

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN CONTROLADOR DE RADAR MST  
PARA LA BASE ANTARTICA PERUANA, " MACHU PICCHU"**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRONICO**

**JULIO VICTOR URBINA ARIAS**

*Promoción 1989 - 1*

**LIMA, - PERU - 1993**

## SUMARIO

Se ha diseñado e implementado un Controlador de Radar del tipo MST (Mesósfera, eStratósfera, Tropósfera) para la base Antártica Peruana de Machu Picchu. El sistema forma parte del Radar MST del Perú para el Continente Antártico con el propósito de estudiar la dinámica y turbulencia de la baja (Tropósfera y Estratósfera) media atmósfera (Mesósfera) para explicar el fenómeno del agujero de ozono.

El Controlador de Radar desarrollado es capaz de producir ocho trenes de pulsos digitales de duración y secuencia arbitraria, en ocho líneas diferentes, cuya secuencia de cada una de las líneas se preprograma a través de un puerto serial RS-232, en nuestro caso conectado a una Computadora Personal. La secuencia de cada uno de los pulsos la define el operador editando una pantalla de texto donde se especifica la duración de los pulsos a generarse.

El sistema desarrollado operó en la Antártida durante la Expedición ANTAR IV del Perú a esa región en el verano de este año, con resultados exitosos. Debo indicar también que los datos obtenidos durante ese periodo son los primeros en su genero.

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN CONTROLADOR DE RADAR MST  
PARA LA BASE ANTARTICA PERUANA, " MACHU PICCHU"**

## EXTRACTO

TITULO : DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN CONTROLADOR  
DE RADAR MST PARA LA BASE ANTARTICA  
PERUANA, "MACHU PICCHU"

Bachiller : Julio Víctor Urbina Arias.

Grado que opta : Título Profesional

Especialidad : INGENIERIA ELECTRONICA

Facultad : FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y  
ELECTRONICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LIMA - 1993

## CONTENIDO

Se describe el diseño e implementación de un Controlador de Radar del tipo MST. Se desarrolló este sistema con fines de hacer estudios de baja y media atmósfera en el Continente Antártico, para entender el fenómeno de ozono, como parte del programa científico antártico peruano.

El Controlador de Radar -tema de esta tesis- produce cada uno de los pulsos que requiere un radar en general, en nuestro caso utilizado como parte de un Radar del tipo MST, entre los pulsos que se necesitan para un radar tenemos: el pulso que controla la salida del pulso del transmisor, puede también generar otro pulso para modular su fase, lo que permite codificar el pulso del transmisor, suministra también los pulsos que controlan el muestreo de las señales recibidas y su sincronismo con el pulso del transmisor.

El sistema desarrollado es capaz de producir ocho trenes de pulsos digitales de duración y secuencia arbitraria, en ocho líneas diferentes, cuya secuencia de cada una de las líneas se preprograma a través de un puerto serial RS-232, en nuestro caso conectado a una Computadora Personal. La secuencia de cada uno de los pulsos la define el operador editando una pantalla de texto donde se especifica la duración de los pulsos a generarse.

El software desarrollado para preprogramar al controlador de radar permiten al operador o científico usuario controlar facilmente todos los parámetros de éste como son la altura mínima a muestrear, la distancia entre muestras, el número de muestras, el ancho del pulso de transmisor y su repetición, la codificación del pulso de transmisor (que en esta primera fase de la campaña no se utilizó pero que se empleará en la segunda fase) y otros parámetros en forma interactiva a través del terminal de la computadora.

## INDICE

	Página
<b>PROLOGO</b>	1
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b>	4
1.1 El ozono	4
1.2 El ozono en la Antártida	5
1.3 Descripción del Sistema Radar del Tipo MST para la Base Antártica Peruana de "Machu Picchu"	8
1.3.1 Sistema de Radiofrecuencia	8
1.3.1.1 Antenas	10
1.3.1.2 Transmisores y receptores	10
1.3.2 Sistema Digital	13
1.3.2.1 Controlador de Radar	13
1.3.2.2 Sistema de digitalización y procesamiento de datos	13
1.3.2.3 La Red Local (LAN) y la Estación de Trabajo (Workstation)	14
<b>CAPITULO II: EL CONTROLADOR DE RADAR</b>	
2.1 Generalidades	16

2.2 Requerimientos	18
2.3 Consideraciones del Diseño	20

### **CAPITULO III: HARDWARE DEL CONTROLADOR DE RADAR**

3.1 Diagrama y Funcionamiento en Bloques del Sistema	22
3.2 Descripción detallada de los circuitos	27
3.2.1 Definición de un Comando por hardware del Controlador de Radar	27
3.2.2 Tarjeta de Conversión Serie-Paralelo/ Paralelo-Serie	32
3.2.3 Tarjeta de Conversión de Comandos y Datos	38
3.2.4 Tarjeta de Controlador de Radar	40
3.2.5 Tarjeta de Memorias	48
3.2.6 Tarjeta de Generación de Pulsos	50
3.2.7 Tarjeta de Oscilador Maestro	54

### **CAPITULO IV: SOFTWARE DEL CONTROLADOR DE RADAR**

4.1 Programa RADARC.C	56
4.1.1 Descripción del Programa RADARC.C	57
4.1.2 Teclas de Función	58
4.2 Programa STXMST.FOR	60

4.2.1 Descripción del Programa STXMST.FOR	60
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	69
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	72

## **APENDICES**

Apéndice A : Características del Protocolo RS-232

Apéndice B : Servicios de Interrupción del ROM BIOS

Apéndice C : Listado de los programas desarrollados

Apéndice D : Características de los componentes electrónicos mas importantes

Apéndice E : Listado de Partes y Tarjetas

Apéndice F : Listado del Software de procesamiento y resultados de los experimentos de la Antártida

## PROLOGO

El siguiente trabajo forma parte de un proyecto conjunto elaborado por el Instituto Geofísico del Perú a través del Radio Observatorio de Jicamarca, la Universidad de Piura y la Marina de Guerra del Perú, con el propósito de desarrollar un Sistema Completo de Radar del tipo MST (de Mesósfera, eStratósfera y Tropósfera) a instalarse en la Base Antártica Peruana "Machu Picchu". Con tal propósito se distribuyó el trabajo entre las instituciones participantes: el Radio Observatorio de Jicamarca se encargó del diseño y construcción del Controlador de Radar - tema de esta tesis - , la Universidad de Piura (UDEP) del diseño y construcción del Sistema de Adquisición de Datos, y la Marina de Guerra de prefabricar la antena que se construiría en la Antártida.

La instalación del radar en la zona antártica tiene como objetivo principal: estudiar los procesos dinámicos de la atmósfera superior baja de 1 a 20 Km en la región polar del hemisferio meridional, utilizando técnicas de

radar MST; determinar el movimiento vertical promedio de la atmósfera baja y su conexión con el problema de ozono; suministrar un patrullaje continuo del campo de vientos en la región polar, de la cual existe escasa información meteorológica; detectar la presencia de nubes estratosféricas polares, las cuales podrían tener un rol importante como catalizadores de procesos químicos que destruyen el ozono; investigar la sensibilidad del radar y establecer su eficacia para la investigación antártica y continuar con la transferencia de ciencia y tecnología en el Perú, en el área de radares.

En el capítulo I se describe en forma general el sistema llevado a la Antártida. La descripción del Controlador de Radar la hago en los tres capítulos siguientes, en el capítulo II se describen las generalidades de un Controlador de Radar y los criterios de diseño. El hardware del Controlador de Radar es detallado en el capítulo III, el software necesario para la programación de él se describe en el capítulo IV. Finalmente se incluye las conclusiones y recomendaciones al presente trabajo. También he creído necesario incluir como apéndice el listado del programa que se utilizó para producir espectros de potencia , casi en tiempo real, de las diferentes alturas que se observaron en la Antártida, con la intención de ilustrar al lector los resultados obtenidos con este sistema.

Deseo expresar mi especial agradecimiento al Dr. Ronald Woodman, Director del Radio Observatorio de Jicamarca por su invaluable apoyo a este trabajo, él lo propició, estimuló y apoyó decididamente.

En la etapa de implementación y pruebas expreso mi agradecimiento al Sr. Francisco Buendía por su constante apoyo y colaboración, así como también al Sr. Jorge Briceño por su colaboración en el software del Controlador de Radar. Agradezco también al Sr. Fernando Villanueva por su apoyo incondicional y sugerencias. También le agradezco al Sr. Luis Condori por su colaboración. Hago extensivo mi agradecimiento a todo el personal del Observatorio.

enormemente confinado a la estratósfera, con una concentración molecular máxima alrededor de 22 Km y la proporción de mezcla máxima cerca de 35 Km. El ozono por su absorción de la radiación solar de longitudes de ondas menores a 300 nm, proporciona la fuente de calor que es responsable del incremento de temperatura global promedio entre la tropopausa y la estratopausa; en la ausencia de ozono no habría estratósfera! (Leovy). La capa de ozono a través de la absorción de radiación ultravioleta dañina, es esencial para la salud de la vida vegetal y animal. Por lo tanto, el estudio de la formación, mantención, y estabilidad de la capa de ozono es un aspecto crítico.

Chapman(1930) formuló el primer modelo plausible para la existencia y estructura vertical de la capa de ozono. El mecanismo de Chapman empieza con la fotólisis del  $O_2$  por la radiación ultravioleta de longitudes de ondas inferiores a 250 nm. El átomo de oxígeno producido se combina con la molécula de oxígeno de la tierra-estable para formar el ozono.

