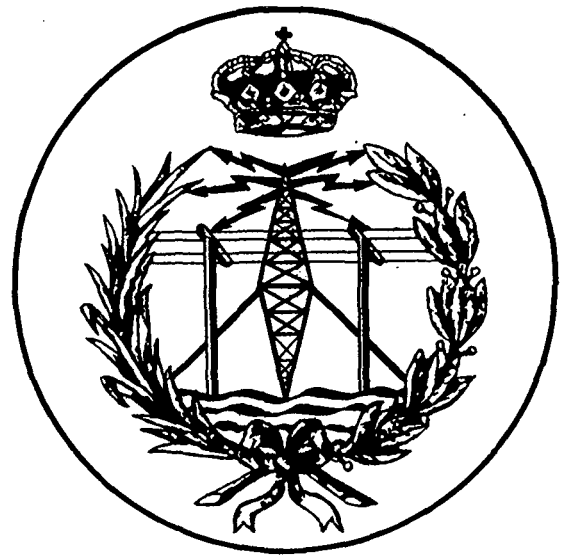
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA DE TELECOMUNICACION



TRABAJO FIN DE CARRERA

SISTEMA DE COMUNICACIONES ORALES TIERRA-AIRE EN UN CENTRO DE CONTROL DE TRAFICO AEREO: FRECUENCIAS DESPLAZADAS

ESPECIALIDAD

Imagen y Sonido

AUTOR

César Galera Martínez

TUTOR

Eduardo Rovaris Romero

FECHA

Marzo de Mil Novecientos Noventa

AUTOR	TUTOR	TRIBUNAL	CALIFICACIÓN

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DEDICATORIA

Este trabajo lo he realizado entre agosto del ochenta y nueve y febrero del noventa. Quiero dedicarlo, de forma muy especial, a mi mujer y a mi hija por todo el tiempo que, durante este periodo, no les he podido dedicar.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

I N D I C E

INDICE I

RELACION DE FIGURAS VII

INTRODUCCION

UN TRABAJO FIN DE CARRERA 1

LA EMPRESA "PAGE IBERICA, S.A." 4

DESCRIPCION DE LA OBRA 6

CAPITULO 1

CENTRO DE CONTROL DE TRAFICO AEREO

INTRODUCCION 8

DEFINICION Y SISTEMAS 9

SISTEMA DE RADAR 14

SISTEMA DE LINEAS CALIENTES 16

SISTEMA DE TELEFONIA 24

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE 25

EJEMPLO DE CONTROL DE NAVEGACION AEREA 27

CAPITULO 2

COMUNICACIONES TIERRA-AIRE

INTRODUCCION 30

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

PUNTUALIZACIONES 31

PRIMERA IDEA DEL SISTEMA 32

TONOS DE SELECCION Y TONOS DE SEÑALIZACION 34

- ACTIVACION DEL TRANSMISOR: PTT 35
- SILENCIADOR DEL RECEPTOR: SQUELCH 36
- DUPLICIDAD DE EQUIPOS: PRINCIPAL, RESERVA 37
- CONCLUSION 38

ADAPTACION AUDIO+TONOS EN LA LINEA TELEFONICA 41

- LINEA Tx ENTRE CENTRO CONTROL Y COLATERAL 42
- LINEA Rx ENTRE CENTRO CONTROL Y COLATERAL 43

CENTRO CONTROL CON CENTRO EMISOR (2975 Hz) 45

CENTRO CONTROL CON CENTRO RECEPTOR (3145 Hz) 45

CENTRO CONTROL CON COLATERAL 45

CAPITULO 3

ELEMENTOS DE FILTRO, GENERADORES Y RECEPTORES DE TONOS

INTRODUCCION 47

TARJETA TFD: TRANSMISORA DE TONO 48

- OSCILADOR DE CRISTAL 48
- DESCRIPCION GENERAL 51
- TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA 55
- ALIMENTACION 55
- FUNCIONAMIENTO 56
- CONVERTIDOR SENOIDAL 57

TARJETA RFD: RECEPTORA DE TONO 59

- DESCRIPCION GENERAL 59

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

- TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA 61
- ALIMENTACION 61
- FUNCIONAMIENTO 62
- ACOPLO DEL DETECTOR 63
- CIRCUITO DE VALIDACION 63

TARJETA FFD: DE DOBLE FILTRO 64

- DESCRIPCION GENERAL 64
- TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA 66
- ALIMENTACION 68
- DESCRIPCION DETALLADA 68
- FUNCIONAMIENTO EN MODO TRANSMISION 70
- FUNCIONAMIENTO EN MODO RECEPCION 70

CAPITULO 4

ESTUDIO DEL CENTRO EMISOR

INTRODUCCION 72

DESCRIPCION DE UN CENTRO EMISOR 73

LA UNIDAD DE CONMUTACION DE TRANSMISORES: U.C.T. 76

- DESCRIPCION GENERAL 76
- CONECTORES DE RF DEL EQUIPO 77
- CONECTORES DE BF DEL EQUIPO 79
- DESCRIPCION DETALLADA 79
- IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE LA UCT MEDIANTE EL MUX 82

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 5

ESTUDIO DEL CENTRO RECEPTOR

INTRODUCCION 88

DESCRIPCION DE UN CENTRO RECEPTOR 89

LA UNIDAD DE CONMUTACION DE RECEPTORES: U.C.R. 92

- DESCRIPCION GENERAL 92
- CONECTORES DE RF DEL EQUIPO 94
- CONECTORES DE BF DEL EQUIPO 94
- DESCRIPCION DETALLADA 96
- IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE LA UCR MEDIANTE EL MUX 97
- CIRCUITO CONVERTIDOR DE SQUELCH 102

CAPITULO 6

FRECUENCIAS DESPLAZADAS. ESTRUCTURA DEL SISTEMA ORAL DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL

INTRODUCCION 103

FRECUENCIAS DESPLAZADAS 105

COMPOSICION DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL 109

- A) NIVEL ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA TRANSMISION 111
- B) NIVEL ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA RECEPCION 113
- C) NIVEL ELEMENTOS COMUNES A LOS DOS ANTERIORES 114

C.1) PANELES DE JACKS. PANELES I Y III 115

C.2) PANEL DE TARJETAS RFDs Y FFDs 118

- FUNCIONAMIENTO EN LA CADENA DE TRANSMISION 119
- FUNCIONAMIENTO EN LA CADENA DE RECEPCION 120

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

C.3) MODULO DE SELECCION Y SEÑALIZACION 121

- DESCRIPCION DE LA TARJETA DE SEÑALIZACION Y MANDO: SM 123
- FUNCIONAMIENTO EN EL MODO DE TRANSMISION 125
- FUNCIONAMIENTO EN EL MODO DE RECEPCION 126

CAPITULO 7

NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE TRANSMISION EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL

INTRODUCCION 129

A) NIVEL ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA TRANSMISION 131

A.1) GENERADOR TONOS SELECCION DE TX Y RX 132

A.2) DIFUSOR TONOS SELECCION DE TX Y RX 139

- TARJETA DIFUSORA DE TONO: DIF 1x5 142
- TARJETA DETECTORA DE TONO: DDT 144
  - Descripción general 144
  - Funcionamiento dentro del SISTEMA DIFUSOR 145
  - Descripción detallada de la DDT 147

A.3) PANEL DE ALARMAS 149

- TARJETA DE ALARMAS: ALA 151

A.4) TARJETAS DE CANAL: CA 156

- a) PUENTE PT NO EFECTUADO 159
- b) PUENTE PT EFECTUADO 159
- CIRCUITO TRANSMISORES 160
- CIRCUITO RECEPTORES 161

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 8

NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE RECEPCION EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL

INTRODUCCION 163

B.2) MODULO COMPRESOR 166

- TARJETA COMPRESORA 168
  - Descripción general 168
  - Descripción detallada 169
  - Compresor de audio 172
  - Filtro paso banda 175
  - Puerta de ruido 177

B.3) UNIDAD INTEGRADORA DE SEÑALES: U.I.S. 178

- DESCRIPCION GENERAL 178
- DESCRIPCION DETALLADA 181

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 185

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

RELACION DE FIGURAS

1.1	TRAYECTORIA DE APROXIMACION DE UNA AERONAVE	11
1.2	DIVISION EN SECTORES DE UN CENTRO DE CONTROL	12
1.3	COMPOSICION DE UN SECTOR DE CONTROL	13
1.4	PRESENTACION PPI	15
1.5	DIAGRAMA LINEAS CALIENTES INT/EXT	18
1.6	ESQUEMA TARJETA LINEA CALIENTE	20
1.7	ESQUEMA TARJETA TONO Y FILTRO	22
1.8	RESPUESTA FILTRO LATCH DE LA TRF	23
2.1	DISPOSICION CENTROS LOCALES Y CENTROS COLATERALES	34
2.2	PARES TELEFONICOS NECESARIOS	39
2.3	DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA INFORMACION CARACTERIS - TICA DEL SISTEMA	44
2.4	INFORMACION NE LAS LINEAS QUE UNEN CENTRO DE CONTROL Y CENTRO EMISOR	45
2.5	INFORMACION EN LAS LINEAS QUE UNEN CENTRO DE CONTROL Y CENTRO RECEPTOR	45
2.6	INFORMACION EN LAS LINEAS QUE UNEN CENTRO DE CONTROL Y CENTRO COLATERAL	45
3.1	ESQUEMA TARJETA TRANSMISORA DE TONO	52
3.2	OSCILADOR DE CUARZO	49
3.3	DIAGRAMA CONVERTIDOR SENOIDAL	58

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

3.4	ESQUEMA TARJETA RECEPTORA DE TONO	60
3.5	RESPUESTA FILTRO PASO BANDA DE LA RFD	65
3.6	ESQUEMA TARJETA DE DOBLE FILTRO	67
4.1	DIAGRAMA DE UN CENTRO EMISOR	74
4.2	ESQUEMA CONEXIONADO U.C.T.	78
4.3	ESQUEMA UNIDAD DE CONMUTACION DE TRANSMISORES	80
4.4	CIRCUITO MUX EN LA U.C.T.	83
5.1	DIAGRAMA DE UN CENTRO RECEPTOR	90
5.2	ESQUEMA CONEXIONADO U.C.R.	93
5.3	ESQUEMA UNIDAD DE CONMUTACION DE RECEPTORES	95
5.4	CIRCUITO MUX EN LA U.C.R.	98
6.1	ZONA INTERFERENTE DE DOS TRANSMISORES ALEJADOS QUE EMITEN EN LA MISMA FRECUENCIA	107
6.2	DIAGRAMA DEL CENTRO DE CONTROL	110
6.3	ESQUEMA DISPOSICION JACKS	117
6.4	DIAGRAMA PANEL DE TARJETAS RFDs Y FFDs	119
6.5	ESQUEMA TARJETA SEÑALIZACION Y MANDO	124
7.1	DIAGRAMA GENERADOR TONOS DE CONTROL TX	133
7.2	DIAGRAMA GENERADOR TONOS DE CONTROL RX	134
7.3	RESUMEN GENERADOR TONOS DE CONTROL TX	138
7.4	DIAGRAMA DIFUSOR TONOS DE CONTROL TX	140
7.5	DIAGRAMA DIFUSOR TONOS DE CONTROL RX	141
7.6	ESQUEMA TARJETA DIFUSORA	143
7.7	ESQUEMA TARJETA DETECTORA	146
7.8	DIAGRAMA PANEL DE ALARMAS	150
7.9	ESQUEMA TARJETA DE ALARMAS	152

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

7.10 GENERADOR IMPULSO DISPARO BIESTABLE R-S 155

7.11 ESQUEMA TARJETA DE CANAL 158

8.1 DIAGRAMA NIVEL DE RECEPCION 164

8.2 DIAGRAMA TARJETA COMPRESORA 170

8.3 ESQUEMA TARJETA COMPRESORA 173

8.4 ESQUEMA UNIDAD INTEGRADORA DE SEÑALES 180

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

INTRODUCCION

UN TRABAJO FIN DE CARRERA.

A la hora de acometer la realización de un trabajo fin de carrera, el alumno se encuentra básicamente ante dos opciones: efectuar un proyecto práctico o uno teórico. Al primero de ellos siempre le ha acompañado una mejor "fama", mientras que el segundo ha sido considerado más "devaluado"; de esta forma ha podido ocurrir que muy buenos trabajos hallan quedado relegados al olvido en una biblioteca, desaprovechando sus cualidades didácticas, técnicas o documentales.

Una de las primeras cosas que se aprende al empezar la carrera es la existencia de la dualidad *análisis/síntesis*, de manera que no es posible seguir avanzando si no se conoce lo que se tiene en el momento. De hecho, la gran mayoría de los conocimientos que un alumno asimila durante la carrera se deben al constante proceso de análisis de los diferentes temas que se abordan.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

No es que pretenda situar el llamado "proyecto teórico" por encima del "práctico", ni siquiera establecer comparaciones; creo que es de justicia valorar adecuadamente cada trabajo sin menospreciar lo demás. Con esta intención y en este sentido creo que sólo debo hablar de los que más adecuadamente podríamos denominar "estudios técnicos", para evitar caer en el término comparativo.

Escribir acerca de un tema puede parecer en principio una tarea bastante fácil, pero esto no es así; no basta con saber; es necesario un contínuo proceso de reordenamiento de ideas para poder efectuar una clara exposición de todo un tema. ¿Por qué ocurre que los apuntes de determinados alumnos circulan en manos de toda una clase?.

Alumnos y profesores saben agradecer un buen libro porque cuando se pretende estudiar una idea nueva, el trabajo se hace mucho más ameno y el proceso de asimilación más rápido si el libro es directo, conciso y claro. Esto es lo que se ha pretendido en el presente proyecto, aunque no es a mí a quien toca evaluar el resultado final.

Otro aspecto importante es el de recopilación de información; hay ciertos temas sobre los que existe inumerable bibliografía; sin embargo, cuando nos movemos en el estudio de los sistemas que de una forma real se encuentran en "la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

calle", notamos con cierto desconsuelo la falta total de libros acerca del tema; es entonces cuando recopilar información se hace tedioso y pesado. En este caso el alumno se verá obligado a llamar a las empresas para pedir información que, cuando sea facilitada, será muy escueta y reducida. También tendrá que "lidiar" con tres o cuatro páginas de artículos, a saber en qué idioma, muchas veces obsoletos y caros. El final puede ser el abandono del proyecto inicial, con la consiguiente pérdida de tiempo, cuando no, económica.

Después de pasar por la experiencia de tener que abandonar un proyecto por la gran falta de información que existía, y después de empezar a trabajar, tuve la oportunidad de poder efectuar el estudio técnico de unas instalaciones que la empresa para la cual trabajo realizó en su día. El acceso ahora a las fuentes de información, constituidas básicamente por los planos de la instalación y una muy escueta información técnica, ha resultado decisivo. Aún y así han existido muchos aspectos que algún compañero de trabajo aclaró; otras veces ha habido que investigar por cuenta propia. Solamente dentro de esta empresa me ha sido posible la elaboración de esta recopilación de información, acerca de la cual no he encontrado bibliografía editada alguna, ni en castellano ni en ningún otro idioma.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Queda pues a disposición, en el ámbito universitario, de todos aquellos alumnos que quieran apreciar la aplicación práctica de la teoría que día a día se está viendo en clase, lo cual creo que puede servir de estímulo para continuar con el esfuerzo que supone sacar adelante una carrera. Sería recomendable la lectura de los proyectos existentes en el patrimonio de esta Escuela, pudiéndose incluso establecer debates sobre los mismos. En ello habría una nueva metodología de enseñanza con el aporte de nuevos conocimientos para todos aquellos que quisieran ir un poco más allá del temario oficial.

LA EMPRESA "PAGE IBERICA, S.A."

La empresa española de ingeniería de telecomunicación PAGE IBERICA S.A., a la que se está haciendo referencia, se puso en marcha en nuestro país en la década de los sesenta, siendo considerada hoy en día una de la más importantes empresas españolas dentro del sector. En el pasado le avalan numerosos e importantes proyectos entre los que cabe destacar los desarrollados para la Dirección General de Aviación Civil. Hoy en día diseña, fabrica, instala y mantiene sistemas de ayuda a la navegación aérea, instalaciones radioeléctricas en aeropuertos, guerra electrónica, unidades móviles, sistemas digitales de comunicaciones, televisión, informática,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

teleindicadores electrónicos, telemandos, centrales integrales de seguridad, etc. Tratar de describir aquí la trayectoria de esta empresa sería interminable y con esta pincelada, el lector puede intuir fácilmente el alcance y proyección de esta empresa de ingeniería.

Como ya se ha hecho referencia, durante décadas, PAGE IBERICA S.A., ha estado muy ligada a la navegación aérea; dentro de este contexto, ha diseñado sistemas de comunicaciones para su uso en las operaciones de control de tránsito aéreo, siendo el objetivo de este trabajo el estudio de una parte de estos sistemas.

Globalmente se puede decir que estos sistemas se caracterizan por su estructura totalmente modular, a base de tarjetas de circuito impreso, lo que da una total flexibilidad para adaptarlo a cualquier necesidad, ofreciendo además una fácil ampliación con sólo aumentar el número de paneles; el empleo de tecnología C-MOS en toda la parte de lógica le confiere unas prestaciones de bajo consumo, gran inmunidad al ruido, amplio márgen de operación, etc.

Una característica que tendremos oportunidad de ir comprobando a lo largo de la exposición es la versatilidad que presentan todos los equipos y tarjetas, presentando varias combinaciones o posibilidades de funcionamiento; ello es

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

debido a que las instalaciones suelen tener sus propias peculiaridades dependiendo de los sitios y las necesidades. Esta versatilidad puede responder a una política empresarial de adaptación a las necesidades del cliente, evitándose así el constante rediseño de equipos. Se obtiene así una doble ventaja: al cliente se le ofrece lo que realmente necesita y la empresa reduce costes de diseño y fabricación; la solución es simple: pasa por un diseño de la instalación completa y una adaptación de los elementos que intervienen en la misma.

DESCRIPCION DE LA OBRA.

Se ha estructurado este trabajo en ocho capítulos que intentan seguir el orden más lógico para el estudio del sistema. Así, se intenta en el capítulo 1 establecer una panorámica general para situar el sistema de comunicaciones orales tierra-aire en el contexto que le rodea. De esta manera se obtiene una clara visión de lo que se pretende ver, permitiendo a la vez evaluar su importancia y justificando su necesidad. Partiendo de aquí se efectuarán los "zooms" sobre los elementos que nos interesan.

En el capítulo 2 se fijarán las nociones necesarias para entender cómo funciona el sistema y las limitaciones que le van a imponer los soportes físicos de transmisión de

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

la información. Se puede diseñar un sistema excelente, pero muchas veces su rendimiento va a estar íntimamente ligado con el de las conexiones exteriores a las cuales se encuentra sujeto.

Para el capítulo 3 se ha reservado el estudio de tres elementos que se van a encontrar a lo largo de toda la instalación; se trata de las tarjetas TFD, RFD y FFD. El conocimiento de su estrucutura y funcionamiento servirán para un mejor análisis del resto de los elementos del sistema.

El sistema tiene tres puntos esenciales: el propio centro de control, el centro de emisores y el de receptores. En los capítulos 3 y 4 se abordan estos dos últimos. Hay que hacer notar que no se entra a detallar los equipos de RF; la razón es simple: sobre ellos existe bastante bibliografía y se piensa que es preferible centrar los esfuerzos en aquellos elementos de la instalación que para la mayoría de nosostros son totalmente desconocidos.

Los capítulos 6, 7 y 8, se dedican al estudio de las instalaciones del sistema en el propio centro de control, estableciéndose para ello tres niveles de estudio y que tras una visión general, pasan a detallarse. Es la constante intencionada de este trabajo: contínuos "planos generales" enlazados con sus correspondientes "primeros planos".

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 1

CENTRO DE CONTROL DE TRAFICO AEREO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

INTRODUCCION.

El objetivo de este capítulo es el de presentar un marco que determine el contexto que rodea al sistema que se va a exponer con el fin de entender y justificar la operatividad del mismo, y cuyo contenido dé una idea algo más amplia, aunque en sentido general, de la importancia y necesidad de la Telecomunicación en este tipo de instalaciones, sin las cuales no serían posibles, ni los volúmenes de tráfico aéreo actual, ni el desarrollo de este medio de comunicación en un futuro no muy lejano.

Para conseguir dicho objetivo se va a definir lo que es un centro de control de tráfico aéreo, su finalidad y los medios con que cuenta para ello, así como el lugar en el que se sitúan las comunicaciones tierra-aire dentro de la instalación desde una perspectiva global.

DEFINICION Y SISTEMAS.

Sin pretender ser estrictamente rigurosos, se puede decir que un centro de control de tráfico aéreo es aquella instalación que permite el ordenamiento y distribución de los distintos vuelos, tanto en tiempo como en espacio, con el objeto de conseguir un tráfico seguro, rápido y económico. Para ello es necesaria la comunicación del piloto de la aeronave y el controlador aéreo que, de acuerdo con unos planes previstos, va a coordinar los distintos vuelos que pueden existir en un momento determinado en una zona del espacio aéreo, y según unos parámetros tales como intensidad del tráfico, rutas disponibles, condiciones metereológicas, etc.

Para llevar a cabo esta tarea, van a ser necesarios una serie de datos aportados por las diferentes fuentes de información con que cuenta el controlador aéreo y entre las que cabe destacar los planes de vuelo, pantalla de radar, datos proporcionados por otro controlador, por un piloto de avión, condiciones metereológicas, estado de las pistas de un aeropuerto determinado, etc.

Hay que saber que el espacio aéreo se divide en zonas aéreas, las cuales a su vez se subdividen en sectores. Así, en el caso concreto de España, se distinguen cinco zonas aéreas:

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Canarias, Sevilla, Madrid, Baleares y Barcelona, de manera que a cada una se le asocia un centro de control de tráfico aéreo. A estos centros llega información procedente de los radares situados geográficamente según la cobertura aérea de cada sector, por lo que es fácil deducir que en un centro de control habrá tantos puestos de controlador como sectores dependan de la zona.

Un controlador de tráfico aéreo se va a encontrar pues en una posición de trabajo que se denomina sector; el sector puede ser de aeropuerto, aproximación o ruta.

Un sector de aeropuerto está situado en la torre de control, dependiendo de él los aviones en fase de aterrizaje, despegue y rodadura por las pistas del aeropuerto.

Un sector de aproximación está situado en una sala alojada en el centro de control de la zona, y controla todo el tráfico que circunda las proximidades de un aeropuerto; es la fase previa al aterrizaje y la inmediatamente posterior al despegue. Es sabido que un avión despega y aterriza en dirección contraria al viento. Según esto, una pista orientada en dirección norte-sur establecerá su cabecera según el estado del viento. Así, si éste sopla en sentido norte-sur, la cabecera de pista en ese momento será la demarcación sur. Supongamos ahora que un avión que va a aterrizar procede del

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

norte, por lo que para acceder a la cabecera tendrá que rodear el aeropuerto por el lado oeste, por ejemplo (fig. 1.1).

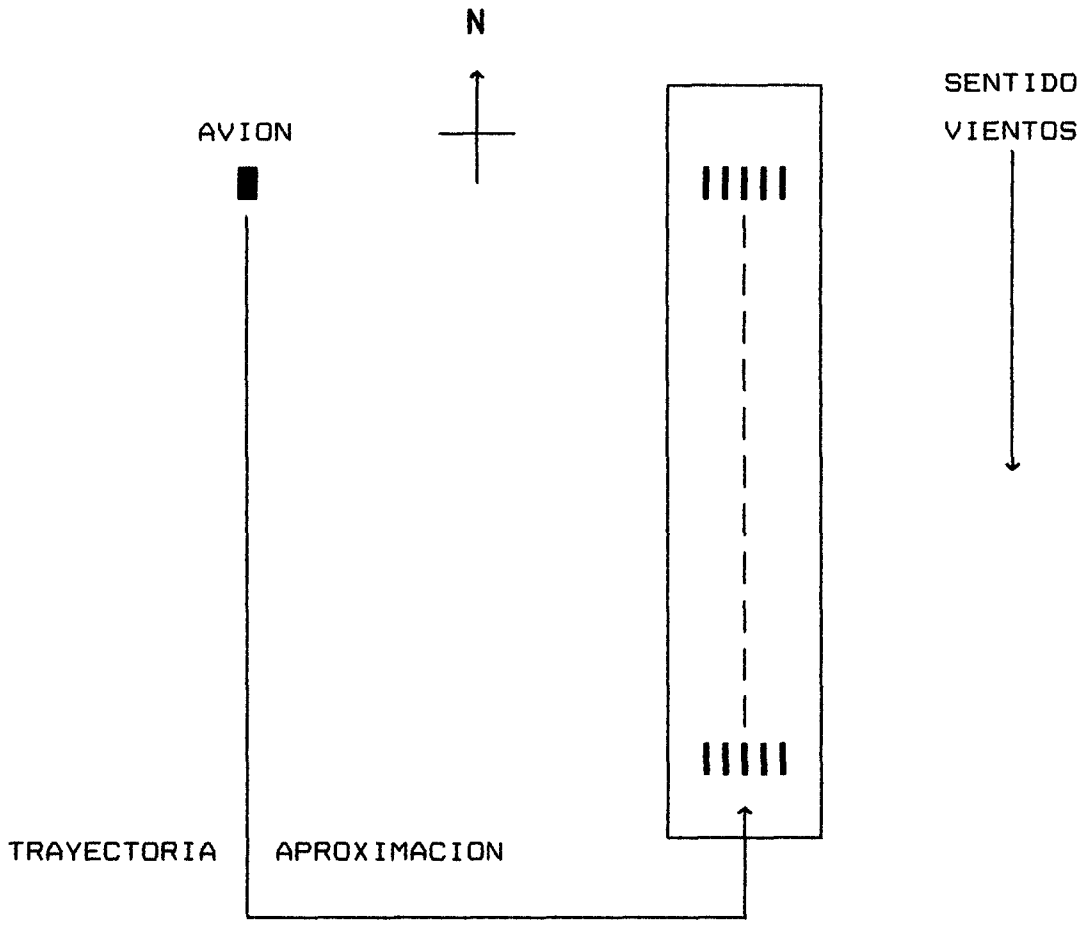


fig. 1.1

Toda esta operación previa al aterrizaje estaría coordinada por el controlador de aproximación, sector oeste.

Un sector de ruta se encuentra, al igual que el de aproximación, en el centro de control de zona, aunque ubicado en una sala diferente; su cobertura geográfica es mucho mayor que en los dos casos anteriores, y supervisa y organiza los

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

vuelos que ya se encuentran en ruta de viaje.

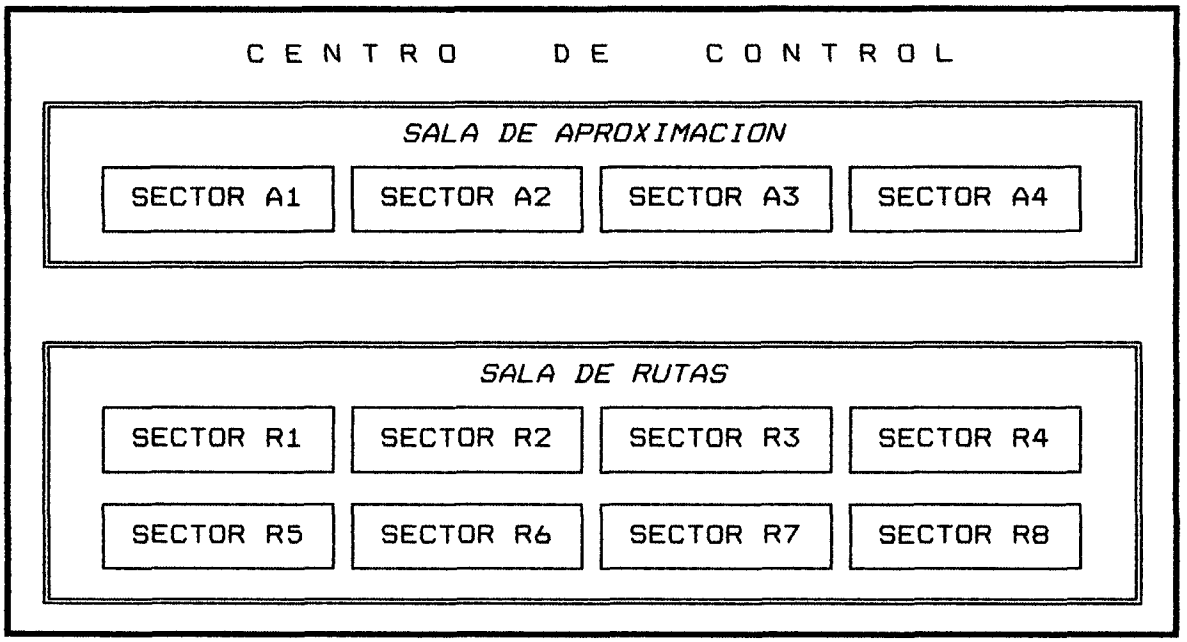


fig. 1.2

Hasta ahora se ha visto qué es un centro de control y en el plano constitutivo se concluye que está formado por sectores (fig 1.2). Vamos a ver ahora qué elementos se pueden encontrar en un sector; aunque desde una perspectiva general se debería hablar de subsistemas, van a ser considerados como sistemas completos, ya que, aunque integrados como conjunto de fuentes informativas, se trata en realidad de conjuntos independientes, dándose incluso la circunstancia de estar concebidos con distinta ingeniería y por distintas empresas.

En cada uno de estos puestos se encontrará una pantalla

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

de radar, un módulo de líneas calientes, otro de telefonía y el de comunicaciones radio, así como un microplastón o microcasco que incluye un micrófono, auriculares y mando PTT (Push To Talk). También se puede encontrar un monitor de vídeo con diferentes canales que proporcionan información auxiliar como las condiciones metereológicas, condiciones de pistas en aeropuertos, etc (fig. 1.3).

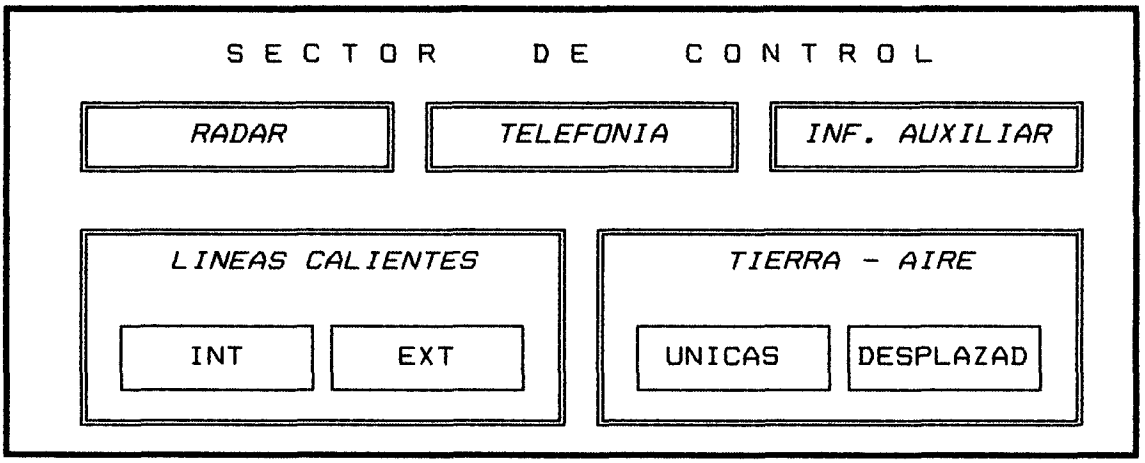


fig. 1.3

A continuación se va a hacer una valoración desde el punto de vista operativo de los sitemas de radar, líneas calientes, telefonía y radio, por ser éstos los que mejor sirven de introducción al propósito de esta obra.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

SISTEMA DE RADAR.

La pantalla de radar visualiza los datos procedentes de los radares , y que llegan al centro de control vía cable o por enlace microondas, junto a una serie de datos auxiliares del sistema, todo ello previamente procesado mediante un sistema informático; de esta forma se obtiene lo que se denomina presentación integrada del sistema de radar con los otros medios de control de tráfico de que se disponen.

A continuación se detallan algunos de los elementos que constituyen esta presentación integrada (fig. 1.4), dentro de la configuración denominada PPI (Plan Position Indicator).

Un radar proporciona los ecos que recibe de los blancos que encuentra en su barrido. Esta es la misión del radar denominado primario, y que permite conocer la distancia y acimut de un determinado avión con respecto a la posición de la antena del radar. Sin embargo estos datos se complementan con otros , como son la identificación del vuelo, altura, etc, que recoge el llamado radar secundario. El sistema informático que procesa estos datos produce una señal de video (un cuadrado, por ejemplo) que representa el blanco, junto a un recuadro en el que se incluye información alfanumérica con los datos proporcionados por el radar secundario.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

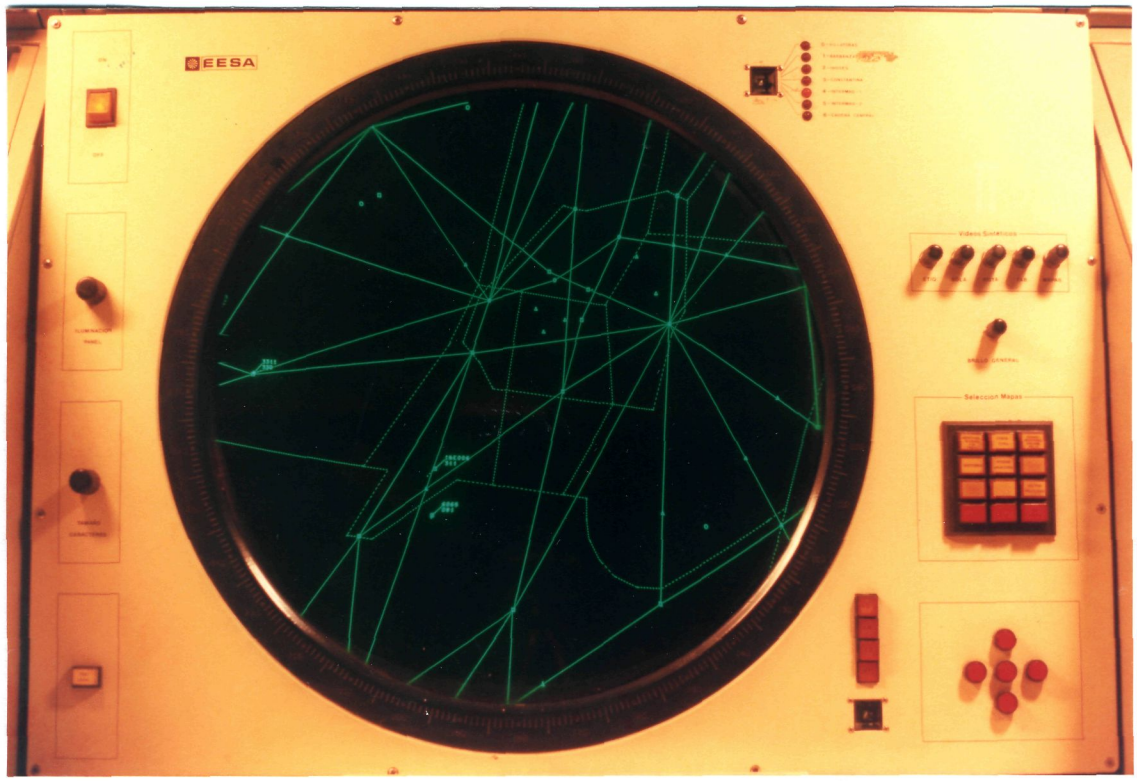


fig. 1.4

También se superpone un mapa de video que representa pistas de aterrizaje, radiofaros y ayudas, obstáculos importantes, aerovías, etc.

Las marcas de distancia son anillos concéntricos que se dibujan en el plano de posición, a distancias múltiplos de una determinada, por ejemplo, millas o cada cinco millas, de la antena de radar.

Con este instrumento, el controlador aéreo sabe en todo momento todos los vuelos que hay en su sector, alturas de los

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

mismos, rumbos y distancia entre ellos; con esta información más la complementaria que proporciona planes de vuelo (tiempos estimados de vuelo), condiciones metereológicas, etc, se puede hacer una coordinación de vuelos en ruta, que es en definitiva la misión de un controlador aéreo.

SISTEMA DE LINEAS CALIENTES.

Una línea caliente es una línea telefónica, punto a punto, a cuatro hilos (dos de transmisión y dos de recepción), que al ser activada en el extremo transmisor produce la recepción directa en un altavoz específico situado en el otro extremo sin que exista la necesidad de efectuar una operación de descuelgue por parte del receptor como, por ejemplo, ocurre en la telefonía convencional.

Podemos distinguir dos tipos básicamente: las interiores y las exteriores.

La línea caliente interior está conectando a dos puntos situados entre dos puestos que pertenecen al mismo centro de control, estén en la misma sala o no (sectores de aproximación y de rutas). En el caso de dos sectores sitos en la misma sala hay que tener en cuenta que todo el sistema se sustenta en comunicaciones de tipo oral, y que en una sala donde hay ocho

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

puestos de controlador, por ejemplo, las distancias entre ellos -20 m.- hace necesario un sistema que evite elevar el umbral de ruido ambiente que supondría una considerable fuente de interferencias en la comunicación. Imaginemos que el controlador, por exceso de ruido ambiente no entiende qué le está comunicando un piloto de una aeronave, ó éste no recibe claramente el rumbo que intenta asignarle aquel. Esta razón junto al hecho de poder poner en contacto a un controlador de aproximación con otro de rutas, jusifican este tipo de comunicación interna. (Más adelante, en el ejemplo de control aéreo, se verá de forma más clara esta idea.)

La línea caliente exterior, conecta dos puntos no sitos en el mismo centro de control; por ejemplo, entre un centro de control y una torre de control de un aeropuerto.

