

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

T-UES  
1504  
A277D  
1993  
Ej.2



## "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE TELEMETRIA QUE OPERE DENTRO DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR".

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

DAVID EMMANUEL AGREDA TRUJILLO  
ANTONIO HERIBERTO MARTINEZ MARTINEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

## INGENIERO ELECTRICISTA



15101082

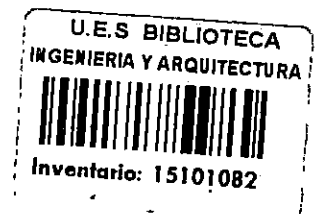
15101082

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA

Recibida: 07/05/93



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO:

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR:

ING. RICARDO ERNESTO CORTEZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE :

INGENIERO ELECTRICISTA


TITULO: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE  
TELEMETRIA QUE OPERE DENTRO DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR"

PRESENTADO POR:


DAVID EMMANUEL AGREDA TRUJILLO  
ANTONIO HERIBERTO MARTINEZ MARTINEZ

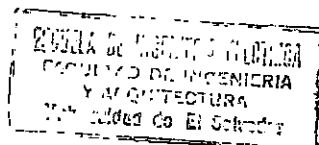
TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR Y ASESOR:

  
ING. JOSE HUMBERTO SHULL FLORES

ASESOR:

ING. JAIME ANTONIO ANAYA 



SAN SALVADOR, ABRIL DE 1993

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 26 de Abril de 1993  
en el local de Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica  
a las 16:00 horas, con la presencia de las siguientes autoridades de la  
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Ing. Ricardo E. Cortez  
Director de la E.I.E.
- 2- Ing. Jorge A. Galdámez  
Secretario de la E.I.E.
- 3- \_\_\_\_\_

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas  
siguientes:

- 1- Ing. Ramón Portillo
- 2- Ing. Mauricio Quiñónez
- 3- Ing. Rigoberto Calderón
- 4- Ing. Jaime Antonio Anaya
- 5- \_\_\_\_\_
- 6- \_\_\_\_\_

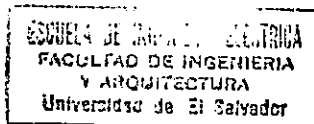
*[Handwritten signatures]*

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de  
Graduación: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL DE TELEMETRIA QUE OPERE  
DENTRO DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR"

a cargo del (los) Br(es): DAVID EMMANUEL AGREDA TRUJILLO y  
ANTONIO HERIBERTO MARTINEZ MARTINEZ

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 8.5

( Ocho punto cinco )



DEDICO ESTE TRABAJO A:

DIOS TODOPODEROSO Y SU HIJO JESUCRISTO

MIS PADRES: Pedro Raúl Agreda y Catalina Trujillo

MIS HERMANOS: Betty, Robin, Veralfí, Raulito y Oscar Ovidio

Y A TODOS LOS DEMAS

Por haberme dado apoyo espiritual, moral y material.

David

**TRABAJO DEDICADO A:**

**DIOS NUESTRO SEÑOR:** Por iluminar y guiar mi vida en los momentos más difíciles de mi carrera, supo darme el valor y la guía necesaria para salir adelante.

**MIS QUERIDOS PADRES:** Don Francisco Javier Martínez (Q.D.D.G.) y especialmente a mi madre Rosa Martínez, por todo su sacrificio y orientación espiritual, y además por brindarme siempre su apoyo y comprensión. Por el esfuerzo de ellos culminó hoy esta carrera.

**MIS HERMANAS:** Cándida Marlene y Lorena Esmeralda, por ser tan excelentes hermanas conmigo y apoyarme en todo momento.

**MIS PARIENTES:** Mario Alberto Méndez, Dora Alicia Martínez y Don Antonio Beltrán. Por haberme apoyado en todo momento.

**MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO:** Por haber compartido conmigo todo instante de alegría y preocupación.

**A ELLOS DEDICO ESTE TRIUNFO**

**ANTONIO HERIBERTO MARTINEZ MARTINEZ**

## PREFACIO

Los sistemas de telemetría son importantes debido a que facilitan las labores de supervisión y/o control de parámetros y equipos instalados en lugares distantes; que a su vez contribuyen a mantener condiciones pre-establecidas de gran utilidad o que cumplen ciertos objetivos de funcionamiento ajustados a una realidad.

Se puede medir a distancia: temperatura, voltaje, presión, luminosidad, etc., de algún cuarto de control; de tal manera que su vigilancia permita tomar medidas correctivas a distancia en algún centro de monitoreo y comandos.

El objetivo del presente trabajo es proveer un equipo de telemetría para ser utilizado para monitorear algunas variables físicas en el edificio de de la facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador o en la estación meteorológica que se encuentra en los viveros de la facultad de Agronomía, y además para servir en el laboratorio de comunicaciones de la escuela de ingeniería eléctrica, para prácticas en el área de comunicación de datos

## RESUMEN DEL TRABAJO

El Sistema Experimental de telemetría, es un dispositivo construido en base a conceptos de comunicaciones y electrónica digital.

Este sistema puede monitorear 8 canales, en los cuales se puede adquirir datos de 8 diferentes variables que se deseen medir a distancia. Estas mediciones son transmitidas desde el lugar de medición hasta el centro de procesamiento a través de una línea telefónica o dedicada, para luego ser analizada.

El equipo diseñado transmite los datos recolectados a través de un MODEM, que utiliza la línea telefónica o una línea dedicada, pero el sistema es flexible a otros medios de transmisión, pudiéndose conectar a la salida de transmisión de datos (Tx) un transmisor FSK y un receptor FSK en el receptor, de esta forma podría hacerse la transmisión inalámbricamente.

Este trabajo consiste en el diseño y construcción de un sistema experimental de telemetría que opere dentro de la Universidad de El Salvador.

En el capítulo I "Fundamentos y generalidades de la Telemetría", se define que es la Telemetría, se da a conocer su historia y sus aplicaciones. También se muestran los métodos de transmisión.

En el capítulo II "Transductores" se presenta la teoría de los transductores utilizados para tomar las mediciones, y los circuitos de acondicionamiento de cada uno de ellos. Se dan además algunas características de los transductores en general y de los convertidores de analógico a digital.

El capítulo III "Sistema de adquisición de datos", contiene información general sobre los sistemas de adquisición de datos, esta información es muy importante al diseñar un sistema de telemetría.

Finalmente, en el capítulo IV, "Descripción teórica del diseño a implementar", se muestra, basado en la teoría de los capítulos anteriores, el diseño del sistema completo. Para explicar el diseño y el funcionamiento del sistema de telemetría, se presenta primero el diagrama de bloques general y luego se describe cada etapa por separado.



# CONTENIDO

PAGINA

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS Y GENERALIDADES DE LA TELEMETRIA

INTRODUCCION .....	1
1.1 HISTORIA DE LA TELEMETRIA .....	1
1.2 QUE CANTIDADES DEBEN TELEMEDIRSE .....	6
1.3 CRITERIOS DE TELEMEDICION .....	6
1.4 DEFINICIONES .....	7
1.5 APLICACIONES DE LA TELEMETRIA .....	11
1.6 SISTEMAS DE TELEMETRIA .....	12
1.6.1 SISTEMAS ALAMBRICOS DE TELEMEDICION .....	12
1.6.2 SISTEMAS DE RADIOTELEMEDICION .....	14
1.7 TRANSMISION DE TELEMETRIA POR LINEAS .....	15
1.7.1 TRANSMISION SINCRONA Y ASINCRONA .....	16
1.7.1.1 TRANSMISION ASINCRONA .....	17
1.7.1.2 TRANSMISION SINCRONA .....	18
1.7.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISION SINCRONA VRS LA ASINCRONA .....	19
1.8 TRANSMISION DE TELEMETRIA A TRAVES DE LA RED PUBLICA TELEFONICA .....	20
CONCLUSIONES .....	21
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	22

## CAPITULO II

### TRANSDUCTORES

INTRODUCCION .....	23
2.1 DEFINICION .....	23
2.2 CLASIFICACION DE LOS TRANSDUCTORES .....	23
2.2.1 TRANSDUCTORES ACTIVOS .....	24
2.2.2 TRANSDUCTORES PASIVOS .....	24
2.2.3 TRANSDUCTORES DEACUERDO A LA VARIABLE A MEDIR .....	25
2.3 CARACTERISTICAS DE LOS TRANSDUCTORES .....	25
2.3.1 RANGO DE ENTRADA .....	25
2.3.2 RESOLUCION .....	25
2.3.3 RANGO DE SALIDA .....	27
2.3.4 IMPEDANCIA DE SALIDA .....	27
2.3.5 CARACTERISTICA DE TRANSFERENCIA .....	27
2.3.6 LINEALIDAD .....	28
2.3.7 SENSITIVIDAD .....	29
2.3.8 ERROR .....	29
2.3.9 EXACTITUD .....	29
2.3.10 RANGO DE FRECUENCIA .....	29
2.3.11 TIEMPO DE SUBIDA .....	29

2.3.12 TIEMPO DE RETARDO .....	30
2.3.13 TIEMPO DE RESPUESTA .....	30
2.3.14 RANGO DE TEMPERATURA .....	30
2.3.15 CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE .....	31
2.4 OFFSET Y LINEALIZACION .....	31
2.4.1 OFFSET .....	31
2.4.2 LINEALIZACION .....	31
2.4.2.1 LINEALIZACION DIGITAL .....	32
2.4.2.2 LINEALIZACION ANALOGICA .....	32
2.5 DESCRIPCION DE TRANSDUCTORES BASICOS .....	32
2.5.1 TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA: AD592 .....	33
2.5.2 TRANSDUCTORES FOTOELECTRICOS .....	34
2.5.3 TRANSDUCTORES ELECTROACUSTICOS .....	35
2.5.4 MEDICION DEL NIVEL DE VOLTAJE .....	37
2.6 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE TRANSDUCTORES .....	38
2.6.1 MEDICION .....	38
2.6.2 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE DATOS .....	39
2.6.3 CAPACIDAD DE LOS TRANSDUCTORES .....	39
2.7 CONVERTIDORES D/A Y A/D .....	40
2.7.1 CONVERTIDORES ANALOGICO DIGITAL .....	40
2.7.2 PARAMETROS PARA LOS CONVERTIDORES A/D .....	41
2.7.2.1 CARACTERISTICAS DE DISEÑO .....	41
2.7.2.2 CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO .....	43
CONCLUSIONES .....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	45

### CAPITULO III

#### SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

INTRODUCCION .....	46
3.1 GENERALIDADES .....	46
3.2 ADQUISICION DE DATOS .....	49
3.3 AMBIENTE Y COMPLEJIDAD .....	49
3.4 FACTORES DE SELECCION PARA UN SAD .....	50
3.5 CONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL .....	51
3.6 CONVERSION MULTICANAL .....	51
3.6.1 MULTIPLEXEO A LAS ENTRADAS DE LOS S&H .....	52
3.7 REDUCCION DEL RUIDO .....	52
CONCLUSIONES .....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	55

### CAPITULO IV

#### DESCRIPCION TEORICA DEL DISEÑO A IMPLEMENTAR

INTRODUCCION .....	56
4.1 EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS .....	56
4.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIAGRAMA DE BLOQUES .....	58
4.3 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO POR ETAPAS .....	58
4.3.1 TRANSDUCTORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL .....	58
4.3.2 BASE DE TIEMPO .....	58
4.4 BLOQUE DE ADQUISICION DE DATOS Y CONV. A/D .....	61
4.4.1 SI 8601 DE SILICONIX .....	61

4.4.1.1 DESCRIPCION GENERAL .....	61
4.5 BLOQUE DE ACCESO DE DIRECCIONES AL ADQUISITOR DE DATOS .....	66
4.6 BLOQUE DE GENERACION DE SEÑALES ALC Y SC .....	67
4.7 BLOQUE DE CONVERSION DE PARALELO A SERIE .....	69
4.7.1 DIAGRAMA DE BLOQUES .....	70
4.7.2 OPERACION COMO TRANSMISOR .....	71
4.7.3 DESCRIPCION DE LOS PINES DE LA ACIA .....	72
4.7.4 COMO PROGRAMAR LA ACIA .....	75
4.8 BLOQUE DE INICIALIZACION PARA CONTROL Y DATOS .....	80
4.9 BLOQUE DE INICIALIZACION DEL SISTEMA COMPLETO .....	82
4.10 BLOQUE DE INTERFACE DE NIVELES .....	83
4.11 TRANSMISOR DE DATOS .....	84
4.12 INTRODUCCION AL SOFTWARE DE COMUNICACIONES .....	87
CONCLUSIONES .....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	102
RECOMENDACIONES .....	103
APENDICE A: COMANDOS AT .....	104
APENDICE B: SOFTWARE UTILIZADO .....	107
APENDICE C: MANUAL DEL USUARIO .....	115
ANEXOS .....	119

## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
1.1 POSICION DE LAS ESTACIONES DE CONTROL REMOTO Y TELEMETRIA .....	10
1.2 MEDIOS DE TRANSMISION DE TELEMETRIA POR LINEA ...	16
1.3 FORMATO DE TRANSMISION ASINCRONA .....	17
1.4 EJEMPLO DE TRANSMISION ASINCRONA DEL CARACTER A	18
1.5 FORMATO DE TRANSMISION SINCRONA .....	19
2.1 SISTEMA DE TELEMETRIA BASICO .....	24
2.2 DESVIACION DE LA LINEALIDAD EN UNA CURVA DE CALIBRACION .....	28
2.3 ILUSTRACION DEL TIEMPO DE SUBIDA, TIEMPO DE RETARDO Y TIEMPO DE RESPUESTA .....	30
2.4 CIRCUITO IMPLEMENTADO PARA MEDICION DE TEMPERATURA	33
2.5 CIRCUITO PARA MEDIR INTENSIDAD SONORA .....	37
2.6 CIRCUITO PARA MEDIR EL NIVEL DE VOLTAJE .....	38
3.1 ESQUEMA DE BLOQUES DE UN SAD .....	48
3.2 SISTEMA DE MUESTREO DE MULTIPLEXADO SIMULTANEO	51
4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DEL CIRCUITO TRANSMISOR DE TELEMETRIA .....	57
4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DISEÑADO .....	57
4.3 ASIGNACION DE PINES DEL MC 14411 .....	59
4.4 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE BASE DE TIEMPO .....	61
4.5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SAD .....	61
4.6 DISTRIBUCION DE PINES DEL SI 8601	62
4.7 DIAGRAMA DE TIEMPO DEL SI 8601 .....	63
4.8 CONFIGURACION DEL 74LS93 .....	66
4.9 GENERACION DE SEÑALES ALC Y SC DEL SI 8601	67
4.10 DIAGRAMA DE TIEMPOS DE LAS SEÑALES ALC Y SC	68
4.11 APLICACIONES DE LA ACIA .....	69
4.12 ASIGNACION DE PINES DEL MC6850 .....	70
4.13 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC6850 .....	70
4.14 REGISTRO DE CONTROL CON NOMBRES DE BITS ACIA	75
4.15 BITS DEL REGISTRO DE ESTADO DE LA ACIA .....	79
4.16 CIRCUITO DE INICIALIZACION PARA CONTROL Y DATOS	81
4.17 BLOQUE DE INICIALIZACION DEL SISTEMA COMPLEO	82
4.18 IC MC1488 Y MC1489 .....	83
4.19 6850 INTERFASADA CON UN MODEM .....	85
4.20 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL SISTEMA COMPLETO .....	86

## INDICE DE TABLAS

PAGINA

1.1 HECHOS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DE LA TELEMETRIA .....	4
1.2 APLICACIONES DE LA TELEMETRIA .....	11
2.1 MEDICIONES TIPICAS Y TRANSDUCTORES BASICOS .....	26
2.2 NIVELES DE INTENSIDAD DE SONIDO .....	35
2.3 CONVERTIDORES A/D .....	41
4.1 RELACIONES DE RELOJ DE SALIDA PARA EL MC14411 .....	60
4.2 ASIGNACION DE PINES DEL S18601 .....	64
4.3 FUNCIONAMIENTO DEL MULTIPLEXOR .....	65
4.4 TABLA DE VERDAD PARA LAS LINEAS DE SELECCION DE REGISTROS Y R/W DE LA ACIA .....	73
4.5 BITS DE SELECCION DE PALABRAS .....	77
4.6 BITS DE CONTROL DE TRANSMISION .....	78

## CAPITULO I

### FUNDAMENTOS Y GENERALIDADES DE LA TELEMETRIA

#### Introducción:

En este capítulo se da a conocer que es la telemetría, conociendo su historia, definiciones y aplicaciones; además se hace una comparación con el fin de diferenciarla del control remoto, se dan conceptos de sistemas de telemetría alámbricos e inalámbricos, así como también la transmisión de telemetría por líneas telefónicas.

#### 1.1 HISTORIA DE LA TELEMETRIA.

Literalmente telemetría significa medición a distancia (telemetering = telemedición) ó medición remota. El término debería ser aplicado a la medición de la posición ó localización de un objeto a distancia.

Por todo esto la telemedición se ha desarrollado específicamente para observar y medir diversas variables y/o fenómenos localizados en un punto distante al investigador.

El primero en hacer uso de la telemetría fue Shilling en Rusia (hoy comunidad de estados independientes CEI) en 1812 para el encendido de las minas del ejército.

Con el tiempo la telemetría fue desarrollada hacia aplicaciones industriales, haciendo uso de las técnicas alambradas, luego se usó la técnica de radio que fue el medio más usado para la aviación y prueba de misiles.

Después de la segunda guerra mundial la telemetría tubo una expansión en su desarrollo acelerado para la construcción y prueba de misiles y vehículos espaciales de parte de E.E.U.U. y RUSIA. Como ejemplo el Sputniks I y II en 1957 y en 1958 el Explorer I y Vanguard I.

Por último, el tercer caso, el control remoto por radio, asociado a la telemetría pero con diferencias notables, desde un lugar emisor, un operador transmite las órdenes de teleinteracción mediante unión herztiana, a bordo del aparato, un receptor las descifra en forma de tensiones que se aplican a los distintos órganos de mando.

Mientras que el control remoto por hilo, las distancias de prueba se reducen a algunos kilómetros (un globo lanzado hacia la estratosfera, por ejemplo), con un control programado, esta distancia no es limitada, pero evidentemente la precisión es menor.

Para el control remoto con programa el aparato (aéreo), despegua y al cabo de cierto tiempo previsto con anterioridad, el control remoto actúa dentro de el mismo, por ejemplo una cinta magnética en la que se ha registrado previamente todas las características del viaje, se pone en marcha y suministra a un dispositivo lector la secuencia de las órdenes. Estas se elaboran en forma de voltaje o una serie de impulsos que se descifran en el interior del aparato. No existe confusión.

En el caso de transmisión por líneas, el lugar de control y el aparato están unidos por un hilo conductor que se desarrolla a medida que se aleja el móvil (si es un vehículo). Las órdenes de control remoto se transmiten en forma de impulsos codificados a lo largo de la línea o en forma de frecuencias. La confusión de las señales es, por decirlo así, imposible, ya que no existe ninguna unión herztiana entre el lugar de control y el aparato.

En la mayoría de los casos el enlace de retorno ha sido tan lento que no se ha dado atención especial a la natural realimentación de este fenómeno.

Como se dijo anteriormente la técnica de radio telemetría fue utilizada ampliamente y se utilizó en control remoto. EL CONTROL REMOTO o TELECONTROL es un término que ciertamente no está bien definido como el de TELEMEDICION. No se tienen definiciones normalizadas, por ejemplo para control remoto. Los sistemas incluyen tanto la comunicación de información desde el punto distante hacia el controlador, como la comunicación de retorno desde el controlador hasta el actuador situado en el punto de prueba o de investigación. Este enlace de retorno se denomina en radio telemetría: ENLACE DE COMANDO; es el que lleva la orden de que se realice un determinado cambio, tal como el disparo de un interruptor, el cierre de una compuerta o la destrucción de un equipo secreto. Este enlace puede ser una forma de realimentación.

La tecnología actual ha hecho que la telemetría alámbrica se haya sustituido por métodos inalámbricos, precisos y sofisticados, requeridos en áreas tan exigentes como la aviación, la cohetaría militar y cohetaría espacial. En las cuales las técnicas usadas en misiles y cohetes se han convertido en verdaderas artes por las potencias que buscan la supremacía espacial.

En la tabla 1.1 se muestra los eventos que han tenido un extraordinario impacto sobre el desarrollo de la telemetría.

Los campos de aplicación de la telemetría son actualmente a cual más importantes:

- a) Investigación espacial
- b) Investigación submarina
- c) Investigación sísmica
- d) Investigación militar
- e) Investigación solar etc.

La telemetría no trabaja aislada, no constituye un campo exclusivo dentro de las comunicaciones eléctricas. El hombre, conforme sus necesidades y mediante la tecnología a su alcance, pretende dominar la naturaleza y sobre todo, los fenómenos que le son inmediatos. Por ejemplo tenemos una compañía de electricidad, domina desde sus oficinas centrales toda la red que posee, y la gama de técnicas y aparatos que dicha compañía usa para ejercer ese poder está, básicamente, distribuida en una fundamental secuencia:

- 1- Control
- 2- Supervisión
- 3- Medición

**El control :** Hace posible que mediante la acción de un botón un técnico encargado pueda hacer funcionar una turbina sin necesidad de estar presente en la planta, si no desde su puesto en la oficina central, muy lejos de donde la turbina está montada.

**La supervisión:** Permite a un grupo de control saber si la turbina funciona o falló, mediante un indicador pre-establecido, de forma que el grupo pueda tomar acción sobre lo ocurrido.

**La medición:** Es donde esta incluida la "telemetría". En esta parte están situados los elementos que permiten saber al técnico o al ingeniero de turno que tal parámetro o tal nivel están o no dentro de lo especificado. Donde un nivel no aceptado puede dar origen a que se accione una orden de control.



TABLA 1.1 HECHOS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DE LA TELEMETRIA

1812	Shilling un Ruso usa la telemetría en el encendido para minas del ejercito.
1845	Takobi devisea un sistema militar de transmisión de datos. Konstantinov y Pouli desarrollan un telemedidor par grabar y analizar el vuelo de balas de cañon
1874	Olland desarrolla un telemedidor meteorológico para mediciones en el monte blanco.
1889	Una patente cubre el ajuste inductivo para un telemedidor de contador de interrupciones que fue dado a P. Moennith.
1893	Tsiolkowski publica el primer trabajo sobre cohetería.
1901	C.J.A. Michalke patenta el motor de posición, el Forerunner de la selsym.
1901	Primer vuelo de avión y la primera demostración de un práctico radio transatlántico.
1906	Golitsyn desarrolla el sistema de telemedición Seismic y Pulkovo.
1912	Primer sistema de telemedida para la instalación de carga de potencia y despacho para la Commonwealth Edison System of Chicago.
1913/ 1914	Telemedición usada extensivamente en el canal de Panamá
1913	Primer uso de la telemedida por radio meteorológica por Weather Bureau
1922	Goddard prueba el primer cohete de combustible líquido.
1930	Astin y Curtiss desarrollan la radiosonda.
1944	El V-2 Rocket es perfeccionado

" Tabla 1.1 Continuación "

1946	Un grupo experimental de misiles-guiados es establecido en el campo Eglin, Florida y el primer misil lanzado de la naval, vuela con facilidad a punta Mugu, California
1948	El sistema PCM es analizado por Pierce, Shannon y Cliver.
1949	La marina de los E.E.U.U. desarrolla un sistema de telemedición de multicanal.
1950	La primera conferencia nacional de telemetría.
1954	Primer sistema de telemetría PCM.
1957	La IGY (International Geophysical Year), programa e comienzo en julio del Sputniks I y II que serán lanzados por Rusia y Explorer I y Vanguard I por los E.E.U.U.
1958	Score es lanzado, el primer satélite de comunicaciones. Es operado en frecuencias de 132.435 a 132.905 y contiene 35lb de equipos de comunicación.
1958	Un sistema automático de distribución de potencia es instalado en Stirlington Station of Louisiana Power and Light Company.
1958	La NASA (The National Aeronautics and Space Agency) es establecida.
1960	Pioneer V hace la primer rango-longitud de radio transmisión sobre 5 millones de millas.
1962	La primera comunicación de retardo de televisión por satélite.
1962	La Radio transmisión es enviada desde el Mariner II sobre 51 millones de millas en la vecindad del planeta Venus.
1965	La radio transmisión digital de fotografía es desde el Mariner IV en la vecindad del planeta Marte a una distancia de 150 millones de millas, la relación de bit es $8 \frac{1}{3}$ bits/sec, para cada transmisión de fotografía consistente de 240,000 bits.

## 1.2 ¿QUE CANTIDADES DEBEN TELEMEDIRSE?

El ingeniero ó investigador desea recoger por medio de una unión transmisor-receptor ya sea alámbrica o inalámbrica, las numerosas medidas que se realizan para registrar las variaciones de un fenómeno físico especial o de un móvil (maquinaria, satellite etc).

Es necesario medir los fenómenos físicos relativos a la misión del aparato o equipo que se está observando, los cuales pueden ser:

- a)-La radiactividad
- b)-La ionización
- c)-La higrometría de la atmosfera
- d)-Presión
- e)-Volumen
- f)-Temperatura ambiente
- g)-Voltaje de línea
- h)-Corrientes
- i)-Potencias disipadas
- j)-Nivel de ruido, etc.

Todas estas cantidades se transforman en magnitudes eléctricas para la transmisión alámbrica o hertziana, según la forma de enlace que se este utilizando.

## 1.3 CRITERIOS DE LA TELEMEDICION

Los criterios para obtener una buena medición son:

- a)-Fidelidad
- b)-Presición
- c)-Sensibilidad

A estas características generales deben añadirse:

- La necesidad de transmitir en un mismo medio un gran numero de medidas.
- Una intermodulación entre canales de telemetría reducida al mínimo.
- Un porcentaje de distorsión lo más bajo posible.
- Una protección eficaz contra los ruidos.

Es conveniente insistir que, en general, un equipo de telemetría, y especialmente las telemediciones, sufren frecuentemente condiciones físicas draconianas (de temperatura, presión, aceleración, vibración, higrometría salina etc). Por lo que debe buscarse medios para evitar o reducir al mínimo estas condiciones.

Por último, el material o equipo telemétrico, debe construirse con el menor volumen posible, sin sacrificar la eficiencia del sistema por el uso de componentes inadecuados.

Por lo tanto se puede decir que la telemetría es tanto más interesante cuanto más práctico sea el dispositivo de medida en el punto de control, para obtener rápidamente las informaciones hechas en el punto remoto.

#### 1.4 DEFINICIONES

Por todo lo expresado anteriormente, es claro que un sistema de TELEMEDICION está destinado a realizar mediciones de variables localizadas en un punto remoto. La forma en que estas mediciones son realizadas es lo que constituye la TELEMETRIA.

La TELEMETRIA, por tanto abarca disciplinas de diversos campos:

- a) Instrumentación
- b) Comunicación
- c) Teoría de información
- d) Procesamiento de datos

Aquí no existe una distinción real entre los terminos TELEMEDICION y TELEMETRIA ya que TELEMETRIA está asociado más que todo con RADIO TELEMEDICION. De esto podría deducirse que TELEMEDICION es el término general y que TELEMETRIA, un derivado.

Originalmente las mediciones fueron reconocidas como lecturas de ciertos medidores remotos y algunos de los sistemas originales de telemedición fueron en realidad representaciones en pantallas de esas lecturas. La actual tecnología ha logrado que los datos sean transmitidos desde el sitio de medición directamente a estaciones de grabación o de cómputo.

Los datos se toman a través de TRANSDUCTORES (dispositivos que convierten la variable física en señal eléctrica) y mediante convertidores son transmitidos por la vía asociada al sistema de telemedición. Estas señales pueden ser transmitidas por alambres telefónicos o por ondas de radiofrecuencia.

En la transmisión, las señales de telemetría pueden, en muchos casos, no distinguirse de las señales de "transmisión de datos", o sea, aquellas que van de una computadora a otra en un centro de computo. Ya que el campo de la telemedición está creciendo en la misma forma que el de transmisión de datos, se distinguen en esta vertiginosa ruta únicamente por el elemento de medición.

Es deseable distinguir la TELEMEDICION de los SISTEMAS DE COMUNICACIONES. Los sistemas de comunicaciones se usan para transmitir cualquier forma de información desde un punto remoto a un receptor. Por lo tanto el sistema de telemetría se distingue del sistema de comunicaciones porque debe sostener las mediciones hechas en el punto de medición al receptor en forma precisa.

DATO: Los datos incluyen las INSTRUCCIONES Y MEDICIONES que se están enviando al receptor. La telemetría concierne grandemente con la transmisión de mediciones que pueden ser codificadas ya sea analógica o digitalmente.

INFORMACION: Se refiere al contenido del mensaje, que bien puede ser una voz o una transmisión de datos. El término es importante por cuanto coloca una base común al estudio de todos los métodos que usan un canal de comunicación y busca establecer la eficiencia con que se están usando dichos métodos.

Los sistemas de telemetría están muy relacionados con los SISTEMAS DE INSTRUMENTACION. El término INSTRUMENTACION ha sido usado en varios sentidos. En uno de estos sentidos incluye el sistema de telemetría completo. En un sentido mas restringido se refiere al sistema de medición de variables si estas variables estan remotamente localizadas o nó.

El término SISTEMAS DE INSTRUMENTACION se asocia al de MEDICION aunque esto depende de la técnica de telemetría utilizada.

Una mayor distinción entre instrumentación y telemedición se hace en base al elemento de DISTANCIA entre la cantidad medida y la cantidad mostrada en pantalla.

Otra característica de la telemedición es el MULTIPLEXADO. El término refiere cómo transmitir varias informaciones en

un solo medio. Estas informaciones son órdenes de teledirección en muchos casos tales como : remontar, derecha e izquierda etc. Cuando se trata de un vehículo teleguiado (satelite). Puede ser también medidas de presión, altura, vibración, humedad, luz, y más comunmente voltaje y corriente etc.

El procedimiento de que se dispone para medir estas variables por un solo canal de transmisión se denomina MULTIPLEXION; y el dispositivo correspondiente es el MULTIPLEXOR.

El termino MULTIPLEXING puede referirse a MULTIPLEX POR DIVISION EN EL TIEMPO Y MULTIPLEX POR DIVISION DE FRECUENCIA, y su concepto difiere tanto de los otros involucrados a la telemetría, que la mayoría de los sistemas telemétricos se diferencian entre sí por el modo de "MULTIPLEXADO".

Los sistemas de pulso, principalmente FAM, PDM y PCM son métodos de sistemas MULTIPLEX EN EL TIEMPO, y el sistema FM-FM es un sistema de telemetría MULTIPLEX EN LA FRECUENCIA.

CONTROL REMOTO o TELECONTROL: Es una extensión del concepto de medición remota. En este campo intervienen los "actuadores", dispositivos que ejecutan cambios preestablecidos en un punto remoto, mediante una orden de enlace o un comando enviado por radio o por alámbrico.

Estos sistemas incluyen tanto la comunicación de información desde el punto distante hacia el controlador, como la comunicación de retorno desde el controlador hasta el actuador situado en el punto de prueba o de investigación. Este enlace de retorno se denomina en radio telemetría: ENLACE DE COMANDO; es el que lleva la orden de que se realice un determinado cambio, tal como como el disparo de un interruptor, el cierre de una compuerta o la destrucción de un equipo secreto. Este enlace puede ser una forma de realimentación.

En los sistemas de TIEMPO-REAL (señal de control y señal de realimentación, casi simultáneamente) han tenido una evolución gradual, a partir de la segunda guerra mundial y más que todo con los conflictos de Asia y el Medio Oriente (además del crecimiento excepcional de la electrónica integrada), los sistemas de tiempo real han permitido muchas aplicaciones en la aviación militar para combates tierra-aire, aire-tierra, y sobre todo, en combates aire-aire, en los cuales las respuestas de retorno y las órdenes de mando deben ser rápidas, precisas y exactas.

El control remoto o telecontrol representa un conjunto de técnicas para dirigir a distancia. Se trata, en suma, de transmitir órdenes al aparato para que éste pueda evolucionar como se desea. Órdenes fundamentales como: subir, girar a derecha, girar a izquierda, son de suma necesidad. A estas órdenes pueden añadirse otras tales como de recuperación, explosión de la carga activa del aparato (misil), enfoque de las cámaras (satélite), puesta en marcha de motores, etc.

Las órdenes de control remoto pueden enviarse por tres medios: por :

- a) Hilo o alambre
- b) Por programación
- c) Por radio

La telemetría y el control remoto o telecontrol tienen un gran número de puntos comunes; por esta razón, estos dos temas se mencionan en paralelo. Los tipos de modulación y multiplex y cifrado son de la misma naturaleza, la influencia de las interferencias es común y las uniones hertzianas obedecen a las mismas leyes.

Las diferencias esenciales residen en que, por una parte, las posiciones emisora y receptora quedan invertidas y por otra, el mecanismo de elaboración y el descifrado final de las órdenes en el telecontrol y la recopilación de las medidas en la telemetría son de naturaleza diferente. Control remoto y telemetría tienen, en efecto fines bien delimitados y distintos.

A continuación, en la figura 1.1, se presenta un ejemplo para ver la diferencia existente entre TELEMETRÍA Y CONTROL REMOTO.

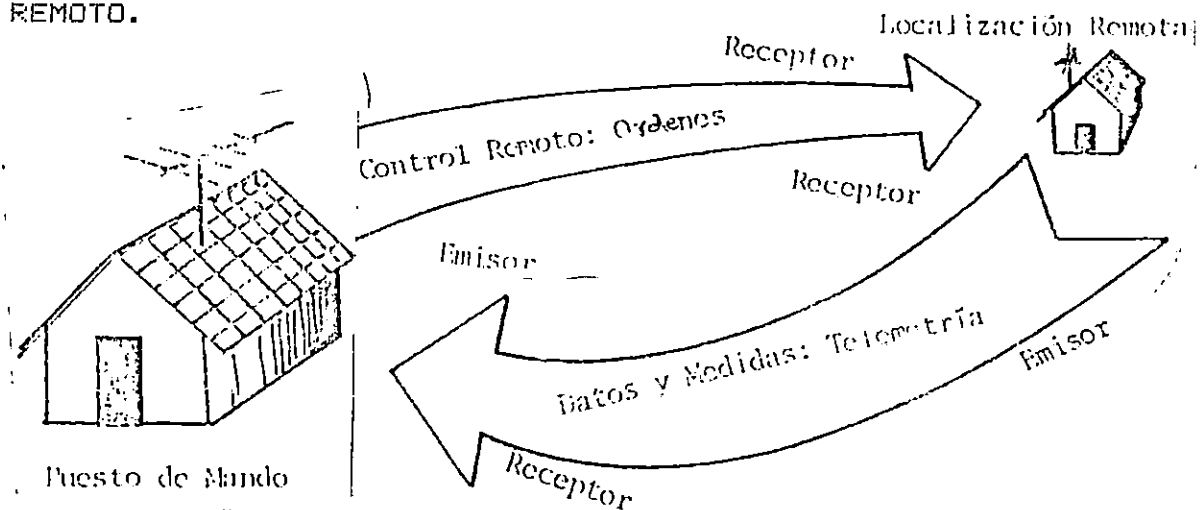


figura 1.1 Posición de las Estaciones de Control Remoto y Telemetría.

