



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

“Sistema de transmisión inalámbrica de video y comandos para controlar un móvil”

Tesis profesional

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Electrónica

Presenta:

Eduin Manuel Betanzos

Acatlima, Huajuapán de León, Oax.

Febrero de 2002

Tesis presentada ante los siguientes sinodales

Dra. Virginia Berrón Lara
Dr. Agustín Santiago Alvarado
Dr. Daniel E. Santos Reyes

Tesis dirigida por el M. en C. Felipe de Jesús Rivera López.

Dedicatorias

Dedico esta tesis a mis padres, Ataide Betanzos Espinosa y Juan Manuel Mendoza quienes con tanto sacrificio no dudaron en apoyarme en mis estudios sin esperar otra recompensa más que la satisfacción de verme convertido en una persona de provecho.

A mis hermanos Juan y Viridiana, a quienes quiero y admiro porque han sabido ser personas responsables de sí mismos y de su educación.

A mis abuelos, mis tíos y primos de quienes siempre recibí buenos consejos.

Agradecimientos

Agradezco a mi asesor, M. en C. Felipe de Jesús Rivera López, por haber depositado su confianza en mi para la elaboración de este proyecto y por su paciencia en los momentos de dificultad que conllevaron la realización de este trabajo.

Agradezco también al director del Instituto de Electrónica y Computación M. en C. Luis Zarza López por las facilidades brindadas en cuanto al uso del laboratorio y equipo requerido en la elaboración de esta tesis. Así también hago extenso mi agradecimiento al jefe de la carrera de Ingeniería en Electrónica M. en C. Enrique Guzmán Ramírez.

Agradezco a los maestros M. en C. Hugo F. Ramírez Leyva, y M. en C. José Antonio Moreno Espinoza por todo su apoyo y consejos.

A mis amigos Santiago, José Antonio, Rene, Luz Orquídia y Marcos ya que su ayuda fue importante para la culminación de esta tesis.

A todos mis maestros, compañeros y amigos, gracias por todos sus consejos y apoyo.

Este proyecto no hubiera podido realizarse sin la ayuda de Dios quien me ha dado la capacidad para aprender todo lo que en estos años de carrera los distintos profesores me han enseñado.

Índice

TEMA	Página
Capítulo 1.	
Introducción General.	
1.1 Introducción.	1
1.2 Objetivo.	2
1.3 Justificación.	3
1.4 Aplicaciones.	4
1.5 Organización de la tesis.	5
Capítulo 2.	
Modulación AM y FSK.	
2.1 Introducción.	7
2.2 Modulación.	7
2.3 Modulación en Amplitud.	8
2.3.1 Modulador - amplificador de RF.	9
2.3.2 Índice de modulación.	10
2.4 Transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK).	13
2.4.1 Transmisor de FSK.	13
2.4.2 Consideraciones del ancho de banda del FSK.	14
2.4.3 Receptor de FSK.	17
2.4.4 Modulador de diodo varactor .	18
2.5 Conclusiones.	21
Capítulo 3.	
Diseño y Construcción del Móvil.	
3.1 Introducción.	23
3.2. Tipos de robots.	24
3.3 Diseño de robots móviles.	26
3.3.1 El Sistema robótico.	26

3.3.1.1	Análisis del sistema.	26
3.3.1.2	Unidades funcionales.	27
3.3.2	Aspecto mecánico.	27
3.3.2.1	Locomoción.	28
3.3.2.2	Diseño de ruedas.	28
3.3.2.3	Forma de un robot.	30
3.4	Construcción del móvil.	30
3.4.1	Características del móvil.	30
3.4.2	Sistemas de transmisión y desplazamiento del móvil.	31
3.4.2.1	Motores de CD.	33
3.4.3	Sistema de alimentación.	33
3.4.4	Sistema de engranes.	35
3.4.5	Control de motores.	36
3.4.5.1	Puente H.	36
3.4.6	Distribución del móvil.	39
3.4	Conclusiones.	40

Capítulo 4.

Transmisor de video. Transmisor y receptor de comandos.

4.1	Introducción.	43
4.2	Transmisor de video.	44
4.2.1	Portadora de radio frecuencia (RF).	45
4.2.2	Modulador AM.	45
4.2.3	Etapa de acoplamiento de video.	47
4.2.4	Etapa pre-amplificadora.	48
4.2.5	Etapa de potencia.	49
4.2.6	Análisis de antenas.	50
4.2.7	Caracterización del transmisor de video.	50
4.2.8	Tarjeta de TV para PC AVerMedia TV98.	52
4.3	Transmisor de comandos.	54
4.3.1	Generación de comandos.	54
4.3.2	Etapa de acoplamiento de comandos.	58
4.3.3	Modulador FSK.	59
4.3.3.1	Circuito oscilador.	59
4.3.3.2	Modulador de diodo varactor.	60

4.3.4 Etapa pre-amplificadora.	61
4.3.5 Etapa de potencia.	61
4.3.6 Análisis de antenas.	62
4.3.7 Caracterización de l transmisor de comandos.	63
4.4 Receptor de comandos.	66
4.4.1 Etapa amplificadora.	67
4.4.2 Etapa demoduladora.	68
4.4.3 Etapa de filtrado y rectificación.	69
4.4.4 Etapa de control y potencia.	71
4.5 Conclusiones.	74
Capítulo 5.	
Conclusiones Generales.	
5.1 Conclusiones.	67
Apéndice A. Diagramas.	
A.1 Diagrama del Transmisor de video.	71
A.2 Diagrama del Transmisor de comandos.	72
A.3 Diagrama del Receptor de comandos.	73
Apéndice B. Programas.	
B.1 Programa en lenguaje C para el control del Móvil.	75
B.2 Programa de control del circuito GAL22V10D.	79
Apéndice C . Circuitos impresos.	
C.1 Transmisor de video.	81
C.2 Transmisor de comandos.	82
C.3 Receptor de co mandos .	84
Apéndice D . Glosario de abreviaturas.	97
Referencias.	99

Lista de figuras

<i>Figura.</i>	<i>Página</i>
2.1 Modulación AM.	8
2.2 Modulador AM de RF.	9
2.3 Señal AM de RF.	10
2.4 (a) Señal de AM. (b) Portadora sin módulos. (c) Componentes diferencia. (d) Componentes suma.	12
2.5 (a) Espectro de la señal de entrada (b) Espectro de la señal de salida.	12
2.6 Transmisor de FSK.	15
2.7 Modulador FSK binario.	16
2.8 Demodulador FSK PLL.	17
3.1 Unidades funcionales principales de un robot.	27
3.2 Configuración del móvil. 31	
3.3 Robot móvil.	31
3.4 Motor modelo EG-530YD-9B CCW .	33
3.5 Propiedades de una pila de 9V .	35
3.6 Sistemas de engranaje.	36

3.7 Diagrama esquemático de un puente H.	38
3.8 Puente H.	38
3.9 Distribución de los sistemas del móvil.	39
3.10 Colocación de la cámara de video en el móvil.	40
4.1 Diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones.	44
4.2 Diagrama a bloques del transmisor de video.	44
4.3 Oscilador de cristal .	45
4.4 Modulador AM de RF.	46
4.5 Amplificador no inversor de acoplamiento.	47
4.6 Amplificador no inversor de RF.	48
4.7 Amplificador de potencia.	49
4.8 (a) Señal portadora, (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora.	51
4.9 (a) Señal de portadora modulada , (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora modulada.	51
4.10 Transmisor de video	52
4.11 Interfaz de la Tarjeta de TV para PC AVerMedia TV98.	52
4.12 Transmisor de comandos.	54
4.13 Puerto paralelo LPT1.	55
4.14 Etapa de Interfaz.	57

4.15	Generador de pulsos diseñado con el NE555.	58
4.16	Etapa de acoplamiento de comandos.	58
4.17	Oscilador a cristal.	59
4.18	Modulador FSK con diodo varicap.	60
4.19	Etapa de potencia.	62
4.20	(a) Señal portadora de 45 MHz (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora.	63
4.21	(a) Portadora modulada en 700Hz, (b) Espectro de frecuencia.	63
4.22	(a) Portadora modulada en 1.2 KHz, (b) Espectro de frecuencia.	64
4.23	(a) Portadora modulada en 3.3 KHz, (b) Espectro de frecuencia.	64
4.24	(a) Portadora modulada en 12.5 KHz, (b) Espectro de frecuencia.	65
4.25.	Transmisor de comandos	66
4.26	Receptor de comandos.	66
4.27	Etapa amplificadora y de acoplamiento de antena.	67
4.28.	Circuito demodulador FSK.	68
4.29	Filtro pasabanda de banda angosta.	69
4.30	Rectificador de precisión de onda completa.	71
4.31	Combinaciones de entradas para el circuito GAL22V10H.	72
4.32.	Etapa de potencia	73
4.33.	Receptor de comandos	73

5.1 Desplazamiento del móvil.	79
5.2 Móvil sin videocámara.	79
5.3 Móvil con videocámara.	79
5.4 Móvil transmitiendo video.	80
5.5 Señal de video transmitida.	80
C-1a. PCB transmisor de video.	91
C-1b. Distribución de componentes en el transmisor de video.	91
C-2a. PCB transmisor de comandos.	92
C-2b Distribución de componentes en el transmisor de video.	93
C-3a. PCB receptor de comandos.	94
C-3b. Distribución de componentes en el receptor comandos.	95

Lista de tablas

Tabla.
Página

3.1 Sentidos de los motores para generar los movimientos del móvil.	33
4.1 Resultados del modulador AM.	46
4.2 Datos para generar los movimientos del móvil.	56
4.3 Frecuencias para generar los movimientos del móvil.	57
4.4 Características del transistor 2N3866.	61
4.5 Resultados de la etapa de potencia del transmisor de comandos.	65
4.6 Valores de las resistencias para cada una de las frecuencias de resonancia de los filtros pasabanda.	71

Capítulo 1

Introducción General

1.1 Introducción

Los robots son herramientas, se usan para reducir la cantidad de trabajo humano que requiere para realizar una tarea o satisfacer una necesidad. La robótica móvil es un campo de desarrollo de gran auge en la actualidad. Al principio se visualizaron robots móviles descendiendo dentro de los volcanes, explorando la superficie de Marte y limpiando pisos en instalaciones y oficinas. Estas ideas y otras se han estado desarrollando en los últimos años [1].

Las primeras aplicaciones de robots móviles fueron en el campo de la limpieza, el potencial de robots que aspiran y limpian se está aprovechando en el mercado actual. En 1991 la compañía DENNING MOBILE ROBOTS y WINDSOR INDUSTRIES produjeron el ROBOSCRUB [2], un robot que aspira y limpia pisos de grandes dimensiones. Para su fabricación se tomó un robot móvil manual que realizaba la misma función y se le adicionaron elementos para eliminar la necesidad de un operario. El robot se programó para seguir un patrón a través del espacio a ser limpiado, percibiendo la presencia de obstáculos para no tropezar con ellos.

Otra área de desarrollo de robots móviles son los usados en situaciones que implican riesgo y peligro para humanos. Éstos son robots teleoperados, y han sido usados en el seguimiento de la limpieza de incidentes como los ocurridos en las plantas nucleares de Chernobyl y Three Mile Island [3]. Además, la policía y la milicia de diversos países usa robots controlados remotamente para recoger, probar o destruir bombas y explosivos contenidos en paquetes sospechosos.

La misión Pathfinder que viajó a Marte en 1997 llevó el que se puede considerar el robot móvil autónomo de mayor éxito en la historia [4]. El robot Sojourner concentró la atención de millones de personas en su exploración del planeta rojo. El Sojourner ejecutó fielmente los comandos enviados desde controladores en el laboratorio de Propulsión a Cohete en California. Este robot enviado a otro planeta, podía tomar acciones por sí mismo, estando alerta de obstáculos y abismos. El

Sojourner podía ejecutar contraordenes de las enviadas desde la Tierra si en determinado momento se encontraba en peligro, y en efecto, en varias ocasiones durante el curso de la misión lo hizo. En el caso en que la comunicación con la tierra se perdiera el robot tenía la habilidad de continuar la misión por sí mismo. El reducido tamaño del Sojourner y el bajo costo de la misión entera, cambió el curso de las nuevas misiones de la NASA donde existía la visión que lo más grande era lo mejor. El costo de colocar una carga útil en otro planeta es proporcional al peso de la misma carga, pero con una constante de proporcionalidad muy grande [6]. Por tal razón, la única forma de limitar los costos de esta misión espacial era limitar severamente el tamaño de la carga útil: el robot debía ser pequeño. Como las comunicaciones entre la Tierra y Marte duran 40 minutos en viajar [7], el retraso impide la teleoperación directa. Así, este robot de muy modesta plataforma de procesamiento (por consideraciones de alimentación), no obstante debió ser capaz de operar autónomamente. La NASA reconoció que el control por comportamientos es la arquitectura de software lógica para robots autónomos de este tipo. El Sojourner fue desarrollado a partir de una serie de varios prototipos y fue programado de acuerdo a los principios del control por comportamientos.

1.2 Objetivo

El objetivo de la presente tesis es diseñar e implementar un sistema de transmisión inalámbrica que permita controlar un móvil a distancia por medio de una computadora personal (PC por sus siglas en ingles), además el móvil transmitirá inalámbricamente una señal de video a la PC para mostrar su trayectoria.

1.3 Justificación

Un robot es una máquina que puede realizar un trabajo útil y puede tomar decisiones sobre su comportamiento para situaciones específicas. Desde la aparición de los robots, aproximadamente en la década de los 60's, éstos se han utilizado para realizar trabajos sucios, peligrosos y tediosos.

Los principales desarrollos en el campo de los robots móviles se han llevado a cabo sobre robots que trabajan en entornos altamente estructurados y básicamente bidimensionales, como son prácticamente la totalidad de recintos interiores o las carreteras en el caso de exteriores [8].

El trabajar en campo abierto incrementa considerablemente la complejidad de los problemas planteados, como consecuencia de su falta de estructuración y de que ni el terreno ni los obstáculos admiten una simplificación bidimensional. Es a causa de estas dificultades que la mayoría de los robots móviles desarrollados para trabajar en entornos abiertos o bien carecen de autonomía, es decir son teleoperados, o bien necesitan una gran cantidad de información suministrada a priori sobre el lugar en que van a trabajar.

Esta tesis aborda el problema para hacer que un robot móvil desarrolle desplazamientos en entornos abiertos. En esta tesis se presenta una opción para el control de robots móviles con ruedas, que se desplazan por una superficie plana, a través de un entorno abierto.

Este proyecto de tesis se desarrollo en dos etapas, en la primera etapa se realizó el diseño y la construcción de un pequeño robot móvil. Para esto, se investigaron los diferentes tipos de robots móviles con ruedas y sus características.

En la segunda etapa se desarrollaron los sistemas de transmisión de video, transmisión y recepción de comandos. Estos sistemas permiten controlar la navegación del robot móvil. En esta etapa, se realizó una revisión de los distintos métodos propuestos en la literatura para resolver el problema de transmisión de señales por radio frecuencia.

Uno de los beneficios que se pretenden obtener de este trabajo de tesis, es su aplicación en la investigación y desarrollo de sistemas de comunicaciones, que puedan ser empleados en la teleoperación. Así también, puede motivar a estudiantes y profesores de la carrera de electrónica y computación, al desarrollo de robots móviles.

El robot móvil presentado en esta tesis, no realiza una tarea específica, simplemente se produce y controla su desplazamiento. Sin embargo, puede servir como base para el desarrollo de móviles que tengan aplicaciones específicas.

1.4 Aplicaciones

Los robots móviles con estas características tienen aplicaciones en diferentes sectores: industria, agricultura, construcción, minería, aeroespacial, militar, etc., [9].

En el área de servicios médicos son usados para la transportación de medicamentos, muestras de laboratorios y desechos biológicos.

En el sector de limpieza comercial e industrial existen robots móviles limpiadores de pisos en aeropuertos, supermercados y fabricas.

En la agricultura se utilizan para aplicaciones químicas, como herbicidas e insecticidas.

En el área de seguridad se emplean robots capaces de desactivar minas y bombas, se emplean también en inspecciones dentro de plantas nucleares y tuberías con desechos tóxicos.

En la minería y en la construcción existen excavadores de tierra y piedra controlados a distancia.

En el área espacial existen vehículos que realizan exploraciones planetarias y vehículos espaciales para el reconocimiento de terreno.

Muchos robots son utilizados para exploración submarina, en la inspección de las bases de plataformas marinas y en el mantenimiento e instalación de cables transatlánticos.

En el área militar existen móviles utilizados como vehículos de reconocimiento de terreno y de tropas, así como autómatas que prestan servicio de ambulancia.

1.5 Organización de la tesis

En el primer capítulo se presenta una introducción sobre lo que son los robots móviles y cuales son sus aplicaciones. Se presenta el objetivo de este trabajo de tesis, su

justificación y las limitaciones que este presenta. Así también, se presenta un panorama de cómo está estructurado este documento de tesis.

En el segundo capítulo se presenta en forma detallada, los conceptos y temas básicos en que está fundamentado este trabajo de tesis, como lo es, la teoría de la modulación en amplitud y la modulación FSK.

En el tercer capítulo, se muestra la metodología para el diseño y construcción del móvil, se detalla la distribución de los diferentes sistemas dentro de la estructura y del chasis del móvil.

En el cuarto capítulo se explica en forma detallada el desarrollo de los tres sistemas de comunicación planteados en la tesis. Estos sistemas de comunicación son: el sistema de transmisión de video, el sistema de transmisión de comandos y el sistema receptor de comandos.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones generales y las implicaciones que conllevaron a la realización de esta tesis.

Capítulo 2

Modulación AM y FSK

2.1 Introducción

Este capítulo hace referencia de los tipos de modulación que se emplearon: modulación AM para la construcción de un transmisor de video y la modulación FSK, para el diseño de un transmisor y un receptor de comandos.

En los sistemas de comunicaciones electrónicas analógicas, la información de la fuente (señal de información) actúa sobre o modula una señal sinusoidal de frecuencia sencilla. Modular simplemente significa variar, cambiar o regular.

2.2 Modulación

Modulación es el proceso de variar o cambiar alguna propiedad de una portadora analógica de acuerdo con una señal de información [10]. Debido a que la transmisión de señales de frecuencias bajas, es en general más difícil, conviene trasladar el espectro de una señal a un rango de frecuencias más altas mediante la modulación.

La comunicación que utiliza modulación para desplazar el espectro de frecuencia de una señal, se conoce como comunicación de portadora. De este modo uno de los parámetros básicos (amplitud o frecuencia) de una portadora sinusoidal de alta frecuencia ω_c se varia en proporción a la señal de banda base $m(t)$. Esto da por resultado la modulación en amplitud o amplitud modulada (AM por sus siglas en inglés), la modulación en frecuencia (FM por sus siglas en inglés), o la modulación en fase (PM por sus siglas en inglés).

Modulación en amplitud. Es la variación de la amplitud de $P(t)$ en función de $m(t)$. En el caso de que $m(t)$ y $P(t)$ sean analógicas se tiene: Modulación de amplitud ordinaria AM, Modulación de amplitud con portadora suprimida, Modulación de amplitud de banda lateral única BLU [11].

Modulación en frecuencia. Es la variación de la frecuencia de $P(t)$ en función de $m(t)$. Para $m(t)$ y $P(t)$ analógicas se tiene la FM normal, si la moduladora $m(t)$ es digital, el sistema se denomina modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK por sus siglas en inglés) [12].

Modulación de fase. Es la variación de la fase de $P(t)$ en función de $m(t)$ [13].

2.3 Modulación en Amplitud

Cuando una señal de baja frecuencia controla la amplitud de una señal de alta frecuencia, tenemos una modulación de amplitud (AM). A la señal de alta frecuencia se le llama portadora y a la de baja frecuencia se le llama modulante. Normalmente durante un ciclo de la señal modulante se dan cientos de ciclos de la portadora y esta es la razón por la que los picos positivos de la última se encuentran tan apretados que forman una envolvente superior, de manera análoga los picos negativos forman una envolvente inferior. (Figura 2.1).

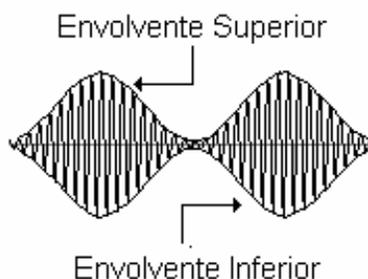


Figura 2.1. Modulación AM. [14]

2.3.1 Modulador - amplificador de RF

El circuito modulador propuesto para desplazar el espectro de frecuencia de la señal de video en banda base se muestra en la figura 2.2. Este es un modulador AM de radio frecuencia (RF por sus siglas en inglés) de baja potencia [15] y está configurado como un circuito amplificador emisor común.

La señal portadora $P(t)$ generada por el oscilador de cristal, se inyecta a la entrada del amplificador de emisor común. El circuito amplifica la portadora en un factor A , por lo que la salida es $AP(t)$. La señal moduladora es parte de la polarización, ya que introduce variaciones de baja frecuencia en la corriente del emisor. Este hecho genera variaciones en r'_e (resistencia para señal del diodo de emisor) y en A . Por ello la salida del amplificador se parece a la señal de AM donde los picos de salida varían con la señal moduladora. Esto es que la envolvente superior e inferior contienen la información de la señal moduladora.