En ambos casos la base radica en una tarjeta denominada tarjeta de línea caliente (LC), si bién, las últimas necesitan además de otra tarjeta denominada de tono y filtro (TRF). En el tipo interior (fig. 1.5), a cada puesto se le hace corresponder una tarjeta de línea caliente, con sus correspondientes elementos transmisores (micrófono) y receptores (altavoz). En el tipo de las exteriores, a cada puesto se le hace corresponder una tarjeta de línea caliente y otra de tono y filtro; la unión se efectúa por par telefónico o por radioenlace, siendo la impedancia característica del

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

DIAGRAMA DE BLOQUES LINEAS CALIENTES INTERIORES

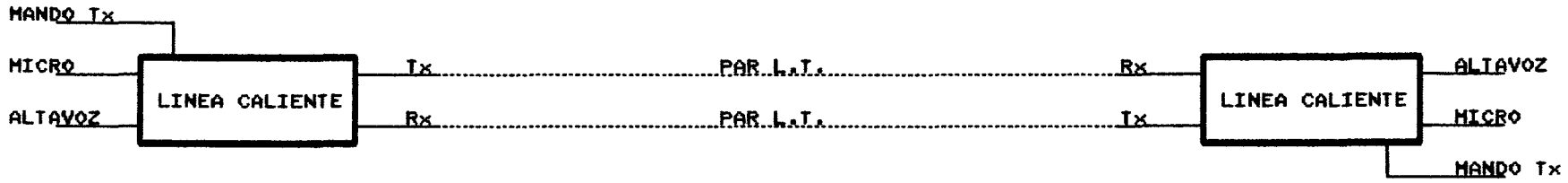
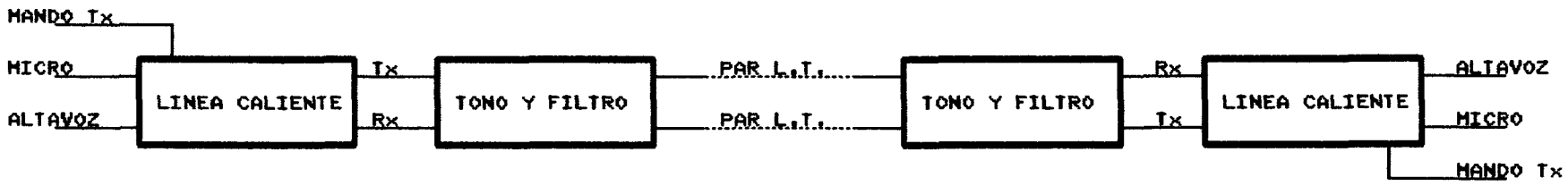


DIAGRAMA DE BLOQUES LINEAS CALIENTES EXTERIORES



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: LINEAS CALIENTES	
Fig. 1.5	TITULO DIAGRAMA BLOQUES LC INT/EXT

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

sistema tanto en Tx como en Rx de 600 Ohms.

A continuación se describen dichas tarjetas que tienen en común la característica de poseer dos partes claramente diferenciadas: una de transmisión y otra de recepción.

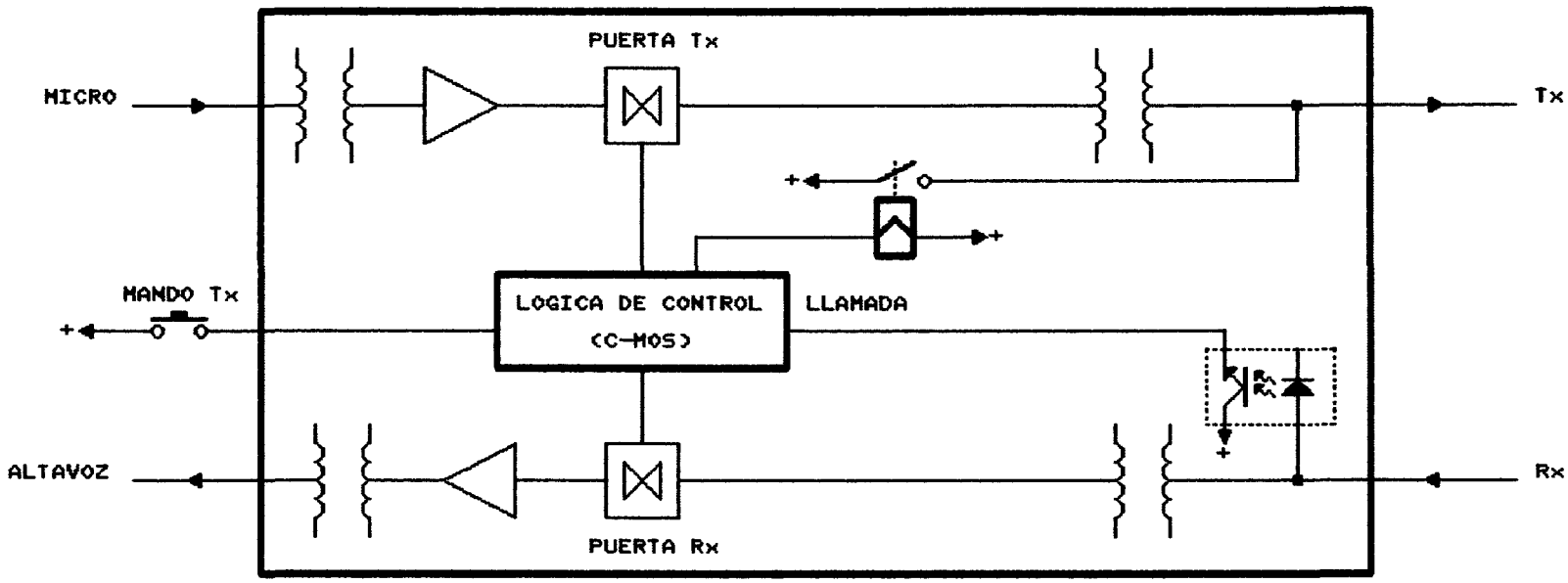
La *tarjeta de línea caliente* (fig. 1.6) dispone de:

- una entrada de Tx, conectada al micrófono;
- una salida de Rx, conectada al altavoz;
- un mando Tx (cierre a positivo), que es necesario actuar cuando se pretende enviar un mensaje;
- una salida de Tx;
- una entrada de Rx.

Funciona de la siguiente forma:

- cuando se activa el MANDO Tx, se está enviando un positivo a la LóGICA DE CONTROL que habilita la PUERTA Tx, dado paso con ello, al audio procedente del micro hacia la SALIDA Tx; así mismo se activa un relé que da paso a un nivel de contínua. Audio y contínua llegan al otro extremo por la ENTRADA Rx. Al existir nivel de contínua, el optoacoplador está saturado por lo que entrega un nivel ALTO a la lógica de control (LLAMADA ON) que actúa sobre la PUERTA Rx, dejando pasar el audio hacia la SALIDA Rx conectada al altavoz;

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



MANDO Tx	LLAMADA	PUERTA Tx	PUERTA Rx	RELE	Tx	Rx
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	——	——
ON	OFF	ON	OFF	ON	AUDIO+Vcc	——
OFF	ON	OFF	ON	OFF	——	AUDIO+Vcc

U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	LINEAS CALIENTES
Fig. 1.6	TITULO LC - LINEA CALIENTE

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- cuando no ha sido activado el MANDO Tx, una lógica de control inhabilita la PUERTA Tx, que es un conmutador de estado sólido (del tipo 4016, por ejemplo). En el otro puesto, la ausencia de contínua en la ENTRADA Rx corta el optoacoplador que entrega un nivel BAJO (LLAMADA OFF) a la lógica de control que se encarga de bloquear la PUERTA Rx; como resultado tendremos una ausencia de señal en el altavoz.

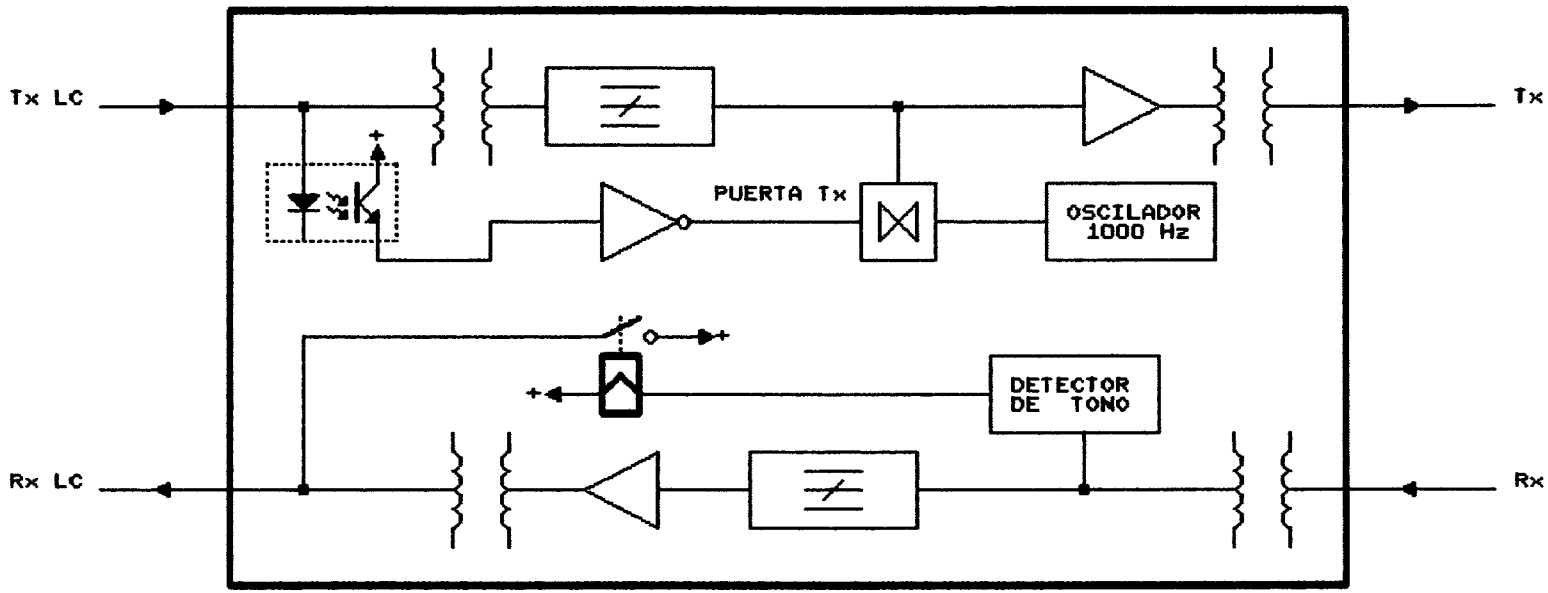
La *tarjeta de tono y filtro* (fig. 1.7) dispone de :

- una entrada de Tx desde la LC;
- una salida de Tx hacia la línea de transmisión;
- una entrada de Rx desde la línea de transmisión;
- una salida de Rx hacia la LC.

Su funcionamiento es el siguiente:

- cuando no hay transmisión en la ENTRADA TX LC, no existirá un nivel de continua, lo que corta un optoacoplador de entrada, el cual proporciona un nivel BAJO a la PUERTA Tx, dando paso hacia la SALIDA Tx a un tono generado en un oscilador de 1000 Hz; el tono llega al otro extremo en la ENTRADA Rx que le da paso hacia un detector de tono, que al ser activado entrega un positivo al relé mecánico impidiendo que se cierre, por lo que no se introduce el nivel de continua en la SALIDA Rx hacia la LC; por otro lado un filtro eliminará

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



Tx LC	Rx	PUERTA Tx	RELE	Tx	Rx LC
——	1000 Hz	ON	OFF	1000 Hz	——
AUDIO+Vcc	1000 Hz	OFF	OFF	AUDIO	——
——	AUDIO	ON	ON	1000 Hz	AUDIO+Vcc

U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	LINEAS CALIENTES
Fig. 1.7	TITULO TRF – TONO Y FILTRO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

este tono para evitar su innecesaria presencia en la línea (fig.1.8);

- cuando hay positivo en la ENTRADA Tx desde la LC, (es porque existe una comunicación) el optoacoplador se satura, inhabilitando la PUERTA Tx, aislando consecuentemente el oscilador de la línea de Tx. El audio entrante pasa por un filtro banda eliminada del tipo ventana (fig. 1.8) el cual

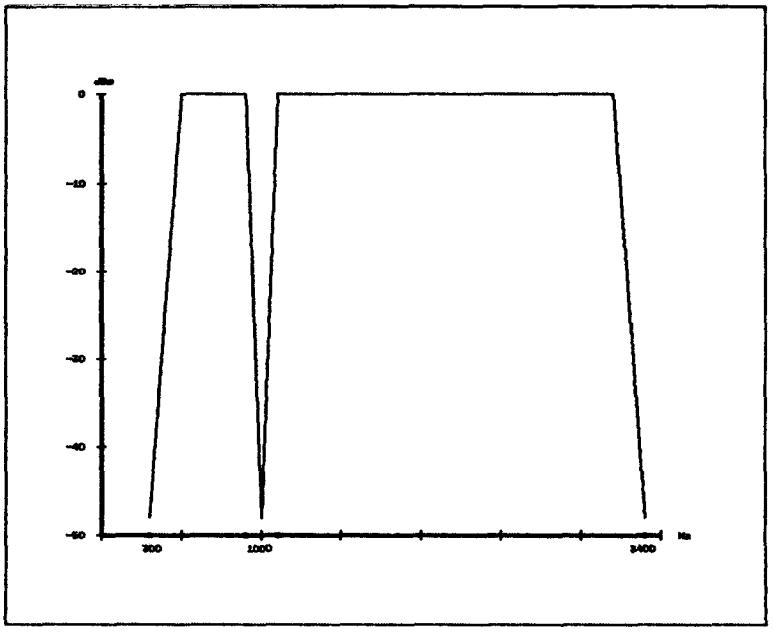


fig. 1.8

elimina las posibles componentes de 1000 Hz que puedan existir en el espectro de la información de audio y que serían interpretadas en el otro extremo como tono de señalización que bloquearía la recepción; en al ENTRADA Rx desde la línea de transmisión, al no existir el tono no activará el detector de

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

tono, y el audio pasa hacia la SALIDA Rx hacia la LC.

En el ejemplo de control de navegación se verá cómo influye el sistema de líneas calientes en dicha operación, permitiendo el intercambio de mensajes de tipo prioritario entre controladores que actúan sobre una determinada zona y sus proximidades.

SISTEMA DE TELEFONIA.

Este sistema complementa al de líneas calientes en el sentido de permitir comunicaciones que no tienen carácter tan prioritario. Se trata de líneas telefónicas convencionales punto a punto, con lo que los controladores de todos los centros de control por los que pase un determinado vuelo pueden establecer contacto entre sí, y de esta forma tener constantemente identificado un avión tanto en tiempo como en espacio.

Una peculiaridad de la telefonía en un centro de control es que todas las líneas pasan por un sistema informático que asigna una clave a cada una, de forma que es posible asignar a cada sector un número determinado de servicios telefónicos en una subcentral situada en cada puesto de control; así, para establecer comunicación sólo hay que pulsar una tecla bajo un

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

display en el que aparece la clave mencionada, evitándose el tener que marcar el número del otro abonado, con el consiguiente ahorro de tiempo (téngase en cuenta que el número de llamadas telefónicas por unidad de tiempo es muy elevado, dado el gran volumen de tráfico aéreo que existe); para que ello sea posible, es necesario que el sistema informático esté asociado a una centralita telefónica del tipo "batería local", capaz de generar la llamada sin necesidad de que esta operación la efectúe la compañía telefónica.

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE.

Es el objeto de este estudio y el que va a ocupar la mayor atención. Una serie de canales de radio (en la banda de VHF modulada en amplitud) se asignan a cada sector, y actúan sobre toda una red de emisores y reeptores de manera que se permite la comunicación con las estaciones móviles que suponen las aeronaves en vuelo. Así, controlador aéreo y piloto de avión están en contacto, estableciendo todo un protocolo de rumbos y alturas de vuelo, no sólo según un plan previamente establecido, sino también en situaciones especiales que pueden suponer un cambio radical de todos los planes de vuelo existentes. En este punto es necesario incidir en la importancia del factor tiempo. Se sabe cuánto tiempo emplea un determinado avión en recorrer una ruta, por lo que es

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

necesario ajustarse a un horario, no sólo de despegue, sino también de aterrizaje, por dos razones; una, porque esto determina la distancia en millas de dos aviones volando a la misma altura o en la misma direción y a distintos niveles; otra, para poder coordinar con seguridad los diferentes despegues y aterrizajes, especialmente en aeropuertos con intenso tráfico aéreo, como por ejemplo, los aeropuertos internacionales. Esta es la razón por la que el retraso de un avión, en cualquiera de sus tres fases (despegue, ruta o aterrizaje), y por cualquier circunstancia, afecta a todo el tráfico aéreo de la zona, pudiendo extenderse a todo el territorio nacional, o incluso internacional.

Dentro de este apartado de comunicaciones podemos distinguir las frecuencias únicas, emplazadas en una sola localizaciòn geográfica, y las frecuencias desplazadas; éstas, en una primera aproximación, consisten en establecer la misma frecuencia en dos puntos distintos para asegurar la comunicación a través de dicho canal en un trayecto que cubre una gran distancia, solucionando así el problema que supone el emplear transmisores con potencias de emisión elevadas para mantener una buena relación S/R en la comunicación. Más adelante se explicará con más detalle toda la filosofía y funcionamiento de este tipo de frecuencias.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

EJEMPLO DE CONTROL DE NAVEGACION AEREA.

En este apartado se intenta que el lector repase y formalice la visión global que se ha intentado establecer de un centro de control aéreo y de los diferentes sistemas que en él se ubican; con ello se ha de tener una idea clara del entorno en que se encuentra el sistema de comunicaciones tierra-aire, para una mejor comprensión del mismo y como punto de partida del estudio técnico de las frecuencias desplazadas.

Situémonos en el terminal de carga de un aeropuerto; un avión ya tiene a bordo todo su pasaje y se dispone a realizar una determinada ruta; el piloto comunica su situación mediante una determinada frecuencia de radio al controlador de torre, el cual le dará autorización, en el momento oportuno, para la maniobra de acercamiento a la cabecera de pista de despegue por una de las pistas de rodadura. Estas pistas de rodadura suelen atravesar las de despegue y aterrizaje, por lo que el controlador de torre tiene visualizado en su pantalla de radar la disponibilidad o no de las mismas, dependiendo de la situación del tráfico del aeropuerto en ese momento.

Una vez el avión se encuentra en cabecera de pista, solicita al controlador de torre, mediante radio, permiso para la maniobra de despegue; si recibe contestación afirmativa se le asigna una altura y una frecuencia de radio mediante la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

cual ha de comunicar con el controlador de aproximación una vez alcanzada dicha altitud; paralelamente, el controlador de torre informa al de aproximación, por línea caliente, que ese vuelo está en el aire y que en equis minutos tendrá el primer contacto con él.

La aeronave, siguiendo las instrucciones anteriores, contacta con el controlador de aproximación por la frecuencia indicada. éste le asigna un rumbo y una determinada altitud dependiendo del destino de la ruta; en todo momento, en la pantalla de radar, esta vez del controlador de aproximación, estará el vuelo con su trayectoria. Cuando el avión ya sale de la zona de demarcación del controlador, éste informa vía radio al piloto de una nueva frecuencia por la que ha de comunicar con el controlador de ruta, y a dicho controlador mediante línea caliente de que le pasa ese vuelo. El controlador de ruta asignará una aerovía, es decir, un nuevo rumbo y altitud al piloto del avión mediante la frecuencia de radio de contacto.

Cuando el avión está llegando a su destino, el proceso se repite pero en sentido inverso.De esta forma se establece entre controladores lo que podríamos llamar todo un protocolo de "tuyo, mío" apoyado en los tres sistemas de comunicación: radio, líneas calientes y telefonía.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Ahora bien: imaginemos que un controlador de ruta controla un sector que abarca desde Madrid hasta Pamplona; un avión va siguiendo dicha ruta; mientras éste está por Madrid no hay problemas pero, ¿qué ocurrirá con la comunicación vía radio cuando el avión esté volando por Pamplona?, ¿cómo se subsana el problema de la cobertura radioeléctrica en una distancia tan grande?. La respuesta dada por la ingeniería a este problema se denomina "frecuencias desplazadas".

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 2

COMUNICACIONES TIERRA - AIRE

INTRODUCCION.

En éste y en los sucesivos capítulos se tratará de lleno el tema que nos ocupa, una vez descrito el entorno en el que se encuentra situado este sistema de comunicaciones orales entre controlador aéreo y piloto de aeronave.

Más concretamente, el presente capítulo servirá para establecer las bases de este tipo de comunicaciones, esto es: el camino que sigue la información de audio, la ubicación de los equipos transmisores y receptores de tierra y su control remoto desde el centro de control, las limitaciones que imponen los enlaces físicos, una primera idea de centro emisor, centro receptor y colateral en relación al centro de control y los parámetros más importantes que caracterizan todo el sistema.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

PUNTUALIZACIONES.

Puesto que se van a manejar con mucha frecuencia los términos transmisión y recepción, y debido a que los conceptos pueden tener distinto significado según la referencia tomada, es necesario establecer un "origen de coordenadas" que se va a situar en el centro de control; así, en la mayoría de los casos, se identificará transmisión con salida de información del centro de control, y recepción con llegada de información al mismo.

Una aeronave siempre mantiene su contacto con un controlador via radio, esté en fase de rodadura, despegue, ruta, aterrizaje o aproximación. Existen canales de radio distintos para estas operaciones y las instalaciones suelen variar dependiendo del tipo de cobertura que se necesite. Aquí se va a estudiar la situación que supone un avión en plena ruta, lo cual supone comunicaciones que pueden abarcar centenares de kilómetros o más.

Otro tema a tener en cuenta es que el propósito de este estudio técnico estará centrado en las instalaciones de tierra, puesto que sobre transmisores, receptores y radiofrecuencia existe una amplia bibliografía, razón por la cual no se considera necesario repetir aquí los conceptos que se pueden encontrar en cualquier libro especializado en la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

materia. No obstante, se matizarán aquellas ideas que contribuyan a una exposición más clara y cuya introducción sea necesaria para justificar un determinado hecho o una solución técnica a un problema o limitación del sistema.

PRIMERA IDEA DEL SISTEMA.

Las comunicaciones tierra-aire desde un centro de control de navegación aérea, tienen por objeto poner en contacto a los controladores aéreos con los pilotos de los aviones. Desde el punto de referencia establecido, la información, consistente en un mensaje de audio, comienza en el sector donde se encuentra el controlador, ha de llegar a un transmisor donde modulará a una portadora en la banda de VHF, la cual será recogida en la estación movil que supone la aeronave. En el camino inverso, será ésta la que emita la radiofrecuencia conteniendo el audio procedente del piloto para ser recibida en un receptor, el cual efectuará la operación de demodulación, teniendo que ser llevado este mensaje hasta los auriculares o el altavoz de que dispone el controlador.

Para todo esto se dispone de una red de transmisores y receptores en tierra, dispersos por toda la geografía, y conectados al centro de control mediante cable telefónico como

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

soporte físico del audio en banda base hacia el transmisor o desde el receptor. Es necesario señalar que tanto aquellos como éstos se agrupan en centros (por parejas) separados una distancia, la cual ha de ser suficiente para evitar intermodulaciones producidas por batidos entre los armónicos de las diferentes frecuencias centrales de trabajo. De esta manera se encuentran los CENTROS EMISORES y los CENTROS DE RECEPTORES, cada uno con varias frecuencias, cuyo número dependerá de la importancia de la estación de que se trate; se pueden concebir centros con dos, seis y hasta treinta frecuencias distintas.

Un centro de control lleva asociado sus correspondientes centro emisor y centro receptor, que denominaremos LOCALES; también de él dependen los COLATERALES o ESTACIONES ALEJADAS, las cuales se encargan de distribuir las informaciones hacia o desde sus centros de emisores y de receptores.

El siguiente cuadro ilustra la tipología de este tipo de red (fig 2.1), en el que, por simplificar, se ha confeccionado para una sola frecuencia; también se ha supuesto un solo colateral, pero en la práctica, de un centro de control "cuelgan" varios colaterales, cada uno con el número de frecuencias que tenga asignado. Esto puede dar, a priori, una idea de la cantidad de pares telefónicos que pueden ser destinados solamente al servicio de radio.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

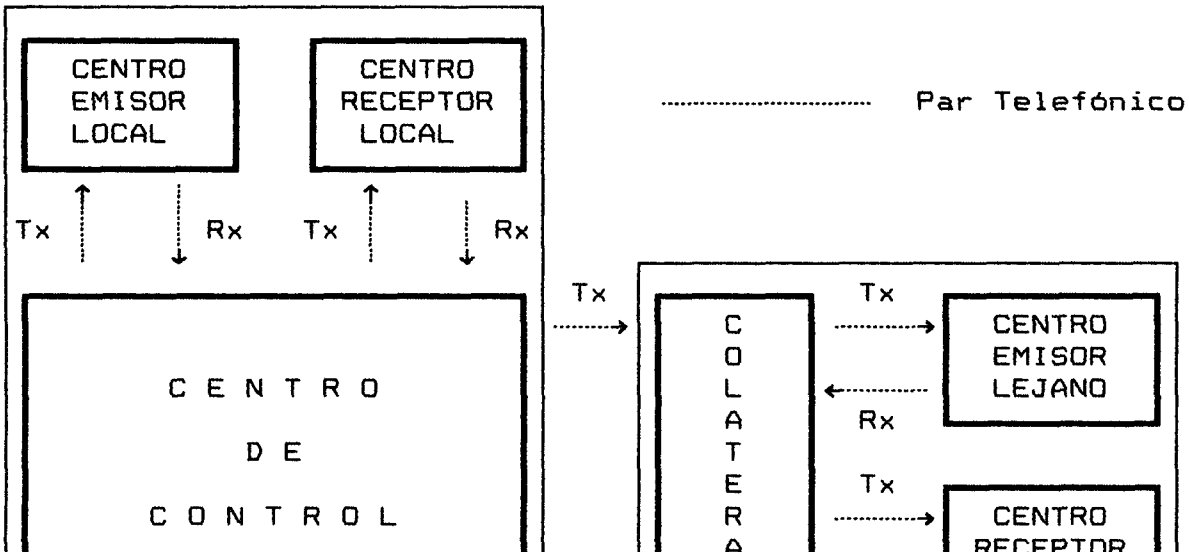


fig. 2.1

A partir de ahora, al hablar de líneas se referirá a las líneas telefónicas; pero, ¿qué información circula a través de ellas?. En principio se ha dicho que la señal que transporta la línea es el audio en banda base; sin embargo junto a él circulan unos TONOS DE SELECCION Y SEÑALIZACION. A continuación se especificará qué son esos tonos y su justificación.

TONOS DE SELECCION Y TONOS DE SEÑALIZACION.

Diremos que un tono es de selección cuando lo genera el centro que comanda toda la red (el centro de control),

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

implicando una orden a los equipos a los cuales se manda.

Un tono de señalización es aquel que llega al centro de control procedente de un centro de emisores o receptores, indicando un estado de los equipos; no es una orden, sino que implica una información de referencia.

La razón de la existencia de estos tonos tiene varias vertientes que se detallan a continuación.

ACTIVACION DEL TRANSMISOR: PTT

El tipo de comunicación que se está estudiando no es continua en el tiempo, como lo puede ser la emisión de una emisora de radiodifusión comercial. Esto quiere decir que la transmisión, o mejor dicho, la modulación se efectuará por intervalos espaciados en el tiempo según lo requieran las necesidades. Esto indica que sería absurdo estar emitiendo constantemente la portadora que genera el transmisor,ya que por un lado supondría un gasto inútil de potencia de emisión, y por otro, provocaría la continua captación en el receptor que se traduciría en la molesta presencia del típico "soplido" de una portadora sin modular.

Por estas razones se introduce el empleo del PTT, un

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

cierre a masa (también puede serlo a positivo) que produce en el equipo transmisor la inyección de portadora en el modulador y la activación de la etapa de potencia de RF.

Como consecuencia, un controlador tendrá que mantener pulsado su mando PTT el tiempo que dure su mensaje y por lo tanto, habrá que hacer llegar al transmisor correspondiente esta orden de PTT para que dicho mensaje "salga al aire".

SILENCIADOR DEL RECEPTOR: SQUELCH

El SILENCIADOR o SQUELCH de un equipo receptor de RF es básicamente un circuito que se sitúa en su parte de BF, activando o desactivando el preamplificador de audio, anterior a la etapa final de salida, dependiendo de que el nivel de señal a su entrada supere o no un nivel preajustado. Con ello se evita mandar al puesto de recepción una señal constituida primordialmente por ruido.

Por tanto, cuando exista un nivel de RF en antena tal que el nivel de audio que conlleve sea inferior al establecido, el SILENCIADOR o SQUELCH bloqueará los circuitos de salida de audio del receptor, o lo que es lo mismo, el receptor no entregará señal alguna a su salida.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Habrá, pues, que tener vigilado el receptor en el sentido de conocer si se está captando la información que realmente interesa que recoja, razón por la que el centro de recptores deberá enviar al centro de control "algo" que indique el estado de SQUELCH de sus receptores.

DUPLICIDAD DE EQUIPOS: PRINCIPAL, RESERVA

Por evidentes razones de seguridad se instalan, tanto en transmisión como en recepción, una duplicidad de equipos que salvan la eventualidad que supone la avería de alguno de ellos; esta redundancia se pone de manifiesto en todo el sistema, como más adelante se verá.

En el caso de transmisores y receptores, por cada frecuencia se instalan dos y dos, es decir, un transmisor principal y otro reserva, un receptor principal y otro reserva. Se denomina PRINCIPAL a aquel equipo que se encuentra en estado operativo y RESERVA al que está en una posición llamada STAND BY (en espera o listo para entrar en operación). De alguna forma y por parte de alguien, se tendrá la opción de efectuar la conmutación de principal a reserva o viceversa, cuando las circunstancias así lo dispongan.

Pero además, en el centro de comando tendrá que saberse

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

en todo momento el estado de los equipos, conociendo si el operativo en un momento dado es el principal o el reserva, o si un cambio se ha efectuado realmente. Se ve que los centros de transmisores y de receptores tienen que indicar el estado de sus equipos.

CONCLUSION

Habrá pués que tener presentes en la línea las siguientes componentes:

- audio a transmitir o recibido;
- activación de PTT o SQUELCH;
- selección P/R al centro de transmisores y al de receptores;
- señalización P/R, igualmente desde ambos centros.

Como se tiene que establecer un camino de transmisión y otro de recepción entre el centro de control y las estaciones (fig. 2.1), esto indica que se podría hacer con dos pares telefónicos por cada camino, es decir cuatro hilos para transmisión y otros cuatro para recepción con el centro de transmisores, e igualmente con el centro de receptores (fig. 2.2).

Al centro de transmisores hay que mandar el audio a

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

transmitir, el mando PTT y la selección de equipo P/R; de él tiene que llegar la señalización de que el PTT está actuado en el transmisor y la del equipo que está operativo.

Al centro de receptores hay que enviar la selección del receptor que ha de actuar cuando se produzca una recepción, y él ha de enviar el audio recibido, la señalización de SQUELCH y la del receptor que está actuando.

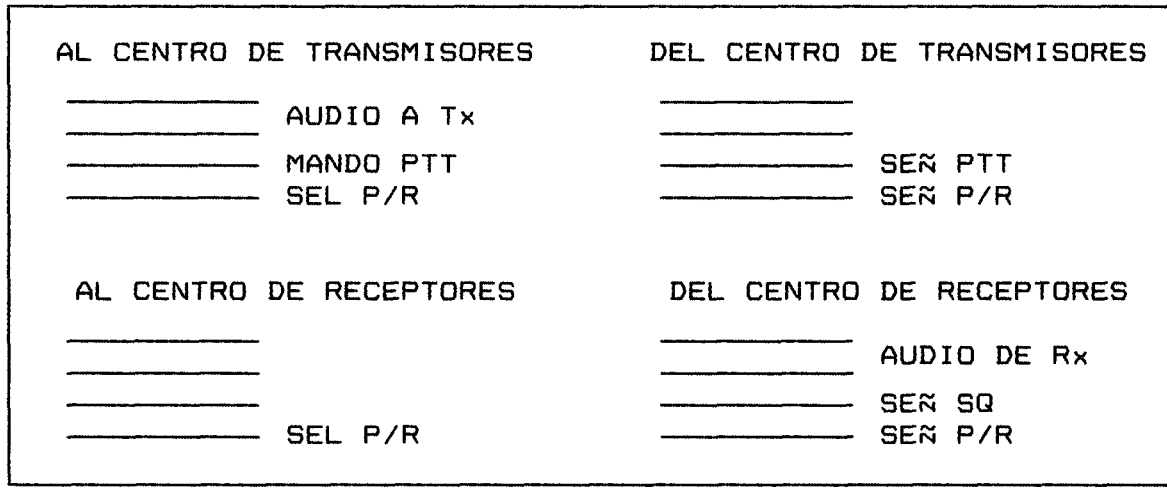


fig. 2.2

Se observa la necesidad de utilizar seis pares para cada frecuencia; si multiplicamos por el total de frecuencias que dependan del centro de control (entre locales y alejadas pueden rondar las sesenta), sale un número muy elevado de líneas telefónicas, lo cual repercute negativamente en dos aspectos:

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- por un lado está el económico; está claro que cuanto mayor sea el número, mayor el coste de instalación y mantenimiento, teniendo en cuenta además que se está tratando de líneas punto a punto;

- por otro lado se encuentra el factor de avería, el cual aumenta cuanto mayor sea el número de servicios contratados, por el lógico desgaste de equipos debido al tiempo en uso, deficiente instalación en su día, etc. Evidentemente, no sufre el mismo número de averías de línea telefónica un usuario con una sola línea en su casa, que un centro que tiene contratadas cuatrocientas, por poner un número, y piénsese que esto también se traduce en la seguridad del tráfico aéreo, debido a la importancia del fín a que se dedican.

Con todos estos datos se ha tenido que buscar una solución que permita, con el menor número posible de pares telefónicos dar cabida a la información que es necesaria para que el sistema de comunicación radio tenga viabilidad: LOS TONOS.

Llegados a este punto conviene resaltar la importancia que tiene la calidad de la línea que ha de ofrecer la compañía telefónica: respuesta plana en todo su ancho de banda, transparencia total (ni atenuación ni ganancia) y una buena relación S/R (> 60 dB).

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

ADAPTACION AUDIO+TONOS EN LA LINEA TELEFONICA.

El ancho de banda disponible para enviar señales en una línea telefónica está comprendido entre los 300 y los 3400 Hz. Si se reserva para el audio el segmento comprendido entre los 300 y los 2700 Hz, se dispone de 700 Hz para poder introducir los tonos sin que interfieran en la información de audio; si además los tonos se introducen con un nivel de -10 dBm con respecto al audio, esta posibilidad disminuye aún más.

En la fig. 2.2 se ha puesto de manifiesto las señales que hay que manejar en el caso de un centro de control con sus centros locales, o bien, entre una estación colateral y sus respectivas instalaciones transmisoras y receptoras. Además existe otra posibilidad, que es la de unir el centro de control con el colateral. Dicha unión se efectúa con dos pares telefónicos: uno de transmisión y otro de recepción; el primero ha de soportar el audio a transmitir, activación PTT, selección transmisor P/R y selección receptor P/R; el segundo, por su parte ha de transportar el audio recibido, la indicación de SQUELCH, la señalización del transmisor P/R y la del receptor P/R. Debido a esto se asocia un tono a transmisores (2975 Hz) y otro a receptores (3145 Hz).

Se va a explicar la filosofía del sistema para el caso de la transmisión y recepción con un colateral, ya que los

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

otros casos pueden deducirse fácilmente una vez expuestos éstos.

LINEA TX ENTRE CENTRO CONTROL Y COLATERAL

Se recuerda que hay que enviar: audio a transmitir, activación PTT, selección transmisor P/R y selección receptor P/R.

Ya se ha filtrado el audio para recortarlo a 2700 Hz, y se ha definido un tono de 2975 Hz para transmisores. Se puede hacer que este tono esté presente en la línea cuando se active PTT; pero ¿cómo se hace la selección del equipo P/R?. La solución pasa por efectuar una modulación del tono desviándolo de su frecuencia en ±42Hz, de forma que si se quiere seleccionar el transmisor principal, un tono de 2975+42 Hz (3017 Hz) estará presente en la línea junto al audio cuando se active el mando PTT; igualmente si se pretende seleccionar el transmisor reserva, cuando se active PTT aparecerá en la línea junto al audio un tono de 2975-42 Hz (2933 Hz).

Para seleccionar el receptor se emplea con la misma desviación el tono de 3145 Hz, dando lugar a un tono de selección de receptor principal de 3187 Hz, y otro de 3103 Hz para la selección del receptor reserva. Estos tonos, a

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

diferencia del de transmisores, siempre están presentes en la línea, ya que siempre ha de estar un receptor dispuesto a captar una emisión por no saberse en qué momento puede ocurrir ésta.

LINEA RX ENTRE CENTRO CONTROL Y COLATERAL

En esta línea han de circular: el audio recibido y demodulado por el receptor, la señalización de SQUELCH, la señalización de transmisor P/R y la del receptor P/R.

Al igual que antes, se emplean los mismos tonos, que adquieren el calificativo de SEÑALIZACION, al encontrarse en la línea de recepción y servir de información al centro que comanda el estado de los equipos a su cargo.

EL tono de 2975±42 Hz será enviado cuado el transmisor está transmitiendo, es decir, cuando se está produciendo PTT, e informa de que, efectivamente el transmisor seleccionado está siendo activado.

El tono de 3145±42 Hz llegará al centro de control cuando se capte una emisión, es decir, solamente cuando haya SQUELCH, e indicará que el receptor previamente seleccionado ha sido excitado por una RF exterior.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

La figura 2.3 muestra la distribución de todas las componentes que pueden ser enviadas por la línea dentro del ancho de banda del par telefónico (———).

