

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA SISMÓGRAFOS TERRA DCS-302

TESIS

Que para obtener el
Título de Ingeniero en Electrónica presenta:

MANUEL IVÁN MANRÍQUEZ LÓPEZ

Ensenada Baja California, México. Diciembre de 2000.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA

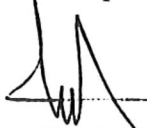
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS PARA SISMÓGRAFOS TERRA DCS-302

TESIS

Que para obtener el
Título de Ingeniero en Electrónica presenta:

MANUEL IVÁN MANRÍQUEZ LÓPEZ

Aprobada por:



Enrique Mitraní Abenchuchan
Director de Tesis



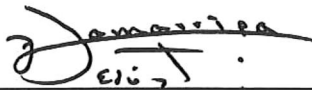
Dr. Fortunato Espinoza Barreras
Codirector de Tesis



Ing. Ernesto Rocha Guerrero
Sinodal Propietario



M.C. Humberto Cervantes de Ávila
Sinodal Propietario



M.C. José de Jesús Zamarripa Topete
Sinodal Propietario

Ensenada Baja California, México. Diciembre de 2000.

DEDICATORIA

A mis padres

Manuel y María de Lourdes

*Por su cariño y la confianza
que siempre han depositado en mi.*

AGRADECIMIENTOS

A Enrique Mitrani por sus valiosas aportaciones y su apoyo durante la dirección de este trabajo.

Al M.C. José Acosta Chang por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

A Ramón Muraoka y Enrique Pacheco, del Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones del CICESE, por su buena disposición para ayudarme.

A Gustavo y Susana del Departamento de Sismología del CICESE

A mis compañeros de generación.

CONTENIDO

Página

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISMÓGRAFO.....	3
2.2. ESPECIFICACIONES DEL SISMÓGRAFO.....	8
2.3. REPRODUCTOR DE CINTAS SMR-102.....	9
2.4. JUSTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE PROYECTO	9
III. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS Y COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR.....	11
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	11
3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	13
3.2.1. Microcontrolador.....	13
3.2.2. Memorias reprogramables.....	14
3.2.3. Memoria de Lectura/Escritura	15
3.2.4. Cerrojos de extensión de direcciones.....	15
3.2.5. Arreglo Lógico Programable.....	15
3.2.6. Memoria serie.....	16
3.3. COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR.....	17
3.3.1. Comunicación Serie.....	17
3.3.2. Puerto de Entrada Opcional.....	17
3.4. DIRECCIONAMIENTO DE ML/E Y MEMORIA DE LARGO PLAZO.....	18
IV. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	20
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CAPTURA, ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE DATOS.	20
4.2. PROGRAMA PRINCIPAL.....	21

4.3. PROGRAMAS DE INTERRUPCIÓN.....	24
4.3.1. <i>Interrupción de sincronía</i>	25
4.3.2. <i>Interrupción de lectura</i>	26
4.4. PROGRAMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS.	28
4.5. PROGRAMACIÓN DE LA MEMORIA SERIE.....	30
4.5.1. <i>Inicio de la comunicación</i>	32
4.5.2. <i>Escritura de un octeto</i>	32
4.5.3. <i>Lectura de un octeto</i>	33
 V. PROGRAMACIÓN EN LA COMPUTADORA EXTERNA	34
5.1. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE DATOS.	34
5.2. PROGRAMA DE ESCRITURA AL PUERTO SERIE.....	34
5.3. PROGRAMA DE INTERRUPCIÓN DE LECTURA DEL PUERTO SERIE.	34
5.4. PROGRAMA PRINCIPAL.....	35
5.5. MANDOS DEL SISTEMA.....	37
 VI. PRUEBAS Y RESULTADOS	39
 VII. CONCLUSIONES	45
 BIBLIOGRAFÍA	46
 APÉNDICE A. WWV	47
 APÉNDICE B. EJEMPLO DE DIRECCIONAMIENTO EN MEMORIA.....	49
 APÉNDICE C. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACEMAMIENTO Y DE LA COMPUTADORA EXTERNA (DISQUETE).	
 APÉNDICE D. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO (IMPRESO Y EN DISQUETE).	
 APÉNDICE E. DIAGRAMAS DEL CIRCUITO IMPRESO (DISQUETE).	

Lista de abreviaturas utilizadas

- aux** - Auxiliar.
- CA/D** - Conversión Analógico a Digital.
- cf.** - Confierase.
- CI** - Circuitos integrados.
- DM** - Direcciones de la Memoria de lectura y escritura.
- DIML** - Direcciones de la Memoria de Largo plazo.
- E/S** - Entrada y Salida.
- fig.** - figura.
- Int-** Interrupción.
- L/E** - Lectura y Escritura.
- LTA** - Promedio de Periodos Cortos (Long Term Average).
- ML/E** - Memoria de Lectura y Escritura.
- MLEx** - Memoria de Lectura Exclusiva.
- MLP** - Memoria de Largo Plazo.
- mps** - muestras por segundo.
- PAL** - Arreglo Lógico Programable (Programmable Array Logic).
- PDMS** - Puerto de Direcciones Más Significativas.
- PPS** - Pulso Por Segundo.
- PEO** - Puerto de Entrada Opcional.
- STA** - Promedio de Periodos Largos (Long Term Average).
- TRUA** - Transmisión Recepción Universal Asincrónica.
- Tx/Rx** - Transmisión y Recepción.

Lista de Figuras

Página

1. FORMATO DE LOS DATOS.....	5
2. FORMATO DE GRABACIÓN Y DUCTO BCD.....	7
3. DIAGRAMA GENERAL	11
4. GRABACIÓN DE DATOS	12
5. FUNCIONES DEL PROGRAMA DE CONTROL	20
6. PROGRAMA PRINCIPAL	23
7. FORMATO DE GRABACIÓN EN LAS MEMORIA DE LARGO PLAZO	24
8. DIAGRAMA DE LA INTERRUPCIÓN DE SINCRONÍA.....	25
9. DIAGRAMA DE LA INTERRUPCIÓN DE LECTURA	26
10. AUTÓMATA.....	28
11. BLOQUE DEL FORMATO DE TRANSMISIÓN	29
12. CONDICIONES PARA EL ARRANQUE Y ALTO DE LA COMUNICACIÓN CON LA MEMORIA SERIE	31
13. IDENTIFICACIÓN	32
14. DATOS RECIBIDOS CON ERROR DE TX	40
15. DATOS RECIBIDOS SIN ERROR DE TX.....	41

Lista de Tablas

Página

1. LONGITUD DEL RETARDO	8
2. DIRECCIONAMIENTO EN MEMORIA	19
3. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE DATO.....	30

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo consiste en el desarrollo de un sistema de almacenamiento para sismógrafos TERRA DCS-302. Éstos son utilizados por el Departamento de Sismología del CICESE para registrar eventos sísmicos (velocidades y aceleraciones de los movimientos en la corteza terrestre). Los movimientos están caracterizados por una dependencia en el tiempo de amplitudes y frecuencias que permite a los investigadores conocer como se propaga la energía que se genera en el epicentro de un sismo y comprender su origen, así como la estructura de la corteza terrestre en una región específica.

El sistema de almacenamiento original de los sismógrafos es a base de cintas magnéticas de baja capacidad y con un elevado consumo de energía. La recuperación de la información almacenada en las cintas magnéticas se realiza mediante un sistema reproductor de cintas (SMR-104 ó SMR-102), mediante una interfaz apropiada de E/S y una computadora.

Debido a las características originales de los sismógrafos, se requiere de un sistema con mayor capacidad de almacenamiento, menor consumo de energía y que sea capaz de transferir al exterior la información almacenada.

El objetivo es diseñar y realizar un sistema alternativo que permita que los sismógrafos puedan permanecer funcionando por periodos mayores. Además, como el nuevo sistema también tendrá como función la transferencia directa de la información almacenada a una computadora, no será necesaria la utilización del reproductor de cintas.

II. ANTECEDENTES

2.1. Descripción del Sismógrafo

Este instrumento tiene capacidad para grabar 3 canales de datos a una razón de 100 mps (muestras/segundo) por canal, cada muestra es de 2 octetos. Los datos pueden provenir de un sismómetro o acelerómetro y son registrados en cintas magnéticas con capacidad para 14 minutos de información de interés [1].

El DCS-302 está compuesto por cinco módulos:

- **Tarjeta de Acondicionamiento y Filtrado**

En este módulo se encuentra una etapa de preamplificación y un filtro para cada uno de los canales. Consta de 4 pasos de ganancia de amplificación que se seleccionan en forma manual, por medio de interruptores, o en modo automático. Las ganancias disponibles son: 1, 5, 25 y 100; en el modo automático este módulo establece las ganancias para cada canal de entrada, seleccionando convenientemente la ganancia máxima para que se pueda obtener la magnitud completa del evento sísmico. El filtro elimina frecuencias arriba de 30 Hz.

- **Tarjeta de Disparo**

Una vez que son filtradas las señales de cada canal, éstas son rectificadas y sumadas, el resultado es analizado para determinar si es declarado en un momento dado

un evento sísmico que dispare al sistema de grabación. El sismógrafo soporta dos criterios de disparo:

Disparo por nivel de energía

Este es un simple criterio de comparación: si la señal de entrada excede el nivel de energía preestablecido, entonces se satisface el criterio de disparo. El ajuste del nivel se hace aplicando una señal de entrada con las características del evento mínimo que se desee grabar. El nivel de energía de referencia se realiza ajustando un potenciómetro.

