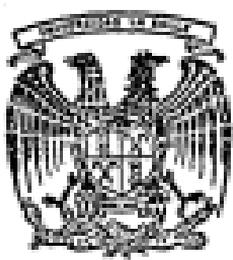


300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

12
2ej

"CONTROL INALAMBRICO POR COMPUTADORA
DE UNA PLATAFORMA DE DESPLAZAMIENTO DE
UN ROBOT"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
AREA PRINCIPAL EN ELECTRONICA
P R E S E N T A :
LUZ ELENA ESTRADA REA

MEXICO- D. F.

1990

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. COMUNICACION DE DATOS DIGITALES	
1.1 Introducción	4
1.2 Conceptos generales	7
1.3 Sistemas de comunicación	9
1.3.1 Definición de algunos términos	11
1.4 Comunicación de datos	14
1.5 Técnicas y sistemas para comunicación de datos	16
1.5.1 Transmisión en serie asincrónica	19
1.5.2 Transmisión sincrónica de datos en serie	23
1.6 Formatos de comunicación digital	28
1.7 Claves de comunicación digital	30
1.7.1 Aplicación de las claves para comunicación digital.	33
1.7.2 Protocolos	34
1.7.3 Elementos de un protocolo	34
1.7.4 Técnicas para corrección de errores	35

1.8	Medios de transmisión en los sistemas de comunicación.	38
1.8.1	Generalidades	38
1.9	Medios de transmisión alámbrica	42
1.9.1	Pares de alambres abiertos	42
1.9.2	Cables de pares de alambres	43
1.9.3	Cables coaxiales	44
1.9.4	Cables submarinos	46
1.9.5	Guías de onda	47
1.9.6	Fibras ópticas	48
1.10	Medios de transmisión inalámbrica	52
1.10.1	Naturaleza de la luz	53
1.10.2	Generalidades de las ondas electromagnéticas	53
1.10.3	La radiocomunicación	56
1.10.4	Microondas	60
1.10.5	Satélites	61
1.10.6	Circuitos de esparramiento troposférico	63
1.10.7	Laser's - Región Infrarroja	64

CAPITULO 2. FUENTES Y RECEPTORES DE LUZ

2.1	Introducción	70
2.2	Fuentes de luz	71
2.2.1	Detectores infrarrojos	73
2.2.2	Parámetros	74
2.3	Circuitos emisores y receptores	82

2.3.1	Circuitos emisores	83
2.3.1.1	El LED	83
2.3.1.2	El IRL	84
2.3.2	Circuitos receptores	95
2.3.2.1	Introducción	96
2.3.2.2	Fotodiodo de avalancha - APD	100
2.3.2.3	Pin FET	107
2.3.3	Conclusiones	110
2.3.4	Aplicaciones	110

CAPITULO 3. CONCEPTOS GENERALES DE ROBOTICA

3.1	Introducción	112
3.2	Antecedentes y requerimientos	115
3.3	Conceptos generales	117
3.4	Tipos de robots	118
3.4.1	Atributos	119
3.4.2	Morfología	121
3.4.3	Campos de utilización	125
3.5	Morfología robótica	127
3.5.1	Estructura mecánica	128
3.5.2	Elementos motores	129
3.5.3	Transductores	129
3.6	Robot seleccionado	130

CAPITULO 4. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EMISOR Y RECEPTOR

4.1	Introducción	132
4.2	Antecedentes y requerimientos	133
4.3	Elementos requeridos del diseño del "Hardware"	135
4.4	Circuito emisor	139
4.4.1	Diagrama a bloques del circuito emisor	140
4.4.2	Componentes de diseño y sus características. Cálculos.	141
4.5	Circuito receptor	145
4.5.1	Diagrama a bloques del circuito receptor	145
4.5.2	Circuitos integrados y componentes de diseño. Cálculos.	146
4.6	Circuito de aplicación	161
4.6.1	Diagrama a bloques	161
4.6.2	Circuito electrónico	164

CAPITULO 5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA TRANSMISOR

5.1	Introducción	166
5.2	Especificaciones generales de entrada, proceso y salida.	167
5.3	Programación de la tarjeta serial USART 8251	168
5.4	Modo de direccionamiento del puerto serial	172
5.5	Señales del controlador	176
5.6	Programa de aplicación	177

5.6.1 Programa MENU	178
5.6.2 Programa para control manual	179
5.6.3 Programa para control automático	181
5.7 Teoría de Aplicación	184
CONCLUSIONES	187
APENDICE	192
BIBLIOGRAFIA	200

INTRODUCCION

El desarrollo de la presente tesis tiene dos aspectos principalmente, los cuales son:

1. La aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera a un aspecto práctico en el campo profesional.
2. Que el trabajo de investigación sea una base en el estudio de las comunicaciones por vías ópticas, basándose en los resultados obtenidos, sea un medio para la realización de este sistema de comunicaciones, así como implementar mejoras en éste.

La creciente demanda de información, de la comunicación, así como el rápido desarrollo de tecnologías disponibles, son los factores primordiales en el diseño de nuevos sistemas con mayor eficiencia y capacidad y menor costo, que permitan un amplio servicio en señales que transportan información.

Las constantes investigaciones en el campo de las comunicaciones ha permitido la modernización de éstas, haciéndolas cada vez más confiables e implementándolas en la industria.

La naturaleza del trabajo de investigación, consiste en la implementación de un sistema de comunicaciones por la vía inalámbrica.

Se persiguen dos objetivos: primeramente entablar la comunicación de datos y en segundo lugar dar una aplicación a los datos transmitidos con el comando de una plataforma de desplazamiento.

Con la posibilidad de utilizar el espectro completo de las ondas electromagnéticas, la historia de la transmisión de información ha registrado una propagación continua hacia la utilización de longitudes de onda más cortas, con el objeto de disponer de mayores anchos de banda.

El tema seleccionado basa su importancia en los estudios realizados de los laser en las comunicaciones, en la importancia y factibilidad de comunicarnos (además de las ondas de radio y los cables eléctricos), por medio de las ondas de luz, que han ido extendiendo sus campos de aplicación.

Con la invención del laser se ha dirigido la investigación a la realización de sistemas de transmisión óptica, ya que su alta frecuencia permite la transmisión de enormes cantidades de información.

Así mismo se ha extendido la importancia de la robótica debido a sus múltiples y necesarias aplicaciones en la industria.

Dada la trayectoria larga que pueda tener un robot, resulta más conveniente una vía inalámbrica en el comando de sus movimientos, éste resulta muy ventajoso ya que existen áreas inaccesibles a los usuarios que, mediante el control remoto se revierten a ser áreas accesibles de trabajo.

En la presente tesis se tratará en el primer capítulo un estudio sobre las comunicaciones digitales de datos para irse introduciendo en que manera se establece una comunicación y que elementos constituyen a ésta. Así mismo, dentro del mismo se hará mención de los medios de transmisión existentes en todo enlace de comunicación.

El capítulo 2 se refiere al estudio de los componentes ópticos que se han ido desarrollando e implementando en los modernos sistemas de comunicación.

Se presentan los parámetros que definen a los diferentes componentes, así como la comparación de los mismos, con el fin de seleccionar el LED emisor y fototransistor adecuado a cada diseño. Se presentan además sus campos de aplicación.

Dentro del capítulo 3 se presenta una vista general sobre la robótica.

El trabajo no consiste en el diseño y realización de un robot, pero es importante tener un panorama sobre el tema ya que, su dominio se ha extendido en la industria, además de que al tener como objetivo particular el comando de un robot, es necesario conocer como se constituye éste.

La implementación del "Hardware" del sistema de comunicación se presenta en el capítulo 4, donde se desarrolla una metodología para obtener el diseño del circuito emisor y receptor que se encargan de efectuar el enlace.

En este capítulo se utilizarán conocimientos estudiados en los capítulos 1 y 2.

El capítulo 5 encierra los elementos de "Software" requeridos en el sistema implementado.

se analiza la forma de operación de la computadora mediante el empleo del puerto de comunicación y se desarrolló el programa que se encarga de mandar los formatos de comunicación que comanda al robot.

COMUNICACION DE DATOS DIGITALES

1.1 INTRODUCCION

A continuación se desarrollará un estudio sobre los sistemas de comunicación, las técnicas empleadas en la comunicación de datos, formatos, claves y protocolos de datos. Se presentan también los medios de transmisión utilizados en los sistemas de comunicación.

Estos medios de transmisión se encuentran divididos de acuerdo al tipo de canal que es el medio de enlace entre el transmisor y el receptor. Así este enlace puede tener una guía definida como un alambre o sin guía definida como la atmósfera.

Es pues así que se trata primeramente los medios de transmisión alámbrica y posteriormente los medios de transmisión inalámbrica, haciendo referencia a sus aplicaciones en ambos casos.

Dentro de la transmisión inalámbrica se presenta el medio empleado en el desarrollo de este trabajo, que corresponde al medio de transmisión de los rayos laser del tipo infrarrojo.

1.2 CONCEPTOS GENERALES

El estudio del proceso de la comunicación, abrió las puertas a la teoría de la comunicación. El primer trabajo sobre teoría de la comunicación lo realizó Claude E. Shannon, en su obra "Una Teoría Matemática de la Comunicación" (en la cual sentó las bases de gran parte de la actual teoría de la comunicación), estableció la relación entre varios problemas de la comunicación y determinó los conceptos de unificación para los mismos.

Los elementos mínimos para cualquier proceso de comunicación son: la fuente del mensaje, el medio para transmitirlo y el receptor. El caso mas sencillo es el de una persona hablando con otra, la persona que habla es el transmisor o fuente del mensaje, el aire viene a ser el medio de comunicación y la persona que escucha el receptor.

Para establecer la comunicación es preciso transferir cierta clase de información. La INFORMACION en la teoría de la comunicación, se define como cualquier señal organizada.

Esta señal puede ser una serie de letras, un grupo de distintos tonos de sonido, una serie de elementos de berrido de una figura o el sonido de una sirena, en esta información se incluye el MENSAJE.

A fin de que la comunicación resulte efectiva, es necesario comprenderla. En un sistema mínimo el mensaje se envía en un sólo sentido sin importar su comprensión por parte del receptor, con esto no se considera un receptor que no puede detectar el mensaje sino que el receptor necesita una mayor información para realizar lo comprensible, es decir, que dicho mensaje tenga sentido para quien lo recibe, esto nos lleva a concluir que para que una comunicación resulte efectiva, es preciso que sea comprendida.

Un sistema de comunicación que no permite intercambio entre la fuente del mensaje y el receptor es una instalación para comunicación "SIMPLEX" o es un sólo sentido, la que permite dicho intercambio en ambos sentidos es la instalación "DUPLEX".

El medio para transmitir un mensaje es siempre limitado. El medio dentro de cuyos límites se transmite el mensaje se conoce como Canal. Para un sistema privado de intercomunicación el canal de comunicación puede ser un alambre o cable; para una estación de radio lo será una

determinada gama de frecuencias.

El ruido constituye un concepto importante en la teoría de la comunicación. Este se define como una señal que interfiere al mensaje que está siendo transmitido y lo convierte en una perturbación indeseable. La estática en radio es una forma de ruido, el polvo en una lente de una cámara desempeña el papel de ruido en un canal de comunicación visual. Por tanto cualquier señal que interfiera con el mensaje que se está enviando se considera como un ruido en la comunicación.

1.3 SISTEMAS DE COMUNICACION

Los sistemas de comunicación pueden subdividirse de diferentes maneras, en una subdivisión estaría el sistema de tiempo real, en el cual el receptor toma el mensaje en el tiempo más corto posible, por ejemplo una persona que escucha a otra por teléfono, escucha el mensaje en tiempo real.

La mayoría de los sistemas de comunicación de tiempo real son de naturaleza eléctrica o electrónica.

Todos los sistemas de comunicación eléctrica tienen algo en común: requieren estar conectados mediante

conductores eléctricos.

En los sistemas eléctricos y electrónicos existen dos maneras básicas de comunicación, la Analógica y la Digital.

La señal analógica es el equivalente proporcional de la comunicación original. En un circuito telefónico sencillo, la corriente es proporcional a la intensidad de las ondas sonoras que actúan sobre la bocina.

Los sistemas de comunicación digital no utilizan una relación eléctrica proporcional, más bien, se basan en una limitación del sistema a la presencia o ausencia de energía eléctrica; se tienen dos condiciones, estado '1' cuando hay paso de corriente y actúa el dispositivo, y estado '0' cuando no hay presencia de corriente y el dispositivo no opera.

Otro medio de diferenciar los sistemas de comunicación consiste en el medio empleado para transmitir la señal. Las señales pueden ser enviadas a través de alambres, irradiadas a través del espacio, enviadas a través de rayos luminicos, insertadas a través de guías de ondas, o mediante una combinación de estos medios.

Los dos medios básicos mas frecuentemente utilizados en comunicaciones para transmitir datos son: por

conductores de alambre y mediante la difusión de radioondas.

Desde el punto de vista de obtención de información por el receptor, el enlace de comunicación carece de importancia, salvo por lo que toca a cual es el que agrega ruido a la señal transmitida.

1.1.1 Definición de Algunos Términos

A continuación se definirán algunos términos útiles para comprender la comunicación de datos:

Grados de Canal.- Si vamos a transmitir un mensaje deseado por un canal, este tiene que ser capaz de llevar la suficiente información, a fin de hacer al receptor comprender lo que se está transmitiendo. Si por ejemplo, deseamos transmitir música por un sistema de comunicación, necesitamos una mayor respuesta de frecuencias a la que podríamos encontrar en un surcador telefónico. Este es un término de audio que describe la capacidad del equipo para responder a las señales dentro de un determinado rango de frecuencias. Los diferentes mensajes a transmitir requieren de diferente rango de frecuencias.

Capacidad de Canal.- A fin de transmitir información

correctamente, tenemos que determinar si podemos establecer un canal con rango suficiente para permitir la transmisión de la información necesaria sin incurrir en el desperdicio. Esto resulta especialmente aplicable en la radio difusión, que requiere límites inferior y superior de frecuencias, dentro del espectro de radio. En tales circunstancias el rango de frecuencias de canal se determina, en parte, por la frecuencia de la portadora. Se ha encontrado que la frecuencia de la portadora tiene que ser por lo menos el doble de la frecuencia más alta del mensaje que se está transmitiendo. Si conocemos el ancho de banda del canal de que disponemos, podemos determinar la frecuencia máxima y mínima que estamos en condiciones de transmitir; es decir, podemos determinar la cantidad de información que podemos transmitir.

Modulación de la portadora.- Hemos definido la portadora, como una onda de radio de una determinada frecuencia. Antes de transmitir un mensaje por ella, debemos confiar nuestro mensaje a esta portadora. El procedimiento por el cual se logra ésto se conoce como modulación de la portadora.

Existen tres formas básicas de la modulación de la portadora:

- a) Modulación de Amplitud AM
- b) Modulación de Frecuencia FM
- c) Modulación de Fase PM

Puede utilizarse cada uno de estos métodos para transmitir cualquier señal que caiga dentro de las limitaciones de la capacidad de canal que se está utilizando.

Codificación de pulsos.- En una comunicación, una señal no tiene por que ser audible a la voz o a la música. El golpe de una llave telegráfica puede ser una señal. El mensaje está construido por una serie de pulsos eléctricos, a ésto se le denomina codificación de pulsos.

Tasa de bauds.- En la comunicación de datos, se dedica una cantidad fija de tiempo al envío de un pulso, que se conoce como dígito binario o bit, el número de bits de información que puede transmitirse en un segundo se denomina tasa de bauds. Por definición, un baud es el recíproco del tiempo en segundos, ocupado por el elemento más corto que se está transmitiendo, por ejemplo si tenemos una clave cuyo elemento de señal más corto es de 20 msec. de duración, la tasa de modulación de la clave sería de 50 bauds por seg.

1.4 COMUNICACION DE DATOS

Una gran subdivisión de la comunicación la constituye el campo de la comunicación para datos. A diferencia de la disciplina general en cuanto a las comunicaciones, la comunicación de datos se interesa principalmente en la transferencia de mensajes numéricos o de instrumentación.

En la comunicación de datos se utilizan los pulsos, en vista de que son elementos fáciles de mensajes para el manejo de circuitos eléctricos. Existen varias formas de mensajes por pulsos, pero los más básicos emplean el principio de los números binarios. Puesto que los números binarios pueden representarse mediante una señal eléctrica (estado 1) o falta de señal (estado 0), es evidente que en un sistema de numeración de este tipo sería deseable para su utilización en los circuitos eléctricos; lo que es preciso de detectar es la presencia o ausencia de energía eléctrica.

La comunicación digital para datos es especialmente útil, dado que que la mayor parte de las computadoras electrónicas utilizan el conteo digital, por lo tanto, recurriendo al uso de facilidades para la comunicación que puede manejar datos digitales, las computadoras electrónicas pueden interconectarse y utilizarse para ayudar al procesamiento y transmisión de datos.

Todo sistema de comunicación se encuentra sujeto a errores; algunos, no obstante, tienen un nivel de tolerancia más bajo que otros. El encontrar el nivel de tolerancia es sumamente importante ya que, más alta tenga que ser la calidad del mensaje, más redundante tiene que ser el sistema de comunicación de datos.

Para comprender el lugar que ocupan los errores en los sistemas de comunicación, hay que comprender el concepto del ruido. El ruido en la señal se define como una interferencia no deseada. En este sentido cualquier generación de una señal indeseada constituye un ruido: incluyendo el mal funcionamiento del "hardware", tanto transmisor como receptor.

El ruido ocasiona errores en los mensajes. A fin de definir con mayor precisión los diversos tipos de errores, subdividimos el ruido en diversas categorías:

a) Ruido de fabricación - ruido causado por el mal funcionamiento del equipo.

b) Ruido natural - ocasionado por fenómenos naturales tales como emisión térmica, estática, etc.

c) Ruido en la red - provocado por interacción de otra señal con la señal que se está considerando.

1.1 TÉCNICAS Y SISTEMAS PARA COMUNICACION DE DATOS

Existen varias técnicas que se utilizan para la transferencia de señales en la comunicación de datos. Cada una de dichas técnicas tienen sus ventajas y desventajas.

Los mensajes normales para comunicación de datos se transmiten en alguna clave de pulsos. Existen diversas clases de estas claves de pulsos empleadas en la transferencia de datos. Se dice que dichas claves son de formato binario.

Una clave de formato binario sólo pueda representar diferentes símbolos, si permite los elementos binarios suficientes para cada símbolo. Si nos referimos a un dígito binario que representa a cada símbolo, sólo tenemos dos elecciones: un símbolo representado por el estado ON (señal eléctrica), y el otro símbolo representado por el estado OFF (ausencia de señal). Con un arreglo de este tipo podríamos representar no por ON y si por OFF.

Si en lugar de utilizar un dígito binario, empleamos dos, disponemos de más caracteres para elegir. Nuestra elección para una clave de un "bit" se encontraba limitada a dos "0" o "1". Nuestra elección en el caso de dos "bits", es de cuatro: 00,01,10,11. Si escogemos una clave de tres "bits", nuestra elección será de ocho:

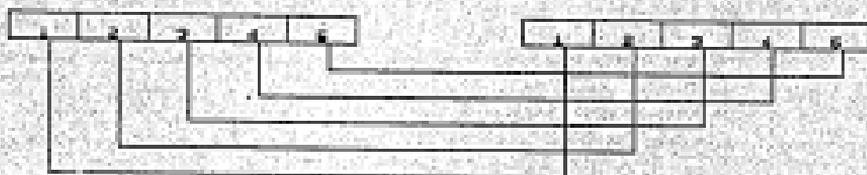
000,001,010,011,100,101,110 y 111. Puede demostrarse que, en una clave para composición de caracteres de n "bits", el número de caracteres disponibles será 2^n , en la terminología de las comunicaciones, en lugar de designar a estas claves como de un "bit", de dos "bits", etc., se las designa como claves de niveles, un nivel, dos niveles, etc.

Para transmitir los caracteres de una clave, es necesario acomodar sus elementos en tal forma que haga posible su recepción sin ninguna incertidumbre. Existen diferentes técnicas mediante las cuales puede lograrse esto. Estas técnicas se dividen en dos grandes categorías:

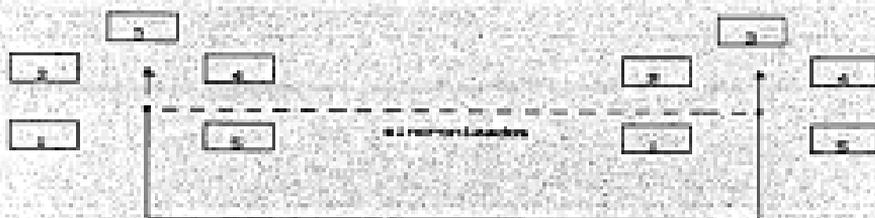
Transmisión de Datos en Serie

Transmisión de Datos en Paralelo

En la transmisión de datos en paralelo cada elemento de una clave tiene su propio canal, de manera que el carácter total se transmite a un mismo tiempo. Esto quiere decir, por ejemplo, que una clave de cinco niveles tendría una disposición de cinco canales para transmisión en paralelo.



En la transmisión de datos en serie cada carácter de clave se envía por turno, en vez de enviar todos los elementos a la vez. Esta técnica permite transmitir, por un solo canal, datos de muchos niveles codificados en forma binaria.



La conversión de la transmisión de datos en paralelo en la transmisión de datos en serie, y viceversa no resulta

eficiente. Sin embargo, en el caso de transmisión de datos en serie, el hecho de que se regulara un número mínimo de canales asignados se vuelve cada vez más significativo, conforme aumenta la distancia entre el transmisor y el receptor.

Existen dos formas básicas de transmisión de datos en serie:

Transmisión de Datos Síncrona

Transmisión de Datos Asíncrona

1.3.1 Transmisión en Serie Asíncrona

La transmisión asíncrona de datos en serie es la técnica que se emplea en la mayor parte de los dispositivos electromecánicos en serie.

En la técnica asíncrona cada carácter consta de tres partes:

Un "bit" de arranque

Los "bits" de datos

El "bit" de parada

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de este formato.

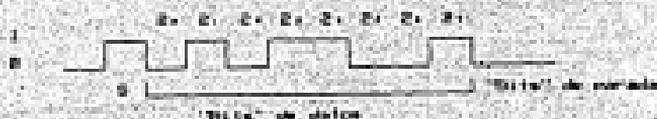


Fig. 1 - "bit" de arranque

Un "bit" de arranque es un estado de la línea (generalmente cero) que tiene una duración mínima de tiempo, y se utiliza para indicar el principio del carácter. El principio del carácter puede detectarse ajustándose a dos reglas básicas:

a) Cuando no se están transmitiendo datos en la línea, ésta se mantiene en estado 1 lógico.

b) Después de que se ha transmitido el último "bit" de datos, la línea se mantiene en estado 1, por lo menos durante un "bit" de tiempo.

Recurriendo a estas dos reglas, la interfaz puede detectar el "bit" de arranque cuando no se está recibiendo efectivamente un carácter, y la línea pasa del estado 1 al

0. En ese momento, la interfaz receptora activa un reloj que muestra los "bits" de datos, tal como aparecen en la línea. La interfaz receptora tiene que saber cuántos "bits" hay en un carácter, a fin de determinar cuándo termina la corriente de caracteres, y cuándo tiene que esperar el siguiente "bit" de arranque.

Los "bits" de datos representan los datos binarios reales que se están transmitiendo. En general, en las aplicaciones, los caracteres tienen una longitud de 8 "bits", siendo el "bit" menos significativo el que se envía o se recibe primero.

Una vez que se han transmitido los "bits" de datos, se envía un "bit" de parada. Durante este tiempo se mantiene la línea en estado 1, por un periodo que dura 1 a 2 "bits" de tiempo, permitiendo a la línea que vuelva al estado 1, de manera que tanto la terminal transmisora como la receptora puedan acoplar. El tiempo que dura la línea en este estado depende de el tiempo requerido para que el equipo se resincronice. La línea permanecerá en el estado 1, hasta que sea transmitido otro carácter. Este tiempo de parada asegura que no siga otro carácter por lo menos en 1 a 2 "bits" de tiempo.

La técnica asincrónica para la transmisión de datos en serie tiene las siguientes ventajas:

a) Puede generarse fácilmente con el equipo electromecánico (ej. teletipo de teclado).

b) Puede emplearse con facilidad para operar equipo mecánico.

c) Los caracteres pueden ser transmitidos a una tasa asincrónica, debido a que cada carácter tiene su propia información sincronizada.

Las desventajas de esta técnica son:

a) Separación en tiempo requerida tanto para el transmisor como el receptor.

b) Sensible distorsión debido a que el receptor depende de las secuencias de las señales de llegada para sincronizarse. Cualquier distorsión de éstas, secuencias afectará la confiabilidad con que se conjuntan los caracteres.

c) Velocidad limitada en vista de que hay que considerar la cantidad de márgen razonable para ajustar la distorsión.

d) Interferencia, dado que requieren, por lo menos, 10 "bits" de tiempo para transmitir 1 "bit" de datos.

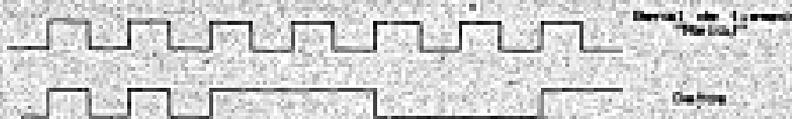
1.3.2 Transmisión en serie síncrona

En la técnica síncrona en serie se envía por la línea una corriente de "bits" en serie, en la misma forma que la corriente de "bits" en serie asíncrona, excepto que no se cuenta con los "bits" de arranque y de parada para sincronizar cada carácter.

En esta técnica todo el bloque de datos está sincronizado mediante una clave única, la que, una vez que ha sido reconocida, hace que el receptor se conecte y ajuste mediante el uso de un dispositivo contador, cuenta los "bits" de llegada y recibe el carácter. Al igual que en la técnica asíncrona el receptor tiene que saber el número de "bits" por carácter.

Señales de Tiempo

A diferencia de lo que ocurre en la técnica asíncrona, se tiene que proveer una señal sincronizada junto con la corriente de "bits" de datos, esta señal puede ser generada por el transmisor o por un dispositivo por separado que emplea el transmisor para transmitir las señales de tiempo. En cualquier caso los datos tienen que ser transmitidos y recibidos síncronamente con un reloj común.



