

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y
DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

ANALIZADOR DIGITAL DE ESPECTROS SISMICOS

TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS

ROMAN ERNESTO LOPEZ BONILLA

RESUMEN de la tesis de Roman Ernesto López Bonilla presentada como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS en FISICA APLICADA con opción en INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES. Ensenada, Baja California, México. Mayo de 1981.

ANALIZADOR DIGITAL DE ESPECTROS SISMICOS

Resumen aprobado:

Dr. K. S. Thyagarajan.
Director de tesis

Se describe el diseño y la construcción de un Analizador digital de Espectros, para el procesado de señales en un rango de 0. a 100. Hz. El sistema fué desarrollado en base a un microprocesador y un circuito de multiplicación.

El Analizador Digital de Espectros consta de cinco filtros digitales programamables en estructura de cascada. El orden de los filtros es programable y la frecuencia de muestreo de estos depende del numero de etapas que tenga cada filtro.

En el programa del microprocesador se utilizó aritmética de punto fijo, en dos complemento, 16 bits de precisión, y la multiplicación se realizó por circutería para aumentar la frecuencia de muestreo.

Una de las aplicaciones del Analizador se encuentra en el área de geofísica para el estudio de microsismos, en donde se manejan señales en un rango de 0.5 a 50. Hz, el cual se encuentra dentro del alcance del Analizador.

Se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio para esta aplicación especial.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

DEPARTAMENTO DE FISICA APLICADA

ANALIZADOR DIGITAL DE ESPECTROS SISMICOS

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta

ROMAN ERNESTO LOPEZ BONILLA

Ensenada, B. C., Mayo de 1981

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:

Dr. K.S. Thyagarajan, Director del Comité

M.C. Armando Albores, Miembro del Comité

M.C. Jaime Sánchez García, Miembro del Comité

M.C. Carlos Duarte, Miembro del Comité

M.C. Martín Celaya Barragán, Director del Departamento de
Física Aplicada


Dr. Enrique Carrillo Barrios-Gómez, Coordinador Académico

Tesis presentada en Mayo 29, 1981,

DEDICATORIA

Con cariño para mis padres por su esfuerzo y apoyo.

A mis hermanos Luis, Soledad, Juana, Alejandrina, Belen, Oscar e Israel.

A Carolina y Tercero por su cariño y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. K. S. Thyagarajan por los conocimientos y el apoyo brindado durante el desarrollo de esta tesis.

A mi asesor académico M. en C. Jaime Sánchez G. por su estrecha colaboración en este trabajo de tesis.

Al departamento de geofísica por el apoyo económico para este proyecto de tesis.

A los miembros de mi comité de tesis M. en C. Carlos Duarte y M. en C. Armando Albores por la revisión y crítica de este trabajo.

Al M. en C. Martín Celaya B. por las facilidades que me brindó en el transcurso de mis estudios de posgrado.

A la Sra. Socorro Regino de Carrillo por todas las facilidades que me brindó desde mi ingreso a esta institución como estudiante de posgrado.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Universidad de Guadalajara.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I INTRODUCCION.	1
II CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS FILTROS.	4
II.1 Filtros analógicos.	4
II.2 Filtros digitales.	4
II.2.1 La ecuación del filtro digital.	6
II.2.2 Función de transferencia del filtro digital.	6
II.2.3 Realización de filtros digitales.	8
III METODOS DE DISEÑO.	12
III.1 Antecedentes.	12
III.2 Requisitos de diseño.	12
III.3 Técnicas de diseño para los filtros digitales del Analizador Digital de Espectros Sísmicos (ADES).	14
III.3.1 Propiedades elementales de los filtros IIR.	15
III.3.2 Diseño de filtros digitales a partir de filtros analógicos.	16
III.3.3 Transformación bilineal.	17
III.3.4 El filtro Butterworth.	21
III.3.5 Transformación de frecuencias.	22
III.3.6 Factores de escala.	26
III.3.7 Cálculo de los coeficientes.	28

	<u>Página</u>
IV PROGRAMACION.	35
IV.1 Descripción de las secciones del programa.	35
IV.2 Descripción de banderas y contadores.	45
IV.3 Frecuencia de muestreo de los filtros del ADES.	49
V CIRCUITERIA.	51
V.1 Sistema ADES.	51
V.1.1 Sistema del microprocesador.	51
VI METODOS DE PRUEBA Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.	61
VII CONCLUSIONES.	85
LITERATURA CITADA.	87
APENDICE A. Técnicas de transformacion.	88
APENDICE B Listado de los programas y diagrama general del prototipo.	94

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Simbolos de los elementos del filtro digital.	5
2	Estructura de la forma directa I.	8
3	Estructura de la forma directa II.	10
4	Estructura de cascada.	11
5	Diagrama a cuadros del Analizador digital de Espectros Sísmicos (ADES).	13
6	Mapeo del plano S al plano Z por la transformación bilineal.	19
7	No linealidad introducida por la transformación bilineal.	19
8	Tecnica para la compensación de la no linealidad.	20
9	El filtro Buterworth.	23
10	Técnica de transformación.	24
11	Técnica de escalamiento para el filtro pasa bajas con estructura de cascada.	27
12	Técnica de escalamiento para los filtros pasa banda con estructura de cascada.	28
13	Respuesta a la frecuenciaa de un filtro pasa bajas con el programa BUTH.	34
13	Fase del filtro de la figura 13.	34
15	Diagrama a cuadros de las secciones y subrutinas para el procesador del ADES.	36
16	Diagrama de flujo para la segunda sección.	38
17	Diagrama de flujo para la tercera sección.	40
18	Diagrama de flujo para la cuarta sección.	42
19	Diagrama de flujo para la Quinta sección.	43
20	Diagrama de flujo para la sexta sección.	44

21	Diagrama de flujo de la subrutina INTER.	46
22	Diagrama de flujo para la subrutina RETAR.	47
23	Diagrama de flujo para la subrutina LETANA.	48
24	El sistema ADES.	52
25	Sistema del microprocesador.	53
26	Dispositivo 1 adquisición de los datos de la forma analógica.	56
27	Entrada y salida de los datos por el dispositivo 2.	56
28	Diagrama del dispositivo 3.	57
29	Operación del dispositivo 4 y 5.	58
30	Operación del dispositivo 6.	60
31	Salida de los datos analógica y digital.	60
32	Fotografía del sistema de desarrollo.	62
33	Respuesta al impulso del filtro 1.	63
34	Respuesta al impulso del filtro 2.	64
35	Respuesta al impulso del filtro 3.	65
36	Respuesta al impulso del filtro 4.	66
37	Respuesta al impulso del filtro 5.	67
38	Respuesta al impulso del filtro 1 del ADES.	68
39	Respuesta al impulso del filtro 2 del ADES.	69
40	Respuesta al impulso del filtro 3 del ADES.	70
41	Respuesta al impulso del filtro 4 del ADES.	71
42	Respuesta al impulso del filtro 5 del ADES.	72
43	a) Respuesta a la frecuencia del filtro 1 b) Fase.	73
44	a) Respuesta a la frecuencia del filtro 2 b) Fase.	75

Página

45	a) Respuesta a la frecuencia del filtro 3 b) Fase.	77
46	a) Respuesta a la frecuencia del filtro 4 b) Fase.	79
47	a) Respuesta a la frecuencia del filtro 5 b) Fase.	81
48	Fotografía del Prototipo.	84
49	Mapeo del plano S al plano Z correspondientes a las técnicas de transformación a) de retroceso b) de avance.	90
50	Mapeo del plano S al plano Z correspondientes a la técnica de transformación invariante al impulso	92
51	Distribución de los dispositivos en la tarjeta 1.	95
52	Distribución del ducto general (DG).	96

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Características de los filtros del ADES.	14
II	Translación de las contantes de ROM a RAM.	37
III	Descripción de banderas y contadores.	49
IV	Descripción de los puertos y memorias.	54

ANALIZADOR DIGITAL DE ESPECTROS SISMICOS

I. INTRODUCCION

Las señales intervienen en casi todos los campos de la ciencia y de la ingeniería (comunicaciones, control, radar, física, sísmología, etc). Existen dos clases de señales: "Señales continuas" y "Señales discretas". Una "señal continua" es aquella que puede ser definida en cualquier instante de tiempo; ejemplos de este tipo de señales son: variaciones de voltaje, la velocidad de un vehículo en el espacio en función del tiempo etc. Una "señal discreta" es aquella que sólo está definida en ciertos instantes de tiempo discreto, posiblemente cada milisegundo, cada segundo o cada día. Un ejemplo de este tipo de señales es la temperatura ambiente promedio diaria registrada en un lugar durante un año.

Una señal discreta, al igual que una señal continua, puede representarse por una función única llamada espectro de frecuencias de la señal.

El filtrado es un proceso que permite manipular a una señal de acuerdo a una especificación dada. Por ejemplo la señal dada puede ser amplificada, atenuada o aislada en un intervalo de su espectro de frecuencias.

Un filtro digital es un sistema que es utilizado para filtrar una señal discreta en el tiempo, y puede ser implementado por medio de un programa de computadora, por circuitería o ambas cosas. En cualquiera de los casos anteriores el filtro digital se usa para filtrar señales ya sean grabadas o en tiempo real. Una señal continua limitada en una banda de frecuencias puede transformarse en una señal discreta por medio de un muestreo e inversamente una señal discreta puede transformarse en una señal continua si cumple con el teorema de muestreo de Shannon (Taub, 1971). Como una consecuencia de esto, los los filtros digitales se utilizan para filtrar en tiempo real, procesos desarrolladas anteriormente por los filtros analogicos. Las ventajas de los filtros digitales sobre los filtros analogicos son:

1. La deriva de las componentes y señales espurias del medio ambiente no tienen influencia en el sistema desarrollado.

2. Mayor precisión.
3. Tamaño físico reducido.

Una ventaja aun más importante de los filtros digitales es que los parámetros del filtro pueden cambiarse fácilmente para modificar las características del filtro; lo que permite que el diseño sea programable. La principal desventaja es el costo de la circuitería, pero con la disponibilidad de los circuitos de alta escala de integración y los microprocesadores el costo se reduce día con día. Por estas razones el uso de filtros digitales es común en diversas áreas de investigación. En particular, en el área de sismología los filtros digitales han sido utilizados en el análisis espectral de ondas sísmicas, análisis que se requieren para el estudio de la atenuación que sufren las ondas sísmicas al viajar por la corteza terrestre.

OBJETIVO.

El objetivo de esta tesis es la construcción de cinco filtros digitales programables para el análisis de señales sísmicas. La construcción se llevará a cabo con el microprocesador 8085 y sus circuitos periféricos respectivos, además de un circuito multiplicador de 16 bits para disminuir el tiempo de multiplicación.

El analizador permite de descomponer una señal dada en cinco bandas de frecuencias de una octava cada una, en un rango de .5 a 50 Hertz. El orden de los filtros, así como las frecuencias de corte respectivas son programables.

ORGANIZACION.

La organización de esta tesis se desarrolla de la siguiente manera:

En el capítulo II se plantean las características generales de los filtros digitales, así como su realización física. En el capítulo III se analizan los requisitos de diseño, así como las técnicas utilizadas para el desarrollo del algoritmo del analizador. En el capítulo IV se describe el programa que desarrolla los filtros del analizador, así como las subrutinas que intervienen en él.

El capítulo V se describe el sistema del microprocesador, así como los circuitos periféricos asociados. En el capítulo VI se presentan algunos obtenidos experimentalmente y en el capítulo VII se hacen las conclusiones correspondientes a esta tesis.

II. - CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS FILTROS.

En este capitulo se hace una breve descripción de los filtros analógicos y la relación que tienen estos con los filtros digitales, así como descripción de los filtros digitales y su realización física.

II.1. - FILTROS ANALOGICOS.

Los filtros analogicos son diseñados en base a la teoria clasica de redes en donde intervienen elementos pasivos (resistencias, capacitores e inductores) que se relacionan traves de ecuaciones matemáticas fundamentales las cuales son:

$$v(\tau) = R i(\tau), \quad v(\tau) = L di(\tau)/dt, \quad i(\tau) = dv(\tau)/dt \quad (1)$$

R = resistencia

L = inductancia

C = capacitancia

v = voltaje

i = corriente

II.2. - FILTROS DIGITALES.

Cuando las ecuaciones anteriores se usan en conjunto con las leyes de Kirchhoff (Hayt, 1971), se generan un conjunto de ecuaciones diferenciales (en general ecuaciones reducibles a ecuaciones diferenciales lineales), las cuales caracterizan la red en cuestión.

Sin embargo los elementos que se usan en los filtros digitales no se comportan de la misma forma como los resistores, inductores y capacitores mencionados antes. Los elementos del filtro digital se describen en función de la relación de las muestras de entrada $U(n)$ con muestras de salida $V(n)$ como se

presenta en las siguientes ecuaciones, en lugar de la relación de voltage-corriente

Multiplicación $V(k) = a U(k)$

Suma $V(k) = U_1(k) + U_2(k) + U_3(k) + \dots + U_n(k)$ (2)

Retardo $V(k) = U(k-1)$

El significado de los símbolos y la representación de las operaciones se muestra en la figura 1.

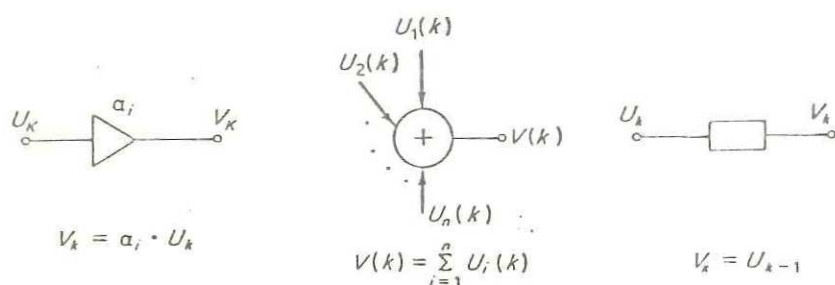


Figura 1. Símbolos de los filtros digitales.

II.2.1. - LA ECUACION DEL FILTRO DIGITAL.

Las operaciones que realizan los elementos del filtro digital (suma, multiplicación o retardo) se pueden combinar para representar el funcionamiento del mismo, el cual se expresa a través de ecuaciones de diferencia (apéndice A).

La ecuación representativa del filtro digital permite relacionar a la k -ésima muestra de la señal de entrada con $(k-r)$ muestras de entrada o salida anteriores, por medio de combinaciones lineales de los elementos del filtro digital.

por ejemplo, si se usan $n+1$ muestras en el proceso de combinación lineal requerido a lo largo de m muestras de salida previas, el k esimo valor de la muestra de salida estará dado por.

$$y(k) = a_0 x(k) + a_1 x(k-1) + a_2 x(k-2) + \dots + a_n x(k-n) - (b_1 y(k) + \dots + b_m y(k-m)) \quad (3)$$

En donde los coeficientes $a_0, a_1, \dots, a_n$ y $b_0, b_1, \dots, b_m$ son reales y constantes.

II.2.2. - FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL FILTRO DIGITAL.

La ecuación 3, la cual describe el funcionamiento del filtro digital en el tiempo puede transformarse al plano Z por una transformación definida como:

$$H(Z) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} h(n) Z^{-n} \quad (4)$$

En donde $H(Z)$ es la transformada Z de la secuencia $h(n)$, y $h(n) = y(n)/x(n)$. Aplicando esta transformación a la ecuación 3 se obtiene, para $n > 0$:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{a_0 + a_1 Z^{-1} + \dots + a_n Z^{-n}}{1 + b_1 Z^{-1} + \dots + b_m Z^{-m}} \quad (5)$$

En donde $Y(Z)$ y $X(Z)$ son las transformadas Z de la señal de entrada

y de salida respectivamente. La ecuación 5 describe la función de transferencia de una familia de filtros digitales, y el orden del filtro está dado por el exponente máximo del denominador. Basado en la forma de la ecuación 5 los filtros digitales se clasifican como sigue:

a) Filtros generales recursivos, los cuales tienen una función de la forma dada por la ecuación 5. Llamados también filtros IIR o de Respuesta Infinita al Impulso (Infinite Impulse Response).

b) Filtros generales no recursivos, los cuales contienen una función de transferencia de la forma:

$$H(Z) = a_0 + a_1 Z^{-1} + \dots + a_n Z^{-n} \quad (6)$$

llamados también filtros FIR o de respuesta finita al impulso (Finite Impulse Response).

El numerador y el denominador de la función general de transferencia de los filtros IIR son polinomios en la variable compleja Z con coeficientes reales, por lo tanto la ecuación 5 puede factorizarse de la siguiente forma:

$$H(Z) = K \frac{(1 - \alpha_1 Z^{-1})(1 - \alpha_2 Z^{-1}) \dots (1 - \alpha_N Z^{-1})}{(1 - \beta_1 Z^{-1})(1 - \beta_2 Z^{-1}) \dots (1 - \beta_M Z^{-1})} \quad (7)$$

En donde α_i y β_i son reales o complejos, en el caso de ser complejos, ocurren en pares conjugados, el coeficiente K es real.

Las constantes α_i y β_i son los ceros y polos del sistema respectivamente en el plano Z .

Para obtener la respuesta en frecuencia del filtro digital se evalúa la ecuación 5 o 7 en $Z = e^{j\omega}$, esto es:

$$H(Z = e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| \angle \theta(\omega T) \quad (8)$$

En donde T es el período de muestreo del filtro digital, $H(ej\omega)$ es la magnitud de la respuesta y $\phi(\omega T)$ la fase.

II. 2. 3. - REALIZACION DE FILTROS DIGITALES.

Como se vió en la sección anterior, un filtro digital se representa por la ecuación 5, la cual puede ser reescrita de la siguiente forma:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{\sum_{i=0}^N a_i Z^{-i}}{\sum_{i=0}^M b_i Z^{-i}} \quad (9)$$

Y representada en el tiempo es:

$$y(n) = \sum_{i=0}^N a_i x(n-i) - \sum_{i=0}^M b_i y(n-i) \quad (10)$$

la cual puede realizarse en una estructura simple llamada forma "directa I" y que se muestra en la figura 2.

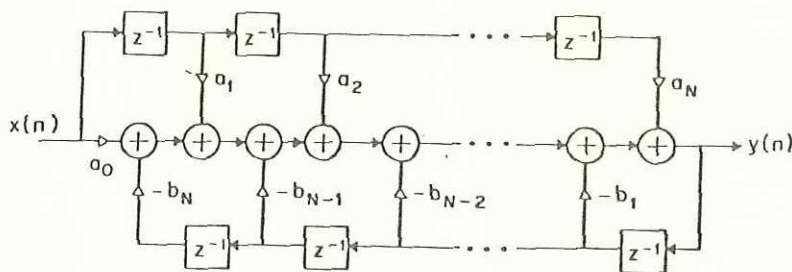


Figura 2. Estructura de la forma directa I.

Reorganizando la ecuación 7 se tiene.

$$H(Z) = \left[\frac{1}{\sum_{i=0}^M b_i Z^{-i}} \right] \sum_{i=0}^N a_i Z^{-i} = H_1(Z) H_2(Z) \quad (11)$$

$M \geq N$

Proponiendo las funciones $H_1(Z)$ y $H_2(Z)$ de la forma:

$$H_1(Z) = \frac{W(Z)}{X(Z)} = \frac{1}{\sum_{i=0}^M b_i Z^{-i}} \quad (12)$$

$$H_2(Z) = \frac{Y(Z)}{W(Z)} = \sum_{i=0}^N a_i Z^{-i} \quad (13)$$

Se obtienen las ecuaciones de diferencia siguiente respectivamente:

$$w(n) = x(n) - \sum_{i=0}^M b_i w(n-i) \quad (14)$$

$$y(n) = \sum_{i=0}^N a_i w(n-i) \quad (15)$$

Esta nueva configuración puede realizarse a través de la estructura mostrada en la figura 3, denominada forma "directa II".

Una tercera estructura puede obtenerse si se reescribe la ecuación 8 de la siguiente manera:

$$H(Z) = \prod_{i=1}^{M/2} H_i(Z) \quad (16)$$

en donde $H_i(z)$ son secciones de segundo orden del filtro digital de la forma:

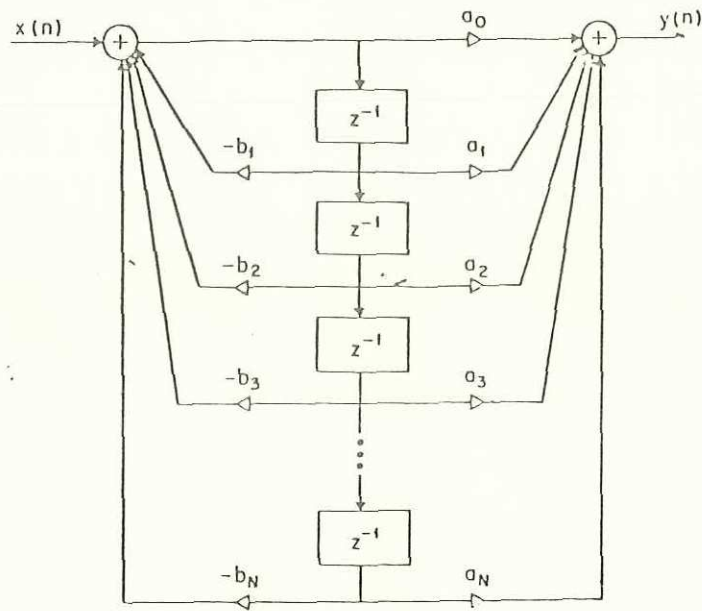


Figura 3. Estructura de la forma directa II.

$$H_i(Z) = \frac{1 + a_{1i} Z^{-1} + a_{0i} Z^{-2}}{1 + b_{1i} Z^{-1} + b_{0i} Z^{-2}} \quad (17)$$

o secciones de primer orden.

$$H_i(Z) = \frac{1 + a_i Z^{-1}}{1 + b_i Z^{-1}} \quad (18)$$

La realización de la ecuación 16 es llamada "forma de cascada" y se presenta en la figura 4. Las secciones individuales de la figura 4 pueden ser realizadas en cualquiera de las estructuras I o II anteriormente mencionadas. Para la realización de los filtros digitales del Analizador Digital de Espectros Sísmicos (ADES), se usaron secciones en cascada con estructura de la forma directa II.

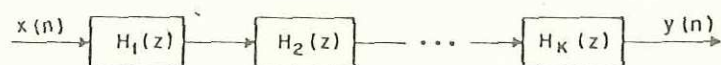


Figura 4. Estructura de cascada.

III. - METODOS DE DISEÑO.

En este capítulo se describe la técnica empleada en el diseño de los filtros del Analizador Digital de Espectros Sísmicos, así como el tipo de filtro empleado para este proposito.

III. 1. - ANTECEDENTES.

Ciertos estudios geofisicos de gran relevancia tales como; atenuación de ondas sísmicas por la corteza de la tierra (Aki, 1969) y estudios de parametros de falla (Brune, 1968) son realizados en el espacio de frecuencias. El analisis en frecuencia de las señales sísmicas digitales con un contenido de frecuencias de 0 a 50 Hz, han sido realizados utilizando técnicas tradicionales como la "Transformada Rapida de Fourier".

Actualmente, los estudios geofisicos mencionados anteriormente pueden realizarse utilizando filtros digitales, los cuales permiten analizar espectralmente a la señal sísmica en tiempo real.

III. 2. - REQUISITOS DE DISEÑO.

El analisis espectral de las ondas sísmicas se realizará como se muestra en el diagrama de la figura 5, denominado Analizador Digital de Espectros Sísmicos (ADES), el ADES es capaz de admitir señales analógicas o digitales (12 bit en paralelo). Cada cuadro del diagrama del ADES (fig. 5) esta formado por un filtro de banda estrecha que tiene magnitud unitaria y fase lineal para evitar distorsion en la señal de entrada.

Los estudios que han sido realizados anteriormente con filtros de banda estrecha (Tsujiura, 1966) han utilizado filtros con características mostradas en la tabla I.

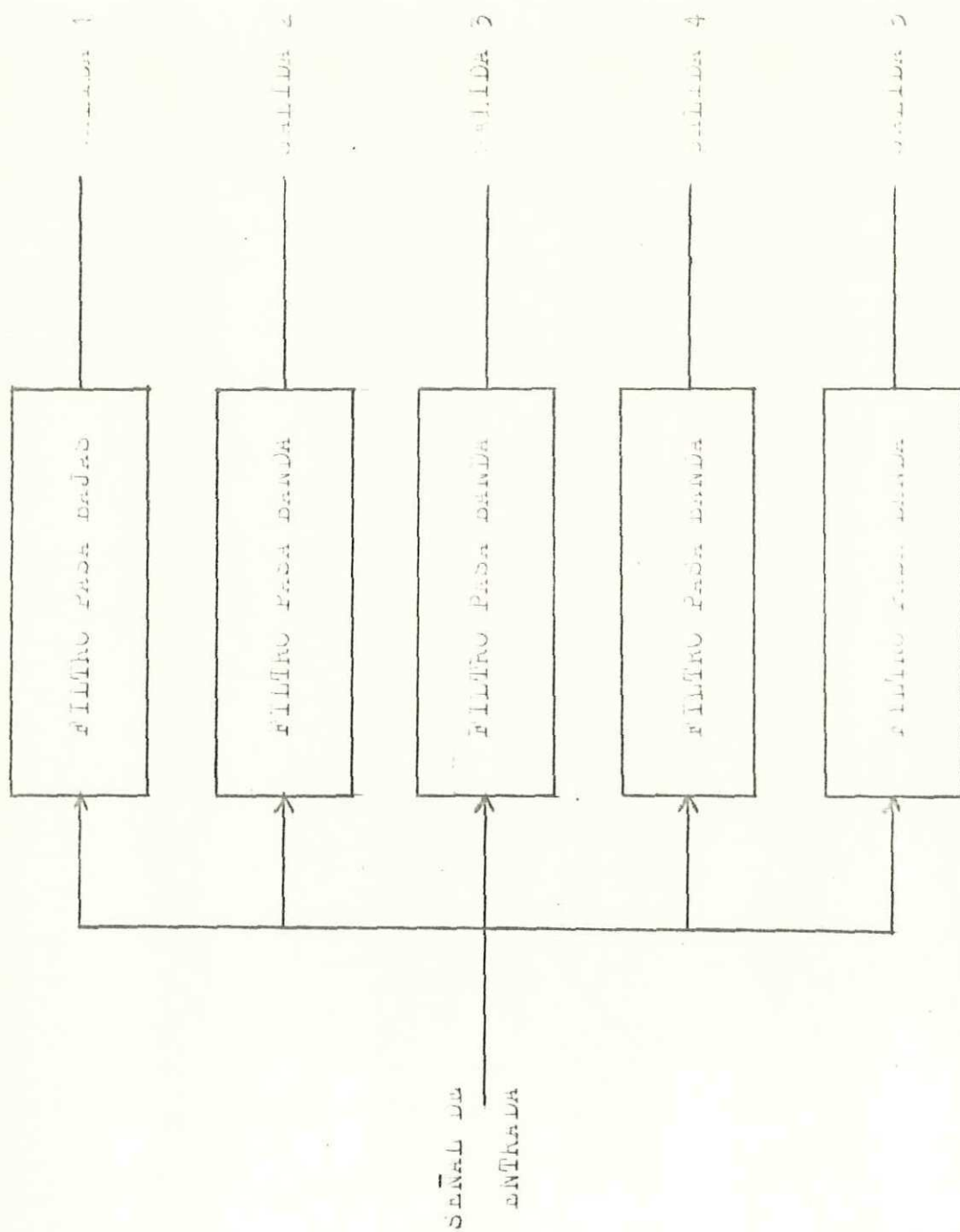


figura 2. Diagrama a cuadros del analizador digital de espectros sísmicos (A.D.S.).

Filtro No.	Ancho de Banda	Frecuencia central
1	1.0	0.75
2	1.7	2.1
3	4.5	6.0
4	10.0	15.0
5	16.0	32.0

Tabla I. Características de los filtros del ADES.

III.3. - TECNICAS DE DISEÑO PARA LOS FILTROS DIGITALES DEL ANALIZADOR DIGITAL DE ESPECTROS (ADES).

En esta sección se discuten las técnicas usadas en el diseño de los filtros digitales del ADES. Los filtros usados en el ADES son del tipo IIR (respuesta infinita al impulso) con las siguientes restricciones:

$$h(n) = 0 \quad n < 0 \quad (19)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} h(n) < \infty \quad (20)$$

Esto significa que el filtro es causal y estable. La forma más general de la transformada Z de un filtro IIR puede escribirse como:

$$H(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n) Z^{-n} = \frac{b_i Z^{-i}}{1 + a_1 Z^{-1}} \quad (21)$$

En donde al menos una de las constantes a_i no es cero y todas las raíces del denominador no se cancelan con las raíces del numerador.

El filtro de la ecuación 21 tiene en general, M ceros finitos y N polos finitos. Los ceros de $H(Z)$ pueden estar en cualquier lugar del plano Z , los polos deberán de estar dentro del círculo unitario del plano Z por razones de estabilidad.

III.3.1. - PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS FILTROS IIR.

Para conocer las características de un filtro, es necesario determinar tanto la magnitud de su respuesta y la fase de su respuesta en frecuencia.

Magnitud cuadrática.

Cuando un filtro IIR es determinado estrictamente en términos de una aproximación de su magnitud (la fase se desprecia), es conveniente considerar el diseño en términos de la magnitud cuadrática de la función, la cual esta definida como,

$$\left| H(e^{j\omega}) \right|^2 = \left| H(Z)H(Z^{-1}) \right|_{Z=e^{j\omega}} \quad (22)$$

Los polos y los ceros de la magnitud cuadrática de la función estan distribuidos con simetria de imagen-espejo con respecto al círculo unitario del plano Z . En la mayoría de los casos, los ceros de $H(Z)$ se seleccionados como ceros de la magnitud cuadrática de la función, y se distribuyen dentro o sobre círculo unitario del plano Z ; en este ultimo caso el filtro resultante es un filtro de fase mínima (Rabiner, 1975). A continuación se dan algunas definiciones pertinentes.

a) Fase.

La función de un filtro digital IIR es generalmente una función compleja de ω , la cual tiene magnitud y fase. La respuesta de la fase esta definida como:

$$\beta(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}[H(z)]}{\text{Re}[H(z)]} \right] \quad Z=e^{j\omega} \quad (23)$$

y $H(z)$ se puede escribir como:

$$H(Z) = |H(Z)| e^{j\omega} \quad (24)$$

b) Retardo de grupo.

El retardo de grupo de un filtro es una medida del promedio de retardo del filtro como una función de la frecuencia y está definido como

$$\tau_g(e^{j\omega}) = - \frac{d\beta(e^{j\omega})}{d\omega} = -jz \frac{d\beta}{dz} \quad z=e^{j\omega} \quad (25)$$

Esta ecuación también puede escribirse

$$\tau_g(e^{j\omega}) = -\text{Re} \left[Z \frac{dH(z)/dz}{H(z)} \right] \quad Z=e^{j\omega} \quad (26)$$

$$= -\text{Re} \left[Z \frac{d}{dZ} \left[\ln H(z) \right] \right] \quad Z=e^{j\omega} \quad (27)$$

Para minimizar la distorsión, una característica deseable de un filtro es que el retardo de grupo sea aproximadamente constante sobre la banda pasante de frecuencias (Rabiner, 1975).

III.3.2. - DISEÑO DE FILTROS DIGITALES A PARTIR DE FILTROS ANALÓGICOS.

El problema de diseñar filtros digitales IIR radica en encontrar los coeficientes del filtro (b_i y a_i ecuación 21) tal que

algunos aspectos (respuesta en el tiempo, respuesta en la frecuencia, retardo de grupo, retardo de fase, etc.) se aproxime a las especificaciones del filtro analógico prototipo con un determinado grado de exactitud.

Las técnicas más comunes para diseñar filtros IIR consisten en digitalizar un filtro analógico de tal manera que satisfaga las condiciones de diseño. Existen muchas técnicas para el diseño de filtros analógicos prototipos, cuando las especificaciones son de la forma de filtros pasa-baja, pasa-altas, pasa-banda o elimina-banda.

Existen un numero de filtros analógicos muy conocidos, tales como Butterworth, Bessel, Chebyshev tipo I y tipo II, Cauer o Elíptico.

III.3.3. - TRANSFORMACION BILINEAL.

La técnica seleccionada para el diseño de los filtros digitales del ADES fue la de transformación bilineal por no introducir translapés en la frecuencia (apéndice A). Esta transformación esta dada por (Oppenheim, 1975):

$$S \rightarrow \frac{1 - Z^{-1}}{1 + Z^{-1}} \quad (28)$$

Y su relación inversa esta dada por

$$Z = \frac{(1 + S)}{(1 - S)} \quad (29)$$

Para $Z = e^{j\omega}$ y $S = \sigma + j\omega$

$$e^{j\omega} = \frac{1 + \sigma + j\omega}{1 - \sigma - j\omega} \quad (30)$$

Entonces

$$r = \frac{(1+\sigma)^2 + \omega^2}{(1-\sigma)^2 + \omega^2}^{1/2} \quad (31)$$

$$\Omega = \tan^{-1} \frac{\omega}{1+\sigma} + \tan^{-1} \frac{\omega}{1-\sigma} \quad (32)$$

Para el eje $j\omega$, $\sigma = 0$ y $r = 1$

$$\Omega = 2 \tan^{-1} \omega \quad (33)$$

El resultado de esta transformación se muestra en la figura 6, en donde se observa que la región izquierda del plano S se transporta adentro del círculo unitario, la región derecha del plano S se transporta fuera del círculo unitario del plano Z .

