



INSTITUTO TECNOLÓGICO

DE CD. MADERO

Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica



Dirección General de Educación Superior Tecnológica

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



“APLICACIÓN DE LA RADIO FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN MOTOR DE C.D.”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PRESENTA:

ING. FRANCISCO MANUEL GARCÍA REYES.

ASESOR:

M.C. AARÓN GONZÁLEZ RODRÍGUEZ.

CD. MADERO, TAMAULIPAS., MÉXICO.

FEBRERO 2008.



INSTITUTO TECNOLÓGICO

DE CD. MADERO

Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica



Dirección General de Educación Superior Tecnológica

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



“APLICACIÓN DE LA RADIO FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN MOTOR DE C.D.”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PRESENTA:

ING. FRANCISCO MANUEL GARCÍA REYES.

MIEMBROS DEL JURADO:

PRESIDENTE:	M.C. AARÓN GONZALEZ RODRÍGUEZ.
SECRETARIO:	M.C. GASTÓN HERNÁNDEZ MARTÍNEZ.
VOCAL:	M.C. EDUARDO NACÚ SALAS CABRERA.
SUPLENTE:	M.C. HERMENEGILDO CISNEROS VILLEGAS.

CD. MADERO, TAMAULIPAS., MÉXICO.

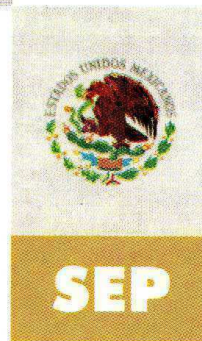
FEBRERO 2008.



Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica



Dirección General de Educación Superior Tecnológica



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

Cd. Madero, Tam. a 24/Enero/2008

Área: Posgrado

Nº oficio: U2.008/08

Asunto: Autorización de Impresión de tesis

C. ING. FRANCISCO MANUEL GARCÍA REYES

Presente.

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el Jurado designado para su examen de grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

“APLICACIÓN DE LA RADIO FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN MOTOR DE C.D.”

Es muy satisfactorio para la División de Estudios de Posgrado e Investigación compartir con Usted el logro de esta meta. Espero que continúe con éxito su desarrollo profesional y dedique su experiencia e inteligencia en beneficio de México.

Atentamente
“POR MI PATRIA Y POR MI BIEN”

Mra. Yolanda Chávez Cinco
M.P. María Yolanda Chávez Cinco
Jefa de la División



S.E.P.
DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E
INVESTIGACION
ITCM

MYCHC 'HCV' cerc*

APLICACIÓN DE LA RADIO FRECUENCIA PARA EL CONTROL DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA.

Ing. Francisco Manuel García Reyes.

RESUMEN

El uso de la radio comunicación se ha incrementado en los últimos años, ya que se ha convertido en una solución práctica en los diseños inalámbricos. Dentro del terreno industrial se ha incrementado también el uso de este medio para llevar imágenes, mensajes, señales digitales para el gobierno de distintos dispositivos, siendo hoy en día sumamente importante en la industria, el comercio y la vida de los seres humanos, quienes lo usan como un medio de comunicación y de localización.

El trabajo que nos ocupa surge de la idea de tener control sobre un motor de corriente directa que pueda ser instalado en lugares de difícil acceso, con lo que, pensar en un sistema de cableado resultaría sumamente complicado en algunas situaciones en las que el acceso al motor a controlar puede ser de gran dificultad. Pensando en esta situación se decidió diseñar un sistema de control inalámbrico para el motor de corriente directa.

Para el presente diseño se utilizó una PC para enviar la orden, que es recogida por un microcontrolador, que la convierte en señales digitales con las que modula una señal de radio frecuencia (RF) de baja frecuencia, que una vez modulada es amplificada y enviada a una antena para ser convertidas en señales electromagnéticas que se difunden en el medio. En otro sitio, donde está ubicado el motor, una antena receptora capta la información, la cual es sintonizada por un selector de RF, que detecta la señal modulada y la envía a un microcontrolador, el que demodula la señal tomando las variables que vienen en la modulación y aplicándolas al motor, el que obedecerá a la orden de cambio de velocidad. Inmediatamente que esto ocurre, el motor envía el dato de cambio de velocidad hasta el microcontrolador, quien los toma para modular una señal de RF, de frecuencia diferente, la que es amplificada y aplicada a la antena transmisora, la que envía estas señales en forma de

ondas electromagnéticas. La antena que originalmente transmitió la información actúa como receptora y envía la señal captada hasta el microcontrolador, quien finalmente demodula la señal y aplicando la señal digital a la PC, que finalmente despliega en la pantalla los datos de la velocidad actual del motor. De este modo, en la pantalla de la PC aparecen las órdenes de velocidad enviadas y la velocidad real del motor, monitoreándose de esta forma otros datos tales como la corriente y el voltaje.

APPLICATION OF RADIO FREQUENCY FOR THE MOTOR CONTROL OF DIRECT CURRENT.

Ing. Francisco Manuel García Reyes.

Abstract

The use of radio communication has increased in the last years. It has become a practical solution for wireless designs. The use of this method has increased in the industrial to carry images, messages and digital signals to control several devices, becoming extremely important in the industry, the trade and for human beings who use it as a medium of communication and location.

This project arose from the idea of having control over a motor of direct current that can be installed in difficult places. Thus, thinking in a wire system could result complicated in some situations where the access to the motor can be of great difficult. Keeping in mind this situation we decided to design a wireless control system for the direct current motor.

A PC was used for this design which sends a command that is received by a microcontroller which converts it in digital signals that modulate an RF signal of low frequency. Once modulated it is amplified and sent to an antenna to be converted in electromagnetic signals which are broadcasted in the medium. In other place, where the motor is located, a receiving antenna picks up the information, which is tuned by and RF selector, which detects the modulated signal and sends it to the microcontroller that demodulates the signal taking the variables of the modulation and applying them to the motor, which will obey to the command of speed change. As soon as this happens, the motor sends the speed change data to the microcontroller, which takes them to modulate an RF signal of different frequency that is amplified and applied to a transmitting antenna which in turn sends these signals in the form of electromagnetic waves. The antenna that originally transmitted the information acts as a receiver and sends the signal picked up to the microcontroller, which demodulates the digital signal and applies it to the PC, which finally displays the actual speed data of the motor on the

screen. This way, the speed commands sent and the motor real speed appear on the screen, monitoring so other data such as the current and the voltage.

Dedicatorias:

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios que me ha brindado la fortaleza para cumplir cada uno de mis objetivos.

A mis amados padres el Ing. Manuel García Castelán y la Ing. Reyna Reyes de García, a mi querido hermano Luis Alberto García Reyes, que han sido un pilar fundamental en mi vida y por darme la formación para ser una persona de bien, gracias por su apoyo y la confianza para seguir adelante en todas mis metas.

A mis familiares, por todo el apoyo y la solidaridad que me mostraron a lo largo de mi Carrera de Ingeniería y Estudios de Posgrado.

A mi novia Lic. Ana Gabriela Camarena Salazar y su familia, por siempre brindarme todo su cariño y comprensión.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, por otorgarme todo el conocimiento necesario para enfrentar día a día los retos que la vida presenta.

A mis amigos.

Ing. Francisco Manuel García Reyes.

Febrero 2008.

Agradecimientos:

A mi asesor Aarón González Rodríguez por su apoyo, asesoramiento y amistad.

A mis maestros Hermenegildo Cisneros, Rodolfo Castillo, Nacu Salas, Gastón Hernández, Aarón González, Alberto de León, Juan de Dios Cartagena por su dedicación y paciencia.

A mis compañeros y amigos de la maestría: Juan L. Palacios, Miguel Barrón, Tomas Hernández, Crecencio García, Edgar A. Navarro.

A mis amigos Nicolás Hernández, Isidro García, Iván Frutos y en especial al Ing. Ricardo Osteguin Blanco por compartir sus conocimientos, consejos y apoyo.

A la DGEST por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Gracias por todo.

Ing. Francisco Manuel García Reyes.

Febrero 2008.

Contenido

	<i>Página</i>
Resumen.....	i
Abstract.....	iii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tablas.....	x
Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Hipótesis.....	5
2.1. Objetivo General.....	6
Capítulo 2: Teoría de las Comunicaciones	7
2.1. Teoría de la Comunicación.....	8
2.2. Historia de la Comunicación.....	9
2.3. Elementos del Proceso Comunicativo.....	10
2.4. Tipología de Redes.....	12
2.5. Topología de Redes.....	15
2.5.1. Topología en Estrella.....	15
2.5.2. Topología en Bus.....	16
2.5.3. Topología en Anillo.....	17
Capítulo 3: Sistemas de Transmisión	19
3.1. Sistemas Básicos de Transmisión.....	20
3.2. Sistema Cableado.....	20
3.2.1. Características de un Sistema Cableado.....	23
3.3. Sistema Inalámbrico.....	26
3.3.1. Características de un Sistema Inalámbrico.....	27
Capítulo 4: Tipos de Transmisión	29
4.1. Comunicación Análoga.....	30
4.2. Comunicación Digital.....	31
4.3. Transmisión de Datos, Seriales y Paralelos.....	33
4.4. Comunicación de Datos.....	35
4.5. Organizaciones de Estándares para la Comunicación de Datos.....	35
4.6. Modos de Transmisión.....	37

	<i>Página</i>
4.7. Comunicaciones Asíncronas.....	38
4.8. Comunicaciones Síncronas.....	39
Capítulo 5: Tipos de Modulación	41
5.1. Definición de Modulación.....	42
5.2. Modulación por desplazamiento de Amplitud.....	42
5.3. Modulación por desplazamiento de Frecuencia.....	45
5.4. Modulación por desplazamiento de Fase.....	46
Capítulo 6: Radio-Frecuencia	48
6.1. Historia de la Radio-Frecuencia.....	49
6.2. Espectro Electromagnético.....	50
6.3. Frecuencias de Transmisión.....	52
Capítulo 7: Interfase RS232C	55
7.1. Interfaces Seriales.....	56
7.2. Interfase RS232C.....	57
7.3. Programación del Chip UART de la computadora personal (PC).....	60
7.4. Limitaciones de la Interfase RS232C.....	67
Capítulo 8: Antenas	68
8.1. Introducción.....	69
8.2. Fundamento de las Antenas.....	69
8.3. Operación básica de la Antena.....	69
8.4. Ondas de Radios.....	71
8.5. Polarización de las Antenas.....	72
8.6. Impedancia de entrada de la Antena.....	73
8.7. Tipos de Antenas.....	74
8.7. Influencia de la Tierra.....	76
Capítulo 9: Microcontrolador ATmega32	78
9.1. Descripción de un microcontrolador.....	79
9.2. Microcontrolador ATmega32.....	80
9.3. Descripción interna del microcontrolador ATmega32.....	81
Capítulo 10: Desarrollo del Proyecto	88
10.1. Descripción General del Proyecto.....	89

	<i>Página</i>
10.2. Descripción por bloques.....	92
10.3. Descripción del Software de Control.....	94
10.4. Enlace de comunicación entre PC y módulo Transmisor-Receptor.....	97
10.5. Módulos RF.....	99
10.6. Módulos Transmisores-Receptores.....	101
10.7. Programación del Microcontrolador ATmega32.....	121
 Capítulo 11: Resultados y Conclusiones	 127
11.1. Resultados.....	128
11.2. Conclusiones.....	130
11.3. Recomendaciones para trabajos futuros.....	131
Referencias.....	132

Lista de Figuras

	<i>Página</i>
Figura 2.1	Elementos del proceso de la comunicación..... 10
Figura 3.1	Representación de un Sistema Cableado..... 21
Figura 3.2	Representación de un Sistema Inalámbrico..... 26
Figura 4.1	Onda Senoidal (Análoga)..... 30
Figura 4.2	Señal Binaria..... 31
Figura 4.3	Transmisión de datos: (a) Paralelo; (b) Serial..... 33
Figura 4.4	Transmisión asíncrona con bits de inicio y paro..... 38
Figura 4.5	Transmisión de datos síncrona..... 40
Figura 5.1	Modulación de amplitud de una portadora mediante una señal binaria: (a) manipulación de desplazamiento de amplitud (ASK); b) manipulación de encendido-apagado (OOK)..... 43
Figura 5.2	Modulación de amplitud digital multinivel..... 44
Figura 5.3	Corrimiento de frecuencia, por llaveo: a) señal binaria; b) señal de FSK..... 45
Figura 5.4	Señal modulada por desplazamiento de fase..... 46
Figura 6.1	Espectro de frecuencias electromagnéticas..... 51
Figura 6.2	Características de una onda..... 52
Figura 7.1	Conexión null modem entre puertos serie RS232C..... 57
Figura 7.2	Otros tipos de conexiones entre equipos DTE..... 59
Figura 8.1	Radiación de un línea de transmisión: (a) radiación de la línea de transmisión; (b) conductores difusores; (c) antena Marconi; (d) antena Hertz..... 70
Figura 8.2	Campos eléctricos y magnéticos producidos por una antena..... 71
Figura 8.3	La orientación de los campos eléctricos y magnéticos determina la polarización de la señal..... 72
Figura 8.4	Rayo reflejado por la tierra..... 77
Figura 9.1	Arquitectura del Microcontrolador ATMEGA32..... 81
Figura 9.2	Esquema interno del microcontrolador ATMEGA32..... 84
Figura 9.3	Diagrama del USART..... 86
Figura 10.1	Ancho de Banda para la frecuencia de los 1's y 0's de la etapa de transmisión..... 90
Figura 10.2	Filtro Pasa banda de la etapa de Recepción..... 91
Figura 10.3	Diagrama a bloques del Sistema Completo..... 92
Figura 10.4	Programa de Control de Velocidad de RPM's..... 94
Figura 10.5	Enlace utilizado entre PC y Módulo transmisor-receptor..... 97
Figura 10.6	Sistema representado por un par de módulos..... 99
Figura 10.7	Sistema Transmisor-Receptor de RF..... 100
Figura 10.8	Estructura física del Transmisor TP434..... 101

	<i>Página</i>
Figura 10.9 Estructura física del Receptor RLP 434.....	103
Figura 10.10 Diagrama de flujo de transmisión FSK.....	105
Figura 10.11 Representación gráfica de FSK de 1 y 0.....	106
Figura 10.12 Representación de un dato por FSK.....	107
Figura 10.13 Terminales de conexión del Transmisor al ATMEGA32.....	108
Figura 10.14 Esquema físico del MAX232.....	109
Figura 10.15 Estructura interna del MAX232.....	110
Figura 10.16 Diagrama de flujo de recepción FSK.....	111
Figura 10.17 Terminales de conexión del Receptor al ATMEGA32.....	112
Figura 10.18 Diagrama eléctrico de la etapa transmisora por PC.....	114
Figura 10.19 Diagrama eléctrico de la etapa receptora en el lado del motor.....	115
Figura 10.20 Diagrama Completo del Módulo Transmisor-Receptor 1.....	116
Figura 10.21 Diagrama eléctrico de la Etapa Transmisora en el lado del motor.....	117
Figura 10.22 Diagrama eléctrico de la Etapa Receptora por PC.....	118
Figura 10.23 Diagrama Completo del Módulo Transmisor-Receptor 2.....	119
Figura 10.24 Parte frontal de los Módulos Transmisores-Receptores.....	120
Figura 10.25 Parte posterior del Módulo Transmisor-Receptor.....	120

Lista de Tablas

		<i>Página</i>
Tabla 3.1	Características de 3 tipos de cables (Par trenzado, Coaxial y Fibra óptica).....	23
Tabla 6.1	Designaciones de la banda CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones).....	53
Tabla 7.1	Registros del integrado UART 8250 y sus direcciones relativas.....	61
Tabla 7.2	Asignaciones de pines a las líneas de la norma RS232C.....	62
Tabla 7.3	Especificaciones del voltaje del RS232C.....	66
Tabla 10.1	Descripción de registros de interfase.....	98
Tabla 10.2	Especificación Técnica del TLP434.....	102
Tabla 10.3	Especificación Técnica del RLP434.....	104
Tabla 11.1	Resultados obtenidos en una zona con interferencia.....	128
Tabla 11.2	Resultados obtenidos en una zona con obstáculos.....	128
Tabla 11.3	Resultados obtenidos en una zona al aire libre, sin interferencias y sin obstáculos.....	128

Introducción

En este capítulo se da una introducción del Proyecto, en donde se explican a grandes rasgos lo que se pensaba realizar al inicio de la investigación. Se da una reseña del planteamiento del problema, justificación, hipótesis y objetivos generales.

1.1. INTRODUCCIÓN.

En la época actual, en que la tecnología ha avanzado a pasos acelerados, se requiere de sistemas efectivos y que reduzcan la necesidad de tender líneas para enlazar dispositivos que deban estar comunicados.

Entonces, para poder controlar la velocidad de un motor de corriente directa a distancia, sin tener cables que enlacen el controlador y el motor, se propone un sistema de control por medio de señales de Radio Frecuencia (RF), de modo que se aprovecharían las ondas electromagnéticas para enviar y recibir las señales necesarias para conseguir el fin propuesto.

En las siguientes páginas se explicarán los elementos teóricos y los circuitos que ayudarán a conseguir éste objetivo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Debido a la creciente necesidad de sistemas de control de motores más prácticos, se desarrollará un sistema de control vía RF sin necesidad de largos cables conductores para enviar y recibir las señales de control desde el centro de mando hasta la máquina.

Cuando las distancias son cortas entre el sistema de control y el motor, el método de cableado directo pudiera ser mas práctico, pero cuando las distancias se hacen más grandes el cableado es susceptible a inducir señales espurias y a una caída de tensión importante, lo que hace que un sistema de control del motor por RF sea mejor. Puesto que una señal electromagnética de FM no es afectada ni inducida ni perturbada por señales externas tales como tormentas eléctricas, motores de combustión interna, motores eléctricos, etc.

Este método es mas fácil de instalar cuando se trabaja en medio de zonas difíciles o escabrosas, lo que haría necesario un cableado largo en el que puede hacer pérdidas, ruidos electromagnéticos o el riesgo que se corte accidentalmente con lo cual la máquina podría quedar sin operación o sin protección.

Por los motivos anteriormente expuestos, se inclinó por el diseño de un sistema inalámbrico de control de motores.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Este proyecto resuelve la problemática planteada de aquellos momentos en que un sistema alámbrico puede resultar inhábil como es el caso de desastres naturales (inundaciones, huracanes, tormentas) o lugares con poca accesibilidad donde alambrar el sistema sería en extremo difícil.

En estos casos es importante contar con un sistema de control inalámbrico que facilite la operación y protección de la máquina y que sea inmune a los problemas inherentes de un cableado (como un corto circuito, una rotura accidental, cuando hay lluvia, problemas de aislamiento o que un roedor muerda los conductores). Así mismo resolvería problemas en la planta industrial donde motores elevados, motores colocados en edificios diferentes o a distancias relativamente grandes serían controlados en forma más práctica y eficiente [1]. Por las razones expuestas, la aplicación de la Radio Frecuencia en un sistema sería la solución más conveniente.

1.4. HIPÓTESIS.

Para la aplicación de la Radio Frecuencia al controlar la velocidad de un motor de corriente directa se pueden presentar las siguientes hipótesis:

H1. A través de la PC se pueden generar señales de instrucción digitales que podrán ser transmitidas por un Sistema de Radio Frecuencia.

H2. Un Sistema de Radio Frecuencia es altamente confiable en el hecho de hacer llegar hasta un dispositivo instrucciones para su funcionamiento.

H3. El Sistema de Radio Frecuencia es altamente confiable en hacer llegar hasta el Sistema de Control los parámetros instantáneos del motor (velocidad, corriente, etc.).

H4. El Sistema de Radio Frecuencia será capaz de establecer un lazo cerrado para controlar en un motor de corriente directa las variables: arranque, paro, velocidad de rotación y protección.

1.5. OBJETIVO GENERAL.

Diseño y construcción del sistema de control inalámbrico de un motor de corriente directa por medio de una señal de Radio Frecuencia.

Sin embargo, el diseño del proyecto es el resultado de varios objetivos parciales que son:

1. Diseño del sistema de control, que significa diseñar los circuitos electrónicos necesarios para hacer operante el sistema de control.
2. Construir todos los circuitos necesarios para hacer funcionar el sistema de control, esto representa el diseño de transmisores y receptores, así como los moduladores necesarios y el programa con el que se va a gobernar el motor.
3. Se desarrollará un software el cual reciba, procese, almacene y despliegue la información recibida del módulo.
4. Realizar las pruebas necesarias.

Teoría de la Comunicación

La comunicación surge desde el inicio de la vida del hombre. En este capítulo se habla de la comunicación, sus procesos. Siendo la comunicación sumamente importante nacieron cada vez otros métodos hasta llegar al telégrafo, al teléfono y a la radio comunicación; este último medio de gran importancia, con un auge enorme en la actualidad.

2.1. TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN. [2]

La teoría de la comunicación es un campo de estudio dentro de las ciencias sociales que trata de explicar cómo se realizan los intercambios comunicativos y cómo estos intercambios afectan a sociedad y comunicación. Es decir, investiga el conjunto de principios, conceptos y regularidades que sirven de base al estudio de la comunicación como proceso social. Está en estrecha relación con otras ciencias, de las cuales toma parte de sus contenidos o los integra entre sí. Son muchas las discusiones abiertas en el campo académico sobre lo que en realidad constituye la comunicación y de allí que existan numerosas definiciones al respecto, muchas de las cuales se circunscriben a determinados campos o intereses de la ciencia. Pero en su definición más estricta, *comunicación* consiste en la transmisión de información de un sujeto a otro. De hecho, muchos estudiosos de la comunicación toman esta conclusión como una definición de trabajo junto a la sentencia de Lasswell "*quién dice qué a quién en qué medio y con qué efecto*", como maneras de circunscribir la teoría de la comunicación.

Otros estudiosos sugieren que un proceso ritual de comunicación existe, uno que no puede ser divorciado de un contexto social y una historia particular. La comunicación se fundamenta esencialmente en el comportamiento humano y en las estructuras de la sociedad, lo que hace que los estudiosos encuentren difícil un estudio de la misma con la exclusión de lo social y los eventos del comportamiento. Dado que la teoría de la comunicación es un campo relativamente joven, este es integrado en muchas ocasiones a otras disciplinas tales como la filosofía, la psicología y la sociología y es posible que no se encuentre un consenso conceptual sobre la comunicación vista desde los diferentes campos del saber. En la actualidad, no existe un paradigma del cual los estudiosos de la comunicación puedan trabajar. Una de las contestaciones de los estudiosos al respecto es que establecer una metateoría sobre la comunicación negaría la investigación y sofocaría el amplio cuerpo del conocimiento en el cual la comunicación funciona.

La palabra comunicación proviene del latín "comunis" que significa "común". De allí que comunicar, signifique transmitir ideas y pensamientos con el objetivo de ponerlos "en común" con otro. Esto supone la utilización de un código de comunicación compartido.

2.2. HISTORIA DE LA COMUNICACIÓN. [13]

La comunicación como una disciplina unificada tiene una historia de contestaciones que pueden ser trazadas desde los Diálogos de Sócrates y en muchos casos la primera y la más debatida de las ciencias tempranas y de la filosofía. Es precisamente Aristóteles el primero en tocar el problema de la comunicación e intentar crear una teoría de la misma en su obra La Retórica. Su punto de trabajo fue esencialmente la persuasión.

Diferentes puntos de vista desde el humanismo y la retórica dominaron la discusión antes del siglo XX cuando aparece la mayor cantidad de metodologías científicas y las miradas desde la psicología, la sociología, la lingüística y la publicidad y que comenzaron a influenciar los estudios, el pensamiento y la práctica de comunicación al punto que la conocemos en la actualidad.

La búsqueda por un término que defina la "*comunicación*" como una palabra estática o una disciplina unificada puede no ser tan importante como entender la comunicación como un conjunto de semejanzas con una amplia pluralidad de definiciones tal como establece Ludwig Wittgenstein.

Los estudios sobre la comunicación se intensificaron después de la II Guerra Mundial debido al gran interés en encontrar posibilidades de control social aportado por los mecanismos comunicativos. Se multiplicaron entonces los modelos gracias al surgimiento de las distintas escuelas sociológicas que se han aproximado al estudio de esta disciplina.

Está dicho que los avances en los modos de comunicación del hombre están sustentados en la evolución de la tecnología. El emprendedor espíritu del ser humano se mantiene en una

búsqueda constante de nuevos modos de hacer de la vida del hombre un asunto cada vez más cómodo y agradable.

2.3. ELEMENTOS DEL PROCESO COMUNICATIVO. [1] [3]

Los elementos o factores de la comunicación humana son: fuente, emisor o codificador, código (reglas del signo, símbolo), mensaje primario (bajo un código), receptor o decodificador, canal, ruido (barreras o interferencias) y la retroalimentación o realimentación (*feed-back*, mensaje de retorno o mensaje secundario).

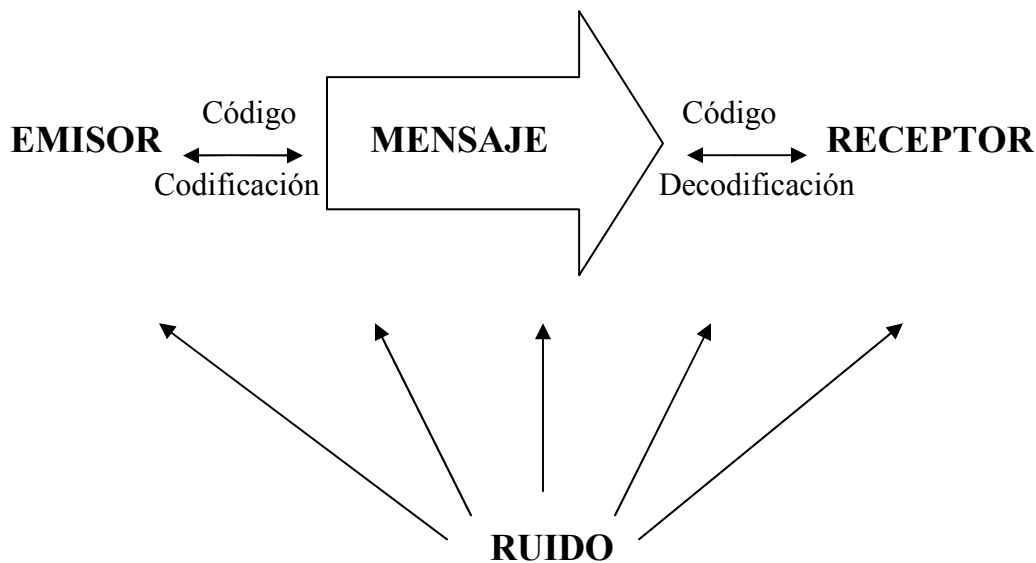


Figura 2.1. Elementos del proceso de la comunicación.

- **Fuente:** Es el lugar de donde emana la información, los datos, el contenido que se enviará, en conclusión: de donde nace el mensaje primario.
- **Emisor o codificador:** Es el punto (persona, organización...) que elige y selecciona los signos adecuados para transmitir su mensaje; es decir, los codifica para poder llevarlo de manera entendible al receptor. En el emisor se inicia el proceso comunicativo.

- **Receptor o decodificador:** Es el punto (persona, organización...) al que se destina el mensaje, realiza un proceso inverso al del emisor ya que en él está el descifrar e interpretar lo que el emisor quiere dar a conocer. Existen dos tipos de receptor, el pasivo que es el que sólo recibe el mensaje, y el receptor activo o perceptor ya que es la persona que no sólo recibe el mensaje sino que lo percibe y lo almacena. El mensaje es recibido tal como el emisor quiso decir, en este tipo de receptor se realiza lo que comúnmente denominamos el *feed-back* o retroalimentación.
- **Código:** Es el conjunto de reglas propias de cada sistema de signos y símbolos que el emisor utilizará para transmitir su mensaje, para combinarlos de manera arbitraria porque tiene que estar de una manera adecuada para que el receptor pueda captarlo. Un ejemplo claro es el código que utilizan los marinos para poder comunicarse; la gramática de algún idioma; los algoritmos en la informática..., todo lo que nos rodea son códigos.
- **Mensaje:** Es el contenido de la información (contenido enviado): el conjunto de ideas, sentimientos, acontecimientos expresados por el emisor y que desea transmitir al receptor para que sean captados de la manera que desea el emisor. El mensaje es la información.
- **Canal:** Es el medio a través del cual se transmite la información-comunicación, estableciendo una conexión entre el emisor y el receptor. Mejor conocido como el soporte material o espacial por el que circula el mensaje. Ejemplos: el aire, en el caso de la voz; el hilo telefónico, en el caso de una conversación telefónica.
- **Referente:** Realidad que es percibida gracias al mensaje. Comprende todo aquello que es descrito por el mensaje.
- **Situación:** Es el tiempo y el lugar en que se realiza el acto comunicativo.
- **Interferencia o barrera:** Cualquier perturbación que sufre la señal en el proceso comunicativo, se puede dar en cualquiera de sus elementos. Son las distorsiones del

sonido en la conversación, o la distorsión de la imagen de la televisión, la alteración de la escritura en un viaje, la afonía del hablante, la sordera del oyente, la ortografía defectuosa, la distracción del receptor, el alumno que no atiende aunque esté en silencio. También suele llamarse ruido.

