

## PROYECTO MODULADOR AM

Nelson Antonio Becerra Carrillo  
[nelsonabc25@hotmail.com](mailto:nelsonabc25@hotmail.com)

Jaime Alberto López Rincón  
[jaimealopezr@yahoo.com](mailto:jaimealopezr@yahoo.com)

Universidad del Quindío  
Programa de Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingenierías  
Armenia, Colombia  
Junio de 2005

## MARCO TEORICO

Las señales de información deben ser transportadas entre un transmisor y un receptor sobre alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, las señales de información pocas veces encuentran una forma adecuada para la transmisión. La modulación se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión. Demodulación es el proceso inverso. La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado modulador.

### **Modulación de Amplitud**

Modulación de amplitud (AM es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o simplemente RF. Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud.

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada.

### **La envolvente de AM**

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada.

El efecto de la modulación es trasladar la señal de modulante en el dominio de la frecuencia para reflejarse simétricamente alrededor de la frecuencia del conducto.

### **Recepción de AM**

La recepción de AM es el proceso inverso de la transmisión de AM. Un receptor de AM convencional, simplemente convierte una onda de amplitud modulada nuevamente a la

fuente original de información (o sea, demodular la onda AM). Cuando se demodula una onda AM, la portadora y la porción de la envolvente que lleva la información (o sea, las bandas laterales) se convierten (se "bajan ") o se trasladan del espectro de radio frecuencia a la fuente original de información.

La modulación de amplitud tiene muchas ventajas; sin embargo, también presenta algunas desventajas que, en ciertas condiciones, limitan su utilidad y obligan a buscar otras formas de modulación. La desventaja principal de la modulación de amplitud estriba en que la afectan fácilmente diversos fenómenos atmosféricos (estática), señales electrónicas con frecuencias parecidas y las interferencias ocasionadas por los aparatos eléctricos tales como motores y generadores. Todos estos ruidos tienden a modular en amplitud la portadora, del mismo modo que lo hace su propia señal moduladora. Por lo tanto se convierten en parte de la señal modulada y subsisten en ella durante todo el proceso de demodulación. Después de la demodulación se manifiestan como ruido o distorsión, que si es bastante fuerte, puede sobreponerse a toda la información y hacer completamente inaprovechable la señal demodulada. Aun si aquellos no son tan acentuados como para tapar parte de la información, sí pueden ser extremadamente molestos.

## **Ruido**

El ruido constituye un problema grave en todos los receptores de radio. Hay diferentes tipos de ruido, como el zumbido, un tono constante de baja frecuencia (unas dos octavas por debajo del do), producido generalmente por la frecuencia de la fuente de alimentación de corriente alterna (por lo común 60 Hz) que se superpone a la señal debido a un filtrado o un apantallamiento defectuoso; el siseo, un tono constante de alta frecuencia, y el silbido, un tono limpio de alta frecuencia producido por una oscilación involuntaria de frecuencia audio, o por un golpeteo. Estos ruidos se pueden eliminar mediante un diseño y una construcción adecuados. Sin embargo, ciertos tipos de ruidos no se pueden eliminar. El más importante en los equipos normales de AM de baja y media frecuencias es el ruido parásito, originado por perturbaciones eléctricas en la atmósfera. El ruido parásito puede proceder del funcionamiento de un equipo eléctrico cercano (como los motores de automóviles o aviones), pero en la mayoría de los casos proviene de los rayos y relámpagos de las tormentas. Las ondas de radio producidas por estas perturbaciones atmosféricas pueden viajar miles de kilómetros sin sufrir apenas atenuación, y, dado que en un radio de algunos miles de kilómetros respecto del receptor de radio siempre hay alguna tormenta, casi siempre aparecen ruidos parásitos. Los ruidos parásitos afectan a los receptores FM en menor medida, ya que la amplitud de las ondas intermedias está limitada mediante circuitos especiales antes de la discriminación, lo que elimina los efectos de los ruidos parásitos. Otra fuente primaria de ruido es la agitación térmica de los electrones. En un elemento conductor a temperatura superior al cero absoluto, los electrones se mueven de forma aleatoria. Dado que cualquier movimiento electrónico constituye una corriente eléctrica, la agitación térmica origina ruido al amplificarlo en exceso.

