

2011

## Práctica 03. Demodulación homodina de AM con detector de picos



MI. Mario Alfredo Ibarra Carrillo  
Facultad de Ingeniería; Telecomunicaciones  
16/03/2011  
versión\_01\_03\_01



## ***Objetivos***

1. Entender las propiedades y comportamientos del circuito detector de picos.
2. Implementar un circuito demodulador por detector de picos.
3. Demodular una señal de AM comercial.

## ***Lista de experimentos***

1. Simulación del detector de picos
2. Armado y configuración del detector de picos
3. Demodulación homodina de una señal de AM comercial con detector de picos

## ***Apéndices***

- A) El detector de picos.
- B) Patigrama del BF494

## ***Lista de equipo y material***

- Osciloscopio
- Multímetro
- 2 generadores de funciones
- Analizador de espectros
- Fuente de poder dual
  
- Adaptadores BNC-Banana
- Adaptadores BNC-Caimán
- Cables Banana-Caimán
- Cables Caimán-Caimán
- Pinzas de punta
- Pinzas de corte
  
- 1 protoboard
- 6 metros de alambre número 20 o número 18 (para alambrear protoboard)
- Banco de capacitores
- Banco de resistencias
  
- Laptop con multisim instalado
- El amplificador de RF que el alumno ensambló en la práctica 2
- El amplificador de audio que el alumno ensambló en la práctica 1
- 1 bocina de 3 a 5 pulgadas y 8 ohms.
- 1 TBJ de alta frecuencia "BF494B"
- 1 CI "CA3140E"
- 2 capacitores de polyester de 220[nF]
- 1 potenciómetro de 10K  $\Omega$
- 2 resistencias de 330[ $\Omega$ ] a 1/2 [W]
- 1 resistencia de 1KW[ $\Omega$ ]
- 2 capacitores electrolíticos de 4700[ $\mu$ F] (se usan en la polarización de la protoboard)

## ***Instrucciones para el cuestionario previo y el reporte***

Tanto para el cuestionario previo como para el reporte:

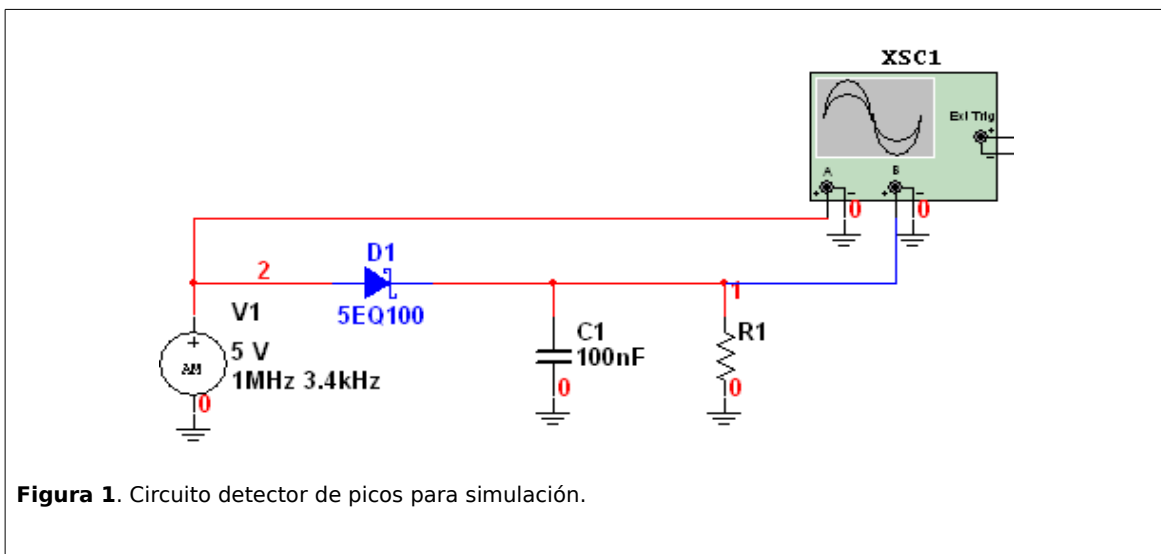
- Copie la carátula de la práctica presente anotando los nombres de los integrantes del equipo por apellido.
  - o Puede rehacer la carátula para tenerla en formato digital.
  - o Se resta un punto de la calificación si no anota su nombre por apellido.
- Puede realizar su propio formato de carátula siempre y cuando tenga un logo, un lema y la información obligatoria.
- Anote el número de grupo de laboratorio.
- El cuestionario previo se evalúa aparte de la realización de la práctica.
- Anote en su reporte lo que se pide reportar en cada pregunta de los experimentos. Sus respuestas deben estar numeradas de acuerdo a la pregunta que intentan responder.
- No olvide expresar sus comentarios tal como se indica al final de la práctica.