## 1.5 APLICACIONES DE LA TELEMETRIA

La telemetría está siendo utilizada para una gran variedad de aplicaciones. Este numero puede ser expuesto por la creciente necesidad de "experimentación remota y exploración espacial". Además de las crecientes aplicaciones "industriales y de negocios" para el control de procesos. La tabla 1.2 presenta una lista de aplicaciones de telemetría y control-remoto.

TABLA 1.2 APLICACIONES DE LA TELEMETRIA

<p>NEGOCIOS</p> <p>ALARMAS CONTRA LADORNES ALARMAS CONTRA INCENDIOS CONTROL DE INVENTARIO RESERVACION DE ESPACIO TELEIMPRESORA</p>
<p>COMUNICACIONES</p> <p>CONTROL REMOTA DE RADIODIFUSORA CONTROL REMOTO POR RADIO CIRCUITOS ALAMBRADOS DE DATOS</p>
<p>INDUSTRIA</p> <p>CONTROL AUTOMATICO DE DATOS MEDICION DE VISCOSIDAD DE FLUIDOS MEDICIONES DE FLUJOS DE GASES CONTROL DE TUBERIA REPORTES DE PRECIPITACION FLUVIAL</p>
<p>INDUSTRIA MILITAR</p> <p>MONITOREO DE BATALLAS POR TELEVISION DISPOSITIVOS DOPPLER MONITOREO RADIOACTIVO OPERACIONES DE BUSQUEDA Y RESCATE MISILES GUIADOS POR TV Y RADIO DETECTOR DE REDES SUBMARINAS</p>



" Tabla 1.2 Continuación"

<p style="text-align: center;">INVESTIGACION</p> <p>DISEÑO DE AERONAVES PRUEBAS DE VUELO ATERRIZAJES EN PLANETAS INVESTIGACION MEDICA MISILES EXPERIMENTACION NUCLEAR PROJECTILES RADIOSONDA SATELITES PRUEBAS ESPACIALES</p>
<p style="text-align: center;">TRANSPORTACION</p> <p>NAVEGACION HIPERBOLICA DETECCION DE VELOCIDAD POR RADAR DETECCION DE TRAFICO POR RADAR IDENTIFICACION DE TRENES PLANES DE VUELOS AUTOMATICOS</p>

1.6 SISTEMAS DE TELEMETRIA

1.6.1 SISTEMAS ALAMBRICOS DE TELEMEDICION

La telemedición ha sido y es caracterizada no como una técnica o un dispositivo, sino más bien como un sistema completo.

El concepto de TELEMEDICION incluye: al medio que cambia, la variable medida (el MESURANDO o LO MEDIDO) en una señal eléctrica; al método de transmitir la señal eléctrica hasta el receptor, y al medio que cambia la señal recibida en una forma útil.

Originalmente la forma útil del sistema fue un medidor, pero actualmente existen no sólo el medidor simple, sino también: osciloscopios, computadoras, pantallas de cristal líquido, impresoras y en fin, una enorme variedad de medios a cual más ingeniosos y complicados.

Los más antiguos sistemas de telemedición alámbricos fueron clasificados por la American Standards Associations (ASA) como:

- a) Sistema de telemedición de Corriente
- b) Sistema de telemedición de Voltaje
- c) Sistema de telemedición de Frecuencia
- d) Sistema de telemedición de Posición
- e) Sistema de telemedición de Impulso o pulso

Las bases para esta clasificación han sido los métodos que reciben la analogía de la medición hecha en el punto remoto. El problema principal del sistema ha sido el de conservar una constante y adecuada aproximación de dicha analogía a través de la distancia involucrada con un costo apropiado y razonable.

Las fuentes de error en la mayoría de estos viejos sistemas alámbricos fueron:

- a) Las caídas de señal a lo largo de la línea de transmisión.
- b) Fluctuaciones de la fuente de potencia.

Las limitaciones de estos sistemas alambrados son:

- a) Un límite finito para la distancia de transmisión de cualquier medida.
- b) Los bajos porcentajes de datos a enviar.
- c) La escasa capacidad de multiplexado.
- d) La necesidad de alambres y/o conexiones metálicas.

Este último punto lógicamente demuestra la inconveniencia del sistema alámbrico en aplicaciones directas en la aviación e investigación espacial y situaciones de movimiento general. La limitación del multiplexado se debe a la necesidad de un alambre para cada variable a medir.

De hecho, las necesidades actuales de comunicación de datos y medidas, requieren de medir cientos de variables y entrar estas mediciones a computadores de alta velocidad. Por estas razones muchos de los viejos sistemas de telemedición han sido suplantados por enlaces inalámbricos que permitan un caudal enorme de datos y a una velocidad apropiada a las situaciones modernas. He aquí, el ámbito de la RADIO TELEMETRIA y sus múltiples propiedades y aplicaciones.

## 1.6.2 SISTEMAS DE RADIO TELEMEDICION. ( RADIO TELEMETRIA).

Estos sistemas de radio telemetría estan por lo general clasificados de acuerdo al método de multiplexado y de modulación que utilizan. Una característica sobresaliente de tales sistemas es la capacidad de multiplexar las salidas de muchos transductores sobre la misma banda de transmisión.

Los dos métodos básicos para el multiplexado son división de FRECUENCIA y división en el TIEMPO. En el primero, las señales o datos de instrumentos diferentes ( o separados) son mantenidas independientes unas de otras colocando cada señal en un canal de frecuencia situado en un rango distinto al de otra señal que está en otro canal de frecuencia.

En el segundo método, se separan ciertos períodos de tiempo de modo que un período corresponda a un canal, esto implica que los datos deben "muestrearse" en una base de tiempo y además, se deben referir a una señal de sincronismo. Este último es el método inherente a los sistemas telemétricos de impulsos. Mientras que el primero (frecuencia) se usa en los sistemas FM-FM o FM/FM . Esta designación tiene el siguiente significado:

FM	FM
Modulación de frecuencia para la subportadora.	Modulación de frecuencia para la portadora

Algunas veces es designado como FM/FM o FM-FM no hay ninguna diferencia entre los dos.

En forma similar, se tienen los siguientes significados para los términos usados en multiplex de tiempo:

PCM	-	FM
Pulse Code Modulation		Frequency modulation

Modulación por impulsos codificados (MIC)

PAM	-	PM
Pulse Amplitud Modulation		Phase Modulation
Modulación por amplitud de impulsos		Modulación de fase

PDM	-	FM
Pulse Duration Modulation		Frequency modulation
Modulación por duración de impulsos		Modulación de frec.

Δ  
PWM  
Pulse Width Modulation  
Modulación por ancho de impulsos

Así el primer termino se refiere a la modulación de la subportadora o a la modulación inicial (o codificación) que se realiza en el transmisor telemétrico. Los transductores en los sistemas de impulsos deben ser muestreados en el tiempo y la muestra obtenida se debe codificar en el respectivo lapso antes de la modulación final.

Los métodos mencionados para multiplexar en el tiempo : PCM, FAM, PDM ó PWM, son los métodos de modulación de subportadora más difundidos y normalizados en los sistemas de radio telemetría actuales. Mientras la modulación final se hace en FM, AM o FM. El más generalmente es FM.

Estrictamente hablando, la división de frecuencia y de tiempo no son los únicos medios de multiplexar una señal. Lo que se exige, cualquiera que sea el método de multiplexado es que exista un mínimo de INTERFERENCIA entre los diferentes canales. Esto significa que para dos señales de canales  $e_1(t)$  y  $e_2(t)$  :

$$\int_0^t e_1(t) \cdot e_2(t) dt = 0$$

Sobre el tiempo (t) necesario para una transmisión de una muestra del mensaje. De esta forma cualquier función ortogonal puede utilizarse satisfactoriamente. A.H. Ballar utilizó un polinomio de Legendre como base de un sistema que diseño y que presento en 1962 bajo el titulo de "A New Multiplex Technique for Telemetry". Además de estas alternativas están las de utilizar polinomios exponenciales para multiplexar.

Estos son, en resumen los aspectos más generales e importantes de los sistemas de telemetría inalámbricos.

## 1.7 TRANSMISION DE TELEMETRIA POR LINEAS

La transmisión de telemetría mediante datos codificados es similar a la transmisión de datos propiamente dicha. Además, cuando se transmiten estos datos codificados es necesario considerar el medio de transmisión: Una línea telefónica privada o pública. Dependiendo de la aplicación del sistema de telemetría y de los costos. También es necesario considerar si la transmisión es sincrónica o no.

Si la transmisión se realiza por líneas telefónicas no hay mayores problemas con la potencia de transmisión, por que podemos contar con el suministro de ANTEL o la central privada.

En la figura mostrada a continuación aparece el uso de algunos medios de transmisión.

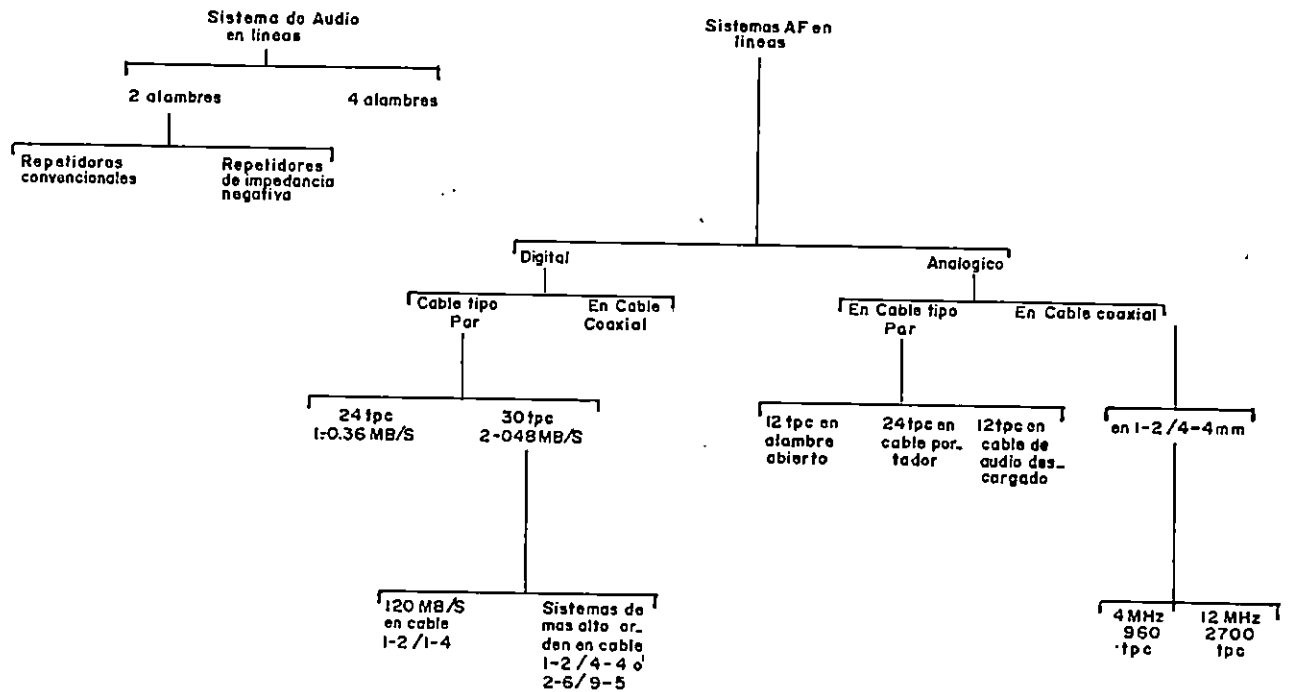


Figura 1.2 Medios de transmisión de telemetría por línea.

### 1.7.1 TRANSMISION SINCRONICA Y ASINCRONICA

Quando se transmiten datos de telemetría y/o control supervisorio es necesario distinguir qué dato está siendo transmitido, o no, para identificarlo. Por lo que es importante sincronizarlo, lo cual se puede lograr por dos métodos :

- Método Asíncrono
- Método Síncrono

### 1.7.1.1. TRANSMISION ASINCRONA

Algunas veces llamada transmisión START-STOP, con esta técnica cada caracter es transmitido individualmente y consiste en 4 partes (ver figura 1.3 ).

- 1) BIT DE ARRANQUE (START-BIT)
- 2) BIT DE DATOS (DATA-BITS)
- 3) BIT DE PARIDAD (PARITY-BITS)
- 4) BIT DE PARO (STOP-BIT)

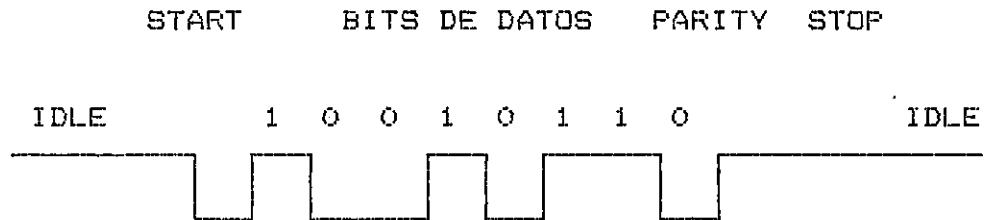


Figura 1.3 Formato de transmisión asincrónica.

El start bit es un estado de la línea, (usualmente cero), que se mantiene el tiempo de 1 bit y es usado para indicar el comienzo del caracter, puede ser detectado si nos adherimos a dos reglas basicas.

Regla No1 - Cuando no hay comunicación en la línea esta está en un estado "1" IDLE.

Regla No2 - Despues de que el último bit se transmite, la línea retornara al estado uno, en un tiempo de al menos un bit.

Nota : Los sistemas en algunos casos trabajan, usando el inverso de las reglas anteriores. Usando estas dos reglas, la interface de recepción puede detectar el start bit cuando la línea en estado IDLE bascula de 1 a 0.

Luego que ha detectado el start bit se alista para recibir los bits de datos, ambos extremos deben conocer cuantos bits hay en el caracter, con el fin de determinar cuando este termina y cuando comienza, y estar listo para el próximo bit.

En muchas aplicaciones los caracteres son 8, con el bit menos significativo enviándose primero, es decir recibiendo también primero.

El bit de paridad es un bit opcional que se suma a los sistemas para detectar errores. Este bit es ajustado antes de que el carácter se envíe, ajustando el número total de unos en una forma par o impar, el receptor chequea esto y de lo contrario da error y toma una acción de corrección.

Después que los datos y el bit de paridad han sido transmitidos es enviado el stop bit. Este carácter asegura proveer suficiente tiempo para que el próximo carácter no siga inmediatamente, si no en un tiempo de 1 o 2 bits, dando al equipo suficiente tiempo para resetearse y esperar el próximo carácter.

A continuación se presenta un ejemplo de carácter asíncrono, usando el código ASCII con paridad impar, un bit de start, y dos bits de parada (ver figura 1.3).



Figura 1.4 Ejemplo de transmisión asíncrona del carácter A.

### 1.7.1.2 TRANSMISION SINCRONA

Este método de transmisión sincrónico es más sofisticado que el modo asíncrono. Asume que el transmisor y el receptor tiene relojes de la misma frecuencia y que las correspondientes funciones de cada uno (generación de bitios por el transmisor y la detección de bitios por el receptor) suceden al mismo tiempo. Las frecuencias de reloj del transmisor y el receptor son acopladas por la transmisión de un modelo de tiempo. Esos modelos de tiempo son llamadas caracteres de sincronización (o sincronismo).

Un bloque entero de datos se sincroniza con un unico código que cuando se reconoce le dice al receptor que el carácter comienza usando un contador de bits, el receptor cuenta los

bits de entrada como en la técnica asíncrona el receptor debe conocer el No de bits del caracter diferente a la tecnica asíncrona, la señal debe ser provista a lo largo de el flujo de datos.

El formato de la tecnica síncrona se muestra en la figura 1.4.

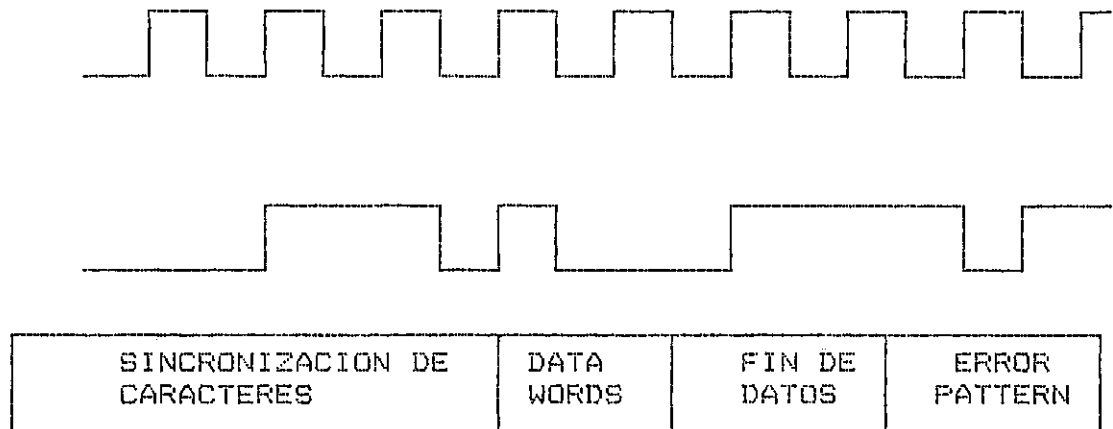


Figura 1.5 Formato de la transmisión síncrona.

### 1.7.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISION SINCRONICA VRS.LA ASINCRONA

#### VENTAJAS

1- Puede enviar más información de bits por unidad de tiempo a causa de que no son usados bits de arranque y parada.

2- Es menos sensitiva a la distorsión a altas velocidades ya que la información del reloj es enviada con la señal. Entonces a altas velocidades la transmisión síncronica tiene menos error.



## DESVENTAJAS

1- No es factible cuando solo se quieren enviar uno o dos caracteres inmediatamente, ya que solo bloques de datos son enviados.

2- Para corregir un error hay que transmitir todo el bloque de caracteres y no solo un caracter.

### 1.8 TRANSMISION DE TELEMETRIA A TRAVES DE LA RED PUBLICA TELEFONICA

Ya que la transmisión de telemetría es similar a la transmisión de datos podemos tomar en cuenta las mismas recomendaciones.

Los datos pueden ser transmitidos usando aparatos telegráficos, en circuitos telex y en circuitos telegráficos arrendados. Si queremos velocidades altas se usan MODEMS ( Un modem es un dispositivo que modula y demodula señales transmitidas sobre canales de comunicación y habilita a los datos a ser enviados sobre líneas de transmisión). Para transmitir datos en circuitos telefónicos. La CCITT ha hecho recomendaciones para las señales transmitidas . Los sistemas recomendados por el CCITT transmiten datos en las siguientes velocidades:

300 bitios/seg , 600/1200 bitios/seg , 2.4 K bitios/seg  
y 48 K bitios/seg.

Los modos de transmisión utilizados para comunicación de datos son:

**SIMPLEX:** La transmisión de datos es unidireccional. La información puede ser enviada solamente en una dirección.

**HALF DUPLEX:** La transmisión de datos es posible en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo.

**FULL DUPLEX:** Las trasnmisiones son posibles en ambas direcciones simultáneamente.

## CONCLUSIONES DEL CAPITULO I

- Un sistema de telemetría está destinado para realizar mediciones de variables localizadas en un punto remoto. Estas variables son variaciones de un fenómeno físico, las cuales se transforman en magnitudes eléctricas para la transmisión alámbrica o hertziana.
- Las mediciones hechas por un sistema de telemetría nos sirven para controlar un proceso industrial, o procesar la información obtenida en una computadora para la observación experimental, así como también en aplicaciones espaciales, médicas, de aviación etc.
- La telemetría no trabaja aislada si no que abarca varias disciplinas de diversos campos como: Instrumentación, comunicación, procesamiento de datos etc.
- Una característica de la telemedición es el multiplexado, el cual puede hacerse por división en el tiempo o por división de frecuencia, esto hace que los sistemas telemétricos se diferencien entre sí por el método de multiplexado.
- El control Remoto también se basa en medición remota, solamente que aquí existen los actuadores que son los dispositivos que ejecutan cambios preestablecidos, mediante una orden de enlace o un comando enviado por alambre o por radio (ejemplo: las ordenes pueden ser subir, girar, cerrar etc.).
- Los sistemas de telemetría se pueden dividir en sistemas alámbricos de telemedición y sistemas de radio telemedición. Los sistemas alámbricos tienen varios problemas como las limitaciones de bajos porcentajes de datos a enviar y la escasa capacidad de multiplexado. En los sistemas de radio telemedición los métodos para multiplexar en el tiempo PCM, FAM, FDM son los métodos de modulación de subportadora más difundidos y normalizados en los sistemas de radio telemetría.
- La transmisión de telemetría por líneas es igual a la transmisión de datos, la cual puede hacerse por transmisión Asíncrona o Síncrona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Gruenberg, Elliaotl  
Handbook of telemetry and remote control  
New York, Ed. Mc Graw-Hill  
1986

Pujulle, Guy  
Telemática  
Mexico, Paraninfo.  
1985

Teleinformatica y Redes de Computadoras  
Paraninfo, Madrid.  
1990.

Tomasi, Wayne  
Electronic Communications Systems  
Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.  
.1988.

## CAPITULO II

### TRANSDUCTORES

#### Introducción

La primer unidad de cualquier sistema de medición es un dispositivo sensible a los cambios en la cantidad variable que se detecta o se mide. Generalmete cuando un fenómeno físico se desea obtener en terminos de señales, muestras o mediciones estos fenómenos no estan en forma directa, o sea que la variable medida es de naturaleza no eléctrica, resulta ventajoso entonces convertir los cambios físicos en variaciones eléctricas mediante un "TRANSDUCTOR".

#### 2.1 DEFINICION

Se definirá un transductor como un dispositivo que convierte una forma de energía ó fenómeno natural (la variable) tal como: temperatura, luz, humedad, salinidad, movimiento, sonido, presión etc., en un parámetro medible eléctricamente.

Es necesario mencionar aquí que todos los transductores son afectados por más de una de las variables mencionadas arriba. Se necesita entonces, hacer que la respuesta del transductor sea predominante a una sola variable de tal forma que las otras variables causen un error despreciable. Un ejemplo para ilustrar este punto es el medidor de presión (strain gage) de resistencia de alambre. La resistencia del alambre es una función de la presión aplicada; sin embargo, también es función de la temperatura. Para minimizar el error de temperatura (indicado como una presión falsa), debe usarse un alambre con una coeficiente de temperatura muy bajo.

En la figura 2.1 se muestra los componentes en forma de bloques de un sistema de telemetría en el cual se observa que el primer elemento de este son los transductores para medir la variable deseada

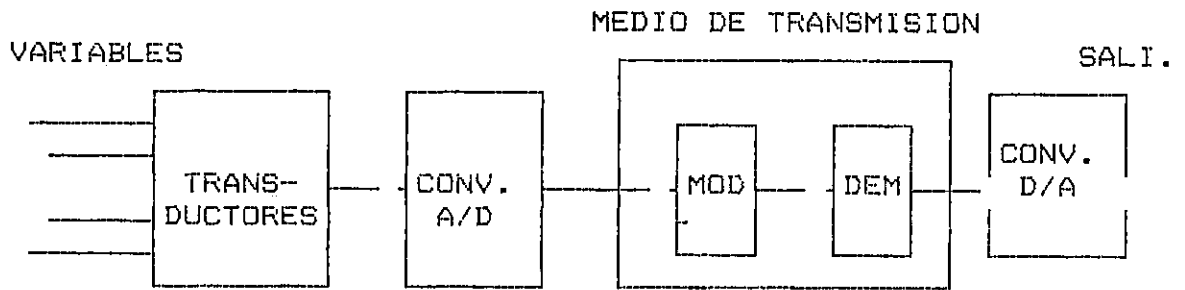


Fig 2.1 Sistema de telemetría básico

## 2.2 CLASIFICACION DE LOS TRANSDUCTORES.

Los transductores pueden clasificarse de varias formas:

- 1) Activos o pasivos
- 2) De acuerdo a la variable a medir.
- 3) De acuerdo al parámetro de salida.

### 2.2.1 TRANSDUCTORES ACTIVOS.

Un transductor activo produce un voltaje o corriente de salida que varía de acuerdo a la variable que se está midiendo. Algunos requieren una fuente de potencia externa como el fototransistor, mientras que otros no la requieren, como el cristal piezoeléctrico.

Algunos transductores activos són:

1. Piezoeléctricos.
2. Fotoeléctricos.
3. Termoeléctricos.
4. Magnetoeléctricos.
5. Electrónicos.
6. Electromecánicos.
7. Radioactivos.

### 2.2.2 TRANSDUCTORES PASIVOS.

Un transductor pasivo muestra un cambio en uno de los parámetros eléctricos pasivos, tales como resistencia, capacitancia ó inductancia (mutua ó autoinductancia), debido a un cambio en la variable física a medir. Estos transductores casi invariablemente requieren una fuente de

energía eléctrica para convertir el cambio en el valor del parámetro en un cambio de voltaje, corriente o frecuencia..

Algunos transductores pasivos son:

1. Resistencia variable.
2. Capacitancia variable.
3. Inductancia variable.
4. Transformador diferencial.

### 2.2.3 TRANSDUCTORES DE ACUERDO A LA VARIABLE A MEDIR.

Existen varios tipos de transductores para medir la misma variable física. También cada transductor básico puede medir varios fenómenos físicos con algunas pocas modificaciones. Algunos mesurandos típicos y los varios tipos de transductores para cada mesurando se muestran en la tabla 2.1.

## 2.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TRANSDUCTORES

Estas características junto con los requerimientos de los accesorios de equipo forma la base para la selección de un transductor particular para una tarea dada.

### 2.3.1 RANGO DE ENTRADA.

Todo transductor trabajará perfectamente en un rango restringido de la variable de entrada. Este rango esta limitado usualmente ya sea por la linealidad o por el peligro de daño permanente del dispositivo. El rango de entrada es especificado usualmente por el fabricante en las unidades de la cantidad a medir.

### 2.3.2 RESOLUCION.

La resolución se define como el menor incremento de la variable de entrada a la que el dispositivo responde. Se expresa usualmente como un porcentaje del valor de plena escala de la variable de entrada.

Tabla 2.1 Mediciones típicas y Transductores básicos

Cantidades a ser medidas	TIPOS DE TRANSDUCTORES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aceleración	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-
Desplacamiento	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-
Flujo	X	-	X	X	-	-	X	X	X	-
Fuerza	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-
Humedad	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Nivel	X	-	-	-	-	X	X	X	X	-
Luz	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X
Masa	-	-	X	X	-	-	X	X	X	X
Presión	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X
Deformación	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
Temperatura	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X
Espesor	X	-	X	X	-	X	X	X	-	-
Velocidad	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-
Viscosidad	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-

X : Cantidad física que puede medir el transductor  
 - : Cantidad física que no puede medir el transductor.  
 Definiciones de los tipos de transductores que aparecen en la tabla 2.1 .

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1 : DE CAPACITANCIA  | 6 : FOTOELECTRICO   |
| 2 : ELECTRONICO      | 7 : PIEZOELECTRICO  |
| 3 : DE INDUCTANCIA   | 8 : RADIOACTIVO     |
| 4 : MAGNETOELECTRICO | 9 : RESISTIVO       |
| 5 : MAGNETOSTRICTIVE | 10 : TERMoeLECTRICO |

### 2.3.3 RANGO DE SALIDA.

El rango de salida está limitado por las variaciones máximas y mínimas en los parámetros eléctricos correspondientes a los valores máximos y mínimos de los fenómenos de entrada. Cuando el transductor muestra un cambio en uno de los parámetros pasivos de indicación, el rango de salida es especificado frecuentemente como un rango del cambio de voltaje o corriente a una fuente de voltaje de suministro especificada. Cuando el parámetro de variación es usado para determinar la frecuencia de oscilación de un oscilador el rango de frecuencias correspondientes al rango de la variable de entrada puede ser dada como el rango de salidad.

### 2.3.4-IMPEDANCIA DE SALIDA.

La impedancia de salida es la impedancia vista entre los terminales de salida de el transductor. Es muy importante porque determina el tipo de circuitos electricos que pueden ser conectados al transductor. También si se conoce el rango de corriente o voltaje de salida, la impedancia de salida determina la cantidad de potencia disponible del transductor. La parte reactiva (si no es despreciable) de la impedancia de salida determina parcialmente la característica de frecuencia del transductor.

### 2.3.5-CARACTERISTICA DE TRANSFERENCIA.

La característica de transferencia de el dispositivo relaciona el valor de salida (indicacion) a la magnitud de entrada (excitacion). La relacion puede ser directamente proporcional o descrita por alguna funcion matemática.

Por ejemplo, si un medidor de presión tiene un rango de entrada de 0 a 10 psi, rango de salida es de 0 a 5 Voltios de corriente directa, y la salida es proporcional a la entrada dentro del rango, la característica de transferencia de el dispositivo es una línea recta con pendiente de  $5 \text{ Voltios} / 10 \text{ psi} = 0.5 \text{ Voltios/psi}$ .

Cuando la pendiente es una constante, el dispositivo es llamado lineal. La pendiente de la característica de transferencia de un transductor lineal es también llamada la constante de proporcionalidad, o sensibilidad. La linealidad de la característica de transferencia es generalmente deseable puesto que facilita la reducción de los datos.



Cuando la característica de transferencia no es lineal debe darse un gráfico de la variación de la salida vrs. la variación de la entrada, a menos que una función matemática pueda definir esta relación de forma precisa. Este gráfico es llamado curva de calibración del transductor.

### 2.3.6 LINEALIDAD.

La linealidad se define como la constante de proporcionalidad de las variable de entrada y salida. Refiriendonos a la figura 2.2, la curva sólida representa la curva de calibración de un transductor, y la línea punteada representa la mejor aproximación que se puede dibujar, de tal forma que la distancia horizontal máxima entre la curva de calibración y la línea recta sea igual a ambos lados.

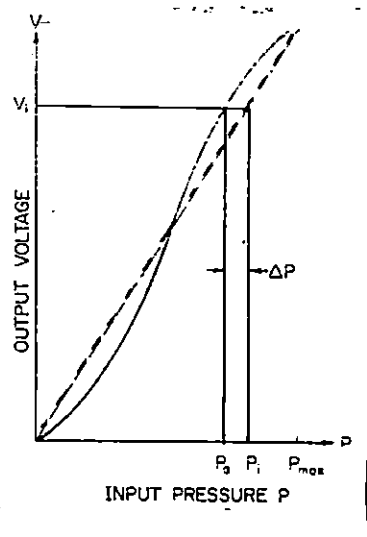


Figura 2.2 Desviación de la linealidad en una curva de calibración.

Algunas veces la linealidad se expresa como el porcentaje de desviación basado en el valor real de la variable de entrada, el cual, en el caso del ejemplo anterior es:

$$\text{Linealidad} = P/P_1 \times 100 \%$$

### 2.3.7 SENSITIVIDAD.

La "sensitividad" es un término usado alternativamente para la característica de transferencia lineal. Se expresa usualmente como la relación de cambio en la salida correspondiente a un cambio en la entrada. No obstante, algunas veces es definida como la salida de plena escala correspondiente a una entrada a plena escala.

### 2.3.8 ERROR.

La diferencia entre el valor indicado y el valor real de la variable de entrada es un error. Hay dos clases de error: aleatorio y sistemático. Los errores aleatorios limitan inevitablemente la exactitud de la medida del transductor, mientras que los errores sistemáticos pueden ser corregidos y no necesariamente limitan la exactitud.

### 2.3.9 EXACTITUD.

La exactitud de una medida depende de todos los errores presentes. Un dispositivo puede tener una resolución de digamos 1 psi y una sensitividad de 1 mV/psi. Si la diferencia entre el valor indicado y el valor real, debida a todas las fuentes de error es en el peor de los casos de 5 mV, la exactitud no es mejor que  $\pm 5$  psi; en otras palabras, cualquiera que sea la lectura indicada hay una incerteza de  $\pm 5$  psi a su exactitud. La exactitud también puede ser expresada como un porcentaje del valor basado ya sea en el rango del valor máximo o el valor de la lectura hecha.

### 2.3.10 RANGO DE FRECUENCIA.

El rango de frecuencias cubre las frecuencias de la variable de entrada para las cuales la respuesta del transductor es uniforme y la salida depende solamente de la magnitud de la entrada.

### 2.3.11 TIEMPO DE SUBIDA.

El tiempo de subida se define como el tiempo que toma al transductor para subir desde el 10 hasta el 90 % del valor final ante una entrada escalón. Ver figura 2.3.

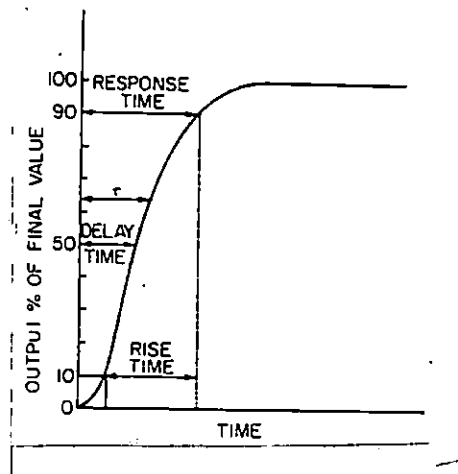


Figura 2.3 Ilustración del tiempo de subida, tiempo de retardo y tiempo de respuesta.

#### 2.3.12 TIEMPO DE RETARDO.

El tiempo de retardo se define como el tiempo entre la aplicación de una excitación escalón y cuando la salida final alcanza un 50% de su valor. Ver figura 2.3.

#### 2.3.13 TIEMPO DE RESPUESTA.

El "tiempo de respuesta" se usa algunas veces en lugar del tiempo de retardo, o es redefinido como el tiempo que le toma a la salida alcanzar el 90% del valor final desde el tiempo en que se aplica la excitación escalón. Ver figura 2.3.

#### 2.3.14 RANGO DE TEMPERATURA

La temperatura no afecta el funcionamiento de muchos transductores. El rango utilizable de temperatura es usualmente especificado por el fabricante. Este es el rango

dentro del cual todas las otras especificaciones son válidas.

### 2.3.15 CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE

Muchos transductores contienen partes móviles o son inherentemente sensitivos a las vibraciones, choques y aceleraciones. Esto causa que sus aplicaciones son frecuentemente sobre condiciones de ambiente severas, los límites para un funcionamiento satisfactorio son usualmente citados por el fabricante.

## 2.4 OFFSET Y LINEALIZACION

### 2.4.1 OFFSET

El offset involucra el uso de técnicas analógicas para cambiar a una cantidad predecible el nivel de una señal. Las aplicaciones típicas de esta técnica incluye :

Medición de pequeños cambios alrededor de un valor inicial grande.

Mediciones incrementales al emplear un dispositivo que tiene una escala absoluta. ( $^{\circ}\text{C}$  vs.  $^{\circ}\text{K}$ , presión manométrica vs. Presión absoluta).

Reducir el nivel de modo común

### 2.4.2 LINEALIZACIÓN

Un sistema o elemento lineal es aquel en el que la causa y el efecto son proporcionales si hay varias entradas, la salida es proporcional a la suma de ellas, la no linealidad es una medida del alejamiento de la proporcionalidad.

