

88.40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



TEORIA Y APLICACIONES DEL ANALISIS ESPECTRAL

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
JOSE ANTONIO MEJIA PEREZ

Director de Tesis:
ING. MARIO A. IBARRA PEREYRA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEORIA Y APLICACIONES DEL ANALISIS ESPECTRAL .

CAPITULO UNO .- INTRODUCCION .
OBJETIVOS Y METAS DE LA TESIS .
HISTORIA Y PANORAMA DE LA TESIS .

CAPITULO DOS .- TEORIA DEL ANALISIS ESPECTRAL .
2.1 TRANSFORMADA DE FOURIER .
2.1.1 DE FUNCIONES PERIODICAS .
2.1.2 DE FUNCIONES APERIODICAS .
2.1.3 DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA Y ENERGIA .
2.1.4 ANALISIS ESPECTRAL DE REDES LINEALES .
2.1.4.1 RESPUESTA A LA FRECUENCIA .
2.1.4.2 RESPUESTA AL IMPULSO .
2.1.4.3 RESPUESTA A OTRAS EXCITACIONES .

CAPITULO TRES .- TEORIA DE LAS TRANSFORMADAS DISCRETA Y RAPIDA DE FOURIER.

3.1 INTRODUCCION .
3.2 VENTANA Y MUESTREO .
3.3 TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER (DFT) .
3.3.1 UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA DFT .
3.3.2 RELACION DE LA DFT CON LA TRANSFORMADA INTEGRAL DE FOURIER .
3.4 TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER (FFT) .
3.4.1 PROPIEDADES DE LA FFT .
3.4.2 UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA FFT .
3.5 APLICACIONES .

CAPITULO CUATRO .- TECNICAS ANALOGICAS PARA EL ANALISIS ESPECTRAL .

4.1 ANALISIS DE FUNCIONES PERIODICAS .
4.2 RESPUESTA A LA FRECUENCIA .
4.2.1 CON ANALIZADOR DE ESPECTROS .
4.2.2 SIN ANALIZADOR DE ESPECTROS .
4.2.2.1 METODO DE DOS VOLTMETROS .
4.2.2.2 METODO DEL MEDIDOR DE GANANCIA Y FASE .
4.2.2.3 METODO DEL GENERADOR DE BARRIDO Y EL OSCILOSCOPIO .
4.3 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS DE OBTENCION GRAFICA DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA .

CAPITULO CINCO.- CONTROL POR COMPUTADORA DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS .

5.1 CON EL PUERTO GPIB .

5.1.1 CONEXION Y ESTRUCTURA DEL BUS.

5.1.1.1 SEÑALES ELECTRICAS DEL BUS.

5.1.1.2 CONECTOR NORMALIZADO.

5.1.1.3 FUNCIONES DE LOS DISPOSITIVOS CONECTADOS AL BUS.

5.1.1.4 MENSAJES TRANSMITIDOS POR EL BUS.

5.2 CON EL PUERTO RS232 .

5.2.1 ASPECTOS DE LA NORMA RS-232 C.

5.2.2.DESCRIPCION FUNCIONAL DE LAS SEÑALES.

5.2.2.1 SEÑALES DE DATOS.

5.2.2.2 SEÑALES DE CONTROL.

5.2.2.3 SEÑALES DE TEMPORIZACION.

5.2.2.4 SEÑALES DE TIERRA (MASA).

5.3 CONTROL POR COMPUTADORA DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS ROCKLAND Y EL PAQUETE DE COMUNICACION PACOM.

5.4 CONTROL POR COMPUTADORA DEL PROCESADOR San-ei Y EL PAQUETE PACOMY.

CAPITULO SEIS .- CONCLUSIONES .

6.1 EVALUACION DE LOS SISTEMAS .

6.2 EVALUACION DE LA TESIS .

APENDICES.

A.DESCRIPCION DE LOS APARATOS DIGITALES DE MEDICION.

A.1 INTRODUCCION.

A.2 PROCESADOR DE SEÑALES 7T26S NEC San-ei .

A.3 ANALIZADOR DE ESPECTROS 5840 ROCKLAND.

BIBLIOGRAFIA .

CAPITULO UNO.

INTRODUCCION.

El realizar un análisis en el dominio del tiempo, nos permite conocer las características básicas de una señal; esto es, su duración, su forma, su amplitud, etc.

Sin embargo el realizar el análisis espectral ayuda a conocer las frecuencias que componen la señal, así como sus magnitudes y ángulos de fase.

El análisis espectral es una teoría desarrollada el siglo pasado por J.B.J. Fourier para conocer el intercambio de calor en un proceso químico; pero con el tiempo se ha convertido en una herramienta sumamente efectiva y poderosa para el estudio de los sistemas que varían con el tiempo, ya sean eléctricos, hidráulicos, mecánicos, ópticos, geológicos, etc.

Sin embargo el análisis de Fourier adolece de una limitante: que solo es aplicable a sistemas lineales; sin embargo los ingenieros, están acostumbrados a "linealizar" los sistemas con diversas técnicas; ya sea buscando la región lineal o retroalimentando el sistema para linealizarlo o introduciendo alinealidades opuestas para compensarlas, etc.

Actualmente el análisis espectral ha sufrido un fuerte impulso al haberse desarrollado algoritmos para realizar las integrales y al haber equipos que puedan realizar los cálculos en fracciones de segundo.

Los equipos a los que se hace referencia son las computadoras digitales y los analizadores de espectros digitales. Aparatos con los que afortunadamente ya se cuenta en el Laboratorio de Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería y basándose en estos instrumentos, se realiza la presente tesis.

Estos aparatos digitales de alta tecnología son:

El Analizador de Espectros 5840A ROCKLAND .
El Procesador de Señales 7TS26 NEC San-ei.
y la Microcomputadora compatible .

HISTORIA Y PANORAMA DE LA TESIS.

Para entender las características y fundamentos en que se basa el principio de operación del nuevo equipo, en esta tesis se pretende cierta secuencia que facilite dicho fin.

En el capítulo DOS - sin ser un estudio muy profundo-, se dan las bases teóricas del análisis espectral en el estudio de señales eléctricas.

Si entendemos por señal eléctrica a la función univaluada de tiempo que es posible interpretarla como la variación de una cantidad - que puede ser una corriente o un voltaje- en el tiempo, entonces en el capítulo DOS, se proporcionan las bases del análisis de señales.

Debido a que los nuevos instrumentos de medición trabajan con la técnica digital conocida como Transformada Rápida de Fourier (FFT), en el capítulo TRES se explican las bases teóricas de esta técnica, así como las de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y se incluyen dos algoritmos que permiten evaluarlas; por último, el capítulo se termina con aplicaciones de los algoritmos en el análisis de una señal comúnmente empleada: la voz humana.

Para entender la importancia de las técnicas analógicas, el capítulo CUATRO trata acerca de diversas técnicas de aplicación del análisis espectral de señales, empleando el equipo disponible en el Laboratorio de Comunicaciones.

El uso creciente de la computadora en todas las áreas de conocimiento y especialmente en Ingeniería, hacen de ella una herramienta poderosa e imprescindible para todo ingeniero.

De ahí que el capítulo CINCO inicia - mas que tratar acerca de la computadora -, describiendo los estándares de comunicación con equipos periféricos a través de los puertos de comunicación GP-IB y RS-232.

Continuamos con el control por computadora de los nuevos instrumentos de medición ROCKLAND y San-ei. Para los que se implementarán dos paquetes de computadora; el PACOM y el PACOMY los cuales permiten controlar las funciones de los instrumentos, por medio del teclado de la computadora.

Terminamos este capítulo ,dando instrucciones para la interconexión de los analizadores y la PC.

En el capítulo SEIS ,se lleva a cabo una evaluación del trabajo realizado y se dan conclusiones.

En los anexos se incluyen las características y descripción del funcionamiento de los tantas veces mencionados instrumentos de medición.

En una tesis profesional de Ingeniería,el autor debe ser capaz de resolver algún problema real ó hipotético;además ,se espera que la o las soluciones propuestas contengan alguna aportación del alumno;esto es,que sin ser un trabajo de "investigación" de punta tampoco sea una copia total del trabajo de otra persona.

En esta tesis ,la aportación consiste en la estructuración de los programas de control de los instrumentos ,ya que la teoría consignada obviamente no lo es, las técnicas analógicas son fruto de la experiencia adquirida en el laboratorio y los apéndices son tomados de los manuales de los aparatos.

CAPITULO DOS :

TEORIA DEL ANALISIS ESPECTRAL .

2.1 TRANSFORMADA DE FOURIER .

-Representación de una función en el tiempo .

Si tenemos una función cualquiera $f(t)$ definida en el intervalo $(t, t+T)$ es posible representarla a través de un conjunto de funciones ortogonales .

A la representación así realizada se le conoce como " Representación Generalizada en Serie de Fourier " de $f(t)$.

Los conjuntos de funciones ortogonales más empleados son el de funciones exponenciales complejas y el de funciones senoidales.

-SERIE EXPONENCIAL DE FOURIER .

En caso de expresar $f(t)$ periódica en términos de un conjunto infinito de exponenciales complejas ,tenemos :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_0 t} \text{ ----- 2.1}$$

En la expresión 2.1 ,el término F_n es el coeficiente de la serie exponencial de Fourier y se calcula mediante :

$$F_n = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \text{ ----- 2.2}$$

Así cualquier función $f(t)$ periódica puede ser representada como la suma discreta de funciones exponenciales $\exp(jn\omega_0 t)$, donde n es entero ($-\infty < n < \infty$).

-SERIE TRIGONOMETRICA DE FOURIER .

El otro grupo ortogonal lo forman las funciones $\cos n\omega_0 t$ y $\sin n\omega_0 t$ para $n = 0, 1, 2, \dots$, por lo que podemos representar $f(t)$ en el intervalo $(t, t+T)$ de otra manera, esto es :

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t \text{ --2.3}$$

La expresión 2.3 es la Serie Trigonométrica de Fourier y los coeficientes a_0, a_n y b_n se obtienen :

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt = F_0 \quad \text{valor promedio de } f(t) \text{ en el intervalo } (t_0, t_0+T)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \cos n\omega_0 t dt \quad \text{-----2.4}$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \sin n\omega_0 t dt \quad \text{-----2.5}$$

o de la forma compacta de la serie trigonométrica :

$$f(t) = C_0 + \sum C_n (\cos n\omega_0 t + \theta) \quad \text{donde :}$$

$$C_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} \quad \text{----- 2.6}$$

$$\theta = \text{ang tan } (b_n/a_n) \quad \text{----- 2.7}$$

Ya que n solo toma valores enteros, el espectro es discreto y el espaciamiento entre líneas espectrales es $\omega_0 = 2\pi / T$.

Si f(t) es periódica, la representación obtenida es válida para todo el intervalo $(-\infty, \infty)$. Sin embargo, si f(t) es aperiódica, la serie de Fourier fuera del intervalo (t_0, t_0+T) no necesariamente es válida.

El mejor de los casos es poder representar cualquier f(t) en todo el intervalo $-\infty$ a ∞ .

Por otro lado si el periodo $T \rightarrow \infty$, se cumple que $\omega_0 = 2\pi/T$ y la separación entre componentes espectrales (ω_0) se reduce; en el límite cuando $T \rightarrow \infty$ el espectro se hace muy denso y, de una representación discreta, se convierte en un espectro continuo.

- TRANSFORMADA DE FOURIER .

Para tener una representación de la señal f(t) en todo el intervalo $(-\infty, \infty)$ en términos de la suma continua de exponenciales complejas $\exp(j\omega t)$, es necesario generar una nueva función $f_1(t)$ periódica a partir de f(t); definida en el intervalo finito $(-T/2, T/2)$ podemos obtener su serie exponencial; pero haciendo que $T \rightarrow \infty$, provocamos que el número de armónicas crezca ilimitadamente y por lo tanto $n\omega_0$ se convierte en variable continua. Haciendo los siguientes cambios :

$$\omega = n\omega_0 \quad \Delta\omega = 2\pi/T = d\omega \quad \text{y} \quad F(\omega) = T F_n; \text{obtenemos:}$$

$$F(w) = \mathcal{F}\{f(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad \text{---2.8 transformada Directa de Fourier}$$

$$f(t) = \mathcal{F}^{-1}\{F(w)\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{j\omega t} dt \quad \text{---2.9 transformada Inversa de Fourier}$$

Un par de transformadas que en caso de existir son únicas para una función $f(t)$.

No todas las funciones del tiempo tienen transformada; para estar seguros de ello debemos ver si:

$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)| dt$ es calculable y finita; de ser así, aseguramos que $\mathcal{F}\{f(t)\}$ existe, aunque esto no es una condición necesaria, solo suficiente.

Como un ejemplo de lo anterior, la función:

$f(t) = A \cos Wt$ no tiene transformada, ya que $\int_{-\infty}^{\infty} A \cos Wt / dt$ es infinita.

Para poder calcular $\mathcal{F}\{A \cos Wt\}$ se recurre al artificio de "engañar" a la fórmula diciéndole que solo vamos a calcular la transformada de una porción del coseno, de duración τ y luego hacemos que $\tau \rightarrow \infty$.

Entonces:

$$\mathcal{F}\{A \cos Wt\} = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} A \cos Wt e^{-j\omega t} dt$$

queda como resultado:

$$\mathcal{F}\{A \cos Wt\} = A \pi [\delta(\omega+W) + \delta(\omega-W)]$$

y lo mismo se puede hacer con la función seno.

-Transformada de una función Periódica.

Si $f(t)$ es periódica y perpetua, puede ser expresada como suma de senos y cosenos:

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \cos(n\omega t + \theta) \quad \text{y entonces:}$$

$$\mathcal{F}\{f(t)\} = \sum_{n=0}^{\infty} \mathcal{F}\{C_n \cos(n\omega t + \theta)\}$$

la cual nos dará un espectro de líneas cuyas alturas están dadas por los valores de C_n .

DENSIDAD ESPECTRAL DE ENERGIA Y DE POTENCIA.

Un parámetro útil de cualquier señal $f(t)$ es sin duda la energía o la potencia contenida en ella.

Este dato es importante ya que en una transmisión, determina el alcance y ancho de banda de nuestra señal.

Sabemos que una señal $f(t)$ en el intervalo (t_1, t_2) tiene como transformada a $F(w)$ en el dominio de la frecuencia

y que matemáticamente se ubica en el intervalo $(-\infty, \infty)$.

Física y técnicamente se espera un óptimo aprovechamiento del espectro electromagnético y una señal como la mencionada, no contribuiría a lograr dicha finalidad ya que no dejaría espacio en el espectro para otras señales.

En ese caso se recurre a la Densidad Espectral de Potencia (D.E.P.) para reducir el ancho de banda (BW) de la señal, de $(-\infty, \infty)$ al intervalo $(-W_1, W_1)$ y así poder transmitir y multiplexar.

Un criterio a seguir es:

si $\int_{-W_1}^{W_1} \text{DEP} \, dw = 0.95 \int_{-\infty}^{\infty} \text{DEP} \, dw$, entonces se garantiza que

el rango $(-W_1, W_1)$ es el mínimo indispensable (o de frecuencias nominales) para transmitir sin perder información.

Por ello es importante el conocimiento de la densidad espectral de energía y de potencia; y por medio del análisis, conoceremos su distribución en el dominio de la frecuencia.

-Energía Normalizada y Potencia Normalizada.

Si aplicamos un voltaje o hacemos circular una corriente $f(t)$ en una resistencia de un ohm, entonces la energía o la potencia obtenida son a valor normalizado.

-DENSIDAD ESPECTRAL DE ENERGIA .

La energía normalizada de una señal $f(t)$, viene expresada por

$$\text{Energía } E = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 \, dt$$

$$\text{si } f(t) \text{ es real } E = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) \, dt$$

$$\text{Si } f(t) \text{ es compleja: } f(t) = a + jb$$

$$f^*(t) = a - jb$$

$$\text{por lo tanto } f(t)f^*(t) = (a+jb)(a-jb) = a^2 + b^2$$

$$\text{finalmente } |f(t)|^2 = a^2 + b^2 = f(t)f^*(t)$$

$$\text{Entonces } E = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(t)f(t) \, dt$$

para pasarnos al dominio de la frecuencia, recordemos que:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{j\omega t} dw = f(t) \text{ entonces:}$$

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{j\omega t} dw \right]^* dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F^*(w) \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt dw$$

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F^*(w) F(w) dw = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)|^2 dw$$

Si definimos $Y_w(w) = |F(w)|^2$ como la Densidad Espectral de Energía, entonces:

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} Y_w(w) dw. \quad \dots 2.10$$

La ecuación número 2.10 expresa la energía de $f(t)$ en términos del espectro continuo de frecuencia, donde la energía de $f(t)$ está dada por el área bajo la curva $|F(w)|^2 / 2\pi$ y nos representa la aportación de energía de las componentes espectrales positivas y negativas que contiene $f(t)$.

Por ello $|F(w)|^2$ se llama Densidad Espectral de Energía y se expresa en unidades de energía por unidad de frecuencia.

La teoría anterior es aplicable si y solo si la energía de $f(t)$ es finita y en tal caso, a $f(t)$ se le conoce como señal de energía.

-DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA .

Hay señales por ejemplo las periódicas que tienen energía infinita ($E \rightarrow \infty$) y aunque el concepto de energía -para este caso-, carece de sentido; el valor promedio en el tiempo, puede ser finito.

Este promedio es la potencia media y a tales señales se les conoce como "señales de potencia". La potencia promedio o simplemente potencia se define como:

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt$$

limitando $f(t)$, tenemos $f(t) = f_T(t)$ para $-T/2 < t < T/2$

$\mathcal{F}\{f_T(t)\} = F_T(w)$ y la potencia media queda como:

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f_T(t)^2 dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi T} \int_{-\infty}^{\infty} |F_T(\omega)|^2 d\omega$$

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|F_T(\omega)|^2}{T} d\omega$$

y definimos la función Densidad Espectral de Potencia como :

$$S_P(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|F_T(\omega)|^2}{T} \quad \text{-----2.13}$$

La expresión 2.13 nos describe la distribución de la potencia de las componentes en la frecuencia .

La serie exponencial de Fourier de una señal periódica $f(t)$ es :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_0 t} \quad ; \text{ahora aplicando el teorema de Parseval:}$$

$$\int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |F_n|^2 T \quad \text{ó} \quad 1/T \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt = \sum_{n \neq 0} |F_n|^2$$

Esta última expresión nos indica que la potencia de una señal periódica es igual a la potencia acumulada de cada armónica que constituye el espectro discreto y la suma todas ellas , nos dará la Potencia Total .

La densidad espectral de potencia de una señal aperiódica es continua (ver ecuación 2.13) .

Pero en ambos casos , la densidad espectral de potencia indica la contribución relativa de potencia , a diversas frecuencias y tiene como unidad watt/Hz; esto es , la aportación de potencia por unidad de frecuencia .

Como se menciona en un párrafo anterior, esta última expresión se halla en el dominio de la frecuencia, esto es , la Densidad Espectral de Potencia.

Ahora nos interesa encontrar la función de $f(t)$ que corresponda a $S_P(\omega)$; para encontrarla aplicamos la transformada inversa de $S_P(\omega)$.

$$F^{-1} [S_P(\omega)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_P(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{F_T(\omega)/T}{T} e^{j\omega t} d\omega$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi T} \int_{-\infty}^{\infty} F_T(\omega) F_T^*(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Si $F_T^*(\omega) = \left[\int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-j\omega t} dt \right]^* = \int_{-T/2}^{T/2} f^*(t) e^{j\omega t} dt$
 sustituyendo:

$$F^{-1}[S_r(\omega)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T 2\pi} \int_{-T/2}^{T/2} \left[\int_{-T/2}^{T/2} f(t_1) e^{-j\omega t_1} dt_1 \int_{-T/2}^{T/2} f^*(t) e^{j\omega t} dt \right] e^{j\omega t} d\omega$$

reacomodando términos:

$$F^{-1}[S_r(\omega)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^*(t) \int_{-T/2}^{T/2} f(t_1) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j\omega(t-t_1+t)} dt_1 d\omega$$

pero:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j\omega(t-t_1+t)} d\omega = \delta(t-t_1+t)$$

entonces:

$$F^{-1}[S_r(\omega)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^*(t) \int_{-T/2}^{T/2} f(t_1) \delta(t-t_1+t) dt_1 dt$$

Pero: $\int_{-T/2}^{T/2} f(t_1) \delta(t-t_1+t) dt_1 = f(t+t)$ entonces:

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^*(t) f(t+t) dt$$

si $f(t)$ es real, entonces $f(t) = f^*(t)$ y por lo tanto:

$$F^{-1}[S_r(\omega)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) f(t+t) dt = R_r(\phi)$$

$R_r(\phi)$ recibe el nombre de Autocorrelación.

Del análisis anterior se concluye que la densidad espectral de Potencia tiene su contraparte en el dominio del tiempo, en la Autocorrelación.

Dicho de otra forma, la Transformada de Fourier de la Autocorrelación es la Densidad Espectral de Potencia.

$$\mathcal{F}\{R_r(\phi)\} \Leftrightarrow S_r(\omega) \quad \text{o} \quad \mathcal{F}^{-1}\{S_r(\omega)\} = R_r(\phi)$$

forman un par de transformadas.

-ANÁLISIS ESPECTRAL DE SISTEMAS LINEALES .

Un sistema lineal es aquel que cumple con las propiedades de superposición y homogeneidad. Esto es, si aplicamos al sistema entradas independientes (x_1, x_2, \dots, x_n) , la respuesta será y_1, y_2, \dots, y_n respectivamente, entonces al aplicar la suma de las entradas independientes, la respuesta del sistema a la salida es la suma de las respuestas independientes (Propiedad de Superposición). En caso de afectar la entrada por alguna constante arbitraria, la salida se ve afectada por la misma constante (Propiedad de Homogeneidad).

Si además los parámetros del sistema no cambian con el tiempo, el sistema es Lineal e invariante en el tiempo y es el que analizaremos .

-RESPUESTA A LA FRECUENCIA .

La transformación que sufre la señal de entrada $f(t)$ a un sistema se halla en función de la característica del sistema la cual denotaremos por $h(t)$.

Sea $f(t)$ la entrada, su transformada es $F(w)$; la respuesta $r(t)$ tiene como transformada a $R(w)$ y la transformada de la ecuación característica del sistema $h(t)$ es $H(w)$, entonces :

$R(w) = H(w)F(w)$ ----2.14 y despejando $H(w)$ tenemos :

$$H(w) = \frac{R(w)}{F(w)} \text{ ----2.15 .}$$

donde $H(w)$ es conocida como Función de Transferencia del sistema (se halla en dominio de la frecuencia) y solo depende de las características del sistema.

Una aplicación importante de la ecuación 2.14 es que nos permite conocer la respuesta del sistema al aplicar una entrada $f(t)$.

Para obtener $H(w)$ experimentalmente, se puede usar un dispositivo conocido como generador de barrido que produce una onda senoidal cuya frecuencia puede hacerse variar dentro de un rango predeterminado. Para cada uno de esos valores de frecuencia, el cociente V_{out}/V_{in} nos dará un punto de la gráfica de la función de transferencia $H(w)$.

En la gráfica de la figura 2.1 se puede ver la respuesta a la frecuencia de un filtro paso bajo LC.

-RESPUESTA AL IMPULSO .

Si $f(t)$ es un impulso $f(t)=\delta(t)$, la transformada del impulso es $F(\omega)=1$. Esto es, una función que existe para todas las frecuencias con valor unitario y al sustituir en la ecuación 2.15, tenemos :

$$H(\omega) = \frac{R(\omega)}{F(\omega)} = \frac{R(\omega)}{1} \quad \text{y por lo tanto } H(\omega) = R(\omega) .$$

Esta igualdad es particularmente importante, ya que nos indica que la respuesta al impulso de un sistema es igual a la función de transferencia del sistema.

$R(\omega)$ se obtiene de $r(t)$ [$R(\omega) = \mathcal{F}\{r(t)\}$] y $r(t)$ se obtiene de un osciloscopio excitando el circuito incógnita con un "casi" impulso. Al transferir $r(t)$ al papel o a un dispositivo de cómputo, podemos obtener su transformada [$R(\omega)$] y sacar así, su función de transferencia $H(\omega)$.

-RESPUESTA A OTRAS EXCITACIONES .

El conocer la característica en el tiempo o en la frecuencia del sistema, nos facilita el trabajo de conocer la salida para cualquier excitación de entrada; ya que en todo momento se cumple

$$H(\omega) = \frac{R(\omega)}{F(\omega)}$$

Físicamente conociendo $f(t)$, obtenemos $F(\omega)$; de la señal de salida $r(t)$ observada en el osciloscopio, $R(\omega)$; y al sustituirla en la ecuación anterior podemos conocer $H(\omega)$.

Pero el mejor de los casos para hallar la función de transferencia $H(\omega)$ es preferente emplear una $f(t)$ tal que su $F(\omega)$ contenga todas las frecuencias; el Impulso o el Ruido blanco, así como el escalón unitario son señales muy útiles para el análisis experimental de dispositivos eléctricos o electrónicos ya que contiene todas las frecuencias.

La respuesta al impulso es la más efectiva de las pruebas, si se reúnen ciertas condiciones:

- 1.- los pulsos deben ser lo más delgado posible .
- 2.- la separación entre pulsos debe ser tal que la respuesta del circuito a uno de ellos haya decaído a cero antes de que el siguiente pulso excite al circuito.
- 3.- la altura de los pulsos debe ser tal que no dañe ni sature al circuito que se prueba.

La respuesta a una excitación escalón debe realizarse con un osciloscopio de memoria ya que si un escalón se vuelve repetitivo, se convierte en pulsos, es por eso que la respuesta al escalón se debe almacenar en memoria para su posterior procesamiento.

La respuesta al ruido blanco proporciona gráficas muy "arrugadas" por lo que solo es factible su uso cuando no se requieren mediciones de precisión. Por otra parte, el ruido blanco es una señal "suave" que no satura ni daña a los circuitos, a menos que se empleen grandes voltajes.

En las siguientes páginas se presentan los diagramas de conexión y las gráficas obtenidas para las pruebas realizadas a un filtro paso bajo LC.

Analizando las curvas obtenidas podemos decir que la que se considera como patrón de comparación es la obtenida con los dos voltímetros y con respecto a ella, las demás curvas guardan bastante similitud aunque en el caso de la obtenida con ruido blanco, hay que usar bastante la imaginación para percibir la semejanza,

RESPUESTA AL IMPULSO.

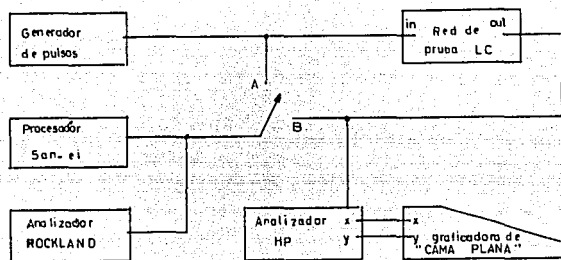


fig. 2.1.a Diagrama de conexión para Respuesta al Impulso.

