

CAPÍTULO 2

El transmisor – receptor

2.1 INTRODUCCIÓN.

Desde sus inicios el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse. Con el paso del tiempo dicha necesidad se fue incrementando de manera considerable, a tal grado que la comunicación a distancia pasó a formar parte de las necesidades fundamentales de los pueblos; sin embargo, junto a la comunicación a distancia surge la necesidad de mejorar los métodos de comunicación empleados, para lo cual el tiempo de entrega de la información y la pérdida de ésta debían reducirse en la mayor proporción posible.

Actualmente existen un gran número de formas de comunicación (oral, escrita, señas, imágenes, etc.), sin embargo con la comunicación electrónica, se logra que las señales eléctricas se puedan transmitir a distancias mucho mayores, a velocidades sumamente altas y con menores pérdidas.

Por comunicaciones electrónicas puede entenderse el proceso de transmisión, recepción y procesamiento de información con ayuda de circuitos electrónicos. Dicha comunicación puede ser de tres tipos: simplex (en una sola dirección), half-duplex (en ambas direcciones pero no al mismo tiempo) o duplex (en ambas direcciones simultáneamente). Dado que para el desarrollo del proyecto no es necesario establecer comunicación en ambas direcciones, en la figura 2.1 puede observarse la estructura básica del sistema implementado, el cual consiste de tres secciones principales: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor.

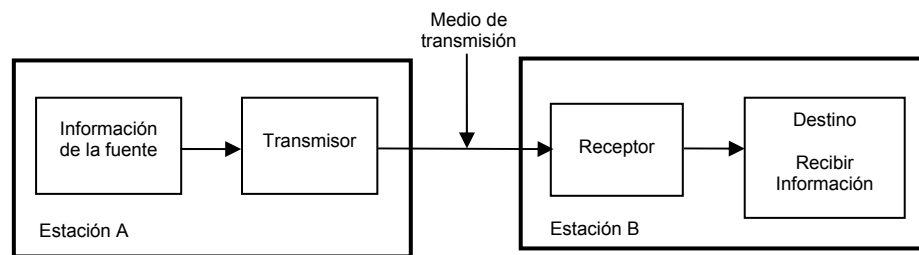


Figura 2.1: Diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones en una sola dirección [4].

El transmisor es el encargado de modificar la información original de tal manera que pueda ser adecuada para su transmisión. El medio de transmisión es aquel por el que viaja la información del transmisor al receptor, por lo que bien puede considerarse como una conexión entre ambos elementos. Finalmente, el receptor cumple con la tarea de convertir a su forma original la información recibida para posteriormente transferirla a su destino y donde será procesada.

Dependiendo del tipo de información a transmitir, los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden ser clasificados en dos grupos: analógicos y digitales. En un sistema de

comunicaciones analógico, como el empleado en este proyecto, la energía electromagnética se transmite y recibe como una señal que se encuentra variando continuamente. Por otro lado, cuando la energía electromagnética se transmite y recibe como niveles discretos se dice que se trata de un sistema digital.

Como se dijo anteriormente, para que la transmisión pueda llevarse a cabo resulta necesario convertir la señal de información a una forma adecuada. Este es precisamente el objetivo fundamental de la modulación: convertir a energía electromagnética la información de la fuente para que ésta pueda propagarse a través de los sistemas de comunicación, sin importar que sean analógicos o digitales. Dicha transformación de la información se lleva a cabo en el transmisor en un circuito conocido como modulador.

Por lo tanto, la modulación puede ser definida como: el proceso de modificar la información de una fuente a una forma apropiada para su transmisión. Generalmente involucra traducir una señal en banda base a una señal pasa banda a frecuencias muy altas comparadas con la frecuencia en banda base. La señal pasa banda se llama señal modulada y la señal de información en banda base se denomina señal moduladora. La modulación se puede hacer variando la amplitud, fase o frecuencia de una portadora de alta frecuencia de acuerdo con la amplitud de la señal de información. La demodulación es el proceso de extraer el mensaje en banda base de una portadora de manera que pueda ser procesada e interpretada por el receptor [5].

2.2 MODULACIÓN EN FRECUENCIA.

En los sistemas de comunicaciones analógicos, existen dos tipos de modulación: en amplitud y angular. Esta última, a su vez se divide en modulación en frecuencia y modulación en fase.

Dado que los otros tipos de modulación no son importantes para el desarrollo del trabajo, esta sección únicamente se va a enfocar en la modulación en frecuencia, aunque durante su desarrollo podrán encontrarse aclaraciones de las diferencias entre cada caso.

