

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL PROTOTIPO DE  
LA UNIDAD DE RETRANSMISIÓN RXMT-80 PARA LAS  
ESTACIONES DE RADIO VRC-8000 DEL CENTRO DE APOYO  
LOGÍSTICO DEL EJÉRCITO CALE

CRISTÓBAL DAVID VELÁSQUEZ GUAYASAMÍN

SANGOLQUÍ - ECUADOR  
2011

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL PROTOTIPO DE LA UNIDAD DE RETRANSMISIÓN RXMT-80 PARA LAS ESTACIONES DE RADIO VRC-8000 DEL CENTRO DE APOYO LOGÍSTICO DEL EJÉRCITO CALE” ha sido desarrollado en su totalidad por el señor CRISTÓBAL DAVID VELÁSQUEZ GUAYASAMÍN con CI: 1713221529, bajo nuestra dirección.

Atentamente

---

ING. FLAVIO PINEDA.  
DIRECTOR

---

ING. DERLIN MOROCHO.  
CODIRECTOR

## RESUMEN

Este proyecto se desarrollo debido a que el prototipo de la unidad de retransmisión RXMT - 80 anterior presentaba algunas fallas en el funcionamiento, como la baja calidad de audio y el ruido en la comunicación. Estas fallas no se pudieron corregir manteniendo el diseño original porque la tarjeta de adquisición de datos utilizada en el prototipo original no tenía la capacidad suficiente para digitalizar la señal adecuadamente, por lo tanto se desarrolló un nuevo diseño para el cual se utilizaron conmutadores analógicos dedicados para señales de audio, de esta manera se logró enrutar las señales hacia sus destinos y posteriormente transmitirlos. Para el control general del nuevo prototipo se utilizó la misma tarjeta WOLF BL2600, la cual se encarga de activar o desactivar las radios para la transmisión de las señales de audio recibidas, además de controlar el circuito de conmutación. Para que el usuario pueda seleccionar el modo de funcionamiento del prototipo se utilizó la misma interfaz OP7200 que adicionalmente brinda la facilidad para que el usuario pueda manipular los parámetros de visualización de la pantalla tomando en cuenta las necesidades militares.

Se obtuvieron buenos resultados en la comunicación debido a que al no manipular la señal de audio recibida por el prototipo, no tuvimos problemas de ruido ni baja calidad de la señal de audio que se transmite hacia las radios remotas.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Cristóbal y Margarita, por la excelente formación como persona que me han brindado mediante su ejemplo y honestidad, por el amor, el apoyo y comprensión que he recibido todos y cada uno de los días de mi vida. Dedico especialmente este trabajo a la tenacidad y sacrificio de mi madre, ejemplo vivo de esfuerzo, lucha, voluntad y éxito.

A mis profesores, por compartir todos sus conocimientos sin egoísmo, por ser quienes han estado siempre para tendernos una mano y ser la guía para descubrir mi potencial.

A mis amigos con quienes día a día compartimos el esfuerzo, los éxitos y las dificultades a lo largo de mi vida universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme tener una vida tan feliz como la que he tenido, por darme una familia maravillosa y por siempre darme la fuerza necesaria para enfrentar cualquier dificultad que se ha presentado en mi vida.

A mis padres Cristóbal y Margarita, por la paciencia, la confianza, el respeto, sobre todo por el amor y apoyo que me han brindado. Les agradezco por ser unos padres ejemplares e impecables de los cuales me siento muy orgulloso.

A todos y cada uno de los miembros del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Ejército C.I.C.T.E. que me abrieron las puertas para poder desarrollar mi proyecto de grado, por el apoyo que me brindaron y por ofrecerme su amistad y compañerismo.

Al director del proyecto el Ingeniero Flavio Pineda y a mi codirector el Ingeniero Derlin Morocho los cuales en todo momento estuvieron dispuestos a ofrecer su ayuda y guía para el desarrollo del proyecto.

Finalmente agradezco a todos mis amigos y compañeros, por mostrarme con su compañía que la vida es hermosa inclusive en los momentos más difíciles. En especial a Luis y Sarita, testigos del esfuerzo realizado día a día.

## PRÓLOGO

El ejército ecuatoriano en el año de 1978 adquirió 700 estaciones de radio VCR-8000 para entregar en dotación a las diferentes unidades del país y 100 controladores RXMT-80 para integrar redes de radio a nivel de todo el Ecuador. Debido a la evolución tecnológica las empresas que fabrican estos equipos de radio han sacado de su línea de producción este modelo, y casi ninguna unidad de retransmisión se encuentra operativa.

Esta situación hace imprescindible que se diseñe e implemente un prototipo que reemplace al controlador de retransmisión RXMT-80, es así que el CICTE dentro de su carpeta de proyectos para el año 2007 desarrolla un prototipo; el mismo que presenta problemas de ruido y baja calidad de audio.

Para mejorar el prototipo inicial; se propone el presente proyecto denominado optimización y análisis de desempeño del prototipo de la unidad de retransmisión RXMT-80 para las estaciones de radio VRC-8000 del Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE; convirtiéndose en un aporte del CICTE al Ejército ya que sin las unidades RXMT-80 el área de cobertura se limita a pequeños sectores donde haya línea de vista entre el transmisor y el receptor.

En el presente proyecto se realiza un rediseño del prototipo anterior tanto en el software como en el hardware y se realiza un análisis del desempeño del sistema, para lograr una correcta comunicación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1 .....	1
1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS .....	1
1.1.1. Receptor Transmisor (RT-3088).....	2
1.1.2. Unidad Móvil de Audio (VAU-6088).....	3
1.1.3. Amplificador de Potencia (AM-5088).....	4
1.1.4. Base de Montaje (MT-7088).....	5
1.1.5. Sistema de Antena (AS-1288).....	7
1.1.6. Microteléfono (H-189).....	8
1.1.7. Cable de Alimentación de CC (CX-8020).....	9
1.1.8. Cable Coaxial (CG-1773).....	9
1.1.9. Cable Coaxial (CG-1127).....	10
1.1.10. Prototipo de Retransmisión.....	11
1.2. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN ACTUAL.....	13
1.2.1. Introducción.....	13
1.2.2. Señales Utilizadas.....	18
• RXBB.....	18
• TXBB.....	20
• PTT.....	20

• Señal RXD.....	22
• SW + BE.....	24
1.2.3. Descripción de la Implementación Actual.....	24
• Tarjeta controladora BL2600.....	25
• Interfaz eDisplay OP7200.....	28
1.3. ANÁLISIS DE LAS FALLAS DE OPERACIÓN.....	31
CAPITULO 2.....	34
2. DISEÑO DE MEJORA DEL PROTOTIPO.....	34
2.1. PLANTEAMIENTO DE LAS MEJORAS DEL PROTOTIPO .	34
2.1.1. Primer Planteamiento.....	34
• Módulo PCM-MIO-G.....	36
2.1.2. Segundo Planteamiento.....	39
• Conmutador Analógico FSA4157A.....	40
2.2. JUSTIFICACIÓN DE MEJORAS A DISEÑARSE.....	41
2.2.1. Análisis económico.....	41
• Módulo PCM-MIO-G.....	42
• Conmutador Analógico FSA4157A.....	42
2.2.2. Análisis técnico.....	42
• Módulo PCM-MIO-G.....	42
• Conmutador Analógico FSA4157A.....	43
2.2.3. Elección de las alternativas.....	43
2.3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	44
2.3.1. Diseño del sistema de enrutamiento.....	44
• Modo automático.....	44
• Modo Manual A y B.....	45

•	Modo local A.....	45
•	Modo local B.....	46
•	Modo local A+B .....	46
2.3.2.	Integración de los modos.....	47
2.3.3.	Diseño del sistema de control.....	48
2.3.4.	Integración del diseño del sistema .....	53
CAPÍTULO 3.....		55
3.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS DEL PROTOTIPO .....	55
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	55
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL .....	77
3.2.1.	Dynamic C .....	78
3.2.2.	Algoritmos de programación.....	79
•	Selección del modo de comunicación .....	79
•	Modo Automático.....	81
•	Modo Manual A-B.....	82
•	Modo Manual B-A.....	83
•	Modo Local A.....	84
•	Modo Local B.....	85
•	Modo local A+B .....	86
3.3.	VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	87
CAPÍTULO 4.....		92
4.	PRUEBAS DE DESEMPEÑO.....	92
4.1.	PRUEBAS CON ESTACIONES REMOTAS A DISTANCIAS ESPECÍFICAS .....	92
4.1.1.	Pruebas a 1 Km.....	93

4.1.2.	Pruebas a 10 Km.....	94
4.1.3.	Pruebas a 20 Km.....	94
4.1.4.	Pruebas a 30 Km.....	95
4.2.	PRUEBAS DE CALIDAD DE AUDIO.....	96
4.2.1.	Pruebas a 1 Km.....	96
4.2.2.	Pruebas a 10 Km.....	96
4.2.3.	Pruebas a 20 Km.....	97
4.2.4.	Pruebas a 30 Km.....	97
4.3.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO.....	98
CAPÍTULO 5.....		99
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
5.1.	CONCLUSIONES.....	99
5.2.	RECOMENDACIONES .....	101
ANEXOS.....		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Componentes del VRC 8000 .....	2
Tabla. 2.1. Tabla de verdad del circuito integrado FSA4157A .....	49
Tabla. 2.2. Tabla inicial de selección de modos.....	51
Tabla. 2.3. Tabla de selección de modo definitiva .....	51
Tabla. 2.4. Tabla de la activación de los conmutadores limitadores de paso de señales .....	52
Tabla. 3.1. Descripción de las entradas de la tarjeta BL2600 .....	65
Tabla. 3.2. Descripción de las salidas de la tarjeta BL2600.....	67
Tabla. 3.3. Descripción de las salidas de la interfaz OP7200 .....	71
Tabla. 3.4. Verificación del funcionamiento de la interfaz OP7200 .....	87
Tabla. 3.5. Verificación del funcionamiento de la tarjeta BL2600.....	88
Tabla. 3.6. Verificación del funcionamiento del circuito de conmutación .....	89
Tabla. 3.7. Verificación de la activación de las señales de PTT .....	90
Tabla. 3.8. Tabla de verificación de los conmutadores limitadores de paso de señales .....	90
Tabla. 4.1. Análisis de la activación de señales de PTT a 1 Km.....	93
Tabla. 4.2. Análisis de la activación de señales de PTT a 10 Km.....	94
Tabla. 4.3. Análisis de la activación de señales de PTT a 20 Km.....	95
Tabla. 4.4. Análisis de la activación de señales de PTT a 30 Km.....	95
Tabla. 4.5. Análisis de las señales de audio a 1 Km.....	96
Tabla. 4.6. Análisis de las señales de audio a 10 Km.....	96
Tabla. 4.7. Análisis de las señales de audio a 20 Km.....	97
Tabla. 4.8. Análisis de las señales de audio a 30 Km.....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Receptor transmisor RT-3088.....	2
Figura. 1.2. Unidad móvil de audio VAU-6088.....	3
Figura. 1.3. Amplificador de potencia AM-5088 .....	4
Figura. 1.4. Base de montaje MT-7088.....	5
Figura. 1.5. Sistema de antena AS-1288 .....	7
Figura. 1.6. Microteléfono H-189.....	8
Figura. 1.7. Cable de alimentación de CC CX-8020 .....	9
Figura. 1.8. Cable coaxial CG-1773.....	10
Figura. 1.9. Cable coaxial CG-1127 .....	10
Figura. 1.10. Prototipo de retransmisión .....	11
Figura. 1.11. Configuración de radios y frecuencias .....	13
Figura. 1.12. Proceso de comunicación general .....	16
Figura. 1.13. Conector circular de 5 pines .....	17
Figura. 1.14. Conector circular de 19 pines .....	18
Figura. 1.15. RXBB cuando no se presiona el botón PTT .....	19
Figura. 1.16. RXBB cuando se presiona el botón el PTT y no se habla .....	19
Figura. 1.17. RXBB cuando se presiona el botón el PTT y se habla .....	20
Figura. 1.18. PTT desactivado .....	21
Figura. 1.19. PTT activado.....	21
Figura. 1.20. Transición del estado de RXD cuando se presiona el PTT.....	22
Figura. 1.21. Señal de RXD cuando no se presiona PTT .....	23
Figura. 1.22. Señal de RXD cuando se presiona PTT .....	23
Figura. 1.23. Señal SW + BE .....	24

Figura. 1.24. Tarjeta controladora BL2600 .....	25
Figura. 1.25. Diagrama de bloques de la tarjeta BL2600 WOLF .....	27
Figura. 1.26. Interfaz eDisplay OP7200 .....	29
Figura. 2.1. Módulo PCM - MIO – G .....	36
Figura. 2.2. Conmutador Analógico FSA4157A .....	40
Figura. 2.3. Distribución de pines del FSA4157A <sup>1</sup> .....	40
Figura. 2.4. Esquema de transmisión automática .....	45
Figura. 2.5. Esquema del modo local A .....	46
Figura. 2.6. Esquema del modo local B .....	46
Figura. 2.7. Esquema del modo A + B .....	47
Figura. 2.8. Esquema de ruteo completo del prototipo .....	48
Figura. 2.9. Circuito del control .....	50
Figura. 2.10. Diagrama de bloques del prototipo .....	54
Figura. 3.1. Circuito impreso de conmutación.....	56
Figura. 3.2. Capa superior del circuito impreso de conmutación .....	57
Figura. 3.3. Capa inferior del circuito impreso de conmutación .....	57
Figura. 3.4. Vista 3D superior del circuito impreso de conmutación .....	58
Figura. 3.5. Vista 3D inferior del circuito impreso de conmutación .....	58
Figura. 3.6. Diagrama del Microteléfono H-189 .....	59
Figura. 3.7. Circuito de amplificación típico del LM386.....	60
Figura. 3.8. Circuito Impreso de amplificación .....	61
Figura. 3.9. Vista 3D superior del circuito impreso de amplificación .....	61
Figura. 3.10. Vista 3D inferior del circuito impreso de amplificación .....	62
Figura. 3.11. Pines y conectores de la tarjeta BL2600.....	63
Figura. 3.12. Conexión del cable de programación de la tarjeta BL2600.....	64
Figura. 3.13. Esquema de conexión de las entradas de la tarjeta BL2600 ...	66
Figura. 3.14. Esquema de conexión de las salidas de la tarjeta BL2600 .....	68
Figura. 3.15. Pines y conectores de la interfaz OP7200 .....	69
Figura. 3.16. Conexión del cable de programación de la interfaz OP7200 ...	70
Figura. 3.17. Esquema de conexión de las salidas de la interfaz OP7200 ...	71
Figura. 3.18. Menú inicial del prototipo .....	72

Figura. 3.19. Submenú modo manual.....	73
Figura. 3.20. Submenú modo local .....	73
Figura. 3.21. Confirmación del modo seleccionado .....	74
Figura. 3.22. Ajuste de contraste .....	75
Figura. 3.23. Ajuste de Hora .....	75
Figura. 3.24. Ajuste de fecha .....	76
Figura. 3.25. Submenú luz de fondo .....	77
Figura. 3.26. Diagrama de flujo de selección de modo de comunicación .....	80
Figura. 3.27. Diagrama de flujo de comunicación automática .....	81
Figura. 3.28. Diagrama de flujo del modo manual A-B .....	82
Figura. 3.29. Diagrama de flujo del modo manual B-A .....	83
Figura. 3.30. Diagrama de flujo del modo local A .....	84
Figura. 3.31. Diagrama de flujo del modo local B .....	85
Figura. 3.32. Diagrama de flujo del modo local A+B .....	86
Figura. 3.33. Señales medidas a la entrada y salida del prototipo.....	89

## GLOSARIO

- A/D: Análogo – Digital
- Bit: Dígito binario. Representa a una señal electrónica digital la cual puede estar encendida (1) o apagada (0).
- BNC: *Bayonet Neill-Concelman*. Es un tipo conector para el uso de cable coaxial.
- CC: Corriente Continua. Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial.
- CMOS: *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*. Es una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales
- D/A: Digital – Análogo.
- DC: *Direct Current* (Corriente Continua).
- *Display*: Visualizador que permite mostrar información al usuario.

- *Ethernet*: Estándar de transmisión de datos para redes de área local.
- FM: *Frequency modulation* (Modulación en frecuencia). Es un tipo de modulación la cual transmite la información a través de una onda portadora variando su frecuencia.
- *Half-duplex*: Es modo de transmisión el cual permite una comunicación bidireccional no simultánea
- I/O. Entradas – Salidas.
- LED: *Light Emitting Diode* (Diodo Emisor de Luz).
- Microteléfono: Es un dispositivo que cuenta con un parlante, un micrófono y una botón el cual permite transmitir las señales eléctricas recibidas por el micrófono.
- PC: *Personal Computer* (Ordenador Personal).
- Pin: Conector eléctrico.
- PTT: *Push To Talk* (Pulsar para hablar). Es un método propio para comunicarse en sistemas half dúplex, con el cual cuando se presiona un botón se transmite y liberándolo se recibe.
- RF: Radio Frecuencia. Es el manejo del espectro electromagnético situado entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

- Sistemas embebidos: Sistemas informáticos diseñados para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas.
- TTL: *Transistor Transistor Logic*. Es una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales
- VCC: Voltaje de Corriente Continua.
- VDC: *Voltage Direct Current* (Voltaje de Corriente Continua).
- VGA: *Video Graphics Array* (Arreglo Gráfico de video). Es un sistema gráfico de pantallas para PC.
- VHF: *Very High Frequency* (Frecuencia muy alta). Es la banda de espectro electromagnético que está entre 30 MHz y 300 MHz.
- VRC: *Vehicular Radio Communication* (Radio de comunicación Vehicular).

# **CAPITULO 1**

## **1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS**

El VRC-8000 (vehicle radio communication), es un sistema de radio VHF-FM, el cual ofrece una comunicación bidireccional de voz y datos. Este sistema permite la comunicación a través de 2320 canales de radiofrecuencia espaciados en 25 KHz, dentro del rango de frecuencias desde los 30 MHz hasta los 87.975 MHz.

Este sistema de radio puede ser usado en puestos de comando, cabinas móviles, tanques, carros blindados, helicópteros y aviones pequeños.

Este sistema puede mantener una comunicación fiable en complejos medios electromagnéticos, Además cuenta con funciones de auto verificación, medidor de intensidad de la señal de recepción y desviación de la frecuencia del canal, para contrarrestar la interferencia electromagnética.

El VRC – 8000 está conformado por algunos componentes los cuales se detallan a continuación.

Tabla. 1.1. Componentes del VRC 8000

Artículo	Componente	Designación
1	Receptor Transmisor	RT-3088
2	Unidad Móvil de Audio	VAU-6088
3	Amplificador de potencia	AM-5088
4	Base de Montaje	MT-7088
5	Sistema de Antena	AS-1288
	Sección de Mástil Superior	AT-2731
	Sección de Mástil Inferior	AT-2730
	Base de Antena	MX-6808
6	Microteléfono	H-189
7	Cable de Alimentación	CX-8020
8	Cable de Antena RF	CG-1773
9	Cable RT-PA	CG-1127

### 1.1.1. Receptor Transmisor (RT-3088)



Figura. 1.1. Receptor transmisor RT-3088

El RT-3088 es un equipo de radio VHF-FM, con una comunicación la cual se genera al activar el PTT<sup>1</sup>, por lo tanto este tipo de comunicación es *half-duplex* característica de radios de dos vías.

En el panel frontal están situados todos los indicadores como el visualizador numérico y controles como el teclado, con los cuales podemos operar adecuadamente el sistema de radio y visualizar el estado de la comunicación.

Se encuentra también un conector BNC el cual se conecta con las antenas látigo de 50 ohmios.

### 1.1.2. Unidad Móvil de Audio (VAU-6088)



Figura. 1.2. Unidad móvil de audio VAU-6088

---

<sup>1</sup> Push To Talk

La VAU-6088 es una interfaz entre las señales de audio o datos y el control remoto del VRC-8000, en el panel frontal están situados todos los indicadores y controles al igual que el RT-3088, con la diferencia que cuenta con conectores para el microteléfono, parlante, y para la conexión con la unidad de retransmisión RXMT-80.

En la parte posterior se encuentra un conector que se conecta al AM-5088 por medio de la base de montaje MT-7088, además cuenta con un conector al lado izquierdo de la caja que sirve para conectarlo con el RT-3088, cabe mencionar que la VAU-6088 como el RT-3088 para nuestro caso es una sola pieza ya ensamblada.

Cuenta con dos indicadores, *CALL* que nos indica que está recibiendo comunicación y *FAULT* que nos indica que existe algún desperfecto.

### 1.1.3. Amplificador de Potencia (AM-5088)



Figura. 1.3. Amplificador de potencia AM-5088

El AM-5088 es un amplificador el cual convierte a 50 vatios los 4 vatios de potencia de salida del RT-3088, con el objetivo de obtener una comunicación fiable y con mayor alcance. Está diseñado para una antena con una impedancia de 50 Ohmios.

En el panel frontal están situados los indicadores de desperfectos y los conectores de RF. El conector de la derecha sirve para el cable que va hacia la antena, y el de la izquierda sirve para el cable que va hacia el RT-3088, el cual controla al amplificador.

#### 1.1.4. Base de Montaje (MT-7088)



Figura. 1.4. Base de montaje MT-7088

El MT-7088 es una estructura de aluminio que sirve para el montaje de las partes de la estación de radio.

Esta estructura permite el soporte mecánico de las piezas y da las facilidades de interconexión del sistema VRC-8000. El MT-7088 consiste en un armazón conteniendo dos estantes y dos cajas interconectadas. El armazón está soportado por cuatro amortiguadores de golpes instalados en una plancha de base.

Los componentes del VRC-8000 son instalados en ambos estantes del MT-7088, la sección del receptor-transmisor, que consiste en el RT-3088 y VAU-6088, es instalada en el estante inferior, mientras que el AM-5088 es instalado en el estante superior. Una caja de interconexión se encuentra en la parte posterior del MT-7088 la cual coincide con los conectores traseros del AM-5088 Y VAU-6088 y provee la conexión entre ambas secciones del VRC-8000.

Una segunda caja se encuentra debajo del estante inferior del MT-7088 y provee la conexión de la alimentación de CC<sup>2</sup> a los componentes del VRC-8000. Un disyuntor automático, usado para proteger la línea de alimentación de CC, se encuentra en la parte delantera de la caja de interconexión. La alimentación de CC, aplicada al conector instalado en la parte posterior de la caja de interconexión inferior, es conectada a la caja de interconexión superior a través de un cable de interconexión el cual forma parte del MT-7088.

El conector 24 VDC<sup>3</sup> *OUT* permite la conexión de la alimentación de CC del MT-7088 a otros equipos. Una conexión interna en la caja de interconexión inferior permite el encendido/apagado del sistema intercomunicador simultáneamente con el resto del VRC-8000.

---

<sup>2</sup> Corriente Continua

<sup>3</sup> *Voltage Direct Current*

### 1.1.5. Sistema de Antena (AS-1288)



**Figura. 1.5. Sistema de antena AS-1288**

Esta es una antena móvil de construcción robusta de 3,2 metros de largo, capaz de operar a través de todo el rango de frecuencia de 30 a 88 MHz a niveles de potencia de hasta 100 vatios pico. El rango es cubierto en una única banda sin necesidad de sintonía.

La AS-1288 es una antena de látigo omnidireccional, de polarización vertical de alimentación central, la cual consiste en dos elementos, designados

AT-2730 y AT-2731, montados en la Base de Antena MX-6808. La impedancia de entrada de la MX-6808 es nominalmente 50 ohmios.

Los elementos de antena están hechos de fibra de vidrio rígida, la cual contiene dentro un elemento de radiación metálico en forma de red.

La base de antena incluye la unidad de adaptación de banda ancha necesaria y es normalmente asegurada por seis tornillos a un adaptador de montaje adecuado. Los elementos de antena son montados en una sección con resorte la cual permite la oscilación en forma libre.

La potencia de RF es introducida a la base de antena por intermedio de un conector BNC instalado en la superficie inferior de la misma.

Un conductor metálico trenzado debe ser conectado entre el chasis y la base de la antena.

#### **1.1.6. Microteléfono (H-189)**



**Figura. 1.6. Microteléfono H-189**

El H-189 contiene un micrófono dinámico y un auricular para transmitir y recibir señales. Un interruptor de apretar para hablar (PTT) se encuentra en el mango del microteléfono. El cable de conexión es retráctil y termina en un conector de cinco contactos.

#### **1.1.7. Cable de Alimentación de CC (CX-8020)**



**Figura. 1.7. Cable de alimentación de CC CX-8020**

Este cable conecta el MT-7088 a la fuente de alimentación de 24 VDC externa del sistema. La longitud del cable debe ser especificada de acuerdo al diagrama de instalación.

#### **1.1.8. Cable Coaxial (CG-1773)**

Este cable conecta el AM-5088 a la AS-1288. La longitud del cable debe ser especificada de acuerdo al diagrama de instalación.



**Figura. 1.8. Cable coaxial CG-1773**

#### **1.1.9. Cable Coaxial (CG-1127)**



**Figura. 1.9. Cable coaxial CG-1127**

Este cable transfiere las señales entre el RT-3088 y el AM-5088.

### 1.1.10. Prototipo de Retransmisión



**Figura. 1.10. Prototipo de retransmisión** <sup>[4]</sup>

Este sistema de radio para aumentar el radio de cobertura necesita de un sistema de retransmisión RXMT-80; el mismo que es reemplazado por el prototipo de retransmisión.

Este prototipo reemplaza a la unidad RXMT-80 que es una unidad de retransmisión universal, la cual provee retransmisión manual o automática entre dos redes que contengan los aparatos de radio VHF/FM VRC-8000. Esta unidad, que funciona con las estaciones de radio VRC-8000 sirve como un enlace de comunicaciones entre dos aparatos de radio que están demasiado alejados como

---

<sup>[4]</sup> Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.

para poder comunicarse directamente, o que deben operar en terrenos difíciles, tales como áreas montañosas.

El prototipo está alojado en una carcasa de aluminio compacta y robusta. Los controles e indicadores están localizados en el panel frontal a través de la interfaz OP7200, el cual es programable, tiene funciones de adquisición de datos y una unidad de *display* que cuenta con entradas y salidas digitales, cabe destacar que también se usa una tarjeta controladora Wolf BL2600 para el enrutamiento de señales y control de la operación de los radios.

En las paredes laterales de la unidad hay dos conectores de 19 patas. El conector de la izquierda está conectado a la unidad de radio VRC-8000 izquierda, denominada "A", y el conector de la derecha está conectado a la unidad de la radio VRC-8000 de la derecha, denominada "B".

Estos conectores conectan al prototipo RXMT-80 a dos aparatos de radio VRC-8000, a través de los conjuntos de cable CX-5130. En la pared inferior de la unidad se han colocado dos conectores de audio de 5 patas, utilizados para conectar los accesorios de audio tales como el Microteléfono H-189, compuesto de el Auricular H-140 o el Micrófono MK-80.

Este prototipo no funciona adecuadamente por lo cual se lo sustituirá por otro prototipo mejorado el cual permita obtener una comunicación fiable y libre de ruido, los cuales son los principales inconvenientes de la implementación anterior.

## 1.2. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN ACTUAL

### 1.2.1. Introducción

Este sistema de comunicaciones tiene un modo de transmisión *half-duplex* característicos de la transmisión de radios que manejan funciones de PTT, para poder transmitir por turnos para que exista una óptima comunicación.

El sistema además como opera en frecuencias de VHF y tiene una modulación FM, se debe tomar en cuenta que la señales emitidas no pueden atravesar grandes obstáculos, por lo cual para poder transmitir a través de montañas o para poder tener un mayor alcance de la señal se deben usar unidades de retransmisión. Cabe destacar que estas unidades realizan un cambio de frecuencia para poder retransmitir, como se detalla en la siguiente figura.

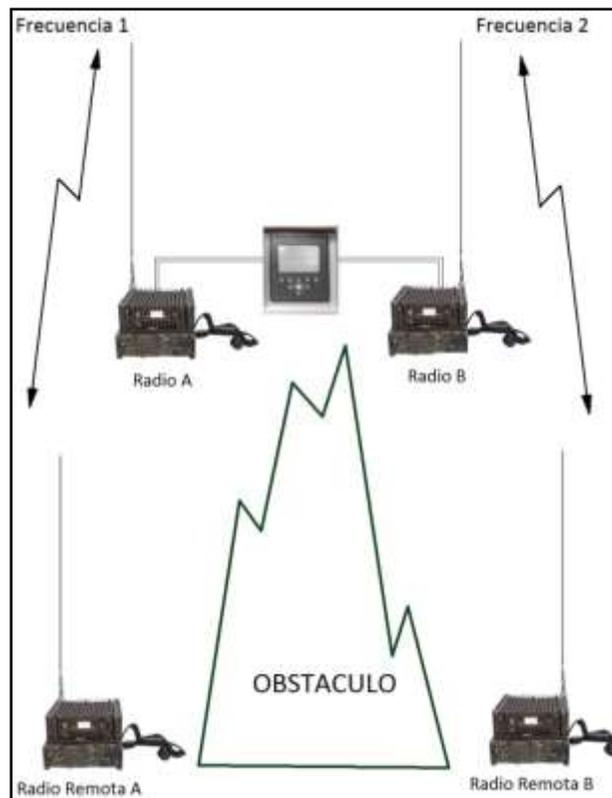


Figura. 1.11. Configuración de radios y frecuencias

Como podemos observar en la figura anterior el objetivo principal es comunicar la radio remota A con la radio remota B (cabe recalcar que las dos radios deberían estar en la misma frecuencia), pero debido que la señal que llega desde la radio remota A hacia la radio remota B o viceversa es muy débil o nula, no existe comunicación.

Para poder comunicar estas dos radios se usa una estación para repetir la señal. La estación consta de dos radios fijas las cuales están físicamente conectadas mediante un prototipo el cual se encarga de enrutar las señales. Para nuestro primer caso que sería cuando la radio remota A actúa como emisor y la radio remota B actúa como receptor se realiza el siguiente proceso:

1. En la radio remota A, la voz es captada por el micrófono y la convierte en una señal eléctrica, a esta señal la llamaremos señal de audio.
2. Esta señal de audio es modulada en una frecuencia determinada para transmitirla hacia la radio A.
3. La señal modulada llega hacia la radio A, esta la demodula obteniéndose nuevamente la señal de audio.
4. Esta señal de audio sale de la radio A e ingresa al prototipo el cual se encarga de enrutar hacia su destino en este caso hacia el radio B.
5. La señal de audio ingresa a la radio B y esta la vuelve a modular en otra frecuencia diferente a la inicial para transmitirla hacia la radio remota B.
6. La señal modulada llega hacia la radio remota B, esta la demodula obteniéndose nuevamente la señal de audio.
7. Finalmente la señal eléctrica va hacia el parlante y se obtiene el sonido de la voz y con él, el mensaje original.

En cambio si la radio remota B actúa como emisor y la radio remota A actúa como receptor, el cual sería nuestro segundo caso, se realiza el siguiente proceso:

1. En la radio remota B, la voz es captada por el micrófono y la convierte en una señal eléctrica, a esta señal la llamaremos señal de audio.
2. Esta señal de audio es modulada en una frecuencia determinada para transmitirla hacia la radio B.
3. La señal modulada llega hacia la radio B, esta la demodula obteniéndose nuevamente la señal de audio.
4. Esta señal de audio sale de la radio B e ingresa al prototipo el cual se encarga de enrutar hacia su destino en este caso hacia el radio A.
5. La señal de audio ingresa a la radio A y esta la vuelve a modular en otra frecuencia diferente a la inicial para transmitirla hacia la radio remota A.
6. La señal modulada llega hacia la radio remota A, esta la demodula obteniéndose nuevamente la señal de audio.
7. Finalmente la señal eléctrica va hacia el parlante y se obtiene el sonido de la voz y con él, el mensaje original.

Como podemos observar el proceso es exactamente el mismo en nuestros dos casos, únicamente cambia el sentido. Es importante recordar que estos dos procesos no se ejecutan al mismo tiempo sino por turnos.

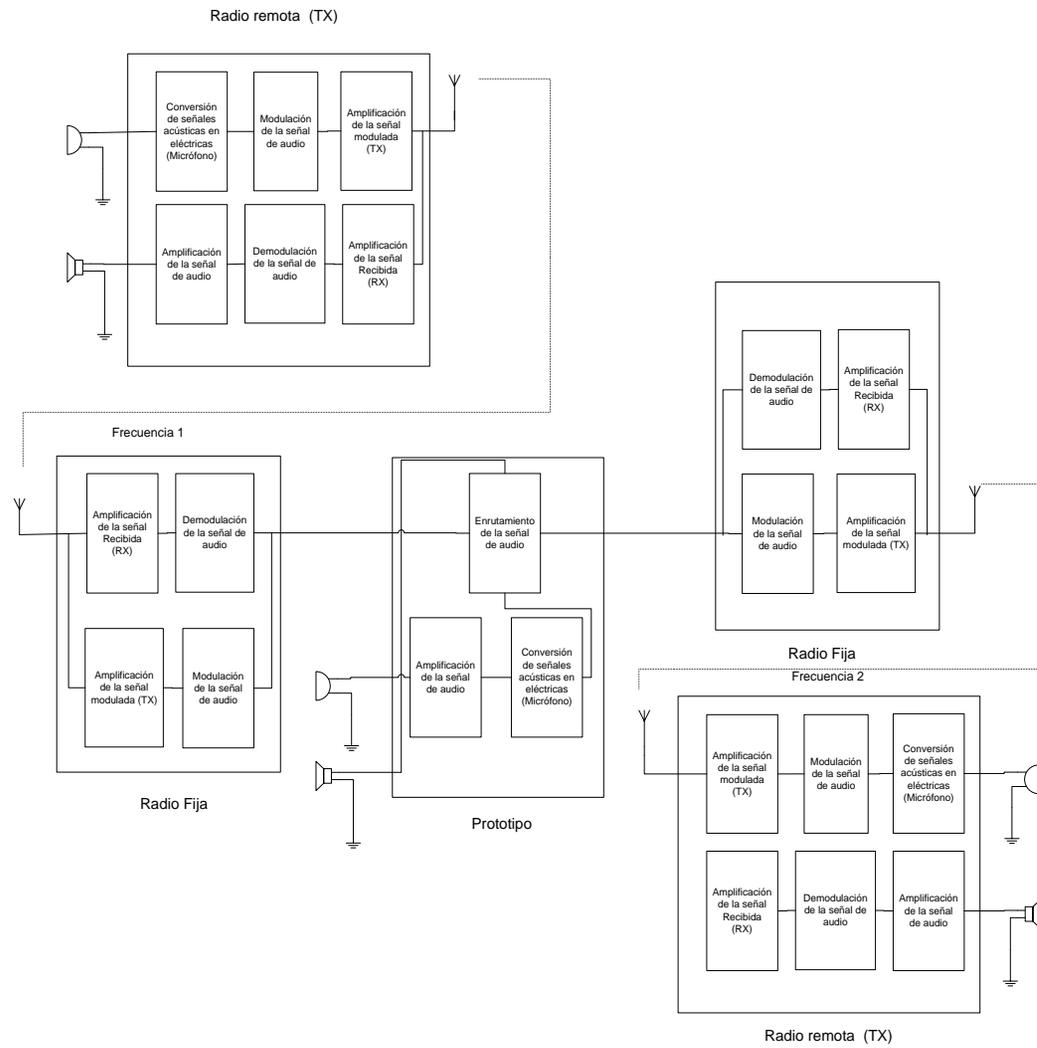


Figura. 1.12. Proceso de comunicación general

Además se ha planteado para que el operador de la unidad de retransmisión pueda tener comunicación local ya sea con las unidades remotas de la frecuencia 1, como con los de la frecuencia 2, o tal sea el caso se comunique con todas las unidades remotas de cualquiera de las dos frecuencias, para esto en la unidad de retransmisión se cuenta con dos microteléfonos, los cuales están conectados mediante un conector de 5 cinco pines. Cabe recalcar que la el pin C correspondiente a PTT es una señal que se activa cuando se desea transmitir. Es decir actúa como el RXD de las radios que veremos a continuación.

