

UNIVERSIDAD DON BOSCO



**“ CONSTRUCCIÓN DE UNA INTERFACE
PARA IMPLEMENTACION DE UN ANALIZADOR ESPECTRAL
EN UNA COMPUTADORA “**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PREPARADO PARA LA FACULTAD
DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

TÉCNICO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

POR:

Carlos Alberto Bolaños Guerrero
Omar Antonio Méndez Martínez
Francisco Salvador Taura Mejía

MARZO - 2000

SOYAPANGO – EL SALVADOR – CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR
ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL
PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO, S.D.B

DECANO DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS
ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN
TEC. GERBER OMAR PINEDA

JURADO EXAMINADOR
ING. EDGARDO ZELEDÓN
ING. WILLBERT MARTINEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA INTERFACE
PARA IMPLEMENTACION DE UN ANALIZADOR ESPECTRAL
EN UNA COMPUTADORA”**



**Ing. Willbert Martínez
JURADO**



**Ing. Edgardo Zeledón
JURADO**



**Tec. Gerber Pineda
ASESOR**

AGRADECIMIENTOS

*“ Infinitas gracias **PADRE** por que nunca nos abandonaste,
porque en los momentos más difíciles tú **HIJO** nos
extendió la mano y porque gracias a tú **ESPIRITU** obtuvimos
el conocimiento “*

A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos
por el apoyo incondicional que siempre nos mostraron
y gracias al cual hemos podido alcanzar esta meta.


Carlos Bolaños


Omar Méndez


Francisco Taura

INDICE

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos especificos	2
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES	3
1.3.1 Alcances del proyecto	3
1.3.2 Limitantes del proyecto	4
CAPITULO II	5
2.1 EL ESPECTRO DE FOURIER	5
2.2 TRANSFORMADA DE FOURIER	6
2.3 TEOREMA DEL MUESTREO	7
2.4 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES	9
2.4.1 Modulación en Amplitud	9
2.4.2 El envolvente de AM	9
2.4.3 Espectro de una señal modulada	11
2.4.4 Modulación en Frecuencia	11
CAPITULO III	14
3.1 DISPOSITIVOS DE LA INTERFACE	14
3.1.1 Interface periférica programable 8255	14
3.1.2 Descripción de la 8255	14
3.1.3 Programación de la 8255	15
3.1.4 Funcionamiento en modo 0	16
3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFACE	17
3.3 CONVERTIDOR ANÁLOGO-DIGITAL	20
CAPITULO IV	21
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	21
4.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS PROGRAMAS	24
4.2.1 Flujograma del programa en C	24
4.2.2 Funcionamiento del programa en C	25
4.2.3 Flujograma de los programas en Matlab	26
a- Programa general	26
b- Fourier	27
c- Modulación AM	28
d- Modulación FM	29
4.2.4 Funcionamiento de los programas en Matlab.	30
GLOSARIO TÉCNICO	31
SUGERENCIAS	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	35

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Función compuerta periódica.	5
Ilustración 2.	Espectro de amplitud.	6
Ilustración 3.	Algunas funciones del tiempo y sus funciones densidad espectral.	7
Ilustración 4.	Generación de AM.	10
Ilustración 5.	Espectro en frecuencia de una señal AM	11
Ilustración 6.	Modulación en fase y en frecuencia de una portadora de onda seno, por una señal de onda seno	13
Ilustración 7.	Diagrama de base de la interface periférica programable	14
Ilustración 8.	El byte de comando para el registro de control del 8255A	15
Ilustración 9.	Diagrama esquemático de la interface	19
Ilustración 10.	Diagrama de tiempo del convertidor	20
Ilustración 11.	Diagrama en bloques del sistema	23

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En telecomunicaciones se trabaja con diferentes tipos de señales para la transmisión, recepción y procesamiento de datos; una de las herramientas básicas que involucra el sistema de comunicaciones es el análisis de señales.

El análisis en frecuencia de señales es un método matemático por medio del cual es posible comprender y predecir el funcionamiento de un circuito basándose en la distribución de potencia y la composición de frecuencias de la señal de información.

Para poder observar la distribución de potencia en el dominio de la frecuencia es necesario auxiliarse de un analizador espectral, que nos permite representar gráficamente la señal en el dominio de la frecuencia.

Con este proyecto se pretende brindar una alternativa de implementación de un analizador espectral que se basara en un adquisidor de datos y un software que permita visualizar en la pantalla de una computadora el gráfico, en el dominio de la frecuencia, de la señal en estudio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir una interfase de computadora para que pueda convertir una señal análoga a digital para ser procesados por un software que pueda analizar y simular el análisis espectral.

1.2.2 Objetivos Especificos

- a) Diseñar y construir una interfase que permita introducir datos a una computadora a partir del muestreo de una señal proveniente de una fuente externa.
- b) Elaborar un programa que se encargará de controlar el funcionamiento de la interfase.
- c) Adaptar un programa para que presente el resultado final del análisis.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.3.1 Alcances del proyecto.

- a) El proyecto a desarrollar toma los datos a partir del muestreo de una señal análoga.
- b) La información obtenida se procesa para realizar el análisis y simulación de una respuesta determinada, en el dominio del tiempo y la frecuencia.
- c) La aplicación deseada es seleccionable por el usuario entre un menú principal y submenús secundarios.
- d) Los parámetros y condiciones de la señal análoga pueden ser cambiados por el usuario a fin de poder observar variaciones en la aplicación deseada.
- e) El sistema completo tiene la ventaja de que se puede instalar en diferentes computadoras que cumplan con los requisitos del software y se puede utilizar cualquier tipo de fuente externa generadora de señales.
- f) La modulación que se simula en el software es del tipo: Amplitud modulada y Frecuencia modulada directa.
- g) En un sistema interactivo, de fácil manejo y con variedad de aplicaciones en el campo de la simulación de señales.
- h) El ancho de banda del cual se dispone es de 800KHz, con lo cual se abarca parte del ancho de banda de AM comercial.

1.3.2 Limitaciones del proyecto.

- a) No se puede trabajar con más de 800KHz, debido a las limitaciones de los dispositivos, el convertidor análogo/digital, el tiempo de acceso de la memoria y el reloj de la interface.
- b) Para que el software funcione es necesario que la computadora posea como mínimo un procesador 486 sx, un coprocesador matemático y 8 MB de memoria RAM.
- c) El usuario no tiene acceso directo a las etapas de programación, solo tiene acceso a las variables de trabajo.
- d) No se trabaja en tiempo real sino que la señal es muestreada y procesada por bloques.
- e) La señal proveniente del adquisidor de datos es únicamente utilizada para el análisis espectral, y no se puede utilizar en la simulación de la modulación de señales.
- f) La simulación de la modulación se realiza por medio de ecuaciones matemáticas y no por medio de señales reales.
- g) El gráfico de magnitud contra fase no es parte de las aplicaciones del proyecto debido a que este no es un parámetro indispensable para la comprensión de las técnicas planteadas.
- h) El ancho de banda de la interface esta limitado por el convertidor A/D, por el reloj interno de la tarjeta y los dispositivos utilizados, por lo que su utilización es para aplicaciones didácticas; por lo que no se pretende observar señales de FM reales.

CAPITULO II

2.1 LA SERIE DE FOURIER

La serie de Fourier está compuesta de una suma de exponenciales complejos donde las F representan las magnitudes y los ángulos de fase iniciales de los fasores rotatorios armónicamente relacionados. El fasor resultante se halla sumando vectorialmente los fasores individuales. Salvo en casos especiales de uno o dos términos, la suma de una serie de fasores para cada instante, resulta una manera inconveniente de describir una señal.

El gráfico de los coeficientes(complejos) de Fourier están en función de la frecuencia de una señal $f(t)$. El cual se conoce como “*espectro de Fourier de $f(t)$* ”. Para una señal periódica, se ha visto que los coeficientes de Fourier corresponden a la importancia relativa de las amplitudes y fases de un conjunto de fasores armónicamente relacionados. Por tanto, el espectro de Fourier existe sólo en $\omega = 0, \pm \omega_0, \pm 2\omega_0, \pm 3\omega_0, \dots$; es decir, sólo en valores discretos de ω . O sea, es un espectro discreto llamado a veces **espectro de línea**. Gráficamente puede representarse trazando líneas verticales en los puntos discretos de $\omega = 0, \pm \omega_0, \pm 2\omega_0, \pm 3\omega_0, \dots$; de alturas proporcionales a las amplitudes de las componentes de frecuencias correspondientes. Ese **espectro de amplitudes** aparece en un gráfico como una serie de líneas verticales equidistantes de alturas proporcionales a las amplitudes de las componentes de frecuencia respectivas.

Por ejemplo para la función puente periódica, el espectro de Fourier es el siguiente:

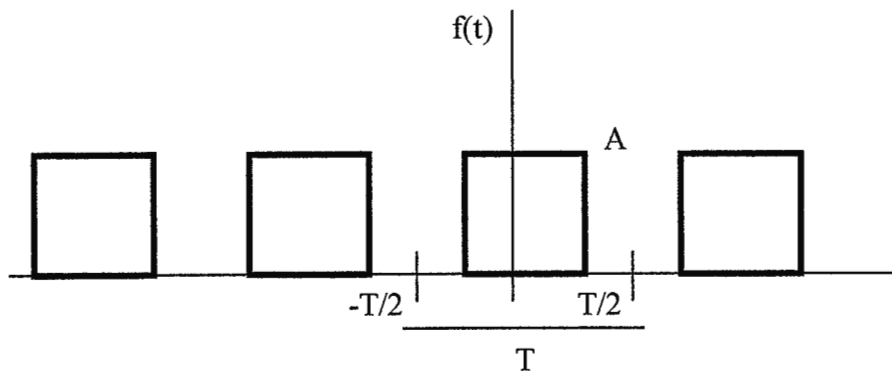


Ilustración N° 1: Función Compuerta periódica

Los coeficientes de Fourier son :

$$F_n \approx \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \lambda^{-jn\omega_0 t} dt$$

$$F_n \approx \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} A \lambda^{-jn\omega_0 t} dt$$

$$F_n \approx \frac{2A}{n\omega_0 T} \frac{\text{sen}(n\omega_0 \tau / 2)}{n\omega_0 \tau / 2}$$

$$F_n \approx \frac{A\tau}{T} \left[\frac{\text{sen}(x)}{x} \right]$$

$$Sa(x) \approx \frac{\text{sen}(x)}{x}$$

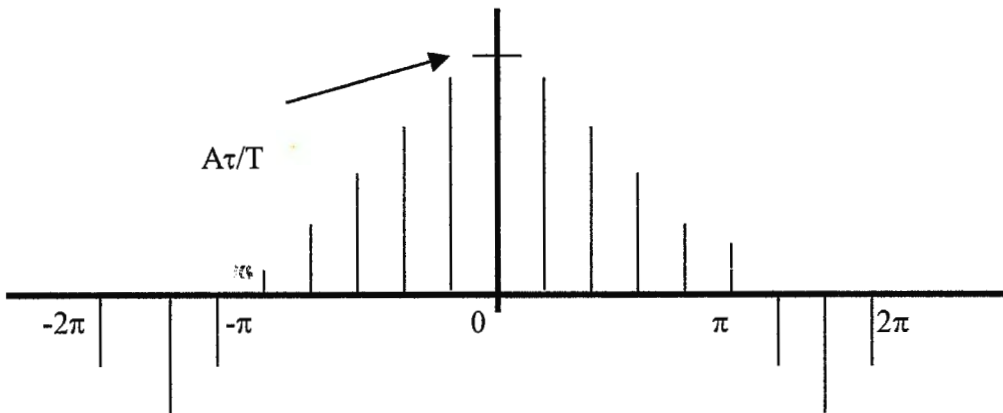


Ilustración Nº 2: Espectro de Amplitud.

2.2 TRASFORMADA DE FOURIER

La transformada de Fourier puede verse como la representación en términos de una suma infinita de exponenciales complejos, ponderado cada uno por $F(\omega) d\omega$, el concepto de representación fasorial de los exponenciales complejos y la suma de fasores ayuda para determinar dicha transformada. Para determinar la transformada de Fourier de una señal periódica se utiliza la siguiente ecuación:

$$F(\omega) \approx \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \lambda^{-j\omega t} dt$$

Para que exista la transformada de Fourier es necesario que se cumplan tres condiciones:

- 1) $f(t)$ tiene un número finito de máximos y mínimos en cualquier intervalo de tiempo finito.
- 2) $f(t)$ tiene un número finito de discontinuidades finitas en cualquier intervalo de tiempo finito.
- 3) $f(t)$ es absolutamente integrable, esto es $\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)| dt < \infty$.

Cabe mencionar que la transformada de Fourier solamente es aplicable para señales periódicas y continuas.

Algunos ejemplos de la transformada de Fourier y sus espectros son:

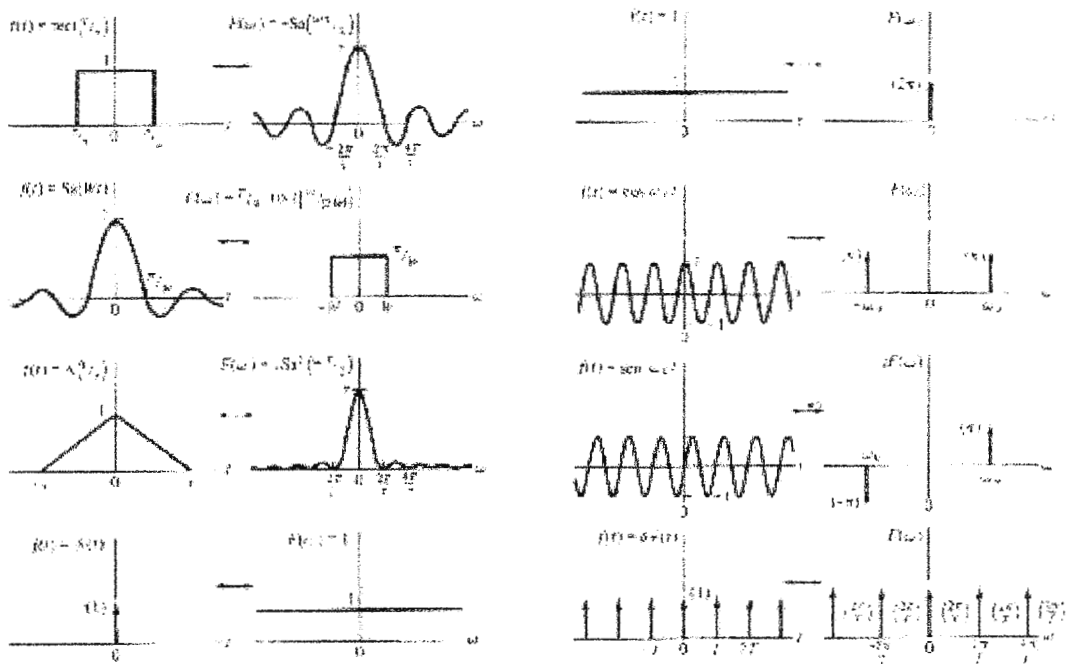


Ilustración N° 3: Algunas funciones del tiempo y sus funciones densidad espectral.

2.3 TEOREMA DEL MUESTREO

Las señales que portan información deben ser asequibles, ya sea en forma analógica o en forma digital o discreta. Habría que determinar qué condiciones son necesarias para convertir una señal analógica en discreta, o viceversa, sin perder información. Como un criterio para conseguir esto, debe ser posible reconstruir completamente la señal original por medio de filtros.

El enlace entre la señal analógica y la correspondiente señal discreta lo proporciona el *teorema del muestreo*, el cual dice lo siguiente:

“Una señal de banda limitada sin componentes espectrales por encima de una frecuencia de B Hz, se determina unívocamente por sus valores equidistantes a intervalos no mayores de $1/(2B)$ segundos. Esta es una condición suficiente para que una señal analógica pueda ser totalmente reconstruida a partir de un conjunto de muestras discretas uniformemente espaciadas en el tiempo.

Para que la señal muestreada pueda ser reconstruida totalmente sin ningún solapamiento de su espectro, es necesario que la frecuencia mínima de muestreo sea mayor que dos veces el ancho de banda de la señal a muestrear.

$$F_{\min} \approx 2 * B$$

La frecuencia máxima de muestreo se llama: **Teorema de Nyquist**. En la práctica no puede emplearse del todo dicho teorema, ya que en primer lugar no se pueden construir filtros pasa-bajos ideales. En segundo lugar por que las señales variantes en el tiempo no son de banda limitada, generando así que un solapamiento de señales en el momento del muestreo.

2.4 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES

Las señales de información deben ser transportadas entre un transmisor y un receptor sobre alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, las señales de información pocas veces encuentran una forma adecuada para la transmisión. **La modulación** se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión. Demodulación es el proceso inverso, es decir, la onda modulada se convierte nuevamente a su forma original.

2.4.1 MODULACIÓN EN AMPLITUD.

Modulación en amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información) las frecuencia que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llama comúnmente **radiofrecuencia** o **RF**. Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en forma de cambios de amplitud. La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y vídeo.

La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 a 1605 KHz. Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, y la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama **modulante**. La resultante se llama **onda modulada o señal modulada**.

2.4.2 EL ENVOLVENTE DE AM

Se considerará una señal sinusoidal $f_m(t)$ de frecuencia f , $f_m(t) \approx B \cdot \text{sen}(2\pi f \cdot t)$ y otra señal sinusoidal $f_c(t)$ de frecuencia F más alta, $f_c(t) \approx A \cdot \text{sen}(2\pi F \cdot t)$. La señal $f_m(t)$ se llama **señal moduladora**, la señal $f_c(t)$ es **señal portadora**. La ecuación de $f_m(t)$ modulada en amplitud es:

$$V_{am}(t) \approx A \cdot \text{sen}(2\pi F \cdot t) + m \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos[(2\pi(F - f) \cdot t)] - m \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos[(2\pi(F + f) \cdot t)]$$

$$A \cdot \text{sen}(2\pi F \cdot t)$$

Portadora

$$m \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos[(2\pi(F - f) \cdot t)]$$

Banda lateral inferior

$$m \cdot \frac{A}{2} \cdot \cos[(2\pi(F + f) \cdot t)]$$

Banda lateral superior

El término m es *el índice de modulación*, es un término que se utiliza para describir la cantidad de cambio de amplitud (modulación) presente en una forma de una onda de AM. El *porcentaje de modulación* es simplemente el coeficiente de modulación establecido como un porcentaje. Más específico, el porcentaje de modulación proporciona el cambio de porcentaje en la amplitud de la onda de salida cuando está actuando sobre la portadora por una señal modulante.

$$m \approx \frac{K * B}{A} * 100$$

K = Constante de proporcionalidad.

B = Amplitud de la señal moduladora.

A = Amplitud de la portadora.

