

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA

MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA
CON MULTIPLEX DE CANALES USANDO LOS MÉTODOS
DE REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN SÍSMICA
TOMO 1**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

ARTURO MARIO LAOS MELGAR

PROMOCIÓN 1977 - 2

LIMA ★ PERU ★ 1978

A MIS QUERIDOS PADRES

ROSA Y FELICIANO

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

X	Posición
t	Tiempo
λ	Longitud de onda
T	Periodo
f	Frecuencia
V_L	Velocidad longitudinal
V_T	Velocidad transversal
P	Densidad
r_L	Angulo longitudinal de reflexión
r_T	Angulo transversal de reflexión
AVC	Control Automático de Volumen
C	Condensador
R	Resistencia
F	Faradio
μ	Micro (10^{-6})
seg	Segundos
Km	Kilómetros
OCV	Oscilador controlado por voltage

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. Jorge Heraud, por su valiosa colaboración en el asesoramiento de la presente tesis, así como en el diseño de circuitos.
- Al Ing° Luis Villanueva, que gracias a su colaboración en circuitería y funcionamiento de equipos afines, se ha llevado a buen término el presente trabajo.
- Al Dr. José Arce, por su colaboración en la revisión de la teoría de Prospección Geofísica.
- A la Srta. Carmen Martínez, por su esmero y eficiencia en el mecanografiado de ésta tesis.
- Al Ing. Samuel Chuquillanqui por su colaboración en el trabajo de simulación

TABLA DE CONTENIDO

	Introducción	1
I	TEORIA DE REFRACCION, REFLEXION SISMICA Y PROSPECCION GEOFISICA	3
	1.1 Prospección Geofísica	3
	1.2 Propagación de las Ondas Sísmicas	5
	1.2.1 Ondas Elásticas	5
	1.2.2 Tipos de ondas	6
	Longitudinales , Rayleigh	
	Transversales , love	
	1.3 Principio de Huygens	8
	1.4 Atenuación de Ondas	8
	1.5 Método de Reflexión Sísmica	9
	1.6 Método de Refracción	13
	1.6.1 Mecánica de Propagación de Ondas Refractadas	13
II	DESCRIPCION DEL SISTEMA SEISMOGRAPH MOD. 57	18
	2.1 Descripción del Sistema Seismograph Mod. 57	18
	2.1.1 Fundamento	18
	2.1.2 Descripción del Diagrama de Bloques	19
	2.1.3 Sistema Acondicionador de Señal	21
	2.1.4 Forma de Grabación	23
III	SISTEMA PROPUESTO	24
	3.1 Consideraciones	24
	3.2 Detección - Amplificación	28
	3.3 Grabación	31
	3.3.1 Sin Retardo	31
	3.3.2 Con Retardo	31
	3.4 Reproducción	33

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
TEORIA DE REFRACCION, REFLEXION SISMICA Y PROSPECCION GEOFISICA	3
1.1 Prospección Geofísica	3
1.2 Propagación de las Ondas Sísmicas	5
1.2.1 Ondas Elásticas	5
1.2.2 Tipos de ondas:	6
Longitudinales , Rayleigh	
Transversales , love	
1.3 Principio de Huygens	8
1.4 Atenuación de Ondas	8
1.5 Método de Reflexión Sísmica	9
1.6 Método de Refracción	13
1.6.1 Mecánica de Propagación de Ondas Refractadas	13
DESCRIPCION DEL SISTEMA SEISMOGRAPH MOD. 57	18
2.1 Descripción del Sistema Seismograph Mod. 57	18
2.1.1 Fundamento	18
2.1.2 Descripción del Diagrama de Bloques	19
2.1.3 Sistema Acondicionador de Señal	21
2.1.4 Forma de Grabación	23
SISTEMA PROPUESTO	24
3.1 Consideraciones	24
3.2 Detección - Amplificación	28
3.3 Grabación	31
3.3.1 Sin Retardo	31
3.3.2 Con Retardo	31
3.4 Reproducción	33

IV	DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA	36
4.1	Detección	36
4.1.1	El Geófono	36
4.1.2	Agrupaciones de geófonos	37
4.1.3	Amortiguamiento de geófonos	38
4.2	Amplificación	39
4.2.1	Pre-Amplificador de Entrada	39
4.2.2	Circuito de Protección	41
4.2.3	Circuito Enclavador	42
4.2.4	Atenuador Resistivo	42
4.2.5	Filtro Pasabanda	43
4.2.6	Amplificador Logarítmico	47
4.3	Sistema de Retardo de Tiempo	51
4.3.1	Circuito de Disparo	52
4.4	Multiplexor de Canales	53
4.4.1	Consideraciones	53
4.4.2	Diseño del Multiplexor de 24 canales	53
4.4.3	Funcionamiento del contador Mod 24	56
4.4.4	Cálculo de la frecuencia de reloj	56
4.5	Convertor Análogo - Digital	57
4.5.1	Funcionamiento	58
4.5.2	Descripción del Diagrama de Bloques	58
4.5.3	Pasos de Diseño	59
4.6	Banco de Memorias	62
4.6.1	Memoria Bipolar, Lectura y Escritura	62
4.6.2	Direccionamiento	65
	a. Funcionamiento del contador	66
4.6.3	Demultiplexor	67
4.7	Sistema de Escritura en Memoria	70
4.8	Sistema de Lectura en Memoria	71
4.8.1	Tiempo de lectura	72
4.8.2	Oscilador de 1 MHz	73
4.8.3	Monostables de Lectura	74
4.9	Demultiplexor de Canales	76
4.10	Marca de tiempo	78

4.11	Convertor Análogo - Digital	81
4.12	Interfase de Grabación a Cinta Cassette	83
4.12.1	Convertor Paralelo-Serie	84
4.12.2	Modulación FSK	84
4.13	Fuentes de Alimentación	88
V	SIMULACION DEL SISTEMA	89
5.1	Descripción	89
	Funcionamiento	90
	Conclusiones	91
	Bibliografía	93
Apéndice I	Lista de componentes	94
Apendice II	Listado del la Simulación	
Apendice III	Características de los componentes	

INTRODUCCION

El presente trabajo se motivó con la creación de un proyecto de diseño y construcción de equipos de prospección geofísica en la Dirección Científica de Geofísica Aplicada del Instituto Geofísico del Perú, acorde con el avance tecnológico actual.

Hasta el momento contamos con equipos bastante anticuados en el campo de prospección geofísica mas específicamente los que utilizan los métodos de reflexión y refracción sísmica los que son bastante similares a los sismógrafos, ya que registran las ondas que se propagan en las capas de la tierra con la diferencia que los sismógrafos tienen registros largos de tiempo, que son generalmente las veinticuatro horas del día, más no así los equipos de prospección geofísica, aunque cumplen la misma función de registro de ondas, éstos los hacen en períodos cortos de tiempo que son áreas de quinientos milisegundos. Esto debido a que registran los fenómenos producidos por una detonación de carga de TNT, dinamita, martillos, etc., en forma instantánea.

Por lo expuesto, en primer lugar iniciaremos el estudio de los principios y fundamentos de la teoría de Prospección Geofísica, Reflexión y Refracción Sísmicas, la propagación de las ondas sísmicas, los cuales están contenidos en el Capítulo 1.

En el Capítulo 2, se muestra una descripción de un sistema de Prospección Geofísica que es el Seismograph Modelo 57, diseñado y construido en el año 1958, en el

cual se incide en su análisis a nivel de sistema mas no así de la circuitería propiamente dicha. En el Capítulo 3, se muestra la descripción y se fijan los alcances que va a tener el sistema de prospección a diseñarse y el cual es motivo del presente trabajo, dándose en él las características fundamentales así como los requerimientos de tecnología. Luego en el Capítulo 4, es realizado el diseño propiamente dicho y la manera de haber sido realizado, que es paso por paso, siguiendo los criterios de minimización de componentes y dotar al sistema de la máxima confiabilidad. Se ha usado casi en la totalidad de circuitos, los circuitos integrados y discretos; también se incide en el análisis matemático de las funciones de transferencia de circuitos que cumplen una función específica, las que serán utilizadas posteriormente en el trabajo de simulación.

En el Capítulo 5, se ha realizado la simulación en lenguaje CSMP (Continuous System Mathematical Program) del sistema, para cuatro canales, ya que realizarlo para la totalidad sólo implicaría gasto de tarjetas IBM y tiempo de máquina de la computadora, en el cual se ve el comportamiento de la señal a través de cada uno de los pasos intermedios de proceso de la señal.

Luego se presentan las Conclusiones, Bibliografía y Apéndice.

CAPITULO I
PROSPECCION GEOFISICA, TEORIA
DE REFLEXION Y REFRACCION SISMICA

1.1 Prospección Geofísica

La prospección geofísica es el arte de buscar depósitos de hidrocarburos (petróleo y gases) o de minerales útiles, efectuando mediciones físicas desde la superficie del suelo, mediciones que, de ordinario, suministran información acerca de las propiedades físicas de los materiales del interior de la tierra. Esta información interpretada en forma adecuada, puede utilizarse para localizar depósitos minerales de valor económico o proveer información científica de las capas internas de la tierra.

Los resultados de los estudios geofísicos, para ser eficaces deben expresarse en términos geológicos, y el valor que pueda concederse al cuadro geológico así obtenido, resulta mayor para unas técnicas que para otras; depende de la calidad de los datos y de la pericia con que son interpretados. Desde que por primera vez se aplicó la geofísica a la exploración, se han producido continuos perfeccionamientos en los instrumentos y técnicas, así como en los métodos de interpretación, perfeccionamiento que han sido aprovechados por los avances de nuestra tecnología y en el cual está abocado este trabajo. Ahora bien, los métodos geofísicos han ganado en eficacia, pero el incremento de sus posibilidades no ha guardado relación paralela con la creciente dificultad existente para encontrar nuevos depósitos de petróleo y de minerales, las fuentes más fáciles de localizar en cualquier momento han sido encontradas

y explotadas de manera progresiva, por lo que cada vez se requieren equipos más eficientes y sofisticados, los que gracias al avance tecnológico son posibles de realizar.

La prospección geofísica o geofísica de exploración, es en la actualidad un resultado de varias disciplinas básicas, tales como la Física, la Química y las Matemáticas. Las diversas técnicas de la prospección geofísica están basadas en varios principios físicos fundamentales, tales como las leyes de atracción gravitatoria, magnéticas, las mismas que gobiernan en óptica de reflexión y refracción (tal como ocurre en la prospección sísmica, por ejemplo). Estos principios que en sí son bastante simples tienen una aplicación dificultosa al estudio de materiales pétreos, los mismos que raras veces son homogéneos y que con frecuencia ofrecen propiedades físicas complejas.

En la prospección geofísica, el método más empleado es el de reflexión, seguido por el método de refracción, el método gravitacional y el método magnético. Otros métodos un tanto secundarios, son el de corrientes telúricas, eléctricas y radioactivas.

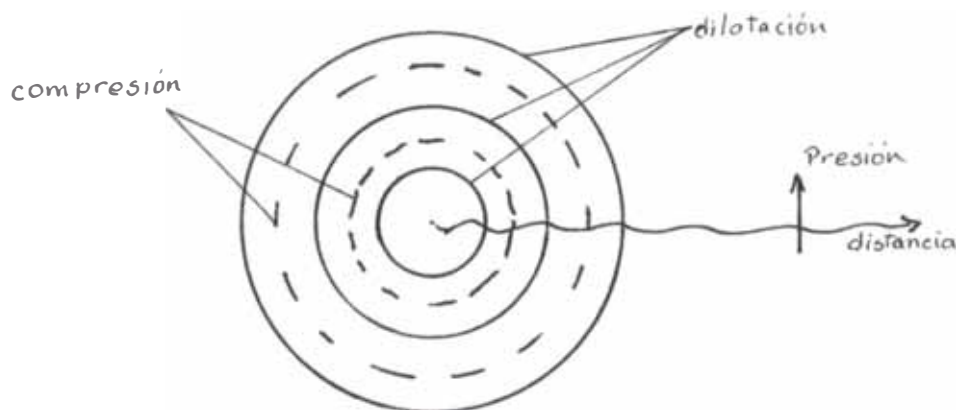
1.2 Propagación de las Ondas

Sísmicas

1.2.1 Ondas Elásticas

El tipo más sencillo de propagación de onda en un medio elástico homogéneo e indefinido, consiste en una serie de condensaciones y rarefacciones alternadas, durante las cuales las partículas adyacentes situadas en cualquier línea, según la dirección de propagación, están más próximas o más alejadas entre sí que de lo normal.

Al aplicarse una presión instantánea (un impacto) en un punto interior del medio, la región donde la materia del cuerpo está comprimida se desplazará alejándose de la perturbación, según una esfera cuyo radio va aumentando en proporción uniforme, la cual se halla condicionada por las propiedades elásticas del cuerpo que van produciendo compresiones y dilataciones similares a los de la Figura 1.



La ecuación de la presión en función del tiempo (t) y la posición (X) de una onda elástica plana con longitud de onda (λ) que se propaga a la velocidad (V) es:

$$P = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (X - Vt)$$

La misma que tiene una vibración con movimiento armónico simple

- T = intervalo de tiempo entre compresiones máximas.
- n = número de ciclos que en cada segundo pasan por el punto.
- V = velocidad en función corrientes elásticas y densidad del medio donde se propaga.

$$\lambda = \frac{V}{n} \qquad n = \frac{1}{T}$$

1.2.3 Tipos de Ondas

a) Ondas Longitudinales u Ondas de Compresión

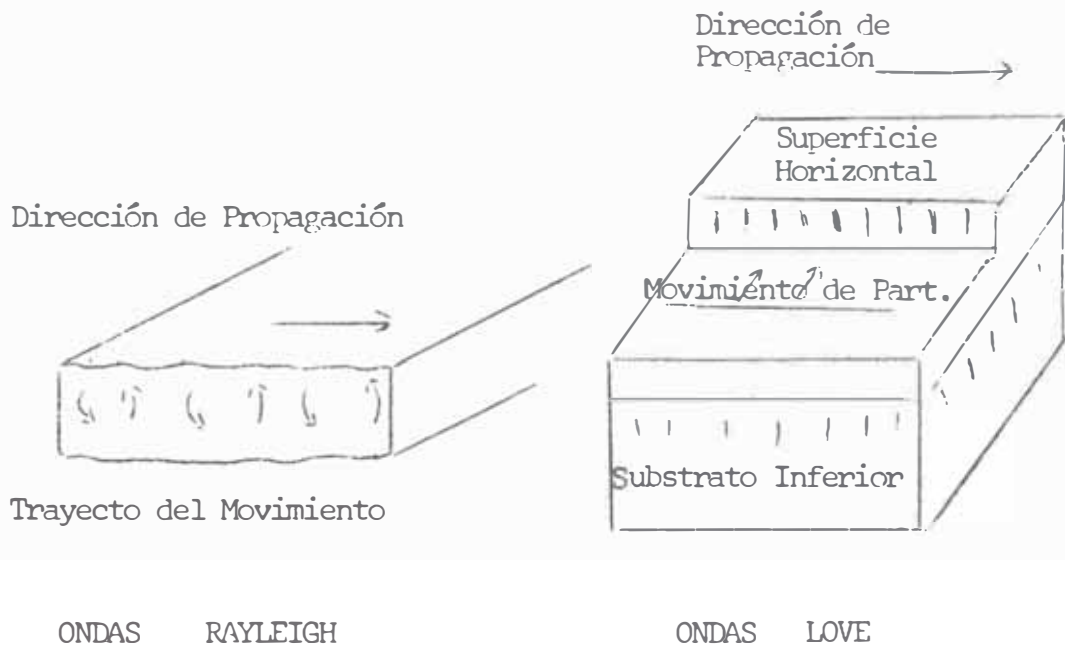
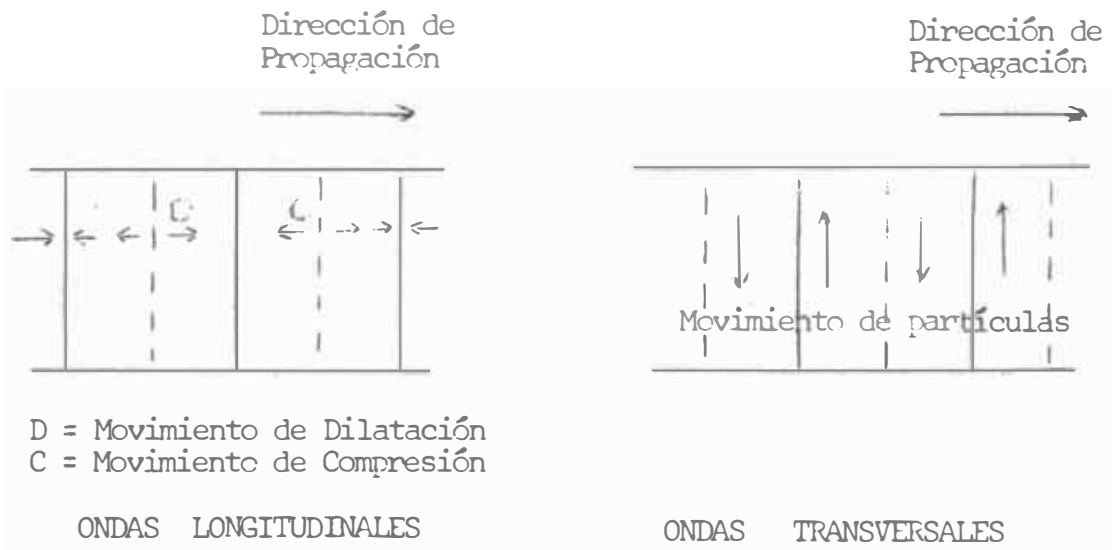
(Ondas P).- Son ondas materiales que se hallan en la dirección de propagación o formando ángulo de 180° con la misma.

b) Ondas Transversales u Ondas Cortantes (Ondas S).-

Son ondas materiales cuyo movimiento de partículas, en el interior del medio de propagación, forman ángulo recto con la dirección de propagación de la onda.

c) Ondas Rayleigh.- Se propagan sólo a lo largo de una superficie libre de un sólido elástico, cuyo movimiento se da en el plano vertical; el mismo que es elíptico y retrógrado.

d) Ondas Love.- Es un movimiento horizontal y transversal, el mismo que es observable solo cuando hay una capa de baja velocidad superpuesta a un medio en el cual tiene mayor velocidad las ondas elásticas.



(Fig. 1.2) TIPOS DE ONDAS SISMICAS

1.3 Principio de Hygens

Según éste principio: "Cada punto de un frente de onda es origen de una nueva onda que también se propaga en forma de esfera".

1.4 Atenuación de las Ondas

Al propagarse a través del terreno, las ondas sísmicas experimentan una reducción de amplitud que es debida a tres factores: a) Divergencia geométrica, b) Transmisión parcial y reflexión en las discontinuidades acústicas, c) Absorción de energía por el medio.

Los coeficientes de transmisión y reflexión de un contacto geológico dependen del contraste elástico entre las dos capas. Ahora bien, la comparación de amplitudes de los impulsos reflejados proporciona alguna información de tales contrastes.

La atenuación de las ondas planas producidas por la absorción de energía es

$$A = A_0 e^{-\delta x/v}$$

siendo

f = frecuencia

x = distancia

δ = decremento logarítmico

v = velocidad

λ_0 = cté. de amortiguamiento.

1.5 Método de Reflexión Sísmica

Mediante esta técnica se levanta el mapa de la estructura del subsuelo haciendo uso de los tiempos requeridos por una onda sísmica (o pulso), engendrada en el suelo por una explosión de dinamita, TNT, golpe mecánico, próxima a la superficie, la misma que retorna de ser reflejada en las formaciones geológicas de tierra. Las reflexiones de las ondas son registradas por instrumentos detectores colocados sobre el suelo cerca del punto de explosión.

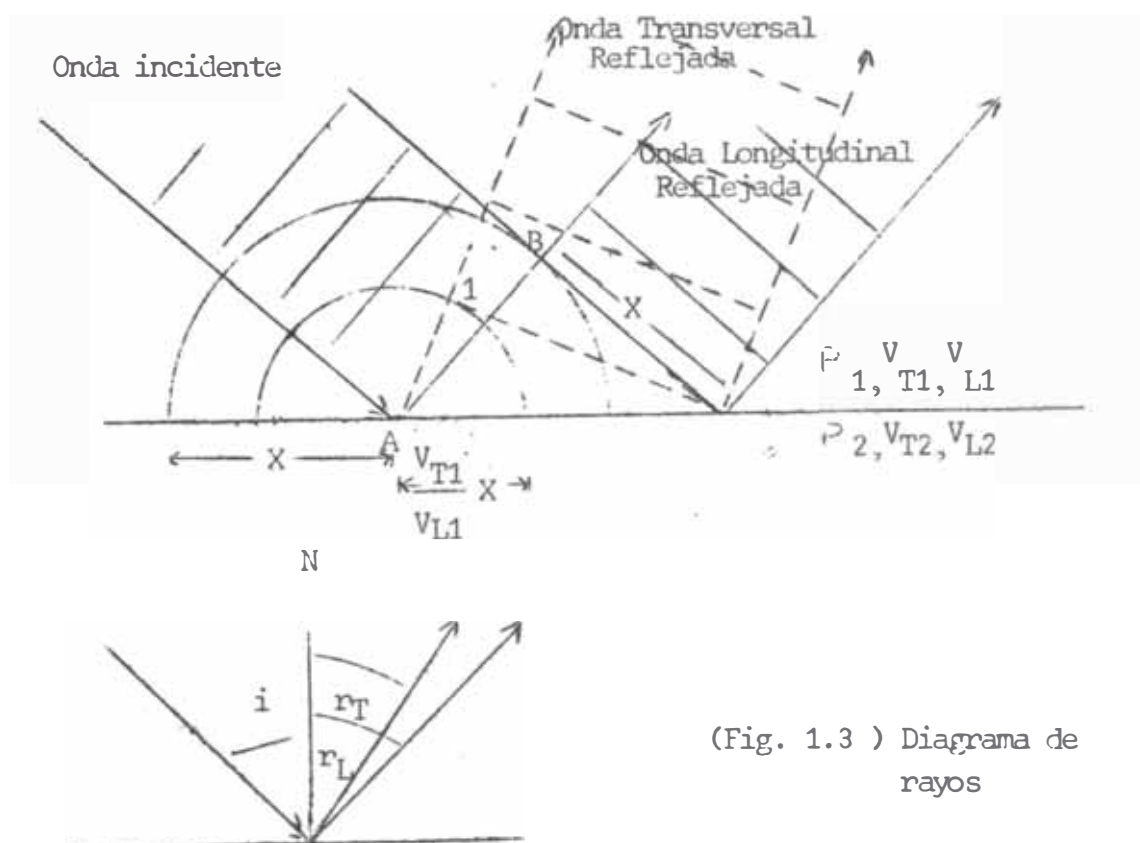
Las variaciones de los tiempos de arribo de las ondas a los detectores por reflexión indican por lo general, características estructurales de las rocas del subsuelo. Las profundidades de las superficies reflectoras pueden ser determinadas a base de estos tiempos. Normalmente, con solamente una explosión, pueden ser observadas reflexiones de hasta 6,000 metros, de manera que en la mayoría de las zonas puede determinarse la estructura geológica de toda la sección sedimentaria. La técnica de reflexión, es la que proporciona mas y mejor información estructural que cualquier otro método geofísico; pero presenta la desventaja de ser la mas lenta y costosa, así mismo en muchas regiones las reflexiones sólo se pueden obtener con grandes dificultades.

La ventaja singular de este método consiste en que permite levantar el mapa de muchos horizontes desde cada punto de explosión. La precisión del mapa así obtenido es aproximadamente lo mismo para los horizontes mas

profundos y para los someros; pues en los otros métodos geofísicos la seguridad decrece al ir aumentando la profundidad de penetración.

Este método es casi exclusivo de la prospección petrolífera.

Ahora bien, si aplicamos el principio de Huygens al caso de una onda plana longitudinal que incide oblicuamente sobre la superficie de separación de 2 medios elásticos, que tienen velocidades longitudinales V_{L1} y V_{L2} , velocidades transversales V_{T1} y V_{T2} y densidades P_1 y P_2 , el punto A se convertirá en centro de una nueva perturbación desde el cual se propagarán ondas longitudinales y transversales de forma semi-esférica en el interior de cada medio. (Fig. 1.3)



(Fig. 1.3) Diagrama de rayos

Si consideramos solamente las ondas que vuelven al medio superior, se observa que cuando el rayo que pasa por B llega a la superficie de separación C a la distancia x de B, la onda esférica longitudinal procedente de A habrá recorrido también la distancia x , en tanto que la onda esférica transversal, una distancia $\frac{v_{T1}}{v_{L1}} x$.

Si trazamos desde x la tg a la primera esfera, tendremos el frente de onda de la onda longitudinal reflejada, cuyo ángulo de reflexión r_L (con la perpendicular a la superficie de separación) es igual al ángulo de incidencia i . La tangente al círculo menor representa el frente de onda de la onda transversal reflejada, r_T que formará un ángulo r_T con la superficie de separación, determinada por la relación:

$$\text{Sen } r_T = \frac{v_{T1}}{v_{L1}} \text{ sen } i$$

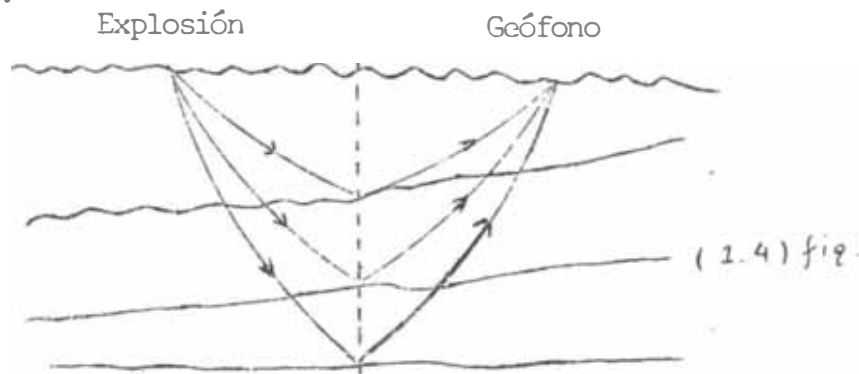
En el caso de incidencia normal ($i=0$) la relación entre la energía reflejada de la onda longitudinal E_r y la energía incidente E_i es:

$$\frac{E_r}{E_i} \Big|_{i=0} = \frac{(P_2 v_{L2} - P_1 v_{L1})^2}{(P_2 v_{L2} + P_1 v_{L1})^2}$$

La raíz cuadrada de esta relación, llamada coeficiente de reflexión, da las amplitudes relativas de las ondas reflejadas e incidentes. Se observa que la cantidad de energía reflejada en este caso depende del contraste en el producto de la densidad por la velocidad (impedancia acústica) en las caras opuestas de la superficie de

separación, la misma que es independiente del lado por el cual se aproxima la onda incidente. A medida que θ_1 aumenta, esta relación disminuye ligeramente al aumentar θ_1 , llegando a un mínimo y aumentando después lentamente hasta el ángulo crítico, después de lo cual el aumento es más pronunciado. Cuando el medio que contiene la onda incidente tiene una impedancia acústica más baja que el medio situado detrás de la superficie de separación, no hay cambio de fase en la reflexión.

