



A.F. 132336



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**"Diseño de Interfaces para integrar los
Sistemas de las Corbetas Clase ESMERALDAS'
a un Nuevo Sistema de Mando y Control"**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de :

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización "ELECTRÓNICA"**

Presentado por :

Leonardo Alejandro Plúas Andrade

Leonardo Augusto Rivera Cárdenas

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2002

AGRADECIMIENTO

A la Armada del Ecuador,
por la oportunidad y el
apoyo brindado para la
culminación del presente
trabajo.

A la ESPOL y sus
profesores, por acogernos
en sus aulas y por los
conocimientos impartidos
durante nuestra breve
permanencia estudiantil.

DEDICATORIA

A mis padres, mis
hermanos, mis sobrinas.
Mi familia. Por su
constante apoyo.

Gracias mamá por confiar
siempre en mí.

Leonardo Plúas A.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía
permanente.

A mi madre, por su apoyo
incesante e incondicional.

A mi padre, por su ayuda.

A mi abuelita, por sus
sabios consejos.

Leonardo Rivera C.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Carlos Monsalve
SUB-DECANO DE LA FIEC



Ing. Denny Cortez
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Sara Rios
VOCAL

Dr. Freddy Villao
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL



Leonardo Plúas Andrade



Leonardo Rivera Gádenas

RESUMEN

El presente trabajo consiste en diseñar y desarrollar interfaces, es decir, un medio que permita la comunicación entre dos equipos, los cuales se encuentran en las unidades tipo Corbeta Misilera de la Armada del Ecuador, la que dentro de sus planes ha considerado la modernización de algunos de los mismos para actualizarlos con la última tecnología existente en el mercado.

En su primera parte se revisan todos los fundamentos teóricos con respecto a la comunicación digital, y nos introducimos en el funcionamiento de los equipos involucrados en el presente trabajo, haciendo énfasis en la parte de la transmisión y recepción de información.

Luego de esto, explicamos las diversas alternativas de solución y seleccionamos la más apropiada con base en los requerimientos de los equipos a comunicar; se detalla además el proceso de diseño y elaboración de las interfaces.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

μs	Micro Segundos
°C	Grados Centígrados
AMI	Alternate Mark Inversion
ARP	Periodo de Repetición de Antena
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
bps	Bits por segundo
CIC	Centro de Información y Combate
DIMM	Double Interface Memory Module
DMA	Acceso Directo a Memoria
ECM	Contra Medidas Electrónicas
EF	Función Externa
EFA	Confirmación de Función Externa
EFR	Requerimiento de Función Externa
EI	Interrupción Externa
EIE	Habilitación de Interrupción Externa
EIR	Requerimiento de Interrupción Externa
ESM	Medidas de Vigilancia Electrónica
FCS	Sistema de Control de Tiro
GAMMA-ED	Sistema de Guerra Electrónica
GB	Giga Bytes
GE	Sistema de Guerra Electrónica

GHz	Giga Hertz
Hz	Hertz
ID	Entrada de Datos
IDA	Confirmación de Entrada de Datos
IDR	Requerimiento de Entrada de Datos
IPN-10	Indicador Panorámico Naval - 10
KHz	Kilo Hertz
m	Metros
Mbps	Mega bits por segundos
MHz	Mega Hertz
mA	Mili Amperios
ms	Mili Segundos
mV	Mili Voltios
NA-21	Sistema de Control de Tiro
NRZ	Non Return to Zero
NTDS	Naval Tactical Data System
OD	Salida de Datos
ODA	Confirmación de Salida de Datos
ODR	Requerimiento de Salida de Datos
Ω	Ohmios
PCI	Peripheral Controller Interface
PICMG	PCI Industrial Computer Manufacturers Group
PPI	Plan Position Indicator

PRF	Frecuencia de Repetición de Pulso
PW	Ancho de Pulso
r.m.s.	Root mean square
s	Segundos
SBC	Single Board Computer
SCSI	Small Computer System Interface
SDC	Signal Data Converter
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TTL	Transistor - Transistor Logic
V	Voltios
VDC	Voltios de Corriente Continua

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. COMUNICACIÓN DE DATOS.....	1
1.1. Conceptos básicos	1
1.2. Tipos de señales	2
1.3. Codificación de las señales digitales.....	5
1.4. Formas de transmisión	12
1.5. Modos de explotación del circuito de datos.....	18
1.6. Protocolos	21
2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS INVOLUCRADOS.....	22
2.1. Indicador Panorámico Naval.....	23
2.1.1. Consola Horizontal ó de Múltiple Operador.....	24
2.1.1.1. Constitución del Equipo	25
2.1.2. Convertidor de Señales de Datos	26
2.1.2.1. Descripción Física.....	28
2.1.3. Comunicación con el Sistema GAMMA-ED	30
2.1.3.1. Tarjeta IAC-10.....	31
2.1.3.2. Tarjeta OAC-10	32
2.1.3.3. Tarjeta SRI-1	34
2.1.4. Configuración actual de las Tarjetas de Comunicación.....	35
2.1.4.1. Tarjeta IAC-10.....	36

2.1.4.2. Tarjeta OAC-10	37
2.1.4.3. Tarjeta SRI-1	38
2.2. Sistema de Guerra Electrónica	39
2.2.1. Funciones del Equipo Actual	39
2.2.2. Constitución del Equipo	41
2.2.3. Unidad de Transmisión de Datos	43
2.2.3.1. Constitución de la Unidad	43
2.2.3.2. Comandos y Controles	45
2.2.3.2.1. Panel CIC	45
2.2.3.2.2. Panel ESM	51
2.2.3.3. Procedimiento de Operación	54
2.2.4. Características de transmisión del mensaje	58
2.2.4.1. Transmisión Serial	59
2.2.4.1.1. Conexiones	59
2.2.4.1.2. Temporización	62
2.2.4.1.3. Formato del Mensaje de la Firma Electrónica	63
2.2.4.1.4. Codificación del Mensaje de la Firma Electrónica	65
2.2.4.1.5. Codificación del Mensaje de Borrado	70
2.2.4.2. Transmisión Paralela	71
2.2.4.2.1. Conexiones	71
2.2.4.2.2. Temporización	73

2.2.4.2.3. Formato del Mensaje	76
2.2.4.2.4. Codificación del Mensaje.....	77
2.2.5. Funciones del Equipo Modernizado	78
2.3. Sistema de Control de Tiro	79
2.3.1. Funciones del Equipo.....	80
2.3.2. Constitución del Equipo.....	81
2.3.3. Características de transmisión del mensaje.....	82
2.3.3.1. Intercambio lógico.....	83
2.3.3.2. Manejo y formato de buffer	87
2.3.3.2.1. Palabra de control hacia NA-21	87
2.3.3.2.2. Palabra de datos hacia la NA-21	93
2.3.3.2.3. Buffer hacia el IPN-10.....	94
2.3.3.2.4. Buffers de prueba	99
2.4. Resumen.....	102
3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO IPN-10 Y GE	105
3.1. Hipótesis y alternativas de solución	105
3.2. Hardware Requerido.....	112
3.3. Diseño de los Circuitos de la Interfaz	114
3.3.1. Diseño del Circuito de la Interfaz Serial	114
3.3.1.1. Funcionamiento del circuito	120
3.3.2. Diseño del Circuito de la Interfaz Paralela	123
3.3.2.1. Funcionamiento del circuito	127

3.4. Diseño del Software de las Interfaces.....	128
3.4.1. Software de la Interfaz Serial	129
3.4.1.1. Subrutina de codificación de datos	131
3.4.1.2. Subrutina para formato de tiempo.....	132
3.4.1.3. Subrutina de Presentación de un número binario..	135
3.4.1.4. Subrutina de transmisión de datos	136
3.4.2. Software de la Interfaz Paralela	139
3.4.2.1. Subrutina de adquisición de datos.....	140
3.4.2.2. Subrutina de rastreo o seguimiento	143
3.5. Proceso de Pruebas	145
3.6. Implementación Final	148
3.7. Instalación y Pruebas en Corbeta	150
3.8. Costo y Materiales Empleados	151
3.9. Resumen.....	152
 4. DISEÑO DEL PROTOTIPO IPN-10 Y NA-21.....	 154
4.1. Solución escogida y hardware requerido.....	154
4.2. Diseño del circuito de la interfaz.....	155
4.2.1. Funcionamiento del circuito.....	158
4.3. Diseño de software de la interfaz	161
4.3.1. Subrutina de transmisión y recepción de datos.....	163

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
5.1. Conclusiones	167
5.2. Recomendaciones	168
 ANEXO A.....	170
 ANEXO B.....	174
 ANEXO C.....	176
 NOTAS.....	187
 BIBLIOGRAFÍA.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I Codificación BCD y decimal	6
Tabla II Ejemplos de codificación ASCII	7
Tabla III Codificación GREY y decimal	8
Tabla IV Formato de la Firma Electrónica	64
Tabla V Codificación de las Notaciones Adicionales	67
Tabla VI Codificación de la Palabra de Identificación	70
Tabla VII Formato del Mensaje de la Transmisión Paralela	77
Tabla VIII Análisis de las Alternativas de Solución	113

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura No. 1-1	Diversos medios de Transmisión de Señales	2
Figura No. 1-2	Tipos de Señales	3
Figura No. 1-3	Codificación NRZ y Binario Multinivel	10
Figura No. 1-4	Codificación Bifase	11
Figura No. 1-5	Formas de Transmisión Serial y Paralela	13
Figura No. 1-6	Diversos tipos de Sincronismo	14
Figura No. 1-7	Transmisión Asíncrona	15
Figura No. 1-8	Tipos de Transmisión Síncrona	17
Figura No. 1-9	Modos de Explotación del Circuito de Datos	20
Figura No. 2-1	Consola Horizontal del IPN-10	24
Figura No. 2-2	Unidades de la Consola Horizontal	26
Figura No. 2-3	Convertidor de Señales de Datos	27
Figura No. 2-4	Vista posterior del SDC	28
Figura No. 2-5	Vista interior del SDC	29
Figura No. 2-6	Unidades del Sistema de Guerra Electrónica	42
Figura No. 2-7	Panel CIC	44
Figura No. 2-8	Panel ESM	44
Figura No. 2-9	Comandos y Controles del Panel CIC	45
Figura No. 2-10	Matriz de pulsantes del Panel CIC	50
Figura No. 2-11	Comandos y Controles del Panel ESM	51

Figura No. 2-12	Matriz de pulsantes del Panel ESM	54
Figura No. 2-13	Conexiones para la Transmisión Serial	61
Figura No. 2-14	Temporización para la Transmisión Serial	62
Figura No. 2-15	Conexiones para la Transmisión Paralela	73
Figura No. 2-16	Temporización de las líneas ID	75
Figura No. 2-17	Temporización de las líneas OD	76
Figura No. 2-18	Sistema de Control de Tiro	79
Figura No. 2-19	Conexiones para la comunicación entre computadores	84
Figura No. 2-20	Buffer del IPN-10 a la NA-21	87
Figura No. 2-21	Buffer de la NA-21 al IPN-10	95
Figura No. 2-22	Buffer de Prueba del IPN-10 a la NA-21 cuando el IPN-10 está inactivo	100
Figura No. 2-23	Buffer de Prueba de la NA-21 al IPN-10 cuando el IPN-10 está inactivo	100
Figura No. 2-24	Buffer de Prueba de la NA-21 al IPN-10 cuando la NA-21 está inactiva	101
Figura No. 2-25	Buffer de Prueba del IPN-10 a la NA-21 cuando la NA-21 está inactiva	102
Figura No. 3-1	Esquema de la Interfaz Serial	114
Figura No. 3-2	Diagrama de Tiempo de la Interfaz Serial	115
Figura No. 3-3	Diagrama de Bloques de la Interfaz Serial	117
Figura No. 3-4	Esquema de la Interfaz Paralela	122
Figura No. 3-5	Diagrama de Tiempo de la Interfaz Paralela	123

Figura No. 3-6	Diagrama de Bloques de la Interfaz Paralela	125
Figura No. 3-7	Formulario de la Interfaz Serial	129
Figura No. 3-8	Diagrama de Flujo de la Subrutina BCDdata	128
Figura No. 3-9	Diagrama de Flujo de la Subrutina TIMEformat	132
Figura No. 3-10	Presentación del Mensaje Codificado	133
Figura No. 3-11	Diagrama de Flujo de la Subrutina BINARIOpres	135
Figura No. 3-12	Diagrama de Flujo de la Subrutina TXdata	137
Figura No. 3-13	Formulario de la Interfaz Paralela	138
Figura No. 3-14	Diagrama de Flujo de la Subrutina ACQdata	141
Figura No. 3-15	Diagrama de Flujo de la Subrutina RASTREO	143
Figura No. 3-16	Formulario de la Interfaz GE e IPN-10	149
Figura No. 4-1	Esquema de la Interfaz NA-21 e IPN-10	154
Figura No. 4-2	Diagrama de Bloques de la Interfaz NA-21 e IPN-10	156
Figura No. 4-3	Diagrama de Flujo de la Subrutina de Transmisión	163
Figura No. 4-4	Diagrama de Flujo de la Subrutina de Recepción	165

INTRODUCCIÓN

Las corbetas clase "Esmeraldas" poseen varios sistemas que sirven para el comando y control de la unidad, pero todos estos brindan su información a una computadora central; entre estos sistemas tenemos el de Guerra Electrónica, conocido como GAMMA-ED, el cual captura una emisión electromagnética proveniente de alguna unidad cercana a la posición propia del buque, la analiza y procesa, y nos brinda una información referente al tipo de unidad, grado de amenaza, etc., esta información es puesta en un formato específico y enviada a la computadora central, conocida como Indicador Panorámico Naval (IPN-10), en el cual es mostrado y a su vez, el operador de Guerra Electrónica toma las respectivas decisiones, las cuales son enviadas al equipo GAMMA-ED como señales de control.

Otro de los sistemas es el de Control de Tiro de los Cañones de Proa y de Popa, conocido como NA-21, el cual envía información referente a la posición del blanco, velocidad en los ejes horizontal y vertical, etc. al IPN-10, en donde a su vez, el operador de este equipo toma las respectivas decisiones, las cuales son enviadas nuevamente al equipo NA-21.

Actualmente, el equipo GAMMA-ED está siendo modernizado y va a ser reemplazado por una computadora industrial, mas con esta actualización, el sistema permanecerá aislado del resto del Centro de Comando y Control, debido a que no podría establecerse una comunicación entre ambos equipos.

Por otra parte, el equipo NA-21 es una computadora muy compleja para ser reemplazada, pero la computadora central IPN-10 se la puede considerar para una futura reingeniería, de tal modo que dejaría de haber comunicación entre los diversos equipos y el IPN-10.

Para permitir la comunicación entre los equipos, se deben diseñar las interfaces correspondientes entre estos sistemas y la computadora central; la primera, entre el IPN-10 y GAMMA-ED, donde desarrollaremos un software y hardware necesarios para poder dar el formato a la información y establecer la comunicación correspondiente; la segunda, entre el IPN-10 y NA-21, con condiciones similares al anterior.

CAPÍTULO 1

1. COMUNICACIÓN DE DATOS

En este capítulo se expondrán los principales conceptos de la teoría de comunicación de datos, que permitirán una mejor comprensión de los temas a tratarse posteriormente.

1.1. Conceptos básicos

Para que se realice una comunicación se necesitan tres elementos esenciales: un emisor, un medio y un receptor de datos.

Los medios de transmisión pueden ser guiados y no guiados, en el primer caso las señales se ven confinadas dentro de un medio físico por donde deben circular hasta llegar al receptor, como por ejemplo el par trenzado, cable coaxial, fibra óptica; en el segundo, las señales pueden propagarse libremente, ejemplo de este tipo de

medio lo constituye el aire, el agua y el vacío. La figura No. 1-1 muestra algunos de los diversos medios de transmisión

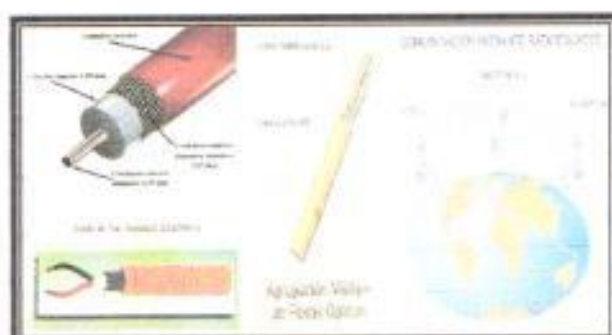


Figura No. 1-1 Diversos medios de transmisión de señales

Cuando no existe ningún dispositivo que no sean amplificadores o repetidores se dice que se tiene un enlace directo.

Un medio de transmisión guiada es punto a punto cuando proporciona un enlace directo entre los dos únicos dispositivos que comparten el medio. En una configuración guiada multipunto, el mismo medio es compartido por más de dos dispositivos.

1.2. Tipos de señales

La información, su tratamiento y difusión es el principal objetivo de la informática, un dato es una unidad de información, por si solo no puede representar algo relevante, pero un conjunto de datos relacionadas puede proporcionar información; los datos pueden ser analógicos o digitales.

Datos analógicos son aquellos que presentan una variación continua, no presentan saltos como por ejemplo la temperatura, no puede cambiar de un valor a otro sin pasar por todos los valores intermedios. Por el contrario los datos digitales presentan saltos o variaciones discretas como por ejemplo los caracteres de la escritura.

Hablamos de señales cuando los datos o la información pueden ser representadas por funciones matemáticas. En el caso de las señales analógicas estas funciones pueden tomar un número infinito de valores en cualquier intervalo de tiempo como por ejemplo las señales sinusoidales.

Las señales digitales son representadas por funciones matemáticas que pueden tomar un número finito de valores en cualquier intervalo de tiempo. Sus diferencias se muestran en la figura No. 1-2



Figura No. 1-2 Tipos de Señales

Existen varios parámetros que ayudan a entender mejor las señales como los siguientes:

- **Amplitud:** Es el máximo valor que toma la señal con respecto a un valor de referencia.
- **Frecuencia:** Está dada por el número de oscilaciones completas de la señal en un determinado tiempo. Unidad: Hertz (Hz).
- **Periodo:** Es el mínimo intervalo de repetición de la señal, es decir, el tiempo que dura un ciclo de la misma. Unidad: segundos (s).
- **Fase:** Es el desplazamiento en grados que habría que realizar para que la señal coincida con una función de referencia.

Además de estos parámetros, existen otras características relacionadas con el medio que limitará la cantidad de información que se podrá transmitir:

- **Ancho de banda:** Ningún medio de transmisión es perfecto, especialmente cuando se transmitían señales digitales a través de un medio minimizando todos los factores de distorsión posibles, siempre se observaba deformación de las señales en el receptor.

Con el análisis de Fourier se pudo explicar este fenómeno matemáticamente ya que una señal digital típica como es la onda cuadrada está compuesta por un número infinito de componentes espectrales, el medio solo permite el paso de algunas de estas componentes y debido a esto la señal se deforma en el destino. Se denomina ancho de banda de un canal a la banda de frecuencias que se pueden transmitir a través de un medio.

- **Velocidad de transmisión:** Es la cantidad de información que se puede enviar a través de un medio por unidad de tiempo, está limitado por el ancho de banda y la codificación que tenga la información.

Como la unidad de información digital es el bit, entonces la velocidad de transmisión está dada en bits por segundo (bps).

1.3. Codificación de las señales digitales

A menudo es deseable representar la información por medio de cadenas de caracteres alfabéticos o numéricos; existen muchos códigos que realizan este trabajo, entre los cuales tienen mayor relevancia los siguientes:

- **Decimal codificado en binario (BCD)**

Sirve para representar los dígitos decimales del 0 al 9, emplea 4 bits que tienen asociado un valor específico de acuerdo a su

posición, para recuperar el dígito representado se suman los valores asociados a los unos presentes en la cadena.

Los valores de cada bit son los mismos que un entero binario de 4 bits, por lo tanto el código BCD de un dígito decimal es igual al equivalente binario del mismo pero con ceros de relleno. En la Tabla I se muestra el uso de este código en los nueve primeros y básicos dígitos.

TABLA I
CODIFICACIÓN BCD Y DECIMAL

Decimal	Código BCD	Decimal	Código BCD
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

➤ ASCII

Siglas del código estándar americano para intercambio de información, es el código más utilizado para la representación de caracteres en el campo de la computación. Está formado por una cadena de 7 bits y con frecuencia se utiliza un octavo bit para disponer de la capacidad de detección de errores y se puede representar fácilmente cada carácter con dos dígitos hexadecimales.

Algunos ejemplos se muestran en la Tabla II.

TABLA II
EJEMPLOS DE CODIFICACIÓN ASCII

Carácter	Código binario	Código hexadecimal
D	1000100	44
g	1100111	67
t	1110100	74
a	1100001	61

➤ **Códigos GRAY**

Es un tipo de código cíclico en el que para cualquier palabra de código, un corrimiento circular produce otra palabra del código, es decir que el código para dos números consecutivos difieren solo en un bit, como se observa en la Tabla III, donde además se observa la diferencia con el código binario.

TABLA III
CODIFICACIÓN GRAY Y DECIMAL

Decimal	Gray	Decimal	Gray
0	0000	5	0111
1	0001	6	0101
2	0011	7	0100
3	0010	8	1100
4	0110	9	1101

Esto es un tipo de codificación de alto nivel, luego viene un segundo nivel de codificación en donde el resultado digital anterior es convertido en señal digital, suficiente para viajar a través del medio en el caso que se trate de una transmisión en banda base.

Así analizamos los siguientes tipos de codificación:

➤ **NRZ (Non-Return-to-Zero)**

Es la forma más fácil de transmitir señales digitales y se emplean dos niveles de tensión diferentes que se mantienen constantes durante la duración de un bit, de esta forma se desprecian las transiciones.

Así, tenemos dos posibles tipos de NRZ:

❖ **NRZ-L (No retomamos a nivel cero)**

Cuando se va a transmitir, el 0 se lo representa mediante un nivel alto, mientras que el 1 se lo representa por medio de un nivel bajo.

❖ **NRZ-I (No retornamos a cero e invertimos el uno al transmitir)**

Cuando se envía la señal digital, si existe una transición de nivel, se está transmitiendo un 1, si no existe transición entonces se transmite un 0.

Tienen mejor comportamiento frente al ruido, ya que es más fácil detectar un cambio de nivel que el nivel propiamente dicho. Son más fáciles de implementar y hacen un uso eficiente del ancho de banda.

Los mayores inconvenientes de esta codificación son la presencia de una componente continua (largas cadenas de ceros o unos) y la falta de sincronización.

Su principal aplicación es la grabación magnética, pero son demasiado limitados para la transmisión de señales.

➤ **Binario Multinivel**

Se diferencian del NRZ en que utilizan más de dos niveles de señal, con lo cual consiguen superar algunas de sus desventajas, y son:

❖ **Bipolar AMI (Alternate Mark Inversion)**

Se transmite un 0 mediante la ausencia de señal, y se transmite un 1 cuando existe un pulso positivo o negativo en forma alternada.

Esta transición cada vez que existe un 1, garantiza que no hay una componente continua, constituyendo un medio para que el emisor y el receptor permanezcan sincronizados a pesar de que se produzcan largas cadenas de 1.

El ancho de banda necesario se reduce significativamente con respecto al NRZ, además la alternancia entre pulsos positivos

y negativos simplifica la detección de errores (ya que se produce un error si se incumple esta condición).

❖ Pseudoternario

Es el caso opuesto al Bipolar AMI, porque cuando no existe señal se transmite un 1, mientras que al existir un pulso positivo o negativo alternado se transmite un 0; además de poseer las mismas propiedades.

Las anteriores codificaciones se muestran en la figura No. 1-3

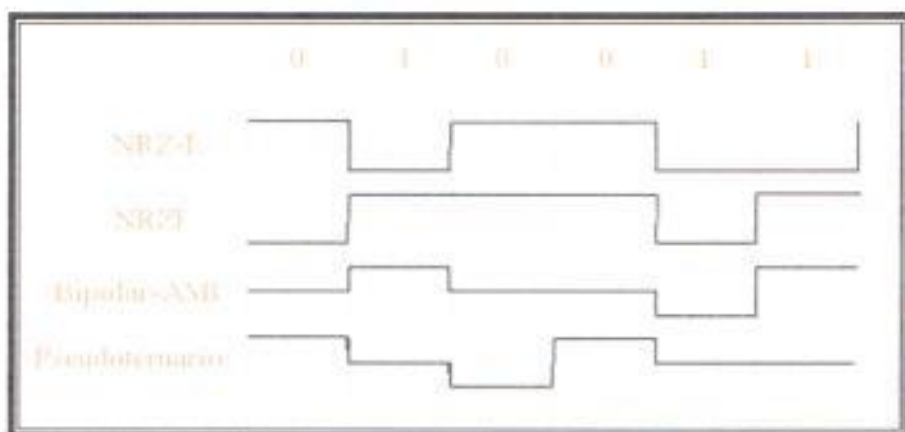


Figura No. 1-3 Codificación NRZ y Binario Multinivel

➤ Bifase

Se diferencia de los anteriores en que cada bit no mantiene un nivel constante, sino que sufre una transición en la mitad de su intervalo de duración, ayudando a la sincronización. Se favorece su velocidad de transmisión; pero su ancho de banda también se incrementa. Así podemos contar con dos tipos:

❖ Manchester

Cuando se transmite un 0 existe una transición de nivel positivo a negativo en la mitad del intervalo, mientras que al transmitir un 1 la transición va de nivel negativo a positivo en la mitad del intervalo. Esta técnica tiene un mejor comportamiento frente al ruido y mejores propiedades para su sincronización.

❖ Manchester Diferencial

Cuando existe una transición al principio del intervalo del bit se envía un 0, mientras que si no existe transición se envía un 1. En esta técnica es muy fácil detectar los errores de transición.

Son muy populares en redes de distancias cortas, pero no es así en largas distancias debido a la alta velocidad de elementos de señal que requiere comparada con la velocidad de los datos que ofrece; un ejemplo se muestra en la figura No. 1-4.

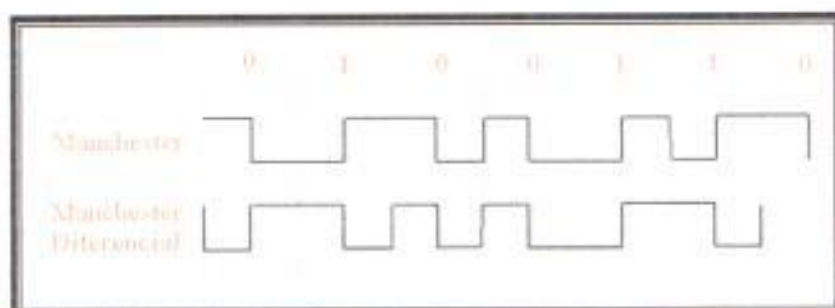


Figura No. 1-4 Codificación Bifase

1.4. Formas de transmisión

En la comunicación entre dos equipos, tanto la información como las señales de control son representadas mediante bits, los cuales pueden ser transmitidos de un equipo a otro en forma secuencial o en forma de palabras, dependiendo de la distancia entre los mismos, necesidades de velocidad y los costos de instalación; así se puede anotar las siguientes:

➤ Transmisión Serial

Los datos son transferidos bit por bit usando un único canal entre los equipos, siendo independiente del código de cada carácter, tipo de transmisión y velocidad. Es la forma normal de transmisión de datos a largas distancias, debido a los bajos costos en comparación a la forma de transmisión por palabras.

➤ Transmisión Paralela

Los bits agrupados en palabras o caracteres se transmiten en forma simultánea usando tantos canales entre los equipos como bits tenga el elemento base. Se utiliza para distancias cortas, con lo que se genera un aumento en la velocidad de transmisión.

La diferencia entre las formas de transmisión arriba mencionadas se la puede observar en la figura No. 1-5



Figura No. 1-5 Formas de Transmisión Serial y Paralela

Para comenzar la comunicación es necesario algo más aparte del canal de comunicaciones, hace falta que el receptor del sistema sepa cuando el transmisor inicia y finaliza dicho diálogo; por lo cual es preciso que tanto el transmisor como el receptor establezcan una base de tiempos común que permitan reconocer los datos en los instantes adecuados, es lo que se conoce como *Sincronismo*

La sincronización entre el transmisor y el receptor debe hacerse a tres niveles:

➤ **Sincronismo de bit**

Para determinar el instante en que comienza y termina cada bit, debido a que éste es la unidad elemental de información binaria y de ahí la necesidad de reconocer la información bit a bit en la

Así, los diferentes tipos de sincronización pueden conseguirse de dos maneras diferentes, las cuales mencionamos a continuación:

➤ Transmisión Asíncrona o START/STOP

En esta transmisión se limita el tamaño de la unidad de información a un carácter, y es muy utilizada en la comunicación entre una computadora y sus terminales, haciendo que estas realicen una resincronización de bit al comienzo de cada carácter, debido a que ambos extremos tienen relojes independientes de la misma frecuencia nominal, como se muestra en la figura No. 1-7.



Figura No. 1-7 Transmisión Asíncrona

La información se transmite carácter a carácter, precedidos de un bit "0" o bit de START y terminados por, al menos, un bit "1" denominado bit de STOP (aunque también pueden ser 1.5 o 2

bits STOP). Esta es la forma de establecer el sincronismo de carácter.