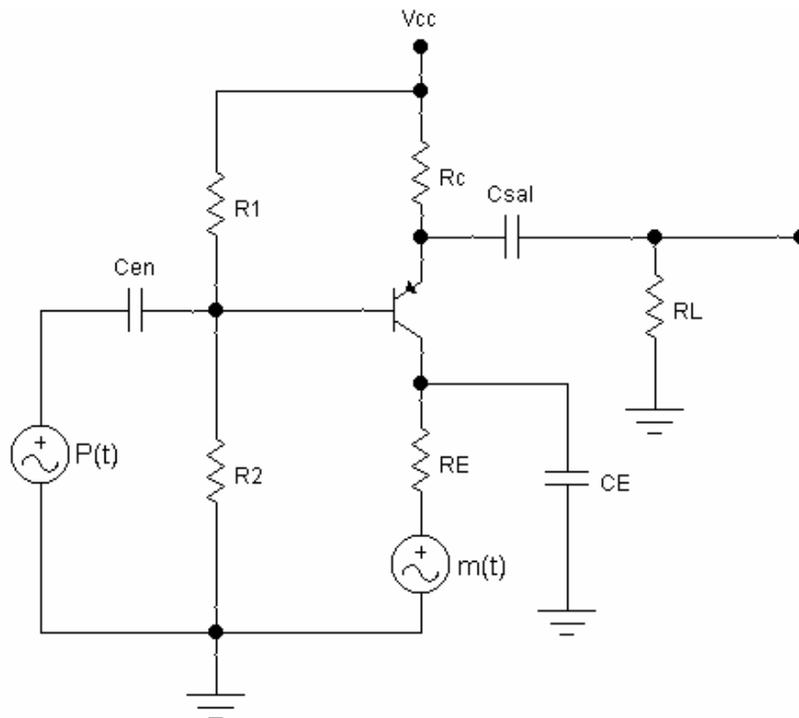


Figura 2.2. Modulador AM de RF [16].

2.3.2 Índice de modulación

Teóricamente, una señal moduladora sinusoidal produce una variación sinusoidal en la ganancia expresada por

$$A = A_0(1 + m \text{ sen} 2\pi f_m t) \quad (2.1)$$

donde A = ganancia instantánea de voltaje.

A_0 = ganancia de reposo de voltaje.

m = Índice de modulación.

f_m = frecuencia de la señal modulante.

Como el voltaje seno varia entre -1 y +1, la ganancia de voltaje varia sinusoidalmente entre $A_0(1-m)$ y $A_0(1+m)$. En la ecuación (2-2), m regula la cantidad de modulación. Un m elevado asegura elevadas variaciones en la ganancia de voltaje. El porcentaje de modulación se usa habitualmente para la cantidad de modulación de amplitud.

$$\text{Porcentaje de modulación} = m \times 100\% \quad (2.2)$$

Podemos medir m de la siguiente manera. Dada una señal AM como la de la figura 2.3, el voltaje máximo de pico es $2V_{max}$ y el mínimo es $2V_{min}$. Estos valores de pico se relacionan con m en la siguiente formula:

$$w_o = \frac{(2V_{max} - 2V_{min})}{(2V_{max} + 2V_{min})} \quad (2.3)$$

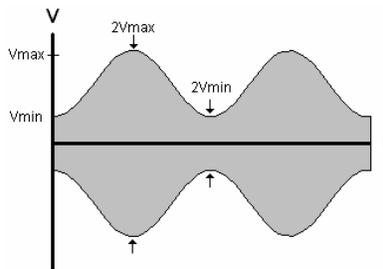


Figura 2.3. Señal AM de RF [17].

El voltaje de salida de una etapa moduladora de RF es similar a la mostrada en la figura 2.4a y se puede expresar

$$V_{sal} = AV_p \quad (2.4)$$

donde V_p = voltaje de la portadora.

si la portadora es sinusoidal, podemos poner

$$v_{sal} = A V_p \text{sen } 2\pi f_p t \quad (2.5)$$

donde V_p es el valor pico de la portadora de entrada. Con la ecuación (2.1), el voltaje de salida esta dado por

$$v_{sal} = A_0(1 + m \text{sen } 2\pi f_m t) (V_p \text{sen } 2\pi f_p t) \quad (2.6)$$

$$v_{sal} = A_0 V_p \text{sen } 2\pi f_p t + m A_0 V_p \text{sen } 2\pi f_m t V_p \text{sen } 2\pi f_p t \quad (2.7)$$

Portadora sin modular. El primer termino de la ecuación (2.7) representa una componente sinusoidal con un pico de $A_0 V_p$ y una frecuencia de f_p . La figura 2.4b refleja la presencia de este termino. Se conoce como una portadora sin modular, ya que es la tensión de salida cuando m es igual a cero.

Componente suma y diferencia. El segundo termino de la ecuación (2.7) es el producto de 2 ondas sinusoidales. Este hecho genera 2 nuevas frecuencias, una suma y la otra diferencia como se ve a continuación. El segundo termino de la ecuación (2.7) es igual a

$$m A_0 V_p \text{sen } 2\pi f_m t \text{sen } 2\pi f_p t = (m A_0 V_p / 2) \cos 2\pi(f_p - f_m)t - (m A_0 V_p / 2) \cos 2\pi(f_p + f_m)t \quad (2.8)$$

El primer termino de la derecha es una armónica con un valor de pico de $m A_0 V_p / 2$ y una frecuencia de $f_p - f_m$. El segundo termino es también una armónica con un pico de $m A_0 V_p / 2$ pero de frecuencia $f_p + f_m$. La figura 2.4c y d muestra estas componentes sinusoidales.

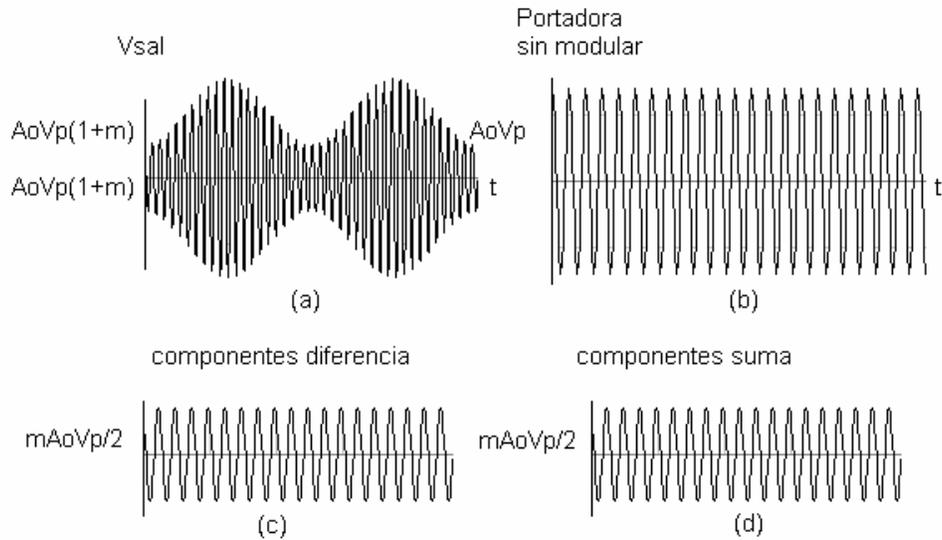


Figura 2.4 (a) Señal de AM. (b) Portadora sin módulos. (c) Componentes diferencia. (d) Componentes suma [18].

Componentes espectrales. En el dominio del tiempo una señal de AM como el de la figura 2.4a resulta de la superposición de tres señales (figura 2.4b,c y d). Una de ellas tiene la misma frecuencia que la portadora, otra la frecuencia diferencia y la tercera la frecuencia suma. En términos de espectro, una onda de AM significa lo siguiente: la figura 2.5a es el espectro de entrada a un modulador de RF. La primera línea representa la señal modulada con su frecuencia de f_x , la segunda línea es debida a la pequeña portadora con su frecuencia f_y . La figura 2.5b es el espectro de salida. En el se aprecia la portadora amplificada entre las componentes diferencia y suma. La componente diferencia es llamada, también, frecuencia lateral inferior y la componente suma, frecuencia lateral superior.

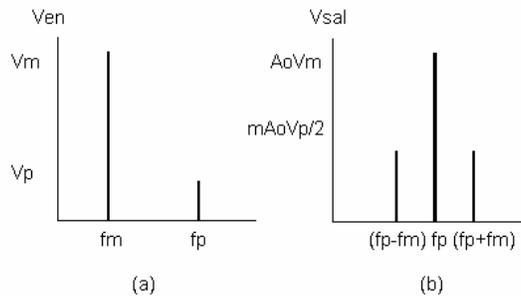


Figura 2.5. (a) Espectro de la señal de entrada (b) Espectro de la señal de salida [19].

2.4 Transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK)

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma, en alguna medida simple, de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria es [20]:

$$v(t) = V_c \cos[(\omega_c + V_m(t)\Delta\omega/2) t] \quad (2.9)$$

donde

- $v(t)$ = forma de onda FSK binaria.
- V_c = amplitud pico de la portadora no modulada.
- ω_c = frecuencia de la portadora en radianes.
- $v_m(t)$ = señal modulante digital binaria.
- $\Delta\omega$ = cambio en frecuencia de salida en radianes.

De la ecuación (2.9) puede verse que, con el FSK binario, la amplitud de la portadora V_c se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia en radianes de la portadora de salida (ω_c) cambia por una cantidad igual a $\pm\Delta\omega/2$. El cambio de frecuencia ($\Delta\omega/2$) es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria. Además, la rapidez a la que cambia la frecuencia de la portadora es igual a la rapidez de cambio de la señal de entrada binaria $v_m(t)$. Por tanto, la frecuencia de la portadora de salida se desvía entre $\omega_c+\Delta\omega/2$ y $\omega_c-\Delta\omega/2$ a una velocidad igual a fm .

2.4.1 Transmisor de FSK

Con el FSK binario, la frecuencia central o de portadora se desplaza, por los datos de la entrada binaria. En consecuencia, la salida de un modulador de FSK binario, es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambia la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la

condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Así, la razón de salida de cambio es igual a la razón de entrada del cambio. En la modulación digital, la razón de cambio en la entrada del modulador se llama razón de bit y tiene las unidades de bits por segundo (bps). La rapidez o razón de cambio en la salida del modulador se llama baudio o razón de baudio y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida. En esencia, el baudio es la razón de la línea de símbolos por segundo. En el FSK binario, las razones de cambio de entrada y salida son iguales; en consecuencia, la razón de bit y la razón de baudio son iguales. Un transmisor FSK binario sencillo se muestra en la figura 2.6.

2.4.2 Consideraciones del ancho de banda del FSK

Como con todos los sistemas de comunicaciones electrónicas, el ancho de banda es una de las consideraciones principales para diseñar un transmisor FSK binario. El FSK es similar a la modulación en frecuencia convencional, por lo que se puede describir en forma similar.

La figura 2.7 muestra un modulador FSK binario. Los moduladores de FSK son muy similares a los moduladores de FM convencionales y, a menudo son osciladores de voltaje controlado (VCO). El más rápido cambio de entrada ocurre, cuando la entrada binaria es una serie de unos y ceros alternativos; es decir una onda cuadrada. En consecuencia, si se considera solo la frecuencia fundamental de entrada, la frecuencia modulante más alta es igual a la mitad de la razón de bit de entrada.

La frecuencia de reposo del VCO se selecciona de tal forma que, cae a medio camino, entre las frecuencias de marca y espacio. Una condición de 1 lógico, en la entrada, cambia el VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de marca; una condición de 0 lógico, en la entrada, cambia el VCO de su frecuencia de reposo a la frecuencia de espacio.

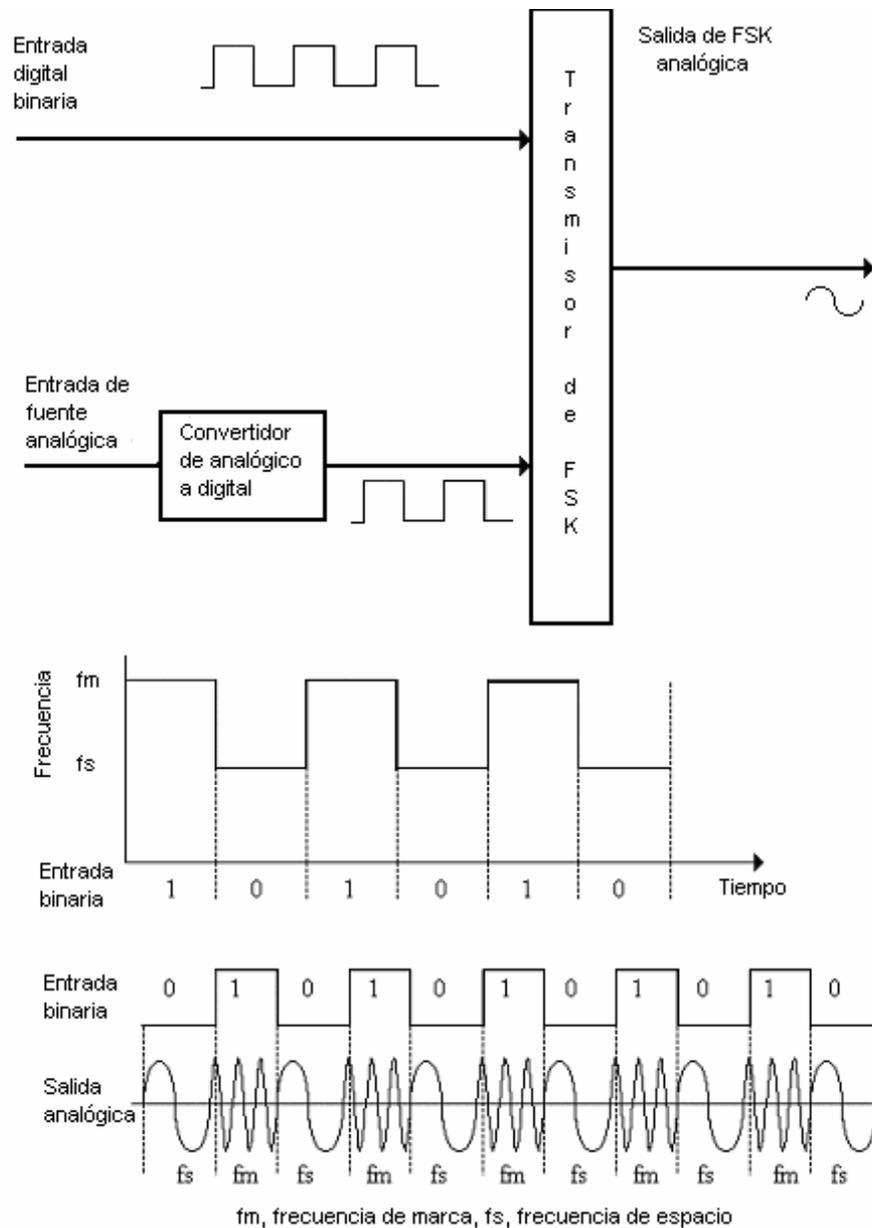


Figura 2.6 Transmisor de FSK [21].

En consecuencia, conforme la señal binaria de entrada cambia de 1 lógico a 0 lógico, y viceversa, la frecuencia de salida del VCO se desplaza o se desvía, de un lado a otro, entre las frecuencias de marca y de espacio. Debido a que el FSK binario es una forma de modulación en frecuencia, la formula para el índice de modulación utilizado en FM, también es valido para el FSK binario.

$$MI = \frac{\Delta f}{f_a} \quad (2.10)$$

donde MI = índice de modulación.
 Δf = desviación de frecuencia.

f_a = frecuencia modulante.

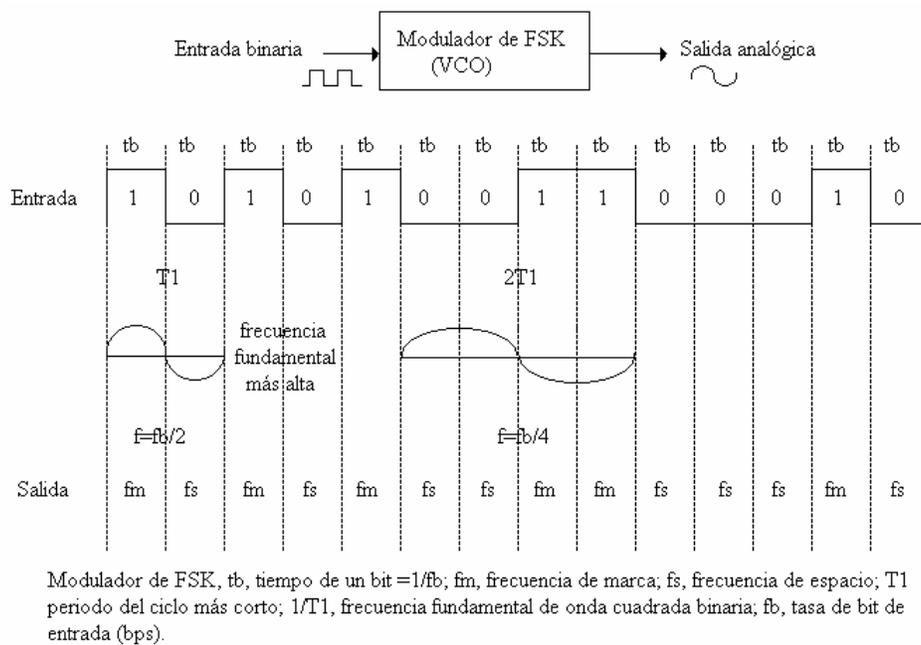


Figura 2.7. Modulador FSK binario [22].

El peor caso del Índice de modulación es el que da el ancho de banda de salida más amplio, llamado relación de desviación. El ancho de banda más amplio, ocurre cuando tanto la desviación de frecuencia y la frecuencia modulante están en sus valores máximos.

En un modulador FSK binario, Δf es la desviación de frecuencia pico de la portadora y es igual a la diferencia entre la frecuencia de reposo y la frecuencia de marca o espacio. La desviación de frecuencia pico depende de la amplitud de la señal modulante. En una señal digital binaria, todos los 1 lógicos tienen el mismo voltaje y todos los ceros lógicos tienen el mismo voltaje; en consecuencia, la desviación de frecuencia es constante y, siempre, en su valor máximo f_{Δ} es igual a la frecuencia

fundamental de entrada binaria que bajo la condición del peor caso es igual a la mitad de la razón de bit (f_b). En consecuencia para el FSK binario

$$MI = \frac{\left| \frac{f_m - f_s}{2} \right|}{\frac{f_b}{2}} = \frac{|f_m - f_s|}{f_b} \quad (2.11)$$

donde $|f_m - f_s|/2$ = desviación de frecuencia.

f_b = razón de bit de entrada.

$f_b/2$ = frecuencia fundamental de la señal de entrada binaria.

Debido a que el FSK binario es una forma de modulación en frecuencia de banda angosta, el mínimo ancho de banda depende del índice de modulación entre 0.5 y 1, se generan 2 o tres conjuntos de frecuencias laterales significativas. Por tanto, el mínimo ancho de banda es dos o tres veces la razón de bit de entrada.

2.4.3 Receptor de FSK

El circuito que más se utiliza para demodular las señales de FSK binarias es el circuito de fase cerrada (PLL), que se muestra en forma de diagrama de bloques en la figura 2.8.

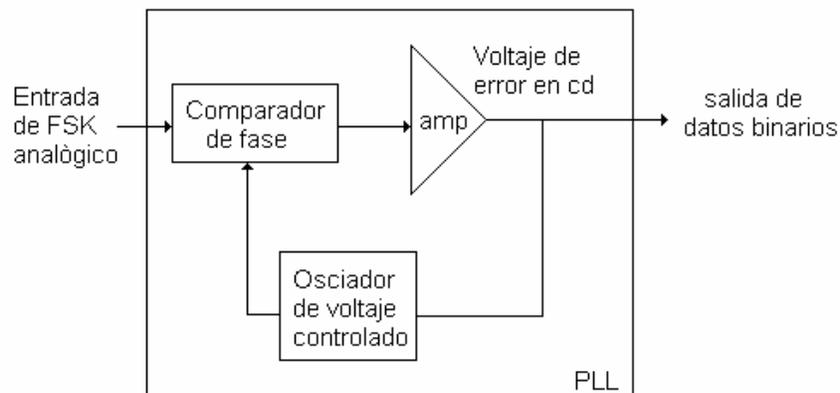


Figura 2.8. Demodulador FSK PLL [23].

Un demodulador FSK-PLL funciona en forma muy similar a uno de FM-PLL. Conforme cambia la entrada de PLL entre las frecuencias de marca y espacio, el voltaje de error de cd a la salida del comparador de fase sigue el desplazamiento de frecuencia. Debido a que solo hay dos frecuencias de entrada (marca y espacio), también hay solo dos voltajes de error de salida. Uno representa un 1 lógico y el otro un 0 lógico. En consecuencia, la salida es una representación de dos niveles (binaria) de la entrada de FSK. Por lo regular la frecuencia natural del PLL se hace igual a la frecuencia central del modulador de FSK. Como resultado, los cambios en el voltaje de error cd, siguen a los cambios en la frecuencia de entrada analógica y son simétricos alrededor de 0.

2.4.4 Modulador de diodo varactor

Una forma de generar FM directa es usando diodos especiales, como los varactores y diodos de recuperación de escalón, que producen muchas armónicas. El uso de estos dispositivos permite multiplicar por un orden de magnitud, o más en un solo paso. Hay limitaciones como el hecho de que las pérdidas debidas a la generación de armónicos hacen necesaria una amplificación y las pequeñas inestabilidades de fase del proceso de multiplicación se acumulan y aparecen como ruido a la salida.

En este tipo de moduladores, la señal modulante se suma o se resta al voltaje de polarización, lo que cambia la capacitancia del diodo, y por lo tanto, la frecuencia de oscilación. Los cambios positivos de la señal modulante, aumentan la frecuencia de oscilación, y los negativos, la disminuyen.