## PROCEDIMIENTO

- Para el montaje del modulador se llevo a cabo el siguiente procedimiento:

$$V_{CC} = 12V$$

$$R_L = 500\Omega$$

$$R_E = 200\Omega$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{ac} + R_{Dc}} = 17.14mA$$

$$R_b = 0.1\beta R_E = 3.9k\Omega$$

$$V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left( \frac{R_b}{\beta} + R_E \right) = 4.47V$$

$$R_1 = \frac{R_b}{1 - \frac{V_{BB}}{V_{CC}}} = 6.21k\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_b V_{CC}}{V_{BB}} = 10.46kV$$

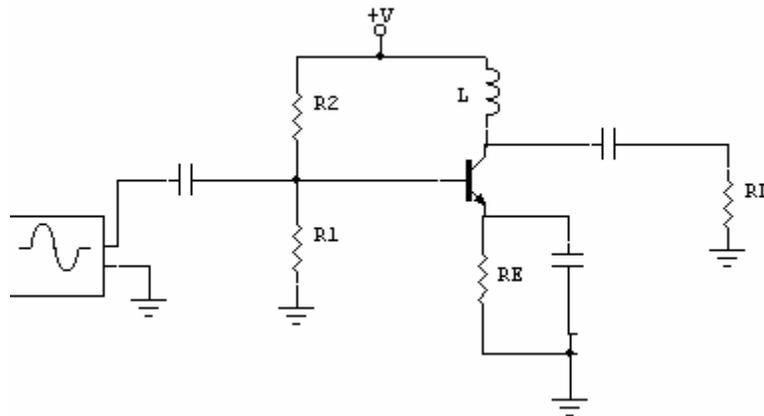
$$AV = \frac{-R_L \beta}{r\pi} \rightarrow r\pi = \frac{\beta 26m}{I_{CQ}}$$

$$AV = \frac{-R_L}{26mV} I_{CQ} = -329.61$$

$$V_o = 7.07V$$

$$V_i = 21.44mV$$

Una vez calculados estos valores nuestro diseño queda de la siguiente forma:



Donde los valores que faltan por calcular están dados por:

$$R_t = 500\Omega$$

$$R_2 = 50\Omega$$

$$Q_p = \sqrt{\frac{(Q_i^2 + 1)R_2}{R_t}} - 1 = 7.03$$

$$f = 1.6\text{MHz}$$

$$Q_p = R_2 WC_2 \Rightarrow C_2 = 13.99\text{nF}$$

$$C_s = \frac{C_s C_1}{C_1 + C_s}$$

$$C_1 = \frac{C C_s}{C_s - C}$$

$$C_s = C_2 \left( \frac{1 + Q_p^2}{Q_p^2} \right) = 14.28\text{nF}$$

$$C_1 = 2.19\text{nF}$$

$$Q_i = R_t WC$$

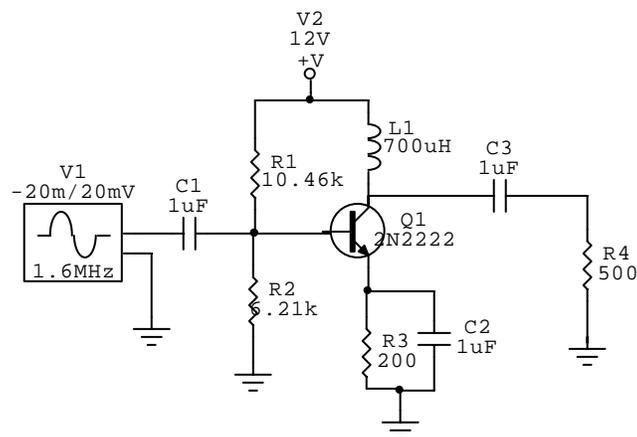
$$C = \frac{Q_i}{R_t W_0}$$

$$C = 1.9\text{nF}$$

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

$$L = \frac{1}{W^2 C} = 4.97\mu\text{H}$$

- El diseño de nuestro modulador AM quedo de la siguiente manera:

