



Universidad del Azuay
Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería Electrónica

Construcción e implementación de autoswitch detector de silencio con control de Interfaz de Propósito General, GPI, para el sistema de automatización de Radio Familia 96.9 FM en la ciudad de Cuenca.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Tecnólogo Electrónico Industrial

Autor:

Xavier Eduardo Macas Enderica

Director:

Francisco Eugenio Vásquez Calero

Cuenca, Ecuador

2012

Dedicatoria

En memoria de Eduardo, mi padre,
por su legado de hombre de bien,
tenacidad y espíritu vencedor.

Agradecimientos

A mi padre Eduardo,
por su apoyo y su motivación
en esta hermosa carrera.

A Edith, mi esposa y compañera.

A mi madre Oliva,
a mis hermanos Monserrath y Gustavo.

Y finalmente, a Don Jim Childs por su ayuda incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tablas.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: SISTEMAS DE AMPLIFICACIÓN Y CONTROL ANALÓGICO	
1.1 El origen histórico de los amplificadores Operacionales.....	3
1.1.1 Arquitectura de los A.O.....	7
1.1.2 Funcionamiento de los A.O.....	10
1.1.3 Características de los A.O. LF353N y NE5532.....	13
1.2 Los transistores JFET.....	19
1.3 Los optoacopladores.....	27
CAPÍTULO II: ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS EN SISTEMAS DE AUDIO	
2.1 El audio balanceado.....	31
2.2 Análisis del sistema de amplificación balanceada.....	35
CAPÍTULO III: ANÁLISIS ELECTRÓNICO DEL CIRCUITO A IMPLEMENTARSE	
3.1 Descripción y análisis del sistema GPI.....	38
3.2 Descripción del funcionamiento del sistema GPI/O en el Interfaz del	

programa de automatización ENCO DAD PRO 32.....	39
3.3 Programación para el interfaz GPI/O.....	42

CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO

4.1 Montaje y adecuación del circuito.....	47
4.2 Diseño del sistema de interconexión de audio en Radio Familia.....	54
4.3 Informe sobre el acoplamiento del sistema en la radio.....	56
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	59
Referencias bibliográficas.....	60
Referencias electrónicas.....	61
Anexos.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1a: Imagen del primer amplificador operacional comercial.....	5
Figura 1b: diagrama interno del AO de la figura 1 ^a	5
Figura 2: Esquema en detalle del AO K2-XA.....	5
Figura 3: Circuito equivalente del AO Ideal.....	6
Figura 4: Simbología empleada para el amplificador operacional ideal.....	7
Figura 5: Diagrama de bloques de un amplificador operacional ideal.....	8
Figura 6: Diagrama seccionado del interior de un AO.....	9
Figura 7: Configuración inversora a circuito cerrado.....	11
Figura 8: Diagrama del circuito interno del amplificador operacional RCA.....	11
Figura 9: Esquema simplificado del LF353.....	13
Figura 10: Esquema simplificado del LF353 de los transistores BI-FET.....	17
Figura 11: Simbología genérica de los transistores BJT y JFET.....	19
Figura 12: Símbolos del JFET: (a) canal n; (b) canal p.....	21
Figura 13: Polarización simplificada de los JFET canal p y canal n.....	22
Figura 14a: Diagrama didáctico de la conexión interna de un JFET canal p.....	23
Figura 14b: Zona de empobrecimiento cuando circula una corriente desde D a S....	23
Figura 15: Gráfica con la curva del JFET en función de la corriente DS y voltaje DS	24
Figura 16: Gráfica del JFET en su región de empobrecimiento.....	24
Figura 17: Curvas del Transistor JFET J174, en función de la corriente de drenador y el voltaje DS.....	25
Figura 18: Algunos optoacopladores.....	27
Figura 19: Diagrama interno del optotransistor 2N45.....	27
Figura 20: Símbolo del fotodiodo.....	28
Figura 21: Símbolo genérico del fototransistor.....	28
Figura 22: Alambre usado para la conexión de parlantes.....	31
Figura 23: Plugs: (a) telefónico RTS de ¼, (b) plug XLR, (c) diagrama interior del cable de audio (d) seccionamiento de cable.....	32
Figura 24: Plugs: (a) RCA, (b) telefónico ¼ monofónico, (c) diagrama de cable no balanceado, (d) seccionamiento de cable no balanceado.....	33
Figura 25: Diagrama para el aterramiento de un sistema de audio.....	34
Figura 26: AO en configuración de “Convertidor de voltaje referencial a corriente” ...	35
Figura 27: Panel de control del DAD PRO32.....	44

Figura 28: Diagrama de bloques del detector automático de silencio.....	47
Figura 29 (a): Detector de silencio, diseñado por Henry Engenering.....	51
Figura 29 (b): Diagrama electrónico del circuito detector de silencio, bloque (b).....	52
Figura 30: Diagrama unifilar de conexión de audio antes de la instalación del autoswitch.....	53
Figura 31: Diagrama unifilar para la instalación del autoswitch detector de silencio Radio Familia.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características destacadas del LF353.....	14
Tabla 2: Valores máximos absolutos del LF353.....	14
Tabla 3: Valores máximos absolutos del NE5532.....	18
Tabla 4: Características destacadas del NE5532.....	18
Tabla 5: Ejemplo de archivo de ONAIR.GPI.....	39
Tabla 6: Ejemplo para conexiones de receptor satelital en tarjeta GPI.....	40
Tabla 7: Comandos de corte GPI.....	42
Tabla 8: Ejemplo de playlist con tanda de autoplay.....	42
Tabla 9: Variables para la programación del GPO.....	44

Handwritten signature and date: 12/06/12

RESUMEN

Construcción e implementación de autoswitch detector de silencio con control de Interfaz de Propósito General, GPI, para el sistema de automatización de Radio Familia 96.9 FM en la ciudad de Cuenca.

Este trabajo de investigación implementó un circuito electrónico capaz de detectar la ausencia de audio en una estación de radio, con la capacidad de conmutar hacia una señal sonora alterna de emergencia, hasta que la fuente principal se haya restablecido. El sistema además cuenta con una entrada optoaislada GPI, (General Propupose Input) con la cual el equipo puede ser controlado remotamente a través de un pulso eléctrico proveniente del sistema de automatización, en este caso ENCO DAD_{PRO}32, mismo que posee una tarjeta interfaz denominada GPIO (input – output).

Por su sencillez, versatilidad y costo relativamente bajo, este equipo puede implementarse en cualquier emisora de radio. Este equipo evitará que la estación radial se “quede en silencio”, pues dicha situación suele ocasionar pérdida de oyentes y por consiguiente pauta publicitaria.

Palabras claves: detector de silencio, GPIO, señal de emergencia de audio, sistema backup de audio, funcionamiento de JFET.

Handwritten signature of Xavier Eduardo Macas

Xavier Eduardo Macas.
Estudiante

Handwritten signature of Ing. Francisco Vásquez

Ing. Francisco Vásquez
Director de trabajo de grado

Miembros de la Junta Académica de la Facultad de Ciencia y Tecnología, UDA:

Handwritten signature of Ing. Leonel Pérez

Ing. Leonel Pérez

Handwritten signature of Ing. Freddy Pesántez

Ing. Freddy Pesántez

Handwritten signature of Ing. Hernán Maldonado

Ing. Hernán Maldonado



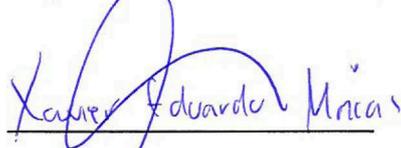
ABSTRACT

Construcción e implementación de autoswitch detector de silencio con control de Interfaz de Propósito General, GPI, para el sistema de automatización de Radio Familia 96.9 FM en la ciudad de Cuenca.

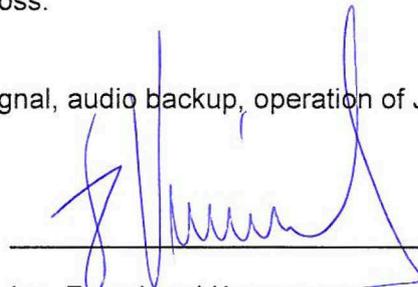
An electronic circuit was implemented which is capable of detecting the absence of audio in a radio station, with the capacity to switch to a backup audio source until the original audio source is restored. The system also includes an optically isolated General Purpose Input (GPI) that allows the system to be controlled remotely by an automation system. In this case an ENCO DADPRO32 automation system was used, which includes a General Purpose Input-Output (GPIO) interface card.

Because of its simplicity, versatility, and relatively low cost, this system can be used in any radio station. Its most outstanding use is its capacity to avoid "dead air", as this can cause loss of listeners and resultant advertising income loss.

Tags: silence detector, GPIO, audio emergency signal, audio backup, operation of JFET

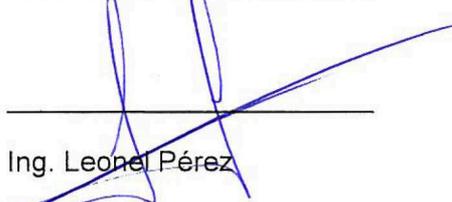


Xavier Eduardo Macas.
Estudiante



Ing. Francisco Vásquez
Director de Trabajo de Grado

Miembros de la Junta Académica de la Facultad de Ciencia y Tecnología, UDA:



Ing. Leonel Pérez



Ing. Freddy Pesántez



Ing. Hernán Maldonado

Xavier Eduardo Macas Enderica

Trabajo de graduación

Director: Francisco Eugenio Vásquez Calero

Junio 12 de 2012

Construcción e implementación de autoswitch detector de silencio con control de Interfaz de Propósito General, GPI, para el sistema de automatización de Radio Familia 96.9 FM en la ciudad de Cuenca.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que las estaciones de radio han incorporado equipos informáticos para trabajar sus bandejas de programación, siguen ocurriendo percances por error humano, o debido a la falla del software o hardware. Estos percances provocan silencios o la ausencia de sonido al aire.

Es en este punto, donde la electrónica se convierte en una herramienta de soporte de emergencia para dar una respuesta rápida en caso de producirse baches en la señal de la radio. De hecho, este proyecto presenta una respuesta para obtener una señal de emergencia, mientras el técnico responsable restablece el sistema.

En síntesis, el presente trabajo describe el proceso de construcción e implementación de un *autoswitch* electrónico de audio de alta fidelidad, cuya función específica es detectar y evitar silencios prolongados durante la transmisión de la estación radial Familia 96.9 FM en la ciudad de Cuenca.

Con esta implementación, se busca entregar una transmisión continua sin interrupciones a los oyentes. Este trabajo se realizó considerando dos factores: calidad y bajos precios, a través de tecnología electrónica analógica y control digital.

OBJETIVOS

General

- Mejorar la respuesta de emergencia en el sistema de automatización de audio de Radio Familia, con la construcción e implementación de un *autoswitch* detector de silencio.

Específicos

- Construir un circuito electrónico capaz de detectar un silencio prolongado para evitar “emisiones sin audio” en una estación de radio.
- Instalar el sistema de control automático de audio en los estudios de Radio Familia.
- Acoplar el interfaz GPI entre el sistema de audio emergente y el sistema de automatización ENCO DAD PRO 32 que utiliza dicha estación de radio.

En cuanto a la metodología, podemos señalar que se utilizó la investigación bibliográfica a través de fuentes como: libros, manuales, y documentos de Internet, elementos con los cuales se pudo llegar a la fase de experimentación y posteriormente a la de implementación de este proyecto, como se podrá ver a lo largo de este documento.

CAPÍTULO I

SISTEMAS DE AMPLIFICACIÓN Y CONTROL ANALÓGICO

1.1 El origen histórico de los amplificadores operacionales

Los primeros amplificadores operacionales aparecen al final de la década de 1940. Originalmente se empleaban en computadoras analógicas que realizaban operaciones matemáticas como sumar, multiplicar e incluso a resolver ecuaciones diferenciales. Es necesario precisar que las computadoras analógicas eran poco exactas y admitían un máximo de tres cifras significativas. De allí que fueran reemplazadas por computadoras digitales, pues son más rápidas y exactas.

Aunque la invención del primer amplificador operacional, (A.O., amp-op o AMOP), se le atribuye a George A. Philbrick (quien luego constituiría su propia empresa llamada George A. Philbrick *Researches* a finales de 1952) varias fuentes bibliográficas señalan a Julie Loebe¹ como el precursor de este poderoso dispositivo electrónico. Julie trabajaba para la Universidad de Columbia, Estados Unidos, mientras se realizaban investigaciones orientadas a “construir una computadora capaz de calcular las distancias para que los proyectiles de los aviones fueran más acertivos con los blancos. Dicho proyecto fue auspiciado por el Departamento de Defensa de los EEUU” (Taylor, 3).

Luego del trabajo realizado se escribió, en mayo de 1947, un artículo técnico llamado "Análisis de Problemas de Dinámica de Circuitos Electrónicos". Julie aparece en los créditos de algunas fases durante el desarrollo de aquel proyecto,

¹ <http://www.tayloredge.com/museum/museum/opamp.pdf>. Este artículo fue elaborado por John Taylor, de Taylor Electronics Services. Acceso: 20 de octubre de 2011

pero John R. Ragazzini, profesor a cargo de un laboratorio de electrónica en la Universidad de Columbia, aparece como autor principal de dicha investigación, esto se explica debido a que 50 años atrás no era raro que un profesor tomara el crédito de un logro importante de sus subalternos.

En cuanto a la técnica podemos indicar que los amplificadores se usaban para realizar algunas operaciones matemáticas. La desventaja era su gran voluminosidad, lentitud y que generalmente no estaban disponibles en el mercado. Por esos años la empresa *Western Electric* diseñó un péntodo al que llamó M-IX. Este tenía cinco conexiones y se esperaba que fuera el corazón para los cálculos matemáticos que se encargarían de dirigir la artillería de los cañones del ejército de los EEUU.

En ese contexto, Philbrick fue subcontratado por la Universidad de Columbia para realizar procesos intermedios en la construcción de este equipo militar. Philbrick a su vez contrató a Julie para realizar pruebas de desempeño del M-IX. Los resultados fueron poco alentadores, el péntodo era muy lento y tardó más de media hora en realizar las ecuaciones diferenciales para la trayectoria de proyectiles. La demora se debía a que los amplificadores tenían una frecuencia de corte de 1 Hz.

En apenas 30 días, Julie construyó su propio amplificador operacional con una frecuencia de corte de 1 kHz. Su dispositivo poseía resistencias de ajuste y condensadores que evitaban oscilaciones parasitarias. Esto redundó en mejores resultados en los cálculos de integración y diferenciación. Como resultado final el aparato que realizaba el cálculo, ocupaba el espacio similar al de una máquina de escribir portátil.

Posteriormente Philbrick publicó un trabajo sobre un aparato compuesto por tríodos de vacío integrados en un bloque que constituiría el antecesor del actual amplificador operacional. “Como resultado nació el K2-W (figura 1a), que era un operacional a base de tríodos que comenzó a comercializarse en 1952 y se dejó de vender en 1971. Para 1962 Philbrick lanzó el PP65, uno de los primeros amplificadores operacionales que funcionaban con tecnología de semiconductor”

(Taylor, 3). Al poco tiempo la Philbrick desarrolló una versión de mayor potencia, a la que denominó K2-XA (figura 2).

Así pues, Julie Loebe y George Philbrick fueron el eslabón principal para el diseño y construcción del primer amplificador operacional. En la gráfica (figura 1b) podemos observar el diagrama interno de este dispositivo. En la actualidad el advenimiento de la electrónica digital y su evolución hasta la computadora moderna, han desplazado a estos dispositivos a otras áreas de trabajo muy importantes en la electrónica analógica.



The first commercial op amp. Photo courtesy of Dan Sheingold and Analog Devices Inc.

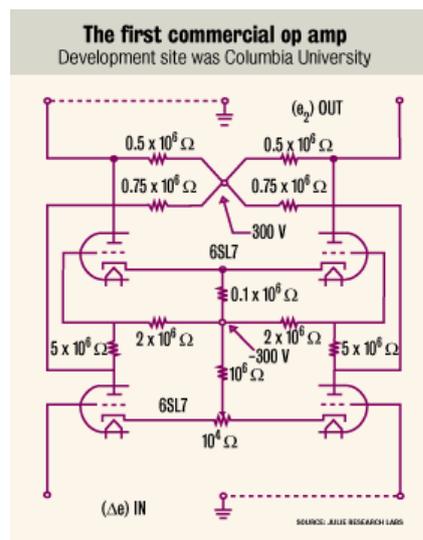


Figura 1a: Imagen del primer amplificador operacional comercial, construido por Philbrick.

Figura 1b: diagrama interno del AO de la figura 1a.

Fuente: John Taylor: <http://www.taylor-edge.com/> Acceso: 20 de octubre de 2011.

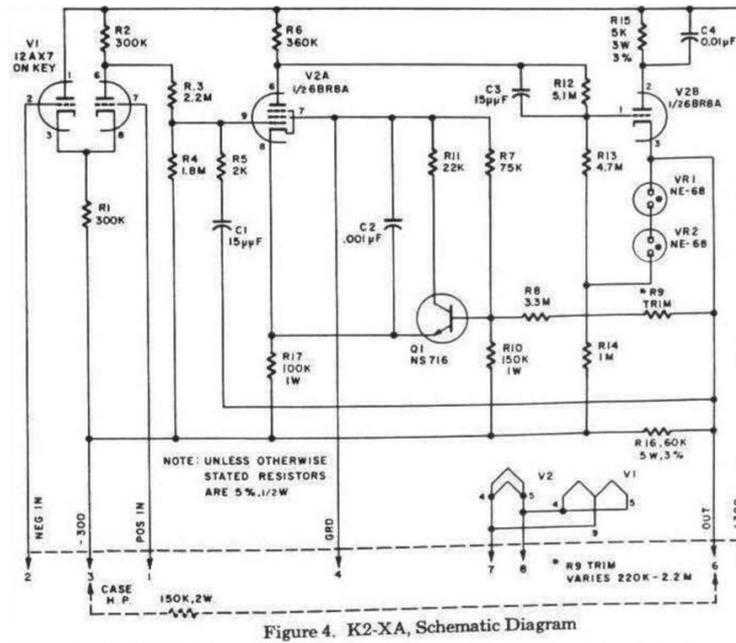


Figura 2: Esquema en detalle del AO K2-XA,
Fuente: John Taylor: <http://www.tayloredge.com/> Acceso: 20 de octubre de 2011

Nacimiento y desarrollo del amplificador operacional integrado

Entre los años 1964 y 1967 la empresa *Fairchild* desarrolló los AO 702, 709 y 741, mientras que *National Semiconductor Corporation* introdujo sus operacionales 101 y 301. Estos fueron los primeros operacionales integrados y revolucionaron algunas áreas de la electrónica por su pequeño tamaño y bajo costo. Más importante aún, redujeron drásticamente el trabajo de diseño de circuitos.

Por ejemplo, en lugar de la tediosa y difícil tarea de realizar un amplificador con transistores, los diseñadores podían servirse del amplificador operacional, conectar unas cuantas resistencias y construir un excelente amplificador. Comúnmente un operacional tiene tres terminales: dos de entrada y una salida. En la figura 3 se puede apreciar el símbolo utilizado para representar al amplificador operacional. Los terminales 1 y 2 son las entradas y el tres es la salida.

Para su funcionamiento los amplificadores operacionales requieren energía de corriente continua y regularmente necesitan alimentación simétrica ($-V_{CC} + V_{CC}$). (Sedra, Smith, 61)

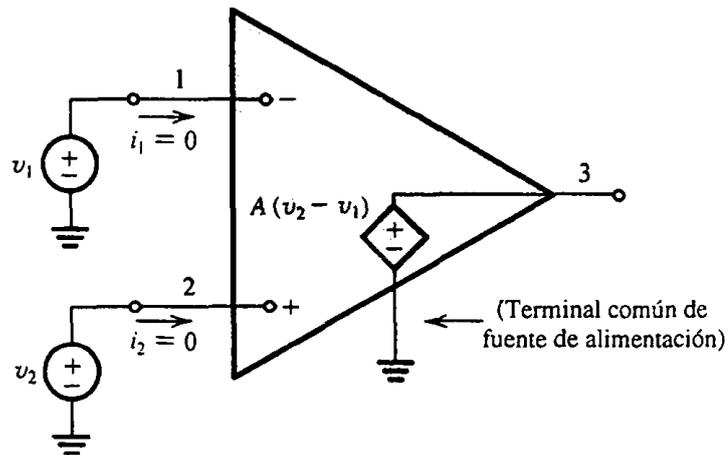


Figura 3: Circuito equivalente del AO Ideal.
Fuente: Sedra, Smith, 81

1.1.1 Arquitectura de los amplificadores operacionales

Para entender la arquitectura de un AO primero es necesario conocer su funcionamiento, en primera instancia lo describiremos brevemente, y más adelante analizaremos en detalle sus características y funcionamiento. Empezaremos indicando que los elementos que se compran en las tiendas especializadas de electrónica, son distintos a los que se describen en la teoría, aunque las diferencias no son tan amplias, sin embargo los cálculos suelen variar levemente en la práctica.

En primera instancia debemos indicar que un AO funciona con una fuente de alimentación continua, lo que permitirá polarizar sus transistores internos. Regularmente se emplean fuentes de alimentación simétrica (positiva y negativa), de este modo se permite que la salida sea alternante entre uno u otro polo. Obviamente el voltaje de salida nunca podrá superar los límites que marquen las alimentaciones.