## ***Cuestionario previo***

1. Anote cuales razones justifican el uso de la modulación.
2. Investigue y reporte que es un demodulador homodino.
3. Anote cuales razones justifican el uso de la modulación.
4. Investigue y reporte que es un demodulador heterodino.
5. Investigue y reporte que es un demodulador superheterodino.
6. Investigue y reporte cual es el diagrama de circuito para un detector de envolvente para AM.
7. Investigue y reporte cómo funciona el circuito detector de envolvente.

## Experimento 1. Simulación del detector de picos (Uso de fórmulas de diseño)

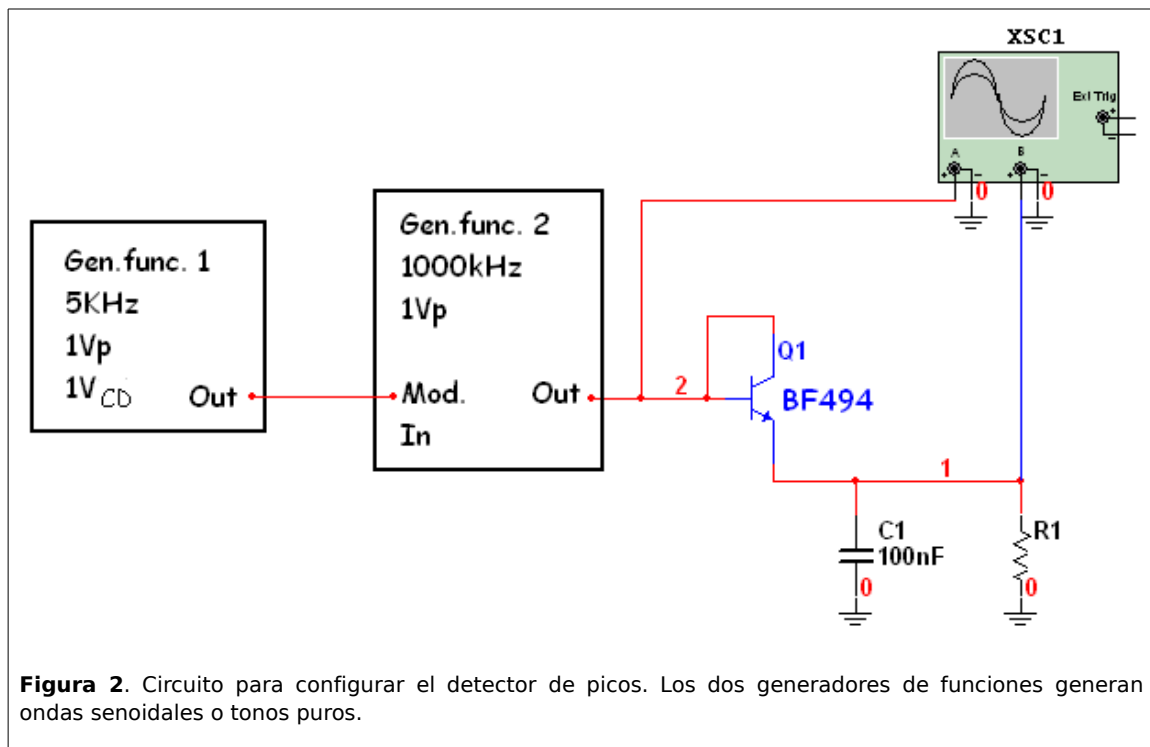
1. Para el presente experimento se empleará un simulador de circuitos
2. Use el simulador recomendado por el profesor de laboratorio
3. La figura 1 muestra el circuito detector de pico. Capture el modelo considerando los siguientes datos.
  - 3.1. Frecuencia de portadora 1000KHz
  - 3.2. Frecuencia de mensaje de 3400Hz
  - 3.3. Voltaje de mensaje de  $V_p=5V$
  - 3.4. Índice de modulación de  $M=0.9$
  - 3.5. Capacitancia de 100nF