Disparo por razón STA/LTA

Este criterio calcula el tiempo promedio de la señal de entrada sobre un periodo largo y un periodo corto. Cuando la razón STA/LTA excede un valor preestablecido se activa el disparo. En este criterio se deben establecer tres parámetros: periodo largo, periodo corto y la razón de STA/LTA que causará el disparo. Estos parámetros se establecen por medio de interruptores.

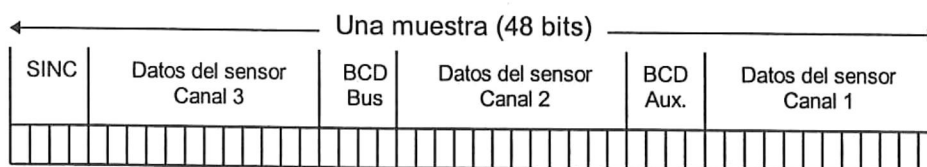
- **Tarjeta de Reloj**

Esta tarjeta genera las señales correspondientes a los días, horas, minutos y segundos relativas al momento de la última inicialización del sistema. Para tener una señal absoluta el reloj del sistema se sincroniza con una señal de tiempo externa, en nuestro caso, la señal WWV. Los datos del reloj interno y el pulso WWV (cf. *Apéndice A*) también son almacenados junto con los datos del evento.

La WWV es una señal que se emplea para tener un marco de referencia al reloj interno del sistema. El sismógrafo contiene un descifrador WWV que recibe la señal en 5, 10 ó 15 KHz y cada minuto está generando un pulso que le da una referencia al DCS-302.

• Tarjeta Lógica (CA/D)

Los datos de entrada se convierten a formato digital con una resolución de 12 bits y son multicanalizados con los datos del reloj del sistema así como información de ganancias, WWV, etc. Esta información se envía constantemente a la tarjeta de retardo. En caso de haber un disparo de evento, se toman los datos desde el preevento hasta el postevento para enviarlos a la grabadora de cintas magnéticas.



Datos del sensor

2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
----------	----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Datos Síncronos (BCD Aux)

R1	PPS	WWV	R2
----	-----	-----	----

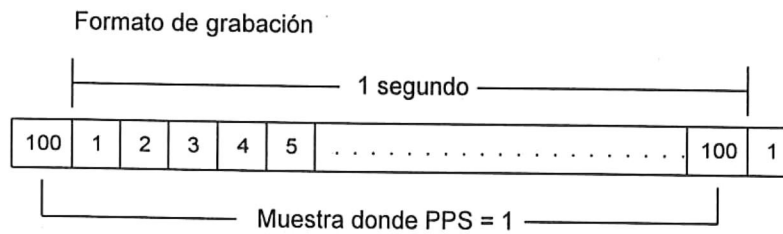
PPS - Pulso/segundo interno
WWV - Señal de tiempo externa

R2	R1	Ganancia
0	0	1
0	1	5
1	0	25
1	1	100

Figura 1. Formato de los datos

Formato de los datos

Cada muestra (*cf. figura 1*) contiene 4 bits de sincronía (SINC), 3 palabras de 12 bits de datos de los sensores, 4 bits de datos sincrónicos (BCD Aux.) y 4 bits de datos asincrónicos (ducto BCD). La sincronización de los datos se realiza en cada muestra poniendo en cero los 4 bits SINC. Los 4 bits BCD auxiliar contienen en cada muestra 2 bits de ganancia, 1 bit que indica 1 segundo transcurrido del reloj interno y 1 bit de la señal de tiempo externo (WWV) . El ducto BCD (*cf. figura 2*) en cada muestra contiene datos multicanalizados de el reloj interno, la cuenta de eventos, ganancias y el número de estación. Esta información se repite cada segundo.



Datos asíncronos (BCD BUS)

	2^3	2^2	2^1	2^0
# Palabra				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17-100				

	Descripción
1	Hora - unidades
2	Segundos - decenas
3	Minutos - decenas
4	Horas - decenas
5	Segundos - unidades
6	Minutos - unidades
7	Días - centenas
8	Días - decenas
9	Días - unidades
10	Número de estación palabra 3
11	Ganancia - Canal 2 y Canal 3
12	Aux - Ganancia -Canal 1
13	Número de estación palabra 2
14	Número de estación palabra 1
15	Contador de Eventos - decenas
16	Contador de eventos - unidades
17-100	No utilizados

Figura 2. Formato de grabación y ducto BCD

• Tarjeta de Retardo

En esta tarjeta se guardan los datos en una cola circular. Su función es almacenar temporalmente los datos sísmicos para que, al momento de la detección de un evento, se puedan enviar al sistema de almacenamiento permanentemente algunos datos anteriores (preevento). La longitud de la cola circular se selecciona mediante interruptores. En la tabla 1 se muestran las longitudes que pueden seleccionarse y el número de dispositivos necesarios en la tarjeta.

Bits	Tiempo	Muestras	Número de CI
3 k	0.64 s	192	1-3
6 k	1.28 s	384	1-6
9 k	1.92 s	576	1-9
12 k	2.56 s	768	1-12
15 k	3.20 s	960	1-15

Tabla 1. Longitud del retardo

2.2. Especificaciones del sismógrafo

<i>Señal de Entrada:</i>	$\pm 5V$.
<i>Canales de Entrada:</i>	3.
<i>Filtros de Entrada:</i>	30 Hz, paso-bajas.
<i>Ganancias:</i>	Automática o manual. Ganancias seleccionables: x1, x5, x25, x100.
<i>Resolución Digital:</i>	Palabra de 12 bits de datos.
<i>Razón de Muestreo:</i>	100 mps / canal.
<i>Capacidad de Almacenamiento:</i>	14 minutos.
<i>Disparo:</i>	Razón STA/LTA y por nivel de energía.
<i>Preevento:</i>	2.56 segundos en modo estándar.
<i>Postevento:</i>	1 a 150 segundos.
<i>Consumo de Energía:</i>	25 mA en reposo, 125 mA grabando.

2.3. Reproductor de cintas SMR-102

Para la recuperación de la información almacenada en la cintas magnéticas es necesaria la utilización del reproductor de cintas. Este reproductor se conecta a un interfaz para computadora y junto con un programa compatible con este sistema se realiza la obtención de la información. La velocidad a la que se realiza esta operación es de 4800 bauds.

2.4. Justificación y propuesta de proyecto

El sistema de almacenamiento de cinta es deficiente, ya que las cintas utilizadas son de baja capacidad y su cola circular es de muy poca duración. Además; la utilización de la grabadora implica un consumo de energía muy elevado.

Otro problema con el sistema de cintas sucedía al momento de leer la información. Esto sucedía porque las grabadoras funcionaban en malas condiciones debido al deterioro de sus componentes mecánicas y otras veces debido a cintas defectuosas.

La forma como se recupera la información es otra deficiencia, esto debido a que el SMR-102 opera a muy baja velocidad, haciendo este proceso muy tardado.

Para resolver estos problemas; en este trabajo se propone un microcontrolador que

almacene la información en memorias reprogramables de mayor capacidad. Una vez obtenida la información, en el momento que sea necesario se hace la transferencia de la información directamente a un archivo de computadora. La recuperación de los datos se realiza por medio del puerto de comunicación serie, así se elimina la utilización del reproductor de cintas. La obtención de los datos se realizará de una forma más rápida. La tarjeta de retardo también se elimina ya que el almacenamiento temporal de los datos se realiza en la memoria de L/E del nuevo sistema.

El microcontrolador empleado es el 80C320 de [Dallas Semiconductor], seleccionado por sus características de estructura y operación que satisfacen las necesidades que se requieren para la realización de este proyecto. Este dispositivo opera a muy alta velocidad con un bajo consumo de energía y tiene la opción de ponerlo en inactividad cuando no exista trabajo por realizar. Su velocidad de operación es alta con el oscilador apropiado.

El gasto promedio de los componentes y construcción de una tarjeta de circuito impreso es de aproximadamente \$450 dólares. Con la realización de este trabajo se pretende poner en funcionamiento 8 instrumentos que se encontraban fuera de operación. Esto implica un gasto de \$3600. Un equipo actual con características similares al Terra DCS-302 costaría alrededor de \$4000 dólares. Con esta inversión de modificar a los sismógrafos se ponen en funcionamiento 8 estaciones de trabajo con las cuales se tiene la cobertura suficiente de una zona de monitoreo.

III. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS Y COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR

3.1. Descripción del sistema

La tarjeta de almacenamiento está basada en un microcontrolador el cual lleva el control del sistema y tiene como funciones principales la adquisición y el almacenamiento de la información a largo plazo, y la transferencia de esta al exterior. El almacenamiento a largo plazo se hace en memorias reprogramables de tecnología no volátil para que, en caso de que el sistema quede sin energía, la información obtenida no se pierda. La transferencia de la información al exterior se realiza a través del puerto de comunicación serie: una computadora personal con un programa de comunicaciones instalado recibe la información y la almacena en disco.

