

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Laboratorio de Electrónica “Ing. Luis García Reyes”
Laboratorio de Comunicaciones I

Práctica 3 “Demodulación de una señal de amplitud modulada”

Objetivo:

Implementar un receptor de radio sintonizado en RF para una señal de Amplitud Modulada (AM), utilizando un circuito tanque para la recepción y un detector/demodulador basado en diodo de germanio.

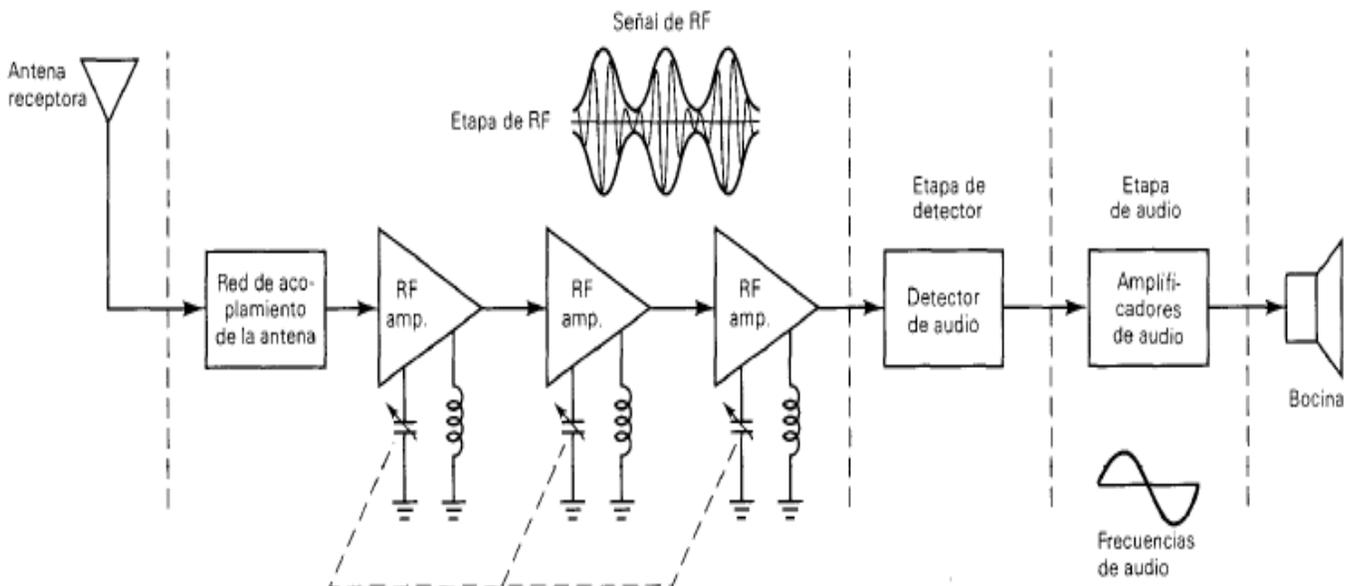
Introducción:

El receptor sintonizado en radiofrecuencia o TRF (Tuned Radio-Frequency) es el de diseño más sencillo por requerir el mínimo de componentes, sin embargo, tiene varias desventajas que hacen impráctico su empleo generalizado, estas desventajas son:

- Selectividad (ancho de banda) variable dependiendo de la frecuencia a sintonizar
- Inestabilidad al requerir varias etapas de amplificación de RF sintonizada (circuitos tanque) en cascada
- Ganancia no uniforme (dependiente de la frecuencia a sintonizar)
- Sintonización multietapas: Para cambiar de estación sintonizada se deben ajustar todos los circuitos tanque.

Sin embargo, cuando se trata de sintonizar una sola estación las desventajas anteriores desaparecen, en este caso es un buen esquema de recepción.