## 1.2. El ozono en la Antártida

El interés por estudiar la atmósfera de la región antártica viene recibiendo especial atención de la comunidad científica desde que, en 1985, los científicos del Programa Británico de Levantamiento Antártico dieron a conocer que las observaciones del contenido de ozono mostraban un mínimo muy pronunciado durante la primavera austral, fenómeno que se conoce

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

La actividad humana en el campo industrial ha causado un incremento marcado en la concentración de gases en la atmósfera. Estos gases pueden variar la concentración de ozono existente en ella, el cual es vital para la vida en la tierra. Esta variación puede ser directa a través de la fotoquímica o indirectamente cambiando el nivel de radiación y por lo tanto la temperatura y química de la atmósfera.

### 1.1. El ozono

Una pregunta que una persona común y corriente puede hacer es por qué es importante el ozono? El ozono es responsable de que exista vida en el planeta, si éste desaparece también desaparecería todo ser viviente sobre la tierra. El ozono filtra la radiación ultravioleta proveniente del sol y que es dañina para el ser humano.

Se conoce por mas de 50 años que el ozono en la atmósfera está

como el agujero de ozono de la Antártida. Lo inesperado de este descubrimiento, la magnitud del fenómeno y la preocupación del mundo entero por su implicancia ecológica, han motivado a que se intensifiquen los programas de observación del contenido de ozono y de otros parámetros atmosféricos que permitan un mejor entendimiento de los procesos químicos y físicos que controlan la concentración y distribución de ozono en la atmósfera antártica. El ozono se produce a latitudes ecuatoriales y es transportado por los vientos a los polos. Durante la primavera austral (Enero-Febrero) se produce un vórtex en la Antártida que impide que el nuevo ozono proveniente de las zonas que lo producen se mezcle en esta región debilitando a estas latitudes el contenido de ozono. De ahí la importancia de poder observar el comportamiento de los vientos para entender el fenómeno.

La información observacional, que se necesita para elaborar modelos físico-matemáticos que describan la variación espacial y temporal del contenido de ozono, es todavía insuficiente para establecer una hipótesis correcta sobre la cual se sustentarán estos modelos. De manera particular, hace falta información sobre los procesos dinámicos que se dan en la tropósfera y estratósfera, y de su dependencia latitudinal; los cuales controlan el transporte de ozono de la región de producción fotoquímica a la región polar, así como de energía térmica y de compuestos cloro-fluoro-carbonos hacia y dentro de la región polar. Estos procesos dinámicos incluyen los sistemas de circulación atmosférica, vientos, ondas de gravedad y turbulencia

de aire claro, entre otros.

Con el propósito de contribuir directamente a la medición de estos procesos físicos, existe interés en instalar en la región polar antártica una red de radares tipo MST que permitan patrullar en forma continua estos fenómenos, suministrando perfiles verticales de su comportamiento a nivel local y de su variación latitudinal. Si consideramos que estos radares estarían ubicados a diferentes latitudes, el rango de alturas accesibles a estos radares sería de 1 a 15 ó 20 Km aproximadamente.

El Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) ha cumplido una labor muy activa en la concepción y desarrollo de los radares MST. El personal científico y técnico del ROJ contribuyó desde el inicio en demostrar la bondad de la técnica del radar en frecuencias muy altas para observar la mesósfera (región eléctricamente neutra de la atmósfera superior inmediatamente debajo de la ionósfera). La técnica ha sido perfeccionada con el aporte técnico de la comunidad científica internacional, y es considerada como una técnica indispensable para la investigación de la alta y baja atmósfera. Hoy en día se cuenta con sistemas de operación continua - relativamente de bajo costo - de alta confiabilidad y de mínima supervisión directa para su operación.

Con este propósito es que se coordina un proyecto cooperativo para desarrollar, implementar e instalar un radar MST en la base antártica peruana, como parte del programa científico peruano antártico, en el que participan la

Agencia Nacional para Oceanografía y Atmósfera (NOAA) y la Universidad de Colorado con la financiación de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NFS), el Instituto Geofísico del Perú a través del Radio Observatorio de Jicamarca, la Universidad de Piura y la Marina de Guerra del Perú.

### 1.3 Descripción del Sistema Radar del Tipo MST para la Base Antártica Peruana de "Machu Picchu"

Un radar es un sistema que envía pulsos de radiofrecuencia y recibe y analiza las señales que retornan al chocar con un objeto. Un radar MST es un instrumento que permite medir la velocidad y dirección de los vientos, en particular un radar MST es aquel que puede usarse para observar la tropósfera, estratósfera, y mesósfera. Las frecuencias que normalmente se usan pertenecen a la banda VHF, en nuestro caso se usó 50Mhz.

La figura 1.1 muestra en forma de diagrama de bloques el diseño final del sistema que se llevó a la Antártida. A continuación una descripción de cada uno de los elementos.

#### 1.3.1 Sistema de Radiofrecuencia.

El sistema de radiofrecuencia lo integran la antena, los transmisores y receptores. A continuación una descripción breve de cada uno de ellos.

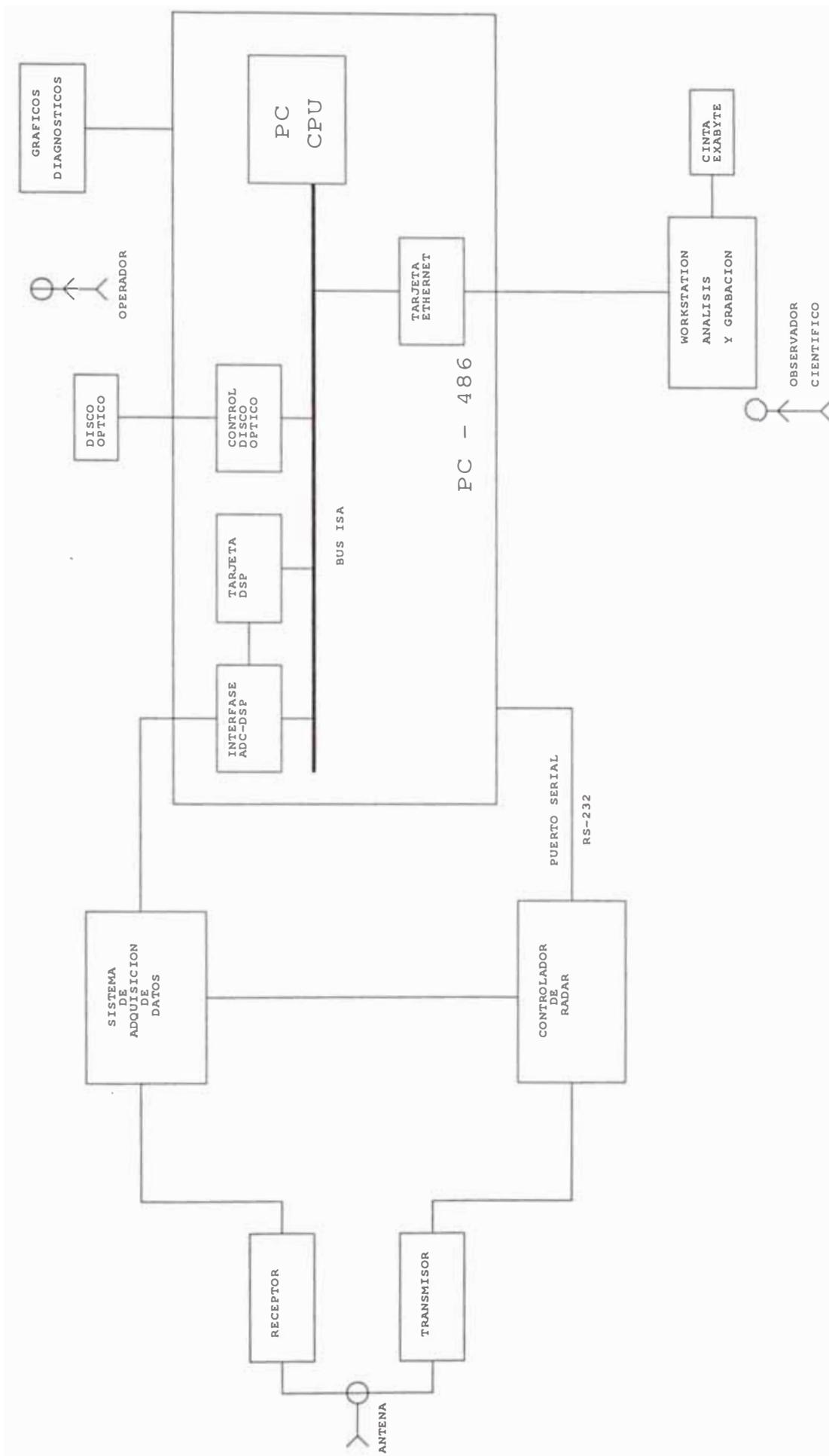


FIG. 1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE RADAR ANTARTICO

1.3.1.1 Antenas.- Es un arreglo de dipolos constituido por cuatro arreglos planares de 16 antenas lineales del tipo COCO (Coaxial-Colinear), cada elemento lineal consta a su vez de 24 dipolos. Los cuatro arreglos están agrupados en dos pares con polarizaciones cruzadas ocupando el mismo espacio y cubriendo un área cuadrada de 50x50 m. Los dos pares cuadrados se han instalado lado a lado cubriendo una área de 100x50 m en forma casi rectangular. El rectángulo ha sido dislocado en la unión de los dos pares con un desplazamiento de 20 m para adecuarse a la disponibilidad del terreno plano. Dos de las cuatro antenas, de una polarización han sido conectadas en paralelo y enfasadas para apuntar en una dirección inclinada del zenith en 15 en dirección Oeste. Una de las antenas restantes está enfasada para apuntar en dirección vertical, y la otra en dirección 15 Norte. La figura 1.2 muestra el campo de antenas instalado en la base peruana.