Todos los dispositivos se caracterizan por la no linealidad para algunos, esta es una característica deseada, por ejemplo, la característica logarítmica de un amplificador logarítmico-antilogarítmico. Para otros es un límite de funcionamiento que se puede predecir por la naturaleza del dispositivo (termocupla por ejemplo). Para el resto es un límite de funcionamiento que varía de dispositivo a dispositivo y simplemente debe aceptarse como una especificación de peor caso, usualmente en términos de la desviación máxima de la mejor línea recta.

En la mayoría de los transductores la no linealidad es no deseada pero predecible. A continuación se presentan dos métodos de tratar la no linealidad para obtener datos útiles

#### 2.4.2.1 LINEALIZACION DIGITAL

Este método involucra una memoria de solo lectura (ROM) y algoritmos computacionales. La memoria ROM tiene un tiempo de acceso rápido y se usa cuando el tiempo es limitado y la no linealidad es bien definida y fija.

Una ROM puede ser alambrada a la salida del convertidor y habilitada por la bandera de fin de conversión, de tal forma que la señal presentada para ser procesada ya ha sido linealizada. Cada nivel de salida del convertidor corresponde a una dirección es ya sea el valor correctamente linealizado de la variable o un término de corrección aditivo.

Si la fuente de entrada no lineal no será usada muy frecuentemente y la memoria es limitada puede determinarse y guardarse en un programa una función matemática que aproxime la inversa de la relación no lineal o la diferencia entre la señal ideal y la señal real. Luego cuando se necesita la salida lineal, el procesador calcula el valor correcto, basado en las relaciones matemáticas de la variable de entrada medida.

#### 2.4.2.2 LINEALIZACION ANALOGICA

Para algunas aplicaciones es mejor linealizar la salida del transductor en un punto del proceso analógico, esto es cierto cuando no se usa un procesamiento digital o cuando la linealización analógica puede hacerse a un bajo costo. Para linealizar la señal de un transductor puede procesarse analógicamente la salida de señal. Por ejemplo la parte activa de un puente puede ser manejada por una corriente obtenida del voltaje aplicado a la parte de referencia.

### 2.5 DESCRIPCION DE LOS TRANSDUCTORES BASICOS

Ahora que las características generales han sido definidas, Estas muchas veces influyen en la selección de los transductores de otras consideraciones prácticas de funcionamiento las cuales son peso, tamaño, fuente de

potencia (algunas veces) etc. A continuación se da una descripción básica de los transductores utilizados.

### 2.5.1 TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA: SENSOR SEMICONDUCTOR AD592

El AD 592 es uno de los más adecuados para una medición remota. Se basa en la sensibilidad a la temperatura de los dispositivos de silicio y además es económico.

El AD592 es una fuente de corriente que provee una corriente numéricamente igual (microamperios) a la temperatura absoluta (kelvin) cuando se excita con voltajes desde +4 hasta +30V, a temperaturas desde -25 hasta 150°C.

El AD592 tiene una salida estandarizada de 1mA/°K, no requiere puentes, mediciones de voltaje de bajo nivel ni circuitería de linealización puesto que la salida es una corriente, puede usarse puntas de medición largas sin errores debido a caídas de voltaje o voltaje inducido por ruido, y puesto que es una fuente de corriente de alta impedancia, es insensible al voltaje de excitación.

La alta linealidad de salida y alto rango de temperatura de operación hace al AD592 un sustituto ideal para viejos sensores de temperatura limitada, como por ejemplo termistores, RTD's, termocuplas.

En la figura 2.4 se muestra el circuito utilizado para la medición de temperatura.

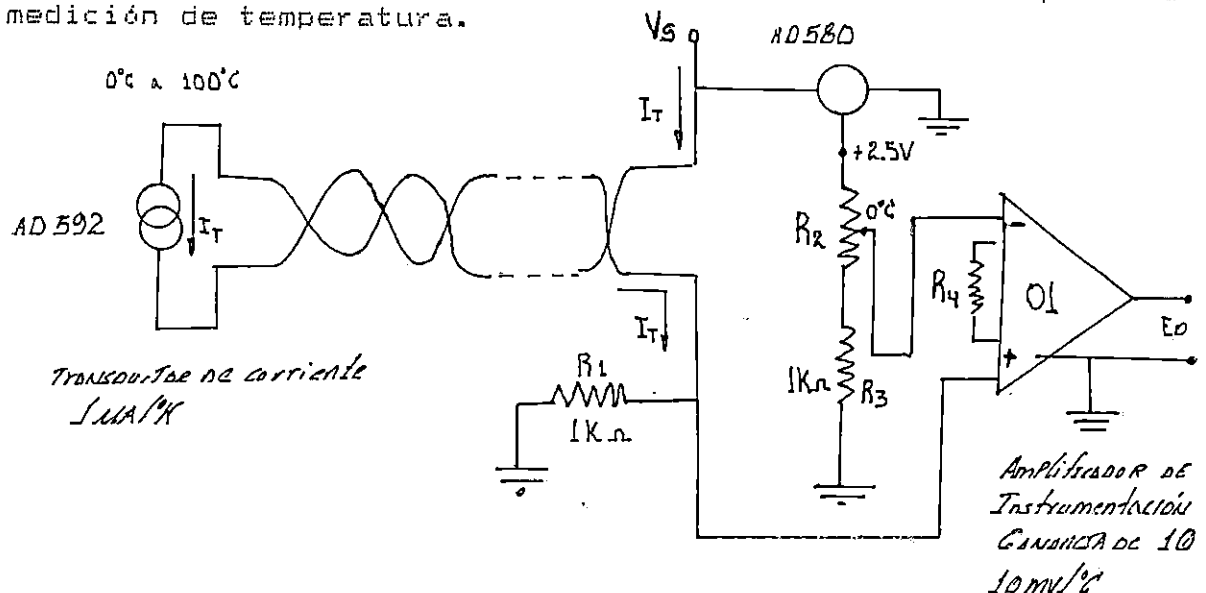


Figura 2.4 Circuito implementado para medición de temperatura.

Este circuito mide temperaturas en un rango de 0 °C a +100 °C en incrementos de 1 °C, a bajo costo y a una localización remota de varios cientos de pies del sistema de telemetría. Como el AD592 mide temperaturas absolutas y tiene una salida de  $1\mu\text{A}/^\circ\text{K}$ , la salida se desplazó 273.2  $\mu\text{A}$  para leer la salida en grados Celsius. Como se observa en el circuito, la salida del AD592 fluye a través de una resistencia de 1 Kohm, desarrollando un voltaje de  $1\text{mV}/^\circ\text{K}$ . La salida de la referencia de voltaje de 2.5 voltios, es proporcionada por el circuito AD580 y es dividida hacia abajo por resistores para proveer un voltaje de offset de 273.2 mV, el cual es sustraído del voltaje a través del resistor de 1K ohm. por un amplificador de instrumentación (AMP01).

### 2.5.2 TRANSDUCTORES FOTOELECTRICOS

Estos dispositivos se basan en la absorción de la energía de la luz visible. La principal ventaja de estos es que la luz no interfiere o carga en ninguna manera la variable a medir. Las desventajas son:

- 1) El costo excesivo de la instrumentación optica
- 2) Su sensibilidad a la temperatura

Los transductores de luz pueden operar en uno o más de los siguientes modos:

1. Fotoresistivo: La resistencia del transductor varía con el nivel de luz.
2. Fotovoltaico: El transductor genera una corriente cuando se ilumina.
3. Fotoconductor: El transductor permite que la corriente de una fuente externa fluya en respuesta a la cantidad de luz. La fotoconducción define el fenómeno que la resistividad de la mayoría de semiconductores disminuye al exponerse a la luz. Consecuentemente, si existe una diferencia de potencial a través de un semiconductor, la cantidad de corriente que fluye en el circuito es proporcional a la intensidad (y longitud de onda) de la luz incidente.

La resistencia variable de un fotoresistor puede cambiarse a voltaje variable utilizando un simple divisor de voltaje. Este voltaje puede ser calculado como:

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

donde:

$V_{in}$  = +5 Voltios

$R_1$  = resistencia del LDR

$R_2$  = resistencia de referencia

El circuito implementado y la curva de nivel de luz por voltaje de salida se muestra en la figura 2.5

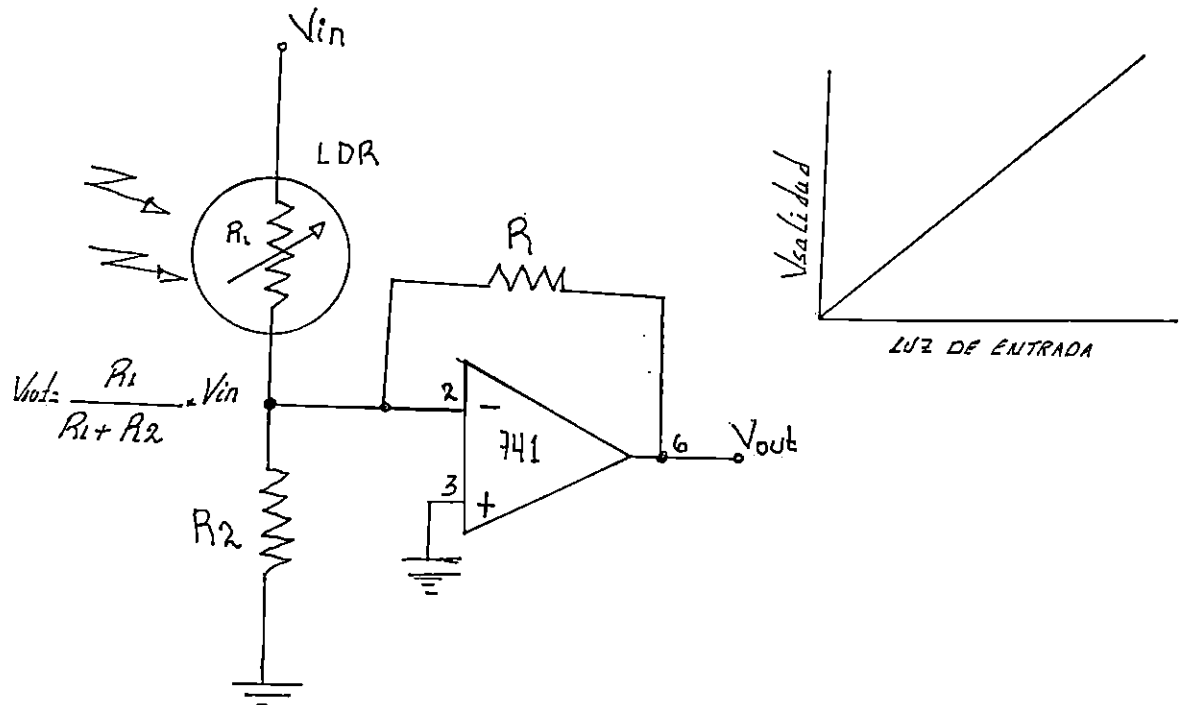


Figura 2.5 Circuito implementado para la medición del nivel de luz.

### 2.5.3 TRANSDUCTORES ELÉCTROACUSTICOS

El micrófono es un transductor electroacústico, es decir, un dispositivo capaz de transformar en energía eléctrica la energía acústica que recibe.



Desde el punto de vista de las características operativas de la membrana y de la transformación, los micrófonos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- micrófonos de presión.
- micrófonos de velocidad.

Los micrófonos activados por presión son los siguientes:

- micrófonos de carbón.
- micrófonos de cristal.
- micrófonos dinámicos.
- micrófonos de condensador.
- micrófonos electret.

Las características técnicas de los micrófonos son las siguientes:

- sensibilidad
- fidelidad
- directividad
- impedancia interna
- tensión de ruido
- dinámica
- polaridad

La siguiente tabla muestra los niveles de intensidad de algunos sonidos.

TABLA 2.2 Niveles de intensidad de sonido

FUENTE DEL SONIDO (DISTANCIA DEL OBSERVADOR)	NIVEL (dB)
UMBRAL DE DOLOR	120+
MUSICA ROCK	110+
TRUENO	110+
ALARMA DE RELOJ DIGITAL	95
MAQUINA DE ESCRIBIR ELECTRICA	90
CONVERSACION TIPICA	65
TONO DE MARÇACION TELEFONICA	56
TECLADO DE COMPUTADORA	61
RESIDENCIA PROMEDIO	45
MUSICA AMBIENTAL SUAVE	30
UMBRAL AUDIBLE	0

El circuito implementado para la medición de intensidad sonora se muestra en la figura 2.6.

En este circuito se utiliza un micrófono como transductor. La señal se aplica a la entrada de un amplificador operacional de alta impedancia sin realimentación, obteniéndose una ganancia del orden de 100 000 veces, lo que garantiza una excelente sensibilidad para el medidor.

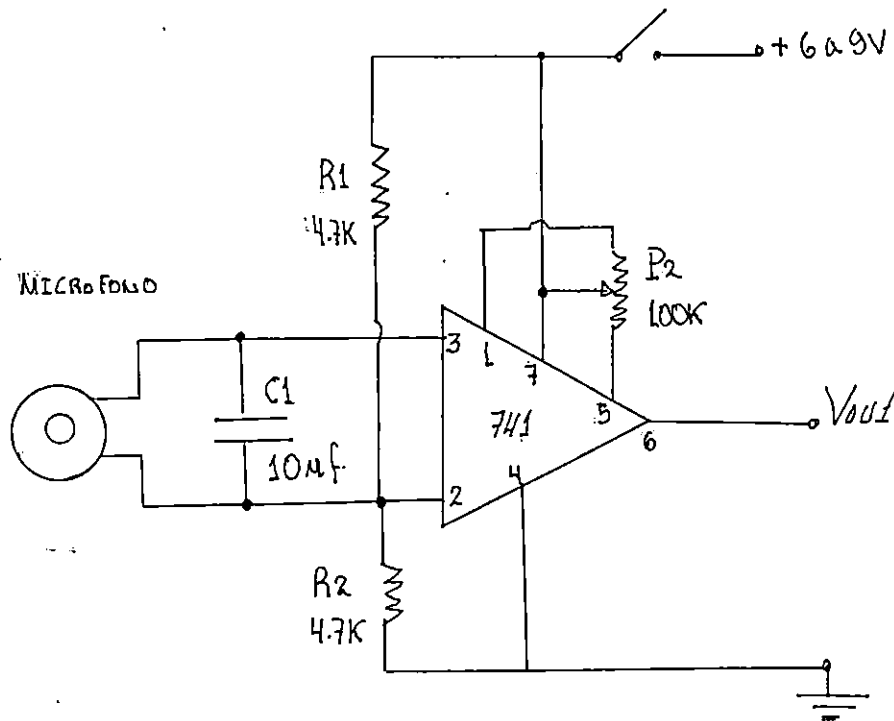


Figura 2.6 Circuito implementado para la medición de intensidad sonora.

#### 2.5.4 MEDICION DEL NIVEL DE VOLTAJE.

El circuito utilizado se muestra en la figura 2.7. En la figura se observa que la onda de voltaje pasa primero por un transformador aislador (relación 1:1) para prevenir al sistema de telemetría de un posible daño por una falla en la red AC.

La onda de salida de este transformador es una onda con amplitud menor de 5 voltios p-p. Pasa por un buffer (OP AMP OP27 en configuración de seguidor) y luego por un sumador no inversor que le da un nivel dc de +2.5 voltios. Esto último hace que la onda oscile entre 0 y 5 voltios en lugar de -2.5 a +2.5 voltios. Esta es una condición que demanda el SIB601 ya que es unipolar.

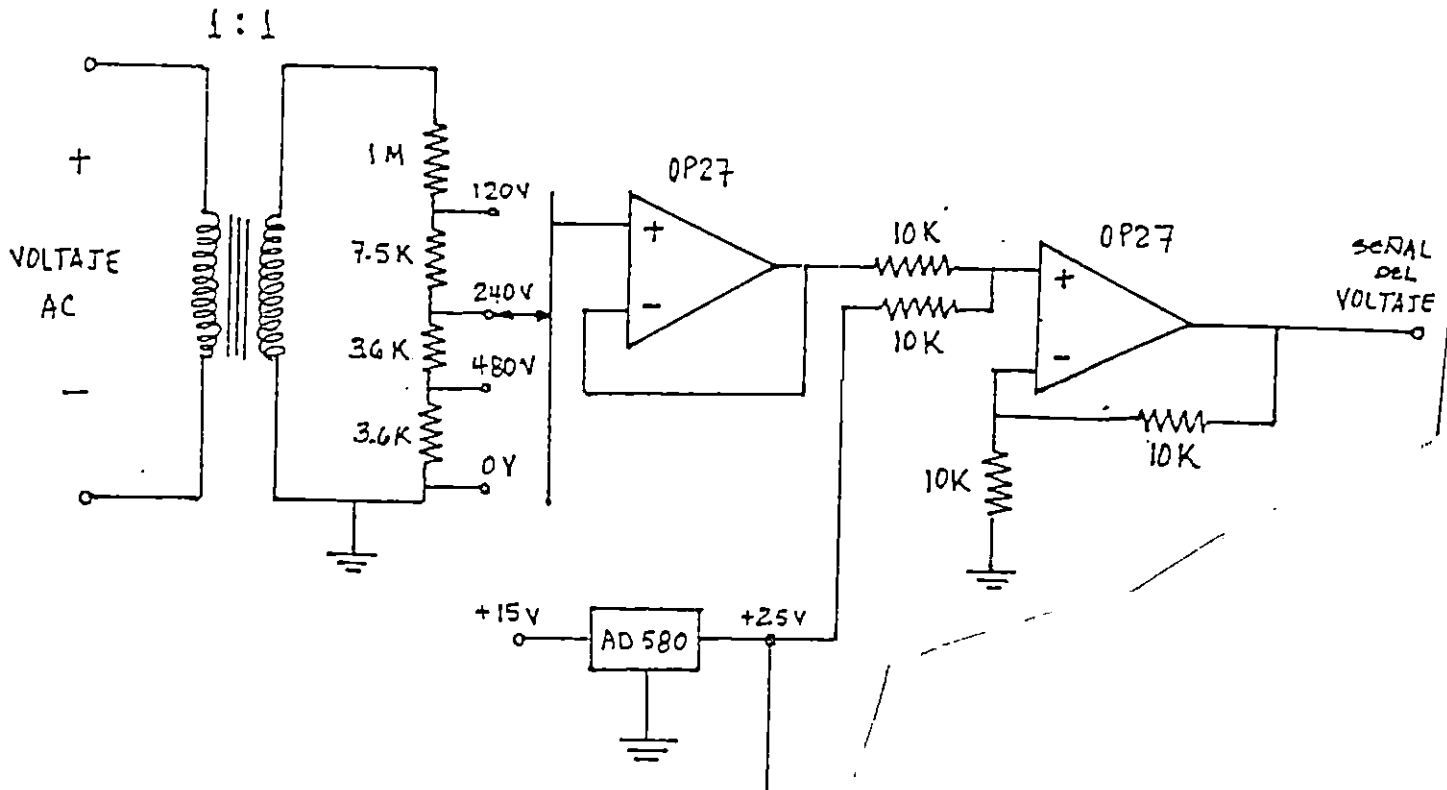


Figura 2.7 Circuito para medir el nivel de voltaje.

## 2.6 CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCION DE TRANSDUCTORES

### 2.6.1 MEDICION

- 1) ¿Cuál es en realidad el proposito de la medición?
- 2) ¿Cuál es el mesurando?

- 3) ¿Cuál es el rango del mesurando que debiera ser representado en el final?
- 4) ¿Cuál es la sobrecarga del mesurando y el tiempo de duración?
- 5) ¿Cuál es la precisión mostrada por el mesurando para ser representada al final?
- 6) ¿Los límites de frecuencia para su operación?
- 7) ¿Cuál es la naturaleza del fenómeno a ser medido?
- 8) ¿Cuál va ser el transductor instalado?
- 9) ¿Cuál será la condición ambiental que exista a través del transductor?

#### 2.6.2 CAPACIDAD DE SISTEMA DE DATOS

- 1) ¿Cuál va ser el sistema de transmisión de datos a utilizar?
- 2) ¿Cuál va ser el sistema de procesamiento de datos a utilizar?
- 3) ¿Cuál va ser el sistema de presentación a utilizar?
- 4) ¿Cuál va ser el transductor a utilizar a la salida del sistema de transmisión y que acepte las condiciones de señal mínima?
- 5) ¿Cuál va ser el voltaje de excitación del transductor al circuito de transmisión?
- 6) ¿Cuál será la carga que presentará el transductor al circuito de transmisión?
- 7) ¿Cuál será la corriente que podrá manejar la fuente de poder?

#### 2.6.3 CAPACIDAD DE LOS TRANSDUCTORES

- 1) ¿Cuál es el máximo error que puede tolerar durante condiciones estáticas y durante y después de la exposición de las condiciones ambientales?
- 2) ¿Cuáles son las limitaciones de excitación y salida?

- 3) ¿Qué potencia puede tolerar?
- 4) ¿Cuáles son los principios de transducción (resistivo, luz, etc) a utilizar ?
- 5) ¿Cuáles son los efectos del mesurando sobre el transductor?
- 6) ¿Cuál es el tiempo de vida de operación requerida del transductor?

## 2.7 CONVERTIDORES DIGITAL-ANALOGICOS Y ANALOGICO-DIGITAL

Las variables analógicas son aquellas que pueden tomar un número infinito de valores comprendidos entre dos límites. Una gran cantidad de transductores que convierten variables no eléctricas (de presión, temperatura etc.) en eléctricas proporcionan a su salida una variable analógica (tensión o intensidad).

Para poder introducir la información del estado de estas variables en un sistema digital es, por tanto, necesaria su conversión. Los sistemas que convierten las variables analógicas en digitales reciben el nombre de **CONVERTIDORES ANALOGICOS-DIGITALES**. De igual manera en múltiples ocasiones es necesario convertir la información digital presente en una variable analógica. Dicha conversión se realiza mediante un sistema electrónico que recibe el nombre de **CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGICO**.

### 2.7.1 CONVERTIDORES ANALOGICO-DIGITAL

Los convertidores analógico-digitales son sistemas electrónicos que reciben a su entrada una variable analógica, en forma de tensión variable, y proporcionan a su salida una combinación en un código binario cuyo equivalente decimal es igual al valor de aquélla. Su utilización es imprescindible para introducir en un procesador digital la información de un transductor analógico.

Los convertidores analógico-digital son por lo general el enlace entre el transductor y el procesador digital y son casi la única fuente de errores en un instrumento digital, de aquí que la calidad del convertidor ADC normará la calidad final del equipo.

La conversión de una variable analógica a digital se puede realizar de diferentes formas que dan lugar a otros tantos métodos de conversión. Se pueden clasificar los convertidores de acuerdo con la forma en que se presenta la información a su salida ( tabla 2.4).

TABLA 2.3 Convertidores A/D

Convertidores Analógico-digitales (ADC)	
a)	SALIDA PARALELO
b)	SALIDA SERIE
c)	SALIDA TEMPORAL

### 2.7.2 PARAMETROS DE LOS CONVERTIDORES ANALOGICO-DIGITALES

Los parámetros característicos de un convertidor analógico digital se pueden dividir en dos clases:

- 1) Características de diseño.
- 2) Características de funcionamiento.

#### 2.7.2.1 CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Son parámetros básicos que limitan el campo de aplicación del convertidor y cuyo valor depende en general de la forma constructiva del convertidor y del método de conversión utilizado. Estudiaremos las características de diseño más importantes también denominadas especificaciones de diseño.

##### a) Resolución

La resolución se define en un convertidor analógico-digital como el mínimo incremento necesario en la entrada analógica para que se produzca un cambio en la combinación binaria que aparezca a la salida.

## b) Tiempo de conversión

El tiempo de conversión se define, en terminos generales, como el intervalo de tiempo necesario para que se realice ésta.

## c) Rapidez

La velocidad de conversión normalmente se expresa en bitios/seg o palabras/seg. Esta velocidad de conversión depende normalmente de :

- a) El contenido armónico de la señal analógica por convertir
- b) El número de señales analógicas que se quieran convertir con un mismo equipo.

De acuerdo con el teorema de Nyquist para reproducir fielmente una señal, ésta debe muestrearse cuando menos al doble de la máxima frecuencia presente en la señal, esto significa que si la señal analógica tiene componentes de 0 a 100 Hz, ésta debe ser muestreada y convertida a digital cuando menos a una velocidad de 200 palabras/seg. En casos en que la señal analógica esté cambiando, se presenta un error de conversión que se denomina error de rapidez.

## d) Rango de voltajes analógicos

Este parámetro se refiere a la máxima excursión positiva o negativa del voltaje analógico, en los cuales se tiene una operación adecuada del convertidor A/D.

## e) Impedancia de Entrada del convertidor A/D

Es un valor (dado por el fabricante) que determina la condición de carga para la compuerta anterior al convertidor.

## f) Salida Digital

La salida digital de un equipo convertidor A/D debe especificarse debidamente, tanto si ésta es serie o paralelo, los niveles de las cantidades lógicas (1,0), los

tiempos de subida y caída de los impulsos, etc. Se necesita que la salida digital esté bien caracterizada para poder diseñar los enlaces con otros equipos.

#### g) Rango de temperatura

Normalmente se especifica por el fabricante el rango de temperatura en el cual el convertidor A/D puede trabajar adecuadamente, dentro de la tolerancia y errores previamente establecidos.

#### h) Potencia de consumo y factores mecánicos

Se debe especificar el voltaje de alimentación para el equipo convertidor y la potencia de consumo, así como las dimensiones físicas y peso.

#### i) Rechazo a modo normal

Este se refiere a la posibilidad del convertidor A/D a rechazar señales sobrepuesta o montadas sobre la señal analógica a medir; esta señal de perturbación puede ser causada por : Inducción electromagnética, rizado de la fuente de poder etc. Una señal sobrepuesta puede provocar una comparación indebida en el convertidor y alargar o reducir el tiempo de conversión.

### 2.7.2.2 Características de funcionamiento

Las características reales de un convertidor analógico-digital presentan también diferencias con respecto a las ideales a causa de las imperfecciones de los componentes que lo constituyen. Precisamente hemos visto algunos métodos de conversión como el de doble rampa que procura eliminar el efecto de las citadas imperfecciones.



## CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

- El transductor es el primer componente de un sistema de telemetría, por el cual se convierte una forma de energía tal como temperatura, presión etc, en un parámetro medible eléctricamente, de estos transductores existen pasivos y activos.

- Existen varias características de los transductores las cuales nos sirven para decidir que tipo de transductor es necesario para una determinada medición de un fenómeno comparado con otros transductores que pueden medir la misma variable. Estas características pueden ser rango de entrada, impedancia de salida, linealidad, exactitud, resolución etc.

- Existen varios tipos de transductores como los de temperatura en los cuales incluyen ( Termistores, Termocuplas, RTD y Sensores semiconductores ADS90). Tambien estan los de presión y de fuerza como ( los resistivos, piezoelectricos etc.) etc.

- Las salidas de los transductores a veces no se pueden utilizar si no que primero hay que linealizarla o compensarla (offset), lo que se hace por varias tecnicas análogas y digitales.

- Existen varios tipos de convertidores A/D y D/A para convertir la salida de un transductor, los cuales tienen varias características de funcionamiento y de diseño los cuales limitan al transductor en una aplicación particular.

- Para poder seleccionar el mejor tipo de convertidor que se quiere hay que revisar sus características de diseño como la resolución, tiempo de conversión y código. Asi como sus características de funcionamiento como son : los errores de offset, de ganancia, de linealidad asi como tambien su estabilidad termica, rangos de voltajes, potencia de consumo y factores mecánicos etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Depsey, Jhon A.  
Electronica digital basica con aplicaciones  
Representaciones y Serv. de Ingenieria, S.A.  
1984
- Escalante Córdoba, Herberth Alirio,  
Diseño y construcción de un dispositivo analizador  
de distorsión armónica en redes de baja tensión.  
Tesis para optar al grado de ingeniero electricista,  
Universidad de El Salvador,  
Octubre 1991.
- Holman, Jack P.  
Métodos experimentales para ingenieros  
Mc. Graw- Hill, 4ª edición.  
1986
- Sheingold, Daniel H  
Transducer Interfacing Handbook  
Analog Devices Inc.
- Tocci, Ronald J.  
- Sistemas digitales principios y aplicaciones  
1ª 1981, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

## CAPITULO III

### SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

#### Introducción

Un sistema de adquisición de datos (SAD), en el ancho sentido, puede ser algún método usado para adquirir u obtener algún tipo de datos. Sin embargo, un sistema de adquisición de datos usualmente denota un grupo de componentes electrónicos (un ADC, un MUX, transductores, condicionadores de señal, etc.), que son conectados para ejecutar la medición de señales eléctricas análogas para procesamiento digital. El SAD, es la interface entre las señales eléctricas análogas y digitales.

#### 3.1 Generalidades

Los sistemas de adquisición de datos se usan para medir y registrar señales obtenidas en dos formas básicas:

a)- Señales originadas de la medición directa de cantidades eléctricas; éstas pueden incluir voltajes DC y AC, frecuencia o resistencia y que se encuentra fácilmente en áreas tales como las de las pruebas de componentes electrónicos y análisis de calidad.

b)- Las señales originadas en los TRANSDUCTORES tales como RTD'S y TERMOCUPLAS etc.

Los sistemas de adquisición de datos se pueden clasificar en:

- a)- Sistemas análogos
- b)- Sistemas digitales

Los sistemas análogos: tienen que ver con la información de las mediciones en forma análoga. Una señal análoga se puede definir como una función continua, tal, como trazo de voltaje Vrs. tiempo.

Los sistemas digitales: manejan información en forma digital, Una cantidad digital puede consistir de un número de pulsos discretos y continuos cuya relación de tiempo contiene información acerca de la naturaleza de la cantidad.

La figura 3.1 ilustra las relaciones de los componentes principales de un sistema de adquisición de datos en forma global. Este sistema contiene los siguientes componentes:

- Transductores
- Amplificadores Operacionales
- Amplificadores de Instrumentación
- Amplificadores de Aislamiento
- Modulos de función
- Multiplexores
- Circuitos Sample-Hold (muestreador-retenedor)
- Convertidores Análogos-digitales
- Convertidores Digitales-Análogos
- Contadores Ascendente y Descendente (up-down)
- Filtros
- Fuentes de potencia
- Comparadores
- DPM'S
- Pantalla digital

Raramente algun sistema usa todos los componentes mencionados; de otra manera un sistema complejo muchas veces usa cantidades apreciables de algunos de estos componentes. Además, un componente se escoge por su tamaño y costo y también si esta habilitable como parte integral (IC) de subsistemas con funcionamiento especificado. El diseñador puede entonces no tener que usar componentes individuales para relacionar sub-bloques del diagrama hecho.

- Transductores :ver capitulo 2

- Multiplexor análogo: Esta función permite la selección de algunas de las muchas señales análogas. Si los datos desde muchas fuentes de señales independientes deben ser procesados por el mismo computador o canal de comunicaciones, un multiplexor es usualmente usado para acoplar las señales de entrada en el convertidor A/D en la misma secuencia.

- Condicionadores de señal: esta función generalmente sigue al multiplexor y prepara las señales para la conversión. Puede incluir uno o más de los siguientes componentes: amplificadores lineales o logarítmicos, filtros, sample and hold, etc.

- **Amplificadores** : Si las señales de los transductores están simplemente adaptadas a niveles de milivoltios y los convertidores típicos A/D tienen entradas a plena escala de  $\pm 10$ -voltios. Un amplificador operacional con una apropiada ganancia de lazo cerrado puede ser primeramente seleccionado.

- **De instrumentación (problemas en modo-comun)** : Si datos analógicos deben ser transmitidos sobre largas distancias ( y muchas veces sobre cortas distancias). En disposición para separar la interferencia en modo-comun de la señal a ser grabada o procesada, existen componentes diseñados para este propósito como el amplificador de instrumentación. Típicamente un amplificador de instrumentación es caracterizado por su capacidad de buen rechazo en modo común, alta impedancia de entrada, baja drift, ganancia ajustable, y tiene un mayor costo que los amplificadores operacionales. Se pueden encontrar en módulos IC's de forma monolítica como el AD521 y el híbrido AD522.

- **De aislamiento** : En el suceso de ya sea que queramos un nivel de voltaje en modo común muy alto o la necesidad para una caída de corriente en modo común extremadamente baja o ambos (esto es importante para muchas aplicaciones clínicas de electrónica médica), un amplificador de aislamiento es requerido para interponer un aislamiento en la vía de modo común de la fuente de señal al dato puesto. Muchas veces son considerados para ser usados para aislamiento de datos de entrada de niveles de sistema, también pueden ser usados como salidas de sistemas de comunicaciones a componentes de otros niveles.

**FUENTES DE POTENCIA** : parte de la atención inicial deberá ser puesta a la fuente de potencia como a la selección de convertidores, amplificadores, sample-holds, multiplexores y otros componentes. En muchos casos, claramente la separación de tierras analógicas y digitales son requeridas, demandando en cambio aislamiento considerable entre las varias salidas que proveen las fuentes de potencia modernas.

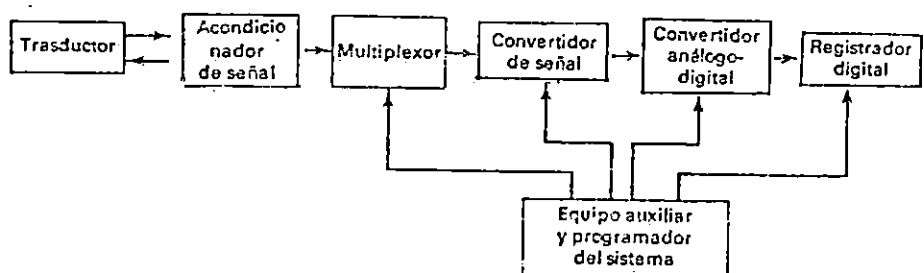


figura 3.1 Esquema de Bloques de un sistema de Adquisición de Datos.

### 3.2 ADQUISICION DE DATOS

Los datos análogos son adquiridos en forma digital para algunos o todos de los siguientes propósitos :

- Almacenamiento
- Transmisión
- Procesamiento
- Visualización

Los datos pueden ser almacenados ya sea en bruto o en forma procesada, estos pueden ser retenidos por un corto, medio o largos periodos; pueden ser transmitidos sobre una gran distancia ( ejemplo fuera del espacio), o cortas distancias, los datos pueden ser desplegados en un DPM o en una presentación de CRT (cathode-ray-tube).

Pero todo esto se hace o inicia con la toma de datos en forma digital, la cual es más rápidamente, más exacta y es barato como necesario. El componente básico para esto es el convertidor análogo/digital.

Las propiedades de un sistema de adquisición de datos depende de las propiedades de los datos análogos en si mismo, y de las propiedades como estos son tratados.

### 3.3 AMBIENTE Y COMPLEJIDAD

Los sistemas de adquisición de datos pueden ser separados al menos en dos categorías básicas :

- Los que están situados en ambientes favorables ( ambiente silencioso electricamente).
- Los que están situados en ambientes hostiles ( fabricas, vehiculos y instalaciones remota).

Este ultimo grupo incluye sistemas de control de procesos industriales incluyendo control digital de procesos de producción automatizada, maquinas herramientas controladas numericamente.