Un TRF por lo general se compone de 3 etapas: Etapa de RF, Etapa del detector, y Etapa de audio. Como se muestra en la figura siguiente:

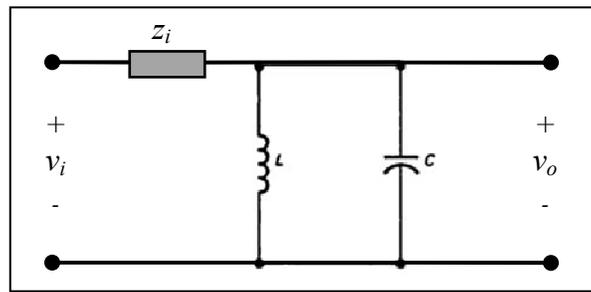


Etapa de RF: Se compone de

- Antena receptora y red de acoplamiento

- Cuando la señal es lejana o débil por lo general se requieren 2 ó 3 etapas de amplificación sintonizada de RF para filtrar y amplificar la señal recibida hasta un nivel suficiente para excitar la etapa del detector.

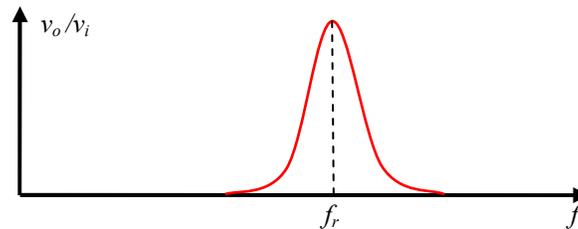
Sintonización: La sintonización es la atenuación de todas las frecuencias, excepto una gama (ancho de banda) de interés. El circuito sintonizador pasivo (sin amplificación) básico es un **circuito tanque** consistente en un capacitor en paralelo con una inductancia (la cual puede ser el primario de un transformador). Como el que se muestra en la figura siguiente:



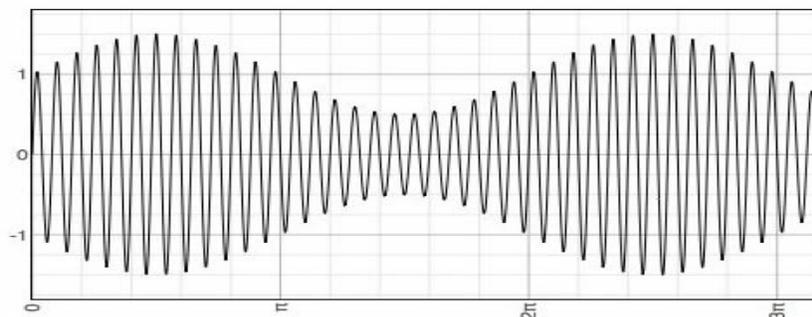
Este circuito se comporta como un filtro pasabanda cuya frecuencia de resonancia está dada por

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

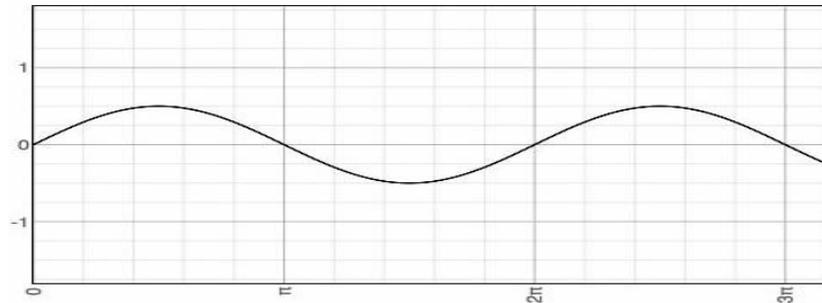
De manera que la ganancia del circuito se comporta como se muestra en la siguiente figura, en la cual el punto máximo está en la frecuencia de resonancia.



