

73
Zejeu

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

FALLA DE ORIGEN

SISTEMA DE CONTROL REMOTO DIGITAL

PRESENTA:

AARON GALINDO ISLAS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a todas las personas que me apoyaron para la realización del presente trabajo, las cuales no quiero mencionar en particular por que de omitir alguna no estaría bien, en vista de que son muchas.

Por otra parte agradezco a las instituciones que también contribuyeron en la realización de este trabajo:

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas

Instituto Mexicano de Comunicaciones

Instituto de Ingeniería

Posgrado de Ingeniería

INDICE

| | |
|--------------------|---|
| INTRODUCCION | 1 |
|--------------------|---|

CAPITULO 1

| | |
|---------------------------------|---|
| CODIFICACION Y MODULACION | 3 |
|---------------------------------|---|

| | |
|------------------------|---|
| 1.1 CODIFICACION | 3 |
|------------------------|---|

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.1.1 IMPULSO SECUENCIAL | 3 |
|--------------------------------|---|

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.1.2 IMPULSOS MULTIPLES | 5 |
|--------------------------------|---|

| | |
|---|---|
| 1.1.3 CODIFICACION POR POSICION DE IMPULSOS | 5 |
|---|---|

| | |
|----------------------|---|
| 1.2 MODULACION | 6 |
|----------------------|---|

| | |
|------------------------------------|---|
| 1.2.1 MODULACION EN AMPLITUD | 7 |
|------------------------------------|---|

| | |
|--|---|
| 1.2.1.1 CODIFICACION AM MANCHESTER | 9 |
|--|---|

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.2.2 MODULACION EN FASE | 9 |
|--------------------------------|---|

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1.2.3 MODULACION EN FRECUENCIA | 10 |
|--------------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| 1.2.3.1 MODULACION EN FSK | 12 |
|---------------------------------|----|

| | |
|---------------------------|----|
| 1.2.3.2 FSK BIPOLAR | 14 |
|---------------------------|----|

CAPITULO 2

| | |
|--|----|
| SISTEMAS DE CONTROL REMOTO DIGITALES | 16 |
|--|----|

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.1 | ENLACES DE TRANSMISION | 16 |
| 2.1.1 | ULTRASONIDO | 16 |
| 2.1.2 | INFRARROJO | 17 |
| 2.1.3 | HILOS | 17 |
| 2.1.4 | FIBRA OPTICA | 18 |
| 2.1.5 | RADIO | 18 |
| 2.2 | CODIFICADORES | 19 |
| 2.2.1 | CODIFICADOR DE IMPULSOS MULTIPLES DE 4 DIGITOS | 19 |
| 2.2.2 | CODIFICADOR DE IMPULSOS MULTIPLES DE 8 DIGITOS | 21 |
| 2.2.3 | CODIFICADOR PPM | 22 |

CAPITULO 3

| | | |
|-----|--|-----------|
| | DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA | 23 |
| 3.1 | TEORIA GENERAL DE OPERACION | 23 |
| 3.2 | CARACTERISTICAS BASICAS DEL SISTEMA | 24 |
| 3.3 | MODULO DE TRANSMISION | 25 |
| 3.4 | MODULO DE RECEPCION | 29 |

CAPITULO 4

| | | |
|-------|---|-----------|
| | DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS | 38 |
| 4.1 | GENERALIDADES | 38 |
| 4.1.1 | LA ANTENA | 38 |
| 4.1.2 | ANTENAS DE MONOPOLO | 39 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.3 | ANTENAS DE DIPOLO | 40 |
| 4.1.4 | ANTENA HELICOIDAL | 41 |
| 4.2 | DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS | 41 |

CAPITULO 5

| | | |
|--|-----------------------------------|----|
| | CARACTERIZACION DEL SISTEMA | 52 |
|--|-----------------------------------|----|

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | CARACTERIZACION DEL RADIO TRANSMISOR Y RECEPTOR . | 52 |
|-----|---|----|

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 5.1.1 | PRUEBAS DE CONSUMO DE POTENCIA | 52 |
| 5.1.2 | ANCHO DE BANDA | 53 |
| 5.1.3 | PRUEBAS DE SATURACION | 54 |
| 5.1.4 | PRUEBAS DE TRANSMISION | 55 |

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 5.2 | CARACTERIZACION DE LAS ANTENAS | 60 |
|-----|--------------------------------------|----|

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2.1 | MEDICION DE IMPEDANCIA DE ENTRADA Y RELACION DE ONDA ESTACIONARIA | 60 |
| 5.2.2 | MEDICION DEL PATRON DE RADIACION | 61 |
| 5.2.3 | MEDICION DE LA GANANCIA | 61 |

CAPITULO 6

| | | |
|--|---------------------------------|----|
| | RESULTADOS Y CONCLUSIONES | 62 |
|--|---------------------------------|----|

| | | |
|-----|--------------------|----|
| 6.1 | RESULTADO | 62 |
| 6.2 | CONCLUSIONES | 63 |

| | |
|------------------------|-----------|
| APENDICES | 65 |
|------------------------|-----------|

| | |
|--|-----------|
| A . TARJETA DE CODIFICACION | 66 |
| B . TARJETA DE DECODIFICACION | 70 |
| C . TABLERO DE CONTROL | 74 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| BIBLIOGRAFIA | 76 |
|---------------------------|-----------|

INTRODUCCION

En el trabajo, se describe el diseño y construcción de un **sistema de control remoto** para una sonda robot, utilizada en la medición de variables ambientales en zonas de alto riesgo. Tal es el caso de una planta generadora de energía eléctrica por medio de un reactor nuclear, en la que se manejan altos índices de radiación Alfa, Beta y Gamma; además, los niveles de humedad relativa y temperatura pueden ser muy extremosos, por lo que dichas condiciones ambientales pueden resultar nocivas a la salud de las personas que ahí trabajen.

Dentro del servicio de mantenimiento a la planta, cuando se detecta un desperfecto en algún sitio de la localidad y previamente a cualquier reparación, es necesario realizar mediciones de las variables antes descritas; para ello, se equipa a un técnico especialista con un traje protector especial (muy incómodo) y el equipo de monitoreo adecuado y así poder entrar en la zona requerida para realizar las mediciones. Los equipos de monitoreo utilizados son analógicos y/o digitales; con las temperaturas elevadas y altos valores de humedad relativa en el ambiente (al grado de condensación), la lectura de la información se dificulta, lo que retarda el proceso de monitoreo. Si los niveles de radiación son lo suficientemente elevados como para que el equipo de protección utilizado sea insuficiente, los daños ocasionados en la persona física del técnico resultan graves e irreversibles y con grandes consecuencias para la salud del individuo.

Existen otros procesos industriales que de igual manera ponen en alto riesgo la salud de sus operadores.

Como una solución al problema de realizar actividades en zonas industriales de alto riesgo sin peligro para el personal humano, se propone la utilización de una sonda robot que se encargaría de monitorear las condiciones de la zona en la que se presente la falla. De esta forma, observando el resultado del monitoreo, es posible saber si las condiciones de trabajo son o no riesgosas, y tomar la decisión de mandar al personal de mantenimiento con equipo adecuado de protección a reparar la falla.

El presente trabajo describe el desarrollo de un prototipo de sonda robot controlado remotamente desde un puesto de mando móvil, que puede ser trasladado a la zona en donde se presente el problema de falla, y realizar el monitoreo. Los datos recopilados por la sonda, se transmiten al puesto de mando remoto para observarlos en "tiempo real" y con la posibilidad de almacenarlos en

una memoria en la misma sonda, y contar así con un sistema de respaldo de información.

En el trabajo, se trata exclusivamente la parte del diseño del sistema de control remoto de la sonda robot. Previamente a su desarrollo, se hicieron investigaciones para evaluar las diferentes técnicas de codificación de señales para tener un óptimo control en la distancia requerida. En la construcción del sistema, se utilizó el que mejor se adapta a las necesidades y requerimientos de los otros sistemas que interactúan con la sonda.

Uno de los aspectos que más se tomaron en cuenta para la selección de la técnica usada, fué la confiabilidad en la transmisión de los datos dentro de condiciones ambientales de ruido industrial.

En el capítulo 1, tratamos brevemente la descripción de tres técnicas de codificación de mensajes, las cuales son de las más utilizadas en sistemas de control remoto, éstas son impulsos secuenciales, impulsos múltiples y codificación por posición de pulsos; así como, las principales técnicas de modulación para la transmisión de mensajes, estas son: amplitud modulada, frecuencia modulada y modulación en fase, como algunas de sus variantes.

El capítulo 2, explica algunas de las formas de enlace de transmisión en sistemas de control remoto alámbricos o inalámbricos, digitales o analógicos, estas formas son: ultrasonido, infrarrojos, transmisión por cable, fibra óptica y enlace por radio. Se explican también el funcionamiento de algunos de los sistemas que sirven para codificar el mensaje.

Capítulo 3, en este capítulo se menciona la teoría general de operación del sistema, la forma en que se diseñó y como se calcularon las diferentes partes que conforman a éste, así como, la forma en que se implemento el sistema de control remoto.

Capítulo 4, trata sobre el diseño y construcción de las antenas utilizadas en el sistema, los cálculos necesarios para la realización de éstas, como algunas características generales en algunos tipos de antenas.

Capítulo 5, en éste se presenta la información que se obtuvo de las pruebas a las que se sometió el sistema para comprobar sus características, así como, su comportamiento en algunos casos controlados como por ejemplo: pruebas de saturación, como se comporta a diferentes niveles de tensión en la fuente de alimentación, etc. También encontramos en éste capítulo las pruebas realizadas a las antenas y los resultados obtenidos.

Capítulo 6, en éste se comentan los resultados obtenidos en el proyecto y se realizan las conclusiones de éste.

CAPITULO 1

CODIFICACION Y MODULACION

1.1 CODIFICACION

La codificación puede ser entendida como la transcripción de un texto en una serie de signos gráficos o eléctricos.

Las computadoras y otros procesadores reconocen solo dos estados lógicos, que pueden ser alto "1" ó bajo "0". En otros sistemas, se definen más estados, caracteres o números, y se hace un patrón por cada caracter; a este patrón se le llama codificación. Así, la codificación se puede definir como una representación dada de un número finito de valores o símbolos con un arreglo particular ó una secuencia discreta de condiciones o eventos [7].

Las diferentes formas técnicas de codificar un mensaje para su transmisión, nos dan como resultado diferentes circuitos electrónicos de codificación y decodificación de señales.

A continuación se da una breve descripción del funcionamiento de las técnicas mas utilizadas :

1.1.1 Impulso secuencial.-

Esta codificación es utilizada en las formas de control remoto mas económicas y para el control de varios sistemas independientes [8]. El método es utilizado en sistemas que tienen una secuencia fija de pasos, y en los cuales no se pueda realizar alteración alguna, a excepción del tiempo de duración de cada acción. Como un ejemplo, describimos el siguiente:

Se tiene un auto de juguete con una secuencia de movimientos como sigue :

- 1.- Avance
- 2.- Vuelta a la derecha
- 3.- Reversa
- 4.- Vuelta a la izquierda
- 5.- Paro

Esta secuencia no se puede alterar en su orden, lo único posible es controlar cuantos metros se quiere que avance el auto, cuantos giros se desean realizar y la longitud del arco hacia la derecha; que distancia se quiere que recorra en reversa, cuantos giros o la longitud del arco hacia la izquierda, y cuanto tiempo permanecerá parado antes de reiniciar el avance.

El control es realizado según el tiempo que se quiera que permanezca la acción que corresponda y de acuerdo a la secuencia. Si el operador quisiera saltar alguna de las acciones, tendría que pulsar rápidamente el botón de control para que el sistema no la realice, y de ésta forma, pasar a la que sigue inmediatamente en la secuencia; si la que se quiere esta después de dos de ellas, tendrá que pulsar rápido dos veces el botón controlador para saltarlas, y así sucesivamente.

Este tipo de circuitos no necesitan de codificador y decodificador, ya que el solo pulso lleva la información adecuada. La figura 1.1 muestra la forma de la señal de impulsos secuenciales.

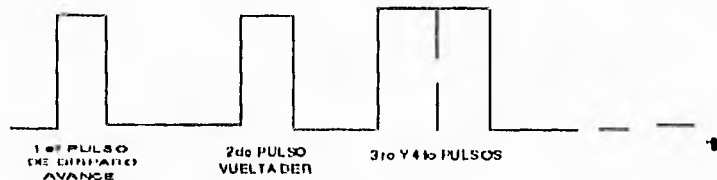


Fig. 1.1 Impulsos Secuenciales

1.1.2 Impulsos múltiples.-

Esta técnica se utiliza cuando el sistema a controlar no tiene una secuencia predeterminada en sus acciones, siendo por lo tanto ésta codificación, utilizada con sistemas cuyas funciones son controladas totalmente e independientemente una del resto de las otras. En estos sistemas, el tablero de control suele contar con varios botones o teclas para el control de cada función en especial. Existe un codificador que genera un código único por cada tecla o función, y dependiendo del número de bits del código, es el número de funciones que podrá controlar. Como ejemplo se tiene :

Si se tuviera una palabra de diez bits, el formato en general es; el primer bit es para indicarle al decodificador que va a iniciar la transmisión del mensaje (start bit), los siguientes ocho bits son el mensaje y el último bit es para indicar al decodificador que terminó la transmisión del mensaje (stop bit). El decodificador solo interpreta los ocho bits de mensaje, lo que da como resultado el tener 2 a la 8 códigos diferentes (256 códigos diferentes). La figura 1.2 muestra este formato de transmisión.



Fig. 1.2 Impulsos Múltiples

1.1.3 Codificación por posición de impulsos.-

En esta forma de codificar señales, todos los impulsos tienen la misma duración, y solo se varían los espacios entre impulsos para transportar la información codificada. Se puede utilizar el método en casos como el del ejemplo

de impulsos múltiples, pero éste tipo proporciona mayor efectividad dado el diseño de sus circuitos que son más inmunes al ruido. Esta técnica es utilizada, tanto en controles de sistemas digitales, como en los de sistemas analógicos y es la que se utilizó para realizar el sistema de control remoto que trata éste trabajo. La codificación se puede modular con las diferentes técnicas de modulación que existen (sobre todo AM o FM), así como, sus diferentes variantes. En la figura 1.3 se muestra este tipo de codificación.

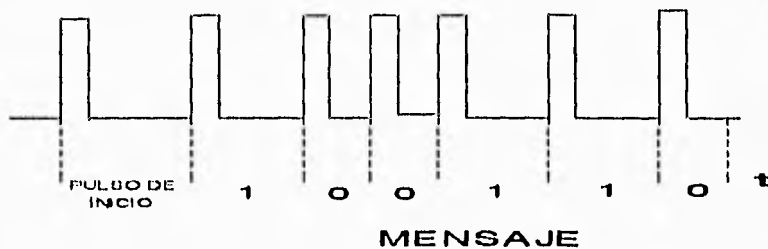


Fig. 1.3 Codificación por posición de impulsos

1.2 MODULACION

El proceso de variar los parámetros de una señal de alta frecuencia (portadora) en relación a otra de menor frecuencia (moduladora), da como resultado una señal modulada, y cuyo espectro en frecuencia está concentrado en torno a la frecuencia de la señal de alta frecuencia no modulada. El proceso en el cual se recupera la señal moduladora de la señal modulada se conoce como demodulación [9].

En una señal de forma de onda senoidal utilizada como portadora para la transmisión de datos, se tienen tres posibles parámetros a variar, lo que resulta en tres modos básicos de modulación, estos parámetros son:

- La amplitud
- La frecuencia
- La fase

por lo tanto, las técnicas de modulación existentes son:

- Modulación en amplitud (AM)
- Modulación en frecuencia (FM)
- Modulación en fase (PM)

Estas tres técnicas de modulación, son hoy en día comúnmente utilizadas para diferentes propósitos, la forma básica de cada una de ellas se muestra en la figura 1.4.

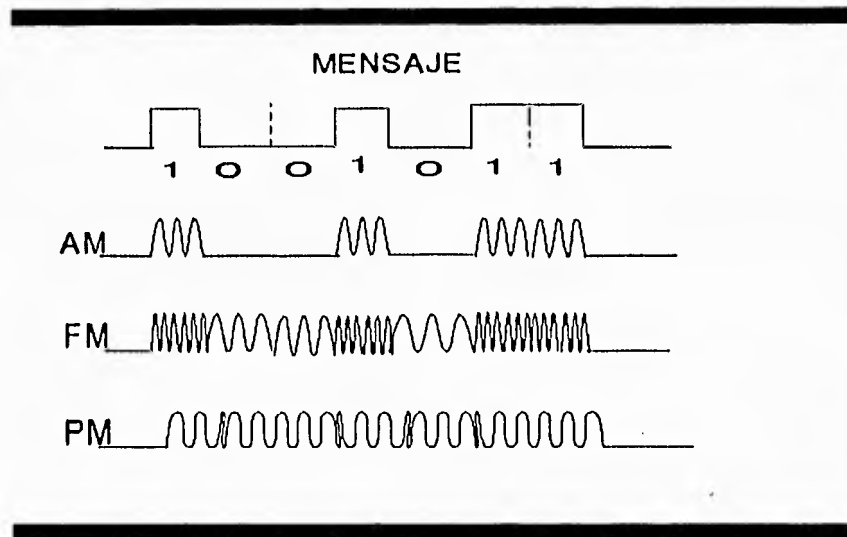


Fig. 1.4 Tipos de Modulación

1.2.1 Modulación en amplitud.-

En la modulación por amplitud, como su nombre lo indica, la amplitud de la onda portadora es variada de acuerdo con la señal o dato que se requiere transmitir, en el caso de transmitir datos en un código binario, basta con interrumpir o no la transmisión de la portadora para obtener los "bits" para el "1" y "0" lógicos.

Para observar éste proceso, la figura 1.5 muestra un diagrama a bloques de la modulación en amplitud.

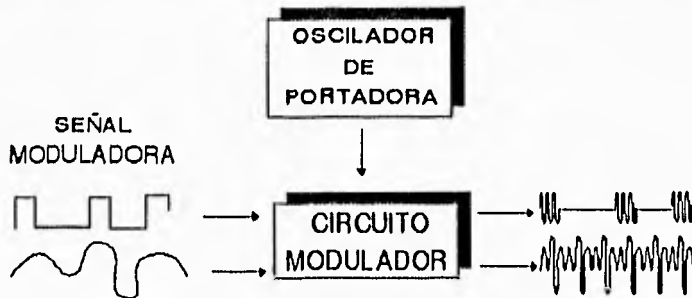


Fig. 1.5 Proceso de Modulación en AM

Para recuperar la información implícita en la onda portadora, es necesario que en el extremo receptor de la línea se realice el proceso inverso, esto es, la demodulación de la portadora, lo que se ilustra en la figura 1.6.