Un problema que presenta esta técnica es el de introducir corrimientos en la frecuencia del filtro digital, ya que la ecuación 33 no es lineal, como se observa en la figura 7. El problema de corrimiento en frecuencia se resuelve por medio de una transformación que evite la no linealidad de frecuencia (Rabiner, 1975).

El proceso de diseñar un filtro digital se resume de la siguiente forma:

a) Supongamos que existan cuatro frecuencias (ω_1 , ω_2 , ω_3 y ω_4) usando la relación de la ecuación 33, las frecuencias de corte son convertidas a un nuevo conjunto de frecuencias de corte analógicas (Ω_1 , Ω_2 , Ω_3 y Ω_4), como se muestra en la parte superior derecha de la figura 8.

b) Finalmente con este resultado se diseña un filtro analógico con la corrección de las frecuencias de corte como se muestra en la parte superior izquierda de la figura 8. Aplicando ahora la transformación bilineal a este tipo de filtro analógico, obtendremos un filtro digital con las frecuencias de corte deseadas.

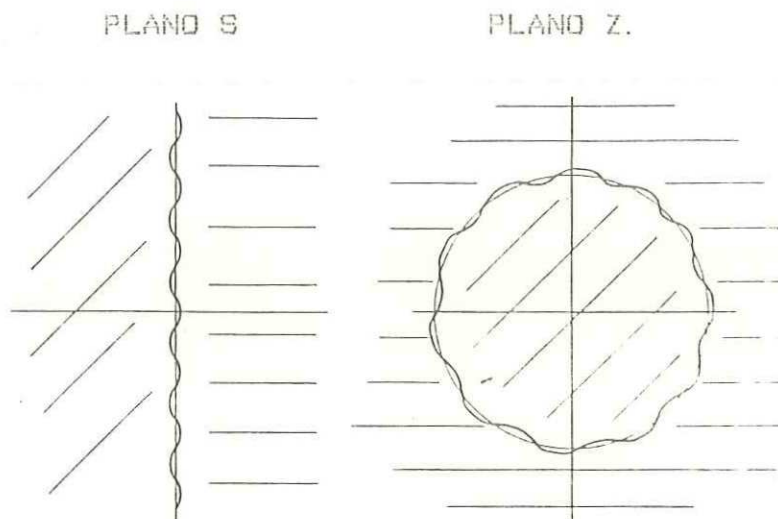


Figura 6. Mapeo del plano S al plano Z por la transformacion bilineal.

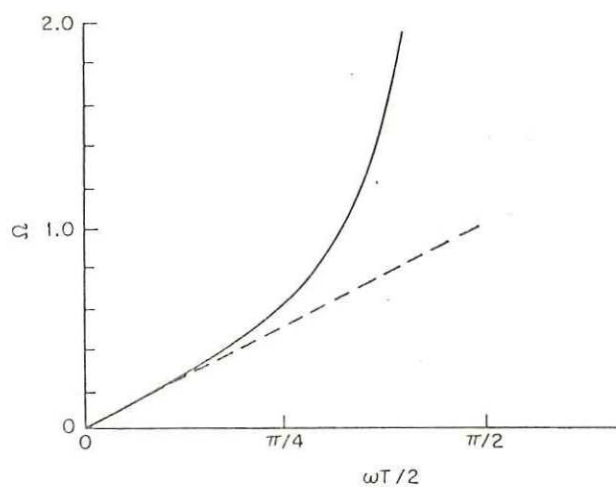


Figura 7. Nolinealidad introducida por la transformacion bilineal.

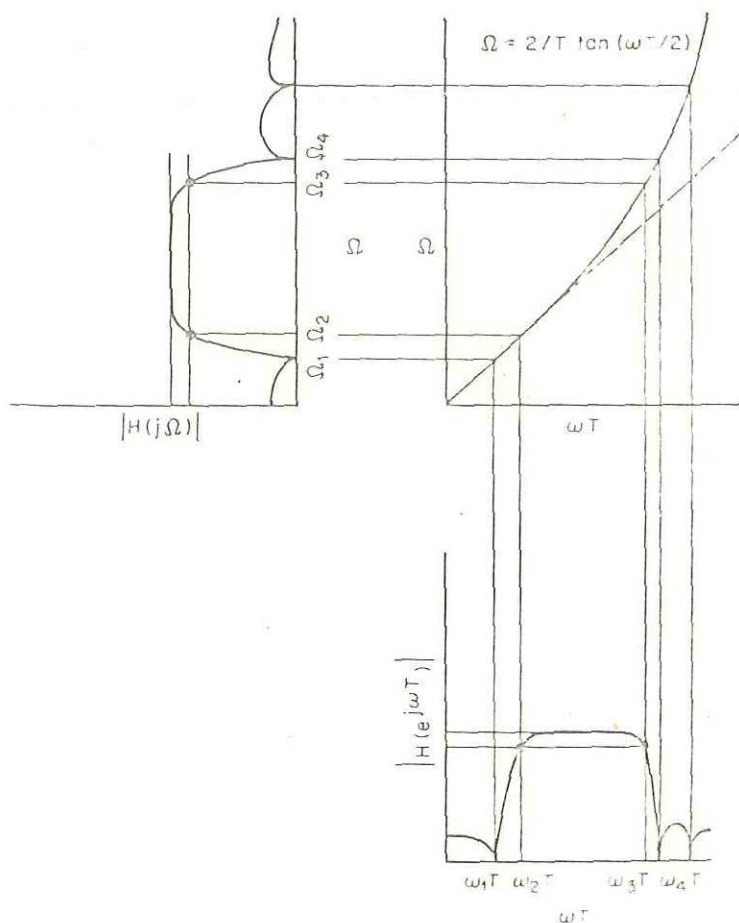


Figura 8. Tecnicas para la compensación de la no linealidad para la transformación bilineal.

III.3.4. - EL FILTRO BUTTERWORTH.

Los filtros Butterworth pasa-bajas se caracterizan por la propiedad de que la magnitud es máximamente plana desde el origen del plano S hasta la frecuencia de corte (Kuo, 1966). La respuesta de la magnitud cuadrática de un filtro Butterworth normalizado con frecuencia de corte en 1 rad/seg es:

$$|H(\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + (\Omega^2)^n} \quad (34)$$

En donde, n es el orden del filtro. Por una continuación analítica la ecuación 34 puede escribirse como:

$$H(S)H(-S) = \frac{1}{1 + (-S^2)^n} \quad (35)$$

Los polos de la ecuación 35 están igualmente espaciados en el círculo unitario del plano S . Por asociación, los polos en la parte izquierda del plano S en la ecuación 35, se pueden agrupar como:

$$H(S) = \frac{K_0}{\prod_{k=1}^n (S - S_k)} \quad (36)$$

En donde $S = e^{j\pi(1/2 + (2K-1)/2n)}$

Y K_0 es una constante de normalización del filtro Butterworth. De la ecuación (34) y (36) se derivan varias propiedades.

a) Los filtros Butterworth contienen polos solamente (los ceros de $H(s)$ están todos en infinito).

b) La magnitud de los filtros Butterworth es 0.7071 a 1

radián/seg (definida como frecuencia de corte).

c) El orden caracteriza completamente al filtro.

En la figura 9 se muestran los polos de la función de transferencia del filtro Butterworth así como la respuesta en frecuencia para diferentes órdenes.

III.3.5. - TRANSFORMACION DE FRECUENCIAS.

En la sección anterior se discutió la técnica utilizada para el diseño de filtros digitales a partir de filtros analógicos. La técnica utilizada para el diseño de los filtros del ADES se ilustra en la figura 10. Como se observa en la figura, primero se obtiene el filtro analógico prototipo, después se aplica la transformada bilineal (con la corrección en la frecuencia) y finalmente se, obtiene el filtro digital pasa-bajas, pasa altas, pasa banda o elimina banda requerido. Las ecuaciones para la transformación de un filtro digital pasa baja prototipo a un filtro digital pasa baja, pasa alta, pasa banda o elimina banda son mostradas en las siguientes ecuaciones:

1) De Pasa bajas prototipo a Pasa bajas

$$Z^{-1} \rightarrow \frac{Z^{-1} - \alpha}{1 - \alpha Z^{-1}} \quad (37)$$

En donde:

$$\alpha = \frac{\text{sen}\{[\omega_c - \omega_u]/2IT\}}{\text{sen}\{[\omega_c + \omega_u]/2IT\}} \quad (38)$$

ω_u = frecuencia de corte pasa-bajas deseada.

ω_c = frecuencia de corte del filtro prototipo.

2) De Pasa bajas prototipo a Pasa altas

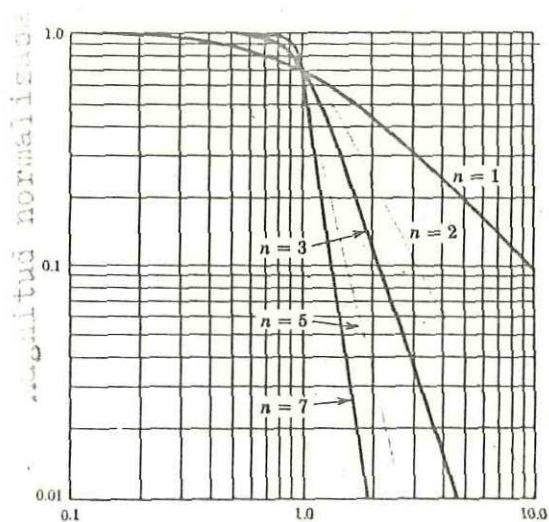
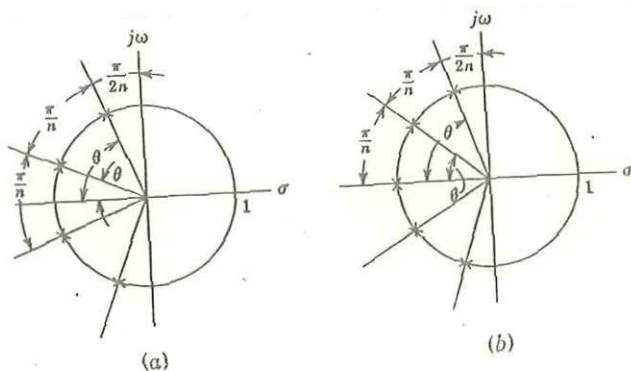


Figura 9. Filtro Butterworth a) posición de los polos para una función par. b) función non. c) respuesta en frecuencia de un filtro Butterworth normalizado.



Figura 10. Técnica de transformación.

$$Z^{-1} \rightarrow - \frac{Z^{-1} + \alpha}{1 + \alpha Z^{-1}} \quad (39)$$

En donde:

$$\alpha = - \frac{\cos\{[(\omega_c - \omega_u)/2]T\}}{\cos\{[(\omega_c + \omega_u)/2]T\}} \quad (40)$$

ω_c = frecuencia de corte del filtro prototipo.

ω_u = frecuencia de corte del filtro pasa alta.

3) De Pasa bajas prototipo a Pasa banda

$$Z^{-1} \rightarrow \frac{\{Z^{-2} - [2\alpha k/(k+1)]Z^{-1} + (k-1)/(k+1)\}}{\{(k-1)/(k+1)Z^{-2} - [2\alpha k/(k+1)]Z^{-1} + 1\}} \quad (41)$$

En donde:

$$\alpha = \cos(\omega_o T) = \frac{\cos\{[(\omega_c + \omega_1)/2]T\}}{\cos\{[(\omega_c - \omega_1)/2]T\}} \quad (42)$$

y

$$k = \cot \left[\frac{\omega_c - \omega_1}{2} T \right] \cdot \tan(\omega_c T/2) \quad (43)$$

ω_o = frecuencia central del filtro pasa banda

ω_c = frecuencia de corte del filtro prototipo.

4) De Pasa bajas prototipo a Elimina banda

$$Z^{-1} \frac{\{Z^{-2} - [2\alpha / (1 + k)]Z^{-1} + (1 - k)/(1 + k)\}}{\{[(1 - k)/(1 + k)]Z^{-2} - [2\alpha / (1 + k)]Z^{-1} + 1\}} \quad (44)$$

En donde:

$$\alpha = \cos(\omega_0 T) = \frac{\cos\{[(\omega_c + \omega_1)/2]T\}}{\cos\{[(\omega_c - \omega_1)/2]T\}} \quad (45)$$

Y

$$= \tan \left[\frac{\omega_c - \omega_1}{2} T \right] \cdot \tan(\omega_c T/2) \quad (46)$$

ω_0 = frecuencia central de la banda eliminada

ω_c = frecuencia de corte del filtro prototipo.

III. 3. 6. - FACTORES DE ESCALA.

Para prevenir niveles de sobre flujo en ciertos puntos de los filtros del ADES, se procedió a escalarlo de tal forma que no ocurran estos niveles. El metodo empleado para escalar los coeficientes basado en la figura 11 se muestra en las siguientes ecuaciones (Jackson, 1969).

$$K_0 = \frac{1}{\max \left\{ \|F_1\|, \|H_1\| \right\}} \quad (47)$$

En donde la norma esta definida como

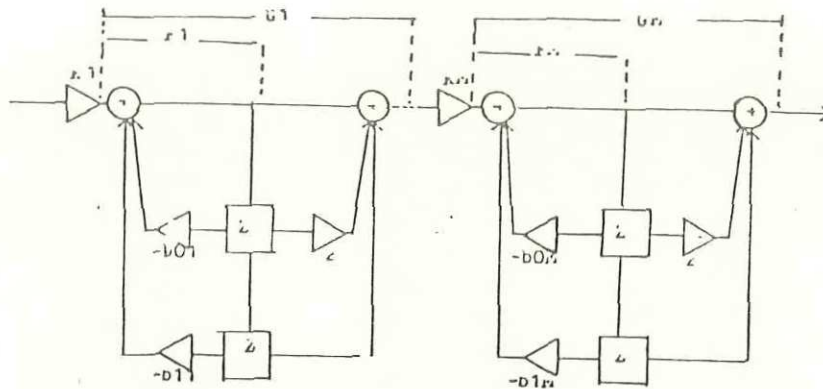


Figura 11. Técnica de escalamiento para el filtro pasa-bajas con estructura de cascada.

$$\|F\| = \text{Max } F(e^{j\omega}) \quad (48)$$

Y

$$K_n = \frac{1}{K_0 K_1 \dots K_n} \frac{1}{\|H_1 H_2 \dots H_n\|}, \quad \|H_i\| \quad (49)$$

Y para la estructura pasa baja usada (fig. 11).

$$F_i(Z) = \frac{1}{1 + b_{1i} Z^{-1} + b_{0i} Z^{-2}} \quad (50)$$

$$H(Z) = \frac{(1 + Z^{-1})^2}{1 + b_{1i} Z^{-1} + b_{0i} Z^{-2}} \quad (51)$$

Para los filtros pasa-banda, la estructura realizada se muestra en la figura 12, la técnica de escalamiento es la misma.

Quedando la ecuación 51 de la forma,

$$H_i(Z) = \frac{1 - Z^{-2}}{1 + b_{1i} Z^{-1} + b_{0i} Z^{-2}} \quad (52)$$

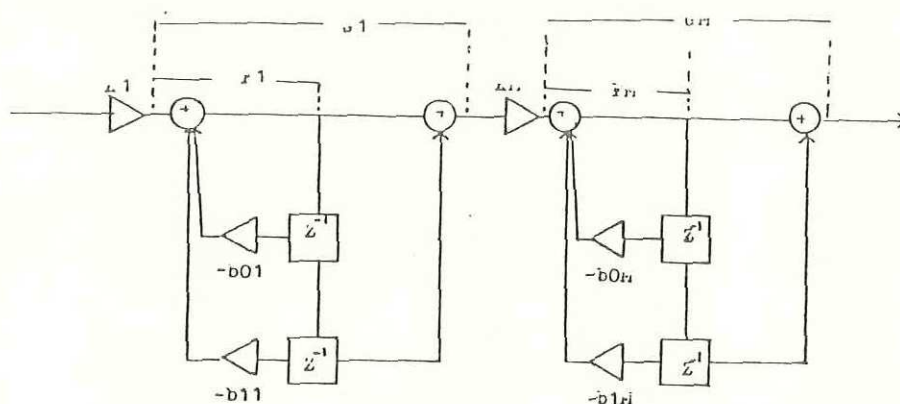


Figura 12. Técnica de escalamiento de los filtros pasa-banda con estructura de cascada.

III.3.7. - CALCULO DE LOS COEFICIENTES.

Con las técnicas discutidas en las secciones anteriores y tomando los filtros Butterworth como el filtro analógico base, se construyó el programa BUTH en FORTRAN IV (apéndice B), el cual calcula los coeficientes de los filtros digitales para el ADES.

A continuación se muestra un ejemplo del programa BUTH para un filtro pasa baja de orden 6 y una frecuencia de corte de 15.0 Hz.

OK, R *BUTH

ESPECIFICACIONES DEL FILTRO

LP POR PASABAJA
 HP POR PASAALTA
 BP POR PASABANDA
 BS POR ELIMINABANDA

TIPO DE FILTRO	? LP
FRECUENCIA DE CORTE EN HERTZ	? 15.
FRECUENCIA DE MUESTREO EN HERTZ	? 60.
CALCULO N	? NO
DAME EL VALOR DE N	? 6

RESULTADOS DE DISEÑO

POLOS NORMALIZADOS EN EL PLANO S

PARTE REAL	PARTE IMAGINARIA
-0.25881845E 00	0.96592581E 00
-0.70710599E 00	0.70710742E 00
-0.96592546E 00	0.25882024E 00
-0.96592546E 00	-0.25882024E 00
-0.70710599E 00	-0.70710742E 00
-0.25881845E 00	-0.96592581E 00

POLOS DEL FILTRO PROTOTIPO EN EL PLANO Z

PARTE REAL	PARTE IMAGINARIA
------------	------------------

0.00000000E 00	0.76732719E 00
0.00000000E 00	0.41421407E 00
0.00000000E 00	0.13165310E 00
0.00000000E 00	-0.13165310E 00
0.00000000E 00	-0.41421407E 00
0.00000000E 00	-0.76732719E 00

POLOS DEL FILTRO REQUERIDO

PARTE REAL	PARTE IMAGINARIA
------------	------------------

0.28409801E-06	0.76732719E 00
0.20949366E-06	0.41421407E 00
0.18191324E-06	0.13165310E 00
0.18191324E-06	-0.13165310E 00
0.20949366E-06	-0.41421407E 00
0.28409801E-06	-0.76732719E 00

COEFICIENTES DEL FILTRO REQUERIDO

SECTION # 1

B1 = -0.56819601E-06 B0 = 0.58879089E 00

SECTION # 2

B1 = -0.41898733E-06 B0 = 0.17157325E 00

SECTION # 3

B1 = -0.36382647E-06 B0 = 0.17332532E-01

CONSTANTE DE NORMALIZACION = 0.29588178E-01
FACTORES DE ESCALA EN ORDEN POR SECCION

0. 19869778E 00 0. 37559968E 00

0. 39646077E 00

RESPUESTA DEL FILTRO FINAL

FRECUENCIA	MAGNITUD	FASE
0. 00000000	1. 00000048	0. 00000053
0. 00500000	0. 99999928	-0. 21564248
0. 01000000	0. 99999964	-0. 43136746
0. 01500000	0. 99999964	-0. 64725673
0. 02000000	0. 99999964	-0. 86339223
0. 02500000	0. 99999928	-1. 07985878
0. 03000000	0. 99999917	-1. 29674006
0. 03500000	1. 00000000	-1. 51412177
0. 04000000	0. 99999952	-1. 73209310
0. 04499999	1. 00000000	-1. 95074296
0. 05000000	0. 99999940	-2. 17016411
0. 05500000	0. 99999988	-2. 39045334
0. 05999999	0. 99999952	-2. 61170530
0. 06500000	0. 99999940	-2. 83402205
0. 06999999	0. 99999988	-3. 05751562
0. 07499999	0. 99999988	-3. 28228998
0. 08000000	0. 99999928	-3. 50846720
0. 08499999	0. 99999917	-3. 73616171
0. 08999999	0. 99999976	-3. 96550846
0. 09500000	0. 99999917	-4. 19664192
0. 09999999	0. 99999905	-4. 42970657
0. 10499999	0. 99999821	-4. 66485691
0. 11000000	0. 99999738	-4. 90225792
0. 11499999	0. 99999559	-5. 14208603
0. 11999999	0. 99999273	-5. 38453293
0. 12500000	0. 99998772	-5. 62980652
0. 13000000	0. 99997818	-5. 87813282
0. 13499999	0. 99996376	-6. 12976742
0. 13999999	0. 99994063	-6. 38497257
0. 14499998	0. 99990511	-6. 64405537
0. 14999998	0. 99984741	-6. 90735722
0. 15499997	0. 99975741	-7. 17525196
0. 16000000	0. 99962008	-7. 44816875
0. 16499999	0. 99940860	-7. 72659016
0. 16999999	0. 99908614	-8. 01106071
0. 17499998	0. 99860084	-8. 30222511
0. 17999998	0. 99787354	-8. 60080147

0. 18499997	0. 99678969	-8. 90762329
0. 19000000	0. 99518323	-9. 22366142
0. 19499999	0. 99281716	-9. 55000877
0. 19999999	0. 98935592	-9. 88792610
0. 20499998	0. 98433006	-10. 23880577
0. 20999998	0. 97709155	-10. 60416031
0. 21499997	0. 96677649	-10. 98554039
0. 22000000	0. 95227444	-11. 38439751
0. 22499999	0. 93224049	-11. 80184174
0. 22999999	0. 90518129	-12. 23832512
0. 23499998	0. 86967301	-12. 69316864
0. 23999998	0. 82471573	-13. 16418266
0. 24499997	0. 77017188	-13. 64738083
0. 25000000	0. 70710874	-14. 13715935
0. 25500000	0. 63784111	23. 07217407
0. 25999999	0. 56555152	22. 58897781
0. 26499999	0. 49363381	22. 11796570
0. 26999998	0. 42503029	21. 66311264
0. 27499998	0. 36184418	21. 22663498
0. 27999997	0. 30524778	20. 80918121
0. 28499997	0. 25563055	20. 41032791
0. 28999996	0. 21282828	20. 02894974
0. 29499996	0. 17634395	19. 66359329
0. 29999995	0. 14551902	19. 31271744
0. 30499995	0. 11964771	18. 97479630
0. 30999994	0. 09804404	18. 64844894
0. 31500000	0. 08007732	18. 33240891
0. 31999999	0. 06518611	18. 02558517
0. 32499999	0. 05288202	17. 72700882
0. 32999998	0. 04274481	17. 43584824
0. 33499998	0. 03441716	17. 15137482
0. 33999997	0. 02759621	16. 87295532
0. 34499997	0. 02202712	16. 60004044
0. 34999996	0. 01749566	16. 33214569
0. 35499996	0. 01382222	16. 06884384
0. 35999995	0. 01085651	15. 80975914
0. 36499995	0. 00847291	15. 55455399
0. 36999995	0. 00656669	15. 30292130
0. 37500000	0. 00505060	15. 05459404
0. 38000000	0. 00385208	14. 80931473
0. 38499999	0. 00291101	14. 56686592
0. 38999999	0. 00217759	14. 32703972
0. 39499998	0. 00161074	14. 08963966
0. 39999998	0. 00117668	13. 85449028
0. 40499997	0. 00084774	13. 62142754
0. 40999997	0. 00060134	13. 39029312
0. 41499996	0. 00041918	13. 16094589
0. 41999996	0. 00028650	12. 93325043
0. 42499995	0. 00019148	12. 70707321
0. 42999995	0. 00012473	12. 48229599
0. 43499994	0. 00007888	12. 25880432
0. 44000000	0. 00004819	12. 03648567

0.44499999	0.00002826	11.81523323
0.44999999	0.00001579	11.59494591
0.45499998	0.00000831	11.37552261
0.45999998	0.00000406	11.15687561
0.46499997	0.00000181	10.93890190
0.46999997	0.00000071	10.72151947
0.47499996	0.00000024	10.50463867
0.47999996	0.00000006	10.28816986
0.48499995	0.00000001	10.07203293
0.48999995	0.00000000	9.85613823
0.49499995	0.00000000	9.64040947

QUIERE GRAFICAR : SI

QUIERE GRAFICAR FREQ. CONTRA MAGNITUD : !SI

ENTER PLOT FILE NAME: MAG

ERROR OUTPUT DEVICE (T=TERMINAL, F=FILE) - T

QUIERE GRAFICAR FREQ. CONTRA FASE : SI

ENTER PLOT FILE NAME: FASE

ERROR OUTPUT DEVICE (T=TERMINAL, F=FILE) - T

Los resultados graficos se muestran en las figuras 13 y 14.

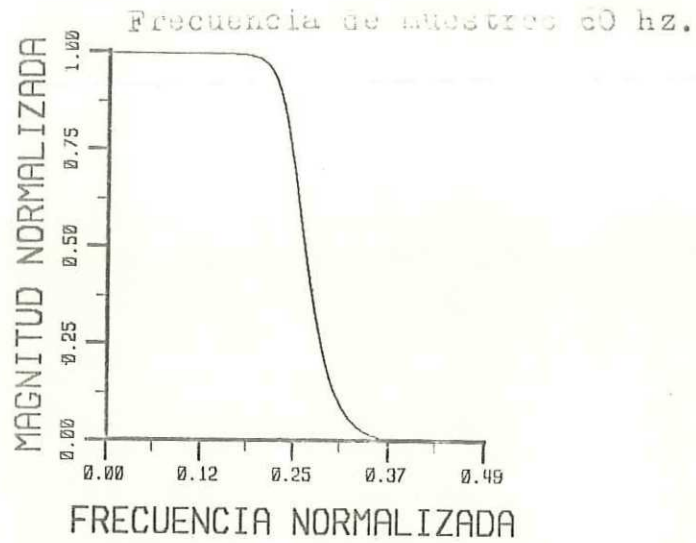


Figura 13. Respuesta a la frecuencia de un filtro pasa bajas con el programa buth.

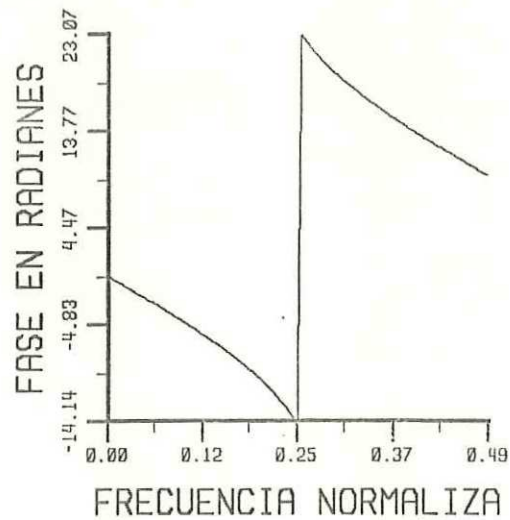


Figura 14. Fase del filtro de la figura 13.

IV. - PROGRAMACION.

Una vez obtenidos los coeficientes de los filtros digitales por medio de el programa BUTH, se aplican estos a un programa de microprocesador con el fin de realizar las ecuaciones de diferencia correspondientes a los filtros.

El programa desarrollado para el procesador 8085 consta de seis secciones y dos subrutinas, el diagrama a cuadros se muestra en la figura 15.

A continuación se describen las secciones que intervienen en el programa, así como las subrutinas del mismo.

IV.1. - DESCRIPCION DE LAS SECCIONES DEL PROGRAMA Y SUBROUTINAS.

PRIMERA SECCION (INIS). Al encender la fuente de alimentación el procesador inicia su operación en la dirección cero automáticamente, en tal dirección se encuentra la sección INIS, esta etapa se encarga de programar puertos e interrupciones.

SEGUNDA SECCION (INICIO). Una vez desarrollada la primera sección el procesador ejecuta la segunda sección en donde lee por un puerto (puerto 7) el tipo del formato de entrada y en seguida transporta las constantes y los coeficientes del filtro (K , b_0 , b_1) de la pila de memoria de lectura exclusiva (ROM) a la pila de memoria de lectura-escritura (RAM) para su manejo durante el programa. La correspondencia entre las direcciones de los datos de ROM y RAM se muestran en la Tabla II.

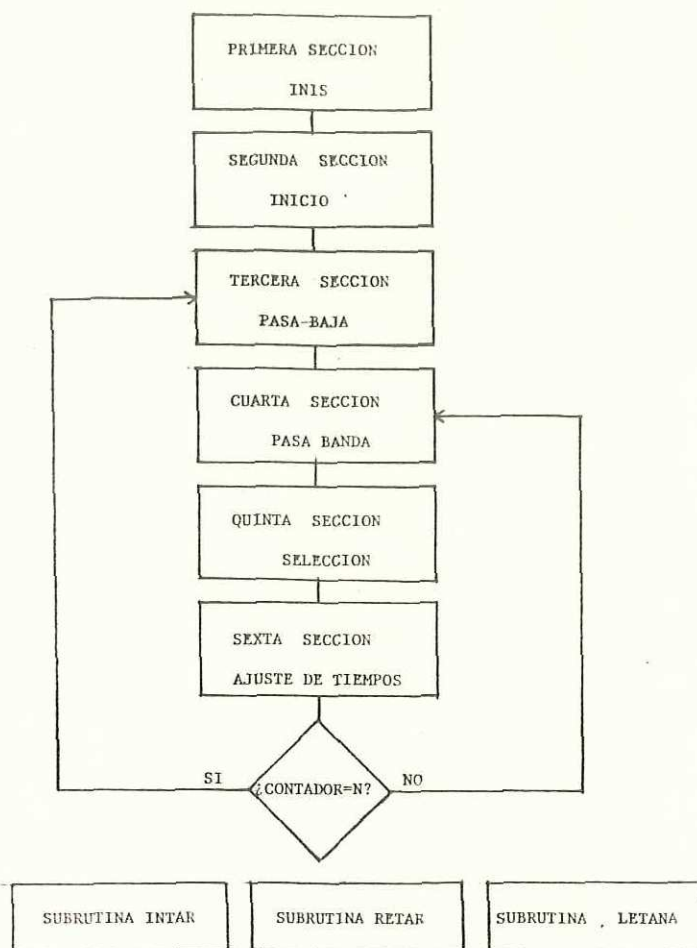


Figura 15. Diagrama a cuadros de las secciones y subrutinas del programa para el procesador del ADES.

DIRECCION ROM	PARAMETRO	DIRECCION RAM
EPROM	Orden del filtro	AREAT Orden/2
EPROM+1	K0	AREAT+1 K0
EPROM+2	b1	AREAT+2 b1
		AREAT+4 00
EPROM+4	b0	AREAT+6 b0
		AREAT+8 00
EPROM+6	K1	AREAT+10 K1
EPROM+10	b1	AREAT+12 b1

TABLA II. Translación de las constantes de ROM a RAM.

En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de esta sección.

TERCERA SECCION (pasa bajas). Esta sección consta de una etapa de segundo orden recursiva, la cual realiza el filtro pasa-bajas. La forma de esta etapa está dada por la ecuación:

$$H(z) = K_i \frac{(1 + z^{-1})^2}{1 + b_{1i} z^{-1} + b_{0i} z^{-2}} \quad (53)$$

En la figura 17 se ilustra el diagrama de flujo, así como también la estructura del filtro.

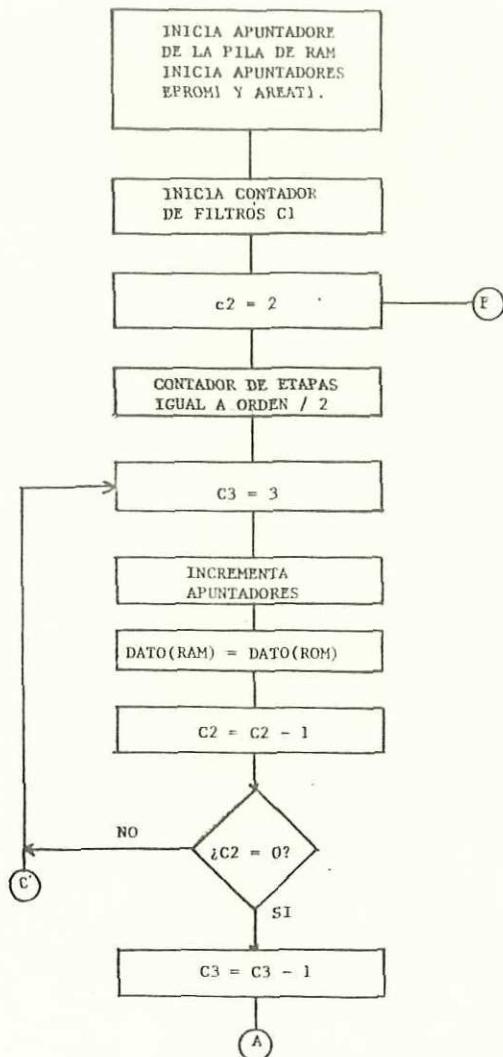


Figura 16. Diagrama de flujo para la segunda sección.