En general, el coeficiente de reflexión depende principalmente del contraste de velocidades en los lados opuestos de la superficie de contacto, puesto que las variaciones de densidad de las diferentes rocas son pequeñas.



Ondas reflejadas por varias superficies de separación en una área donde la velocidad aumenta continuamente con la profundidad. (Fig. 1.4)

1.6 Método de Refracción Sísmica

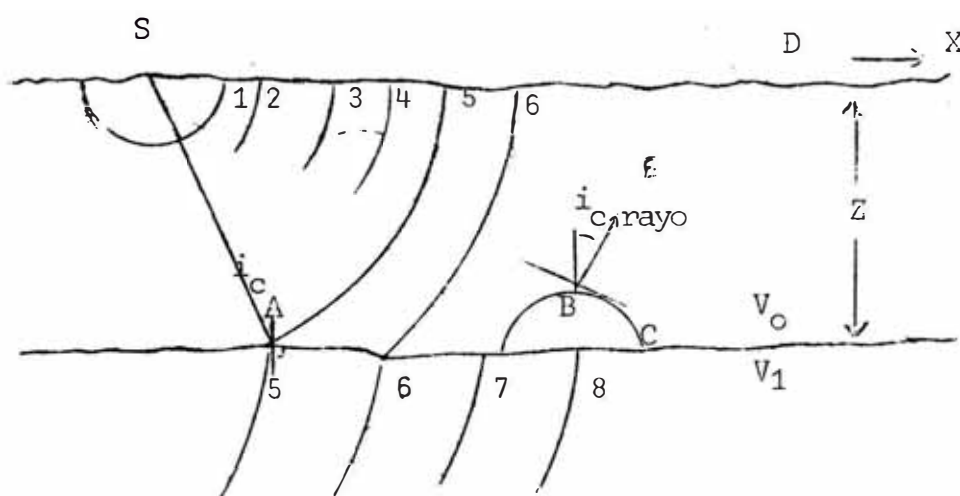
En este método los instrumentos detectores se disponen a cierta distancia del punto de explosión, que es larga en comparación a la profundidad a que se encuentre el horizonte que haya de ser marcado en el mapa. Las ondas explosivas recorren grandes distancias horizontales a través del suelo, y el tiempo requerido para su desplazamiento informa acerca de la velocidad y profundidad de ciertas formaciones del subsuelo. Aunque el método de refracción no proporciona tanta información, ni tan precisa, del cuadro estructural como el de reflexión, sin embargo, proporciona datos de velocidad en las capas refractantes que con frecuencia permiten al geólogo identificarlas o especificar su litología. Por lo general, este método hace posible cubrir una zona dada en menos tiempo que con el método de reflexión.

En el campo, las prospecciones por refracción son más complejas que las de reflexión debido a que el trabajo está diseminado en una distancia mucho mayor. En la prospección por reflexión, la explosión y los detectores no están nunca más separados que la profundidad de la deformación estudiada, en ocasiones mucho más cercanas. En la prospección por refracción, la separación es mucho mayor que la profundidad a que se encuentre la formación refractante y varía en la petrolífera entre 6.5 y 19.5 km.

1.6.1 Mecanismo de Propagación de las Ondas Refractadas

Consideremos el caso hipotético de un subsuelo formado

por 2 medios, cada uno con propiedades elásticas uniformes, separado el superior del inferior por una superficie a la profundidad Z (Fig. 1.5). La velocidad de las ondas sísmicas longitudinales en la capa superior es V_0 y en la inferior V_1 , siendo $V_1 > V_0$. Si se engendra una onda sísmica en un punto S de la superficie, la energía se transmite a partir de este punto en frentes de onda semi-esféricos. Si se coloca un instrumento detector en un punto D a una distancia X de S , la onda SD , que se propaga horizontalmente en el medio superior, sólo será la primera en llegar a D si X es pequeña. Para grandes valores de X , la onda que se propaga siguiendo la parte superior del medio inferior alcanzará a la onda directa.



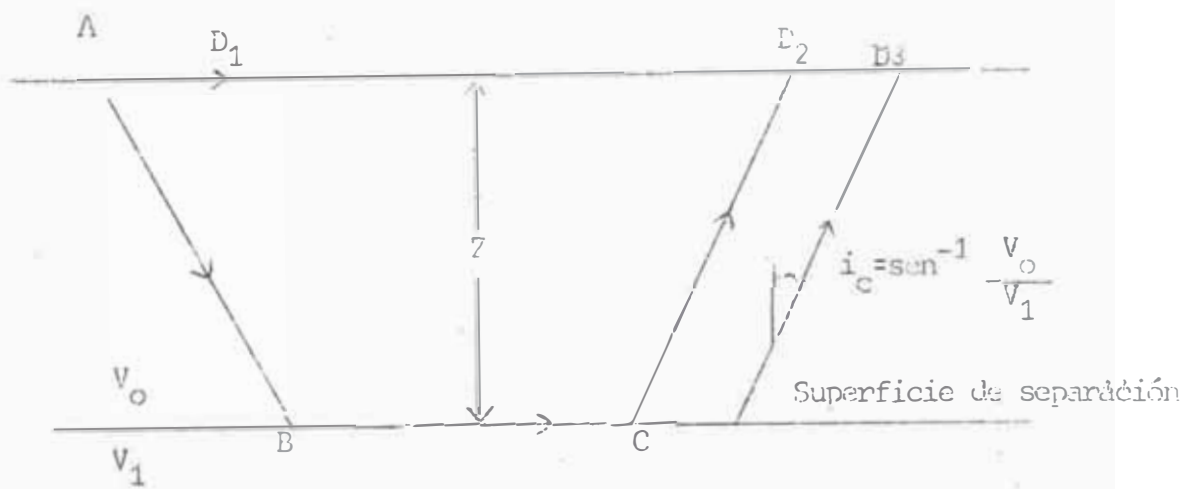
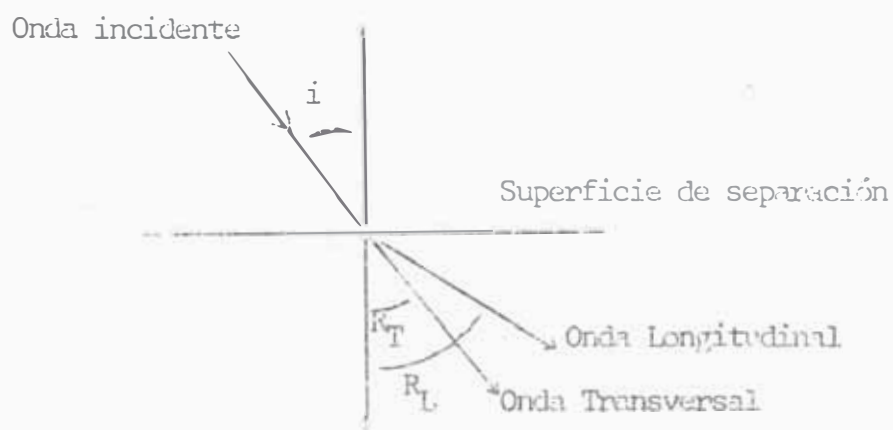
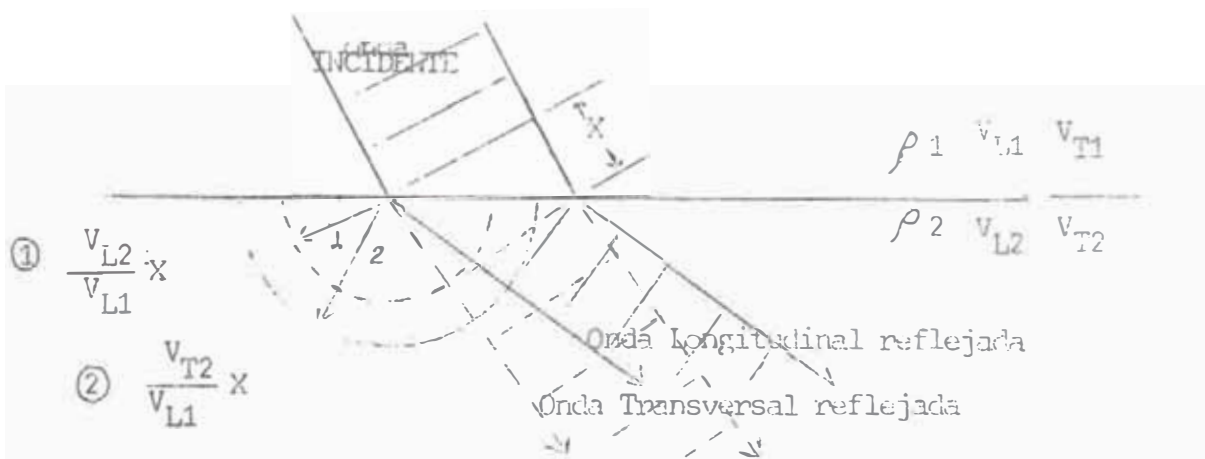
(Fig.1.5) Propagación de ondas Refractadas

Distancia X , en m entre exposición y detector	Tiempo de Llegada T en Sec	Profundidades de Penetración Máxima en m
305	0.167	2.65
610	0.333	19.25
1524	0.827	94.50
3048	1.602	359.65
6096	2.935	1262.00
9144	3.983	2447.00
12192	4.82	3767.00

Ahora bien, cuando dos frentes de onda esféricos que parten de S chocan con la superficie de separación donde cambia la velocidad, la energía se refracta en el medio inferior de acuerdo con la ley de SNELL. En algún punto A del frente de onda S, la tangente a la esfera del medio inferior es perpendicular a la superficie de separación, mientras que el rayo, que es siempre normal al frente de onda, empieza a desplazarse a lo largo de la superficie de separación con la velocidad del medio inferior, debido a lo cual el rayo SA incide en la superficie de separación a un ángulo crítico. A la derecha de A, los frentes de onda inferiores a la superficie de separación se desplazan con mayor rapidez que los superiores. En dicha superficie el material queda sujeto a la tensión oscilatoria de debajo, la cual genera nuevas perturbaciones continuas a lo largo de la superficie con una velocidad V_0 . La onda esférica que se propaga a partir del punto B, recorrerá una distancia BC, mientras que la esfera que se dilata en el medio superior habrá alcanzado el radio BE. El frente de onda resultante por encima de la superficie de separación, seguirá la línea CE que forma el ángulo i_c con dicha superficie. Mediante la Figura 1.5 apreciamos:

$$\text{Sen } i_c = \frac{BE}{BC} = \frac{V_0 t}{V_1 t} = \frac{V_0}{V_1}$$

El ángulo formado por el frente de onda y la horizontal, es el mismo que el formado por el rayo y la vertical, de modo que el frente de onda vuelve a la superficie del

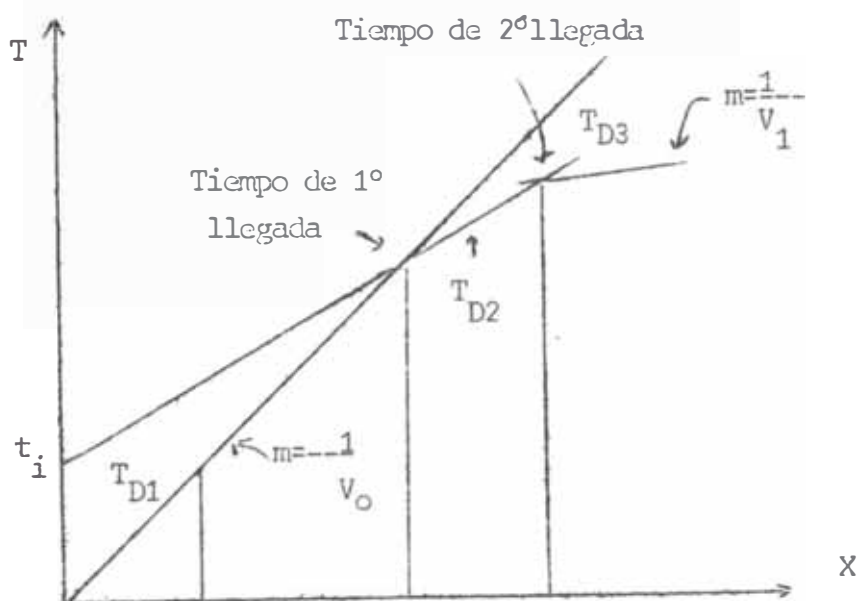


(Fig. 1.6) Caso de ondas refractadas

suelo, formando el ángulo crítico ($\text{Sen}^{-1} \frac{V_0}{V_1}$) con la vertical.

Para valores de X mayores que la distancia crítica (Fig. 5), puede demostrarse que la onda que requiere el menor tiempo de recorrido desde S a D , llegará a la superficie de separación bajo el ángulo crítico, la cual se propagará a lo largo de la misma con velocidad V_1 y volverá a la superficie del suelo atravesando la capa superior bajo el ángulo crítico.

Para la representación gráfica de los datos de refracción, lo más útil y conveniente es construir una curva empleando como coordenadas el tiempo (T) de la primera llegada y la distancia (X) entre explosión y detección, detallado en la Figura 1.7.



(Fig.1.7) Diagrama de tiempos

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA SEISMOGRAPH

2.1 Descripción del Sistema SismographMod. 57

Este sistema fue diseñado para proporcionar detección, grabación y reproducción de la señal en eventos de prospección geofísica. Por restricciones de tecnología (ya que data del año 1958) utiliza en su composición: filtros de núcleo magnético saturable, microtubos para la amplificación, control automático de ganancia y en la reproducción una grabadora óptica, cuyo principio se enunciará posteriormente.

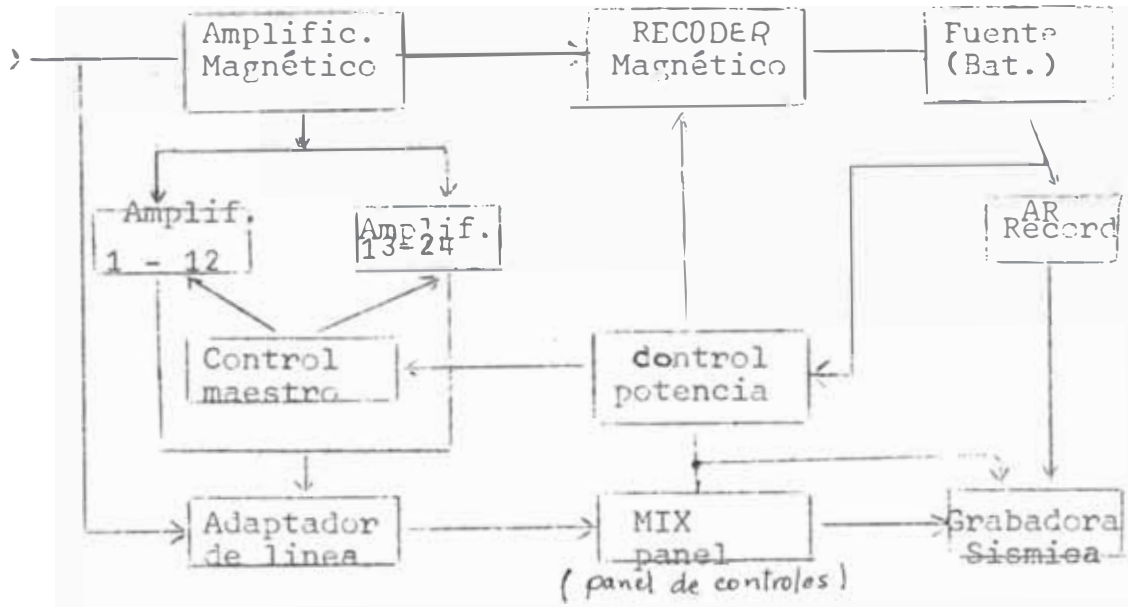
Desde cuando se inició la prospección geofísica a principios del presente siglo, lo que se ha deseado es reproducir las ondas sísmicas con la mayor fidelidad y proporcionar los tiempos de arribo lo más exacto posible para su interpretación.

2.2 El Sismograph Mod. 57

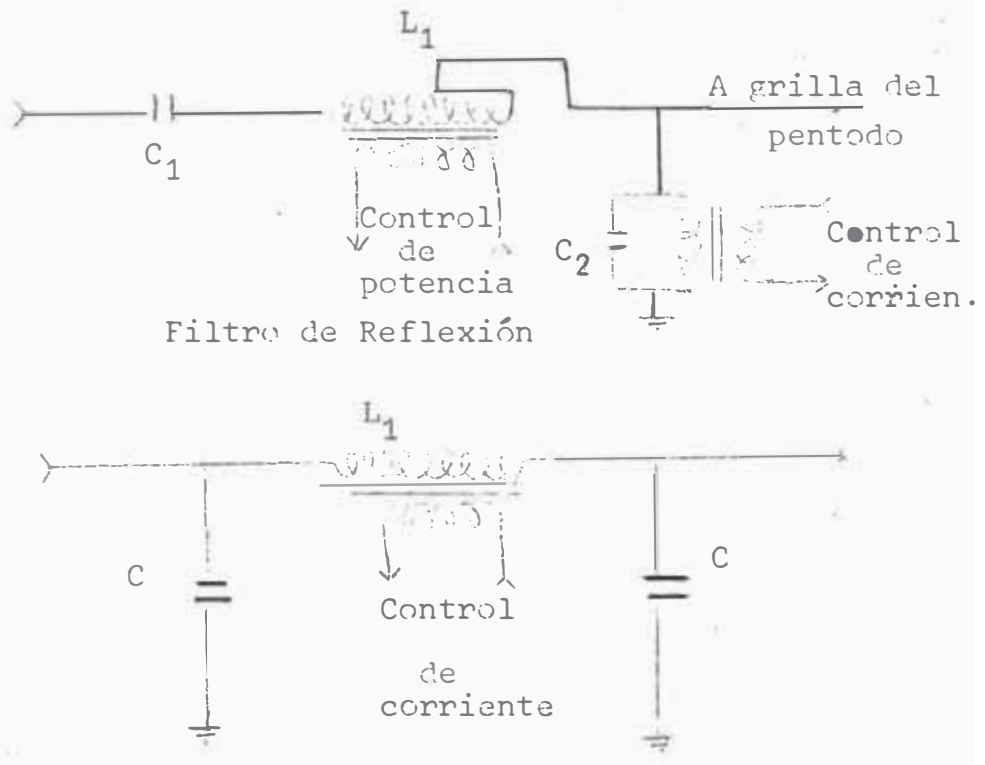
Tiene las siguientes particularidades:

Utiliza geófonos (detectores) de tipo standard para cada caso particular cuando se está haciendo reflexión o refracción para cada uno de sus 24 canales totalmente individuales y sus respectivos controles.

De cada geófono la señal es recibida en un amplificador magnético, que es en sí en un transformador-adaptador de impedancia, el mismo que por su propia constitución hace



(Fig.2.1) Diagrama de Bloques



Filtro de Refracción

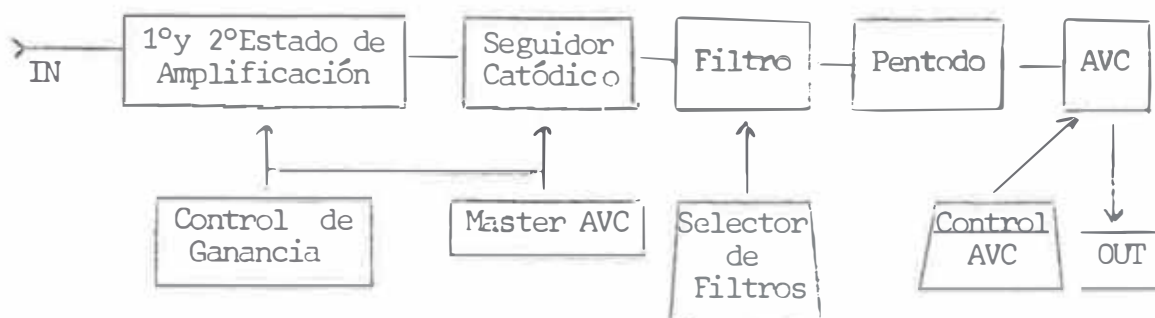
(Fig.2.2) Filtros de núcleo magnético

que se atenúen las señales de frecuencias elevadas (de más de 500 Hz). Luego la señal es pasada al amplificador propiamente dicho, que son en número de 24 o sea uno por cada canal, este amplificador trabaja automáticamente y su efecto expansor-supresor que proporciona a las señales el contraste debido, es controlado desde un control maestro en el cual se halla un control automático de volumen (AVC), lo que permite trabajar sobre un rango límite reduciendo la tendencia de sobrecontrol. La amplificación se hace mediante tubos miniaturizados, cuya tensión de filamento es tensión continua para suprimir el ruido que se pueda introducir al momento de la amplificación, el mismo que proporciona una ganancia aproximadamente de 10,000 por lo que se pueden detectar señales del orden de las decenas de microvoltios.

Como parte del mismo amplificador están los filtros respectivos para reflexión o refracción según sea el caso de trabajo, en tanto que la selección es mediante un conmutador manual, éstos filtros son de tipo LC con núcleo magnético saturable como se describe en la Figura 2.2, los que tienen la particularidad de ser sintonizados por la corriente de control que atraviesan las bobinas de los núcleos magnéticos, la misma que se realiza en forma manual desde el control maestro.

Una vez sintonizados los filtros, se pasa al amplificador final constituido por un pentodo que le proporciona la amplificación final, de cuya salida se realimenta, negativamente, mediante un puente de resistores balanceados a

la polarización del pre-amplificador, dando lugar a una nueva tensión de polarización, hecho que producirá el efecto expansor-supresor.



(Sistema Condicionador de Señal)

Su característica principal es la de tener 4 tipos de Control Automático de Volumen (AVC) los mismos que describiremos a continuación:

AVC 1.- Control Automático de Volumen, recomendado sólo para usar donde se desea ver un evento débil inmediatamente después de uno fuerte. El contraste de amplitud es realizado mediante un puente resistivo descrito anteriormente y con resistencias de tipo logarítmico.

AVC 2.- Proporciona una pequeña acción individual al control automático de volumen, como por ejemplo, el efecto supresor-expansor debido al MASTER AVC. Este AVC 2, que proporciona una buena amplitud para la grabación, no da lugar a un buen balance de trazo en señales débiles.

AVC 3.- Es el AVC, recomendado para uso general y de constante de tiempo medio, proporciona un buen balance de trazo y un contraste claro de amplitud para la grabación.

AVC 4.- Es un AVC instantáneo. En este caso la acción

de ascenso del MASTER AVC es mayor que el AVC 1, para conseguir una pequeña amplitud de salida.

Una vez así condicionada la señal, ésta pasa al adaptador de línea que lo conecta al MIX-PANEL, que es la consola donde se encuentran los controles manuales descritos anteriormente, incluyendo los de energización.

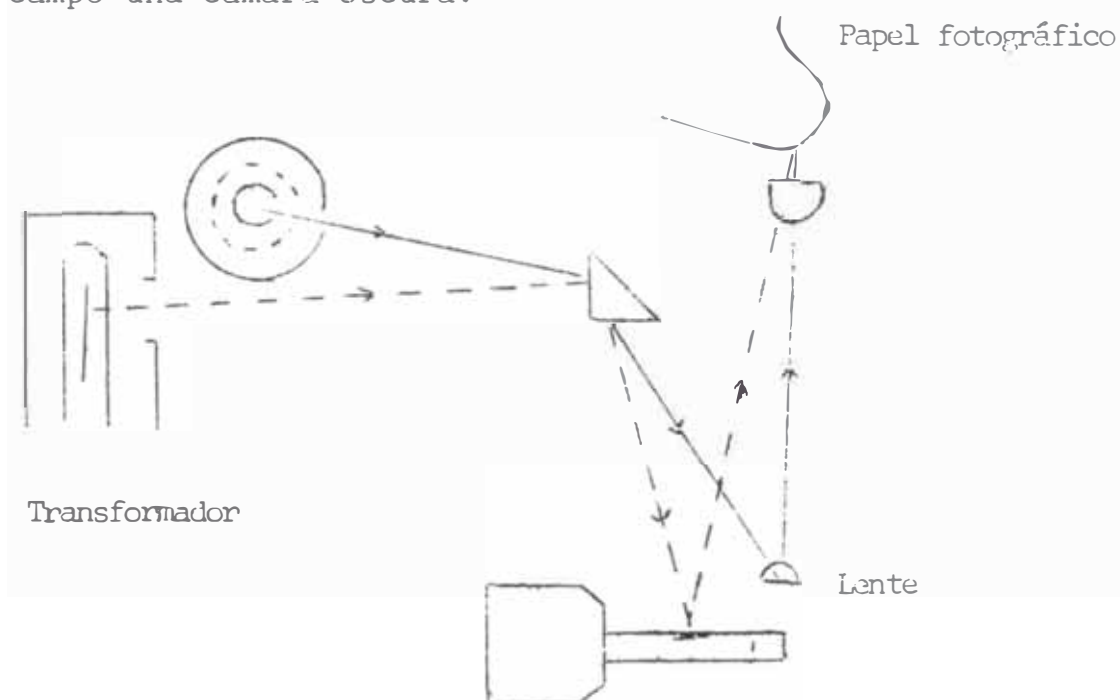
El control de potencia tiene la función principal de proporcionar tensión y potencia suficientes para el normal funcionamiento del equipo. Dicho control recibe la alimentación de las baterías de 12 voltios, las que exitan a un oscilador de 60 ciclos por segundo, lo que convierte la tensión continúa en alterna. La tensión así alterna es pasada a un transformador que eleva el voltaje de 12 voltios a 300 voltios y 265 voltios, los cuales son necesarios para el funcionamiento de los amplificadores a tubos.

El consumo total del equipo, funcionando con sus 24 amplificadores simultáneamente y con la grabadora conectada es aproximadamente 12 amperios, razón por la cual se debe usar un banco de baterías debidamente cargadas y las de mayor capacidad.

Los A.R. son amplificadores de grabación que proporcionan la potencia necesaria y suficiente a la señal para que pueda ser grabada en la grabadora sísmica.

La grabadora sísmica es de tipo película. La señal, una vez condicionada y con suficiente potencia entregada por los amplificadores de grabación, pasa a un sistema de 24 bobinas, los cuales pertenecen a microtransformados colocados en serie y uno por cada canal, éstos micro-trans

formadores son sensibles al paso de la corriente eléctrica, la cual varía la reluctancia del núcleo y por consiguiente la distancia de entrehierro, éstas variaciones de distancia se aprovechan para variar la posición de un haz de luz, el cual es generado desde una fuente luminosa fija, éste haz incide en un espejo plano y cuyo reflejo es aprovechado para imprimir en una placa negra (película) la intensidad y posición reflejada del espejo. La señal impresa es proporcional acondicionada por el amplificador y que circula por las bobinas de los micro-transformadores. Ahora bien, la desventaja de esta forma de grabación es, que no se obtiene buena resolución de grabación, desde que la variación de distancia de la reluctancia en función del tiempo es lenta y cuya máxima resolución es de 150 a 200 variaciones por segundo. Para obtener los resultados de la grabación es necesario revelar la película impresa por lo que es necesario llevar al trabajo de campo una cámara oscura.