En la figura el transmisor presenta los datos a la línea en la transición negativa de las señales de tiempo, y el receptor prueba la línea de datos en la transición positiva.

Las ventajas de la transmisión sincrónica en serie son las siguientes:

a) Puede usarse una fuente común de señales de tiempo, tanto para transmisor como para receptor.

b) El receptor no requiere un reloj sincronizado lógico como ocurre en el caso de la técnica asincrónica.

c) Es altamente eficiente, dado que no se desperdician "bits" de tiempo como cuando se requieren "bits" de arranque y de parada. Todos los bits que vienen por la línea son "bits" de datos, con excepción del patrón de sincronización al principio de la corriente de "bits".

d) Baja sensibilidad de distorsión, debido a que las señales de tiempo se proporcionan conjuntamente con los datos.

e) Velocidades más elevadas, que se consiguen debido a la baja sensibilidad de distorsión.

Las desventajas que se presentan son las siguientes:

a) Un "bit" de tiempo que se agrega o se pierda, en la corriente de "bits" de datos, puede hacer que todo el mensaje esté equivocado.

b) El equipo de las empresas públicas que se ajusta a este tipo de operación es más caro que el equipo que se requiere para los tipos asincrónicos de operación.

c) El equipo mecánico no pueda transmitir o recibir directamente este tipo de formato.

En base a estas ventajas y desventajas, el siguiente cuadro muestra las velocidades y aplicaciones típicas para estas dos técnicas.

Velocidad	Asíncronas	Síncronas
Baja 0 a 100 bauds	Terminales electro- mecánicas (tal como impresores con te- clado).	La operación a esta velocidad tiende a ser asíncrona.
Media 300 a 1000 bauds	Terminales no amor- tiguadas como lec- tores de cinta de papel o de tarjetas	Terminales amortiguadas como lectores de tarjetas.
Alta 5000 bauds en adelante.	No se usa con fre- cuencia.	Comunicación entre computa- doras.

Interfaz de Línea Síncronica

Los modems (moduladores-demoduladores síncronicos) permiten una tasa más elevada de transmisión de datos que los modems asíncronicos. La naturaleza de estas técnicas de transmisión dan como resultado una mayor eficiencia eliminando la necesidad de información sincronizada con cada carácter.

El diseño lógico de una interfaz para modem síncronico es más sencillo que de una interfaz asíncronica, debido a que no hay necesidad de sincronización de "bits" ni de

"hardware" de prueba. La mayor parte de los módems sincrónicos proporcionan todo el factor tiempo necesario para recibir cada "bit" conforme éste es puesto a disposición por el módem. La dificultad para diseñar un interfaz de módem sincrónico consiste en diseñar en sí mismo, la capacidad de comunicarse en los formatos para mensajes empleados en las comunicaciones sincrónicas.

Ya que la técnica de comunicación sincrónica sólo proporciona la sincronización del "bit" de recuperación, debe existir una manera para establecer la composición de los caracteres y la disposición del mensaje. Esto se consigue mediante el empleo de claves que han sido asignadas para fines de formación de mensajes sincrónicos.

Las claves más significativas para los mensajes son las siguientes:

BYM "Byte" sincronizador - establece la composición de los caracteres.

BOE "Byte" de principio de encabezado - precede al bloque de caracteres de encabezamiento del mensaje.

BTI "Byte" de principio de texto - precede al bloque de caracteres del texto.

STX "Byte" de fin de texto - termina el bloque de caracteres que se iniciaron con STX.

ACK "Byte" de acuse de recibo - acuse de recibo afirmativo de un mensaje recibido.

NAK "Byte" de acuse de recibo negativo - acuse de recibo negativo de un mensaje recibido.

1.6 FORMATOS DE COMUNICACION DIGITAL

Las técnicas de comunicación tanto sincroneas como asincroneas, plantean diferentes problemas en cuanto al formato de los mensajes, debido a los errores que tienen lugar durante la transmisión.

Primariamente los errores que ocurren durante la transmisión asincrónica solamente afectan a los datos que estaban siendo transferidos, en el momento en que las condiciones ambientales, que habían ocasionado el error, habían provocado errores en el sistema. Esto se debe a que la sincronización se establece para cada caracter en particular. Cuando se están utilizando técnicas sincrónicas de comunicación, posiblemente todo el resto de un mensaje resulte equivocado una vez que ha ocurrido un error en el sistema, debido a que la ganancia o adición de una

corriente de "bits" sitos a todo el mensaje fuera de forma.

Consecuentemente se concluye que, cuando se emplean técnicas asincrónicas pueden efectuarse las correcciones necesarias, solicitando la transmisión de los caracteres específicos del mensaje que sufrieron errores, errores de paridad, etc. No obstante esta técnica se resulta práctica, debido al costo que implica poner en operación la capacidad de retransmisión de caracteres únicos.

La naturaleza de un equipo asincrónico, así como la posibilidad de que un mensaje asincrónico esté equivocado, hace que sea común el corregir un bloque defectuoso retransmitiendo todo el bloque.

El problema del ruido, es la causa fundamental de errores y, a partir de que el ruido se introdujo como un parámetro en el análisis de los sistemas de comunicaciones, la teoría de la comunicación tomó cuerpo.

Para el problema del ruido pensemos por ejemplo, un caso en que los errores son provocados por interrupciones de ruido con bajo límite de repetición.

El ruido que provoca estos errores se presenta con impulsos y con un tiempo mínimo bien definido, durante este tiempo mínimo, los datos pueden ser transmitidos libres de

errores. En la siguiente figura se presenta la onda de un canal típico de comunicación, en ella se presentan interrupciones de ruido (errores), por ejemplo, en el peor de los casos, en intervalos de 10 seg. de duración, contendrá errores y, por lo tanto, es importante que cada bloque de mensaje no tenga gran extensión. Los largos típicos de bloques no exceden, por lo general, de 1000 caracteres de 8 "bits".

1.7 CLAVES EN LA COMUNICACION DIGITAL

En la actualidad existen muchas claves que se emplean en las comunicaciones, y continuamente se están ideando nuevas claves destinadas a distintas aplicaciones. A continuación se presentan algunas de las claves más populares empleadas en dicha industria, se describen características que son únicas para cada una y la manera como se aplican a las comunicaciones entre terminal y computadora y viceversa.

Código Baudot:

Esta clave es un código de 5 niveles que sólo es empleado en la telegrafía, en los aparatos de teclado, en los impresores y dispositivos de lectura.

Aún cuando con 5 "bits" sólo pueden acomodarse 32 signos de clave (2ES), dos de las claves son figuras (FIGS) y letras (LTRS), antes de transmitir otras combinaciones de bits, puede lograrse una definición dual de los demás signos, es decir que, cuando una terminal Baudot está conectada mediante interfaz a una computadora, el software tiene que mantenerse en un estado adecuado para FIGS-LTRS, a fin de poder interpretar los datos requeridos, en forma adecuada.

Código ASCII:

Esta es una clave de 7 niveles además de paridad que los fabricantes han establecido para el procesamiento de datos.

A diferencia de la clave Baudot, la clave ASCII tiene asignaciones de claves únicas tanto del tipo alfanumérico como de control, y no requiere de un estatus de mayúsculas y minúsculas.

Código Cuatro de Ocho:

Es una variación de la clave ASCII, cual representa información con un número fijo de "bits" uno y un número fijo de "bits" cero. Cuatro "bits" son siempre uno y cuatro "bits" son siempre cero. Esta clave resulta ideal para las

aplicaciones que requieren una alta precisión así como una fácil detección de errores.

Código Hollerith:

Se emplea casi exclusivamente para aplicaciones a base de tarjetas perforadas. Se trata de una clave de 12 niveles, diseñada para representar el alfabeto, además de los dígitos de 1 a 9. Esta clave consta de dos partes llamadas bits de zona y "bits" de datos. Existen 3 "bits" de zona y 9 de datos. Esta clave se presta para la fácil detección de errores.

Código Decimal Codificada en Binario (BCD):

Esta es una compresión de la clave Hollerith. En tanto que la anterior es una clave de relación fija, la clave BCD comprime esta clave de 12 "bits" en una clave de 6 "bits", dos "bits" binarios reemplazan a los tres de zona y cuatro "bits" binarios reemplazan a los 9 "bits" de datos.

Código de Intercambio Decimal Codificada en Binario (EBCDIC):

El código EBCDIC es, simplemente, la clave BCD ampliada a 8 "bits" binarios. Esta operación permite la capacidad suficiente para manejar claves de caracteres gráficos y de control.

1.7.1 Aplicaciones de los Códigos para Comunicaciones

Baudot.- la primera clave en serie asincrónica, fue ideada para el impresor telegráfico de teclado, así como para las comunicaciones a base de lectoras de cinta de papel. Se emplea exclusivamente para comunicaciones telegráficas de 5 niveles.

BCCII y sus variaciones.- se usa para comunicaciones telegráficas de 4 niveles, para terminales de control de comunicaciones y para comunicaciones de computadora a computadora en varios niveles de comunicación.

Clave Cuatro de Ocho.- se emplea principalmente, para las aplicaciones que requieren alta confiabilidad.

Hollerith.- se emplea casi exclusivamente para su aplicación con tarjetas perforadas. Se presta para una detección poco complicada de errores.

BCD.- es generalmente una clave interna del procesador, en las aplicaciones de procesamiento de datos.

EBCDIC.- se emplea en las aplicaciones para procesamiento de datos. La compatibilidad entre esta clave y la BCD, la hace fácilmente compatible con la BCD orientada a equipo y aplicaciones para procesamiento de

datos.

1.7.2 Protocolos

Empleamos una serie de normas que los sistemas de comunicación de datos usan cuando se realiza la comunicación y existen errores en la transmisión, y hay varios métodos empleados para la corrección de estos errores. Así como existen diferentes esquemas de transmisión de datos (asíncrono y síncrono, "half y full duplex"), existen también grupos de reglas, llamados protocolos, y se aplican varios esquemas de detección y corrección de errores.

Los protocolos están de acuerdo entre personas o proceso (programa) acerca de cual pueda hacer que, a quien y cuando.

Un protocolo es un grupo de reglas definiendo la interacción entre dos máquinas o procesos que son parecidos o que tienen funciones similares.

1.7.3 Elementos de un Protocolo

Los elementos básicos en una comunicación con protocolos son un grupo de símbolos, llamado grupo de

caracteres; un grupo de reglas para la secuencia y tiempo de construcción de mensajes por el grupo de caracteres; y procedimientos para determinar cuando ha ocurrido un error en la transmisión y como corregirlo. El grupo de caracteres puede consistir de un subgrupo que es significativo para la gente (caracter de impresión), y otro subgrupo que transporte la información de control (caracter de control). Existe una correspondencia entre cada caracter y un grupo de símbolos en el canal de transmisión. Por ejemplo el caracter A corresponde al código binario 1000001.

El grupo de reglas que se siguen al enviar o recibir, da el significado, permite la secuencia, y un tiempo de relación de los caracteres de control y forma de los mensajes de los símbolos. El procedimiento de detección y corrección de errores permita la detección y recuperación ordenada por los errores causados por factores fuera del control de la terminal y un final.

1.7.4 Técnicas para Corrección de Errores

Paridad

La adición por el transmisor de otro "bit" a los "bits" que codifica un símbolo para la detección de error es llamado paridad. El "bit" es siempre transmitido, y es usualmente un grupo de que puede causar que el símbolo

codificado tenga un número par de "bits" o unos. Entonces a esta especie se le llama paridad par. El "bit" de paridad es recuperado por el receptor. Si el nuevo valor computado da la paridad correcta, todo está bien. Si no, se dan varias indicaciones al receptor, usualmente sustituyendo un carácter especial de error para el receptor.

La corrección de errores puede ocurrir por el receptor enviando un mensaje de regreso al cual pide retransmisión.

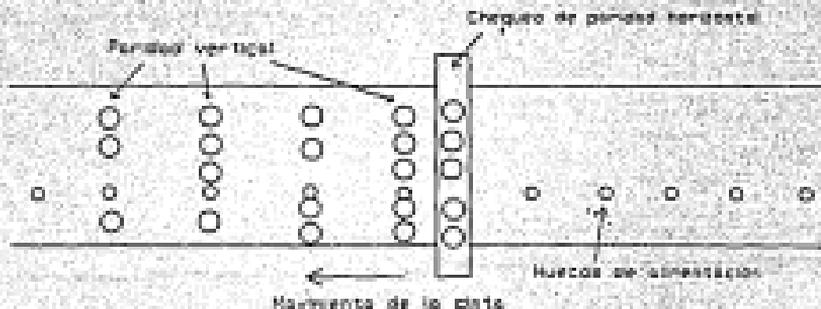
Reeflex

Quizás no es propiamente un elemento de los protocolos, pero se discutirá de cualquier manera. Esta es una técnica de enviar de regreso cada carácter por el receptor como son recibidos los caracteres. El transmisor puede ver entonces por la copia impresa localizando si los caracteres hacen el viaje de regreso sin que haya pérdida de información. Cuando un carácter con eco es recibido en error por el transmisor original, no es posible afirmar si los datos fueron recibidos correctamente en el destino y se confundieron en el camino de retorno, o fueron erróneos cuando se recibieron por el transmisor original. Pero por lo menos la indicación de error es obtenida inmediatamente al receptor.

Chequeo de Sumas

En la discusión acerca de la paridad, el "bit" se adiciona sobre el final del carácter enviándolo análogamente con éste. Esta esquema se conoce como chequeo vertical de redundancia (VRC), o paridad vertical, porque si uno de los hoyos de una cinta de papel perforada con este longitud en la horizontal, cada carácter aparecerá como una columna vertical de hoyos a través de la cinta. Esto es posible y es común en varios sistemas, para incluir un carácter de chequeo horizontal, el cual lleva a esbolsa función de paridad para cada fila de huecos en la cinta.

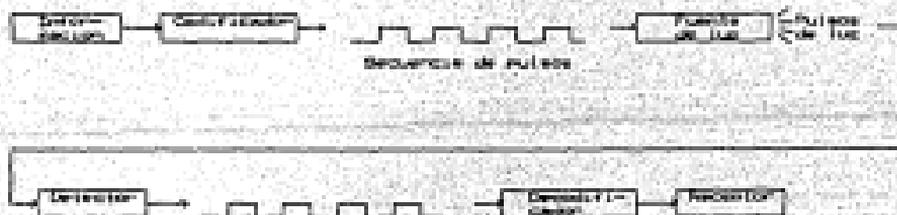
La figura muestra un grupo de caracteres representado como perforaciones en una cinta, con la vertical o "bit" de paridad al final de cada carácter, y la horizontal o bloque carácter de paridad a la derecha. El bloque carácter de paridad es llamado comúnmente "chequeo de sumas", porque está formado por perforaciones de una adición binaria sin acarreo de cada carácter sucesivo. Esto es casi siempre referido como un carácter de chequeo de redundancia longitudinal (LRC). Este es enviado como un carácter extra al final de cada bloque de mensaje. Un sistema que usa tanto paridad vertical como chequeo de sumas, puede usualmente encontrar un sólo "bit" de error en un sólo carácter, y varios "bits" de error dentro de un sólo carácter.



1.8 MEDIOS DE TRANSMISION EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACION

1.8.1 Generalidades:

A manera general en la siguiente figura se pueden ver los elementos fundamentales de un sistema de comunicacion.



En los elementos se incluye una fuente de información, la cual pone un mensaje en el transmisor en forma de una señal (analógica o digital), que realiza las propiedades de transferencia del canal.

El canal es el medio de enlace entre el transmisor y el receptor, puede ser una línea de transmisión guiada como un alambre o una fibra óptica o sin guía definida como la atmósfera o el espacio.

Cuando la señal va pasando por el canal, se va atenuando y distorsionando progresivamente a medida que aumenta la distancia.

De tal forma; como la potencia eléctrica se pierde por la generación de calor a medida que la señal eléctrica fluye por el alambre, así la potencia óptica es atenuada por la absorción y esparcimiento de moléculas en el canal.

El objeto del receptor es extraer la señal distorsionada del canal, amplificarla y restaurarla en su forma original antes de recibir el mensaje o información.

El objetivo principal cuando se quiere modernizar un determinado sistema de comunicaciones es el de mejorar la fidelidad del transmisor, incrementando la cantidad de

información que es posible de enviar a un mismo tiempo o aumentar la distancia de transmisión entre las estaciones repetidoras.

Los primeros sistemas de comunicación tenían poca capacidad de transmisión de información y eran medios como señales de humo, reflexiones de la luz del sol por medio de espejos, lámparas de señales, etc.

Al desarrollarse sistemas de comunicación, la velocidad de transmisión era una limitante ya que ésta debía estar de acuerdo a la percepción del ojo que actuaba como receptor. De esta manera surge el alambre eléctrico como medio de transmisión de la energía y señales eléctricas. Posteriormente al descubrir la región de onda larga del espectro electromagnético, se usa para llevar la información de un punto a otro.

Lo anterior se da ya que es posible transmitir los datos sobre el canal de comunicaciones superponiendo la señal que lleva la información sobre una senoide, variando la onda electromagnética conocida como portadora. En el receptor, se remueve la portadora para procesarla e interpretarla.

Debido a que la cantidad de información que puede ser transmitida está relacionada directamente al rango de

frecuencias a las que la portadora puede operar, al aumentar la frecuencia de ésts, se puede incrementar el ancho de banda de la transmisión, y por lo tanto la capacidad de información.

La siguiente figura muestra el espectro electromagnético, así como su uso en las comunicaciones y medios de transmisión.

f	APLICACION	MEIOS DE TRANSMISION	TIPO	LONG DE ONDA
10 ¹⁹	TELÉFONO EXPERIMENTAL SATELITES SATEL VIDEOS	SATEL LASER	FIBRAS OPTICAS	ULTRAVIOLETA
10 ¹⁸				VISIBLE
10 ¹⁷				INFRAROJO
1000	NAVIGACION SATELITES SATEL MICROONDAS	RADIO DE MICROONDAS	GUARDIAS	ONDAS MILIMETRICAS
100				SHF
10000	RADIO MICROONDAS OPTICAS RADIO	RADIO DE ONDA CORTA	CABLE COAXIAL	EHF
100000				VHF
1000000				HF
10000000				MF
100000000	GUARDIAS	RADIO DE ONDA LARGA	FIBRAS DE	LF
1000000000	CABLE SUPERFOND RADIO TRANSCENDIDO			ALAMBRIC DE
10000000000	TELÉFONO TELEGRAF	X	ALAMBRIC	RF

Espectro electromagnético mostrando los medios de comunicación por satélite

1.9 MEDIOS DE TRANSMISION ALAMERICA

1.9.1 Pares de alambres abiertos:

Un par de alambres puede transmitir conversaciones telefónicas a grandes distancia sin amplificación.

En ocasiones es conveniente enviar juntamente varios canales de voz por el mismo par de alambres. Para esto se necesita una frecuencia más alta, y entonces la atenuación es mayor. Por lo tanto, se emplean amplificadores cercanos unos de otros en la línea.

Los pares de alambres son susceptibles a la diafonía. El acoplamiento electromagnético inductivo produce interferencia, y una conversación en un par de alambres podría oírse ligeramente en el inmediato. Una gran separación de los pares adyacentes y la inversión periódica de los alambres, la reduciría a un nivel casi nulo. Las condiciones climatológicas afectan la pérdida o atenuación en las líneas de alambres abiertos. Hay fugas en los aisladores cuando están húmedos. La resistencia eléctrica de los alambres sube con la temperatura, y la atenuación aumenta en los alambres mojados o húmedos.

Actualmente los alambres abiertos se han reemplazado

en gran parte con cables.

1.3.1 Cables de Pares de Alambres:

En las líneas de cables que han reemplazado a los pares de alambres abiertos, los conductores están aislados y quedan más próximos. Un cable puede contener muchos de ellos, lo que tiende a aumentar considerablemente la diafonía. Los conductores se tuercen en pares para eliminar la interferencia electromagnética entre los distintos pares. El grupo de conductores se envuelve en una cubierta de plomo o de aluminio. Los cables que se instalan en las ciudades tienen muchos centenares de pares de alambres en cada uno, como se ve en la siguiente figura.



Los alambres de esos cables son mucho más delgados que los pares de alambres abiertos. Los cables cortos usan alambres de un diámetro aproximado de 0.015 mil. Los más

largos usan alambres más gruesos, aproximadamente de hasta 0.056 plq. Debido a esto la resistencia de los alambres es mayor, y hay que amplificar las señales con mayor frecuencia que cuando se usan pares de alambres abiertos.

Los cables de alambres torcidos pueden llevar más de un canal de voz. Las frecuencias de la voz humana se elevan a otras más altas, y los distintos canales se elevan en cantidades distintas. De este modo se llenan la gama de frecuencias disponibles. Esta es una forma de multiplicación, llamada "multiplicación de división de frecuencia".

La capacitancia entre conductores es mucho mayor en un par de cables que en las líneas de alambres abiertos, porque los conductores están mucho más cercanos. Esto tiene un efecto mucho más serio a altas frecuencias que a bajas frecuencias.

1.9.3 Cables Coaxiales:

A medida que aumentan las frecuencias, la corriente fluye mucho más en la parte exterior de los alambres y utiliza un sección transversal cada vez menor. En consecuencia, esto aumenta la resistencia efectiva de los alambres, y se llama "efecto de superficie". Además a

frecuencias más altas se pierde una cantidad creciente de energía de los alambres, por radiación. No obstante, es conveniente transmitir a una frecuencia tan alta como sea posible, de modo que pueda enviarse el mayor número de señales separadas por el mismo cable. El efecto de superficie limita las frecuencias superiores.

Un cable coaxial puede transmitir frecuencias mucho más altas que un par de alambres. Este compuesto de un cilindro hueco de cobre u otro conductor cilíndrico que rodea a un conductor de un sólo alambre. El espacio entre la cubierta cilíndrica y el conductor interior se llena con un aislante, que puede ser un plástico o aire, y más o menos a una distancia de una pulgada hay soportes que separan la cubierta del conductor central. La siguiente figura muestra un cable coaxial.

A las frecuencias más altas virtualmente no hay diafonía entre los cables coaxiales separados del grupo, porque entonces la corriente tiende a fluir en la cara interna de la cubierta exterior, y en el exterior del alambre interno. Debido a este blindaje contra el ruido y la diafonía, la señal puede llegar a un nivel más bajo antes de la amplificación.

Puede transmitirse juntamente un gran número de señales por un sistema de cables coaxiales. Un sólo cable

coaxial puede llevar desde 1,500 canales. La razón principal de esa mayor capacidad es que la pérdida o atenuación de la señal no es tan seria excepto a muy altas frecuencias.

Las ventajas de los cables coaxiales son las siguientes:

- pueden enviarse un número mucho mayor de canales por un solo cable
- la diafonía entre los cables es casi nula.
- menor distorsión de demora y menos variaciones de amplitud en la frecuencia.
- mayores velocidades de propagación, que pueden hacer innecesarios los supresores de ecos en muchas líneas muy largas, porque el intervalo entre la voz y su eco es muy pequeño.

1.3.4 Cables Submarinos:

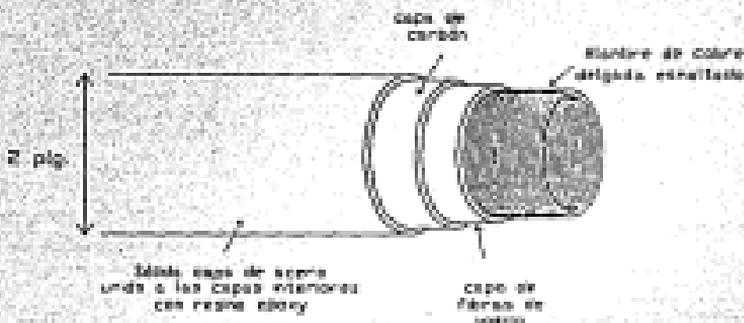
Antes de que se pusieran los satélites en órbita, el principal medio de comunicación a través de los mares lo constituían los cables instalados en el fondo de los océanos.

Los cables son coaxiales, pero con mayor espacio entre el conductor exterior y el interior que en los cables terrestres.

Debido a la gran distancia entre los amplificadores, la frecuencia más alta a la que pueden funcionar los cables es menor que en los cables terrestres. La capacidad de los primeros cables era de sólo 48 canales de voz, pero esta capacidad ha sido ampliada a través del tiempo.

1.9.3 Guías de Onda:

Esencialmente una guía de onda es un tubo metálico en el que se mueven ondas de radio de muy alta frecuencia. Hay dos tipos principales de guías de ondas, rectangulares y circulares. Las guías de onda rectangulares se han usado por algún tiempo como alimentadoras entre las antenas de microondas y su equipo electrónico asociado. Es muy común ver una guía de onda que sube por una torre de microondas para llegar a la parte trasera del platillo que transmite las señales. No se usan para las comunicaciones a grandes distancias, y muy rara vez se emplean para distancias mayores de unos cuantos millares de pies. Consisten de un tubo rectangular de cobre o de latón, con un diámetro de 15piq o menos. Las radiaciones a frecuencias de microondas pasan por esos tubos.



GUIA DE ONDA CIRCULAR

Las guías circulares de ondas con tubos que tienen un diámetro de aproximadamente 2pies., construidos con gran precisión, y pueden transmitir frecuencias mucho más altas que las guías rectangulares, o los demás medios mencionados.

1.9.6 Fibras Ópticas

En los sistemas de fibras ópticas la capacidad del sistema de transmisión es función directa de la frecuencia que esta pueda transportar, por ello, el progreso en la tecnología de transmisión, ha sido medida por el ancho de banda de la media disponible para transportar señales. Recientemente el uso en las fibras de vidrio para transportar señales binarias ha mostrado esos sistemas para ser extremadamente bien situados a aplicaciones de alto

porcentaje de datos. Los sistemas de fibras ópticas son atractivos por las siguientes razones:

1. Las pérdidas de transmisión, como se compara con los pares de alambres o cables coaxiales, permitiendo una mayor separación entre los repetidores. Un sistema de fibras ópticas con no repetidores ha demostrado que puede transmitir 420 Mbps sobre un espacio de 75 millas con una relación de error menor que los sistemas de alta calidad de cables coaxiales.