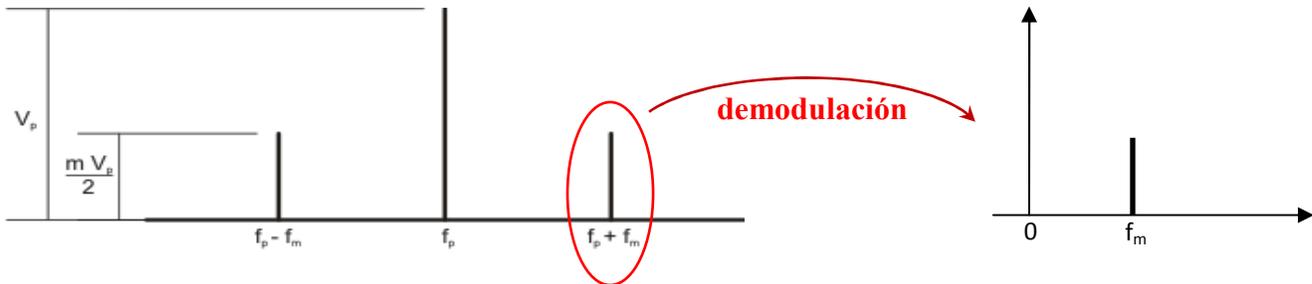
El detector o demodulador: Extrae de las señales RF de amplitud modulada su envolvente, por esta razón a veces se le llama detector de envolvente. Por ejemplo, si la señal de RF tiene la forma mostrada en la siguiente figura:



Después de pasar por el detector, desaparece la alta frecuencia de la portadora, quedando solamente la envolvente (moduladora):



En el dominio de la frecuencia, la operación que realiza el demodulador consiste en la extracción de la información contenida en una de las bandas laterales

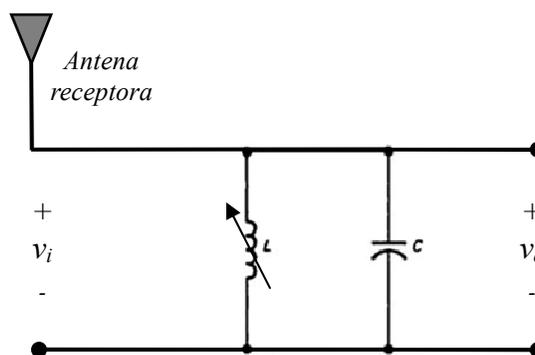


La etapa de audio: Consiste simplemente en la amplificación de las señales de información hasta un nivel útil.

Desarrollo de la Práctica:

En esta práctica se implementará un receptor AM tipo TRF. Las etapas requeridas se implementarán como se describe a continuación:

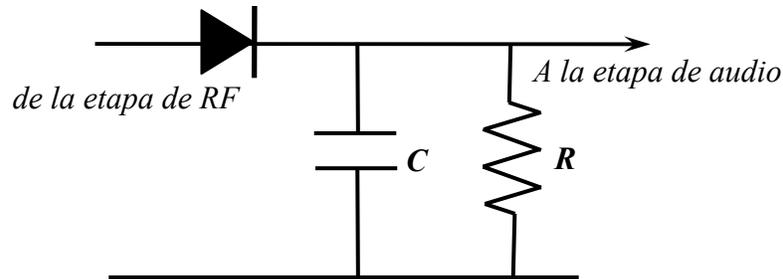
- 1) La **etapa de RF** consiste de un circuito tanque cuya entrada es la antena, como se muestra en la figura siguiente:



La inductancia a utilizar será una inductancia con núcleo de ferrita ajustable para poder variar el valor de L y sintonizar la estación a recibir. El capacitor a utilizar será de 10 pF.

En esta práctica no se utilizará una etapa amplificadora de RF, puesto que el transmisor estará lo suficientemente cerca de la antena para captar una señal fuerte.