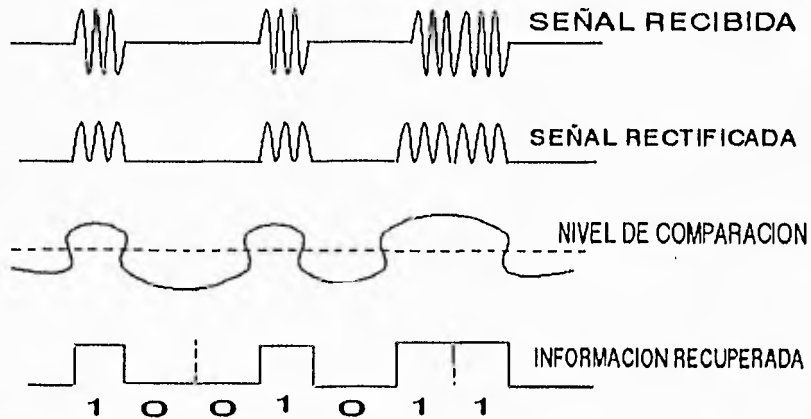


Fig. 1.6 Demodulación de una Señal de AM

1.2.1.1 Codificación AM Manchester o bipolar.-

Esta técnica es una de las formas de codificación por modulación en amplitud más segura al decodificarla, por el hecho de que cada bit se divide a la mitad, así se tiene que para codificar un uno lógico, la primera mitad de éste tendrá un nivel alto y la segunda un nivel bajo; para un cero lógico se tiene que en la primera mitad existe un nivel bajo y en la segunda un nivel alto (ver figura 1.7), permitiendo hacer una mejor diferenciación en el circuito decodificador de las secuencias largas de unos y ceros.

Si las secuencias son excesivas, el decodificador puede llegar a fallar en su funcionamiento, como en nuestra aplicación no tenemos ese caso, se puede utilizar sin ningún problema ésta técnica.

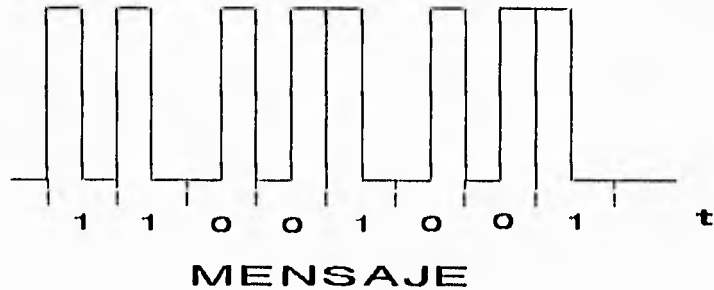


Fig. 1.7 Modulación AM Manchester

1.2.2 Modulación en fase.-

En la modulación en fase, la fase de la portadora es variada de acuerdo con el dato a ser enviado, un cambio en la fase de 180° no puede ser diferenciado de

uno de -180° , por lo que, el máximo intervalo sobre el cual la fase puede ser variada es de $\pm 180^\circ$; resulta también que, pequeños cambios en fase no pueden ser transmitidos y detectados con mucha exactitud, es por eso, que la modulación en fase no es normalmente usada para transmitir voz o música, prefiriendo utilizar las otras opciones.

El pequeño intervalo de variación sin embargo, puede ser usado para codificar dos "bits" en una transmisión, o 4 ú 8 o más. Dependiendo de las necesidades de la transmisión; por ejemplo : un cambio de 20° pudiera corresponder a un "0" y un cambio de 90° a un "1".

Existen básicamente dos diferentes métodos de detección en los sistemas de modulación en fase:

- Detección de referencia compuesta
- Detección diferencial

En este tipo de modulación se utiliza la técnica de "dibits" (combinaciones de dos bits).

1.2.3 Modulación en frecuencia

Cuando se empezó a desarrollar la modulación en frecuencia, poco a poco vino a reemplazar a la amplitud modulada en cuanto a su inmunidad al ruido en cambios de amplitud. La señal se transmite con una amplitud constante, es por eso que no le importan los cambios en amplitud; sin embargo, se necesita un ancho de banda grande. Es por eso, que la modulación en frecuencia por su gran ventaja de inmunidad al ruido en amplitud, se utiliza en muchos sistemas de transmisión inalámbrica.

En la modulación por frecuencia, la onda portadora varía su frecuencia de acuerdo a la señal que va a ser transmitida, la frecuencia de la onda portadora tomará un valor para el bit "1" y otro para el "0". El tipo de modulación en frecuencia para dos estados, propia de la transmisión digital, se denomina FSK (Frequency Shift Key); (la figura 1.8 muestra este proceso), pero esta modulación puede ser usada también para una demoduladora analógica, y la forma de ésta puede ser cualquiera.

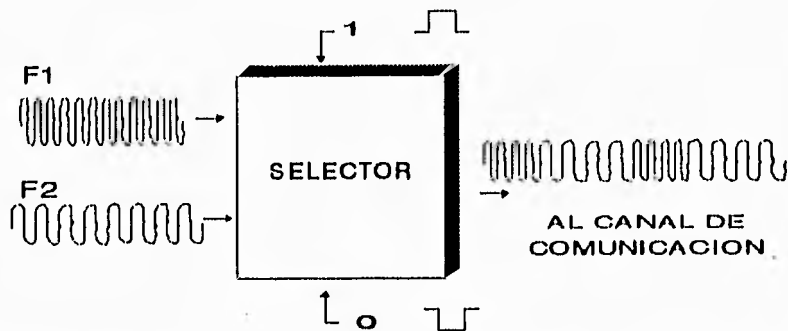


Fig. 1.8 Modulación FSK

La señal de frecuencia modulada es transmitida con una amplitud constante, y proporciona la ventaja de que los cambios de amplitud introducidos por el ruido durante la transmisión puedan ser despreciados durante el proceso de detección; es necesario entonces para la demodulación de la señal, tener un filtro de ancho de banda angosta por el cual pueda pasar la señal presente, y así se pueda llevar a cabo la recuperación de la información implícita en la portadora; es decir, demodular la señal, la figura 1.9 muestra los pasos a seguir para efectuar una transmisión típica en frecuencia modulada, así como su demodulación en el extremo receptor.

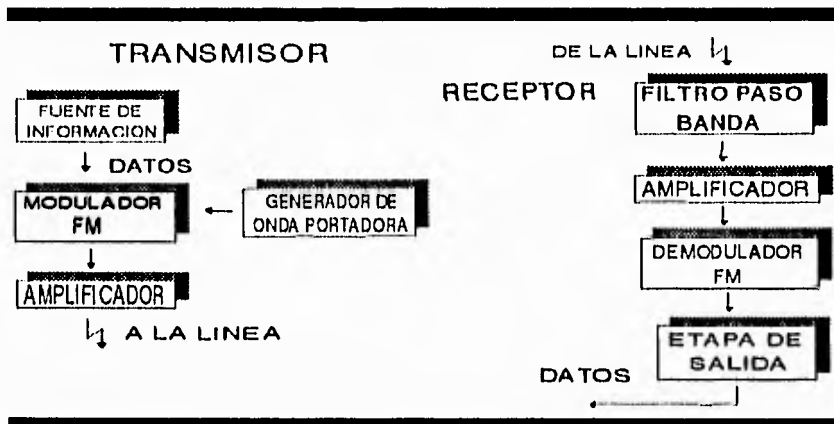


Fig. 1.9 Transmisión en FM

1.2.3.1 Modulación en FSK .-

(Frequency Shift Key)

Este tipo de modulación es el que normalmente se utiliza en sistemas de transmisión inalámbrico, dado que la información digital contiene únicamente unos y ceros, éstos, al efectuarse la modulación se representan por dos niveles fijos de voltaje con desviaciones en frecuencia con respecto a la frecuencia central de la portadora. Este proceso es precisamente la modulación en FSK, para la cual, en el tipo de modulación, la frecuencia central de la portadora equivale a la condición de modulación de un patrón de 101010 (uno, cero, uno, ...).

Si un sistema FSK tuviese una portadora de 2 kHz, un "1" podría representarse con una desviación de 100 Hz hacia arriba y un "0" con una desviación igual, pero hacia abajo (figura 1.10).

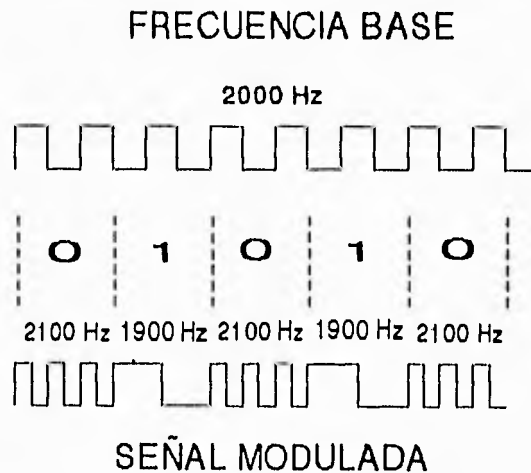


Fig. 1.10 Modulación FSK

Por la sencillez y confiabilidad de éste tipo de modulación, es que se utiliza en la mayoría de los sistemas que transmiten datos de información digital, sin embargo, existe un problema de gran peso, que consiste en tener fluctuaciones o brinco que sufre la portadora al hacer la conmutación de una frecuencia a otra, y en un momento dado pudiera interpretarse como un cambio de frecuencia cuando en realidad no lo es; una solución a este problema es restringir los cambios de frecuencia en puntos donde la portadora cruza por la línea que divide su nivel en dos partes iguales, esto se conoce como conmutación al cruce por cero; y a éste modo de modulación se le conoce como modulación por frecuencia síncrona (figura 1.11).

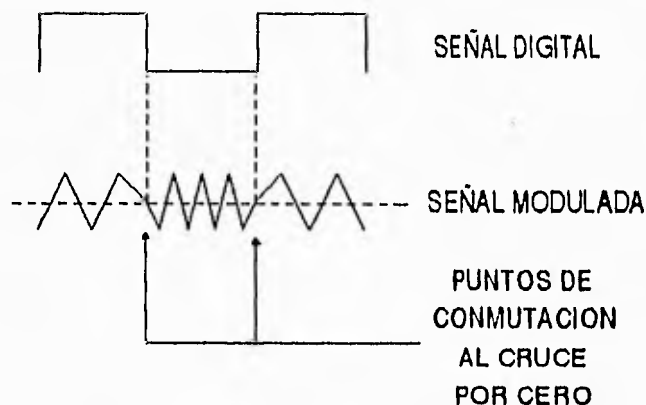


Fig. 1.11 Modulación FSK Síncrona

El caso inverso es la modulación asíncrona y se refiere a que el cambio de frecuencia se efectúa en cualquier parte de la onda, como se muestra en la figura 1.12.

Es conveniente mencionar que una modulación síncrona permite una mayor velocidad de transmisión.

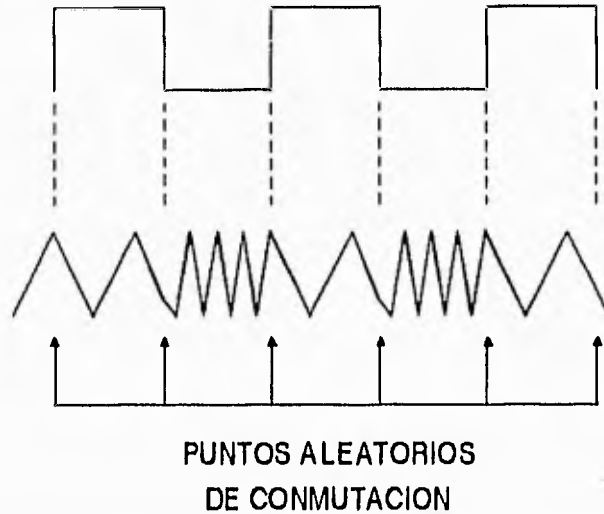


Fig. 1.12 Modulación FSK Asincrona

1.2.3.2 FSK bipolar .-

Esta forma de codificación es utilizada frecuentemente en aplicaciones de modulación en frecuencia, en las que, como el caso de modulación en amplitud Manchester, se divide el bit en dos partes. Para el caso de un "1" lógico, en la primera parte se le asigna una frecuencia (f_1) y en la segunda una frecuencia más baja (f_2) y para un "0" lógico, a la primera parte se le asigna f_2 y a la segunda parte f_1 .

Esta técnica de codificación es muy confiable, por su inmunidad al ruido, pero su decodificación es más difícil de realizar.

En la figura 1.13 se representa éste tipo de modulación.

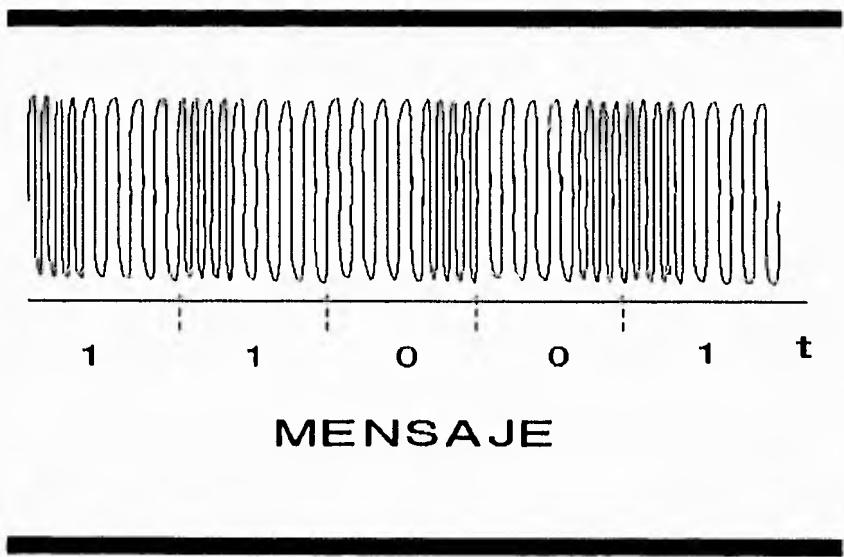


Fig. 1.13 Modulación en FSK bipolar.

CAPITULO 2

SISTEMAS DE CONTROL REMOTO DIGITALES

En este capítulo, presento diferentes métodos de entre los más utilizados para establecer las comunicaciones en sistemas de control remoto digitales; como se establecen los enlaces de transmisión, que medios utilizan, codificadores más utilizados y describiendo finalmente un codificador PPM que es el más parecido al que se utiliza en el sistema que fué desarrollado.

2.1 ENLACES DE TRANSMISION

Con frecuencia, la selección del enlace de transmisión constituye la primera etapa del diseño de un sistema de mando a distancia. Esto se debe, a que cada tipo de enlace posee sus propias características especiales, y que lo hace adecuado para determinadas aplicaciones [8]. Los más utilizados son:

2.1.1 Ultrasonido:

El ultrasonido es un sonido o tono de alta frecuencia; la cual es demasiado alta para ser percibida por el oído humano. Los sonidos ultrasónicos se suelen generar por medio de un cristal como transductor, con las superficies rectificadas de tal forma que vibre a una frecuencia de 40 kHz por lo general. Para hacer que el cristal vibre, se le aplica un potencial oscilante. Si la frecuencia del oscilador es de exactamente 40 kHz, el cristal resuena en fase con el potencial oscilante aplicado y se genera un ultrasonido.

Los ultrasonidos se detectan mediante un proceso inverso al descrito anteriormente. El transductor detector es un cristal similar al cristal generador y a la misma frecuencia. Sus superficies están rectificadas para que vibren en este caso a una frecuencia de 40 kHz. Cuando se aplica al cristal un ultrasonido de la

frecuencia correcta, dicho cristal entra en resonancia y comienza a vibrar a esa frecuencia. Sus vibraciones generan una diferencia de potencial oscilante entre caras opuestas del cristal y este potencial es detectado por un circuito electrónico apropiado.

Las ventajas de utilizar los ultrasonidos como enlace de transmisión son: los cristales son baratos, y los circuitos necesarios para generar el potencial oscilante y detectar las oscilaciones del cristal del receptor, son sencillos de construir y operar.

La principal desventaja del control mediante ultrasonido, es que el alcance se limita a sólo unos pocos metros. El sonido emitido por el cristal está encerrado en un patrón de radiación relativamente estrecho, lo mismo que el cristal receptor tiene un ángulo bastante pequeño de aceptación. A consecuencia de esto, es necesario apuntar el transmisor con bastante exactitud hacia el receptor, y dentro del ángulo de aceptación. En muchas aplicaciones esto no es problema, e incluso puede ser una ventaja. Aunque normalmente este tipo de enlace no resulta afectado por el ruido ambiental, algunos sonidos tienen ciertos componentes ultrasónicos breves, que pueden en algunas ocasiones, producir acciones espurias de interferencia.

2.1.2 Infrarrojos:

Esta es una de las técnicas más populares con aplicaciones domésticas. Uno o más diodos luminiscentes (LED's) generan la radiación infrarroja. Los diodos son baratos, consumen poca corriente, tienen un bajo porcentaje de fallas, y su circuito excitador es sencillo. Hay varios dispositivos apropiados para la detección de infrarrojos, aunque el de utilización más común es un fotodiodo económico con buena respuesta es sensibilidad en la banda del infrarrojo. En principio, el enlace de funcionamiento suele estar limitado a unos pocos metros, aunque podría utilizarse un grupo de diez o más LED's en paralelo para mejorar el alcance y ser utilizado en el exterior. Pueden existir problemas de ruido procedente de otras fuentes de infrarrojos (como por ejemplo la radiación solar), en tales circunstancias, a menos de que se toman acciones para limitar el ángulo de aceptación, se podrán tener interferencias espurias.

2.1.3 Hilos (conexión por conductores):

Es el enlace de transmisión más fácil y barato de todos. Un par de hilos van del codificador del transmisor al decodificador del receptor. Uno de los hilos es para la conexión de tierra (0 V) y el otro lleva la señal. La principal desventaja es que debe haber una conexión física con el aparato a controlarse. Si éste es móvil, la conexión alámbrica queda fuera de posibilidad para ser utilizada.