- **Retroalimentación o realimentación** (mensaje de retorno): Es la condición necesaria para la interactividad del proceso comunicativo, siempre y cuando se reciba una respuesta (actitud, conducta...) sea deseada o no. Logrando la interacción entre el emisor y el receptor. Puede ser positiva (cuando fomenta la comunicación) o negativa (cuando se busca cambiar el tema o terminar la comunicación). Si no hay realimentación, entonces solo hay información más no comunicación.

2.4. TIPOLOGÍA DE REDES. [5]

Existen muchas maneras de clasificar las redes de comunicaciones, nosotros vamos a basarnos en las siguientes:

- **Por tecnología de transmisión:** redes de difusión y redes punto a punto.
- **Por su extensión o escala geográfica:** redes LAN, redes MAN y redes WAN.
- **Según método de acceso al medio:** CSMA/CD y Token Ring.

a) *Redes de difusión.*

Tienen un solo canal de comunicación compartido por todas las máquinas. La información llega a todas las máquinas con un código que especifica a quien va dirigida.

b) *Redes Punto a Punto.*

Muchas conexiones entre pares individuales de máquinas. La información puede pasar por varias máquinas intermedias antes de llegar a su destino. Se puede llegar por varios caminos, con lo que se hacen muy importantes las rutinas de enrutamiento o ruteo.

c) Redes de Área Local (LAN).

Son redes de propiedad privada, de hasta unos cuantos kilómetros de extensión. Por ejemplo una oficina o un centro educativo. Se usan para conectar computadoras personales o estaciones de trabajo, con objeto de compartir recursos e intercambiar información.

Están restringidas en tamaño, lo cual significa que el tiempo de transmisión, en el peor de los casos, se conoce, lo que permite cierto tipo de diseños (deterministas) que de otro modo podrían resultar ineficientes. Además, simplifica la administración de la red.

Suelen emplear tecnología de difusión mediante un cable sencillo al que están conectadas todas las máquinas. Operan a velocidades entre 10 y 100 Mbps, tienen bajo retardo, experimentan pocos errores. Su topología: en bus, en anillo.

d) Redes de Área Metropolitana (MAN).

Son una versión mayor de la LAN y utilizan una tecnología muy similar. Actualmente esta clasificación ha caído en desuso, normalmente sólo distinguiremos entre redes LAN y WAN.

e) Redes de Área Amplia (WAN).

Son redes que se extienden sobre un área geográfica extensa. Contiene una colección de máquinas dedicadas a ejecutar los programas de usuarios (hosts). Estos están conectados por la red que lleva los mensajes de un host a otro. Estas LAN de host acceden a la subred de la WAN por un router. Suelen ser por tanto redes punto a punto.

La subred tiene varios elementos:

- Líneas de comunicación: Mueven bits de una máquina a otra.
- Elementos de conmutación: Máquinas especializadas que conectan dos o más líneas de transmisión. Se suelen llamar encaminadores o routers.

Cada host está después conectado a una LAN en la cual está el encaminador que se encarga de enviar la información por la subred.

Una WAN contiene numerosos cables conectados a un par de encaminadores. Si dos encaminadores que no comparten cable desean comunicarse, han de hacerlo a través de encaminadores intermedios. El paquete se recibe completo en cada uno de los intermedios y se almacena allí hasta que la línea de salida requerida esté libre. Utilizan topologías en estrella, anillo, árbol, etc. Aunque suelen ser topologías irregulares.

Se pueden establecer WAN en sistemas de satélite o de radio en tierra en los que cada encaminador tiene una antena con la cual poder enviar y recibir la información. Por su naturaleza, las redes de satélite serán de difusión.

f) CSMA/CD.

Se basa en que cada estación monitoriza o "escucha" el medio para determinar si éste se encuentra disponible para que la estación puede enviar su mensaje, o por el contrario, hay algún otro nodo utilizándolo, en cuyo caso espera a que quede libre.

g) Token.

El método del testigo (token) asegura que todos los nodos van a poder emplear el medio para transmitir en algún momento. Ese momento será cuando el nodo en cuestión reciba un paquete de datos especial denominado testigo. Aquel nodo que se encuentre en posesión del testigo podrá transmitir y recibir información, y una vez haya terminado, volverá a dejar libre el testigo y lo enviará a la próxima estación.

2.5. TOPOLOGÍA DE REDES. [1]

Se entiende por topología de una red local la distribución física en la que se encuentran dispuestos los ordenadores que la componen. De este modo, existen tres tipos, que podríamos llamar "puros". Son los siguientes:

- Estrella.
- Bus.
- Anillo.

2.5.1. TOPOLOGÍA EN ESTRELLA. [3] [9]

Esta topología se caracteriza por existir en ella un punto central, o más propiamente nodo central, al cual se conectan todos los equipos, de un modo muy similar a los radios de una rueda.

De esta disposición se deduce el inconveniente de esta topología, y es que la máxima vulnerabilidad se encuentra precisamente en el nodo central, ya que si este falla, toda la red fallaría. Este posible fallo en el nodo central, aunque posible, es bastante improbable, debido a la gran seguridad que suele poseer dicho nodo. Sin embargo presenta como principal ventaja una gran modularidad, lo que permite aislar una estación defectuosa con bastante sencillez y sin perjudicar al resto de la red.

En realidad, la topología en estrella se presenta como un conjunto de varias estrellas, en el centro de cada una de las cuales se halla un dispositivo que se encarga de distribuir las señales al resto de los nodos. Para aumentar el número de estaciones, o nodos, de la red en estrella no es necesario interrumpir, ni siquiera parcialmente la actividad de la red, realizándose la operación casi inmediatamente.

La topología en estrella es empleada, principalmente por las redes tipo ArcNet, las cuales poseen una velocidad de transmisión relativamente baja (2,5 Mbps.), y emplean como método de acceso el paso de testigo.

2.5.2. TOPOLOGÍA EN BUS. [3]

En la topología en bus, al contrario que en la topología de Estrella, no existe un nodo central, si no que todos los nodos que componen la red quedan unidos entre sí linealmente, uno a continuación del otro.

El cableado en bus presenta menos problemas logísticos, puesto que no se acumulan montones de cables en torno al nodo central, como ocurriría en un disposición en estrella. Pero, por contra, tiene la desventaja de que un fallo en una parte del cableado detendría el sistema, total o parcialmente, en función del lugar en que se produzca. Es además muy difícil encontrar y diagnosticar las averías que se producen en esta topología.

Debido a que en el bus la información recorre todo el bus bidireccionalmente hasta hallar su destino, la posibilidad de interceptar la información por usuarios no autorizados es superior a la existente en una Red en estrella debido a la modularidad que ésta posee.

La red en bus posee un retardo en la propagación de la información mínimo, debido a que los nodos de la red no deben amplificar la señal, siendo su función pasiva respecto al tráfico de la red. Esta pasividad de los nodos es debida mas bien al método de acceso empleado que a la propia disposición geográfica de los puestos de red. La Red en Bus necesita incluir en ambos extremos del bus, unos dispositivos llamados terminadores, los cuales evitan los posibles rebotes de la señal, introduciendo una impedancia característica (50 Ohm). Añadir nuevos puestos a una red en bus, supone detener al menos por tramos, la actividad de la red. Sin embargo es un proceso rápido y sencillo.

La topología en bus va inevitablemente asociada a las redes tipo EtherNet, una de las primeras en aparecer, y por tanto muy difundida, al ser adoptada por los grandes fabricantes para interconectar sus sistemas. La red EtherNet posee una velocidad de transmisión de 10 Mbps, y emplea como método de acceso al medio el protocolo CSMA/CD.

2.5.3. TOPOLOGÍA EN ANILLO. [1]

El anillo, como su propio nombre indica, consiste en conectar linealmente entre sí todos los ordenadores, en un bucle cerrado. La información se transfiere en un solo sentido a través del anillo, mediante un paquete especial de datos, llamado **testigo**, que se transmite de un nodo a otro, hasta alcanzar el nodo destino.

El cableado de la red en anillo es el más complejo de los tres enumerados, debido por una parte al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear unos dispositivos denominados Unidades de Acceso Multiestación (MAU) para implementar físicamente el anillo.

A la hora de tratar con fallos y averías, la red en anillo presenta la ventaja de poder derivar partes de la red mediante los MAU's, aislando dichas partes defectuosas del resto de la red mientras se determina el problema. Un fallo, pues, en una parte del cableado de una red en anillo, no debe detener toda la red. La adición de nuevas estaciones no supone una complicación excesiva, puesto que una vez más los MAU's aíslan las partes a añadir hasta que se hallan listas, no siendo necesario detener toda la red para añadir nuevas estaciones.

La Red en anillo posee el respaldo de IBM, con todo lo que esto significa, que ha empleado esta topología para su red Token-Ring. Su velocidad de transmisión es de 4 y 16 Mbps, y emplea, como se ha dicho, el paso de testigo como método de acceso. En la red en anillo, los nodos poseen una mayor actividad respecto al tráfico de red, especialmente uno de

ellos, denominado monitor de la red, encargado de supervisar y controlar el flujo correcto del tráfico en la red.

Sistemas de Transmisión

En este capítulo se habla de los Sistemas básicos de Transmisión, como son vía cable e inalámbrico y se analizará las características de cada uno de estos métodos de transmisión en una forma somera.

3.1. SISTEMAS BÁSICOS DE TRANSMISIÓN. [1] [4]

Un sistema de transmisión es un conjunto de elementos interconectados que se utiliza para transmitir una señal de un lugar a otro. La señal transmitida puede ser eléctrica, óptica o de radiofrecuencia.

Algunos sistemas de transmisión están dotados de repetidores que amplifican la señal antes de volver a retransmitirla. En el caso de señales digitales estos repetidores reciben el nombre de *regeneradores* ya que la señal, deformada y atenuada por su paso por el medio de transmisión, es reconstruida y conformada antes de la retransmisión.

Los elementos básicos de cualquier sistema de transmisión son la pareja multiplexor/demultiplexor, que pueden ser analógicos o digitales, los equipos terminales de línea y, en su caso, los repetidores o regeneradores. Los multiplexores pueden ser de división de frecuencia o de división de tiempo.

El equipo terminal de línea consta de los elementos necesarios para adaptar los multiplexores al medio de transmisión, sea este un conductor metálico, fibra óptica o el espacio radioeléctrico. En el equipo terminal se incluyen además los elementos de supervisión de repetidores o regeneradores así como, en caso de ser necesario, el equipo necesario para alimentar eléctricamente (telealimentar) a estos repetidores o regeneradores intermedios cuando ello se hace a través de los propios conductores metálicos de señal.

En los modernos equipos de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) estas funciones de supervisión y adaptación al medio, generalmente óptico, están concentradas en el mismo equipo.

3.2. SISTEMA CABLEADO. [13]

La tendencia del mercado informático y de las comunicaciones se orienta en un claro sentido: unificación de recursos. Cada vez, ambos campos, comunicaciones e informática, se encuentran más vinculados.

Si se está considerando conectar sus equipos de cómputo y de comunicaciones a un sitio central desde el cual pueda administrarlos, enlazar sus centros de comunicaciones dispersos en su área geográfica o suministrar servicios de alta velocidad a sus computadoras de escritorio, debe pensar en el diseño e implementación de infraestructuras de fibra y cableados que cumplirán con éxito todas sus demandas de voz, datos y video.

Los sistemas cableados constituyen una plataforma universal por donde se transmiten tanto voz como datos e imágenes y constituyen una herramienta imprescindible para la construcción de edificios modernos o la modernización de los ya construidos.

Por sistema cableado se entiende todo circuito eléctrico o electrónico que exige el montaje de distintos módulos unidos (cableados) entre sí, para realizar un determinado proceso o secuencia lógica, que por lo general servirá para controlar un sistema de potencia. Este tipo de sistemas es empleado normalmente en el diseño de automatismos.

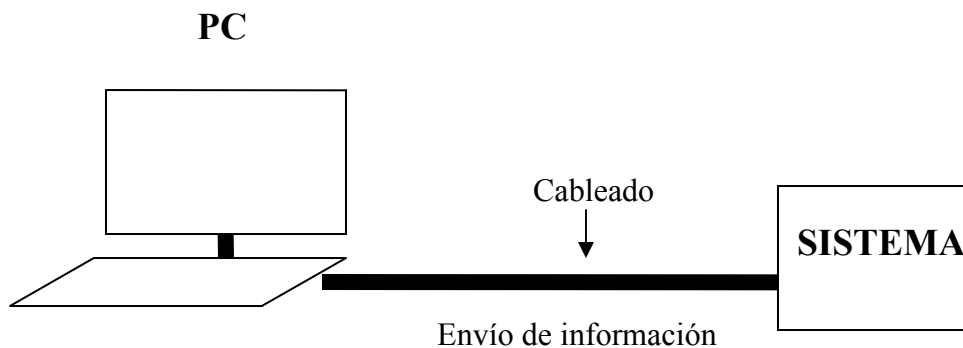


Figura 3.1. *Representación de un Sistema Cableado.*

A diferencia de los sistemas programados, la estructura de un sistema cableado suele ser rígida y por lo tanto difícilmente modificable.

Hasta la aparición del circuito micro programable (CμP), el diseño de todos los automatismos y circuitos electrónicos se realizaban mediante lógica cableada. Desde el control

de una cadena de montaje de automóviles hasta un televisor, puede ser diseñado empleando un sistema cableado.

La principal ventaja de emplear un sistema de este tipo suele ser su costo de fabricación en aquellos sistemas sin demasiada complejidad o para funcionalidades muy concretas. Esta es la principal causa para la elección entre un sistema cableado o uno programado. En la actualidad tres tecnologías permiten realizar diferentes sistemas cableados:

- Relés electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas o módulos electrónicos.

Actualmente, la gran mayoría de las redes están conectadas por algún tipo de cableado, que actúa como medio de transmisión por donde pasan las señales entre los equipos.

Existe una gran cantidad de tipos de cables, de los cuales se pueden agrupar en tres grupos principales que conectan la mayoría de las redes:

1. Cable coaxial.
2. Cable de par trenzado.
3. Cable de fibra óptica.

Tabla 3.1. Características de 3 tipos de cable (Par Trenzado, Coaxial y Fibra óptica).

Concepto	Par Trenzado	Coaxial	Fibra Óptica
<i>Tecnología Probada</i>	Si	Si	Si
<i>Ancho de Banda</i>	Medio	Medio	Muy Alto
<i>Hasta 20 Mhz</i>	Si	Si	Si
<i>Hasta 100 Mhz</i>	Si	Si	Si
<i>27 canales video</i>	No	Si	Si
<i>> 30 canales video</i>	No	No	Si
<i>Canal Full Duplex</i>	Si	Si	Si
<i>Distancias Medidas</i>	100 m 65 Mhz	500 (Ethernet)	2 km 100 Km
<i>Inmunidad Electromagnética</i>	Limitada	Media	Alta
<i>Seguridad</i>	Baja	Media	Alta
<i>Costo</i>	Medio	Medio	Alto

En determinados casos, un sistema cableado puede tener un tiempo de reacción (tiempo de retardo) ante una señal de entrada muy bajo (del orden de nanosegundos), debido a que el retardo viene impuesto por el propio retardo físico de los componentes electrónicos. Esto lo hace la única solución factible para sistemas con un tiempo crítico de reacción.

3.2.1. Características de un sistema cableado. [15]

Las líneas que constituyen los cables multipares están dotadas de ciertas características eléctricas, con el objeto de transportar con la menor pérdida de energía posible, las señales de transmisión necesarias para una buena comunicación. Estas características se componen de los siguientes parámetros:

1.- Resistencia del conductor:

Depende del diámetro del conductor, del material del cual está compuesto, de la distancia del conductor y de la temperatura.

2.- Desequilibrio Resistivo y Capacitivo:

Depende de la diferencia que puedan tener los conductores en su configuración simétrica.

3.- Resistencia de aislación:

Depende del tipo de aislante que separan los conductores entre si y entre la capa metálica de protección y del tipo de material aislante. Se mide con la aplicación de corriente continua.

4.- Rigidez dieléctrica:

Depende del tipo de aislante que exista entre los pares, la separación entre los pares, la concentricidad y calidad del aislante.

5.- Capacidad mutua:

Depende del diámetro del conductor, del tipo de aislación y de la separación entre conductores.

6.- Inductancia:

Depende del flujo electromagnético generado por la corriente que circula por el conductor, del diámetro del conductor, del torcido del par y de la distancia entre conductores.

7.- Conductancia:

Depende del grado de aislación que existe entre los conductores y la superficie de contacto entre ellos. Su unidad de medida siemens. Este parámetro está determinado con aplicación de corriente alterna.

8.- Diafonía:

Depende del equilibrio simétrico que deben tener los pares del cable en su construcción, y fundamentalmente, del pareado.

9.- Atenuación:

Depende de la Impedancia característica de la línea, la capacidad mutua y la frecuencia aplicada.

10.- Protección contra interferencias externas:

Depende fundamentalmente del blindaje de los cables, los que deben ser siempre continuos y unidos a una tierra común.

3.3. SISTEMA INALÁMBRICO. [12]

Wireless (inalámbrico o sin cables) es un término usado para describir las telecomunicaciones en las cuales las ondas electromagnéticas (en vez de cables) llevan la señal sobre parte o toda la trayectoria de la comunicación. Algunos dispositivos de monitorización, tales como alarmas, emplean ondas acústicas a frecuencias superiores a la gama de audiencia humana; éstos también se clasifican a veces como wireless. Los primeros transmisores sin cables vieron la luz a principios del siglo XX usando la radiotelegrafía (código Morse). Más adelante, como la modulación permitió transmitir voces y música a través de la radio, el medio se llamó "radio". Con la aparición de la televisión, el fax, la comunicación de datos, y el uso más eficaz de una porción más grande del espectro, se ha resucitado el término "wireless".

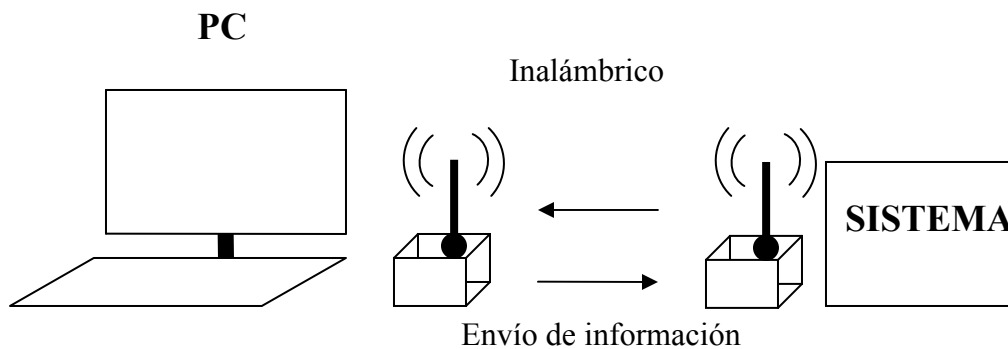


Figura 3.2. Representación de un Sistema Inalámbrico.

Ejemplos comunes de equipos wireless en uso hoy en día incluyen:

- **Teléfonos móviles**, que permiten conectividad entre personas.
- **El sistema de posicionamiento global (GPS)**, que permite que coches, barcos y aviones comprueben su localización en cualquier parte de la tierra.
- **Periféricos de computador inalámbrico (wireless)**, como el ratón, los teclados y las impresoras, que se pueden también conectar a un computador vía wireless.
- **Teléfonos inalámbricos**, de más corto alcance que los teléfonos móviles.

- **Mandos a distancia** (para televisión, vídeo, puertas de garaje, etc.) y algunos sistemas de alta fidelidad.
- **Monitores para bebés**, estos dispositivos son unidades de radio simplificadas que transmiten/reciben dentro de una gama limitada.
- **Televisión vía satélite**, permiten que los espectadores, desde casi cualquier parte, seleccionen entre centenares de canales.
- **LAN's wireless o local area networks**, proporcionan flexibilidad y fiabilidad para usuarios de ordenadores.

La tecnología wireless se está desarrollando rápidamente, y cada vez está más presente en la vida de gente de todo el mundo. Además, cada vez más gente confía en ésta tecnología directa o indirectamente.

3.3.1. Características de un sistema inalámbrico. [15]

A continuación se muestran las características de un sistema inalámbrico:

Cobertura:

La cobertura del sistema se refiere a las zonas geográficas en las que se va a utilizar el dispositivo. La tecnología más apropiada es aquella que permita una máxima cobertura con un mínimo de estaciones base, manteniendo los parámetros de calidad exigidos por las necesidades de los operadores.

Capacidad.

Se refiere a la cantidad de dispositivos (motores) que se pueden atender simultáneamente. Es un factor de elevada relevancia, pues del adecuado dimensionamiento de la capacidad del sistema. Esta capacidad se puede incrementar mediante el uso de técnicas tales como la reutilización de frecuencias, la asignación adaptativa de canal, el control de potencia, saltos de frecuencia, algoritmos de codificación, diversidad de antenas, etc.

Diseño de las celdas.

La estructura de las redes inalámbricas se diseña teniendo presente la necesidad de superar los obstáculos y manejar las características propias de la radio propagación. Disponer de un radio enlace directo, predecir las características de la señal en zonas, donde los factores que establecen limitaciones fundamentales en el diseño y ejecución de los sistemas inalámbricos orientados a las necesidades personales y empresariales. Los mecanismos que gobiernan la radio propagación son complejos y diversos, y generalmente se atribuyen a fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas en su transporte, tales como reflexión, difracción, dispersión y en general pérdidas de propagación.

Calidad.

Uno de los parámetros a tener en cuenta para establecer las diferencias entre un sistema u otro, se refiere a la medida de calidad del dispositivo. La calidad es un factor de especial atención desde el punto de vista de los operadores. Utilizar eficientemente el espectro radioeléctrico, y disponer de mecanismos que permitan mejorar la operación del sistema.

Flexibilidad y compatibilidad.

Debido a la interacción con redes de diferente tipo que debe soportar una red, ésta debe suministrar las interfaces adecuadas para la interoperabilidad, y poseer elevados niveles de gestión que permitan realizar cambios en su estructura inicial sin causar traumatismos en el funcionamiento.

Tipos de Transmisión

En este capítulo se analizan los diferentes tipos de transmisión alámbrica e inalámbrica, y sus características principales. De este modo se exponen los métodos de transmisión síncrono y asíncrono, análogo y digital.

4.1. COMUNICACIÓN ANÁLOGA. [4]

Una señal analógica es aquella función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. La señal analógica típica es un tono de onda senoidal (figura 4.1). Los voltajes de voz y de video son señales analógicas.

Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc.

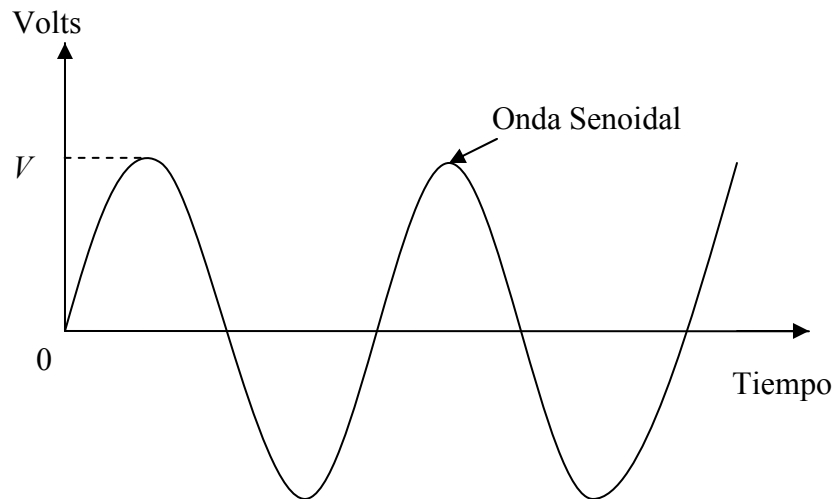


Figura 4.1. *Onda Senoidal (Análoga).*

Las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser variadas de forma no deseada de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida. La gran desventaja respecto a las señales digitales, es que en las señales analógicas, cualquier variación en la información es de difícil recuperación, y esta pérdida afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento del dispositivo analógico.

4.2. COMUNICACIÓN DIGITAL. [1]

Las señales digitales son pulsos binarios que tienen dos estados, representando cada uno por un nivel de voltaje. Los pulsos cambian con rapidez entre estos dos niveles. Uno se denomina 0 binario o nivel bajo, y el otro, 1 binario o nivel alto. La figura 4.2 muestra una señal digital o binaria típica. El nivel 0 binario podría ser 0 V o tierra, y el nivel 1 binario, +5 V. También podría usarse cualquier otro par de voltajes.

Es fácil generar y procesar señales binarias con circuitos electrónicos. En general los pulsos binarios se producen y manipulan con interruptores de transistor de alta velocidad, que se conectan en una variedad de configuraciones para formar circuitos lógicos digitales. Estos circuitos existen en la forma de circuitos integrados que pueden generar y procesar datos digitales a altas velocidades.

En general, las señales binarias representan datos o información. Específicamente, las señales binarias son códigos constituidos por grupos o configuraciones de 0 y 1. Cada grupo representa un valor numérico, una letra del alfabeto o algún símbolo, significado o mensajes especiales. Los circuitos lógicos digitales procesan estos datos de diferentes maneras.

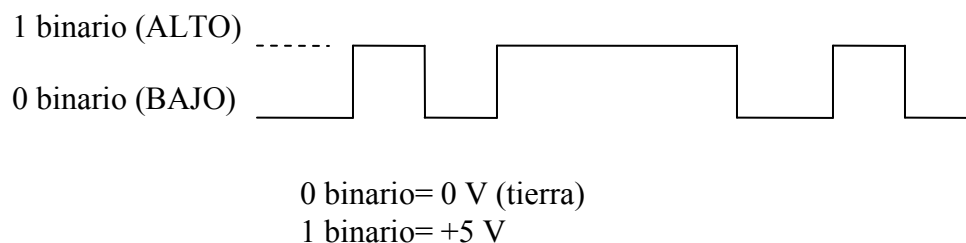


Figura 4.2. Señal Binaria.

Las comunicaciones de datos consisten en la transmisión de información digital o binaria de un punto a otro. Los sistemas de comunicaciones de datos permiten la transferencia de información entre computadoras, y la operación remota de una computadora desde una terminal. Además, puesto que es posible digitalizar cualquier tipo de señal, la transmisión de

voz, video y otra información tradicionalmente analógica, también se conoce como comunicación de datos. Debido al bajo costo y efectividad de las técnicas digitales, el uso de las comunicaciones de datos se esta extendiendo de manera creciente.

4.3. TRANSMISIÓN DE DATOS, SERIALES Y PARALELOS. [9]

La información binaria se puede transmitir paralelamente o en serie. La figura 4.3 (a) muestra como el código binario 0110 se transmite, de la ubicación **A** a la ubicación **B**, paralelamente. Como lo muestra la figura 4.3, cada posición del bit (A_0 a A_3) tiene su propia línea de transmisión. Consecuentemente, los 4 bits se pueden transmitir simultáneamente, durante el tiempo de un solo pulso de reloj (T). Este tipo de transmisión se llama de paralelo por bit o de serial por carácter.

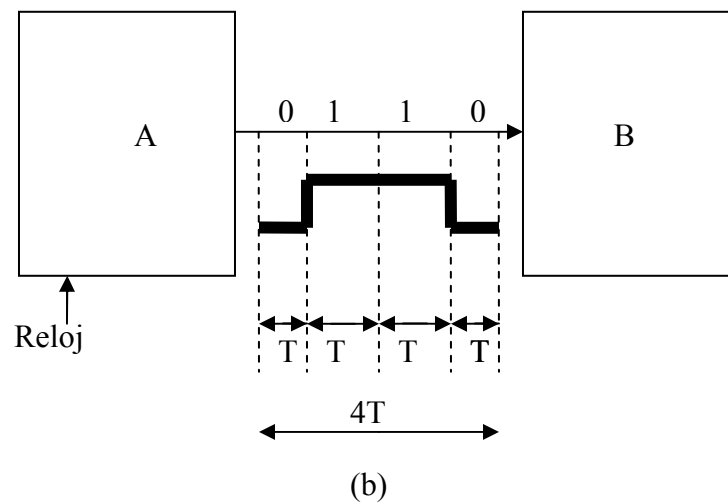
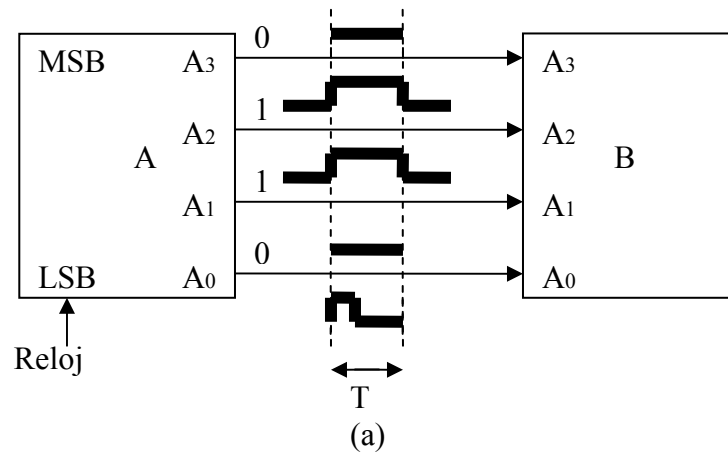


Figura 4.3. Transmisión de datos: (a) Paralelo; (b) Serial.