En este método una señal de FM se puede generar utilizando la señal modulante como señal de control. Por lo que

$$w_i = w_c + k_f f(t) \quad (2.12)$$

donde w_i = frecuencia instantánea.
 w_c = frecuencia de la portadora en radianes.
 K = constante de modulación para FM.

$f(t)$ = señal modulante.

La frecuencia de oscilación es:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.13)$$

en donde L = inductancia del embobinado del transformador.

C = capacitancia del diodo varactor.

El parámetro que varía en función de la señal modulante es la capacitancia del diodo, entonces:

$$C = C_o - kf(t), \quad (2.14)$$

sustituyendo (2.14) en (2.13)

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L(C_o - kf(t))}} \quad (2.15)$$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_o} \left[1 - \frac{kf(t)}{C_o} \right]^{1/2}}, \quad (2.16)$$

pero

$$\frac{kf(t)}{C_o} \ll 1. \quad (2.17)$$

Aplicando la formula del binomio de Newton para el caso de un exponente negativo o fraccionario [24] a (2.16)

$$\omega_o = \sqrt[m]{1+a} = 1 + \frac{1}{m}a - \frac{1}{2!} \left(\frac{m-1}{m^2} \right) a^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{(m-1)(m-2)}{m^3} \right) a^3 - \dots \quad (2.18)$$

tenemos que

$$\frac{1}{\sqrt{1-x}} = (1-x)^{-1/2} = 1 + \frac{x}{2} + \frac{3x^2}{8} + \dots \quad (2-19)$$

entonces

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{kf(t)}{C_o}}} = \left(1 - \frac{kf(t)}{C_o}\right)^{-1/2} = 1 + \frac{kf(t)}{2C_o} + \frac{3kf(t)^2}{8C_o} + \dots \quad (2.20)$$

$$w_o \cong \frac{1}{\sqrt{LC_o}} \left[1 + \frac{kf(t)}{2C_o}\right], \quad (2.21)$$

como

$$w_c = \frac{1}{\sqrt{LC_o}}, \quad (2.22)$$

$$w_o = w_c \left[1 + \frac{kf(t)}{2C_o}\right]. \quad (2.23)$$

Definimos

$$k_f = \frac{k w_c}{2C_o} \quad (2.24)$$

$$w_o = w_c + k_f f(t) \quad (2.25)$$

La generación de FM directa produce la suficiente desviación de frecuencia y requiere de poca multiplicación de frecuencia; sin embargo, este método tiene una baja estabilidad de frecuencia y se usa principalmente para aplicaciones de índice bajo de modulación.

2.5 Conclusiones

Muchas de las señales de información de baja frecuencia no pueden transmitirse mediante antenas de tamaño razonable. Estas señales pueden transmitirse cambiando o modulando algunas de las características de una onda portadora de mas alta frecuencia.

De la teoría analizada anteriormente, se establece que un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora con amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal modulante de información, que para este caso es la señal de video en banda base. Esta señal de video actua o sobre modula la señal portadora de 82.025 MHz.

Una característica de la modulación de AM, es que el ancho de banda permitido para una emisión está limitado, esta clase de emisión se dedica a usos que no requieren gran calidad de sonido o en los que la información sea de frecuencias próximas entre sí.

Otra característica de la modulación de amplitud es que, en su recepción, los desvanecimientos de señal no provocan demasiado ruido, por lo que es usado en algunos casos de comunicaciones móviles, como ocurre en buena parte de las comunicaciones entre un avión y la torre de control, debido que la posible lejanía y el movimiento del avión puede dar lugar a desvanecimientos. Sin embargo, la modulación en amplitud tiene un inconveniente, y es la vulnerabilidad a las interferencias

Debido a que los ruidos o interferencias que se mencionaron anteriormente alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante. Además al no alterar la frecuencia de la portadora en la medida que aplicamos la información, podemos transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes) sin abarcar un mayor ancho de banda.

La ventaja mas sobresaliente de la modulación en frecuencia sobre la modulación en amplitud es su bajo ruido. Las fuentes de ruido externo como motores, iluminación, sistemas de explosión, etc., suelen emitir señales de amplitud modulada. En un receptor de AM, se escucharían ruidos e interferencias, pero en un receptor de FM, la amplitud de la señal carece de importancia, puesto que la información se traduce en cambios de frecuencia. Por eso a los receptores no les afecta el ruido externo.

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una modulación digital de bajo rendimiento., es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua.

Capítulo 3

Diseño y construcción del móvil

3.1 Introducción

En este capítulo, se muestra la metodología para el diseño y construcción del móvil, se detalla la distribución de los diferentes sistemas dentro de la estructura y del chasis del móvil.

La robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene.

La palabra robot se empleó por primera vez en 1920 en una obra de teatro llamada "Los Robots Universales de Rossum" escrita por el dramaturgo checo Karel Capek [25]. La trama era sencilla: el hombre fabrica un robot luego el robot mata al hombre. Muchas películas han seguido mostrando a los robots como máquinas dañinas y amenazadoras.

La mayoría de los expertos en robótica afirman que es complicado dar una definición universalmente aceptada. Las definiciones de robot son tan dispares como se demuestra a continuación:

“Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática acciones diversas, siguiendo un programa establecido” [26].

“Máquina que en apariencia o comportamiento imita a las personas o a sus acciones como, por ejemplo, en el movimiento de sus extremidades” [27].

“Un robot es una máquina que hace algo automáticamente en respuesta a su entorno” [28].

“Un robot es un puñado de motores controlados por un programa de ordenador” [29].

“Un robot es un ordenador con músculos” [30].

Un robot puede ser visto en diferentes niveles de sofisticación, depende de la perspectiva con que se mire. Un técnico en mantenimiento puede ver un robot como una colección de componentes mecánicos y electrónicos; por su parte un ingeniero en sistemas puede pensar que un robot es una colección de subsistemas interrelacionados; un programador en cambio, simplemente lo ve como una máquina para ser programada; por otro lado para un ingeniero de manufactura es una máquina capaz de realizar un tarea específica. En contraste, un científico puede pensar que un robot es un mecanismo, el cuál construye para probar una hipótesis.

3.2. Tipos de robots

Existen diferentes tipos de robots, a continuación se mencionan algunos de estos.

Androides. Los androides son robots que se parecen y actúan como seres humanos [31]. Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los robots que aparecen en las ferias y espectáculos, no se parecen a las personas y por tanto no son androides.

Móviles. Los robots móviles están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo a su programación [32]. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial, las investigaciones o rescates submarinos.

Médicos. Los robots médicos son, fundamentalmente, prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando [33]. Con ellos se logra igualar con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen.

Industriales. Los robots industriales son robots mecánicos y electrónicos destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación [34]. También reciben el nombre de robots algunos electrodomésticos capaces de realizar varias operaciones distintas de forma simultánea o consecutiva, sin necesidad de intervención humana, como los también llamados «procesadores», que trocean los alimentos y los someten a las oportunas operaciones de cocción hasta elaborar un plato completo a partir de la simple introducción de los productos básicos.

Teleoperadores. Hay muchos "parientes de los robots" que no encajan exactamente en la definición precisa [35]. Un ejemplo son los teleoperadores. Dependiendo de cómo se defina un robot, los teleoperadores pueden o no clasificarse como robots. Los teleoperadores se controlan remotamente por un operador humano. Cuando pueden ser considerados robots se les llama "telerobots". Cualquiera que sea su clase, los teleoperadores son generalmente muy sofisticados y extremadamente útiles en entornos peligrosos tales como residuos químicos y desactivación de bombas.

3.3 Diseño de robots móviles

En general hay cuatro tipos distintos de soluciones para los problemas a los que un robot se enfrenta. Dependiendo de las restricciones del problema, un tipo de solución será más apropiado que otro, pero raramente será un tipo aislado de soluciones quien proporcione el mejor resultado.

Ingeniería del entorno. Los humanos utilizamos este método continuamente para hacernos la vida más fácil. Cuando estamos diseñando un robot hay ciertas características del entorno que podrían simplificar el diseño del mismo. Por ejemplo un robot de limpieza que en vez de trabajar de día trabajara de noche, evitando así el problema de la gente moviéndose por su entorno.

Cambio de la forma física del robot. La forma de un robot puede tener un gran impacto en sus prestaciones, un robot no cilíndrico corre mayor riesgo de quedar atrapado por una disposición desfavorable de obstáculos o de fallar en encontrar un camino en un espacio estrecho o intrincado.

Software de control más sofisticado para dirigir el comportamiento del robot. Un diseño sencillo puede ser suficiente para realizar la tarea encomendada si el software de control es lo suficientemente completo como para resolver todos los problemas a los que se enfrente.

3.3.1 El sistema robótico

3.3.1.1 Análisis del sistema

Todos los robots son sistemas, es decir, constan de componentes que forman un todo. El sistema robótico se puede analizar de lo general a lo particular utilizando el análisis sistemático. El primer paso es considerar al sistema como una "caja negra", no sabemos qué hay en su interior, pero podemos identificar la entrada y salida del sistema. La entrada genuina al robot está constituida por las órdenes humanas; la salida está formada por diversos tipos de trabajo realizado automáticamente.

3.3.1.2 Unidades funcionales

La segunda etapa o paso de análisis es mirar dentro de la caja negra donde encontramos los sub sistemas o unidades funcionales del robot. Cada unidad funcional realiza una función específica y tiene su propia entrada y salida. Los robots tienen cuatro unidades funcionales principales: controlador, motores y transmisión, alimentación y sensores (figura 3.1).

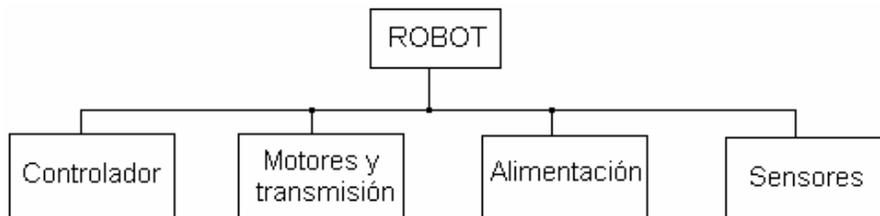


Figura 3.1. Unidades funcionales principales de un robot.

La función del controlador es gobernar el trabajo de los motores (actuadores: los dispositivos que originan el movimiento) y la transmisión (modificador del movimiento). La alimentación proporciona la energía necesaria para todo el sistema. Además de estos tres subsistemas, los robots de segunda generación incorporan sensores que reciben la señal de realimentación procedente de los actuadores pasando la información al controlador que debe calcular la corrección del error.

3.3.2 Aspecto mecánico

A continuación se describen los pilares para el diseño mecánico de un robot, para el que también se pueden tener en cuenta otros puntos de vista.

3.3.2.1 Locomoción

Hay una gran variedad de modos de moverse sobre una superficie sólida, entre los robots las más comunes son las ruedas, las cadenas y las patas. Los vehículos de ruedas son los más populares por varias razones prácticas. Los robots con ruedas son más sencillos y más fáciles de construir, la carga que pueden transportar es mayor relativamente. Tanto los robots basados en cadenas como en patas se pueden considerar más complicados y pesados comparados con los robots de ruedas para una misma carga útil. A esto podemos añadir el que se pueden transformar vehículos de ruedas de radio control para usarlos como bases de robots.

La principal desventaja de las ruedas es su empleo en terreno irregular, en el que se comportan bastante mal. Normalmente un vehículo de ruedas podrá sobrepasar un obstáculo que tenga una altura no superior al radio de sus ruedas, entonces una solución es utilizar ruedas mayores que los posibles obstáculos a superar; sin embargo, esta solución, a veces, puede no ser práctica.

3.3.2.2 Diseño de ruedas

Existen varios diseños de ruedas para elegir cuando se quiere construir una plataforma móvil sobre ruedas, diferencial, sincronizada, triciclo y de coche.

Diferencial

Tanto desde el punto de vista de la programación como de la construcción, el diseño diferencial es uno de los sistemas complicados de locomoción. El robot puede ir recto, girar sobre sí mismo y trazar curvas. Un problema importante es cómo resolver el equilibrio del robot, hay que buscarle un apoyo adicional a las dos ruedas ya existentes, esto se consigue mediante una o dos ruedas de apoyo añadidas en un diseño triangular o romboidal. El diseño triangular puede no ser suficiente dependiendo de la distribución de pesos del robot, y el romboidal puede provocar inadaptación al terreno si éste es irregular lo que puede exigir alguna clase de suspensión.

Otra consideración a hacer en este diseño es cómo conseguir que el robot se mueva recto, para que el robot se mueva en línea recta sus ruedas tienen que girar a la misma velocidad. Cuando los motores encuentran diferentes resistencias, las velocidades de los motores varían y el robot girará incluso aún cuando se le haya ajustado inicialmente para que vaya recto. Esto quiere decir que la velocidad debe ser controlada dinámicamente, o sea, debe existir un medio de monitorizar y cambiar la velocidad del motor mientras el robot avanza. De esta manera la simplicidad del diseño queda minimizada por la complejidad del sistema de control de la velocidad; no obstante la reducción de la complejidad mecánica en detrimento de la complejidad de la electrónica y del software es frecuentemente una elección más barata y fiable.

Diseño sincronizado

En este diseño todas las ruedas son tanto de dirección como motrices, las ruedas están enclavadas de tal forma que siempre apuntan en la misma dirección. Para cambiar de dirección el robot gira simultáneamente todas sus ruedas alrededor de un eje vertical, de modo que la dirección del robot cambia, pero su chasis sigue apuntando en la misma dirección que tenía. El diseño sincronizado supera muchas de

las dificultades que plantean el diseño diferencial, en triciclo y de coche, pero a costa de una mayor complejidad mecánica.

Diseño de triciclo y coche

El diseño de coche con sus cuatro ruedas con suspensión proporciona una buena estabilidad, el diseño en triciclo tiene unas prestaciones similares con la ventaja de ser mecánicamente más simple ya que el coche necesita alguna unión entre las ruedas direccionables. En general en estos dos diseños las ruedas direccionables no son motrices, y no es necesario controlar la velocidad de las ruedas para que el robot se mantenga recto.

3.3.2.3 Forma de un robot

La forma de un robot puede tener un gran impacto en sus prestaciones, un robot no cilíndrico corre mayor riesgo de quedar atrapado por una disposición desfavorable de obstáculos o de fallar en encontrar un camino en un espacio estrecho o intrincado.

Consideremos dos robots del mismo tamaño, uno cilíndrico y el otro cuadrado, ambos encuentran un paso estrecho según se mueven. Un algoritmo sencillo permitirá al robot cilíndrico pasar, el robot choca, gira y lo intenta de nuevo hasta que pasa. Esto es así de simple porque el robot es capaz de girar estando en contacto con el obstáculo. El robot cuadrado, por el contrario, tiene que retroceder y girar si quiere usar la misma táctica. Por tanto, siempre se requiere un algoritmo más complejo para la navegación de un robot cuadrado que para la de uno cilíndrico. Para entender la razón de esto, tenemos que apelar a un concepto avanzado en robótica conocido como espacio de configuraciones.

3.4 Construcción del móvil

3.4.1 Características del móvil

Una vez analizados los diferentes tipos de móviles, se diseñó un móvil de 4 ruedas, con el espacio suficiente para adaptarle una cámara de video y las tarjetas de comunicaciones, de recepción de comandos y transmisión de video.

El desplazamiento del móvil se produce por un par de motores de 9V, los cuales se encuentran colocados en cada una de las llantas traseras del móvil. Además, estos motores se encuentran acoplados a un sistema de engranes, que permiten un mejor desplazamiento del mismo. La figura 3.2 muestra el diseño y la configuración del móvil y la figura 3.3 muestra el móvil construido.

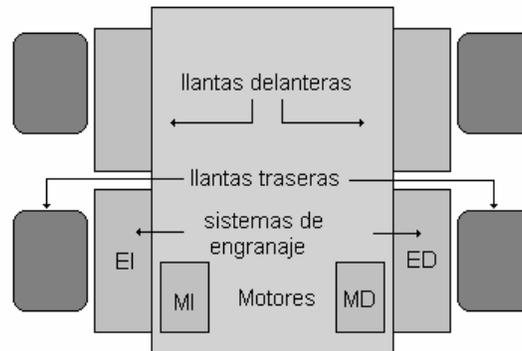


Figura 3.2. Configuración del móvil.



Figura 3.3 Robot móvil.

El diseño de este móvil, se obtuvo de la estructura de un pequeño auto de pilas, modelo "BUGGY", este auto de juguete cuenta con un sistema de engranes que producen su desplazamiento.

3.4.2 Sistemas de transmisión y desplazamiento del móvil

El objetivo principal de este trabajo de tesis es el control del móvil por medio de un sistema de radio frecuencia (RF), para esto se diseñó un transmisor de comandos. Las señales de control o comandos son obtenidos del puerto paralelo de una computadora personal. Así mismo, se requiere de un sistema receptor de comandos, el cual permita decodificar las señales de comandos enviados a través del transmisor y se pueda producir los movimientos del móvil.

El sistema de transmisión y desplazamiento esta compuesto por dos motores de 9V colocados en la parte trasera del móvil, uno colocado en el lado izquierdo y el otro en el lado derecho. Cada uno de los motores giran en dos sentidos, pero con una mayor potencia en un sentido, esto es, el motor colocado en la llanta derecha, su sentido de giro con mayor potencia se genera con un movimiento hacia la derecha, y cuando gira en sentido contrario lo hace con menos potencia. Igualmente, el motor colocado en la llanta izquierda, tiene una mayor potencia cuando gira hacia la izquierda y con menos potencia en sentido contrario. Los movimiento del móvil se realizan de la siguiente manera:

Movimiento hacia adelante. Para desplazar el móvil hacia adelante, se activan los dos motores en su sentido normal de giro, esto es el motor derecho gira a la derecha y el motor izquierdo gira hacia la izquierda.

Movimiento hacia atrás. Para desplazar el móvil hacia atrás o reversa, los motores giran en sentido contrario, esto es el motor derecho gira hacia la izquierda y el motor izquierdo gira hacia la derecha.

Movimiento hacia la derecha. Para que el móvil tenga un desplazamiento hacia la derecha, el motor izquierdo se activa en su sentido normal de giro, mientras que el motor derecho permanece inactivo, con esto, la llanta trasera del lado izquierdo realizara el empuje del móvil hacia la derecha y la llanta trasera del lado derecho funcionara como pivote y se producirá el movimiento del móvil hacia la derecha.

Movimiento hacia la izquierda. Para que el móvil tenga un desplazamiento hacia la izquierda, el motor derecho se activa en su sentido normal de giro, mientras que el motor izquierdo permanece inactivo, con esto, la llanta trasera del lado derecho

realizara el empuje del móvil hacia la izquierda y la llanta trasera del lado izquierdo funcionara como pivote y se producirá el movimiento del móvil hacia la izquierda. La tabla 3.1, muestra más claramente cual debe ser el sentido de los motores para que se produzcan los diferentes movimientos del móvil.

Movimiento	Giro del Motor Izquierdo	Giro del Motor Derecho
Adelante	Giro hacia la izquierda	Giro hacia la Derecha
Reversa	Giro hacia la Derecha	Giro hacia la Izquierda
Derecha	Giro hacia la Izquierda	Inactivo
Izquierda	Inactivo	Giro hacia la Derecha

Tabla 3.1. Sentido de los motores para generar los movimientos del móvil.

3.4.2.1 Motores de CD

Los motores de 9V empleados en la construcción del móvil son los motores de modelo EG-530YD-9B CCW y el EG-530YD-9B CW. Estos motores funcionan con una alimentación de 9V y tienen una velocidad de 4000 a 5000 revoluciones por minuto (rpm). La figura 3.4 muestra el tipo de motor empleado.



Figura 3.4 Motor modelo EG-530YD9B CCW .

3.4.3 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación del móvil esta formado por un conjunto de pilas alcalinas de 9V. Estas pilas permiten la activación de los motores, así como también de los sistemas de comunicaciones. Prácticamente todos en el mundo moderno están familiarizados con lo que comúnmente llamamos "batería o pila", que es un instrumento para almacenar energía y liberarla después en forma de electricidad, cuando sea necesaria. Las pilas fueron las primeras fuentes disponibles de corriente

directa y por ello se emplearon en casi exclusivamente para alimentar los primeros circuitos electrónicos [36].

La mayoría de las celdas de potencia que se usan actualmente D, C, AA y otras, tienen un voltaje de 1.5 voltios. Sin embargo, algunas veces las celdas se agrupan para formar baterías. La muy familiar batería de 9 voltios, es en realidad un grupo de seis pequeñas celdas de 1.5 voltios, conectadas en serie para producir 9 voltios. Esencialmente una pila o celda de potencia, es un contenedor en el cual se introducen dos electrodos diferentes [37]. Un electrodo llamado "ánodo" es generalmente un metal. El otro llamado "cátodo" es generalmente un óxido metálico, compuesto que se forma cuando se combina químicamente un metal con el oxígeno. En la celda de potencia, ambos, el ánodo y el cátodo están conectados a unos colectores de corriente que llevan a la salida de la celda. Dentro de la celda, ambos están sumergidos en un "baño" llamado "electrolito", que es un material capaz de conducir la electricidad en una forma muy especial. Los electrolitos normalmente son soluciones acuosas pero en algunos tipos de celdas de potencia pueden ser utilizados otros líquidos e incluso sólidos.