Es un método poco eficiente, ya que para cada carácter (5 a 8 bits según el código) son necesarios 2 a 3 bits de control, por lo que en el mejor caso, la eficiencia es de un 80%. Es de uso generalizado para velocidades inferiores a 1.200 bps, pues se supone terminales más baratos aunque conlleva una menor eficiencia en el uso de la línea.

➤ **Transmisión Sincrona**

En esta transmisión se considera como unidad de información el bloque o trama. El receptor utiliza el mismo reloj que el emisor consiguiendo un sincronismo de bit perfecto; entonces el emisor, además de los datos, envía una señal de reloj, por medio de técnicas de codificación, de dos maneras diferentes: por una línea independiente o implícita en los datos.

Con el receptor utilizando el mismo reloj que el emisor, se garantiza la reconstrucción del tren de bits, pero no permite distinguir dónde comienza un carácter o bloque de información. Para conseguir esto, se usan combinaciones de bits de modo que cuando el receptor las detecta, sepa que a partir de ese punto cada N bits consecutivos forman un carácter.

Maneja mecanismos más complejos para realizar el sincronismo, pero supone un uso más eficiente de la línea y permite mayores velocidades, generalmente a partir de 2400 bps y a veces para velocidades de 600 a 1200 bps.

Existen dos alternativas para el uso de la comunicación sincrónica:

- ❖ **Transmisión Orientada a Carácter.-** El bloque o trama es tratado como una secuencia de caracteres; así que para realizar el sincronismo de trama y la información de control se utilizan una serie de determinados caracteres.
- ❖ **Transmisión Orientada a Bit.-** El bloque o trama es tratado como una secuencia de bits; así el sincronismo de trama y otros elementos de control se lo realiza mediante patrones de bits.

En la figura No. 1-8 se aprecian estas alternativas:

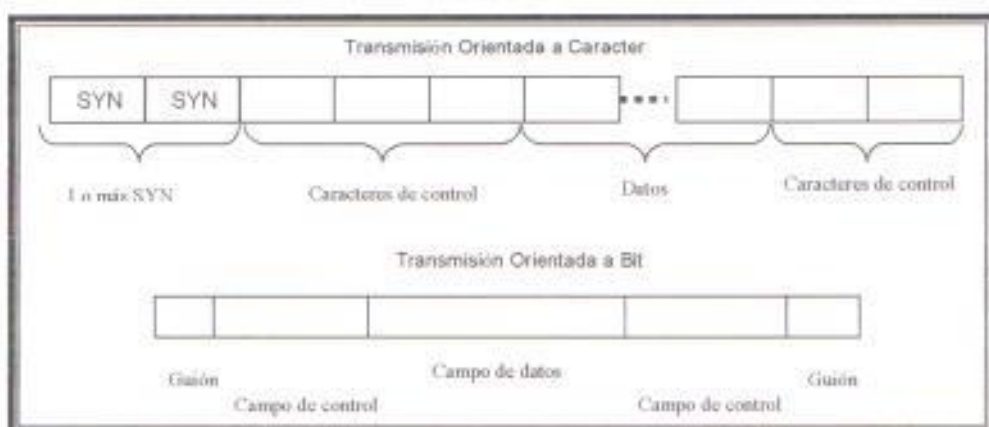


Figura No. 1-8 Tipos de Transmisión Sincrónica

1.5. Modos de explotación del circuito de datos

Los diversos tipos de comunicación presentan grandes diferencias entre sí, las cuales son fijadas por el conjunto de DTE, DCE y la línea; así en la práctica, existen tres modos básicos de explotación del circuito de datos, los cuales mencionamos a continuación:

➤ Transmisión Simplex

Sólo es posible comunicarse en un solo sentido, sin tener la posibilidad de hacerlo en el sentido opuesto.

En este tipo de transmisión, las partes implicadas tienen su función definida desde el comienzo y permanecen fijas durante toda la comunicación; es decir, el emisor transmite la información durante todo el tiempo, mientras que el receptor recibe toda esta información, sin tener la posibilidad de cambiar dichas funciones.

Es de muy poco uso en la transmisión de datos, pero existen varios ejemplos, entre los cuales mencionamos a los siguientes:

- Sensores remotos para transmitir la información del tiempo.
- Receptores de radio.

➤ Transmisión Semi-Dúplex

Permite la comunicación en uno u otro sentido pero en forma alternada, exigiendo un tiempo para inversión del canal de transmisión, lo cual reduce la eficiencia del sistema.

Es el modo más común en la transmisión de datos, así se pueden mencionar algunos ejemplos:

- Radiocomunicaciones móviles
- Télex
- Un sistema de computadoras Cliente – Servidor

➤ **Transmisión Dúplex**

Permite la comunicación en ambos sentidos en forma simultánea e independiente, enviando información en los dos sentidos, o bien información en el uno y señales de control en el otro.

En la actualidad está totalmente difundido este tipo de transmisión interactivo, en el que las computadoras emiten y reciben en cualquier instante de tiempo. Esto acelera la comunicación y la hace más versátil, ya que las partes implicadas no deben esperar, reportando una gran eficiencia del sistema, mas exige un complejo control en la comunicación

La figura No. 1-9 muestra las diferencias entre los tipos de transmisión arriba mencionados

Otro concepto importante al momento de definir un circuito de datos es el hecho de constituir la línea de transmisión, las cuales pueden ser:



Figura No. 1-9 Modos de explotación del circuito de datos

➤ **Línea con dos hilos**

Se dice que está constituida a dos hilos cuando en todo o en parte de su recorrido se utiliza dos conductores, es decir utiliza un solo circuito físico para la transmisión en los dos sentidos. Las líneas de la red telefónica conmutada (RTC) son con dos hilos, a pesar de que los enlaces entre centrales sean en general con cuatro hilos, la unión entre el usuario y su central se realiza mediante un solo par telefónico.

➤ **Línea con cuatro hilos**

Se conoce como tal a una línea que utiliza circuitos físicos independientes en todo su recorrido para cada sentido de transmisión. En este tipo de circuitos, a diferencia de los

anteriores, puede enviarse información simultáneamente en ambos sentidos.

No se debe confundir los términos "dos y cuatro hilos" con "dúplex y semidúplex", ya que corresponden a conceptos diferentes. Así es posible tener líneas con dos hilos que trabajen en modo Dúplex, transmitiendo y recibiendo a dos frecuencias diferentes (telefonía convencional), y líneas con cuatro hilos que trabajen en semidúplex, porque uno o los dos extremos operan en este modo.

1.6. Protocolos

Es un conjunto de reglas que regulan el intercambio de información entre dos dispositivos que se comunican entre sí. Un protocolo permite fundamentalmente iniciar, mantener y terminar un diálogo entre elementos de un sistema.

Dentro de cada mensaje, además de los datos, objeto final del diálogo, existirán otras informaciones destinadas a permitir:

- Detección de errores
- Identificación del camino
- Control de flujo de la información
- Identificación del tipo de mensaje

Todas estas informaciones se materializarán en bloques con una determinada estructura que constituirá un formato.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS INVOLUCRADOS

El desarrollo de nuestra tesis se basa en la integración de varios sistemas instalados a bordo de las unidades tipo Corbeta Misilera clase "ESMERALDAS" de la Armada del Ecuador; la primera se realizará entre el sistema central de recepción y procesamiento de información, conocido como Indicador Panorámico Naval (IPN-10) y uno de los sistemas de detección que le brindan información, pero que actualmente está en proceso de modernización, conocido como el Sistema de Guerra Electrónica (GAMMA-ED); la segunda integración se realizará entre otro de los sistemas de detección y ataque como es el Sistema de Control de Tiro (NA-21) y el mismo sistema central de recepción y procesamiento de información (IPN-10), considerando a este último en una versión modernizada, por lo cual la implementación será hecha en un futuro próximo.

2.1. Indicador Panorámico Naval

Es un sistema central donde se maneja la información proveniente de los equipos externos (periféricos u otras computadoras) con las cuales interactúa, así también permite enviar las órdenes y comandos hacia dichos equipos y éstos a su vez le devuelven una confirmación de ejecución de lo enviado, recibiendo así la denominación de Sistema de Comando y Control.

Fabricado por SELENIA Industrie Elettroniche Associate S.p.A. de Italia, este sistema consta de varios equipos, entre los cuales podemos mencionar:

- a) Consola Horizontal ó de múltiples Operadores
- b) Consola Vertical ó de un solo Operador
- c) Convertidor de Señales de Datos
- d) Procesador Central y Extractor
- e) Procesador Central y Transportador
- f) Unidad Central de Radar
- g) Caja de Unión

De los equipos arriba mencionados, trataremos únicamente a dos de ellos, debido a su importante participación en el desarrollo de la presente interfaz.

2.1.1. Consola Horizontal ó de Múltiple Operador ⁽¹⁾

La Consola Horizontal del IPN-10, mostrada en la figura No. 2-1, permite a tres operadores desarrollar un control interactivo de los sistemas con los cuales está enlazado.

Cada uno de estos operadores maneja en forma específica, pero no única, de acuerdo a la responsabilidad y disposición de los equipos, el Sistema de Armas, el Sistema de Guerra Electrónica y el Sistema de Identificación y Rastreo.

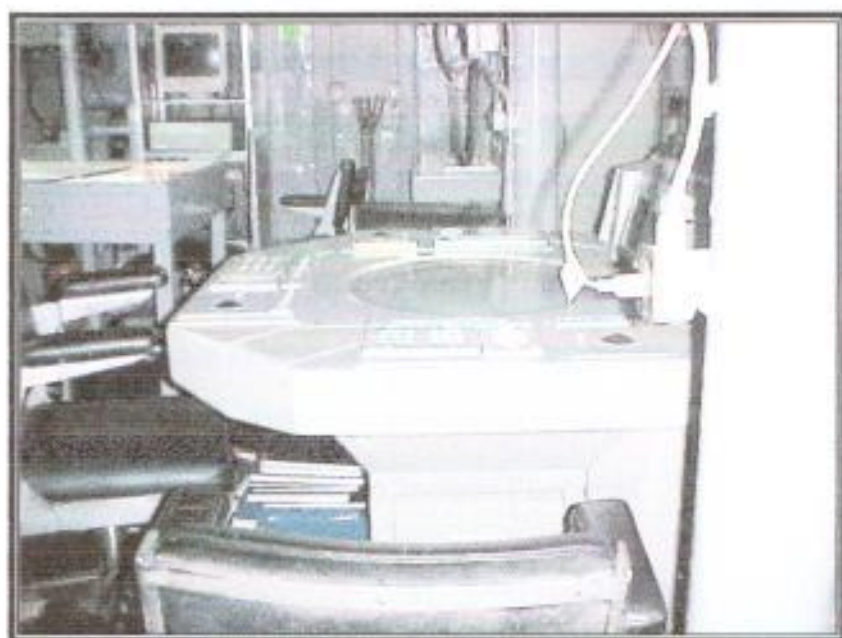


Figura No. 2-1 Consola Horizontal del IPN-10

El propósito de este equipo, con relación a lo que involucra el desarrollo de la presente tesis, dentro del Sistema de Comando y Control puede ser resumido de la siguiente manera:

- 1) Posibilidad de presentación del Vídeo Radar ó de información sintética en el Plan de Indicador de Posición (PPI).
- 2) Envío de datos o información a las computadoras externas por medio de un Teclado Operativo.
- 3) Visualizar los datos provenientes de las computadoras externas mediante los Displays Alfanuméricos.

2.1.1.1. Constitución del Equipo

Este equipo está constituido principalmente por las siguientes unidades (Figura No. 2-2) :

- Panel de Control de Indicadores
- Panel de Control de Categorías
- Indicador de Plan de Posición
- Unidad de Teclado Funcional
- Unidad de Track-Ball
- Displays Alfa Numéricos
- Procesador Local

El PPI permite la presentación del Vídeo Radar, proveniente de los equipos de Radar, además de la información sintética procedente de las

cuyos datos son necesarios intercambiarlos mediante las funciones propias del sistema.



Figura No. 2-3 Convertidor de Señales de Datos

Este equipo recibe señales analógicas (tipo sincronicas, lógicas y de pulso) y datos digitales y los convierte en el formato apropiado para que pueda ser transferido y procesado por la computadora del sistema.

El presente equipo lleva a cabo las siguientes funciones en lo que respecta a la transferencia de información:

- 1) Recibir datos digitales paralelos por 3 canales independientes operando de acuerdo al estándar MIL-STD-1397 Tipo C.
- 2) Recibir datos seriales ó paralelos de acuerdo al estándar STANAG 4116 Tipo C.

- 3) Transmitir datos digitales paralelos por 3 canales independientes operando de acuerdo al estándar MIL-STD-1397 Tipo C.

2.1.2.1. Descripción Física

Este equipo al proporcionar la Interfaz entre el Sistema y las computadoras externas con las que interactúa, posee sus conectores en la parte posterior (figura No. 2-4):

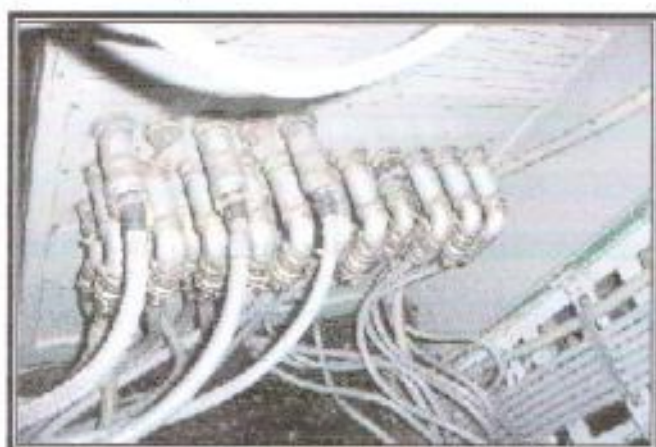


Figura No. 2-4 Vista posterior del SDC

Posee dos puertas, las cuales se abren 90 grados cada una con protección de seguridad, por lo que se facilita el completo acceso a las partes eléctricas internas.

Contiene un gabinete donde se encuentran 32 localidades para las tarjetas tipo estándar que

realizan las interfaces con los diferentes equipos externos (figura No. 2-5).

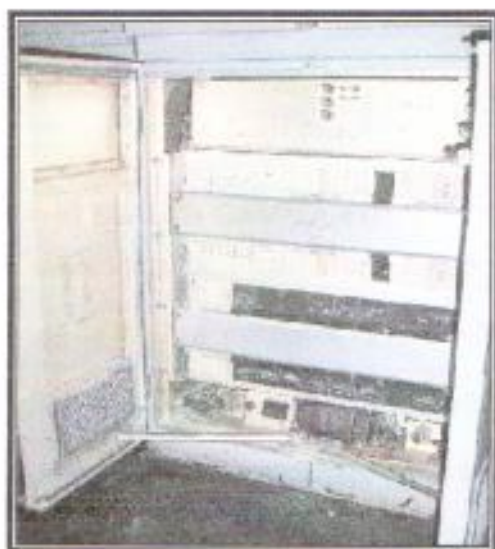


Figura No. 2-5 Vista interior del SDC

Estas tarjetas electrónicas son hechas en circuitos impresos con múltiples capas, adoptando una escala de integración grande ó mediana de componentes para lograr una alta densidad de empaquetamiento, fiabilidad funcional y bajo consumo de potencia.

Las tarjetas y los módulos de cada gabinete están asegurados en una posición de conexión por medio de una barra de seguridad, la cual es asegurada por 4 tornillos. Las tarjetas y la estructura del gabinete de módulos garantiza una fácil operación de mantenimiento.

Los módulos y las tarjetas son totalmente intercambiables con sus respectivos reemplazos después de una simple predeterminación y procedimientos de ajuste.

2.1.3. Comunicación con el Sistema GAMMA-ED

La comunicación del Indicador Panorámico Naval (IPN-10) con este sistema se la realiza mediante una Interfaz en el Canal NTDS del Sistema IPN-10, según el estándar militar MIL-STD-1397 y las especificaciones STANAG 4116.

Esta interfaz está constituida por 3 tarjetas genéricas, las cuales son configuradas vía hardware, es decir, mediante los jumpers e interruptores propios de cada una.

Estas tarjetas son las que a continuación mencionamos:

- 1) Interfaz de Entrada Estándar NTDS Tipo C (IAC-10)
- 2) Interfaz de Salida Estándar NDTs Tipo C (OAC-10)
- 3) Interfaz de Entrada Serie/Paralelo (SRI-1)

Las dos primeras, son las que realizan el trabajo de transferir las órdenes y comandos ejecutados en el IPN-10 hacia el Sistema de Guerra Electrónica, así como también devolver al IPN-10 la confirmación de que el comando enviado ha sido ejecutado.

La última de ellas, es la que realiza la transferencia de los datos ó firma electrónica pertinente a una emisión identificada, desde la Guerra Electrónica hacia el IPN-10.

2.1.3.1. Tarjeta IAC-10

La Interfaz de Entrada Estándar NTDS cumple con el estándar militar y las especificaciones mencionadas anteriormente y está constituida por la tarjeta IAC-10 (Adaptador de Entrada Tipo C, ó en inglés *Input Adapter type C*).

Provee una transferencia de datos paralela de hasta 250 K palabras por segundo, niveles de voltaje binario de 0 VDC ('1' lógico) y +3.5 VDC ('0' lógico) los cuales corresponden al rango TTL de polaridad invertida.

La transferencia de datos desde una unidad periférica ó una computadora externa al Sistema IPN-10 es desarrollada mediante la técnica handshake' (Requerimiento/ Confirmación).

Para cumplir los requerimientos y especificaciones NTDS, la tarjeta IAC-10 es capaz de operar en dos modos:

- Modo CP (Computadora a Periférico)
- Modo IC (Inter Computadoras)

Además, esta tarjeta desarrolla dos diferentes funciones para ambos modos:

- Interrupción Externa (EI)
- Entrada de Datos (ID)

La interfaz puede ser preestablecida para operar con longitud de palabras de datos de 16 ó 32 bits.

Cuando los datos son transferidos a la computadora del Sistema IPN-10, la transferencia toma lugar desde el periférico hasta la memoria principal, es decir, por el método DMA (Acceso Directo a Memoria).

2.1.3.2. Tarjeta OAC-10

La interfaz de Salida Estándar NTDS, al igual que la interfaz de entrada, cumple con el estándar militar y las especificaciones antes mencionadas, además está constituida por la tarjeta OAC-10 (Adaptador de Salida Tipo C; en inglés *Output Adapter type C*).

Esta interfaz provee una transferencia de datos paralela de hasta 250 K palabras por segundo, niveles de voltaje binario de 0 VDC ('1' lógico) y +3.5 VDC ('0' lógico) los cuales corresponden al rango TTL de polaridad invertida.

Al igual que la tarjeta IAC-10, la transferencia de datos hacia el Sistema IPN-10 se la realiza mediante la técnica handshake (Requerimiento/Confirmación).

Así también, puede ser predeterminada para operar con una longitud de palabra de 16 ó 32 bits.

Igualmente, de acuerdo a los requerimientos de la especificación NTDS, puede operar en dos modos:

- Modo CP (Computadora a Periférico)
- Modo IC (Inter Computadoras)

Además, puede desarrollar dos diferentes funciones para cualquiera de los dos modos específicamente:

- Función Externa (EF)
- Salida de Datos (OD)

El canal de salida estándar NTDS también transfiere datos hacia el IPN-10 por el método DMA.

2.1.3.3. Tarjeta SRI-1

La interfaz de Entrada Serie / Paralelo está constituida por la tarjeta SRI-1 y permite recibir datos seriales ó un dato paralelo de 8 bits, es decir, permite dos modos de operación: Modo Serial y el Modo Paralelo.

El Modo Serial de recepción permite recibir mensajes de datos de hasta 224 bits, a los cuales se les da un formato dentro de 14 palabras de 16 bits cada una; son sincronizados por una entrada de reloj apropiada la cual tiene el propósito de permitir a la tarjeta SRI-1 muestrear los bits de datos correctamente.

La recepción en modo paralelo permite recibir hasta 15 palabras, cada una de las cuales está registrada mediante un pulso de sincronización de datos hasta que una línea de entrada de datos válidos es activada.

Un Selector de Modos permite seleccionar la fuente de entrada de datos mediante una predeterminación semi-fija desarrollada en la propia tarjeta.

Al igual que en las tarjetas anteriores, las palabras de datos son transferidas por un proceso DMA (Acceso Directo a Memoria).

La tarjeta SRI-1 está equipada con un oscilador de 1 MHz el que produce un pulso de onda cuadrada de 1 μ s.; ésta frecuencia es dividida para dos y el reloj resultante es utilizado para sincronizar todas las operaciones internas.

2.1.4. Configuración actual de las Tarjetas de Comunicación

Las tarjetas que proporcionan las Interfaces con los diferentes Sistemas con los que interactúa el IPN-10 son genéricas, es decir, dependiendo de los requerimientos y necesidades de cada uno de los mismos, se configura cada tarjeta vía hardware, mediante el diferente posicionamiento de los jumpers e interruptores propios de cada tarjeta.

Entonces, para cumplir con los estándares antes citados, el Sistema IPN-10 puede interactuar en dos modos:

- Modo Computadora a Periférico
- Modo Computadora a Computadora

Estos modos de operación son los que determinan la configuración vía hardware de las tarjetas que proporcionan las interfaces con los equipos externos.

Por lo que se concluye, que el Sistema de Guerra Electrónica es considerado como un periférico, por la configuración de las tarjetas involucradas, que a continuación mencionaremos:

2.1.4.1. Tarjeta IAC-10

La tarjeta de Interfaz de Entrada se la puede configurar mediante su banco de interruptores y sus jumpers; cada uno de los cuales sirve para una función en particular.

Mediante el banco de interruptores S1 se puede configurar el número de canal de entrada, el cual se refiere al canal preasignado para la comunicación de los Sistemas de Detección hacia el IPN-10, en el caso del Sistema de Guerra Electrónica ha sido predeterminado en el Canal 5.

El Modo de Operación es configurado por medio del jumper S2 y puede ser en Modo Computador-Periférico o en Modo Intercomputador, en este caso es el primer modo.

Debido a que se trabaja en Modo Computador-Periférico, el jumper S3 que configura el Modo Remoto/Exclusivo permanece abierto, ya que este modo se relaciona con el Intercomputadoras.

El jumper S4 configura la Longitud de la Palabra a intercambiar con la IPN-10, y puede ser de 16 o 32 bits, en nuestro sistema es la primera alternativa.

2.1.4.2. Tarjeta OAC-10

Al igual que la tarjeta IAC-10, se la puede configurar mediante su banco de interruptores y jumpers, los que cumplen funciones parecidas a las anteriores.

El banco de micro-interruptores S1-S4 configura el número de canal de entrada, que al igual que en la tarjeta de Entrada es el Canal 5, debido a que ambas tarjetas constituyen un solo canal de comunicación, el de Orden / Estado.

El jumper S5 configura la Longitud de la Palabra a intercambiar con el IPN-10, y ésta es de 16 bits al igual que en la IAC-10.

El jumper S6 configura el Modo de Operación, y es de Computador a Periférico debido a nuestro Sistema.

El jumper S7 configura la Función Externa, pero como es Modo CP, nos indica Modo Normal. Así también, el jumper S8 que configura el Modo Remoto/Excluso permanece abierto.

2.1.4.3. Tarjeta SRI-1

La tarjeta de Interfaz de datos se puede configurar mediante sus interruptores y jumpers, que cumplen funciones diferentes a los de las tarjetas anteriores.

El banco de interruptores S1-S4 nos indican el número de canal de entrada, que para esta tarjeta es el Canal 6, diferenciándose de las anteriores porque constituye un canal independiente al de Orden/Estado, y se lo denomina Canal de Transmisión de Datos.

El Modo de Transmisión puede ser Serial o Paralelo, esto es configurado mediante el jumper S5, el que nos indica lo primero.

La Frecuencia Interna del Reloj es determinada por un Oscilador de 1MHz y el jumper S6, el cual nos indica que dicha frecuencia es reducida a la mitad.

2.2. Sistema de Guerra Electrónica

Las Corbetas Misileras Clase "Esmeraldas" poseen un Sistema de Guerra Electrónica pasiva, conocido como Sistema GAMMA-ED, el cual captura una emisión electromagnética proveniente de un blanco externo, sea éste un buque, submarino ó avión, la analiza y procesa, brindando una firma electrónica, la cual consiste de algunos parámetros con los cuales se logra identificarla.

Actualmente, este equipo está en proceso de modernización, debido a los altos costos que implica darle un mantenimiento adecuado; se lo reemplazará por una computadora de tecnología actual y que permita su integración al Sistema de Mando y Control (IPN-10).

2.2.1. Funciones del Equipo Actual ⁽³⁾

El Sistema GAMMA-ED fue diseñado para adquirir información de Medidas de Soporte Electrónico (ESM) provenientes de las unidades cercanas y para contrarrestar las amenazas por medio de emisiones de Contra Medidas Electrónicas (ECM).

El actual equipo GAMMA-ED dentro de las principales funciones que desarrolla mencionamos las siguientes:

- 1) Vigilancia con alta probabilidad de interceptación y alta sensibilidad dentro de la banda de 1 a 18 GHz.
- 2) Alerta específica para 36 emisiones programables de radar.
- 3) 'Dirección Hallada' con alta probabilidad de interceptación y sensibilidad media dentro de la banda de 1 a 18 GHz.
- 4) Análisis completo de las emisiones interceptadas (Frecuencia, PRF, PW, ARP).
- 5) Identificación automatizada de las emisiones analizadas.
- 6) Intercambio de datos y de comandos, con el Centro de Operaciones a bordo (Panel CIC), de hasta 6 emisiones simultáneas.
- 7) Contramedidas Electrónicas (ECM) por medio de la perturbación (JAMMING activo) ó el engaño (DECEPTION) de las emisiones.

2.2.2. Constitución del Equipo ⁽³⁾

Actualmente está constituido por las siguientes unidades, mostradas en la figura No. 2-6:

- ELT/116: Recibidor
- ELT/711: Unidad de Identificación de Radar
- ELT/716: Unidad de Transmisión de Datos
- ELT/712: Unidad de Programación
- ELT/521: Engañador (Deception Jammer)
- ELT/311-B: Perturbador (Noise Jammer)
- ELT/316: Transmisor
- ELT/828: Antenas Estabilizadas
- ELT/829: Unidad de Antenas Estabilizadas
- ELT/811: Antenas OMNI Direccionales
- F553A y F554A: Unidades de Conmutación
- F551A y F552A: Conmutador RF y Selector RF
- F550A: Panel de Control para el Perturbador
- F431F: 2 Unidades de Transformadores

De todas estas unidades, hay algunas que no serán necesarias con la modernización del equipo, mas otras permanecerán cumpliendo con su funcionamiento.

Los equipos que trataremos a continuación son aquellos que permiten la comunicación con el IPN-10.

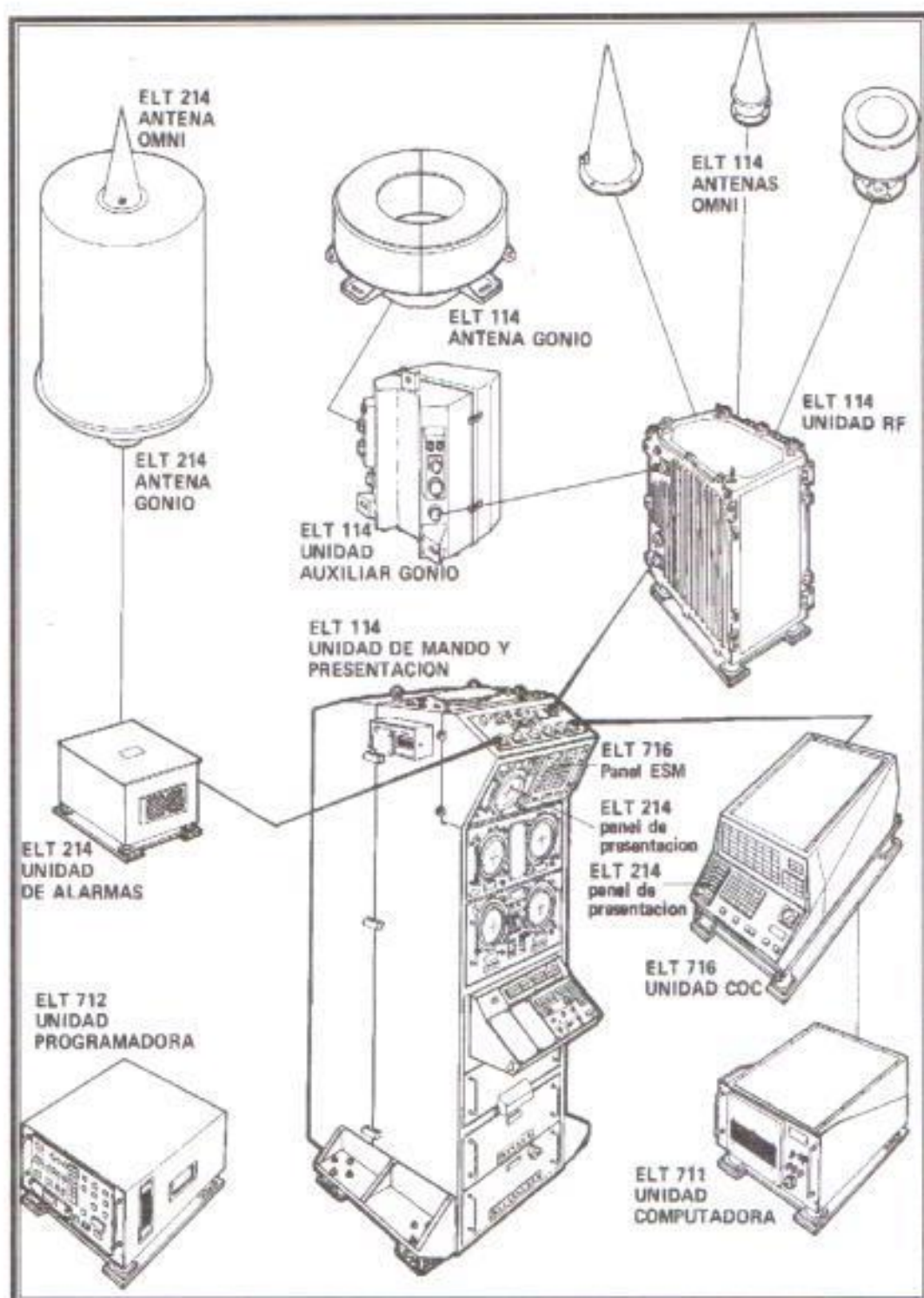


Figura No. 2-6 Unidades del Sistema de Guerra Electrónica

2.2.3. Unidad de Transmisión de Datos

El Sistema GAMMA-ED se comunica al IPN-10 mediante el ELT/716 ó Unidad de Transmisión de Datos; es mediante esta unidad que se envía la firma electrónica de una emisión capturada e identificada, así como también recibe los comandos de Contramedidas Electrónicas provenientes del IPN-10 y envía la confirmación de que los comandos han sido recibidos.