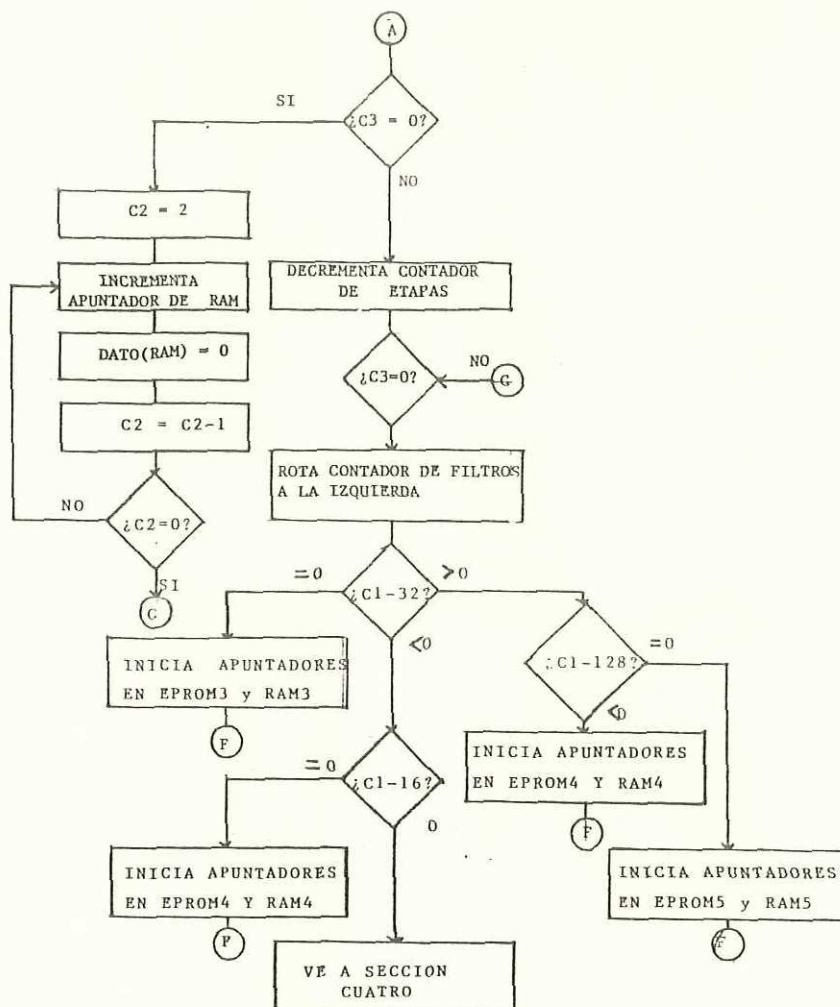
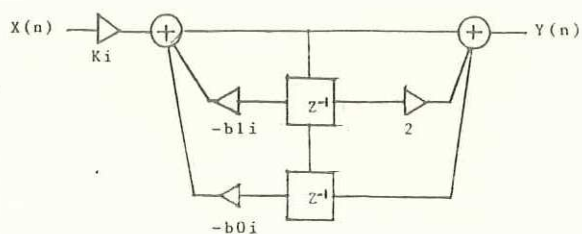
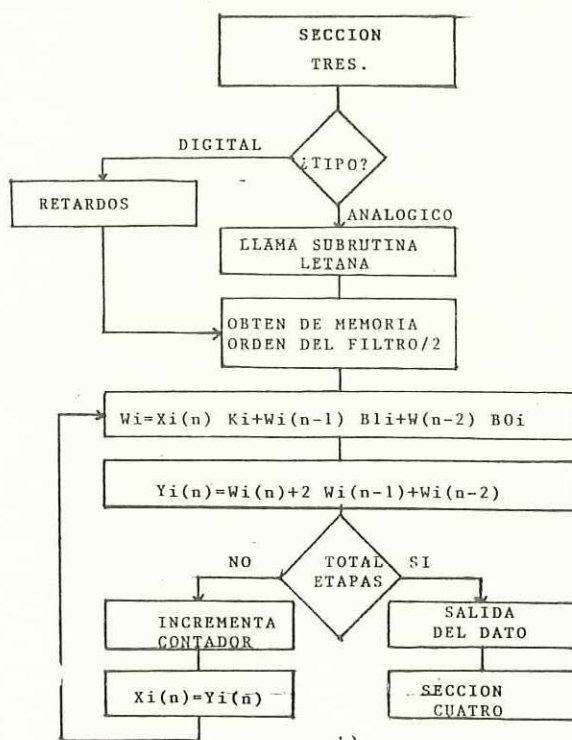


Figura 16. Diagrama de flujo de la segunda sección. (CONTINUACION).



a)



b)

Figura 17. Sección tres a) Estructura básica
b) Diagrama de flujo.

CUARTA SECCION (pasa banda).

El filtro pasa banda se realiza a partir de secciones de segundo orden, en donde cada una de las cuales se realizan por una ecuación del tipo:

$$H(z) = K_i \frac{1 - z^{-1}}{1 + b_{li} z^{-1} + b_{oi} z^{-2}} \quad (54)$$

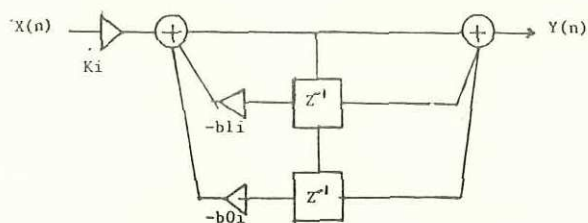
El diagrama de flujo y la estructura de esta sección se muestra en la figura 18.

QUINTA SECCION (selección de filtro).

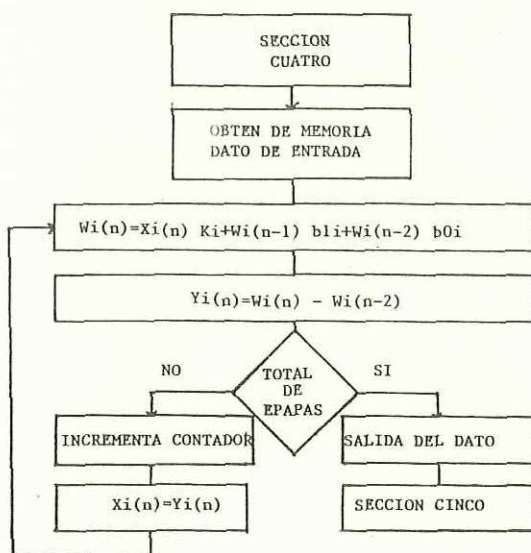
En esta parte del programa, se lleva el control de la secuencia de los filtros, así como también la autorización del dato de salida por el canal respectivo con un pulso que valida o invalida la salida del dato digital. El diagrama de flujo de esta parte se muestra en la figura 19.

SEXTA SECCION (retardos).

En esta sección se ajustan los tiempos para mantener la frecuencia de muestreo inalterable, para tal objeto en este punto se auxilia de la subrutina RETAR la cual se describirá posteriormente. En la figura 20 se muestra el diagrama de flujo de esta sección.



a)



b)

Figura 18. Diagrama de flujo para la Cuarta sección
 a) Estructura básica. b) Diagrama de flujo.

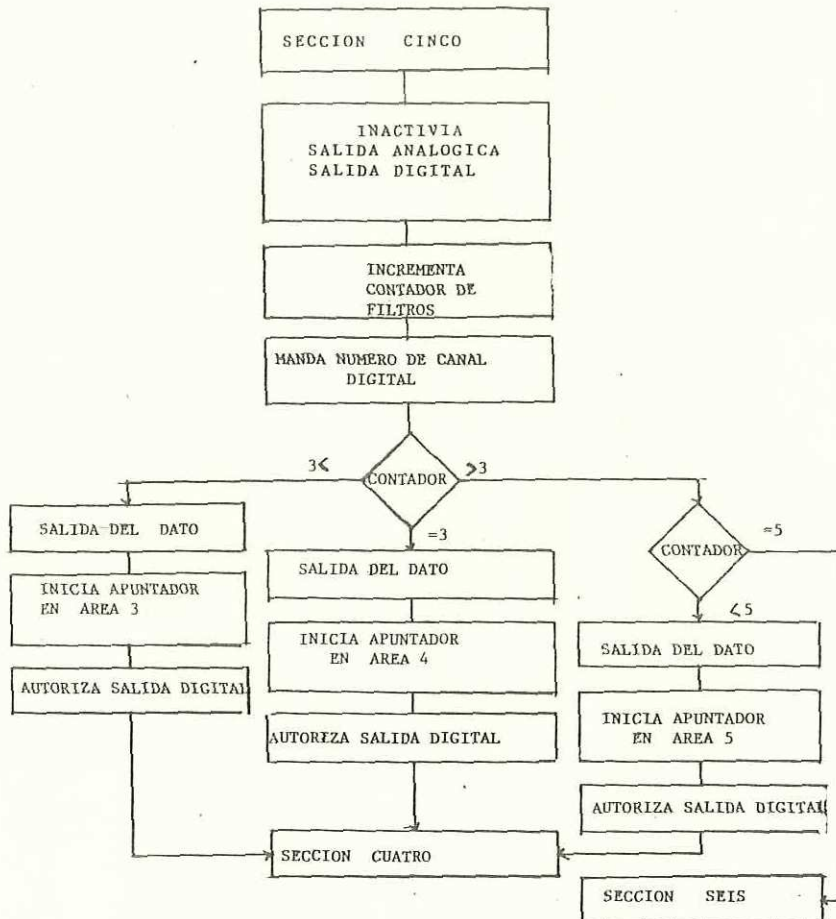


Figura 19. Diagrama de flujo de la quinta sección.

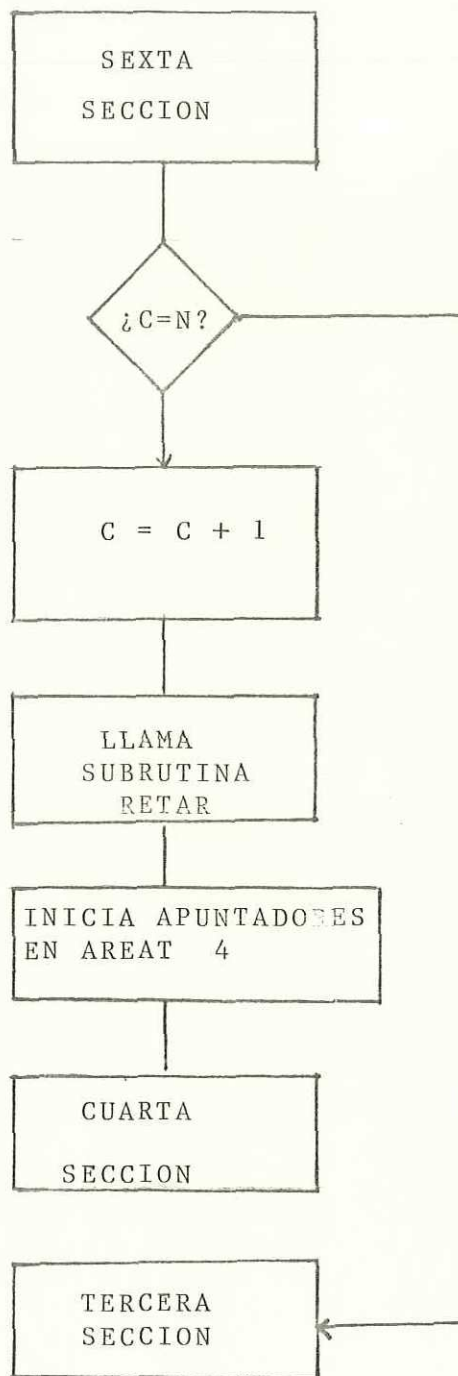


Figura 20. Diagrama de flujo de la sexta sección.

SUBROUTINA INTER. Cuando el tipo de lectura de los datos de entrada es de la forma digital y se presenta una interrupción, el procesador responde con la rutina INTER. Esta rutina al ser llamada responde de la siguiente manera:

- Guarda el contenido de los registros en la pila de memoria
- Guarda palabra de estados.
- Desautoriza interrupciones.
- Lee el dato de entrada y lo convierte a complemento a dos.
- Restaura el contenido de los registros.
- Restaura palabra de estado.
- Autoriza nueva interrupción.
- Retorna el control al programa.

El diagrama de esta rutina se muestra en la figura 21.

SUBROUTINA RETAR. En esta rutina se generan los retardos dependiendo del orden de los filtros uno, dos y tres, también ajusta tiempos si ha habido interrupción. Además, Si el tipo de entrada es analógica, llama a la subrutina LETANA. El diagrama de la subrutina RETAR se muestra en la figura 22.

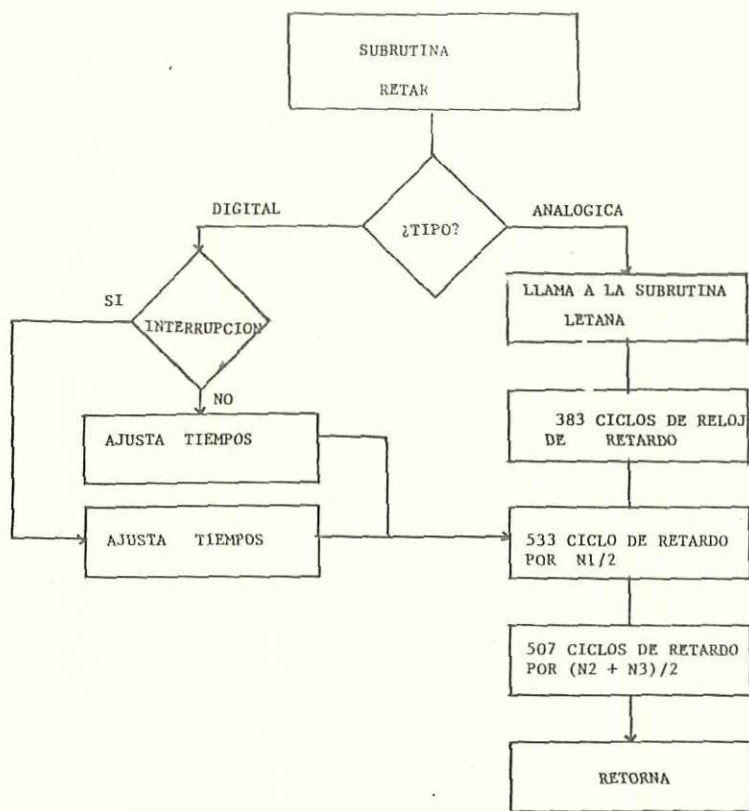
SUBROUTINA LETANA. Esta rutina se utiliza para leer datos del convertidor analógico a digital, cuando la entrada es de la forma analógica. Además produce el pulso para una nueva conversión de dato, convierte el dato leído complemento a dos y por último retorna el control al programa. Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 23.

IV.2. - DESCRIPCION DE BANDERAS Y CONTADORES.

Las banderas y contadores usados durante el programa o subrutinas se explican detalladamente en la Tabla III.



Figura 21. Diagrama de flujo de la subrutina INTER.



1 CICLO = 0.33 microsegundos

N1, N2 y N3 Orden de los filtros 1, 2 y 3

Figura 22. Diagrama de flujo de la subrutina RETAR (ajuste de tiempos).



Figura 23. Diagrama de flujo para la subrutina LETANA (Lectura de datos analógicos).

PARAMETROS	COMENTARIOS.
ANAL	Contador de turnos para el control de salida de datos analógicos.
COFIL	Contador de filtros.
COETA	Contador de etapas del filtro en turno.
CRTA	Contador de retardos.
BANDERA	Indica si ha habido interrupción en un cierto período de tiempo.
DATO	Localidad de dos octetos en donde se guarda el dato leído en complemento a dos.
TIPO	Bandera que define el tipo de lectura: uno-digital, "cero" analógico.

TABLA III. descripción de las banderas.

IV. 3. - FRECUENCIA DE MUESTREO DE LOS FILTROS DEL ADES.

La frecuencia de muestreo de los filtros del ADES depende del número de etapas de cada filtro multiplicada por el tiempo que dure el procesador en cada etapa, más el tiempo necesario para el control de los puertos de entrada, salida o control.

Este tiempo está dado por la siguiente ecuación empírica.

$$t = (1456 + 507 N_1/2) + 245(N_2 + N_3 + N_4 + N_5)(.33 \exp -6) \text{ seg} \quad (55)$$

En donde $N_1, \dots, N_5$ es el numero de etapas de los filtros 1...5 respectivamente.

Y la frecuencia de muestreo es $f_s = 1/t$, y como esta frecuencia produce valores de escalamiento difíciles de representar con 16 bits (con una precisión aceptable, $2^{EXP - 14}$), es necesario dividir esta frecuencia entre un valor N tal que:

$$f_{s1} = f_s / N \quad (56)$$

Y

$$40 < f_{s1} < f_s \quad (57)$$

Para un caso de $N_1 = 6$ y $N_2 = n_3 = n_4 = N_5 = 12$, se obtiene una frecuencia de muestreo de:

$$f_s = 203.7 \text{ Hz, para } N = 5 \quad f_{s1} = 50.925 \text{ Hz} \quad (58)$$

V. - CIRCUITERIA

En este capítulo se hace una descripción de los circuitos que constituyen el prototipo del ADES. Se muestra primero el sistema del ADES y después se discute el sistema del microprocesador con sus circuitos periféricos respectivos describiendo la forma en que estos circuitos interactúan con el microprocesador.

V.1. - SISTEMA DEL ADES.

La circuitería del ADES consta de un microprocesador 8085 de INTEL, 6 dispositivos de puertos del tipo 8255-A, un circuito de multiplicación de 16 bits del tipo TDJ1010 de TRW, convertidores analógico a digital y digital a analógico de 8 bits cada uno, además de circuitos muestreadores retenedores. En la figura 24 se muestra un diagrama general del sistema ADES.

V.1.1. - SISTEMA DEL MICROPROCESADOR.

A continuación se presenta una descripción del direccionamiento de la memoria de lectura exclusiva, memoria de lectura-escritura y de los puertos de entrada y salida (fig. 25).

DIRECCIONAMIENTO

El direccionamiento de memoria y de puertos de entrada o salida es lineal condicionado, es decir se toma una línea del ducto de direcciones y la línea IO/M, efectuándose una intersección con ambas líneas.

La memoria de lectura exclusiva se selecciona cuando la línea A11 del ducto de direcciones y la línea IO/M presentan simultáneamente un "cero" lógico.

La memoria de lectura-escritura se selecciona cuando en la línea A11 del ducto de direcciones y la línea IO/M están presentes un "uno" y un "cero" lógico, respectivamente.

Los puertos de entrada o salida son autorizados cuando en su línea de autorización y en la línea IO/M está presente un "uno" lógico, simultáneamente.

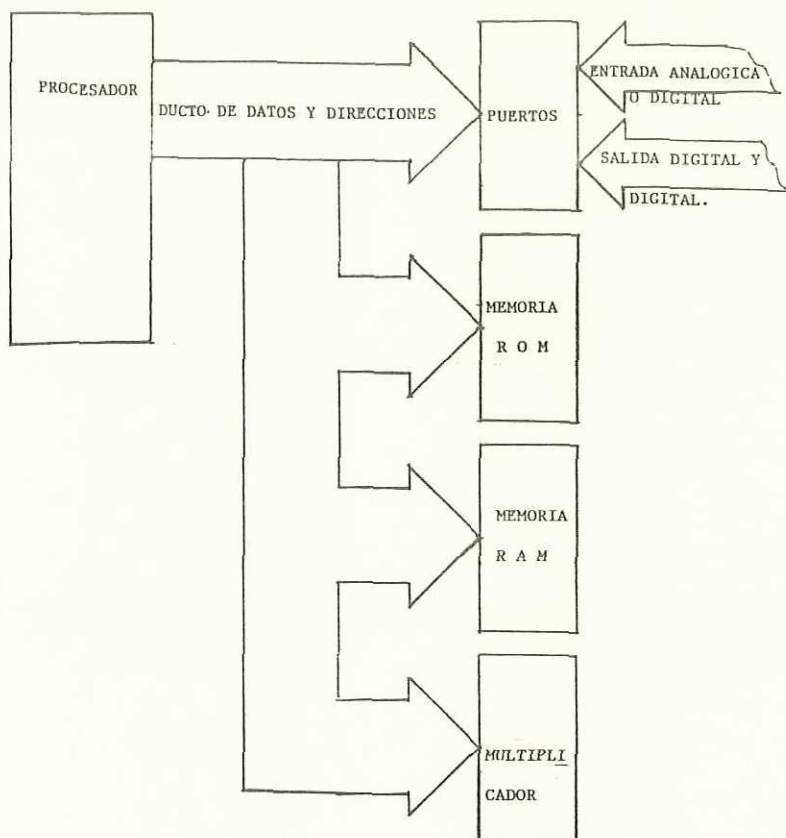


Figura 24. El sistema ADES.

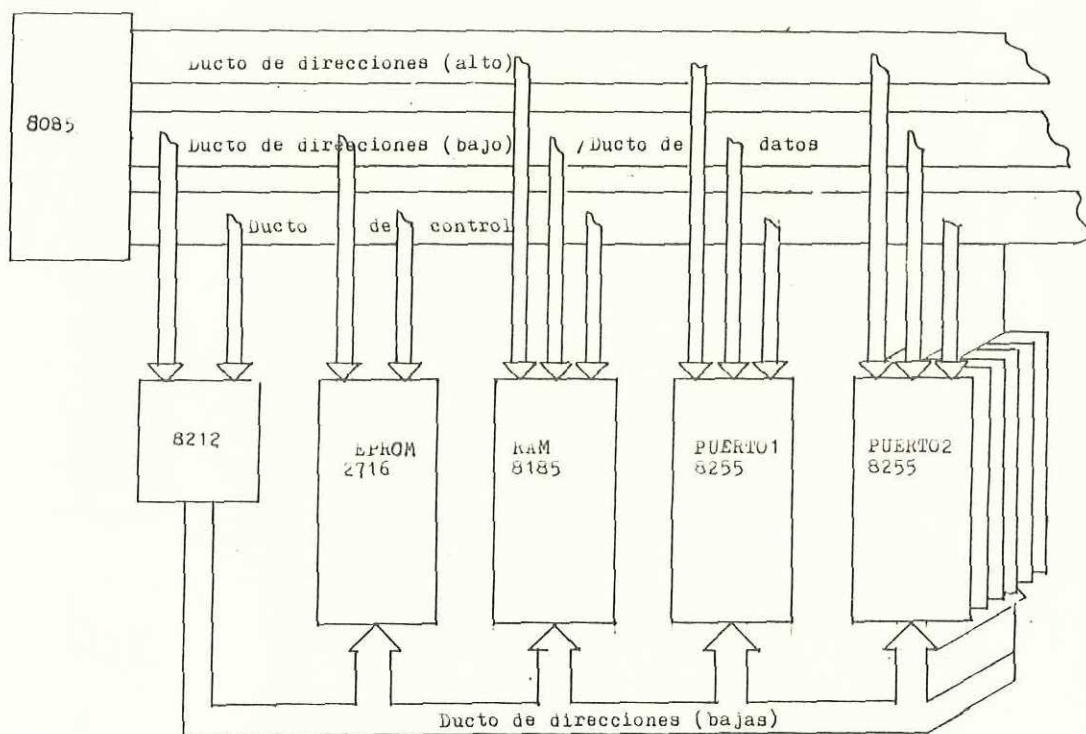


Figura 25. Sistema del Microprocesador.

Para controlar el acceso de memoria y puertos al ducto de datos se utilizaron las líneas WR y RD.

La Tabla IV presenta un resumen de los dispositivos del sistema del microprocesador y sus direcciones correspondientes (en numeración hexadecimal).

ELEMENTO	DESCRIPCION	DIRECCION
2716	Memoria de lectura exclusiva	0000-07FF
8185	Memoria de lectura-escritura	0800-0BFF
8285	Puerto de entrada-salida 1	04XX-07XX
8285	Puerto de entrada-salida 2	08XX-0CXX
8285	Puerto de entrada-salida 3	10XX-13XX
8285	puerto de entrada-salida 4	20XX-23XX
8285	Puerto de entrada-salida 5	40XX-43XX
8285	Puerto de entrada-salida 6	80XX-83XX

TABLA IV. Descripción de los puertos y memorias.

PUERTOS DE ENTRADA, SALIDA Y CONTROL.

Para el control de los circuitos periféricos del sistema, se utilizaron seis dispositivos del tipo 8255 de INTEL. Este dispositivo contiene 24 líneas de entrada o salida programables. Las cuales se dividen en tres grupos, A, B con 8 líneas de entrada o salida cada uno y C con 8 líneas de entrada, salida o control de acceso a los puertos. A continuación se describen el funcionamiento de los puertos.

El puerto 1A y 1B se utiliza para la adquisición de datos en el modo digital (12 bits en paralelo). Con las líneas c2 y c4 de este puerto, se sincroniza la transferencia de datos a los registros de entrada a0,,a7 y b0,,b7. La línea c3 se utiliza para interrumpir al microprocesador (RST 7.5) una vez que los datos

han sido cargados en los registros a0,,a7, b0,,b7 del dispositivo 1 (fig. 26).

El procedimiento para la adquisición de los datos en el modo digital es el siguiente: Al recibir un "cero" lógico por las líneas c4 y c2 del dispositivo 1, los datos presentados en las líneas a0-a7 y b0-b7 del dispositivo 1 son atrapados por estas. el puerto manda una interrupción (7.5) al procesador y a continuación éste responde leyendo los datos, después de esto el microprocesador habilita al puerto para recibir nuevos datos.

El dispositivo 2 es utilizado para la entrada y salida de los datos analógicos las líneas b0,,b7 y las líneas c3,,c0 del puerto 2, se utilizan para la entrada de los datos del convertidor analógico a digital. Las líneas a0,,a7 y las líneas c7,,c4 se utilizan para la salida al convertidor digital a analógico (fig. 27).

El dispositivo 3 se usa para enviar el multiplicando al circuito de multiplicación, para tal propósito se utilizan las líneas a0,,a7 y b0,,b7. La línea c1 es utilizada para indicarle al circuito de multiplicación que están presentes los datos del multiplicando. Las líneas c6 y c7 se utilizan para recibir de un circuito auxiliar la señal de datos recibidos; este circuito produce los retardos necesarios para que el multiplicador y el puerto reciban la señal de multiplicando presente y dato recibido en sincronía respectivamente.

La línea c4 del puerto 3 se utiliza para el control de salida de los datos digitales (fig. 28).

Los dispositivos 4 y 5 se utilizan para transferir el multiplicador al circuito de multiplicación y controlar la multiplicación. Para tal propósito se destinan las líneas a0-a7 del dispositivo 4 y a0-a7 del 5, los cuales actúan con lógica de tres estados, debido a que el circuito de multiplicación comparte algunas líneas del producto con las del multiplicador. Las líneas b0 a b4 del dispositivo 4, se utilizan para el control de muestreadores-retenedores los cuales toman su dato respectivo del convertidor digital a analógico. Las líneas c0, c1, c2 manejan el número del canal de salida en binario.

Las líneas b0 a b3 controlan la salida del producto del circuito de multiplicación. La línea b4 del puerto 5 controla la adquisición del producto (fig. 29).

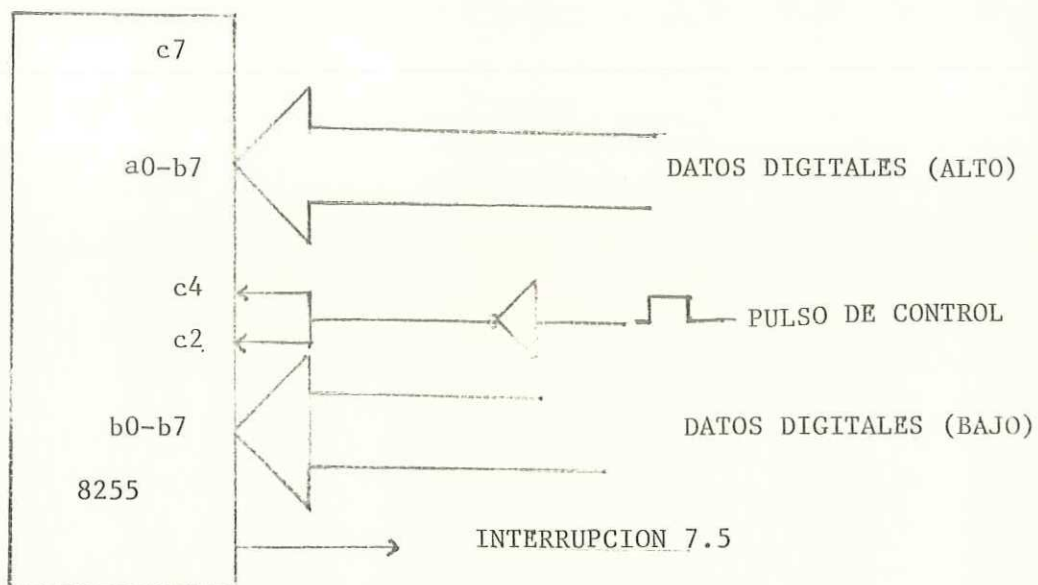


Figura 26. Dispositivo 1 adquisición de datos de la forma analógica.

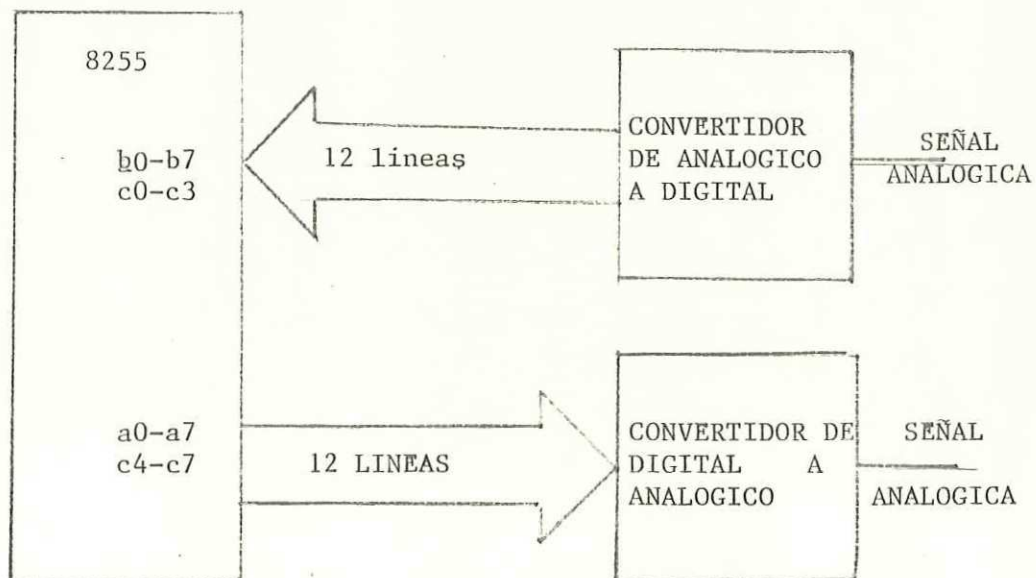


Figura 27. Entrada y salida de los datos por el dispositivo 2.

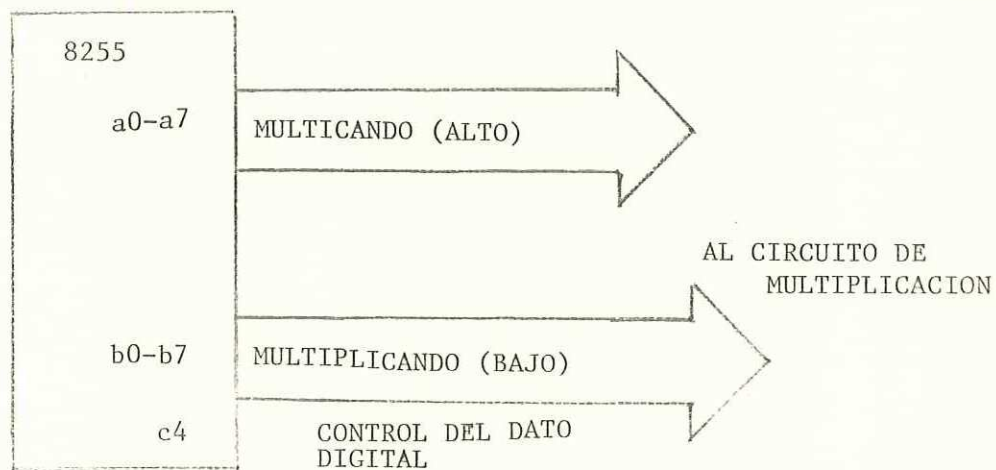


Figura 28. Diagrama del dispositivo 3.