La actividad química dentro de la celda produce un flujo continuo de electricidad hasta que el cátodo haya sido virtualmente agotado de todo su oxígeno y hasta que el ánodo en forma equivalente este totalmente oxidado. En ese momento, la celda esta agotada. Que tanto dura este proceso obviamente depende de que tanta corriente se extrae de la celda, y si la celda se utiliza en forma intermitente o en forma continua. De cualquier forma, la conclusión es que la celda de potencia produce la electricidad por medios químicos. Por esto, el campo científico hacia el cual se dirigen las investigaciones para producir tipos de celdas de potencia nuevas, mejores y de diferentes tipos, se llama "electro-química".

Las características de las pilas empleadas en el móvil son las siguientes:

Tamaño / Química: 9V Alcalina

Voltaje: 9.0

Largo Máx.: 17.50 mm.

Ancho Máx.: 26.50 mm.

Altura Máx.: 48.49 mm.



Figura 3.5 Propiedades de una pila de 9V .

3.4.4 Sistema de engranes

El engranaje de ruedas tiene por objeto transmitir la rotación de un eje a otro eje [38]. La rueda que recibe el movimiento se denomina "conductora", y la que engrana con ella "conducida". Cuando los ejes son paralelos, los engranajes reciben el nombre de planos; si los ejes se cortan, de ángulo o cónicos y si se cruzan, de hiperboloides. De los engranajes planos, los más interesantes son los cilíndricos. Están constituidos por dos ruedas dentadas, que engranan entre sí. El perfil de un diente debe ser la envolvente del otro, o lo que es lo mismo que la normal en cada uno de los puntos de contacto por los que pasan los dientes en el movimiento, pasen por el de tangencia de los círculos primitivos. Esta condición básica es la que ha permitido la construcción de las formas tan extrañas de engranajes que conforman la colección.

Uno de los objetivos de esta caja de engranes es permitir un mejor torque del motor, para permitir un mejor desplazamiento del móvil, este sistema de engranes evita el desgaste del motor de cd. El sistema de engranes esta compuesto básicamente por 7 engranes, un engrane colocado en el eje del motor de cd el cual es el engrane "conductor", y otro colocado en el eje de la llanta o engrane "conducido", los otros 5 engranes se encuentran colocados de tal manera que el engrane de menor tamaño, que corresponde al que se encuentra colocado en el eje del motor de cd produzca un movimiento de mayor torque con respecto al engrane colocado en el eje de la llanta trasera, es decir, el engrane colocado en el eje del motor da más vueltas que el engrane colocado en el eje de la llanta. La figura 3.6 muestra los sistemas de engranaje empleados.

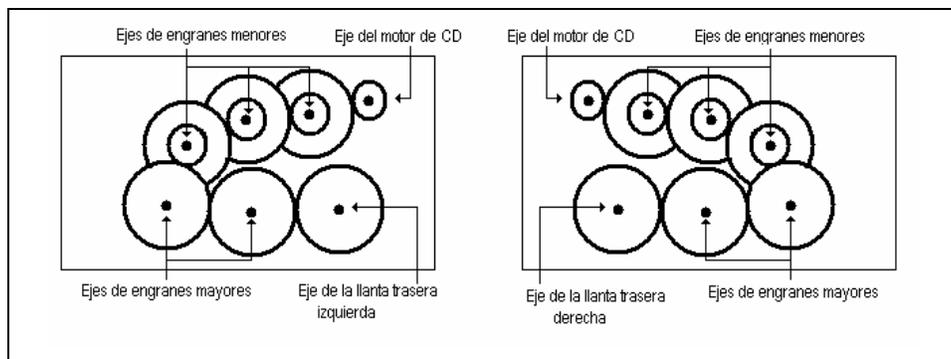




Figura 3.6 Sistemas de engranaje.

3.4.5 Control de motores

El control de los motores se realiza a través de un circuito GAL22V10D, este circuito genera las combinaciones posibles para producir el giro de los motores de 9 V. Estas combinaciones son generadas de acuerdo a los comandos enviados de la computadora. Para que los motores trabajen con una mayor eficiencia, estos se encuentran acoplados a un arreglo de transistores para proporcionar a los motores una mayor cantidad de corriente. Estos transistores se encuentran conectados en una configuración de puente H.

3.4.5.1 Puente H

Los puentes H (llamados "H BRIDGES" en inglés) son circuitos que permiten controlar motores eléctricos de corriente directa en dos direcciones desde un circuito digital (TTL, CMOS, el puerto de una computadora, desde un microcontrolador, etc.) [39]. Se les llama "Puentes H" porque precisamente su forma recuerda (muy vagamente) a una letra "H". El primer problema que se tiene cuando se quiere controlar desde un circuito digital un dispositivo electromecánico (ya sea un motor, un relevador, un alambre muscular o un stepper) es que no debe conectarse directamente a la salida de este circuito digital. Por dos razones que mencionaremos a continuación:

Razón 1: Un circuito digital tradicional generalmente no tiene la capacidad de corriente necesaria para hacer que un motor eléctrico de voltaje (y mucho menos capacidad tiene el puerto paralelo de una computadora,). Si se conecta directamente un motor, un foco incandescente o algún otro elemento que consuma mucha corriente, lo más probable es que el circuito se sobrecaliente y se quemara en unos segundos. La manera más sencilla de manejar un elemento electromecánico pequeño con un

circuito digital es utilizando un TRANSISTOR como interruptor. Así el circuito digital solo prende y apaga el transistor y el transistor es el que prende y apaga el motor.

Razón 2: Casi todos los dispositivos electromecánicos son muy inductivos. Lo que significa que no permiten ser apagados de golpe. Es decir, cuando se desconecta un motor eléctrico que está funcionando, el motor (debido a que es un dispositivo inductivo) trata todavía de mantener por una fracción de segundo la corriente circulando a través de él. Y durante este pequeño tiempo puede generarse una chispa en la parte del circuito que realizó la desconexión. Esta chispa puede muy fácilmente dañar circuitos electrónicos.

Según el tamaño del motor y según la corriente que esté utilizando, esta chispa puede o no ser visible, pero siempre existe a menos que se coloque en paralelo con el motor un diodo de protección. Este diodo tiene como finalidad servir de "desahogo" para esta corriente residual que aparece después de que se apaga el motor.

Diagrama esquemático de un puente H

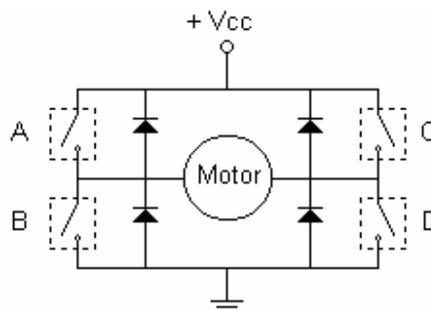


Figura 3.7 Diagrama esquemático de un puente H [40].

Estos interruptores (A,B,C y D) pueden ser de transistores bipolares, de MOSFETs, de JFETs, de relevadores o de cualquier combinación de elementos. El punto central es: los puentes H se utilizan para que un motor eléctrico de corriente directa funcione EN DOS SENTIDOS (adelante y atrás) sin tener que manejar voltajes negativos. Si se cierran solamente los contactos A y D la corriente

circulará en un sentido a través del motor (o del relevador o de cualquier sistema que esté conectado ahí en medio), y si se cierran solamente los contactos B y C la corriente circulará en sentido contrario. De preferencia nunca se debe cerrar los contactos A y B al mismo tiempo (tampoco C y D) porque se podría fundir un fusible en alguna parte. La figura 3.8 muestra la etapa de potencia, formada por un arreglo de transistores que forman un circuito puente H, para proporcionar un mayor cantidad de corriente a los motores de 9 V.

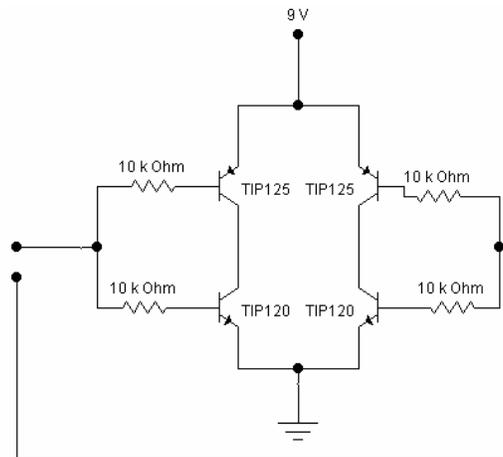


Figura 3.8. Puente H.

3.4.6 Distribución del móvil

Uno de los aspectos importantes que se consideraron para la construcción del móvil, fue la manera de distribuir las diferentes partes de los sistemas que se requieren para su funcionamiento, esto es, la colocación de las placas de recepción de comandos y de el transmisor de video, así como también del sistema de alimentación o fuente que esta formado por un conjunto de pilas de 9V.

Otra de las limitaciones muy importantes es la colocación de la cámara de video, ya que debido a su tamaño y a su peso, podría afectar el desplazamiento correcto del móvil. La figura 3.9 muestra la distribución de los sistemas que conforman el móvil, y la figura 3.10, muestra la colocación de la cámara de video en el móvil.

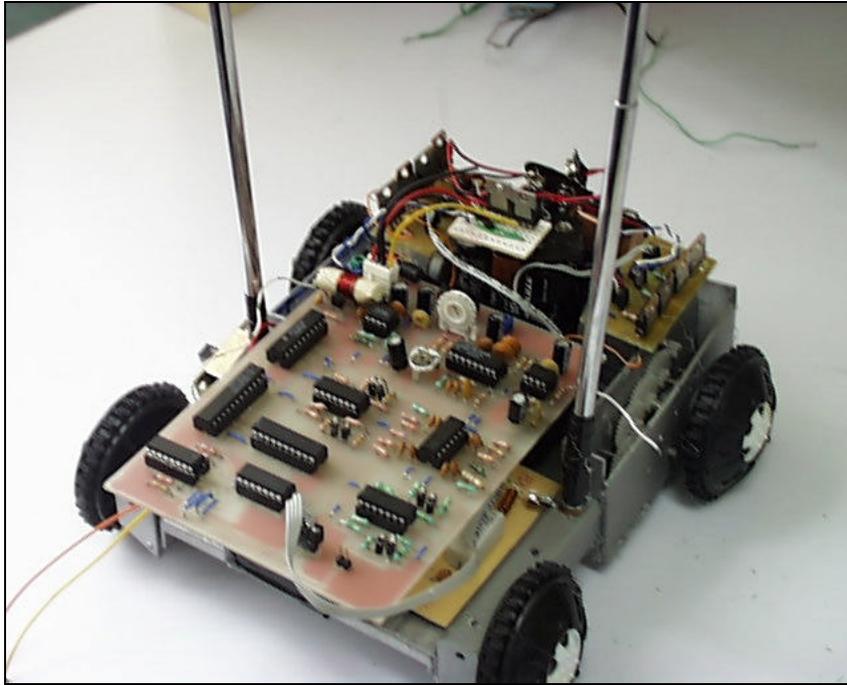


Figura 3.9. Distribución de los sistemas del móvil.



Figura 3.10. Colocación de la cámara de video en el móvil.

3.5 Conclusiones

Los robots móviles, tanto los autónomos como los teleoperados, son objeto de gran estudio y desarrollo en países industrializados que han visto en ellos gran campo de aplicación industrial. Es por esto, que este trabajo de tesis tiene como objetivo presentar las bases para el desarrollo de este tipo de tecnología.

Las aplicaciones abarcan desde la enseñanza del funcionamiento de los robots e investigación en complejas técnicas de inteligencia artificial para la navegación y operación de robots móviles en ambientes reales, hasta la aplicación de robots móviles en la industria militar, la minería, el transporte flexible, y la industria aeroespacial.

En el control por teleoperación se tiene un mando de control directo y manual sobre el robot para que realice acciones comandadas remotamente por el operario, el mando de operación es de guiado activo en este modo.

Para la construcción de este robot móvil, se usaron materiales fáciles de adquirir, buscando de alguna manera reducir el costo de construcción. Por ejemplo, el material de elaboración del chasis o plataforma del móvil, se realizó con plástico acrílico.

Los engranes y las ruedas para el sistema de tracción del móvil, se obtuvieron de un pequeño auto de pilas, puntualizando que se realizó un diseño propio para el sistema de engranaje. De igual forma, se eligieron motores de cd de 9V, ya que son fáciles de adquirir y su costo es bajo. A diferencia de los motores de paso, que tienen un mayor costo y su adquisición no era tan accesible.

El sistema de alimentación del móvil consta de varias pilas de 9V. Se eligió el uso de estas pilas debido a su bajo peso y tamaño. Así también, por la corriente que estos proporcionan a los sistemas de transmisión y recepción.

En cuanto a las herramientas o equipos utilizados para la construcción de este móvil, no se requirió de alguno en especial.

Cabe mencionar que la mayoría del material empleado, era material reciclado, por ejemplo, el chasis de acrílico para la base del móvil, se obtuvo de la tapa de una pequeña caja de plástico. De la misma forma, el resto de la estructura del móvil se diseñó con restos de plástico acrílico. Para acoplar y ajustar las partes del móvil, se emplearon tornillos reciclados y pegamento de silicón.

Aunque el proyecto de tesis se enfoca más hacia la construcción de un sistema de comunicaciones, se diseñó un móvil que además de funcional, tuviera cierto grado de desarrollo. Es decir, el móvil propuesto tiene una estructura básica, pero puede ser modificado para desarrollos futuros. La función principal del móvil propuesto, es el desplazarse a través de una superficie plana y abierta.

Uno de los problemas presentados en el desarrollo del móvil, fue el peso de la videocámara empleada para la transmisión de video. ya que el móvil presentaba problemas en su desplazamiento. Este problema puede solucionarse empleando una videocámara más pequeña, siempre y cuando esta tenga una salida de señal de video en banda base.

Capítulo 4

Transmisor de video

Transmisor y receptor de comandos

4.1 Introducción

Comunicaciones electrónicas, es la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos [41].

La información se define como el conocimiento, la sabiduría o la realidad y puede ser en forma analógica, tal como la voz humana, información sobre una imagen de video, o música, o en forma digital, tales como números codificados en binario o información de base de datos. Toda la información debe convertirse a energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electrónicas [42].

Un sistema de comunicaciones electrónicas (figura 4.1) consiste de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor [43]. El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (como el espacio libre), y el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

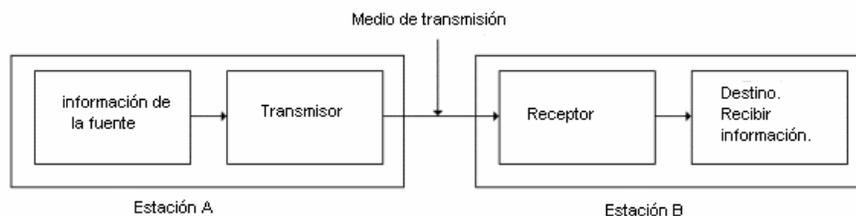


Figura 4.1. Diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones.

4.2 Transmisor de video

EL objetivo de transmitir el recorrido del móvil, se logra colocando una cámara de video y un pequeño transmisor inalámbrico en el móvil. La señal de video se visualiza en el monitor de la PC a través de una tarjeta comercial de televisión. El montaje o circuito diseñado para transmitir video es un modulador de AM, el cual permite enviar una señal de TV a algunas decenas de metros a partir de las señales de video compuesto procedentes de una videocámara.

El circuito propuesto para el transmisor de video, es un circuito modulador AM de bajo nivel. Y consta de las siguientes partes: oscilador de cristal, modulador AM de Radio Frecuencia (RF), etapa acopladora de video, etapa pre-amplificadora y etapa de potencia. La figura 4.2 muestra el diagrama a bloques del transmisor de video.

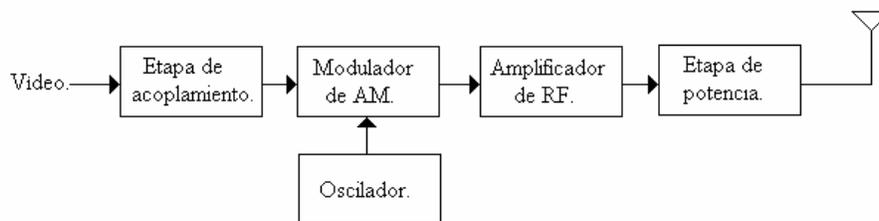


Figura 4.2. Diagrama a bloques del transmisor de video.

4.2.1 Portadora de radio frecuencia (RF)

La señal portadora que se requiere para la modulación AM, es generada por un oscilador de cristal. Este oscilador de cristal genera una señal cuya frecuencia es 3 veces la frecuencia fundamental del cristal.

Para este trabajo de tesis, se eligió el canal 6 para realizar la transmisión de video. La portadora de este canal se encuentra centrada en 83.25 MHz. Por lo tanto se empleo un cristal de frecuencia fundamental de 27.355 MHz, que genera una señal de salida de 82.05MHz, que como se observa es una frecuencia muy cercana a la portadora del canal 6. La figura 4.3 muestra el circuito oscilador empleado, esta compuesto por un CI MC74HC00, un cristal de 27.355 MHz y varios capacitores.

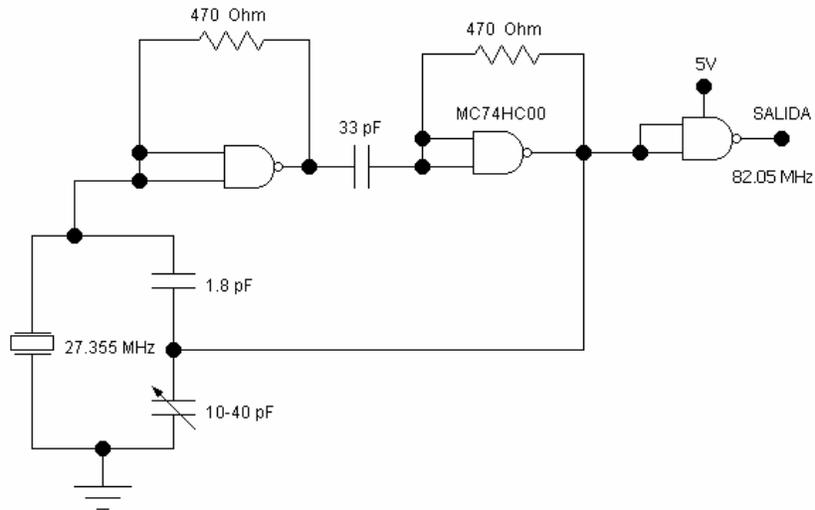


Figura 4.3. Oscilador de cristal.

4.2.2 Modulador AM

El circuito modulador propuesto para realizar la transmisión de video, se muestra en la figura 4.4. Este es un modulador AM de radio frecuencia y esta configurado como un circuito amplificador emisor común. La señal portadora es la señal de 82.05 MHz y la señal moduladora es la señal de video en banda base con un ancho de banda de 4 MHz, la cual es obtenida de la videocámara. Los resultados obtenidos del análisis de este circuito modulador AM se presentan en la tabla 4.1.

Análisis de cd	Análisis de ac
Voltaje de base (V_B) = 2.92 V	Resistencia diodo emisor ($r'e$) = 11.36 Ω
Corriente de entrada (I) = 1.08 mA	Impedancia de base ($Z_{EN(BASE)}$) = 2.272 K Ω
Impedancia de entrada (R_B) = 1.8 K Ω	Impedancia de entrada (Z_{EN}) = 1.66 K Ω
Corriente de colector (I_C) = 2.2 mA	Corriente de base (i_b) = 62.5 μ A
Voltaje de emisor (V_E) = 2.2V	Corriente de colector (i_c) = 12.5mA
Impedancia inductiva (X_L) = 1.35 K Ω	Voltaje de colector (V_C) = 16.25V
Voltaje de colector (V_C) = 6.02V	

Tabla 4.1. Resultados del modulador AM.

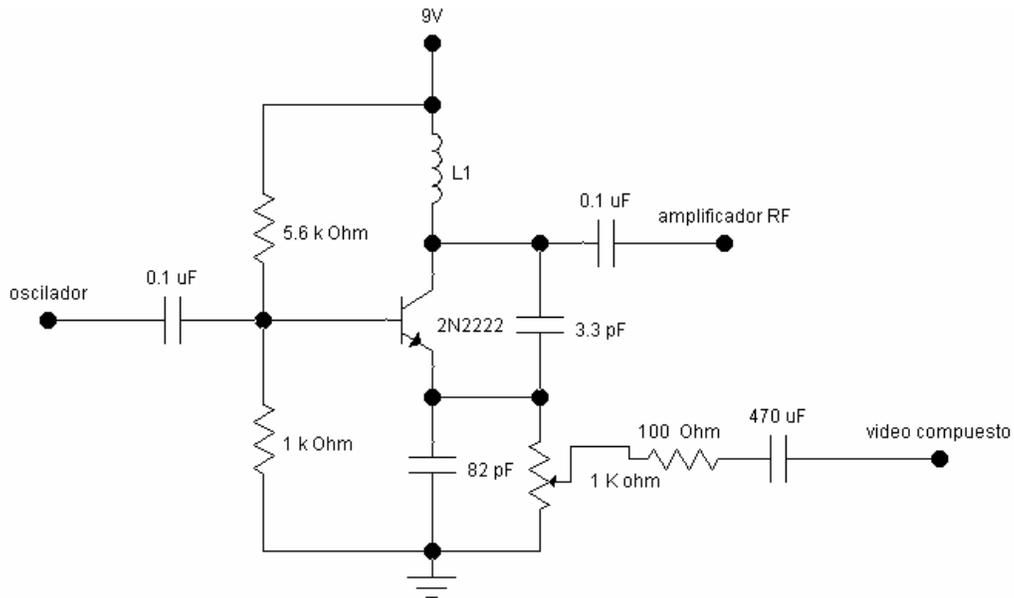


Figura 4.4. Modulador AM de RF.