CAPITULO III

SISTEMA PROPUESTO

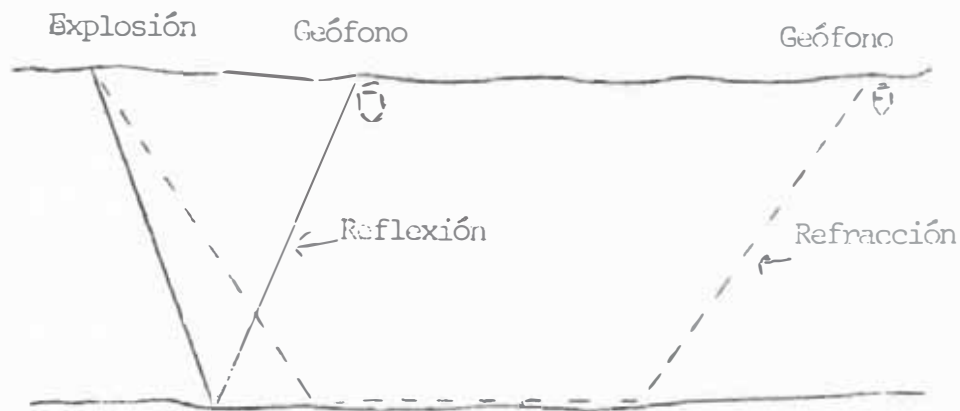
3.1 Consideraciones

Tratamos de conseguir: La grabación y reproducción de las ondas sísmicas con la mayor fidelidad posible y la determinación con gran precisión del momento en el que son recepcionadas. Primero es importante dar con precisión el tiempo de arribo, al detector, de las ondas sísmicas porque de ello va a depender directamente la velocidad con que han viajado las ondas y al tener este parámetro determinado, podemos hallar la profundidad de la zona que estamos explorando, de acuerdo a fórmulas pre-establecidas de prospección para el caso de refracción y reflexión respectivamente, osea nos situamos en el campo de la interpretación de los diagramas obtenidos, el cual se encuentra en el campo de la Ingeniería Geológica, pero si se desea más información sobre el particular consultar bibliografía 1-2-3 sobre prospección geofísica.

Tan importante como dar los tiempos de arribo de las ondas sísmicas es reproducir con la mayor fidelidad las mismas, ya que ello nos proporcionará características propias del terreno como conductibilidad, absorción, amortiguamiento, resistividad y otras más que son de gran interés para un análisis descriptivo de la zona de prospección.

Así por ejemplo se muestra en la siguiente figura 3.1, unas formas de ondas típicas para refracción y reflexión.

La diferencia fundamental entre realizar un trabajo de refracción y reflexión radica en la distancia a que son colocados los detectores y por consiguiente el equipo.



(fig. 3.2)

Así como se muestra en la figura 3.2, para una proyección por reflexión la distancia entre la detonación de una carga explosiva y el geófono detector es mucho menor que para una de refracción, la primera puede variar desde unos pocos metros hasta casi 500 m ; la segunda está en función del equipo utilizado en el caso nuestro sin usar el retardo de tiempo podremos hacerlo hasta aproximadamente 3 km dependiendo esto de la zona, podremos también tomar datos de 8 a 10 km en función de la zona de trabajo y utilizando el retardo de tiempo.

Daremos a continuación la velocidad aproximada de las zonas sísmicas en función del terreno:

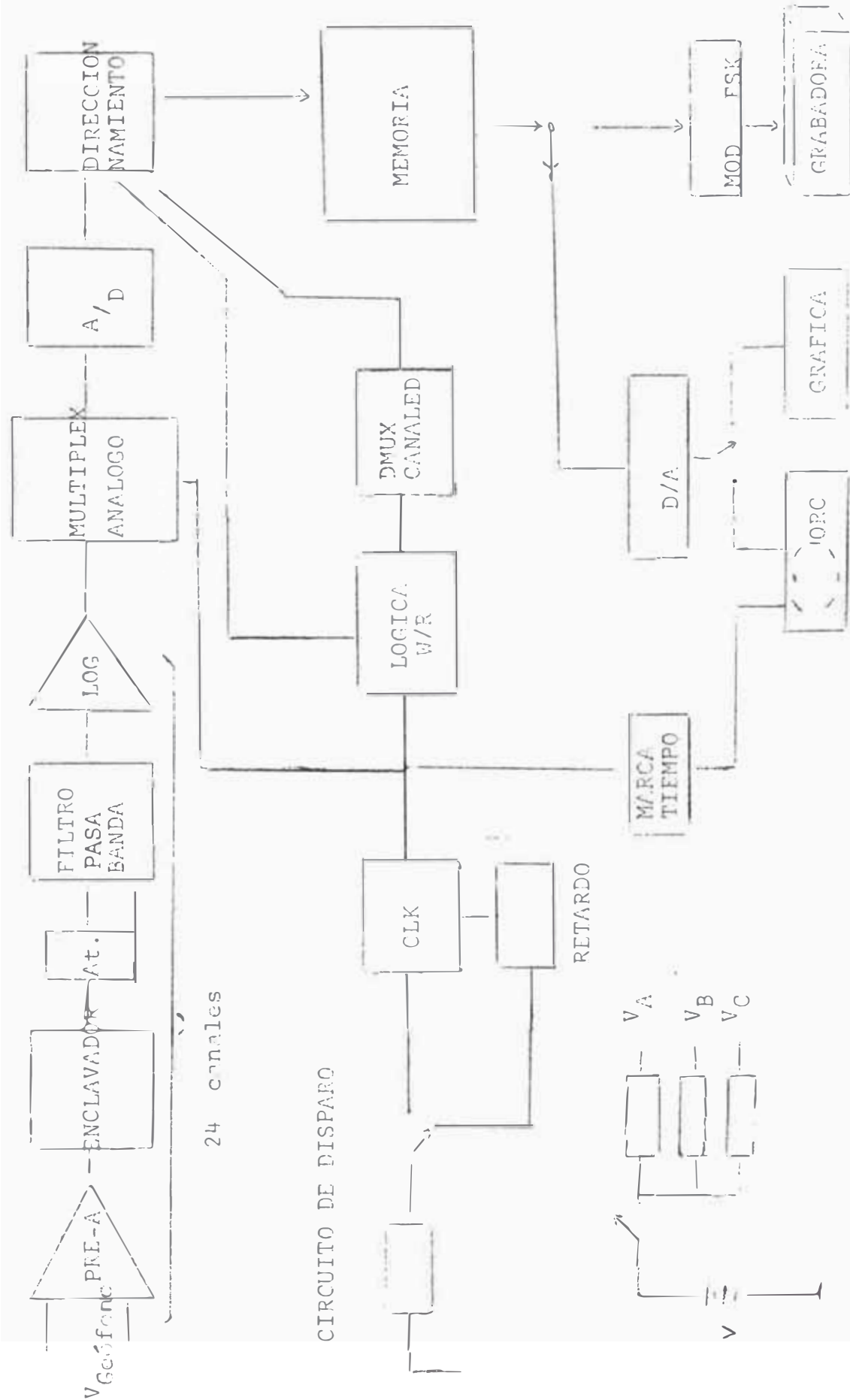
FORMACIONES	VELOCIDAD KM/SEG			
	O. Longitudinales		O. Transversales	
Aire	0.33			
Agua Dulce	1.45			
Limos	0.2	0.6		
Capa superficial no consolidada y seca	0.2	0.6		
Aluviones secos	0.6	1.2		
Aluviones húmedos	1.6	2.4		
Arcillas	1.8	2.2	0.1	0.5
Tobas volcánicas	1.8	2.5		
Arenisca	2	3.5	0.9	1.3
Calizas	3.5		1.8	2.8
Gneis - cuarcitas	3.5	5		
Granitos y otras intrusivas	4	7	2.5	4

Por los valores presentados observamos que las ondas longitudinales se propagan más rápidamente que las transversales por lo que llegarán primero a los detectores (geófonos).

Cabe aquí mencionar que si se desean registrar las ondas longitudinales y transversales se usarán los geófonos correspondientes puesto que no hay geófonos de tipo electromagnético, que es el que vamos a utilizar, que respondan a la vez al movimiento transversal y longitudinal.

Mencionaremos la posibilidad de que con el presente sistema se haga trabajos de mecánica de suelos, para este caso será necesario una debida interpretación en uno de los canales usamos un geófono de respuesta vertical y en otros dos canales geofondos de respuesta horizontal, para mayor información ver bibliografía 5.

DIAGRAMA DE BLOQUES (3.3)



At. = Atenuador

El presente (sistema) trabajo está abocado en conseguir la detección, condicionamiento, grabación y reproducción de 24 señales distintas, cada una de ellas tomada de detectores distintos, o sea 24 canales. Se tomó el número de estos 24, por ser necesarios para presentar un buen conjunto de señales facilitando la interpretación de los registros tomados, caben mencionar que existen sistemas de hasta 48 y 72 canales para trabajos a grandes distancias.

El diagrama de bloques de la Figura 3.3, muestra claramente el proceso seguido por la señal desde la toma de señal a su grabación y reproducción.

Todos los circuitos han de ser diseñados con componentes de estado sólido y que son los más adecuados para cada caso, teniendo en cuenta la compatibilidad de C-MOS TTL y también la de los componentes lineales y digitales.

En sí, como es compatible con todos los sistemas de éste tipo, el propuesto consta de 3 partes principales que son:

- Detección - amplificación (condicionamiento de señal)
- Grabación
- Reproducción

3.2 Detección - Amplificación

La detección empieza en el geófono que transforma el movimiento terráqueo producido por la onda sísmica en impulsos eléctricos proporcionales, éstos impulsos que

van ha variar de 0.1 mV a 15 mV de acuerdo al factor de amortiguamiento del geófono (esta teoría se explicará posteriormente) y sensibilidad.

La señal ya en impulsos eléctricos es aplicada al pre-amplificador de entrada de ganancia constante cuyas características principales deben de ser de inmutidad al ruido térmico y con posibilidad de realizar correcciones de ajuste y calibración para obtener una ganancia constante de 1000.

Si

$V_S < 15$ Voltios	Vout	O.P.= "1"	Commutador "ON" (Switch)
$V_S > 15$ Voltios	Vout	O.P.= "0"	Commutador "OFF" (Switch)

luego, con la señal menor de 15V en V_S el switch estará en "ON" por lo que el pre-amplificador estará funcionando y en cuanto la señal exceda los 15V la salida del comparador será "0" y abrirá el switch a "OFF" y ya no se está amplificando. Volverá a la normalidad automáticamente cuando la señal sea inferior a los 15 voltios.

En estos márgenes, la señal pasa a un sistema enclavador el cual tiene por objeto fijar la señal a un valor positivo de señal continua igual al máximo positivo con seguido.

Esto es debido a que en un paso siguiente vamos a usar el amplificador logarítmico de cambio rápido y por definición, el logaritmo de un número negativo no existe.

La señal enclavada al valor de un pico máximo es pasada a un filtro pasabanda, cuyas frecuencias de corte van a estar en función del trabajo que se esté realizando, como reflexión o refracción, es necesario el filtro para poder eliminar las frecuencias altas recepcionadas, de las cuales no vamos a obtener ninguna información aparte del ruido que se va a sumar a la señal que es de muy baja frecuencia así por ejemplo tenemos:

Para reflexión : 10 - 150 ciclos/seg

Para refracción: 3 - 85 ciclos/seg

Otro uso : 1 - 200 ciclos/seg

Este filtro va a ser lo más cercano al ideal, por lo que se decidió implementarlo de 4to. orden o sea una pendiente de corte de 40 db/dec; también nos proporciona una ganancia de 54 db razón por la cual se incluye un sistema de atenuadores resistivos para así poder obtener una ganancia total igual a la unidad.

La señal, debidamente filtrada es pasada a un amplificador logarítmico para sí poder apreciar la señal con mayor fidelidad y en escala logarítmica. Este circuito tiene la gran particularidad de ser de cambio rápido entre valores subsiguientes, para así distinguir el amortiguamiento de las ondas, así como, los contrastes de amplitud; por ejemplo, a la salida del sistema loga

rítmico vamos a tener:

Entrada	Salida
0.1 m volt.	1 volt.
1 m volt.	2 volt.
10 m volt.	3 volt.
100 m volt.	4 volt.
1 volt.	5 volt.
10 volt.	6 volt.

3.3 Grabación

Luego de haber amplificado la señal en escala logarítmica debemos grabarla; pero hemos amplificado simultáneamente 24 canales o sea 24 señales diferentes, cada una por un canal diferente, por lo cual, para poder grabar todas las señales simultáneamente y sin pérdida de información se procede a hacer un Multiplex por División del Tiempo (MDT), el cual sigue los mismos principios de la transmisión de información en comunicaciones (La teoría de este bloque va con el diseño propio de los circuitos, ver bibliografía 6, 7).

El multiplex es hecho con señal análoga por lo que se emplean circuitos integrados de la tecnología C-MOS y con un máximo de 6V pp. aproximadamente. La particularidad de este sistema es que se comenzará a multiplexar las señales de acuerdo a una lógica establecida que es como sigue:

3.3.1 Sin Retardo

En el momento que se hizo la detonación comienza a

funcionar un oscilador (reloj) de 1.,000 Hz el cual marca el inicio del multiplexaje.

3.3.2 Con Retardo

Es solamente para retardar el inicio del multiplexaje en tiempo fijo y conocido, esto se aplica necesariamente cuando se trabaja en refracción a grandes distancias o reflexión a grandes profundidades donde la onda sísmica va a tardar en llegar.

La señal, una vez multiplexada debidamente ordenada por canales, es pasada a un conversor análogo-digital, cuyo tiempo de presencia entre un canal y otro es de 100 seg, vamos a utilizar éste tiempo como el tiempo de apertura del Conversor Análogo-Digital (A/D), o sea en cuya entrada aplicaremos la señal de un canal durante los 100 seg y luego la otra, y así sucesivamente de acuerdo a la frecuencia de multiplexaje.

A la salida del Conversor A/D tendremos: El valor de la amplitud de la señal en sistema binario, que para nuestro caso va a ser de 8 bits; cabe mencionar que estos 8 bits se presentan en paralelo a la salida del conversor.

Es necesario sensar el primer pulso de aparición en la salida del Conversor A/D, puesto que éste desinhibe el sistema de direccionamiento de la memoria y el control de lectura o escritura. De acuerdo a la base de tiempos establecida por el reloj se empezará a leer o escribir en las células de la memoria.

Otra particularidad en este sistema es el uso de memoria de estado sólido, bipolares, RAM (RANDOM ACCESSES MEMORY) las cuales son memorias de acceso aleatorio, pudiéndose en ellas leer y escribir de acuerdo a la lógica requerida por el componente.

Otra particularidad de las memorias estáticas es que no necesitan el REFRESH PULSE (Pulso de Refresco) y al momento de leer no se borra la información de la célula (bibliografía 9, 10).

Ahora bien, ya tenemos grabada la información en la memoria.

3.4 Reproducción

Para leer la información de la memoria, se tiene como particularidad el poder cambiar la base de tiempos de lectura, para así sacar la información con mayor o menor rapidez de la que fue grabada; también tenemos que el sistema de Demultiplexaje selecciona un canal cuando la señal se encuentra todavía en forma digital, esto para reducir al mínimo el efecto de cruces de señal si es Demultiplexada cuando ésta ya se encuentra en análoga (CROSS-TALKING). Luego para obtener la información grabada se selecciona previamente el canal y se procede a dar la nueva base de tiempos.

Para poder visualizar la señal en forma análoga se pasará ésta por un CONVERTOR DIGITAL-ANALOGICO y se

conectaré directamente a un osciloscopio de rayos catódicos en el cual se selecciona el tiempo de barrido en función de la base de tiempos elegida. Para poder ver en el osciloscopio el tiempo de llegada de las señales y tener un pulso variable que pueda ser movido a lo largo de toda la señal, se le anexa al circuito de salida un sistema de MARKER de tiempo, el cual, de acuerdo a la posición que tenga el pulso a lo largo de la señal nos proporcionará en un contador el valor en milisegundos de los tiempos de arribo de la señal.

Para grabar en papel la información o sea con Graficador x - y, se deberá tener cuidado de poner la base de tiempos de salida de información en análogo, con la velocidad del pen-motor para darle a la gráfica una buena resolución.

Otra particularidad es la de poder grabar la información canal por canal en una cinta cassette común, ésto se logra mediante una modulación FSK o sea una modulación de bits en tonos de señal de audio, a la cual responde perfectamente la grabadora; pero previamente debemos convertir la señal almacenada en la memoria, que es en paralelo, a una salida serie para evitar que haya pérdida de información con un nuevo cambio en la base de tiempos y que a la vez debe compatibilizar con la velocidad de cinta de la grabadora.

Todo este sistema de salida se puede obviar si se consigue una grabadora digital.

También es importante mencionar que puede almacenar la información en forma digital en una computadora desde que podemos cambiar la base de tiempos, ésta se puede hacer tan rápido que sería compatible con una entrada a la computadora.

Todo esto previa interfase de grabación directa al assembler de la computadora.

Cabe también la posibilidad de que al estar haciendo exploraciones en el campo, se desee enviar la información a un centro de procesamiento de datos, para lo cual se necesitará un sistema telemétrico portátil. Así podremos transmitir la información a gran distancia y en forma digital a base de tiempos requerida.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA

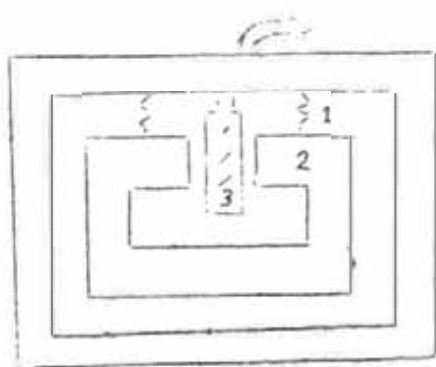
4.1 Detección

4.1.1 El Geófono

Llamado también detector ó sismómetro, transforma las oscilaciones sísmicas del suelo en señales eléctricas. En la exploración petrolífera los instrumentos usados de ordinario sólo son sensibles o varían entre 5 y 85 cps para trabajos de refracción y entre 10 y 150 cps para los de reflexión.

En ambas aplicaciones el geófono sólo responde a la componente vertical u horizontal del movimiento del suelo. Para fines prácticos se considera que el geófono se mueve como si formara parte del suelo, bien como enterrado o depositado en la superficie.

El tipo de geófono que usaremos será el de tipo electromagnético que es el más común y que tenemos a la mano. Consiste en una bobina y un imán, fijada rígidamente la primera con respecto al suelo y colgado el segundo de un soporte fijo mediante un resorte. Cualquier movimiento relativo entre la bobina y el imán produce una fuerza electromotriz entre los terminales de la bobina que es proporcional a la velocidad del movimiento.



- 1 Resorte de Suspensión
- 2 Núcleo
- 3 Imán Permanente

(Fig.4.1) Geófono de tipo electromagnético

Aquí se muestra el imán permanente y una bobina móvil

la bobina fijada a la caja se mueve con el suelo en tanto el imán actúa como elemento inerte, Geófono Mc Proud Land 27.

Existen también los geófonos de reluctancia, capacidad, presión, etc. (Consultar bibliografía 1, 2, 3).

4.1.2 Agrupaciones de geófonos

a) Tiro en Perfil

Para la eliminación o la reducción al mínimo del ruido en los registros empleamos el siguiente método recogido de la experiencia en el campo.

Los geófonos se colocan sobre el perfil a distancias muy cortas (Ejemplo: Cada 10 m), y las salidas de varios geófonos adyacentes se suman y son registrados en la misma traza (Fig. A).

Consideremos una onda superficial de determinada longitud de onda, luego la geometría de los grupos de geófonos han sido elegidos adecuadamente. El movimiento instantáneo del terreno, debido a la componente vertical de la onda de superficie, estará dirigido hacia arriba en algunos geófonos y hacia abajo en otros, de modo que la suma de sus salidas será prácticamente nula y la onda de superficie no aparecerá en el registro.

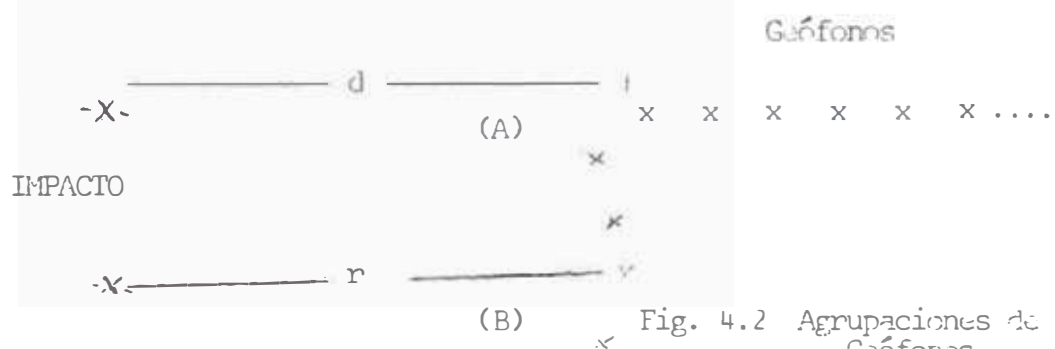


Fig. 4.2 Agrupaciones de Geófonos

b) Tiro en Abanico

En éste caso los geófonos no están alineados sino que se colocan según un arco cuyo centro es el punto de tiro (Fig. B) el radio debe ser el suficiente para hacer trabajos de refracción o reflexión.

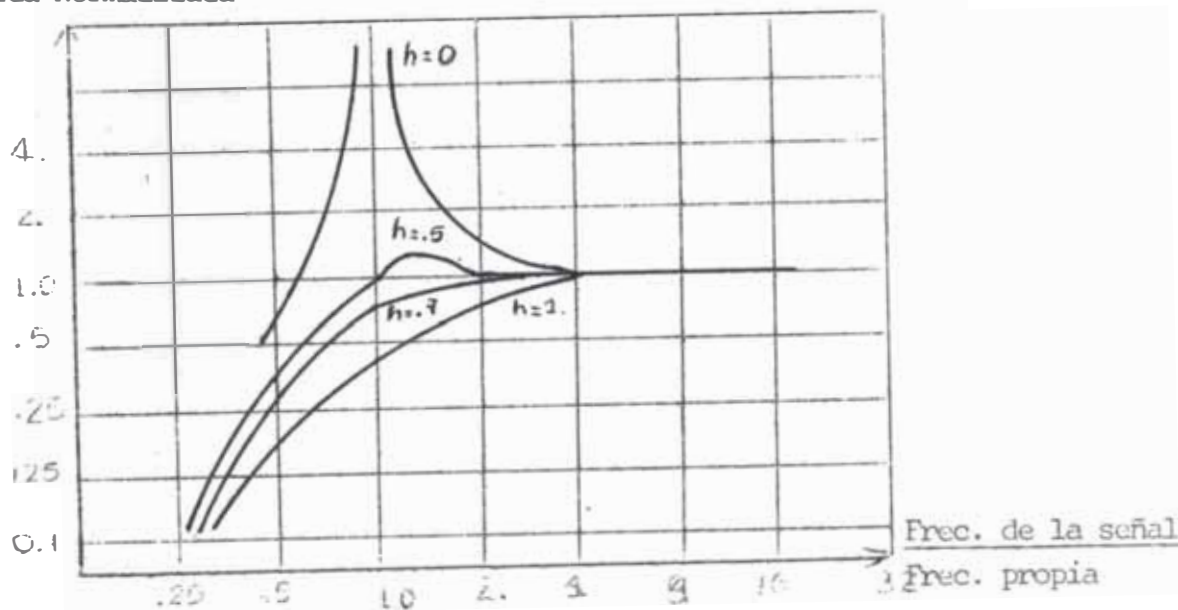
Existen también los tipos de geófono de reluctancia, capacidad, presión, etc. (Ver bibliografía 1, 2, 3).

4.1.3 Amortiguamiento

Todos los tipos de geófonos están dispuestos para suprimir o amortiguar los movimientos oscilatorios producidos en el instrumento por el movimiento impulsivo del suelo. Los geófonos modernos utilizan corrientes parásitas para el amortiguamiento y que es posible a veces regularla.

El que se utiliza es de un $h=0.707$ de la gráfica.

Salida Normalizada



(Fig. 4.3) Gráfica de las Constantes de Amortiguamiento

4.2 Amplificación

4.2.1 Pre-Amplificador de Entrada

La característica de este amplificador es fundamentalmente su gran inmidad al ruido, debido a que vamos a trabajar con señales de hasta μv , implica que el ruido producido por el propio componente debe ser casi nulo, también se debe tener una alta impedancia de entrada razón por la cual, el amplificador es diseñado con amplificadores operacionales que reúnen características especiales y estos son los de instrumentación, uno que reúne características aceptables y existe en el mercado es el OP-AD520 el cual tiene una ganancia de lazo cerrado de 1 - 1000 veces, según la relación:

$$A_v = \frac{R(\text{Escala})}{R(\text{Ganancia})}$$

Entre sus características principales tenemos:

- Gran inmidad al ruido
- Distorsión de 2×10^{-9} voltios hasta 0.1×10^{-9} voltios.
- Versatibilidad en ajuste de off-set.

Para nuestro caso debe tener una ganancia de 1000 como valor fijo por lo cual debemos actuar sobre las R (Escala) y R (Ganancia), para lograrlo seguiremos el siguiente procedimiento:

$$R_1 = R(\text{Escala}) = 100 \text{ K}\Omega = 93 \text{ K}\Omega + \text{potenciómetro de } 10 \text{ K}\Omega$$

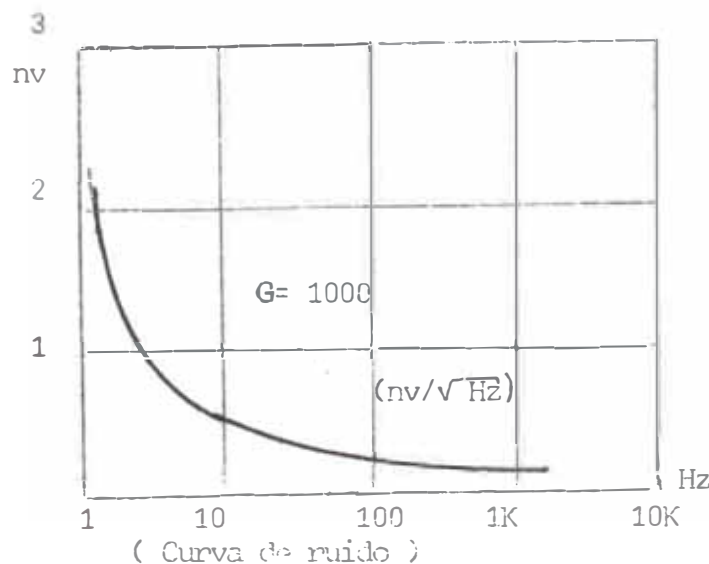
$$R_2 = R(\text{Ganancia}) = 100 \Omega$$

El potenciómetro es utilizado para ajustar la ganancia cada vez que se requiera hacerlo y así mantener cada canal a una ganancia constante de 1,000.

Para poder eliminar el voltaje de off-set, que es producido por el propio componente, utilizamos un trimpot entre los pines 2-3 y la fuente positiva, para poder calibrarlo a salida nula a máxima escala en ausencia de señal; el procedimiento para hacerlo es: Antes de poner en funcionamiento el equipo se chequea si el voltaje de off-set es nula, para lo cual hacemos la señal de entrada cero y con el trimpot correspondiente conseguimos que la señal de salida también sea nula.