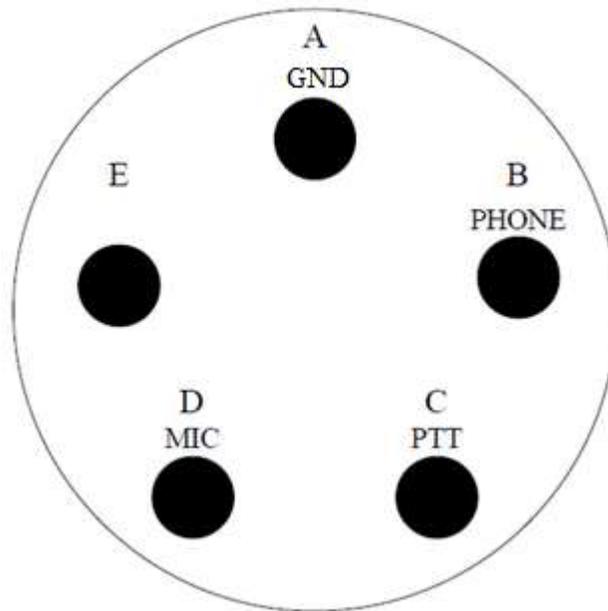


Figura. 1.13. Conector circular de 5 pines<sup>[5]</sup>

A estas unidades de retransmisión están conectadas dos radios VRC-8000 por medio de conectores circulares de uso militar de 19 pines los cuales se detallan a continuación.

<sup>[5]</sup> Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.

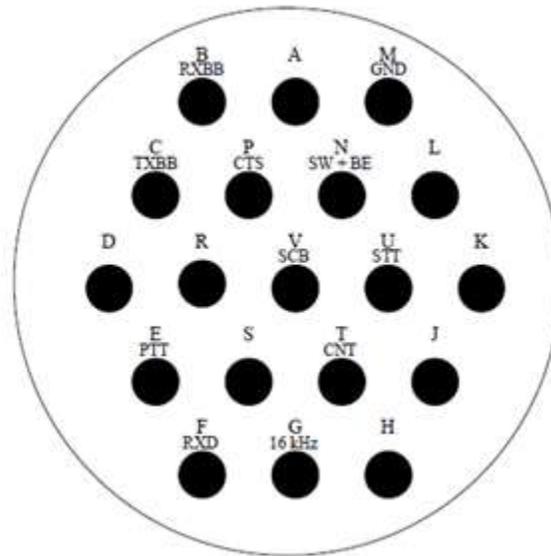


Figura. 1.14. Conector circular de 19 pines <sup>[6]</sup>

Cada pin envía o recibe una señal las cuales analizaremos más adelante.

### 1.2.2. Señales Utilizadas

En la Unidad de retransmisión podemos encontrar varias señales de entrada y salida, de las cuales nosotros utilizaremos para nuestros fines únicamente algunas de estas, las mismas que analizaremos detalladamente a continuación.

- **RXBB**

Esta señal nace en la radio A o B conectada a la unidad de retransmisión cuando la radio remota A o B envía la señal de audio modulada en FM, hasta la radio que está conectada al prototipo en la misma frecuencia, de aquí es dirigida hacia la radio de la A o B que está en la otra frecuencia a través de TXBB, y esta transmitirá la señal hacia sus unidades remotas. También se puede presentar el caso de que se requiera una comunicación local, en este caso simplemente

<sup>[6]</sup> Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.

cuando llegue la señal desde cualquiera de las dos frecuencias al prototipo, se la direcciona hacia el parlante del radio teléfono, y así obtenemos dicha comunicación local.

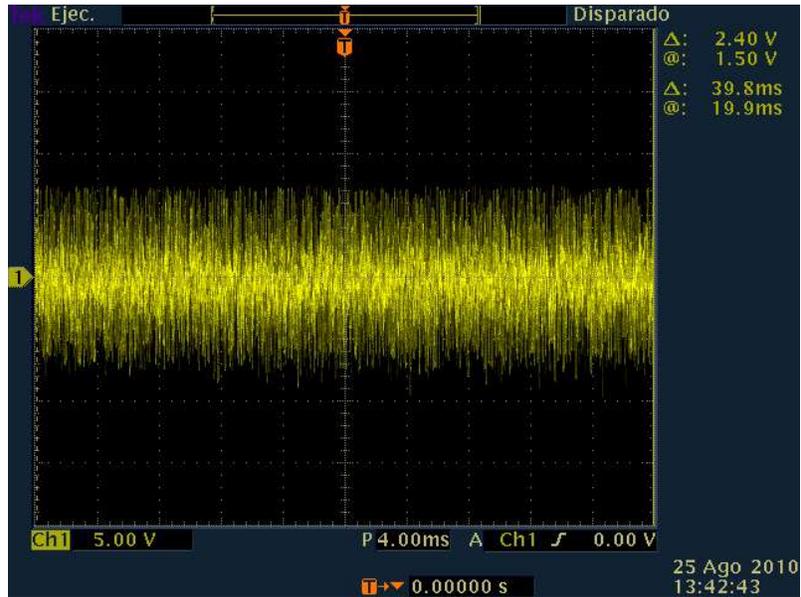


Figura. 1.15. RXBB cuando no se presiona el botón PTT

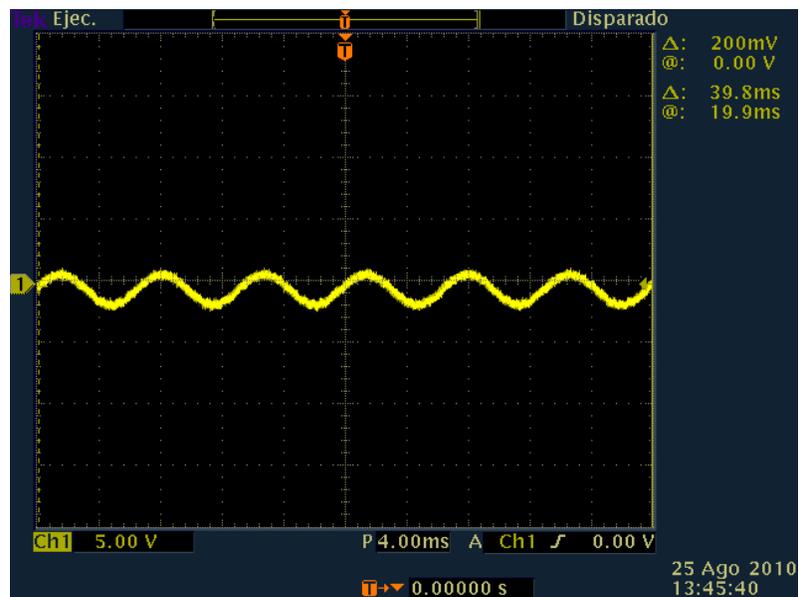


Figura. 1.16. RXBB cuando se presiona el botón el PTT y no se habla

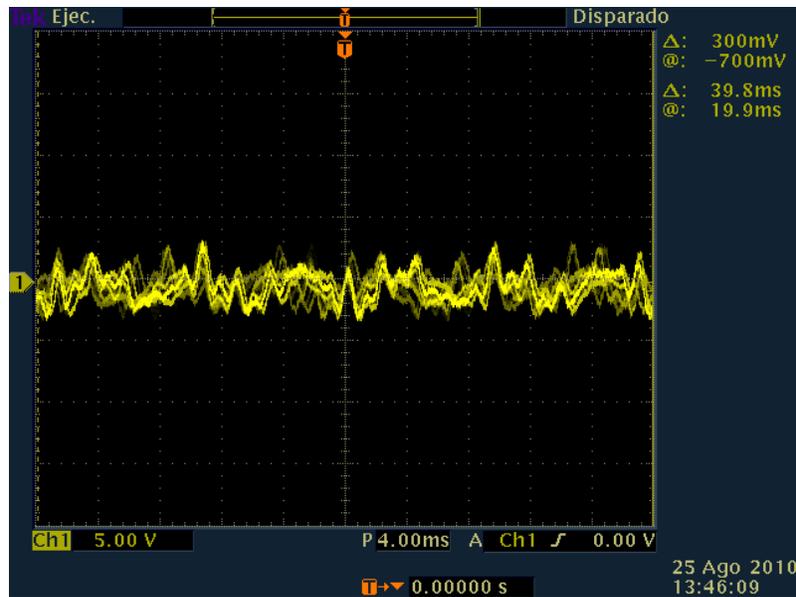


Figura. 1.17. RXBB cuando se presiona el botón el PTT y se habla

- **TXBB**

A través de este pin nosotros enviamos la señal de audio la cual vamos a transmitir hasta su destino final. La señal RXBB se direcciona a este pin para que a su vez llegue hasta una unidad remota final.

- **PTT**

Estos pines controlan la activación de las radios que están conectadas a la unidad de retransmisión, es decir para poder transmitir en cualquiera de las dos frecuencias se necesita activar en bajo esta señal, ya que cuando el PTT está desactivado es decir no se transmite tiene un voltaje de 12 voltios.

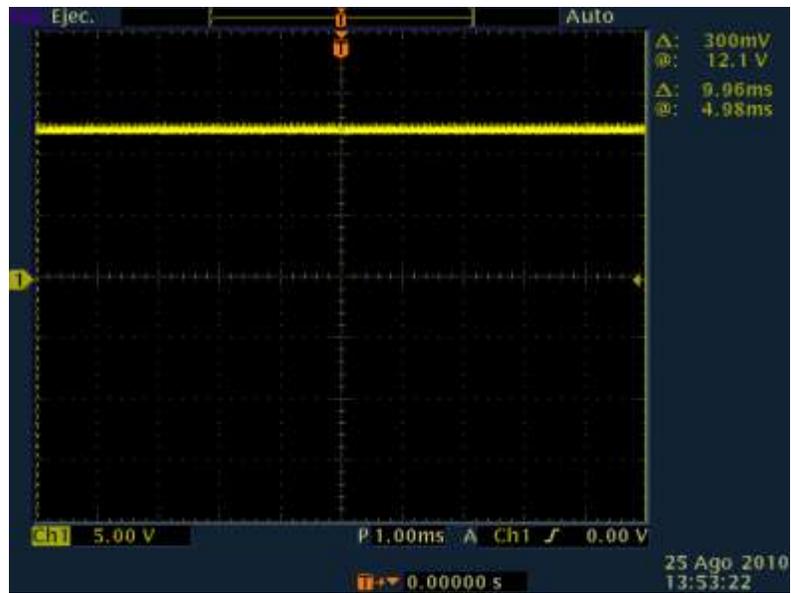


Figura. 1.18. PTT desactivado

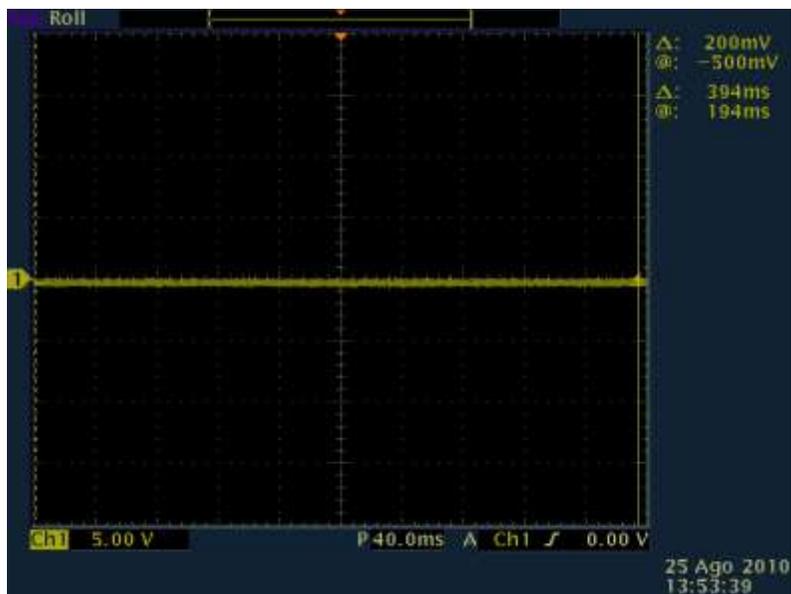
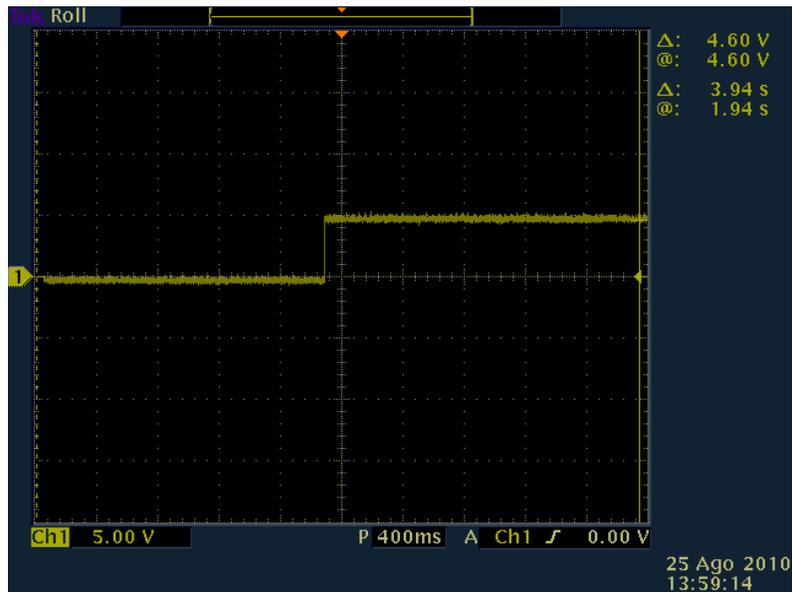


Figura. 1.19. PTT activado

- **Señal RXD**

Esta es una señal la cual se activa cuando existe comunicación es decir cuando se intenta transmitir desde una radio remota. En la siguiente figura se muestra como se activa esta señal en el momento que se intenta transmitir.



**Figura. 1.20. Transición del estado de RXD cuando se presiona el PTT**

Podemos observar claramente que el momento que presionamos para hablar es decir activamos el PTT de unas de las radios remotas se produce la activación de la señal.

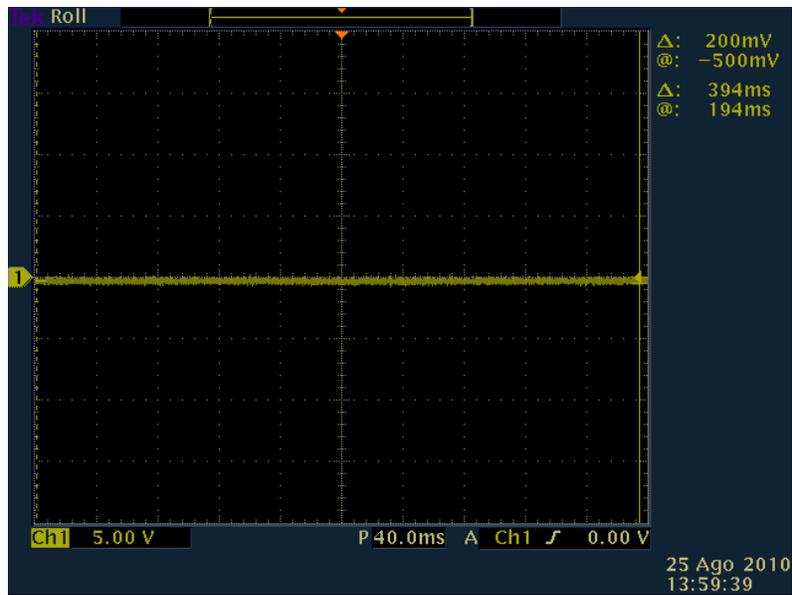


Figura. 1.21. Señal de RXD cuando no se presiona PTT

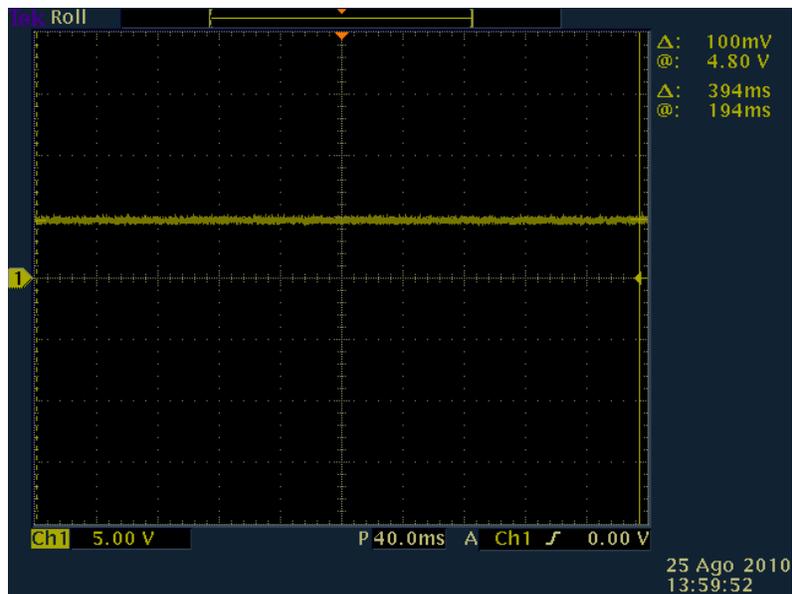


Figura. 1.22. Señal de RXD cuando se presiona PTT

- **SW + BE**

Esta es una señal 12 voltios de corriente continua y es utilizada para alimentar algunos componentes, como por ejemplo la tarjeta controladora BL2600 Wolf y la interfaz eDisplay OP7200.

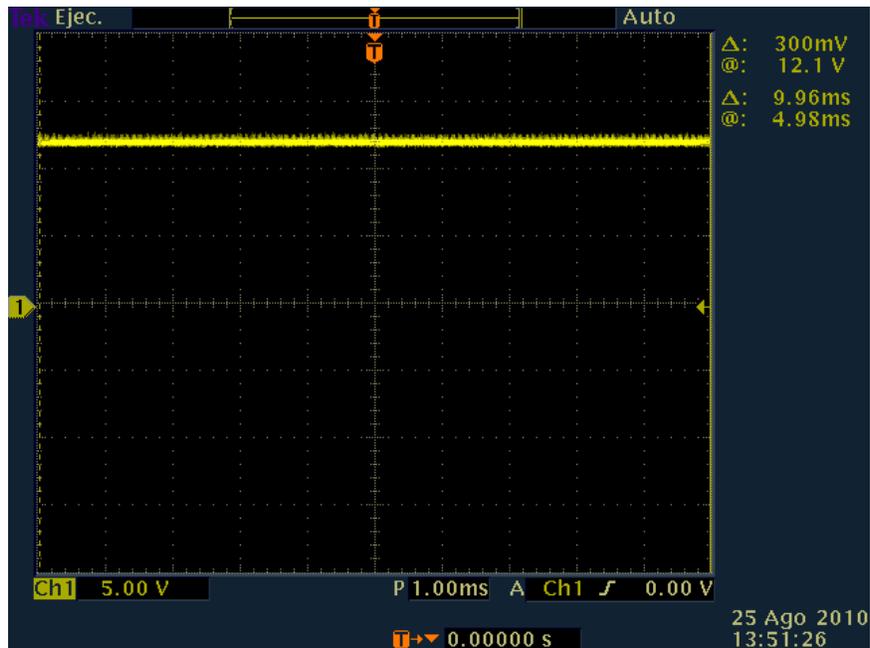
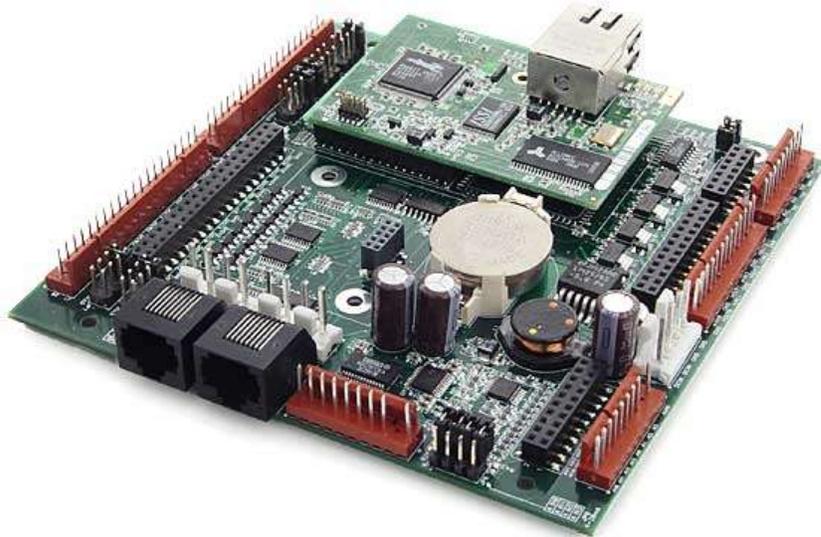


Figura. 1.23. Señal SW + BE

### 1.2.3. Descripción de la Implementación Actual.

La implementación del prototipo actual está constituida de dos componentes principales. La tarjeta controladora BL2600 y una interfaz OP7200.

- **Tarjeta controladora BL2600** <sup>[7]</sup>



**Figura. 1.24. Tarjeta controladora BL2600** <sup>[8]</sup>

La tarjeta BL2600 es un dispositivo de control autónomo que proporciona sistemas de ingeniería embebidos, brindando alta capacidad de transporte, desempeño y expansión modular.

Posee un microprocesador RABBIT 3000 operando a 44.2 MHz, con una capacidad de memoria Flash de 512 K y una capacidad de SRAM de 512 K.

La tarjeta BL2600 es un sistema que puede ser utilizado en aplicaciones como:

- Equipos de control y automatización.
- Máquinas controladas a través de conectividad Ethernet.

<sup>[7]</sup> Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.

<sup>[8]</sup> Wolf BL2600 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf), Julio 2010

- Pruebas y mediciones en aplicaciones que se requieran I/O.

Los programas a cargar en la tarjeta BL2600 son desarrollados y depurados, utilizando Dynamic C, la cual se ejecuta en cualquier PC que posea Windows XP/Vista con capacidad de RAM mínima de 128 MB y un disco Duro de 60GB .

La programación del dispositivo se da a través de la conexión de un cable de programación propia de la tarjeta BL 2600.

El desarrollo y depuración completa se la realiza con apoyo de puntos de ruptura, además de diversas funciones orientadas a aplicaciones en tiempo real.

La tarjeta BL2600 proporciona las siguientes características:

- Procesador RABBIT 3000 con velocidad de procesamiento de 44.2 MHz.
- 10 temporizadores de 8 bits.
- Un temporizador de 10 bits.
- Alimentación de 9 a 36 VDC con consumo de potencia de 12 W.
- Cinco puertos seriales (2 RS – 232, 1 RS – 485, 1 RS – 422, 1 CMOS compatible).
- Memoria Flash de 512 K.
- Memoria SRAM de 512 K.
- 16 Entradas/Salidas configurables por software con una resolución de 12 bits, con valores configurables de  $\pm 36$  VDC.
- 8 Entradas Digitales.
- 4 Salidas Digitales.
- Entradas Analógicas: 8 canales con una resolución de 11 bits, con rangos seleccionables por software:
  - Unipolar: 1, 2, 2.5, 5, 10, 20 VDC
  - Bipolar:  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  V.

Cuatro de estos ocho canales pueden ser configuradas por hardware como entradas de alta corriente de 4 – 20 mA, con una tasa de muestreo de hasta 4100 muestras por segundo.

- Salidas Analógicas: 4 canales con una resolución de 12 bits buffereadas (0 – 10 VDC,  $\pm 10$  VDC), 4 – 20 mA, con una tasa de actualización de 12 kHz.
- Humedad: 5 – 95 % sin condensación.
- Temperatura de operación: - 40 a 70 grados centígrados.
- Dimensiones: 123 x 126 x 25 mm

En el siguiente diagrama de bloques de la tarjeta BL 2600 se pueden ilustrar las diversas funciones que puede realizar.

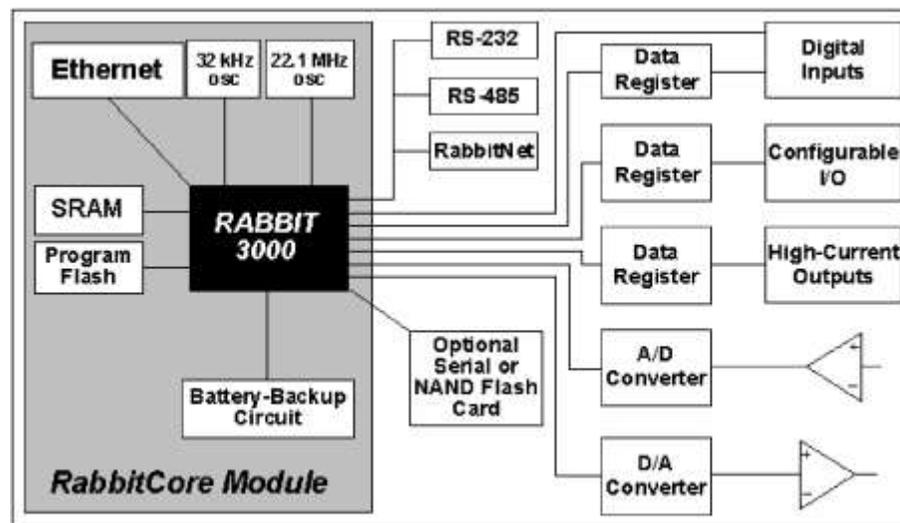


Figura. 1.25. Diagrama de bloques de la tarjeta BL2600 WOLF <sup>[9]</sup>

Se puede visualizar como las señales de entrada analógicas ingresan a un convertidor análogo digital donde además se puede definir la ganancia de código, siendo estas muestreadas con una resolución de 11 bits, este dato es cargado en

<sup>[9]</sup> Wolf BL2600 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf), Julio 2010

un espacio reservado de memoria para posteriormente ser procesado y/o enviado por el bus local a las otras interfaces disponibles, en base al *software* que ejecute las diversas sentencias de control.

Como se puede visualizar la tarjeta maneja señales externas de tres tipos: entradas digitales, entradas y salidas configurables por *software* y finalmente salidas de alta corriente.

Esta tarjeta controladora es el cerebro principal del sistema, y en la implementación actual sus funciones son:

- Reconocer cuando alguna de las radios remotas intente transmitir, mediante RXD.
  - Controlar las señales PTT, es decir que se activa la transmisión de las radios A y B, dependiendo el caso.
  - Digitalizar la señal de audio por medio del conversor análogo - digital.
  - Regenerar la señal mediante el conversor digital – análogo.
  - Enrutar la señal regenerada a través de una de sus salidas analógicas.
- 
- **Interfaz eDisplay OP7200** <sup>[10]</sup>

La interfaz de operador inteligente OP7200 es una pequeña unidad de alto rendimiento, puede adquirir datos programándola mediante lenguaje C, además tiene una unidad de visualización y ofrece entradas y salidas integradas, conectividad Ethernet y una pantalla táctil opcional. Tiene un microprocesador RABBIT 2000 que funciona a 22,1 MHz proporcionando un rápido procesamiento de datos.

---

<sup>[10]</sup> eDisplay OP7200 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf), Julio 2010



Figura. 1.26. Interfaz eDisplay OP7200 <sup>[11]</sup>

La OP7200 incorpora el potente microprocesador RABBIT 2000, tiene memoria flash, memoria RAM estática, puertos industrializados de entrada y salida digitales, puertos serie RS-232/RS-485, un puerto de Ethernet 10/100, ocho entradas analógicas y un conversor análogo digital.

La interfaz OP7200 proporciona las siguientes características:

- Pequeño Tamaño (112 mm x 144 mm x 43 mm).
- *Display* VGA ¼ LCM (320 x 240 pixeles) con luz de fondo LED color blanco
- Luz de fondo y contraste controlados por *software*
- Teclado de 9 teclas
- 4 LEDs de status.

<sup>[11]</sup> eDisplay OP7200 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf), Julio 2010

- 24 salidas y entradas digitales (16 entradas digitales con un rango de  $\pm 36$  VDC y un punto de conmutación de 2.4 V, y 8 salidas digitales 250/350/0 mA)
- Procesador RABBIT 2000 de 22.1 Mhz.
- Alarma zumbador audible.
- RAM estática de 128 K y memoria flash estándar de 256 K.
- Un conector RJ-45 compatible con Ethernet 10/100.
- Cuatro puertos seriales (2 Rs-232, 1 RS-485y un puerto programable compatible con CMOS)
- Batería de respaldo para reloj de tiempo real.
- Perro guardián
- Botón de reseteo externo

La interfaz gráfica tiene las teclas: arriba, abajo, derecha e izquierda y con estas se escoge el modo de operación.

Al seleccionar el Modo Manual se despliega otro Submenú para poder seleccionar la Comunicación Manual de Radio A  $\rightarrow$  Radio B o de Radio B  $\rightarrow$  Radio A.

En el caso de Comunicación Automática no se despliega otro Submenú.

En el caso de la Comunicación Local, al seleccionar esta opción se despliega otro Submenú para seleccionar la Comunicación Local hacia Radio A, Comunicación Local Radio B o Comunicación Local A+B.

Y también existe el Menú de Iluminación, cuando se selecciona esta opción, se despliega otro Submenú donde se puede seleccionar Apagar o Encender.

Cuando el operador selecciona una de estas opciones el código de control de la interfaz (OP7200) envía un dato a la tarjeta que maneja el control del prototipo (BL2600).

La interfaz envía un dato que indicara a la tarjeta de control del prototipo que el operador ha seleccionado un modo de operación determinado.

En este caso la tarjeta de control del prototipo recibe datos de la interfaz, son datos que en el código de control de la tarjeta controladora está constantemente monitoreados en un bucle que está a la espera del dato de la interfaz para ejecutar alguna secuencia de transmisión. <sup>[12]</sup>

### 1.3. ANÁLISIS DE LAS FALLAS DE OPERACIÓN

En este punto analizaremos las fallas que se presentaron al operar los radios en los diferentes modos. Para analizar las fallas contaremos con algunas herramientas que nos indican el estado de la comunicación, por ejemplo cada Radio VRC-8000 cuenta con la unidad móvil de audio VAU-6088, en la cual encontramos un indicador *CALL*, el mismo que se enciende cuando alguna radio en la misma frecuencia está transmitiendo. Es decir podemos saber si es que la comunicación se realiza adecuadamente.

Podría existir el caso de que a pesar de que se encienda el indicador *CALL* se escuche ruido o tal sea el caso no se escuche absolutamente nada, en este caso la activación del PTT se la realiza de manera correcta pero el enrutamiento de la señal no es el adecuado.

---

<sup>[12]</sup> Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.

Cuando se conectó todo el sistema de radio comunicación se observaron las principales fallas

En el modo de comunicación automática sentido A→B:

- A pesar de que se enciende el indicador *CALL* en la radio remota B, se escucha un intenso ruido, el mismo que no tiene ninguna similitud al mensaje original.

En el modo de comunicación automática sentido B→A:

- En la radio remota A no se enciende el indicador *CALL* por lo tanto no hay transmisión y no se escucha nada.

En el modo de comunicación local A:

- En la radio remota A no se enciende el indicador *CALL* por lo tanto no hay transmisión y no se escucha nada.

En el modo de comunicación local B:

- En la radio remota B no se enciende el indicador *CALL* por lo tanto no hay transmisión y no se escucha nada.

Estas son las fallas que se encontraron muy superficialmente únicamente comprobando cual era el funcionamiento real de las radios.

Haciendo un análisis más profundo encontramos que para poder enrutar, la señal recibida por medio RXBB se la ingresa hacia un conversor análogo – digital,

el conversor análogo digital tiene una resolución de 12 bits, 11 bits para el valor y un bit para la polaridad, y una tasa de muestreo de hasta 4100 muestras por segundo. Esta tasa de muestreo es insuficiente para digitalizar la voz humana, ya que la mínima frecuencia de muestreo típica es de 8000 muestras por segundo para la voz humana en la calidad más baja como por ejemplo el teléfono convencional. Es decir al realizar la digitalización de la con este conversor se pierden muchos valores de la señal de voz. Cabe recalcar que al digitalizar la señal para luego nuevamente convertirla en análoga, nunca se obtiene una regeneración cien por ciento pura provocando una distorsión de la señal original que se traduce en ruido.

La señal digitalizada de la voz, pasa por un conversor digital – análogo para reconstruir la señal y dependiendo cual sea su destino se direcciona por las diferentes salidas analógicas.