1.3.1.2 Transmisores y receptores.- Los transmisores y receptores fueron habilitados de unidades de repuesto del radar de la UDEP y de su propiedad. A la Antártida se llevó dos receptores y dos transmisores. La figura 1.3 muestra de izquierda a derecha y exterior al cuarto mallado, los receptores, un osciloscopio, el transmisor, un medidor de fase y la fuente de poder del transmisor.

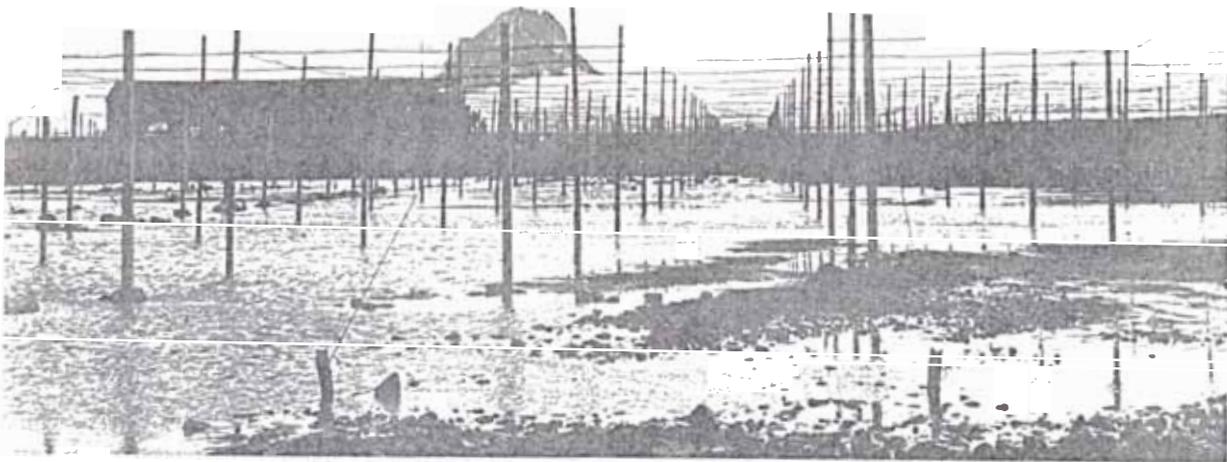


Fig. 1.2 Campo de Antenas CO-CO instalado en la Base Peruana "Machu Picchu".

### 1.3.2 Sistema Digital

Está formado por el Controlador de Radar, Sistema de adquisición, una Computadora Personal, una "Workstation" Sun, un unidad de disco óptico, una unidad de cinta de 8 mm. A continuación se describe globalmente cada una de sus partes.

1.3.2.1 Controlador de Radar.- La función del Controlador de Radar (CR) es generar los pulsos que controlan la salida del transmisor, los pulsos para controlar el muestreo de las señales análogas recibidas por el radar y su sincronismo con el pulso para de transmisor. Adicionalmente el sistema provee otras líneas de pulsos que describiré posteriormente.

1.3.2.2 Sistema de digitalización y procesamiento de datos.- El sistema de adquisición y procesamiento de datos esta formado por tres unidades: El Convertidor Analógico Digital (ADC), una tarjeta de procesamiento rápido de señales "Digital Signal Processor" (DSP) y una computadora PC-486 a 33Mhz mencionada anteriormente para preprogramar el Controlador. El sistema ADC es una unidad física separada y tiene dos canales idénticos en paralelo, uno para la parte real y el otro para la parte imaginaria de las salidas del detector de fase del receptor. Este responde a las señales de muestreo recibidas del Controlador y entrega su salida digital a la tarjeta de interfase paralelo-serie, la que está instalada dentro de la PC y lo presenta a la entrada serial del DSP.

La computadora PC-486 tiene una cuádruple función. Recoger del

operador los datos y parámetros que se deseen para un experimento dado y preprogramar el Controlador de Radar; preprogramar la tarjeta DSP en su lenguaje; controlar la operación del DSP, recibir sus datos y transmitirlos al disco óptico y/o a la red y, procesar los datos para producir imágenes gráficas de diagnóstico. El sistema de adquisición y procesamiento de datos, como mencionara anteriormente, se desarrolló en la Universidad de Piura.(M. Sarango)

1.3.2.3 La Red Local (LAN) y la Estación de Trabajo (Workstation).- Sistema adicional consistente en una computadora adicional que sirve como "server" en una red local (LAN) para el almacenamiento de la información, y que procesará sin mayor responsabilidad en la operación del resto del sistema tantos datos como fuera posible, en tiempo real, con posibilidad de graficar todos los espectros de las señales correspondientes a todas las alturas deseadas. Se eligió una Workstation Sun UNIX por la facilidad de implementar la red local usando paquetes comerciales como el NFS. El procesamiento y graficación se efectuó usando programación a alto nivel usando paquetes comerciales como "Mathematica". El uso de paquetes comerciales permitió la implementación de esta parte del sistema relativamente rápido. Se escribieron un programa en el lenguaje de "Mathematica" para el procesamiento de los espectros de potencia de las señales y la elaboración de gráficos mostrando esta información. Se escribió

proceso de espectros de todos los datos en tiempo real con la graficación a cargo de un pequeño programa en "Mathematica" usado en forma interactiva.

El sistema de adquisición, arriba descrito graba sus datos en un disco óptico y en la red, según se indique al empezar el experimento. El tener la misma información disponible en la red permitía a la Workstation grabar los mismos datos en cintas de video de 8 mm, usando la grabadora Exabyte de ésta. Como éste es un medio más barato de registro, se usó en forma operativa en muchos de los días de operación.

La figura 1.4 muestra de izquierda a derecha la unidad de cinta de 8mm, la Workstation, la Computadora Personal, Controlador de Radar, Sistema de Adquisición y una unidad de disco óptico.

## CAPITULO II

### EL CONTROLADOR DE RADAR

#### 2.1. Generalidades

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de un controlador de radar que sea capaz de producir cada uno de los pulsos que requiere un radar, tales como: el pulso que controla la salida del pulso de transmisor, otro pulso para modular su fase, lo que permite la codificación de éste. El controlador debe suministrar también los pulsos que controlan el muestreo de las señales recibidas y su sincronismo con el pulso de transmisión. Con este propósito se diseñó e implementó un Controlador de Radar capaz de producir 8 trenes de pulsos digitales, de duración y secuencia arbitraria, en 8 líneas diferentes, cuya secuencia de cada una de las líneas se preprograma a través de un puerto serial RS-232, en nuestro caso conectado a una PC. La secuencia de cada pulso la define el operador, editando una pantalla de texto que define el patrón de pulsos a generarse para un determinado experimento. El sistema a describir fue diseñado siguiendo la misma filosofía del Controlador de Radar del Radio Observatorio de Jicamarca (C. Gonzales, 1978

y W. Camacho, 1984), para lo cual se desarrolló los circuitos necesarios para conectarlo al puerto serial, RS-232 de una PC, y la modificación de las tarjetas del Controlador de Radar de Jicamarca a una versión PC.

El Controlador puede utilizarse también como un Generador de Pulsos para Propósitos Generales donde se puede realizar cualquier secuencia de pulsos:

El CR consiste básicamente de 2 memorias estáticas RAM, donde los datos relacionados con los pulsos a generarse son cargados por la PC. Una memoria contiene un número que representa en ciclos de reloj, el retardo en unidades de ciclos de reloj, donde no se debe realizar cambios en el estado de cualquiera de los pulsos, la otra memoria enmascara los cambios de los pulsos permitiendo a la sección de control cambiar el estado de solamente las líneas de pulsos que deben cambiar en el tiempo especificado por la primera memoria. La resolución de los pulsos depende de la fuente de reloj, la misma que se puede cambiar si se desea, en nuestro caso el reloj utilizado fue de 1Mhz. El número de transiciones que puede realizarse puede ser hasta 2048 que es el tamaño de las memorias RAM.

La combinación de la flexibilidad del controlador y el software desarrollado permiten fácilmente al operador o científico usuario controlar

todos los parámetros de este, como son la altura mínima a muestrear, la distancia entre las muestras, el número de muestras (máxima altura), el ancho del pulso del transmisor y su repetición y otros parámetros en forma interactiva a través del terminal del computador.

## 2.2 Requerimientos

En un sistema radar, tal como se mencionara anteriormente, se necesita tener presente los pulsos de control para el transmisor, pulso de muestreo de las señales análogas recibidas y pulso de sincronismo del sistema.