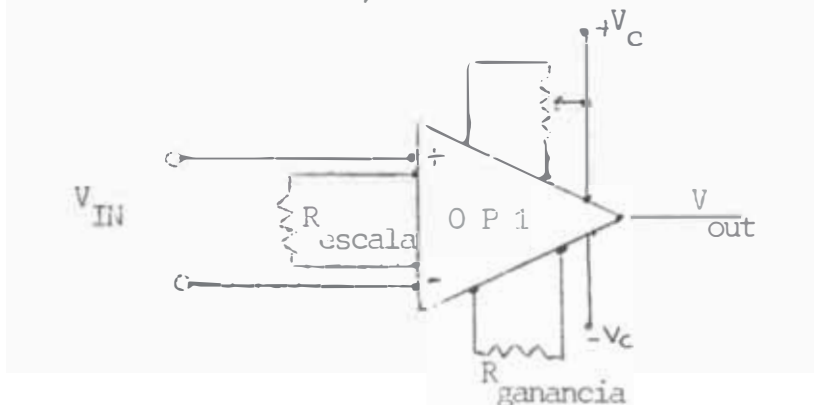
El resto de condensadores son para eliminar las posibles oscilaciones por realimentación y que rechazen señales de mucha mayor frecuencia.

Una característica fundamental es que tiene una entrada diferencial, con una impedancia de entrada = 10^9 Ohms, implica que el sistema de amplificación es inmune al ruido propio del terreno, viento u otros factores climáticos.



(fig. 4.4)

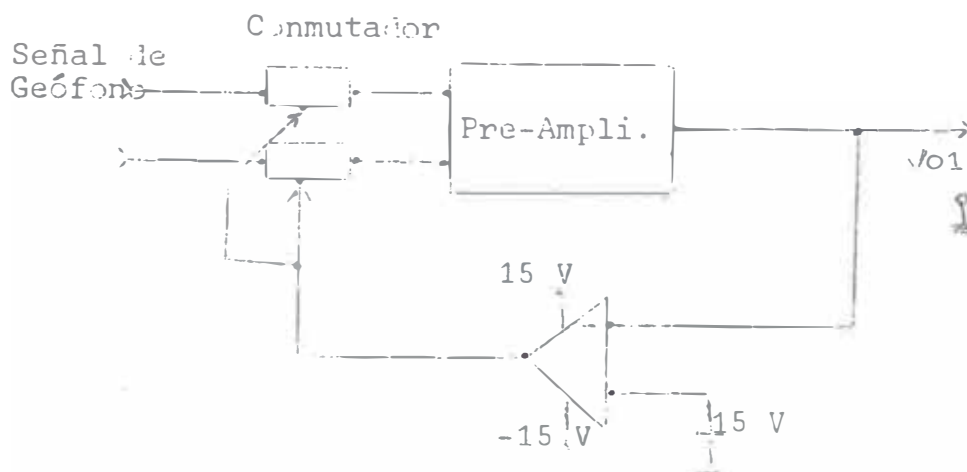
De la curva de ruido vemos que nuestra señal (que puede ser de hasta 0.1 μv) a lo más va a ser distorsionada en 2 nv ($2 \times 10^{-9} \text{ v}$), que es prácticamente pequeña.



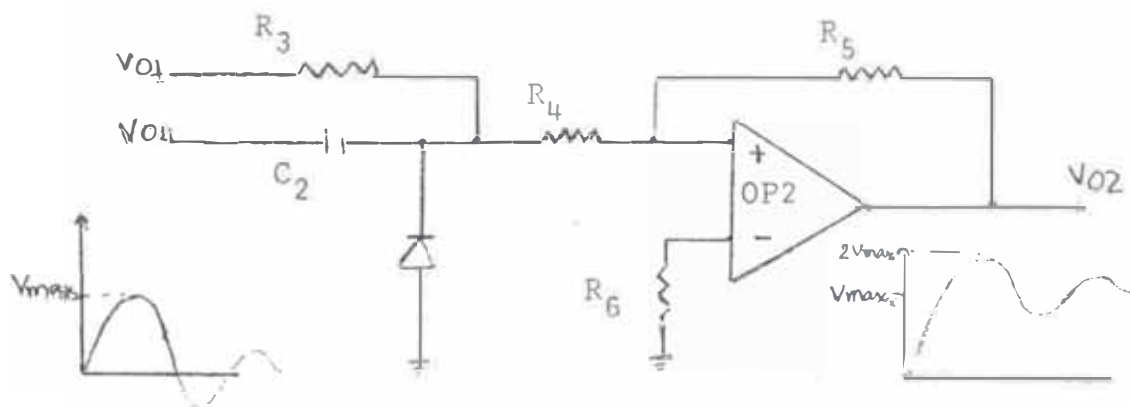
4.2.2 Circuito de Protección

Este circuito actúa, cuando la señal que sale del pre-amplificador va a encontrarse en un rango mayor de los 15 voltios y opera de la siguiente manera:

Si la señal es más pequeña de los 15 voltios pico-pico producirá a la salida del comparador de esa magnitud un voltaje positivo ("1"), con el cual el conmutador situado a la entrada del pre-amplificador va a estar en posición de corto circuito con el cual estará funcionando el pre-amplificador. Cuando la señal exceda los 15 voltios, a la salida del comparador tendremos un voltaje negativo ("0" lógico) con el cual el conmutador estará en posición de circuito abierto; cuando la señal nuevamente retorne a menos de 15 voltios el circuito hará que procese la señal nuevamente y en forma automática.



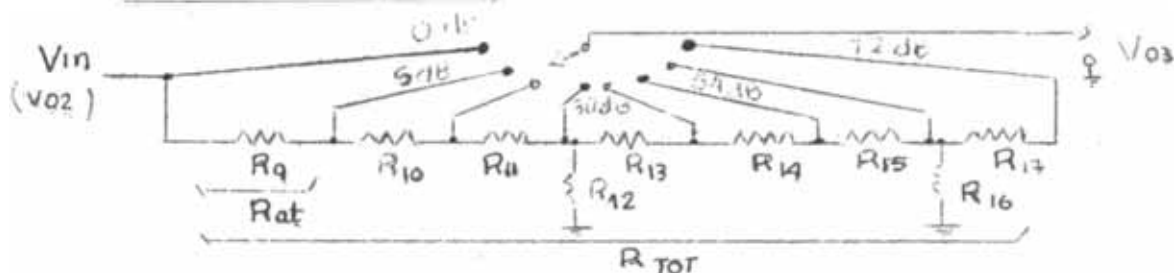
4.2.4 Circuito Enclavador



(Fig.4.6) Circuito Enclavador

Los valores de R_3 y C_2 fueron determinadas experimentalmente. El condensador se carga a V_{max} (+) y no se descarga desde que esta condicionado por un diodo a tierra y es la entrada a un amplificador operacional de impedancia de entrada alta, esto junto a la señal de entrada.

4.2.5 Atenuador resistivo



$$V_{at} = V_{in} \frac{R_{at}}{R_{tot}}, \quad V_o = V_{in} - V_a = V_{in} - V_{in} \frac{R_{at}}{R_{tot}}$$

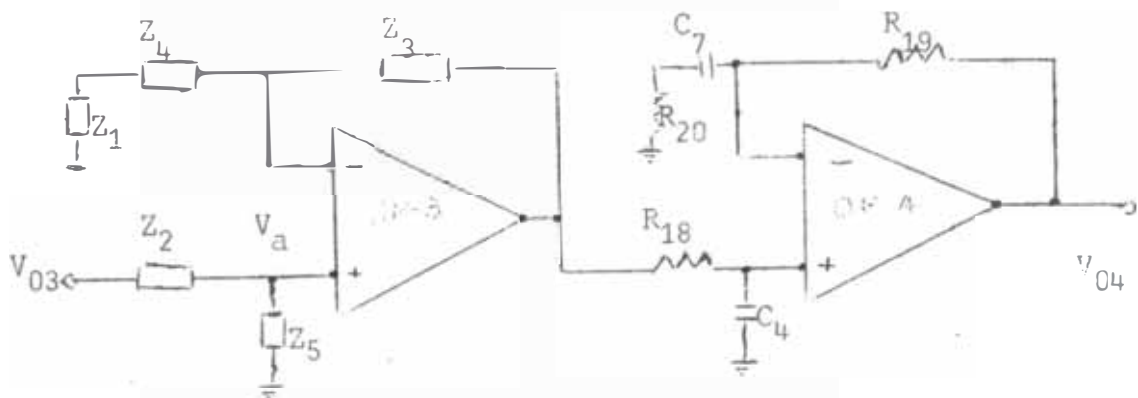
$$\frac{V_o}{V_{in}} = 1 - \frac{19.96}{40.2} = 0.5$$

$$A_T \text{ db} = 20 \log 0.5 = -6 \text{ db}$$

Este sistema de atenuación es solo un divisor resistivo, el cual debe ir blindado para así hacerlo inmune al ruido y no haya distorsión, todas las resistencias deben ser lo más exactas posibles (0.2% error) y bajo ruido. Todas las atenuaciones tienen el mismo principio que el descrito.

4.2.4 Filtros Pasabanda

Se utiliza la configuración a continuación mencionada por su versatilidad y fácil manejo de ecuaciones, formado por los amplificadores operacionales OP-3, OP-4 (Fig. 4.7).



(Fig. 4.7) Filtro Pasabanda

Que son idénticos en su configuración como filtros pasa banda en forma independiente. Luego analizaremos en forma conjunta.

Tendremos: $Z_1 = R_{20}$, $Z_2 = R_{18}$ $Z_3 = R_{19}$ $Z_4 = \frac{1}{SC_7}$

$$Z_5 = \frac{1}{SC_4}$$

$$V_a = V_{in} \frac{Z_5}{Z_2 + Z_5} ; \quad V_a = V_{out} \frac{Z_1 + Z_4}{Z_1 + Z_3 + Z_4}$$

$$V_{out} = V_a \frac{Z_1 + Z_3 + Z_4}{Z_1 + Z_4}$$

Entonces:

$$V_{out} = V_{in} \frac{Z_5}{Z_2 + Z_5} \times \frac{Z_1 + Z_3 + Z_4}{Z_1 + Z_4}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1/SC_4}{R_{18} + 1/SC_4} \times \frac{R_{20} + R_{19} + 1/SC_7}{R_{20} + 1/SC_7}$$

$$= \frac{1}{1 + SR_{18}C_4} \times \frac{1 + S(R_{20} + R_{19})C_7}{1 + SC_7R_{20}}$$

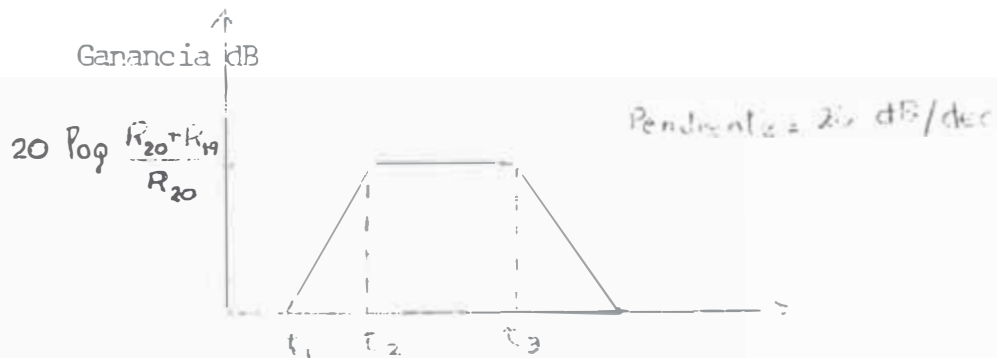
$$= \frac{1 + S/t_1}{(1 + S/t_2)(1 + S/t_3)}$$

$$t_1 = \frac{1}{(R_{20} + R_{19})C_1}$$

$$t_2 = \frac{1}{R_{18} C_4}$$

$$t_3 = \frac{1}{R_{20} C_7}$$

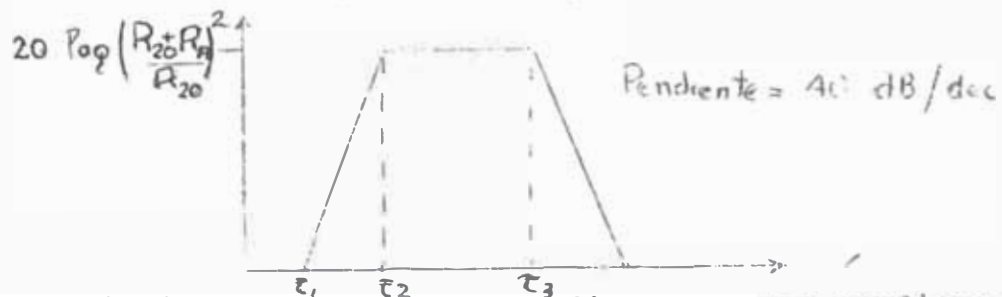
Por lo que la función de transferencia (A) nos indica que es una configuración pasabanda cuyo diagrama de Bode es:



Se utilizan los dos filtros idénticos en cascada conseguimos que:

$$\frac{V_{out_T}}{V_{in}} = \frac{1 + S/t_1}{(1 + S/t_2)(1 + S/t_3)} \times \frac{1 + S/t_1}{(1 + S/t_2)(1 + S/t_3)}$$

$$= \frac{(1 + S/t_1)^2}{(1 + S/t_2)^2 (1 + S/t_3)^2}$$



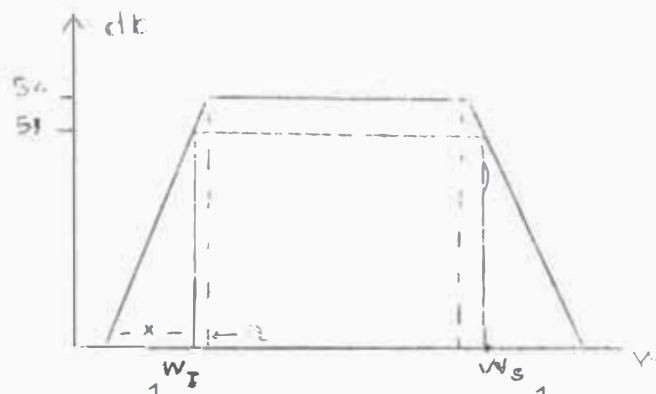
lo que significa haber hecho el filtro de una pendiente mucho mayor, luego el sistema total es de 4to. orden, con lo que nos aproximamos más al filtro ideal y reducimos la distorsión, a la vez que hemos amplificado la distorsión, a la vez que hemos amplificado la ganancia y ganado en ancho de banda, o sea mejorado el Q (Factor de Calidad).

Para nuestras aplicaciones necesitamos la ganancia a - 3 dB, luego:

Para $R_{20} = 4.7K\Omega$, $R_{18} = 100K\Omega$, $R_{19} = 100K\Omega$ Vamos a calcular C_4 y C_7 para las frecuencias de corte superior e inferior deseadas.

$$\text{La ganancia} = 20 \log \frac{(R_{20} + R_{19})^2}{R_{20}} = 20 \log \frac{(104.7)^2}{4.7} = 54 \text{ dB}$$

El ancho de banda se toma a - 3 dB



Entonces: $t_1 = \frac{1}{C_7(R_{20} + R_{19})}$; $t_3 = \frac{1}{R_{20} C_7}$

$$\frac{t_3 - t_1}{54} = \frac{x}{51} \quad x = \frac{54}{51} \left(\frac{1}{R_{20}} - \frac{1}{R_{20} + R_{19}} \right) \frac{1}{C_7}$$

$$C_7 = \frac{1.919 \times 10^{-4}}{x} \quad C_4 = \frac{1}{t_2 R_{18}}$$

ω_I	ω_S	X	C_7 μF	t_1	t_3	a	t_2	C_4 μF
3Hz (6π)	85Hz (170π)	18	10.66	0.90	1.99	1.11	533	0.0187
1Hz (π)	200Hz (400π)	3	63.7	0.15	3.34	0.19	1256	7.9
10Hz (20π)	150Hz (300π)	60	3.2	2.99	66.5	3.67	938	10

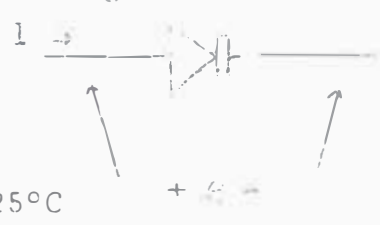
TABLA 1

4.2.6 Amplificador Logarítmico

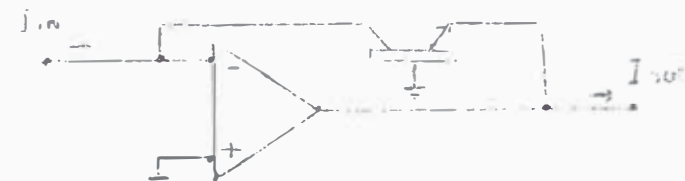
El funcionamiento de este amplificador es basado en el efecto empírico de pasar un voltaje a través de una unión de semiconductor, incrementándose éste aproximadamente 59mv por cada factor de 10 (década).

$$I_c = I_o (e^{qV_{be}/KT} - 1) = I_o e^{qV_{be}/KT}$$

$$V_{be} = \frac{KT}{q} \log \frac{I}{I_o}$$

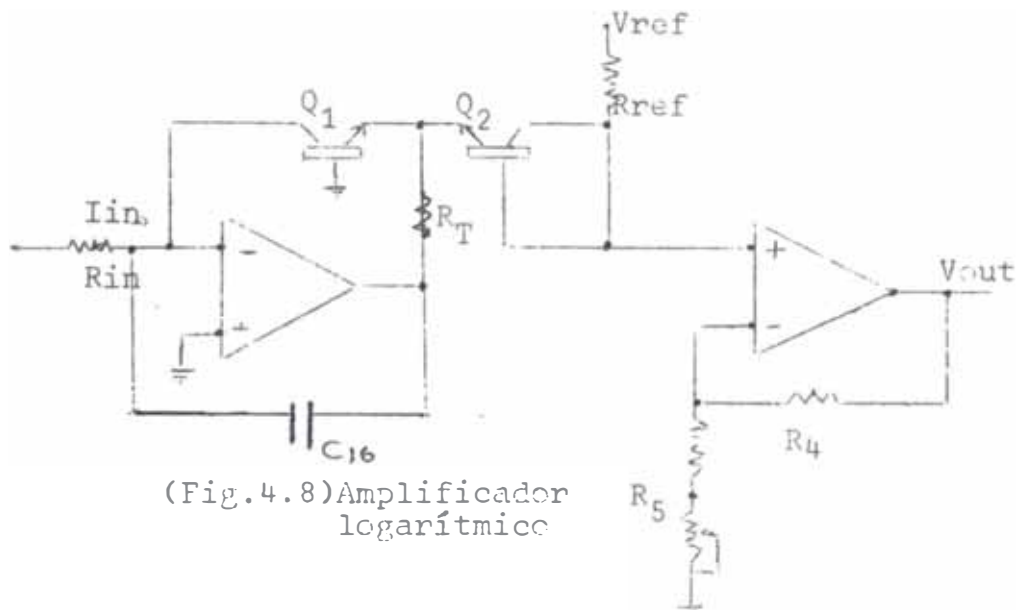
$$e = 59\text{mv} \log \frac{I}{I_o} \text{ a } 25^\circ\text{C}$$


El rango de corriente sobre el cual es válida esta función depende de cada tipo y clase de la estructura del semiconductor y el circuito en el cual es usado. Para nuestros efectos usaremos la configuración siguiente:



También cumple $E_o = - 59\text{mv} \frac{I}{I_o}$

El OP está funcionando como inversor y estaremos amplificando su propio V off-set. A bajos niveles de señal la ganancia es grande y el error resulta apreciable, por lo que se requiere que sea ajustado a cero con un potenciómetro. Utilizaremos el siguiente circuito como amplificador de tipo logarítmico, el cual presenta las características requeridas:



(Fig.4.8) Amplificador logarítmico

$$V_{out} = \frac{R_{32} + R_{25}}{R_{25}} V_{be} \quad ; \quad V_{be} = V_{be2} - V_{be1}$$

Tendremos que:

$$I_c = I_o (e^{qV_{be}/KT})$$

$$V_{be} = - \frac{KT}{q} \ln I_c = \frac{KT}{q} \times 2.303 \log I_c$$

$$V_{be} = - 2.303 \left(\frac{KT}{q} \log \frac{I_{c1}}{I_o} - \frac{KT}{q} \log \frac{I_{c2}}{I_o} \right)$$

Para transistores machados: I_o iguales

$$V_{be} = - 2.303 \frac{KT}{q} \left(\log \frac{I_{c1}}{I_o} - \log \frac{I_{c2}}{I_o} \right)$$

$$V_{be} = - 2.303 \frac{KT}{q} \log \frac{I_{c1}}{I_{c2}}$$

$$V_{be} = - 2.303 \frac{KT}{q} \log \left(\frac{I_{in}}{R_{in}} \times \frac{R_{ref}}{V_{ref}} \right)$$

$$V_{out} = - 2.303 \frac{KT}{q} \times \frac{R_{32} + R_{25}}{R_{25}} \times \log \frac{I_{in}}{I_{ref}}$$

Para producir 1 v/década:

$$2.303 \frac{KT}{q} = 59 \text{ mv}$$

$$R_{32} = 15.9K\Omega; R_{25} = 1K\Omega$$

$$2.303 \frac{KT}{q} \times \frac{R_{32} + R_{25}}{R_{25}} = 1v$$

$$V_{out} = - \log \frac{I_{in}}{I_{ref}}$$

Para que el factor de escala mencionado permanezca constante con la temperatura el valor de $\frac{R_{32} + R_{25}}{R_{25}}$ deberá compensar las variaciones de $1/T$ para compensar la constante $\frac{KT}{q}$. Un circuito integrado que cumple estas características es el 8048 en el cual el R_{32} es $15.9K\Omega$ y está incluido en él, luego tenemos solamente R_{32} externo que debe ser de bajo coeficiente de temperatura y con $R_{25} = 1K\Omega$ conseguimos 1 voltios/década.

Procedimiento de Ajuste:

- Conectamos $R_0 = 10K\Omega$ en vez de $C_{16} = 150 \text{ pF}$ y sin conectar señal de entrada ajustamos el off-set del OP_8 a 0 voltios, luego quitamos R_0 .
- Poner $I_{in} = I_{ref} = 1mA$, ajustar el voltaje de salida del off-set a cero.
- Poner $I_{in} = 1 \text{ A}$, $I_{ref} = 1mA$, ajustamos R_{25} para salida de $V_{out} = 3$ voltios (para 1 voltio/década de factor)

$$V_{out} = - \log \left(\frac{I_{in}}{I_{ref}} \right)$$

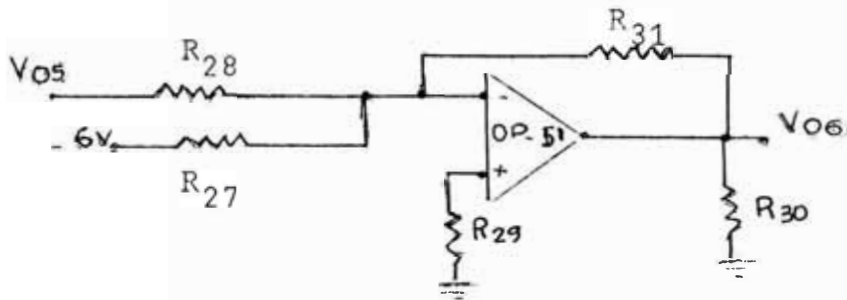
Si: $R_{in} = R_{ref} = 10K\Omega$
 $V_{ref} = 10$ voltios

$$V_{out} = - \log \frac{V_{in}}{V_{ref}}$$

$$V_{out} = - \log \frac{V_{in}}{10}$$

$V_{in} = 0.1$ mV.	→	$V_{out} = 5$ V.
$V_{in} = 1$ mV.	→	$V_{out} = 4$ V.
$V_{in} = 10$ mV.	→	$V_{out} = 3$ V.
$V_{in} = 100$ mV.	→	$V_{out} = 2$ V.
$V_{in} = 1$ V.	→	$V_{out} = 1$ V.
$V_{in} = 10$ V.	→	$V_{out} = 0$ V.

Luego de éste paso tenemos un sumador inversor, luego del cual vamos a tener la señal con bastante propiedad y apro.



luego tendremos:

- (5V-6V)	=	1	Voltio
- (4V-6V)	=	2	"
- (3V-6V)	=	3	"
- (2V-6V)	=	4	"
- (1V-6V)	=	5	"
- (0V-6V)	=	6	"

Lo que implica que a la entrada del circiito MULTIPLE-XOR ANALOGO vamos a tener un maximo aproximadode 6 votios A la salida del pre-amplificador(ganancia 1000) tenemos un circuito enclavador ,luego en el filtro pasabanda se tiene el doble de tensión de pico máxima ,en el amplificador logaritmicos se vera un ligero cambio por tal efecto desde que nos encontramos en escala logarítmica.

4.3 Retardo de Tiempo Constante

Tiene su aplicación fundamental cuando realizamos trabajos de Refracción a grandes distancias o Reflexiones a grandes profundidades, en estos casos las ondas van a tardar en llegar a los detectores de 1,2,3,4, o más segundos luego de la detonación, dependiendo también de la zona de trabajo.

El retardo de tiempo varía y de acuerdo a una selección adecuada va a inhibir el funcionamiento del reloj patrón de tiempo de grabación en el instante en el cual finaliza este retardo, recién se podrá comenzar a grabar información este procedimiento el equipo lo realiza automáticamente.

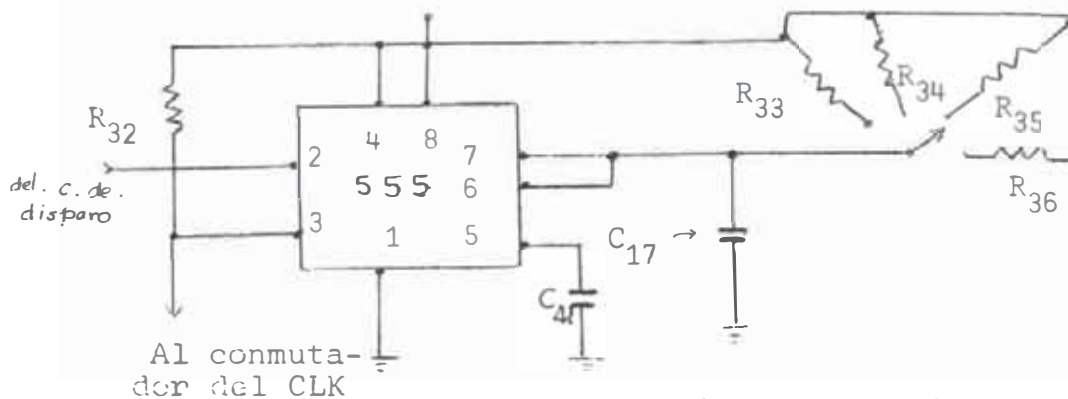
El retardo de tiempo lo vamos a producir con un monostable de tiempo variable prefijado con anticipación de la siguiente manera:

$$T = 1.1 R_A C$$

para $C = 1 \mu\text{F}$

$T = 0.5 \text{ seg}$	$R_A = \frac{0.5}{1.1 \times 10^{-6}} = 454 \text{ K}\Omega$
$T = 1 \text{ seg}$	$R_A = 909 \text{ K}\Omega$
$T = 2 \text{ seg}$	$R_A = 1.8 \text{ M}\Omega$
$T = 5 \text{ seg}$	$R_A = 4.5 \text{ M}\Omega$

Para todas las resistencias (R_A) se utilizarán trimpots de instrumentación, los cuales se calibrarán previamente..