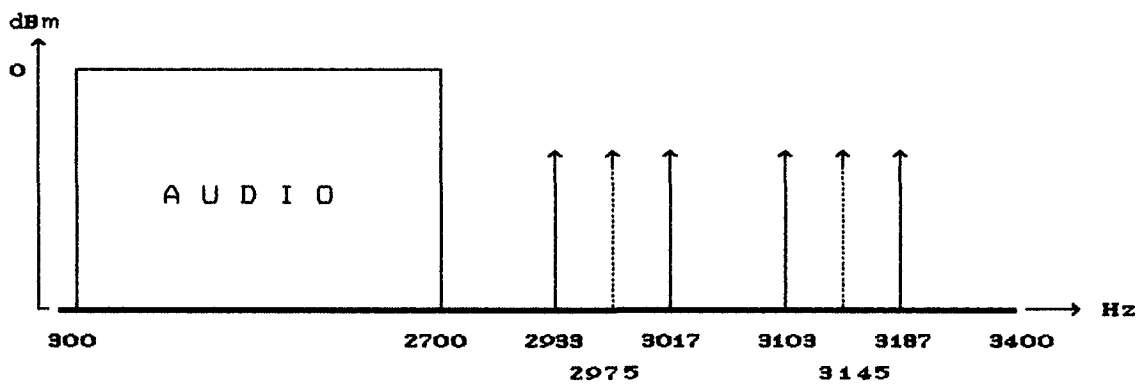


fig. 2.3

A modo de resúmen y con la intención de fijar y aclarar este tema, se establecen los siguientes cuadros que contienen los tonos, de los equipos transmisores y receptores, y su activación, tanto en línea de Tx como de Rx en los siguientes casos:

- centro de control con centro emisor;
- centro de control con centro receptor;
- centro de control con colateral.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CENTRO DE CONTROL CON CENTRO EMISOR (2975 Hz).

TONOS EN LA LINEA DE Tx	*TONOS EN LA LINEA DE Rx*
3017 Hz : PTT + SEL TRANS PAL	3017 Hz : PTT + SEÑ TRANS PAL
2933 Hz : PTT + SEL TRANS RVA	2933 Hz : PTT + SEÑ TRANS RVA
SOLO CUANDO SE ACTIVA PPT	CUANDO PTT EN TRANSMISOR

El audio a transmitir está en la línea de Tx.

CENTRO DE CONTROL CON CENTRO RECEPTOR (3145 Hz).

TONOS EN LA LINEA DE Tx	*TONOS EN LA LINEA DE Rx*
3187 Hz : SEL RECEPT PAL	3187 Hz : SQ + SEÑ RECEPT PAL
3103 Hz : SEL RECEPT RVA	3103 Hz : SQ + SEÑ RECEPT RVA
SIEMPRE ESTA PRESENTE	CUANDO SQUELCH EN RECEPTOR

El audio recibido está en la línea de Rx.

CENTRO DE CONTROL CON COLATERAL.

TONOS EN LA LINEA DE Tx	*TONOS EN LA LINEA DE Rx*
3017 Hz : PTT + SEL TRANS PAL	3017 Hz : PTT + SEÑ TRANS PAL
2933 Hz : PTT + SEL TRANS RVA	2933 Hz : PTT + SEÑ TRANS PAL
SOLO CUANDO SE ACTIVA PTT	CUANDO PTT EN TRANSMISOR
3103 Hz : PTT + SEL TRANS PAL	3103 Hz : PTT + SEÑ TRANS PAL
3187 Hz : PTT + SEL TRANS RVA	3187 Hz : PTT + SEÑ TRANS PAL
SIEMPRE ESTA PRESENTE	CUANDO SQUELCH EN RECEPTOR
AUDIO A TRANSMITIR	AUDIO RECIBIDO

En este tercer caso no se especifican las conexiones del

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

colateral con sus respectivos centros de transmisores y receptores por ser los mismos casos que los dos primeros.

A partir de ahora se identificarán indistintamente los tonos de la siguiente forma: un tono será principal o PORTADORA; incrementado o MARCA y decrementado o ESPACIO; esto será válido tanto en selección como en señalización. Es decir, se tendrán dos PORTADORAS: una para la selección/señalización de transmisores (2975 Hz), y otra para la selección/ señalización de receptores (3145 Hz), y ambas con sus correspondientes MARCAS (+42 Hz) y ESPACIOS (-42 Hz).

A continuación se van a estudiar los elementos que generan y reciben todos estos tonos.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 3

ELEMENTOS DE FILTRO, GENERADORES Y RECEPTORES DE TONOS

INTRODUCCION.

Una vez vista la filosofía de los tonos en la manipulación de los equipos transmisores y receptores, llega el momento de estudiar los elementos básicos necesarios para la generación, recepción y filtrado de estas frecuencias.

En cualquier centro de los que componen el sistema siempre van a estar presentes estos tres elementos asociados:

- uno generador del tono a enviar por una línea;

- otro receptor del tono procedente del par;

- un filtro, que en unos casos recorta el audio a 2700 Hz y le añade los tonos para configurar el paquete de información y control, y que en otros separa el audio de los tonos para seguir los caminos que a cada uno le corresponda.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Estos equipos son tarjetas de circuito impreso que responden a las siglas TFD (TRANSMISORA DE TONO), RFD (RECEPTORA DE TONO) y FFD (DOBLE FILTRO), según el orden anterior, y cuyo análisis constituye el objetivo del presente capítulo.

TARJETA TFD: TRANSMISORA DE TONO.

En la figura 3.1 se encuentra el esquema general de esta tarjeta generadora de la marca y el espacio correspondientes a los tonos portadora de 2975 y 3145 Hz. Estas frecuencias se obtienen a partir de los correspondientes osciladores de cristal.

OSCILADOR DE CRISTAL

Se trata de un tipo de oscilador sintonizado por un cristal de cuarzo, lo cual le proporciona unas excelentes características de estabilidad frente a las variaciones de tensión y temperatura. Está compuesto (fig 3.2 a) por el cristal que establece la frecuencia de resonancia del oscilador; un divisor resistivo que determina el nivel de realimentación necesario para el funcionamiento del circuito;

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

dos condensadores de pequeña capacidad que fijan la frecuencia efectiva de trabajo, ya que este tipo de osciladores permiten desplazar ligeramente la frecuencia del cristal por ajuste paralelo; y un driver constituido en este caso por un inversor construido a partir de una puerta NOR de tres entradas.

Hay que recordar que los cristales pueden oscilar de dos formas distintas: en serie y en paralelo. En la fig 3.2 b), está representado el circuito eléctrico equivalente a un cristal, pudiéndose observar una rama serie con una

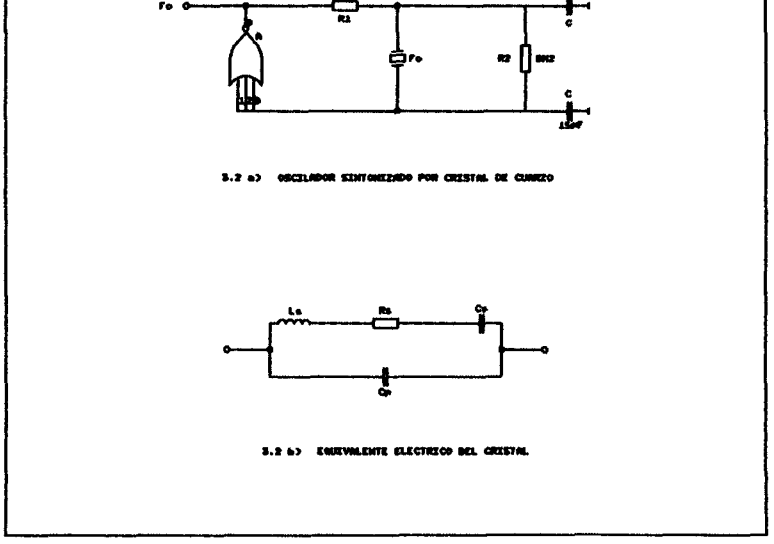


fig. 3.2

inductancia Ls, una resistencia serie Rs y una capacidad serie Cs en paralelo con la capacidad paralela Cp. La frecuencia de

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

resonancia serie, Fs, es aquella a la que se anula la reactancia inductiva con la capacidad serie, por lo que la reactancia total del cristal es nula, y la resistencia serie determina la impedancia (que es mínima) del cristal. Un cristal en modo paralelo trabajará en el modo serie, conectando un condensador de pequeño valor igual a la impedancia de carga especificada por el fabricante (en nuestro caso, dos condensadores de 15 pF).

La potencia que disipa el cristal ha de ser limitada para evitar la rotura del cristal (unos 200 μW máximo); esto se consigue actuando en la realimentación del circuito oscilador.

El circuito de la figura funciona de la siguiente forma: la tensión de excitación del cristal se obtiene mediante el divisor resistivo de realimentación R1 y R2, que además limita su consumo; los condensadores C definen junto a Cp la reactancia capacitiva. Las vibraciones del cristal se aplican al DRIVER que, a la frecuencia del cristal, va proporcionando a su salida sucesivos niveles altos y bajos que configuran una señal cuadrada la cual, por un lado realimenta el circuito oscilador, y por otro se inyecta en un divisor de frecuencia (contador del tipo 4040, 12 estados) que presenta a su salida la señal de onda cuadrada que aplicada a un convertidor senoidal configura la onda senoidal de frecuencia deseada;

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

ésta, por estar escalonada, se hace pasar por un filtro paso bajo que elimina la gran cantidad de armónicos que le confiere el escalonamiento inicial.

DESCRIPCION GENERAL

La TFD es una transmisora de tonos por frecuencias desplazadas para su uso en telecontrol, telemedida y transmisión de datos (por ejemplo, en una modulación FSK), pudiendo operar en modo dos frecuencias y en modo tres frecuencias.

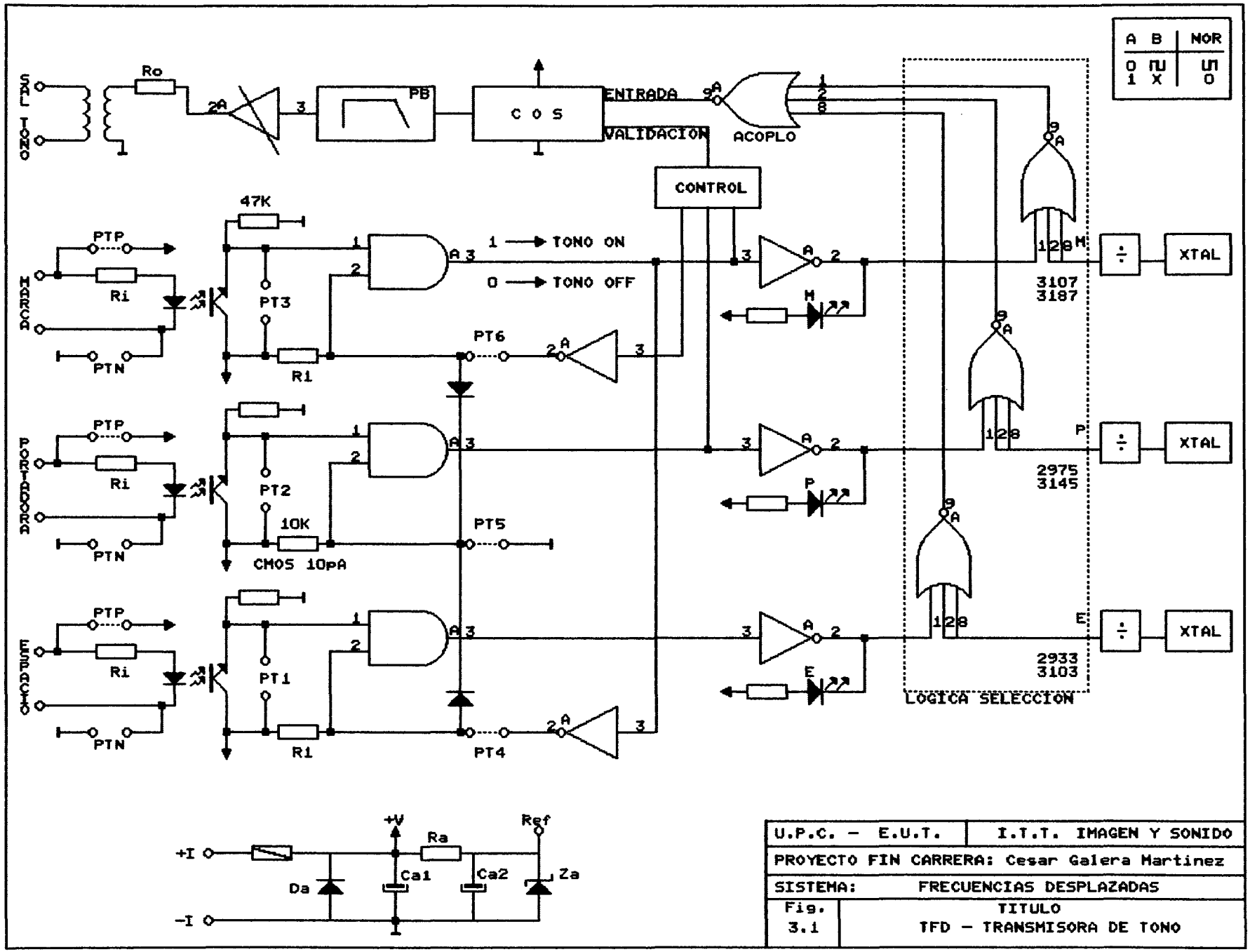
En el modo tres frecuencias, emite normalmente una señal de frecuencia central pudiendo ser manipulado para emitir la marca o el espacio correspondientes.

El modo "dos frecuencias" es el empleado en este sistema y puede realizar dos tipos de operación:

- ESPACIO BASE, en la que emite normalmente la frecuencia inferior y es manipulado para emitir la superior;

- MARCA BASE, se emitie normalmente la frecuencia de marca y es necesaria su manipulación para enviar el espacio; éste será el modo de operación que se use en nuestra instalación.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 3.1	TITULO TFD – TRANSMISORA DE TONO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Para configurar el modo de operación de la tarjeta existen los puentes PT1 a PT6:

- Al efectuar uno de los puentes PT1, PT2 o PT3, la frecuencia deseada se genera de forma continua, ya que constantemente se sitúa un nivel alto a la salida de la puerta AND que tras ser invertido, da paso a la onda cuadrada en la puerta NOR correspondiente en la LOGICA DE SELECCION. En nuestro sistema se pretende que sólo se genere la frecuencia cuando se active PTT, por lo que no es necesario efectuar ninguno de estos puentes.

- El PT5 suprime la generación de portadora, ya que pone a CERO una de las entradas de la puerta AND (la tensión cae en R1, 10 KΩ; si el puente no ha sido practicado no interfiere en el funcionamiento de la unidad, pues la corriente típica CMOS de la puerta es de unos 10 pA, lo cual supone una caída de tensión despreciable en esta resistencia), lo cual inhabilita la puerta NOR de la LOGICA DE SELECCION; éste sí está realizado, ya que sólo interesan la marca y el espacio.

- Los PT4 y PT6 al cerrarlos evitan la mezcla de los dos tonos en la salida.

La manipulación se efectúa a través de las entradas de manipulación optoacopladas, pudiendo consistir en la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

aplicación de un potencial positivo o negativo, según se configuren los puentes PTP y PTN de cada una de las entradas de control. Si se efectúa el PTP, hay que aplicar una masa para que el positivo circule por el LED del optoacoplador; si es el PTN, entonces hay que aplicar un nivel de continua para excitarlo. En cualquier caso, Ri limita la corriente que ha de circular (valor normal de 1K).

Las frecuencias de operación de la tarjeta están determinadas por tres osciladores controlados por cuarzo; de aquí se deduce que una TFD 2975 se diferencia de una TFD 3145 en el valor de los cristales que incorpora. La frecuencia del oscilador pasa a un divisor (básicamente un contador) de manera que a su salida existe una onda cuadrada a la frecuencia exacta que se pretende. Esta salida se inyecta en una LOGICA DE SELECCION, compuesta por puertas NOR que bloquearán o no la señal, según el estado de la otra entrada (CERO habilita).

En el frontal de la tarjeta aparecen tres diodos LEDs que se iluminan cuando la tarjeta está generando un tono (un nivel BAJO a la salida de una puerta INVERSORA permite que el diodo conduzca), correspondiendo cada uno de ellos respectivamente a cada una de las frecuencias; así mismo existe un potenciómetro que permite ajustar el nivel de salida de los tonos al actuar sobre la realimentación del

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

amplificador de salida (del tipo operacional con red resistiva de realimentación negativa), con lo que se consigue la variación de su ganancia.

TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA

- Entrada de alimentación (≅ 12 Vcc).

- Se dispone de tres entradas por las que se aplican los correspondientes cierres a masa, según se desee una frecuencia de marca o de espacio.

- Existe una salida en la que se obtiene el tono durante el tiempo que dure la activación de la entrada.

ALIMENTACION

Por el terminal +I se introduce la alimentación positiva y por el -I la negativa. El positivo pasa por un fusible que se funde cuando existe un exceso de consumo, o bien cuando se produce una inversión de la polaridad, para lo cual se ayuda del diodo Da en oposición con la alimentación. El condensador Ca1 (μF) filtra la alimentación de posibles componentes alternas. Por otro lado Ra, Za y Ca2, establecen una tensión

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

de referencia en torno a V/2, mediante el regulador zener, para el funcionamiento de los distintos integrados de la unidad.

FUNCIONAMIENTO

Al dar un cierre a masa en la entrada de MARCA, por ejemplo, el optoacoplador se comporta de la siguiente forma: el LED conduce, por lo que el transistor se satura poniendo un nivel ALTO en las dos entradas de la puerta AND, que igualmente da a su salida un UNO lógico; éste pasa a una LOGICA DE CONTROL por un lado, y por otro a un inversor que lo lleva a un CERO que habilita la puerta NOR de la LOGICA DE SELECCION, por lo que ésta presenta a su salida la señal cuadrada invertida que procede del oscilador de cristal correspondiente.

Si no existe el cierre a masa, entonces el LED del opto no conduce, con lo que el BJT está al corte; esta situación produce un CERO y un UNO en las entradas de la puerta AND, que dará a su salida un CERO, el cual tras ser invertido, bloquea las otras entradas de la NOR de la LOGICA DE SELECCION, dando a su salida un nivel BAJO.

Las tres salidas que proporciona la LOGICA DE SELECCION,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

correspondientes a cada una de las posibles frecuencias, se acoplan mediante una nueva puerta NOR a un CONVERTIDOR SENOIDAL (COS); las entradas de esta puerta tendrán dos posibles estados:

- ON: dos de sus tres entradas estarán a CERO, dando paso hacia su salida a la señal presente en la tercera entrada e invirtiéndola nuevamente.

- OFF: las tres entradas se encuentran a CERO, al no haber sido activadas ninguna de las tres puertas NOR de la LOGICA DE SELECCION.

La LOGICA DE CONTROL actúa sobre la entrada de VALIDACION del CONVERTIDOR que transforma la onda cuadrada en una senoidal en escalón, por lo que surge la necesidad de ser linealizada mediante un filtro PASO BAJO; el tono a la salida de este filtro ya es "espectralmente aceptable", por lo que se amplifica al nivel de transmisión (-10 dBm), y mediante Ro y el transformador se adapta a la impedancia de salida, simétrica, de 600 Ω.

CONVERTIDOR SENOIDAL

Este tipo de conformadores de onda tienen su base en los

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

procedimientos digitales de síntesis de señales. La fig. 3.3 muestra un diagrama de bloques típico en estos circuitos.

En primer lugar se encuentra el OSCILADOR, cuya frecuencia será 32 veces la de la señal que se desea obtener. Estos impulsos son contados en un CONTADOR de 5 bits, lo cual nos dará 2^5= 32 estados diferentes, o lo que es lo mismo, dividirá la frecuencia entrante entre treinta y dos. La salida del contador se aplica a un DECODIFICADOR cinco a ocho; éste

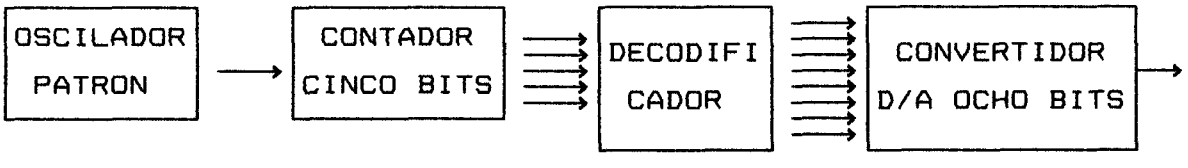


fig. 3.3

asigna a cada estado del contador la combinación de ocho bits que correspondería a una sinusoide de manera que un CONVERTIDOR de ocho bits del tipo D/A dará a su salida una sucesión de tensiones correspondientes a los 2^8= 256 estados de cuantificación posibles de la señal sinusoidal.

Como ya se ha referido, esta señal presenta un aspecto escalonado, o lo que es igual, conlleva gran cantidad de armónicos que son suceptibles de eliminación mediante el correspondiente FILTRO PASO BAJO.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

TARJETA RFD: RECEPTORA DE TONO.

DESCRIPCION GENERAL

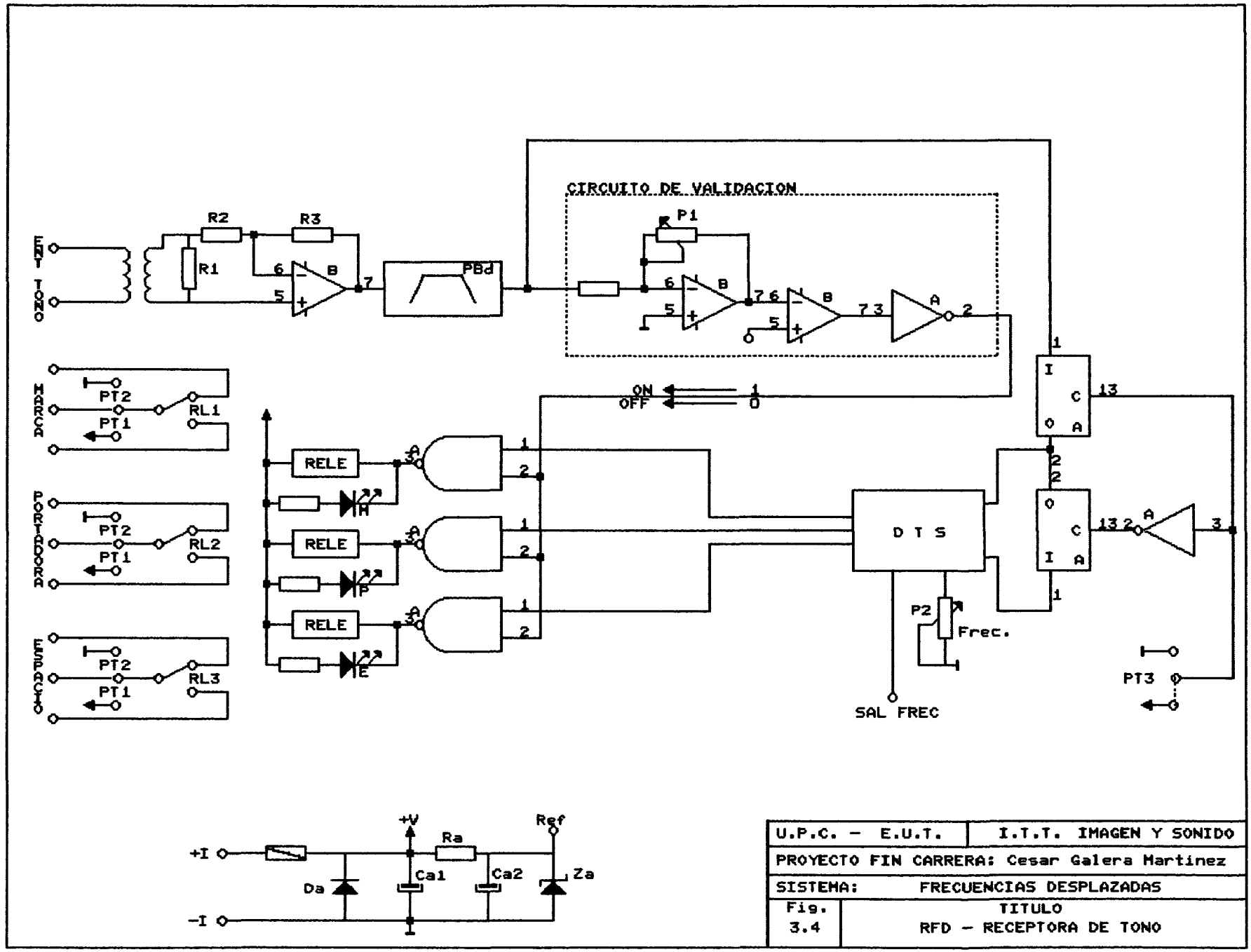
La tarjeta RFD (fig 3.4) es un receptor de tonos por frecuencias desplazadas realizado para su uso en telecontrol, telemedida y transmisión de datos. En respuesta a la excitación por medio de un tono de MARCA, ESPACIO o PORTADORA con su banda de paso, produce una salida por contacto conmutado a través de relé.

La frecuencia de operación de la unidad y la banda de paso están deteminadas por dos submódulos: un filtro paso banda FPB-8400, y un detector de tono DTS-8400 que permite su ajuste por medio de un potenciómetro situado en el interior del equipo.

En analogía con la TFD, el contacto (esta vez de salida) puede ser cierre a masa o a positivo, para lo cual se dispone de los puentes PT1 y PT2; en nuestro caso, sigue siendo a masa.

La detección de un tono, produce la conmutación de un relé que da paso al cierre por contacto a masa a la salida correspondiente, y que da un positivo a un LED que se ilumina en el frontal de la unidad, indicando la detección del tono

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 3.4	TITULO RFD – RECEPTORA DE TONO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

correspondiente. La excitación de este relé mecánico, como se verá, la produce una puerta NAND.

En el frontal, además de los LEDs, también se encuentra un potenciómetro que permite el ajuste del nivel umbral de detección de señal, al actuar sobre la ganancia de un amplificador que sirve de etapa previa a un comparador, ambos situados en el CIRCUITO DE VALIDACION.

TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA

- Entrada de alimentación (≅ 12 Vcc).

- Una entrada, por la que se aplica la señal que contiene los tonos.

- Tres salidas, MARCA, PORTADORA y ESPACIO, por las que se aplican los correspondientes cierre a masa, según el tono presente a la entrada.

ALIMENTACION

Por el terminal +I se introduce la alimentación positiva y por el -I la negativa. El positivo pasa por un fusible que

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

se funde cuando existe un exceso de consumo, o bien cuando se produce una inversión de la polaridad, para lo cual se ayuda del diodo Da en oposición con la alimentación. El condensador Ca1 (μF) filtra la alimentación de posibles componentes alternas. Por otro lado Ra, Za y Ca2, establecen una tensión de referencia en torno a V/2, mediante el regulador zener, para el funcionamiento de los distintos integrados de la unidad.

FUNCIONAMIENTO

La entrada de audio se aplica a un TRANSFORMADOR (1:1) que la aisla y balancea; R1 adapta la impedancia de entrada a 600 Ω, y R2 y R3 establecen una ganancia fija de 10/3 en tensión del amplificador previo que ataca al FILTRO PASO BANDA. Este filtro está centrado en la frecuencia de PORTADORA, con un ancho de banda en torno a los 100 Hz; como más adelante se verá, la entrada que se aplica a esta tarjeta está constituida por el audio más los tonos, razón por la que la RFD ha de incorporar el filtro.

A la salida del FPBd, se tendrá un tono que va directamente al ACOPLO DEL DETECTOR y al CIRCUITO DE VALIDACION.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

ACOPLO DEL DETECTOR

Está consituido por un interruptor CMOS que inhibe la entrada al DTS en el caso de ajuste de éste. Para tal operación se cambia de posición el PT3, con lo que se bloquea y se da paso mediante un segundo interruptor a la señal necesaria para obtener en la SAL FREC, la frecuencia a la que oscila el PLL que lleva incorporado el discriminador, pudiéndose en tal caso ajustar mediante P2 a la frecuencia PORTADORA. Para el uso normal de la tarjeta, el PT3 deberá estar efectuado de forma que habilite el interruptor que permite la entrada del tono procedente del filtro, esto es, dando una tensión positiva a la entrada de control que da continuidad entre los terminales entrada/salida.

CIRCUITO DE VALIDACION

Este circuito está constituido por un amplificador variable, un comparador y un driver inversor.

El comparador ofrece un UNO o un CERO a su salida, según la señal de su entrada inversora supere o no el valor de la referencia establecida en la patilla no inversora. El amplificador previo a este comparador permite establecer el umbral de la señal con solo aumentar o disminuir su ganancia

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

en P1.

Cuando el nivel de señal aplicada al comparador sea inferior al de referencia, a su salida se establece un nivel lógico ALTO, que tras el INVERSOR, inhabilita las tres puertas NAND correspondientes respectivamente a MARCA, PORTADORA y ESPACIO. Cuando la señal aplicada al comparador sea superior al de la referencia, el operacional entregará un nivel BAJO que, invertido en el INVERSOR, habilita dichas puertas.

Una de las entradas de la puerta NAND, habilita su funcionamiento según se ha visto; la otra entrada procede del detector DTS. Si le llega un CERO entregará a su salida un nivel ALTO, lo cual no produce la conmutación del RELE. Si el detector entrega un UNO, entonces la salida será un nivel BAJO; esta situación provoca el cierre del positivo que acciona el RELE y enciende el LED.

TARJETA FFD: DE DOBLE FILTRO.

DESCRIPCION GENERAL

Esta tarjeta se compone de dos circuitos idénticos, presentando la versatilidad de poder configurarse por separado tanto para transmsión como para recepción, solamente con

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

efectuar las correctas conexiones externas. Al tratarse de dos circuitos iguales, se efectuará el estudio solamente para uno de ellos (fig. 3.6).

En transmisión esta unidad recorta el audio a 2700 Hz y le suma el o los tonos que correspondan, según el tipo de centros que enlace.

En recepción ha de separar el audio de los tonos y ofrecerlos por diferentes salidas, para que ataquen a los equipos que correspondan.

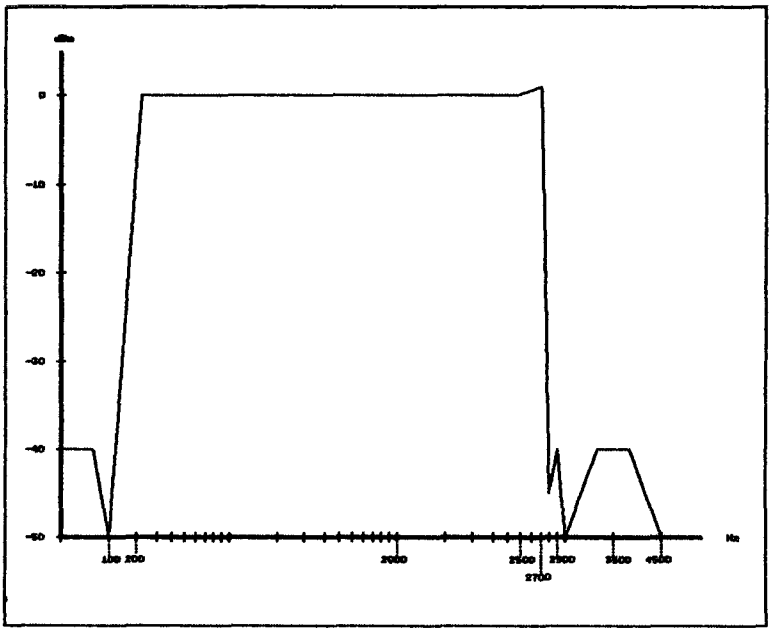


fig. 3.5

Para la realización de estas funciones incorpora un

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

filtro cuya banda de paso está situada entre los 200 y 2700 Hz, presentando atenuaciones superiores a 40 dB en frecuencias inferiores a 100 Hz y en las superiores a 2850 Hz (fig. 3.5).

Este filtro paso banda está formado por un submódulo FBA-8400 encapsulado y sintetizado por CAUER, que posee una estructura de orden cuatro en paso alto y siete en paso bajo.

Las entradas y salidas están protegidas y balanceadas, incorporando una salida asimétrica antes del filtro y dos entradas de mezcla con la salida del mismo.

Incorpora dos potenciómetros que permiten los ajustes de niveles de señales de entrada/salida, al actuar sobre la ganancia de los amplificadores correspondientes.

TERMINALES DE ENTRADA Y SALIDA

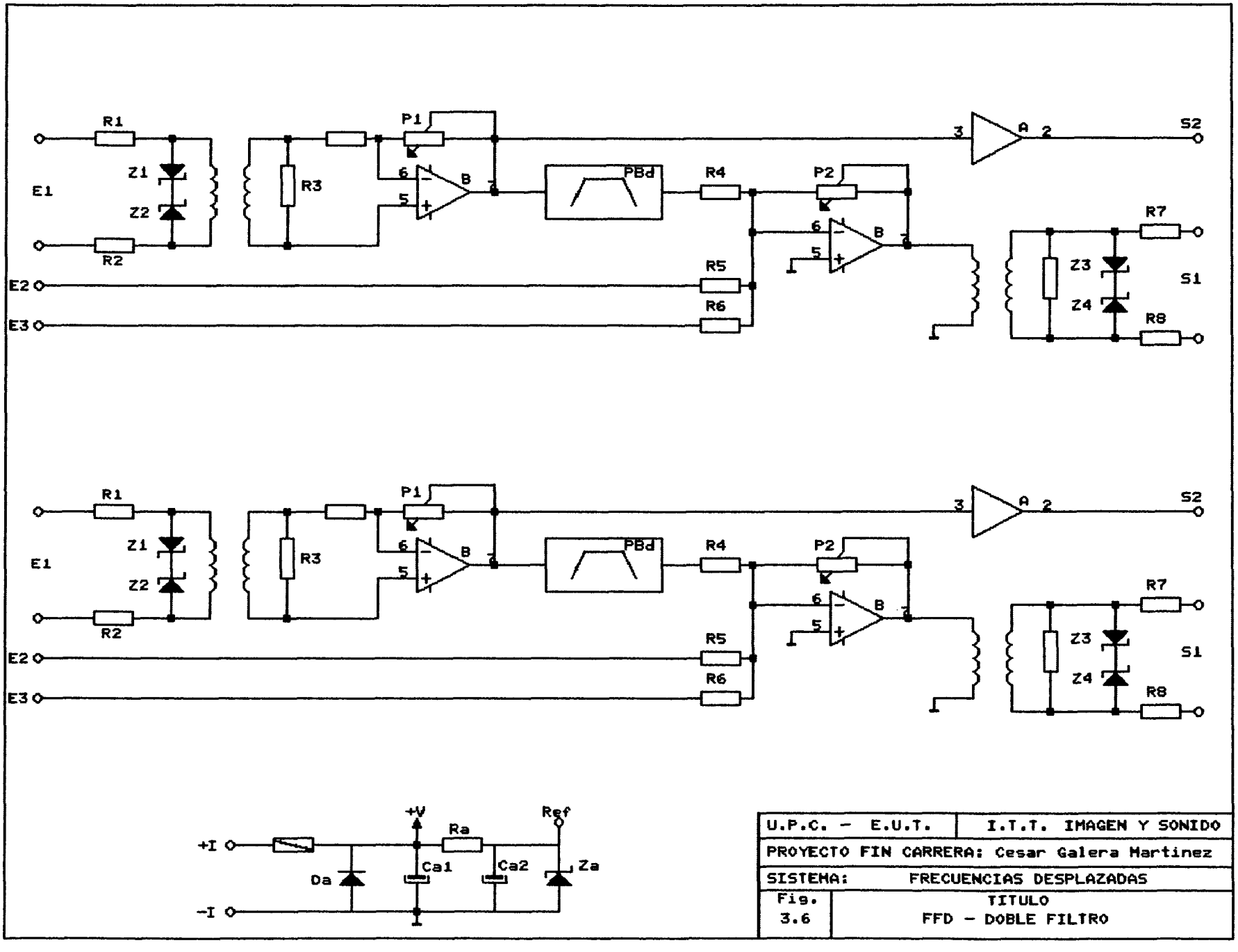
- Entrada de alimentación (≅ 12 Vcc).

- Una entrada, E1, conectada al filtro.

- Dos entradas, E2 y E3, que dan paso a un sumador.

- Una salida, S1, tomada del sumador.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- Una salida, S2, directamente desde la entrada E1.

ALIMENTACION

Por el terminal +I se introduce la alimentación positiva y por el -I la negativa. El positivo pasa por un fusible que se funde cuando existe un exceso de consumo, o bien cuando se produce una inversión de la polaridad, para lo cual se ayuda del diodo Da en oposición con la alimentación. El condensador Ca1 (μF) filtra la alimentación de posibles componentes alternas. Por otro lado, Ra, Za y Ca2 establecen una tensión de referencia en torno a V/2 mediante el regulador zener, para el funcionamiento de los distintos integrados de la unidad.

DESCRIPCION DETALLADA

A la entrada E1, se observan dos resistencias R1 y R2 de limitación de bajo valor óhmico (8,2 Ω) para proporcionar un funcionamiento correcto a los zener Z1 y Z2; éstos actúan como supresores de voltajes transitorios o picos de tensión que podrían dañar la unidad. Si llega una sobretensión inducida en línea, por ejemplo por una tormenta, los zener aumentan su consumo y producen la rotura de R1 y R2, abriendo la línea y dejando la unidad fuera de servicio, pero sin afectarle la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

averia.

El transformador de entrada aisla galvánicamente la línea y proporciona el balanceo necesario para la supresión del ruido común que pueda ser inducido en la misma. R3 (620 Ω) ajusta la impedancia de entrada del equipo.

El amplificador de entrada dispone del resistor variable P1, que ajusta el nivel de amplificación de la señal de entrada para obtener una óptima relación S/R en la salida de la tarjeta. De este paso se saca una línea que ataca a un nuevo amplificador fijo en la salida S1 (que será donde obtengan la señal los receptores de tono cuando el filtro se use como receptor de línea), y otra que entra en el filtro FPB-8400, a cuya salida se tendrá siempre audio a 2700 Hz.

La salida del filtro, junto a las entradas E2 y E3, son aplicadas a un SUMADOR a través de R4, R5 y R6 respectivamente, siendo aquí donde se efectúa la mezcla del audio con los tonos; este paso dispone así mismo de otro potenciómetro, P2, que permite ajustar el nivel de salida de la mezcla.

Un nuevo TRANSFORMADOR aisla y balancea la línea, disponiendo de otra red de protección que protege al equipo de los imprevisibles y dañinos voltajes transitorios (R7, R8, Z4

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

y Z5).