A continuación se describen en forma detallada, cada una de las 8 líneas de un sistema de radar y que en nuestro caso el Controlador de Radar las proporciona.

a) Línea 1 o Prepulso o Pulso C.- Este pulso se comienza 12 ciclos de reloj del CR antes de los pulsos de transmisor A y B y termina 1 pulso de reloj después. Este pulso sirve para proteger los receptores durante el tiempo de transmisión. La generación de este pulso la realiza automáticamente el programa RADARC.C y la rutina STXMST.FOR, que describiremos en el siguiente capítulo.

b) Línea 2 o Pulso A.- Es el pulso del transmisor A, cuya duración es

especificada por el usuario en kilómetros ó milisegundos.

c) Línea 3 o Pulso B.- Es el pulso del transmisor B, cuya duración se especifica de manera similar al pulso del transmisor A. Adicionalmente, este pulso puede estar retardado del pulso A si así se desea. Mas adelante detallaremos cómo se realiza esta acción.

d) Línea 4 o Pulso para codificar el Pulso A.- Es el pulso capaz de modular la fase del pulso A, lo que permite su codificación. El código es especificado por el usuario, según lo indicaremos posteriormente.

e) Línea 5 o Pulso de Flip 1.- Es el Primer Pulso de Flip. Este es especificado por el usuario como un número de pulsos de transmisor que debe envolver y ser un submúltiplo exacto del número total de pulsos de transmisor del patrón.

f) Línea 6 o Pulso de Flip 2.- Es el Segundo pulso de flip disponible. Se especifica en forma similar al anterior.

g) Línea 7 o Ventana de pulsos de muestreo.- Los pulsos de muestreo se generan mediante ventanas a los pulsos generados por un contador preseteable.

h) Línea 8 o Pulso de Sincronismo.- El pulso de sincronismo se genera al final del patrón que se ha especificado.

### 2.3 Consideraciones del Diseño

Los criterios usados en este diseño son:

1. Máximo aprovechamiento de las facilidades de interface que brinda el protocolo RS-232-C.
2. El tiempo de computadora utilizado en controlar este sistema puede ser del orden de segundos. No interesa que la carga de datos sea rápida al inicio.
3. Flexibilidad de diseño y fácil programación, debe permitir varias alternativas de uso y modificación, pudiéndose usar para controlar otros periféricos, por ejemplo para producir musica programada, osciladores, etc.
4. Debe ser portátil, compacto, confiable, de bajo costo y fácil manipulación.

En nuestro caso decidimos por el RS-232, por las siguientes razones:

De acuerdo al segundo criterio, no es importante el tiempo de carga del CR.

Según el cuarto criterio, la flexibilidad y portabilidad del sistema. Hoy en día cualquier computador tiene un puerto serial al que fácilmente se puede conectar el CR, simplemente sería necesario generar los códigos en lenguaje máquina de los programas desarrollados para la programación del CR, los que a su vez también son portátiles.

Para una descripción detallada del standard RS-232 referirse, al apéndice A.

## CAPITULO III

### HARDWARE DEL CONTROLADOR DE RADAR

#### 3.1 Diagrama y Funcionamiento en Bloques del Sistema

En la figura 3.1, se muestra un diagrama de bloques del sistema. Puede observarse las partes que lo conforman, tarjetas de: conversión serie-paralelo y viceversa, conversión de comandos, controlador de radar, memorias, generador de pulsos, oscilador, generador de velocidades. A continuación se describen globalmente cada uno estos bloques.

Con la finalidad de evitar confusiones y facilitar el entender de lo que se está expresando adoptaremos ciertas convenciones que utilizaremos en adelante. El término byte significará cualquier dato que se envíe del puerto serial de la PC hacia el CR, el término dato representará un dato real para el CR, el término comando, indicará una palabra de comando para el CR, cuando indique nivel "1", significará nivel lógico "1", y finalmente, nivel "0", significará nivel lógico "0".

También usaremos la secuencia de bytes que se muestra en la tabla 3.1 (Pag. 25 ) en notación decimal que fueron generados por el software del CR que explicaremos mas adelante.

#### a) Tarjeta de Conversión Serie-Paralelo/Paralelo-Serie

Esta tarjeta es la que se encarga de convertir los bytes provenientes del puerto serial de la PC a paralelo y viceversa.

Consiste básicamente de un USART 8251, incluye la lógica necesaria para la programación del mismo y de los circuitos de generación de velocidades para la transmisión-recepción de datos. Una vez programado el USART, éste puede realizar la comunicación entre la PC y el CR.

La tarjeta incluye el circuito de generación de velocidades de transmisión y recepción. Las velocidades disponibles por el sistema pueden ser de 9600,4800,2400,1200 baudios, las mismas que son elegidas de acuerdo a la combinación del dip-switch sw dip-4. Para el presente trabajo se utilizó 9600 baudios.

#### b) Tarjeta de Conversión de Comandos y Datos

Esta tarjeta se encarga de traducir los bytes que le llegan de la PC y generar las líneas de control que la tarjeta de Controlador de Radar necesita

para ejecutar una determinada acción. Proporciona también las respuestas que requiere la PC.

c) Tarjeta de Controlador de Radar

Esta tarjeta es la que se encarga de decodificar los comandos para realizar las acciones que se requieren en el CR, éstas pueden ser por ejemplo cargar datos en las memorias, cargar la frecuencia de muestreo, leer datos de las memorias , realizar la recirculación de datos, habilitar o deshabilitar pulsos, entre otras. También proporciona las respuestas requeridas por la PC.

d) Tarjeta de Memorias

Consiste de 2 memorias estáticas RAM de 2Kbytes cada una, con una longitud de palabra de 8 bits. Al habilitarse la recirculación de datos, las dos memorias se convierten en una sola de 16 bits, donde el byte menos significativo representa el retardo en número de pulsos de reloj en el que permanecerán las líneas de salida de la tarjeta de Generación de Pulsos, controladas por el byte mas significativo.

e) Tarjeta de Generación de Pulsos

Consiste de un registro que almacena la velocidad de muestreo en número de ciclos de reloj, de 8 flip-flops conectados en configuración J-K cuyas salidas son controladas por los estados que le llegan de la Tarjeta de

Memoria (byte mas significativo) y por las señales de control de la Tarjeta de Control. Las salidas se amplifican a través de 8 transistores, para finalmente estar disponibles.

#### f) Tarjeta de Oscilador Maestro

Esta tarjeta contiene un oscilador de 16Mhz, el mismo que se ha dividido para generar un reloj de 1Mhz, que es igual a 1us y equivalen a 150 metros de resolución en radares.

### 3.2 Descripción detallada de los circuitos

Para ilustrar el funcionamiento del CR empezaré describiendo los comandos que por hardware tiene disponible. El CR, como mencionara anteriormente, puede conectarse a cualquier computador que tenga un puerto serial RS-232, en nuestro caso, el CR está conectado al puerto serial de una Computadora Personal (PC).

#### 3.2.1 Definición de un Comando por hardware del Controlador de Radar

Un comando por hardware del CR, es una palabra de 4 bits, a la que llamaremos Palabra de Comando del CR. Los comandos del Controlador de Radar son generados por la decodificación de los Bits 3,4,5 y 6 de la Palabra de Comando enviada por la PC hacia él, mediante el decodificador 1 de 16 (U4) de la tarjeta de CR. Las señales de este chip están en lógica negativa, es

	COMANDO	DFC07+	DFC06+	DFC05+	DFC04+	DFC03+	DFC02+	DFC01+	DFC00+	DEC
0	DSB	0	0	0	0	0	0	0	0	00
1	IN/M1	0	0	0	0	1	0	0	0	08
2	IN/M2	0	0	0	1	0	0	0	0	16
3	FEBRA	0	0	0	1	1	0	0	0	24
4	ENRAD	0	0	1	0	0	0	0	0	32
5	OUTM1	0	0	1	0	1	0	0	0	40
6	OUTM2	0	0	1	1	0	0	0	0	48
7	OUTRD	0	0	1	1	1	0	0	0	56
8	TXON	0	1	0	0	0	0	0	0	64
9	TXOFF	0	1	0	0	1	0	0	0	72
10	NU	0	1	0	1	0	0	0	0	80
11	NU	0	1	0	1	1	0	0	0	88
12	NU	0	1	1	0	0	0	0	0	96
13	NU	0	1	1	0	1	0	0	0	104
14	NU	0	1	1	1	0	0	0	0	112
15	NU	0	1	1	1	1	0	0	0	120

11

Tabla 3.2. Comandos por Hardware del Controlador de Radar.

decir se activan cuando el nivel lógico es un "0".

a) Tabla de Comandos del Controlador de Radar

La tabla 3.2 muestra las Palabras de Comandos que se usan para programar al Controlador de Radar.

b) Descripción de los Comandos del Controlador de Radar

Para cada uno de los comandos que se describe a continuación, el valor entre paréntesis representa el número en notación decimal que hay que enviar vía el puerto serial Rs-232, para ejecutar la acción que él describe.

b.1) Comando DSB(00).- Con este comando el Controlador de Radar queda en un estado deshabilitado, ninguna operación se realiza en él. Los pulsos están deshabilitados, es decir no se presentan a las salidas de las líneas que el CR tiene, pero están presentes en las memorias.

La combinación 0, del decodificador U4, de la tarjeta de Control de Radar está activa.

b.2) Comando IN/M1(08).- Cuando este comando está activo se puede realizar la lectura de la memoria 1. La combinación 1, del decodificador U4 está activa.

b.3) Comando IN/M2(16).- Cuando este comando está activo se puede realizar la lectura de la memoria 2. La combinación 2 del decodificador U4 está activa.

b.4) Comando EBRA(24).- Cuando este comando está activo, se realiza una habilitación rápida de pulsos. La combinación 3 del decodificador U4 está activa.

b.5) Comando ENRAD(32).- Cuando este comando está activo, se realiza una habilitación síncrona de pulsos. Los pulsos son habilitados con el pulso de sincronismo. La combinación 4 del decodificador U4 está activa.

b.6) Comando OUTM1(40).- Cuando este comando está activo habilita la escritura en la memoria 1. La combinación 5 del decodificador U4 está activa.

b.7) Comando OUTM2(48).- Cuando este comando está activo habilita la escritura en memoria 2. La combinación 6 del decodificador U4 está activa.

b.8) Comando OUTSR(64).- Cuando este comando está activo, habilita la escritura en el registro de velocidad de muestreo. La combinación 8 del decodificador está activa.

