

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS
(Massachusetts Institute of Technology)

Prácticas de laboratorio de introducción a la electrónica: 6.071

Práctica 2: componentes pasivos

Primavera de 2002

1 Ejercicios previos. Semana 1

1.1 Filtro RC

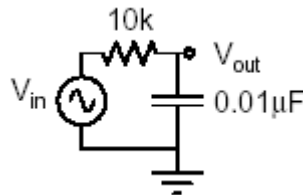


Figura 1: filtro RC

¿Cuál es la constante temporal RC del filtro de la imagen?

¿Cuál es la frecuencia angular? (Consultar el material de repaso o leer la sección 11.5 del libro de texto.)

¿Cuál será la salida si la entrada es 5V CC? ¿Cuál es el valor del voltaje que atraviesa la resistencia?

¿Cuál será la salida si a una frecuencia muy elevada ($\omega \gg \omega_{corner}$) fuese 5V AC?

¿Cuál es el valor del voltaje que atraviesa la resistencia?

1.2 RLC paralelo

Considérese el siguiente circuito:

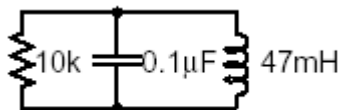


Figura 2: circuito resonante RLC

¿Por qué es resonante la frecuencia?

¿Cuál es el ancho de banda?

¿Qué es la Q?

1.3 Transformador

Considérese el transformador ideal. Dado el siguiente circuito:

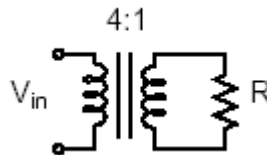


Figura 3: circuito transformador

Registrar los cálculos realizados respondiendo a las siguientes preguntas:
Si se aplican $4V_{pp}$ a la salida, ¿cuál es el voltaje que atraviesa la resistencia?

¿Cuánta corriente atraviesa la resistencia?

¿Cuánta corriente llega a las salidas?

¿Considerando la entrada del circuito, cuál es la resistencia equivalente?

Para el voltaje de entrada V , ¿cuánta potencia disipa la resistencia? ¿Cuánta disipa el circuito en su conjunto?

NOMBRE:

3

Sustitúyase la resistencia con un condensador de valor C . ¿Cuál es la capacitancia que va a las salidas? Recuérdese que $Z = \frac{1}{Cs}$.

2 Ejercicios previos. Semana 2

2.1 Radio AM

Reléase la parte sobre AM de la práctica (sección 5). Para completar con éxito esta práctica en el tiempo asignado, es necesario calcular los valores de los componentes antes de pasar al trabajo práctico en el laboratorio.

En primer lugar, una cuestión sobre el funcionamiento básico de una radio AM: suponiendo que el filtro de frecuencia con el que se trabaja tuviese una Q más baja de lo deseado y pasase 40KHz en lugar de 10KHz. Y suponiendo que hubiese otra emisora transmitiendo a 465KHz. Explicar qué pasaría (no dude en dibujar las formas de onda de las señales).

En la primera parte sobre la radio AM, se requirió la fabricación de un filtro de 455KHz con un ancho de banda de 5KHz. Calcular los valores que habrá que utilizar para R y C (ver figura 16).

A continuación, calcular los valores de R y C para la versión con el detector de picos (ver figura 18).

Por último, calcular los valores de R y C para la antena (ver figura 22).

3 Práctica de laboratorio

Nótese que el generador de función puede no ser fiable. Hay que realizar siempre la medición de la salida del circuito con el osciloscopio, pues puede ser diferente de la indicada por el generador de función. La frecuencia se medirá al menos una vez para garantizar que sea exacta. El voltaje se debe medir siempre.

También hay que recordar incluir las unidades en todas las mediciones. Póngase especial atención al factor 2π al pasar de f (Hz) a ω (radianes por segundo). Las unidades se especificarán en todas las respuestas y los gráficos llevarán nomenclatura.

3.1 Soldadura

Al inicio de la primera práctica, el ayudante técnico hará una breve introducción a la técnica de la soldadura. Será necesario soldar cables conductores a la bobina antena y al transformador. Aunque de momento no sea necesario, se recomienda hacerlo pronto, pues sólo hay un par de aparatos. Si se espera hasta el final para usarlos, es posible que la cola de tardones que esperan utilizarlos sea larga.