En la modulación en amplitud, la frecuencia de la portadora se mantiene constante mientras su amplitud cambia de acuerdo con la amplitud de la señal modulante. En la modulación en frecuencia, la amplitud de la portadora se conserva constante, y su frecuencia cambia de acuerdo con la amplitud de la señal modulante [6].

En el proceso de modulación en frecuencia intervienen tres señales: señal portadora, señal de modulación y señal modulada. La portadora de RF es una señal de frecuencia relativamente alta sobre la cual se actúa; la señal de modulación, también conocida como señal modulante, corresponde a la información de la fuente y posee frecuencia relativamente baja; la señal resultante de la modulación se llama señal modulada.

La figura 2.2 muestra la modulación en frecuencia de una portadora sinusoidal por una señal modulante de frecuencia sencilla. En FM, la máxima desviación de frecuencia (cambio en la frecuencia de la portadora) ocurre durante los máximos puntos negativos y positivos de la señal modulante, es decir, la desviación de frecuencia es proporcional a la amplitud de la señal modulante [4]. De esta forma, puede observarse que conforme aumenta el valor de la señal modulante, la señal modulada disminuye su frecuencia de manera proporcional; cuando la señal modulante alcanza el valor máximo, la señal modulada también posee una frecuencia mínima. En el caso contrario, a medida que disminuye la amplitud de la señal modulante, la frecuencia de la onda modulada aumenta, hasta alcanzar la amplitud mínima de la señal modulante, y por consiguiente hasta alcanzar la frecuencia máxima de la onda modulada.

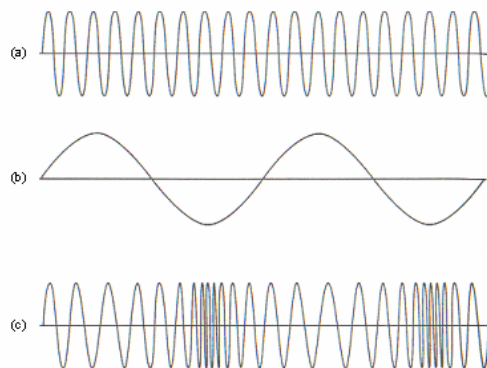


Figura 2.2: Modulación en frecuencia de una portadora de onda seno, por una señal de onda seno: (a) portadora demodulada; (b) señal modulante; (c) onda de frecuencia modulada [4].

Existen varias ventajas para utilizar modulación angular, ya sea en fase o frecuencia, en vez de modulación en amplitud; entre ellas se incluyen la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y un uso más eficiente de la potencia. Todo esto permite mejorar el rendimiento de las comunicaciones de radio. Sin embargo, estas técnicas de

modulación también presentan ciertas desventajas importantes, entre las cuales se encuentran requerir un ancho de banda extendida así como circuitos transmisores y receptores más complejos.

2.2.1 Transmisor de Modulación en Frecuencia.

A continuación se presenta el circuito transmisor a ser implementado para la etapa de comunicación del proyecto (figura 2.3). Como puede observarse, el transmisor únicamente se encuentra integrado por resistencias, capacitores, dos transistores y un inductor, lo cual lo convierte en un circuito con un diseño muy sencillo.

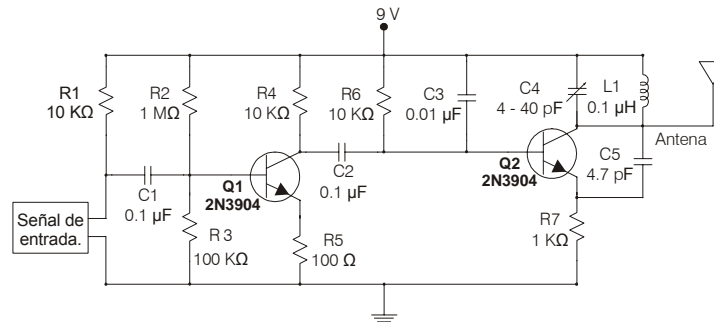


Figura 2.3: Circuito Transmisor de FM [7].

Con respecto a los valores de los componentes que lo integran, cabe mencionar que a excepción del capacitor C_4 y del inductor L_1 , todos poseen un valor fijo, es decir, no hace falta modificarlos para que se adecuen a las necesidades del proyecto. Sin embargo, el capacitor C_4 y el inductor L_1 , forman lo que se conoce como circuito tanque, el cual no es más que un oscilador. Por lo tanto, la frecuencia de oscilación del circuito tanque depende de los valores que se le asignen a dichos componente. La importancia de dichos valores radica en que la frecuencia de oscilación corresponde a la frecuencia de transmisión.