(fig.4.10) Circuito de retardo.

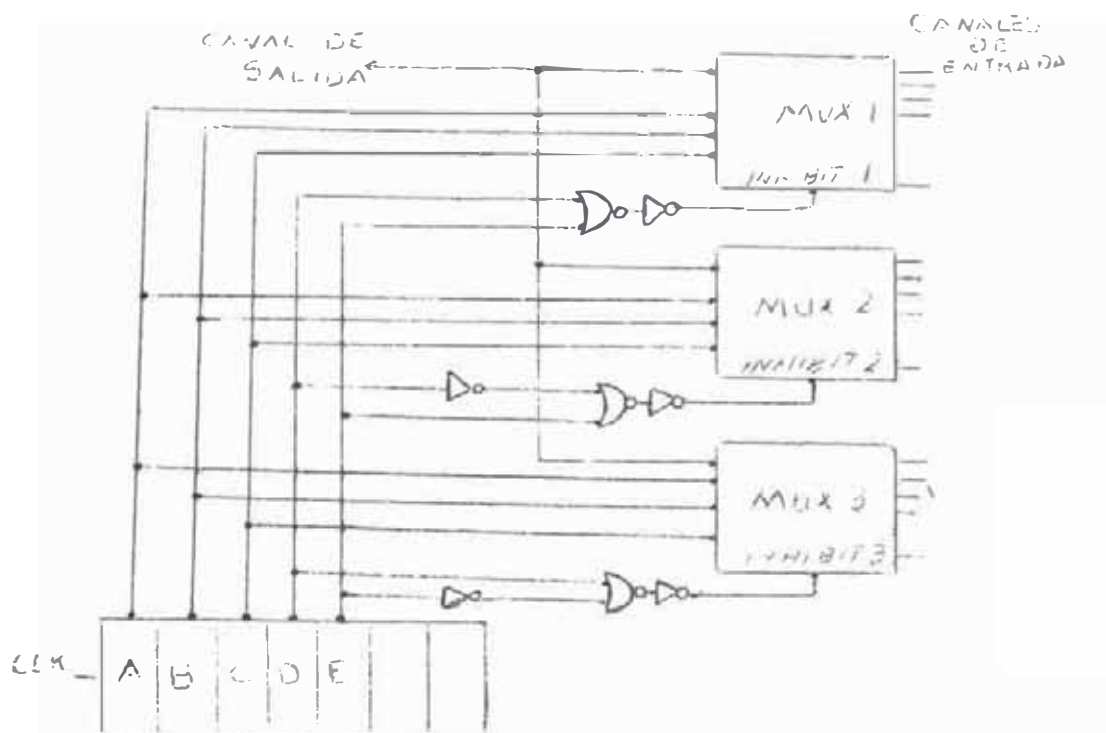
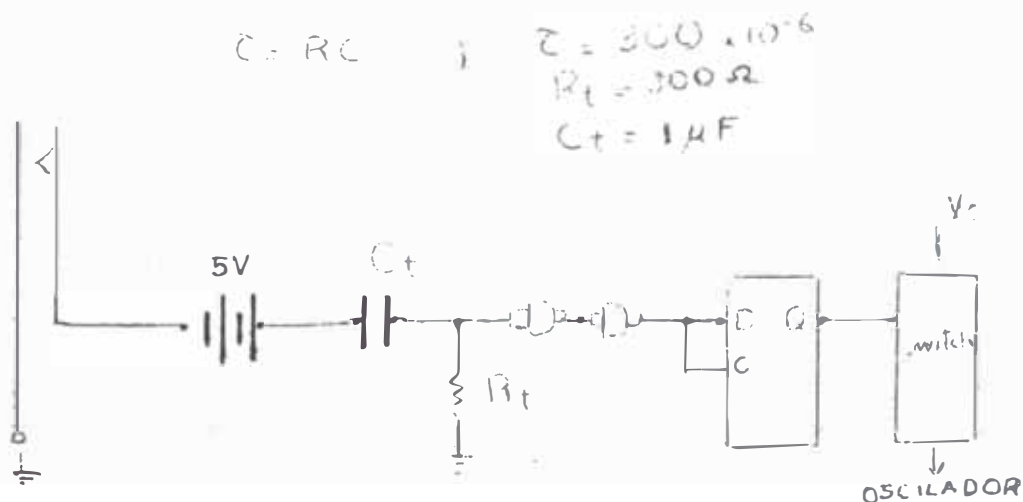


Fig. 4.13
(Multiplexor de Canales)

4.3.1 Circuito de Disparo

Para marcar la iniciación de cada prueba se debe generar un pulso de disparo en el instante en que se genera una onda de corto circuito. Este pulso debe de tener un ancho de aproximadamente 300 micro segundos y 5 Vpp.



4.4 Sistema Multiplexor de Canales

4.4.1 Consideraciones.

Luego de tener las señales debidamente condicionadas, que van a encontrarse en el rango aproximado de 0 a 6 voltios, debemos realizar un Multiplex por División del Tiempo (MDT) el cual se considera más conveniente para este caso que el multiplex por división de frecuencia (MDF) al no generar subportadoras para cada canal. Para ello se utilizarán tres circuitos integrados multiplexores de 8 canales de entrada y una de salida, su direccionamiento es realizado desde un registro de corrimiento con una respectiva lógica adjunta y frecuencia de muestreo establecida. Estos multiplexores son de tecnología C-MOS, los cuales fueron escogidos por sus características de rapidez de conmutación, rango de voltaje de entrada (aproximadamente 15 voltios) y muy baja resistencia en conducción, en estado de no conducción presenta una resistencia del orden de los 10^9 ohmios, en el cual tiene un comportamiento de circuito abierto. Luego cumple con los requerimientos del diseño.

4.4.2 diseño del Multiplexor de 24 canales.

Requerimos multiplexar 24 señales, por lo que se utilizarán 3 circuitos integrados multiplexores de 8 entradas a 1 de salida, similar al mostrado a continuación que es el CD 4051:



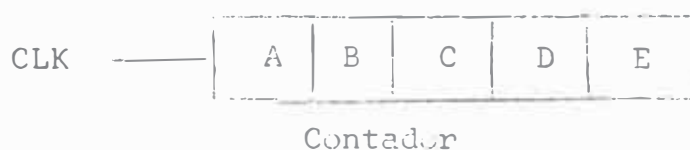
Este multiplexor , que por facilidad se le llamará MUX, es direccionado con un registro de tres estados con los cuales se pueden identificar 2^3 combinaciones o sea 8, que son los canales requeridos.

La siguiente tabla es propia del CD4051A

INHIBIT	C	B	A	Canal en conducci ^o n
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	*	*	*	NINGUNO

Tabla N^o 2

Para los 24 canales requeridos se necesita un registro o contador de 5 bits, luego tendremos 2^5 combinaciones, que son 32, razón la cual deberemos truncar el contador a reg. en 24



Con los dígitos A,B,C, se direccionará 1 de los 8 canales de uno de los multiplexores, y con los dígitos D,E se direccionara 1 de los 3 multiplexores accionando directamente sobre el INHIBIT, que de acuerdo a la tabla N2 debe estar en '0' lógico para que haya conducción en ése multiplexor, si es '1' lógico no estará direccionado el MUX debido.

Canal	Q_E	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A	
1	0	0	0	0	0	MUX 1
2	0	0	0	0	1	
3	0	0	0	1	0	
4	0	0	0	1	1	
5	0	0	1	0	0	
6	0	0	1	0	1	
7	0	0	1	1	0	
8	0	0	1	1	1	
9	0	1	0	0	0	MUX 2
10	0	1	0	0	1	
11	0	1	0	1	0	
12	0	1	0	1	1	
13	0	1	1	0	0	
14	0	1	1	0	1	
15	0	1	1	1	0	
16	0	1	1	1	1	
17	1	0	0	0	0	MUX 3
18	1	0	0	0	1	
19	1	0	0	1	0	
20	1	0	0	1	1	
21	1	0	1	0	0	
22	1	0	1	0	1	
23	1	0	1	1	0	
24	1	0	1	1	1	

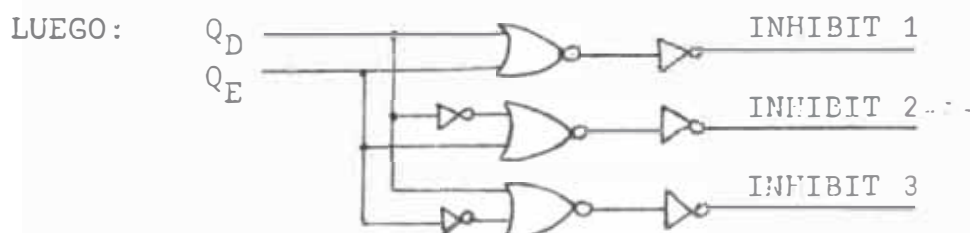
E	D	MUX 1	MUX2	MUX3
0	0	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	1	1

Luego aparte de truncar el contador en 24 se deben de implementar las funciones MUX11, MUX 2 , MUX 3

$$\text{MUX 1} = D\bar{E} + \bar{D}E + DE = D\bar{E} + E(D + \bar{D}) = D\bar{E} + E = D + E$$

$$\text{MUX 2} = \bar{D}\bar{E} + \bar{D}E + DE = \bar{D}(\bar{E} + E) + DE = \bar{D} + DE = \bar{D} + E$$

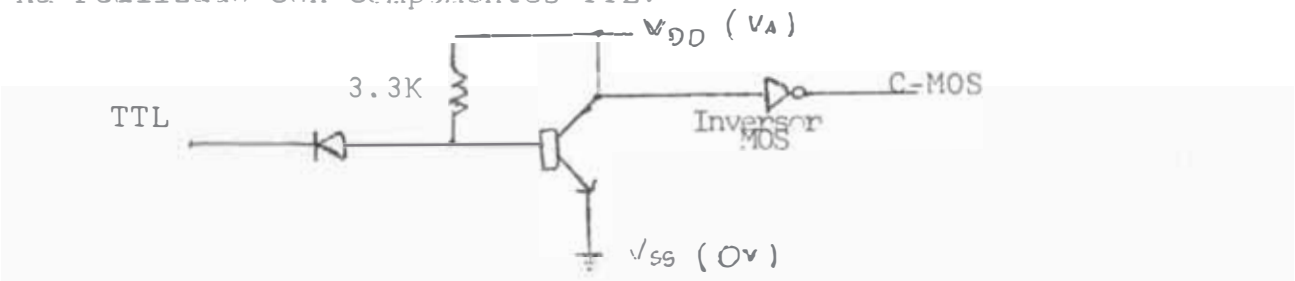
$$\text{MUX 3} = \bar{D}\bar{E} + D\bar{E} + DE = \bar{E}(\bar{D} + D) + DE = \bar{E} + DE = \bar{E} + D$$



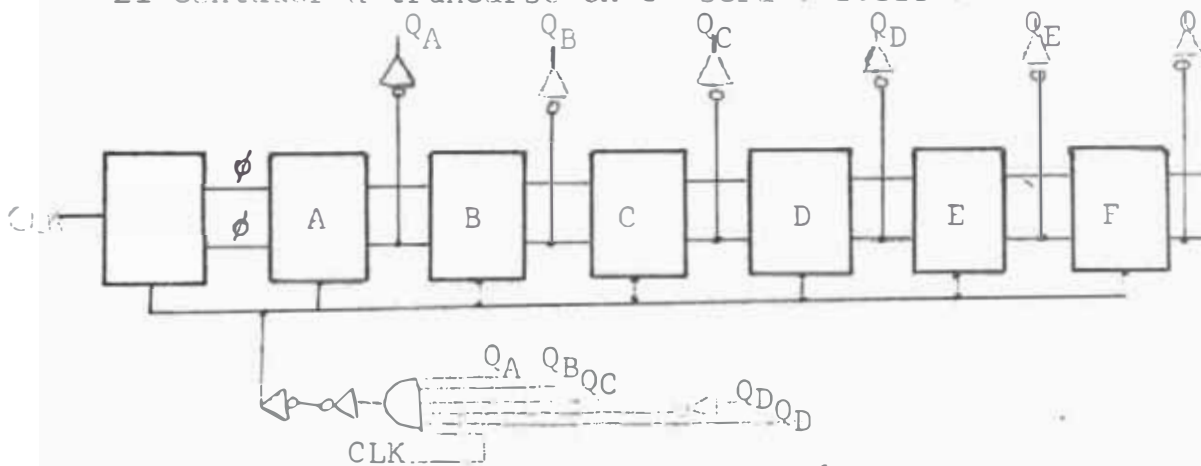
4.4.3 Funcionamiento del contador Módulo 24.

Este contador se implementará con un contador binario de la tecnología C-MOS, el CD4024 AT, el cual utiliza el mismo voltaje de polarización que los multiplexores. Este contador posee 7 estados, de los cuales se van a utilizar solamente 5 (los primeros).

Previamente es necesario implementar una interfase de conversión TTL- C-MOS, esto debido a que el reloj patrón se ha realizado con componentes TTL.



El contador a truncarse en 24 será 10111



(Fig.4.12) Contador módulo 24.

4.4.4 Cálculo de la frecuencia de reloj.

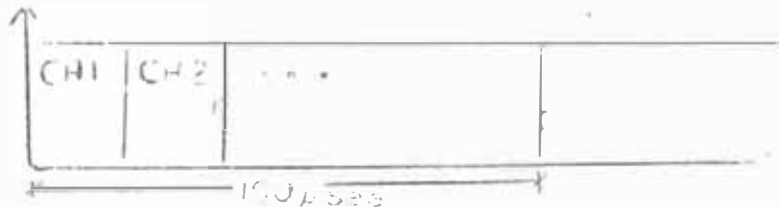
La frecuencia de reloj para el contador va a estar en función de la frecuencia máxima de la señal que se va a recibir, y como se había notado en la introducción para los métodos mencionados, nuestra máxima frecuencia va a encontrarse entre los 150 y 180 ciclos por segundo, así:

$$F_{max} = 180 \text{ ciclos} \Rightarrow f_{muestreo} \geq 2 F_{max} \quad 416 \text{ cicl.}$$

o sea que debemos tomar 416 muestras cada señal por segundo: $T = 1/f = 2.4$ mili segundos, cada 2.4 mili segundos vamos a tener una señal muestreada.



Luego podemos poner más canales en el espacio libre a razón de: $2.4 \text{ mseg}/24 = 100 \mu \text{ seg.}$



Si tenemos el ancho del canal de 100 seg.

Entonces: $f = 1/T = 10\text{KHz}$; la cual será la frecuencia de reloj

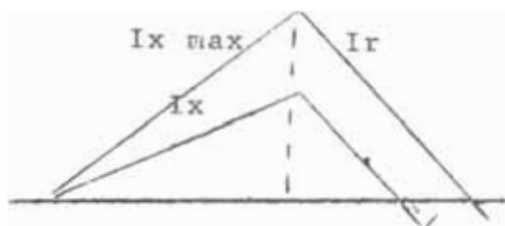
NOTA : El tiempo de propagación propio del integrador usado como conmutador en cambiar de ON-OFF, OFF-ON es de 20 nano segundos, o sea 5000 veces menor que el ancho de pulso por lo que se considera insignificante el error producido por este efecto.

4.5 El Conversor Análogo - Digital

Luego de tener las señales multiplexadas análogamente debemos convertirlas a señales digitales para poder almacenarlas en la memoria. Para ello usaremos el método del conversor de doble pendiente.

4.5.1 Funcionamiento

El método de doble pendiente es de gran precisión, inmunidad contra el ruido producido por los cambios de estado del reloj y el valor exacto del capacitador de integración.



Aproximadamente tendremos:

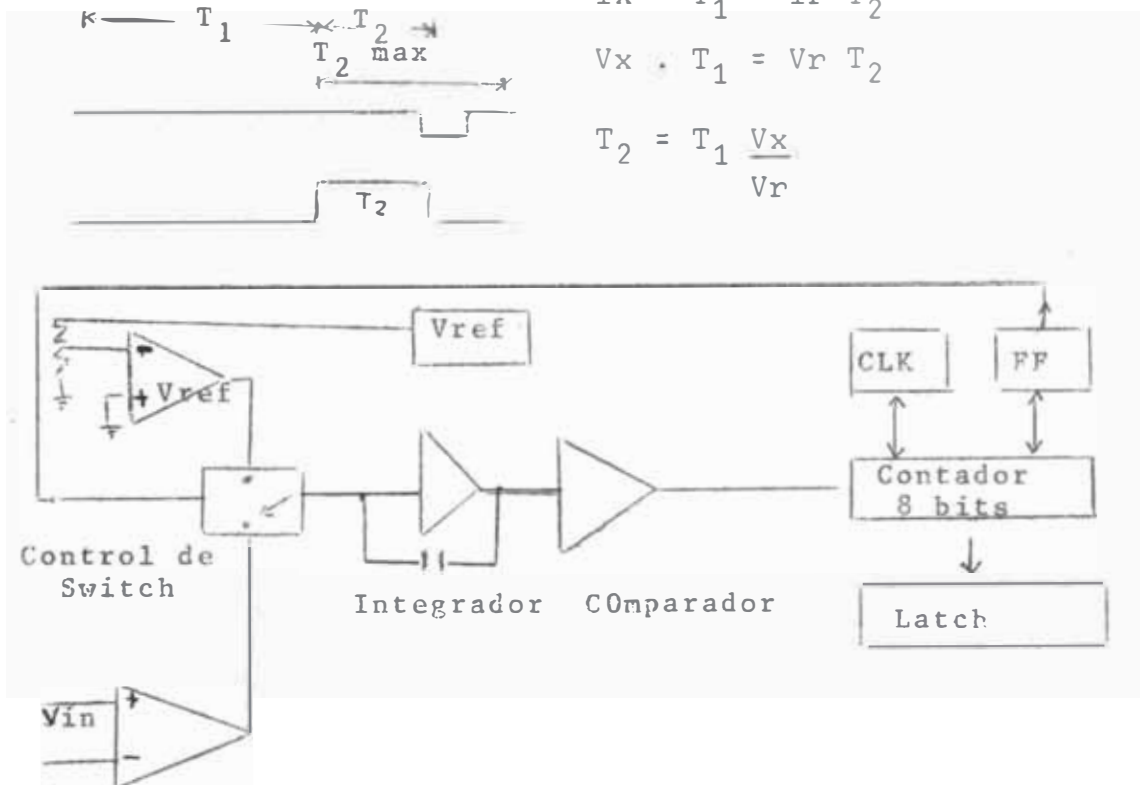
$$\frac{1}{C} \int_{t_1}^{t_2} I_x dt = \frac{1}{C} \int_{t_2}^{t_3} I_r dt$$

I_x de polaridad positiva

$$I_x T_1 = I_r T_2$$

$$V_x T_1 = V_r T_2$$

$$T_2 = T_1 \frac{V_x}{V_r}$$



(Fig. 4.14) Diagrama de Bloques

4.5.2 Descripción del Diagrama de Bloques

La conversión empieza en t_1 cuando la corriente I_x causa una salida en el integrador (rampa) a través del

umbral del comparador, con esta tensión es activado un reloj y el contador empieza a contar desde cero. El sistema de cuenta es para un tiempo fijo T_1 con una pendiente de la rampa en función del voltaje de entrada, cuando el contador termina su cuenta dispara al Flip-Flop, el cual cambia la polaridad del switch y acciona el control de rampa en función de la corriente de referencia I_{ref} con pendiente negativa por un periodo T_2 . Esta rampa es de pendiente constante y cuando cruce el nivel cero del umbral del comparador en t_3 el contador para la cuenta y el valor digital almacenado es proporcional a la tensión de entrada, valor que almacenaremos en una memoria temporal (LATCH) por bit, para luego ser almacenado en la memoria.

4.5.3 Pasos de Diseño

El método anterior mencionado es implementado en circuitería integrada con el MC1405, MC1505 cuyas especificaciones son:

$V_{cc} = 15$ voltios	V_{out} comparador "1" = 13.5v
$V_{ref} = 20$ voltios	"0" = 0.5v
$V_{in} = 16.5$ voltios	V_{switch} "1" = 2.0v
	"0" = 0.8v

Con 8 bits de salida del contador vamos a tener 256 niveles de voltaje por cada canal.

El ancho de pulso de cada canal es de 0.1 mili segundo, esto a la salida del multiplexor análogo.

- La frecuencia del nuevo reloj deberá ser $\frac{100 \mu\text{seg.}}{256}$ o sea 3.90625×10^{-7} seg.

$$f_{\text{CLK}} = 2.56\text{MHz}$$

- Luego la máxima cuenta es $T_2 = 256$
- Considerando que la cuenta para en t_3 , existe un voltaje de error que lo consideramos como T_0 .

$$T_0 = T_1 \frac{V_{\text{off-set}}}{V_{\text{ref}}}$$

- $I_0 = \frac{I_{\text{max}}}{20}$

- Con la fórmula: $T_2 = T_1 \frac{(I_x + I_0)}{I_r} - T_0$

$$T_2 = T_1 \frac{(V_x - V_x/20)}{V_{\text{ref}}} - T_1 \frac{V_{\text{off-set}}}{V_{\text{ref}}}$$

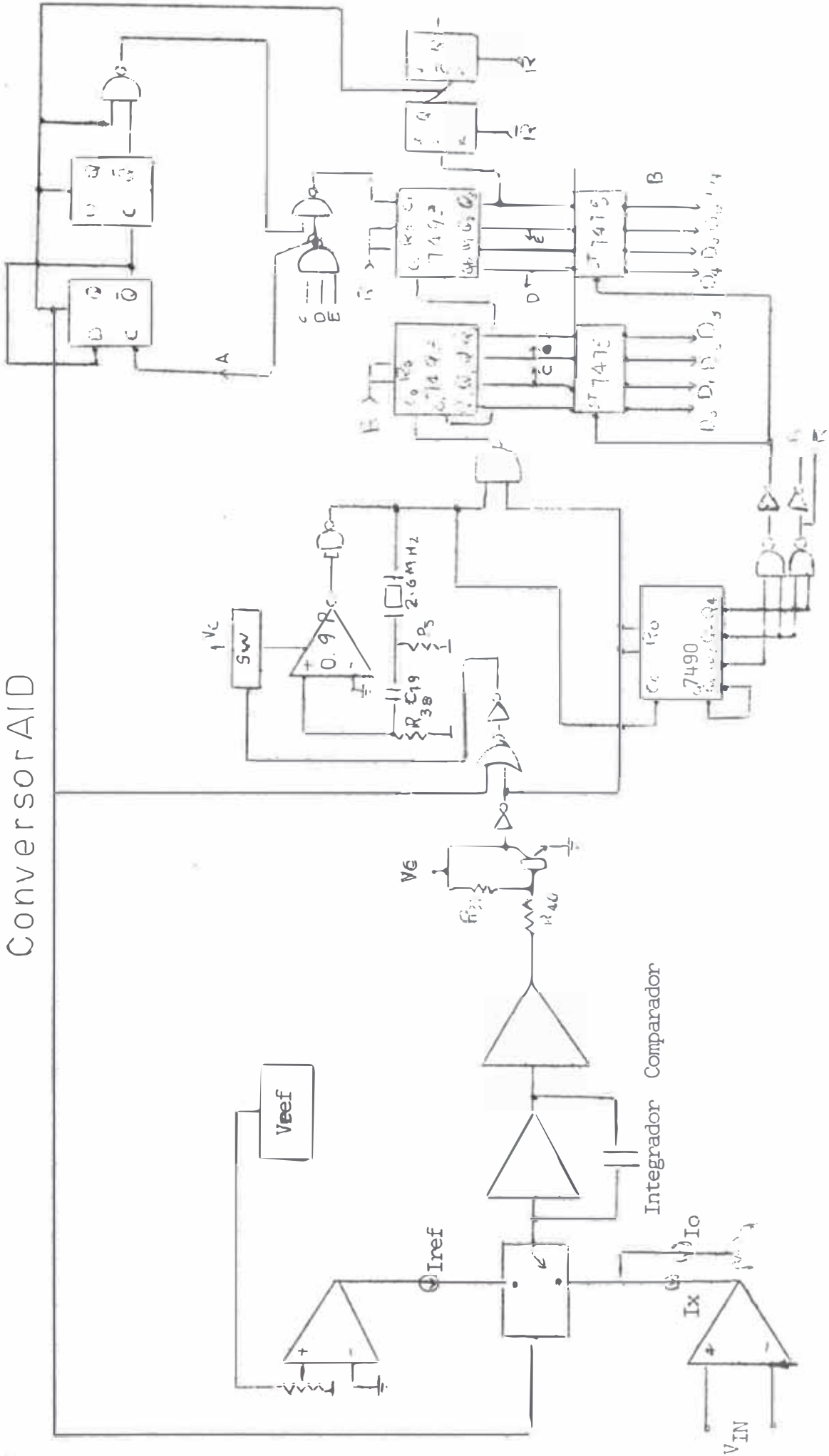
$$T_2 = \frac{T_1}{V_{\text{ref}}} \left(\frac{21V_x}{20} - V_{\text{off-set}} \right)$$

$$256 = \frac{T_1}{2} \left(\frac{21V_x}{20} - \frac{20\text{mV}}{20} \right)$$

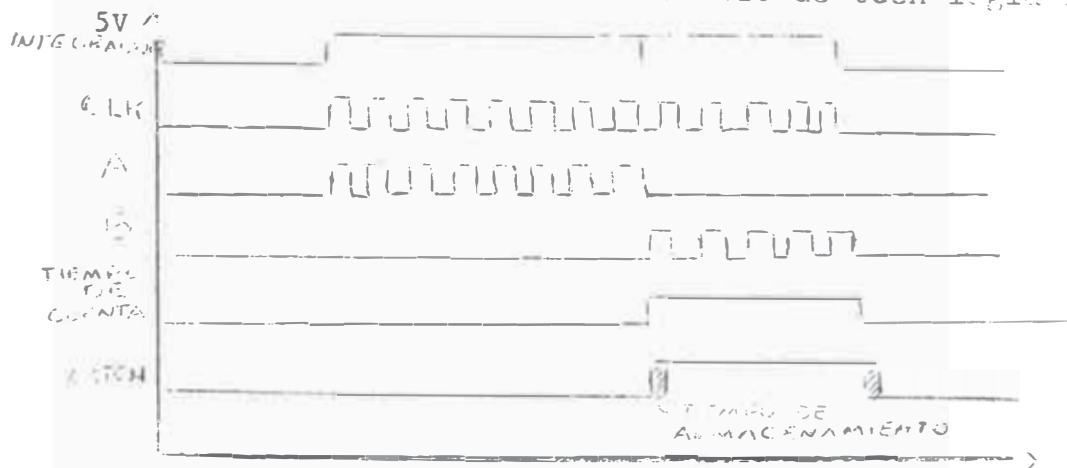
Para $V_{\text{max}} = 6\text{voltios}$ $T_1 = 82$

Luego, debemos implementar una lógica gobernada con un contador tal que cuando la cuenta esté en 82 actúe sobre el control de rampa e iniciando la cuenta del valor de tensión a convertirse en digital, y cuando la salida del IC1505 sea cero que se pare la cuenta, la misma que será el valor requerido; este valor lo almacenaremos en una memoria temporal para luego ser escrita en la memoria principal.