3.2 Filtro de paso bajo RC

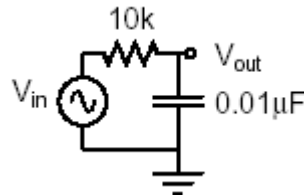


Figura 4: filtro RC

El circuito de la figura 4 es un filtro de paso bajo (idéntico al del ejercicio previo) y atenúa las frecuencias que están por encima de cierta frecuencia angular $\omega_c = 1/\tau$. Construir este circuito. Con el generador de circuito regulado para ondas sinusoidales, medir la magnitud $|H(j\omega)| = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|$ de varias frecuencias para una década por encima y una por debajo de la frecuencia angular del circuito. Trazar los resultados en la figura 5:

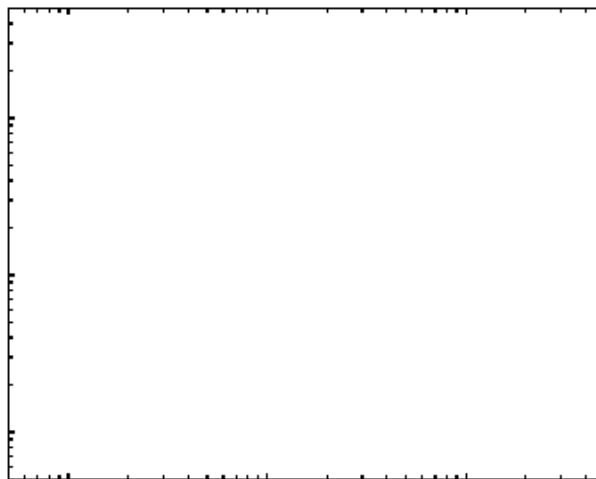


Figura 5: gráfica para filtro RC.

Medir la frecuencia angular del circuito (el punto en el que $|H(j\omega)|$ cae a 0,707).

¿En cuánto se distancia del valor calculado?

¿Cuál es la precisión de los condensadores y de las resistencias utilizadas?

¿Qué puede estar causando el error?

Hacer pasar una onda cuadrada a la frecuencia angular por el circuito y trazar, aproximadamente, la salida.

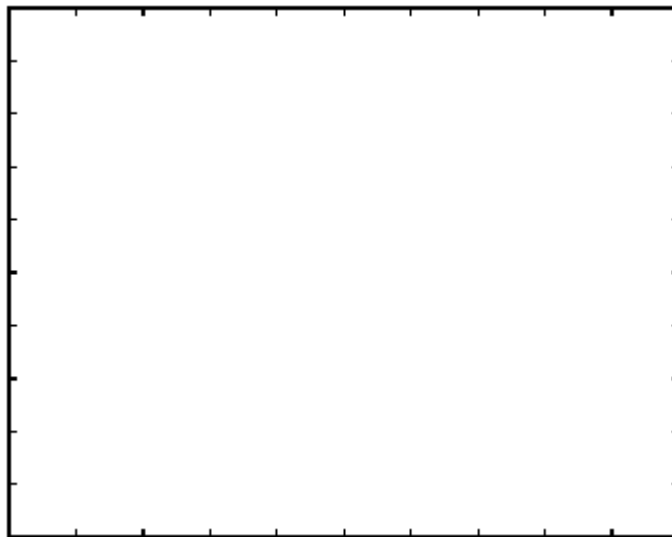


Figura 6: gráfica de respuesta transitoria RC

3.3 Resonancia paralela

El circuito de la figura 7 muestra una resonancia paralela. Es decir, en la frecuencia de resonancia $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, la combinación paralela de L y C actúa como un circuito abierto

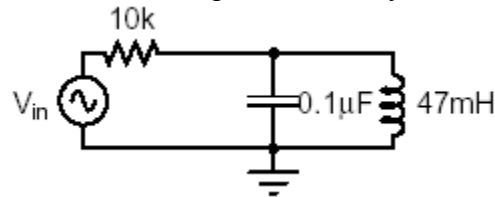


Figura 7: circuito de resonancia paralela

Construir este circuito. Determinar el valor exacto del inductor y el condensador utilizados en un puente de impedancia. Ajustar el alcance para que a la salida se obtengan ondas sinusoidales $10V_{pp}$. Variar la frecuencia y hallar la frecuencia de resonancia. Compararla con el valor calculado en los ejercicios previos.

Medir $|H(j\omega)|$ a varias frecuencias bajas ($<f_0$) y a varias altas ($>f_0$) para establecer las asíntotas. Trazar los datos en la figura 8.