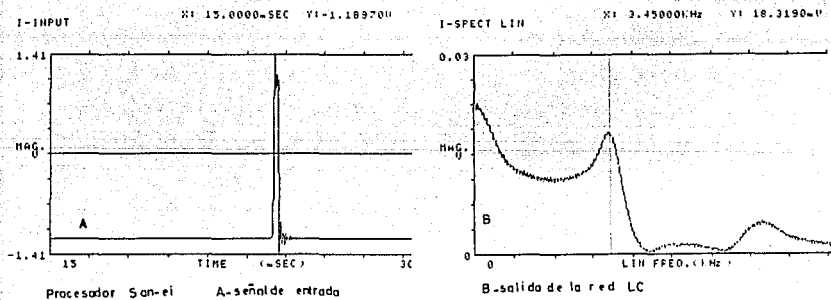
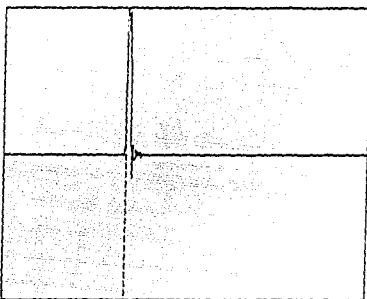


fig. 2.1.b Gráficas obtenidas.

\NSFILE.000
 FILE# 00
 2.50E+0 VPK

MEMORY

ID# 0000
 15.5E-3 SEC



CAL | CURSOR T: 5.20E-3 | 02-02-90
 Volts | A: 2.50E+0 | 17:13:06

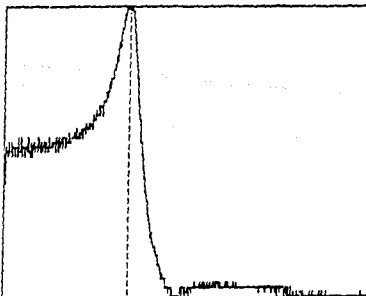
A. - señal de entrada

STATUS	FUNCTION
INST TIME	HORZ UNITS
5 VP-P 10 MHz	VERT UNITS
AVG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT↑ +1/4FS	GAIN DOWN
FILE# 00 ID# 0000 02-02-90 17:13:06	CURSOR
	HARMONIC
	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLOT
	QUIT

\NSFILE.001
 FILE# 01
 55.2E-3 VRMS LN G

MEMORY

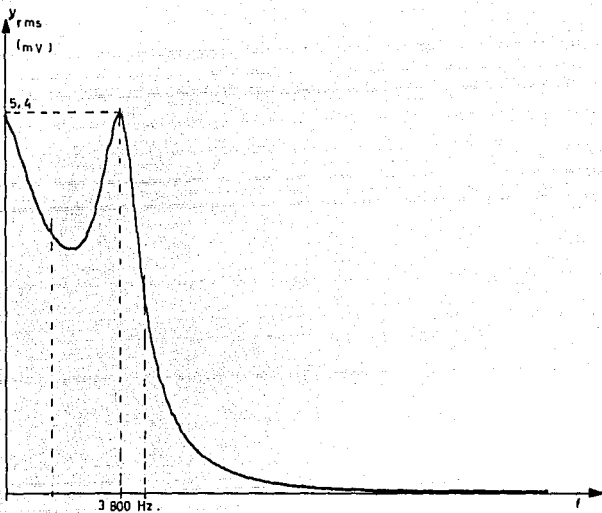
ID# 0000
 10000. Hz



CAL | CURSOR F: 3450.0 | 02-02-90
 Volts | A: 57.0E-3 | 17:14:50

B. - salida de la red LC.

STATUS	FUNCTION
INST SPECT	HORZ UNITS
10 VP-P 10 MHz	VERT UNITS
AVG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT↑ +1/4FS	GAIN DOWN
FILE# 01 ID# 0000 02-02-90 17:14:50	CURSOR
	HARMONIC
	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLOT
	QUIT



Analizador Hewlett Packard (HP) y graficadora.

Salida de la red LC

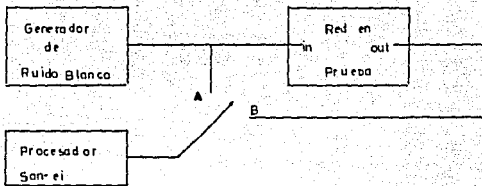
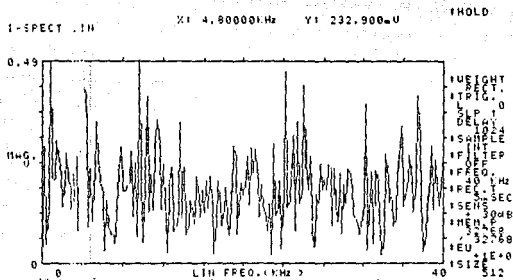


fig.2.1.c Diagrama de conexión para Ruido Blanco.



A

A señal de entrada.

B salida de la red LC.

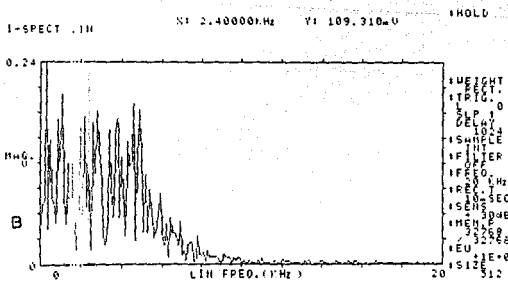


fig. 2.1.d Gráfica obtenida .

RESPUESTA A LA FRECUENCIA.

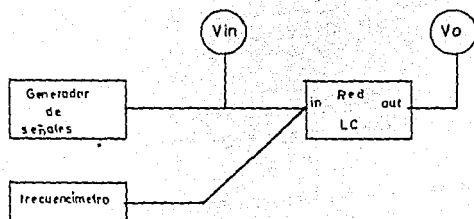


fig. 2.1.e Diagrama de conexión para Respuesta en frecuencia.

f Hz	V_{in} Volts	V_o Volts	V_o/V_{in}
OCTAVAS	Volts	Volts	—
100	5.07	5.06	0.998
200	5.06	5.06	1.0
400	5.08	5.1	1.004
800	5.15	5.5	1.067
1600	5.05	6.32	1.25
3200	3.53	7.1	2.011
6400	4.95	2.1	0.424
12800	4.78	0.38	0.079
25600	3.87	0.075	0.019
51200	2.67	0.0125	0.0017

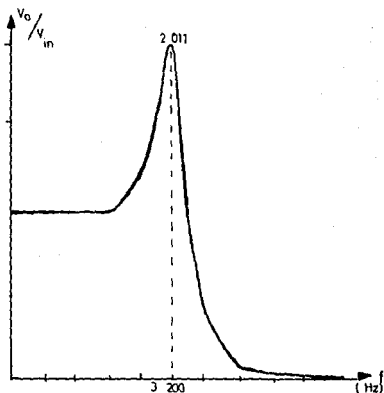


fig. 2.1.f Gráficas obtenidas.

CAPITULO TRES

- TEORIA DE LAS TRANSFORMADAS DISCRETA Y RAPIDA DE FOURIER .
- 3.1 INTRODUCCION .
 - 3.2 VENTANA Y MUESTREO .
 - 3.3 TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER (DFT).
 - 3.3.1 UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA DFT .
 - 3.3.2 RELACION DE LA DFT CON LA TRANSFORMADA INTEGRAL DE FOURIER .
 - 3.4 TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER (FFT) .
 - 3.4.1 PROPIEDADES DE LA FFT .
 - 3.4.2 UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA FFT.
 - 3.5 APLICACIONES .

TEORIA DE LA TRANSFORMADA DISCRETA Y RAPIDA DE FOURIER .

El capítulo anterior nos permitió recordar que para funciones periódicas el espectro se obtiene con la serie trigonométrica o exponencial de Fourier ; para funciones aperiódicas, la transformada de Fourier nos dice su contenido espectral.

Debido a que una integral definida puede ser calculada por métodos numéricos, existe una técnica llamada Transformada Discreta de Fourier que puede llevar a cabo una computadora . Esta técnica es sumamente útil cuando la $f(t)$ que deseamos transformar no está definida por una expresión matemática sino que fué obtenida con algún transductor o dispositivo de graficación, como por ejemplo un micrófono o un electrocardiógrafo .

Existen en la literatura técnica muchos procedimientos para computar la transformada discreta e inclusive se han optimizado, reduciendo el número de operaciones de cálculo lo que ha dado lugar a lo que se llama Transformada Rápida de Fourier (FFT) .

Tanto la DFT como la FFT operan en secuencias finitas y definidas solo para valores discretos en un espacio uniforme de tiempo.

Antes de continuar se definirán los dos conceptos fundamentales de conversión analógica-digital : la Ventana y el Muestreo .

-VENTANA Y MUESTREO .

- Ventana .

Sea $f(t)$ una función cualquiera de tiempo que se extiende desde $-\infty$ a ∞ . Se dice que $f(t)$ se pasa a través de una ventana cuando se considera que solo existe en un intervalo de T seg . Este proceso de que en inglés se conoce como "Windowing" no tiene un nombre en español aunque incorrectamente, se dice "Ventanear" .

La limitación en el tiempo puede hacerse de varias formas ; una de ellas es multiplicar la $f(t)$ por una función rectángulo de amplitud unitaria , que existe en el intervalo (t_1, t_2) , esto es :

$$f_T = \begin{cases} f(t) & t_1 < t < t_2 \\ 0 & \text{Cualquier otro valor} \end{cases}$$



FIG. 3.1

-Muestreo .

Ahora si de la función "ventaneada" en el intervalo (t_1, t_2) se toman N muestras a cada Δt segundos, la resultante es un conjunto de muestras discretas que existe en cada Δt segundos dentro del intervalo .

Esto se logra al multiplicar $f_T(t)$ por un tren de pulsos de amplitud unitaria ; donde la resultante es otro tren de pulsos de altura proporcional de la función $f_T(t)$ en el instante en que fué tomada la muestra; esto es , cada impulso existe para un punto discreto en el tiempo .

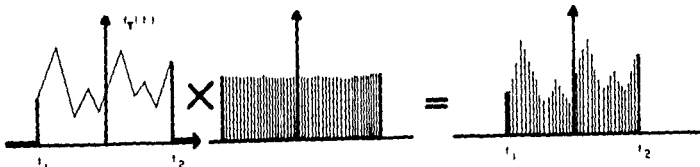


FIG. 3.2

Por último , los valores que asumen las muestras dentro de intervalo (t_1, t_2) son presentados en forma tabulada para ser procesados por computadora .

-Tipos de Ventanas .

En la explicación anterior empleamos la ventana rectangular de amplitud unitaria que existe en el intervalo (t_1, t_2) .

La selección del intervalo $t_1 \leq t \leq t_2$ es de gran influencia en el resultado del proceso ; el criterio más sencillo es determinar el ancho de la ventana de forma que abarque un número entero de ciclos de la señal $f(t)$.

Sin embargo otro camino consiste en reducir las discontinuidades de los bordes de la ventana y esto se logra empleando otro tipo de ventana.

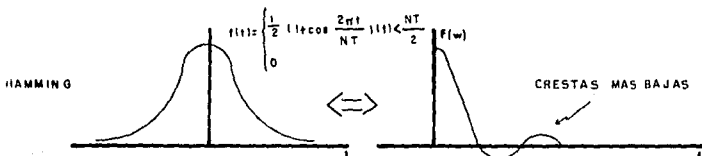


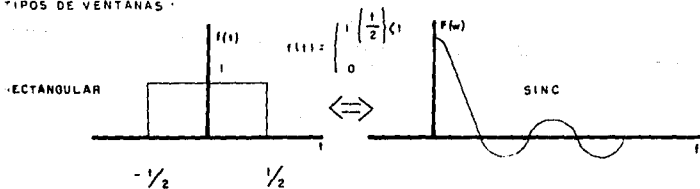
FIG. 3 3

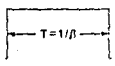
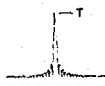

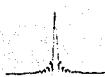

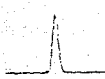

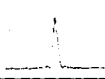

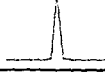
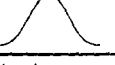
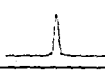
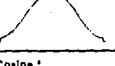

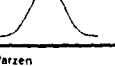
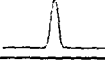
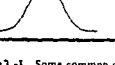
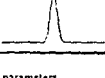
Las ventanas más empleadas se muestran en la tabla

3.1

Como se pudo observar , existen varias formas o tipos de ventanas y de muestras; sin embargo la comúnmente empleada es la Ventana Rectangular y el muestreo a espacios equidistantes.

TIPOS DE VENTANAS .



Unity Amplitude Window	Shape Equation	Frequency Domain Magnitude	M _r or Lebe Height	Highest Side Lobe (dB)	Bandwidth (3 dB)	Theoretical Roll-Off (dB/Octave)
Rectangle 	$A = 1$ for $t = 0$ to T		T	-13.2	0.86β	6
Extended Cosine Bell 	$A = 0.5(1 - \cos 2\pi 5t/T)$ for $t = 0$ to $T/10$ and $t = 9T/10$ to T $A = 1$ for $t = T/10$ to $9T/10$		$0.9 T$	-13.5	0.95β	18 (beyond 5β)
Half Cycle Sine 	$A = \sin 2\pi 0.5t/T$ for $t = 0$ to T		$0.64 T$	-22.4	1.15β	12
Triangle 	$A = 2t/T$ for $t = 0$ to $T/2$ $A = 2(T-t)/T$ for $t = T/2$ to T		$0.5 T$	26.7	1.27β	12
Cosine ² (Hanning) 	$A = 0.5(1 - \cos 2\pi t/T)$ for $t = 0$ to T		$0.5 T$	-31.6	1.39β	18
Half Cycle Sine ² 	$A = \sin^2 2\pi 0.5t/T$ for $t = 0$ to T		$0.42 T$	-39.5	1.61β	24
Hamming 	$A = 0.08 + 0.46(1 - \cos 2\pi t/T)$ for $t = 0$ to T		$0.54 T$	-41.9	1.26β	6 (beyond 5β)
Cosine ⁴ 	$A = (0.5(1 - \cos 2\pi t/T))^2$ for $t = 0$ to T		$0.36 T$	-46.9	1.79β	30
Parzen 	$A = 1 - 6(2t/T - 1)^2 + 6(2t/T - 1)^3$ for $t = T/4$ to $3T/4$ $A = 2(1 - (2t/T - 1)^2)^2$ for $t = 0$ to $T/4$ and $t = 3T/4$ to T		$0.37 T$	-53.2	1.81β	24

C1754-79

Table 3-1 Some common data windows and their frequency-domain parameters.

-TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER (DFT).

Como se mencionó al principio de este capítulo, la Transformada Discreta de Fourier (DFT) es otra forma de representar la función $f(t)$ e igual que su contraparte analógica, la Transformada de Fourier; la DFT nos permite definir una secuencia de N muestras complejas en el dominio de la frecuencia.

-Nomenclatura.

Sea $x(t)$ una función limitada en el tiempo dentro del intervalo $T = (t_1, t_2)$ de la cual se toman N muestras equiespaciadas Δt segundos, esto es:

N = número de muestras a tomar.

Δt = intervalo de tiempo entre muestras.

$N \Delta t$ = el tamaño de la ventana.

n = indica el tiempo de la muestra donde $n=0,1,2,\dots,N-1$

$x(n \Delta t)$ = es el valor de la n -ésima muestra o sea $x(n)$.

Para transformar la función muestreada y tabulada en el tiempo al dominio de la frecuencia, se recurre a la aplicación de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) que viene dada por:

$$X_d(k \Delta f) = \Delta t \sum_{n=0}^{N-1} x(n \Delta t) e^{-j2\pi k \Delta f n \Delta t} \quad \text{----3.1}$$

válida para $0 \leq k \leq N-1$.

donde:

k = indica la componente de frecuencia discreta $k=0,1,2,\dots,N-1$

Δk = intervalo entre muestras en el dominio de la frecuencia.

$X_d(k \Delta f)$ es la altura de la k -ésima componente espectral.

La ecuación 3.1 nos permite trasladar un conjunto de muestras en el tiempo a un conjunto de muestras en el dominio de la frecuencia.

Para el caso en que se conozca el conjunto de muestras en la frecuencia y quisieramos trasladarlo al dominio del tiempo, se recurre a la Transformada Inversa Discreta de Fourier o IDFT que viene dada por:

$$x(n \Delta t) = \Delta f \sum_{k=0}^{N-1} X_d(k \Delta f) e^{j2\pi k \Delta f n \Delta t} \quad \text{----3.2}$$

las expresiones 3.1 y 3.2 forman par exacto de transformadas.

Para el caso en que $\Delta t=1$, entonces $\Delta f=1/N$ y obtenemos la forma más común de la DFT y de su inversa IDFT:

$$\text{DFT} = X_d(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi kn/N} \quad \text{---3.3}$$

$$\text{IDFT} = x(n) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} X_d(k) e^{j2\pi kn/N} \quad \text{---3.4}$$

donde $1/N$ es el factor de escala .

Por conveniencia computacional, se recurre a la identidad de Euler ($e^{j\theta} = \cos \theta + j \text{sen} \theta$) para cambiar la exponencial compleja de la expresión 18 y 19 como se muestra :

$$\text{DFT} = X_d(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \left[\frac{\cos 2\pi kn}{N} - j \frac{\text{sen } 2\pi kn}{N} \right] \quad \text{--- 3.5}$$

$$\text{IDFT} = x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X_d(k) \left[\frac{\cos 2\pi kn}{N} + j \frac{\text{sen } 2\pi kn}{N} \right] \quad \text{---3.6}$$

Teniendo el desarrollo de las expresiones 3.5 y 3.6, la operación por computadora de la DFT para cualquier forma de onda es bastante sencilla .

Los valores $x(n)$ son tomados directamente de la tabulación y un programa de computadora para la DFT es fácil ; aunque el proceso es repetitivo , es computable . Como se observa se requieren N^2 operaciones para calcular los N coeficientes $X_d(k)$ de la DFT ; donde $x(0)$ corresponde al valor x en el tiempo 0 ; $x(1)$ al valor de x en $t=1$ y así , sucesivamente hasta los N valores de x .

Cada coeficiente $X_d(k)$ de Fourier es computado por la suma :

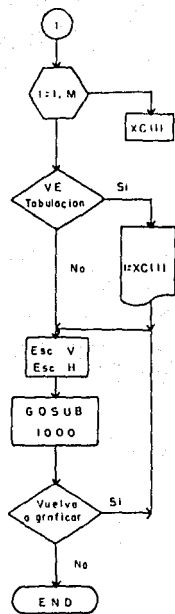
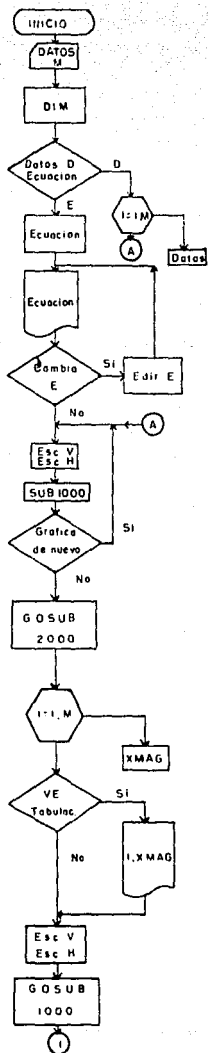
$$X_d(k) = x(n) \left[\frac{\cos 2\pi kn}{N} - j \frac{\text{sen } 2\pi kn}{N} \right] \quad \text{para todos los valores de } n \text{ de } (0.0 \text{ a } N-1) \text{ para cada } k .$$

Esos coeficientes definen la onda en el dominio complejo de la frecuencia de N muestras discretas .

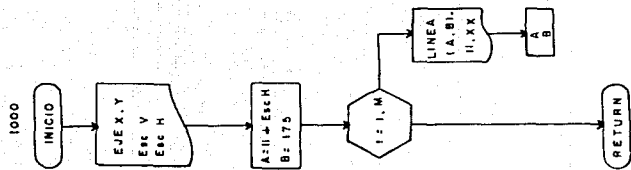
El resultado en conjunto , desde la perspectiva digital , es exactamente una representación de la señal analógica .

UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA DFT.

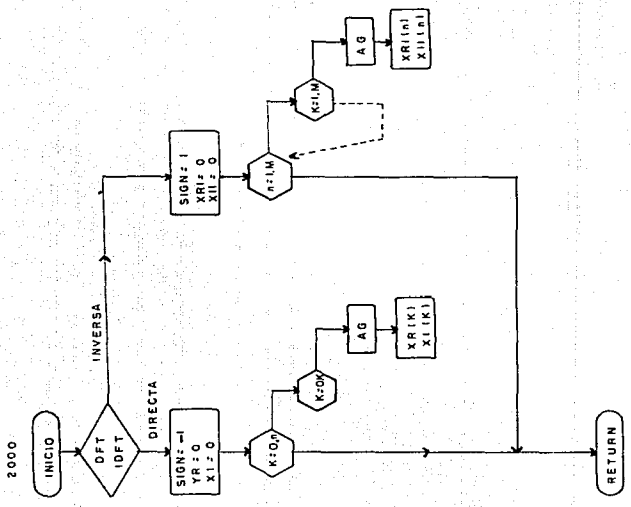
A continuación se muestra un programa y su diagrama de flujo que nos permiten calcular la Transformada Discreta de Fourier o DFT.



SUBROUTINAS



IMPRESION



CALCULO DE LA DFT

```

100 CLEAR
103 CLS:OPTION BASE 0
104 PRINT "PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA DFT o IDFT ":PRINT:PRINT:PRINT
105 INPUT "cuantas muestras o datos quiere"; M
110 DIM X(M),XR(M),XI(M),XMAG(M),XX(M)
122 INPUT "desea introducir datos (d) o ecuacion (e) ";A$
123 IF A$="d" OR A$="D" THEN 212
130 LET PI=3.14159
140 LET X=0:EM=1
145 DEF FNFUN(I)= 1+ COS(2*PI*12.5*.32*I/ M)
150 INPUT "Desea cambiar la funcion (S/N)";A$
152 IF A$="s" OR A$="S" THEN EDIT 145
180 FOR I=0 TO M
190 X(I)=FNFUN(I)
200 XX(I)=X(I)
210 NEXT I
211 GOTO 220
212 DIM D(M)
214 FOR I=0 TO M
215 READ D(I)
216 LET X(I)=D(I) : XX(I)=X(I)
217 PRINT I,D(I)
218 NEXT I
220 CLS:INPUT "ampliacion";IN
230 INPUT "incremento en x's";SEPX
240 GOSUB 1000
295 INPUT "Desea volver a graficar S/N";A$
286 IF A$="s" OR A$="S" THEN GOTO 220
287 GOSUB 2000
288 FOR I=0 TO M-1
289 XMAG(I)= SQR( XR(I)^2 + XI(I)^2) : XX(I)=XMAG(I)
300 NEXT I
353 INPUT"desea ver la tabla de valores obtenidos ";A$
354 IF A$="N" OR A$="n" THEN 550
354 PRINT "los valores tabulados son"
365 PRINT "Index","f(t)","XMAG - DFT"
370 FOR I=0 TO M-1
380 PRINT I,X(I),XMAG(I)
390 NEXT I
450 INPUT "ampliacion";IN
460 INPUT "separacion en f's";SEPX
470 GOSUB 1000
571 INPUT "desea volver a graficar (s/n)"; A$
573 IF A$="s" OR A$="S" THEN 550
575 DIM XTR(M),XTI(M),XC(M)
590 GOSUB 2000
590 FOR I=0 TO M-1
600 LET XC(I)= SQR(XTR(I)^2 + XTI(I)^2) *1000/M
610 XX(I)=XC(I)
620 NEXT I
625 INPUT"desea ver la tabla de valores obtenidos ";A$
626 IF A$="N" OR A$="n" THEN 790
630 PRINT "los resultados de la inversa es"
640 PRINT "i"," xdf(t)"," f(t)"," fc(t)"
650 FOR I= 0 TO M-1
660 PRINT I;XMAG(I),X(I),XC(I)

```



```

770 NEXT I
790 INPUT "ampliacion";IN
800 INPUT "separacion en x's";SEPX
810 GOSUB 1000
811 INPUT "desea volver a graficar (s/n)" ; A$
813 IF A$="s" OR A$="S" THEN 790
820 END
1000 ' subrutina de graficacion
1010 KEY OFF:CLS:SCREEN 2
1020 LINE (5,10)-(5,400):LINE (3,175)-(500,175)
1025 PRINT TAB(12);"Esc H";SEPX,"Esc V";IN
1030 II=5
1035 A=II*SEPX :B=175
1040 FOR I=0 TO M -1
1050 II=II*SEPX
1060 XXI=175-XX(1)*IN
1070 LINE (A,B)-(II,XXI)
1075 A=II :B=XXI
1080 NEXT I
1090 RETURN
2000 ' subrutina para el calculo de la DFT o iDFT
2287 INPUT "es una transformada Directa(d) o Inversa(i)";A$
2289 IF A$="i" OR A$="I" THEN GOTO 2410
2299 SIGN=-1
2300 XR=0 :XI=0
2310 FOR K=0 TO M-1
2320 FOR N=0 TO M-1
2330 LET AG= 2*PI*K*N/M
2340 LET XR(K)= XR(K) + X(N)*COS (AG)/M
2350 LET XI(K)= XI(K) +(SIGN)* X(N)* SIN(AG)/M
2360 NEXT N
2370 NEXT K
2400 RETURN
2410 SIGN= 1
2412 XTR=0 :XTI=0
2414 FOR N=0 TO M-1
2416 FOR K=0 TO M-1
2417 LET AG= 2*PI*K*N/M
2418 LET XTR(N)= XTR(N) + XMAG(K)*COS (AG)/M
2419 LET XTI(N)= XTI(N) +(SIGN)* XMAG(K)* SIN(AG)/M
2420 NEXT K
2422 NEXT N
2430 RETURN

```

-RELACION DE LA TRANSFORMADA DISCRETA (DFT) CON LA TRANSFORMADA INTEGRAL DE FOURIER .

Si acotamos $(0, t_1)$ una función cualquiera del tiempo $f(t)$, su transformada integral se obtiene de la ecuación 8:

$$F(\omega) = \int_0^{t_1} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

haciendo el conveniente cambio de variables de :

$$t = nT$$

$$dt = T$$

$$\omega = 2\pi k \Delta f \quad \text{entonces:}$$

$$F(\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) T e^{-j2\pi k \Delta f n T}$$

reacomodando términos :

$$F(\omega) = T \left[\sum_{n=0}^{N-1} f(nT) e^{-j2\pi k \Delta f n T} \right] = T F_D(k \Delta f)$$

por lo tanto :

$$F(\omega) = T F_D(k \Delta f)$$

Esta igualdad es válida si y solo si :

- $f(t)$ es truncada limitada en el tiempo dentro del intervalo $(0, NT)$.
- $f(t)$ aparece como una secuencia de N valores equiespaciados lo que denota que los espectros aparecen periódicamente con NT como periodo .
- el intervalo $(0, T)$ se extiende periódicamente produciendo armónicas discretas .