El conversor digital – análogo de la BL2600 tiene una resolución de 12 bits, una tasa de actualización de 12KHz, y se ocupa el rango de voltaje de 0 a 10 VDC, con lo cual este conversor nunca podría regenerar la forma de la señal ya que eliminaría todos los valores negativos de dicha señal.

De esta manera, al eliminar toda la parte negativa y con la parte positiva entrecortada, en la unidad remota final se escucha un ruido que acompaña a la señal de audio.

## **CAPITULO 2**

### **2. DISEÑO DE MEJORA DEL PROTOTIPO**

#### **2.1. PLANTEAMIENTO DE LAS MEJORAS DEL PROTOTIPO**

Para poder corregir las fallas del prototipo actual, se han planteado algunas mejoras las cuales detallaremos a continuación, el primer planteamiento lo realizaremos apegándonos al diseño original del prototipo, corrigiendo los errores más críticos del sistema, el segundo planteamiento lo realizaremos cambiando totalmente la manera de enrutar las señales. De estas dos alternativas posteriormente analizaremos cual es la más viable y más efectiva

##### **2.1.1. Primer Planteamiento**

Las fallas y errores de la implementación actual, se producen principalmente al digitalizar la señal de audio mediante el conversor análogo – digital y al recuperarla utilizando el conversor digital – análogo, se deben tomar algunas consideraciones necesarias para el óptimo rediseño del prototipo.

La primera consideración es que si se desea conservar el planteamiento inicial del prototipo, se necesitaría encontrar una tarjeta con características similares a la que se está utilizando pero con la diferencia en la tasa de muestreo, y además que ambos conversores tengan un rango de operación desde los -5 V

hasta los +5 V. Así garantizamos que nuestra señal de audio puede ser recuperada adecuadamente.

Con una tasa de muestreo del conversor A/D<sup>1</sup> mayor o igual a las 8000 muestras por segundo garantizamos que en la recuperación de la señal ya no vamos a tener una señal entrecortada, característica de señales de audio que son muestreadas a tasas demasiado bajas. Además si es que el rango de operación del conversor D/A<sup>2</sup> es de  $\pm 5$  voltios, podremos recuperar la señal completamente sin perder la componente negativa de la misma, como sucede actualmente.

Otra consideración importante es que el ruido principalmente no se produce debido a la filtración de las señales de RF<sup>3</sup> sino por la mala recuperación de la señal, esto no significa que sea la causa única del ruido, por lo cual también se debe tener especial cuidado en el manejo de los cables y conectores por los cuales viajan las señales de audio. Estos cables deben ser blindados y si es posible la caja en la cual el prototipo va a ser montado también debe ser blindada contra las señales de RF.

Con estas consideraciones y siguiendo el planteamiento inicial del prototipo se ha investigado acerca de sistemas embebidos los cuales puedan cumplir con una recuperación adecuada de la señal. Los sistemas embebidos son sistemas informáticos diseñados para realizar una o algunas funciones dedicadas, se usan generalmente en el campo industrial ocupando poco espacio.

De acuerdo a las características técnicas mínimas que necesitamos para cumplir con nuestro objetivo, se encontró un módulo del estándar de ordenador embebido PC/104, para el uso de este módulo debemos tener en cuenta que previamente necesitamos un ordenador de dicho estándar, a continuación se detalla las características técnicas principales del módulo PCM – MIO – G.

---

<sup>1</sup> Análogo – Digital

<sup>2</sup> Digital – Análogo

<sup>3</sup> Radio Frecuencia.

- **Módulo PCM-MIO-G** [4]

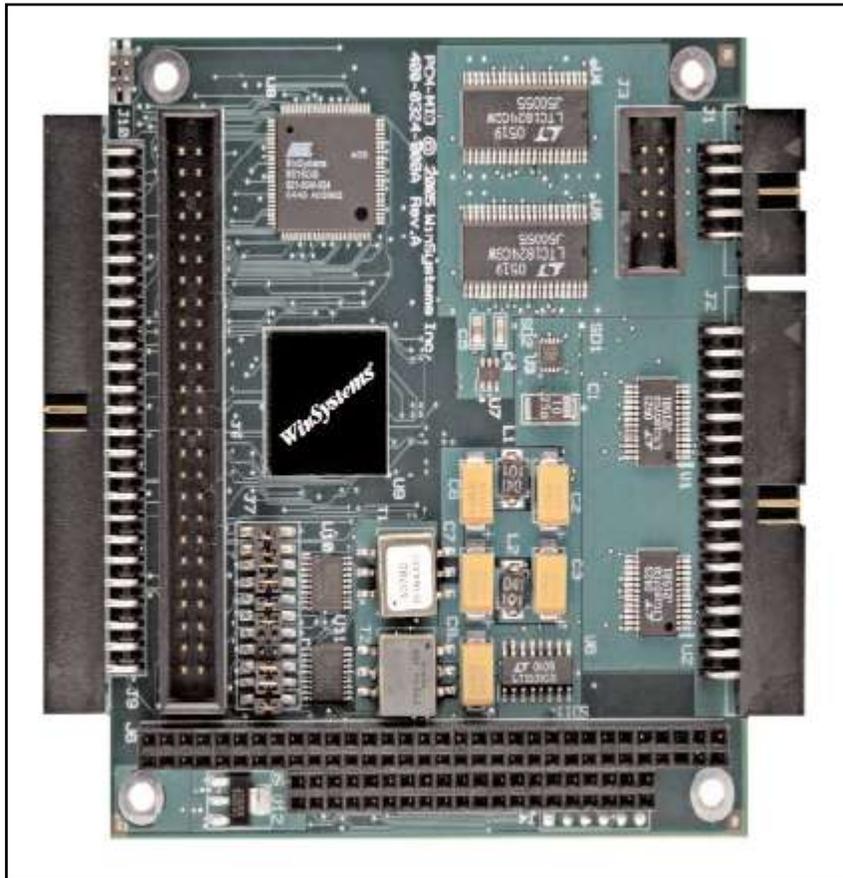


Figura. 2.1. Módulo PCM - MIO - G [5]

El PCM-MIO-G es módulo versátil, basado en el estándar PC/104, tiene entradas y salidas analógicas, además de entradas y salidas digitales diseñadas para satisfacer las demandas de alta precisión de los clientes. La tarjeta se basa en los convertidores de tecnologías lineal y referencias de tensión que no requieren calibración externa.

El módulo tiene las siguientes características generales:

- Módulo multifunción analógico y digital.

[4][5] PCM – MIO – G, [www.winsystems.com/datasheets/PCM-MIO-G-DS.pdf](http://www.winsystems.com/datasheets/PCM-MIO-G-DS.pdf), Agosto 2010

- Configuración estándar: 16-bits para el conversor A/D, 12-bits para conversor D/A, 48 líneas de entradas y salidas digitales.
- Configuraciones especiales del fabricante de 16-bits disponible para el conversor D/A y otras combinaciones analógicas y digitales.
- No necesita de ningún ajuste de potenciómetros o calibración necesarios.
- Configuración de interrupciones programable por *software*.
- Controladores de software libres en C, Windows® y Linux.
- Temperatura de funcionamiento: de -40 ° C a +85 ° C.
- Alimentación de 5 VDC.
- Pequeño tamaño: 90 x 96 mm (3,6 x 3,8 pulg.).

Las características de las entradas analógicas son:

- Conversor analógico – digital (A/D) de 16 bits con circuitos de muestreo y retención.
- Velocidad de conversión: hasta 100 k muestras/seg.
- Rangos de entrada analógica: 0-5V, 0-10V,  $\pm 5V$  y  $\pm 10V$ .
- Cualquier combinación de hasta 16 canales de entrada y hasta 8 canales de entrada diferenciales.
- Protección en cada canal de entrada de  $\pm 25V$ .
- Cada canal es independientemente programable por *software* para el tipo de entrada y rango.
- Conversor DC/DC de bajo ruido.
- Alta precisión.
- Es compatible con los estándares de acondicionamiento de señal estándar de la industria.

Las características de las salidas analógicas son:

- Ocho, conversores digital – analógico (D/A) de 12 bits.
- Rangos de salida: 0-5V, 0-10V,  $\pm 5V$ ,  $\pm 10V$ .
- Cada canal es independientemente programable por *software*
- Canales de salida pueden ser actualizados y borrados de forma individual o simultánea.
- Interrupciones mediante salidas y entradas digitales compatibles.
- Es compatible con los estándares de acondicionamiento de señal estándar de la industria.

Las características de las entradas y salidas digitales son:

- 48 Entradas y salidas digitales bidireccionales compatibles con TTL, 24 líneas capaces de reconocer eventos o generar interrupciones.
- Salidas de 12 mA.

Como podemos observar en las características técnicas de las entradas analógicas, la tasa de muestreo alcanza las cien mil muestras por segundo, tasa suficiente para poder digitalizar la señal adecuadamente, con esta tasa nosotros garantizamos que la calidad de la señal digitalizada va a ser muy buena. También observamos que el rango de las entradas va desde los -5 voltios hasta los 5 voltios, rango suficiente para las señales de audio las cuales no lo superan, de esta manera las señales van a poder ser muestreadas en su totalidad.

En las características técnicas de las salidas analógicas encontramos que el rango puede ir desde los -5 voltios hasta los 5 voltios, igual que en las entradas. De esta manera garantizamos que la señal pueda ser recuperada en su totalidad.

También es importante determinar cuántas entradas y salidas tanto analógicas como digitales vamos a utilizar. Para el caso de entradas nosotros

tenemos tres señales, las que provienen de la radio A, las que provienen de la radio B y las que provienen de la comunicación local. Para el caso de las salidas al igual de las entradas debemos enviar tres señales, de la misma manera una para las radio A, una para la radio B y otra para la comunicación local.

Para poder manejar el control de la transmisión necesitamos dos salidas digitales para activar el PTT de cada una de las radios, otras dos para indicadores de transmisión y dos entradas que reconocen cuando una radio desea transmitir mediante la señal RXD.

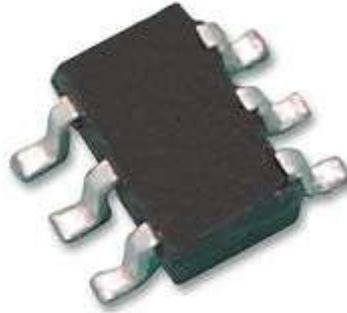
### **2.1.2. Segundo Planteamiento**

El objetivo principal de esta implementación es el de enrutar las señales hacia el destino deseado, por lo cual necesitamos formar diferente caminos por los cuales se dirija la señal de audio.

Otra opción la cual cumpliría con este objetivo es la de diseñar un circuito el cual mediante conmutadores enrute las diferentes señales. Pero necesitaríamos conmutadores analógicos los cuales tengan un tiempo de conmutación muy rápida, sean dedicados para trabajar con señales de audio, además de que tengan inmunidad a RF, para que no se introduzca el ruido de la señal modulada, en los diferentes canales.

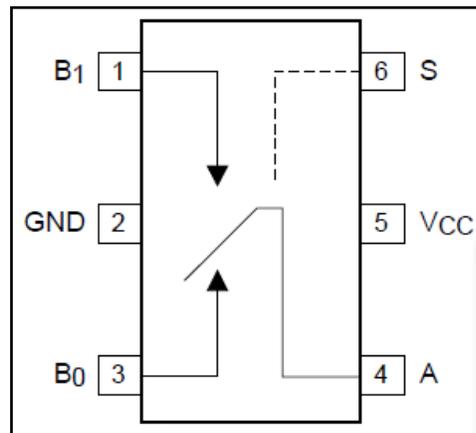
De acuerdo a las investigaciones que se realizaron de los productos comerciales actualmente disponibles se encontró el conmutador analógico FSA4157 de la marca *FAIRCHILD SEMICONDUCTOR* el cual cumple con las características necesarias para cumplir nuestro objetivo, las cuales se detallan a continuación

- **Conmutador Analógico FSA4157A** <sup>[6]</sup>



**Figura. 2.2. Conmutador Analógico FSA4157A** <sup>[7]</sup>

El circuito integrado FSA4157A es un conmutador analógico de un polo y dos tiros de alto rendimiento. Este dispositivo cuenta con una ultra baja resistencia de encendido de  $1.15\Omega$  máximo a 4.5V VCC y funciona con un amplio rango del voltaje de alimentación desde 2.7V a 5.5V. El dispositivo es fabricado con tecnología CMOS sub-micrométrica para alcanzar velocidad en la conmutación.



**Figura. 2.3. Distribución de pines del FSA4157A** <sup>[8]</sup>

<sup>[6]</sup> FSA4157A, [www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf](http://www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf), julio 2010, Agosto 2010

<sup>[7]</sup> FSA4157A, [leocom.kr/FSA4157P6/FAIRCHILDSEMICONDUCTOR/IC류/아날로그스위치/주문코드/1102144](http://leocom.kr/FSA4157P6/FAIRCHILDSEMICONDUCTOR/IC류/아날로그스위치/주문코드/1102144), Octubre 2010

El conmutador analógico FSA4157A tiene las siguientes características:

- Corriente de inactividad menor cuando la entrada de S es menor de VCC.
- Máxima resistencia de encendido 1.15  $\Omega$  a 4.5V VCC.
- Empaquetado pequeño para ahorrar espacio.
- Amplio rango de voltaje de alimentación de 2.7V a 5.5V.
- Encendido y apagado rápido.
- Pausa antes de encender y apagar.
- Circuito de control TTL con tolerancia a sobre voltajes.

## 2.2. JUSTIFICACIÓN DE MEJORAS A DISEÑARSE

Tomando en cuenta las dos alternativas propuestas se va a analizar desde el punto de vista técnico y económico, para conocer la manera más viable de poder realizar un diseño que permita una comunicación clara y sin ruido.

### 2.2.1. Análisis económico

Desde el punto de vista económico debemos mencionar que debido a las características y el costo de producción de las dos alternativas el módulo PCM-MIO-G es mucho más costoso a pesar que debido a sus bondades técnicas nos permite tener mucha flexibilidad a la hora de diseñar. Por el contrario el circuito integrado FSA4157A es de muy bajo costo, debemos tomar en cuenta que para la implementación total del sistema vamos a necesitar aproximadamente de diez conmutadores.

---

<sup>[9]</sup> FSA4157A, [www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf](http://www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf), julio 2010, Agosto 2010

- **Módulo PCM-MIO-G**

El PCM – MIO – G al ser un módulo necesita de un ordenador PC/104 el cual tiene un costo que va desde los 300 hasta los 700 dólares dependiendo de las características del ordenador además que el costo del módulo es de 400 dólares por lo tanto la implementación del sistema utilizando este módulo costaría aproximadamente 800 dólares.

- **Conmutador Analógico FSA4157A**

Este circuito integrado tiene un costo muy bajo que es de 69 centavos de dólar por pieza, se ha planteado que se compren un mínimo de 20 piezas debido a que por optimización de diseño o fallas que se puedan producir posteriormente, podamos necesitar de varias piezas adicionales.

Estos circuitos integrados deberán ser montados en un circuito impreso el cual tiene un costo de fabricación aproximado de cuarenta dólares, además debemos considerar los gastos de envío que ascienden aproximadamente a cincuenta dólares, teniendo un costo aproximado total de 103.8 dólares.

### **2.2.2. Análisis técnico**

Desde el punto de vista técnico como hemos visto las dos opciones cumplen los requerimientos mínimos para el diseño de la implementación, a continuación se analizará cual de las opciones es mas óptima técnicamente.

- **Módulo PCM-MIO-G**

Este módulo brinda la posibilidad de digitalizar la señal de audio con una excelente tasa de muestreo la cual alcanza las cien mil muestras por segundo, además que el rango de operación va desde los -5 voltios hasta los +5 voltios tanto en el conversor A/D como en el conversor D/A, lo cual nos garantiza que no vamos a perder las características de nuestra señal de audio.

Según el dimensionamiento que se ha realizado, únicamente se va a ocupar tres entradas analógicas, tres salidas analógicas, dos entradas digitales y cuatro salidas digitales, por lo tanto desperdiciaríamos cuarenta y dos líneas de entrada y salidas digitales, trece entradas analógicas, cinco salidas analógicas. Por lo tanto esta tarjeta excede enormemente nuestras necesidades.

- **Conmutador Analógico FSA4157A**

En las características de este circuito integrado observamos que está diseñado específicamente para conmutar señales de audio, lo cual nos podría ayudar mucho ya que al utilizar conmutadores analógicos no estaríamos manipulando la señal de audio y no necesitaríamos un proceso de recuperación de señal, además es importante tomar en cuenta el tiempo de conmutación ya que para que el mensaje llegue completo debemos tener tiempos muy rápidos, el tiempo máximo de encendido de este circuito integrado es de 40 nano segundos y el tiempo máximo de apagado es de máximo 20 nano segundo, además que el conmutador hace una pausa antes de cambiar de estado para protección la cual es de 20 nano segundo, cuando el conmutador opera con 5 VDC. Por lo tanto con tiempos de conmutación tan pequeños, estos se hacen imperceptibles para el sistema.

### **2.2.3. Elección de las alternativas**

Según el análisis económico y técnico podemos llegar a la conclusión que utilizar el circuito integrado FSA4157A es nuestra mejor opción, debido a su extremadamente bajo costo a comparación del módulo PCM-MIO-G. También es una buena alternativa debido a sus características técnicas, ya que con este conmutador analógico no manipulamos la señal teniendo que digitalizarla y al ser un conmutador dedicado para señales de audio tenemos claro que no vamos a tener inconvenientes con el manejo de las mismas.

## 2.3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

Para diseñar el sistema el cual nos permita enrutar adecuadamente las señales de audio primero detallaremos los modos de transmisión con los cuales va a contar nuestro prototipo.

El manejo de las señales digitales se lo realizará por medio de la tarjeta controladora BL2600, la cual se dispone ya que fue empleada en la implementación anterior. Las señales digitales que esta tarjeta manejará son: las señales que nos indican cuando una de las dos radios conectadas al prototipo recibe la comunicación de una radio remota que a su vez desea transmitir, la activación de las señales de PTT de las radios, el control de los conmutadores analógicos para seleccionar por donde deseamos que vaya nuestras señales y en caso de requerirse el control de algunos indicadores para conocer en qué estado se encuentra la comunicación.

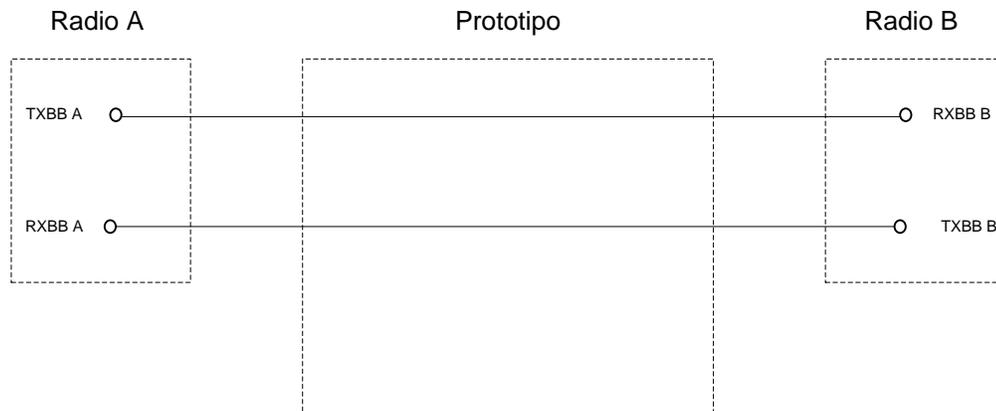
### 2.3.1. Diseño del sistema de enrutamiento

- **Modo automático**

En este modo el prototipo debe garantizar la comunicación bidireccional entre el radio A y el radio B, por lo tanto tendremos una vía entre el RXBB del radio B, que es el canal por el cual el prototipo recibe la señal de audio del radio B y el TXBB del radio A que es el canal por el cual el prototipo envía la señal de audio hacia el radio A. Como es una comunicación bidireccional existe también otra vía entre el RXBB del radio A y el TXBB del radio B.

Además el prototipo debe garantizar el manejo de las señales digitales. Cuando el prototipo detecte que alguna de las dos radios desea transmitir por medio del pin RXD, debe activar en bajo el PTT de la otra radio de esa manera permitimos que se transmita hacia las radios remotas deseadas, para lo cual se empleará la tarjeta BL2600.

A continuación se presenta el esquema que se necesita para poder enrutar las señales en el modo automático.



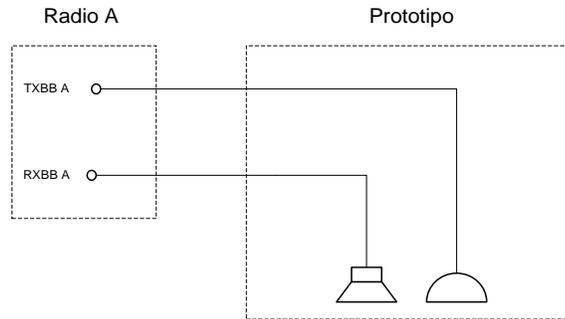
**Figura. 2.4. Esquema de transmisión automática**

- **Modo Manual A y B**

En estos modos lo único que se plantea es restringir para que la comunicación automática tenga solamente un sentido el cual puede ser desde la radio A hacia la radio B o desde la radio B hacia la radio A, para lo cual el sistema de control de la transmisión solo activará el PTT de la radio de destino, por ejemplo si trabajamos en el modo manual A solo se activará el PTT del radio B o si trabajamos en el modo manual B solo se activará el PTT del radio A.

- **Modo local A**

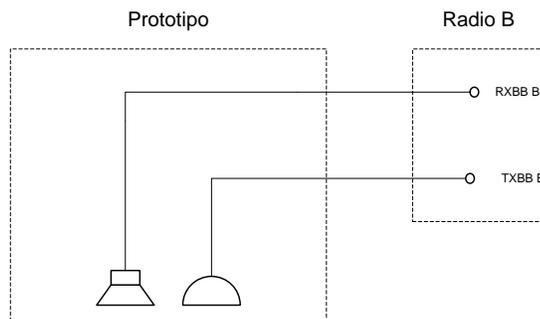
En este modo se desea tener una comunicación exclusiva entre la radio A y el prototipo, esta comunicación se usa cuando el operador del prototipo necesita comunicarse con las radios remotas A.



**Figura. 2.5. Esquema del modo local A**

- **Modo local B**

De la misma manera que el modo local A se desea tener una comunicación exclusiva entre la radio B y el prototipo, este modo se usa cuando el operador del prototipo necesita comunicarse con las radios remotas B.

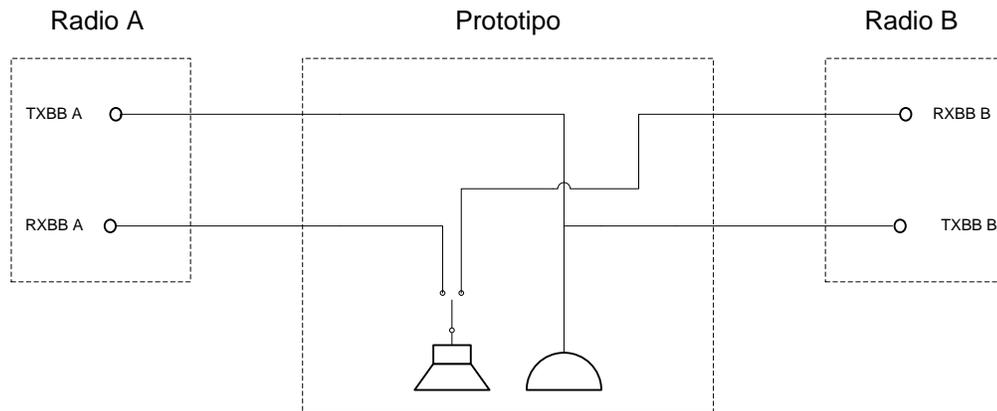


**Figura. 2.6. Esquema del modo local B**

- **Modo local A+B**

En este modo se desea tener una comunicación entre la radio A o B y el prototipo, para lo cual se integró el modo local A y el modo local B pero con ciertas consideraciones como por ejemplo, cuando deseamos transmitir desde el prototipo hacia las dos radios, la señal que de audio que sale del prototipo debe ir hacia las dos radios por lo cual en este modo los TXBB de ambas radios van a estar cortocircuitados. Para cuando se desea recibir información no podemos

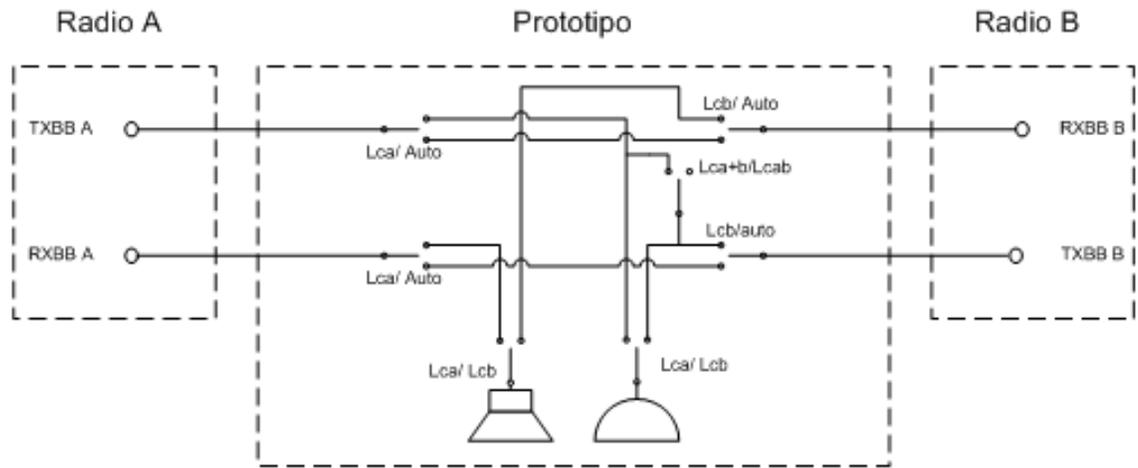
simplemente cortocircuitar los RXBB porque cada uno tiene señales distintas y tendríamos una superposición de señales, por lo tanto se ha planteado que cuando se reciba un RXD desde A o desde B se seleccionará los modos local A o local B respectivamente.



**Figura. 2.7. Esquema del modo A + B**

### 2.3.2. Integración de los modos.

Todos los modos que hemos visto debemos integrarlos en un solo circuito y así tener varias alternativas con un solo prototipo. Como podemos observar para poder integrar todos los modos tenemos señales que las debemos bifurcarlas. Para esto los conmutadores analógicos se hacen ideales al tener un polo y dos tiras. A continuación se detalla el Esquema completo utilizando los conmutadores analógicos.



Lca: Comunicación local A  
 Lcb: Comunicación local B  
 Lcba: Comunicación local A o B  
 Auto: Comunicación automática  
 Lca+b: Comunicación local A B

Figura. 2.8. Esquema de ruteo completo del prototipo

### 2.3.3. Diseño del sistema de control

Para poder controlar por donde queremos que las señales viajen en las bifurcaciones cada conmutador tiene la entrada S, con la cual según el nivel de la señal digital de voltaje determina que ruta tomar. A continuación observamos la tabla 2.1 la cual se refiere a la conmutación que realiza el circuito integrado de la cual nos hemos ayudado para realizar el diseño del circuito de control.

**Tabla. 2.1. Tabla de verdad del circuito integrado FSA4157A**

<b>Entrada de control (S)</b>	<b>Función</b>
Bajo	B0 conectado con A
Alto	B1 conectado con A

Según la distribución de pines del circuito integrado FSA4157A podemos observar que B0 es el pin 3, B1 es el pin 1, y A es el pin 4, con estas referencias procederemos a diseñar nuestro circuito.

El diseño del circuito de control se lo realizó con la ayuda del *software* ISIS 7.0. El cual se presenta a continuación.

Adicionalmente se han colocado dos conmutadores analógicos para restringir el paso de la señal RXBB A y RXBB B, ya que no es necesario que las dos señales ingresen al circuito de conmutación simultáneamente, debido a que siempre tendremos un modo de transmisión half-duplex.

También se consideró colocar otro conmutador analógico para restringir el paso de la señal hacia el auricular local debido a que no necesitamos que todo el tiempo opere sino únicamente cuando una señal quiera ser transmitida hacia el prototipo, mediante la comunicación local.

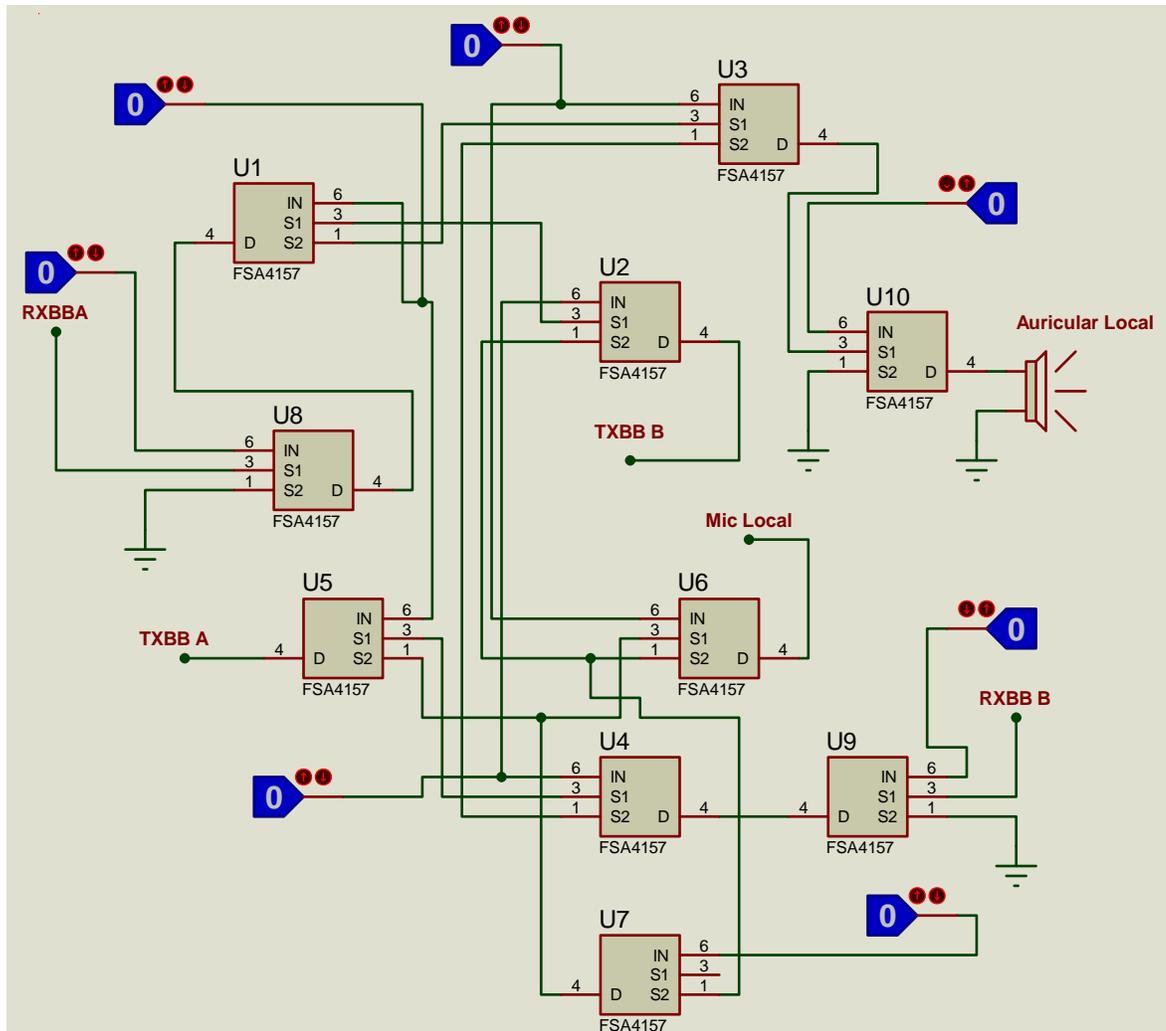


Figura. 2.9. Circuito del control

Debemos tomar en cuenta que este programa tiene su propia nomenclatura con lo cual según la tabla de verdad, D que es el pin 4 representa A, S1 representa a B0 y S2 representa B1.

Como observamos en la figura 2.8 las señales de control están conectadas a interruptores de estados lógicos, estos establecerán a donde viaja la señal por lo tanto construiremos una tabla para determinar las combinaciones para cada uno de los modos.

Tabla. 2.2. Tabla inicial de selección de modos

<b>Modos</b>	<b>Conmutadores U1, U5</b>	<b>Conmutadores U2, U4</b>	<b>Conmutadores U3, U6</b>	<b>Conmutador U7</b>
Automático	0	0	X	X
Manual A	0	0	X	X
Manual B	0	0	X	X
Local A	1	X	0	0
Local B	X	1	1	0
Local A +B				
Cuando Transmite A	1	X	0	1
Cuando Transmite B	X	1	1	1

Si apreciamos la tabla anterior podemos ver que los conmutadores U1, U5 y U2, U4 para todos los casos tienen los mismos estados, por lo tanto podemos tener una sola señal digital la cual controle a estos cuatro conmutadores. De esta manera la tabla para selección de modos quedaría de la siguiente manera.

Tabla. 2.3. Tabla de selección de modo definitiva

<b>Modos</b>	<b>Conmutadores U1, U5, U2, U4</b>	<b>Conmutadores U3, U6</b>	<b>Conmutador U7</b>
Automático	0	0	0
Manual A	0	0	0
Manual B	0	0	0
Local A	1	0	0
Local B	1	1	0
Local A +B			

Cuando Transmite A	1	0	1
Cuando Transmite B	1	1	1

Las señales de control para los conmutadores analógicos que limitan la entrada de las señales de audio de la radio A y de la radio B (U8 y U9), no depende de los modos de transmisión sino únicamente del sentido de la comunicación. Es decir cuando se desea transmitir desde la radio A hacia la radio B o hacia el microteléfono del prototipo se habilitará la señal de audio de la radio A mediante el conmutador analógico U8. De la misma forma cuando la radio B desee transmitir se habilitará la señal de audio de la radio B mediante el conmutador analógico U9.

Para el caso del conmutador que restringe la salida hacia el auricular local (U10) su señal de control tampoco depende de los modos de transmisión sino del sentido de la comunicación. Es decir que este conmutador solo se habilitará cuando se desee transmitir desde las radios A o B, hacia el microteléfono del prototipo. Es importante destacar que los conmutadores se activan en bajo.