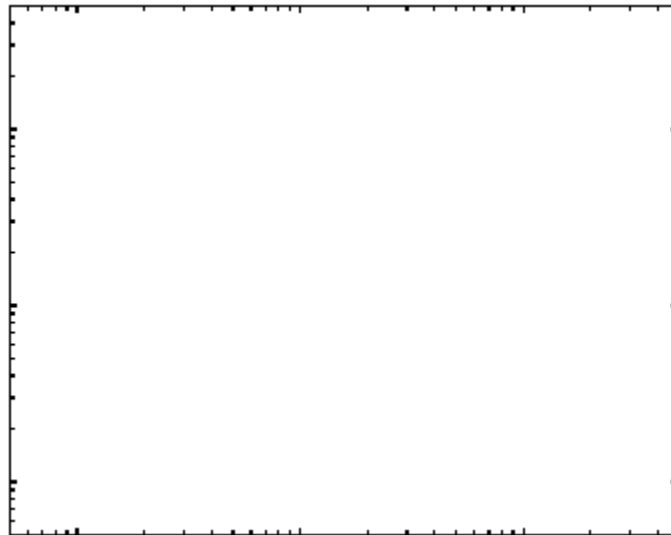


Figura 8: gráfica para filtro RLC

Medir el ancho de banda del circuito:

¿Qué es la Q? Esto se puede determinar a partir del ancho de banda o de la intersección de las asíntotas.

Hacer pasar una onda cuadrada por el circuito por la frecuencia central (la frecuencia con mayor impedancia), y trazar la salida. Con fines comparativos, hacer pasar otra onda a la mitad de la frecuencia central y al doble de la frecuencia central y observar cómo cambia la forma de onda.

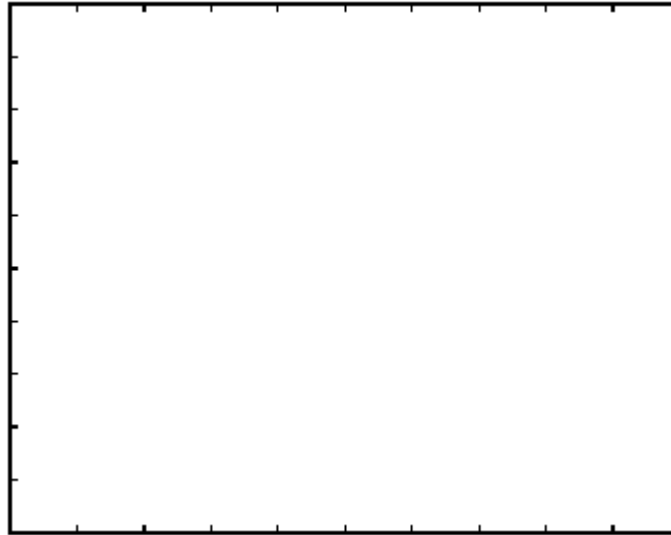


Figura 9: gráfica para respuesta transitoria RCL

4 Transformador

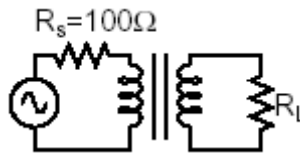
4.1 Mediciones de transformador

Medir, de forma experimental, la relación de vueltas del transformador. Explicar el procedimiento usado. El estudiante debe intentar hacerlo sólo, sin miedo a experimentar. Si se tarda más de 10 minutos en salir adelante, preguntar al ayudante técnico.

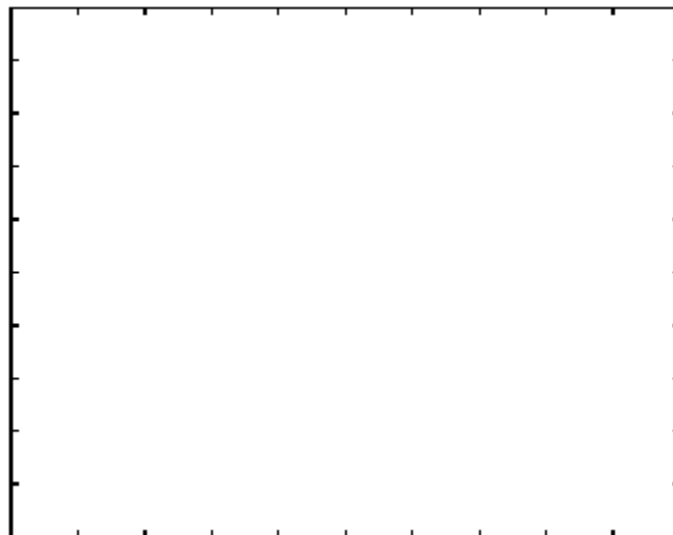
Medir el rango de inductancia en el puente de impedancia y registrar aquí los valores obtenidos.

4.2 Respuesta transitoria de un transformador

Construir este circuito:



Utilizar $R_L = n^2 \times 400\Omega$. Ajustar el generador de función para producir 455KHz de salida, y trazar la salida para un pulso positivo:



5 Radio AM

A lo largo de las dos siguientes prácticas se construirá una radio AM sencilla¹. Este circuito se debe montar cuidadosamente y conservarlo en la tableta experimental.