FUNCIONAMIENTO EN MODO TRANSMISION

En este modo, el audio se introduce por E1 y los tonos por E2 y E3. Como más adelante se verá, hay ocasiones en que los tonos ya llegan mezclados por lo qe sólo se utilizará una de estas dos últimas entradas.

Después de filtrado el audio, mezclado con los tonos y amplificado, se obtiene todo el conjunto en la salida S1, y S2 no se utiliza.

FUNCIONAMIENTO EN MODO RECEPCION

En este caso, E2 y E3 no se usan. Por E1 entran audio más tonos; tras el paso aplificador, todo el conjunto sale por S2, para atacar a la RFD (en ésta hará falta otro filtro para eliminar el audio). En S1 se tendrá solamente el audio en la banda de paso del filtro, según se ha visto.

El audio así obtenido tendrá diferentes caminos según el centro en donde se encuentre: en el centro transmisor será encauzado por el camino hacia el transmisor correpsondiente;

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

en el centro de control, por la vía que le conduce hasta el controlador.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 4

ESTUDIO DEL CENTRO EMISOR

INTRODUCCION.

Comienza la descripción técnica de las instalaciones que definen el sistema que se está estudiando, empezando por la del CENTRO EMISOR. Estas instalaciones suelen tener elementos que les son propios y otros que son comunes en toda la instalación.

Entre los comunes se encontrarán las TFD, RFD y FFD; esta última configura los dos filtros en modo recepción, por lo que una misma tarjeta se empleará para dar servicio a dos frecuencias distintas.

Entre los propios se encuentran la UCT o UNIDAD DE CONMUTACION DE TRANSMISORES, y los TRANSMISORES. Como ya se puntualizó con anterioridad, no se entrará a analizar los equipos transmisores por existir innumerable bibliografía al respecto, siendo preferible centrar los esfuerzos en el

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

entorno que los rodea y que sólo es posible conocer dentro de una empresa que se dedica al diseño, montaje y puesta a punto de dichas instalaciones.

Aunque se hará un estudio de la UCT, en conveniente tener una idea de la función que realiza con el objeto de poder exponer este centro. Básicamente dispone de una entrada por la que recibe el audio, PTT, selección PAL y selección RVA. Según el estado de selección se conmuta el audio y el PTT a la salida hacia el trasnmisor principal o reserva; éstos devuelven la RF que es encaminada hacia la antena, que es común para los dos equipos. También la UCT se encarga de enviar la señalización correspondiente del estado de selección y activación de PTT.

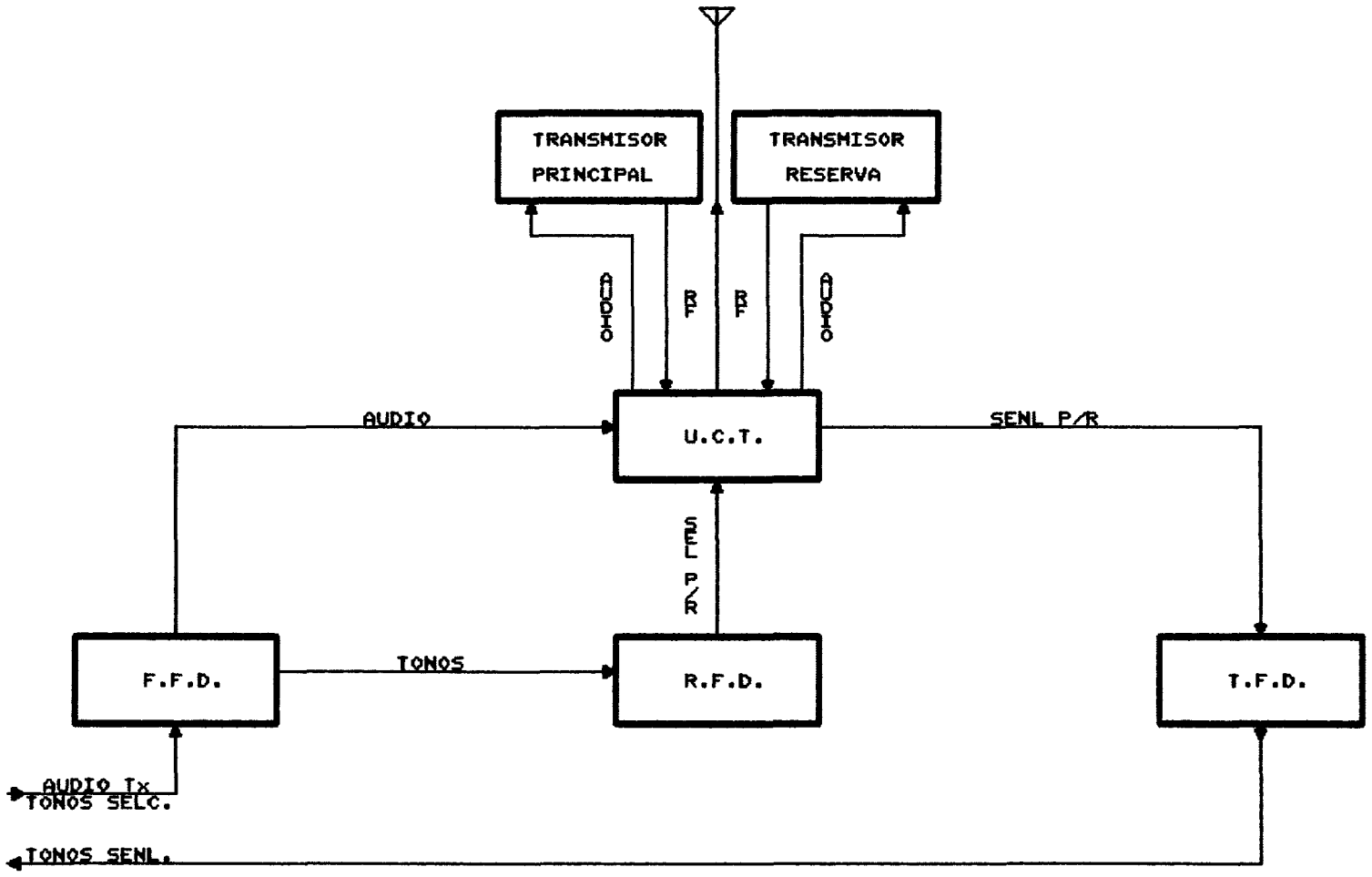
Con esta idea de la UCT y de las unidades emisoras, receptoras y de filtros de tonos ya es posible iniciar el estudio de un centro emisor (fig 4.1).

DESCRIPCION DE UN CENTRO EMISOR.

Se recuerda que a un CENTRO EMISOR llega el audio que se pretende transmitir y el tono de selección de transmisor principal o reserva. Toda esta información solamente llegará por la línea de Tx cuando haya sido activado el mando PTT. Por

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DIAGRAMA DE BLOQUES EN CENTRO DE EMISORES



U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 4.1	TITULO DIAGRAMA CENTRO EMISORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

otro lado, este centro ha de enviar por la línea de Rx un tono que señaliza el estado de selección de los transmisores y que únicamente se mandará cuando el transmisor correspondiente se encuentre emitiendo, esto es, cuando se está haciendo efectiva una orden de PTT.

Al ser un centro trasnmisor, los tonos posibles serán las correspondientes MARCAS y ESPACIOS de la PORTADORA de 2975 Hz (3017 y 2933 Hz respectivamente), razón por la que se emplean las TFD y RFD de esta frecuencia.

La línea de Tx procedente del CENTRO DE CONTROL, o del COLATERAL (no olvidar la referencia establecida en PUNTUALIZACIONES del CAPITULO 2), está conectada a una FFD que manda el audio a transmitir hacia la entrada de BF de la UCT, y el tono de selección a la RFD; ésta da el cierre por contacto a masa en las salidas de MARCA o ESPACIO (según el tono recibido) y que están conectadas a las entradas del mismo nombre de la UCT.

En esta unidad un relé mecánico, accionado por el anterior cierre a masa, conmuta el audio hacia una de las dos salidas de BF (PRINCIPAL o RESERVA), en donde se hará presente también un cierre a masa (ó tensión en torno a los 0,6 V) indicador de PTT, enviando todo ello hacia el transmisor unido a dicho conector. A la vez que ocurre esto también se acciona

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

un relé coaxial que da continuidad entre una de las dos entradas RF (PRINCIPAL o RESERVA, por donde llega la modulación efectuada por el transmisor) y la salida hacia la ANTENA. Como se ha expresado con anterioridad, los dos transmisores van a compartir el mismo elemento radiante.

La otra operación que realiza la UCT será la de enviar otro cierre a masa por una de las salidas dispuestas a tal fin que estarán respectivamente conectadas a las entradas MARCA y ESPACIO de la tarjeta TFD, que generará el tono correspondiente, presentándolo finalmente en la línea de Rx con el CENTRO DE CONTROL como tono de señalización de transmisor y acutación de PTT.

LA UNIDAD DE CONMUTACION DE TRANSMISORES: U.C.T.

DESCRIPCION GENERAL

Esta unidad controla LOCAL o REMOTAMENTE a dos transmisores que actúan sobre una misma antena, seleccionándose desde la posición de control cuál de los dos transmisores se usa en cada momento, en el caso remoto, y desde el frontal de la unidad en el caso de control local.

Este equipo dispone de un relé coaxial que efectúa la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

conmutación de la antena de uno a otro transmisor según el estado de selección previamente fijado y dos relés biestables que conmutan el audio y el PTT procedente del exterior hacia el transmisor seleccionado.

En el frontal de la unidad se encuentran: los conmutadores de encendido, remoto/local, principal/reserva, principal A/principal B; las lámparas y leds indicadores del estado de funcionamiento del equipo y fallo de fusible de alimentación; y los pulsadores de prueba local de PTT y test de lámparas.

Una tarjeta UCT, alojada en el interior del equipo, soporta toda la circuitería necesaria y se interconexiona con los conectores según se puede apreciar en la fig. 4.2; éstos se detallan a continuación.

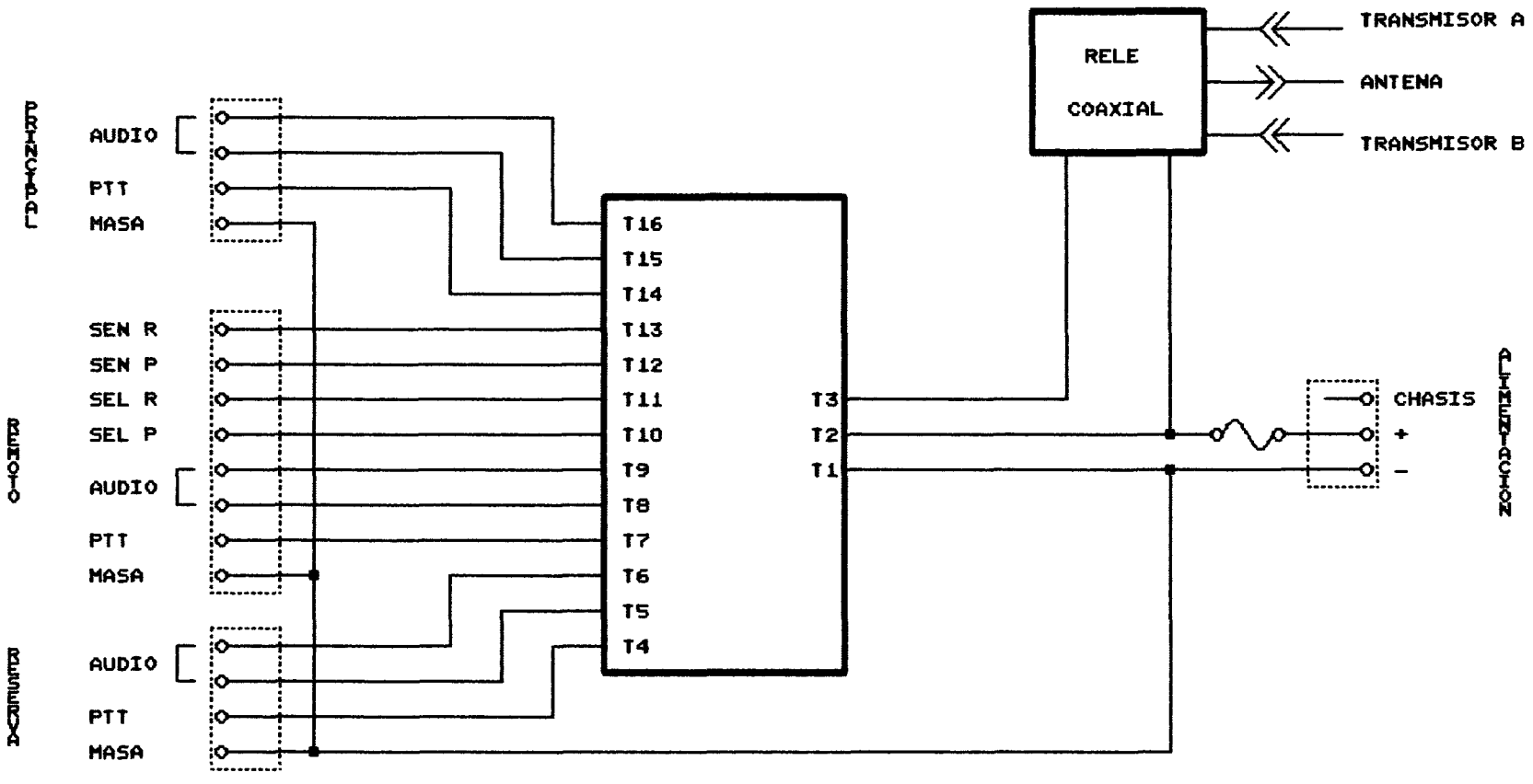
CONECTORES DE RF DEL EQUIPO

- Tx A; es del tipo coaxial e introduce en el equipo la RF procedente de la salida de antena del transmisor principal, siendo una de las entradas RF del relé coaxial.

- Tx B; igual que el anterior, pero referido al transmisor reserva. Es la otra entrada RF del relé.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DIAGRAMA CONEXIONADO UCT



U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 4.2	TITULO UCT - UNIDAD CONMUTACION TRANSMISORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- ANTENA; esta es la salida de RF del relé coaxial hacia la subida de la antena.

CONECTORES DE BF DEL EQUIPO

- PRINCIPAL; por éste sale el audio y el contacto de PTT hacia el transmisor principal.

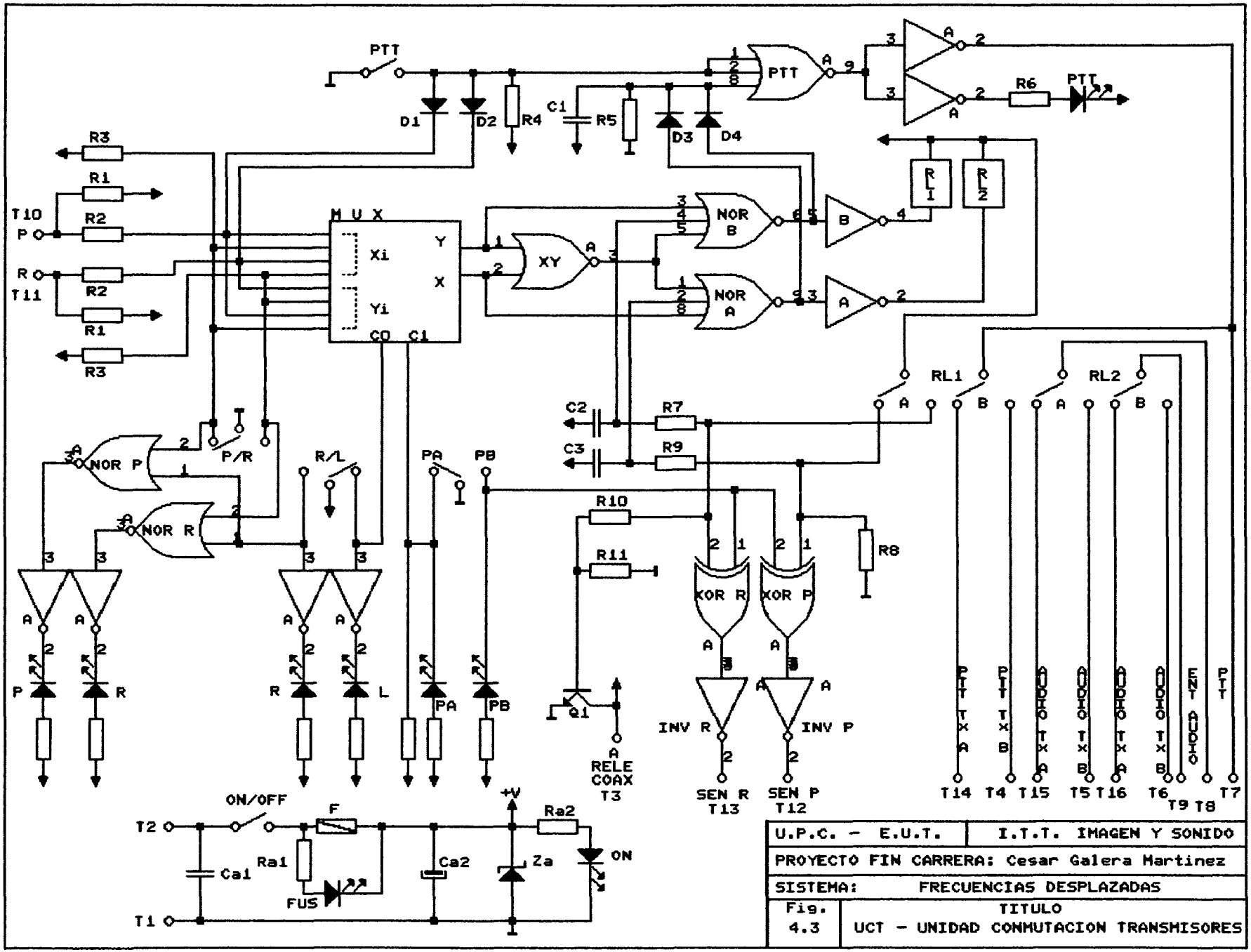
- RESERVA; idem del anterior, referido al transmisor reserva.

- REMOTO; por aquí entra en la unidad el audio, el contacto de selección del transmisor principal y el de selección del transmisor reserva. Este conector también sirve para presentar en su salida los contactos de señalización de PTT, del transmisor que está activo (principal y reserva) y de señalización LOCAL/REMOTO, aunque éste, en el caso concreto que se estudia, no se utiliza. La señalización LOCAL/REMOTO es necesaria cuando se requiere un TELEMANDO al que se conecta un panel de indicaciones o de alarmas, pero en la instalación que se está estudiando, esta posibilidad no es necesaria.

DESCRIPCION DETALLADA

Por el terminal T2 (fig. 4.3) se efectúa la alimentación

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 4.3	TITULO UCT - UNIDAD CONMUTACION TRANSMISORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

positiva y por el T1 la negativa. El positivo pasa por el conmutador de encendido y por el fusible F, que se funde cuando se produce un exceso de corriente, una inversión de polaridad o cuando la alimentación supera los 15 V, para lo cual se ayuda del diodo zener regulador Za.

La resistencia Ra2, limita la corriente que enciende el LED de señalización de encendido (ON) cuando el equipo se encuentra alimentado. El LED FUS permanece cortocircuitado por el fusible, encendiéndose a través de Ra1 cuando se funde. Ca1 y Ca2, filtran la alimentación.

Por el terminal T10 le llega al equipo, desde la RFD la indicación de selección del transmisor principal y por el terminal T11, la del reserva. Si la UCT trabaja en modo LOCAL, entonces esta selección se realiza a través del conmutador PRINCIPAL/RESERVA. Las puertas NOR P y NOR R dan el nivel que permite, mediante una puerta NO, el encendido del LED correspondiente al estado de selección cuando ésta es LOCAL; si el conmutador R/L está en posición REMOTO, introduce un UNO en las puertas NOR P y NOR R impidiendo el encendido de los LEDs. Cuando está en la posición LOCAL, deja de enviar el nivel ALTO, por lo que aquella puerta que reciba otro nivel BAJO, propiciado por el conmutador P/R, será la que active el LED a ella conectado.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Otro conmutador, denominado PA/PB, permite definir cuál de los dos transmisores conectados (A o B) funcionará como principal. El control de todas estas posibilidades de funcionamiento se realiza mediante un doble multiplexor de cuatro entradas, al que nos referiremos de forma abreviada como MUX, y cuyo modo de funcionamiento se pasa a detallar.

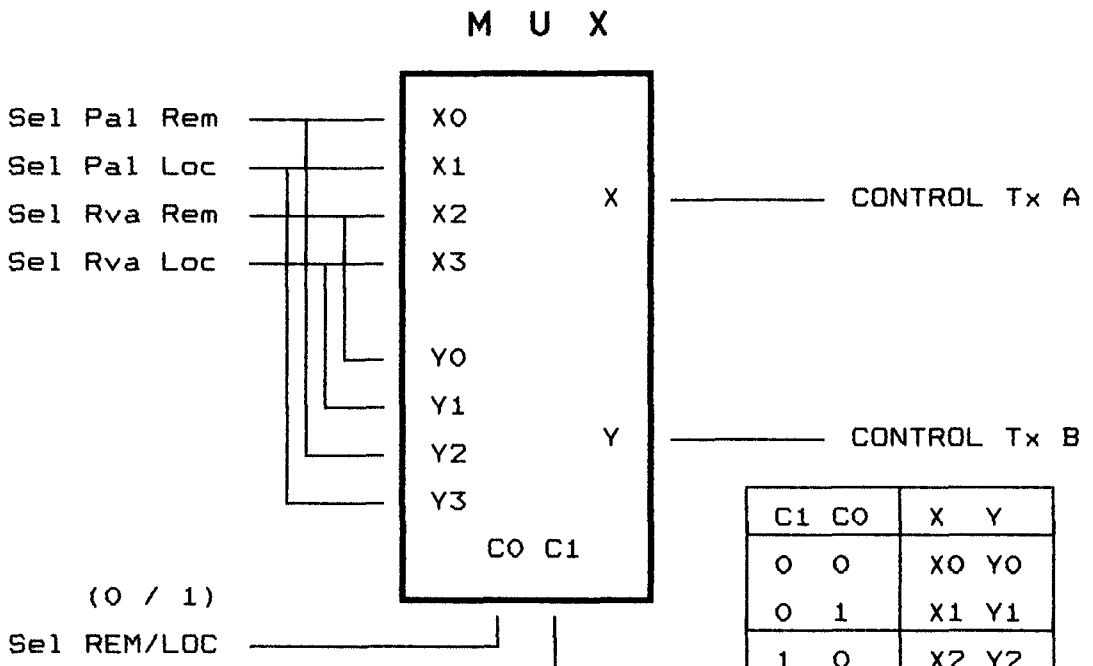
IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE LA UNIDAD MEDIANTE EL MUX

Este circuito (fig. 4.4) dispone a su entrada (Xi, Yi) de las cuatro líneas de selección, dando paso hacia su salida (X, Y) únicamente a dos de ellas, dependiendo de los conmutadores LOCAL/REMOTO y PRINCIPAL A/PRINCIPAL B; éstos son los que gobiernan las entradas de control del MUX (C1 y C0). La salida X comanda la selección del transmisor A, y la Y, el B.

La selección de un transmisor es, en definitiva, la conmutación o no de dos relés mecánicos biestables, que encaminan audio y PTT a la salida que corresponde y a la que están conectados los transmisores, según se ha podido apreciar en la fig. 4.2. Esta conmutación de relé tiene lugar cuando se le aplica un nivel BAJO; también se ha dicho que la orden exterior de selección se efectúa por cierre a masa, o lo que es lo mismo, un CERO lógico. En consecuencia, las activaciones

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

se efectuan con estos niveles, y en este sentido, el MUX no es sino un mero controlador de los mismos, sin que ello implique que esté trabajando con una lógica negativa.



C1	C0	X	Y
0	0	X0	Y0
0	1	X1	Y1
1	0	X2	Y2
1	1	X3	Y3

fig. 4.4

Si se analiza la tabla de verdad, se observan las cuatro situaciones siguientes:

- C1=0 C0=0; esto corresponde a una selección REMOTA, actuando como transmisor principal el A. En este caso en la salida X se tendrá el nivel que presente la selección principal remota, y en la Y la reserva remota.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- C1=0 C0=1; selección LOCAL, principal A. Se da salida a las entradas X1 e Y1, que corresponden respectivamente a selección PAL local y PAL reserva.

- C1=1 C0=0; selección REMOTA, transmisor principal B. Ahora hay que canalizar el audio y PTT por lo que antes era RESERVA; esto se consigue dando a la lógica de control las órdenes como si se tratara del equipo RESERVA. Para ello, el MUX da las salidas correspondientes a X2, selección reserva remota, e Y2, selección principal remota; teniéndose en cuenta que la salida X controla al transmisor A, éste será tratado como el reserva.

- C1=1 C0=1; selección LOCAL, transmisor principal B. El tratamiento de los transmisores es igual que en el caso anterior, sólo que las salidas X e Y corresponden a las entradas de manipulación local X3 e Y3.

En cualquier caso, en las salidas X e Y, no pueden presentarse dos niveles BAJOS simultáneamente, pues ello indicaría que se han seleccionado los dos transmisores, situación que no es posible. Sin embargo, y como quiera que agentes externos (variaciones transitorias de alimentación, mal funcionamiento de las RFD, etc) pueden dar lugar a este estado no deseado, para evitarlo se ha conectado una puerta NOR XY cuyas entradas son las salidas del MUX; la salida de esta puerta se aplica a otras dos (NOR A y NOR B) que comandan

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

los RELéS, por lo que en la situación descrita la NOR XY recibiría dos CEROS, entregando un UNO que invalidaría el funcionamiento de los RELES, ya que para que se activen necesitan un nivel BAJO que les proporcionan los INVERSORES anteriores a ellos, y para que esto ocurra las NOR han de entregar un nivel ALTO, estado que solamente se alcanza cuando sus tres entradas están a CERO.

Otro dato importante es el RELE COAXIAL; de sus dos entradas de control una está permanentemente al positivo de alimentación (fig. 4.2) y la otra, controlada por el colector del transistor Q1, de forma que cuando éste se satura produce la conmutación de dicho dispositivo de RF. La saturación o el corte de Q1 la produce el grupo A de RL1 a través de la red de polarización R10 Y R11 (1K y 20K, respectivamente). A este grupo también están conectados los componentes pasivos C2, R7 y C3, R9 que introducen un retardo para el caso en que se produzcan dos conmutaciones muy seguidas en el tiempo, situación que podría dañar los RELES BIESTABLES; para ello, hasta que el condensador no se descargue, no introduce el CERO necesario en la puerta NOR (A o B) impidiendo con ello otra nueva actuación del conmutador. De este grupo A de RL1, también depende la señalización que la UCT envía a las RFD del estado de selección del equipo, controlando, junto al conmutador PRINCIPAL A/PRINCIPAL B, las puertas XOR P y XOR R, que han de excitar mediante un nivel ALTO al INVERSOR

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

posterior para mandar el cierre a masa (CERO) por los terminales T12 o T13.

Por último, queda el estudio del PTT. Tanto en modo REMOTO como en LOCAL, el PTT está implícito en la selección remota; no hay que confundirse en el sentido de que aunque se esté en LOCAL , el PTT se hará presente en el equipo cuando lleguen los tonos que producen la selección local, aunque ello no produzca la conmutación. Cuando se recibe un cierre a masa a través de T10 o T11, D1 y D2, respectivamente, colocan un cero en la puerta NOR PTT (en R4, 20KΩ, cae el positivo); ello permite la actuación del PTT mediante la puerta NO (la otra activa el encendido del LED de PTT a través de R6). Existe la posibilidad de producir un PTT de prueba mediante el pulsador de PTT que existe a tal efecto y que, como se puede ver en el esquema, introduce una masa en la lógica anterior. La red compuesta por C1, R5, D3 y D4, introducen un pequeño retardo para que el PTT no pueda actuar en el momento de la conmutación de los relés, es decir, hasta pasado un tiempo tras una conmutación de transmisor. Cuando existe un CERO a la salida de NOR A o NOR B, D3 y D4 no conducen, por lo que C1, tras el transitorio a través de R4 permanece cargado, dando un CERO a la entrada correspondiente de la NOR PTT que, por lo tanto, permanece habilitada para la actuación de PTT según se acaba de estudiar. Sin embargo, mientras una de las NOR A o B ponen un UNO a su salida, el diodo correpondiente conduce

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

produciendo la descarga del condensador que provoca un UNO en la entrada de la NOR PTT, impidiendo con ello la actuación del PTT. Esta situación se mantendrá hasta que se vuelva a cargar C1, cuando D3 o D4 vuelvan a ser bolqueadas por las NOR A o B.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 5

ESTUDIO DEL CENTRO RECEPTOR

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

INTRODUCCION.

En este capítulo, además de la descripción funcional del centro de receptores, se dedicará especial atención a un equipo que sólo se encuentra en este tipo de instalaciones: la UCR o UNIDAD DE CONMUTACION DE RECEPTORES. Al igual que en el capítulo anterior, se dará en este apartado una primera idea para pasar posteriormente al estudio detallado de la unidad.

La UCR dispone de una entrada a través de la cual recibe el control de selección del receptor que se desea que esté operativo, realizando en función de dicha selección la conmutación de la antena a uno de los dos receptores acoplados a la unidad y del audio procedente de los mismos hacia la salida, que lo inyectará en la línea de Rx hacia el CENTRO DE CONTROL.

DESCRIPCION DE UN CENTRO RECEPTOR.

En la fig. 5.1 se observa el diagrama de bloques de un centro de este tipo. Este esquema corresponde a una sola frecuencia y se repetirá tantas veces como frecuencias existan en el centro receptor.

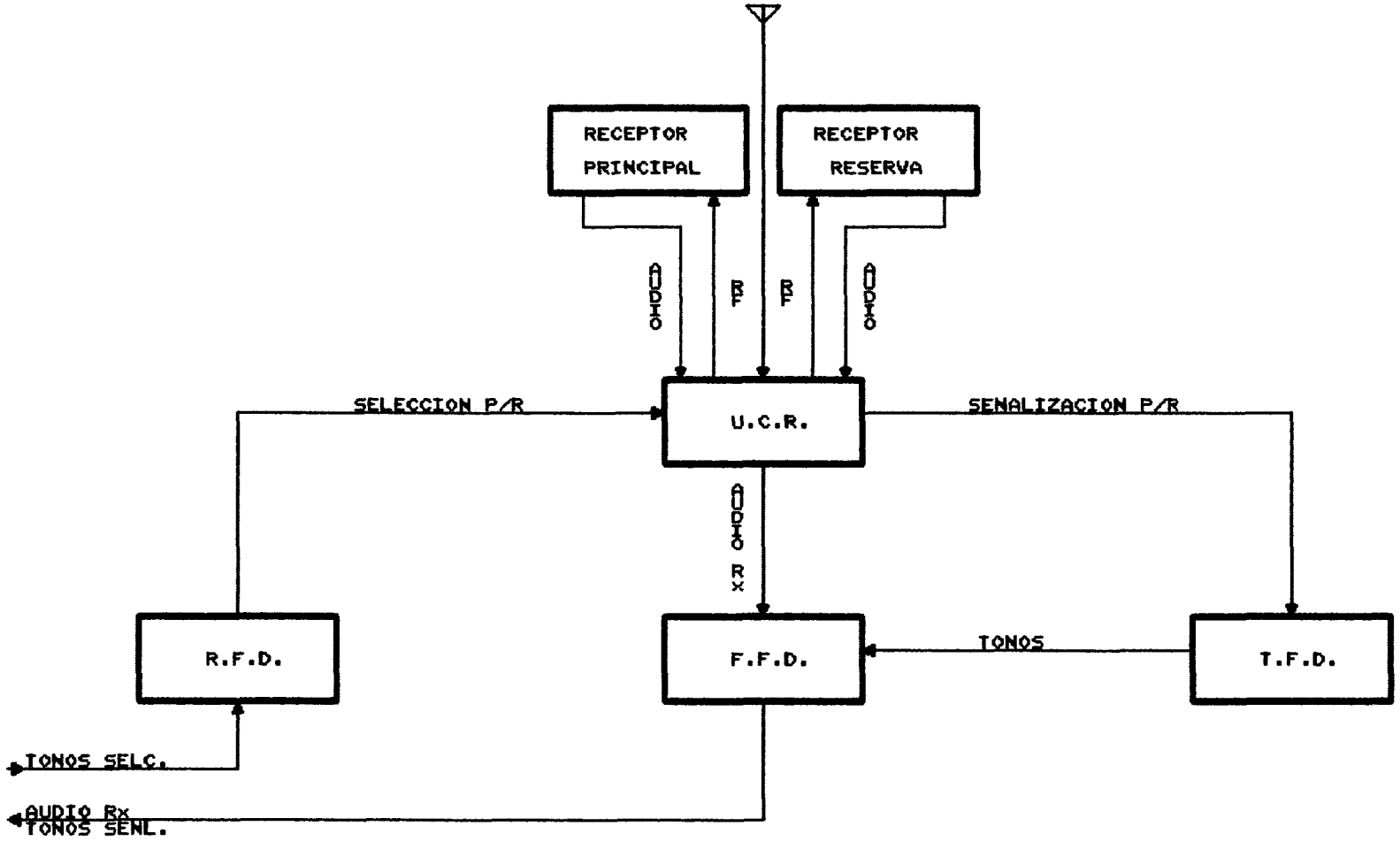
En él se pueden distinguir: la antena, un receptor principal, uno reserva, una tarjeta FFD, otra RFD, una TFD y un equipo UCR.

Al CENTRO DE RECEPTORES llega por la línea de Tx, desde el control, un tono de marca o espacio correspondiente a la frecuencia portadora de selección de 3145 Hz, el cual estará permanentemente en dicha línea y servirá para efectuar la selección del equipo PRINCIPAL/RESERVA en modo remoto. Por otro lado este centro ha de enviar, por la línea de Rx, el tono de señalización correspondiente al estado de selección de los receptores y el audio recibido; se recuerda que el tono sólo estará presente cuando se produzca un SQUELCH, es decir, cuando exista audio en la línea.

Los dos filtros de la FFD se configuran en este caso en su modo de transmisión, en el que el audio, una vez recortado a 2700 Hz, se mezcla con el tono de señalización correspondiente. Al igual que ocurría en el CENTRO DE

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

DIAGRAMA DE BLOQUES EN CENTRO DE RECEPTORES



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 5.1	TITULO DIAGRAMA CENTRO RECEPTORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

TRANSMISORES, se puede emplear una sola FFD para dar servicio a dos canales distintos.

El tono de selección permanentemente recibido por la línea de Tx, entra en una RFD, la cual da un cierre por contacto a masa en la salida que corresponde a principal o reserva, según el tono sea de marca o espacio, respectivamente. Estas salidas, conectadas a la UCR, provocan que esta unidad conmute la antena al receptor principal o al reserva mediante un relé coaxial; así mismo la UCR dispone de dos entradas de BF conectadas a la salida de audio de los receptores, produciendo la conmutación de una u otra hacia la salida de audio del equipo.

Lo dicho hasta ahora para el audio es igualmente válido para el SQUELCH; éste consiste en un cierre a 0 V. que , según el estado de selección de la UCR, es transferido hacia la TFD por los contactos de principal o reserva, con lo que dicha tarjeta generará el tono correspondiente de marca o espacio. Este tono se lleva a la FFD por su entrada E2 o E3; por otro lado, la UCR entrega el audio a la FFD por la entrada E1, recortándolo en frecuencia y mezclándole la señal de la otra entrada. Este paquete así elaborado es el que directamente vá a la línea de Rx hacia el CENTRO DE CONTROL.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

LA UNIDAD DE CONMUTACION DE RECEPTORES: U.C.R.

DESCRIPCION GENERAL

Esta unidad controla LOCAL o REMOTAMENTE dos receptores que actúan sobre una misma antena, seleccionándose desde la posición de control cuál de los dos se usa en cada momento, en el caso remoto, y desde el frontal de la unidad, en el caso de control local.

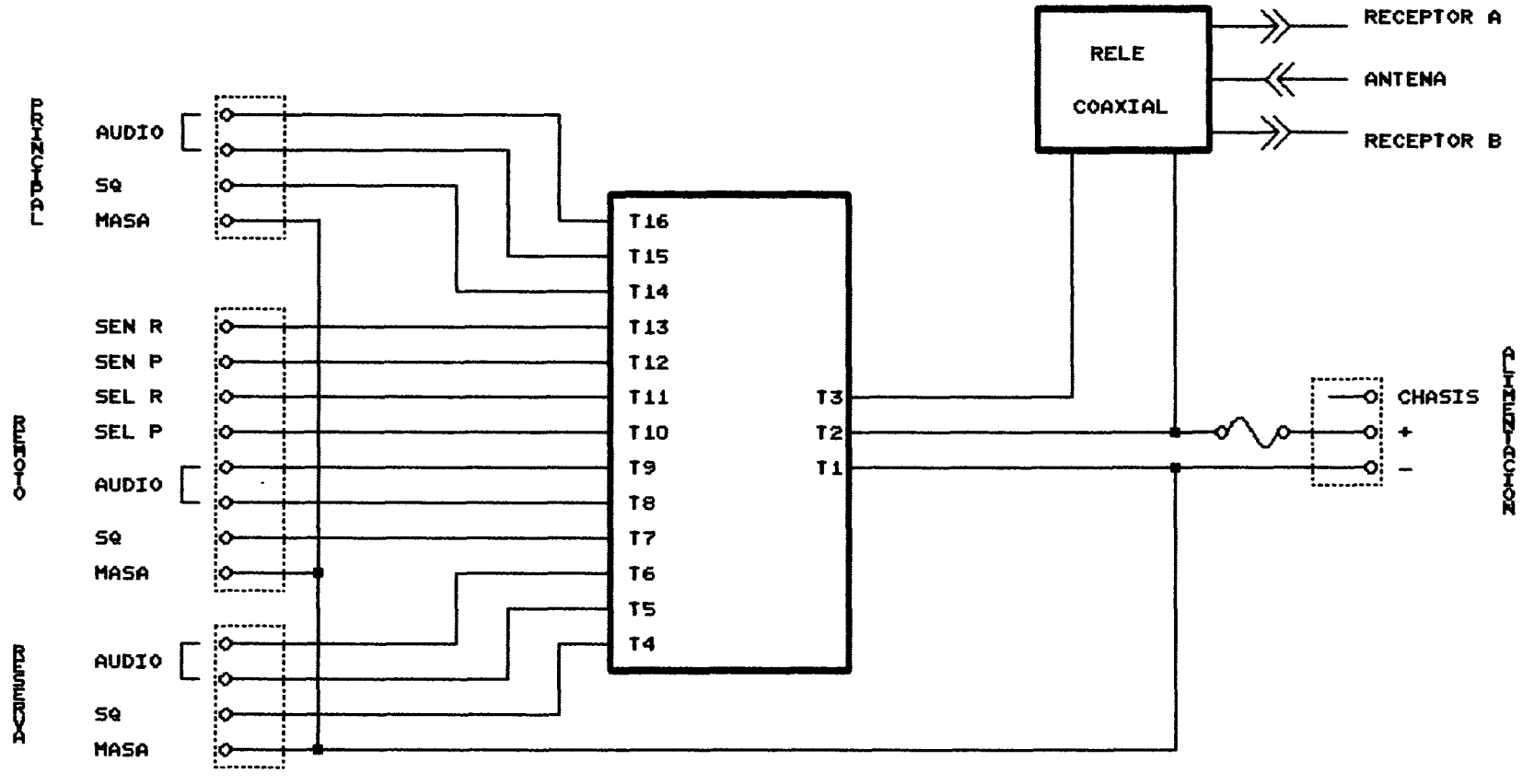
Este equipo dispone de un relé coaxial que efectúa la conmutación de la antena de uno a otro receptor, según el estado de selección previamente fijado y dos relés biestables que conmutan el audio y el SQUELCH procedentes del receptor seleccionado hacia el exterior.