**Tabla. 2.4. Tabla de la activación de los conmutadores limitadores de paso de señales**

Modos	Sentido de la comunicación	RXD A	RXD B	PTT Local	PTT A	PTT B	U8	U9	U10
Automático	Radio A → Radio B	1	0	1	1	0	0	1	1
	Radio B → Radio A	0	1	1	0	1	1	0	1
Local A	Microteléfono → Radio A	0	0	0	0	1	1	1	1
	Radio A → Microteléfono	1	0	1	1	1	0	1	0
Local B	Microteléfono → Radio B	0	0	0	1	0	1	1	1
	Radio B → Microteléfono	0	1	1	1	1	1	0	0
Local A+B	Microteléfono → Radio A y B	0	0	0	0	0	1	1	1
	Radio A → Microteléfono	1	0	1	1	1	0	1	0

	Radio B → Microteléfono	0	1	1	1	1	1	0	0
Manual A	Radio A → Radio B	1	0	1	1	0	0	1	1
Manual B	Radio B → Radio A	0	1	1	0	1	1	0	1

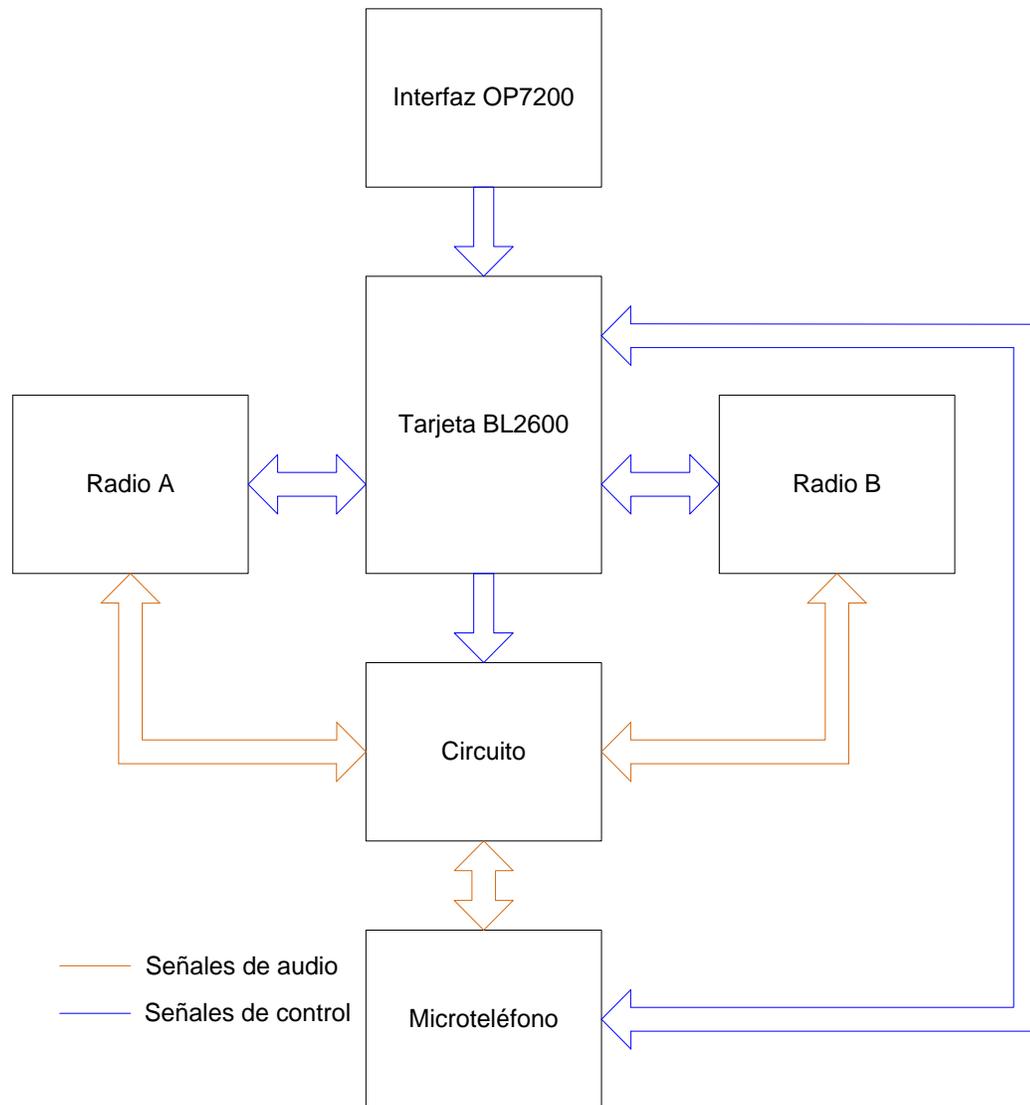
#### 2.3.4. Integración del diseño del sistema

Para la generación de las señales digitales y seleccionar los modos utilizaremos la tarjeta BL2600, mediante sus salidas digitales enviaremos las señales hacia los conmutadores, los cuales a su vez se encargarán de enviar la señales hacia sus destinos.

Además la tarjeta BL2600 como ya lo mencionamos se encargará de activar el PTT de la radio A o B para que estos puedan transmitir la información hacia sus unidades remotas.

Para que el usuario pueda seleccionar entre las opciones que brinda el sistema se va a utilizar la interfaz OP7200 la cual va a generar señales digitales dependiendo del modo en que se desee operar, estas señales serán enviadas hacia la tarjeta BL2600 y esta a su vez controle nuestro sistema como ya lo hemos mencionado.

A continuación se presenta un diagrama de bloques el cual muestra la integración del sistema.



**Figura. 2.10. Diagrama de bloques del prototipo**

## CAPÍTULO 3

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS DEL PROTOTIPO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Para nuestra implementación, se integró todo el sistema para lo cual debemos conectar todos los componentes del mismo para que trabajen en conjunto. A continuación detallaremos las diferentes integraciones que se realizaron por secciones, para verificar el correcto funcionamiento, y en caso de producirse alguna falla; detectarla fácilmente y corregirla.

La primera integración fue entre el circuito de conmutación y la tarjeta BL2600 la cual genera las señales digitales que controlan a los conmutadores analógicos. Para poder conectar los conmutadores analógicos entre sí, se construyó un circuito impreso, el cual se lo diseñó con la ayuda del *software* *ARES 7.6*, este programa convierte el esquema del circuito en el diseño del circuito impreso el cual posteriormente se lo elaborará. Debido a las características del circuito de conmutación necesitaremos realizar un diseño de doble lado para evitar utilizar puentes es decir cables soldados a la placa ya que estos en ciertos casos pueden actuar como antena e introducir el ruido de RF.

Se ha tomado en cuenta algunas recomendaciones para el diseño del circuito impreso como por ejemplo tener un plano de tierra el cual tenga la mayor superficie posible y así tenga una buena inmunidad al ruido, además se consideró que para que no exista mayores interferencias la longitud de las pistas por las que viajan las señales de audio sean lo más cortas posibles.

En las figuras a continuación se muestra el circuito impreso realizado en las diferentes capas.

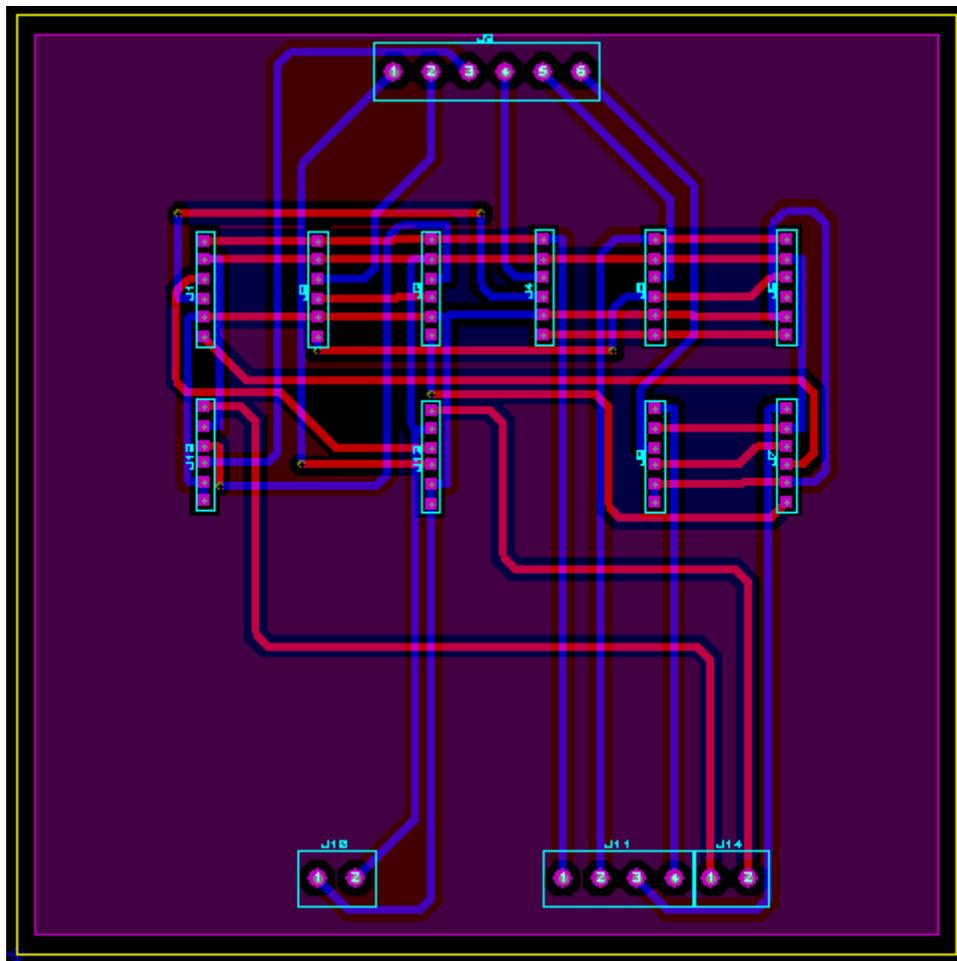


Figura. 3.1. Circuito impreso de conmutación

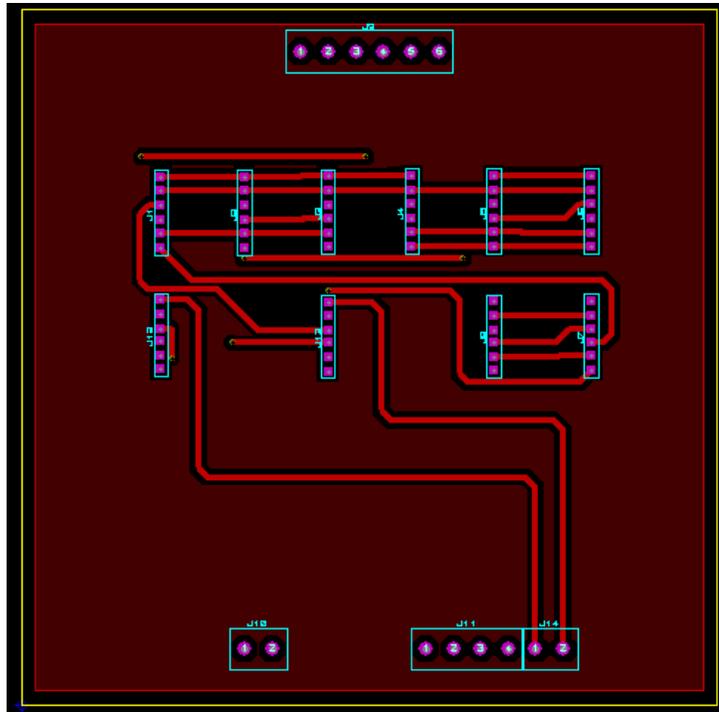


Figura. 3.2. Capa superior del circuito impreso de conmutación

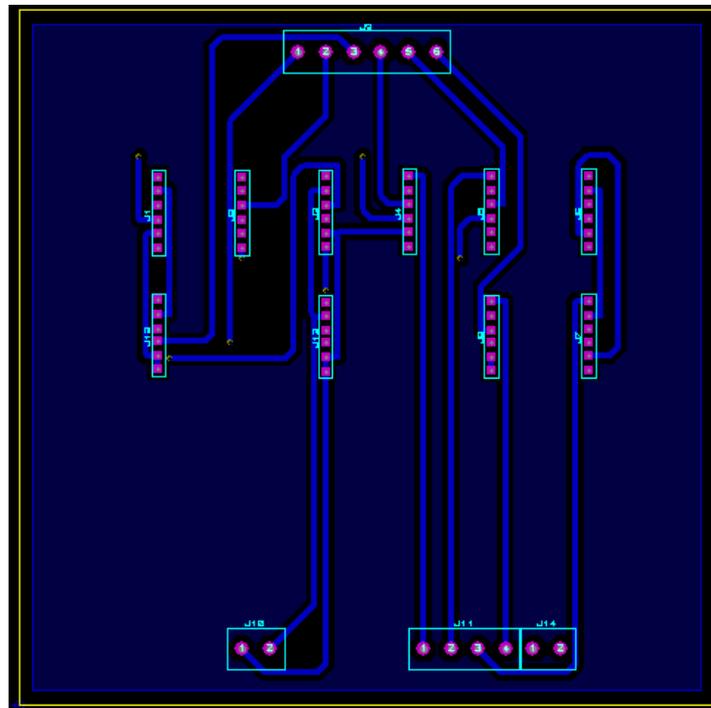


Figura. 3.3. Capa inferior del circuito impreso de conmutación

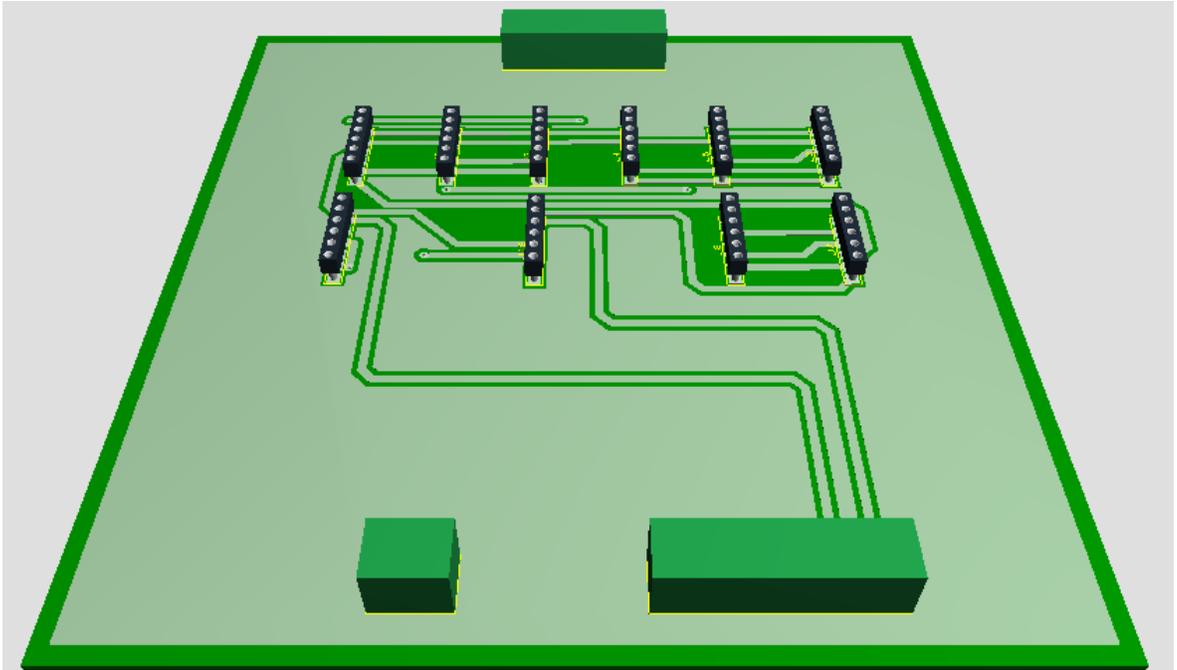


Figura. 3.4. Vista 3D de la capa superior del circuito impreso de conmutación

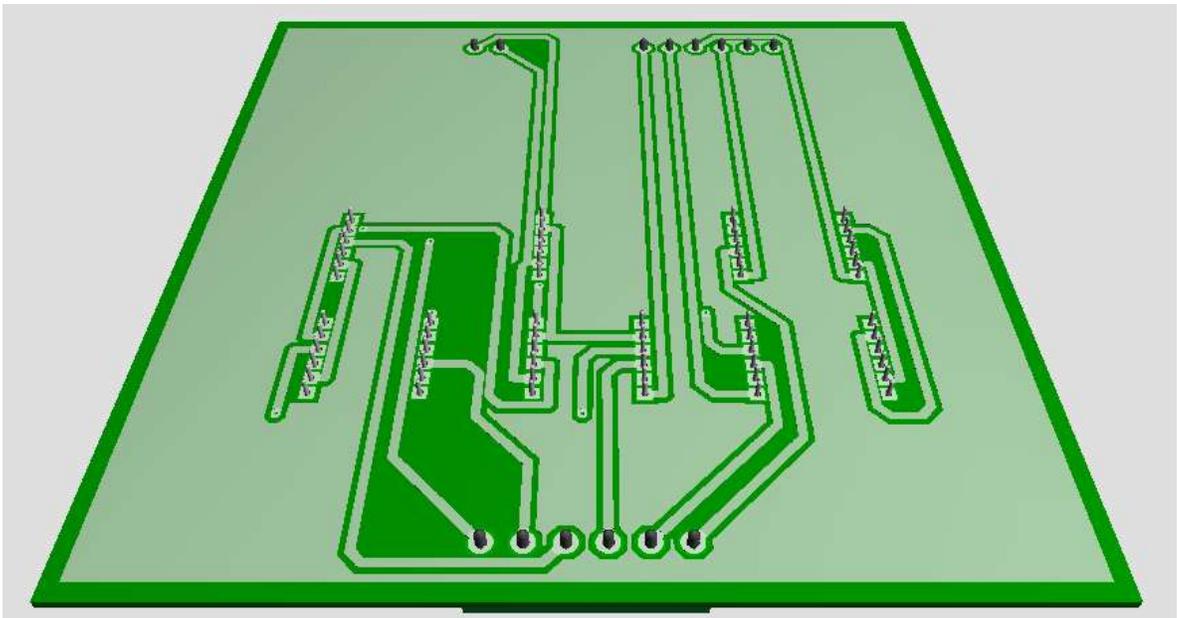


Figura. 3.5. Vista 3D de la capa inferior del circuito impreso de conmutación

Para la comunicación local nosotros necesitamos transmitir las señales de audio que se generan desde el mismo prototipo a través de los microteléfonos. Estos microteléfonos cuentan con un parlante, un micrófono y un botón de PTT, a continuación se muestra el diagrama interno del microteléfono.

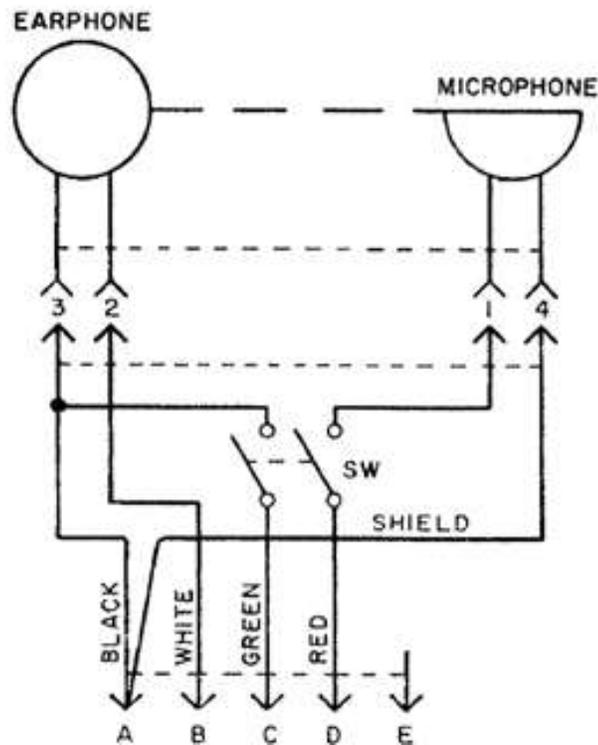


Figura. 3.6. Diagrama del Microteléfono H-189<sup>[1]</sup>

Debemos tomar en cuenta que para la comunicación local la señal de PTT se activa en bajo cuando se quiere transmitir desde el prototipo, es decir actúa como el RXD de las radios A y B.

Para obtener una señal de audio y poder transmitirla localmente, se usó una etapa de amplificación para el micrófono.

<sup>1</sup> Diagrama del Microteléfono H-189, [www.scribd.com/doc/36702587/TM-11-5965-280-15-Handset-H-189-GR](http://www.scribd.com/doc/36702587/TM-11-5965-280-15-Handset-H-189-GR), Agosto 2010

En esta etapa se utilizó el circuito integrado LM386 debido a sus características técnicas, el circuito de amplificación tiene una ganancia de 200 veces la cual puede ser ajustable mediante un potenciómetro. El circuito es una aplicación típica de este amplificador y se muestra a continuación.

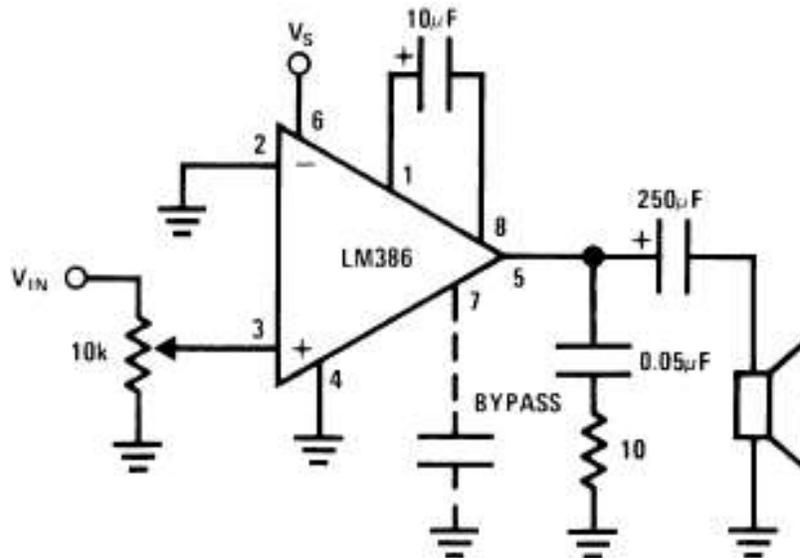


Figura. 3.7. Circuito de amplificación típico del LM386 <sup>[2]</sup>

De esta manera se obtiene las señales adecuadamente preparadas para que puedan ser enviadas hacia sus destinos, las señales tanto locales como las de las radios A y B están conectadas al circuito de conmutación mediante cables blindados para que no se introduzca ningún tipo de ruido.

<sup>2</sup> Aplicaciones típicas del LM386, [www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/6/LM386.pdf](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/6/LM386.pdf), Septiembre 2010

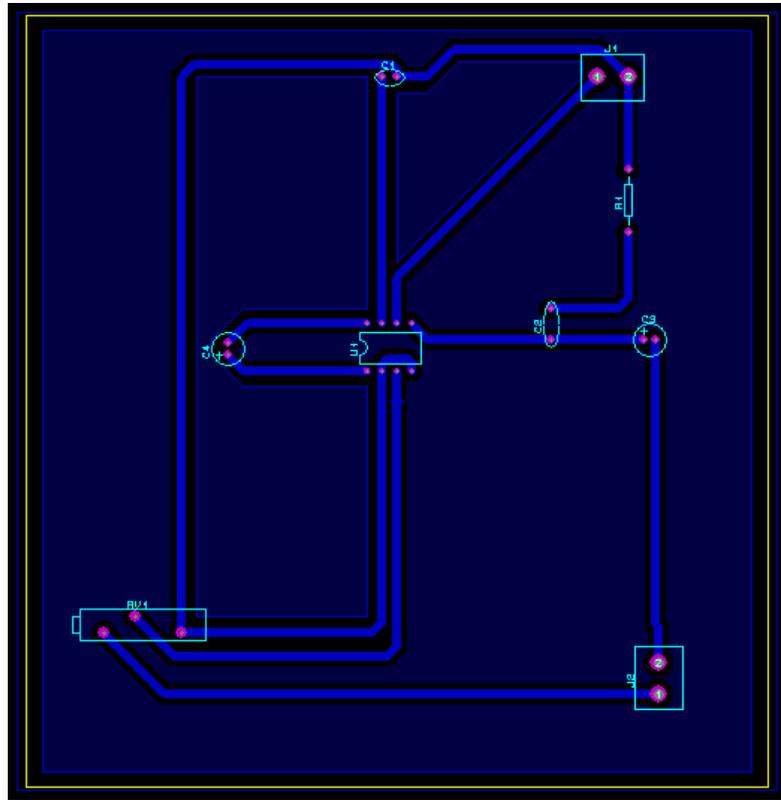


Figura. 3.8. Circuito Impreso de amplificación

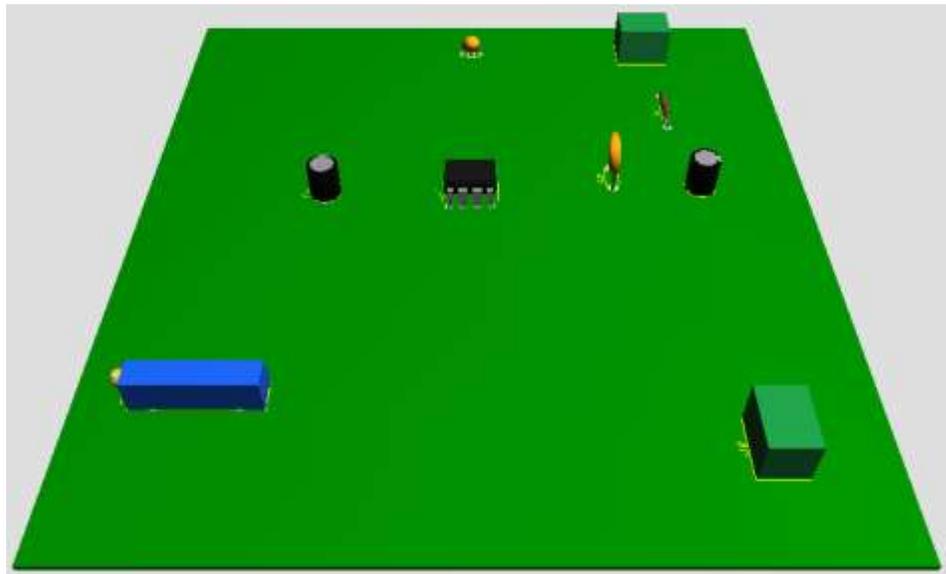
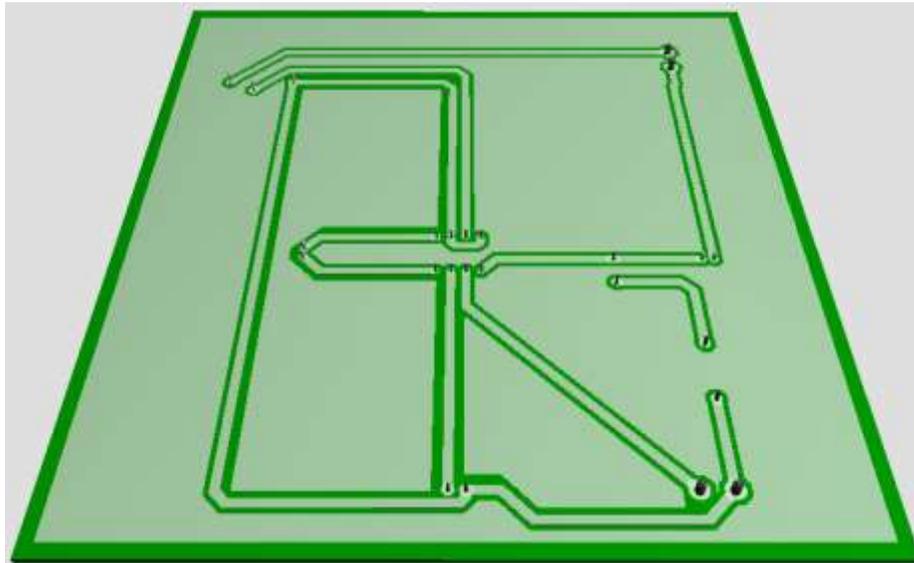


Figura. 3.9. Vista 3D superior del circuito impreso de amplificación



**Figura. 3.10. Vista 3D inferior del circuito impreso de amplificación**

Una vez conectadas las señales desde los radios y desde el microteléfono hacia el circuito de conmutación, procedemos a conectar la tarjeta BL2600 la cual cumplirá la función de controlar a los conmutadores y así enrutar las señales a sus diferentes destinos.

En la tarjeta controladora observamos que existen diferentes conectores para las diferentes utilidades de la misma. Para nuestra aplicación utilizaremos únicamente entradas y salidas digitales, las cuales se encuentran ubicadas en los conectores J1 y J2 como se muestra en la figura a continuación.

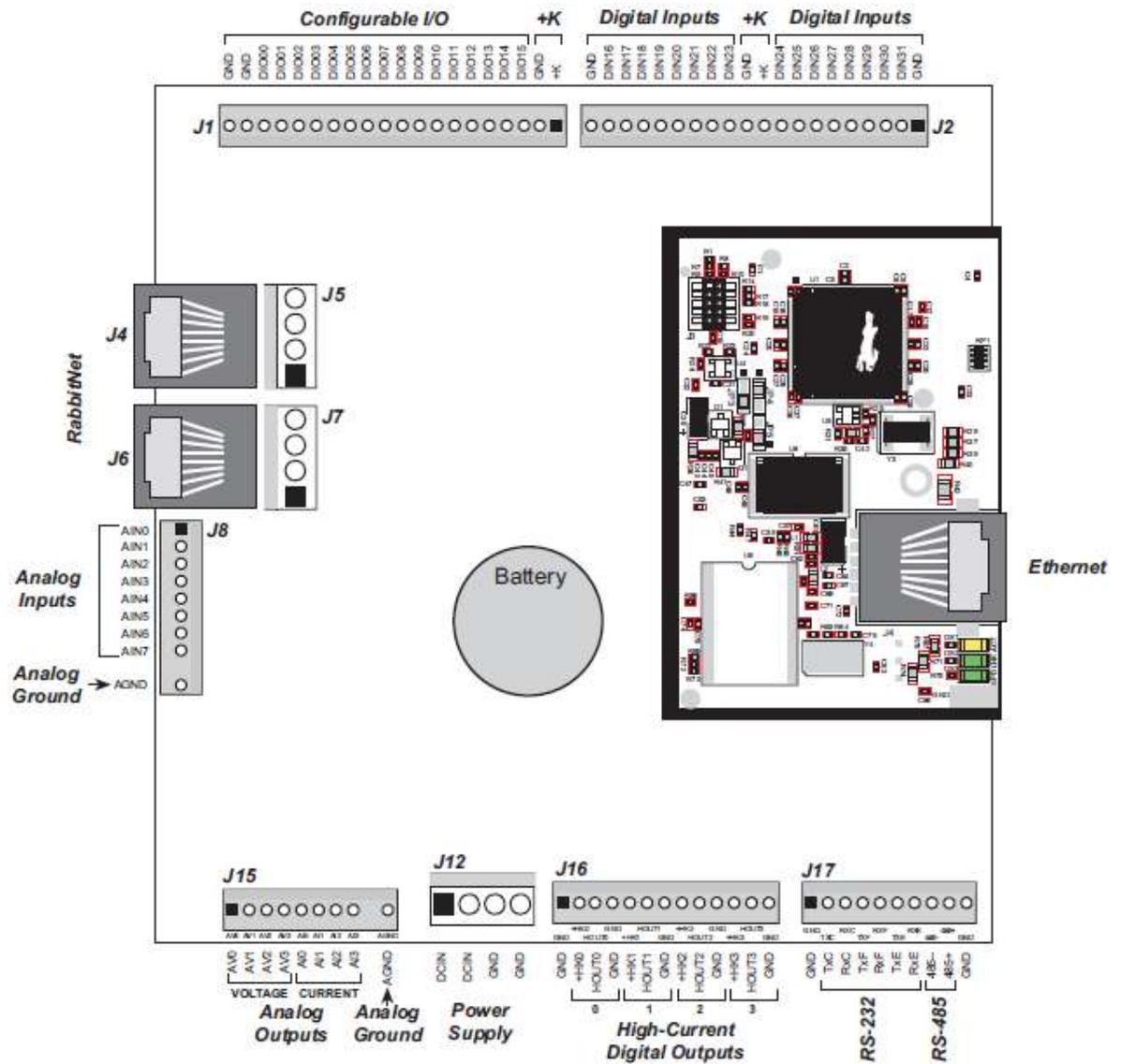


Figura. 3.11. Pines y conectores de la tarjeta BL2600 [3]

Esta tarjeta de tiene la capacidad de manejar diferentes niveles de voltaje para las entradas y salidas digitales, estos voltajes pueden ser: + 5V, DCIN que es el voltaje de alimentación, +K que es un nivel de voltaje externo el cual va desde los -36 V hasta los +36 V, y GND.

[3] Wolf BL2600 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf), Julio 2010

Como podemos observar en la figura 3.6 que el conector J12 es el conector para la alimentación de la tarjeta, DCIN es el conector positivo para la fuente de alimentación y puede ir desde los 9 VDC hasta los 36 VDC.

Esta tarjeta tiene un puerto especial para poder conectar el cable de programación serial RS-232, para nuestro caso además ocupamos un cable conversor RS-232/USB ya que actualmente las computadoras no cuentan con este tipo de puertos seriales sino únicamente con puertos USB, a continuación se muestra la correcta conexión del cable de programación.