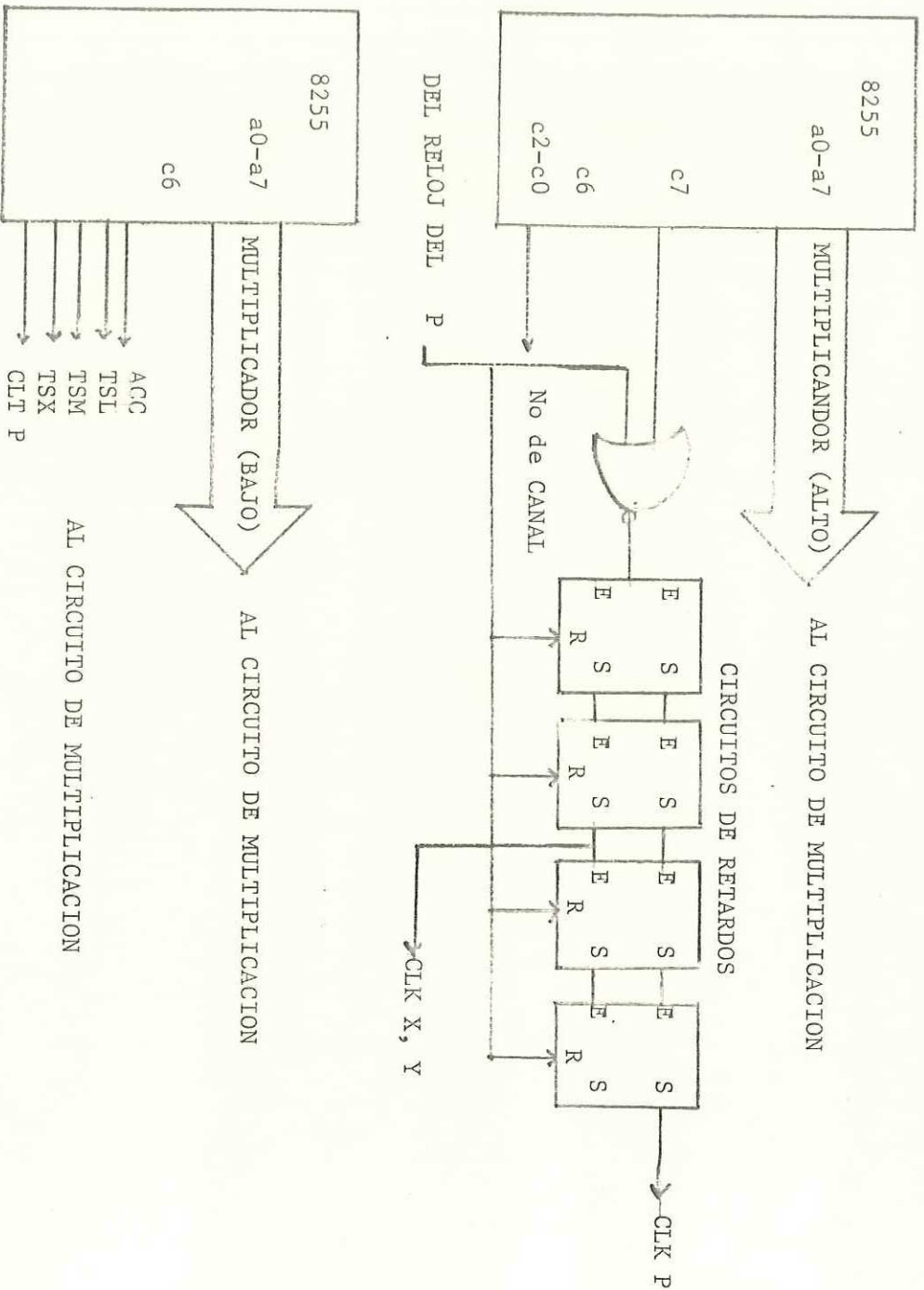


Figura 29. Operación del dispositivo 4 y 5.

El dispositivo 6 se utiliza para la adquisición de la suma de los productos del circuito de multiplicación. Para tal propósito se utilizan las líneas a0-a7 del dispositivo 6 con lógica de tres estados por las mismas razones dadas anteriormente; y las líneas b0-b7 con lógica de dos estados. La línea c0 del dispositivo 6, maneja el pulso de control de conversión para el convertidor analógico a digital (fig. 30).

SALIDA DE DATOS.

La salida de los datos son de la forma analógica (por el convertidor digital a analógico) o digital (directamente del puerto). Estas salidas se encuentran presentes siempre, independientemente del tipo de los datos de entrada. Para tal propósito se utilizan doce líneas, las cuales se conectan al convertidor digital a analógico directamente del puerto. Estas líneas a su vez se conectan a reforzadores para incrementar la capacidad de manejo de corriente en la salida de los datos digitales.

De la salida del convertidor digital-analógico se toman cinco líneas las cuales tienen cada una un muestreador retenedor y un filtros pasa-bajas para alisar la forma de onda de salida de cada muestreador (fig. 31).

En el apéndice B se da el diagrama general de los circuitos que intervinieron en la construcción del prototipo del ADES, así como un listado del programa BUTH y del programa para el microprocesador.

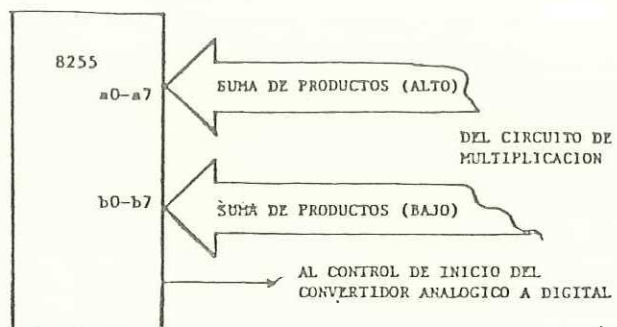


Figura 30. Operación del dispositivo 6.

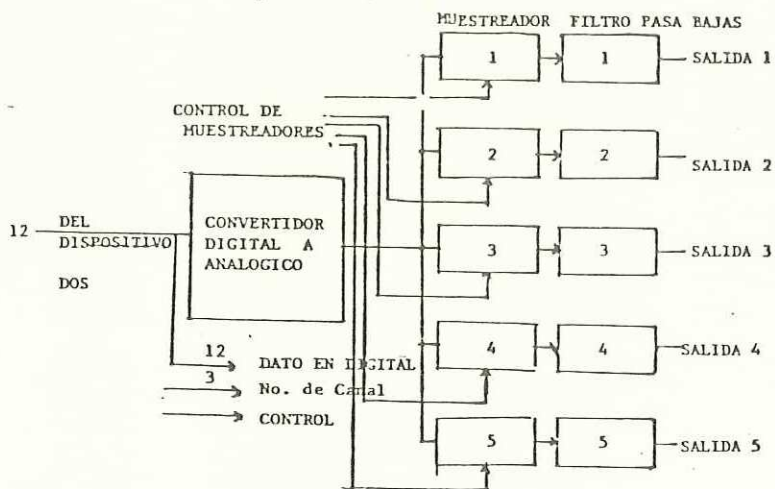


Figura 31. Salida de datos analógicos y digitales.

VI. - METODOS DE PRUEBA Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.

En este capítulo se describe el método empleado para el desarrollo de los programas del microprocesador, así como el equipo empleado en el laboratorio para probar el prototipo.

Los programas para el microprocesador 8085 de INTEL fueron elaborados usando un sistema de desarrollo para microprocesadores (FUTURE DATA MICROSISTEM 20). Este sistema de desarrollo (fig. 32) cuenta con una terminal que se conecta al prototipo a desarrollar, a través de la cual el sistema emula la función de la unidad central de procesamiento. Con esto se logra el control absoluto sobre la ejecución del programa, disponiendo de las facilidades de emulación del sistema de desarrollo.

Con este sistema de desarrollo se probó el prototipo del ADES primero generando un impulso unitario (cuyas fotografías aparecen en las figuras 33 a 37) y después se probó usando un generador de funciones senoidales.

Comparando las figuras 38 a 42 obtenidas en la computadora para un impulso unitario, con los resultados obtenidos para la respuesta al impulso de los filtros del ADES. Se observa que las señales son idénticas (figs. 33 a 37), dando una idea del buen comportamiento de los filtros de ADES.

Con el generador senoidal se comprobó que los filtros del sistema prototipo responden, para diferentes frecuencias, de la misma forma que los obtenidos en la computadora. En las figuras 43 a la 47 se muestran las respuesta en frecuencia y fase de los filtros proporcionados por la computadora, en donde se observa que la fase es lineal en la banda pasante. Por lo tanto, los filtros del sistema ADES no introducen distorsión a la señal original.

Es importante hacer notar que los filtros no proporcionan ganancia unitaria en la frecuencia. Por esto es necesario utilizar un amplificador a la salida de cada filtro para ajustar la magnitud a la unidad en la frecuencia central, con esta corrección, los filtros presentaron el corte de 3 db en las frecuencias especificadas en el capítulo II (Tabla I).

El filtro pasa bajas presenta saturación a cero Hz, esto se debe que a esta frecuencia el denominador de la función de transferencia de este filtro (ecuación 42) es muy pequeño ($10 \exp -3$) por tanto es imperceptibles para el circuito de

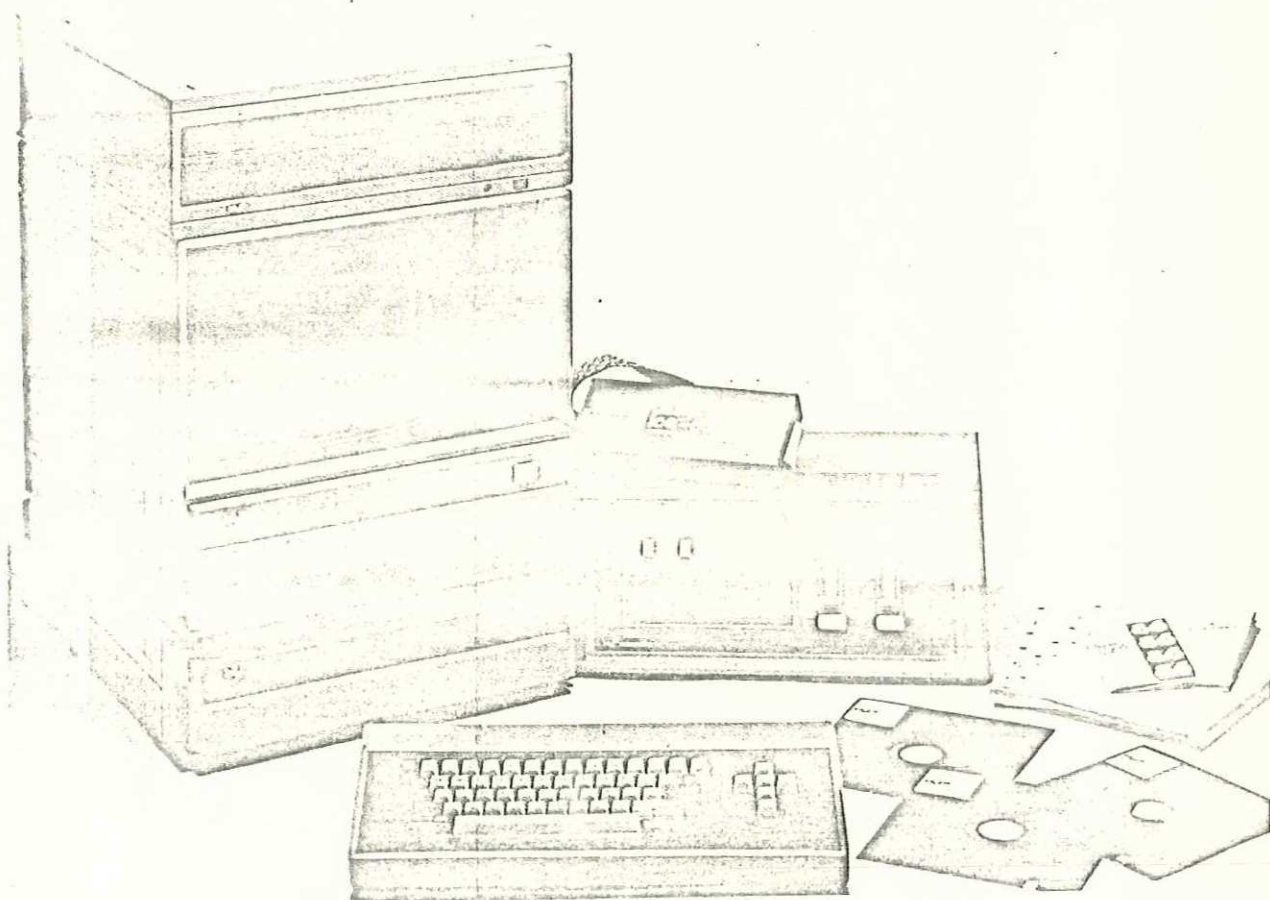


Figura 32. Fotografía del sistema de desarrollo.

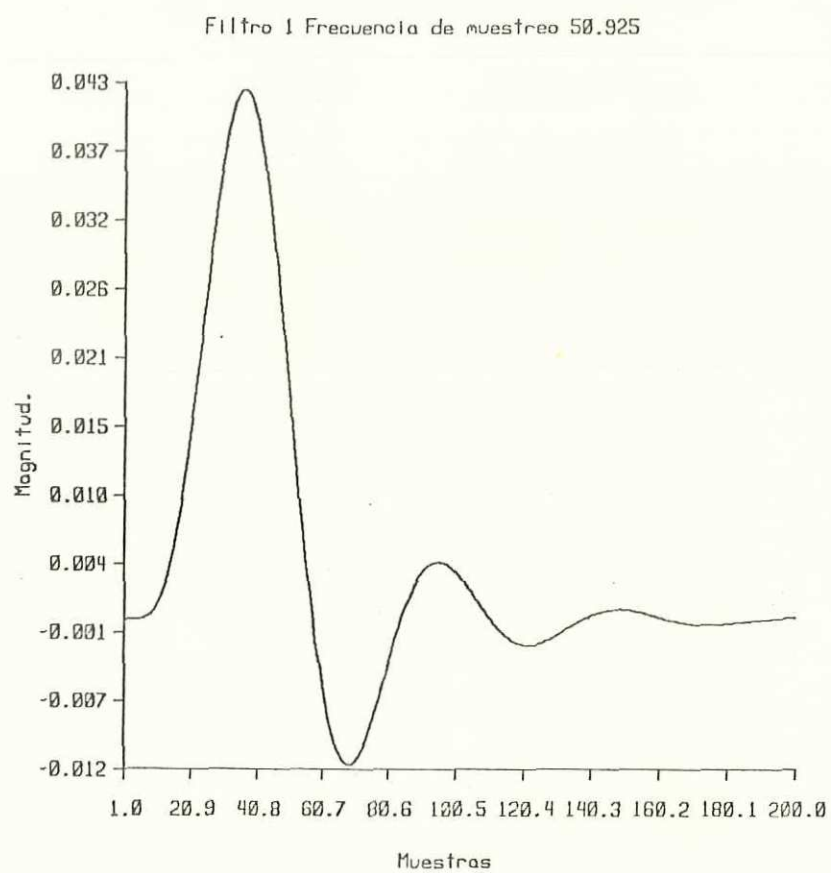


Figura 33. Respuesta al impulso del filtro 1 (pasa bajas).

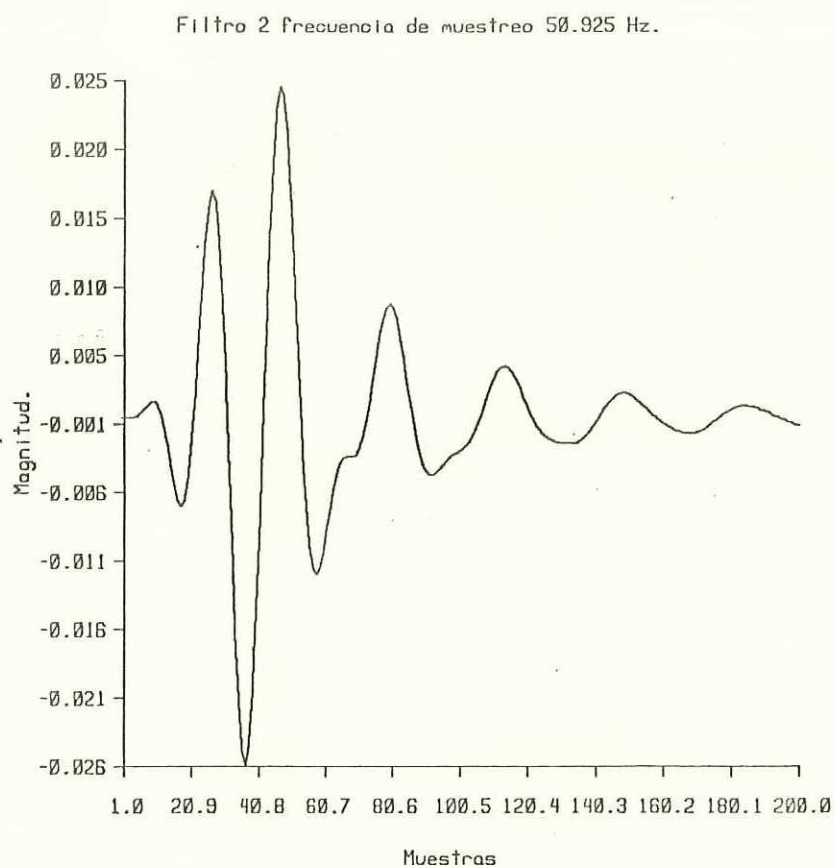


Figura 34. Respuesta al impulso del filtro 2 (pasa banda).

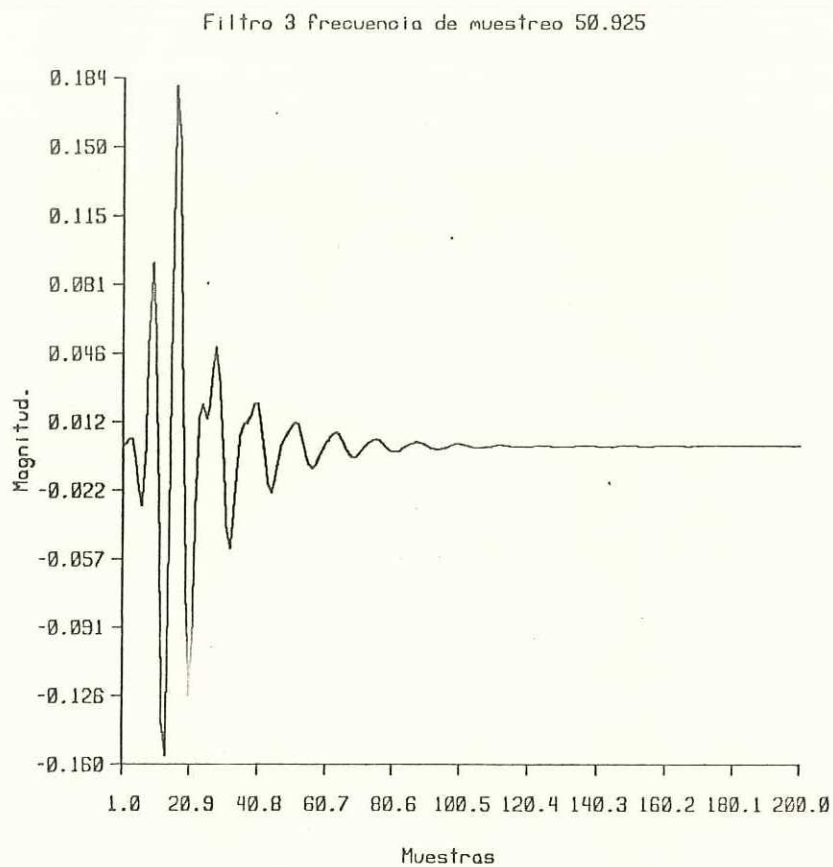


Figura 35. Respuesta al impulso del filtro 3 (pasa banda).

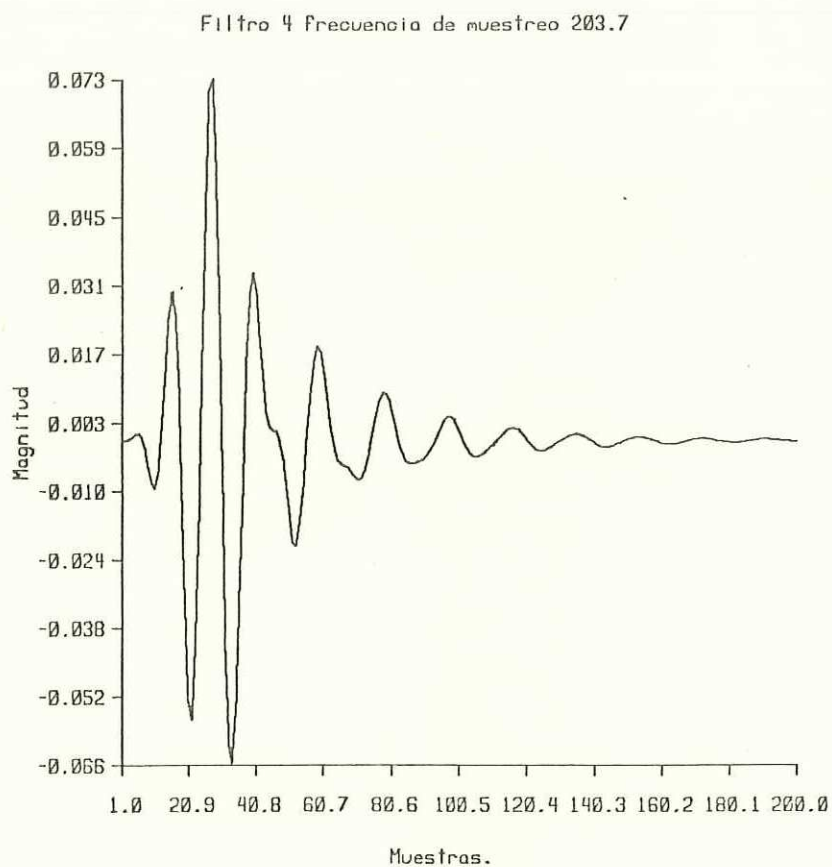


Figura 36. Respuesta al impulso del filtro 4 (pasa bajas).

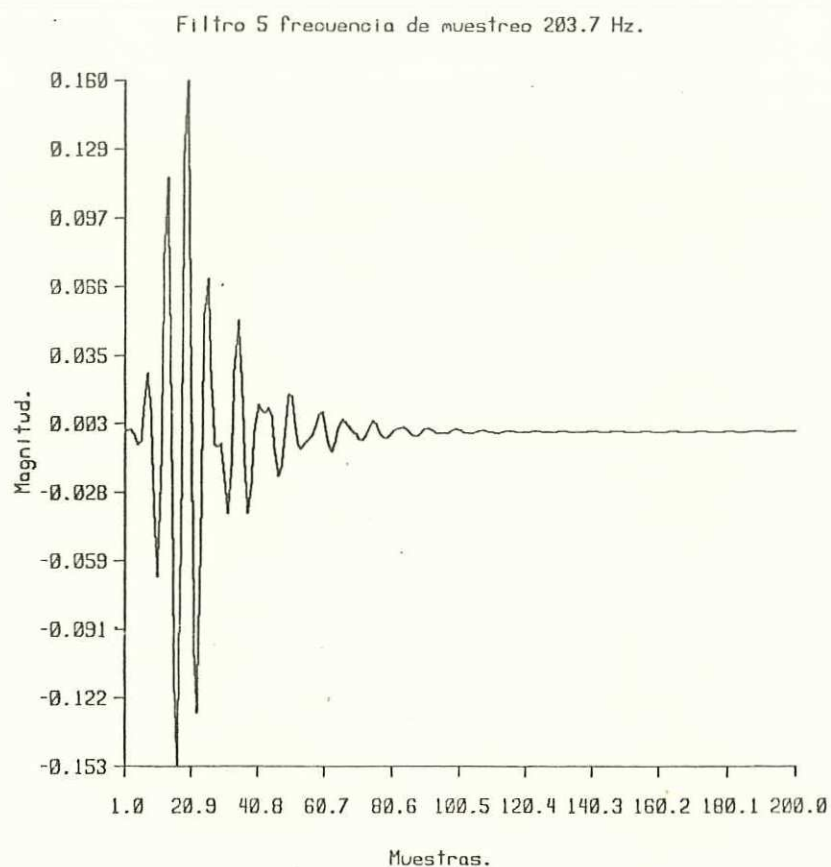


Figura 37. Respuesta al impulso del filtro 5 (pasa banda).

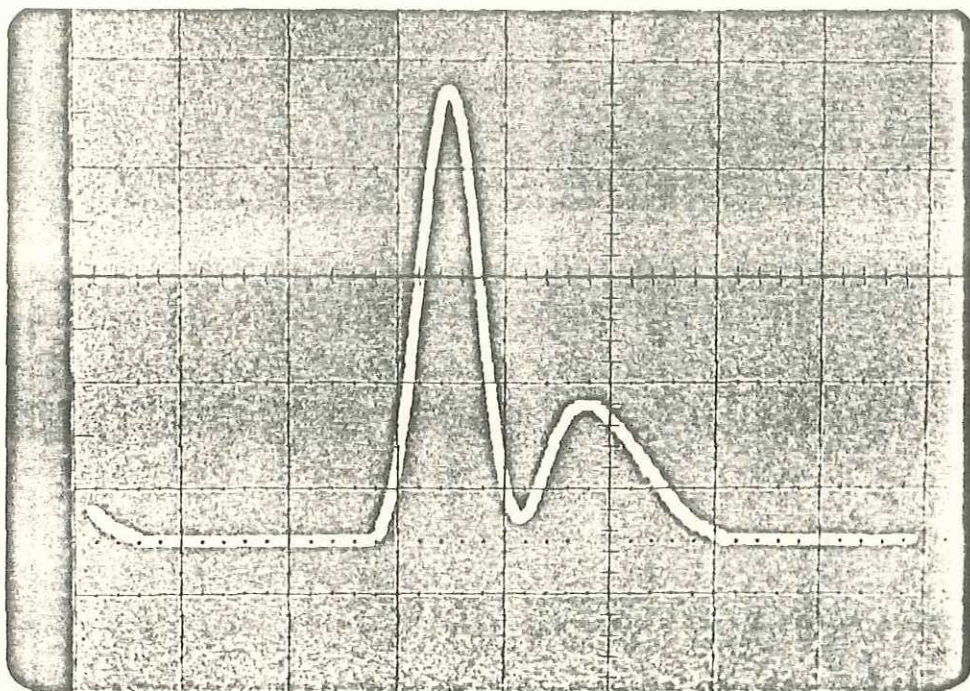


Figura 38. Respuesta al impulso del filtro 1 del ADES.

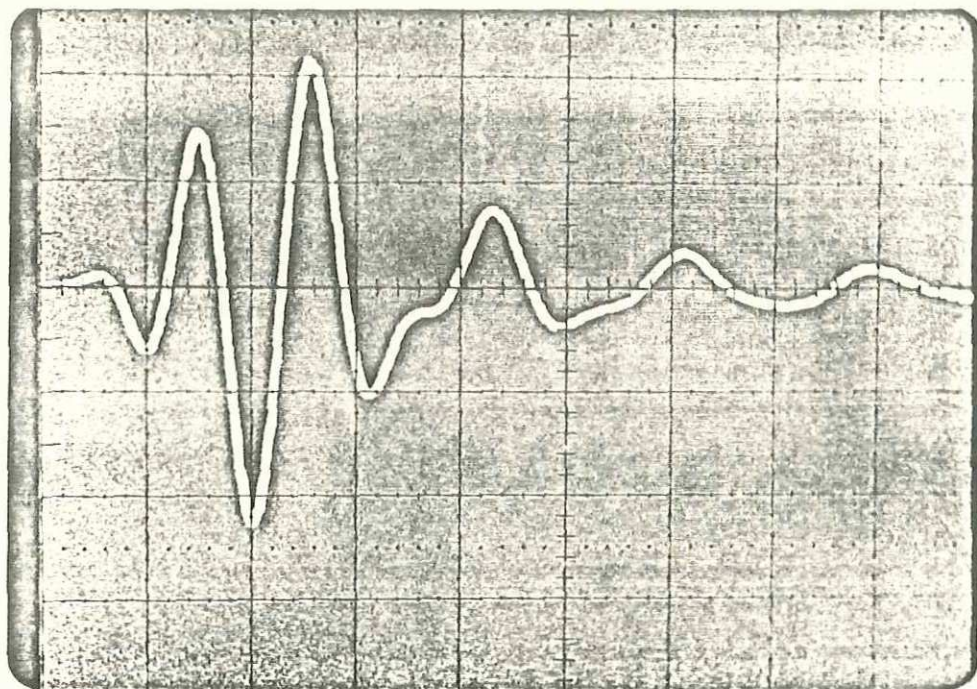


Figura 39. Respuesta al impulso del filtro 2
del ADES

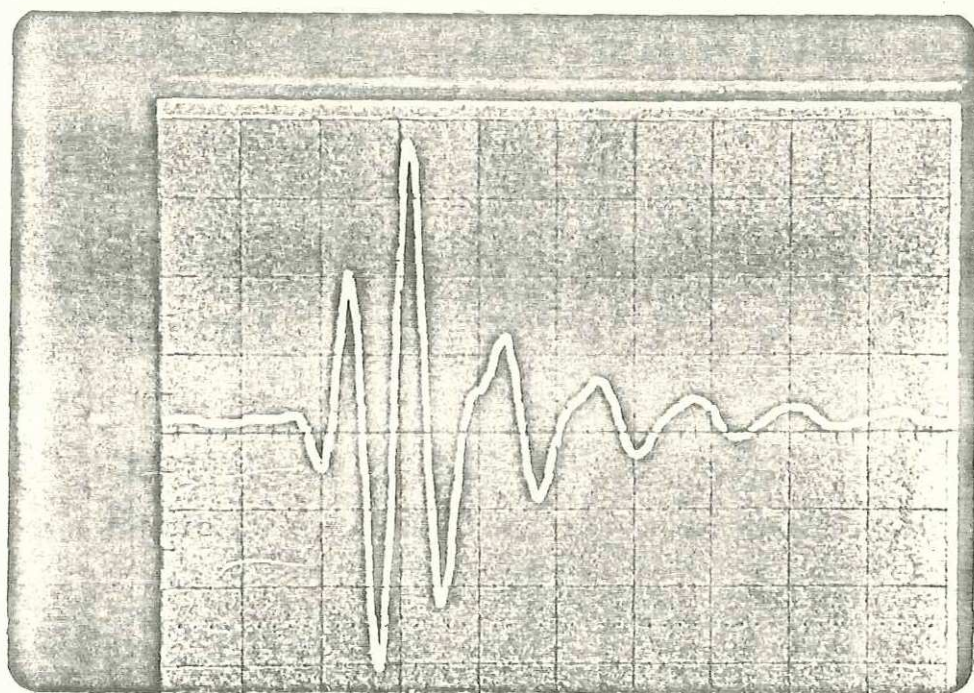


Figura 40. Respuesta al impulso del filtro 3 del ADES.

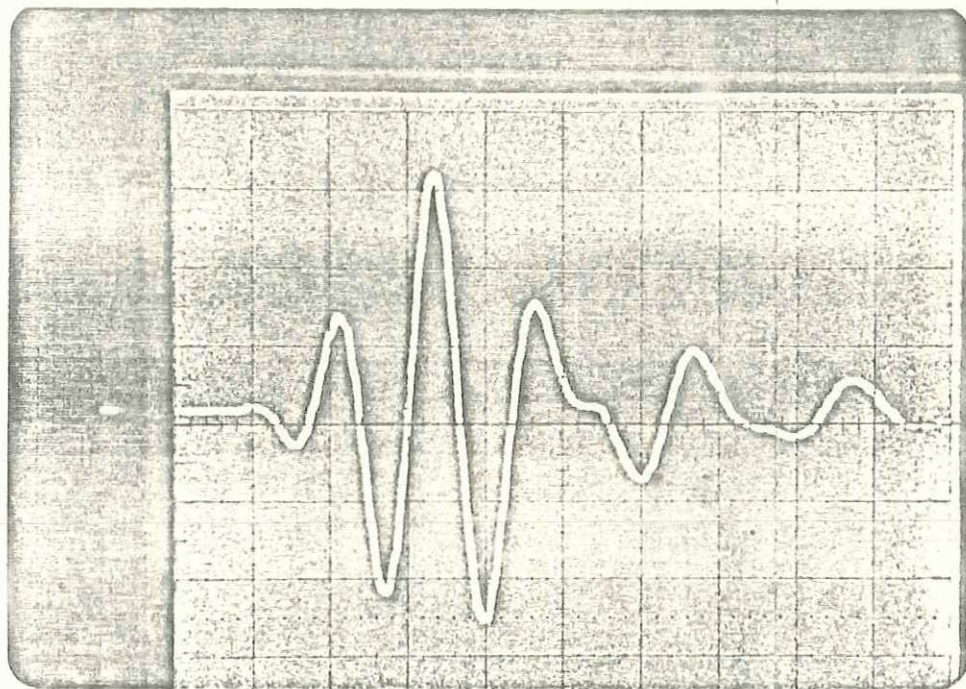


Figura 41. Respuesta al impulso del filtro 4 del ADES.