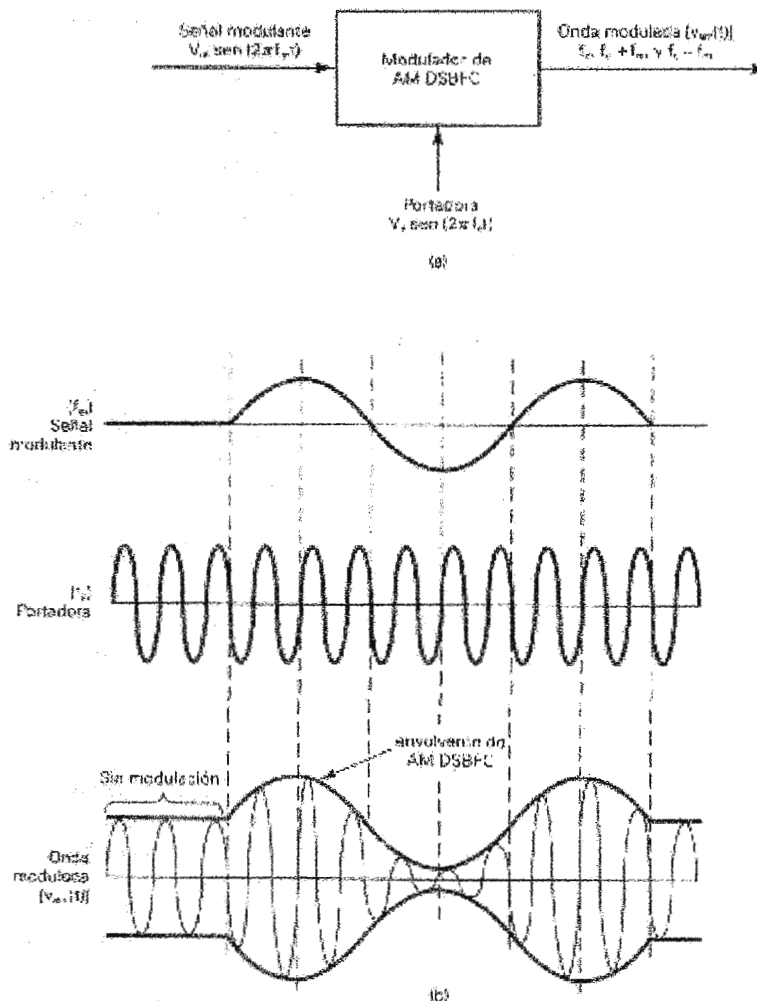


Ilustración N° 4: Generación de AM; (a) modulador de AM DSBFC; (b) produciendo una envolvente de AM DSBFC – en el tiempo.

2.4.3 ESPECTRO DE UNA SEÑAL MODULADA.

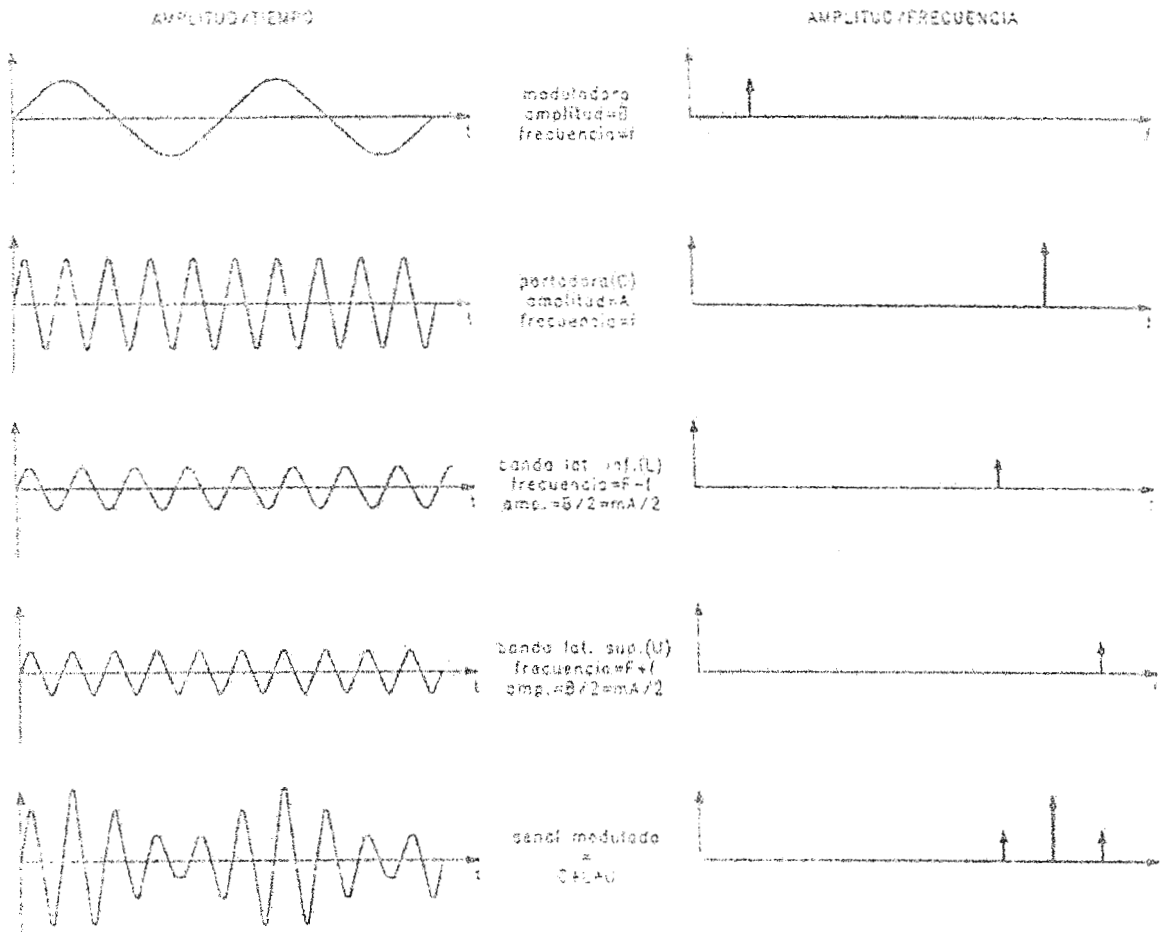


Ilustración N° 5: Espectro en frecuencia de una señal AM.

2.4.4 MODULACIÓN EN FRECUENCIA.

La modulación en frecuencia se cuando se varia la frecuencia de la portadora de amplitud constante directamente proporcional, a la amplitud de la señal modulante, con una relación igual a la frecuencia de la señal modulante. Existen varias ventajas en utilizar la modulación angular en vez de la modulación en amplitud, tal como la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso más eficiente de la potencia. Pero existen varias desventajas importantes, las cuales incluyen requerir un ancho de banda existente y circuitos más complejos, tanto en el transmisor, como en el receptor. La modulación en frecuencia es también conocida como modulación angular.

La **modulación angular** resultan cuando el ángulo de fase (θ), de una onda sinusoidal, varía con respecto al tiempo. La onda con modulación angular se mjestra matemáticamente como:

$$m(t) \approx V_c \cos[(\omega_c t + \theta(t))]$$

en donde $m(t)$ = onda con modulación angular.

V_c = Amplitud pico de la portadora (volts).

ω_c = Frecuencia en radianes de la portadora.

$\theta(t)$ = Desviación instantánea de fase.

La *desviación de fase instantánea* es el cambio instantáneo en la fase de la portadora, en un instante de tiempo, e indica cuánto está cambiando la fase de la portadora con respecto a su fase de referencia. La desviación de fase instantánea se muestra matemáticamente como:

Desviación de la fase instantánea = $\theta(t)$ radianes.

Fase instantánea es la fase precisa de la portadora, en un instante de tiempo, y se muestra matemáticamente como:

Fase instantánea = $\omega_c t + \theta(t)$

La modulación en frecuencia es la modulación angular en la cual, la desviación de la frecuencia instantánea, $\theta'(t)$, es proporcional al voltaje de la señal modulante.

$$\text{Modulación en frecuencia} = \theta'(t) = K_1 V_m(t)$$

En donde K_1 es una constante y representa la sensibilidad de desviación de los moduladores de frecuencia. La sensibilidad de desviación son las funciones de transferencia de salida contra entrada para los moduladores. La sensibilidad de desviación para un modulador de frecuencia es:

$$K_1 \approx \frac{\text{radianes / segundo}}{\text{volt}}$$

Por lo tanto para una modulación en frecuencia

$$\begin{aligned} V(t) &\approx V_c \cos\left[\omega_c t + \int \theta'(t) dt\right] \\ V(t) &\approx V_c \cos\left[\omega_c t + \int K_1 V_m(t) dt\right] \\ V(t) &\approx V_c \cos\left[\omega_c t + K_1 \int V_m \cos(\omega_M t) dt\right] \\ V(t) &\approx V_c \cos\left[\omega_c t + \frac{K_1 V_m}{\omega_M} \text{sen}(\omega_M t)\right] \end{aligned}$$

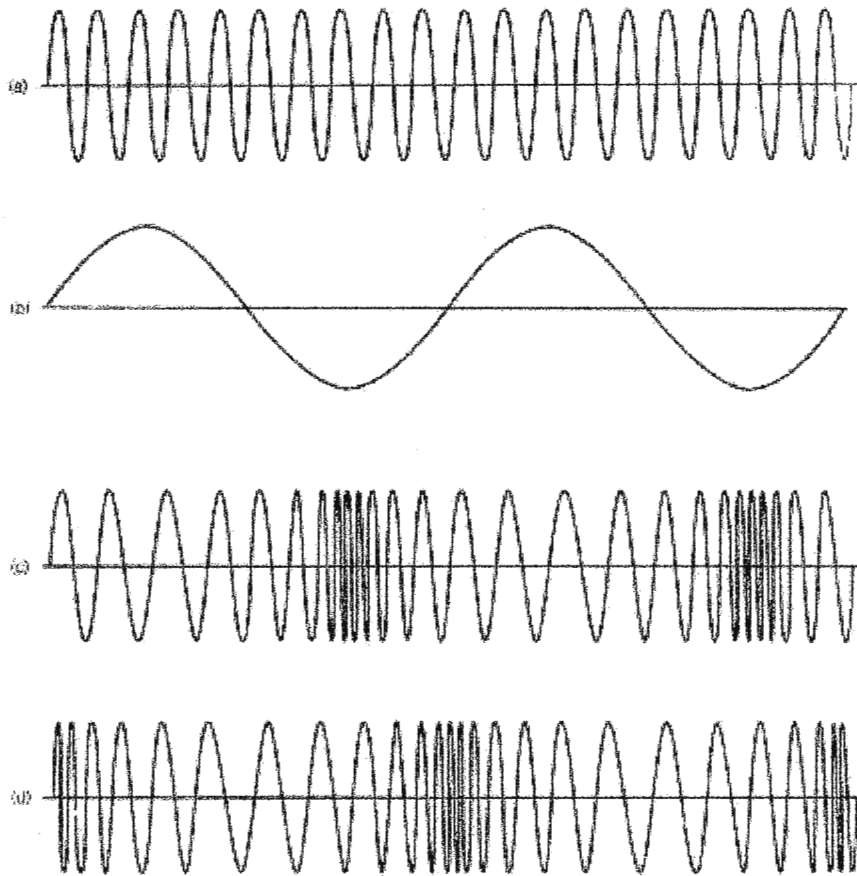


Ilustración N° 6: Modulación en fase y en frecuencia de una portadora de onda seno, por una señal de onda seno: (a) portadora demodulada; (b) señal modulante; (c) onda de frecuencia modulada; (d) onda de fase modulada

CAPITULO III

3.1 INTERFACE PERIFERICA PROGRAMABLE 8255.

La interface periférica programable (PPI) 8255 es un dispositivo de 24 terminales para E/ S, programable pro grupos de 12 terminales, que se utiliza en tres modos diferentes de funcionamiento. La PPI 8255 puede tener interface con cualquier dispositivo de E / S compatible con TTL para el microprocesador. El 82C55A (versión CMOS) requiere introducir estados de espera si trabaja con un microprocesador que tenga reloj de mas de 8 MHz. Debido a que los dispositivos E/ S son lentos por naturaleza, los estados de espera utilizados durante la transferencia de E/ S no produce un efecto importante en la velocidad del sistema.

3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA 8255.

En la figura 1 se ilustra un diagrama de base de la 8255. Sus tres puertos de E/ S (marcados A, B, C) se programan en el grupo de 12 terminales. Las conexiones del grupo A constan del puerto A (PA7-PA0) y de la mitad superior del puerto C (PC7-PC4); el grupo B consiste en el puerto B (PB7-PB0) y la mitad inferior del puerto C (PC3-PC0). El 8255 se selecciona con su terminal CS para programarla o para leer o escribir en un puerto. La selección de sus registros se logra por medio de las terminales A1 y A0, que seleccionan un registro interno para programación y operación.

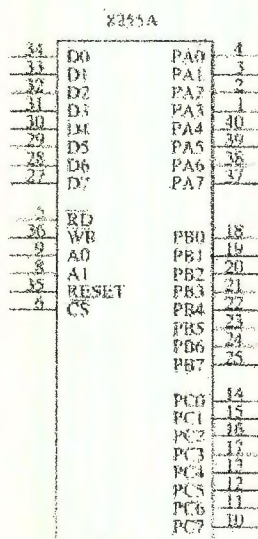


Ilustración N° 7: Diagrama de base de la interface periférica programable (PPI) 8255A.

En la tabla 1 se muestran las asignaciones de puertos de E/ S usadas para programación y acceso a esos puertos:

A1	A0	FUNCION
0	0	Puerto A
0	1	Puerto B
1	0	Puerto C
1	1	Registro de Comando

TABLA 1

El 8255 es bastante sencillo de conectar (hacer interface) con el microprocesador y el programa. Para que se pueda leer o escribir en la 8255, la entrada CS debe ser un 0 lógico y la dirección correcta de E/ S se debe aplicar en las terminales A1 y A0. Las terminales restantes de puerto no son importantes y se decodifican en el exterior para seleccionar a la 8255.

3.1.3 PROGRAMACIÓN DE LA 8255.

La programación de la 8255 es fácil porque sólo contiene dos posibles comandos básicos, como se ilustra en la figura 2.

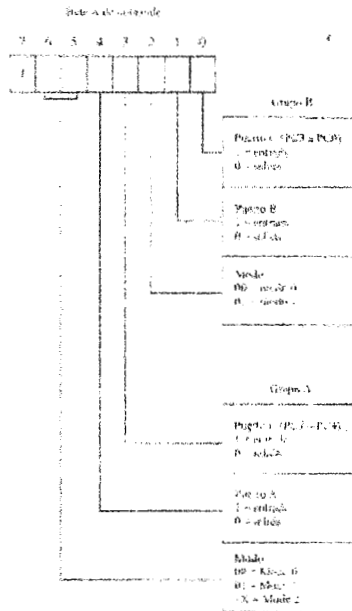


Ilustración N° 8: El byte de comando para el registro de control del 8255A (a) programación de los puertos A, B y C.

Se verá que el bit de la posición 7 selecciona comandos A o al B. El comando A programa la función del grupo A y B, mientras que el comando B activa (1) bit o desactiva (0) bits del puerto C, sólo si el 8255 se programa en modo 1 o 2.

Las terminales del grupo B (puerto B y parte inferior del puerto C) se programan como terminales de entrada o de salida. El grupo B puede funcionar en el modo 0 o en el modo 1. El modo 0 es el modo básico de entrada y salida (E/ S) que permite programar a las terminales del grupo B como conexiones simples de entrada o de salida con “retención”. El modo 1 es el funcionamiento con señales de habilitación estroboscópicas en algunos bits del grupo B cuando se transfieren datos por el puerto B y C suministra señales de reconocimiento (handshake).

Las terminales del grupo A (puerto A y parte superior del grupo C) también se programan como terminales de entrada o de salida. LA diferencia es que el grupo A puede funcionar en los modos 1, 2 y 3. El funcionamiento en el modo 2 es funcionamiento bidireccional para el puerto AN. Si se pone un 0 en la posición 7 del byte de comando, se selecciona el comando BN. Este comando permite que cualquier bit del puerto C se active (1) o se desactive (0) si se hace funcionar al 8255 en el modo 1 o en el modo 2. De lo contrario, este byte de comando no se utiliza. A menudo se utiliza la función de activar o desactivar bits en sistemas de control, para establecer o borrar un bit de control en el puerto C.

3.1.4 FUNCIONAMIENTO EN MODO 0.

El funcionamiento en modo 0 permite que la 8255 actúe como registro de entrada o como dispositivo de salida con registro transparente. No se requiere de señales de handshaking, el dato es simplemente escrito o leído desde un puerto específico, con el modo 0 se tienen las siguientes características:

- Se dispone de dos puertos de 8 bits y dos puertos de 4 bits.
- Cualquier puerto puede ser entrada o salida.
- Los datos de salida quedan enganchados.
- Los datos de entrada no quedan enganchados.
- Se dispone de 16 diferentes posibles configuraciones de E/ S.

3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFACE

Para tener una mejor idea del circuito esquemático ver el diagrama en los anexos. El programa que comandará el funcionamiento de la interface está elaborado en lenguaje "C", el cual se encargará de configurar la PPI. Como se mencionó con anterioridad la PPI tiene tres modos de operación, para la implementación de este proyecto se utilizará dicho dispositivo en configuración de modo 0, en donde se utilizará el siguiente mapa de memoria para acceder a dicho dispositivo:

DIRECCION	PUERTO
F3F0	A
F3F1	B
F3F2	C
F3F3	Configuración

Es necesario recordar que para acceder a dicho dispositivo el PIN de CS debe tener un nivel de cero lógico. (El circuito que se encarga de habilitar la PPI se puede observar en el circuito esquemático que se encuentra en el anexo) La palabra de configuración que se introducirá a la PPI por medio del programa la configurará de la siguiente forma:

PUERTO	CONFIGURACION
A	Entrada
B	Salida
C (MSB)	Salida
C (LSB)	Entrada

Los bits más significativos del puerto C se utilizarán para controlar el resto de dispositivos que conforman la interface:

- Convertidor A/ D.
- Flip-Flops.
- Memoria RAM.
- Contadores Binarios.

Estos bits tienen la siguiente función:

BITS DEL PUERTO	FUNCIÓN
C	
PC7	Inicio de Conversión.
PC6	Reloj Externo.
PC5	Habilitación de la Interface
PC4	Reset de Contadores

Los bits menos significativos del puerto "C" son bits de entrada y de ellos se utilizará únicamente el menos significativo, que tendrá la función de indicar en que momento se han llenado todas las localidades de memoria de la RAM. Cuando esto suceda se deshabilitará la interface para proceder al procesamiento de la información.

Los pasos que se muestran a continuación muestran como es que funciona la interface (i):

- 1) Se configura la PPI por medio del programa (PA = entrada, PB = salida, PC_{LSB} = entrada, PC_{MSB} = salida).
- 2) Se habilita la interface por medio del programa, el cual permite que PC5 = 1(lógico), haciendo que los flip-flop D estén habilitados. En ese momento $Q_1 = Q_2 = 0$ (lógico) y $Q'_1 = Q'_2 = 1$. Por lo tanto no se generarán las señales de CLK del convertidor y del los contadores binarios que generan las direcciones de la RAM.
- 3) Se resetean los contadores binarios con PC4 = 1, para asegurarse de que los datos sean guardados en la RAM a partir de la localidad de memoria 0 y PC5 se mantiene en 1 también.
- 4) Se habilitan los contadores binarios y los flip-flop con PC5 = 0 y PC4 = 0, además se da el inicio de la conversión con PC7 = 1, esto permite que se comiencen a generar las localidades de memoria de la RAM, así como también se comienza el muestreo de la señal analógica en el convertidor ya que el CLK del este está habilitado. Los datos son guardados automáticamente en la RAM ya que cuando se da una transición positiva del CLK se genera una dirección en los contadores binarios y cuando se da una transición negativa de este el convertidor coloca el primer dato en bus y la RAM lo almacena en una dirección de memoria (comenzando desde la 0), el dato permanecerá en el bus del convertidor hasta la siguiente transición negativa que es cuando se coloca el siguiente dato.
- 5) En todo el tiempo en que se están llenando las localidades de memoria de la RAM, el valor de PC0=1, cuando se llena la última localidad de memoria de la RAM el valor de Q_1 conmuta de un nivel bajo a alto ya que el reloj de este flip-flop está conectado con el bit más significativo del contador binario. Lo que ocasiona que se deshabilite toda la interface y ningún dato es muestreado por el convertidor e introducido en la RAM.
- 6) Los datos son introducidos a la PC a través de programa.