En el frontal de la unidad se encuentran: los conmutadores de encendido, remoto/local, principal/reserva, principal A/principal B; las lámparas y leds indicadores del estado de funcionamiento del equipo, fallo de fusible de alimentación y SQUELCH.

Una tarjeta UCR, alojada en el interior del equipo, soporta toda la circuitería necesaria y se interconexiona con los conectores, según se puede apreciar en la fig. 5.2; éstos se detallan a continuación.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DIAGRAMA CONEXIONADO UCR



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 5.2	TITULO UCR – UNIDAD CONMUTACION RECEPTORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CONECTORES DE RF DEL EQUIPO

- Rx A; es del tipo coaxial y por él sale la RF procedente de la entrada de ANTENA hacia el receptor A, siendo una de las salidas RF del relé coaxial.

- Rx B; igual que el anterior, pero referido al receptor reserva. Es la otra salida RF del relé.

- ANTENA; ésta es la entrada de RF desde la antena hacia el relé coaxial, que según su estado la llevará a Rx A o B.

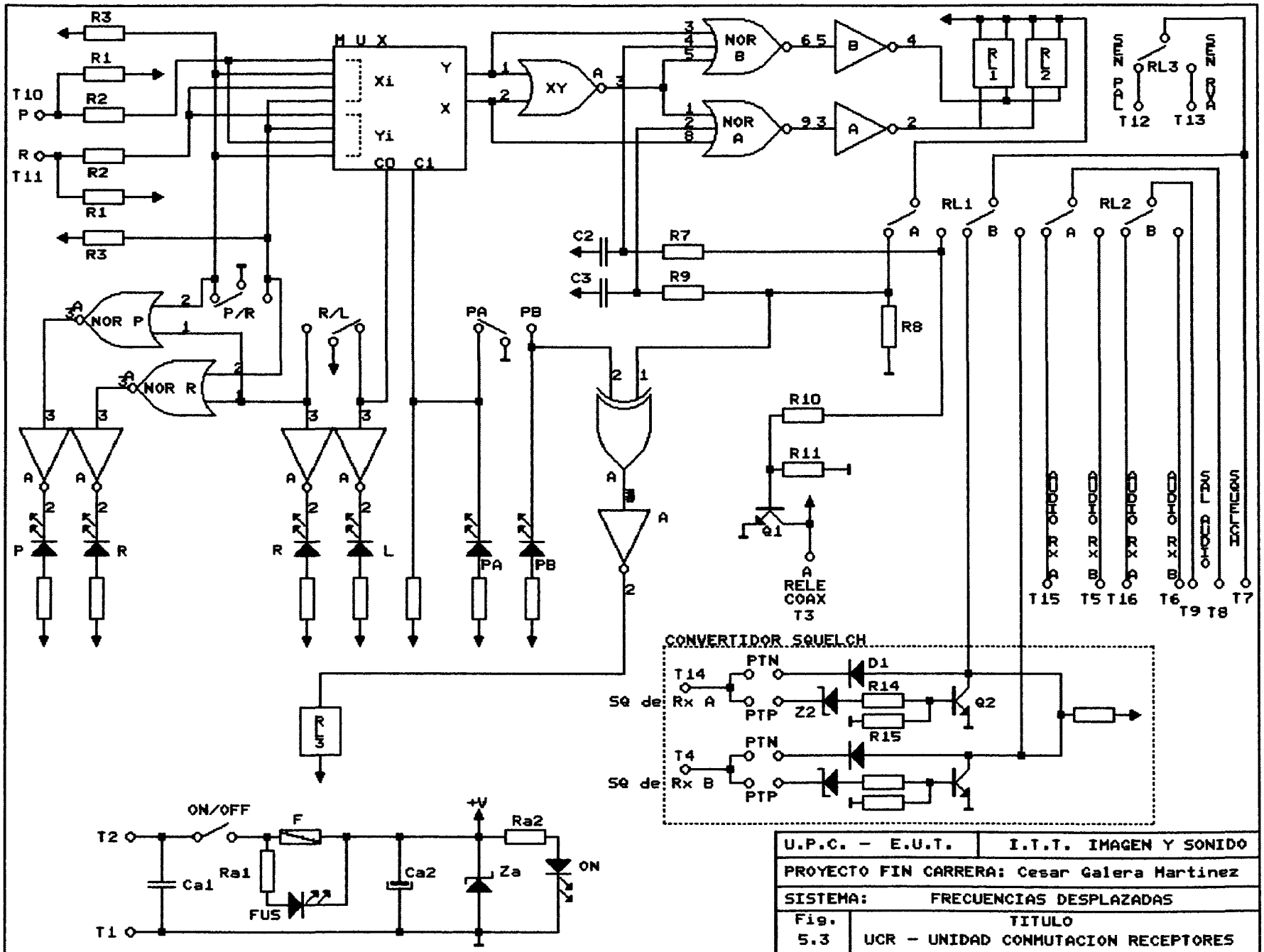
CONECTORES DE BF DEL EQUIPO

- PRINCIPAL; por éste entra el audio y el contacto de SQUELCH desde el receptor principal.

- RESERVA; idem del anterior, referido al receptor reserva.

- REMOTO; por aquí entra el contacto de selección del receptor principal y el de selección del receptor reserva. Este conector también sirve para presentar en su salida el audio recibido, los contactos de señalización de SQUELCH, del receptor que está activo (principal y reserva) y de señalización LOCAL/REMOTO, aunque éste en el caso concreto que

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

se estudia no se utiliza.

DESCRIPCION DETALLADA

Por el terminal T2 (fig. 5.3) se efectúa la alimentación positiva y por el T1 la negativa. El positivo pasa por el conmutador de encendido (ON/OFF) y por el fusible F, que se funde cuando se produce un exceso de corriente, una inversión de polaridad o cuando la alimentación supera los 15 V, para lo cual se ayuda del diodo zener regulador Za.

La resistencia Ra2 limita la corriente que enciende el LED de señalización de encendido (ON) cuando el equipo se encuentra alimentado. El LED FUS permanece cortocircuitado por el fusible, encendiéndose a través de Ra1 cuando se funde. Ca1 y Ca2 filtran la alimentación.

Por el terminal T10 llega al equipo, desde la RFD, la indicación de selección del receptor principal y por el terminal T11, la del reserva. Si la UCR trabaja en modo LOCAL, entonces esta selección se realiza a través del conmutador PRINCIPAL/RESERVA. Las puertas NOR P y NOR R dan el nivel que permite, mediante una puerta NO, el encendido del LED correspondiente al estado de selección cuando ésta es LOCAL; si el conmutador R/L está en posición REMOTO, introduce un UNO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

en las puertas NOR P y NOR R, impidiendo el encendido de los LEDs. Cuando está en la posición LOCAL, deja de enviar el nivel ALTO, por lo que aquella puerta que reciba otro nivel BAJO propiciado por el conmutador P/R, será la que active el LED a ella conectado.

Otro conmutador, denominado PA/PB, permite definir cuál de los dos receptores conectados (A o B) funcionará como principal. El control de todas estas posibilidades de funcionamiento, al igual que ocurría en la UCT, se realiza mediante un doble multiplexor del tipo CMOS 4539.

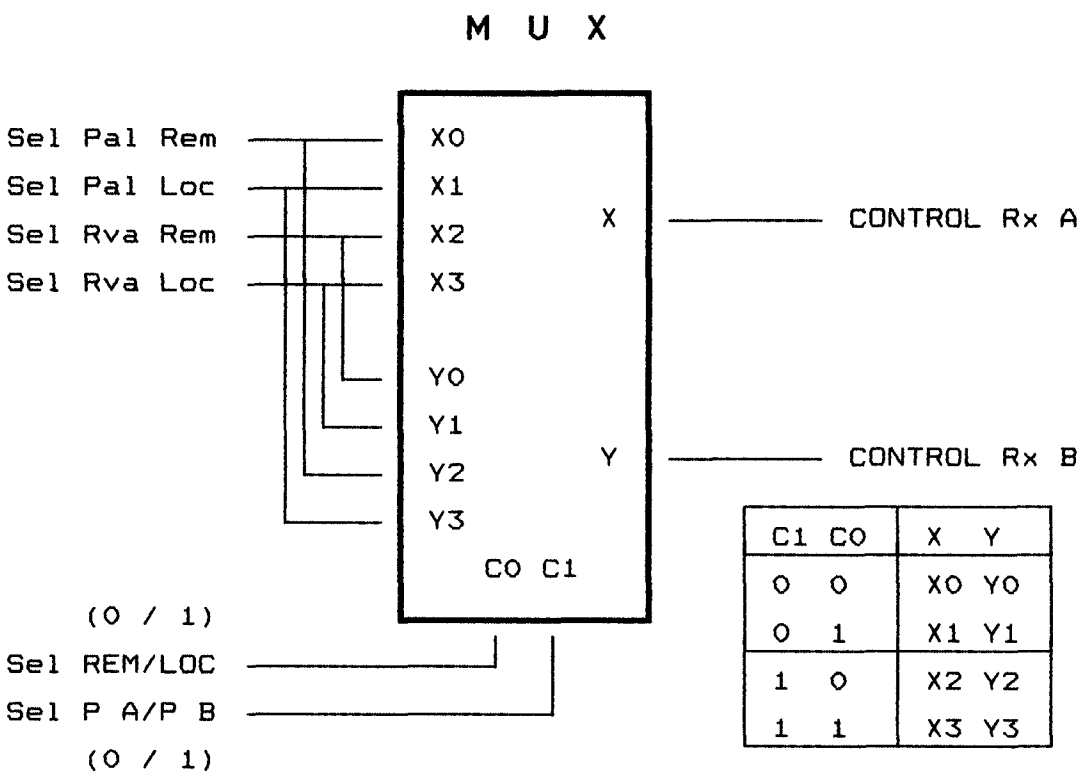
IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE LA UCR MEDIANTE EL MUX

Este circuito (fig. 5.4) dispone a su entrada (Xi, Yi) de las cuatro líneas de selección, dando paso hacia su salida (X, Y) únicamente a dos de ellas, dependiendo de los conmutadores LOCAL/REMOTO y PRINCIPAL A/PRINCIPAL B; éstos son los que gobiernan las entradas de control del MUX (C1 y C0). La salida X comanda la selección del receptor A, y la Y, el B.

La selección de un receptor se traduce en la conmutación o no de dos relés mecánicos biestables, que encaminan audio y SQUELCH desde la entrada correspondiente y a la que están conectados los receptores, según se ha podido

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

apreciar en la fig. 5.2. Esta conmutación de relé tiene lugar cuando se le aplica un nivel BAJO; también se ha dicho que la orden exterior de selección se efectúa por cierre a masa, o lo que es lo mismo, un CERO lógico. En consecuencia, las activaciones se efectúan con estos niveles, y en este sentido, el MUX no es sino un mero controlador de los mismos, sin que ello implique que esté trabajando con una lógica negativa.



C1	C0	X	Y
0	0	X0	Y0
0	1	X1	Y1
1	0	X2	Y2
1	1	X3	Y3

fig. 5.4

Si se analiza la tabla de verdad del circuito multiplexor, se observan las cuatro situaciones siguientes:

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- C1=0 C0=0; esto corresponde a una selección REMOTA, actuando como receptor principal el A. En este caso en la salida X se tendrá el nivel que presente la selección principal remota, y en la Y la reserva remota, correspondientes a las entradas Xo, Yo.

- C1=0 C0=1; selección LOCAL, principal A. Se da salida a las entradas X1 e Y1 que corresponden respectivamente a selección PAL local y PAL reserva.

- C1=1 C0=0; selección REMOTA, receptor principal B. Ahora hay que canalizar el audio y SQUELCH por lo que antes era RESERVA; esto se consigue dando a la lógica de control las órdenes como si se tratara del equipo RESERVA. Para ello, el MUX da las salidas correspondientes a X2, selección reserva remota, e Y2, selección principal remota; teniéndose en cuenta que la salida X controla al receptor A, éste será tratado como el reserva.

- C1=1 C0=1; selección LOCAL, receptor principal B. El tratamiento de los receptores es igual que en el caso anterior, sólo que las salidas X e Y corresponden a las entradas de manipulación local X3 e Y3.

En cualquier caso, en las salidas X e Y, no pueden presentarse dos niveles BAJOS simultáneamente, pues ello indicaría que se han seleccionado los dos receptores,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

situación que no es posible. Sin embargo, y como quiera que agentes externos (variaciones transitorias de alimentación, mal funcionamiento de las RFD, etc) pueden dar lugar a este estado no deseado, para evitarlo se ha conectado una puerta NOR XY cuyas entradas son las salidas del MUX; la salida de esta puerta se aplica a otras dos (NOR A y NOR B) que comandan los RELÉS, por lo que, en la situación descrita, la NOR XY recibiría dos CEROS, entregando un UNO que invalidaría el funcionamiento de los RELES, ya que para que se activen necesitan un nivel BAJO que les proporcionan los INVERSORES anteriores a ellos, y para que esto ocurra las NOR A y NOR B han de entregar un nivel ALTO, estado que solamente se alcanza cuando sus tres entradas están a CERO.

Otro dato importante es el RELE COAXIAL; de sus dos entradas de control una está permanentemente al positivo de alimentación (fig. 5.2) y la otra, controlada por el colector del transistor Q1, de forma que cuando éste se satura produce la conmutación de dicho dispositivo de RF. La saturación o el corte de Q1 la produce el grupo A de RL1 a través de la red de polarización R10 Y R11 (1K y 20K, respectivamente). A este grupo también están conectados los componentes pasivos C2, R7 y C3, R9 que introducen un pequeño retardo para el caso en que se produzcan dos conmutaciones muy seguidas en el tiempo, situación que podría dañar los RELES BIESTABLES; para ello, hasta que el condensador no se descargue no introduce el CERO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

necesario en la puerta NOR (A o B) impidiendo con ello otra nueva actuación del conmutador.

De este RL1, también depende el control de un tercer RELE , RL3, mediante una puerta NOR y otra NO y que va a repercutir en la señalización de receptores, aprovechándose para ello del contacto de SQUELCH, como ahora se verá.

El SQUELCH se produce cuando el receptor ha detectado una RF que supera el umbral de nivel previamente ajustado; entonces se dice que el equipo está "disparado" y se está llevando a cabo el proceso de demodulación, es decir, la inyección de la señal del oscilador local en el demodulador. El receptor indica esta operación dando un contacto en una salida dispuesta a tal efecto denominada de SQUELCH, y que según los fabricantes de los mismos puede ser por cierre a masa o a positivo. En nuestra instalación se ha elegido el contacto a 0 V. para las señalizaciones; por esta razón la UCR incorpora un circuito cuya entrada es el SQ del receptor (positivo o masa) y cuya salida es siempre un cierre a 0 V, para lo cual se dispone de unos SWITCHES que configuran dicho circuito. Por comodidad en la fig. 5.3 se han presentado como puentes denominados PTN y PTP, y su funcionamiento es el siguiente.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CIRCUITO CONVERTIDOR DE SQUELCH

Por los terminales T14 y T4 se efectúa la entrada de los SQ procedentes de los receptores A y B respectivamente. Como se trata de dos circuitos idénticos, se estudia sólo uno de ellos.

Si el SQ es por cierre a positivo se actúa el puente PTP. Esto conecta la entrada T14 a la base del transistor Q2 a través del zener Z2, que establece una tensión constante para evitar la destrucción del elemento activo. Esta tensión satura al transistor a través del divisor R14 y R15 lo cual provoca el cierre a 0 V en la salida tomada del colector. Si el SQ es por cierre a masa entonces hay que practicar los puentes PTN que conectan directamente los 0 V a la salida.

Las salidas de este circuito son las entradas del RL1 cuya salida, por el terminal T7, da la indicación de SQUELCH. Por otro lado, esta salida del RL1 es la entrada del RL3, cuyas salidas por los terminales T12 y T13 sirven de señalización de receptor PRINCIPAL/RESERVA, excitando, como anteriormente se dijo a la TFD de 3145 Hz.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 6

FRECUENCIAS DESPLAZADAS. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

INTRODUCCION.

Hasta ahora se ha visto lo que es un centro de control de navegación aérea, cuál es el entorno que rodea al sistema de comunicaciones orales tierra-aire, qué papel juegan éstas dentro de la navegación aérea y, en cuanto a su estructura y composición, cómo influyen los soportes físicos a la hora de plantear el sistema y de qué manera se configura la red. También se han estudiado los centros emisores y receptores, que en última instancia son los centros terminales del audio en banda base, o si se quiere, los "interfaces" entre BF y RF.

Llega ahora el momento de conocer la infraestructura de este sistema de comunicaciones en el centro de control. En principio y con los datos aportados en los capítulos anteriores, se podría intuir la composición que se va a estudiar, pero existen sensibles diferencias con respecto a

los centros de transmisores y receptores en cuanto a la concepción del diseño: esto se debe fundamentalmente a dos razones.

- En las instalaciones de los centros apuntados, el número de canales podría calificarse de reducido si lo comparamos con el existente en el centro de control, pues de éste cuelgan todos los demás. Antes era posible disponer de una TFD, RFD y FFD por canal; ahora, al tener un número más elevado de canales, por ejemplo sesenta, el número de tarjetas sería muy elevado (unas ciento ochenta); pero además van a existir unos nuevos tipos de tarjetas que permitan el telecontrol de los centros alejados. Por lo tanto hay que pensar el sistema para que, con el menor número de tarjetas, funcione correctamente. Esta reducción repercute en el coste de la instalación, en el espacio que ocupa y en la probabilidad del número de averías.

- Hasta ahora no se ha introducido el concepto de frecuencias desplazadas. La inclusión de esta nueva idea va a suponer características adicionales que diferenciarán aún más las instalaciones del sistema de comunicaciones en el centro de control con respecto a las de los centros alejados.

En este capítulo se empezará por abordar la filosofía de las frecuencias desplazadas, para seguir con el estudio del diagrama de bloques del sistema en el centro de control,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

dejando para los restantes capítulos el detalle de cada uno de los subsistemas que lo forman.

FRECUENCIAS DESPLAZADAS.

En el primer capítulo se mencionó la existencia de dos tipos de frecuencias: las únicas y las desplazadas. En ambos casos se emplea la banda de VHF y se efectúa una modulación AM DBL; el espectro de RF en esta banda se divide en canales con un ancho de banda de 12,5 KHz, por lo que se dispone de un AB efectivo de 6,25 KHz, lo cual es más que suficiente para incluir nuestra información de audio. En el caso de las frecuencias únicas existirá en una sola localización geográfica el transmisor y receptor correspondiente operando en la frecuencia asignada. Por ejemplo, la frecuencia 133,95 MHz de Pamplona, siendo este enclave un colateral; en Pamplona existirá un transmisor y receptor sintonizado a dicha frecuencia, y el colateral estará unido al centro de control (Madrid) como ya se sabe, por línea telefónica, pudiendo así establecerse la comunicación entre el controlador de Madrid y el piloto de una aeronave que vuela por Pamplona. La frecuencia 118.4 MHz de Madrid; el centro de transmisores y el de receptores de Madrid , donde están el transmisor y receptor que trabajan en esa frecuencia, estarán conectados al centro de control de Madrid (vía par telefónico) permitiendo la

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

comunicación entre controlador y pioto de avión que vuela en el área de Madrid.

La frecuencia desplazada está situada en dos localizaciones geográficas distintas para permitir con una sola frecuencia cubrir la comunicación entre piloto y controlador durante un trayecto largo de la ruta de la aeronave. Por ejemplo, la frecuencia 134,35 MHz es desplazada entre Madrid y Vitoria; esto indica que en Madrid y en Vitoria hay transmisores y receptores sintonizados a dicha frecuencia y que el centro de control tiene las líneas que lo conectan con las dos localizaciones geográficas. Un vuelo que se dirige de Madrid a Vitoria recibe la orden del controlador de Madrid de que mantenga contacto con él a través de dicha frecuencia. Mientras el avión está en la zona de cobertura de los equipos de Madrid la comunicación es buena; igual ocurre cuando la aeronave está en la zona de cobertura de los equipos de Vitoria. Imaginemos que está hablando el controlador, es decir, dicta su mensaje mientras mantiene pulsado el mando PTT y este audio se hace llegar a los transmisores de Madrid y Vitoria correspondientes a la frecuencia 134.35 MHz; los dos transmisores emiten la misma información a la vez y en algún punto de la trayectoria puede producirse un batido entre la frecuencia que emite el transmisor de Madrid y la del de Vitoria, teniendo en cuenta además que este último tiene un pequeño retardo con respecto a aquel, debido a que la longitud

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

del enlace entre el centro y Vitoria es varios cientos de kilómetros mayor que el del enlace entre el centro de control y el centro de transmisores de Madrid que ronda pocos centenares de metros (fig 6.1). Este batido se traduce en una

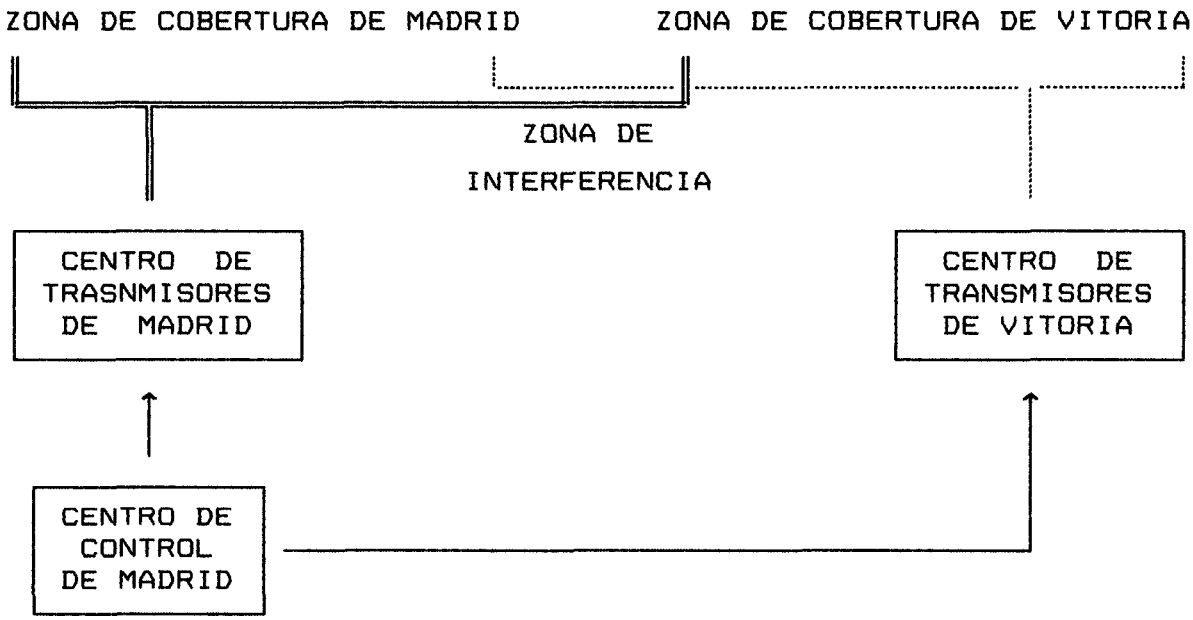


fig. 6.1

distorsión del mensaje. Para evitarlo existe el recurso de desplazar en frecuencia uno de los dos transmisores, por ejemplo el de Vitoria. Este desplazamiento ha de ser lo suficientemente grande para que no se produzca la perturbación que se pretende evitar y lo suficientemente pequeño para que el equipo de radio del avión no tenga que estar siendo sintonizado constantemente. Empíricamente se demuestra que con una variación de 5 KHz se alcanzan satisfactoriamente los dos objetivos. De esta forma el transmisor de Madrid emitiría en

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

134,350 MHz y el de Vitoria en 134,355 MHz.

Un nuevo condicionante introduce en el sistema el uso de frecuencias desplazadas. El centro de control va a recibir dos informaciones de audio idénticas procedentes de los receptores local y colateral, y una de ellas retardada con respecto a la otra; habrá que articular algún mecanismo que de forma automática seleccione la mejor de las dos para enviársela al controlador. En el estudio de las instalaciones del sistema de comunicación tierra-aire en el centro de control se verá una unidad que se encarga de efectuar esta operación, denominada U.I.S. o UNIDAD DE INTEGRACION DE SEÑALES.

El criterio de selección de una señal sobre la otra puede ser el de aquella que presente mayor nivel. En el ejemplo es fácil comprender que si el avión está por Vitoria, la señal en el receptor situado en esta localización será recogida con mayor potencia que en el de Madrid, por lo que el audio que llega al centro de control procedente de Vitoria presentará un mayor nivel de potencia media. Aún siendo éste un buen criterio para seleccionar una señal, puede ocurrir también que aquella que presenta mayor nivel contenga también mayor nivel de ruido, por lo que aparece otro criterio de selección que es el de escoger de dos señales aquella que presenta una mejor relación S/R, aunque su nivel sea bajo, pues este problema queda reducido a una sencilla operación de

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

amplificación. Esta es la línea que siguen los últimos avances dentro del interesante campo de identificación de señales.

COMPOSICION DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL.

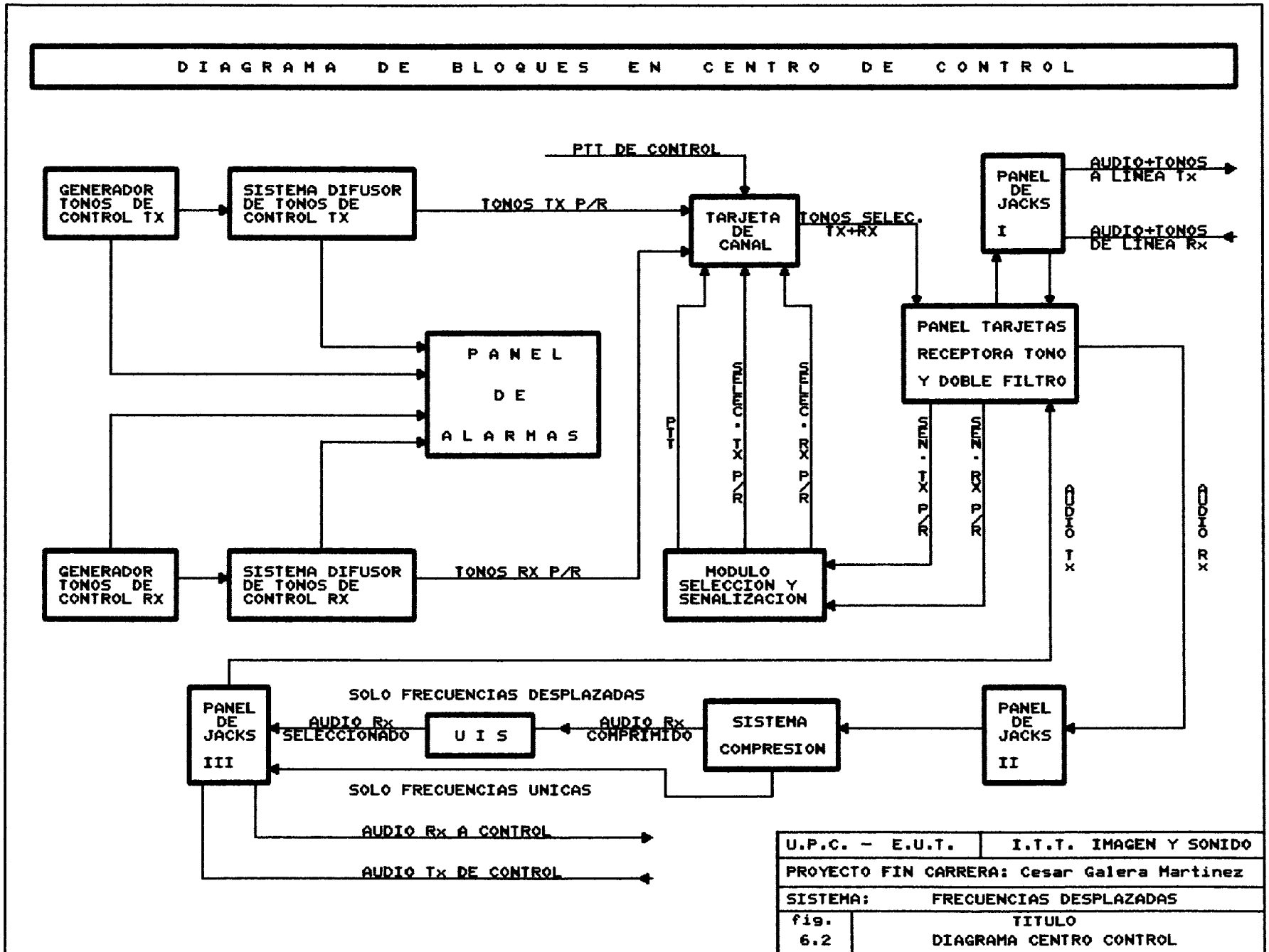
En la fig. 6.2 se puede observar el diagrama de bloques de estas instalaciones. Antes de detallarlo es conveniente aclarar los siguientes puntos:

- se va a identificar el término TRANSMISION con la cadena hacia la línea de transmisión; de forma similar se asocia RECEPCION con la línea de recepción. Esta aclaración se efectúa para evitar el equívoco que puede producirse si se identifica transmisión con equipo transmisor de RF.

- Las señales que circularán por el sistema serán: audio, tonos de selección y señalización, y contactos por cierre a masa.

- El transmisor y receptor, abreviadamente se notarán como TX y RX, y las líneas se llamarán de Tx y Rx. Así si se dice "tono de TX en la línea de Rx", querrá decir el tono de señalización de un transmisor que nos llega por la línea de recepción.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

El estudio del diagrama se puede efectuar estableciendo tres niveles:

a) Elementos exclusivos de la cadena de transmisión.

b) Elementos exclusivos de la cadena de recepción.

c) Elementos comunes a los dos niveles anteriores.

a) NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE TRANSMISION

Corresponde a los subsistemas propios que intervienen en la formación del paquete de información a enviar por la línea de Tx hacia un centro de transmisores, receptores o un colateral. Estos subsistemas son los siguientes:

a.1) Generador de tonos de selección de TX y RX.

a.2) Difusor de tonos de selección de TX y RX.

a.3) Panel de alarmas.

a.4) Tarjetas de canal.

Los cuatro tonos de selección posibles, correspondientes

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

a las marcas y espacios de las frecuencias de TX y RX, se obtienen en el *subsistema generador de tonos de selección de TX y RX*, de forma que con los cuatro tonos hay que "alimentar" los sesenta canales. En esta operación entra en juego el *subsistema difusor de tonos de selección de TX y RX*, que, mediante unas tarjetas difusoras, ofrece a su salida los doscientos cuarenta tonos necesarios, ya que cada canal puede hacer uso de cuatro. Con estos dos subsistemas, que implican un total de veintiocho tarjetas, como más adelante se verá, se evitan las doscientas cuarenta que harían falta de no existir este planteamiento en el diseño del sistema. Sin embargo, el hecho de que falle algún elemento de los dos subsistemas afectaría a varios canales, por lo que hay que hacer el sistema lo más seguro posible. Esta seguridad se implementa redundando tarjetas, con un sistema de conmutación automática en caso de fallo, y un *panel de alarmas* que avisa de las posibles averías.

La *tarjeta de canal* recibe los cuatro tonos de selección y está comandada por el *módulo de selección y señalización* (correspondiente al nivel C, de elementos comunes) de forma que dependiendo del estado de selección de éste, aquella deja pasar los tonos del TX y RX que se pretenden seleccionar en los centros correspondientes.

Estos tonos van al *panel tarjetas RFD y FFD* (nivel c)

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

entrando en una FFD donde se mezclan con el audio procedente del controlador y que proviene del *panel de jacks III*. En el *panel de jacks I* estará presente este paquete en la salida del centro hacia la línea de Tx. Estos dos paneles de jacks también pertenecen al nivel C de elementos comunes.

b) NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE RECEPCION

Corresponde a los subsistemas propios que intervienen en la identificación del paquete de información que se recibe por la línea de Rx desde un centro de transmisores, receptores o un colateral. Estos subsistemas son los siguientes:

b.1) Panel de jacks II.

b.2) Compresor.

b.3) U.I.S.

El audio y los tonos de la línea de Rx se hacen presentes en el *panel de jacks I* para pasar al *panel de tarjetas RFD y FFD*. La FFD separa el audio de los tonos que siguen caminos distintos.

Los tonos atacan a la RFD correspondiente que produce un

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

cierre a masa que se aplica al *módulo de selección y señalización* para visualizar el estado actual de los transmisores y receptores.

El audio, después del *panel de jacks II*, se lleva al subsistema *compresor*; éste realiza una operación de igualación de niveles y recorte de picos. Con la igualación de niveles se pretende que todas las señales procedentes de los sesenta canales tengan el mismo nivel de potencia media; el controlador tiene ante sí varios canales y con la compresión se consigue que un canal no suene más alto que otro. Con el recorte de picos se consigue que una misma señal de audio no tenga grandes variaciones de nivel, corrigiéndose así la posible disparidad de niveles, fenómeno muy normal por otro lado si se tiene en cuenta que las señales son generadas por la voz humana y traducidas por un micrófono. El audio comprimido se presenta en el *panel de jacks III* inmediatamente antes de ser conducido al controlador; pero esto sería en el caso de una frecuencia única. Si se trata de una desplazada, los dos audios comprimidos correspondientes a la misma frecuencia atacan a la *U.I.S.*, que selecciona cuál de los dos ha de ser llevado hacia el sector de control.

c) NIVEL DE ELEMENTOS COMUNES A LOS DOS NIVELES ANTERIORES

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Como se ha podido apreciar en los dos apartados anteriores, los elementos de este nivel participan en las funciones de los otros dos, y son:

c.1) Paneles de jacks I y III.

c.2) Panel tarjetas RFD y FFD.

C.3) Módulo de selección y señalización.

A continuación se va a pasar al estudio de este último nivel, dedicando sendos capítulos al de los niveles de transmisión y recepción.

C.1) PANEL DE JACKS. PANELES I Y III.

Un panel de este tipo consiste en una serie de conectores hembra del tipo "jack" que permite efectuar mediciones y monitorear las señales al estar intercalado en la línea entre el tramo de línea interior y el exterior. El panel puede construirse de diferentes maneras según las necesidades de la instalación en concreto. Así existen paneles que contienen todas las señales tanto en Tx como en Rx, o bien, que contienen solamente audio de Rx, etc.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Normalmente son tres las posibilidades que ofrece un panel de jacks:

- cortar la línea del exterior (LINEA); así nos podemos situar en terminación cargando con la impedancia característica de la línea, pudiéndose así observar lo que llega desde el exterior;

- cortar la línea del interior (EQUIPO); igualmente nos podemos situar en terminación cargando con la impedancia característica, pudiéndose ahora observar lo que se pretende enviar hacia el exterior;

- monitorear una línea (MONITOR) situándose en paralelo con alta impedancia para evitar sobrecargar la línea.

Para conseguir tener acceso a estas opciones, se dispone, por línea, de tres conectores hembra jack, dos de los cuales cortan físicamente la línea al introducir el conector tipo macho. La figura 6.3 da una idea de la disposición de los conectores.

Al introducir el conector macho se produce la separación de los contactos metálicos que dan continuidad a la línea, aislándola de esta manera.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

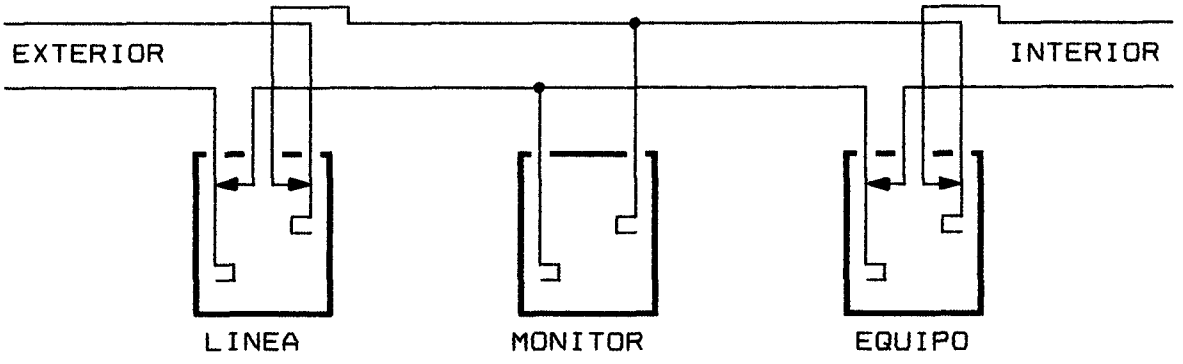


fig. 6.3

El PANEL DE JACKS I contiene todas las líneas de Tx y Rx tanto con los centros locales como con los colaterales; es el último paso en la cadena de transmisión y el primero en la de recepción, por lo que en él se tienen tanto los audios como los tonos en ambos sentidos. Está conectado al PANEL DE TARJETAS RECEPTORAS DE TONO Y DE DOBLE FILTRO, y más concretamente a las FFD, de las que recibe audio+tonos que se van a enviar hacia la línea de Tx, y a las que envía audio+tonos procedentes de la línea de Rx.