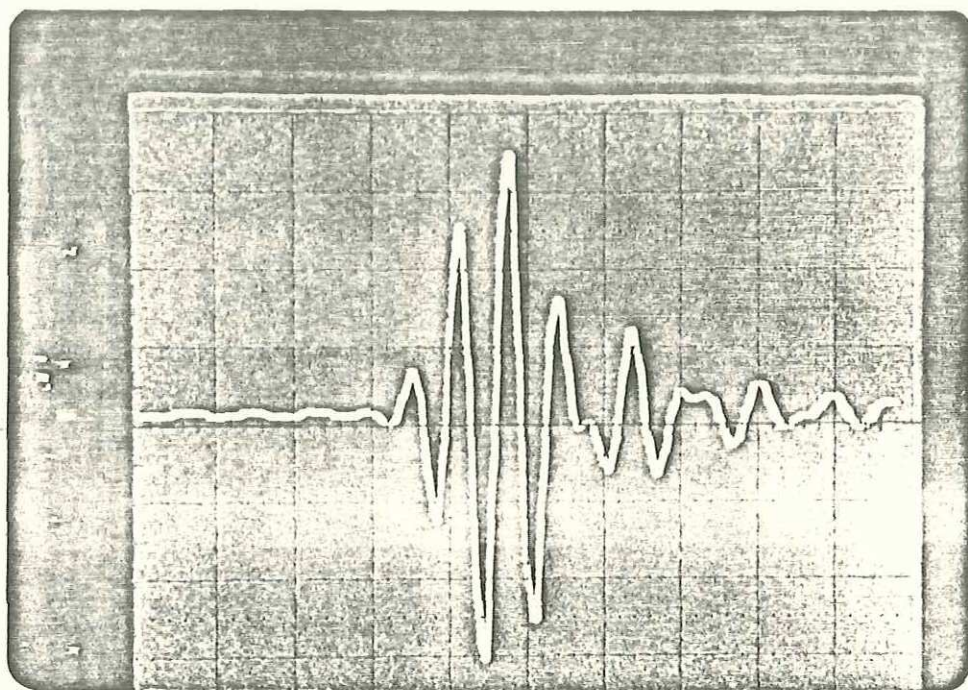


Figura 42. Respuesta al impulso del filtro, 5 del ADES.

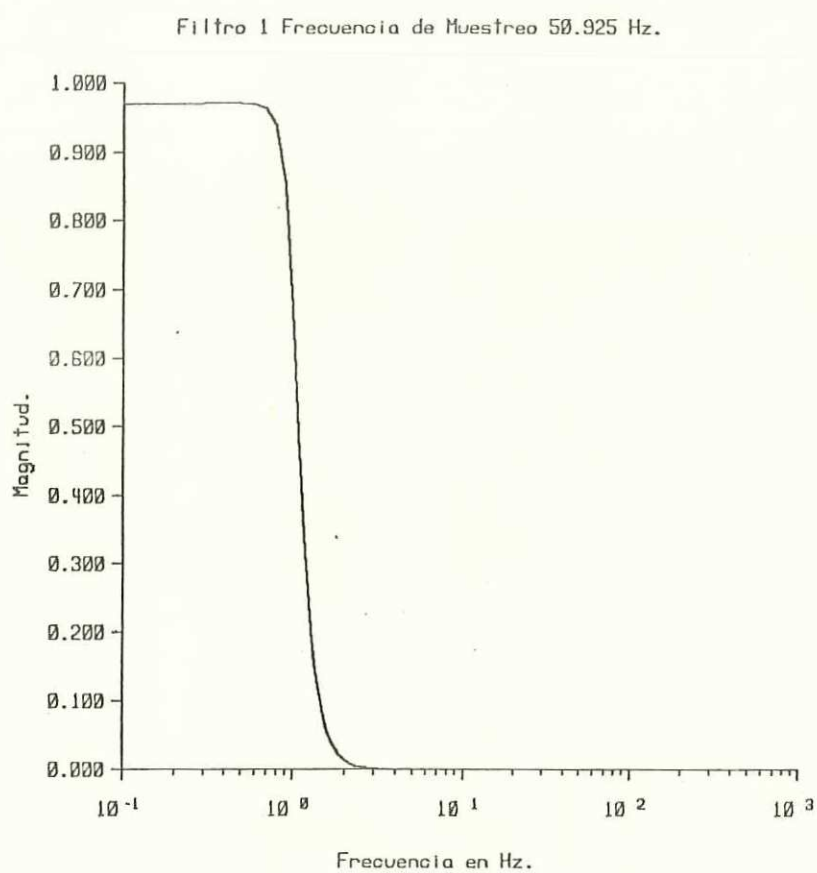


Figura 43 a). Respuesta a la frecuencia del filtro No. 1.

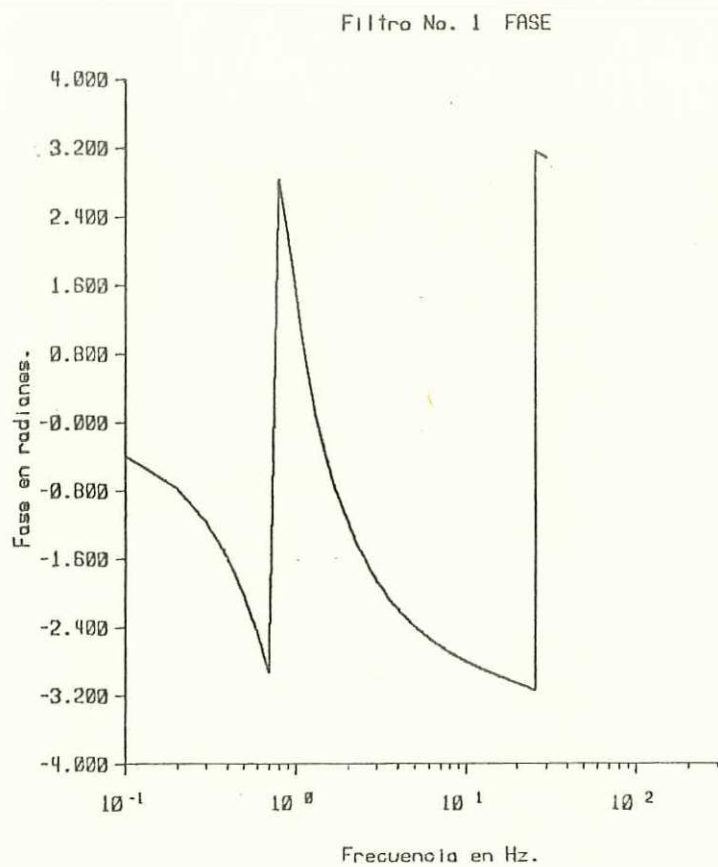


Figura 43 b). Fase del filtro número 1.

Filtro 2 frecuencia de muestreo 50.925 Hz.

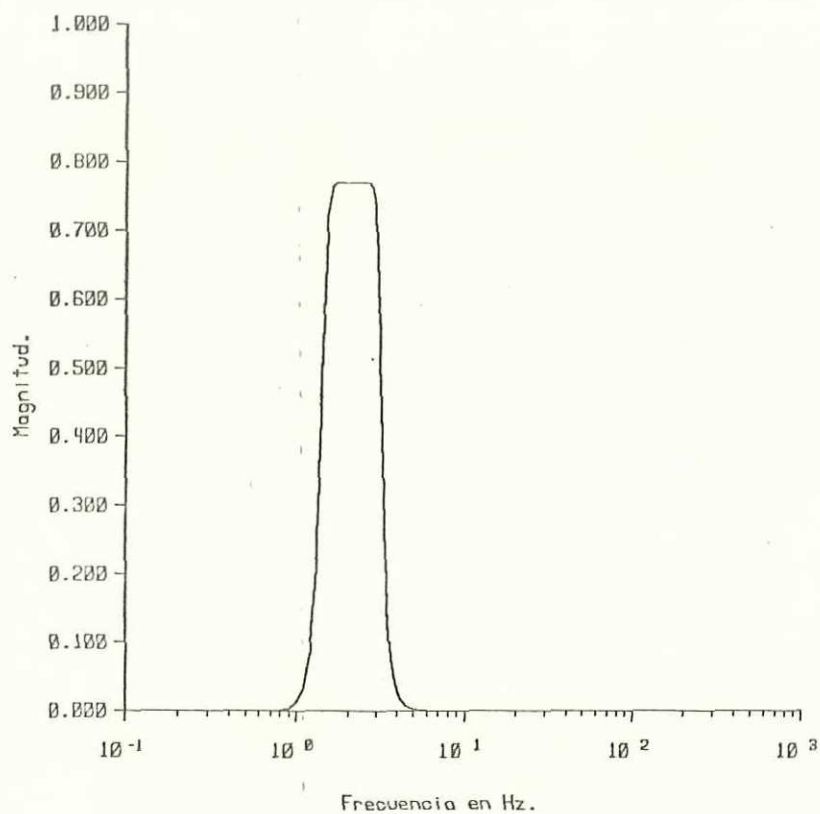


Figura 44 a) Respuesta a la frecuencia del filtro número 2.

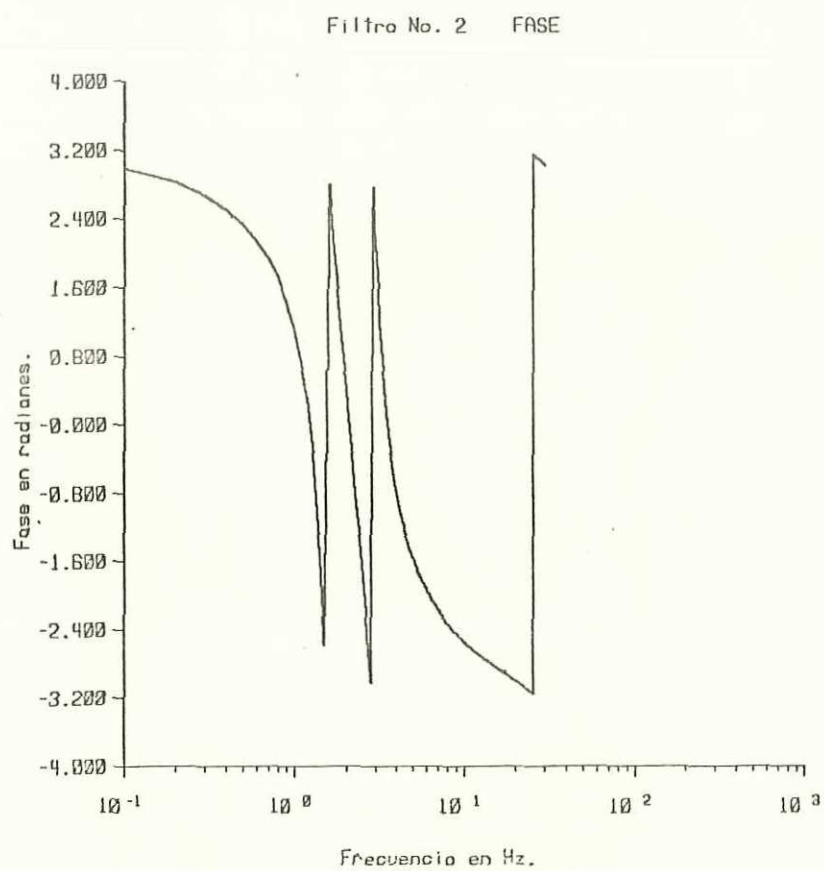


Figura 44 b) Fase del filtro número 2.

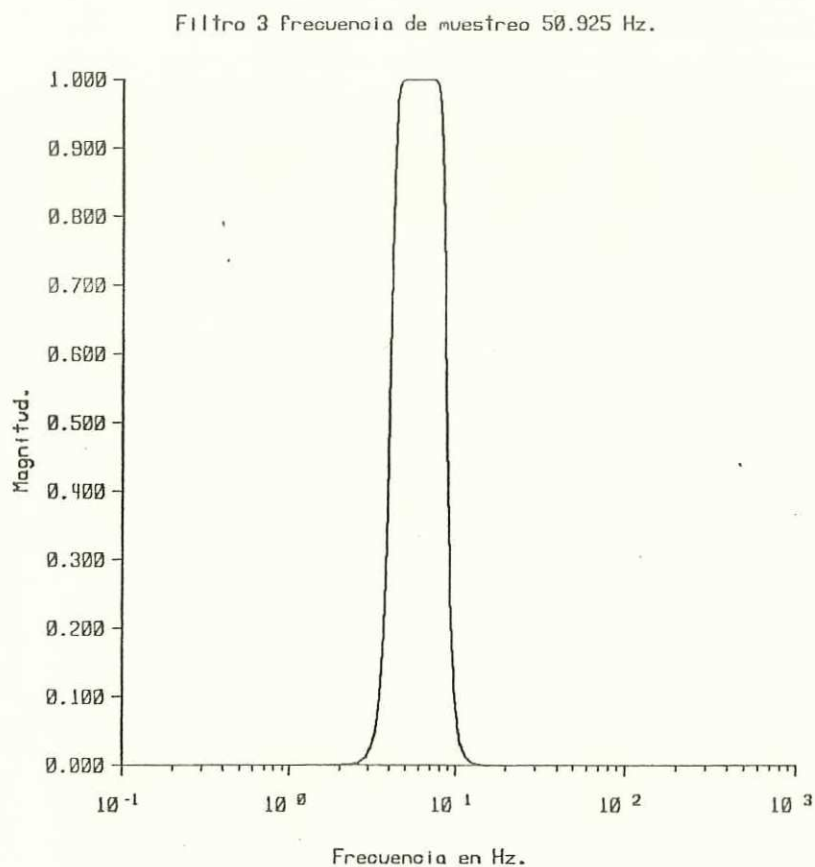


Figura 45 a) Respuesta a la frecuencia del filtro número 3.

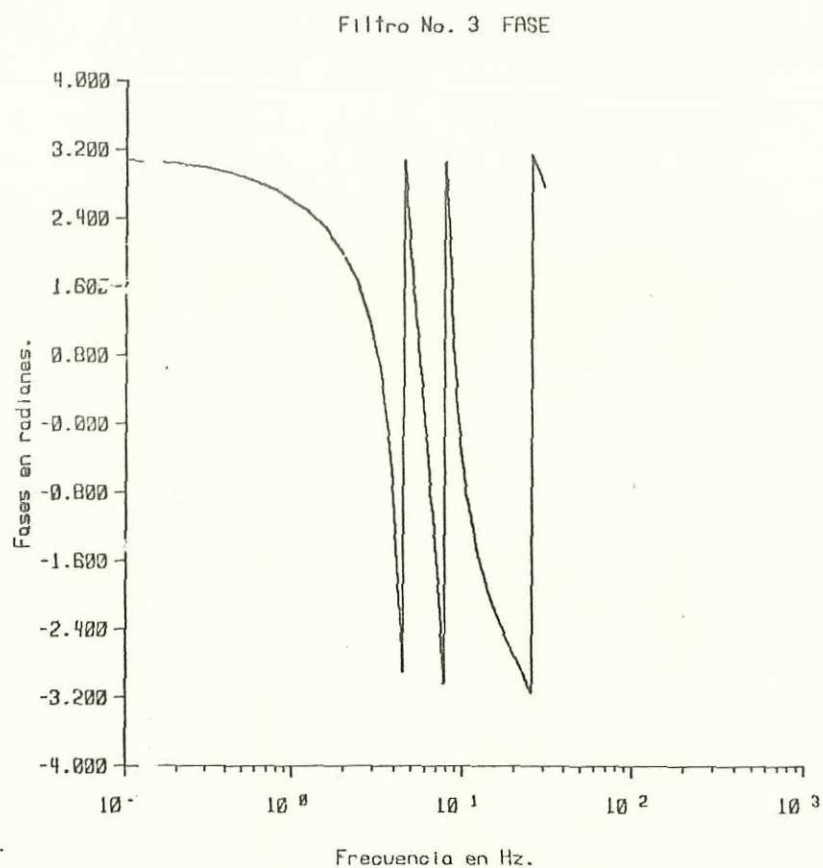


Figura 45 b) Fase del filtro número 3.

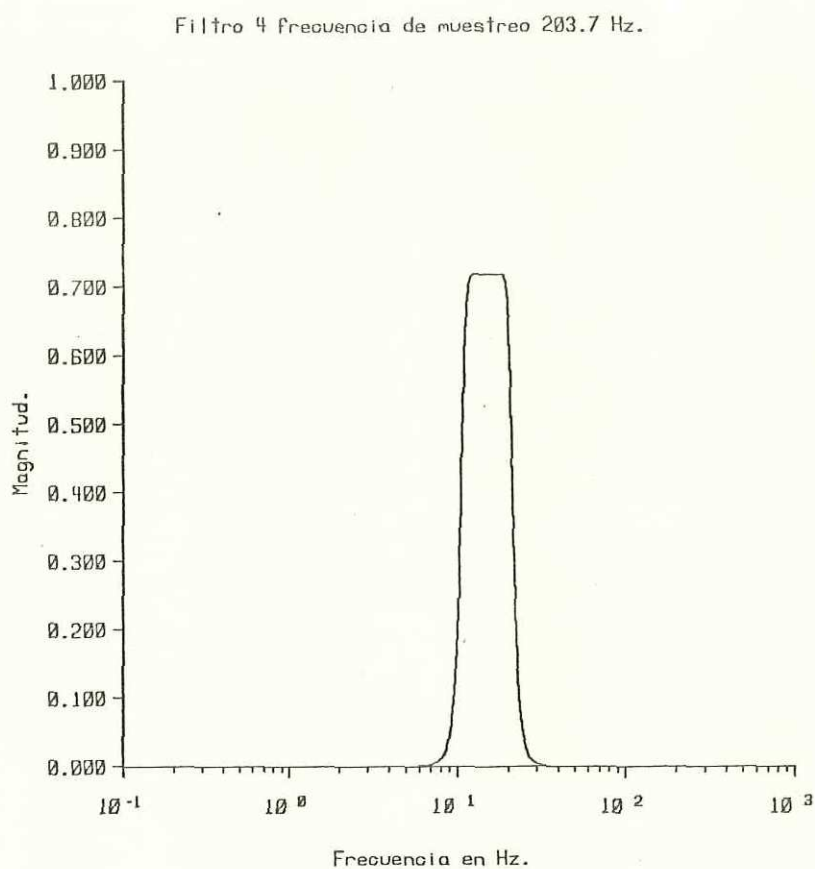


Figura 46 a). Respuesta a la frecuencia del filtro número 4.

Filtro No. 4 FASE

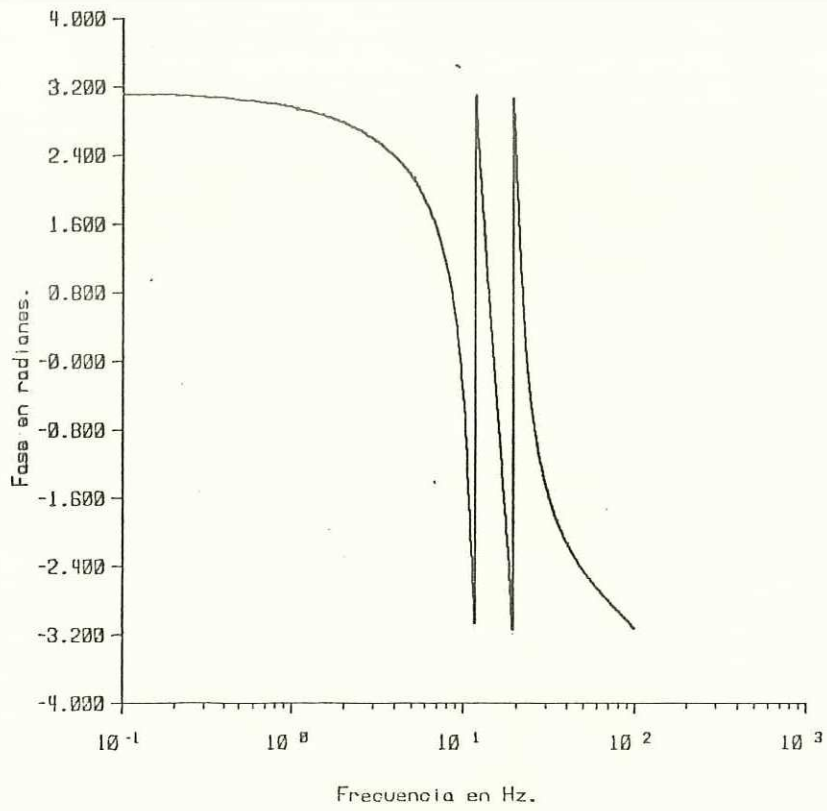


Figura 46 b). Fase del filtro número 4.

Filtro 5 frecuencia de muestreo 203.7 Hz.

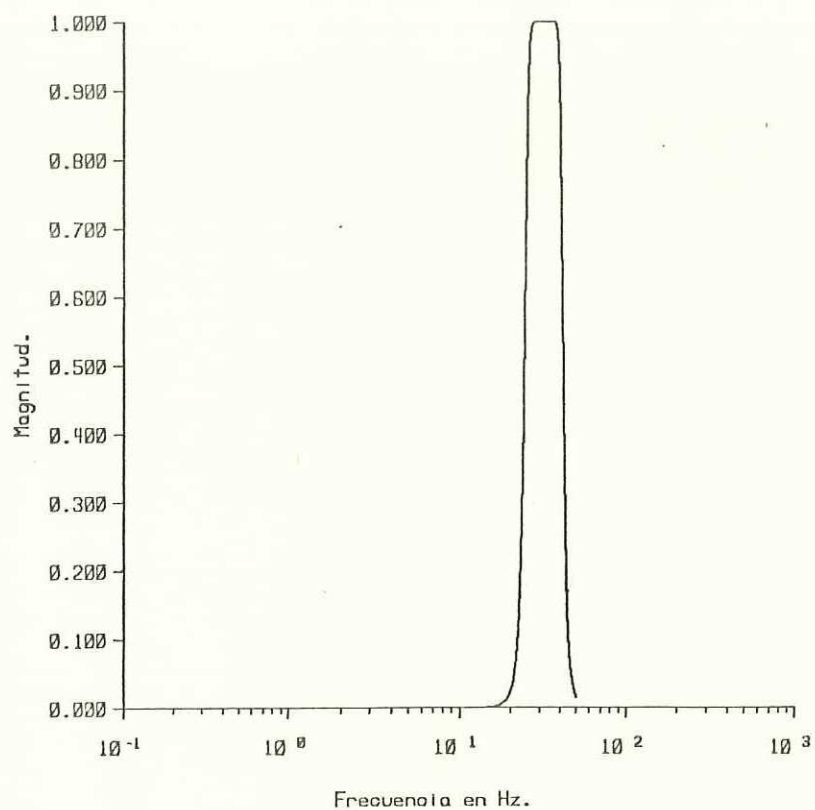


Figura 47 a). Respuesta a la frecuencia del filtro número 5.

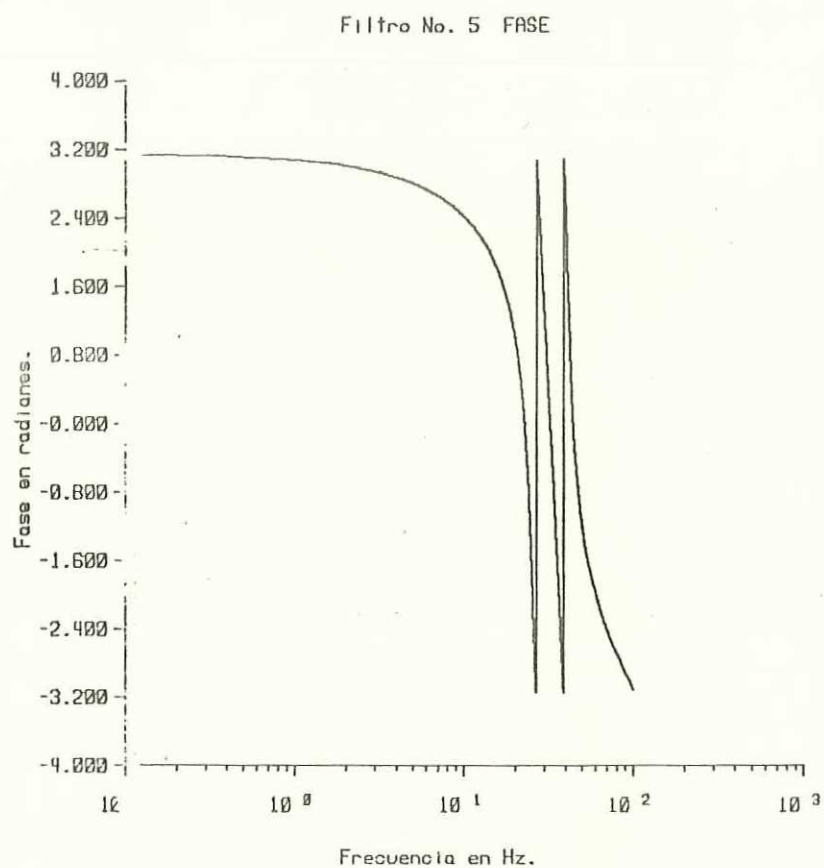


Figura 47 b). Fase del filtro número 5.

multiplicación.

En cuanto a la circuitería se refiere, el prototipo se construyó en tarjetas para enrollado, faltando de enrollar el circuito de entrada y salida de los datos (convertidos analógico a digital, digital a analógico, muestreadores de entrada y de salida filtros analógicos de salida) por no contar actualmente con los componentes.

Se usó un convertidor analógico a digital y digital a analógico de 8 bits en lugar de 12 como originalmente se especificó, con esto se disminuyó la resolución ($2 \exp -8$ en lugar de $2 \exp -12$) por lo que se recomienda efectuar el cambio en cuanto sea posible, si se desea mejorar la resolución.

En la figura 48 se muestra una fotografía del prototipo ADES.

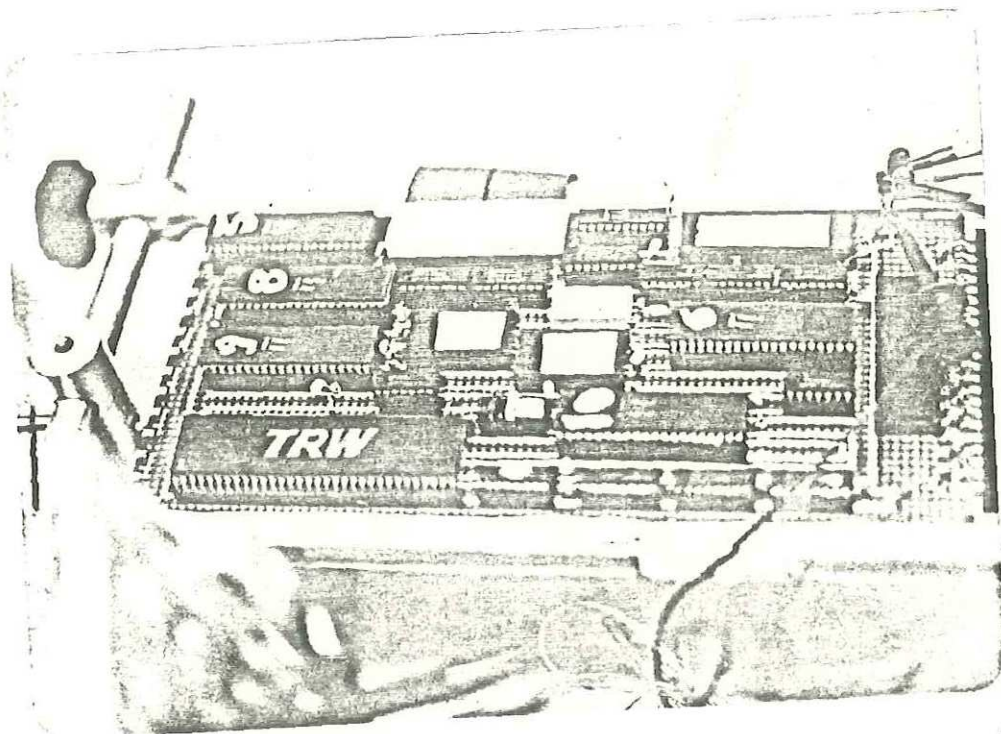


Figura 48. Fotografía del prototipo.

VII. - CONCLUSIONES.

Es importante hacer notar que el enfoque principal de este trabajo de tesis ha sido el diseño de subrutinas y secciones necesarias para las diferentes tareas del ADES, así como la programación de las mismas, diseño y construcción del prototipo.

El trabajo consistió en el diseño y construcción de un procesador de señales para aplicación en sismología, para tal propósito se diseñó un banco de cinco filtros digitales programables con un ancho de banda de una octava de frecuencia cada uno. Para este propósito se usaron filtros del tipo Butterworth de cuatro polos en secciones de cascada. El microprocesador empleado fue el 8085 de INTEL.

El sistema es capaz de admitir datos analógicos o digitales (8 bits en paralelo) y proporcionar al mismo tiempo cinco señales analógicas y cinco señales digitales, estas ultimas compartidas en tiempo en un mismo canal de salida. El programa principal ocupa 889 localidades de memoria de lectura exclusiva (ROM) y 775 localidades de memoria de lectura y escritura (RAM).

De las pruebas de laboratorio se obtubieron los siguientes resultados:

El prototipo consume 1.12 amps para la alimentacion de 5 volts, 35 mili-amps para -10 volts y 17 mili amps para 10 volts. El circuito de multiplicación empleado es muy rápido (155 nano seg) en comparación con el tiempo requerido (23.3 micro segs.) para esta aplicación en especial, por lo que se recomienda compartir el circuito con otros bancos de filtros, lo que reduciría el costo del sistema.

Es importante hacer notar que el ancho de banda de los filtros digitales es independiente de la frecuencia central del filtro a diferencia con otros trabajos publicados anteriormente (Tsujiura, 1966).

También es importante hacer notar que la estructura usada en la etapa basica de segundo orden para el filtros pasa bajas y pasa banda es independiente del tipo de filtro empleado, debido a esto se pueden programar otro tipo de filtro como Chebyshev, eliptico, etc, sin tener que cambiar el programa principal o la circuiteria (solamente los coeficientes de los filtros),

Por estas características hacen que este sistema sea de gran versatilidad.

Por estas características hacen que este sistema sea de gran versatilidad.

LITERATURA CITADA

- Aki, R. 1969. Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered wave. J. Geophys. Res. 74: 615-631.
- Brune, I. N. 1968. Seismic moment seismicity and rate of slip along mayor fault zone. J. Geophys. Res. 73: 777.
- Hayt, H 1971. Análisis de circuitos en ingeniería, p. 91-118. Mc. Graw-Hill de México., México. 512 p.
- Jackson, B. 1969. On the iteration of roundoff noise and dynamic range in digital filters. J. Bell Telephone System Tech. 49: 159-182.
- Kuo, F. 1966. Network analysis and synthesis, p. 360-372. John Willey and sons, Inc. Tokio., 515 p.
- Openhein, A. 1975. Digital Signal processing, p. 2(45) y 5(283). Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 515 p.
- Rabiner, G. 1975. Theory and application of digital signal processing. p. 1(9) y 4(294). Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 762 p.
- Taub, B. 1971. Principles of communication systems, p. 157-162. Mac Graw-Hill Book Co., New York. 513 p.
- Tsujiura, M. 1966. Frecuency analysis of seismic wave. Bull. Earthquake Res. Inst. 44: 873-891.

APENDICE A

TECNICAS PARA DISEÑAR FILTROS DIGITALES A PARTIR DE FILTROS ANALOGICOS.

Las técnicas más comunes para digitalizar una función de transferencia de la forma:

$$H(S) = \frac{\sum_{i=0}^M b_i S^i}{\sum_{i=0}^N a_i S^i} = \frac{\prod_{i=1}^M (S + c_i)}{\prod_{i=1}^N (S + d_i)} \quad (57)$$

cuya ecuación de diferencial está dada por:

$$\sum_{i=0}^N a_i \frac{d^i y(t)}{dt^i} = \sum_{i=0}^M b_i \frac{d^i x(t)}{dt^i} \quad (60)$$

en donde $x(t)$ es la entrada del filtro, y $y(t)$ es la salida, son:

1. Técnica de translación diferencial.
2. Técnica de invariante al impulso.
3. Técnica de transformación bilineal.
4. Técnica de enfrentamiento Z.

Estas técnicas se discuten a continuación.

1) TRANSLACION DIFERENCIAL. Uno de los más simples caminos para digitizar un sistema continuo, es sustituir la ecuación diferencial por una ecuación de diferencias de avance o de retroceso. Entonces, la ecuación 60 puede digitizarse de la siguiente forma:

$$\sum_{i=0}^N a_i \Delta [y(n)] = \sum_{i=0}^M b_i \Delta [x(n)] \quad (61)$$

En donde $x(n)$ es la entrada de la secuencia del filtro digital, y $y(n)$ es la salida. $\Delta_i[w(n)]$ es la i -ésima diferencia definida por:

$$\Delta_{i+1}[w(n)] = \Delta_i \{ \Delta_i [w(n)] \} \quad (62)$$

y

$1/T [w(n) - w(n-1)]$ diferencia de retroceso

$$\Delta_1[w(n)] = \quad (63)$$

$1/T [w(n+1) - w(n)]$ diferencia de avance

En la figura 49 se observa la transformación del plano S al plano Z por este método. Esta técnica es muy simple de aplicar, pero no siempre transforma las características del filtro analógico al filtro digital (Rabiner, 1975).