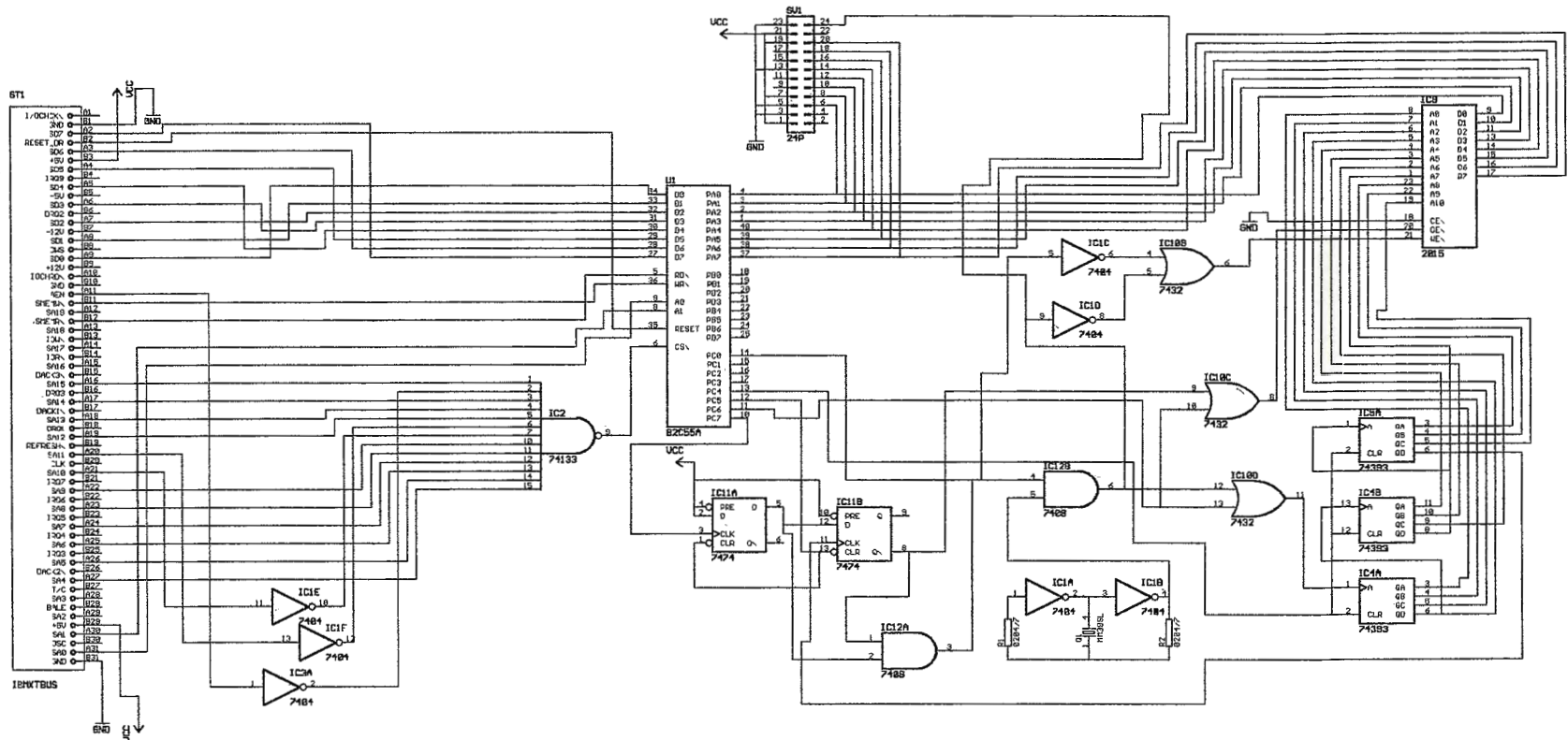


Ilustración 9. Diagrama esquemático de la interface.

3.3 CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL

La función de un convertidor analógico-digital es transformar una señal alterna en una señal digital. El convertidor analógico-digital que se utilizara en la interface, será el **LTC 1406**. Dicho dispositivo es un convertidor de 8 bits con 20 Mega muestras por segundo, además utiliza solamente 150mW de una fuente de alimentación de 5 voltios, posee un muestreo y retención interno de 250MHz. El rango de entrada a plena escala es de $\pm 1V$, la señal de entrada puede ser manejada en forma diferencial.

El convertidor necesita de una frecuencia de reloj máxima de 20MHz para realizar la conversión de la señal analógica de entrada, una vez los datos son muestreados, es necesario esperar cinco ciclos de reloj para obtener los datos digitales en el bus de datos, luego los datos digitales son colocados en el bus siempre que se de una transición negativa del reloj, es decir que cada muestra proveniente de la señal de entrada se coloca en el bus una después de la otra en cada bajo del reloj. Para un mejor entendimiento dicho proceso se muestra en la siguiente gráfica:

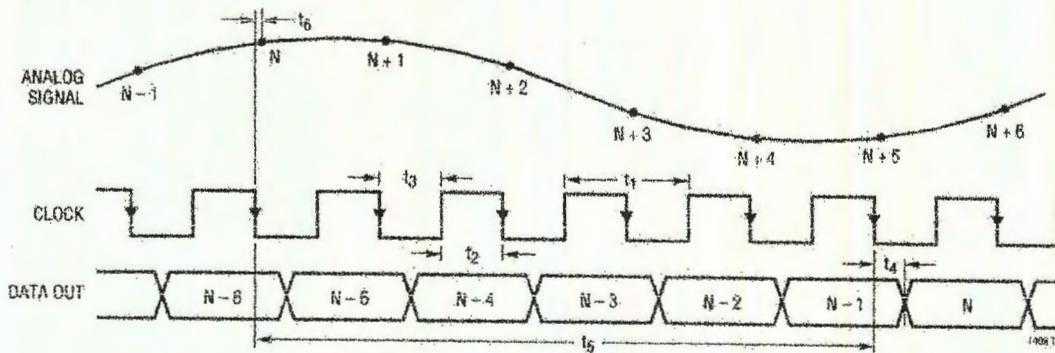


Ilustración N° 10: Diagrama de tiempo del convertidor.

CAPITULO IV

4.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

Este proyecto consta de dos partes :

- a) Muestreo de la señal.
- b) Procesamiento de datos.

a) Muestreo de la señal:

Esta parte conciste en la utilización de una interface para transformar una señal análoga externa a un conjunto de datos digitales, los cuales son una muestra representativa de la información de la señal de entrada.

b) Procesamiento de datos:

En esta parte el software toma los datos muestreados, con los que realiza el análisis espectral de la señal de entrada.

La respuesta obtenida en el analizador espectral es un gráfico de amplitud contra frecuencia, el cuales esta sujeto a parámetros propios de la señal de entrada como la amplitud, frecuencia y tipo de onda.

En el proyecto se incluye un menú de simulación de las técnicas de modulación en el dominio del tiempo. Se puede obtener gráficamente el proceso de modulación en amplitud o modulación en frecuencia; para ambos casos la señal de mensaje y la señal portadora se simularán directamente con el software, y el resultado se podrá obtener tanto como en el dominio del tiempo como frecuencia.

Para poder acceder a las distintas aplicaciones del software el usuario tiene a su disposición un menu principal de selección , en el cual puede escoger la opción deseada, así , se obtienen las opciones siguientes:

- Respuesta en Frecuencia.
- Modulación AM.
- Modulación FM.

Respuesta en Frecuencia.

En esta parte el usuario puede realizar el análisis de una señal proveniente de una fuente externa, observando su respuesta de amplitud contra frecuencia en pantalla.

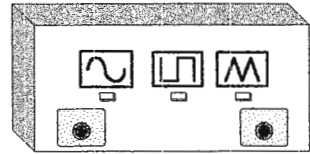
Modulación AM.

En esta aplicación las señales utilizadas para la simulación se producen internamente en el Software, en decir, que están controladas directamente por el usuario. Se pueden cambiar los parámetros de la señal de mensaje, de portadora y el índice de modulación de la señal resultante.

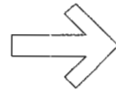
Modulación FM.

Al igual que el caso anterior las señales se producen internamente en el Software y están controladas por el usuario. Se pueden variar el parámetro de la señal de mensaje, portadora y el índice de modulación.

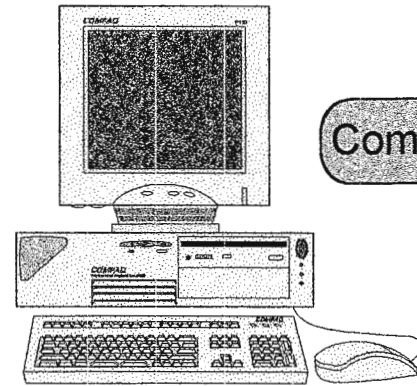
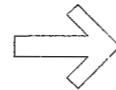
Para cada submenús se incluye un breve apartado de texto, el cual se explica la función de los botones a utilizar.



Generador externo de señales



Adquisidor de datos



Computador



SOFTWARE



Lenguaje C++



Matlab

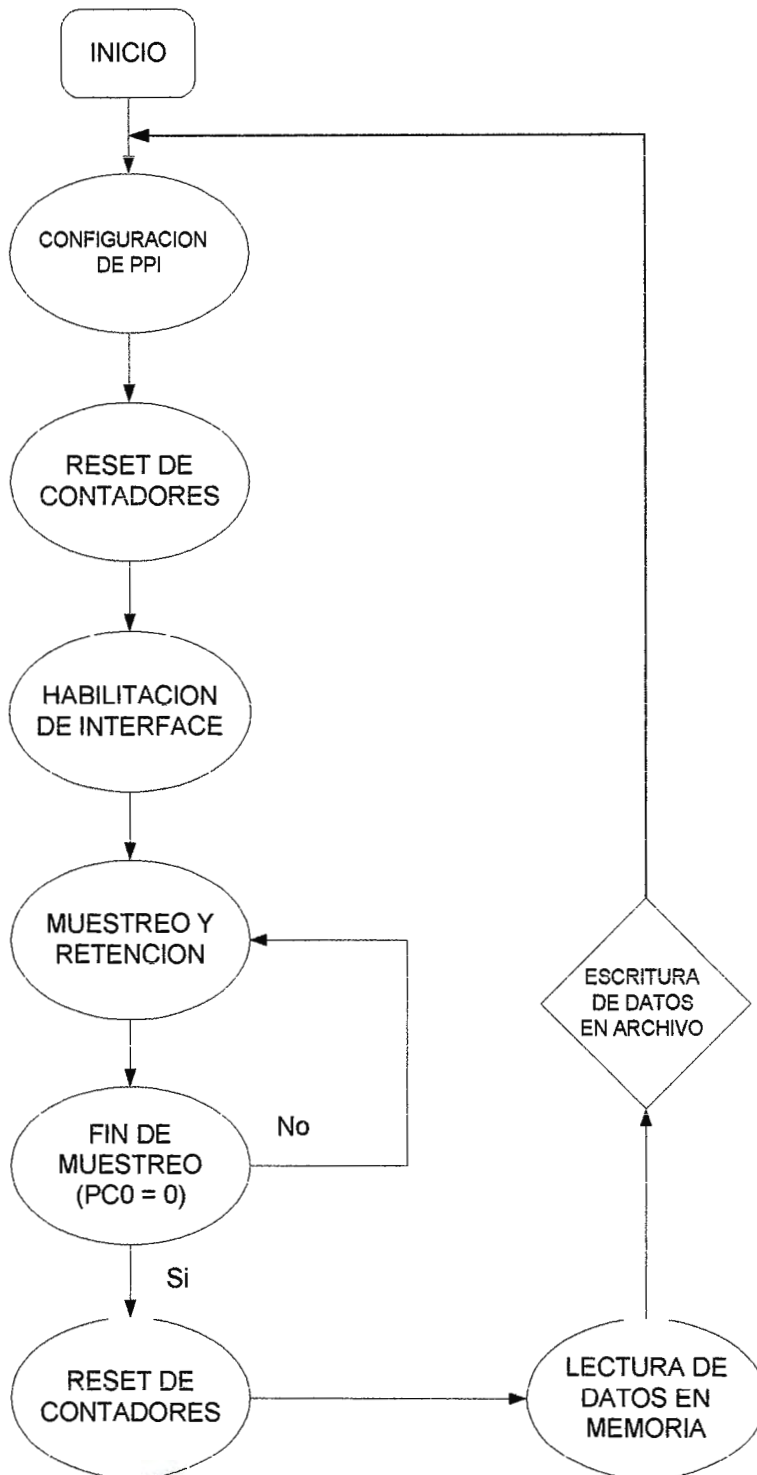
Software de control

Software de visualización y simulación

Ilustración N° 11 : Diagrama de bloques del sistema

4.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS PROGRAMAS

4.2.1 FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA EN "C"



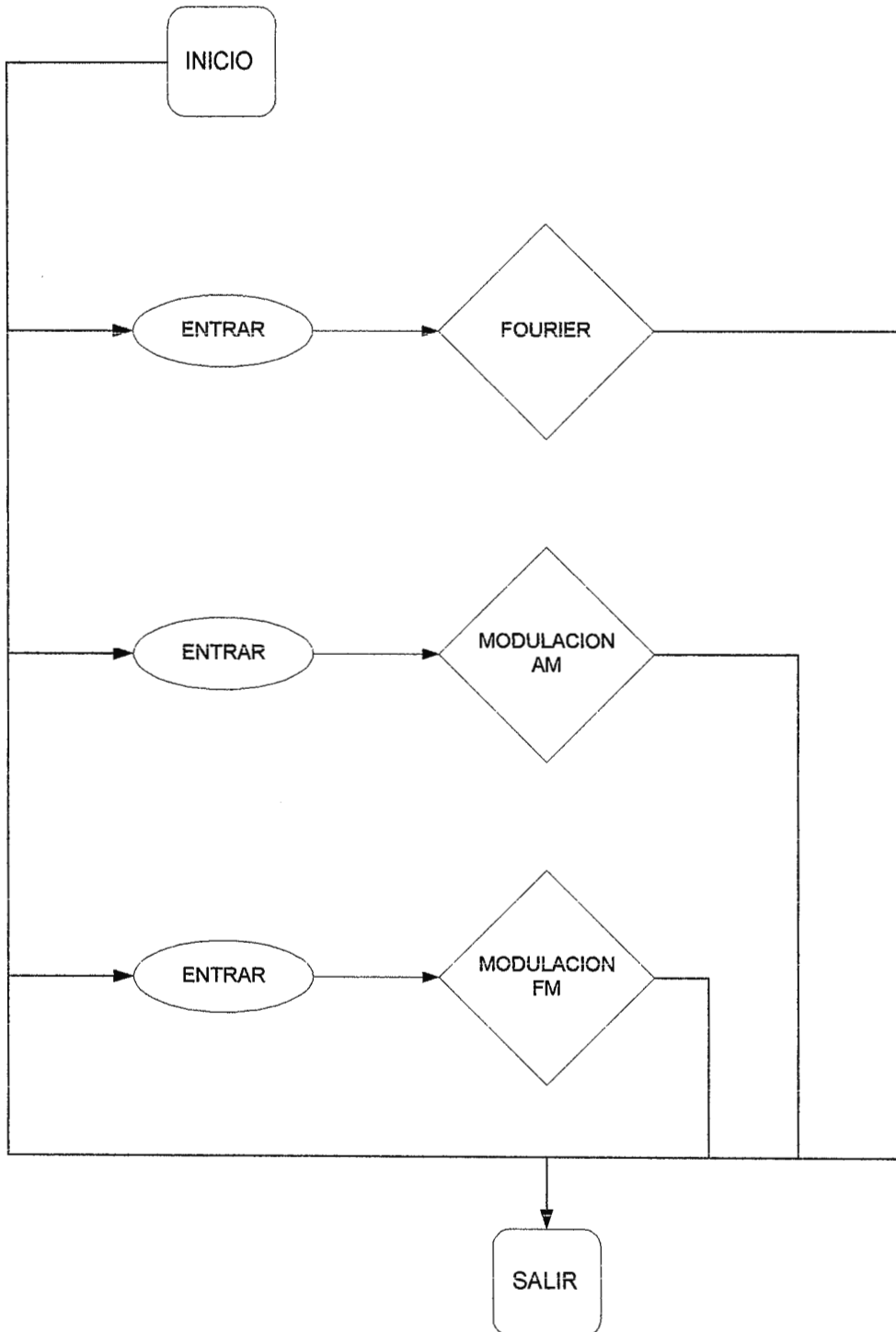
4.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA EN “C”

Los pasos que se muestran a continuación describen la forma en que funciona el programa que controla la interface, que para este caso se utilizó el lenguaje de programación “c”, para realizar cada instrucción de lectura y escritura en un puerto, es necesario colocar un retardo de tiempo para que el “Hardware” funcione adecuadamente. Los pasos son los siguientes:

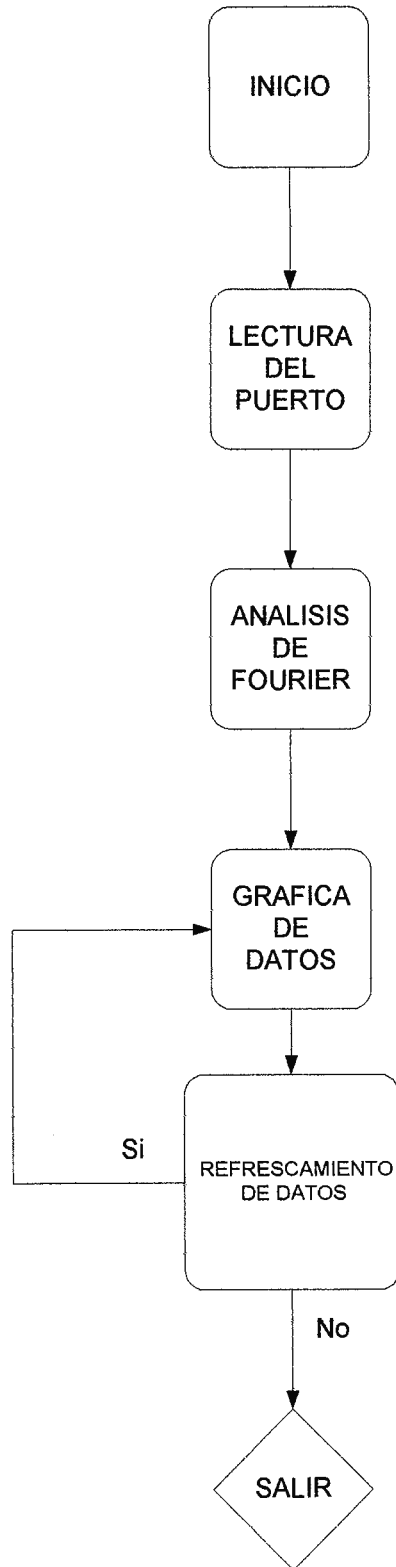
- 1) Se configura la PPI utilizando la palabra de comando, la cual le indicará a dicho dispositivo en que modo trabajará. El puerto que se utilizará será **F3F3**. La palabra de comando que se manda a dicho puerto es **91h**, la cual le indica a este dispositivo que trabajará en el modo **0**, y que los puertos se configurarán tal y como aparecen en el apartado 5.6.
- 2) Una vez configurada la PPI se procederá a habilitar la interface, para ello se utilizará el puerto **C**, y el dato que se sacará a través de este será **A0h**.
- 3) Posteriormente es necesario resetear los contadores binarios para que los datos se almacenen desde la dirección **0**, nuevamente se utilizará el puerto **C** y el dato que se escribirá en dicho puerto es **10h**.
- 4) Se habilitan los contadores binarios y se inicia la conversión (**ADC**) y el almacenamiento de los datos (**RAM**), mientras se espera la señal que indica que se han llenado todas las localidades de memoria de la RAM se verifica el estado de **PC0**, el cual indica que todavía no sean llenado las localidades de la memoria (**PC0=1**) y que ya se llenaron las localidades de memoria (**PC0=0**).
- 5) Cuando **PC0=0** se procede a resetear toda la interface, utilizando el puerto **C** y escribiendo el dato **20h**.
- 6) Luego se procede a resetear los contadores binarios y nuevamente se utiliza el puerto **C** para ello, escribiendo el dato **20h**.
- 7) Se leen los datos almacenados en la memoria **RAM**, para ello se utiliza el puerto **A** de la PPI, para incrementar la localidad de memoria de al RAM se utiliza a **PC6** como contador, primero se escribe un **1** lógico en éste pin con el dato **60h** para colocar la dirección de memoria y luego se escribe un **0** lógico para leer el dato con el puerto **A** este proceso se repite hasta que se introducen los datos necesario para su representación espectral.