Los coeficientes de la serie integral de Fourier (C_n) se pueden calcular de la DFT si :

$$\frac{C_{\text{discretas}}}{T} = C_n \text{ integral}$$

- TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER (FFT)

Como se mencionó, se requieren N^2 operaciones para calcular los N coeficientes $F_d(k)$ de la DFT; por ello se desarrolló un algoritmo rápido y eficiente para calcular la DFT y conocido como la Transformada Rápida de Fourier (FFT).

La transformada rápida de Fourier (FFT) es un algoritmo rápido para evaluar los coeficientes de la transformada discreta. Las señales continuas periódicas o no, pueden ser "ventaneadas" y muestreadas y proveer valores discretos.

Los datos de las muestras tomadas de la ventana de adquisición pueden ser digitalizados y almacenados para procesamiento posterior y también pueden ser transformados al dominio de la frecuencia por la DFT o por la FFT.

De la ecuación 20 para evaluar la DFT, tenemos :

$$DFT = X_d(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \frac{\cos 2\pi kn}{N} - j \frac{\sin 2\pi kn}{N} \quad \text{---20}$$

y notamos que se requiere de un arreglo en el tiempo $x(n)$ y en la frecuencia nos entrega dos ; uno Real y otro Imaginario .

Por ejemplo en el arreglo A introducimos los valores de las muestras en el dominio del tiempo ; en el B, los valores Reales en frecuencia se almacenan y en C, los valores Imaginarios o podemos incluir una subrutina que nos proporcione los arreglos que muestren los valores en forma polar .

Si recordamos que la conversión de rectangular a polar se hace de la siguiente manera :

$$\text{Magnitud} = D = \sqrt{(\text{Re}^2 + \text{Im}^2)}$$

$$\text{Fase} = \text{ATAN} (\text{Im}/\text{Re})$$

El formato de los resultados dados por la implementación del algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) es el mismo, generalmente requerido para datos en frecuencia o para la inversa de Fourier, en el dominio del tiempo y solo requiere de pequeños cambios en la entrada y salida de la subrutina.

También los arreglos B y C pueden ser transformados al dominio del tiempo y almacenados en el arreglo F para comparar entre la señal original A y su representación (F) obtenida del algoritmo .

- PROPIEDADES IMPORTANTES DE LA FFT .

Para entender y manipular mejor los resultados de la FFT mencionaremos las propiedades importantes .

-Propiedades .

1.- La FFT tiene inversa .

Esta propiedad indica que cualquier señal $f(t)$ que se halle transformada al dominio de la frecuencia ,puede ser transformada al dominio del tiempo básicamente por el mismo algoritmo .Lo anterior permite emplear cualquier dominio para facilidad en las operaciones .

2.- La función transformada a la frecuencia solo tiene parte Real ,si tiene simetría par ó solo parte Imaginaria ,si tiene simetría impar .

3.- Las funciones arbitrarias transformadas a la frecuencia son la suma de la parte Real e Imaginaria .

4.- La transformada rápida de Fourier (FFT) es una transformación lineal ;cumple con los principios de Superposición y homogeneidad .

5.- La escala en el tiempo afecta a la escala en la frecuencia. Esto es,si existe compresión en un dominio habrá expansión en el otro y viceversa .

6.- Un desplazamiento en el tiempo solo afecta a la fase .

7.- Un desplazamiento en la frecuencia ,produce modulación en el dominio del tiempo .

8.- Propiedad de Convolución .

La multiplicación de dos señales en el tiempo,corresponde a una convolución en el dominio de la frecuencia y viceversa.

9.- Propiedad de Correlación .

La correlación de dos señales en el tiempo,corresponde en el dominio de la frecuencia a conjugar la función de una señal y multiplicarla por otra en el mismo dominio de la frecuencia.

10.- La Transformada Rápida de Fourier (FFT) asume periodicidad en todos los casos .

La FFT asume que la ventana de datos se repite con periodos iguales a la ventana del tiempo y así ,hay muchas ventanas extendidas a cualquier lado de la ventana física y cada una es exactamente duplicada a la física .

-UN ALGORITMO PARA COMPUTAR LA FFT .

Diferentes algoritmos de FFT son desarrollados para la evaluación de la DFT pero muchos de ellos operan sobre N muestras donde se cumple $N=2^r$ (r =entero) . A estos se les conocen como "Algoritmos potencia de dos" y son más sencillos y rápidos en la ejecución que otros .

Frecuentemente los más empleados se basan típicamente en los algoritmos de Cooley-Tukey o el de Sande-Tukey .

Ambos difieren básicamente en la organización de la aproximación . Mientras que el algoritmo de Cooley-Tukey usa la aproximación decimal en tiempo ; el de Sande-Tukey emplea la aproximación decimal en frecuencia .

- Algoritmo de Cooley-Tukey .

Puesto que N muestras en el tiempo $x(n)$ resultan en N coeficientes complejos $X_d(k)$ de la DFT , la operación empleada para el cálculo de los mismos requiere de una multiplicación y una suma compleja , lo que al final nos dá N^2 operaciones .

Es posible reducir sustancialmente este número de cálculos al emplear el algoritmo de la FFT de Cooley-Tukey ; si $N=2^m$ y m es entero , entonces descomponemos los $x(n)$ puntos en puntos pares e impares y se evalua $X_d(k)$ como la suma de la DFT de estas subsecuencias .

Es decir si $W_N = e^{-j2\pi/N}$

$$X(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) W_N^{r^k} + \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) W_N^{(2r+1)^k}$$

$$= \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) (W_N^2)^{r^k} + W_N^k \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) (W_N^2)^{r^k}$$

pero si $W_N^2 = e^{-j2\pi/(N/2)} = e^{-j2\pi/(N/2)} = W_{N/2}$ entonces

$$X(k) = \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r) W_{N/2}^{r^k} + W_N^k \sum_{r=0}^{N/2-1} x(2r+1) W_{N/2}^{r^k}$$

$$X(k) = G(k) + W_N^k H(k) \text{ ---- } 22$$

donde $G(k)$ es la DFT de $N/2$ puntos correspondientes a la subsecuencia $x(n)$ numerada en forma Par y $H(k)$ es la DFT de $N/2$ puntos de la subsecuencia $x(n)$ de forma impar .

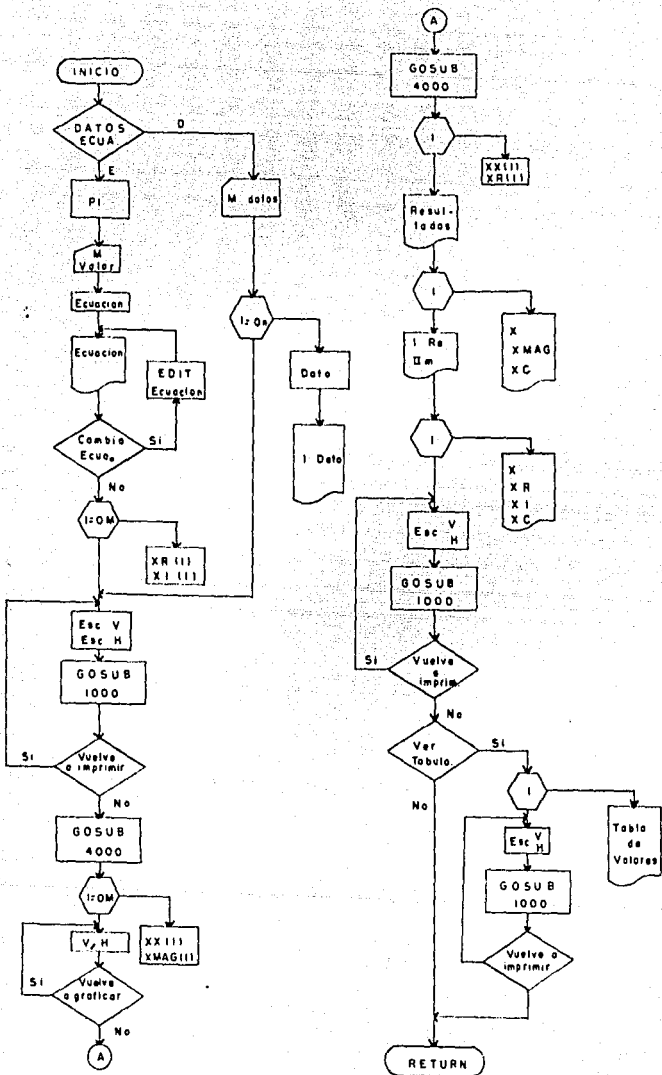
Puesto que $G(k)$ y $H(k)$ son periódicas en $N/2$, dos DFT de $N/2$ puntos requieren ser calculados y mediante $2(N,N/2)$ operaciones complejas se consiguió .

Se pueden realizar varias subsecuencias (M) y combinarlas para formar la DFT de N puntos utilizando MN operaciones.

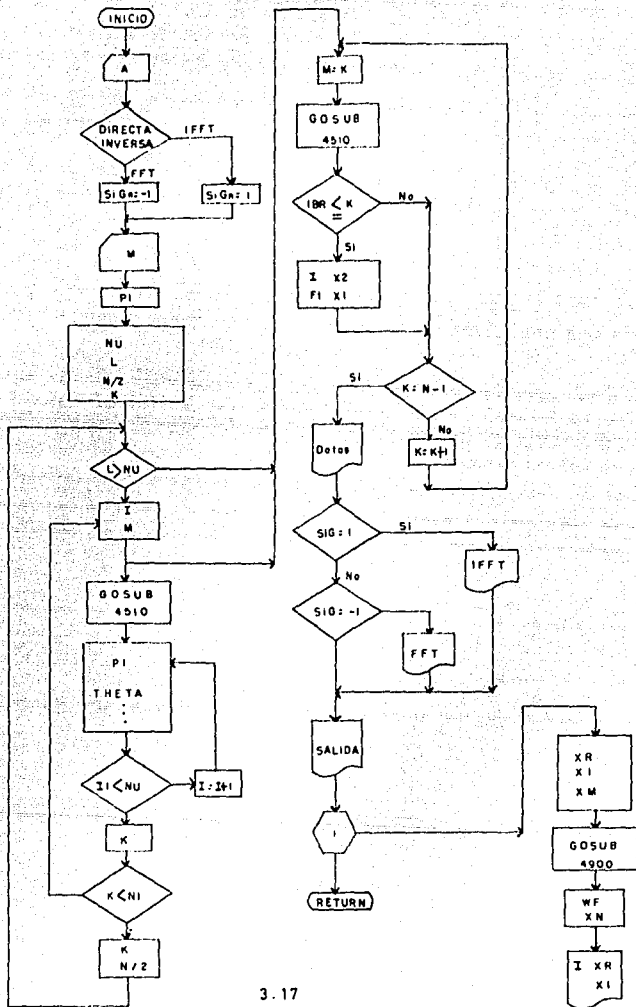
Este es el principio del algoritmo de Cooley-Tukey "decimal en tiempo"

A continuación se muestra un programa y su diagrama de flujo que permiten calcular la Transformada Rápida de Fourier Directa (FFT) e Inversa (IFFT).

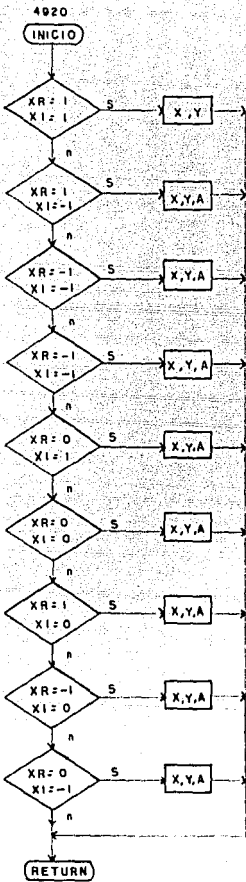
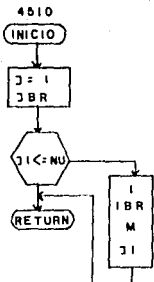
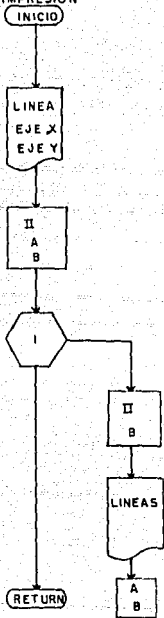
FFT TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER



SUBROUTINA DE CALCULO DE LA IFFT Y FFT



SUBROUTINA DE IMPRESION



```

100 CLEAR
110 CLS:OPTION BASE 0
114 PRINT "ALGORITMO PARA EL CALCULO DE LA FFT o IFFT ":PRINT
115 PRINT "PROGRAMA PARA CALCULAR LA TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER"
116 PRINT TAB(10) " FFT Y SU INVERSA IFFT" :PRINT:PRINT:PRINT
122 INPUT "DESEA INTRODUCIR DATOS (d) O ECUACION (e)";A$
123 IF A$="D" OR A$="d" THEN 212
130 LET P1=3.14159
140 LET X=0
150 INPUT "cuantas muestras quiere =";M
155 DIM X(10*M),XR(10*M),XMAG(10*M),XX(10*M),XC(10*M),X1(10*M),XM(10*M),XA(10)
175 DEF FNFUN(I)= 1 + COS(2*PI*12.5*.32*I/M)
176 INPUT "DESEA CAMBIAR LA ECUACION (s/n)";A$
177 IF A$="S" OR A$="s" THEN EDIT 175
180 FOR I=0 TO M
190 X(I)=FNFUN(I)
200 XX(I)=X(I) :XR(I)=X(I) :X1(I)=0
210 NEXT I
211 GOTO 220
212 INPUT "CUANTOS DATOS DESEA INTRODUCIR";M
213 DIM DATOS(M)
214 FOR I=0 TO M
215 READ DATOS(I)
216 X(I)= DATOS(I) :XX(I)=X(I)
217 PRINT I,"DATO";DATOS(I)
218 NEXT I
220 CLS:INPUT "Escala Vertical";IN
230 INPUT "Escala Horizontal=";SEPX
240 GOSUB 1000
285 INPUT "Desea volver a graficar S/N";A$
286 IF A$="s" OR A$="S" THEN GOTO 220
290 GOSUB 4000
520 FOR I=0 TO N-1
530 XX(I)=XM(I) : XMAG(I)=XM(I)
540 NEXT I
550 CLS:INPUT "Escala Vertical";IN
560 INPUT "Escala Horizontal=";SEPX
561 M = N
570 GOSUB 1000
571 INPUT "desea volver a graficar (s/n)"; A$
573 IF A$="s" OR A$="S" THEN 550
575 INPUT "desea ver la tabla" ; A$
576 IF A$="n" OR A$="N" THEN 620
577 FOR I= 0 TO N-1
578 PRINT I,"MAG";XMAG(I)
579 NEXT I
580 CLS:INPUT "Escala Vertical";IN
581 INPUT "Escala Horizontal=";SEPX
583 M = N
585 GOSUB 1000
586 INPUT "desea volver a graficar (s/n)"; A$
587 IF A$="s" OR A$="S" THEN 580
620 GOSUB 4000
690 FOR I=0 TO N-1
700 XC(I)=XM(I)/N

```

```

710 XX(1)=XC(1)
720 NEXT I
730 PRINT "los resultados de la inversa es"
740 PRINT "["; " xdf", " f(t)", " fct]"
750 FOR I= 0 TO N -1
760 PRINT I;XMAG(I),X(I),XC(I)
770 NEXT I
790 CLS:INPUT "Escala Vertical";IN
800 INPUT "Escala Horizontal=";SEPX
801 M= N
810 GOSUB 1000
811 INPUT "desea volver a graficar (s/n)"; A$
815 IF A$="s" OR A$="S" THEN 790
820 INPUT "desea ver la tabla" ; A$
821 IF A$="n" OR A$="N" THEN 900
822 FOR I= 0 TO N-1
823 PRINT I,"MAG";XC(I)
824 NEXT I
825 CLS:INPUT "Escala Vertical";IN
826 INPUT "Escala Horizontal=";SEPX
827 M = N
828 GOSUB 1000
829 INPUT "desea volver a graficar (s/n)"; A$
830 IF A$="s" OR A$="S" THEN 825
900 END
1000 'subrutina de graficacion
1010 KEY OFF:CLS:SCREEN 2
1020 LINE (5,10)-(5,400):LINE (3,175)-(500,175)
1025 PRINT TAB(12);"Esc H";SEPX,"Esc V";IN
1030 I1=5 :A=I1+SEPX :B=175
1040 FOR I=0 TO M
1050 I1=I1+SEPX
1060 XX1=175-XX(I)*IN
1070 LINE(A,B)-(I1,XX1)
1075 A=I1 :B=XX1
1080 NEXT I
1090 RETURN
0
4000 'subrutina del calculo de la fft o ifft
4002 INPUT "es esta una transformada Inversa (I) o directa (D) " ;A$
4003 IF A$="I" OR A$="I" THEN SIGN=1
4004 IF A$="d" OR A$="D" THEN SIGN=(-1)
4005 REM ALGORITMO FFT
4110 INPUT "EL NUMERO DE PUNTOS ES"; N
4220 P1=3.141593265358979#
4230 NU = INT((LOG(N)/LOG(2)) +.5)
4240 L = 1
4250 N2 = N/2
4260 NU1 = NU - 1
4270 K = 0
4280 IF L > NU THEN 4610
4290 I = 1
4300 M = INT(K/(2^NU1) +.5)
4310 GOSUB 4510
4320 P = IBR

```

```

4330 THETA = P*2*PI/N
4340 WR = COS(THETA)
4350 W1 = (SIGN)*SIN(THETA)
4360 TR = WR*XR(K+N2) - W1*X1(K+N2)
4370 T1 = W1*XR(K+N2) + WR*X1(K+N2)
4380 XR(K+N2) = XR(K) - TR
4390 X1(K+N2) = X1(K) - T1
4400 XR(K) = XR(K) + TR
4410 X1(K) = X1(K) + T1
4420 K = K + 1
4430 WHILE I < N2
4440 I = I + 1
4450 GOTO 4360
4460 WEND
4470 K = K + N2
4480 IF K < N - 1 THEN 4290
4490 K = 0 : L = L + 1 : N2 = N2 / 2 : NU1 = NU1 - 1
4500 GOTO 4280
4510 ' SUBROUTINA PARA EL BIT DE RESERVA'
4520 ' INPUT M ES CONVERTIDO A IBR
4530 I1 = 1 : IBR = 0
4540 WHILE I1 <= NU
4550 J2 = M / 2
4560 I2 = CINT(2*(J2 - INT(J2)))
4570 IBR = IBR + I2*(2*(NU - I1))
4580 M = INT(J2 + .01)
4590 I1 = I1 + 1
4600 WEND: RETURN
4610 M = K
4620 GOSUB 4510
4630 WHILE IBR <= K
4640 IF K = N - 1 THEN 4760
4650 K = K + 1
4660 GOTO 4610
4670 WEND
4680 I = IBR
4690 TR = XR(K)
4700 T1 = X1(K)
4710 XR(K) = XR(I)
4720 X1(K) = X1(I)
4730 XR(I) = TR
4740 X1(I) = T1
4750 GOTO 4640
4760 INPUT "DESEA VER LA TABULACION" ; A$
4762 IF A$ = "N" OR A$ = "n" THEN GOTO 4901
4765 ' SALIDA DE DISPLAY
4770 CLS
4771 IF SIGN = -1 THEN PRINT "TRANSFORMADA RAPIDA FFT"
4772 IF SING = 1 THEN PRINT "TRANSFORMADA INVERSA IFFT"
4773 PRINT
4774 PRINT
4790 PRINT "INDEX n", "RE(X(N))", "Im(X(N))", "mag", "ANGULO"
4810 PRINT

```

```

4820 FOR I=0 TO N-1
4830 DEF FNROUND(X)= INT(X*1000+.5)/1000
4840 XR(I)= FNROUND (XR(I))
4850 XI(I)= FNROUND (XI(I))
4860 XM(I)= FNROUND(SQR(XR(I)^2 + XI(I)^2))
4870 GOSUB 4920
4875 DEF FNROUND (X)=INT(X*10 + .5)/10
4880 XA(I)= FNROUND (XA(I)*57.2958)
4890 PRINT I,XR(I),XI(I),XM(I),XA(I)
4900 NEXT I :GOTO 4910
4901 FOR I=0 TO N-1
4902 DEF FNROUND(X)= INT(X*1000+.5)/1000
4903 XR(I)= FNROUND (XR(I))
4904 XI(I)= FNROUND (XI(I))
4905 XM(I)= FNROUND(SQR(XR(I)^2 + XI(I)^2))
4906 GOSUB 4920
4907 DEF FNROUND (X)=INT(X*10 + .5)/10
4908 XA(I)= FNROUND (XA(I)*57.2958)
4909 NEXT I
4910 RETURN
4920 IF (SGN(XR(I))=1 AND SGN(XI(I))=1 ) THEN 5010
4930 IF (SGN(XR(I))=1 AND SGN(XI(I))=-1 ) THEN 5020
4940 IF (SGN(XR(I))=-1 AND SGN(XI(I))=-1 ) THEN 5030
4950 IF (SGN(XR(I))=-1 AND SGN(XI(I))=1 ) THEN 5040
4960 IF (SGN(XR(I))=0 AND SGN(XI(I))= 1 ) THEN 5050
4970 IF (SGN(XR(I))=0 AND SGN(XI(I))=-1 ) THEN 5060
4980 IF (SGN(XR(I))= 1 AND SGN(XI(I))= 0 ) THEN 5070
4990 IF (SGN(XR(I))=-1 AND SGN(XI(I))= 0 ) THEN 5080
5000 IF (SGN(XR(I))=0 AND SGN(XI(I))= 0 ) THEN 5090
5010 X=ABS(XR(I)) : Y=ABS(XI(I)): XA(I)=ATN(Y/X) : RETURN
5020 X=ABS(XR(I)) : Y=ABS(XI(I)): XA(I)=-ATN(Y/X) : RETURN
5030 X=ABS(XR(I)) : Y=ABS(XI(I)): XA(I)=PI+ATN(Y/X) : RETURN
5040 X=ABS(XR(I)) : Y=ABS(XI(I)): XA(I)=PI-ATN(Y/X) : RETURN
5050 XA(I)= PI/2 :RETURN
5060 XA(I)=-PI/2 :RETURN
5070 XA(I)=0 : RETURN
5080 XA(I)=PI : RETURN
5090 XA(I)= 0 : RETURN

```

3.5 APLICACIONES .

En este capítulo ha sido posible conocer las bases teóricas de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y su algoritmo conocido por Transformada Rápida de Fourier (FFT).

Por otro lado, sabemos que las funciones determinísticas son caracterizadas por una expresión matemática y por lo tanto, las conocemos en cualquier instante.

Sus transformadas son únicas y generalmente están tabuladas; tal es el caso de las funciones seno, coseno o sinc, etc.

Pero también hay señales que no se sabe cómo expresarlas como función de senos, cosenos o por un modelo matemático ya que pueden tomar valores aleatorios en cualquier instante; en estos casos lo que se puede hacer es presentarlas en forma tabulada - tabulación proveniente de un muestreo de las mismas - .

Con la DFT y el algoritmo FFT dado en este capítulo, se puede obtener el espectro de cualquier señal determinística "ventaneada" o sea limitada en el tiempo.

Así mismo con el algoritmo de la transformada inversa se recupera la señal original .

En estos casos los espectros son conocidos y por lo mismo carecen de interés inmediato.

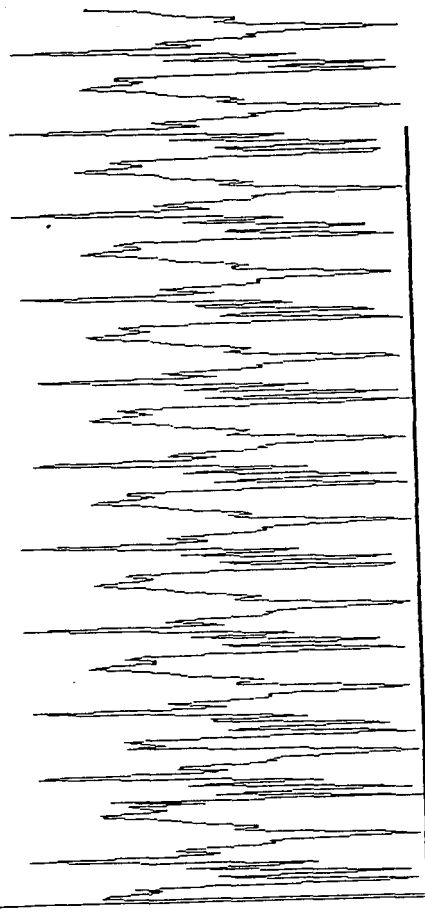
Como aplicación directa de la DFT y la FFT se antoja analizar una señal aleatoria importante y comúnmente empleada, la voz humana.

Para nuestro ejemplo empleamos una señal emitida por el humano, obtuvimos el oscilograma y una tabla de valores la cual es introducida a los programas de la DFT y la FFT, simultáneamente se obtiene el espectro y el oscilograma en un osciloscopio, en un analizador de espectros analógico, en el analizador de espectros Rockland y el procesador San-ei.

A continuación se muestran las gráficas conseguidas :

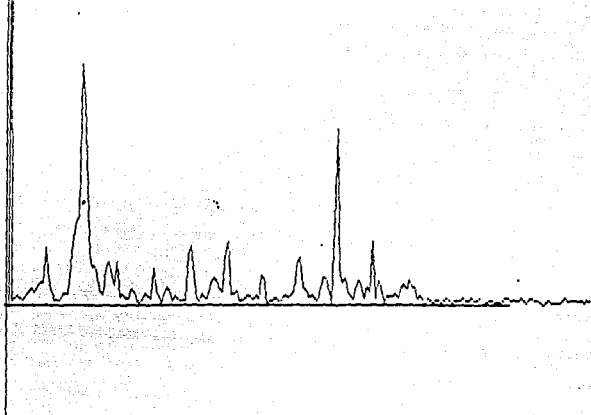
FIGURAS TOMADAS DEL EQUIPO Y LAS OBTENIDAS POR EL PROGRAMA DEL FFT .

Esc H 1.5 Esc U 3
quiere la grafica en Puntos (P) o Lineas(L)? 1
Desa volver a graficar S/N? █



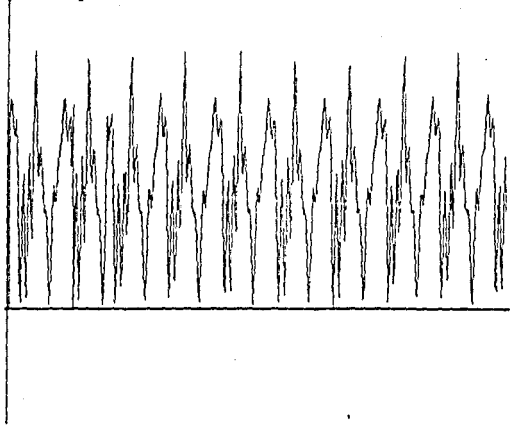
1.- SENAL A ANALIZAR.

Esc H 3 Esc V .087
quiere la grafica en Puntos (P) o Lineas(L)? 1



2.- SERIAL OBTENIDA CON EL PROGRAMA FFT (ESPECTRO).