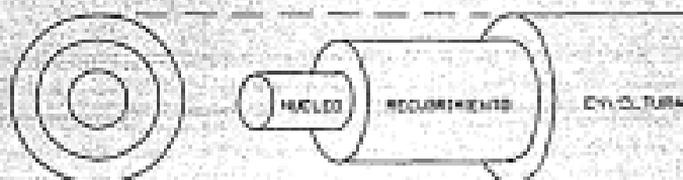
2. Debido a que las fibras ópticas transportan rayos de luz, la frecuencia de operación es la de la luz. La longitud de onda de transmisión usada en fibras en modo simple es de 1.2 micromts, equivalente a una frecuencia de 800 terahz. Así las frecuencias permiten transmisión de datos a razón de 20,000 Mbps sobre distancias cortas.

3. Los cables de fibras ópticas que radian energía, no conducen electricidad y son no conductivos. Estos están esencialmente libres de efectos de interferencia de relámpagos inducidos, y no presentan problemas de seguridad de una inductancia por un acople de alambres golpeados.

4. Los cables de fibras ópticas son más pequeños, ligeros y baratos que los cables metálicos de la misma capacidad. Esto es económicamente factible para proveer

mucho espacio dentro del cable para un futuro crecimiento en el número de fibras.

Una fibra óptica es una guía de onda dieléctrica hecha de vidrio o plástico como se muestra en la siguiente figura:



Consiste de tres regiones diferentes: un núcleo, un recubrimiento, y una envoltura. El índice de refracción del montaje varía a través del radio del cable, teniendo en el núcleo una constante o pequeña variación en el índice de refracción (n_c), y el recubrimiento tiene otro índice constante (n). Para una fibra diseñada para transportar la luz en varios modos de propagación (multimodo), el diámetro del núcleo es generalmente la longitud de onda de la luz transportada y el grosor del recubrimiento será mayor que el radio del núcleo.

Los diferentes ángulos a los que entra la luz en la fibra óptica son llamados modos de propagación, y la fibra que transporta varios modos se llama fibra multimodo.

Cuando un sólo rayo o modo se propaga en la fibra se llama modo simple.

La diferencia entre el modo simple y el multimodo es que la mayor potencia en la fibra multimodo viaja en el núcleo, mientras que en el modo simple una gran fracción de la potencia se propaga en el recubrimiento cercano al núcleo.

1.10 MEDIOS DE TRANSMISION INALAMBRICA

1.10.1 NATURALEZA DE LA LUZ

La luz posee una naturaleza doble: ondulatoria corpuscular. De un lado posee propiedades ondulatorias causantes de los fenómenos de interferencia, difracción, reflexión, polarización, etc., y por el otro lado es un flujo de partículas, fotones, sin masa en reposo y se desplazan a la velocidad de la luz en el vacío. La energía H del fotón para su correspondiente onda electromagnética de frecuencia ν y de longitud en el vacío es:

$$H = h\nu = hc/\lambda \quad h = \text{cte. de Planck.}$$

Los fotones surgen (se emiten) al pasar los átomos, moléculas, iones y núcleos atómicos de estados excitados a estados de menor energía, y también al acelerar y frenar partículas cargadas en la desintegración y aniquilación de las partículas.

La aniquilación de una partícula, es cuando una partícula de masa inicial es diferente de cero contra su antipartícula y se puede producir la destrucción de ambas, en virtud de lo cual, dos partículas se convierten en cuantos del campo correspondiente (en el campo electromagnético son los fotones) a la forma de interacción

entre ellas.

Los tipos de interacciones son: fuertes, electromagnética y débiles.

1.10.2 Generalidades de las Ondas Electromagnéticas

Se denominan ondas electromagnéticas las perturbaciones producidas por la aceleración u oscilación de una carga eléctrica formando un campo electromagnético alterno que se propaga en el espacio. Las ondas electromagnéticas son transversales; los vectores E y H de intensidad de campo eléctrico y de excitación del campo magnético respectivamente de la onda, son perpendiculares entre sí y se hallan en el plano perpendicular del vector v de velocidad de propagación de la onda.

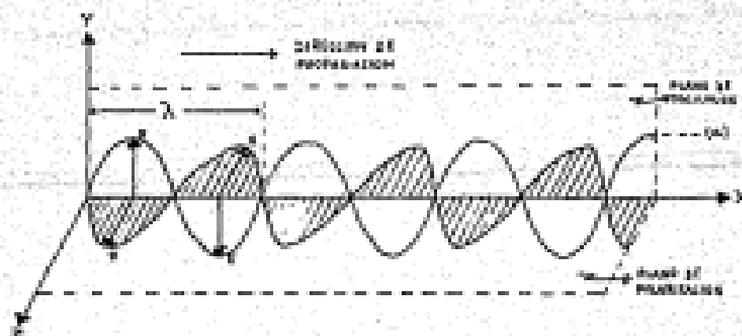
La onda electromagnética se dice que es plana, si los vectores E y H dependen solamente del tiempo y de una coordenada cartesiana (por ejemplo la X). En la onda plana todos los rayos son paralelos entre sí.

Rayo - es la línea cuya tangente a cada uno de sus puntos coincide con el sentido de propagación de la onda en este punto, es decir, con el sentido de transporte de la energía.

La onda electromagnética se dice que es monocromática, si las componentes de los vectores E y H del campo electromagnético de la onda realizan una oscilación armónica de igual frecuencia, denominada frecuencia de la onda. La onda monocromática no viene limitada ni en el tiempo ni en el espacio.

Cualquier onda no monocromática puede representarse como un conjunto de ondas monocromáticas.

El plano que pasa por el vector E y el rayo se denomina plano de oscilación de una onda polarizada linealmente. El plano de polarización es el trazado por el vector H y el rayo. Los planos de oscilación y polarización son perpendiculares entre sí. Cualquier onda plana puede representarse por un conjunto de ondas planas polarizadas linealmente en planos mutuamente perpendiculares.



Se denomina amplitud (a) de una onda monocromática polarizada linealmente al valor máximo del módulo del vector E :

$$a = E_{\text{máx.}}$$

La intensidad I de una onda electromagnética es una magnitud numéricamente igual a la energía transportada por la onda por unidad de tiempo a través de una superficie de área unidad y perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

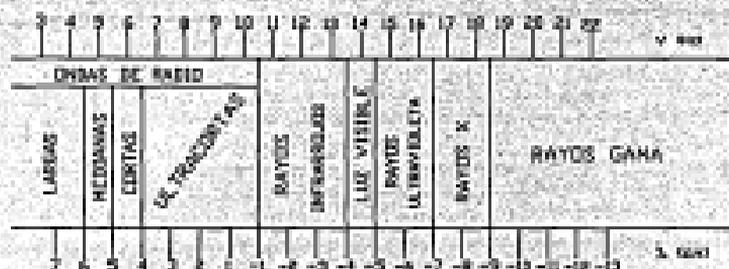
Se dice que una onda electromagnética es esférica, si su intensidad depende solamente de la distancia r (radio vector trazado hasta el punto considerado del campo) hasta cierto punto considerado foco de onda.

La dependencia de la velocidad de fase de la onda electromagnética respecto de la frecuencia de la onda, se denomina dispersión.

Las ondas electromagnéticas reales no son monocromáticas, siquiera por ser limitadas en el espacio y el tiempo. Estas ondas pueden representarse como un conjunto de ondas monocromáticas denominado "paquete de ondas". En un medio dispersor se produce una deformación del paquete de ondas al propagarse, debido a la diferencia

de las velocidades de fase de los distintos componentes monocromáticos del paquete. Para caracterizar la propagación del paquete de ondas y la velocidad de transporte de la energía realizado por éstas, es decir, la velocidad de propagación de la señal, no es suficiente el concepto de velocidad de fase.

Según la frecuencia $\nu = \omega/2\pi$ (o la longitud de onda en el vacío $\lambda = c/\nu$), se ha establecido dividir las ondas electromagnéticas en varias clases: La escala (espectro) de las ondas electromagnéticas.



1.10.3 La Radiocomunicación

Radiocomunicación es la transmisión de cualquier información mediante las ondas de radio, es decir, ondas

electromagnéticas de frecuencias menores a 3×10^8 Mhz. En la radio difusión se efectúa la transmisión de la palabra, música y señales telegráficas, en la televisión, la de imágenes.

La modulación de una onda electromagnética es la variación de sus parámetros según frecuencias considerablemente menores que las de la propia onda electromagnética. La onda modulada se denomina portadora, y su frecuencia ν , frecuencia portadora. Según sea el parámetro que varía al modular la onda, se distinguen las siguientes modulaciones: modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM).

En el caso de la radiodifusión la frecuencia de modulación no es elevada pues se halla en los límites de las frecuencias de los sonidos audibles (16 a 20 KHz). Por eso no hay limitaciones rigurosas en la elección de la frecuencia portadora, que se efectúa basándose en las particularidades de propagación en la atmósfera de las ondas de radio de diferente longitud y en la posibilidad de asegurar una radiocomunicación segura a pequeñas o largas distancias siendo mínima la potencia de la emisora de radio. La amplia radiodifusión se realiza en el espectro de ondas largas ($\lambda = 10^3$ a 10^4 m, $\nu = 30$ a 300 KHz), medias ($\lambda = 10^2$ a 10^3 , $\nu = 0.3$ a 3 Mhz) y cortas ($\lambda = 10$ a 100 m, $\nu = 3$ a 30 KHz).

En la propagación de las ondas de radio en la atmósfera, ejercen considerable influencia los fenómenos de difracción de las ondas de radio sobre la superficie terrestre, absorción en la atmósfera y en la superficie terrestre, reflexión en ésta, y absorción, refracción y reflexión en la ionósfera, es decir, en las capas superiores de la atmósfera altamente ionizadas por las radiaciones ultravioleta, de rayos X y corpuscular del Sol.

La ionósfera consta de una serie de capas situadas a distintas alturas. La intensidad de ionización y las alturas de estas capas respecto a la superficie de la Tierra dependen de la latitud geográfica, de la estación del año, de la hora del día y del nivel de intensidad solar. La radiocomunicación más estable a gran distancia se efectúa con las ondas largas, que circundan la superficie terrestre debido a la difracción y refracción en la tropósfera, penetran poco relativamente en la ionósfera y ésta la absorbe débilmente. La distancia de recepción en las ondas medias difiere mucho según sea de día o de noche. Esto se debe a que la capa inferior D de la ionósfera las absorbe intensamente antes de llegar a la capa E más lejana, que las refleja. De noche como no hay radiación solar, la capa D desaparece y la distancia de recepción aumenta en mucho.

Las ondas cortas las absorbe la capa D y las refleja

la F, que está más alejada que la E. Debido a ello se puede realizar con ondas cortas una radiocomunicación a grandes distancias. Las ondas ultracortas de menos de 5m, en las condiciones habituales no se reflejan en la ionosfera. Las ondas directas que se propagan cerca de la superficie de la Tierra, son intensamente absorbidas por ésta. Por eso, una recepción segura y estable de estas ondas, por ejemplo en televisión, se puede realizar solamente en los límites del horizonte visible, es decir a distancias conmensurables con la visible de la antena del transmisor. Para realizar una transmisión de T.V. a grandes distancias se utiliza una serie consecutiva de estaciones de retransmisión, que reciben, amplían y retransmiten las señales.

La radiolocalización (Radar) es la detección y localización de distintos objetos mediante ondas de radio. La radiolocalización se basa en el fenómeno de reflexión y dispersión de las ondas de radio al chocar con los cuerpos.

La radioastronomía es la parte de la radiofísica y la astronomía dedicada al estudio de los objetos celestes por su emisión de ondas ultracortas de radio (principalmente en la región de las ondas centimétricas y decimétricas, que la ionosfera y los gases de la atmósfera terrestre absorben poco).

1.10.4 Microondas

El principal competidor de los circuitos de cables coaxiales para la transmisión en volumen es el radio de microondas. Como los cables coaxiales, en la actualidad los eslabones de microondas llevan muchos millares de canales de voz y se usan extensamente para la transmisión de televisión.

Un circuito de microondas de larga distancia tiene menos amplificadores que un eslabon de cables coaxiales de la misma longitud.

A diferencia del radio de bajas frecuencias, las antenas de microondas están rigidamente fijas, para poder enfocar el rayo más angosto posible en sus lejanas antenas asociadas. Es muy común que se use un rayo de un ángulo de 1° y el tamaño típico de una antena es aproximadamente de 10 pies de diámetro. Las colinas y otros objetos esparcen el radio de microondas, y los rayos de las antenas deben pasar sobre árboles y edificios, porque de lo contrario sus reflejos pueden causar ecos.

Los diferentes capas de humedad y temperatura de la atmósfera pueden desviar los rayos y variar su amplitud. Ocasionalmente estos efectos pueden causar desvanecimientos periódicos de las señales. La lluvia puede cambiar

ligeramente la atenuación, especialmente en las frecuencias más altas de las microondas, y en ocasiones puede haber dificultades debido a las reflexiones causadas por objetos inesperados, tales como helicópteros o nuevos rascacielos en una ciudad. En grado limitado, hay una compensación automática de los cambios de atenuación de radio interconstruida en los repetidores.

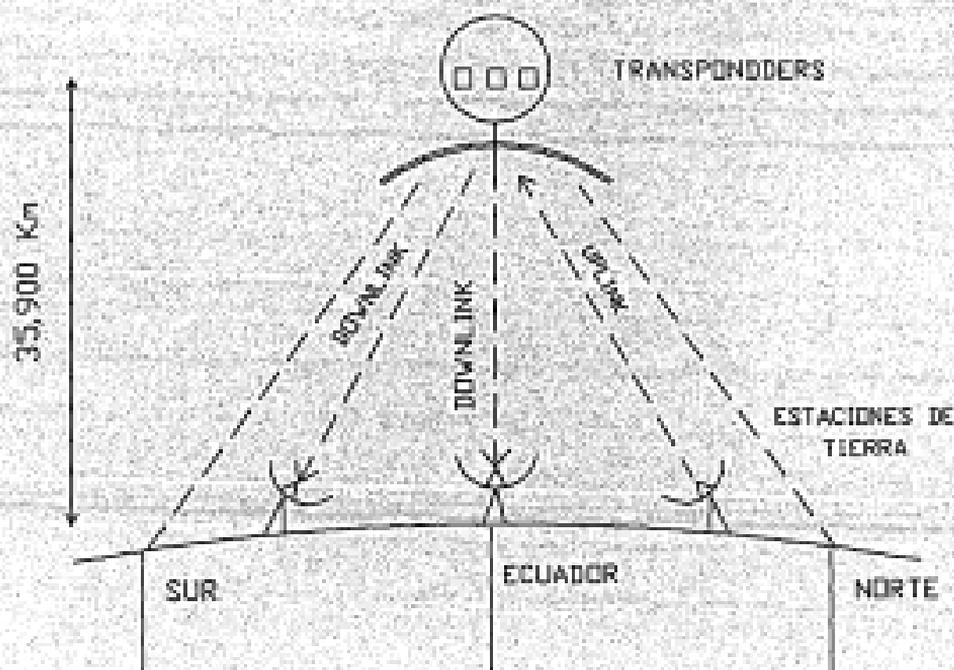
Además de los troncales de largo arrastre, se usan actualmente muchos eslabones cortos de microondas de más baja capacidad. Las compañías de televisión los usan para difusiones exteriores.

1.10.3 Satélites

Como se muestra en la siguiente figura, el satélite contiene varias secciones receptora/amplificadora/transmisora, llamadas transponders, cada operación a una pequeña diferencia de frecuencia. Cada uno de los doce transponders en cada satélite tiene un ancho de banda de 36MHz. Los sitios de transmisión individual, llamados estaciones de tierra ("uplink") envían rayos angostos de señales de microondas al satélite. El satélite actúa como una estación de relevo. Un transponder recibe la señal de un transmisor simple, entonces la amplifica y la retransmite hacia la tierra a una frecuencia

diferente.

La estación transmisora de tierra envía sólo a un transponder en un satélite individual, sin embargo, el satélite envía a cualquier y a todos los receptores ("downlink") en esta área de cobertura.



Los satélites comerciales son lanzados dentro de una órbita geostacionaria a una altitud de 35,900 Km sobre el ecuador. Esto significa que el satélite geostacionario órbita la tierra a una velocidad constante y en la misma dirección de rotación de la tierra. La velocidad de orbitación es la que causa que el satélite tenga una localización fija con respecto a la tierra. Las antenas de las estaciones de tierra, entonces pueden fijarse en posición, y no tener que seguir la ruta a un móvil en el cielo. El ángulo de visión para un satélite geostacionario es casi 120 grados de ancho. Así tres satélites igualmente espaciados sobre el ecuador pueden cubrir la tierra de 60 grados latitud norte y 60 grados de latitud sur.

Son varios los tipos de señales que los sistemas de satélites transportan. Por ejemplo, programas de televisión con ancho de banda de 6MHz, multiplexan canales de teléfono a 64Kbps y datos con alta velocidad pueden transportarse simultáneamente. El sistema Satélite de Negocios, es todo digital con 10 transponders por satélite, cada uno capaz de transportar 43 Mbps de datos digitales.

1.10.4 Circuitos de Espaciado Troposférico

La troposfera es más baja y más estable que la ionosfera. Se extiende a aproximadamente una altura de seis

millas, y la ionosfera queda treinta millas más arriba. La troposfera esparce las ondas de radio, y esto se utiliza en estabones de telecomunicaciones de líneas terrestres o para estabones de microondas.

Estos circuitos se usan para transmitir más allá del horizonte visible. La señal recibida es el resultado de la multiplicidad de reflexiones de distintas rutas de la troposfera.

Los circuitos de esparcimiento troposférico usan antenas de gran tamaño y transmisores más potentes que los circuitos de microondas. El número de canales que pueden llevar esos circuitos dependen de su distancia. Los circuitos de esparcimiento troposférico están sujetos a desvanecimientos y los afectan las condiciones atmosféricas. Sin embargo son bastante confiables.

1.10.7 Lasers - Región infrarroja

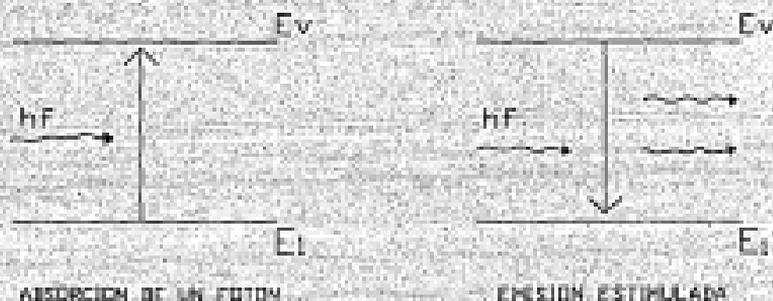
En 1960 se reconoció al Laser como la más larga fuente de luz solicitada, y fueron probados los sistemas usando la atmósfera y el rayo de ondas de guía como medios de transmisión.

Un Laser es un dispositivo que puede producir un

delgado e intenso haz de luz coherente monocromática. El haz que se emite es casi una onda plana perfecta. En cambio, una fuente de luz ordinaria emite luz en todas direcciones (por lo que la intensidad decrece rápidamente con la distancia) y la luz emitida es incoherente. Presenta esta característica puesto que los átomos excitados que emiten la luz actúan independientemente de modo que cada fotón emitido puede considerarse como un corto tren de ondas, por lo general de 30 cm de longitud y que perdura 10⁻⁸ s; estos trenes de onda no mantienen una relación de fase entre sí.

La acción de un laser se basa en la teoría cuántica. Hemos visto que un fotón puede ser absorbido por un átomo si su energía corresponde a la diferencia de energía entre un nivel ocupado del átomo y un estado excitado disponible. (figura). Esto es en cierto sentido una condición de resonancia. si el átomo se encuentra ya en el estado excitado, es posible que se efectúe en forma espontánea, la transición al estado inferior con la emisión de un fotón. Sin embargo, si un fotón con esta misma energía choca contra el átomo excitado, puede estimular a este último para que efectúe una transición más rápida al estado de menor energía. (figura). Esto recibe el nombre de emisión estimulada y puede verse que no sólo se tendrá el fotón original, sino también un segundo fotón de la misma

frecuencia como resultado de la transición atómica. Y estos dos fotones están exactamente en fase. Esta es la forma en que se produce luz coherente en un "laser" de allí proviene su nombre, que se forma con las siglas de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación ["light amplification by stimulated emission of radiation"].



Por lo común, la mayor parte de los átomos se encuentran en el estado de menor energía, de modo que los fotones incidentes serán absorbidos en su mayor parte. Para obtener luz coherente a partir de emisión estimulada, deben cumplirse dos condiciones. Primero, los átomos deben estar excitados en el estado más alto, esto es, se requiere una población invertida, aquella en la cual la mayor parte de los átomos se encuentran en el estado superior en vez del estado inferior, por lo que la emisión de fotones dominará a la absorción. Segundo, el estado más alto debe ser un estado metaestable (un estado en el que el electrón

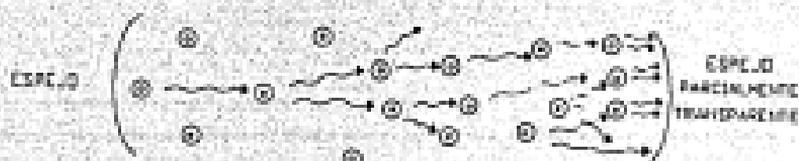
permanece más tiempo de lo usual de manera que la transición al estado de menor energía corre por la emisión estimulada y no en forma espontánea).

La siguiente figura es un diagrama esquemático de un laser: el material del laser se coloca en un tubo largo y delgado en los extremos del cual hay dos espejos, uno de ellos parcialmente transparente. Algunos de los átomos excitados caen a estados de energía muy rápido después de ser excitados. Uno de estos es el átomo que está más lejos a la izquierda en la figura. Si el fotón emitido choca contra otro átomo en el estado excitado, estimulará a este último para emitir un fotón de la misma frecuencia y en fase con el. Estos dos fotones en su movimiento golpean otros átomos provocando más emisión estimulada. Conforme el proceso continúa, el número de fotones se multiplica. Cuando los fotones inciden sobre los espejos de los extremos, la mayor parte se refleja hacia atrás y a medida que se mueven en la dirección opuesta, siguen estimulando más átomos para emitir fotones. Cuando los fotones se mueven en las dos direcciones entre los espejos, un pequeño porcentaje pasa a través del espejo parcialmente transparente que se encuentra en un extremo. Estos fotones integran el delgado y coherente haz laser externo.

En el interior del tubo, algunos fotones no se emitirán en dirección paralela al eje y se desplazarán a los lados del tubo sin contribuir al haz principal. De este modo el haz puede ser muy estrecho.

En un laser bien diseñado, la dispersión del haz está limitada sólo por la difracción, por lo que la dispersión angular es aproximadamente la longitud de onda / diámetro del espejo externo. La energía luminosa en vez de difundirse por el espacio como sucede con una fuente de luz ordinaria, se dirige en un haz delgado.

La excitación de los átomos en un laser puede efectuarse de diferentes maneras para producir la inversión de la población necesaria. Esto se realiza mediante el laser de rubí o el laser de helio-neón.



FUENTES Y RECEPTORES DE LUZ

3.1 INTRODUCCION

En el estudio de las fuentes y receptores de luz, se hace referencia a los componentes empleados para establecer los sistemas de enlace de circuitos emisores y receptores, para entablar las comunicaciones.

Al presentar los componentes se mencionan sus características, parámetros, campos de utilización y comparación entre los diferentes componentes presentados. esto permite seleccionar el componente que se ajuste a nuestras necesidades de diseño, así como tener la opción de un sustituto en caso de que no se cuente con el "LED" (DIODO EMISOR DE LUZ) transistor o receptor deseado.

También al tener conocimiento de sus ventajas y desventajas, se les puede seguir estudiando para nuevos diseños.

2.1 FUENTES DE LUZ

Existen diferentes fuentes de luz, como "LEDs", lámparas de tungsteno, de neón, fluorescentes y tubos de xénon. Excepto el "LED" todas estas fuentes se diseñan para trabajar con luz visible.

"LED": Unión luminiscente, o unión electroluminiscente; ocurre como resultado de la aplicación de la corriente directa a un voltaje bajo para un cristal contaminado apropiado en una unión PN.

Esta es la base del "LED", el cual es un diodo de unión PN que emite luz cuando hay una caída en dirección directa. La luz emitida puede ser invisible (más precisamente infrarroja), o estar en el espectro visible.

La semiconducción de fuentes de luz puede efectuarse en un amplio rango de longitudes de onda, extendiéndose de la región cercana al ultravioleta del espectro electromagnético hasta la región lejana del infrarrojo. Aunque prácticamente la producción se limita a longitudes de onda mayores que 500 nm (nanómetros). "LEDs" para aplicaciones electrónicas, debido a la respuesta espectral de silicio y a consideraciones de eficiencia, son normalmente "LEDs" infrarrojos (IRED). Esto es, justamente un "LED" que emite luz invisible en la región cercana

infrarroja. Una caída directa de corriente fluye en la juntura por causando huecos para ser inyectados dentro del material tipo N y electrones para ser inyectados en el material tipo P; inyección de portadora minoritaria.

Cuando esas portadoras minoritarias se recombinan, se libera energía proporcional a la banda de energía del material semiconductor. Una gran cantidad de esta energía se libera como luz, la restante se libera como calor, con la proporción determinada por la mezcla que toma lugar en el proceso de recombinación. Esde que la energía contenida en un fotón de luz es proporcional esta frecuencia, color, mientras la banda de energía del semiconductor formando el "LED", es más alta la frecuencia de luz emitida.

Las características eléctricas del IRED son similares a cualquier otra juntura de diodo pn, teniendo una pequeña mayor caída directa de voltaje que un diodo de silicio (debido al mayor intervalo de banda de energía), y un equivalente bajo de voltaje de ruptura inversa debido a los niveles contaminados requeridos para la producción de luz eficiente.

2.2.1 Detectores infrarrojos:

Proveen un rendimiento eléctrico al cual es un medidor útil de la radiación infrarroja incidente. Esto es

necesario usualmente para enfriar esos detectores, para reducir el ruido térmico inherente en un transductor eléctrico.

Los detectores infrarrojos se dividen en dos categorías: Térmicos y Cuánticos.



TERMICOS: ENERGIA \rightarrow CALOR.

