

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**  
**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE COMPUTADORAS**  
**PERSONALES USANDO RADIOMODEM”**

**Ing. Víctor Hugo Rivera Chávez**  
**Docente Asociado FCIFF-PPIE**  
**vriverac@ucsm.edu.pe**

**RESUMEN**

El trabajo de investigación a considerar incluye una etapa transmisora y otra receptora. En cuanto al transmisor, se enviarán los bits de datos deseados de acuerdo a la aplicación, por el puerto serial del primer terminal (PC1) y con la ayuda del estándar RS-232 se obtiene la cantidad correcta de información, además de la sincronización y velocidad de datos necesaria; para tal propósito se usa el diagrama de cableado “Null Modem” sin señales de control para el conector DB9 que irá conectado directamente al circuito integrado modulador, que es la parte fundamental de la porción transmisora, éste integrado está orientado a las comunicaciones inalámbricas de frecuencia modulada analógica de banda angosta, sin embargo, es perfectamente aplicable para comunicaciones digitales debido a su método de modulación, que es el de reactancia variable. En el otro lado del sistema se tiene un receptor el cual cumple la función de demodulador y regeneración, también se tendrá que trabajar con un convertidor (es decir oscilador local y mezclador) donde la señal de RF es llevada a la Frecuencia Intermedia más común (10,7MHz), por último también debe considerarse un silenciador para señales no deseadas.

**1. INTRODUCCIÓN**

El trabajo de investigación propuesto, pretende establecer un medio de comunicación digital (radioenlace) para permitir la conexión entre dos computadoras personales (PC) el mismo que se desenvuelve en la banda de frecuencias VHF de tal forma que la comunicación es de tipo inalámbrica. Como un objetivo inicial esta comunicación es de tipo simplex, pero en una segunda etapa se propone una comunicación de tipo full-duplex, usando el estándar de comunicaciones RS-232. (u otro dependiendo de la velocidad requerida). Si bien la implementación de sistemas de comunicación digital inalámbricos, ya está solucionado por la cantidad de tarjetas disponibles en el mercado, estas son caras y son circuitos cerrados, por lo que deben adecuarse a aplicaciones específicas, disponer de un circuito abierto permite no solo la implementación a bajo costo del

prototipo, sino lo que es mas importante, la adecuación especifica a diversas aplicaciones, caso en el cual podría fácilmente revisarse el diseño.

## 2. FUNDAMENTACION TEORICA

### 2.1 MULTIPLICADORES DE FRECUENCIA

La multiplicación de frecuencia se usa comúnmente en transistores de FM, AM y CW y opera en niveles de potencia intermedios, aunque a veces se usa como etapa de salida en transmisores. Para el diseño de estos circuitos se debe observar que la característica de amplitud de entrada y salida de un multiplicador de frecuencia, rara vez es lineal y cualquier variación de fase presente en la señal de excitación se multiplica en la misma razón que la frecuencia.

### 2.2 ESTÁNDAR RS-232

Esta es una norma de interconexión serie, que asegura la compatibilidad, define los niveles de voltajes de "1" y "0" lógicos, las velocidades máximas de transmisión, las longitudes máximas de los cables e inclusive el tipo de conector que debe usarse. La norma RS-232 es la mas popular y una de las mas antiguas de las normas de comunicaciones seriales, cubre los tres aspectos siguientes, entre el equipo terminal de datos (DTE), y el equipo de comunicación de datos (DCE):

- a).- Las características eléctricas de las señales
- b).- Las conexiones mecánicas de los conectores y
- c).- La descripción funcional de las señales usadas.

## 3. DISEÑO DEL PROTOTIPO

### 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROTOTIPO

#### 3.1.1 Transmisor

A continuación se muestra en la figura 3.1 el diagrama de bloques propuesto para el transmisor