- 2) **La etapa del detector** consiste en un detector de envolvente basado en un diodo, el cual deberá ser un diodo de germanio, o en su defecto un diodo schottky, ya que estos diodos tienen un valor pequeño de voltaje umbral en polarización directa (v_γ) y esto disminuye la atenuación de la envolvente:



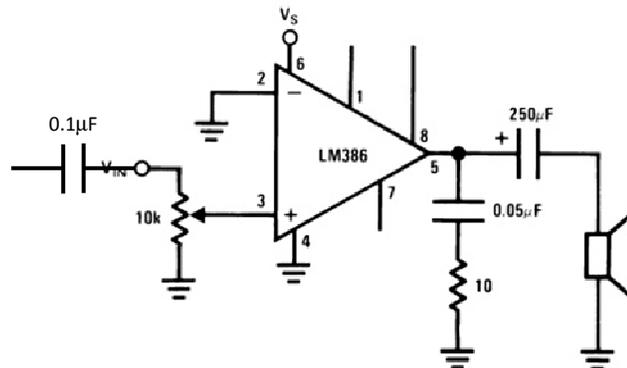
Para la elección de R y C se utiliza la siguiente relación (que supone un factor de modulación de 70%):

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi RC}$$

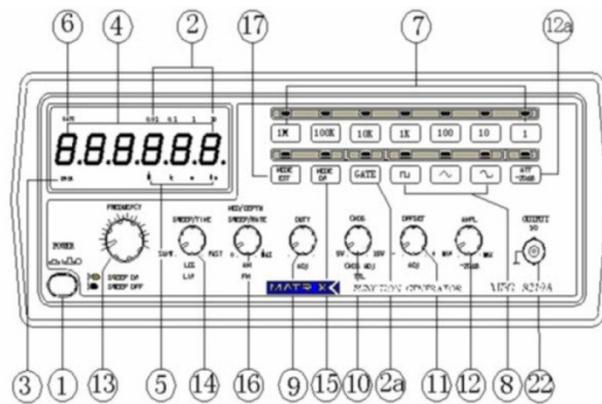
Donde f_{\max} es la máxima frecuencia de interés. En el caso de una señal de audio de mediana calidad $f_{\max} = 10\text{Khz}$, de manera que si además elegimos $R=10\text{K}$

$$C_{\min} = \frac{10^{-8}}{2\pi} \approx 1.6\text{ nF}$$

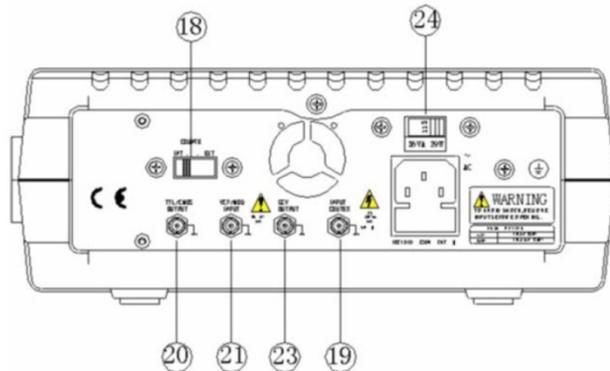
- 3) **La etapa de audio** utilizará un amplificador operacional LM386 (Amplificador de audio) con una ganancia de 20. La configuración a utilizar se muestra en la siguiente figura.



- 4) **El transmisor**. Como transmisor se utilizará un generador de señales MATRIX aprovechando su funcionamiento como modulador con una señal externa:
- Para modular la señal de un generador mediante una señal externa se deberán activar los botones:
 - [**MOD ON**] (activar modulación). Número 15 de la figura siguiente
 - [**EXT ON**] (modulación externa). Número 17 de la figura siguiente
 - Además se deberá jalar la perilla **MOD/DEPTH**. Número 16 de la figura siguiente