La frecuencia de transmisión deseada se encuentra comprendida dentro del rango de los 88 a los 108 MHz, perteneciente a la banda de FM comercial. En este caso es necesario destacar, que para poder transmitir dentro de este rango de frecuencias hace falta solicitar el permiso correspondiente a la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL). Sin embargo, como la potencia de transmisión del circuito es muy pequeña, ésta no ocasiona interferencia alguna y por lo tanto esto no será necesario. Por otro lado, para evitar este problema se recomienda transmitir a frecuencias que se encuentren comprendidas dentro de los rangos asignados como banda civil o radio aficionados; el más usado para este tipo de comunicaciones corresponde a servicios atribuidos a los aficionados y abarca de los 462.55625 MHz a los 467.71875 MHz [8].

2.2.1.1 Análisis y consideraciones del Transmisor.

Como se puede observar en la figura 2.4, el circuito transmisor de FM consta de tres etapas básicas. Cada una de ellas separada de la otra por medio de los capacitores de acoplamiento C_1 y C_2 ; dichos capacitores cumplen con la función de aislar las distintas etapas del circuito en CD, y en caso contrario, de conectarlas en CA.

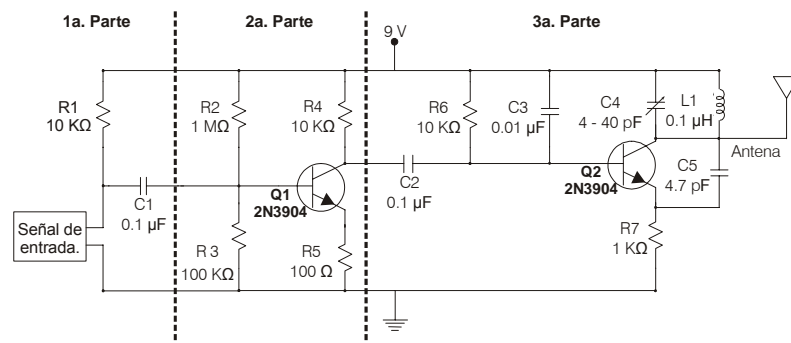


Figura 2.4: Etapas del transmisor.

La primera etapa del circuito se encuentra integrada por la resistencia R_1 y el capacitor C_1 , los cuales cumplen con la función de acoplar la señal de entrada al resto del circuito. En este caso, la información transmitida consiste en una señal senoidal con una amplitud de 5 V y una frecuencia de 1.5 KHz.

La segunda etapa corresponde a una etapa de amplificación de la información. Dicha etapa se encuentra formada por un amplificador con polarización por divisor de voltaje (figura 2.5).

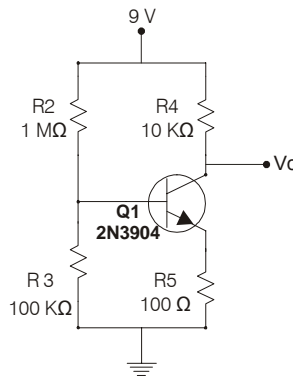


Figura 2.5: Amplificador con polarización por divisor de voltaje.

Para el análisis de dicha configuración es necesario, encontrar en primer lugar el equivalente para el divisor de voltaje conectado a la base del transistor. El análisis se presenta a continuación:

$$V_{BB} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_{CC} = \frac{100k}{1M + 100k} (9) = 0.8182 \text{ V}$$

$$R_{BB} = (R_2 \parallel R_3) = \frac{(100k)(1M)}{1M + 100k} = 90.91 \text{ K}\Omega$$

Por lo tanto, el amplificador con polarización por divisor de voltaje de la figura anterior puede representarse por su equivalente de la figura 2.6:

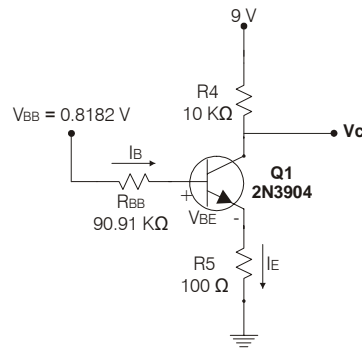


Figura 2.6: Equivalente del amplificador con polarización por divisor de voltaje.

Aplicando la ley de voltajes de Kirchoff, a la base y emisor de la figura 2.6, se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_{BB} = R_{BB}I_B + V_{BE} + R_5I_E \quad (2.1)$$

Si se sabe que,

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} \quad (2.2)$$

Sustituyendo la ecuación 2.2 en la 2.1, con $\beta = 100$ y despejando I_E , se obtiene

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_{BB}}{\beta + 1}} = \frac{0.8182 - 0.7}{100 + \frac{90.91K}{101}} = 0.1182 \text{ mA} \quad (2.3)$$

De la ecuación 2.2 y 2.3 se obtiene el valor de la corriente en la base, y con los datos obtenidos hasta el momento se pueden calcular los valores de las corrientes y voltajes restantes.