4.2.3 Etapa de acoplamiento de video

Esta etapa acopla la señal de la videocámara con la entrada del modulador AM de RF. La entrada del modulador se encuentra en el emisor del transistor 2N2222 [44]. Esta etapa de acoplamiento es un amplificador operacional conectado en una configuración de amplificador no inversor.

La figura 4.5 muestra esta etapa de acoplamiento. Es un amplificador no inversor con una ganancia de voltaje de 2, esto es, el voltaje de salida de la señal de video, tiene la misma polaridad que el voltaje de entrada, pero con un nivel de voltaje duplicado. Para esta etapa se utiliza un amplificador operacional CLC412 [45].

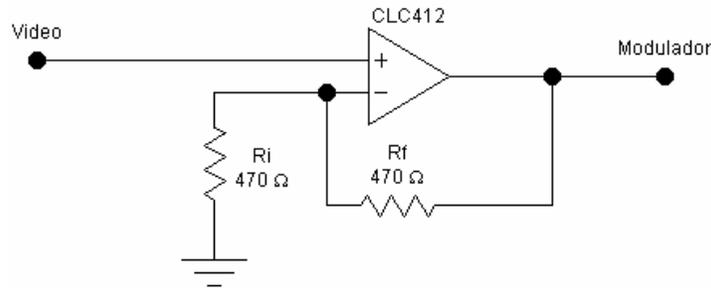


Figura 4.5. Amplificador no inversor de acoplamiento.

El voltaje de salida se encuentra por la suma de la caída de voltaje a través de R_i , el cual es el voltaje de entrada V_i , al voltaje a través de R_f , el cual es el voltaje de salida V_o [46].

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) V_i \quad (4.1)$$

La ganancia de voltaje esta dada por

$$\left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (4.2)$$

$$\left(1 + \frac{470}{470} \right) = 2$$

4.2.4 Etapa pre-amplificadora

Esta etapa amplifica la señal de salida del transmisor de RF que usa modulación AM, con la finalidad de que esta pueda propagarse hacia la antena con una mayor potencia. Para esto se requiere de un amplificador operacional, conectado en una configuración de amplificador no inversor como el que se muestra en la figura 4.6. Este circuito tiene una ganancia de voltaje de 5, esto es, el voltaje de salida tiene la misma polaridad que el voltaje de entrada, pero con un nivel de voltaje 5 veces mayor. Para esta etapa se utiliza el amplificador operacional CLC449 [47].

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) V_i \quad (4.1)$$

$$\left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (4.2)$$

$$\left(1 + \frac{150}{40} \right) = 4.7$$

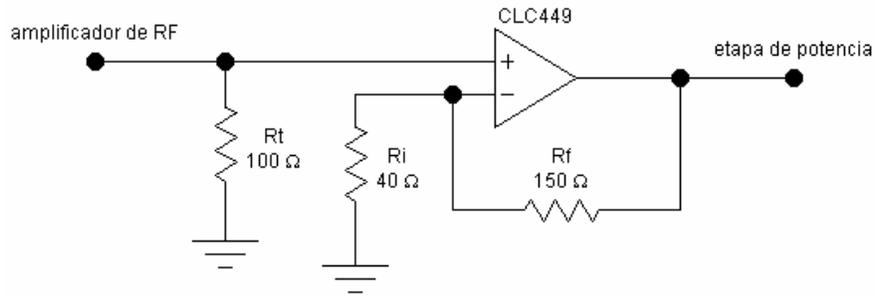


Figura 4.6 Amplificador no inversor, Amplificador de RF.

Una de las características importantes que influyeron para decidir emplear el amplificador operacional CLC449, fue su gran ancho de banda de aproximadamente de 1 GHz. Esto significa que amplificaría la señal portadora de 82.05MHz sin ningún problema.

4.2.5 Etapa de potencia

La finalidad de la mayor parte de las aplicaciones de etapas de potencia, es suministrar la potencia necesaria tan económicamente como sea posible cumpliendo a la vez otras condiciones que pueden incluir limitaciones de tamaño, tensión de alimentación de corriente continua, distorsión, etc [48].

Los amplificadores de potencia se clasifican según la parte del ciclo de la onda sinusoidal de entrada durante la cual circula la corriente de carga. La etapa de potencia utilizada en este sistema es un amplificador de clase A o de emisor común (figura 4.7).

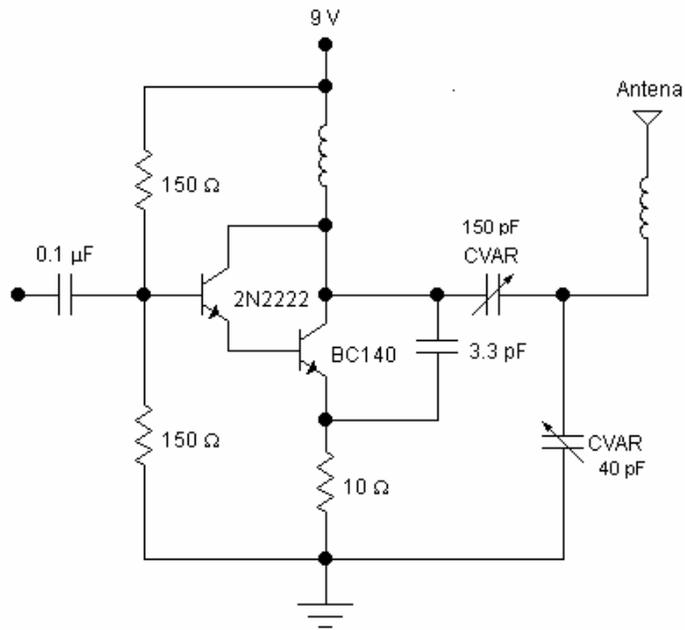


Figura 4.7. Amplificador de potencia.

La etapa de potencia tiene una conexión Darlington. La ventaja de este tipo de conexión es la alta impedancia de entrada que se percibe hacia la base del primer transistor.

4.2.6 Análisis de antenas

La función principal de una antena es convertir la energía electromagnética, procedente de un generador a través de una línea de transmisión, en energía electromagnética que se propaga libremente en el espacio. [49]

El monopolo es una antena constituida por una varilla de antena h sobre un plano de tierra, natural o artificial, excitada entre un extremo de la varilla y dicho plano. El campo producido es omnidireccional sobre el plano.

Para propagar la señal del transmisor de video se requiere de una antena con las siguientes características:

Longitud de onda (λ): 3.65 m

Longitud eléctrica (H): 0.89 m

Constante de fase: (β): 1.7 radianes

Radio equivalente (a): 0.005 m
 Impedancia característica (Z_0): 234.18 Ω
 Altura eléctrica (βH): 1.5 m
 Resistencia de radiación (R_{ν}): 61.54 Ω

Para acoplar la impedancia de entrada de la antena con la impedancia de la línea de alimentación, se alarga eléctricamente el mástil para que resuene en $\frac{3}{4}$ de onda para 82.02 MHz. Para ello se calcula un inductor que haga resonar el mástil en $\frac{1}{4}$ de onda a la frecuencia tercio de 82.02 MHz, es decir 27.34 MHz.

$$L = (\lambda / 1885) Z_0 \cotg \beta H = 127.2 \mu\text{H} \quad (4.3)$$

4.2.7 Caracterización de señales del transmisor de video

Las siguientes figuras muestran las señales observadas en el osciloscopio del circuito transmisor de AM.

En la figura 4.8a se presenta la señal portadora generada por el circuito oscilador. Como se puede observar esta señal tiene una frecuencia de 82.05 MHz y tiene un nivel de voltaje pico a pico de 6V. La figura 4.8b muestra el espectro en frecuencia de la señal portadora, esta medición se realizó con un analizador de espectros. La señal se encuentra centrada en los 82.05 MHz y tiene una potencia de -7.64 dBm.

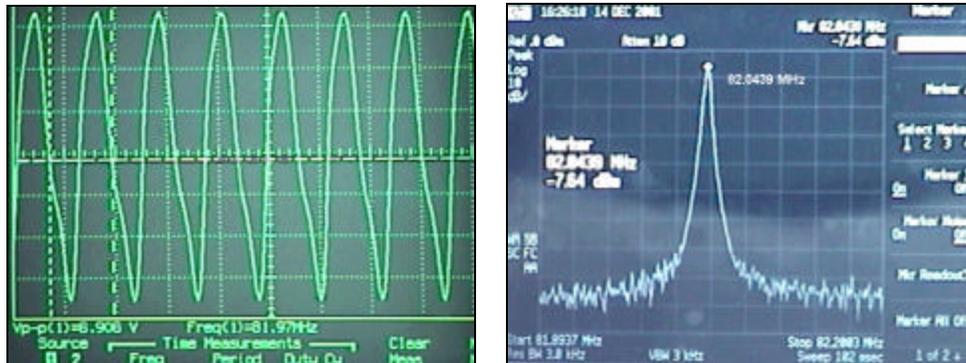


Figura 4.8 (a) Señal portadora, (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora.

La figura 4.9a muestra la señal de portadora modulada por una señal sinusoidal. La amplitud de la señal portadora está modificada por la amplitud de la señal modulante, produciendo una señal de AM. La figura 4.9b presenta el espectro en

frecuencia de esta señal modulada en amplitud, la señal portadora centrada en 82.05 MHz y las dos bandas laterales.



Figura 4.9. (a) Señal de portadora modulada en amplitud, (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora modulada

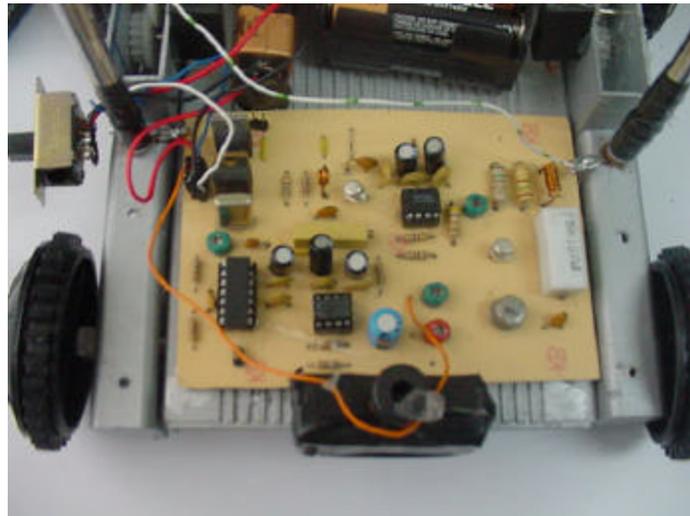


Figura 4.10. Transmisor de video

4.2.8 Tarjeta de TV para PC AVerMedia TV98

Esta tarjeta de TV sirve para visualizar la señal de video que se recibe del transmisor colocado en el móvil. Como se mencionó, el canal seleccionado para observar la señal de video, es el canal 6.



Figura 4.11. Interfaz de la Tarjeta de TV para PC AVerMedia TV98.

La tarjeta para funcionar requiere que la PC en donde se instale tenga los siguientes requisitos:

- Pentium 100Mhz o mejor.
- PC con el bus local de PCI que es compatible con el PCI 2.1
- Windows®95 / Windows®98
- Tarjeta de PCI VGA
- Unidad de disco de CD-ROM.
- Chips de VGA probado.

Características y especificaciones

- Soporta resoluciones de VGA asta 1024 X 768.
- Función refinado de la TV.
- Preparada de 181 canales de cable.
- Soporta ajustamientos de color y figura.
- Selección de la fuente de video
- Entrada de la antena de TV coaxial de 75 Ω.
- Entrada de video compuesto (RCA)
- Dimensiones de la tarjeta 5.3'' X 4.9'' X 0.83''.

La tarjeta tiene su propio software de operación, por tal motivo, no se diseño ningún programa de interfaz para ver la señal transmitida desde el móvil. Cabe

mencionar que una de las características importantes de este software, es la sintonía fina que realiza de los canales de TV, esto es, si la señal de TV, es muy débil o la recepción no es la adecuada, el programa controlador de la tarjeta, brinda una opción de sintonía fina, de tal forma que se pueda recuperar la mayor parte de la información de señal de video.

4.3 Transmisor de comandos

El transmisor de comandos permite controlar los desplazamientos del móvil. Para esto, se estableció que el móvil únicamente realizaría cuatro movimientos, hacia delante, hacia atrás, hacia la derecha y hacia la izquierda. Por tanto, únicamente se requieren de 4 comandos. Se propuso que la transmisión de los comandos sería por medio de un transmisor FSK. La figura 4.12 muestra el diagrama a bloques del transmisor propuesto.



Figura 4.12. Transmisor de comandos.

4.3.1 Generación de comandos

El transmisor de comandos consiste básicamente de un modulador FSK. Los comandos son representados por 4 frecuencias diferentes. Estas frecuencias son generadas por 4 circuitos integrados temporizadores LM555, que son activados por el puerto paralelo de la PC.

La selección de los comandos se realiza por medio del teclado de la PC. Para esto se desarrollo un programa en lenguaje C++, cuya función es detectar la pulsación de una tecla y determinar que comando ha sido seleccionada. Al pinchar una tecla de

comando, se envía un dato de 8 bits al puerto paralelo de la PC, y dependiendo del valor de este dato, se activa el temporizador correspondiente.

El puerto paralelo de una PC es ideal para ser usado como herramienta de control de motores, relés, LED's, etc. El mismo posee un bus de datos de 8 bits (Pin 2 al 9) y muchas señales de control, algunas de salida y otras de entrada que también pueden ser usadas fácilmente. Las PC's generalmente poseen solo uno de estos puertos (LPT1) pero con muy poco dinero se le puede adicionar una tarjeta con un segundo puerto paralelo (LPT2).

La dirección hexadecimal del puerto LPT1 es 0x378 y 0x278 para el LPT2 [50]. Esto se puede verificar fácilmente en el setup de la PC o bien en el cartel que generalmente la PC muestra en el momento de inicio. Puede darse el caso que el LPT1 asuma la dirección 0x3BC (956 en decimal) y el LPT2 0x378, en ese caso habrá que tratar de corregir el setup y/o los jumper de las tarjetas en caso que sea posible.

El puerto paralelo de un PC posee un conector de salida del tipo DB25 hembra cuyo diagrama y señales utilizadas podemos ver en la siguiente figura 4.13.

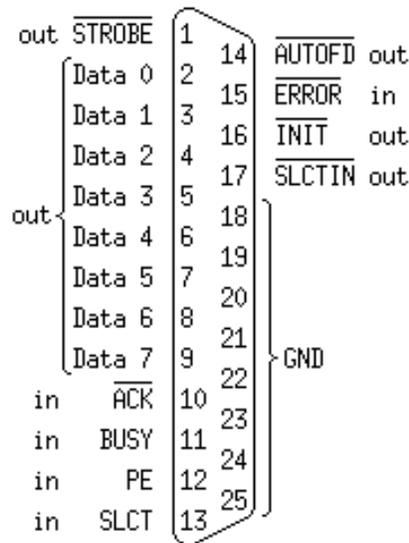


Figura 4.13. Puerto paralelo LPT1.

Si deseamos escribir un dato en el bus de salida de datos (pin 2 al 9) solo debemos escribir el byte correspondiente en la dirección hexadecimal 0X378 cuando trabajamos con el LPT1 y 0x278 cuando trabajamos con el LPT2. Los distintos pins

(bits) de salida correspondientes al bus de datos no pueden ser escritos en forma independiente.

Para leer el estado de los pins de entrada (10, 12, 13 y 15) se debe realizar una lectura a la dirección hexadecimal 0x379 si trabajamos con el LPT1 o bien leer la dirección 0x279 si trabajamos con el LPT2. La lectura será devuelta en un byte en donde el bit 6 corresponde al pin 10, el bit 5 corresponde al pin 12, el bit 4 corresponde al pin 13 y el bit 3 corresponde al pin 15.

Al conectar o desconectar la interfaz al puerto paralelo de la PC, se debe asegurar de que tanto la PC como la interfaz se encuentren apagadas. Caso contrario el puerto paralelo de la PC podría llegar a dañarse permanentemente.

El programa que realiza el control del móvil esta hecho en lenguaje de programación C++, y tiene las siguientes características.

Recibe como dato de entrada la pulsación de una tecla, y dependiendo de cual sea, envía por el puerto paralelo LPT1 un dato de 8 bits, el cual permite activar los diferentes circuitos temporizadores, que generan cada uno de los comandos. Es importante mencionar que solamente se utilizan 5 pines de datos del puerto LPT1, estos son: 2,3,4,5 y 18. La tabla 4.2, muestra los datos correspondientes para generar los movimientos del móvil. El código del programa se presenta en el apéndice B, así como la interfaz del programa de control del móvil.

Dato	Binario	Temporizador	Movimiento
1	0001	CI 1	Adelante
2	0010	CI 2	Reversa
4	0100	CI 3	Izquierda
8	1000	CI 4	Derecha

Tabla 4.2. Datos para generar los movimientos del móvil.

Entre el puerto paralelo y los temporizadores, existe una etapa de interfaz, la cual esta diseñada con compuertas lógicas, que permiten pasar de un nivel de 5V, de los pines de salida del puerto, a un nivel de 9V; los cuales son requeridos para activar los temporizadores 555.

Las compuertas lógicas utilizadas para esta etapa son el circuito integrado TTL 74LS05, el cual contiene seis compuertas lógicas inversoras con salidas de un

nivel de 5V, y un circuito integrado CMOS MC14049 que igualmente contiene 6 compuertas lógicas inversoras pero con un nivel de salida de 9V. La figura 4.14 muestra la etapa de interfaz entre el puerto paralelo de la PC, y los cuatro circuitos temporizadores que generan las frecuencias de comandos.

En la tabla 4.3 se muestran las frecuencias para cada uno de los comandos y los movimientos a realizar. La figura 4.15 muestra la configuración de los circuitos temporizadores empleados.

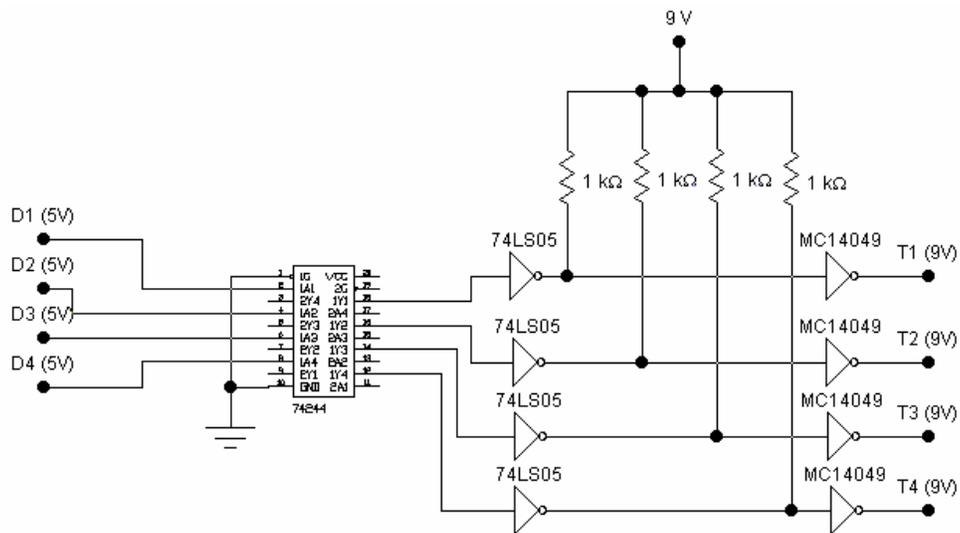


Figura 4.14. Etapa de Interfaz.

Temporizador	Movimiento	Frecuencia
1	Adelante	500 HZ
2	Reversa	1.5 KHz
3	Izquierda	4.5 KHz
4	Derecha	12.5 KHz

Tabla 4.3. Frecuencias para generar los movimientos del móvil.

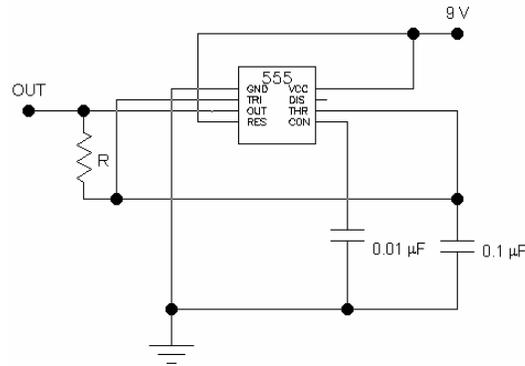


Figura 4.15. Generador de pulsos diseñado con el NE555.

4.3.2 Etapa de acoplamiento de comandos

Esta etapa acopla las salidas de los temporizadores con el modulador FSK. Las salidas de los temporizadores se encuentran unidas, por esta razón, se tienen que acoplar a la entrada del modulador. Esta etapa requiere de un amplificador operacional CA3140 con una configuración de comparador [51]. Se utilizó esta configuración debido a que el nivel de salida de los temporizadores es de aproximadamente 2V y se requiere de una señal modulante con un nivel de voltaje alto. La figura 4.16 muestra esta etapa de acoplamiento.