Una de las ventajas principales de un sistema alámbrico es que el ruido se minimiza. Solo en un entorno en que haya una actividad electromagnética muy fuerte existe probabilidad de que surjan algunos problemas de interferencia.

2.1.4 Fibra óptica:

Si se desea una completa inmunidad respecto del ruido, se recomienda la utilización de fibra óptica. La señal toma la forma de impulsos de infrarrojos o luz visible. La actividad electromagnética local no afecta de ninguna manera a la señal mientras circula por la fibra óptica. Las señales pueden transmitirse a distancias de 100 metros o más con muy poco ruido o distorsión. Como en el caso de la conexión alámbrica directa, existe la desventaja de que quede muy restringida la movilidad del aparato a ser controlado.

Una desventaja, es que el cable óptico y los componentes necesarios para su interfase con los circuitos electrónicos son relativamente caros, aunque los costos tienden a disminuir en los últimos años. Es mejor, por lo tanto, limitar el uso de la fibra óptica a aquellos sistemas en que es esencial que estén libres de ruido. Otra aplicación de la fibra óptica se encuentran en los sistemas en donde es esencial la seguridad total en el acceso a la información. Las señales de código no pueden ser interceptadas o decodificadas por ningún otro aparato que no sea el receptor previsto, esto es, el medio de transmisión queda aislado del medio ambiente.

2.1.5 Radio:

Para aplicaciones con distancias de varios cientos de metros, los enlaces ultrasónicos e infrarrojos resultan faltos de potencia, la fibra óptica suele ser demasiado cara, y los sistemas alámbricos son con frecuencia poco prácticos. La radio tiene ventajas considerables. El mando a distancia de aeromodelos, vehículos, barcos y robots móviles, son ejemplos frecuentes. Los transmisores y receptores de radio son de construcción más cara, mas voluminosos y tienen mayor consumo de corriente. La construcción y entonación de un transmisor y receptor de radio exigen más especialización técnica.

Al igual que en muchos otros sistemas, el ruido puede ser un problema. En un sistema de radio, la fuente más común de ruido está constituida por otras transmisiones de radio, que generan interferencias con él.

2.2 CODIFICADORES

2.2.1 Codificador de impulsos múltiples de 4 dígitos:

En un sistema como éste consideramos un código compuesto por un tren de 4 impulsos de igual duración cada uno, y pudiendo ser alto "1" ó bajo "0". Se pueden formar 16 de estos trenes, disponiendo los impulsos de todas las formas posibles, en correspondencia con los números binarios del cero (0000) al 15 (1111). Esto significa que se pueden transmitir hasta 16 instrucciones diferentes por medio de este código. En la figura 2.1(a) se muestra la salida del transmisor suponiendo que los dígitos del código se transmiten en el orden D, C, B, A. Si transmitimos este tren de pulsos ó el mostrado en la figura 2.1(b) en el receptor, estos códigos no se pueden diferenciar, por lo que se necesita algún medio de indicar el comienzo del mensaje de comando. Una forma de conseguir esto consiste en iniciar cada comando con un impulso alto, seguido de cuatro impulsos de código. Tenemos entonces los mensajes representados en las figuras 2.1(c) y 2.1(d). El primero ó impulso de arranque (S), tiene la mitad de duración de los otros impulsos ya que ésto permite al circuito ser más sencillo sin pérdida de efectividad.

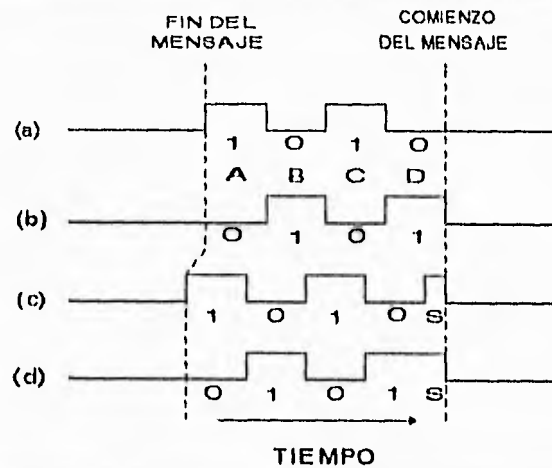


Fig. 2.1 Codificación por Impulsos Múltiples

La duración de impulso se determina mediante el reloj, el cual produce una serie continua de impulsos de aproximadamente 1.5 Hz. El sistema podría funcionar igualmente bien con una frecuencia de reloj muy superior, pero la frecuencia de reloj más lenta hace más fácil verificar el funcionamiento del circuito. Los impulsos de reloj controlan el funcionamiento del registro de desplazamiento. Este contiene una cadena de 5 registros que conservan los datos. Un registro de "estado 1" conserva los datos "1" (salida alta); un registro de "estado 0" conserva los datos "0" (salida baja). Al pasar la salida del reloj de baja a alta, los datos se desplazan de cada registro al siguiente registro de la cadena; en la figura 2.2 se muestra lo que sucede. Para empezar, se "pone en 0" todos los registros, con salidas bajas. Cuando el operador pulsa una tecla de comando, los datos del comando codificado aparecen en las líneas A, B, C, y D de la interfase de entrada. Estas líneas pueden ser altas o bajas en cualquier combinación y según el código escogido; representados éstos por a, b, c y d. Estos datos todavía no afectan a los registros. A continuación el operador pulsa el botón de transmisión y en el siguiente impulso de reloj de dirección hacia abajo, se cargan directamente los datos en los registros (carga en paralelo). Permanecen allí hasta el siguiente impulso de reloj en dirección hacia arriba, en el que se desplazan un paso a lo largo de la cadena. En cada sucesivo impulso de dirección hacia el alto, se experimenta un desplazamiento, hasta que después de 5, los datos se han transferido y son sustituidos por todos niveles bajos. Obsérvese que el primer registro de desplazamiento "E" se encontraba en estado alto, ya que su entrada se encuentra permanentemente conectada a un nivel "alto". La salida del transmisor se toma del registro "E". Si se lee una línea de la parte inferior de la figura 2.2 veremos el mensaje de código previsto: "iniciar d-c-b-a", precedido y seguido de un estado "bajo" continuo.

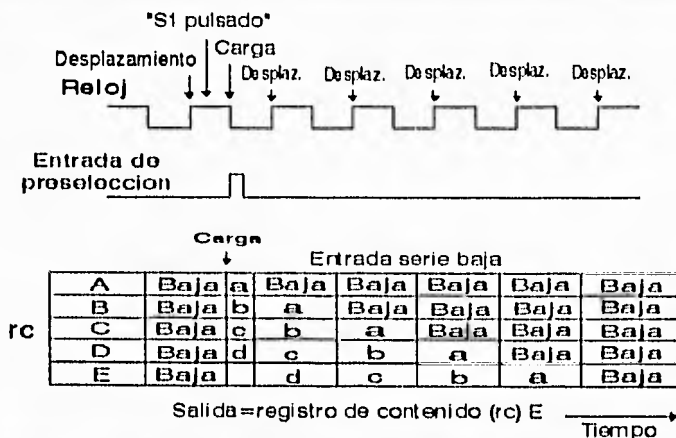


Fig. 2.2 Carga del Registro de Corrimiento

2.2.2 Codificador de impulsos múltiples de 8 dígitos:

El diagrama de bloques del codificador de 8 dígitos se representa en la figura 2.3. Produce 256 códigos diferentes, lo cual es considerablemente más de lo que es probable se necesite con fines de control digital. Su finalidad principal es para el control analógico, ya que puede codificar los 8 dígitos de un convertidor A/D. Otra diferencia entre este codificador y el de 4 dígitos estriba en que éste funciona continuamente, codificando el último valor de la entrada digital y transmitiéndolo automáticamente. La finalidad es que el aparato controlado obedezca a los cambios de posición de la palanca de mando (o de la resistencia de control deslizante) al tiempo en que ocurren. La codificación continua no es adecuada para las entradas procedentes de un conmutador binario, el cual pasa por todos los valores intermedios mientras que conmuta de un valor a otro. Este es el motivo de que el codificador de 4 dígitos tenga una tecla de transmisión.

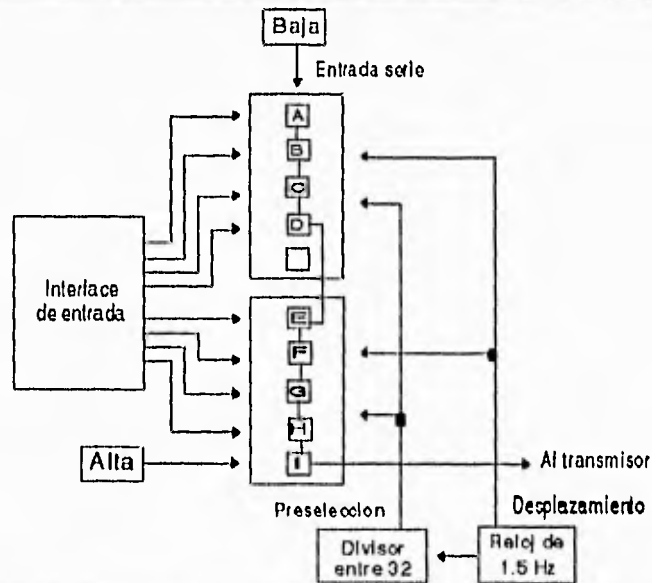


Fig. 2.3 Codificador de 8 dígitos

El circuito tiene muchas características en común con el codificador de 4 dígitos. Hay un registro de desplazamiento adicional para admitir los 4 dígitos extra. En lugar del botón de transmisión hay un contador divisor por 32. Esto produce un impulso de preselección cada 32 impulsos, lo que equivale a que el operador pulse el botón de transmisión regularmente cada 21 segundos.

Como en el circuito de 4 dígitos, los datos se cargan en los registros cuando se aplica un impulso alto corto a las entradas de preselección de los circuitos integrados, en el circuito de 8 dígitos éste impulso se genera automáticamente. Los impulsos proceden del reloj que van conectados a un contador de 32 pasos, y cuya salida cambia de estado cada vez que el reloj se hace bajo. Las cinco salidas pasan por la secuencia binaria de 0 (00000) a 31 (11111) repetidamente. Cada que las cinco salidas son altas, la salida de una compuerta NAND se hace baja, por lo tanto, la salida de otra compuerta NAND, que está conectada como una compuerta de inversión sencilla, es normalmente baja; pero se hace alta a la cuenta 31 del contador. Esta acción hace que el generador de impulsos compuesto por tres compuertas NAND se dispare para producir el impulso de preselección. De esta forma, los datos que están en el codificador se transfieren a los registros en cada cuenta número 31, y el impulso de arranque alto aparece a la salida del registro "I". Durante las siguientes 8 cuentas, los datos se desplazan a lo largo de los registros y aparecen a la salida del registro "I". Al terminar esto, todos los registros se habrán situado en bajo, debido a la entrada baja que esté continuamente presente en la entrada serie del registro de corrimiento. La salida del circuito permanecerá por tanto baja durante las siguientes 22 cuentas. En la cuenta 21 se transfieren de nuevo los datos a los registros, y se genera otro tren de impulsos.

2.2.3 Codificador PPM:

Como un ejemplo de un sistema que utiliza ésta técnica, el circuito integrado 490 de codificación PPM (pulse position modulation) puede admitir hasta 21 comandos distintos. Para lograr esto, el comando se produce al conectar una de las ocho "patitas" de fuente de corriente a una de cuatro "patitas" de disipación de corriente. En estas últimas se incluye la primera, que es conectada a tierra. Los comandos pueden considerarse como grupos de código binario de 5 dígitos, que tienen el formato E-D-C-B-A. No hay necesidad de colocar más teclas en el tablero de control que las que realmente se necesitan para producir los comandos necesarios, quedando el sistema potencialmente para ser utilizado a su máxima capacidad.

En nuestra aplicación se utilizó el circuito MC14497 (codificador PCM), para lograr un sistema con 32 comandos como máximo, del que se mostrará su diseño y construcción en los próximos capítulos.

CAPITULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA

3.1 TEORIA GENERAL DE OPERACION

El trabajo presenta un sistema de control remoto (SCR/SORRO) para el manejo de una sonda instrumentada con un alto nivel de confiabilidad e inmunidad al ruido, que proporciona una comunicación veraz de transmisión de datos a distancia, para la aplicación requerida de monitoreo de señales de parámetros de temperatura, humedad, etc. en ambientes hostiles para un ser humano. La configuración general del sistema, se muestra en la figura 3.1, en donde se observan los modulos que se desarrollaron en el diseño.

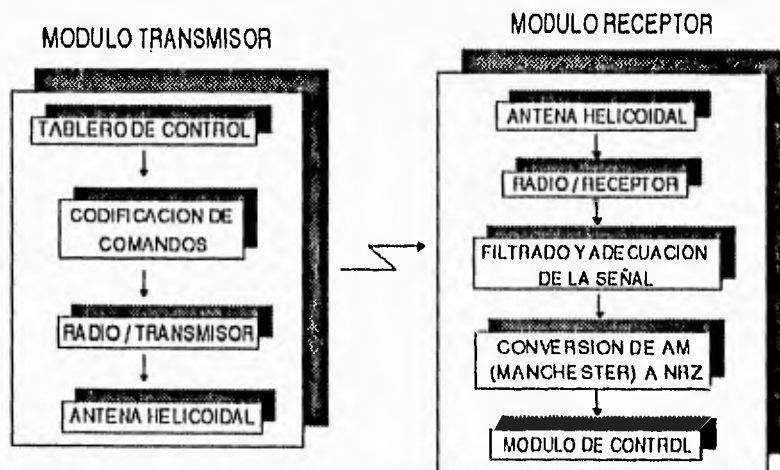


Fig. 3.1 Configuración General del Sistema

Para el control de mando se diseñó un tablero de control con teclas especializadas como la forma más sencilla de operación para el usuario, cada tecla realiza una función específica generando un código único por medio de un circuito transmisor a control remoto PCM y en código Manchester. Para la transmisión inalámbrica se utiliza la técnica de modulación en frecuencia (FM) y una potencia de transmisión a la salida de 2 Watts. El sistema receptor, está colocado en la sonda instrumentada, en donde la señal después de haber pasado por un acondicionamiento es obtenida en niveles TTL, con el mensaje codificado en Manchester que posteriormente es convertido a un código NRZ para ser aceptado por el módulo de control.

El sistema desarrollado básicamente se divide en dos módulos, que son:

- Modulo de transmisión
- Modulo de recepción

Cada modulo tiene submodulos como se muestra en la figura 3.1.

3.2 CARACTERISTICAS BASICAS DEL SISTEMA

El sistema de control remoto inalámbrico diseñado utiliza en su funcionamiento los niveles de voltaje para dispositivos CMOS, por lo que requiere una alimentación en el rango de 3 a 15 V proporcionada por una batería de 12 V, la técnica de modulación utilizada es en frecuencia, con un rango de 450 MHz a 470 MHz, con una transmisión simplex y una desviación de frecuencia de +/- 0.0005 %.

El radio transmisor entrega una potencia máxima de 2 Watts con un voltaje de alimentación de 11 +/- 1 V, y una impedancia de salida en la antena de 50 ohms; en su entrada recibe una señal de audio con una amplitud máxima de 350 mV RMS, la transmisión de información se hace en código Manchester, y a una velocidad de 1200 bauds. La velocidad de transmisión se puede variar realizando algunos ajustes en el oscilador del transmisor y en algunos elementos del receptor.

El radio receptor tiene una sensibilidad de 0.35 μ V, un rechazo de señales espurias y señales imaginarias de - 70 dB, un rechazo de intermodulación de - 60 dB, una selectividad de - 75 dB para desviaciones de frecuencias de +/- 25 kHz de la frecuencia utilizada en el canal y su salida de audio es de 200 mV RMS.

El sistema de recepción demodula la señal y recupera el mensaje codificado que se ha transmitido, posteriormente se amplifica y se filtra, para después realizar la conversión del código original Manchester a un código NRZ (no

retorno a cero), para hacerlo compatible con un sistema de control basado en un microprocesador, y cuyo diseño no forma parte de éste trabajo.

Se determinó que lo más óptimo para el manejo de la sonda robot, sería poner un código para cada una de las funciones que se tienen que controlar y que conforman la siguiente lista :

- Cámara de video : dos grados de libertad
- Plataforma móvil : dos grados de libertad
- Brazo robot : seis grados de libertad
- Activación de las rutinas del brazo
- Activación de los sistemas de adquisición
- Paro de emergencia

3.3 MODULO DE TRANSMISION

Como circuito básico en el sistema de transmisión se utilizó un circuito integrado MC14497 (transmisor PCM de control remoto), éste circuito entrega a su salida una señal modulada en FSK o AM. Se instrumentó el circuito de aplicación propuesto en el manual [1] para realizar una transmisión en AM (esta modulación es bipolar ó Manchester).

El manual propone colocar un oscilador a 500 kHz como frecuencia máxima, y construido con un circuito LC o un resonador cerámico. El oscilador utilizado se hizo con un circuito LC (fig. 3.2), que se se diseñó de la siguiente manera:

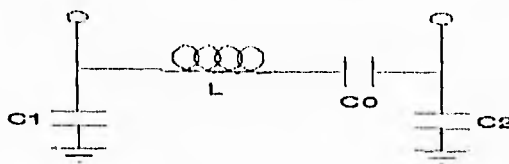


Fig. 3.2 Circuito Oscilador LC

Basándose en la teoría de un cristal oscilador [2], que consiste en colocar en serie una inductancia y un capacitor para que oscilen a una frecuencia específica, se calcularon los valores de los elementos utilizados con la ecuación 1.

$$f_s = 1 / (2\pi (LC)^{1/2}) \dots\dots\dots (1)$$

Haciendo constante el valor de alguno de los elementos que sea incógnita y fijando el valor de $f_s = 400$ kHz tenemos:

$$f_s = 400 \text{ kHz}$$

$$L = 2 \text{ mH}$$

despejando C de la ecuación 1 tenemos:

$$C = (1/2 \pi f_s)^2 / L$$

$$C = 7.92 \cdot 11$$

$$f_p = f_s [1 + (C / 2C_o)] \dots\dots\dots (2)$$

$$f_p > f_s$$

fijamos f_p con respecto a la condición anterior en

$$f_p = 405 \text{ kHz}$$

despejando C_o de la ecuación 2 tenemos:

$$C_o = C / [(f_p / f_s) - 1]^2$$

$$C_o = 3.16 \cdot 9$$

ajustando el valor de C_o a uno comercialmente disponible se tiene:

$$C_o = .0033 \mu\text{f}$$

La construcción del inductor [2], se hizo utilizando un núcleo de ferrita y multicapas de embobinado (fig 3.3), conforme a la ecuación 3 :

$$L = (0.4 n^2 \mu A \times 10^{-2}) / l \dots\dots\dots (3)$$

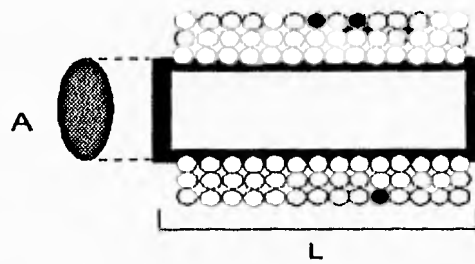


Fig. 3.3 Inductor Múlticapas

de donde:

l : longitud del núcleo de ferrita

n : número de vueltas

A : área del núcleo de ferrita

μ : permeabilidad inicial, relativa a la del espacio libre

L : inductancia

fijando los siguientes valores:

$$L = 1900 \mu\text{H}$$

$$l = 2.5 \text{ cm}$$

$$A = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\mu = 19$$

de la ecuación 3 tenemos:

$$n = [L l / (0.4 \mu A \times 10^{-2})]^{1/2}$$

$$n = 90 \text{ vueltas}$$

De acuerdo a los valores determinados, el inductor construido fue de 1.9mH, utilizado en el oscilador requerido en el circuito de transmisión mostrado en la figura 3.2, junto con los capacitores C_1 y C_2 que se fijan en valores de nanofaradios da como resultado una frecuencia de oscilación de 495 kHz.