4. (1 pt) Calcule y **reporte** el valor de resistencia empleando su aproximación para cálculo del capacitor
5. (1 pt) Simule el circuito y **reporte** el oscilograma obtenido.
6. (1 pt) Calcule y **reporte** el valor de resistencia empleando la aproximación de la ecuación 3 del apéndice A; también deberá usar la ecuación (1)
7. (1 pt) Simule el circuito y **reporte** el oscilograma obtenido.
8. Cambie el índice de modulación del circuito a simular para  $M=0.7$ .
9. (1 pt) Vuelva a calcular y **reportar** el valor de la resistencia empleando la aproximación de la ecuación 3 del apéndice A.
10. (1 pt) Simule el circuito y **reporte** el oscilograma obtenido.

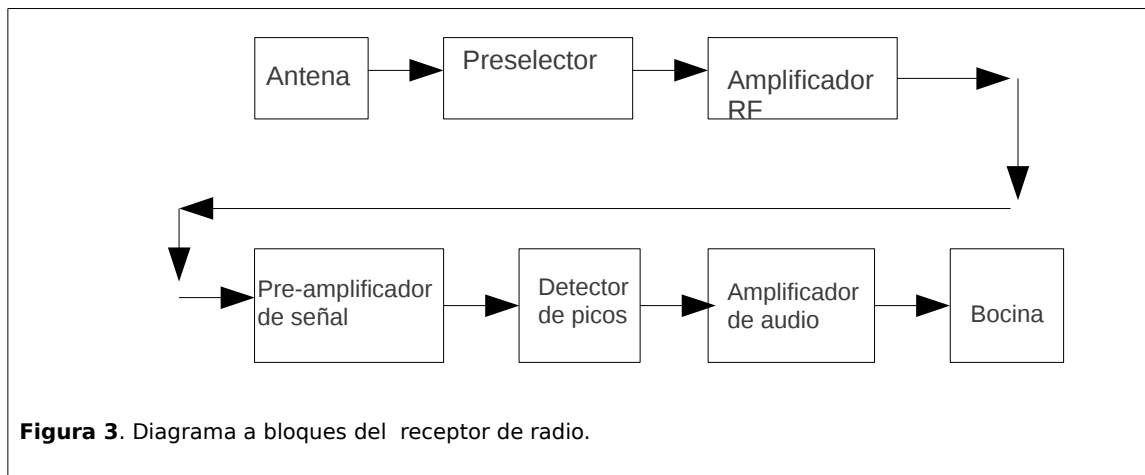
## Experimento 2. Armado y configuración del detector de picos

1. En esta práctica se usará el generador de funciones para armar y configurar el circuito detector de picos.
2. La figura 2 ilustra el diagrama del circuito a implementar (**deje a la izquierda de su detector de picos, un espacio adecuado para el preamplificador que armará posteriormente**)
  3. Configure los generadores de funciones tal como indica la figura: **Los dos generadores de funciones trabajan con tonos puros.**
  4. Calcule el valor conveniente de resistencia empleando la aproximación dada en la ecuación 3 del apéndice.
  5. Note que el diodo está implementado por un TBJ "BF494B" (patigrama en el Apéndice B).
6. **(1 pt) Reporte** el oscilograma de la señal AM.
7. **(1 pt) Reporte** el oscilograma de la señal demodulada.