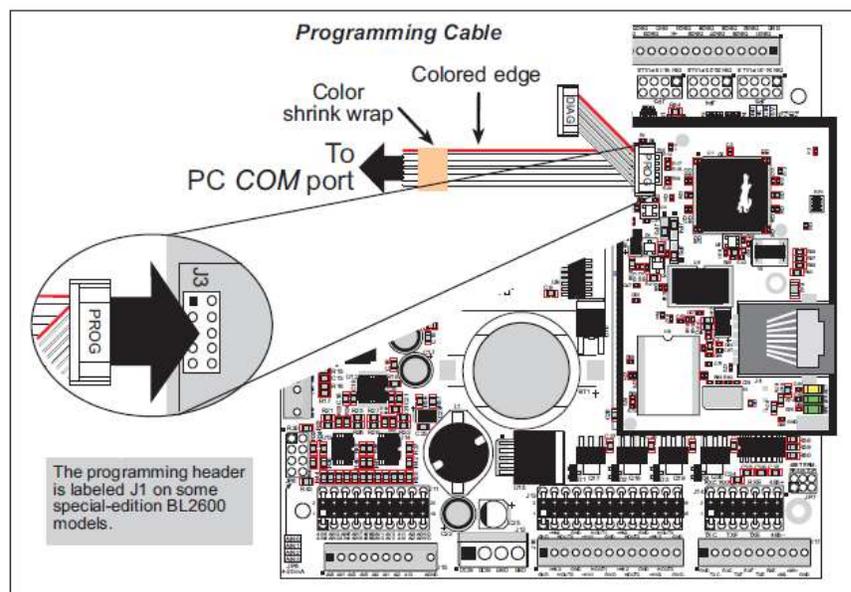


Figura. 3.12. Conexión del cable de programación de la tarjeta BL2600 <sup>[4]</sup>

A continuación describiremos las entradas y salidas digitales de la tarjeta BL2600 que fueron utilizadas.

Se utilizaron un total de 9 entradas digitales de la tarjeta BL2600. Para conocer qué modo está seleccionado desde la interfaz OP7200 se utilizaron seis

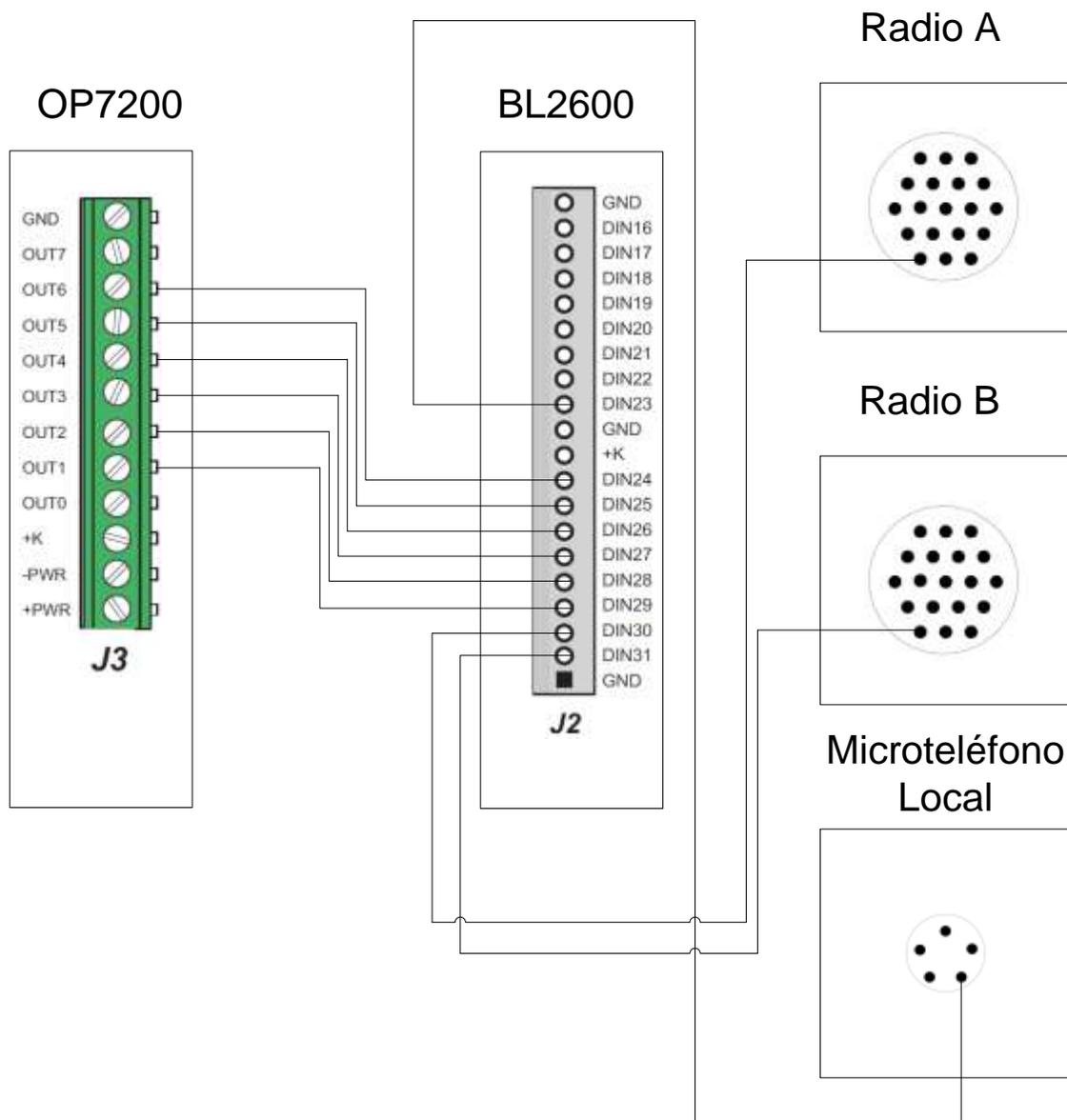
<sup>[4]</sup> Wolf BL2600 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf), Julio 2010

entradas digitales, además se utilizaron 3 entradas digitales adicionales para conocer cuál es el estado de los pines RXD de las dos radios que están conectadas físicamente al prototipo y para el pin PTT del microteléfono local, los cuales nos indican que componente del sistema desea transmitir. A continuación se muestra una tabla de las entradas digitales de la tarjeta BL2600 que fueron utilizadas, las cuales se encuentran en el conector J2.

**Tabla. 3.1. Descripción de las entradas de la tarjeta BL2600**

<b>Entradas de la tarjeta BL2600</b>	<b>Señal</b>	<b>Componente del sistema que envía la Señal</b>
DIN31	RXDB	Radio B
DIN30	RXDA	Radio A
DIN29	Modo automático	Interfaz OP7200
DIN28	Modo local A	Interfaz OP7200
DIN27	Modo local B	Interfaz OP7200
DIN26	Modo local A+B	Interfaz OP7200
DIN25	Modo manual A	Interfaz OP7200
DIN24	Modo manual B	Interfaz OP7200
DIN23	PTT Local	Microteléfono Local

El esquema de conexión de las entradas digitales de la tarjeta BL600 es el siguiente.



**Figura. 3.13. Esquema de conexión de las entradas de la tarjeta BL2600**

También se utilizaron un total de 8 salidas digitales de la tarjeta BL2600. Para poder controlar el circuito de conmutación se utilizaron 3 salidas digitales, para el control de las señales de PTT de las Radios A y B, se utilizaron 2 salidas,

además se utilizaron 2 señales adicionales para controlar 2 conmutadores que permitan el ingreso de las señales de RXBB de las radios hacia el circuito de conmutación y una para permitir la salida de la señal de audio del circuito de conmutación hacia el microteléfono local. A continuación se muestra una tabla de las entradas digitales de la tarjeta BL2600 que fueron utilizadas, las cuales se encuentran en el conector J1.

**Tabla. 3.2. Descripción de las salidas de la tarjeta BL2600**

<b>Salidas de la tarjeta BL2600</b>	<b>Señal</b>	<b>Componente del sistema que recibe la señal</b>
DIO15	PTTA	Radio A
DIO14	PTTB	Radio B
DIO13	Conmutadores U1, U5, U2, U4	Circuito de Conmutación
DIO12	Conmutadores U3, U6	Circuito de Conmutación
DIO11	Conmutador U7	Circuito de Conmutación
DIO10	Conmutador U8	Circuito de Conmutación
DIO09	Conmutador U9	Circuito de Conmutación
DIO08	Conmutador U10	Circuito de Conmutación

El esquema de conexión de las salidas digitales de la tarjeta BL600 es el siguiente.

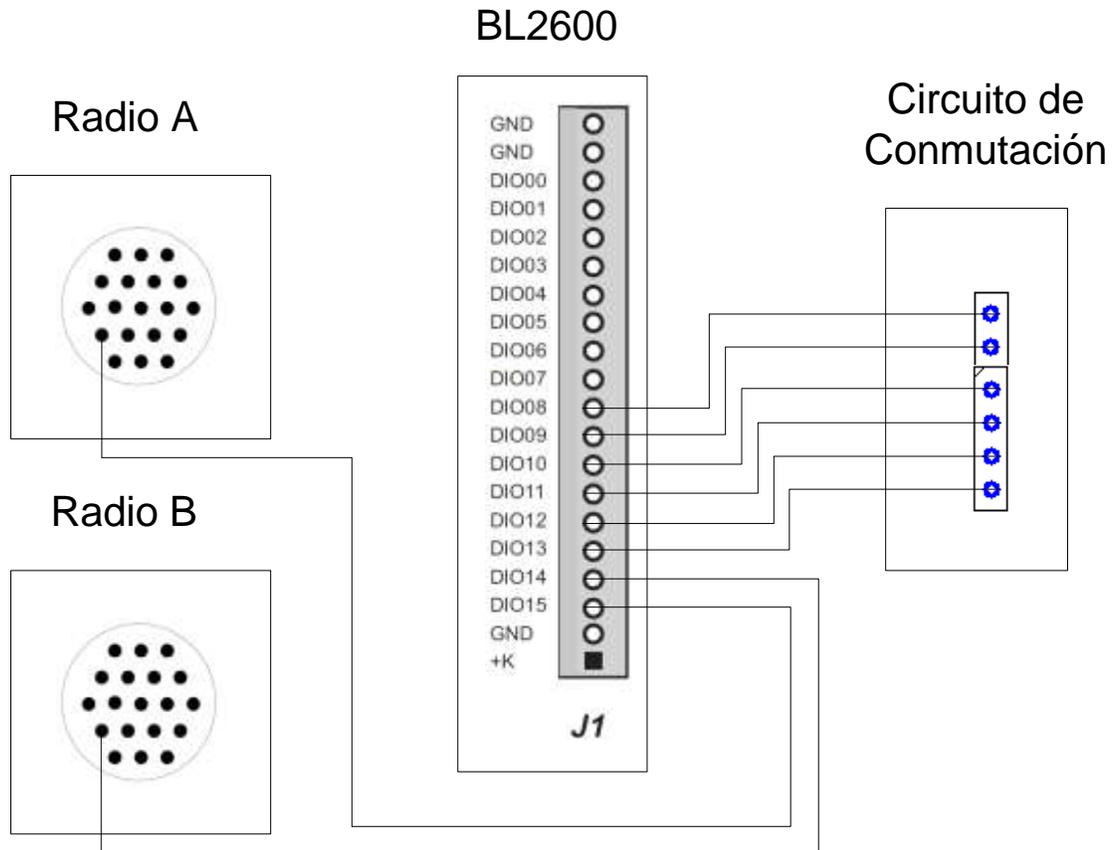


Figura. 3.14. Esquema de conexión de las salidas de la tarjeta BL2600

Para la selección del modo se utilizó la interfaz OP7200 la cual indica a la tarjeta BL2600 qué modo se necesita ejecutar, para lo cual con cada opción que se seleccione en la interfaz, esta activará una salida digital diferente para cada caso, estas salidas digitales de la interfaz estarán conectadas a las entradas de la tarjeta BL2600, la cual activará los conmutadores analógicos y controlará el funcionamiento del PTT de las radios, a continuación se muestra los pines y conectores de la interfaz de los cuales vamos a utilizar las salidas digitales que se encuentran en el conector J3.

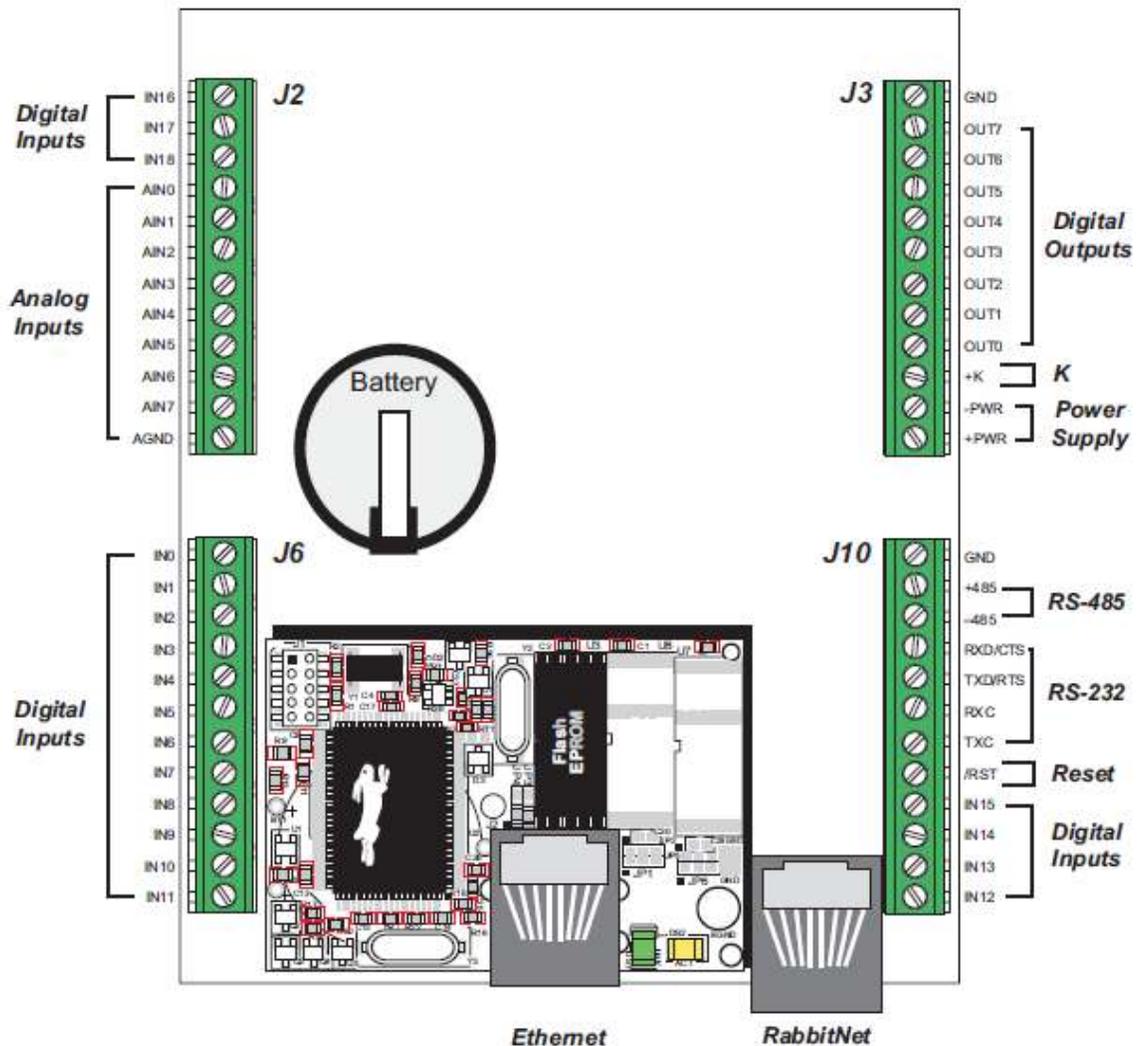


Figura. 3.15. Pines y conectores de la interfaz OP7200 <sup>[5]</sup>

También observamos que en el conector J3 se encuentran también los pines de alimentación los cuales pueden tener voltajes desde 9 a 40 voltios en DC o 24 Voltios en AC, al igual que la tarjeta las salidas digitales de esta interfaz tiene varios niveles de voltaje los cuales son: VCC que es el voltaje con el que está alimentado la interfaz, +K que es un voltaje de 9 VDC a 40 VDC y GND.

<sup>[5]</sup> eDisplay OP7200 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf), Julio 2010

Para poder programar la interfaz mediante el *software* Dynamic C 9.62 se necesita un cable de programación serial RS-232 diferente al de la tarjeta BL2600, pero usamos el mismo cable conversor RS-232/USB para poder conectar a la computadora.

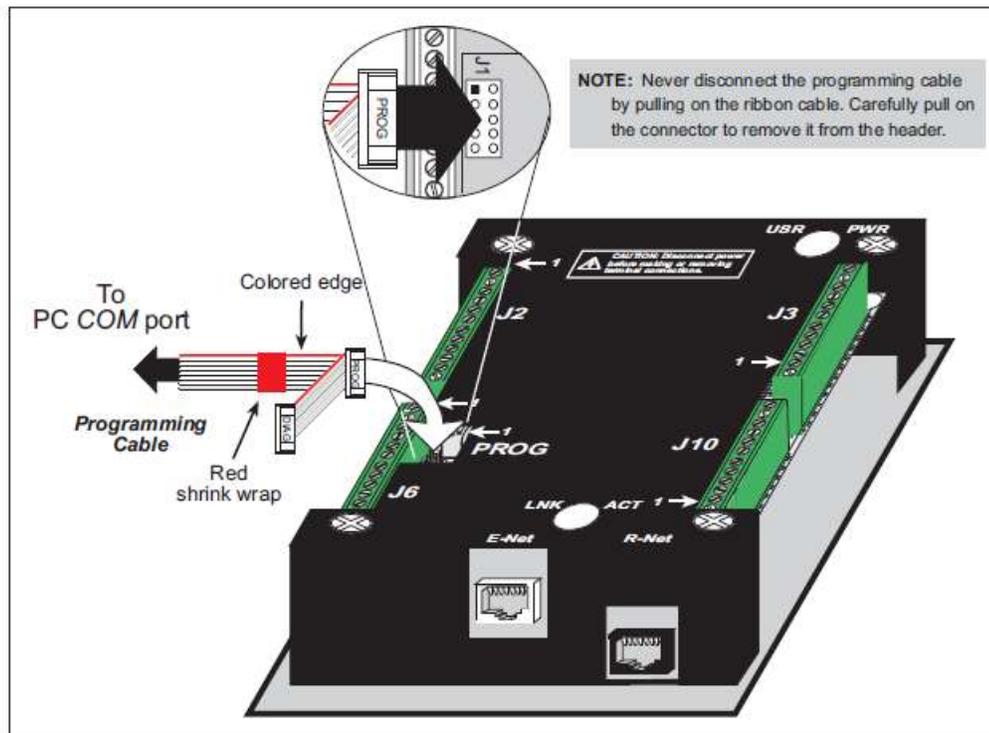


Figura. 3.16. Conexión del cable de programación de la interfaz OP7200 <sup>[6]</sup>

Para poder seleccionar los modos de comunicación del prototipo se han utilizado seis salidas digitales de la interfaz, una para cada modo. Estas salidas son conectadas a las entradas de la tarjeta BL2600 para que la misma sepa qué modo está activado y controle adecuadamente los conmutadores analógicos y los PTT de cada radio. A continuación se muestra una tabla de las salidas digitales de la interfaz.

<sup>[6]</sup>eDisplay OP7200 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf), Julio 2010

Tabla. 3.3. Descripción de las salidas de la interfaz OP7200

Salida de la Interfaz OP7200	Señal	Entrada de la Tarjeta BL2600
OUT1	Modo automático	DIN29
OUT2	Modo local A	DIN28
OUT3	Modo local B	DIN27
OUT4	Modo local A+B	DIN26
OUT5	Modo manual A	DIN25
OUT6	Modo manual B	DIN24

A continuación se muestra el esquema de conexión de las salidas de la interfaz OP7200.

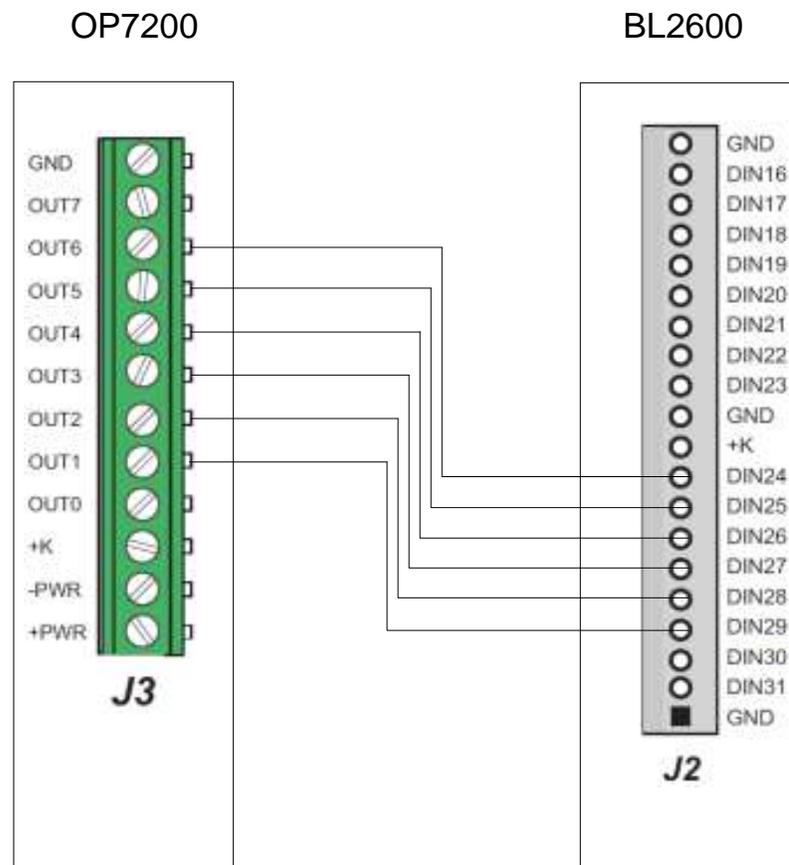
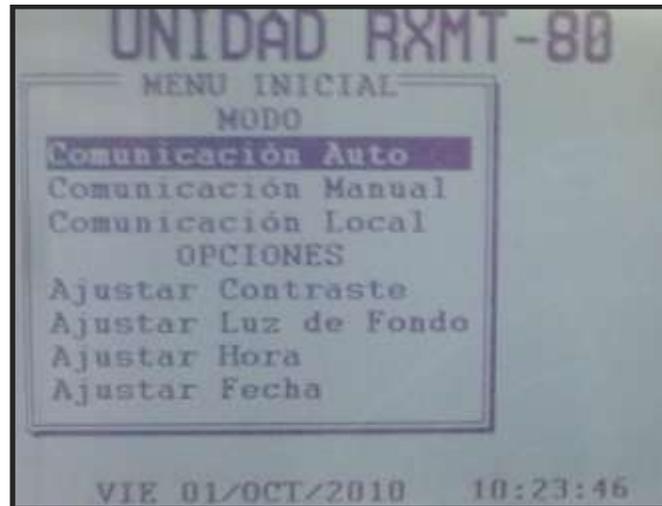


Figura. 3.17. Esquema de conexión de las salidas de la interfaz OP7200

En la interfaz se creó dos menús para poder operar el prototipo de la unidad de retransmisión. Inicialmente se muestran el menú MODO y el menú OPCIONES además de la hora y la fecha preestablecida.



**Figura. 3.18. Menú inicial del prototipo**

Con el menú MODO se selecciona el tipo de comunicación que nosotros vamos a necesitar aquí encontramos las siguientes opciones:

- Comunicación Auto
- Comunicación Manual
- Comunicación Local

Dentro de la comunicación manual vamos a encontrar el siguiente submenú:

- Manual A-B
- Manual B-A
- Retorno al Menú



Figura. 3.19. Submenú modo manual

Dentro de la comunicación local vamos a encontrar el siguiente submenú:

- Local A
- Local B
- Local A+B
- Retorno al Menú

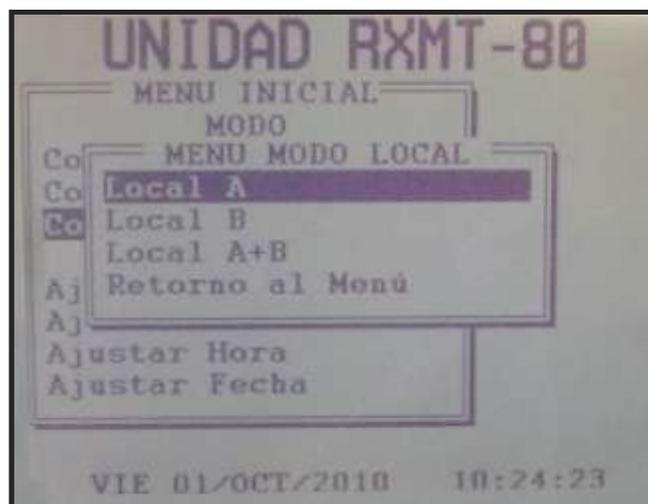
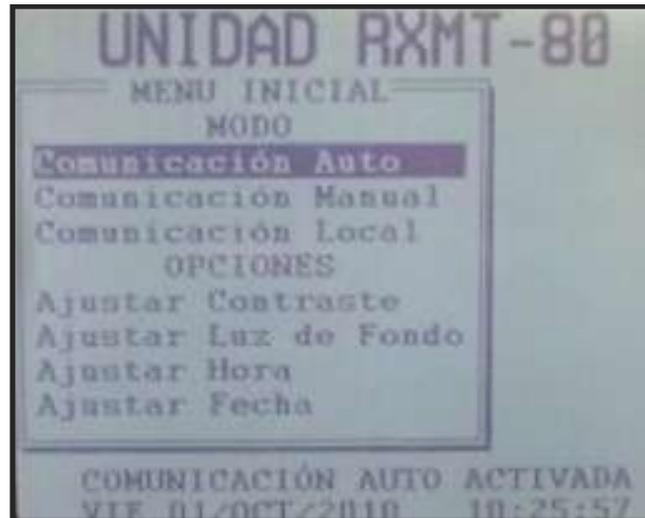


Figura. 3.20. Submenú modo local

De esta manera tenemos todos los modos que el prototipo necesita y que la unidad RXMT-80 inicial brindaba a sus usuarios, además podemos seleccionar fácilmente cualquiera de estos modos. Una vez realizada la selección, aparecerá en la pantalla la confirmación.



**Figura. 3.21. Confirmación del modo seleccionado**

Con el menú OPCIONES podemos configurar nuestro equipo según nuestras conveniencias, aquí vamos a encontrar las siguientes alternativas:

- Ajustar Contraste
- Ajustar Luz de Fondo
- Ajustar Hora
- Ajustar Fecha

Para poder ajustar el contraste debemos seleccionar la opción y posteriormente regular el contraste con los cursores, además tiene las opciones de guardar el contraste seleccionado o activar el contraste predeterminado.

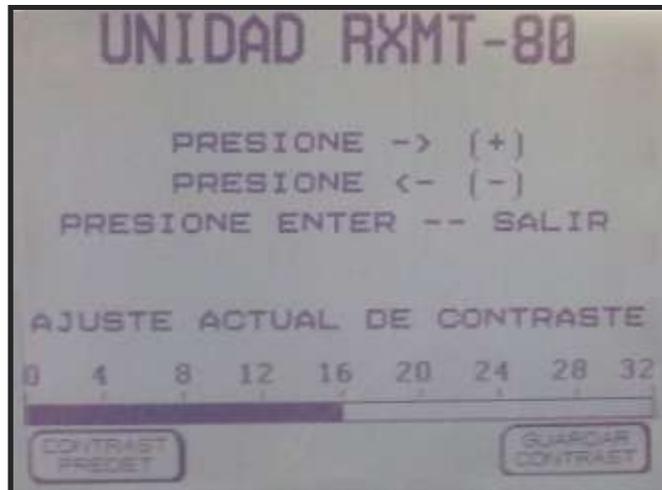


Figura. 3.22. Ajuste de contraste

Para ajustar la hora y fecha una vez seleccionada la opción, se mostrará una ventana con un teclado virtual y mediante los cursores configuraremos nuestra hora y fecha deseada.



Figura. 3.23. Ajuste de Hora



**Figura. 3.24. Ajuste de fecha**

Dentro de ajustar luz de fondo, vamos a encontrar el siguiente submenú:

- Luz Encendida
- Luz Apagada
- Retorno al Menú

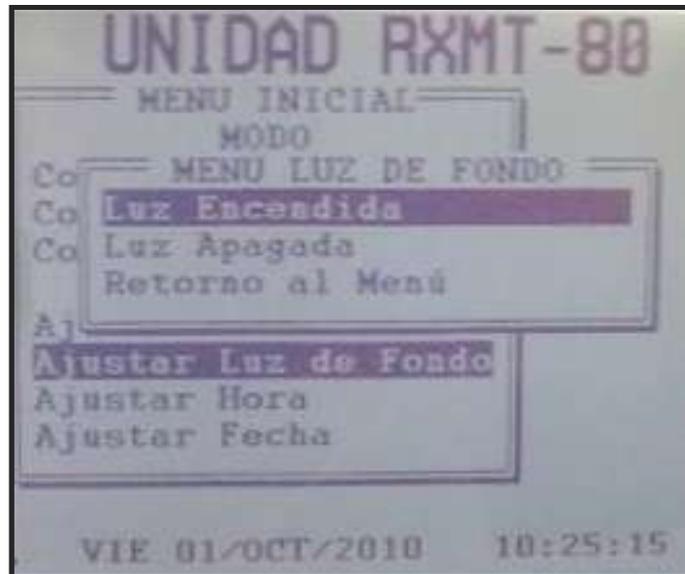


Figura. 3.25. Submenú luz de fondo

Estas opciones son de gran utilidad para los usuarios, ya que este equipo va a ser empleado en todo tipo de terreno y bajo cualquier condición de luz natural o artificial, es por eso que el contraste se puede ajustar para tener una visualización clara de la pantalla, también podemos activar o desactivar la luz de fondo en caso de que el usuario se encuentre en entornos con muy poca luz, además que en ciertas operaciones militares se necesita que los equipos no emitan ningún tipo de luz porque podría alertar al enemigo. Adicionalmente se ha considerado mostrar la hora y fecha en la pantalla ya que siempre es útil para el usuario tener una referencia del tiempo.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

El software que se ha creado para poder controlar los conmutadores analógicos mediante la tarjeta BL2600 se lo realizó con la ayuda del programa Dynamic C 9.62 del cual a continuación se presenta una breve descripción.

### 3.2.1. Dynamic C <sup>[7]</sup>

Dynamic C es un sistema de desarrollo integrado para escribir software de sistemas embebidos. Está diseñado para su uso con controladores Rabbit y otros controladores basados en microprocesadores Rabbit.

Dynamic C integra las siguientes funciones de desarrollo:

- Edición
- Compilación
- Vinculación
- Carga
- Depuración

En un programa. De hecho, compilar, enlazar y carga son una de las funciones. Dynamic C tiene un editor de texto fácil de usar, integrado y completo. Los programas de Dynamic C pueden ser ejecutados y depurados de forma interactiva en el nivel de código fuente o código de máquina. Menús desplegables y métodos abreviados de teclado para la mayoría de los comandos son fáciles de usar en Dynamic C.

Dynamic C también soporta programación de lenguaje ensamblador. No es necesario dejar C o el sistema de desarrollo para escribir código de lenguaje ensamblador. Lenguaje C y ensamblador pueden ser mezclados.

Dynamic C 9.62 presenta características avanzadas de depuración, como la ejecución y seguimiento de la pila.

Dynamic C proporciona extensiones para el lenguaje C (como variables compartidas y protegidos, co-declaraciones y co-funciones) que apoyen el

---

<sup>[7]</sup> Dynamic C User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/DC/DCUserManual9/DCPUM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/DC/DCUserManual9/DCPUM.pdf), Julio 2010

desarrollo del sistema integrado de mundo real. Dynamic C admite multitarea cooperativa y preventiva.

Dynamic C viene con muchas librerías de funciones, todo en código fuente. Estas librerías soportan programación en tiempo real para las entradas y salidas del sistema y proporcionan cadena estándar y funciones matemáticas.

Dynamic C se basa en el lenguaje C. El programador conoce las metodologías de programación y los principios básicos del lenguaje C. Dynamic C tiene su propio conjunto de librerías, que incluyen funciones que puede llamar el usuario. Las librerías de Dynamic C están en código fuente, lo que permite la creación de librerías personalizadas.

### **3.2.2. Algoritmos de programación**

Para poder representar los algoritmos que se ha elaborado para el funcionamiento del prototipo se empleará diagramas de flujo con los cuales se va a explicar de qué manera se programó la tarjeta BL2600. La programación en la interfaz consiste en activar una de las diferentes salidas digitales cada vez que se seleccione uno de los diferentes modos las cuales serán detectadas por la tarjeta BL2600 a través de sus entradas digitales.

A continuación se presenta los diagramas de flujo para cada uno de los modos de comunicación del prototipo y la selección del modo.