El circuito integrado MC14497 contiene una serie de patas conectoras "pines" [1], a las cuales fué colocado el teclado de control que consta de 32 teclas y expandible a 64. Las teclas se conectan en forma matricial, y cada una de ellas realiza una función específica, ya que cada una al ser accionada, genera un código único modulado en amplitud (Manchester). El formato de la palabra de salida, está formada por:

Un "bit" de preparado (burst bit), dos "bits" bajos, un "bit" de inicio (start bit) y seis "bits" de código, dando como resultado una palabra de 10 bits (fig 3.4).

FORMATO DE LA PALABRA ENVIADA POR EL CI MC14497

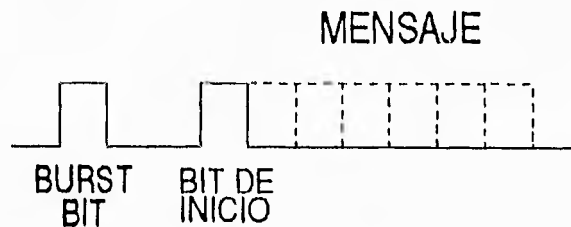


Fig. 3.4 Código del Mensaje Enviado

La palabra digital conformada, se acondiciona a niveles de voltaje requeridos por el radio transmisor (Maxon modelo DM -0530) mediante un circuito divisor, limitandose así el voltaje máximo de entrada al transmisor a 350 mV RMS, cumpliendo con la especificación del fabricante.

3.4 MODULO DE RECEPCION

El circuito acondicionador utilizado para el acoplamiento entre el radio receptor y el sistema de control, es un filtro activo paso bajas, cuyo diseño con el amplificador operacional LM324 se muestra a continuación :

Después de experimentar para varias frecuencias de corte, se utilizó un filtro Bessel de segundo orden (fig. 3.5), con frecuencia de corte (f_c) de 1 kHz, y cuyo calculo se muestra a continuación; de acuerdo a la tabla característica de estos filtros [3] se tiene:

$$\zeta = 0.8659$$

$$C''_1 = 0.9066$$

$$C''_2 = 0.6799$$

$$f_c = 1 \text{ kHz}$$

$$C'_1 = C''_1 / 2 \pi f_c$$

$$C'_2 = C''_2 / 2 \pi f_c$$

$$C_1 = C'_1 / R$$

$$C_2 = C'_2 / R$$

$$R = R_1 = R_2$$

$$C'_1 = 1.4429 \cdot 10^{-4}$$

$$C'_2 = 1.082 \cdot 10^{-4}$$

$$R = 1.5 \text{ k } \Omega$$

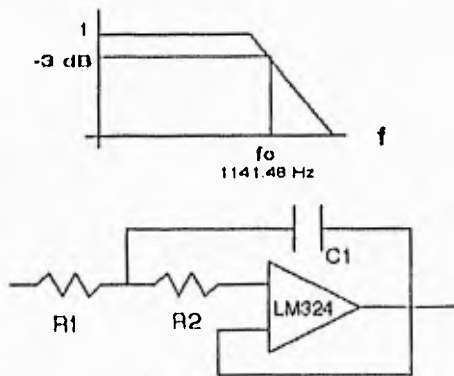
$$C_1 = 0.12 \text{ } \mu\text{f}$$

$$C_2 = 72 \text{ nf}$$

Recalculando la frecuencia de corte con:

$$f_c = 1 / (2\pi [R_1 R_2 C_1 C_2]^{1/2}) \dots\dots (4) \text{ se tiene :}$$

$$f_c = 1141.48 \text{ Hz}$$



FILTRO BESSEL DE SEGUNDO ORDEN

Fig. 3.5 Filtro Activo de Segundo Orden

Para acondicionar la señal a niveles de voltaje compatibles con el receptor, la señal de salida del filtro, se pasa por un amplificador operacional (LM324) configurado como comparador de nivel de voltaje, realizando con ésto también el acoplamiento de impedancias [3].

Como se muestra en la figura 3.6, el circuito comparador de nivel de voltaje, se instrumenta con un amplificador operacional conectando un voltaje de referencia en la entrada inversora y la señal de salida del filtro en la no inversora.

En el amplificador, se realiza una comparación entre las dos entradas, y a la salida se tiene el nivel de voltaje de saturación para cada nodo de la polarización según sean comparadas las señales de entrada; resultando para la señal no inversora, en una señal amplificada casi al mismo nivel de voltaje con que se está polarizando el operacional.

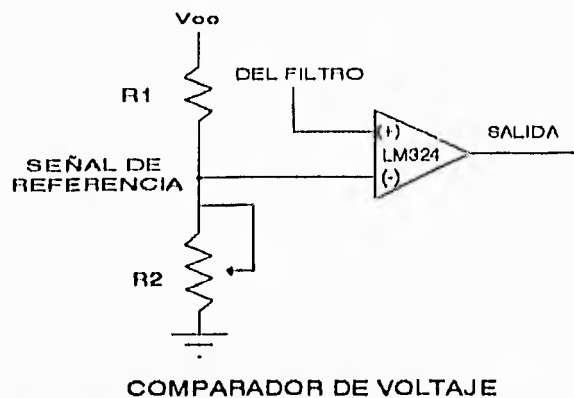


Fig. 3.6 Comparador de Nivel

La salida del comparador de nivel se conecta al circuito integrado MC3373 (Amplificador de control remoto con detector de ancho de banda) [10]. Con éste circuito, se recupera la señal en su forma original de AM Manchester. El integrado, tiene un amplificador de señal específico de alta ganancia. La sección de amplificación, tiene un control automático de nivel de polarización (bias), que simplifica la conexión directa con un diodo detector de infrarojo (IR), que puede ser utilizado para ciertas aplicaciones. El circuito MC3373, generalmente en sus aplicaciones, es operado junto a dispositivos de AC, por lo que es conveniente utilizar en la entrada un filtro paso altas que atenúe el ruido relativo a la línea de potencia y particularmente cuando son utilizadas en el ambiente lámparas de vapor de gas y fluorescentes. En el modo de acarreo (carrier), el MC3373 actúa sobre el subsistema de AM, amplificando la señal de entrada, demodulándola y proporcionando la forma de onda básica de esa demodulación.

En la figura 3.7, el circuito resonante del "pin" 3, proporciona al sistema una buena reducción de las interferencias por ruido aleatorio y permite la operación de multicanales dentro de la misma área de funcionamiento. En el caso de multicanales, existe la restricción que no pueden ser las mismas frecuencias de resonancia ó armónicas de ellas.

En esta aplicación, el circuito resonante fue instrumentado con un capacitor de 0.0033 μf , funcionando correctamente durante las pruebas realizadas en el área requerida.

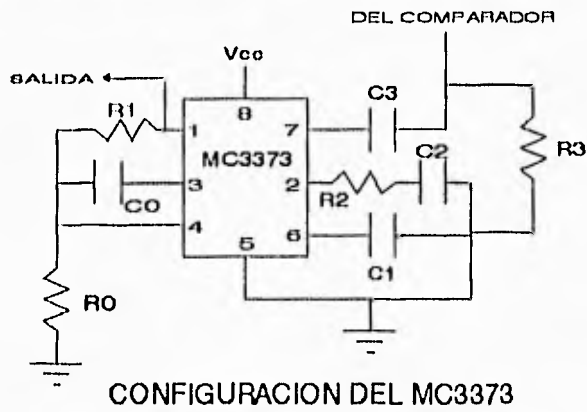


Fig. 3.7 Configuración del CI MC3373

Las señales de entrada y salida del circuito integrado MC3373 se muestran en la figura 3.8.

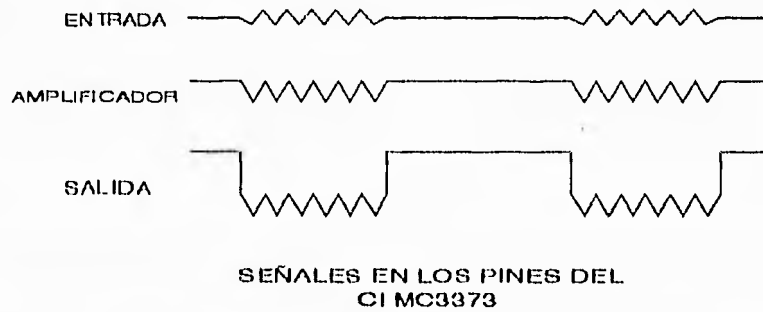


Fig. 3.8 Señales de Entrada/ Salida del CI MC3373

Sin embargo y dado que el sistema es de muy alta ganancia y opera con relativas altas frecuencias, al realizar el "layout" se toman en consideración ciertos factores como los siguientes:

a) Para un "layout" de una sola cara, se utiliza el lado de componentes como un plano de tierra.

b) Si el "layout" es de dos caras, tener en consideración que se debe colocar un plano de tierra sólido.

Como la señal que se transmite esta codificada en Manchester y en el circuito de control se requiere una codificación NRZ, se requiere una conversión de la señal original realizada por un circuito específico, compuesto por un circuito de disparo para un temporizador LM555. Dicho circuito de disparo está realizado con dos compuertas NAND de tecnología CMOS (CI 4011), éste genera un pulso de un nivel alto con una duración de 0.2 mS ; cuanto detecta el primer "bit" de la palabra activa al oscilador LM555 conectado en configuración de monoestable (one shot, fig. 3.9). El monoestable genera a su salida un nivel alto con ancho de pulso de duración de la palabra de 10 bits que se está transmitiendo. El cálculo del circuito monoestable se muestra a continuación [11]:

El pulso que se desea generar debe tener una duración de 8.33 mS, de acuerdo con al ecuación 5 :

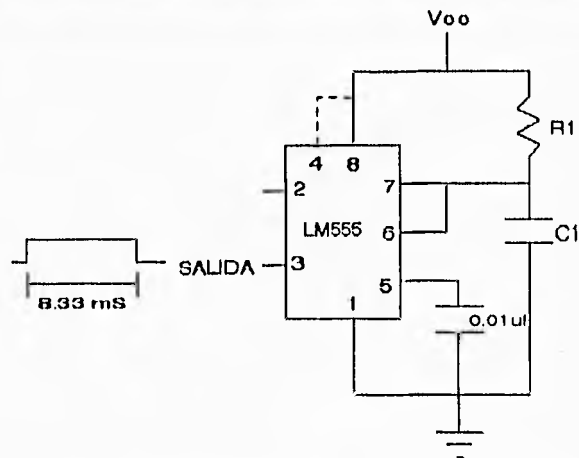
$$T = 1.1 R_1 C_1 \quad \dots\dots\dots (5)$$

y fijando el valor del capacitor C_1 en $0.33 \mu\text{f}$, y despejando R_1 de la ecuación 5, la calculamos :

$$R_1 = T / (1.1 C_1)$$

$$R_1 = 22 \text{ K}\Omega$$

Con la finalidad de obtener ajustes en la duración del pulso, se colocó una resistencia variable de $20 \text{ K}\Omega$ a una resistencia de $4.7 \text{ K}\Omega$ conectadas en serie.



LM555 EN CONFIGURACION MONOESTABLE

Fig. 3.9 Oscilador Monoestable

Posteriormente, la salida del monoestable se conecta a una compuerta NOR (CD4001) alamburada como inversor y cuya señal de salida se conecta a una compuerta de tercer estado (CD4503), ésta habilita a un oscilador LM555 en configuración de astable (figura 3.10), que sirve de reloj a un flip-flop del tipo D. El diseño de éste oscilador se hizo para una frecuencia 1.2 kHz, de la siguiente manera [11]:

$$T = 1 / f \dots\dots (6)$$

$$f = 1.2 \text{ kHz}$$

Calculando la ecuación 6 tenemos,

$$T = 0.833 \text{ mS}$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1 \dots\dots (7)$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C_1 \dots\dots (8)$$

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2 R_2) C_1 \dots\dots (9)$$

fijando los valores de :

$$t_1 = 0.2 \text{ mS}$$

$$t_2 = 0.6 \text{ mS}$$

$$C_1 = 100 \text{ nF}$$

y despejando R_2 de la ecuación 8 tenemos,

$$R_2 = t_2 / (0.693 C_1)$$

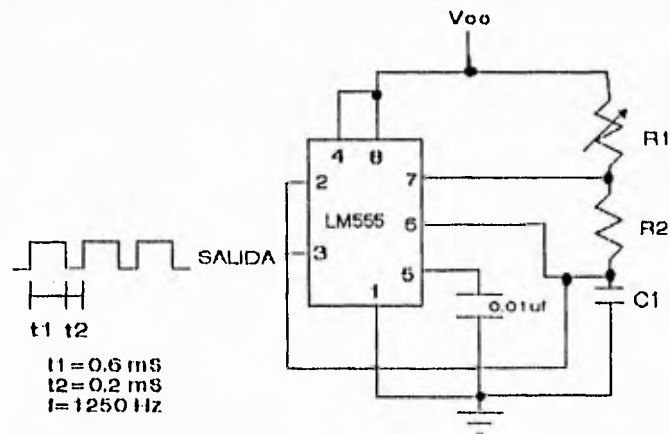
$$R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega$$

El valor de R_2 se fijó a uno comercial de $2.2\text{k}\Omega$ y calculamos el valor de R_1 , despejandolo de la ecuación 7:

$$R_1 = [t_1 / (0.693 C_1)] - R_2$$

$$R_1 = 9.3 \text{ k}\Omega$$

para obtener un ajuste preciso del valor de R_1 se colocó un potenciómetro de $10 \text{ k}\Omega$, con una resistencia en serie de $1.8 \text{ k}\Omega$.



LM555 EN CONFIGURACION
ASTABLE

Fig. 3.10 Oscilador Astable

A la entrada del "flip-flop D" de la figura 3.11, se entrega la señal codificada en "Manchester", el dato que es tomado en el flanco de subida del reloj y es mantenido durante el tiempo de duración de un ciclo, de ésta forma, se realiza la conversión de Manchester a NRZ (No retorno a cero), obteniéndose para la entrada y la salida las señales mostradas en la figura 3.11.

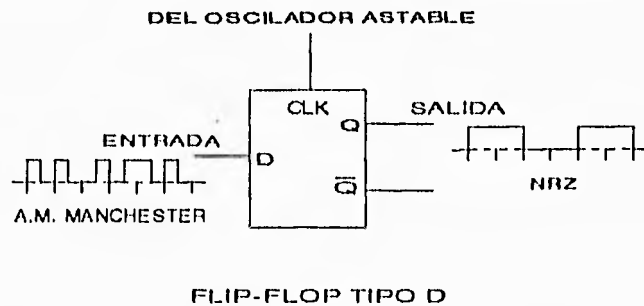


Fig. 3.11 Conversión de Manchester / NRZ

Al realizar pruebas, se observó que en el caso de no existir una señal transmitida desde el puesto de mando, es decir, si al circuito de transmisión se le suspende el suministro de energía por alguna razón, en el circuito del receptor se interpreta el ruido que capta la antena (en ausencia de señal) como un nivel digital de datos no válido en el sistema de control.

Para corregir éste efecto, y al observar en el osciloscopio que la señal que es captada (ruido) cuando el transmisor no está polarizado tiene una amplitud menor que la señal captada cuando existe información, la señal de salida del radio receptor se pasa por un diodo y un comparador de nivel (figura 3.12) instrumentado con un amplificador operacional LM324, para activar una compuerta de tercer estado (CD4503), a está compuerta se le presenta en su entrada la señal de salida del flip-flop, la compuerta de tercer estado solo es activada para dejar pasar la señal codificada del transmisor al sistema de control, con esto se cancela el ruido en ausencia de señal del transmisor.

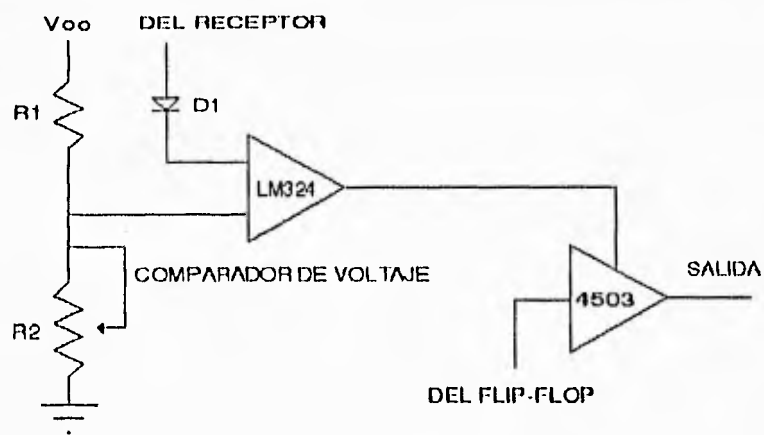


Fig. 3.12 Circuito Corrector de Nivel de ruido

CAPITULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se tratará la forma en que se diseñaron las antenas que se utilizaron en la sonda instrumentada, para un mejor entendimiento se trata brevemente la teoría requerida para esto.