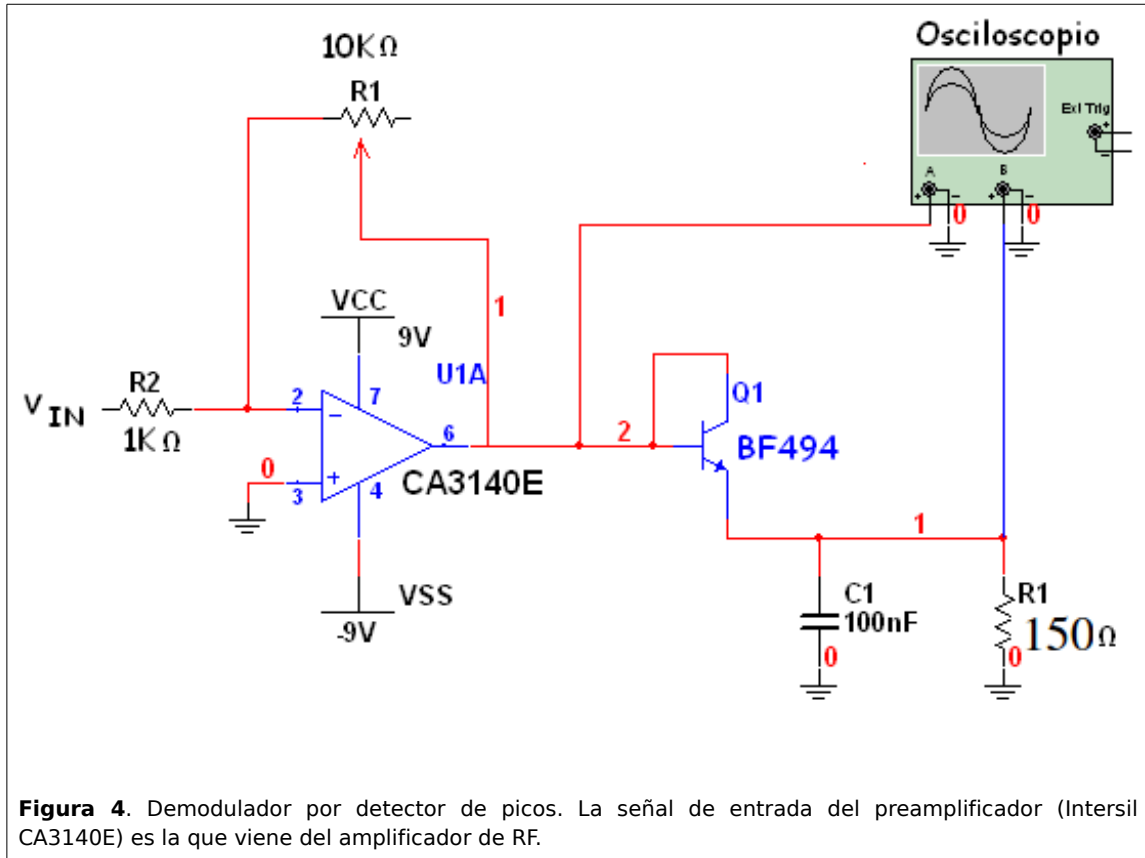
### Experimento 3. Demodulación homodina de una señal de AM comercial con detector de picos

1. Para este experimento se va a ensamblar el circuito cuyo diagrama a bloques se exhibe en la figura 3.



1. La antena, el preselector y el amplificador de RF se ensamblaron en la práctica 2.
2. Un preamplificador es necesario ya que el amplificador de RF entrega una señal de una fracción de volt, la cual no es suficiente para sobrellevar el voltaje de encendido del diodo.
3. La figura 4 ilustra el diagrama eléctrico del preamplificador basado en el CA3140, de "Intersil", ya conectado al detector de picos. Note que:
  - 3.1. La ganancia del amplificador es controlada por un potenciómetro de 10K $\Omega$ .
  - 3.2. El diodo fue reemplazado por un TBJ en configuración diodo debido a su ancho de banda.
4. Arme el circuito receptor de radio indicado en la figura 3.
5. Reporte el circuito funcionando
6. Reporte una fotografía del circuito armado





**Figura 4.** Demodulador por detector de picos. La señal de entrada del preamplificador (Intersil CA3140E) es la que viene del amplificador de RF.