Este circuito de radio funcionará a 455KHz. La mayoría de los receptores AM funcionan reduciendo la señal de una frecuencia RF a otra más inmediata y manejable. La frecuencia intermedia utilizada más frecuentemente es 455KHz. Tendrá un ancho de banda de 5KHz para permitir la transmisión de audio inteligible.

AM son las siglas de Amplitud Modulada, y se refiere a una técnica utilizada para codificar información de baja frecuencia (como el audio) en un transportador de alta frecuencia (como la radiofrecuencia). Como su nombre indica, funciona codificando el sonido en la amplitud del transportador. Pongamos que tenemos una onda sonora virgen como la siguiente:

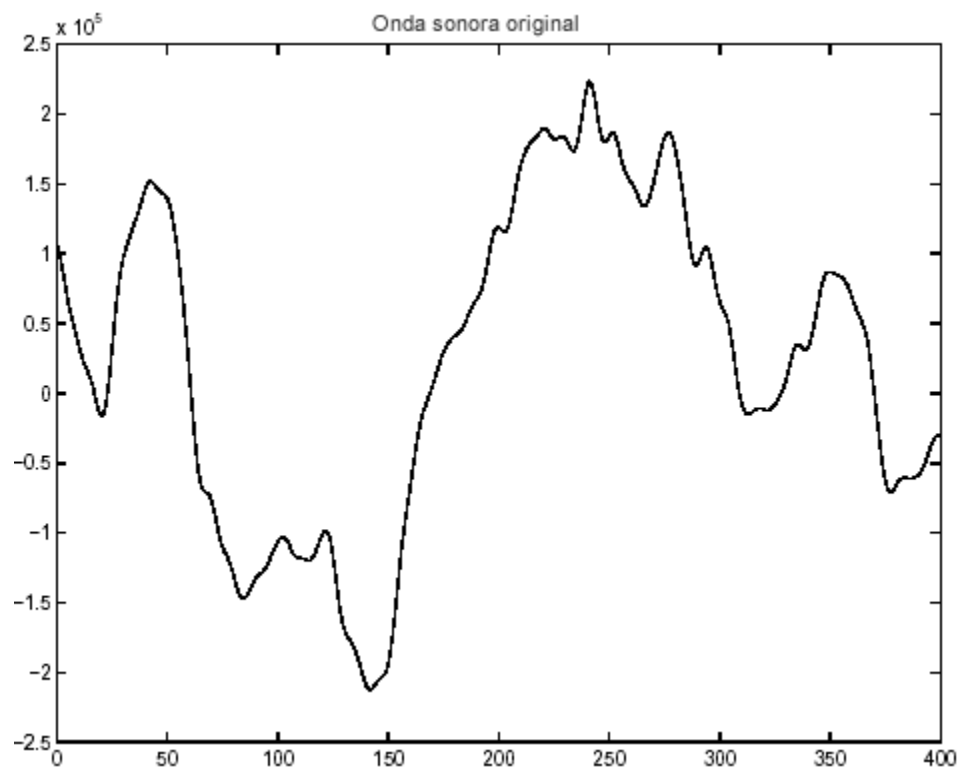


Figura 10: onda sonora original

Se puede elevar con un offset constante:

¹ Esta radio AM es una versión modificada de la de Ron Roscoe de la práctica 1 del curso 6.101. Si desea saber más sobre circuitos una vez terminado el curso 6.071, el 6.101 es una opción excelente (y muy divertida).

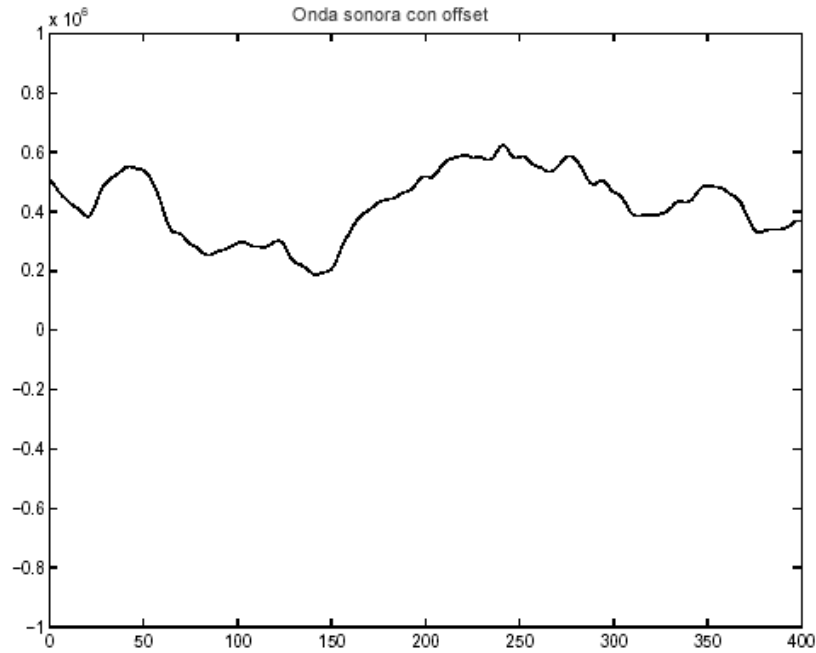


Figura 11: onda sin offset

Y multiplicarla por una onda de alta frecuencia:

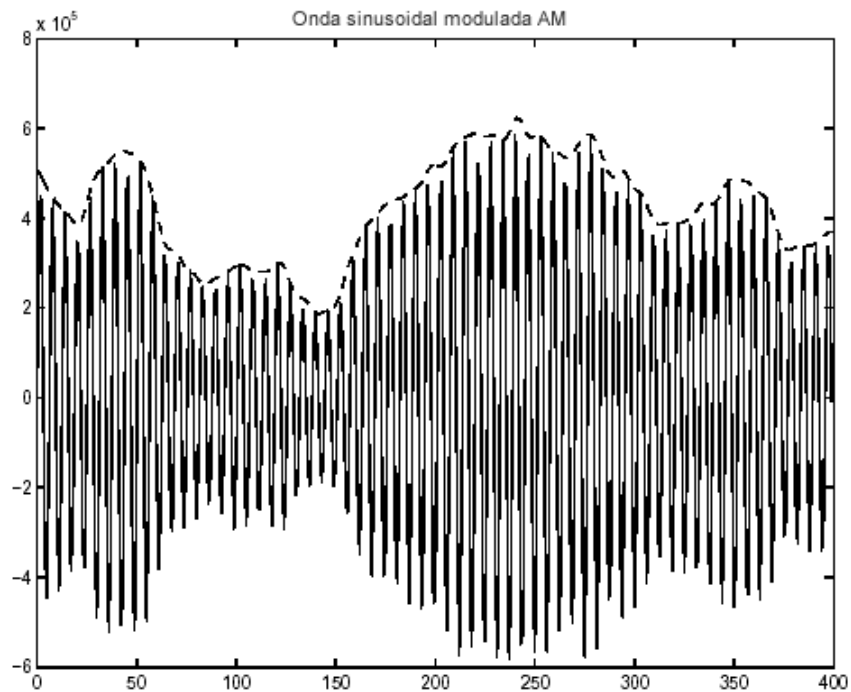


Figura 12: onda AM modulada

Esta nueva onda contiene la mayoría (en este caso) o toda (si el transportador está a una frecuencia suficientemente superior a la de la señal) la información de la onda original, pero sólo tiene componentes de alta frecuencia. Para recuperar la onda original habría que rastrear los picos de la onda portadora. Esta fase se denomina *detección*:

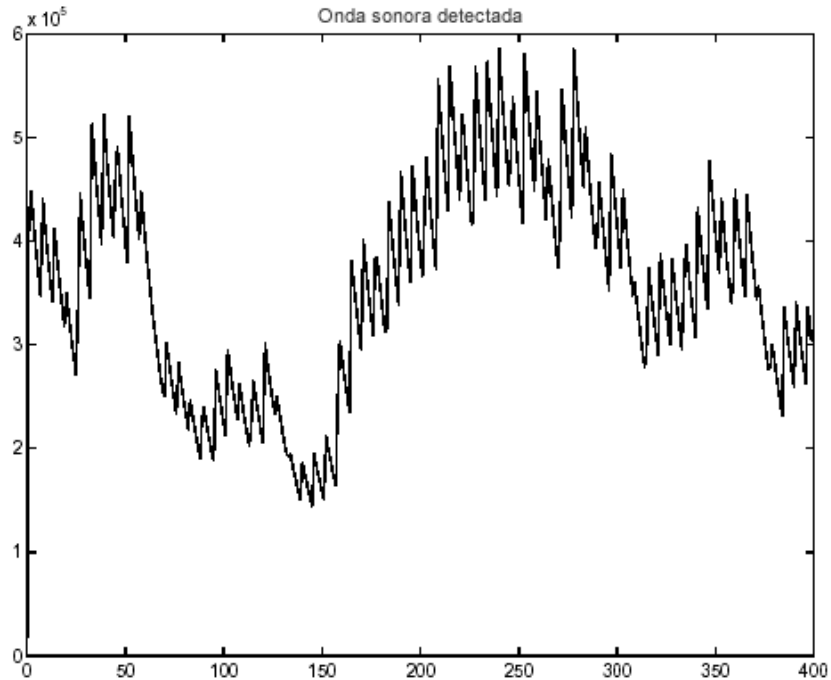


Figura 13: onda detectada

En la próxima práctica se construirá un detector de picos sencillo. En este ejemplo, se ha elegido una frecuencia transportadora cercana a la frecuencia de la señal por los trazados legibles. Para poder recuperar algo que se parezca vagamente a la onda original, hay que hacer volver a filtrar el transportador por un filtro de paso bajo:

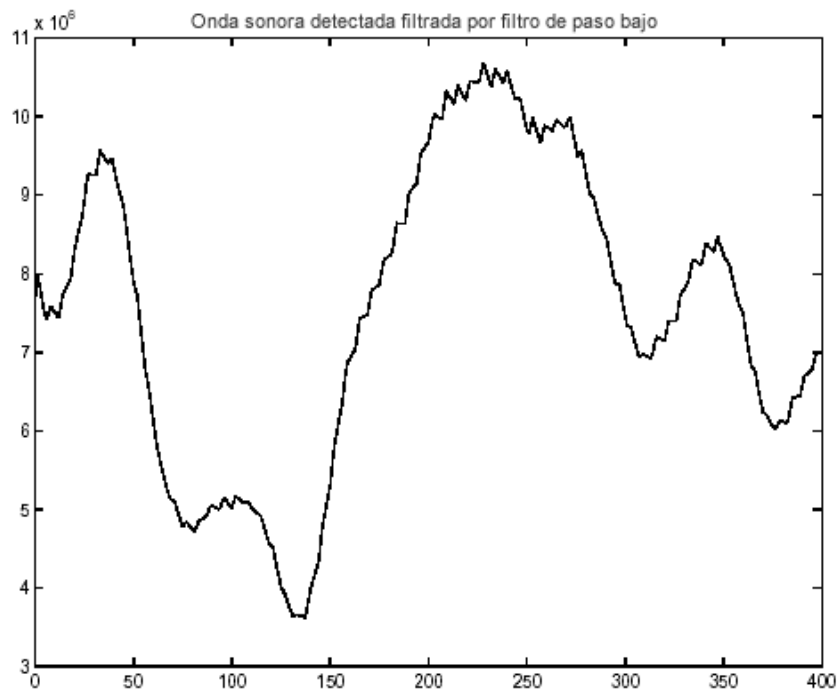


Figura 14: onda final

Este último paso no suele ser necesario si la frecuencia del transportador es suficientemente más elevada que la del audio.

A continuación, se trabajará en frecuencias bajas de radio. En estos casos, los parásitos son mucho más importantes. Los cables largos funcionan como inductores. El estudiante debe asegurarse de mantener un diseño limpio y riguroso. Se deben recortar los cables conductores de los componentes y cualquier otro cable a la mínima longitud posible. También hay que evitar grandes bucles sobre la tableta experimental, pues funcionan como antenas que pueden recoger cosas indeseadas. El osciloscopio tiene una capacitancia parásita más baja que la del multímetro, por lo que se debe usar el primero para todas las mediciones.

En esta práctica se construirán los componentes lineales que sirven para recoger la banda de frecuencias en la que se desea trabajar filtro de antena / sintonización, detector / buscador de picos. En la próxima práctica se añadirá la fase amplificadora RF (sombreada en gris en el circuito). La siguiente imagen muestra el circuito completo:

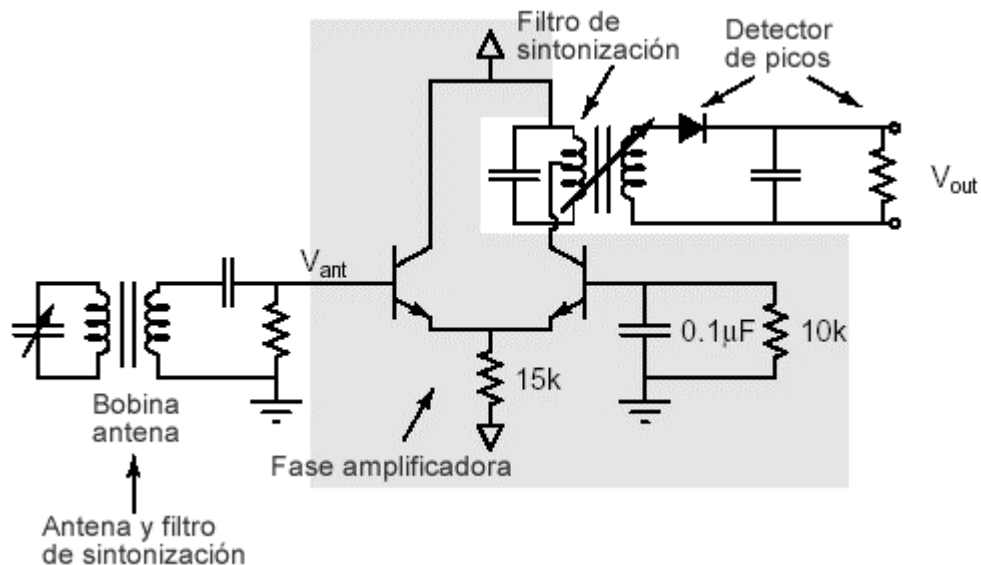


Figura 15: receptor AM

5.1 Radio AM, 1ª parte: circuito transformador RLC

La fase amplificadora que se va a construir en la siguiente práctica funcionará tomando una entrada de voltaje (V_{ant}) y generando una salida de corriente. Si se hace pasar la corriente a través de un dispositivo con impedancia baja, la salida será pequeña; por el contrario, si la impedancia fuese alta, la salida sería grande. Si se puede construir un dispositivo con impedancia alta en alguna frecuencia e impedancia baja en el resto, se obtiene una salida grande en esa frecuencia y pequeña en las demás. Para conseguirlo se necesita un filtro de paso de banda. Esto se hará con un circuito paralelo RLC y con un transformador para sintonizar:

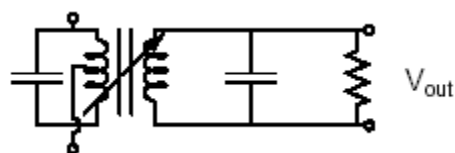


Figura 16: filtro de paso de banda

Al sintonizar el transformador cambia la inductancia, pero se mantiene la relación. Esto se consigue moviendo físicamente un núcleo dentro y fuera del transformador. Éste tiene una inductancia de la base de $L = xmH$ y una relación de vueltas de 4:1. La inductancia se modela como si estuviese en serie con el primario del transformador. El condensador de la izquierda del circuito es de $190pfn$ interno al transformador. En los ejercicios previos se calcularon los valores de R y C para una resonancia de 455KHz con un ancho de banda de 5KHz. Construir el circuito, ajustar el transformador y comprobar los cálculos realizados. Los estudiantes que no estuviesen presentes deben elegir nuevos valores para R y C. Documentar los valores de señal a continuación:

¿Qué efecto tendría aumentar el valor de R sobre la frecuencia central y el ancho de banda?

¿Qué ocurre si se cambia L?

¿Y si se cambia C?

5.2 Buscador de picos

A continuación, se introduce un diodo en el circuito. Un diodo² es un elemento del circuito que conduce la corriente en una dirección, pero no en la otra. Se usará esta propiedad para crear un buscador de picos:

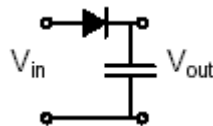


Figura 17: buscador de picos básico

En esta configuración básica, si $V_{in} > V_{out}$, el diodo conduce y carga el condensador. Si $V_{in} < V_{out}$, el diodo se apaga y el condensador no puede descargarse.

Esto es un excelente detector de picos, pero solo se utilizará para encontrar picos entorno a 455KHz y para pasar frecuencias entorno a audio (hasta 5KHz para voz). Esto se consigue adjuntando una resistencia en paralelo con el condensador, como se muestra en la figura 18.

² Se aprenderá más sobre diodos a lo largo del semestre, pero el comportamiento presentado aquí es suficiente para esta práctica.

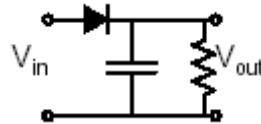


Figura 18: buscador de caída de picos

De este modo, el “valor de pico” se degradará lentamente. Es necesario que se degrade lo suficientemente rápido para poder seguir la forma de onda, pero despacio en comparación con la forma de onda de 455KHz.

Ahora surge un problema. La inclusión del diodo en el circuito cambia los valores efectivos de la resistencia y de la capacitancia. El resultado es que los cálculos de la sección anterior son ahora incorrectos. Resulta muy difícil calcular los valores exactos deseados, por lo que se hace una aproximación sencilla y se da por hecho que la resistencia detectada por el transformador es la mitad de la resistencia real. Para la capacitancia simplemente se usará $0,01\mu F$ y se ajustará experimentalmente la capacitancia hasta obtener el valor adecuado (sí, puede anotar eso como el valor correspondiente a la capacitancia de los ejercicios previos, pero aún así es necesario calcular la resistencia adecuada para el ancho de banda de 5KHz).