### 3.2.2 Tarjeta de Conversión Serie-Paralelo/Paralelo-Serie

Esta tarjeta construída con la técnica wire wrap, con circuitos TTL, es la que se encarga de convertir los datos provenientes del puerto serial de la PC a paralelo y viceversa. La figura 3.2 muestra el circuito completo de la misma. A continuación se describe cada una de sus partes.

#### a) Programación del USART 8251

De las características técnicas del 8251 (referirse al apéndice D), antes de empezar la transmisión o recepción de bytes, el USART 8251 debe cargarse con un conjunto de palabras de comandos. Estas señales de control definen en forma completa la función del 8251 y deben realizarse inmediatamente después de una operación de reset, sea esta interna o externa.

Las palabras de control se dividen en dos:

1. Modo de Instrucción.
2. Comando de Instrucción.

a.1) Modo de Instrucción.- Este formato define las características generales de operación del 8251. Debe seguir a una operación de reset. Una vez que el modo de instrucción se ha escrito en el 8251 se pueden insertar los caracteres o los comandos de instrucción.

a.2) Comando de Instrucción.- Este formato define una palabra de estatus que es usado para controlar la operación del 8251.

Ambas instrucciones modo y comando deben conformar una secuencia especificada para la operación apropiada del dispositivo.

a.3) Definición del Modo de Instrucción.- El 8251 puede utilizarse para comunicación Síncrono o Asíncrona. En este trabajo se ha utilizado la comunicación Asíncrona.

La figura 3.3 muestra el formato del Modo de Instrucción en Modo Asíncrono. De esta figura, es fácil interpretar la palabra del Modo de Instrucción que se ha usado en este trabajo: 5Eh. Palabra que define una división de un factor de 64 para el reloj de velocidad de transmisión y recepción, una longitud de carácter de 8 bits, paridad impar, y un bit de stop.

La figura 3.4 muestra la Transmisión (salida del 8251) y Recepción (entrada para el 8251) y los formatos de Transmisión y Recepción.

a.4) Definición del Comando de Instrucción.- Una vez que se ha definido la función del 8251 programándosele con el Modo de Instrucción, el circuito está listo para utilizarse en comunicación de datos. El Comando de Instrucción controla la operación real del formato seleccionado, tales como Habilitación

de Transmisión/Recepción, Error de Reset y Controles de un Modem en general.

La figura 3.5 muestra el Formato del Comando de Instrucción, de esta figura resulta fácil interpretar la palabra del Modo de Comando empleado en este trabajo, 17h, que indica Habilitación de Transmisión/Recepción, es decir el 8251 puede transmitir o recibir bytes, y la señal DTR se pone a un nivel "0". La lógica necesaria para la programación del 8251 la realizan los contadores U25, U44, U43, los flip-flops U22, U13, los inversores U11, U12, U13, y la memoria EPROM 2764. La secuencia digital es similar a la que indican los manuales de especificación técnica del 8251.

Para mayor detalle de la programación del 8251 referirse al apéndice B.

#### b) Generación de las velocidades de Transmisión-Recepción

El reloj para generar las velocidades de 9600, 4800, 2400, 1200 se realiza por medio del cristal de 1.8432 Mhz. El contador U63 y los flip-flops U61 y U62 proporcionan las velocidades mencionadas multiplicadas por un factor de 64. La velocidad es seleccionada por la combinación del dip-switch sw dip-4, que indica a un demultiplexor de 4 a 1 la velocidad que debe ingresar al 8251. El circuito para realizar este propósito se muestra en la figura 3.6.

### 3.2.3 Tarjeta de Conversión de Comandos y Datos

Esta tarjeta construída con la técnica wire-wrap, se encarga de traducir los bytes que le llegan de la PC para generar las líneas de control, que la tarjeta de Controlador de Radar necesita para ejecutar una determinada acción. Además proporciona las respuestas que requiere la PC.

#### a) Secuencia de envío de comandos y recepción del mismo por el CR

El envío de un comando hacia el CR, se realiza enviando siempre el byte 255 y a continuación el byte que representa el comando deseado. El circuito implementado activa la señal CDH+ de la tarjeta de Control de Radar poniéndolo a un nivel "1", indicándole que va a recibir un comando, el mismo que le llega con el segundo byte de la secuencia. Por ejemplo si se desea enviar el comando de escritura en memoria 1 (IN/M1), se debe llevar a cabo los siguientes pasos: Primero enviar el byte 255, y Segundo el byte 40.

#### b) Secuencia de envío de datos y recepción del mismo por el CR

El envío de un dato hacia el CR, se realiza enviando siempre el byte 254 y a continuación el byte que representa el dato deseado. El circuito implementado activa la señal ODH+ de la tarjeta de Control de Radar poniéndolo a un nivel "1", indicándole que va a recibir un dato, el mismo que le llega con el segundo byte de la secuencia. Así sucesivamente hasta terminar con el envío de datos. Por ejemplo si se desea enviar el dato 11, que

representa un retardo para la memoria 1, se debe realizar los siguientes pasos: Primero enviar el byte 254, y Segundo el byte 11.

Al recibir el byte 255 "preseteamos" el flip-flop U5A, activando la señal CDH+ con el siguiente byte, el que representa un comando para el CR, y que está presente en U3 listo para ser leído por la tarjeta de CR. El CR lee el byte y responde que ha aceptado el dato activando la señal DACPT+ y clarificando el flip-flop U5A.

Al recibir el byte 254 preseteamos el flip-flop U5B, activando la señal ODH+ con el siguiente byte, el que representa un dato a ser escrito en una de las memorias, y está presente en U3 listo a ser leído por la tarjeta de memorias ó tarjeta de Generación de Pulsos. El CR responde que ha aceptado el dato activando la señal DACPT+ y clarificando el flip-flop U5B.

La figura 3.7 muestra el circuito completo de esta tarjeta.

La figura 3.8, representa un diagrama de tiempos de las señales de entrada y salida de esta tarjeta generados al utilizar la secuencia de bytes de la tabla 3.1

### 3.2.4 Tarjeta de Controlador de Radar

Tarjeta construída con la técnica wire-wrap, se encarga de controlar las acciones del CR. La figura 3.9 muestra el circuito completo de esta tarjeta. A continuación una descripción de la misma.

En esta tarjeta inicialmente todas las salidas de U4 se encuentran a un nivel "1", el pin6 de él sale como una señal WE1 de la tarjeta e ingresa también al pin4 de U15B y al pin1 de U8A. La salida de U8A es entonces un nivel "1" que entra al pin1 de U11A y a un condensador de 3300pF. El pin6 de U14B y el pin7 de U4, que están a un nivel "1", ingresan a los pines 3 y 5 de U15B respectivamente. Luego la salida de U15B es un nivel "1", esta señal ingresa a los pines 9 y 8 de U18C. La salida de U18C es un nivel "0", esta señal es el CLK del flip/flop U6B, el pin10 de U6B que es su preset se encuentra a un nivel "1", ésta señal de preset proviene del pin 5 del flip/flop U6A, cuyo pin 4 que es el preset se encuentra a un nivel "0", esta señal proviene del pin de salida de U9C, cuyos pines de entrada 9 y 10 se encuentran a un nivel "1". El pin1 de U6A, que es su clear se encuentra en un estado "1", esta señal proviene del pin4 de U4. La salida de U6B, pin9 se encuentra a un nivel "0", luego las señales de salida CSYNC y CP+ se encuentran a un nivel "0" y "1" respectivamente. El pin8 de U6B esta a un nivel "1", esta salida es la entrada del pin de ENT/ENP del contador U1, que al encontrarse en este estado inhibe al contador U1, el pin de ENT/ENP del contador U2 también se encuentra a un nivel "1", puesto que a éste le llega

la salida del pin de RCO (carry) del contador U1, encontrándose también inhibido. Las señales de entrada CDH+, ODH+ y SYNC PULSE se encuentran a un nivel "0". Las señales de salida TP+, ADV M+, DAVFU+, DACP+, WS4, CADRS+, se encuentran a un nivel "0". Las señales de salida WS2 y WS1, se encuentran a un nivel "1".

Al activarse la señal CDH+ indica al CR que el byte que está presente en el registro U3 es un comando, luego de almacenar este byte (sólo se escriben 4 bits), el CR responde que ha aceptado el byte activando la señal DACP+, la que es transferida a la tarjeta de conversión de comandos y datos, clarificando ésta la señal CDH+.

Al activarse la señal ODH+ indica al CR que el byte que está presente en U3, U12C y U12D es un dato y que debe escribirse en la memoria 1 ó 2, según corresponda ó en el registro de velocidad de muestreo (U1) de la Tarjeta de Generación de Pulsos, para lo cual es la misma tarjeta de control de radar la que ordena se ejecuten las acciones según corresponda. El CR responde que ha aceptado un dato activando la señal DACP+, la que se transfiere a la Tarjeta de conversión de comandos y clarifica la señal, hasta recibir un nuevo dato.