-Galvanométrico: reacciona a los cambios de temperatura por un cambio en su conductividad eléctrica.

-Termovoltáico: unión de dos diferentes metales (termocople). Así como cambia la temperatura de la unión, el voltaje generado en la unión cambia.

CUANTICOS: FOTON \rightarrow ELECTRON.

-Fotovoltáico: es un semiconductor de juntura p-n. Fluctuaciones en un flujo de fotones incidentes causa variaciones en el número de acarreo de cargas liberadas provocando un cambio en el voltaje inducido por esa juntura.

-Fotoconductor: semiconductor, en el cual las fluctuaciones en los fotones incidentes causa fluctuaciones en el número de acarreo de cargas liberadas, provocando un cambio en la fotoconductividad.

-Fotoelectromagnético: semiconductor en el cual los fotones generados de las cargas acarreadas creadas en la superficie difusa son separadas por un campo magnético. Fluctuaciones en un flujo de fotones que produce fluctuaciones causadas por esta separación.

-Fotoemisor: es en el cual los fotones incidentes proporcionan suficiente energía a la superficie de los electrones para liberar a éstos de la superficie detectora.

3.3.3 Parámetros de los Infrarrojos

R. (Responsividad):

Es la relación entre la señal de voltaje rms (o corriente) y el valor rms de la potencia incidente referida a una impedancia de carga infinita y a las terminales del detector

$$R = V_s \text{ rms} / P_s \text{ rms.}$$

Responsividad espectral R_s se refiere a una señal monocromática de entrada. Las unidades de la

responsividad son "volts" por "watt" (o "asper"). La responsividad es función de la longitud de onda, la frecuencia, la temperatura de operación T, polarización y voltaje bias.

NEP. (Potencia de ruido equivalente):

Es el valor de la señal de potencia rms requerida para producir una relación rms señal a ruido unitaria con un ancho de banda de 1Hz. La potencia de ruido espectral equivalente NEP_i se refiere a una señal de entrada monocromática. Las unidades de NEP son watts. NEP es función de la longitud de onda, área detectora A, frecuencia, ancho de banda eléctrico F, campo de inspección y temperatura.

QE. (Eficiencia cuántica):

Es la relación del número de pares portadores electrón-hueco generados sobre el número de fotones incidentes de energía (hv). Valores típicos de la eficiencia cuántica son de 0.85 a 0.90

$$N = (I_p/q) / (P_o/hv)$$

P_o = potencia óptica incidente

q = carga del electrón

hv = energía del fotón

I_p = fotocorriente

Constante de Tiempo:

Es una medida de la velocidad de respuesta de un detector. Se define usualmente como:

$$\tau = (2 \pi f_c)^{-1}$$

donde f_c es la señal de la frecuencia a la cual la responsividad tiene caída hasta de 0.707 de su valor máximo.

IER. Intensidad Equivalente de Ruido (Irradiancia):

Es el flujo uniforme de potencia que incide sobre toda la superficie fotosensible que produce una relación señal ruido unitaria para un ancho de banda de 1Hz. $IER = NEP/\text{área}$. Las unidades son watt/cm².

NEP e IER son respectivamente la potencia mínima y la intensidad mínima detectables. Son más pequeñas cuanto mejor sea el detector.

D. (Detectividad):

Es una normalización del recíproco de NEP.

$$D = 1/NEP \text{ (JHz}^{-1}\text{/W)}.$$

D* (Detectividad reducida). En general la detectividad decrece con la raíz de la superficie fotosensible del

detector, esta dependencia es evitada refiriendo D a la unidad de superficie:

$$D^* = \sqrt{A} / \text{NEP} \quad (\text{cm} \sqrt{\text{Hz}} / \text{W}).$$

D y D^* son función de la longitud de onda, frecuencia, temperatura y óptica.

Región Infrarroja: En el espectro electromagnético la región infrarroja se extiende de 3×10^{11} a 4×10^{14} Hz. Las porciones infrarrojo, visible y ultravioleta del espectro tienen una gran utilización para la identificación de moléculas por sus emisiones espectrales y subsiguientemente significan un análisis cualitativo para determinar la geometría de moléculas simples y para un análisis cuantitativo donde la intensidad de la línea espectral es relacionada a la concentración de sustancias en cuestión. El límite de baja frecuencia no está bien definido y con frecuencia se extiende dentro de la región de las microondas del espectro.

Inspección Infrarroja: Se ha encontrado como un método muy efectivo de determinación de temperaturas. Muchos tipos de detectores se obtiene utilizando la óptica apropiada, haciendo esto posible para localizar fuentes de calor. Cuando se calibra apropiadamente, los detectores pueden usarse para medir pequeñas diferencias de temperatura o temperaturas absolutas sin tener que conectarse con el

objeto medido. Los métodos de fotografía y televisión adaptan los sensores infrarrojos para proveer un registro permanente de temperatura.

MECANISMOS DE RUIDO EN LOS FOTODTECTORES

Existen cuatro mecanismos de ruido en los fotodetectores:

1. Ruido Johnson (Nyquist) - El registro de movimiento de portadoras de cambio en un elemento resistivo en equilibrio térmico genera un registro eléctrico de voltaje a través del elemento.

2. Ruido de Generación-Recombinación (GR) - Variaciones en la relación de generación y combinación de portadoras de cambio en el detector crea ruido eléctrico.

3. Ruido $1/f$ - El mecanismo involucrado en este tipo de ruido no está bien entendido. Se caracteriza por un ruido de potencia $1/f E(n)$, donde n varía de 0.5 a 2.0.

4. Ruido de disparo - Ya que el cambio eléctrico es discreto, existe una corriente de ruido fluyendo a través del detector la cual es el resultado de pulsos de corriente producidos por cambios individuales de portadoras.

Tabla de Especificaciones de los Detectores

DETECTORES TERMICOS

Tipo	temp. op. °K	D	Lambda micro- μ	tiempo ms
TGS piroeléctrico bolométrico.	300	$>4 \times 10^{10}$	>2	1
Termistor bolométrico.	300	2×10^{10}	1 - 40	1-10
Termistor semiconductor PIN.	300	1×10^{10}	1 - 30	10
Bolométrico de germanio	<3.1	1×10^{11}	>10	10
Bolométrico de carbón.	<3.1	1×10^{10}	>10	10
Bolométrico estaño superconductividad.	<3.7	1×10^{11}	>10	1,000

ESTA TESIS NO PUEDE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

DETECTORES CUANTICOS

Tipo	temp. op. °K	D	Longitud micro-m	tiempo micro-s
Si - FV	100	2.5X10E13	6.9	1,000
Ge - FV	500	4X10E11	1.8	1,000
PbS - FC	100	8X10E10	2.5	100
PbS - FC	195	7X10E11	2.6	1,000
PbSe - FC	300	1X10E10	3.5	2
PbSe - FC	195	4X10E10	4.3	30
PbSe - FC	77	3X10E10	5.0	100
InAs - FV	300	7X10E9	3.4	1
InAs - FV	195	7X10E10	3.2	1
InAs - FV	77	7X10E11	3.0	1
PbTe - FV	77	6X10E10	5.0	1
InSb - FV	77	1X10E11	5.4	1
InSb - FEM	300	3X10E8	6.2	<1
HgCdTe - FC	100	5X10E9	4.3	1
HgCdTe - FC	77	3X10E10	11.5	1
PbSnTe - FV	77	2X10E10	11.5	<1
Ge: Au - FC	60	3X10E10	5.0	<1
Ge: Hg - FC	27	2X10E10	12.0	<1
Ge: Cu - FC	15	1X10E10	25.0	0.1

FV=fotovoltaico.

FC=fotoconductivo.

FEM=fotoelectromagnético.

Para los detectores termicos y cuánticos tenemos que:

Temp. op. °K = temperatura de operación en grados Kelvin.

D = detectividad.

lambda micro-m = longitud de onda en micrómetros.

tiempo ms = tiempo de respuesta en milisegundos.

tiempo micro-s = tiempo de respuesta en microsegundos.

Enfriamiento criogénico:

Los detectores infrarrojos de tipo contaminado o extrínseco, o detectores fotoconductorivos requieren de temperaturas de 10 °K o menos.

Especificaciones de enfriamiento:

La definición y tipo de detector utilizado pueden ayudar a definir los requerimientos criogénicos. Las variables usadas para las especificaciones de enfriamiento incluyen carga de refrigeración, temperatura de enfriamiento, tiempo de caída de frío, temperatura de estabilidad, vida, ciclo, peso, medio ambiente, configuración, ruido (acústico, electromagnético, mecánico), potencia (AC, DC) y geometría del detector.

2.3 CIRCUITOS EMISORES Y RECEPTORES

La propagación de las señales es en forma de luz o más específicamente como radiaciones electromagnéticas en rango espectral cercano a la luz visible o infrarrojo. Debido a que los niveles de señales generados son naturaleza generalmente eléctrica (como señales lógicas digitales TTL), es necesario convertir las señales de fuente a luz en el transmisor y de luz a señales eléctricas nuevamente en el receptor. Los elementos que hacen posible lo anterior son los emisores y detectores ópticos.

2.3.1 Circuitos Emisores:

Los convertidores optoelectrónicos (O/E) electrónicos ópticos (E/O), son componentes indispensables en un sistema de comunicación óptica. Se escogen los diodos láser y los LEDs como fuentes de luz, debido a su pequeño tamaño, alta eficiencia cuántica y alta velocidad de modulación además de su bajo costo.

2.3.1.1 EL LED:

Su utilización ha ido aumentando por su bajo costo comparado con su brillantez y pequeño tamaño.

Cada vez que una corriente directa pasa a través de la junta pn, hay una recombinación de átomos de huecos y electrones. Durante esta recombinación, un quantum de energía se desprende. Este quantum de energía es aproximadamente igual al intervalo de la banda de energía, o insignificativamente mayor, debido a los efectos térmicos.

La energía puede darse en forma de fotones de energía visible, o por vibraciones mecánicas, o sonido en rajilla.

La longitud de onda se determina por la naturaleza de la estructura cristalina en la banda de valencia. El color de la luz emitida depende de la naturaleza del material. Para varios materiales el rango de emisión aproximado se muestra en la siguiente tabla.

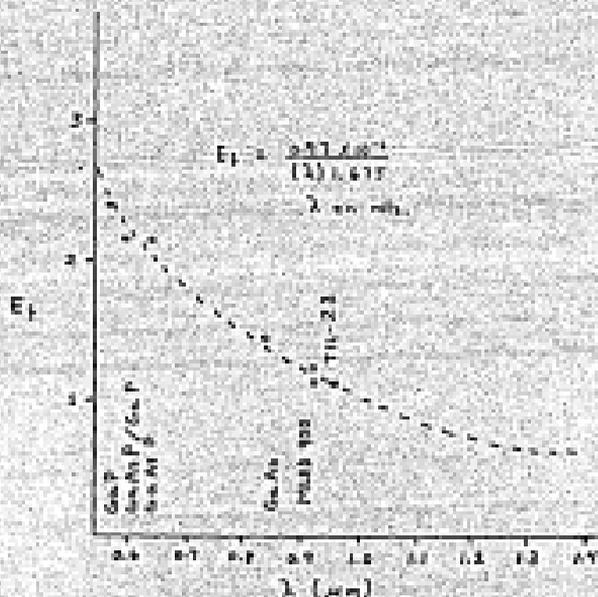
GaP	verde	560nm	665 lm/W
GaAsP/GaP	amarillo	580nm	570 lm/W
GaAsP/GaP	luz roja	635nm	147 lm/W
GaAsP	rojo oscuro	635nm	51 lm/W
GaAs	infrarrojo	900nm	-invisible

Ga - Galio. As - Arsénico. P - Fósforo.

Los lúmenes/watt se refieren a la radiación percibida por un ojo fotópico estándar. En trabajos de

comunicaciones nos interesan el número de watts de luz que inciden en el receptor.

La siguiente figura muestra la caída de corriente para varios "leds" (condiciones $I=10\text{mA}$, $t=25^\circ\text{C}$).



La caída de voltaje directo es casi proporcional a la longitud de onda y es relativamente el recíproco de la longitud de onda.

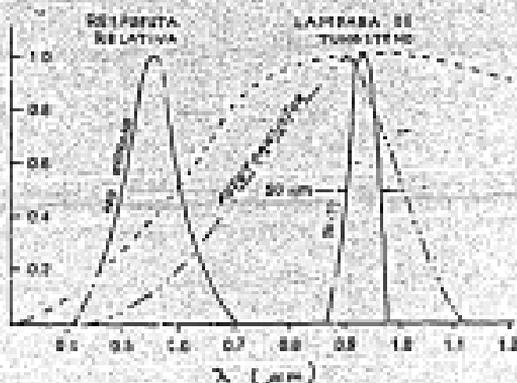
La distribución no es realmente lineal con el recíproco de la longitud de onda, tiene una variación de

1.675 del valor de poder ajustado.

La caída directa de los diodos es influenciada por la construcción del diodo y de la naturaleza en óhm de los contactos por las regiones p+ y n-; además de esto la corriente directa es influenciada por la temperatura y la curva de voltaje-corriente es muy no lineal. Todo esto hace la determinación de la caída directa muy difícil si la temperatura precisa de la unión pn no es conocida.

Comparación de diferentes LEDs:

La siguiente figura muestra al LED TIL 23. Este led es optimizado por uso con fototransistores de silicio.

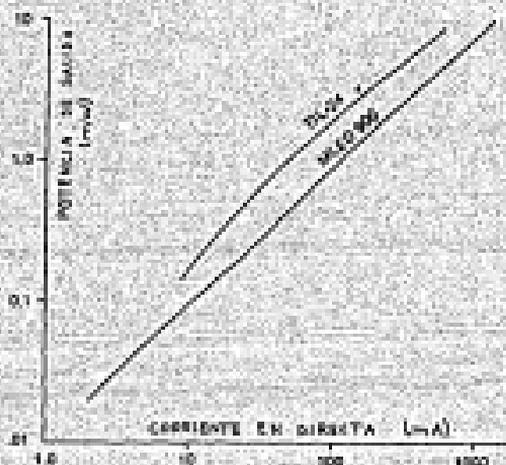


Se muestra la respuesta relativa del ojo humano y del fototransistor, también la curva de la luz para una lámpara de tungsteno y el TIL 23.

El espectro de salida de esta fuente tiene un ancho de banda de media potencia de 50 nm, el cual es muy aproximado a un led. En comparación el Motorola MLED 900 tiene un ancho de banda de media potencia de 80 nm.

El TIL 23 es un cartucho de metal con lentes instalados opera a una máxima CC de 100mA @ 25°C. El MLED es una función más pequeña con un espesor de plástico moldeado de cristal claro. Este tiene una CC de 80 mA. El MLED puede disipar 120 mW @ 25°C y decrementar 2 mW/°C para mayores ambientes. La temperatura de juntura de juntura de éste, tiene una resistencia térmica de 500 °C/W.

Existen diferencias de linealidad en los diferentes leds. El TIL 23 y el TIL 24 esencialmente son iguales. La curva de potencia de salida contra la cd. para el TIL 24 y el MLED se muestran en la figura.

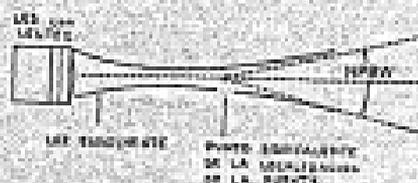


La curva para el TIL 33 cruza la curva del MLED a 10mA y va paralela a la curva del TIL 34. Por debajo de 40mA, la curva para el TIL es no lineal. Estas unidades se intentaron para operación de pulsos, donde esta no linealidad no es una desventaja y la alta salida puede ser una ventaja. Por otra parte la mayor linealidad del MLED puede ser una ventaja si el sistema se utiliza en operación analógica. La pobre linealidad del TIL causa distorsión intermodular si es operada con tendencia de por ciento en el orden de 50mA. En una aplicación pulsada, como sea, la ventaja va directamente a las unidades TIL. Debe notarse que las unidades no son en realidad directamente comparables. Las unidades TIL son relativamente caras en empaques de metal con lentes de sílica, mientras que el MLED está en un empaque de plástico relativamente barato.

El pico de la línea espectral es función de la temperatura de junctura. Al alcanzar de 25 a 75 °C el TIL incrementa su longitud de onda por 50 nm. El coeficiente es de 3nm/ °C.

Ambos tipos son lentes y tiene un definido foco en el rayo de salida. Para el TIL el ancho del rayo de media potencia es de 35° y para el MLED es de 28°.

Un segundo factor viene dado por el hecho de que aún si el LED fuera un punto de origen verdadero, todavía llenaría el lente con luz. Sólo a cierta distancia desde el lente el rayo podría ser descrito en términos de ángulos según se observa en la figura.



El campo lejano actúa como un punto de origen localizado en un punto fuera del lente. Este punto puede estar localizado en varias maneras; puede ser encontrado por un sondaje cuidadoso del campo en frente del lente como un posicionador de tres ejes o puede ser localizado utilizando un led visible que es mecánico y de rayo

idéntico a la fuente de luz infrarroja (IR).

2.3.1.2 ILD - Diodo Laser de Inyección:

La operación básica de cualquier laser o maser, consiste en bombear los átomos dentro de un estado excitado del cual los electrones pueden escapar y caer a la menor energía del estado de tierra por donación de un fotón de energía apropiada. En el gas laser, este bombeo se puede efectuar por una descarga eléctrica o por introducción de radiación en forma de luz.

En un laser de estado sólido la energía entrante pobla las bandas no pobladas. Cuando un fotón de energía igual a la banda de valencia del cristal pasa a través, éste estimula a otros fotones excitados a caer al paso con éstos. Así una pequeña señal emergerá con otros fotones que se sumarán coherentemente. Resultando una amplificación.

El laser puede operarse en onda continua (CW) en modo oscilador si el final de la onda del laser es ópticamente plana y paralela y reflectiva para una cavidad resonante.

Un fotón que es emitido de una caída espontánea de un electrón se sacudirá atrás y adelante entre los espejos, adquiriendo acompañantes debido a la emisión estimulada. En

algunos como un Rubi Laser, esta emisión estimulada puede ser tan rápida como una avalancha, completamente drenando el estado de alta energía en subnanosegundos haciendo una explosión de energía muy grande.

Por otra parte, ciertos tipos de lásera pueden ser producidos los cuales operan en condiciones de más o menos equilibrio, proporcionando fotones justo cuando se bombea la energía, (los ILD operan en este modo).

El material en un ILD es tanto más contaminado, la región cerca de la juntura tiene una alta concentración de huecos y electrones. Esto produce la condición de inversión con una amplia población de electrones en la banda de alta energía y una gran población de huecos en las bandas de baja energía. En estas condiciones, la emisión estimulada de fotones puede sobrevenirse de absorción de fotones y resultar un flujo neto de luz.

Una geometría común para un diodo laser se muestra en la siguiente figura:

Varios puntos en la curva son notables. Primero, el rápido crecimiento de la curva no es terriblemente recto o lineal. El ILD no tiende a ser muy lineal para la modulación analógica. La técnica Bell utiliza un fotodiodo detrás del dado para monitorear el rendimiento y generar un voltaje de retroalimentación que fuerza a linealizar la señal. El segundo punto es que la curva de la luz de salida es altamente sensible a la temperatura. Una pequeña caída en la temperatura puede causar que la salida sea muy rápida que destruya el componente. La luz en el monitor de retroalimentación puede ayudar muy bien en esta área. Bell en lugar de ello provee calor en un servo de lazo cerrado para mantener la temperatura constante. La curva de voltaje contra la de corriente del ILD es casi idéntica a la del LED, pero estas curvas no pueden reproducir de unidad a unidad. Como el LED, el ILD debe manejarse desde una fuente de corriente más que una fuente de voltaje.

El ILD puede usarse sólo en amplitud modulada simple (con el debido ajuste para linealidad) y en modulación de pulsos donde el ILD es un ciclo de prendido y apagado en un código adecuado.

Por otra parte, la luz emitida del área activa del ILD es lo suficientemente coherente para proveer un rayo cercano cuyo ancho es determinado por las dimensiones del área activa. Típicamente con el ILD, la juntura es de 1

micrometro (micro- μ) de espesor. En una longitud de onda de 0.8 micro- μ , esto implica que el mínimo ancho del rayo es generalmente del orden de 40 grados. Cruzando el ancho de la franja, el área activa es de aproximadamente 20 micro- μ . La radiación no es difracción limitada en este plano. Un área activa de difracción limitada en este ancho producirá un rayo de aproximadamente 3.4 grados de ancho en los puntos de media potencia. En lugar de eso, el ILD pueda mostrar típicamente un rayo del orden de 10 grados. Esto implica que el área activa no es completamente coherente y en fase.

Una de las ventajas del ILD es que las resistencias residuales y las capacitancias derivadas del IBL son pequeñas y el umbral del laser es relativamente angosto. Si el diodo se mantiene a una corriente justamente abajo del umbral laser y entonces crece rápidamente sobre el umbral, pueden obtenerse rápidos crecimientos de tiempo en el orden de 1 nseg. En pulsos muy pequeños (en el orden de 10 ns de ancho), se pueden obtener pulsos tan largos como 1 μ s.

El ILD está mas lejos de ser susceptible de manejar condiciones y requerir el utilización de mucho más sofisticados modos de control que el LED.

La caída adelantada es muy sensible a la temperatura. Sin un cuidadoso modo de control y temperatura es el diodo,

hay varias posibilidades de destruir la unidad.

Adicionalmente, ambos el ILD y el LED tienden a deteriorarse con el uso y el deterioro (es acelerado si la unidad es operada fuera de sus límites óptimos). Este efecto es más severo en el ILD que en el LED; además cabe mencionar que el costo en el circuito en el ILD es mayor que en el LED.

Generalmente se emplea el ILD en casos donde la mayor salida pueda eliminar el uso de repetidores en un enlace relativamente largo o cuando el superior alcance de tiempo y ancho de banda se requiere porque la naturaleza de los datos así lo maneja. En los demás casos el Led es más económico y práctico.

3.1.2 Circuitos receptores:

De manera similar, que los componentes emisores, los fotodiodos semiconductoras (PIN) y los fotodiodos de avalancha (APD) de silicio o germanio, se emplean como detectores ópticos para diferentes longitudes de onda de transmisión.

Por lo tanto es necesario tener un conocimiento y control de tales dispositivos de forma tal que se conozcan

son limitantes al diseñar los sistemas. Cada aplicación requiere necesidades especiales de los componentes.

2.3.3.1 Introducción

Un fotodetector es un transductor que convierte la señal óptica portadora de información en una señal más fácilmente utilizable, que es en general una señal eléctrica. En otras palabras los detectores ópticos son elementos que convierten la potencia luminiscente y nos entregan una señal eléctrica.

Un buen fotodetector tiene las siguientes propiedades:

- 1) Alta respuesta o sensibilidad en el rango de longitud de onda de emisión de la fuente óptica que está siendo utilizada.
- 2) Mínima adición de ruido al sistema.
- 3) Rápida respuesta o suficiente ancho de banda para manejar la razón de datos deseada.
- 4) Insensible a variaciones de temperatura.
- 5) Compatible con las dimensiones físicas de las fibras ópticas.
- 6) Costo razonable en comparación a los otros componentes

del sistema.

7) Larga vida de operación.

Existen los siguientes tipos de fotodetectores:

- 1) Fotomultiplicadores.
- 2) Detectores piroeléctricos.
- 3) Fotodetectores basados en semiconductores.
- 4) Fototransistores.
- 5) Fotodiodos.

Estructuras y materiales de receptores ópticos

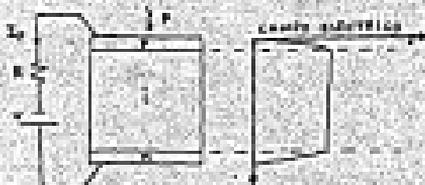
El fotodiodo más sencillo es un diodo de unión pn formado por un semiconductor con energía cuyo intervalo entre las bandas de conducción y de valencia es inferior a la energía fotónica de la señal que ha de detectarse. Los fotones absorbidos por el dispositivo crean pares de huecos y de electrones e inducen una fotocorriente en el circuito externo, cuyo valor viene dado por:

$$I_p = NQP/h\nu$$

Donde: P - potencia óptica incidente.
 Q - carga del electrón.
 $h\nu$ - energía fotónica
 N - eficiencia cuántica del detector (fracción de fotones incidentes productores de pares de portadores que contribuyen a la fotocorriente.)

Para lograr una alta eficiencia cuántica, se da elegirse el material apropiado a la gama de longitudes de onda. Por ejemplo para las fibras ópticas las longitudes de onda se comprenden entre 0.8 y 1.55 micro-metros.

Se ha mejorado la calidad de funcionamiento de un fotodiodo de unión pn simple, adoptando la estructura p-i-n según la cual se intercala una región con bajo nivel de impurezas (i-intrínseca) entre las capas de tipo p y n. Se aplica normalmente al dispositivo una tensión de polarización inversa para deplecionar totalmente la región i y producir un campo eléctrico lo suficientemente alto para que los portadores deriven con velocidades próximas a sus velocidades máximas (saturación), reduciendo así al mínimo el tiempo de respuesta.



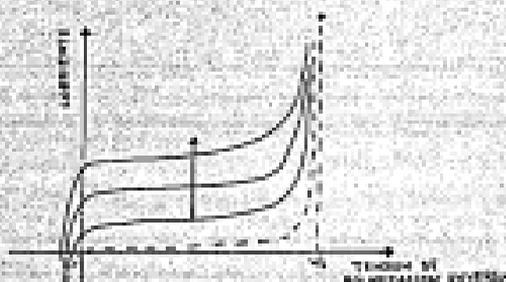
- a) Esquema de un fotodiodo PIN.
- b) Campo eléctrico a través del dispositivo.

Esta región de depleción ofrece las siguientes ventajas:

- 1) Mayor eficiencia cuántica al evitar que se generen portadores fuera de la región de depleción, que podrían perderse por recombinación a medida que se difunden lentamente hacia la región de depleción.
- 2) Por ser lenta la difusión se mejora la velocidad de respuesta.
- 3) Reducción de la capacidad de la unión y, por lo tanto del ruido del receptor.