4.2.3 FLUJOGRAMA DE LOS PROGRAMAS EN MATLAB

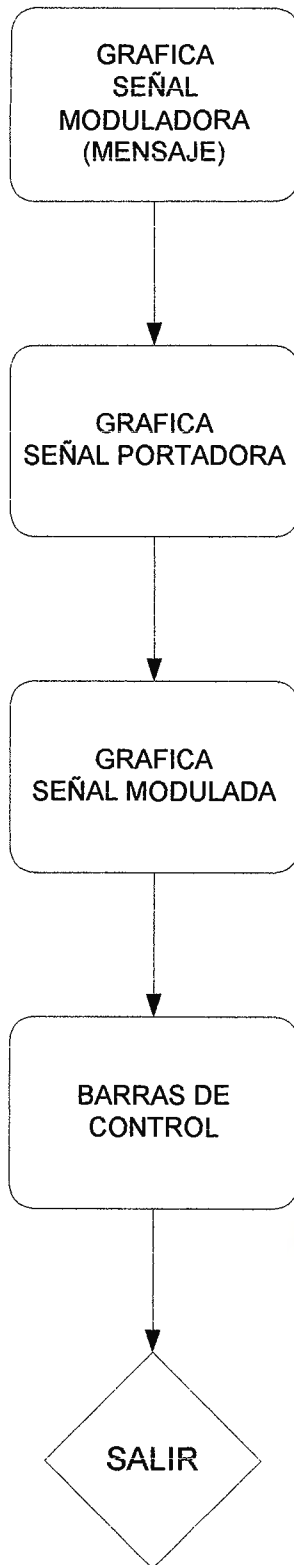
a) PROGRAMA GENERAL



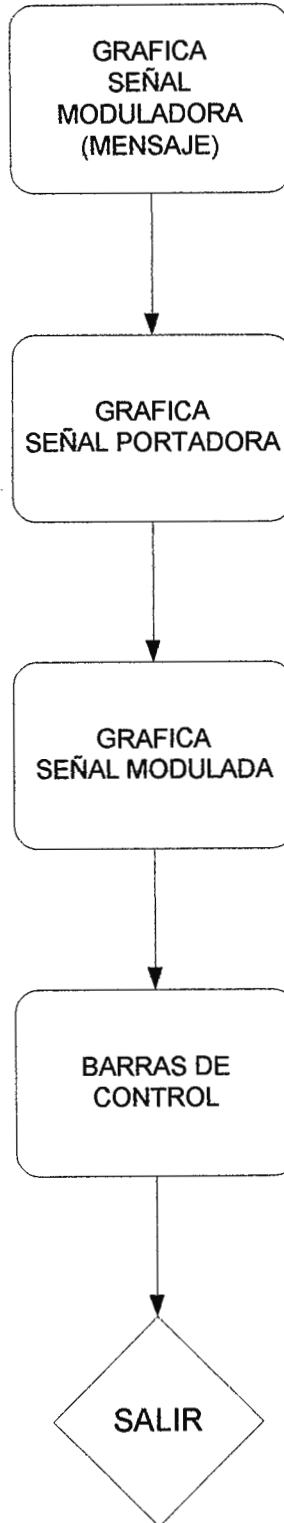
b) FOURIER



c) MODULACION AM



d) MODULACION FM



4.2.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS PROGRAMAS EN MATLAB

El inicio consiste en la ventana donde se puede ir a cualquiera de las subrutinas del programa:

Análisis en frecuencia.

Modulación AM

Modulación FM.

Se puede elegir donde ir con solo hacer un clic del mouse en los botones respectivos para cada subrutina.

En el análisis en frecuencia se muestra el espectro de la señal y como se mueve este dentro de la escala al ser variada la frecuencia de la señal de entrada. Se cuenta con un botón de salida.

Al elegir la modulación AM o FM se mostraran tres graficas; una es la señal moduladora, la otra la señal portadora y la otra la señal modulada.

Para cada señal se encuentra un slider para controlar la frecuencia de las señales de portadora y moduladora, y para la señal modulada se encuentra un slider para variar el índice de modulación.

En la parte baja de cada ventana se encuentran los botones respectivos de salida del programa que los regresara al menú principal.

GLOSARIO TÉCNICO

Demodulación : Es el proceso de convertir los cambios de la portadora a la información original de la fuente

Índice de modulación: Es la máxima desviación de fase que existe entre una señal de mensaje y una portadora.

Modulación : Es el proceso de variar o cambiar alguna propiedad de una portadora de acuerdo con la información original de la fuente.

Modulación de amplitud (AM): Es la variación en amplitud de una señal de alta frecuencia (portadora) en función de la amplitud de una señal de baja frecuencia (moduladora).

Modulación en frecuencia (FM): Es la variación de la frecuencia de portadora directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante

Señal análoga: Es una señal eléctrica con variaciones con respecto al tiempo que puede representarse como una onda senoidal o cosenoidal.

Señal digital: Es una señal eléctrica que utiliza pulsos digitales para codificar una información.

Señal de mensaje: Es una señal de frecuencia relativamente baja, también conocida como señal moduladora.

Señal portadora: Es una señal de frecuencia relativamente alta, sobre la cual actúa la señal moduladora.

SUGERENCIAS

Las sugerencias que se le pueden adicionar al trabajo presentado y que servirían para ampliar el rango de aplicaciones del proyecto son:

- a) Incluir un análisis en el dominio del tiempo, incluyendo su gráfico respectivo. Los datos a utilizar son los mismos que se obtienen del adquisidor de datos y que son tomados por Matlab para la representación de la señal en estudio.
- b) En la parte de la simulación de las señales, se pueden incluir otros tipos de señales, además de la senoidal pura, por ejemplo, señal cuadrada y señal triangular . Esto es posible ya que en la parte de la simulación estas señales corresponden a funciones matemáticas.

BIBLIOGRAFIA

- Brey, Barry B. “LOS MICROPROCESADORES INTEL”
Prentice Hall, Tercera edición, México 1994.
- Callejas, Víctor “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA TARJETA
ELECTRONICA COMPATIBLE CON PCs AT
PARA LA DEMOSTRACION FISICA DE LA
TRANSFORMADA DE FOURIER”
UDB, EL SALVADOR. 1995.
- ECG Semiconductor. “DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS
DATA MANUAL - TTL”
Philips ECG. USA 1995.
- Etter, Dolores M. “SOLUCIONES DE PROBLEMAS DE INGENIERIA
CON MATLAB”
Prentice Hall, Segunda Edición. México 1998.
- Deitel , Deitel “COMO PROGRAMAR EN C / C++”
Prentice Hall, Segunda Edición. México 1995.
- Deitel, Deitel “GRAPHICS AND GUIs with MATLAB”
Second edition, CRC, USA 1999.
- Mandado, Enrique “SISTEMAS ELECTRONICOS DIGITALES”
Alfa Omega. Séptima Edición. México 1992.
- Mano, Morris. “DISEÑO DIGITAL”
Prentice Hall. Primera Edición. México 1987.

- National emiconductor. “NATIONAL DATA ACQUISITIONS DATABOOK”
National Semiconductor Corporation. USA 1995.
- Nakamura, Shoichiro “ANÁLISIS NUMÉRICO Y VISUALIZACIÓN GRÁFICA
CON MATLAB”
Prentice Hall, Hispanoamérica, México 1997.
- Pineda, Gerber “DISEÑO DE UN ADQUISITOR DE DATOS DE UNA
PC PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN OSCILOSCOPIO”
UDB. EL SALVADOR. 1998.
- The Mathwoks, Inc. “MATLAB, EDICIÓN DE ESTUDIANTE ”
Versión 4. Guía de usuario.
Editorial PRENTICE HALL INTERNACIONAL.
España, 1995.
- Tomasi, Wayne “SISTEMAS DE COMUNICACIONES
ELECTRÓNICAS “
Prentice Hall, Segunda edición. México 1996.
- Wakerly, Jhon F. “DISEÑO DIGITAL, PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS”
Prentice Hall. México 1992.

Programa en lenguaje "C".

```
/*Programa Matriz*/

#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <stdlib.h>

int main (void)

{
clrscr();

long int a,w,x,y,z;
int dato;
FILE *ana;
w=0;
/*printf("\nConfigurando PPI\n");*/
for (x=0;x<=10000;x++)
    {outp(0xF3F3,0x91);
    w++;
if(w== 50000)
    {
    /*printf(".");*/
    w=0;
    }} /* configuracion de PPI, PA= entrada; PC salida MSB, entrada LSB*/
/* printf("\nLimpiando Contadores\n");*/
for (x=0;x<=100000;x++)
    {outp(0xF3F2,0x10);} /* Reset de contadores PC4=1*/

/* printf("\nHabilitando Flip-Flop\n");*/
for (x=0;x<=100000;x++)
    {outp(0xF3F2,0xA0);} /*Habilitacion de los Flip-Flops PC5=PC7=1*/

/* printf("\nIniciando Conversi3n\n");*/
for (x=0;x<=5000;x++)
    {outp(0xF3F2,0x20);} /*Inicio de conversion PC7=0*/

a=1;
w=0;
/*printf("\nEsperando fin de Conversi3n\n");*/
while (a==1)
{
x=inp(0xF3F2); /* Verificai3n de fin de conversi3n*/
a=(x&1);
w++;
if(w==150000)
    {
    /*rintf(".");*/
    w=0;
    }
}

/*printf("\nReseteando Contadores\n");*/
for (x=0;x<=10000;x++)
```

```

        {outp(0xF3F2,0x30);} /* Reset de contadores PC4=1*/

ana=fopen("c:\dto.txt","w");
for (y=0;y<=400;y++)
{
for (x=0;x<=500;x++)
{outp(0xF3F2,0x60);} /* 1 lógico del CLK-->PC6 */
/*printf("-");*/

for (x=0;x<=500;x++)
{outp(0xF3F2,0x20);} /* 0 lógico del CLK-->PC6 */
/*printf(" _");*/

dato=inp(0xF3F0); /* Leyendo dato de Memoria */

printf("%x ", dato);
fprintf(ana, "%d\n", dato);
}
fclose (ana);
for (x=0;x<=500;x++)
{outp(0xF3F2,0x00);}
getch();
return(0);
}

```

Programas en Matlab.

"INICIO"

```
h0=figure(1);
h3=uicontrol('style','frame',...
    'units','normalized',...
    'position',[0 0 1 1],...
    'backgroundcolor',[0.7 0.9 0.8]);
h21=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.1 0.55 0.8 0.3],...
    'string','ANALIZADOR ESPECTRAL CON COSAS DEMAS',...
    'fontname','wide latin',...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',19);
h23=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.1 0.4 0.8 0.1],...
    'string','Presentado por:',...
    'fontname','Viner Hand ITC',...
    'foregroundcolor',[0 0 0],...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',18);
nombres={'Carlos Alberto Bolaños';'Omar Antonio Mendez';'Francisco Salvador
Taura'};
h24=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.1 0.2 0.8 0.15],...
    'string',nombres,...
    'foregroundcolor',[0 0 0],...
    'fontname','Viner Hand ITC',...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',12);
h25=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.2 0.05 0.2 0.1],...
    'string','ENTRAR',...
    'callback','proyecto');
h26=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.6 0.05 0.2 0.1],...
    'string','SALIR',...
    'callback','close(h0)');
```

"PROYECTO"

```
clf;
h0=figure(1);
set(h0,'color',[0.1 0.1 0.7]);
h3=uicontrol('style','frame',...
    'units','normalized',...
    'position',[0 0 1 1],...
    'backgroundcolor',[0.7 0.9 0.8]);
nombre1={' '; 'MODULACION AM'};
h1=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.08 0.25 0.5 0.1],...
    'string',nombre1,...
    'fontname','Wide Latin',...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',10);
nombre2={' '; 'MODULACION FM'};
h2=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.08 0.45 0.5 0.1],...
    'string',nombre2,...
    'fontname','Wide Latin',...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',10);
h4=uicontrol('style','text',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.08 0.85 0.5 0.1],...
    'fontname','Wide Latin',...
    'backgroundcolor',[0.5 0.5 0.5],...
    'fontsize',10,...
    'string',' ANALISIS EN FRECUENCIA ');
ha=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.68 0.25 0.24 0.1],...
    'callback','indiceAM',...
    'string','ENTRAR');
hb=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.68 0.45 0.24 0.1],...
    'callback','close;indiceFM;',...
    'string','ENTRAR');
hd=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.68 0.85 0.24 0.1],...
    'callback','close;FOURIER',...
    'string','ENTRAR');
he=uicontrol('style','pushbutton',...
    'units','normalized',...
    'position',[0.4 0.075 0.2 0.085],...
    'string','SALIR',...
    'callback','close');
```

"MODULACION AM"

```
clf
h0=figure(1);
t=0:.0007:4;
A=10;          %Amplitud
F=50;          %Portadora
f=3;
d=A*sin(2*pi*f*t);
D=sin(2*pi*F*t);
               %Señal
m=.5;
Vm=(A*sin(2*pi*F*t)+(m*(A/2)*cos(2*pi*(F-f)*t))-
(m*(A/2)*cos(2*pi*(F+f)*t)));
h1=axes('position',[0.07 0.1 0.45 0.2]); %Grafica de señal modulada
plot(t,Vm);
h4=axes('position',[0.07 0.4 0.45 0.2]); %Grafica de señal portadora
plot(t,D);
h5=axes('position',[0.07 0.7 0.45 0.2]); %Grafica de señal moduladora
plot(t,d);
set(h0,'NumberTitle','off',...
'name','Modulación en amplitud');
h2=uicontrol(gcf,...
'style','slider',...
'units','normalized','position',[0.55 0.12 0.35 0.07],...
'min', 0,'max', 2,...
'value',m,... %Indice de modulación
'callback',...
'm-get(h2,'value');Vm=(A*sin(2*pi*F*t)+(m*(A/2)*cos(2*pi*(F-f)*t))-
(m*(A/2)*cos(2*pi*(F+f)*t)));subplot(h1),plot(t,Vm)');
h3=uicontrol(gcf,...
'style','text',...
'units','normalized',...
'Position',[0.55 0.22 0.35 0.079], ...
'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
'string','Para modificar el indice de modulación mueva la barra
deslizante ');
h6=uicontrol(gcf,... %frecuencia de portadora
'style','slider',...
'units','normalized','position',[0.55 0.402 0.35 0.07],...
'min', 30,'max',80,...
'value',F,...
'callback',...

'F=get(h6,'value');D=sin(2*pi*F*t);subplot(h4),plot(t,D);Vm=(A*sin(2*pi*
F*t)+(m*(A/2)*cos(2*pi*(F-f)*t))-
(m*(A/2)*cos(2*pi*(F+f)*t)));subplot(h1),plot(t,Vm)');
h7=uicontrol(gcf,... %frecuencia de moduladora
'style','slider',...
'units','normalized','position',[0.55 0.69 0.35 0.07],...
'min', 3,'max',8,...
'value',f,...
'callback',...

'f=get(h7,'value');d=A*sin(2*pi*f*t);subplot(h5),plot(t,d);Vm=(A*sin(2
*pi*F*t)+(m*(A/2)*cos(2*pi*(F-f)*t))-
(m*(A/2)*cos(2*pi*(F+f)*t)));subplot(h1),plot(t,Vm)');
```

```

h8 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','normalized', ...
    'BackgroundColor',[0.8 0.8 0.8], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[0.55 0.49 0.35 0.079], ...
    'String','Para modificar la frecuencia de la señal portadora nueva
la barra deslizante ', ...
    'Style','text');
h9 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','normalized', ...
    'BackgroundColor',[0.8 0.8 0.8], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[0.55 0.79 0.35 0.079], ...
    'String','Para modificar la frecuencia de la señal modulante
nueva la barra deslizante ', ...
    'Style','text');
ha = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[357.75 179.0625 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','8Hz');
hb = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[228.75 179.0625 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','3Hz');
hc = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[230.25 96.375 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','30Hz');
hd = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[356.25 96.375 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','80Hz');
he = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[230.25 18.75 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','0');
hf = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[355.5 18.75 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...