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{0.1182 \text{ mA}}{101} = 1.1703 \mu\text{A}$$

$$V_B = V_{BE} + R_4I_E = 0.7 + (100)(0.1182 \text{ m}) = 0.71182 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B = (100)(1.1703 \mu) = 0.11703 \text{ mA}$$

$$V_E = R_5I_E = (100)(0.1182 \text{ m}) = 11.82 \text{ mV}$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 9\text{V} - (10K)(0.11703 \text{ m}) = 7.8297 \text{ V}$$

De los resultados obtenidos puede observarse que el voltaje en el colector es mayor que el voltaje en la base por aproximadamente 7.118 V, lo que quiere decir que el transistor se encuentra operando en modo activo.

Para el análisis de CA es necesario obtener el parámetro r_e , el cual se obtiene a partir del valor del voltaje térmico y de la corriente del emisor I_E del análisis de CD:

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25 \text{ m}}{0.1182 \text{ m}} = 211.5 \approx 212\Omega \quad (2.4)$$

La ganancia de un amplificador por divisor de voltaje se encuentra determinada por la fórmula:

$$A = -\frac{R_4}{r_e + R_5} \quad (2.5)$$

Por lo tanto, sustituyendo el valor de r_e obtenido de la ecuación 2.4, se puede calcular la ganancia del amplificador,

$$A = -\frac{R_4}{r_e + R_5} = -\frac{10\text{K}}{212 + 100} = -32.05$$

Dicho valor indica que se trata de un amplificador inversor con una ganancia considerable, por lo tanto si no hubiera ninguna carga conectada al amplificador se esperaría que la señal de salida fuera 32 veces mayor que la señal de entrada.

Finalmente, la tercera etapa del circuito puede considerarse como la etapa moduladora. Como podrá observarse su análisis resulta un poco más complicado que el de las etapas anteriores.

El circuito equivalente en CD de la etapa moduladora se presenta en la figura 2.7. En ella se puede observar, que dicho circuito equivalente únicamente polariza el transistor en la región activa. Así mismo, la resistencia R_7 proporciona mayor estabilidad al circuito al fungir como retroalimentación.

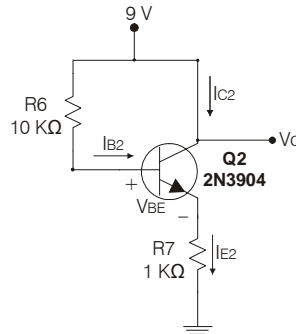


Figura 2.7: Circuito de CD equivalente para la etapa moduladora.

A continuación se presenta el análisis en CD para esta etapa. Si al igual que en el análisis de la etapa anterior suponemos que $\beta = 100$, sustituyendo los valores en la ecuación 2.3, se obtiene el valor de la corriente del emisor,

$$I_{E2} = \frac{V_{B2} - V_{BE2}}{R_{E2} + \frac{R_{B2}}{\beta + 1}} = \frac{9 - 0.7}{1K + \frac{10K}{101}} = 7.552 \text{ mA}$$

Ya con este valor, se pueden calcular los datos restantes

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta + 1} = \frac{7.552 \text{ mA}}{101} = 74.772 \mu\text{A}$$

$$V_{B2} = V_{BE2} + R_7 I_{E2} = 0.7 + (1K)(7.552 \text{ m}) = 8.252 \text{ V}$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2} = (100)(74.772 \mu) = 7.477 \text{ mA}$$

$$V_{E2} = R_7 I_{E2} = (1K)(7.552 \text{ m}) = 7.552 \text{ V}$$

$$V_{C2} = V_{CC} = 9\text{V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 9 \text{ V} - 7.552 \text{ V} = 1.448 \text{ V}$$

En base a los resultados anteriores, es posible calcular la potencia de salida del circuito. Dicho dato es importante, ya que éste determina el alcance del transmisor.

$$P = I_{C_2} V_{CE} = (7.477 \text{ mA})(1.448 \text{ V}) = 10.827 \text{ mW} \quad (2.6)$$

Como puede observarse en la ecuación 2.6, la potencia de salida del transmisor es muy pequeña, lo cual en este caso es lo deseado para no ocasionar interferencia.

Por otra parte, en esta etapa no es posible realizar el análisis del circuito en CA, ya que en este caso los capacitores lo impiden al comportarse como corto circuito, esto se debe a que éste no es el fin de los capacitores. Por lo tanto, el circuito de CA resultante se ilustra en la figura 2.8.