2.2.3.1. Constitución de la Unidad

La Unidad ELT/716 consiste de las siguientes sub-unidades:

- F412A-502 : Panel CIC
- F412B-503 : Panel ESM

El Panel CIC, mostrado en la figura No. 2-7, está normalmente localizado dentro del Centro de Operaciones a bordo, mientras que el Panel ESM, mostrado en la figura No. 2-8, está localizado en el Recibidor ELT/116.

Tanto el Panel ESM como el Panel CIC poseen seis canales de almacenamiento de información, es decir, que se pueden transmitir seis mensajes de análisis de las emisiones capturadas.



Figura No. 2-7 Panel CIC



Figura No. 2-8 Panel ESM

2.2.3.2. Comandos y Controles ⁽³⁾

Para poder comprender el procedimiento de operación entre los Sistemas de Guerra Electrónica y el IPN-10, detallaremos a continuación algunos de los principales comandos y controles que poseen cada una de las sub-unidades que conforman el ELT/716.

2.2.3.2.1. Panel CIC

Con referencia a la Figura No. 2-9 indicaremos los principales pulsantes e indicadores:

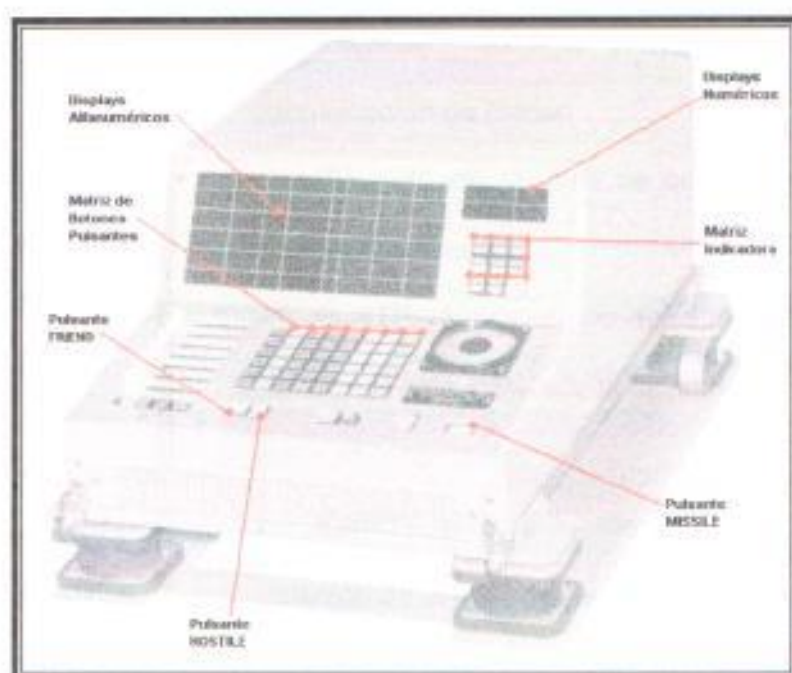


Figura No. 2-9 Comandos y Controles del Panel CIC

❖ **Displays Alfa Numéricos.-** los que contienen la siguiente información:

- **TIME.-** provee la indicación pertinente al tiempo de interceptación de la emisión.
- **BRG-DEG.-** provee la indicación de la marcación, puede ser referida al Norte Verdadero ó a la Proa del buque.
- **WRN CODE.-** provee el Código de Alarma eventual asociado con la emisión.
- **SPOT NO.-** provee el orden numérico correspondiente con la emisión memorizada en la Unidad de Identificación de Radar.
- **FIT.-** provee el nivel de confianza de reconocimiento.
- **PLATF.-** indica el tipo de plataforma en la cual está instalada la estación de la emisión reconocida.
- **IDENT.-** provee la identidad de la estación de la emisión reconocida.

- **RDR FCTN.-** indica la función específica de la estación de la emisión reconocida.

❖ **Displays Numéricos.-** usados para presentar los datos pertinentes al mensaje memorizado en uno de los seis canales, y son:

- **FREQ-MHz.-** indica la Frecuencia de la emisión capturada (en Mega Hertz).
- **PRF-Hz.-** indica el Periodo de Repetición de Frecuencia (en Hertz).
- **PW- μ s.-** indica el Ancho de Pulso (en microsegundos).
- **ARP-s.-** indica el Periodo de Repetición de Antena (en segundos).

❖ **Matriz Indicadora.-** señalizando las Notaciones Adicionales incluidas en la firma electrónica del canal correspondiente a la emisión capturada.

❖ **HOSTILE.-** su encendido habilita a la Unidad de Identificación de Radar para

desarrollar la identificación de las emisiones clasificadas solamente como Hostiles.

❖ **FRIEND.-** su encendido habilita a la Unidad de Identificación de Radar para desarrollar la identificación de las emisiones clasificadas solamente como Amigas.

❖ **MISSILE.-** hace que cese la alarma de Presencia de Misil, inhibiendo el sonido acústico característico y desactivando su pulsante correspondiente en el Panel ESM.

❖ **LOAD/UPDATE.-** indica que el mensaje de análisis del Recibidor ELT/116 ha sido cargada en el canal pertinente, además es usado para enviar al Panel ESM la orden de actualización.

❖ **ERASE.-** indica el borrado del contenido de la información en un canal

determinado mediante una señalización pertinente en el Panel ESM.

❖ **TRACK/ACTV.-** indica la orden de Rastreo (Track) de una emisión en un canal determinado, enviada desde el IPN-10.

❖ **JAM/ACTV.-** indica la orden de Perturbación (Jam) de Ruido de una emisión en un canal determinado, enviada desde el IPN-10.

❖ **DCV/ACTV.-** indica la orden de Engaño (Deceive) de una emisión en un canal determinado, enviada desde el IPN-10.

❖ **IDENT.-** es el comando para que la Unidad de Identificación de Radar identifique la emisión cuyos parámetros son almacenados en el canal determinado.

❖ **DISPLAY.-** habilita la presentación de los parámetros de la emisión memorizados

en un canal determinado en los Displays correspondientes.

❖ **DATA TRANSF.-** habilita el avance hacia el IPN-10 del mensaje analizado e identificado de la emisión memorizado en un canal determinado.

Los últimos ocho controles se encuentran agrupados en una matriz de botones pulsantes, la que se muestra con mayor detalle en la figura No. 2-10.



Figura No. 2-10 Matriz de pulsantes del Panel CIC

2.2.3.2.2. Panel ESM

Este panel, mostrado en la figura No. 2-11, posee algunos de los comandos y controles indicados en el Panel CIC, pero ciertos de ellos desarrollan una función distinta y son:

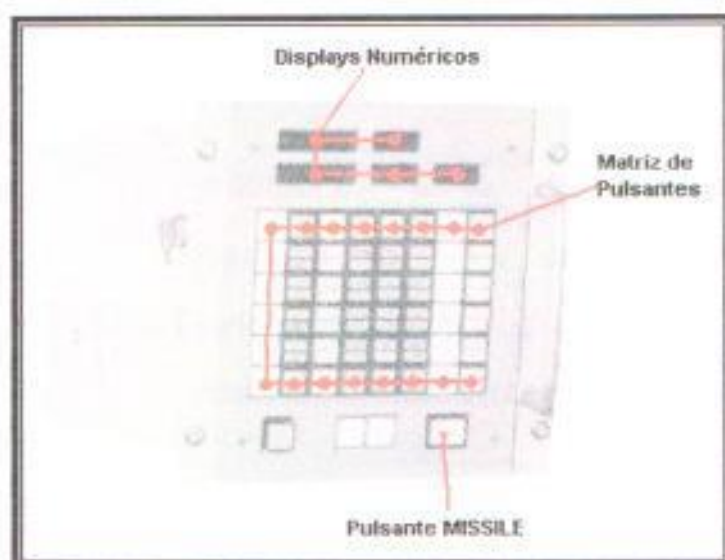


Figura No. 2-11 Comandos y controles del Panel ESM

❖ **Displays Numéricos.-** usados para presentar los datos pertinentes al mensaje de análisis de la emisión memorizado en uno de los seis canales, y son:

- **FREQ-MHz.-** indica la Frecuencia de la emisión capturada (en Mega Hertz).

- **BRG-DEG.-** indica la Marcación de la emisión capturada (en Grados).
- **PRF-Hz.-** indica el Periodo de Repetición de Frecuencia (en Hertz).
- **PW- μ s.-** indica el Ancho de Pulso (en microsegundos).
- **ARP-s.-** indica el Periodo de Repetición de Antena (en segundos).

❖ **MISSILE.-** activa la alarma de Presencia de Misil, generando una señalización acústica y luminosa en su pulsante correspondiente en el Panel CIC.

❖ **LOAD/UPDATE.-** indica la carga del mensaje de análisis de la emisión en el canal pertinente, además es usado para enviar al Panel CIC la confirmación de haber recibido la orden de actualización.

❖ **ERASE.-** ejecuta el borrado efectivo del mensaje de análisis memorizado en un canal determinado, además devuelve al

Panel CIC la confirmación de haber ejecutado la orden de borrado.

❖ **TRACK/ACTV.-** indica la petición de una orden de Rastreo (Track) de una emisión en un canal determinado, enviada a través del Panel CIC; y devuelve la confirmación de haber recibido dicha petición de orden.

❖ **JAM/ACTV.-** indica la petición de una orden de Perturbación (Jam) de Ruido de una emisión en un canal determinado, enviada a través del Panel CIC; y devuelve la confirmación de haber recibido dicha petición de orden.

❖ **DCV/ACTV.-** indica la petición de una orden de Engaño (Deceive) de una emisión en un canal determinado, enviada por medio del Panel CIC; y devuelve la confirmación de haber recibido dicha petición de orden.

❖ **DISPLAY.-** habilita la presentación en los Displays Numéricos de los parámetros de la emisión memorizados en un canal determinado.

Los seis últimos controles se encuentran agrupados en una matriz de botones pulsantes, mostrada en la figura No. 2-12



Figura No. 2-12 Matriz de pulsantes del Panel ESM

2.2.3.3. Procedimiento de Operación

La emisión interceptada y analizada por el Recibidor ELT/116, es recibida por el Panel ESM al presionar el pulsante LOAD del canal de memoria seleccionado (uno de los seis disponibles). Se enciende entonces la luz de dicho canal tanto en el Panel ESM como en el Panel CIC.

Una vez cargados los datos de la señal (FREQ, BRG, PRF, PW, ARP, TIME y NOTACIONES ADICIONALES), se presentan los cinco primeros en los Displays Numéricos del Panel ESM al presionar el pulsante DISPLAY en dicho panel.

En el Panel CIC se selecciona uno de los seis canales cargados previamente en el Panel ESM (al mismo tiempo se cargó la emisión en el Panel CIC) y se presiona el pulsante DISPLAY presentándose los datos de FREQ, PRF, PW y ARP en los Displays Numéricos y los datos de TIME y BRG en los Display Alfa Numéricos del Panel CIC.

Si deseamos identificar la emisión, presionamos el pulsante IDENT del Panel CIC con lo que se presentarán en la pantalla de la sub-unidad Panel Display F416B-501 de la Unidad de Identificación de Radar ELT/711 las emisiones de la librería que concuerdan con los datos previamente cargados.

Entonces se seleccionará una de ellas, la misma que presentará más datos en los Displays Alfa Numéricos del Panel CIC, como son: Código de Alarma, Spot

No, Plataforma, Identificación y Función del Radar. Los pulsantes FRIEND y HOSTILE son selectores (filtros) para la presentación en la pantalla del Panel Display del ELT/711 de emisiones amigas y/u hostiles.

Luego, para pasar la emisión ahora analizada e identificada (Racket) al IPN-10 se presiona el pulsante DATA TRANSF en el Panel CIC, produciéndose la presentación del Racket en el Indicador del Plan de Posición del IPN-10.

Las órdenes al Panel ESM para la ejecución de acciones (actualizar, borrar, activar, traqueo, perturbar, engañar) son dadas directamente desde la IPN-10 (siempre pasando por el Panel CIC) ó desde el Panel CIC, dependiendo de la posición del switch interno del mismo ("On" desde el IPN-10, "Off" sólo desde el Panel CIC).

- Si se desea actualizar los datos de uno de los canales, presiono el pulsante LOAD/UPDATE del canal correspondiente desde el Panel CIC, lo que hará que se active una señal acústica y se encienda

la luz del mismo pulsante en el Panel ESM, llamando la atención del operador del Recibidor, quien volverá a analizar y cargar la señal presionando el pulsante LOAD/UPDATE del Panel ESM; con lo que se realizará la actualización a la vez que se está dando el "acuse de recibo".

- Si se desea borrar una señal por considerarla no peligrosa, se sigue el mismo procedimiento del ejemplo anterior, pero utilizando el pulsante ERASE.
- Si se desea activar el traqueo, la diferencia con los procedimientos anteriores es que se usará el pulsante TRACK/ACTV pero la ejecución no se realiza desde dicho pulsante, sino desde un pulsante BRG-TRACK en el Panel de Vigilancia. Se presionará el pulsante correspondiente en el Panel ESM para dar el "acuse de recibo".
- Si se desea perturbación de ruido, se efectuará el mismo procedimiento anterior con el pulsante JAM/ACTV y la ejecución se realiza desde los comandos en el panel frontal del GAMMA-ED.

Igualmente la presión del mencionado pulsante en el Panel ESM servirá sólo para dar "acuse de recibo".

- Si desea engañar a un radar se usará DCV/ACTV siendo la ejecución del engaño realizada desde los comandos del Engañador ELT/521.

Finalmente, el operador del Sistema GAMMA-ED a través de un canal independiente activado cuando se presiona el pulsante MISSILE en el Panel ESM, puede informar al Centro de Operaciones (IPN-10) de la presencia de las emisiones causadas por un misil mediante señales luminosas y acústicas en el Panel CIC; las que pueden ser desactivadas presionando el pulsante correspondiente en el Panel CIC.

2.2.4. Características de transmisión del mensaje

Con respecto al intercambio de información entre el Panel CIC y el IPN-10, éste consiste básicamente en dos formas de comunicación:

- La transmisión en forma serial de la firma electrónica ó del Mensaje de Borrado que viene del Panel CIC al IPN-10.
- La transmisión en forma paralela de las órdenes y el canal en el que fue ejecutada proveniente del IPN-10 al

GAMMA-ED, y su "acuse de recibo" desde el GAMMA-ED hacia el IPN-10.

2.2.4.1. Transmisión Serial ⁽⁴⁾

A continuación se explicará la forma de transmisión serial para el mensaje en el canal de datos:

2.2.4.1.1. Conexiones

Consiste básicamente de 7 líneas de transmisión balanceadas, donde las siguientes señales están presentes:

❖ *START*

Es enviada desde el Panel CIC al IPN-10, inicia la transmisión del mensaje.

❖ *DATA*

Es enviada desde el Panel CIC al IPN-10, contiene la firma electrónica en forma serial transmitida con el sistema NRZ.

❖ *CLOCK*

Es enviada desde el Panel CIC al IPN-10, éste último la requiere para identificar

en una base de tiempo subsecuente los bits de datos.

❖ ***DTTR1, DTTR2, DTTR4***

Enviados desde el Panel CIC al IPN-10, indican el Código de Canal en el que fue analizada la emisión y transmitido el mensaje.

❖ ***ACK***

Es enviada desde el IPN-10 al Panel CIC, indica que el mensaje ha sido recibido, y habilita al Panel CIC para volver a transmitir.

En forma adicional, para la conexión entre estos dos sistemas, existen dos líneas individuales, que permiten habilitar las entradas o salidas del circuito y éstas son las siguientes:

❖ ***INTLK CIC***

Provee un voltaje de referencia al IPN-10 cuando el Panel CIC está conectado a una fuente de poder; de otro modo,

proporciona un voltaje de circuito abierto, el que deshabilita las líneas receptoras del IPN-10.

❖ *UT. EXT. INTLK.*

Es similar a la señal anterior, pero actúa desde el IPN-10 al Panel CIC.

En la figura No. 2-13 se muestran las conexiones para esta transmisión

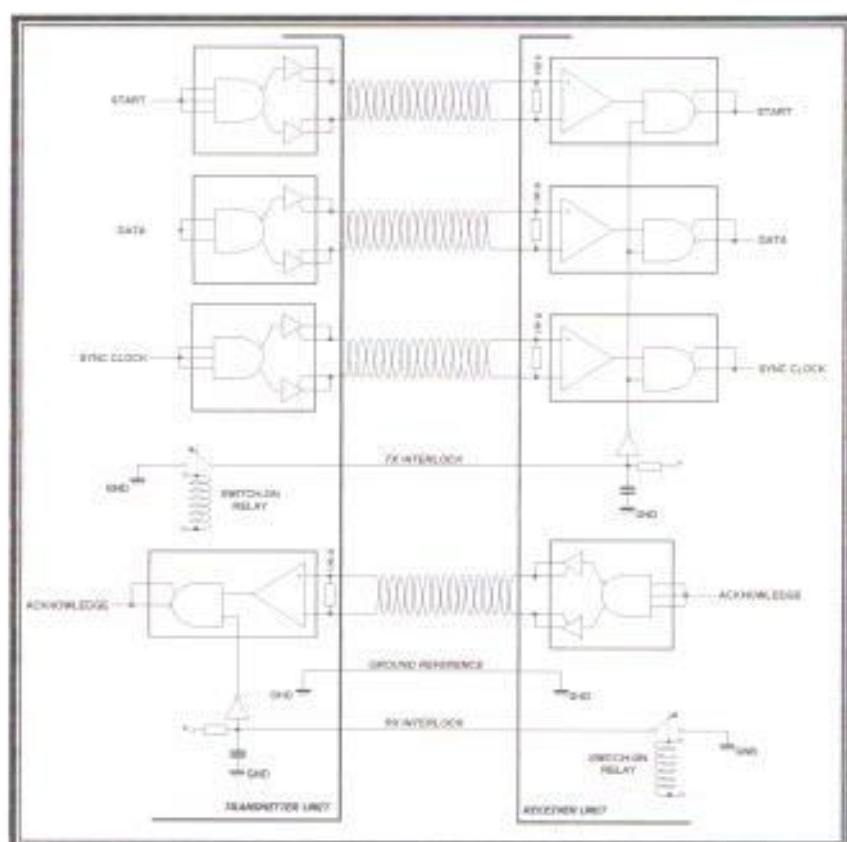


Figura No. 2-13 Conexiones para la transmisión serial

2.2.4.1.2. Temporización

Cuando una orden DATA TRANSF o una orden ERASE son ejecutadas, se activa la señal START de 5 μ s, y a su vez las señales DTTR1, DTTR2 y DTTR4 indicando el canal donde se ha capturado la emisión.

Luego de esto, la firma electrónica o el mensaje de borrado son transmitidos en 2.24 ms como máximo, luego de lo cual espera 15 μ s por el arribo de la señal ACK desde el IPN-10 con una duración igual a 5 μ s, luego de lo cual espera por alguna otra orden, como lo muestra la figura No.

2-14

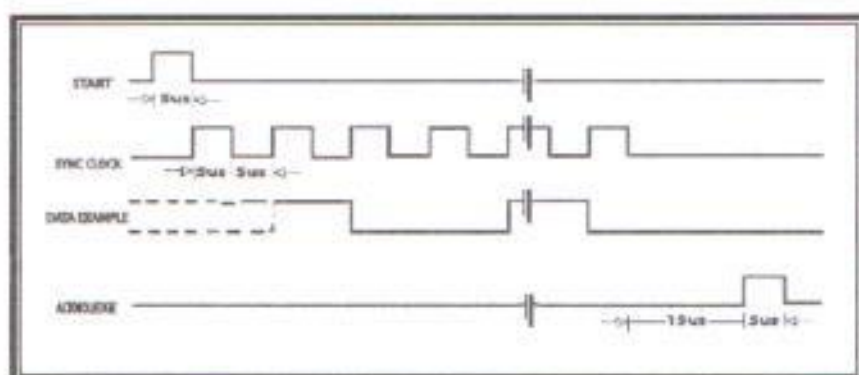


Figura No. 2-14 Temporización de la transmisión serial

En el caso especial de la ejecución de una orden TRACK, la firma electrónica se envía cada segundo aproximadamente.

El código de canal mantiene su valor mientras se transmite la firma electrónica.

2.2.4.1.3. Formato del Mensaje de la Firma Electrónica

La Tabla IV, indica el formato del mensaje de la firma electrónica enviada al IPN-10 en el Canal de Transferencia de Datos.

El mensaje de la firma electrónica consiste de 224 bits, a los cuales se les da un formato de 7 palabras de 32 bits cada una. Cada palabra representa un parámetro de la emisión capturada (TIME, FREQ, BRG, ARP, PW, PRF con sus respectivas Notaciones Adicionales).

La séptima palabra del mensaje contiene la Información de Identificación, si es disponible.

2.2.4.1.4. Codificación del Mensaje de la Firma Electrónica

Con referencia a la tabla anterior, los valores que contienen información están codificados en BCD; mientras que los no usados ó los que tienen datos ausentes toman el código "1111".

Existen otros parámetros cuya codificación se detalla a continuación:

❖ Punto Decimal (DP)

Cabe mencionar que el Punto Decimal (DP) puede estar presente o no lo puede estar, esto depende de la siguiente codificación:

- Nivel "1",- punto decimal ausente
- Nivel "0",- punto decimal presente

El punto decimal puede estar presente en las siguientes palabras:

- 4ta palabra: en todos los dígitos.
- 5ta palabra: entre el 2° y 3° dígito.
- 6ta palabra: entre el 2° y 3° dígito.

❖ Código de Alerta

Es un código de 2 dígitos BCD que representan el orden del Radar alertado (desde 01 hasta 36); cuando no está presente una señal de alerta, el código está en nivel "1".

❖ Notaciones Adicionales

Se encuentran desde la 2ª palabra hasta la 6ª palabra de la firma electrónica. Los bits 22, 23 y 24 de cada palabra que indique un parámetro de la emisión, son las Notaciones Adicionales de cada uno de los parámetros conocidos.

Es así como tenemos las siguientes Notaciones Adicionales para:

1.- Marcación:

- Verdadera
- Relativa

2.- Frecuencia:

- Fija
- Diversidad de Frecuencia

3.- Frecuencia de Repetición de Pulso (PRF):

- Fija
- Variable
- Alternante
- Onda Continua

4.- Ancho de Pulso (PW):

- Onda Continua

5.- Periodo de Repetición de Antena (ARP):

- No Explorador
- Explorador por Sector
- Explorador Circular

Cada Notación se codifica de acuerdo a la Tabla V.

TABLA V

CODIFICACIÓN DE LAS NOTACIONES ADICIONALES

BIT	22	23	24	Marcación	Frecuencia	PRF	PW	ARP
0	0	0	0	Verdadera	Fija	Fija		No explorador
0	0	1			Diversidad Frec.	Variable		Explorador Circular
0	1	0				Alternante		Explorador por Sector
0	1	1				Onda Continua	Onda Continua	
1	0	0		Relativa				
1	0	1						
1	1	0						
1	1	1		Sin Notación	Sin Notación	Sin Notación	Sin Notación	Sin Notación

❖ **Palabra de Identificación**

Corresponde a la 7ª palabra del mensaje y cuando la emisión capturada es identificada tenemos los siguientes parámetros en el formato de esta palabra, y son:

1.- Número de Orden (SPOT NO)

Es un código de 4 dígitos BCD (16 bits), que representa el número de orden de la emisión identificada almacenada en el ELT/711; si esta emisión no tiene una emisión identificada, el código consiste de todos los bits en nivel lógico "1".

2.- Identificación (IDENTIFY)

Este parámetro nos indica el grado de peligrosidad de la emisión capturada, se clasifica en:

- Amigo
- Hostil
- Neutral
- Desconocido

3.- Plataforma (PLATFORM)

Este parámetro nos permite conocer la fuente de la señal desde donde se capturó la emisión, y puede ser:

- Misil
- Avión
- Submarino
- Buque
- Tierra

4.- Función de Radar (RADAR FUNCTION)

Este parámetro nos indica la función que realiza el radar del cual se capturó la emisión, y son:

- Control ó Guía de Tiro
- Control de Misil
- Alerta Temprana
- Buscador
- Navegación
- Otros

5.- Confidencia (CONFIDENCE)

Es un número BCD que indica el nivel de confianza en la identificación, y varía desde 1 hasta 5.

Los parámetros de Identificación, Plataforma y Función de Radar tienen su codificación respectiva como se muestra en la Tabla VI

TABLA VI
CODIFICACIÓN DE LA PALABRA DE IDENTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN					PLATAFORMA					FUNCIÓN DE RADAR				
BIT 17	18	19	20		BIT 21	22	23	24		BIT 25	26	27	28	
0	0	0	0	Ausente	0	0	0	0	Ausente	0	0	0	0	Ausente
1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	
0	0	0	1	Amigo	0	0	0	1	Misil	0	0	0	1	Control de Tiro
0	0	1	0	Hostil	0	0	1	0	Avión	0	0	1	0	Control de Misil
0	0	1	1	Neutral	0	0	1	1	Submarino	0	0	1	1	Alerta Temprana
0	1	0	0	Hostil o Amigo	0	1	0	0	Buque	0	1	0	0	Exploración
0	1	0	1	Desconocido	0	1	0	1	Tierra	0	1	0	1	Búsqueda
					0	1	1	0	Buque o Tierra	0	1	1	0	Navegación
					0	1	1	1	Avión o Tierra	1	0	0	0	Otro

2.2.4.1.5. Codificación del Mensaje de Borrado

El mensaje de borrado consiste de 224 bits, todos en nivel lógico 1, divididos en 7 palabras de 32 bits.

2.2.4.2. Transmisión Paralela ⁽⁴⁾

A continuación se explicará la forma de transmisión paralela para el mensaje en el canal de orden / estado:

2.2.4.2.1. Conexiones

Consiste básicamente de 10 líneas de transmisión balanceadas, donde las siguientes señales están presentes:

❖ **ODR**

Es enviada desde el Panel CIC hacia el IPN-10, indicándole a este último que envíe las palabras de estado de los 6 canales.

❖ **OD0, OD1, OD2**

Son enviadas desde el IPN-10 hacia el Panel CIC, llevan el estado de cada uno de los 6 canales, se haya o no ejecutado una orden.

❖ **ODA**

Es enviada desde el IPN-10 hacia el Panel CIC, da la confirmación de que la

información ha sido depositada en las líneas OD.

❖ **IDR**

Es enviada desde el Panel CIC hacia el IPN-10, indica a este último que acepte las 13 palabras de estado enviadas por el Sistema de Guerra Electrónica.

❖ **ID0, ID1, ID2**

Son enviadas desde el Panel CIC hacia el IPN-10, llevan el estado de cada uno de los 6 seis canales y su respectivo acuse de recibo, además de la palabra de alerta de misil.

❖ **IDA**

Es enviada desde el IPN-10 hacia el Panel CIC, da la confirmación de que la información de las líneas ID ha sido recibida.