En cuanto al funcionamiento de los AO, una de sus funciones principales es la de captar la diferencia del voltaje que se aplica a sus bornes de entrada 1 y 2 (- +),

respectivamente, estos voltajes se miden con respecto a tierra, V_2 y V_1 , a estas entradas también se las conoce como inversoras y no inversoras) pero a más de ello es capaz de multiplicar dicha diferencia ($V_2 - V_1$) por un factor de ganancia al que arbitrariamente denominaremos A (y que se le conoce como ganancia diferencial). Multiplicando dichos valores tenemos $A(V_2 - V_1)$, finalmente este valor aparecerá en el pin de salida, 3, dicho voltaje también se mide con referencia a tierra (figura 4, 5). (Sedra, Smith, 81)

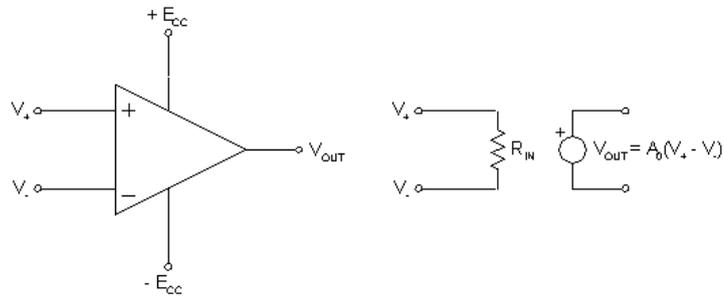


Figura 4: Simbología empleada para el amplificador operacional ideal.
Fuente: Xavier Macas

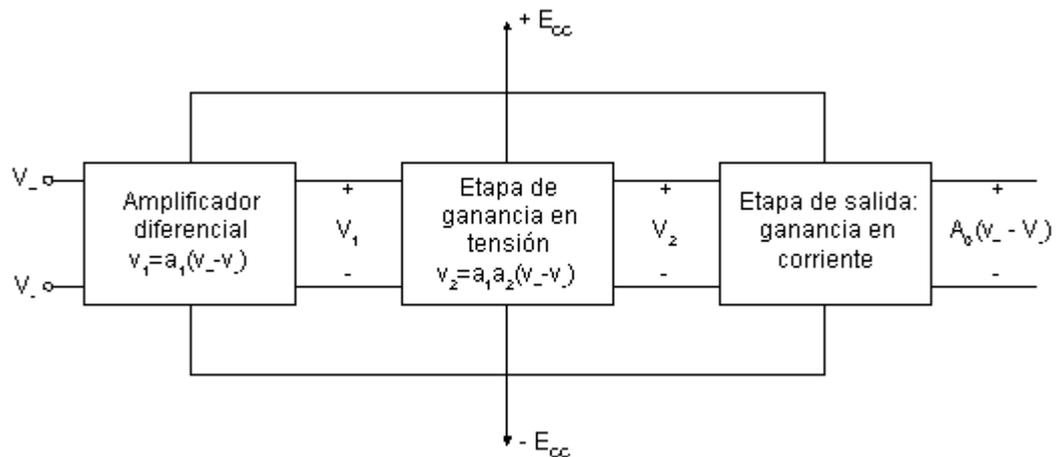


Figura 5: Diagrama de bloques de un amplificador operacional ideal.
Fuente: Artículo: "El amplificador operacional" escrito por: Miguel Ángel Domínguez Gómez y Camilo Quintáns Graña, Universidad de Vigo, España, 2011.

Entre las características ya mencionadas podemos decir que los AO ideales tienen impedancia infinita en la entrada, ancho de banda también infinito, impedancia de salida nula. Teóricamente este elemento no tiene ruido. Como la impedancia de entrada es infinita también se dice que las corrientes de entrada son cero² este punto será ampliado más adelante.

² "Amplificador Operacional" http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional. Acceso: 20 de noviembre de 2011.

Luego de dar un breve vistazo a las particularidades del funcionamiento de un AO, analicemos la arquitectura interna de un amplificador operacional, para lo cual hemos dividido este componente en las siguientes etapas: (figura 6)

1. Etapa amplificadora de entrada diferencial y salida diferencial. Aquí se definen las características de entrada del AO. Suele ser un AD (Amplificador Diferencial) basado:

- a). En transistores bipolares simples o en montaje *Darlington* para disminuir las corrientes de entrada.
- b). Suelen ocuparse transistores FET que aumentan la impedancia de entrada.

2. Etapa de entrada diferencial y salida asimétrica. Capaz de aumentar la ganancia diferencial y adapta los niveles de corriente continua para acoplar la salida a la siguiente etapa.

3. Etapa intermedia: Provee ganancia de potencia y adapta los niveles de corriente continua. Además, limita el ancho de banda total del amplificador en bucle abierto que garantiza su estabilidad. Suele consistir en un amplificador en emisor común.

4. Etapa de salida: Suele ser un amplificador de corriente que disminuye la impedancia de salida para poder alimentar cargas relativamente bajas con protección contra sobre-corriente.

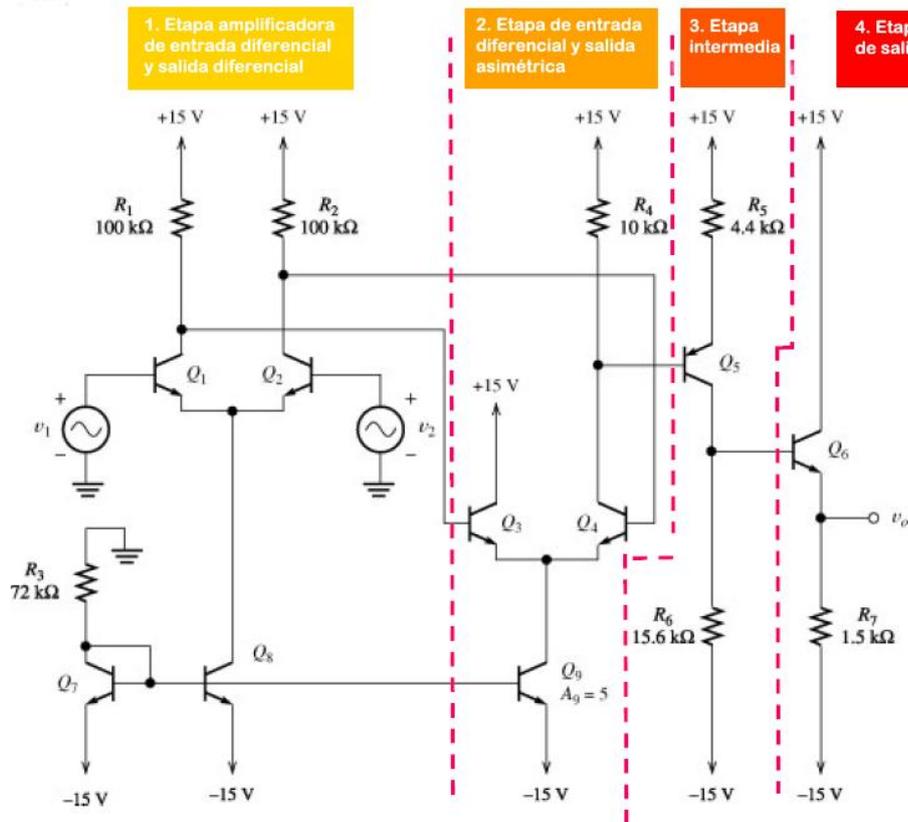


Figura 6: Diagrama seccionado del interior de un AO.

Fuente: Artículo: "El amplificador operacional" escrito por: Miguel Ángel Domínguez Gómez y Camilo Quintáns Graña, Universidad de Vigo, España, 2011.

1.1.2. Funcionamiento de los AO

Anteriormente ya mencionamos los atributos de un amp. op. Ideal. La mayor parte de los amps. op. se aproximan a los que se mencionan a continuación.

Impedancia infinita en las entradas y la salida: En un AO ideal la impedancia entre sus entradas inversora y no inversora (- +) (figura 4) no circula corriente alguna, debido a que la impedancia entre dichos puntos es infinita, típicamente del orden de 10^9 , sin embargo en la práctica existen pequeñas corrientes que circulan entre los puntos - y +. De otro lado en la salida del AO, localizado en el borne 3, siempre debe ser igual a la resultante de $A(V_2 - V_1)$, lo que significa que la impedancia de salida de un amplificador operacional también es cero, por lo tanto, la impedancia de salida también es infinita.

Rechazo a modo común: Hemos dicho que el AO registra las diferencias de voltaje entre los bornes V1 y V2, pero si los dos voltajes son iguales el operacional hará caso omiso a voltajes comunes, a esta característica se le conoce como rechazo a modo común.

Ganancia de circuito abierto: Los amplificadores operacionales ideales tienen ganancia infinita, esto significa que el valor del factor de multiplicación A es extremadamente grande, sin embargo en casi todas las aplicaciones el AO no se utiliza con la configuración de circuito abierto, para ello regularmente se utilizan otros componentes para aplicar retroalimentación, con lo cual se cierra el circuito alrededor del AO.

Circuito cerrado de realimentación negativa: Al contrario de la configuración anterior, el circuito cerrado permite controlar el factor A, tal como se ilustra en la figura 7. La configuración de realimentación negativa o inversora es una de las más comunes y será utilizada en nuestro circuito de tesis. En síntesis, parte de la señal de salida vuelve a la entrada, desfasada 180° respecto de la misma.

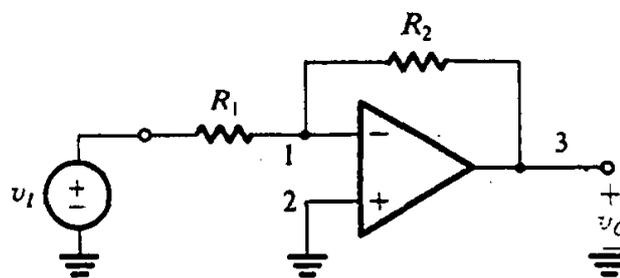


Figura 7: Configuración inversora a circuito cerrado
Fuente: Sedra, Smith, 83

En la figura 7 se inyecta una señal a través de la resistencia R_1 en el borne 1 negativo del AO, luego se conecta una segunda resistencia R_2 entre la entrada inversora 1 y la salida en el borne 3, la entrada positiva está conectada a tierra. Idealmente dicha salida posee una impedancia de cero (en la práctica suele ser

aproximadamente 75 ohms en varios amplificadores). “Esto implica que el voltaje de salida no dependerá del valor de la corriente que pudiera ser alimentada a la impedancia de carga conectada entre el terminal 3 y tierra”. (Sedra, Smith, 83)

El siguiente circuito, nos muestra como están dispuestos los distintos elementos del AO CA 3008, fabricado por la empresa RCA, circuito muy similar al de la figura 8.

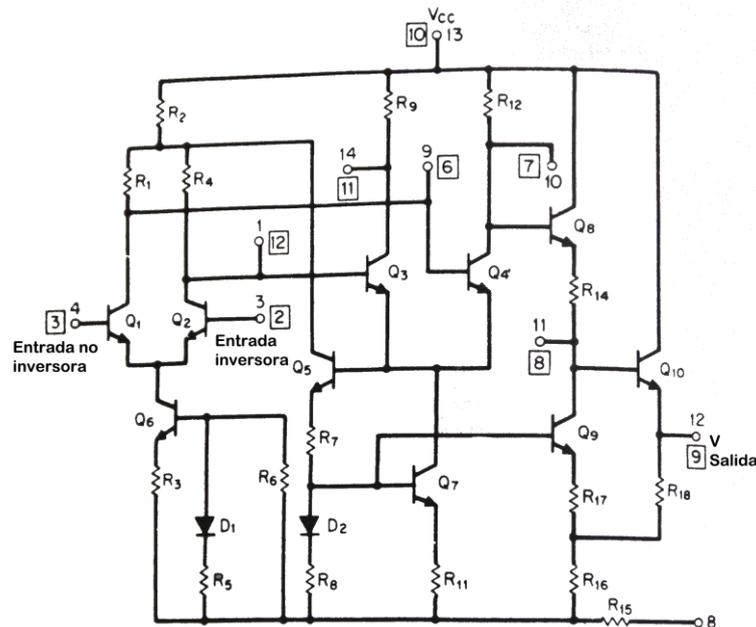


Figura 8: Diagrama del circuito interno del amplificador operacional RCA, CA 3008, fabricado por la empresa RCA. Fuente: McGraw Hill, 13-18

La descripción de su funcionamiento la extraemos de la enciclopedia Electrónica Moderna Práctica de McGraw Hill:

“En él los transistores Q1 y Q2 constituyen la primera etapa del amplificador diferencial que está acoplado al segundo amplificador diferencial y salida simétrica, conformado por los transistores Q3 y Q4. Los desfoces, en este caso conformados por los transistores Q6 y Q7 y los diodos D1 y D2, proporcionan la estabilidad térmica para sus puntos de operación. El transistor Q5 compensa el efecto de la señal en modo común. Como resultado de esto, el voltaje en los emisores Q3 y Q4, también disminuye. Existe, por lo tanto, una menor circulación de corriente en Q5, así como también en Q7 y Q9. Debido a la disminución en la corriente de Q7, que actúa como desfocage, circulará menos corriente en Q3 y Q4, lo que da como resultado un incremento en sus voltajes de colector, cancelando de esta manera la disminución de voltaje en la fuente de poder.”

Por otra parte los transistores Q8 y Q9 proporcionan el desplazador de nivel de corriente continua. La etapa de salida es un seguidor de emisor. En este caso la resistencia de emisor, R18, del seguidor vuelve a la unión de las resistencias R16 y R17 en vez de a la terminal negativa de la fuente de poder. Esta conexión proporciona una retroalimentación positiva e incrementa la ganancia del seguidor de emisor de un valor menor a 1 a cerca de 1.5.

La corriente que circula por R18 se suma a la corriente de R16, y por ello la caída de voltaje entre las terminales de R16 se incrementa. Ya que los voltajes de las fuentes de poder son fijos, se reduce el voltaje entre las terminales de R14, lo que da como resultado que aumente el voltaje en el colector de Q9, que está conectado a la base del seguidor de emisor. Cuanto mayor sea el voltaje de entrada en el seguidor de emisor, más grande será el voltaje de salida del AO. La resistencia R15 limita la corriente de la señal en la carga en caso de que se cortocircuite la terminal al de la salida 12 a la terminal de la salida 8". (McGraw Hill, 13-18, 13-19).

1.1.3 Características de los AO LF353N y NE5532

Como habíamos mencionado un AO ideal difiere de un amplificador operacional típico, puesto que el elemento real tiene una ganancia diferencial y un ancho de banda finitos, por ejemplo. Muchas de las características del AO ideal son irreales, al respecto analizaremos las características internas de los AO LF353N y el NE5532, respectivamente, puesto que son elementos esenciales para la construcción de nuestro circuito *autoswitch* detector de silencio.

Características del LF353N

Empezaremos indicando que el constructor del circuito operacional LF353N es una patente de la empresa *National Semiconductor Corporation*, en este caso el prefijo LF significa=*linear-FE*. En primera instancia el fabricante señala que este circuito es de alta velocidad, y en su interior se encapsulan dos operacionales. Sus entradas poseen transistores JFET (como se puede observar en la figura 9), e internamente recortan la tensión a través de un sistema offset de compensación (con la tecnología BI-FET II TM). Esto hace que el AO se caracterice por su elevada impedancia de entrada y ancho de banda y su rápida reacción de cambio.

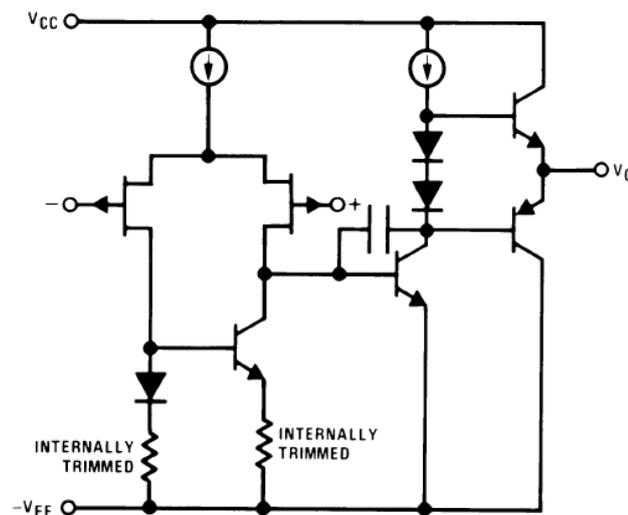


Figura 9: Esquema simplificado del LF353, los transistores BI-FET II.
Fuente: Data Sheet LF353 National Semiconductor Corporation.

Estos amplificadores se pueden utilizar en aplicaciones tales como integradores de alta velocidad, convertidores D/A con respuesta rápida de muestreo. Los fabricantes señalan que se puede realizar muchos otros circuitos que requieren bajo voltaje de entrada de compensación, entrada con baja corriente de polarización, alta impedancia de entrada, alta velocidad de subida y gran ancho de banda. El detalle de las características eléctricas de es AO se pueden ver en las tablas 1 y 2.

Características destacadas	
Ajuste interno de voltaje <i>offset</i>	10 mV
Entrada con baja corriente de polarización	50 pA
Bajo nivel de ruido en el voltaje de entrada	25 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$
Bajo nivel de ruido en la corriente de entrada	0,01 pA / $\sqrt{\text{Hz}}$
Amplia ganancia en el ancho de banda	4 MHz
Alta velocidad de respuesta	13 V / ms
Baja corriente de alimentación	3,6 mA
Alta impedancia de entrada	1012 Ω
Distorsión armónica total, baja	$\leq 0,02\%$
Bajo ruido 1/f	50 Hz
Tiempo de establecimiento rápido 0,01%	2 μs

Tabla1: Características destacadas del LF353
Fuente: Data Sheet LF353 National Semiconductor Corporation.

Valores máximos absolutos	
Tensión de alimentación	$\pm 18 \text{ V}$
Temperatura de funcionamiento	0 ° C a +70 ° C
Temperatura máxima de operación	150 ° C
Diferencial de voltaje de entrada	$\pm 30 \text{ V}$
Rango de voltaje	$\pm 15 \text{ V}$, típico
Duración de cortocircuito en salida	Continuo
Temperatura de almacenamiento	-65 ° C a +150 ° C
Temperatura para la suelda. (por 10 seg.)	260 ° C

Tabla2: Valores máximos absolutos del LF353
Fuente: Data Sheet LF353 National Semiconductor Corporation.

Consejos para su aplicación

Como se mencionó anteriormente estos AO poseen en su entrada transistores JFET (BI-FET II), los mismos que tienen gran tolerancia a los voltajes de ruptura inversa entre *gate* (puerta), *source* (fuente) y *drain* (drenaje). Por lo tanto, las

grandes tensiones de entrada diferencial se satisfacen sin un gran aumento en la corriente de entrada. El voltaje de entrada diferencial máximo es independiente de las tensiones de alimentación. Sin embargo, ninguno de los voltajes de entrada pueden superar a la oferta del voltaje negativo, ya que esto causa grandes corrientes de flujo, lo que puede resultar en la destrucción de la unidad.

Si se excede del límite negativo en modo común en cualquiera de las entradas, se forzará la salida a un estado alto, que potencialmente puede causar la inversión de fase a la salida. Así mismo excediendo el límite negativo de modo común en ambas entradas se fuerza a la salida del amplificador a un estado alto. En ninguno de los casos se produce un cierre ya que aumenta la entrada de nuevo en modo común y por lo tanto el amplificador opera en modo normal.

Excediendo el límite a positivo en modo común, en una sola salida, no cambiará la fase de la salida; sin embargo, si ambas entradas superan el límite, la salida del amplificador será forzada a un estado alto. Los amplificadores pueden operar en modo común con un voltaje igual al del suministro positivo, sin embargo, la ganancia de ancho de banda y la velocidad de respuesta, podrían decrecer en esta condición. En modo común, cuando el voltaje negativo cambia dentro de 3V de alimentación negativa, se puede dar un incremento en la entrada de voltaje *offset*.

Cada amplificador es individual y opera basado en la referencia de un diodo zener, que permite el funcionamiento normal con un margen de energía de $\pm 6V$. Los voltajes menores a este margen dan como resultado una escasa ganancia del ancho de banda y velocidad de respuesta. Los amplificadores de este circuito pueden manejar cargas resistivas de $2k\Omega$ a $\pm 10V$ operando sobre el rango de temperatura de $0^{\circ}C$ a $+70^{\circ}C$. Si el amplificador es forzado a manejar corrientes de carga más pesadas, podría darse un incremento en la entrada de compensación u *offset* del voltaje, y ocurrirá una oscilación del voltaje negativo, y finalmente se

puede llegar a un límite de corriente activa en ambas oscilaciones positivas y negativas.^{3,4}

Características del AO NE5532

El 5532 es un *chip* en cuyo encapsulado se encuentran dos amplificadores operacionales. Se lo ubica en la categoría de: “Amplificador Bipolar Diferencial de precisión y bajo ruido”, su fabricante es la empresa *Texas Instruments* y regularmente se utiliza en equipos de audio HiFi. El NE5532A, NE5532, SA5532, y SA5532A (la versión SA operan hasta los -40°C y $+85^{\circ}\text{C}$) son amplificadores operacionales de alto rendimiento que combinan bien sus características en corriente continua y corriente alterna. Generan muy poco ruido, poseen alta capacidad de salida, buen ancho de banda, alta ganancia unitaria y máximo rendimiento de salida para anchos de banda oscilantes y están diseñados para trabajar con menor impedancia en la entrada y la retroalimentación.

Como mencionamos, sus características lo hacen un dispositivo especialmente adecuado para su aplicación en equipos de audio profesional de alta calidad, instrumentación y circuitos de control, y los amplificadores de canal de telefonía. Este amplificador está compensado internamente para obtener ganancias iguales a uno. Su versión 5532A (figura 10) se recomienda para aplicaciones con bajo ruido.

³ “Características del AO LM353”

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040015/lecciones/Capitulo2/caracteristicas.html>, Acceso 28 de noviembre de 2011

⁴ “Datasheet LM353 de Texas Instruments y National Semiconductor Corporation”,
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/lf353.pdf>,
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353-n.pdf>, Acceso 28 de noviembre de 2011

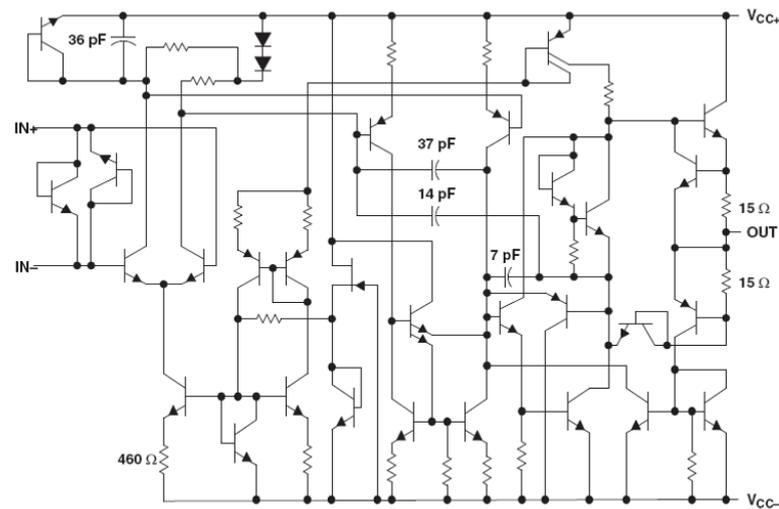


Figura 10: Esquema simplificado del LF353, los transistores BI-FET II colocados en su entrada le permiten gozar de una alta impedancia de entrada ideal para equipos de audio.
Fuente: Data Sheet NE5532 Texas Instruments.