En la variación de la corriente con la tensión de polarización inversa para fotodiodos se resaltan dos puntos:

- Con alta tensión de polarización inversa, aumenta rápidamente la fotocorriente a causa de la multiplicación de avalancha. Se aprovecha este efecto en los fotodiodos de avalancha APD, que suministran una ganancia de corriente M dependiendo de la tensión aplicada.
- Cuando no incide ningún rayo de luz en el fotodiodo, persiste una corriente de fuga, cuyo ruido de granalla es algunas veces la fuente de ruido dominante.



Polarización inversa I/V

----- Fotocorriente I_p

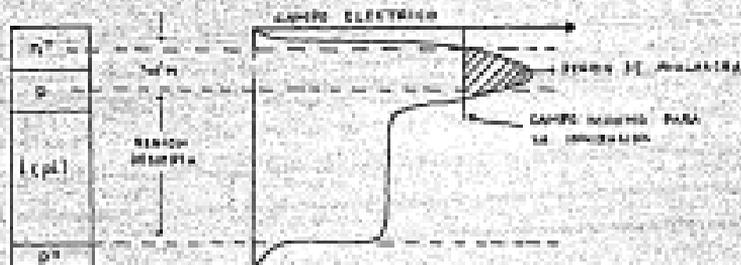
- - - Corriente de oscuridad (umbral)

2.1.2.2 Fotodiodos de avalancha APD

Los APD multiplican la señal primaria de corriente I_p por un factor de ganancia de avalancha M de manera que:

$$I = M(I_p).$$

La estructura más común utilizada se observa en la siguiente figura, con una estructura p+p₁p₁p+, el material intrínseco p₁ debe estar libre de dopantes, sin embargo por lo general tiene algunos dopantes (p), debido a una purificación imperfecta.



Cuando un voltaje bajo es aplicado en inversa al APD, la mayor caída de potencial aparece en la unión p⁺, la región desierta se amplía conforme la polarización inversa crece, hasta que un cierto voltaje es alcanzado, al cual, el campo eléctrico en la unión p⁺ está dentro de un 5 a 10% del voltaje necesario para provocar su ruptura por avalancha. En este punto la región desierta se cubierto completamente la región intrínseca p₁.

Al entrar la luz a través de la región p⁺, es absorbida en el material p₁, el cual actúa como la región colectora para los portadores fotogenerados. Al ser absorbidos los fotones, estos entregan su energía, por

consecuente, crean pares electrón-hueco los cuales son entonces separados por el campo eléctrico en la región pi. Los electrones foto generados atraviesan la región pi hacia la región p⁺ donde existe un gran campo eléctrico. Es en esta región de gran campo eléctrico donde la multiplicación de portadores tiene lugar.

El número promedio de pares de electrón-hueco creados por un portador por una distancia unitaria viajada, es llamada RAZÓN DE IONIZACIÓN. Por lo que se tendrá una razón de ionización de electrones (a) y otra de huecos (b). Al coeficiente entre el menor y el mayor coeficiente de ionización lo representamos por K

La eficiencia cuántica M es el número de pares portadores electrón-hueco generados por foton incidente de energía hν y está dado por:

$$M = (I_p/Q) / (P_o/h\nu)$$

M = número de pares electrón-hueco generados / número fotones incidentes.

Tipicamente M = 0.55 a 0.90

El funcionamiento de un fotodiodo esta caracterizado por la responsividad R, la cual está relacionada con la eficiencia cuántica por:

$$R = M(I_p/P_o) = M \cdot M \cdot (Q/MV)$$

Esta cantidad especifica la fotocorriente generada por unidad de potencia óptica.

Ruido en los APD

La multiplicación en avalancha es un proceso estadístico, y la distribución de los valores de ganancia en torno a M da lugar a un factor de ruido en exceso F , que ha sido relacionado con la relación K de la tasa de ionización electrón-hueco:

$$F = M(1 + (1 - K)((M - 1)/M))$$

$$\text{ó } F = 2(1 - K) + K(M)$$

Para un valor bajo de F , debe ser también bajo el valor de K , por lo que el proceso de avalancha debe iniciarse principalmente por el tipo de portadores con mayor poder de ionización. Se observa que los portadores generados térmicamente en la región de campo de alta intensidad pueda presentar un factor de ruido en exceso, diferente del correspondiente a la fotocorriente.

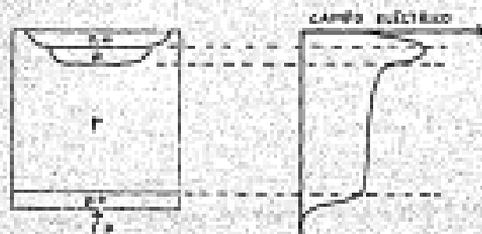
APD de silicio

Para la gama de 0.8 a 0.9 μm , el silicio es un material que conviene para la construcción de APD, dadas sus despreciables corrientes de fuga y su bajo nivel de ruido en exceso: F es típicamente 0.01 a 0.1 para reducir el ruido al mínimo, la luz debería absorberse totalmente en el material de tipo p, siendo necesario un espesor de 35 a 70 μm de material intrínseco para obtener una absorción del 90%. Los dispositivos típicos tienen una estructura n-p-r-p+, y se les conoce como APD de acción pasante. La capa r de muy bajo dopado extiende la región intrínseca, asegurando una alta eficiencia y respuesta rápida. El tiempo de respuesta comprende el tiempo de tránsito de los electrones que derivan hacia la región de avalancha, el tiempo para que se desencadene la avalancha y el tiempo de tránsito de retorno para los huecos a través de la región.

Así pues, el tiempo de respuesta es más del doble que el correspondiente a un fotodiodo PIN de dimensiones similares. Comercialmente existen APD con una región intrínseca de 30 μm y un ancho de banda de 1 GHz.

Gracias al reducido factor de ruido en exceso F , la ganancia óptica es elevada de 50 a 150, lo que se traduce en una buena sensibilidad del receptor. La sensibilidad del

receptor es casi inversamente proporcional a la velocidad binaria, está comprendida entre -81 dBm a 1 Mbit/s y -150 dBm a 140 Mbit/s, con una eficiencia cuántica de 0.8



APD de Acción Pasante.

APD de Germanio

Durante mucho tiempo han existido APD de germanio n-p simples, con eficiencia cuántica de 0.7 resultante de una alta absorción óptica a 1.5 micro-m aproximadamente. Para ciertas longitudes de onda, se absorbe la luz principalmente en la capa de tipo n, reduciendo así el ruido en exceso. Más allá de 1 micro-m, se produce una absorción importante en el material tipo p, dando un aumento al factor de ruido, a menos que se extienda la región intrínseca utilizando una estructura n-i-p que produce la avalancha iniciada por huecos hasta 1.5 micro-m.

La corriente de fuga de los APD Ge construidos con material de tipo p de buena calidad se debe a la difusión

de electrones. La corriente de fuga es la fuente predominante del ruido, la cual junto con el ruidoso proceso de avalancha, limita la sensibilidad del receptor. La ganancia de avalancha ha de controlarse estrechamente alrededor de su valor óptimo, y la sensibilidad depende de la temperatura, porque cada 5°K se duplica la corriente de fuga. En el siguiente cuadro se muestra la sensibilidad del receptor a una eficiencia cuántica de 0.7

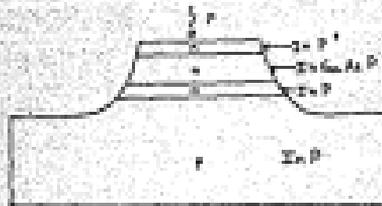
Sensibilidad de APD de Ge:

Velocidad binaria (Mbaud)	Sensibilidad (dBm)
34	-44.3
140	-49.9
400	-36.0
1300	-31.0

APD III - V

Al tratar de solventar los problemas que plantean los APD de Ge, se han investigado mucho los APD de semiconductores de aleación III - V, particularmente de InGaAsP acoplados en retícula a sustratos de InP, ya que es posible sintonizar el intervalo entre bandas mediante un ajuste apropiado de la composición para cubrir una gama

de longitudes de onda de 0.96 a 1.67 micro-m.



APD de InGaAsP, con la región de avalancha en la región p^+ -n InP.

2.3.2.3 Receptores de efecto de campo PIN (PIN-FET)

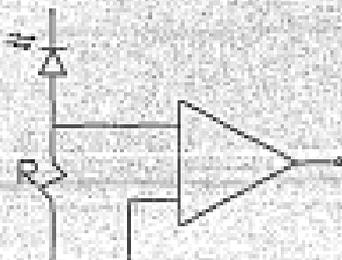
Una evaluación para receptores con longitudes de onda superiores (1.0 - 1.6 micro-m) ha revelado que un fotodiodo PIN de baja capacidad seguido de un amplificador de bajo nivel de ruido para tener una mayor sensibilidad que un APD, y ofrece ventajas adicionales de funcionamiento: baja tensión de alimentación, cableado de control más sencillo y menor sensibilidad a las variaciones de temperatura.

Para receptores PIN-FET se ha propuesto la utilización de circuitos tanto de alta impedancia como de transimpedancia.

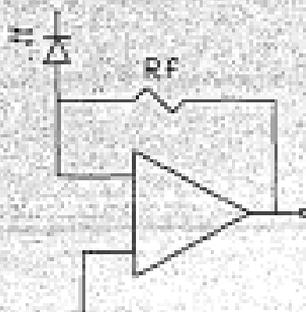
En el diseño basado en alta impedancia, la resistencia de carga R es muy grande para que su ruido

térmico sea despreciable, obteniéndose con ello un receptor "DE ACCESO INTEGRADOR" que requiere igualación subsiguiente, efectuada generalmente por una red diferenciadora sencilla, después del preamplificador.

Este diseño tiene una gama dinámica muy limitada. En el diseño basado en una transimpedancia, la resistencia de retroalimentación y la ganancia en lazo abierto del amplificador se escogen de manera que sea necesaria poca igualación, obteniéndose así una alta gama dinámica independiente del código de líneas. En la práctica se sacrifica un poco la sensibilidad del receptor debido a la capacitancia parásita de la resistencia de retroalimentación y a la limitada ganancia de lazo abierto de los amplificadores FET.



RECEPTOR CON
ALTA IMPEDANCIA



RECEPTOR DE
TRANSIMPEDANCIA

Sensibilidad de un receptor PIN-FET

Circuito	C (pf)	Velocidad de línea (Mbaud)	Sensibilidad (dBm)
Alta impedancia	0.4	160	-44
Alta impedancia	0.4	294	-46
Transimpedancia	2.0	45	-47
Transimpedancia	2.0	274	-34

Estos resultados muestran una valiosa mejora de la sensibilidad del receptor en comparación con los APD de Ge, y una insensibilidad a los cambios de temperatura (diferencia de menos de 1 dBm entre 20 y 60 °C). Los trabajos actuales tienen por objeto aumentar la eficiencia cuántica de los fotodiodos y disminuir las capacitancias de los fotodiodos y de los FET.

2.3.3 Conclusiones:

En el estudio de los fotodetectores encontramos las siguientes ventajas:

- Tecnología suficientemente investigada.
- Buenos resultados para la transmisión múltiple.
- Su rango de trabajo 1.0 a 1.3 micro- μ m tienen pérdidas mínimas.
- Bajo ruido.

2.3.4 Aplicaciones:

Análogicas:

- Sistemas de alarma.
- Codificadores.
- Inspección control.
- Monitores y control.
- Detección de fluctuaciones de luz.
- Detección de pulsos de paso alto.
- Instrumentación laser.
- Detección de pulsos laser.
- Control de energía.

Digitales: Comunicaciones por fibra óptica.
Modulación digital y de códigos.
Transmisión de datos.
Telefonía.

CAPITULO 1 CONCEPTOS GENERALES DE ROBOTICA

1.1 INTRODUCCION:

En el transcurso de los últimos años se ha introducido en el mundo industrial la noción de ROBOTICA, con un significado y una fuerza que pueden reconfigurar grandemente los esquemas tradicionales sobre los que se asientan los conceptos vigentes de automatización y productividad industrial. La visión actual tiene un alcance y un sentido distintos de los que tuvo durante la etapa de la revolución industrial (en la que alcanzó la mecanización del trabajo), o más recientemente en la etapa de la automatización, en la que se ha conseguido realizar de manera automática la producción de piezas, elementos y productos en grandes cantidades o de manera repetitiva.

La robotización abre una nueva y decisiva etapa en el actual proceso de mecanización y automatización creciente de los procesos de producción. Consiste esencialmente en

la sustitución de máquinas o sistemas capaces de automatizar operaciones concretas, para cuyo fin han sido especialmente diseñadas, por dispositivos mecánicos de utilización general, dotados de varios grados de libertad en sus movimientos y capaces de adaptarse a la automatización de un número muy variado de procesos u operaciones.

El robot industrial nace de la acertada conjunción de una estructura mecánica articulada y de un sistema electrónico de mando en el que se integra, por lo general, un computador. Esta disposición, que permite la programación y control de los movimientos a efectuar, confiere al robot una gran flexibilidad y posibilita su adaptación a muy diversos trabajos o tareas, según sea el programa ejecutado. El robot industrial es pues un dispositivo polivalente, apto para muy diversas aplicaciones en contraposición a la máquina automática clásica, concebida y fabricada para realizar de forma repetitiva un tipo determinado de operaciones. El robot industrial se especifica y diseña en función de los diversos movimientos que debe poder efectuar y no a partir de operaciones concretas a ejecutar; en otras palabras lo que importa son sus grados de libertad, su campo de trabajo, su comportamiento estático y dinámico, etc.

La programabilidad y adaptabilidad de los robots

industriales les convierte en elementos esenciales de los denominados Sistemas de Fabricación Flexible (SFF). Dichos sistemas en contraposición con los de automatización fija que siguen una secuencia preestablecida de etapas para la fabricación de un producto, pueden alterar su protocolo para ajustarse a las demandas variables de producción.

Aún cuando los robots existentes en el mercado son máquinas automáticas multiusos, no pueden todavía tomar decisiones en función de parámetros o factores que cambien de forma no prevista durante su funcionamiento, sino que, para cada aplicación, están programados para actuaciones determinadas en función de una o mas situaciones de contorno dadas.

Los actuales robots industriales, deben ser programados mediante la especificación detallada de los movimientos y acciones que deben realizarse, sin que sea todavía posible la descripción de la tarea a llevar a cabo a través de los objetivos deseados. Esta última forma de programación supone que el robot sea capaz de generar el plan de acción que debe seguir para alcanzar dichos objetivos y que pueda comunicarse eficientemente con su entorno de trabajo a través de los sistemas de percepción artificial (visión, sensores táctiles, etc.).

Los recientes progresos en los campos de la

inteligencia artificial, de aprendizaje y de reconocimiento de formas abren nuevas perspectivas que permitirán a los robots industriales obtener información en su entorno y adaptar su comportamiento a las modificaciones del mismo, sin necesidad de intervención de un operario o de un programador.

3.2 ANTECEDENTES Y REQUERIMIENTOS

La importancia de la robótica se ha derivado de los requerimientos de costo, calidad y volumen de producción de la industria moderna.

La robótica es un tema de interés mundial que debe y está siendo impulsado por diversos países. En Inglaterra, Francia, Italia, Suecia, Alemania, Japón y E.U., se han realizado esfuerzos (tanto privados como gubernamentales) para impulsar la tecnología de los robots y para estimular su utilización en los procesos de manufactura y ensamble de productos.

Hasta hace pocos años, el interés de las investigaciones había estado enfocado hacia el desarrollo de robots industriales: es decir, aquellos que por definición son "MANIPULADORES" de aplicación general, reprogramables, capaces de realizar funciones repetitivas

que antes se les asignaban a los seres humanos. Aunque no por definición los robots industriales son máquinas estáticas, es decir, se utilizan en una estación de trabajo donde llegan las piezas mediante medios de transporte destinados para tal efecto y ahí los robots tocan las piezas y realizan lo pertinente con ellas. Desde este punto de vista los robots industriales no necesitan movilidad y por lo tanto no se ha desarrollado mucho la locomoción de robots.

Al crecer las grandes industrias y la tendencia a crecer en el desarrollo de la tecnología electrónica, se comienza a pensar en robots que no necesariamente debían estar estáticos sino que se podían desplazar entre las estaciones de trabajo para realizar tareas más complejas.

El problema de la locomoción por medio de ruedas es la necesidad de tener un terreno relativamente liso entre los puntos de desplazamiento de los robots. Esto genera problemas importantes desde el punto de vista de su viabilidad económica. En los años 70s ya se empezaba a investigar sobre robots que imitaban a los animales de la naturaleza en su forma de locomoción. El Dr. Robert Mc Ches es uno de los pioneros en este campo y se encontró con la falta de poder de cómputo portátil para poder realizar eficientemente un "robot adaptativo al terreno" que utilizaba patas para caminar.

Actualmente, en E.U., en Japón, en centros de investigación de Francia y Suecia y en algunas compañías particulares, se han desarrollado robots adaptativos al terreno, que utilizan patas para caminar, por ser este el método más versátil para desplazarse en terrenos con variaciones impredecibles.

1.1 CONCEPTOS GENERALES

De forma general podemos definir hoy en día la robótica como el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poliarticuladas, dotadas de un determinado grado de inteligencia y destinados a la producción industrial o a la sustitución del hombre en muy diversas tareas. Un sistema robótico puede describirse, en el límite, como aquel que es capaz de recibir información, de comprender su entorno a través del empleo de modelos, de formular y ejecutar planes, y de controlar y supervisar su operación. La robótica según acaba de definirse, es esencialmente pluridisciplinaria y se apoya en gran medida sobre los progresos de la microelectrónica y de la microinformática, así como en las nuevas disciplinas como el reconocimiento de formas y la inteligencia artificial.

En el contexto actual la noción de robótica implica una cierta idea preconcebida de estructura mecánica universal capaz de adaptarse, como el hombre, a muy diversos tipos de acciones y a las que concurren, en mayor o menor grado según los casos, las características de movilidad, gobernabilidad, autonomía y polivalencia.

La robótica, tomada en sentido general, abarca una amplia gama de dispositivos con muy diversos rasgos físicos y funcionales asociados a la particular estructura mecánica de aquellos, a sus características operativas, y al campo de aplicación para el que se han concebido. Es evidente que todos estos factores están íntimamente relacionados, de tal forma que la configuración y el comportamiento de un robot condicionan su adecuación para un campo determinado de aplicaciones y viceversa.

1.4 TIPOS DE ROBOTS

La amplia variedad de dispositivos o sistemas que pueden o bien ser denominados robots o permanecer en el campo de la robótica han llevado, para mayor claridad, a establecer una sistematización del mismo, que, al propio tiempo, ilustre sobre los diversos factores involucrados y facilite el estudio de su interrelación. Para tal fin se

Realiza una división y definición de los "atributos, morfología y campos de utilización" de los robots, factores fundamentales que permiten caracterizar y delimitar los diversos tipos de robots.

3.4.1 Atributos

Son cuatro los atributos fundamentales que se distinguen para caracterizar el comportamiento y las propiedades funcionales de un robot. Tales atributos son:

- Movilidad
- Gobernabilidad
- Autonomía
- Polivalencia

-La Movilidad, expresa la capacidad de movimiento y las características de su comportamiento dinámico. La movilidad está subdividida en tres aspectos, que son su AMBITO, TIPO y CARACTERISTICAS.

Dentro de su AMBITO, la movilidad se refiere ya sea al conjunto del robot o a sus subsistemas estructurales como son el cuerpo, brazo o elementos terminales.

Según su TIPO la movilidad puede ser articular en la que dependen las características del brazo, y la traslacional que se aplica a los robots con sistemas de desplazamiento.

Por sus CARACTERÍSTICAS en geométricas, estáticas, cinemáticas y dinámicas, de las cuales depende la configuración del robot.

-La gobernabilidad, es la capacidad de un robot para ser mandado y controlado desde el exterior. Esta propiedad la podemos dividir de acuerdo a: su TIPO en programabilidad mediante un programa y manejabilidad como la capacidad de ser manejado en tiempo real; por su MODO en gestual mediante palancas de mando y otros dispositivos de accionamiento y en textual mediante instrucciones orales o escritas; por su NIVEL de acuerdo a la especificación de sus operaciones (programación explícita) y por la descripción de sus objetivos (programación implícita); y su FUNCIONAMIENTO puede ser de una manera individual o coordinada.

-La autonomía, es la capacidad de autogobierno del robot, se considera bajo diversos aspectos: CAPACIDAD SENSORIAL que proporciona al robot el conocimiento de su entorno y de sí mismo, funciones exteroceptivas y propioceptivas respectivamente; CAPACIDAD DE DECISION por

medio de la planificación y la reacción frente a las emergencias; CAPACIDAD DE APRENDIZAJE; CAPACIDAD DE ADAPTACION; y CAPACIDAD DE COOPERACION.

-La polivalencia, es la capacidad del robot para ejecutar con eficacia tareas diferentes; la polivalencia tiene tres aspectos: VERSATILIDAD para realizar una gama de tareas o para diferentes gamas de tareas; ADECUACION que es la eficacia en las diferentes tareas; y su AMBITO de acuerdo al cuerpo, los brazos y los elementos terminales.

3.4.2 Morfeología

La morfeología es un concepto importante porque la forma y la estructura de los robots condicionan en gran manera su funcionamiento y prestaciones, así como sus campos de aplicación. La morfeología del robot se contempla por su conjunto y sus subsistemas constituyentes.

- Arquitectura
- Subsistemas estructurales
- Subsistemas funcionales

-Con lo que respecta a su ARQUITECTURA se distingue por su naturaleza fija y metamórfica, esta última se refiere a los cambios elementales o complejos dentro de su

configuración como robot, mientras que la fija no tiene ningún cambio y permanece predispuesta a objetivos específicos. Atendiendo a su arquitectura los robots se subdividen en 5 grupos: 1) poliarticulados, 2) móviles, 3) andróides, 4) zoomórficos e 5) híbridos.

Los POLIARTICULADOS tiene la característica de permanecer en un sitio predeterminado, aunque eventualmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados, otra característica es la de estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo. Entre los robots poliarticulados podemos citar a los manipuladores, los robots industriales clásicos, los repartidores y algunos robots de mantenimiento.

Los MÓVILES son robots con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas diversas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose con la información recibida de su entorno a través de sensores.

ANDRÓIDES, son los robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y movimientos del cuerpo humano, así como el comportamiento de su fuerza. En la actualidad están poco evolucionados y destinados a la investigación.

Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre los que se centran la mayoría de los trabajos, es la de la locomoción bípeda. El principal problema consiste en controlar dinámicamente y coordinadamente en tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

Los **ZOOHÓMIDOS**, constituyen una amplia clase fundamentalmente caracterizada por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. Se agrupan en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los no caminadores está muy poco desarrollado. Por el contrario los artefactos caminadores múltipodos son actualmente muy numerosos y están dotados de facultades de adaptación, de sistemas sensoriales y de inteligencia.

Un robot caminador es un sistema complejo que debe ser organizado en niveles, que contemplan desde el miembro y la marcha (actualmente controlado por microprocesador), hasta los niveles de control más inteligentes. Para ello se tiene que efectuar 5 tareas diferentes:

- 1) Seguir secuencia y forma de movimiento de las patas.
- 2) El robot no deberá perder el equilibrio.
- 3) Repartir la carga soportada y las fuerzas laterales entre todas las patas tomando en cuenta el terreno y su

suavidad de marcha.

4) Evitar las colisiones entre las patas procurando que no se extiendan más que sus límites.

5) Que tengan un sistema sensorial avanzado para que elija los cambios más adecuados.

Los HIBRIDOS corresponden a aquellos de difícil clasificación y se caracterizan por la unión de dos o más estructuras de las ya mencionadas, como son las de un cuerpo formado por un carro móvil y un brazo semejante a los de los robots industriales, se considera híbrido en yuxtaposición.

-SUSISTEMAS ESTRUCTURALES, son el cuerpo, los brazos, y el sistema locomotor y los elementos terminales. Con una combinación de los mismos se puede configurar cualquier tipo de robot desde el punto de vista de su esqueleto mecánico.

Los SUSISTEMAS FUNCIONALES están constituidos por las unidades operativas que animan al robot dotándole de movimiento, de percepción y de capacidad de actuación o inteligencia.

Los robots efectúan tareas repetitivas de una manera precisa e incansable desarrollándolas más eficazmente que

el hombre pudiendo desarrollar gran parte de sus tareas según se seleccione su capacidad y estructura, sin embargo hay tareas en las cuales no pueden programarse, en las que se tiene que tomar decisiones y hacer modificaciones continuamente, por lo que en varios casos el robot se ve imposibilitado físicamente, debido al gran número de variables que tendría que manejar y un gran número de tareas que no podría desarrollar eficientemente.

3.4.1 Campos de Utilización

Los campos de aplicación se dividen en tres grupos fundamentalmente que son:

- La Producción
- La Exploración
- La Asistencia

-La Producción: dentro de este grupo se destacan los robots de tipo industrial, que incluyen las operaciones de manipulación, fabricación, ensamble y prueba.

La manipulación comprende las tareas de carga y descarga así como las de mantención, la primera de las tareas se caracteriza por la utilización de los elementos

terminales en forma de pinzas o garra para tener sujeta la pieza o material a manipular, mientras que la segunda tarea es una de las más tradicionales en la industria de carga y descarga, en lo que corresponde al transporte y almacenaje, se ocupan robots móviles o poliarticulados descaminados robots de manutención.

La fabricación incluye muy diversas operaciones de transformación: las que arrancan material, las que alteran la forma y las de recubrimiento. Para su realización se requiere la utilización de herramientas.

El ensamblado se puede subdividir en procesos de soldadura y ensamblado de piezas pequeñas o inserción. Las inserciones de precisión de operaciones delicadas que requieren el concurso de técnicas refinadas, como la acomodación flexible, a fin de que la pieza tenga la flexibilidad posicional suficiente para que pueda ser instalada.

En las operaciones de prueba se utilizan robots muy precisos de extraordinaria rigidez y estabilidad dimensional para la medición y la verificación.

-La Exploración, corresponde a aquellas operaciones para las cuales es imprescindible la movilidad del robot y que se desenvuelva en un ambiente esencialmente variante.

La exploración tiene un campo muy amplio y diverso: puede abarcar la superficie terrestre, el subsuelo, los mares y océanos, el espacio exterior; el interior de conductos y canalizaciones, espacios irradiados, etc.