La figura No. 2-15 muestra las conexiones arriba mencionadas para la transmisión paralela

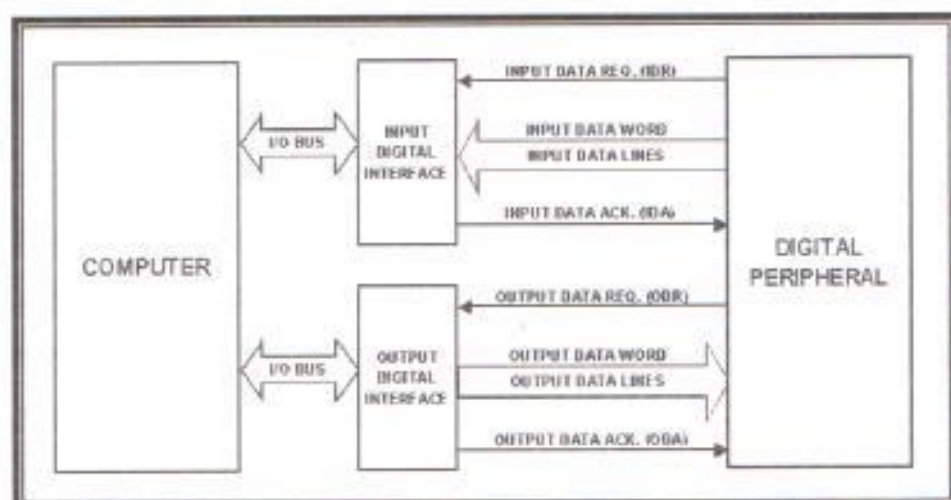


Figura No. 2-15 Conexiones para la transmisión paralela

2.2.4.2.2. Temporización ⁽⁶⁾

Cada 500 ms, el Sistema de Guerra Electrónica genera un impulso, a partir de la cual se predispone a enviar al IPN-10 las 13 palabras de estado, este intercambio ocurre en forma cerrada dentro de un tiempo máximo de 30 ms.

Cuando finaliza este tiempo, sin importar el éxito del envío de las 13 palabras al IPN-10, el Sistema de Guerra Electrónica se predispone a recibir del IPN-10 las 6 palabras de estado, este segundo intercambio ocurre en forma abierta hasta

que se vuelva a generar dicho impulso, es decir, el tiempo de este intercambio dura como máximo 470 ms.

En el primer intercambio, el Sistema de Guerra Electrónica genera la señal IDR para habilitar el envío de la primera palabra de estado en las líneas ID, entonces el IPN-10 activa la señal IDA como confirmación de que la palabra ha sido recibida; entonces, se regenera la señal IDR, para el envío de una nueva palabra, cerca de $2\text{ }\mu\text{s}$ después de que la línea IDA de la palabra precedente se ha desactivado, este proceso se repite hasta que han sido enviadas las 13 palabras al IPN-10; por este motivo, este primer intercambio de información se realiza en un tiempo de $26\text{ }\mu\text{s}$ en condiciones normales.

En la figura No. 2-16 se observa la temporización de las tres señales involucradas en este primer intercambio.

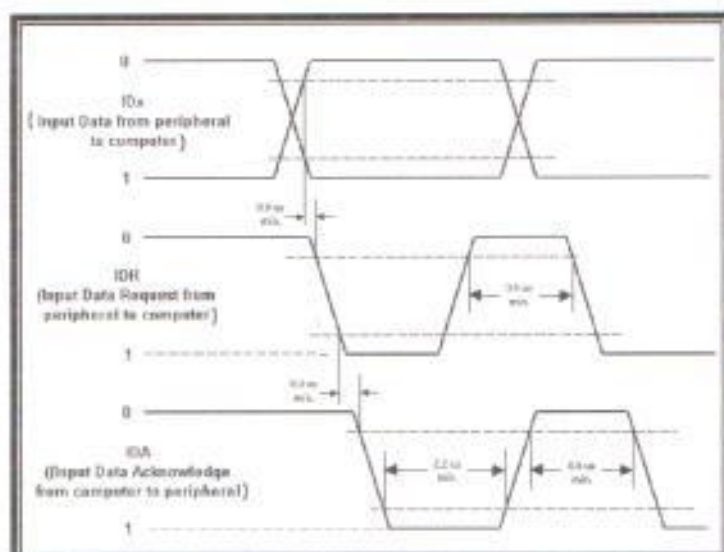


Figura No. 2-16 Temporización de líneas ID

En el segundo intercambio, el Sistema de Guerra Electrónica genera la señal ODR, el IPN-10 detecta la activación de dicha señal y coloca la primera palabra en las líneas OD y activa la señal ODA, la que indica a Guerra Electrónica que reciba la palabra de estado; cuando se ha almacenado esta palabra se regenera la señal ODR, la que habilita el envío por parte del IPN-10 de una nueva palabra, cerca de 20 ms. después de que la señal ODA de la palabra precedente ha sido desactivada, este proceso se repite hasta

que se han recibido las 6 palabras de estado por parte del IPN-10; así, este segundo intercambio se realiza dentro de un tiempo de 120 ms en condiciones normales.

En la figura No. 2-17 se observa la temporización de las otras tres señales involucradas en el segundo intercambio.

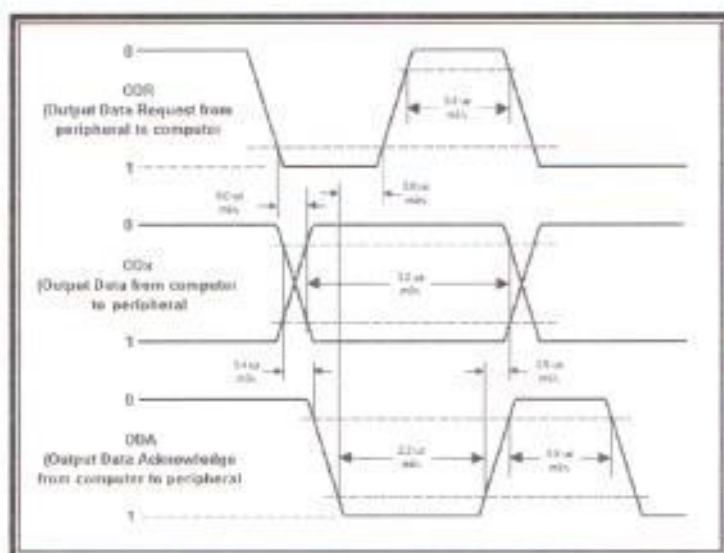


Figura No. 2-17 Temporización de las líneas OD

2.2.4.2.3. Formato del Mensaje

La tabla VII muestra el formato del mensaje de órdenes (OD) y confirmación (ID).

El mensaje de salida se compone de seis palabras de tres bits correspondientes a órdenes para cada uno de los canales; el mensaje de entrada consiste de las seis palabras enviadas anteriormente mas seis palabras que indican el estado actual de cada uno de los canales y una adicional que indica una alerta de misil.

TABLA VII

FORMATO DEL MENSAJE DE LA TRANSMISIÓN PARALELA

PALABRA \ BIT	1 (OD0)	2 (OD1)	3 (OD2)	No. CANAL
ORDENES RECIBIDAS POR EL CIC	DECEIVE	TRACK	JAM	
1	X	X	X	1
2	X	X	X	2
3	X	X	X	3
4	X	X	X	4
5	X	X	X	5
6	X	X	X	6
CONTROLES EJECUTADOS POR EL CIC				
7	X	X	X	1
8	X	X	X	2
9	X	X	X	3
10	X	X	X	4
11	X	X	X	5
12	X	X	X	6
13	X	X	X	ALERTA DE MISIL

2.2.4.2.4. Codificación del Mensaje

La codificación también se indica en la tabla anterior, en donde los elementos de cada palabra actúan como bandera que

indican la presencia o no de las respectivas órdenes o estados, y una eventual amenaza de misil se indica con la presencia de al menos dos bits en nivel lógico "1" en la última palabra del mensaje de entrada.

2.2.5. Funciones del Equipo Modernizado

El equipo modernizado de Guerra Electrónica tiene las siguientes misiones:

- Determinar automáticamente los parámetros de las emisiones interceptadas
- Presentar información de las emisiones en un ambiente moderno de interacción
- Realizar una evaluación automática de las emisiones interceptadas
- Generar alarmas audibles y visibles cuando identifique emisiones peligrosas
- Ejecutar automáticamente programas de Contramedidas Electrónicas
- Enviar y recibir información hacia desde el IPN-10 en forma automática

- Detener la ejecución de programas de contramedidas electrónicas cuando se reciba señal de veto.

2.3. Sistema de Control de Tiro

Las Corbetas Misileras Clase "Esmeraldas" poseen un Sistema de Control de Tiro, conocido como Sistema NA-21 , el cual recibe la información de los sensores cinemáticos que brindan información de velocidad de viento, rumbo, cabeceo, balanceo del buque, además de los datos proporcionados por antenas y radares, y junto con la información proveniente del Sistema GAMMA-ED a través de la IPN-10 desarrolla las acciones pertinentes de defensa y protección de la unidad al manejar los misiles y los cañones de proa y popa.



Figura No. 2-18 Sistema de Control de Tiro

2.3.1. Funciones del Equipo

Este equipo se encarga de realizar las siguientes funciones principales:

- Recibir información preliminar sobre datos del blanco designado por ejemplo: velocidad, marcación y distancia.
- Recibir órdenes desde el IPN-10 sobre el modo de operación.
- Realizar seguimiento del blanco designado por medio del radar de tiro.
- Enviar información de los datos reales del blanco designado hacia el IPN-10.
- Solucionar el problema del Tiro para funcionamiento de cañones y misiles.
- Realizar el enganche de los cañones con el blanco, los mismos que se moverán a una velocidad proporcional y en la misma dirección al destino designado.
- Realizar interdesignación en caso de que se cuente con dos computadores de tiro a bordo y el blanco haya cambiado de campo de acción, se realiza la comunicación entre los dos computadores para recibir los últimos datos del seguimiento y continuar el proceso hasta que se hayan disparado los cañones.

- Verificar la operatividad del canal de comunicación con el IPN-10 por medio del envío y recepción de un buffer de prueba.

2.3.2. Constitución del Equipo

La NA-21 está compuesta por una unidad de procesamiento y otra de control. La unidad de procesamiento está formada por un conjunto de tres diferentes microprocesadores llamados: COHO, MAIN y FEND, conectados a nosotros vía un bus interprocesador interno conocido como bus ICM. La principal razón para escoger la configuración multiprocesador son las siguientes:

- Subdivisión y especialización de las tareas de los procesadores individuales.
- Incremento de la velocidad por medio de la ejecución paralela
- Reducción del ciclo de tiempo del programa.

Este tipo de estructura, sin embargo, da origen a cierto tipo de problemas como implementar servicios auxiliares para guiar y coordinar los procesos de los procesadores individuales.

También cuenta con un controlador especializado para controlar la prioridad en la transferencia de datos.

Algunos bloques funcionales pueden ser identificados dentro de cada procesador:

- ✓ 1 Unidad lógica y aritmética computacional UALU.
- ✓ 1 Unidad de memoria de solo lectura UCROM
- ✓ 1 Unidad de memoria básica URAMB
- ✓ 1 Unidad de expansión de memoria URAMÉ.
- ✓ 1 Unidad de interconexión UPPC.

Cada procesador está provisto de su propia memoria RAM, que contiene el programa que tiene que ejecutar cada uno.

2.3.3. Características de transmisión del mensaje

El sistema de Control de Tiro FCS NA-21 se comunica con el IPN-10 para transmitir y recibir señales digitales de acuerdo al estándar STANAG 4116. Este proceso se puede dividir en:

- Intercambio lógico
- Manejo y formato de buffer

Este trabajo es realizado por una interfaz digital estándar I/O localizada en el equipo Convertidor de Señales de datos (SDC).

El código de canal 51_s es dedicado a la NA-21 de popa y el código 52_s es dedicado a su similar de proa.

La NA-21 tiene una capacidad de salida de palabras paralelas digitales de 24 bits pero solamente la parte más significativa (16 bits) es aceptada por el IPN-10.

2.3.3.1. Intercambio lógico ⁽⁶⁾

El diagrama es mostrado en la figura 2-19. Las señales indicadas regulan las operaciones de salida de datos del computador, denominado "maestro" con las operaciones de entrada de los mismos datos a otro computador, conocido como "esclavo".

De acuerdo al modo escogido, un computador puede funcionar como maestro o esclavo. Para iniciar el procedimiento, el computador esclavo se debe declarar por sí mismo para recibir los datos por la activación de la señal EIE (Habilitador de Interrupción Externa) a nivel lógico "1".

Si ha sido habilitada por el circuito de recepción, esta señal es recibida por el receptor como una señal EFR (Requerimiento de Función Externa) y su aceptación induce la EFA (Confirmación de Función Externa) como respuesta.



Figura No. 2-19 Conexiones para comunicación entre computadores

Esta señal es recibida por el computador esclavo como EIR (Requerimiento de Interrupción Externa).

Simultáneamente en el bus de datos del computador maestro se coloca la palabra de función externa convirtiéndose en palabra de entrada para el computador esclavo donde es almacenado en la localidad reservada para el código de interrupción externa.

Cuando se activa, la señal IDA anula la señal EIE, y es recibida por el computador maestro como RESUME (Consentimiento de Dato Removido). La señal RESUME desactiva la señal EFA.

Ahora dos diferentes situaciones pueden ocurrir:

- a.) El programa transfiere más de una palabra de función externa antes de la transferencia del buffer.
- b.) La transferencia del buffer se inicia.

En el primer caso el computador maestro aún recibe la señal EFR a la cual replica con la señal EFA, presentando una palabra de función externa adicional. Después de la transferencia de todas las palabras EXF incluidas, siguiendo el mismo procedimiento, el buffer comienza a transferirse.

El software debe rescatar cada palabra EXF transmitida con un nuevo código y almacenarlo en la localidad de memoria única reservada, donde la palabra de interrupción externa ha sido almacenada.

En el segundo caso el computador maestro debe habilitar la transferencia del buffer de salida como el programa. Esto causa un auto requerimiento de salida, consecuentemente se genera la señal READY y simultáneamente se coloca el primer dato en el bus de salida.

La señal READY es recibida por el computador esclavo como IDR (Requerimiento de entrada de datos) y responde con la señal IDA (Confirmación de entrada de datos). La señal IDA produce la señal RESUME en el maestro, esto causa un requerimiento de entrada adicional.

La secuencia READY-IDR-IDA-RESUME se repite hasta que todas las palabras contenidas en el buffer han sido transferidas. Luego el computador esclavo responde con su propio buffer de datos dentro de un tiempo de 50 ms. El tiempo que tarda la transmisión de las palabras de control y del buffer de datos desde el IPN-10 es 10 ms.

Cuando ocurre un error por exceso de tiempo disponible para la transmisión se dice que ocurrió una condición de "fuera de tiempo", con lo cual se cierra el canal de comunicación y se cancelan las órdenes en progreso o los datos recibidos. El tiempo máximo disponible para un intercambio completo es 800 ms.

Si se detecta un buffer incorrecto o errores de paridad, se comunica al otro equipo activando la bandera apropiada en la palabra de estado lógico.

2.3.3.2. Manejo y formato de buffer

2.3.3.2.1. Palabra de control hacia NA-21

La primera palabra del buffer del IPN-10 hacia el NA-21 contiene unas pocas banderas y modo de selección de señales lógicas discretas como se muestra en la figura No. 2-20



Figura No. 2-20 Buffer del IPN-10 a la NA-21

La información transmitida es descrita como sigue:

❖ ***Dos coordenadas (DS2)***

Esta bandera indica que en la designación en progreso el IPN-10 da ambas coordenadas (distancia y marcación), además las palabras 2 y 3 son válidas. Esto ocurre en el caso de un blanco adquirido y rastreado por un radar.

La bandera DS2 permanecerá válida, para actualizar datos del blanco, hasta que se quite la designación de ese blanco.

❖ ***Una coordenada (DS1)***

Esta bandera indica que en la designación en progreso el IPN-10 da marcación solamente, además la palabra 2 no es válida.

Esto ocurre en el caso de intercepción del radar solamente y la condición de silencio del radar.

La bandera DS1 permanecerá válida, para actualizar los datos del blanco, hasta que se elimine la designación.

❖ **Interdesignación (ID)**

Esta bandera es usada cuando dos NA-21 están instaladas a bordo. Por acción de esta bandera el IPN-10 ordena a una de las NA-21 aceptar datos de un blanco desde su similar, además el resto del buffer (palabras 2 hasta la 5) no son válidas.

❖ **Blanco Naval (BN)**

Esta bandera especifica que el blanco designado está en la superficie con parámetros cinemáticos con un rango típico de blanco naval.

La bandera BN permanecerá válida hasta que se elimine la designación.

❖ **Blanco Misil (MS)**

Esta bandera especifica que el blanco designado es un objeto volador con parámetros cinemáticos típicos desarrollados por un blanco tipo misil.

La bandera MS permanecerá válida hasta que se elimine la designación.

❖ **Preselección de baja altitud**

Esta bandera ordena a la NA-21 apuntar a cero grados de elevación en el caso de una designación de un blanco cuyos parámetros están dados por las palabras 2 hasta 5. Este requerimiento no es necesario en el caso de blanco naval.

❖ **Enganche (EN)**

Esta bandera ordena fuego consentido para una acción en progreso.

También es usado en caso de que un blanco específico no esté designado por el IPN-10 pero el fuego es permitido

contra un blanco independientemente si ha sido adquirido por la propia NA-21.

❖ ***Fuego Mantenido (HF)***

Esta bandera ordena cesar el fuego para una acción en progreso, o misil en vuelo de tele destrucción, de acuerdo al cual el sistema de ataque (Arma primaria o SAM) está bajo control.

También es usado para inhibir el fuego si no hay una designación especificada.

❖ ***Romper enganche (BK)***

Esta bandera ordena hacer rastreo del blanco o cualquier otra operación independiente. Si ya existe algún misil en vuelo, esta orden es aplicable después de que la acción en progreso termine.

❖ ***Silencio de radar (SL)***

Esta bandera ordena no transmitir al radar de control de tiro (FCR) asociado a la NA-21.

La bandera SL es repetida mientras que la condición de silencio de radar sea requerida.

❖ ***Enlace de Prueba (TL)***

Esta bandera indica que el IPN-10 entra en un modo de "Fuera de línea" por motivo de un procedimiento de prueba. En este caso el buffer de prueba es transmitido por el IPN-10.

❖ ***Error de Paridad (PE)***

Esta bandera confirma que el IPN-10 ha detectado un error de paridad en el buffer previamente recibido desde el NA-21.

Es útil anotar que la bandera SL puede ser activada en cualquier momento, siempre y cuando alguna de las otras órdenes no son compatibles en algún momento (mutuamente exclusivos): ID, DS1 y DS2; BN y MS; EN y HF. La bandera LA puede ser activada con BN o MS.

El display alfanumérico del operador de control de armas da mensajes para confirmar órdenes e identificar el sistema de ataque enganchado por el FCS.

2.3.3.2.2. Palabra de datos hacia la NA-21

Las palabras 2 a 5, mostradas en la figura No. 2-20 contienen datos del blanco como sigue:

❖ *Rango designado*

La palabra de datos del rango designado da distancia del blanco desde nuestro barco, en metros por codificación binaria. Esta palabra de datos es válida cuando la bandera DS2 está activa.

La mínima distancia útil para el FCS es 1500 m. La precisión sobre el blanco en movimiento lineal directo, rastreado por dos minutos al menos, es 200 m r.m.s

❖ *Marcación designada*

La palabra de datos de marcación designada da el verdadero azimutal del

blanco respecto a nuestro buque. Este dato es válido cuando la bandera DS2 ó DS1 están activadas.

La precisión sobre el blanco rastreado en movimiento linear directo por dos minutos al menos, es 2° r.m.s

❖ *Componentes de velocidad*

Las palabras 4 y 5 están dedicadas a dar información de la velocidad del blanco por las componentes del vector de velocidad absoluta: Norte (eje Y) y Este (eje X). Estos datos son válidos cuando la bandera DS2 está activada.

Precisión sobre el blanco en movimiento linear directo rastreado por dos minutos al menos, es 20% para blancos navales y 10% para blancos aéreos.

2.3.3.2.3. Buffer hacia el IPN-10

La transmisión del buffer desde el NA-21 hacia el IPN-10 es desarrollada como

réplica de una previa transmisión del IPN-10.

El buffer consiste de tres palabras como se muestra en la figura No. 2-21. La primera palabra contiene banderas de estado considerando que los datos de realimentación están dados por las palabras 2 y 3.

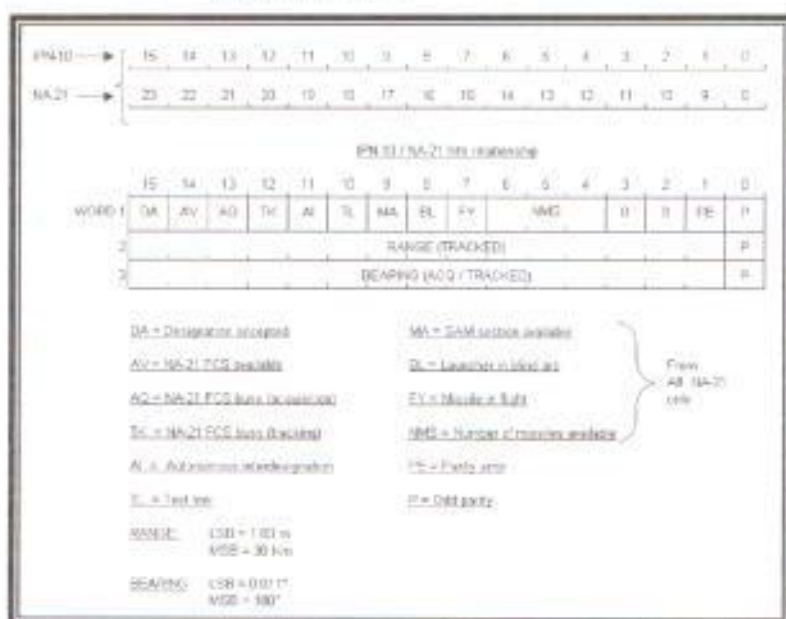


Figura No. 2-21 Buffer de la NA-21 al IPN-10

❖ Designación aceptada (DA)

Esta bandera indica que la NA-21 ha confirmado los datos de designación o la orden de interdesignación.

Esta señal es producida si el NA-21 ya está en modo de rastreo (después de que la bandera TK haya sido activada) y permanece activa hasta que el rastreo de un blanco se ha roto.

❖ **NA-21 Disponible (AV)**

Esta bandera indica que NA-21 está operativa y disponible para recibir una designación de blanco.

❖ **NA-21 Enganchada (AQ)**

Esta bandera indica que la NA-21 está ocupada para adquirir un blanco (desde designación externa o acción independiente propia) y por lo cual no está disponible a recibir ninguna designación.

❖ **NA-21 Rastreando (TK)**

Esta bandera indica que la NA-21 está ocupada para rastrear un blanco y por lo cual no está disponible para recibir cualquier designación.

❖ **Interdesignación Autónoma (AI)**

Esta bandera indica que el blanco rastreado por la NA-21 está entrando dentro del sistema enganchado de arco ciego.

Esto tiene el propósito de informar al IPN-10 el cual puede enviar un comando de romper enganche al otro Sistema de control de tiro para que acepte la interdesignación. Si el otro FCS está enganchado en un blanco, sin la intervención del IPN-10, podría rechazar la interdesignación desde la NA-21.

❖ **Enlace de prueba (TL)**

Esta bandera indica que la NA-21 entra en el modo de "fuera de línea" debido a un procedimiento de prueba. En este caso El IPN-10 no revisa las palabras de datos recibidos y replica por medio de señales de tiempo operativas por retransmisión de las tres palabras

recibidas más dos palabras adicionales con contenido fijo.

❖ ***Sección disponible (MA)***

Esta bandera indica que todos los equipos del sistema Albatros (Iluminador de onda continua, unidad de procesamiento y lanzador) ya están listos para operar.

❖ ***Lanzador en arco ciego (BL)***

Esta bandera indica que el lanzador está posicionado en una marcación tal que el fuego se detiene porque nuestro propio buque constituye un obstáculo.

❖ ***Misil en vuelo (FY)***

Esta bandera indica que un misil ASPIDE ha sido lanzado y se dirige al blanco

❖ ***Número de misiles disponibles (NMS)***

Este campo da el número (en código binario) de misiles los cuales permanecen todavía en el lanzador.

2.3.3.2.4. Buffers de prueba

Cuando cualquiera de los sistemas involucrados (IPN-10 o NA-21) entra en la condición "fuera de línea" por la selección de modo de prueba, un buffer de prueba es transmitido.

La información del modo de prueba es enviado al sistema en interfaz por medio de la activación de la bandera TL (enlace de prueba) de la palabra 1 de la transmisión del buffer.

El intercambio lógico es idéntico a las condiciones de operación normal, el IPN-10 transmite primero y la NA-21 replica con una palabra de estado y coordenadas.

❖ IPN-10 fuera de línea

Cuando el IPN-10 entra en el modo de prueba, el buffer de la figura No. 2-21 es transmitido. La bandera TL es puesta en "1" lógico y los datos de la variable "A"

son transmitidos como un rango designado simulado.

Las palabras 3 a 5 tienen un formato fijo. El buffer generado por el IPN-10 (figura No. 2-22) es recibido por la NA-21, la cual responde mediante el reenvío de las tres palabras del buffer (figura No. 2-23).

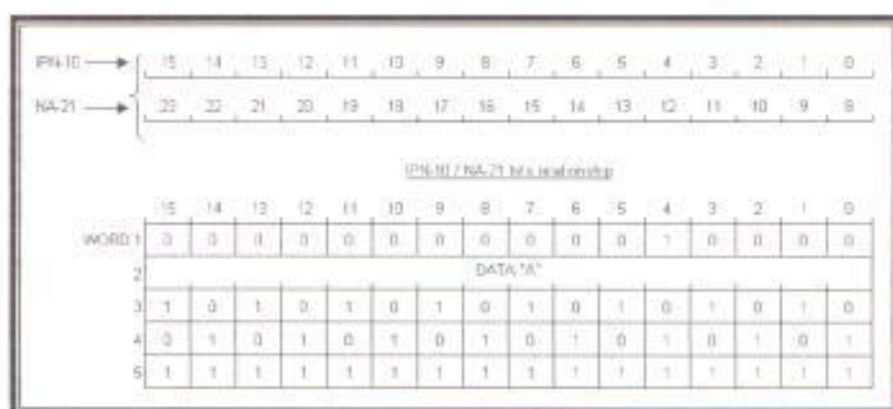


Figura No. 2-22 Buffer de Prueba del IPN-10 a la NA-21 cuando el IPN-10 está inactivo.



Figura No. 2-23 Buffer de Prueba de la NA-21 al IPN-10 cuando el IPN-10 está inactivo.

La comparación y evaluación del buffer replicado por la NA-21 es hecho por el IPN-10 en el modo de prueba.

❖ *NA-21 fuera de línea*

Cuando la NA-21 entra en el modo de prueba, el buffer de la figura No. 2-24 es transmitido. La bandera TL es puesta en "1" lógico y los datos de las variables "A" y "B" son transmitidos como marcación y distancia simulados.



Figura No. 2-24 Buffer de Prueba de la NA-21 al IPN-10 cuando la NA-21 está inactiva

Cuando se detecta la bandera TL desde la NA-21, el programa del IPN-10 transfiere el buffer de la figura No. 2-25 de regreso a la NA-21.

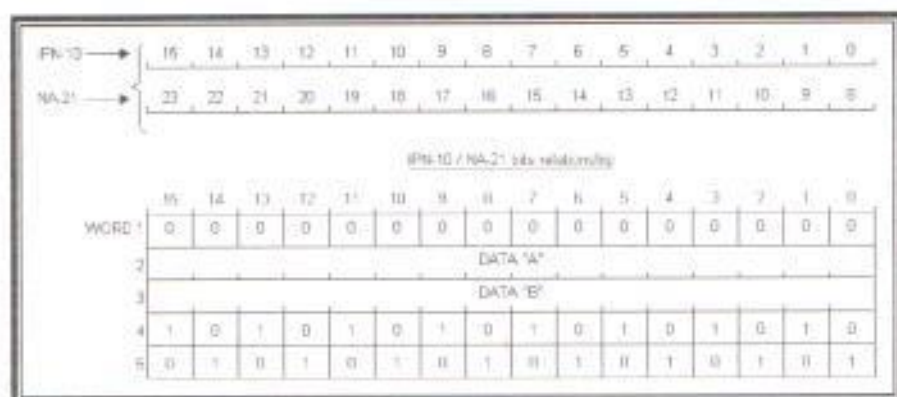


Figura No. 2-25 Buffer de Prueba del IPN-10 a la NA-21 cuando la NA-21 está inactiva

2.4. Resumen

El Indicador Panorámico Naval (IPN-10) es el sistema de comando y control, que recibe la información proveniente de los sensores activos y pasivos del buque, la procesa, presenta y convierte en órdenes para, en conjunto con los sistemas de armas, defenderse ante cualquier posible amenaza.

Está constituido por varios equipos, dentro de los cuales están la consola horizontal, donde se visualiza un completo panorama táctico naval, y con la información analizada, proveniente de los sensores, se toman las diferentes acciones de defensa.

