseño mostrado en la figura que se muestra a continuación. Tomaremos como frecuencia de la portadora $f_c = 500$ kHz, y para la moduladora $f_m = 10$ kHz. Como moduladora tomar una onda cuadrada con amplitud de pico 0,5 V, a la que a continuación se le añadirá una componente de continua de 0,5 V para obtener una señal unipolar de 1V de amplitud. La portadora será de tipo senoidal. El filtro pasabajo debe filtrar las señales con frecuencias superiores a $5 \cdot f_m$. Haremos uso de un filtro de orden 2. Los retenedores de orden cero (S&H) muestrearán a 4 veces la frecuencia de la portadora. Por último, el analizador de espectros debe calcular la FFT con 2048 muestras, y debe mostrar la magnitud en decibelios en el margen entre 50 y -100 dB. El tiempo de simulación será de 50 veces el período de la moduladora ($1/f_m$).

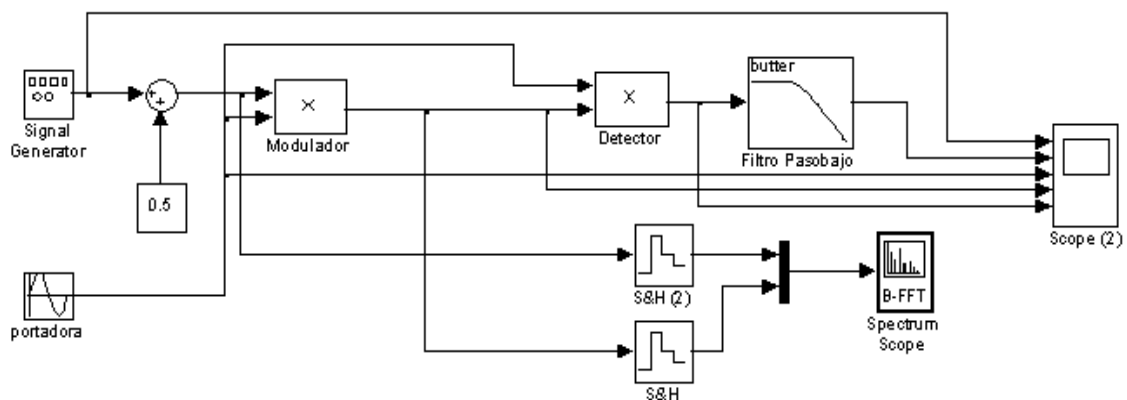


Figura 3. Diseño de un modulador y demodulador de amplitud