Internamente está constituido con diodos de protección de entrada, y la protección del cortocircuito de la carga. Los fabricantes recomiendan que este AO opere con V_{cc+} y V_{cc-} con límites entre $\pm 5V$ y $\pm 15V$, con rangos de temperatura entre $0^{\circ}C$ y $75^{\circ}C$ (estos valores son para la línea de amplificadores NE5532, NE5532A).

En cuanto a su respuesta en ancho-frecuencia (*Power bandwidth*) significa que mientras más ancha sea, las frecuencias más altas y más bajas se reproducirán mejor. A la vez su alta velocidad de respuesta (*Slew rate*), le permite reproducir más fielmente las ondas sonoras, esto es: la forma de onda de la salida se asemejará más a la forma de onda de entrada.^{5,6} En las tablas 3 y 4 se pueden observar en detalle los valores eléctricos típicos de este amplificador operacional.

⁵ “Datasheet del AO NE5532A, Philips Electronics” <http://www.tkhifi.com/datablade/an142.pdf>.
Acceso 28 de noviembre de 2011

⁶ “Datasheet del AO NE5532A Texas Instruments”, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne5532.pdf>.
Acceso 29 de noviembre de 2011

Estos valores fueron medidos con el AO operando al aire libre		
VCC Voltaje de alimentación (1)	VCC	+ 22 V
	VCC-	-22 V
Voltaje de entrada, en cualquiera de las entradas(1) (2)	VCC±	
Corriente de entrada		±10 mA
Duración de corto circuito de salida(3)		Ilimitada
TJ Temperatura máxima de la unión		150°C

Tabla 3: Valores máximos absolutos del NE5532
Fuente: Data Sheet NE5532 Texas Instruments.

- (1) Todos los valores de tensión, excepto tensiones diferenciales, son con respecto al punto medio entre VCC + y VCC.
(2) La magnitud de la tensión de entrada no debe exceder la magnitud de la tensión de alimentación.
(3) La salida puede estar en cortocircuito a tierra o ya sea la fuente de alimentación. Las temperaturas y voltajes de suministro deben limitarse para garantizar que la disipación máxima no sea superada.

Valores máximos absolutos	
Ruido equivalente en el voltaje de ingreso:	5 nV/Hz Típico en 1 kHz
Unidad-Ganancia Ancho de banda:	10 MHz Típico
Modo común, relación de rechazo:	100 dB Típico
Ganancia de alto Voltaje en DC:	100 V/mV Típico
Voltaje Pico a Pico en la salida	Oscila 26V Típico con VCC± = ±15V y RL = 600 Ω
Alta respuesta en un ciclo:	9 V/us Típico

Tabla 4: Características destacadas del NE5532
Fuente: Data Sheet NE5532 Texas Instruments.

1.2 Los transistores JFET

Regularmente para entrar en el estudio de los transistores de efecto de campo o FET (siglas en inglés) y todas sus subdivisiones, se acostumbra analizar el funcionamiento de los transistores bipolares y en base a ello, se realiza una aproximación comparativa con los FETs. Sin embargo, en nuestro caso sintetizaremos diciendo que un transistor bipolar se activa a través de una pequeña corriente de base, que a su vez es capaz de controlar una corriente de colector muy superior. Podría caracterizarse a los FET como "resistencias controladas por

diferencia de potencial⁷. Esto significa que su gran diferencia con los transistores BJT es que los transistores de efecto de campo se controlan mediante tensión, lo que les convierte en una especie de interruptores controlados por tensión, como se puede observar en la figura 11.

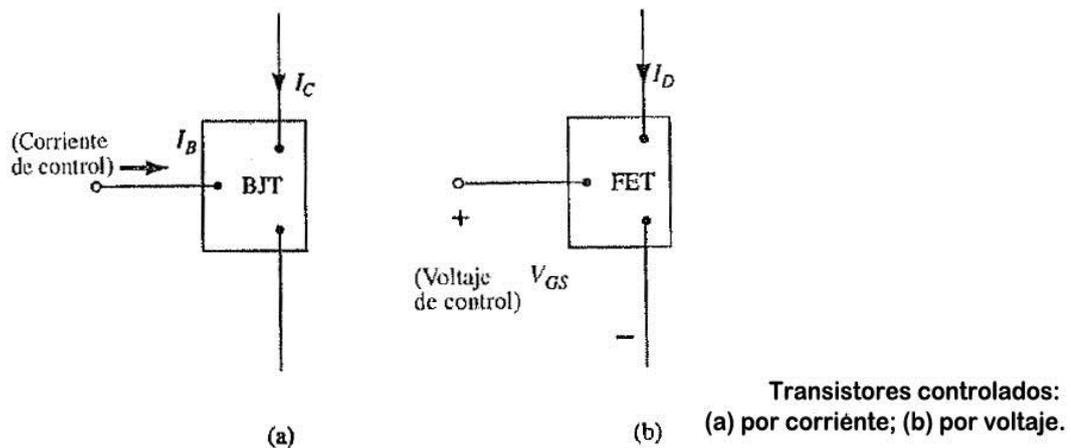


Figura 11: Simbología genérica de los transistores BJT y JFET.
Fuente: Boylestand, Nashelsky, 245

En el caso de la figura 11 (a) la corriente I_C es una función directa de la corriente que circula por I_B . En el caso del FET la corriente I_D está en función del Voltaje V_{GS} según se puede apreciar en la figura 11 (b).

Otra analogía que se puede extraer es la similitud entre los BJT y los FET en cuanto a su tipología, pues, así como existen transistores npn y pnp, también existen FET canal n y canal p. Los transistores JFET trabajan en función del nivel de conducción de los portadores de carga, a los que convencionalmente se los llama electrones y los huecos, concepto que extraemos del libro *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*, de *Boylestand Nashelsky* donde se indica que:

⁷ “Los transistores FET”, http://www.profesormolina.com.ar/tutoriales/trans_campo.htm. Acceso 2 de diciembre de 2011.

“...el FET es un dispositivo unipolar que depende únicamente de la conducción de electrones (canal n) o de huecos (canal p)”, los cuales son controlados por la compuerta Gate que actúa como una especie de llave que estrangula o abre el paso de los electrones.” (Boylestand, Nashelsky, 129)

¿Pero cómo funciona un FET?

Antes de la descripción del JFET, es necesario explicar cuál es su constitución interna, este elemento está formado por una barra de material P o N, a la que se denomina canal, a este canal lo rodea en su longitud un collar del otro tipo de material que forma con el canal una unión p-n. En los extremos de dicho canal se realizan conexiones óhmicas a las que se llaman drenador (*d-drain*) y surtidor (*s-source*) respectivamente, más una conexión llamada puerta (*g-gate*) en dicho collar.

Las uniones puerta - drenador y surtidor - puerta están polarizadas inversamente de tal forma que no existe otra corriente que la inversa de saturación de la unión PN. La zona n (en el FET canal n) es pequeña y la amplitud de la zona de depleción afecta a la longitud efectiva del canal. La longitud de la zona de depleción depende de la tensión inversa (tensión de puerta).

Aunque anteriormente ya se mencionó brevemente el funcionamiento de este dispositivo, en esta sección se ampliará la explicación. En primera instancia es necesario indicar que así como para el análisis general de funcionamiento de los transistores bipolares se acostumbra a utilizar el modelo npn, el mismo ejercicio se realiza con los transistores FET de canal n, aunque para nuestros propósitos luego haremos una trasposición con los transistores JFET de canal P.

En primer lugar es necesario familiarizarnos con la simbología convencional del JFET, (ver la figura 12).

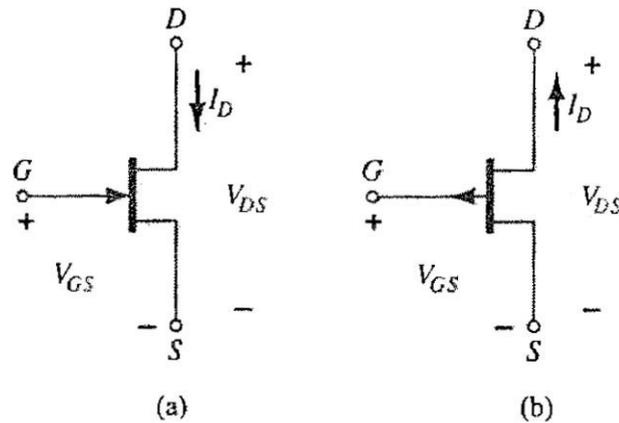


Figura 12: Símbolos del JFET: (a) canal n; (b) canal p.
Fuente: Boylestand, Nashelsky, 252

G es *Gate* (en inglés y significa compuerta o puerta), este elemento viene a ser como la base en un transistor BJT, D es *Drain* (en inglés y significa drenador o drenaje) y se lo compara con el colector en el BJT y finalmente está S, (*Source* en inglés y significa surtidor o fuente) que vendría a ser como el emisor en un transistor bipolar.

Una vez identificados los terminales de este componente sintetizamos la explicación de su funcionamiento indicando que *Gate* es el terminal que controla el flujo de corriente entre el Drenador y el Surtidor, la diferencia esencial con un transistor BJT, es que este elemento no se controla por corriente sino por voltaje, como ya se mencionó al inicio.

La tensión entre *Gate* y *Source* se la conoce como V_{GS} . En el caso de un JFET canal n, si la tensión es 0 voltios conduce (figura 13 (a)) y si el voltaje V_{GS} es -2 voltios, por ejemplo, el transistor impedirá el paso de corriente (figura 13 (b)); a esta tensión se la conoce como voltaje de apagado, en los *data sheet* se lo puede ubicar como $V_{GS(off)}$. En el caso de los transistores JFET de canal p la situación es totalmente inversa, con un voltaje de V_{GS} de 0V el canal p permite la circulación de corriente (figura 13 (c)), pero al llegar al $V_{GS(off)}$ de $+2V$, por ejemplo, la corriente no circula (figura 13 (d)). Los valores de $V_{GS(off)}$ y otros parámetros variarán

dependiendo de cada JFET y se contemplan en cada manual de producto. Si bien esta explicación en síntesis suena fácil, realmente al interior del elemento suceden algunos fenómenos eléctricos y físicos.

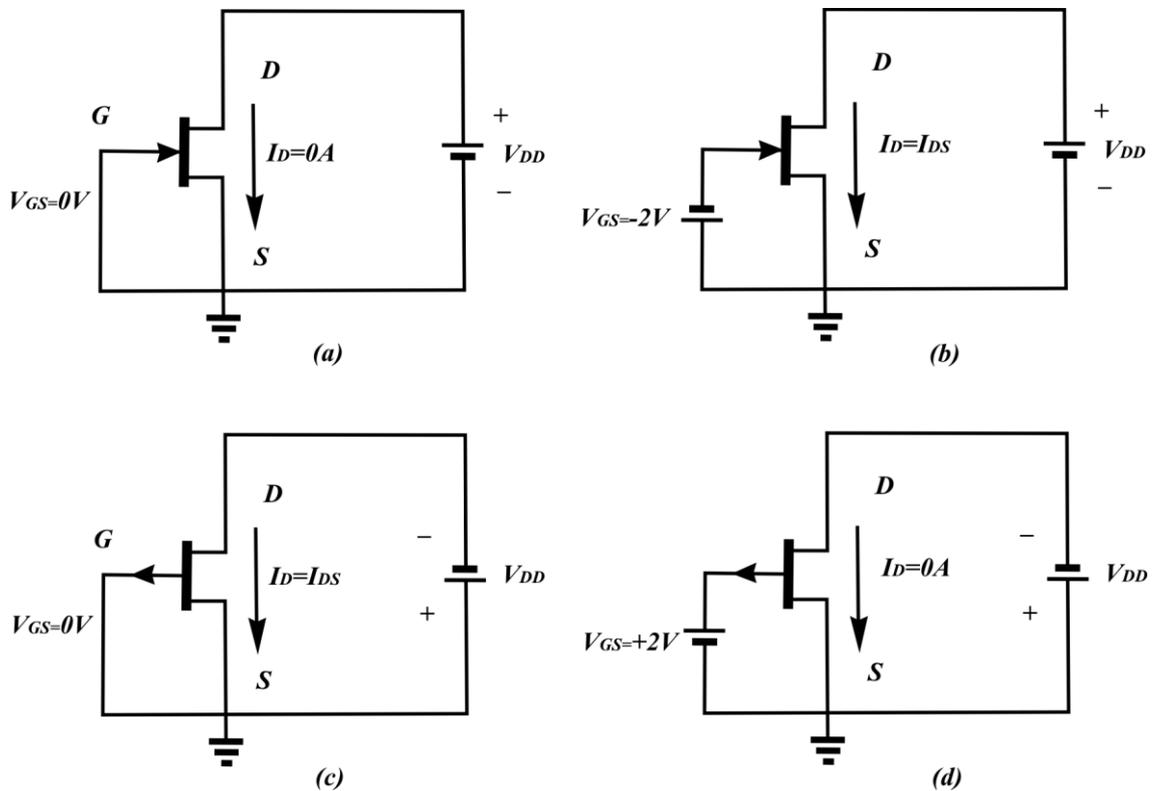


Figura 13: Polarización simplificada de los JFET canal p y canal n.
Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 252

Nuevamente nos referimos a la figura 13 (d), en este caso el punto común tanto para las fuentes V_{GS} y V_{DD} es *source*, S, a esta configuración se la conoce como de fuente común, surtidor común o *common source*, en inglés.

Para la explicación del funcionamiento de este transistor saldremos del ejemplo clásico del JFET canal N y utilizaremos un JFET canal P (figura 14 a). Como punto de arranque fijamos la fuente en 0V condición suficiente para que el transistor de nuestro ejemplo funcione y permita la circulación de corriente desde el drenador al surtidor, pues la tensión en D es inferior a la de S condición necesaria para que un JFET funcione adecuadamente.

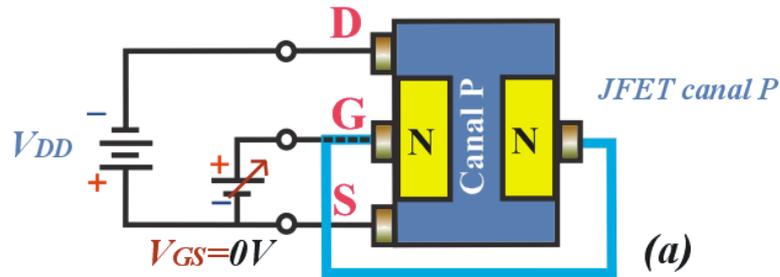


Figura 14a: Diagrama didáctico de la conexión interna de un JFET canal p.
Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 248.

Cuando el voltaje de drenaje tiende a ser más negativo, una cantidad mayor de electrones es atraída desde el surtidor hacia el drenaje y, por consiguiente, la corriente de drenaje aumenta. Luego debido al decremento de voltaje a lo largo del canal p, se desarrolla una región de empobrecimiento a lo largo de la unión pn (figura 14 b), formada por las regiones de compuerta tipo n y el canal tipo p. Este es el mismo tipo de región de empobrecimiento que se forma en la unión pn de un diodo.

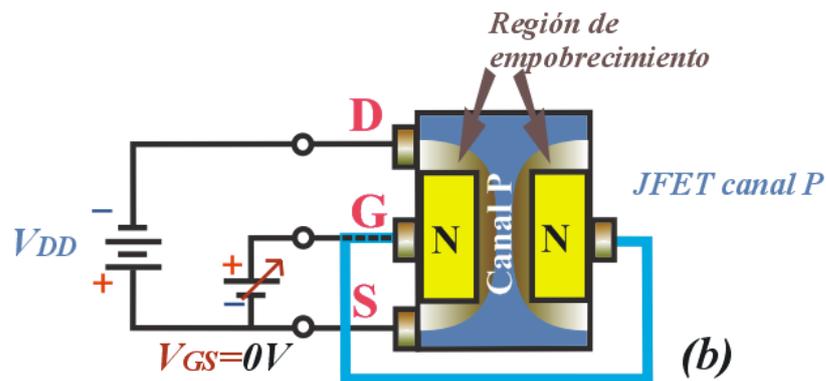
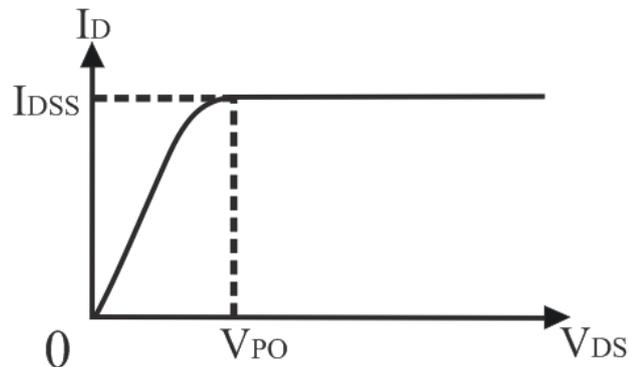


Figura 14b: En el gráfico se muestra como se ensancha la zona de empobrecimiento cuando circula una corriente desde D a S aún cuando el voltaje V_{GS} es igual a 0V.
Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 249.

Es importante recordar que la región de empobrecimiento está vacía de portadores de corriente, y ya que el empobrecimiento de portadores en el canal es mayor cuando se vuelve más negativo el valor de V_{DD} la corriente de drenado llega a obtener su máximo valor I_{DS} (la corriente de drenado con $V_{GS} = +4.5V$), como se ilustra en la figura 15. Por otro lado este voltaje (voltaje "pinch off", VPO, en inglés),

puede definirse como el valor mínimo de voltaje de drenaje fuente, V_{DS} , por el cual circula la máxima corriente de drenaje.



Corriente de drenaje I_D
en función del voltaje de drenaje fuente, V_{DS}

Figura 15: Gráfica con la curva del JFET en función de la corriente de Drenaje Surtidor y el voltaje Drenaje Surtidor.

Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 248.

Cuando se incrementa positivamente el voltaje *Gate Source*, la región de empobrecimiento se forma con más rapidez con la polarización igual a + 4.5V por ejemplo, lo que cierra la circulación de corriente (figura 16).

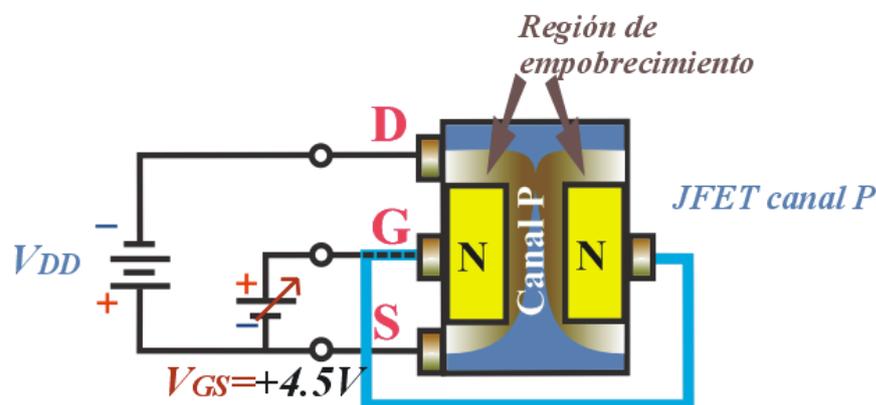


Figura 16: La región de empobrecimiento se ensancha cuando el voltaje V_{GS} llega al punto off, de tal modo que la circulación de corriente se corta.

Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 249.

Como resultado de esto, V_{PO} o V_{GS} off ocurre para valores superiores a V_{DS} . En la figura 17 se muestran las curvas para el JFET J174, una familia usual de características de drenaje para diferentes valores de voltaje de polarización, V_{GS} . Sobre los ejes y x se encuentran graficados la corriente de drenado y el voltaje,

respectivamente. Debido a que el FET es un dispositivo operando por voltaje, en la figura se grafican curvas para diferentes valores de polarización entre la compuerta y al fuente VGS.

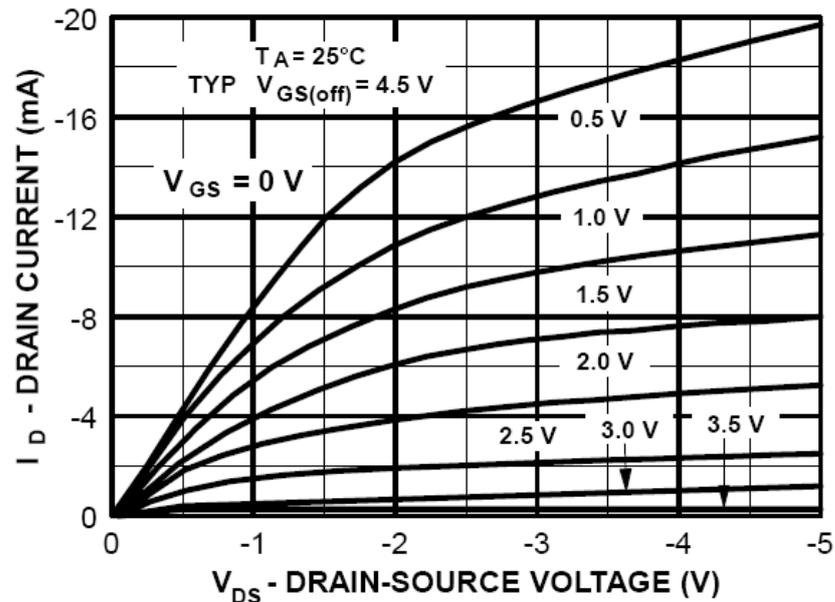


Figura 17: Curvas del Transistor JFET J174, en función de la corriente de drenador y el voltaje DS.
Fuente: Data Sheet JFET J174, Texas Instruments.

Por otro lado, la intensidad de salida es proporcional a la tensión de entrada debido a que la entrada se polariza inversamente, la única corriente en la entrada es una corriente muy pequeña de fugas y por tanto la resistencia de entrada es muy alta, del orden de megohmios.

Finalmente podemos destacar que los JFET tienen menor ganancia de tensión o voltaje que los transistores bipolares BJT, pero su resistencia o impedancia de entrada es mucho mayor y su corriente de fuga es casi inexistente. Así mismo es muy estable ante variaciones de temperatura (los portadores minoritarios no intervienen) y también a otras variaciones externas como radiaciones o ruidos eléctricos⁸.