La figura 4.3 (b) muestra como el mismo código binario se transmite en forma serial. Como se muestra en la figura 4.3, existe una sola línea de transmisión y, por lo tanto, solo un bit puede transmitirse a la vez. Consecuentemente, requiere de cuatro pulsos de reloj ($4T$), para transmitir toda la palabra. Este tipo de transmisión frecuentemente se llama de serial por bit.

Obviamente, el intercambio principal entre la transmisión paralela y serial es la velocidad contra la simplicidad. La transmisión de datos se puede lograr mucho mas rápido usando la transmisión paralela. Sin embargo, la transmisión paralela requiere más líneas entre la fuente y el destino. Como una regla general, la transmisión paralela se usa para la comunicación a corta distancia, y dentro de una computadora, y la transmisión serial se usa para la comunicación de larga distancia.

4.4. COMUNICACIÓN DE DATOS. [3] [4]

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital (normalmente en forma binaria) entre dos o mas puntos, la información se define como el conocimiento o forma del conocimiento. La información que se procesa y se organiza se llama datos. Los datos pueden ser, cualquier información alfabética, numérica o simbólica, incluyendo los símbolos alfanuméricos codificados en binarios, códigos operacionales del microprocesador, códigos de control, direcciones de usuarios, datos del programa o información de base de datos. En la fuente y el destino, los datos están en forma digital. Sin embargo, durante la transmisión los datos pueden estar en forma digital o analógica.

Una red de comunicación de datos puede ser tan sencilla como dos computadoras personales conectadas entre si, por medio de una red telefónica publica, o puede abarcar una red compleja de una o mas computadoras de mainframe y cientos de terminales remotas.

4.5. ORGANIZACIONES DE ESTÁNDARES PARA LA COMUNICACIÓN DE DATOS. [12]

Durante la década pasada, la industria de la comunicación de datos ha crecido a una gran velocidad. Consecuentemente la necesidad de proporcionar comunicación entre sistemas de comunicación disímbolas, también ha aumentado. Por lo tanto, para asegurar una transferencia de información ordenada, entre dos o más sistemas de comunicación usando diferente equipo con distintas necesidades, un consorcio de organizaciones, fabricantes y usuarios se reúnen regularmente para establecer las guías y estándares. Es la intención que todos los usuarios de comunicación cumplan con estos estándares. Varias de las comunicaciones se describen a continuación.

Organización Internacional de Estándares (ISO): La ISO es la organización internacional para Estandarización. La ISO crea los conjuntos de reglas y estándares para gráficos, intercambios de documentos y tecnologías relacionadas. La ISO es responsable de endosar y coordinar el trabajo de otras organizaciones de estándares.

Comité Consultivo para Telefonía y Telegrafía intencional (CCIT): La membresía de la CCIT consiste de autoridades y representantes del gobierno de muchos países. La CCIT es ahora la organización de estándares para las Naciones Unidas y desarrolla los conjuntos de reglas y estándares recomendados para la comunicación telefónica y telegráfica. La CCIT ha desarrollado tres conjuntos de especificaciones: la serie V, para la Interfase de Modems, la serie X, para la comunicación de datos y la serie I y Q, para la red digital de servicios integrados (ISDN).

Instituto de Estándares Nacional Americano (ANSI): ANSI Es la agencia de estándares oficial para Estados Unidos y es el representante para votar por EUA para ISO.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE): El IEEE es una organización profesional de EUA de Ingenieros en Electrónica, computadoras y comunicación.

Asociación de Industrias Electrónicas (EIA): La EIA es una organización de EUA que establece y recomienda estándares industriales. La EIA es responsable de desarrollar la serie de estándares RS (Estándar Recomendado) para datos y telecomunicaciones.

Consejos de Estándares de Canadá (SCC) El SCC es la agencia de estándares oficial para Canadá con responsabilidades semejantes a las de la ANSI.

4.6. MODOS DE TRANSMISIÓN. [13]

Esencialmente, hay cuatro modos de transmisión para los circuitos de comunicación de datos: simplex, half duplex, full duplex y full/full duplex.

SIMPLEX. Con la operación Simplex, la transmisión de datos no se puede dirigir; la información se puede enviar solo en una dirección. Las líneas Simples, también se llaman líneas solo para recibir, solo para transmitir de un solo sentido. La televisión comercial y sistemas de radio son ejemplos de transmisión de Simplex.

HALF DUPLEX (HDX). En el modo Half duplex, la transmisión de datos es posible en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. Las líneas Half duplex también se llaman de dos sentidos alternados o líneas de cualquier sentido. La banda civil (CB), es un ejemplo de transmisión half duplex.

FULL DUPLEX (FDX). En el modo de full duplex las transmisiones son posibles en ambas direcciones simultáneamente, pero deben de estar entre las mismas dos estaciones. Las líneas de full duplex, también se llaman de dos sentidos simultáneas, duplex o líneas de dos sentidos. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de la transmisión de full duplex.

FULL/FULL DUPLEX (F/FDX). En el modo F/FDX, la transmisión es posible en ambas direcciones al mismo tiempo, pero no entre las mismas dos estaciones (es decir, una estación esta transmitiendo a una segunda estación y recibiendo de una tercera estación, al mismo tiempo). F/FDX es posible solo en los circuitos de multipunto. El sistema postal de EUA, es un ejemplo de una transmisión Full/Full Duplex.

4.7. COMUNICACIONES ASÍNCRONAS. [1] [5]

Existen dos formas básicas de transmisión de datos binarios seriales: asíncrona y síncrona. En las comunicaciones asíncronas, cada palabra de datos se acompaña por bits de inicio (start) y paro (stop) que identifican el principio y final de la palabra. Cada palabra de código binario transmitida representa un carácter.

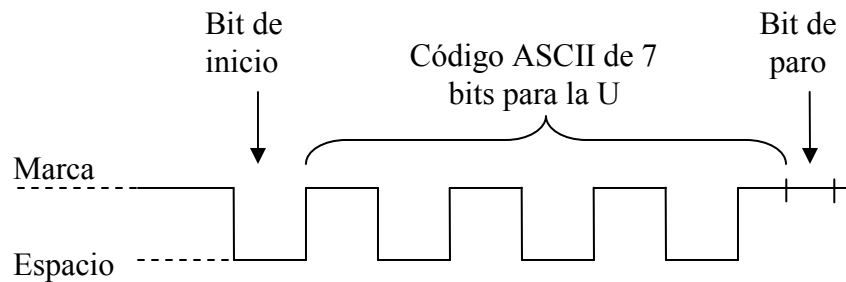


Figura 4.4. *Transmisión asíncrona con bits de inicio y de paro.*

La figura 4.4 ilustra el uso de los bits de inicio y de paro para transmitir un carácter ASCII. Cuando no se está transmitiendo información, por lo general la línea está en el valor alto, o 1 binario. En terminología de las comunicaciones esto se llama marca. Para señalar el principio de palabra se transmite 1bit de inicio, el cual es un 0 binario o espacio, como muestra la figura. El bit de inicio tiene la misma duración que los demás bits de la palabra de datos. La transición de la marca al espacio indica el principio de la palabra y permite que los circuitos receptores se preparen para recibir los bits restantes. Después del bit de inicio se transmiten los bits individuales. En este caso, se transmite el código ASCII de 7 bits de la letra U. Una vez que se transmite el ultimo bit del código, se incluye el bit de paro, que tiene la misma duración que los demás bits y es de nuevo un 1 binario o una marca. En algunos sistemas se transmiten 2 bits de paro, uno después de otro, para señalar el fin de la palabra.

La mayor parte de las comunicaciones de datos a baja velocidad, hasta de 115 kilobaudios, son asíncronas. Esta técnica es muy confiable y los bits de inicio y de paro aseguran la coordinación entre los circuitos de envío y de recepción.

La principal desventaja de las comunicaciones asíncronas es que los bits adicionales de inicio y de paro de hecho desaceleran la transmisión de datos, lo cual no constituye un problema en aplicaciones de baja velocidad con un volumen reducido de datos, pero cuando deben transmitirse volúmenes enormes de información, los bits de inicio y de paro representan una sobrecarga significativa; es decir, son un porcentaje importante de los bits transmitidos. En la transmisión de un carácter ASCII con bits de inicio y de paro se necesitan 9 bits ($2/9 = 22\%$). Al eliminar los bits de inicio y de paro y alinear los caracteres ASCII de extremo a extremo, es posible transmitir un número mucho mayor de palabras de datos. Dicho de otro modo, la velocidad de transmisión puede mejorarse de manera significativa. Cuando han de transmitirse grandes volúmenes de datos entre computadoras, es importante hacerlo a alta velocidad para asegurar el tiempo de transmisión mínimo en los costosos circuitos de larga distancia.

4.8. COMUNICACIONES SÍNCRONAS. [5]

La técnica de transmitir cada palabra de datos una después de otra, sin bits de inicio y de paro, se conoce como comunicaciones de datos sincrónicas. Por lo general, los datos se transmiten en bloques de varias palabras. Para mantener la sincronización entre el transmisor y el receptor, se coloca un grupo de bits de sincronización al principio y al final del bloque. La figura 4.5 describe una forma de hacerlo. Cada bloque de datos puede representar cientos, o incluso miles de caracteres. Al inicio de cada bloque se encuentra una serie única de bits que identifica el principio del bloque.

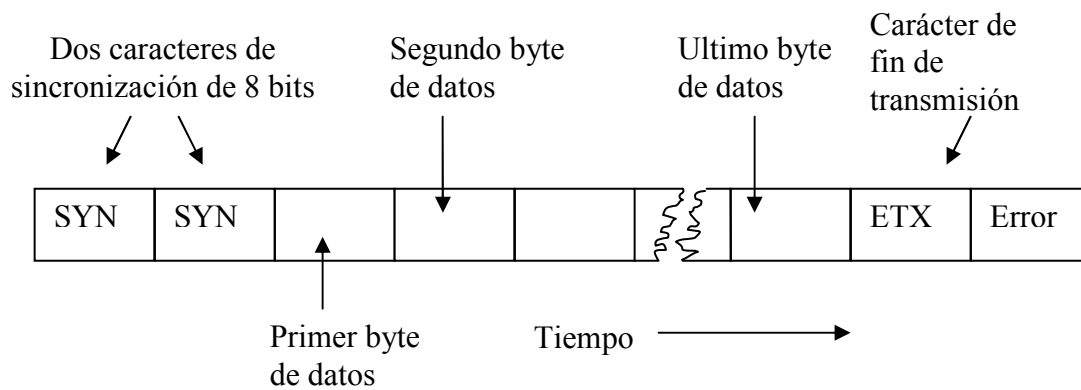


Figura 4.5. *Transmisión de datos Síncrona.*

En la figura 4.5, dos códigos de sincronización (SYN) de 8 bits señalan el principio de la transmisión. El equipo receptor busca estos caracteres y empieza a recibir los datos continuos enviados en bytes o palabras de 8 bits secuenciales. Al final del bloque hay otro código especial (ETX) que señala el fin de la transmisión. El equipo receptor buscará este código, lo detectará y así reconocerá el fin de la transmisión. En general siguen uno o más códigos de error.

Aun cuando los códigos especiales de sincronización al principio y al final agregan bits adicionales a la transmisión, en conjunto representan un incremento muy pequeño del número total de bits que se transmiten. De cualquier modo, el número de bits utilizados para fines de sincronización es pequeño en comparación con el número de bits de inicio y paro que se transmitirían si se usara el modo asíncrono. Las transmisiones sincrónicas son mucho más rápidas que las asíncronas.

Tipos de Modulación

En los sistemas tanto analógicos como digitales puede modularse por amplitud, por frecuencia, por fase, por pulsos, por señales digitalizadas, etc., cada uno de estos tipos presentan algunas ventajas y desventajas las cuales se analizarán en este capítulo.

Una de las principales técnicas en las comunicaciones electrónicas es la modulación, que es el proceso de hacer que la información a transmitir altere una señal que tiene una frecuencia más alta, a fin de transmitir la información en alguna parte del espectro electromagnético mediante radio, conductor metálico o cable de fibra óptica. Sin modulación, las comunicaciones electrónicas no existirían como se conocen hoy en día. La electrónica de comunicaciones es en gran parte el estudio de las diferentes técnicas de modulación, y de los circuitos moduladores y demoduladores que hacen posible la modulación. Los principales tipos de comunicaciones electrónicas son modulación en amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM).

5.1. DEFINICIÓN DE MODULACIÓN. [1]

Modulación es el proceso de modificar la característica de una señal de acuerdo con la característica de otra señal. En general se usa la señal de información – sea de voz, video, datos binarios o algún otro tipo de información – para modificar una señal con una frecuencia más alta llamada portadora.

La señal de información se denomina señal moduladora y la señal con una frecuencia más alta se llama onda portadora o modulada. La portadora por lo general es una onda senoidal, mientras que la señal de información puede tener cualquier forma, lo que permite transmitir señales analógicas y digitales. En la mayoría de los casos, la frecuencia de la portadora es mucho más alta que la frecuencia máxima de información que va a transmitirse.

5.2. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD. [1] [12]

La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora.

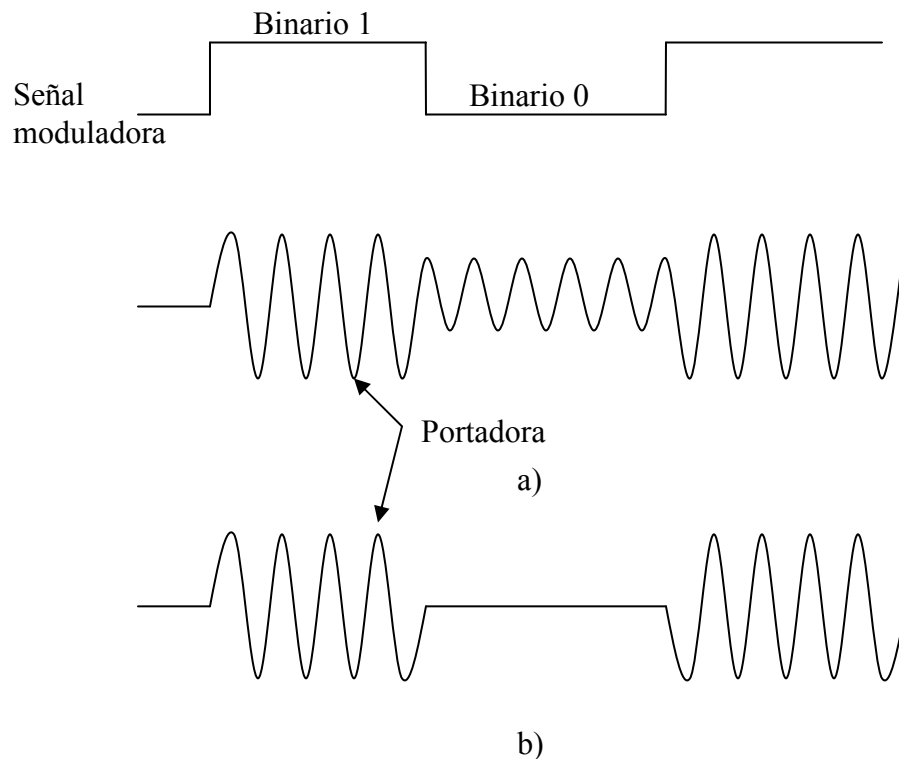


Figura 5.1. Modulación de amplitud de una portadora mediante una señal binaria: a) manipulación de desplazamiento de amplitud (ASK); b) manipulación de encendido-apagado (OOK).

También pueden usarse señales digitales, por lo general binarias, para modular la amplitud de una portadora. La figura 5.1 describe una señal binaria que modula una portadora sinusoidal. En a), el nivel 1 binario produce la amplitud máxima de la portadora y el nivel 0 binario produce una portadora de valor más bajo. La modulación de amplitud donde la portadora cambia entre dos niveles de portadora, se llama manipulación de desplazamiento de amplitud (ASK, amplitude-shifting keying).

Una forma especial de ASK es aquella en la que la portadora solo se enciende o apaga (figura 5.1, b)). El nivel 1 binario enciende la portadora, y el nivel 0 binario la apaga. Esto se llama manipulación de encendido-apagado (OOK-on-off keying).

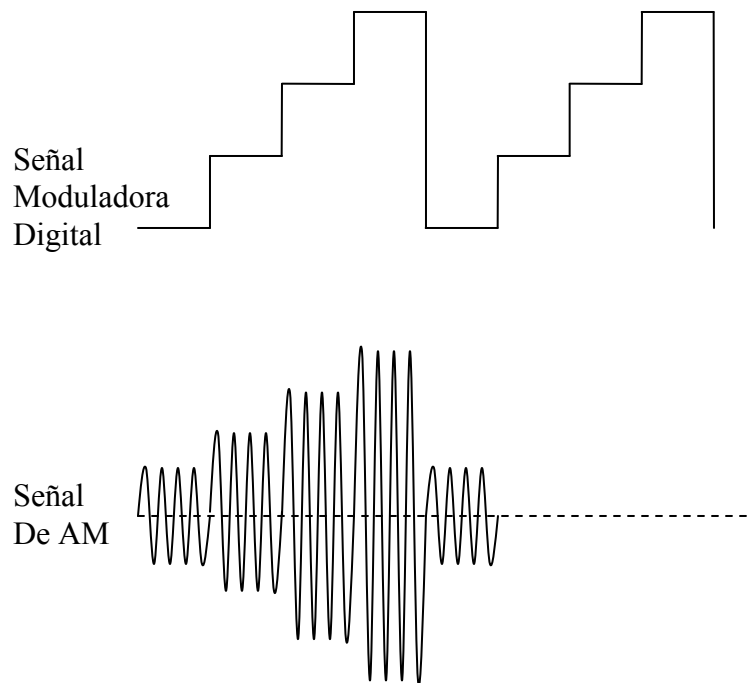


Figura 5.2. *Modulación de amplitud digital multinivel.*

Algunas señales digitales tienen más de dos niveles. En tanto la señal varíe en pasos discretos, se considera digital. La figura 5.2 muestra una señal digital de cuatro niveles y la señal de AM resultante. Para mejorar la rapidez de la transmisión digital en módems de computadora es común el uso de señales digitales de 4, 8, 16 y 32 niveles. La modulación de amplitud por lo general se combina con la modulación de fase simultánea de una portadora para producir la modulación de amplitud en cuadratura (QAM, quadrature amplitude modulation).

5.3. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA. [13]

La modulación de frecuencia también se usa para transmitir datos digitales. Cuando la señal moduladora es binaria, una entrada de 1 binario produce una frecuencia de portadora, y una entrada de 0 binario origina otra frecuencia de portadora. Esta técnica de modulación se llama corrimiento de frecuencia por llaveo (FSK, frequency-shift keying).

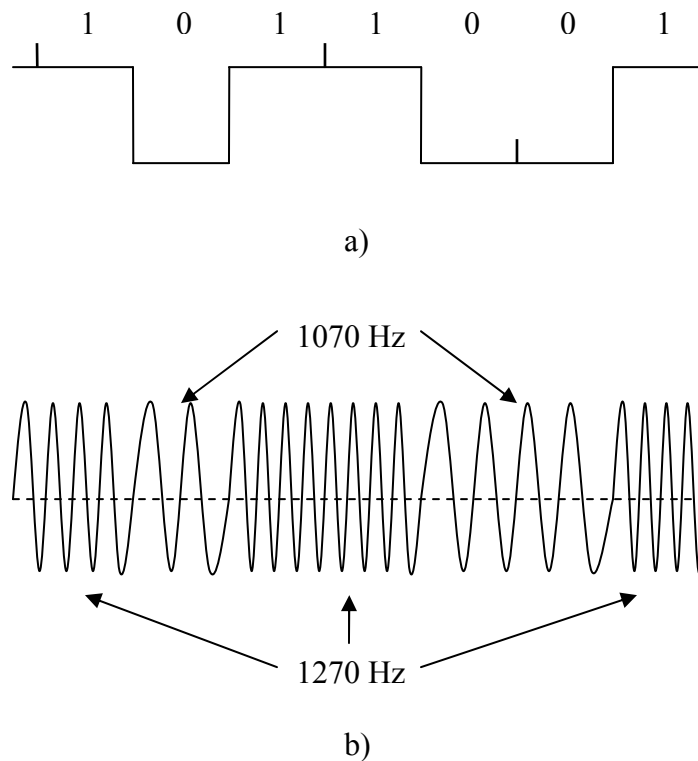


Figura 5.3. Corrimiento de frecuencia, por llaveo: a) señal binaria; b) señal de FSK.

La figura 5.3 muestra una señal de FSK. Una entrada de 0 binario produce una portadora de 1070 Hz, y un 1 binario produce una portadora de 1270 Hz.

Alguna vez el FSK se usó en los módems de computadora que transmiten datos a través del sistema telefónico. Ahora se emplea principalmente para transmitir datos binarios por radio.

5.4. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE. [13]

PSK (Phase-shift keying), es una modulación de fase donde la señal moduladora (datos) es digital. Transmitir por desplazamiento de fase (PSK) es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases, QPSK con 4 fases, 8-PSK con 8 fases y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias.

Las modulaciones BPSK y QPSK son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. Conceptualmente hablando, la diferencia entre distintos símbolos es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados. No pasa lo mismo con 8-PSK, 16-PSK o superiores, para las que existen otras modulaciones más eficientes.

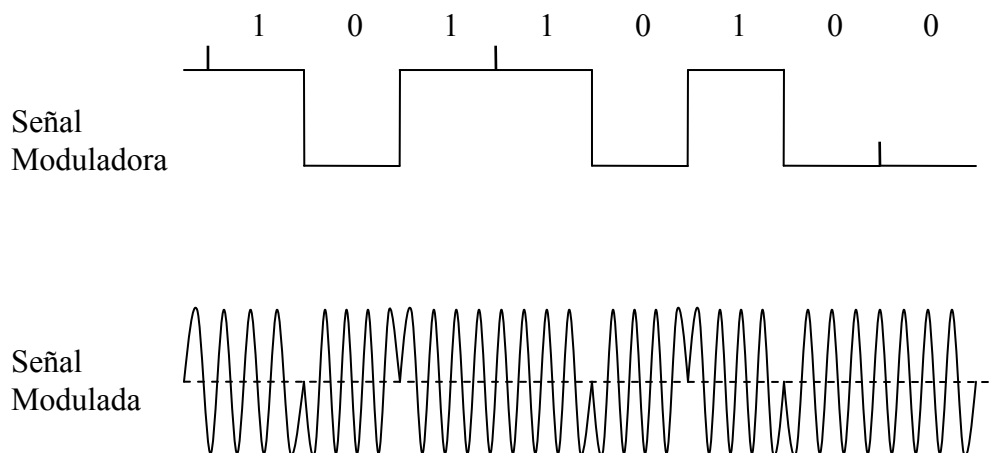


Figura 5.4. Señal modulada por desplazamiento de fase.

En PSK el valor de la señal moduladora está dado por un 1 para un "1" binario, y -1 para "0" binario.

La gran ventaja de las modulaciones PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras, dado que la potencia de la fuente es constante.

Existen dos alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase y PSK diferencial, en la cual se consideran las transiciones.

En el sistema PSK convencional es necesario tener una portadora en el receptor para sincronización, o usar un código autosincronizante, por esta razón surge la necesidad de un sistema PSK diferencial. Es diferencial puesto que la información no está contenida en la fase absoluta, sino en las transiciones. La referencia de fase se toma del intervalo inmediato anterior, con lo que el detector decodifica la información digital basándose en diferencias relativas de fase.

Radio Frecuencia

Este capítulo se refiere a la historia de la radio frecuencia, su propagación por el medio, las diferentes frecuencias que existen y sus nombres asignadas a cada una, así como sus límites ya establecidos.

6.1. HISTORIA DE LA RADIO-FRECUENCIA. [12] [15]

La distribución de las frecuencias del espectro radioeléctrico se ha desarrollado de forma arbitraria, de acuerdo con los avances de las técnicas de transmisión y recepción de señales de radio, televisión, detección y en general de todas las comunicaciones inalámbricas.

A principios del siglo XX no existían las comunicaciones por ondas de radio o inalámbricas como la conocemos hoy en día. Fue a partir de 1906 que la radio se comenzó a desarrollar y la primera distribución de frecuencias para las incipientes emisoras de radio de amplitud modulada (AM) se realizó en los Estados Unidos de Norteamérica después de 1920.

Con el desarrollo de la televisión, la frecuencia modulada (FM), el radar y un gran número de dispositivos electrónicos que fueron apareciendo con el transcurso de los años, fue necesario asignar un mayor número de frecuencias del espectro radioeléctrico a cada tipo de dispositivo en particular, con la finalidad de que al funcionar no se interfirieran unos con los otros.

Por ese motivo cada emisora de radio o de televisión, por ejemplo, tiene asignada una frecuencia fija a la que transmite y se recibe su señal en el radioreceptor o televisor. De no ser así sería un caos, porque si varias estaciones de radio o televisión transmitieran arbitrariamente en la misma frecuencia cada una, se interferirían unas con otras, escuchándose o viéndose todas al mismo tiempo.

La asignación de las frecuencias del espectro radioeléctrico para las transmisiones de radio y televisión generalmente la realiza el Ministerio de Comunicaciones de cada país. La asignación de otras frecuencias utilizadas en las comunicaciones por radio se establece por acuerdos internacionales entre los diferentes países.

Fue el físico alemán *Heindrich Rudolf Hertz (1857 – 1894)*, quien demostró, en la práctica, el principio que rige la propagación de las ondas electromagnéticas de las que forma

parte el espectro radioeléctrico. En su honor se implantó el hertz (Hz) como unidad de medida de la frecuencia.

6.2. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. [2]

El propósito de un sistema de comunicaciones electrónica es comunicar información entre dos o más ubicaciones (generalmente llamadas estaciones). Esto se logra convirtiendo la información de la fuente original a energía electromagnética y después transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde se convierte de nuevo a su forma original. La energía electromagnética puede propagarse en varios modos: como un voltaje o una corriente a través de un cable metálico, como ondas de radio emitidas por el espacio libre o como ondas de luz por una fibra óptica.

En lugar de conductores puede usarse el espacio atmosférico o el exterior. La información se convierte en señales que se radian en el espacio, las cuales se componen de campos eléctricos y magnéticos. Estas señales, llamadas por lo tanto, electromagnéticas, recorren largas distancias a través del espacio y se les denominan ondas de radiofrecuencia (RF).

Las ondas electromagnéticas son señales que oscilan; es decir, la amplitud de los campos eléctricos y magnéticos varía de manera alterna con rapidez específica. La intensidad del campo fluctúa hacia arriba y hacia abajo un número dado de veces por segundo. Las ondas electromagnéticas presentan una variación de forma senoidal. Su frecuencia se mide en ciclos por segundos (cps) Hertz (Hz). Estas oscilaciones pueden ocurrir en una frecuencia muy baja, o con una frecuencia bastante alta. El conjunto total de frecuencias se llama espectro electromagnético.

La energía electromagnética está distribuida a través de un rango de frecuencias casi infinito. El espectro de frecuencias electromagnéticas total que muestra las localizaciones aproximadas de varios servicios dentro de la banda se enseña en la figura 6.1. Puede verse que

el espectro de frecuencias se extiende desde las frecuencias subsónicas (unos cuantos hertz) a los rayos cósmicos, (10^{21} Hz). Cada banda de frecuencias tiene una característica única que la hace diferente de las otras bandas.