4.1.1 La antena.

Una Antena [4] es un dispositivo que actúa como una estructura transitoria entre el espacio libre y un medio de conducción (electricamente hablando). Una línea de transmisión se usa para transportar energía electromagnética desde la fuente de transmisión a la antena, la que radia ésta energía que es captada posteriormente por la antena receptora, para enviar las señales eléctricas al circuito receptor.

Ademas de la transmisión o recepción de energía, la antena se utiliza para optimizar o acentuar la radiación de ésta energía en ciertas direcciones y suprimirlas en otras si es necesario, por lo que la antena resulta ser un dispositivo direccional.

Las características que deben tener las antenas utilizadas por el sistema de Radio/Transmisión Maxon modelo DM-O530 utilizado en nuestra aplicación, se muestran a continuación:

Impedancia de entrada de la antena : 50 Ohms, no / balanceada.

Rango de frecuencia : 450 kHz a 470 kHz.

Patrón de radiación : omnidireccional.

En cuanto a su forma física, es deseable por la aplicación práctica, diseñarla lo más compacta posible.

Con estos requerimientos técnicos, se buscó de entre varios tipos de antenas el que fuera más óptima y adecuada para utilizarse.

Analizando las características generales de las antenas se pueden establecer las siguientes consideraciones generales:

4.1.2 Antenas de Monopolo :

Tipo de radiación : omnidireccional.

Su impedancia de entrada es de aproximadamente 700 Ohms, por lo que se tendría que utilizar un acoplador de impedancias.

Por la frecuencia de operación del sistema la longitud de onda es de aproximadamente 60 cm, si se quiere realizar una antena de media longitud de onda, la longitud física de la antena sería de 30 cm, lo que resultaría ser un poco estorbosa e inadecuada en la aplicación (figura 4.1).

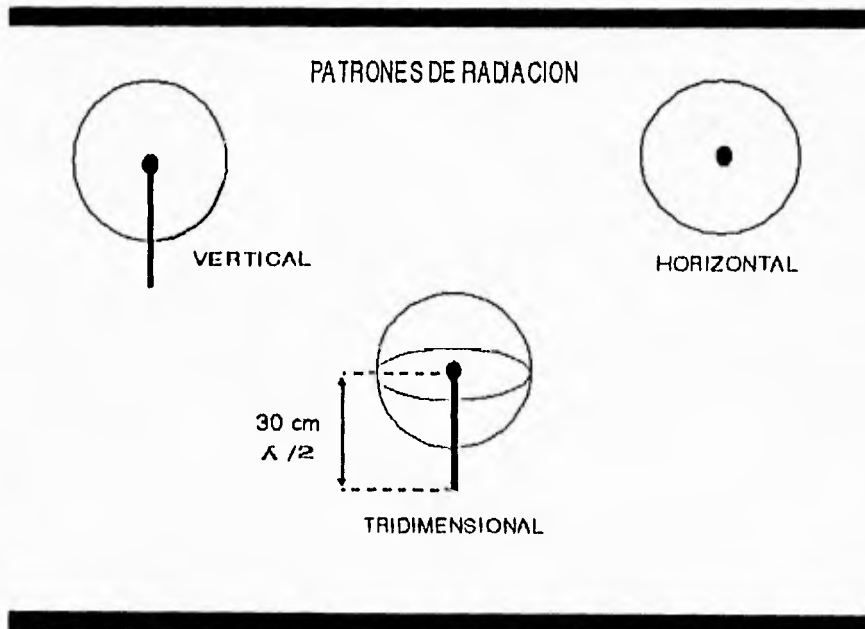


Fig. 4.1 Características Físicas y de Radiación de un Monopolo

4.1.3 Antena de Dipolo :

Su forma de radiación es bastante parecida a la omnidireccional, en el plano horizontal es circular y en el plano vertical describe una forma de ocho; viéndolo en tres dimensiones, su forma sería muy similar a la de la figura 4.2.

Su impedancia de entrada es de 75 Ohms, por lo que como en el caso anterior se tendría que utilizar un acoplador de impedancias.

En cuanto a su forma física sería del mismo tamaño que el monopolo de media longitud de onda, solo que su disposición sería horizontal en vez de vertical.

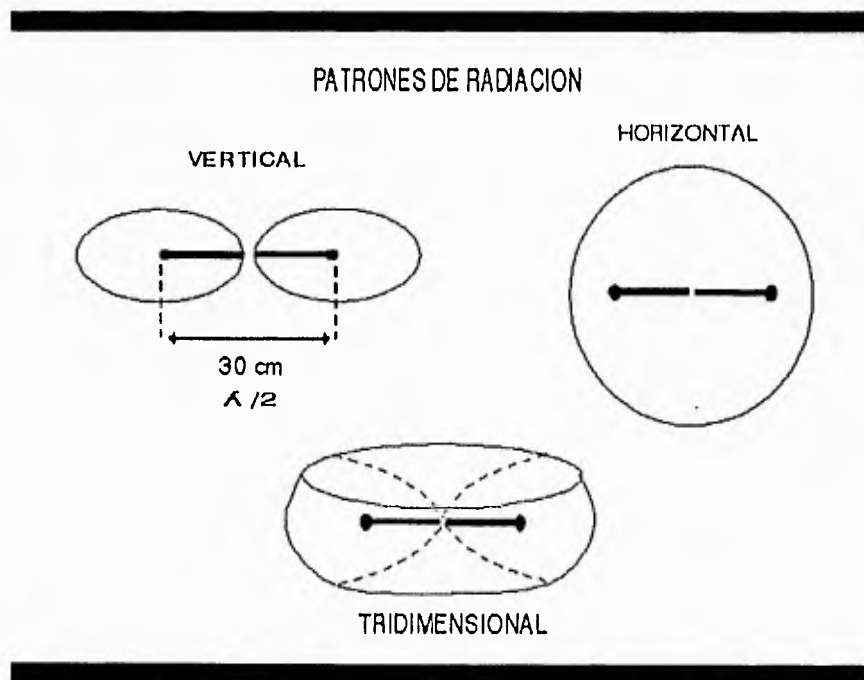


Fig. 4.2 Características Físicas y de Radiación de un Dipolo

Investigando las características de radiación de otros tipos de antenas para su posible uso, se encontró que las antenas helicoidales en su forma de radiación normal cumplen en buena parte con los requerimientos que se necesitan.

4.1.4 Antena Helicoidal:

Sus características son:

Su impedancia de entrada característica es de 53 Ohms, lo que resulta una buena aproximación a la que se necesita.

Su longitud física es aproximadamente de un cuarto de longitud de onda por lo que se tiene un tamaño aproximado de 15 cm.

Este tipo de antena y en esta forma de radiación, tiene un patrón parecido al de un monopolo o al de un dipolo, pero no esta bien fundamentada teóricamente como las otras, por no ser de uso muy común. Por lo general, estas antenas son utilizadas para obtener patrones de radiaciones muy direccionales.

4.2 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS ANTENAS

Se realizaron cálculos con las formulas teóricas que se consultaron [4] [5] [6], y se obtuvieron los resultados siguiente.

Forma de radiación normal, con características mostradas en la figura 4.3 y en donde:

n = numero de vueltas

α = $\arctg s / \pi D$

c = πD = circunferencia de una helicoide

D = diametro de la helicoide

d = diametro del conductor

A = longitud de la antena

s = separacion entre vueltas

L = longitud de una vuelta

CARACTERISTICAS DE UNA
ANTENA HELICOIDAL

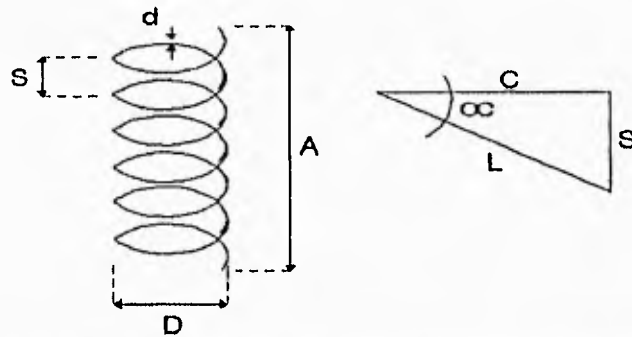


Fig. 4.3 Antena Helicoidal

Si la frecuencia de diseño es $f = 460$ MHz, se tiene :

$$\lambda = c / f = 0.6521 \text{ m}$$

$$s = 0.05 \lambda$$

$$D = 0.1 \lambda$$

$$n L \ll \lambda$$

$$c = (2 s \lambda)^{1/2}$$

realizando los calculos necesarios :

$$s = 0.0326 = 3.26 \text{ cm}$$

$$D = 0.06521 = 6.521 \text{ cm}$$

$$c = 0.206 = 20.6 \text{ cm}$$

$$L = (s^2 + c^2)^{1/2} = 0.20856 = 20.85 \text{ cm}$$

$$n = 5$$

Con estas características las antenas diseñadas radiaron a una frecuencia de 700 MHz. Para su construcción y así obtener el objetivo planteado se utilizó una antena comercial que se tenía disponible radiando a una frecuencia de 412 MHz como frecuencia y basándose en sus características físicas dimensionales, diámetro de las espiras y el número de espiras, se procedió a diseñar dos antenas dando como resultado los siguientes parámetros:

$$D = 4.4 \text{ mm}$$

$$d = 1.3 \text{ mm}$$

$$s = 1.4 \text{ mm}$$

$$A = 16.2 \text{ cm}$$

$$n = 60 \text{ vueltas}$$

y se obtuvieron estas formulas prácticas :

$$D = 0.0067 \lambda$$

$$s = 0.0021 \lambda$$

Al construirse las dos antenas y observando sus características en pruebas de laboratorio certificadas por el Instituto Mexicano de Comunicaciones (las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Radiación y Propagación de la Dirección de Metrología y Homologación de la Coordinación de Ingeniería), lo que las hace muy confiables en su operación, de ellas se obtuvieron los siguientes resultados :

Antena 1

Frecuencia de operación : 453.625 MHz

SWR con una referencia de 1 se tiene 1.0792

Impedancia : $53.945 + 0.3418 \Omega$

Forma de radiación : omnidireccional

Ganancia : 0.45 dBi

S₁₁
REF 1.0
1.0
1.0792

SWR

S₁₁ Z
REF 1.0 Units
3 200.0 mUnits
53.945 Ω 0.3418 Ω

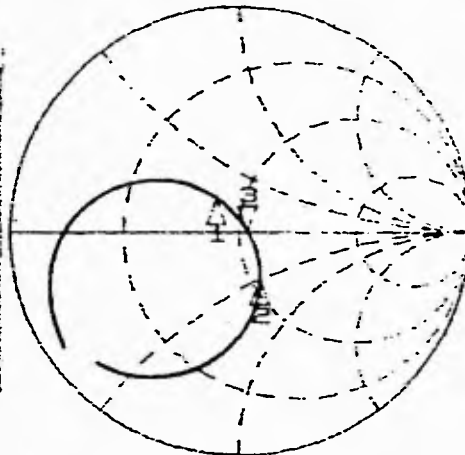
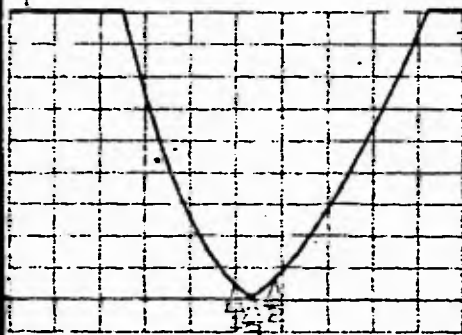
MARKER 1
449.75 MHz
39.959 Ω
12.078 Ω

HPIMC LAB RYP IIMAS HELICOIDAL 1C

MARKER 3
453.625 MHz
point 430

MARKER 2
458.5 MHz
54.182 Ω
-25.33 Ω

MARKER 3
453.62 MHz
53.945 Ω
0.3418 Ω



GRAFICA--A

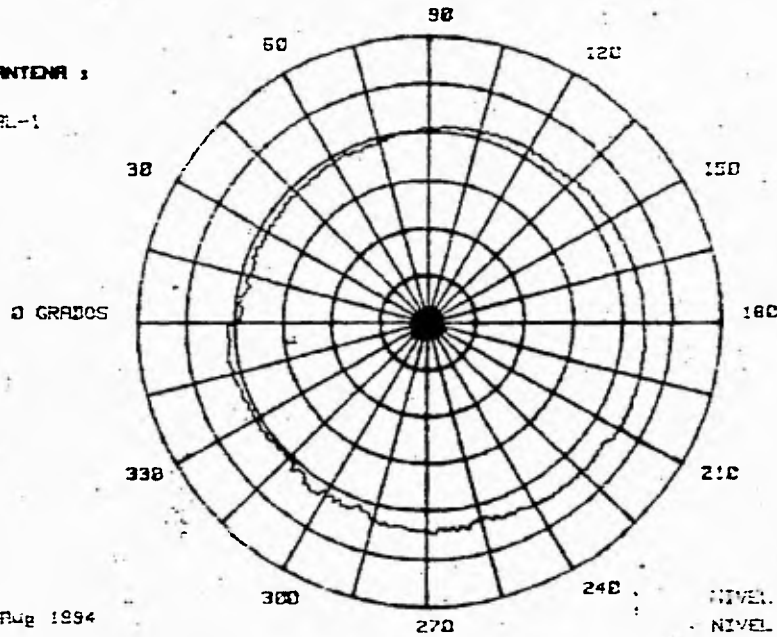
CENTER 0.45000000 GHz
SPAN 0.10000000 GHz

02 AUG 84
10:59:06

PATRÓN DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :

HELICOIDAL-1



FECHA: 2 Aug 1994

FRECUENCIA = 4.536255E+8 Hz

RELACION F-E = 6.2 dB

POLARIZACION :

NIVEL MINIMO -70.1 dBm

NIVEL MAXIMO -59.2 dBm

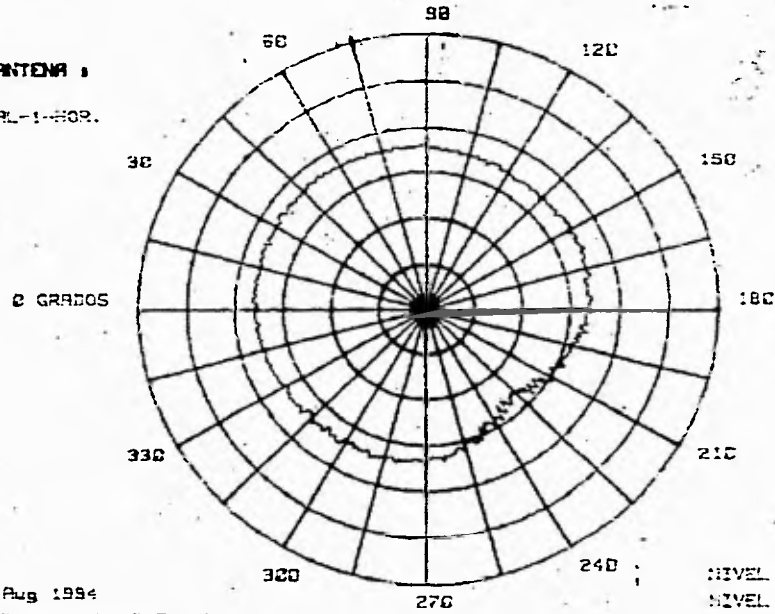
ESCALA 13.2 dB

VALOR CENTRAL 120 dB

GRAFICA--1.

PATRON DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :
HELICOIDAL-1-HOR.



FECHA: 2 Aug 1994

FRECUENCIA = 4.53628E+8 Hz

RELACION F-C = 3.8 dB

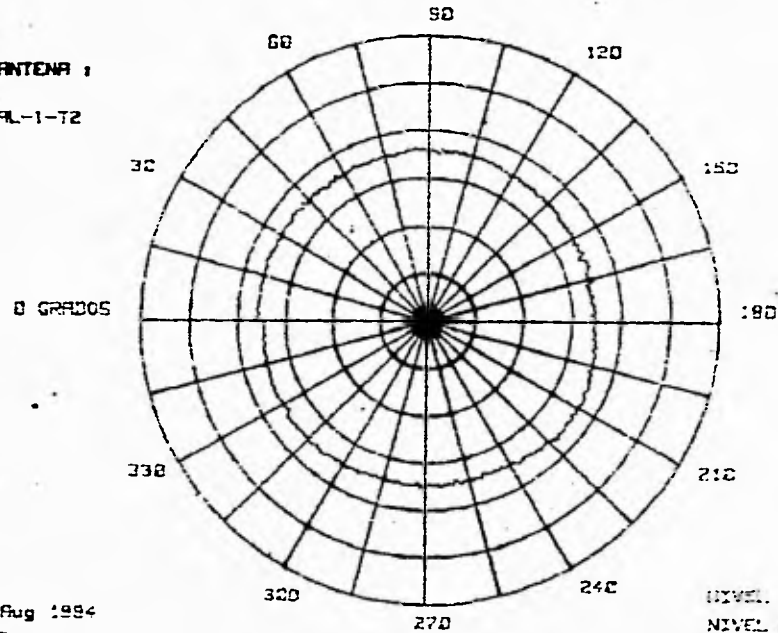
POLARIZACION :

| | | |
|---------------|-------|-----|
| NIVEL MINIMO | -65.8 | dBm |
| NIVEL MAXIMO | -78.8 | dBm |
| ESCALA | 13.3 | dB |
| VALOR CENTRAL | 128 | dB |

GRAFICA--2.