⁸ “Transistor FET de unión: funcionamiento y características”,
http://www.netcom.es/pepeelo/teoria/elo_t_otros_02.htm. Acceso 12 de diciembre de 2011.

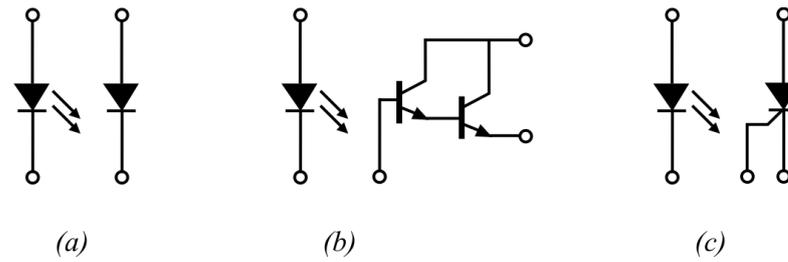
Por otro lado es necesario destacar otras características de este transistor, una de ellas es que los FET proporcionan una ganancia de voltaje excelente con una alta impedancia de entrada, a esto se suma su bajo consumo de potencia con un adecuado rango de frecuencia y un tamaño y peso mínimos. Tanto los dispositivos JFET como los MOSFET de tipo decremental pueden emplearse para diseñar amplificadores que cuenten con ganancias similares de voltaje.

1.3 Los optoacopladores

Todos los dispositivos de control electrónico requieren señales de entrada o deben enviar datos de salida desde y hacia el mundo exterior, por lo general las señales de salida, son las que más atención requieren, pues, regularmente el equipo de control entrega tensiones bajas, con las cuales es casi imposible comandar potencias medianas o grandes, o en el peor de los casos si se conectan directamente a la salida se corre el riesgo de recibir una sobre demanda de corriente o voltaje y terminar así con el dispositivo, por ello es necesario elevar la capacidad de control de dichas salidas o señales. Para ello se concibieron los optoacopladores u optoaisladores, como su nombre indica básicamente aíslan físicamente la señal de entrada o salida a través de rayos infrarrojos.

Estos dispositivos utilizan la propiedad que poseen algunos cuerpos que "...al incidir sobre ellos una radiación luminosa, sufren una modificación (incremento) de su conductividad eléctrica...", (Centro Nacional de Formación a Distancia, 9). Si bien la familia de los optoacopladores no es muy amplia, sin embargo posee algunas derivaciones y mencionaremos dos integrantes básicos, pero antes ampliemos la explicación del término optoacoplador.

A este elemento también se lo conoce como acoplador optoelectrónico, y generalmente está constituido por un LED infrarrojo combinado con un fotodetector, como un diodo de silicio, un transistor, un transistor par *Darlington* o un SCR, (figura 18), por ejemplo. La respuesta de longitud de onda de cada dispositivo se adapta para ser lo más similar posible (para permitir el mayor nivel de acoplamiento posible).



Optoaislador: (a) Foto diodo (b) Foto Darlington (c) Foto SCR

Figura 18: Algunos optoacopladores.

Fuente: Redibujados por Xavier Macas, con referencia Boylestand, Nashelsky, 954.

En el interior (figura 19) existe una cubierta transparente de aislamiento en los elementos incrustados en la estructura (no visible) para permitir el paso de la luz. Estos dispositivos se encuentran diseñados con tiempos de respuesta tan pequeños que pueden utilizarse para transmitir datos en el rango de megahertz. (Boylestand, Nashelsky, 953)

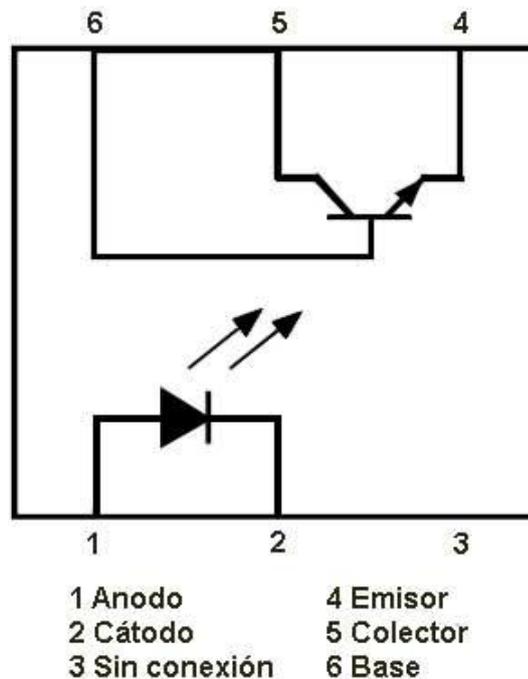


Figura 19: Diagrama interno del optotransistor 2N45.

Fuente: Data Sheet, 2N45 National Semiconductor.

En nuestro caso se usó el fototransistor 2N45 similar al de la figura 19, el circuito equivalente de este dispositivo, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

Por otro lado una característica que convierte a estos dispositivos en muy versátiles es que poseen una alta resistencia (del orden de $10^{11}\Omega$) entre su salida y su entrada. Las aplicaciones de los optoaisladores incluyen interfaz para diferentes tipos de circuitos lógicos y su utilización en circuitos detectores de nivel de posición, etc. (Boylestand, Nashelsky, 953)

El fotodiodo: Es básicamente un diodo sensible a ciertos colores y su sensibilidad se puede desplegar por medio de una distribución espectral bastante amplia y dependerá de cada modelo (figura 20). (McGrawn Hill, 8-33)



Figura 20: Símbolo del fotodiodo
Fuente: McGrawn Hill, 8-33

El fototransistor: este elemento se acciona de modo similar a la de un fotodiodo y, al mismo tiempo, amplifica la corriente generada por la luz. En la figura 21 se puede apreciar el símbolo básico de un foto transistor. En este caso se trata de un transistor npn con radiación incidente reemplazando la base de un BJT. La potencia de este elemento se mide en *milliwatts*. (McGrawn Hill, 8-33)

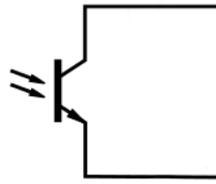


Figura 21: Símbolo genérico del fototransistor
Fuente: McGraw Hill, 8-33

Trabajo del optoacoplador en el circuito *autoswitch* detector de silencio.

Como mencionamos anteriormente en nuestro circuito utilizamos el optotransistor 2N45, como el que se ilustra en la figura 19. En nuestro caso dentro de nuestro circuito *autoswitch* se contempla una entrada GPI (*General Purpose Input*), que como se verá más adelante, es la que realiza el accionar de la entrada B (de *backup*) hacia el sistema de emisión de audio en la emisora de radio. La tarjeta GPIO (*General Purpose Input Output*) de la computadora de automatización envía un pulso de +5V (un nivel lógico 1) que es la señal necesaria para que se active la prevalencia del audio B. Para construir esta interfaz GPI se utilizó el fototransistor 2N45 que funcionalmente puede trabajar de 2 maneras:

- Como un transistor normal con la corriente de base, (modo común).
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base.

En nuestro caso se conectó la base a una resistencia de $1M\Omega$, a tierra para asegurar 0 Voltios. Sin embargo, al recibir el pulso constante de 5 Voltios desde el GPIO, la entrada B del *autoswitch* queda activa, hasta que la computadora envíe a través del GPIO una señal para cerrar el paso del audio B.

CAPÍTULO II

ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS EN SISTEMAS DE AUDIO

2.1 El audio balanceado

Quienes trabajan en audio en más de una ocasión han tenido que luchar contra el famoso HUM, que es un ruido eléctrico generado por la inducción electromagnética, (de cualquier clase o interferencias electrostáticas). Aunque parezca increíble la parte neuronal de un sistema de audio no está en el equipo de mezcla, tampoco en los equipos de amplificación o reproducción (parlantes) sino en los cables de audio, y al respecto planteamos el análisis de los cables balanceados.

¿Cómo se origina el ruido eléctrico?

En este caso la corriente alterna domiciliar opera con una frecuencia de entre 60Hz y 50Hz (dependiendo del país), lo que a su vez genera un tono con sus respectivos armónicos, los mismos que se perciben como un zumbido. Otra causa son las interferencias generadas por radio frecuencias que también originan, chasquidos, incluso permiten escuchar programas de radio en un sistema de audio. Esto se debe a que equipos como computadoras, rayos, señales de radar, transmisores de televisión y radio, máquinas industriales, teléfonos celulares y otras tantas fuentes crean estas interferencias y los cables se convierten en “antenas receptoras”.

Antes de continuar con este tema es necesario realizar una diferenciación clara entre alambre y cable, pues, aunque los términos son similares sus usos en audio son importantísimos. El alambre es básicamente un metal laminado o cilíndrico y largo, rodeado por una cubierta de material aislante, usualmente plástico o esmalte.

Cuando se habla de audio se debe emplear la palabra cable. El cable tiene dos o más hilos (lo que le permite mayor facilidad de manejo). Muy a menudo, el cable termina usándose con un único conector. El uso del tipo de conector es regularmente (pero no siempre) determinado por la aplicación. Para un conector de micrófono, por ejemplo, el cable es diferente que para un conector usado para conectar un CD *player* a un equipo de mezcla, o el que se utiliza para conectar los parlantes a un amplificador, figura 22.



Figura 22: Cable usado para la conexión de parlantes, el cable con pintura azul permite al usuario la diferenciación de polaridad del conductor.

Fuente: www.prosound.cl

Estos conductores son largos (y vienen en varios calibres) y aseguran la transmisión de potencia entre el amplificador y el sistema de bocinas. Al respecto se debe destacar un dato histórico, luego de la invención de la telefonía, ante la creciente implementación de líneas telefónicas y eléctricas en la década de 1880, Alexander Graham Bell descubrió que cuando los alambres recorrían cierta distancia su señal se atenuaba y recibía interferencias provenientes de los cables eléctricos y la comunicación telefónica se dificultaba.

Al analizar el fenómeno, se dio cuenta que la Ley de Faraday, sobre la inducción electromagnética, pasaba su factura. Bell decidió entorchar los alambres para contrarrestar los efectos farádicos. A esto se le llamó par trenzado⁹, aunque este descubrimiento se lo realizó en 1881 sigue siendo totalmente efectivo hasta la fecha, muestra de ello es su empleo en cables de audio y cables de red, por ejemplo.

⁹ “Par trenzado”, http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado, ...El cable de par trenzado es un medio de conexión usado en telecomunicaciones en el que dos conductores eléctricos aislados son entrelazados para anular las interferencias de fuentes externas y diafonía de los cables adyacentes. Fue inventado por Alexander Graham Bell... Acceso 30 de diciembre de 2011.

Con este antecedente es fácil entender las causas para que se genere el Hum en los cables, pues al estar estos expuestos son susceptibles de las interferencias ya mencionadas. Al respecto cabe señalar que los campos magnéticos del hum magnético son direccionales y los ruidos o “hum” electrostáticos no lo son. La mayoría de los cables de audio están hechos de uno o dos alambres aislados y están rodeados por un escudo o malla de alambre fino que reduce el hum electrostático. Dicha malla desvía las señales hum indicadas y las envía a tierra, cuando el cable está conectado.

Los cables están balanceados o desbalanceados

Un cable balanceado (figura: 23) utiliza dos conductores para llevar la señal, y está rodeado por un escudo (figura 23 d). En cada extremo del cable está conectado un conector XLR (de 3-pines usado para el audio profesional), o también puede utilizar un conector TRS (plug telefónico de ¼).

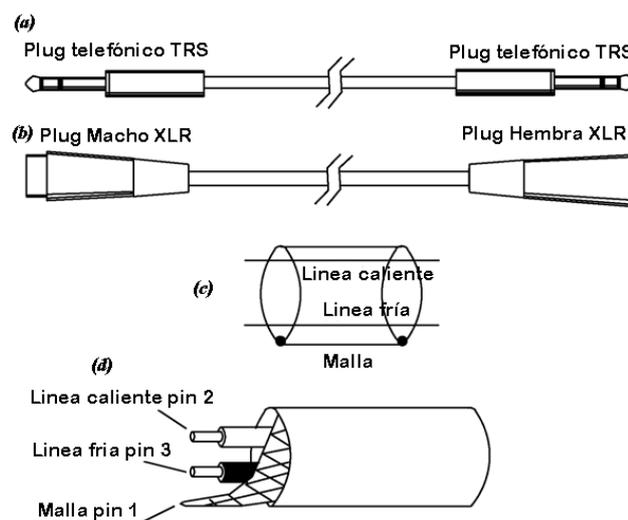


Figura 23: (a) Plug telefónico RTS de ¼
 (b) Plug XLR balanceado
 (c) Diagrama del interior del cable para audio
 (d) Seccionamiento del cable blindado de audio
 Fuente: Artículo “ Preventing hum and RFI”, escrito por Bruce Bartlett.

Cada conductor tiene una impedancia igual a tierra y están juntos y entrelazados, de tal forma que ocupan aproximadamente la misma posición en el espacio, de este

modo los campos de ruido que están en el cable irradian igual cantidad de energía en cada conductor, dicha igualdad permite que el zumbido se anule y esto se evidencia en la entrada de la mezcladora, pues el equipo detecta que la diferencia de voltaje entre los dos conductores es cero voltios, si las dos señales de zumbido son iguales. Es por eso que los cables balanceados captan poco o nada del “hum”. La situación es diferente en una línea desbalanceada, pues solo posee un conductor rodeado por una malla (Figura 24 c y d).

En la figura 24 (a) se puede ver un cable con conectores RCA (este nombre se debe a que el fabricante de productos electrónicos *Radio Corporation of America*, empezó a producir este tipo de conectores para instalarlos en sus equipos de audio desde 1940¹⁰). El conductor central y la malla llevan la señal de audio, estos elementos tienen diferentes impedancias con respecto a tierra, razón suficiente para que este cable y sus elementos recojan diferentes cantidades de zumbido de los alambres de corriente eléctrica, por ejemplo. Analizando la señal se encontrará una señal de zumbido relativamente grande entre la línea y tierra, lo que termina por convertirse en un hum más grande que el que se obtendría con una línea balanceada de la misma longitud.

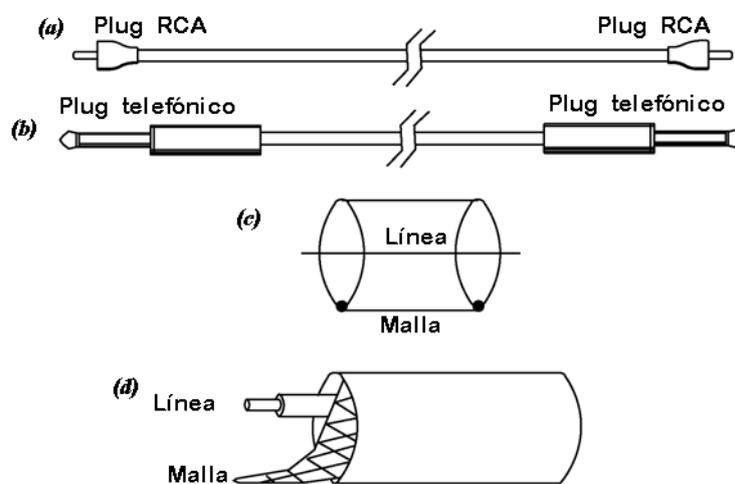


Figura 24: (a) Plug RCA para phono.
 (b) Plug telefónico monofónico.
 (c) Diagrama del interior del cable no balanceado.
 (d) Seccionamiento del cable no balanceado.
 Fuente: Artículo “ Preventing hum and RFI”, escrito por Bruce Bartlett.

¹⁰ “Conector RCA”, http://en.wikipedia.org/wiki/RCA_connector. Acceso 30 de diciembre de 2011.

Una línea no balanceada de al menos 2.5 metros de largo por lo general no trae problemas. Pero es importante, usar cables balanceados siempre que se pueda. Si es imprescindible usar cables no balanceados es necesario mantenerlos lo más cortos posibles (pero lo suficientemente grandes como para efectuar operaciones). Se recomienda que los cables que lleven señales de audio guarden una distancia con los cables de alimentación, esto evitará que los cables de alimentación tengan inducción de ruido, de igual forma deben mantenerse alejados de los monitores de computadora, amplificadores de potencia, reguladores de luz y transformadores de potencia, etc, como se observa en la figura 25.

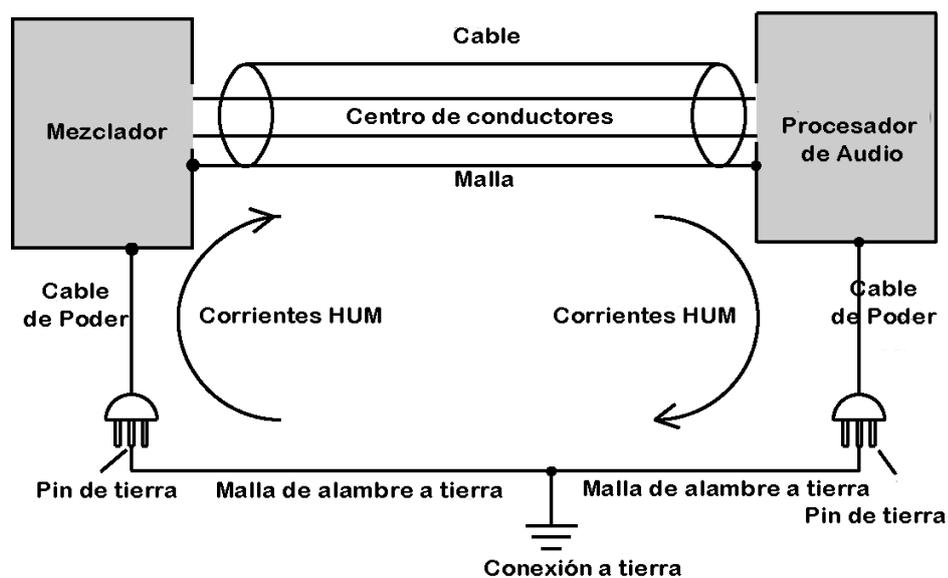


Figura 25: Diagrama para el aterramiento de un sistema de audio.
Fuente: Artículo " Preventing hum and RFI", escrito por Bruce Bartlett.

2.2 Análisis del sistema de amplificación balanceada.

Como detallamos en líneas anteriores, los equipos que trabajan con audio profesional requieren tener y entregar señales balanceadas, y como hemos visto, esto implica tener conectores y cables adecuados en la etapa de captura del audio. Por otro lado, en la parte electrónica se debe tomar en cuenta los elementos electrónicos que se encargan de procesar la señal entregada por los cables. En nuestro circuito detector de silencio se han dispuesto amplificadores operacionales con entradas de alta impedancia, con el fin de evitar caídas de señal, a más de ello,

debido a la configuración de dichos operacionales, las entradas del sistema son capaces de convertir señales de audio desbalanceadas en balanceadas. En nuestro caso los amplificadores operacionales están configurados en modo “Convertidor de voltaje diferencial a corriente”.

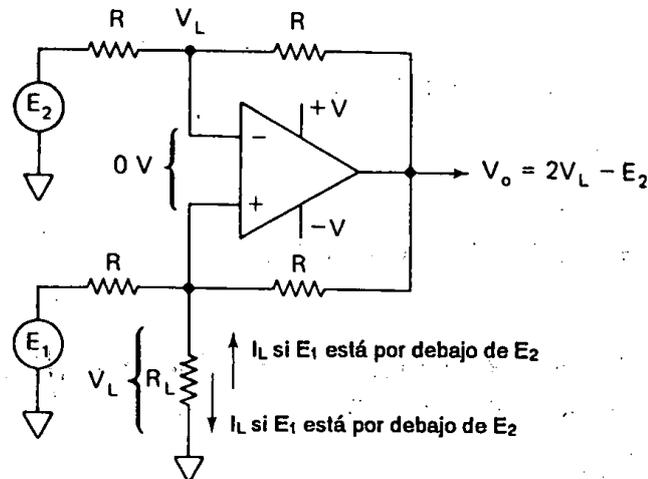


Figura 26: Diagrama del AO en configuración de “Convertidor de voltaje referencial a corriente”.
Fuente: Coughlin, Driscoll, 121

En el circuito genérico de la figura 26 se aprecia un convertidor de voltaje diferencial a corriente, que en nuestro caso se encarga de acoplar la señal y transformarla en audio balanceado. El análisis de funcionamiento de este circuito lo extraemos del libro *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales* (Coughlin, Driscoll, 120 – 121):

“En este caso la corriente de carga I_L depende de la diferencia entre los voltajes de entrada E_2 y E_1 , que en nuestro caso equivalen a la señal + y – de nuestros conectores respectivamente, y la resistencia R . I_L no depende de la resistencia de la carga R_L , por tanto, si E_2 y E_1 son constantes la carga conectada a tierra está alimentada por una corriente constante. La corriente de carga puede fluir en cualquier dirección, de modo que este circuito podría ser fuente o receptor de corriente.”

La corriente de carga I_L está determinada por:

$$I_L = \frac{E_1 - E_2}{R}$$

Un valor positivo de I_L significativa que la corriente fluye hacia abajo (en la figura 25) y V_L es positivo con respecto a tierra. Un valor negativo de I_L significa que V_L es negativo con respecto a tierra y la corriente fluye hacia arriba.

El voltaje de carga V_L (no I_L) depende de la resistencia de carga R_L por:

$$V_L = I_L R_L$$

Para asegurar que el amplificador operacional no se sature, V_o debe conocerse y posible calcularlo mediante..."

$$V_o = 2V_L - E_2$$

CAPÍTULO III

ANÁLISIS ELECTRÓNICO DEL CIRCUITO A IMPLEMENTARSE

3.1 Descripción y análisis del sistema GPI.

El sistema GPIO (por sus siglas en Inglés *General Proupose Input Output*) o popularmente conocido como GPI, provee gran versatilidad al sistema. Con una orden desde el *playlist* la programación de la estación de radio puede dar paso a la señal que nosotros hemos denominado Fuente B (de emergencia, pero que realmente puede ser cualquier señal de audio que no sea la que se emita desde consola) y pasar a transmitirla automáticamente.

El GPIO es un interfaz de comunicación que permite establecer un puente entre una computadora y el mundo exterior y viceversa, con información tanto de ida como de vuelta. Lo interesante es que tiene una infinidad de aplicaciones y es muy popular especialmente en los sistemas de automatización de radio.