La figura 3.10, representa un diagrama de tiempos completo de las

señales de entrada y salida de esta tarjeta, que se generan al realizarse la secuencia de bytes de la tabla 3.1, en otras palabras este esquema muestra los tiempos cuando se está escribiendo datos en el CR.

La figura 3.11, representa un diagrama de tiempos cuando el CR se encuentra en recirculación con los mismos datos de la tabla 3.1.

### 3.2.5 Tarjeta de Memorias

Tarjeta construída con la técnica wire-wrap, contiene en cada una de sus memorias los datos que se usan para la recirculación. En la figura 3.12 se muestra el circuito completo. A continuación una descripción del circuito.

Los contadores U1,U2 y U3 son clarificados con la señal CDH+ que viaja hacia la señal CADRS+ e ingresa a esta tarjeta. La señal WE1, se activa cuando se ha enviado el comando de escritura para la memoria 1, los datos a escribirse son direccionados por la señal ADVN+ que es el reloj de los contadores, y proviene de la señal de ODH+ que viaja a través de ADVN+ hacia esta tarjeta, los datos son escritos temporalmente en el registro U10 con la señal WS1, en la primera transición para la memoria 1, de tal manera de lograr escribir bien los datos en esta memoria, la señal (WS1) proviene de la tarjeta de control através de la señal ODH+.

De manera similar los contadores U1,U2 y U3 son clarificados con la señal CDH+ que viaja hacia la señal CADRS+ e ingresa a esta tarjeta. La señal WE2, se activa cuando se ha enviado el comando de escritura para la memoria 2, los datos a escribirse son direccionados por la señal ADVVM+ que es el reloj de los contadores, y proviene de la señal de ODH+ que viaja a través de ADVVM+ hacia esta tarjeta, los datos son escritos temporalmente en el registro U9 con la señal WS2, en la primera transición para la memoria 2, de tal manera de lograr escribir bien los datos en esta memoria, la señal (WS2) proviene de la tarjeta de control a través de la señal ODH+.

La señal WE1 y WE2 ponen en estado permisible la escritura en las memorias 1 y 2 respectivamente, inhiben las salidas de éstas cuando están activas y habilitan las salidas de los registros U9 y U10. Los datos de la memoria 1 (B0+, B1+, B2+, B3+, B4+, B5+, B6+, B7+) son enviados a la tarjeta de control de radar a través de U7 para realizar el control de los retardos que van a generar los pulsos respectivos, los datos de la memoria 2 (B20+, B21+, B22+, B23+, B24+, B25+, B26+, B27+) son enviados a la tarjeta de generación de pulsos a través de U8 para generar el tren de pulsos deseado.

### 3.2.6 Tarjeta de Generación de Pulsos

Tarjeta construida con la técnica de circuito impreso, se encarga de proveer las 8 líneas de salida, y de generar la frecuencia de muestreo. En la

figura 3.13 se muestra el circuito completo de la tarjeta. En el siguiente párrafo se describe el circuito de esta tarjeta.

La velocidad de muestreo se graba en el registro U1 con la transición positiva de la señal WS4, el dato ingresa a los contadores programables U11 y U10.

Los flip-flops U8A, U8B, U7A, U7B, U6A, U6B, U5A, U5B están conectados sincrónicamente y en configuración "toggle", es decir cuando  $J=K="1"$ , la salida cambia de estado, y cuando  $J=K="0"$ , la salida permanece en el estado anterior, se activan con la transición positiva de la señal TP+. Las salidas de estos flip-flops dependerá de los señales B20+, B21+, B22+, B23+, B24+, B25+, B26+, B27+, cuando se presenta un pulso de reloj TP+.

El pulso de sincronismo (SYNC(Y)) es producido por la copia del bit 7 (B27+), proveniente de la memoria 2, con este pulso se inicia un nuevo ciclo de producción de pulsos idénticos al anterior inicializándose los flip-flops que generan los pulsos (señal de preset de los flip-flops U8, U7, U6 y U5A) por medio de la señal CP+, el contador de direccionamiento de las memorias 1 y 2, se inicia la habilitación de pulsos cuando se ha pedido una habilitación sincrónica. Finalmente los pulsos son enviados al exterior por medio de unos transistores 2219 para amplificar la línea respectiva y tener los pulsos

disponibles.

La figura 3.14 muestra un diagrama de tiempos cuando están recirculando los bytes de la tabla 3.1, pueden verse las salidas de cada una de las 8 líneas que dispone el CR.

### 3.2.7 Tarjeta de Oscilador Maestro

Tarjeta construída con la técnica de wire wrap, se encarga de generar el reloj del Controlador de Radar. Se ha empleado un oscilador de 16Mhz, el mismo que se ha dividido a través de los flip-flops U1 y U2 para generar finalmente un reloj de 1Mhz que es igual a 1 us, y que equivalen a 150 metros de resolución, en radares.

La figura 3.15 muestra el circuito completo de esta tarjeta.

## CAPITULO IV

### SOFTWARE DEL CONTROLADOR DE RADAR

El CR es preprogramado a través de un puerto RS-232, en nuestro caso conectado a una computadora Personal (PC). La programación del CR, como se mencionara anteriormente se realiza editando una pantalla de texto que define la forma, duración y periodo de cada uno de los pulsos que requiere el radar, con este propósito se han escrito los programas RADARC.C en Lenguaje C de Microsoft y STXMST.FOR en Lenguaje Fortran de Microsoft, finalmente se ha hecho un "link" de ambos programas, el programa STXMST.FOR como una rutina externa de RADARC.C, produciéndose el ejecutable "RADARC.EXE". Para fines descriptivos trataré ambos programas en forma independiente.

#### 4.1. Programa RADARC.C

El objetivo de este programa es realizar, por defecto, la lectura del archivo denominado "panel.dat", (al que denominaré simplemente panel), mostrarlo en la pantalla de la PC, permitir su edición, salvar dicha edición al

## CAPITULO IV

### SOFTWARE DEL CONTROLADOR DE RADAR

El CR es preprogramado a través de un puerto RS-232, en nuestro caso conectado a una computadora Personal (PC). La programación del CR, como se mencionara anteriormente se realiza editando una pantalla de texto que define la forma, duración y periodo de cada uno de los pulsos que requiere el radar, con este propósito se han escrito los programas RADARC.C en Lenguaje C de Microsoft y STXMST.FOR en Lenguaje Fortran de Microsoft, finalmente se ha hecho un "link" de ambos programas, el programa STXMST.FOR como una rutina externa de RADARC.C, produciéndose el ejecutable "RADARC.EXE". Para fines descriptivos trataré ambos programas en forma independiente.

#### 4.1. Programa RADARC.C

El objetivo de este programa es realizar, por defecto, la lectura del archivo denominado "panel.dat", (al que denominaré simplemente panel), mostrarlo en la pantalla de la PC, permitir su edición, salvar dicha edición al

archivo por defecto o salvarlo con otro nombre si así se desea, realizar la transferencia de los datos preparados por la rutina STXMST.FOR para transmitirlos a través del puerto serial de la PC al CR, para generar los pulsos de transmisión y muestreo necesarios para los experimentos que utilicen el Radar Antártico MST del Perú, hacer un gráfico visual en la pantalla de la PC del patrón de pulsos a generarse, es decir se verá el mismo patrón de pulsos que se observará en el osciloscopio una vez programado el CR.

#### 4.1.1. Descripción del Programa RADARC.C

Al ejecutarse el programa muestra en la pantalla de modo texto de la PC, el contenido del archivo "panel.dat" y en la última línea de ésta un menú con las teclas de función respectiva, las que describiré luego. El programa tiene las siguientes rutinas:

- a) Rutina leer\_pantalla.- Permite leer la pantalla de la PC y almacenarlo en el archivo por defecto "panel.dat".
  
- b) Rutina bufferout.- Permite enviar un carácter al puerto serial, haciendo uso de la interrupción 14 del ROM BIOS de la PC (referirse al apéndice B para mayor información)
  
- c) Rutina reset.- Permite realizar una clarificación del CR.

d) Rutina out.- Realiza la lectura de los datos del archivo "entrada.dat", generados por la rutina STXMST.FOR, y haciendo uso de la rutina "bufferout" los envía al CR.

e) Rutina load.- Permite cargar cualquier otro archivo de texto del tipo "panel.dat" y mostrarlo en la pantalla de la PC.

f) Rutina salvar\_como.- Permite salvar la edición del panel con otro nombre si así se desea.

#### 4.1.2 Teclas de Función

Son las que aparecen en forma de menú y están definidas de la siguiente manera:

- F2 Permite salvar la edición del panel en el archivo panel.dat
- F3 Permite cargar un archivo del tipo panel y escribirlo en el panel.
- F4 Permite la habilitación de pulsos en el CR.
- F5 Permite deshabilitar los pulsos en el CR.
- F6 Permite el reset por software del CR.
- F7 Permite la generación de pulsos.
- F8 Permite visualizar gráficamente en el monitor del PC el patrón de pulsos ha generarse.

La figura 4.1 muestra un diagrama de flujo del programa. Referirse al apéndice C para el listado completo del programa.

#### 4.2. Programa STXMST.FOR

El objetivo de esta rutina es interpretar los comandos especificados en el panel. La especificación de los comandos en un determinado panel permiten a la rutina generar los datos que deberán escribirse en cada una de las memorias recirculantes, así como también de la frecuencia de muestreo. La rutina genera dichos valores y los escribe en el archivo "entrada.dat", también escribe los comandos que por hardware el CR necesita para prepararlo a recibir los datos. Los valores escritos en el archivo "entrada.dat", el programa RADARC.C lo utiliza para transmitirlos al CR.