PATRON DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :
HELICOIDAL-1-T2



FECHA: 2 Aug 1984
 FRECUENCIA = 4.536285E+8 Hz
 RELACION F-C = 2.4 dB POLARIZACION :

| | | |
|---------------|-------|-----|
| NIVEL MAXIMO | -45.2 | dBm |
| NIVEL MINIMO | -71.3 | dBm |
| ESCALA | 13.3 | dB |
| VALOR CENTRAL | 120 | dB |

GRAFICA--3

Antena 2

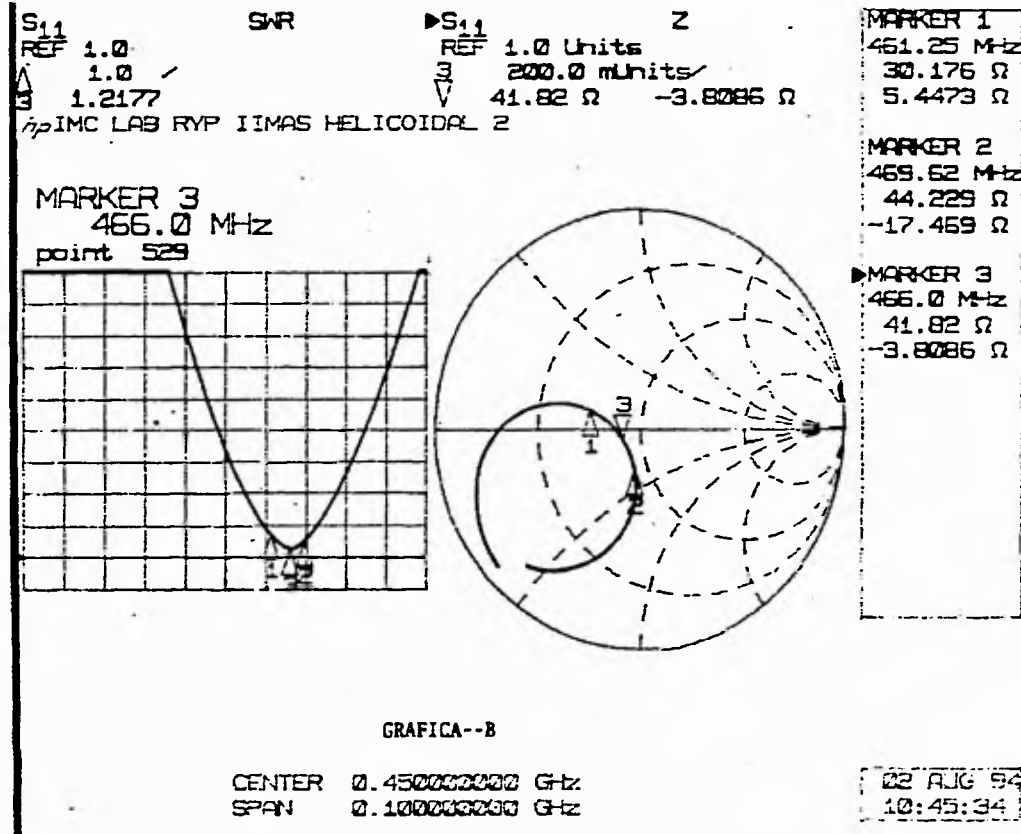
Frecuencia de operación : 466 MHz

SWR con una referencia de 1 es de 1.2177

Impedancia : 41.82 - 3.8086 Ω

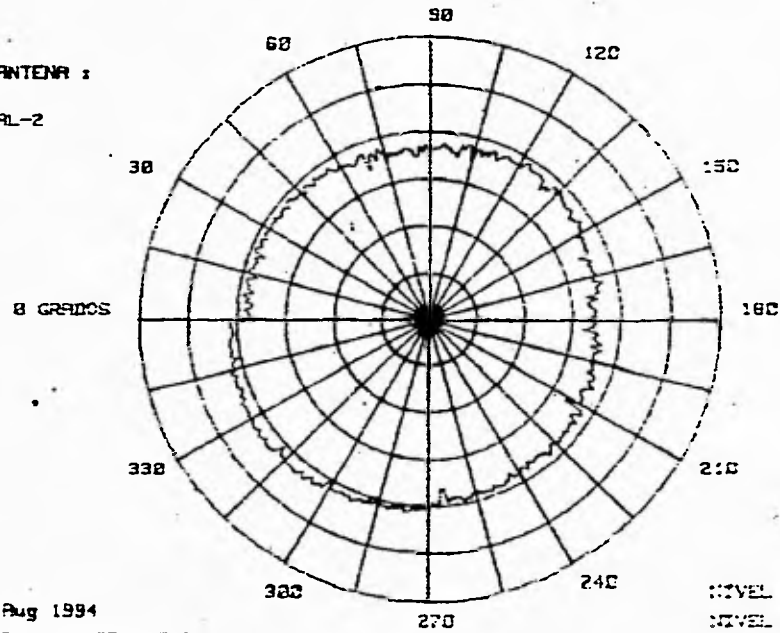
Forma de radiación : omnidireccional

Ganancia : 0.05 dBi



PATRON DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :
HELICOIDAL-2



FECHA: 2 Aug 1994

FRECUENCIA = 4.65996E+8 Hz

RELACION F-E = 6.5 dB

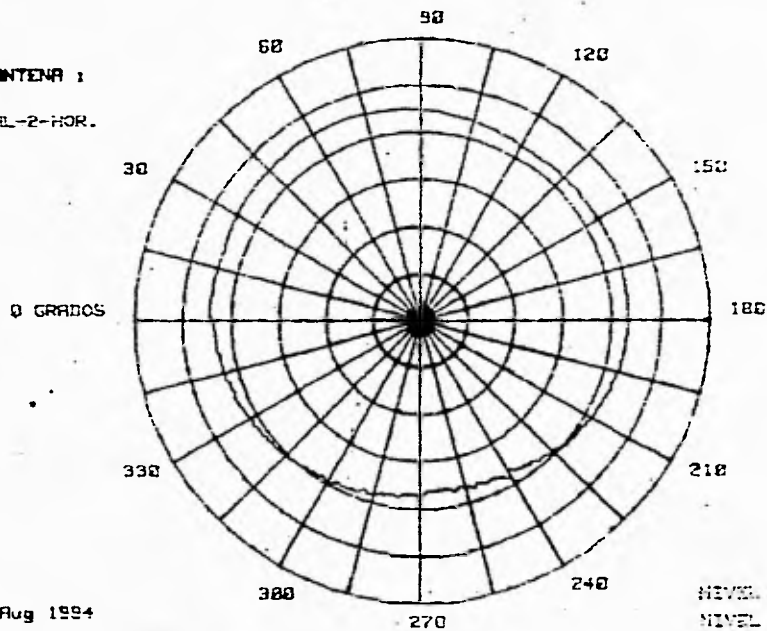
POLARIZACION :

| | | |
|---------------|-------|-----|
| NIVEL MEDIO | -76.5 | dBm |
| NIVEL MAXIMO | -52.4 | dBm |
| ESCALA | 13.3 | dB |
| VALOR CENTRAL | 120 | dB |

GRAFICA--4.

PATRON DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :
HELICOIDAL-2-HOR.



FECHA: 2 Aug 1994

FRECUENCIA - 4.666005E+0 Hz

RELACION F-E - 1 dB

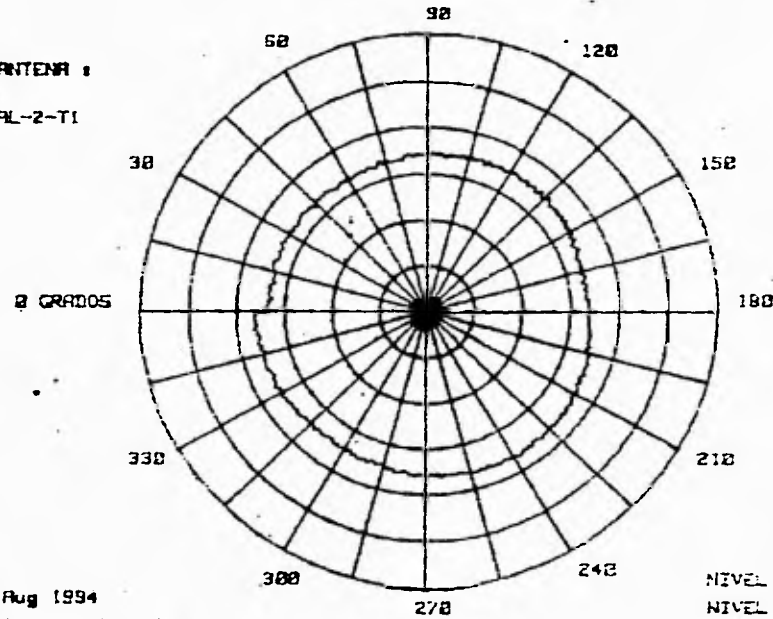
POLARIZACION: :

| | | |
|---------------|-------|-----|
| NEVEL MINIMO | -91.8 | dBm |
| NIVEL GUIANO | -59 | dBm |
| ESCALA | 13.3 | dB |
| VALOR CENTRAL | 12.8 | dB |

GRAFICA--5.

PATRON DE RADIACION

TIPO DE ANTENA :
HELICOIDAL-2-T1



FECHA: 2 Aug 1994

FRECUENCIA = 4.659995E+8 Hz

RELACION F-E = 1 dB

POLARIZACION :

NIVEL MINIMO -76.6 dB

NIVEL MAXIMO 170.8 dB

ESCALA 13.3 dB

VALOR CENTRAL 120 dB

GRAFICA--6-

CAPITULO 5

CARACTERIZACION DEL SISTEMA

5.1 CARACTERIZACION DEL RADIO TRANSMISOR Y RECEPTOR

5.1.1 Pruebas de consumo de potencia

Se realizaron las pruebas de consumo de potencia al radio transmisor y receptor bajo circunstancias reales de funcionamiento. En una transmisión, se colocó a la entrada de audio del transmisor un generador de funciones simulando un dato a transmitir, se conectó un amperímetro en serie con la línea de alimentación de voltaje tanto en el transmisor como en el receptor, y se alimentaron con el nivel de voltaje recomendado por el proveedor obteniendo los siguientes resultados :

| | Voltaje | Corriente | Potencia |
|------------|---------|-----------|----------|
| Transmisor | 11 V | 0.54 A | 5.94 W |
| Receptor | 11 V | 0.03 A | 0.33 W |

Para observar el proceso de cambio que al modificar el consumo de potencia afecta la señal transmitida, se redujo el voltaje de alimentación en el transmisor con decrementos constantes y se obtuvo la siguiente tabla:

| Voltaje (V) | Corriente (A) | Potencia (W) |
|-------------|---------------|--------------|
| 11 | 0.54 | 5.94 |
| 10.5 | 0.49 | 5.145 |
| 9 | 0.41 | 3.69 |
| 7.5 | 0.3 | 2.25 |
| 5.5 | 0.11 | 0.605 |

Se obtuvo que a un voltaje de alimentación de 7.5 V la señal transmitida empieza a tener problemas con el nivel de ruido, pero todavía suficientemente buena para operar.

Al llegar al voltaje de alimentación a 5.5 V se observó casi ya solo ruido, comprobando así la recomendaciones del fabricante en el manual [12], que dicen: para el buen funcionamiento del equipo el voltaje de alimentación debe ser de 11 V +/- 10 %, y el consumo de corriente característico de 850 mA. Así con voltaje de alimentación de 11 V y una impedancia en la salida de la antena de 50 Ω , debemos obtener una potencia transmitida en la antena de 2 watts, pero observamos que los niveles de consumo de corriente están por debajo del característico especificado por el proveedor, lo que significa que la potencia transmitida por la antena es menor y la transmisión tendrá un alcance de menor distancia.

5.1.2 Ancho de banda

Se realizó esta prueba, con la ayuda de un generador de funciones y fijando una señal senoidal con una amplitud de 0.117 V RMS; variamos la frecuencia a la entrada del transmisor hasta obtener en el osciloscopio la máxima amplitud conseguida en la salida del receptor y se tomó nota del valor de frecuencia (1667.75 Hz (f₀), figura 5.1), posteriormente se bajó su valor hasta obtener una

señal con una amplitud del 70 % de la original siendo de 555.5 Hz (F1) y conseguir así el punto de corte inferior. Para obtener el límite superior de la banda, se subió la frecuencia nuevamente hasta que se obtubiera una amplitud del 70 % de la señal original y fué de 2.78 kHz (F2). Con estos dos valores de frecuencia, y restando F1 de F2, se obtiene un ancho de banda de 2.22 kHz.

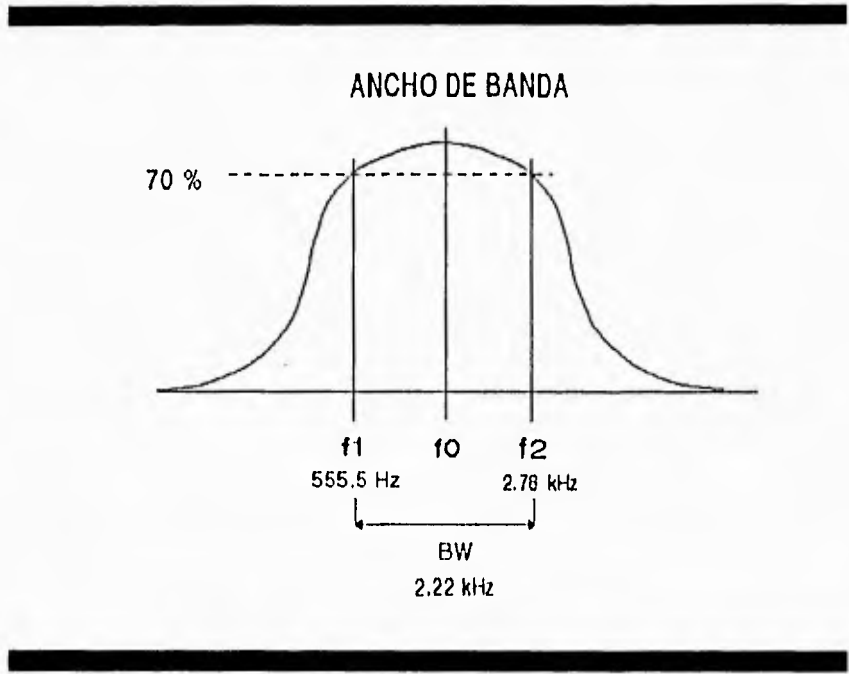


Fig. 5.1 Ancho de Banda en el Sistema de Transmisión/Recepción

5.1.3. Pruebas de saturación

Para realizar estas mediciones, se fijó el voltaje de alimentación a 9.77 V, y con una corriente de 440 mA; se colocó al transmisor una antena con frecuencia de trabajo de 450 MHz, y una impedancia de entrada de 65Ω con un ángulo de 85° aproximadamente. Los límites de voltaje de saturación para tres valores de frecuencias utilizadas en las pruebas son :

| Frecuencia | Voltaje de saturación |
|------------|-----------------------|
| 344.8 Hz | 0.135 V RMS |
| 1 kHz | 0.145 V RMS |
| 1.9 kHz | 0.235 V RMS |

5.1.4 Pruebas de transmisión

Para realizar estas pruebas, se aterrizó la conexión de la entrada PTT del transmisor, y se hicieron mediciones a diferentes distancias, variando las frecuencias y amplitudes de las señales.

Con las mediciones hechas se obtuvieron los siguientes datos de las tablas, en las que se observa el comportamiento del sistema, y así escoger la frecuencia óptima para la transmisión del mensaje, así como la amplitud para la potencia deseada.

Tablas de pruebas de transmisión

Para una distancia de 1m.

| V in [mV] | V out [mV] | | |
|-----------|------------|-------|-------|
| | 2 kHz | 3 kHz | 4 kHz |
| 150 | 591 | 435 | 294 |
| 160 | 603 | 435 | 300 |
| 170 | 609 | 435 | 305 |
| 180 | 611 | 435 | 309 |
| 190 | 613 | 440 | 312 |
| 200 | 617 | 435 | 313 |
| 220 | --- | 472 | 317 |
| 240 | --- | 474 | 320 |
| 260 | --- | 478 | 320 |
| 280 | --- | 480 | 320 |
| 300 | --- | 483 | 322 |

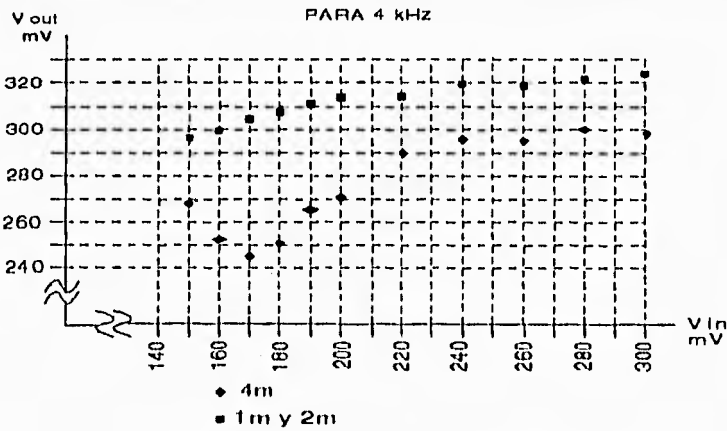
Para una distancia de 2m.

| V in [mV] | V out [mv] | | |
|-----------|------------|-------|-------|
| | 2 kHz | 3 kHz | 4 kHz |
| 150 | 590 | 433 | 296 |
| 160 | 598 | 434 | 300 |
| 170 | 614 | 435 | 306 |
| 180 | 620 | 439 | 308 |
| 190 | 625 | 441 | 311 |
| 200 | 632 | 436 | 314 |
| 220 | --- | 444 | 315 |
| 240 | --- | 439 | 319 |
| 260 | --- | 445 | 319 |
| 280 | --- | 446 | 323 |
| 300 | --- | 451 | 326 |

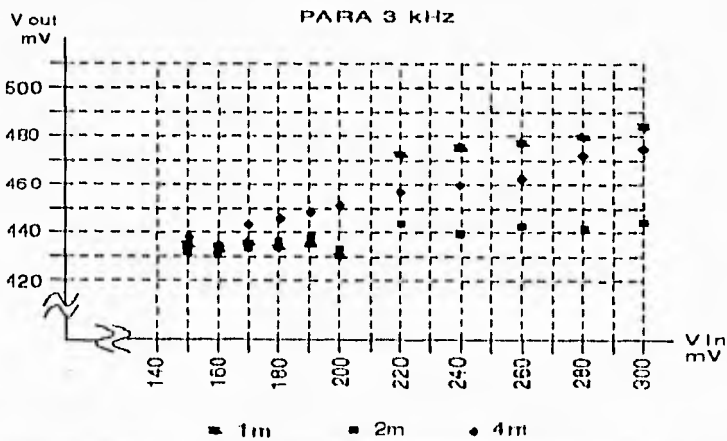
Para una distancia de 4 m.

| V in [mV] | V out [mV] | |
|-----------|------------|-------|
| | 3 kHz | 4 kHz |
| 150 | 439 | 267 |
| 160 | 434 | 253 |
| 170 | 442 | 246 |
| 180 | 446 | 250 |
| 190 | 448 | 265 |
| 200 | 453 | 271 |
| 220 | 458 | 289 |
| 240 | 459 | 295 |
| 260 | 462 | 295 |
| 280 | 474 | 299 |
| 300 | 474 | 297 |

Para el funcionamiento requerido en la aplicación de éste sistema, la señal debe comportarse lo mas linealmente posible. Para observar este comportamiento se gráficaron los resultados de las tablas, en donde se relacionan los voltajes de entrada y salida del transmisor y el receptor. La linealidad requerida es para no afectar la salida del receptor por las pequeñas variaciones de voltaje en la entrada del transmisor y así afecten al sistema decodificador.