```

```
'string','2');  
hg = uicontrol('Parent',h0, ...  
    'Units','points', ...  
    'callback','close(h0);PROYECTO3;',...  
    'string','SALIR',...  
    'Position',[269.625 2.25 66.75 16.5], ...  
    'Tag','Pushbutton1');
```

"MODULACION FM"

```
clf;
t=0:0.001:20;
x=10;%frecuencia de portadora
F=sin(x*t);
y=1;%frecuencia de mensaje
f=sin(y*t);
k=5;
A=1;
v=sin(x*t-(A*k/y)*cos(y*t));
h1=axes('position',[0.07 0.1 0.45 0.2]); %Grafica de señal modulada
plot(t,v);
h4=axes('position',[0.07 0.4 0.45 0.2]); %Grafica de señal portadora
plot(t,F);
h5=axes('position',[0.07 0.7 0.45 0.2]); %Grafica de señal moduladora
plot(t,f)
h2=uicontrol(gcf,...
    'style','slider',...
    'units','normalized','position',[0.55 0.12 0.35 0.07],...
    'min', 0,'max', 10,...
    'value',k,...
    'callback',...
    'k=get(h2,'value');v=sin(x*t-
(A*k/y)*cos(y*t));subplot(h1),plot(t,v)');
h3=uicontrol(gcf,...
    'style','text',...
    'units','normalized',...
    'Position',[0.55 0.22 0.35 0.079], ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','Para modificar el indice de modulación mueva la barra
deslizante ');
h6=uicontrol(gcf,... %frecuencia de portadora
    'style','slider',...
    'units','normalized','position',[0.55 0.402 0.35 0.07],...
    'min', 6,'max',12,...
    'value',x,...
    'callback',...
    'x=get(h6,'value');F=sin(x*t);subplot(h4),plot(t,F);v=sin(x*t-
(A*k/y)*cos(y*t));subplot(h1),plot(t,v)');
h7=uicontrol(gcf,... %frecuencia de moduladora
    'style','slider',...
    'units','normalized','position',[0.55 0.69 0.35 0.07],...
    'min', 1,'max',4,...
    'value',y,...
    'callback',...
    'y=get(h7,'value');f=sin(y*t);subplot(h5),plot(t,f);v=sin(x*t-
(A*k/y)*cos(y*t));subplot(h1),plot(t,v)');
h8 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','normalized', ...
    'BackgroundColor',[0.8 0.8 0.8], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[0.55 0.49 0.35 0.079], ...
    'String','Para modificar la frecuencia de la señal portadora mueva
la barra deslizante ', ...
    'Style','text');
```



```

h9 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','normalized', ...
    'BackgroundColor',[0.8 0.8 0.8], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[0.55 0.79 0.35 0.079], ...
    'String','Para modificar la frecuencia de la señal modulante
mueva la barra deslizante ', ...
    'Style','text');
ha = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[357.75 179.0625 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','4Hz');
hb = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[228.75 179.0625 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','1Hz');
hc = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[230.25 96.375 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','6Hz');
hd = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[356.25 96.375 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','12Hz');
he = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[230.25 18.75 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','0');
hf = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[355.5 18.75 20.25 12.75], ...
    'Style','text', ...
    'backgroundcolor',get(h0,'color'),...
    'string','10');
hg = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'callback','close(h0);PROYECTO3;',...
    'string','SALIR',...
    'Position',[269.625 2.25 66.75 16.5], ...
    'Tag','Pushbutton1');

```

“FOURIER”

```
dos('c:\bc4x\bin\señal1');
    F=load('C:\MATLAB\bin\dto.txt');
    f=(F./255);
    Y = fft(f,500);
    Pyy = Y.* conj(Y) / 500;
    g = 2000*(0:250)/500;
h1=figure(2);
h2=axes('units','normalized',...
        'drawmode','fast',...
        'position',[0.1 0.1 0.6 0.5]);
plot(g,Pyy(1:251));
axis([0 1000 0 10]);
ha=uicontrol('style','pushbutton',...
             'units','normalized',...
             'position',[0.7 0.7 0.2 0.1],...
             'callback','h=2;',...
             'string','salir');

h=0;
while h<1
    dos('c:\bc4x\bin\señal1');
        F=load('C:\MATLAB\bin\dto.txt');
        f=(F./255);
        Y = fft(f,500);
        Pyy = Y.* conj(Y) / 500;
        g = 2000*(0:250)/500;
        plot(g,Pyy(1:251));
        axis([0 800 0 12]);

end
close(h1);
proyecto3;
```

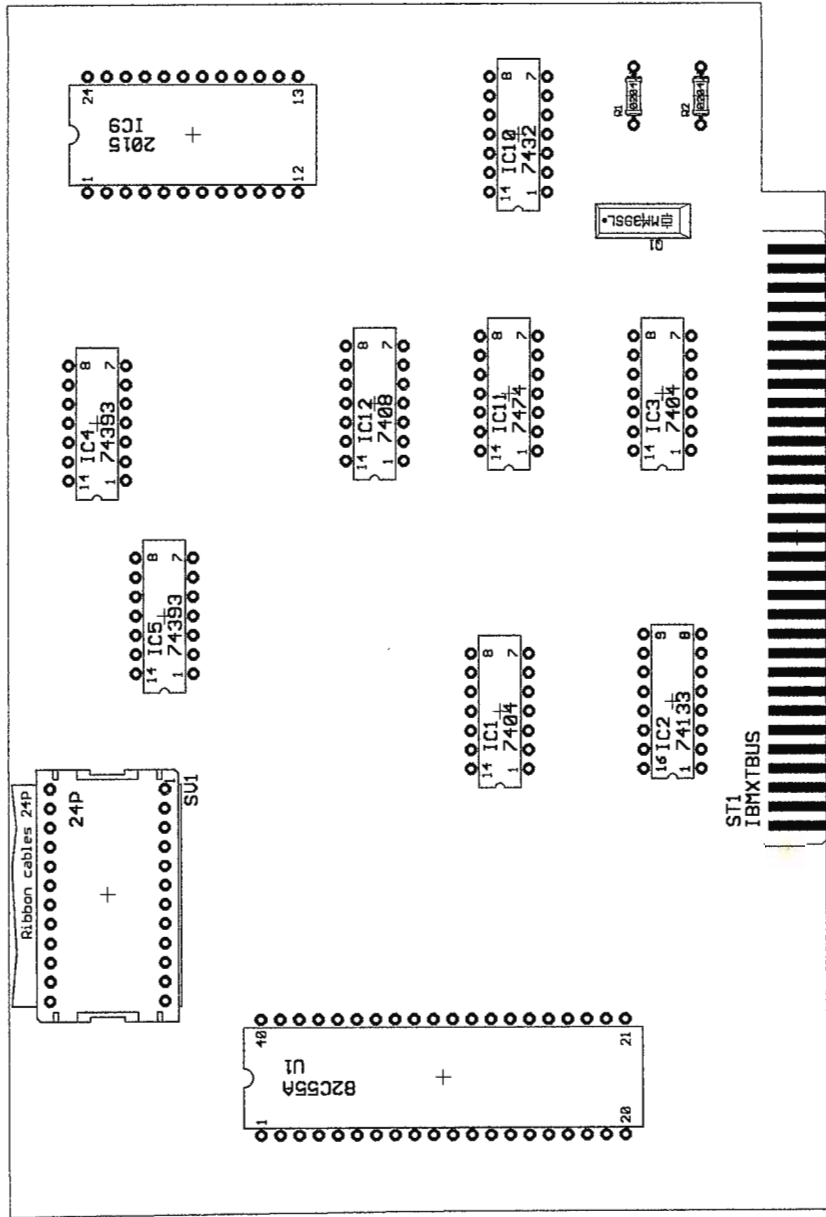


Diagrama del circuito impreso de la interface.
Distribución de elementos.

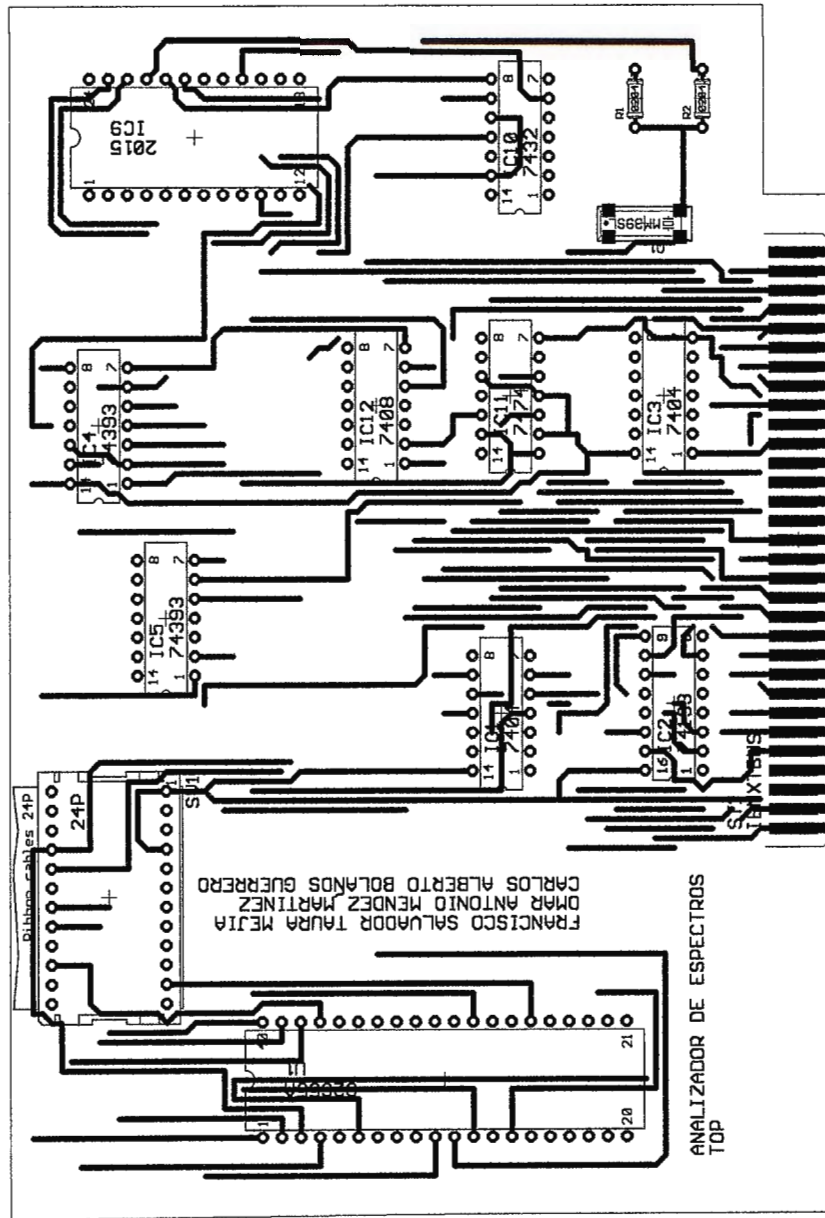


Diagrama del circuito impreso de la interface.
Vista cara superior.

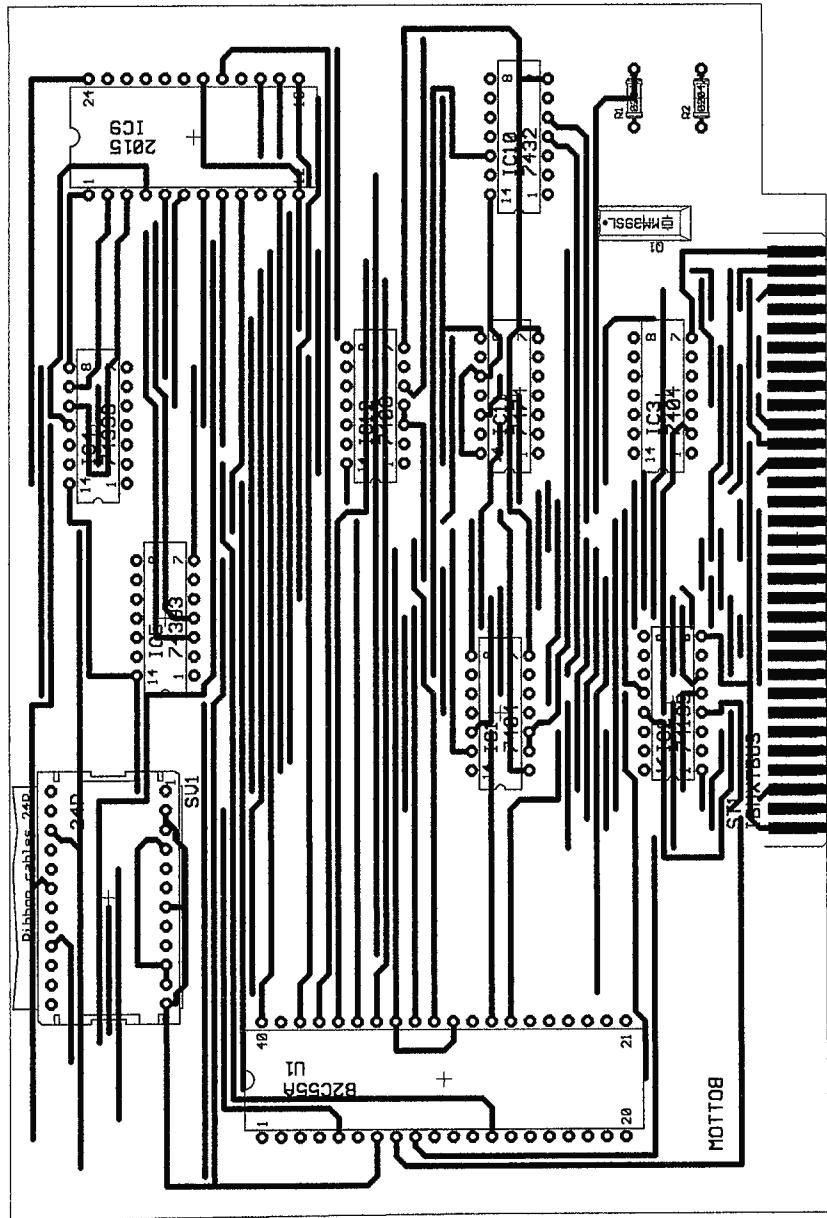


Diagrama del circuito impreso de la interface.
Vista cara inferior.

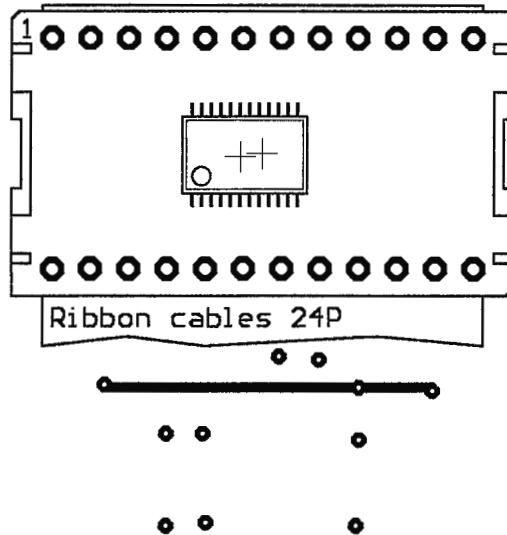
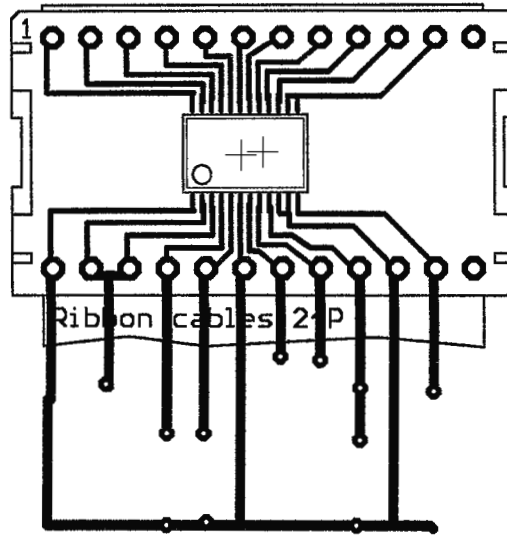
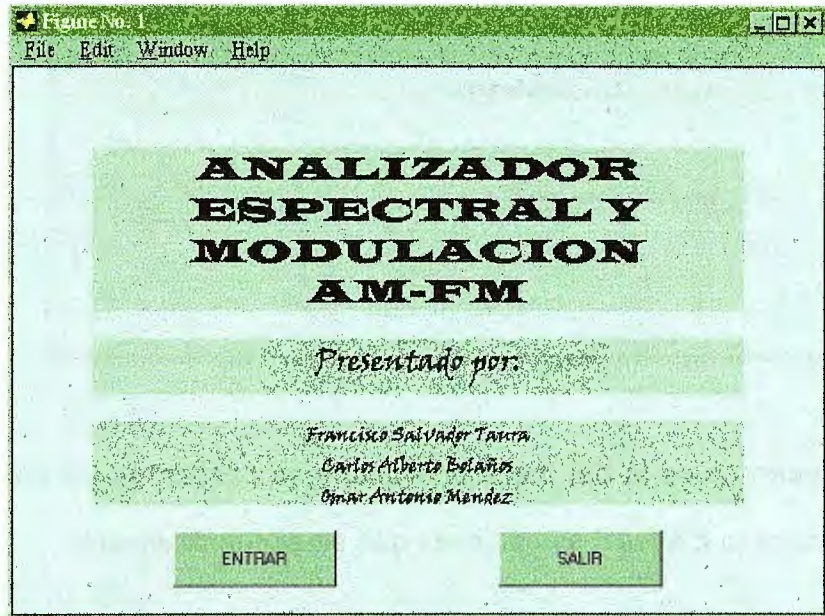


Diagrama del circuito impreso del convertidor analógico a digital LTC 1406.
 (a) Vista cara superior; (b) Vista cara inferior.

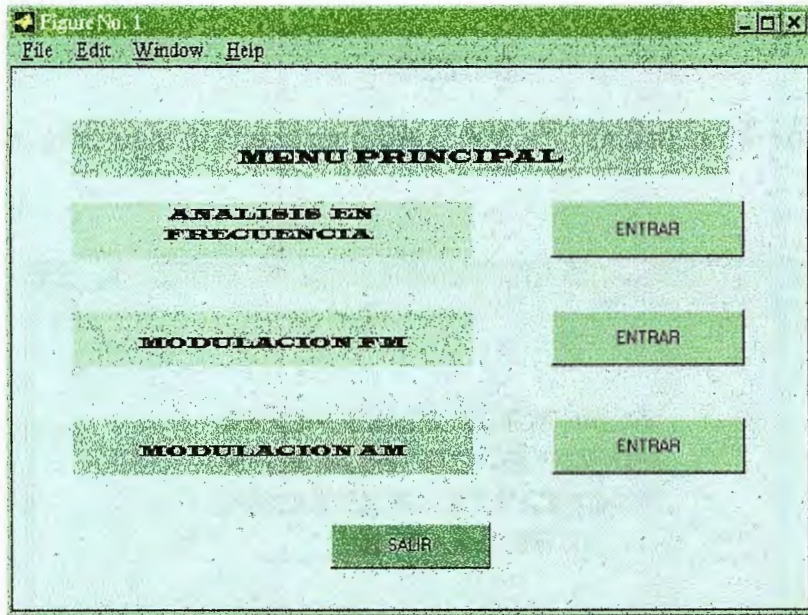
MANUAL DE USUARIO

INICIO

Al teclear <inicio> en el prompt de MATLAB aparecerá la siguiente ventana:



En ella se muestra el nombre del proyecto, los integrantes del grupo que crearon el programa y dos botones que nos dan la opción de continuar o salir del programa. Al presionar con el mouse el botón de salir el programa se terminara de inmediato. Al elegir el botón de entrar el programa presentará la siguiente ventana:



Esta ventana es la del menú principal y se presentan las opciones y los botones de acceso a ellas. Las opciones que se encuentran son:

Análisis en frecuencia.

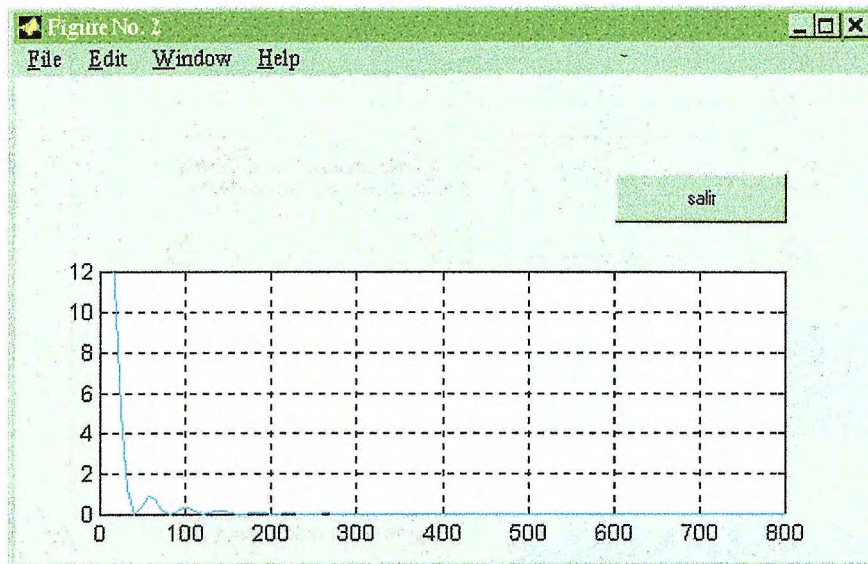
Modulación AM

Modulación FM

A continuación se presentan las ventanas subsiguientes para cada opción de las antes mencionadas.