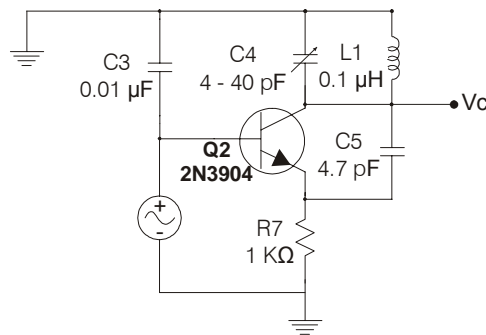


Figura 2.8: Circuito equivalente de CA de la etapa moduladora.

Es necesario resaltar que en dicha etapa, el capacitor C_2 no cumple únicamente con la tarea de acoplar la etapa de amplificación y la etapa moduladora, sino que conjuntamente al capacitor C_3 se comportan como un filtro, cuyo ancho de banda depende de los valores de ambos componentes.

La figura 2.9, presenta la simulación hecha en PSpice donde se demuestra el comportamiento del filtro con los valores asignados. Puede observarse que el filtro posee un ancho de banda de aproximadamente 3.5 KHz, el cual se extiende desde 112.090 Hz hasta 3.6345 KHz. Este hecho constituye la razón principal por la que se eligió transmitir una señal senoidal con una frecuencia de 1.5 KHz, ya que esta frecuencia es muy cercana a la frecuencia central del filtro pasabanda.

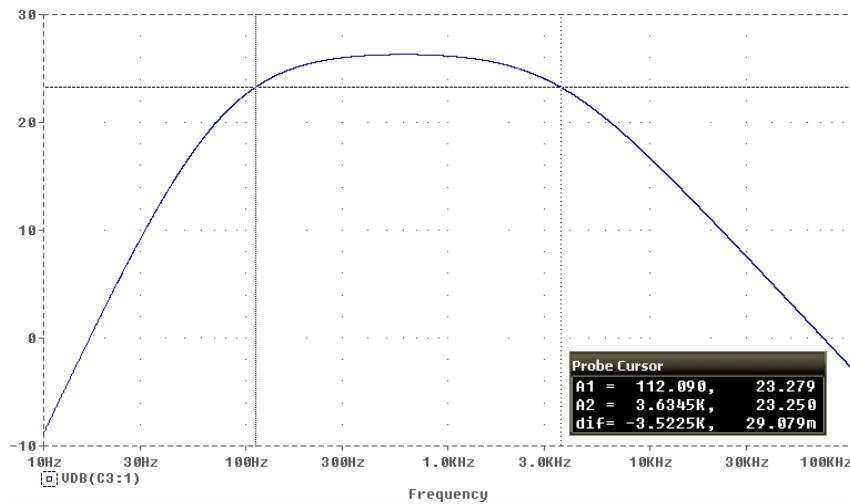


Figura 2.9: Ancho de banda del filtro.

Para lograr comprender mejor el funcionamiento de esta etapa es necesario entender primero el funcionamiento del transistor.

Dado que el transistor es un dispositivo semiconductor de tres terminales, su principio fundamental se encuentra basado en un dispositivo semiconductor más sencillo, el diodo. Un diodo presenta una unión *pn*, la cual conduce sólo cuando el voltaje aplicado a la terminal *p* es mayor, al menos en 0.7 V, a aquel aplicado a la terminal *n*. Si dicha condición

no se cumple, el diodo entra en polarización inversa y la región de agotamiento crece a medida que se incrementa dicha diferencia de voltaje (figura 2.10), formándose así un dieléctrico en su interior y funcionando como un capacitor dependiente de voltaje.

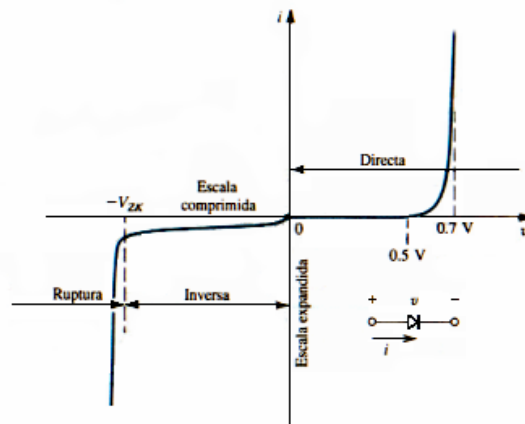


Figura 2.10: Relación i - v de un diodo con algunas escalas expandidas y otras comprimidas para dejar ver detalles [9].