Gráfica que Relaciona V_{out}/V_{in} para una Frecuencia de 4 kHz



Gráficas que Relaciona V_{out}/V_{in} para una Frecuencia de 3 kHz

Del resultado de analizar las gráficas se obtiene que, el sistema debe operar con niveles de entrada en un rango de voltaje de 200 mV a 300 mV, para que la señal a la salida sea óptimo.

Comparando los resultados con las especificaciones en el manual, en donde se recomienda un rango de 250 mV a 350 mV, se observa poca diferencia en los límites superior e inferior.

Esta diferencia obtenida se debe a que las pruebas se realizaron a una distancia relativamente pequeña y para corroborar esto, se realizó una prueba a una distancia mayor de 60 mts, se transmitió una señal sinusoidal de frecuencia de 1 kHz y un voltaje de 267 mV [RMS], la señal en la recepción fué de 600 mV, y con un poco de ruido en las cresta y en los valles, pero no afectó al sistema gracias al filtro de acondicionamiento de señal.

Las pruebas se realizaron con la misma antena colocada en el receptor utilizada en las pruebas anteriores. Los resultados de la última prueba difieren con los valores obtenidos en las tablas, debido a que se hicieron a diferentes distancias obteniéndose la certificación de las mismas.

5.2 CARACTERIZACION DE LAS ANTENAS

Como ya se mencionó en el capítulo 4 las siguientes mediciones fueron realizadas en el Instituto Mexicano de Comunicaciones, en el Laboratorio de Radiación y Propagación, en este mismo capítulo se mostraron las gráficas obtenidas.

5.2.1 Medición de la impedancia de entrada y relación de onda estacionaria (SWR) :

Las mediciones se realizaron con un sistema analizador de redes, realizando un barrido de frecuencia entre 400 Mhz y 500 Mhz, los puntos mas destacados se muestran en la tabla siguiente :

Antena I, que se colocó en el transmisor.

| Frecuencia (MHz) | Impedancia (Ω) | SWR |
|------------------|-------------------------|--------|
| 449.75 | 39.95+12.078 | 1.5 |
| 458.50 | 54.182-25.33 | 1.5 |
| 453.62 | 53.945+0.3418 | 1.0792 |

Antena 2, colocada en el receptor.

| Frecuencia (MHz) | Impedancia (Ω) | SWR |
|------------------|-------------------------|--------|
| 461.25 | 30.176+5.4473 | 1.5 |
| 469.62 | 44.229-17.469 | 1.5 |
| 466.00 | 41.82-3.8086 | 1.2177 |

Estos puntos son de interés por obtenerse el valor mínimo de relación de onda estacionaria, esto quiere decir, que en estos puntos se obtiene el mejor acoplamiento de impedancias por lo que tenemos la mayor transferencia de potencia del transmisor a la antena.

5.2.2 Medición del patron de radiación.

Los patrones de radiación que se obtuvieron fueron a las frecuencias en la que el SWR es más bajo, y existe una mayor transferencia de potencia entre el transmisor y la antena. Siendo para la antena 1 de 453.625 MHz y para la antena 2 de 466.0 MHz. La antena transmisora con la que se hicieron las mediciones fue una Logoperiódica, y las mediciones se hicieron a cada grado.

Se realizaron las mediciones de los patrones de radiación verticales y horizontales para obtener la forma de radiación de las antenas, y que resultaron ser omnidireccionales como se requería, se realizaron dos mediciones de patrones en las cuales la antena 1 fue el radiador y la dos fue el receptor. Posteriormente se invirtió el ordeno con el fin de obtener una clara y confiable medición de la ganancia que se realizó después.

5.2.3 Medición de la ganancia.

Esta se realizó por el método de comparación de patrones, utilizando para ello un dipolo patron; de acuerdo a los niveles máximos obtenidos en los patrones de radiación, en donde fue utilizada la antena 1 como radiadora y a la antena 2 como receptora , y posteriormente invirtiendolas, con lo que, se obtuvieron los siguientes valores de ganancia:

$$G = 0.45 \text{ dBi para la antena helicoidal 1}$$

$$G = 0.05 \text{ dBi para la antena helicoidal 2}$$

CAPITULO 6

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1 RESULTADOS

CODIFICADOR :

Se realizaron pruebas de consumo de corriente, de las cuales se obtuvo como resultado que el circuito diseñado en funcionamiento consume 80 mA, al ser alimentado con un voltaje de 10 V, por lo que observamos que el consumo de potencia es de aproximadamente 1 W, este consumo se puede considerar bajo.

DECODIFICADOR :

Con ésta etapa también se realizaron estas pruebas de consumo de potencia obteniéndose que el consumo de corriente es de 40 mA con una alimentación de 10 V, por lo que se tiene un consumo de potencia de menos de 0.5 W, que no resulta problemático al instalarlo dentro de la plataforma móvil de la sonda, alimentada con una pila de 12 V [7 Ah]. El consumo de corriente del sistema de plataforma móvil y el control remoto conectados a plena carga, es proporcionado por un buen tiempo de funcionamiento.

PRUEBAS DE COMUNICACION :

Estas se realizaron transmitiendo datos a una PC, las pruebas se realizaron de esta forma, por que el sistema de control de la sonda recibe una señal con formato RS-232 a 1200 bauds. Esta transmisión se puede simular con un pequeño programa que se realizó para hacer pruebas al sistema de control remoto y al sistema de control de la sonda por separado.

Se comprobó que cada tecla en el teclado de control estuviera proporcionando un solo mensaje codificado diferente a todos los demás. Se terminaron de ajustar los potenciómetros de la tarjeta de referencias para lograr un mejor resultado.

Al realizar las pruebas se observó que el circuito decodificador no fué tan inmune al ruido al mostrar inestabilidad al acercarle la mano. Esta situación no se había tenido cuando se tenía alambrado en tabletas de prueba (protoboard), la causa posible es que en éstas se tenía un plano de tierra físico el cual es recomendado por el fabricante del CI MC3373 y no se tiene en el circuito impreso, por lo que se piensa solucionar al montar en el rack dentro de la sonda las tarjetas, aislándolo con una placa de aluminio situada en la parte de abajo y otra en la parte de arriba del circuito, aterrizando éstas dos.

6.2 CONCLUSIONES

Con respecto al sistema de Control Remoto para la Sonda Robot (SORRO), los resultados fueron satisfactorios al alcanzar las metas marcadas al iniciar el desarrollo del proyecto, los cuales eran realizar un sistema que transmitiera un mensaje codificado desde un tablero de control que se manejara de una forma muy sencilla para que cualquier persona lo pudiera controlar, éste se decodificaría al llegar a la sonda y se adecuaría a un formato RS-232 que es el que identificará al microprocesador colocado en el sistema de control de la sonda.

Entre lo propuesto se maneja que debe ser lo mas inmune al ruido para evitar fallas en cuanto al control de la sonda, ya que se piensa utilizar en un ambiente industrial. Esto no se probó plenamente en una industria con este tipo de ambiente pero se piensan realizar este tipo de pruebas para hacerle los ajustes pertinentes.

También se menciona que debe trabajar en cualquier tipo de ambiente industrial y se menciona en la introducción como ejemplo una planta de generación de energía eléctrica a base de energía nuclear, pero este circuito se diseñó con circuitos integrados comerciales los cuales no son muy confiables en ambientes extremos, sin embargo este mismo diseño se puede armar con circuitos de patente militar y tendríamos rangos mas amplios para nuestros propósitos, pero con éstos tampoco tendríamos una vida útil amplia dentro de un lugar con niveles altos de radiación, por lo que se investigó acerca de circuitos específicos para zonas con altos niveles de radiación. El diseño resultante es un prototipo de laboratorio que tiene que ser mejorado para utilizarlo con amplia confiabilidad en ambientes hostiles.

Para este fin se encontró información de dos tipos de versiones de circuitos integrados que utilizan tecnología CMOS los SOS/MOS y los SOI/MOS, los cuales se están realizando en Europa pero todavía están en sus etapas de experimentación, por lo que no se tiene mucha información de estos.

Con unos circuitos integrados con estas características, se podrían obtener mejores y buenos resultados dentro de cualquier tipo de ambiente industrial.

Este proyecto sigue abierto en cuanto a que algunas de sus partes no se han realizado como lo es el sistema de visión de la sonda, y algunas otras. El control remoto es factible de ser perfeccionado más adelante, por ejemplo el tablero de control se realizo con un sistema de botones el cual se podría mejorar colocando palancas tipo jostick. etc.

El sistema de codificación y decodificación se estima en un costo aproximado a N\$ 600 (100 dólares), el cual se podría considerar un poco caro pero hay que considerar que es un costo por unidad y realizando solo una unidad, al producirlo a gran escala se abatiría mucho el costo para su posible producción industrial.

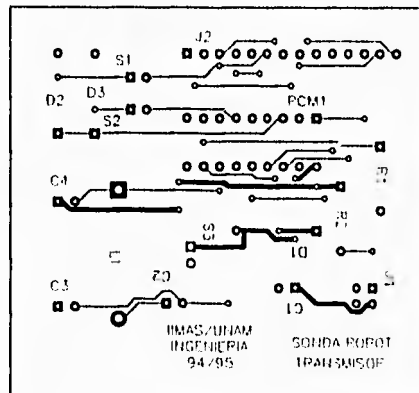
Uno de los factores más importantes en la ingeniería es fabricar productos de alta calidad y buen funcionamiento a un bajo costo de producción, meta que se trató de alcanzar en este trabajo.

Al desarrollar este proyecto los conocimientos que se adquirieron durante los años de estudio en la Facultad de Ingeniería se reafirmaron y otros fueron adquiridos durante la realización del mismo.

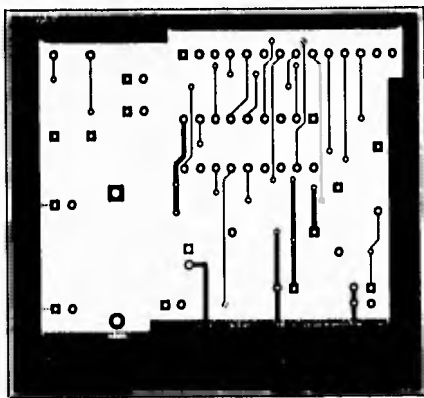
APENDICES

APENDICE A

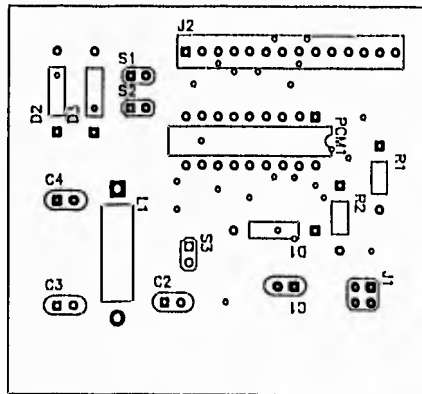
TARJETA DE CODIFICACION CARA SUPERIOR



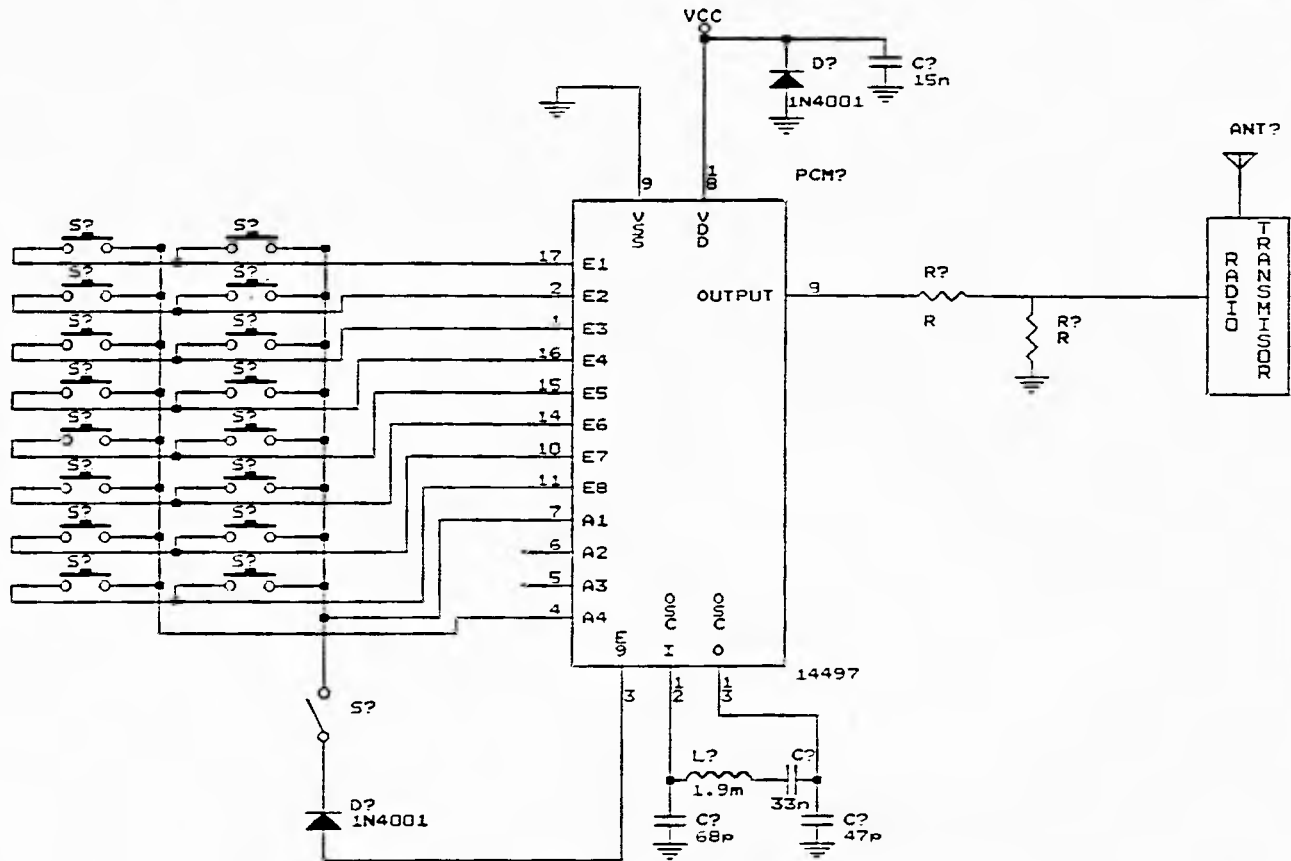
TARJETA DE CODIFICACION CARA INFERIOR



TARJETA DE CODIFICACION COMPONENTES



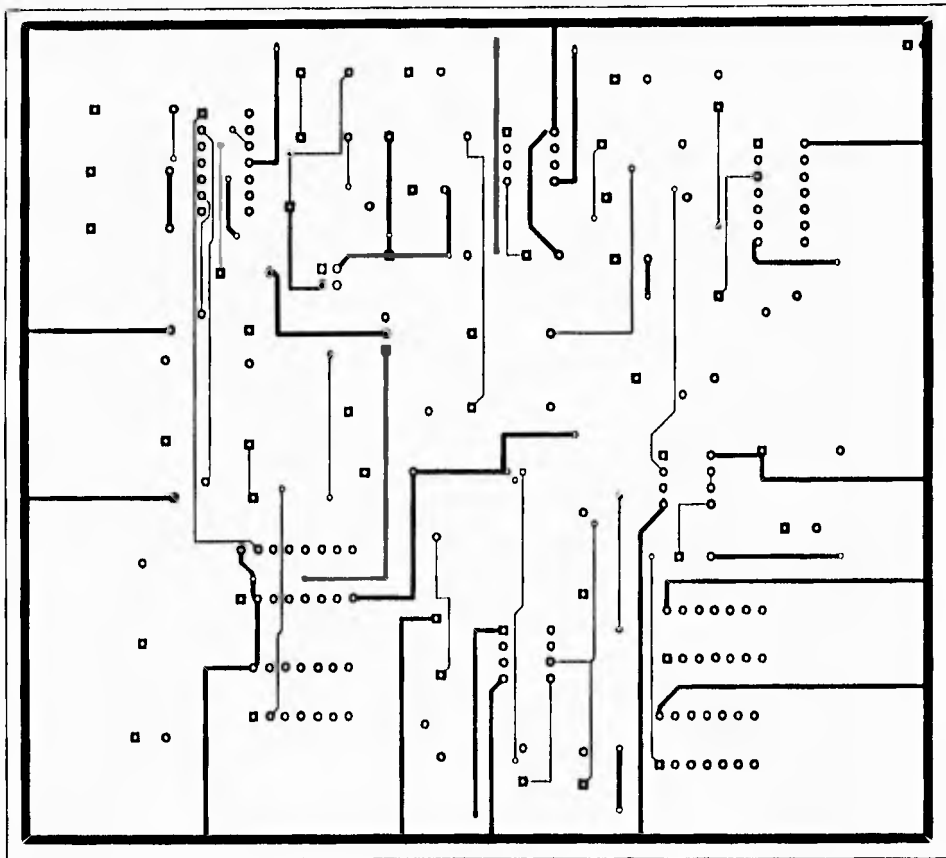
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