ANALISIS EN FRECUENCIA

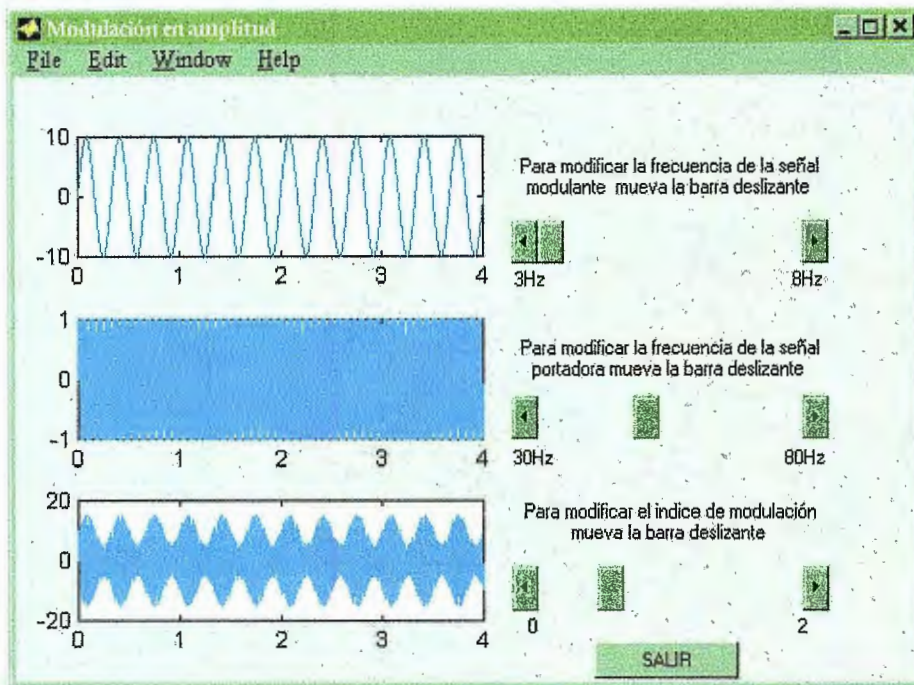
Se observa el espectro de la señal y



Se observa el espectro de la señal de entrada en la tarjeta de la interface, la imagen se estará refrescando continuamente y se podrá apreciar la frecuencia de la señal por medio de la escala en Megahertz dispuesta abajo.

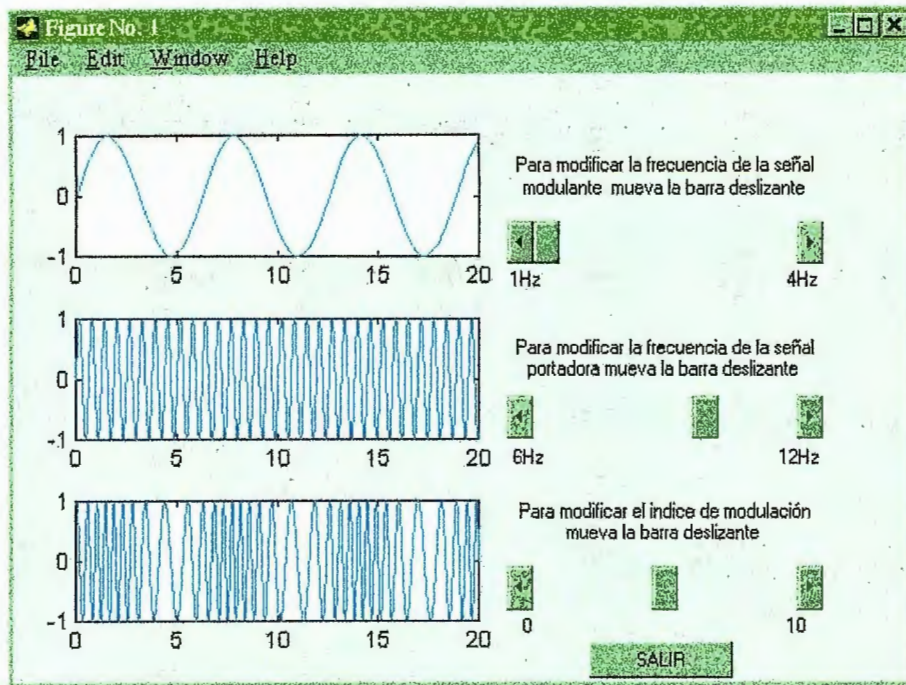
Para salir del programa solo se hace click en el botón de salir y se regresa al menú principal.

INDICE AM



En la ventana se puede apreciar la señal moduladora, la señal portadora y la señal modulada. Las barras de control sirven para cambiar la frecuencia de la señal moduladora y la señal portadora, la barra para la señal modulada sirve para variar el índice de modulación. Luego el botón de salir termina la subrutina y regresa al menú principal.

INDICE FM



En la ventana se puede apreciar la señal moduladora, la señal portadora y la señal modulada. Las barras de control sirven para cambiar la frecuencia de la señal moduladora y la señal portadora, la barra para la señal modulada sirve para variar el índice de modulación. Luego el botón de salir termina la subrutina y regresa al menú principal.

Low Power, 8-Bit, 20MSPS, Sampling A/D Converter

FEATURES

- Low Power, 8-Bit, 20MSPS ADC
- 250MHz Internal Sample-and-Hold
- 7 Effective Bits at 70MHz Input Frequency
- ± 1 LSB DNL and INL Max
- Single 5V Supply and 150mW Dissipation
- Power Down to 1 μ A
- True Differential Inputs Reject Common Mode Noise
- Accepts Single-Ended or Differential Input Signals
- ± 1 V Differential or 2V Single-Ended Input Span
- Analog Inputs Common Mode to V_{DD} and GND
- 24-Pin Narrow SSOP Package

APPLICATIONS

- Telecommunications
- Wireless Communications
- Digital Cellular Telephones
- CCDs and Image Scanners
- Video Digitizing and Digital Television
- Digital Color Copiers
- High Speed Undersampling
- Personal Computer Video
- High Speed Data Acquisition

DESCRIPTION

The LTC[®]1406 is a 20MSPS, 8-bit, sampling A/D converter which draws only 150mW from a single 5V supply. This easy-to-use device includes a high dynamic range sample-and-hold with a 250MHz bandwidth.

The LTC1406's full-scale input range is ± 1 V. The inputs can be driven differentially or one input can be tied to a fixed voltage and the other input driven with a ± 1 V bipolar input. Maximum DC specifications include ± 1 LSB DNL and INL over temperature. Outstanding AC performance includes 48.5dB S/(N + D) and 62dB THD with a 1MHz input; 47.5dB S/(N + D) and 59dB THD at the Nyquist input frequency of 10MHz.

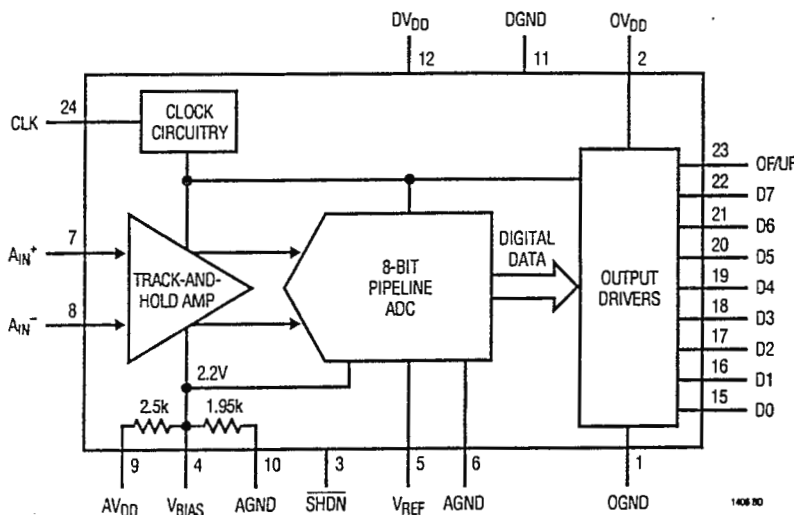
The unique differential input sample-and-hold can acquire single-ended or differential input signals up to its 250MHz bandwidth. The 60dB common mode rejection allows users to eliminate ground loops and common mode noise by measuring signals differentially from the source.

The ADC has an 8-bit parallel output port with separate power supply and ground allowing easy interface to 3V digital systems. The pipelined architecture has five clock cycles of data latency.

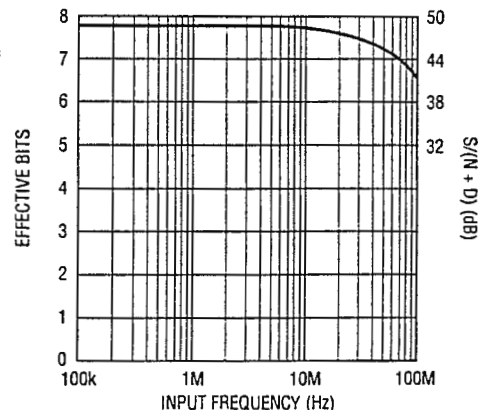
LT, LTC and LT are registered trademarks of Linear Technology Corporation.

TYPICAL APPLICATION

Low Power, 20MHz, 8-Bit Sampling ADC



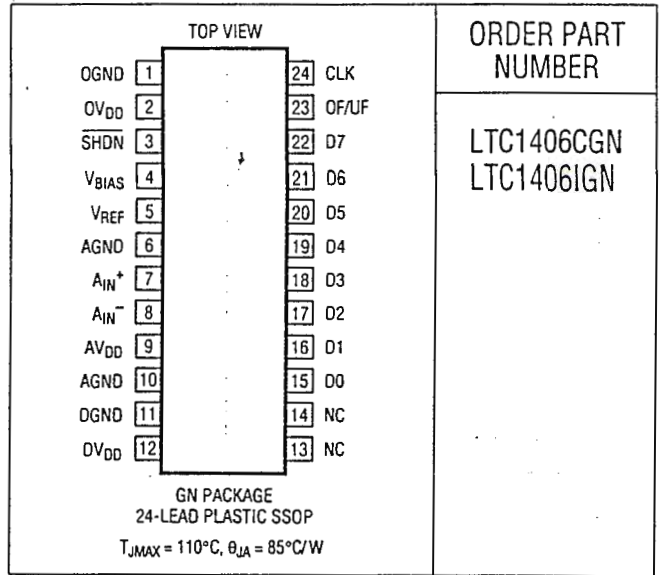
Effective Bits and Signal-to-Noise + Distortion vs Input Frequency



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

$AV_{DD} = OV_{DD} = DV_{DD} = V_{DD}$ (Notes 1, 2)
 Supply Voltage (V_{DD}) 6V
 Analog Input Voltage (Note 3) -0.3V to ($V_{DD} + 0.3V$)
 Digital Input Voltage (Note 4) -0.3V to 10V
 Digital Output Voltage -0.3V to ($V_{DD} + 0.3V$)
 Power Dissipation 500mW
 Ambient Operation Temperature Range
 LTC1406C 0°C to 70°C
 LTC1406I -40°C to 85°C
 Storage Temperature Range -65°C to 150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec) 300°C

PACKAGE/ORDER INFORMATION



ORDER PART NUMBER

LTC1406CGN
LTC1406IGN

Consult factory for Military grade parts.

CONVERTER CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$. (Notes 5, 6)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Resolution (No Missing Codes)		●	8		Bits
Integral Linearity Error	(Note 7)	●	±0.5	±1	LSB
Differential Linearity Error		●	±0.25	±1	LSB
Offset Error	(Note 8)	●	±1	±2	LSB
Gain Error	With External 2.5V Reference		±1	±5	LSB

ANALOG INPUT (Note 5)

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN}	Analog Input Span [(A_{IN+}) - (A_{IN-})] (Note 9)	$4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$	●	±1		V
	Input (A_{IN+} or A_{IN-}) Range	Voltage On Either A_{IN+} or A_{IN-}	●	0	V_{DD}	V
I_{IN}	Analog Input Leakage Current	CLK = 0	●		±5	µA
C_{IN}	Analog Input Capacitance	CLK = 1 CLK = 0		4 2		pF pF
	Input Bandwidth			250		MHz
t_{AP}	Sample-and-Hold Aperture Delay Time			3		ns
t_{jitter}	Sample-and-Hold Aperture Delay Time Jitter			5		pSRMS
CMRR	Analog Input Common Mode Rejection Ratio	$-2.5V < (A_{IN-} = A_{IN+}) < 2.5V$		60		dB
V_{BIAS}	Internal Bias Voltage	No Load		2.2		V

DYNAMIC ACCURACY

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$. (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
S/(N + D)	Signal-to-Noise Plus Distortion Ratio	1MHz Input Signal		48.5		dB
		10MHz Input Signal		47.5		dB
THD	Total Harmonic Distortion	1MHz Input Signal, First 5 Harmonics		-62		dB
		10MHz Input Signal, First 5 Harmonics		-59		dB
SFDR	Spurious Free Dynamic Range	1MHz Input Signal		63		dB
		10MHz Input Signal		60		dB
IMD	Intermodulation Distortion	$f_{IN1} = 3.500977\text{MHz}$, $f_{IN2} = 3.598633\text{MHz}$		60		dB

DIGITAL INPUTS AND OUTPUTS (Note 5)

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IH}	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5.25\text{V}$	●	2.4		V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	$V_{DD} = 4.75\text{V}$	●		0.8	V
I_{IN}	Digital Input Current	$V_{IN} = 0\text{V}$ to V_{DD}	●		± 5	μA
C_{IN}	Digital Input Capacitance			5		pF
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{DD} = 4.75\text{V}$, $I_O = -10\mu\text{A}$	●	4.5		V
		$V_{DD} = 4.75\text{V}$, $I_O = -200\mu\text{A}$	●	4.0		V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{DD} = 4.75\text{V}$, $I_O = 160\mu\text{A}$	●	0.05		V
		$V_{DD} = 4.75\text{V}$, $I_O = 1.6\text{mA}$	●	0.10	0.4	V
I_{SOURCE}	Output Source Current	$V_{OUT} = 0\text{V}$		-20		mA
I_{SINK}	Output Sink Current	$V_{OUT} = V_{DD}$		30		mA

POWER REQUIREMENTS (Note 5)

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
AV_{DD}	Analog Positive Supply Voltage	(Note 10)		4.75	5.25	V	
DV_{DD}	Digital Positive Supply Voltage	(Note 10)		4.75	5.25	V	
OV_{DD}	Output Positive Supply Voltage	(Note 10)		2.7	5.25	V	
V_{BIAS}	Internal Bias Voltage	When Externally Driven (Note 10)		1.9	2.2	2.5	V
V_{REF}	Reference Voltage	(Note 10)		2	2.5	3	V
OGND	Output Ground	(Note 10)		0	2	V	
I_{DD}	Positive Supply Current	$AV_{DD} = DV_{DD} = OV_{DD} = 5\text{V}$, $f_{SAMPL} = 20\text{MHz}$ (Note 13)	●	30	45	mA	
P_D	Power Dissipation		●	150	225	mW	
	Power Down Positive Supply Current	$SHDN = 0\text{V}$, $CLK = V_{DD}$ or 0		1	10	μA	
	Power Down Power Dissipation	$SHDN = 0\text{V}$, $CLK = V_{DD}$ or 0		5	50	μW	

TI^{WU} G CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are $T_A = 25^\circ\text{C}$. (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$f_{\text{SMPL(MAX)}}$	Maximum Sampling Frequency		●	20		MHz
t_1	Clock Period	(Notes 11, 12)	●	50		ns
t_2	Pulse Width High	(Notes 11, 12)	●	25		ns
t_3	Pulse Width Low	(Notes 11, 12)	●	25		ns
t_4	Output Delay	$C_L = 15\text{pF}$		15	25	ns
t_5	Pipeline Delay			5		Cycles
t_6	Aperture Delay			3		ns
	Aperture Jitter			5		ps _{RMS}

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which the life of a device may be impaired.

Note 2: All voltage values are with respect to ground with DGND, OGND and AGND wired together (unless otherwise noted).

Note 3: When these pin voltages are taken below ground or above V_{DD} , they will be clamped by internal diodes. This product can handle input currents greater than 100mA below ground or above V_{DD} without latchup.

Note 4: When these pin voltages are taken below ground they will be clamped by internal diodes. This product can handle input currents up to 100mA below ground without latchup. These pins are not clamped to V_{DD} .

Note 5: $V_{DD} = 5\text{V}$, $f_{\text{SMPL}} = 20\text{MHz}$ and $t_r = t_f = 2\text{ns}$ unless otherwise specified.

Note 6: Linearity, offset and full-scale specifications apply for a single-ended A_{IN}^+ input with A_{IN}^- tied to $V_{REF} = 2.5\text{V}$.

Note 7: Integral nonlinearity is defined as the deviation of a code from a straight line passing through the actual endpoints of the transfer curve. The deviation is measured from the center of the quantization band.

Note 8: Bipolar offset is the offset voltage measured from -0.5LSB when the output code flickers between 0111 1111 and 1000 0000.

Note 9: Guaranteed by design, not subject to test.

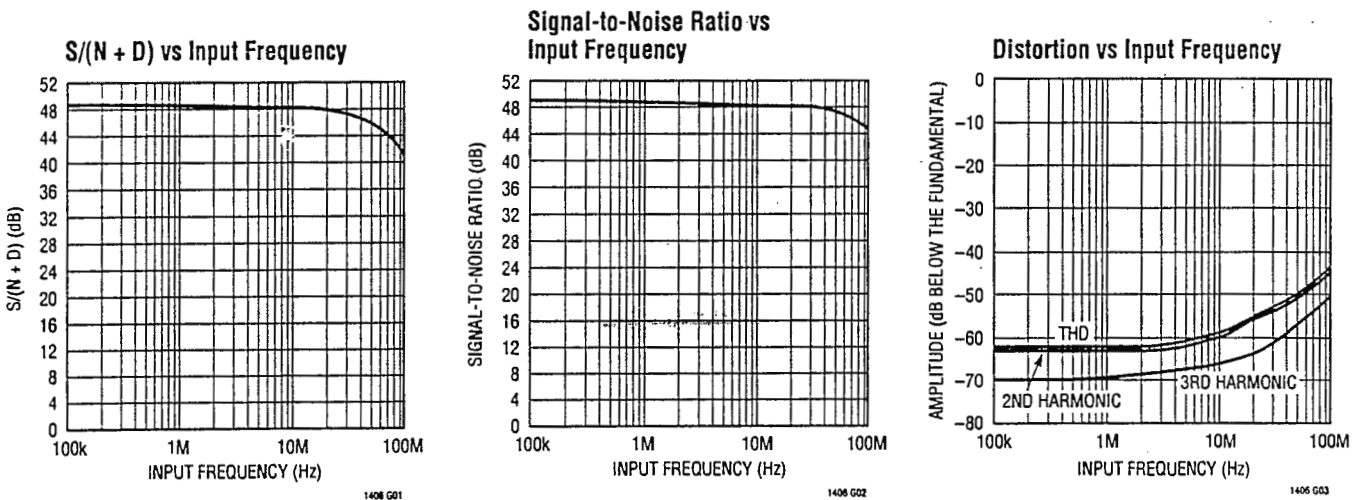
Note 10: Recommended operating conditions.

Note 11: The falling CLK edge starts a conversion.