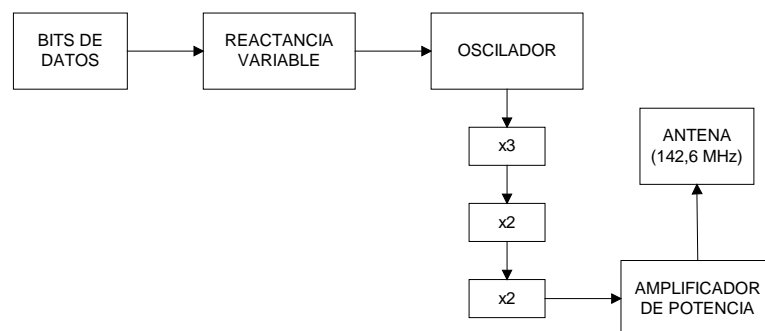
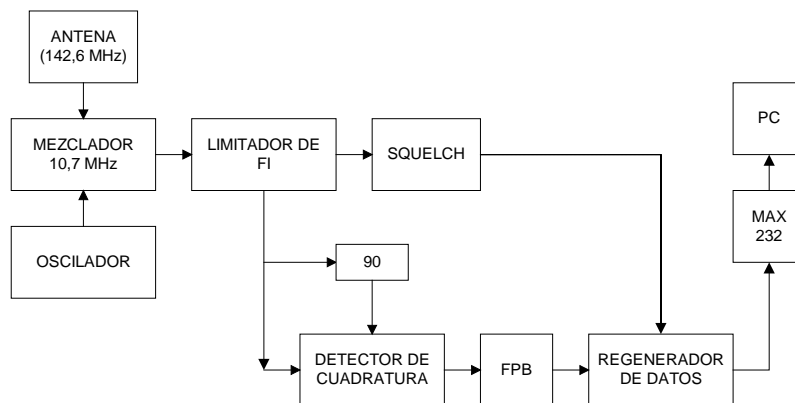


Figura 3.1 Diagrama de Bloques del Transmisor

- ✓ **REACTANCIA VARIABLE.**- En esta parte, la variación del voltaje de entrada produce una variación de la reactancia, la cual a su vez variará la frecuencia fundamental del cristal en un rango de 5 KHz aprox.
- ✓ **OSCILADOR.**- Oscilador controlado por voltaje, con frecuencia fundamental de 11,885 MHz establecida por un cristal de cuarzo.
- ✓ **X3.**- salida en un buffer de RF multiplicada por 3. ( $11,885 \text{ MHz} \times 3 = 35,65 \text{ MHz}$ ).
- ✓ **X2.**- Se utiliza un multiplicador de frecuencia por 2. Es decir  $35,65 \times 2 = 71,31 \text{ MHz}$ .
- ✓ **X2.**- Segundo multiplicador, frecuencia final  $71,31 \times 2 = 142,62 \text{ MHz}$ .
- ✓ **AMPLIFICADOR DE POTENCIA.**- Con dos etapas de pre-amplificación y una de amplificación de potencia, obteniéndose 27,7 DBm, aprox. 500 mW a la salida.
- ✓ **ANTENA.**- Se trata de una antena tipo dipolo simple de  $\lambda/4 = 52,6 \text{ cm.}$ , adecuada para la transmisión de 142,6 MHz.

### 3.1.2 Receptor

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de bloques del receptor



**Figura 3.2 Diagrama de bloques del receptor**

- **OSCILADOR.**- Tipo Colpitts en configuración Base Común, controlado por cristal o como en este caso por una bobina sintonizable en un rango de 84 a 127 nH y dos capacitores 3 y 6 pF respectivamente. Se encuentra operando a la frecuencia de 153,3 MHz
- ✓ **MEZCLADOR.**- En la entrada del C.I., es muy sensible ya que trabaja bien con señales desde 10  $\mu\text{Vrms}$  hasta 10  $\text{mVrms}$ . Puede recibir señales de hasta 1.0  $\text{Vrms}$  pero sin la seguridad que

realice una buena función. Se encarga de llevar la señal transmitida de 142,6 MHz a la FI de 10,7 MHz.

- ✓ *LIMITADOR.*- Posee un filtro o resonador cerámico estándar de 10,7 MHz a la entrada. Su función es remover las señales de AM que se hayan introducido en la transmisión RF.
- ✓ *DETECTOR DE CUADRATURA.*- Se encuentra internamente unido al limitador y al arreglo de squelch. Posee un capacitor de cuadratura de 5,0 pF que produce un desfase de 90°. Además el tanque L-C externo convierte la variación de frecuencia en variación de fase. Finalmente el mezclador produce una salida de voltaje proporcional a la variación de fase.
- ✓ *FPB.*- Obtiene a la salida una señal promedio y remueve armónicas producidas por mezclador.
- ✓ *SQUELCH.*- Este arreglo es activado cuando el medidor de potencia de señal colocado internamente sobrepase los 0,8 V de un comparador. El squelch servirá cuando esté llegando al integrado una señal de RF muy débil, que no sea la deseada y que ésta no interfiera en la salida en forma de ruido o señales incorrectas.
- ✓ *REGENERADOR DE DATOS.*- Comparador flotante que se alimentará directamente con la salida del detector de cuadratura y que producirá una salida de 0 V o % V dependiendo de la frecuencia recibida.
- ✓ *MAX232.*- Circuito integrado que convierte las salidas de niveles TTL a niveles compatibles con estándar RS232, para ser introducidos por el puerto serial al segundo terminal (PC2).