Un transistor de unión npn , como el 2N3904, consta de tres regiones semiconductoras, de las cuales las regiones del emisor y del colector son tipo n , mientras que la región de la base es de tipo p . Cuando este dispositivo se encuentra funcionando en región activa, éste puede verse como dos diodos: uno en polarización inversa ($V_C < V_B$), y otro en conducción ($V_B < V_E$). Por lo tanto, un transistor también puede usarse como un capacitor dependiente de voltaje: Si a la base se le aplica un voltaje mayor, el voltaje de colector a base V_{CB} disminuye ya que el primero permanece constante, y por lo tanto la región de agotamiento disminuye. Al disminuir ésta, la capacitancia aumenta, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.7)$$

donde en este caso, d es la longitud de la región de agotamiento.

Redibujando el circuito equivalente en CA, como se demuestra en la figura 2.11, se puede observar que en efecto, el transistor se conectó para funcionar como un capacitor dependiente de voltaje.

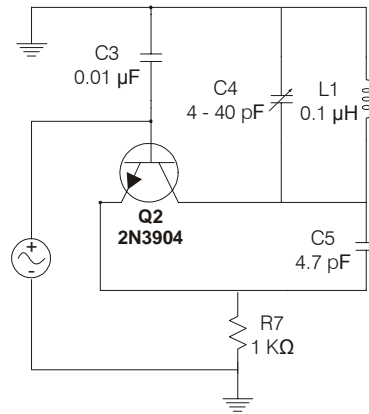


Figura 2.11: Equivalente de CA de la etapa moduladora del transmisor, redibujado.

Por otro lado, esta etapa también se encuentra integrada por un circuito tanque u oscilador, integrado por el trimmer C_4 y el inductor L_1 . La explicación del funcionamiento del circuito tanque se basa en el hecho de que el inductor y el capacitor intercambian energía eléctrica y magnética indefinidamente, produciendo así oscilaciones. El capacitor C_5 conectado entre el colector y emisor del transistor ayuda a mantener un nivel de voltaje y a recargar el circuito tanque, con lo que se reducen las pérdidas debidas a la producción de calor por la resistencia de dichos elementos, además dicho capacitor asegura que durante el semiciclo negativo de la señal el circuito tenga una conexión a tierra.

Como ya se mencionó anteriormente, la importancia de dicho circuito radica en que la frecuencia de oscilación corresponde a la frecuencia de transmisión; sin embargo, dicha frecuencia depende de los valores del inductor y capacitor.

En el caso de estos dos componentes resulta más complicado conseguir un inductor, ya que los valores de estos dispositivos son muy específicos, por lo tanto es más sencillo ajustar los valores de los otros componente, por lo que se recomienda diseñar el circuito tanque asignando un valor fijo al inductor; en este caso se tomó un inductor $L_1=0.12\mu F$.

La frecuencia de oscilación del circuito se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.8)$$

Dado que se eligió una frecuencia de transmisión de 108 MHz, y $L_1=0.12\mu F$, se tiene que el valor del capacitor se calcula con la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} \quad (2.9)$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 (108 \times 10^6)^2 (0.12 \times 10^{-6})} = 18.097 \times 10^{-12} F = 18 pF$$

Por lo tanto, si se quiere dejar la frecuencia de transmisión en un valor determinado, se puede sustituir el trimmer, por un capacitor del valor calculado. Con esto se puede lograr que el transmisor siempre se encuentre sintonizado a la frecuencia deseada y que tenga un comportamiento un poco más estable.

El último elemento tomado en consideración como parte del análisis del circuito transmisor es la antena, la cual puede ser un simple cable aunque es recomendable utilizar una antena telescópica. Sin importar el tipo de antena usada, ésta debe cumplir con la

condición de que su longitud debe ser de al menos la cuarta parte del tamaño de la longitud de onda de la señal que transmitida. La longitud de onda de la señal se calcula con la siguiente fórmula,

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.10)$$

donde λ es la longitud de onda, v es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas (3×10^8 m/s), y f la frecuencia de transmisión (108 MHz).

De la ecuación 2.10 se obtiene la longitud de onda de la señal y con ésta la longitud mínima de la antena,

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{108 \times 10^6 \text{ 1/s}} = 2.778 \text{ m}$$

$$l_{\text{antena}} = \frac{\lambda}{4} = \frac{2.778 \text{ m}}{4} = 69.45 \text{ cm}$$

Por último, la potencia del transmisor, calculada en la ecuación 2.6, es de aproximadamente 10.837 mW. Dicha potencia, como ya se dijo, es importante ya que determina la distancia de transmisión. Esta distancia se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\sqrt{P_t}}{\sqrt{P_r}} \quad (2.11)$$

donde d es el radio de distancia al cual podemos transmitir, P_t es la potencia de transmisión y P_r es la potencia del receptor de FM.