2. TECNICA INVARIANTE AL IMPULSO.

La característica de esta técnica de transformación, es que la respuesta en frecuencia del filtro digital es una versión distorsionada del filtro analógico. Sea la función de transferencia en el plano S de un filtro analógico, y sea la ecuación 64 la que lo describe, esto es.

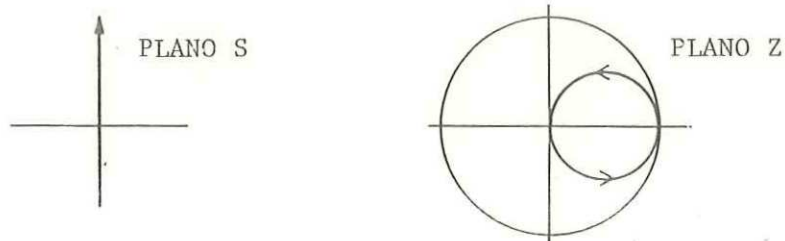
$$H(s) = \sum_{i=1}^N \frac{(s + c_i)}{(s + d_i)} \quad (64)$$

Si se expande en fracciones parciales la ecuación 64.

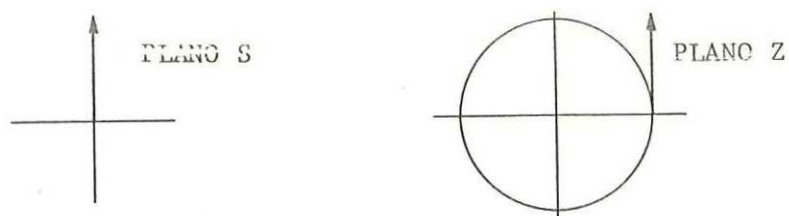
$$H(s) = \sum_{i=0}^N \frac{c_i}{s + d_i} \quad (65)$$

En donde $c = H(s) (s + d_i)$ cuando $s = -d_i$ y d_i es la localización del polo i . La respuesta al impulso de la ecuación 65 correspondiente al filtro digital es de la forma.

$$h(t) = \sum_{i=1}^N c_i e^{-d_i t} U(t) \quad (66)$$



a)



b)

Figura 49, Mapeo del plano S al plano Z correspondiente a la técnica de transformación a) Diferencias de retroceso b) Diferencias de avance.

La correspondiente respuesta al impulso digitalizada $h(nT)$, puede ser escrita como la versión muestreada de la ecuación 66:

$$\sum_{i=1}^N h(nT) = \sum_{i=1}^N c_i e^{-d_i T} U_{-1}(nT) \quad (67)$$

La transformada Z de la ecuación 67 es.

$$H(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(nT) Z^{-n} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{i=1}^N c_i e^{-d_i T} Z^{-n} \quad (68)$$

Intercambiando el orden de la sumatoria y desarrollando tenemos.

$$H(z) = \sum_{i=0}^N \frac{c_i}{1 - e^{-d_i T} Z^{-1}} \quad (69)$$

Por comparación de la ecuación (64) y (69), se puede ver que $H(z)$ se obtiene de $H(s)$ usando la relación de transformación para polos simples de.

$$\frac{1}{s + d} \rightarrow \frac{1}{1 - Z^{-1} e^{-d_i T}} \quad (70)$$

La figura 50 muestra el mapeo del plano S al plano Z correspondiente a la técnica invariante al impulso. De la relación $Z = e^{sT}$, se ve que una franja de anchura $2/T$ en el plano S, se transporta dentro del círculo unitario en el plano Z, como se muestra en la figura 50. De esta figura se ve que la frecuencia de corte del filtro analógico deberá de estar limitado en un rango:

$$- \pi/T < \Omega < \pi/T \quad (71)$$

Para evitar que el filtro digital equivalente obtenido por esta técnica presente translapés en la frecuencia.

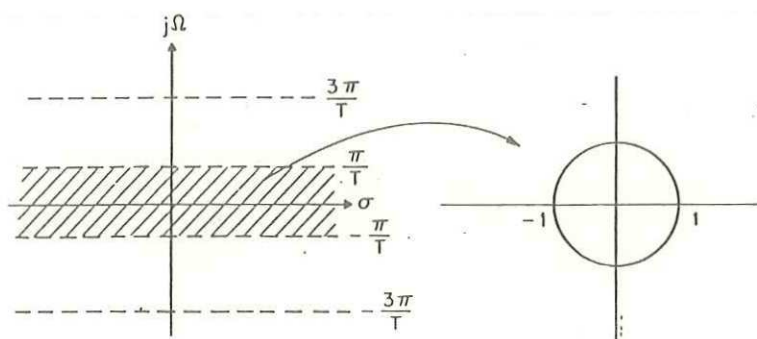


Figura 50. Mapeo del plano S al plano Z correspondiente a la técnica de transformación invariante al impulso.

3. TRANSFORMACION BILINEAL. Esta técnica de transformación se vió en el capítulo II.

4. ENFRENTAMIENTO Z . Esta técnica de transformación, consiste en una transformación directa de los polos o ceros del plano S a los polos o ceros del plano Z . La transformación tiene la propiedad de que un polo del plano S o un cero en $S = a$ se transporta al plano Z como un polo o un cero en $Z = e^{-aT}$ donde T es el período de muestreo, entonces la relación de transformación es:

$$S + a \rightarrow 1 - Z^{-1} e^{-aT} \quad (72)$$

Y para polos y ceros conjugados será:

$$\begin{aligned} (S + a - j b)(S + a + j b) &= \\ &= (S + a)^2 + b^2 \rightarrow 1 - 2 Z^{-1} e^{-aT} \cos(bT) + e^{-2aT} \end{aligned} \quad (73)$$

Se observa que los polos del filtro digital derivados por

esta técnica son idénticos a los polos derivados por la técnica invariante al impulso, aplicadas ambas técnicas a la misma función de transferencia de un filtro analógico. Sin embargo los ceros de los filtros digitales generados son diferentes.

Esta técnica también es fácil de aplicar, aunque en algunos casos no es posible aplicarla. Un ejemplo de esto es cuando el sistema analógico tiene ceros situados en frecuencias iguales o mayores a la mitad de la frecuencia de muestreo, en este caso, existirán traslapos en la frecuencia.

APENDICE B

Se muestra primero la distribución de los dispositivos que constituyen la targeta 1 (fig. 51), la organización del ducto general (DG) en la figura 52, un listado (en FORTRAN) del programa BUTH y un listado del programa para el microprocesador 8085.

Finalmente se muestra un diagrama general de los dispositivos que constituyen el ADES.

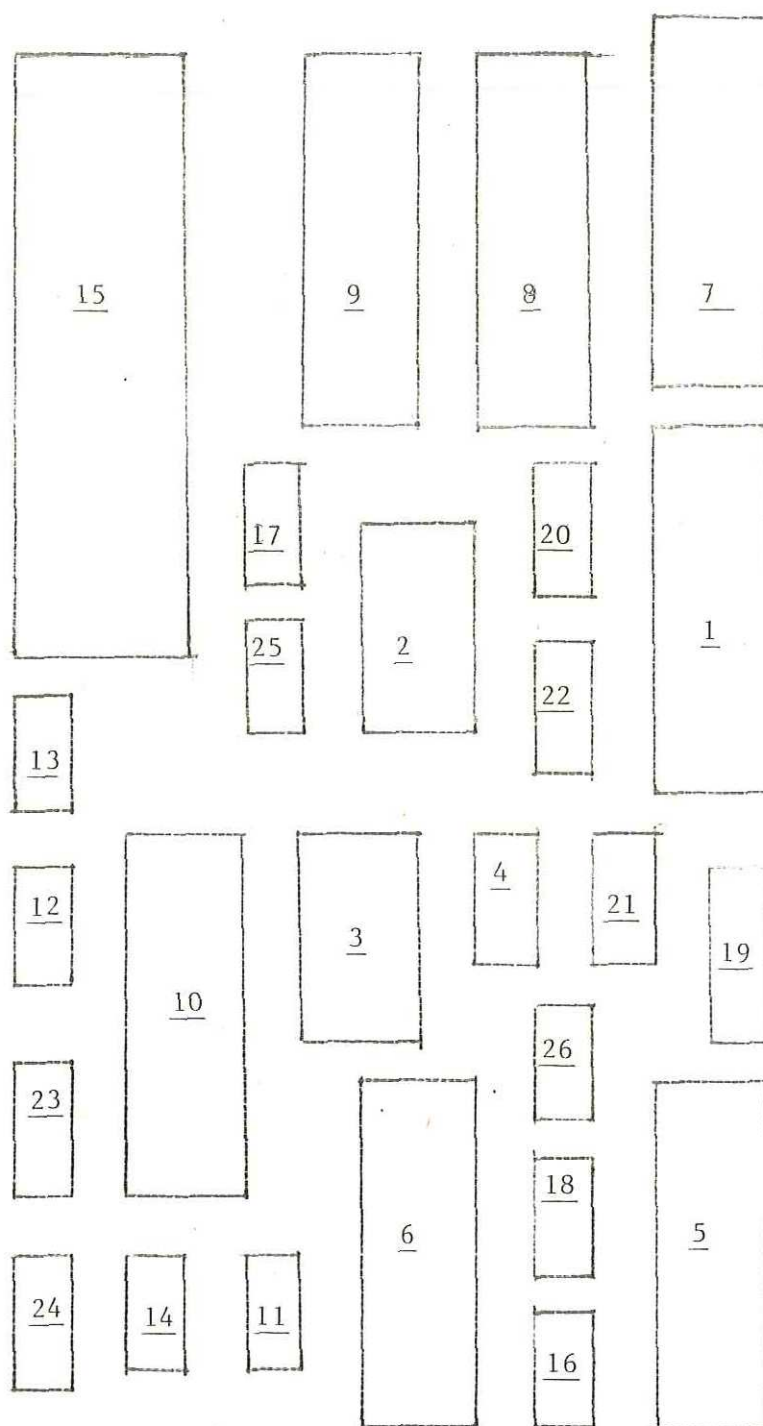


Figura 51. Distribución de los dispositivos en la tarjeta 1.

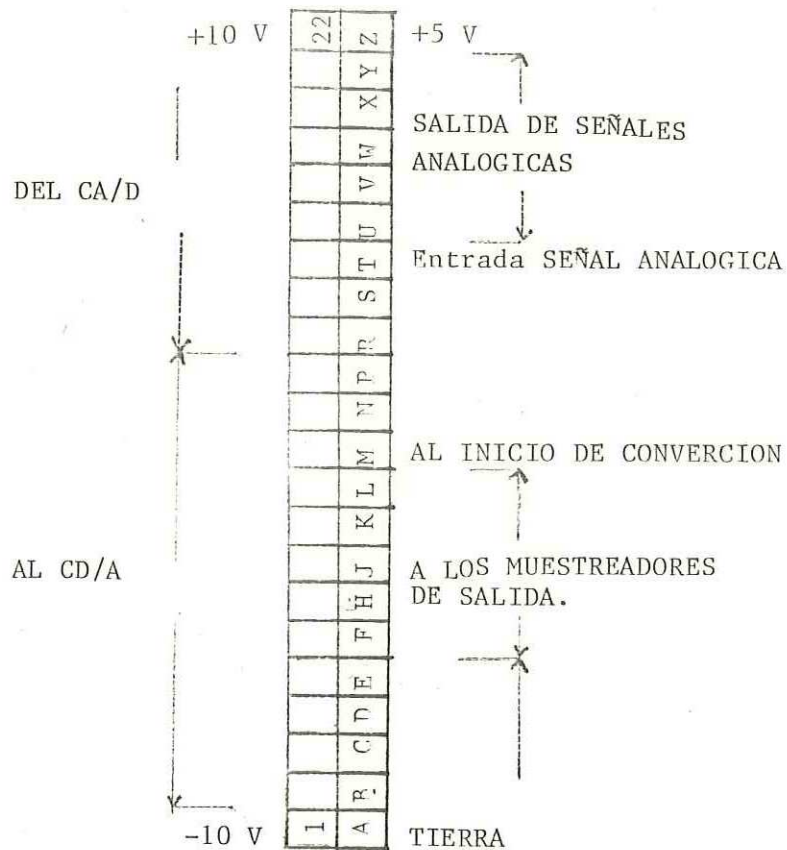


Figura 52. DISTRIBUCION DEL DUCTO GENERAL (DG).


```

0059) 5 WRITE(1,5)
0060) FORMAT(//////30X,'RESULTADOS OBTENIDOS'//////)
0061) CALL ORDEN1(AA,FC,FR,FS,N,TYPE,0)
0062) CALL ORDEN1(AA,FC,FR,FS,N,TYPE,1)
0063) GO TO 14
0064) WRITE(1,55)
0065) 13 FORMAT(' ')
0066) 95 CALL TNOUA('
0067) READ(1,*)N
0068) WRITE(1,5)
0069) 14 CALL NPOLOS(S,N)
0070) CALL ETPOL(S,N)
0071) CALL ELHPOL(S,N,FC,FS,TYPE)
0072) CALL COEFIC(S,S1,S2,N,TYPE)
0073) CALL ESCALA(S,S1,S2,N,TYPE,G,ALFA)
0074) CALL RESP(S,N,S1,S2,TYPE,FC,FS,ALFA,G)
0075) GO TO 1
0076) WRITE(1,95)
0077) 95 FORMAT(' ')
0078) CALL TNOUA('
0079) READ(1,*)FPI
0080) WRITE(1,56)
0081) 80 FORMAT(' ')
0082) CALL TNOUA('
0083) READ(1,*)FP2
0084) WRITE(1,57)
0085) 97 FORMAT(' ')
0086) CALL TNOUA('
0087) READ(1,*)FS
0088) WRITE(1,51)
0089) 91 FORMAT(' ')
0090) CALL TNOUA('
0091) READ(1,21)D
0092) 21 FORMAT(A2)
0093) IF(D.EQ.'NO')GO TO 22
0094) WRITE(1,58)
0095) 58 FORMAT(' ')
0096) CALL TNOUA('
0097) READ(1,*)FRI
0098) WRITE(1,59)
0099) 59 FORMAT(' ')
0100) CALL TNOUA('
0101) READ(1,*)FR2
0102) WRITE(1,90)
0103) 90 FORMAT(' ')
0104) CALL TNOUA('
0105) READ(1,*)AA
0106) WRITE(1,5)
0107) CALL ORDEN2(FP1,FR1,FR2,FS,AA,TYPE,N,0)
0108) CALL ORDEN2(FP1,FR1,FR2,FS,AA,TYPE,N,1)
0109) GO TO 23
0110) 22 WRITE(1,92)
0111) 92 FORMAT(' ')
0112) CALL TNOUA('
0113) READ(1,*)N
0114) WRITE(1,5)
0115) 23 CALL NPOLOS(S,N)
0116) CALL ETPOL(S,N)

```

DEME EL VALOR DE N : ',46)

FRECUENCIA BAJA DE CORTE EN HERTZ : ',46)

FRECUENCIA ALTA DE CORTE EN HERTZ : ',46)

FRECUENCIA DE MUESTREO EN HERTZ : ',46)

QUIERE QUE YO CALCULE N : ',46)

FRECUENCIA BAJA DE ELIMINA BANDA EN HERTZ : ',46)

FRECUENCIA ALTA DE ELIMINA BANDA EN HERTZ : ',46)

ATENUACION DE ELIMINA BANDA EN DECIBELES : ',46)

DEME EL VALOR DE N : ',46)

(0117) CALL IPSOL(S,N,FP1,FP2,FS,S1,S2,TYPE,ALFA)
(0118) CALL COEFIC(S,S1,S2,N,TYPE)
(0119) CALL ESCALA(S,S1,S2,N,TYPE,G,ALFA)
(0120) CALL RESP(S,N,S1,S2,TYPE,PC,FS,ALFA,G)
(0121) 1 CALL EXIT
(0122) END
0000 ERRORS (C:MAIN (FTN-REV17.3))

```

(0123) C *****
(0124) C *****
(0125) C *****
(0126) C *****
(0127) C *****
(0128) C *****
(0129) C *****
(0130) C *****
(0131) C *****
(0132) C *****
(0133) C *****
(0134) C *****
(0135) C *****
(0136) C *****
(0137) C *****
(0138) C *****
(0139) C *****
(0140) C *****
(0141) C *****
(0142) C *****
(0143) C *****
(0144) C *****
(0145) C *****
(0146) C *****
(0147) C *****
(0148) C *****
(0149) C *****
(0150) C *****
(0151) C *****
(0152) C *****
(0153) C *****
(0154) C *****
(0155) C *****
(0156) C *****

SUBROUTINE ORDEN1(AA,FC,FR,FS,N,TYPE,ICODE)
SI ICODE = 0, CALCULA N
SI ICODE = 1, CALCULA LA ATENUACION
INTEGER TYPE,LP,HP
DATA LP,HP/'LP','HP'/
PI = 3.14159268
IF(ICODE .EQ. 1) GO TO 40
BB=0.1*AA
Y=10.0*BB
WC = SIN(PI*FC/FS)/COS(PI*FC/FS)
WR = SIN(PI*FR/FS)/COS(PI*FR/FS)
W = WR/WC
IF(TYPE .EQ. 'HP') W=1./W
AN = 0.5*ALOG10(X-1.)/ALOG10(W)
N = AN
IF(AN-FLD(NT)) GO TO 31
N = N+1
WRITE(1,9)N
GO TO 50
AA=10.*ALOG10(1.+W** (2*N))
WRITE(1,32)N,AA
FORMAT(15X,' ATENUACION CORRESPONDIENTE A N = '12.2X,' ES',F7.2,
* ' DB'////)
FORMAT(25X,' ORDEN DEL FILTRO CALCULADO = ',12/////)
RETURN
END
0000 ERRORS (ORDEN1)FTN-REV17 31

```



```

(0137) *****
(0138) *****
(0139) *****
(0140) SUBROUTINA QUE CALCULA EL ORDEN N PARA EL CASO
(0141) DE UN FILTRO PASA BANDA O ELIMINA BANDA.
(0142) *****
(0143) *****
(0144) *****
(0145) SUBROUTINE ORDEN2(FP1,FP2,FR1,FR2,FS,AR,TYPE,N,ICODE)
(0146) INTEGER TYPE,BP,BS
(0147) DATA BP,BS/'BP','BS'/
(0148) PI = 3.14159268
(0149) IF(ICODE.EQ.1) GOTO 40
(0150) ARG1 = PI*(FP2-FP1)/FS
(0151) ARG2 = PI*(FP2+FP1)/FS
(0152) ARG3 = 2*PI*FR1/FS
(0153) ARG4 = 2*PI*FR2/FS
(0154) ALFA = COS(ARG1)/SIN(ARG1)
(0155) BETA = COS(ARG2)/COS(ARG1)
(0156) IF (TYPE.EQ. BS) GO TO 50
(0157) W1 = ALFA*(COS(ARG3)-BETA)/SIN(ARG3)
(0158) W2 = ALFA*(BETA-COS(ARG4))/SIN(ARG4)
(0159) GO TO 60
(0160) ALFA = 1./ALFA
(0161) W1=ALFA*SIN(ARG3)/(COS(ARG3)-BETA)
(0162) W2 = ALFA*SIN(ARG4)/(BETA-COS(ARG4))
(0163) WS = AMIN1(W1,W2)
(0164) BS=0.1*AA
(0165) X=10.*BB
(0166) AN=0.5*ALOG10(X-1.)/ALOG10(WS)
(0167) N = AN
(0168) NA = N
(0169) IF (AN-FLOAT(N)/30.30.31
(0170) N = N+1
(0171) NA = 2*N
(0172) WRITE(1,25)NA
(0173) GO TO 41
(0174) AA=10.*ALOG10(1.+WS**((2*N).
(0175) WRITE(1,42)NA,AA
(0176) FORMAT(15X,'ATENUACION CORRESPONDIENTE A N =',I2,2X,'ES',
(0177) 'F7.2, / DB'////)
(0178) 25 FORMAT(25X,'ORDEN DEL FILTRO CALCULADO =',I2,///)
(0179) RETURN
(0180) 41
(0181) 42
(0182) 43
(0183) 44
(0184) 45
(0185) 46
(0186) 47
(0187) 48
(0188) 49
(0189) 50
(0190) 51
(0191) 52
(0192) 53
(0193) 54
(0194) 55
(0195) 56
(0196) 57
(0197) 58
(0198) 59
(0199) 60
(0200) 61
(0201) 62
(0202) 63
(0203) 64
(0204) 65
(0205) 66
(0206) 67
(0207) 68
(0208) 69
(0209) 70
(0210) 71
(0211) 72
(0212) 73
(0213) 74
(0214) 75
(0215) 76
(0216) 77
(0217) 78
(0218) 79
(0219) 80
(0220) 81
(0221) 82
(0222) 83
(0223) 84
(0224) 85
(0225) 86
(0226) 87
(0227) 88
(0228) 89
(0229) 90
(0230) 91
(0231) 92
(0232) 93
(0233) 94
(0234) 95
(0235) 96
(0236) 97
(0237) 98
(0238) 99
(0239) 100
(0240) 101
(0241) 102
(0242) 103
(0243) 104
(0244) 105
(0245) 106
(0246) 107
(0247) 108
(0248) 109
(0249) 110
(0250) 111
(0251) 112
(0252) 113
(0253) 114
(0254) 115
(0255) 116
(0256) 117
(0257) 118
(0258) 119
(0259) 120
(0260) 121
(0261) 122
(0262) 123
(0263) 124
(0264) 125
(0265) 126
(0266) 127
(0267) 128
(0268) 129
(0269) 130
(0270) 131
(0271) 132
(0272) 133
(0273) 134
(0274) 135
(0275) 136
(0276) 137
(0277) 138
(0278) 139
(0279) 140
(0280) 141
(0281) 142
(0282) 143
(0283) 144
(0284) 145
(0285) 146
(0286) 147
(0287) 148
(0288) 149
(0289) 150
(0290) 151
(0291) 152
(0292) 153
(0293) 154
(0294) 155
(0295) 156
(0296) 157
(0297) 158
(0298) 159
(0299) 160
(0300) 161
(0301) 162
(0302) 163
(0303) 164
(0304) 165
(0305) 166
(0306) 167
(0307) 168
(0308) 169
(0309) 170
(0310) 171
(0311) 172
(0312) 173
(0313) 174
(0314) 175
(0315) 176
(0316) 177
(0317) 178
(0318) 179
(0319) 180
(0320) 181
(0321) 182
(0322) 183
(0323) 184
(0324) 185
(0325) 186
(0326) 187
(0327) 188
(0328) 189
(0329) 190
(0330) 191
(0331) 192
(0332) 193
(0333) 194
(0334) 195
(0335) 196
(0336) 197
(0337) 198
(0338) 199
(0339) 200
(0340) 201
(0341) 202
(0342) 203
(0343) 204
(0344) 205
(0345) 206
(0346) 207
(0347) 208
(0348) 209
(0349) 210
(0350) 211
(0351) 212
(0352) 213
(0353) 214
(0354) 215
(0355) 216
(0356) 217
(0357) 218
(0358) 219
(0359) 220
(0360) 221
(0361) 222
(0362) 223
(0363) 224
(0364) 225
(0365) 226
(0366) 227
(0367) 228
(0368) 229
(0369) 230
(0370) 231
(0371) 232
(0372) 233
(0373) 234
(0374) 235
(0375) 236
(0376) 237
(0377) 238
(0378) 239
(0379) 240
(0380) 241
(0381) 242
(0382) 243
(0383) 244
(0384) 245
(0385) 246
(0386) 247
(0387) 248
(0388) 249
(0389) 250
(0390) 251
(0391) 252
(0392) 253
(0393) 254
(0394) 255
(0395) 256
(0396) 257
(0397) 258
(0398) 259
(0399) 260
(0400) 261
(0401) 262
(0402) 263
(0403) 264
(0404) 265
(0405) 266
(0406) 267
(0407) 268
(0408) 269
(0409) 270
(0410) 271
(0411) 272
(0412) 273
(0413) 274
(0414) 275
(0415) 276
(0416) 277
(0417) 278
(0418) 279
(0419) 280
(0420) 281
(0421) 282
(0422) 283
(0423) 284
(0424) 285
(0425) 286
(0426) 287
(0427) 288
(0428) 289
(0429) 290
(0430) 291
(0431) 292
(0432) 293
(0433) 294
(0434) 295
(0435) 296
(0436) 297
(0437) 298
(0438) 299
(0439) 300
(0440) 301
(0441) 302
(0442) 303
(0443) 304
(0444) 305
(0445) 306
(0446) 307
(0447) 308
(0448) 309
(0449) 310
(0450) 311
(0451) 312
(0452) 313
(0453) 314
(0454) 315
(0455) 316
(0456) 317
(0457) 318
(0458) 319
(0459) 320
(0460) 321
(0461) 322
(0462) 323
(0463) 324
(0464) 325
(0465) 326
(0466) 327
(0467) 328
(0468) 329
(0469) 330
(0470) 331
(0471) 332
(0472) 333
(0473) 334
(0474) 335
(0475) 336
(0476) 337
(0477) 338
(0478) 339
(0479) 340
(0480) 341
(0481) 342
(0482) 343
(0483) 344
(0484) 345
(0485) 346
(0486) 347
(0487) 348
(0488) 349
(0489) 350
(0490) 351
(0491) 352
(0492) 353
(0493) 354
(0494) 355
(0495) 356
(0496) 357
(0497) 358
(0498) 359
(0499) 360
(0500) 361
(0501) 362
(0502) 363
(0503) 364
(0504) 365
(0505) 366
(0506) 367
(0507) 368
(0508) 369
(0509) 370
(0510) 371
(0511) 372
(0512) 373
(0513) 374
(0514) 375
(0515) 376
(0516) 377
(0517) 378
(0518) 379
(0519) 380
(0520) 381
(0521) 382
(0522) 383
(0523) 384
(0524) 385
(0525) 386
(0526) 387
(0527) 388
(0528) 389
(0529) 390
(0530) 391
(0531) 392
(0532) 393
(0533) 394
(0534) 395
(0535) 396
(0536) 397
(0537) 398
(0538) 399
(0539) 400
(0540) 401
(0541) 402
(0542) 403
(0543) 404
(0544) 405
(0545) 406
(0546) 407
(0547) 408
(0548) 409
(0549) 410
(0550) 411
(0551) 412
(0552) 413
(0553) 414
(0554) 415
(0555) 416
(0556) 417
(0557) 418
(0558) 419
(0559) 420
(0560) 421
(0561) 422
(0562) 423
(0563) 424
(0564) 425
(0565) 426
(0566) 427
(0567) 428
(0568) 429
(0569) 430
(0570) 431
(0571) 432
(0572) 433
(0573) 434
(0574) 435
(0575) 436
(0576) 437
(0577) 438
(0578) 439
(0579) 440
(0580) 441
(0581) 442
(0582) 443
(0583) 444
(0584) 445
(0585) 446
(0586) 447
(0587) 448
(0588) 449
(0589) 450
(0590) 451
(0591) 452
(0592) 453
(0593) 454
(0594) 455
(0595) 456
(0596) 457
(0597) 458
(0598) 459
(0599) 460
(0600) 461
(0601) 462
(0602) 463
(0603) 464
(0604) 465
(0605) 466
(0606) 467
(0607) 468
(0608) 469
(0609) 470
(0610) 471
(0611) 472
(0612) 473
(0613) 474
(0614) 475
(0615) 476
(0616) 477
(0617) 478
(0618) 479
(0619) 480
(0620) 481
(0621) 482
(0622) 483
(0623) 484
(0624) 485
(0625) 486
(0626) 487
(0627) 488
(0628) 489
(0629) 490
(0630) 491
(0631) 492
(0632) 493
(0633) 494
(0634) 495
(0635) 496
(0636) 497
(0637) 498
(0638) 499
(0639) 500
(0640) 501
(0641) 502
(0642) 503
(0643) 504
(0644) 505
(0645) 506
(0646) 507
(0647) 508
(0648) 509
(0649) 510
(0650) 511
(0651) 512
(0652) 513
(0653) 514
(0654) 515
(0655) 516
(0656) 517
(0657) 518
(0658) 519
(0659) 520
(0660) 521
(0661) 522
(0662) 523
(0663) 524
(0664) 525
(0665) 526
(0666) 527
(0667) 528
(0668) 529
(0669) 530
(0670) 531
(0671) 532
(0672) 533
(0673) 534
(0674) 535
(0675) 536
(0676) 537
(0677) 538
(0678) 539
(0679) 540
(0680) 541
(0681) 542
(0682) 543
(0683) 544
(0684) 545
(0685) 546
(0686) 547
(0687) 548
(0688) 549
(0689) 550
(0690) 551
(0691) 552
(0692) 553
(0693) 554
(0694) 555
(0695) 556
(0696) 557
(0697) 558
(0698) 559
(0699) 560
(0700) 561
(0701) 562
(0702) 563
(0703) 564
(0704) 565
(0705) 566
(0706) 567
(0707) 568
(0708) 569
(0709) 570
(0710) 571
(0711) 572
(0712) 573
(0713) 574
(0714) 575
(0715) 576
(0716) 577
(0717) 578
(0718) 579
(0719) 580
(0720) 581
(0721) 582
(0722) 583
(0723) 584
(0724) 585
(0725) 586
(0726) 587
(0727) 588
(0728) 589
(0729) 590
(0730) 591
(0731) 592
(0732) 593
(0733) 594
(0734) 595
(0735) 596
(0736) 597
(0737) 598
(0738) 599
(0739) 600
(0740) 601
(0741) 602
(0742) 603
(0743) 604
(0744) 605
(0745) 606
(0746) 607
(0747) 608
(0748) 609
(0749) 610
(0750) 611
(0751) 612
(0752) 613
(0753) 614
(0754) 615
(0755) 616
(0756) 617
(0757) 618
(0758) 619
(0759) 620
(0760) 621
(0761) 622
(0762) 623
(0763) 624
(0764) 625
(0765) 626
(0766) 627
(0767) 628
(0768) 629
(0769) 630
(0770) 631
(0771) 632
(0772) 633
(0773) 634
(0774) 635
(0775) 636
(0776) 637
(0777) 638
(0778) 639
(0779) 640
(0780) 641
(0781) 642
(0782) 643
(0783) 644
(0784) 645
(0785) 646
(0786) 647
(0787) 648
(0788) 649
(0789) 650
(0790) 651
(0791) 652
(0792) 653
(0793) 654
(0794) 655
(0795) 656
(0796) 657
(0797) 658
(0798) 659
(0799) 660
(0800) 661
(0801) 662
(0802) 663
(0803) 664
(0804) 665
(0805) 666
(0806) 667
(0807) 668
(0808) 669
(0809) 670
(0810) 671
(0811) 672
(0812) 673
(0813) 674
(0814) 675
(0815) 676
(0816) 677
(0817) 678
(0818) 679
(0819) 680
(0820) 681
(0821) 682
(0822) 683
(0823) 684
(0824) 685
(0825) 686
(0826) 687
(0827) 688
(0828) 689
(0829) 690
(0830) 691
(0831) 692
(0832) 693
(0833) 694
(0834) 695
(0835) 696
(0836) 697
(0837) 698
(0838) 699
(0839) 700
(0840) 701
(0841) 702
(0842) 703
(0843) 704
(0844) 705
(0845) 706
(0846) 707
(0847) 708
(0848) 709
(0849) 710
(0850) 711
(0851) 712
(0852) 713
(0853) 714
(0854) 715
(0855) 716
(0856) 717
(0857) 718
(0858) 719
(0859) 720
(0860) 721
(0861) 722
(0862) 723
(0863) 724
(0864) 725
(0865) 726
(0866) 727
(0867) 728
(0868) 729
(0869) 730
(0870) 731
(0871) 732
(0872) 733
(0873) 734
(0874) 735
(0875) 736
(0876) 737
(0877) 738
(0878) 739
(0879) 740
(0880) 741
(0881) 742
(0882) 743
(0883) 744
(0884) 745
(0885) 746
(0886) 747
(0887) 748
(0888) 749
(0889) 750
(0890) 751
(0891) 752
(0892) 753
(0893) 754
(0894) 755
(0895) 756
(0896) 757
(0897) 758
(0898) 759
(0899) 760
(0900) 761
(0901) 762
(0902) 763
(0903) 764
(0904) 765
(0905) 766
(0906) 767
(0907) 768
(0908) 769
(0909) 770
(0910) 771
(0911) 772
(0912) 773
(0913) 774
(0914) 775
(0915) 776
(0916) 777
(0917) 778
(0918) 779
(0919) 780
(0920) 781
(0921) 782
(0922) 783
(0923) 784
(0924) 785
(0925) 786
(0926) 787
(0927) 788
(0928) 789
(0929) 790
(0930) 791
(0931) 792
(0932) 793
(0933) 794
(0934) 795
(0935) 796
(0936) 797
(0937) 798
(0938) 799
(0939) 800
(0940) 801
(0941) 802
(0942) 803
(0943) 804
(0944) 805
(0945) 806
(0946) 807
(0947) 808
(0948) 809
(0949) 810
(0950) 811
(0951) 812
(0952) 813
(0953) 814
(0954) 815
(0955) 816
(0956) 817
(0957) 818
(0958) 819
(0959) 820
(0960) 821
(0961) 822
(0962) 823
(0963) 824
(0964) 825
(0965) 826
(0966) 827
(0967) 828
(0968) 829
(0969) 830
(0970) 831
(0971) 832
(0972) 833
(0973) 834
(0974) 835
(0975) 836
(0976) 837
(0977) 838
(0978) 839
(0979) 840
(0980) 841
(0981) 842
(0982) 843
(0983) 844
(0984) 845
(0985) 846
(0986) 847
(0987) 848
(0988) 849
(0989) 850
(0990) 851
(0991) 852
(0992) 853
(0993) 854
(0994) 855
(0995) 856
(0996) 857
(0997) 858
(0998) 859
(0999) 860
(1000) 861
(1001) 862
(1002) 863
(1003) 864
(1004) 865
(1005) 866
(1006) 867
(1007) 868
(1008) 869
(1009) 870
(1010) 871
(1011) 872
(1012) 873
(1013) 874
(1014) 875
(1015) 876
(1016) 877
(1017) 878
(1018) 879
(1019) 880
(1020) 881
(1021) 882
(1022) 883
(1023) 884
(1024) 885
(1025) 886
(1026) 887
(1027) 888
(1028) 889
(1029) 890
(1030) 891
(1031) 892
(1032) 893
(1033) 894
(1034) 895
(1035) 896
(1036) 897
(1037) 898
(1038) 899
(1039) 900
(1040) 901
(1041) 902
(1042) 903
(1043) 904
(1044) 905
(1045) 906
(1046) 907
(1047) 908
(1048) 909
(1049) 910
(1050) 911
(1051) 912
(1052) 913
(1053) 914
(1054) 915
(1055) 916
(1056) 917
(1057) 918
(1058) 919
(1059) 920
(1060) 921
(1061) 922
(1062) 923
(1063) 924
(1064) 925
(1065) 926
(1066) 927
(1067) 928
(1068) 929
(1069) 930
(1070) 931
(1071) 932
(1072) 933
(1073) 934
(1074) 935
(1075) 936
(1076) 937
(1077) 938
(1078) 939
(1079) 940
(1080) 941
(1081) 942
(1082) 943
(1083) 944
(1084) 945
(1085) 946
(1086) 947
(1087) 948
(1088) 949
(1089) 950
(1090) 951
(1091) 952
(1092) 953
(1093) 954
(1094) 955
(1095) 956
(1096) 957
(1097) 958
(1098) 959
(1099) 960
(1100) 961
(1101) 962
(1102) 963
(1103) 964
(1104) 965
(1105) 966
(1106) 967
(1107) 968
(1108) 969
(1109) 970
(1110) 971
(1111) 972
(1112) 973
(1113) 974
(1114) 975
(1115) 976
(1116) 977
(1117) 978
(1118) 979
(1119) 980
(1120) 981
(1121) 982
(1122) 983
(1123) 984
(1124) 985
(1125) 986
(1126) 987
(1127) 988
(1128) 989
(1129) 990
(1130) 991
(1131) 992
(1132) 993
(1133) 994
(1134) 995
(1135) 996
(1136) 997
(1137) 998
(1138) 999
(1139) 1000
(1140) 1001
(1141) 1002
(1142) 1003
(1143) 1004
(1144) 1005
(1145) 1006
(1146) 1007
(1147) 1008
(1148) 1009
(1149) 1010
(1150) 1011
(1151) 1012
(1152) 1013
(1153) 1014
(1154) 1015
(1155) 1016
(1156) 1017
(1157) 1018
(1158) 1019
(1159) 1020
(1160) 1021
(1161) 1022
(1162) 1023
(1163) 1024
(1164) 1025
(1165) 1026
(1166) 1027
(1167) 1028
(1168) 1029
(1169) 1030
(1170) 1031
(1171) 1032
(1172) 1033
(1173) 1034
(1174) 1035
(1175) 1036
(1176) 1037
(1177) 1038
(1178) 1039
(1179) 1040
(1180) 1041
(1181) 1042
(1182) 1043
(1183) 1044
(1184) 1045
(1185) 1046
(1186) 1047
(1187) 1048
(1188) 1049
(1189) 1050
(1190) 1051
(1191) 1052
(1192) 1053
(1193) 1054
(1194) 1055
(1195) 1056
(1196) 1057
(1197) 1058
(1198) 1059
(1199) 1060
(1200) 1061
(1201) 1062
(1202) 1063
(1203) 1064
(1204) 1065
(1205) 1066
(1206) 1067
(1207) 1068
(1208) 1069
(1209) 1070
(1210) 1071
(1211) 1072
(1212) 1073
(1213) 1074
(1214) 1075
(1215) 1076
(1216) 1077
(1217) 1078
(1218) 1079
(1219) 1080
(1220) 1081
(1221) 1082
(1222) 1083
(1223) 1084
(1224) 1085
(1225) 1086
(1226) 1087
(1227) 1088
(1228) 1089