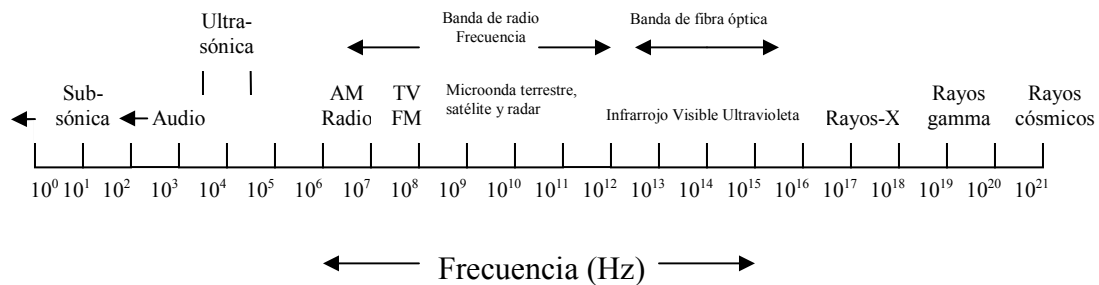


Figura 6.1. Espectro de frecuencias electromagnéticas.

Cuando se trata de onda de radio, es común usar las unidades de la longitud de onda en vez de la frecuencia. La longitud de onda es la longitud que un ciclo de una onda electromagnética ocupa en el espacio (es decir, la distancia entre los puntos semejantes en una onda repetitiva). La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda y directamente proporcional a la velocidad de propagación de la energía electromagnética en el espacio libre se asume que sea la velocidad de la luz, 3×10^8 m/s). La relación entre la frecuencia, velocidad y longitud de onda se expresa matemáticamente como

$$\text{Longitud de Onda} = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Frecuencia}} \dots\dots\dots 6.1.$$

En donde λ = longitud de onda (metros por ciclos)

c = velocidad de la luz ($300,000,000$ m/s)

f = frecuencia (hertz)

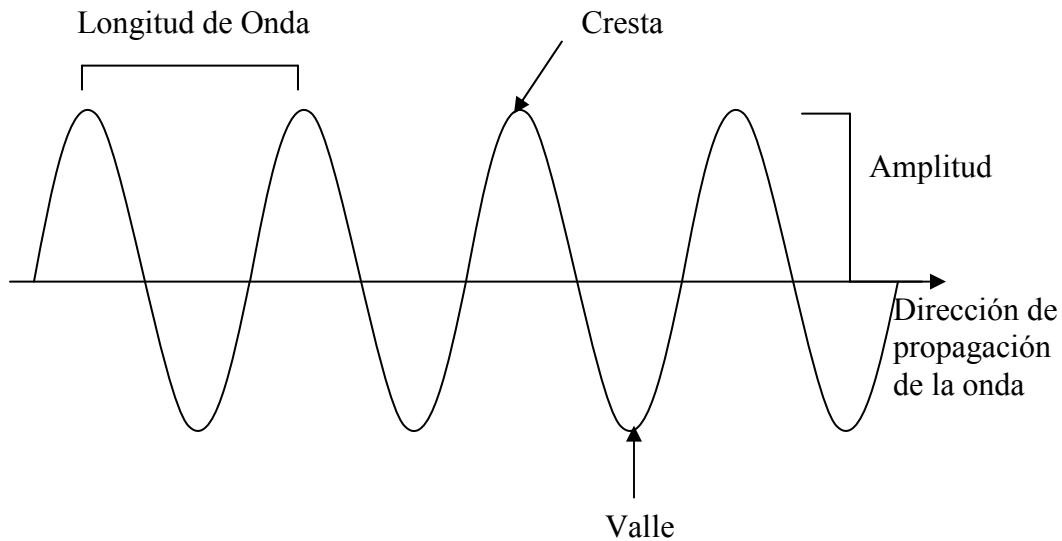


Figura 6.2. Características de una onda.

6.3. FRECUENCIAS DE TRANSMISIÓN. [7]

El espectro total de la frecuencia electromagnética está dividido en subsectores o bandas. Cada banda tiene un nombre y límites. En Estados Unidos, las asignaciones de frecuencias para la propagación de radio en espacio libre, son asignadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Por ejemplo, la banda de radiodifusión de FM comercial se extiende de 88 a 108 MHz. Las frecuencias exactas asignadas a transmisores específicos funcionando en las diversas clases de servicios están constantemente actualizándose y alterándose, para cubrir las necesidades de comunicaciones de la nación. Sin embargo, la división general del espectro de frecuencia totalmente utilizable se decide en las Convenciones Internacionales de Telecomunicaciones, las cuales son realizadas aproximadamente cada 10 años.

El espectro de frecuencia de radio (RF) totalmente utilizable se divide en bandas de frecuencia más angostas, las cuales son asignadas con nombres descriptivos y números de banda. Las designaciones de banda del Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR), se menciona en la tabla 6.1. Varias de las bandas se dividen en diversos tipos de servicios, tales como una búsqueda a bordo de un barco, microondas, satélite, búsqueda móvil basada en

tierra, navegación de barco, aproximación de aeronaves, detección de superficie de aeropuerto, clima desde aeronaves, teléfono móvil y muchos más.

Tabla 6.1. Designaciones de la banda de CCIR.

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de onda
			Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
Super baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3–30 kHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia	LF	5	30–300 kHz	10 km – 1 km
Media frecuencia	MF	6	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia	HF	7	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia	SHF	10	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
			Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

Muchos tipos de dispositivos inalámbricos emplean los campos RF, tal es el caso de teléfonos inalámbricos y celulares, radios y televisiones, sistemas de comunicación vía satélite, y servicios de radio con comunicación bidireccional. Algunos dispositivos inalámbricos operan en frecuencias infrarrojas o visibles, como la mayoría de los controles remotos de TV, algunos teclados y mouses para computadora y unos cuantos audífonos inalámbricos.

Con las tecnologías de radio frecuencia se pueden crear de manera sencilla y segura redes inalámbricas para transmitir información incluso de un edificio a otro, de hecho, muchas compañías ya las utilizan para agilizar sus procesos y eliminar las limitaciones y el peligro que representa el uso de cables en actividades industriales. Por otra parte, las aplicaciones RF, igual que el resto de la tecnología electrónica, han venido experimentado una reducción de precios en favor de los usuarios, ya no son exclusivas de grandes empresas, hoy son accesibles y rentables incluso para las pequeñas organizaciones.

Interfaz RS-232

Este capítulo trata de las diferentes conexiones que comunican a la computadora con cualquier otro dispositivo, así como las características de cada una y la explicación de las terminales que forman los conectores.

7.1. INTERFACES SERIALES. [8] [10] [14]

Para asegurar un flujo ordenado de datos entre la unidad de control de línea y el modem, se coloca una interfase serial entre ellos. La interfase coordina el flujo de datos, señales de control e información de sincronización, entre el DTE y el DCE.

Antes de que las interfases seriales fueran estandarizadas cada compañía fabricaba equipos de comunicación de datos utilizando configuración de interfase diferente. Mas específicamente, el arreglo del cableado entre el DTE y el DCE, el tipo y tamaño de los conectores usados y los niveles de voltaje varió considerablemente de vendedor a vendedor. Para interconectar equipo fabricado por diferentes compañías se tuvieron que construir convertidores de nivel especial, cables y conectores. La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) es un esfuerzo para estandarizar equipos de interfase, entre el equipo de terminal de datos y el equipo de comunicación de datos, acordó sobre un conjunto de estándares, los cuales se llaman especificaciones RS-232C.

Las especificaciones RS-232C identifican la descripción mecánica, eléctrica y funcional para la interfase entre el DTE y el DCE. La interfase RS-232C es parecida a los estándares CCITT combinados V.28 (especificaciones eléctricas) V.24 (descripción funcional) y esta diseñado para la transmisión serial de datos, hasta 20000 bps, para una distancia aproximadamente 50 pies. La EIA ha adoptado un nuevo conjunto de estándares llamado RS-449A, el cual cuando se usa, en conjunto, con el estándar RS-422A o RS-423, pueden funcionar a proporciones de datos hasta 10 Mbps y distancias de alcance hasta 1200 m.

7.2. INTERFASE RS-232C. [1] [9] [13]

La norma RS-232C define Terminal DTE como el equipo que es origen y destino de la información y emplea Terminal DCE para hacer referencia al equipo que hace viable la transmisión de la información a través de la línea telefónica (que normalmente será un modem).

Pero en muchas ocasiones es preciso conectar dos equipos que tienen que ser considerados ambos como DTE, sin que sea práctico desde ningún punto de vista la intercalación de módems y de una línea telefónica, por ejemplo, si se desea conectar un ordenador a una impresora, a un equipo de medida o, incluso, si se desea conectar a otro ordenador. La vía más sencilla, en principio, es utilizar los puertos serie para este tipo de comunicaciones, sin olvidar que, al tratarse de dos equipos de tipo DTE, el significado de cada una de esas líneas queda desvirtuado en relación con lo que se había previsto inicialmente. En tal caso, se debe establecer una conexión física respetando la norma RS-232 en cuanto a características eléctricas y función de cada terminal, constituyendo así un modem ficticio o null modem, que corresponde con el esquema de la figura 7.1.

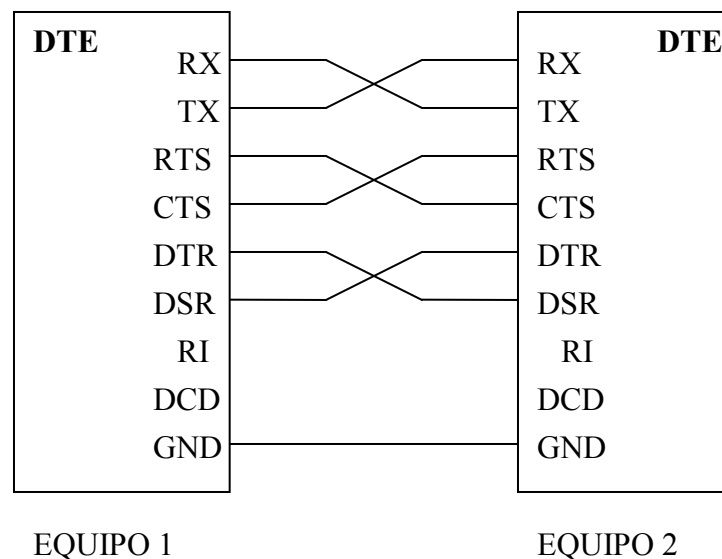


Figura 7.1. Conexión null modem entre puertos serie RS-232C.

Las líneas DCD y RI han quedado libres de conexión, pues están diseñadas exclusivamente para conectarse un modem, aunque algunas aplicaciones requieren la utilización de la línea DCD para completar el protocolo que definen; los manuales y las indicaciones de los fabricantes proporcionan mas detalles sobre cada caso. Con esa conexión y cuando la aplicación lo permita, se pueden utilizar las líneas de control para realizar funciones tales como el control del enlace o el control del flujo de la información.

También pueden realizarse cables con otro tipo de conexiones, como los mostrados en la figura 7.2. En cualquier caso, al interconectar equipos que puedan considerarse como terminales DTE, y a pesar de que en los manuales se indique que disponen de un conector estándar RS-232, deben analizarse sus características con detalle y preparar el cable de la conexión adecuado.

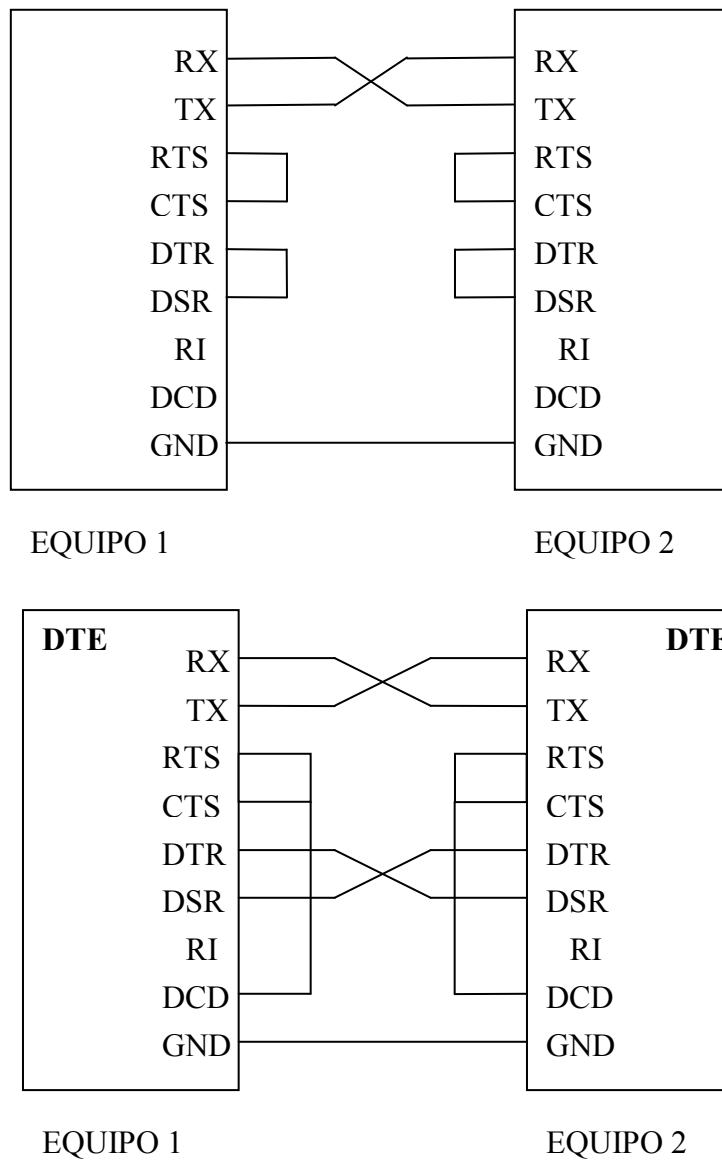


Figura 7.2. Otros tipos de conexiones entre equipos DTE.

La gestión y programación de las comunicaciones en serie a través de los puertos del PC pueden realizarse de acuerdo a tres niveles:

- Nivel 0: Gobernando el puerto serie en el nivel de registros, es decir, programando el chip UART que gestiona el puerto de acuerdo con la norma RS232C.

- Nivel 1: Utilizando las herramientas de programación que proporciona el sistema. Cuando se programa en ensamblador, se hará a través de la interrupción encargada de realizar esas operaciones, que en los ordenadores tipo PC es la INT 0X14 del BIOS. Si la programación se hace en lenguaje C, se podrán utilizar las funciones que proporciona el compilador para gestionar las comunicaciones en serie, cuyos prototipos se incluyen normalmente en el fichero cabecera BIOS.H (en Turbo C la función es bioscom() y en Microsoft C es _bios_serialcom(), ambas con características similares).
- Nivel 2: Mediante los comandos y convenciones del sistema operativo, es decir, considerando el puerto serie como un archivo del DOS.

7.3. PROGRAMACIÓN DEL CHIP UART DEL PC. [6] [7] [14]

Las tarjetas que realizan la interfase entre el microprocesador del PC y el puerto de comunicaciones en serie se basan en un circuito integrado UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter). En los primeros ordenadores PC/XT, el chip que incorpora la tarjeta es el 8350, sustituido posteriormente por el 16450 o el 82450, que son totalmente compatibles con el anterior, pero con más ventajas. Por ejemplo, la velocidad de transmisión máxima con el 8250 es de 9,600 baudios mientras que con el 16450 se pueden alcanzar hasta 115,200 baudios, aunque para ello es preciso programar directamente a nivel de registros, puesto que la interrupción INT 0X14 no está preparada para ello.

Las funciones que son específicas del chip UART son las siguientes:

- Recibir del ordenador los bytes de información que se quieren enviar a través del puerto serie.
- Añadir a cada byte de información los correspondientes bits de arranque, de paridad y de parada, de acuerdo con los parámetros que se programen.
- Enviar el conjunto de bits de información y de control de uno en uno, a la velocidad apropiada.

- Recibir la secuencia de bits procedentes del exterior, muestrear con la frecuencia adecuada para distinguir los bits de arranque, los bits de parada, el bit de paridad y los bits de información.
- Convertir los bits de información recibidos en serie en un conjunto de 8 bits en paralelo (en un byte) para entregarlos al ordenador.
- Activar los indicadores de errores cuando se produzcan.
- Generar una señal de petición de interrupción a la CPU a través de una línea específica para ello. Esta petición estará condicionada a la programación del propio chip UART.

La programación en el nivel de registros del UART que incorporan las tarjetas de interfase serie en el PC es bastante sencilla, puesto que cada uno de esos registros tiene una dirección de puerto entrada/salida, de modo que, conociendo el registro que se quiere programar o al que se desea acceder, se puede leer o escribir en el mismo mediante las funciones `inp ()` y `outp ()` ya conocidas.

Tabla 7.1. Registros del integrado UART 8250 y sus direcciones relativas.

Nombre	Dirección	Descripción
TxD	0X0	Registro de escritura donde se almacena el dato que saldrá por la línea de transmisión TX.
RxD	0X0	Registro de lectura donde se almacena el dato que se recibe por la línea de recepción RX.

Tabla 7.2. *Asignación de pines a las líneas de la norma RS-232.*

Circuito	Conector DB-25	Conector DB-9
Tierra	1	-
GND	7	5
TX	2	3
RX	3	2
DTR	20	4
DSR	6	6
RTS	4	7
CTS	5	8
RI	22	9
DCD	8	1

A continuación se explicarán cada una de las terminales y sus funciones de los conectores utilizados:

- **1 CG, *Chassis Ground*, Tierra del chasis. [4] [14]**

Este circuito (también llamado *Frame Ground* masa del cuadro) es un mecanismo para asegurar que los chasis de los dos dispositivos estén al mismo potencial, y para impedir una descarga eléctrica al operador. Este circuito no es usado como referencia por ningún otro voltaje y es optativo. Si se usa, debería tomarse alguna precaución para no crear bucles de tierra. Es la tierra de seguridad del sistema.

- **2 TD, *Transmit Data*, Datos de transmisión. [6]**

Este circuito es la trayectoria por medio del cual los datos se envían desde el DTE al DCE. Este circuito debe estar presente si los datos deben viajar en esa dirección en cualquier momento.

- **3 RD, *Receive Data*, Datos de recepción. [1]**

Esta línea es el recorrido por medio del cual los datos se envían desde el DCE al DTE. Esta línea debe estar presente si los datos deben viajar en esa dirección en un momento dado.

- **4 RTS, *Request To Send*, Petición de envío. [5]**

Este circuito es la señal que indica que el DTE desea enviar datos al DCE, (ninguna otra línea está disponible para la dirección opuesta, de aquí en adelante el DTE debe estar siempre listo para aceptar datos). En operación normal, la línea de RTS estará OFF, (1 lógico o MARCA). Una vez que el DTE tiene los datos para enviar, y han determinado que el canal no está ocupado, colocará RTS a ON, (0 lógico o ESPACIO), y esperará un estado ON en el CTS desde el DCE, al tiempo que puede entonces comenzar a enviar. Una vez que el DTE culmino el envío, vuelve a fijar RTS a OFF, (1 lógico o MARCA). Sobre un canal full duplex o simplex, esta señal puede colocarse a ON una vez en la inicialización y quedar en esta condición. Algunos DCE's deben tener un RTS entrante a fin de poder transmitir, (aunque esto no sigue estrictamente el estándar). En este caso, esta señal deberá ser traída desde el DTE, o proveída por un cortocircuito (p. ej. desde DSR), localmente al DCE.

- **5 CTS, *Clear To Send*, Limpieza de envío. [2] [14]**

Esta línea es la señal que indica que el DCE está preparado para aceptar datos desde el DTE. En operación normal, la línea CTS estará en la condición OFF. Cuando el DTE confirma RTS, el DCE hará lo que sea necesario para permitir que los datos sean enviados, (p. ej. un módem alzaría la portadora, y esperará hasta que se estabilice). En este momento, el DCE colocaría CTS a la condición ON, que permitiría entonces al DTE enviar datos. Cuando la línea RTS desde el DTE retorna a la condición OFF, el DCE descarga el canal (p. ej. un módem bajaría la portadora), y entonces CTS restaura la condición OFF. Un DTE típico debe tener un CTS entrante antes que pueda transmitir. Si no existe esta señal, deberá ser traída desde el DCE, o proveída por un cortocircuito localmente al DTE (p. ej. desde DTR).

- **6 DSR, *Data Set Ready*, Datos preparados. [6] [8]**

Esta línea es la señal que informa al DTE que el DCE está vivo y bien. Es normalmente puesta a ON por el DCE al encenderse este. Un DTE típico deberá tener un DSR entrante a fin de desempeñarse normalmente. Si no existe esta línea, debe ser traída desde el DCE, o provista por un corto localmente al DTE (por ejemplo desde DTR). Sobre el DCE, esta señal

está casi siempre presente, y puede volverse atrás (a DTR o RTS) para satisfacer las señales requeridas cuya función no está implementada.

- **7 SG, *Signal Ground*, Señal de tierra. [1] [12]**

Este circuito es de tierra al que todos los otros voltajes están referenciados. Debe estar presente en cualquier interfaz RS-232.

- **8 DCD, *Data Carrier Detect*, Portadora de datos detectada. [1]**

Ésta es la señal por medio del cual el DCE informa al DTE que tiene una portadora entrante. Puede ser usado por el DTE para determinar si el canal está desocupado, y que el DTE pueda pedir un RTS. Algunos DTE's deben tener un DCD entrante antes que ellos puedan operar. En este caso, esta señal debe ser traída desde el DCE, o proveída (p. ej. desde DTR) por un corto, localmente al DTE.

- **15 TC, *Transmit Clock*, Reloj de transmisión. [4]**

Esta terminal provee el reloj para la sección de transmisor de un DTE sincrónico. Debe estar presente sobre las interfaces sincrónicas. Puede o no correr al mismo rango que corre en el receptor.

- **17 RC, *Receiver Clock*, Reloj de recepción. [14]**

Esta terminal provee el reloj para la sección de receptor de un DTE sincrónico. Ambos TC y RC son provistos por el DCE. Al igual que TC, este circuito debe estar presente sobre las interfaces sincrónicas. Puede no correr al mismo rango de clock que el del transmisor.

- **20 DTR, *Data Terminal Ready*, Terminal de datos listo. [10]**

Esta línea provee la señal que informa al DCE que el DTE está vivo y bien. Es normalmente puesta a ON por el DTE al encenderse este. Un DCE típico deberá tener un DTR

entrante a fin de desempeñarse normalmente. Esta señal deberá ser traída desde el DTE, o proveído por un corto localmente al DCE si no existe (p. ej. desde DSR).

Sobre el lado del DTE, esta señal está casi siempre presente, y puede volverse atrás (p. ej. a DSR, CTS o DCD) para satisfacer las señales, (p. ej. “hand shaking”) requeridas, cuya función tampoco está implementada.

La Norma RS-232C para comunicaciones en serie fue establecida por la EIA y es equivalente a la norma V.24, aunque utilizan diferentes designaciones para las líneas.

El título formal de la norma es Conexión entre un Equipo Terminal de Datos (DTE) y un Equipo de Comunicación de Datos (DCE) empleando un intercambio de datos binarios en serie.

Evidentemente, se trata de una norma pensada, al menos inicialmente, para estandarizar la conexión entre un equipo transmisor/receptor de datos en serie, que sería el denominado DTE, y un modem, el DCE.

Las características eléctricas más importantes que establece esta norma son las siguientes:

- Se considera 0 lógico a los valores de tensión entre 3 y 15 Voltios en las entradas y entre 5 y 15 en las salidas. Se considera un 1 lógico a los valores de tensión entre -15 y -3 Voltios en las entradas y entre -5 y -15 en las salidas.
- Las tensiones en las líneas serán inferiores a 25 voltios.
- La protección contra cortocircuito en las líneas será tal que la corriente máxima de cortocircuito en cualquier línea será de 0.5 amperios.

Tabla 7.3. Especificaciones del voltaje del RS-232C (VCD).

	Pins de Datos	
	1 Lógico	0 Lógico
Controlador	-5 a -15	+5 a +15
Terminador	-3 a -25	+3 a +25
	Pins de control	
	<i>Habilitar “encendido”</i>	<i>Deshabilitar “apagado”</i>
Controlador	+5 a +15	-5 a -15
Terminador	+3 a +25	-3 a -25

Las características mecánicas de la norma establecen que la conexión se realizara a través de un conector de 25 pines, según la norma ISO IS2110, también llamado CANNON o DB-25. Actualmente también se utilizan conectores de 9 pines (DB-9), puesto que lo mas frecuente es que se utilicen solo algunas de las líneas establecidas por la norma.

7.4. LIMITACIONES DE LA INTERFASE RS-232C. [13] [14]

La RS-232C tiene una limitación de distancia máxima de 15 metros. Si bien no es una desventaja considerable cuando los equipos a conectar se encuentran cerca, sí es un inconveniente cuando la RS-232 se utiliza para conectar directamente terminales o impresoras que puedan estar lejanas.

Cuando una señal cambia de una condición a otra, la especificación limita el tiempo que puede permanecer en la región de transición. Este requerimiento determina el máximo de capacidad distribuida admisible en el cable, porque la capacidad limita el tiempo de transición de la señal. La norma RS-232 especifica que la capacidad en la línea no debe superar los 2.500 pf. Los cables que se suelen utilizar tienen una capacidad de 120 a 150 pf por metro de longitud, por lo que la RS-232 tiene como límite de 15 m de distancia, como se vio anteriormente.

Una segunda limitación de la RS-232 es su método de toma de tierra o retorno común. Este método, llamado transmisión no balanceada, funciona bien la mayor parte del tiempo. Sin embargo, si hay diferencia de potencial entre los dos extremos del cable (lo cual es bastante probable en recorridos largos), se reduce la región de transición entre marca y espacio. Cuando ocurre esto, existe la posibilidad que no se interpreten bien los distintos estados de la señal.

Otra dificultad es su máximo de 20 KB/s para la velocidad de transmisión. Si bien en el momento de aparición del estándar era suficiente, en la actualidad, comparando con las velocidades alcanzadas por las redes de área local, 10 y 100 MB/s y las exigencias de ancho de banda que las aplicaciones requieren, la RS-232 en algunos casos está disminuyendo su aplicación.

A partir de la RS-232 se desarrollaron nuevas interfaces que pretenden transmitir a mayor velocidad alcanzando mayor distancia. Estas nuevas interfaces como la RS-422 y la RS-423 eliminan algunas de las restricciones de la RS-232, por ejemplo, la de poseer un retorno común para todas las señales.

Antenas

En este capítulo se explican la definición de una antena, sus características, sus limitaciones y los diferentes tipos de antenas que existen. También se observa como se propaga en el medio en que se este trabajando.

8.1. INTRODUCCIÓN. [1]

En esencia, una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas, y una guía de onda es un tubo metálico conductor por medio del cual se propaga energía electromagnética de alta frecuencia, por lo general entre una antena y transmisor, un receptor, o ambos. Una antena se utiliza como la interfase entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Una guía de onda, así como una línea de transmisión, se utiliza solo para interconectar eficientemente una antena con el transceptor. Una antena acopla energía de la salida de un transmisor a la atmósfera de la tierra o de la atmósfera de la tierra a un receptor. Una antena es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal, por lo menos no en el sentido real de la palabra, y recíproco en cuanto a que las características de transmisión y recepción de una antena son idénticas, excepto donde las corrientes de alimentación al elemento de la antena se limitan a la modificación del patrón de transmisión.

8.2. FUNDAMENTOS DE LAS ANTENAS. [5]

Una antena consiste en uno o más conductores eléctricos de una longitud específica, que emite ondas de radio generadas por un transmisor o que captan ondas para un receptor. Existen cientos de tipos de antenas en uso hoy en día.

8.3. OPERACIÓN BÁSICA DE LA ANTENA. [2] [9]

La operación básica de la antena se comprende mejor al observar los patrones de ondas estacionarias de voltaje en una línea de transmisión, los cuales se muestran en la figura 8.1 a). La línea de transmisión termina en un circuito abierto, que representa una discontinuidad abrupta en la onda de voltaje incidente en la forma de una inversión de fase. La inversión de la fase resulta cuando parte del voltaje incidente se irradia, en lugar de ser reflejado de nuevo a la fuente. La energía radiada se propaga lejos de la antena en forma de ondas electromagnéticas transversales. La eficiencia de radiación de una línea de transmisión abierta es en extremo

baja. La eficiencia de radiación es la relación entre la energía radiada y la energía reflejada. Para radiar más energía, sólo hay que separar más los conductores. Una antena así se le llama dipolo (que significa 2 polos) y se muestra en la figura 8.1 b).