En nuestro caso nos hemos propuesto crear un *autoswitch* detector de silencio con entrada de control GPI, para ello hemos colocado una interfaz optoaislada (tema que ya fue tratado anteriormente en el primer capítulo) la cual permite recibir una señal eléctrica proveniente de la computadora a través de una de las salidas de la tarjeta GPIO y que llega aislada físicamente hasta la entrada GPI de nuestro equipo *autoswitch* (dicha señal es de +5V corriente continua).

Como se verá en el capítulo 4, donde describimos el funcionamiento del equipo y su implementación, la señal de audio para emergencia se la tomó de un reproductor de *minidisc*; originalmente se planteó acoplarla desde la señal del receptor satelital, pero debido a que ya existen dos señales enganchadas en paralelo no se podía

atenuarla más, al colocar una derivación adicional para nuestro equipo *autoswitch*, debido a que los voltajes serían insuficientes para entregar una señal de audio “fuerte y limpia”.

Por otra parte es importante señalar que Radio Familia trabaja con el sistema de automatización ENCO DAD PRO32, capaz de realizar un sin número de trabajos entre ellos la activación remota a través del interfaz GPIO, mismo que se encuentra por el momento desactivado, (como se puede leer en la justificación anexa en la parte final de esta tesis) debido a daños en el disco duro del servidor, ocasionados por las variaciones de voltaje y al daño del sistema de UPS, que provocaron severos desperfectos en el disco duro lo que provocó la desprogramación del sistema GPIO.

Sin embargo, se debe indicar que el equipo quedó totalmente habilitado para ser interconectado con el sistema GPIO de ENCO, cuando este se restablezca en su totalidad. Al momento la emisora no cuenta con los recursos económicos suficientes para realizar dicho arreglo.

3.2 Descripción del funcionamiento del sistema GPIO en el Interfaz del programa de automatización ENCO DAD PRO 32

En cuanto al sistema GPIO se puede señalar que debido a la flexibilidad de las características del software de automatización ENCO DAD_{PRO}32 para trabajar con equipos de automatización externa, el sistema presenta una gran ventaja que le permite un funcionamiento totalmente integrado en casi cualquier instalación o aplicación. Las tareas de automatización de la interfaz se realizan a través de paquetes de software que están disponibles para los usuarios de DAD_{PRO}32. El más utilizados es el GPIO de uso general de ocho entradas y salidas.

DAD_{PRO}32 utiliza su propio lenguaje de programación llamado: DCL (*DAD Command Language*). Las entradas opto-aisladas soportan hasta un máximo de 500 V, y se accionan mediante la aplicación de un voltaje de disparo a través de sus terminales de entrada. Las entradas no son sensibles a la polaridad, y puede

mandar señales de CA (de 50 a 1000 Hz) o de Corriente Continua (CC) en el intervalo de 5V a 24V RMS. El control de entrada del DAD_{PRO32} es totalmente programable. Si el sistema recibe de una señal de entrada en cualquiera de las ocho entradas, esta señal puede ser programada dentro de DAD para emitir una amplia gama de comandos de entrada de lenguaje a través de los comandos DCL. El hardware GPIO tiene cinco salidas tipo relé "Form C (SPDT)", mientras que las otras tres son optoasiladas tipo "Form A" (SPST). Utilizando los comandos DLC se puede abrir, cerrar, o pulsar cualquiera de las ocho salidas de relé. Estos comandos, y sus usos están adjuntos como material anexo.

Para entender cómo opera el sistema, ilustramos el siguiente ejemplo. Supongamos que necesitamos que el operador de la noche cambie a un canal por satélite entre la medianoche y las seis de la mañana, para luego retomar la programación local con el locutor de turno en la mañana. Para ello se deben tomar en cuenta los siguientes pasos.

1. Antes de la transmisión local:

a. Se debe crear un archivo de texto llamado ONAIR.GPI (tabla 5) y que debe ser guardado en la carpeta DAD\FILES\. Este archivo contiene información que indica cómo el DAD_{PRO32} deberá reaccionar a los impulsos (en este caso el codificador satelital entrega pulsos de +5V) que provienen del receptor de satélite.

```
"PLAY PBK1"  
"PLAY P_PLAY1"  
"PLAY P_PLAY2"  
"PLAY P_PLAY3"  
"PLAY P_PLAY4"  
"PLAY P_PLAY5"  
"PLAY P_PLAY6"
```

Tabla 5: Ejemplo de archivo de ONAIR.GPI
Fuente: Manual Enco DAD PRO 32, 2001

En este punto, se deben realizar las siguientes conexiones desde el receptor de satélite en la tarjeta GPI (tabla 6):

Function:	Wire to:
<i>Stan Local Break</i>	<i>GPI 1</i>
<i>Local ID</i>	<i>GPI 2</i>
<i>Local Magic call</i>	<i>GPI 3</i>
<i>Local jingle</i>	<i>GPI 4</i>

Tabla 6: Ejemplo para conexiones de receptor satelital en tarjeta GPI
Fuente: Manual Enco DAD PRO 32, 2001

b. Se requiere crear una serie de *playlists* con los comerciales e identificativos de la radio (cada lista de reproducción significará un punto de parada). Los sets de parada miden el tiempo para interactuar perfectamente con las pausas en la programación local. Cada set de parada debe comenzar con un corte de comandos que silencia el audio de la señal local, y debe terminar con un corte de comando que devuelve la programación local en el aire. Además, cada conjunto de parada debe finalizar con una carga automática (*Auto Load*) (L) de transición para que la siguiente parada esté lista en cola para la próxima pausa de la programación.

2. Actuación del sistema en la emisión de la medianoche

Cuando el operador se va, deja el sistema en reproducción automática de tal forma que al llegar a la medianoche, DAD_{PRO32} tomará automáticamente la señal del satélite.

3. El primer corte comercial

El satélite actuará en conjunto con el software de DAD_{PRO32} y se comunica con el interfaz a través del software que controla el GPIO, de tal modo que se cierra el contacto que le indica a DAD_{PRO32} que debe iniciar la reproducción del set de parada.

4. Reanudación de la programación local

El *set* del *playlist* de la parada de **DAD_{PRO}32** completa el comando de corte, y reanuda la programación local. Para llegar a la hora de la sincronización de la programación satelital con la local se deben repetir los pasos 3 y 4 contemplando el tiempo en el que el locutor retoma la programación local, por ejemplo a las 6:00 am.

5. 6:00 am de la mañana después de la retransmisión satelital

El operador/ra comenzará su programa en la mañana, retomando el control del software.

3.3 Programación para el interfaz GPIO.

Otra manera de realizar una programación similar a la que se vio en el punto 3.2 es utilizando el archivo *.GPO, para realizar paradas en la lista de reproducción de **DAD_{PRO}32**. Si el DAD está reproduciendo audio en una de las tarjetas de sonido en particular, entonces el DAD automáticamente puede silenciar la transmisión local y volver a unirse a dicha emisión después de reproducir el audio de otra fuente, como es el caso nuestro.

Por ejemplo, si la consola está conectada de tal manera que el software de automatización **DAD_{PRO}32** ordena a través de la salida GPO # 1 cerrar el paso del audio (salida 1 de la tarjeta GPIO), entonces el módulo que controla dicha salida desconectará el audio de la consola, permitiendo que salgan al aire la tanda de spots promocionales que se hayan programado (ver el ejemplo en líneas más abajo). Allí se emitirán y a continuación se abrirá el paso del relé para volver al audio de la consola. Para ello, es necesario construir los siguientes *COMMAND cut* (comandos de corte tabla 7):

Cut (corte)	Title (Título)	Content (Contenido)
10000	Mute Network	CLOSE GPO 1
10001	Rejoin Network	OPEN GPO 1

Tabla 7: Comandos de corte GPI
Fuente: Manual Enco DAD PRO 32, 2001

A continuación, se puede observar la programación de los cortes en una lista de reproducción que hace “paradas locales”, se debe prestar mucha atención a los códigos de transición (señalados en rojo). El comando de reanudación (*rejoin*) tiene una transición *Autoload* para que el *playback* espere el siguiente pulso de la difusión o transmisión local. La tanda de anuncios (tabla 8) se hacen en una transición suave. Una transición *Autoplay* (A) también funciona muy bien en muchos casos.

Time	Cut Number	Cut Name	Length	Transition Code
02:20:00	10000	Mute Network	0:00	A
02:20:00	20000	Cooperativa JEP	1:00	S
02:21:00	20001	Zapatos Loli	1:00	S
02:22:00	20002	Óptica Sánchez	0:30	S
02:22:30	20003	Fundación Hogar	0:30	S
02:23:00	20004	Despertar en familia	0:30	S
02:23:30	10001	Rejoin Network	0:00	L
02:50:00	10000	Mute Network	0:00	A
02:50:00	20000	Fundación Hogar	1:00	S
02:51:00	20001	Banco del Austro	1:00	S
02:52:00	20002	Damita Calzado	0:30	S
02:52:30	20003	Joyería Vásquez	0:30	S
02:53:00	20004	El gran manantial	0:30	S
02:53:30	10001	Rejoin Network	0:00	L

Tabla 8: Ejemplo de playlist con tanda de autoplay
Fuente: Manual Enco DAD PRO 32, 2001

La programación directa de GPI Outputs

DAD_{PRO32} puede controlar dispositivos externos mecánicamente (a través de contactos de relé mecánicos que se pueden abrir) o a través de los circuitos mediante el uso de interfaces GPI (enviando pulsos eléctricos) y cadenas de serie (a través de un protocolo de conmutación externa o el comando *SEND TEXT*) utilizando los comandos de DCL. La programación de las salidas de GPO se realizan fuera de DAD_{PRO32}. Para ello se puede usar el *Note Pad* o Blog de Notas de *Windows*. Los comandos de salida DCL GPI se introducen y se almacena en un archivo con nombre específico DAD.GPO. Este archivo debe estar ubicado en un subdirectorio de la dirección \DAD\FILES.

En un entorno de red, el nombre del archivo de GPO para cada estación de trabajo será identificado por su configuración de ubicación, como por ejemplo ONAIR.GPO que se encuentran en la carpeta \DAD\FILES. El control de las salidas de GPIO es un área donde DAD_{PRO32} se aleja un poco de las convenciones anteriores de los dispositivos de reproducción mecánica. Antes en el entorno mecánico, las interfaces de relé se instalaban sobre una base específica, es decir, un relé determinado siempre debía estar asociado con una fuente de comando en particular.

En DAD_{PRO32}, cualquiera de los relés de salida puede ser controlado por cualquiera de los *playbacks* dentro de DAD. El archivo *.GPO puede ser considerado como el *cross-connect* o punto de conexión de los dispositivos que están vinculados a una salida de relé en particular. El primer paso en la comprensión de este proceso es recordar que cada *playback* de audio en el DAD_{PRO32} es asignado a una tarjeta de Procesamiento de Señal Digital (DSP por sus siglas en inglés) vía la tarjeta/canal (*Board/Channel*), a la cual se accede desde DAD en el interfaz de la computadora en el *CHANNEL ASSIGNMENT*, a través del *SETUP* de DAD.

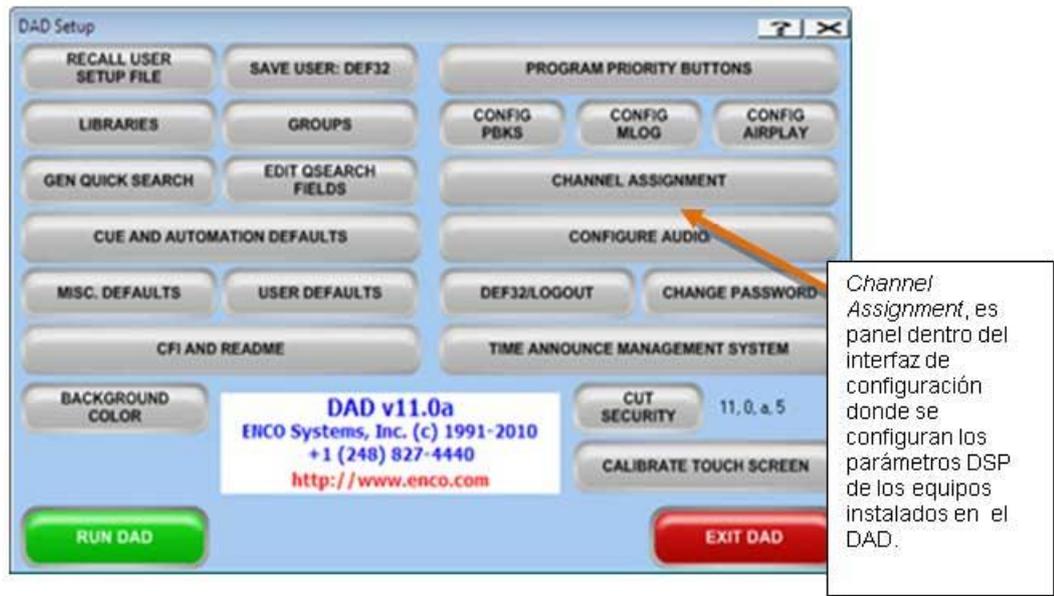


Figura 27: Panel de control del DAD PRO32
Fuente: Manual ENCO DAD PRO32, 2001

Además de hacer las asignaciones de las tarjetas DSP para un dispositivo de audio, esta ventana también permite que uno de los dispositivos especiales suministre el *Program Audition Logic status*. Según el manual del fabricante el archivo GPO se utiliza para controlar los relés de GPO y la cadena de interruptores de salida. Cada línea del archivo de *.GPO está vinculado a una salida serial. (ENCO Systems Inc, 2000, 10-10, 10-11).

Las líneas en el archivo *.GPO deben seguir el siguiente formato:

[event] [I/O#] [type] [action]

Estas variables se explican en la tabla 9. Los comandos de GPO se pueden ver así: PGM_START 1 C "pulse gpo 1 500".

<i>Event</i>	PGM_START, PGM_STOP, ANY_PGM_START, ANY_PGM_STOP, REC_START, REC_STOP, AUD_START, AUD_STOP, SEC, TER
<i>I/O#</i>	1 though the total number of physical I/O NOTA: En el diagrama las tarjetas de audio pueden tener más de una salida por tarjeta DSP. Las tarjetas de audio ANTEX tiene una salida por tarjeta DSP.
<i>type</i>	S (para puerto Serial) ó C (para Command)
<i>action</i>	[Acción cadena de comando o una cadena en serie]

Tabla 9: Variables para la programación del GPO
Fuente: Manual ENCO DAD PRO32, 2001

Por ejemplo, supongamos que se desea mantener cerrado al relé 1 (DAD lo llama relé #0), mientras que con cualquier *playback* configurado con program logic (PGM logic) se permite la reproducción de audio en la salida 1. Esta situación sería ideal para iluminar una luz de *Audio Play*, por ejemplo. Si se quiere cerrar el relé cuando la salida 1 PGM *logic* está activa (el audio está reproduciéndose), de tal modo que se abre el relé cuando el audio se detiene. ((ENCO Systems Inc, 2000, 10-13).

El archivo.GPO podría contener líneas de programación similares a estas:

```
PGM_START 1 C "CLOSE GPO 1"
AUD_START 1 C ""
SEC 1 C ""
TER 1 C ""
PGM_STOP 1 C "OPEN GPO 1"
```

Supongamos que también desea utilizar las señales de referencia secundarias y terciarias procedentes de la máquina para cerrar los relés de 6 y 7 por 0.5 segundo.

El archivo sería el siguiente:

```
PGM_START 1 C "CLOSE GPO 1"
AUD_START 1 C ""
SEC1 C "PULSE GPO 7 500"
TER1 C "PULSE GPO 8 500"
PGM_STOP 1 C "OPEN GPO 1"
```

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO

4.1 Montaje y adecuación del circuito.

Luego de la construcción de nuestro *autoswitch* detector de silencio, es necesario explicar el funcionamiento del mismo de una manera resumida. En primer lugar se debe indicar que el circuito original fue diseñado por la empresa *Henryeng* (ver en la sección de anexos), por ello indicamos que el propósito de esta tesis era realizar la implementación de un equipo de alta fidelidad, de tal manera que la radio tenga una herramienta capaz de evitar que se quede sin señal al aire.

En cuanto a la descripción de su funcionamiento hemos realizado algunos avances sobre la operación del sistema, partiendo de elementos individuales con el fin de que en esta sección se analice su operación circuital conjunta. En el primer capítulo hicimos referencia a los amplificadores operacionales y a sus características explícitas, particulares y funcionales, luego analizamos el funcionamiento de los transistores JFET.

En el segundo capítulo abordamos el tema del audio balanceado y las consideraciones que son necesarias para lograr y transmitir una señal de audio limpia. En ese mismo capítulo se describió matemáticamente, la configuración del amplificador operacional como “convertidor de voltaje referencial a corriente”. Dicho acople electrónico (figura 28) permite la obtención de una señal balanceada aunque esta originalmente no lo sea, tanto para el audio de la Fuente A como la señal de emergencia.

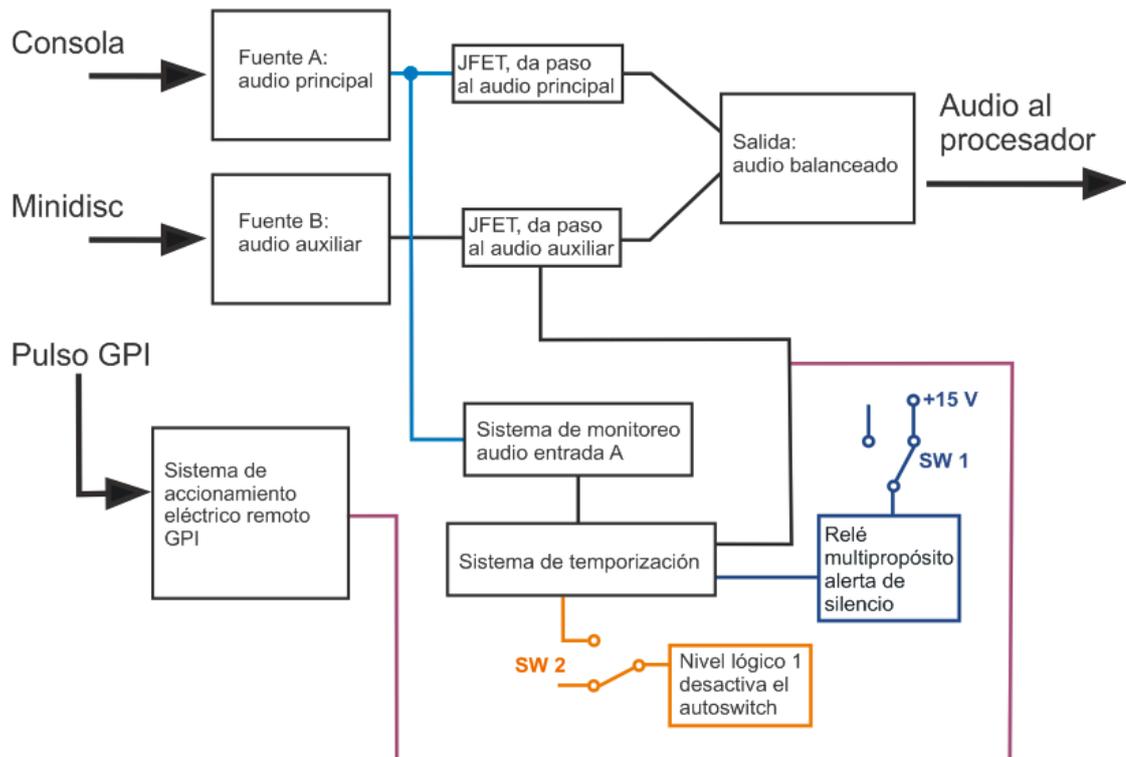


Figura 28: Diagrama de bloques del detector automático de silencio.
Fuente: Diseño por Xavier Macas E.

Con estos conocimientos previos procedemos a explicar el funcionamiento de nuestro sistema de audio, para ello usamos como referencia el diagrama de bloques de la figura 28. En primera instancia señalamos que este sistema tiene dos puntos o intenciones, la primera impedir que la emisora se quede en silencio, y la segunda realizar un control remoto a través del sistema de automatización.

En cuanto al primer punto, debemos indicar que el canal principal de sonido, al que hemos denominado Fuente A (en este caso la consola) no emita señal de audio por un tiempo determinado, entonces el sistema reconocerá una falla y procederá a tomar la señal de audio de emergencia a la cual llamaremos Fuente B (en este caso la señal proveniente de un *minidisc*). El tiempo de silencio puede ser configurado para que no se confunda con la pausa de un locutor o el silencio en una canción por ejemplo (este punto lo analizaremos detenidamente más adelante). El tiempo aproximado máximo puede ir hasta los 35 segundos, entonces el sistema tomará el audio desde la Fuente B. En las siguientes líneas describiremos el funcionamiento del autoswitch.

¿Cómo funciona el circuito detector de silencio?

El flujo de las señales de audio de la Fuente A pasará a las entradas inversoras del circuito operacional LM 353N a través de los pines 6 y 2 de los operacionales U1A y U1B respectivamente, mientras que las señales con los complementos del audio pasarán por los pines 3 y 5 de los mismos AO y luego, situación similar se presenta en los operacionales U2A y U2B (de la fuente de emergencia). Así mismo a la salida de dichos operacionales se podrán calibrar las señales de audio a través de los potenciómetros R31 (canal izquierdo) y R32 (canal derecho) que controlan la señal de la Fuente A y los potenciómetros R33 (canal izquierdo) y R34 (canal derecho) son los que controlan la Fuente B. La explicación del funcionamiento eléctrico de la configuración de estos operacionales está en el capítulo 2 en el punto 2.2.

Desde las salidas de los amplificadores operacionales U1A y U1B (figura 29 (a)) se toma la señal de monitoreo hasta los amplificadores operacionales U3A y U3B (figura 29 (b)) (cuya descripción de configuración y operación se realizó en el capítulo 1 y se ilustró en la figura 7). Este ingreso se controla a través de los potenciómetros R35 y R36 que son los encargados de controlar el umbral de silencio (*threshold*, en inglés), de esta manera se puede calibrar el nivel de sonido para que no se confunda con silencios generados por una pausa breve, convirtiéndose así esta sección del circuito en testigo de permanencia de señal de la Fuente A.