### 3.4 FACTORES DE SELECCION PARA UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS.

La selección de la configuración y los bloques de construcción de los circuitos en una adquisición de datos depende de varias consideraciones críticas las cuales son :

- 1- Resolución y Exactitud
- 2- Números de canales análogos a ser monitoreados
- 3- La relación de muestra por canal
- 4- Requerimientos de condicionamiento de señal
- 5- El costo

Además de la selección de los niveles de funcionamiento de un componente apropiado, claramente el análisis de todos los factores es requerido para obtener una configuración de circuito de bajo-coste las configuraciones incluyen :

- 1- Posibilidades de canal simple
- 2- Posibilidades de Multi-Canal

Algunas de las opciones más interesante del condicionamiento de señal incluyen :

- 1- Conversión Radiométrica
- 2- Opciones para un ancho rango dinámico
  - Conversión de alta resolución
  - Ganancia automática conmutada
  - Compresión logarítmica
- 3- Opciones de reducción de ruido
  - Filtrado
  - Convertidores integrados
  - Procesamiento digital

Finalmente deberá ser considerado al menos tres tipos de presupuesto: Costo del presupuesto, presupuesto del sistema de tiempo y error del presupuesto.

### 3.5. CONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

Este es un término general que incluye una gran variedad de posibilidades. Los comparadores pueden ser usados para tomar decisiones basadas en niveles análogos (ejemplo, para convertir solamente cuando una señal de entrada exceda un unbral ). Los modulos logaritmicos pueden ser usados para un rango de compresión que permite la conversión de señales teniendo resoluciones de  $10^6$  con convertidores de 12 bit.

Los filtros activos son elementos esenciales para minimizar los efectos del ruido y componentes de alta frecuencia indeseadas de la señal de entrada.

En un diseño de sistema todo el procesamiento de datos no puede ser necesariamente solo digital, los circuitos análogos pueden ejecutar procesamientos y reducciones de datos efectivamente realizables y economicamente y deberá considerarse como una alternativa para la reducción del número de canales de transmisión, complejidad del software, ruido y muchas veces el costo.

#### CONVERSION RADIOMETRICA (RATIOMETRIC)

Algunos convertidores A/D tienen una conexión radiometrica o "referencia externa", permitiendo un número de salida digital que representa la relación de la entrada a una referencia de entrada arbitraria (entre límites especificados).

### 3.6 CONVERSION MULTICANAL

En los sistemas de conversión multicanal, los elementos de la cadena de adquisición pueden ser una parte de dos o más fuentes de entrada. Estas partes pueden ocupar un número de canales dependiendo de las propiedades deseadas del sistema multiplexado, donde los sistemas grandes pueden combinar varias clases diferentes de multiplexados.

#### 3.6.1 MULTIPLEXED A LAS ENTRADAS DE LOS SAMPLE-HOLD

La figura 3.2 muestra un sistema típico de esta configuración.



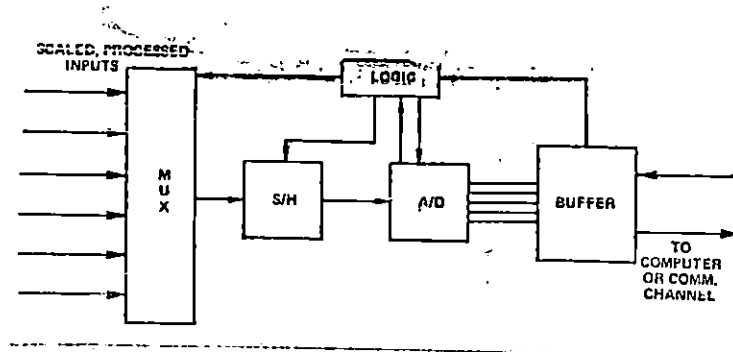


figura 3.2 Sistema de muestreo de multiplexado simultaneo

Para el uso más eficiente del tiempo, el multiplexor esta buscando el proximo canal a ser convertido, mientras el sample-hold en HOLD, esta teniendo una conversión a la salida, cuando la conversión esta completa el estado de la linea del convertidor causa que el S/H retorne a SAMPLE y adquiera el proximo canal, entonces despues del tiempo de adquisición es completado ya sea inmediatamente o por un comando el sample-hold es cambiado a HOLD y comienza la conversión y el multiplexor es puesto en ON.

Este sistema es más lento que todos los vistos anteriormente y ademas los canales pueden dirigirse para que tengan diversas relaciones o identicas . Los multiplexores pueden ser cambiados al modo secuencial o al de acceso aleatorio.

En el modo de acceso aleatorio es totalmente posible que algunos canales pueden ser accesados más frecuentemente.

### 3.7 REDUCCION DEL RUIDO

Como las enfermedades el ruido nunca es eliminado, sino prevenido, curado o tolerado dependiendo de la seriedad y el costo y dificultad del tratamiento.

El ruido en sistemas de adquisición de datos toma tres formas basicas las cuales son:

1- Ruido transmitido : Este ruido es inherente a la señal original.

2- Ruido inherente : Este es el ruido generado entre los componentes usados en la adquisición de datos (ejemplo, Preamplificadores, Convertidores etc.)

3- Ruido Inducido : Es el ruido inducido por fuentes de potencia lógica o otros canales análogos, estos se pueden dar por magnetismo, electrostática o acoplamiento galvanico.

El ruido ya sea aleatorio o coherente (ejemplos algunos fenomenos que inducen ruidos estan correlacionados dentro o fuera del sistema). El ruido aleatorio es usualmente generado entre componentes muchos como resistores, uniones semiconductoras y nucleos de transformadores, mientras que que el ruido coherente ya sea generado localmente por procesos muchos como modulación, demodulación (ejemplo estabilización por chooper) o acoplamientos. El ruido coherente muchas veces toma la forma de impulsos (spikes) aunque esto puede ser alguna forma, incluyendo colectivamente muchas fuentes Pseudoaleatorias.

Como indicamos al inicio del capitulo, que hay dos formas basicas para el diseño de sistemas : estos envuelven esencialmente niveles de señales ordinarias en ambientes desfavorables y estos envuelven extremadamente mediciones de alta resolución en ambientes favorables.

Para ambientes desfavorables, cuando la mayor fuente de ruido es el ruido inducido, el diseñador puede contar primeramente con preamplificación y conversión, aislamiento, escudo, filtrado y compresión de señales donde sea posible.

En ambientes favorables donde las mediciones del proceso y el procedimiento por hardware introduce la mayor porción de incertidumbre, el énfasis puede ser puesto en tecnicas de medición y filtrado, selección del hardware de adquisición de datos para mejor resolución. Procesamiento digital de alta-velocidad para recuperación de señales incluyendo caídas por compensación y ajuste del factor de escala.

Cuando el ruido tiene grandes picos como el componente mayor; el convertidor tipo integrador (doble rampa) usualmente provee filtrado adicional. Para ruido aleatorio, si existen suficientes muestras tomadas de un canal de señal las propiedades estadísticas del ruido son importantes a la salida digital que puede ser filtrado por técnicas digitales.

### CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

- Los sistemas de adquisición de datos se usan para medir y registrar señales originadas en los transductores. Estos sistemas se clasifican en analógicos y digitales.
- Los sistemas de adquisición de datos tiene varias componentes relacionados entre si como, transductores, amplificadores, multiplexores, convertidores A/D y D/A, filtros, fuentes de potencia, pantalla digital etc.
- Los datos adquiridos por un sistema de adquisición se usan para varios propósitos de almacenamiento, transmisión y procesamiento.
- Existen varios factores de selección para seleccionar un sistema de adquisición de datos para alguna aplicación particular
- Existen dos tipos de sistemas de adquisición de datos uno es de canal simple y el otro de multicanal el cual puede manejar un numero de canales para varios transductores por medio de multiplexado
- Una causa principal de errores en estos sistemas de canal simple o de multicanal, es el ruido el cual puede ser transmitido, inherente y inducido . Por el cual estos sistemas utilizan varias tecnicas para reducirlo como filtrado, aislamiento etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Shengold, Daniel H.  
Analog-Digital Conversion Notes  
Ed Analog Devices Massachusetts 1977

William David Cooper  
- Instrumentación Electronica y mediciones  
1986, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

Timothy J. Maloney  
- Electronica Industrial Dispositivos y Sistemas  
1988, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

Texas Instruments Engineering Staff  
Linear and interface circuits applicatiois  
1988, Mc Graw Hill

## CAPITULO IV

### "DESCRIPCION TEORICA DEL DISEÑO A IMPLEMENTAR"

#### Introducción

En el presente capítulo describe de manera detallada, el diseño digital del proyecto: "Diseño y construcción de un sistema experimental de telemetría que opere dentro de la Universidad de El Salvador".

La descripción de las características del sistema se hace a partir de un diagrama de bloques en el cual se muestra de operación; describiéndose cada etapa del diagrama de bloques, como están constituidos estos bloques, y los componentes y circuitos utilizados para diseñar cada parte del sistema.

Luego de describir los diferentes bloques de que consta el sistema, se explica la base del software que se ocupa para poder intercomunicar el sistema diseñado con la computadora, el cual es un programa hecho en Turbo Pascal 6.

#### 4.1 EL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS.

El diagrama de bloques básico para el circuito transmisor de telemetría consta de las siguientes partes:

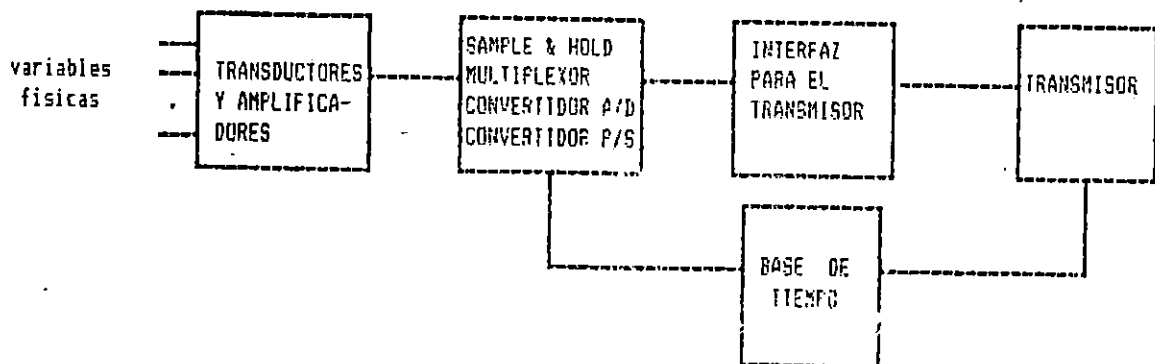


Figura 4.1 Diagrama de bloques general del circuito transmisor de telemetría

Tomando como base el diagrama de bloques general del circuito transmisor de telemetría, mostrado en la figura 3.2, puede diseñarse el sistema con los componentes disponibles. A continuación se muestra el diagrama de bloques del sistema diseñado en el presente trabajo.

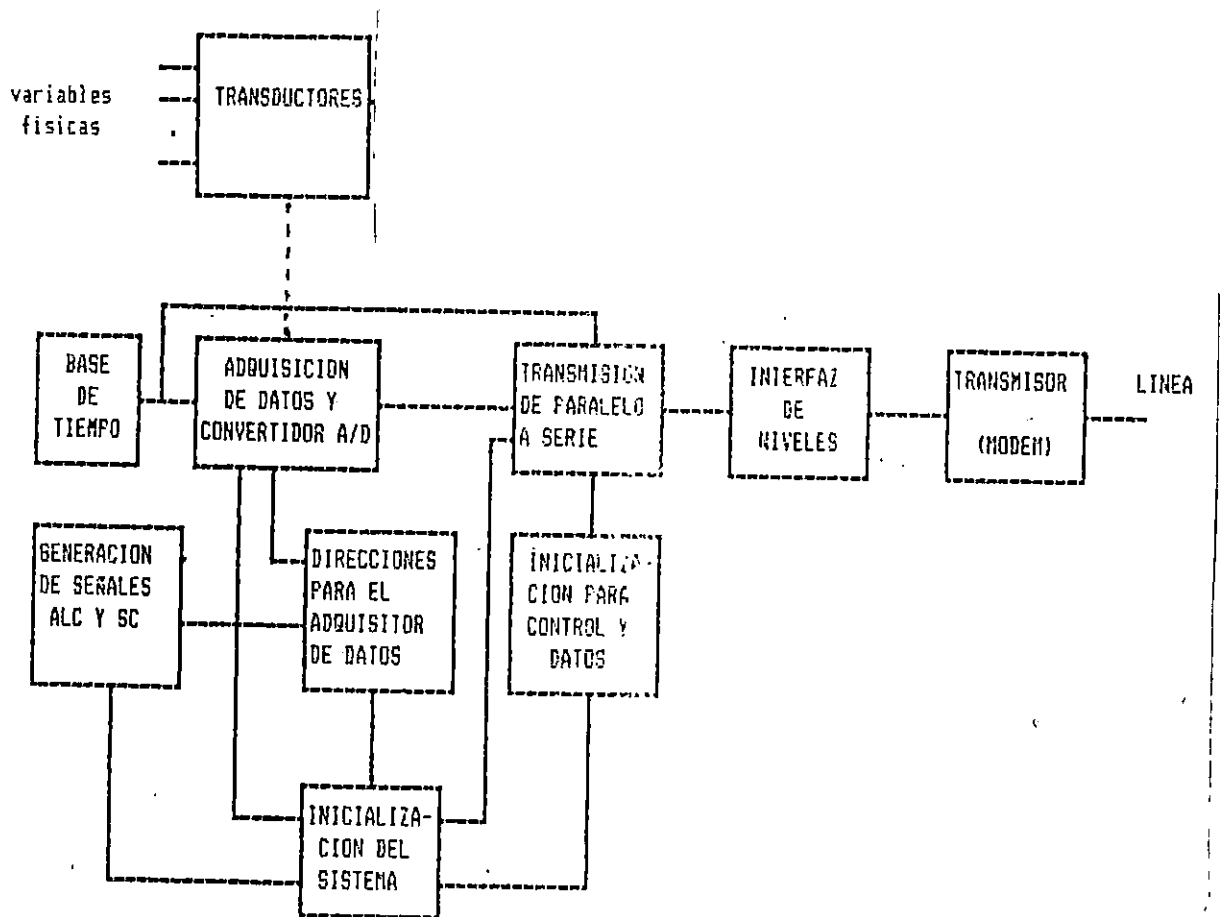


Figura 4.2 Diagrama de bloques del sistema transmisor de telemetría diseñado.

#### 4.2 DESCRIPCION GENERAL DEL DIAGRAMA DE BLOQUES.

Antes de entrar a un análisis detallado de cada etapa, se presenta una descripción general del sistema, a través del diagrama de bloques mostrado en la figura 4.2.

La primera etapa está compuesta por los transductores y amplificadores, los cuales son los encargados de medir las variables físicas de los fenómenos y pasarlas a señales eléctricas con un nivel de voltaje adecuado. Esas señales se introducen al adquirente de datos y convertidor A/D, el cual se encarga de adquirir estas señales, multiplexarlas y convertirlas de analógicas a señales digitales de ocho bits paralelos. Esta palabra de 8 bits entra a un convertidor de paralelo a serie, el cual se encarga de darle el formato para transmisión asincrónica. Luego a esta señal se le da un nivel adecuado de TTL a RS-232C para poder ser introducida al transmisor el cual en este caso es un MODEM con interfaz RS-232C. El MODEM pasa esta señal de forma digital a analógica para poder ser transmitida por una línea telefónica, dedicada o conmutada.

Las otras etapas mostradas en el diagrama de bloques se utilizan para manejar la inicialización del sistema, inicialización para control y datos, direcciones para el multiplexor y la generación de las señales ALC y SC.

Toda esta inicialización y generación de señales para controlar los diferentes bloques del sistema se hace con una base de tiempo general.

#### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO POR ETAPAS.

##### 4.3.1 TRANSDUCTORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL.

Esta etapa del sistema se explicó detalladamente en el capítulo II, por ello remitimos al lector a ese capítulo.

##### 4.3.2 BASE DE TIEMPO.

El bloque de la base de tiempo se diseñó utilizando un circuito integrado generador de relación de bit (bit rate generator, en inglés). Este circuito integrado proporciona las diferentes relaciones de transmisión de baudios, así como la base de tiempo para el sistema de adquisición de datos y es sistema de inicialización.

El circuito integrado utilizado es el MC14411P de Motorola. La asignación de pines de este integrado se muestra en la figura 4.3.

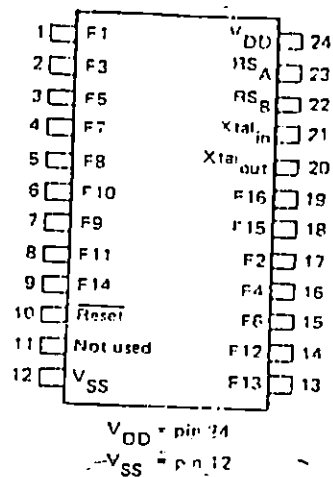


Figura 4.3 Asignación de pines para el IC MC14411F, generador de relación de bit.

El MC14411P provee 16 relaciones de reloj de comunicación al mismo tiempo. Es también programable para que el rango de relación de reloj sea cambiado. La tabla 3.1, muestra las relaciones de reloj si se utiliza un cristal de 1.8432 MHz conectado entre los pines 20 y 21.

Para cambiar la relación de velocidad de bits se utiliza un conmutador con el cual se selecciona la velocidad deseada y este se conecta al pin 4 (reloj de transmisión) del UART, también se obtienen las frecuencias de reloj para la inicialización y para el adquisitor de datos formado por el IC 8601.

Tabla 4.1 Relaciones de reloj de salida para el generador de relación de bit MC14411.

RATE SELECT.

B	A	Relación
0	0	x1
0	1	x8
1	0	x16
1	1	x64



Tabla 3.1 Continuación.

Salida	Relación de salida (Hz)			
	X64	X16	X8	X1
F1	614.4K	153.6K	76.8K	9600
F2	460.8K	115.2K	57.6K	7200
F3	307.2K	76.8K	38.4K	4800
F4	230.4K	57.6K	28.8K	3600
F5	153.6K	38.4K	19.2K	2400
F6	115.2K	28.8K	14.4K	1800
F7	76.8K	19.2K	9600	1200
F8	38.4K	9600	4800	600
F9	19.2K	4800	2400	300
F10	12.8K	3200	1600	200
F11	9600	2400	1200	150
F12	8613.2	2153.3	1076.6	134.5
F13	7035.5	1758.8	879.4	109.9
F14	4800	1200	600	75
F15	921.6K	921.6K	921.6K	921.6K
F16	1.843M	1.843M	1.843M	1.843M

El diagrama del circuito de la base de tiempo esta formado por el MC14411 y un cristal de 1.8432 MHz, este diagrama se muestra en la figura 4.4.

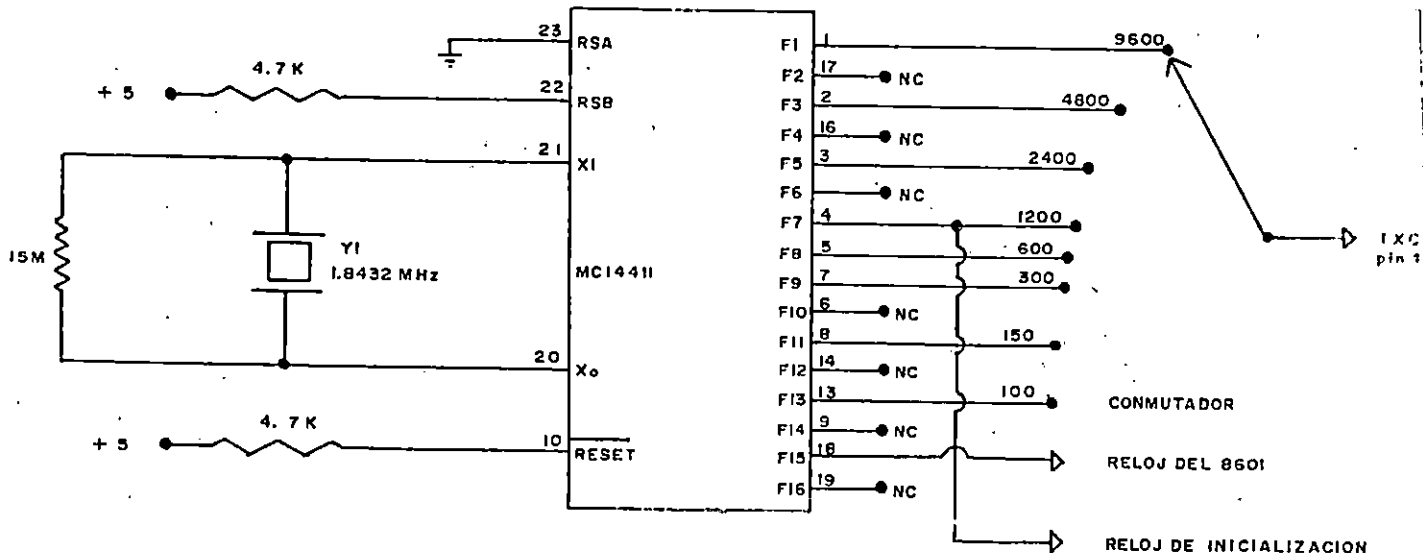


Figura 4.4 Diagrama del circuito de la base de tiempo del sistema adquiretor de datos.

#### 4.4 BLOQUE DE ADQUISICION DE DATOS Y CONVERTIDOR ANALOGICO /DIGITAL.

El segundo bloque del sistema se especifica con mayor detalle en el diagrama de bloques de la figura 4.5.

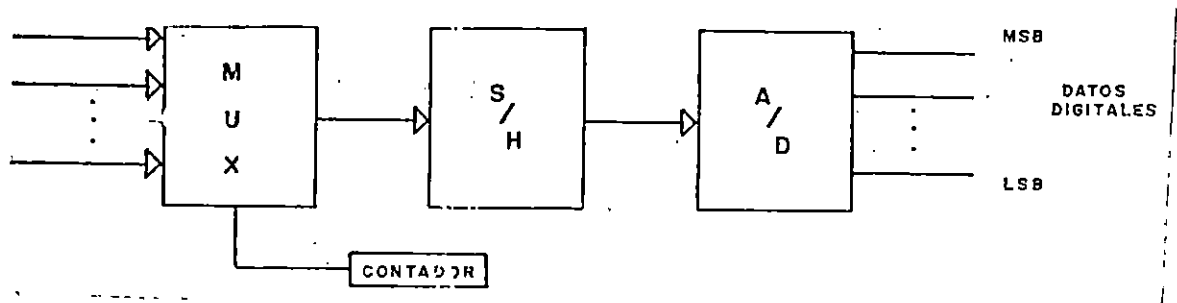


Figura 4.5. Diagrama de bloques del adquisitor de datos.

Para muestrear los diferentes transductores que forman parte del sistema se utiliza un multiplexor, la salida de este multiplexor entra a un circuito de muestreo y contención (sample-Hold), luego esta señal analógica se convierte a digital en el convertidor analógico digital.

Esta etapa se puede implementar usando varios circuitos integrados: multiplexor, muestreo y contención, convertidor analógico digital y el contador para cambiar los canales del multiplexor. Requiriendose al menos cuatro circuitos integrados, pero se utilizó un sistema de adquisición de datos en un solo chip, usando este integrado se evitan los problemas de ruido, el sistema es mas confiable y de menor tamaño.

El sistema de adquisición de datos que se utiliza en el diseño de este trabajo se basa en el circuito integrado SI8601 de Siliconix, el cual tiene 8 canales y una resolución de 8 bits por canal.

##### 4.4.1 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE 8 CANALES 8 BIT CMOS SI8601 DE SILICONIX.

###### 4.4.1.1 DESCRIPCION GENERAL.

El SI8601 es un sistema de adquisición de datos que combina un multiplexor de 8 canales, una función muestreo y contención, un convertidor analógico digital de 8 bit y una lógica de control compatible con microprocesador en un solo chip. Este circuito esta diseñado para sistemas de adquisición de datos de

propósito general, ofreciendo una solución económica en la recolección de datos de señales analógicas generales.

La señal de entrada pasa luego por un capacitor y al convertidor A/D de 8 bit, el cual usa un arreglo de capacitores en un algoritmo de aproximación sucesiva, esta conversión se realiza en 25 micro segundos.

La fuente simple de 5 voltios, los requerimientos de baja potencia y el tiempo de conversión rápida hacen el SIB601 especialmente útil para un amplio rango de aplicaciones industriales, entre ellas:

- sistemas de adquisición de datos.
- instrumentos portátiles.
- monitoreo industrial y sistemas de control.
- colección remota de datos.

El diagrama de pines del SIB601 se muestra en la figura 4.6 .

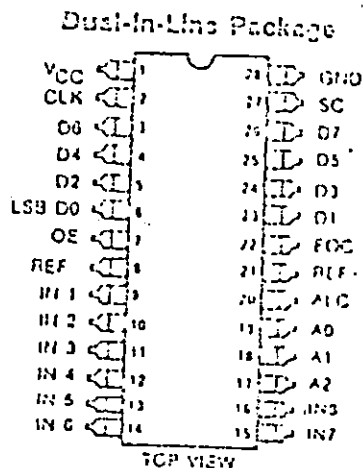
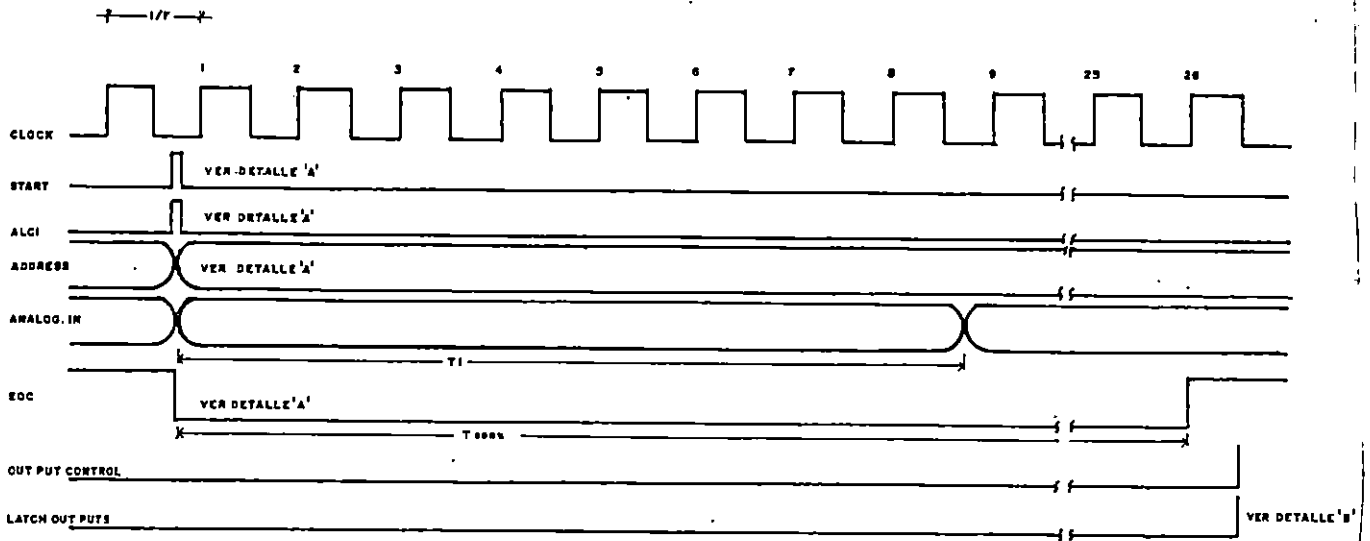
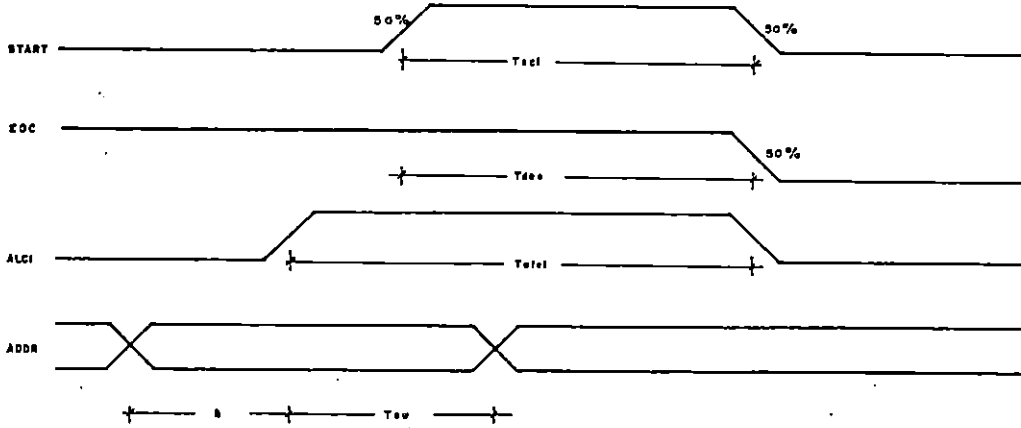


Figura 4.6 Distribución de pines del SIB601.

Para comprender el funcionamiento del SIB601 es útil el diagrama de tiempos. El diagrama de tiempos de las diferentes señales utilizadas en el SIB601 se muestra en la figura 4.7.



DETALLE 'A'



DETALLE 'B'

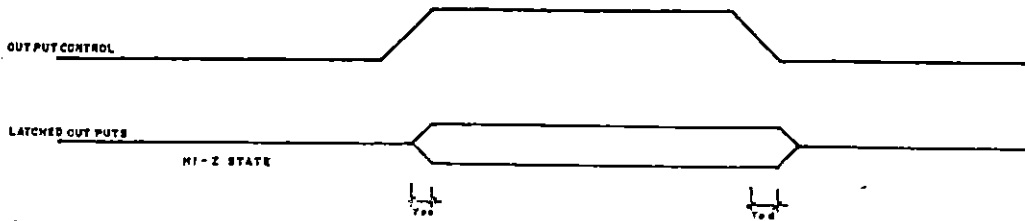


Figura 4.7 Diagrama de tiempo del SI8601.

El pin-out del SI8601 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Asignación de pines del SI8601

Número de pin.	Símbolo	Descripción
1	Vcc	Entrada positiva de la fuente de alimentación.
2	CLK	Entrada de reloj. La amplitud del reloj deberá estar conforme a las especificaciones VIH y VI y el tiempo de rizado deberá ser menor de 10 ns.
3-6	D0, D2, D4, D6	Salidas de datos digitales, el pin 6 es el LSB.
7	OE	Entrada lógica para habilitación de salida. Conecta los Latches de salida de tres estados al bus del microprocesador.
8	REF-	Entrada para el voltaje más negativo de la referencia, normalmente es tierra.
9-16	IN1-INS	Entradas análogas del multiplexor de 8 canales (canal 1: pin 9, canal 8: pin 16).
17-19	A <sub>0</sub> -A <sub>2</sub>	Las tres entradas de direcciones que seleccionan alguna de las 8 entradas análogas.
20	ALC	Control de carga de direcciones.
21	REF+	Entrada para la referencia de voltaje positivo.
22	EOC	Fin de conversión, salida que va a alta al final de la conversión.
23-26	D1, D3, D5, D7	Salida de datos digitales (pin 26 MSB).
27	SC	Inicio de conversión, entrada que inicia proceso de conversión
28	GND	Tierra análoga.

**PRECAUCIONES GENERALES.**

- 1.- VREF + Nunca deberá exceder Vcc por más de 50 mV.
- 2.- VREF - Nunca deberá ser más negativo que tierra por más de 50 mV.
- 3.- Bajo ninguna condición VREF + deberá ser aplicado antes que Vcc.

El multiplexor analógico selecciona 1 de 8 canales de entrada determinado por el código de direcciones de entrada. La transferencia del control de carga de direcciones y el enclavamiento del código hacia el decodificador se da en el borde positivo de la señal ALC. El enclavamiento de salida es reseteado por el borde positivo del pulso de inicio (start). El inicio del muestreo se da con el borde positivo del pulso de inicio (start pulse).

Tabla 4.3. Funcionamiento del multiplexor.

ENTRADAS			SELECCION DEL CANAL ANALOGO.
DIRECCIONES		CONTROL DE CARGA DE DIRECCIONES	
A2	A1	A0	
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	0	3
0	1	1	4
1	0	0	5
1	0	1	6
1	1	0	7
1	1	1	8

El proceso de conversión puede ser interrumpido por un nuevo pulso de inicio antes del final de los 24 periodos de reloj. Las conversiones continuas pueden ser ejecutadas conectando la salida del final de conversión a la entrada del start.

Una aplicación típica del SIS601 es el sistema de conversión radiométrica, donde el  $V_{REF-}$  debe conectarse a tierra y  $V_{REF+}$  debe conectarse a  $V_{CC}$ . La salida será entonces una relación proporcional simple entre el voltaje de entrada analógico y  $V_{CC}$ , así:

$$\frac{D_{out}}{2^n} = V_{IN} / (V_{REF+} + V_{REF-})$$

Donde:

$D_{out}$  = Salida digital.

$V_{IN}$  = Entrada analógica.

$V_{REF+}$  = Potencial de referencia positivo.

$V_{REF-}$  = Potencial de referencia negativo.

En nuestro sistema la salida digital es:

$$D_{out} = (V_{IN}/(V_{REF+} + V_{REF-})) * 2^n$$

Donde el  $V_{IN}$  sería el de los transductores, el  $V_{REF+}$  es +5 V y el  $V_{REF-}$  es GND.

### 3.5 BLOQUE DE ACCESO DE DIRECCIONES AL ADQUISITOR DE DATOS

Este bloque se encarga de ir accediendo los diferentes canales analógicos del SI8601 poniendo el código respectivo en la entrada de direcciones del SI8601 pines 17, 18 y 19. Este bloque se diseña con un chip TTL el IC 74LS93, el cual es un contador binario de 4 bits y se usa en la configuración que se muestra en la figura 4.8.

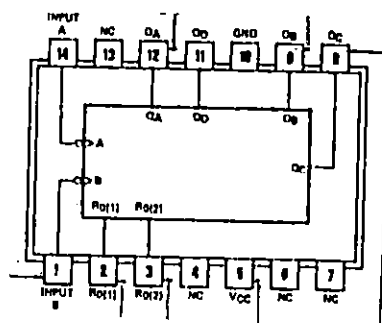


Figura 4.8 Configuración del IC 74LS93.

Como se observa de la figura el contador se ha conectado como un contador MOD-8 el cual accesará por cada transición de su reloj un canal del SI8601. El reloj del 7493 viene del 5850 pin 7, además la entrada del pin 2 ( $R_{02}$ ). Se utiliza conjuntamente con el bloque de inicialización para poner a cero el contador y que comience a transmitir los datos del canal 0 inicialmente.

#### 4.6 BLOQUE DE GENERACION DE SEÑALES ALC Y SC DEL SI8601

Este bloque se diseña para la generación de las señales Address Load Control y Start Conversión cada vez que se quiera cambiar el acceso a los canales analógicos y dar también el inicio de cada conversión analógica/digital del SI8601. El circuito que hace esto se muestra en la figura 4.9.