Como se ha mencionado, el IPN-10 recibe información externa, esto se lo realiza mediante el Convertidor de Señales de Datos (SDC), que actúa como una interfaz de comunicación entre el Sistema y los

demás equipos, debido a que recibe señales de diferente naturaleza y las convierte en el formato adecuado para que la computadora principal del IPN-10 pueda procesarlas.

Uno de los equipos que brinda información vital al IPN-10 es el Sistema de Guerra Electrónica pasiva, mejor conocido como GAMMA-ED, el cual vigila permanentemente los alrededores de la unidad, y captura las emisiones electromagnéticas provenientes de un blanco externo, sin importar su naturaleza; al analizar y procesar esta información se obtiene una huella electrónica con lo que se puede identificar dicha emisión.

Este sistema se comunica con el IPN-10 mediante la Unidad de Transmisión de Datos, desde donde se envía la firma electrónica, codificada de acuerdo a su formato establecido, en forma serial con una temporización de 2.24 ms y siguiendo un protocolo de comunicación basado en la técnica handshake.

Además se recibe los comandos de Contramedidas Electrónicas provenientes del IPN-10 y se envía la confirmación haber sido recibidos, esta comunicación también es codificada, pero se la realiza en forma paralela con una temporización de 500 ms y basado en la técnica handshake y mediante el protocolo NTDS de comunicaciones.

El Sistema de Control de Tiro (NA-21) es uno de los sistema de armas con los que cuenta la unidad tipo corbeta, el que recibe datos proveniente de sus sensores e intercambia información con el IPN-10, para determinar las acciones pertinentes de defensa del buque.

La forma de comunicación con el IPN-10 es semejante al del Sistema GAMMA-ED, pero con la diferencia que la comunicación es de tipo intercomputador en donde el papel de maestro y esclavo puede adoptarlo cualquiera de los sistemas, solo el IPN-10 hace uso de esta regla y se declara maestro enviando una palabra de orden que indica el modo de operación que tomará el NA-21 y luego se realiza el intercambio de información todo esto bajo el protocolo de comunicaciones NTDS.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO IPN-10 Y GE

3.1. Hipótesis y alternativas de solución

El desarrollo del siguiente trabajo tendrá como fundamento principal el análisis y sustentación de la siguiente hipótesis, la cual ha sido planteada basándose en estudios previos, por lo que se formó un grupo de trabajo que incluyó personal altamente capacitado en el área de Sistemas de Guerra Electrónica y de Mando y Control.

El enunciado de la hipótesis cita así:

Demostrar que se puede comunicar exitosamente el nuevo Sistema de Guerra Electrónica y el IPN-10 empleando tecnología digital sin que se produzcan cambios sustanciales en los

equipos involucrados, alcanzando un alto grado de confiabilidad y efectividad.

Debido a que la comunicación entre GE e IPN-10 está compuesta por un canal de datos y otro de órdenes/estado, el prototipo ha sido dividido en dos interfaces cada una de las cuales consta de un componente de software y otro de hardware, lo que no se había decidido es su participación en el proceso de comunicación, para lo cual se tenían las siguientes alternativas de solución:

❖ **Alternativa 1:**

Que la mayor parte del trabajo sea hecho via software, esto es, establecer el formato de los datos y la temporización de los mismos por medio de un programa adecuado y en una pequeña tarjeta colocar los drivers necesarios para la comunicación diferencial.

- **Ventaja:** El hardware requerido es mínimo lo que reduce el costo de fabricación y el tiempo empleado en el diseño.
- **Desventaja:** El funcionamiento del programa depende de las características del computador en el cual se ejecuta, ya que se emplearían funciones que de alguna manera dependen del reloj del sistema y como debe trabajar en un ambiente multitarea se puede estropear la temporización de las

señales, lo cual es un factor crítico en este tipo de transmisión.

❖ **Alternativa 2:**

Elaborar un programa que establezca el formato de los datos y diseñar una tarjeta que realice la transmisión adecuada con los parámetros de tiempo necesarios. La transmisión entre la computadora y la tarjeta se realiza paulatinamente a medida que se transmite hacia el IPN-10.

- ***Ventaja:*** Se tiene mayor seguridad en el sincronismo de los datos comparado con el caso anterior.

- ***Desventaja:*** Todavía se pueden producir problemas con el sincronismo debido a que los datos se envían a la tarjeta a medida que se realiza la transmisión (en el caso de que los datos no estén disponibles en el momento adecuado). El diseño de una tarjeta externa aumenta el costo de fabricación y el tiempo empleado en este trabajo.

❖ **Alternativa 3:**

Elaborar un programa que establezca el formato de los datos y diseñar una tarjeta que realice la transmisión adecuada con los parámetros de tiempo necesarios, solo que en este caso la transmisión de los datos desde la computadora hasta la tarjeta se

realiza de una manera totalmente asíncrona mediante la técnica handshake; la transmisión de los datos desde la tarjeta hacia el equipo receptor no se lleva a cabo hasta que no hayan sido recibidos la totalidad de los datos a transmitir los mismos que serán almacenados en memoria.

- **Ventaja:** Se elimina por completo el riesgo de que se produzcan errores con el sincronismo de los datos transmitidos.
- **Desventaja:** El tamaño de la tarjeta se incrementa nuevamente, así como su costo. El tiempo que dura la transmisión completa aumenta.

De estas alternativas se escogió la última por ser la más viable, ya que se elimina los posibles errores de sincronismo mediante el empleo de la técnica handshake que permite un intercambio de datos seguro entre el programa de control y la tarjeta de interfaz, el tiempo adicional empleado en la transmisión puede ser asumido ya que el intervalo de tiempo mínimo entre transmisiones es lo suficientemente grande (aproximadamente un segundo) como para permitir esta variación.

Luego de hacer la elección del modelo a seguir, el siguiente paso es pensar en la integración de la tarjeta de interfaz tanto con el computador de GE como con el IPN-10. La integración con el

sistema modernizado de GE se realiza tanto al nivel de software como de hardware.

❖ Integración por software

Como el nuevo sistema se ha desarrollado basándose en el lenguaje Visual C++, lo ideal sería que la parte del software de nuestra interfaz sea desarrollada en C++ o en Visual C++ ya que de esta manera éste se puede convertir en una subrutina que podrá ser colocada fácilmente dentro del programa principal.

❖ Integración por hardware

Para integrar la tarjeta de nuestra interfaz al sistema modernizado de GE, desde ahora llamado simplemente GE, se debía encontrar una manera que sea rápida, confiable y que no implique cambios significativos al nuevo sistema. Como GE empleará un computador industrial de gran capacidad, se tenían varias alternativas para hacerlo:

1) Utilizar el puerto serial de comunicaciones:

- **Ventajas:** La tasa de transferencia de datos es suficiente como para lograr la transmisión directa en forma serial, lo cual facilitaría la transmisión de la firma electrónica, reduciría significativamente el tamaño y la complejidad de la tarjeta, así como el tiempo de transmisión.

- **Desventajas:** No se tiene la cantidad suficiente de líneas de control, por lo que no resuelve el problema de intercambio de palabras de orden / confirmación, se dificulta la sincronización de las señales, el software de control puede alcanzar una dimensión considerable.

2) Utilizar el puerto paralelo de comunicaciones:

Ventajas: Se dispone de una mayor cantidad de líneas y se puede transferir el manejo del sincronismo a la tarjeta consiguiendo una transmisión más segura.

- **Desventajas:** A pesar de haber aumentado el número de líneas, éstas sólo son suficientes para la interfaz serial, mas no para la parte de comunicación paralelo; se incrementa el tiempo de comunicación y la complejidad del software necesario para su control.

3) Utilizar una tarjeta PC-DIO-96/PnP: Esta es una tarjeta de 96 líneas que pueden ser manejadas por medio de puertos independientes configurables de acuerdo a las necesidades del usuario; esta tarjeta sería instalada en un bus PCí.

- **Ventajas:** Se cuenta con la cantidad de líneas suficientes para todas las señales de control necesarias para la comunicación GE e IPN-10, su adquisición está

contemplada en el presupuesto de GE y su utilización no supondría ningún gasto adicional, además sólo se usará aproximadamente la mitad de las líneas disponibles quedando el resto para cualquier otra aplicación que se requiera. Tiene una tasa de transferencia de datos suficientemente alta como para satisfacer nuestras necesidades, los conectores empleados en esta tarjeta de adquisición son muy seguros.

- **Desventajas:** Se emplean conectores SCSI III de 68 pines que dificultan un poco su cableado, la dirección base de la tarjeta de adquisición depende del computador en que se instale, el tiempo de transmisión depende en gran medida de la cantidad de información que se tenga que procesar, se eleva el costo del proyecto por los componentes adicionales que hay que adquirir.

La integración con el IPN-10 no debe cambiar, es decir, será una comunicación con señales diferenciales y se empleará conectores con estándares militares, en la actualidad algunos de ellos no tienen reemplazo comercial por lo que se adaptará otro tipo de conector que cumpla con las mismas normas y que además soporte una suficiente cantidad de líneas, lo que

involucra un estudio de la nomenclatura y la codificación de este tipo de accesorios.

En la Tabla VIII se pueden observar las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas arriba mencionadas.

3.2. Hardware Requerido

Dado a que el software de control de la interfaz se desenvolverá en un ambiente multitarea con varias subrutinas de adquisición de datos de alta velocidad y rápido procesamiento, se necesita un computador de tipo industrial que cumpla con las características requeridas con una SBC de gran capacidad, encontrándose en la SBC Rocky 370 EV fabricada por la compañía Ryaim Internacional Corp todas las características que se buscaba entre las cuales destacamos:

- ✓ Procesador Socket 370
- ✓ Velocidad de bus 133 MHz
- ✓ Sockets DIMM con capacidad de hasta 1 GB de SDRAM
- ✓ Soporta procesador Pentium III de hasta 1 GHz
- ✓ Ranura PICMG

También se necesita un backplane que contenga varias ranuras PCI y una PICMG para la SBC, además de una tarjeta de adquisición de datos de 96 líneas, encontrándose en la tarjeta PCI-DIO-96/ PnP las características adecuadas.

TABLA VIII
ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

TABLA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION		
COMUNICACIÓN GE-IPN-10		
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Recibir y procesar información por medio de un programa que realice el formato, codificación, decodificación y temporización y colocar una pequeña tarjeta con los drivers diferenciales	Bajo costo, no se requiere mucha circuitería y el software diseñado por nosotros permitiría futuras actualizaciones y modificaciones	El desempeño depende en gran medida de las aplicaciones que se están ejecutando en el momento de la comunicación y de las características del computador
Hacer un programa que establezca el formato y la codificación de los datos y un circuito que se encargue de la transmisión de los datos hacia el IPN-10. La comunicación entre el computador y el circuito se realiza por medio de bloques de datos y simultáneamente a la transmisión hacia el IPN-10	Se tiene mayor control sobre el sincronismo de las señales de intercambio	Existe el riesgo de que el computador tarde mayor tiempo del disponible en preparar el siguiente bloque de datos y se produzcan errores en la transmisión
El programa establece el formato y la codificación de los datos, el circuito se encarga de la transmisión y la comunicación se realiza en dos etapas: Computador-circuito y luego circuito-IPN-10	Se consigue seguridad en la transmisión	Se aumenta el tiempo de duración de cada transmisión, aumenta el costo y complejidad del circuito
INTEGRACION POR HARDWARE		
Utilizar el puerto serial de comunicaciones	Velocidad de transferencia de datos suficiente para comunicación serial. Se reduce el tamaño y complejidad del circuito	No se resuelve el problema de la interfaz paralela, no se cuenta con las líneas de control suficiente
Utilizar el puerto de la impresora	Se tiene mayor velocidad de transmisión, mayor cantidad de líneas disponibles, fácil manejo por medio de software	Las líneas disponibles no resuelven el problema de la interfaz paralela
Utilizar una tarjeta de adquisición de datos de 96 líneas	Se tiene suficiente cantidad de líneas para ambas interfaces y se cuenta con líneas de reserva que pueden ser empleadas para futuras actualizaciones y modificaciones	El software se vuelve mas pesado y complejo, incrementa el costo. Los conectores empleados no son comunes en nuestro mercado.
IMPLEMENTACION DE CONTROLADOR		
Implementar el controlador por medio de memorias EPROM	Bajo costo, fácil implementación, gran disponibilidad de los materiales necesarios en el mercado	Riesgo de que los elementos empleados sean discontinuados por sus fabricantes por el tiempo de permanencia en el mercado
Emplear un Microcontrolador PIC	Se puede agrupar algunas funciones del circuito dentro del microcontrolador y así reducir el tamaño del circuito	Alto costo, generalmente es necesario importar este tipo de materiales y su respectiva base para grabar el programa de control con el computador, no siempre se encuentra en empaque DIP por lo que se necesita construir tarjetas de prueba

Estos materiales son suficientes para garantizar el normal funcionamiento del software de control y su comunicación con los circuitos de la interfaz, quedando la suficiente cantidad de líneas disponibles para futuras expansiones de las capacidades del sistema de GE.

3.3. Diseño de los Circuitos de la Interfaz

Debido a las características de su funcionamiento, el diseño se lo ha dividido en interfaz serial, para el canal de datos, e interfaz paralela, para el canal de orden / estado.

3.3.1. Diseño del Circuito de la Interfaz Serial

El proceso de diseño inició con la recopilación de información acerca del funcionamiento del equipo actual que pudo determinar las entradas y las salidas que tendría la interfaz tal como se lo muestra en la figura No. 3-1.

Una vez que se tenía toda la teoría sobre el funcionamiento de los equipos actuales se procedió a realizar mediciones para verificar el protocolo de comunicaciones de esta interfaz, obteniéndose un gráfico parecido al que se muestra en la figura No. 3-2, donde se aprecia que todo el proceso comienza con la presencia del código de canal (DTTR1,

DTTR2, DTTR4) justo antes de que se envíe la señal START, con una duración aproximada de $5\ \mu\text{s}$, al término de la cual se envían los datos que están sincronizados con la señal de reloj CLOCK, con un periodo de $10\ \mu\text{s}$, así en total se envían 224 bits de datos lo que da un tiempo de comunicación aproximado de 2.24 ms.

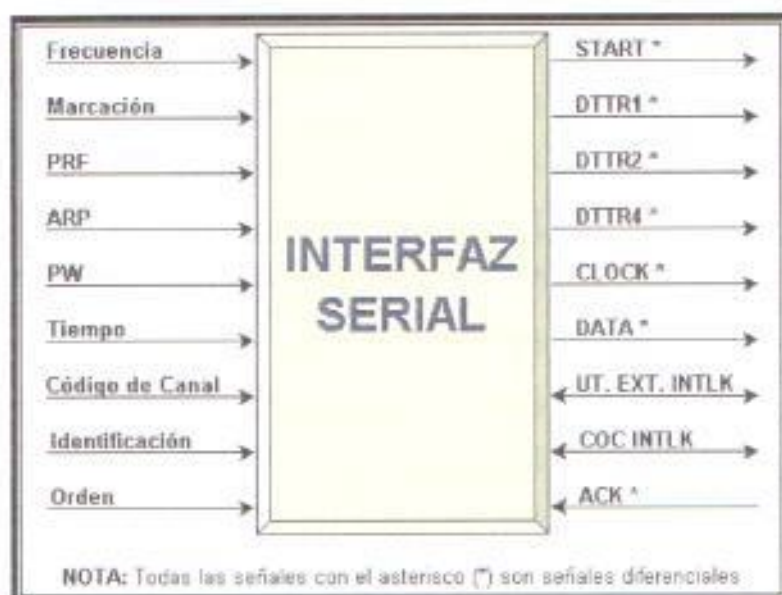


Figura No. 3-1 Esquema de la Interfaz Serial

Finalizado este tiempo la interfaz debe entrar en un ciclo de espera hasta que reciba la señal ACK, con duración de $5\ \mu\text{s}$, la que indica la recepción de los datos enviados anteriormente, su arribo se lleva a cabo luego de $15\ \mu\text{s}$ de haberse enviado el último dato, con lo que se termina el diálogo y se vuelve nuevamente a un ciclo de espera por la

orden de comunicación en el canal correspondiente que volverá a iniciar el proceso de envío de información.

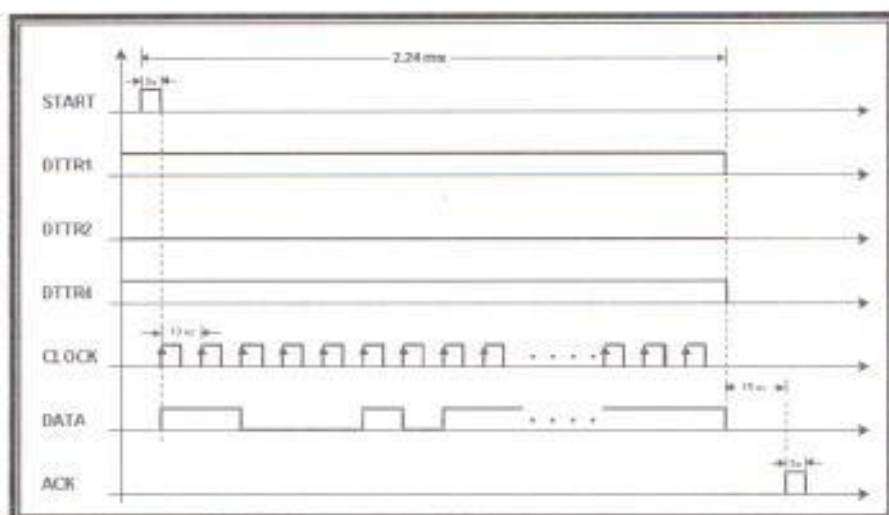


Figura No. 3-2 Diagrama de Tiempo de la Interfaz Serial

Al ser escogida la alternativa de solución número 3, se procedió a elaborar un diseño preliminar teniendo en cuenta que el mismo debía poseer un bloque de memoria; para el efecto, inicialmente se empleó el puerto paralelo debido principalmente a su disponibilidad, porque las tarjetas de adquisición estaban en proceso de compra y demoraban algún tiempo en llegar, y como lo que se maneja sólo son direcciones base y puertos, no implica mayores cambios en el programa final.

Paralelamente se inició el estudio del lenguaje de programación C++ y el diseño del circuito de la interfaz. El puerto paralelo tiene tres puertos: uno de datos de 8 bits, uno

de control de 4 bits (3 de los cuales tienen lógica negativa) y otro de estado con 5 bits (uno con lógica negativa). De esta manera se decidió transmitir los datos desde la computadora en bloque de 8 bits a través del puerto de datos porque de la misma forma están distribuidas las líneas en la tarjeta de adquisición de datos, esto es, en 12 puertos de 8 bits.

Se utilizarían los dos puertos sobrantes para entrada y salida de señales de control, de esta manera el software recogería los datos, les daría el formato y la codificación adecuadas para luego transmitir el mensaje de 224 bits en 28 palabras de 8 bits que llegan hasta el circuito, el mismo que debe establecer el protocolo adecuado de acuerdo al diagrama de tiempo anteriormente expuesto.

Para esto cada bloque será primeramente almacenado en una memoria para que todo el control sea delegado al circuito, en este intervalo de tiempo toda la comunicación con el computador debe llevarse a cabo mediante la técnica handshake (requerimiento / confirmación), asegurándose en todo momento que no exista ambigüedad del estado en que se encuentra cada una de las partes involucradas.

cuenta con un bloque de registros universales trabajando en modo de carga y desplazamiento que serán los encargados de realizar la conversión paralelo – serie de los datos, el código de canal será cargado directamente en un registro antes de enviar el mensaje desde el computador hacia el circuito y desde ese momento estará disponible en las salidas diferenciales como DTTR1, DTTR2 y DTTR4.

También se cuenta con un contador de bits transmitidos y un comparador de fin de palabra que indicará si el bit transmitido es el último del bloque, un pulso generador de START será el encargado de indicar el inicio de la transmisión, un reloj controlado servirá para la sincronización de los datos y será activado en el momento que la señal START termine. Finalmente se tiene un bloque que realiza la conversión de señales TTL a señales diferenciales y viceversa, un circuito encargado de las señales de enclavamiento (INTERLOCK) presentes en la interfaz y un bloque de procesamiento central llamado controlador, encargado de administrar todo el proceso de comunicación.

El diseño original se había basado en la alternativa de solución número 2 la cual contempla la transmisión entre la computadora y la tarjeta paulatinamente a medida que se

transmite hacia el IPN-10. La diferencia entre ese diseño y el actual era básicamente el bloque de memoria y la forma de comunicación entre el computador y la tarjeta; el principal problema de aquel diseño era el tiempo del que disponía el computador en preparar un bloque de 8 bits, ponerlo en el puerto y prepara las señales de intercambio era de máximo 10 μ s o un poco menos si se toma en cuenta el tiempo que se toma el circuito en prepararse una vez que la palabra está lista en el puerto.

Si en el momento de la transmisión el computador estaba demasiado ocupado con otras aplicaciones, este tiempo podía ser excedido en cualquier instante, mientras el reloj controlado de transmisión no se detiene en ningún momento durante este proceso lo que podía causar que se envíen datos erróneos como en efecto ocurría y era difícil poder predecir en que punto de la transmisión se iban a producir.

3.3.1.1. Funcionamiento del circuito

El computador inicia el proceso colocando el código de canal en el puerto de datos, esta palabra no se almacena en memoria sino en un registro exclusivo para el mismo, dicha carga se la lleva a cabo por medio de una señal INICIO que se envía

directamente desde el computador. Así el código está presente a la salida del bloque TTL-diferencial hasta el final de la transmisión.

Luego el computador envía el primer bloque de datos y el almacenamiento de la información en la memoria es por medio de las señales WE y CE provenientes del controlador y la técnica handshake siendo las señales involucradas SGTE, LISTO, LTCOMP y LTCIRC que representa datos almacenados, petición de nuevo bloque de datos y cancelación de la señal LISTO (SGTE), preparando el siguiente bloque (LTCOMP), esperando (LTCIRC) y datos presentes en el puerto (LISTO); este proceso termina cuando el controlador detecta que el bloque que se almacenó es el último del mensaje por medio de la señal proveniente del bloque comparador de mensaje terminado (CNT=28).

El controlador activa el generador del pulso START de 5 μ s, mediante la señal ARRANQUE, y se realimenta de la señal de salida de este circuito para determinar en qué momento termina el pulso, para seguidamente colocar los registros universales en

modo de carga por medio de S1 y activar el reloj controlado de 10 μ s; con el primer pulso de este reloj se deben cargar los registros y esto lo comprueba el controlador mediante la señal DATOLISTO.

Luego de que se carguen los datos en los registros, el controlador los coloca en modo de desplazamiento; el reloj controlado también sirve para incrementar el contador de bits transmitidos, el controlador detecta cuando el bit que se transmitió fue el último del bloque y en ese momento incrementa el contador de palabras para colocar la memoria en la siguiente dirección.

Además coloca los registros universales en modo de carga por medio de la señal S1, reinicia el contador de bits antes de que llegue el siguiente pulso de reloj y se repite el ciclo.

Este proceso continúa hasta que se termine el mensaje, luego de lo cual el controlador espera por la llegada de la señal ACK desde el IPN-10, la cual indica la recepción de los datos y reinicia el circuito para realizar una nueva comunicación.

3.3.2. Diseño del Circuito de la Interfaz Paralela

Con la experiencia adquirida en el desarrollo de la interfaz serial se optó por una comunicación de tipo handshake entre el computador y el circuito. Las entradas y las salidas de esta interfaz se muestran a continuación en la figura No.3-4.



Figura No. 3-4 Esquema de la Interfaz Paralela

El siguiente paso en el diseño fue establecer el protocolo de comunicación, según el cual cada 500 ms el equipo de GE debe iniciar el diálogo colocando la palabra de estado del primer canal en las líneas ID y enviando la señal IDR, como respuesta el IPN-10 almacena la palabra enviada y envía una confirmación mediante la señal IDA, el proceso se repite hasta que se hayan transmitido las 13 palabras de estado,

este proceso en condiciones normales no debe demorar más de 26 μ s pero, por seguridad, se dispone de 30 ms.

Luego de este tiempo, sin importar el éxito de la comunicación anterior, GE se predispone a recibir las órdenes provenientes desde el IPN-10 y para el efecto activa la señal ODR, el IPN-10 detecta la activación de esta señal, coloca la orden en las líneas OD y envía como confirmación la señal ODA. GE detecta esta señal, almacena la orden y se repite el ciclo hasta que se hayan recibido las 6 palabras de orden desde el IPN-10 o hasta que se agote el tiempo máximo disponible, que en este caso es de 470 ms, pero en condiciones normales este proceso no debería tomar más de 120 ms. De acuerdo a esto, el diagrama de tiempo queda como se muestra en la figura No. 3-5.

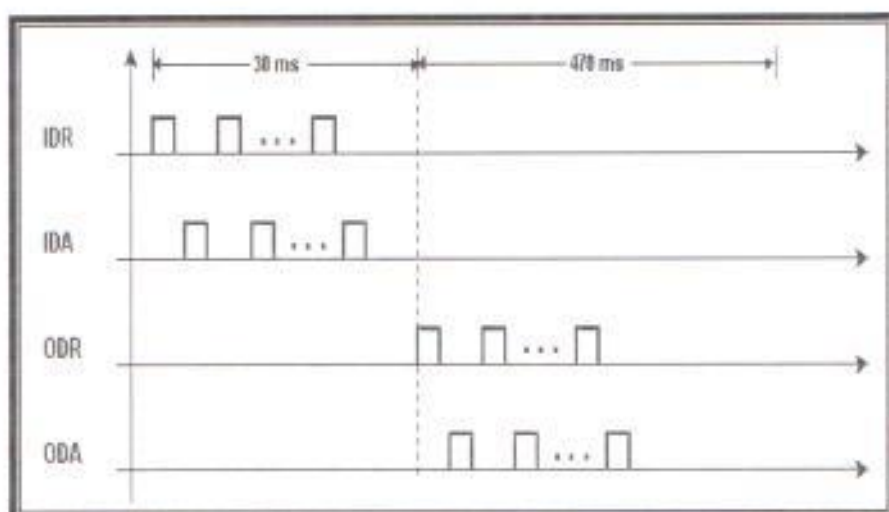


Figura No. 3-5 Diagrama de Tiempo de Interfaz Paralela

El circuito mostrado en la figura No. 3-6 contiene un bloque de memoria que actúa como un paso intermedio para evitar los problemas que se presentaron en la interfaz serial y se aprovecha el tiempo libre en cada transmisión para realizar el intercambio con el computador.

Todas las señales de entrada y salida de datos del circuito tendrán su respectivo habilitador, que estará colocado en un bloque de control de entrada / salida, permitiendo manejar el tráfico a través de la memoria; se tiene además un circuito encargado de generar las señales de habilitación de estos bloques.

También podemos encontrar un circuito de conversión de señales TTL a diferencial y viceversa. Para la temporización se tiene un circuito de control de tiempo encargado de informar cuando se han producido errores en la comunicación al exceder el tiempo máximo permitido en cada intervalo, generando la señal ERRORHW hacia el computador.

Se tiene además un contador de palabras para controlar las direcciones de la memoria y un bloque de comparación que informa cuando se alcanzó la cantidad de palabras correspondiente. Todo el sistema es administrado por un

circuito llamado controlador que tiene su propio sistema de tiempo.

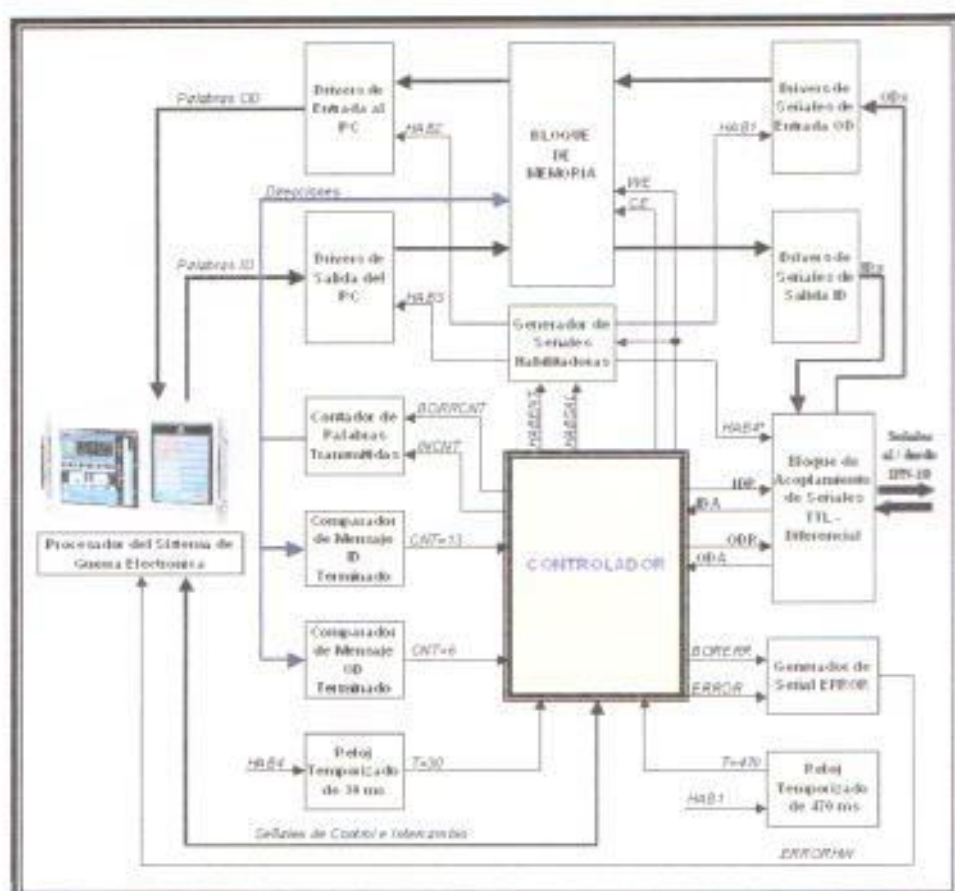


Figura No. 3-6 Diagrama de Bloques de Interfaz Paralela

El intercambio de información entre el circuito y el computador se lleva a cabo mediante las señales LTCIRC, LTCOMP, LISTO, BORERR, REINICIAR; las de ingreso de datos ID0, ID1 e ID2 y de salida de datos OD0, OD1 y OD2. En este diseño el control de la comunicación se lo realiza con el circuito de la interfaz.