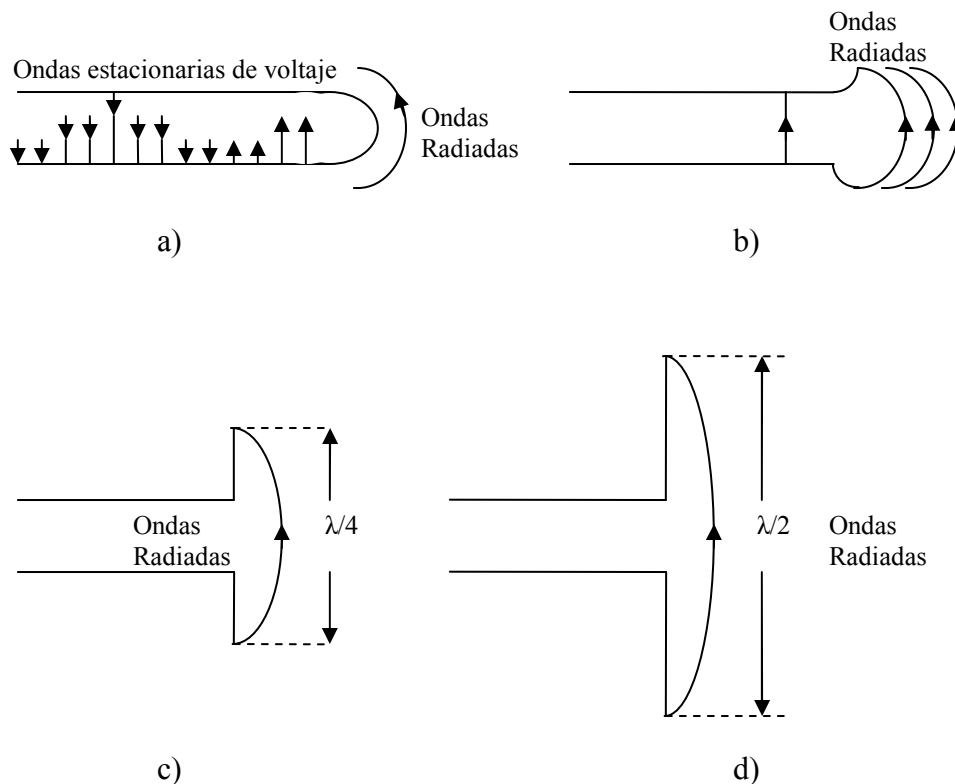


Figura 8.1. Radiación de una línea de transmisión: (a) radiación de la línea de transmisión; (b) conductores difusores; (c) antena Marconi; (d) antena Hertz.

En la figura 8.1 c), los conductores están separados en línea recta a una longitud total de un cuarto de longitud de onda. Dicha antena se llama dipolo de un cuarto de onda básico o monopolo vertical (que a veces se le llama antena Marconi). Un dipolo de media onda se llama antena Hertz y se muestra en la figura 8.1 d).

8.4. ONDAS DE RADIOS. [1] [3]

La onda de radio en esencia es una onda electromagnética, porque está constituida por una combinación de campos eléctricos y magnéticos. Siempre que se aplique un voltaje a una antena, se producirá un campo eléctrico. Al mismo tiempo, este voltaje desarrollará un flujo de corriente en la antena, el cual producirá un campo magnético. Los campos eléctricos y magnéticos están en ángulo recto entre si. Dichos campos son emitidos desde la antena y se propagan en el espacio hasta distancias muy grandes la figura 8.2 muestra el concepto general de los campo eléctrico y magnéticos que componen una señal de radio.

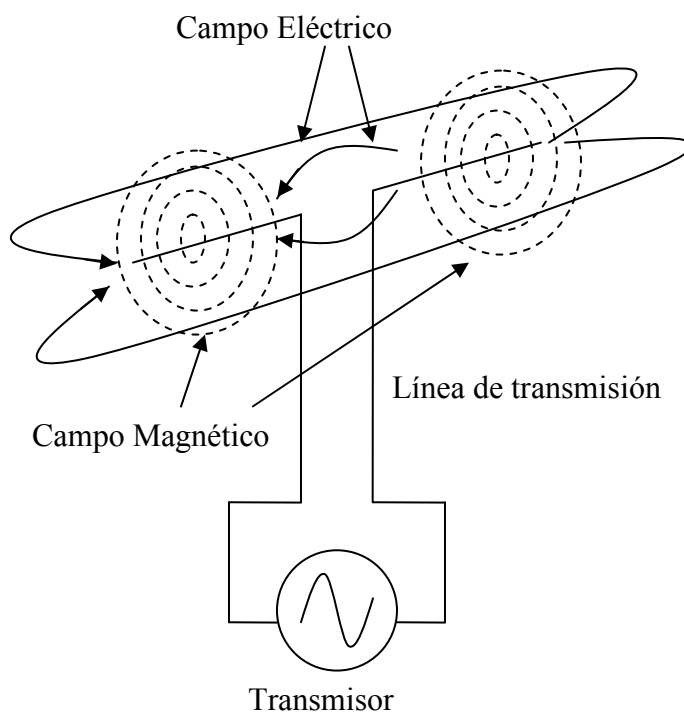


Figura 8.2. Campos Eléctrico y Magnético producidos por una antena.

La figura 8.3 ilustra un mejor concepto de la configuración de un campo electromagnético. Observe que la amplitud de los campos eléctricos y magnéticos varía de manera senoidal, según la frecuencia de la señal que se está radiando. Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre si, y también lo son en propagación de la onda.

8.5. POLARIZACIÓN DE LAS ANTENAS. [3] [12]

En la transmisión y recepción de radio es fundamental la orientación de los campos eléctricos y magnéticos con respecto a la tierra. La dirección de campo eléctrico especifica la polarización de la antena. Si el campo eléctrico es paralelo a la superficie terrestre como en la figura 8.2 a), se dice que la onda electromagnética esta polarizada horizontalmente. Sin embargo, si dicho campo es perpendicular a la tierra, como en la figura 8.2 b), entonces la onda esta polarizada verticalmente. Como cabría esperar, las antenas que son horizontales respecto de las superficies de la tierra producen polarización horizontal, y las que son verticales originan polarización vertical.

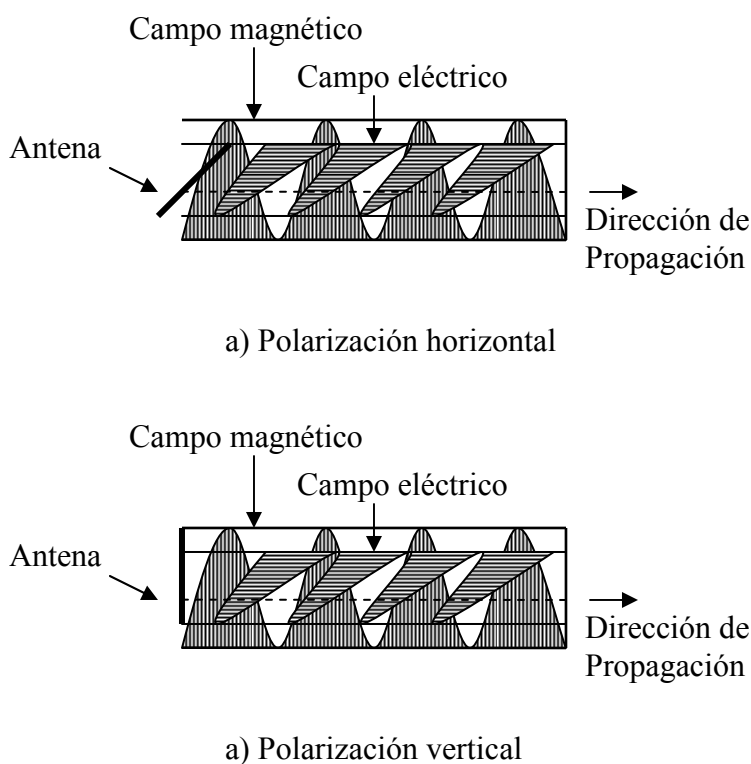


Figura 8.3. La orientación de los campos eléctrico y magnético determina la polarización de la señal.

El factor más importante es que las antenas de transmisión y recepción deben tener la misma polarización para que la transmisión y la recepción sean óptimas.

En teoría, una onda con polarización vertical producirá 0 V en una antena horizontal, y viceversa. Pero durante la transmisión a grandes distancias las ondas sufren ligeros cambios en su polarización debido a diversos efectos de propagación. Por ello, aunque la polarización de las antenas de transmisión y recepción no sea la misma, una señal será recibida aun cuando los resultados óptimos ocurran cuando la polarización de ambas antenas coincida.

8.6. IMPEDANCIA DE ENTRADA DE LA ANTENA. [13]

La radiación proveniente de una antena es el resultado directo del flujo de corriente de RF. La corriente fluye a la antena a través de la línea de transmisión, que esta conectada a un espacio pequeño entre los conductores que componen la antena. El punto en la antena donde se conecta la línea de transmisión se llama terminal de entrada de la antena o solamente punto de alimentación. El punto de alimentación presenta una carga en ca a la línea de alimentación llamada impedancia de entrada de la antena. Si la impedancia de salida del transmisor y la impedancia de entrada de la antena son iguales a la impedancia característica de la línea de transmisión, no habrá ondas estacionarias en la línea, y se transfiere la potencia máxima a la antena y se irradia.

La impedancia de entrada de la antena es solo la relación del voltaje de entrada de la antena con la corriente de entrada. Matemáticamente, la impedancia de entrada es

$$Z_{\text{entrada}} = \frac{E_i}{I_i} \dots\dots\dots 8.1.$$

Donde Z_{entrada} = impedancia de entrada de la antena (ohms)

E_i = voltaje de entrada de la antena (volts)

I_i = corriente de entrada de la antena (amperes)

La impedancia de entrada de la antena generalmente es compleja. Sin embargo, si el punto de alimentación se encuentra en un máximo de corriente y no hay componente reactiva, la impedancia de entrada es igual a la suma de la impedancia de radiación y la impedancia efectiva.

8.7. TIPOS DE ANTENAS. [12] [13]

Existen dos tipos principales de antenas:

- Las antenas de hilo. Son antenas cuyos elementos radiantes son conductores de hilo que tienen una sección despreciable respecto a la longitud de onda de trabajo. Las dimensiones suelen ser como máximo de una longitud de onda. Se utilizan extensamente en las bandas de MF, HF, HF, VHF y UHF. Se pueden encontrar agrupaciones de antenas de hilo. Ejemplos de antenas de hilo son:
 - El monopolo vertical.
 - El dipolo y su evolución, la antena Yagi.
 - La espira.
 - La hélice.

Las antenas de hilo se analizan a partir de las corrientes eléctricas de los conductores.

- De apertura. Las antenas de apertura son aquellas que utilizan superficies o aperturas para direccionar el haz electromagnético de forma que concentran la emisión y recepción de su sistema radiante en una dirección, formando ángulos sólidos. La más conocida y utilizada en la actualidad es la antena parabólica, tanto en enlaces de radio terrestres como satélites. La ganancia de dichas antenas estará relacionada con la superficie de la parábola, a mayor tamaño mayor alineación del haz se tendrá y por lo tanto mayor ganancia en una menor apertura angular. El elemento radiante es el Iluminador, el cual puede iluminar en forma directa a la parábola o en forma indirecta mediante un subreflector, dependiendo del diseño de la misma. El iluminador está generalmente ubicado en el foco de la parábola.

Hay dos tipos de antenas de apertura según su tipo de apertura:

- de ancho estándar

- de apertura sintética (por software)

Ejemplos de aperturas son:

- La antena de bocina.
- La antena parabólica.
- La antena parabólica del Radar Doppler.
- Superficies reflectoras en general.

8.8. INFLUENCIA DE LA TIERRA. [1]

La conductividad del terreno es un factor determinante en la influencia de la tierra sobre la propagación de las ondas electromagnéticas. La conductividad de la superficie de la tierra depende de la frecuencia de las ondas electromagnéticas que inciden sobre ella y del material por la que esté compuesta, comportándose como un buen conductor a bajas frecuencias y reduciendo su conductividad a frecuencias mayores.

El coeficiente de reflexión del suelo es un parámetro relacionado con la conductividad e informa acerca de como se reflejan las ondas en él. Su valor depende del ángulo de incidencia y del material que conforma el suelo: tierra húmeda, tierra seca, lagos, mares, zona urbana, etc.

Para un determinado coeficiente de reflexión, la energía reflejada por el suelo aumenta a medida que aumenta el ángulo de incidencia respecto de la normal, siendo la mayor parte de la energía reflejada cuando la incidencia es rasante, y teniendo los campos eléctrico y magnético de la onda reflejada casi la misma amplitud que los de la onda incidente.

En el caso de las antenas, tratándose habitualmente de emisión o recepción a grandes distancias, casi siempre existe una incidencia rasante.

El rayo reflejado por la tierra puede modelarse, desde el punto de vista de la antena receptora, como el rayo transmitido por una antena imagen de la antena transmisora, situada bajo el suelo. El rayo reflejado recorre más distancia que el rayo directo.

La apariencia de la antena imagen es una imagen especular de la apariencia de la antena transmisora real. En algunos casos se puede considerar que la onda transmitida desde la antena real y la onda transmitida desde la antena imagen tienen aproximadamente la misma amplitud, en otros casos, por ejemplo cuando el suelo tiene irregularidades de dimensiones similares o mayores que la longitud de onda, la reflexión del rayo incidente no será neta.

La distancia recorrida por el rayo reflejado por la tierra desde la antena transmisora hasta la antena receptora es mayor que la distancia recorrida por el rayo directo. Esa diferencia de distancia recorrida introduce un desfase entre las dos ondas.

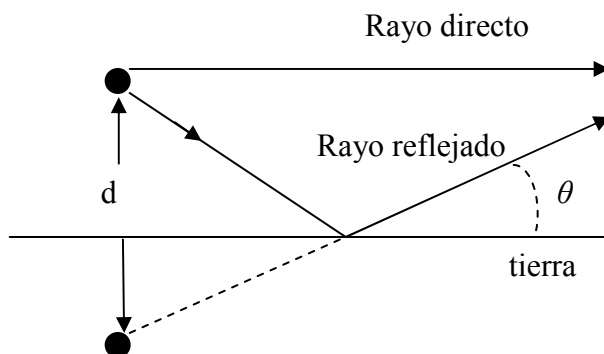


Figura 8.4. *Rayo reflejado por la tierra.*

La figura 8.4 representa un ángulo de incidencia respecto de la horizontal θ muy grande cuando, en la realidad, el ángulo suele ser muy pequeño. La distancia entre la antena y su imagen es d .

La reflexión de las ondas electromagnéticas depende de la polarización. Cuando la polarización es horizontal, la reflexión produce un desfase de π radianes, mientras que cuando la polarización es vertical, la reflexión no produce desfase.

Microcontrolador ATmega32

Este capítulo se refiere al diseño del Microcontrolador ATmega32, como opera, sus conexiones, y sus funciones internas. Se describen sus periféricos para tener un buen análisis en su comportamiento.

9.1. DESCRIPCIÓN DE UN MICROCONTROLADOR. [7] [16]

Un microcontrolador es un circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de una pequeña computadora. En su interior se encuentra un procesador, memoria, y varios periféricos.

Frente a datos de entrada, sigue un programa, un algoritmo dado por un programador y cambia su estado interior. Como objetos o dispositivos de entrada o salida podemos encontrar diversos periféricos, desde simples líneas de entrada digital que pueden estar a cero o a uno, hasta complejos puertos usados en ordenadores que permiten comunicar con otros dispositivos externos como microcontroladores o PC.

Los microcontroladores son diseñados para aplicación de control de máquinas, más que para interactuar con humanos.

Una característica que tienen los microcontroladores es que estas manejan capacidades de memorias de kbytes a diferencia de unidades de control basadas en una PC la cual maneja cantidades de memoria de escalas muy grandes como lo son Gigabytes y en algunas circunstancias terabytes.

Cabe recalcar con lo anteriormente escrito concretar que los microcontroladores son y van a ser usados donde por espacio, comodidad, versatilidad una computadora no puede entrar en ese diseño tomando en cuenta que por su enorme flexibilidad los microcontroladores estarán presentes en el 95% de los diseños electrónicos tanto en el ramo industrial, médico, militar entre otros cumpliendo la función de controlar a los circuitos que gobierna.

9.2. MICROCONTROLADOR ATMEGA32. [16]

Este tipo de microcontrolador tiene integrados varios periféricos, entre ellos: puertos de entrada y salida digital y analógicos, un puerto USART, convertidores análogo-digital, un oscilador RC interno, y puede ser programado dentro del circuito (“In System Programmable”), entre otras ventajas.

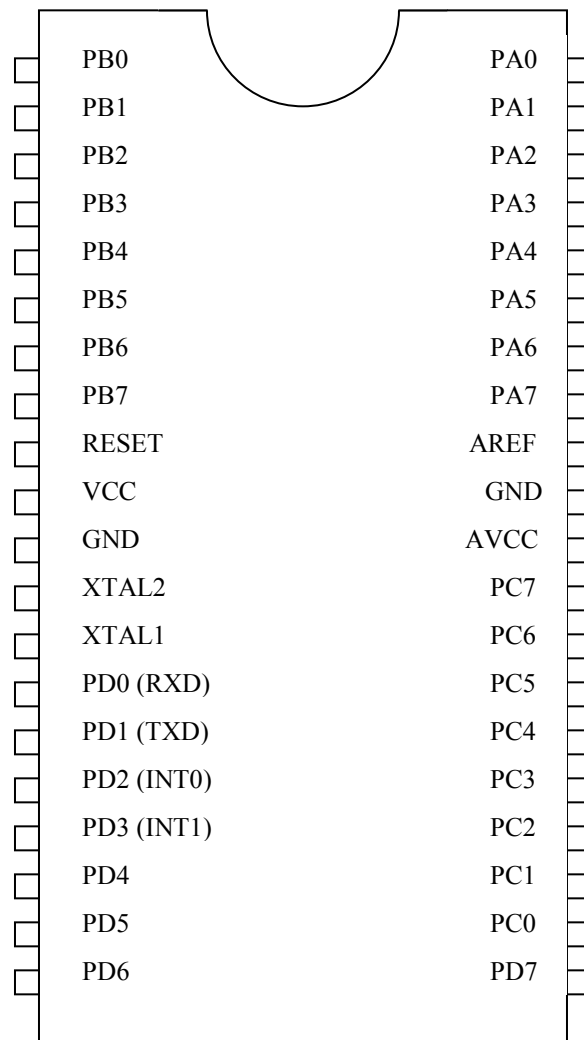
El microcontrolador ATMEGA32 es un dispositivo de la compañía ATMEL el cual presenta grandes ventajas las cuales serán descritas de la siguiente manera:

- Cuenta con una memoria interna de 32 kbytes, el cual el software del programa no debe rebasar esta capacidad.
- En algunos diseños se ha logrado rebasar esta capacidad por el que usuario o diseñados se ha visto en la tarea de agregar una memoria extra denominada memoria RAM, esto se hace con la finalidad de no entorpecer el código de programa y mas que nada dejar espacio para futuros rediseños del programa.

Hoy en día se pueden encontrar dispositivos que cuentan con capacidades de memoria elevadas, las compañías fabricantes de estos dispositivos pelean en el mercado tratando de hacer que estos circuitos integrados completos presenten nuevas innovaciones tecnológicas en su interior. Las compañías principales que luchan en el mercado de los microcontroladores son MICROCHIP, ATMEL, TEXAS INSTRUMENTS, solo por citar algunas.

9.3. DESCRIPCIÓN INTERNA DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA32. [6]

A continuación se mostrará una breve descripción de las terminales del microcontrolador ATMEGA32.



ATMEGA32

Figura 9.1. *Arquitectura del Microcontrolador ATMEGA32.*

Como se muestra en la figura 9.1, para poder acceder a las diferentes ventajas que ofrece un microcontrolador se deben configurar las terminales, ya que mismos pines comparten tanto entradas/salidas, como periféricos; tales como modos de ADC, PWM, interrupciones entre otros, todos estos elementos se encuentran en diferentes dispositivos de control, en este caso en sistemas embebidos llamados microcontroladores.

Estas grandes ventajas son tomadas muy en cuenta por fabricantes de dichos dispositivos, por lo cual podemos encontrar en el mercado diversos tipos de microcontroladores, donde el usuario o diseñador con microcontroladores elige cual es el adecuado para que su diseño o fabricación de equipo trabaje en optimas condiciones.

Es tarea del usuario conocer en gran escala la configuración interna del microcontrolador, así como la configuración de las memorias de dicho dispositivo, ya que muchos de ellos poseen diversas direcciones de memoria. El no conocer el dispositivo con el que se esta trabajando puede ocasionar problemas y ciertos errores en el circuito lógico con el que se prueba el software utilizado en el diseño del proyecto.

VCC: Voltaje de alimentación.

GND: Tierra.

PORT A (PA7...PA0):

El puerto A sirve como entradas análogas para el convertidor A/D. El puerto A sirve como un puerto de entradas / salidas con 8 bits bidireccionales, si el convertidor A/D no es usado.

PORT B (BA7...BA0):

El puerto B sirve como un puerto de entradas / salidas con 8 bits bi-direccionales con resistencias internas "pull-up". El buffer de salida del puerto B tiene características de manejo simétrico. Como entrada, los pines del puerto B que están externamente serán bajos, la fuente de corriente activará las resistencias "pull-up".

PORT C (CA7..CA0):

El puerto C sirve como un puerto de entradas / salidas con 8 bits bidireccionales con resistencias internas “pull-up”. El buffer de salida del puerto C tiene características de manejo simétrico. Como entrada, los pines del puerto C que están externamente serán bajos, la fuente de corriente activará las resistencias “pull-up”.

PORT D (DA7..DA0):

El puerto D sirve como un puerto de entradas / salidas con 8 bits bidireccionales con resistencias internas “pull-up”. El buffer de salida del puerto D tiene características de manejo simétrico. Como entrada, los pines del puerto D que están externamente serán bajos, la fuente de corriente activará las resistencias “pull-up”.

RESET:

Entrada de reset. Un nivel bajo en este pin por mas largo que el mínimo pulso ancho generara un reseteo, aun cuando el reloj no este contando.

XTAL 1:

Entrada para el amplificador oscilador y entrada para el reloj Interno.

XTAL 2:

Salida del amplificador oscilador.

AVCC:

AVCC es el pin de voltaje de alimentación del puerto A y del convertidor A/D. Este debería conectarse externamente a VCC, si el ADC no se usara. Si el ADC es usado, este deberá ser conectado a VCC a través de un filtro pasa-bajas.

AREF:

AREF es el pin de referencia analoga para el convertidor A/D.

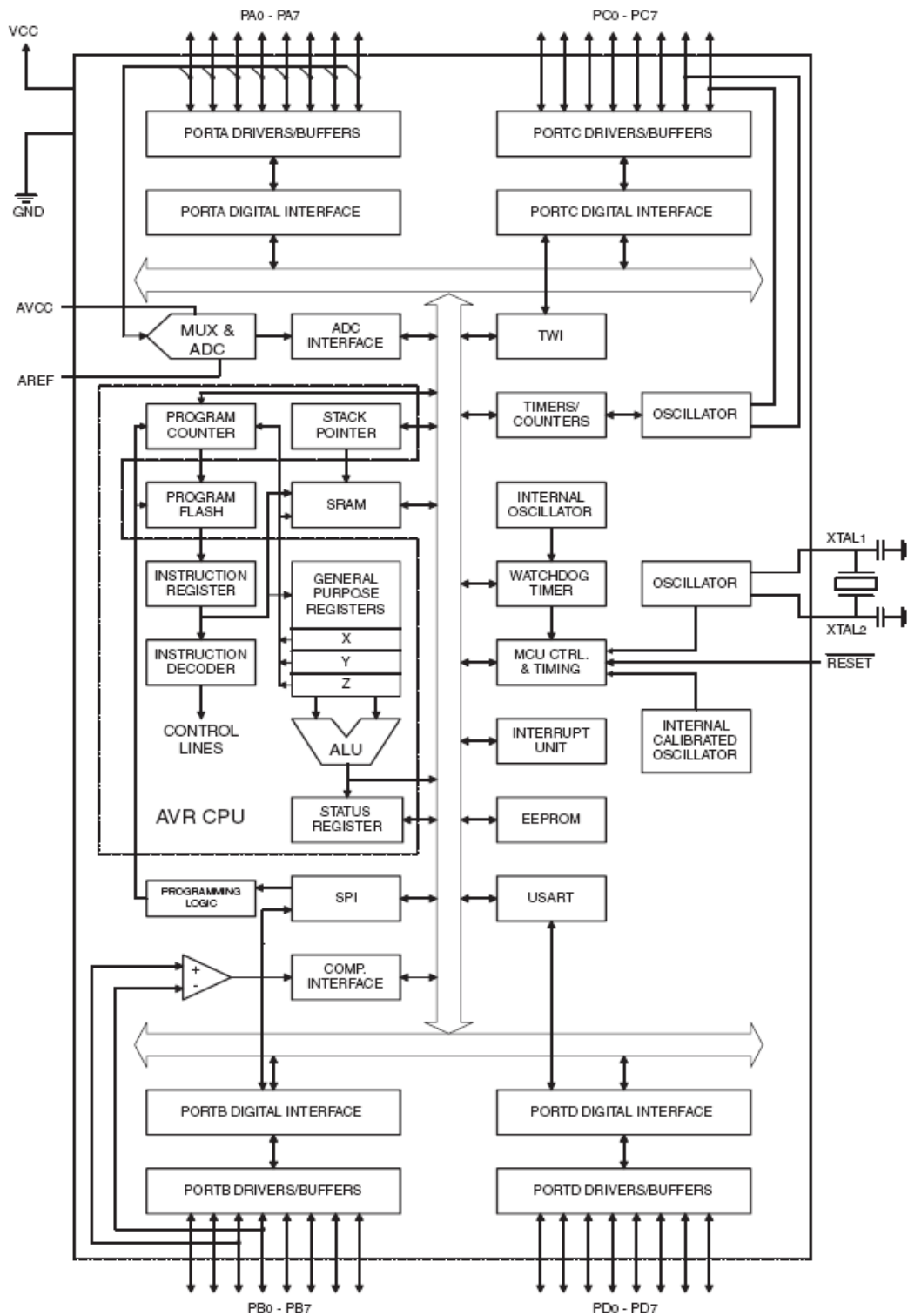


Figura 9.2. Esquema interno del microcontrolador ATMEGA32.

El microcontrolador contiene varios periféricos los cuales serán nombrados y descritos a continuación:

- **ENTRADAS / SALIDAS**

Comúnmente conocidas como puertos A, B, 1 y 2, etc., dependiendo de la asignación dada por el fabricante. Estos puertos de E/S normalmente están agrupados en grupos de 8 bits. La cantidad de puertos E/S depende del microcontrolador, ya que existen dispositivos que solo cuentan con una o dos puertos E/S, como se comentó anteriormente dicho dispositivo se elige de acuerdo al diseño a realizarse puesto que es absurdo manejar un microcontrolador de 4 puertos E/S cuando, en el diseño solo pide una o dos entradas. Los puertos E/S están configurados de tal manera que 4 bits se encuentran en un nivel bajo y los otros cuatro en un nivel alto, aspecto que se debe de tomar en cuenta en el diseño del software de dicho microcontrolador.

- **CONVERTIDOR A / D**

Es tanta la lucha en el mercado con estos dispositivos que los fabricantes más destacados han tomado en cuenta que una forma de sobresalir en esta batalla de los microcontroladores es agregar en ellos dispositivos de conversión de señales analógicas a digitales, es por eso que esta enorme ventaja de convertidor ha sido agregada dentro de un microcontrolador siendo este elemento uno de los más codiciados con lo que cuenta. Es evidente que al agregar un dispositivo más a la estructura interna del microcontrolador este podría elevar el precio. Durante las investigaciones realizadas se ha podido observar que existen microcontroladores que poseen más de un convertidor A/D, pero también se pudo percatar de que los fabricantes al agregar un elemento más sacrifican otros dispositivos esenciales que integran al microcontrolador. Sin embargo no deja de ser importante el uso de convertidores en un microcontrolador como se ha dicho la estructura básica de un microcontrolador depende de la función que vaya a tener en el circuito o diseño que vaya a gobernar.

• PUERTO SERIE

El UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) o USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), es un gran dispositivo de comunicación serial. Sus principales características son:

- Registro de Transmisión y Recepción Serial independiente.
- Operación Sincronía o Asíncrona.
- Generador de alta resolución de baud rate.
- Modulo de comunicación multiprocesador.
- Tres interrupciones independientes, TX Complete, TX Data Register Empty, and RX Complete.