Esc H 1.5 Esc V .3
quiere la grafica en Puntos (P) o Lineas(L)? 1

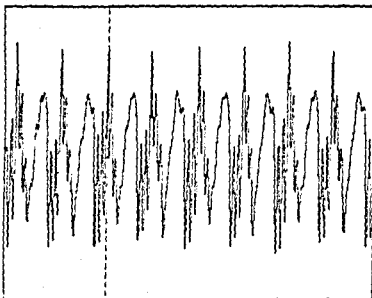


3.- SERIAL RECUPERADA CON EL PROGRAMA FFT.

\NSFILE.015
 FILE# 15
 250.E-3 VFR

MEMORY

IDW 0000
 31.1E-3 SEC



CAL
 Volts

CURSOR I: 8.59E-3 | 01-30-90
 R: 175.E-3 | 14:15:06

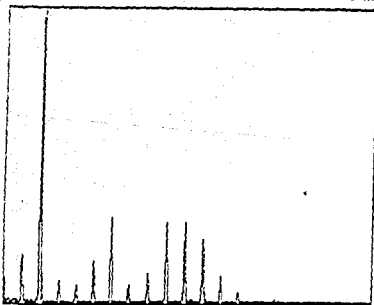
STATUS	FUNCTION
INST TIME	HCF2 UNITS
500 uVF-P 5 kHz	VERT UNITS
AUG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT↑ +1/4FS	GAIN DOWN
FILE# 15 IDW 0000 01-30-90 14:15:06	CURSOR
	HARMONIC
	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLGT
	QUIT

4.- OSCILOGRAMA TOMADO DEL ANALIZADOR ROCKLAND.

\NSFILE.012
 FILE# 12
 110.E-3 VFRS LN G

MEMORY

IDW 0000
 5000.0 Hz



CAL
 Volts

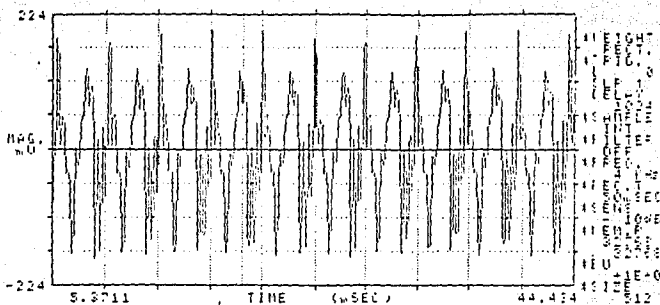
CURSOR F: 512.50 | 01-30-90
 A: 11.1E-3 | 14:17:54

STATUS	FUNCTION
INST SPECT	HCF2 UNITS
5 VF-F 5 kHz	VERT UNITS
AUG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT↑ +1/4FS	GAIN DOWN
FILE# 12 IDW 0000 01-30-90 14:17:54	CURSOR
	HARMONIC
	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLGT
	QUIT

5.- ESPECTRO TOMADO DEL ANALIZADOR ROCKLAND.

I-INPUT

X: 19.5310mSEC Y: 72.0960mV

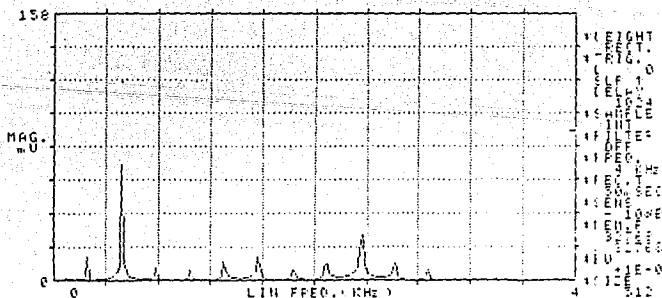


6.- OSCILOGRAMA TOMADO DEL PROCESADOR San-ei.

I-SPECT LIN

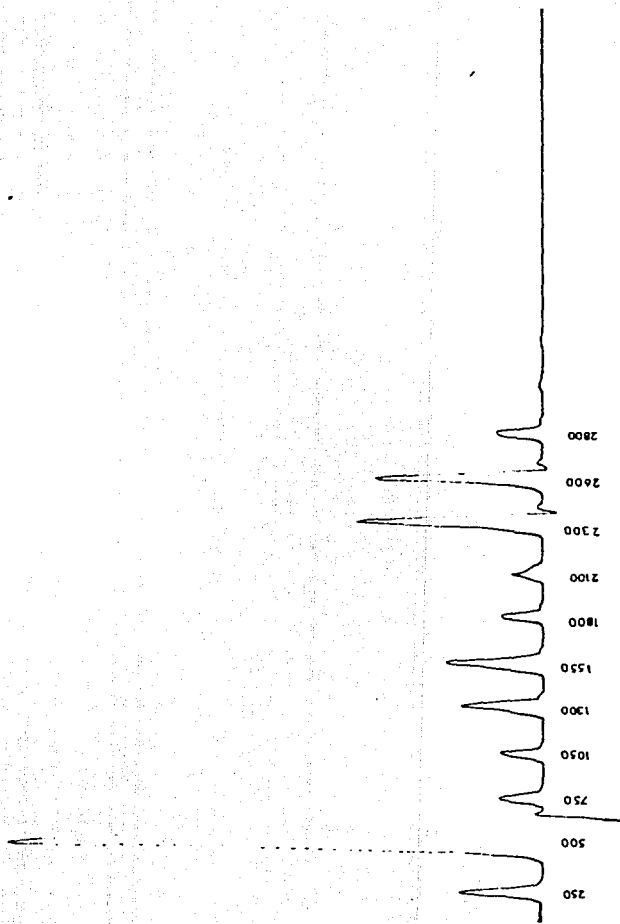
X: 4.000000KHz Y: 0.10621mV
0: 88.0380mV T: 0.000000

4FOLD



7.- ESPECTRO TOMADO DEL PROCESADOR San-ei.

B. - ESPECTRO TOMADO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS HEWLET PACKARD (HP)
AUXILIADO CON LA GRAFICADORA DE CAMA PLANA .



CONCLUSIONES.

Hay muy poco que escribir acerca de las gráficas, sin embargo se puede mencionar la gran similitud de los oscilogramas obtenidos por los diferentes procedimientos, las pequeñas diferencias observadas entre las gráficas básicamente se deben a que no fué posible captar en un "mismo instante" a la señal analizada, sin embargo existe concordancia de resultados entre los espectros obtenidos en forma digital (FFT, Rockland y San-ei) con el espectro obtenido en el analizador Hewlett Packard, que es de funcionamiento analógico y el mas confiable de los que se tienen en el Laboratorio de Comunicaciones.

Por lo anterior se concluye que todos los procedimientos utilizados son de buena exactitud para propósitos académicos.

CAPITULO CUATRO

TECNICAS ANALOGICAS PARA EL ANALISIS ESPECTRAL .

4.1 ANALISIS DE FUNCIONES PERIODICAS .

4.2 RESPUESTA A LA FRECUENCIA .

4.2.1 CON ANALIZADOR DE ESPECTROS .

4.2.2 SIN ANALIZADOR DE ESPECTROS .

4.2.2.1 METODO DE DOS VOLTMETROS .

4.2.2.2 METODO DEL MEDIDOR DE GANANCIA Y FASE .

4.2.2.3 METODO DEL GENERADOR DE BARRIDO Y EL OSCILOSCOPIO .

4.3 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS DE OBTENCION GRAFICA DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA .

4.1 ANALISIS DE FUNCIONES PERIODICAS .

Supóngase que se tiene una función $f(t)$ periódica y no senoidal entonces, de esta función se conocen la forma de onda y el periodo . Con el periodo podemos obtener la frecuencia fundamental (que es el recíproco) .

A partir de estos elementales datos lo único que podemos conocer es la separación entre las líneas del espectro de $f(t)$ que será precisamente el recíproco del periodo de la señal.

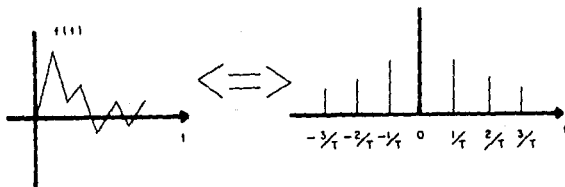


FIG. 4.1

Los datos anteriores no nos dicen la magnitud de las líneas espectrales .

Para obtener estos valores es necesario separar cada una de tales líneas espectrales por medio de un filtro paso banda (FPB) y medir su magnitud con un voltmetro ,esto es :

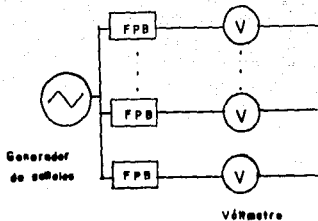


FIG. 4.2

La frecuencia de paso de cada uno de esos filtros es N/T Hz para todos los valores de N enteros y el ancho de banda (BW) debe ser tal que deje pasar la frecuencia deseada con una ganancia unitaria y que produzca gran atenuación a las frecuencias adyacentes .

Graficando las salidas de los filtros, podemos obtener el espectro de frecuencias de $f(t)$.

A pesar de que el procedimiento es matemáticamente factible, tiene dos grandes desventajas :

- la cantidad de filtros requeridos puede llegar a ser enorme .
- la frecuencia de paso y el ancho de banda de cada filtro deben ser ajustables .

Estos dos inconvenientes se traducen - al final de cuentas- en incrementos excesivos en el costo del sistema.

Para solucionar el problema, los analizadores de espectros analógicos comerciales hacen uso del principio fundamental de la "Heterodinación" que se explicará enseguida

PRINCIPIO DE LA HETERODINACION .

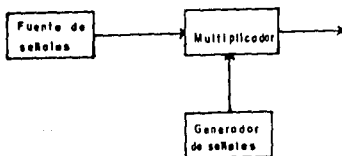


FIG. 4.3

En la figura 4.3 vemos que la señal que se vá a procesar se multiplica por una senoidal pura, lo cual equivale a realizar una convolución en el dominio de la frecuencia.

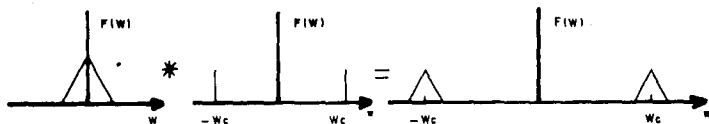


FIG. 4.4.

En la figura 4.4. se puede ver el espectro de $f(t)$ y el espectro de la señal senoidal que al convolucionarse dan la tercer gráfica, que es igual a la primera pero desplazada hasta $\pm \omega_c$.

Esta es el principio de la heterodinación .

Para usar este principio en el análisis espectral ,se requiere el diagrama mostrado en la figura 4.5 .

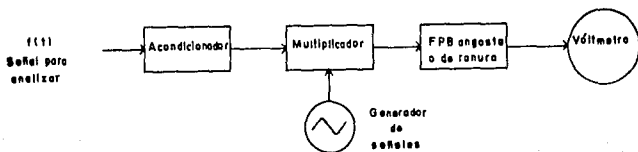


FIG. 4.5.

Esto funciona de la siguiente manera :

La señal $f(t)$ es amplificada o atenuada -según se requiera- en el acondicionador para que quede dentro del rango de trabajo del multiplicador (fig 4.5).

Al multiplicar $f(t)$ acondicionada por la señal senoidal, se traslada su espectro hasta la frecuencia de la senoidal que "casualmente" es la frecuencia de paso del filtro de ranura, por lo tanto, la señal trasladada pasará a través de él y podrá ser medida por el vóltmetro .

Si la banda de paso del filtro de ranura es muy angosta, solo una ó unas pocas componentes de la señal $f(t)$ pasarán a través de él y el voltmetro nos dará el valor correspondiente a tales componentes.

Para que el voltmetro pueda decirnos la magnitud de cada componente espectral de $f(t)$, esta señal deberá irse desplazando de manera que todas las partes de su espectro vayan coincidiendo sucesivamente con la ranura de paso del filtro, este desplazamiento paulatino, se logra barriendo la frecuencia del generador senoidal dentro un apropiado rango de valores. El voltmetro puede ser sustituido por un tubo de rayos catódicos de manera que cada vez una componente pase por el filtro, el haz electrónico dibujará una línea vertical equivalente a la magnitud de tal componente.

El barrido horizontal del haz se realiza con la misma señal diente de sierra que controla el barrido del generador senoidal (fig 4.6)

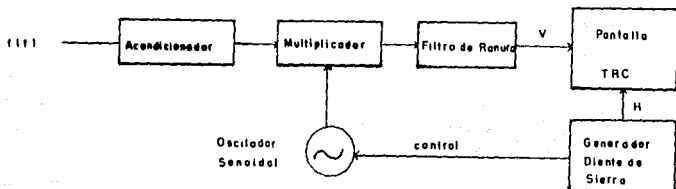


FIG. 4.6

4.2 RESPUESTA A LA FRECUENCIA .

Dada una red cualquiera es importante conocer el comportamiento de su ganancia respecto a diferentes rangos de frecuencia para estimar el rango óptimo de operación .

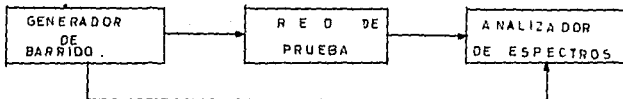
Para conocer estos rangos de variación hay ciertas pruebas en que podemos obtener tabulaciones o gráficas que nos muestren el comportamiento de la ganancia de la red para diversas frecuencias .

Estas gráficas reciben el nombre de "Curvas de Respuesta en Frecuencia" y las pruebas que se mencionaron consisten fundamentalmente en excitar a la red de prueba alimentándole una gama de frecuencias a su entrada y observando la salida de tal circuito .

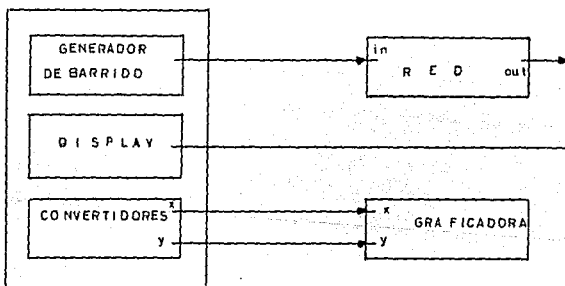
Para mostrar lo anterior ,a continuación se describen varios métodos para hallar la curva de respuesta en frecuencia .

4.2.1 CON EL ANALIZADOR DE ESPECTROS.

En términos generales, en el diagrama mostrado a continuación observamos que se requiere un generador de barrido de frecuencia y una señal de sincronía con el analizador para que este explore la frecuencia que está enviando el generador.



Un detalle que simplifica mucho la operación es que el analizador de espectros analógico tiene su propio generador senoidal con el que podemos excitar a la red en prueba. De esta manera, el mismo aparato sincroniza el barrido senoidal con la exploración y el despliegue en pantalla, con lo que la gráfica resultante es una curva continua.



La facilidad de este método permite obtener y observar rápidamente la curva de respuesta en frecuencia ya que el mismo analizador proporciona las señales de control para un graficador XY de cama plana.

4.2.2 SIN ANALIZADOR DE ESPECTROS .

En caso de no contar con el analizador de espectros ,los métodos siguientes nos ilustran la forma de obtener la curva de respuesta en frecuencia .

-METODO DE LOS DOS VOLTMETROS .

Este método por la sencillez que presenta y el equipo que requiere ,es fácilmente realizable en casi cualquier laboratorio .

Equipo requerido :

- Un generador de funciones.
- un frecuencímetro .
- dos vóltmetros .

El diagrama de conexión es el siguiente :

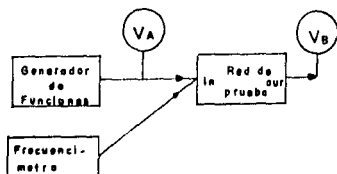


FIG. 4.10 Método de 2 Vóltmetros

Nota : En caso de no tener un frecuencímetro se puede emplear un osciloscopio recordando que $f = 1/T$.

El método de los dos vóltmetros consiste en introducir una señal senoidal de cierta amplitud (A) que no es necesario mantener constante y una frecuencia f_1 .

Se tomarán las lecturas de V_A y V_B para cierta f_1 .

Entonces se incrementa la frecuencia en una octava a la vez, repitiendo el proceso de medición V_A, V_B , etc. y así sucesivamente hasta llegar a la N octava .

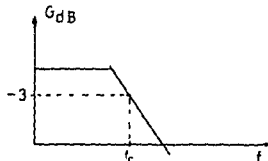
Para esto es necesario preparar la tabla de lecturas:

frecuencia	V_A	V_B	$G \text{ dB} = 20 \log V_B/V_A$
-----	---	---	---
-----	---	---	---

Con los valores tabulados, se calcula la ganancia en dB y por último se obtiene la gráfica G dB- frecuencia que será la curva de respuesta en frecuencia de la red de prueba

En caso de usar un osciloscopio de doble trazo en el método anterior, podemos medir el retardo de la señal y es posible obtener -con los valores del mismo- el ángulo de defasamiento.

Con todos los datos obtenidos, se trazan las llamadas "Gráficas de Bode" cuyas características se pueden ver en la siguiente figura.

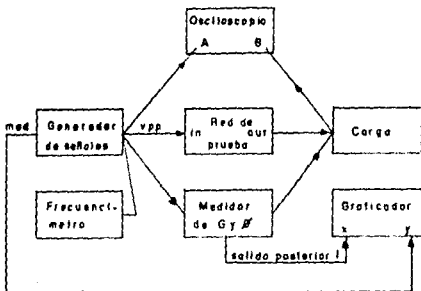


-METODO DEL MEDIDOR DE GANANCIA Y FASE .

Con un principio similar, en el laboratorio se cuenta con un medidor de ganancia y fase.

Este aparato permite obtener en su display directamente la Ganancia en dB y el ángulo de defasamiento en grados.

Para este método se sigue el diagrama de conexión mostrado:



Este método consiste en introducir una señal senoidal de amplitud A -que no es necesario mantener constante - y a una frecuencia f , a la red de prueba y al canal A del Medidor de Ganancia y fase . La salida de la red se conecta al canal B .

Posteriormente se incrementa por octavas la frecuencia y en cada caso se toman las lecturas directamente del display y se vacian en la tabla mostrada :

frecuencia	G (dB)	θ (grados)
----	----	----
----	----	----

Con este método podemos hallar directamente los -3 dB y así tomar la lectura del frecuencímetro para determinar la frecuencia de corte de la red .

Una variante que presenta este método ,es que al aplicar un barrido de frecuencia podemos aprovechar las señales que entrega en la parte posterior el Medidor y con éstas,alimentar los ejes XY del graficador de cama plana .

El graficador nos entregará la traza de la curva de respuesta en frecuencia de la red de prueba .Con esta curva y algunos cálculos podemos obtener la frecuencia de corte y la pendiente de la respuesta del circuito que se analiza .

-METODO DEL GENERADOR DE BARRIDO Y EL OSCILOSCOPIO .

Se requiere el siguiente arreglo :

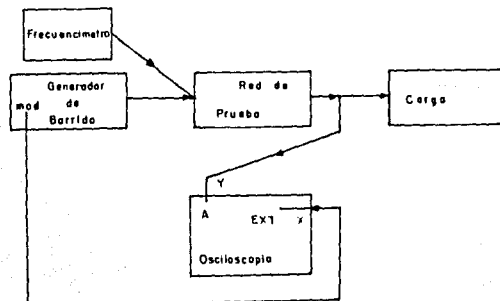
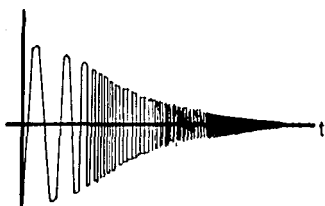


FIG. 4.12 METODO DEL GENERADOR DE BARRIDO Y EL OSCILOSCOPIO

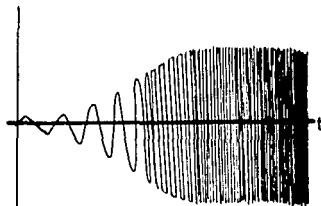
En este caso ,la misma señal diente de sierra que controla al generador de barrido ,controla al osciloscopio de forma que el barrido horizontal de éste último coincide con las variaciones de frecuencia del generador

De esta forma ,por cada ciclo de barrido de frecuencia del generador hay un trazo del osciloscopio, lo cual implica que su escala horizontal es proporcional a la frecuencia de la señal .

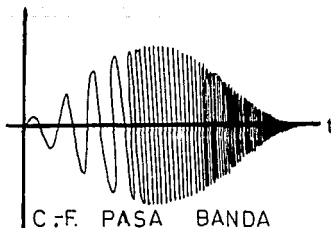
Si en el eje vertical del osciloscopio se tiene la señal de salida de la red en prueba ,en la pantalla aparecerá gráfícada como se muestra a continuación.



A.-F. PASO BAJO



B.-F. PASO ALTO



C.-F. PASA BANDA

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS DE OBTENCION DE GRAFICAS DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA.

El método más simple y que puede dar los resultados más precisos es el de los dos voltímetros, siempre y cuando la calibración de éstos sea igual.

El método del medidor de ganancia y fase también da buenos resultados, partiendo del supuesto de que el aparato no esté descalibrado.

Los dos métodos anteriores nos permiten graficar la ganancia con respecto a la frecuencia; no así el método del analizador de espectros que solo nos muestra el voltaje de salida de la red con respecto a la frecuencia. En este último caso, si el voltaje de entrada se mantiene razonablemente constante, la curva obtenida puede tomarse como similar a la obtenida con el método de los dos voltímetros.

En todos los métodos que usan barrido de frecuencia, este debe ser lento para que la señal se pueda considerar como una senoide pura de frecuencia variable. Si el barrido es rápido, se puede decir que estamos excitando a la red con una onda de FM que tiene muchas componentes senoidales y la prueba no es válida.

En todos los métodos se debe asegurar que tanto la señal de entrada como la señal de salida sea senoidal de apariencia pura ya que si alguna de las dos ondas está distorsionada, se está operando a la red en prueba en su región a lineal, se están produciendo armónicas y la prueba no es válida.

CAPITULO CINCO.

CONTROL POR COMPUTADORA DE LOS ANALIZADORES DE ESPECTROS.

- 5.1 CON EL PUERTO GP-IB .
 - 5.1.1 CONEXION Y ESTRUCTURA DEL BUS.
 - 5.1.1.1 SEÑALES ELECTRICAS DEL BUS .
 - 5.1.1.2 CONECTOR NORMALIZADO.
 - 5.1.1.3 FUNCIONES DE LOS DISPOSITIVOS CONECTADOS AL BUS.
 - 5.1.1.4 MENSAJES TRANSMITIDOS POR EL BUS .
 - 5.2 CON EL PUERTO RS-232 .
 - 5.2.1 ASPECTOS DE LA NORMA RS-232 C.
 - 5.2.2 DESCRIPCION FUNCIONAL DE LAS SEÑALES .
 - 5.2.2.1 SEÑALES DE DATOS.
 - 5.2.2.2 SEÑALES DE CONTROL .
 - 5.2.2.3 SEÑALES DE TEMPORIZACION .
 - 5.2.2.4 SEÑALES DE TIERRA (MASA) .
- 5.3 CONTROL POR COMPUTADORA DEL ANALIZADOR ROCKLAND Y EL PAQUETE DE COMUNICACION PACOM.
- 5.4 CONTROL POR COMPUTADORA DEL PROCESADOR San-ei Y EL PAQUETE PACOMY .

INTRODUCCION.

Del amplio campo que abarca actualmente el uso de la computadora - como procesador de información en campos diversos (administrativos, científicos, industriales, etc) - en este capítulo se tratará de su posible aplicación como controlador de instrumentos de medición - particularmente del analizador de espectros .

Para ello es necesario conocer la función de sus interfaces (puertos de entrada/salida) para aprovecharlos debidamente en la interconexión con dispositivos externos , como son impresores, monitor, etc ,(conocidos comúnmente como "periféricos") y la computadora.

Para la comunicación entre ésta y los periféricos se consideran dos niveles de comunicación -según ciertas normas internacionales - :

-Para control remoto la norma más empleada es la propuesta por el IEEE y asociada al puerto GP-IB .

-Para interfaces más "próximas" entre el procesador y los periféricos, la norma RS-232 de la EIA es la más usada.

Por lo anterior, en este capítulo se describirán las características tanto del puerto GP-IB, como del puerto RS-232 .

PUERTO GP-IB

El puerto GP-IB (también conocido como HP-IB) fué desarrollado por la Hewlett Packard a principios de los 70's para proveer un bus standar de comunicación entre instrumentos y periféricos ; con el tiempo ha llegado a convertirse en Norma Internacional.

En 1975 fué aprobada por la IEEE la Norma IEEE.488 también conocida como "Norma Para la Interconexión Digital de Instrumentos programables" y se utiliza fundamentalmente en la interconexión entre uno o varios procesadores y periféricos "inteligentes" ; básicamente trata acerca del Bus de comunicación . Este bus puede extenderse hasta 20 m con cargas cada 2 m.

Toda la circuiteria requerida por la interface activa, se halla contenida en los dispositivos y la interconexión por cable es solamente pasiva.

La labor del cable -que contiene 16 líneas de señal- esta limitada a la interconexión de todos los dispositivos en paralelo ; esto es, para evitar la transmisión de datos entre ellos y cada uno de los dispositivos participantes ; cumpliendo así, una función específica .

Cada uno de los dispositivos puede ser capaz de ejecutar alguna de las siguientes funciones :

- TALKER o transmisor .
- LISTENER o receptor .
- CONTROLLER o controlador .

La función del Talker es transmitir datos a otro(s) dispositivo(s) via bus ; el LISTENER , los puede recibir.

Un sistema mínimo consiste en un Talker y un Listener sin un controlador. En esta configuración la transmisión de datos esta limitada a la transmisión directa entre un dispositivo manual "ONLY TALKER" como transmisor y uno o varios dispositivos manuales en solo Listener .

La función del controlador es enviar y recibir datos y también comandos de acciones específicas .

Posteriormente se tratará a mayor detalle este punto .

CONEXION Y ESTRUCTURA DEL BUS .
SEÑALES ELECTRICAS DEL BUS.

El bus consta de 16 señales activas divididas en 3 grupos :
-Bus de Datos (8 líneas).
-Bus de Control de Transferencia de Datos (3 líneas).
-Bus para el Control General de la Interconexión (5 líneas).
que a continuación se describen .

BUS DE DATOS .-

Un conjunto de 8 líneas de datos permiten transmitir por el bus, de octeto en octeto .
La denominación de las líneas es :
-DIO1 a la DIO8 (Data Input Output n) que son las líneas de datos de entrada salida n .

BUS DE CONTROL DE TRANSFERENCIA .

Consta de 3 señales usadas para efectuar la transferencia de cada octeto entre el Talker y el Listener a través de las señales DIO n .

La denominación y descripción de estas señales es la siguiente :

-DAV (Data Valid) Dato válido. Es emitida por el Talker de la transferencia e indica que los datos DIO n se hallan estables en el bus.

-NRFD (Not Ready For Data) No listo para dato. Es emitida por el Listener en la transferencia para indicar que aun no está listo para recibir nuevos datos.