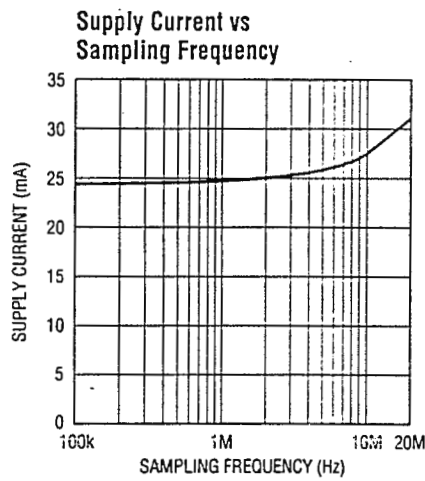
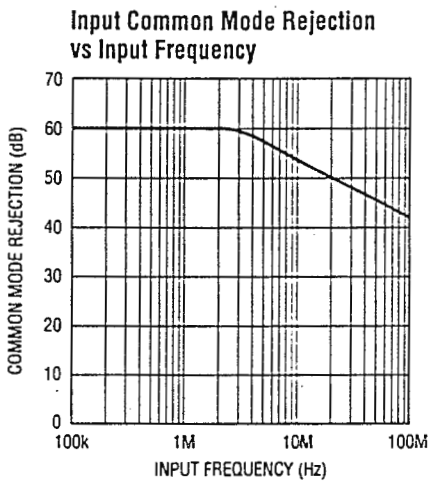
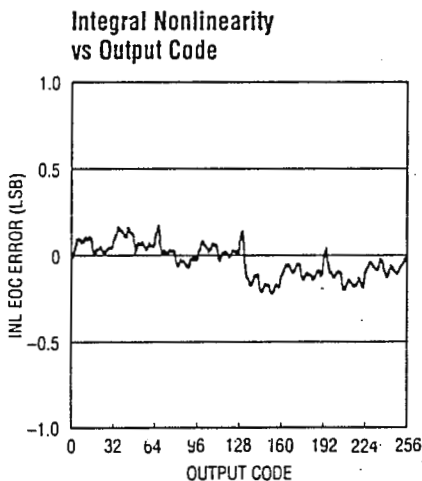
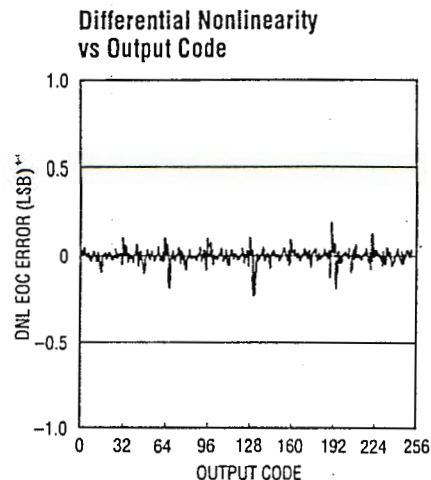
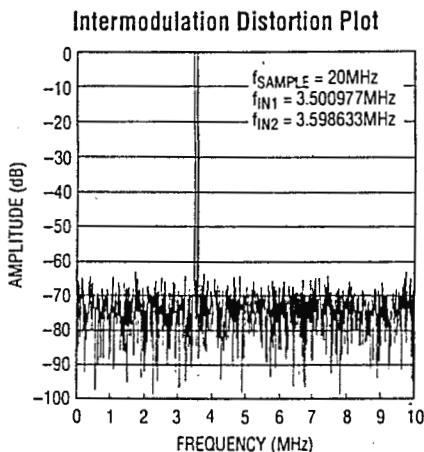
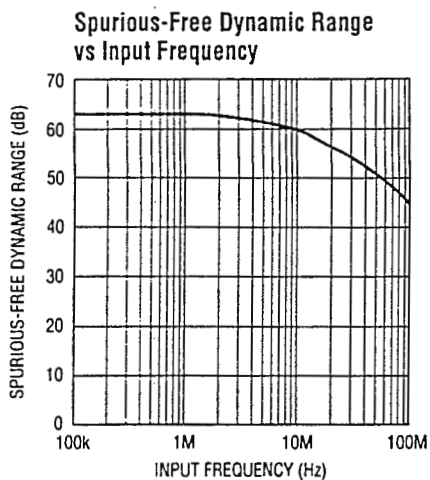
Note 12: At the maximum conversion rate, deviation from a 50% duty cycle results in interstage settling times $< 25\text{ns}$ and performance may be affected.

Note 13: $V_{IN} = -$ Full Scale.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



PIN FUNCTIONS

OGND (Pin 1): Digital Data Output Ground. Tie to analog ground plane. May be tied to logic ground if desired.

OV_{DD} (Pin 2): Digital Data Output Supply. Normally tied to 5V, can be used to interface with 3V digital logic. Bypass to OGND with 10 μ F tantalum in parallel with 0.1 μ F or 10 μ F ceramic.

SHDN (Pin 3): Power Shutdown Input. Logic low selects shutdown.

V_{BIAS} (Pin 4): Internal Bias Voltage. Internally set to 2.2V. Bypass to analog ground plane with 10 μ F tantalum in parallel with 0.1 μ F or 10 μ F ceramic.

V_{REF} (Pin 5): External 2.5V Reference Input. Bypass to analog ground plane with 10 μ F tantalum in parallel with 0.1 μ F or 10 μ F ceramic.

AGND (Pin 6): Analog Ground. Tie to analog ground plane.

A_{IN}⁺ (Pin 7): $\pm 1\text{V}$ Input. The maximum output code occurs when $[(A_{IN}^+) - (A_{IN}^-)] = 1\text{V}$. The minimum output code occurs when $[(A_{IN}^+) - (A_{IN}^-)] = -1\text{V}$.

A_{IN}⁻ (Pin 8): $\pm 1\text{V}$ Input. The maximum output code occurs when $[(A_{IN}^+) - (A_{IN}^-)] = 1\text{V}$. The minimum output code occurs when $[(A_{IN}^+) - (A_{IN}^-)] = -1\text{V}$. For single-ended operation, tie A_{IN}⁻ to a DC voltage (e.g., V_{REF}).

PIN FUNCTIONS

AV_{DD} (Pin 9): Analog 5V Positive Supply. Bypass to analog ground plane with 10 μ F tantalum in parallel with 0.1 μ F or 10 μ F ceramic.

AGND (Pin 10): Analog Ground. Tie to analog ground plane.

DGND (Pin 11): Digital Ground for Internal Logic. Tie to analog ground plane.

DV_{DD} (Pin 12): Digital 5V Positive Supply. Bypass to DGND with 10 μ F tantalum in parallel with 0.1 μ F or 10 μ F ceramic.

NC (Pins 13, 14): No Internal Connection.

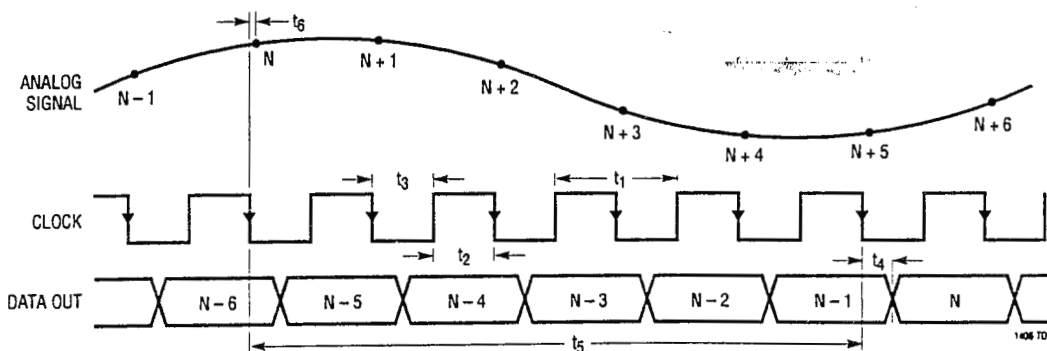
D7 to D0 (Pins 15 to 22): Digital Data Outputs. The outputs swing between OV_{DD} and OGND.

OF/UF (Pin 23): Overflow/Underflow Bit. OF/UF high with D7 to D0 all high indicates an overrange, OF/UF high with D7 to D0 all low indicates an underrange condition. OF/UF low indicates a conversion within the normal input range. The outputs swing between OV_{DD} and OGND.

CLK (Pin 24): Clock Input. Internal sample-and-hold tracks the input signal when CLK is high and samples the input signal on the falling edge.

AV _{DD} = DV _{DD} = V _{DD}			NOMINAL (V)			ABSOLUTE MAXIMUM (V)	
PIN	NAME	DESCRIPTION	MIN	TYP	MAX	MIN	MAX
1	OGND	Ground for Output Drivers		0		-0.3	V _{DD} + 0.3
2	OV _{DD}	Supply for Output Drivers	2.7	3 or 5	5.25	-0.3	6
3	SHDN	Shutdown Input, Active Low	0		V _{DD}	-0.3	10
4	V _{BIAS}	Internal Bias Voltage	1.9	2.2	2.5	-0.3	V _{DD} + 0.3
5	V _{REF}	External Reference Input	2	2.5	3	-0.3	V _{DD} + 0.3
6	AGND	Analog Ground, Clean Ground		0		-0.3	V _{DD} + 0.3
7	A _{IN} ⁺	Positive Analog Input, $\pm 1V$ Span	0		V _{DD}	-0.3	V _{DD} + 0.3
8	A _{IN} ⁻	Negative Analog Input	0		V _{DD}	-0.3	V _{DD} + 0.3
9	AV _{DD}	Analog Supply	4.75	5	5.25	-0.3	6
10	AGND	Analog Ground, Substrate Ground		0		-0.3	V _{DD} + 0.3
11	DGND	Digital Ground		0		-0.3	V _{DD} + 0.3
12	DV _{DD}	Digital Supply	4.75	5	5.25	-0.3	6
13 to 14	NC	No Connect, No Internal Connection					
15 to 22	D7 to D0	Data Outputs	OGND		OV _{DD}	-0.3	V _{DD} + 0.3
23	OF/UF	Overflow/Underflow Output	OGND		OV _{DD}	-0.3	V _{DD} + 0.3
24	CLK	Clock Input	0		V _{DD}	-0.3	10

TIMING DIAGRAM



APPLICATIONS INFORMATION

LT1229/LT1230: Dual and Quad 100MHz Current Feedback Amplifiers. $\pm 2V$ to $\pm 15V$ supplies. Low noise. 6mA supply current each amplifier.

LT1259/LT1260: Dual and Triple 130MHz Current Feedback Amplifiers. $\pm 2V$ to $\pm 14V$ supplies. 5mA supply current. Low distortion. Low noise.

LT1363: 70MHz Voltage Feedback Amplifier. $\pm 2.5V$ to $\pm 15V$ supplies. 7.5mA supply current. Low distortion.

LT1364/LT1365: Dual and Quad 70MHz Voltage Feedback Amplifiers. $\pm 2.5V$ to $\pm 15V$ supplies. 7.5mA supply current per amplifier. Low distortion.

Input Filtering

The noise and the distortion of the input amplifier and other circuitry must be considered since they will add to the LTC1406 noise and distortion. The small-signal bandwidth of the sample-and-hold circuit is 250MHz. Any noise or distortion products that are present at the analog inputs will be summed over this entire bandwidth. Noisy input circuitry should be filtered prior to the analog inputs to minimize noise. A simple 1-pole RC filter is sufficient for many applications. For example, Figure 9 shows a 220pF capacitor from A_{IN}^+ to A_{IN}^- and a 75 Ω source resistor to limit the input bandwidth to 9.6MHz. The 220pF capacitor also acts as a charge reservoir for the input sample-and-hold and isolates the ADC input from sampling glitch sensitive circuitry. Larger value capacitors may be substituted to further limit the input bandwidth. High quality capacitors and resistors should be used since these components can add distortion. NPO and silver mica type dielectric capacitors have excellent linearity. Carbon surface mount

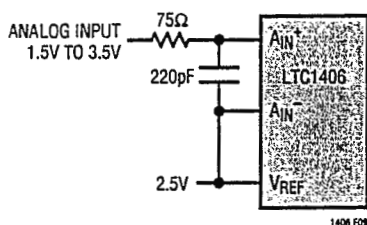


Figure 9. RC Input Filter

resistors can also generate distortion from self-heating and from damage that may occur during soldering. Metal film surface mount resistors are much less susceptible to both problems.

Input/Output Characteristics

Figure 10 shows the ideal input/output characteristics for the LTC1406. The code transitions occur midway between successive integer LSB values (i.e., $-FS + 0.5LSB$, $-FS + 1.5LSB$, $-FS + 2.5LSB \dots FS - 1.5LSB$, $FS - 0.5LSB$). The output is straight binary with $1LSB = FS - (-FS)/256 = 2V/256 = 7.8125mV$. The OF/UF bit indicates that the input has exceeded full scale and can be used to detect an overrange or underrange condition. A logic high output on the OF/UF pin with an output code of 0000 0000 indicates the input is less than the negative full scale. A logic high output on the OF/UF pin with an output code of 1111 1111 indicates that the input is greater than the positive full scale. A logic low output on the OF/UF pin indicates the input is within the full-scale range of the converter.

In applications where absolute accuracy is important, offset and full-scale errors can be adjusted to zero. Offset error must be adjusted before full-scale error. Zero offset is achieved by adjusting the offset applied to the A_{IN}^- input. For zero offset error, apply a voltage equal to the input

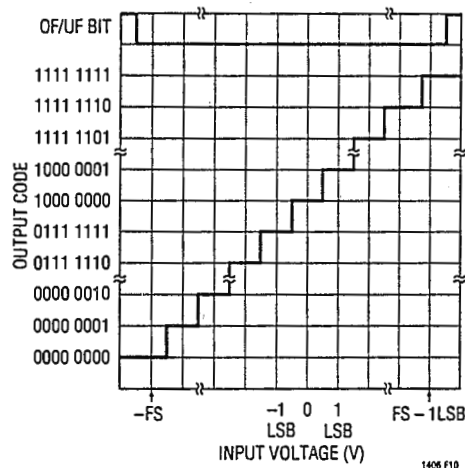


Figure 10. Transfer Characteristics

APPLICATIONS INFORMATION

common mode voltage minus 3.90625mV (i.e., -0.5LSB) and adjust the offset at the A_{IN}^- input until the output code flickers between 0111 1111 and 1000 0000. For full-scale adjustment, an input voltage equal to the input common mode voltage plus 988.28125mV (i.e., $\text{FS} - 1.5\text{LSBs}$) is applied to A_{IN}^+ and the V_{REF} input is adjusted until the output code flickers between 1111 1110 and 1111 1111.

Digital Inputs and Outputs

The LTC1406 is designed to easily interface with either 3V or 5V logic. The digital input pins, SHDN and CLK , have thresholds of nominally 1.9V and will accept a 3V or 5V logic input. The data output pins, including OF/UF , are connected to a separate supply and ground (OV_{DD} and OGND respectively). OV_{DD} is normally connected to DV_{DD} but can be connected to an external supply as low as 2.7V. OGND is normally connected to DGND but can be connected to an external ground or an external voltage source as high as 2V.

Clock

The LTC1406 requires a 50% duty cycle clock. The duty cycle should be timed from the nominal threshold of the CLK input which is 1.9V. At conversion speeds below the maximum conversion rate of 20MHz, the duty cycle can deviate from 50% with no degradation in performance as long as each clock phase is at least 25ns long. At the maximum conversion rate, deviation from a 50% duty cycle clock results in interstage settling times of $<25\text{ns}$ and performance may be affected.

With the CLK pin high, the ADC will track the difference of the two analog inputs. On the falling edge of CLK the input is sampled and the conversion begins. At the end of five clock cycles (on the fifth falling CLK edge following the start of conversion) the data from the conversion will be available at the digital outputs until the next falling CLK edge. Each falling edge of CLK starts a new conversion so successive conversion results are available on successive falling CLK edges.

While the falling edge starts the conversion, both rising and falling edges are used internally during the conversion. It is therefore important to provide a clock signal that has low jitter and fast rise and fall times ($<2\text{ns}$). Much of the internal circuitry operates dynamically limiting the minimum conversion rate to 10kHz. To ensure proper operation after power is first applied, or the clock stops for more than $100\mu\text{s}$, typically 20 clock cycles must be performed at a sample rate above 10kHz before the output data will be valid.

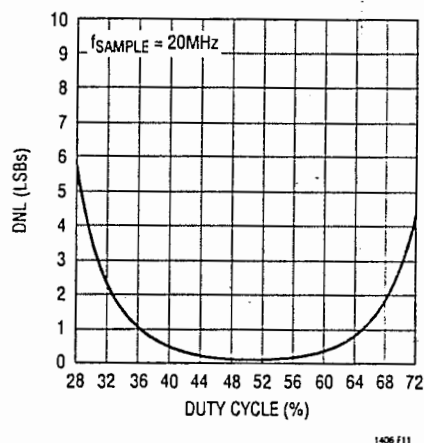


Figure 11. Typical DNL vs Duty Cycle

Power Shutdown

The quiescent power of the LTC1406 can be further reduced between conversions by taking the SHDN pin low. This powers down all of the internal amplifiers and bias circuitry and the part draws only a small quiescent current of $1\mu\text{A}$ from the 5V supply. There is a nominally 4k internal resistor between V_{REF} and AGND that will continue to draw current during shutdown as long as V_{REF} is driven. It should also be noted that the data output drivers are not three-state devices and do not go into a high impedance state during shutdown. If the data output pins will remain connected to a load during shutdown, current may be drawn through the OV_{DD} supply pin. This can be prevented by including a FET switch in series with OV_{DD} or OGND controlled by SHDN . If the data bus will remain active during

APPLICATIONS INFORMATION

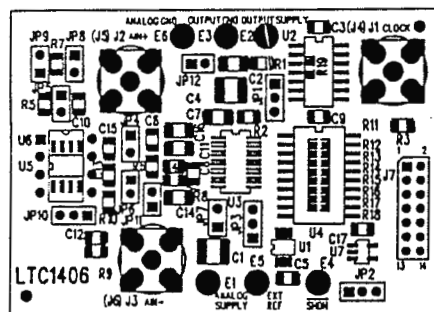


Figure 12b. Suggested Evaluation Circuit Board—Component Side Silkscreen

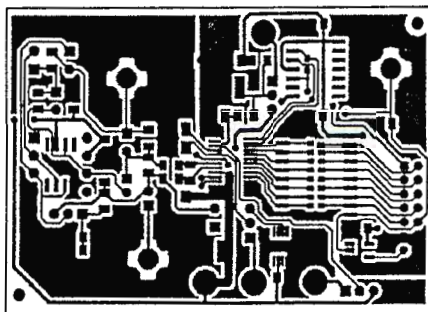


Figure 12c. Suggested Evaluation Circuit Board—Component Side Layout

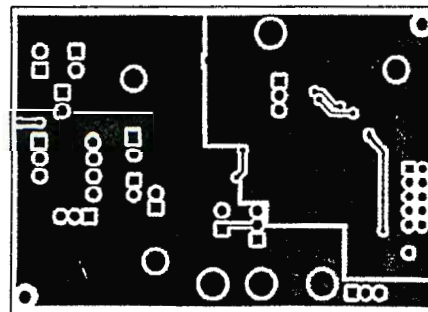
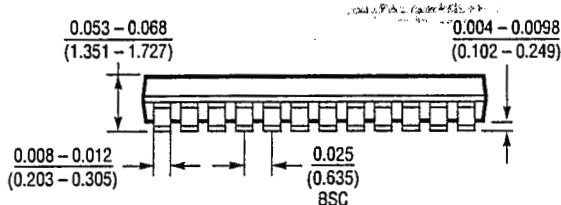
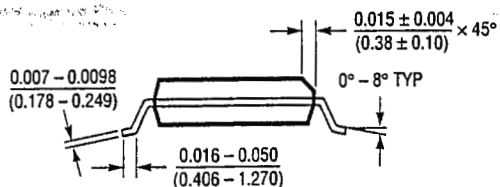
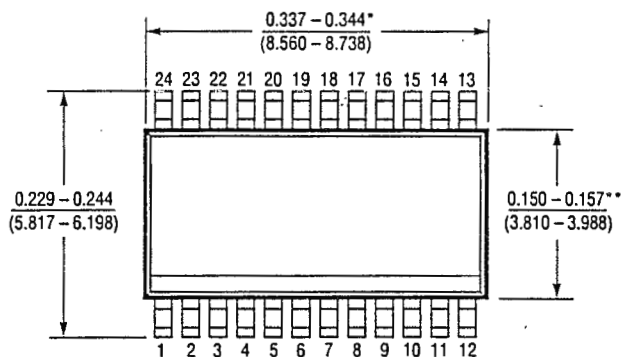


Figure 12d. Suggested Evaluation Circuit Board—Solder Side Layout

PACKAGE DESCRIPTION

Dimensions in inches (millimeters) unless otherwise noted.