## 3.2 IMPLEMENTACION ELECTRÓNICA

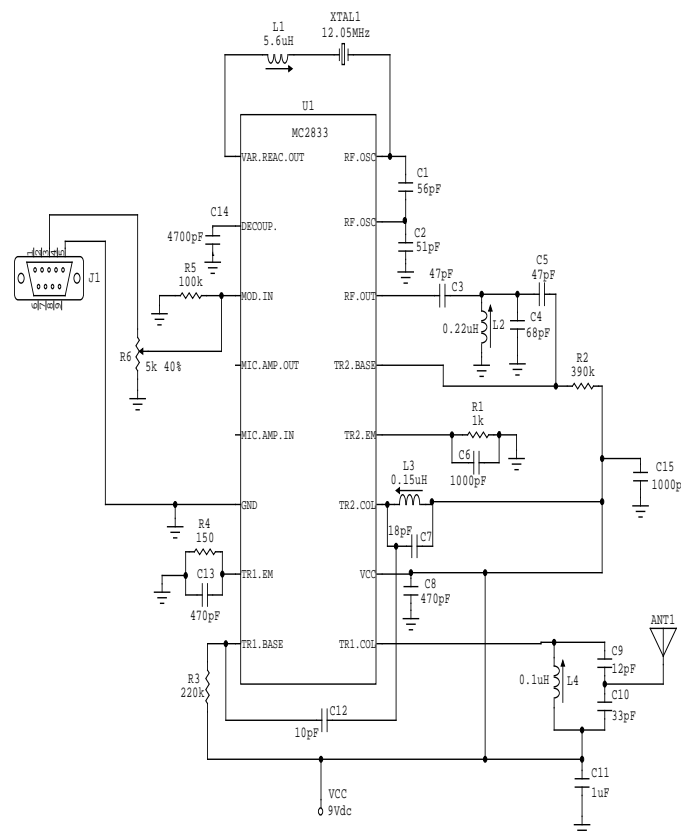
### 3.2.1 Transmisor

Primero, se enviarán los bits de datos deseados de acuerdo a la aplicación, por el puerto serial del primer terminal (PC1) y con la ayuda del estándar RS-232 se obtiene la cantidad correcta de información, además de la sincronización y velocidad de datos necesaria; para tal propósito se usa el diagrama de cableado “Null Modem” sin señales de control para el conector DB9 que irá conectado directamente al C.I. modulador MC2833P, que es la parte fundamental de la porción transmisora. Este C.I. está orientado a las comunicaciones inalámbricas de frecuencia modulada analógica de banda angosta, sin embargo, es perfectamente aplicable para comunicaciones digitales debido a su método de modulación, que es el de **reactancia variable**. Este método permite modular la frecuencia de su oscilador controlado por voltaje mediante el nivel de la señal de entrada. La frecuencia central de oscilación está determinada por el cristal de cuarzo que opera en su frecuencia fundamental y en resonancia paralela con una carga (suministrada por el C.I.) de 32 pF. Otra parte importante del sistema es el tipo de inductores a emplear en la circuitería externa. Se están utilizando inductores sintonizables de la empresa CoilCraft. [Ver Hojas de Datos: Inductores

Sintonizables Coilcraft usados exclusivamente con el MC2833]. Para el circuito modulador MC2833 es necesario una correcta sintonización de las bobinas de sintonía en los dobladores de frecuencia para lograr una máxima potencia de salida, en nuestro caso se logró una potencia de salida de 3.5 dBm siendo la potencia de salida nominal (de la hoja de datos) es de 5 dBm. En la figura 3.3 se muestra el diagrama del modulador el cual se basa en el IC MC 2833

Las características son:

- ✓ El cristal X1(11.885MHz) esta en modo fundamental, calibrado en resonancia en paralelo con una carga de 32 pf, la frecuencia final de salida es generada por una multiplicación de frecuencia x 12
- ✓ El buffer de RF de salida (pin 14 del IC) triplicador de frecuencia (35.655MHz) y el transistor Q2 interno usado como doblador de frecuencia (71.31 MHz).
- ✓ La salida del transistor Q1 interno es un doblador de frecuencia con una salida de 142.62 MHz (frecuencia final)
- ✓ La potencia de salida es 3.8dBm con 8 Vdc de alimentación
- ✓ El consumo de potencia calculado es 0.3 Watts.