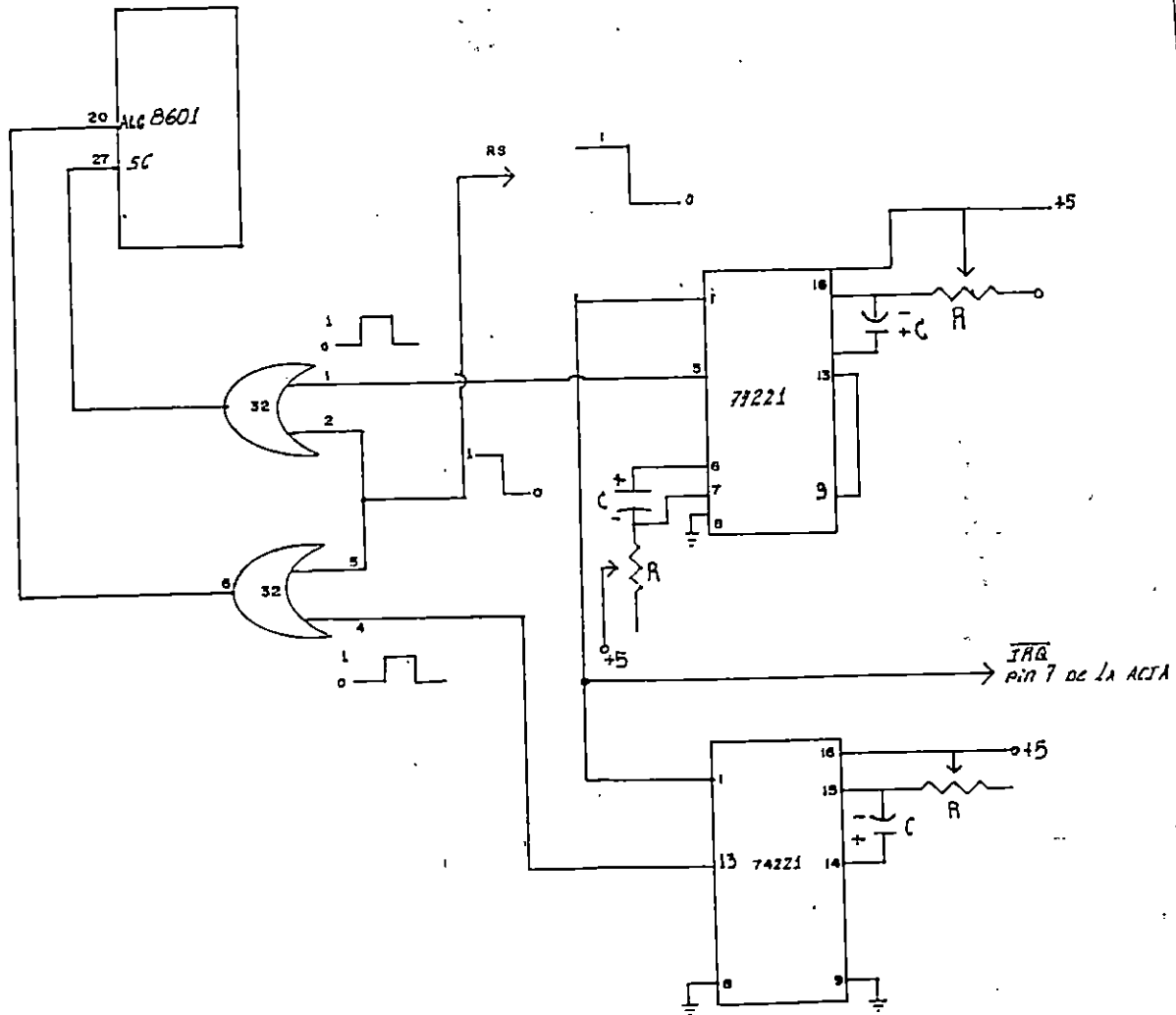


Figura 4.9 Generación de señales ALC y SC del SI8601.



De este circuito se puede ver que para generar las señales ALC y SC se utilizan los IC 74121. Estos son disparados por la señal IRQ de la ACIA y manejan a su vez unas compuertas OR que están conectadas a las señales ALC y SC. Cuando la ACIA tiene libre el registro de transmisión de datos envía una señal de interrupción IRQ como se muestra en la figura 4.10. Esta señal de IRQ maneja el pulso de duración para la generación de las señales ALC y SC. Estos pulsos deben tener una duración mínima para que pueda aceptarlos el 82501. Estos requerimientos son: para la SC se necesitan 200 nseg como mínimo y para la ALC 100 nseg como mínimo, estos tiempos se cumplen en el 74121 escogiendo los valores de Cext y R. El tiempo que dura el pulso viene dado por la ecuación

$$t_w = 0.7 C_{ext} * R_{ext}$$

La señal SC se forma con los dos one-shot mostrados en el diagrama. Se hace así para que llegue exactamente igual con la señal ALC. El diagrama de tiempo para estas señales quedará:

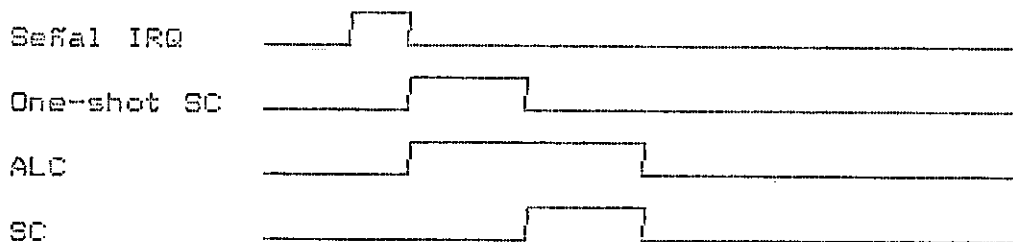


Figura 4.10 Diagrama de tiempo de las señales ALC y SC del 8601.

Al inicio las señales ALC y SC deben de tener un nivel lógico alto y luego para hacer la primera conversión deben quedar en un nivel lógico cero. Esta señal es generada por la señal RS. Al darse esta primera conversión el 8601 genera una señal de fin de conversión (EOC), la cual maneja la señal E de la ACIA y se da una señal IRQ que quedará manejando después con cada conversión los one-shot que generaran las señales ALC y SC.

#### 4.5 BLOQUE DE CONVERSION DE PARALELO A SERIE.

A continuación del bloque de tiempo y el adquisitor de datos está el bloque de conversión de paralelo a serie. Para esta parte del diseño se utilizó un adaptador de interface de comunicación. Dependiendo de la función que ejecute este adaptador se conoce con diferentes nombres. Así tenemos que se le denomina USART (Universal Synchronous Asynchronous receiver/transmitter), si tiene las dos opciones de transmisión asincrónica y síncrona. Un ejemplo de USART es el 8251P de INTEL. Se le denomina UART ( Universal Asynchronous receiver/transmitter), al que tiene solo la opción de transmisión asincrónica.

Para el diseño de este trabajo se utiliza la UART MC6850 de Motorola también llamada ACIA (Asynchronous communication interface adapter).

Entre las funciones primarias que esta UART ejecutará en el sistema están:

- 1.- Ejecutar la conversión de datos serie-paralelo y paralelo-serie.
- 2.- Ejecutar la detección de error insertando y verificando bits de paridad.
- 3.- Insertar y detectar los bits de inicio y parada.

En la figura 4.11, se muestran 3 aplicaciones del uso de la ACIA MC6850.

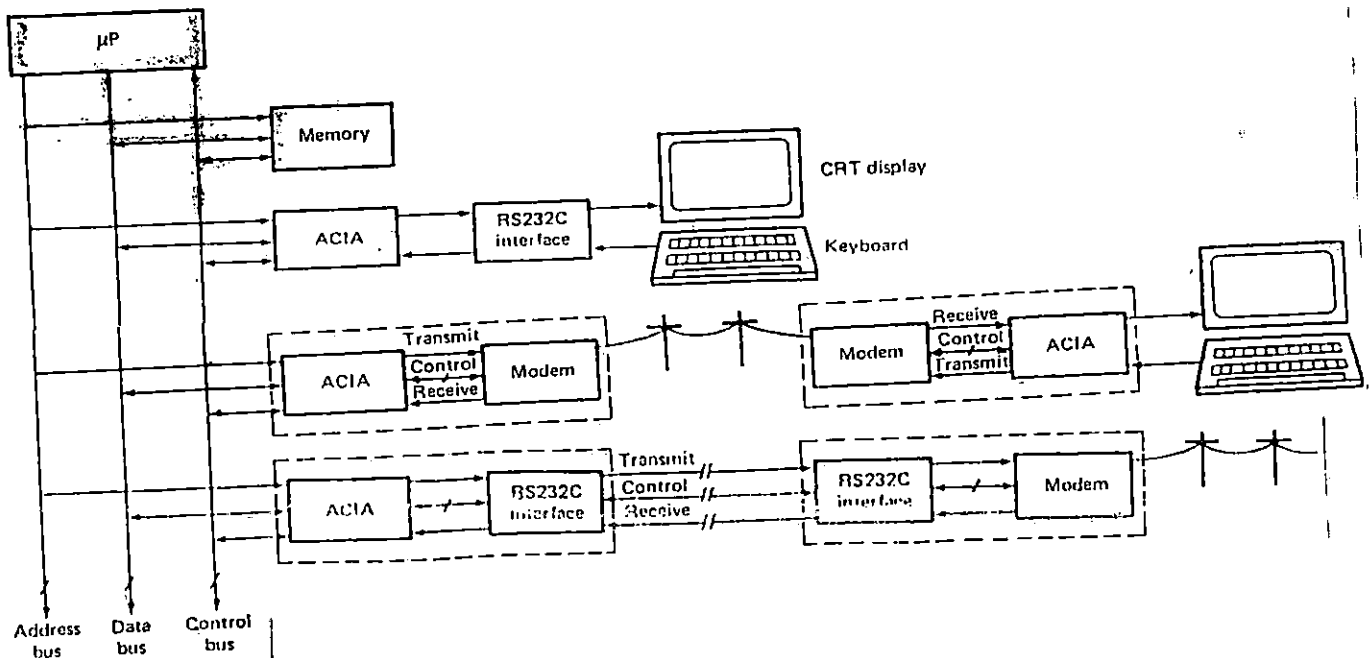


Figura 4.11. Aplicaciones de la ACIA.

Esta UART es fabricada en DIP de 24 pines. El pin out se muestra en la figura 4.12. Este componente es capaz de transmitir y recibir datos en serie. La relación de baudios es de 19200. Además puede controlar un modem a través de RTS, CTS y DCD.

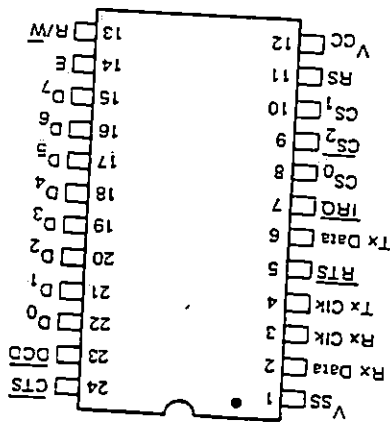


Figura 4.12. Asignación de pines de la ACIA MC6850.

#### 4.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

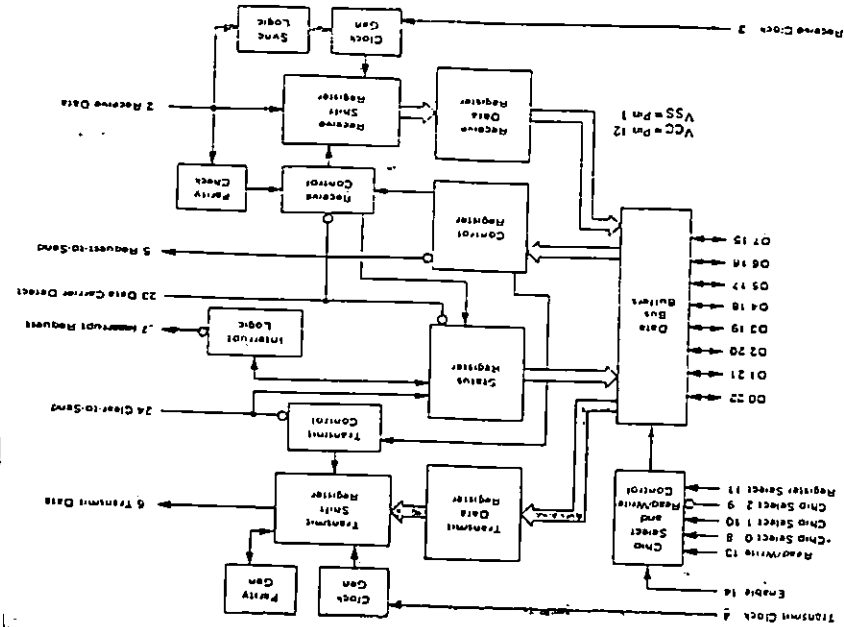


Figura 4.13. Diagrama de bloques de la ACIA MC6850.

La figura anterior muestra el diagrama interno de bloques de la ACIA. Este consiste en un número de registros, incluyendo un registro transmisor de datos, un registro de desplazamiento, registro de estado, registro de control, registro receptor de datos y registro de desplazamiento de receptor. Además de estos registros este componente tiene un seleccionador de chips, una circuitería de control de lectura entre escritura, buffers del bus de datos, circuitería de control de periférico, generación de paridad y circuitería de prueba de paridad.

Solamente 4 registros pueden ser accesados, estos son:

- a) Registro transmisor de datos.
- b) Registro de estado.
- c) Registro de control.
- d) Registro de recepción de datos.

Todos estos registros son de 8 bits. Los registros de transmisión de datos y control son registros de solo escritura y los registros de recepción de datos y estado son registros de solo lectura.

Los bits del registro de control determinan como se programan la MC6850 para operar. Cambiando el código binario de estos bits, el programador puede seleccionar operar el componente de diferentes modos.

#### 4.5.2 OPERACION COMO TRANSMISOR.

A continuación se describe la secuencia típica de transmisión en la MC6850, solo se describe la transmisión ya que en el sistema no se utilizará la parte de recepción.

Se envía el dato al registro de datos del transmisor por un microprocesador u otro sistema. En el caso presentado aquí este dato es tomado de la salida digital del SI8601.

La circuitería interna de la ACIA transfiere el dato al registro de desplazamiento del transmisor, el dato es entonces enviado hacia afuera serialmente en la línea de datos transmitidos. Antes de enviar el dato al registro transmisor de datos, debe saberse si el registro está esperando. Esto se puede saber de dos formas:

- 1.- Recibiendo una señal de solicitud de interrupción.
- 2.- Verificando un bit en un registro de estado para saber cuando el registro transmisor de datos esta lleno o esperando.

El registro de desplazamiento de transmisión es un registro de desplazamiento paralelo a serie. La circuitería interna de la ACIA transfiere los datos desde el registro de datos al registro de desplazamiento en paralelo. Luego los datos son transmitidos hacia afuera serialmente.

La razón para usar estos dos registros es que se puede usar un nuevo dato al registro de datos cuando la ACIA está transmitiendo un carácter desde el registro de desplazamiento. Esta técnica es llamada: "Double Buffering".

La ACIA genera automáticamente el bit de inicio y puede ser programada para generar un bit de paridad (par o impar) y uno o dos bits de parada. Estos bits son desplazados hacia afuera del registro de desplazamiento transmisor en el borde negativo de la señal de transmisión de reloj. Primero es transmitido el bit de inicio, seguido por el bit de datos menos significativo (D0). Los bits D1 hasta D7, el bit de paridad y los bits de parada son desplazados a continuación.

La relación a la cual se transmite los datos se determina por una señal de reloj de transmisión externa y por un código de bits escrito en dos bits del registro de control.

#### 4.5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PINES Y SEÑALES DE LA ACIA.

##### a) PINES DE SELECCIÓN DE CHIP (CS0, CS1 y CS2)

El 6850 tiene 3 pines de selección de chip que son entradas de alta impedancia y compatibles con TTL. El 6850 es seleccionado cuando CS0 y CS1 son altas y CS2 es baja.

##### b) SELECCIÓN DE REGISTROS (RS).

El componente usa el nivel lógico en esta línea y el nivel de la línea lectura/escritura para determinar cual de los cuatro registros internos se pueden acceder. La tabla 3.4, muestra cuales registros de la ACIA se acceden para los diferentes combinaciones lógicas de las líneas RS y R/W.

Tabla 4.4 Tabla de verdad para las líneas de selección de registros y lectura/ escritura de la ACIA.

ESTADO LOGICO DE LA LINEA RS	ESTADO LOGICO DE LA LINEA R/W	COMUNICACION CON LOS REGISTROS DE LA ACIA
L	L	Se envían datos al registro de control.
L	H	Se leen datos del registro de estado.
H	L	Se envían datos al registro transmisor de datos.
H	H	Se leen datos desde el registro de recepción de datos.

#### c) BUS DE DATOS.

Los pines D0-D7, constituyen un bus de datos bidireccional de 8 bits que conecta la 6850 con el sistema adquirente de datos. Cuando la 6850 no es seleccionada el bus de datos de salida va al estado de alta impedancia.

#### ENABLE (EO).

E es más exactamente visualizada como una señal de sincronización interna. Toda la transferencia de datos entre la ACIA y el sistema ocurre en el borde negativo de la señal E.

#### SOLICITUD DE INTERRUPCION (IRQ).

Este pin permite a la ACIA señalar al sistema adquirente de datos que está enviando o recibiendo datos. Cual condición ocurre depende del estado lógico de ciertos bits de control de la ACIA y el registro de estados.

## ENTRADAS DE RELOJ (TxCLK Y RxCLK).

Existen 2 líneas de entradas de reloj. El reloj de transmisión (TxCLK) y el reloj de recepción (RxCLK).

Las entradas de reloj de transmisión y recepción crean las señales de sincronización para los datos que serán transmitidos o recibidos en las líneas de transmisión y recepción de datos.

Las frecuencias de reloj pueden ser 1, 16, o 64 veces la relación de datos. El 6850 tiene un divisor interno.

El transmisor envía datos en la transición negativa de la señal de reloj. El receptor muestrea datos en la transición positiva de la señal de reloj de recepción.

## LECTURA/ESCRITURA (R/W).

El estado lógico de la línea lectura/escritura determina cuando se está recibiendo o enviando datos del periférico a la ACIA.

## CONTROL PERIFERICO Y MODEM.

EL 6850 permite un limitado control de un modem a otro equipo periférico. Los pines de control son: clear to send (CTS), request to send (RTS), y data carrier detect (DCD). Estas líneas son activas bajas.

## REQUEST TO SEND (RTS).

La línea RTS es una línea de salida usada muchas veces con un modem. Esta línea permite enviar una señal al modem indicando que el sistema está listo para enviar datos. El nivel lógico de esta línea es determinado por bits en el registro de control en la ACIA.

## CLEAR TO SEND (CTS).

La línea CTS es usada por la ACIA para recibir una señal de control desde el modem. Esta señal indica que el modem está listo para recibir datos desde la ACIA y enviar datos sobre la línea telefónica. Si esta línea no es usada deberá forzarse a un nivel bajo.

## DATA CARRIER DETECT (DCD).

La línea DCD, como la línea CTS, es una línea de entrada para la ACIA desde el modem. Esta línea es usada para señalar a la ACIA que la portadora del modem se ha perdido. La MC6850 generará una solicitud de interrupción, así efectivamente se detendrá la salida de datos serialmente. La señal DCD es equivalente a la señal estándar DTR (Data terminal ready), ya que la 6850 no tiene la señal DTR. Si la línea DCD no se usa se deberá forzar a un nivel bajo.

### 4.5.4 COMO PROGRAMAR LA ACIA.

La programación es realizada enviando un número de 8 bits al registro de control de la ACIA el cual es un registro de solo escritura. Estos bits controlan como los datos serán transmitidos y recibidos en la ACIA. El registro de control es accedido al seleccionar la ACIA, cuando las líneas (CS0, CS1 y CS2) y poniendo el registro de selección (RS) y las líneas R/W en un nivel bajo.

Cada grupo de bits del registro de control es etiquetado en la figura 4.14, y descrito seguidamente.

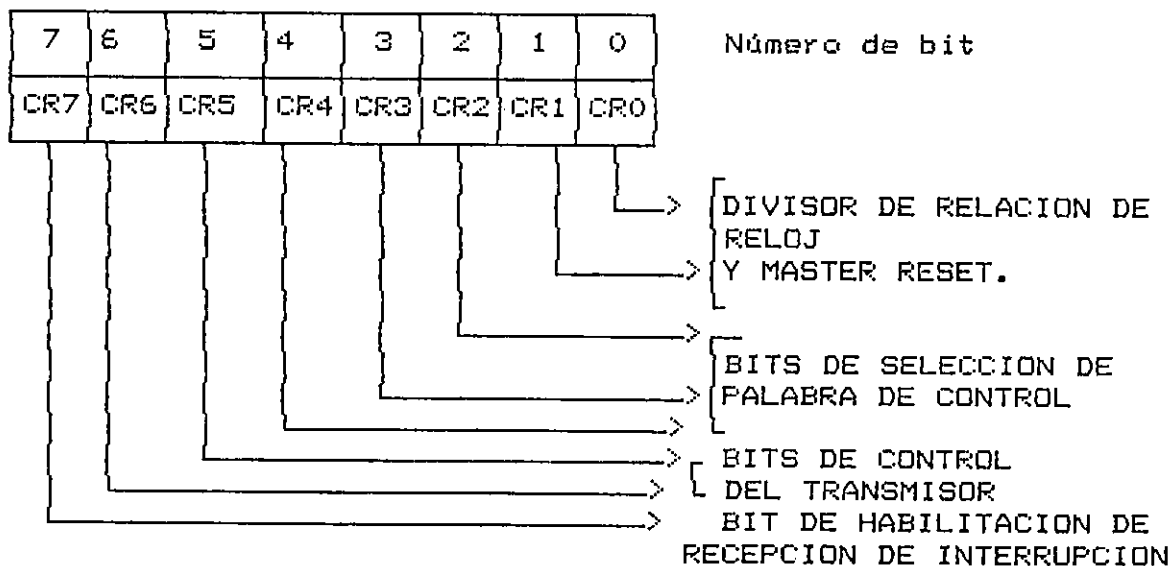


Figura 4.14 . Registro de control con nombres de bits para la ACIA.



## **BITS CRO Y CR1-DIVISOR DE RELOJ Y MASTER RESET.**

La codificación binaria en estos dos bits determina la relación de división usada para ambas secciones del transmisor y receptor. Estos dos bits también son usados como un master reset. En la tabla 3.5 se muestra la codificación de los bits y sus funciones.

Tabla 3.5 Bits de división de reloj/master reset.

BITS DE CONTROL		FUNCION
CR1	CRO	
0	0	% 1
0	1	%16
1	0	%64
1	1	Master Reset

Después que la potencia es aplicada, la circuitería interna de la ACIA sensa la transición de encendido que mantiene el chip en una condición reset para prevenir transiciones de salidas erróneas. Esta condición de reset deberá realizarse en orden para usar la 6850. Esto es, se debe poner a CRO y CR1 a lógica 1 antes de programar el registro de control totalmente.

Después que la lógica de control de la ACIA ha sido reseteada, el sistema puede enviar una codificación binaria al registro de control para programar el componente. Los bits 0 y 1 ahora tienen una función enteramente diferente, ellas determinan la relación a la cual los datos serie son enviados y recibidos por la ACIA. Esto permite a la ACIA tener su circuitería interna del reloj operando a una frecuencia  $1/ftx$  de la frecuencia del reloj externo.

## **LOS BITS DE SELECCION DE PALABRA.**

Los bits 2,3 y 4 determinan el formato del carácter para transmisión y recepción para la ACIA. Estos bits establecen:

- 1.- El número de bits de datos (7 u 8).
- 2.- El tipo de paridad (impar, par ó ninguna).
- 3.- El número de stop-bits (1 ó 2).

Como existen 3 bits se tienen 8 posibles combinaciones de las cuales el programador puede seleccionar, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Bits de selección de palabra.

BITS DE CONTROL			NUMERO DE BITS DE DATOS	TIPO DE DE PARI DAD	NUMERO STOP-BITS	NUMERO TOTAL DE BITS INCLUYENDO UN START BIT
CR4	CR3	CR2				
0	0	0	7	impar	2	11
0	0	1	7	par	2	11
0	1	0	7	impar	1	10
0	1	1	7	par	1	10
1	0	0	8	ninguna	2	11
1	0	1	8	ninguna	1	10
1	1	0	8	impar	1	11
1	1	1	8	par	1	11

#### BITS DE CONTROL DE TRANSMISION.

Estos dos bits de control proveen las sigientes tres funciones, todas las cuales están en la transmisión de datos.

1. Envía(habilita) o no envía(deshabilita) una señal de solicitud de interrupción al periférico cuando la ACIA ha transferido los datos desde el registro transmisor de datos al registro de desplazamiento transmisor.

2. Pone el estado lógico de la línea request-to-send(RTS).

3. Transmite un nivel de alto (una serie de espacios) para la primera función. Si una señal de interrupción es enviada desde la ACIA al periférico, entonces el periférico conoce que se puede enviar un nuevo dato al registro transmisor de datos.

Los bits 5 y 6 del registro de control también determinan el nivel lógico de la línea request-to-send. La línea RTS tiene un estado activo bajo, es cuando esta línea es baja. El periférico a través de la ACIA está solicitando enviar datos.

La codificación binaria para los bits de control 5 y 6 son resumidas en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Bits de control de transmisión

Bits de Control		Nivel lógico en RTS	Señal IRQ a transmisión al periférico	Nivel de alto a la transmisión del periférico
CR6	CR5			
0	0	L	NO	NO
0	1	L	SI	NO
1	0	H	NO	NO
1	1	L	NO	SI

#### BIT DE HABILITACION DE SOLICITUD DE INTERRUPCION (CR7,CR1E)

Este bit habilita ó deshabilita la solicitud de interrupción que se envían al periférico desde la sección del receptor ACIA.

#### REGISTRO DE ESTADO.

El registro de estado (SR) es un registro de solo lectura de 8 bits. Este registro indica la condición de 6 actividades internas y dos actividades externas.

Cada bit en el registro de estado está etiquetado como se muestra en la figura 4.15. El estado lógico(0 ó 1) de cada bit indica una condición particular.

El registro de estado es leído seleccionando la ACIA y poniendo en lógica cero el pin RS.

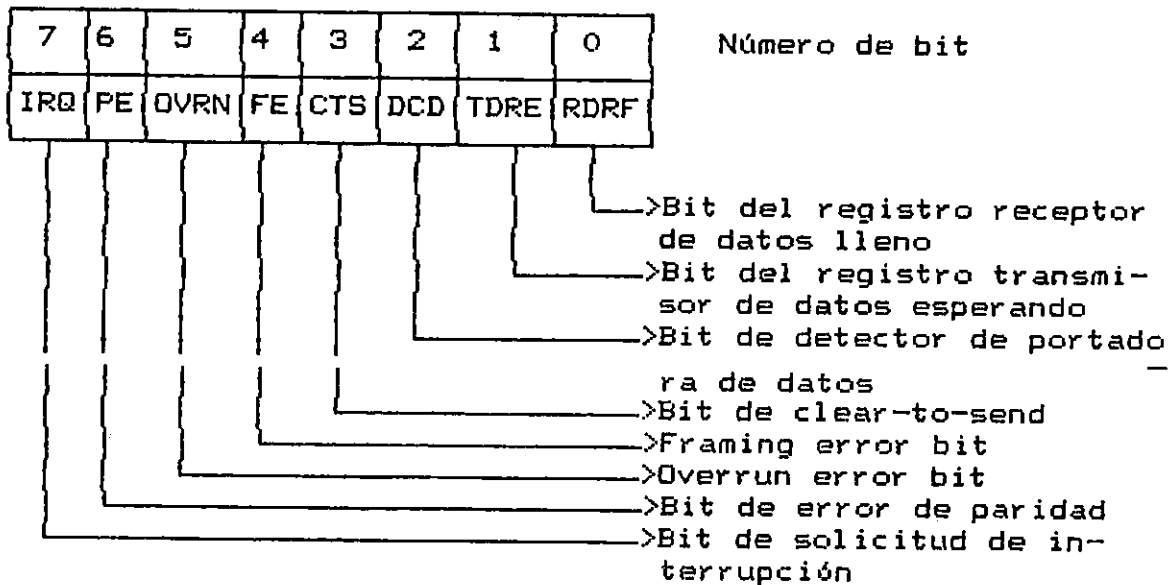


Figura 4.15 Nombre de los bits del registro de estados para la ACIA 6850.

Para el sistema propuesto la ACIA fue programada en el registro de control de la siguiente manera:

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1

Registro de control

En el cual se puede observar por la teoría antes descrita que:

- La ACIA operará en una frecuencia de 1/16 del reloj externo
- La ACIA tendrá como formato de caracter de transmisión.
  - a) 8 bits de datos
  - b) paridad
  - c) un stop bits de parada
- La ACIA pondrá un nivel lógico bajo a la señal CTS y se habilitará una IRQ.

Teniendo las tres partes básicas del sistema a implementar sólo queda diseñar las siguientes etapas de los bloques, los cuales nos servirán para la programación de la ACIA, inicialización del sistema y sincronización y conexión de los diferentes dispositivos.

#### 4.8 BLOQUE DE INICIALIZACION PARA CONTROL Y DATOS

El próximo bloque a diseñar es el que nos ayudará a resetear y programar la palabra en el registro de control de la ACIA 6850 para seleccionar cómo va a transmitir los datos.

En la figura 4.16 se presenta el diagrama de esa parte del diseño del sistema. Como se muestra en la figura 4.16 la ACIA se debe resetear antes de programarla. Esto se hace poniendo los bits 0 y 1 del registro de control con nivel lógico 1 y estando las líneas RS y R/W en un nivel lógico cero. Luego que se ha hecho el reset se envía la palabra de control al registro de control, manteniendo siempre las líneas RS y R/W bajas. Luego que se ha escrito la palabra de control, la ACIA está lista para aceptar datos del SIB601. Para que la ACIA pueda aceptar datos la línea RS debe estar lista en un nivel alto y R/W en un nivel bajo.

De lo dicho anteriormente se concluye que un bit del reset debe tener un nivel alto inicialmente y luego un nivel bajo así como RS debe tener un nivel bajo inicialmente y luego un nivel alto. Para hacer esto se utiliza el IC TTL 74221 que es un multivibrador dual monoestable, también llamado one-shot.

Para generar la señal de inicio (start) de todo el sistema se utiliza la señal del MODEM DCD, esta señal deberá tener inicialmente un nivel lógico cero y cuando se dé el inicio un nivel lógico uno. Como la señal de algunos IC's no pueden manejar muchas entradas TTL se han colocado buffers a la salida de estos. Estos buffers lo forman el IC 7404, los cuales se encargan de manejar los diferentes one-shot mostrados en el circuito. Estos one-shot a su vez están conectados a la entrada del reloj de los Flip-Flops JK los cuales están formados por el IC 74112 que se encargan de generar las señales para el bit 2 y RS respectivamente. El tiempo que tiene el pulso de salida para el one-shot del bit 2 es de 7 mseg y para el RS es de 34 mseg.

Además cada one-shot y JK llevan una red RC en el clear o preset para asegurar que tengan un nivel de inicialización adecuado. Como se dijo anteriormente, para programar la ACIA se debe mandar primero una palabra de control y después los datos a ser transmitidos. Como el bus de datos de la ACIA es el mismo para control y datos se utilizan dos IC 74LS244 (Ocho buffers receptores de línea) los cuales son habilitados por la señal RS, la cual llega inicialmente al 74244 que tiene la palabra de control, esta misma señal es pasada por un inversor para deshabilitar al 74244 que dejará pasar los datos a transmitir del 8601.

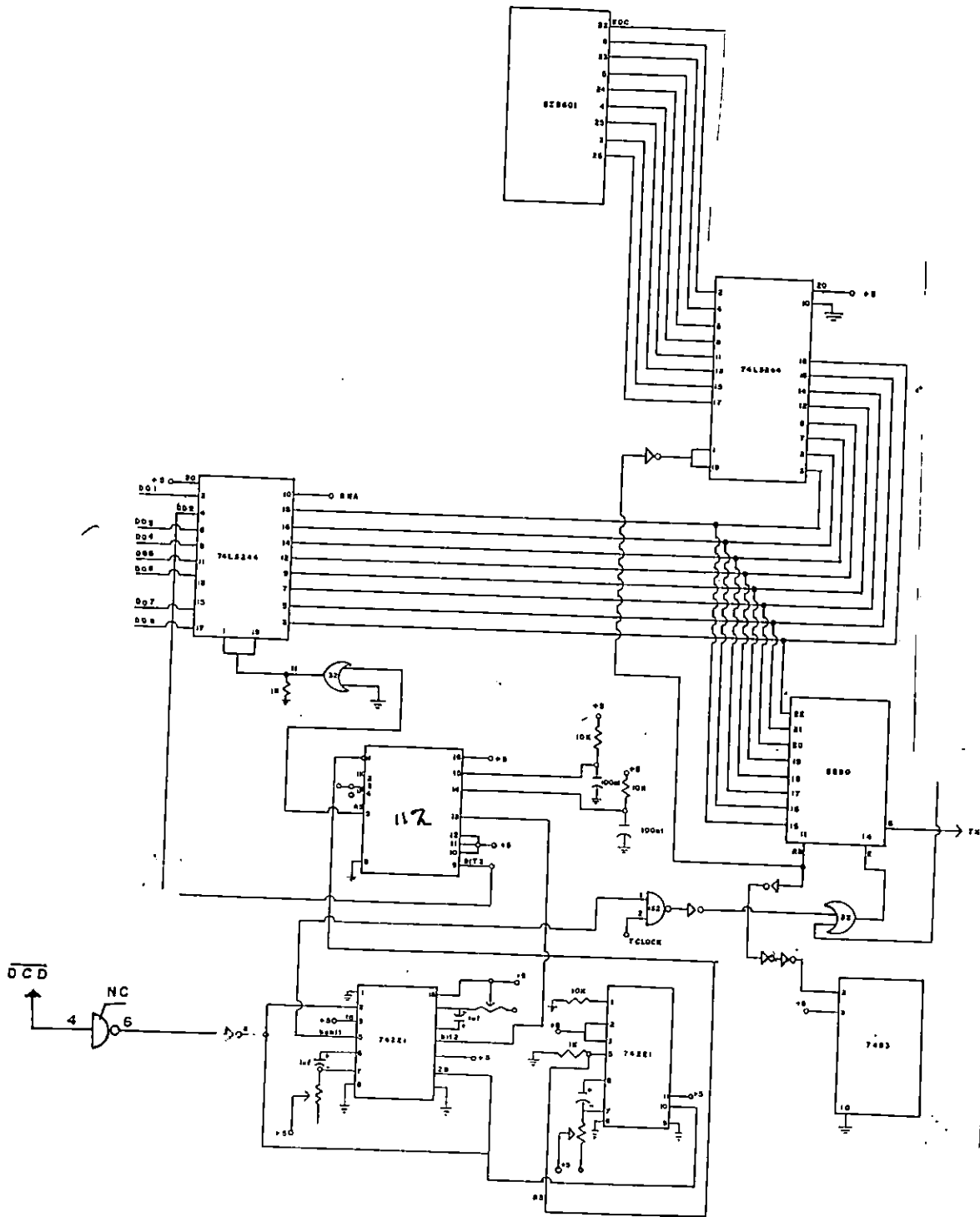


Figura 4.16 Circuito de inicialización para control y datos.