-NDAC (Not Data Accepted) Dato no aceptado .Lo emite el Listener para indicar al Transmisor (Talker) que debe mantener los datos en el bus porque aun no han sido almacenados.

BUS DE CONTROL GENERAL DE LA INTERCONEXION .

Comprende 5 señales que son empleadas para mantener un flujo ordenado de la información a través del bus y son las siguientes :

-ATN (Attention) Atención .Es usada por el controlador e indica a todas los demás dispositivos, que está enviando un mensaje de "interes general" .

-IFC (Interface clear) Limpiar la interconexion .El controlador indica al resto de los dispositivos que deben volver al estado inicial (Resert) o de reposo .

-SRO (Service Request) Petición de servicio. Los dispositivos no controladores usan esta línea para indicar al controlador sus deseos de utilizar el bus para efectuar una transferencia de datos.

-REN (Remote Enable) Valida control remoto. El controlador indica a los dispositivos direccionados que deben ignorar el control local, panel frontal o similar, para obedecer al control remoto recibido a través del bus.

-EOI (End or Identify) Fin o identificación. Puede ser activada por el talker o por el controlador.

En el primer caso, indica el fin de la transmisión de un bloque de datos; en el segundo, el controlador indica a los dispositivos que han pedido servicio, que se identifiquen.

CONECTOR NORMALIZADO.

El tipo de conector recomendado por la norma IEEE es el trapezoidal de 24 contactos en donde las señales se distribuirán según se muestra a continuación:

CONTACTO	SEÑAL DE LINEA	CONTACTO	SEÑAL DE LINEA
1	DIO 1	13	DIO 5
2	DIO 2	14	DIO 6
3	DIO 3	15	DIO 7
4	DIO 4	16	DIO 8
5	EIO	17	REN
6	DAV	18	Gnd(6)
7	NRFD	19	Gnd(7)
8	NDAC	20	Gnd(8)
9	IFC	21	Gnd(9)
10	SRO	22	Gnd(10)
11	ATH	23	Gnd(11)
12	SHIEL	24	Gnd(Logic)

Gnd(n) se refiere a la señal de retorno. Todas las señales se transmiten por el bus con lógica negativa (1 = bajo \approx .8 V ; 0 = alto \approx 2.0 V).

tabla 5.1 Distribución de líneas según norma IEEE.488

FUNCIONES DE LOS DISPOSITIVOS CONECTADOS AL BUS .

Las funciones que pueden desempeñar los dispositivos conectados al bus son :

-CONTROLADOR .

El controlador es aquel encargado de iniciar todas las comunicaciones que se establezcan a través del bus .

Este recibe las peticiones de uso de servicio del bus; averigua qué dispositivo(s) la(s) ha(n) realizado y autoriza el uso del bus por orden de prioridad, según criterios previos de programación .

El controlador tiene la capacidad de enviar órdenes a todos los dispositivos conectados al bus, modificando el estado interno de éstos; activa la señal ATN (atención) para indicar que transmite un mensaje de interés general .

-TALKER o TRANSMISOR.

Su función es transmitir información a los dispositivos conectados al bus siempre y cuando haya recibido del controlador la orden de transmitir el mensaje .

Todo dispositivo capaz de actuar como transmisor tiene asignada una dirección que lo distingue de los otros (conocida como dirección de Transmisor) .

-LISTENER o Receptor .

El dispositivo recibe mensajes a través del bus del dispositivo que está ejerciendo en ese momento la función de transmisor .

La función de receptor es realizada por los dispositivos que han sido seleccionados por el controlador para dicho fin y a través del bus de datos que lleva la dirección del receptor .

MENSAJES TRANSMITIDOS POR EL BUS .

A continuación se explica brevemente el significado de los mensajes transmitidos por el bus y en la tabla 5.2 se muestra la codificación de señales que configuran el mensaje .

-ATN Atención .

Este mensaje consiste en activar la señal de atención del bus . Cuando el controlador envía este mensaje , todos los demás dispositivos no pueden enviar ningún mensaje salvo para indicarle al controlador que se ha recibido un mensaje .

Lineas de bus
código que corresponden
al mensaje

Mensaje	Nombre del mensaje	T	C	D	D NN										
					I	L	I	I	DNU	A	E	S	I	R	
		P	A	O	O	A	F	A	I	O	R	F	E		
		D	S	B	7	6	5	4	3	2	1	VDC	N	I	
		%	f												
ACG	Grupo de órdenes selectivas (Nota 10)	M	AC	X	0	0	0	X	X	X	X	XXX	X	X	X
ATN	Atención	U	UC	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	1	X	X
DAB	Octeto de datos	M	DD	D	D	D	D	D	D	D	D	XXX	X	X	X
				8	7	6	5	4	3	2	1				
DAC	Dato aceptado	U	HS	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
DAV	Dato válido	U	HS	X	X	X	X	X	X	X	X	1XX	X	X	X
DCL	Limp. ar. dispositivo (Nota 10)	M	UC	X	0	0	1	D	1	0	0	XXX	1	X	X
END	Fin (Notas 9.11)	U	ST	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	1	X	X
EOS	Fin de la cadena (Notas 2.9)	M	DD	E	E	E	E	E	E	E	E	XXX	X	X	X
				8	7	6	5	4	3	2	1				
GET	Despido de un grupo (Nota 10)	M	AC	X	0	0	0	1	0	0	0	XXX	X	X	X
CTL	País local (Nota 10)	M	AC	X	0	0	0	0	0	0	0	XXX	X	X	X
IDY	Identificación (Notas 10.11)	U	UC	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	1	X	X
IFC	Limp. la interconexión	U	UC	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	1
LAG	Grupo de direcciones de oyente (Nota 10)	M	AD	X	0	1	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
LLO	Bloqueo Local (Nota 10)	M	UC	X	0	0	1	0	0	0	1	XXX	X	X	X
MLA	Mi dirección de oyente (Notas 3.10)	M	AD	X	0	1	L	L	L	L	L	XXX	X	X	X
MTA	Mi dirección de locutor (Notas 4.10)	M	AD	X	1	0	T	T	T	T	T	XXX	X	X	X
												5	4	3	2
MSA	Mi dirección secundaria (Notas 5.10)	M	SE	X	1	1	S	S	S	S	S	XXX	X	X	X
												5	4	3	2
NUL	Octeto nulo	M	DD	0	0	0	0	0	0	0	0	XXX	X	X	X
OSA	Otra dirección secundaria (Nota 10)	M	SE	(OSA - SCG A NSA)								XXX	X	X	X
OTA	Otra dirección de locutor (Nota 10)	M	AD	(OTA - TAG A MTA)								XXX	X	X	X
PGA	Grupo de ord. primarias (Nota 10)	M		(PGC - ACG V UCG V LAG V TAG)								XXX	X	X	X
PPC	Montar encuesta en paralelo (Nota 10)	M	AC	X	0	0	0	0	1	0	1	XXX	X	X	X
PPE	Validar encuesta en paralelo (Notas 6.10)	M	SE	X	1	1	0	S	P	P	P	XXX	X	X	X
												3	2	1	
PPD	Invalidar encuesta en paralelo (Notas 7.10)	M	SE	X	1	1	1	D	D	D	D	XXX	X	X	X
												4	3	2	1
PPR1	Respuesta a encuesta en paralelo 1	U	ST	X	X	X	X	X	X	X	1	XXX	X	X	X
PPR2	Respuesta a encuesta en paralelo 2	U	ST	X	X	X	X	X	X	1	X	XXX	X	X	X
PPR3	Respuesta a encuesta en paralelo 3	U	ST	X	X	X	X	X	1	X	X	XXX	X	X	X
PPR4	Respuesta a encuesta en paralelo 4	U	ST	X	X	X	X	1	X	X	X	XXX	X	X	X
PPR5	Respuesta a encuesta en paralelo 5	U	ST	X	X	X	X	1	X	X	X	XXX	X	X	X
PPR6	Respuesta a encuesta en paralelo 6	U	ST	X	X	1	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
PPR7	Respuesta a encuesta en paralelo 7	U	ST	X	1	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
PPR8	Respuesta a encuesta en paralelo 8	U	ST	1	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
PPU	Desmontar encuesta en paralelo (Nota 10)	M	UC	X	0	0	1	0	1	0	1	XXX	X	X	X
REN	Validar control remoto	U	UC	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	1
RFD	Limp. dato dato	U	HS	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
ROS	Servicio pedido (Nota 9)	U	ST	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
SCG	Grupo de órdenes secundarias (Nota 10)	M	SE	X	1	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
SDC	Limp. los dispositivos seleccionados (Nota 10)	M	AC	X	0	0	0	0	1	0	0	XXX	X	X	X
SPD	Fin encuesta serie (Nota 10)	M	UC	X	0	1	1	0	0	1	0	XXX	X	X	X
SPE	Inicio encuesta serie (Nota 10)	M	UC	X	0	1	1	0	0	0	0	XXX	X	X	X
SRO	Permisión de servicio (Nota 10)	U	ST	X	X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
STB	Octeto de estado (Notas 6.9)	M	ST	S	X	S	S	S	S	S	S	XXX	X	X	X
												8	7	6	5
TCT	Toma el control (Nota 10)	M	AC	X	0	0	1	0	0	1	0	XXX	X	X	X
TAG	Grupo de direc. de locutores (Nota 10)	M	AD	X	1	0	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X
UCG	Grupo de ord. universales (Nota 10)	M	UC	X	0	0	1	X	X	X	X	XXX	X	X	X
UNL	No haber (Nota 10)	M	AD	X	0	1	1	1	1	1	1	XXX	X	X	X
UNT	No hablar (Nota 10)	M	AD	X	1	0	1	1	1	1	1	XXX	X	X	X

Tabla 5.2 Codificación de los mensajes remotos. SIMBOLOGIA U = Mensaje de una sola línea M = Mensaje multilinea AC = Mandatorio (Addressed command) AD = Direcciones de locutor u oyente DD = Dependiente del dispositivo HS = Manipulación de datos (Handshake) UC = universal SE = Mensaje secundario ST = Mensaje de estado (Ver notas pagina siguiente)

-SR (Service Request) Petición de servicio.

Permite a un dispositivo solicitar asincrónicamente del controlador el uso del bus. Para ello activa la señal SR del bus y la mantiene en ese estado hasta que el controlador le indica ,que ha recibido la solicitud de servicio.

- SH (Source Handshake) Protocolo surtidor .

Esta función permite al dispositivo enviar un dato cualquiera por el bus, ya sea parte de un mensaje o la respuesta de una orden del controlador. La función del Talker solamente capacita al dispositivo para adquirir el control del bus de datos para transmisión de mensajes; se requiere de esta función (SH) para controlar el protocolo de las señales que asegura, la llegada del dato transmitido a todos los dispositivos que han sido seleccionados para aceptarlos .

-AH (Acceptor Handshake) Protocolo receptor.

Esta función permite al dispositivo recibir los datos transmitidos por el bus . Dado que la transferencia de datos es asincrónica y puede haber más de un dispositivo recibiendo ;el protocolo receptor permite al dispositivo retardar el inicio de la transmisión de un dato indicando que no está listo (NRFD) o retardar el final de la transferencia de un dato indicando que aún no la ha aceptado (NDAC) .

-RL (Remote-Local) Control remoto o local.

Permite al dispositivo seleccionar entre dos fuentes de información de entrada; esto es, si debe recibir información del panel frontal local o de la remota.

-DC (Device Clear) Borrado del dispositivo.

La función DC borra e inicializa el dispositivo ; lo lleva al estado inicial para el que ha sido programado .

-DT (Device Trigger) Disparo.

Permite poner en marcha las funciones básicas del dispositivo.

MANDATOS UNIVERSALES .

También existen los Mandatos Universales o UCG (Universal Command Group) que deben ser ejecutados por todos los dispositivos capaces de interpretarlos ; esto es, que tienen implementada la función que les capacita para ello sin ningún otro requisito .

Los Mandatos Universales son 8 :

- DCL Limpiar dispositivo .función similar a DC.
- LLO (Local Lockout) Bloqueo local.
- PPU (Parallel Poll Unconfigure) Desmonta la encuesta en paralelo. Sirve para retirar el permiso para identificarse como peticionario del servicio del bus,cuando el controlador hace una encuesta en paralelo.
- SPE (Serial Poll Enable) Inicio de encuesta serie. Indica a los dispositivos que les va preguntar su estado por turno uno tras otro,para determinar si han solicitado el servicio del bus .
- SPD (Serial Poll Disable) Fin de encuesta serie. Indica a todos los dispositivos que ha terminado de preguntar los estados internos .
- IDY (Identify) Identificación Este mensaje lo transmite el controlador activando las señales EOI y ATN al mismo tiempo e indica la realización de una encuesta en paralelo por lo que todos los dispositivos que tengan la facultad válida para ello,deben de responder indicando si solicitan o no el servicio del bus .
- IFC (Interface Clear) Limpiar la interconexión .Sirve para inicializar todas las funciones de las interfaces conectadas al bus.
- REN (Remote Enable) Validar control remoto. Este mensaje se debe enviar junto con la dirección del Listener al que se quiere dar la orden de actuar en función a los mensajes recibidos a través del bus . También se puede enviar este mensaje junto al de bloqueo local ,lo que provoca el paso de todos los dispositivos a un estado en que solo el controlador puede ordenarles el cambio de control a local o viceversa.

MANDATOS SELECTIVOS .

Los Mandatos Selectivos o Direccionales -ACG (Addressed Command Group)- son mensajes enviados por el controlador que solo pueden ser interpretados por él o por dispositivos que han sido previamente seleccionados para hacerlo.

Los mandatos selectivos son :

-GET (Group Execute Trigger) Disparo de un grupo. Pone en marcha las operaciones básicas de los dispositivos direccionados como receptores (Listener).

-GTL (Go To Local) Pasar a local. Deja bajo control local a los dispositivos direccionados como receptores (Listener).

-PPC (Parallel Poll Configure) Montar encuesta en paralelo. Indica a los dispositivos que están seleccionados como Listener que se les va a autorizar o desautorizar para responder cuando se hace una encuesta en paralelo.

-SDC (Selected Device Clear) Limpiar los dispositivos seleccionados. Función similar al DC de inicializar .

-TCT (Take Control) Toma el control .El controlador envía este mensaje para transferir el control del bus a otro dispositivo.

-AD (Address) Direcciones .Los mensajes de dirección se emplean para seleccionar un dispositivo como Talker o Listener de dirección particular preestablecida, ya sea para inicializar un diálogo o para enviarle un mandato selectivo .

El controlador puede enviar cuatro mensajes de dirección distinta :

= MLA Dirección del Listener . Se envía por los primeros 5 bits del bus de datos ;en los bits 6 y 7 se particulariza el dispositivo al que se refiere.

=UNL (Unlisten) No oír .La dirección más alta de las posibles es 1111 que no corresponde a ningún dispositivo y es interpretada por todos los Listeners ,como una orden para que dejen de atender a los mensajes transmitidos por el bus.

=MTA o OTA Dirección del Talker. Cuando el controlador envía por el bus la dirección específica de un talker, el dispositivo al que le corresponde ,queda seleccionado como tal para futuras comunicaciones a través del bus y el dispositivo que estaba actuando como talker detecta que se ha transmitido otra dirección y deja de actuar como tal .

Las interpretaciones que hacen estos dispositivos son :

--MTA (My Talk Address) Mi dirección de Talker.
--OTA (Other Talk Address) Otra dirección de Talker.
=UNT (Untalk) No hablar. La dirección 3i es interpretada por los dispositivos Talker como una orden para dejar de transmitir .

MENSAJES SECUNDARIOS o SR .

Son los mensajes que complementan a otro enviado anteriormente ; solo serán mencionados .

-MSA o OSA Dirección Secundaria.
-PPE (Parallel Poll Enable) Validación de encuesta en paralelo.
-PPD (Parallel Poll Diable) Invalidar encuesta en paralelo.
-ST Mensaje de Estado .
-END Fin.
-STB o ROS Octeto de Estado.
-SRO Petición de Servicio .
-PPRi Respuesta a encuesta paralelo.

MENSAJES DE MANIPULACION DE DATOS (HANDSHAKE) o HS.

Estos mensajes son empleados por el protocolo surtidor SH y el protocolo receptor AH cada vez que una envía un octeto a la otra para sincronizarse y son tres :

-DAC (Data Accepted) Dato aceptado. La función AH del dispositivo Listener indica que ya ha almacenado el octeto que se le está enviando por el bus.

-DAV (Data Valid) Dato válido. La función SH del talker indica que los bits enviados por el bus de datos se encuentran estables y que pueden ser almacenados por los Listeners.

-RFD (Ready For Data) Listo para dato. La función del AH del listener indica que ya ha tratado el último dato almacenado y que puede tomar un nuevo octeto del bus de datos.

MENSAJES DEPENDIENTES DE LOS DISPOSITIVOS o DD (DEVICE DEPENDENT).

Son los mensajes de datos (DAB Data Byte) que se intercambian el Talker y el Listener ,una vez que el controlador les ha transferido el servicio del bus.

Se pueden distinguir dos casos particulares :

-EOS (End of String) fin de una cadena de datos ,que se interpreta como fin de diálogo .

-NUL Nulo que es un octeto con todo ceros.

En la norma IEEE se recomienda que estos datos estén codificados con el código ISO-7 transmitiendo el bit 7 por el DIO7 y el bit 1 por el DIO1 .

TRANSFERENCIA DE DATOS .

La transferencia de datos se realiza a través de las líneas DIOi. La sincronización entre emisor y receptor se consigue con las señales DAV,NRFD y NDAC .

Cuando el Talker ha situado un dato en el bus ,lo indica enviando el mensaje DAV (dato válido) .Los Listener al detectarlo,dejan de enviar el mensaje RFD (listo para dato) y tras tomar el tiempo necesario,van indicando que han aceptado el dato,enviando el mensaje DAC (dato aceptado).

El bus realiza una operación AND-cableada con esta señal,lo que no permite al talker recibir el mensaje DAC hasta que todos los oyentes lo están enviando.

Cuando el talker detecta el mensaje DAC ,retira del bus el mensaje DAV. Al detectarlo los listener ,retiran el mensaje DAC y vuelven a enviar el mensaje RFD,cuando estén listos para almacenar un nuevo dato .

Cuando el talker detecta el mensaje RFD ,se inicia nuevamente el proceso.

5.2 PUERTO RS-232 .

El RS-232 es un interface eléctrico estándar para la conexión de componentes del sistema como modems, impresoras y computadoras.

El estándar fue establecido por la EIA (Electronic Industries Association) en cooperación con la Bell System.

El RS-232C define un camino de señal de 25 conductores que conforma 18 circuitos con retorno a través de tierra; el estándar también define los voltajes de los rangos del 0 y 1 lógicos ; es el mas empleado para la comunicación serie.

Tiene las limitaciones de separación entre el ETD (Equipo Terminal de Datos) y el ETC (Equipo Terminal de Circuito de Datos) aproximadamente 15 m y velocidades de transferencia de la información de hasta 20 Kbits/seg .

Las normas RS-232 y RS-232C cubren tres aspectos siguientes de la comunicación entre el ETD y ETC :

- características eléctricas de las señales.
- Características de los conectores.
- descripción funcional de las señales usadas .

La letra C de RS-232 indica la tercera y última revisión.

En la tabla 5.5 se muestra el número de la señal dentro del conector, el sentido de conexión entre el ETD y el ETC y una descripción de su significado.

RS-232 INTERFAZ ELECTRICA.

1	(AA)	PROTECTIVE GROUND (Tierra de protección)
2	TxD (BA)	Salida de datos de la PC (Transmisión)
3	RxD (BB)	Entrada de datos a la PC (Recepción)
4	RTS (CA)	(Request to Send) Petición de emisión.
5	CLS (CB)	(Clear to Send) Listo para recibir.
6	DSR (CC)	(Data Set Ready)
7	GND (AB)	(Signal Ground) señal de tierra (retorno).
8	DCD (CF)	(Data Carrier Detector) Detector de portadora de datos.
9		Reservada para Data set testing.
10		Reservada para Data set testing.
11	Unassigned	Sin asignación.
12	(SCF)	Secondary Received Line signal detector.
13	(SCB)	Secondary Clear to send.
14	(SBB)	Secondary Tx Data.
15	(DBB)	Tx Signal element timing.
16	(SBB)	Secondary Received data.
17	(DD)	Received Signal element timing.
18	Unassigned	Sin asignación.
19	(SCA)	Secondary request to send.
20	DTR (CD)	Data Terminal Ready.
21	(CG)	Signal Quality Detector Detector de calidad de la señal.
22	(CE)	Ring indicator.
23	(CH)	Data signal rate selector.
24	(DA)	Signal timing.
25	Unassigned	Sin asignación.

tabla 5.5

DESCRIPCION FUNCIONAL DE LAS SEÑALES .

Dentro del conjunto de señales podemos distinguir cuatro grupos :

- Señales de Datos.
- Señales de control .
- Señales de temporización.
- Señales de masa.

a continuación se describirán brevemente por grupos siguiendo la nomenclatura de la tabla 5.5 .

Como norma general las señales de datos funcionan con lógica negativa (1 -v ; 0 +v) ; las señales de control y de temporización se consideran de estado abierto cuando están a tensión positiva ; y cerrado ,en tensión negativa.

SEÑALES DE DATOS .

-Transmisión de datos (BA terminal 2) .

Es la señal usada para la transmisión de los datos entre el ETD y el ETCD .

-Recepción de Datos (BB terminal 3).

Es la señal usada para la transmisión de los datos entre el ETCD y el ETD . Esta señal deberá estar en condición de marca mientras la señal CF (terminal 8) esté en estado cerrado .

En un sistema Half-duplex deberá estar en la condición de marca cuando la señal CA (terminal 4) éste en estado abierto .

-Transmisión de Datos para el Canal de Reserva (SBA terminal 14) .

Es equivalente a BA pero para el canal de reserva .

-Recepción de Datos para el Canal de Reserva (SBB terminal 16) .

Equivalente a BB pero para el canal de reserva.

SEÑALES DE CONTROL .

-Petición de Transmitir (CA terminal 4) .

Esta señal es enviada desde el ETD hacia el ETCD para indicarle, cuando la pone en estado abierto, que quiere realizar una transmisión . En un sistema half-duplex , el estado abierto inhibe la recepción . Cuando se realiza sobre esta señal el cambio de cerrado a abierto , el ETCD responde cambiando la señal de CB a estado abierto..

Los datos a transmitir pueden ser enviados solamente después que el ETD detecte este cambio de estado abierto de CB.

Si la señal CA es cambiada de nuevo a estado abierto , entonces espera hasta que el ETCD responda cambiando la señal CB a estado cerrado .

-Preparado para transmitir (CB terminal 5) .

Es enviada desde el ETCD hacia el ETD . El estado de esta señal indica si el ETCD está o no preparado para transmitir datos por el canal de datos . El estado cerrado indica que el ETCD está en condiciones de transmitir datos y el estado abierto indica lo contrario .

-Aparato de Datos preparado (CC terminal 6).

Esta señal es enviada del ETCD al ETD. El estado de esta señal indica si el ETCD está o no preparado para funcionar .El estado es abierto solo si el ETCD ha intentado establecer una comunicación por el canal después de haber cumplido con todas las temporizaciones necesarias y generado los tonos de respuesta .El estado de abierto indica solo el estado local del ETCD .

-Terminal de Datos preparado (CD terminal 20).

Esta señal es enviada del ETD al ETCD .El estado abierto de esta señal es necesario para mantener la comunicación entre el ETCD local y el ETCD remoto al final de la transmisión que se está ejecutando en ese momento .

-Indicador de Llamada (CE terminal 22)

Esta señal es enviada desde el ETD al ETCD. El estado de esta señal indica si el ETCD está o no recibiendo una llamada. El estado abierto indica que el ETCD está recibiendo una llamada.La señal se pone a estado cerrado en el intervalo entre llamadas .Para que la señal se ponga a estado abierto ,la señal CD deberá estar en estado abierto .

-Detector de Señales de línea recibidas por el canal de datos (CF terminal 8).

Es enviada del ETCD hacia el ETD .El estado de esta señal indica si las señales de línea recibidas por el canal de datos están o no dentro de los límites especificados en la recomendación pertinente para el ETCD . El estado abierto indica que la señal cumple las especificaciones requeridas . Esta señal también se conoce como DCD o Detector de Portadora de Datos.

-Detector de la calidad en la señal de Datos (CG terminal 21).

Esta señal va del ETCD al ETD .El estado de esta señal indica si existe o no cierta probabilidad de error en los datos recibidos por el canal de datos. La calidad de señal indicada se ajusta a la recomendación pertinente sobre el ETCD. El estado cerrado indica que no hay motivos para creer que se ha producido un error ;el estado abierto indica que existe cierta probabilidad de error.

-Selector de Velocidad Binaria (CH Terminal 23) .

Esta señal va desde el ETD al ETCD . El estado de esta señal sirve para seleccionar una de las dos velocidades binarias de un ETCD asincrono.

El estado cerrado causa la selección de la velocidad binaria más elevada; el estado abierto, la más baja .

-Selector de Velocidad Binaria (CI terminal 23) .

Esta señal va del ETCD al ETD. Similar al anterior solo que la velocidad del ETD viene en función de la velocidad binaria utilizada en un ETCD sincrono con dos velocidades binarias o de la gama de velocidades de un ETCD asincrono.

-Petición para transmitir por el canal de reserva (SCA terminal 19) .

Esta señal va de un ETD hacia el ETCD. Su función es equivalente a CA (terminal 4), pero para el canal de reserva

-Preparado el canal de reserva para transmitir (SCB terminal 13) .

La señal va del ETCD al ETD. Su función es equivalente a CB (terminal 5) pero para el canal de reserva .

-Detector de señales de línea recibidas por el canal de reserva de datos (SCF terminal 12) .

Esta señal va del ETCD al ETD . Su función es equivalente a CF (terminal 8), pero para el canal de reserva .

SEÑALES DE TEMPORIZACION .

-Temporización para los elementos de la señal ,en la transmisión (DA terminal 24) .

Es una señal que va del ETD hacia el ETCD . El cambio de estado de abierto a cerrado en esta señal le indica al ETCD el centro de cada bit a transmitir .

Cuando esta señal va del ETCD hacia el ETD ,se trata de una señal DB (terminal 15) y el ETD deberá cambiar el estado de la línea BA (terminal 2) cuando se produzca una transición de estado cerrado a abierto en esta señal DB .

-Temporización para los elementos de la señal en la recepción (DD terminal 17) .

Esta señal va del ETCD hacia el ETD. La transición del estado abierto a cerrado en esta línea indica al ETD el centro del bit en la línea BB (terminal 3) . Esta señal será usada en el ETD para muestrear los datos recibidos .

SEREALES DE MASA .

-Señal de tierra (AA terminal 1).

Por esta señal se conectan las masas generales del ETCD y del ETD .

-Masa común de las señales (AB terminal 7).

Es la señal de tierra o retorno común de forma que provee el potencial de referencia para todas las señales RS-232C (excepto para la AA) .

Actualmente la norma EIA RS-232C es tal vez la más popular para las interfaces de comunicación serie y es posible corroborarlo ya que el control por computadora del analizador de espectros (Procesador San-ei y el Rockland), se realiza a través de este puerto RS-232 .