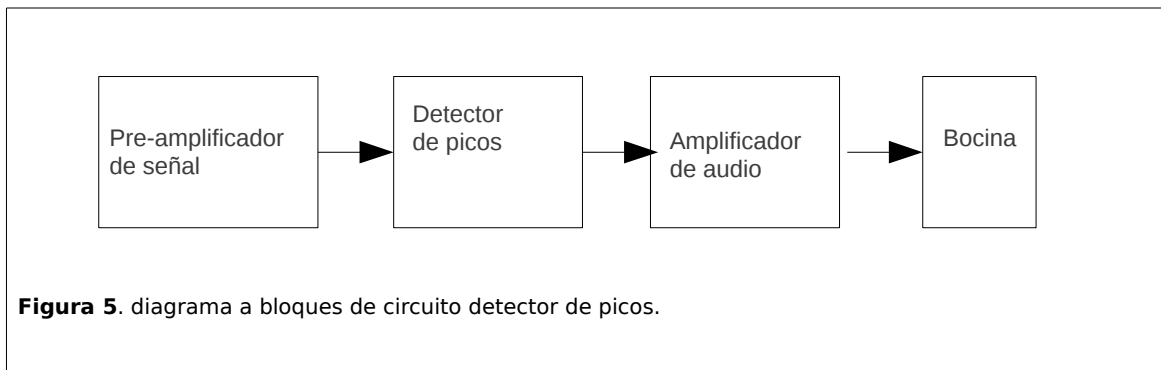
## Apéndice A. El detector de picos

La figura 5 ilustra el diagrama a bloques del circuito demodulador por detector de picos. El circuito está formado en sí por dos subcircuitos:

- Pre-amplificador de señal de alta frecuencia (opera en frecuencias de RF).
- Detector de picos el cual consiste de:
  - Diodo rectificador de media onda y de alta frecuencia.
  - El filtro que consisten sólo de un capacitor que se carga y descarga.
  - Resistencia de descarga. Esta resistencia no corresponde con audífonos u otro circuito. Su función es el control del tiempo de descarga del filtro.

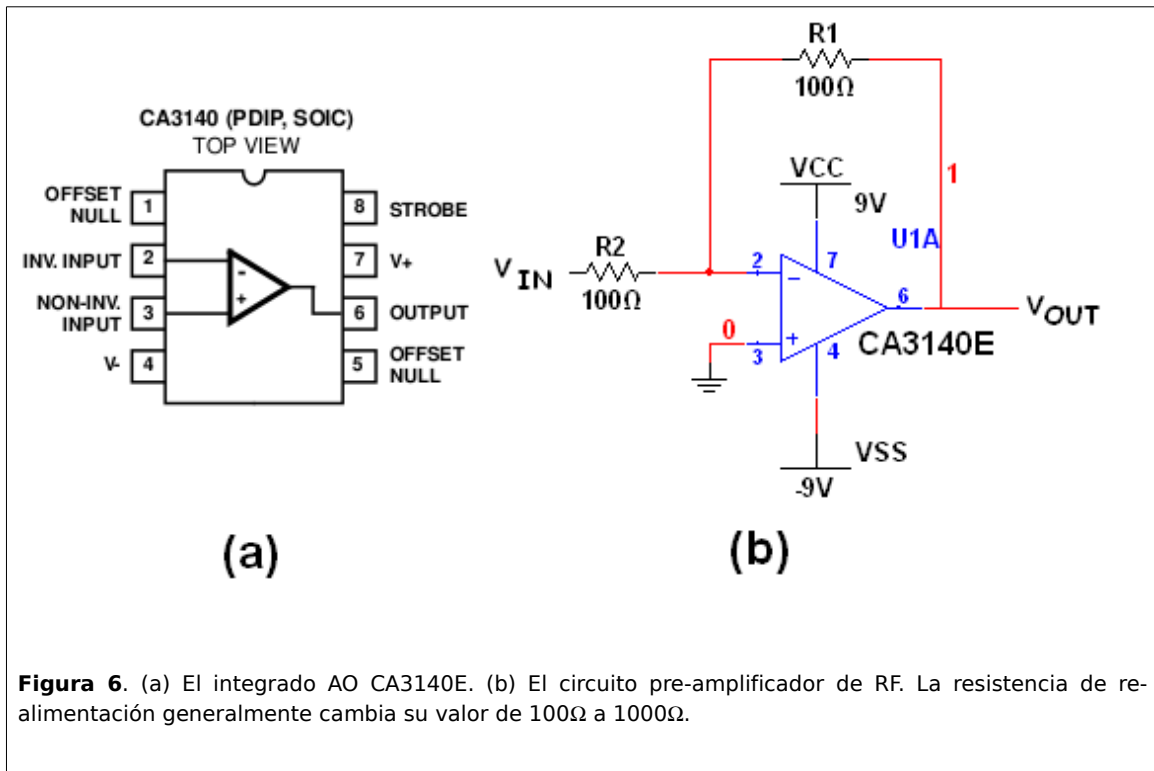
De manera adicional, se requiere de dos circuitos más para interpretar la señal demodulada, es decir:

- Amplificador de audio.
- Bocina.