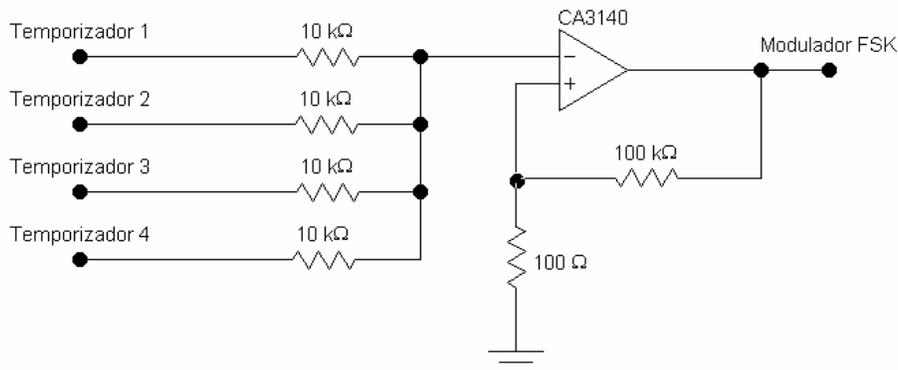


Figura 4.16. Etapa de acoplamiento de comandos

4.3.3 Modulador FSK

El modulador diseñado consta de dos partes, un circuito oscilador de 45 MHz y un circuito modulador de diodo varactor.

4.3.3.1 Circuito oscilador

El circuito oscilador es similar al empleado en el transmisor de video. Este oscilador genera un señal de frecuencia cercana a la segunda armónica de la frecuencia fundamental del cristal. Esto es, como el cristal utilizado es de 27.135 MHz, la señal sinusoidal generada tiene una frecuencia de 54.270 MHz.

Para obtener la señal portadora de 45 MHz, es necesario cambiar el valor del capacitor de 33 pF por un capacitor de 1.78 pF, esto con la finalidad de desplazar la frecuencia de la señal portadora de 57.270 MHz a 45 MHz. Se eligió esta frecuencia de portadora porque la frecuencia máxima de demodulación del circuito PLL empleado es de 50 MHz.

La figura 4.17 muestra el circuito oscilador empleado para generar la señal portadora de 45 MHz.

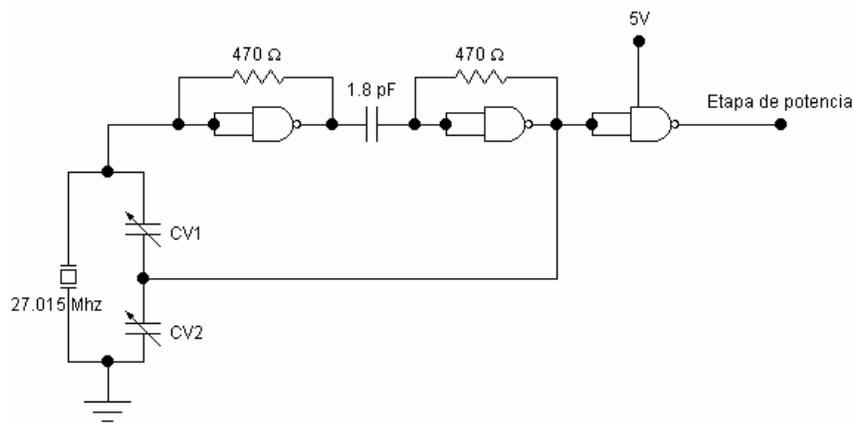


Figura 4.17. Oscilador de cristal.

4.3.3.2 Modulador de diodo varactor

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua.

El modulador de diodo varactor es un modulador de FSK directo, es decir, que la frecuencia de la portadora varía directamente por la señal modulante [29].

Un diodo polarizado inversamente puede realizar esta función, ya que actúa como un capacitor que varía su capacitancia con el voltaje de polarización. En este tipo de moduladores, la señal modulante se suma o se resta al voltaje de polarización, lo que cambia la capacitancia del diodo, y por tanto, la frecuencia de oscilación. Los cambios positivos de la señal modulante, aumentan la frecuencia de oscilación, y los negativos, la disminuyen.

La figura 4.18 muestra el diagrama esquemático para un generador de FSK directo que usa un diodo varactor para desviar la frecuencia de un oscilador de cristal. Este circuito tiene un transformador por medio del cual se acoplan las señales modulantes de los circuitos temporizadores, y realizan la modulación con la señal portadora generada por el circuito oscilador de cristal.

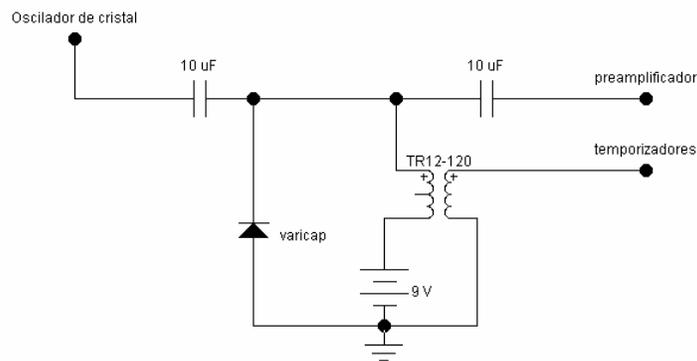


Figura 4.18. Modulador FSK con diodo Varicap.

4.3.4 Etapa pre-amplificadora

La señal de salida del modulador FSK pasa por una etapa de amplificación cuya ganancia de voltaje es de 5, esta etapa es la misma empleado en el transmisor de video y tiene las mismas características. La figura 4.6 muestra la configuración de esta etapa.

4.3.5 Etapa de potencia

El proporcionar a la antena del transmisor de comandos, la potencia suficiente para transmitir las señales de comandos, permitió diseñar una etapa de potencia con un transistor conectado en emisor común. Este transistor es el 2N3866 y tiene las siguientes características:

ECG	Polarity and Material	Description and Application	Case Style	t_c (A)	BV_{CB0} (V)	BV_{CE0} (Vs)	BV_{EBO} (V)	h_{FE}	P_D (W)	f_T (MHz)
311	Npn-Si	Freq Multiplier, Amp, Driver Osc, VHF-UHF pre Driver	TO39	0.4	55	30	3.5	25 min	5	800 min

Tabla 4.4. Características del transistor 2N3866.

La figura 4.19 muestra el diseño del circuito utilizado como etapa de potencia. Esta etapa tiene como salida un voltaje de salida de 11V. El acoplamiento entre la salida de la etapa de potencia y la antena se realiza por medio de un inductor o bobina, esto con la finalidad de tener el máximo nivel de voltaje y de eliminar las armónicas que pudieran interferir en la señal de transmisión de comandos. El diagrama completo del transmisor de comandos se presenta en el apéndice A.

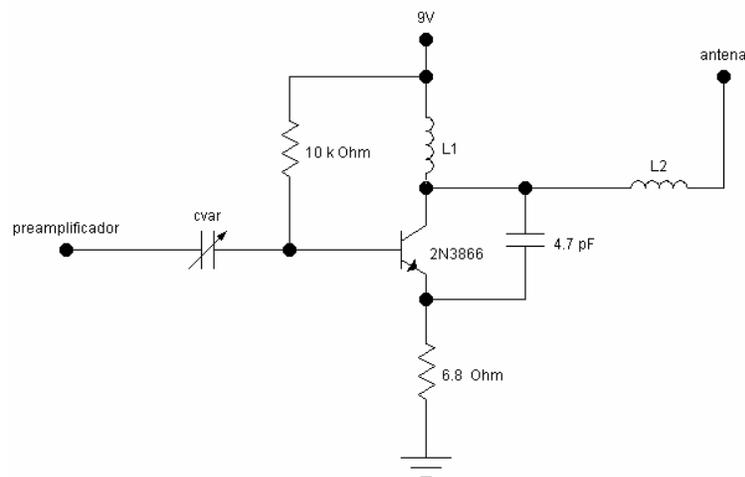


Figura 4.19 Etapa de potencia.

4.3.6 Análisis de antenas

Para propagar la señal del transmisor de comandos se requiere de una antena con las siguientes características:

- Longitud de onda (λ): 6.66 m
- Longitud eléctrica (H): 0.89 m
- Constante de fase: (β): 0.94 radianes
- Radio equivalente (a): 0.005 m
- Impedancia característica (Z_0): 288.48 Ω

Altura eléctrica (βH): 0.83 m

Resistencia de radiación (R_r): 39.30Ω

Para acoplar la impedancia de entrada de la antena con la impedancia de la línea de alimentación, se alarga eléctricamente el mástil para que resuene en $\frac{3}{4}$ de onda para 45 MHz. Para ello se calcula un inductor que haga resonar el mástil en $\frac{1}{4}$ de onda a la frecuencia tercio de 45 MHz, es decir 15 MHz.

$$L = (\lambda / 1885) Z_0 \cotg \beta H = 700.2 \mu\text{H} \quad (4.3)$$

4.3.7 Caracterización del transmisor de comandos

Las siguientes figuras muestran las señales observadas en el osciloscopio del circuito transmisor de comandos. La figura 4.20a muestra la señal portadora de 45 MHz generada por el circuito oscilador de cristal. La figura 4.20b muestra el espectro de frecuencia de la señal portadora, la cual esta centrada en los 45 MHz y tiene una potencia de -2.97 dB.

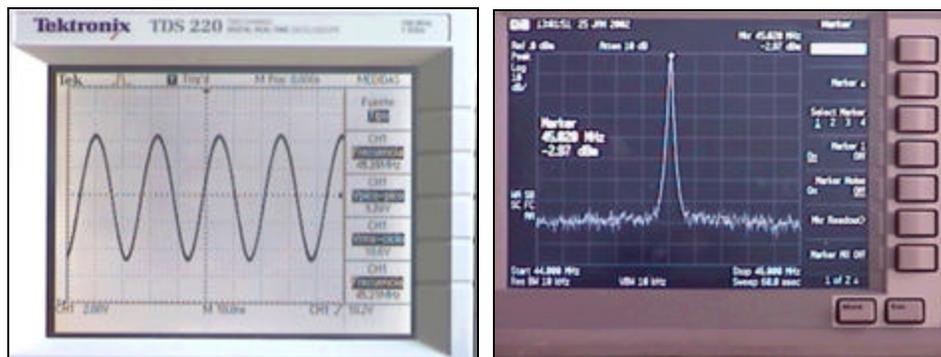


Figura 4.20. (a) Señal portadora de 45 MHz (b) Espectro de frecuencia de la señal portadora.

La figura 4.21a muestra una señal de 700 Hertz generada por un circuito temporizador activado por el puerto paralelo de la PC. Esta frecuencia produce el movimiento hacia delante del móvil. La figura 4.21b presenta el espectro de frecuencia de la señal portadora cuando ocurre la modulación FSK producida por la señal de comando de 700 hertz.

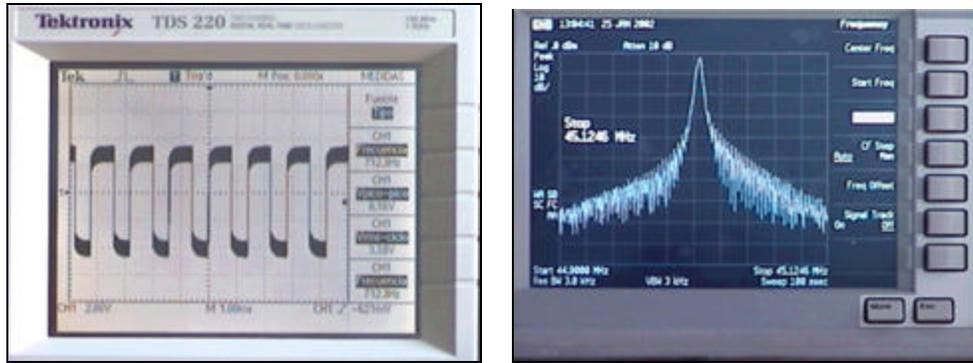


Figura 4.21 (a) Portadora modulada en 700Hz, (b) Espectro de frecuencia.

La figura 4.22a muestra una señal de 1.2 KHz. Esta frecuencia produce el movimiento hacia atrás del móvil. La figura 4.22b presenta el espectro de frecuencia de la señal portadora cuando ocurre la modulación FSK producida por la señal de comando de 1.2 KHz.

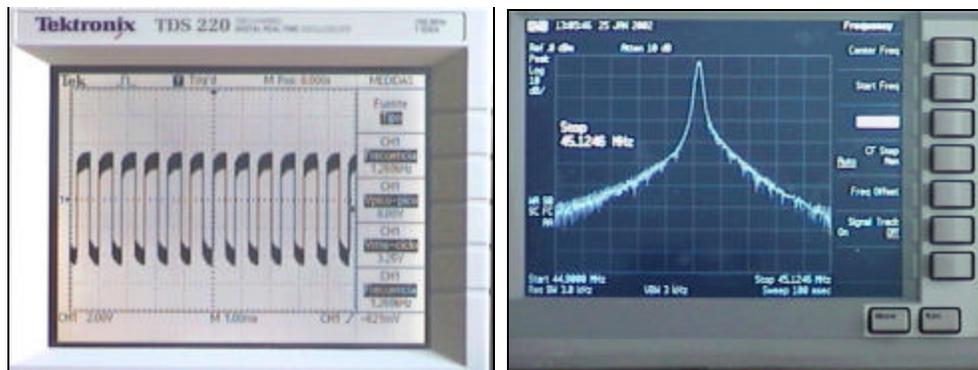


Figura 4.22 (a) Portadora modulada en 1.2 KHz, (b) Espectro de frecuencia

La figura 4.23a muestra una señal de 3.3 KHz. Esta frecuencia produce el movimiento hacia la izquierda del móvil. La figura 4.23b presenta el espectro de frecuencia de la señal portadora cuando ocurre la modulación FSK producida por la señal de comando de 3.3 KHz.

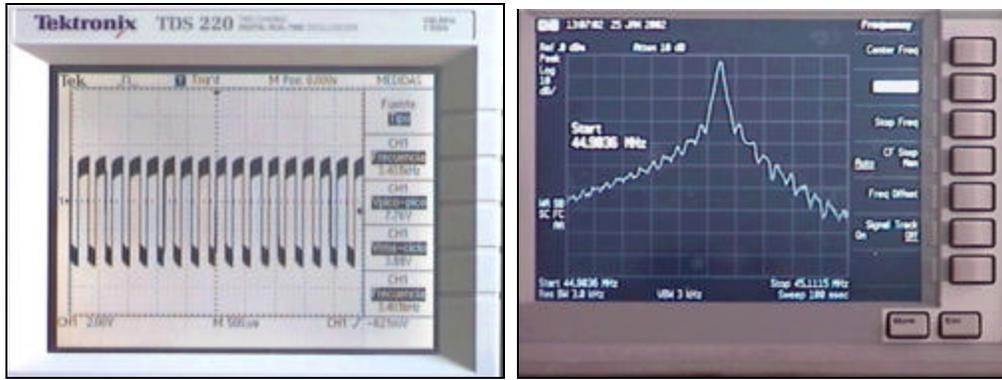


Figura 4.23 (a) Portadora modulada en 3.3 KHz, (b) Espectro de frecuencia

La figura 4.24a muestra una señal de 12.5 KHz. Esta frecuencia produce el movimiento hacia la derecha de l móvil. La figura 4.24b presenta el espectro de frecuencia de la señal portadora cuando ocurre la modulación FSK producida por la señal de comando de 12.5 KHz.

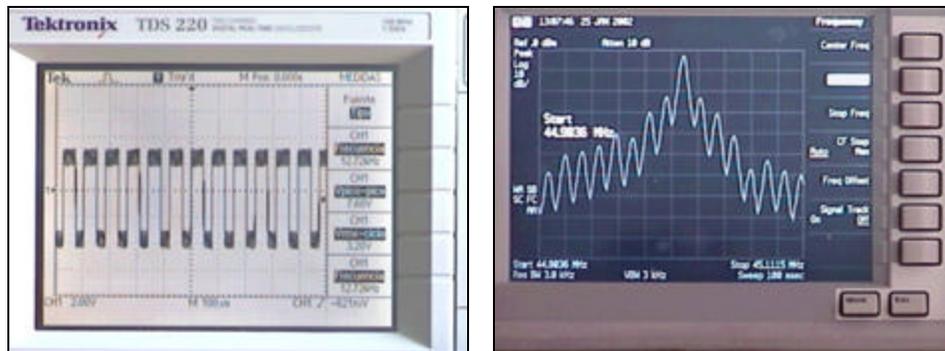


Figura 4.24 (a) Portadora modulada en 12.5 KHz, (b) Espectro de frecuencia

A continuación se presenta una tabla con las características del transmisor de comandos.

Análisis de cd	Análisis de ac
-----------------------	-----------------------

Voltaje de base (V_B) = 4.5 V	Reactancia capacitiva (X_{C1}) = 12.78 Ω
Voltaje de emisor (V_E) = 3.1 V	Reactancia capacitiva (X_{C2}) = 47.09 Ω
Corriente de entrada (I) = 0.03 A	Resistencia diodo emisor ($r'e$) = 80.64 m Ω
Impedancia de entrada (R_B) = 75 Ω	Impedancia en base ($Z_{EN(BASE)}$) = 119.6 K Ω
Corriente de colector (I_C) = 310 mA	Impedancia de entrada (Z_{EN}) = 84.95 Ω
Reactancia inductiva (X_L) = 39.1 m Ω	Resistencia de colector (r_c) = 39.56 m Ω
Voltaje de colector (V_C) = 8.98 V	Corriente de base (i_b) = 33.4 μ A
	Corriente de colector (i_c) = 396.9 mA

Tabla 4.5. Resultados de la etapa de potencia del transmisor de comandos.

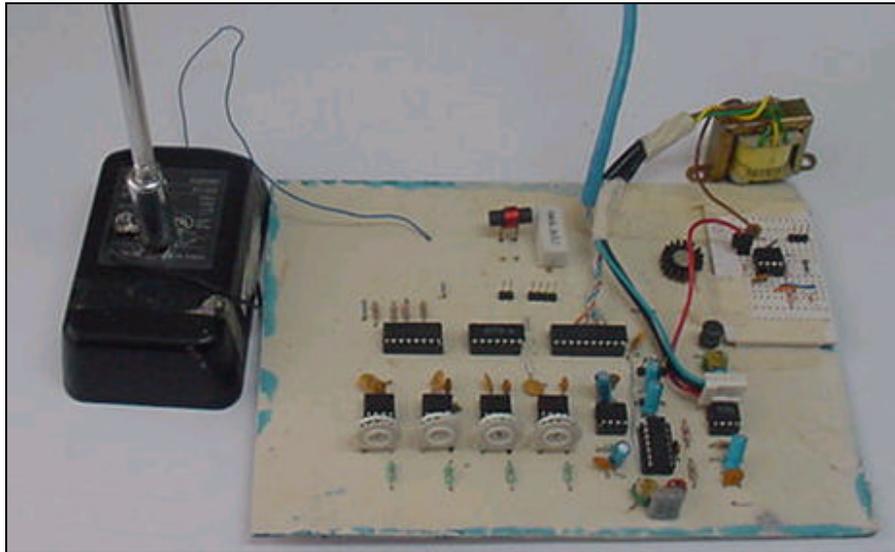


Figura 4.25. Transmisor de comandos.

4.4 Receptor de comandos

El receptor de comandos está fundamentado en un circuito PLL NE564, configurado como demodulador FSK. La figura 4.26 muestra el diagrama a bloques del receptor de comandos. Las etapas que forman el circuito receptor son: etapa amplificadora, etapa demoduladora, etapa de filtrado y rectificación, etapa de control y potencia.

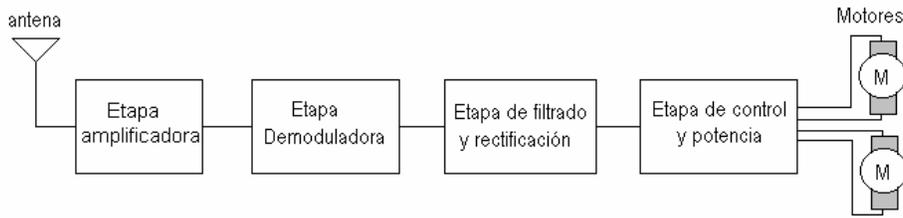


Figura 4.26 Receptor de comandos.

4.4.1 Etapa amplificadora

La función principal de esta etapa es acoplar una antena telescópica a la etapa demoduladora y amplificar la señal recibida. Este acoplamiento se realiza por medio de un transistor JFET de canal N 2N5457, la configuración de esta etapa se muestra en la figura 4.27 [52].

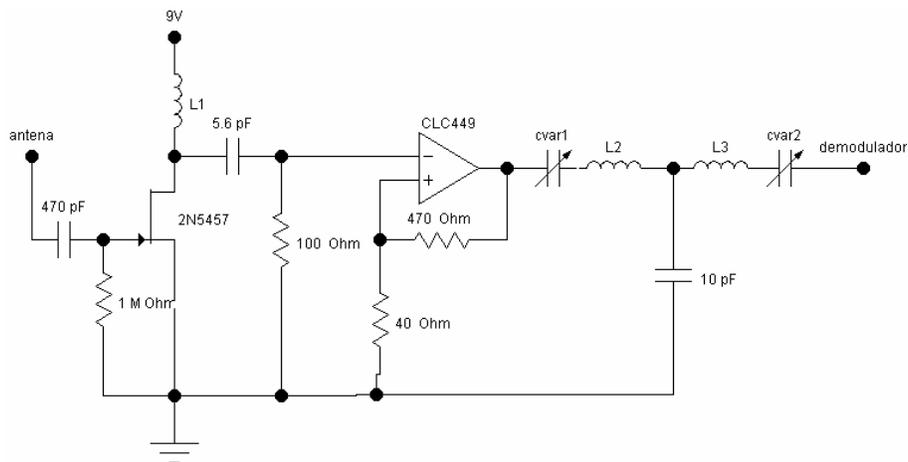


Figura 4.27 Etapa amplificadora y de acoplamiento de antena.

Con esta etapa de acoplamiento se logra amplificar la señal radiada por el transmisor de comandos. Tiene una ganancia de aproximadamente 5, por tanto, si la señal recibida es muy débil con esta etapa se pretende tener una mejor recepción.