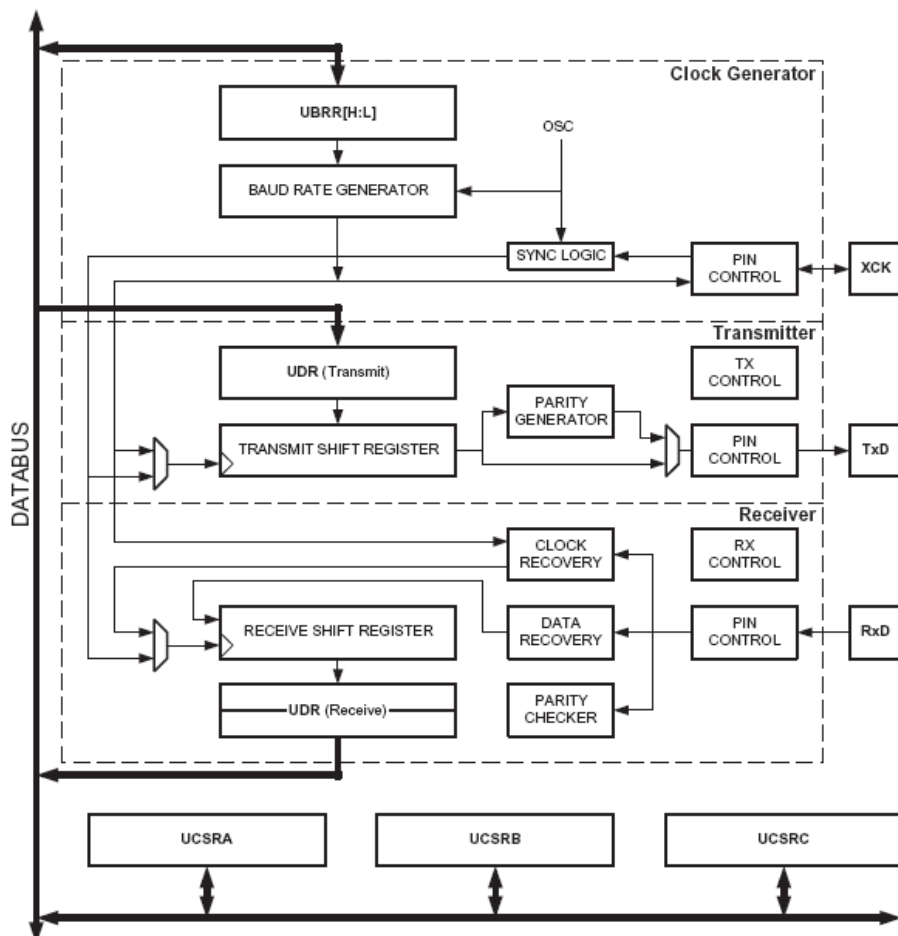


Figura 9.3. Diagrama del USART.

- **TEMPORIZADORES Y CONTADORES:**

Los temporizadores son elementos muy habituales en un microcontrolador ya que es importante considerar que estos periféricos son muy usuales en diferentes diseños como relojes checadores, medidores de frecuencia o en diseños en los que se necesite estar sensando ciertas variables. El punto clave de estos periféricos es que pueden tener una terminal asociada para contar de manera interna o externa según sea su configuración.

- **COMPARADORES:**

En microcontroladores sofisticados de la compañía ATMEL existen algunos en los que este modo de comparación tiene que configurar, ya que al parecer una misma terminal tiene la función de comparar y contar, en este caso cuando se va a comparar ciertos valores lógicos la terminal tiene que ser configurada en modo de comparación, para ello existen manuales en los que enuncian que variables darán paso a nuestra configuración. Al estar configurado este comparará dos señales analógicas dando como resultado señales lógicas de “0” o “1” ambas señales se comparan para obtener las comparaciones que realmente interesan.

- **MODULADOR DE ANCHO DE PULSOS:**

El PWM (Pulse Width Modulator), tiene distintas funciones muy utilizado en distintos controles tanto de motores y otros equipos en los cuales se controla su velocidad de giro, dicho de otra manera RPM's.

Desarrollo del Proyecto

Este capítulo se describe el proceso que se llevo para llevar a cabo el proyecto. Se explican los dispositivos manejados que fueron de gran ayuda para el fin propuesto, también se muestran los diagramas de los circuitos elaborados y su funcionamiento.

10.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

La mayoría de los Sistemas de Radio Frecuencia son utilizados generalmente para llevar información de un punto a otro sin tener la necesidad de usar cables que los enlacen. Estos sistemas pueden ser unidireccionales o bidireccionales. La segura y fiel respuesta de estos sistemas, ya probados ampliamente a través de los años, nos han motivado a utilizarlos para el control de velocidad de un motor. [5]

Los Sistemas de Radio Frecuencia en los últimos tiempos han sido utilizados en distintos campos de la ciencia y tecnología en áreas tales como medicina, química, industrial y militar. No son algo realmente novedoso ni revolucionario dentro del mundo de las comunicaciones ya que sus inicios datan desde principios del siglo pasado. [1]

Estos sistemas surgieron por la necesidad de tener ínter conectividad dentro de espacios abiertos en los que no se podía llegar con cables fácilmente.

El sistema planteado debe operar un motor de corriente directa a través de un sistema de radio-frecuencia, hasta en condiciones difíciles en las que un usuario, tal vez no pudiera estar controlándolo de manera física.

Este es un sistema que permite controlar un motor de C.D. a través de ondas electromagnéticas sin que exista ninguna conexión entre el elemento controlador y el elemento controlado.

Consta de un transmisor operando en FM a 433.32 MHz, y un módulo receptor sintonizado a la misma frecuencia y que enlaza al motor bajo control. El módulo transmisor-receptor funciona en ambos sentidos.

De acuerdo a los diferentes tipos de frecuencia pueden controlarse diversos dispositivos o sistemas, para ello se utilizan herramientas tecnológicas, en este caso los microcontroladores.

El proyecto cuenta con dos etapas, una de ellas es la etapa de transmisión y la otra es la etapa de recepción.

Este proyecto toma como base las pruebas realizadas fincadas al ancho de banda en la etapa transmisora como se muestra en la figura 10.1.

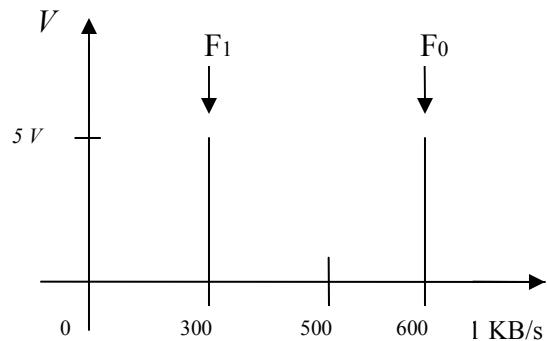


Figura 10.1. Ancho de Banda para las Frecuencias de los 1's y 0's de la etapa de transmisión.

La figura 10.1 muestra el ancho de banda de la frecuencia de 1's, la cual comprende un rango de 300 Hz y el ancho de banda de la frecuencia de los 0's, la cual oscila entre los 600 Hz.

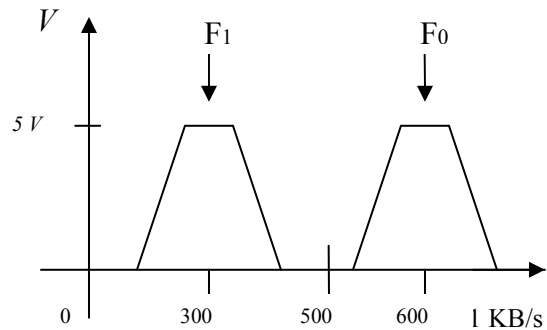


Figura 10.2. *Filtro Pasa Banda de la etapa de recepción.*

En la figura 10.2 se utilizó un filtro pasa banda el cual captura las frecuencias para los 1's y los 0's. Para la frecuencia de los 1's se le dio un 30% antes y después del rango de 300 Hz, al igual para la frecuencia de los 0's solo que el rango es de 600 Hz.

Con las especificaciones anteriores y en base a los distintos valores que se pudieron tomar en cuenta en las pruebas, el proyecto se realizó sin descartar cada una de ellas, las cuales siempre fueron punto clave para cualquier modificación durante el desarrollo, los puntos que alcanzaron la máxima calidad en cuestión de transmisión y recepción fueron analizados a detalle, así también se dio vital importancia al software de control, ya que se consideró importante el aspecto y fácil manejo que debería tener el usuario con la finalidad de familiarizarse con dicho sistema. Por tal motivo a continuación se describen las etapas de la elaboración de dicho proyecto.

El proyecto se compone de las siguientes etapas:

- La etapa de entrada de datos a la PC.
- La etapa Transmisora 1.
- La etapa Receptora 1.
- La etapa Transmisora 2.
- La etapa Receptora 2.

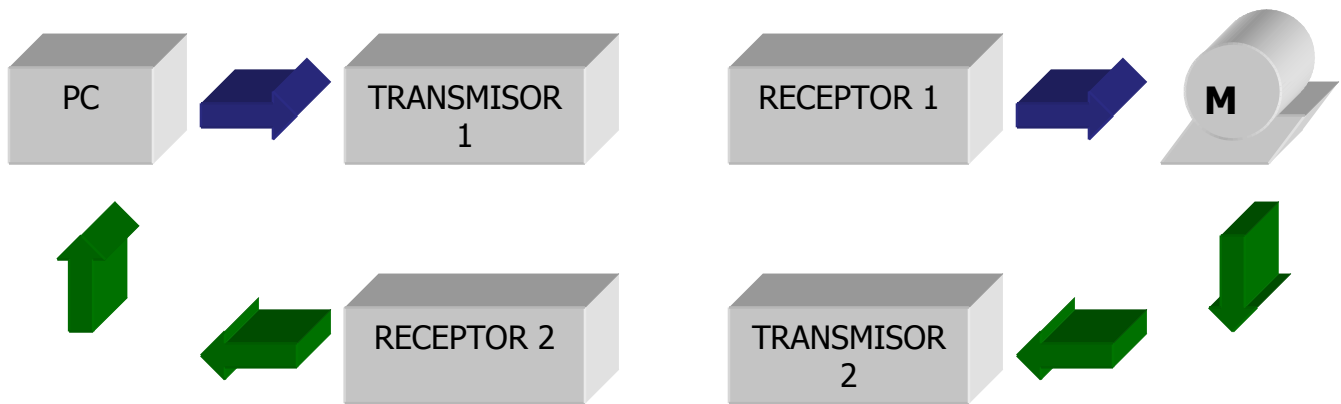


Figura 10.3. Diagrama a bloques del Sistema Completo.

10.2. DESCRIPCIÓN POR BLOQUES.

1. Primeramente los datos son introducidos mediante un software elaborado en Microsoft Visual Basic 6.0 en donde se escriben las variables que se desean para controlar la velocidad del motor, no obstante en el software también se indican el voltaje, la corriente, las RPM's cuando el sistema está en operación; estas son las principales variables que son controladas en el proceso.
2. La siguiente etapa es la moduladora y transmisora en donde las señales de 1's y 0's se envían por las frecuencias ya mencionadas anteriormente. Después de esto se modula la portadora principal, de frecuencia de 433.33 Mhz. Una vez obtenida esta señal se aplica a los amplificadores de radio frecuencia encargados de enviar a la antena dicha señal, para ser transmitida como ondas electromagnéticas a través del espacio.
3. La señal enviada por el transmisor es captada en el receptor cuya señal se eleva por medio de amplificadores de radio frecuencia. Una vez que el nivel de la señal es el idóneo se demodula para obtener los datos que van a controlar al motor.

4. Los sensores colocados dentro del motor envían datos al microcontrolador, y dichos datos modulan nuevamente a dos sub portadoras las cuales van a modular a la portadora principal (de retorno) que es de 315 Mhz., la cual una vez amplificada será transmitida a través de la antena al espacio circundante, y un receptor ubicado en el módulo transmisor de inicio capta dicha señal, la cual debe de ser amplificada, demodulada y los datos aplicados a un microcontrolador que finalmente envía los datos a la PC que controla el sistema. De esta forma tenemos información inmediata de lo que está ocurriendo en el motor, y si este está respondiendo fielmente a las órdenes enviadas.

5. Finalmente los datos recibidos se despliegan en la pantalla de la PC.

10.3. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

Las órdenes para el control del motor son introducidas por el usuario mediante un programa el cual ha sido elaborado para tal fin, el cual convierte los datos decimales a un código hexadecimal, ya que estos se envían y reciben mediante el protocolo de enlace denominado interfase RS-232. Cabe recalcar que en el diseño y construcción del programa de control han sido anexadas las diferentes variables que se van a manipular en el proceso, y las cuales como se mencionó serán mostradas de una manera instantánea y visible al usuario.

A continuación se especifica la elaboración del programa el cual es utilizado con la finalidad descrita anteriormente.

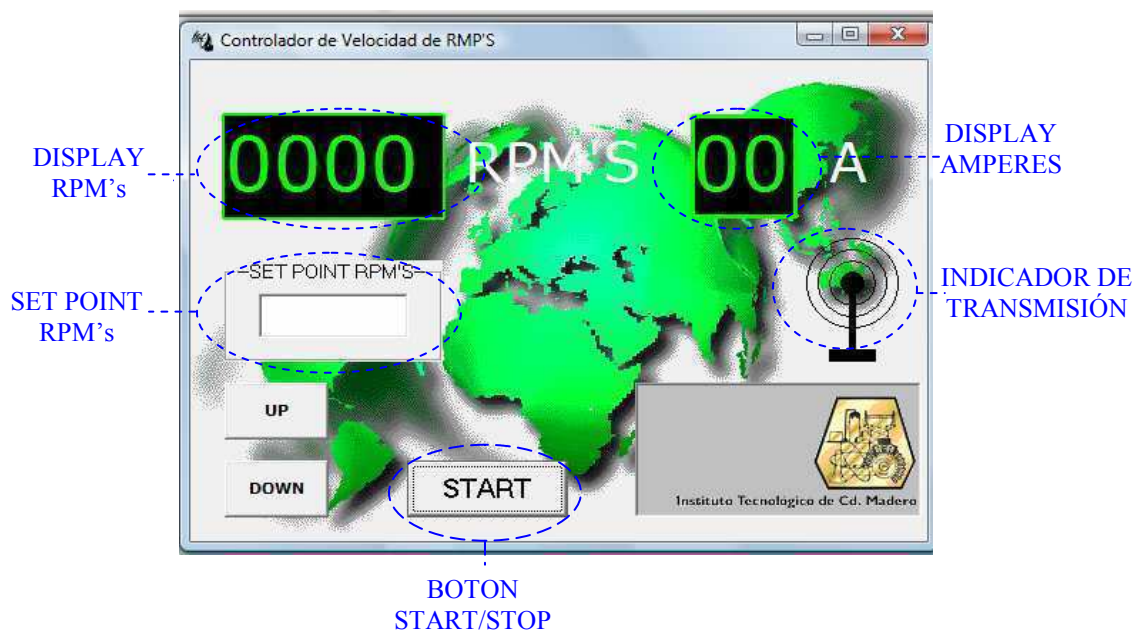


Figura 10.4. Programa de Control de Velocidad de RPM's.

Se observa en la figura 10.4 las variables de control como son las RPM's, la corriente, un indicador de transmisión así como el Set Point de las RPM's.

SET POINT DE RPM's:

En esta variable se introduce el dato que es el responsable del gobierno del motor. Para el motor con el cual se realizaron las pruebas se propuso un valor mínimo de 300 RPM's y un valor máximo de 1750 RPM's, tomando en cuenta que entre este rango de valores va a girar el motor, esto es como una forma de restricción para que el motor no trabaje de una manera forzada, ya que su valor máximo es de 1800 RPM's, y de esta manera se protege al motor.

DISPLAY RPM's:

En esta parte se visualiza el valor de las RPM's que entrega el motor en tiempo real. Así como puede servir para la comparación entre el valor de Set Point y el valor de respuesta inmediata.

DISPLAY AMPERES:

En este display se observa la medición de corriente que consume el motor durante su operación. Tomando en cuenta que el valor máximo de corriente que maneja el motor es de .78 A.

INDICADOR DE TRANSMISIÓN:

El indicador de transmisión es una antena que se activa cuando la transmisión se está realizando. Indica cuando la unidad remota está transmitiendo hacia el sistema, de esta forma el usuario puede observar que la transferencia de datos de control esta siendo realizada, por consiguiente cuando la antena deja de enviar señal indica que existe un error en la transferencia por lo que es necesario verificar la conectividad de los dispositivos. Igualmente cuando se detiene la transmisión la antena deja de enviar la señal de transferencia de datos.

INTERRUPTOR START/STOP:

Este interruptor es el que permite la transferencia de datos. Mientras no se oprime, el sistema no transmite, pues tiene la misión de controlar al transmisor que se va a manejar, cumpliendo las funciones de enviar y detener cuando el usuario así lo desee. Una vez encendido, y ya con el motor en funcionamiento, se pueden modificar los parámetros del mismo tanto como sea necesario. Cuando la tarea se ha llevado a cabo y el usuario desee detener completamente las revoluciones del motor se presiona el interruptor para finalizar la operación del sistema.

10.4. ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PC Y MÓDULO TRANSMISOR-RECEPTOR

De acuerdo a las pruebas obtenidas y a ciertos puntos que se pudieron tomar en cuenta se llegó a operar el sistema mediante una PC, que se conecta con el módulo transmisor-receptor a través de una interfaz USB-Puerto Serie.

En la figura 10.5 se observa la conexión entre los equipos; en este caso la PC y el módulo Transmisor-Receptor.

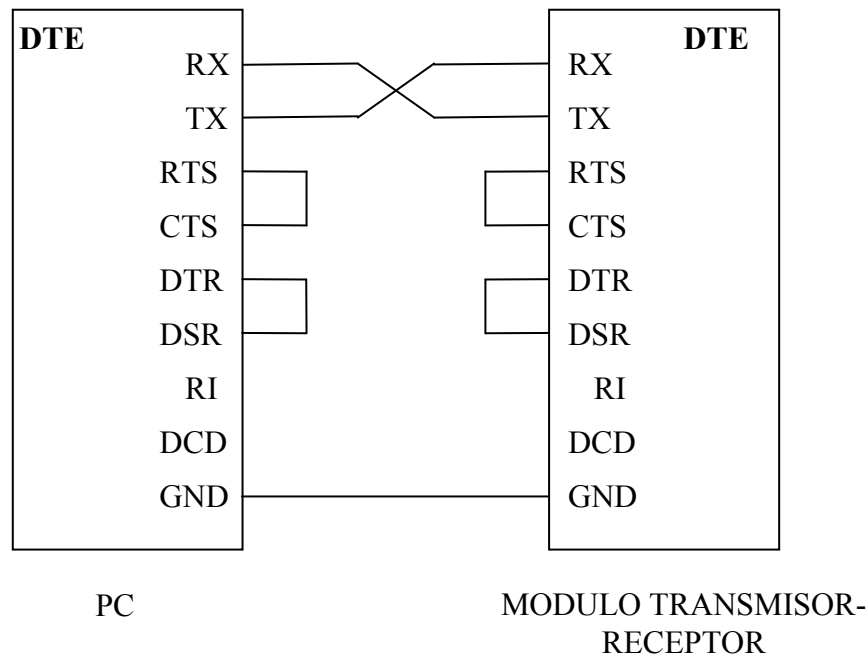


Figura 10.5. Enlace utilizado entre PC y Módulo Transmisor-Receptor.

Este tipo de conexión es una de las más utilizadas en la norma RS-232 ya que por su sencillez y efectividad es muy recomendable, puesto que las terminales TX y RX de cada equipo solo se conectan entre si y las terminales RTS y CTS se conectan automáticamente.

Dentro de los rangos de transmisión ya definidos por el protocolo Universal RS-232 se optó por manipular un enlace de 9600 baudios tomando en cuenta que este valor es el más usado en la transmisión de datos. [8]

A continuación se describirán los registros utilizados en la interfase USB-Puerto Serie.

Tabla 10.1. Descripción de registros de interfase.

Nombre	Descripción
TxD	Registro de escritura donde se almacena el dato que saldrá por la línea de transmisión TX.
RxD	Registro de lectura donde se almacena el dato que se recibe por la línea de recepción RX.
CTS	Indica cambio de estado en la línea CTS.
DSR	Indica cambio de estado en la línea DSR.
RI	Indica cambio de nivel alto a nivel bajo en RI.
DCD	Indica cambio de estado en la línea DCD.

10.5. MÓDULOS RF

Los módulos RF se emplean principalmente para aplicaciones tales como en controles remotos, sistemas de seguridad, identificación y transmisión periódica de datos. Estos sistemas están conformados por un par de módulos: uno transmisor y otro receptor (para comunicaciones en un solo sentido), o por pares de transceptores (que permiten comunicación de doble vía). La mayoría de estos pares emplean tecnologías de modulación ASK (conmutador de desplazamiento de amplitud) y FSK (conmutador de desplazamiento de frecuencia), y sólo necesitan una antena como elemento externo. [3]

Estos pares de módulos presentan sintonía fija a una frecuencia determinada, como por ejemplo 315 MHz, 418 MHz, 433.92 MHz en UHF. [15]

También se permite la comunicación de señales de tipo analógica y digital, dependiendo del modelo que se emplee; inclusive algunos permiten la transmisión de ambos tipos de señal.

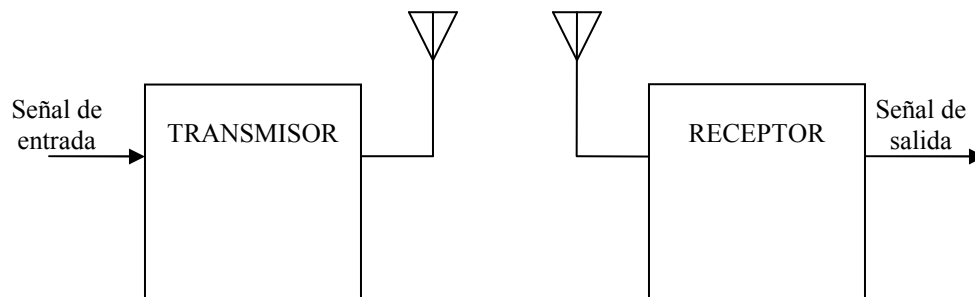


Figura 10.6. Sistema representado por un par de módulos.

En el sistema de RF empleado en este proyecto, se propuso el diseño de un *módulo transmisor-receptor 1* el cual consta de los módulos RF de diferente frecuencia, para su funcionamiento más práctico y a la vez compacto. Como se ilustra en la figura 10.7 los

módulos RF de frecuencia de 434 MHz son los encargados de enviar señales al motor para su correcto funcionamiento, y los módulos RF de frecuencia de 315 MHz son los encomendados de entregar las variables del motor (RPM's, corriente) en tiempo real para que sean visualizadas en la PC.

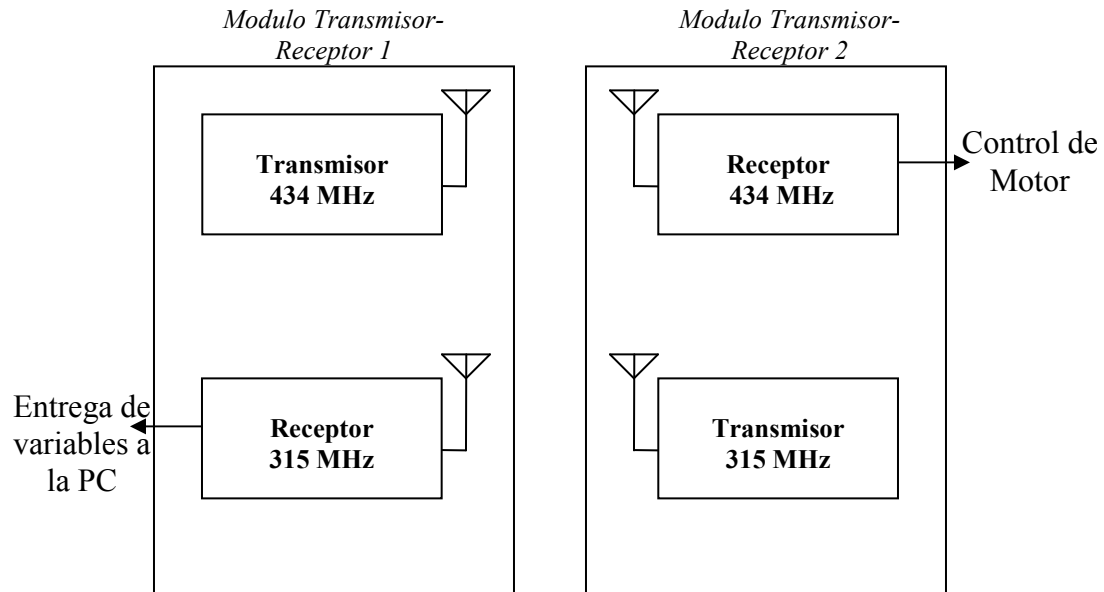


Figura 10.7. Sistema Transmisor-Receptor de RF.

10.6. MÓDULOS TRANSMISORES-RECEPTORES.

Los módulos transmisores-receptores son la base de la comunicación inalámbrica en el sistema de Radio Frecuencia. A continuación se describirá a grandes rasgos cada uno de los dispositivos que conforman a dicho sistema:

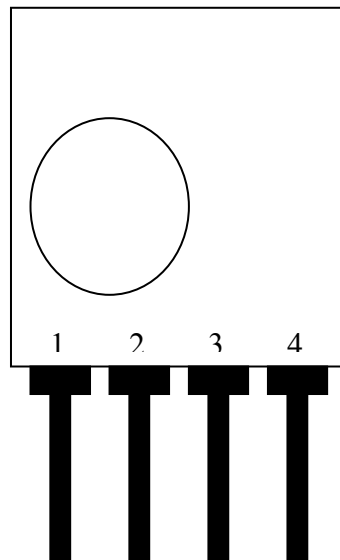


Figura 10.8. Estructura física del Transmisor TLP434.

El transmisor TLP434 es un dispositivo el cual se muestra en la figura 10.8 y se compone de las siguientes terminales:

Pin 1: GND.

Pin 2: Entrada digital de datos.

Pin 3: VCC.

Pin 4: Antena.

Dentro de los principales aspectos que lo caracterizan se encuentra su rango de frecuencia los cuales son de 315, 418 y 433.92 MHz. Su tipo de modulación es ASK y el voltaje de operación con el que trabaja este dispositivo es de 2 a 12 VDC. [11]

A continuación se especifican otras características técnicas:

Tabla 10.2. Especificación Técnica del TLP434.

Símbolo	Parámetros	Condición	Min.	Tip	Max.	Unidad
Vcc	Voltaje Nominal		2.0	-	12.0	V
Icc1	Corriente Pico		-	-	1.64	mA
Icc2	Corriente Pico		-	-	19.4	mA
Vh	Volts entrada alto	Idat=100 va(alto)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
VI	Volts entrada bajo	Idta=0 va(bajo)	-	-	0.3	V
FO	Frecuencia Absoluta	315 MHz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF potencia salida	Vcc=9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc=5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	Cod. Ext.	512	4.8K	200K	Bps

En tanto el receptor utilizado es el RLP434 que es un módulo receptor de señales digitales, que trabaja en un rango de frecuencia igual al TLP434 que son 315, 418 y 433.92 MHz. Con su modulación ASK y un voltaje de operación de 4.5-5.5 VDC.

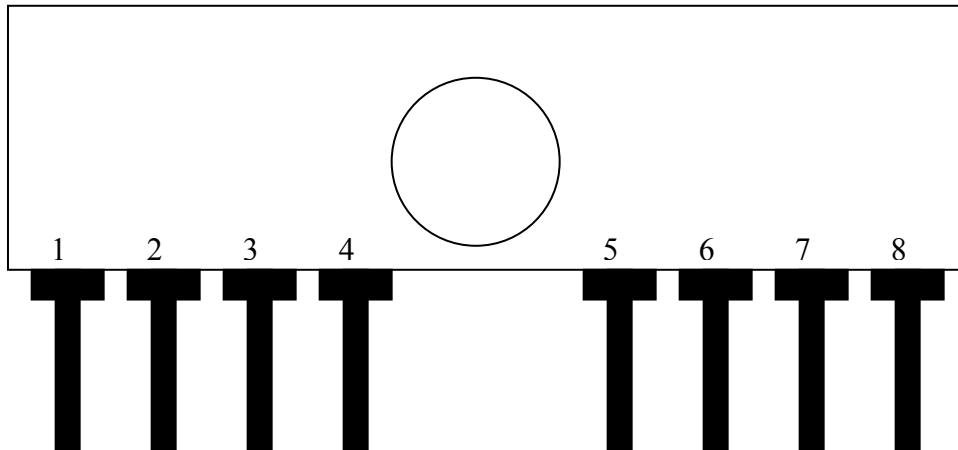


Figura 10.9. Estructura física del Módulo Receptor RLP434.

Este módulo trabaja de acuerdo a la configuración siguiente:

Pin 1: GND.

Pin 2: Salida digital de datos.

Pin 3: Salida lineal.

Pin 4: VCC.

Pin 5: VCC.

Pin 6: GND.

Pin 7: GND.

Pin 8: Antena.

De igual forma serán especificadas sus características técnicas:

Tabla 10.3. Especificación técnica del RLP434.

Símbolo	Parámetros	Condición	Min.	Tip	Max.	Unidad
Vcc	Voltaje Nominal		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Corriente Nominal		-	4.5		mA
Vdat	Salida de datos	Idta=+20vA(high)	Vcc-0.5	-	Vcc	mA
		Idta=-20vA(low)		-	0.3	V
Características Eléctricas.						
	Características	SYM	Min.	Tip	Max.	Unidad
	RF de Operación	FC	433.92			MHz
	Sensitivity	PREF		-100		dBm
	Ancho del Canal			+500		Khz.
	Ruido Equivalente BW			4		Khz.
	Tiempo de encendido			5		Ms
	Temperatura de Operación	TOP	-20	-	80	C
	Data Rate			4.8		Khz.