Conversor A/D

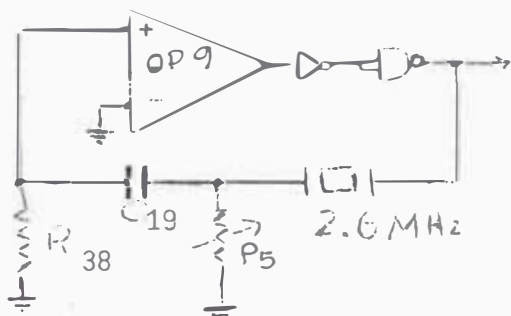


Los inversores son los SN7416/5416 de tecnología TTL.



(Diagrama de Tiempos)

El oscilador a 2.56MHz, es uno a cristal de cuarzo, gobernado por un conmutador, y comienza a funcionar cuando haya presencia de señal en el conmutador que conecta el oscilador a la fuente de alimentación (Vc).



$$\begin{aligned} \text{Para } f &= 2.6 \text{ MHz} \\ T &= \frac{1}{2.6 \text{ MHz}} \\ &= RC \\ \text{Para } C_{19} &= 10 \text{ pF} \\ R_{38} &= 38.5 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

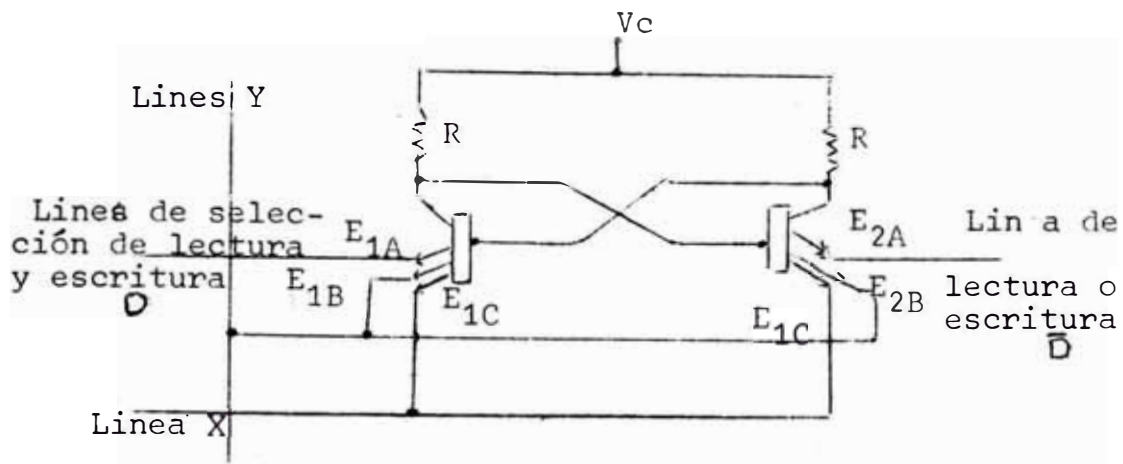
4.6

Banco de Memorias

Para este efecto se ha usado el tipo de memorias estáticas bipolares RAM (RANDOM ACCESSES MEMORY) o sea memoria de acceso aleatorio pudiéndose en ella leer así como escribir.

4.6.1 Estructura de una Memoria Bipolar

Las líneas de direccionamiento x - y son usadas



para seleccionar una celda individual y son de lógica "1"; éstas dan la tensión de línea adecuada para que la celda pueda ser leída o se escriba información en ella. La tensión de selección de palabra va conjunta con la línea de direccionamiento.

Para LEER: Consideremos que Q_1 conduce a través de E_{1A} , E_{1B} y como $V_{ce\ sat.} = 0.3$ voltios
 $V_{cQ_1} = V_{línea\ w/r} + 0.3$ voltios \Rightarrow
 $V_{bQ_1} = V_{c_2} = 0.9$ voltios a tierra \Rightarrow
 $V_{línea\ de\ dirección} = 0.2$ voltios. Ahora si mantenemos D y \overline{D} a 1.2 voltios y elevamos la tensión de línea de direccionamiento a 2.5 voltios $\Rightarrow E_{1B}$, E_{1C} se polariza inversamente; pero E_{1A} está polarizado directamente luego conduce y circula corriente por la línea de D , ésta corriente es sensada y se considera estado "1".

Como $V_{c_1} = 1.5$ voltios a tierra $\Rightarrow E_{2A} = 1.2$ voltios $\Rightarrow \overline{D}$ no conduce corriente = "0".

Para ESCRIBIR: Se aumenta la tensión de línea de

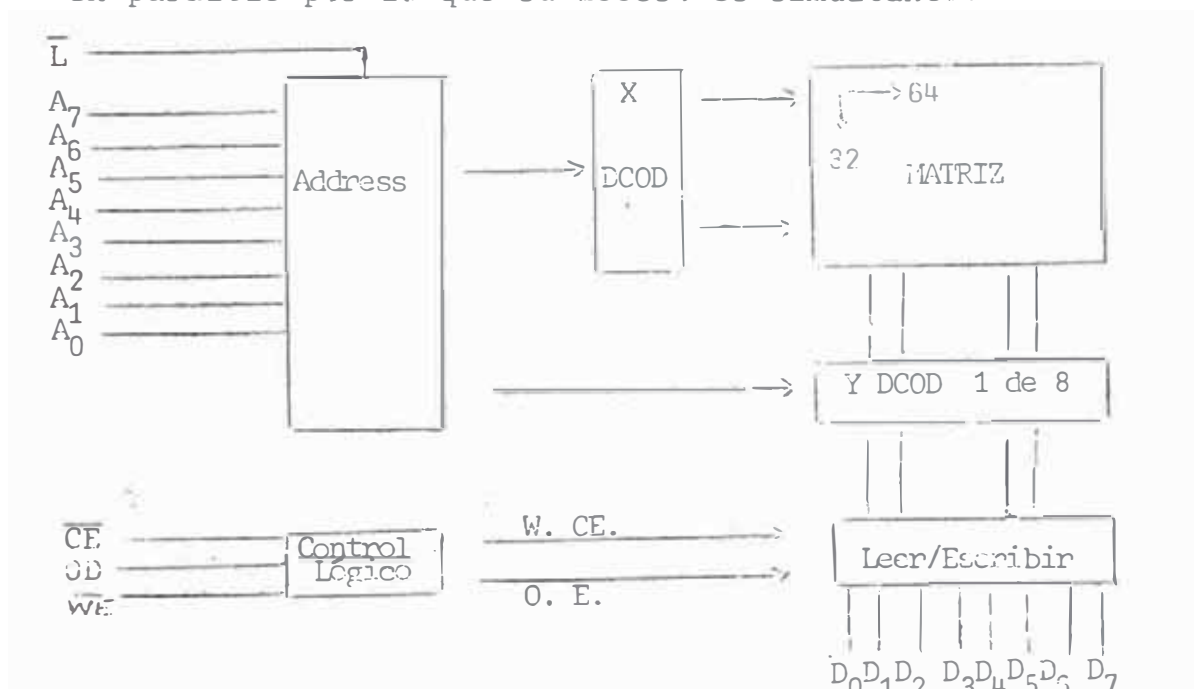
palabra $V_{línea} = 2.5$ voltios, $V_{\bar{D}} = 2.5$ voltios \Rightarrow escribe "1"; $V_{\bar{D}} = 0.2$ voltios escribe "0".

Si $V_D = 2.5$ voltios $\left\{ \begin{array}{l} Q_2 \rightarrow \text{OFF}, \\ Q_1 \rightarrow \text{ON} \end{array} \right.$ escribe "1"
 $V_D = 0.2$ voltios $\left\{ \begin{array}{l} Q_2 \rightarrow \text{ON} \\ Q_1 \rightarrow \text{OFF} \end{array} \right.$ escribe "0"

y seguirá Q_2 conduciendo hasta que $V_{línea}$ de palabra = 0.2 voltios.

Hemos notado que el acceso a la célula de memoria es por corriente y no tensión por lo que necesitamos un sensor de lectura a la salida.

* Las características anteriores mencionadas son cumplidas por el arreglo de memoria RAM 825208 (T.S.) de 2048 células bipolares (256 x 8), o sea 256 palabras de 8 bits cada una, estos 8 bits de entrada o salida están en paralelo por lo que su acceso es simultáneo.



(Memoria Bipolar)

Tabla de Verdad

Modo	\overline{WE}	\overline{CE}	\overline{OD}	\overline{L}	D_n IN/OUT
Salida imposibilitada	x	x	1	x	Alta impedancia
R/W imposibilitado	x	1	x	x	Alta impedancia
Escribir	0	0	1	x	Data IN
Leer	1	0	0	x	Data OUT
Transparente Dirección	x	x	x	1	---
Direccionamiento permanente	x	x	x	0	---

	<u>Entrada</u>	<u>Salida</u>
V_{1LOW}	= 0.85 V_{max}	0.5 V_{max}
V_{HIGH}	= 2.0 V_{min}	2.4 V_{min}

\overline{WE} , \overline{CE} , \overline{OD} Estos controles se operan una vez direccionada la memoria.

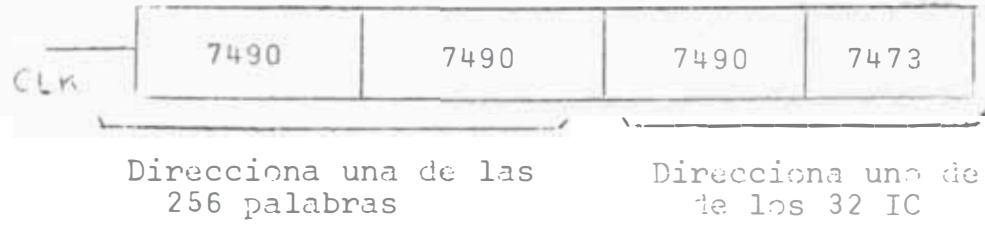
4.6.2 Sistema de Direccionamiento

Está en función de la cantidad de circuitos integrados a utilizarse, y como vamos a grabar durante 819 milisegundos, tendremos : $T = 819 \text{ mseg}$, y tomamos 10K muestras/seg., luego en $T = 819 \text{ mseg}$. grabaremos 8190 muestras. El 825208 tiene 256 palabras de 8 bits, luego $8190/256 = 32$ circuitos integrados 825208.

Se ha elegido tiempo de grabación 819 mseg. para poder direccionar las memorias con un contador de 13 estados.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	} 256 cuentas (1)		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1		} 256 cuentas (2)	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			} 256 cuentas (3)
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
⋮															
(32)															

para construir el contador se utilizó : 3 circuitos integrados 7490 y un 7473 ,de la tecnología TTL, el primero para los 12 primeros estados y el segundo para el estado 13°.



La frecuencia de reloj es la misma que el de la frecuencia de muestreo en el tiempo de grabación o cuando se esta escribiendo en memoria.

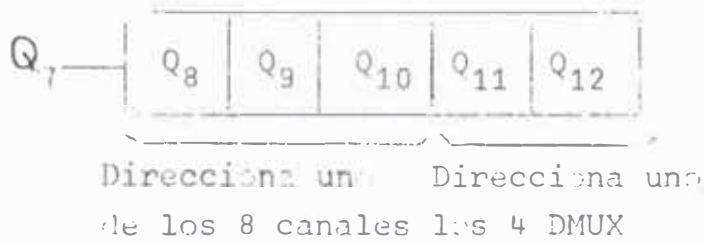
4.6.2a. Funcionamiento del contador .- Se ha implementado con flip-flop JK en la configuración de contador asíncrono, por lo que el primer pulso de reloj cambiará el estado del FF-A inicialmente en "0" a "1" y y solo cambiará de estado con los ascensos (positivos) del pulso de reloj. Los siguientes FFs . tienen negada la puerta del CLK por lo cual es necesario pulsos negativos para que pueda cambiar de estado. Todos estos cambios cumplen la tabla de verdad propia del FF JK 7476 TTL.

La lógica adjunta que une las salidas Q₁, Q₂, Q₃, Q₄, Q₅

$Q_6, Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}, Q_{11}, Q_{12}$, al Clear para detener el contador cuando el valor lleve a 1111111111110 .

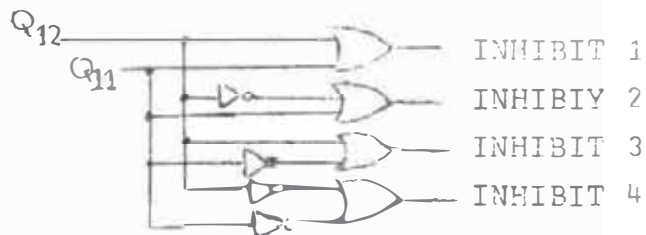
4.6.3 Demultiplexar 32 a 1

- Se implementa con cuatro circuitos integrados Demultiplexores de una entrada a 8 salidas.
- Es similar al Multiplexar descrito y utilizado anteriormente en el multiplexor de canales.
- El direccionamiento se realiza con un contador de 5 estados.
- Los Demultiplexores son 74151 y los llamaremos DMUX.

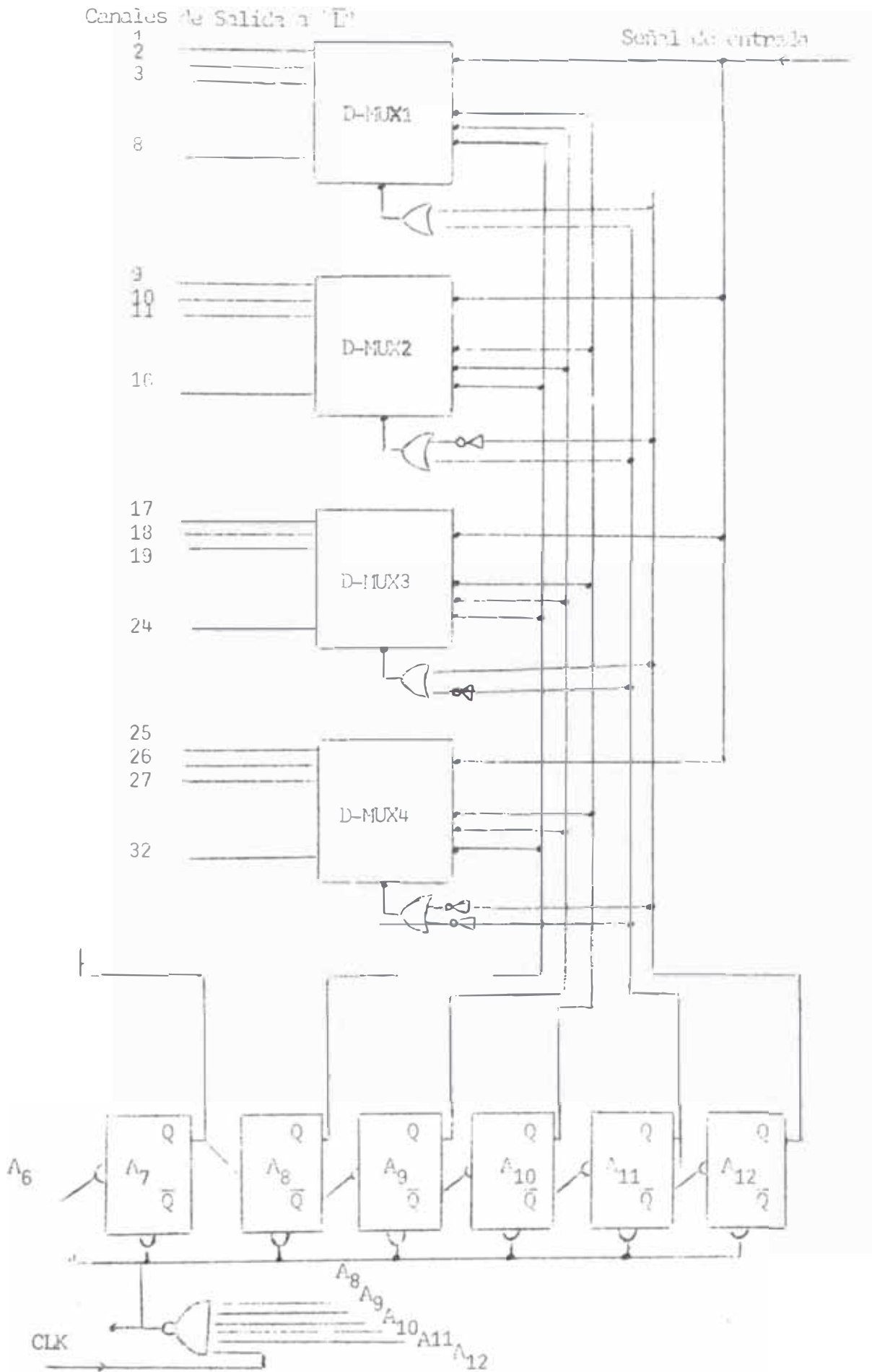


Q_{12}	Q_{11}	DMUX ₁	DMUX ₂	DMUX ₃	DMUX ₄
0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0

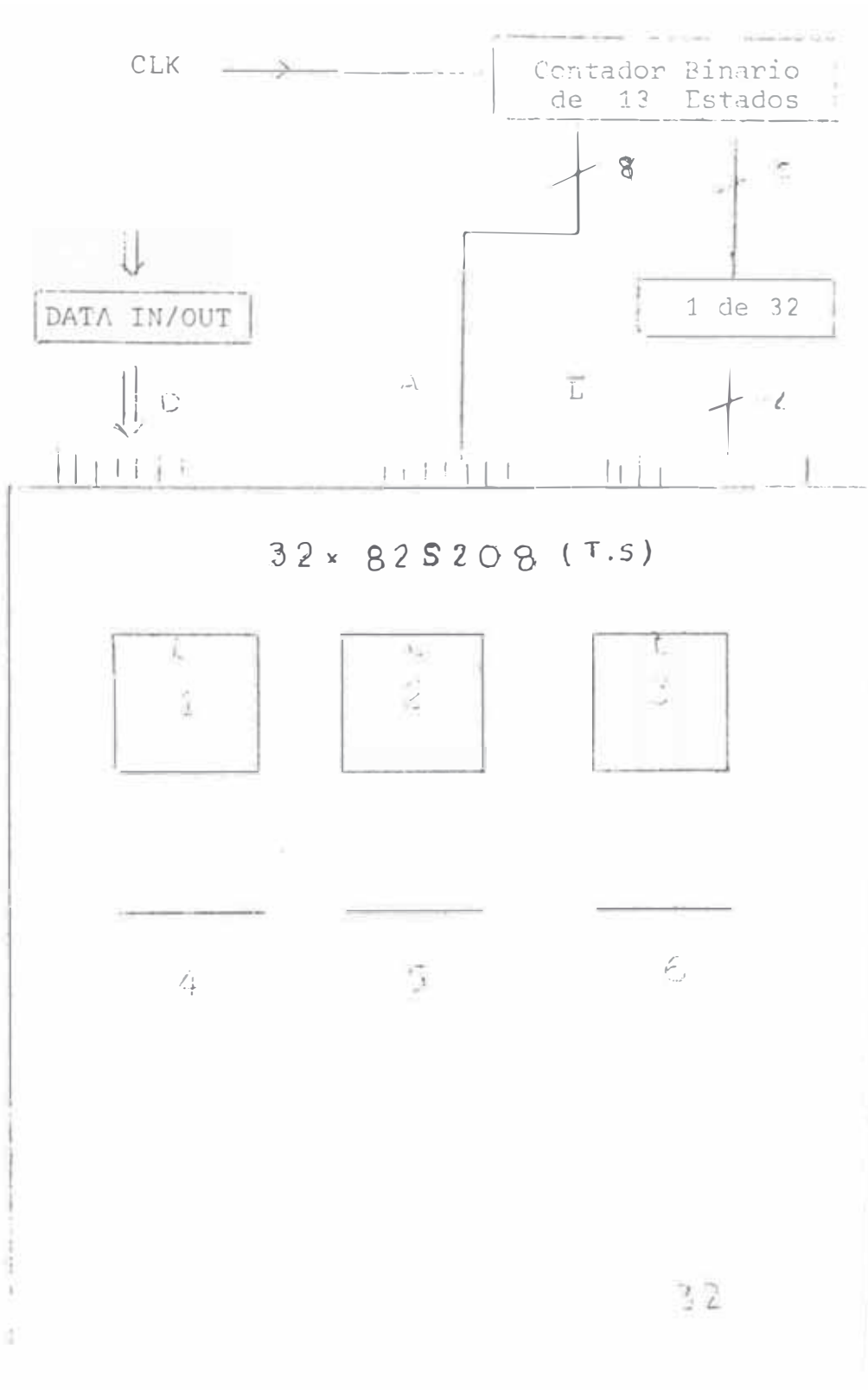
DMUX 1 = $\overline{D} + E$
 DMUX 2 = $\overline{D} + \overline{E}$
 DMUX 3 = $\overline{D} + E$
 DMUX 4 = $\overline{D} + \overline{E}$



DEMÚLTIPLEXOR DE 2 EN 1 CANALES



Sistema de Direccionamiento



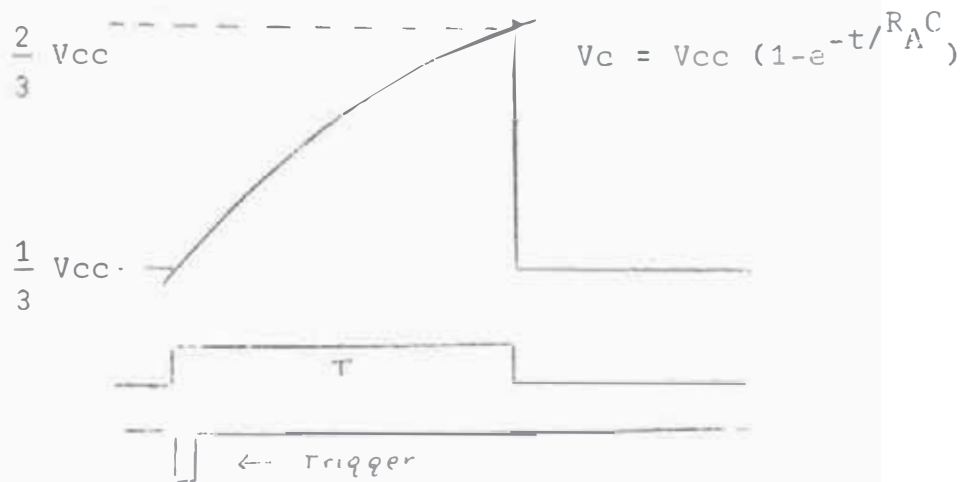
4.7 Sistema de Escritura en Memoria

De acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el fabricante del circuito integrado RAM 825208 ,debemos tener: "1" en \overline{OD} , "0" en \overline{CE} "0" en \overline{WE} El activar el sistema de escritura equivale a un pulso,el cual activa el monostable de escritura, cuya función es el que se cumplan las condiciones antes mencionadas, a la vez que sirva como entrada a un circuito Demultiplexor de una entrada y 32 salidas, las cuales están conectadas a cada una de las direcciones \overline{L} de los circuitos integrados 825208 (Memorias). Luego tendremos en la entrada del Demultiplexor un "1" lógico, en el tiempo de escritura, y a las 32 salidas serán direccionadas por un contador de 5 estados en el que la frecuencia de cambio será la frecuencia de reloj dividida entre 256 en las cuales también tendremos un "1" lógico respectivamente; ahora bien, al tener "1" en \overline{L} de uno de los 32 circuitos integrados 825208 (Memoria), estará direccionada ésta memoria, en la que podremos escribir.

Cuando finalice el estado "1" del monostable las condiciones antes mencionadas dejarán de cumplirse, razón por la cual no se podrá escribir en la memoria, el contador de direccionamiento volverá a su estado inicial con todos sus estados en "0" lógico, encontrándose listo para una nueva grabación o lectura.

4.7.1 Monostable para el Tiempo de Escritura

Está constituido por el TIMER NE-555, cuya exactitud en el retardo de tiempos de su funcionamiento como monostable es casi ideal. Para el caso debemos cortocircuitar los pines 1-2 y tendremos:



$$T = R_A C$$

$$\frac{2}{3} V_{cc} = V_{cc} (1 - e^{-t/R_A C}) \quad \frac{1}{3} = e^{-t/R_A C}$$

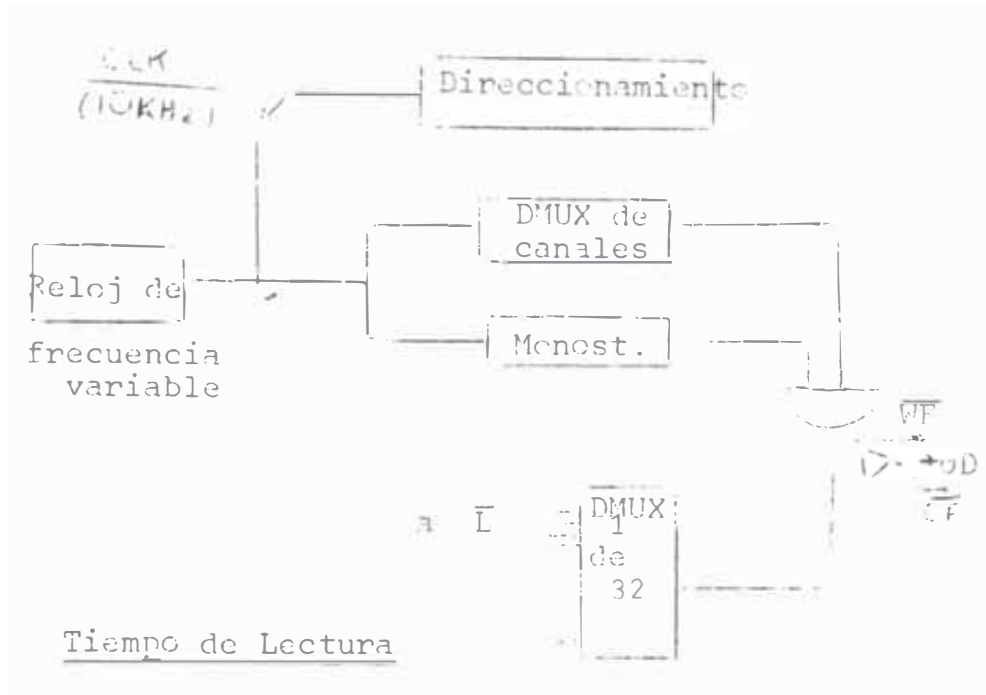
$$t = 1.1 R_A C = 819 \text{ mseg.}$$

$$R_A C = \frac{819 \text{ mseg.}}{1.1}$$

$$\text{Si } C = 8 \mu\text{F} \quad R = 93.09 \text{K}\Omega$$

4.8 Sistema de Lectura en Memoria

Una vez almacenada la información podemos leerla, por lo que realizamos con un interruptor manual en la entrada del contador de direccionamiento (o sea interrumpimos el reloj de escritura).



4.8.1 Tiempo de Lectura

Para poder leer debemos hacer variable la frecuencia de reloj, compatible con la velocidad estandar de la cinta o graficador.