Esta etapa amplificadora tiene un filtro pasabajas de tipo red L, el cual tiene su frecuencia de corte en 45 MHz. Este filtro elimina la señal de 82.02 MHz generada por el transmisor de video, evitando así interferencias en la recuperación de la señal de comandos. El valor del inductor y capacitor necesarios se calculan de la siguiente forma:

$$L = \frac{R}{p \cdot f_c} \quad (4.4)$$

$$C = \frac{1}{p \cdot f_c R} \quad (4.5)$$

4.4.2 Etapa demoduladora

Esta etapa realiza la demodulación de las señales enviadas a través del transmisor de comandos. El circuito NE564 [53] es ideal para la demodulación FSK, ya que contiene un comparador de voltaje y un VCO, el cual tiene entradas y salidas compatibles TTL. Puede operar con una fuente de 5V. Los voltajes de DC demodulados asociados con frecuencias de marca y espacio, son recuperados con un simple capacitor recuperador externo, sin utilizar redes de filtros. Un comparador interno actúa como un disparador Schmitt ajustable el cual forma los voltajes demodulados en salidas de niveles TTL. El diseño de alta frecuencia del NE564, habilita a este para demodular FSK con una alta velocidad de datos mayor a 1 Mega baudio. La figura 4.28 muestra el circuito demodulador FSK empleado.

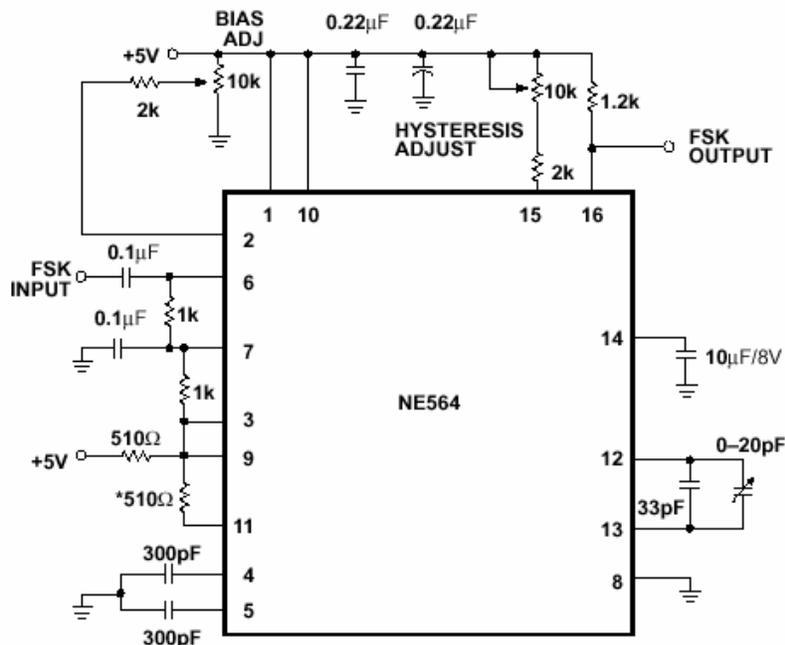


Figura 4.28. Circuito demodulador FSK.

La frecuencia del VCO es la misma del oscilador de l transmisor de comandos, es decir, el VCO se encuentra centrado en 45 MHz de tal forma que cuando el circuito

PLL detecta un cambio en la frecuencia de la señal recibida, este tiene como salida una señal cuadrada cuya frecuencia es la misma a la generada por uno de los circuitos temporizadores.

La señal cuadrada obtenida del demodulador entra en un amplificador operacional comparador, el cual permite la regeneración de la señal de comando. Esta etapa elimina el ruido de la señal recuperada y realiza una amplificación en el voltaje de la misma para después pasar por la etapa de filtrado y rectificación.

4.4.3 Etapa de filtrado y rectificación

Esta etapa tiene el objetivo de identificar el comando solicitado dependiendo de la frecuencia de las señales obtenidas por el demodulador FSK. Para esto, la señal pasa a través de varios filtros pasabanda de banda angosta centrados en las frecuencias correspondientes a cada uno de los comandos.

Un circuito de filtro de banda angosta solo emplea un amplificador operacional TC084 como se muestra en la figura 4.29. La resistencia de entrada del filtro queda establecida aproximadamente con la resistencia R . Si se coloca una resistencia de retroalimentación ($2R$) de modo que sea el doble de la resistencia de entrada R , la ganancia máxima del filtro será 1 o 0 dB en la frecuencia de resonancia f_r . Ajustando R_r es posible cambiar o realizar el ajuste fino de la frecuencia de resonancia sin modificar el ancho de banda o la ganancia [54].

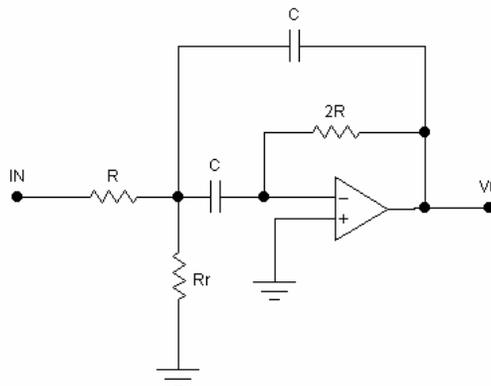


Figura 4.29 Filtro pasabanda de banda angosta.

El funcionamiento del filtro de banda angosta con ganancia unitaria de la figura 4.29 se determina con unas cuantas ecuaciones simples. El ancho de banda B en hertz se determina con la resistencia R y los dos capacitores (iguales) C mediante la ecuación (4.6) [55].

$$B = \frac{0.1591}{RC} \quad (4.6)$$

Donde

$$B = \frac{f_r}{Q} \quad (4.7)$$

La ganancia tiene un máximo de 1 en f_r , a condición que la resistencia de retroalimentación $2R$ tenga el doble del valor de la resistencia de entrada. La frecuencia de resonancia f_r queda determinada por la resistencia R_r de acuerdo con la ecuación (4.8) [56].

$$R_r = \frac{R}{(2Q^2 - 1)} \quad (4.8)$$

Cuando se conocen los componentes del circuito, la frecuencia de resonancia puede calcularse mediante la ecuación (4.9) [57].

$$f_r = \frac{0.1125}{RC} \sqrt{1 + \frac{R}{R_r}} \quad (4.9)$$

Como las frecuencias de los comandos ya están determinadas, entonces las frecuencias de resonancias de cada uno de los filtros pasabanda corresponden a las frecuencias fundamentales de los pulsos. En la tabla 4.6 se muestran los valores de cada resistencia dependiendo de la frecuencia de cada uno de los comandos posibles, considerando una Q de 10 y un capacitor $C = 0.01 \mu\text{F}$.

Movimiento	Fr	B	R	2R	Rr
Adelante	500 Hz	50 Hz	318.2K	636.4K	1.59K
Reversa	1.5 KHz	150 Hz	106.06K	212.13K	532.9
Izquierda	4.5 KHz	450 Hz	35.355K	70.711K	177.6
Derecha	13.5KHz	1.35 KHz	11.785K	23.570K	59.22

Tabla 4.6. Valores de las resistencias para cada una de las frecuencias de resonancia de los filtros pasabanda.

Como la salida de los filtros pasabanda es una señal sinusoidal, con un ciclo positivo y un ciclo negativo, entonces se tiene que rectificar la señal de tal forma que se asemeje a una señal de CD de 5V, para activar las entradas del circuito GAL y así poder producir el movimiento de los motores. La figura 4.30 muestra el circuito rectificador de precisión de onda completa empleado [58].

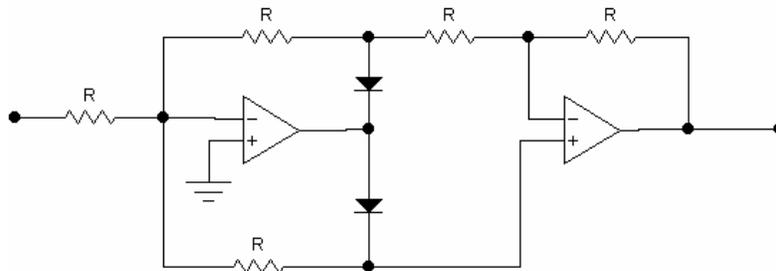


Figura 4.30 Rectificador de precisión de onda completa.

El rectificador de precisión de onda completa transmite una polaridad de la señal de entrada e invierte la otra. Por tanto, ambos medios ciclos de un voltaje alterno se transmiten pero se convierten a una polaridad única a la salida del circuito. El rectificador de precisión de onda completa puede rectificar voltajes de entradas con amplitudes de milivolts. El rectificador de precisión también se denomina circuito de valor absoluto.

4.4.4 Etapa de control y potencia

El objetivo de esta etapa es controlar y generar los movimientos del móvil con respecto al giro de los motores de CD. Para esto se utiliza un circuito programable GAL22V10D [59], el cual está programado para tener 4 pines de entradas y 4 pines de salidas. Dependiendo de las entradas este circuito genera las combinaciones posibles en los pines de salida para generar el giro de los motores y así producir los movimientos.

En cada una de las entradas del circuito GAL, se encuentran conectadas las salidas de los filtros pasabanda. Solo se puede activar una entrada a la vez o un filtro pasabanda a la vez. La figura 4.31 muestra la configuración de las entradas y las salidas del circuito programable GAL22V10H y las combinaciones necesarias para activar los motores.

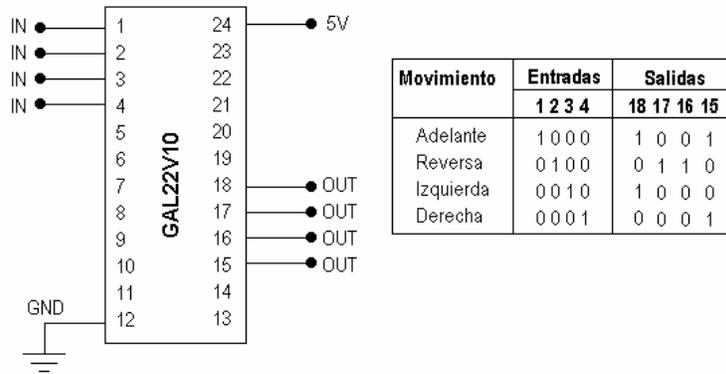


Figura 4.31 Combinaciones de entradas para el circuito GAL22V10H.

Las salidas del circuito GAL22V10H tienen un nivel TTL de 5V, por lo tanto, es necesario utilizar una etapa de potencia intermedia entre este circuito programable y los motores, ya que requieren un nivel de voltaje de 9V para funcionar.

La etapa de potencia está compuesta por un arreglo de compuertas para convertir las salidas de nivel TTL de 5V a un nivel de 9V, además, se implementa un "puente H" para proporcionar la mayor cantidad de corriente posible a los motores de CD. La figura 4.32 muestra esta etapa de potencia [60]. El programa que se utiliza para controlar los motores de CD se muestra en el apéndice B. El diagrama completo del circuito receptor de comandos se muestra en el apéndice A.

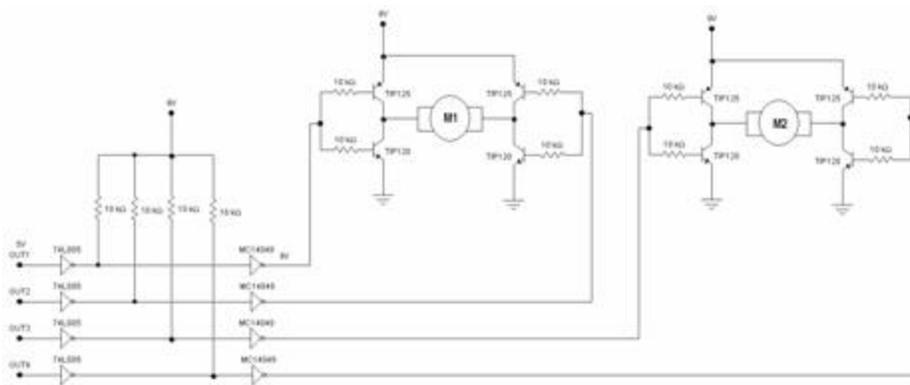


Figura 4.32 . Etapa de potencia

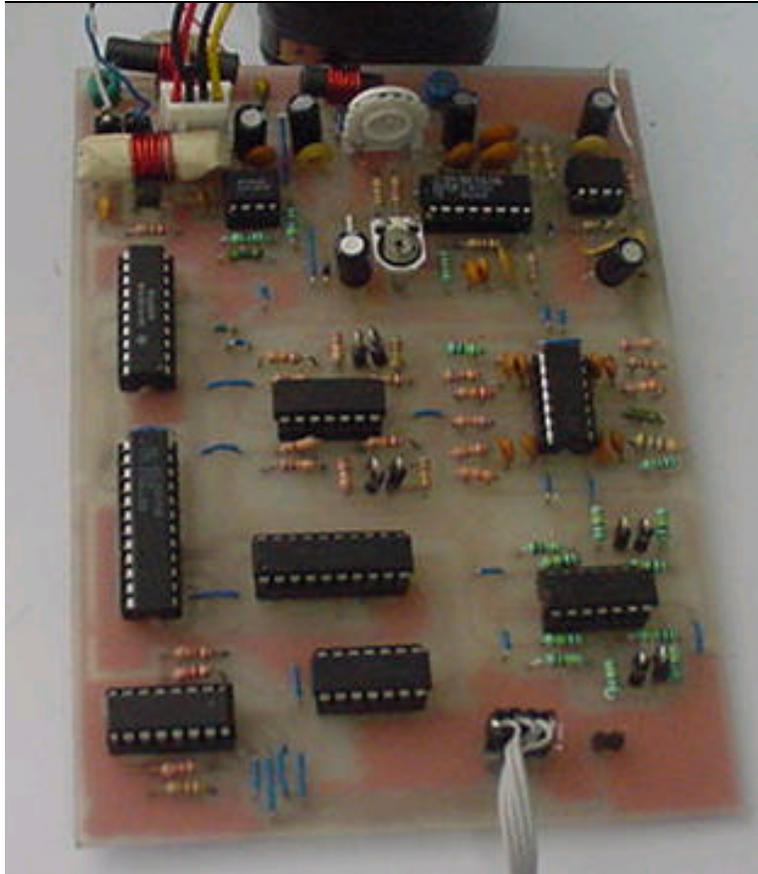


Figura 4.33. Receptor de comandos.

4.5 Conclusiones

En el mercado existe una gran variedad de transmisores de video y transmisores de radio control empleados en el área de seguridad, como lo son cámaras inalámbricas, pequeños transmisores de video, sistemas de alarma, controles de acceso, etc. los cuales sirven de base para desarrollar sistemas propios de transmisión. Por tal motivo, este trabajo presento una serie de sistemas desarrollados con tecnología básica que cumplen con el mismo objetivo.

Para la construcción de los sistemas de transmisión y recepción, se utilizaron circuitos y componentes electrónicos que fueran fáciles de adquirir y con un costo menor.

El circuito modulador desarrollado para realizar la transmisión de video, es un modulador AM de radio frecuencia de nivel bajo y esta configurado como un circuito

amplificador emisor común. La señal portadora tiene una frecuencia de 82.05 MHz y la señal modulante es la señal de video en banda base con un ancho de banda de 4 MHz, la cual es obtenida de la videocámara.

Una ventaja de la modulación de bajo nivel es que se requiere menos potencia de la señal modulante para lograr un alto porcentaje de modulación. En los moduladores de alto nivel, la modulación se realiza en el elemento final o etapa final en donde la señal portadora esta en su máxima amplitud, y por lo tanto requiere de una señal modulante de amplitud mucho más alta para lograr una modulación de porcentaje razonable.

Una desventaja obvia de la modulación de nivel bajo está en las aplicaciones de potencia alta cuando todos los amplificadores que siguen de la etapa del modulador deben ser amplificadores lineales, lo cual es en cierta forma ineficiente. La finalidad de la mayor parte de las aplicaciones de etapas de potencia, es suministrar la potencia necesaria tan económicamente como sea posible. Por tal motivo, se desarrollo una etapa de potencia que permitiera una transmisión de video a una distancia de aproximadamente 20 metros y utilizara como alimentación pilas portátiles de 9V.

El transmisor de comandos consiste básicamente de un modulador FSK de diodo varactor. Las señales de comandos son representados por 4 frecuencias diferentes, y son generadas por 4 circuitos integrados temporizadores LM555, que son activados por el puerto paralelo de la PC. Este sistema transmisor de comandos, cuenta tambien con una etapa de potencia que permite realizar una transmisión de aproximadamente 25 metros.

El desarrollo del transmisor de comandos no tuvo limitantes de diseño, ya que el tamaño del circuito impreso para este sistema no estaba limitado por las dimensiones del móvil, como fue el caso de los sistemas de transmisión de video y de recepción de comandos.

Al momento de realizar las pruebas para el control del móvil, se detecto un problema en su desplazamiento, ya que por momentos el receptor de comandos no detectaba la señal del transmisor de comandos, esto era ocasionado por el acoplamiento de la antena con el sistema de transmisión. Este problema se soluciono al acoplar la antena por medio de un inductor, permitiendo así la propagación de toda la potencia del transmisor a través de la antena.

El receptor de comandos esta fundamentado en un circuito PLL NE564, configurado como demodulador FSK. La frecuencia del VCO es la misma del oscilador del transmisor de comandos. El control de los motores del móvil se realiza por medio de un circuito programable GAL22V10D. Se utilizo este circuito programable debido a que las funciones que debe realizar el móvil, son mínimas. Sin embargo, si se requiere en un futuro adaptarle otras funciones al móvil, se pude adaptar un circuito microcontrolador, ya que este puede ofrecer más opciones de control y programación.

Los circuitos impresos de cada uno de los sistemas, fueron diseñados en el programa computacional para circuitos impresos OrCAD/PCB V2.10.

Capítulo 5

Conclusiones Generales

5.1 Conclusiones

La idea de este trabajo de tesis surge de la necesidad de poner en práctica los conceptos y conocimientos adquiridos en la Universidad. Estos conocimientos son base fundamental para permitir el desarrollo de tecnologías.

El sistema propuesto está basado en muchas áreas de la electrónica, como lo es: la teoría de sistemas de comunicaciones, electrónica digital, mecánica y programación.

Existe un auge en el desarrollo de robots móviles en las universidades y en la industria, pero debido a que se requiere de recursos y equipo específicos, no todos tienen la posibilidad de desarrollarse en esta área. Tomando en cuenta lo anterior, la idea era desarrollar un sistema que permitiera demostrar que con los conocimientos básicos adquiridos y con los recursos con que cuenta la universidad, si era posible desarrollar sistemas de telecontrol para robots móviles.

Lo más importante de este proyecto es el hecho de que se lograron implementar por completo todos los objetivos inicialmente planteados, incluso de agregar detalles extras al sistema. El objetivo principal de este trabajo de tesis se logró al diseñar y poner en funcionamiento estos tres sistemas de transmisión y recepción.

Este proyecto integro los conocimientos del área de comunicaciones en una aplicación práctica y útil. Todos estos conocimientos fueron proporcionados en el curso de la carrera universitaria, y sirvieron de base para el desarrollo de este proyecto.

Se ha desarrollado un método para resolver el problema de telecontrol de un móvil. Este consiste en desarrollar un sistema de transmisión y recepción que permita enviar señales de comandos y de video. Estos sistemas están basados en los principios básicos de modulación AM y FSK. Se ha desarrollado también un robot móvil que se desplaza por medio de la interacción de estos sistemas.

Un aspecto importante en este proyecto fue la integración de varias áreas de la electrónica con la computación, ya que además de la construcción del móvil, se requirió realizar un programa computacional que permitiera manipular los movimientos de este móvil.

Este proyecto puede tener varias aplicaciones, dependiendo de la función que realice. En el área educativa, este proyecto puede servir como material de apoyo para aprender o reafirmar los conocimientos básicos en los sistemas de comunicaciones como la modulación y la demodulación.

En el área de investigación, dentro de la universidad, puede tener utilidad en donde se requiera de algún vehículo que pueda acceder a lugares que por razones de seguridad no pueda estar el investigador.

Los alcances que tiene este trabajo de tesis son muchos, uno de estos es el impulsar al desarrollo y construcción de sistemas de comunicaciones por parte de los alumnos y egresados de la carrera de Ingeniería en Electrónica.

Así también, este proyecto puede servir como base para realizar otros proyectos que puedan mejorar lo ya planteado, esto es que en base a lo propuesto, pueda seguir desarrollándose la investigación y la implementación de los robots móviles.

Como se mencionó anteriormente, en el mercado existe una gran variedad de circuitos transmisores para radio control, pero este trabajo de tesis presenta una solución para este mismo objetivo. Una solución que en términos de costo resulta ser más baja pero igual de eficiente. Es por eso, que este proyecto de tesis sirve como base para desarrollos futuros de sistemas de radio control.



Figura 5.1. Desplazamiento del móvil.



Figura 5.2. Móvil sin videocámara.



Figura 5.3. Móvil con videocámara.



Figura 5.4. Móvil transmitiendo video.