### El pre-amplificador de audio

Este circuito es un amplificador operacional BiMOS con una impedancia de entrada medida en tera ohms, un ancho de banda de 4500KHz (considere que la más alta frecuencia del espectro de AM es 1600KHz). El patigrama del tal circuito se exhibe en la figura 6.a El circuito amplificador es un inversor y se exhibe en la figura 6.b.



**Figura 6.** (a) El integrado AO CA3140E. (b) El circuito pre-amplificador de RF. La resistencia de realimentación generalmente cambia su valor de 100Ω a 1000Ω.

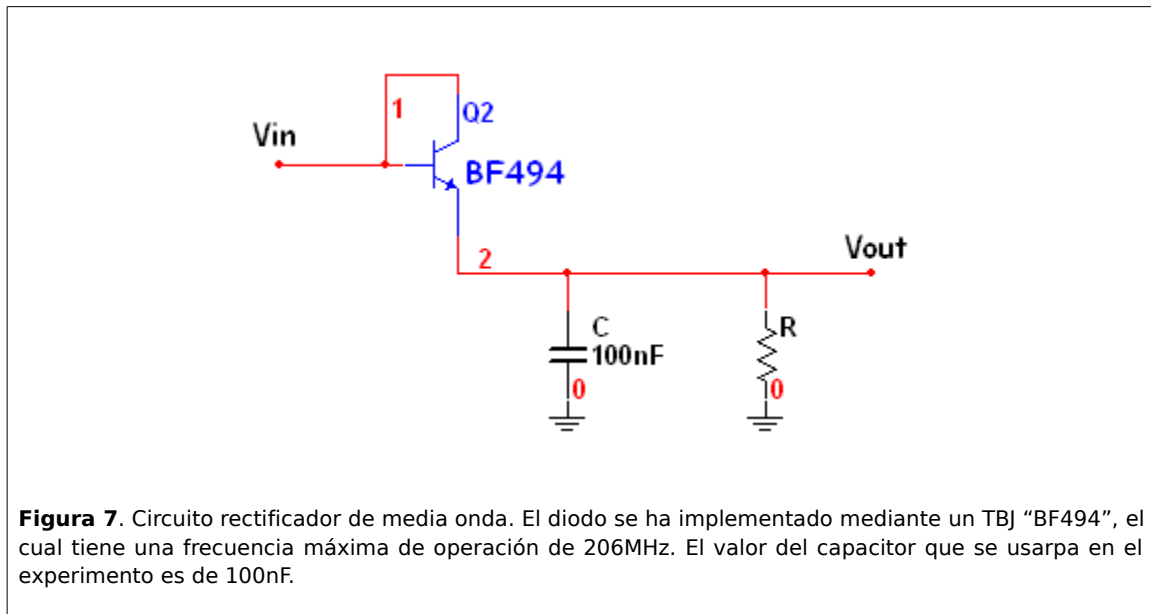
## Detector de picos

El núcleo del circuito es un rectificador de media onda. La descripción operativa del detector, en el dominio del tiempo, implica la carga de un capacitor a través de la resistencia del diodo y de la respectiva descarga del mismo capacitor a través de una conveniente resistencia de carga. La figura 7 ilustra el circuito respectivo.

El diodo de la figura 7 se implementa mediante un TBJ “BF494B” en configuración diodo. Este transistor se caracteriza por su frecuencia de operación de hasta 206MHz.

Dado que la resistencia del diodo es muy baja, el capacitor puede tomar cualquier valor entre unos pocos nanofaradios a varios cientos de nanofaradios y el voltaje del capacitor seguirá perfectamente a cualquier señal de entre 540KHz a 1660kHz. Así entonces, el valor del capacitor se fija en 100nF tal como se indica en la figura 7.

Una vez elegido un capacitor, resta la tarea de calcular un valor conveniente de resistencia a través de la cual deba descargarse el capacitor.



### Primera aproximación del detector de picos

La constante de tiempo de descarga del capacitor puede calcular despejando de la ecuación (1)

$$(1) \quad f_{m(max)} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Donde

$f_{m(max)}$  es la frecuencia máxima contenida en la señal modulante.

### Segunda aproximación del detector de picos

Se puede mejorar la aproximación considerando un factor de ajuste en función del índice de modulación. Entonces la fórmula final queda establecida como:

$$(2) \quad f_{m(max)} = \frac{\sqrt{\frac{1}{M^2} - 1}}{2\pi RC}$$

donde

$M$  es el índice de modulación.