CONTROL POR COMPUTADORA DE LOS ANALIZADORES .

Los analizadores de espectros permiten un fácil manejo y apoyados en el software adecuado PACOM o PACOMY nos permiten- con ciertas limitaciones- aprovechar los analizadores y las PC's de que se disponen en el laboratorio de comunicaciones.

5.3.-PACOM Y EL ANALIZADOR ROCKLAND .

El PACOM es un programa que nos permite la "comunicación" entre los archivos del analizador de espectros y la PC.

Antes de describir qué hace, es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones y armar el circuito mostrado en la fig 5.8 .

Precauciones:

- 1.-Configurar el analizador de espectros con el menú de AUX y la opción CONFIGURE.

La configuración contempla lo siguiente:

- Velocidad de transferencia de información compatible con la del equipo periférico empleado (Vt en 9600).
 - sin paridad (N).
 - longitud de la palabra (8 bits).
 - bits de parada (1) .
- 2.-Verificar que el SW2 del panel I/O esté en posición PC y el SW1 en INT.
 - 3.-Conectar en la terminal RS232 del panel I/O el cable apropiado.
 - 4.-Armar el siguiente circuito de conexión (fig 5.8) :

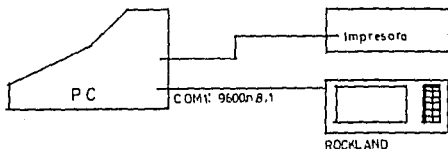


fig 5.8 diagrama de conexión del analizador y la PC .

5.-El otro extremo del cable se conectará al puerto serie de comunicación 1(COM1) de la PC y antes de instalar el paquete, hay que preparar y configurar la PC para establecer una adecuada comunicación mediante la siguiente instrucción

```
" MODE COM1:9600,N,8,1 "
```

La configuración de la PC contempla los mismos parámetros que para el analizador. (Vt=9600; sin paridad=N ; longitud de palabra =8 Bits ; bit de parada =1)

6.-Instalamos el paquete en la PC .

Hecho lo anterior ,se "corre" el programa PACOM .

PACOM (Paquete de Comunicaciones) .

Este paquete permite vaciar toda la memoria del analizador de espectros a la memoria de la PC y según nuestra selección, podemos observar en el monitor de la PC algún archivo en particular y trabajar con el .

Este paquete solo trabaja con los datos e imagenes almacenados en la memoria del analizador .

Al instalar el paquete ,se despliega en la pantalla del monitor el siguiente menú fig 5.9 :

```
Lab.Comunicaciones. Ver. 2.10b
Paquete de Apoyo.Fac. de ingenieria , UNAH.

Directorio      => A:\
Archivo Activo  => RSFILE

F1-Salva arch. a disco
F2-Salva arch. no vacios en disco
F3-Salva datos activos a disk
F4-Carga arch. de disco
F5-Ver/Trazo del archivo

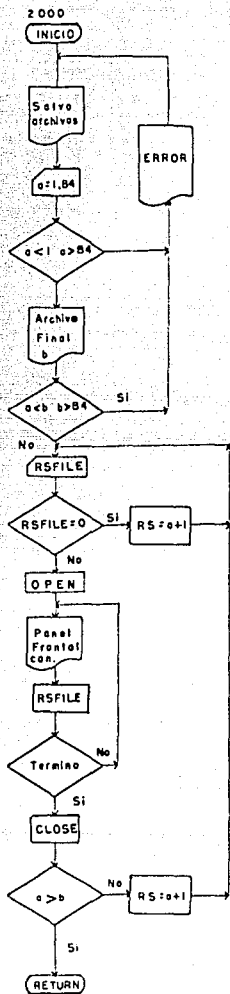
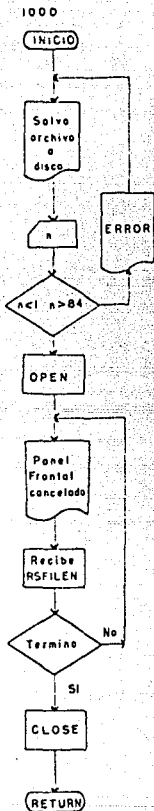
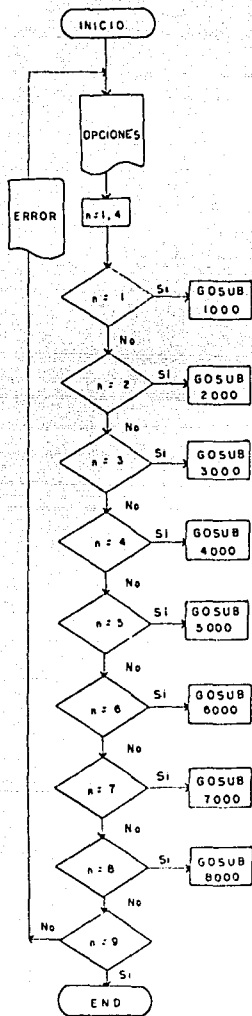
F6-Directorio
F7-Cambia directorio
F8-Renompra archivo
F9-Salida a DUS

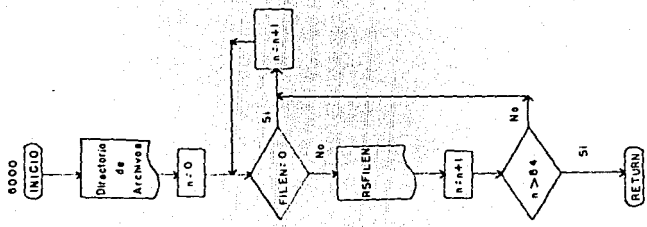
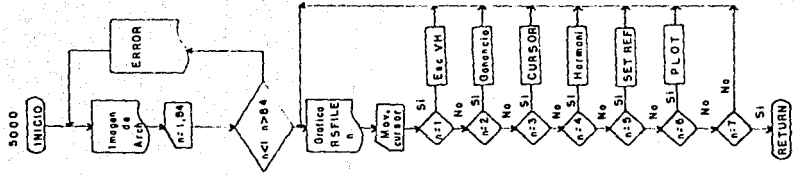
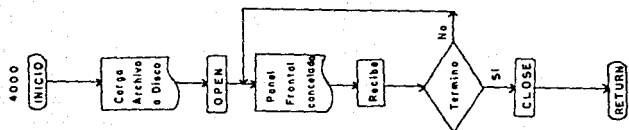
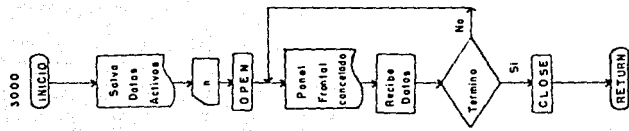
Selecciona F1-F9
```

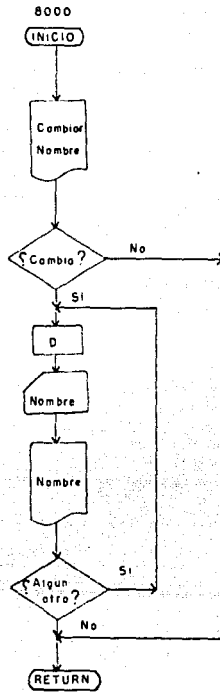
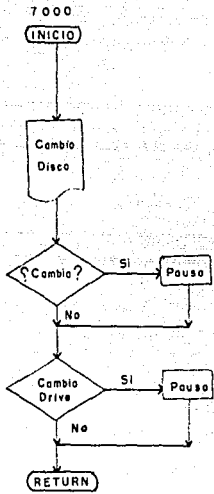
fig 5.9 menú del paquete PACOM .

Como se observa en el menú,las funciones del programa son seleccionadas con las teclas F de la PC y cada una tiene una función especifica .

A continuación se anexa el diagrama de flujo del PACOM.







COMO TRABAJA EL PAQUETE .

Anteriormente citamos que el paquete trabaja solo con los archivos almacenados en la memoria del analizador .

Podemos salvar los archivos y vaciarlos en un disk o cambiar los directorios y visualizarlos en el monitor .

Por ejemplo con la tecla F5 se reclama un archivo en particular y lo despliega en la pantalla como se muestra en la fig 5.10

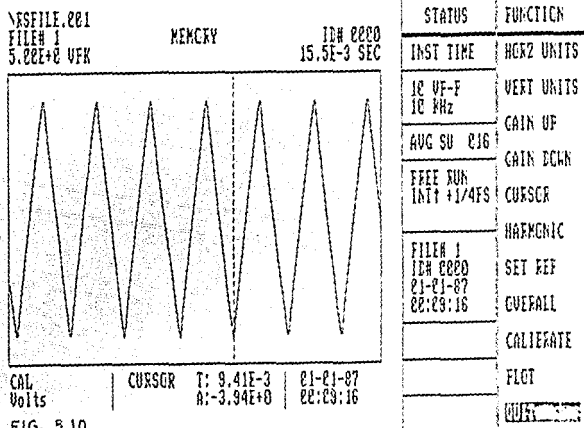


FIG. 5.10

Bajo esta selección se puede mover el cursor y ver los valores de amplitud,frecuencia o tiempo según sea el caso.

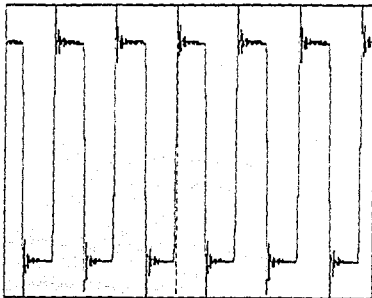
También se puede incrementar(GAIN UP) o decrementar(GAIN DN) la ganancia de la pantalla o cambiar -en ciertas unidades- las escalas de los ejes H y V .

Con los comandos apropiados de DOS, se puede imprimir cualquier imagen desplegada en el monitor . fig 5.11 y 5.12

WAVEFILE.023
FILE# 3
5.20E+0 VPK

MEMORY

ID# 0200
31.1E-3 SEC



CAL Volts | CURSOR T: 14.6E-3 | 01-01-87
A: 4.12E+0 | 00:23:40

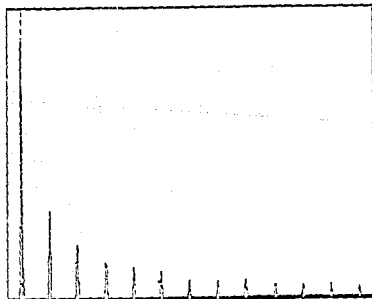
STATUS	FUNCTION
INST TIME	HGRZ UNITS
10 UF-F 5 kHz	VERT UNITS
AVG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT# +1/4FS	GAIN DOWN
	CURSOR
	HARMONIC
FILE# 3 ID# 0200 01-01-87 00:23:40	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLT
	QUIT

FIG. 5.11

WAVEFILE.024
FILE# 4
3.54E+0 VRMS LN

MEMORY

ID# 0200
5000.0 Hz



CAL Volts | CURSOR F: 200.00 | 01-01-87
A: 2.56E+0 | 00:26:04

STATUS	FUNCTION
INST SPECT	HGRZ UNITS
10 UF-F 5 kHz	VERT UNITS
AVG SU 016	GAIN UP
FREE RUN INT# +1/4FS	GAIN DOWN
	CURSOR
	HARMONIC
FILE# 4 ID# 0200 01-01-87 00:26:04	SET REF
	OVERALL
	CALIBRATE
	PLT
	QUIT

FIG. 5.12

5.4 CONTROL POR COMPUTADORA DEL PROCESADOR DE SEÑALES San-ei.

Siguiendo la línea de descripción del PACOM, a continuación se describirá otro paquete de comunicación.

PACOMY Y EL PROCESADOR San-ei .

PACOMY es otro paquete de comunicación que se ha preparado para que cualquier usuario con pocos conocimientos del equipo pueda controlar desde el teclado de una PC las funciones del analizador San-ei .

El San-ei cuenta en la parte posterior con las terminales estándar GP-18 y con el RS-232 y a través de esta última logramos controlar el analizador.

Antes de continuar, se deben tomar en cuenta las precauciones de configuración que se requieren para establecer la comunicación .

Esta configuración contempla los mismos parámetros descritos por el PACOM solo que en el San-ei , se realiza a través de la posición de los switches que se localizan abajo de la terminal RS-232 .



Alambrando el circuito mostrado en la siguiente figura 5.12, se activa manualmente el switch de control remoto mediante la tecla LOCAL/REMOTE (verificando que se enciende el foco de dicha tecla) y por último se instala el paquete de comunicación .

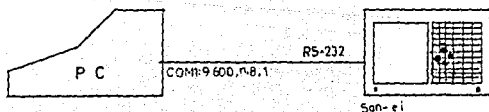


fig 5.12 Diagrama de conexión Procesador San-ei -PC.

Al quedar instalado PACOMY ,en la pantalla se despliega el siguiente menú :

P A C O M Y	ES UN	Versión 2.1b
PROGRAMA PARA COMUNICAR EL SANEI Y LA PC		
LABORATORIO DE COMUNICACIONES. FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.		
**** MENU PRINCIPAL ****		
1	PANTALLA	
2	CONTROL	
3	ESCALAS	
4	CONDICIONES DE PANTALLA	
5	CONTROL DE PANTALLA	
6	TERMINAR	
SELECCIONE UN NUMERO (1,6) Y PRESIONE ENTER?		

fig.5.13 Menú principal de PACOMY.

A continuación se describirán brevemente las diversas opciones del menú principal del paquete de comunicación PACOMY .

1.- Submenú de Pantalla.

Permite al usuario observar en la pantalla del procesador el oscilograma o el espectro de la señal de entrada o ambas al mismo tiempo ,ya sea independientes o superpuestos ; también ver en forma tabulada ,el listado de valores de la(s) figura(s) observada(s) o si se desea , realizar operaciones (+,-,/,*) entre señales.

2.- Submenú de Control.

El submenú de control permite almacenar en memoria (o reclamar de ella) una señal ; especificar si se trata de una señal de AC o DC o le dá la opción de etiquetar o imprimir en forma lineal o tridimensional la figura que en ese momento se halle en pantalla.

3.- Submenú de Escalas.

Permite controlar y modificar las escalas vertical y horizontal .

4.- Submenú de Condiciones de Pantalla.

Este submenú brinda las opciones de "panatalla" ; esto es si la desea con o sin cuadrícula ; con o sin cursor y seleccionar el TIPO de escalas a emplear (lineales o logaritmicas).

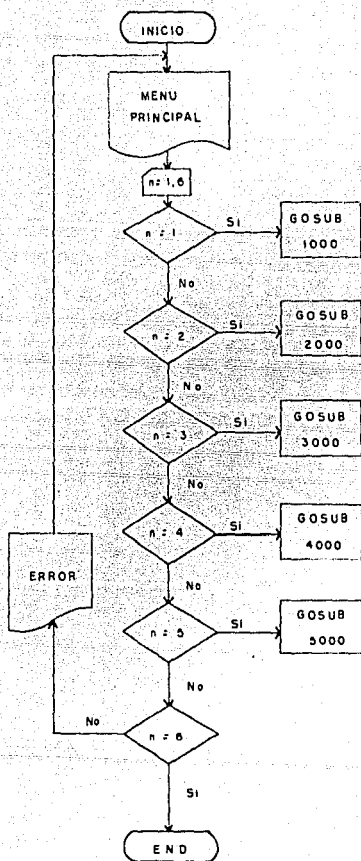
5.- Submenú de Control de Pantalla.

El submenú le permite al usuario modificar la señal de pantalla dándole cierta ganancia o expandir la figura en el eje horizontal.

Este paquete permite el control remoto de las funciones del San-ei desde el teclado de la PC ,mediante la selección de una o varias opciones del menú principal .

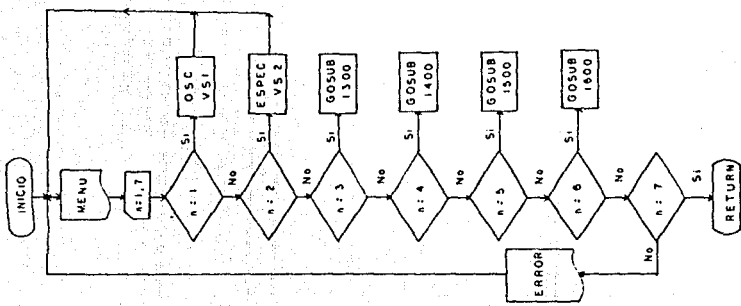
A continuación se muestra el diagrama de flujo y el listado del programa del paquete de comunicación PACOMY.

PACOMY PAQUETE DE COMUNICACION San-ei PC

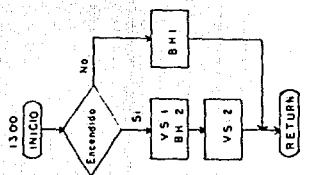


SUBROUTINAS

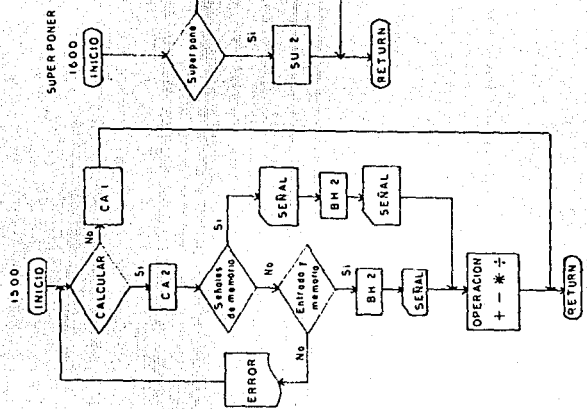
1000 PANTALLA



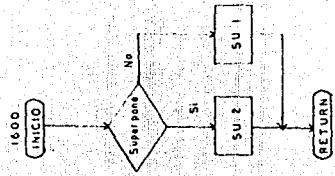
0500 GRAMA Y ESPECTRO



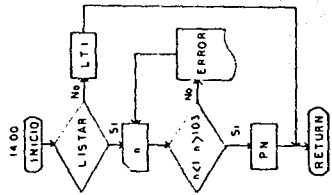
OPERACION ENTRE SENALES



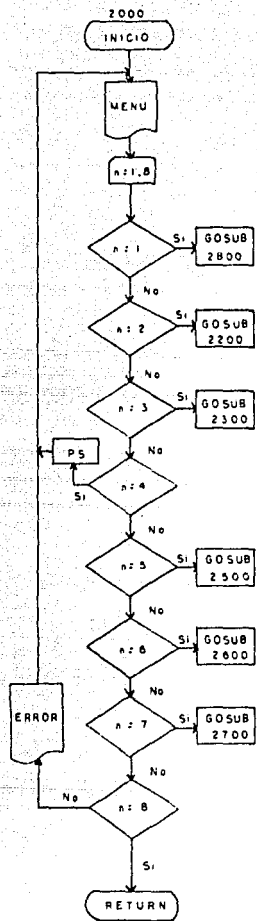
1600 SUPER PONER



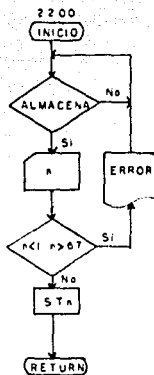
LISTAR VALORES



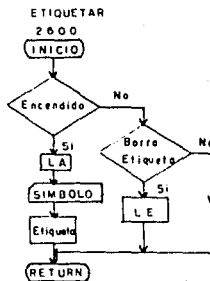
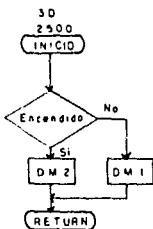
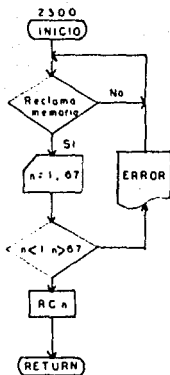
SUBROUTINA DE CONTROL



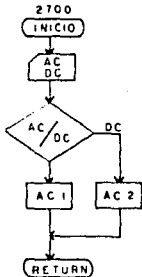
ALMACENA EN MEMORIA



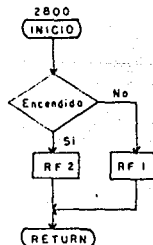
RECLAMA DE MEMORIA



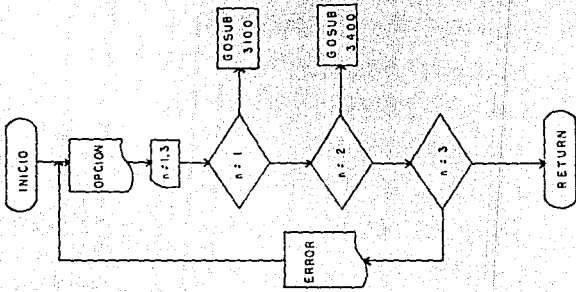
COMPONENTE DE AC/DC



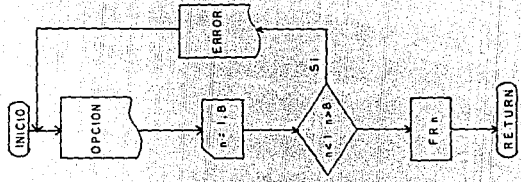
REFERENCIA



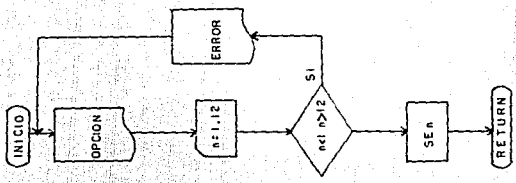
SUBROUTINA 3000 ESCALAS



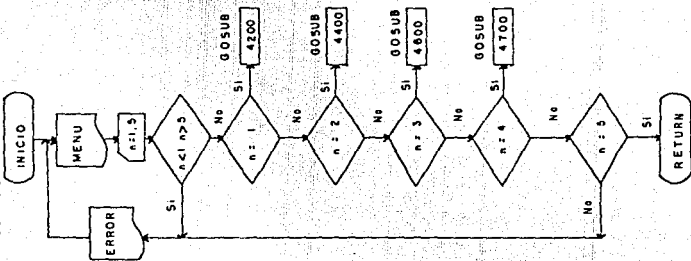
FRECUENCIA 3100



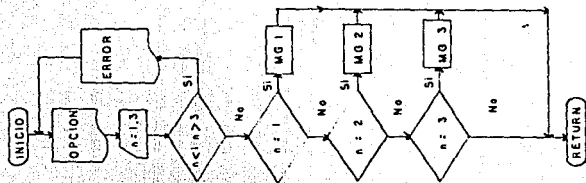
SENSIBILIDAD 3400



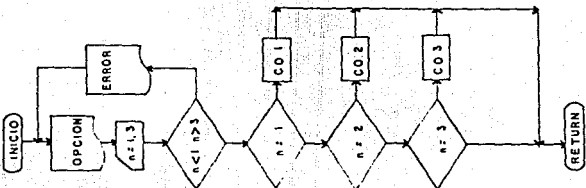
SUBROUTINA 4 000
CONDICIONES DE PANTALLA



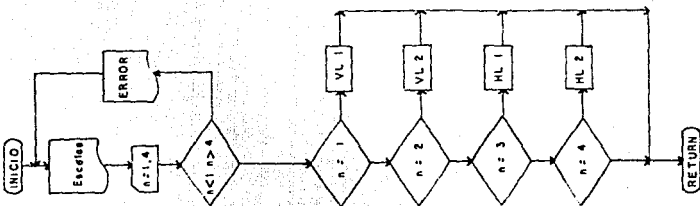
ESPECTRO LINEAL 4200

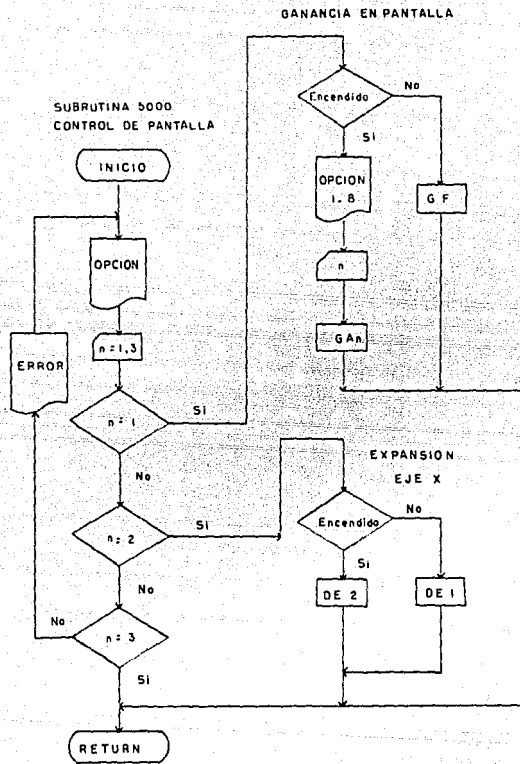


CURSOR 4400



ESCALAS 4000





```

5 CLS
7 KEY OFF
10 PRINT "F A C O M Y     ES UN                               Version 2.1b"
12 PRINT "PROGRAMA PARA COMUNICAR EL San-e1 Y LA PC"
13 PRINT "LABORATORIO DE COMUNICACIONES.  FACULTAD DE INGENIERIA  U.N.A.M."
14 PRINT:PRINT
16 PRINT "PRECAUCIONES ANTES DE CORRER ESTE PROGRAMA "
17 PRINT TAB(5) "1.- PARA LA INTERCONEXION SE EMPLEARA EL CABLE APROPIADO."
18 PRINT TAB(5) "2.- EN LA PC: " :PRINT TAB(7):"- USAR EL PUERTO DE COMUNICACION
1 (COM1)."
```

```

19 PRINT TAB(5) "3.- EN EL San-e1":PRINT TAB(7) "- POSICIONAR LOS SWITCHES DE L
A PARTE TRASERA DEL San-e1"
20 PRINT TAB(7) " SEGUN SE MUESTRA A CONTINUACION :":PRINT TAB(12) "1 (ON) 2(O
N) 3(OFF) 4(OFF) 5(OFF) 6(OFF)"
22 PRINT TAB(7) "- VERIFICAR QUE DEL MENU DE OPCION (IN/OUT) SE ENCUENTRE ILUMIN
ADA":PRINT TAB(7) " LA OPCION 2 SERIAL."
24 PRINT TAB(7) "- DESPUES DE VERIFICAR LOS PUNTOS ANTERIORES,CONECTAR EL":PRINT
TAB(7) " CABLE EN EL PUERTO SERIE " :PRINT TAB(7) " Y PRESIONAR DEL PANEL FF
ONTAL EL BOTON DE LOCAL/REMOTO (SE DEBERA "
25 PRINT TAB(7) " ENCENDER EL FOCO DE ESTE BOTON) EN CASO CONTRARIO ," :PRINT T
AB(7) " CHECAR TODOS LOS PUNTOS ANTERIORES." :PRINT
37 INPUT " PARA CONTINUAR PRESIONE ENTER":A#
44 CLS
47 PRINT "F A C O M Y     ES UN                               Version 2.1b"
50 PRINT "PROGRAMA PARA COMUNICAR EL San-e1 Y LA PC"
52 PRINT "LABORATORIO DE COMUNICACIONES.  FACULTAD DE INGENIERIA  U.N.A.M."
53 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
55 PRINT :PRINT
56 PRINT TAB(10) "AHORA YA ESTA LISTO PARA CORRER ESTE PROGRAMA":PRINT
59 PRINT TAB(10) "BUENA SUERTE":PRINT :PRINT:PRINT :PRINT:PRINT
60 INPUT "PARA CONTINUAR SOLO PRESIONE ENTER":A#
70 DIM A$(100)
71 OPEN "com1:2400,n,8,1" AS #1
72 READ N,A$(1),A$(2),A$(3),A$(4),A$(5),A$(6),A$(7),A$(8),A$(9),A$(10),A$(11),A
$(12),A$(13),A$(14),A$(15),A$(17),A$(18),A$(19),A$(20)
73 DATA 20,"BH1","LT1","GR1","VS1","FR1","SE1","HL1","WR1","BS1","MM2","SF1","S
B63","TI10","AL2","TS1","MG1","CO2","VL1","TH1","GF"
74 FOR I=1 TO N STEP 1
75 PRINT #1,A$(I)
76 CLS
77 NEXT I
85 CLS
123 CLS
125 PRINT "F A C O M Y     ES UN                               Version 2.1b"
127 PRINT "PROGRAMA PARA COMUNICAR EL San-e1 Y LA PC"
128 PRINT "LABORATORIO DE COMUNICACIONES.  FACULTAD DE INGENIERIA  U.N.A.M."
130 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
140 PRINT TAB(25):"":TAB(25) "MENU PRINCIPAL """:PRINT:PRINT
150 PRINT TAB(20):"1":TAB(25) "PANTALLA"
160 PRINT TAB(20):"2":TAB(25) "CONTROL"
170 PRINT TAB(20):"3":TAB(25) "ESCALAS"
180 PRINT TAB(20):"4":TAB(25) "CONDICIONES DE PANTALLA"
190 PRINT TAB(20):"5":TAB(25) "CONTROL DE PANTALLA"