Una forma de calcular el radio de cobertura de la antena es con un receptor convencional de radio. Un receptor típico de bolsillo posee una potencia entre 0.1 y 0.01

mW, aunque éste valor puede variar de un modelo a otro dependiendo de la calidad del receptor. Entonces, el radio mínimo y máximo al cual podemos transmitir se calcula de la siguiente manera:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{10.827 \text{ mW}}{0.1 \text{ mW}}} = 10.405 \text{ m}$$

$$d_{\max} = \sqrt{\frac{10.827 \text{ mW}}{0.01 \text{ mW}}} = 32.904 \text{ m}$$

En base a los resultados anteriores, se puede decir, que el alcance del transmisor es de aproximadamente 10 m. Para distancias mayores, la transmisión resulta de muy mala calidad ya que ésta no es nítida y parece interferencia.

2.2.2 Receptor de Modulación en Frecuencia.

Como ya se explicó anteriormente, al tener una modulación en frecuencia, la señal de RF, presenta una amplitud y fase constante, mientras que su frecuencia varía de forma proporcional a la amplitud de la señal moduladora.

La función primordial de un receptor de FM, es entonces, la de demodular la señal de RF, es decir, convertir esas variaciones de frecuencia en variaciones de amplitud. Por lo tanto, el propósito básico del receptor se puede resumir de la siguiente manera: captar la señal RF, amplificarla, filtrarla para eliminar señales no deseadas y recuperar la información en banda base deseada.

Cuando la señal de RF es captada por la antena presenta una amplitud muy pequeña, incluso en el orden de microvolts. El receptor debe ser capaz de amplificarla a niveles de voltaje utilizables, llegando hasta varios volts.

Es importante mencionar, que la antena no es capaz de discriminar la señal que es de interés del resto de las señales que capta al mismo tiempo. Por lo tanto el receptor debe seleccionar la señal de interés para después amplificarla. Por tal motivo dos características muy importantes con las que debe contar un buen receptor es la sensibilidad y la selectividad. Otras características que hacen a un buen receptor son la estabilidad y el rango dinámico.

En la figura 2.12 se presenta el circuito receptor implementado dentro de la etapa de comunicación del proyecto. Como puede observarse, el diseño de un receptor resulta mucho más complejo que el de un transmisor ya que debe cumplir con las características antes mencionadas. Esta es la razón principal por la que se eligió usar el circuito integrado TDA7000.

En la figura también se puede observar que el circuito receptor se encuentra integrado casi en su totalidad por capacitores, y únicamente posee 3 resistencias y 1 inductor, lo cual facilita en gran medida su construcción.