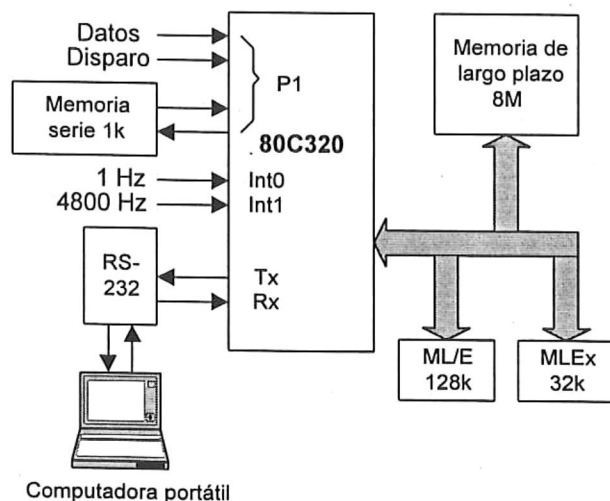


Figura 3. Diagrama general

El microcontrolador recibe constantemente los datos sísmicos provenientes de la tarjeta lógica por el puerto de datos a una razón de 4800 bauds. La lectura de los datos se hace utilizando un reloj de 4800 Hz como interrupción y son almacenados temporalmente en una cola circular. La señal de disparo es monitoreada cada vez que un dato es recibido. En el momento en que se genera un sismo, se toman de la cola circular los datos previos a la detección del evento y se transfieren hacia la memoria de largo plazo. Cuando el evento termina, la grabación continua hasta haber transferido la información generada hasta el postevento.

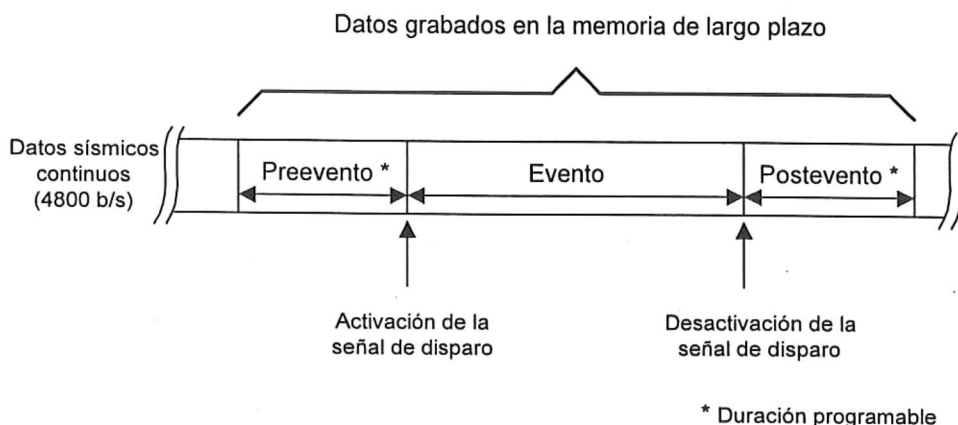


Figura 4. Grabación de datos

El sistema requiere de un bajo consumo de energía, por lo que sus componentes son de tecnología CMOS. Para reducir más el consumo, el microcontrolador es programado en modo inactivo cuando no realiza alguna operación y es activado en cada interrupción de lectura. Las memorias son activadas sólo cuando son utilizadas y el circuito de comunicación sólo se alimenta al momento de extraer los datos. Así el instrumento funcionará durante más tiempo y podrá almacenar más información.

3.2. Componentes del sistema

El sistema está formado por un microcontrolador, memorias reprogramables, una memoria de L/E, cerrojos de extensión de direcciones, un arreglo lógico programable (PAL), memorias serie, un circuito de comunicación RS-232 y un transceptor de 8 bits (cf. figura 3).

3.2.1. Microcontrolador

El 80C320 de [Dallas Semiconductor] es un dispositivo CMOS con 4 puertos de E/S de 8 bits, 256 bits de memoria interna, direcciona 64k localidades de memoria y permite la comunicación serie. Su estructura es similar a la del 8051 de Intel [2] pero con algunas mejoras. Es de bajo consumo de energía, puede programarse para funcionar 3 veces más rápido que en modo estándar utilizando el mismo oscilador y tiene un modo programable para reducir el consumo (Modo Reposo) cuando no esté realizando alguna función [3].

Este dispositivo lleva el control general del sistema: la adquisición, almacenamiento de datos y la transmisión de datos al exterior.

El microcontrolador recibe cuatro señales proporcionadas por el sismógrafo: reloj de 1 Hz, datos, reloj de 4800 Hz y disparo de evento. El reloj de 1 Hz se utiliza como interrupción para tener una sincronización en la lectura de los datos y el manejo de estos.

Los datos son recibidos en serie por un puerto de datos y el reloj de 4800 Hz se utiliza como interrupción para la lectura de los datos. El disparo del evento, leído por un puerto de entrada, indica el momento de empezar a realizar la grabación de los datos.

Modo Reposo

El modo reposo del microcontrolador se puede habilitar cuando el sistema está esperando a que se genere un evento. Este modo se habilita por programación poniendo en 1 el bit 0 del Registro de Control de Potencia (PCON.0) y sólo es deshabilitado por medio de las interrupciones externas. Cuando se habilita este modo de operación el consumo de energía del microcontrolador se reduce aproximadamente a $1\mu\text{A}$.

3.2.2. Memorias reprogramables

En este dispositivo es en donde se almacena a largo plazo la información de un evento. El sistema está diseñado para tener una capacidad de 8M octetos. Se utilizan 4 memorias 29F016B de 2M octetos. Estas memorias están diseñadas para programarse con sistemas de 5V y tienen un bajo consumo de energía en reposo. Para escribirlas o borrarlas se requiere de una secuencia de mandos que son enviados a una dirección específica, de esta forma la información se encuentra protegida contra cualquier escritura o borrado no deseados [4].

3.2.3. Memoria de Lectura/Escritura

Este dispositivo es de 128k octetos de capacidad. Un bloque de 8k en esta memoria se utiliza como cola circular. Los datos provenientes del sismógrafo se almacenan temporalmente y al momento de detectarse un evento son tomados los datos a partir del tiempo de preevento hasta el postevento. El resto de la memoria está disponible para posteriores mejoras que se deseen realizar al sismógrafo, v.g., la detección de sismos: es posible programar en el microcontrolador un algoritmo de detección de sismos mejor que el actual. El programa tendría este espacio disponible para realizar los cálculos.

3.2.4. Cerrojos de extensión de direcciones

El microcontrolador no puede direccionar de una manera directa la totalidad de la memoria de L/E y la memoria reprogramable. El propósito de los cerrojos de extensión de direcciones es funcionar como puertos para las direcciones más altas y así permitir el acceso a toda la memoria disponible (cf. 3.4.).

3.2.5. Arreglo Lógico Programable

El arreglo lógico utilizado es el PAL22V10H de [AMD], el cual contiene 12 entradas dedicadas y 10 salidas que pueden utilizarse también como entradas. Las funciones se generan haciendo sumas de productos.

Este dispositivo genera las señales para habilitar las memorias del sistema (memoria de lectura exclusiva, memoria de L/E y memoria reprogramable) sólo cuando se vaya a realizar una operación de lectura o escritura según sea el caso. Esto para evitar que siempre estén activadas consumiendo corriente.

Por otra parte, este dispositivo genera las señales para la actualización de los cerrojos de extensión de direcciones, una reinicialización a la memoria reprogramable y una habilitación al puerto de entrada opcional.

3.2.6. Memoria Serie

Esta memoria es de 8k bits, programable y borrrable eléctricamente. Este dispositivo se utiliza para programar los tiempos de preevento y postevento. También se almacena el total de la memoria de almacenamiento existente y una suma de prueba de todos los datos grabados en esta memoria.

El sistema cuenta con dos memorias de este tipo en diferentes direcciones. Este sistema redundante permitiría una recuperación de la información si en algún momento el contenido de una se llegara a modificar por agentes externos no deseados. Cuando esto sucede, la información de la otra memoria se le transfiere a la que fue alterada.

3.3. Comunicaciones con el exterior

3.3.1. Comunicación Serie

Para poder realizar la recuperación de los datos es utilizado un circuito de comunicación RS-232 interconstruido en el microcontrolador, el cual permite la comunicación entre el microcontrolador con interfaces de comunicación con niveles de $\pm 12V$.

La velocidad de Tx/Rx máxima que se logra con un cristal de 18.432 MHz y el microcontrolador funcionando a velocidad estándar es de 19200 bauds. Pero cuando pone en uno el bit 5 del Registro de Control de Reloj (CKCON.5) del microcontrolador, éste aumenta 3 veces su velocidad, aumentando también la velocidad de Tx/Rx a 57600 bauds.

Para reducir el consumo de energía, el circuito de comunicación sólo se alimenta al momento de la extracción de datos, ya que es utilizado únicamente durante esta operación.

3.3.2. Puerto de Entrada Opcional

Este puerto consiste en un transceptor de 8 bits de tres estados 74HC245. Se utiliza sólo en un sentido para leer de datos de algún dispositivo externo y su habilitación se genera en el PAL.