La exploración puede ser por modalidad informativa (búsqueda/localización, supervisión, inspección, análisis, etc.).

-En la Asistencia se incluyen las operaciones que el robot realiza en relación directa con el hombre, sea como individuo o como grupo o colectividad. El contexto es por lo tanto variable y de tipo personal.

La rehabilitación o robótica interactiva se emplea para ayudar a personas minusválidas, en la prolongación de la anatomía o en la sustitución de una función anatómica.

Dentro de la asistencia existen también los robots de servicio personalizado/doméstico y los de servicio colectivo dentro de las áreas hospitalaria, hotelera, recreativa, etc.

1.1 MORFOLOGIA ROBÓTICA

La morfología de un robot la dividimos en diferentes

aspectos:

-Estructura mecánica

-Elementos motores

-Transductores

3.5.1 Estructura Mecánica:

Aunque el propósito que anima a los robots industriales es el de disponer de máquinas que puedan llevar a cabo ciertas tareas tradicionalmente realizadas por el hombre, en la configuración de su estructura mecánica no debe buscarse una réplica humana. En la mayoría de los casos puede hablarse del brazo, la muñeca o la mano del manipulador. Sin embargo, observando las tareas para las que han sido concebidos, carece de sentido limitarse a una imitación de las características humanas. La réplica más que estructural es funcional. Configuraciones en las que es difícil encontrar aspectos antropeomórficos sirven, en realidad, a los mismos propósitos y en ciertos casos, son más apropiados al tipo de tareas que se les asignará.

3.3.2 Elementos Motores:

Un robot puede considerarse como un actuador controlado de una forma compleja. Como actuador precisa de elementos motores, capaces de convertir en movimiento unas señales de control y una potencia de actuación acorde con las tareas que tenga encomendadas. En el caso que, por necesidades mecánicas o constructivas sea preciso separar el punto de aplicación de las fuerzas generadas por los elementos motores, de dichos elementos, se utilizan elementos transmisores.

La clasificación de los elementos motores se realiza basada en su energía de activación: neumática, hidráulica y eléctrica.

3.3.3 Transductores:

Los transductores son el conjunto de elementos necesarios para convertir en señal eléctrica los parámetros que deben medirse de la estructura del robot o de determinados datos sobre su entorno.

Dado que la unidad de control es un computador digital, la señal correspondiente a cada magnitud leída debe ser igualmente digital; sin embargo, no todos los

transductores utilizados permiten efectuar la conversión directa en señal digital, sino que algunos proporcionan una señal analógica, que es necesario adaptar mediante un convertidor A/D para ser leída por el computador.

3.4 ROBOT SELECCIONADO

Como se ha estudiado a lo largo de este capítulo, los robots se pueden clasificar en distintos tipos, de acuerdo a las características que posean. El robot a utilizar es el de desplazamiento (Únicamente), el cual cuenta con las siguientes características (descritas anteriormente en los tipos de robots):

- En cuanto a sus atributos tiene las propiedades de movilidad (plataforma de desplazamiento), gobernabilidad (se controla desde el exterior).
- Por su morfología posee una estructura móvil; su subsistema estructural es la de un cuerpo sin elementos terminales; en lo que respecta a su subsistema funcional está dotado de movimiento.
- Su campo de utilización es esencialmente en exploración, ya que en ésta es imprescindible la movilidad del robot; sin embargo puede aplicarse a la asistencia y a la

producción.

En su morfología, el robot seleccionado tiene una estructura mecánica que difiere completamente de la antropomórfica, esto porque está diseñado para tareas que no necesitan elementos semejantes a los humanos. Sus elementos motores son electrónicos.

Para lograr el propósito de dirigir a este robot seleccionado, de forma inalámbrica, se requiere la utilización de transductores para convertir la señal analógica que del exterior recibe el robot, en señal digital que es con la que actúa este.

El robot empleado se muestra en el capítulo 4 (circuito del robot), así como también se presenta su forma de programación en el capítulo 5.

CAPITULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EMISOR Y RECEPTOR

4.1 INTRODUCCION

Habiendo estudiado la teoria de las comunicaciones, y de analizar el funcionamiento de los componentes básicos requeridos para la comunicación inalámbrica, se procede a diseñar el circuito que cubra las necesidades de comunicación para una aplicación en particular, que en este caso es el comando de los movimientos de translación de un robot.

Primeramente se presenta la naturaleza del trabajo que consiste en la implementación de un sistema de comunicación en forma inalámbrica.

A partir de una computadora y un robot (plataforma de desplazamiento), se requiere realizar la transmisión de datos.

En un principio se cuenta con un teclado que actúa como transmisor de datos, este programa en forma alámbrica a un robot, para la realización de ciertos movimientos de desplazamiento.

Y como segundo punto se persigue el objetivo general en la transmisión inalámbrica de datos y, particular del control de los movimientos de desplazamiento del robot.

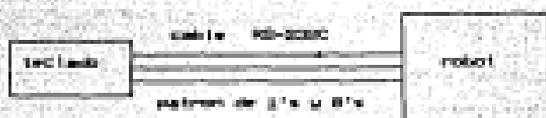
Para cumplir con los objetivos propuestos se requiere:

- Sustituir el teclado del robot (plataforma de desplazamiento) por una tarjeta receptora.
- Realizar una interfaz para transmitir la información de la computadora al robot.

Para ésto se requiere adaptar los comandos que recibe el robot y las señales de salida de la computadora al circuito receptor y emisor respectivamente. El robot y la computadora se encuentran ya definidos.

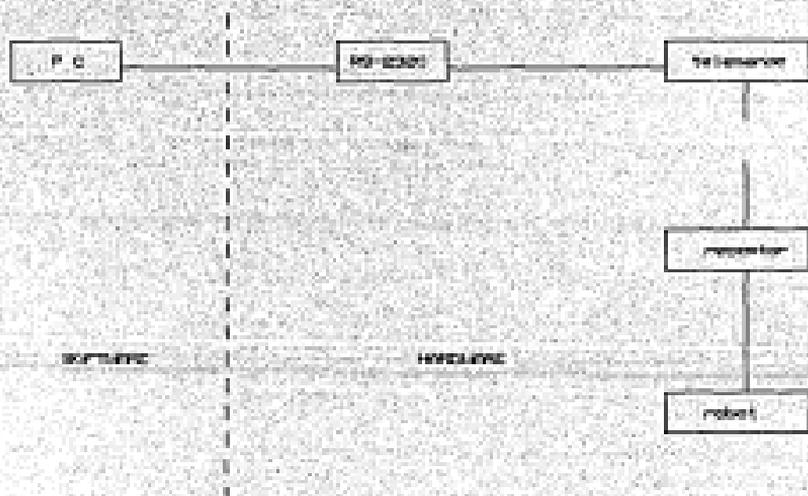
4.2 ANTECEDENTES Y REQUERIMIENTOS

Como se ha establecido, para la realización de este proyecto se tiene el antecedente del diagrama de bloques que se muestra a continuación:



El teclado está constituido por una serie de "switches" que generan el patrón de unos y ceros que viajan en forma paralela, a través del cable y llegan a la recepción del robot, que interpreta la señal para procesarla y guardarla en sus circuitos lógicos y de memoria, y así realizar la tarea comandada.

Para realizar la transmisión inelábrica de datos mediante la computadora y controlar los movimientos del robot, se propone el siguiente diagrama de bloques:



En el diagrama presentado se realiza la división de bloques en lo que corresponde al "Software" y "Hardware" del diseño. En este capítulo se tratará únicamente al "Hardware" del sistema y posteriormente se tratará el "Software".

4.3 ELEMENTOS REQUERIDOS EN EL DISEÑO DEL "HARDWARE"

Para el desarrollo del circuito de emisión recepción, se realiza una división de las partes que forman dicho circuito, y se expresa un breve análisis de cada una de estas partes, las cuales se citan a continuación:

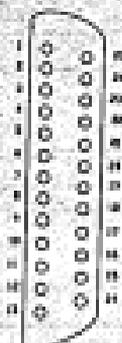
1. Interfaz
2. Telemando
3. Canal de transmisión
4. Recepción
5. Robot

1. Interfaz

Una interfaz es un conjunto de reglas, controlando la interacción de dos diferentes máquinas o procesos, como una computadora y un "modem" o, en este caso, una computadora y

un circuito de transmisión de señales de luz.

La interfaz que se emplea en este diseño es la RS - 232C, el cual es un conector de 25 "pins", como se muestra a continuación:



La transmisión de los datos es en forma serial asíncrona y para ello se requieren sólo 7 señales del conector.

PIN #	SEÑAL	DIRECCION
1	Tierra chasis	-
2	TX	Salida
3	RX	Entrada
4	RTS	Salida
5	CTS	Entrada
7	SG	-
20	DTR	Salida

TX - Transmisión de datos. RX - Recepción de datos.
 RTS - Petición de envío. CTS - Envío listo.
 SG - Señal de tierra. DTR - Terminal lista.

La conexión para el cable de interfaz serial se muestra a continuación:

Computadora		Telemando	
(salida)		(entrada)	
1	----Tierra chasis----	1	
3	---->TX ----- RX ---->	3	
3	<----RX ----- TX <----	2	
7	----- SG -----	7	
4	--- RTS ---	4	
5	--- CTS ---	5	
20	--- DTR ---	20	

2. Telemando

El telemando corresponde al circuito emisor de datos. Este circuito emisor se encarga de recibir, por medio de la interfaz, la información que se genera a través del computador, y la envía a larga distancia al circuito receptor.

El envío de datos se realiza en este caso, a través de un LED (diodo emisor de luz) infrarrojo, que tiene un

rango de frecuencia muy alto (3×10^{11} a 4×10^{14}) correspondiente a la luz invisible.

Los datos viajan en forma asincrónica serial, esta es una ventaja, ya que no se requiere de un circuito de sincronización, y también la utilización de un sólo canal de transmisión, lo cual se traduce en un ahorro en espacio y costo.

3. Medio de transmisión

Como se mencionó en el capítulo 1, el medio de transmisión es el enlace entre el transmisor y receptor, y puede ser una línea de transmisión guiada como un alambre o una fibra óptica o sin guía definida como la atmósfera o el espacio.

Cuando la señal viaja por el canal, se va atenuando y distorsionando progresivamente a medida que aumenta la distancia, de tal forma que la potencia óptica es atenuada por absorción y esparcimiento de moléculas en la atmósfera. Añadiendo además que por viajar ondas de diferentes frecuencias en el medio ambiente, pueden causar interferencia con la frecuencia de la señal de información y por lo tanto ocasiona ruido y distorsión.

4. Recepción

El objeto del circuito receptor es extraer la señal distorsionada del canal, amplificarla y restaurarla en su forma original, para mandar el mensaje o información a su destino final.

El circuito receptor cuenta con un detector de rayos infrarrojos, compatible con un LED infrarrojo de emisión.

5. Robot

Es el destino final para cubrir la transmisión inalámbrica de datos, a él llegan las señales que lo comandan.

4.4 CIRCUITO EMISOR

La metodología de diseño del circuito emisor se realiza a partir del análisis de sus elementos requeridos, los cuales son como se presentó en el diagrama de bloques: un elemento de interfaz y un elemento de telemando.

El diseño completo del circuito emisor se dividirá en dos partes:

1. Diagrama a bloques.
2. Estudio y manejo de componentes activos y pasivos, polarización y características de los anteriores; cálculos.

4.4.1 Diagrama a bloques del circuito emisor



Como se ha mencionado la transmisión se realiza de manera asincrónica serial, para lo que se requiere la utilización de la computadora (de su tarjeta E/S con puerto serial), a la cual se le conecta el cable con configuración serial para realizar el enlace de datos entre la computadora y el telemando.

La interfaz seleccionada para el enlace es la RS-232C, interfaz entre equipo terminal de datos y equipo de comunicación de datos, empleando un intercambio serial binario de datos. Es una interfaz estándar en un conector con 25 "pins" de envío, recepción y control de señales, cuyo esquema se presentó en la sección 4.3.

La RS-232C cubre cuatro áreas:

1. Características mecánicas de interfaz.
2. Señales eléctricas a través de la interfaz.
3. Función de cada señal.
4. Subgrupos de señales para aplicaciones concretas.

Habiendo seleccionado el tipo de interfaz, se procede a diseñar el circuito de teledato capaz de transmitir la información recibida por el cable de enlace.

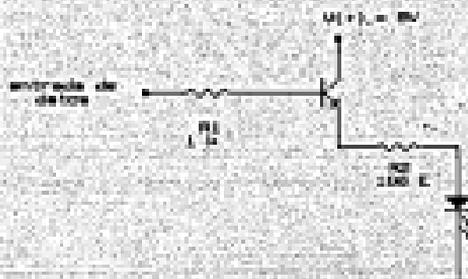
4.4.3 Componentes del diseño y sus características.

Cálculos:

Para realizar la transmisión se requiere de una serie de componentes que sean capaces de manejar la serie de datos recibidos.

El elemento principal para llevar a cabo la transmisión de datos es un LED de rayos infrarrojos que actúa como un "switch" cuando recibe la señal digital de la computadora, y envía esta señal ("switcheo") en forma de luz invisible (infrarroja) a través del aire.

El circuito propuesto para este objetivo es el siguiente:



Los datos son aceptados en la base del transistor mediante una resistencia R_1 que limita la corriente de base, que para un transistor siempre es pequeña, ya que no se requiere mayor corriente porque con sólo una pequeña corriente de base se puede obtener una corriente amplificada por el transistor, además de ser la adecuada para la polarización.

El transistor se encuentra en configuración colector común, aunque existen tres tipos de configuraciones básicas que son: base común que amplifica voltaje; emisor común que amplifica voltaje y corriente; y la ya mencionada colector común que amplifica corriente.

La razón de elegir colector común está de acuerdo a los requerimientos del diodo infrarrojo; con la

amplificación de corriente, el diodo infrarrojo obtiene un pulso robusto que permite un mayor alcance en la transmisión. La resistencia R2 se coloca para limitar el paso de corriente y evitar así dañar al dispositivo optoelectrónico.

Las características del transistor empleado son las siguientes:



Es un transistor de silicio NPN. Tiene una figura de ruido máxima de 4 dB. En condiciones de prueba tiene las siguientes características:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| Voltaje colector-emisor | VCE = 10 volts. |
| Corriente de colector | Ic = 100 micro-Amperas. |
| Resistencia | R2=1K-ohm. |
| Frecuencia | f=1KHz. |

Diseñado para alta velocidad, potencia media de conmutación y en general para aplicaciones de amplificación.

El led emisor es el componente TIL31 Diseño emisor de Luz Infrarroja. Diseñado para aplicaciones que requieren alta potencia de salida, manejo de baja potencia y muy rápida respuesta en tiempo. Este componente se utiliza en procesos industriales de control, moduladores de luz, perforación de tarjetas de lectura, "switches" óptica y circuitos lógicos, "Shaft or Position Encoders". Está diseñado espectralmente para utilizarlo con detectores de silicio.

Las características ópticas del componente son:

- Potencia de salida 650 micro-Watts @ $I_f = 100\text{mA}$
- Ángulo de emisión = 30 grados
- Pico de longitud de onda = 900 nanómetros
- Voltaje directo = 1.5 V @ $I_f = 50\text{ mA}$
- Manejo de baja corriente = 10 mA para 70 micro-Watts

Cálculo de R_1 y R_2 :

R_1 = resistencia de base cuyo valor elegido = 1 K Ω .

R_2 = resistencia de polarización del LED infrarrojo.

Tenemos que la corriente continua en directa máxima I_f para el TIL 31 es de 150mA. Para calcular R_2 tomamos

una corriente $I_f = 50\text{mA}$.

Datos: $I_f = 50\text{mA}$, $V = 9\text{V}$, $R_2 = 7$

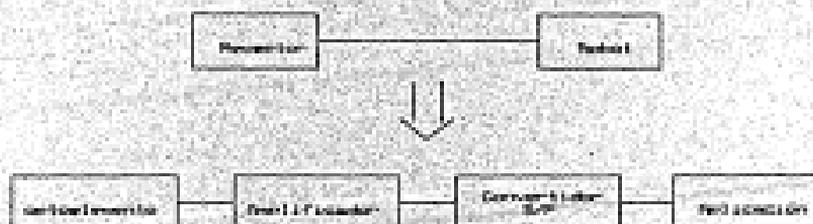
$$R_2 = V / I_f = 9\text{V} / 50\text{mA}$$

$$R_2 = 180\ \Omega$$

4.3 CIRCUITO RECEPTOR

De forma similar a la metodología de diseño del circuito emisor, se diseña el circuito receptor, que cuenta con elementos de amplificación y conversión de señales para la realización de una aplicación en particular.

4.3.1 Diagrama a bloques:



En el diagrama se muestra la secuencia que se lleva en

la recepción de la señal de comando que tiene como fin una aplicación (plataforma de desplazamiento).

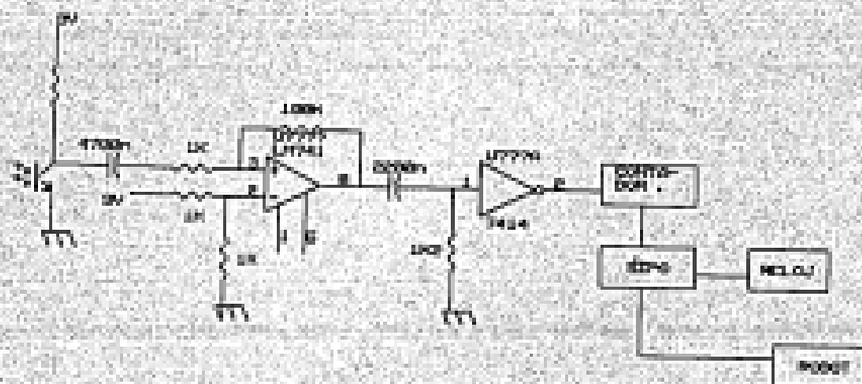
La señal es captada por un elemento de la misma naturaleza que el elemento optoelectrónico emisor. La señal captada pasa por una etapa de amplificación, en la que como es entendido, no sólo se amplifica la señal de datos, sino también las señales indeseadas (ruido).

De la etapa amplificadora pasa la señal que viene en forma serial, por un registro que convierte los datos en serie a datos en paralelo y así lograr la aplicación, ya que el circuito que se va a comandar requiere una entrada de datos en paralelo.

4.3.2 Circuitos Integrados y Componentes de Diseño.

Cálculos:

En la siguiente figura se muestra el circuito de recepción propuesto:



Desglosando el circuito tenemos:

1.- Etapa de recepción:



Esta formada por un fototransistor y su adecuada polarización. Existen diferentes tipos de fototransistores y eligiendo el que se adecua al diseño propuesto es el TIL 01 que corresponde a ser el complementario del TIL 11.

Calculo de Resistencia de polarización:

El fototransistor trabaja con una corriente de luz típicos de 8 mA. Tomando en cuenta esto tenemos:

$$R = V / I$$

$$R = 9V / 8mA$$

$$R = 1.2 K\Omega$$

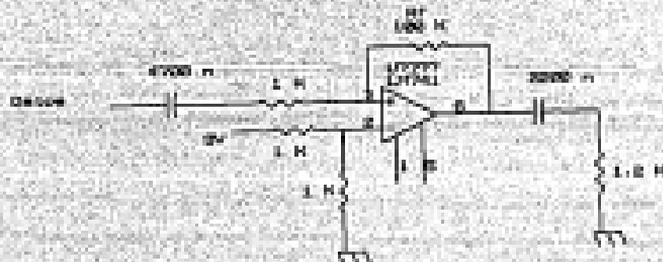
El TIL E1 está diseñado para aplicaciones en la industria de la inspección, procesos y control, contadores, ordenadores, conmutación y lógica de circuitos o para cualquier diseño requiriendo la sensibilidad de radiación, y características estables. Posee sensibilidad por todas partes al espectro visible y cercano al infrarrojo para amplias aplicaciones. Base externa para control adicional.

Las características ópticas del TIL E1 son:

- Corriente de luz = 8mA @ 20Vcc y $H = 5mW/cm^2$ (Irradiancia)
- Voltaje de ruptura colector-emisor base abierta
 $V_{BR}(\text{co}) = 50$ Volts mínima.
- Tiempo de subida de fotocorriente $t_r = 3/3.5$ micro-s @ 1 mA.

- Tiempo de caída de fotocorriente $t_f = 2.5/4$ micro-s E
1 mA.

3.- Etapa de amplificación:



Esta etapa está constituida por un amplificador operacional 741. Este opera en modo diferencial, configurado con una retroalimentación negativa de voltaje en paralelo.

Dentro de los amplificadores tenemos a los diferenciales que operan en tres modos distintos que son: modo simple, en que una entrada recibe voltaje y la otra se conecta a tierra; modo común, en que las dos entradas reciben la misma señal y el resultado es una amplificación igual a cero, y el modo diferencial en que cada entrada recibe una señal con diferente fase obteniéndose una ganancia del doble de las entradas.

El amplificador diferencial es la base de los

amplificadores operacionales (opas).

Los opas se dividen según el tipo de retroalimentación y el tipo de amplificación.

La retroalimentación puede ser positiva o negativa dependiendo en que terminal (no inversora o inversora) se coloque la retroalimentación. La más empleada de las configuraciones es la de retroalimentación negativa, ya que aunque ofrece menor ganancia, ofrece a la par mayor estabilidad a los cambios de temperatura en el circuito.

Así mismo la retroalimentación puede ser de voltaje o de corriente, en serie o paralelo. Dependiendo del tipo de retroalimentación, existen cuatro tipos de amplificadores: de voltaje en que la entrada y la salida son de voltaje; de corriente, la entrada y la salida son de corriente; de transconductancia en que la entrada es de voltaje y la salida de corriente; y el de transresistencia donde la entrada es de corriente y la salida de voltaje.

Para el diseño, el tipo de amplificador que se adapta a los requerimientos es el de voltaje en paralelo; se elige el de voltaje porque el robot con el que se trabaja, funciona a lazos de voltaje, y en paralelo porque estabiliza la ganancia total del amplificador.

El 741 se polariza a base de resistencias y capacitores. R1 y R2 se colocan para polarizarlo con voltaje positivo y tierra. Los capacitores sirven de acople para mantener la polarización y además por sus valores permiten el paso a la frecuencia del infrarrojo.

El OPAM 741 tiene como características:

Impedancia de entrada $Z_{in} = \infty$

Impedancia de salida $Z_o = 0$

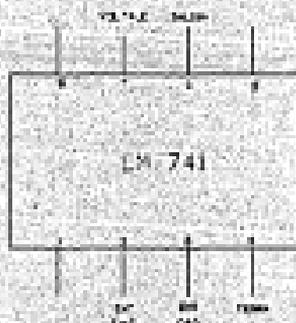
Ganancia de voltaje $A_v = \infty$

Ganancia de corriente $A_i = \infty$

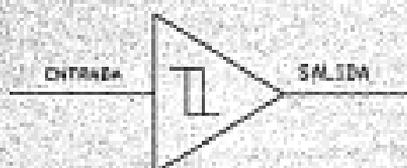
Ancho de banda BW = infinito

Responde a todas las frecuencias

La asignación de "pins" de este circuito integrado (CI) es como se muestra:



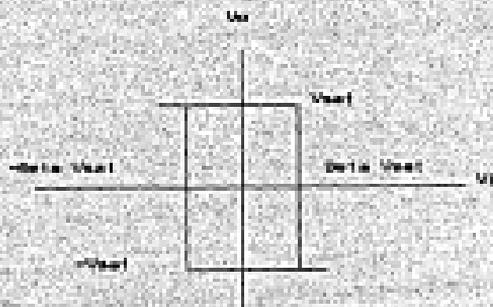
3.- Circuito de cuadratura:



Tenemos un comparador con histéresis, conocido como "Schmitt Trigger" o disparador. Generalmente opera de una señal de entrada que varía lentamente, tal como una onda senoidal, y proporciona una salida digital (o nivel de voltaje lógico 0 ó 1).

Se utiliza también el disparador para proporcionar una señal lógica que indica si la señal sobrepasa un determinado nivel de umbral.

Debido a que este circuito posee una curva con histéresis causada por los voltajes de saturación del circuito, nos permite cuadrar simétricamente la señal que recibimos, y así la señal a en la siguiente etapa es más pura y por lo tanto se obtiene mejores resultados.



$$\text{Histéresis} = \sqrt{\beta} V_{sat}(+) - \sqrt{\beta} V_{sat}(-)$$

V_o = voltaje de salida.

V_{in} = voltaje de entrada.

βV_{sat} = beta por voltaje de saturación.

4.- Etapa de conversión:

Aquí se cuenta con un registro de corrimiento que manipula la información. Existen cuatro tipos de datos:

SISO - De entrada serie a salida serie.

SIPO - De entrada serie a salida paralelo.

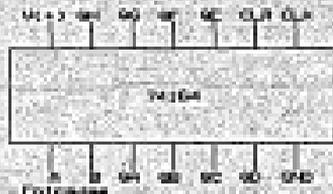
PISO - De entrada paralelo a salida serie.

PIPO - De entrada paralelo a salida paralelo.

La señal que obtenemos del computador viaja en forma serial, y el robot posee una entrada de datos en paralelo.

por lo cual el tipo de registro elegido es el SIPO; esta salida controla las entradas del robot.

Los registros de corrimiento están formados por "flip-flop's" que recorren la información uno a otro. En el SIPO la información de 4 "bits" llega en 4 pulsos de reloj. La asignación de "pins" del circuito integrado es la que se presenta:



Convertidor Serie a Paralelo

Estos registros de corrimiento de 8 "bits" ofrecen entradas seriales reguladas y un limpié asincrónico ("clear"). Las entradas reguladas serie A y B permiten un control directo sobre los datos de entrada, cómo un nivel bajo en cualquiera o las dos entradas impide la entrada del nuevo dato y vuelve a tomar el primer "flip-flop" al nivel bajo del siguiente pulso de reloj. Una entrada de nivel alto habilita la otra entrada que determinará el estado del primer "flip-flop". Los datos en las entradas seriales

pueden ser cambiadas mientras el reloj es bajo o alto. Solo la información que cumple con los requisitos del arreglo entrará. El reloj ocurre en la transición de bajo a alto nivel del reloj de entrada. Todas las entradas están sujetas con diodos para minimizar los efectos de la línea de transmisión.