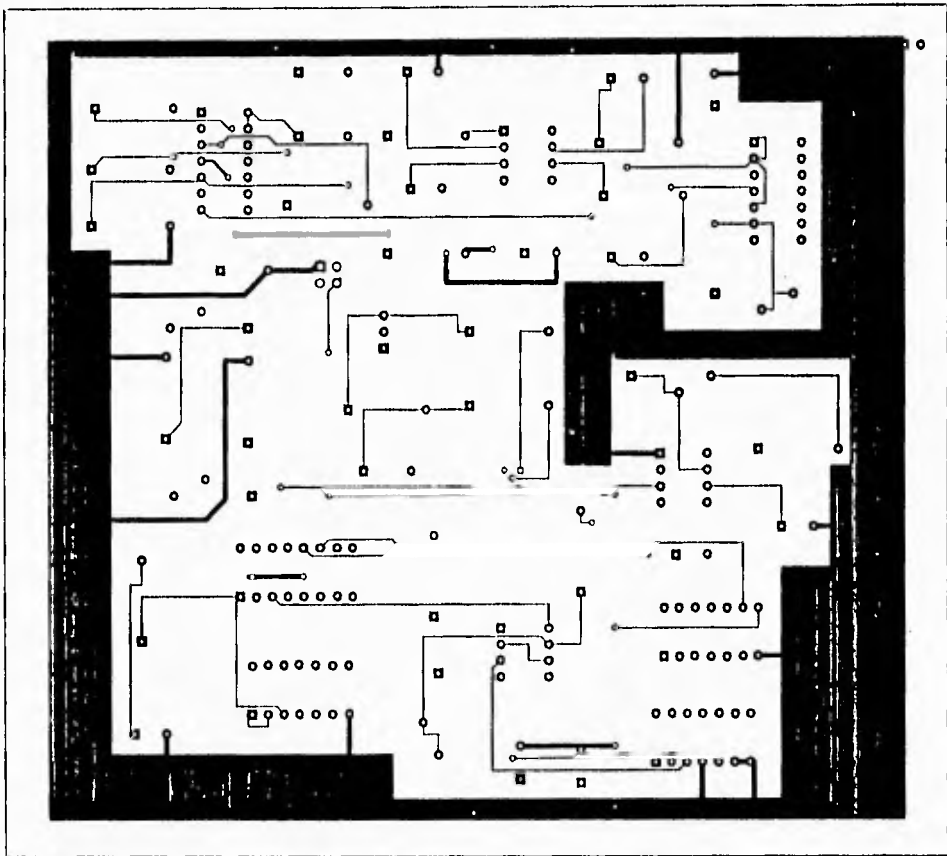
| | |
|--|--------------|
| CODIFICADOR Y TRANSMISOR | |
| Title CONTROL REMOTO PARA SONDA ROBOT | |
| Size Document Number | |
| A | TRANSMISOR |
| Date: October 27, 1994 | Sheet 1 of 3 |

APENDICE B

TARJETA DE DECODIFICACION CARA SUPERIOR



TARJETA DE DECODIFICACION CARA INFERIOR



TARJETA DE DECODIFICACION COMPONENTES

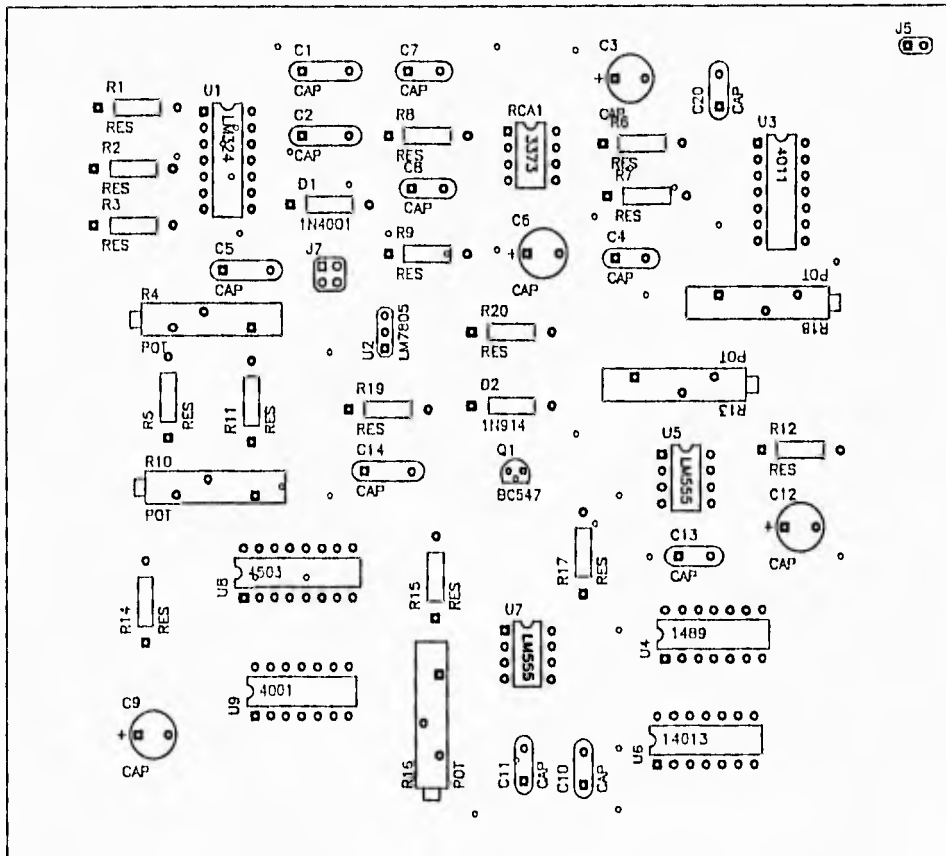
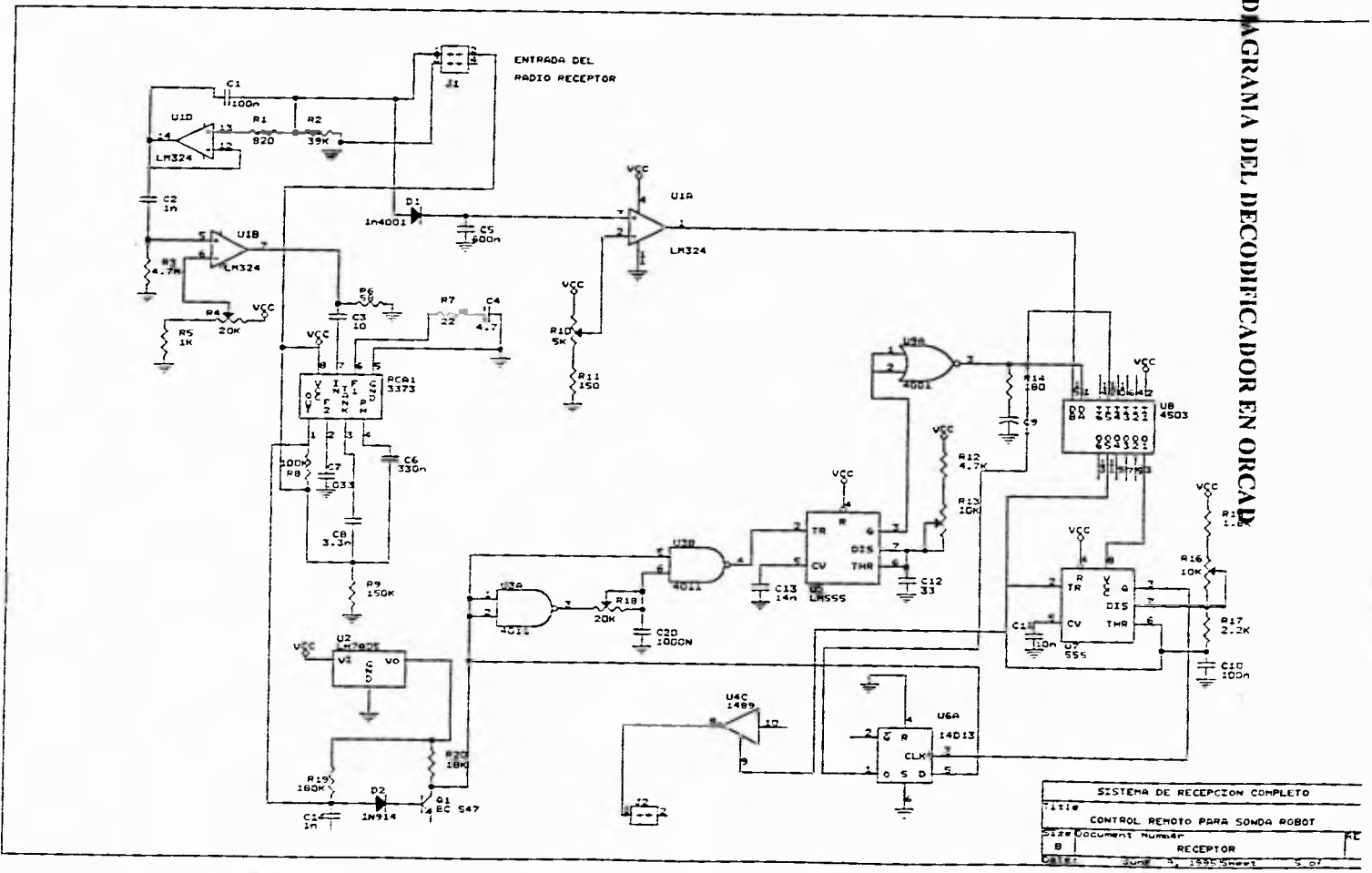


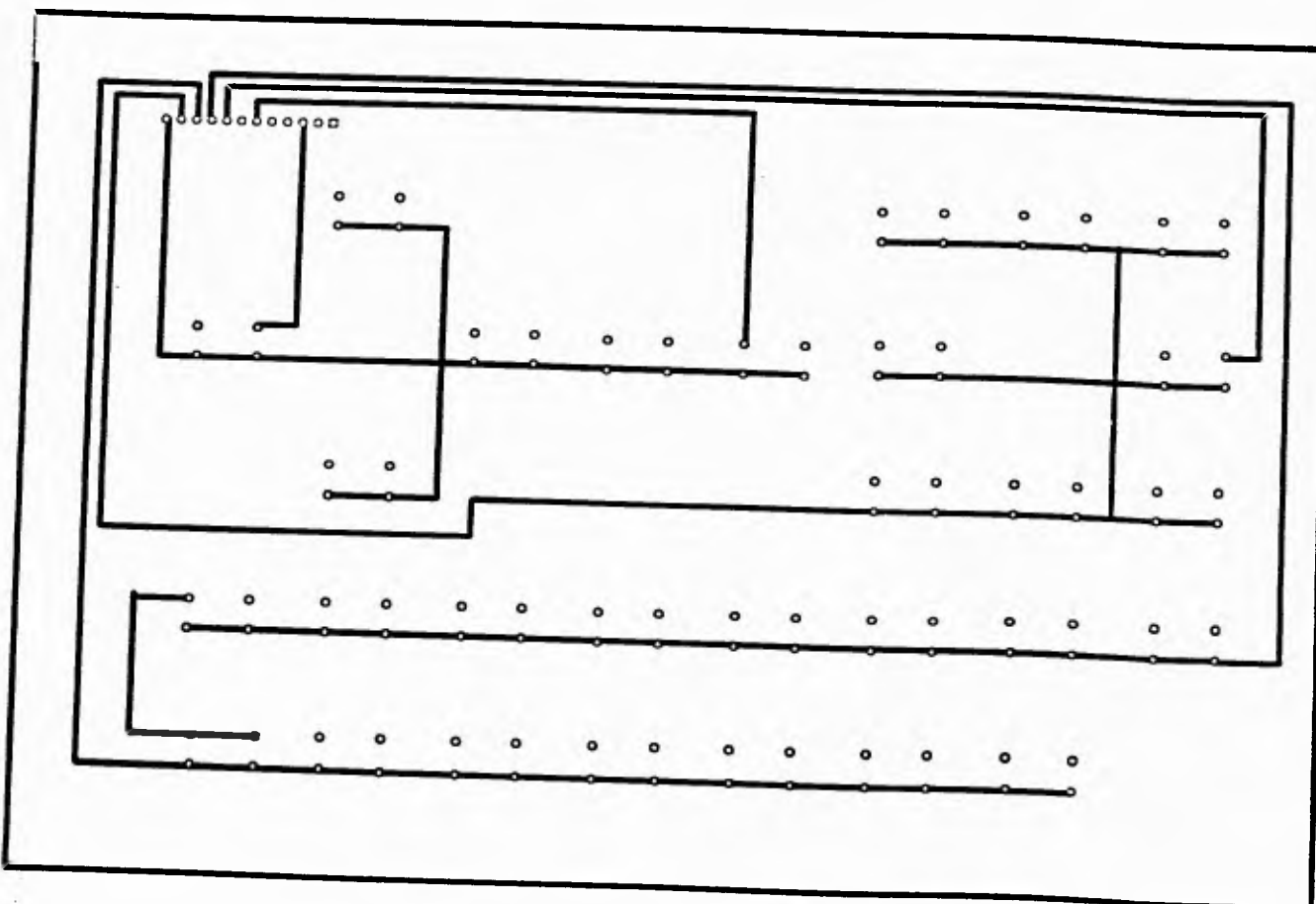
DIAGRAMA DEL DECODIFICADOR EN ORCAD



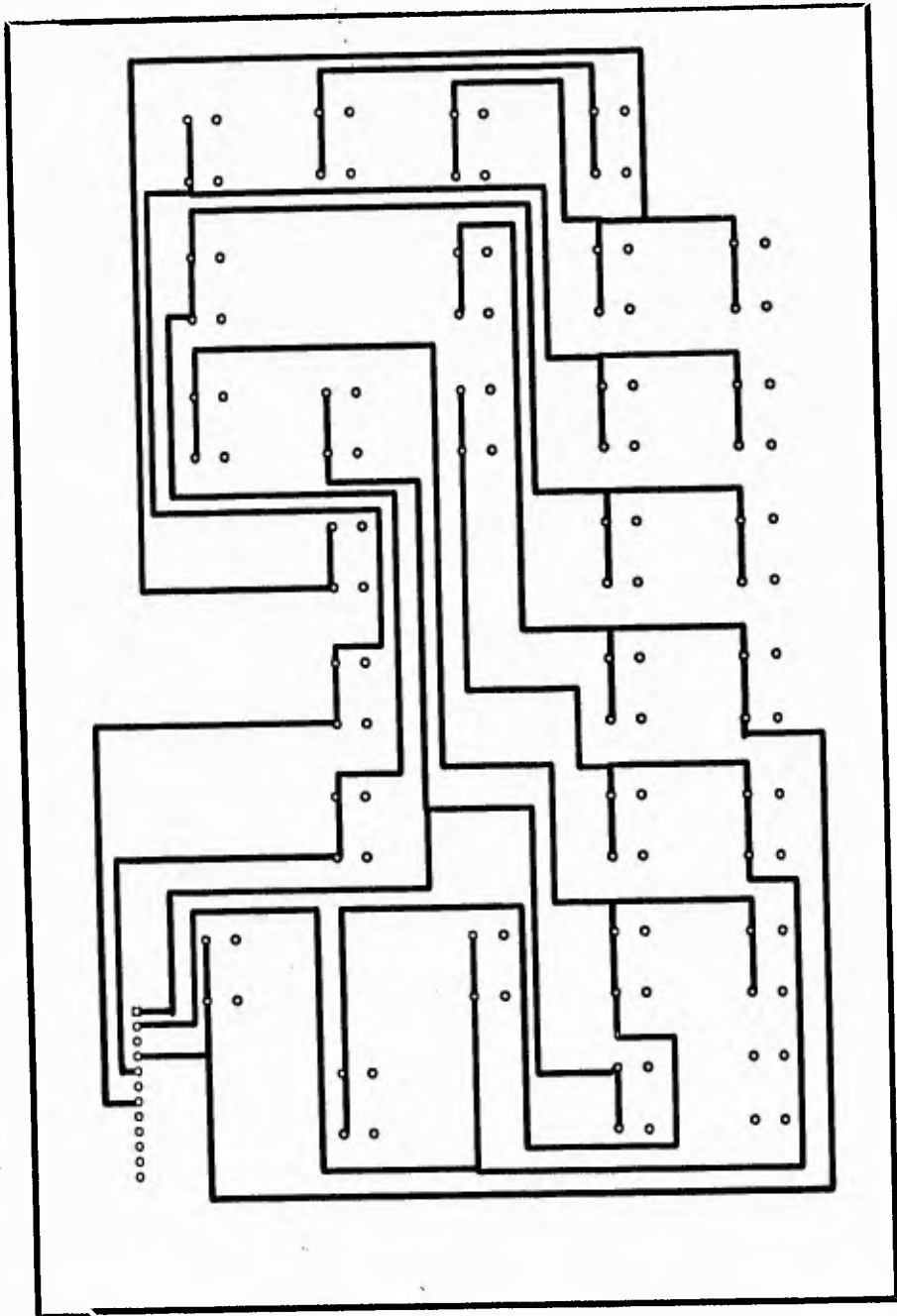
| | | |
|-------------|--|---------------------------------|
| TITULO | | SISTEMA DE RECEPCION COMPLETO |
| DESCRIPCION | | CONTROL REMOTO PARA SONDA ROBOT |
| AUTOR | | RECEPTOR |
| FECHA | | 1988 |

APENDICE C

TERRETA DEL TECLADO CARA SUPERIOR



TERJETA DEL TECLADO CARA INFERIOR



BIBLIOGRAFIA

- [1] Manual Motorola
CMOS Application-Specific Standard IC's
1990

- [2] High Frequency Circuit Design
James Hardy
Ed. Reston 1979

- [3] Apuntes de la materia de Electrónica Analógica
Ing. Victor Gonzalez Villela

- [4] Antennas Theory Analysis and Design
Balanis
Ed. Wiley

- [5] Antennas
John D. Kraus
Ed. Mc Graw Hill

- [6] Theory and Application of Antenna Arrays
Ma. M. T.
Ed. Wiley

- [7] Teoría de la Información y la Codificación
Abramson, Norman
Ed. Paraninfo
- [8] Circuitos Electrónicos por Control Remoto
Owen Bishop
Ed. CEAC 1989
- [9] Tesis Profesional
Sistema de Transmisión de Datos Digitales por Via Inalambrica
Ing. Mario Peña Cabrera
1977
- [10] Manual Motorola
Linear Interface Devices
1990
- [11] Manual Fairchild Semiconductors
Linear Integrated Circuits
1976
- [12] Manual del Sistema de Radio Transmisor / Receptor Maxon
Data Radio Modelo DM - 0530

Antennas
F. R. Connor
Ed. Edward Arnold

Apuntes del Curso Especial de Antenas
Impartido en el Palacio de Minería
Antenas Helicoidales de Radiación Axial
M. C. Jorge Soso Pedroza
Febrero de 1994

Manual Intel
Microcommunications Volumen II Applications
1990

Manual Motorola
CMOS Logic Data
1988

High Frequency Amplifiers
Ralph S. Carson
Wiley-Interscience
1982

Manual Texas Instruments
Voltage Regulator Data Book
1983