Este dispositivo presenta un elemento de ajuste de sintonía, como un condensador (o bobina) variable, que le permite al usuario obtener la mejor respuesta del sistema.

Como se mencionó en el Capítulo 8, el microcontrolador es base fundamental ya que en su programación se generaron dos frecuencias las de los 1's y la de los 0's, estas frecuencias se analizan de la siguiente manera a través del diagrama de flujo.

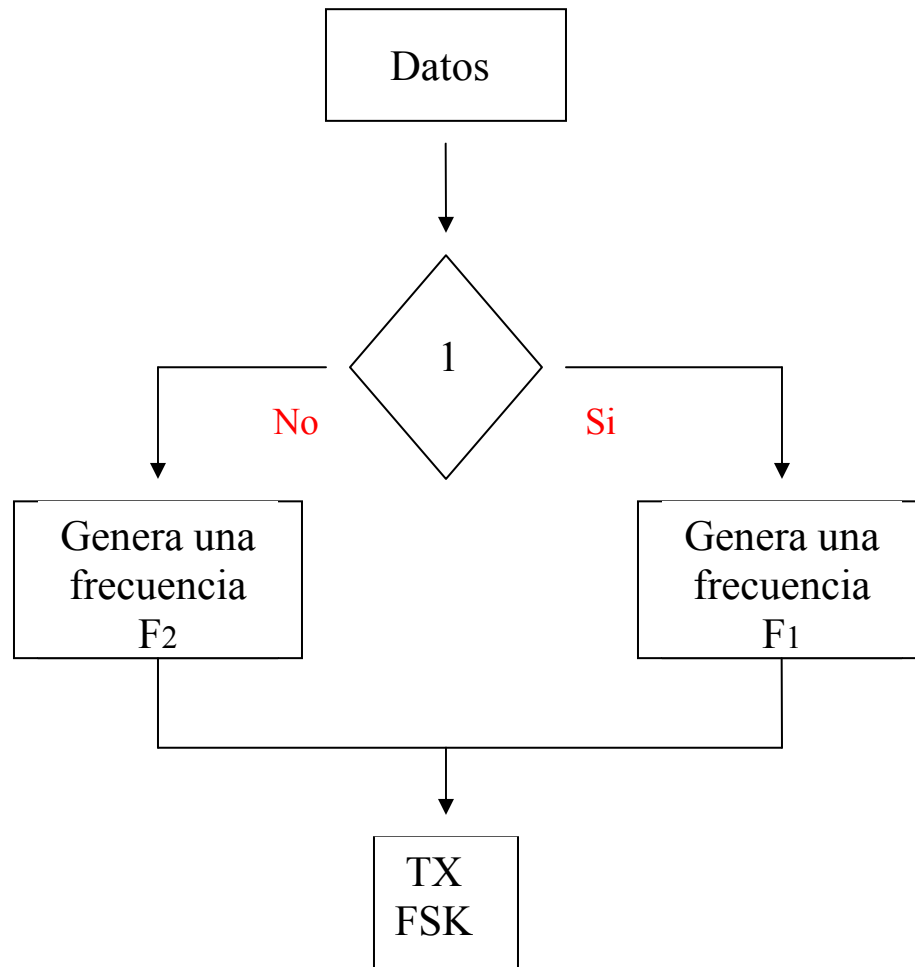


Figura 10.10. Diagrama de flujo de transmisión de FSK.

El programa funciona de la siguiente manera, se introduce un dato el cual se compara y se realiza el siguiente cuestionamiento. Si el dato introducido es un 1, se genera la F1, por el contrario, cuando el dato que resulte de la comparación es un 0 se obtiene la F2.

A la salida del generador de frecuencia correspondiente a los 1's se ubica un contador el cual retorna la señal pidiendo confirmación de esa señal de salida. Dicha confirmación la ejecuta 8 veces, y ya con la absoluta seguridad de que la frecuencia generada es correspondiente a un 1 envía este dato a la salida TX FSK.

Este mismo proceso aplica para los 0's, llevando el mismo protocolo de los 1's.

La frecuencia que produce la FSK es de la siguiente manera:

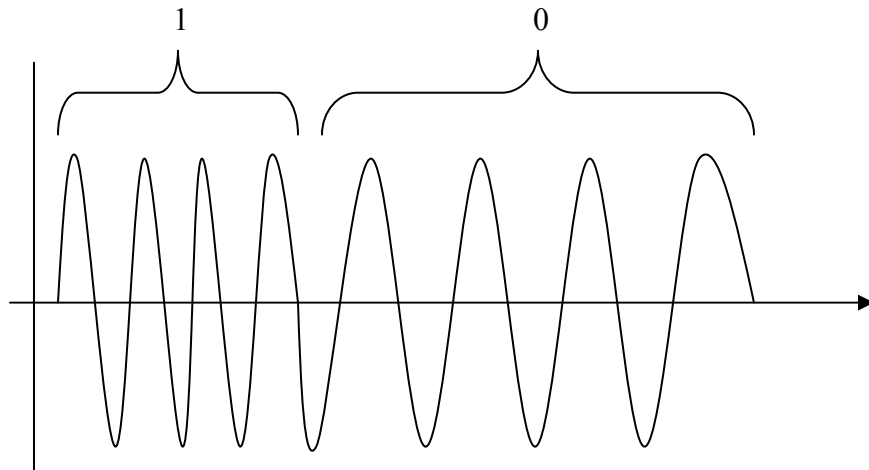


Figura 10.11. Representación gráfica de FSK de 1 y 0.

Un ejemplo de este tipo de transmisión FSK generado por el sistema puede verse en la figura 10.12 en donde una serie de 1's y 0's son enviados en representación de una información.

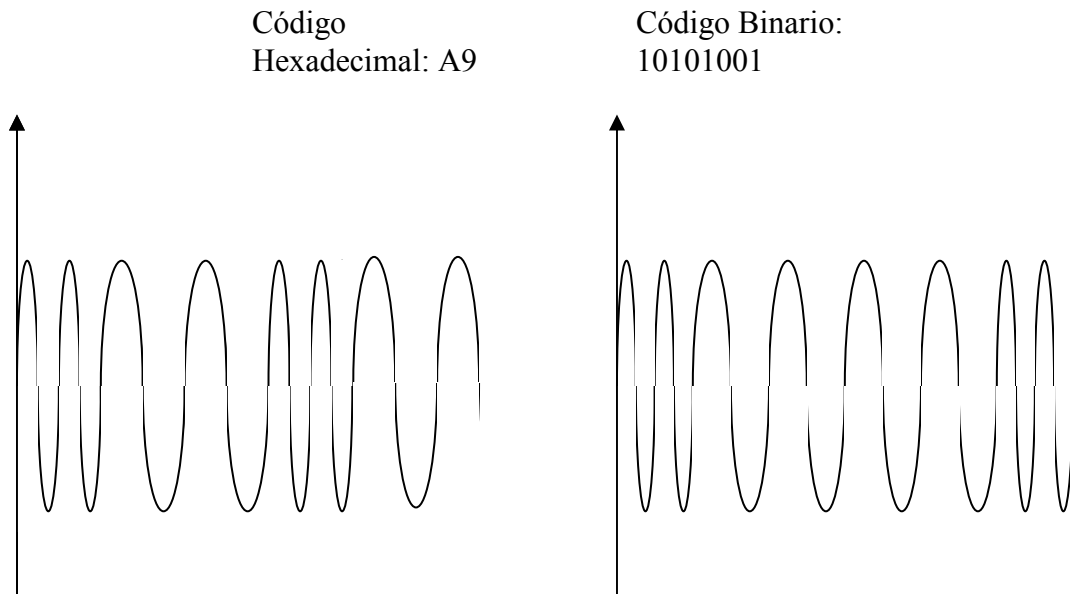


Figura 10.12. *Representación de un dato por FSK.*

La frecuencia utilizada para las FSK es de 300 Hz para los 0's y de 600 para los 1's, debido a que en las pruebas previas mostró un mejor funcionamiento para dichas frecuencias.

TRANSMISOR

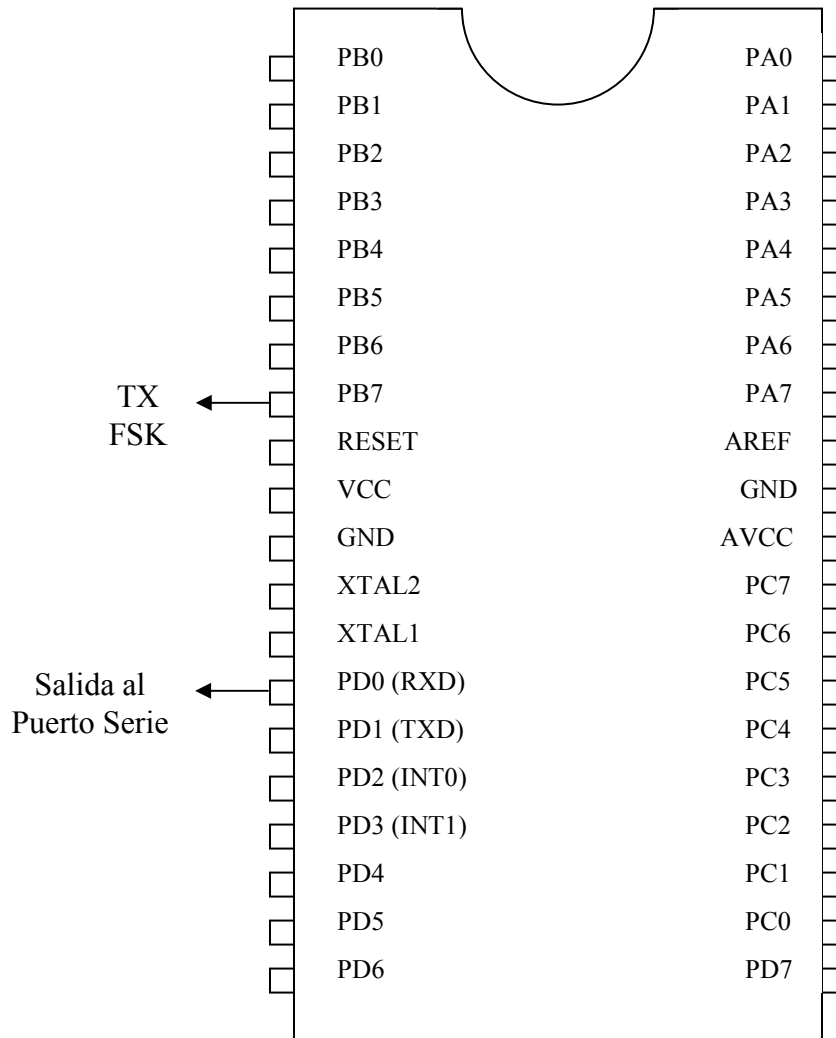
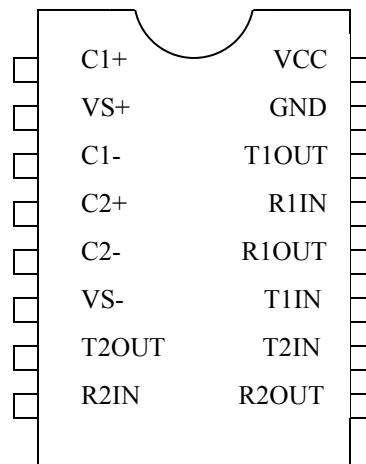


Figura 10.13. Terminales de conexión del Transmisor al ATMEGA32.

Como se muestra en la figura 10.13 la terminal del microcontrolador como se denominó TX FSK es donde se genera el dato por FSK, y las terminales PD0 (RXD) y PD1 (TXD) son las conexiones al MAX 232.

**MAX232****Figura 10.14.** *Esquema físico del MAX232.*

El MAX232 (figura 10.14) es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Lo interesante es que solo necesita una alimentación de 5 V, ya que genera internamente algunas tensiones que son necesarias para el estándar RS232. Otros integrados que manejan las líneas RS232 requieren dos voltajes, +12V y -12V. [1] [13]

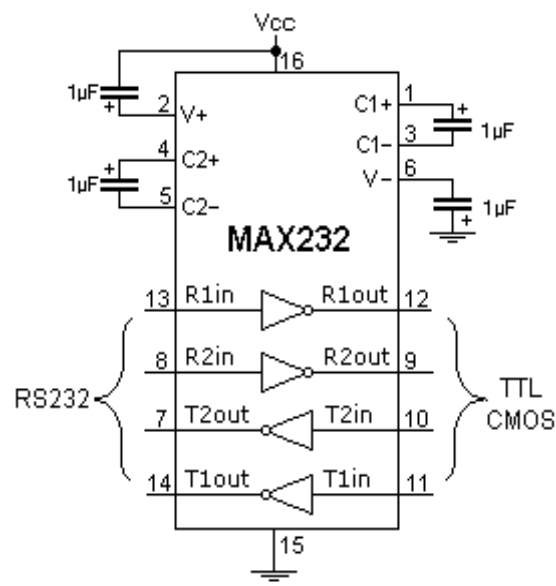


Figura 10.15. Estructura interna del MAX232.

El MAX232 (figura 10.15) soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS.

El circuito integrado posee dos conversores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL.

Estos conversores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS. [14] [15]

A continuación se describe mediante un diagrama de flujo la etapa de recepción:

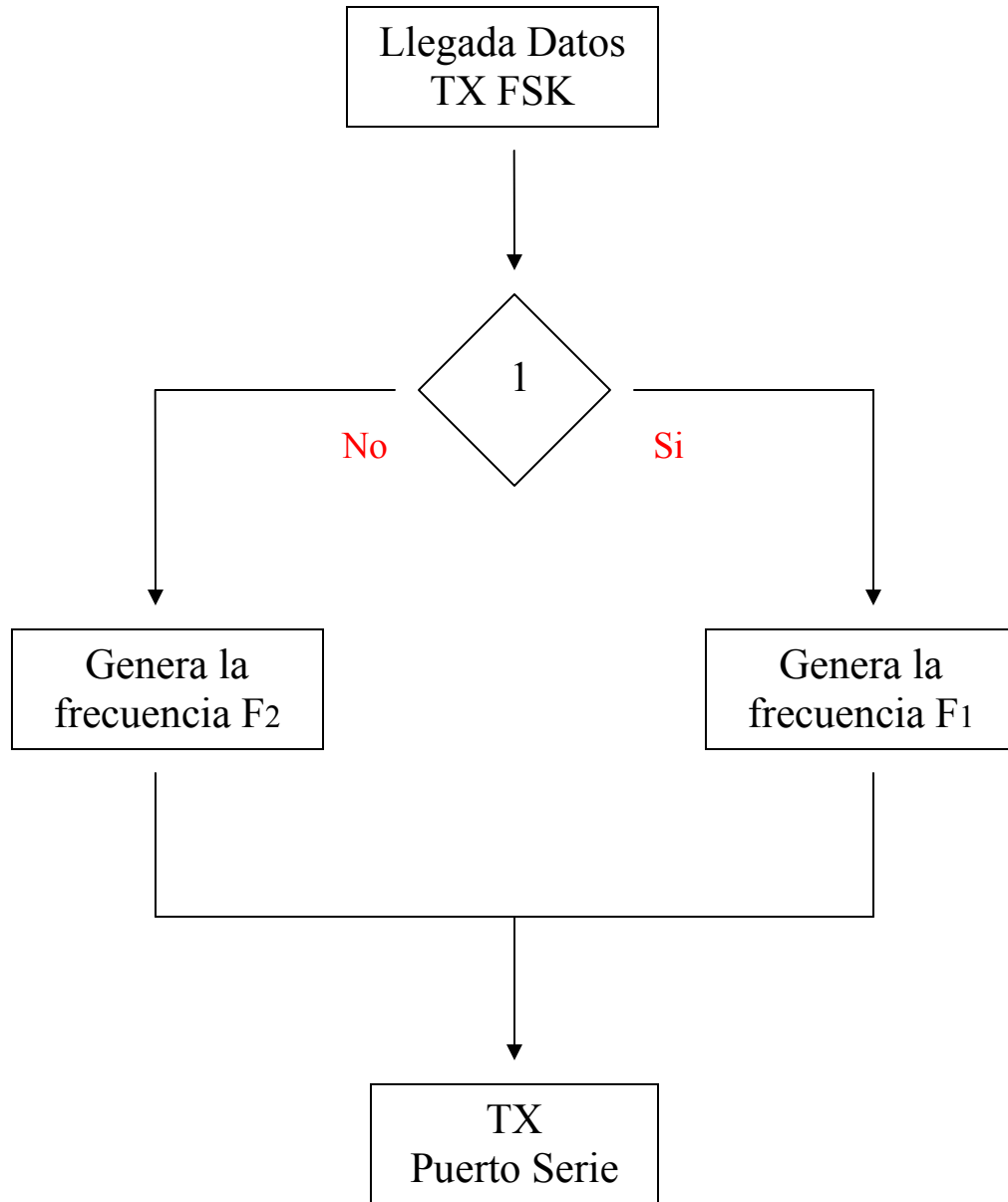


Figura 10.16. Diagrama de flujo de recepción de FSK.

El dato enviado por el transmisor ingresa por la terminal PD2 (INT0), la cual es decodificada para, de esta manera, generar un nivel bajo 0 y un nivel alto 1, la cual como se ha estado mencionando corresponden a las frecuencias de trabajo para dicho sistema. Una vez generadas las frecuencias son enviadas a la terminal TX del Puerto Serie.

RECEPTOR

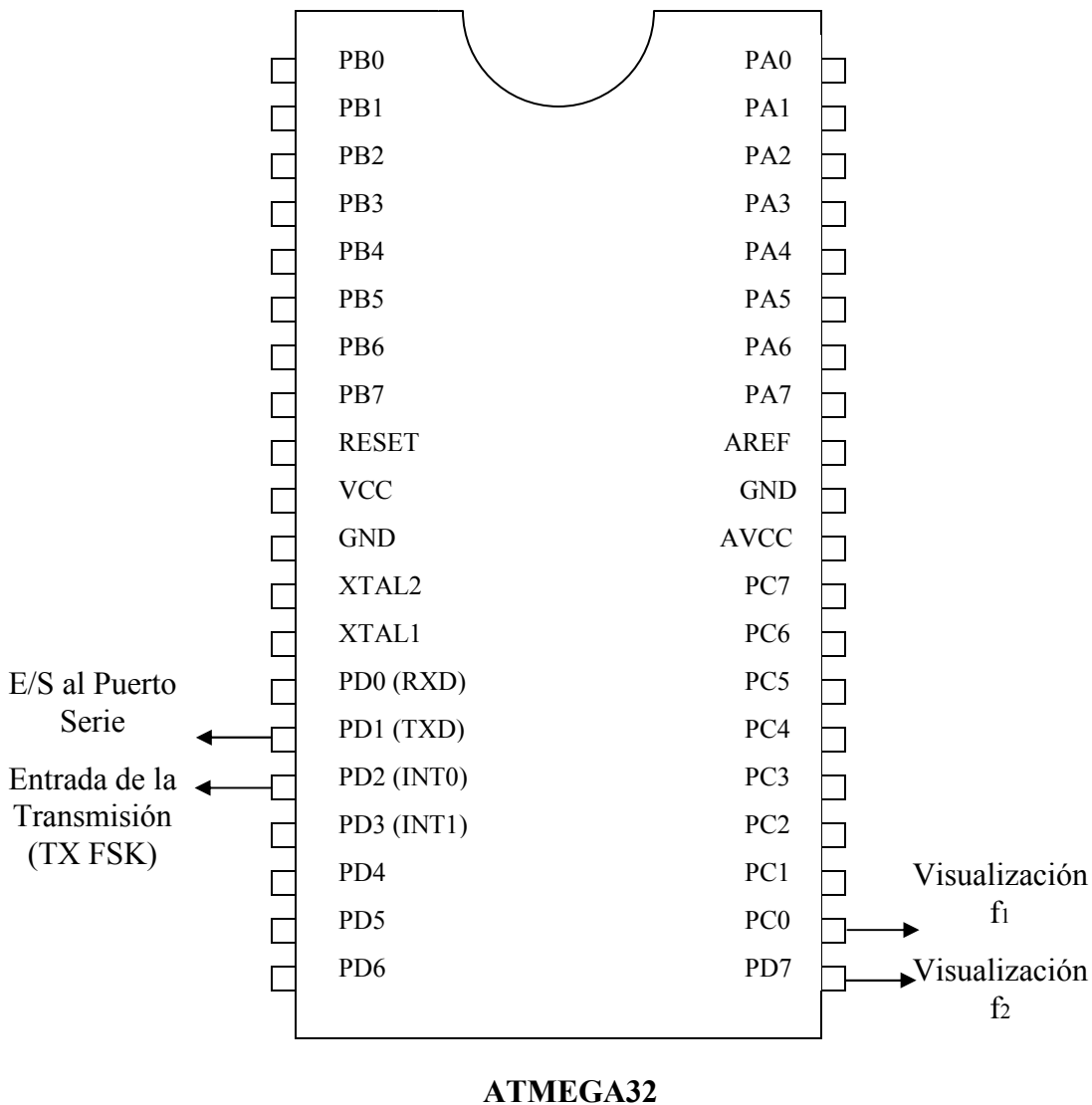


Figura 10.17. Terminales de conexión del receptor al ATMEGA32.

En la figura 10.17 se muestran las conexiones básicas del receptor, para las cuales, en la terminal PD1 (TXD) se encuentra conectada al conector DB9, y en la terminal PD2 (INT0) se encuentra la entrada de datos enviados por el receptor. Y en las terminales PD7 y PC0 se encuentran colocados led's, los cuales indican la entrada de las frecuencias f_1 y f_2 como una manera de corroborar que los datos están siendo recibidos.

En el sistema inalámbrico se emplea una antena bidireccional, la cual es un dispositivo utilizado con el propósito de canalizar las señales o datos requeridos con el fin de manipular las variables del proceso de control. [2]

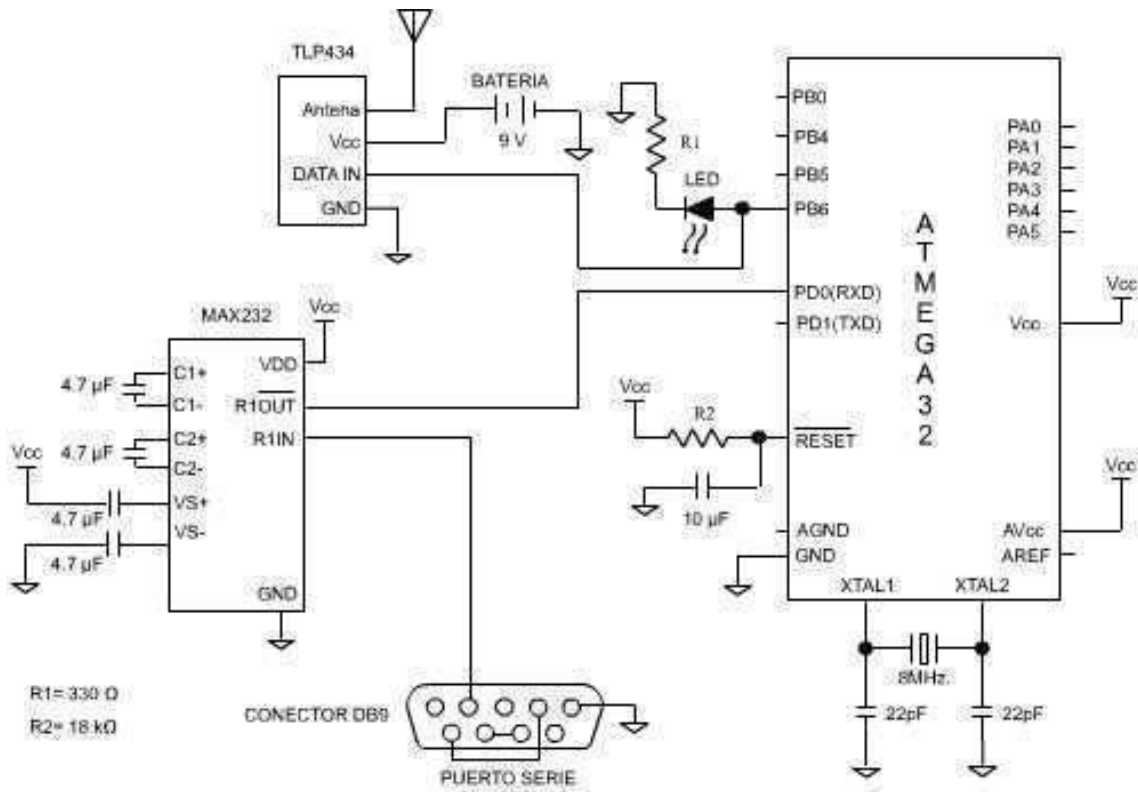


Figura 10.18. Diagrama eléctrico de la etapa transmisora por PC.

El diagrama eléctrico de la etapa transmisora por PC, mostrado en la figura 10.18 se explica de la siguiente manera. El dato es enviado por la PC a través del puerto serie, para esto, se utiliza un driver de acoplamiento para la interfaz RS232. Por eso se maneja el circuito MAX232, para establecer la comunicación de transmisión a la terminal PD0 (RXD) del microcontrolador ATMEGA32. Después la terminal PB6 (que es la generadora de las dos frecuencias), envía el dato al transmisor TLP434. Este internamente modulará a una portadora de FM de frecuencia de 434 MHz, esta señal modulada será enviada a un amplificador de RF de potencia para ser aplicada a una antena la cual transmitirá la señal modulada hasta un receptor.

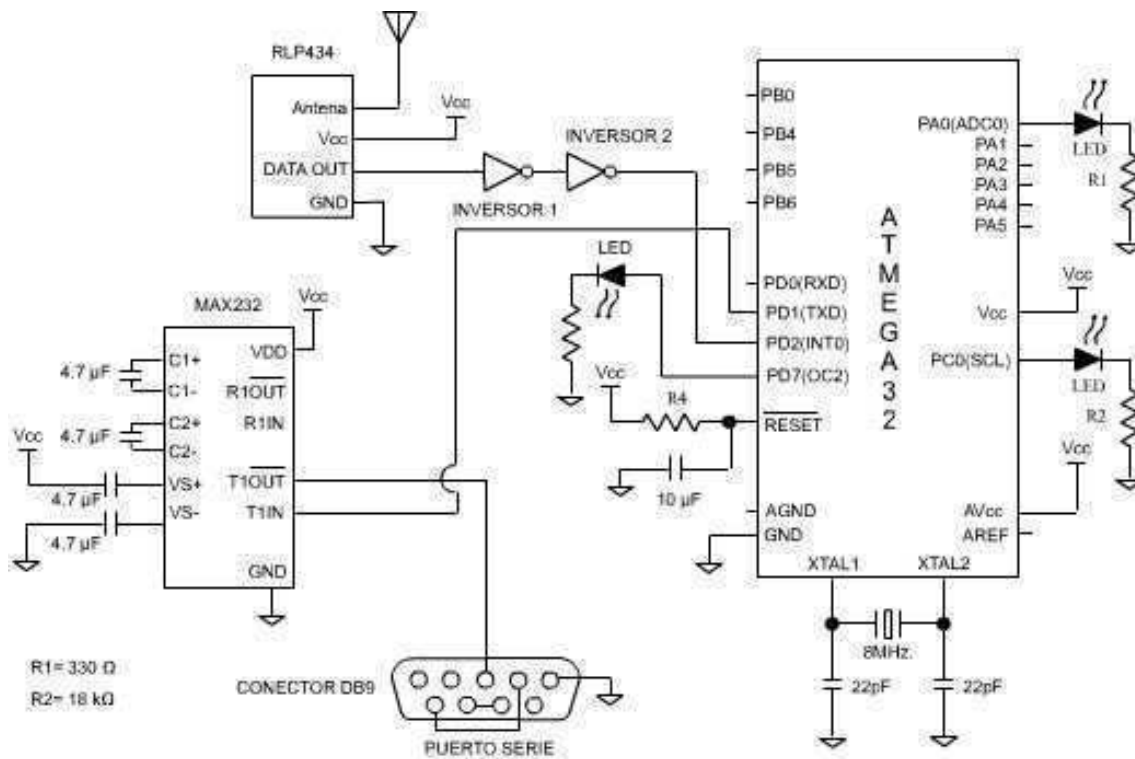


Figura 10.19. Diagrama eléctrico de la etapa receptora en el lado del motor.

La señal captada por la antena receptora del módulo RLP434, toma la señal la demodula y es enviada a un circuito inversor (74LS04) que la refuerza y después transmitida a la terminal PD2 (INT0) del microcontrolador ATMEGA32. El microcontrolador hace sus respectivas operaciones y una vez que termina envía el dato de la terminal PD1 (TXD) al circuito MAX232, quien a su vez lleva el dato al puerto serie. Una vez realizado esto, el módulo se comunica con el controlador de velocidad el cual recibe los comandos y por medio de la electrónica de potencia ejecuta el arranque y paro del motor, así como la variación de velocidad.