- **Selección del modo de comunicación**

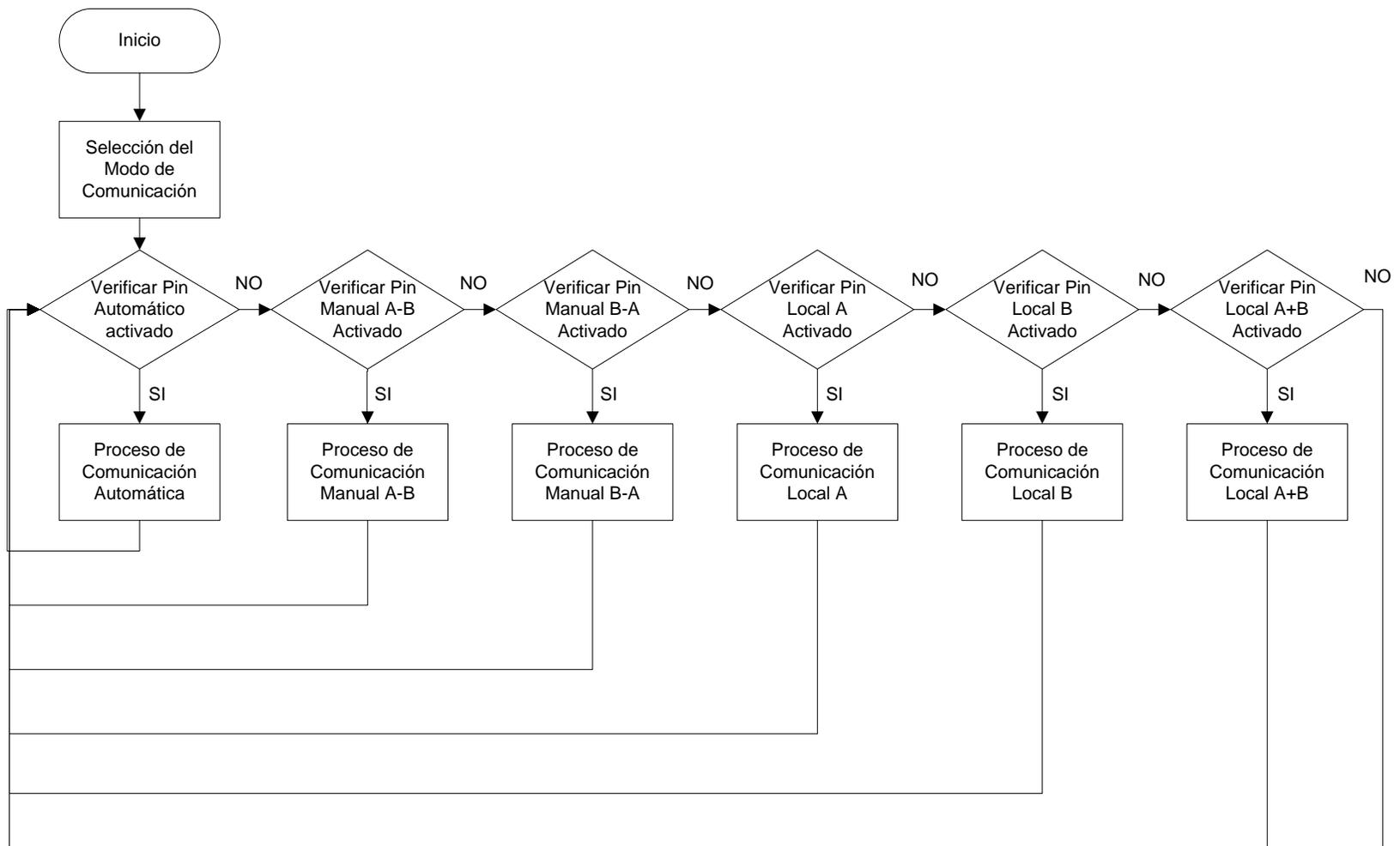


Figura. 3.26. Diagrama de flujo de selección de modo de comunicación

Como podemos observar el sistema siempre va a comprobar de uno en uno los pines para identificar qué modo está seleccionado y empezar a realizar el proceso de comunicación de cada uno de los modos los cuales se detallan a continuación

- **Modo Automático**

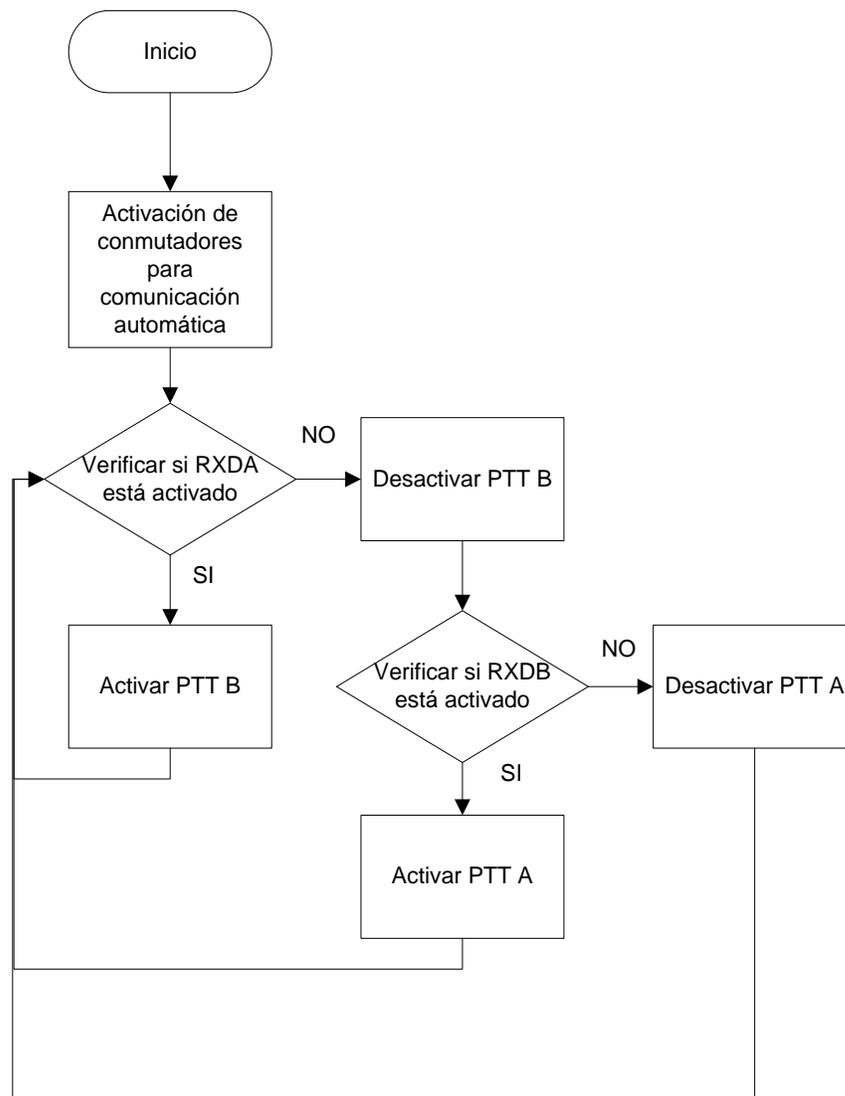
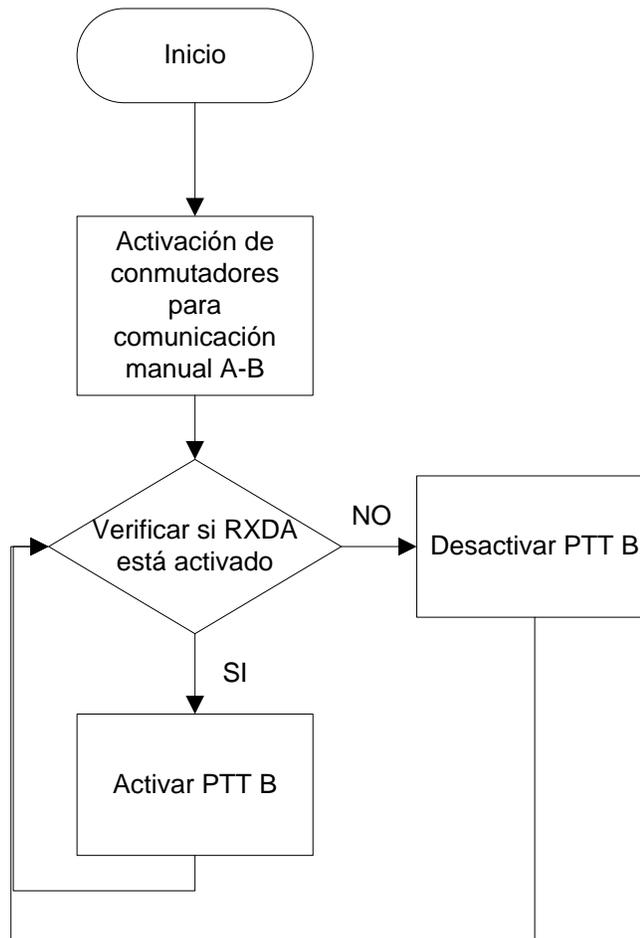


Figura. 3.27. Diagrama de flujo de comunicación automática

Observamos que posteriormente a la activación de los conmutadores analógicos cuando se detecta el RXD de alguna de las radios se activa el PTT de la otra radio y así podemos transmitir a las unidades remotas.

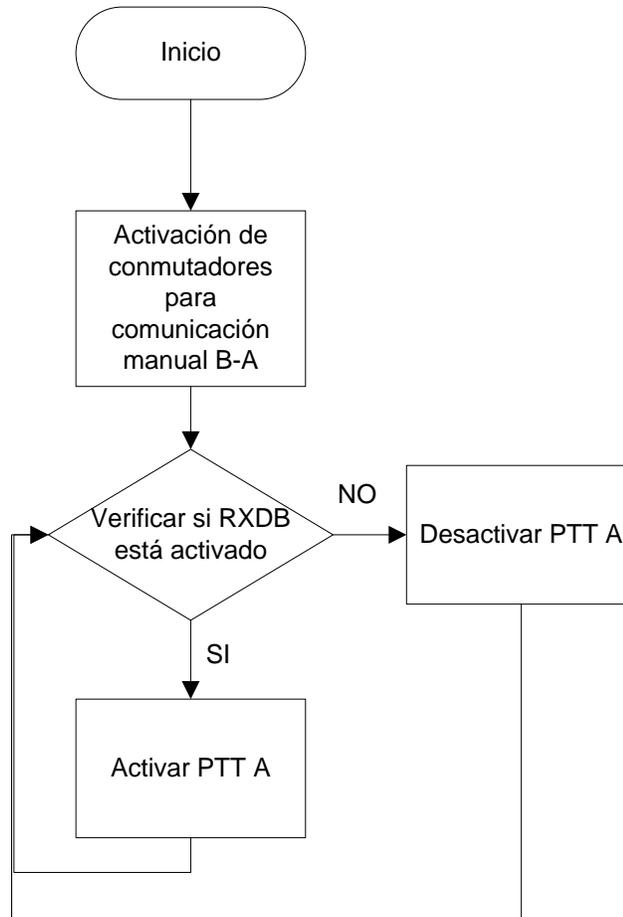
- **Modo Manual A-B**



**Figura. 3.28. Diagrama de flujo del modo manual A-B**

Este modo es similar al anterior con la diferencia que actúa solo en el sentido A-B, solo maneja un RXD y un PTT.

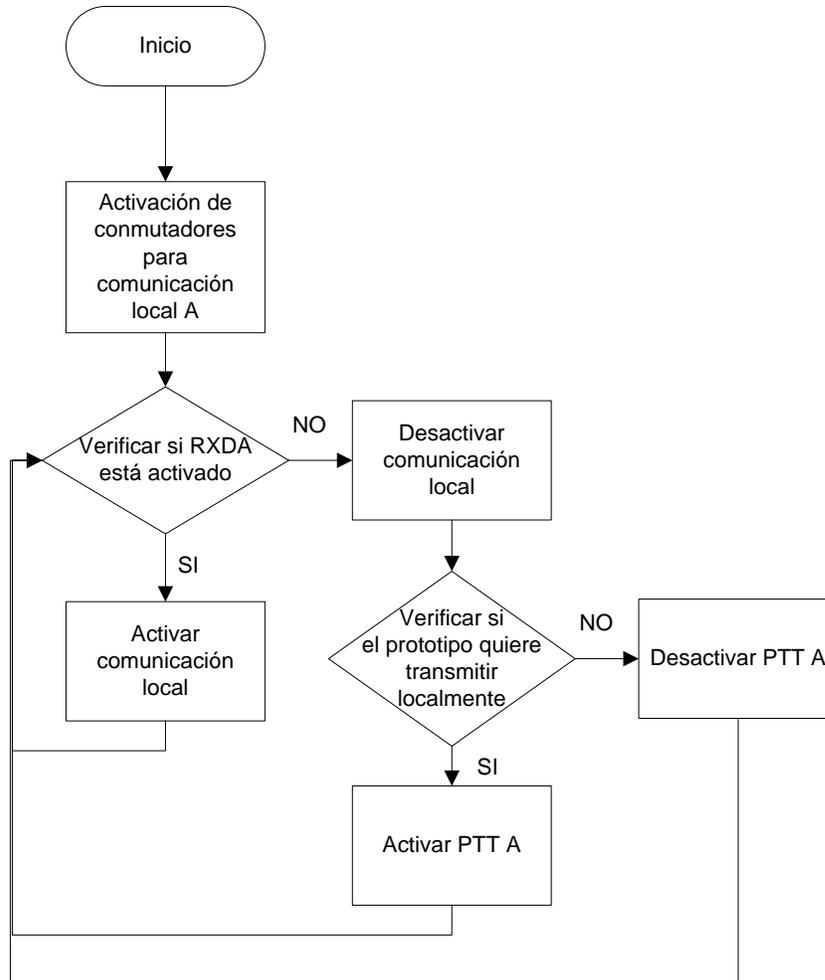
- **Modo Manual B-A**



**Figura. 3.29. Diagrama de flujo del modo manual B-A**

Este modo trabaja de igual manera al anterior únicamente con la diferencia que actúa en el sentido B-A.

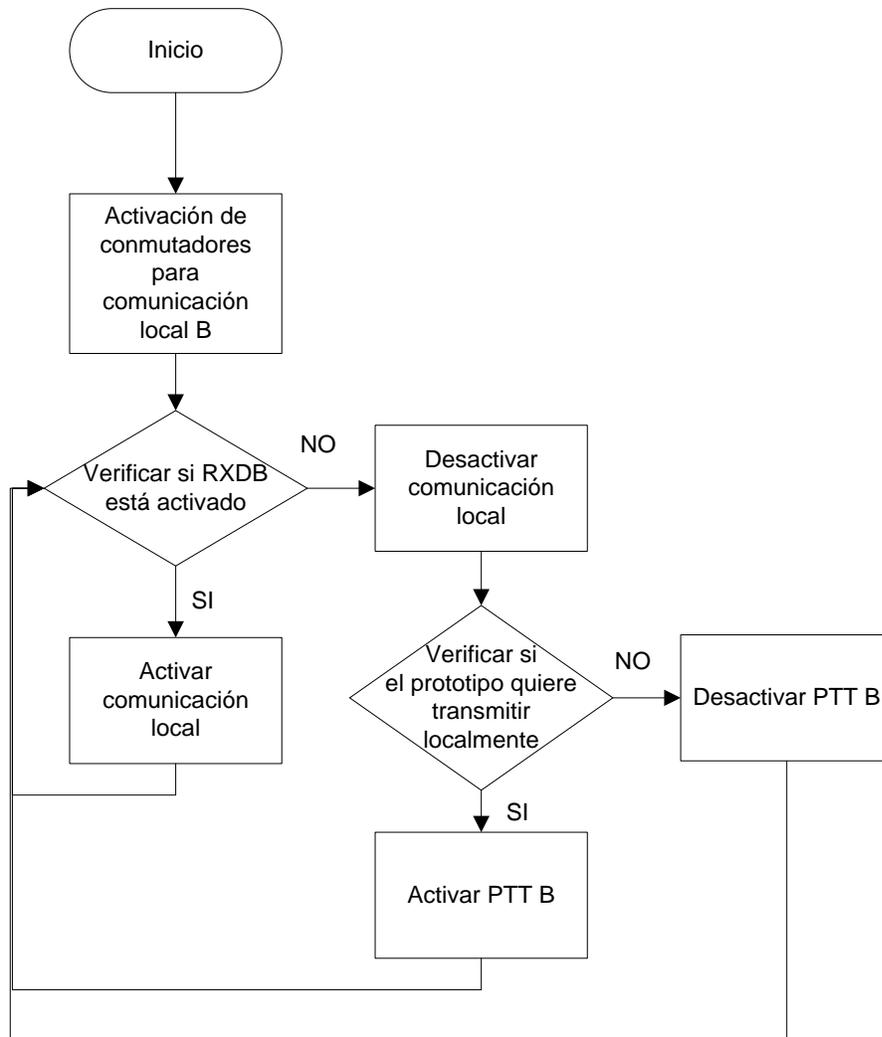
- **Modo Local A**



**Figura. 3.30. Diagrama de flujo del modo local A**

Observamos que la comunicación local se comporta de manera diferente ya que las funciones de RXD y PTT son diferentes a las de las radios, por lo tanto únicamente debemos activar la comunicación hacia la radio local cuando la radio A necesita transmitir y detectar cuando el prototipo necesita transmitir localmente para activar el PTT de la radio A y así se comunique con las radios remotas.

- **Modo Local B**



**Figura. 3.31. Diagrama de flujo del modo local B**

Este modo es similar al anterior pero aplicado al radio B.

- **Modo local A+B**

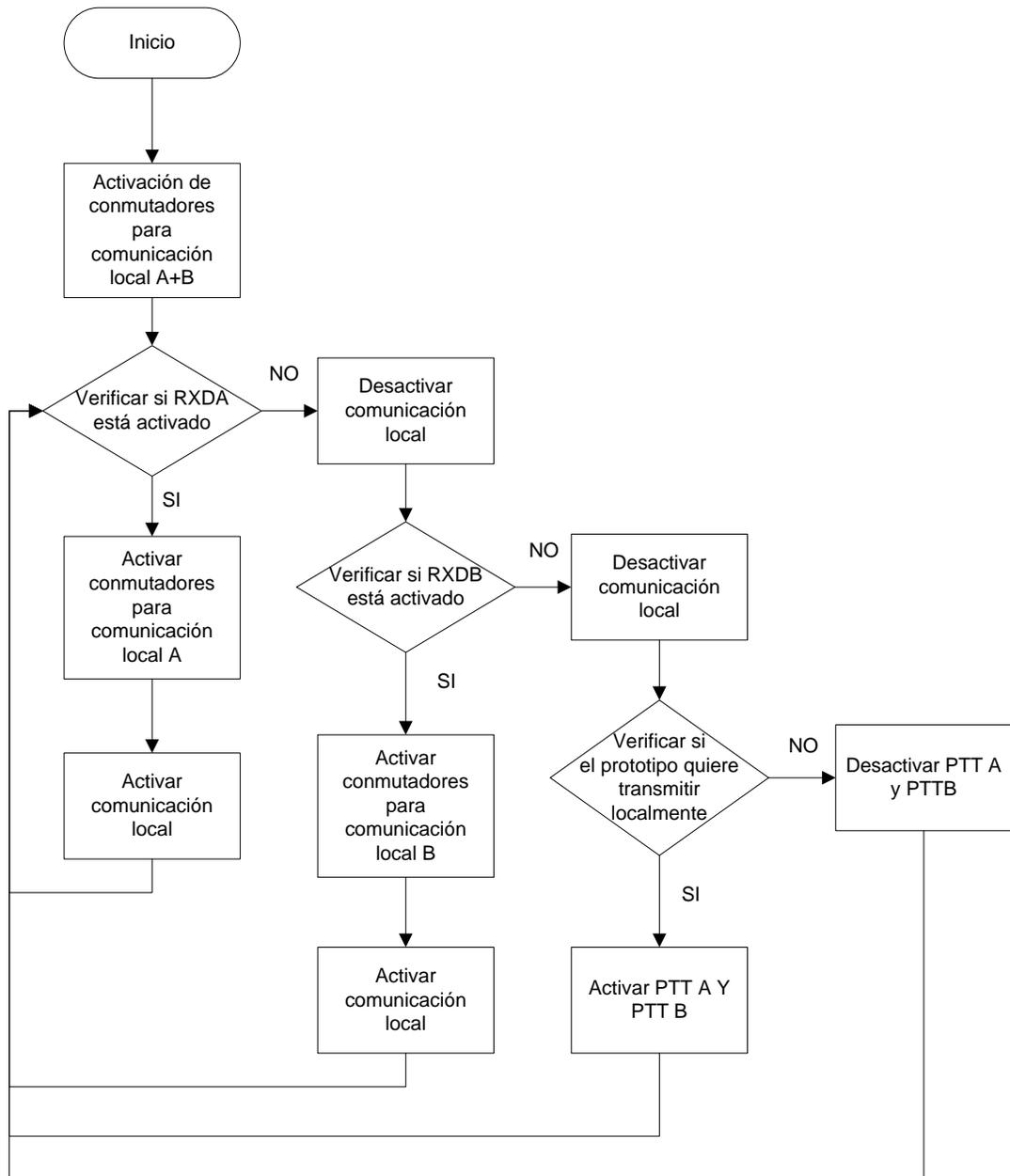


Figura. 3.32. Diagrama de flujo del modo local A+B



Una vez que se ha verificado la activación en bajo de las diferentes salidas digitales de la interfaz OP7200, se verificará el estado lógico de las salidas de la tarjeta BL2600 las cuales controlan a los conmutadores analógicos. A continuación se muestra la tabla de los estados lógicos de cada una de las salidas en los diferentes modos de operación y si el funcionamiento de la tarjeta BL2600 es correcto.

**Tabla. 3.5. Verificación del funcionamiento de la tarjeta BL2600**

	MODOS						
	Auto	Local A	Local B	Manual A	Manual B	Local A+B	
						Local A	Local B
<b>DIO13</b>	0	1	1	0	0	1	1
<b>DIO12</b>	0	0	1	0	0	0	1
<b>DIO11</b>	0	0	0	0	0	1	1
<b>Funcionamiento</b>	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto

Con el correcto funcionamiento de la tarjeta BL2600 procedimos a verificar si el enrutamiento del circuito de conmutación es correcto, para lo cual ingresamos las señales de audio de la radio A, de la radio B y del microteléfono del prototipo. Con la ayuda del osciloscopio observamos si las señales ingresadas son iguales en forma y nivel a las señales que salen en sus diferentes destinos.

Por ejemplo en la comunicación automática para el sentido A→ B se tomó la medición en la señal de audio que proviene de la radio A y en el pin TXBB B que es por el cual enviamos la señal de audio a la radio B, verificamos que la señal llega a su destino, como podemos ver en la figura a continuación la señal amarilla corresponde a RXBB A y la señal celeste corresponde a TXBB B. La misma metodología fue empleada para realizar las pruebas de cada sentido de comunicación en los diferentes modos.

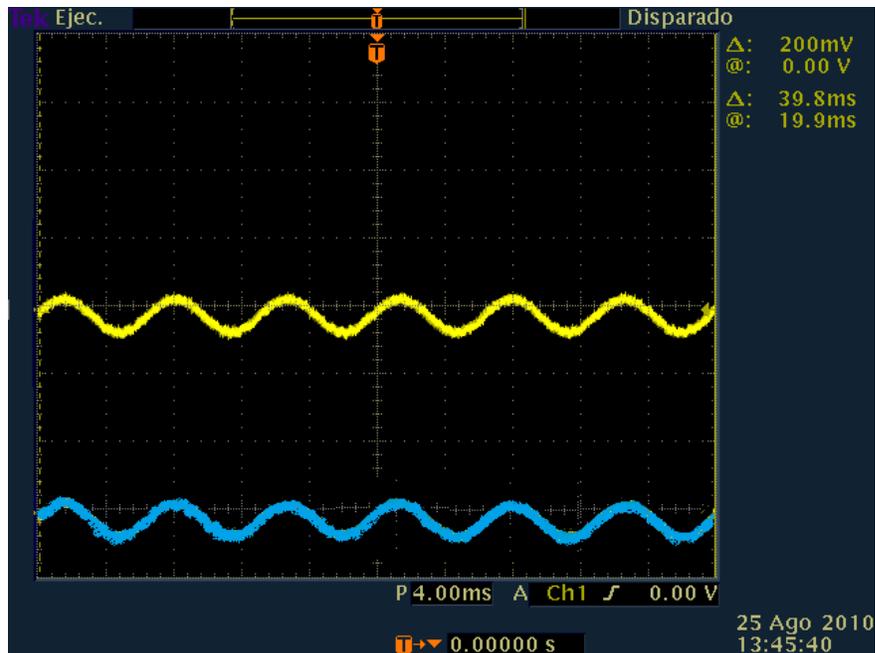


Figura. 3.33. Señales medidas a la entrada y salida del prototipo

A continuación se muestra una tabla de verificación del funcionamiento del circuito de conmutación.

Tabla. 3.6. Verificación del funcionamiento del circuito de conmutación

Modos	Sentido de la comunicación	Funcionamiento
Automático	Radio A → Radio B	Correcto
	Radio B → Radio A	Correcto
Local A	Microteléfono → Radio A	Correcto
	Radio A → Microteléfono	Correcto
Local B	Microteléfono → Radio B	Correcto
	Radio B → Microteléfono	Correcto
Local A+B	Microteléfono → Radio A y B	Correcto
	Radio A → Microteléfono	Correcto
	Radio B → Microteléfono	Correcto
Manual A	Radio A → Radio B	Correcto
Manual B	Radio B → Radio A	Correcto

Después de verificar el correcto funcionamiento del circuito de conmutación, nos queda verificar si las señales del PTT son activadas correctamente, A continuación se muestra el comportamiento de la activación de las diferentes señales de PTT para cada uno de los casos.

**Tabla. 3.7. Verificación de la activación de las señales de PTT**

<b>Modos</b>	<b>Sentido de la comunicación</b>	<b>RXD A</b>	<b>RXD B</b>	<b>PTT Local</b>	<b>PTT A</b>	<b>PTT B</b>	<b>Funcionamiento</b>
Automático	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
	B → A	0	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	0	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	0	0	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	0	1	Correcto

**Tabla. 3.8. Tabla de verificación de los conmutadores limitadores de paso de señales**

<b>Modos</b>	<b>Sentido de la comunicación</b>	<b>RXD A</b>	<b>RXD B</b>	<b>PTT Local</b>	<b>U8</b>	<b>U9</b>	<b>U10</b>	<b>Funcionamiento</b>
Automático	A → B	1	0	1	0	1	1	Correcto
	B → A	0	1	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	1	1	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	0	1	0	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	0	0	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	1	1	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	0	0	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	0	1	1	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	1	0	1	Correcto

De esta forma comprobamos el correcto funcionamiento del prototipo y estamos listos para realizar las pruebas de campo que se describirán en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. PRUEBAS DE DESEMPEÑO**

#### **4.1. PRUEBAS CON ESTACIONES REMOTAS A DISTANCIAS ESPECÍFICAS**

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo implementado se desarrollaron algunas pruebas las cuales se realizaron tratando de simular los entornos reales en los cuales el sistema de comunicaciones va a trabajar cotidianamente.

Cabe recalcar que para la correcta operación del sistema debemos tratar que entre las antenas de nuestros equipos exista línea de vista, para poder garantizar el radioenlace y de esta manera obtener una comunicación clara entre las radios remotas en las diferentes frecuencias.

Las pruebas que se realizaron del sistema de comunicación fueron a distancias específicas de 1 Km, 10 Km, 20 Km, y 30 Km, para lo cual debemos aumentar la potencia de nuestros equipos según vaya aumentando la distancia. Los equipos de radio VRC-8000 tienen una potencia ajustable de tres niveles que son: baja potencia, media potencia y alta potencia, los cuales tienen 0.2 W, 3.5 W y 50 W respectivamente.

Las distancias serán medidas desde el prototipo hacia cada una de las radios remotas de las diferentes frecuencias, es decir que la distancia total entre las radios remotas A y B, será el doble de las distancias planteadas. Por ejemplo para el caso de una distancia de 30 Km tendremos una cobertura total de 60 Km, que es la distancia a la cual se encuentran separadas las radios remotas A y B.

Entre las pruebas que se realizaron se necesitan verificar el correcto funcionamiento de la activación de las señales de PTT en los diferentes casos y analizar las señales que se envían desde las radios hacia el prototipo o el microteléfono y las señales que se envían desde el prototipo hacia las radios o el microteléfono.

A continuación se detallan las pruebas a las diferentes distancias.

#### 4.1.1. Pruebas a 1 Km

Las pruebas que se realizaron aproximadamente a 1 Km en línea recta y con línea de vista arrojaron los siguientes resultados:

**Tabla. 4.1. Análisis de la activación de señales de PTT a 1 Km**

Modos	Sentido de la comunicación	RXD A	RXD B	PTT Local	PTT A	PTT B	Funcionamiento
Automático	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
	B → A	0	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	0	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	0	0	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	0	1	Correcto

Como podemos observar en las pruebas la activación de señales de PTT son correctas, de esta manera se garantiza la activación de las radios A y B para que a su vez transmitan hacia las radios remotas que se encuentren en su frecuencia, o que se active la comunicación local.

#### 4.1.2. Pruebas a 10 Km

Al igual que en el caso anterior utilizamos la misma metodología y los resultados fueron los siguientes:

Tabla. 4.2. Análisis de la activación de señales de PTT a 10 Km

Modos	Sentido de la comunicación	RXD A	RXD B	PTT Local	PTT A	PTT B	Funcionamiento
Automático	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
	B → A	0	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	0	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	0	0	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	0	1	Correcto

#### 4.1.3. Pruebas a 20 Km

Las pruebas realizadas con las radios remotas ubicadas a 20 Km de distancia respecto al prototipo arrojaron los siguientes resultados:

Tabla. 4.3. Análisis de la activación de señales de PTT a 20 Km

Modos	Sentido de la comunicación	RXD A	RXD B	PTT Local	PTT A	PTT B	Funcionamiento
Automático	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
	B → A	0	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	0	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	0	0	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	0	1	Correcto

#### 4.1.4. Pruebas a 30 Km

Las pruebas realizadas con las radios remotas ubicadas a 30 Km de distancia respecto al prototipo arrojaron los siguientes resultados:

Tabla. 4.4. Análisis de la activación de señales de PTT a 30 Km

Modos	Sentido de la comunicación	RXD A	RXD B	PTT Local	PTT A	PTT B	Funcionamiento
Automático	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
	B → A	0	1	1	0	1	Correcto
Local A	Microteléfono → A	0	0	0	0	1	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
Local B	Microteléfono → B	0	0	0	1	0	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	0	0	0	0	0	Correcto
	A → Microteléfono	1	0	1	1	1	Correcto
	B → Microteléfono	0	1	1	1	1	Correcto
Manual A	A → B	1	0	1	1	0	Correcto
Manual B	B → A	0	1	1	0	1	Correcto

## 4.2. PRUEBAS DE CALIDAD DE AUDIO

Para poder determinar la calidad de audio que se transmite o retransmite desde el prototipo, se realizó una comparación de las señales que llegan y que se envían desde el mismo. Para lo cual con la ayuda del osciloscopio se visualizaron que las señales no tengan ninguna alteración ni deformación. Además se realizó una medición del voltaje nominal de la señal de audio de entrada del prototipo (VIN) y del voltaje nominal de la señal de audio de salida del prototipo (VOUT). A continuación se muestran las tablas de las pruebas de calidad de audio a distancias específicas.

### 4.2.1. Pruebas a 1 Km

Tabla. 4.5. Análisis de las señales de audio a 1 Km

Modos	Comunicación	VIN	VOUT	Funcionamiento
Automático	A → B	4.65	4.64	Correcto
	B → A	4.64	4.64	Correcto
Local A	Microteléfono → A	4.65	4.64	Correcto
	A → Microteléfono	4.62	4.61	Correcto
Local B	Microteléfono → B	4.64	4.64	Correcto
	B → Microteléfono	4.63	4.62	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	4.66	4.64	Correcto
	A → Microteléfono	4.62	4.62	Correcto
	B → Microteléfono	4.63	4.63	Correcto
Manual A	A → B	4.64	4.63	Correcto
Manual B	B → A	4.64	4.64	Correcto

### 4.2.2. Pruebas a 10 Km

Tabla. 4.6. Análisis de las señales de audio a 10 Km

Modos	Comunicación	VIN	VOUT	Funcionamiento
Automático	A → B	4.63	4.63	Correcto
	B → A	4.62	4.62	Correcto
Local A	Microteléfono → A	4.62	4.61	Correcto

	A → Microteléfono	4.63	4.61	Correcto
Local B	Microteléfono → B	4.62	4.62	Correcto
	B → Microteléfono	4.61	4.61	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	4.60	4.59	Correcto
	A → Microteléfono	4.59	4.59	Correcto
	B → Microteléfono	4.60	4.59	Correcto
Manual A	A → B	4.61	4.60	Correcto
Manual B	B → A	4.62	4.61	Correcto

#### 4.2.3. Pruebas a 20 Km

Tabla. 4.7. Análisis de las señales de audio a 20 Km

Modos	Comunicación	VIN	VOUT	Funcionamiento
Automático	A → B	4.59	4.58	Correcto
	B → A	4.59	4.59	Correcto
Local A	Microteléfono → A	4.58	4.58	Correcto
	A → Microteléfono	4.59	4.59	Correcto
Local B	Microteléfono → B	4.57	4.57	Correcto
	B → Microteléfono	4.59	4.58	Correcto
Local A+B	Microteléfono → A y B	4.58	4.57	Correcto
	A → Microteléfono	4.58	4.59	Correcto
	B → Microteléfono	4.57	4.56	Correcto
Manual A	A → B	4.58	4.57	Correcto
Manual B	B → A	4.59	4.58	Correcto

#### 4.2.4. Pruebas a 30 Km

Tabla. 4.8. Análisis de las señales de audio a 30 Km

Modos	Comunicación	VIN	VOUT	Funcionamiento
Automático	A → B	4.56	4.55	Correcto
	B → A	4.57	4.57	Correcto
Local A	Microteléfono → A	4.55	4.54	Correcto
	A → Microteléfono	4.55	4.54	Correcto
Local B	Microteléfono → B	4.56	4.56	Correcto
	B → Microteléfono	4.57	4.57	Correcto

Local A+B	Microteléfono → A y B	4.55	4.54	Correcto
	A → Microteléfono	4.56	4.55	Correcto
	B → Microteléfono	4.56	4.56	Correcto
Manual A	A → B	4.55	4.55	Correcto
Manual B	B → A	4.55	4.55	Correcto

### 4.3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

Una vez realizadas las pruebas a distancias específicas tanto de la activación de señales de PTT como de la calidad de audio determinamos que el prototipo de la unidad de retransmisión RXMT-80 tiene un óptimo desempeño.

El prototipo actualmente no presenta ninguna falla en lo que se refiere a comunicación es decir a la activación de las radios para su transmisión, además que se tiene una comunicación clara y de buena calidad tanto en las unidades de radio remotas como en el microteléfono del prototipo.

Es importante destacar que el desempeño de prototipo depende directamente del correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema de comunicación como son: radios, antenas, cables, fuentes de alimentación, amplificadores de potencia, etc.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- Después de analizar detenidamente la implementación inicial del prototipo se concluyó que en el diseño original se presentaron fallas debido a que no se tomaron en cuenta algunas consideraciones técnicas, como son la tasa de muestreo de la tarjeta BL2600 y la manera como se realizó la recuperación de la señal. Por lo tanto presentaba problemas de ruido, además de la baja calidad de audio en la señal que se retransmitía hacia las unidades remotas.
- Para el diseño actual del prototipo se consideró el uso de conmutadores analógicos dedicados para señales de audio, ya que después de hacer el análisis técnico y económico se concluyó que tenía ventajas sobre la alternativa de mantener el diseño original, utilizando una tarjeta controladora con una mayor tasa de muestreo para digitalizar el audio adecuadamente y posteriormente escoger la salida del conversor digital – analógico por la cual se enviaría la señal hacia su destino.