La tabla de funcionamiento del circuito integrado es :

CLR	CLK	A	B	QA	QB ...	QH
L	X	X	X	L	L	L
H	L	X	X	QAo	QBo	QHo
H	↑	H	H	HA	QBn	QHn
H	↑	L	X	LA	QBn	QHn
H	↑	X	L	LA	QBn	QHn

CLR - Señal que limpia al circuito

CLK - Señal de reloj.

A y B - Entradas.

QA ... QH - salidas.

L - nivel bajo (0 lógico).

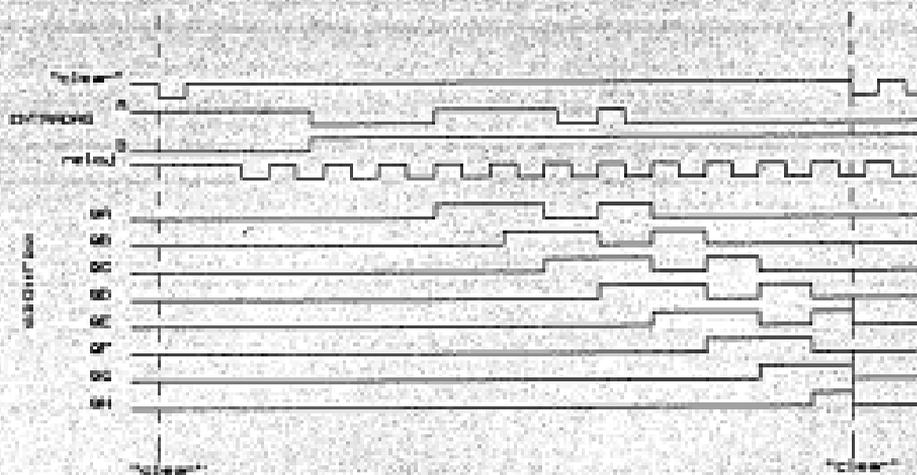
H - nivel alto (1 lógico).

X - nivel irrelevante.

↑ - transición de subida del pulso del reloj.

QA ... QNe = Nivel de QA o QH antes del estado fijo indicado. Las condiciones de entrada fueron establecidas.
 QAn ... QGn = nivel de QA y QG antes de la más reciente transición de subida del CLK. Indica un "bit" de corrimiento.

La secuencia de estas señales se presenta en la gráfica:



Esta etapa es la que permite el control directo sobre la aplicación que para nuestros fines es el robot, sin embargo como la señal que se recibe viene en forma asíncrona, como se muestra a continuación:



Se requiere de que exista un circuito que permita interpretar el formato, ya que de no ser así la palabra de comando enviada se puede malinterpretar y provocar que actúe el robot de manera inadecuada. Para solucionar este problema se emplea un circuito contador que detecte el "bit" de inicio en el formato y a partir de que inicie un conteo igual al número de "bits" de datos que se manda, sincronizando de esta manera la transmisión con la recepción.

De esta manera la información llega al mismo tiempo al contador y al convertidor serie a paralelo saliendo de este último (sólo) al terminar su acción el contador, de forma tal que la señal que se obtiene es precisamente los datos que se mandan al robot.

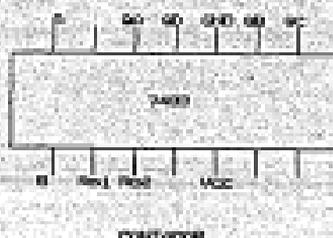
Existen diferentes tipos de contadores, entre ellos los programables. Todos los contadores están hechos a base de "flip-flop's" de transición negativa. Un contador va a contar hasta 2^n , donde n es el número de "flip-flop's".

El contador programable nos permite contar hasta un

determinado número que deseemos. Para programar al contador se debe tomar la combinación del número deseado más 1, esto es porque al llegar a la cuenta establecida (x) queremos volver a contar desde 0, y con la combinación de (x + 1) y un arreglo adecuado de compuerta, obtenemos un valor lógico que se conecta en la entrada "CLR," del contador y lo limpia para reiniciar la cuenta.

Así, si queremos contar hasta 7, tomamos la combinación del 8 que tiene como salida en 1 a Q_A a la que se le invierte su valor para obtener un 0 que limpia al dispositivo, para realizar nuevamente la cuenta del 1 al 7 y al llegar a 8 nuevamente se limpia.

La asignación de "pins" del contador es:



Tablas de verdad para su funcionamiento:

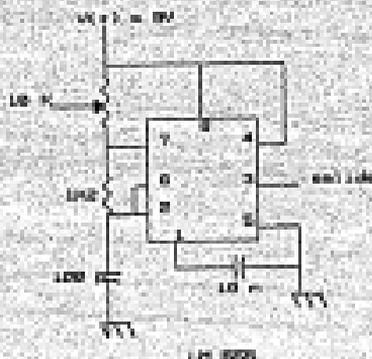
"Reset"/Cuenta		Salidas			
R0(1)	R0(2)	A	B	C	D
H	H	L	L	L	L
L	X	cuenta			
X	L	cuenta			

NUMERO	QB	QC	QA	QD
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0

Reloj de la Tarjeta Receptora:

El circuito integrado 555 es un circuito de tiempo que tiene diferentes aplicaciones, entre ellas la de

multivibrador estable o circuito de reloj. La figura muestra la configuración en la que se observa una resistencia y un capacitor externos para colocar el intervalo de tiempo de la señal de salida.



La señal de reloj del 555 se aplica a la entrada de reloj del registro SIPO para colocar en fase la señal transmitida con la recepción. Se ajusta la frecuencia del reloj a la frecuencia de transmisión del programa transmisor.

Cálculo de RC para el circuito oscilador:

$$f = 1 / 3(\pi RC)$$

$f = 1200$ Hz, que es la velocidad de transmisión del programa de comando (1200 "bauds").

$$RC = 1 / 2(\pi)f$$

$$RC = 1 / 2(\pi)1200 \text{ Hz}$$

$$RC = 1 / 7539.84 \text{ Hz}$$

$$RC = 0.0001326 \text{ Hz}$$

$$C = 0.1\text{micro-fd.}$$

$$R = 1.126 \text{ ohms} = 1.2 \text{ Kohms}$$

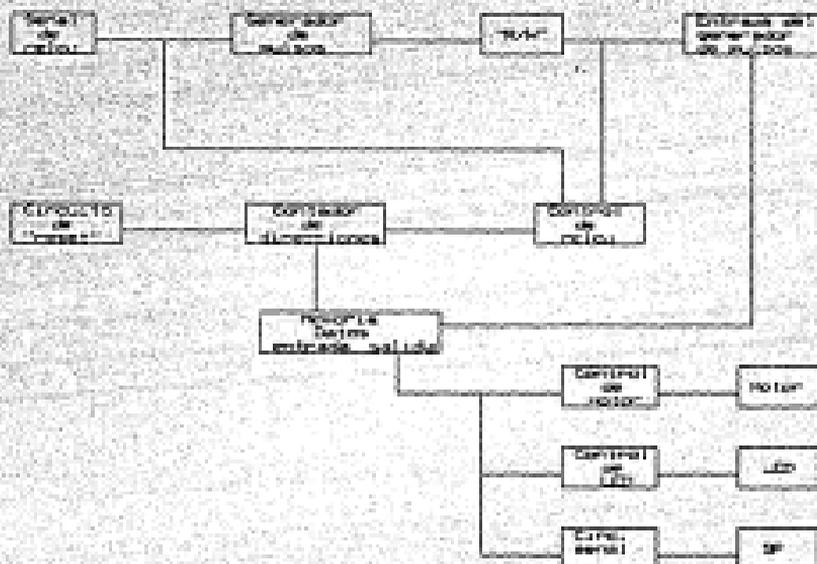
4.4 CIRCUITO DE APLICACION - ROBOT

Después de analizar el circuito de recepción, el siguiente paso a seguir es el de conocer los detalles del circuito de aplicación, en este caso el robot.

4.4.1 Diagrama de Bloques:

El diagrama de bloques del robot es el siguiente:

Diagrama de Bloques



Como se observa, el robot cuenta con un circuito de memoria que se encarga de recibir los datos que comandan al robot, posteriormente se mostrará el circuito electrónico en el que se puede observar el lugar de recepción de datos que llegan a la memoria.

La memoria empleada es una RAM estática de 32Kx4. Esta RAM es un circuito de memoria que proporciona tanto datos de entrada como de salida. Esta retiene los datos en tanto el "switch" de memoria está encendido. Una vez que se apaga el "switch", los datos pueden cambiar parcialmente o ser completamente borrados. Cuando se desea borrar un programa previamente ya existente, hay que colocar el "switch" en encendido para introducir un nuevo programa.

Del diagrama se observa también que se cuenta con un contador de direcciones indispensable para indicar los movimientos del robot con la dirección adecuada, este contador posee su debido circuito de "reset" y un circuito de control de reloj.

Se cuenta con la señal de reloj que habilita al circuito generador de pulsos.

Se tiene también el circuito de control de escritura/lectura ("R/W") que habilita a los circuitos. Si se manda un comando y no se habilita la señal de habilitado, no se pueda obtener ningún movimiento o función del robot.

Se cuenta con la parte móvil que corresponde a los motores derecho e izquierdo. La parte del circuito que maneja el led indicador y el circuito de señal de sonido.

Se observan los componentes electrónicos, correspondientes a las diferentes etapas requeridas en el funcionamiento del robot.

En el diagrama se localiza la serie de "switches" que corresponden a las entradas de datos provenientes del circuito "Buffer", que permiten la acción del robot.

En la presentación del circuito electrónico del robot no se realiza una explicación detallada del mismo, ya que no corresponde en este trabajo la elaboración de su diseño, porque éste es proporcionado conjuntamente con el circuito físico.

CAPITULO 5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA TRANSMISOR

5.1 INTRODUCCION:

En el presente capítulo se desarrolló el programa que permite manipular las variables que comandan al robot.

Para cumplir con este objetivo nos referimos a los elementos antecedentes al diseño del programa.

Tales antecedentes son:

- Conocimiento de control y programación de la tarjeta serial E/S (UART 8251).
- Modo de direccionamiento del puerto E/S serial.
- Empleo del teclado de la computadora.

5.2 ESPECIFICACIONES GENERALES DE ENTRADA, PROCESO Y SALIDA:

En todo diseño, se requiere seguir siempre un proceso que permita obtener el objetivo propuesto, por lo cual a continuación se presenta un diagrama general de proceso para obtener la salida de datos a transmitir.

DIAGRAMA DE PROCESO

	"SOFTWARE"	"RECURSOS"
ENTRADA	Instrucciones de tele- mando (I.T) en lenguaje de alto nivel.	Teclado con des- plegado en pantalla.
PROCESO	Codificación de I.T en datos de salida. (patrón RS-232C).	Proceso en BASIC.
SALIDA	Conjunto de datos (blo- que de control) en un orden establecido.	Señales en el RS-232C.

3.3 PROGRAMACION DE LA TARJETA SERIAL UART 8251:

El 8251 (puerto serie de E/S) recibe del canal de control la señales de "RD/" (lectura), "WR/" (escritura) y "RESET". Esta último al encontrarse en "cero" lógico indica al 8251 que permanecerá inactivo, hasta que sea programado para determinada función. El "WR/" teniendo un caso en su entrada, indica que la CPU está escribiendo un dato o palabra de control para él; y si el "RD/" se encuentra en cero lógico a la entrada del 8251 dirá, que la CPU está leyendo un dato o la información de estado del 8251.

Generalidades

La definición funcional del 8251 está programada mediante un sistema de "Software". Un control de instrucción de palabra debe ser enviado por la salida de la CPU para inicializar el 8251 para soportar el formato de comunicación deseado. Este control programará: la razón de velocidad, longitud de caracter, número de "bits" de parada, operación sincrónica o asíncrona, paridad de encendido/apagado, etc.

Una vez programado el 8251, estará listo para efectuar las funciones de comunicación. La salida "TxRDY" (transmisión lista) se pondrá en un estado alto para

señalar a la CPU que el 8251 está listo para recibir un dato de ésta. "TxRDY" se resetea automáticamente cuando la CPU escribe un carácter en el 8251. Por otro lado el 8251 recibe la serie de datos del "modem" o de los dispositivos de E/S. Recibiendo un carácter entero la salida de "RxRDY" (recepción lista) se pone en un estado alto, para señalar a la CPU que el 8251 ha completado el carácter listo para que la CPU lo recoja. "RxRDY" es reseteado automáticamente con una operación de lectura de los datos de la CPU.

El 8251 no puede iniciar la transmisión hasta que el "bit" habilitador "Tx" (transmisión) se establece con una instrucción de comando y ha recibido la señal de entrada de "clear to send" ("CTS"/"limpio para envío). La salida de "TxD" (transmisión de datos) quedará en su lugar establecida con un "reset".

Prioritariamente para iniciar la transmisión o recepción, el 8251 debe ser cargado con una palabra de control generada por la CPU. Estas señales de control definen la función completa del 8251 y deben ser inmediatamente seguidas de un "Reset" (interno o externo).

Estas palabras de control son divididas en dos formatos:

1. Modo de instrucción.

Este formato define las características generales operacionales del 8251. Debe de ser seguida por una operación de "reset" (interno o externo). Entonces el modo de instrucción debe ser escrito en el 8251 por la CPU, los caracteres de de "SYNC" (sincronía) o las instrucciones de comando pueden ser insertados.

2. Comando de instrucción.

Este formato define el estado de palabra que es utilizada para el control de la operación actual del 8251. Las instrucciones de Modo y Comando ambas deben de ser conforme la secuencia específica de la propia operación de la máquina. La instrucción de Modo debe ser insertada inmediatamente, seguida por una operación "reset", prioritariamente para la utilización del 8251 para la comunicación de datos.

Todas las palabras de control escritas en el 8251 (después de la instrucción de modo) serán cargadas en la instrucción de comando. Las instrucciones de comando pueden ser escritas en el 8251 en cualquier tiempo dentro del bloque de datos durante la operación del 8251. Para regresar al formato del modo de instrucción, el "bit" maestro de "reset" en la palabra de la instrucción de comando debe ser establecido iniciando una operación

interna de "reset" la cual regresa automáticamente al 8251 dentro del formato de Modo de Instrucción. Las instrucciones de comando deben de seguir instrucciones de Modo o caracter de "SYNC".

Definición del modo de control

El 8251 puede ser utilizado para comunicación de datos asíncrona o síncrona. Para entender como la instrucción de Modo define la operación funcional del 8251, el diseñador la define en dos componentes repartidos en un mismo paquete, uno asíncrono y otro síncrono. La definición del formato puede ser cambiada solamente después de un "reset" del circuito integrado.

Modo Asíncrono (Transmisión):

Cuando cualquier dato es mandado por la CPU, el 8251 añade un "bit" de inicio (en nivel lógico cero) seguido por el "bit" de datos y el número programado de "bits" de parada para cada caracter. También el "bit" de paridad ya sea impar o par es insertado prioritariamente por los "bits" de parada como se define para el modo de instrucción. El caracter es transmitido como una serie de datos a la salida del "TxD". La serie de datos es cambiada fuera del "TxC/" con un rango igual de 1, 1/16 ó 1/64 que es el de "TxC/" que es definido por el modo de instrucción, los caracteres

del "break" pueden ser continuamente mandados por el "TxD".

Cuando ningún dato ha sido cargado en el 8251, la salida de "TxD" se mantiene en un estado alto a menos que un "Break" (que se encuentra en un estado bajo) sea programado.

Modo Asíncrono (Recepción):

La línea "RxD" se encuentra normalmente en un estado alto. Un cero en esta línea dispara el inicio de un "bit" de arranque. La validez de este "bit" de arranque es chequeada por una serie de pulsos a su centro normal (16X o 64X estos modos solamente) si un cero es detectado nuevamente, es un "bit" válido de arranque, el contador de "bit" iniciará de nuevo el conteo. De este modo el contador de "bits" localizará al centro de los "bits" de datos, el "bit" de paridad (si existe) y los "bits" en un estado alto.

1.4 MODO DE DIRECCIONAMIENTO DEL PUERTO SERIAL:

Recurriendo al estudio de los manuales se tiene definidos COM1 y COM2, como los que permiten programar al puerto E/S serial.

Puertos serie COM1 y COM2:

COM1 utiliza la interrupción IRQ4

Posición 1 en el puerto PORT habilita salto de bloque

Posición 4 interrupción IRQ habilita salto de bloque

Programación del puerto serie:

MODE COMn:(vel), (paridad), (datos), (parada), P

Observaciones:

n es 1 ó 2, indicando el número del adaptador de comunicaciones.

vel es una constante entera que indica la velocidad de transmisión/recepción en "bauds" . Las velocidades válidas son: 75, 110, 150, 300, 1200, 1800, 2400, 4800 y 9600. La elección por omisión es 300.

paridad es una constante de un solo carácter que especifica la paridad para la transmisión y recepción de la forma siguiente:

8 ESPACIO: "bit" de paridad que se transmite y recibe siempre como un espacio ("bit" 0).

- O INRRAS: paridad de transmisión impar, verificación de paridad de recepción impar.
 - N MARCA: "bit" de paridad que siempre se transmite y recibe como una marca ("bit" 1).
 - E PAR: paridad de transmisión par, verificación de paridad de recepción par.
 - M NINGUNO: no hay paridad de transmisión, no hay verificación de paridad de recepción.
- La elección por omisión es PAR (E).

datos es una constante entera que indica el número de "bits" de datos de transmisión/recepción. Los valores válidos son 5, 6, 7 u 8. El valor elegido por omisión es siempre 7.

parada es una constante entera que indica el número de "bits" de parada. Los valores válidos son 1 ó 3. El valor elegido por defecto es de 3 "bits" de

parada para 75 y 110 bauds, un "bit" de parada para todos los demás. Si se utilizan 4 ó 5 para datos, aquí un 2 significa 1 "bit" de parada y medio.

P es opcional y dice al sistema operativo que utilizará el puerto con una impresora en serie.

Si tenemos: MODE COM1 : 1200, N, 5, 1

Este comando inicializa al puerto serie COM1 para 1200 "bauds", sin paridad, 5 "bits" de datos y un "bit" de parada.

MODE LPT1 = COM1 Se utiliza para mandar a impresión a la salida COM1.

Dirección asignada al puerto serie:

Configuración del puerto	Dirección	Línea IRQ
COM1	3F8-3FF Hex	IRQ4
COM2	3F8-3FF Hex	IRQ3

PIN-OUT:

PIN #	SEÑAL	DIRECCION
1	Tierra chasis	-
2	Transmisión (TX)	salida
3	Recepción (RX)	entrada
4	Peticion de envio (RTS)	salida
5	Llampe de envio (CTS)	entrada
6	Datos listos (DSR)	entrada
7	Señal de tierra (SG)	-
8	Detecta portadora (DCD)	entrada
20	Terminal lista (DTR)	salida

3.3 SEÑALES DEL CONTROLADOR

Para obtener las señales del controlador es necesario definir de que manera se modifican los estados y definir los patrones de unos y ceros para cada operador.

A continuación se proporcionan las señales que proporciona el robot, las cuales van a ser controladas a control remoto por la computadora:

	PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SERIAL											
R/W		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
BE		0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Izquierda		0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Derecha		0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Lámpara		0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Adelante		0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
Apegado		0	0	1	0	1	1	1	1	1	1

R/W se refiere a lectura y escritura y permite habilitar la memoria para posteriormente aceptar los comandos de dirección, lámpara y sonido (BE).

3.4 PROGRAMA DE APLICACIÓN:

A continuación se presenta el programa diseñado en lenguaje Basic que controla los movimientos de desplazamiento del robot.

El programa se presenta de dos formas para así tener la opción de poder manipular de forma manual o automática al robot.

3.6.1 Programa MENU:

El siguiente programa permite la utilización de las opciones para trabajar con el robot, (como anteriormente se mencionó), dependiendo del número seleccionado de las opciones, este menú redirecciona al programa con el modo que se desea trabajar (ya sea el manual o el secuencial).

LISTADO

```
5  REM MENU.BAS PROGRAMA PRESENTA OPCIONES DE TRABAJO ;
                                     Inicio del programa
10  KEY OFF
20  CLS                               ; limpia
                                     pantalla
30  LOCATE 10,15:PRINT " MENU PRINCIPAL " ; despliega
                                     pantalla.
40  LOCATE 14,10:PRINT "{1} FORMA MANUAL"
50  LOCATE 16,10:PRINT "{2} FORMA AUTOMATICA"
60  LOCATE 18,10:PRINT "{F} TERMINAR"
70  LOCATE 21,10:INPUT "PROPORCIONA OPCION" ; OP$
80  IF OP$="F" THEN END               ; asignación de
                                     variables.
90  IF OP$="1" THEN CHAIN "MANUAL"
100 IF OP$="2" THEN CHAIN "AUTO"
110 LOCATE 21,10:PRINT SPACES(60)
120 GOTO 70
130 END
```



```

100 LOCATE 19,10:PRINT "5 LAMPARA"
110 LOCATE 20,10:PRINT "6 FLECHA ADELANTE"
120 B=0 ; valor inicial.
130 WHILE B=0 ; inicio de ciclo.
140 OP$=INKEY$ ; asignación de variables
150 A=0
160 IF OP$="0" THEN B=1
170 IF OP$="1" THEN A=1
180 IF OP$="2" THEN A=2
190 IF OP$="3" THEN A=4
200 IF OP$="4" THEN A=0
210 IF OP$="5" THEN A=15
220 IF OP$="6" THEN A=13
230 LOCATE 22,10:PRINT A
240 PRINT #1,A
250 WEND ; fin de ciclo.
260 CLOSE #1 ; cierre del puerto serie.

```

CORRIDA

OPCIONES DE PRUEBA

- 0 TERMINAR
- 1 PAUSA
- 2 SONIDO
- 3 IZQUIERDA
- 4 DERECHA
- 5 LAMPARA
- 6 ADELANTE

3.6.3 Programa para control automatico:

LISTADO

```
10 PROGRAMA PARA CONTROL DE SECUENCIA ; inicio de
; programa.
20 OPEN "COM1: 1200,H,5,1,RS,CSO,DSO,CDS" AS #1
; definicion del
; puerto serie.
30 CLS
40 LOCATE 10,10:PRINT "OPCIONES DE PRUEBA" ;
; despliegue de
; menu.
50 LOCATE 12,10:PRINT "0 TERMINAR"
60 LOCATE 14,10:PRINT "1 PAUSA"
70 LOCATE 16,10:PRINT "2 SONIDO"
```

```

80 LOCATE 17,10:PRINT "3 FLECHA IZQUIERDA"
90 LOCATE 18,10:PRINT "4 FLECHA DERECHA"
100 LOCATE 19,10:PRINT "5 LAMPARA"
110 LOCATE 20,10:PRINT "6 FLECHA ADELANTE"
120 LOCATE 23,10:INPUT "CUANTOS PASOS DESEAS" ;P
130 IF P<1 THEN GOTO 120
140 DIM SEC$ (P) ; dimensionamiento de
; variable.
150 FOR I=1 TO P ; inicio de ciclo.
160 LOCATE 23,10:PRINT "PASO" ; I:LOCATE 23,35:INPUT
"PROPORCIONA OPCION" ;SEC$ (I)
170 NEXT I
180 B=0 ; valor inicial.
190 FOR I=1 TO P
200 OP$=SEC$ (I) ; asignación de
; variable.
210 A=0
220 IF OP$="0" THEN B=1
230 IF OP$="1" THEN A=1
240 IF OP$="2" THEN A=2
250 IF OP$="3" THEN A=4
260 IF OP$="4" THEN A=8
270 IF OP$="5" THEN A=16
280 IF OP$="6" THEN A=32
290 LOCATE 23,10:PRINT A
300 PRINT #1,A
310 NEXT I

```

110 CLOSE #1

; cierre del puerto
serie.

CORRIDA

OPCIONES DE PRUEBA

- 0 TERMINAR
- 1 PAUSA
- 2 BOMBO
- 3 FLECHA IZQUIERDA
- 4 FLECHA DERECHA
- 5 LAMPARA
- 6 FLECHA ADELANTE

0

CUANTOS PASOS DEBERA 7

PASO 1 PASO

PROPORCIONA OPCION 7

3.7 TEORIA DE APLICACION

A continuación se presenta la secuencia que permite a cualquier persona el manejo del programa de comunicación de datos entre la computadora y un circuito receptor, y así mismo permite comandar al robot para la realización de las pruebas deseadas.

Manual del usuario:

Para usar este sistema debe de contar con una computadora PC compatible con puerto serial.

Procedimiento:

- 1 - Conecte el cable de interfaz al puerto serial de la computadora.
- 2 - Conecte la tarjeta de recepción al robot.
- 3 - Direcione el fotodiodo de la tarjeta emisora con el fototransistor de la tarjeta receptora.
- 4 - Encienda la computadora.
- 5 - Cargue un sistema operativo DOS
- 6 - Inserte el diskette de operación.

- 7 - Teclas GMBASTJC.
- 8 - Teclas lo siguiente "LOAD MENU"
- 9 - Oprima la tecla F2 (corre el programa).
- 10 - Aparecerá el siguiente MENU:
(1) FORMA MANUAL
(2) FORMA AUTOMATICA
(F) TERMINAR
PROPORCIONA OPCION ?
- 11 - Teclée la opción seleccionada
- 12 - Aparecerá el listado del programa seleccionado.
- 13 - Oprima la tecla F2.
- 14 - Aparecerá la corrida del programa, Manual o Automático (tal como se presentan en la sección 5.8.1 y 5.8.2), donde usted seleccione las opciones para manipular al robot.
- 15 - Para terminar la operación oprima la tecla 0.
- 16 - Si desea operar con el otro programa oprima teclas "LOAD MENU"
- 17 - Oprima la tecla F2.
- 18 - Aparecerá nuevamente el MENU para que seleccione la forma de operación deseada.
- 19 - Siga los pasos 11 al 15.

- 20 - Si desea salir de la operación realice los pasos número 8 y 9.
- 21 - Al aparecer la corrida del NMSU oprima la tecla F que da por terminada la operación.
- 22 - Saque el disquete.
- 23 - Apague su máquina.
- 24 - Desconecte el cable de interfaz del puerto serial.
- 25 - Desconecte del robot la tarjeta receptora.