Resumiendo podemos escribir cuál nivel debe tener cada señal para control y para datos.

PARA CONTROL	PARA DATOS
RS = 0    E = 1	RS = 1    E = 1
IG = 0    2G = 1	1G = 1    2G = 0
Habilita palabra de control y deshabilita los datos.	Habilita datos y deshabilita palabra de control

#### 4.9 BLOQUE DE INICIALIZACION DEL SISTEMA COMPLETO

Este bloque es el circuito que se utiliza para generar los pulsos de señal E para que pueda hacerse la programación de la ACIA. El circuito se muestra en la figura 4.17.

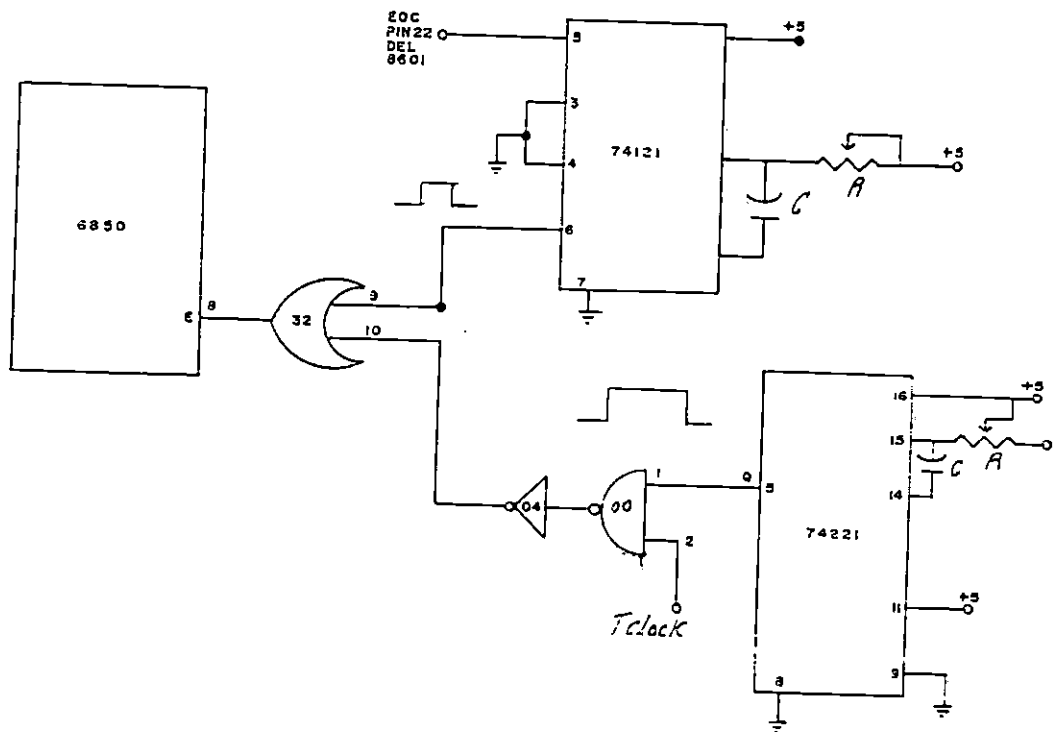


Figura 4.17 Bloque de inicialización del sistema completo.

El one-shot 1 se utiliza para dar el tiempo de habilitación en que se hará el master-reset y se escribirá la palabra de control en la ACIA. La compuerta AND actúa como una compuerta habilitadora para dejar pasar en el tiempo de habilitación los pulsos del reloj de inicialización.

La frecuencia del reloj de inicialización debe ser por lo menos de 1 KHz. Luego que se ha hecho la inicialización el nivel lógico de E vuelve a cero y luego queda gobernado por la señal EDC del S18601, el cual va a la entrada del one-shot IC 74121 el cual da a su salida el pulso de reloj interno de la ACIA E (pin 14).

La figura 4.17 muestra también el diagrama de tiempos de cada una de las señales.

### 3.9 BLOQUE DE INTERFACE DE NIVELES

Luego que la ACIA está lista para transmitir se pueden enviar los trenes de datos hacia el receptor. Para enviar estos datos se utiliza como canal la línea telefónica, utilizando para ello MODEMS en el transmisor y receptor.

Para interfasar la UART con el MODEM es necesario hacer una conversión de voltajes TTL a niveles RS-232-C y viceversa. Este requerimiento para invertir los niveles lógicos causa que un "1" es un voltaje positivo en TTL y un voltaje negativo en RS-232-C. Para hacer este desplazamiento de niveles se utilizan manejadores y receptores IC especiales, los cuales se muestran en la figura 4.18 con su pin-out y su número comercial.

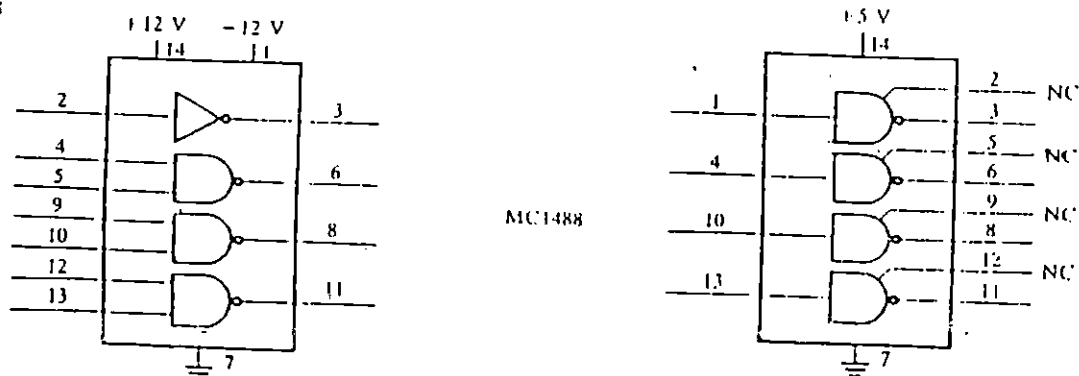


Figura 4.18 IC's MC1488 y MC1489.



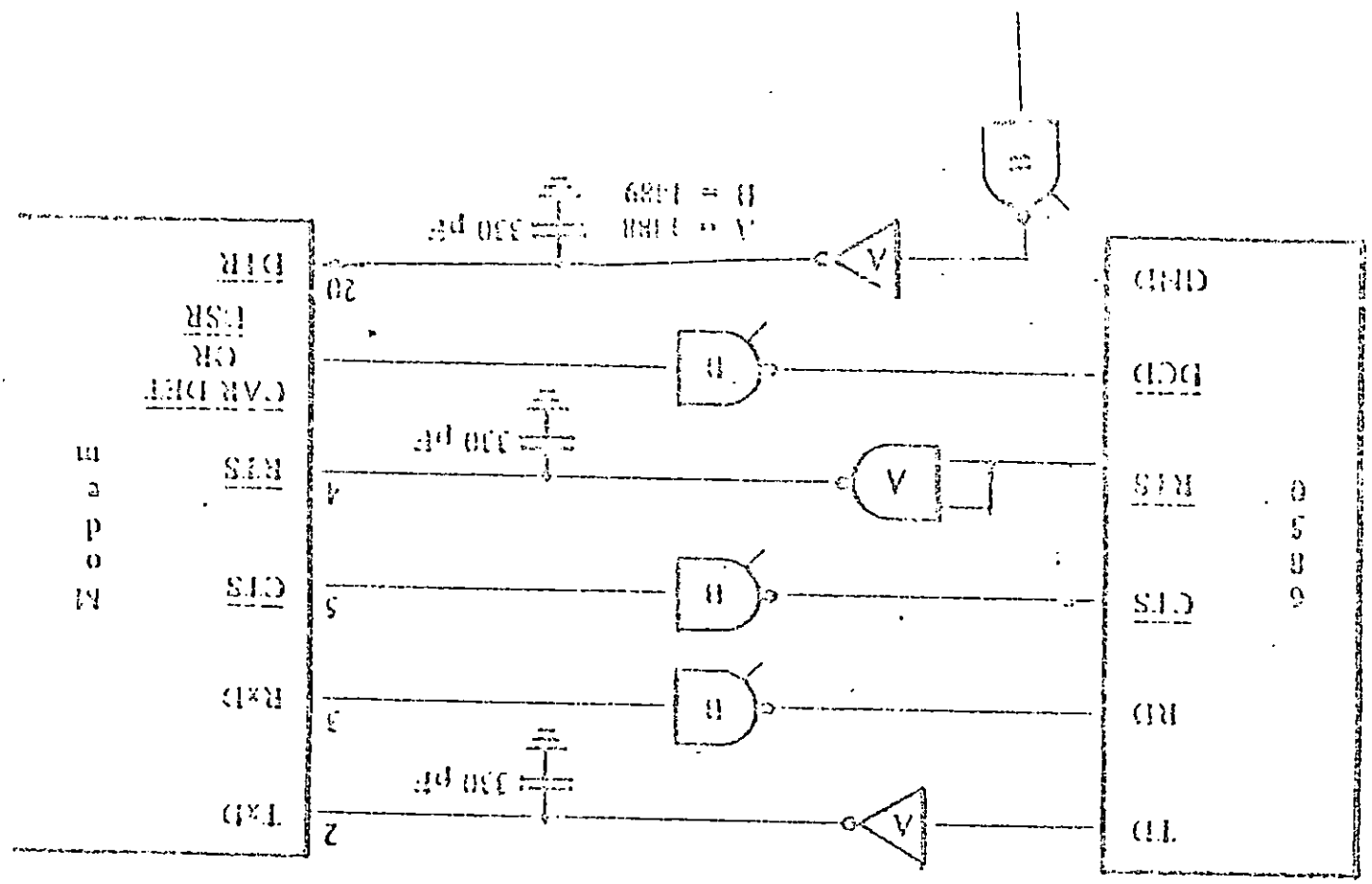


Figura 4.19 ACIA MC6850 interfazada con un MODEM.

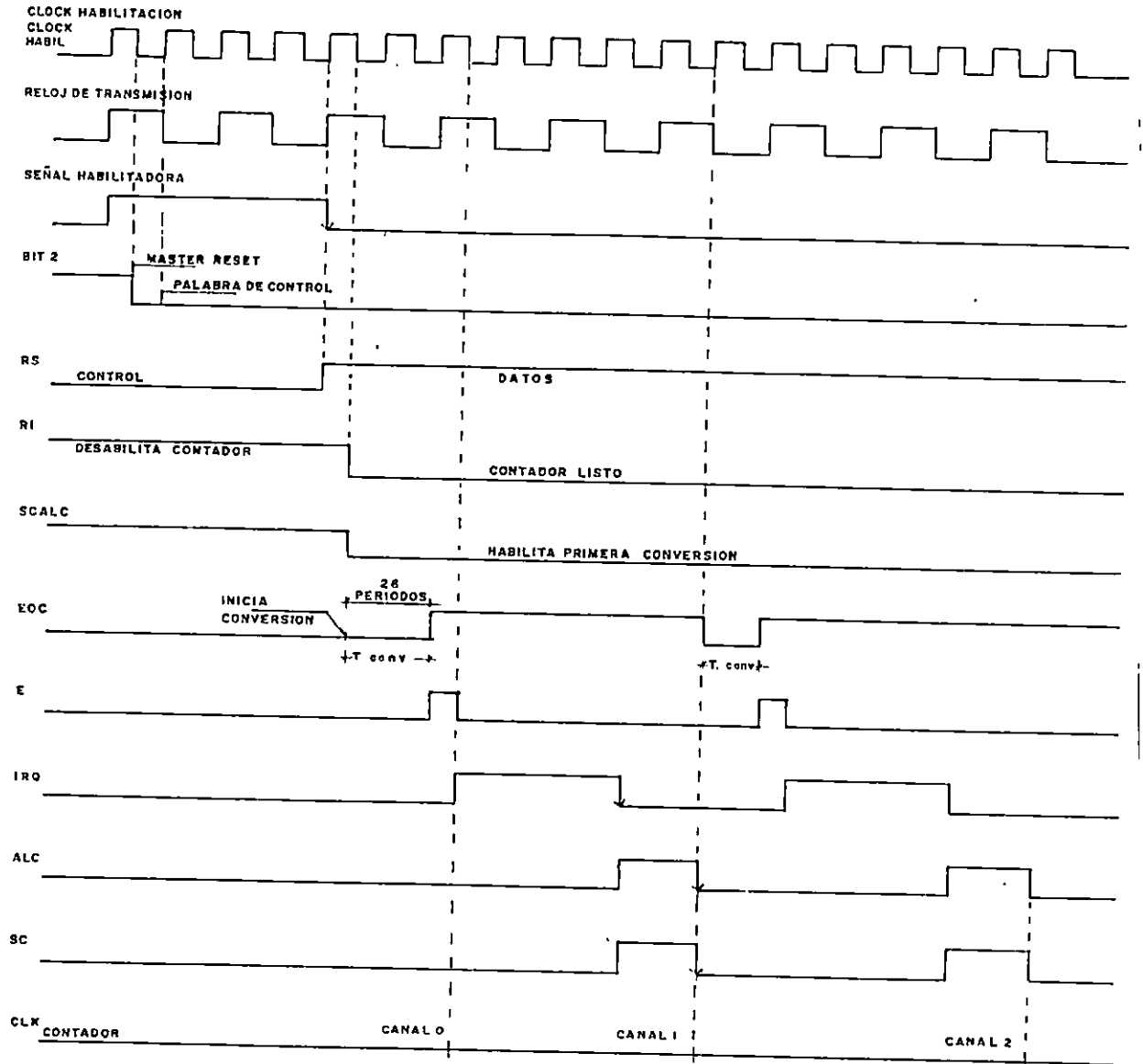


Figura 4.20 Diagrama de tiempos del sistema completo.

## 4.6 INTRODUCCION AL SOFTWARE DE COMUNICACIONES

- Las telecomunicaciones comúnmente utilizan programación de interrupciones.
- Las interrupciones son de dos tipos:
  - a) hardware: son controladas por el chip 8259
  - b) software: son generadas por programas que solicitan servicios especiales del DOS y BIOS y utilizan la tabla de vector de interrupciones (lo cual contiene todas las rutinas que son disparadas por las interrupciones) la tabla de vector de interrupción puede mantener un máximo de 256 direcciones de interrupción.
- Cuando una interrupción es iniciada, busca una dirección desde la tabla de vector de interrupción, salta a esta localización de memoria y ejecuta la rutina localizada aquí. Cada dirección en la tabla del vector de interrupción es usada exclusivamente para una simple interrupción.
- De las interrupciones por hardware la más útil para comunicación serial con otras computadoras es la del puerto serial COM 1 (número 0CH).

### Para reemplazar interrupciones

- Cuando se enciende la computadora, el DOS llena la tabla de vector de interrupciones standard. Pero se pueden cambiar las direcciones en la tabla de vector de interrupción poniendo un procedimiento de manejo de interrupciones que uno ha escrito, la interrupción deberá entonces ejecutar el procedimiento escrito en vez del procedimiento por default.
- El tipo de dato pointer: son de 4 bytes de datos que mantiene un segmento y offset para constituir una dirección de memoria.
- El operador de @ da una dirección de 4 bytes (segmento y offset) del procedimiento. La dirección es entonces cargada hacia la tabla de vector de interrupciones.
- La unidad DOS de turbo-pascal provee dos rutinas:
  - a) GetIntVec
  - b) SetIntVec

ambos procedimientos toman dos parámetros, el número de interrupción por ejemplo (0CH) y una variable pointer. El

proceso de guardar el vector de interrupción y reemplazar éste con un nuevo vector es:

```
GetIntVec ($OC, AsyncVector);  
SetIntVec($OC, @ AsyncInt);
```

para restaurar las direcciones de interrupciones anteriores es:

```
SetIntVec($OC, AsyncVector);
```

#### - Manejador de interrupciones

Es un término que se refiere al código que se ejecuta como resultado de una interrupción. Por ejemplo el manejador del ejemplo anterior fue el procedimiento de turbo-pascal llamado AsyncInt, el cual fue atacado por la interrupción OC<sub>H</sub>. Estos manejadores de interrupciones son diferentes de otros tipos de procedimiento porque uno no puede siempre controlar cuando debe ser ejecutado. Por ejemplo, la interrupción OC<sub>H</sub> es disparada cuando un byte está listo en COM1. Usted no tiene una vía para conocer cuándo esto deberá ocurrir.

- Turbo-pascal hace que el procedimiento manejador de interrupciones escriba automáticamente todos los registros e inicializa el registro DS, y restaura todos los registros.

- Para aclarar un procedimiento como un manejador de interrupciones, se necesita solamente poner la directiva Interrupt al final de la declaración del procedimiento.

- Esta directiva envía una señal IRET (return from interrupt assembly language), comando para terminar el procedimiento.

- La transmisión de datos desde un computador a otro sistema via una línea telefónica es simple en concepto pero complicado en la práctica.

La complejidad del programa es en parte debido al número de elementos de hardware que se controlarán, el puerto serie RS-232, la UART (INS8250) y el controlador de interrupciones (8259) y el modem en sí mismo.

A continuación está el listado del programa de telecomunicación usando la interrupción 12, el programa está hecho para conectar Modem Hayes compatible conectado al primer puerto serial.

## LOS BUFFER DE ENTRADA CIRCULAR

Los buffer de entrada circular es uno de los elementos centrales de un programa de comunicaciones de manejo de interrupciones, porque los datos pueden llegar al puerto serial en cualquier instante, el manejador de interrupciones puede ser habilitado para capturar y procesar estos datos, mientras el computador esta ocupado haciendo cualquier cosa.

Si la interrupción no puede almacenar el caracter en un buffer, el caracter se perderá antes que el programa tenga tiempo de capturarlo.

Un buffer circular, el cual es un arreglo de caracteres resuelve este problema almacenando caracteres temporalmente hasta que el computador pueda capturarlo. El buffer circular es controlado por tres variables enteras.

CircIn: puntúa al próximo caracter que la rutina de interrupción pone hacia el buffer de entrada.

CircOut: puntúa al próximo caracter a ser puesto fuera del buffer.

CharsInBuf: es el número de caracteres esperando en un buffer.

Cuando no existen caracteres en el buffer de entrada, CircIn y CircOut son iguales y CharsInBuf es cero. Cuando el dato llega hacia el puerto serial, la rutina de interrupción suma los caracteres que llegan al buffer e incrementa a CircIn y CharsInBuf. Se nota que cuando el final del buffer es encontrado, CircIn es puesto a uno al comienzo del buffer, esto es por lo que el buffer es llamado circular.

**Program CommX;** "Es el encabezado del programa que se llama  
Comm X"

**{ \$S-, R-, I-, V-, F+ }**

**\$F+:** los procedures y funciones compilados en el estado **{ \$F+ }** siempre usa el modelo llamado **FAR(local)**. El procedimiento **Far** puede ser llamado de cualquier módulo, pero el código para una llamada **Far** es ligeramente menos eficiente.

**\$I-:** por default todas las llamadas de procedimientos y funciones I/O son automáticamente chequeada para errores. Si un error ocurre, el programa termina, desplegando con mensaje de error de run-time. Este chequeo automático puede ser **ON u**

OFF. Cuando un chequeo de I/O es off, esto es cuando un procedimiento o función es compilado en el estado {#I} un error de I/O no causa que el programa se pare (local).

\$R-: pasa a off el rango de chequeo(local).

\$S-: habilita o deshabilita la generación del código de chequeo del stack-overflow(local).

\$V-: cheque de var-string(local).

```
Uses Crt, DOS;
```

USES: identifica todas las unidades usadas por el programa incluyendo unidades usadas directamente y unidades usadas por estas unidades.

El orden de las unidades listadas en use determina el orden de sus ejecuciones.

```
type
  ModemSetType = record
    CompPort;
    BPS;
    DataBits;
    StopBits : integer;
    Parity : char;
    PhoneNumber : string;
  end;
```

Declaración de la variable tipo Record ModemSetType el cual almacena los datos Comport, BPS, Data Bits, Stop Bits, parity y Phone Number.

CONST

Declaración de constantes del programa.

MainDseg: integer = 0;

MaxBuflen = 1024;

CR = #13; —> retorna el cursor al borde izquierdo de la corriente ventana.

(\* - - - - - \*)

(\* ISN8250 UART Register. \*)

(\* - - - - - \*)

DataPort = \$03F8; —> puerto serie está en la dirección 03F8

```

(* Contains 8 bits to transmit or receive. *)
IER = $03FB; ——> registro de habilitación de interrupción

(* Habilita el puerto serial cuando es puesto igual a 1. *)

LCR = $03FB; ——> registro de control de Modem

(* los bits 1,2 y 4 son puestos activos cuando el Modem está
listo *)

LSR = $03FD; ——> registro de estado de línea

(* cuando el bit 6 está ON, se está seguro para enviar un
byte. *)

MDMMSR = $03FE; ——> registro de estado del modem

(* inicializado con 80h con el inicio. *)

ENBLRDY = $01; (* valor inicial para el puerto [IER].*)

MDMMOD = $0B; (* valor inicial para el puerto [MCR].*)

MDMCD = $80; (* valor inicial para el puerto [MDMMSR].*)

INTCTLR = $21; (* el puerto para el controlador de
interrupciones del 8259 *) Registro de máscara de
interrupción.

VAR ——> declaración de variables globales del programa.

ModemSet : ModemSetType; la variable ModemSet es definida como
ModemSetType (record)

AsyncVector : pointer;

Regs : Registers;

Buffer : array (1..MaxBuflen) of char;
(* esta variable es un arreglo con un valor de 1024
que es el valor de MaxBuflen*)

I,

CharsInBuf,

CircOut,

CircIn : word;

Orig : char;

```

## DECLARACION DE PROCEDIMIENTOS Y FUNCIONES

**Procedure ClearBuffer;** (\*este procedimiento pone a cero todos los valores del arreglo Buffer\*)

begin

  CircIn := 1;  
  CircOut := 1;  
  charsInBuf := 0;

FillChar(Buffer, SizeOf(Buffer), ); rellena una variable con los caracteres que uno le informa.

end;

donde:

buffer : es la variable que se va a rellenar  
Size of: con cuántas repeticiones de relleno aquí es con la cantidad que tiene buffer 1024.  
: es el dato con que se va a rellenar.

### 1. Procedure Select Modem Set

Permite al usuario:

Especificar el puerto de comunicaciones a usar, los bits por segundo, el número de stop , datos bits, la paridad y el número telefónico. Estos items de datos son almacenados en un registro de ModemSetType.

**Procedure Select Modem Set;**

begin

  with ModemSet do

    begin

      ComPort := 1;

    -> le informa al compilador el nombre de la variable record que se está usando y en tonces se refiere a los campos usando el nombre solamente. Este registro es inicializado con los datos de entrada.

    -> puerto serial COM1.

    repeat

      write('BPS(1200,2400):');  
      Readln (BPS);  
    until (BPS=1200) or (BPS=2400);

    } inicializa en el registro ModemSetType el campo de la velocidad de transmisión.



```

repeat
  write('Databits(7,8):');
  Readln (Data Bits);
until DataBits in [7,8];

repeat
  write('Stop bits (0,1):');
  Readln (StopBits);
until StopBits in[0,1];

repeat
  write('Parity (N,E,O):');
  Readln (Parity);
  Parity := UpCase(Parity);
until Parity in ['N','E','O'];

write('Phone number:');
Readln(PhoneNumber);

end;
end;

type
  ModemSetType = record
    comport,
    BPS,
    DataBits : Integer;
    Parity : Char;
    PhoneNumber : String;
  End;

```

} inicializa el campo de bits de datos a usarse

} inicializa el campo del número de StopBit a utilizar.

} inicia el campo de la polaridad

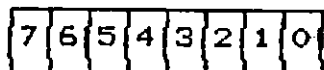
} inicializa el campo del número telefónico.

### Procedure SetSerialPort;

Después que el registro ModemSetType es inicializado, sus contenidos son pasados al procedimiento SetSerialPort, el cual usa la interrupción del BIOS 144 para poner en el puerto serial los parámetros. Estos parámetros configuran al puerto serie y le informan como debe operar en la transmisión y recepción. Al usar la interrupción 144 se debe poner el registro AH = 0 el cual le informa al BIOS que se inicializa el puerto serie, y en el registro AL se pone un byte de los parámetros los cuales contienen la inicialización del puerto serie(byte de configuración).

Cuando utilizamos la INT 14 debemos poner los bits en el byte del parámetro. La Tabla 1 lista las definiciones del código bit en este byte.

Contenido del registro AL para la Int 14 del BIOS.



Parámetros	Bits usados	Codificación de bit	significado
Bits de datos	0 - 1	00	5 data Bits
		01	6 data Bits
		10	7 data Bits
		11	8 data Bits
StopBits	2	0	1 stop Bit
		1	2 stop Bit
Paridad	3,4	00	No paridad
		01	Odd paridad
		10	No paridad
		11	Even paridad
(BPS)	5,7	000	100 BPS
		001	150 BPS
		010	300 BPS
		011	600 BPS
		100	1200 BPS
		101	2400 BPS
		110	4800 BPS
		111	9600 BPS

```

Procedure SetSerialPort(ComPort, BPS, StopBits,
                        DataBits : integer
                        Parity : char);
(*valores pasados del record*)

```

```

var
  Regs : Registers;
  Parameter : byte;

begin
  case BPS of
    300 : BPS := 2;
    1200 : BPS := 4;
  end;
  (*en caso de que el campo BPS sea 300
  entonces BPS cambiarlo con valor = 2
  y 1200 entonces cambiarlo por un
  BPS = 4*)

```

```

if StopBits = 2 then
  StopBits := 1
else
  StopBits := 0;

```

} poner el StopBit en el código correcto en el registro AL.

```

if DataBits = 7 then
  DataBits := 2
else
  DataBits := 3;

```

} Especificar el AL que son ya sean 7 u 8 datos.

```
Parameter := (BPS shl5) + (StopBits shl2) + DataBits;
```

(\*la shl desplaza --> valor binario cuantas veces se especifique a la izquierda, rellenando a la derecha con ceros\*)

```

Así tenemos en BPS = 300 --> BPS = 010
                StopBits = 1 --> StopBits = 0
                DataBits = 8 --> DataBits = 11

```

```
Parameter := (010 shl5) + (0 shl2) + 11;
```

0	1	0			0	1	1
---	---	---	--	--	---	---	---

Case Parity of

```

'E' : parameter := Parameter + 8;
'O' : parameter := Parameter + 24;
end;

```

with Regs do --> variable de registro

begin

```

DX := ComPort - 1; el comport es = 1 en este programa
AH := 0; informa al BIOS que se inicializa el puerto serie.

```

```

AL := Parameter; se ponen todos los parámetros en
registro AL para inicializarse el puerto serie.

```

```
Flags := 0; pone todas las banderas a cero.
```

end;

```

Intr($14, Regs); (*se llama la interrupción 14H del BIOS que es
la interrupción del puerto serie y se pone
dados los parámetros de la variable Regs a esta
interrupción*)

```

end;

## Procedure EnablePorts

Luego que se ha inicializado la UART, la interrupción es instalada por este procedimiento. Este procedimiento guarda la dirección del vector de interrupción viejo, instala las direcciones del procedimiento AsyncInt, y prepara al chip IN58250 UART para comunicación.

Procedure EnablePorts;

var

B : byte;

begin

ClearBuffer; --> procedimiento para limpiar el buffer

GetIntVec(\$0C, AsyncVector); Guarda el vector de interrupción OCH en la variable AsyncVector que es de tipo pointer.

SetIntVec(\$0C, @AsyncInt); reemplaza el vector de interrupción OCH por el vector @AsyncInt de este procedimiento.

B := Port[INTCTLR];

(\*Accesa el registro de Máscara de interrupción del controlador de interrupciones 8259 que está en la dirección \$21\*)

Controlador de interrupciones 8259

Direcciones I/O

20H --> registro de comando de Interrupción

21H --> registro de máscara de Interrupción

Fuentes de interrupciones

Input 8259	Type Code	Componente
IRQ4	OCH	Interfase Serial RS-232

Para programar el 8259 consiste dadas básicas acciones primero nosotros podemos habilitar o deshabilitar cada fuente de interrupciones independientemente escribiendo un valor hacia el registro de máscara de interrupción IMR este registro se puede acceder vía I/O port 21H.



IMR Bit 0, IRQ habilitado  
IMR Bit 1, IRQ deshabilitado



Este registro envía el comando de señal de fin de interrupción -  
EOI = 20H.

IF --> Flag de interrupción del microprocesador  
IF = 0 todas las interrupciones deshabilitado  
(usa CLI instrucción)

IF = 1 interrupciones habilitadas  
(usa STI instrucción)

B := B and \$0EF; pone un valor de \$EF en B

Port[INTCLR] := B; habilitada la IRQ4 poniendo un 0 en la  
posición del IMR bit 4.

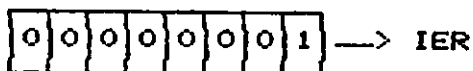
B := Port[LCR]; accesa el registro de control de línea de la  
VART, el cual determina la longitud de los bits  
de datos, el número de Stop Bits y el tipo de  
paridad a ser usada en la transmisión serial.

B := B and \$7F;

Port [LCR] := B; se programa el registro de control de línea

Port [IER] := ENBLRDY; habilita la interrupción del receptor  
de datos listo en el valor de ENBLRDY  
= 01.

Forzadas a cero



Port [MCR] := \$08 or MDMOD; habilita o inicializa el registro  
de control del modem con las siguientes consideraciones:

1. Cuando Out 2 bit del registro de control del Modem es  
puesto a uno, la salida de interrupciones del 8251 es enviada  
a la entrada IRQ4 del 8259.

2. Para que el microprocesador de la PC reciba esta  
interrupción el registro de máscara de interrupción del 8259  
deberá ser apropiadamente inicializada, la tabla de

direcciones de la rutina de servicio de interrupción(localización OCH) deberá inicializarse, y el microprocesador deberá habilitarse para interrupciones.

3. Cuando una interrupción es generada el registro de identificación de interrupciones es usado para informar cual condición causa la interrupción.

```
Port[MDMMSR] := MDMCD;
Port[$20] := $20; envía al registro de comando de interrupción
                del 8259 el comando EO1 = 20H(fin de
                interrupción).
```

```
end;
```

#### PROCEDURE STRIGTOPORT(S:STRING)

Este procedimiento envia en string al puerto, se utiliza en el procedimiento setHayesModem para mandar los comandos AT al Modem y hacer la intercomunicación. La variable S:String es tomada del procedimiento SetHayesModem.

```
VAR
  I : integer;
begin
  for I := 1 to length(S) do
    SendChar(Ord(S[I])); --> enviar los caracteres del comando
                        AT pero antes cambiar a número

    SendChar(Ord(CR));  --> envío del caracter de control #13
                        o ESC para terminar el envío
  end;
```

#### PROCEDURE SET HAYES MODEM

Este procedimiento es el paso final para inicializar el Modem. Mientras aquí hay muchos modems habilitables, el Hayes Smartmodem es comúnmente aceptado como standard por computadoras personales. Los comandos de modem creado aquí deberán trabajar con algún modem compatible con Hayes. Los comandos AT Hayes se dan en el Apéndice A.

```
begin

StringToPort('ATCO'); (apoya la señal portadora)
  Delay (1000); (es para un segundo)
StringToPort('ATZ'); (resetea el modem)
```

```

Delay (1000);
StringToPort('ATF1'); (operación Full-Duplex)
Delay (1000);
StringToPort('ATED'); (no Eco en el comando de estado)
Delay (1000);
StringToPort('ATV1'); (resultado de código)
Delay (1000);
StringToPort('AT&D'); (enviar código de resultados)
Delay (1000);
end;

```

```

Function CarrierDetected : boolean;

```

```

Var

```

```

Ch : char;
Timer : integer;
begin
CarrierDetected := False; (*un valor inicial de falso*)
Timer := 40;
while (Port[MDMMSR] and $80) <> $80 do
begin
(*mientras el registro de estado del modem
son diferentes a $80 hacer*)

if KeyPressed then (*si la tecla presionada*)
begin
Ch := ReadKey (*lee una tecla desde el teclado*)
If Ch = #27 then (*y si la tecla leída es la #27 que es
la ESC salirse del programa*)
end;
end;

```

```

if CharsInBuf > 0 then (*llama la función GetCharInBuf la
cual saca un caracter del Buffer para
luego asignarlo a la variable ch y
luego si ch = CR deja un espacio de
línea*)

```

```

begin
Ch := GetCharInBuf;
write (ch);
If ch = CR then
writeln;
end;

```

```

if timer = 0 then

```

```

EXIT
else
begin
Dec (Timer, 1);

```

Espera por el tiempo programado en el timer = 40 para detectar la señal de portadora desde el modem.

```
Function SuccessfulConnect(PhoneNumber : String) : boolean;
```

Ahora que el puerto serial está inicializado, la interrupción instalada y el modem es inicializado es tiempo de comenzar la comunicación. La función booleana SuccessfulConnect marca el número telefónico marcado y espera por una señal de detector de portadora desde el modem, indicando que la conexión ha sido establecida, en el caso en que la función sea verdadera y comienza la comunicación. Si no es obtenida una señal de detección de portadora, la función retorna FALSA y finaliza el programa.

```
Var
  S : string;
begin]
  S := 'ATDT' + PhoneNumber; (*ATDT se asume aquí que es una
                             marcación por tonos*)
  StringToPort(S); se manda el string al puerto haciendo un
                  llamado al procedimiento StringToPort.

  if Carrier Detected then (*se prueba la condición de la
                             función carrier detected*)

    SuccessfulConnect := true      (*y si esta función es cierta
                                    entonces SuccessfulConnect :=
                                    true*)

  else
    begin
      write('Error: No se puede conectar');
      StringToPort ('ATCO'); (*comando para desconectar la
                              señal portadora*)
      SuccessfulConnect := False;
    end;
end;
```

Después que la señal carrier detect es recibida, el control es pasado al procedimiento start communicating el cual transmite los caracteres que usted envía y despliega los caracteres resciidos desde el sistema de telemetría.

El procedimiento DisablePorts es el paso final, instala la interrupción original en la tabla de vectores de interrupción y resetea al chip UART.

Se han explicado detalladamente los procedimientos y funciones más importantes del software de comunicaciones usado. Un listado completo de este software aparece en el apéndice B.



## CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

Para diseñar las diferentes etapas o bloques de que consta el sistema, se utilizaron varios IC's de uso específico, que simplifican el diseño al reducir el número de componentes y darle más confiabilidad e inmunidad al ruido al sistema. Estos IC's fueron utilizados en los tres bloques básicos del sistema, los cuales son: Generación de tiempos (MC 14411 de motorola), el adquisitor de datos (SI 8601 de syliconix) y el convertidor de paralelo a serie ( la ACIA 6850 de motorola), sin los cuales se hubiera hecho uso de varios IC's para ejecutar las mismas funciones.

Cuando se diseña un sistema de telemetría es de sumo cuidado mantener una sincronización bien exacta entre todos sus bloques para que el sistema total no acepte o mande datos erróneos.