El PANEL DE JACKS III contiene sólo los audios, tanto de Tx como de Rx, estando situado en el último lugar del sistema hacia el interior. Está intercalado entre el puesto de controlador, por un lado, y las UIS y el PANEL DE TARJETAS RFD Y FFD, por otro. En la cadena de transmisión, recibe el audio procedente del controlador y lo manda a la FFD para que allí se filtre y mezcle con los tonos de selección. En la cadena de

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

recepción recibe el audio procedente de la UIS y lo manda hacia el sector donde se encuentra el controlador.

En la cadena de recepción se encuentra un tercer panel, el PANEL DE JACKS II, que contiene solamente los audios de Rx.

Con estos tres paneles va a ser posible, en definitiva, chequear todo el sistema, pudiénsose en caso de avería localizar el tramo donde se encuentra la misma, y permitiendo, en caso contrario, la comprobación del perfecto funcionamiento de sistema o sirviendo como punto de prueba para efectuar los ajustes del mismo.

c.2) PANEL DE TARJETAS RECEPTORAS DE TONO Y DE DOBLE FILTRO.

Ya en el capítulo 3 se efectuó un estudio detallado de las tarjetas RFD y FFD, y se vio un ejemplo de operación al estudiar en los capítulos siguientes los centros de emisores y receptores.

En las instalaciones del sistema en el centro de control, las RFD van a aparecer en dos lugares: en los GENERADORES DE TONOS DE CONTROL que se estudiarán en la cadena de transmisión (en el próximo capítulo) y en donde irán asociadas a las TFD, y en el PANEL DE TARJETAS RFD Y FFD,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

donde están asociadas a las FFD, de manera que a cada canal se hará corresponder una RFD de 2975 Hz, una RFD de 3145 Hz y una FFD; esta última configura un filtro para transmsión y otro para recepción. El diagrama de bloques de este panel se encuentra detallado en la figura 6.4.

PANEL TARJETAS RECEPTORAS TONO Y DOBLE FILTRO

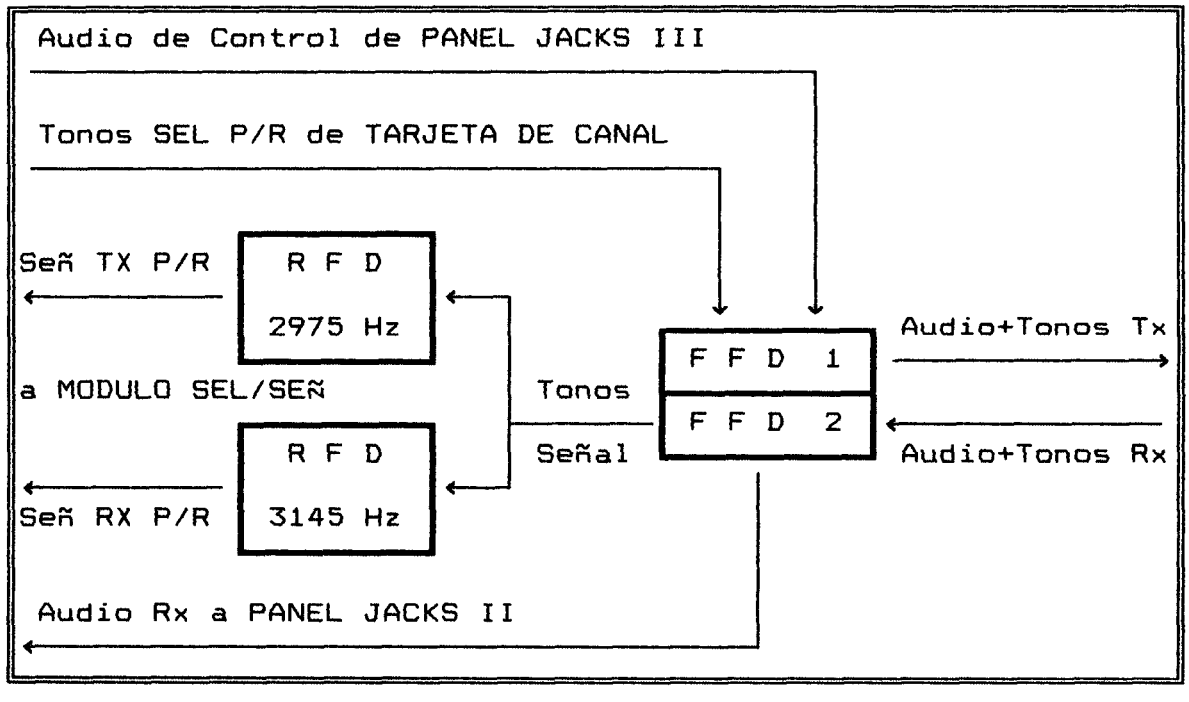


fig. 6.4

FUNCIONAMIENTO EN LA CADENA DE TRANSMISION

El audio de control que se pretende transmitir se introduce en uno de los dos filtros de la FFD, configurado

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

para transmisión. Este audio viene del sector de control a través del PANEL DE JACKS III. En la FFD será filtrado y se le sumarán los tonos de selección que correspondan y que son proporcionados por la TARJETA DE CANAL; ésta corresponde al nivel de elementos exclusivos de la cadena de transmisión que será estudiado más adelante. El audio más los tonos de selección de trasnmisor y receptor, principal y reserva, se inyectan en la línea de Tx a través del PANEL DE JACKS I.

FUNCIONAMIENTO EN LA CADENA DE RECEPCION

El audio más los tonos de señalización que nos llegan de la línea de Rx a través del PANEL DE JACKS I, se hacen pasar al segundo filtro de la FFD, configurado para recepción, es decir, por una salida ofrece tras ser filtrado únicamente el audio y por la otra los tonos de señalización.

Los tonos son enviados a las RFDs, las cuales dan el cierre a masa correspondiente cuando tenga lugar la detección de los mismos y que se aplicará al MODULO DE SELECCION Y SEÑALIZACION; este módulo será el encargado de dar la correspondiente indicación acerca del estado de operación de los equipos trasnmisores y receptores de RF.

Por otra parte, el audio seguirá el camino de la cadena

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

de recepción a través del PANEL DE JACKS II.

C.3) MODULO DE SELECCION Y SEÑALIZACION

Este módulo está constituido por el conjunto de tarjetas denominadas de SEÑALIZACION Y MANDO o abreviadamente SM, de manera que existirán tantas tarjetas como canales disponga el sistema.

Es necesario en este punto efectuar una breve descripción de la finalidad de la TARJETA DE CANAL, aunque se estudiará en el próximo capítulo por tratarse de un elemento exclusivo de la cadena de transmisión. Esta tarjeta recibe los cuatro tonos posibles de selección de transmisor y receptor principal y reserva. Según los contactos que le proporciona la SM, habilitará el paso de uno o dos tonos de selección hacia la tarjeta FFD. Por tanto se trata de un elemento que recibe los cuatro tonos de selección y que está comandado por la TARJETA DE SEÑALIZACION Y MANDO, de manera que, dependiendo de los contactos que ésta le proporcione habilitará el paso de unos u otros tonos.

La función de la SM en la cadena de transmisión es la de seleccionar el trasnmisor y receptor principal o reserva que se desea que estén activos. Para ello mandará unos cierres por

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

contacto a masa y a positivo a la TARJETA DE CANAL, la cual dejará, en función de estos contactos, pasar el o los tonos correspondientes al estado de selección. Así mismo ofrece la posibilidad de provocar un PTT, el cual es indispensable para que un estado de selección de trasnmisor se haga efectivo, según se vio al estudiar las UCT en los centros emisores.

En la cadena de recepción, recibe los cierres a masa de las RFDs del PANEL DE TARJETAS RECEPTORAS DE TONO Y DOBLE FILTRO, memorizando la última entrada y provocando el encendido del LED correspondiente al estado en el que se encuentran los equipos transmisores y receptores de RF. Esta memorización tiene su justificación en el hecho de que las RFDs sólo provocarán cierres a masa cuando se produzca PTT en el caso de la de 2975 Hz o SQUELCH en la de 3145 Hz, es decir, cuando se está haciendo efectiva una transmisión o una recepción de RF, situaciones en las cuales las UCTs y UCRs daban la orden de envío del tono correspondiente a las TFDs.

Se observa, pués, la necesidad de disponer de una célula de memoria que provoque permanentemente en el tiempo el encendido del LED de indicación de una señalización que, por sus características, es de tipo transitorio. Esta célula está constituida básicamente por un biestable del tipo R-S.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DESCRIPCION DE LA TARJETA DE SEÑALIZACION Y MANDO: SM

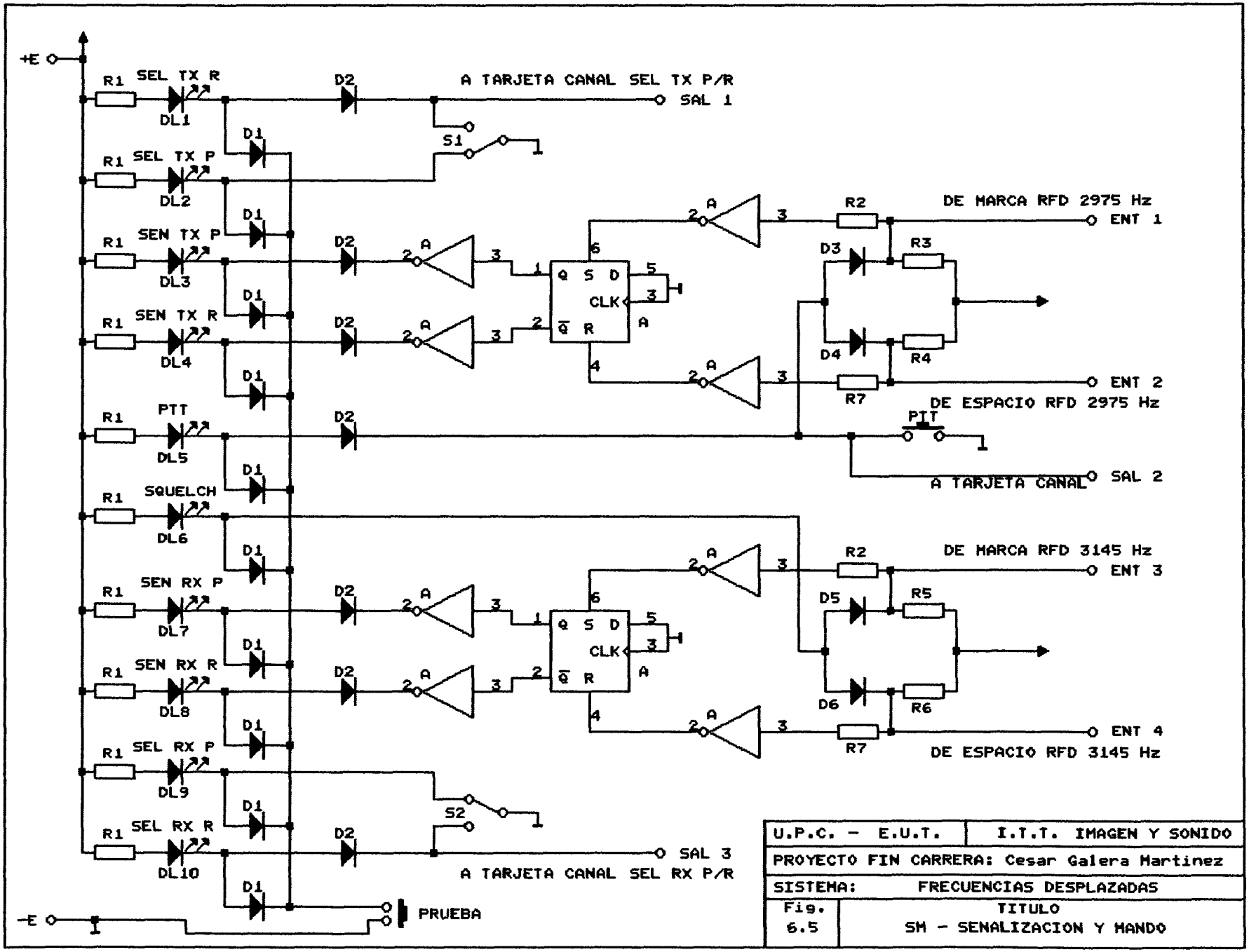
La tarjeta (fig 6.5) dispone de cuatro LEDs que indican el estado previamente seleccionado mediante los comnutadores S1 y S2 correspondientes a los transmisores y recpetores principal y reserva; cuatro LEDs que indican el estado de señalización de dichos equipos; un LED de indicación de orden PTT y otro de indicación de SQUELCH. Estos diez LEDs, LD1 a LD10, tienen sus ánodos conectados a la alimentación positiva a través de las resistencias R1 de limitación de corriente y de valor tipico de 1 KΩ.

Por la entrada +E se aplica la alimentación positiva y por la -E la negativa. Existe un pulsador de prueba para la comprobación de encendido de todos los LEDs. Este pulsador da un cierre a negativo a través de los diodos D1. En esta situación los D2 evitan que el cierre a negativo se haga presente en las salidas de la tarjeta.

Por las entradas ENT1 a ENT4, se recibe de las RFDs los contactos a masa procedentes de la señalización exterior.

Por las salidas SAL1 y SAL3 se proporciona a la TARJETA DE CANAL el cierre a negativo o a positivo que dicha tarjeta necesita para habilitar el paso del tono correspondiente al estado de selección. Por la salida SAL2 se proporciona también

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

a la TARJETA DE CANAL la orden de PTT de que dispone la tarjeta que estamos estudiando y que es necesario para que aquella permita la salida del tono de seleción del transmisor.

FUNCIONAMIENTO EN EL MODO DE TRANSMISION

Cuando el conmutador S1 se encuentra en la posición que indica la figura 6.5, el contacto a masa provoca el encendido del LED2 que indica que se ha seleccionado el trasnmisor principal. A su vez, el positivo se hace presente en la salida SAL1 hacia la TARJETA DE CANAL, lo cual habilitará el paso del tono de 3017 Hz cuando se haga presente un PTT; éste puede venir de la tarjeta de SM o del que dispone el controlador.

Cuando S1 se encuentre en la otra posición, entonces el contacto a masa provocará el encendido de DL1 que indica la selección del transmisor reserva, haciéndose presente en la salida SAL1.

Cuando se actúa el pulsador de PTT, un cierre a masa aparecerá en la salida SAL2 a la vez que provoca el encendido del DL5. Este contacto, en la TARJETA DE CANAL, actúa sobre una lógica de control implementada con puertas NOR que habilitan unos interruptores C-MOS cuando en sus entradas se hacen presentes dos niveles bajos. Esto se verá con detalle en

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

el próximo capítulo.

El funcionamiento del conmutador S2 es análogo al descrito, pero la salida SAL3 comandará en la TARJETA DE CANAL los tonos de selección de receptores.

FUNCIONAMIENTO EN EL MODO DE RECEPCION

Las entradas ENT1 y ENT2 reciben los cierres por contacto a masa procedentes de la RFD de 2945 Hz cuando se produce la detección del tono de señalización de trasnmsiores. Estas entradas se aplican a través de dos INVERSORES a las entradas S y R de una báscula del tipo R-S.

Cuando la RFD 2975 Hz detecta una MARCA, entonces da el cierre a masa por su salida correspondiente, la cual está conectada a ENT1. Este nivel BAJO tras el inversor actúa sobre la entrada S, por lo que la salida del biestable Q se pone a nivel ALTO; tras otro inversor se produce el encendido de DL3 correspondiente a la indicación de transmisor principal operativo. La otra salida del biestable será un nivel BAJO que tras ser invertido cortocircuitará el DL4 indicador de trasnmisor reserva en operación, impidiendo su encendido.

Cuando la RFD 2975 Hz detecte ESPACIO, entonces el

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

cierre a masa lo dará por su salida correspondiente, la cual está conectada a la entrada ENT2 que actúa sobre la entrada R del Flip Flop, produciéndose la situación inversa a la anterior.

La situación para el segundo biestable es análoga a la anterior con la diferencia de que las entradas esta vez son ENT3 y ENT4, las cuales están conectadas a las salidas de detección de MARCA y ESPACIO de una RFD 3145 Hz para los tonos de señalización de receptores. También en este caso, el cierre a masa, tanto si llega por ENT3 como por ENT4, provocará el encendido del DL6 de indicación de SQUELCH a través de D5 y D6 respectivamente. Téngase presente que el SQ está implícito en el tono de señalización de receptores.

Cuando exite un PTT entonces DL5 se enciende a través de D3 y D4. Este PTT puede ser el que dispone la tarjeta, o bien, el que viene implícito en el tono de señalización de transmisores.

Se recuerda que la RFD en caso de detección de tono producía un cierre a masa, y en caso contrario, un circuito abierto. Por tal motivo, cuando una entrada de la SM está abierta, entonces entra en juego el positivo que hay a través de R3, R4, R5 y R6, para provocar un nivel ALTO que tras ser invertido produce uno BAJO de manera que las dos entradas del

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

biestable sean distintas cuando existe detección en la RFD, e iguales a CERO cuando no hay detección alguna, situación que provoca en las salidas del R-S el último cambio producido.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 7

NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE TRANSMISION EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

INTRODUCCION.

En el anterior capítulo, al describir globalmente la estructura del sistema en el centro de control, se habían establecido tres niveles de estudio del mismo:

a) nivel de elementos exclusivos de la cadena de transmisión;

b) nivel de elementos exclusivos de la cadena de recepción;

c) nivel de elementos comunes a los dos anteriores.

El nivel que nos ocupará ahora es el más grande en cuanto a elementos constitutivos se refiere; sin embargo, mediante la filosofía de diseño con la que fue ideado, se ha conseguido una considerable disminución del número de tarjetas

necesarias, repercutiendo este aspecto en la disminución del coste de la instalación, el espacio que ocupa la misma y la probabilidad de avería.

Al planificar el sistema se pensó que este factor de disminución era factible de implementarse, principalmente, en la cadena de transmisión del mismo; para ello en vez de disponer de TFDs para generar los cuatro tonos de selección necesarios por cada canal, se ideó la generación de esos cuatro tonos en un solo bloque y mediante un sistema de difusión distribuirlos a todos los canales.

Esta solución aportaba sin embargo un serio inconveniente; si ahora fallaba una TFD, por ejemplo, la de 2975 Hz, se quedaban sin tonos de selección de transmisor todos los canales. Para paliar este problema se diseñó un sistema de conmutación automática en caso de fallo junto a un panel de alarmas, en el que se refleja la indicación de aquellos elementos de la instalación cuya avería puede afectarle seriamente.

De esta manera se dispone hoy en día de un sistema muy seguro y fiable por la concepción del diseño y la calidad de los elementos que lo configuran.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

A) NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE TRANSMISION.

Como punto de partida se recomienda recordar la figura 6.2 de la página 110. Este nivel está constituido por cuatro subsitemas:

a.1) Generador de tonos de selección de TX y RX.

a.2) Difusor de tonos de selección de TX y RX.

a.3) Panel de alarmas.

a.4) Tarjetas de canal.

El subsistema generador origina de forma contínua las cuatro frecuencias de selección necesarias; éstas se distribuyen a todos los canales mediante el subsistema difusor; el panel de alarmas se encarga de la conmutación automática a las TFDs de reserva en caso de fallo y avisa de la posible avería de alguno de los elementos de los dos subsistemas anteriores. Los cuatro tonos llegan a la tarjeta de canal, la cual, comandada por el módulo de señalización y mando, deja pasar solamente los tonos que se requieran para llevarlos al filtro de transmisión de la FFD.

Veamos ahora en detalle cada uno de estos subsistemas o

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

módulos.

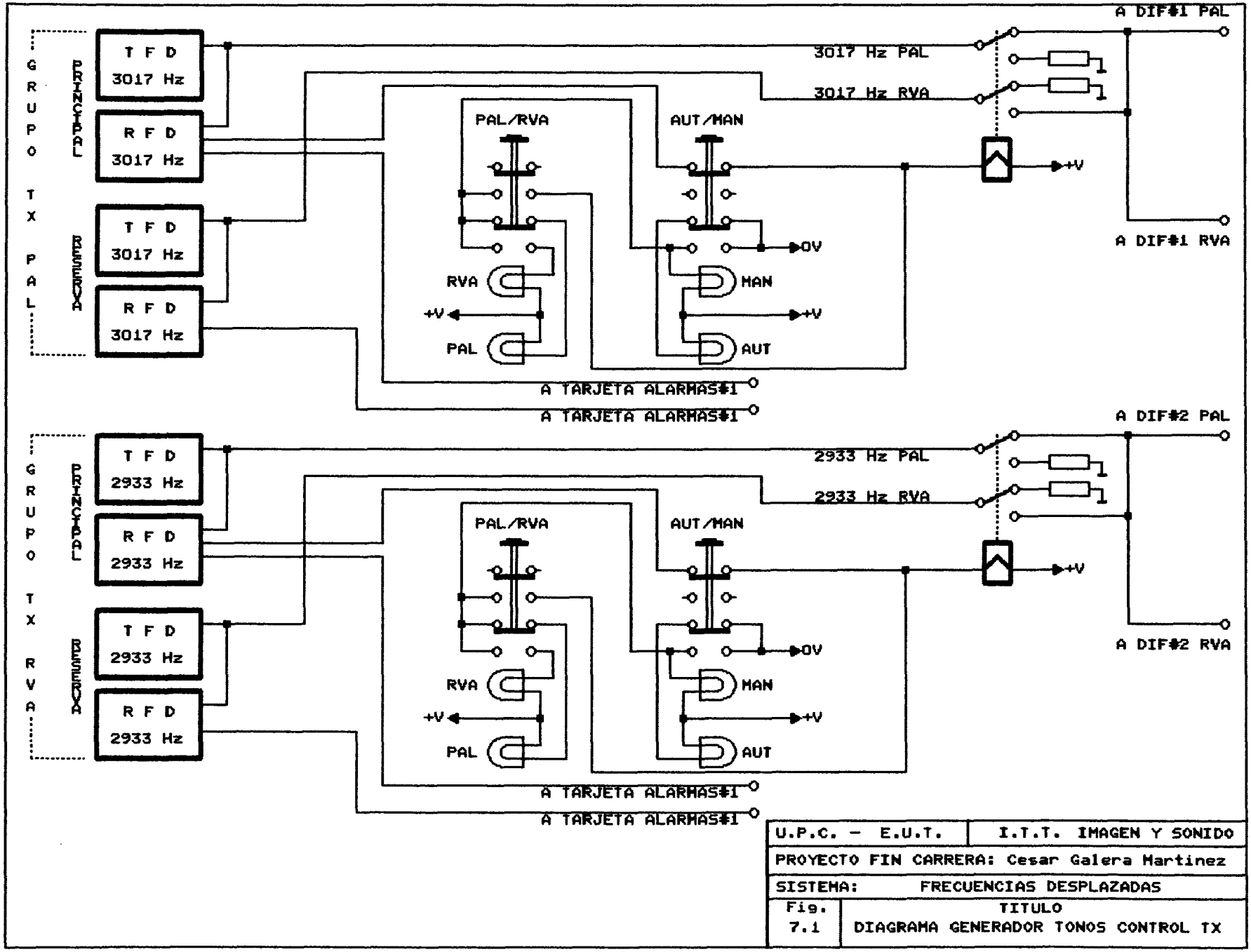
A.1) GENERADOR DE TONOS DE SELECCION DE TX Y RX.

Partiendo de TFDs, presentan a su salida los cuatro tonos de selección de transmisor y receptor principal y reserva, de manera que cada tono está presente en dos salidas simultáneamente. La razón de ésto se verá más adelante.

Son dos generadores que solamente se diferencian en la clase de TFDs y RFDs que utilizan. Las figuras 7.1 y 7.2 muestran cada uno de estos generadores especificando sus elementos componentes. Solamente se va a efectuar el estudio de uno de ellos, por ejemplo, del generador de tonos de control de transmisores.

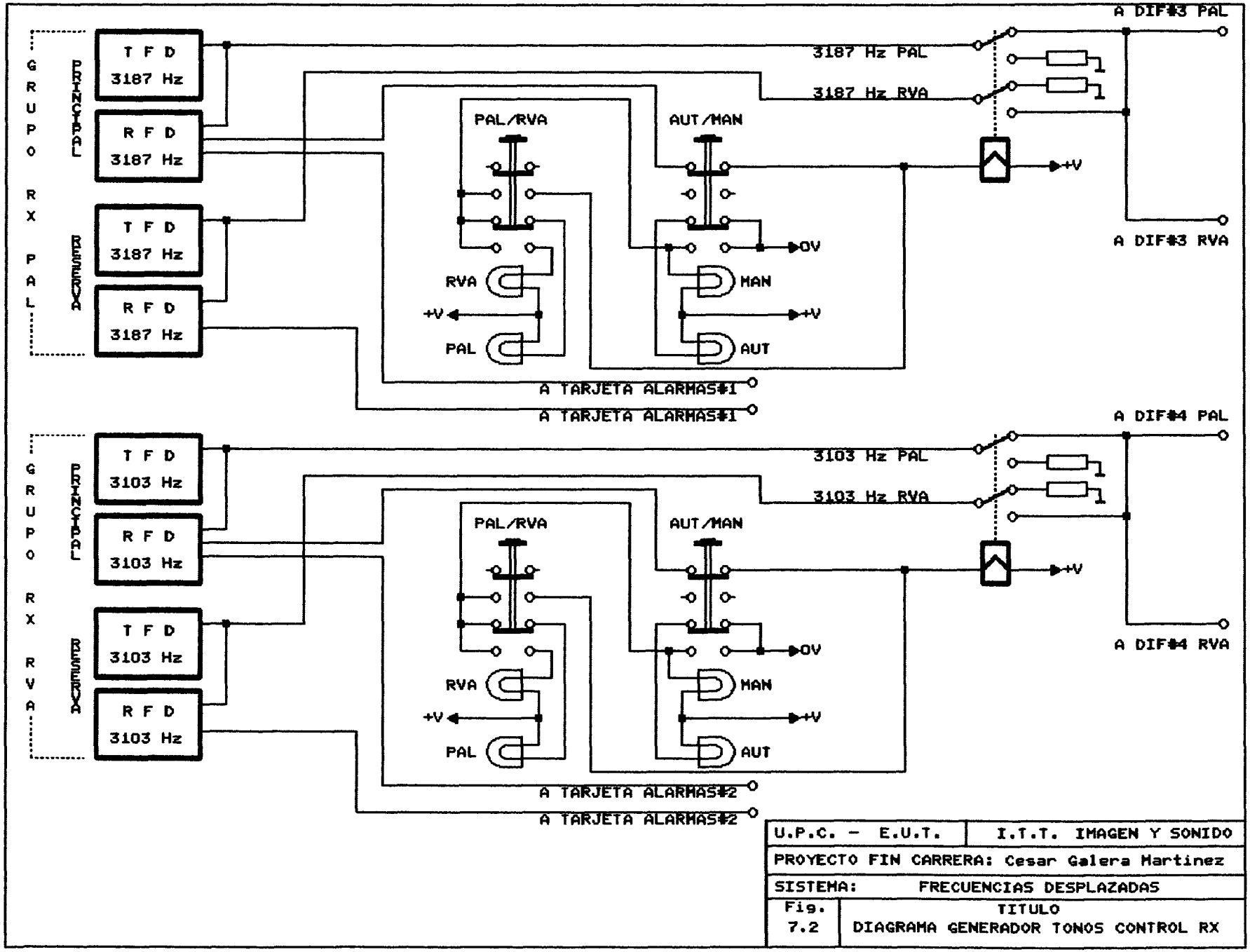
Dentro del generador podemos distinguir dos partes (fig. 7.1): la que genera el tono de selección de transmisor principal y la que genera el tono de selección de transmisor reserva. Estas dos partes también son iguales, diferenciándose en la clase de TFDs y RFDs empleadas. En el primer caso se emplean TFDs de 2975 Hz configuradas para generar de forma continua el tono de 3017 Hz; en el segundo caso, se emplean también TFDs de 2975 Hz, pero configuradas para generar de forma continua el tono de 2933 Hz. Se recuerda que todas estas

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006



U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 7.1	TITULO DIAGRAMA GENERADOR TONOS CONTROL TX

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

configuraciones son posibles gracias a la versatilidad que presentan este tipo de tarjetas mediante la realización de los correspondientes puentes. Las RFDs, en ambos casos son del tipo 2975 Hz, como fácilmente se habrá podido deducir.

Fijémonos pues en la parte del generador de tonos de control de transmisor que genera el tono de selección de transmisor principal (3017 Hz). Un primer grupo generador, denominado GRUPO TX PAL PRINCIPAL, está constituido por una TFD que genera el tono de marca de 2975 Hz asociada a una RFD, también de 2975 Hz. Este grupo actuará como principal. Para el caso de un eventual fallo, se dispone de un segundo grupo idéntico al primero y que denominaremos GRUPO TX PAL RESERVA.

También se dispone de dos conmutadores:

- conmutador AUT/MAN. Ofrece la posibilidad de que, en caso de fallo de la TFD del GRUPO TX PAL PRINCIPAL, se produzca el cambio a la TFD del GRUPO TX PAL RESERVA, de forma automática o manual.

- conmutador PAL/RVA. En el caso de que del AUT/MAN esté en posición MAN, permite efectuar el cambio de la TFD, enviando a la salida el tono generado por la del GRUPO TX PAL PRINCIPAL o la del GRUPO TX PAL RESERVA .

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

A la salida del grupo se encuentra un relé de dos entradas y cuatro salidas. Una de las entradas recibe el tono de 3017 Hz procedente de la TFD del GRUPO TX PAL PRINCIPAL, y la otra el tono de 3017 Hz que produce la TFD del GRUPO TX PAL RESERVA. Como se puede apreciar en la figura 7.1, dos de las cuatro salidas del relé están conectadas, sacándose de ellas dos nuevas salidas que contendrán siempre el tono, ya sea el generado por el GRUPO TX PAL PRINCIPAL o por el GRUPO TX PAL RESERVA, dependiendo esta circunstancia del estado del relé. Las otras dos salidas del relé están conectadas a sendas resistencias de carga donde el tono que no está presente a la salida se encuentra en una posición de STAND BY.

El tono generado por la TFD del GRUPO TX PAL PRINCIPAL, además de ser llevado a una de las entradas del relé, está conectado a la RFD del mismo grupo. Esta RFD está configurada para que mientras está detectando la presencia de la frecuencia, presente a su salida un cierre a positivo. Dicho contacto, en el caso de que el conmutador AUT/MAN esté en la posición de AUTOMATICO (como en la figura) pasa al relé que permanecerá entonces en su posición de conmutación (como en la figura). Si la TFD fallara, es decir, dejara de emitir el tono, entonces la RFD dejaría de presentar en su salida el cierre por contacto a positivo, lo cual se traduciría en la conmutación del relé, por lo que a la salida del generador seguirá presente un tono de 3017 Hz, aunque esta vez generado

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

por la TFD del GRUPO TX PAL RESERVA.

El cierre por contacto a positivo de las RFDs se lleva también a las TARJETAS DE ALARMAS que pertenecen al PANEL DE ALARMAS, de manera que cuando dejen de detectar el tono provocan la aparición de una alarma de tipo acústico y el encendido de una lámpara que indica exactamente qué TFD es la está fallando.

Si el conmutador AUT/MAN está en posición MAN, entonces el cambio de una TFD a la otra se realiza mediante el otro conmutador PAL/RVA, que en esta ocasión será el que active o no la acción del relé.

Esta estructura se repite para el GRUPO TX RVA, que genera el tono de selección del transmisor reserva (2933 Hz).

A modo de resumen y para fijar la idea, la fig. 7.3 representa las salidas que entrega el GENERADOR DE TONOS DE CONTROL TX.

El tratamiento del GENERADOR DE TONOS DE CONTROL DE RX es idéntico, sustituyendo 3017 por 3187 Hz y 2933 por 3103 Hz; DIF#1 y #2, por #3 y #4, respectivamente. Como las TARJETAS DE ALARMAS sólo disponen de seis entradas, la señalización de fallo de las TFDs de 103 se llevan a la TARJETA DE ALARMAS#2.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Este tipo de tarjetas se encuentran localizadas en el PANEL DE ALARMAS.

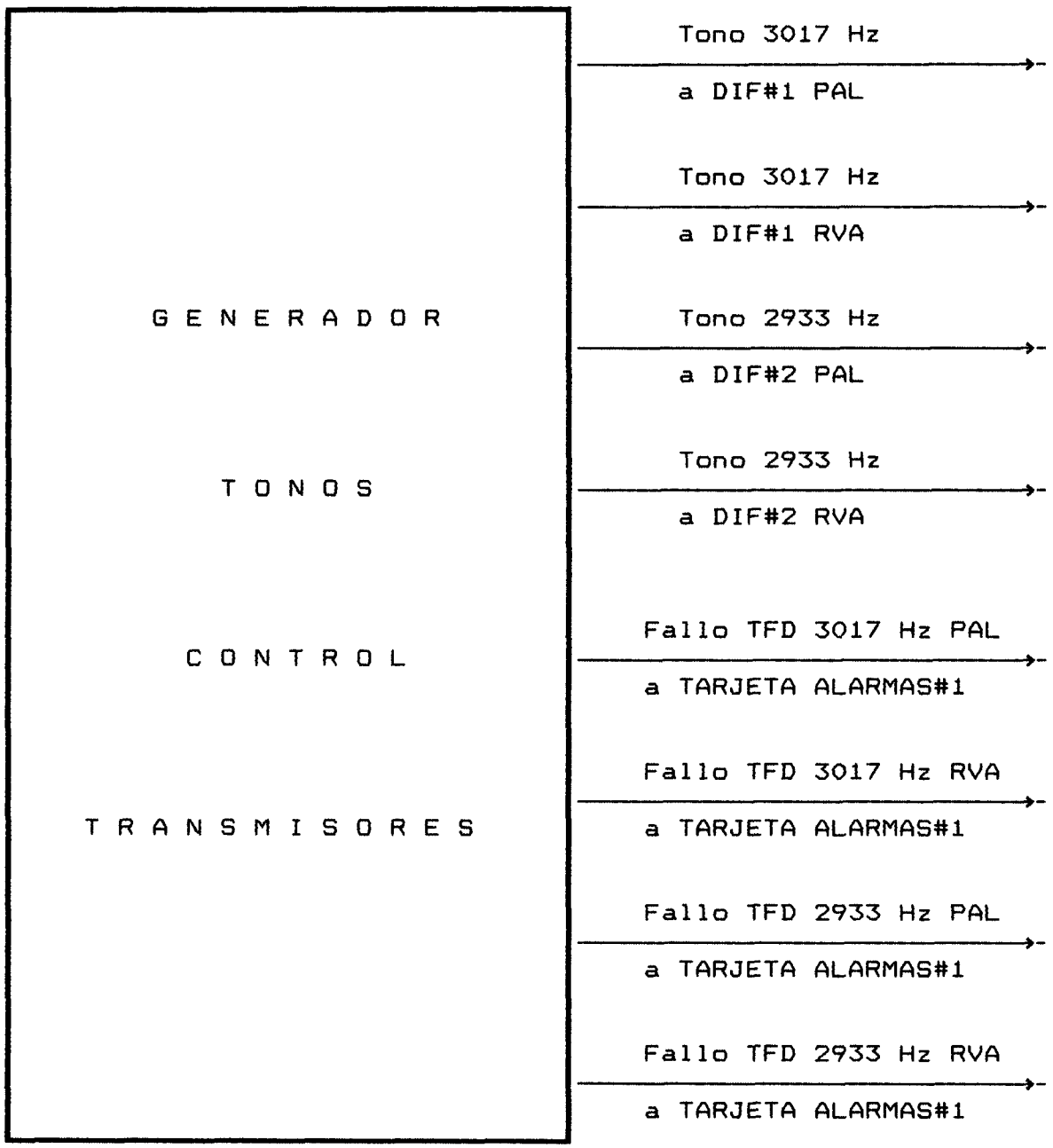


fig. 7.3

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

A.2) DIFUSOR DE TONOS DE SELECCION DE TX Y RX.