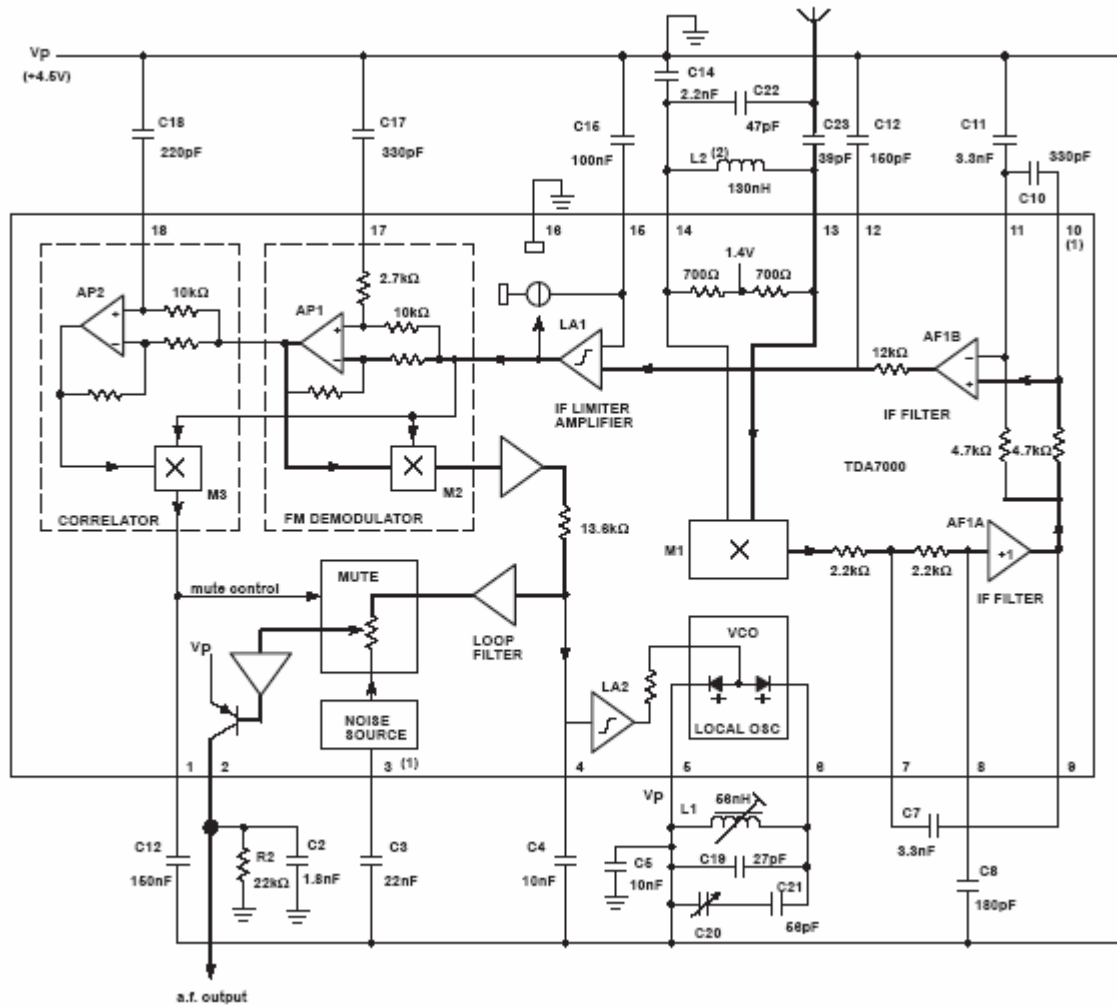


Figura 2.12: Circuito receptor implementado con el circuito integrado TDA 7000 [10].

2.2.2.1 Análisis y consideraciones del Receptor.

El circuito monolítico integrado TDA7000 utilizado para radios portátiles de FM, necesita un mínimo de componentes perimetrales, teniendo así, dimensiones pequeñas y bajo costo.

El circuito TDA700 incluye todas las etapas de un receptor superheterodino.

- Etapa de entrada de R.F.
- Mezclador
- Oscilador Local
- Limitador / Amplificador de I.F.
- Demodulador de Fase
- Detector de Mute
- Mute switch
- Detector de FM

Por otra parte, cuenta con las siguientes características:

- Rango de voltaje de alimentación (pin 5) VP 2,7 to 10 V
- Corriente de alimentación a un voltaje de entrada de 4.5 V, IP típica de 8mA.
- Rango de frecuencia de RF de entrada de 1.5 a 110 MHz.
- Sensitividad de -3 dB

En este caso el receptor implementado sufrió algunas modificaciones con el fin de adaptarlo completamente a nuestras necesidades. En primer lugar, la alimentación del circuito se cambió de 4.5 V a 9 V, ya que a este voltaje el circuito presenta un mejor desempeño, dicha mejora puede observarse en la señal de salida del circuito, ya que a este

voltaje de alimentación tanto la amplitud como la frecuencia de la señal presentan menor variación; además, de esta forma tanto el circuito transmisor como el receptor se encontrarían trabajando al mismo voltaje. Debido al cambio en la alimentación del circuito es necesario cambiar también la resistencia de carga, por lo tanto la resistencia de 22 K Ω conectada al pin 2 del integrado, se sustituyó por una resistencia de 47 K Ω , ya que así se encuentra especificado en la hoja técnica del integrado. Cabe mencionar que si no se cambia esta resistencia el circuito aún presentará un funcionamiento correcto, sin embargo la señal de salida presentará una pérdida de aproximadamente la mitad de su amplitud.

También puede observarse que entre los pines 5 y 6 del integrado, se localiza el circuito tanque, el cual sirve para sintonizar la frecuencia que se desea recibir. Para lograr que la comunicación entre el circuito transmisor y receptor fuese lo más clara posible, se modificó el circuito tanque localizado entre esos dos pines, por el circuito tanque implementado en el transmisor. Por lo tanto, entre los pines 5 y 6 únicamente se encuentran conectados en paralelo un inductor de 0.12 μ H y un capacitor de 18 pF; o bien, se puede conectar en lugar del capacitor un trimmer para tener un rango de frecuencias más amplio.

En la figura 2.12, también puede observarse que el pin 1 del integrado se encuentra conectado al circuito de “mute”, el cual es el encargado de eliminar el ruido de la señal. Por lo tanto, si no se desea habilitar dicho circuito es necesario conectar, entre el pin 1 y la alimentación, una resistencia de 10 K Ω en paralelo al capacitor. En caso contrario, dicho circuito se encontrará habilitado.