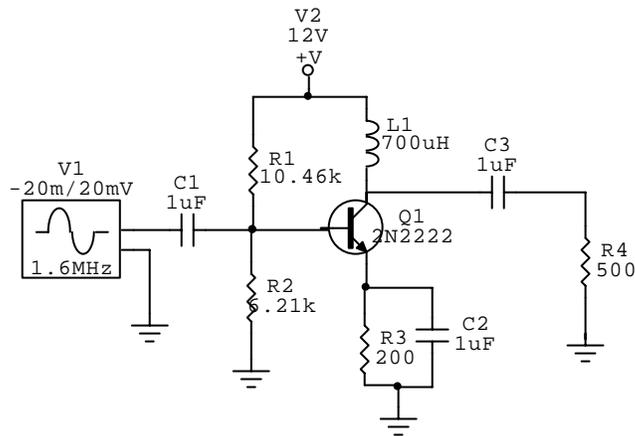


## SIMULACION

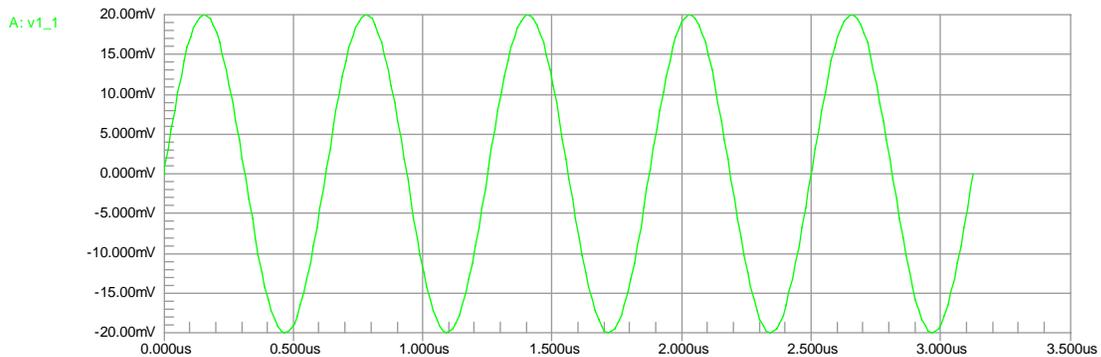
- Simulación amplificador

Primero haremos la simulación del amplificador clase A con L se choque para verificar su buen funcionamiento.

El circuito implementado en CircuitMaker es el siguiente:

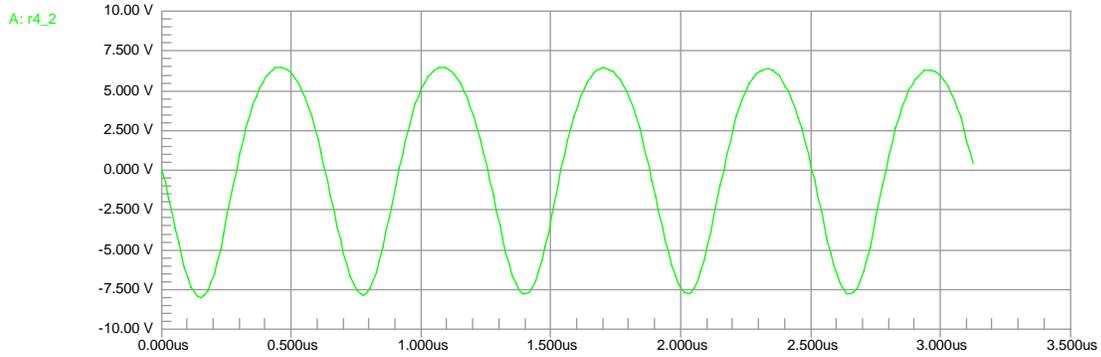


- Voltaje de entrada:



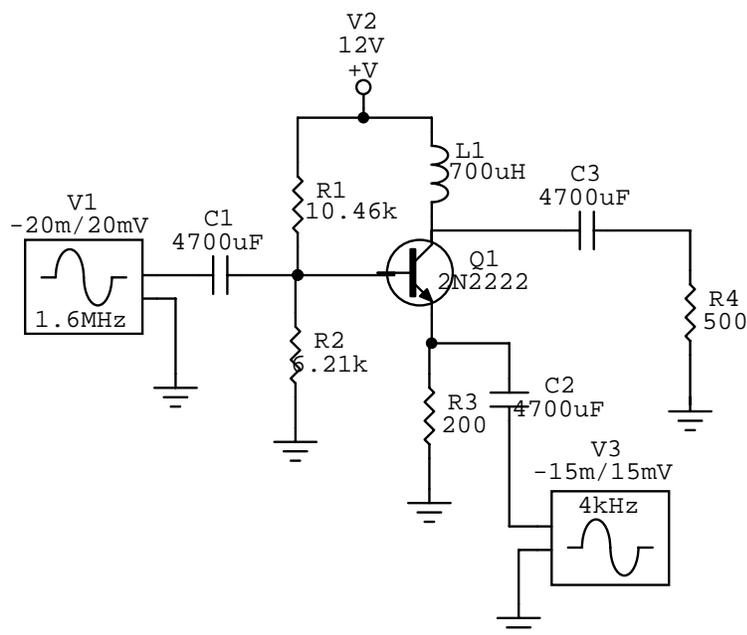
En la grafica se observa la señal de entrada del amplificador la cual tiene un voltaje de 20mVp y una frecuencia de 1.6Mhz

Voltaje de salida:

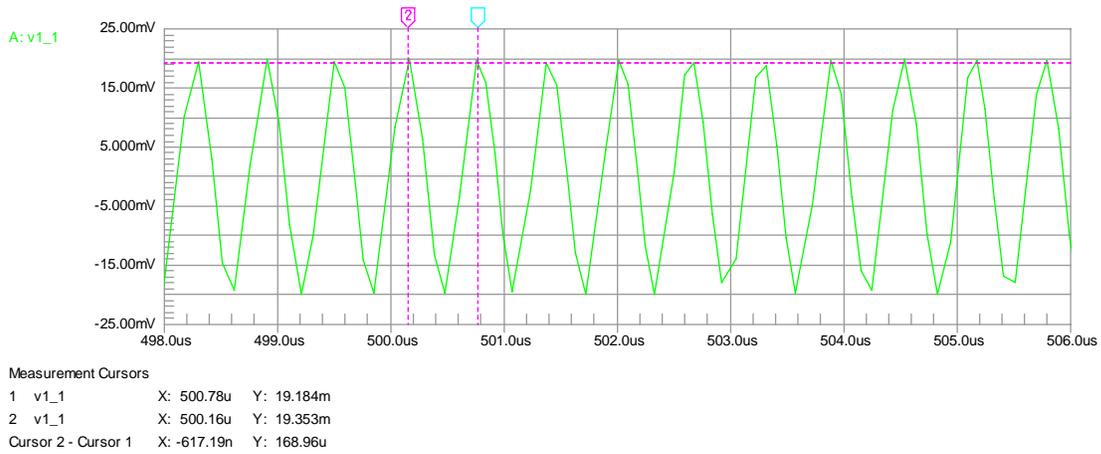


En la grafica se observa que la señal de salida del amplificador tiene una amplitud de 6.5Vp lo que quiere decir que la ganancia del amplificador es de -325, lo que es muy cercana al valor hallado teóricamente.