3.4. Direccionamiento de ML/E y Memoria de largo plazo

El microcontrolador utilizado tiene 16 líneas (A15-A0) para direccionar el espacio en memoria. Las 13 líneas de dirección menos significativas (A12-A0) direccionan directamente 8k en la ML/E y en la memoria de largo plazo. Para poder direccionar 128k en la ML/E y 8M en la memoria de largo plazo se utilizan dos cerrojos de 8 bits cada uno como puertos de direcciones más significativas (PDMS), DM y DIML respectivamente (*cf.* 3.2.4). Éstos son actualizados por el microcontrolador cada vez que es necesario. En el PDMS de la ML/E sólo son necesarios cuatro bits (DM16-DM13). Para direccionar la memoria de largo plazo se necesitan 10 bits más, de los cuales 8 son enviados por su PDMS (DIML20-DIML13) y los dos faltantes DIML22 y DIML21 son enviados por el puerto de datos 1.

Cada PDMS tiene una dirección de memoria interna asignada. Si se desea modificar cualquiera de estos puertos, en la dirección interna asignada se escriben los bits correspondientes de la dirección externa deseada.

Los 3 bits de dirección más significativos del microcontrolador (A15-A13) son descifrados en el PAL para generar las líneas de selección de las memorias y las líneas de habilitación de escritura en los cerrojos para actualizarlos.

DIML [22-13]	DM [16-13]	A15	A14	A13	A [12-0]	Operación	Dispositivo
xx xxxx xxxx	xxxx	0	0	x	x xxxx xxxx xxxx	E	PDMS ML/E
xx xxxx xxxx	xxxx	0	1	x	x xxxx xxxx xxxx	E	PDMS MLP
xx xxxx xxxx	pppp	1	0	x	d dddd dddd dddd	L/E	ML/E
q q qqqq qqqq	xxxx	1	1	1	d dddd dddd dddd	L/E	MLP
xx xxxx xxxx	xxxx	0	0	x	x xxxx xxxx xxxx	L	PEO

Donde: d = Direcciones del microcontrolador; p = Direcciones del PDMS ML/E; q = Direcciones del PDMS MLP; x = no importa;

Tabla 2. Direccionamiento en memoria

En el apéndice B se da un ejemplo del direccionamiento en memoria.

IV. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

4.1. Descripción del programa de captura, almacenamiento y transferencia de datos

Las funciones principales del programa de control del sistema son: captura y almacenamiento temporal de datos, supervisión de la señal de disparo, almacenamiento en memorias de largo plazo y transferencia de datos al exterior. La captura, el almacenamiento temporal y la supervisión disparo se realizan en un programa de interrupción. El almacenamiento de los datos a largo plazo se ejecuta en el programa principal cuando se detecta un sismo y existen datos disponibles.

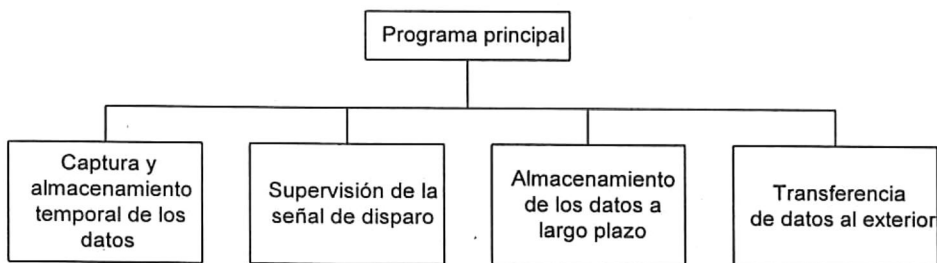


Figura 5. Funciones del programa de control

4.2. Programa principal

Primero se hace la inicialización de todas las variables del sistema (apuntadores y contadores), la programación del TRUA y el modo de funcionamiento de las interrupciones. También se habilita la interrupción de sincronía de datos. Cuando se ejecuta el programa de interrupción de sincronía se habilita la interrupción de lectura.

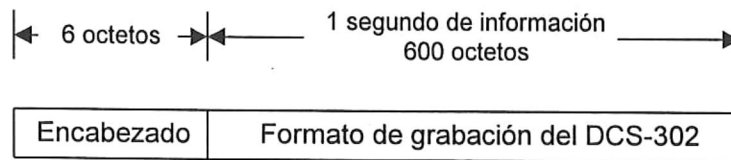
El programa tiene un monitor de actividad de teclado. Cuando el monitor la lo detecta deshabilita el proceso de grabación. El carácter detectado se compara con las opciones válidas para este sistema, pero únicamente si el sistema se encuentra en reposo, esto es, cuando no está grabando. Dichas opciones son: arranque diferido del sistema, borrar la memoria de largo plazo, programar tiempos de preevento y postevento, y transferencia al exterior tanto de datos sísmicos como de parámetros de configuración. Si no se detecta alguna de estas opciones el programa continua.

En caso de que se satisfagan las condiciones de existencia de un evento sísmico, el programa tiene otro ciclo de espera, en donde permanece hasta que los datos estén disponibles (un dato equivale a 6 octetos). Una vez cumplidas las dos condiciones anteriores se empieza la transferencia de los datos de la cola de datos temporal hacia la memoria de largo plazo. Se ejecutan los siguientes pasos:

1. Inicializar el contador de octetos por dato a 6.
2. Leer un octeto del dato disponible en la cola.
3. Mandar la secuencia de mandos para realizar la escritura en la memoria reprogramable.
4. Escribir el octeto leído en la memoria reprogramable.
5. Incrementar el apuntador de cola y el apuntador de memoria reprogramable.
6. Decrementar el contador de octetos por dato.
7. Si ya se escribió un dato completo regresa al monitor de actividad de teclado, si no ha terminado regresa al paso 2.



El almacenamiento de datos a largo plazo se hace en bloques de un segundo de información, al inicio de cada bloque se pone un encabezado de 6 octetos de longitud. En el primer octeto del encabezado se escribe una marca que indica si es el inicio de un evento y en el segundo se escribe el número de bloque del evento.



Encabezado

Marca Inicio Evento	#Bloque	Reservado	Reservado	Reservado	Reservado
------------------------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------

Marca Inicio Evento

Reservado: FFh

00h = Bloque inicial de un evento.

FFh = Otro bloque del evento.

Figura 7. Formato de grabación en las memoria de largo plazo

4.3. Programas de interrupción

El programa funciona con 2 interrupciones externas, una para sincronizar los datos con el sistema y la otra para la adquisición de los datos.

4.3.1. Interrupción de sincronía

El programa principal es interrumpido para la sincronización inicial de los datos. Esta interrupción (EX0) es una señal interna del sismógrafo de 1 pulso por segundo. Cuando esta señal interrumpe al sistema el programa de esta interrupción habilita la interrupción de lectura de datos. Otra función de esta interrupción es incrementar el estado de la habilitación de grabación (HabGrab) cuando ésta es autorizada. La grabación se habilita después de haberse efectuado las cuentas de un segundo programadas en la memoria serie. La variable *HabGrab* se utiliza en el programa de interrupción de lectura para complementar la decisión de empezar una grabación y no sólo utilizando la señal de evento (cf. 4.3.2).

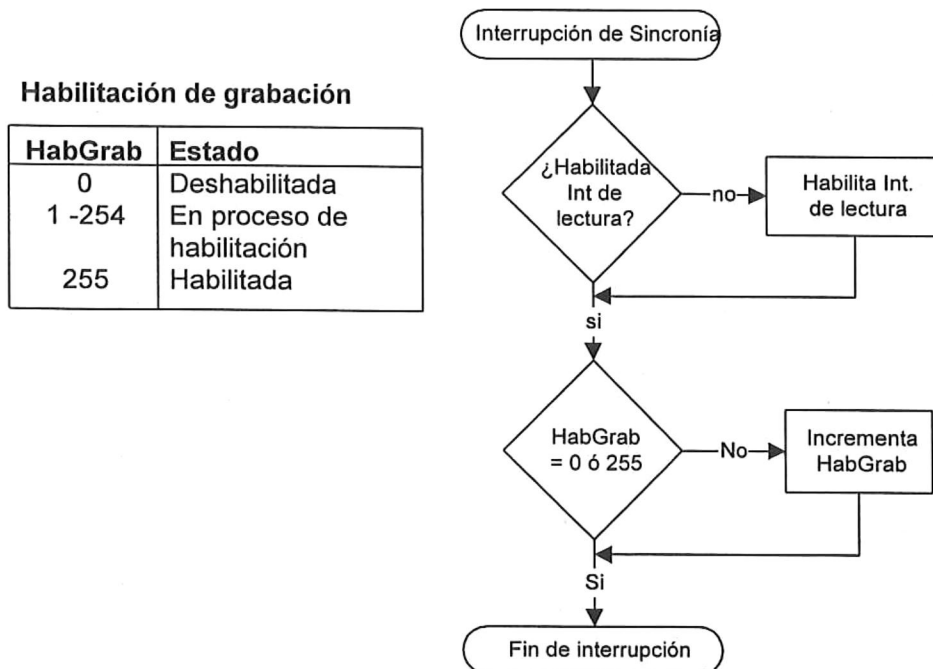


Figura 8. Diagrama de la interrupción de sincronía

4.3.2. Interrupción de Lectura

La otra interrupción (EX1) la realiza el reloj de 4800 Hz del sismógrafo. El programa de interrupción lee del puerto P1.0 un bit de información. El bit recibido es almacenado en un registro de 8 bits y en cada interrupción el contenido de este registro es rotado, cuando son recibidos 8 bits, esta información es almacenada temporalmente en una cola circular en la memoria de L/E.