3.3.2.1. Funcionamiento del circuito.

El proceso comienza cuando el controlador coloca la memoria en modo de escritura, habilita la entrada de datos desde el computador hasta este bloque y se envía las 13 palabras ID a través de un puerto de datos del computador, las que son almacenadas en memoria mediante el intercambio de las señales LTCOMP y LISTO provenientes del computador y las señales LTCOMP y LTCIRC provenientes del circuito.

Se detecta el fin de la transmisión de palabras ID cuando se activa la señal CNT=13, luego deshabilita las entradas de datos desde el computador y habilita las salidas de datos hacia el IPN-10, se coloca la memoria en modo de lectura y se transmiten las palabras almacenadas por medio del intercambio de señales IDR e IDA como se indicó en el capítulo anterior.

Paralelamente se realiza el control de tiempo que evita que una comunicación dure mayor tiempo que el máximo permitido, en caso de que se exceda este valor, el controlador predispone al circuito a recibir

las órdenes desde el IPN-10. En caso que la transmisión de las palabras ID haya sido exitosa, el controlador deshabilita las salidas hacia el IPN-10 y habilita las entradas de las palabras OD; el circuito entra en una fase de espera por las órdenes provenientes del IPN-10, se realiza el intercambio de las señales ODR y ODA.

El control de tiempo sigue activo y en caso que la comunicación exceda ese tiempo el controlador activa el bloque que se encarga de generar una señal de error (ERRORHW) que se envía hacia el computador el mismo que detecta esta señal, provocando que el programa regrese a un estado inicial y envía un pulso que borra la señal de error (BORERR) y otra señal que provoca que el circuito se reinicie (REINICIAR).

3.4. Diseño del Software de las Interfaces

Como ocurrió con la parte de hardware, el diseño del software también fue dividido en dos partes para sus respectivas interfaces.

3.4.1. Software de la Interfaz Serial

El equipo modernizado de GE fue desarrollado en un lenguaje de programación de tecnología actual como lo es Visual C++, el que posee un ambiente gráfico amigable con el usuario y permite el manejo de puertos de entrada y salida con una velocidad superior a otros lenguajes, por ejemplo Visual Basic.

Por tal motivo, se decidió realizar el programa de la interfaz en lenguaje C, el que puede ser fácilmente convertido a una subrutina del programa principal; el objetivo del software es codificar los datos recibidos y dar el formato adecuado para dejar el mensaje como se muestra en la tabla IV.

Los datos se transmitirán desde el bit 1 hasta el 32 y desde la palabra 1 hasta la 7, se puede observar en la tabla anteriormente mencionada las diversas codificaciones descritas, las cuales son expuestas en varias tablas como, por ejemplo, en la tabla V se describe la codificación para las notaciones adicionales de cada parámetro, en la tabla VI para el tipo de plataforma, función e identificación del radar; para el efecto, debe existir un programa maestro que llame a varias funciones y procedimientos que se encarguen de la codificación y el formato de los datos ingresados

Finalizadas las pruebas de esta interfaz con el programa desarrollado en lenguaje C, se decidió convertirlo al lenguaje propio del nuevo sistema; así se desarrolló el nuevo software y debido a las mayores prestaciones que ofrece Visual C++ se pudo reducir el tamaño del programa al emplear funciones que simplifican la codificación necesaria para realizar el mismo trabajo. En la figura No. 3-7 se muestra la parte gráfica de la interfaz serial desarrollada en este lenguaje.

Figura No. 3-7 Formulario de la Interfaz Serial

3.4.1.1. Subrutina de codificación de datos

El trabajo de esta función es que los datos ingresados sean codificados, es decir, recoger el dato decimal que ingresa y descomponerlo en cada una de sus cifras manteniendo su valor relativo, con lo que se obtiene unidades, decenas, centenas, etc.

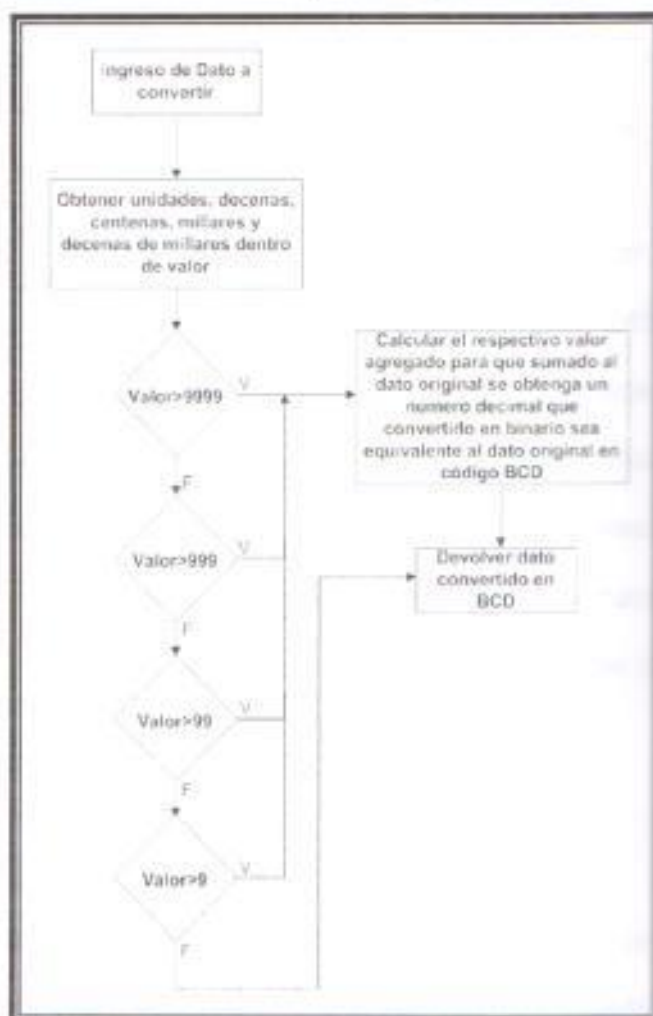


Figura No. 3-8 Diagrama de Flujo de la Subrutina
BCDdatos

El dato original es comparado con diversos valores y de acuerdo a eso se calcula un número diferente para cada caso, el mismo que será sumado al número original obteniéndose un nuevo número decimal que al ser convertido en binario corresponderá al equivalente en código BCD del original; en caso que todas las comparaciones resulten negativas el valor del número devuelto será igual al número original.

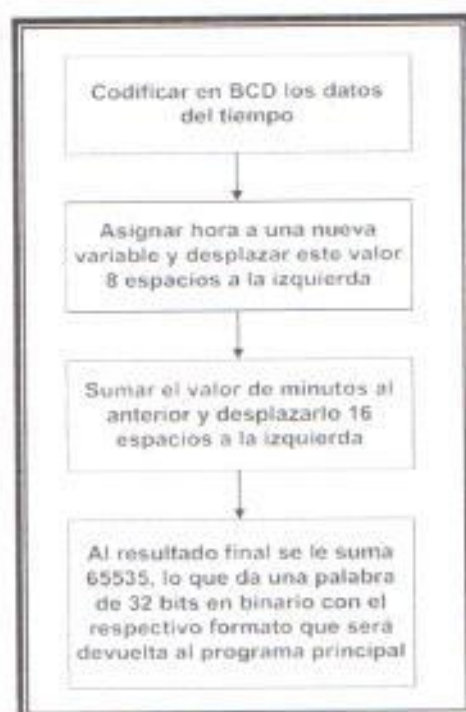
Hay ciertos valores que permiten realizar la codificación y en orden descendente son: 24576, 1536, 96 y 6 los mismos que serán multiplicados respectivamente por las decenas de millar, millares, centenas y decenas. Estos productos parciales se acumulan entre sí para formar el nuevo número codificado, el uso de cada valor depende del dato original, no siempre se utilizarán todos.

3.4.1.2. Subrutina para formato de tiempo

Los datos de tiempo (horas y minutos) en que se realizó el análisis de la emisión son codificados en BCD por medio de la subrutina anterior; el resultado de la hora se almacena en una variable que será

desplazada 8 lugares hacia la izquierda obteniendo el mismo orden de la tabla IV.

A este valor se suma la variable que almacena los minutos codificados, obteniendo media palabra construida y lo que resta de la palabra de 32 bits son "unos", para lo cual el resultado de la suma anterior se desplaza 16 espacios a la izquierda, hecho esto se le suma la cantidad de 65535, equivalente en binario a 16 "unos", con lo que se obtiene la palabra completa que será devuelta al programa principal.



**Figura No. 3-9 Diagrama de Flujo de la Subrutina
TIEMPOformato**

De manera similar se da el formato a cada una de las palabras restantes del mensaje como: DF / Warning, Frecuencia, PRF, PW, ARP e identificación, mas en alguna de ellas hay que hacer uso de sub-funciones que permitan hacer la codificación de todos los parámetros adicionales que tienen tales palabras, las que han sido descritas como tablas de codificación y presentadas en capítulos anteriores.

Es aconsejable para fines de mantenimiento que el operador pueda apreciar la codificación del mensaje hacia el circuito de la interfaz para comparar valores y verificar el correcto funcionamiento tanto de hardware como de software en la interfaz, con este objeto se desarrolló un procedimiento que permite apreciar en pantalla todo el mensaje codificado de acuerdo a la figura No. 3-10.

Mensaje a Transmisi									
0001	0101	0011	0000	1111	1111	1111	1111		
0010	0111	0000	1111	1111	1100	0010	0100		
0001	0100	0111	0101	0000	1000	1111	1111		
0010	0100	0000	0000	0000	1010	1111	1111		
0000	0000	1010	1111	1111	0000	0000	0001		
0000	0000	1101	1000	1111	0101	0000	0001		
0111	0111	0110	0110	0100	0110	0100	0001		

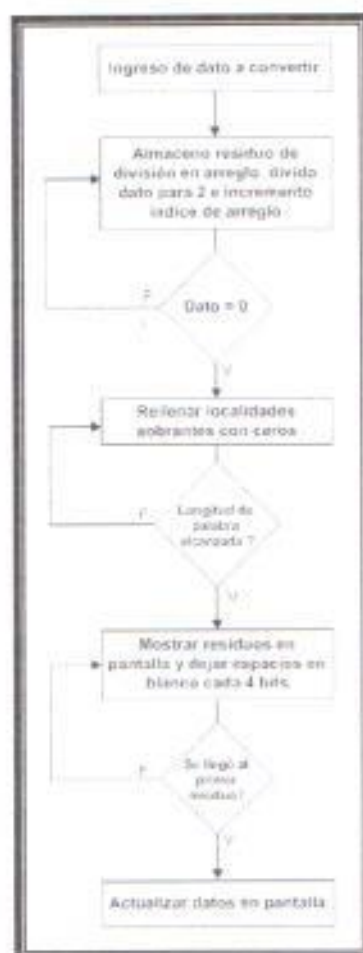
**Figura No. 3-10 Presentación del mensaje
codificado**

3.4.1.3. Subrutina de Presentación de un número binario en pantalla

Se basa en el método de Horner para conversión de un número decimal en binario por medio de divisiones sucesivas; partiendo del número original se almacena el residuo de cada división parcial en un arreglo y cuando el cociente sea menor que dos, comenzar a presentar en pantalla los residuos almacenados desde el último hasta el primero. Para efecto de presentación se ha dejado espacios en blanco cada 4 bits y se ha colocado cada palabra de 32 bits en líneas diferentes.

Además se cuenta con una entrada de tamaño de palabra para cuando el valor traducido a binario sea más pequeño que lo que indica la longitud de la palabra, no queden espacios en blanco que deterioran la presentación en pantalla por esto la subrutina se encarga de rellenar con ceros todas las posiciones a la izquierda hasta que se complete la longitud indicada.

En la figura No. 3-11 se muestra un diagrama de bloques de la subrutina arriba mencionada.



**Figura No. 3-11 Diagrama de Flujo de la Subrutina
BINARIOpres**

3.4.1.4. Subrutina de transmisión de datos

Primero se envía el código de canal por el puerto de datos y la señal de INICIO por el puerto de control para que se almacene en el registro correspondiente. Todas las palabras de mensaje se encuentran almacenadas en un arreglo de 7 localidades.

Se inicia un lazo que maneja el índice pertinente y comienza la transmisión de cada palabra realizando desplazamientos adecuados para que sólo se transmita el bloque de 8 bits correspondiente, esta porción será almacenada en una variable temporal y puesta a la salida del puerto de datos, luego entra en un lazo de espera por la señal LTCIRC del puerto de estado proveniente del circuito, cuando es recibida se envía la señal LISTO para indicar que los datos están disponibles en el puerto.

El circuito detecta esta señal, almacena los datos y envía la señal SGTE, para indicar que un nuevo bloque de datos puede ser preparado, la subrutina permaneciendo en un lazo de espera detecta la activación de esta señal, envía como respuesta la señal LTCOMP indicando que el pedido será procesado y comienza a prepara el siguiente bloque, luego el circuito detecta la activación de esta señal y envía la señal LTCIRC indicando que está preparado a recibir el siguiente bloque de datos y se repite este ciclo hasta que se transmitan los 28 bloques resultantes del mensaje completo.



Figura No. 3-12 Diagrama de Flujo de la Subrutina
TXdatos

3.4.2. Software de la Interfaz Paralela

Para esta interfaz no se desarrolló un programa prototipo en lenguaje C, porque para poder probar el funcionamiento de la misma, se necesita trabajar con la interfaz serial, por lo tanto debemos ejecutar dos programas al mismo tiempo, lo que resulta complicado hacerlo en modo DOS.

Así se desarrollaron las clases de la interfaz paralela y la subrutina de adquisición de datos en lenguaje Visual C++. Como en el caso de la interfaz serial, se realizó un formulario, es decir, la parte gráfica con el usuario, la que se muestra en la figura No. 3-13.

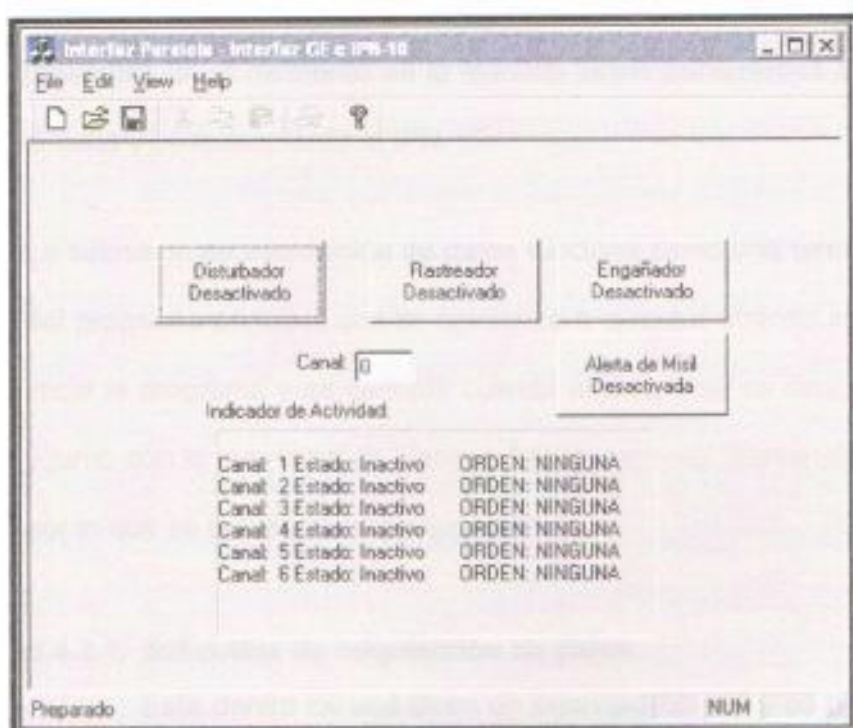


Figura No. 3-13 Formulario de la Interfaz Paralela

Este programa permite ingresar las acciones por medio de botones, incluyendo la ALERTA DE MISIL; al presionar alguno de estos botones se almacena un código dentro de un arreglo, el cuadro de texto "Canal" indica el canal sobre el cual se va a ejecutar la acción y la posición en el arreglo donde será almacenado el código. De acuerdo su funcionamiento, el accionamiento del botón DISTURBADOR causa el cambio de *Desactivado* a *Activado* y el bloqueo del botón ENGAÑADOR y viceversa.

Este arreglo es permanentemente revisado por la subrutina de adquisición de datos debido a que todos los datos presentes en el momento de la revisión serán transmitidos al circuito y posteriormente al IPN-10.

La subrutina de adquisición de datos funciona como una tarea del programa principal que se comienza a ejecutar cuando se inicia el programa y se cancela cuando el programa se cierra y junto con la subrutina de Rastreo tienen especial relevancia por lo que se detallarán a continuación.

3.4.2.1. Subrutina de adquisición de datos.

Está dentro de una tarea de prioridad normal y es un ciclo permanente que inicia con la detección de la

señal LISTO indicando que el circuito se encuentra dispuesto a recibir una palabra ID, una vez que se ha detectado esta señal se envía la primera palabra ID y se activa la señal LTCOMP, que le indica al circuito la disponibilidad de una palabra en el puerto de datos, el circuito detecta esta señal y almacena la palabra en la memoria, entonces activa la señal LTCIRC, indicando al computador que la palabra ha sido almacenada en memoria, el programa desactiva la señal LTCOMP y espera por la señal LISTO.

Este ciclo se repite hasta que se hayan transmitido todas las palabras ID, inicialmente se transmiten 13 palabras, pero en las siguientes sólo se envían 7 debido a que las 6 primeras son las órdenes que acaban de arribar y se encuentran aún en memoria.

Luego de enviar todas las palabras ID, se inicia el proceso de recepción de las órdenes almacenadas en memoria; para ello, el programa espera por la señal LISTO y a la vez verifica la presencia o no de la señal ERROR, si esta se presenta, el programa se reinicia sin importar la presencia de la señal LISTO.

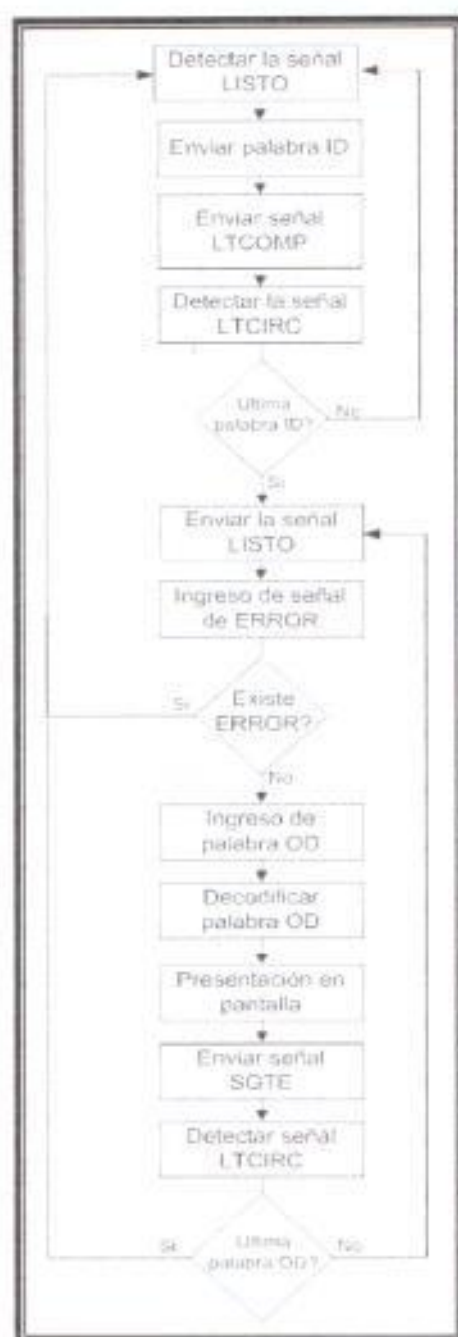


Figura No. 3-14 Diagrama de Flujo de la Subrutina ADQdatos

Una vez recibida la señal LISTO, el programa almacena la orden presente en el puerto de estado en un arreglo, entonces es decodifica y almacenada en una variable. Se presenta en pantalla la orden recibida y el estado actual del canal en particular; luego se envía la señal SGTE, que indica la predisposición del computador a aceptar una nueva palabra, el computador detecta esta señal y envía LTCIRC indicando que el circuito está preparando una nueva palabra. El computador detecta esta señal y desactiva SGTE y se repite este ciclo hasta que se hayan recibido todas las órdenes.

3.4.2.2. Subrutina de rastreo o seguimiento

Se inicia al pulsar el botón RASTREADOR del formulario de la interfaz paralela y de acuerdo a la etiqueta que posean en ese momento, cambian para indicar el estado de *Activado* ó *Desactivado*; en el caso de indicar la activación de un seguimiento, se carga una variable de intercambio de datos entre formulario que indican el canal en donde se realiza el seguimiento mientras que otra variable de tipo BOOL indica la presencia o no de la orden Rastreo.

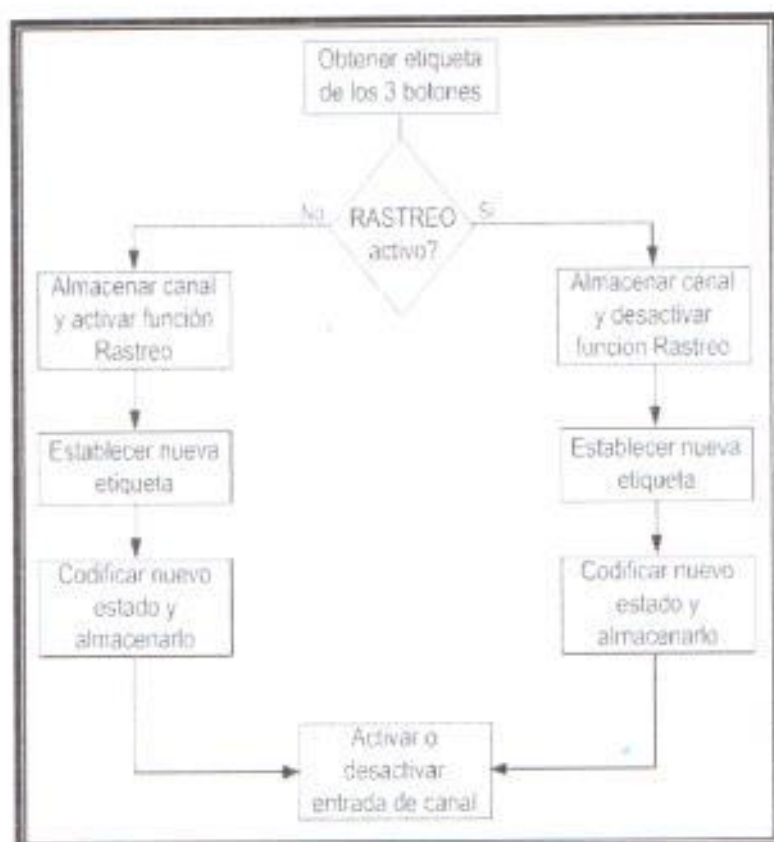


Figura No. 3-15 Diagrama de Flujo de la Subrutina RASTREO

Estas variables son revisadas periódicamente por una subrutina de la interfaz serial para cuando se active la orden, se inicie un ciclo periódico de retransmisión (cada segundo) de la última firma electrónica enviada por ese canal, la que ha sido almacenada en un arreglo.

3.5. Proceso de Pruebas

Las pruebas se realizaron en dos etapas: en laboratorio y a bordo; en las pruebas en laboratorio se analizó el funcionamiento de los circuitos en base a los diagramas de estado del controlador y mediante señales de entradas simuladas.

Se verificó paso a paso el procesamiento de la información en cada caso, lo que ayudó a determinar algunos errores como ocurrió en la interfaz serial donde se hicieron modificaciones importantes en el diseño tanto de hardware como de software, debido principalmente a los problemas de sincronismo en la interacción con el computador.

Para la interfaz serial, inicialmente se trabajó con datos de la firma electrónica escogidos al azar, luego se hizo una tabla que contenía las firmas electrónicas más comunes correspondiente a buques de navegación, buques enemigos, misiles, etc.

Para las pruebas a bordo, se necesitó encontrar una ubicación en donde pudiéramos conectar físicamente nuestra interfaz, se realizó un estudio de las posibles opciones y se escogió la que cause menor impacto en el funcionamiento actual del equipo; el lugar escogido fue el punto de confluencia de las señales de interés, las que están agrupadas en tres receptores de 85 pines que cumplen con normas militares.

Dichos receptores se encuentran en un armario (SDC), el que contiene receptores tipo macho, mas no se contaba con conectores tipo hembra, siendo necesario construir un grupo de cables terminados en pines tipo hembra y colocarlos uno a uno en los terminales correspondientes. Además conseguimos la lista de cableado de cada conector en particular, verificándola con ayuda de los esquemáticos de cada tarjeta involucrada en esta comunicación.

De esta manera el equipo actual de GE quedó desconectado del IPN-10 y para este último equipo nuestra tarjeta pasó a ser la Guerra Electrónica; se procedió a cargar el programa con los datos de la firma electrónica, se dio la orden TRANSFERIR DATOS y se esperaba obtener como resultado un vector con la dirección indicada según la marcación, un blanco creado de acuerdo a los datos de la palabra de identificación y el resto de datos de la firma presentados en una pequeña pantalla localizada en la consola horizontal del IPN-10.

Luego de unos pequeños inconvenientes, especialmente en la instalación, se obtuvieron los resultados esperados; entonces se realizó varias transmisiones y la respuesta siempre fue favorable, se verificó en cada transmisión que todos los datos presentados coincidieran con los que habian sido enviados. También se comprobó la función de borrado de una emisión con resultados exitosos, de

acuerdo al canal escogido, todos los datos presentes desaparecían al pulsar el botón BORRAR DATOS.

Para realizar las pruebas de la interfaz paralela nos fue un poco más complicado debido a que se necesitaba encender tanto GE, para que genere blancos, como IPN-10, para poder interactuar con la interfaz, además de requerir personal de ambos equipos para la prueba; para evitar esto, se decidió ejecutar los programas de las interfaces en forma conjunta con la finalidad de generar objetivos simulados mediante la interfaz serial, sobre los cuales se ejecutarán órdenes provenientes de la interfaz paralela; necesitando sólo el IPN-10 para visualizar los blancos y enviar órdenes, además de que sólo un operador debería estar presente durante las pruebas.

Al igual que en la interfaz serial, primero fueron pruebas en laboratorio verificando el cumplimiento del diagrama de estado del controlador y el correcto funcionamiento de la etapa de procesamiento de la información mediante señales simuladas; luego se realizó un programa en Visual C++ que combine ambas interfaces, recibiendo asesoría de la persona que elaboró el software del sistema modernizado de GE se pudieron ejecutar ambas aplicaciones en una sola pantalla; además de instalar la tarjeta de adquisición de datos en un computador de oficina.

Para realizar las pruebas de las dos interfaces en conjunto, se ensambló un cable SCSI III de 68 pines, debido a que el cable de salida de la tarjeta de adquisición de datos divide el conector de 100 pines en dos conectores de 68. Se investigó proveedores de este tipo de conector y los cables disponibles para los mismos; también las compañías que podrían proveer los conectores de estándar militar ubicados en el SDC, con la forma y cantidad de pines necesarias para reemplazar los actuales.

Para cumplir este objetivo fue necesario estudiar la nomenclatura de los mismos y de algunos similares existentes en el mercado para poder comparar sus características y escoger el mejor reemplazo; el problema inmediato fueron los costos, ya que no se realizaban ventas por cantidades menores como las que se pretendía comprar; por esta razón se buscó otra alternativa, que implicaba la compra de un conector diferente al actual, con menor cantidad de pines pero que satisfacía nuestras necesidades porque del total de 85 pines que posee cada conector, sólo se emplean 19.

3.6. Implementación Final

Se confeccionó una tarjeta de prueba con jumpers que permitían trabajar con señales simuladas o con señales reales, una bornera de señales de entrada desde el computador y conectores de salida de

señales diferenciales hacia el IPN-10, fueron fabricadas empleando zócalos para cada circuito integrado.