- Simulación del modulador AM sin acople de impedancias

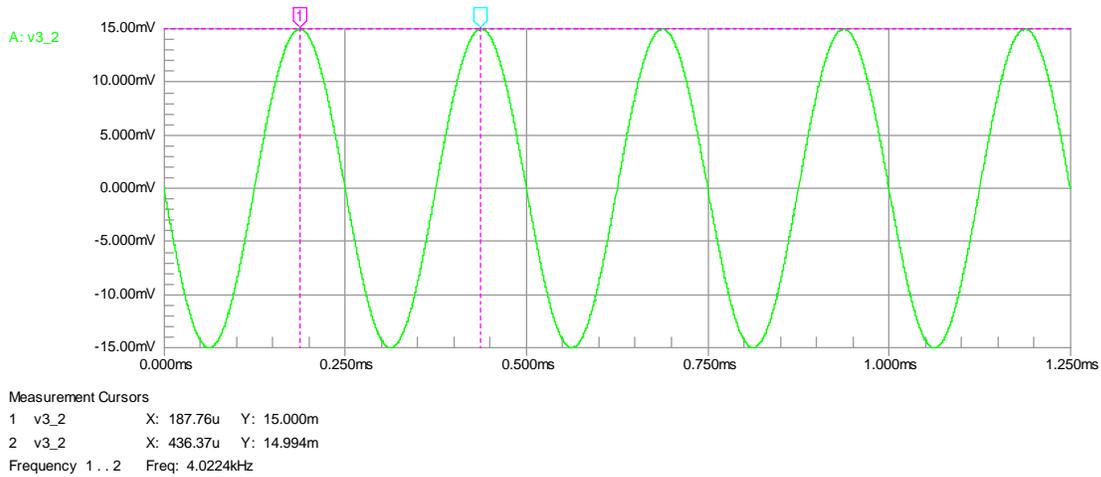


- Voltaje de la portadora:



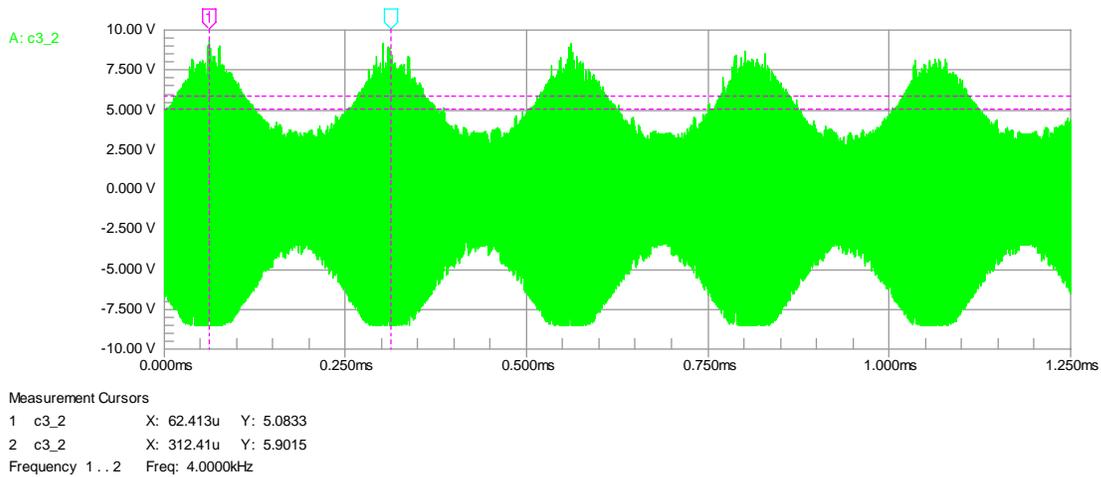
En la figura se observa que la portadora tiene una frecuencia de 1.6Mhz y una amplitud de 20mVp.

- Voltaje de la moduladora:



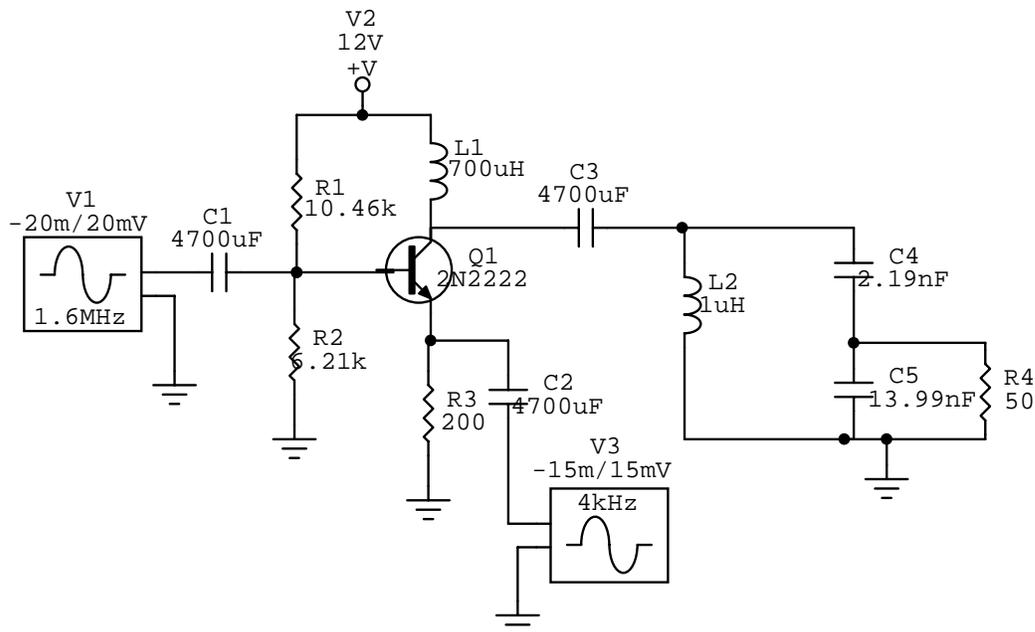
En la grafica se observa que la frecuencia de la moduladora es de 4Khz y tiene una amplitud de 15mVp.