Por otro lado la esencia de este circuito gira en torno a los transistores JFET Canal P Q1, Q2, Q3 y Q4, cuyos *gates* están conectados a un circuito de control, que puede habilitarse de forma automática o utilizando un pulso GPI. Al respecto de esto último, se debe indicar que dicho sistema está totalmente habilitado en nuestro equipo, pero debido a daños en el *software* del sistema de automatización en la radio, no se pudo implementar. Una explicación al respecto está en la sección de anexos (carta de Pablo Torres, Gerente de Radio Familia). Por otro lado, para constancia en uno de los videos adjuntos (anexo 4, grabado dentro del CD, que

contiene el PDF de esta tesis), se puede observar el funcionamiento emulado del GPI en la fase de pruebas del circuito, en dicha ocasión se colocó un pulsante conectado a +5V para demostrar cómo actuaría este pulso positivo en el circuito.

Retomando la descripción del funcionamiento del circuito, indicamos que mientras exista señal de audio en la Fuente A el sistema de monitoreo enviará una señal (que puede fluctuar entre los límites de +15V ó -15V) a los pines inversores 2 y 6 de U3A y U3B respectivamente, dichas señales pueden ser reguladas a través del potenciómetro R35 y R36 (ver figura 29(b)). Debido a que las compuertas inversoras del circuito integrado 40106, que contiene 6 compuertas inversoras *schmitt trigger*, solo puede recibir niveles de tensión comprendidos entre 0 y + 10,1 voltios, se han colocado dos diodos (D5 y D6) en la salida de cada operacional U3A y U3B, el cual se encarga de impedir el paso de los picos negativos, que son nocivos para el 40106, aún así para asegurar un límite máximo a la salida de los diodos D5 y D6 se han colocado los diodos zener D19 y D20 los cuales se encargarán de fijar la tensión máxima en 6.2 voltios.

Así mismo los condensadores C15 y C16 de 10 uF se encargan de generar una señal en forma de diente de sierra, estos flancos de subida y bajada son convertidos en señales de forma de onda cuadrada, a través de las compuertas inversoras, estas señales se vuelven visibles en los leds D17 y D18 (color amarillo) comandados por los transistores Q6 y Q7. Estos se apagan cuando existe señal de audio y se encienden cuando se ha detectado silencio.

Por otra parte, dicha oscilación permite que los condensadores C17 y C18 se carguen y descarguen cíclicamente, entonces mientras exista silencio dichos pulsos positivos harán que el condensador no decaiga su nivel hasta un nivel lógico 0, pero cuando las compuertas lógicas U7C y U7D entregan un nivel lógico 0, los condensadores empezarán a perder carga más o menos rápido dependiendo de la sumatoria de las resistencias R53, R42, R54, R54 y de los potenciómetros R55 y R56.

Cuando la carga de los condensadores C17 y C18 llegan a 0 lógico (aproximadamente 1.5V con una alimentación de +5V) las compuertas U7E y U7F

entregarán un nivel lógico 1, lo que provocará que el transistor Q5 se encienda y su colector pase a un nivel lógico de 1, el cual llega al optoacoplador provocando que este entregue un 0 lógico, (aproximadamente 0,13V) condición eléctrica suficiente para que los *gates* de Q3 y Q4 se enciendan y den paso a la señal de emergencia. A esto se suma la activación del relé multipropósito y del led D14, para desactivar el funcionamiento del relé bastará activar el interruptor SW1.

Pero si las compuertas U7E y U7F dieran un nivel lógico 1 provocarían que el transistor Q5 se encienda y su colector pase a un nivel lógico de 0, el cual llega al optoacoplador logrando que este entregue un 1 lógico, (aproximadamente 4,5V) condición eléctrica suficiente para que los *gates* de Q3 y Q4 estén apagados, permitiendo que la señal de la Fuente A sea emitida.

Otra sección del circuito que debe ser tomada en cuenta es que existe otra señal prevalente que activa o desactiva el detector automático de silencio a través del interruptor SW2. Este se encarga de enviar un nivel lógico uno al circuito oscilador temporizador, lo cual lleva la señal a cero rápidamente por el transistor Q5 lo que desactiva a los JFET Q3 y Q4 a través de D2. De esta forma se inhibirá la actuación del control automático de detección de silencio pues provocará que el equipo tome obligatoriamente la señal de la Fuente A, esté o no presente.

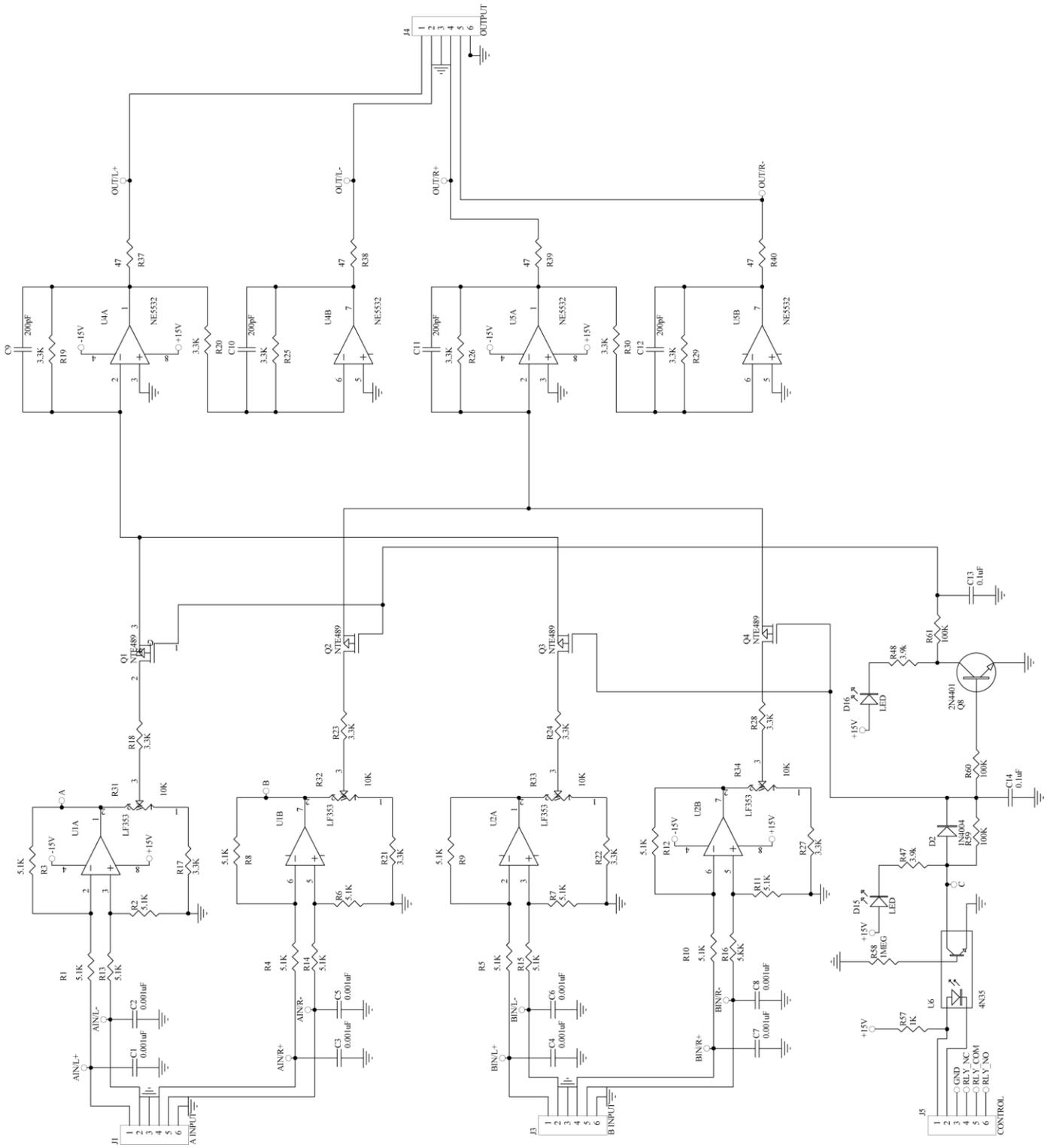


Figura 29 (a): Diagrama electrónico del circuito detector de silencio, bloque (a), Fuente: Henry Engineering.

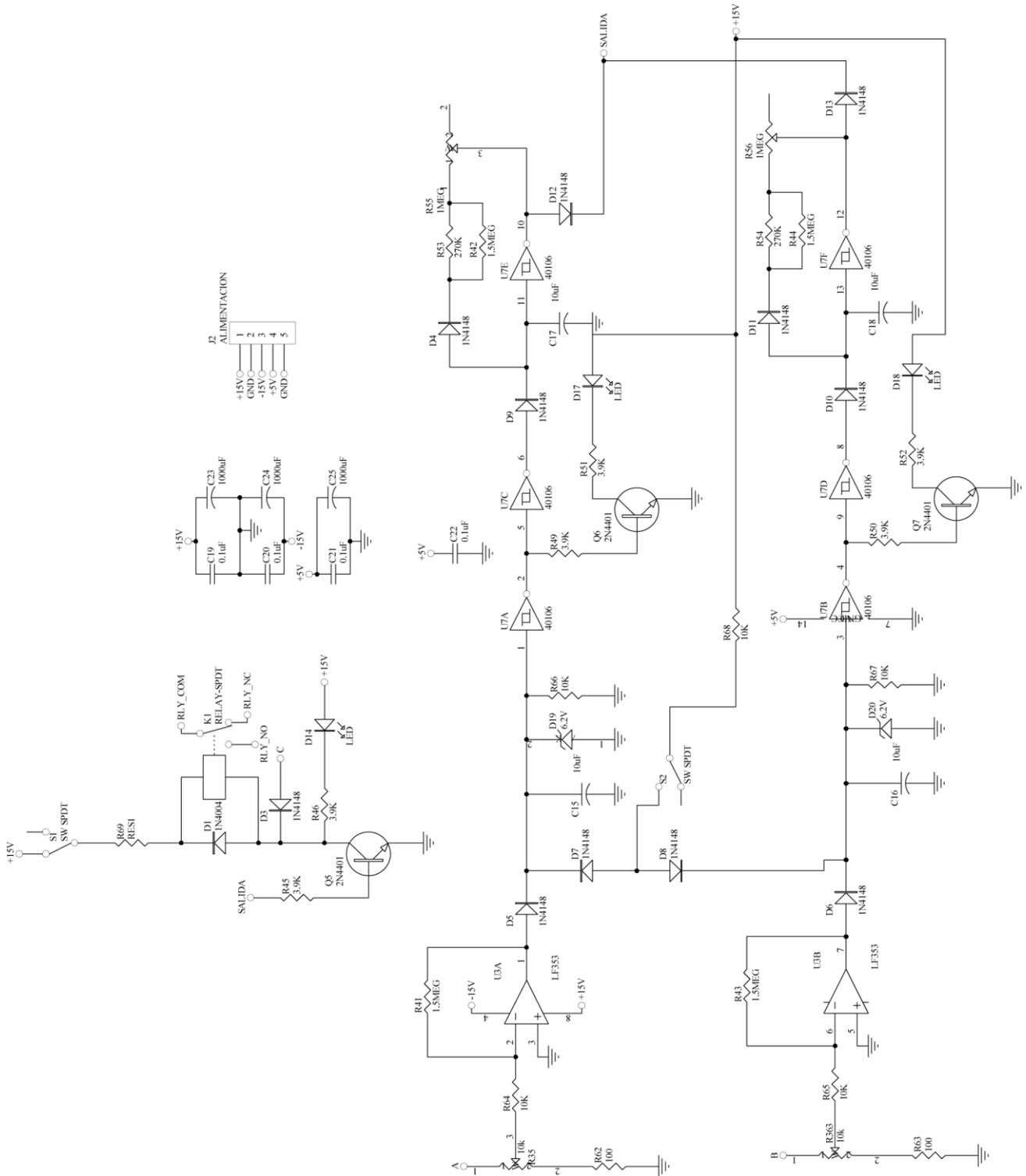


Figura 29 (b): Diagrama electrónico del circuito detector de silencio, bloque (b). En esta sección está el sistema de monitoreo y temporización de espera.
Fuente: Henry Engineering.

4.2 Diseño del sistema de interconexión de audio en los estudios de Radio Familia.

Luego de la explicación del funcionamiento de nuestro *autoswitch* detector de silencio, realizamos el diseño para la interconexión de nuestro equipo. En primera instancia se debe recordar que este aparato funciona como un *bypass*, entre la consola y el procesador de audio. Como se puede apreciar en el diagrama de bloques de la figura 30, el estudio originalmente estuvo conectado como se ilustra.

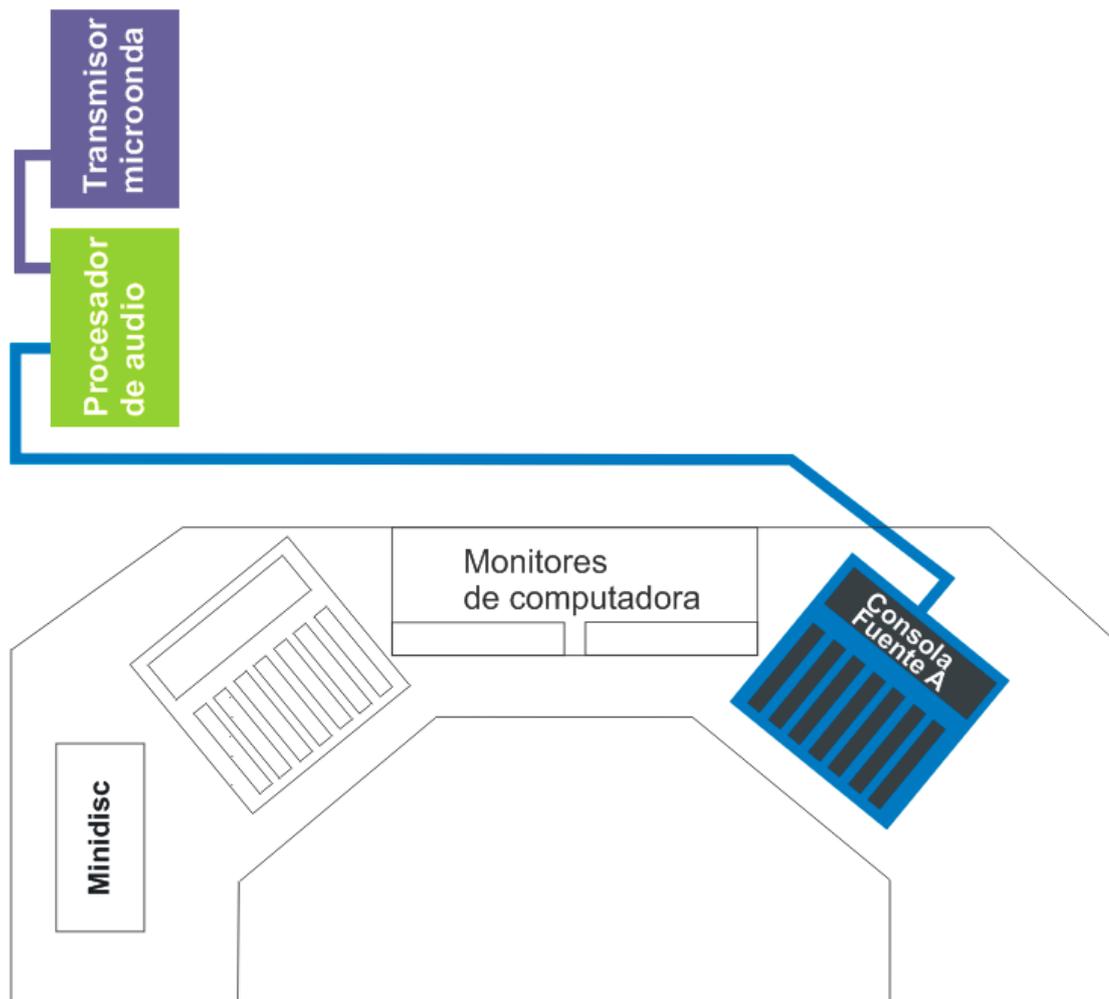


Figura 30: Diagrama de conexión unifilar del sistema de audio antes de la instalación del autoswitch detector de silencio, en los estudios de Radio Familia, en la ciudad de Cuenca.

Fuente: Diseño por Xavier Macas E.

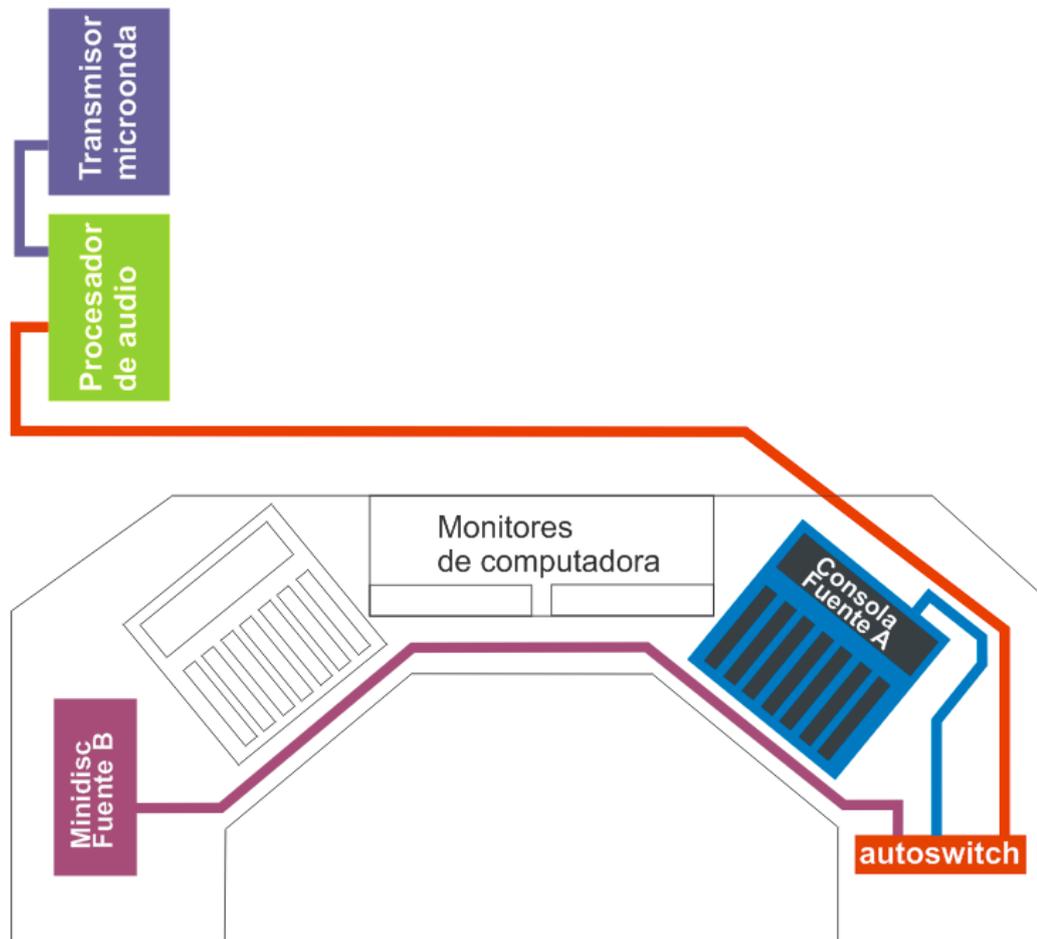


Figura 31: en los estudios de Radio Familia.
Fuente: Diseño por Xavier Macas E.

En la figura 31 se puede mirar que la posición más óptima para la conexión de *autoswitch* fue al lado derecho de la consola, pues en ese punto estaba el nodo de conexión con el procesador de audio y de esa forma se pudo evitar distancias más largas en los cables. Luego, como describiremos en la siguiente sección, se procedió con la interconexión de los equipos (como se observará en las fotografías tomadas).

4.3 Informe sobre el acoplamiento del sistema en la radio

Como hemos mencionado anteriormente la señal de audio de emergencia se tomó de un reproductor de *minidisc*. Originalmente se planeaba adoptar el receptor satelital como señal de emergencia, pero debido a que ya existían dos conexiones en paralelo, tanto la impedancia como la señal se atenuaron provocando que el audio se degrade, por ello se optó por conectar el *minidisc* como *backup* (línea morada en la figura 31) audio para la Fuente B del *autoswitch*. La señal de la consola Fuente A (línea azul) se conectó en el equipo como se ilustra en el diagrama de la figura 31.

La instalación del sistema de control automático de audio en los estudios de Radio Familia requirió de la ayuda del ingeniero John Tomerbak, quién es la persona que diseñó las instalaciones de la emisora y por su conocimiento del área ubicó las vías más adecuadas para interconectar los equipos. Esta instalación tardó aproximadamente tres horas pues se debió fijar el equipo en la parte inferior de la mesa del estudio, destapar y acondicionar los cables contruidos a medida entre la consola de audio y el *autoswitch*.

El equipo fue instalado el pasado 25 de febrero de 2012 y ha permanecido encendido durante este periodo de tiempo sin registrar ningún tipo de fallas o distorsiones en la señal de audio. La constatación de funcionamiento e instalación del equipo se la hizo el pasado 26 de febrero de 2012 en presencia del Ingeniero Francisco Vásquez, director de la presente tesis. Para observar el detalle del proceso de instalación se pueden revisar las fotografías (anexo 3).

CONCLUSIONES

En concordancia con los objetivos planteados, se anotan las siguientes conclusiones:

- Con la implementación de este equipo electrónico se mejoró la respuesta de emergencia, ante una situación de silencio total en la salida de la consola de audio de la emisora, este dispositivo fue calibrado a 17 segundos de espera antes de dar paso a la señal de emergencia, en lugar de una respuesta manual que podía tardar varios minutos u horas como sucedía anteriormente en Radio Familia.

A pesar de que el sistema de automatización ha presentado escasas fallas, los errores humanos (en la realización de playlists, por ejemplo) son inevitables y ocasionan inconsistencias en la asignación de tareas al sistema. Por esto el equipo detector de silencio representa una solución práctica de bajo costo, frente al problema de silencio de audio. Durante las pruebas de constatación, se evidenció que el sistema entrega una señal de audio totalmente limpia sin ruidos o interferencias electromagnéticas, demostrando así, que el equipo genera audio balanceado, cumpliendo óptimos parámetros de calidad.

- En cuanto a los objetivos específicos se puede concluir que: el circuito electrónico construido en base a un esquema diseñado por la empresa *Henry Engineering*, funcionó adecuadamente. Sin embargo, como aporte a esta investigación se acopló otro tipo de transistor JFET y por otro lado, se mejoró la señal eléctrica de alimentación con la instalación de una fuente *switching*, lo que redundó en la nitidez del audio.