13

### Tercera aproximación del detector de picos

Primero se calcula el porcentaje de descarga del capacitor mediante

$$(3) \quad \delta = 2\pi \frac{f_m}{f_c} M$$

donde

- $f_m$  es la frecuencia máxima contenida en el mensaje
- $f_c$  es la frecuencia de la portadora
- $M$  es el índice de modulación
- $\delta$  es el porcentaje de descarga del capacitor

Luego, la fórmula siguiente permite calcular, de manera aproximada, la constante de tiempo de descarga del capacitor "C" a través de la resistencia "R".

$$(4) \quad RC = \frac{-1}{f_c \ln(1-\delta)}$$

donde

- $RC$  es la constante de tiempo del circuito de descarga RC
- $f_c$  es la frecuencia de portadora

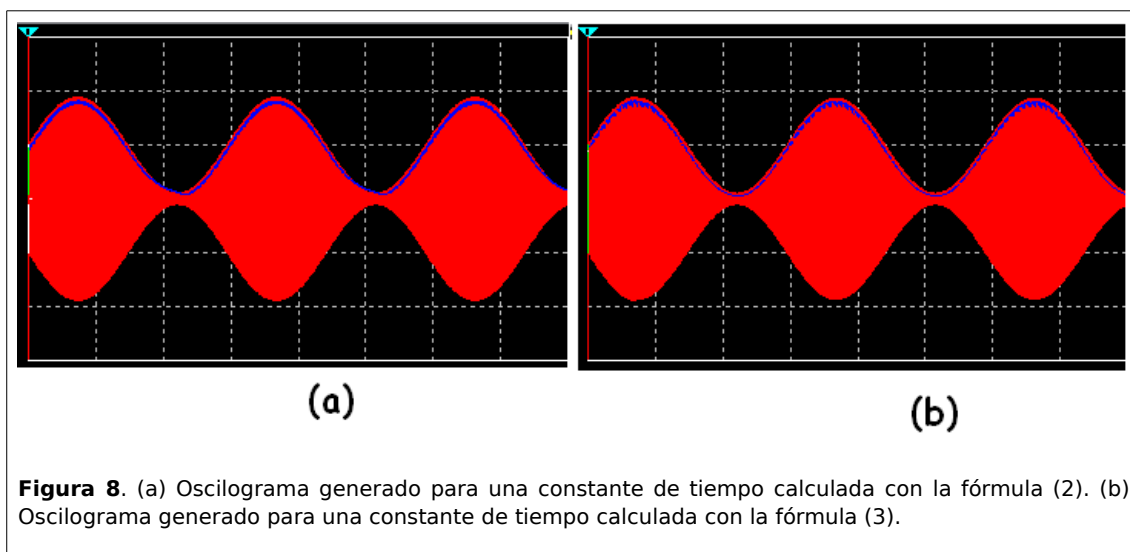
De esta forma, basta despejar la resistencia. Un ejemplo de la aplicación de esta fórmula puede verse en la figura 8.a. Note que se presenta una ligera distorsión cuando la señal demodulada (en azul) no sigue la forma del todo bien la forma de la señal AM.

### Cuarta aproximación del detector de picos

Para mejorar aún mas la aproximación de la constante de tiempo, se emplea un factor de corrección en función del índice de modulación M, de tal forma que la fórmula para el cálculo de la constante de tiempo del circuito de descarga RC es:

$$(5) \quad RC = -1 \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{M^2} - 1\right)}}{f_c \ln(1 - \delta)}$$

La figura 8.b ilustra que la distorsión se ha disminuido al mínimo.



### El amplificador de audio y la bocina

El amplificador de audio corresponde con un circuito ya ensamblado en la práctica 1.

### Apéndice B. patigrama del BF494

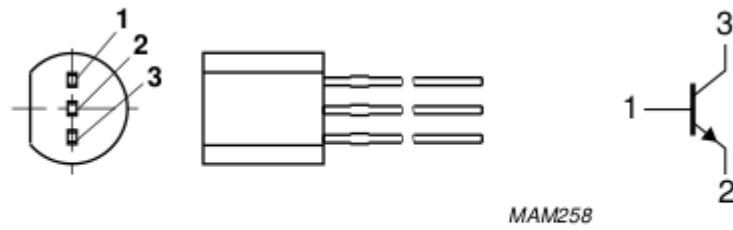


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

La figura es cortesía de Phillips.