CONCLUSIONES

La realización de este trabajo se efectuó de la siguiente manera:

El objetivo general de este trabajo consistió en la comunicación de datos de forma inalámbrica. Para lograrlo se recurrió al empleo de componentes infrarrojos.

Se empleó la técnica de transmisión de datos en forma serial asíncrona, que como sabemos, esta técnica transmite los datos uno a uno y cada carácter con su propia sincronía. Se tiene la ventaja de la utilización de un sólo canal de comunicación para el envío de los datos, en la que cada palabra de comando posee una longitud desde 5 a 10 "bits" (tomando en cuenta los "bits" de datos y los "bits" de sincronía). Sin embargo existe la desventaja, de que, como la transmisión es asíncrona hay una separación en tiempo entre el circuito emisor y el circuito receptor, exista una sensible distorsión debido al receptor, el cual

depende de la secuencia de las señales de llegada para sincronizarse, y existe interferencia, dado que se requieren por lo menos de 10 "bits" de tiempo para la transmisión de 1 "bit" de datos.

Como se ha mencionado la forma de comunicación se realizó con el medio de rayos laser del tipo infrarrojo, con un led infrarrojo como emisor y un fototransistor detector de luz infrarroja en la recepción. La longitud de onda para la luz infrarroja corresponde a 900nm aproximadamente, y se localiza en el espectro electromagnético inmediatamente arriba de la luz visible. Esto ocasiona que la luz visible interfiera en el funcionamiento del componente infrarrojo debido a la aproximación de frecuencias que poseen. Este es el primer problema con el que nos encontramos.

Otro de los obstáculos, como ya se mencionó, fue la desventaja de la técnica de comunicación asincrónica. Al no existir una perfecta sincronía entre emisor y receptor, cada vez que se envía una señal de comando, se va desfasando en tiempo en una pequeña cantidad la recepción de la señal, que tomando en cuenta la velocidad de operación de 1200 bauds, esta pequeña cantidad resulta en proporción considerable, así que, la recepción subsiguiente es susceptible de no ser detectada en el momento preciso, ocasionando malinterpretación del mensaje.

El circuito no es de lazo cerrado, por lo cual no existe un chequeo de error que haga inválido un mensaje incorrecto, por lo tanto, hay que dar una solución al sistema de lazo abierto.

Respecto al objetivo particular consistente en el comando de una plataforma de desplazamiento, el problema consistió precisamente en la asincronía no perfecta de la recepción, y en la conversión de forma serial a paralelo.

Solucionando los problemas que se fueron presentando, paso a la conclusión práctica obtenida en la elaboración del trabajo.

Primariamente se hace referencia a la aplicación de la robótica en la industria. En el contenido del capítulo 3 se hizo referencia a los robots industriales que van desde los más sencillos en su estructura hasta los de gran complejidad y de uso total.

El robot que empleé a lo largo de este trabajo, fue de una estructura interna semi-compleja, en cuanto al uso de memorias, y con un tipo de desarrollo sencillo, ya que sólo se le en desplazamiento, pero que permite perfectamente desarrollar una investigación con proyección a funciones cada vez más complejas.

El robot empleado, se comanda en un principio por medio de un cable, esto representa una limitante cuando se trabaja en una área en la que no es accesible el paso al usuario, así realizar una tarea en este tipo de Área resulta imposible, de manera que resulta muy benéfico el comando inalámbrico, que en este caso se realizó con la luz infrarroja, permitiendo el desarrollo de una determinada función, como podría ser, para una plataformas de desplazamiento, el transporte de materiales en cualquier tipo de Área accesible o no al usuario, permitiendo una operación continua, impidiendo el paro de una actividad por la limitante de acceso en el caso alámbrico. Así se puede extender la aplicación no sólo al transporte, si no, a varias otras actividades en robots cada vez más complejos y con mayor cantidad de tareas encomendadas, ya sea manejo de materiales, ensamblados, rotaciones, etc.

Respecto a los componentes de acción con luz infrarroja, se puede mencionar que resulta muy atractivo su empleo en las comunicaciones a mediana distancia y en algunos casos a larga distancia.

Se requiere tener dirigido el lente óptico de los elementos infrarrojos, pero esto no representa un problema ya que los infrarrojos tiene un rango de operación de 50 grados aproximadamente alrededor del eje del componente, que resulta muy buen límite de trabajo y efectivo en la

transmisión serial, cosa que en las transmisiones en paralelo representaría un problema, ya que al tener más de un emisor óptico y sus respectivos receptores, las señales de datos se mezclarían en el ángulo de operación.

Finalmente los estudios e investigaciones realizados en el campo del laser han hecho que los sistemas de telecomunicaciones demanden su aplicación, y para ello, es importante seguir investigando y desarrollando a la par los dispositivos y accesorios ópticos requeridos en la transmisión y recepción de información para obtener sistemas ópticos y económicos.

APENDICE

8251 INTERFAZ DE COMUNICACION PROGRAMABLE

- *Operación sincrónica y asíncrona
- *Razón de velocidad = en CD de 56 Kbaud (modo sincrónico). En CD de 9.6 Kbaud (modo asíncrono).
- *Compatibilidad con los microprocesadores 8088, 8085, 8-80.
- *Compatible con todas las entradas y salidas de TTL.
- *Una señal de reloj.
- *Un sólo voltaje de 5 Volts.
- *Circuito integrado de 28 terminales.

Descripción de la función básica del 8251:

Generalidades

El 8251 es un transmisor/receptor sincrónico/asíncrono (USART), diseñado en sistemas de microcomputadores de 8 "bits", tales como 8080, 8085, 8-80.

El 8251 convierte la señal de paralelo a serie para la transmisión y viceversa para la recepción.

La interfaz pueda insertar o suprimir "bits" o caracteres cuya función única es responder a los requerimientos de un técnica de comunicación en específico. En esencia la interfaz debe aparecer transparente para la CPU como una simple entrada o salida de "Bytes".

ASIGNACION DE TERMINALES



"Buffer" del canal de datos:

Es de 3 estados, bidireccional, utiliza 8 "bits" del "buffer" para la conexión entre la interfaz del 8251 y el

canal de datos del sistema.

El dato es transmitido o recibido por el "buffer" debido a la ejecución de las instrucciones de entrada o salida por la CPU. Las palabras de control, las de comando y la información de estado son también transferidas a través del "buffer" del canal de datos, los comandos de datos y la entrada y salida de datos se encuentran en 2 registros de 8 "bits" por separado.

Este bloque acepta entradas del sistema a través del canal de control y genera señales de control para manejar a los dispositivos en operación. Contiene además un registro para almacenar la palabra de control y otro registro para almacenar la palabra de comando. Ambos son para conservar varios formatos de control para el funcionamiento del dispositivo.

"RESET":

Una 1 fuerza al 8351 a presentarse en un estado ocioso. El dispositivo permanecerá inactivo hasta que sea programado para una determinada función.

RELOJ ("Clock"):

La señal de reloj es para generar la frecuencia interna del dispositivo. Ninguna otra entrada o salida

externa está referida al "CLK", pero la frecuencia de este debe ser 30 veces mayor que la de recepción y transmisión de datos.

Escritura/ ("WR/"):

Un cero en esta entrada informa al 8251 que la CPU está escribiendo un dato o una palabra de control para él.

Lectura/ ("RD/"):

Un cero en esta entrada informa al 8251 que la CPU está leyendo un dato o la información de estado de él.

Control/Dato/ ("C/D/"):

La entrada, en conjunto con las entradas de "WR/" y "RD/", informa al 8251 que la palabra contenida en el canal de datos es un dato o bien una palabra de control o información de estado.

1 = Control/Estado

0 = Dato

Selector de Circuito/ ("CS/"):

Un cero en esta entrada activa al 8251. Ninguna lectura o escritura ocurrirá si "CS/" se encuentra en 1 lógico y el canal de datos se encontrará en un estado de alta impedancia.

Control de "Modem":

El 8251 tiene un juego de control de entradas y salidas que puede ser utilizado para simplificar la interfaz de casi cualquier "modem". Las señales de control del "modem" son un propósito general y pueden ser utilizados para funciones diferentes a las de control de "modem" si es necesario.

Juego de Datos Listos/ ("DSR/"): .

La señal de entrada del "DSR/" es de propósito general, cambiando un "bit" en el puerto de entrada. Esta condición puede ser probada por la CPU realizando una operación de lectura al 8251; la entrada "DSR/" es normalmente empleada para control de "modems" como por ejemplo si se encuentran los datos listos.

Terminal de Datos Lista/ ("DTR/"): .

La señal de salida del "DTR/" es de propósito general, por la inversión de un "bit" en el puerto de salida. Puede ser puesta a cero por la programación del "bit" apropiado de la palabra del comando. La señal de salida del "DTR/" es normalmente empleada para control del "modem" por ejemplo que la terminal de datos se encuentra lista para envío de los mismos.

Petición de Envío/ ("RTS/"):

La señal de salida del "RTS/" es de propósito general invirtiendo un "bit" en el puerto de salida. Puede ser por programación puesta en cero utilizando la palabra de comando apropiada.

Bloqueo para Envío de Datos/ ("CTS/"):

Un Cero en esta entrada habilita al 8251 para transmitir una serie de datos, si el "bit" habilitado "Tx" está en 1. Si el "bit" habilitador "Tx" o "CTS/" presentan condiciones de apagado, mientras el "Tx" está en operación, el "Tx" transmitirá todos los datos en el USART (transmisor-receptor sincrónico-asiíncrónico universal) escritos antes que el comando de deshabilitación "Tx" se ponga en ceros.

Transmisión de "Buffer":

El "buffer" de transmisión acepta datos en paralelo del "buffer" del canal de datos, convirtiéndolos a un flujo de "bits" en serie, insertando los caracteres o "bits" apropiados (de acuerdo a la técnica de comunicación que se esté empleando) y salidas compuestas de flujo de datos en serie a través de la terminal "Tx0" al momento en que se tenga una transición negativa de "Tx0". El transmisor inicializará la transmisión si el "CTS/" es igual a cero.

La línea "Tx" será sostenida en un estado de marca inmediatamente a través de un "reset" maestro o cuando el habilitador "Tx" - "CTS/" estén en cero o "Tx" no se encuentre listo para la transmisión.

Transmisor de Control:

El transmisor de control maneja todas las actividades asociadas con la transmisión de datos en serie. Acepta y emite señales internas o externas para completar esta función.

Transmisor Listo ("TxRDY"):

Esta señal de salida notifica a la CPU que el transmisor está listo para aceptar un dato. La terminal de salida del "TxRDY" puede ser utilizada como una interrupción para el sistema ya que puede ser mascarillada por la deshabilitación de "Tx" o para una operación de rastreo, la CPU puede verificar "TxRDY" efectuando una operación de lectura de estado. "TxRDY" es automáticamente inicializada por la habilitación de "WR/" cuando un dato es cargado de la CPU.

Transmisor Vacío ("TxE"):

Cuando el 8251 no tiene un carácter a transmitir, la salida "TxE" estará en 1. Esta se inicializa automáticamente al recibir un carácter de la CPU si el

transmisor está habilitado. "TxR" puede ser utilizado para indicar el fin de un modo de transmisión de tal manera que la CPU conoce cuando la línea cambia de sentido (cuando se está operando en modo de "half duplex").

Reloj de Transmisión/ ("TxC/");

El reloj de transmisión controla la velocidad con la cual los caracteres son transmitidos. En la transmisión asincrónica la velocidad es una fracción de la frecuencia que tenga el "TxC/"; puede ser 1, 1/16 o 1/64 de "TxC/" por ejemplo si deseamos que la velocidad de transmisión sea de 110 bauds "TxC/" será igual a 110 Hz o sea multiplicada por 1, si "TxC/" es igual a 1.78 KHz es multiplicada por 1/16 y si es igual a 7.04 KHz se multiplicará por 1/64. Cuando "TxC/" tiene una transición negativa los datos saldrán en serie del 8251.

"Buffer" de Recepción:

El receptor acepta datos en serie, los convierte a formato paralelo, verifica que los "bits" o caracteres están de acuerdo con la técnica de comunicación empleada y envía a la CPU un caracter ensamblado. Los datos en serie entran por la terminal "RxR" y son captados en una transición positiva de "RxC".

Control de Receptor:

Este bloque maneja todas las actividades relacionadas con la recepción que tiene las siguientes características:

- La inicialización del circuito "RXD" previene al 8251 de errores por líneas de entrada no usuales para una línea de datos en cero en la condición de ruptura. Antes de iniciar a recibir caracteres en serie por la línea "RXD" un 1 debe de ser detectado después del "Reset" maestro, una vez que esto ha sido determinado se habilita una búsqueda de un cero ("bit" de inicio). Esta característica solamente funciona en modo asíncrono y sólo se realiza una vez por cada "Reset" maestro.

- Un circuito de detección de un "bit" de inicio falso previene falsos arranques causados por ruido; primero detectando una transición negativa y después buscando el centro del "bit" de inicio, es decir, "RXD" = 0.

- Los "flip-flops" de paridad y de oscilación de paridad son circuitos utilizados para la detección de errores de paridad y encender los correspondientes "bits" de estado.

- Las banderas de error de marco son encendidas si el "bit" de parada está ausente al final de un "byte" de dato

en modo asíncrono y así mismo enciende el correspondiente "bit" de estado.

Receptor de Lectura ("RxRDY"):

Esta salida indica que el 8251 tiene un caracter en la entrada de la CPU para ser leído. "RxRDY" puede ir conectado en la entrada de interrupciones de la CPU. Esta puede chequear las condiciones de "RxRDY" utilizando un estado de operación de lectura.

El "Rx" habilita interrupciones enmascarables y sostiene a "RxRDY" en la condición de "Reset". En modo asíncrono, el receptor debe estar habilitado para recibir un "bit" de inicio y un caracter completo debe ser ensamblado y transmitido al registro de salida de datos.

Una interrupción de lectura del caracter recibido del registro de datos de salida "Rx", primeramente ensamblado del siguiente caracter de dato "Rx", establecerá una condición de error y el caracter previamente será escrito afuera y se perderá. Si el dato "Rx" ha sido leído por la CPU cuando la transferencia interna está ocurriendo, el error será establecido y el caracter anterior se perderá.

Receptor de Reloj/ ("RxC/"):

Trabaja con lógica negada. El receptor de reloj

controla el rango en el que debe ser recibido el carácter. En modo asíncrono la razón de velocidad es una fracción de la frecuencia de "RxC/" (una parte del modo de instrucción selecciona este factor: 1, 1/16 o 1/64 de "RxC/").

En la mayoría de los sistemas de comunicación, el 8251 será utilizado para las operaciones de transmisión y recepción de un sólo enlace. La razón de velocidad tanto de la transmisión y recepción serán iguales. Ambas requerirán frecuencias idénticas para esta operación y pueden ir conectadas juntas a una sola fuente de frecuencia para simplificar la interfaz.

Detección de interrupción para modo asíncrono:

Esta salida permanecerá en estado alto siempre que el receptor permanezca en estado bajo a través de 3 secuencias consecutivas de "bit" de parada (incluyendo el "bit" de inicio, el "bit" de datos y el "bit" de paridad). El detector de interrupción puede ser leído como un "bit" de estado. Puede ser reseteado solamente con un "Reset" maestro del "bit" o "RxD" regresando a un sólo estado.

COMPONENTES OPTOELECTRÓNICOS

Enseguida se proporcionan las tablas de especificaciones y gráficas de los componentes TIL 31 y TIL 81.

DIODO EMISOR DE INFRARROJOS TIL 31

RANGOS MÁXIMOS

Voltaje en reversa VR = 10 Volt
 Corriente continua en directo IF = 150 mA
 Disipación total PD = 250 mW

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	MÍN	TÍPICA	MAX	UNIDAD
Corriente de fuga en reversa VR = 3V	IR	-	2	-	nA
Voltaje en ruptura en reversa IF = 100mA	VIEROR	6	20	-	Volt
Voltaje en directo	VF	-	1.85	1.5	Volt
Capacitancia total VR = 3V, f = 1MHz	CT	-	150	-	µF

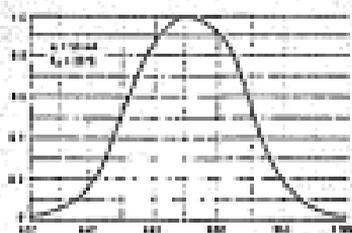
CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	MÍN	TÍPICA	MAX	UNIDAD
Potencia total de salida IF = 100mA	Pa	250	650	-	mW
Intensidad radiante IF = 100mA	Ie	-	1.5	-	mW/steradian
Pico de emisión de longitud de onda	λ	-	900	-	nm
Línea espectral de medio ancho		-	40	-	nm

GRAFICAS DEL TIL 31:

SALIDA ESPECTRAL RELATIVA

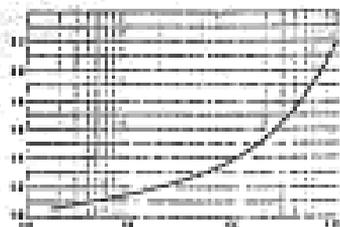
Potencia de salida normalizada Po



Longitud de onda λ (nm)

CARACTERÍSTICAS EN DIRECTA

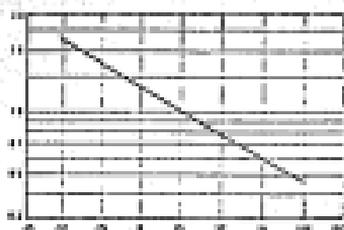
Voltaje instantáneo en directa VF (Volt)



Corriente instantánea en directa IF (mA)

POTENCIA DE SALIDA - TEMPERATURA DE JUNTA

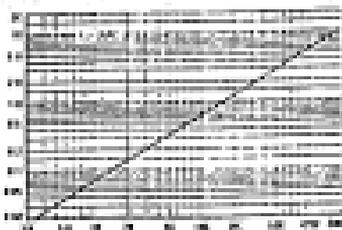
Potencia de salida normalizada Po



Temperatura de junta $^{\circ}\text{C}$

POTENCIA DE SALIDA DISTANTANDA - CORRIENTE EN DIRECTA

Potencia instantánea de salida Pout (mW)



FOTOTRANSISTOR INFRARROJO TIL 81

RANGOS MÁXIMOS

Voltaje colector-emisor $V_{CE0} = 50$ Volts

Voltaje emisor-colector $V_{EC0} = 7$ Volts

Voltaje colector-base $V_{CB0} = 88$ Volts

Densidad total $P_D = 250$ mW

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS ESTÁTICAS

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	MÍN.	TÍPICA	MÁX.	UNIDAD
Corriente de oscuridad de Colector ($V_{CE} = 20V, I_B = 0$)	I_{CO}	-	5	25	nA
Voltaje de ruptura Colector-Base ($I_C = 100 \mu A$)	$V_{BR:CB}$	80	100	-	Volts
Voltaje de ruptura Colector-Emisor ($I_C = 100 \mu A$)	$V_{BR:CE}$	50	65	-	Volts
Voltaje de ruptura Emisor-Colector ($I_E = 100 \mu A$)	$V_{BR:EC}$	7	8.8	-	Volts

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

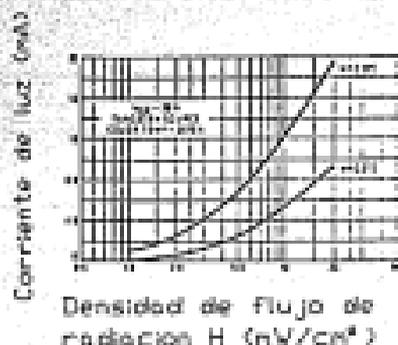
CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	MÍN.	TÍPICA	MÁX.	UNIDAD
Corriente de luz $V_{CC} = 20V, R_L = 100\Omega$ Nota 1	I_L	4	8	-	nA
Corriente de luz $V_{CC} = 20V, R_L = 100\Omega$ Nota 2	I_L	-	2.5	-	nA
Tiempo de subida de la fotocorriente $I_L = 1nA$ pico	t_r	-	2	2.5	nS
Tiempo de caída de la fotocorriente $I_L = 1nA$ pico	t_f	-	2.5	4	nS

Nota 1 - Densidad de flujo de radiación 50 mW/cm^2 , emitida de una fuente de tungsteno.

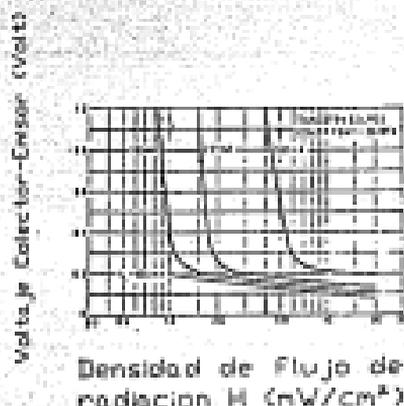
Nota 2 - Densidad de flujo de radiación 100 mW/cm^2 , de una fuente de láser a una longitud de onda de 900 nm .

GRAFICAS DEL TIL 81

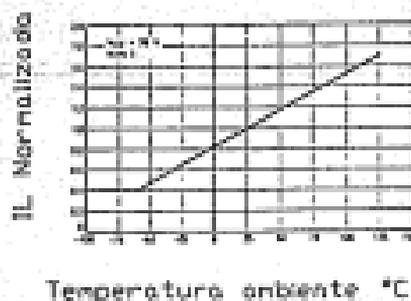
CORRIENTE DE LUZ - IRRADIANCIA



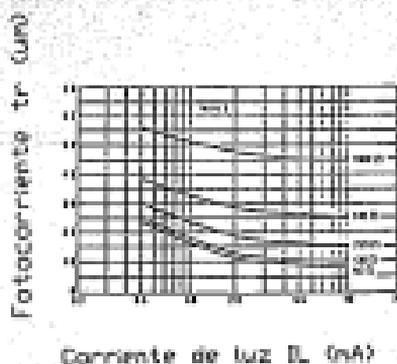
SATURACION COLECTOR - EMISOR



CORRIENTE DE LUZ NORMALIZADA - TEMPERATURA

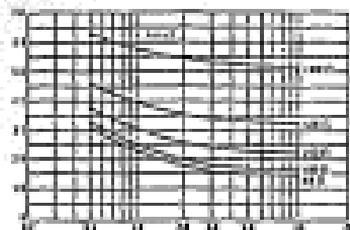


TIEMPO DE SUBIDA - CORRIENTE DE LUZ



TIEMPO DE CAIDA - CORRIENTE DE LUZ

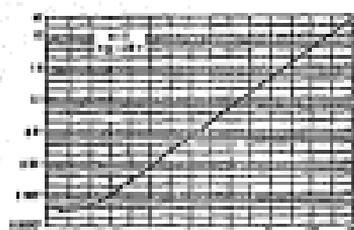
Foto corriente I_f (uA)



Corriente de Luz I_L (uA)

CORRIENTE DE OSCURIDAD - TEMPERATURA

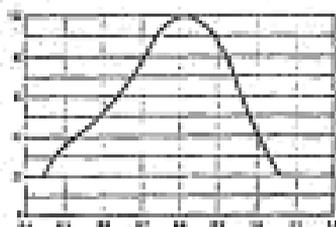
Corriente de oscuridad de Detector I_{OD} (uA)



Temperatura ambiente °C

RESPUESTA ESPECTRAL DE ENERGIA CONSTANTE

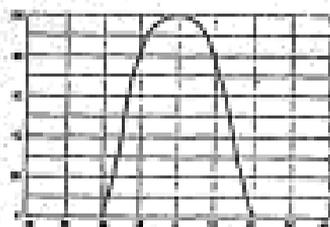
Respuesta relativa (%)



Longitud de onda (um)

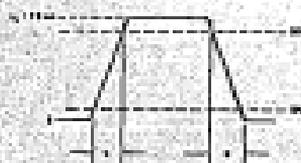
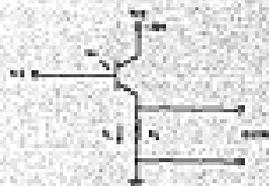
RESPUESTA ANGULAR

Respuesta relativa (%)



Angulo (degradaciones)

PULSO DE RESPUESTA Y FORMA DE ONDA



Para mayor información de los componentes optoelectrónicos referirse al manual "Optoelectronic Device Data" de Motorola

Características del Diodo infrarrojo pág. 3-8 y Fototransistor pág. 3-9.

Teoría y características del Fototransistor, págs. 4-3 a 4-14.

Características eléctricas y ópticas del Diodo Emisor de Luz Infrarroja (IRED), págs. 3-44, 3-45.

Características eléctricas y ópticas del Fototransistor receptor, págs. 3-110, 3-111, 3-112, 3-113

BIBLIOGRAFIA

DESARROLLO DE UN MICROCOMPUTADOR EDUCATIVO CON EL MICROPROCESADOR 8-86.

Tesis Profesional - Patricia Vázquez Aguilera.
ULSA, México 1985.

"ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK".

Fink.

Editorial: Mc Graw Hill. 1975.

EMISION-RECEPCION DE SEÑALES VIA FIBRAS OPTICAS
INSTALADAS EN LOS HILOS DE CUANDA DE UNA LINEA DE
TRANSMISION.

Tesis profesional - Juan Ignacio Pérez Coliada.
ULSA, México 1984.

"FIBEROPTICS".

John A. Ruecken.

TAB Books Inc. Blue ridge summit, PA. 17214.

FISICA GENERAL VOLUMEN II.

Douglas C. Giancoli

1984 copy 1988 español.

Editorial: Prentice Hall.

LAS TELECOMUNICACIONES Y LA COMPUTADORA.

James Martin.

Editorial: Diana, México.

HANDBOOK DE FISICA PARA INGENIEROS Y ESTUDIANTES.

B. N. Yavorski, A. A. Detlaf.

Editorial: Mir - Moscú.

"OPTOELECTRONICS".

Manual General Electric.

M. N. Sahn.

1976 New York.

"OPTOELECTRONICS DEVICE DATA".

Manual Motorola Inc., 1983

ROBOTICA INDUSTRIAL.

G. Ferraté, Amat, Ayza, Basañez, Ferrer, Huber,
Torres.

Editorial: Marcombo.

Boixeres Editores.

Barcelona - México.

"STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS".

Pink and Beatty.

Editorial: Mc Graw Hill, 1978.

"UNDERSTANDING DATA COMMUNICATIONS".

Radio Shack.

Tandy Corporation, Texas 1987.

A Howard W. Sams and Co. Publication.