```



```

195 PRINT TAB(20);"6";TAB(25)"TERMINAR"
200 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
210 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,6) Y PRESIONE ENTER";I%
220 IF I%>6 OR I%<1 THEN PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 85
230 IF I%=1 THEN GOSUB 1000
240 IF I%=2 THEN GOSUB 2000
250 IF I%=3 THEN GOSUB 3000
260 IF I%=4 THEN GOSUB 4000
270 IF I%=5 THEN GOSUB 5000
280 IF I%=6 THEN CLOSE #1:END
290 GOTO 85
1000 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1010 PRINT TAB(25);"**** SUBMENU PANTALLA ****":PRINT:PRINT
1020 PRINT TAB(20);"1";TAB(25)"OSCILOGRAMA"
1030 PRINT TAB(20);"2";TAB(25)"ESPECTRO"
1040 PRINT TAB(20);"3";TAB(25)"OSCILOGRAMA Y ESPECTRO"
1050 PRINT TAB(20);"4";TAB(25)"LISTAR TABULACION"
1060 PRINT TAB(20);"5";TAB(25)"OPERACION ENTRE SEXALES"
1070 PRINT TAB(20);"6";TAB(25)"SUPERPONER LAS SEXALES"
1075 PRINT TAB(20);"7";TAB(25)"MENU PRINCIPAL"
1080 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1090 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,7) Y PRESIONE ENTER";J%
1100 IF J%>7 OR J%<1 THEN PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1000
1110 IF J%=1 THEN PRINT #1,"VS1":GOTO 1000
1120 IF J%=2 THEN PRINT #1,"VS2":GOTO 1000
1130 IF J%=3 THEN PRINT #1,"VS1":GOSUB 1300
1140 IF J%=4 THEN GOSUB 1400
1150 IF J%=5 THEN GOSUB 1500
1160 IF J%=6 THEN GOSUB 1600
1170 IF J%=7 THEN RETURN
1180 GOTO 1000
1300 INPUT "ENCENDIDO (S/N)";D$
1310 IF D$="S" OR D$="s" THEN GOTO 1360
1320 IF D$="N" OR D$="n" THEN PRINT #1,"BH1":RETURN
1330 PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1300
1360 PRINT #1,"BH2"
1365 CLS
1370 PRINT #1,"VS2"
1380 RETURN
1400 INPUT "LISTAR VALORES (S/N)";D$
1410 IF D$="S" OR D$="s" THEN PRINT #1,"LT2":GOTO 1450
1420 IF D$="N" OR D$="n" THEN PRINT #1,"LT1":RETURN
1430 PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1400
1450 INPUT "NUMERO DE PAGINA (1,103)";E$
1460 IF VAL(E$)<1 OR VAL(E$)>103 THEN PRINT">>> ERROR <<<":GOTO 1450
1480 F$ = "FN" + E$
1487 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
1490 PRINT #1,F$:RETURN
1500 INPUT "CALCULA OPERACION ENTRE SEXALES (S/N)";F$
1505 IF F$="S" OR F$="s" THEN GOTO 1510
1508 IF F$="N" OR F$="n" THEN PRINT #1,"CA1":RETURN
1510 PRINT #1,"CA2"
1511 PRINT "CALCULO DE OPERACIONES ENTRE SEXALES"
1512 INPUT "SON SEXALES ALMACENADAS EN MEMORIA (S/N)";A$
1513 IF A$="S" OR A$="s" THEN GOTO 1517
1514 INPUT "ES ENTRE LA SEXAL DE ENTRADA Y ALGUNA ALMACENADA EN MEMORIA (S/N)";
B$
1515 IF B$="S" OR B$="s" THEN GOTO 1530
1516 PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1500

```

```

1517 INPUT "PRIMERA SEÑAL (1-67)":W#:IF VAL(W#)<1 OR VAL(W#)>67 THEN PRINT ">>>
ERROR <<<":GOTO 1517
1518 Q#="RC"+W#
1519 FOR I=1 TO 1000 :NEXT I
1520 PRINT #1,Q# :CLS
1522 PRINT #1,"BH2" :CLS
1524 INPUT "LA SEGUNDA SEÑAL (1-67)":W#:IF VAL(W#)<1 OR VAL(W#)>67 THEN PRINT ">
>> ERROR <<<":GOTO 1524
1525 Q#="RC"+W#
1526 FOR I=1 TO 1000 :NEXT I
1527 PRINT #1,Q# : GOTO 1540
1530 PRINT #1,"BH2"
1531 INPUT "LA SEÑAL DE MEMORIA ES (1-67)":W#
1532 Q#="RC"+W#
1533 FOR I=1 TO 1000 :NEXT I
1534 PRINT #1,Q# : GOTO 1540
1540 INPUT " OPERACION A REALIZAR +(1),-(2),*(3),/(4) ":OX
1545 IF OX =4 OR OX= 1 THEN GOTO 1580
1546 IF OX =1 THEN PRINT #1,"CF1" : RETURN
1550 IF OX =2 THEN PRINT #1,"CF2" : RETURN
1555 IF OX =3 THEN PRINT #1,"CF3" : RETURN
1560 IF OX =4 THEN PRINT #1,"CF4" :RETURN
1580 PRINT">>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1500
1600 INPUT "SUPERPONER (S/N)":G#
1610 IF G#="S" OR G#="s" THEN PRINT #1,"SU2" :RETURN
1620 IF G#="N" OR G#="n" THEN PRINT #1,"SU1":RETURN
2000 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
2010 PRINT TAB(25):"**** SUBMENU DE CONTROL ****":PRINT:PRINT
2020 PRINT TAB(20):"1":TAB(25)"CURSOR DE REFERENCIA"
2030 PRINT TAB(20):"2":TAB(25)"ALMACENAR EN MEMORIA"
2040 PRINT TAB(20):"3":TAB(25)"RECUPERAR DE MEMORIA"
2050 PRINT TAB(20):"4":TAB(25)"IMPRIMIR "
2060 PRINT TAB(20):"5":TAB(25)"3 DIMENSION"
2070 PRINT TAB(20):"6":TAB(25)"ETIQUETAR "
2075 PRINT TAB(20):"7":TAB(25)"SEÑAL DE AC Ó IC"
2080 PRINT TAB(20):"8":TAB(25)"MENU PRINCIPAL"
2085 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
2090 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,8) Y PRESIONE ENTER":JX
2100 IF JX=8 OR JX=1 THEN PRINT" >>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2000
2110 IF JX=1 THEN GOSUB 2500
2120 IF JX=2 THEN GOSUB 2200
2130 IF JX=3 THEN GOSUB 2300
2140 IF JX=4 THEN PRINT #1,"FS" :GOTO 2000
2150 IF JX=5 THEN GOSUB 2500
2160 IF JX=6 THEN GOSUB 2600
2170 IF JX=7 THEN GOSUB 2700
2175 IF JX=8 THEN RETURN
2180 GOTO 2000
2200 INPUT "ALMACENA EN MEMORIA(S/N)":M#
2210 IF M#="S" OR M#="s" THEN GOTO 2250
2220 IF M#="N" OR M#="n" THEN RETURN
2230 PRINT" >>> ERROR <<<":FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2200
2250 INPUT "NUMERO DE MEMORIA (1-67)":N#:IF VAL(N#)<1 OR VAL(N#)>67 THEN PRINT ">
>> ERROR <<<":GOTO 2250
2280 F#="ST" + N#
2285 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
2287 PRINT #1,F# :RETURN
2300 INPUT "LLAMA DE MEMORIA (S/N)":R#

```

```

2310 IF R#="5" OR R#="1" THEN GOTO 2320
2320 IF R#="0" OR R#="6" THEN RETURN
2330 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2300
2340 INPUT NUMERO DE MEMORIA (1-67):VAL:IF VAL#(1) 1 OR VAL#(67) THEN PRINT
      ERROR :GOTO 2350
2360 O# = "OC" * W#
2380 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
2387 PRINT #I:O# :RETURN
2500 INPUT "ENCENDIDO (S/N):"I
2510 IF I#="S" OR I#="N" THEN PRINT #I:"NO" :RETURN
2520 IF I#="0" OR I#="6" THEN PRINT #I:"SI" :RETURN
2530 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2500
2540 INPUT "QUIERE ETIQUETA (S/N):"I#
2560 IF I#="S" OR I#="N" THEN GOTO 2650
2620 IF I#="0" OR I#="6" THEN GOTO 2630
2630 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2500
2650 INPUT "ETIQUETA DE (1-52) CARACTERES (M):"
2680 F# = "LA" * I#
2687 PRINT #I:F# :RETURN
2690 INPUT "QUIERE BORRAR LA ETIQUETA (S/N):"I#
2691 IF I#="S" OR I#="N" THEN PRINT #I:"LE" :RETURN
2692 IF I#="0" OR I#="6" THEN RETURN
2700 INPUT "TIPO DE SEÑAL (AC/DC):"I#
2710 IF I#="AC" OR I#="DC" THEN PRINT #I:"AC1" : RETURN
2720 IF I#="DC" OR I#="AC" THEN PRINT #I:"AC2" :RETURN
2730 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2700
2740 INPUT "ENCENDIDO (S/N):"I
2810 IF I#="S" OR I#="N" THEN GOTO 2860
2820 IF I#="0" OR I#="6" THEN PRINT #I:"RF1" :RETURN
2830 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 2800
2860 PRINT #I:"RF1" :RETURN
3000 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
3010 PRINT TAB(25):"**** SUBMENU DE ESCALAS ****":PRINT:PRINT
3020 PRINT TAB(20):"1":TAB(25):"FRECUENCIA"
3030 PRINT TAB(20):"2":TAB(25):"SENSIBILIDAD"
3040 PRINT TAB(20):"3":TAB(25):"MENU PRINCIPAL"
3040 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
3050 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1-3) Y PRESIONE ENTER:"J.
3060 IF J. 3 OR J. 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 3000
3070 IF J#1 THEN GOSUB 3100
3080 IF J#2 THEN GOSUB 3400
3090 IF J#3 THEN RETURN
3095 GOTO 3000
3100 CLS:PRINT:PRINT:PRINT
3110 PRINT TAB(25):"**** RANGO DE FRECUENCIAS ****":PRINT:PRINT
3120 PRINT TAB(20):"1":TAB(25):"40 HZ"
3130 PRINT TAB(20):"2":TAB(25):"20 HZ"
3140 PRINT TAB(20):"3":TAB(25):"10 HZ"
3150 PRINT TAB(20):"4":TAB(25):"4 HZ"
3160 PRINT TAB(20):"5":TAB(25):"2 HZ"
3170 PRINT TAB(20):"6":TAB(25):"1 HZ"
3180 PRINT TAB(20):"7":TAB(25):"400 HZ"
3190 PRINT TAB(20):"8":TAB(25):"200 HZ"
3200 PRINT TAB(20):"9":TAB(25):"100 HZ"
3210 PRINT TAB(20):"10":TAB(25):"40 HZ"

```

```

3040 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1.12) "J%
3050 IF J% < 12 OR J% > 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 3100
3060 IF J%=1 THEN PRINT #1 "FR1":RETURN
3070 IF J%=2 THEN PRINT #1 "FR2":RETURN
3080 IF J%=3 THEN PRINT #1 "FR3":RETURN
3090 IF J%=4 THEN PRINT #1 "FR4":RETURN
3100 IF J%=5 THEN PRINT #1 "FR5":RETURN
3110 IF J%=6 THEN PRINT #1 "FR6":RETURN
3120 IF J%=7 THEN PRINT #1 "FR7":RETURN
3130 IF J%=8 THEN PRINT #1 "FR8":RETURN
3140 IF J%=9 THEN PRINT #1 "FR9":RETURN
3150 IF J%=10 THEN PRINT #1 "FR10":RETURN
3160 IF J%=11 THEN PRINT #1 "FR11":RETURN
3170 IF J%=12 THEN PRINT #1 "FR12":RETURN
3400 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
3410 PRINT TAB(25);"*** RANGO DE SENSIBILIDADES ***":PRINT:PRINT
3420 PRINT TAB(20);"1":TAB(25);"*30 dB"
3430 PRINT TAB(20);"2":TAB(25);"*20 dB"
3440 PRINT TAB(20);"3":TAB(25);"*10 dB"
3450 PRINT TAB(20);"4":TAB(25);" 0 dB"
3460 PRINT TAB(20);"5":TAB(25);" -10 dB"
3470 PRINT TAB(20);"6":TAB(25);" -20 dB"
3480 PRINT TAB(20);"7":TAB(25);" -30 dB"
3490 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
3500 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1.7) "J%
3510 IF J% < 7 OR J% > 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 3400
3520 IF J%=1 THEN PRINT #1 "SE1":RETURN
3530 IF J%=2 THEN PRINT #1 "SE2":RETURN
3540 IF J%=3 THEN PRINT #1 "SE3":RETURN
3550 IF J%=4 THEN PRINT #1 "SE4":RETURN
3560 IF J%=5 THEN PRINT #1 "SE5":RETURN
3570 IF J%=6 THEN PRINT #1 "SE6":RETURN
3580 IF J%=7 THEN PRINT #1 "SE7":RETURN
4000 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4010 PRINT TAB(25);"*** SUBMENU CONDICIONES DE PANTALLA ***":PRINT:PRINT
4020 PRINT TAB(20);"1":TAB(25);"EFECTRO LINEAL"
4030 PRINT TAB(20);"2":TAB(25);"CURSOR"
4040 PRINT TAB(20);"3":TAB(25);"CUADRICULA"
4050 PRINT TAB(20);"4":TAB(25);"ESCALAS"
4060 PRINT TAB(20);"5":TAB(25);"MENU PRINCIPAL"
4070 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4080 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1.5) Y PRESIONE ENTER"J%
4090 IF J% < 5 OR J% > 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 4000
4100 IF J%=1 THEN GOSUB 4100
4110 IF J%=2 THEN GOSUB 4400
4120 IF J%=3 THEN GOSUB 4600
4130 IF J%=4 THEN GOSUB 4700
4140 IF J%=5 THEN RETURN
4150 GOTO 4000

```

```

4200 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4210 PRINT TAB(25); "**** OPCIONES ****":PRINT:PRINT
4220 PRINT TAB(20); "1":TAB(25); "MAGNITUD"
4230 PRINT TAB(20); "2":TAB(25); "FASE"
4240 PRINT TAB(20); "3":TAB(25); "MAGNITUD / FASE"
4250 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4260 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,2,3)":J%
4270 IF J% 3 OR J% 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 4200
4280 IF J%=1 THEN PRINT #1;"M%1":RETURN
4290 IF J%=2 THEN PRINT #1;"M%2":RETURN
4300 IF J%=3 THEN PRINT #1;"M%3":RETURN
4400 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4410 PRINT TAB(25); "**** OPCIONES ****":PRINT:PRINT
4420 PRINT TAB(20); "1":TAB(25); "AFAGADO"
4430 PRINT TAB(20); "2":TAB(25); "LINEA"
4440 PRINT TAB(20); "3":TAB(25); "NARCIA"
4450 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4460 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,2,3)":J%
4470 IF J% 3 OR J% 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 4200
4480 IF J%=1 THEN PRINT #1;"C%1":RETURN
4490 IF J%=2 THEN PRINT #1;"C%2":RETURN
4500 IF J%=3 THEN PRINT #1;"C%3":RETURN
4600 INPUT "ENCENDIDO (S/N)":D%
4610 IF D%="S" OR D%="1" THEN PRINT #1;"G%1":RETURN
4620 IF D%="N" OR D%="0" THEN PRINT #1;"G%1":RETURN
4630 PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 4600
4700 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4710 PRINT TAB(25); "**** OPCIONES ****":PRINT:PRINT
4720 PRINT TAB(25); "PARA LA ESCALA VERTICAL"
4730 PRINT TAB(20); "1":TAB(25); "LINEAL"
4740 PRINT TAB(20); "2":TAB(25); "LOGARITMICA"
4750 PRINT
4760 PRINT TAB(25); "PARA LA ESCALA HORIZONTAL"
4770 PRINT TAB(20); "3":TAB(25); "LINEAL"
4780 PRINT TAB(20); "4":TAB(25); "LOGARITMICA"
4790 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
4800 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,2,3,4)":J%
4810 IF J% 4 OR J% 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 4700
4820 IF J%=1 THEN PRINT #1;"V%1":RETURN
4830 IF J%=2 THEN PRINT #1;"V%2":RETURN
4840 IF J%=3 THEN PRINT #1;"H%1":RETURN
4850 IF J%=4 THEN PRINT #1;"H%2":RETURN
5000 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
5010 PRINT TAB(25); "**** SUBMENU CONTROL DE PANTALLA ****":PRINT:PRINT
5020 PRINT TAB(20); "1":TAB(25); "GARANZIA EN PANTALLA"
5030 PRINT TAB(20); "2":TAB(25); "E FANION EJE X"
5040 PRINT TAB(20); "3":TAB(25); "MENU PRINCIPAL"
5050 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
5060 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1,2,3) ; PRESIONE ENTER (1,0)";J%
5100 IF J% 3 OR J% 1 THEN PRINT " ERROR " :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 1000
5110 IF J%=1 THEN GOTO 5200
5120 IF J%=2 THEN GOTO 5500
5130 IF J%=3 THEN RETURN
5200 INPUT "ENCENDIDO (S/N)":A%

```

```

5205 IF A1<M1 OR A1<N1 THEN PRINT #1,"E" :RETURN
5210 CL:PRINT:PRINT:PRINT
5220 PRINT TAB(25); "***** GANANCIA DE LA PANTALLA *****":PRINT:PRINT
5231 PRINT TAB(25); "SOLO CON ESCALA VERTICAL LINEAL":PRINT:PRINT
5239 PRINT TAB(20); "1";TAB(25); "2"
5240 PRINT TAB(20); "3";TAB(25); "4"
5250 PRINT TAB(20); "5";TAB(25); "8"
5260 PRINT TAB(20); "9";TAB(25); "16"
5270 PRINT TAB(20); "5";TAB(25); "32"
5280 PRINT TAB(20); "8";TAB(25); "64"
5290 PRINT TAB(20); "7";TAB(25); "128"
5292 PRINT TAB(20); "8";TAB(25); "256"
5294 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
5298 INPUT "SELECCIONE UN NUMERO (1-12) U.S. ";I
5299 IF I<3 OR I>12 THEN PRINT "ERROR" :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 3100
5300 IF I=1 THEN PRINT #1,"G1":RETURN
5310 IF I=2 THEN PRINT #1,"G2":RETURN
5320 IF I=3 THEN PRINT #1,"G3":RETURN
5330 IF I=4 THEN PRINT #1,"G4":RETURN
5340 IF I=5 THEN PRINT #1,"G5":RETURN
5350 IF I=6 THEN PRINT #1,"G6":RETURN
5360 IF I=7 THEN PRINT #1,"G7":RETURN
5370 IF I=8 THEN PRINT #1,"G8":RETURN
5500 CL:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
5510 PRINT TAB(25); "***** EXPANSION DE LA PANTALLA *****":PRINT:PRINT
5511 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
5513 INPUT "ENCENDIDO (S/N) ";L1
5515 PRINT:PRINT:PRINT
5520 IF L1="S" OR L1="2" THEN PRINT #1,"DE2" :RETURN
5530 IF L1="N" OR L1="0" THEN PRINT #1,"DE1" :RETURN
5540 PRINT "ERROR" :FOR I=1 TO 1000:NEXT I:GOTO 5300

```

Como se puede ver, el FACOM no es un programa de control sino de transferencia de información y no se puede hacer mas con el equipo Rockland ya que en sus memorias solo hay almacenadas instrucciones de transferencia ;de modo que solo modificando su programa interno se podria hacer funciones de control.

Por otra parte ,el programa PACOMY si realiza el control de el analizador San-ei pero no la transferencia de información; esto es debido a que el aparato cuenta con su graficador integrado y con salida para un graficador analógico.

CAPITULO SEIS .
CONCLUSIONES

EVALUACION DE LOS SISTEMAS.

Al concluir esta tesis de Teoría y Aplicación del Análisis Espectral, los fundamentos de la técnica digital FFT o Transformada Rápida de Fourier han sido expuestos y de cierta forma facilitan la comprensión de los resultados obtenidos por el equipo de medición ROCKLAND y el San-ei. del Laboratorio de Comunicaciones.

Las ventajas que presenta el nuevo equipo son:

-En un solo aparato de medición se conjuga el funcionamiento de 2 aparatos de los existentes en el laboratorio; el Osciloscopio y del Analizador de Espectros que actúan por separado.

-La posibilidad de interconexión con la computadora - apoyados en los paquetes de comunicación implementados para cada aparato-; para aprovechar esta herramienta y algunos de sus periféricos como son la impresora o algún plotter y así obtener gráficas y/o almacenarlas en discos para un análisis posterior.

-Introduce y motiva a los alumnos que emplean este nuevo equipo, a que profundicen y se familiaricen con la teoría y aplicación de la FFT y del manejo del equipo.

Como desventaja del nuevo equipo, solo mencionamos las referentes a las limitaciones técnicas del mismo; Ancho de Banda limitado y la resolución en forma de muestras que se obtiene de la pantalla.

Por ello el equipo analógico existente en el laboratorio -Osciloscopio y Analizador de Espectros - para algunas aplicaciones maneja una mejor resolución y un ancho de banda mayor y a veces, en el laboratorio se ha podido combinarlos, para resaltar las diferencias y ayudar al alumno a que tenga una mayor comprensión de los conceptos desarrollados en el momento.

Los paquetes de comunicación implementados PACOM y PACOMY, permiten controlar ciertas funciones de los nuevos aparatos como se mostró en el capítulo anterior. Sin embargo se sigue trabajando en ellos para mejorarlos y se espera lograr un control total por computadora.

Los algoritmos empleados para el cálculo de la FFT y de la DFT, al estar escritos en BASIC, permiten obtener cómodamente los resultados buscados.

Cabe mencionar que existen algoritmos más rápidos que los presentados y en diversos lenguajes, pero para los fines que se persiguen, con lo expuesto en esta tesis es suficiente.

EVALUACION DE LA TESIS.

Algunas partes del contenido de esta tesis han sido empleadas para capacitar a los instructores del Laboratorio de Comunicaciones, acerca del manejo tanto de los paquetes de comunicación, como de los mismos aparatos.

Estos instrumentos los empezaron a emplear los alumnos de los laboratorios de Análisis de Señales y Modulación y algunos de Comunicaciones Digitales a partir del semestre 89-II y se ha empleado parte del material de la tesis para introducir a los alumnos al manejo del equipo; a su vez, los manuales del laboratorio, se van actualizando poco a poco y se planean nuevas prácticas para aprovecharlos al máximo.

Los alumnos de otras materias que se imparten en la facultad, han podido corroborar la ventaja del nuevo equipo cuando han solicitado apoyo y facilidades para probar, evaluar e imprimir la respuesta de los proyectos asignados en sus clases.

Por último cabe mencionar que diversas personalidades tanto de las autoridades de la Facultad, como miembros de la comunidad de Ingeniería y hasta personas ajenas a la misma, han visitado el Laboratorio para tener conocimiento acerca de la actualización que se lleva a cabo.

Todo lo anterior, permite decir que los objetivos de la presente tesis se han alcanzado plenamente.

Sin embargo no se debe considerar agotado el tema ni andado todo el camino, ya que lo hecho hasta ahora, solo es el principio.

Se pueden desarrollar mejores paquetes de comunicación y técnicas de control más completas, así como muchas aplicaciones adicionales.

APENDICES

A.-DESCRIPCION DE LOS APARATOS DIGITALES DE MEDICION .

A.1 INTRODUCCION .

A.1.2 PROCESADOR DE SEÑALES 7T26S NEC.

A.1.3 ANALIZADOR DE ESPECTROS 5840A ROCKLAND.

Introducción .

Los recientes avances tecnológicos han permitido la creación y evolución de dispositivos que aplican para el análisis espectral técnicas digitales, mismas que anteriormente se mencionaban y citaban solo en teoría, por la cantidad de procesos que requerían y que ahora, sin embargo son aplicables.

Dentro de las técnicas digitales incorporadas en estos dispositivos podemos citar la Transformada Discreta de Fourier (DFT) y su algoritmo, conocido por Transformada Rápida de Fourier (FFT) tratadas en un capítulo anterior.

Este desarrollo incorporado se ve realizado en la aparición de nuevo equipo como el procesador de señales 7T26S NEC y el analizador de espectros Rockland 5840A; equipo de reciente adquisición para el laboratorio de comunicaciones de la Facultad y, en las secciones siguientes se tratarán de describir sus características, manejo, etc.

DESCRIPCION DE LOS APARATOS DE MEDICION.

A.1.2 PROCESADOR DE SEÑALES 7T26S NEC.

El aparato 7T26S es un procesador de señales diseñado para analizar señales empleando la técnica de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) .

En la figura A.1 se observa la carátula del procesador 7T26S .