##### 4.2.1 Descripción del programa STXMST.FOR

El programa STXMST.FOR lee el archivo "panel.dat" y almacena la imagen del mismo en un arreglo alfanumérico, el que es utilizado por las otras rutinas que lo integran para generar los datos al archivo "entrada.dat". La imagen es interpretada por las diferentes rutinas del programa, haciendo uso de ciertas palabras a las que llamaremos comandos. Los comandos aceptados por este programa son los mismos usados por el programa PTX-GEN (M. Leiva 1981, ROJ), los que describiré mas adelante. El Controlador de Radar, como describiéramos anteriormente, tiene siete líneas de pulsos

programables independientes y un pulso de sincronismo de fin de patrón, a cada una de estas líneas el programa le ha asignado un nombre que define su participación en un determinado experimento.

a) Rutina comandos.- Interpreta los comandos especificados en el panel. Los comandos que acepta el programa son los siguientes:

UNI AA : Especifica el tipo de unidad de medida que se usará en los comandos siguientes al presente, hasta que sea modificado nuevamente por otro comando como el presente. El operando AA define la unidad de medida de la siguiente manera:

AA = KM Unidad de medida en kilómetros

AA = MS Unidad de medida en milisegundos

IPP NN : Indica el periodo entre pulsos de transmisor, el que es definido por el operando NN. NN debe ser mayor de 25Km ó 166.6 microsegundos.

TXA NN : Indica el ancho de pulso del transmisor A, definido por el operando NN.

TXB NN : Indica el ancho de pulso del transmisor B, definido por el operando NN. Uno de los pulsos de transmisor debe especificarse siempre. Los dos pulsos de transmisor son iguales, a menos que sean definidos con anchos diferentes.

TAU N1 N2 N3... Nn : Indica el retardo del pulso del transmisor B con respecto al pulso del transmisor A. El operando N1 define el retardo para el

primer pulso del transmisor del patrón, N2 define el retardo para el segundo pulso del transmisor, y así sucesivamente. No es necesario especificar los retardos para todo el patrón si estos se repiten secuencialmente.

FP1 NN : Indica el pulso de Flip 1, donde el operando NN, indica cada cuántos pulsos del transmisor debe conmutar este pulso (Flip 1).

FP2 NN : Indica el pulso de Flip 2, donde el operando NN, indica cada cuántos pulsos de transmisor debe conmutar este pulso (Flip 2).

CO(N) MM N1 N2 N3...Nn : Indica el código del pulso enésimo, el valor de N en el comando indica el número del pulso dentro del patrón donde se generará el código especificado en el operando del comando. Se puede especificar de dos formas: en octal, en este caso el número MM representa la longitud binaria del código y los operandos N1 N2...Nn, representan la secuencia del código en base octal, ó en forma binaria, en este caso, no es necesario especificar MM, el número de argumentos de N1 N2 ...Nn, representan la longitud del código; en cualquiera de los dos casos un "1", representa cambio de fase 180° y un "0" cambio de fase 0°.

H0(N) H1 H2 ...Hn : Indica las alturas iniciales de los pulsos de muestreo, para el enésimo pulso. El valor de N en el comando indica sobre que pulsos del patrón se están definiendo las alturas iniciales de muestreo. Los operandos H1 H2 ...Hn, indican la altura inicial de los n grupos de pulsos de muestreo. Las alturas iniciales están definidas con respecto a la mitad del pulso del transmisor A. El número de alturas iniciales o grupos de pulsos de muestreo

debe ser el mismo para todos los pulsos dentro del patrón. No es necesario especificar las alturas iniciales para todo el patrón si la secuencia es repetitiva dentro del patrón a generarse.

NSA N1 N2 ....Nn : Indica el número de pulsos de muestreo para cada altura inicial especificada por el comando anterior.

DH NN : Indica el retardo entre pulsos de muestreo, el cual es especificado por el operando comando NN.

NTX NN : Indica el número de pulsos de transmisor por patrón ha generarse. El número de pulsos ha generarse está definido por el operando NN.

CON : Este comando permite continuar cualquiera de los comandos anteriores en el caso de necesitarse mas de un record de 23 caracteres para su especificación.

CCC : Indica comentario, el operando de este comando es ignorado por la rutina, permite proveer al usuario la introducción de comentarios en su secuencia de comandos.

END : Indica fin de comandos que definen el patrón de pulsos a generarse, este comando indica a la subrutina que los parámetros que definen el patrón de pulsos está completo y debe generar los datos para las memorias.

PUL : Calcula los retardos para cada una de las dos memorias y los escribe en el archivo entrada.dat

DUM : Este comando escribe los datos generados en el area salida.dat

DEL : Permite realizar un borrado de los pulsos que existan dentro de una

línea determinada o de una parte de la línea correspondiente al enésimo pulso especificado en el operando. El operando puede tener 1 ó 2 argumentos según se indica a continuación:

DEL L Borra la línea L,  $1 < L < 8$

DEL L N Borra dentro del pulso N de la línea L,  $N < \text{pulsos de transmisor por patrón}$ .

OR : Realiza el OR de dos líneas de pulsos especificadas en su operando. el resultado de la operación es puesto en la línea especificadaa por el segundo argumento del comando.

OR L1 L2 ,  $L2 = L1 \text{ OR } L2$

b) Rutina asciihanumero .- Convierte una variable alfanumérica a número

c) Rutina datrad .- Genera las ternas para cada una de las líneas del CR, y calcula los retardos.

d) Rutina parámetros .- Genera los parámetros de control para el programa de adquisición, los escribe en el archivo "rad\_par.txt".

La figura 4.2 muestra un diagrama de flujos del programa. El listado completo del programa esta incluido en el apéndice C.

La figura 4.3 muestra el contenido del archivo "panel.dat", donde puede observarse los comandos utilizados para especificar una determinada secuencia de pulsos. La figura 4.4 muestra el patrón de pulsos generados al ejecutar el programa RADARC.C. Debo indicar que este es el tren de pulsos que se ha utilizado para elaborar los diferentes diagramas de tiempos de cada una de las tarjetas descritas anteriormente.