```

PAGE 0000

```

(0201) C *****
(0202) C *****
(0203) C *****
(0204) C *****
(0205) C *****
(0206) C *****
(0207) C *****
(0208) C *****
(0209) C *****
(0210) C *****
(0211) C *****
(0212) C *****
(0213) C *****
(0214) C *****
(0215) C *****
(0216) C *****
(0217) C *****
(0218) C *****
(0219) C *****
(0220) C *****
(0221) C *****
(0222) C *****
(0223) C *****
(0224) C *****
(0225) C *****
(0226) C *****
(0227) C *****
(0228) C *****
(0229) C *****
(0230) C *****
(0231) C *****
(0232) C *****
(0233) C *****
(0234) C *****
(0235) C *****

SUBROUTINE NPOLOS(S,N)
COMPLEX S
DIMENSION S(N)
PI = 3.14159258
PIB2=PI/2.
PIB2N=PI/(2.*N)
N1=N+1
N12=N1/2
N2=N/2
IF(N.NE. N/2*2)N2=(N-1)/2
DO 10 I = 1, N2
  ARG = PIB2*(2.*I-1.)*PIB2N
  RE=COS(ARG)
  AIM=SIN(ARG)
  S(I)=CMPLX(RE,AIM)
  S(N1-I)=CONJG(S(I))
CONTINUE
10 IF(N.NE. N/2*2)S(N12)=CMPLX(-1.0,0.0)
WRITE(1,3)
FORMAT(2X,'POLOS NORMALIZADOS EN EL PLANO S'///)
WRITE(1,5)
FORMAT(2X,'PARTE REAL',7X,'PARTE IMAGINARIA'///)
WRITE(1,4)S
FORMAT(23X,E15.8,E15.8)
RETURN
END
0000 ERRORS [NPOLOS>FTN-REV17.3]

```

IFSM

```

(0236) C *****
(0237) C *****
(0238) C *****
(0239) C SUBROUTINE QUE CALCULA LOS POLOS DEL
(0240) C FILTRO PROTOTIPO EN EL PLANO Z
(0241) C *****
(0242) C *****
(0243) C *****
(0244) C SUBROUTINE ZTPOL(S,N)
(0245) C COMPLEX S(N)
(0246) C N1=N+1
(0247) C N2=N/2
(0248) C IF(N .EQ. N/2*N2=(N-1)/2
(0249) C WRITE(1,5)
(0250) C 5 FORMAT(//20X,'POLOS DEL FILTRO PROTOTIPO EN EL PLANO Z')
(0251) C WRITE(1,15)
(0252) C 15 FORMAT(//25X,'PARTE REAL',7X,'PARTE IMAGINARIA'//)
(0253) C DO 10 I = 1, N2
(0254) C TEMP = AIMAG(S(I))/(1.-REAL(S(I)))
(0255) C S(I) = CMPLX(0.0,TEMP)
(0256) C S(N1-I) = CONJG(S(I))
(0257) C 10 CONTINUE
(0258) C IF(N .EQ. N/2*2)GO TO 20
(0259) C N12 = N1/2
(0260) C S(N12)=CMPLX(0.0,0.0)
(0261) C 20 WRITE(1,22)S
(0262) C 22 FORMAT(22X,E15.8,5X,E15.8)
(0263) C RETURN
(0264) C END
0000 ERRORS [ZTPOL]FTN-REV17.3J

```

```

(0265) C *****
(0266) C *****
(0267) C *****
(0268) C SUBROUTINA QUE CALCULA LOS POLOS DEL FILTRO
(0269) C NUEVO. PASA BAJAS O PASA ALTAS.
(0270) C *****
(0271) C *****
(0272) C *****
(0273) C SUBROUTINE ZLHPOL(S,N,FC,FS,TYPE)
(0274) C COMPLEX S(N)
(0275) C INTEGER TYPE
(0276) C DATA PI/3.14159268/
(0277) C ARG=PI*FC/FS
(0278) C T=SIN(ARG)/COS(ARG)
(0279) C ALFA=(1.-T)/(1.+T)
(0280) C WRITE(1,14)
(0281) C FORMAT(///27X,'POLOS PARA EL FILTRO NUEVO')
(0282) C WRITE(1,15)
(0283) C 14 FORMAT(//25X,'PARTE REAL',7X,'PARTE IMAGINARIA'//)
(0284) C IF(TYPE.EQ.'HP')GO TO 10
(0285) C DO 20 I = 1,N
(0286) C S(I)=(S(I)+ALFA)/(1.+ALFA*S(I))
(0287) C CONTINUE
(0288) C GO TO 40
(0289) C 10 ALFA = -ALFA
(0290) C DO 30 I=1,N
(0291) C S(I)=(S(I)+ALFA)/(1.+ALFA*S(I))
(0292) C CONTINUE
(0293) C 40 WRITE(1,12)S
(0294) C 12 FORMAT(2X,E15.8,5X,E15.8)
(0295) C RETURN
(0296) C END
0000 ERRORS [<ZLHPOL>FTN-REV17.3]

```



```

(0347) C *****
(0348) C SUBROUTINE QUE CALCULA LOS COEFICIENTES
(0349) C DEL DENOMINADOR DEL FILTRO FINAL
(0350) C *****
(0351) C
(0352) C
(0353) C *****
(0354) C
(0355) C SUBROUTINE COEFIC(S,S1,S2,N,TYPE)
(0356) C COMPLEX S(N),S1(N),S2(N)
(0357) C DIMENSION B1(100),B0(100),C1(100),C0(100),D1(100),D0(100)
(0358) C INTEGER TYPE
(0359) C N2=N/2
(0360) C N12=(N+1)/2
(0361) C IF (TYPE.EQ. 'BP' .OR. TYPE.EQ. 'BS') GO TO 13
(0362) C WRITE(1,8)
(0363) C DO 5 I=1,N2
(0364) C B1(I)=-2.*REAL(S(I))
(0365) C B0(I)=CABS(S(I))*2
(0366) C WRITE(1,14)I
(0367) C WRITE(1,7)B1(I),B0(I)
(0368) C FORMAT(35X,'SECCION #12//')
(0369) C FORMAT(//25X,'COEFICIENTES DEL FILTRO NUEVO'//)
(0370) C 7 FORMAT(20X,'B1 =',E15.8,'B0 =',E15.8//)
(0371) C 5 CONTINUE
(0372) C IF(N.EQ. N/2)GO TO 9
(0373) C B1(N12)=-2.*REAL(S(N12))
(0374) C B0(N12)=CABS(S(N12))*2
(0375) C WRITE(1,14)N12
(0376) C WRITE(1,7)B1(N12),B0(N12)
(0377) C GO TO 9
(0378) C 13 WRITE(1,12)
(0379) C DO 10 I=1,N2
(0380) C C1(I)=-2.*REAL(S1(I))
(0381) C C0(I)=CABS(S1(I))*2
(0382) C D1(I)=-2.*REAL(S2(I))
(0383) C D0(I)=CABS(S2(I))*2
(0384) C WRITE(1,15)I
(0385) C 15 FORMAT(35X,'SECCION #12//')
(0386) C WRITE(1,11)C1(I),D1(I)
(0387) C WRITE(1,6)C0(I),D0(I)
(0388) C FORMAT(//25X,'COEFICIENTES DEL FILTRO NUEVO'//)
(0389) C 11 FORMAT(20X,'C1 =',E15.8,'C0 =',E15.8)
(0390) C 6 FORMAT(20X,'D0 =',E15.8,'D1 =',E15.8//)
(0391) C 10 CONTINUE
(0392) C IF(N.EQ. N/2)GO TO 9
(0393) C C1(N12)=-2.*REAL(S1(N12))
(0394) C C0(N12)=CABS(S1(N12))*2
(0395) C D1(N12)=-2.*REAL(S2(N12))
(0396) C D0(N12)=CABS(S2(N12))*2
(0397) C WRITE(1,15)N12
(0398) C WRITE(1,11)C1(N12),D1(N12)
(0399) C 9 WRITE(1,6)C0(N12),D0(N12)
(0400) C RETURN
(0401) C END
0000 ERRORS (COEFIC.FTR-REV17 3)

```



```

(0402) C *****
(0403) C SUBROUTINE PARA NORMALIZAR LA MAGNITUD *****
(0404) C
(0405) C
(0406) C
(0407) C *****
(0408) C
(0409) C SUBROUTINE ESCALA (S,S1,S2,N,TYPE,G,ALFA)
(0410) C COMPLEX S(N),S1(N),S2(N),Z0
(0411) C INTEGER TYPE,HP,BP,BS
(0412) C DATA LP,HP,BP,BS/'LP','HP','BP','BS'/
(0413) C N2=N/2
(0414) C N1=(N+1)/2
(0415) C PROD=1.0
(0416) C IF(TYPE.LE.BS)GO TO 30
(0417) C C=1
(0418) C IF(TYPE.EQ.HP) C=-C
(0419) C DO 10 I=1,N2
(0420) C N1=N-I+1
(0421) C A1=CABS(C-S(I))
(0422) C A2=CABS(C-S(N1))
(0423) C PROD=PROD*A1*A2
(0424) C CONTINUE
(0425) C IF(N.EQ.N/2) GO TO 20
(0426) C PROD=PROD*CABS(C-S(N1))
(0427) C G=PROD/2**N
(0428) C GO TO 70
(0429) C 30 IF(TYPE.EQ.BP)GO TO 50
(0430) C DO 40 I=1,N
(0431) C A1=CABS(1.-S1(I))
(0432) C A2=CABS(1.-S2(I))
(0433) C PROD=PROD*A1*A2
(0434) C CONTINUE
(0435) C G=PROD/(2.*(1.-ALFA))**N
(0436) C GO TO 70
(0437) C 50 Z0=CMPLX(ALFA,SQRT(1.-ALFA**2))
(0438) C AN=1.
(0439) C DO 60 I=1,N
(0440) C A1=CABS(Z0+1.)
(0441) C A2=CABS(Z0-1.)
(0442) C A3=CABS(Z0-S1(I))
(0443) C A4=CABS(Z0-S2(I))
(0444) C AN=AN*A1*A2
(0445) C PROD=PROD*A3*A4
(0446) C CONTINUE
(0447) C G=PROD/AN
(0448) C 70 WRITE(1,6)G
(0449) C 6 FORMAT(///18X,'CONSTANTE DE NORMALIZACION = ',E15.8)
(0450) C RETURN
(0451) C END
0000 ERRORS [(<ESCALA>FTN-REV17.3)]

```

```

(0452) C *****
(0453) C SUBROUTINE QUE CALCULA LA RESPUESTA EN FRECUENCIA
(0454) C MAGNITUD Y FASE DEL FILTRO FINAL NUEVO. EXISTE
(0455) C ADEMAS, DENTRO DE ELLA LA LIBRERIA DEL DIPILOT
(0456) C EN CASO DE QUE SE QUIERA GRAFICAR, LA FRECUENCIA
(0457) C VS. MAGNITUD.
(0458) C *****
(0459) C *****
(0460) C *****
(0461) C *****
(0462) C *****
(0463) C *****
(0464) C *****
(0465) C *****
(0466) C *****
(0467) C *****
(0468) C *****
(0469) C *****
(0470) C *****
(0471) C *****
(0472) C *****
(0473) C *****
(0474) C *****
(0475) C *****
(0476) C *****
(0477) C *****
(0478) C *****
(0479) C *****
(0480) C *****
(0481) C *****
(0482) C *****
(0483) C *****
(0484) C *****
(0485) C *****
(0486) C *****
(0487) C *****
(0488) C *****
(0489) C *****
(0490) C *****
(0491) C *****
(0492) C *****
(0493) C *****
(0494) C *****
(0495) C *****
(0496) C *****
(0497) C *****
(0498) C *****
(0499) C *****
(0500) C *****
(0501) C *****
(0502) C *****
(0503) C *****
(0504) C *****
(0505) C *****
(0506) C *****
(0507) C *****
(0508) C *****
(0509) C *****

SUBROUTINE RESP(ZP,N,S1,S2,TYPE,FC,FS,ALFA,G)
  COMPLEX ZP(N),Z(100),S1(N),S2(N),Q
  DIMENSION F(102),H(102),PH(102)
  COMPLEX U1,U2,U3,U4
  INTEGER TYPE
  PI=3.14159268
  NPTS=100
  TWOPI=2.*PI
  WRITE(1,12)
  WRITE(1,11)
  FORMAT(///27X,'RESPUESTA DEL FILTRO FINAL')
  FORMAT(//17X,'FRECUENCIA',9X,'AMPLITUD',12X,'FASE'//)
  IF (TYPE .EQ. 'BP') GO TO 60
  Q=CMPLX(ALFA),SGRT(1.-ALFA**2)
  DO 10 I=1,NPTS
    F(I)=FS*(I-1)/1000.0
    WT=TWOPI*F(I)/FS
    S=SIN(WT)
    Z(I)=CMPLX(C,S)
    IF (TYPE .LE. 'BS') GO TO 40
    A = 1.
    PROD=1.
    PHD=0.
    PHN=0.
    DO 20 J=1,N
      PROD=PROD*CABS(Z(I)-ZP(J))
      U1=Z(I)-ZP(J)
      U2=Z(I)-CONJG(ZP(J))
      ARG1=A*IMAG(U1)/REAL(U1)
      ARG2=A*IMAG(U2)/REAL(U2)
      PHD=PHD+ATAN(ARG1)+ATAN(ARG2)
      U3=1.-Z(I)
      IF (TYPE .EQ. 'HP') GO TO 30
      A=CABS(1.-Z(I))*A
      GO TO 21
    A=A*CABS(1.-Z(I))
    U3=1.-Z(I)
    ARG3=A*IMAG(U3)/REAL(U3)
    PHN=PHN+ATAN(ARG3)
    CONTINUE
    FORMAT(11X,F16.8,2X,F16.8,2X,F16.8)
    GO TO 9
    A=1
    PROD=1
    PHN=0
    PHD=0
  
```

```

(0510) DO 50 J=1,N
(0511) PROD=PROD*CABS(Z(I)-S1(J))*CABS(Z(I)-S2(J))
(0512) U1=Z(I)-S1(J)
(0513) U2=Z(I)-S2(J)
(0514) ARG1=AIMAG(U1)/REAL(U1)
(0515) ARG2=AIMAG(U2)/REAL(U2)
(0516) PHD=PHD+ATAN(ARG1)+ATAN(ARG2)
(0517) U3=1.+Z(I)
(0518) U4=Z(I)-1
(0519) A1=CABS(Z(I)+1)*CABS(Z(I)-1.)
(0520) IF(TYPE.EQ.'BP') GO TO 51
(0521) A1=CABS(Z(I)**2-.5*ALFA*Z(I)+CMPLX(1.,0.0))
(0522) U3=Z(I)-G
(0523) U4=Z(I)-CONJG(G)
(0524) A=A*A1
(0525) ARG3=AIMAG(U3)/REAL(U3)
(0526) ARG4=AIMAG(U4)/REAL(U4)
(0527) PHN=PHN+ATAN(ARG3)+ATAN(ARG4)
(0528) CONTINUE
(0529) H(I)=G*A/PROD
(0530) PH(I)=PHN-PHD
(0531) WRITE(1,15)F(I),H(I),PH(I)
(0532) CONTINUE
(0533) WRITE(1,61)
(0534) FORMAT('','','')
(0535) CALL TNOVA('QUIERE USTED GRAFICAR ? ',24)
(0536) READ(1,7)Y
(0537) FORMAT(A2)
(0538) IF(Y.EQ.'SI')GO TO 16
(0539) GO TO 49
(0540) WRITE(1,100)
(0541) FORMAT(' ','')
(0542) CALL TNOVA('QUIERE GRAFICAR FREQ. VS. MAGNITUD ? ',37)
(0543) READ(1,8)X
(0544) FORMAT(A2)
(0545) IF(X.EQ.'NO')GO TO 17
(0546) CALL INITP1(3,4)
(0547) CALL FACTOR(1.0)
(0548) CALL SCALE(F,B,0.100,1)
(0549) CALL SCALE(H,B,0.100,1)
(0550) CALL AXIS(1,1.,'FRECUENCIA NORMALIZADA',-22.8,0.,F(101),
(0551) *F(102),F(102),1)
(0552) CALL AXIS(1,1.,'MAGNITUD NORMALIZADA',20.8,90.,H(101),
(0553) *H(102),H(102),1)
(0554) CALL PLOT(1,0.1,0,-3)
(0555) CALL LINE(F,H,100,1,0.0)
(0556) CALL ENDPLT
(0557) WRITE(1,101)
(0558) FORMAT(' ','')
(0559) CALL TNOVA('QUIERE GRAFICAR FREQ. VS. FASE ? ',34)
(0560) READ(1,48)T
(0561) FORMAT(A2)
(0562) IF(T.EQ.'NO')GO TO 49
(0563) CALL INITP1(3,4)
(0564) CALL FACTOR(1.0)
(0565) CALL SCALE(F,B,0.100,1)
(0566) CALL SCALE(PH,B,0.100,1)
(0567) CALL AXIS(1,1.,'FRECUENCIA NORMALIZADA',-22.8,0.,F(101),

```

PAGE 0017

```

(0568)      *F(102),F(102),1)
(0569)      CALL AXIS(1.,1., 'FASE EN RADIANTES', 16, 8., 90., PH(101),
(0570)      *PH(102),PH(102),1)
(0571)      CALL PLOT(1.0,1.0,-3)
(0572)      CALL LINE(F,PH,100,1.0,0)
(0573)      CALL ENDPLT
(0574)      49  RETURN
(0575)      END
0000 ERRORS [<RESP >FTN-REV17.3]

```



```
----- 8030/35 ASSEMBLER VOL 1 ----- PAGE 2 ----- FUTURE DATA -----
```

```

*****
*                               *
* INIS                          *
*                               *
* ETAPA PARA INICIAR PUERTOS Y PROGRAMAR INTERUCCION.
*                               *
*****
0000      31FF0A      INIS      GRG      X'000'
0000      LXI        SP,APUNT
0003      MVI        A,X'BE'
0005      OUT        CONTROL1
0007      MVI        A,X'83'
0009      OUT        CONTROL2
000B      MVI        A,X'S9'
000D      OUT        CONTROL3
000F      MVI        A,X'C0'
0011      OUT        CONTROL4
0013      MVI        A,X'C0'
0015      OUT        CONTROL5
0017      MVI        A,X'92'
0019      OUT        CONTROL6
001B      MVI        A,09
001D      SIM
001E      JMP        INICIO
0021      DS          10

```



```

002B F5
002C F3
002D C5
002E D5
002F E5

0030 DB04
0032 C580
0034 67
0035 DB05
0037 6F
0038 220408
003B 3E01
003D 320C08
0040 E1
0041 D1
0042 C1
0043 F1
0044 FB
0045 C9

*****
*
* INTERRUPTION PARA LEER DATOS DIGITALES
* Interrumpe cuando hay un dato digital que leer
* lo lee y combierte en complemento a dos, pone
* bandera de leído.
*
*****
IN      PUSH    PSW
        DI
        PUSH    B
        PUSH    D
        PUSH    H
        ; Lee dato digital de entrada y combierte en complemento a dos.
        IN      PUERTO1A
        ADI     X'80'
        MOV     H,A
        IN      PUERTO1B
        MOV     L,A
        SHLD    DATO
        MVI     A,I
        STA     BANDERA
        POP     H
        POP     D
        POP     B
        POP     PSW
        EI
        RET

        ; Guarda la palabra de estados.
        ; Desautoriza interrupcion.
        ; Guarda registros B y C.
        ; Guarda registros D y E.
        ; Guarda registros H y L.
        ; Lee dato digital de entrada y combierte en complemento a dos.
        ; SUMA 80H A REG A.
        ; Asigna reg A a reg H.
        ; LEE DATO DIGITAL DE ENTRADA (BAJO).
        ; Asigna reg A a reg L.
        ; Guarda dato leído.
        ; Asigna uno al acumulador.
        ; Pon bandera de dato leído.
        ; Regresa valor original a reg H y L.
        ; Regresa valor original a reg D y E.
        ; Regresa valor original a reg B y C.
        ; Autoriza interrupcion.
        ; Continúa con el programa.

```

```

*****
*
* TRANSFIERE LOS COEFICIENTES DE EPROM A RAM, INICIA VARIABLE
* Y CONTANTES DEL PROGRAMA.
*
*****
0046 DB06      IN      PUERTO10
0048 EB80      ANI     X'80'
004A 320208    STA     TIPO

; OBTEN TIPO DE ENTRADA (ANALOGICA O DIGITAL).
; AND REGISTRO A CON 1.
; Guarda el tipo, 1 digital- 0 analogico.

; INICIALIZACION
; Transfiere los valores de la contantes (k,b,l,b0 y orden del filtro)
; a el area de trabajo de memoria RAM. Limpia area de trabajo de W(n-1) y
; W(n-2) en RAM.
LXI     B,A(AREAT1) ;inicia apuntador de memoria RAM
LXI     H,A(EPROM1) ;inicia apuntador de memoria EPROM
MVI     A,X'08'      ;Asigna a reg a 08
RLC      ;Rota acumulador a la derecha
STA      COFIL        ;Guarda contador de filtros
MOV      A,M          ;Asigna orden del filtro a reg A
RRC      ;Divide el orden entre dos
STAX     B            ;Guarda el orden en el area de trabajo
MOV      E,A          ;inicia contador
D3       ;inicia contador-1
INX      ;incrementa apuntador de memoria EPROM
MOV      H            ;Asigna dato (alto) a reg A de EPROM
INX      ;incrementa apuntador de memoria de RAM
STAX     B            ;Asigna reg A (dato) a Memoria RAM
INX      ;incrementa apuntador de memoria EPROM
MOV      A,M          ;Asigna dato (bajo) a reg A de EPROM
INX      ;incrementa apuntador de memoria de RAM
STAX     B            ;Asigna reg A (dato) a memoria RAM
DCR      D            ;Decrementa registro D.
JZ       CUATRO        ;Si reg D es cero ve a CUATRO.
MVI     A,0           ;Asigna cero al contador.
INX      ;incrementa apuntador de memoria RAM
STAX     B            ;Asigna cero a Memoria RAM
INX      ;incrementa apuntador de memoria.
STAX     B            ;Asigna cero a memoria RAM.
JMP      TRES         ;Ve a TRES.
CUATRO   DCR          E
JNZ      DOS          ;Decrementa contador-1
;Ve a dos si reg E no es cero.
LDA      COFIL        ;Asigna a reg A contador de filtros
CPI      X'20'        ;Compara contador con 32.
JC       CINCO        ;Si es menor A ve a cinco.
JNZ      SEIS         ;Si reg A es mayor ve a seis
LXI     B,A(AREAT3)   ;Asigna area de trabajo 3 al apuntador.
LXI     H,A(EPROM3)   ;Asigna area de trabajo EPROM 3
JMP      UNO          ;Ve a uno
CINCO    CPI          X'10'
JNC      INIO         ;Si Acumulador es menor que 16 ve a INIO.
LXI     B,A(AREAT2)   ;Asigna area de trabajo 2 al apuntador.
LXI     H,A(EPROM2)   ;Asigna area de trabajo EPROM 2
JMP      UNO          ;Ve a uno
UNO      JMP          UNO

```

```

----- 3030/35 ASSEMBLER VOL 1 ----- PAGE 5 -----
009A FE30      SEIS      X'80'      ; Compara reg A co 128.
009C DA8300      JC          SIETE      ; Si A es menor vee a siete
009F 010A0A      LXI      B,A(AREAT5) ; Asigana area 5 (RAM) al apuntador.
00A2 217A03      LXI      H,A(EPR0M5) ; Asigna a contador area 5(EPR0M)
00A5 C35500      JMP      UNO          ; Ve a uno
00A8 017B09      LXI      B,A(AREAT4) ; Asigna contador area 4 (RAM)
00AB 215503      LXI      H,A(EPR0M4) ; Asigna a contador area 4 (EPR0M)
00AE C35500      JMP      UNO          ; Ve a uno

```

```
*****
*
* ETAPA PARA LA REALIZACION DEL FILTRO PASA BAJAS
*
*****
```

```
00B1 3A0208      ; INIO
00B4 FE80        LDA      TIPO
00B6 C2D500      CPI      X'30'
00B9 3A0C08      JNZ      RETA3
00BC FE01        LDA      BANDERA
00BE C2C900      CPI      I
00C1 3E00        JNZ      RETA1
00C3 3A0C08      MVI      A,0
00C6 C3DE00      LDA      BANDERA
00C9 3E09        JMP      INI1
00CB 3D          MVI      A,9
00CC C2CB00      DCR      A
00CF 00          JNZ      RETA2
00D0 00          NOP
00D1 00          NOP
00D2 C3DE00      JMP      INI1
00D5 CDB002      CALL    LETANA
00D8 3E02        MVI      A,2
00DA 3D          DCR      A
00DB C2DA00      JNZ      RETA4
```

```
; Llama rutina letana para leer dato del CAD si tipo es igual a cero.
; VE SI LA ENTRADA ES DIGITAL.
; Si es entrada digital vee a RETA1.
```

```
00DE 111008      ; INI1
00E1 2A0408      ;
00E4 1A          LDA      D
00E5 320A08      STA      COETA
00E8 3E0E        MVI      A,X'E'
00EA D341        OUT      PUERTO5B
00EC 7C          MOV      A,H
00ED D311        OUT      PUERTO3B
00EF 7D          MOV      A,L
00F0 D310        OUT      PUERTO3A
00F2 EB          XCHG
00F3 2C          INR      L
00F4 7E          MOV      A,M
00F5 D340        OUT      PUERTO5A
00F7 2C          INR      L
00F8 7E          MOV      A,M
00F9 D320        OUT      PUERTO4A
00FB 3E0F        MVI      A,X'F'
00FD D341        OUT      PUERTO5D
00FF 2C          INR      L
0100 7E          MOV      A,M
0101 D311        OUT      PUERTO3B
0103 2C          INR      L
```

```
; Inicializa contador de memoria, lee dato de entrada
; D,A(AREAT1) ; Inicia apuntador de memoria RAM
; L,HLD DATO ; Obtiene dato de entrada.
; Desarrolla la ecuacion W(n)=X(n)*K+W(n-1)*B1+W(n-2)*B0
; Guarda contador de etapas
; Asigna reg H a reg A
; MANDA X(N) (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Asigna reg L a reg A.
; MANDA X(N) (BAJO) AL MULTIPLICADOR.
; Intercambia reg DE con HL
; Incrementa apuntador de memorias
; Asigna K (alto) a reg D
; MANDA K (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa contador de memoria
; Asigna K (bajo) a reg E
; MANDA K (BAJO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna W(n-1) (alto) a reg A
; MANDA W(N-1) (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
```

```

0104 7E      MOV      A,M
0105 D310    OUT      PUERTO3A
0107 2C      INR      L
0108 7E      MOV      A,M
0109 D340    OUT      PUERTO5A
010B 2C      INR      L
010C 7E      MOV      A,M
010D D320    OUT      PUERTO4A
010F 2C      INR      L
0110 7E      MOV      A,M
0111 D311    OUT      PUERTO3B
0113 2C      INR      L
0114 7E      MOV      A,M
0115 D310    OUT      PUERTO3A
0117 2C      INR      L
0118 7E      MOV      A,M
0119 D340    OUT      PUERTO5A
011B 2C      INR      L
011C 7E      MOV      A,M
011D D320    OUT      PUERTO4A
011F 3E00    MVI      A,0
0121 D341    OUT      PUERTO5B
0123 D880    IN       PUERTO6A
0125 57      MOV      D,A
0126 D881    IN       PUERTO6B
0128 5F      MOV      E,A

; Asigna W(n-1) (bajo) a reg A.
; MANDA W(N-1) (BAJO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna B1 (alto) a reg A.
; MANDA B1 (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna B1 (bajo) a reg A.
; MANDA B1 (BAJO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna W(n-2) (alto) a reg A
; MANDA W(N-2) (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna W(n-2) (bajo) a reg A
; MANDA W(N-2) (BAJO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna B0 (alto) a reg D
; MANDA B0 (ALTO) AL MULTIPLICADOR.
; Incrementa apuntador de memoria
; Asigna B0 (bajo) a reg A.
; MANDA B0 (BAJO) AL MULTIPLICADOR
; No opera.

; ADMITE SUMA DE PRODUCTOS (ALTO).
; Asigna reg A a reg D.
; ADMITE SUMA DE PRODUCTOS (BAJO).
; Asigna reg A a reg E.