El software para la comunicación entre el sistema adquisitor de datos y la computadora, puede ser de tipo comercial como: el Bitcomm, el Procomm, el Relay Gold, etc. También se puede utilizar software diseñado por el usuario del sistema adquisitor de datos, con lenguajes de programación como: lenguaje C, assembler y Turbo Pascal.

El software propuesto aquí está diseñado en turbo pascal, utilizando un mecanismo de interrupciones del puerto serie, y programando la UART. Por medio de este software se puede configurar para que efectúe la comunicación entre el sistema y la computadora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Borry B. Breg.  
Microprocessor Hardware Interfacing and Applications.  
Devry Institute of Techonology,  
Charles E Morrill Publishing Company,  
Columbus, Ohio, 1983

Frederick F. Driscoll  
Introduction to 6800/68000 Microprocessors.  
Wentworth Institute of Techonology,  
Breton Publishers,  
Boston, Massachusetts, 1983.

Personal de IBM,  
8088 Assembler Language Programming: the IBM PC.  
Capitulo 7.

Operation and Service Manual for VAS17S Direct Connect 300 BPS  
MODEM Vadic.  
Installation and operating instruccions,  
The Vadic Corporation.

Shengold, Daniel H.  
Analog-Digital Conversion Notes.  
Analog Devices,  
Massachusetts, 1977

TTL DATA BOOK  
Texas Instruments

Manual de Siliconix

Turbo Pascal 7: The Complete Reference.  
Borland International Inc.,  
Edición 1993

## RECOMENDACIONES

- Continuar con trabajos de investigación en esta área de las comunicaciones entre una computadora y un sistema de telemetría, incluyendo el control remoto para poder manejar actuadores, dependiendo de los niveles de la variable física que se esté sensando.

- Implementar un sistema de telemetría utilizando las ondas de radio como canal de comunicación, en lugar del enlace por medio de líneas, a lo cual se le llamaría radio telemetría. Esto podría realizarse llevándose a cabo un proyecto de ingeniería eléctrica en el cual se diseñarían y se construirían los respectivos transmisores y receptores de radio.

- Utilizar el equipo de telemetría construido en laboratorios de las asignaturas de comunicaciones, entre ellas: comunicación de datos, electrónica de las comunicaciones, etc.

APENDICE A  
COMANDOS AT

Command Prefix  
**AT**

The command line must begin with the **AT** prefix. The **AT** prefix gets the modem's attention, detects the speed at which the computer is sending information to the serial port, and recognizes the character format (how the command line is structured).

Commands and Parameters

A **command** tells the modem what action to take. **AT** commands are either a single letter or a letter preceded by an ampersand (&). For example, the **Q** command determines whether the modem returns result codes in response to commands, and the **&D** command determines the modem's use of the DTR signal.

A **parameter** (0, 1, 2, etc.) follows the command to tell the modem which command option to use. If a parameter is not specified, the modem assumes the 0 (zero) parameter. For example **E** is the same as **E0**, the command option to disable character echo.

Several commands can be issued on a single line as long as the total number of characters does not exceed 40. Although **Q1** is one command, it counts as two characters in the command line.

End of Line Character  
␣

The ␣ (carriage return key) ends the command line and sends its instructions from the computer to the modem. The carriage return character on your keyboard might be the Return key or the Enter key or some other keyboard symbol.

Escape Sequence  
+++

The escape sequence (+++) enables the modem to enter the command state from the on-line state. When the three escape sequence characters are entered, the modem 'escapes' out of the on-line state and enters the command state.

The escape sequence is issued on a line by itself and is sent without the **AT** prefix or the ␣. A guard time of at least 1 second (default) before and after entering the escape sequence characters prevents the modem from interpreting transmitted data as the escape sequence. The guard time can be changed by resetting the value of S-Register 12. The escape sequence character can be changed by assigning a different value to S-Register 2.

Command

Description

- A** Enter answer mode, go off hook, attempt to answer incoming call, and go on-line with another modem.
- A/** Re-execute previous command line. This command elicits immediate action when entered and is not preceded by the **AT** prefix nor followed by ␣.
- B0** Initiate calls using CCITT V.22 communication protocol, transmitting and receiving at 1200 bps when the DTE speed is 1200 bps.
- B1** Initiate calls using Bell 212A communication protocol, transmitting and receiving at 1200 bps when the DTE speed is 1200 bps.
- D** Enter dial/originate mode, go off hook, and attempt to go on-line with another modem. Dial modifiers specify the number to call.

Dial Modifiers

Modifier	Description
0-9 * # A B C D	Letters, numbers, and symbols the modem may use to dial a number
T	Dial using Tone method
P	Dial using Pulse method
W	Wait for second dial tone
@	Wait for quiet answer
!	Issue timed break recall (hookflash)
R	Place call in reverse mode (to call an originate-only modem)
;	Return to command state after dialing and maintain the connection

- E0** Do not echo characters from the keyboard to the screen in command state.
- E1** Echo characters from the keyboard to the screen in command state.
- H0** Hang up and place modem in command state.
- H1** Go off hook and operate auxiliary relay.
- I0** Display product code (3-digit number).
- I1** Calculate ROM checksum (3-digit number).
- I2** Verify ROM checksum of modem (return **OK** or **ERROR**).
- L0 or L1** Set low speaker volume.
- L2** Set medium speaker volume.
- L3** Set high speaker volume.
- M0** Turn speaker off.
- M1** Turn speaker on until carrier detected.
- M2** Turn speaker on.
- M3** Turn speaker on until carrier detected, except during dialing.
- O0** Go to on-line state.
- O1** Go to on-line state, initiate equalizer retrain.

<i>Command</i>	<i>Description</i>
<b>Q0</b>	Return result codes.
<b>Q1</b>	Do not return result codes.
<b>S=n</b>	Dial phone number "n" (0-3) stored by the &Zn=x command.
<b>Sr</b>	Assigns pointer to the address of a specific S-Register ("r"). The pointer remains set until a subsequent Sr command is issued. The value of "r" can be read or changed without specifying the S-Register (e.g., If S7 is specified, typing AT? will read the value of S7; typing AT=n will change the value "n" assigned to S7).
<b>Sr?</b>	Read current value of S-Register "r" (r =number of S-Register; ? requests value).
<b>Sr=n</b>	Set the value of S-Register "r" to "n" (n=value of S-Register "r").
<b>V0</b>	Display result codes as numbers.
<b>V1</b>	Display result codes as words.
<b>X0</b>	Report basic call progress result codes to acknowledge connection, no carrier, and ring detection (CONNECT, NO CARRIER, RING).
<b>X1</b>	Report basic call progress result codes to acknowledge connection, no carrier, ring detection, and connection speed (CONNECT, NO CARRIER, RING, CONNECT 1200, CONNECT 2400).
<b>X2</b>	Report basic call progress result codes to acknowledge connection, no carrier, ring detection, connection speed, and dial tone detection (CONNECT, NO CARRIER, RING, NO DIALTONE, CONNECT 1200, CONNECT 2400).
<b>X3</b>	Report basic call progress result codes to acknowledge connection, no carrier, ring detection, connection speed, and busy signal detection (CONNECT, NO CARRIER, RING, BUSY, CONNECT 1200, CONNECT 2400).
<b>X4</b>	Report basic call progress result codes to acknowledge connection, no carrier, ring detection, connection speed, busy signal, and dial tone detection (CONNECT, NO CARRIER, RING, CONNECT 1200, CONNECT 2400, NO DIALTONE, BUSY).
<b>Y0</b>	Do not respond to long space disconnect.
<b>Y1</b>	Respond to long space disconnect.
<b>Z0</b>	Reset and recall stored user profile 0 on separate line.
<b>Z1</b>	Reset and recall stored user profile 1 on separate line.
<b>&amp;C0</b>	Assume presence of carrier detect signal.
<b>&amp;C1</b>	Track the status of carrier detect signal.
<b>&amp;D0</b>	Ignore the status of DTR. The modem ignores an off-to-on transition of DTR.
<b>&amp;D1</b>	Monitor DTR. When an on-to-off transition of DTR occurs, the modem enters command state.
<b>&amp;D2</b>	Monitor DTR. When an on-to-off transition of DTR occurs, the modem hangs up and enters the command state.
<b>&amp;D3</b>	Monitor DTR. When an on-to-off transition of DTR occurs, the modem hangs up and performs a reset.
<b>&amp;F</b>	Recall the factory-set configuration as the active configuration.

Use 1800 Hz guard tone.

**&G2** Configure modem for use with an RJ-11, RJ-41S, or RJ-45S telco jack.

**&J1** Configure modem for use with an RJ-12 or RJ-13 telco jack.

**&Q0** Communicate in asynchronous mode.

**&Q1** Communicate in synchronous mode 1 — Async-to-Sync.

**&Q2** Communicate in synchronous mode 2 — Stored Number Dial.

**&Q3** Communicate in synchronous mode 3 — Voice/Data Switch.

**&Q4** Communicate in synchronous mode 4 — Hayes AutoSync.

**&R0** Track CTS according to RTS.

**&R1** Ignore RTS; assume presence of CTS.

**&S0** Always assert DSR.

**&S1** Assert DSR before handshake operation.

**&T0** Terminate any test in progress.

**&T1** Initiate local analog loopback test.

**&T3** Initiate local digital loopback test.

**&T4** Grant request from remote modem for remote digital loopback test.

**&T5** Deny request from remote modem for remote digital loopback test.

**&T6** Initiate remote digital loopback test.

**&T7** Initiate remote digital loopback with self-test.

**&T8** Initiate local analog loopback with self-test.

*Note: The &T commands must be entered when the modem is configured for &Q0 (unbuffered asynchronous mode).*

**&V** View active configuration, user profiles, and stored telephone numbers.

**&W0** Write storable parameters of current configuration into memory as user profile 0.

**&W1** Write storable parameters of current configuration into memory as user profile 1.

**&X0** Derive transmit clock signal from modem's internal oscillator (internal clock signal on pin 15).

**&X1** Derive transmit clock signal from attached computer (external clock signal on pin 24).

**&X2** Derive transmit clock signal from receive carrier (slave receive clock signal on pin 15).

**&Y0** Specify stored user profile 0 as modem's configuration at power-up.

**&Y1** Specify stored user profile 1 as modem's configuration at power-up.

**&Zn=x** Store phone number "x" in location "n" (0-3). This command must be entered on a command line by itself, with no other commands.

AFENDICE B  
SOFTWARE UTILIZADO



SOFTWARE UTILIZADO PARA COMUNICACION ENTRE EL SISTEMA  
DISEÑADO Y LA COMPUTADORA.

Program CommX;

{#s-,R-,I-,V-,F+}

uses Crt, Dos;

type

```
ModemSetType = record
  ComPort,
  BPS,
  DataBits,
  StopBits      : integer;
  Parity        : char;
  PhoneNumber   : string;
end;
```

const

```
MainDseg : integer = 0;
MaxBufLen = 1024;
CR        = #13;
```

```
DataPort = $03f8;
```

```
IER      = $03f9;
```

```
LCR      = $03fb;
```

```
MCR      = $03fc;
```

```
LSR      = $03fd;
```

```
MDMMSR   = $03fe;
```

```
ENBLRDY  = $01;
```

```
MDMMOD   = $0B;
```

```
MDMCD    = $80;
```

```
INTCTLR  = $21;
```

var

```
ModemSet      : ModemSetType;
AsyncVector   : pointer;
Regs          : Registers;
Buffer        : array [1..MaxBufLen] of char;
I,
CharsInBuf,
CircOut,
CircIn        : word;
Orig          : char;
```

(\*\*\*\*\*)

```

procedure ClearBuffer;
begin
  CircIn := 1;
  CircOut := 1;
  CharsInBuf := 0;
  FillChar(Buffer, SizeOf(Buffer), 0);
end;

(*****)

```

```

procedure SelectModemSet;
begin
  with ModemSet do
    begin
      ComPort := 1;

      repeat
        Write('BPS (300,2400): ');
        ReadLn(BPS);
      until (BPS = 300) or (BPS = 2400);

      repeat
        Write('Data bits (7,8): ');
        ReadLn(DataBits);
      until DataBits in [7,8];

      repeat
        Write('Stop bits (0,1): ');
        ReadLn(StopBits);
      until StopBits in [0,1];

      repeat
        Write('Parity (N,E,O): ');
        ReadLn(Parity);
        Parity := Uppcase(Parity);
      until Parity in ['N','E','O'];

      Write('Phone number: ');
      ReadLn(PhoneNumber);
    end;
end;

(*****)

```

```

procedure AsyncInt; interrupt;
begin
  Inline($FB);

  if CharsInBuf < MaxBufLen then
    begin
      Buffer[CircIn] := char(Port[DataPort]);
      if CircIn < MaxBufLen then

```

```

        Inc(CircIn, 1)
    else
        CircIn := 1;
        Inc(CharsInBuf, 1);
    end;

    Inline($FA);
    Port[$20] := $20;
end;

```

(\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*)

```

procedure SetSerialPort(ComPort,
                        BPS,
                        StopBits,
                        DataBits: integer;
                        Parity : char);
var
    Regs : Registers;
    Parameter : byte;
begin
    case BPS of
        300 : BPS := 2;
        2400 : BPS := 5;
    end;

    if StopBits = 2 then
        StopBits := 1;
    else
        StopBits := 0;
    end;

    if DataBits = 7 then
        DataBits := 2;
    else
        DataBits := 3;
    end;

    Parameter := (BPS shl 5) + (StopBits shl 2) + DataBits;

    case Parity of
        'E' : Parameter := Parameter + 8;
        'O' : Parameter := Parameter + 24;
    end;

    with Regs do
        begin
            DX := ComPort - 1;
            AH := 0;
            AL := Parameter;
            Flags := 0;
        end;
        Intr($14, Regs);
    end;
end;

```

```

begin
  Ch := ReadKey;
  if Ch = #27 then
    Exit;
  end;
  if CharsInBuf > 0 then
    begin
      Ch := GetCharInBuf;
      Write(Ch);
      if Ch = CR then
        WriteLn;
      end;
    end;
  if Timer = 0 then
    Exit;
  else
    begin
      Dec(Timer,1);
      Delay(1000);
    end;
  end;

  CarrierDetected := True;

end;

```

(\*\*\*\*\*)

```

procedure SendChar (B: byte);
begin
  while ((Port[LSR] and #20) <> #20) do
    begin
      end;
    Port[Dataport] := B;
  end;

```

(\*\*\*\*\*)

```

procedure StringToPort(S : string);
var
  I : integer;
begin
  for I := 1 to Length(S) do
    SendChar(Ord(S[I]));
  SendChar(Ord(CR));
end;

```

(\*\*\*\*\*)

```

procedure DisablePorts;
var
  B : byte;
begin
  StringToPort('ATCO');

  B := Port[INTCTLR];
  B := B or #10;
  Port[INTCTLR] := B;

  B := Port[LCR];
  B := B and #7F;
  Port[LCR] := B;
  Port[IER] := #0;
  Port[MCR] := #0;

  Port[#20] := #20;

  SetIntVec(#0C ,AsyncVector);
end;

```

(\*\*\*\*\*)

```

function SuccessfulConnect(PhoneNumber : string) : boolean;
var
  S : string;
begin
  S := 'ATDT' + PhoneNumber;
  StringToPort(S);
  Delay(300);
  if CarrierDetected then
    SuccessfulConnect:=true
  else
    begin
      Write('Error: Unable to Connect. ');
      StringToPort('ATCO'); (* Turn off carrier signal. *)
      SuccessfulConnect :=False;
    end;
end;

```

(\*\*\*\*\*)

```

procedure SetHayesModem;
begin
  StringToPort('ATCO');
  Delay(1000);
  StringToPort('ATZ');
  Delay(1000);
  StringToPort('ATF1');
  Delay(1000);
  StringToPort('ATE0');
  Delay(1000);
  StringToPort('ATV1');

```

```
Delay(1000);
StringToPort('ATQO');
Delay(1000);
end;
```

```
(*****)
```

```
procedure StartCommunicating;
var
  OutChar,
  InChar : char;
  H      : Integer;
begin
  ClearBuffer;
  H:=1;
  repeat
    if (CharsInBuf > 0) then
      begin
        InChar := GetCharInBuf;

        if InChar in [#0..#255] then
          begin
            write (ord (inchar):10);
            H:=H+1;
            if H>8 then begin
              H:=1;
              writeln;
            end;
          end
        else
          if (Inchar = CR) then
            Writeln;
          end;

        if KeyPressed then
          begin
            OutChar := ReadKey;
            if (OutChar <> #27) then
              begin
                SendChar(Ord(OutChar));
                if OutChar = CR then
                  Writeln
                else
                  write(OutChar);
                end;
              end;
            until OutChar = #27;
          end;
        end;
      end;
  end;
```

```
(*****)
```

```
begin
  ClrScr;

  SelectModemSet;

  with ModemSet do
    SetSerialPort(ComPort, BPS, StopBits, DataBits,
Parity);

    EnablePorts;

    SetHayesModem;

    if SuccessfulConnect(ModemSet . PhoneNumber) then
      StartCommunicating;

    WriteLn;
    Write('Desconectado off...');
    StringToPort('ATZ');
    Delay(1000);
    DisablePorts;
end.
```

MANUAL DEL USUARIO  
APENDICE C



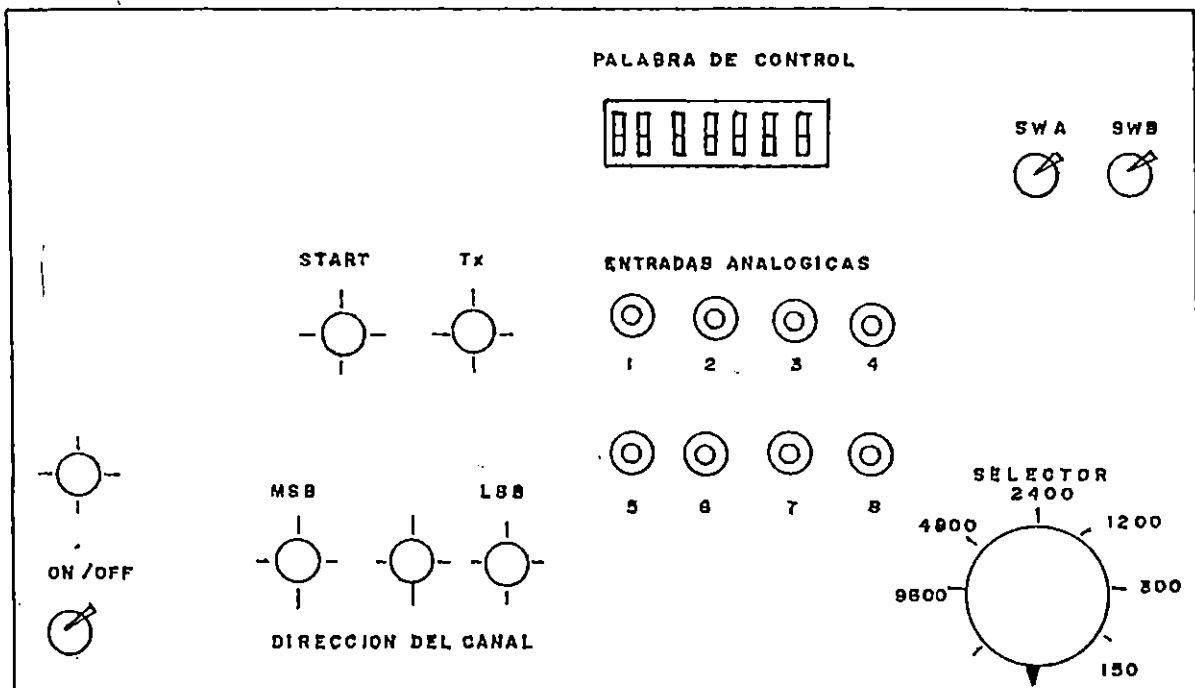
# MANUAL DEL USUARIO DEL SISTEMA EXPERIMENTAL DE TELEMETRIA

## Introducción:

Este manual tiene por objetivo, el dar una guía para un manejo fácil del dispositivo "Sistema de telemetría", de tal forma que algún usuario que lea este manual, sea capaz de usar adecuadamente el equipo.

## DESCRIPCION FISICA DEL DISPOSITIVO.

El montaje de todos los elementos que constituyen el sistema de telemetría, como: IC's, capacitores, resistores, interruptores, etc., ha sido realizado en un "circuito impreso de doble cara". Y los elementos de salida, como los ocho canales del sistema, así como los interruptores de programación de la ACIA, el generador de baudios y los led de indicaciones, han sido conectados al circuito impreso y fijados en la parte frontal de la caja protectora. Según se muestra en la siguiente figura. Se describirá mas adelante la forma de utilizar los interruptores que se muestran para inicializar el sistema.



## EXPLICACION PARA EL USO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA

a) Como primer paso para poder usar el sistema de telemetría, es necesario conectar los transductores que se utilizarán para medir las variables físicas; a las entradas mostradas en la figura anterior como entradas analógicas, del canal 0 al canal 8.

b) Para poder utilizar el sistema, primero hay que poner la palabra de programación; con la que se elige como quiere hacerse la transmisión (BPS, Stop bit, bit de paridad, número de bits); esta palabra de control se pone con los dip switch mostrados en la figura anterior. Ver sección 4.5.4 COMO PROGRAMAR LA ACIA.

c) Luego que se ha programado la ACIA, hay que programar la relación del generador de relación de bit; con la relación que se quiera utilizar, dependiendo de la programación del reloj de transmisión de la ACIA. Esto se hace por medio de los dos interruptores SWA y SWB. Ver página 57.

d) Luego que se tiene la programación de la relación de reloj solo falta seleccionar la frecuencia con la cual se transmitirán los datos; esto se hace por medio del selector mostrado en la figura anterior.

e) Se conecta el modem a la parte posterior del gabinete utilizando el conector de 9 pines DB-9.

f) Luego que el hardware del sistema de telemetría está programado la inicialización del sistema se hace por medio del software de comunicaciones. Este software comienza con una presentación; luego aparecerán diferentes opciones; las cuales deberá escoger; de acuerdo a la programación hecha antes en el hardware del sistema. Las diferentes opciones que aparecerán en la pantalla de la PC serán: BPS; número de bits de datos; número de stop bits; bit de paridad y número telefónico para modems con línea conmutada.

g) Después que todos los parámetros del software han sido seleccionados; se inicia la intercomunicación entre el sistema de telemetría y el software de comunicaciones. Cuando se inicia la transmisión de datos el LED nombrado como Start se enciende; además el LED de transmisión de datos comenzará a apagarse y encenderse de acuerdo al dato que está siendo transmitido; así como los leds que indican que canal está siendo accedido de los transductores.

h) Los datos que están siendo recibidos; son mostrados en la pantalla en columnas con el canal etiquetado correspondiente a la variable medida por el transductor. Al mismo tiempo; estos datos son almacenados en un archivo. La recepción de datos continúa hasta que usted apage el sistema de telemetría; por medio del interruptor ON/OFF ó por la PC.

i) El sistema de telemetría puede volver a inicializarse y apagarse, cuantas veces se quiera por medio de la PC, y el canal muestreado siempre será el canal cero. Los datos que se van almacenando después de cada inicialización, van siendo agregados al mismo archivo, para obtener al final de diferentes transmisiones un solo archivo, para luego poder procesarlo para ver como han cambiado las variables físicas que están siendo medidas.

j) La ventaja que se tiene al inicializar el sistema y apagarlo por medio de la PC (esto se hace mientras no esté apagada la fuente de potencia del sistema de telemetría), es que la computadora que se está utilizando, se puede ocupar para otras tareas, cuando no se quiera recibir datos del sistema, y solo recibir los datos a intervalos de tiempo definidos por el usuario del sistema, dependiendo de la aplicación particular que se tenga.

#### LIMITACIONES DEL DISPOSITIVO DE TELEMETRIA.

El equipo de telemetría presenta algunas limitaciones, las cuales són:

a) El rango de entrada de voltaje para las señales de los transductores es de cero a +5 voltios y es unipolar, si se tiene una señal bipolar, es necesario hacerla unipolar para poder utilizarla.

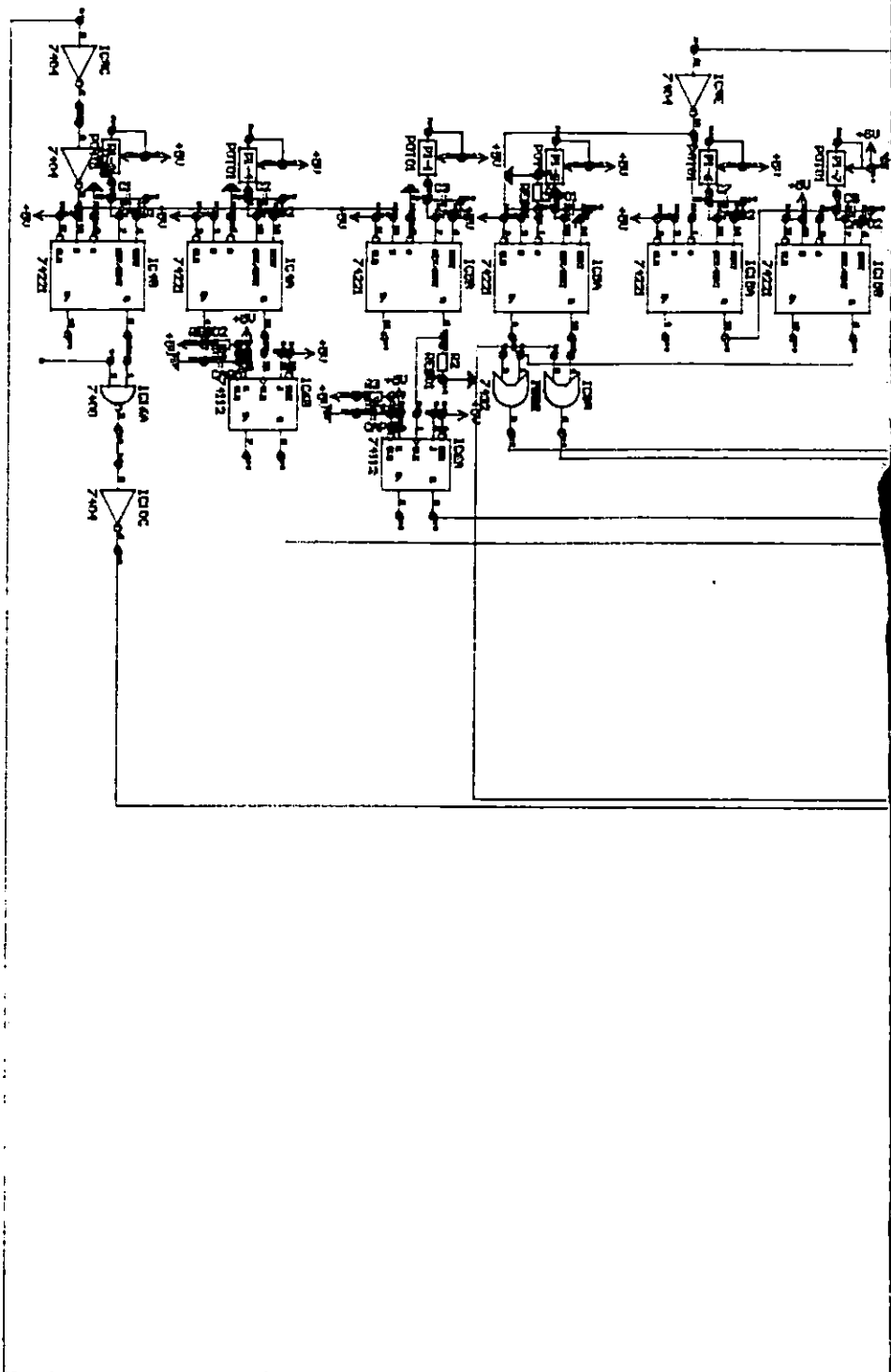
b) La exactitud del valor leído analógicamente, con el valor convertido, es de  $\pm 1/2$  LSB.

c) La transmisión de datos solo puede hacerse asincrónicamente y no pueden transmitirse datos con transmisión síncrona porque no lo permite la UART utilizada en este equipo, la cual solamente acepta formato asincrónico.

d) La interfase acoplada al sistema para el dispositivo transmisor (en este caso el dispositivo transmisor es un MODEM), es para el standar RS232C, si el MODEM a utilizar tiene otro standar como el RS422 no se puede utilizar con este equipo.

A N E X O S





## ANALISIS ECONOMICO DEL PROTOTIPO.

El costo aproximado del prototipo se ha hecho considerando el precio de cada dispositivo por unidad y al precio del mercado nacional, los dispositivos no encontrados en el país se ponen al precio equivalente en moneda nacional.

Estos se detallan a Continuación:

I

a) SISTEMA ADQUISITOR DE DATOS	p.U.	Sub-total
Descripción:		
3 IC's 74221 Multibibradores monoestables	15.00	45.00
1 IC 74121 Multivibrador Monoestable	15.00	15.00
1 IC 74LS112 Flip-Flop JK Dual	15.00	15.00
2 IC's 74244 Buffer Octal	12.40	24.80
1 IC 74132 Nand Cuadruple	9.40	9.40
1 IC 7432 OR Cuadruple	9.40	9.40
1 IC 7493 Contador de Decada	9.40	9.40
2 IC's 7404 Hex Inversores	9.40	9.40
1 IC MC 1488 Tranciever de TTL a RS-232	9.40	9.40
1 IC MC-1489 Tranciever de RS-232 a TTL	9.40	9.40
1 IC MC 14411F Generador de Relacion de BAUD	57.40	57.40
1 IC Mc-6850 UART	15.00	15.00
1 IC SIS601 Adquisitor de Datos	85.00	85.00
1 Cristal de 1.8432 Mhz	20.00	20.00
3 Condensadores de 330Pf	1.00	1.00
2 Potenciometros de 20K pequeños	12.00	24.00
1 Condensador de 22mF Electrolitico	1.00	1.00
2 Condensadores de 100nF	0.60	1.20
3 Condensadores de 2.2mF Electrolitico	1.00	3.00
2 Condensadores de 1mF Electrolitico	1.00	2.00
1 Condensador de 25mF Electrolitico	1.00	1.00
7 Resistencias de 10K	0.50	3.50
2 Resistencias de 1K	0.50	1.00
1 Resistencia de 20K	0.50	0.50
1 Resistencia de 1M	0.50	0.50
1 Resistencia de 4.7K	0.50	0.50
<b>Sub-Total</b>		<b>384.20</b>

b) CIRCUITO IMPRESO

1 Tableta de circuito impreso de 20x20 cm	30.00	30.00
1 Plumon de tinta metalica Star-LineXXF	12.00	12.00
2 Brocas (1/16 y 1/32 ")	2.00	2.00
4 Onzas de Percloruro de Hierro	4.00	16.00

Sub-Total 60.00

c) ACCESORIOS PARA EL MONTAJE DEL PROTOTIPO

1 Gabinete de plastico	175.00	175.00
6 Diodos Led's	1.55	9.30
1 Dip Switch	12.00	12.00
3 Interruptores de dos posiciones	5.40	16.20
1 Arreglo de 8 Jack Hembras	9.40	9.40
1 Selector de 12 Posiciones	12.00	12.00
1 Arreglo de 4 Jack Hembras	4.50	4.50
1 Conector DB-9 Hembra	15.00	15.00

Sub-Total 253.40

Costo del Prototipo Montado 697.60

II) COSTOS DE LOS TRANSDUCTORES IMPLEMENTADOS

d) TRANSDUCTOR DE LUZ

1 Fotorresistencia de 100K	11.00	11.00
2 Resistencias de 10K	0.50	1.00
1 O.P. 741	8.80	8.80

Sub-Total 20.80

e) TRANSDUCTOR DE VOLTAJE

1 Resistencia de 1M	0.50	0.50
1 Resistencia de 7.5K	0.50	0.50
2 Resistencias de 3.6K	0.50	1.00
1 AD-580 Referencia de Voltage	25.00	25.00
4 Resistencias de 10K	0.50	2.00
2 O.P. LM-301	11.25	22.50

Sub-Total 51.50



f) TRANSDUCTOR PARA INTENSIDAD SONORA

1 Potenciómetro de 100K	12.00	12.00
2 Resistencias de 4.7K	0.50	1.00
1 Condensador Eléctrolítico 10mF	1.00	1.00
1 O.P. 741	8.80	8.80
1 Pastilla de Microfono	20.00	10.00

Sub-Total 42.80

g) TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA

2 Resistencia de 1K	0.50	1.00
1 Potenciómetro de 500	12.00	12.00
1 AD-580 Referencia de Voltaje	25.00	25.00
1 Resistencia de 10K	0.50	0.50
1 Resistencia de 20K	0.50	0.50
1 A.O. de Instrumentación 01	40.00	40.00
1 AD-592 Transductor Semiconductor	100.00	100.00

Sub-Total 179.00

g) OTROS

Estaño, Cables, Alambres, Tornillos etc.

Sub-Total 60

PRECIO TOTAL DEL PROTOTIPO CON TRANSDUCTORES 1051.70

# THE XR-2207 FSK MODULATOR

## FEATURES

- Typically 20 ppm/°C temperature stability
- Phase-continuous FSK output
- Provides both triangle and squarewave outputs
- Operates single-channel or two-channel multiplex
- Inputs are TTL and C/MOS compatible
- Split or single power supply operation
- Low power supply sensitivity (0.15%/V)
- Low external parts count

## OPERATION

The XR-2207 is a stable FSK generator which is designed for those applications where only a triangle or squarewave output is required. It is capable of either single-channel or two-channel multiplex operation, and can be used easily with either split or single power supplies.

Figure 2 shows the XR-2207 using a single-supply and Figure 3 shows split-supply operation. When used as an FSK modulator pins 8 and 9 provide the digital inputs. When the 2207 is used with a split-supply, the threshold at these pins is approximately +2 volts, which is a level that is compatible with both TTL and C/MOS logic forms. When used with a single supply, the threshold is near mid-supply and is C/MOS compatible. Table 1 shows how to select the timing resistors  $R_1$  thru  $R_4$  to determine the output frequency based upon the logic levels applied to pins 8 and 9. For optimum stability, the values of  $R_1$  and  $R_3$  should be selected to fall between 10 k $\Omega$  and 100 k $\Omega$ .

With pin 8 grounded, pin 9 serves as the data input. A high level signal applied to pin 8 will disable the oscillator. When used in this manner, pin 8 of the XR-2207 serves as the channel select input. For two-channel multiplex operation, pins 4 and 5 should be connected as shown by the dotted lines. (For single channel operation, pins 4 and 5 should be left open-circuited.)

The XR-2207 provides two outputs; a squarewave at pin 13 and a trianglewave at pin 14. When used with a split-supply, the trianglewave peak-to-peak amplitude is equal to  $V_-$  and the dc level is near ground. Direct coupling is usually used. With a single-supply, the peak-to-peak amplitude is approximately equal to  $\frac{1}{2}V_+$ , the DC level is at approximately mid-supply and AC coupling is usually necessary. In either case, the output impedance is typically 10 $\Omega$  and is internally protected against short circuits.

The squarewave output has an NPN open-collector configuration. When connected as shown in Figure 2 or 3 this output voltage will swing between  $V_+$  and the voltage at pin 12.