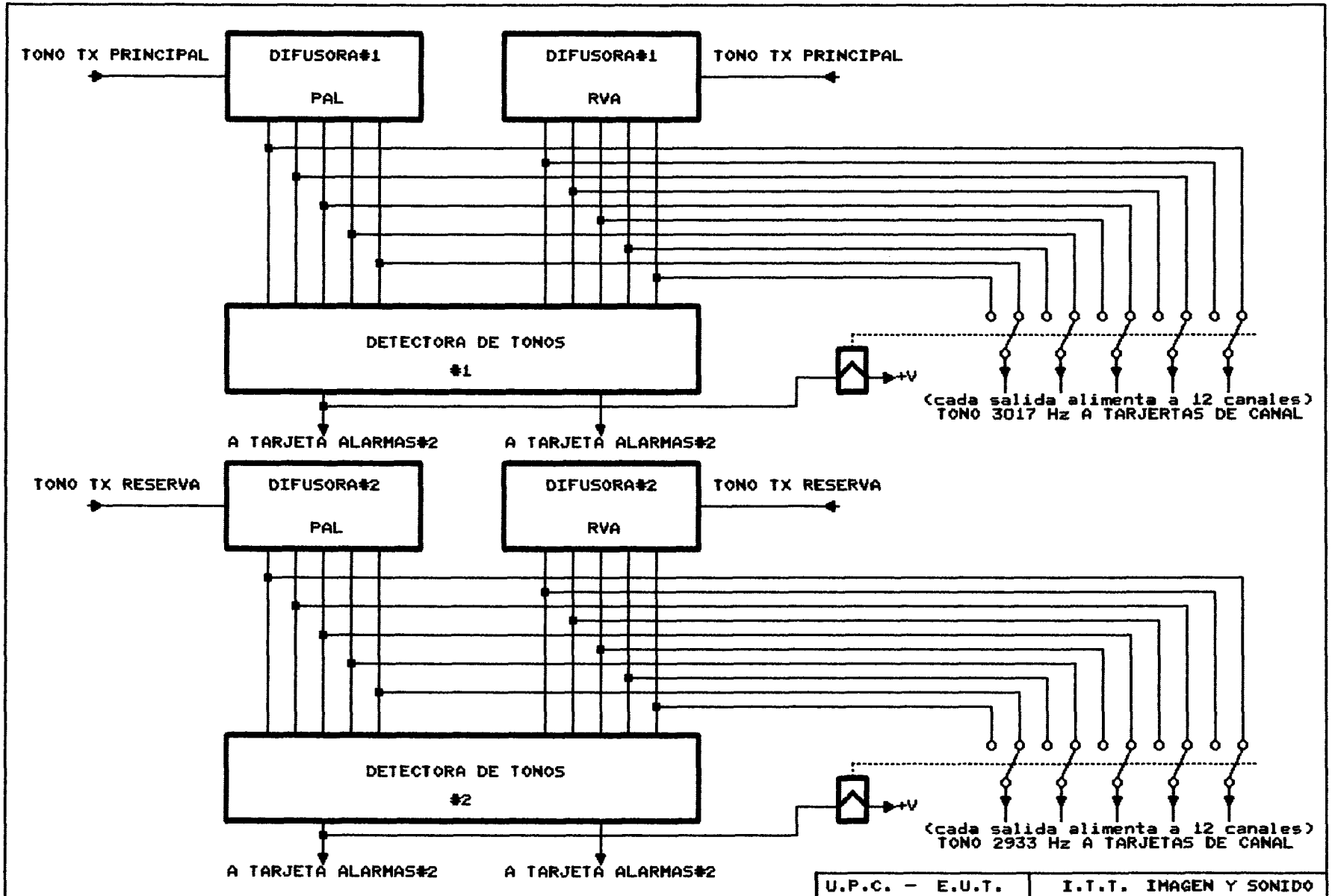
Este subsistema es el que se encarga de distribuir los cuatro tonos de manipulación, que el subsistema generador se encargó de originar, para hacerlos lleguar a las sesenta TARJETAS DE CANAL.

Se trata de dos subsistemas iguales, diferenciándose únicamente (figs. 7.4 y 7.5) en los tonos de entrada y salida y los destinos de las señalizaciones que se mandan al PANEL DE ALARMAS; por ello sólo se estudiará el DIFUSOR DE TONOS DE TRANSMISORES.

Aquí también se pueden establecer dos grupos: el GRUPO DE TONOS DE TX PAL y el GRUPO DE TONOS DE TX RVA, siendo estos grupos idénticos en cuanto a los componentes que lo forman. Fijándose en la figura 7.4 se puede observar que el GRUPO DE TONOS DE TX PAL, está formado por dos TARJETAS DIFUSORAS, una DETECTORA DE TONOS y un RELE.

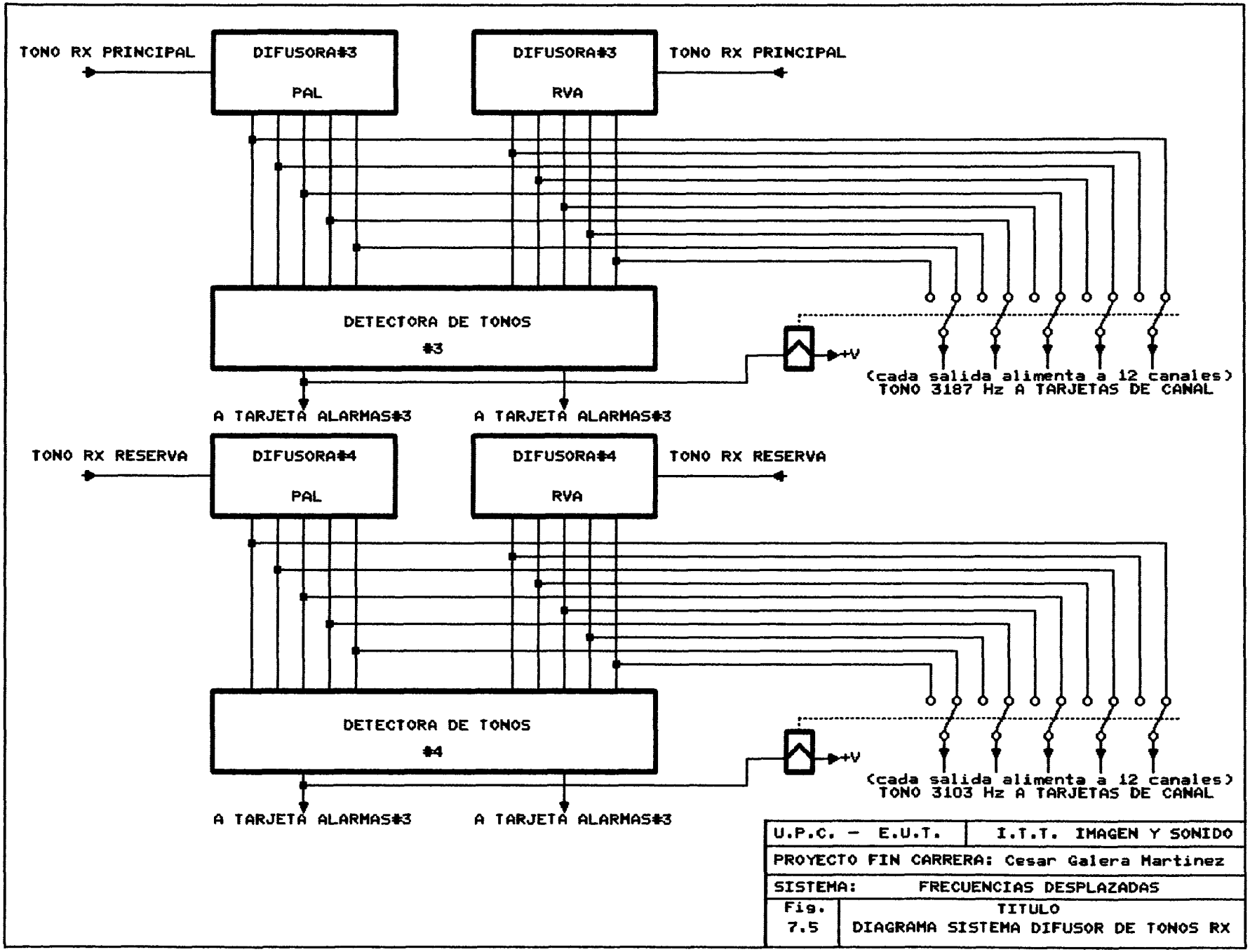
La TARJETA DIFUSORA, como ahora veremos, dispone de una entrada y cinco salidas, de manera que cada salida puede soportar la carga de doce canales, o para ser más exactos, de doce TARJETAS DE CANAL. Esto quiere decir que si una DIFUSORA falla totalmente dejará fuera de servicio la selección de un equipo en los sesenta canales; si el fallo es parcial, en el

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 7.4	TITULO DIAGRAMA SISTEMA DIFUSOR DE TONOS TX

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

caso menos desfavorable, la avería afectará a doce. Por esta razón se hace necesario el adoptar las medidas de seguridad que eviten tal situación.

El problema se puede resolver redundando la TARJETA DIFUSORA, por lo que se tendrá una que funcionará como principal y otra como reserva de la anterior. La TARJETA DETECTORA DE TONOS será la encargada de verificar el correcto funcionamiento de la TARJETA DIFUSORA que actúa como principal, controlando la conmutación del RELE que daría paso a las salidas de la DIFUSORA RESERVA en caso de fallar la primera, y enviando la oportuna señalización de fallo al PANEL DE ALARMAS. En las figuras 7.4 y 7.5 se puede apreciar lo expuesto claramente.

TARJETA DIFUSORA DE TONO: DIF 1x5

La figura 7.6 muestra el diagrama de una tarjeta de este tipo; se caracteriza por una electrónica muy simple que configura un paso amplificador de ganancia fija a la entrada, al que se conectan cinco etapas ampificadoras de salida con ganancia variable, lo cual permite el ajuste por separado de cada una de las salidas. Los amplificadores son del tipo inversor utlilizando para ello apmlificadores operacionales del tipo LM 741.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 7.6	TITULO DIF 1X5 – DIFUSORA DE TONO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

También cabe destacar que tanto la entrada como las salidas se aislan y balancean mediante transformadores de audio (1:1).

Este tipo de tarjeta es de bajo coste por el bajo número de componentes que utiliza. El sistema sólo necesita ocho unidades, cuatro que actúan como principales y las otras como reserva; con ello se consigue: bajo coste, la seguridad que el sistema precisaba y la disminución del volumen que ocupa su instalación y la de la probabilidad de avería, no sólo ya por disponer de un número muy pequeño de tarjetas, sino porque además su electrónica es muy simple y sencilla.

TARJETA DETECTORA DE TONOS: DDT

Descripción general

Esta tarjeta consituye un circuito dedicado a la supervisión, no sólo en la aplicación que nos ocupa, sino también en trasnmisiones de datos, telemando, etc.

Dispone de dos circuitos iguales capaces de supervisar cada uno de ellos cinco canales diferentes, de manera que cuando en una (o en varias) de las entradas aparece un desvanecimiento de la señal en ella aplicada durante un tiempo

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

establecido, genera una señal de alarma indicando cuál o cuáles canales están inactivos.

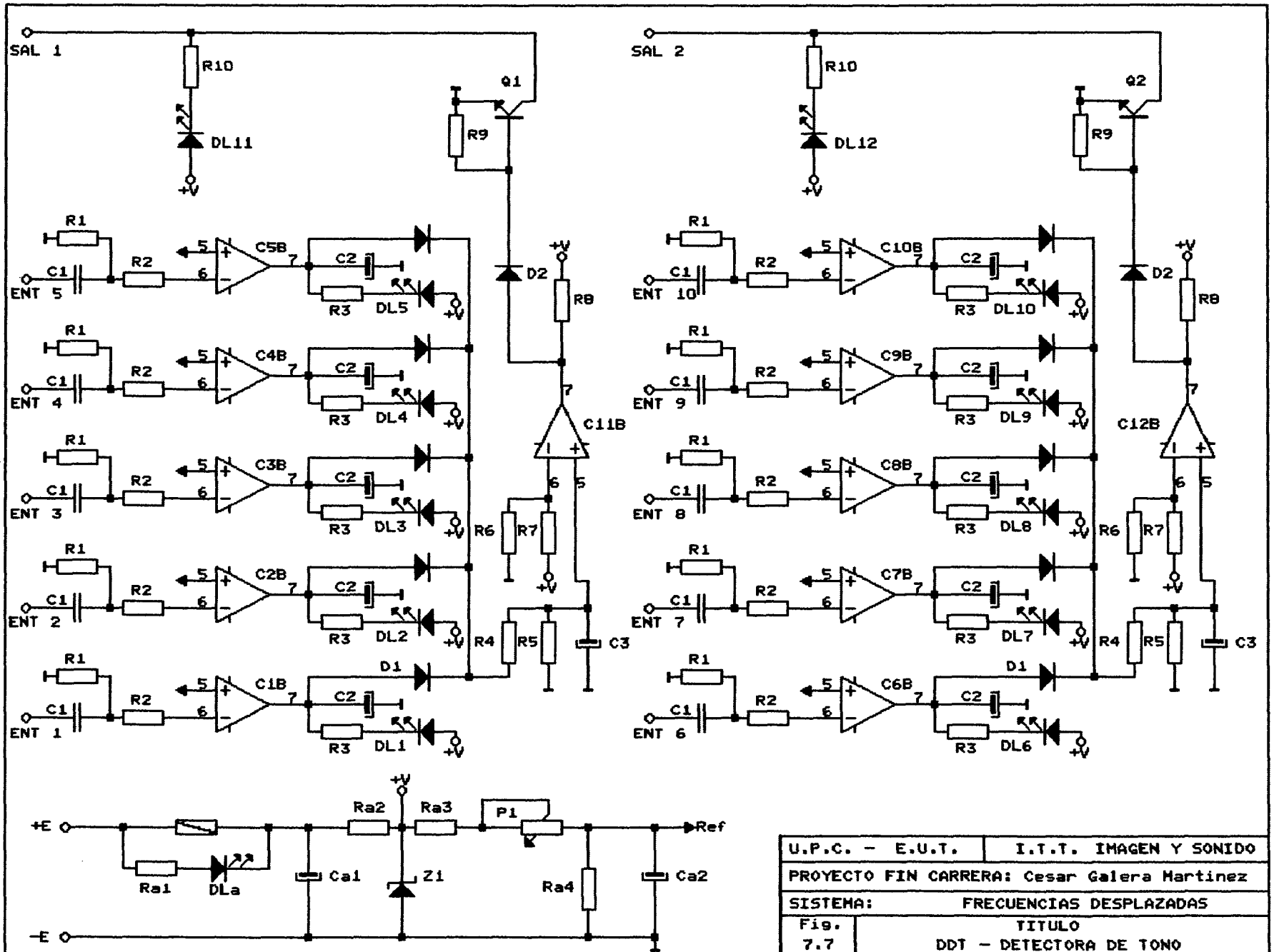
La indicación de fallo en una de las entradas se visualiza mediante diez diodos LED situados en el frontal de la tarjeta, al tiempo que se da una salida por cierre a masa, a través del conector posterior de la tarjeta.

Una posibilidad que ofrece esta tarjeta es la de poder ajustar el nivel mínimo que han de tener las señales aplicadas a las entradas y que, al no ser superado, provoca la aparición de las indicaciones de alarma.

Funcionamiento de la DDT dentro del SISTEMA DIFUSOR

Al disponer de dos grupos con cinco entradas y una salida cada uno, se conectan las cinco salidas de tono de la DIFUSORA PRINCIPAL en uno de ellos y las de la DIFUSORA RESERVA en el otro grupo (recuérdense esquemas 7.4 o 7.5). Las dos salidas se llevan a una TARJETA DE ALARMAS del PANEL DE ALARMAS, para la indicación del eventual fallo de las DIF. A su vez la salida del grupo primero, es decir, el que supervisa los cinco tonos de la DIFUSORA PRINCIPAL, se lleva también al RELE, de manera que cuando falla la DIFUSORA PRINCIPAL, provoca la conmutación, dando paso hacia la salida del SISTEMA

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 7.7	TITULO DDT – DETECTORA DE TONO

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

DIFUSOR a los tonos procedentes de la DIFUSORA RESERVA.

Descripción detallada de la DDT

Por los terminales +E y -E (fig. 7.7) se efectúa la alimentación de la tarjeta que Ca1 se encarga de filtrar. El regulador formado por Ra2 y Z1 determina la tensión necesaria para el funcionamiento de la unidad. Dicha tensión se divide mediante Ra3 y Ra4, siendo filtrada por Ca2 y pudiéndose ajustar mediante P1, obteniéndose así la tensión umbral que, aplicada a los circuitos comparadores que ahora veremos, deben superar las señales de los diferentes canales para considerar que funcionan correctamente.

Los circuitos de detección son iguales para todos los canales, razón por la que sólo se explicará uno de ellos para comprender el funcionamiento de los demás.

Fijémonos, por ejemplo, en el circuito de la ENT 1. La señal se aplica a un comparador, a través de C1 que bloquea la componente contínua. Cuando el nivel de la señal supera al de la tensión de referencia, obtenida en la etapa de alimentación de la tarjeta, la salida del operacional presenta un nivel BAJO. Esto provoca que el condensador C2 permanezca descargado y posibilita el encendido de DL1 a través de R3. La señal

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

alterna de la entrada produce sucesivas cargas y descargas rápidas de C1, que permanece con una tensión de rizado muy pequeña. En esta situación el comparador C11B ofrece a su salida un nuevo nivel BAJO que mantiene en una situación de CORTE al transistor Q1, por lo que en la salida SAL 1 se tiene la tensión de alimentación +V a través de DL11 y R10.

Si la señal de entrada del comparador C1B no supera el valor umbral establecido, la salida de dicho comparador estará a nivel ALTO, por lo que C2 se cargará a través de DL1 y R3 hasta alcanzar el valor de alimentación; el LED se apagará y la tensión de carga de C2 forzará la lenta carga de C3 a través de D1 y R4. Cuando la tensión en C3 supera la de referencia establecida por el divisor R6 y R7, la salida del C11B cambiará a nivel ALTO lo que producirá la SATURACION de Q1, poniendo consecuentemente un nivel BAJO en la salida SAL 1 y provocando el encendido del LED de fallo DL11.

El hecho de que se halla dotado la carga de C3 de una constante de tiempo grande evita una falsa señal de alarma provocada por alguna caída momentánea del tono de entrada. Esa situación puede darse, por ejemplo, cuando existe un corte de suministro eléctrico en el que media un pequeño intervalo de tiempo, que suele ser de fracciones de segundo, durante el que se activan los sistema de alimentación de emergencia.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Para todo el SISTEMA DIFUSOR será suficiente contar con cuatro DETECTORAS DE TONOS, ya que al ser tarjetas dobles basta con una para supervisar el funcionamiento de las dos DIFUSORAS que distribuyen uno de los tonos de señalización. Una vez más se pone de manifiesto el factor mínimo número de tarjetas componentes de la globalidad del sistema, con las ventajas que ello reporta y que ya se han comentado.

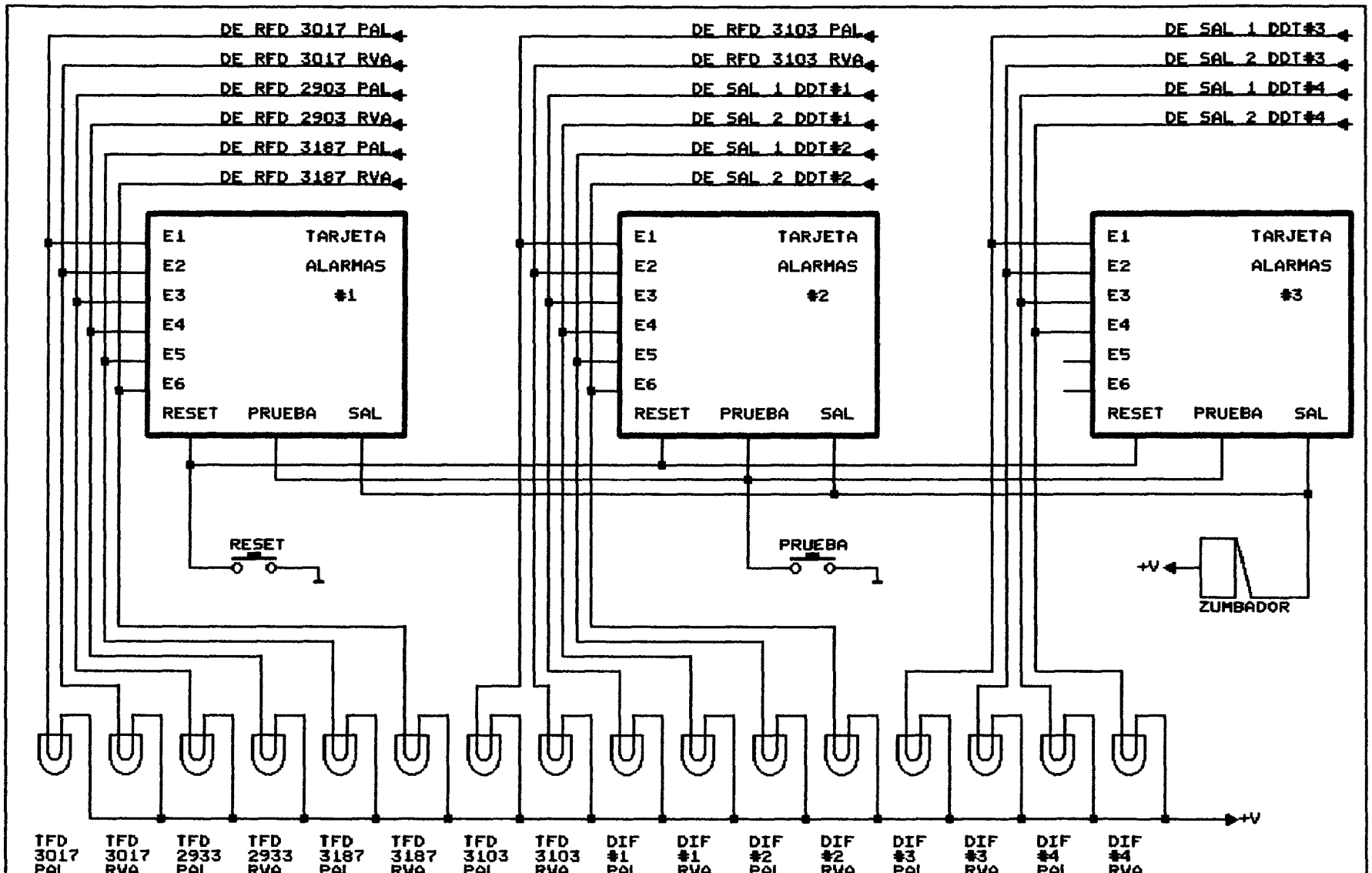
A.3) PANEL DE ALARMAS.

Al PANEL DE ALARMAS se le encomienda la función de avisar acústica y luminosamente de los fallos que puedan producirse en cualquiera de las ocho TFDs y las ocho DIFs que se encuentran en el sistema. Para ello cuenta con tres TARJETAS DE ALARMAS, dieciséis LAMPARAS y un ZUMBADOR acústico, además de un pulsador de RESET del panel y otro de PRUEBA del correcto funcionamiento del mismo.

En la figura 7.8 se puede contabilizar dicha composición, así como el conexionado y la especificación de la procedencia de las señalizaciones que se aplicarán en las entradas.

Las lámparas de indicación de fallo se encenderán cuando deje de estar presente el cierre por contacto a positivo que

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006



U.P.C. – E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 7.8	TITULO DIAGRAMA PANEL DE ALARMAS

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

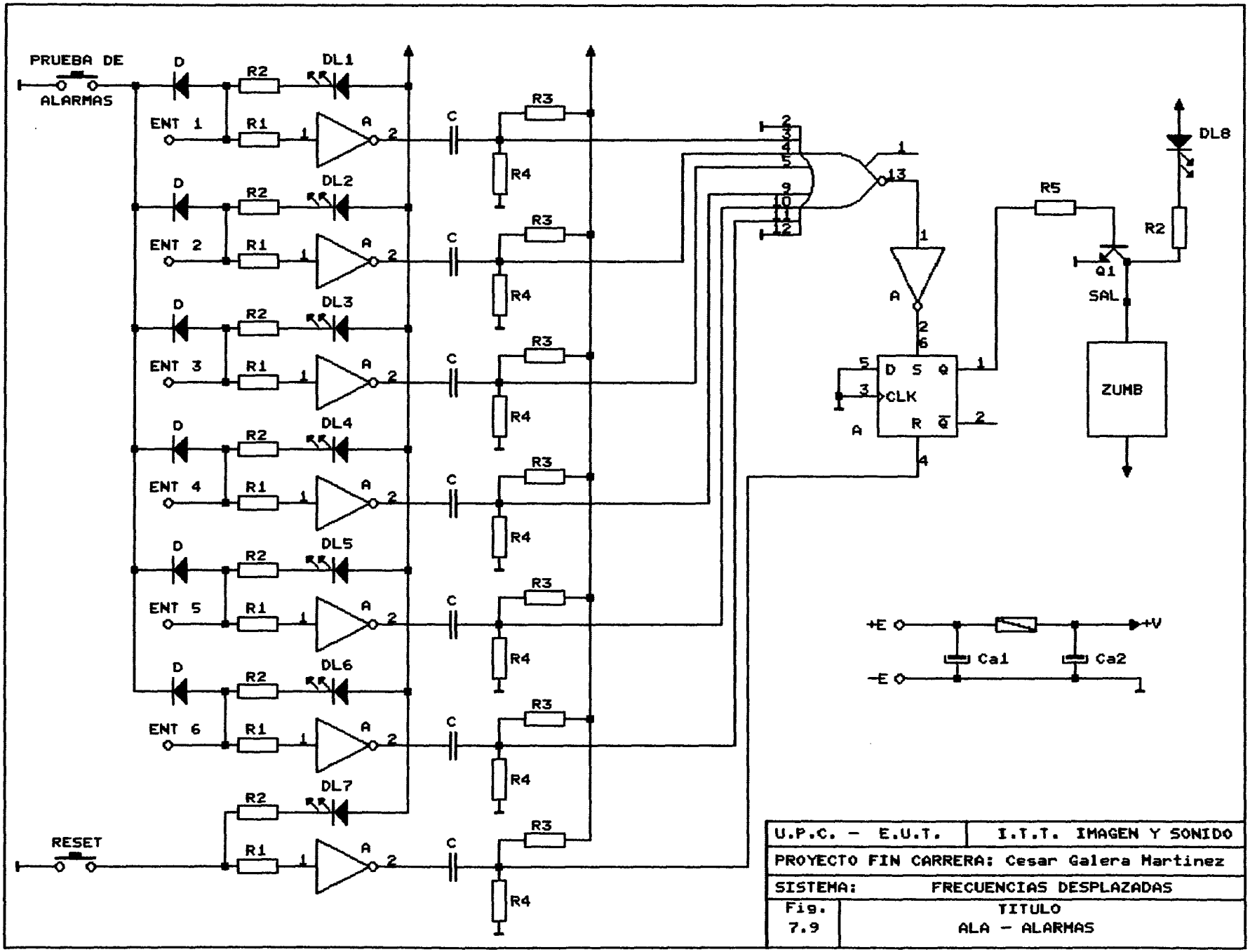
además será traducido por la TARJETA DE ALARMAS provocando la activación del ZUMBADOR. Cuando se produzca una alarma, el pulsador de RESET permitirá la desconexión del mismo, permaneciendo la indicación luminosa que sólo desaparecerá cuando la tarjeta originadora del fallo se reponga por otra que funcione adecuadamente.

El pulsador de PRUEBA se instala para poder comprobar el buen funcionamiento del panel, provocando al ser pulsado el encendido de todas las LAMPARAS y la activación del ZUMBADOR. En esta ocasión el RESET volverá todo el panel a su situación de reposo. La actuación de los pulsadores tiene lugar mediante un contacto por cierre a masa, como también puede apreciarse en la fig. 7.8.

TARJETA DE ALARMAS: ALA

En la figura anterior se puede apreciar que esta nueva tarjeta dispone de ocho entradas y una salida. De las ocho entradas, seis (E1 a E6) se disponen para recibir la señalización de fallo; una entrada de RESET y otra de PRUEBA, permiten mediante su conexión a los correspondientes pulsadores la anulación del ZUMBADOR en caso de ser activado y la comprobación del correcto funcionamiento de la tarjeta, respectivamente, como anteriormente se ha comentado. La única

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

salida de que dispone la tarjeta será la que se conectará al ZUMBADOR para controlar su activación.

En la figura 7.9 se representa el esquema de la TARJETA DE ALARMAS. Además de las entradas y salida especificadas, dispone también de ocho diodos LEDs, seis de los cuales (DL1 a DL6) se encienden cuando por la entrada correspondiente se recibe la señalización de fallo; DL7 se enciende cuando el pulsador de RESET se está activando y DL8 permanece encendido mientras la salida SAL presenta un nivel BAJO, o lo que es lo mismo, cuando del ZUMBADOR está activado. Mediante estos diodos dispuestos en el frontal de la tarjeta se puede determinar alguna anomalía en su funcionamiento.

Todos los circuitos de entrada son iguales, por lo que sólo se explicará uno de ellos.

La ENT 1 está conectada, a través de R1 de alto valor óhmico (10 KΩ), a un inversor INV cuya salida se aplica a un circuito constituido por un condensador C y un divisor de tensión formado por R3 y R4. La salida de este divisor resistivo es la que se aplica a una puerta NOR de ocho entradas. La dos entradas que no se utilizan están permanentemente a nivel BAJO; cuando todas también lo están, la salida de la puerta NOR será un nivel ALTO que tras ser invertido pondrá un CERO lógico en la entrada S de una báscula

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

R-S. Si con anterioridad se produjo un RESET, la salida del biestable Q estaría a nivel BAJO, con lo que permanecerá en dicho estado. Este nivel BAJO, corta al transistor Q1, situando un positivo en su colector, a través de DL8 y R2, por lo que el ZUMBADOR no se activa.

Si una de las entradas de la puerta NOR se pone a nivel ALTO, entonces la salida de dicha puerta lo hará a nivel BAJO, que tras ser invertido pondrá a UNO lógico la entrada S del biestable. La salida Q seguirá entonces a S, saturando a Q1 y poniendo el colector a 0,7 V, provocando el encendido de DL8 y activando el ZUMBADOR. Esta es la situación de alarma.

Ahora bien: supóngase que se quiere resetear la alarma, es decir poner a CERO la salida Q de la báscula. Para ello se tendrá que poner un UNO en la entrada R; pero es conocido que un biestable R-S no puede tener activadas simultáneamente sus dos entradas, ya que eso daría lugar a una salida indeterminada. Por tal motivo se hace necesario que la activación de S sea transitoria, no afectando este hecho a la salida Q, pues al tener nuevamente ahora R y S a CERO, Q seguirá en el último estado, es decir a UNO.

Para que las activaciones del biestable sean transitorias se dispone del condensador C y el divisor R3 y R4. La entrada de este circuito se puede asociar a un

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

conmutador entre positivo y masa, dependiendo del nivel que le entregue el inversor.

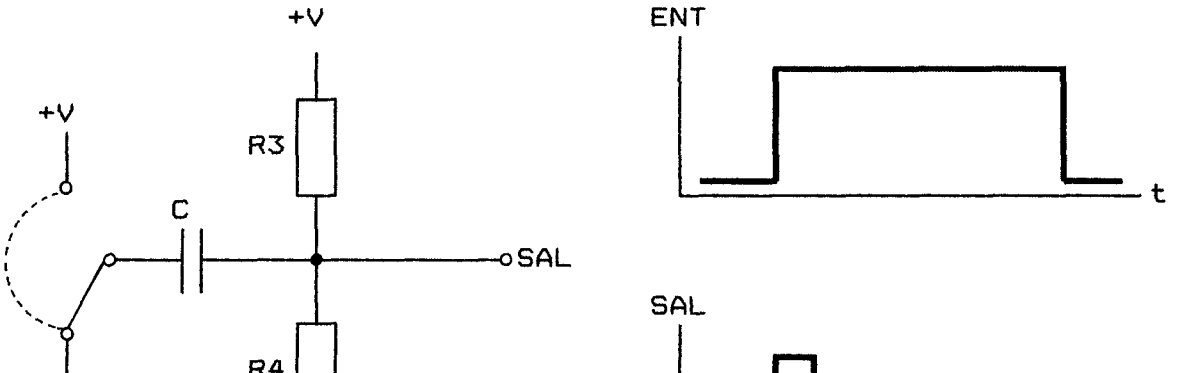


fig. 7.10

En la figura 7.10 a) se puede observar que la tensión de salida está determinada por la caída en R4, cuyo valor óhmico está calculado para dar un nivel BAJO cuando el condensador se comporta como un circuito abierto, es decir cuando concluyen sus procesos de carga. La figura b) muestra de una forma aproximada el comportamiento del circuito.

Supongamos que la entrada está a masa. El condensador se habrá cargado a través de R3 a la tensión de R4, por lo que la salida SAL lo estará también.

En estas condiciones la entrada recibe un nivel ALTO; C

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

seguirá a ese nivel a través de R4, lo cual provocará en esta resistencia un mayor consumo, puesto que por ella circularán la corrientes de C, exponencial decreciente, y de R3, constante. La consecuencia es que la tensión de salida pasará momentáneamente a nivel ALTO, hasta que la corriente del condensador determine en R4 una caída igual a la $V_{ILmáx}$ típica de la tecnología C-MOS.

Tómese la figura 7.10 b), que ilustra este proceso, como exacta en términos de esta lógica, aunque evidentemente la tensión de R4 tendrá curvas de elevación o caída exponenciales al estar influenciada dicha tensión por una corriente de ese tipo, determinada por el condensador C.

Por último queda por ver cómo el pulsador PRUEBA DE ALARMAS, produce el encendido de los LEDs LD1 a LD6 a través de R2 y el diodo D, situando además un nivel BAJO en todas las ENT, situación que como ya se ha comentado provocará la activación del ZUMBADOR acústico.

A.4) TARJETAS DE CANAL: CA.

Con anterioridad ya se ha hecho referencia a este subsistema del NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE TRANSMISION. Está formado por tantas TARJETAS DE CANAL como

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

canales de radio tenga asignado el centro. Estamos suponiendo el caso de sesenta canales, por lo que serán necesarias sesenta tarjetas de este tipo.

También se hizo mención de la misión de la CA: estando controlada por la TARJETA DE SEÑALIZACION Y MANDO, deja pasar los tonos correspondintes al estado de selección deseado de los cuatro posibles que recibe de las TARJETAS DIFUSORAS. De esta idea se puede deducir que la TARJETA DE CANAL (fig. 7.11) dispone de:

- cuatro entradas, E1, E2, E5 y E6, por las cuales recibe respectivamente los tonos de selección de TX PAL, TX RVA, RX PAL y RX RVA;

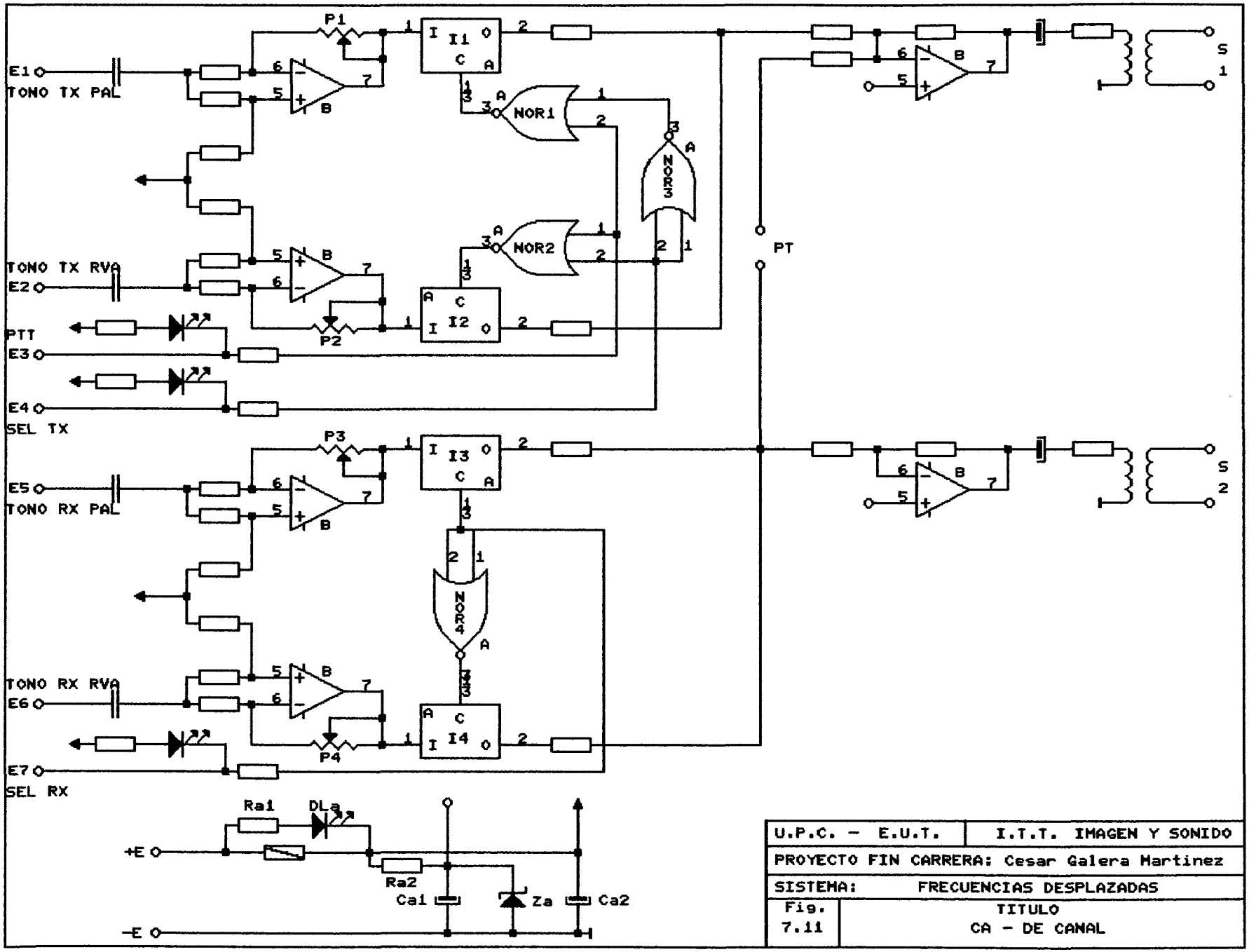
- dos entradas, E4 y E7, por las que se controlan el envío hacia las salidas de los tonos de TX RVA y RX RVA;

- una entrada, E3, de PTT;

- dos salidas, S1 y S2, balanceadas, por las que salen los tonos seleccionados según la tarjeta SM.

En la tarjeta podemos diferenciar dos circuitos que denominaremos: CIRCUITO TRANSMISORES y CIRCUITO RECEPTORES. Cada uno de estos circuitos dispone a su salida de un paso

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

amplificador, que en el caso del CIRCUITO TRANSMISORES, además efectúa una suma dependiendo de que se haya practicado o no el puente PT. Este puente se manipula de la siguiente forma:

a) Puente PT no efectuado.

Las salidas S1 y S2 presentan a su salida, respectivamente, el tono seleccionado para transmisores y para receptores. Esta configuración se utiliza cuando se está controlando el CENTRO DE EMISORES y el CENTRO DE RECEPTORES, es decir, cuando se ejerce la manipulación sobre CENTROS LOCALES.

b) Puente PT efectuado.