El aspecto final del circuito será el siguiente:

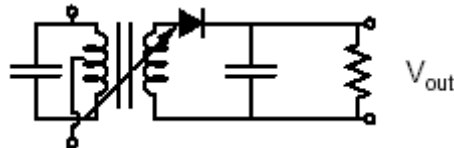


Figura 18: buscador de caída de picos

Construir este circuito con los valores calculados en los ejercicios previos y trazar la salida para una entrada sinusoidal a 5KHz y a 455KHz en los siguientes cuadros:

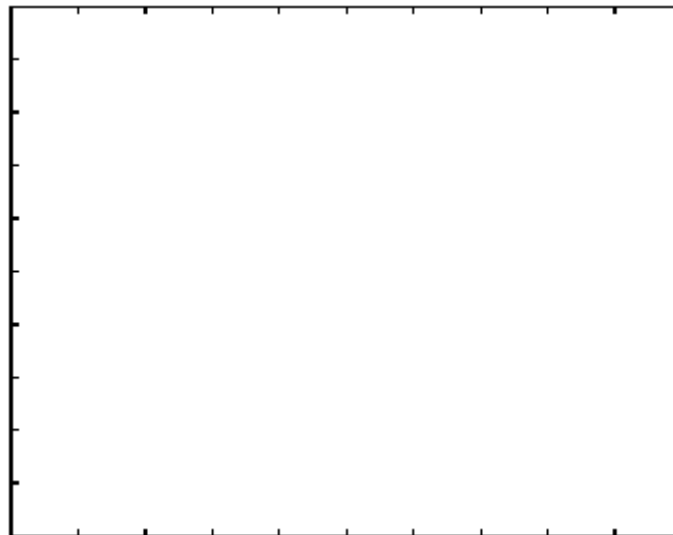


Figura 19: gráfica para onda sinusoidal de 5KHz

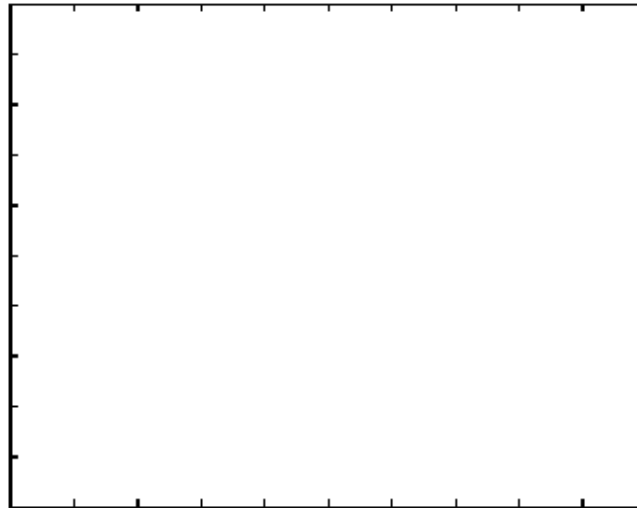


Figura 20: gráfica para onda sinusoidal de 455KHz

5.3 Antena receptora

El último circuito será la antena receptora. Con éste no se podrán realizar muchas pruebas hasta la próxima práctica, pues no es muy útil sin un amplificador en la salida.

Las bobinas antena las entregará el ayudante técnico o se pedirán en conserjería. Puede ser necesario pelar el cable de la bobina y soldar nuevos cables conductores a ésta para poder utilizarla. La bobina antena tiene una inductancia primaria de unos $723mH$ y una relación de vueltas de 40:1, que reduce la impedancia del generador de la bobina para que se pueda suministrar más potencia a la, en comparación, baja impedancia de carga.

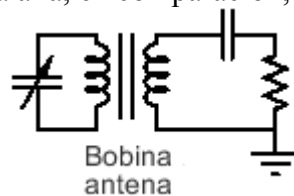


Figura 21: circuito antena

De nuevo, se quiere sintonizar esto a 455KHz y ancho de banda de 5KHz. Usando los valores de los ejercicios previos, construir el circuito y verificar los cálculos realizados. Se puede medir el ancho de banda colocando un generador de función en serie con la resistencia:

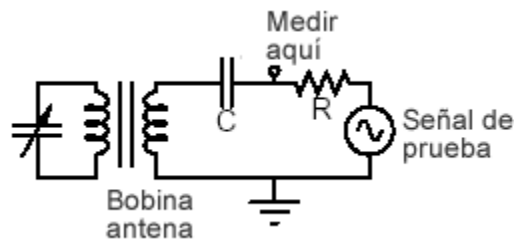


Figura 22: circuito de prueba de antena

Medir la frecuencia angular y el ancho de banda:

Ajustar los valores de componente de R y C para una frecuencia de 455KHz y un ancho de banda de 5Khz y registrar los nuevos valores:

No olvidar guardar estos circuitos en la tableta experimental, pues serán necesarios en la siguiente práctica.