*Note: For safe operation, current into pin 13 should be limited to 20 mA.*

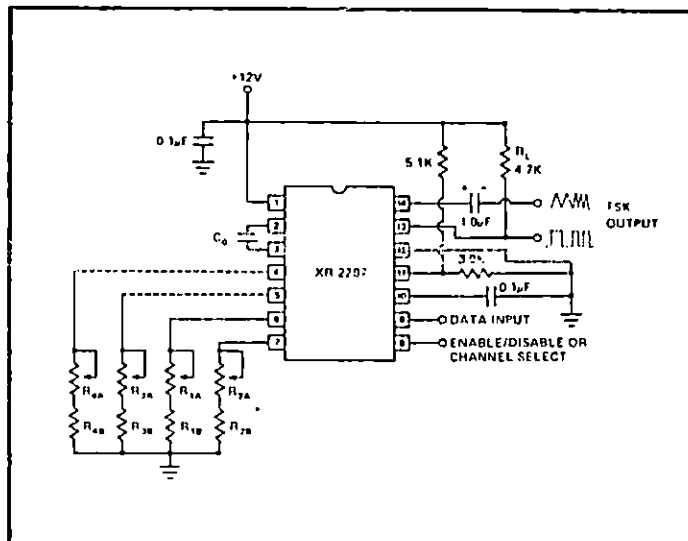


Figure 2. The XR-2207 FSK Modulator Single-Supply Operation

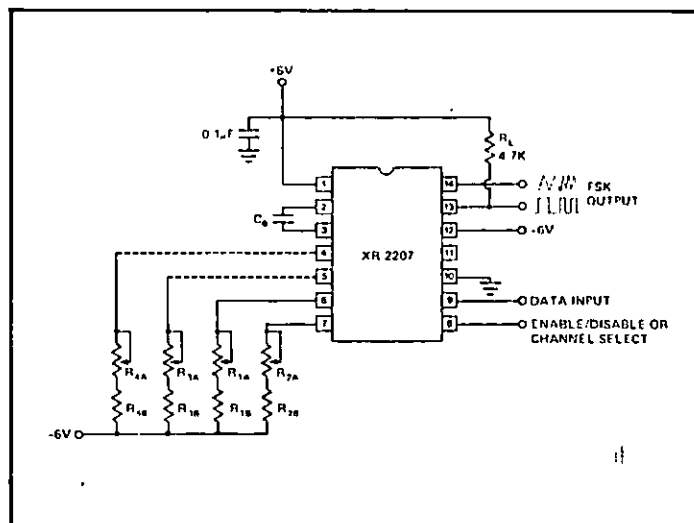


Figure 3. The XR-2207 FSK Modulator Split-Supply Operation

TABLE 1  
XR-2207 FSK Input Control Logic

Logic Level		Active Timing Resistor	Output Frequency
Pin 8	Pin 9		
L	L	Pin 6	$\frac{1}{C_0 R_1}$
L	H	Pins 6 and 7	$\frac{1}{C_0 R_1} + \frac{1}{C_0 R_2}$
H	L	Pin 5	$\frac{1}{C_0 R_3}$
H	H	Pins 4 and 5	$\frac{1}{C_0 R_3} + \frac{1}{C_0 R_4}$

Units: Resistors – Ohms; Capacitors – Farads; Frequency – Hz

## THE XR-2211 FSK DEMODULATOR WITH CARRIER DETECT

### FEATURES

- Typically 20 ppm/°C temperature stability
- Simultaneous FSK and carrier-detect output
- Outputs are TTL and C/MOS compatible
- Wide dynamic range (2 mV to 3 V<sub>rms</sub>)
- Split or single supply operation
- Low power supply sensitivity (0.05%/V)
- Low external parts count

### OPERATION

The XR-2211 is a FSK demodulator which operates on the phase-locked-loop principle. Its performance is virtually independent of input signal strength variations over the range of 2 mV to 3 V<sub>rms</sub>.

Figure 4 shows the circuit connection for the XR-2211. The center frequency is determined by  $f_0 = (1/C_1 R_4)$  Hz, where capacitance is in farads and resistance is in ohms.  $f_0$  should be calculated to fall midway between the mark and space frequencies.

The tracking range ( $\pm\Delta f$ ) is the range of frequencies over which the phase-locked loop can retain lock with a swept input signal. This range is determined by the formula:  $\Delta f = (R_4 f_0 / R_5)$  Hz.  $\Delta f$  should be made equal to, or slightly less than, the difference between the mark and space frequencies. For optimum stability, choose an  $R_4$  between 10 k $\Omega$  and 100 k $\Omega$ .

The capture range ( $\pm\Delta f_c$ ) is the range of frequencies over which the phase-locked loop can acquire lock. It is always less than the tracking range. The capture range is limited by  $C_2$ , which, in conjunction with  $R_5$ , forms the loop filter time constant. In most modem applications,  $\Delta f_c = (80\% - 99\%) \Delta f$ .

The loop damping factor ( $\xi$ ) determines the amount of overshoot, undershoot, or ringing present in the phase-locked loop's response to a step change in frequency. It is determined by  $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{C_1 / C_2}$ . For most modem applications, choose  $\xi \approx \frac{1}{2}$ .

The FSK output filter time constant ( $\tau_F$ ) removes chatter from the FSK output. The formula is:  $\tau_F = R_F C_F$ . Normally calculate  $\tau_F$  to be approximately equal to  $[0.3 / (\text{baud rate})]$  seconds.

The lock-detect filter capacitor ( $C_D$ ) removes chatter from the lock-detect output. With  $R_D = 510 \text{ k}\Omega$ , the minimum value of  $C_D$  can be determined by:  $C_D (\mu\text{f}) \approx 16 / \text{capture range in Hz}$ .

*Note: Excessive values of  $C_D$  will unnecessarily slow the lock-detect response time.*

The XR-2211 has three NPN open collector outputs, each of which is capable of sinking up to 5 mA. Pin 7 is the FSK data output, Pin 5 is the  $\bar{Q}$  lock-detect output, which goes low when a carrier is detected, and Pin 6 is the  $Q$  lock detect output, which goes high when lock is detected. If pins 6 and 7 are wired together, the output signal from these terminals will provide data when FSK is applied and will be "low" when no carrier is present.

If the lock-detect feature is not required, pins 3, 5 and 6 may be left open-circuited.

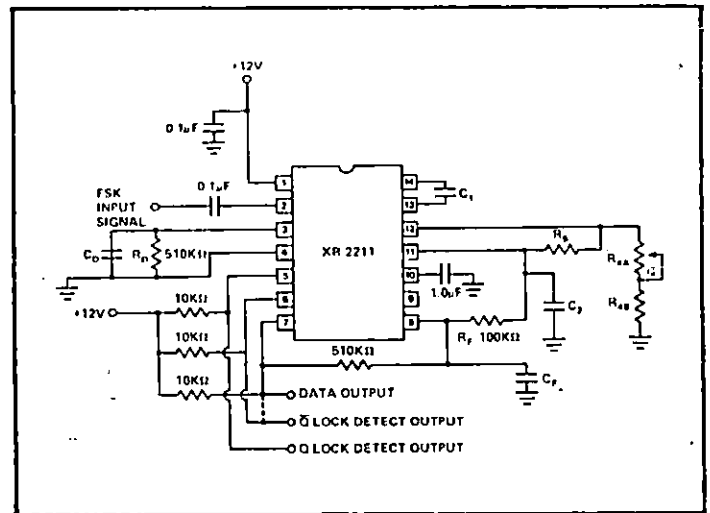


Figure 4. The XR-2211 FSK Demodulator with Carrier Detect

## DESIGNING THE MODEM

Table 2 shows recommended component values for the three most commonly used FSK bands. In many instances, system constraints dictate the use of some non-standard FSK band. The XR-2206/XR-2207, XR-2211 combination is suitable for any range of frequencies from several Hertz to 100 kiloHertz.

Here are several guidelines to use when calculating non-standard frequencies:

- For maximum baud rate, choose the highest upper frequency that is consistent with the system bandwidth.
- The lower frequency must be at least 55% of the upper frequency. (Less than a 2:1 ratio)
- For minimum demodulated output pulsewidth jitter, select an FSK band whose mark and space frequencies are

both high compared to the baud rate. (i.e., for a 300 baud channel, mark and space frequencies of 2025 Hz and 2225 Hz would result in significantly less pulsewidth jitter than 300 Hz and 550 Hz).

For any given pair of mark and space frequencies, there is a limit to the baud rate that can be achieved. When maximum spacing between the mark and space frequencies is used (where the ratio is close to 2:1) the relationship

$$\frac{\text{mark-space frequency difference (Hz)}}{\text{maximum data rate (baud)}} \geq 83\%$$

should be observed.

TABLE 2  
Recommended Component Values for Typical FSK Bands

FSK Band			XR-2207					XR-2206					XR-2211						
Baud Rate	$f_L$	$f_H$	$R_{1A}$ $R_{3A}$	$R_{1B}$ $R_{3B}$	$R_{2A}$ $R_{4A}$	$R_{2B}$ $R_{4B}$	$C_0$	$R_{6A}$	$R_{6B}$	$R_{7A}$	$R_{7B}$	$C_3$	$R_{4A}$	$R_{4B}$	$R_5$	$C_1$	$C_2$	$C_F$	$C_D$
300	1070	1270	10	20	100	100	.039	10	18	10	20	.039	10	18	100	.039	.01	.005	.05
300	2025	2225	10	18	150	160	.022	10	16	10	18	.022	10	18	200	.022	.0047	.005	.05
1200	1200	2200	20	30	20	36	.022	10	16	20	30	.022	10	18	30	.027	.01	.0022	.01

Units: Frequency – Hz; Resistors – k $\Omega$ ; Capacitors –  $\mu$ F

For narrower spacing, the minimum ratio should be about 67%.

- The values shown in Table 2 may be scaled proportionately for mark and space frequencies, maximum baud rate, and (inversely) capacitor value. It is best to retain (approximately) the resistor values shown.

## DESIGN EXAMPLES

- A. Design a modem to handle a 10 kilobaud data rate, using the minimum necessary bandwidth.

### 1. Frequency Calculation

Because we want to use the minimum possible bandwidth (lowest possible upper frequency) we will use a 55:100 frequency ratio. The frequency difference, or 45% of the upper frequency, will be 83% of 10,000. We therefore choose an upper frequency:

$$\frac{83 \times 10,000}{45} = 18.444 \text{ kHz} \approx 18.5 \text{ kHz.}$$

and the lower frequency:

$$0.55 \times 18.5 \text{ kHz} = 10.175 \text{ kHz.}$$

### 2. Component Selection

- a. For the XR-2207 FSK modulator, set  $R_1 \approx 30 \text{ k}\Omega$ . Now, select a value of  $C_0$  to generate 10.175 kHz with  $R_1$ :

$$10.175 \text{ kHz} = 1/(C_0 \times 30,000); C_0 = 3300 \text{ pF.}$$

To choose  $R_2$ :

$$18.500 \text{ kHz} - 10.175 \text{ kHz} = 8.325 \text{ kHz} = 1/C_0 R_2; R_2 = 36 \text{ k}\Omega.$$

A good choice would be to use 10 k $\Omega$  potentiometers for  $R_{1A}$  and  $R_{2A}$ , and to set  $R_{1B} = 24 \text{ k}\Omega$  and  $R_{2B} = 30 \text{ k}\Omega$ .

- b. For the XR-2206, we can make  $R_7$  equal to  $R_1$  and  $C_3$  equal to  $C_0$  above. To determine  $R_6$ :

$$18.5 \text{ kHz} = 1/R_6 C_3; R_6 = 16 \text{ k}\Omega.$$

Use a 10 k $\Omega$  potentiometer for  $R_{6A}$  and set  $R_{6B} = 13 \text{ k}\Omega$ .

- c. For the XR-2211 demodulator, we need to first determine  $R_4$  and  $C_1$ . First,  $f_0 = (f_L + f_H)/2 = (10.175 + 18.500)/2 = 14.338 \text{ kHz}$ . If we make  $R_4 = 25 \text{ k}\Omega$ , then  $1/(C_1 \times 25,000) = 14,338$ ;  $C_1 = 2790 \text{ pF} \approx 2700 \text{ pF}$ . With that value of  $C_1$ , the precise value of  $R_4$  is now 25.8 k $\Omega$ . Select  $R_{4B} = 18 \text{ k}\Omega$  and use a 10 k $\Omega$  for  $R_{4A}$ .

### 3. Frequency Component Selection

- a. To calculate  $R_5$ , we first need our  $\Delta f$ , which is 18.500 – 10.175, or 8.325 kHz.

$$8325 = (25,800 \times 14,338)/R_5; R_5 = 44.4 \text{ k}\Omega \approx 47 \text{ k}\Omega.$$

- b. To determine  $C_2$  use  $\xi = 1/2 = 1/4 \sqrt{C_1/C_2}$ . Then,  $C_2 = 1/4 C_1$ ;  $C_2 = 670 \text{ pF}$ .

- c. To select  $C_F$ , we use  $\tau_F = [0.3/(\text{baud rate})]$  seconds.

$$\tau_F = 0.3/10,000 = 30 \mu\text{sec.};$$

with

$$R_F = 100 \text{ k}\Omega, C_F = 300 \text{ pF.}$$



**MOTOROLA**  
Semiconductors

**MC6850**

(0 to 70°C; L or P Suffix)

**MC6850C**

(-40 to 85°C; L Suffix only)

### ASYNCHRONOUS COMMUNICATIONS INTERFACE ADAPTER (ACIA)

The MC6850 Asynchronous Communications Interface Adapter provides the data formatting and control to interface serial asynchronous data communications information to bus or organized systems such as the MC6800 Microprocessing Unit.

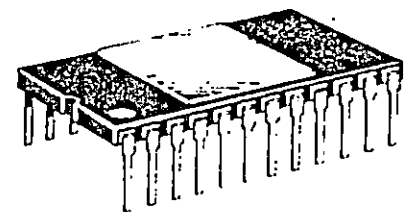
The bus interface of the MC6850 includes select, enable, read/write, interrupt and bus interface logic to allow data transfer over an 8-bit bi-directional data bus. The parallel data of the bus system is serially transmitted and received by the asynchronous data interface, with proper formatting and error checking. The functional configuration of the ACIA is programmed via the data bus during system initialization. A programmable Control Register provides variable word lengths, clock division ratios, transmit control, receive control, and interrupt control. For peripheral or modem operation three control lines are provided. These lines allow the ACIA to interface directly with the MC6860L 0-600 bps digital modem.

- Eight and Nine-Bit Transmission
- Optional Even and Odd Parity
- Parity, Overrun and Framing Error Checking
- Programmable Control Register
- Optional  $\div 1$ ,  $\div 16$ , and  $\div 64$  Clock Modes
- Up to 500 kbps Transmission
- False Start Bit Deletion
- Peripheral/Modem Control Functions
- Double Buffered
- One or Two Stop Bit Operation

**MOS**

(IN-CHANNEL, SILICON-GATE)

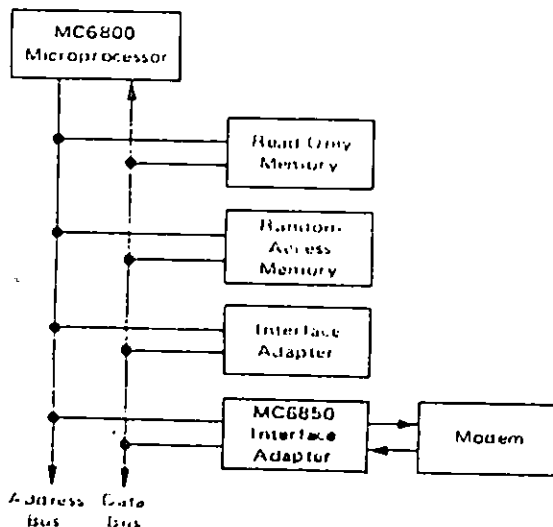
### ASYNCHRONOUS COMMUNICATIONS INTERFACE ADAPTER



L SUFFIX  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 716

NOT SHOWN: P SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 709

M6800 MICROCOMPUTER FAMILY  
BLOCK DIAGRAM



MC6850 ASYNCHRONOUS COMMUNICATIONS INTERFACE ADAPTER  
BLOCK DIAGRAM

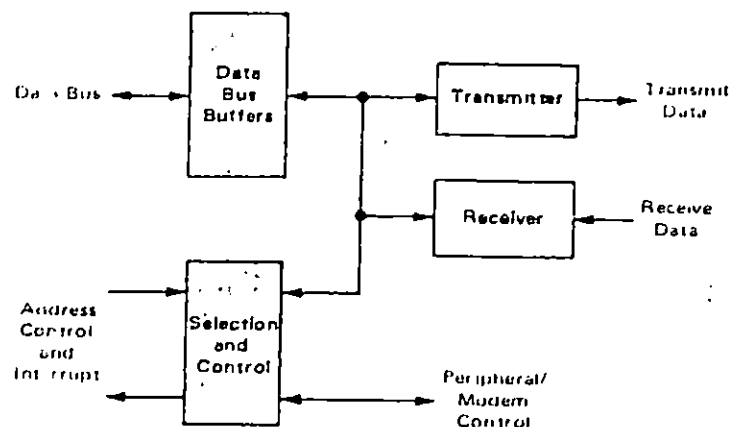


FIGURE 1 - CLOCK PULSE WIDTH, LOW-STATE

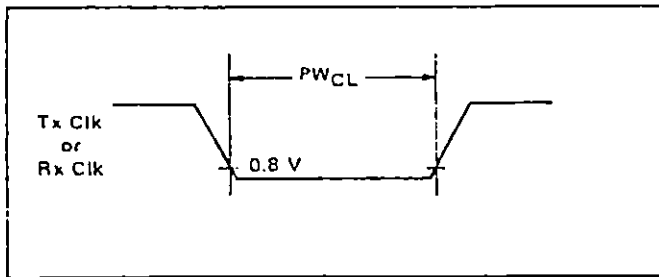


FIGURE 2 - CLOCK PULSE WIDTH, HIGH-STATE

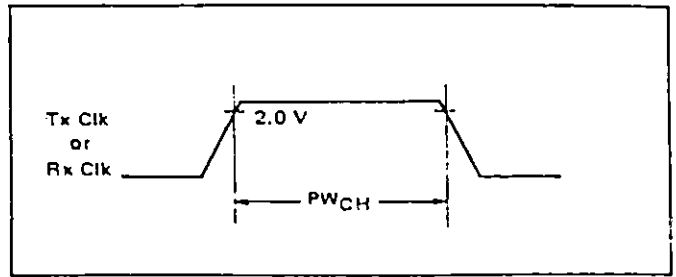


FIGURE 3 - TRANSMIT DATA OUTPUT DELAY

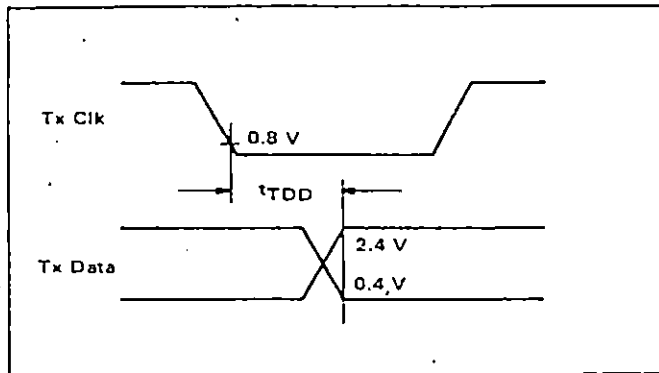


FIGURE 4 - RECEIVE DATA SETUP TIME (:1 Mode)

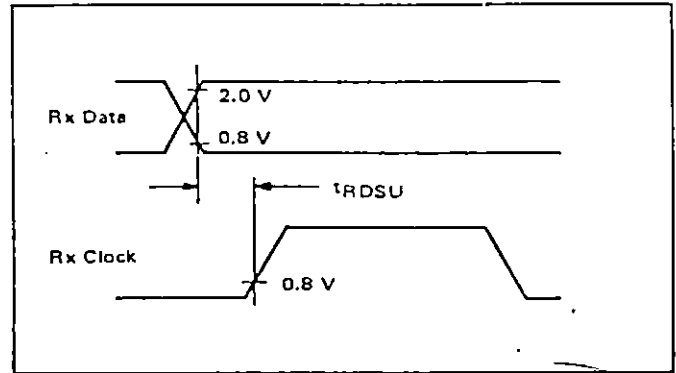


FIGURE 5 - RECEIVE DATA HOLD TIME (:1 Mode)

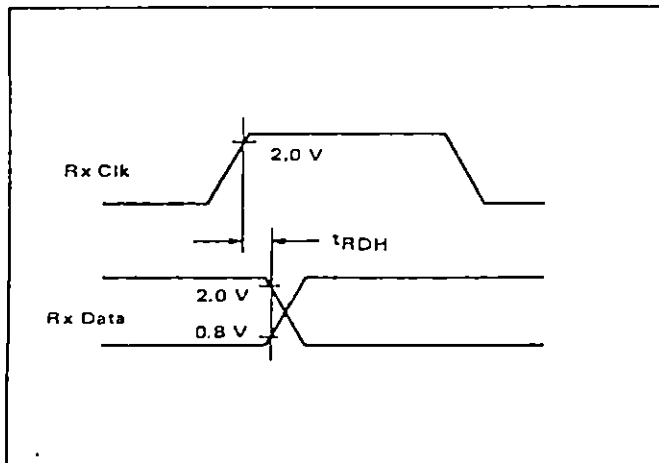


FIGURE 6 - REQUEST-TO-SEND DELAY AND INTERRUPT-REQUEST RELEASE TIMES

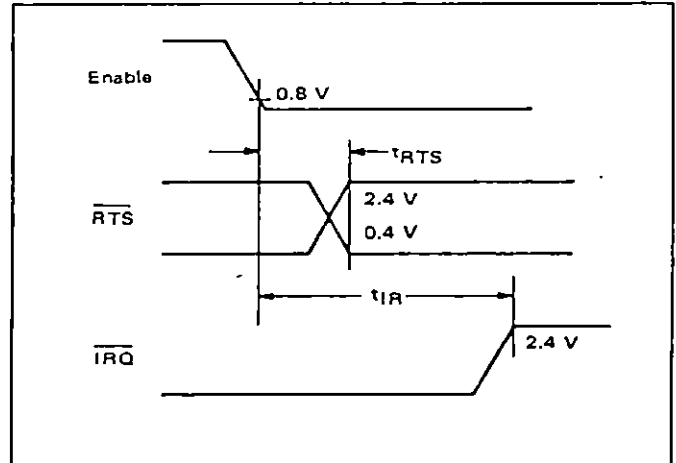


FIGURE 7 - BUS READ TIMING CHARACTERISTICS (Read information from ACIA)

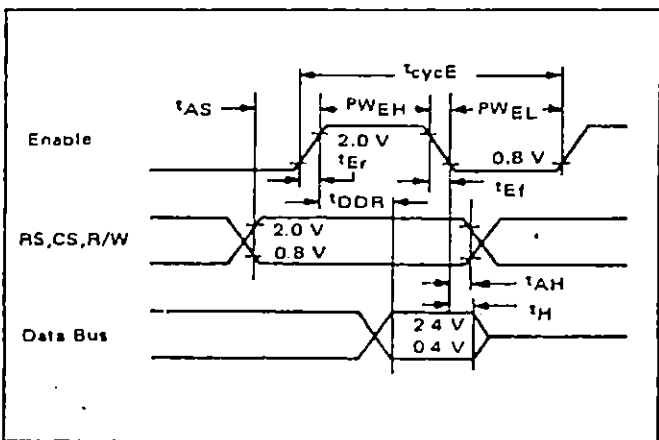
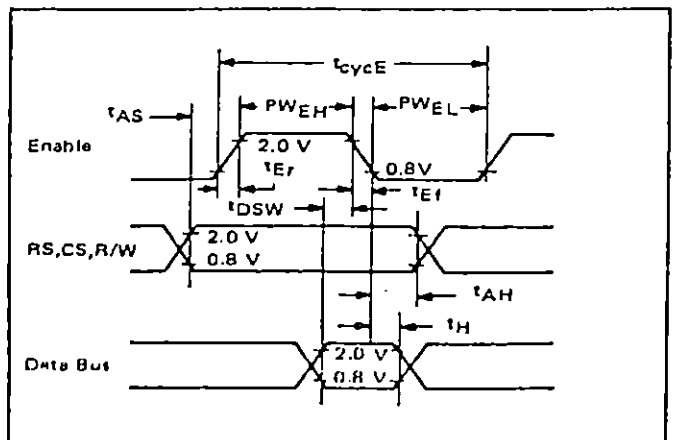


FIGURE 8 - BUS WRITE TIMING CHARACTERISTICS (Write information into ACIA)



### CLIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +7.0	Vdc
Input Voltage	V <sub>in</sub>	-0.3 to +7.0	Vdc
Operating Temperature Range	T <sub>A</sub>	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C
Thermal Resistance	θ <sub>JA</sub>	82.5	°C/W

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields, however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages in this high-impedance circuit.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = 5.0 V ±5%, V<sub>SS</sub> = 0, T<sub>A</sub> = 0 to 70°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input High Voltage	V <sub>IH</sub>	V <sub>SS</sub> + 2.0	—	V <sub>CC</sub>	Vdc
Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>	V <sub>SS</sub> - 0.3	—	V <sub>SS</sub> + 0.8	Vdc
Input Leakage Current (V <sub>in</sub> = 0 to 5.25 Vdc)	I <sub>in</sub>	—	1.0	2.5	μAdc
Three-State (Off State) Input Current (V <sub>in</sub> = 0.4 to 2.4 Vdc)	I <sub>TSI</sub>	—	2.0	(10)	μAdc
Output High Voltage (I <sub>Load</sub> = -205 μAdc, Enable Pulse Width < 25 μs)	V <sub>OH</sub>	V <sub>SS</sub> + 2.4	—	—	Vdc
(I <sub>Load</sub> = -100 μAdc, Enable Pulse Width < 25 μs)	Tx Data, $\overline{\text{RTS}}$	V <sub>SS</sub> + 2.4	—	—	Vdc
Output Low Voltage (I <sub>Load</sub> = 1.6 mAdc, Enable Pulse Width < 25 μs)	V <sub>OL</sub>	—	—	V <sub>SS</sub> + 0.4	Vdc
Output Leakage Current (Off State) (V <sub>OH</sub> = 2.4 Vdc)	I <sub>LOH</sub>	—	1.0	10	μAdc
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	—	300	525	mW
Input Capacitance (V <sub>in</sub> = 0, T <sub>A</sub> = 25°C, f = 1.0 MHz)	C <sub>in</sub>	—	10	12.5	pF
(E, Tx Clk, Rx Clk, R/W, RS, Rx Data, CS0, CS1, $\overline{\text{CS2}}$ , $\overline{\text{CTS}}$ , $\overline{\text{DCD}}$ )			7.0	7.5	pF
Output Capacitance (V <sub>in</sub> = 0, T <sub>A</sub> = 25°C, f = 1.0 MHz)	C <sub>out</sub>	—	—	5.0	pF
( $\overline{\text{RTS}}$ , Tx Data, IRQ)					
Minimum Clock Pulse Width, Low (Figure 1)	PW <sub>CL</sub>	600	—	—	ns
Minimum Clock Pulse Width, High (Figure 2)	PW <sub>CH</sub>	600	—	500	kHz
Clock Frequency	f <sub>C</sub>	—	—	800	—
Clock-to-Data Delay for Transmitter (Figure 3)	t <sub>TDD</sub>	—	—	1.0	μs
Receive Data Setup Time (Figure 4)	t <sub>RDSU</sub>	500	—	—	ns
Receive Data Hold Time (Figure 5)	t <sub>RDH</sub>	500	—	—	ns
Interrupt Request Release Time (Figure 6)	t <sub>IR</sub>	—	—	1.2	μs
Request-to-Send Delay Time (Figure 6)	t <sub>RTS</sub>	—	—	1.0	μs
Input Transition Times (Except Enable)	t <sub>r, f</sub>	—	—	1.0*	μs

\* 1.0 μs or 10% of the pulse width, whichever is smaller.

### BUS TIMING CHARACTERISTICS

#### READ (Figures 7 and 9)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Enable Cycle Time	t <sub>cycE</sub>	1.0	—	—	μs
Enable Pulse Width, High	PWEH	0.45	—	25	μs
Enable Pulse Width, Low	PWEL	0.43	—	—	μs
Setup Time, Address and R/W valid to Enable positive transition	t <sub>AS</sub>	160	—	—	ns
Data Delay Time	t <sub>DDR</sub>	—	—	320	ns
Data Hold Time	t <sub>H</sub>	10	—	—	ns
Address Hold Time	t <sub>AH</sub>	10	—	—	ns
Rise and Fall Time for Enable input	t <sub>r, f</sub>	—	—	25	ns

#### WRITE (Figure 8 and 9)

Enable Cycle Time	t <sub>cycE</sub>	1.0	—	—	μs
Enable Pulse Width, High	PWEH*	0.45	—	25	μs
Enable Pulse Width, Low	PWEL	0.43	—	—	μs
Setup Time, Address and R/W valid to Enable positive transition	t <sub>AS</sub>	160	—	—	ns
Data Setup Time	t <sub>DSW</sub>	195	—	—	ns
Data Hold Time	t <sub>H</sub>	10	—	—	ns
Address Hold Time	t <sub>AH</sub>	10	—	—	ns
Rise and Fall Time for Enable input	t <sub>r, f</sub>	—	—	25	ns



# Si8601

## 8-Channel 8 Bit CMOS Data Acquisition System



### FEATURES

- 8-Bit Resolution  $\pm 1/2$  LSB
- 25  $\mu$ s Conversion Time
- No Missing Codes
- Latched Digital Inputs and Outputs
- 25 mW Power Consumption
- System Components Integrated in a Single Chip

### BENEFITS

- Easily Interfaced to  $\mu$ P
- Reduced Power Supply Requirements
- Accurate to 0.3% Over Temperature
- Better Reliability than Multi-Chip Designs

### APPLICATIONS

- Data Acquisition Systems
- Portable Instruments
- Industrial Monitor and Control Systems
- Remote Data Collection

### DESCRIPTION

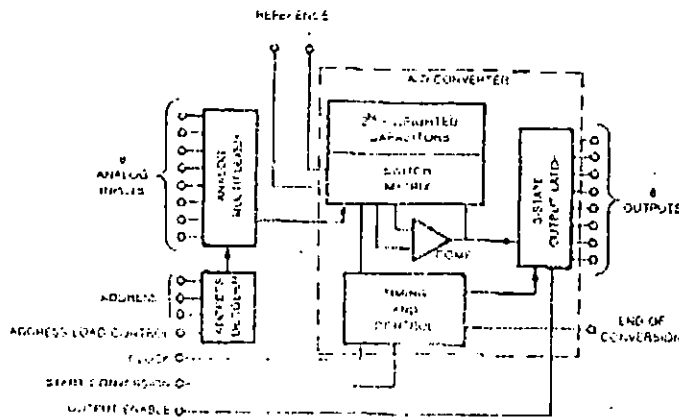
The Si8601 is a CMOS Data Acquisition System combining an 8-channel multiplexer, a sample-and-hold function, a 25  $\mu$ s 8-bit A/D converter and microprocessor compatible control logic, all on a single chip. Designed for use in general purpose data acquisition systems in process control, system diagnostics, or wherever multi-channel A/D conversions are required under the control of a microprocessor, Si8601 offers an economical solution to applications in general analog signal data collection.

The 8 channel multiplexer in Si8601 can be controlled by a microprocessor using a 3-bit address to select any one of eight single ended analog switches. The input signal is then "sampled" by a capacitor and passed to the high speed 8-bit A/D converter, which uses a binary weighted capacitor array in a successive approximation algorithm to achieve a conversion in 25  $\mu$ s.

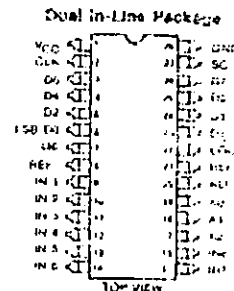
The design features of the Si8601 make possible a pseudo-ratiometric conversion (i.e. the reference voltage can be selected to determine the analog input range), eliminate the need for zero or full scale adjustments for most applications, and insure "no missing codes" performance.

Also featured are latched 3-stated outputs and latched address inputs to the multiplexer. The single 5 volt supply, low power requirements and fast conversion time make Si8601 especially useful for a wide range of industrial applications. Package options are the 28 pin plastic or ceramic DIP which are specified over the -40 to +85°C temperature range.

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



### PIN CONFIGURATION



Order Numbers:  
Si8601AK or Si8601DK  
See Package 24  
Si8601DJ  
See Package 14





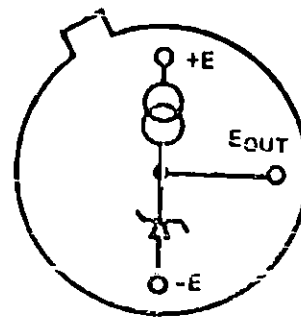
# High Precision 2.5 Volt IC Reference

## AD580\*

### FEATURES

- Laser Trimmed to Higher Accuracy: 2.500V  $\pm$ 0.4%, Improved from  $\pm$ 1.0% (AD580M)
- 3-Terminal Device: Voltage In/Voltage Out
- Excellent Temperature Stability: 10ppm/ $^{\circ}$ C (AD580M, U)
- Excellent Long Term Stability: 250 $\mu$ V (25 $\mu$ V/Month)
- Low Quiescent Current: 1.5mA max
- Small, Hermetic IC Package: TO-52 Can

### AD580 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



TO-52  
BOTTOM VIEW

### PRODUCT DESCRIPTION

The AD580 is an improved three-terminal, low cost, temperature compensated, bandgap voltage reference which provides a fixed 2.5V output for inputs between 4.5V and 30V. A unique combination of advanced circuit design and laser-wafer-trimmed thin-film resistors provide the AD580 with an improved initial tolerance of  $\pm$ 0.4%, a temperature stability of better than 10ppm/ $^{\circ}$ C and long term stability of better than 250 $\mu$ V. In addition, the low quiescent current drain of 1.5mA max offers a clear advantage over classical zener techniques.

The AD580 is recommended as a stable reference for all 8-, 10- and 12-bit D-to-A converters that require an external reference. In addition, the wide input range of the AD580 allows operation with 5 volt logic supplies making the AD580 ideal for digital panel meter applications or whenever only a single logic power supply is available.

The AD580J, K, L and M are specified for operation over the 0 to +70 $^{\circ}$ C temperature range; the AD580S, T and U are specified for operation over the extended temperature range of -55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C.

\*Covered by Patent Nos. 3,887,863, RE30,586.

### PRODUCT HIGHLIGHTS

1. Laser-trimming the thin-film resistors has reduced the AD580 output error. For example, AD580L output tolerance is now  $\pm$ 10mV, improved from:  $\pm$ 50mV.
2. The three-terminal voltage in/voltage out operation of the AD580 provides regulated output voltage without any external components.
3. The AD580 provides a stable 2.5V output voltage for input voltages between 4.5V and 30V. The capability to provide a stable output voltage using a 5-volt input makes the AD580 an ideal choice for systems that contain a single logic power supply.
4. Thin film resistor technology and tightly controlled bipolar processing provide the AD580 with temperature stabilities to 10ppm/ $^{\circ}$ C and long term stability better than 250 $\mu$ V.
5. The low quiescent current drain of the AD580 makes it ideal for CMOS and other low power applications.