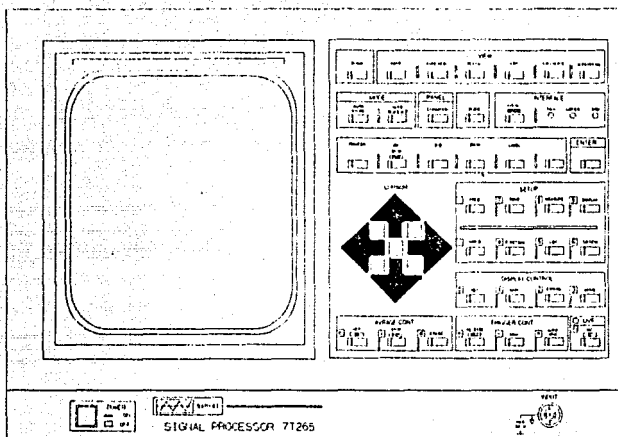


FIG. A1

De las especificaciones del procesador ,citamos algunas de las importantes ,como son:

- maneja un ancho de banda de 0 a 40 Khz .
- número de muestras seleccionables (512/1024).
- 64 K-palabras de capacidad de memoria .
- graficadora.
- lista y despliega en 3D .
- operación entre funciones .

SPECIFICATIONS

Designation	Performance	Condition or remarks
2-1 ANALYSIS OR MEASUREMENT FUNCTION		
(1) Time domain	Input data waveform display Autocorrelation function Inverse FFT	With optional Expansion Memory
(2) Frequency domain	Linear spectrum Power spectrum Power spectrum density Energy spectrum density 1/1 and 1/3 octave analyses	Amplitude and phase
(3) Amplitude domain	Histogram	With optional ROM Package
2-2 INPUT CHARACTERISTICS		
Number of channels	Single channel	
Input impedance	1 M Ω approx.	Unbalanced
Input coupling	DC or AC coupling	AC : -3 dB at 0.5 Hz
Sensitivity range	-30 dB to 30 dB, 7 positions	10 dB steps, 0 dB = 1 Vrms
Max. allowable input	100 V	DC + AC peak
Max. floating voltage	30 V	
Low pass filter	Automatically selected for analysis frequency range	Anti-aliasing filter
A/D converter	12 bits	
Data sampling	INT : 2.56 times analysis frequency EXT : 100 kHz or less	
2-3 ANALYSIS CHARACTERISTICS		
Frequency range	10 Hz to 40 kHz, 12 positions	1-2-4 sequence
FFT operation	512 data or 1024 data sampling selectable	Defined as "block size"
Resolution		
Time domain	512 or 1024 points / measurement range	
Frequency domain	200 or 400 points / measurement range	
Amplitude domain	256 points / measurement range	
Weighting	Rectangular or hanning window selectable	
FFT speed	Block size 512 : 0.7 s typically Block size 1024 : 1.1 s typically	Including display time
Real time analysis	Available up to 200 Hz range	
Dynamic range	66 dB	
2-4 INPUT BUFFER MEMORY		
Type	FIFO	First-in first-out memory
Use	Storage for input data and measurement results	
Full capacity	64 K-word 128 K-word	With optional Expansion Memory

Designation	Performance	Condition or remarks
Multi-purpose memory	A half of full capacity can be assigned for multi-purpose memory.	The remaining half is used for the input buffer memory.
Power failure protection	None	
2-5 TRIGGERING		
Mode	HOLD, RELEASE, ARM and AUTO ARM	
Source	INT (internal) or EXT (external)	
Internal triggering		
Level	$\pm 3/4$, $\pm 2/4$, $\pm 1/4$ of full scale or center zero level	
Slope	+ (rising part) or - (falling part)	
External trigger requirements		
Level	0.5 V to 10 Vp-p	
Slope	- (falling part)	
Pulse duration	1 ms minimum	
Delay setting		
Memory : FULL	Up to 65536 (131072) samples	Figures in parentheses are available with optional Expansion Memory.
Memory : HALF	Up to 32768 (65533) samples	
2-6 AVERAGING		
Averaging mode		
	SUM : Simple arithmetic	Time, frequency or amplitude domain
	EXP : Exponentially weighted	Frequency domain only
	PEAK : Peak hold	Frequency domain only
Overlap		
	0 % : No overlapping	
	50 % : 50 % overlap	
	ON : Maximum value available	
Number of times	2 to 8192 in binary steps	Applied only to SUM mode
Control	ON/OFF, START/STOP, ERASE	
Triggering mode	HOLD/RELEASE	
2-7 DISPLAY		
CRT		
Scanning	Raster scanning	
Representation		
	Setup menus	
	Graphic display	Single, dual, superposed, 3-D
	List display	
Vertical magnification		
Linear scale	2 to 256 times in binary steps	GAIN key
Log scale	Up to +30 dB in 10 dB steps	Display range is reduced to 40 dB.
Histogram	0.73 to 100 % in binary steps	
Horizontal magnification	4 times or magnifies one decade for log scale	EXPAND key
Move	() Move step : 1 to 1024 data in binary steps	Shift the point to read in the buffer memory

Designation	Performance	Condition or remarks
2-8 I/O CONNECTORS		
Ext clock input	0.5 to 10 Vp-p	BNC receptacle
Video output	Composite video 1 Vp-p	BNC receptacle
Video printer output	Video-sync separated	DIN 8-pin connector
Noise output	2 Vp-p approx.	Maximum length sequence signal

2-9 GENERAL

Power requirements

Mains voltages 115 V : 90 V to 132 V
230 V : 180 V to 250 V

Mains frequency 50 to 60 Hz

Power consumption 180 VA or less

Ambient conditions

0-40 °C, 20-85% RH

5-35 °C, 20-85 % RH

-10-70 °C, 20-90 % RH

Dimensions

380 mm wide, 200 mm high and 440 mm deep

Weight

15 kg or less

Including options

Limit range of operation

For guaranteed performance

Storage and transportation

Excluding handles, feet etc.

Including options

2-10 ACCESSORIES FURNISHED

- 1 Co-axial cable
- 1 BNC-clip adapter
- 1 Power cord
- 1 Spare fuse, 5 A
- 1 Instruction manual

2-11 OPTIONAL ACCESSORIES

Mobile cart

Roll paper

For optionally built-in Video Printer

2-12 OPTIONS

	Input/Output Interface	RQM Package	Built-in Video Printer	Expansion Memory
OPT.01	X	X	X	
OPT.02	X	X		X
OPT.03	X	X	X	X
OPT.09	X	X		

DESCRIPCION.

En la carátula podemos distinguir 4 secciones fig A.2

- a.- Unidad de Display.
- b.- Panel Frontal.
- c.- Conector BNC de entrada de señal.
- d.- Botón de Encendido .

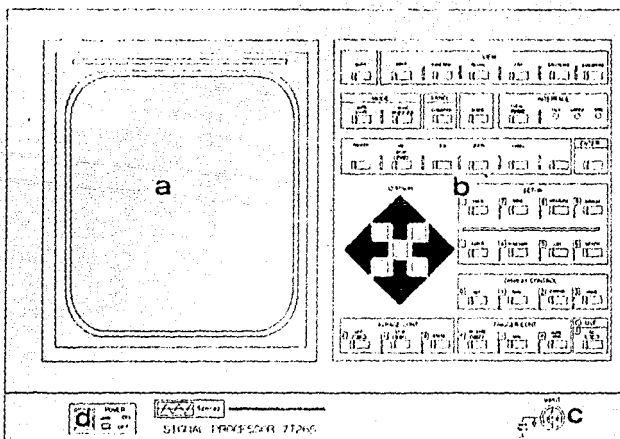


FIG. A2

El procesador almacena 10 menús en el panel frontal y cada uno tiene una función específica ,como veremos a continuación:

1 MEASURE key

```

SETUP ** MEASURE **
* 1 TRIGGER CONDITION
  2 AVERAGE CONDITION
    
```

2 TRIGGER screen

```

SETUP ** TRIGGER **
SOURCE          LEVEL
* 1 INT          5 +3/4
  2 EXT          6 +2/4
                7 +1/4
SLOPE           8 0
                9 -1/4
 4 (-)          10 -2/4
 5 (+)          11 -3/4
12 DELAY        1024 SAMPLES
    
```

3 AVERAGE screen

```

SETUP ** AVERAGE **
TYPE          4 1 SUM (TIME)
              2 SUM (INT)
              3 SUM (FREQ)
              4 EXP (FREQ)
              5 DECAY (FREQ)
NUMBER        6 6162
OVERLAP       7 0 %
              8 20 %
              9 ON
    
```

4 DISPLAY key

```

SETUP ** DISPLAY **
* 1 MAG          17 U-AXIS LIN
  2 PHASE        12 LOG
  3 MAG / PHASE  16 H-AXIS LIN
  4 CURSOR OFF   14 LOG
  5 LINE MARK   15 EU OFF
  6 MARK        16 ON SET
  7 HARM OFF    17 LABEL CRASE
  8 ON          18 THD OFF
  9 GRID OFF   19 ON
 10 ON         20 ON
    
```

5 COND key

```

SETUP ** CONDITION **
WEIGHTING * 1 RECTANGULAR
           2 MARKING
BLOCK SIZE 1 512 POINTS
           2 1024 POINTS
SAMPLING   3 INT 2 EXT
FILTER     1 OFF 2 ON
MOVE STEP  8 SAMPLES
MEMORY     1 FULL 2 HALF
    
```

6 FUNCTION key

```

SETUP ** FUNCTION **
* 1 SPECT LIN
  2 SPECT POWER
  3 SPECT DENS.
  4 SPECT ENRG
  5 AUTO CORR.
  6 INV. FFT
  7 HISTOGRAM
  8 3 DIM. SETUP
  9 ADV. FUNC
    
```

7 LIST key

```

SETUP ** LIST **
* 1 DATA
  2 MARK
    
```


-TECLAS DE CONDICION .

1.- Menú de MEASURE.

Esta tecla nos permite fijar las condiciones de trabajo relativas al trigger y al promedio (Average).

La condición de TRIGGER nos permite seleccionar si el tipo de señal de disparo(trigger) es interna o externa; la polaridad de la misma (con Slope + ó -) y el porcentaje del nivel de amplitud (level) a emplear .

Con la condición promedio (average) podemos seleccionar el tipo y el número de operaciones promedio que queremos realizar; así como el porcentaje de traslape (overlap) con que se quiere trabajar .

2.- DISPLAY .

Con esta tecla podemos seleccionar del menú DISPLAY

- el tipo de imagen (magnitud, fase o ambas) .
 - las escalas de los ejes X -Y (lineales o logarítmicas).
 - que en la pantalla aparezca el cursor o la cuadrícula(grid).
- (VER EL MENU)

3.- COND.

La tecla COND nos sitúa en el menú de CONDICION, del cual podemos seleccionar :

- el tipo de aproximación para realizar el cálculo de la FFT.
- el tamaño del bloque de muestreo (512-1024 muestras).
- si el muestreo se lleva a cabo interna o externamente .
- o la cantidad de memoria con que se desea trabajar .

4.- FUNCTION .

Del menú de FUNCION podemos seleccionar alguna en especial para ser observada en la pantalla ; así mismo, seleccionamos los parámetros para la visualización en 3D.

5.- LIST .

Permite seleccionar el tipo de LISTADO (en datos o armónicas) de la figura que esté desplegada en pantalla o de alguna figura almacenada en un archivo de la memoria .

6.- OPTION .

Nos permite especificar la salida y los parámetros de comunicación para el equipo periférico conectado al procesador .

MANEJO DEL APARATO .

El procesador aunque es muy completo, tiene un fácil manejo, como podrá observarse .

-Para elegir una condición se presiona esa tecla y aparece el menú .

-Con las teclas de movimiento del cursor, lo posicionamos en cierta opción y con la tecla ENTER se especifica ; en caso de requerir otra opción del mismo menú, se repite el proceso .

-Para salir de esta condición, después de hacer nuestra elección, se vuelve a presionar la tecla de condición .

Esquemáticamente, el proceso anterior es :

condición -> II -> ENTER -> ...repetir...-> condición
(para salir)

REGIONES DE LA PANTALLA.

Las regiones o áreas que se observan en la pantalla son fácilmente reconocidas como se ve en la fig A.5

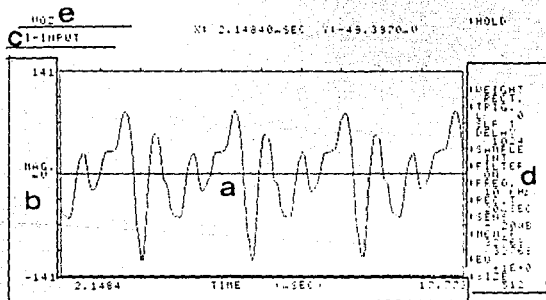


fig A.5 pantalla

donde:

a- área de forma de onda

Despliega la forma de la señal de medición o muestra el listado de valores (es la región de trabajo) .

b.-área de escalas .

Muestra los valores de las escalas horizontal y vertical de la señal desplegada en la pantalla .

c.-área de nombres.

Despliega el nombre del tipo de datos de la pantalla (Lineal, Espectral, Armónica, etc) ; si se trata de valores Instantáneos(I), promedio (A) ,etc.

d.-área de condición de medición .

Despliega las condiciones de medición seleccionadas con anterioridad de los menús .

e.-área de etiquetas .

Despliega etiquetas bajo el comando LABEL .

Después de haber descrito las teclas de "condición" y las áreas que conforman la pantalla, procederemos a indicar que hacen las teclas de "operación".

TECLAS DE OPERACION .

INPUT nos permite observar la señal de interés en el dominio del tiempo .

FUNCTION la señal de interés es observada en el dominio de la frecuencia .

BOTH permite tener dos señales en la pantalla al mismo tiempo, pero en secciones separadas .

SUPERPOSE similar a la anterior pero en este caso ,las señales son superpuestas .

LIST despliega el listado de valores que asumen las muestras de la señal que estamos observando .

CALCULATE permite realizar operaciones entre 2 señales (suma, resta, multiplicación y división) .

PRINTER imprime todo lo que aparece en la pantalla .

nota: la impresora incorporada al procesador puede controlarse manualmente y realizar la misma función con el copy .

LABEL permite poner etiquetas de letras, números o caracteres especiales en la pantalla ,en la sección destinada para ello .

3D prepara la pantalla -previa selección de parámetros- para realizar la gráfica en 3-Dimensión .

TECLAS DE CONTROL DEL DISPLAY .

FREQ controla el rango de frecuencias de la escala horizontal de 10 Hz a 40 KHz .

SENS sensibilidad .permite seleccionar la escala vertical de -30 dB a 30 dB en 7 pasos (10 dB/paso y 0dB=1 Vrms).

GAIN le dá cierta ganancia al display .

EXPAND expande en 4 el eje X ;expandiendo la figura.

HOLD "congela" la imagen en la pantalla .

ARM y AUTOARM congelan la posición de la señal sobre la pantalla ,pero se pueden observar las variaciones que sufre la señal lo que permite capturar señales transitorias .

REF referencia.hace que aparezca un cursor adicional que puede servir de referencia .

MEMORIA El procesador tiene 64 K-palabras de capacidad y las teclas de operación son :

STORE No. almacena en la dirección No. de la memoria, la pantalla (imagen, datos) seleccionada .

RECALL No. reclama y despliega el contenido de la memoria No.

AUTO STORE almacena automáticamente la imagen de pantalla en una dirección específica .

INTERFACE con la previa configuración ,permite la transferencia de información entre el procesador y algún periférico conectado en alguna de las salidas del mismo.

Hasta aquí terminamos de conocer el procesador de señales y apoyados en las gráficas mostradas ,se tienen las suficientes bases para manejarlo sin problemas y continuaremos con el analizador de espectros 5840A.

A.1.3 ANALIZADOR DE ESPECTROS 5840A ROCKLAND .

El analizador de espectros Rockland también trabaja con la técnica de la FFT y en los párrafos siguientes se describirán sus características, su manejo ; la descripción del funcionamiento de las teclas ,etc.

En la fig A.6 se muestra la carátula y el panel de entrada del analizador de espectros .

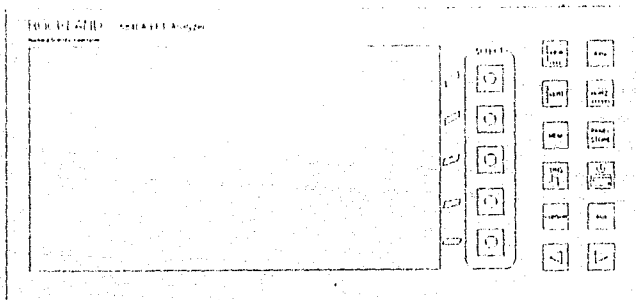


fig A.6 Analizador Rockland (carátula)

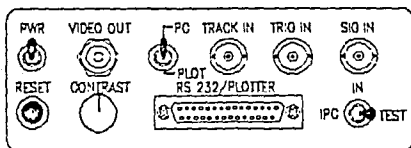


fig A.6.1 Panel de Entrada (Panel I/O).

PANEL DE ENTRADA (PANEL I/O) .

El panel de entrada localizado en la parte superior de la cara derecha del analizador, tiene los siguientes controles:

SW PWR (power) switch de encendido .

VIDEO OUT proporciona una señal de video para ser observable en un monitor .

TRACKING IN entrada BNC para introducir una señal (externa) que sirva para controlar el tracking .
Vmin = 2.5 Vpp y frec max= 51.2 KHz

TRIG IN sirve como entrada para una señal externa que controle el trigger del analizador (Vtrig > 2.5 Vpp)

SIGNAL IN es la entrada para la señal que se desea analizar.
(Vmax < +-100 Vpp ó +-70 Vrms).

SW1 (abajo de la terminal de SIGNAL IN) este switch tiene 3 posiciones las cuales sirven para :

IN para trabajo Normal .

TEST tiene una señal interna de prueba -llamada de "default"- e inhabilita el funcionamiento normal del aparato.

IPC en caso de usar un transductor (micrófono por ejemplo) ,en esta posición permite acoplarlo al analizador.

RS232/PLOTTER es una salida /entrada con conector RS232 que dependiendo de la posición del SW2 ,permite la transferencia de información entre el analizador y la computadora (PC) o al plotter (PLOT) .

SW2 switch de dos posiciones .selecciona la comunicación hacia una PC o hacia el plotter .

CONTRAST controla el contraste en la pantalla .

RESET al encender el analizador inicialmente asume el estado de "default" y al presionar este botón restituye al mencionado estado inicial.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CARATULA.

En la carátula de cristal líquido del analizador de espectros, podemos identificar varias secciones :

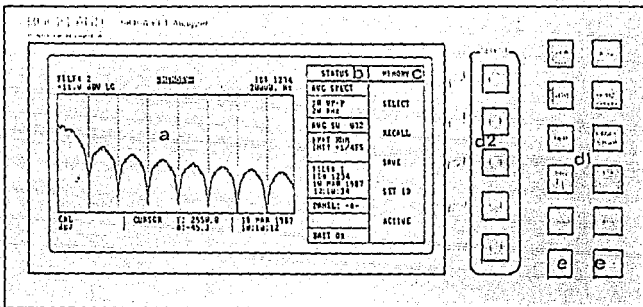
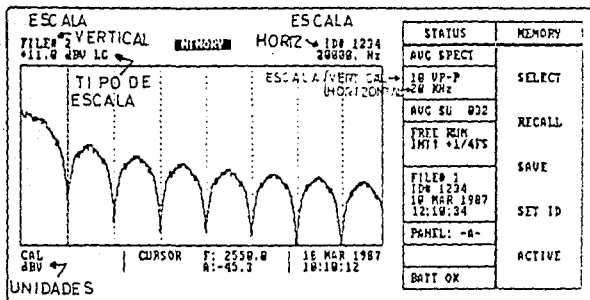


fig A.7 carátula del analizador de espectros.

- a.- Display Activo es la región donde se despliega la señal.
- b.-Ventana de Estado o de STATUS .es la ventana de estado o de funciones.
- c.-Ventana de Selección.aparece desplegado el menú de la función seleccionada .
- d.-Teclado.
 - d.1.-dedicado o de selección de función .
 - d.2- de apoyo o de selección de opción .
- e.-Cursor.- para mover el cursor .

REGIONES DEL DISPLAY.

En una pantalla usual de trabajo podemos identificar:



En el display activo se observan solo 400 líneas de las 1024 que son procesadas por el analizador, de acuerdo a la escala empleada en dicho instante.

FUNCIONES .

Igual que el procesador de señales, este analizador de espectros tiene teclas dedicadas o de función que despliegan el menú en la ventana de función y, con las teclas de apoyo, se realiza la selección de alguna opción del menú.

Como se mencionó, el menú seleccionado es desplegado en la ventana de SELECCIÓN y mediante las teclas de apoyo y el movimiento del cursor, variamos algún parámetro de medición o de memoria o cambiamos de escala, etc y lo visualizamos en la ventana de estado (STATUS).

DESCRIPCION DE LAS FUNCIONES DE LOS MENÚS.

En esta sección describiremos qué hacen las instrucciones de cada menú.

VIEW Permite observar en el display la señal de interés, mostrando como es su :

INST SPECT espectro instantáneo .

INST TIME oscilograma instantáneo .

AVG SPECT espectro resultante de un proceso de n operaciones promedio .

AVG TIME el oscilograma resultante de un proceso de n operaciones promedio .

SAT despliega el espectro de una señal resultante en el dominio del tiempo, después de un proceso de n promedios en el tiempo .

AVG (promedio)

TYPE seleccionamos alguno de los siguientes tipos de operaciones promedio : SUMa , EXponencial, PK pico ,Tiempo .

N AVG selecciona el N número de procesos promedios que se deben realizar (2,4,... 256).

START inicializa el proceso de cálculo de promedios .

STOP detiene el proceso en cualquier instante .

VERT (VERTICAL) .

SENS INCR incrementa la sensibilidad de la escala vertical de 50 mVpp a 10 Vpp en secuencia 1,2,5 .

SENS DECR la decremента .

GAIN UP incrementa en 2^o la ganancia del display donde n es el número de pasos . Al emplear la ganancia en el display aparece la letra G .

GAIN DN decremента la ganancia de la pantalla .

UNITS permite seleccionar la unidad a emplear en el eje vertical de las opciones propuestas .

HORZ (HORIZONTAL) .

RANGE INCR incrementa el rango de análisis del eje Horizontal desde 10 Hz a 20 KHz en secuencia 1,2,5 .

RANGE DECR decremента el rango en el eje horizontal.

UNITS Permite seleccionar las unidades del eje horizontal.

MEM (MEMORIA) .

SELECT selección
con esta tecla solamente seleccionamos una dirección específica del archivo de memoria (1 a la 84) apoyados con las teclas de movimiento del cursor .

RECALL reclama el archivo de memoria previamente seleccionado para ser desplegado en la pantalla .

SAVE salva en la dirección seleccionada de memoria, lo que se halla en ese momento en la pantalla ; la dirección específica aparece en la ventana de STATUS .

SET ID asigna una identificación (de 1 a 4 dígitos) al archivo seleccionado .

Nota: es necesario asignar la identificación antes de salvarlo.

Al presionar esta tecla se despliega un submenú el cual nos permite variar los dígitos para conformar la identificación que requerimos .

ACTIVE retorna el display de memoria a display activo aceptando cualquier otro menú de selección .

PANEL STORE

SELECT selecciona uno de los 6 paneles disponibles de almacenamiento en memoria. Cada panel se identifica con las letras A,B,C,D,E y F .

SAVE permite salvar el contenido de la memoria del panel seleccionado en la memoria RAM del analizador .

RECALL reclama o llama los archivos del panel seleccionado.

TRIG (TRIGGER)

TYPE selecciona el tipo de trigger a usar de una de las siguientes opciones :

FREE RUN dispara continuo .

SING TR captura un bloque de datos .

AUTO TR captura bloques continuos de datos .

SOURCE permite seleccionar la polaridad y el origen de la señal de disparo (Trigger). Externa o Interna .

LEVEL Selecciona la polaridad y el porcentaje de amplitud de la señal de trigger.

ARM enciende los circuitos del trigger para la captura de bloques de datos .

HOLD/REL permite congelar (Hold) la imagen para mediciones .
Con Rel restituimos a Display Activo .

TIME /DAY sirve para poner fecha y hora .

CURSOR

ON/OFF enciende o apaga el cursor .

SET REF permite introducir un punto de referencia y todos los valores son relativas a dicho punto de referencia.

HARMONIC hace que aparezcan en la pantalla líneas armónicas de la última posición del cursor .

OVERALL aparece el valor de la potencia de la señal desplegada y captura por unos instantes en la pantalla.

FAST/SLOW variamos la velocidad de movimiento del cursor, si y solo si la pantalla está en HOLD .

AUX (auxiliar)

PLOT inicializa la transferencia de información hacia el plotter conectado previamente al RS232 siempre y cuando el SW2 del panel de entrada I/O está posicionado en PLOT.

COMPARATOR permite que aparezca un rectángulo al centro de la pantalla . Nos servirá de comparador y aparece un submenú que nos permitirá ajustar y posicionar los límites máximos y mínimos de amplitud y frecuencia en el rectángulo de comparación.

CALIBRATE calibración siempre y cuando se tengan unidades en EU o dBR. En este caso ajustamos el valor de los dígitos de calibración .

CONFIGURE permite configurar los parámetros de comunicación del analizador para comunicarse con una PC o con el PLOTTER según la posición del SW2 del panel I/O . Esta selección despliega un submenú que nos permitirá ajustar los parámetros de comunicación.

PNL LIGHT panel de luz al display .

En este momento solo se han descrito las funciones de los menús disponibles del analizador y ahora continuaremos con el manejo del mismo .

MANEJO DEL ANALIZADOR ROCKLAND 5840A .

1.- Encendemos en analizador de espectros y automáticamente aparece el estado de "default" que confirma el buen funcionamiento del analizador .

2.-Checar y verificar la posición de los switches del panel de entrada I/O .

3.-Introducir la señal de interés por la entrada asignada del panel I/O.

4.-Se procede a realizar la selección del menú apropiado para variar y ajustar los parámetros que nos permitan una visualización satisfactoria de la señal de interés .

Para ello ,nos auxiliamos de las teclas de apoyo observando los cambios en el display activo y las ventanas de Estado y de Selección .

Como es posible observar,el manejo del analizador es muy sencillo.

Hasta aquí hemos descrito las características ,manejo y funcionamiento de los aparatos digitales de medición del laboratorio.

BIBLIOGRAFIA.

-BRANDI PURATA.
APUNTES DE PROCESAMIENTO DE DATOS GEOFISICOS.
1985 ESTUDIOS DE POSTGRADO FAC. ING. U.N.A.M.

-CADZOW.
SIGNALS, SYSTEM AND TRANSFORMS.
ED. JOHN WILLEY AND SON.

-GABEL, ROBERT
SEÑALES Y SISTEMAS LINEALES.
1975 ED. LIMUSA MEXICO.

-MORRIS-ECKHOUSE.
SISTEMAS DE MINICOMPUTADORAS.
1982 PRENTICE HALL COLOMBIA.

-RAMIREZ, ROBERT.
FAST FOURIER TRANSFORMS.

-STREMLER.
SISTEMAS DE COMUNICACION
1985 FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO MEXICO.

ARTICULOS.

-L. LANGER.
FAST METHODS OF FREQUENCY ANALYSIS.

-COOLEY -TUKEY.
A FAST FOURIER TRANSFORM ALGORITHM.

MANUALES DE OPERACION.

-SIGNAL PROCESOR 7TS26 NEC San-ei .

-ANALIZER SPRECTUM ROCKLAND.

PAQUETES DE COMPUTADORA.

-BASICA (BASIC ADVANCED).

-PL PERFECT LINK.

-COMUNICA.