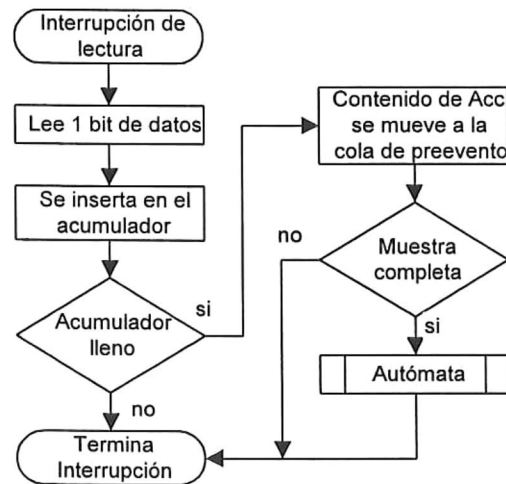


Figura 9. Diagrama de la interrupción de lectura

Después de la adquisición de un dato completo el programa de interrupción entra a un autómata con 3 estados que inicialmente está en estado 0.

- Estado 0. Revisa en el puerto P1.1 para determinar si está activa la señal de evento y si *HabGrab* está habilitada. Si es así, se inicializan el apuntador de memoria de preevento según el tiempo programado por el usuario, el contador de datos

disponibles hasta el momento y el contador de datos por grabar hasta el postevento, el autómata pasa al estado 1. Si no se activa el evento, permanece en este mismo estado.

- Estado 1. Se incrementa el contador de datos disponibles, el contador de datos por grabar y se inicializa el contador de datos disponibles de postevento. Si *HabGrab* está deshabilitada el autómata pasa al estado 2. Si está activa la señal de evento el autómata permanece en el mismo estado, si el evento terminó, el autómata pasa al estado 2.
- Estado 2. Se incrementa el contador de datos disponibles y el contador de datos disponibles del postevento. Si el evento se activa nuevamente se incrementa el contador de datos por grabar y regresa al estado 1. En caso de que el evento permanezca desactivado y aún existan datos por grabar el autómata permanece en este mismo estado. Si no existen datos por grabar o *HabGrab* está deshabilitada, el autómata regresa al estado 0.

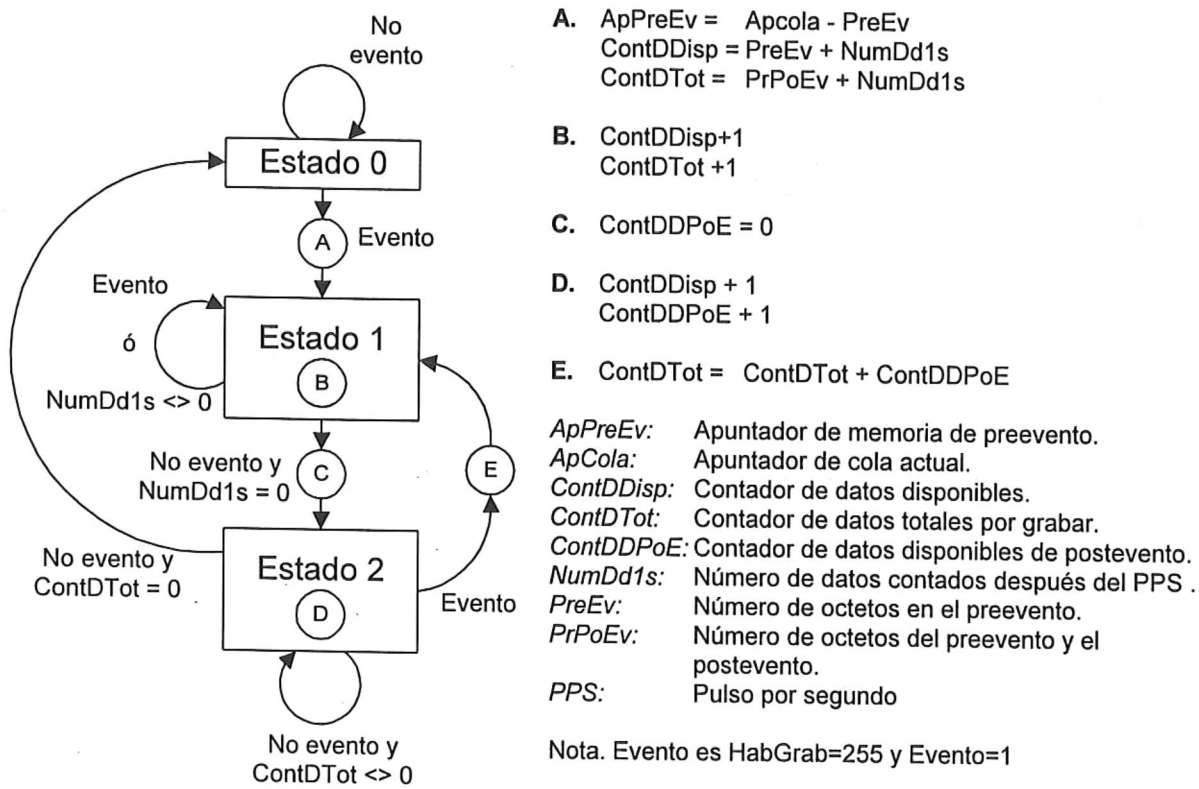


Figura 10. Autómata

4.4. Programa de transmisión de datos

Este programa envía por el puerto serie la información en la memoria de largo plazo a la computadora personal. El formato de transmisión consiste en bloques de hasta 131 octetos como máximo. Los bloques de transmisión están formados por un encabezado con el número de octetos en el bloque y el tipo de transmisión, un bloque de datos y una suma de prueba. El bloque de datos puede ser de hasta 128 octetos. Este formato de transmisión le da confiabilidad al proceso de transmisión y recepción de datos.

# Datos	
Tipo de transmisión	
dato 1	
dato 2	
dato 3	
...	
dato n	
Suma de prueba	

donde:
 $\# \text{ Datos} = n + 3$
 $n \leq 128$

Figura 11. Bloque del formato de transmisión

Este modo de transferir los datos se hace con el fin de que, si por alguna razón en la transferencia existe un error y el programa de recepción lo detecta, éste le indicará al programa de transmisión que envíe de nuevo la misma información. Cuando se reciben los datos correctamente, el programa de recepción le indicará que envíe el siguiente bloque de datos.

Tipo de transmisión

Este octeto indica el tipo de transmisión solicitada por el programa de recepción de datos en la computadora externa. Únicamente se pueden hacer tres solicitudes de transferencia, éstas son: *Inicia transmisión*, *Repite transmisión* y *Avanza transmisión*.

Tipo	Descripción
01	Primera transmisión
02	Transmisión repetida
03	Transmisión normal

Tabla 3. Descripción del tipo de dato

Suma de prueba

La suma de prueba es el complemento del resultado de la suma de cada uno de los elementos de un bloque de datos y se utiliza para detectar errores en transferencias de datos. Si la suma de prueba del bloque transferido es diferente a la calculada en la recepción, esto indica un error en la transferencia de los datos.

Todos los bloques de datos, salvo el último, son completos. Así, “# de Datos” diferente de 131 puede ser utilizado por el programa de recepción para determinar el fin de la transmisión.

4.5. Programación de la memoria serie

La memoria serie NM24C08 de Fairchild Semiconductor [5] se programa por una línea de datos (SDA) de E/S y una línea de reloj (SCL) de entrada que es usada para sincronizar la entrada y salida de cada bit. El microcontrolador se comunica con este dispositivo a través de dos líneas del puerto de datos 0, que fueron nombradas de igual forma.

Para empezar cualquier comunicación, ya sea lectura o escritura a la memoria serie, el microcontrolador debe realizar una condición de *Arranque* y para terminarla una condición de *Alto*. La condición de *Arranque* se establece cuando ocurre una transición de alto a bajo en la SDA cuando la SCL está en alto. La condición de *Alto* ocurre con una transición de bajo a alto de SDA y SCL está en alto (cf. fig. 12). La condición de *Alto* ocasiona que memoria serie se ponga en modo de bajo consumo.

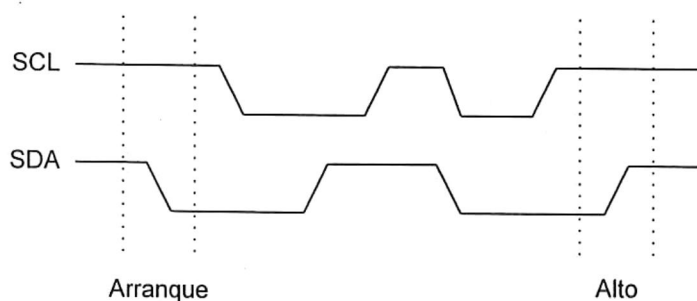


Figura 12. Condiciones para el Arranque y Alto de la comunicación con la memoria serie

Cuando son transferidos 8 bits, el dispositivo que los haya recibido debe transmitir un bit en 0 por la línea SDA durante un ciclo de reloj de SCL. Este bit es llamado *Reconocimiento*.