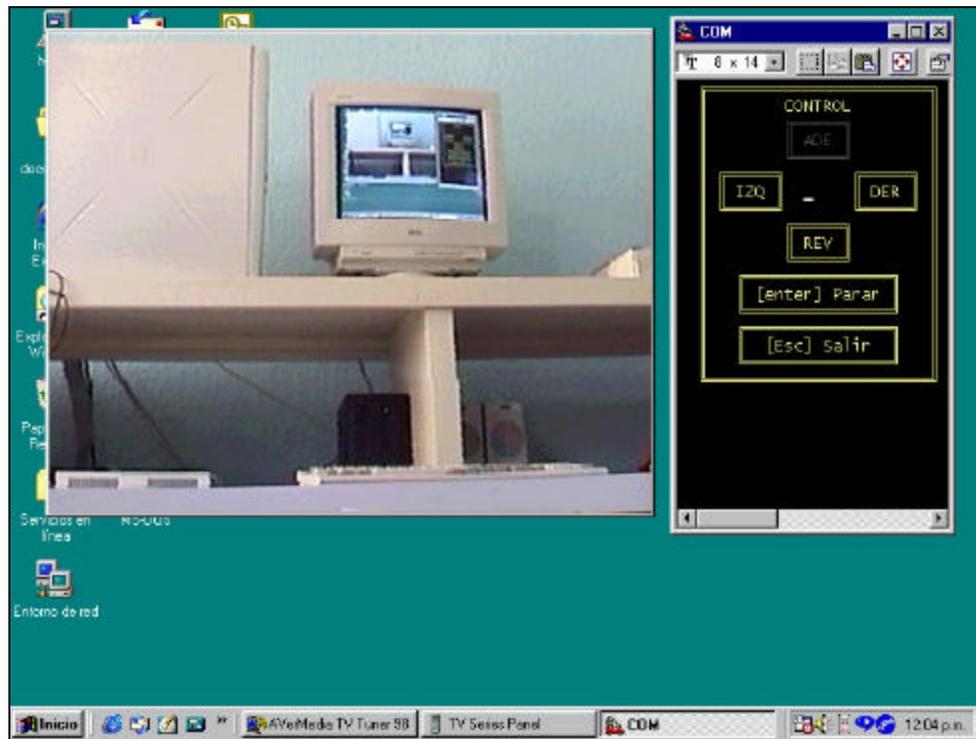
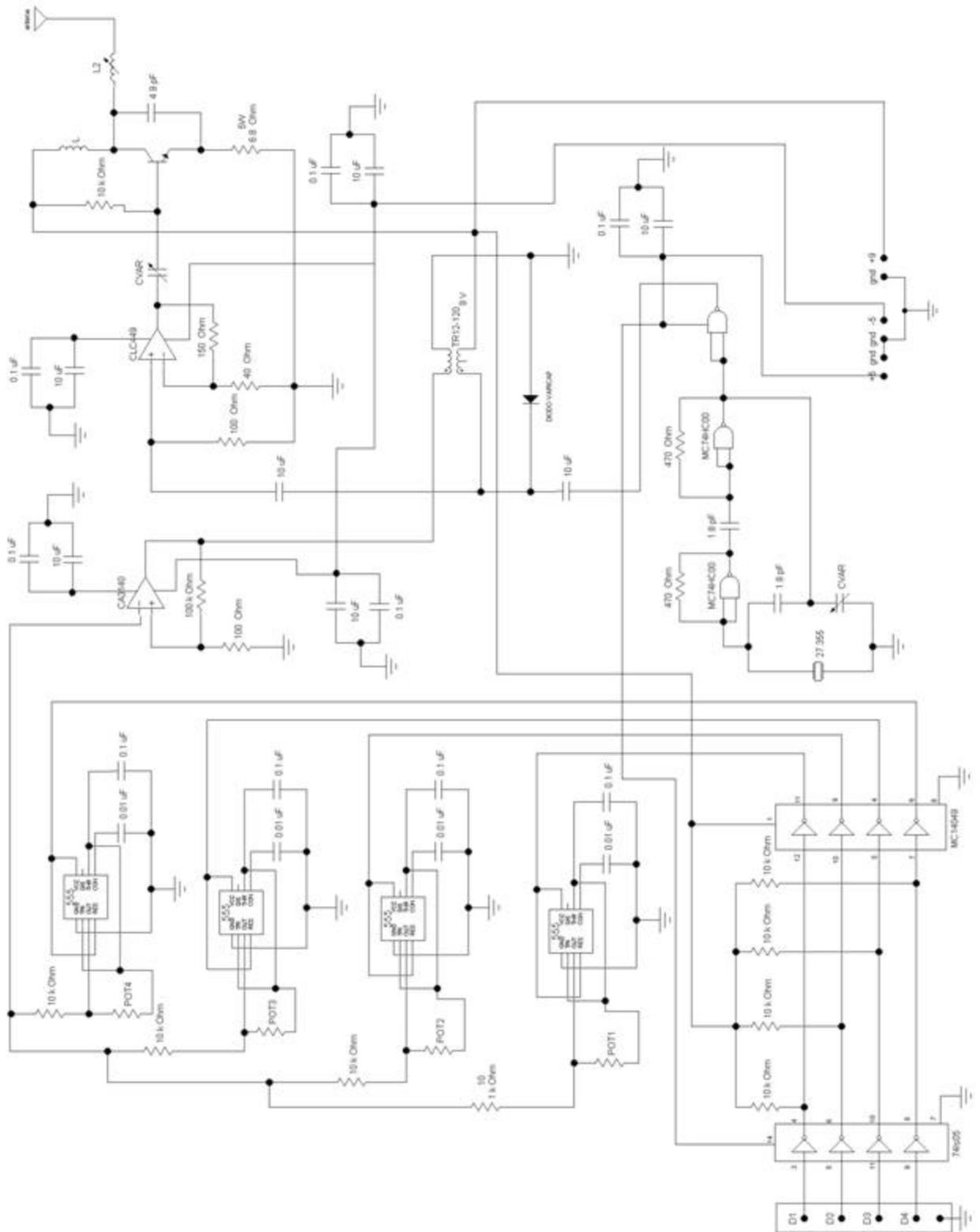
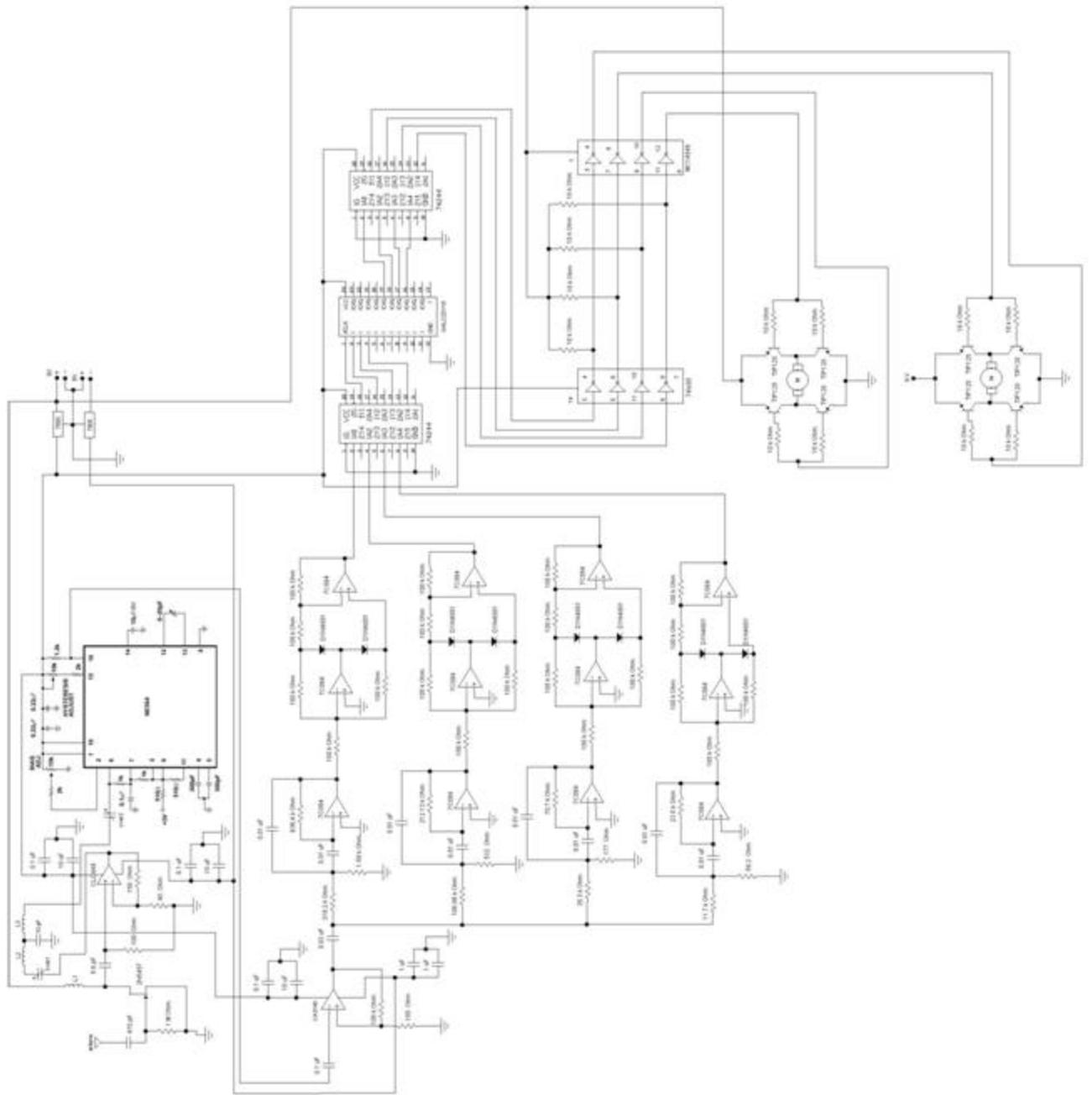


Figura 5.5. Señal de video transmitida.

A.2 Diagrama del Transmisor de comandos



A.3 Diagrama del Receptor de comandos



Apéndice B

Programas

B.1 Programa en lenguaje C para el control del Móvil

```
#include<conio.h>
#include<process.h>
#include<stdio.h>
#include<graphics.h>
#include<process.h>
#include<math.h>
#include<dos.h>
#include<stdlib.h>
#include<ctype.h>
```

```
void menu(int );
void mteclas(void);
void tecla1(int );
void tecla2(int );
void tecla3(int );
void tecla4(int );
void tecla5(int );
void tecla6(int );
void sal(void );
```

```
int x,y,i,k,t,color;
int port = 0x378;
```

```
int main(void)
{
    clrscr();
    outportb(port,0);
    mteclas();
    tecla5(8);
```



```

void mteclas(void){
    clrscr(); textcolor(14);
    gotoxy(12,2); cprintf("CONTROL");
    gotoxy(3,1);cprintf("É");
    gotoxy(27,1);cprintf("»");
    gotoxy(3,18);cprintf("È");
    gotoxy(27,18);cprintf("¼");

    for(x=4;x<27;x++){
        gotoxy(x,1);cprintf("Í");
        gotoxy(x,18);cprintf("Î");}

    for(y=2;y<18;y++){
        gotoxy(3,y); cprintf("º");
        gotoxy(27,y);cprintf("º");}

    tecla1(14);   tecla2(14);   tecla3(14);   tecla4(14);
    tecla5(14);   tecla6(14);   }

```

B.2 Programa de control del circuito GAL22V10D

Con este programa se realiza el control de los motores de corriente directa que producen los respectivos movimientos del móvil.

CHIP DECO GAL22V10

i1=1, i2=2, i3=3, i4=4;
o1=15, o2=16, o3=17, o4=18;

EQUATIONS

$$o4 = /i4*/i3*/i2*i1+/i4*i3*/i2*/i1;$$

$$o3 = /i4*/i3*i2*/i1;$$

$$o2 = /i4*/i3*i2*/i1;$$

$$o1 = /i4*/i3*/i2*i1+/i4*/i3*/i2*/i1;$$

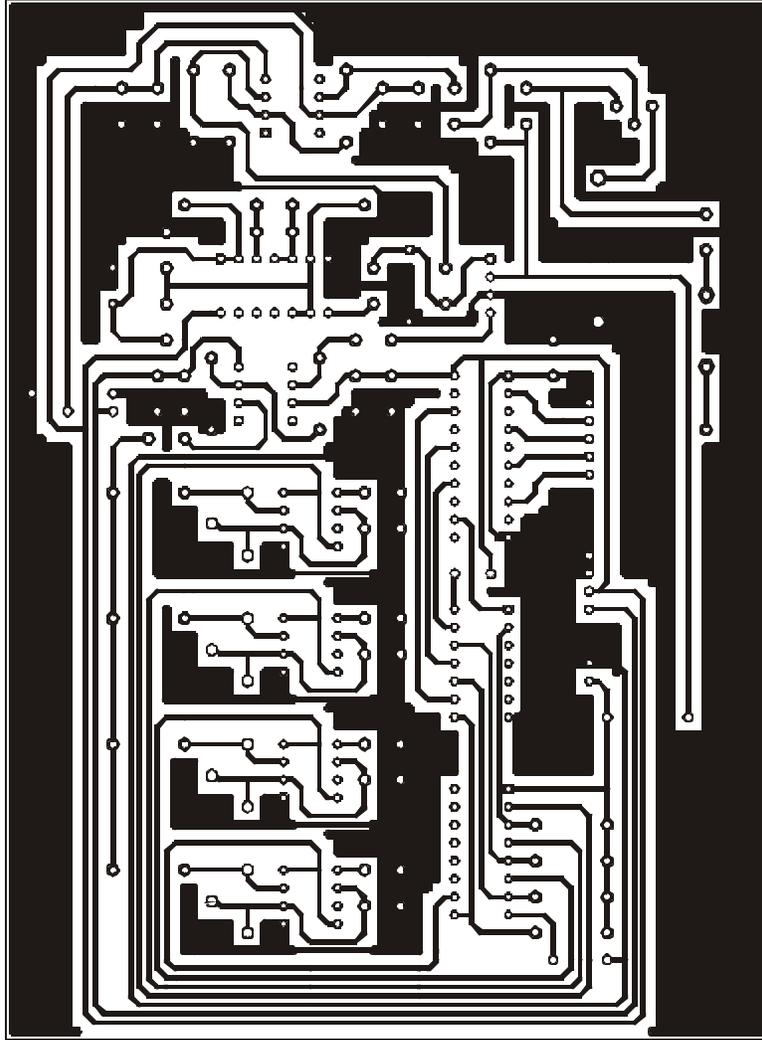


Figura C.2a . PCB transmisor de comandos.

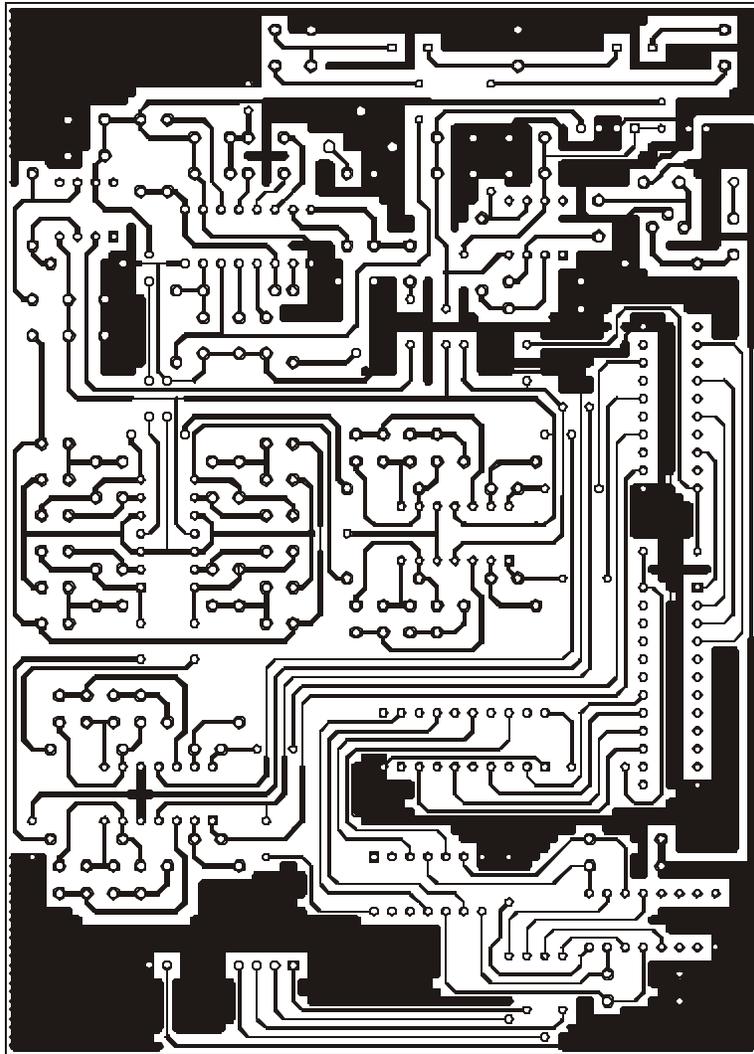


Figura C.3a . PCB receptor de comandos.

Apéndice D

Glosario de abreviaturas

AC.	Corriente alterna.
AM.	Modulación en amplitud.
BLU.	Banda lateral única.
Bps.	Bits por segundo.
CI.	Circuito integrado.
CMOS.	Silicio complementario de oxido de metal.
DC.	Corriente directa.
FM.	Modulación en frecuencia.
FSK.	Modulación por desplazamiento de frecuencia.
JFET.	Transistores de efecto de campo de unión.
LPT1.	Puerto paralelo.
MHZ.	Megahertz.
MI.	Índice de modulación.
MOSFET.	Transistor unipolar.
PC.	Computadora personal por sus siglas en ingles.
PLL.	Circuito de fase cerrada.
RF	Radio frecuencia.
Rpm.	Revoluciones por minuto.
Timer.	Circuito temporizador.
TTL.	Lógica transistor- transistor.
TV.	Televisión.
VCO.	Oscilador de voltaje controlado.

Referencias

Capítulo 1.

[1,2,3] Javier de Lope Asiaín. ROBOTS MÓVILES. Tripod Member Page.
<http://mrt.tripod.com.co/Robots%20Moviles.htm>

[2-3] Idem [4].

[4] PATHFINDER: EL TERCER VISITANTE Noticias de la ciencia. Julio de 1997.
<http://www.conicyt.cl/explora/noticias/mars/pathfinder.html>

[5-7] Idem [4].

[8] Miguel Ángel Salichs. Robot móvil para trabajos en campo abierto (ROCA).
Universidad Carlos III de Madrid.
<http://www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/roca.html>.

[9] Alonzo Kelly. Introduction to Mobile Robots.
www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/robot.papers/1987/UWOtalk

Capítulo 2.

[10] Wayne Tomasi. "Sistema de Comunicaciones Electrónicas", Segunda edición.
Prentice-Hall hispanoamericana, S.A. Pág. 4.

[11-13] Idem [10].

[14] Albert Paul Malvino. Principios de electrónica McGraw-Hill, 5ª edición. 1994. Pág.
1000-10007.

[15-19] Idem [14]

[20] Idem [10] Págs.457-463.

[21-23] Idem [14]

[24] Agustin Anfonssi, Marco A flores Meyer. Álgebra. Editorial progreso, S.A., 22ª edición. 1984. Pág. 317-318.

Capítulo 3.

[25] APEROBOT. Curso de Robótica Móvil. julio de 2001.
http://usuarios.bitmailer.com/aperobot/indice_tutorial.html

[26-35] Idem [25].

[36] Stanley Wolf. Guía para mediciones electrónicas. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA. Nueva edición.1992.pags. 354-357.

[37] O´darluz Centro Nacional de la Pila. Que es una bateria. Diciembre 2001.
<http://www.odarluz.com.ar/>

[38] Monografias.com. Transmisiones mecánicas, ruedas planas y dentadas.
<http://www.monografias.com/trabajos6/trame/trame.shtml>

[39] Carlos Zamora Orozco. Introducción a los puentes H. CREATUROIDES Robótica fantástica. Junio de 1999. <http://www.creaturoides.com/puentesh.htm>

[40] Idem [25].

Capítulo 4

[41-42] Idem [10] Pág. 1.

[43] Idem [20]. Pág. 2.

[44] Fairchild semiconductor. Product Summary. PN2222A NPN General Purpose Amplifier. <http://www.fairchildsemi.com/pf/PN/PN2222A.html>

[45] National Semiconductor. Product Fólder. CLC412 Dual Wideband Video Op Amp. <http://www.national.com/pf/CL/CLC412.html>

[46] Robert F. Coughlin, Frederick F. Sriscoll. "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales", Cuarta Edición 1993. Prentice-Hall hispanoamericana, S.A. págs. 62-65.

[47] National Semiconductor. Product Fólder. CLC449 1.1GHz Ultra Wideband Monolithic Op Amp. <http://www.national.com/pf/CL/CLC449.html>

[48] Idem [14] Págs. 357-376.

[49] García A. Domínguez. Calculo de antenas. Editorial Alfa omega. Segunda edición. Pág. 17.

[50] Autor: Todorobot, Interfaz para el Puerto Paralelo (IPP01). 3 de Septiembre de 2000. <http://www.todorobot.com.ar/proyectos/paralelo/paralelo.htm>

[51] idem [46] Págs. 83-86.

[52] Fairchild semiconductor. Product Summary. 2N5457 N-Channel General Purpose Amplifier. <http://parametric.fairchildsemi.com/datasheet.asp?PN=2N5457&FAM=JFET>

[53] Philips semiconductor. Product informtion. NE564; Phase -locked loop. <http://www-us2.semiconductors.philips.com/pip/NE564N>

[54-57] Idem [46]. Págs. 320-322.

[58] Idem [46]. Págs. 190-194.

[59] Lattice Semiconductor Corporation . Military Data Sheets. <http://www.latticesemi.com/products/military/resources.cfm>

[60] Carlos Zamora Orozco. Introducción a los puentes H. CREATUROIDES Robótica fantástica. Junio de 1999. <http://www.creaturoides.com/puentesh.htm>