- Técnicamente el conmutador analógico presenta la principal ventaja de que no se manipula la señal de audio, por lo tanto al no digitalizarla transmitimos una señal pura. Económicamente el costo entre las alternativas que se han analizado tiene una enorme diferencia.
- Se implementó una etapa de amplificación para la comunicación local, la cual nos permite regular la potencia de la señal que vamos a transmitir en este modo.
- Se desarrolló un nuevo software para que la tarjeta BL2600 controle el circuito de conmutación y controle la activación de las radios que van a transmitir o retransmitir, dependiendo del modo en el cual esté operando el prototipo.
- El software desarrollado para el manejo de la interfaz OP7200 ofrece la posibilidad de selección de modo de operación del prototipo y también ofrece la posibilidad de que el usuario ajuste parámetros básicos de la visualización de la pantalla.
- Los parámetros básicos de la visualización de la pantalla son de vital importancia para el usuario, ya que en las operaciones militares cotidianas el prototipo va a estar sometido a diferentes condiciones de luz. Además se tomó en cuenta que en ciertas circunstancias el prototipo no debe emitir ningún tipo de luz que pueda alertar al enemigo
- Se consideró también que es muy necesario para el operador del prototipo tener una referencia de tiempo, para lo cual se ha programado para que la interfaz muestre todo el tiempo la hora y fecha actual. De esta manera si fuera necesario se informaría estos datos a todos los usuarios del sistema a través de comunicación local.

- Después de realizar el análisis del desempeño mediante las pruebas a distancias específicas podemos concluir que el prototipo ha cumplido satisfactoriamente con las necesidades técnicas del sistema y funciona adecuadamente.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tomar muy en cuenta las necesidades técnicas para el diseño del sistema, ya que de esto dependerá el correcto desempeño del prototipo y evitaremos complicaciones posteriormente.
- Se recomienda que los conductores por donde viajan las señales de audio tengan un apantallamiento con blindaje trenzado para poder proteger la señal de audio contra los efectos que causa el manejo de señales de RF.
- También es aconsejable que al ensamblar el prototipo se utilice una caja metálica la cual esté conectada a tierra para minimizar los efectos del manejo de señales de RF.
- Si en el futuro se desea realizar una masificación de este prototipo se recomienda el uso de circuitos integrados de tipo militar, ya que por ser un prototipo, la implementación actual se la realizó con circuitos integrados de uso comercial.
- Se recomienda hacer un mantenimiento general al sistema ya que en muchos casos componentes como por ejemplo cables o conectores no permiten que el sistema funcione correctamente.

- Debido a que puede producirse interferencia por los efectos del manejo de señales de RF, se recomienda tomar en cuenta las consideraciones técnicas necesarias para el diseño del circuito impreso.
- Se recomienda usar adecuadamente los diferentes niveles de potencia que tienen las radios VRC – 800, ya que de esto dependerá la longitud del alcance desde el prototipo hacia cada una de las radios remotas de la frecuencia A y de la frecuencia B.

## **ANEXOS**

## **CONMUTADOR DE SEÑALES DE AUDIO FSA4157A**



September 2009

## FSA4157, FSA4157A Low-Voltage, 1Ω SPDT Analog Switch

### Features

- FSA4157A Features Lower  $I_{DD}$  when the S Input is Lower Than  $V_{DD}$
- Maximum 1.15Ω On Resistance ( $R_{ON}$ ) at 4.5V  $V_{DD}$
- 0.3Ω Maximum  $R_{ON}$  Flatness at 4.5V  $V_{DD}$
- Space-Saving 6-Lead, MicroPak™ and 8C70 6 Packages
- Broad  $V_{DD}$  Operating Range:
  - FSA4157: 1.65V to 5.5V
  - FSA4157A: 2.7V to 5.5V
- Fast Turn-On and Turn-Off Time
- Break-Before-Make Enable Circuitry
- Over-Voltage Tolerant TTL-Compatible Control Circuitry

### Description

FSA4157 and FSA4157A are high performance Single Pole/Double Throw (SPDT) analog switches. Both devices feature ultra low  $R_{ON}$  of 1.15Ω maximum at 4.5V  $V_{DD}$  and will operate over the wide  $V_{DD}$  range of 1.65V to 5.5V for FSA4157, and 2.7V to 5.5V for FSA4157A. The device is fabricated with sub-micron CMOS technology to achieve fast switching speeds and is designed for break-before-make operation. The select input is TTL level compatible.

The FSA4157A features very low quiescent current even when the control voltage is lower than the  $V_{DD}$  supply. This feature services the mobile handset applications very well allowing for the direct interface with baseband processor general purpose I/Os.

### Technology Description

The Fairchild Switch family derives from and embodies Fairchild's proven switch technology used for several years in its 74LVXL384 (F8T3384) bus switch product.

### Ordering Information

Part Number	Top Mark	Eco Status	Package Description	Packing Method
FSA4157P6X	A57	RoHS	6-Lead 8C70, EIAJ 8C88, 1.25mm Wide	3000 Units Tape and Reel
FSA4157L6X	EG	RoHS	6-Lead MicroPak, 1.0mm Wide	5000 Units Tape and Reel
FSA4157FHX	EG	Green	6-Lead, MicroPak2™, 1x1mm Body, .35mm Pitch	5000 Units Tape and Reel
FSA4157AP6X	B57	RoHS	6-Lead 8C70, EIAJ 8C88, 1.25mm Wide	3000 Units Tape and Reel
FSA4157AL6X	EU	RoHS	6-Lead MicroPak, 1.0mm Wide	5000 Units Tape and Reel
FSA4157AFHX	EU	Green	6-Lead, MicroPak2™, 1x1mm Body, .35mm Pitch	5000 Units Tape and Reel

For Fairchild's definition of Eco Status, please visit [http://www.fairchildsemi.com/ecomarketing/eco\\_status.html](http://www.fairchildsemi.com/ecomarketing/eco_status.html).

FSA4157, FSA4157A — Low-Voltage, 1Ω SPDT Analog Switch

### Pin Configurations

(Top View)

**Figure 1. SC70 Pin Assignments**

(Top Through View)

**Figure 2. MicroPak™ Pin Assignments**

### Pin Definitions

Pin# SC70	Pin# Micropak™	Name	Description
1	6	B1	Data Ports
2	5	GND	Ground
3	4	B0	Data Ports
4	3	A	Data Ports
5	2	Vcc	Supply Voltage
6	1	Ø	Control Input

### Truth Table

Control Input (S)	Function
Low	B0 connected to A
High	B1 connected to A

FSA4157, FSA4157A — Low-Voltage, 1Ω SPDT Analog Switch

### Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only.

Symbol	Parameter		Min.	Max.	Unit
$V_{DD}$	Supply Voltage		-0.5	6.0	V
$V_S$	DC Switch Voltage <sup>(1)</sup>		-0.5	$V_{DD} + 0.5$	V
$V_{IN}$	DC Input Voltage <sup>(1)</sup>		-0.5	6.0	V
$I_{IN}$	DC Input Diode Current		-50		mA
$I_{SW}$	Switch Current			200	mA
$I_{SWPEAK}$	Peak Switch Current (Pulse at 1ms duration, <10% Duty Cycle)			400	mA
$P_D$	Power Dissipation at 85°C	BC70		180	mW
		MicroPak™			
$T_{STG}$	Storage Temperature Range		-65	+150	°C
$T_J$	Maximum Junction Temperature			+150	°C
$T_L$	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)			+260	°C
ESD	Electrostatic Discharge Capability	Human Body Model, JEDEC22-A114 (FSA4157A)		7500	V

**Note:**

1. Input and output negative ratings may be exceeded if input and output diode current ratings are observed.

### Recommended Operating Conditions

The Recommended Operating Conditions table defines the conditions for actual device operation. Recommended operating conditions are specified to ensure optimal performance to the datasheet specifications. Fairchild does not recommend exceeding them or designing to Absolute Maximum Ratings.

Symbol	Parameter		Min.	Max.	Unit
$V_{DD}$	Supply Voltage	FSA4157	1.65	5.50	V
		FSA4157A	2.7	5.5	
$V_{CTRL}$	Control Input Voltage <sup>(2)</sup>		0	$V_{DD}$	V
$V_{SW}$	Switch Input Voltage		0	$V_{DD}$	V
$T_A$	Operating Temperature		-40	+85	°C
$R_{JA}$	Thermal Resistance in Still Air	BC70		350	°C/W
		MicroPak™ (Estimated)		330	

**Note:**

2. Control input must be held HIGH or LOW and it must not float.

DC Electrical Characteristics									
Typical values are at 25°C unless otherwise specified.									
Symbol	Parameter	Conditions	V <sub>CC</sub> (V)	Ambient Temperature					Units
				-25°			-40 to +85°C		
				Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
V <sub>IH</sub>	Input Voltage High	FSA4157 Only	1.8 to 2.7				1.0		V
			2.7 to 3.6				2.0		
			4.5 to 5.5				2.4		
V <sub>IL</sub>	Input Voltage Low	FSA4157 Only	1.8 to 2.7					0.4	V
		FSA4157A Only	2.7 to 3.6					0.4	
			2.7 to 3.6					0.6	
			4.5 to 5.5					0.8	
I <sub>IN</sub>	Control Input Leakage	V <sub>IH</sub> =0V to V <sub>CC</sub>	2.7 to 3.6				-1.0	1.0	μA
			4.5 to 5.5				-1.0	1.0	
I <sub>OFF</sub> (I <sub>OFFB</sub> )	Off Leakage Current of Port B0 and B1	A=1V, 4.5V, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =4.5, 1V	5.5	-2		2	-20	20	nA
I <sub>OFFA</sub>	On Leakage Current of Port A	A=1V, 4.5V, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =4.5, 1V, 4.5V or Floating	5.5	-4		4	-40	40	nA
R <sub>ON</sub>	Switch On Resistance	I <sub>OUT</sub> =100mA, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =1.5V	2.7		2.6	4.0		4.3	Ω
		I <sub>OUT</sub> =100mA, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =3.5V	4.5		0.95	1.15		1.30	
ΔR <sub>ON</sub>	On Resistance Matching Between Channels <sup>(3)</sup>	I <sub>OUT</sub> =100mA, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =1.5V	4.5		0.06	0.12		0.15	Ω
R <sub>FLATNESS</sub>	On Resistance Flatness <sup>(4)</sup>	I <sub>OUT</sub> =100mA, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =0V, 0.75V, 1.5V	2.7		1.4				Ω
		I <sub>OUT</sub> =100mA, B <sub>0</sub> or B <sub>1</sub> =0V, 1V, 2V	4.5		0.2	0.3		0.4	
I <sub>CC</sub>	Quiescent Supply Current	V <sub>IH</sub> =0V or V <sub>CC</sub> , I <sub>OUT</sub> =0V	3.6		0.1	0.5		1.0	μA
			5.5		0.1	0.5		1.0	
ΔI <sub>CC</sub>	Increase in I <sub>CC</sub> per Input	One Input at 2.7V, others at V <sub>CC</sub> or GND (FSA4157A Only)	4.3		0.2			10.0	μA

**Notes:**

- Measured by the voltage drop between the A and B pins at the indicated current through the switch. On resistance is determined by the lower of the voltage on the two (A or B ports).
- ΔR<sub>ON</sub> = R<sub>ON (max)</sub> - R<sub>ON (min)</sub> measured at identical V<sub>CC</sub>, temperature, and voltage.
- Flatness is defined as the difference between the maximum and minimum value of on resistance over the specified range of conditions.

FSA4157, FSA4157A — Low-Voltage, 1Q SPDT Analog Switch

### AC Electrical Characteristics

Typical values are at 25°C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}(V)$	Ambient Temperature					Units	Figure
				-25°			-40 to +85°C			
				Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.		
$t_{ON}$	Turn-On Time	$B_0$ or $B_1=1.5V$ , $R_L=50\Omega$ , $C_L=35pF$ (FSA4157A Only)	2.7 to 3.6			60		65	ns	Figure 8
		$B_0$ or $B_1=1.5V$ , $R_L=50\Omega$ , $C_L=35pF$	2.7 to 3.6			50		60		
		$B_0$ or $B_1=1.5V$ , $R_L=50\Omega$ , $C_L=35pF$	4.5 to 5.5			35		40		
$t_{OFF}$	Turn-Off Time	$B_0$ or $B_1=1.5V$ , $R_L=50\Omega$ , $C_L=35pF$	2.7 to 3.6			20		30	ns	Figure 8
		$B_0$ or $B_1=1.5V$ , $R_L=50\Omega$ , $C_L=35pF$	4.5 to 5.5			15		20		
$t_{BMM}$	Break-Before-Make Time	FSA4157	2.7 to 3.6						ns	Figure 9
			4.5 to 5.5		20					
		FSA4157A Only	4.5 to 5.5		25					
Q	Charge Injection	$C_L=1.0nF$ , $V_{OFF}=0V$ , $R_{OFF}=0\Omega$	2.7 to 3.6		10				pC	Figure 11
			4.5 to 5.5		20					
OIRR	Off Isolation	$f=1MHz$ , $R_L=50\Omega$	2.7 to 3.6		-70				dB	Figure 10
			4.5 to 5.5		-70					
Xtalk	Crosstalk	$f=1MHz$ , $R_L=50\Omega$	2.7 to 3.6		-70				dB	Figure 10
			4.5 to 5.5		-70					
BW	-3db Bandwidth	$R_L=50\Omega$	2.7 to 3.6			300			MHz	Figure 13
			4.5 to 5.5			300				
THD	Total Harmonic Distortion	$R_L=600\Omega$ , $V_{IN}=0.5$ , $f=20Hz$ to $20kHz$	2.7 to 3.6		0.002				%	Figure 14
			4.5 to 5.5		0.002					

### Capacitance

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}(V)$	Ambient Temperature			Units	Figure
				-25°				
				Min.	Typ.	Max.		
$C_{IN}$	Control Pin Input Capacitance	$f=1MHz$	0		3.5		pF	Figure 12
$C_{OFF}$	B Port Off Capacitance	$f=1MHz$	4.5		12.0		pF	Figure 12
$C_{ON}$	On Capacitance	$f=1MHz$	4.5		40.0		pF	Figure 12

FSA4157, FSA4157A — Low-Voltage, 1Q SPDT Analog Switch

Typical Performance Characteristics

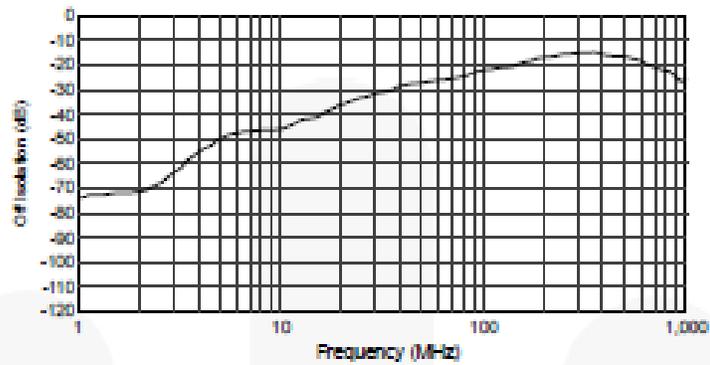


Figure 3. Off Isolation,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $5.5V$

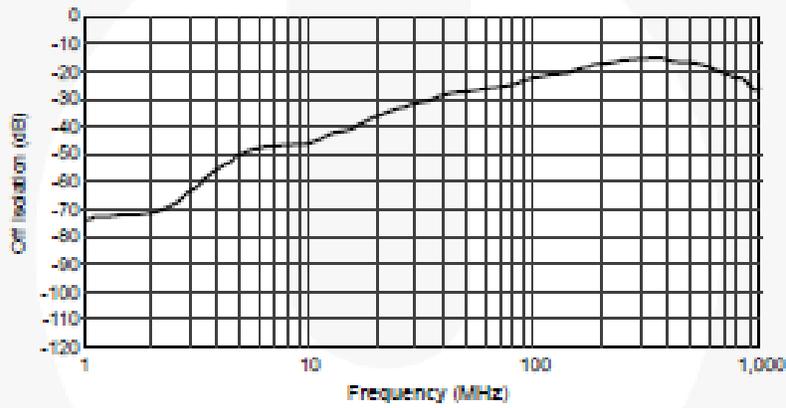


Figure 4. Crosstalk,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $5.5V$

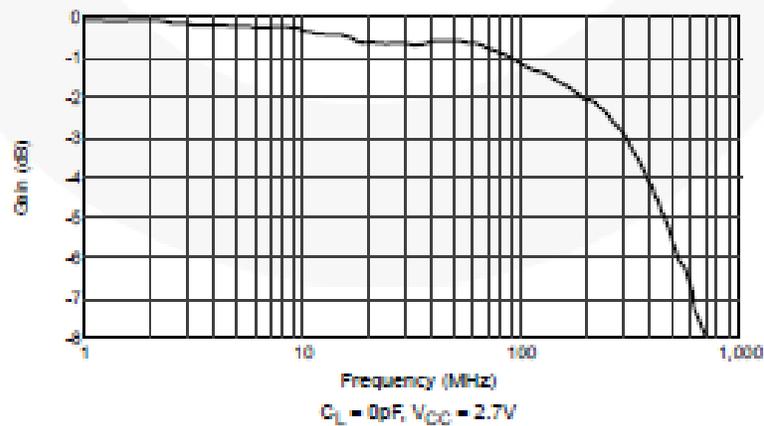


Figure 5. Bandwidth,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $5.5V$

Typical Performance Characteristics (Continued)

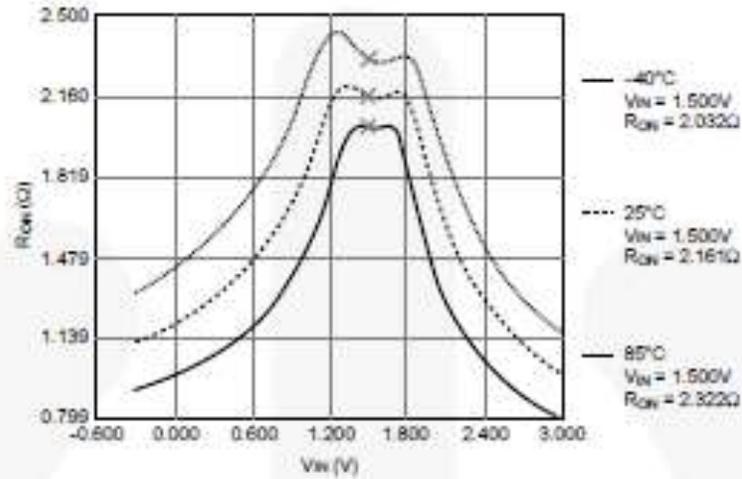


Figure 8. RON Switch On Resistance, ION = 100mA, VCC = 2.7

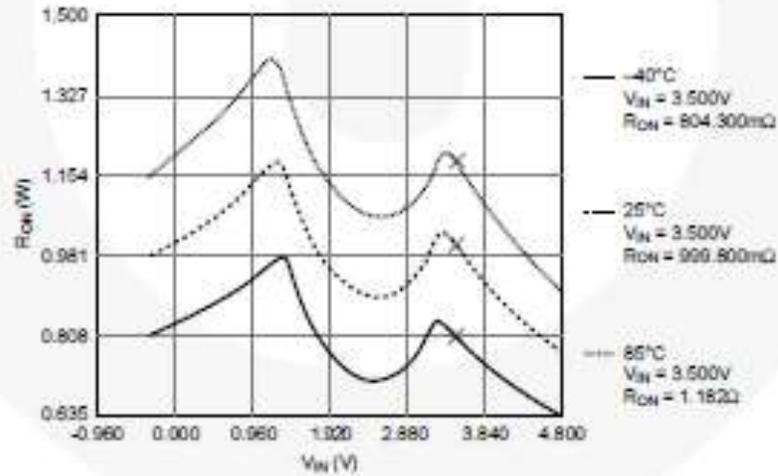


Figure 7. RON Switch On Resistance, ION = 100mA, VCC = 4.6V

**AC Loadings and Waveforms**

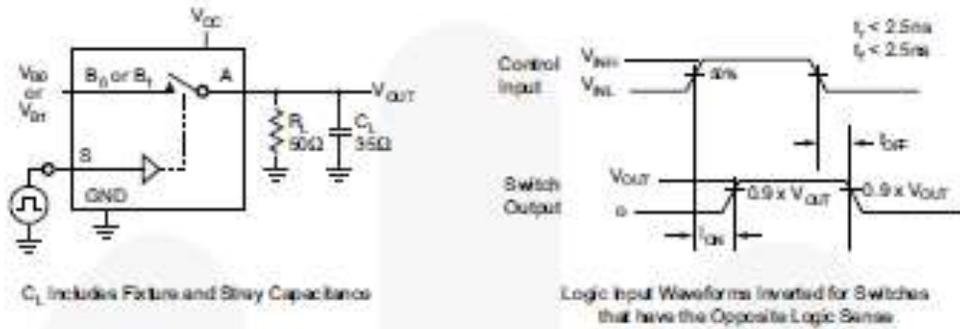


Figure 8. Turn On / Off Timing

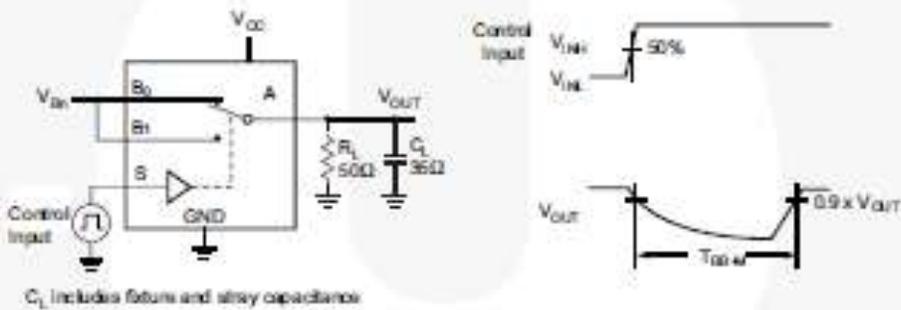


Figure 9. Break Before Make Timing

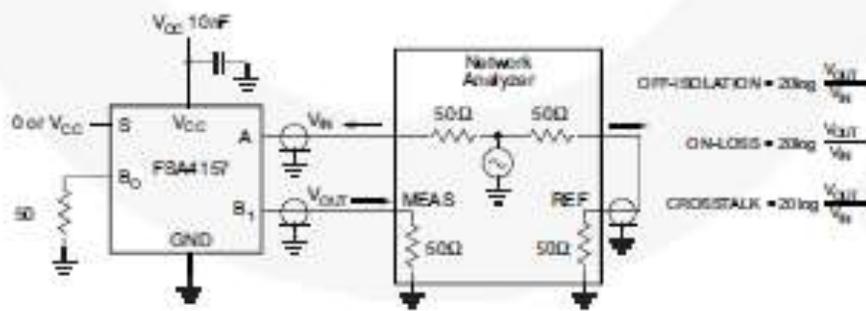
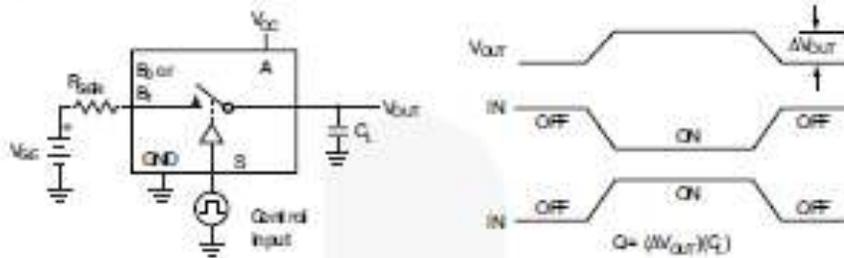
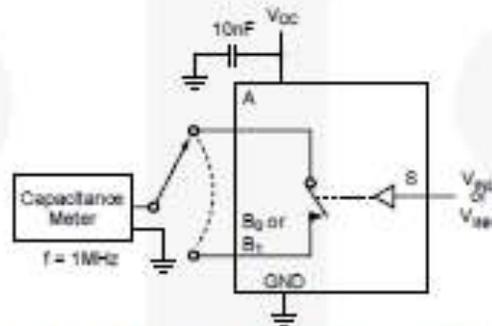


Figure 10. Off Isolation and Crosstalk

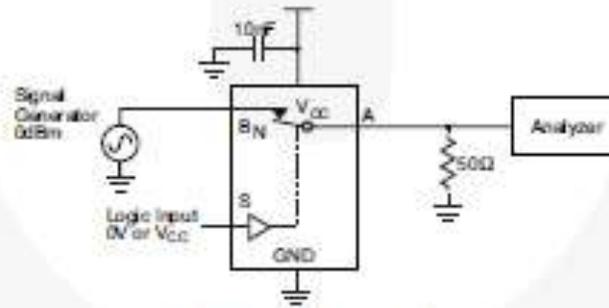
**AC Loadings and Waveforms (Continued)**



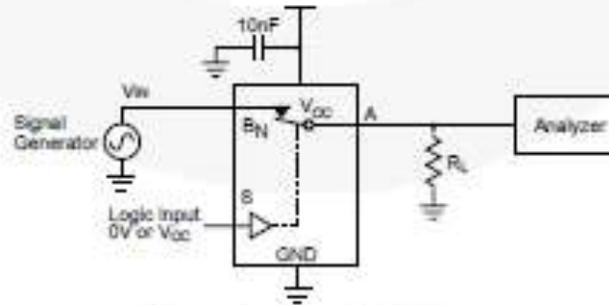
**Figure 11. Charge Injection**



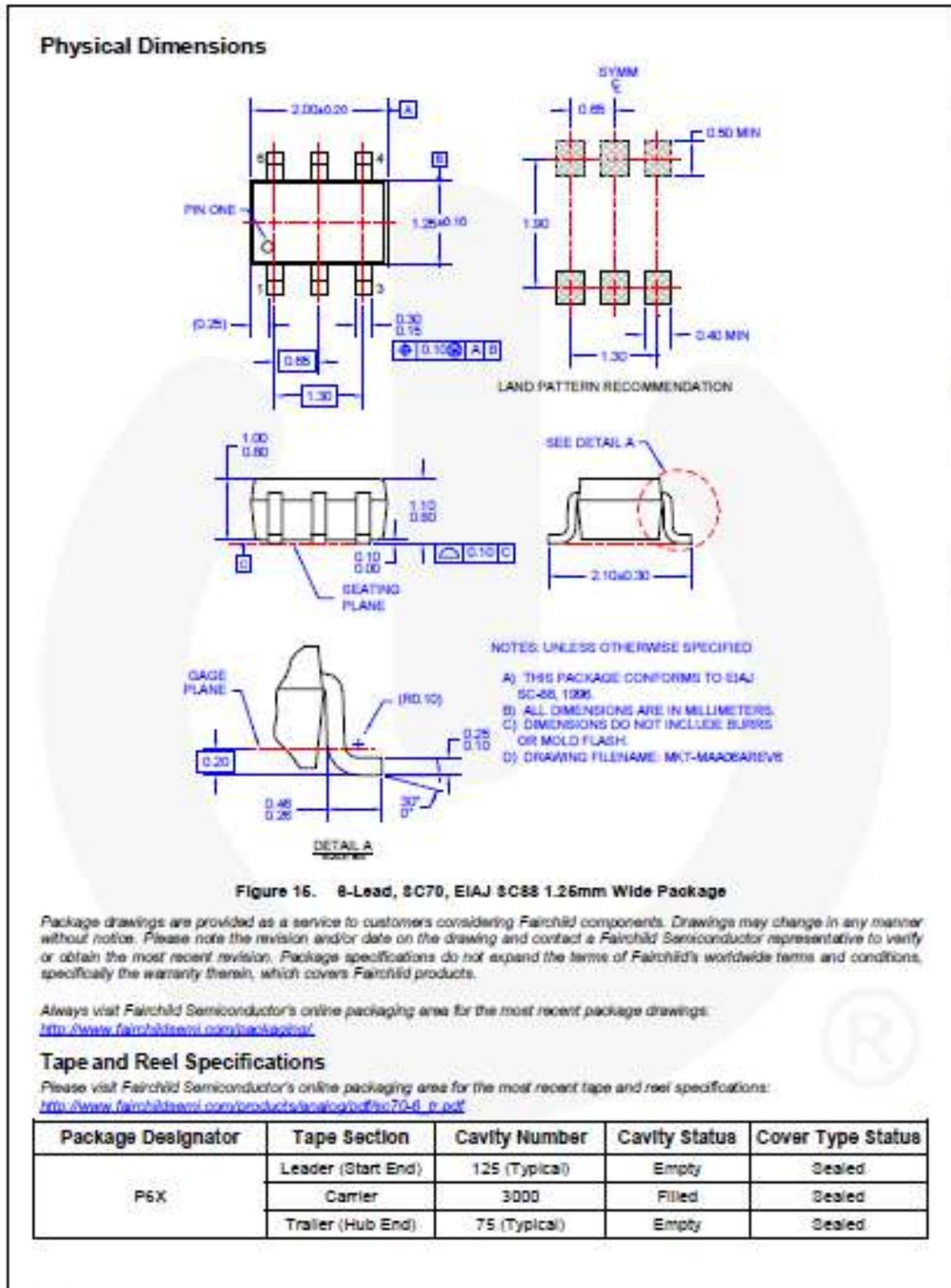
**Figure 12. On / Off Capacitance Measurement Setup**

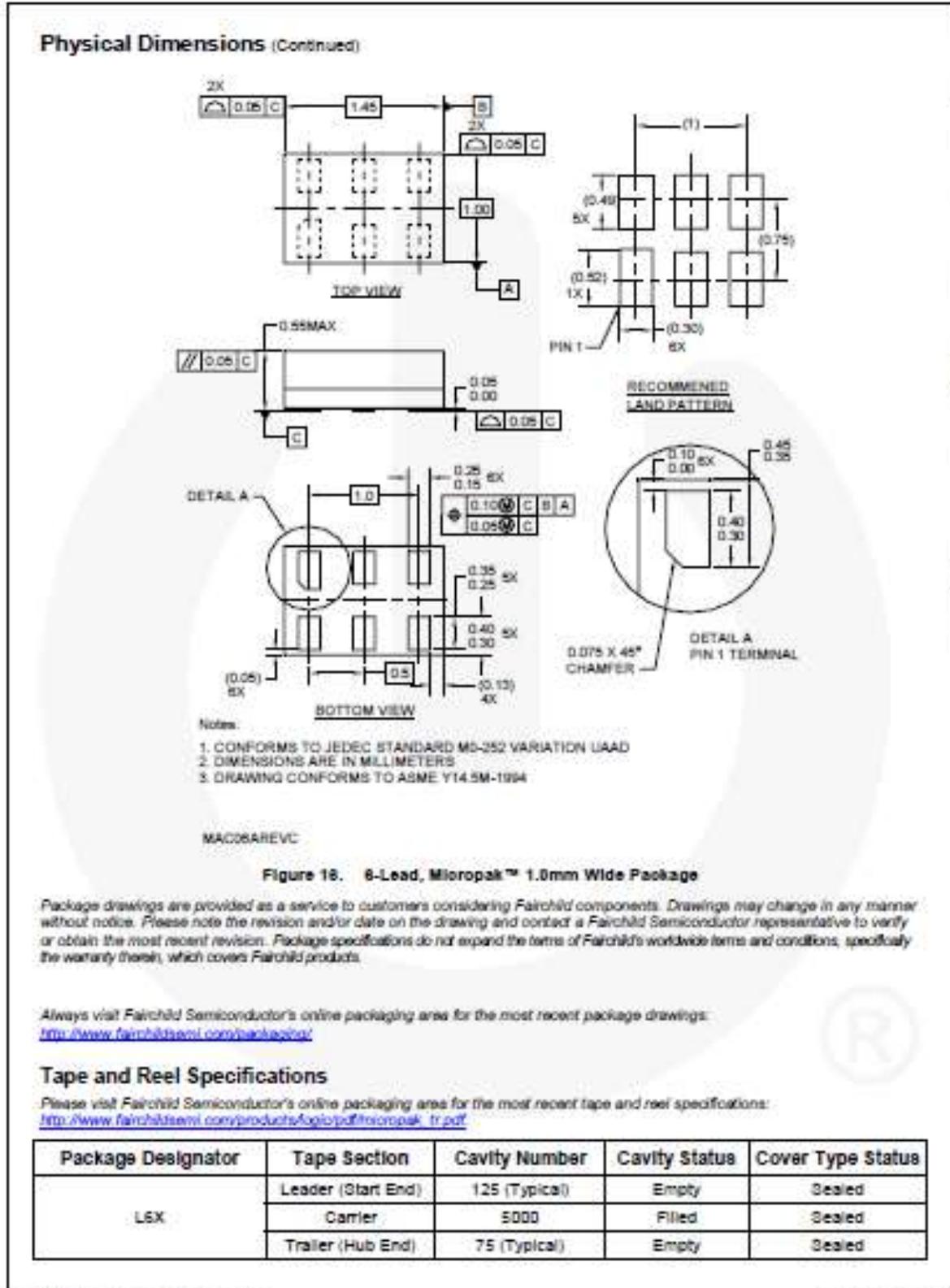


**Figure 13. Bandwidth**

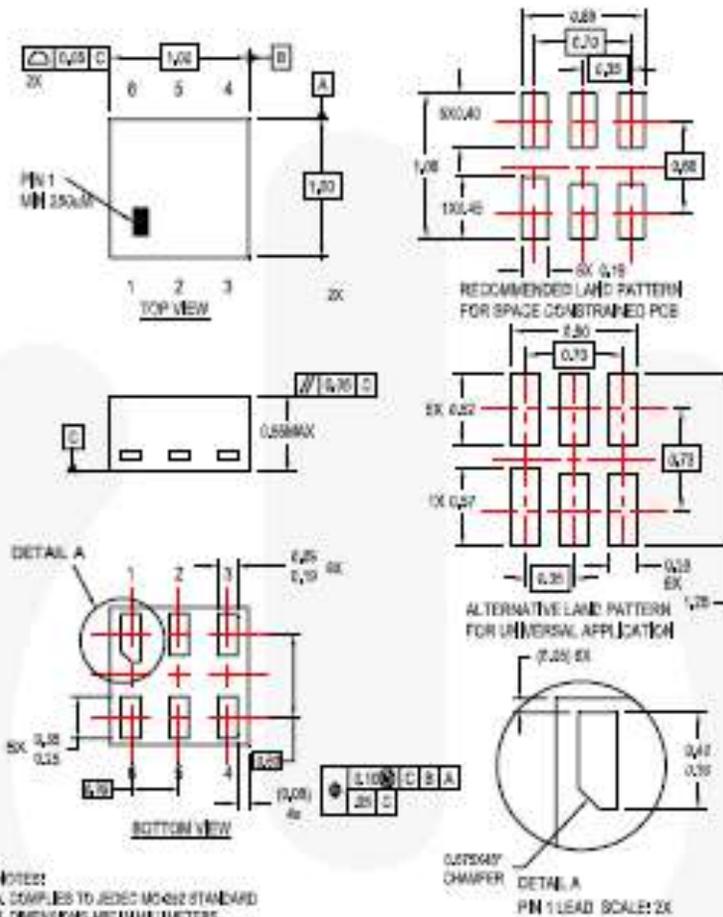


**Figure 14. Harmonic Distortion**





**Physical Dimensions (Continued)**



- NOTES:**
- A. COMPLIES TO JEDEC MO412 STANDARD
  - B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
  - C. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994
  - D. LAND PATTERN RECOMMENDATION IS BASED ON PISO DESIGN ONLY
  - E. DRAWING IS DIMENSIONED AND REVISED UNLESS OTHERWISE NOTED

**Figure 17. 8-Lead, MicroPak2, 1x1mm Body, .36mm Pitch**

Package drawings are provided as a service to customers considering Fairchild components. Drawings may change in any manner without notice. Please note the revision and/or date on the drawing and contact a Fairchild Semiconductor representative to verify or obtain the most recent revision. Package specifications do not expand the terms of Fairchild's worldwide terms and conditions, specifically the warranty therein, which covers Fairchild products.