**Figura 3.3 Diagrama del Modulador**

### 3.2.2 Receptor:

Luego que la información es enviada, ésta es recibida por otra antena similar a la del transmisor y luego pasa directamente al demodulador MC3356P. Este integrado está orientado a la recepción tanto de señales digitales como moduladoras; ya que posee un regenerador de señal digital binaria. Además es muy importante destacar que este circuito resume en gran parte la recepción, ya que posee de forma integrada un convertidor (es decir oscilador local y mezclador) donde la señal de RF es llevada a la Frecuencia Intermedia más común (10,7MHz) y utilizando un resonador cerámico para la mencionada FI; entre otras bondades, se puede mencionar también la presencia de forma integrada de un limitador de AM y un control de un silenciador para señales no deseadas. La característica principal del integrado es que demodula por el método de **detección de cuadratura**, explicado posteriormente. A la salida de este circuito integrado se obtiene los bits de datos regenerados. Como los datos obtenidos a partir de este proceso de demodulación son compatibles con los niveles TTL (vale decir 0V para el nivel lógico 0 y 5V para el nivel lógico 1) aparece la imposibilidad de introducir directamente estos bits al segundo terminal (PC2), nos valemos de la ayuda del integrado MAX232, que se encargará de compatibilizar los niveles lógicos nuevamente de acuerdo al estándar RS-232. De esta manera se ha logrado la comunicación digital entre dos medios digitales de procesamiento vía el radio módem. En la figura 3.4 se muestra el diagrama del receptor en base al IC MC3356

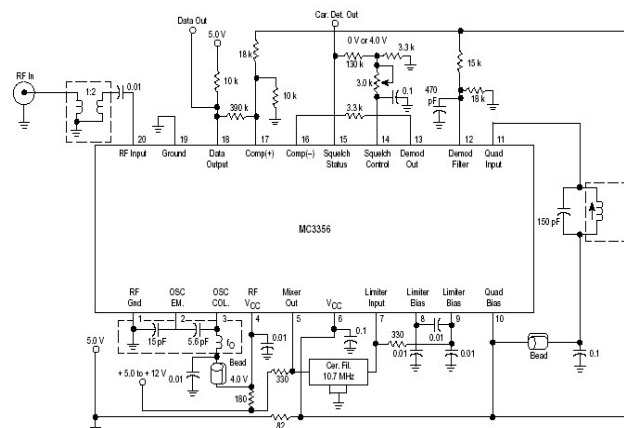


Figura 3.4 Diagrama esquemático del receptor

Y la interfaz eléctrica para el mismo estándar en base al IC MAX232, el que realiza el acoplamiento de cargas, nivela corrientes y brinda la protección y aislamiento necesario con el equipo digital que va a usar el radiomodem, digase por ejemplo PCs, PLCs, Microcontroladores u otros (ver data sheet del IC)

## CONCLUSIONES

1. Se puede establecer comunicación entre dos equipos digitales usando radiomodem o modulación vía RF
2. La evaluación de la velocidad de transmisión hecha, establece que este tipo de comunicación esta limitada en velocidad por el estándar RS-232 usando
3. El uso de moduladores y demoduladores integrados para construir radiomodem, permite construir el sistema con alta confiabilidad, bajo costo y poco consumo de potencia
4. La verdadera dificultad está en la sintonización final de los elementos capacitivos e inductivos, aquella que se realiza directamente con los equipos transmitiendo al aire, debido a la cantidad de capacitancias e inductancias parásitas que se producen por causa de la gran frecuencia con la que se está trabajando y que es tan variable tan sólo con la forma de ruteo de las placas o incluso con el ángulo de las pistas del circuito, lo cual escapa a los cálculos de frecuencia de resonancia.
5. Como recomendación se debe ampliar la investigación con datos mas complejos y en medios de transmisión con mayores fuentes de ruido e interferencia.
6. Del mismo modo se recomienda evaluar control de errores y uso de direcciones
7. Para implementación de circuitos de RF se debe tener en cuenta de manera obligatoria el correcto aislamiento del ruido de todos los circuitos que intervienen, así como el aislamiento entre etapas mediante la correcta distribución del plano de tierra, así mismo es necesario *separar las líneas de tierra de RF e IF y juntarlas todas en un solo punto* a la tierra general, de esta forma evitaremos que el ruido de una etapa se filtre en el otro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Clark and Hess, “Análisis y Diseño de Circuitos de Comunicación”. Edit. Adisson Wesley Iberoamericana, Estados Unidos, 1971
- Krauss, “Estado Sólido en Ingeniería de Radiocomunicación”, Edit LIMUSA, México, 1993
- Malik, “Circuitos Electrónicos”, Edit. Prentice Hall, España, 1996
- Savant, “Diseño Electrónico”, Edit. Prentice Hall, México, 2000
- Schilling, L. Donald. “Circuitos Electrónicos”, Edit. McGrawHill, España, 1993