<u>Velocidades Estandar</u>	<u>t=e/v (e=19 cm)</u>
60 pulg/seg=152.4 cm/seg	0.12 seg
30 pulg/seg= 76.2 cm/seg	0.25 seg
15 pulg/seg= 38.10cm/seg	0.5 seg
7 1/2 pulg/seg= 19.05cm/seg	1.0 seg
3 3/4 pulg/seg= 9.53cm/seg	1.993 seg
1 7/8 pulg/seg= 4.76cm/seg	3.9991seg
15/16 pulg/seg= 2.38cm/seg	7.987 seg

En éste caso, vamos a grabar en un graficador (plotter x - y) o cinta a las velocidades expuestas que son las estandar y también en 19 cm, desde que una gráfica normal varía de 15-20 cm, y con 19 cm, estamos dentro del normal.

$$t = (152.4 \text{ cm/seg})^{-1} \times 19 = 0.12 \text{ seg}$$

Es el tiempo necesario para recorrer los 19 cms,

también: 19 cm ----- 416 datos (de un canal)

1 cm ----- X

$$X = 416/19 = 22 \text{ datos/cm}$$

tendremos una resolución de 22 datos por cm.

Hemos grabado a razón de 10,000/24 datos/seg, o sea cada 2.4 mseg; $22 \times 2.4 = 52.8 \text{ mseg}$; luego en la gráfica se leerá 52.8 mseg por cada cm de gráfica.

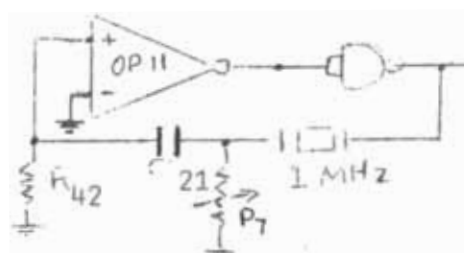


Luego para:

<u>t</u>	<u>Datos/seg</u>	<u>Frecuencia de Reloj</u>
0.12	3466	80 KHz
0.25	1664	40 KHz
0.50	832	20 KHz
1.00	416	10 KHz
1.99	208	5 KHz
3.99	104	2.5 KHz
7.98	52	1.25KHz

La frecuencia de reloj utilizada será el número de datos/segundo por el número de canales (24). Para poder leer a gran velocidad también utilizaremos la frecuencia de reloj de 1MHz.

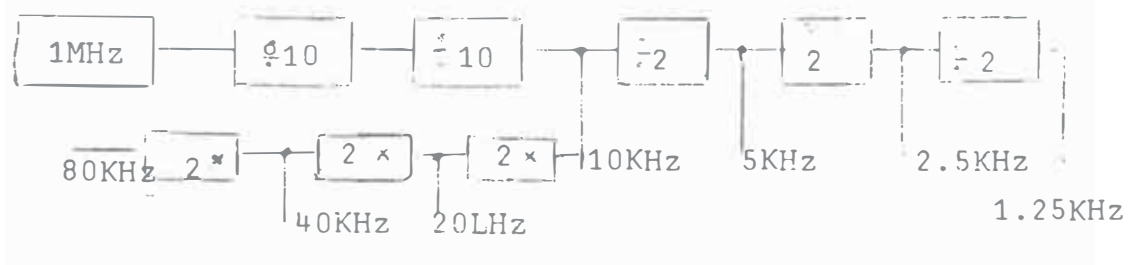
4.8.2 Oscilador a Cristal (1MHz)



El cristal está operando en modo resonante serie que proporciona la realimentación necesaria a través de comparador. El R_{ajuste} es usado para controlar la realimentación y así controlar la simetría.

El cristal debe ser de 1 MHz o sea de la frecuencia fundamental de oscilación. Así mismo, el $T = RC$

Para $C = 10 \text{ pF}$ $R = (1 \text{ M})^{-1} / 10 \text{ pF} = 100 \text{ K}\Omega$

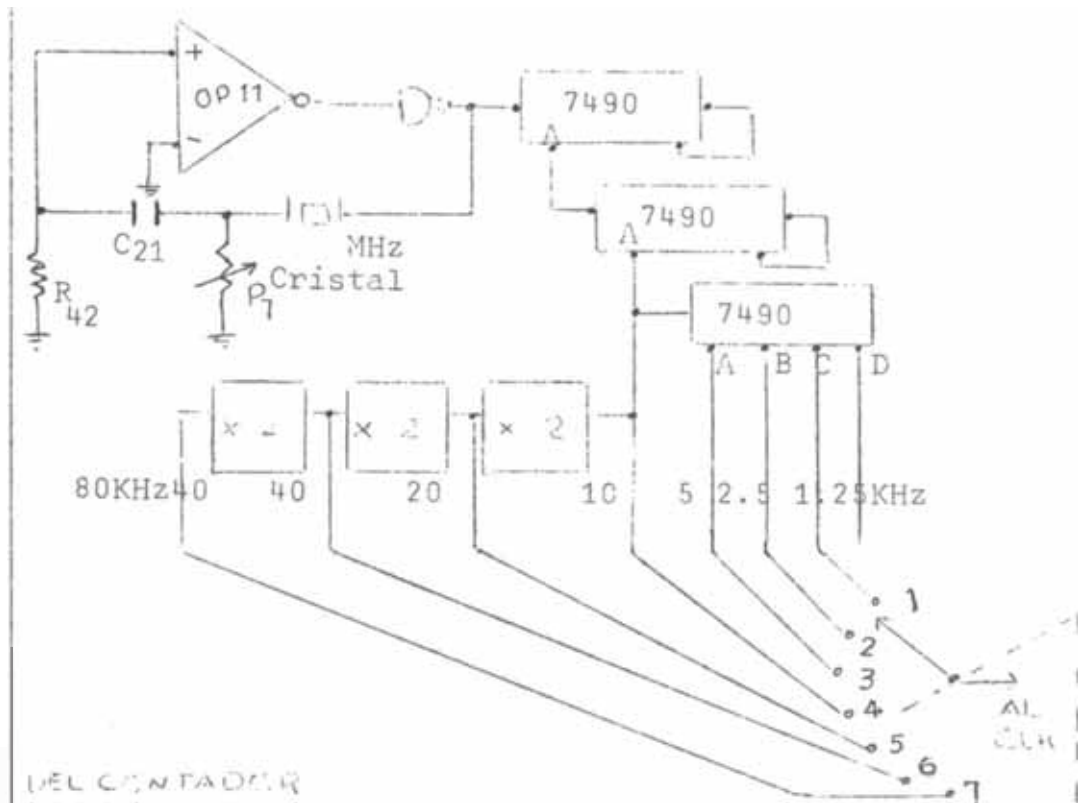
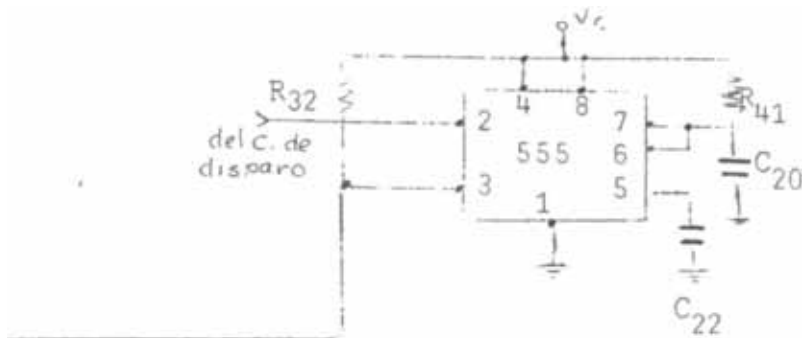


Los divisores de década están constituidos por contadores de décadas y son SN7490, los divisores entre dos, son parte de un contador binario de 3 estados 7493. Los multiplicadores de frecuencia por dos, se pasa la señal por un rectificador de media onda y por medio de un filtro se selecciona la frecuencia necesaria.

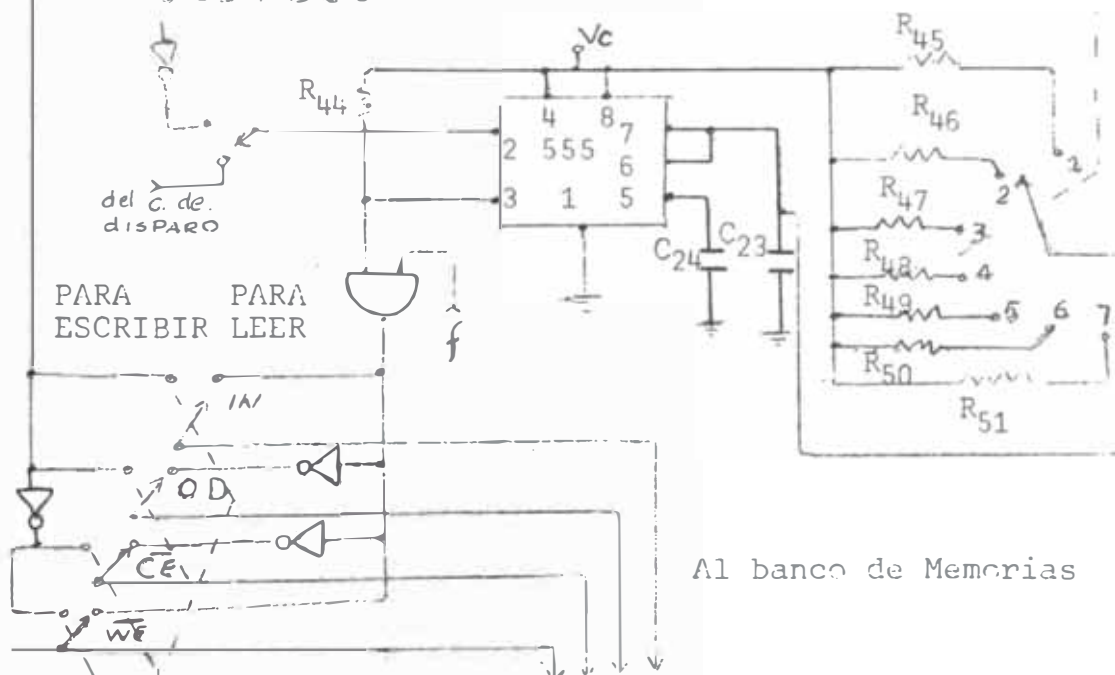
4.8.3 Monostable para Lectura

Luego los monostables para lectura a los diferentes tipos de velocidad van a ser:

Usaremos el NE 555 TIMER en su configuración monostable y tenemos; $t = 1.1 R_A C$



DEL CONTADOR
DE 13 ESTADOS



Circuito de lectura y Escritura

Para $C = \mu F$

$T = 0.12 \text{ seg}$	$R_A = 110 \text{ K } \Omega$
$t = 0.25 \text{ seg}$	$R_A = 227 \text{ K } \Omega$
$t = 0.50 \text{ seg}$	$R_A = 454 \text{ K } \Omega$
$t = 1 \text{ seg}$	$R_A = 0.909 \text{ M } \Omega$
$t = 1.99 \text{ seg}$	$R_A = 1.809 \text{ M } \Omega$
$t = 3.99 \text{ seg}$	$R_A = 3.627 \text{ M } \Omega$
$t = 7.98 \text{ seg}$	$R_A = 7.254 \text{ M } \Omega$

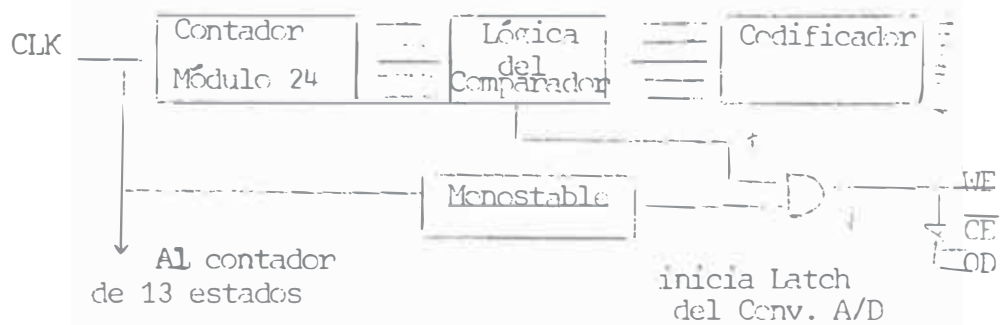
4.9 El Demultiplexor de Canales

Este tiene la función de escoger el canal requerido por nosotros para poder pasarlo a un sistema graficador X - Y ó simplemente ser visto en el osciloscopio, Como vamos a tener que sacar la información de la memoria para verlo en el ORC.

La mejor manera es de demultiplexar la señal en DIGITAL, ya que hay menor pérdida de información a la vez que mayor exactitud en el sincronismo.

Como la selección de canal para ser visto, ploteado o grabado en cinta cassette va a ser en forma manual, necesitaremos un codificador de decimal a binario y como tenemos 24 canales se va a tener un codificador de 5 bits en los cuales estará la dirección del canal que deseamos. Por otro lado, con el primer pulso de reloj de lectura inicializamos un contador módulo 24, la salida de éste nos indicará el canal de tránsito.

Las salidas (5), en binario, del contador de 24 serán comparadas con la del codificador del canal requerido y en el momento que éstas sean iguales, bit a bit, un pulso conjuntamente a una lógica nos indicará el canal y a la vez dejará pasar la información de la memoria hacia afuera donde la tendremos durante ese período los 8 bits en paralelo.



4.9.1 Diseño del Codificador Decimal a Binario

Se va a realizar el diseño de un codificador del sistema decimal de 0 - 23, al sistema binario, en 5 dígitos, razón por la cual utilizamos la siguiente tabla de verdad:

Decimal	Binario				
	E	D	C	B	A
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	1
4	0	0	1	0	0
5	0	0	1	0	1
6	0	0	1	1	0
7	0	0	1	1	1
8	0	1	0	0	0
9	0	1	0	0	1
10	0	1	0	1	0
11	0	1	0	1	1
12	0	1	1	0	0
13	0	1	1	0	1

Decimal	Binario				
	E	D	C	B	A
14	0	1	1	1	0
15	0	1	1	1	1
16	1	0	0	0	0
17	1	0	0	0	1
18	1	0	0	1	0
19	1	0	0	1	1
20	1	0	1	0	0
21	1	0	1	0	1
22	1	0	1	1	0
23	1	0	1	1	1

$$A=1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 + 17 + 19 + 21 + 23$$

$$B=2 + 3 + 6 + 7 + 10 + 11 + 14 + 15 + 18 + 19 + 22 + 23$$

$$C=4 + 5 + 6 + 7 + 12 + 13 + 14 + 15 + 20 + 21 + 22 + 23$$

$$D=8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15$$

$$E=16+17 +18 +19 + 20 + 21 + 22 + 23$$

La implementación de éstas funciones las realiza el IC74166.

4.9.2 Comparador Lógico

Es un comparador de igualdad bit a bit, del contador módulo 24 y el codificador decimal binario y cumple la siguiente tabla: Decimal Cod.Binario= A_1, B_1, C_1, D_1, E_1

A_1	A_2	$A_1 = A_2$	Cont.Mod.24 = A_2, B_2, C_2, D_2, E_2
0	0	1	$f=(\overline{E_1+E_2}) (\overline{D_1+D_2}) (\overline{C_1+C_2}) (\overline{B_1+B_2}) (\overline{A_1+A_2})$
0	1	0	
1	0	0	
1	1	1	

4.10 Sistema de Marca de Tiempo

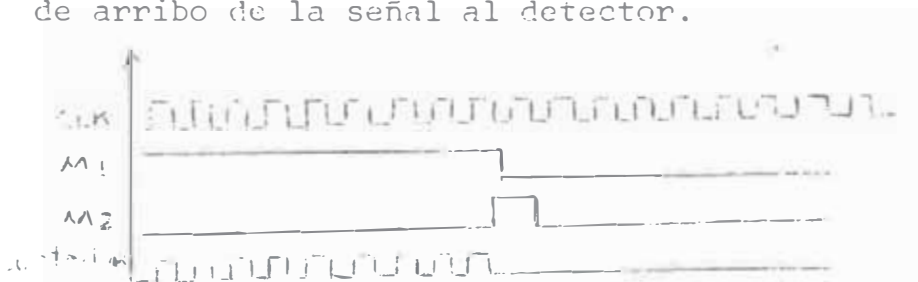
La marca de tiempo va a ser notada en la salida que se tenga a osciloscopio y es de la siguiente manera: Utilizaremos para el efecto dos monostables de modo que podamos controlar el primero para su término

active un segundo, de tiempo T fijo, que es el que vamos a sumar a la señal proveniente del conversor D/A, y que se va a ver en el ORC como un pulso de amplitud aproximada a 0.5 voltios y ancho T fijo.

Al hacer variable el T del primer monostable redispensible, vamos a tener un retardo variable en la aparición del pulso del segundo monostable; éste retardo de tiempo, conjuntamente con una lógica y el reloj respectivo de salida lo vamos a registrar en un contador binario y luego codificarlo en hexadecimal; luego podremos excitar un display donde tendremos visualizado el tiempo de retardo en la aparición del pulso del segundo monostable.

El significado en la pantalla será:

Tendremos un pulso superpuesto a la señal cuya posición en la pantalla va a ser variable y donde ubiquemos el pulso vamos a tener el retardo, que nos indicará el tiempo en ese punto. Luego estaremos marcando en forma precisa los tiempos de arribo de la señal al detector.



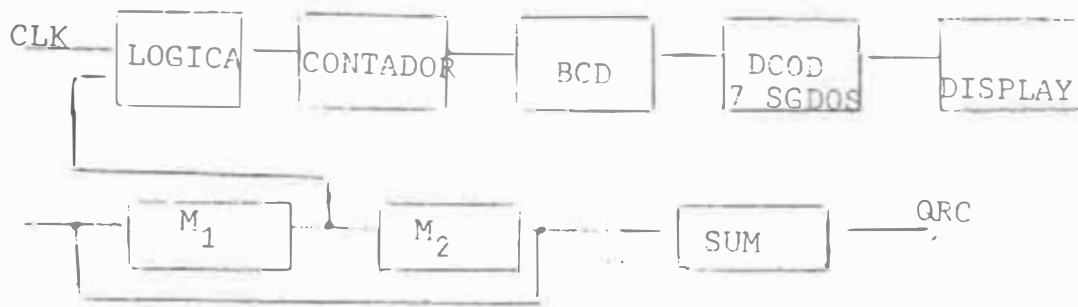
Para M_1 : $T = 1.1 R_A C$

$T_{max} = 819 \text{ mseg}$ $C = 8 \mu F$, $R_A = 98K \Omega$

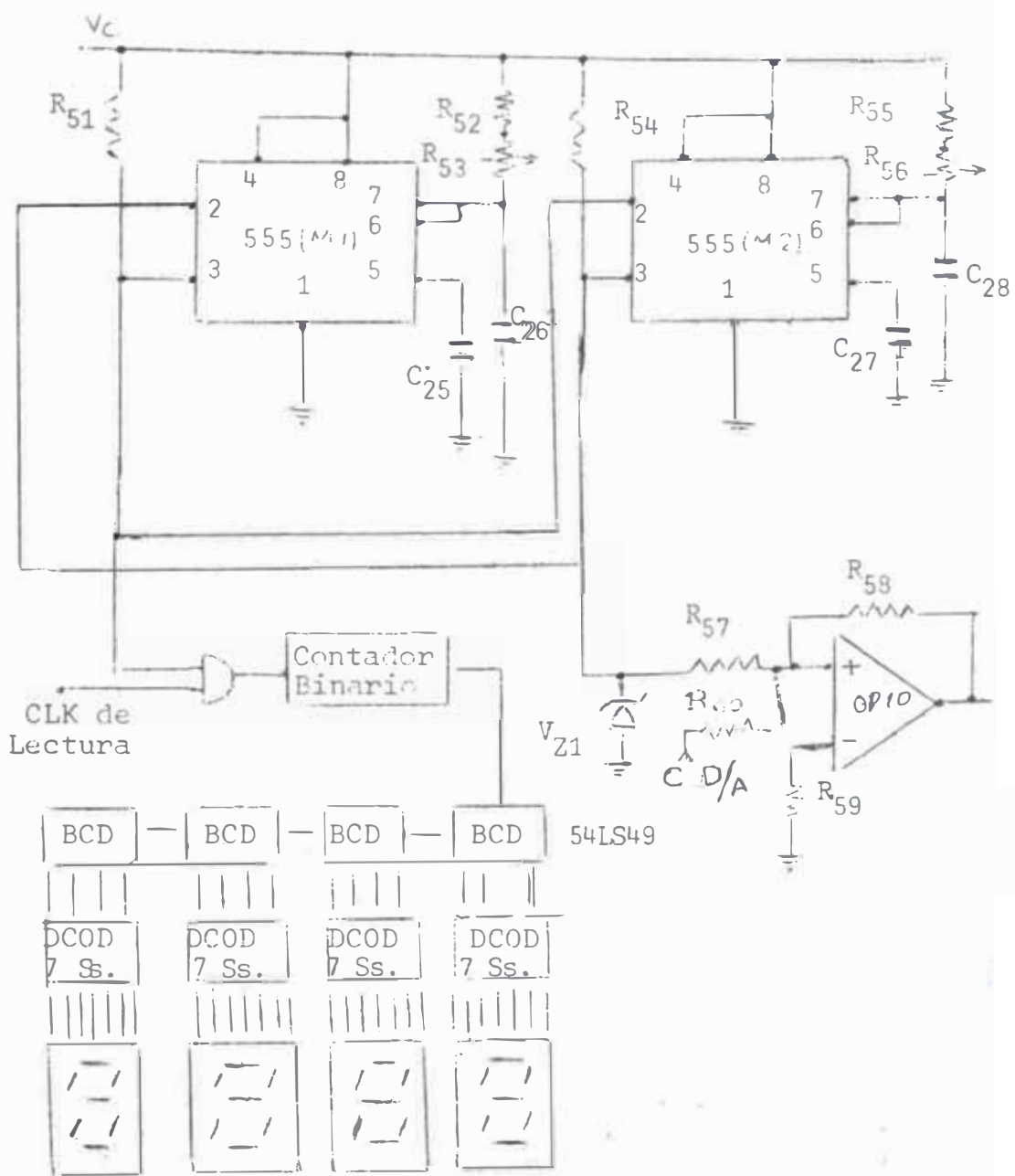
$T_{min} = 10 \text{ mseg}$ $C = 8 \mu F$, $R_A = 1K \Omega$

Utilizaremos $1K\Omega$ + trimpot de precisión de $100K\Omega$

Para M_2 : $T = 5 \text{ mseg} = 1.1 R_A C$; $C = 0.1 \mu F$, $R_A = 4.7 K \Omega$



(Diagrama de Bloques)



4.11 Conversor Digital Análogo

Una de las salidas implementadas es la de ver la señal almacenada digitalmente en forma análoga y en una diferente base de tiempos (más lentamente o rápidamente).

El conversor D/A se implementó con el método R-2R escalera con un MC1408.

4.11.1 Funcionamiento

Tenemos una red escalera de R en serie, y 2R en paralelo, las bases de las resistencias 2R son conectadas y desconectadas por el switch a la corriente de referencia, de acuerdo a la presencia de los bits del número digital.

Cuando 1 bit ("1") se presenta en uno de los switches, éste se cierra produciendo en el comparador una corriente, la misma que va a ser proporcional al valor del bit. Vemos que tanto a la derecha de los puntos A, B, C, se vé una resistencia 2R y a la izquierda R ésto es una propiedad de toda red escalera. Si una resistencia 2R es conectada a la I_{ref} que es constante, ésta ve una resistencia total de $2R + R = 3R$ por lo que la $I = \frac{I_{ref}}{3}$. Luego ésta al llegar al nodo siguiente se va dividiendo sucesivamente de acuerdo al número de bits que tenga la palabra.

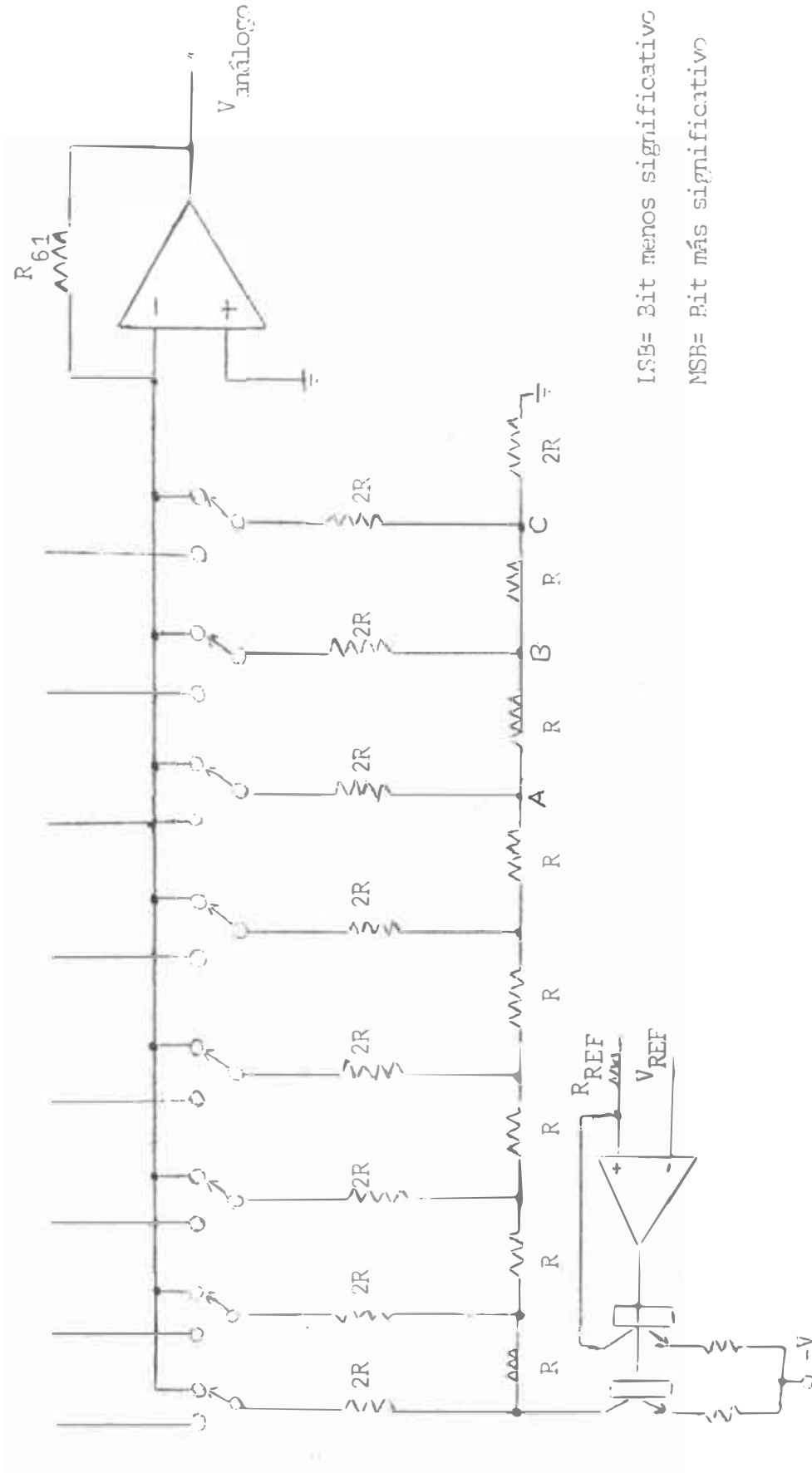
Luego tendremos:

Entrada Digital

D_n

LSB

MSB



LSB= Bit menos significativo

MSB= Bit más significativo

CONVERSION DIGITAL / ANALOGO (8 bits) M C 1 4 0 8

G

$$I_o = \frac{V_{ref}}{R_{ref}} \left(\frac{I}{2} + \frac{I}{4} + \frac{I}{8} + \frac{I}{16} + \frac{I}{32} + \frac{I}{64} + \frac{I}{128} + \frac{I}{256} \right)$$

Para nuestro caso usaremos una $I_{ref} = 5 \text{ mA}$, $V_{ref} = 5 \text{ V}$

$R_{ref} = 2.5 \text{ K}\Omega$ $I_{ref} = 2 \text{ mA}$ $C = 15 \text{ pF}$

que cumple con las especificaciones del circuito MC1408

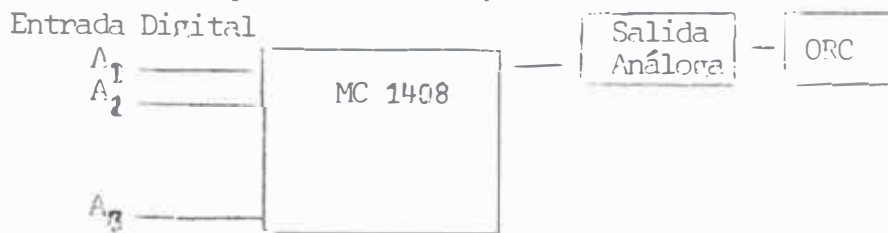
El error producido es $1/2$ del bit menos significativo,

o sea $1/2 \left(\frac{2 \text{ mA}}{256} \right)$

$$E \% = \frac{1/2 \left(\frac{2}{256} \right) \times 100}{256} = 0.0015\%$$

Para una salida máxima de $I = 2 \text{ mA}$ y $V = 6 \text{ voltios}$ $R = 3 \text{ K}\Omega$.