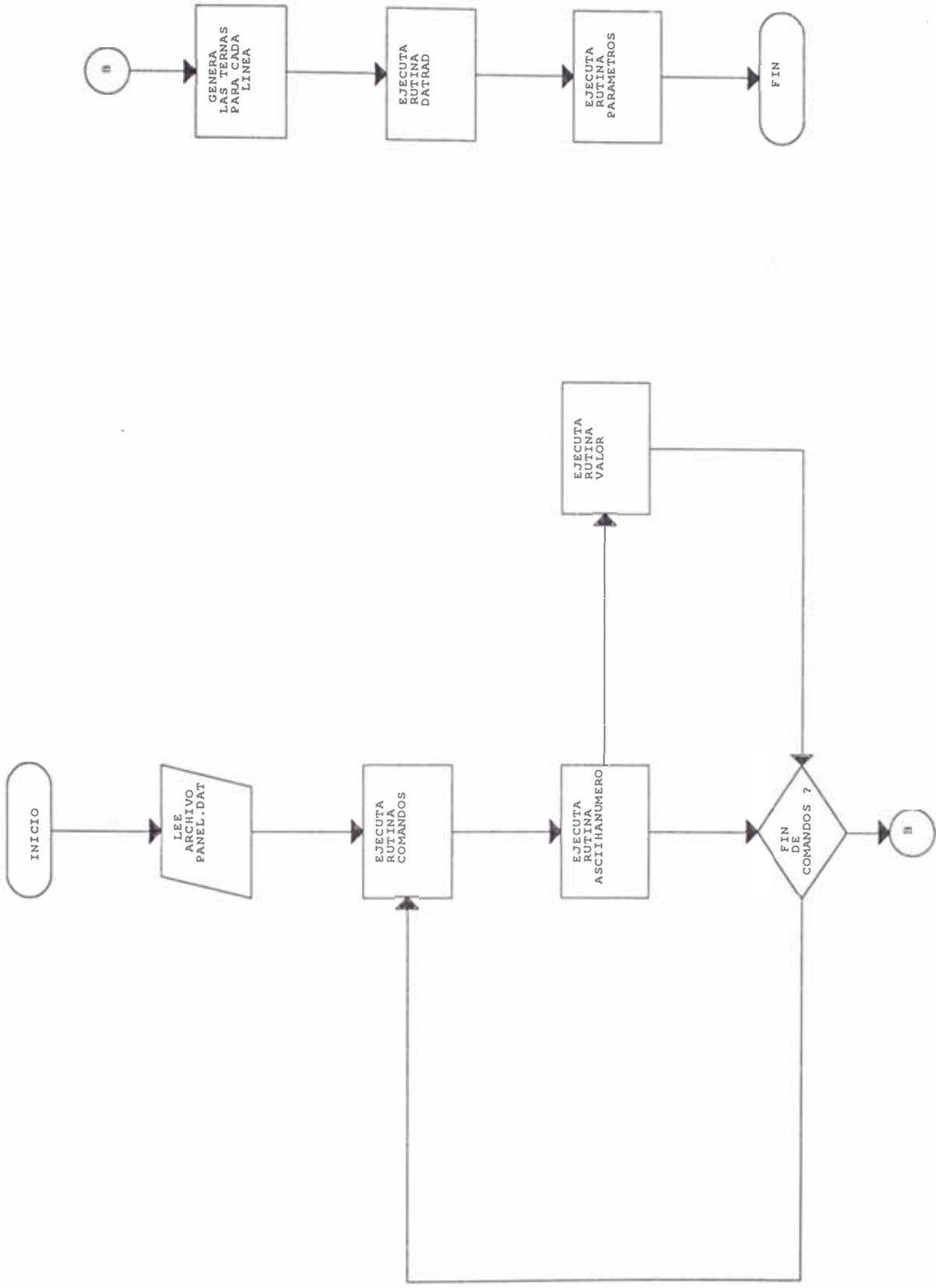


FIG. 4.2 DIAGRAMA DE FLUJOS DEL PROGRAMA STXMST.FOR

```

YY/MM/DD  HH:MM:SS  FILENO = 0  RECNR = 0  INTGNO = 1
PANAME = PANEL.DAT  PPNAME = JOUP  RCNAME = STXGEN  RCLOG = RADMEM
GNAME = GRAPHIC  SKIP = 0  PROF_F = 256  T_PROF= 10000

W_CD = 0  W_NET = 0  SHOW_G = 1  NEWEX = 1
***** RADAR CONTROLLER PARAMETERS *****
IPP 30  END
TXA 1  PUL
NTX 1  EXI
H0(1) 3.5
NSA
DH 0.3

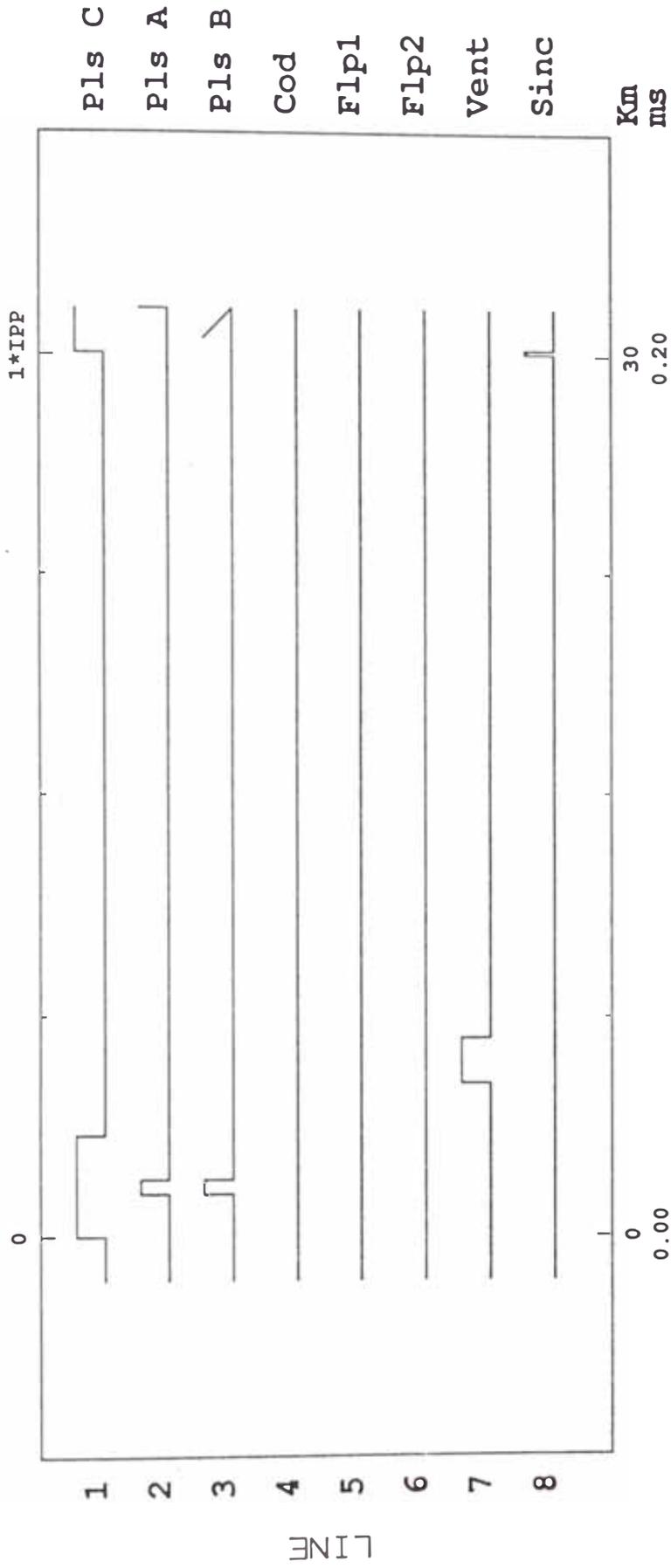
***** RELOADING PARAMETERS *****
N_INCH = 1  NITG = 1  NFFT = 64  OSCILL = 1
NCH = 2  PARAM1 = 0  PARAM2 = 0  PARAM3 = 0
CHMUX1 = 0  CHMUX2 = 1  CHMUX3 = 2  CHMUX4 = 3
CHMUX5 = 4  CHMUX6 = 5  CHMUX7 = 6  CHMUX8 = 7

```

Figura 4.3 Panel del Operador

# ARCHIVO: PANEL

## PATRON DE PULSOS



### PARAMETROS DEL CONTROLADOR DE PULSOS

```

IPP 30      END
TXA J      PUL
NTX 1      ENB
H01 3.5    LIS
NSA 5      EXI
DH 0.3
    
```

Fig. 4.4 Tren de pulsos que genera el CR con los parámetros del Panel (Fig. 4.3)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema desarrollado responde a una necesidad específica como es el control de un radar del tipo MST, en nuestro caso instalado y operado en la base antártica peruana Machu Picchu durante la primavera austral (Febrero de 1993). El sistema desarrollado provee ocho líneas de pulsos, como se mencionó en el capítulo 2 y 3, de las cuales cinco son líneas de pulsos adicionales que no se requerían para la primera fase del proyecto pero que se usarán en futuras versiones, es decir el Controlador de Radar está listo para operar frente a necesidades mayores, pues se puede generar con una de las cinco líneas de pulsos adicionales la codificación de fase del pulso de transmisor, con otra línea el pulso de flip para cambiar la fase cada cierto número de pulsos de transmisor, etc.

La resolución de los pulsos depende de la fuente de reloj, en el trabajo expuesto se utilizó un oscilador de 16Mhz que es dividido por 16 para generar un reloj de 1Mhz, lo que permite tener un ancho de pulso mínimo para el

muestreo de 1us ó 150 metros de resolución. El reloj puede cambiarse si se desea modificar la resolución cambiando el oscilador de 16Mhz por otro que sea un múltiplo de la frecuencia que corresponda a la resolución mínima que se requiera. También se puede cambiar el reloj conectando una fuente de reloj externa cambiando un interruptor en el chásis del Controlador de Radar a la posición externa para desactivar el reloj interno (de 16Mhz).

El retardo máximo que se puede utilizar para generar la secuencia de pulsos deseado es de 253 pulsos de reloj, puesto que los retardos de 254 y 255 no están disponibles porque se utilizan para generar la secuencia de carga de dato y comando para el Controlador de Radar respectivamente. El software desarrollado hace transparente al operador esta limitación y se encarga de partir los retardos mayores a 253 para cargar correctamente las memorias del Controlador de Radar.

El Controlador de Radar genera un pulso de muestreo adicional al que se indica en el panel, el último pulso de muestreo es usado por los convertidores análogo digital para entregar el dato correspondiente a la última altura que se desea adquirir. No se genera ningún tipo de error en la adquisición de datos

La velocidad de transmisión de datos desde la PC al Controlador de Radar utilizado fue de 9600, además se tiene disponibles velocidades de 1200, 2400, 4800 y 9600 baudios las mismas que se activan al cambiar un dip-switch en la tarjeta de conversión serie-paralelo/paralelo-serie.

El sistema desarrollado puede utilizarse como un generador de pulsos en general, también es compatible con el Controlador de Radar del Radio Observatorio de Jicamarca.

En el apéndice E se muestra un par de espectros que se obtuvieron con las señales de control que proporcionó el Controlador de Radar al operar el radar en la Antártida.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Chapman, S                      A Theory of Upper Atmospheric Ozone,  
R. Meteorol. Soc. Mem 3, 1930
- 2.- Camacho, W.                    Sistema de Digitalización y Control del Radio  
Observatorio de Jicamarca, Instituto Geofísico  
del Perú, Informe Interno, Lima 1984
- 3.- Gonzáles, C.                    Sistema de Digitalización y Control del Radio  
Observatorio de Jicamarca, Instituto Geofísico  
del Perú, Informe Interno, Lima 1978
- 4.- Intel                              Intel Data Catalog 1977,  
California, Intel Corporation.
- 5.- Leovy, C. B. y otros            Middle Atmosphere Dynamics,  
Orlando, Academic Press, 1987
- 6.- Norton, Peter                    IBM PC/PS2,  
México D.F., ANAYA Multimedia, 1989
- 7.- OrCAD                            Schematic Design Tools 386+,  
Oregon, OrCAD Inc, 1992
- 8.- Sarango, M                      Sistema de Adquisición y Procesamiento de  
Datos para un Radar VHF Perfilador de Vientos,  
Universidad de Piura, Piura, 1993

- 9.- Texas Instrument      The TTL Data Book for Design Engineers  
Texas, Second Edition, Texas Instrument Inc, 1976
- 10.- WordPerfect          WordPerfect User's Guide Versión 5.1,  
Utah, WordPerfect Corporation, 1988