Always visit Fairchild Semiconductor's online packaging area for the most recent package drawings:  
<http://www.fairchildsemi.com/packaging/>

**Tape and Reel Specifications**

Please visit Fairchild Semiconductor's online packaging area for the most recent tape and reel specifications:  
[http://www.fairchildsemi.com/packaging/MicroPAK2\\_8L\\_1r.pdf](http://www.fairchildsemi.com/packaging/MicroPAK2_8L_1r.pdf)

Package Designator	Tape Section	Cavity Number	Cavity Status	Cover Type Status
FHX	Leader (Start End)	125 (Typical)	Empty	Sealed
	Carrier	5000	Filled	Sealed
	Trailer (Hub End)	75 (Typical)	Empty	Sealed




---

**TRADEMARKS**  
The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

AccuPower™ Auto-SPM™ Built it Now™ CasePLUG™ CasePOMER™ CROSSCULT™ CTL™ Current Transfer Logic™ EcoPAR™ ERS™ E2 SWITCH™   Fairchild® Fairchild Semiconductor® FACT Quiet Series™ FACT™ FAST™ FastCore™ FETBench™ FlashWrite®	FPS™ F-PPS™ F-RECT™ Global Power Passives™ Green FPG™ Green FPS™ e-Series™ Gx™ GTOP™ InstaMax™ ISCLINAR™ MegaBuck™ MICROCOMPLER™ MicroFET™ MicroFET™ MicroDens™ MicroVity™ Nelson-SPM™ OPTOLOCK™ OPTOPLANAR™  Power-SPM™ Power-SPM™	PowerTrench® PowerIQ™ Programmable Active Droop® QFET™ QM™ Quiet Series™ NanoConfigure™  Spring of World, 'InnVIA™' at a time™ SignaVite™ SmartSil™ SMART START™ SPM™ STEALTH™ SuperFET™ SuperMOS™ SUPERMOS™ SuperMOS™ SuperMOS™ SyncFET™ Sync-Lock™  SYSTEM GENERAL	The Power Franchise™  TinyBoost™ TinyBuck™ TinyCell™ TinyLogic™ TINYOPTO™ TinyPower™ TinyPWM™ TinyWire™ Tri-Fault Detect™ TRUECURRENT™ uSerDes™  uSerDes™ UltraFET™ UltraFET™ VCO™ Visualizer™ VSP™
--	--	--	--

\* Trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor

---

**DISCLAIMER**  
FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCT'S HEREBY TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN, NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

---

**LIFE SUPPORT POLICY**  
FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

---

**ANTI-COUNTERFEITING POLICY**  
Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, [www.fairchildsemi.com/csr/Sales\\_Support](http://www.fairchildsemi.com/csr/Sales_Support).

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of board reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production as well as manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild quality standards for handling and storage, and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties, and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat the global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

---

**PRODUCT STATUS DEFINITIONS**

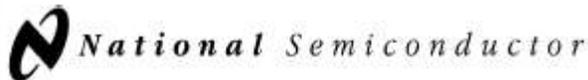
**Definition of Terms**

Dataset Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Preliminary / In Design	Dataset that contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Dataset that contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Dataset that contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not in Production	Dataset that contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The dataset is for reference information only.

Rev. 1.0

FSAA157, FSAA157A — Low-Voltage, 1Q SPDT Analog Switch

## **AMPLIFICADOR DE AUDIO DE BAJO VOLTAJE LM386**



August 2000

## LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

### General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

### Features

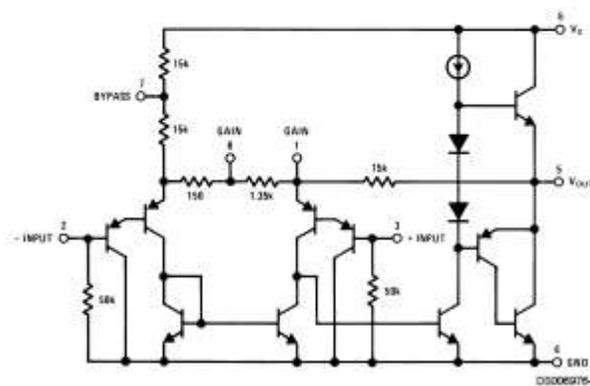
- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ( $A_V = 20$ ,  $V_S = 6V$ ,  $R_L = 8\Omega$ ,  $P_O = 125mW$ ,  $f = 1kHz$ )
- Available in 8 pin MSOP package

### Applications

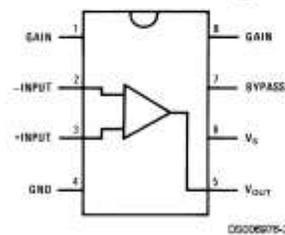
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Interrooms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

### Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Small Outline,  
Molded Mini Small Outline,  
and Dual-In-Line Packages



Top View  
Order Number LM386M-1,  
LM386MM-1, LM386N-1,  
LM386N-3 or LM386N-4  
See NS Package Number  
M08A, MUA08A or N08E

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V	Dual-In-Line Package Soldering (10 sec)	+260°C
Supply Voltage (LM386N-4)	22V	Small Outline Package (SOIC and MSOP)	+215°C
Package Dissipation (Note 3) (LM386N)	1.25W	Vapor Phase (60 sec)	+220°C
(LM386M)	0.73W	Infrared (15 sec)	+220°C
(LM386MM-1)	0.595W	See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Input Voltage	±0.4V	Thermal Resistance	
Storage Temperature	-65°C to +150°C	$\theta_{JC}$ (DIP)	37°C/W
Operating Temperature	0°C to +70°C	$\theta_{JA}$ (DIP)	107°C/W
Junction Temperature	+150°C	$\theta_{JC}$ (SO Package)	35°C/W
Soldering Information		$\theta_{JA}$ (SO Package)	172°C/W
		$\theta_{JA}$ (MSOP)	210°C/W
		$\theta_{JC}$ (MSOP)	56°C/W

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

$T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage ( $V_S$ ) LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-4		4 5		12 18	V V
Quiescent Current ( $I_Q$ )	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power ( $P_{OUT}$ ) LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-3 LM386N-4	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 18V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	250 500 700	325 700 1000		mW mW mW
Voltage Gain ( $A_V$ )	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}$ 10 $\mu\text{F}$ from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V, \text{Pins 1 and 8 Open}$		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz, Pins 1 and 8 Open}$		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz, } C_{BYPASS} = 10\ \mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance ( $R_{IN}$ )			50		k $\Omega$
Input Bias Current ( $I_{BIAS}$ )	$V_S = 6V, \text{Pins 2 and 3 Open}$		250		nA

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 107°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°C/W for the small outline package.

## Application Hints

### GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 k $\Omega$  resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 k $\Omega$  resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 k $\Omega$  resistor). For 6 dB effective bass boost:  $R = 15$  k $\Omega$ , the lowest value for good stable operation is  $R = 10$  k $\Omega$  if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then  $R$  as low as 2 k $\Omega$  can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

### INPUT BIASING

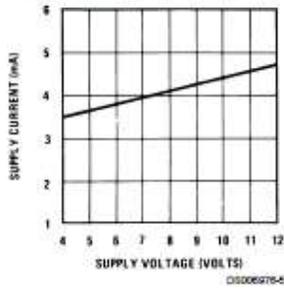
The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 k $\Omega$  resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 k $\Omega$  it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k $\Omega$ , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 k $\Omega$  resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1  $\mu$ F capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

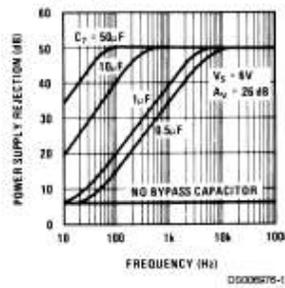
LM386

### Typical Performance Characteristics

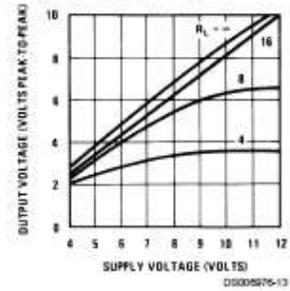
Quiescent Supply Current vs Supply Voltage



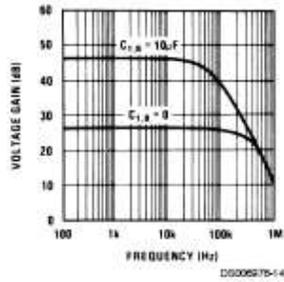
Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency



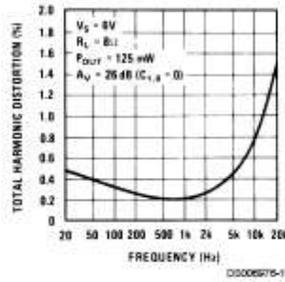
Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage



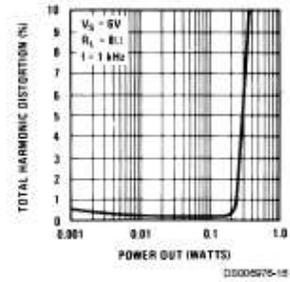
Voltage Gain vs Frequency



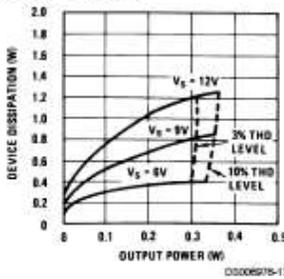
Distortion vs Frequency



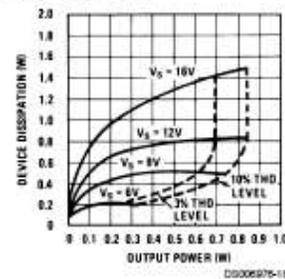
Distortion vs Output Power



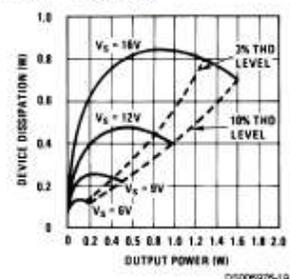
Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load



Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load

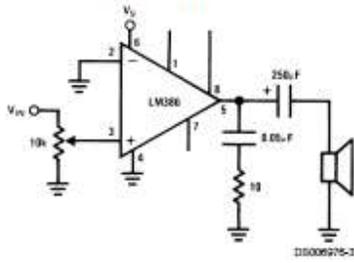


Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load

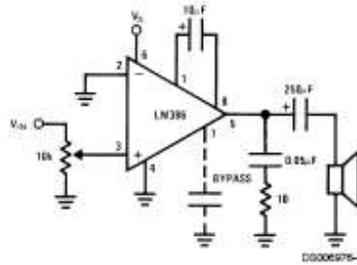


Typical Applications

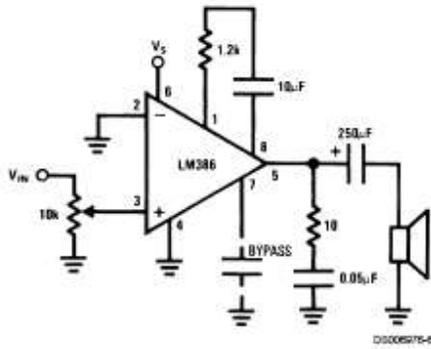
Amplifier with Gain = 20  
Minimum Parts



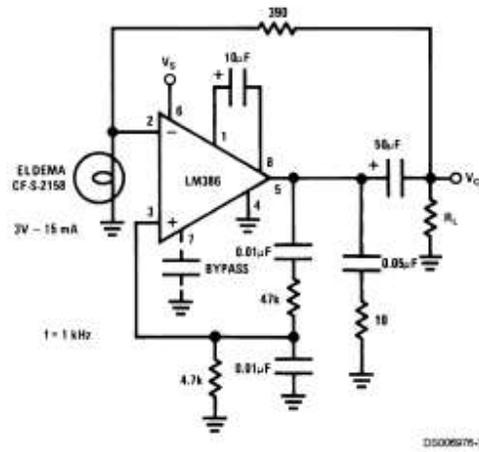
Amplifier with Gain = 200



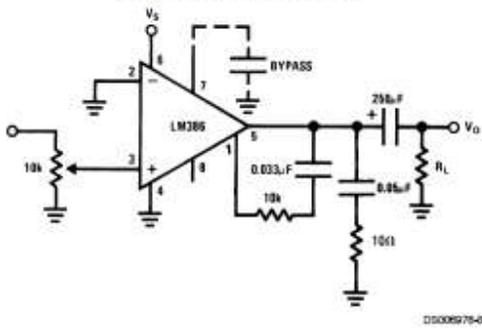
Amplifier with Gain = 50



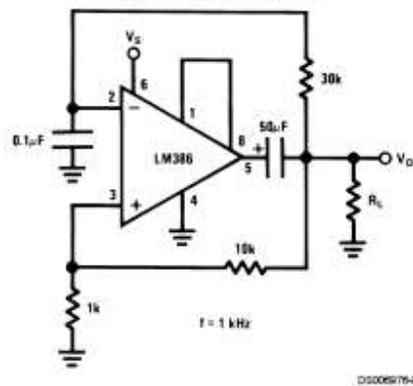
Low Distortion Power Wienbridge Oscillator



Amplifier with Bass Boost

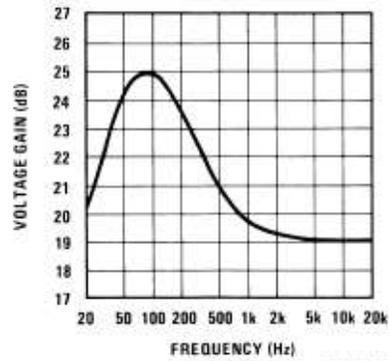


Square Wave Oscillator



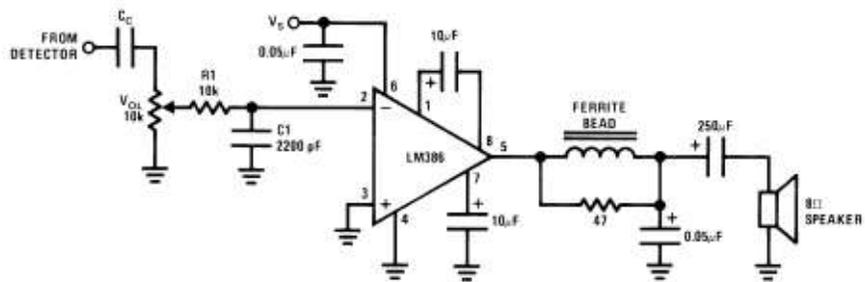
## Typical Applications (Continued)

Frequency Response with Bass Boost



05006975-10

AM Radio Power Amplifier



05006975-11

Note 4: Twist supply lead and supply ground very tightly.

Note 5: Twist speaker lead and ground very tightly.

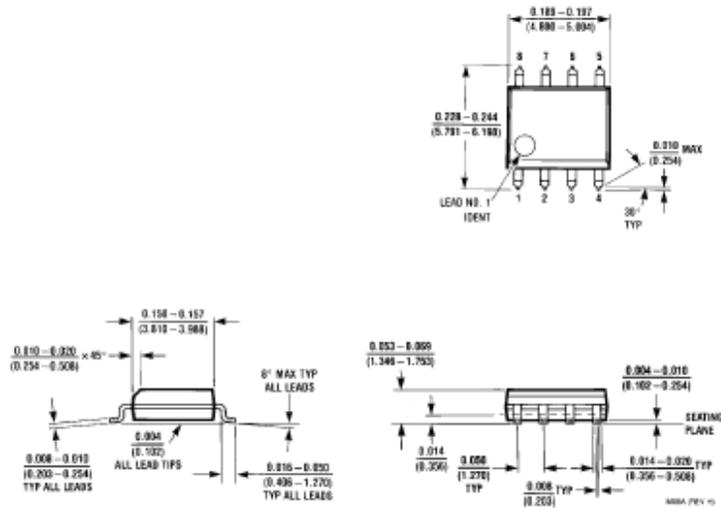
Note 6: Ferrite bead in Ferroxcube KS-001-001/3B with 3 turns of wire.

Note 7: R1C1 band limits input signals.

Note 8: All components must be spaced very closely to IC.

LM386

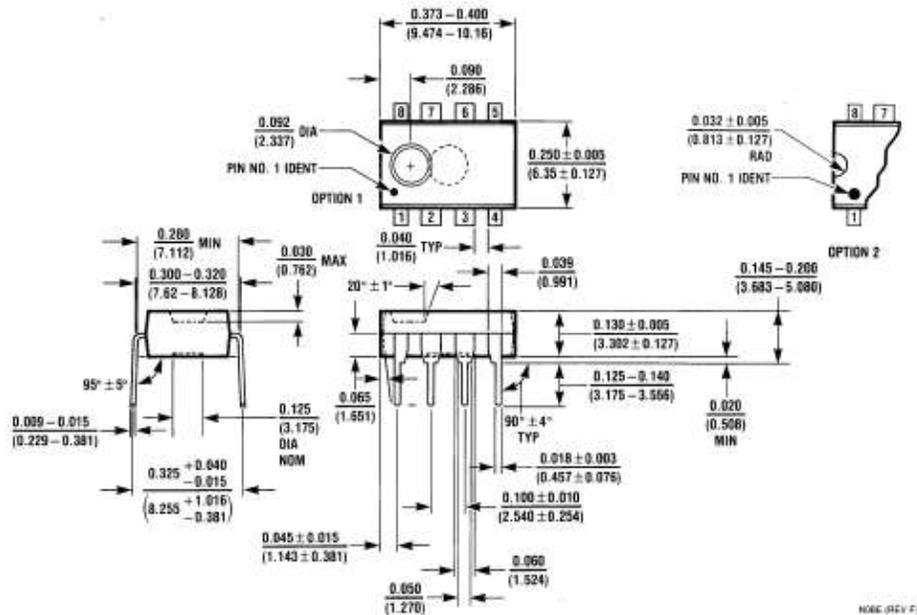
**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



**SO Package (M)**  
**Order Number LM386M-1**  
**NS Package Number M08A**



### Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)  
Order Number LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4  
NS Package Number N08E

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

#### LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor  
Corporation  
Americas  
Tel: 1-800-272-9955  
Fax: 1-800-737-7018  
Email: support@nsc.com  
www.national.com

National Semiconductor  
Europe  
Fax: +49 (0) 180-530 95 95  
Email: europe.support@nsc.com  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor  
Asia Pacific Customer  
Response Group  
Tel: 65-2544466  
Fax: 65-2504466  
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor  
Japan Ltd.  
Tel: 81-3-5639-7560  
Fax: 81-3-5639-7507

## **TARJETA WOLF BL2600**

# Rabbit SBC BL2600 Series

Ethernet-Enabled Single-Board Computer

Best suited for industrial control applications and is a low-cost PLC alternative.

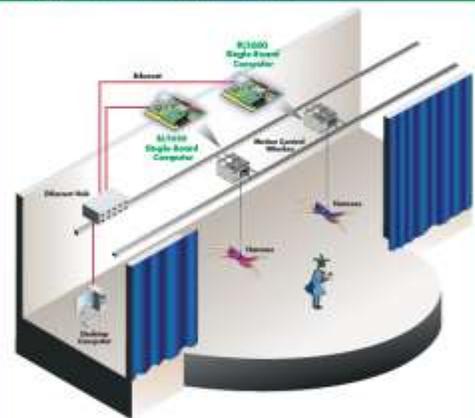


## Overview

The BL2600 series represents a class of advanced single-board computers that incorporates the powerful Rabbit 3000 microprocessor, Flash memory and RS-232/RS-485 serial ports. Additional module variants enable data logging of up to 1 GB in data storage. Functionality of the BL2600 series can be expanded using optional RabbitNet™ expansion cards.

The BL2600 series can be connected via two mechanisms: Dual-entry IDC through-hole sockets, which allow header mounting on either side of the board, and polarized locking industry-standard friction-lock connectors that enable rapid assembly with a wire harnesses. These connectors provide dependable cable harness connectivity to I/O. RabbitNet expansion boards are available (including A/D, D/A, digital I/O and keypad/display interface cards) to interface via the two multiplexed SPI RS-422 ports.

### Application Highlight



**Potential Applications:** Industrial control and automation, remote machine control, utilities, test and measurement, applications with high I/O requirement

### Features/Benefits

- Rabbit® 3000 microprocessor at 44 MHz
- 10/100Base-T Ethernet, RJ-45
- 512K Flash/512K SRAM
- 36 digital I/O (configurations include protected digital inputs, sinking/sourcing outputs, high current outputs)
- 12 analog channels: eight 11-bit A/D, four 12-bit D/A buffered outputs
- RabbitNet expansion ready
- Multiple "core module" options allow flexibility in functionality



Specifications	BL2600	BL2610
<b>Feature</b>		
Microprocessor	Rabbit® 3000 at 44 MHz	Rabbit® 3000 at 29 MHz
Ethernet Port	10/100Base-T, 3 LEDs	None
Flash Memory	512K (standard)	
Program Execution SRAM	512K	None
Data SRAM	256K	512K
Backup Battery	Panasonic CR2477 or equivalent 3V lithium coin type, 950 mA·h standard, socket-mounted	
Configurable I/O	16 individually software-configurable I/O channels may be configured as digital inputs $\pm 36$ VDC, switching threshold 1.5V typical, or as sinking digital outputs up to 40V, 200 mA each	
Digital Inputs	8 inputs hardware-configurable pull-up or pull-down, $\pm 36$ VDC, switching threshold 1.4V typical	
High-Current Digital Outputs	4 outputs individually software-configurable as sinking or sourcing, +40VDC, 2A max. per channel	
Analog Inputs	Eight 11-bit res. channels, software-selectable ranges unipolar: 1, 2, 2.5, 5, 10, 20VDC; bipolar $\pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10$ VDC; 4 channels can be hardware-configured for 4–20 mA; 1 M $\Omega$ input impedance, up to 4,100 samples/s	
Analog Outputs	Four 12-bit res. channels, buffered, 0–10VDC, $\pm 10$ VDC, and 4–20 mA, update rate 12 kHz	
Serial Ports	5 serial ports: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 RS-485 or 1 RS-232</li> <li>• 2 RS-232 or 1 RS-232 (with CTS/RTS)</li> <li>• 1 clocked serial port multiplexed to 2 RS-422 SPI master ports</li> <li>• 1 serial port dedicated for programming/debug</li> </ul>	
Serial Rate	Max. asynchronous rate = CLK/8, Max. synchronous rate = CLK/2	
Connectors	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RJ-45 connectors: 1 Ethernet and 2 RabbitNet™</li> <li>• Friction-lock connectors: 2 polarized 9-position terminals with 0.1" pitch; three 4-position power terminals with 0.156" pitch; two 20-position terminals with 0.1" pitch (2 <math>\times</math> 20 IDC option); one 13-position terminal with 0.1" pitch (2 <math>\times</math> 13 IDC option); one 10-position terminal with 0.1" pitch (2 <math>\times</math> 7 IDC option)</li> <li>• Programming port: 2 <math>\times</math> 5 IDC, 1.27 mm pitch (BL2600), 2 <math>\times</math> 5 IDC, 2 mm pitch (BL2610)</li> </ul>	
Real-Time Clock	Yes	
Timers	One 10-bit timer with 2 match registers	
Power	Yes	
Watchdog/Supervisor	9–36V DC, 12W max.	
Operating Temperature	–40° C to 470° C (–40° C to +85° C without battery)	
Humidity	5 to 95%, non-condensing	
Board Size	4.85" $\times$ 4.96" $\times$ 1.00" (123 mm $\times$ 126 mm $\times$ 25 mm)	
<b>Pricing</b>		
Price (qty. 1/100)	\$289 / \$272	\$269 / \$253
Part Number	20-101-0889	20-101-0891
Starter Package	\$488	\$468
Part Number	20-101-0889, 101-0626	20-101-0891, 101-0626

Visit [www.digi.com](http://www.digi.com) for part numbers.

**DIGI SERVICE AND SUPPORT** - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a strong one-year warranty. [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support)

**Digi International**  
877-912-3444  
952-912-3444  
[info@digi.com](mailto:info@digi.com)

**Digi International**  
**France**  
+33-1-55-61-98-98  
[www.digi.fr](http://www.digi.fr)

**Digi International**  
**KK**  
+81-3-5428-0261  
[www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

**Digi International**  
**(HK) Limited**  
+852-2833-1008  
[www.digi.cn](http://www.digi.cn)



91001596  
81/1210

BUY ONLINE • [www.digi.com](http://www.digi.com)



© 2006-2010 Digi International Inc.  
All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the Making Wireless M2M Easy logo, Rabbit and RabbitNet are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners. All information provided is subject to change without notice.

## **INTERFAZ OPTICA OP7200**

# OP7200 eDisplay Series

Ethernet-Intelligent Operator Interface

The compact eDisplay is an intelligent operator interface ideal for data acquisition and stand-alone systems such as factory floor controls.

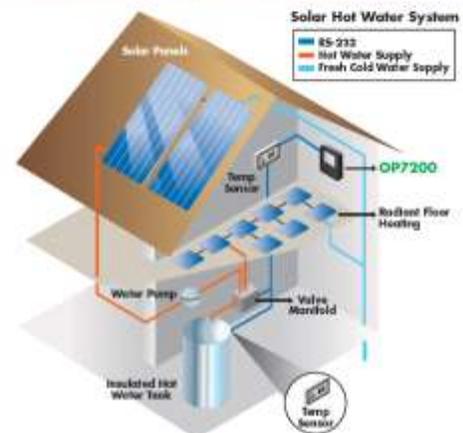


## Overview

The OP7200 series of intelligent operator interfaces offers rugged I/O and Ethernet connectivity, along with optional A/D and touchscreen capabilities. The 10-Base-T Ethernet facilitates remote diagnostics, control and communication, including sending and receiving emails and alerts. Both models come equipped with a ¼ VGA display with a 9-key keypad and programmable on/off white LED backlight. The OP7200 series also provides easy-to-use menu building software and offer a programmable audible alarm for prompt notification and keypad/display feedback.

Functionality of the OP7200 series can be expanded using the optional RabbitNet™ expansion cards. RabbitNet expansion cards can be tailored to a large variety of demanding applications.

## Application Highlight



**Potential Applications:** Industrial real-time control and automation, remote machine control, data acquisition, display dependent applications

## Features/Benefits

- Rabbit® 2000 microprocessor at 22 MHz
- ¼ VGA display (320 x 240 pixels)
- 10Base-T Ethernet, RJ-45
- 256K Flash/128K SRAM
- 24-27 Industrialized I/O and 4 CMOS-compatible serial ports
- English and foreign language fonts
- Graphic and bitmap images
- Open source GUI libraries



Specifications	OP7200	OP7210
<b>Features</b>		
Microprocessor	Rabbit® 2000 at 22 MHz	
Ethernet Port	10/100-compatible with 10Base-T interface, RJ-45	
Flash Memory	256K	
SRAM	128K	
Backup Battery	Socketed 3V lithium coin type, 205 mA-h	
Keypad/Display	% VGA (320 × 240 pixels) with programmable white LED backlight, black on white display, transreflective PSTN LCD, 8 o'clock viewing angle; 9-key keypad	
Touchscreen	4096 × 4096 resistive touchscreen	None
LEDs	4: Power On, Microprocessor Error, Ethernet Link, Ethernet Activity	
Digital Inputs	10: Protected to 3.6VDC	16: Protected to 3.6VDC
Digital Outputs	8: Individually configurable in software to sink up to 250 mA each, 3.6VDC max., or source up to 250 mA each, 4.0VDC max	
Analog Inputs	8 single-ended or 4 differential, 200 kΩ input impedance, 1.5 ksamples/s sampling rate Software-controlled ranges: 0-1V, 2V, 5V 10V, 20VDC (11-bit single-ended, 12-bit differential)	None
Connectors	Four 12-position screw-terminal headers, 0.1" pitch	Three 12-position screw-terminal headers, 0.1" pitch
Serial Ports	4 serial ports: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 RS-232 or 1 RS-232 (with CTS/RTS)</li> <li>• 1 RS-485 with onboard network termination and bias resistors or 1 RS-422 SP1 master port</li> <li>• One 5V CMOS-compatible programming port</li> </ul>	
Serial Rate	Max. burst rate = CLK/32, Max. sustained rate = CLK/94	
Real-Time Clock	Yes	
Timers	Five 8-bit timers (4 cascable from the first), one 10-bit timer with 2 match registers	
Watchdog/Supervisor	Yes	
Power	9-40V DC or 22-26V AC, 4W max.	
Temperature	Operating Range: -10° C to +65° C Storage Range: -30° C to +80° C	
Humidity	20% to 70%, non-condensing	
Unit Size	4.41" × 5.67" × 1.70" (112 mm × 144 mm × 43 mm)	
<b>Pricing</b>		
Price (qty. 1/100) Part Number	\$449 / \$422 20-101-0535	\$395 / \$375 20-101-0536
Starter Package Part Number	\$649 20-101-0535, 101-0543	\$599 20-101-0536, 101-0543

Visit [www.digi.com](http://www.digi.com) for part numbers.

**DIGI SERVICE AND SUPPORT** - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a strong one-year warranty. [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support)

**Digi International**  
877-912-3444  
952-912-3444  
info@digi.com

**Digi International**  
**France**  
+33-1-55-61-98-98  
[www.digi.fr](http://www.digi.fr)

**Digi International**  
**KK**  
+81-3-5428-0261  
[www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

**Digi International**  
**(HK) Limited**  
+852-2833-1008  
[www.digi.cn](http://www.digi.cn)

BUY ONLINE • [www.digi.com](http://www.digi.com)



01001007  
81/1210

© 2005-2010 Digi International Inc.

All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the Making Wireless M2M logo, Rabbit and Rabbitize are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners. All information provided is subject to change without notice.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Haykin, Simon, *Sistemas de Comunicación*, primera edición, editorial Limusa, México 2002.
- Oppenheim, Alan, Willsky, Alan, Nawab, Hamid, *Señales y Sistemas*, segunda edición, editorial Pearson Educación, México 1997.
- Blake, Roy, *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*, segunda edición, editorial Thomson, México 2004.
- Carlson, Bruce, Crilly, Paul, Rutledge, Janet, *Sistemas de Comunicación*, cuarta edición, editorial McGraw-Hill, México 2007.
- Couch, Leon, *Digital and Analog Communication Systems*, sexta edición, editorial Prentice Hall, Estados Unidos de América 2002.
- Balanis Constantine, *Antenna Theory*, tercera edición, editorial John Wiley & Sons, Estados Unidos de América 2005.
- Benvenuto, Nevio, Corvaja, Roberto, Erseghe, Tomaso, Laurenti, Nicola, *Communication Systems: Fundamentals and Design Method*, primera edición, editorial John Wiley & Sons, Gran Bretaña 2007.

- Bonilla, Gabriel, Galarza, Miguel, *Análisis, Diseño e implementación de un prototipo de unidad de retransmisión para las estaciones de radio VRC-8000 para el Centro de Apoyo Logístico del Ejército CALE*, Sangolquí 2008.
- Wolf BL2600 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/BL2600/BL2600UM.pdf), Julio 2010
- eDisplay OP7200 User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/OP7200/OP7200UM.pdf), Julio 2010
- Dynamic C User's Manual, [www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/DC/DCUserManual9/DCPUM.pdf](http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/DC/DCUserManual9/DCPUM.pdf), Julio 2010
- PCM – MIO – G, [www.winsystems.com/datasheets/PCM-MIO-G-DS.pdf](http://www.winsystems.com/datasheets/PCM-MIO-G-DS.pdf), Agosto 2010
- FSA4157A, [www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf](http://www.fairchildsemi.com/ds/FS/FSA4157.pdf), Julio 2010, Agosto 2010
- FSA4157A, [leocom.kr/FSA4157P6/FAIRCHILDSEMICONDUCTOR/IC류/아날로그스위치/주문코드/1102144](http://leocom.kr/FSA4157P6/FAIRCHILDSEMICONDUCTOR/IC류/아날로그스위치/주문코드/1102144), Octubre 2010
- Diagrama del Microteléfono H-189, [www.scribd.com/doc/36702587/TM-11-5965-280-15-Handset-H-189-GR](http://www.scribd.com/doc/36702587/TM-11-5965-280-15-Handset-H-189-GR), Agosto 2010
- LM386, [www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/6/LM386.pdf](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/6/LM386.pdf), Septiembre 2010