4.5.1. Inicio de la comunicación

Después de que se ha establecido una condición de *Arranque* el microcontrolador envía un octeto de identificación (*cf. fig. 13*), en donde, los 4 bits más significativos son un identificador de tipo de dispositivo y estos bits deben ser 1010. Los 3 siguientes bits son de direcciones (A2, A1 y A0). El bit A2 corresponde a la dirección del dispositivo establecida por circuitería. Los bits A1 y A0 son los selectores de página de la memoria. El bit menos significativo define el tipo de operación que se realizará. Un 1 indica lectura y un 0 indica escritura. Si se envió bien este octeto el receptor enviará un bit de reconocimiento.

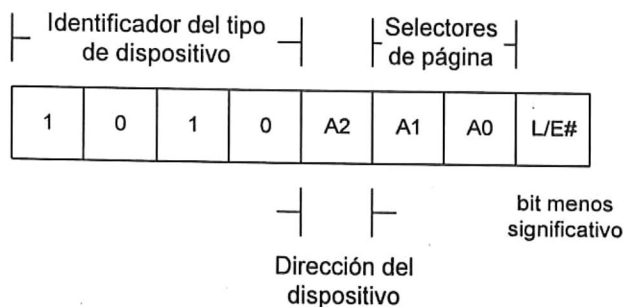


Figura 13. Identificación

4.5.2. Escritura de un octeto

Una vez que el microcontrolador ha enviado el arranque, el octeto de identificación, la página seleccionada y el bit menos significativo en 1 para indicar escritura, se requiere enviar la dirección de 8 bits en donde se va a escribir. Cuando la

memoria serie recibe la dirección envía un *Reconocimiento* y espera por el octeto de datos. Si reciben bien los datos la memoria envía de nuevo el *Reconocimiento* y el microcontrolador puede enviar el bit de *Alto*.

4.5.3. Lectura de un octeto

Esta operación es similar a la de escritura, sólo que se cambia el valor del bit menos significativo del octeto de identificación. Existe una diferencia con respecto a la escritura. Cuando el microcontrolador recibe los 8 bits de datos no envía el *Reconocimiento* pero envía la condición de *Alto*.

V. PROGRAMACIÓN EN LA COMPUTADORA EXTERNA

5.1. Funcionamiento general del programa de recepción de datos

La función de este programa es comunicar por medio del puerto serie a la computadora personal con el sistema de almacenamiento de datos para que se inicie la transferencia de los datos y recibirlos para almacenarlos en un archivo en disco. Éste se divide en un programa de escritura al puerto serie, un programa de interrupción de lectura del puerto serie y un programa principal. Antes de la ejecución del programa principal se inicializa el puerto serie. La inicialización se hace a 8 bits de datos, 1 bit de alto y sin paridad a una razón Tx/Rx de 57600 bauds. Se habilita la interrupción de lectura del puerto serie.

5.2. Programa de escritura al puerto serie

Este programa se utiliza para enviar los mandos al microcontrolador. Cuando se va a enviar algún mando este programa espera a que el puerto esté desocupado y cuando esto ocurre envía el dato deseado a través de él.

5.3. Programa de interrupción de lectura del puerto serie

Cuando llega un dato al puerto se almacena en una muelle de entrada. Se incrementa el contador de datos en la muelle y el apuntador de muelle.

5.4. Programa principal

Este programa es un lazo y sólo se sale de él mediante un mando especial. Es aquí en donde el usuario puede enviar los mandos al microcontrolador.

En el punto “5.5. Mandos del sistema”, se da un listado de todos los mandos ejecutables.

Cuando se teclea algún carácter, éste es verificado. Si el carácter es el mando de salida entonces la sesión se termina. Si es cualquier otro mando, es enviado por el puerto serie.

Si el usuario desea hacer la extracción de los datos de la memoria de largo plazo, debe enviar el mando para iniciar la transmisión. Los mandos de transmisión son: *Inicia Transmisión*, *Repite Transmisión* y *Avanza Transmisión*. De estos mandos, el primero es el más complejo y el único al que el usuario tiene acceso. Los otros son solicitados automáticamente por programación.

Si el usuario envía el mando *Inicia transmisión*, el microcontrolador comienza a transferir la información almacenada en las memorias de largo plazo, haciendo que el programa de interrupción de lectura del puerto serie se ejecute (cf. 5.3.) en cada dato recibido.

Cuando la muelle de entrada no está vacía, se verifica si los datos son correctos haciendo una suma de prueba a los datos del bloque recibido. Si no es correcta la suma de prueba se envía automáticamente el mando *Inicia Transmisión* si era el primer bloque o *Repita Transmisión* si era cualquier otro. Si después de 15 intentos la suma de prueba no es correcta, se imprime un mensaje de error y se cancela el proceso. Si la suma de prueba es correcta, entonces el bloque de información se graba en un archivo en disco y el programa envía el mando *Avanza transmisión* para obtener el siguiente bloque. La suma de prueba sólo se calcula cuando se ha enviado previamente un mando de transmisión.

Al momento de solicitar el inicio de transmisión se crea un archivo de escritura. Cada vez que se graba un bloque el archivo se cierra. Los mandos de repetición y avance son los que abren el archivo para grabar el siguiente bloque. El microcontrolador siempre envía bloques de 131 octetos a excepción del último que posiblemente no alcanzará a llenarse con 131 octetos. Cuando se recibe el último bloque se graba en disco, se cierra el archivo y ya no se envía de nuevo un mando para solicitar otro bloque de datos.

Otra prueba que detecta error en la transmisión es utilizando un temporizador si se rebasa un límite establecido, solicita la repetición del bloque anterior hasta 15 veces en caso de ser necesario. Después de 15 errores, el proceso se cancela.

Si el usuario envía cualquier otro mando que no sea de transmisión y el microcontrolador envía alguna contestación, ésta se despliega en pantalla.

5.5. Mandos del sistema

Cuando la computadora personal se encuentra en comunicación con el microcontrolador, éste puede recibir cualquiera de los siguientes mandos:

‘a’: Arranque diferido. Se reinician los apuntadores y contadores del sistema y se habilita el proceso de habilitación grabación de datos. Este mando es indispensable para arrancar el sistema, ya que si no se ejecuta, el sistema de grabación permanecerá inhabilitado aunque la señal de disparo esté activada.

‘b’: Borrado. Borra en su totalidad el contenido de la memoria de largo plazo. Antes de hacerlo el usuario tiene que confirmar con la tecla [Enter] o cancelar con la tecla [Esc].

‘o’: Programación de postevento. Lee de la memoria serie el valor del postevento actual y lo envía por puerto serie para que sea impreso en pantalla. Espera a que el usuario introduzca el tiempo que desee y después este valor se salvaguarda en la memoria serie. Los valores programables son de 0 a 60 segundos.

‘p’: Programación de preevento. Lee de la memoria serie el valor del preevento actual y lo envía por puerto serie para que sea impreso en pantalla. Espera a que el usuario introduzca el tiempo que desee y después este valor se salvaguarda en la memoria serie. Los valores programables son de 0 a 13 segundos.

'i': Inicia transmisión. Transmite todos los datos grabados en la memoria de largo plazo. Inicialmente transmite un bloque de 128 octetos almacenados en la memoria de largo plazo a partir de la primera dirección y después automáticamente el programa de recepción genera los mandos 'r' y/o 's' hasta terminar.

'r': Repite transmisión. Transmite de nuevo el último bloque de datos enviado.

's': Avanza Transmisión. Transmite el siguiente bloque de datos en la memoria de largo plazo.

F10: Salida. Termina la sesión de comunicación entre el microcontrolador y la computadora externa.

Los mandos anteriores son accesibles al usuario mediante el teclado de la computadora, a excepción de *Repite Transmisión* ('r') y *Avanza Transmisión* ('s') los cuales únicamente los puede solicitar el programa de recepción de datos.

VI. PRUEBAS Y RESULTADOS

La primera prueba consistió en la lectura de los datos sin señal en la entrada de los sensores. Estos datos sólo se guardaban en la cola de preevento y después eran enviados al puerto serie para imprimirse en pantalla en formato hexadecimal. El primer dato se leía inmediatamente después de que se daba la interrupción de 1 Hz, el cual no correspondía al primer dato de la trama de 1 segundo. Fue necesario generar un ciclo de espera para tomar el primer dato.

Para verificar que el sistema de grabación funciona adecuadamente, se utilizó un generador de funciones para simular los eventos. Se generaron tres funciones conocidas diferentes para cada canal de entrada. La recuperación de la información se realizó con el programa de recepción de datos (*cf.* capítulo V). Se elaboraron dos programas para leer el archivo de datos. Un programa para eliminar los encabezados de Tx/Rx generando otro archivo el cual contiene sólo la información de interés y el otro para descifrar dicha información.