- Voltaje de salida:

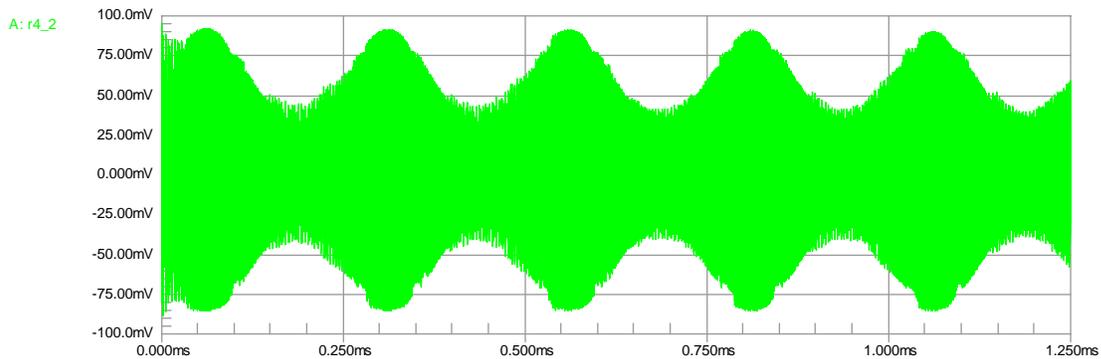


En la figura se observa que la salida del modulador tiene una amplitud máxima de 7.5Vp y que la frecuencia de la envolvente es de 4Khz como se esperaba, además la frecuencia de la señal es de 1.6MHz la cual es igual a la de la portadora. La modulación de la amplitud corresponde al voltaje pico de la señal moduladora multiplicada por la ganancia del amplificador, es decir, alrededor de 4.5V.

- Simulación del modulador AM con acople de impedancias.



- Señal de salida:



En la grafica se observa que la salida del modulador AM con acople de impedancias es una señal modulada con una amplitud maxima de 92mVp. Don de la frecuencia de la envolvente es de 4Khz y la frecuencia de la señal es de 1.6Mhz tal como se esperaba.

### COMPARACION ENTRE LOS VALORES TEORICOS, SIMULADOS Y MEDIDOS.

	Valor teorico	Valor medido	% Error
Vi(mV)	20	20	0
Vo(mV)	15	15	0
Fc(Mhz)	1.6	1.67	4.37
Flo(Khz)	4	3.98	0.5
R1( $\Omega$ )	6.21	6.2	0.16
R2( $\Omega$ )	10.46	10.2	2.49
Re( $\Omega$ )	200	199	0.5
RF(uH)	700	623	11
Vo(mV)	92.9	50	46.17
RL( $\Omega$ )	50	50	0
C2(nF)	13.99	12	14.22
C1(nF)	2.19	2	8.67
L(uH)	4.97	5	0.6

## CONCLUSIONES

- La modulación de amplitud es el proceso de modificar la amplitud de una señal llamada portadora de frecuencia relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal que se genera de nuestra fuente de información.
- La modulación es importante en las comunicaciones para evitar que las señales que manejan un mismo rango de frecuencias se interfieran entre si, por ejemplo las señales de la radio las cuales transmiten voz.
- Es verdaderamente difícil irradiar señales a baja frecuencia –como la voz o frecuencias audibles- como energía electromagnética por medio de una antena. Esta información para poder ser propagada por los distintos medios de transmisión es modulada imprimiéndola en una señal de mayor frecuencia, llamada portadora. En esencia, la señal portadora transporta la información a través del sistema de comunicación y permite que en el receptor sea demodulada para recuperar nuevamente la información.