- Como se pudo constatar en el capítulo cuatro, la instalación se realizó de acuerdo a los objetivos planteados.

- En cuanto al tercero y último objetivo específico, sobre el acople con el interfaz GPIO del sistema de automatización ENCO DAD_{PRO32} y nuestro sistema de audio emergente, indicamos que el ingreso optoaislado GPI de nuestro *autoswitch* funciona perfectamente para tensiones de corriente continua (que pueden variar

entre +5 voltios y +24 voltios). Como se puede observar en la fase de pruebas en el vídeo adjunto (anexo), se conectó una señal de + 5 voltios y el circuito funcionó óptimamente.

Como se informó la configuración del interfaz GPI se vio afectada debido a un daño localizado en el disco duro principal del servidor de ENCO, ocasionado por fallas de tensión en el sistema UPS. Situación que impidió lograr la programación y activación remota utilizando el interfaz GPIO, por cuanto la emisora requiere una fuerte suma de dinero para realizar la reparación de esta parte del sistema de automatización. Este particular puede ser corroborado en la carta adjunta escrita por el gerente de la radio. Sin embargo, en el capítulo tres se describe detalladamente la forma en la que se puede programar el DAD_{PRO}32 a través del sistema de codificación DCL. El sistema está totalmente listo para recibir las órdenes desde la computadora, cuando el sistema de automatización sea reparado.

RECOMENDACIONES

La experiencia obtenida en la realización de este trabajo nos permitió descubrir que este equipo es capaz de controlar eficazmente y de manera automática posibles fallas en la señal de audio, evitando que la emisora pierda oyentes, y por lo tanto dinero al no existir señal al aire.

- Es necesario que la emisora recupere la operatividad de la tarjeta GPIO, por cuanto este interfaz es el que permite un control automatizado y programado del sistema de *autoswitch*, pues el equipo en sí, tiene dos servicios, el de realizar un control a través del monitoreo analógico y una activación remota por medio de un pulso de cinco voltios entregado por la tarjeta de interfaz, de ENCO.

- Este detector automático de silencio, es perfectible de tal forma que se podría construir una nueva versión, en la cual se integre una segunda entrada auxiliar de audio, la cual estaría conectada a otra fuente sonora. De tal modo, que el sistema tendría dos controles GPI, que podrían ser controlados remotamente a través del automatizador. La única condición para que esta nueva versión funcione, sería que de las dos señales GPO provenientes de la computadora, una sea prevalente, debido a que las dos señales de audio no podrían transmitirse de forma simultánea.

- La emisora también podría instalar este sistema de conmutación de audio automática en la planta transmisora de Icto Cruz, de esa forma aunque no exista energía en el estudio, y siempre que exista fluido eléctrico en el transmisor, la señal no caerá. Allí podría colocarse una computadora, tipo servidor, capaz de entregar una señal de audio totalmente alterna y autónoma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYLESTAD, Robert L. y NASHELSKY, Louis. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*, Octava Edición. México, Pearson Educación México, 2003.
- COUGHLIN, Robert F. y DRISCOLL, Federich F. *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*, Quinta Edición. México, Englewood Cliffs / Prentice-Hall Hispanoamérica S.A., 1999
- CENTRO NACIONAL DE FORMACIÓN A DISTANCIA. *Teoría de Electrónica Industrial* Fascículo 8. Montevideo, Centro Nacional de Formación a Distancia, 2005.
- DOMÍNGUEZ Gómez, Miguel Ángel y QUINTÁNS Graña, Camilo. *Artículo: "El amplificador operacional II"*. España, Universidad de Vigo, 2011.
- ENCO Systems Inc., *DAD_{PRO32} System Reference Manual*, Tercera Edición. Michigan, Estados Unidos, 2001.
- HAMBLEY, Allan R., *Electrónica*, Segunda Edición, Madrid, Editorial Alhambra Longman, 2001.
- MCGRAWN HILL INTERNACIONAL. *Enciclopedia: Electrónica Moderna Práctica Tomo 1*. México, D'vinni Editorial Ltda Colombia, 1996.
- MCGRAWN HILL INTERNACIONAL. *Enciclopedia: Electrónica Moderna Práctica Tomo 2*. México, D'vinni Editorial Ltda Colombia, 1996.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR, *Data Sheet: LF353 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier*. Santa Clara California EE.UU., 2003.
- SEDRA, Adel S. y SMITH, Kenneth C. *Circuitos Microelectrónicos*, Cuarta Edición. Oxford, Reino Unido, Oxford University Press México, 1999.
- SEDRA, Adel S. y SMITH, Kenneth C. *Circuitos Microelectrónicos*, Quinta Edición. México, McGrawn Hill Internacional México, 2006.
- TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. *Data Sheet: NE5532 Dual low-noise operational amplifiers*. Dallas, Texas EE.UU., 2009.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT BERKELEY. *Physics 111 Laboratory Basic Semiconductor Circuits (BSC) Lab 5 JFET Circuits II Last Revision*. California, 2010
- MALVINO, Albert Paul. *Principios de electrónica*, Sexta Edición. Madrid, McGraw Hill Internacional, 2000.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Antecedentes históricos del amplificador operacional:

(<http://www.tayloredge.com/museum/museum/opamp.pdf>). Fecha de Consulta: 20 de octubre de 2011.

Características esenciales del amplificador operacional:

(http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional). Fecha de Consulta: 20 de noviembre de 2011.

Características principales de operación del amplificador operacional:

(http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040015/lecciones/Capitulo_2/caracteristicas.html). Fecha de Consulta: 28 de noviembre de 2011.

Parámetros de operación del amplificador operacional LF353:

(<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/lf353.pdf>). Fecha de Consulta: 28 de noviembre de 2011.

Curvas de funcionamiento y diagrama interno del amplificador operacional LF353:

(<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353-n.pdf>). Fecha de Consulta: 28 de noviembre de 2011.

Características y configuración para el funcionamiento del amplificador operacional NE5532:

(<http://www.tkhifi.com/datablade/an142.pdf>). Fecha de Consulta: 28 de noviembre de 2011.

Esquema interno del amplificador operacional NE5532:

(<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne5532.pdf>). Fecha de Consulta: 29 de noviembre de 2011.

Diagramas didácticos internos de los transistores de efecto de campo de unión

JFET: (http://www.profesormolina.com.ar/tutoriales/trans_campo.htm). Fecha de Consulta: 2 de diciembre de 2011.

Transistor FET de unión: funcionamiento y características:

(http://www.netcom.es/pepeelo/teoria/elo_t_otros_02.htm). Fecha de Consulta: 12 de diciembre de 2011.

Cable de par trenzado:

(http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado). Fecha de Consulta: 30 de diciembre de 2011.

Conector RCA usos ventajas y desventajas, orígenes:

(http://en.wikipedia.org/wiki/RCA_connector). Fecha de Consulta: 30 de diciembre de 2011.

Anexos

Anexo 1

Tablas de Comandos para la programación de DCL tomados del manual de de ENCO DAD_{PRO}32.

Command	Syntax	Function	Example
ADJUST	ADJUST HEAD CUTID SECS	Adjusts the head or tail, or the secondary or tertiary cue, of the specified cut.	ADJUST HEAD I2345 2.2
	ADJUST TAIL CUTID SECS	Adjusts the tail of the specified cut.	ADJUST TAIL I2345 2.2
	ADJUST SEC CUTID SECS	Adjusts the secondary cue of the specified cut.	ADJUST SEC I2345 3
	ADJUST TER CUTID SECS	Adjusts the tertiary cue of the specified cut.	ADJUST TER 12345 3
ALERT	ALERT <'string'>	Displays message in popup window	ALERT 'Someone is at the door'
APPEND RECx	APPEND RECx	Appends a cut in specified record machine x = 1 through 4	APPEND REC1

APPEND RECLIST	APPEND RECLIST [<parameters>,...]	<p>These elements are added to currently loaded list but are not saved in the list unless the user manually saves the record list. Non-sensical data is not well checked, so use caution.</p> <p>NOTE: Use of this command requires that a list be loaded. The list can be empty but must be a named list.</p> <p><Parameters> are any of the following in any order:</p> <p>Required parameters: /CUT example: /cut12345</p> <p>/REC example: /rec2</p> <p>/START example: /start121500</p> <p>/END example: /end123000</p> <p>Optional parameters: /LOC example: /locF</p> <p>/SWITCHER example: /switcher1</p> <p>/GPI example: /gpi3</p> <p>/DISCARD example: /discard</p>	APPEND RECLIST /rec3 /cut99999 /locg /start210000 /end214500 /switcher3 /gpi1
-----------------------	--	--	--

AUDIO STATUS	AUDIO STATUS <machine>	Displays the board status and remaining play time for the specified machine	AUDIO STATUS PBK1
AUTO	AUTO <PBK machine>	Select auto mode on specified machine	AUTO PBK1
BACKUP FILES	BACKUP FILES	Backup files specified in \dad\files\dad.ini	BACKUP FILES
CHANGE	CHANGE <machine>	Select highlighted cut to play next	CHANGE MLOG
CLOSE AGPO	CLOSE AGPO <unit# > <output# >	For use with Brick and Cube outputs. Unit number is Brick or Cube number.	OPEN AGPO 1 3
CLOSE GPO	CLOSE GPO <output>	Close specified relay on GPI board	CLOSE GPO 7
CLOSE LOG ASPLAY	CLOSE LOG ASPLAY	Closes (disables) <i>As Played</i> Log	CLOSE LOG ASPLAY
CLOSE LOG BRANCH	CLOSE LOG BRANCH	Closes the Branch commands LOG file (if open)	CLOSE LOG BRANCH
CLOSE LOG GPI	CLOSE LOG GPI	Closes the GPI commands LOG file (if open)	CLOSE LOG GPI
CLOSE LOG GPO	CLOSE LOG GPO	Closes the GPO commands LOG file (if open)	CLOSE LOG GPO
CLOSE MGPO	CLOSE MGPO n1 [<n2> <N3>...<nx>]	Closes multiple GPO relays simultaneously	CLOSE MGPO 1 2 3
COPY ASPLAY	COPY ASPLAY <filespec >	Copy ASPLAY report to *.CPY	COPY ASPLAY WED.DBF
COPY CUT	COPY CUT <cut# > <cut# > ENTIRE or HEADTAIL	Copy source cut# to dest cut#	COPY CUT 00010 00012 HEADTAIL
CURRENT TIME	CURRENT TIME <machine>	Return current record or playback time. FOR SERIAL USE ONLY.	CURRENT TIME PBK1
CURRENT TIMEOFDAY	CURRENT TIMEOFDAY	Return the current time of day. FOR SERIAL USE ONLY.	CURRENT TIMEOFDAY
DELAY NEXT CMD	DELAY NEXT CMD <msecs>	Delays execution of the next command; all other commands are executed as soon as possible.	CLOSE GPO6 DELAY NEXT CMD 5000 OPEN GPO 6
DELETE CUT	DELETE CUT <cut# > [<cut# >]	Delete and purge 1 or more cuts	DELETE CUT 10272 13575
DELETE CUT EXPIRED	DELETE CUT EXPIRED	Deletes all expired cuts	DELETE CUT EXPIRED

DELETE CUT RANGE	DELETE CUT RANGE <cut#1>-<cut#2>	Delete and purge a range of cuts	DELETE CUT RANGE 10200-10299
DELETE CUT USING	DELETE CUT USING <filespec>	Delete and purge cuts listed in file	DELETE CUT USING LIST.TXT
DELETE PLAYLIST	DELETE PLAYLIST <playlist name>	Delete specified playlist; see Playlist.txt in the DAD\READ.ME folder for how to use wildcard functionality with this command	DELETE PLAYLIST MONDAY
DISABLE GPI	DISABLE GPI	Suppress all GPI activity	DISABLE GPI
DISABLE GPI ALL	DISABLE GPI ALL	Flag all GPIs inactive	DISABLE GPI ALL
DISABLE GPI <list>	DISABLE GPI <input> [<input>...]	Flag specific GPI(s) inactive	DISABLE GPI 1 3 6
DISABLE GPI <list> FOR <seconds>	DISABLE GPI <input> [<input>...] FOR <seconds>	Flag GPI(s) inactive for a duration	DISABLE GPI 1 FOR 25
DISPLAY CUE	DISPLAY CUE <machine>	Show cues for specified machine	DISPLAY CUE PBK1
DISPLAY EMAIL	DISPLAY EMAIL <filename>	Display E-MAIL from DADSAT uplink	DISPLAY EMAIL NEWPROMO
DOWN	DOWN <playback machine>	Step specified machine's playlist down one event	DOWN PBK2
DOWNLOAD ASCIIFILE	DOWNLOAD ASCIIFILE <filespec>	Download FROM remote (DADSAT)	DOWNLOAD ASCIIFILE '062196.log'
ENABLE GPI	ENABLE GPI	Enables GPIs which are flagged active	ENABLE GPI
ENABLE GPI ALL	ENABLE GPI ALL	Flag all GPIs active	ENABLE GPI ALL
ENABLE GPI <list>	ENABLE GPI <input> [<input>...]	Flag specific GPI(s) active	ENABLE GPI 2 3 4
ENABLE GPI <list> FOR <seconds>	ENABLE GPI <input> [<input>...] FOR <seconds>	Flag GPI(s) active for a duration	ENABLE GPI 1 FOR 25
ENABLE GPO	ENABLE GPO	Enables GPOs which are flagged active	ENABLE GPO
ENABLE GPO ALL	ENABLE GPO ALL	Flag all GPOs active	ENABLE GPO ALL
ENABLE GPO [list]	ENABLE GPO <output> [<output>...]	Flag specific GPO(s) active	ENABLE GPO 2 3 4

ENABLE GPO [list] FOR seconds	ENABLE GPO <output> [<output>...] FOR seconds	Flag GPO(s) active for a duration	ENABLE GPO 1 FOR 25
EXECUTE	EXECUTE <cut#> EXEC <cut#> X <cut#>	Execute specified command cut directly	EXECUTE 01200
EXIT	EXIT	Exit DAD	EXIT
EXTRACT	EXTRACT <cut#>	Extract cut information from library (for XML support)	EXTRACT 06743
EXTRACT_PLAYLIST	EXTRACT PLAYLIST <plist name>	Extract a playlist (DADSAT)	EXTRACT PLAYLIST MONDAY
EXTRACT_PLAYLISTS	EXTRACT PLAYLISTS <to filename>	Make file of all playlists (DADSAT)	EXTRACT PLAYLISTS ALLPLIST
FLUSH DEBUG	FLUSH DEBUG <filename>	Flushes the DEBUG file into a user-specified file	FLUSH DEBUG ONAIR.DBG
GATEWAY SCAN	GATEWAY SCAN <location>	Tell a GATEWAY located at "location" specified to "wake-up" and do a rule check	GATEWAY SCAN ONAIR
GENERATE	GENERATE <report>	Generate specified report	GENERATE ASPLAY ONAIR.WED
GPI OFF	GPI OFF	Suppress all GPI activity	GPI OFF
GPI ON	GPI ON	Enables GPIs that are flagged active	GPI ON
INJECT	INJECT <cut#>	Add EXTRACTed cut info to library	INJECT 05746
INJECT PLAYLIST	INJECT PLAYLIST <plist name>	Add EXTRACTed playlist to your system	INJECT PLAYLIST MONDAY
INSTATRIM	INSTATRIM <cut id> [trim level]	Trim head and tail	INSTATRIM 24025 -23
LIST PLAYLIST	LIST PLAYLIST	Return names of all existing playlists. FOR SERIAL USE ONLY	LIST PLAYLIST
LOAD CONFIG ALL	LOAD CONFIG ALL	Load all updated GPI GPO IS_ AND OS_ files	LOAD CONFIG ALL
LOAD CONFIG GPI	LOAD CONFIG GPI	Load updated GPI file.	LOAD CONFIG GPI

LOAD CONFIG GPO	LOAD CONFIG GPO	Load updated GPO file.	LOAD CONFIG GPO
LOAD CONFIG IS	LOAD CONFIG IS	Load input switcher files.	LOAD CONFIG IS
LOAD CONFIG OS	LOAD CONFIG OS	Load output switcher files.	LOAD CONFIG OS
LOAD CUT	LOAD CUT <machine> <cut#>	Load specified cut into specified machine	LOAD CUT REC1 01234
LOAD CUT	Load Cut <array> <cut#> <Page> <Row> <Column>	Places specified cut into the specified array or mini array button.	LOAD CUT ARRAY 01234 3 2 2 LOAD CUT MINAR1 05000 5 1 2
LOAD PLAYLIST	LOAD PLAYLIST <playback machine> <filespec>	Load playlist into playback machine; see Playlist.txt in the DAD\READ.ME folder for how to use wildcard functionality with this command	LOAD PLAYLIST PBK1 MORNING
LOAD RECLIST	LOAD RECLIST	Load the current user's timed record list.	LOAD RECLIST
LOAD SETUP	LOAD SETUP <filespec>	Load user setup into workstation.	LOAD SETUP JOCK1
LOG GPI	LOG GPI n <text>	Logs GPI and specified text to ASPLAY log. NOTE: This command is primarily for use in .GPI files.	LOG GPI 3 'your text'

MACHINE STATUS	MACHINE STATUS <machine>	Returns status information about the machine specified including: loaded cut, loaded playlist, time remaining recent peak VU levels, etc. Return format: <audio status>, <cutid>, <playlist name>, <playlist position>, <time played> <time to end>, <reserved> Audio status codes: 0 = idle 1 = ready to record (monitoring) 2 = recording 3 = playing	MACHINE STATUS PBK1 Return Information: 3,00199,songs,4,6.7,10.8,0.0 (commas are delimiters...)
MAKEUP	MAKEUP MLOG	Positions mlog machine to first unplayed cut	MAKEUP MLOG
MANUAL	MANUAL <PBK machine>	Select manual mode on specified machine	MANUAL PBK1
MODE	MODE <MOUSE or TOUCH>	Select Mouse or Touch mode	MODE MOUSE
NEXT	NEXT <machine>	Sequence playback machine to next cut	NEXT PBK1
OPEN AGPO	OPEN AGPO <unit#> <output#>	For use with Brick and Cube outputs. Unit number is Brick or Cube number.	OPEN AGPO 1 3
OPEN GPO	OPEN GPO <output>	Open specified relay on GPI board	OPEN GPO 7
OPEN LOG ASPLAY	OPEN LOG ASPLAY	Opens (starts) As Played Log	OPEN LOG ASPLAY
OPEN LOG BRANCH	OPEN LOG BRANCH	Opens the Timed Branch event tracking file (if closed)	OPEN LOG BRANCH
OPEN LOG GPI	OPEN LOG GPI	Opens the GPI event tracking file (if closed)	OPEN LOG GPI

OPEN LOG GPO	OPEN LOG GPO	Opens the GPO event tracking file (if closed)	OPEN LOG GPO
OPEN MGPO	OPEN MGPO n1 [<n2> <N3>...<nx>]	Opens multiple GPO relays simultaneously	OPEN MGPO 1 2 3
OUTPUT LEVEL PBKx dB_LEVEL	OUTPUT LEVEL PBK <number> <dB_LEVEL>	Sets the output level of specified playback machine	OUTPUT LEVEL PBK2 -20
PAUSE	PAUSE <machine>	Pause playback of specified machine	PAUSE PBK1
PHONE_IO_ENTER	PHONE_IO_ENTER <TRUE or FALSE>	Construct a cut number from Telos Zephyr	PHONE_IO_ENTER TRUE
PLAY	PLAY <machine>	Start playback on specified machine	PLAY P_PLAY6
PLAYBACK (for web presence interfaces)	PLAYBACK STATE PBKx Tile name'	Fill specified file with XML-formatted data about the current state of the specified playback machine	PLAYBACK STATE PBK3 'dad\pbk3state.xml' PLAYBACK STATE PBK3 'off'
PLAYWHILE-RECORD	PLAYWHILERECORD <ON or OFF>	Allow/disallow play while record	PLAYWHILERECORD <ON or OFF>
POSITION	POSITION <machine> <'hh:mm:ss'>	Positions playlist to a specified time	POSITION PBK2 '14:30:00'
PRINT	PRINT <filespec>	Print an ASCII file	PRINT \dad\files\dad.cfg
PRINT ASPLAY	PRINT ASPLAY <filespec>	Print an ASPLAY report	PRINT ASPLAY AM_ONAIR
PULSE AGPO	PULSE AGPO <unit#> <output#> <duration>	For use with Brick and Cube outputs. Unit number is Brick or Cube number. Duration is in milliseconds.	PULSE AGPO 4 3 500
PULSE GPO	PULSE GPO <output> <duration>	Close GPI relay for duration then re-open	PULSE GPO 8 1000
PULSE MGPO	PULSE MGPO n1 [<n2> <N3>...<nx>]	Pulses multiple GPO relays simultaneously	PULSE MGPO 1 2 3
PURGE ASPLAY	PURGE ASPLAY <filespec>	Purge an ASPLAY file	PURGE ASPLAY FM_ONAIR
PURGE LIBRARY	Purge Library [<fromcut> <tocut>]	Purges the library and provides the option of entering a range of cut numbers to purge	PURGE LIBRARY PURGE LIBRARY 11000 12000
RE-PLIST	RE-PLIST	Rebuilds the playlist "list"	RE-PLIST

REBOOT	REBOOT	Closes all files, shuts DAD down gracefully, and reboots	REBOOT
RECALC	RECALC PBKx	Recalculates playlist time; can be used in conjunction with P-PLAY or ARRAY buttons	RECALC PBK1
RECORD	RECORD <machine> [SWITCHER '<mnemonic>']	Start recording (switcher optional)	RECORD REC1 SWITCHER 'CNN'
RECORD AUTO STOP	RECORD AUTO STOP RECx level(db) duration(ms)	This DCL, for REC3 recording, looks for .5 seconds of -35 levels, and when it occurs, stops REC3 recording	RECORD AUTO STOP REC3 -35 500
REFRESH	REFRESH <playback machine>	Refresh playlist in specified playback machine	REFRESH PBK4
REINIT DISPLAY	REINIT DISPLAY	Redraw graphics screen	REINIT DISPLAY
RENUMBER	RENUMBER <fromcutid> <tocutid> <[location]>	Renumber DAD cut	RENUMBER 99201 59201
RESET COLOR (array)	RESET COLOR <array>	Returns grayed out array buttons to normal	RESET COLOR MINAR1
RESET ROTATE	RESET ROTATE <cut#>	Resets the rotate counter of the specified rotate cut to 0	RESET ROTATE 12345
RESTART MLOG	RESTART MLOG	Restarts the MasterLog Machine after it has been stopped	RESTART MLOG
RETURN	RETURN <machine>	Return playlist to next scheduled cut	RETURN MLOG
SELECT MACHINE	SELECT MACHINE <LEFT or RIGHT> <machine>	Place a machine on the screen. NOTE: Not available in Expert Mode.	SELECT MACHINE LEFT REC1
SEND COMMAND	SEND COMMAND <location> <'dcl string'>	Send dcl to another workstation	SEND COMMAND ONAIR 'PLAY PBK1'
SEND TEXT (string)	SEND TEXT <channel> <'string'>	Send 'string' out SEND_TXT serial port	SEND TEXT A 'DT15508'
SEND TEXT (file)	SEND TEXT <channel> [<path>] <filespec>	Send file contents out SEND_TXT serial port	SEND TEXT B SCRIPT1
SET COLOR (array)	SET COLOR <array> <panel> <row> <column> <color>	Sets array button colors (see Section 8.9 for color codes)	SET COLOR MINAR1 2 1 3 40