El siguiente paso fue la fabricación de tarjetas definitivas con puntos de pruebas incorporados con el objeto de dar mantenimiento a las mismas, se colocaron circuitos integrados directamente soldados a la placa, conectores para montar en superficie tanto para señales de intercambio con el computador como con el IPN-10.

Cada circuito integrado tiene colocado un condensador entre los pines de alimentación para minimizar los efectos de ruido inducido que se pueden producir debido al ambiente de trabajo que existe en una Unidad, finalmente se coloca una capa de barniz como medida de protección, se elabora una nueva lista de cableado y un manual de funcionamiento y mantenimiento.

El programa de la interfaz se definió con dos diálogos visualizados en una misma pantalla en el momento de la ejecución, cada interfaz tiene su propia clase y se define una clase adicional para la tarea de adquisición de datos en la interfaz paralela, cada clase posee sus correspondientes funciones y procedimientos.

En la figura No. 3-16 se puede observar el ambiente gráfico del programa de la Interfaz de GE e IPN-10 desarrollado en Visual C++.

Formulario de Datos de la Persona

Nombre: [15] [30] Apellido: [20] [20] Sexo: [1] [2] Fecha de Nacimiento: [14/50] [2/50] Diversidad: [1] [2] Ninguna: [1] [2]

Identificación: [24] [24] Número de Identificación: [24] [24] Correo: [1] [1] Contraseña: [1] [1]

Enfermedades: [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88] [89] [90] [91] [92] [93] [94] [95] [96] [97] [98] [99] [100]

Transferir Datos

Formulario de Datos de la Persona

Figura No. 3-16 Formulario de la Interfaz GE e IPN-10

3.7. Instalación y Pruebas en Corbeta

El lugar de instalación de las interfaces es un factor crítico en esta etapa, no debiendo quedar muy alejadas del computador de GE dado que el cable divisor de la tarjetas de adquisición de datos tiene una longitud menor a un metro de distancia, siendo necesario un estudio del espacio físico disponible y las posibles alternativas de instalación, escogiéndose la más conveniente.

Por medio de un computador personal se realizaron las mismas pruebas hechas antes de la instalación, generándose blancos

artificiales en el IPN-10 por medio del envío de firmas electrónicas simuladas en la interfaz serial, una vez que se encuentran varios blancos disponibles, se escoge uno de ellos y se envía órdenes desde el IPN-10, las que son visualizadas en el computador por medio de la interfaz paralela, mientras que en el equipo emisor se visualiza primero la orden enviada y luego la recepción de la orden.

Desde el computador se ejecuta la orden indicada, luego de lo cual se visualiza en el IPN-10 tal ejecución; también se comprueba la funcionalidad de las órdenes de borrado de emisión y alerta de misil.

3.8. Costo y Materiales Empleados

DESCRIPCIÓN	PRECIO
Tarjeta de adquisición de datos PCI 96 PnP	\$ 600
Conectores Militares 25 pines	\$ 300
Cables y accesorios	\$ 300
Conectores externos SCSI III 68 pines	\$ 100
Conectores para superficie	\$ 100
Fabricación de tarjetas	\$ 300
Circuitos Integrados	\$ 200
Relevador resistencias y condensadores	\$ 30
TOTAL	\$ 1930

3.9. Resumen

El diseño se dividió en interfaz serial e interfaz paralela, la primera se encarga de transmitir hacia el IPN-10 la firma electrónica proveniente de GE, la que contiene todos los datos pertinentes a la emisión detectada, identificada o no; esta interfaz se dividió en una parte de hardware y otra de software que se comunicarian entre si usando la técnica handshake.

El software de esta interfaz se encarga de recoger los datos de la firma electrónica, codificarlos y darles el formato adecuado para elaborar el mensaje que será transmitido hacia el circuito de la interfaz, el programa original fue hecho en lenguaje C que fue elegido por su facilidad de manejo y las ventajas que ofrece al momento de integrar nuestro programa con el programa principal de GE desarrollado en su totalidad en Visual C++.

La segunda interfaz sirve para la comunicación de órdenes desde IPN-10 hacia GE y confirmación de recepción y ejecución de las mismas, el circuito de esta interfaz se encarga del control del sincronismo de la comunicación y del envío y recepción de las señales entre IPN-10 y GE, posee un bloque de memoria que sirve para almacenamiento temporal de los datos en el transcurso de su viaje entre los equipos finales. El software se encarga de ejecutar las órdenes, codificarlas y elaborar el mensaje que será enviado al IPN-

10; además recibe las órdenes, las decodifica y las hace legibles para el operador, también es la responsable de la comunicación con el software de la interfaz serial cuando se ejecuta la orden RASTREADOR para que automáticamente se transmita la firma electrónica correspondiente al canal que indica la orden con un periodo de transmisión de un segundo aproximadamente.

El proceso de pruebas se divide en dos etapas: en laboratorio y a bordo, las primeras comprende la verificación del buen desempeño del circuito con señales simuladas y detección de posibles errores de diseño, el segundo tipo de pruebas contempla el correcto funcionamiento del circuito con señales reales y en presencia de todos los factores propios del ambiente de trabajo que pueden afectar el funcionamiento del mismo.

Por último, se hace un estudio que determine el lugar de la instalación y se adquieren los conectores y materiales necesarios para esta finalidad, se fabrican las tarjetas definitivas y se realizan las pruebas finales en las que se verifica la formación de vectores con marcación de acuerdo a la información enviada y la forma del blanco conforme la palabra de identificación; se confirma además el normal funcionamiento del canal orden / estado.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL PROTOTIPO IPN-10 Y NA-21

4.1. Solución escogida y hardware requerido

Con la experiencia obtenida en el diseño anterior, se decidió adoptar la misma solución, es decir, dividirlo en un circuito que se encargará de la temporización y acoplamiento de señales con la NA-21 y un software de control que será incluido como una subrutina del programa principal del nuevo IPN-10.

La comunicación entre el circuito y el computador se realizará empleando la técnica handshake, los datos enviados o recibidos serán almacenados en una memoria para evitar problemas de tiempo en la transmisión.

La interfaz se integrará con el hardware del computador por medio de la tarjeta de adquisición de datos de 96 líneas y el programa de

control será desarrollado en Visual C++ como en el prototipo anterior.

Los requerimientos de hardware son los mismos que se emplearon en la interfaz con GE, un computador industrial de alta velocidad de procesamiento y con varias ranuras PCI.

4.2. Diseño del circuito de la interfaz

Igual que en el desarrollo de la interfaz de GE, se hizo el levantamiento de información sobre el funcionamiento del equipo, con lo que se pudo determinar las entradas y salidas para la presente interfaz, como se muestra en la figura No. 4-1.

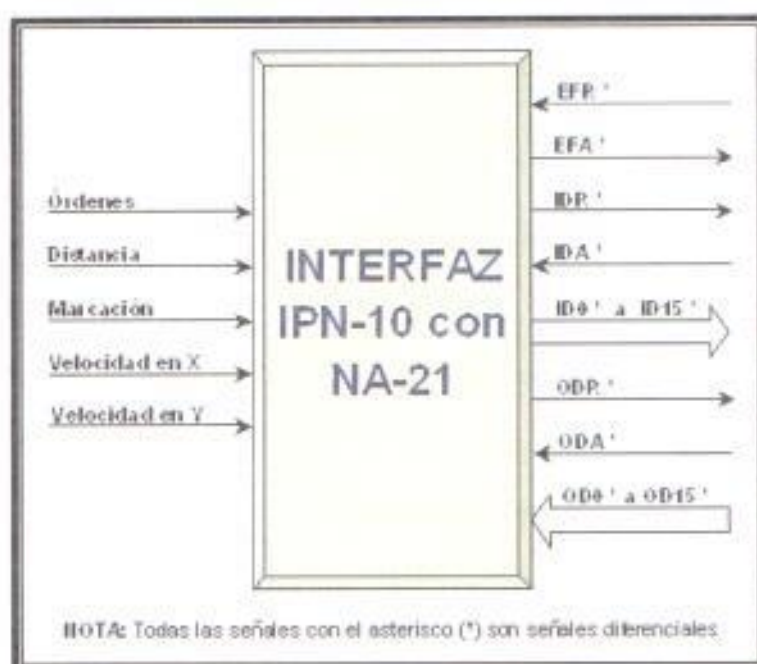


Figura No. 4-1 Esquema de la Interfaz entre NA-21 e IPN-10

Las palabras de comunicación con la NA-21 son de 16 bits, mas la información que se transmite al computador, por medio de las tarjetas de puertos, es en bloques de ocho bits, por lo que se fraccionará cada una de las palabras recibidas para poderlas almacenar en dos direcciones consecutivas de memoria.

La memoria posee un bloque que controla sus direcciones además de sus señales de grabar y habilitación. En este momento se realiza el proceso handshake con el intercambio de las señales LTCIRC, LISTO y LTCOMP, con el mismo significado que tenían en el capítulo anterior.

El mensaje finaliza cuando se transmiten los 10 bloques del mensaje hacia la NA-21 y se lo establece por medio de la señal CNT=10 proveniente de un comparador de palabras transmitidas.

Se puede apreciar en la figura 4-2 la presencia de una señal de incremento y otra de reinicio para el bloque de control de direcciones. Existe un bloque de expansión, donde se vuelve a formar las palabras de 8 a 16 bits para enviarlas a la NA-21 y consiste de dos circuitos integrados con ocho flip-flop tipo D con su respectiva señal de trabajo, a continuación encontramos el bloque que convierte las señales TTL en diferenciales por medio de doce circuitos integrados.

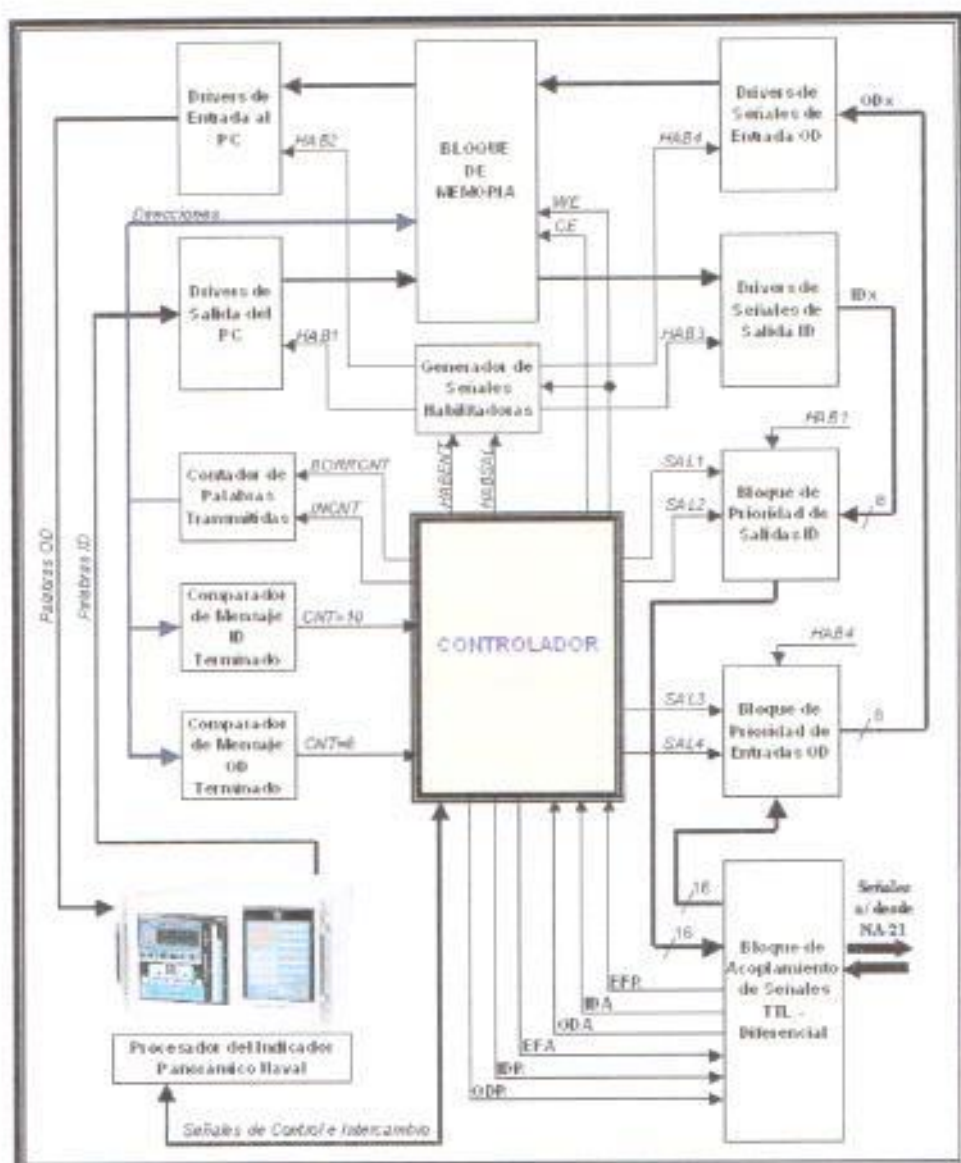


Figura No. 4-2 Diagrama de Bloques de Interfaz NA-21 e IPN-10

La respuesta de la NA-21 se recibe por medio de dos circuitos integrados con señales de carga independiente y luego se recoge la información desde la parte menos significativa y se la almacena en memoria en dos palabras de ocho bits.

4.2.1. Funcionamiento del circuito.

Cuando se enciende el circuito de la interfaz, se coloca la memoria en la dirección inicial, habilitamos el circuito integrado mediante la señal HAB1, permitiendo la comunicación de las líneas del computador con la RAM y se envía la señal LTCIRC para indicar que está listo para recibir el primer bloque de datos.

El computador divide, en forma interna, cada palabra hacia la NA-21 en dos bloques de 8 bits; luego de detectar la señal LTCIRC coloca el primer bloque en el puerto y envía la señal LTCOMP. El circuito detecta la activación de esta línea, almacena dicho bloque en memoria y envía la señal LISTO, indicando al computador su almacenamiento.

La computadora responde con la desactivación de LTCOMP e inicia la preparación del siguiente bloque de datos, el circuito advierte este evento e incrementa la dirección de memoria, además detecta el estado de la señal CNT=10 para conocer si se ha completado el almacenamiento del mensaje, caso contrario se repite el proceso hasta que se haya alcanzado este objetivo.

Una vez que se tiene el mensaje almacenado en memoria, se deshabilita el circuito integrado de las líneas de entrada del

computador, se coloca la memoria en modo de lectura y se habilita el circuito integrado de las líneas de salida hacia el NA-21 mediante la señal HAB3.

Cargamos el contenido de la dirección inicial de memoria en el primer registro de 8 bits por medio de la señal SAL1, incrementamos el contador de direcciones y cargamos el contenido de esta localidad en el otro registro de salida por medio de la señal SAL2, con lo que se ha reconstruido la primera palabra de 16 bits que constituye la orden que viaja hacia la NA-21.

El circuito ingresa en un estado de espera de la señal EFR, una vez que la recibe envía la señal EFA indicando que la primera palabra se encuentra disponible en las líneas ID, luego espera por la señal IDA que indica el almacenamiento en la NA-21 de la palabra anteriormente enviada.

Se procede a cargar la siguiente palabra de manera similar a su predecesora, se envía la señal IDR y se espera por la señal IDA. Cada vez que esta señal termina su estado activo se pregunta por la señal CNT=10, que indica el fin de la transmisión del mensaje, en caso de que su estado sea bajo se procede a repetir el ciclo mencionado.

El siguiente paso es el ingreso de las palabras OD desde la NA-21, para lo cual se deshabilita el circuito integrado de salida de palabras ID, colocamos la memoria en modo de escritura y se envía la señal ODR hacia el computador de tiro; esperamos por su respuesta mediante la señal ODA.

Habilitamos el circuito integrado que permite el acceso a la memoria mediante la señal HAB4, a la vez que se carga y habilita las salidas de uno de los registros de 8 bits por medio de la señal SAL3 con lo que se almacena en memoria el primer segmento de la palabra mediante un pulso bajo de la señal CE, al mismo tiempo se coloca en nivel bajo la señal ODR.

La dirección de memoria es incrementada mediante INCNT, se carga el bloque de 8 bits faltante y se habilitan sus salidas con SAL4, la señal CE permite grabarla y se incrementa la dirección de memoria. Se pregunta por la recepción de los 6 bloques correspondientes a las 3 palabras provenientes del computador de tiro por medio de la señal CNT=6.

Luego se deshabilita el circuito integrado que permite la entrada de las palabras OD, colocamos la memoria en modo de lectura, reiniciamos el contador de direcciones y

habilitamos el circuito integrado que permite el paso de las líneas de memoria al computador al activar la señal HAB2.

El envío de la señal LTCIRC indica que se encuentra disponible una palabra en el puerto, el computador almacena la palabra y responde con LTCOMP, el controlador incrementa el contador de direcciones y envía la señal LISTO indicando al computador que ya puede poner en estado bajo la señal LTCOMP, se detecta esta señal y se accede al pedido.

Se pregunta por la señal CNT=6 para saber si el bloque procesado es el último, si no es así, se repite el ciclo hasta que se alcance este objetivo, luego se deshabilita el circuito integrado antes mencionado y comienza un nuevo proceso.

4.3. Diseño de software de la interfaz

Con la experiencia obtenida en el desarrollo de la anterior interfaz, se decidió continuar trabajando en el lenguaje Visual C++ que posee las siguientes características:

- Lenguaje de tecnología actual (ambiente Windows) que permite desarrollar interfaces de usuario amigables.

- No es el lenguaje de programación visual más sencillo que existe, pero ya se tiene experiencia en su manejo.
- Permite el manejo de cuadros de texto, botones, cuadros de mensaje, y otras utilidades que ahorran código y facilitan la programación.
- Permite manejar puertos con mayor velocidad de acceso que otros programas similares.

El programa de la Interfaz IPN-10 y NA-21 debe realizar las siguientes funciones:

- Recibir las órdenes ingresadas por el usuario o por un programa principal.
- Dar formato a la palabra de orden del sistema modernizado IPN-10.
- Obtener datos de Marcación, Distancia y Velocidad en los dos ejes (X,Y).
- Generar las cinco palabras del buffer hacia el NA-21 incluyendo un bit de verificación de error en la comunicación anterior y un bit de paridad.
- Enviar el mensaje generado al circuito de la interfaz.

- Recibir el mensaje NA-21 recibido previamente en el circuito de la interfaz.
- Verificar si no existe estado de "NA-21 Inactiva" y generar el mensaje de enlace de prueba pertinente.
- Detectar la presencia del estado "IPN-10 Inactivo", generar el mensaje de enlace de prueba pertinente, y verificar si el próximo mensaje NA-21 concuerda con éste.

Debido a su trascendencia solo se detallará la subrutina de transmisión y recepción de datos.

4.3.1. Subrutina de transmisión y recepción de datos

Esta subrutina está contenida en una tarea del programa principal, cuando éste comienza da la orden de inicio de esta subrutina y finaliza con el término del programa. Al comienzo de esta tarea se adquieren órdenes desde la interfaz de usuario o desde puertos adyacentes al computador del sistema modernizado IPN-10.

Se pregunta si no se ha ingresado en el modo de prueba de conectividad por medio de la sentencia "IPN Inactivo". A continuación se pregunta si la NA-21 no se encuentra en modo de prueba de enlace por medio de "NA21 Inactiva", de

acuerdo a sus respuestas se generan los bloques de mensaje pertinentes para iniciar la transmisión hacia el circuito.

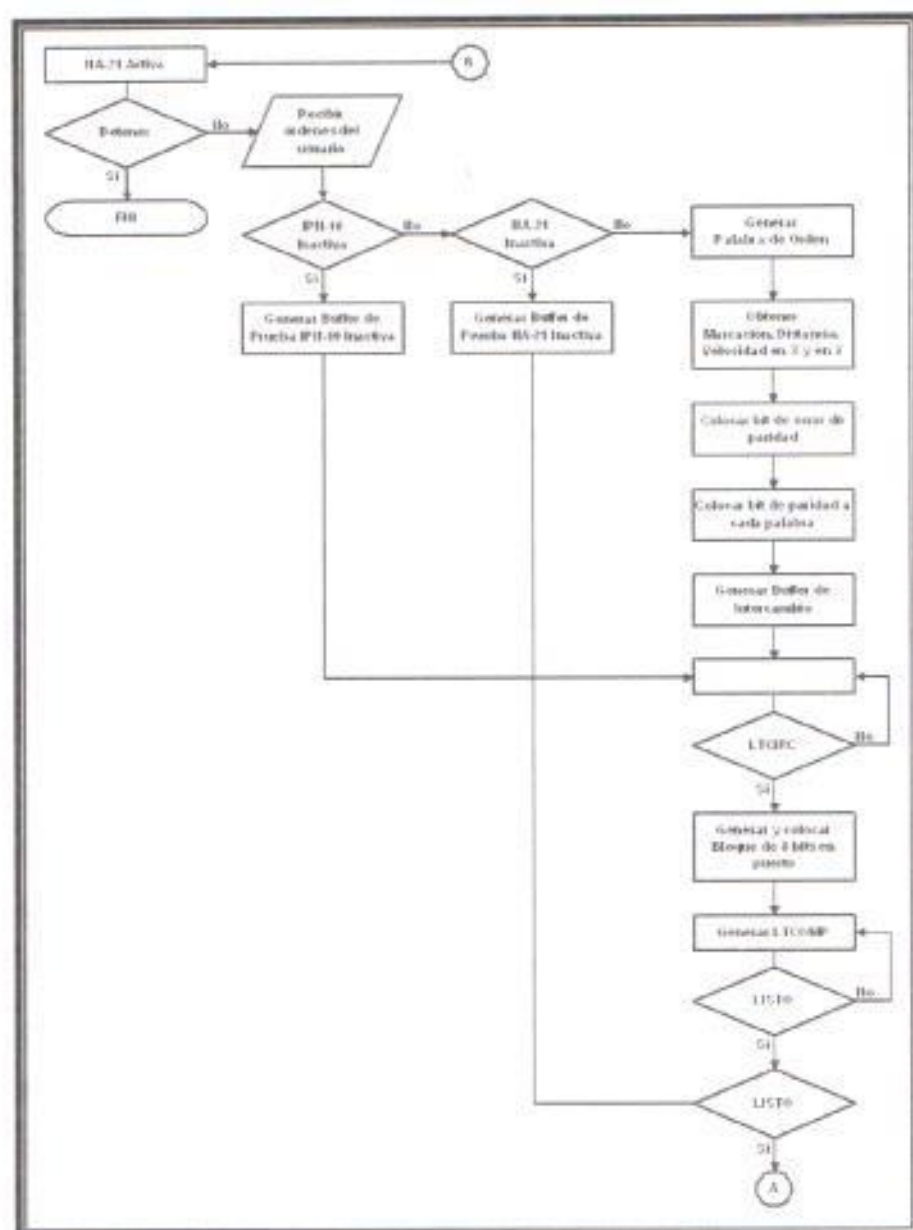


Figura No. 4-3 Diagrama de Flujo de la Subrutina de Transmisión de Datos

El primer paso es preguntar por la señal LTCIRC, que indica que el circuito se encuentra listo a recibir un bloque de datos, cuando se presenta esta señal el programa genera un bloque de datos de 8 bits y lo coloca en el puerto de datos. Luego se genera la señal LTCOMP para indicarle al hardware que ya se encuentran disponibles los datos y se espera por la señal LISTO que le indica al programa que puede desactivar la señal LTCOMP. El proceso continúa hasta que se hayan transmitido los diez bloques de 8 bits.

Luego se ingresa al proceso de recepción de datos y para ello se espera por la señal LTCIRC que en este caso indica que se encuentra disponible un bloque de datos en el puerto del computador, el programa lee desde el puerto y almacena los datos, si se trata de la primera palabra se pregunta por el bit que indica la presencia de "Enlace de Prueba", en caso de existir, se activa la bandera de "NA-21 Inactiva", caso contrario se coloca "NA-21 Activa".

Entonces se genera la señal LTCOMP que indica al circuito que ya se almacenó el bloque y se espera por la señal LISTO que le indica al programa que ya puede desactivar la señal anteriormente generada.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 1.- El diseño y desarrollo de las Interfaces GE e IPN-10 permite el envío de los datos de marcación, PRF, ARP, PW, frecuencia e información adicional sobre emisiones electromagnéticas detectadas y procesada por el sistema de Guerra Electrónica hacia el IPN-10 permitiendo la toma de decisiones vitales de defensa o ataque en corto tiempo y la actualización de datos de emisiones peligrosas.
- 2.- El manejo de puertos de sistemas electrónicos por medio de un computador tiene múltiples aplicaciones en distintas áreas militares y comerciales, siendo de mucha ayuda el manejo de herramientas visuales para futuras aplicaciones.

- 3.- El manejo de tarjetas de adquisición de datos permite la adquisición de datos a alta velocidad, y los proyectos de última generación requieren el manejo de sistemas electrónicos usando este tipo de accesorios.
- 4.- El estudio de la interfaz entre un sistema modernizado IPN-10 y el computador de tiro actual NA-21 establece una base que facilitará su reemplazo.
- 5.- El manejo de las señales diferenciales y el protocolo NTDS que tienen un uso difundido en otros sistemas dentro del buque, lo que facilita la realización de futuras interfaces que involucren equipos que también las usen.
- 6.- El estudio y modernización de los sistemas existentes en los buques de la Armada permite reducir la dependencia del extranjero, mejorando la mantenibilidad y la disponibilidad al reducir los tiempos de reparación y los trámites de adquisición de repuestos, ya que se cuenta con una amplia gama de proveedores.

5.2. Recomendaciones

- 1.- Implementar el sistema de GE y sus interfaces en todas las corbetas del escuadrón.

- 2.- Desarrollar aplicaciones que requieran manejo de circuitos electrónicos por medio de un computador especialmente en el área comercial que servirían para generar autogestión y soporte para realizar nuevas investigaciones.
- 3.- Emplear tarjetas de adquisición de datos en otros proyectos para intercambio de datos.
- 4.- Modernizar el Indicador Panorámico Naval.
- 5.- Continuar utilizando señales diferenciales para transmisión de información en medios con altos niveles de ruido e interferencia magnética, mantener el protocolo NTDS hasta que se hayan modernizado todos los sistemas de a bordo y se pueda realizar la comunicación de datos vía red.
- 6.- Fomentar el desarrollo de aplicaciones de software que maneje equipo electrónico y seguir realizando modernizaciones en los sistemas que lo requieran para eliminar la dependencia tecnológica del extranjero.

ANEXO A

EL PROTOCOLO NTDS

De sus siglas en inglés Naval Tactical Data System, es un protocolo de comunicaciones para manejar un conjunto de entradas de datos provenientes de las consolas de usuario, adaptadores y terminales de radio interconectados a alta velocidad mediante computadoras de propósito general y sus programas almacenados.

En la actualidad, para este protocolo, se cuenta con 4 interfaces paralelas y 5 seriales; además de que existen 3 categorías diferentes del protocolo NTDS. Los tipos definen las características eléctricas, mientras que las categorías describen la secuencia de señales para el intercambio de información.

Los tipos de interfaz paralela para el protocolo NTDS son los siguientes:

❖ NTDS Tipo A

Transferencia de datos paralelos hasta 41667 palabras por segundo.

Niveles de voltaje: 0 VDC para 1 binario y -15 VDC para 0 binario.

❖ NTDS Tipo B (FAST)

Transferencia de datos paralelos hasta 250000 palabras por segundo.

Niveles de voltaje: 0 VDC para 1 binario y -3.5 VDC para 0 binario.

❖ NTDS Tipo C (ANEW)

Transferencia de datos paralelos hasta 250000 palabras por segundo.

Niveles de voltaje: 0 VDC para 1 binario y +3.5 VDC para 0 binario.

❖ NTDS Tipo H (HIGH THROUGHPUT)

Transferencia de datos paralelos hasta 500000 palabras por segundo.

Niveles de voltaje: 0 VDC para 1 binario y +3.5 VDC para 0 binario.

Los tipos de interfaz serial para el protocolo NTDS son los siguientes:

❖ NTDS Tipo D (SERIAL)

Transferencia de datos seriales asíncronos a 10 Mbps

Codificación de datos: NRZ

Medio de transmisión: Cable coaxial de 75 Ω .

Niveles de voltaje bipolar nominal: ± 3.25 V

Modos de transferencia: palabra simple

❖ NTDS Tipo E (LOW LEVEL SERIAL)

Transferencia de datos seriales asíncronos a 10 Mbps

Codificación de datos: NRZ

Medio de transmisión: Cable triaxial de 75 Ω .

Niveles de voltaje bipolar nominal: ± 0.60 V

Modos de transferencia: palabra simple y "burst"

❖ NTDS Tipo F

Adaptación de los EE.UU. con multiplexación en el tiempo.

❖ NTDS Tipo G (RS-449)

Adaptación de los EE.UU. de la interfaz RS-449 compatible con la interfaz RS-232.

❖ NTDS Tipo J (FIBER OPTIC LOW LEVEL SERIAL)

Implementación en fibra óptica del NTDS tipo E.