Entonces el sumador de salida del CIRCUITO TRANSMISORES recibe el tono de TX y el de RX, presentándolos ambos a la salida S1; en la salida S2 estará solamente el de receptores, pero esta salida no se utilizará. Esta configuración se empleará cuando se trate de comandar sobre un CENTRO COLATERAL al que se hacen llegar los dos tonos de selección por la linea de Tx.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CIRCUITO TRANSMISORES

Por la entrada E1 recibe el tono de selección de TX PAL y por la E2, el de TX RVA. Ambos pasan a sendos pasos amplificadores de entrada con ganancia variable y se presentan en la entrada de sendos interrruptores de estado sólido, I1 e I2, cuya puerta de control está operada por una lógica a base de puertas NOR.

Cuando en la tarjeta de SM se selecciona el transmisor principal, en la entrada E4 de la CA aparece un positivo; dicho positivo bloquea I2 a través de NOR2 y habilita I1 a través de NOR 3 cuando en la entrada de PTT, E3, aparece el cierre a masa característico. La salida de I1 está el tono de selección del TX PAL que se lleva hasta el paso amplificador de la salida.

Cuando en la tarjeta de SM se selecciona el transmisor reserva, aparece en la entrada E4 de la CA un nivel BAJO que bloquea I1 a través de NOR3 y habilita I2 a través de NOR 2 cuando por E3 se recibe el cierre a masa de PTT. En la salida de I1 está ahora el tono de selección de TX RVA que se lleva hacia el paso de salida.

Recuérdese que el tono de selección de transmisores sólo se hacía presente en la línea de Tx cuando se activaba el

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

contacto PTT.

CIRCUITO RECEPTORES

De forma análoga, por la entrada E5 se introduce el tono de selección de RX PAL y por la E6 del de RX RVA. Ambos tonos pasan a sendas etapas amplificadoras de ganancia variable que a su vez los entregan a sendos interruptores de estado sólido I3 e I4. La puerta de control de éstos está controlada por la NOR4 que a su vez recibe la señalización de E7.

Cuando en la tarjeta de SM se selecciona el receptor principal, en la entrada E7 de la CA aparece un positivo; dicho positivo bloquea I4 a través de NOR4 y habilita directamente I3, en cuya salida está el tono de selección del RX PAL que se lleva hasta el paso amplificador de la salida de manera constante.

Cuando en la tarjeta de SM se selecciona el receptor reserva, aparece en la entrada E7 de la CA un nivel BAJO que bloquea I3 directamente y habilita I4 a través de NOR 4. En la salida de I4 está ahora el tono de selección de RX RVA que se lleva hacia el paso de salida, también permanentemente.

Obsérvese ahora que el CIRCUITO RECEPTORES siempre dará

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

paso hacia la salida a uno de los tonos de selección de receptores, lo cual hace posible que siempre exista un tono de selección de RX en la línea de Tx, condición de funcionamiento característica de nuestro sistema.

Convendría en este punto volver a recordar el esquema de bloques de la figura 6.2 (pág. 110) para poder tener una idea más clara de todo el sistema en forma global después de las particularizaciones a las que ha dado lugar.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CAPITULO 8

NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA CADENA DE RECEPCION EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-AIRE EN EL CENTRO DE CONTROL.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

INTRODUCCION.

El nivel de estudio que nos va a ocupar en este capítulo es el encargado de identificar el paquete de información recibido por la línea de Rx desde un centro de transmisores, receptores o un colateral. Se recuerda que de un centro de transmisores se tendrá un tono de señalización; de uno de receptores el audio en banda base junto al tono de señalización de RX; de un colateral se tendrá el audio resultante de una demodulación más los tonos de señalización correspondientes al TX y al RX.

Este nivel se constituye de tres partes (fig. 8.1):

b.1) Panel de Jacks II.

b.2) Compresor.

b.3) U.I.S.

La información recibida pasa al PANEL DE TARJETAS RFDs y FFDs. Aquí es separado el audio de los tonos; éstos últimos son enviados a las RFDs correspondientes que generan el cierre por contacto a masa, el cual se hace llegar al MODULO DE

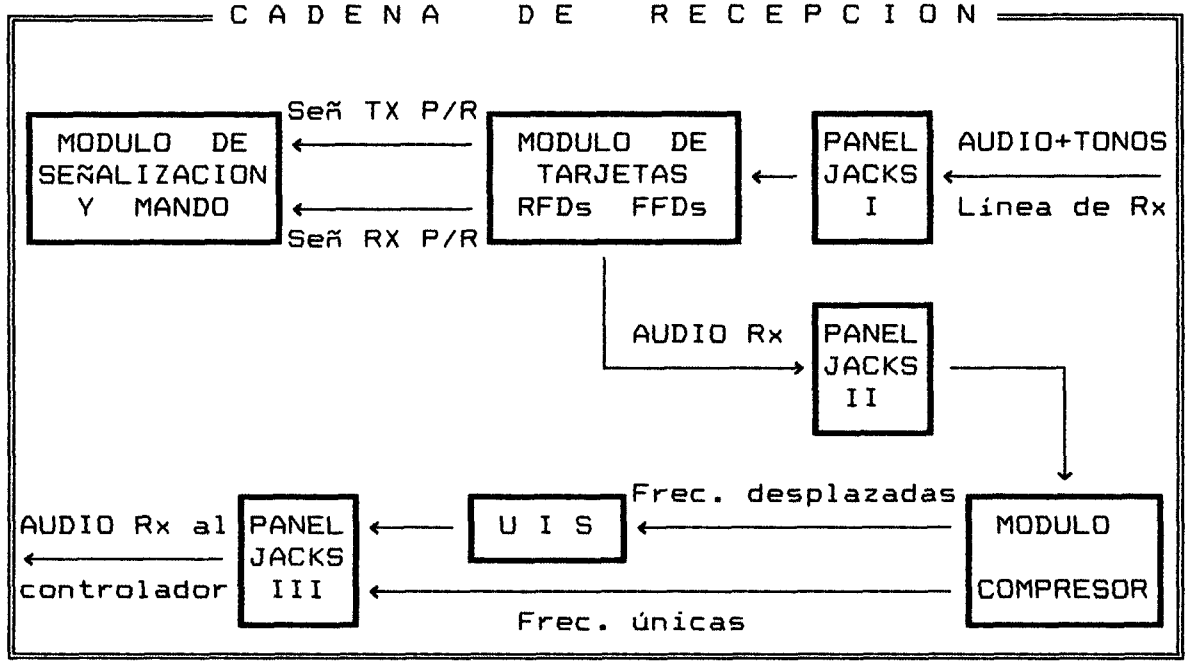


fig. 8.1

SEÑALIZACION Y MANDO dando lugar a la indicación visual del estado de operación de los equipos TX y RX. Ya se estudió tanto el MODULO DE TARJETAS RFDs Y FFDs como el de SEÑALIZACION Y MANDO, por lo que no se volverá a repetir aquí

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

cómo se lleva a cabo toda esta operación.

Por otra parte, el audio se va a hacer llegar al MODULO COMPRESOR a través del PANEL DE JACKS II, en el cual sólo se va a tener audio de recepción con ausencia de tonos. Este tipo de paneles también fueron estudiados en su momento, por lo que tampoco tiene sentido aquí volver a repetirlo.

Tras la operación de compresión existen dos posibilidades:

1) si se trata de una *frecuencia única*, se hará llegar el audio directamente a la consola del operador a través del PANEL DE JACKS III, donde se recuerda que se encontraban los audios tanto de TX como de RX, situándose en el primer punto de paso si miramos desde la sala de controladores hacia la sala de equipos donde se encuentra el sistema que se está analizando.

2) En el caso de una *frecuencia desplazada*, los dos audios correspondientes a la misma frecuencia, tras la compresión, se llevarán hasta una U.I.S. que efectuará una operación de selección para enviar solamente uno de ellos hasta la sala a través del panel de jacks apuntado en el párrafo anterior.

El estudio de este NIVEL DE ELEMENTOS EXCLUSIVOS DE LA

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

CADENA DE RECEPCION constará pues de dos partes: la correspondiente al MODULO DE COMPRESION y a la U.I.S.

B.2) MODULO COMPRESOR.

Supongamos que el piloto de una aeronave está realizando una transmisión. Desde este punto, hasta que el mensaje llegue al altavoz del controlador, van a existir varios factores que determinan una situación que hay que evitar: la diferencia de niveles de los distintos mensajes que un controlador de tráfico aéreo recibe. Vamos a aclarar esta idea un poco más.

Ya se expuso en los primeros capítulos que en un sector de control existen varios canales de radio; en algunos momentos del día existen sectores que tienen asignados hasta quince canales diferentes simultáneamente. Cuando el controlador habla, activa todos los transmisores correspondientes, es decir, su mensaje se transmite en todas las frecuencias disponibles en su sector; sin embargo sólo recibe la contestación del piloto de la aeronave por una de ellas. Esto indica que si los niveles de recepción de los canales asignados son muy diferentes, el controlador se va a encontrar con una situación molesta para realizar su trabajo, debido a que constantemente va a tener que estar variando el volumen del altavoz o de los cascos. Aparece pues la necesidad

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

de disponer de algún sistema que "iguale" los niveles de todas las recepciones que llegan al centro de control, con el objeto de poder ofrecer al sector de control una "uniformidad" de audio en todos los canales.

Los factores de variación de nivel pueden ser múltiples: quince pilotos no hablan con la misma intensidad de voz; puede ocurrir que los transmisores en la aeronaves no estén todos perfectamente ajustados; la distancia de la estación aérea móvil a la antena receptora de tierra también aporta su influencia en esta situación no deseada; los receptores también tienen sus pequeños desajustes; las líneas telefónicas no ofrecen siempre una buena respuesta en frecuencia, y por supuesto, las respuestas de las diferentes líneas difieren unas de otras...

Otra situación indeseada puede producirse por los picos de la señal, ruidos erráticos naturales, inducciones en las líneas, etc. Esto influye en el hecho de que la potencia media de la señal no sea constante en el tiempo. En este sentido, si analizamos la potencia media en intervalos de tiempo regulares, interesa que los resultados se mantengan prácticamente constantes; con ello se evitarían posibles saturaciones transitorias de los elementos que constituyen la cadena de recepción de la señal.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

Existe todavía otra anomalía que hay que tratar de paliar. Si la relación S/R de todo el canal resultara deteriorada por cualquier motivo, se podría tener un nivel de ruido suficiente para que llegara hasta el controlador. Evidentemente ésto hay que evitarlo cuando se produce.

Si resumimos todo lo dicho hasta ahora, llegamos a la siguiente conclusión: existen tres situaciones, suceptibles de producirse, -desigualdad entre los niveles de audio correspondientes a los diferentes canales, picos de señal o de ruido y mala relación S/R del canal- las cuales suponen la reducción de la calidad de las recepciones en su conjunto. El MODULO COMPRESOR de nuestro sistema es el encargado de compensar cualquiera de las tres situaciones citadas. Se compone, para ello, de unas tarjetas denominadas COMPRESORAS que vamos a estudiar a continuación.

TARJETA COMPRESORA

Descripción general

A tenor de lo expuesto anteriormente, la TARJETA COMPRESORA se pensó para:

- comprimir la señal de audio, ofreciendo una salida constante

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

ajustada a 0 dBm al ser excitada con señales comprendidas entre -30 y +10 dBm;

- eliminar los picos de señal indeseados, atenuándolos y ofreciéndolos a la salida, también a un nivel de 0 dBm;

- atenuar aquellas señales que no superan un nivel previamente fijado (por debajo de los -30 dBm) por lo que la salida de esta tarjeta se sitúa en -60 dBm cuando la entrada no es excitada o la excitación resulta insuficiente.

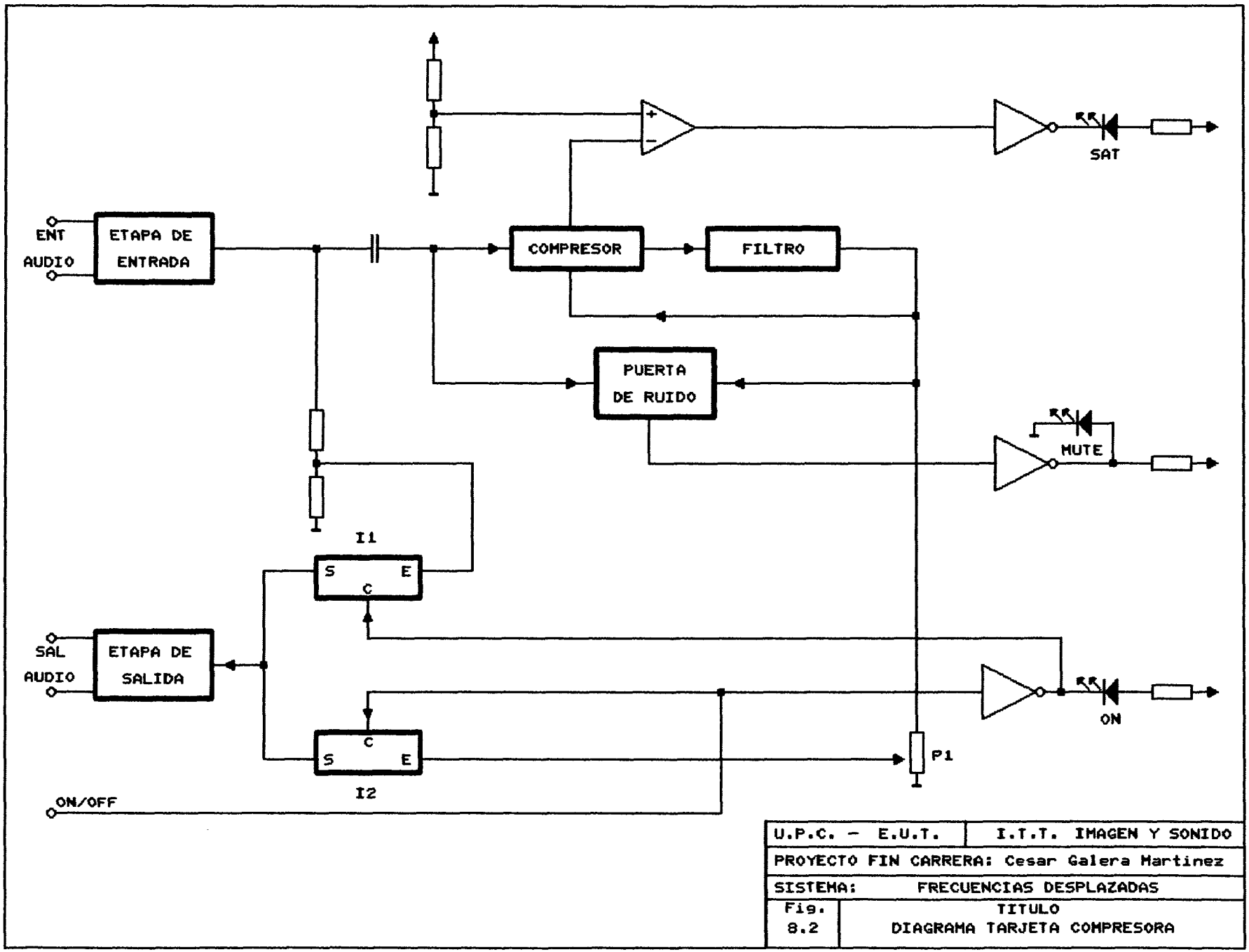
Con la consecución de estos tres objetivos se consigue que las señales se presenten a la salida con un nivel de potencia media constante en el tiempo.

Descripción detallada

En la figura 8.2 se ha resumido la TARJETA COMPRESORA en un diagrama de bloques, pudiéndose distinguir las siguientes partes bien diferenciadas:

- *Etapa de entrada.* Está formada por un amplificador diferencial que desbalancea la señal de entrada y la amplifica aportando a todo el conjunto unas buenas prestaciones de inmunidad al ruido exterior.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

- *Etapa de salida*. Compuesta por un nuevo paso amplificador que balancea la señal que proviene del *bloque de conmutación* que le precede.

- *Bloque de conmutación de la señal de salida*. Habilita hacia la salida, o bien el audio sin comprimir directamente desde la *etapa de entrada*, o bien el audio comprimido de los circuitos que realizan esta operación. Se ofrece así la posibilidad de que esta tarjeta pueda servir, cuando se desee, únicamente de paso amplificador. Para ello dispone de dos INTERRUPTORES DE ESTADO SOLIDO, cuyas señales de control están manipuladas por un conmutador de puesta ON/OFF de la función de compresión. En la figura 8.2 se observa que si en la entrada ON/OFF se activa ON, además de encenderse el LED de indicación, se habilita el I2 y se bolquea el I1, por lo que a la salida se tiene el audio comprimido; si se activase OFF, entonces se invalidaría I2 y la señal de entrada de la tarjeta pasaría a la ETAPA DE SALIDA a través de I1.

- *Circuito compresor*. Este circuito realiza dos funciones básicas: la compresión del nivel de entrada de la señal de audio y la supresión de los picos indeseados, para lo cual toma una muestra del nivel de audio a la salida del *filtro*.

- *Filtro*. Este circuito es un filtro activo que se incorpora para ofrecer la posibilidad de un ajuste subjetivo y que

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

depende de cómo se desee escuchar la comunicación.

- *Puerta de ruido.* Es la etapa encargada de disminuir al máximo la señal de salida cuando la de entrada cae por debajo del umbral preestablecido.

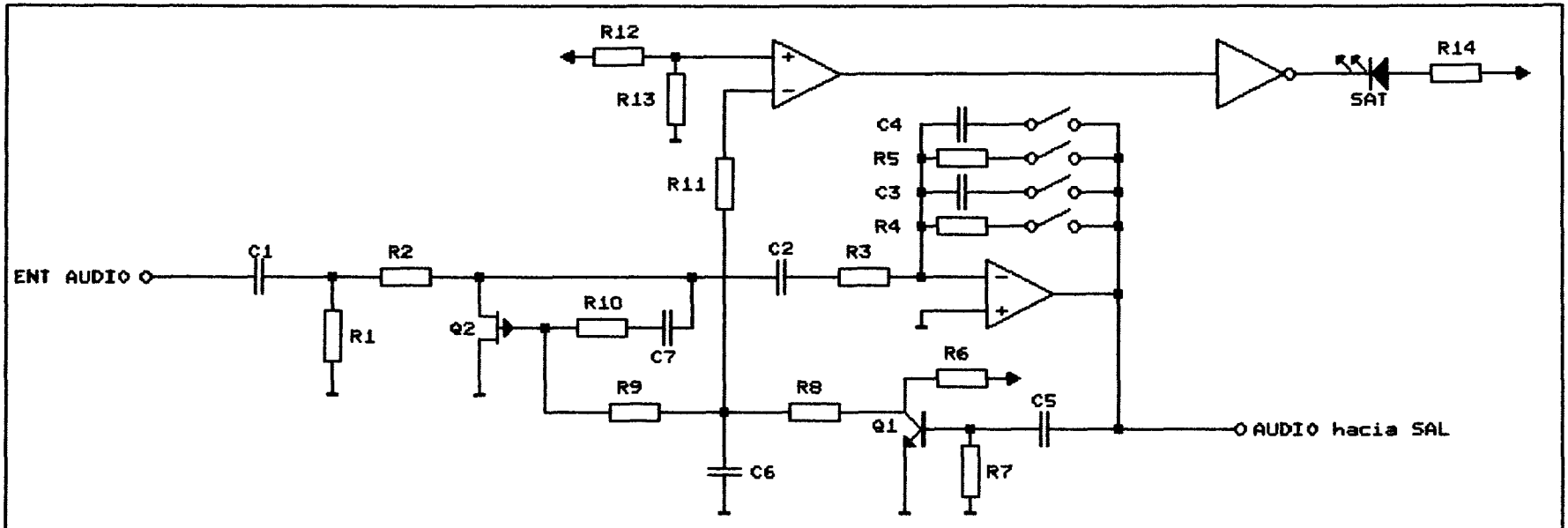
Estos tres bloques últimos son los que más interés pueden ofrecer, por lo que se va a profundizar un poco más en su estudio. En la figura 8.3 se reflejan sus correspondientes esquemas.

Compresor de audio

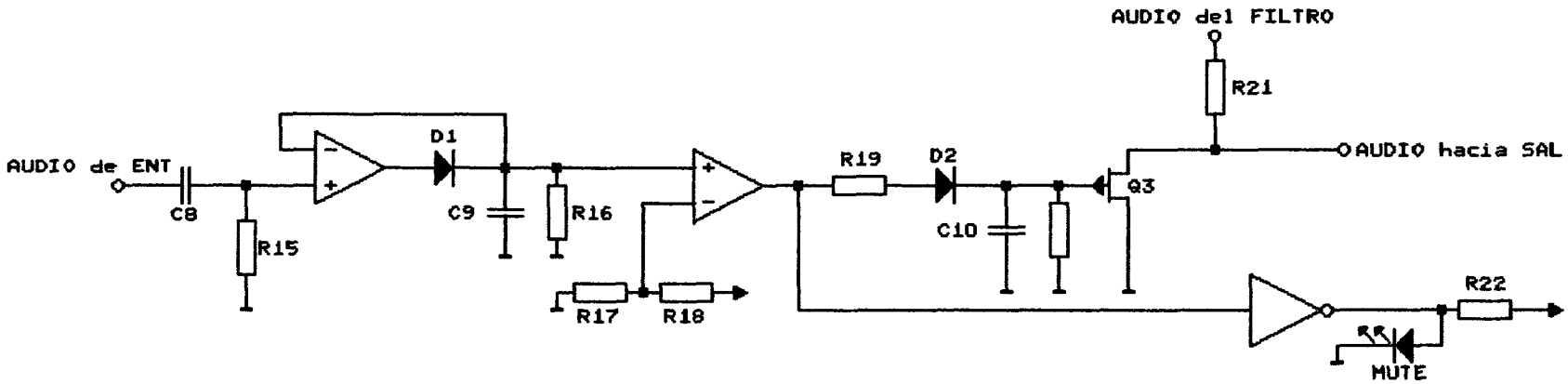
Existen varias formas de efectuar una compresión de audio; tal vez, la más extendida sea la que utiliza un amplificador de ganancia variable controlada mediante la red de realimentación. En nuestro caso, el circuito COMPRESOR trabaja inyectando más o menos señal en el paso amplificador, constituido por el FILTRO PASO BANDA cuya ganancia es constante.

El condensador C1 (fig. 8.3 a) acopla la señal de entrada, eliminando la componente continua de la misma; esta señal se aplica al FILTRO a través de R2. De la salida de éste se toma una muestra a través de C5, que bloquea la continua,

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



a) COMPRESOR Y FILTRO



b) PUERTA DE RUIDO

U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA:	FRECUENCIAS DESPLAZADAS
Fig. 8.3	TITULO COMP - COMPRESORA

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

polarizando en principio Q1 en la región de corte. El nivel de señal establecerá la conducción de Q1 mediante R7. De esta manera, la tensión del colector será aplicada a C6 a través de R8.

Supongamos que la señal a la salida del FILTRO es pequeña. La tensión de colector de Q1 será próxima al valor de Vcc, por lo que diremos que en C6 existe un nivel ALTO, que al ser aplicado a la puerta del JFET-P a través de R9, provocará una elevada resistencia en el camino drenador-fuente, incrementando la señal que se aplica al FILTRO, por ser menor la caída en R2. La diferencia de tensión entre R9 y R10 determinará la resistencia de Q2, de manera que para un valor fijo de caída en C6, al aumentar la de C7 provocará un menor valor de V_{GS}, disminuyendo entonces la resistencia de drenador-fuente, y con ello una menor entrada de señal al filtro.

Situémonos ahora en el caso de que del FILTRO ha sido excitado por un pico de señal; su salida hará que Q1 se sature. La entrada inversora del comparador COMP tendrá un nivel BAJO, lo que provocará el encendido del LED SAT, dando una indicación visual de esta situación. La puerta de Q2 estará ahora muy próxima a cero voltios; la unión drenador-fuente presentará ahora una impedancia muy baja, disminuyendo por lo tanto el nivel de señal que se aplicará al

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

filtro.

El mecanismo, pues, consiste en variar la impedancia del JFET, lo que determinará el nivel de señal que entrará en el paso amplificador constituido por el FILTRO.

Filtro paso banda

Está formado por un operacional junto a C2, C3, C4, R3, R4 y R5. La impedancia compleja de la red de realimentación es suceptible de ser modificada mediante unos interruptores, lo que se traduce en una variación de la respuesta del circuito cuya función de transferencia es:

$$H(S) = -\frac{Ro \cdot Ci}{Ri \cdot Ci + Ro \cdot Co} \cdot \frac{S \cdot \dfrac{Ri \cdot Ci + Ro \cdot Co}{Ri \cdot Ro \cdot Ci \cdot Co}}{S^2 + S \cdot \dfrac{Ri \cdot Ci + Ro \cdot Co}{Ri \cdot Ro \cdot Ci \cdot Co} + \dfrac{1}{Ri \cdot Ro \cdot Ci \cdot Co}}$$

Donde se han identificado:

Ri = R3 Ro = resultante de las combinaciones de R4 y R5

Ci = C2 Co = resultante de las combinaciones de C3 y C4

De la relación anterior se obtienen las funciones de los parámetros más significativos de este filtro: ganancia (H),

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

frecuencia de corte (ω_o) y ancho de banda (AB).

$H=\frac{Ro\cdot Ci}{Ri\cdot Ci+Ro\cdot Co}$	$\omega_o=\frac{1}{\left(Ri\cdot Ro\cdot Ci\cdot Co\right)^{\frac{1}{2}}}$	$AB=\frac{Ri\cdot Ci+Ro\cdot Co}{Ri\cdot Ro\cdot Ci\cdot Co}$

Del estudio de estas tres funciones se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1º) Al aumentar Co y Ro (cerrando los interruptores de C3 y C4 y el de R4 o R5) disminuirán la ganancia, la frecuencia de corte y el ancho de banda. Tendremos, pues, un sonido menos agudo.

2º) Si disminuye Co y Ro (cerrando los interruptores de R4 y R5 y el de C3 o C4), entonces aumentan la ganancia, la frecuencia de corte y el ancho de banda. El filtro proporcionará una señal que corresponderá a un sonido más agudo.

3º) Si se elimina Co (abriendo los interruptores de C3 y C4), entonces tenemos un filtro paso alto constituido por C2 y con ganacia Ro/R3. Esta posibilidad no es recomendable porque deja de ser efectivo el filtro paso banda.

4º) Eliminando Ro (abriendo los interruptores de R4 y R5),

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Bibliotecas Universitaria, 2006

entonces la ganancia del filtro es prácticamente nula, ya que está determinada por la resistencia interna del condensador. Esta situación, pues, habrá de evitarse.

Puerta de ruido

Este cicuito es el que bolquea la señal procedente del filtro hacia la salida, cuando el nivel de la de entrada no supera el umbral establecido.

Para ello (fig. 8.3 b) la señal desde la ENT AUDIO se lleva, a través de C8, a un rectificador compuesto por un operacional, D1, C9 y R16. El nivel de continua en R16 se compara con el establecido por el divisor formado por R17 y R18, de manera que cuando lo supera, el compaador entrega un nivel ALTO que va a provocar el corte de Q3, por lo que todo el audio procedente del filtro sigue su camino hacia la salida.

Cuando el nivel de audio de entrada no es suficiente, entonces el comparador entregará un nivel BAJO. El hecho de que V_{GS}= 0, provoca que no exista audio hacia la salida, ya que el drenador queda prácticamente a potencial cero.

Por lo tanto, el nivel de señal hacia la salida sigue al

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

que esté presente en el drenador de Q3, por lo que controlando a éste, según el nivel de señal en la entrada, se puede ofrecer una ausencia de señal en la salida, dando con ello, una sensación de gran limpieza del canal.

B.3) UNIDAD INTEGRADORA DE SEÑALES: U.I.S.

DESCRIPCION GENERAL

Como ya se dijo con anterioridad, la UIS constituye el último paso antes de hacer llegar el audio de recepción al controlador, siendo su uso dedicado exclusivamente a las frecuencias desplazadas. Establece un proceso de comparación de las dos señales de audio que se aplican en las entradas, seleccionando hacia la salida aquella que mayor nivel presenta.

Esta unidad funcionará tanto mejor cuanto más uniforme en el tiempo sea el nivel de potencia media de las señales que se le aplican; ello es debido a la estructura del proceso que realiza la comparación y que más adelante veremos.

Estamos, pues, ante un equipo diseñado para su uso en recepción, comparación y selección de señales de audio procedentes de dos fuentes distintas; a él se conectan dos

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

recepctores que entregan sus señales de audio y de SQUELCH.

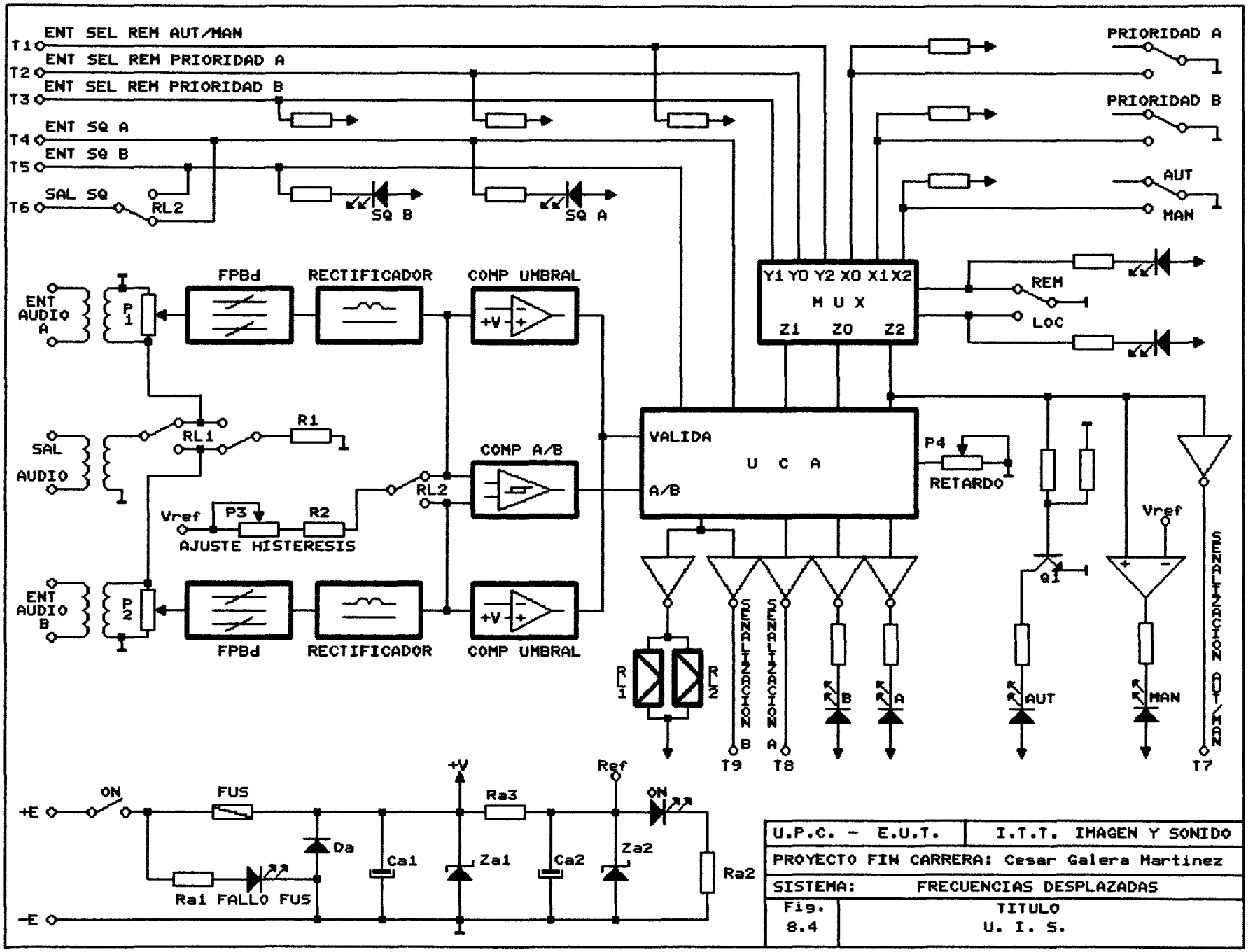
Un aspecto característico de la UIS es la existencia de un tiempo de retardo, desde la recepción de la primera señalización de SQUELCH, durante el cual no se va a realizar comparación alguna. Una vez transcurrido dicho intervalo temporal, se selecciona hacia la salida la señal de audio de mayor nivel. Esto es debido a que, lógicamente, siempre llegará primero la señalización de SQUELCH del receptor que esté geográficamente mas cercano al lugar donde se ubica la UIS, sin tener que implicar ello, que su señal de audio sea mayor que la del receptor más alejado.

Otra característica importante es la no comparación de los audios cuando las señales de entrada no superan un nivel mínimo preestablecido.

Una tercera cualidad de la UIS es la existencia de un ciclo de histéresis en el comparador de audio, con el objeto de evitar la conmutación continua en el caso de que las señales tengan niveles muy parecidos.

Por último, el modo de operación de la unidad se puede efectuar de forma LOCAL o REMOTA, y en modo AUTOMATICO o MANUAL, aunque en este último modo, la comparación no tiene efecto sobre la salida del equipo, ya que desde su frontal se

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006



U.P.C. - E.U.T.	I.T.T. IMAGEN Y SONIDO
PROYECTO FIN CARRERA: Cesar Galera Martinez	
SISTEMA: FRECUENCIAS DESPLAZADAS	
Fig. 8.4	TITULO U. I. S.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

escoge el audio que se desea a la salida de forma permanente, sea cual sea el nivel de la otra señal de audio. Los terminales de entrada y salida, así como los interruptores de la unidad están perfectamente detallados en el esquema de la figura 8.4.

DESCRIPCION DETALLADA

El "corazón" de la UIS lo constituye un circuito híbrido denominado U.C.A. o UNIDAD DE CONMUTACION AUTOMATICA. Ella es la que, en función de una señales de control, produce o no la conmutación de dos relés mecánicos, RL1 y RL2. El relé RL1 es que el da paso hacia el transformador de audio de salida a uno de los dos audios presentes en las entradas, pasando el otro a una carga - R1 - conectada a masa. El relé RL2 produce dos acciones: una, la de dar paso al terminal T6 de salida de SQUELCH a la señalización de SQ del audio seleccionado, y que entran por los terminales T4 y T5; otra, la de conectar una tensión de referencia, proporcionada a través de P3 y R2, a la entrada del comparador de audio, COMP A/B, correspondiente a la señal de audio seleccionada en ese momento, con lo que se establece el ciclo de histéresis de este comparador (ajustable hasta 3dB).

Las entradas de audio se aplican a una cadena compuesta

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

por un FILTRO PASO BANDA y un RECTIFICADOR, que proporciona a su salida un nivel de tensión continua proporcional a la señal de audio aplicada a la entrada. Este nivel de continua se lleva a dos comparadores:

- comparador umbral; cuando en los dos COM UMBRAL no llega nivel suficiente se produce un nivel ALTO que inhabilita el funcionamiento del circuito UCA;

- comparador de audio - COMP A/B - que entrega un nivel ALTO o BAJO a la UCA, según la comparación entre los niveles que entregan los RECTIFICADORES; la UCA interpretará el valor que le proporciona este comparador dando lugar o no a la conmutación de los relés.

Los terminales de entrada de SQ, T4 y T5 se llevan a la UCA para el establecimiento del tiempo de retardo mencionado anteriormente, y que es ajustabe mediante el potenciómetro P4.

Las otras entradas de la UNIDAD DE CONMUTACION AUTOMATICA las proporciona un multiplexor (MUX), y en función de ellas provocará o no la conmutación automática. El funcionamiento de este MUX es similar al de los que se vieron al estudiar las UCT y UCR. Sus entradas de control están gobernadas por el conmutador REM/LOC. En el caso de estar este conmutador en REM, las salidas Zi del MUX presentarán los

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

estados que existan en las entradas T1, T2 y T3 de selección remota de funcionamiento automático o manual, y en este último caso, de selección del audio A (PRIORIDAD A), o del B. Si el conmutador está en posición LOCAL se dará paso a la salida del MUX a los valores de las dentradas Xi correspondientes a las mismas funciones, sólo que esta vez, activadas mediante los comnutadores que hay en el frontal de la unidad PRIORIDAD A, PRIORIDAD B y SELECCION AUT/MAN.

Aunque no es posible presentar aquí el esquema de la UCA, es fácil deducir que se trata de una lógica combinacional (más o menos compleja) que implementa la función conmutación o no conmutación de relés mediante las variables de entrada descritas.

De la salida Z2 del MUX se obtiene el control para una señalización de tipo visual mediante LEDs del estado de operación, automático o manual, del equipo, y otra señalización para el envío hacia una estación de control remoto cuando se presente esta circunstancia.

La UCA, así mismo, dispone también sus salidas para dar la oportuna indicación visual, señalización remota, y la conmutación de los relés.

Las tensiones de referencia y de funcionamiento, se

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

obtienen de la etapa de alimentación, muy similar a otras vistas en anteriores exposiciones, por lo que no se va a incidir de nuevo en su estudio.

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- EDITEC/REDE. *"Osciladores"*. Ed. Rede, Barcelona, 1989.
- GONZALEZ BERNALDO DE QUIROS, Julio. *"Radar y ayudas a la navegación aérea"*. Ed. Paraninfo, Madrid, 1984.
- MUÑOZ MERINO, Elías. *"Circuitos Electrónicos: Analógicos II"* Ed. ETSIT, Madrid, 1984.
- SCHILLING y BELOVE. *"Circuitos electrónicos discretos e integrados"*. Ed. McGraw Hill, Barcelona, 1985.

Para la confección de este trabajo se ha utilizado un ordenador PC-XT, PHILIPS NMS 9110 con impresora EPSON LX-800.

Los programas usados han sido:

- CHIWRITER V3.10; Horstmann Software Design Corporation, 1988
- OrCAD/SDT V1.23; OrCAD Systems Corporation, 1986

© Del documento, los autores. Digitalización realizada por ULPGC. Biblioteca Universitaria, 2006