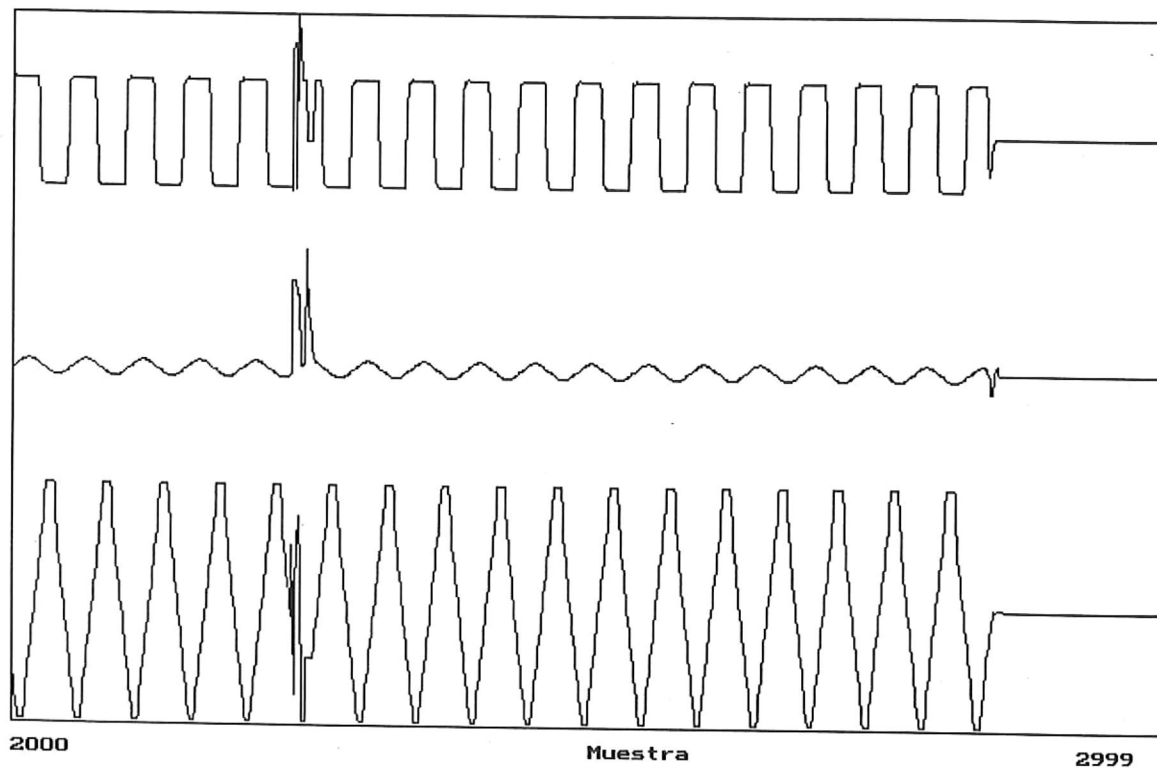


Figura 14. Datos recibidos con error de Tx

En los primeros archivos de datos recibidos se detectó un error. Los datos contenían picos a intervalos aleatorios (*cf. fig.14*). Esto sucedía en los tres canales al mismo tiempo. El programa de recepción en la computadora externa no lo detectaba. Esto indicaba que posiblemente el error era generado antes de transferir los datos. Después de analizar el programa de transmisión se observó que dos registros utilizados por éste para direccionar memoria eran utilizados en otro programa. Lo que sucedía era que el programa de transmisión no se enteraba que se modificaba el contenido de estos registros

y se leían datos en otra dirección. Se estaba calculando una suma de prueba con otros datos y se transmitían, por tal razón el programa de recepción no detectaba los errores. El error se corrigió utilizando un banco de registros del microcontrolador para cada programa.

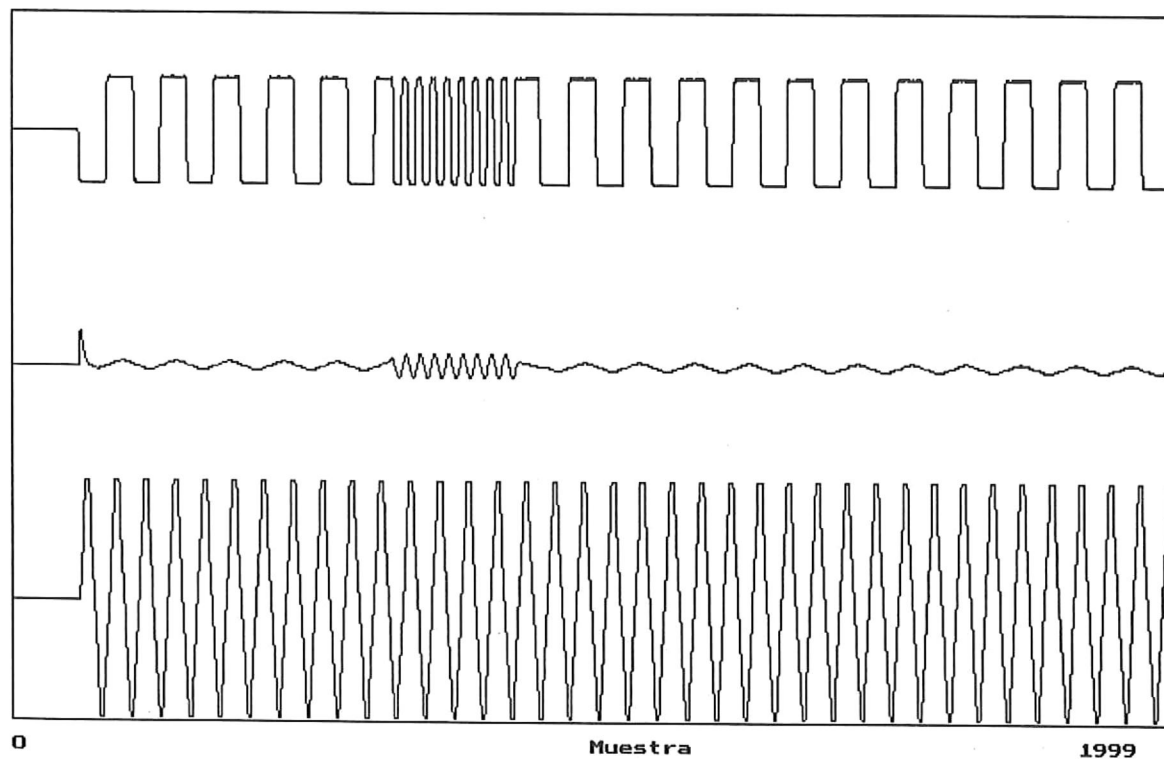


Figura 15. Datos recibidos sin error de Tx

Como resultado final se obtuvo un sistema que puede almacenar una capacidad máxima de 8M octetos el cual es alimentado por una fuente de 5V y se instala

insertándolo en una ranura disponible del sismógrafo. En 8M octetos de memoria se pueden almacenar aproximadamente 230 minutos de información. Debido al diseño del circuito impreso, para lograr la capacidad de almacenamiento máxima se deben utilizar 2 memorias AM29F016B y 2 memorias AM29F016BR de [AMD] de 2M octetos cada una. Por el momento el sistema funciona al 50% de su capacidad de almacenamiento porque sólo se cuenta con la memorias AM29F016B.

Se eliminó la tarjeta de retardo la cual tenía un preevento programable de hasta 3.2 segundos (768 octetos), ahora el usuario puede programar la duración del preevento de 0 a 13 segundos (7800 octetos). Por otra parte, se redujo la duración máxima programable del postevento de 150 segundos a 60 segundos. La duración del postevento puede extenderse mucho más, pero se limitó a 60 segundos que son suficientes para obtener la información necesaria.

Se realizaron mediciones del consumo de corriente del sismógrafo con la grabadora desconectada y sin la tarjeta de almacenamiento. El sismógrafo consume 45 mA en reposo, esto es 20 mA más que el indicado en las especificaciones. El consumo con la tarjeta de almacenamiento instalada es de 121 mA en espera de eventos y 178 mA cuando graba. Las mediciones anteriores se hicieron con el puerto serie conectado, este es el consumo del sistema en la instalación y configuración del equipo en el campo o en la recuperación de la información grabada. Cuando no se utiliza el puerto serie, esto es, en condiciones normales, el consumo de corriente es de 103 mA en espera de eventos y 163

mA cuando graba. Estas mediciones son programando el microcontrolador en *Modo de Reposo*. El consumo se reduciría más con el programador en *Modo Detenido*.

En este momento se utiliza el arreglo lógico programable PALCE22V10H de [AMD], pero su consumo de corriente es de 60 mA a 90 mA. El consumo se puede reducir considerablemente al sustituir el arreglo lógico utilizado por uno de bajo consumo en modo de reposo. El PALCE22V10Z de [AMD] es un dispositivo que tiene el mismo consumo que el PALCE22V10H en operación normal, pero en reposo se reduce a 30 μ A.

Para mejoras al sistema que se deseen realizar posteriormente, el sistema tiene disponible 25k octetos libres en la MLEX para programación, 125k octetos en la ML/E, casi la totalidad de la memoria serie de 8k octetos y un puerto de entrada de 8 bits. Además, en el circuito impreso se tiene un área libre con 321 orificios para realizar modificaciones.

Dentro de las posibles mejoras que se pueden realizar en este mismo sistema, está la elaboración de un algoritmo de detección de eventos el cual sustituiría la tarjeta de disparo actual. Esto es posible debido a que el sistema contiene suficiente memoria de programa y memoria de datos disponibles. El motivo por el cual debe sustituirse el sistema de disparo es que el criterio de disparo STA/LTA no funciona adecuadamente tal como se esperaría.