SET COLOR (P-Play)	SET COLOR P_PLAY <n> <color>	Sets Priority Play button colors (see Section 8.9 for color codes)	SET COLOR P_PLAY3 24
SET DEVICE	SET DEVICE <pbk> <priority> <board> <mode> <share>	Assign channels to playback machines 5-8	SET DEVICE PBK5 1 1 R SH
SET FADEIN	SET FADEIN <board>	Sets Fade-in point to a specific board	SET FADEIN 1
SET HOOKPLAY	SET HOOKPLAY <machine> <on/off>	For use with Hooks mode (see Section 6).	SET HOOKPLAY PBK1 ON SET HOOKPLAY ARRAY OFF
SET HOOKPLAY (ARRAY)	SET HOOKPLAY <array machine> <page> <row> <column> <on/off>	Hooks mode DCL commands for Array machines only.	SET HOOKPLAY MINIAR1 1 2 3 ON SET HOOKPLAY ARRAY 2 3 3 OFF
SET P_PLAY	SET P_PLAY <n> <'string'> <cut#>	Assign cut & text to a P_PLAY button	SET P_PLAY 5 'NEWS' 01201
SET RECORD GROUP	SET RECORD GROUP <groupname>	Changes current group setting	SET RECORD GROUP SONGS
SET RECORD MAX	SET RECORD MAX RECx <HHMMSS or MMSS>	Sets maximum record length	SET RECORD MAX REC1 010002
SET RECORD MODE	SET RECORD MODE <machine> <mode>	Sets mode for record machine	SET RECORD MODE REC1 L
SET RECORD THRESHOLD	SET RECORD THRESHOLD <machine> <dB>	Sets autorecord threshold	SET RECORD THRESHOLD REC1 -23
SET SEC	SET SEC <machine>	Set SEC cue to machine's current elapsed time	SET SEC REC1
SET SEGUE_END	SET SEGUE_END <record machine>	Sets the segue end point while recording in a specified machine	SET SEGUE_END REC1
SET SLATE	SET SLATE <machine>	Set slate marker on cut in specified machine	SET SLATE REC1
SET TER	SET TER <machine>	Set TER cue to machine's current elapsed time	SET TER PBK2
SHUFFLE	SHUFFLE/<initial playlist>/<destination playlist>	Shuffles a initial playlist to a destination playlist. Note: the initial and destination playlists can be the same.	SHUFFLE/MORNING/MORN2
SLEEP	SLEEP	Close database access for rebuild	SEND COMMAND ONAIR 'SLEEP'
STOP	STOP <machine>	Stop audio operation on specified machine	STOP REC1

STOP [fade]	STOP <playback machine > [<secs>]	Fade audio out in specified # of seconds and stop	STOP PBK1 3
STOP 4PLAY	STOP 4PLAYx	Stops playback in 4PLAY machine slot x, where x is slot number 1-4	STOP 4PLAY 1
STOP MLOG [n]	STOP MLOG n	Stops MasterLog machine after the specified number of seconds. [N]=number of seconds that you specify. <i>NOTE: ENCO Systems does not recommend that you enter more than 5 seconds in the STOP MLOG DCL.</i>	STOP MLOG 2
SUPERPLAY	SUPERPLAY <playback machine >	Play PBKx if stopped, segue to Next if playing	SUPERPLAY PBK1
SUPERPLAY MLOG	SUPERPLAY MLOG	Skips to and takes next cut when you press TAKE.	SUPERPLAY MLOG
SYNC	SYNC [<MMSS>] [max ss]	Set min/sec of DAD (and system) clock to specified value. [max ss] is an optional parameter for maximum time correction allowed.	SYNC 5856 SYNC 5400 MAX 60
SYSTEM	SYSTEM 'string'	Run command specified in 'string'	SYSTEM 'ren file1 file2'
TAKE MLOG	TAKE MLOG	Plays the MasterLog	TAKE MLOG
TRACKER	TRACKER <outro intro over test> <play stop>	Control Tracker starts and stops	TRACKER OUTRO PLAY TRACKER TEST STOP TRACKER OVER PLAY
TIMESYNC	TIMESYNC <LOCAL or SERVER>	Set time to or from server	TIMESYNC LOCAL
UNLOAD	UNLOAD <machine >	Unload playlist from PBK or cut from REC machine	UNLOAD PBK2
UP	UP <playback machine >	Step specified machine's playlist up one event	UP PBK4
UPLOAD ASCIIFILE	UPLOAD ASCIIFILE <filespec >	Upload file TO remote (DADSAT)	UPLOAD ASCIIFILE PLISTS.TXT

VALIDATE	VALIDATE '<dcl string>'	Returns validation of command string. FOR SERIAL USE ONLY	VALIDATE UP PBK1
VERIFY	VERIFY <cut# >	Verify cut is loaded and return length. FOR SERIAL USE ONLY	VERIFY 00036
WAIT	WAIT <length>	Wait specified length in seconds before executing following DCL	WAIT 10
WAKEUP	WAKEUP	Open database access after rebuild	SEND COMMAND PROD 'WAKEUP'

A set of DCL commands is available for support of the Harris Pacific Impulse Console via serial port. For descriptions, please see Impulse.txt in the DAD\READ.ME folder.

DEFINITIONS

Term	Definition
ARRAY	MINAR1, MINAR1, ARRAY
BOARD (1 digit)	1 through 4
CHANNEL	A, B, C or D
COLOR	1,2 or 3-digit color number from SETUP Screen BACKGROUND COLOR Palette (see Section 8.9 for color codes)
COLUMN (1 digit)	1 through 8
CUT# (5 digits)	00230
DURATION (mS)	750
FILESPEC (<=8 char)	MORNING
FORMAT (<=10 char)	PCM16, DOLBYAC2, MPEG
INPUT (<=3 digits)	1 through 192
LENGTH (SSSS.TH)	203.85
LEVEL (0-100)	87
LOCATION	ONAIR, PROD, DAD1, AM_ONAIR, etc.
MACHINE (no spaces)	4PLAY, ARRAY, MINAR1, MINAR2, MLOG, PBK1, PBK2, PBK3, PBK4, REC1, REC2, REC3, REC4, QUAD1, QUAD2, QUAD3, QUAD4, P_PLAY1, P_PLAY2, P_PLAY3, P_PLAY4, P_PLAY5, P_PLAY6
MMSS (mins/secs)	5856
MODE (1 char)	L, R or S
PANEL	1, 2 or 3
PATH (subdirectory)	\dad\scripts\ Use brackets [] to specify a drive letter: [c]\logs\
PRIORITY LEVEL (1 digit)	1 through 4
OFFSET (SSSS.TH)	3.25
OUTPUT (<=3 digits)	1 through 192
ROW (1 digit)	1 through 6
SAMPLERATE (Hz)	32000, 44100, 48000
SHARE	Device shareable status: SH=Share; NS = No Share (default)
STARTTIME(SSSS.TH)	1.45
STOPTIME (SSSS.TH)	305.27
TIME (HHMMSS)	214500
TIMECODE	<p><u>Examples</u></p> <p>position pbk1 <timecode> (note use of +, CC and XX in the time digits)</p> <p>position pbk1 '12:34:56' (positions pbk1 list to at/before 12:34:56)</p> <p>position pbk1 'CC:00:00' (positions pbk1 list to at/before current hour)</p> <p>position pbk1 'CC:23:10' (positions pbk1 list to at/before current hour plus 23 min and 10 seconds)</p>

Term	Definition
TIMECODE (continued)	<p data-bbox="512 365 1409 398"><u>Examples</u></p> <p data-bbox="512 398 1409 461">position pbk1 'CC:CC:CC' (positions pbk1 list to at/before current time)</p> <p data-bbox="512 461 1409 562">position pbk1 '+01:00:00' (positions pbk1 list to at/before current hour plus 1 hour [...go to top of next hour])</p> <p data-bbox="512 562 1409 651">position pbk1 'CC: +10:XX' (positions pbk1 list to at/before current hour plus 10 minutes and ignore seconds)</p>

Anexo 2



CERTIFICACIÓN

De acuerdo a solicitud realizada por el Señor Xavier Macas, realizamos la presente certificación, en razón de los antecedentes que se indican a continuación:

- A través de este documento, manifestamos que hace un año (en el 2011) se detectaron daños en el sistema de UPS de nuestra estación radial, provocando que el servidor en donde se encuentra instalado el software del sistema de automatización de ENCO DAD_{PRO}32, se apagara inesperadamente por varias oportunidades. Este particular ocasiono daños en el nivel lógico del disco duro, lo que dio lugar a que los discos deban ser recuperados, perdiendo parte de la información de configuración y algunos programas anexos y utilitarios para la programación de ENCO, durante este mantenimiento.
- Debido a la falta de recursos económicos nos vemos imposibilitados, por el momento, de cancelar los gastos de reprogramación de ENCO, de tal forma que opere el interfaz GPIO de nuestro servidor. De acuerdo a lo manifestados por el Ingeniero John Tommerbak, con una gran experiencia en la parte técnica de radiodifusión, una vez que se supere el daño el autoswitch construido por el señor Xavier Macas se puede acoplar directamente a nuestro sistema de automatización, de tal modo que empiece a funcionar inmediatamente.

Es todo cuanto podemos indicar al peticionario del presente documento.

Atentamente,


Arq. Pablo Torres L.
GERENTE RADIO FAMILIA 96.9 FM

Dado en Cuenca, el 16 de Marzo de 2012

Lva/

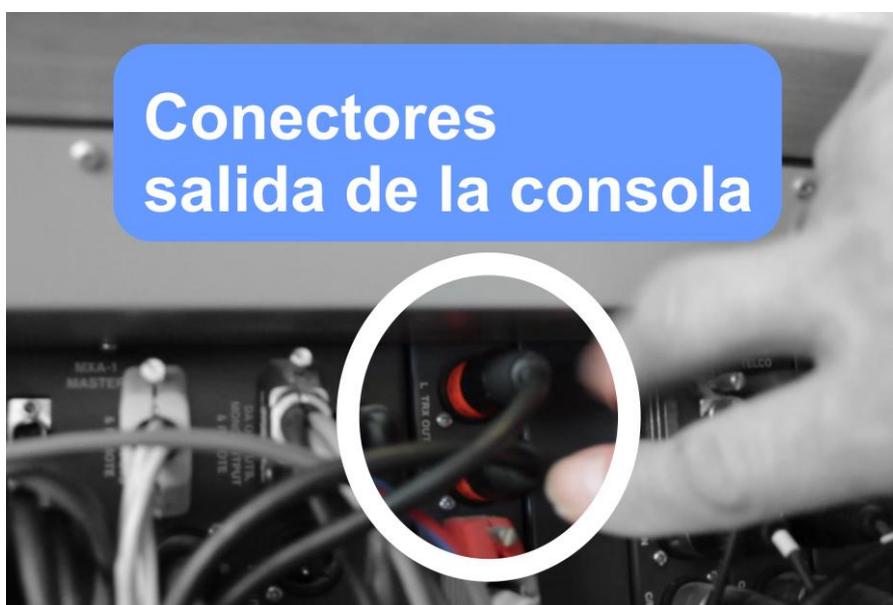
Anexo 3



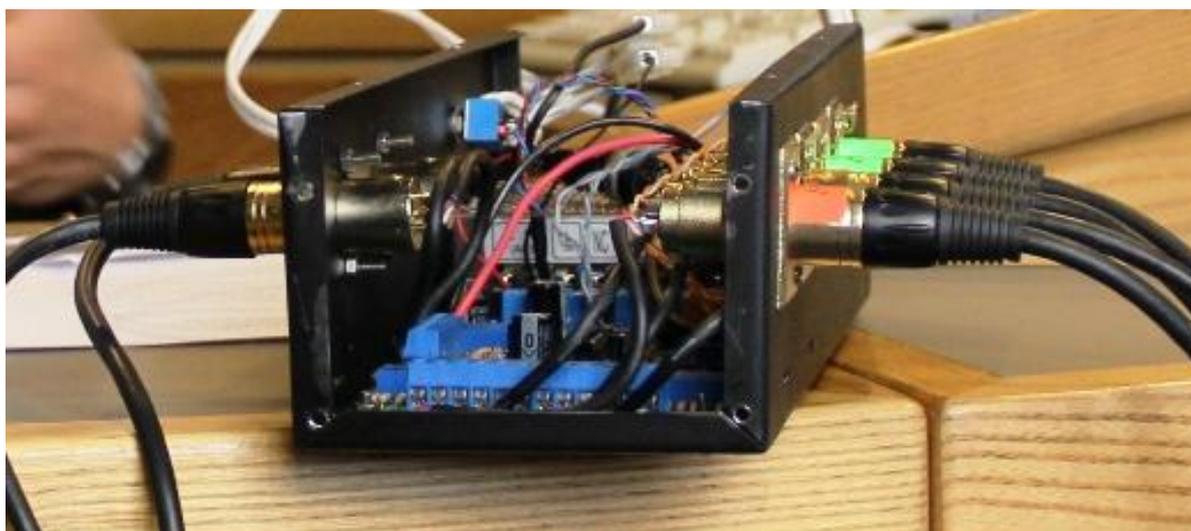
Fotografía 1: Aquí se aprecia cómo se fijó la caja de nuestro equipo en la mesa de la consola de radio.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 2: Parte posterior de la consola de audio y junto a ella nuestro autoswitch antes de la instalación.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



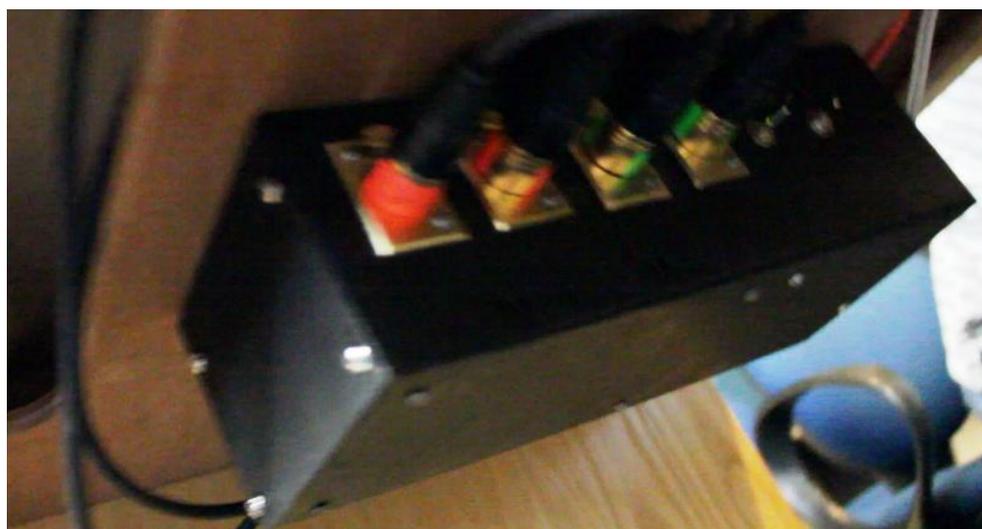
Fotografía 3: En detalle los conectores de salida de la consola que van a nuestro equipo.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 4: Detalle del autoswitch en funcionamiento antes de ser fijado en el tablero inferior.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 5: El equipo fijado y ensamblado debajo de la mesa de consola.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



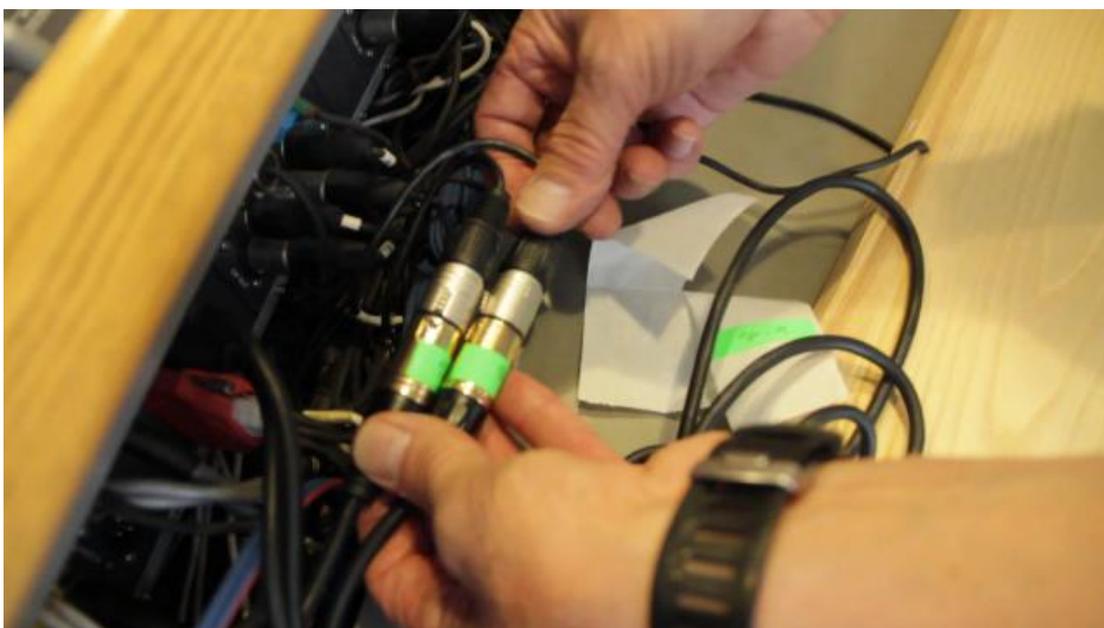
Fotografía 6: El autoswitch conectado y funcionando.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 7: Xavier Macas luego de la instalación del equipo en la parte inferior de la mesa de consola. Fuente: Foto por Xavier Macas E.



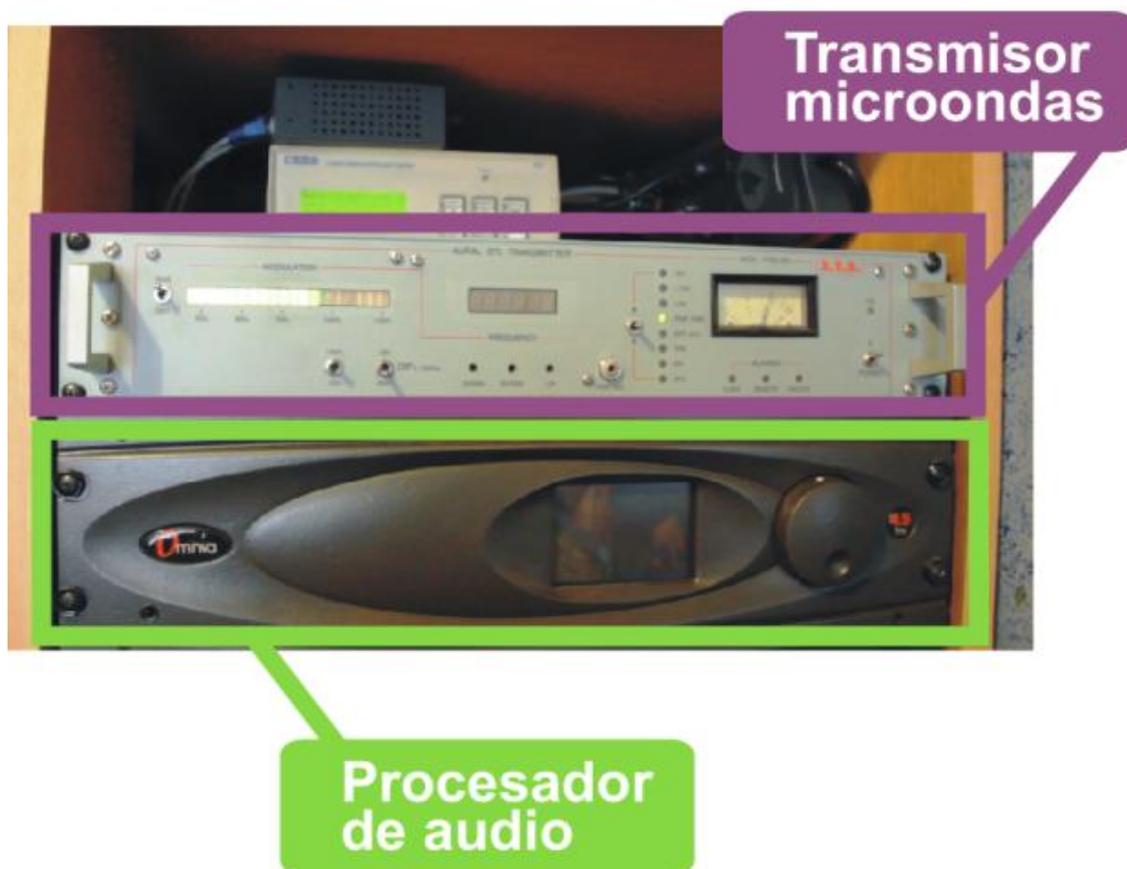
Fotografía 8: Imagen donde se puede mira el reproductor de minidisc del cual se tomó la señal de audio emergente. Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 9: Conectores provenientes del autoswitch se enlazan con la conexión que va al procesador de audio. En el diagrama de la figura 31 están representados en color rojo.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 10: Día de la prueba y constatación de funcionamiento, con la presencia del Ingeniero Francisco Vásquez.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.



Fotografía 11: Imagen con el detalle del procesador de audio y el transmisor de enlace de microondas.
Fuente: Foto por Xavier Macas E.