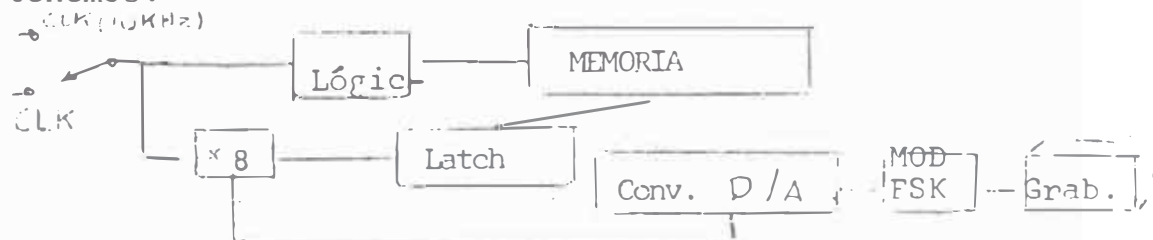
R_{61} también $1 \text{ K}\Omega$ para máxima operación.



4.12 Interfase de Grabación a Cinta Cassette

Tiene por finalidad grabar la información almacenada en la memoria en una cinta cassette común, por lo que de primera instancia tendremos un conmutador a GRABAR EN CINTA conjunto al canal que se va a elegir, ya que toda la información proporcionada por un canal será grabada en un solo grupo o determinado momento. Así

tenemos:



De los circuitos de lectura de memoria, el latch y el divisor ya hemos visto anteriormente, por lo que sólo nos ocuparemos del conversor paralelo-serie y el modulador FSK.

4.12.1 Conversor Paralelo-Serie

En este caso tenemos un contador tipo anillo sin cronizado por la señal de reloj. Utilizando los terminales Puesta a 1 (5) y puesta a cero (R), un pulso de la línea de arranque pondrá al FFA en "1" y los restantes 7 en "0". El "1" del FFA se desplazará al FFB con el siguiente pulso de reloj y así sucesivamente y al llegar al FFH regresará el pulso al FFA a la vez que borrará el valor del latch para dar paso a nuevos valores de memoria. Luego cuando tengamos un "1" en FFA pasará la información contenida en A_0 del latch, cuando "1" FFB pasará la información de A_1 y así sucesivamente.

Al final tendremos los 8 bits en serie. Tan luego comiencen a salir los bits del conversor paralelo-serie estaremos modulando en FSK o Modulación binaria en frecuencia.

4.12.2 Modulación en FSK

La modulación binaria en frecuencia puede considerarse una PCM binario modulada en frecuencia, los dos

símbolos se representan por dos formas de onda $S_1(t)$ y $S_2(t)$.

$$S_1(t) = \begin{cases} A \operatorname{sen} m \omega_c t & 0 < t < T \\ 0 & \text{cualquier otro punto} \end{cases}$$

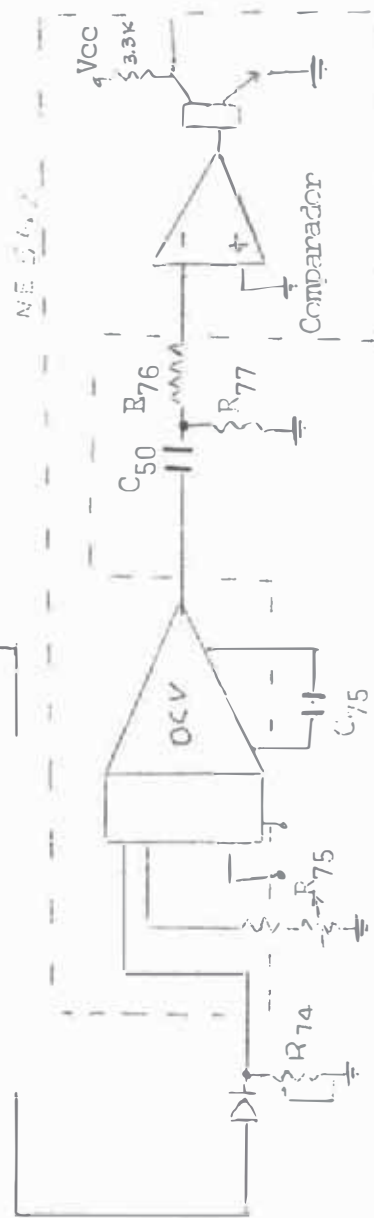
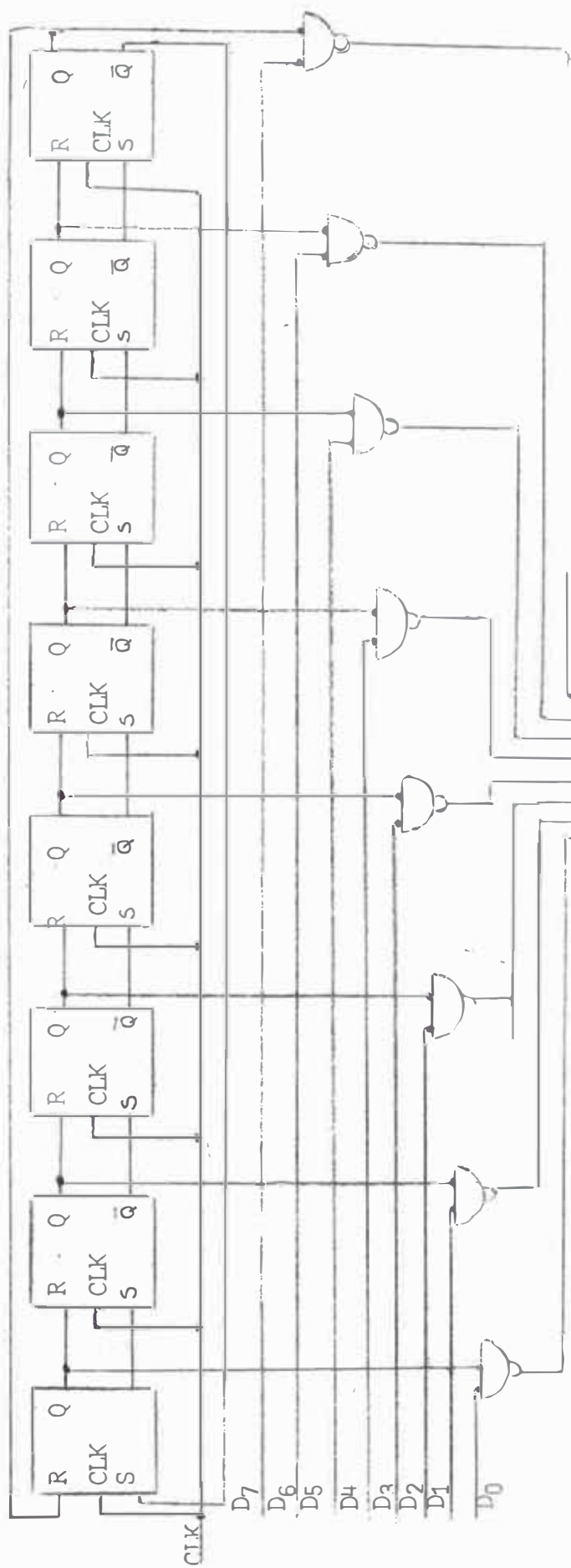
$$S_2(t) = \begin{cases} A \operatorname{sen} n \omega_c t & 0 < t < T \\ 0 & \text{cualquier otro punto} \end{cases}$$

no necesariamente pueden ser ondas sinusoidales, también lo pueden ser ondas cuadradas.

Una de las formas de modular FSK es aplicando la señal digital a un oscilador controlado por voltaje (OCV) y a la salida habremos obtenido una frecuencia en función del voltaje aplicado, así para un "0" tendremos una frecuencia f_0 y para "1" una frecuencia f_1 y si la salida de este OCV la lleváramos a un amplificador operacional en lazo abierto tendríamos ondas cuadradas, todo esto para facilitar la grabación ya que es más conveniente grabar ondas cuadradas que senos debido a los armónicos que pueden causar interferencia de superposición, lo cual distorsionaría la señal original.

Un sistema óptimo es el que utiliza un circuito de enganche de fase (PLL) fabricado específicamente para el caso de modular y demodular en FSK que es el NE562, que contiene un oscilador controlado por voltaje de doble entrada, un comparador y amplificador. Para poder ser grabada la señal debemos hacerlo a frecuencias audibles.

Convertor Paralelo - Serie y Modulador FSK



Entonces

$$f_{"0"} = 1 \text{ KHz}$$

$$f = 1/RC$$

$$f_{"1"} = 2 \text{ KHz}$$

$$f_{"0"} \text{ para } C = 0.25 \mu\text{F}$$

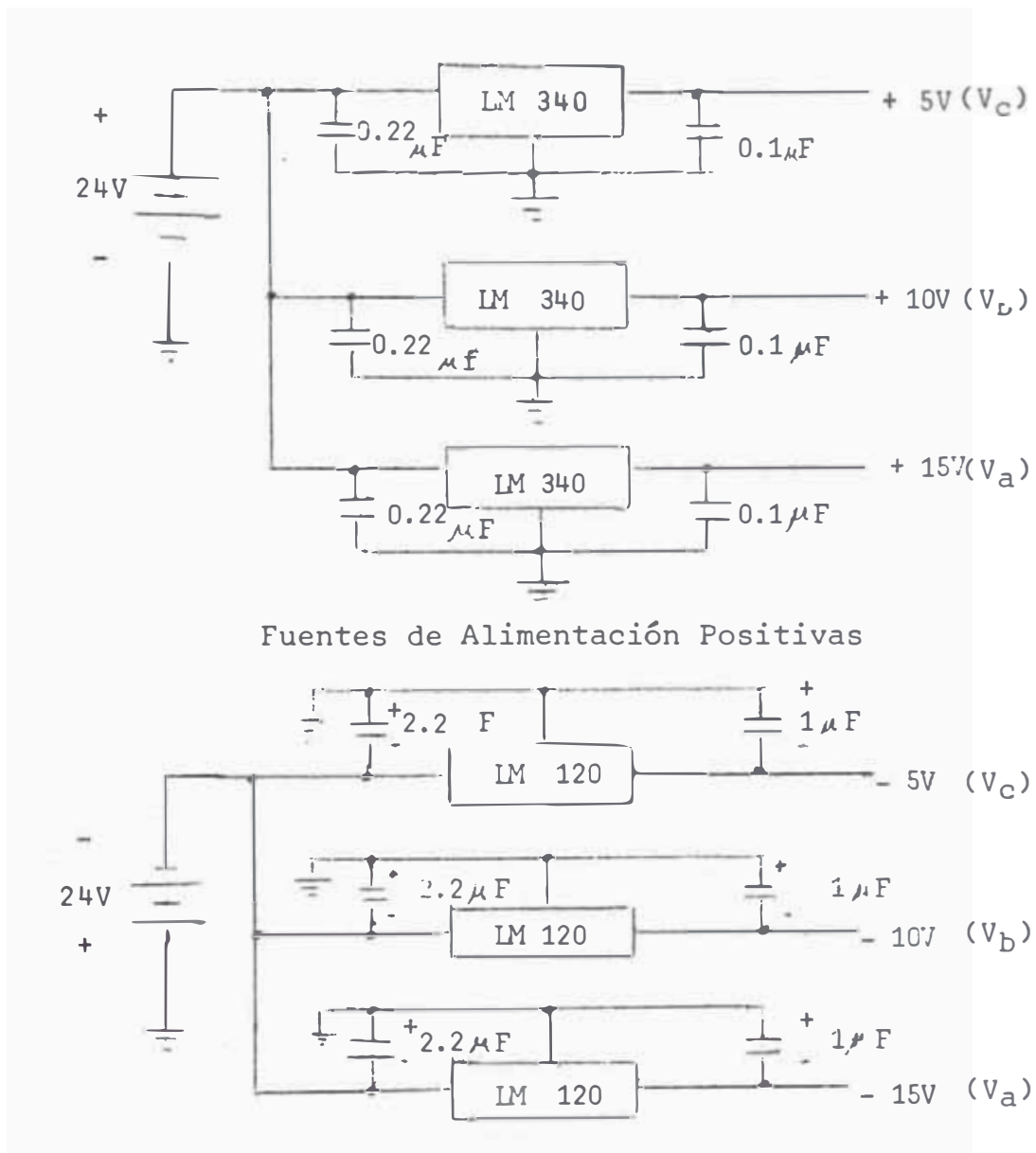
$$R_X = 4 \text{ K}\Omega$$

$$f_{"1"} \text{ para } C = 0.25 \mu\text{F}$$

$$R_T = 2 \text{ K}\Omega$$

4.13 Fuentes de Alimentación

Todas las fuentes han sido implementadas con circuitos integrados reguladores de tensión, cuya configuración se muestra a continuación:



Fuentes de Alimentación
Negativas

CAPITULO V

SIMULACION DEL SISTEMA

5.1 Consideraciones

La presente simulación ha sido realizada íntegramente en lenguaje CSMP (Continuous System Modeling Program) , que es en forma específica para realizar simulaciones de eventos continuos que suceden en el tiempo y posee la particularidad de poder operar con ecuaciones escritas en función de los diagramas de bloques , las cuales están representadas en ecuaciones diferenciales ordinarias ; razón por la cual se habían hallado todas las funciones de transferencia cuando se estuvo realizando el diseño del sistema de amplificación , luego en el de grabación y reproducción. Los detalles propios de la simulación se presentan conjuntamente al programa en el apéndice respectivo .

La finalidad de ésta simulación ha sido . analizar el funcionamiento del sistema por medio de la simulación y ver el proceso seguido por la señal luego de cada bloque del diagrama de bloques general.

Desarrollo de algunas sentencias CSMP

* En primer lugar se ha generado una señal aleatoria, la cual va a ser procesada por el sistema, esto es realizado con la sentencia $P=RNDGEN(R)$, la cual genera una función aleatoria entre 0 y 1; luego en nuestro caso requerimos una señal entre los valores de ± 0.02 voltios, osea realizamos el cambio de escala correspondiente con la sentencia $V1H=0.02*P-0.01$, también le damos un margen de seguridad al agregar el valor de 0.01000001 luego de haber enclavado la señal al valor de 0.1 V. esto debido a que posteriormente se va a utilizar un amplificador logarítmico, y por definición el logaritmo de un número negativo o cero no existe.

* La simulación del pre-amplificador es realizada por la sentencia $V02=A*V01$, siendo A un parametro definido.

* La señal luego es pasada a un atenuador de tipo resistivo cuya función de transferencia es la misma descrita en diseño de los circuitos:

$$\text{Atenuación (dB)} = 20 \text{ Log Ganancia}$$

Para 54 dB de atenuación tendremos:

$$54 = 20 \text{ Log } V03/V02$$

$$\text{Luego } V03 = \frac{1}{10^{54/20}} V02$$

$$V03 = V02 / 501 \quad * \text{ Esta instrucción es CSMP}$$

* El filtro pasabanda se encuentra determinado por las instrucciones de la función $\text{MACRO } Z = \text{FILTER}(C,D,E,F,V03)$ esta función es la misma función de transferencia (FT) utilizada en el diseño de los circuitos, en el filtro pasabanda de segundo orden

$$F.T. = \frac{t_1 + S / t_1}{t_1 \left(\frac{t_2 + S}{t_2} \times \frac{t_3 + S}{t_3} \right)}$$

$$F.T. = \frac{t_2 t_3}{t_1} \frac{S + t_1}{S^2 + (t_2 + t_3)S + (t_2 t_3)}$$

Haciendo : $t_2 t_3 / t_1 = C$, $t_1 = D$

$t_2 + t_3 = E$, $t_2 t_3 = F$

$$F.T. = C \frac{S+D}{S^2+ES+F}$$

Luego

$$\frac{W(S)}{V02(S)} = \frac{1}{S^2+ES+F}$$

$$S^2 W = V02 - ESW - WF$$

$$S2W = V02 - C*SW = D*W \quad \text{Inst. CSMP}$$

Escribiendo toda la F.T. en CSMP

$$2SW = V03 - E*SW - F*W$$

$$SW = \text{INTGRL} (0.0 , 2SW)$$

$$W = \text{INTGRL} (0.0 , SW)$$

$$Z = C*SW + (C*D)*W$$

* Para lograr el filtro de cuarto orden se realiza la instrucción $V04 = V07 * V07 / 10$. En estas circunstancias el filtro proporciona una ganancia de 54 dB ,lo que compensa el atenuador resistivo.

* Asi la señal es pasada a la función Log y luego en V06 tendremos la señal aleatoria lista ha ser multiplexada.

* Se crea la función RELOJ (CLK) , con el objeto de direccionar el multiplexor desde un registro formado por las sentencias FF1 y FF2 . El multiplexor esta constituido por las sentencias LS01,LS02,LS03,LS04 las cuales

son funciones de conmutación. Las instrucciones CNL1,CNL2, CNL3 y CNL4 implican la misma función V06 , pero retrazadas unas respecto a las otras ,esto con el objeto de simular la posición en que se encuentran los detectores en el momento en el cual arriban las ondas sísmicas a los detectores.

* La instrucción FUMULT representa la función multiplex en la cual se encuentran los cuatro canales debidamente ordenados y

* T es el número de pulsos , el cual se halla luego del conversor Análogo - Digital , equivalente al voltaje de la señal en ese punto.

FUNCIONAMIENTO

La puesta en operación es la más sencilla y versátil , Así tenemos

Para Grabar Información

Se debe de tener el equipo previamente calibrado canal por canal, con los controles en Grabar ; luego se procederá a realizar la conmutación en el circuito de disparo , el que detonará la carga explosiva y marcará el inicio del Reloj (oscilador) , comenzando así el Multiplexaje y la grabación en la Memoria, la que terminará con el término del tiempo de duración del monostable de escritura; parando automáticamente la escritura en la memoria al no cumplirse las condiciones necesarias . Si se desea grabar la información con retardo de tiempo se procederá a la conmutación del control de Retardo . Ahora bien , hasta aquí tenemos grabada toda la información

Para leer la información :

Se procederá a cambiar los controles antes mencionados a LEEK , luego se selecciona la frecuencia adecuada , compatible con la velocidad de cinta o graficador respectivamente; se selecciona uno de los controles de : Graficar , Grabar , ORC (visualización el osciloscopio) , o transmisión a alta velocidad; finalmente se selecciona el canal adecuado o requerido para ser graficado , grabado , o visto .

CONCLUSIONES

El presente trabajo, que se inició con la creación de un proyecto de diseño de equipos de prospección geofísica en el Instituto Geofísico del Perú, utiliza los principios de reflexión y refracción en base de los cuales se registran las ondas sísmicas. Estas ondas son detectadas y luego condicionadas para distinguir con claridad su comportamiento en las capas internas de la Tierra (diferencias de velocidad, atenuación, etc.

El presente trabajo, que fue realizado en base a un equipo existente (Seismograph Mod. 57), es el diseño de un sistema de prospección geofísica propiamente dicho, en el cual distinguimos las siguientes características fundamentales: En vista de que se utilizan 24 canales para registrar las ondas, se precisó de un Multiplex por división de tiempo o una frecuencia calculada en función a la máxima frecuencia de ondas de nuestro interés; luego la señal sísmica debidamente ordenada por canales es convertida en información digital, esto mediante un Conversor Análogo-Digital. Esta información digital es almacenada en un arreglo o banco de memorias estáticas, de tipo RAM, de acuerdo a una lógica pre-establecida.

Luego esta información podrá ser leída del banco de memorias de la forma más conveniente, así se tiene:

Grabación en cassette, mediante una interfase de conversión de la información digital de paralelo a serie

y luego modular la misma en FSK.

- Reproducción en Graficador, previa selección de canal y velocidad del graficador compatible a la frecuencia de la base de tiempo de lectura, también luego de haber convertido la información digital en analógica.
- Visto en ORC, en éste acápite se incluye un sistema de marca de tiempo, el cual se desplaza a lo largo de la señal analógica presentada en el ORC, e informa en un display de tiempo de recepción de la señal.

Como particularidad se presenta un circuito de retardo de tiempo constante, el cual previa selección retarda el funcionamiento del oscilador patrón (Reloj) de grabación, el cual inicia el multiplexaje.

Cabe mencionar también, que se analizó el sistema Seismograph Mod. 57, el cual fue diseñado y construido en 1958, por lo que hacen notar las restricciones de tecnología y en comparación con el sistema se ha ganado en confiabilidad, mejor grabación y reproducción, menor peso, tamaño y consumo de potencia.

B I B L I O G R A F I A

1. Geofísica Aplicada a la Hidrología, J. L. Astier
2. Principios de Geofísica Aplicada , P. S. Parasnis
3. Tratado de Geofísica Aplicada , Cantos Figuerola
4. Geophysics Prospection , S. Lorch
5. Mecánica de Suelos , K. Terzaghi
6. Communication Circuits , K. Clarke, D.T. Hess
7. Sistemas de Comunicación , B.P. Lathi
8. Generation Wave and Shapping , Strauss
9. The Design of Digital Systems , J. Be. Peatman
10. Integred Circuits Projects , C. D. Rakes
11. Manuales de Circuitos Integrados,
Lineales y Digitales , Philips, Texas
Instruments,
Intercil, Sygnetics

* * * *

LISTA DE COMPONENTES

RESISTENCIAS (± 1 % tolerancia)

R 1	=	93 K Ω , 10 K Ω (trimpot)
R 2	=	10 K Ω
R 3	=	10 K Ω
R 4	=	1 K Ω
R 4	=	1 K Ω
R 5	=	5 K Ω
R 7	=	1 K Ω
R 8	=	1 K Ω
R 9	=	20 K Ω
R 10	=	10 K Ω
R 11	=	8.72 K Ω
R 12	=	1.24 K Ω
R 13	=	20 K Ω
R 14	=	1.48 K Ω
R 15	=	1.24 K Ω
R 16	=	1.24 K Ω
R 17	=	30 K Ω
R 18	=	R 21 = 100 K Ω
R 20	=	R 22 = 4.7 K Ω
R 19	=	R 23 = 100 K Ω
R 24	=	R IN = 10 K Ω
R 25	=	1 K Ω
R 32	=	15.9 K Ω
R 26	=	R ref = 10 K Ω
R 27	=	R 28 = R230, = R 31 = 1 K Ω
R 29	=	0.5 K Ω
R 32	=	10 K Ω
R 33	=	454 K Ω
R 34	=	0.9 M Ω
R 35	=	1.8 M Ω
R 36	=	4.5 M Ω
R 37	=	Rt = 300 Ω
R 38	=	39 K Ω
R 39	=	3.3 K Ω
R 40	=	4.7 K Ω
R 41	=	93 K Ω
R 42	=	100. K Ω
R 43	=	10 K Ω
R 44	=	10 K Ω
R 45	=	7.25 M Ω
R 46	=	3.62 M Ω
R 47	=	1.81 M Ω
R 48	=	0.90 M Ω
R 49	=	454 K Ω
R 50	=	110 K Ω
R 51	=	10 K Ω
R 52	=	90 K Ω
& 53	=	10 K Ω

R 54 = 10 K Ω
 R 55 = 1 K Ω
 R 56 = 4.7 K Ω
 R 57 = 1 K Ω
 R 58 = 1 K Ω
 R 59 = 0.5 K Ω
 R 60 = R ref = 2.5 K Ω
 R 61 = 1 K Ω
 R 0 = 3 K Ω
 R 74 = 4 K Ω
 R 75 = 2 K Ω
 R 76 = 3 K Ω
 R 77 = 10 K Ω
 R 78 = 10 K Ω
 R 79 = 5 K Ω , R 80 = 1K Ω R 81 = 4.7 K Ω

POTENCIOMETROS

P 1 = 1 K
 P 2 = 10 K
 P 5 = P 6 = P 7 = P 8 = P 9 = 5 K
 P 9 = 0.47 K Ω

CONDENSADORES (a 10 Voltios)

C 1 = 1 micro Faradios
 C 2 = 0.1 micro Faradios
 C 3 = micro Faradios
 C 4 = C 10 = 0.0187 micro Faradios
 C 5 = C 11 = 7.9 micro Faradios
 C 19 = C 15 = 3.2 micro Faradios
 C 16 = 150 pico Faradios
 C 18 = Ct = 1 micro Faradios
 C 17 = 1 micro Faradio
 C 19 = 10 pico Faradios
 C 20 = 8 micro Faradios
 C 21 = 10 pico Faradios
 C 22 = 0.1 micro Faradios
 C 23 = 1 micro Faradio
 C 24 = 0.1 micro Faradios
 C 25 = C 26 = C 27 = C 28 = 0.1 micro Faradios
 C 75 = 0.25 micro Faradios
 C 50 = 0.1 micro Faradios = C 41

CIRCUITOS INTEGRADOS

OP 1 = AD 520
 OP 2 = μ A 741 SN = OP 3 = OP 3 = OP 4 = OP 5
 OP 8 = OP 9 = OP 10 = OP 11 = OP 12 = LM 318

SE 8048	Amplificador logarítmico
SN 555	Timer
Cd 4051	Contador
MC 1505	Conversor A/D
MC 1408	Conversor D/A
82 S 208	Memoria
SN 74166	Conversor paralelo-serie
SN 5485	Cod BCD