La tarjeta de CA/D también es necesario sustituirla ya que la adquisición no se realiza correctamente y además la información que se codifica contiene información que se repite constantemente y no es necesario grabarla tantas veces. Aunque para realizar ésta modificación al sismógrafo, se necesitaría reprogramar un poco el sistema de almacenamiento de datos.

VII. CONCLUSIONES

Al principio de este trabajo se propuso un sistema de almacenamiento de mayor capacidad que fuera capaz de transferir la información almacenada a una computadora y además que tuviera bajo consumo de energía. Las dos primeras condiciones se lograron satisfactoriamente. Se aumentó la capacidad 16 veces más a la que se obtenía en las cintas magnéticas y la transferencia de los datos a la computadora es más rápida. En cuanto al consumo de energía, la mayoría de los componentes tienen un consumo satisfactorio a excepción del arreglo lógico programable el cual tiene un consumo excesivo, por lo que se recomienda sustituirlo por uno de potencia cero en reposo.

La operación del sismógrafo puede mejorarse aun más. Esto se puede realizar debido a que el sistema no sólo está diseñado para manejar el almacenamiento de datos, sino que cuenta con potencial suficiente para satisfacer otras necesidades. Dos sistemas importantes que necesitan mejoría son: la tarjeta de disparo y la tarjeta lógica (CA/D).

BIBLIOGRAFÍA.

- [1]. Terra Technology Corporation. "DCS-302 Digital Seismograph". Documento #95-0056.

- [2]. Phillips, 1991. "80C51 and Derivative Microcontrollers". Data HandBook.

- [3]. Dallas Semiconductor, 1998. "DS80C320/DS80C323 High-Speed/Low-Power Micro". [www.dalsemi.com/DocControl/PDFs/80c320.pdf].

- [4]. AMD, 1998. "Am29F016B 16 Megabit CMOS 5.0 Volt-only, Uniform Sector Flash Memory". Publicación #21444.
[www.amd.com/products/nvd/techdocs.html].

- [5]. Fairchild Semiconductor, 1998. "NM24C08/09 - 8192-bit Standard 2-Wire Bus Interface Serial EEPROM". [www.fairchildsemi.com].

- [6]. "The NIST Time and Frequency Division". [www.boulder.nist.gov/timefreq/].

Apéndice A. WWV.

La WWV es una estación de radio del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) en los Estados Unidos [6]. El NIST opera dos estaciones la WWV y la WWVH, estas transmiten a 2.5, 5, 10, 15 y 20 MHz y su función es dar servicios de información de tiempo y frecuencia.

Servicios de la WWV

- *Anuncios de tiempo.*

Estos anuncios de voz son enviados por la WWV una vez cada minuto. El anuncio enviado está sincronizado con el Tiempo Universal Coordinado (UTC).

- *Intervalos de tiempo estándar.*

Esta señal es emitida en cada segundo de un minuto. El primer pulso de cada hora es de 800 ms a 1500 Hz. El primer pulso de cada minuto es de 800 ms. En los segundos restantes se envían pulsos de 5 ms. La frecuencia del primer pulso de cada minuto y los pulsos restantes es de 1000 Hz en la WWV y 1200 en la WWVH.

- *Frecuencias estándar.*

Son tonos alternados de 500 Hz ó 600 Hz en la mayoría de los minutos de una hora. Un tono de 440 Hz se transmite una vez cada hora.

- *Código de tiempo BCD.*

Este código es continuamente transmitido por la WWV y la WWVH en una subportadora de 100 Hz. La información del UTC es transmitida en modo serie a una razón de 1 pulso/s. La información del código incluye los minutos hora y día del año actual.

- *Alertas geofísicas.*

Son transmitidas en voz por la WWV y la WWVH en 18 y 45 minutos después de la hora respectivamente. Los mensajes tienen una longitud de menos de 45 segundos y son actualizados cada 3 horas.

- *Reportes del estado de Sistema de Navegación OMEGA.*

Son anuncios de voz del estado del Sistema de Navegación. La WWV lo transmite 16 minutos después de la hora y la WWVH lo transmite 47 minutos después de la hora. El Sistema de Navegación OMEGA consiste en 8 estaciones transmitiendo en la banda de 10-14 kHz.

- *Reportes del estado del Sistema de Localización Global (GPS).*

Cada hora son transmitidos dos anuncios de voz con información del estado actual de los satélites del GPS. En la WWV los anuncios se envían 14 y 15 minutos después de cada hora, en la WWVH son enviados 43 y 44 minutos después de cada hora.

Apéndice B. Ejemplo de direccionamiento en memoria.

Se desea transferir un dato en la dirección 12345h en la ML/E a la dirección 789ABCh en la Memoria de Largo Plazo.

```
; 12345 h = 1 0010 0011 0100 0101 b = 1001      & 00011   & 01000101
;
;                               = DM[16-13] & A[12-8] & A[7-0]
```

```
; 789ABC h = 111 1000 100 1 1010 1011 1100 b
;
;   = 1      & 1      & 11000100   & 11010   & 10111100
;
;   = DIML22 & DIML21 & DIML[20-13] & A[12-8] & A[7-0]
```

;Asignación de los PDMSs, ML/E y MLP en la memoria interna del uC.

```
xseg at 02000h
```

```
PDMSMLE:    ds      1
```

```
xseg at 06000h
```

```
PDMSMLP:    ds      1
```

```
xseg at 08000h
```

```
MLE:        ds 02000h
```

```
xseg at 0E000h
```

```
MLP:        ds 02000h
```

```
;**** Lectura de ML/E ****
```

```
;Se escriben en el PDMSMLE los 4 bits más significativos de dirección
;externa DM[16-13].
```

```
mov  dptr,#PDMSMLE
```

```
movx @dptr,#1001b
```

```
;los bits A[15-0] se cargan en el apuntador de datos concatenando los 3
;bits más significativos de MLE con los 13 menos significativos de la
;dirección deseada
```

```
mov  dptr,#(MLE+1101001000101b)
```

```
movx a,@dptr      ;Se lee el dato en el acumulador A
```

```

mov b,a                ;Salvaguarda el contenido del acumulador A en B

;**** Escritura en la Memoria de Largo Plazo ****
;Se escribe 1 en DIML22 y DIML21, y se escriben en el PDMSMLP los bits
DIML[20-13]
setb DIML22
setb DIML21
mov dptr,#PDMSMLP
movx @dptr,#11000100b

;los bits A[15-0] se cargan en el apuntador de datos concatenando los 3
;bits más significativos de MLP con los 13 menos significativos de la
;dirección deseada
mov dptr,#(MLP+1101010111100b)

EscribeMLP             ;Macro:mandos para habilitar escritura en MLP
mov a,b
movx @dptr,a           ;El dato se escribe en la MLP

```

Apéndice C. Programación del sistema de almacenamiento

(Programación del PAL)

SELDCS.PLD

'- DISPOSITIVO: PALCE22V10H (Analog Micro Devices)

Device 22v10

DIML21	1	' [E] Dirección 21
DIML22	2	' [E] Dirección 22
/RD	3	' [E] Lectura del 80C320
A15	4	' [E] Dirección 15
A14	5	' [E] Dirección 14
/WR	6	' [E] Escritura del 80C320
/PSEN	7	' [E] PSEN
A13	8	' [E] Dirección 13
RESET	9	' [E] Reinicialización del sistema
IniMem	10	' [E] Inicializa MLP
NC2	11	' [E] Sin conectar
GND	12	' Alimentación
NC3	13	' [E] Sin conectar
/RESETM	14	' [S] Reinicialización de MLP
SelRAux1	15	' [S] Selecciona PDMS ML/E
/SelExt	16	' [S] Selecciona PEO
SelRAux	17	' [S] Selecciona PDMS MLP
/SelMLEX	18	' [S] Selecciona MLEX
/SelMLE	19	' [S] Selecciona ML/E
/SelBL3	20	' [S] Selecciona bloque de MLP 3
/SelBL2	21	' [S] Selecciona bloque de MLP 2
/SelBL1	22	' [S] Selecciona bloque de MLP 1
/SelBL0	23	' [S] Selecciona bloque de MLP 0
Vcc	24	' Alimentación

start

```

/RESETM /= IniMem + RESET;
/SelMLEX /= psen */A15;
/SelMLE /= RD* A15* /A14 + WR* A15* /A14;
SelRAux = WR*/A15* A14; '???'
SelRAux1 = WR*/A15* /A14;
/SelExt /= RD*/A15* /A14;

/SelB10 /= RD* A15* A14* A13* /DIML22* /DIML21 + WR* A15* A14* A13*
DIML22* /DIML21;

/SelB11 /= RD* A15* A14* A13* /DIML22* DIML21 + WR* A15* A14* A13*
/DIML22* DIML21;

/SelB12 /= RD* A15* A14* A13* DIML22* /DIML21 + WR* A15* A14* A13*
DIML22* /DIML21;

/SelB13 /= RD* A15* A14* A13* DIML22* DIML21 + WR* A15* A14* A13*
DIML22* DIML21;

end

```