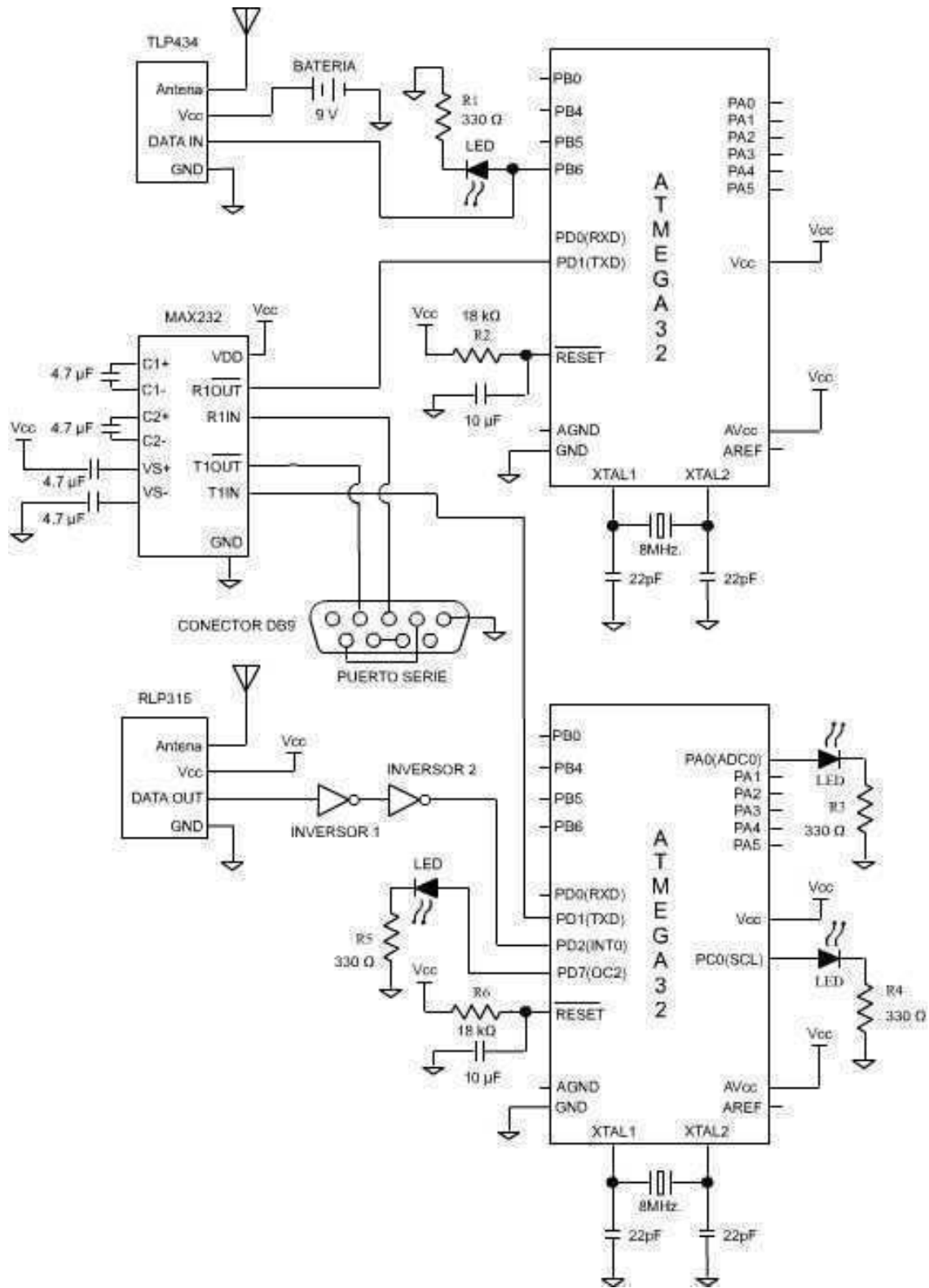


Figura 10.20. Diagrama Completo del Módulo Transmisor-Receptor 1.

Este sistema es un lazo cerrado, porque a su vez, el motor envía señales de información en sentido opuesto, para que, finalmente, se pueda comprobar su funcionamiento.

Por otro lado como ya se había descrito anteriormente, junto al motor, también se tienen un módulo que contiene el transmisor (TLP315), que maneja la frecuencia para la transmisión de variables a la PC. A continuación se describe el diagrama de dicho módulo, mostrado en la figura 10.21.

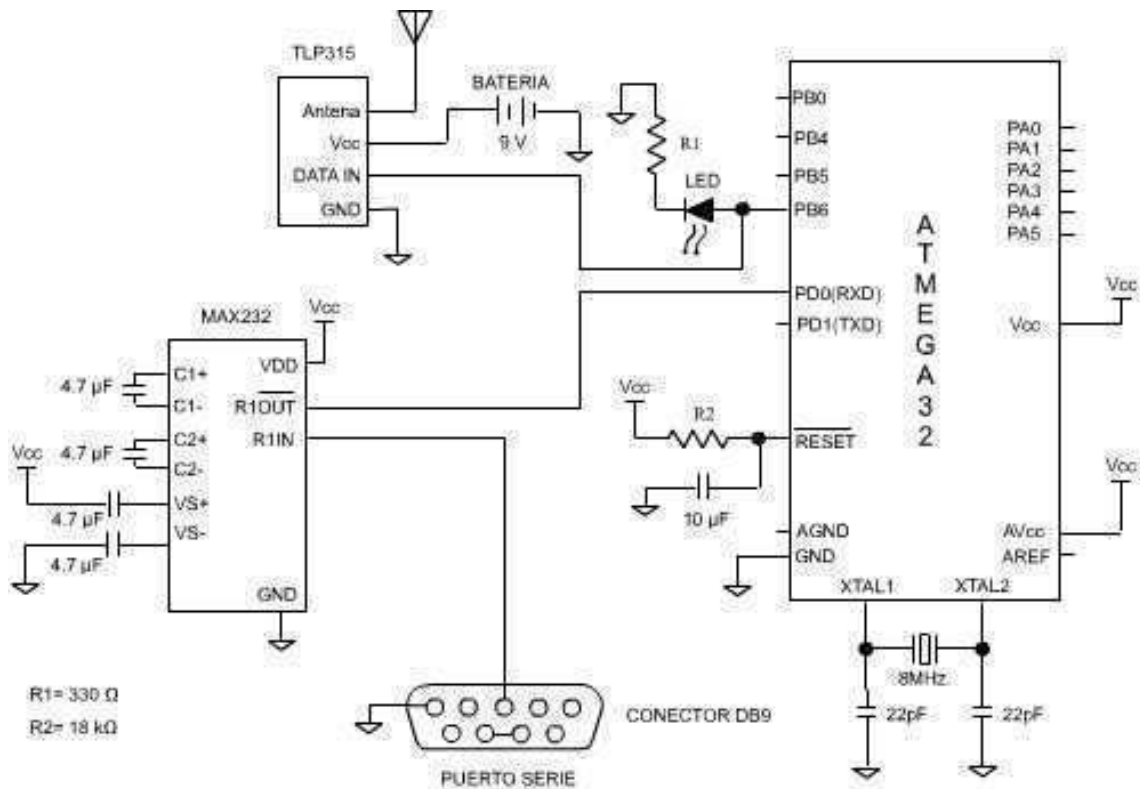


Figura 10.21. Diagrama eléctrico de la etapa transmisora en el lado del motor.

Las señales que se obtienen del motor, son digitalizadas y exportadas al puerto serie. Y como se había descrito anteriormente se establece la comunicación de transmisión a la terminal PD0 (RXD) de otro microcontrolador ATMEGA32. Y de nuevo la terminal PB6

(generación de FSK) las modula y las lleva al transmisor TLP315 para ser transmitidas al receptor situado en la PC.

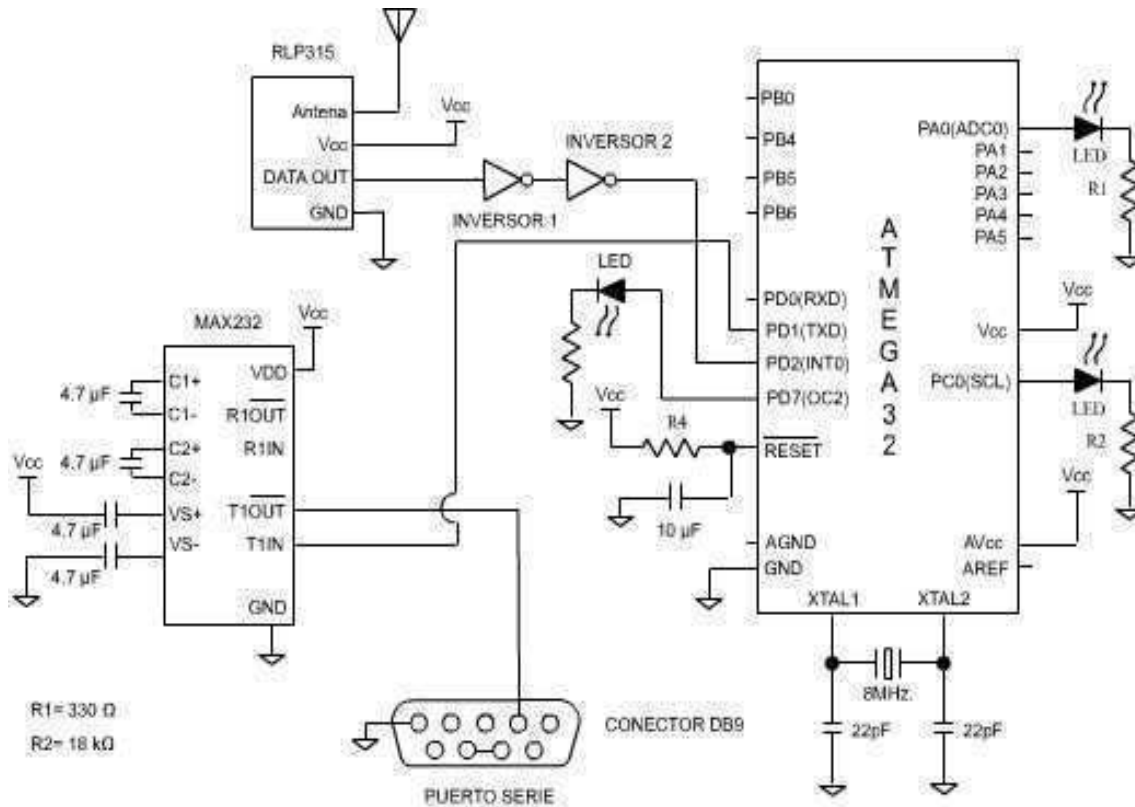


Figura 10.22. Diagrama eléctrico de la etapa receptora por PC.

La antena receptora del módulo RLP315 recoge las señales de los parámetros del motor, las demodula y son enviadas a otro circuito inversor (74LS04) para ser reforzadas y transmitidas a la terminal PD2 (INT0) del microcontrolador ATMEGA32. Este hará sus operaciones y cuando termine enviará los datos por la terminal PD1 (TXD) al circuito MAX232, que los llevará al puerto serie. Una vez realizado esto, la interfaz RS232 se comunicará con la PC desplegando en el programa de Visual Basic los datos en tiempo real para tener la información instantánea de la operación del motor.

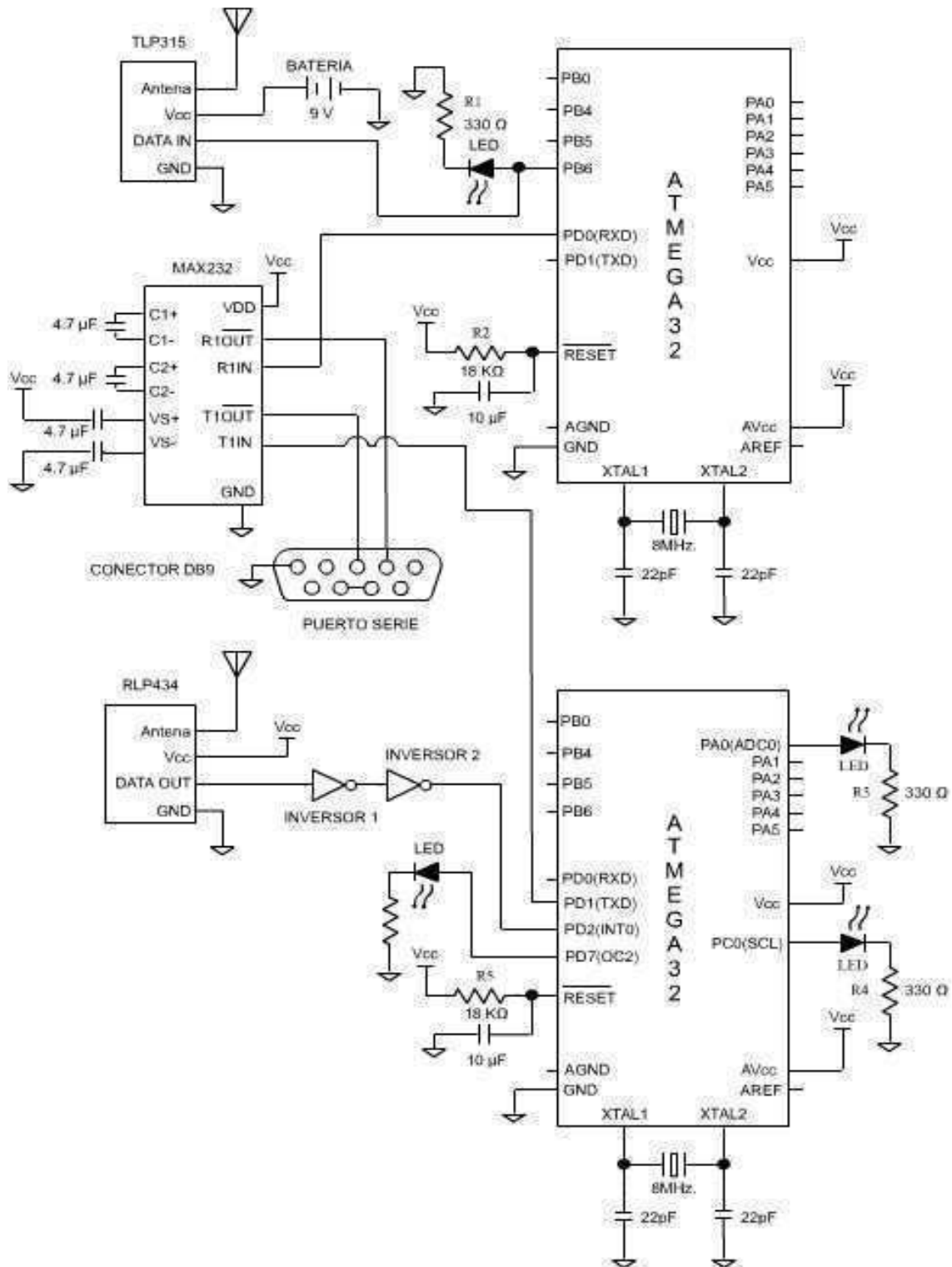


Figura 10.23. Diagrama completo del Módulo Transmisor-Receptor 2.

En las fotos siguientes se muestran los módulos transmisores-receptores:

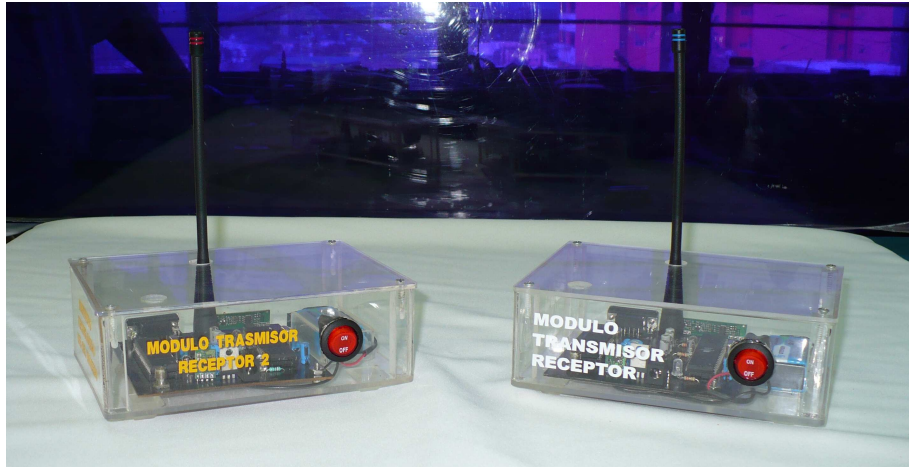


Figura 10.24. *Parte frontal de los Módulos Transmisores-Receptores.*

En la figura 10.24 se muestra la parte frontal de los módulos transmisores-receptores con sus interruptores de encendido y apagado y sus antenas transmisoras-receptoras.

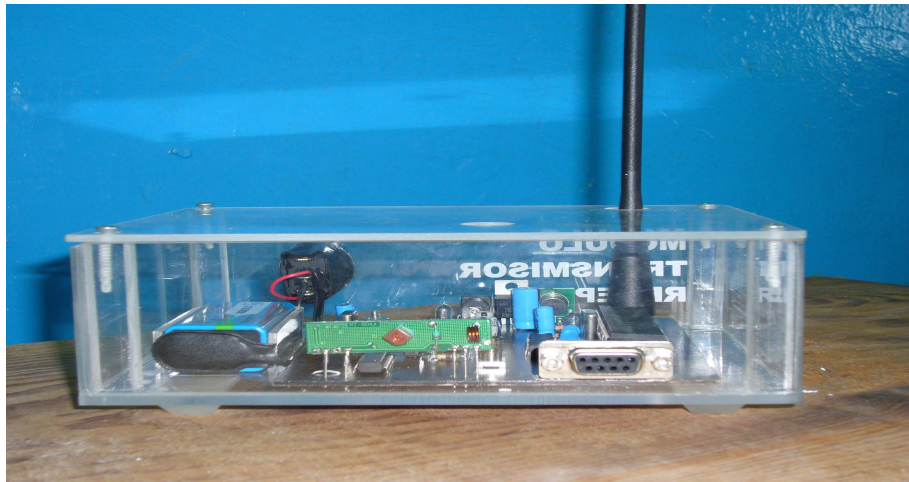


Figura 10.25. *Parte posterior del Módulo Transmisor-Receptor.*

En la parte posterior del módulo transmisor-receptor (figura 10.25), puede observarse la batería utilizada así como el conector del terminal puerto serie.

10.7. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA32.

El uso de la programación es de gran importancia ya que con sus operaciones en el programa de control hacen posibles introducir cambios en el diseño modificando sólo el software. La interfase hacia varias entradas y salidas puede utilizar un solo bit. Por ejemplo, un motor puede encenderse y apagarse por medio un solenoide energizado por un puerto de salida por un solo bit. Por lo que a continuación se explicará el programa realizado para la transmisión y recepción de datos utilizando el protocolo FSK. [16]

Esta parte del código se refiere a la transmisión de datos de la computadora al microcontrolador a través del puerto de comunicación serie.

```
PUSH A
IN A, SREG
PUSH A
IN A, UDR
STS DATARECEIVE, A
LDS A, DATARECEIVE
INC R30
CPI R30, $01
BREQ GUDATA1
CPI R30, $02
BREQ GUDATA2
CPI R30, $03
BREQ GUDATA3
CLR R30
RJMP LAP1
```


En este segmento se guarda el dato que entra por el puerto serie.

```
STS DATA1, A
R JMP LAP1
STS DATA2, A
R JMP LAP1
STS DATA3, A
OUT PORTA, A
CLR R30
POP A
OUT SREG, A
POP A
```

En esta sección se produce el envío por FSK, en donde se hace llamar a un retardo para generar el tiempo de FSK.

```
CBI PORTB, 6
CALL RETA002
SBI PORTB, 6
CALL RETA002
```

Se empieza el envío con un dato de sincronía y enseguida se envían los datos 1, 2, 3, etc., del envío serie.

```
RCALL SINC
LDI A, '1'
RCALL ENVIO
;-----
LDS A, DATA1
RCALL ENVIO
```

```
;-----  
LDS A, DATA2  
RCALL ENVIO
```

```
;-----  
LDS A, DATA3  
RCALL ENVIO
```

```
;-----  
LDS A, DATA4  
RCALL ENVIO
```

```
;-----  
LDS A, DATA5  
RCALL ENVIO
```

```
;-----  
LDS A, DATA6  
RCALL ENVIO
```

Enseguida se hace un llamado a la subrutina ENVIO, esta parte del código hace un envío de bit por bit al transmisor.

```
LDI R20, $08  
DEC r20  
ROL A  
IN B, SREG  
PUSH B  
CBI PORTB, 6  
CALL RETA002
```

```
POP B
OUT SREG, B
BRCS SIGUE
SBI PORTB, 6
CALL RETA002
CALL RETA002
RJMP ENVIO1
SBI PORTB, 6
CALL RETA002
CPI r20, $00
BRNE DECRE
```

A continuación se muestra que el dato recibido del transmisor, se procesa y filtra digitalmente. Esta sección de código actúa como un filtro pasa banda y es en donde se decodifica la FSK.

```
PUSH A
IN A, SREG
PUSH A
LDS A, BANDERA
CPI A, $01
LDI A, $01
STS BANDERA, A
CLR A
OUT TCNT1H, A
OUT TCNT1L, A
LDI B, 1<<CS10
OUT TCCR1B, B
LDI A, $00
OUT PORTA, A
```

```
RJMP FIN
;-----
LDI A, $01
OUT PORTA, A
LDI A, $00
STS BANDERA, A
LDI B, 0<<CS10
OUT TCCR1B, B
```

Así se obtienen los 0's y los 1's, almacenando en una memoria los bits y después siendo reenviado por la TX del puerto serie del microcontrolador.

```
IN A, TCNT1L
IN B, TCNT1H
SUBI A, $B0
SBCI B, $6C
BRCC FIN22
IN A, TCNT1L
IN B, TCNT1H
SUBI A, $8A
SBCI B, $57
BRCS FIN22
DEC R21
SBI PORTC, 0
CLC
LDS A, DATAX
ROL A
STS DATAX, A
```

De esta manera se finaliza la recepción de datos, así estos datos son recolectados y llevados al microcontrolador ubicado en el controlador de velocidad.

Resultados y Conclusiones

Este capítulo trata de los resultados obtenidos con el proyecto, en donde se probaron cuales fueron sus respuestas. Así como también se habla del funcionamiento del sistema, y los trabajos a futuro.

11.1. RESULTADOS.

Se realizaron pruebas en tres condiciones diferentes, la primera en una zona con interferencias, la segunda se llevo a cabo en una zona con obstáculos, y finalmente la tercera se realizó al aire libre y sin interferencias y sin obstáculos:

Tabla 11.1. *Resultados obtenidos en una zona con interferencia.*

Módulos	Distancia*.	Calidad de la Señal**.
Transmisor / Receptor.	4	1
Transmisor / Receptor.	10	2
Transmisor / Receptor.	18	2
Transmisor / Receptor.	25	3

* Distancia esta dada por metros.

** Tabla Calidad de la Señal:

1. Excelente.
2. Buena.
3. Regular.
4. Mala.

Tabla 11.2. *Resultados obtenidos en una zona con obstáculos.*

Módulos	Distancia*.	Calidad de la Señal**.
Transmisor / Receptor.	4	2
Transmisor / Receptor.	10	2
Transmisor / Receptor.	18	3
Transmisor / Receptor.	25	4

Tabla 11.3. *Resultados obtenidos en una zona al aire libre, sin interferencias y sin obstáculos.*

Módulos	Distancia*.	Calidad de la Señal**.
Transmisor / Receptor.	4	1
Transmisor / Receptor.	10	1
Transmisor / Receptor.	18	1
Transmisor / Receptor.	25	1
Transmisor / Receptor.	30	2
Transmisor / Receptor.	35	4

De acuerdo a los valores anotados en las tablas anteriores, se puede observar que el funcionamiento del circuito fue óptimo, ya que se tuvo un alcance de 30 m con excelente respuesta, distancia que puede mejorarse si se utilizan etapas de salida de potencia mayor.

11.2. CONCLUSIONES.

Una vez que el circuito de nuestro proyecto entró en funcionamiento se pudo comprobar la buena operación del dispositivo, ya que al aplicar órdenes para el cambio de velocidad por medio de la PC, inmediatamente obtuvimos el aviso de dichos cambios en la pantalla de la PC, éstos, recibidos desde el motor.

Luego de comprobar el alcance de nuestro transmisor, se elaboró una tabla de resultados, la distancia máxima obtenida con los amplificadores de radio frecuencia utilizados fue de aproximadamente 30 m, distancia que fácilmente puede ser superada si se utilizan etapas de salida de radio frecuencia de mayor potencia. Los sistemas de modulación y demodulación de señales digitales funcionaron, igualmente, a la perfección, motivo por el cual consideramos que nuestro proyecto es una buena opción para ser utilizado en lugares inhóspitos, tóxicos y en donde la salud o la vida del hombre pudiera estar en riesgo.

Se llegó a comprobar que un sistema de control mediante radio frecuencia es muy efectivo y preciso, ya que como se pudo observar durante su desarrollo que las variables controladas respondían en tiempo real, por lo que el objetivo en un inicio planteado se llegó a superar tomando en cuenta que existen en el mundo situaciones en las que por medio de ondas electromagnéticas se pueden resolver varios problemas que las distintas industrias tienen, en este caso se pudo controlar la velocidad de un motor de CD aclarando que dicho sistema puede controlar no solo el dispositivo antes mencionado sino otras variables que se deseen solo basta en hacer modificaciones en la programación del microcontrolador, llevando como base el mismo protocolo.

El sistema de radio frecuencia es altamente confiable ya que se probó en una zona donde existe mucha interferencia, ya que las antenas de radio y televisión llevan datos y señales de diferentes frecuencias las cuales pudieron interferir en dichas pruebas, a pesar de ello el sistema respondió en óptimas condiciones.

Con esto se pudo comprobar que el sistema elaborado en base a radio frecuencia es un método eficaz para el control de varios sistemas, en este caso controlar un motor de CD.

11.3. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

Se considera que sería conveniente:

- Usar módulos de mayor alcance, como por ejemplo los módulos Zig-Bee que cuentan con un alcance de 1 Km.
- Con las nuevas tecnologías, ahora se pueden usar otro tipo de transmisión y recepción de datos como son: GPS, Bluetooth, entre otras.
- El programa Visual Basic puede ser modificado con el fin de poder controlar varios motores de corriente directa a su vez, esto se logra utilizando el protocolo de comunicación DMX (utilizado en luces robóticas).

Referencias

Libros:

- [1] Louis E. Frenzel, *Communication Electronics, Principles and Applications*. 3rd. Edition. Glencoe/McGraw-Hill. 1995.
- [2] Wayne Tomasi, *Electronic Communications Systems Fundamentals Through Advanced*, 2nd. Edition, Prentice Hall Inc. 1996.
- [3] Robert L. Shrader, *Electronic Communication*. 6th. Edition. Hardcover, 1990.
- [4] Bergwall Productions Inc., Thomson Delmar Learning, *Electronic Communication Fundaments*. Delmar Pub. 1996.
- [5] Gary M. Miller, Jeffrey S. Beasley. *Modern Electronic Communication*, 9th. Edition. Prentice Hall. 2006.
- [6] Mohan E., *Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications*, 2nd. Edition. Prentice Hall. 1986.

Para artículos de revistas:

- [7] *Diseño y construcción de un Medidor de Temperatura Inalámbrico*. División de Estudios de postgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de San Nicolás de Hidalgo. svala@zeus.ccu.umich.mx.
- [8] *Interfaz con un radio de banda libre utilizando un PIC16F84*. Instituto Tecnológico de Minatitlan. cheverri@correoweb.com.mx.
- [9] *Telecontrol utilizando el protocolo de aplicación inalámbrica*. M.C. Marco A. Acevedo, M.C. Miguel Sánchez Meras. Sección de Estudios de Postgrado e Investigación ESIME-IPN. macevedo@ipn.mx.
- [10] *Comunicaciones Ópticas a través de la línea de transporte*. Marta García, Francisco J. Sáez. marta.garcia@alcatel.es.

- [11] *Estudio de la propagación de Radio Frecuencia*. Luis G. Guerrero Ojeda, Vicente Alarcón Aquino. Departamento de Ingeniería Electrónica. Universidad de las Américas, Puebla. lgojeda@mail.udlap.mx.

Direcciones electrónicas:

- [12] Disponible en: www.rfsworld.com
- [13] Disponible en: www.monografias.com
- [14] Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/RS-232
- [15] Disponible en: www.sunray.com/english/index.asp
- [16] Disponible en: www.atmel.com