Los puertos de la interfaz NTDS pueden configurarse individualmente para operar como computador o periférico, permitiendo que un adaptador de interfaz simple opere en cualquiera de las tres categorías:

- ❖ Categoría I Computador a periférico (Modo CP)
- ❖ Categoría II Computador a computador (Modo Intercomputador)
- ❖ Categoría III Periférico a periférico (Modo Interperiférico)

En el modo intercomputador, el puerto de salida opera como periférico y el de entrada como computador, mientras que en el modo interperiférico, el puerto de salida trabaja como computador y el de entrada como periférico.

ANEXO B

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Parámetros medidos con $V_{cc} = 5V$, $T_A = 30^{\circ}C$.

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Interfaz Serial: Consumo de corriente		850		mA
Interfaz Paralela: Consumo de corriente		650		mA
Voltaje alimentación	4.5	5	5.5	V
Frecuencia en transmisión		100		KHz
Frecuencia del controlador		1.6		MHz
Temperatura de operación al aire libre	0		70	$^{\circ}C$
Voltaje de entrada nivel bajo V_{IL} (TTL/ diferencial)			0.8	V
Voltaje de entrada nivel alto V_{IH} (TTL/ diferencial)	2			V
Voltaje umbral positivo V_{IT+} ③ (diferencial/TTL)			500	mV
Voltaje de umbral negativo V_{IT-} ③ (diferencial/TTL)	-500			mV
Resistencia de fin de línea diferencial	77	130	167	Ω

③ : Los voltajes son medidos desde la entrada B con respecto a la entrada A.

El circuito impreso fue elaborado con fibra de vidrio revestida de cobre laminado, cumpliendo con el estándar FR4 usado en la mayoría de circuitos impresos.

ANEXO C

LISTA DE PARTES **INTERFAZ SERIAL ENTRE GE E IPN-10**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	TIPO
IC1	Memoria RAM	2256D
IC2	Circuito Integrado	74LS244
IC3, IC4, IC11	Circuito Integrado	74161
IC5	Circuito Integrado	74LS21
IC6, IC12	Memoria EPROM	2716
IC8, IC9, IC10	Circuito Integrado	74194
IC14, IC15, IC19	Circuito Integrado	74LS174
IC16	Circuito Integrado	74LS00
IC17, IC24	Circuito Integrado	74LS04
IC18	Circuito Integrado	74LS85
IC20	Circuito Integrado	74LS14
IC21, IC23	Circuito Integrado	74LS123
IC22	Circuito Integrado	7474
IC25	Circuito Integrado	75115
IC26, IC27, IC28	Circuito Integrado	75114
S1, S2, S3	Interruptor	Monopolar y Bipolar
R1	Resistencia	100 Ω ¼ W
R2	Resistencia	330 Ω ¼ W
R3, R5	Resistencia	470 Ω ¼ W
R4	Resistencia	220 Ω ¼ W
POT1, POT2	Potenciómetro	10 K Ω
POT3	Potenciómetro	20 K Ω
C1, C2, C3	Capacitor	1 nF
C4, C5, C6	Capacitor	5 nF
C7	Capacitor	220 pF
C8	Capacitor	1 μ F

LISTA DE SEÑALES

INTERFAZ SERIAL ENTRE GE E IPN-10

SEÑALES DEL CIRCUITO DE LA INTERFAZ SERIAL

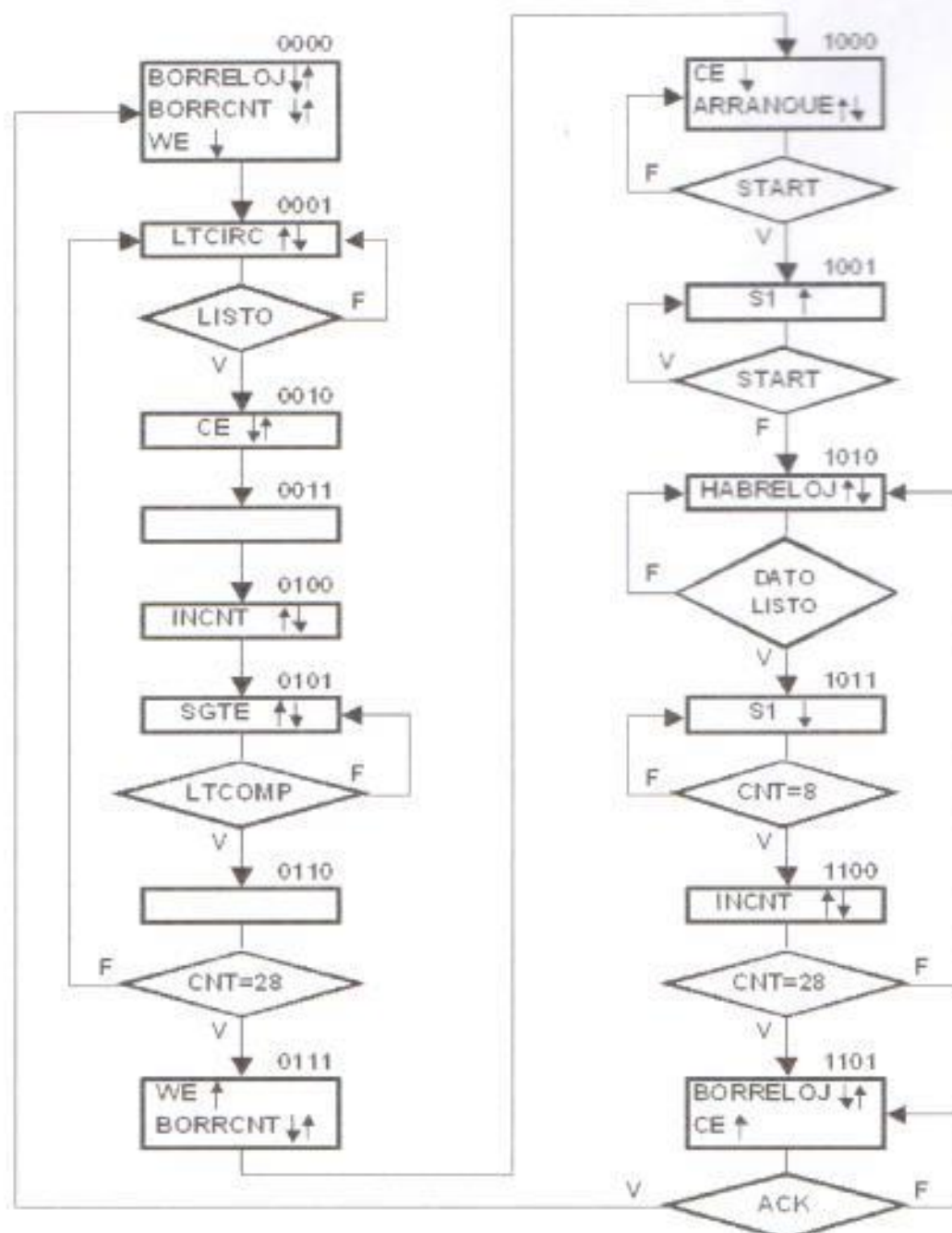
NOMBRE	DESDE	HACIA	FUNCIÓN
INICIO	Controlador	Registro de Código de Canal	Carga el código de canal en su registro
WE	Controlador	Bloque de Memoria	Coloca la memoria en modo de escritura para poder almacenar cada bloque del mensaje
			Coloca la memoria en modo de lectura para poder transferir cada bloque del mensaje a los registros de desplazamiento
CE	Controlador	Bloque de Memoria	Habilita el uso de la memoria
BORRCNT	Controlador	Contador de Palabras Transmitidas	Limpia el contador de las direcciones de memoria
INCNT	Controlador	Contador de Palabras Transmitidas	Incrementa el contador de las direcciones de memoria
CNT=28	Comparador de Mensaje Terminado	Controlador	Indica si se ha almacenado el último bloque del mensaje en memoria
			Indica si se ha transmitido el último bloque del mensaje almacenado en memoria
SGTE	Controlador	GAMMA-ED	Petición de nueva palabra de datos
LISTO	GAMMA-ED	Controlador	Palabra hacia computador disponible en puerto de datos
LTCOMP	GAMMA-ED	Controlador	Petición aceptada, se procesa nueva palabra
LTCIRC	Controlador	GAMMA-ED	Confirmación recibida, preparado para recibir palabras desde computador
ARRANQUE	Controlador	Generador de START	Habilita la generación del pulso START de 5 us que va hacia el IPN-10
SI	Controlador	Registros de Desplazamiento	Permite cargar cada bloque del mensaje desde la memoria a sus registros
			Coloca los registros en modo de desplazamiento para que cada bloque del mensaje sea transmitido en forma serial
BORRELOJ	Controlador	Reloj controlado de 10 us	Limpia el reloj que genera la señal CLOCK antes de empezar otra transmisión
HABRELOJ	Controlador	Reloj controlado de 10 us	Habilita la generación de la señal CLOCK con un período de 10 us
DATOLISTO	Contador de Datos Transmitidos	Controlador	Indica si se ha realizado la carga del bloque del mensaje en los registros
CNT=8	Comparador de Palabra Terminada	Controlador	Indica si se han transmitido los 8 bits que componen cada bloque del mensaje

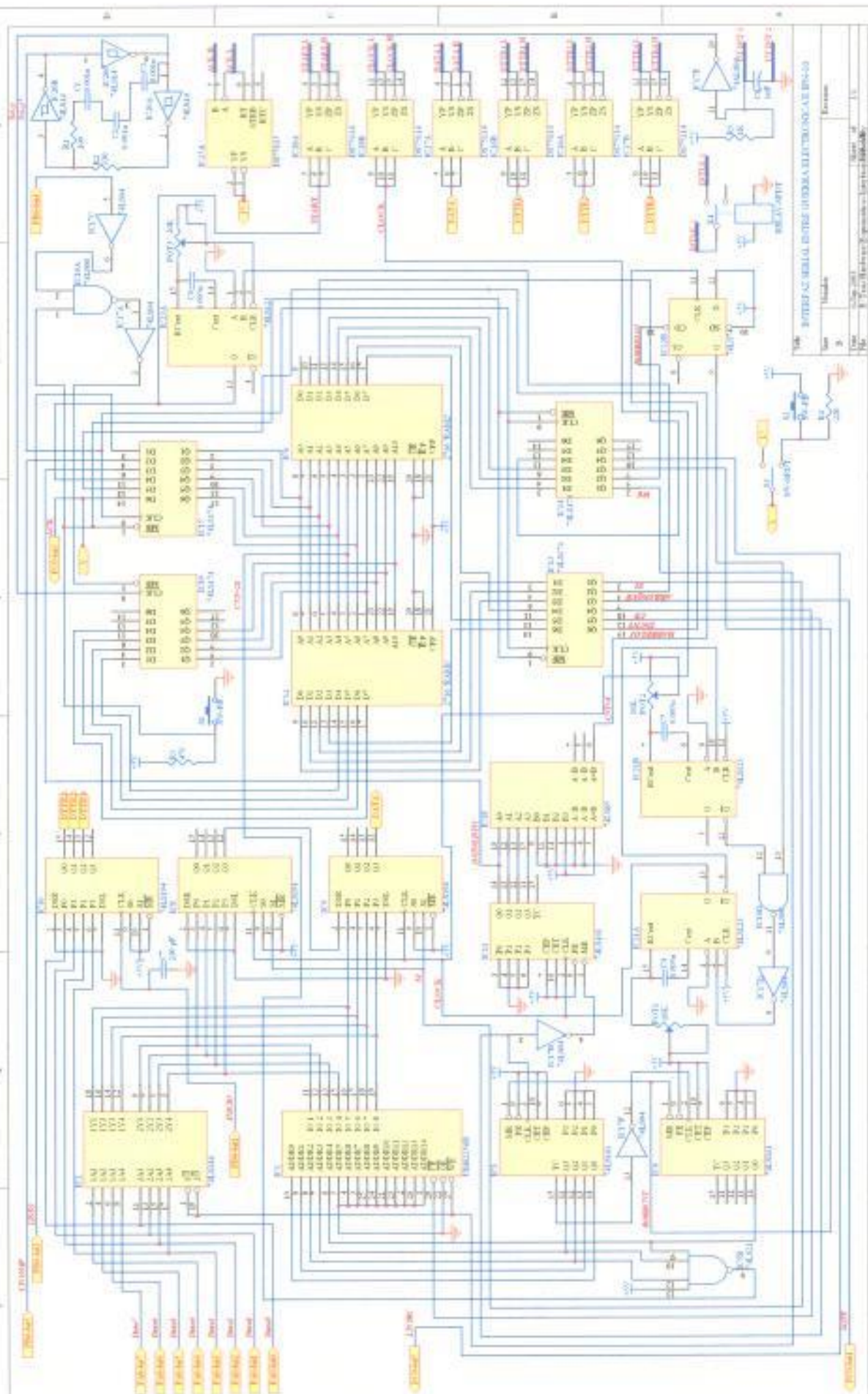
**SEÑALES PROPIAS DEL EQUIPO DE GE QUE INTERVIENEN EN LA
PRESENTE INTERFAZ**

NOMBRE	DESDE	HACIA	FUNCIÓN
ACK	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Controlador	Es la señal de respuesta del IPN-10 que indica que la transmisión se ha completado
CLOCK	Reloj controlado de 10 us	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Es la señal por la cual se envía el reloj que sirve de sincronismo para que el IPN-10 muestree los datos enviados
DATA	Registros de Desplazamiento	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Es la señal por la cual se envía los datos en forma serial hacia el IPN-10, mediante 224 bits divididos en 28 bloques de 8 bits cada uno
DTTRx	Registro de Código de Canal	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Son las señales por las cuales se envía el Código de Canal hacia el IPN-10

DIAGRAMA ASM DEL CONTROLADOR

INTERFAZ SERIAL ENTRE GE E IPN-10





LISTA DE PARTES **INTERFAZ PARALELA ENTRE GE E IPN-10**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	TIPO
IC1, IC16	Circuito Integrado	74LS244
IC2, IC3, IC4	Circuito Integrado	75115
IC5, IC6, IC7	Circuito Integrado	75114
IC8	Circuito Integrado	74161
IC9, IC10	Circuito Integrado	74LS85
IC11	Circuito Integrado	74LS00
IC12	Circuito Integrado	74LS04
IC13, IC14	Circuito Integrado	74LS174
IC15, IC17	Circuito Integrado	74LS174
IC18	Circuito Integrado	74LS123
IC19	Circuito Integrado	74LS14
IC20	Circuito Integrado	7474
IC21	Memoria RAM	2256D
IC22, IC23	Memoria EPROM	2764
R1	Resistencia	330 Ω ¼ W
R2	Resistencia	100 Ω ¼ W
POT1	Potenciómetro	20 K Ω
POT2	Potenciómetro	50 K Ω
C1, C2, C3	Capacitor	1 nF
C4	Capacitor	22 μ F
C5	Capacitor	220 μ F

LISTA DE SEÑALES

INTERFAZ PARALELA ENTRE GE E IPN-10

SEÑALES DEL CIRCUITO DE LA INTERFAZ PARALELA

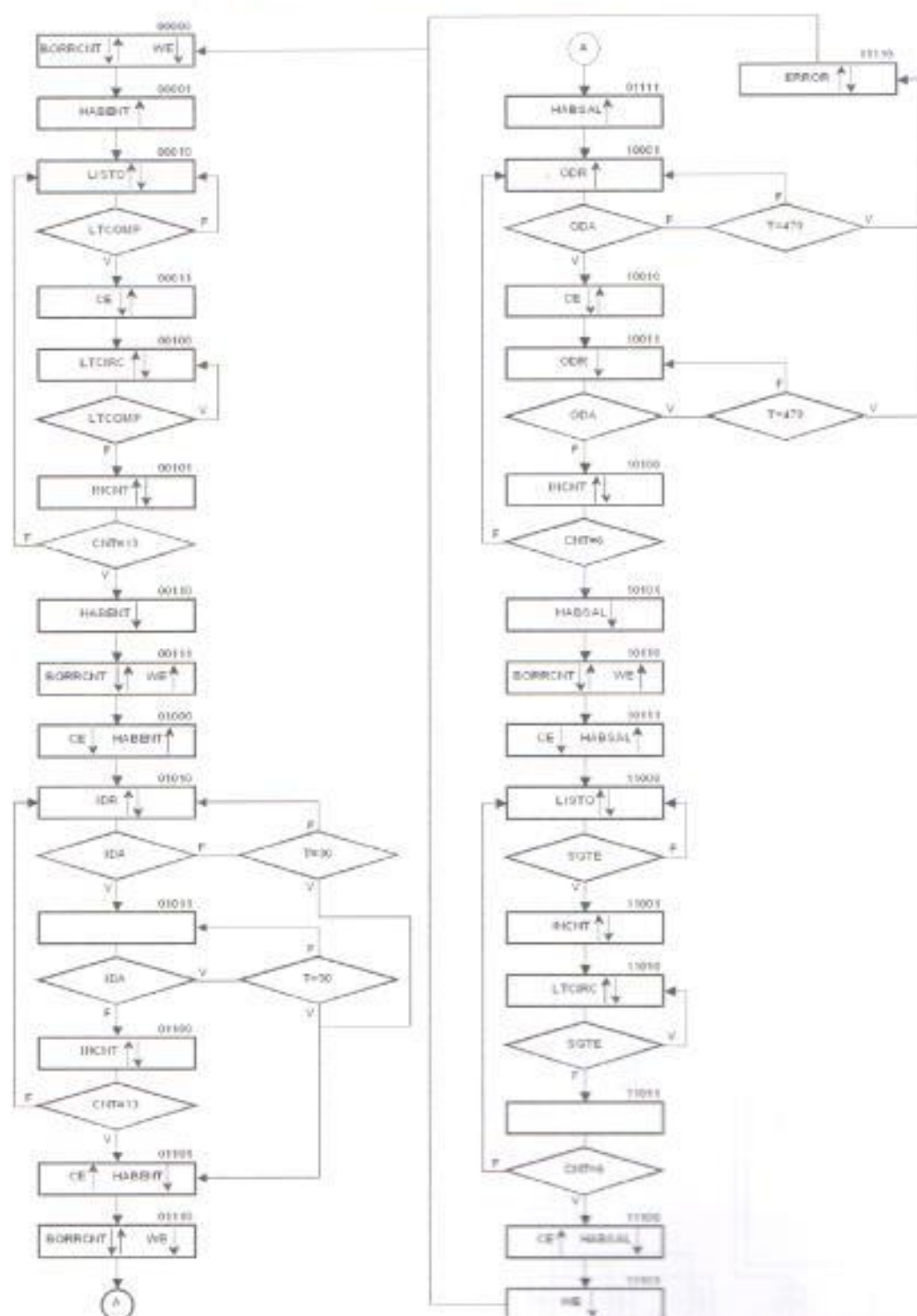
NOMBRE	DESDE	HACIA	FUNCIÓN
BORRCNT	Controlador	Contador de Palabras Transmitidas	Limpia el contador de las direcciones de memoria
INCNT	Controlador	Contador de Palabras Transmitidas	Incrementa el contador de las direcciones de memoria
CNT=13	Comparador de Mensaje ID Terminado	Controlador	Indica el fin de la transmisión de las palabras ID
CNT=6	Comparador de Mensaje OD Terminado	Controlador	Indica el fin de la transmisión de las palabras OD
WE	Controlador	Bloque de Memoria	Coloca la memoria en modo de escritura para poder almacenar cada palabra de orden / estado
		Bloque de Memoria	Coloca la memoria en modo de lectura para poder transferir cada palabra a los drivers
		Generador de Señales Habilitadoras	Conjuntamente con las señales HABID y HABOD generan las señales destinadas a manejar los drivers de entrada y salida
CE	Controlador	Bloque de Memoria	Habilita el uso de la memoria
T=30	Reloj Temporizado de 30 ms	Controlador	Indica el tiempo máximo para la transmisión de las palabras ID
T=470	Reloj Temporizado de 470 ms	Controlador	Indica el tiempo máximo para la transmisión de las palabras OD
HAB1	Generador de Señales Habilitadoras	Drivers de Señales de Entrada OD	Habilita el paso de las palabras OD desde el IPN-10 hacia la memoria
		Reloj Temporizado de 470 ms	Habilita la generación del pulso de 470 ms
HAB2	Generador de Señales Habilitadoras	Drivers de Entrada al PC	Habilita el paso de las palabras OD desde la memoria hacia el GAMMA-ED
HAB3	Generador de Señales Habilitadoras	Drivers de Salida del PC	Habilita el paso de las palabras ID desde el GAMMA-ED hacia la memoria
HAB4	Generador de Señales Habilitadoras	Reloj Temporizado de 30 ms	Habilita la generación del pulso de 30 ms
HAB4*	Generador de Señales Habilitadoras	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Habilita el paso de las palabras ID desde la memoria hacia el IPN-10
HABENT	Controlador	Generador de Señales Habilitadoras	Junto con WE generan las señales de habilitación para los datos de salida ID
HABSAL	Controlador	Generador de Señales Habilitadoras	Junto con WE generan las señales de habilitación para los datos de entrada OD

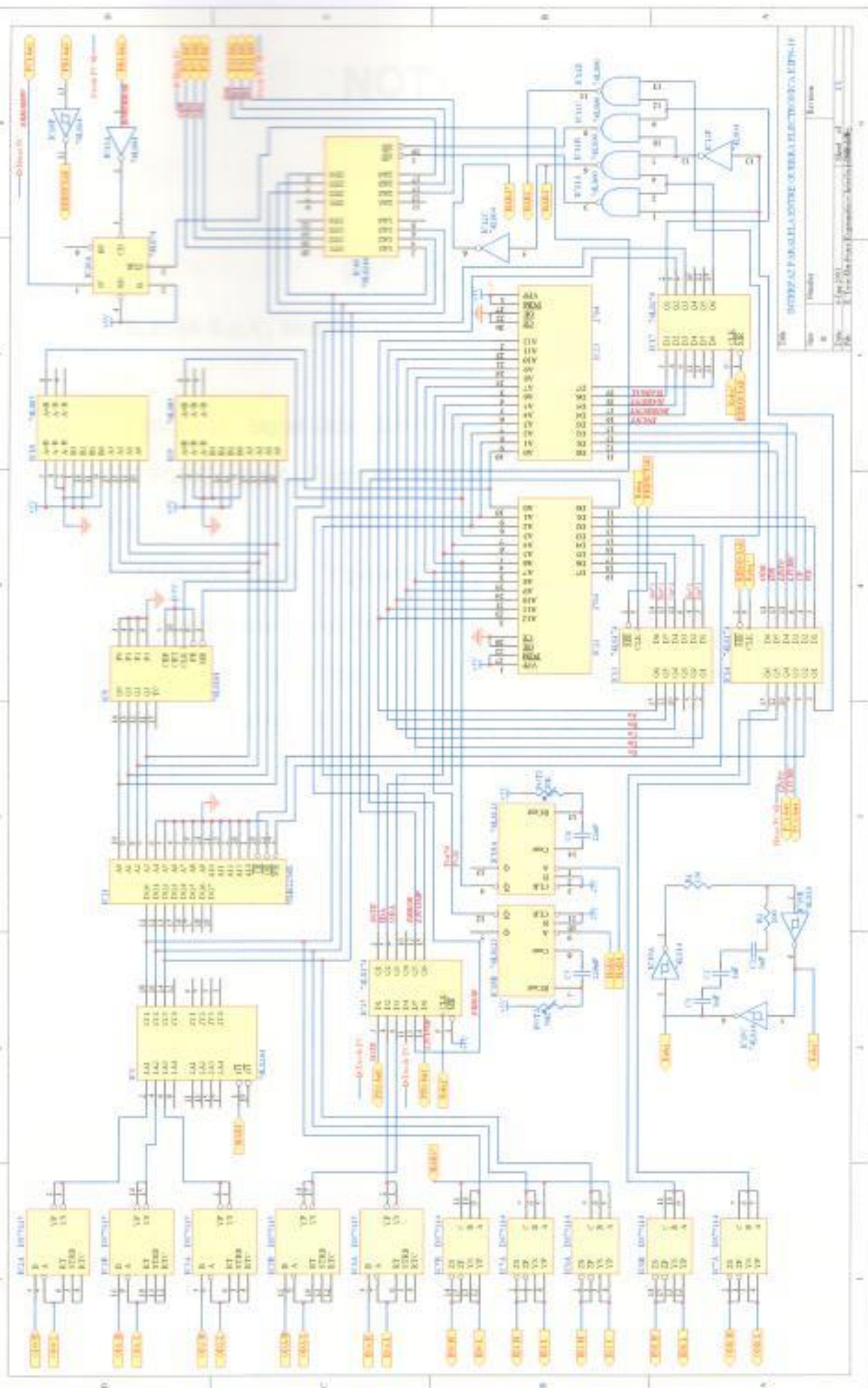
NOMBRE	DESDE	HACIA	FUNCIÓN
LTCOMP	GAMMA-ED	Controlador	Indica que ya se detectó la confirmación almacenamiento de palabra en memoria
LTCIRC	Controlador	GAMMA-ED	Indica que ya se detectó la confirmación de almacenamiento de palabra en el computador
LISTO	GAMMA-ED	Controlador	Listo para recibir palabras del computador / Palabra hacia el computador disponible en el puerto de datos
SGTE	Controlador	GAMMA-ED	Palabra almacenada en computador
ERROR	Controlador	Generador de Señal ERROR	Señal que activa el generador de Error
ERRORHW	Generador de Señal ERROR	GAMMA-ED	Señal de que indica que ha ocurrido un Error en la comunicación anterior
BORERR	Computador	Generador de Señal ERROR	Señal que desactiva la señal de ERRORHW
REINICIAR	Computador	Controlador	Señal que inicializa el circuito luego que ocurre un error

SEÑALES PROPIAS DEL EQUIPO DE GE QUE INTERVIENEN EN LA PRESENTE INTERFAZ

NOMBRE	DESDE	HACIA	FUNCIÓN
IDR	Controlador	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Es la señal mediante la cual el GAMMA-ED comunica al IPN-10 que las palabras de estado están listas para ser transmitidas
IDA	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Controlador	Es la señal mediante la cual el IPN-10 confirma al GAMMA-ED que ha recibido las palabras estado
ODR	Controlador	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Es la señal mediante la cual el GAMMA-ED solicita al IPN-10 el envío de las palabras de orden
ODA	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Controlador	Es la señal mediante la cual el IPN-10 confirma al GAMMA-ED que se han enviado las palabras solicitadas
IDx	Drivers de Señales de Salida ID	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Son las señales mediante las cuales se envían las palabras de estado desde el GAMMA-ED al IPN-10
ODx	Bloque de Acoplamiento TTL-Diferencial	Drivers de Señales de Entrada OD	Son las señales mediante las cuales se envían las palabras de orden desde el IPN-10 al GAMMA-ED

DIAGRAMA ASM DEL CONTROLADOR **INTERFAZ PARALELA ENTRE GE E IPN-10**





NOTAS

CAPÍTULO 2

- (1) SELENIA S.p.A., Multiple Operator Console (IPN-10 System), Volume 1 of 5
- (2) SELENIA S.p.A., Signal Data Converter (IPN-10 System), Volume 1 of 1
- (3) ELETTRONICA S.p.A., Technical Manual for ESM/ECM System, Volume 1 of 2
- (4) ELETTRONICA S.p.A., Operation and Maintenance Instructions for ELT/716 Data Transmission Set, Volume 2 of 5
- (5) SELENIA S.p.A., Specifiche Tecniche Interfaccia tra Command and Control System IPN-10 e Electronic Warfare GAMMA-ED a bordo delle Corvette MME
- (6) SELENIA S.p.A., IPN-10 C/C System, Volume 1 of 3.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ELETTRONICA S.p.A., Technical Manual for ESM/ECM System (Volume 1 of 2), Roma – Italia, Dicembre 1983, pág. 1/3 a 1/8, 2/31 a 2/47
- 2.- ELETTRONICA S.p.A., Operation and Maintenance Instructions for ELT/716 Data Transmission Set (Volume 2 of 5), Roma – Italia, Dicembre 1983, pág. 4/1 a 4/94
- 3.- ELSAG S.p.A., NA21 Mod.0 Fire Control System: Functional Description – Simbology – Buffers – Interconnections (Volume 2 of 7), Roma – Italia, Dicembre 1982, pág. 3.85 a 3.88
- 4.- SELENIA S.p.A., Multiple Operator Console - IPN-10 System - (Volume 1 of 5), Roma – Italia, Dicembre 1983, pág. 1-1-1 a 1-3-4, 2-1-1 a 2-4-6.
- 5.- SELENIA S.p.A., Signal Data Converter – IPN-10 System – (Volume 1 of 1), Roma – Italia, Dicembre 1983, pág. 1-1-1 a 1-2-26, 3-10-1 a 3-13-3.
- 6.- SELENIA S.p.A., Specifiche Tecniche Interfaccia tra Command and Control System IPN-10 e Electronic Warfare GAMMA-ED a bordo delle Corvette MME., Roma – Italia, Febrero 1989, pág. 1 a 37.
- 7.- SELENIA S.p.A., IPN-10 C/C System (Volume 1 of 3), Roma – Italia, Dicembre 1983, pág. 1-1-1 a 1-1-30, 5-14-1 a 5-14-12