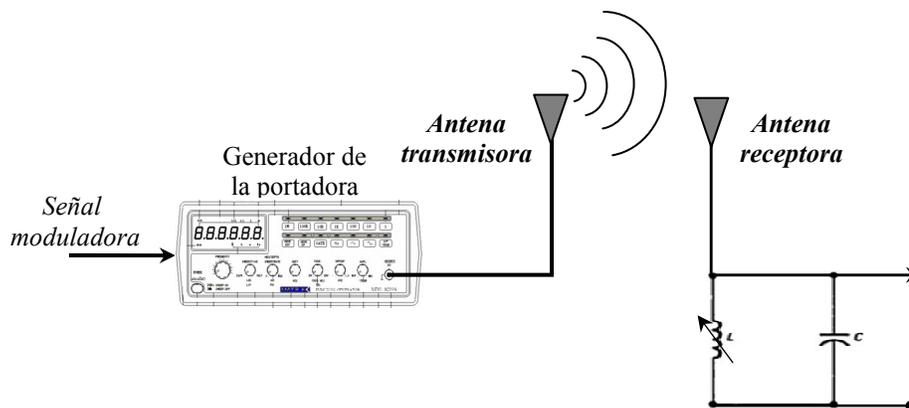


- Una vez hecho esto se deberá conectar en la parte de atrás del generador la señal modulante, en el conector etiquetado: **VCF/MOD INPUT** (Número 21 de la figura siguiente)



- Girando la perilla **MOD/DEPTH** se podrá aumentar o disminuir el índice de modulación.

El esquema del transmisor quedará como se muestra en la figura siguiente:

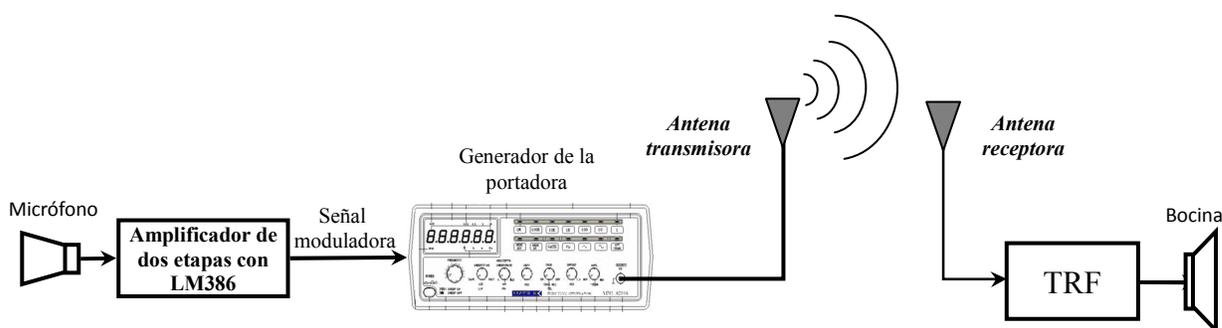


Procedimiento:

- 1) Probar el esquema de recepción/sintonización con el circuito tanque: La frecuencia de resonancia dependerá de la bobina utilizada y de la posición del núcleo de ferrita. Colocar el núcleo aproximadamente a la mitad de su recorrido y utilizar un segundo generador para generar una señal moduladora senoidal de 200 Hertz con un porcentaje de modulación de aproximadamente 90%.

Ajustar el generador de la portadora a la máxima amplitud. Mover la frecuencia de la portadora observando en el osciloscopio la señal captada por la antena receptora hasta obtener la posición de máxima captación (debe obtenerse 1 volt de pico o más). Una vez localizada esta frecuencia cuidar de mantenerla durante el resto de la práctica en el mismo valor.

- 2) Observar en el canal 2 del osciloscopio la salida de la etapa detectora para verificar que en efecto se está realizando la demodulación. En este punto cambiar la señal moduladora de senoidal a triangular y a cuadrada para observar la recuperación de la misma.
- 3) Ya que se sintonizó el receptor, se reemplazará la señal moduladora por la salida del micrófono amplificada mediante dos etapas de amplificador no inversor usando el LM324 en (igual que en la práctica No. 2) y la salida del detector se conectará a la entrada del amplificador de audio para escucharla en la bocina. El esquema final es el mostrado en la figura siguiente



- 4) Una vez que funciona el esquema anterior probar la sintonización moviendo el núcleo de ferrita de la inductancia del circuito tanque.

Evaluación:

Esta práctica se considerará aprobada al hacer funcionar este último esquema y se asignará una calificación dependiendo del conocimiento de los detalles de funcionamiento y del tiempo requerido para hacerla funcionar.