```

Desarrolla la ecuacion $S(n)=W(n)+2*W(n-1)+W(n-2)$

```

0129 3EF9    MVI      A,-7
012B 85      ADD      L
012C 6F      MOV      L,A
012D 46      MOV      B,M
012E 72      MOV      M,D
012F 2C      INR      L
0130 4E      MOV      C,M
0131 73      MOV      M,E
0132 EB      XCHG
0133 09      DAD      B
0134 09      DAD      B
0135 EB      XCHG
0136 2C      INR      L
0137 2C      INR      L
0138 2C      INR      L
0139 7E      MOV      A,M
013A 70      MOV      M,B
013B 2C      INR      L
013C 47      MOV      B,A
013D 7E      MOV      A,M
013E 71      MOV      M,C
013F 4F      MOV      C,A
0140 2C      INR      L
0141 2C      INR      L
0142 EB      XCHG
0143 09      DAD      B
0144 3A0A03  LDA      CUETA
0147 00      NOP

```



```

0148 3D
0149 CZE500
----- 3030/85 ASSEMBLER VOL ----- PAGE 8 ----- FUTURE DATA -----
DCR A ;Decremento contador
JNZ INI3 ;Si reg A es diferente de cero ve INI-3
*****
*
*
*
*
SALIDA DE DATOS DEL FILTRO PASA BAJAS
*****
; Convierte el dato de complementa a dos a binario
MVI 014C 3E00
OUT 014E D321
CUI 0150 D312
MOV 0152 7C
ADI 0153 C680
OUT 0155 D308
CUI 0157 7D
MOV 0159 D30A
OUT 015A 3E01
MVI 015C D322
OUT 015E 320008
STA 0161 320808
STA 0164 320E08
STA 0167 D321
OUT 0169 3E10
MVI 016B 3E10
OUT 016E D312
;Asigna reg H a reg A.
;SUMA 80H A REG A PARA CONVERSION A BINARIO.
MANDA DATO (ALTO) A LA SALIDA.
;Asigna reg L a reg A.
MANDA DATO (BAJO) A LA SALIDA.
;Asigna uno a reg A.
MANDA CONTROL DIGITAL.
Guarda contador de filtros analgicos.
Guarda contador de filtros.
Inicia contador de retardos.

```


8080/85 ASSEMBLER V01 ----- PAGE 10 -----
FUTURE DATA -----

01B2 DB80	IN	PUERTO6A	¡ADMITE W(N) (ALTO) DEL MULTIPLICADOR.
01B4 S7	MOV	D,A	¡Asigna reg A a reg D.
01B5 DB81	IN	PUERTO6B	¡ADMITE W(N) (BAJO) DEL MULTIPLICADOR.
01B7 SF	MOV	E,A	¡Asigna reg A a reg E.

Desarrolla la ecuación $S(n) = W(n) - W(n-2)$

01B3	3EF9	MVI	A, -7	; Asigna -7 a reg A
01B4	85	ADD	L, A	; Suma reg L a reg A
01B5	6F	MOV	L, A	; Asigna reg A a reg L
01B6	46	MOV	E, M	; Asigna W(n-1) (alto) a reg B
01B7	72	MOV	M, D	; Asigna W(n) a W(n-1) (memoria)
01B8	2C	INR	L	; Incrementa apuntador de memoria
01B9	4E	MOV	L, M	; Asigna W(n-2) (bajo) a reg C
01C0	73	MOV	C, E	; Asigna W(n) a W(n-1) (memoria)
01C1	3E04	MVI	A, 4	; Asigna cuatro al acumulador
01C3	85	ADD	L, A	; Suma reg L a reg A
01C4	6F	MOV	L, A	; Asigna reg A a reg L
01C5	7B	MOV	A, E	; Asigna W(n) (bajo) a reg A
01C6	26	SUB	M	; Subtrae W(n-2) (bajo) a reg A
01C7	5F	MOV	E, A	; Asigna reg A a reg E
01C8	71	MOV	M, C	; Asigna W(n-1) (bajo) a W(n-2) (bajo)
01C9	2B	DCX	H	; Decrementa apuntador de memoria
01CA	7A	MOV	A, D	; Asigna W(n-2) (alto) a reg A
01CB	9E	SBB	M	; Subtrae W(n-2) (alto) a reg A
01CC	57	MOV	D, A	; Asigna reg A a reg D
01CD	70	MOV	M, B	; Asigna W(n-1) (alto) a W(n-2) (alto)
01CE	2C	INR	L	; Incrementa apuntador de memoria
01CF	2C	INR	L	; Incrementa apuntador de memoria
01D0	2C	INR	L	; Incrementa apuntador de memoria
01D1	EB	XCHG		; Intercambia DE con HL
01D2	3E0A03	LDA	COETA	; Asigna contador de etapas
01D5	3D	DCR	A	; Decrementa contador
01D6	C27401	JNZ	INX6	; Si reg A es diferente de cero va a IN-3

SAIDA DE DATOS DE LOS FILTROS PASA BANDAS

```

01D9 3E00      MVI      A,0      ;Asigna cero a reg A.
01D8 0312      OUT     PUERTO3C ; INVALIDA DATO DIGITAL.
01D7 0314      OUT     PUERTO4B ; INACTIVA MUESTROADORES DE SALIDA.
;
01D6 0308      ; Convierte el dato de complemento a dos a binario
01D5 0308      LDA     COFIL      ; Obten de memoria contador de filtros.
01D4 0301      ADI     1          ; Suma uno al contador de filtros.
01D3 0308      STA     COFIL      ; Guarda contador de filtros.
01D2 0308      OUT     PUERTO4C ; MANDA NUMERO DE FILTRO.
01D1 0308      OUT     PUERTO4C
01D0 0308      OUT     PUERTO4C
01C7 D322

```

***** SELECCIONA EL FILTRO Y PRODUCE RETARDOS DE AJUSTE *****

```

01E9 FE03          CPI          3          ;Compara reg A con tres.
01EB DAE02        JC           SAI         ;Si A es menor que tres ve a SAI.
01EE C2A02        JNZ          SA2         ;Si A es mayor que tres ve a SA2.
01F1 7C          MOV          A,H
01F2 C680        ADI          X'80'
01F4 D308        OUT          PUERTO2A
01F6 29          DAD          H
01F7 29          DAD          H
01F8 7D          MOV          A,L
01F9 D30A        OUT          PUERTO2C
01FB 3A0008      LDA          ANALG
01FE 07          RLC
01FF 320008      STA          ANALG
0202 117E09      LXI          D,A(AREAT4)
0205 D321        OUT          PUERTO4B
0207 3E10        MVI          A,X'10'
0209 D312        OUT          PUERTO3C
020B C37001      JMP          INX5         ;ve a INIX5.
020E 29          DAD          H
020F 7C          MOV          A,H
0210 C680        ADI          X'80'
0212 D308        OUT          PUERTO2A
0214 7D          MOV          A,L
0215 D30A        OUT          PUERTO2C
0217 3A0008      LDA          ANALG
021A 07          RLC
021B 320008      STA          ANALG
021E 110209      LXI          D,A(AREAT3)
0221 D321        OUT          PUERTO4B
0223 3E10        MVI          A,X'10'
0225 D312        OUT          PUERTO3C
0227 C37001      JMP          INX5
022A FE05        CPI          5          ;ve a INIX5.
022C CA4A02      JZ           SA3         ;Compara reg A con cinco.
022F 7C          MOV          A,H         ;Si reg A es igual a cinco ve a SA3.
0230 C680        ADI          X'80'
0232 D308        OUT          PUERTO2A
0234 7D          MOV          A,L
0235 D30A        OUT          PUERTO2C
0237 3A0008      LDA          ANALG
023A 07          RLC
023B 320008      STA          ANALG
023E 110A0A      LXI          D,A(AREAT5)
0241 D321        OUT          PUERTO4B
0243 3E10        MVI          A,X'10'
0245 D312        OUT          PUERTO3C
0247 C37001      JMP          INX5         ;ve a INIX5.
024A 7C          MOV          A,H
024B C680        ADI          X'80'
024D D308        OUT          PUERTO2A

```

```

----- 8080/85 ASSEMBLER V01 ----- PAGE 12 -----
024F 7D      MOV      A,L
0250 D30A    OUT      PUERTO2C
0252 3A0008  LDA      ANALG
0255 07      RLC
0256 D312    OUT      PUERTO3C
0258 D321    OUT      PUERTO4B
025A 3AF702  LDA      N
025D 47      MOV      B,A
025E 3A0E08  LDA      CRTA
0261 B3      CMP      B
0262 CAB100  JZ       INIO
0265 3C      INR      A
0266 320E08  STA      CRTA
0269 CD7B02  CALL     RETAR
026C 3E03    MVI      A,3
026E 320808  STA      Cofil
0271 3C      INR      A
0272 320008  STA      ANALG
0275 117B09  LXI      D,(AREAT4)
0278 C37001  JMP

```

; Obtiene memoria factor divisor.
 ; Asigna reg A a reg B.
 ; Obtiene memoria contador de retardos.
 ; Compara contador de retardos con factor div.
 ; Si contador de retardos es tres ve a INIO
 ; Incrementa registro A.
 ; Guarda contador de retardos.
 ; Llama rutina de retardos.
 ; Asigna al contador de filtros dos.
 ; Guarda contador de filtros.
 ; Guarda control analogico.
 ; Asigna a reg HL area de trabajo 3.
 ; Ve a INX5.

```
*****
*
*   RUTINA PARA ORIGINAR RETARDOS.
*
*   Ajusta tiempos para los filtros 1 y 2.
*
*****
```

027B 3A0208	LOA	TIFO	
027E FE80	CPI	X'30'	
0280 C29F02	JNZ	DELA3	
0283 3A0C08	LDA	BANDERA	
0286 FE01	CPI	1	
0288 C29302	JNZ	DELA1	
028B 3E00	MVI	A, 0	
028D 320C08	STA	BANDERA	
0290 C3A802	JMP	DELA5	
0293 3E09	MVI	A, 9	
0295 3D	DCR	A	
0296 C29502	JNZ	DELA2	
0299 00	NOP		
029A 00	NOP		
029B 00	NOP		
029C C3A802	JMP	DELA5	
029F C0B802	CALL	LETANA	
02A2 3E02	MVI	A, 2	
02A4 3D	DCR	A	
02A5 C2A402	JNZ	DELA4	
02A8 3E18	DELAS	Retardo de 383 ciclos de reloj	
02AA 3D	DCR	A, X'18'	
02AB C2A802	JNZ	A	
02AE 00	NOP	DELA6	
02AF 3A1008	LDA	Retardo de 533 *N1/2 correspondiente al filtro No. 1	
02B2 0624	MVI	AREAT1	
02B4 05	DCR	B, X'24'	
02B5 C2B402	JNZ	B	
02B8 00	NOP	DELA8	
02B9 00	NOP		
02BA 3D	DCR	A	
02BB C2B202	JNZ	DELA7	
02BE 3A8908	LDA	Retardo de 507 *N2/2 correspondiente al filtro 2	
02C1 061D	MVI	AREAT2	
02C3 05	DCR	B, X'1D'	
02C4 C2C302	JNZ	B	
02C7 3D	DCR	DELA10	
02C8 00	NOP	A	
02C9 C2C102	JNZ	DELA9	
02CC 3A0209	LDA	Retardo de 507 *N2/2 correspondiente al filtro 3	
02CF 061D	MVI	AREAT3	
02D1 05	DCR	B, X'1D'	
02D2 C2D102	JNZ	B	
		DELA12	

----- 8080/85 ASSEMBLER V01 ----- PAGE 14 -----
FUTUREDATA -----

0205 00 NCR
0206 3D DCR
0207 C2CF02 JNZ
02DA C9 RET

A
DELA11

----- 3030/85 ASSEMBLER V01 ----- FUTURE DATA -----

```

*****
*
* COEFICIENTES DE LOS FILTROS Y FACTOR DE DIVISION.
*
*****
N      4      6      ;Factor de division N=Fs/Fsl.
EPR0M1  ;Orden del filtro 1
02F7 04 DC      A(X'001F') ;K1
02F8 06 DC      A(X'7B1B') ;B11
02F9 01F DC      A(X'C3F3') ;K2
02FB 7B1B DC      A(X'0047') ;B21
02FD C3F3 DC      A(X'74DB') ;B20
02FF 0047 DC      A(X'CA3F') ;K3
0301 74DB DC      A(X'0051') ;B31
0303 CA3F DC      A(X'7157') ;B30
0305 0051 DC      A(X'CD99') ;ORDEN DEL FILTRO 2 (N2)
0307 7157 DC      12
0309 CD99 DC      A(X'01AC')
030B 0C DC      A(X'72A7')
030C 01AC DC      A(X'72A7')
030E 72A7 DC      A(X'C488')
0310 C488 DC      A(X'05CD')
0312 05CD DC      A(X'7BDF')
0314 7BDF DC      A(X'C22E')
0316 C22E DC      A(X'07DD')
0318 07DD DC      A(X'6DE7')
031A 6DE7 DC      A(X'CB19')
031C CB19 DC      A(X'0847')
031E 0847 DC      A(X'7743')
0320 7743 DC      A(X'C67C')
0322 C67C DC      A(X'085B')
0324 085B DC      A(X'6E2B')
0326 6E2B DC      A(X'CD02')
0328 CD02 DC      A(X'04D9')
032A 04D9 DC      A(X'7242')
032C 7242 DC      A(X'CA9E')
032E CA9E DC      12
0330 0C DC      A(X'052C') ;ORDEN DEL FILTRO 3 (N3).
0331 052C DC      A(X'39B7')
0333 39B7 DC      A(X'CA49')
0335 CA49 DC      A(X'0CA7')
0337 0CA7 DC      A(X'69E8')
0339 69E8 DC      A(X'C60F')
033B C60F DC      A(X'119E')
033D 119E DC      A(X'39BE')
033F 39BE DC      A(X'D852')
0341 D852 DC      A(X'147E')
0343 147E DC      A(X'50D4')
0345 50D4 DC      A(X'D0D6')
0347 D0D6 DC      A(X'167C')
0349 167C DC      A(X'424C')
034B 424C DC      A(X'D04F')
034D D04F DC      A(X'1744')
034F 1744 DC      A(X'5009')
0351 5009 DC      A(X'D99B')
0353 D99B DC

```

8030/35 ASSEMBLER V01

; ORDEN DEL FILTRO 4 (N4).

0355	OC	DC	12	A(X'035D')
0356	031D	DC		A(X'6206')
0358	6206	DC		A(X'0629')
035A	C629	DC		A(X'07C6')
035C	07C6	DC		A(X'7581')
035E	7581	DC		A(X'0380')
0360	C380	DC		A(X'0AC3')
0362	0AC8	DC		A(X'5DF3')
0364	5DF3	DC		A(X'CEF5')
0366	CEF5	DC		A(X'0C6E')
0368	0C6E	DC		A(X'6E40')
036A	6E40	DC		A(X'CA01')
036C	CA01	DC		A(X'0CBA')
036E	0CBA	DC		A(X'6024')
0370	6024	DC		A(X'D1E7')
0372	D1E7	DC		A(X'0949')
0374	0949	DC		A(X'669B')
0376	669B	DC		A(X'CF71')
0378	CF71	DC	12	A(X'043B')
037A	OC	DC		A(X'250F')
037B	043B	DC		A(X'0877')
037D	250F	DC		A(X'0AEE')
037F	C877	DC		A(X'56ED')
0381	0AEE	DC		A(X'067D')
0383	56ED	DC		A(X'280E')
0385	C65B	DC		A(X'D4A2')
0387	0F7D	DC		A(X'1306')
0389	280E	DC		A(X'4E16')
038B	D4A2	DC		A(X'D0F3')
038D	1306	DC		A(X'1571')
038F	4E16	DC		A(X'3143')
0391	D0F3	DC		A(X'D9D4')
0393	1571	DC		A(X'16D3')
0395	3143	DC		A(X'3E02')
0397	D9D4	DC		A(X'D812')
0399	16D3	DC		
039B	3E02	DC		
039D	D812	DC		

[illegible]

4	5	6	7	8	9	X-A ²	X-B ²
0004	PUERTO1A	EQU					
0005	PUERTO1B	EQU					
0006	PUERTO1C	EQU					
0007	CONTROL1	EQU					
0008	PUERTO2A	EQU					
0009	PUERTO2B	EQU					
000A	PUERTO2C	EQU					
000B	CONTROL2	EQU					

8030/95 ASSEMBLER V01

```

0010      PUERTO3A EQU X'10'
0011      PUERTO3B EQU X'11'
0012      PUERTO3C EQU X'12'
0013      CONTROL3 EQU X'13'
0020      PUERTO4A EQU X'20'
0021      PUERTO4B EQU X'21'
0022      PUERTO4C EQU X'22'
0023      CONTROL4 EQU X'23'
0040      PUERTO5A EQU X'40'
0041      PUERTO5B EQU X'41'
0042      PUERTO5C EQU X'42'
0043      CONTROL5 EQU X'43'
0080      PUERTO6A EQU X'80'
0081      PUERTO6B EQU X'81'
0082      PUERTO6C EQU X'82'
0083      CONTROL6 EQU X'83'
0800      ANALG EQU A(X'0800')
0802      TIPO EQU A(X'0802')
0804      DATO EQU A(X'0804')
0808      COFIL EQU A(X'0808')
080A      COETA EQU A(X'080A')
080C      BANDERA EQU A(X'080C')
080E      CRTA EQU A(X'080E')
0810      AREAT1 EQU A(X'0810')
0889      AREAT2 EQU A(X'0889')
0902      AREAT3 EQU A(X'0902')
097B      AREAT4 EQU A(X'097B')
0A0A      AREAT5 EQU A(X'0A0A')
0AFF      APUNT EQU A(X'0AFF')
039F      INIS
          END

```

----- 8030/85 ASSEMBLER V01 ----- PAGE 19 -----
 FUTUREDATA -----

ANALG	0800	APUNT	0AFF	AREAT1	0810	AREAT2	0889
AREAT3	0902	AREAT4	097B	AREAT5	0A0A	BANDERA	080C
CINCO	008C	COETA	080A	COFIL	0808	CONTROL1	0007
CONTROL2	000B	CONTROL3	0013	CONTROL4	0023	CONTROLS	0043
CONTROL6	0083	CRTA	080E	CUATRO	0074	DATO	0804
DELA1	0293	DELA10	02C3	DELA11	02CF	DELA12	02D1
DELA2	0295	DELA3	029F	DELA4	02A4	DELAS	02A8
DELA6	02AA	DELA7	02B2	DELA8	02B4	DELA9	02C1
DOS	005D	EPROM1	02F8	EPROM2	030B	EPROM3	0330
EPROM4	0355	EPROM5	037A	IN	002B	INIO	00B1
INI1	00DE	INI3	00E5	INICIO	0046	INIS	0000
INX1	016D	INX5	0170	INX6	0174	LETANA	02DB
N	02F7	PUERTO1A	0004	PUERTO1B	0005	PUERTO1C	0006
PUERTO2A	0008	PUERTO2B	0009	PUERTO2C	000A	PUERTO3A	0010
PUERTO3B	0011	PUERTO3C	0012	PUERTO4A	0020	PUERTO4B	0021
PUERTO4C	0022	PUERTO5A	0040	PUERTO5B	0041	PUERTO5C	0042
PUERTO6A	0080	PUERTO6B	0081	PUERTO6C	0082	RETA1	00C9
RETA2	00CB	RETA3	00D5	RETA4	00DA	RETA5	027B
SA1	020E	SA2	022A	SA3	024A	SEIS	009A
SIETE	00A8	TIPO	0302	TRES	005F	UNO	0055

NO ERRORS

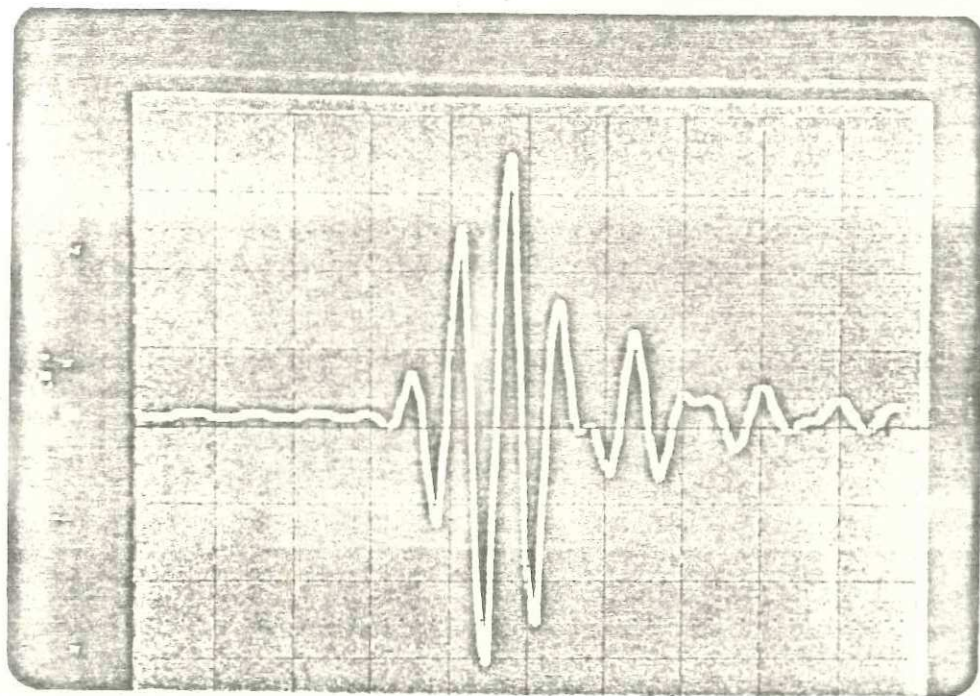
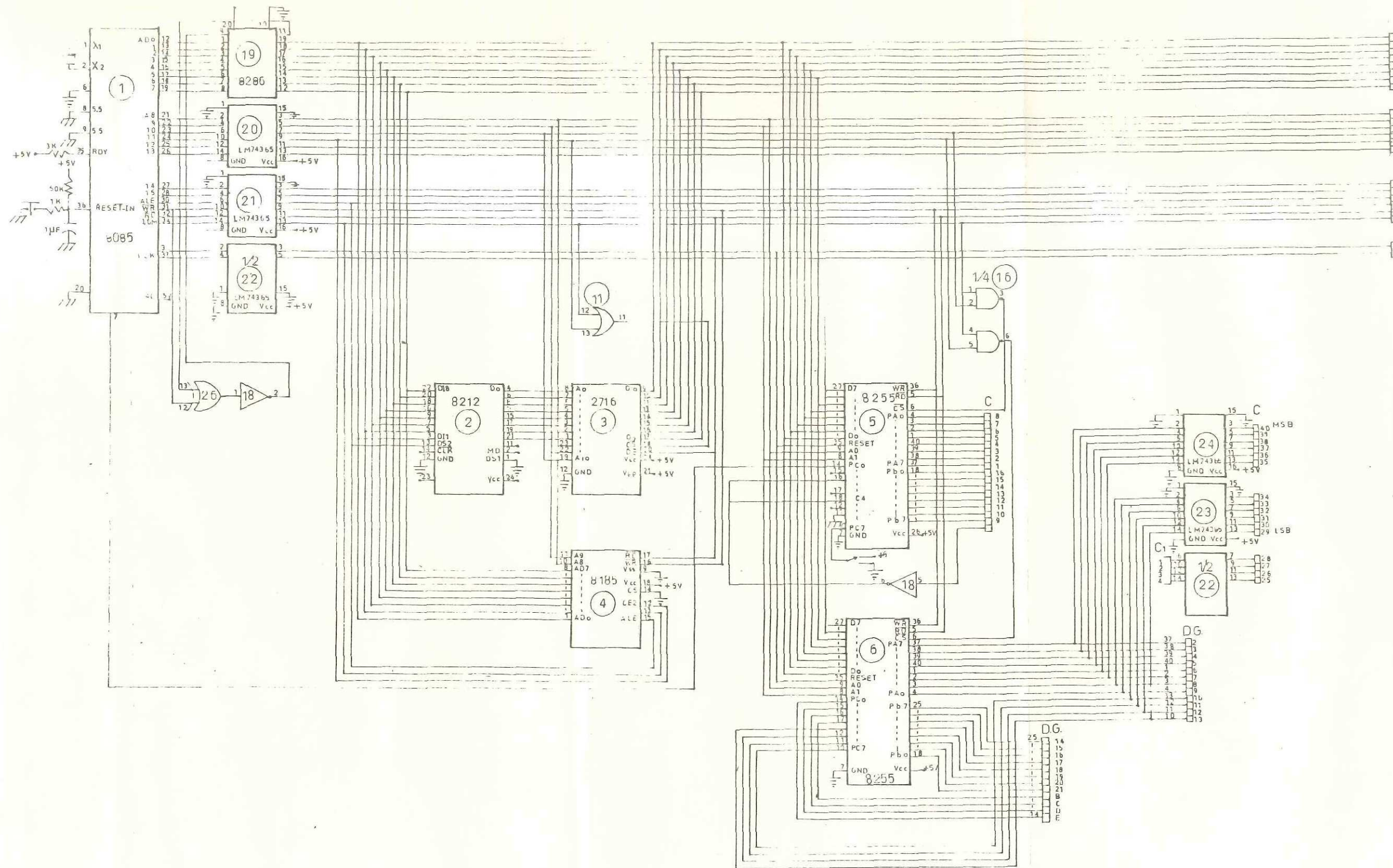
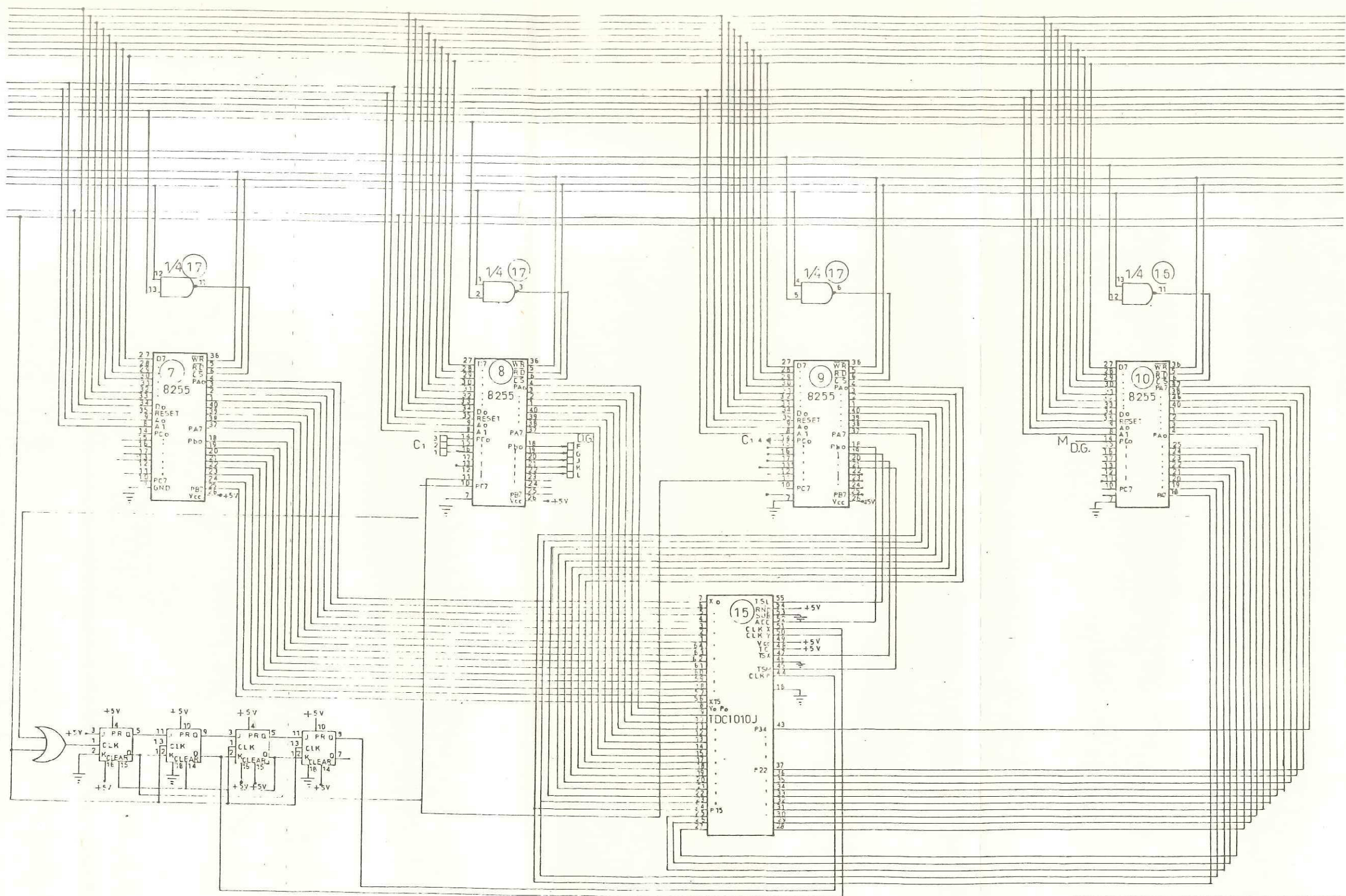


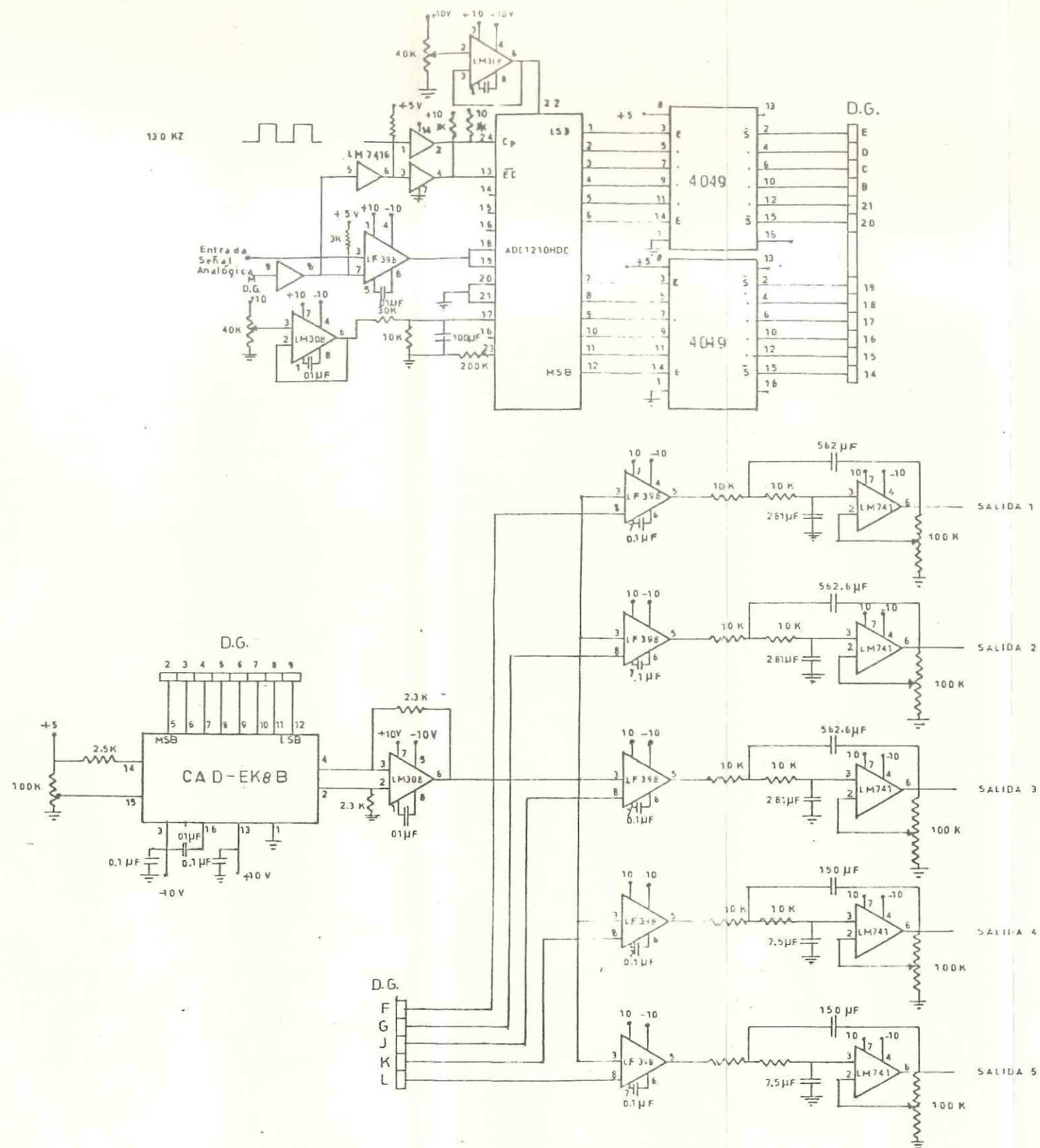
Figura 42. Respuesta al impulso del filtro 5 del ADES.





CONTINUACION DE TARJETA N° 1

Dibujó	Autorizó
José Herrera M.	ROMAN LOPEZ B.



TARJETA Nº 2

DIBUJO
JOSE HERRERA

AUTORIZO
ROMAN LOPEZ