GN Package
24-Lead Plastic SSOP (Narrow 0.150)
 (LTC DWG # 05-08-1641)

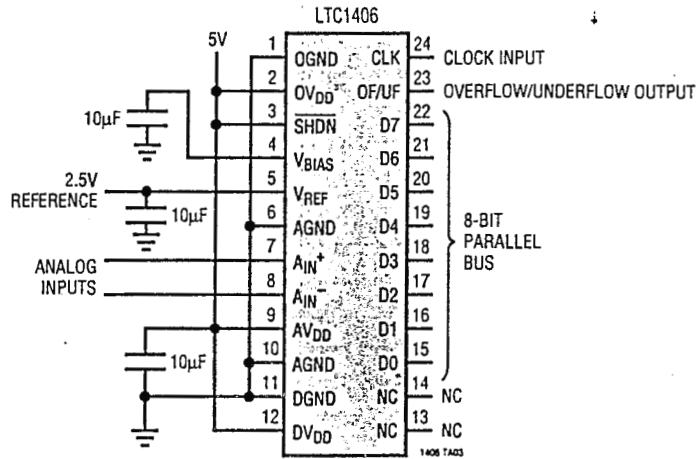


- * DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.006" (0.152mm) PER SIDE
- ** DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH. INTERLEAD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.010" (0.254mm) PER SIDE

GN24 (SSOP) 11/97

TYPICAL APPLICATION

Low Power, 20MHz, 8-Bit Sampling ADC



RELATED PARTS

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENTS
ADCs		
LTC1196/LTC1198	Single Supply, 8-Bit, 1Msps/750ksps ADCs	Single 3V or 5V Supply, Low Power, Serial Interface, SO-8 Package
LTC1197/LTC1199	Single Supply, 10-Bit, 500ksps/450ksps ADCs	Single 3V or 5V Supply, Low Power, Serial Interface, SO-8 Package
LTC1410	12-Bit, 1.25Msps Sampling ADC with Shutdown	Best Dynamic Performance, THD = 84dB and SINAD = 71dB at Nyquist
LTC1415	Single 5V, 12-Bit, 1.25Msps ADC	Single Supply 55mW Dissipation
LTC1419	14-Bit, 800ksps Sampling ADC with Shutdown	81.5dB SINAD, 150mW from ±5V Supplies
LTC1604	16-Bit, 333ksps ADC	90dB SINAD, 100dB THD, 250mW Dissipation
LTC1605	Single 5V, 16-Bit, 100ksps ADC	Low Power, ±10V Inputs
DACs		
LTC1446/LTC1446L	Dual 12-Bit V _{OUT} DACs in SO-8 Package	LTC1446: V _{CC} = 4.5V to 5.5V, V _{OUT} = 0V to 4.095V LTC1446L: V _{CC} = 2.7V to 5.5V, V _{OUT} = 0V to 2.5V
LTC1448	Dual 12-Bit Rail-to-Rail Output DAC in SO-8 Package	V _{CC} = 2.7V to 5.5V, Output Swings from GND to REF, REF Input Can Be Tied to V _{CC}
LTC1458/LTC1458L	Quad 12-Bit Rail-to-Rail Output DACs	LTC1458: V _{CC} = 4.5V to 5.5V, V _{OUT} 0V to 4.095V LTC1458L: V _{CC} = 2.7V to 5.5V, V _{OUT} = 0V to 2.5V



CMOS Static RAM 16K (2K x 8-Bit)

**IDT6116SA
IDT6116LA**

Features

- ◆ High-speed access and chip select times
 - Military: 20/25/35/45/55/70/90/120/150ns (max.)
 - Industrial: 20/25/35/45ns (max.)
 - Commercial: 15/20/25/35/45ns (max.)
- ◆ Low-power consumption
- ◆ Battery backup operation
 - 2V data retention voltage (LA version only)
- ◆ Produced with advanced CMOS high-performance technology
- ◆ CMOS process virtually eliminates alpha particle soft-error rates
- ◆ Input and output directly TTL-compatible
- ◆ Static operation: no clocks or refresh required
- ◆ Available in ceramic and plastic 24-pin DIP, 24-pin Thin Dip, 24-pin SOIC and 24-pin SOJ
- ◆ Military product compliant to MIL-STD-883, Class B

Description

The IDT6116SA/LA is a 16,384-bit high-speed static RAM organized as 2K x 8. It is fabricated using IDT's high-performance, high-reliability CMOS technology.

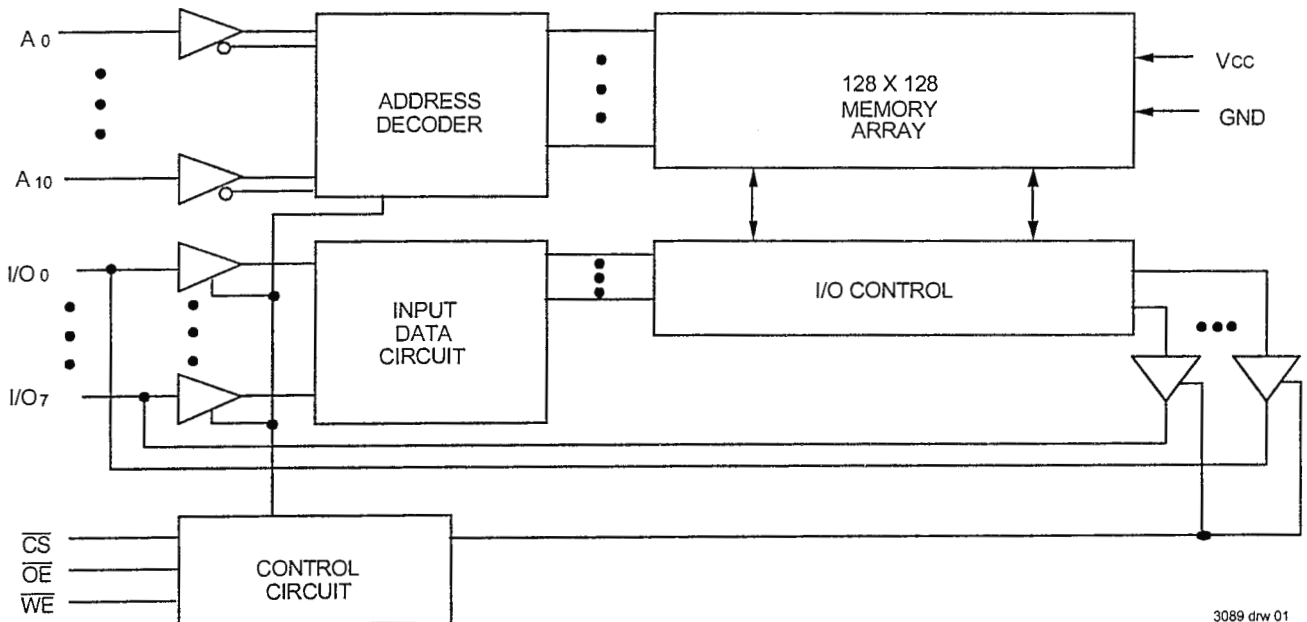
Access times as fast as 15ns are available. The circuit also offers a reduced power standby mode. When \overline{CS} goes HIGH, the circuit will automatically go to, and remain in, a standby power mode, as long as \overline{CS} remains HIGH. This capability provides significant system level power and cooling savings. The low-power (LA) version also offers a battery backup data retention capability where the circuit typically consumes only 1 μ W to 4 μ W operating off a 2V battery.

All inputs and outputs of the IDT6116SA/LA are TTL-compatible. Fully static asynchronous circuitry is used, requiring no clocks or refreshing for operation.

The IDT6116SA/LA is packaged in 24-pin 600 and 300 mil plastic or ceramic DIP, 24-lead gull-wing SOIC, and 24-lead J-bend SOJ providing high board-level packing densities.

Military grade product is manufactured in compliance to the latest version of MIL-STD-883, Class B, making it ideally suited to military temperature applications demanding the highest level of performance and reliability.

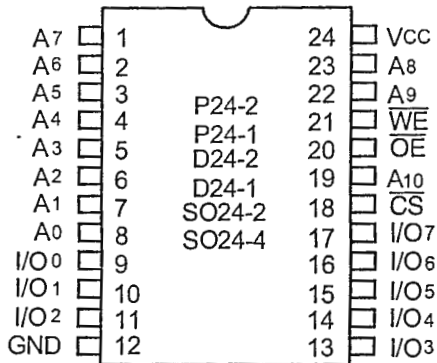
Functional Block Diagram



3089 drw 01

JANUARY 2000

Pin Configurations



3089 drw 02

DIP/SOIC/SOJ Top View

Pin Description

Name	Description
A0 - A10	Address Inputs
I/O0 - I/O7	Data Input/Output
\overline{CS}	Chip Select
\overline{WE}	Write Enable
\overline{OE}	Output Enable
Vcc	Power
GND	Ground

3089 tbl 01

Capacitance (TA = +25°C, f = 1.0 MHz)

Symbol	Parameter ⁽¹⁾	Conditions	Max	Unit
C _{IN}	Input Capacitance	V _{IN} = 0V	8	pF
C _{VO}	I/O Capacitance	V _{OUT} = 0V	8	pF

3089 tbl 03

NOTE:

1. This parameter is determined by device characterization, but is not production tested.

Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

Symbol	Rating	Com'l.	Mil.	Unit
V _{TERM} ⁽²⁾	Terminal Voltage with Respect to GND	-0.5 to +7.0	-0.5 to +7.0	V
T _A	Operating Temperature	0 to +70	-55 to +125	°C
T _{BIAS}	Temperature Under Bias	-55 to +125	-65 to +135	°C
T _{STG}	Storage Temperature	-55 to +125	-65 to +150	°C
P _T	Power Dissipation	1.0	1.0	W
I _{OUT}	DC Output Current	50	50	mA

3089 tbl 04

NOTES:

1. Stresses greater than those listed under ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.
2. V_{TERM} must not exceed V_{CC} +0.5V.

Truth Table⁽¹⁾

Mode	\overline{CS}	\overline{OE}	\overline{WE}	I/O
Standby	H	X	X	High-Z
Read	L	L	H	DATA _{OUT}
Read	L	H	H	High-Z
Write	L	X	L	DATA _{IN}

3089 tbl 02

NOTE:

1. H = V_{IH}, L = V_{IL}, X = Don't Care.

Recommended Operating Temperature and Supply Voltage

Grade	Ambient Temperature	GND	Vcc
Military	-55°C to +125°C	0V	5.0V ± 10%
Industrial	-45°C to +85°C	0V	5.0V ± 10%
Commercial	0°C to +70°C	0V	5.0V ± 10%

3089 tbl 05

Recommended DC Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
Vcc	Supply Voltage	4.5	5.0	5.5 ⁽²⁾	V
GND	Ground	0	0	0	V
V _{IH}	Input High Voltage	2.2	3.5	Vcc + 0.5	V
V _{IL}	Input Low Voltage	-0.5 ⁽¹⁾	—	0.8	V

3090 tbl 06

NOTES:

- V_{IL} (min.) = -3.0V for pulse width less than 20ns, once per cycle.
- V_{IN} must not exceed Vcc + 0.5V.

DC Electrical Characteristics (Vcc = 5.0V ± 10%)

Symbol	Parameter	Test Conditions	IDT6116SA		IDT6116LA		Unit	
			Min.	Max.	Min.	Max.		
I _U	Input Leakage Current	Vcc = Max., V _{IN} = GND to Vcc	MIL. COM'L.	— —	10 5	— —	5 2	μA
I _O	Output Leakage Current	Vcc = Max., CS = V _{IH} , V _{OUT} = GND to Vcc	MIL. COM'L.	— —	10 5	— —	5 2	μA
V _{OL}	Output Low Voltage	I _{OL} = 8mA, Vcc = Min.	—	0.4	—	0.4	—	V
V _{OH}	Output High Voltage	I _{OH} = -4mA, Vcc = Min.	2.4	—	2.4	—	—	V

3089 tbl 07

DC Electrical Characteristics⁽¹⁾ (Vcc = 5.0V ± 10%, V_{Lc} = 0.2V, V_{Hc} = Vcc - 0.2V)

Symbol	Parameter	Power	6116SA15	6116SA20 6116LA20		6116SA25 6116LA25		6116SA35 6116LA35		Unit
			Com'l Only	Com'l & Ind	Mil	Com'l & Ind	Mil	Com'l. & Ind.	Mil	
I _{CC1}	Operating Power Supply Current CS ≤ V _{IL} , Outputs Open Vcc = Max., f = 0	SA	105	105	130	80	90	80	90	mA
		LA	95	95	120	75	85	75	85	
I _{CC2}	Dynamic Operating Current CS ≤ V _{IL} , Outputs Open Vcc = Max., f = f _{MAX} ⁽²⁾	SA	150	130	150	120	135	100	115	mA
		LA	140	120	140	110	125	95	105	
I _{SB}	Standby Power Supply Current (TTL Level) CS ≥ V _{IH} , Outputs Open Vcc = Max., f = f _{MAX} ⁽²⁾	SA	40	40	50	40	45	25	35	mA
		LA	35	35	45	35	40	25	30	
I _{SB1}	Full Standby Power Supply Current (CMOS Level) CS ≥ V _{Hc} , Vcc = Max., V _{IN} ≤ V _{Lc} or V _{IN} ≥ V _{Hc} , f = 0	SA	2	2	10	2	10	2	10	mA
		LA	0.1	0.1	0.9	0.1	0.9	0.1	0.9	

3089 tbl 08

NOTES:

- All values are maximum guaranteed values.
- f_{MAX} = 1/trc, only address inputs are cycling at f_{MAX}, f = 0 means address inputs are not changing.

AC Electrical Characteristics (Vcc = 5V ± 10%, All Temperature Ranges)

Symbol	Parameter	6116SA15 ⁽¹⁾		6116SA20 6116LA20		6116SA25 6116LA25		6116SA35 6116LA35		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Write Cycle										
t _{WC}	Write Cycle Time	15	—	20	—	25	—	35	—	ns
t _{CSW}	Chip Select to End-of-Write	13	—	15	—	17	—	25	—	ns
t _{AVW}	Address Valid to End-of-Write	14	—	15	—	17	—	25	—	ns
t _{AS}	Address Set-up Time	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{WP}	Write Pulse Width	12	—	12	—	15	—	20	—	ns
t _{WR}	Write Recovery Time	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{WHZ} ⁽³⁾	Write to Output in High-Z	—	7	—	8	—	16	—	20	ns
t _{DW}	Data to Write Time Overlap	12	—	12	—	13	—	15	—	ns
t _{DH} ⁽⁴⁾	Data Hold from Write Time	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{OW} ^(3,4)	Output Active from End-of-Write	0	—	0	—	0	—	0	—	ns

3089 tbl 14

AC Electrical Characteristics (Vcc = 5V ± 10%, All Temperature Ranges) (continued)

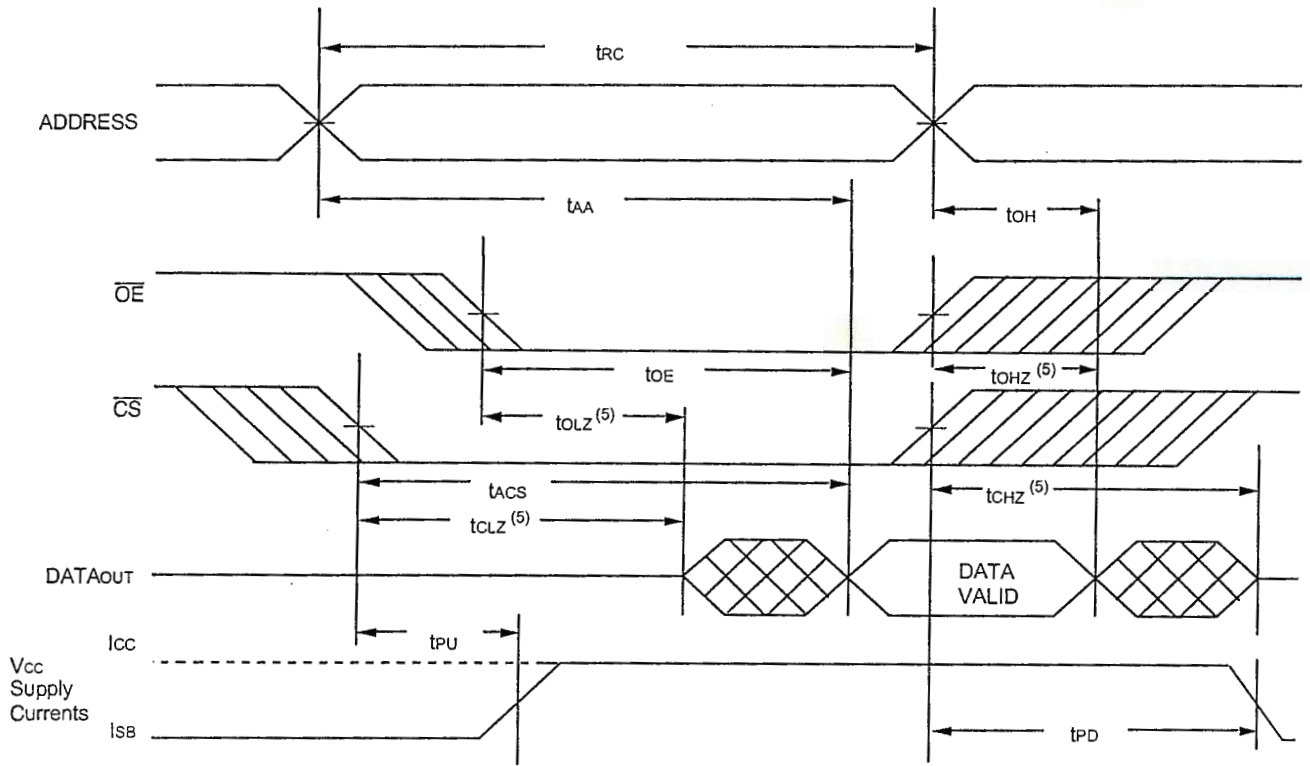
Symbol	Parameter	6116SA45 6116LA45		6116SA55 ⁽²⁾ 6116LA55 ⁽²⁾		6116SA70 ⁽²⁾ 6116LA70 ⁽²⁾		6116SA90 ⁽²⁾ 6116LA90 ⁽²⁾		6116SA120 ⁽²⁾ 6116LA120 ⁽²⁾		6116SA150 ⁽²⁾ 6116LA150 ⁽²⁾		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Write Cycle														
t _{WC}	Write Cycle Time	45	—	55	—	70	—	90	—	120	—	150	—	ns
t _{CSW}	Chip Select to End-of-Write	30	—	40	—	40	—	55	—	70	—	90	—	ns
t _{AVW}	Address Valid to End-of-Write	30	—	45	—	65	—	80	—	105	—	120	—	ns
t _{AS}	Address Set-up Time	0	—	5	—	15	—	15	—	20	—	20	—	ns
t _{WP}	Write Pulse Width	25	—	40	—	40	—	55	—	70	—	90	—	ns
t _{WR}	Write Recovery Time	0	—	5	—	5	—	5	—	5	—	10	—	ns
t _{WHZ} ⁽³⁾	Write to Output in High-Z	—	25	—	30	—	35	—	40	—	40	—	40	ns
t _{DW}	Data to Write Time Overlap	20	—	25	—	30	—	30	—	35	—	40	—	ns
t _{DH} ⁽⁴⁾	Data Hold from Write Time	0	—	5	—	5	—	5	—	5	—	10	—	ns
t _{OW} ^(3,4)	Output Active from End-of-Write	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns

3089 tbl 15

NOTES:

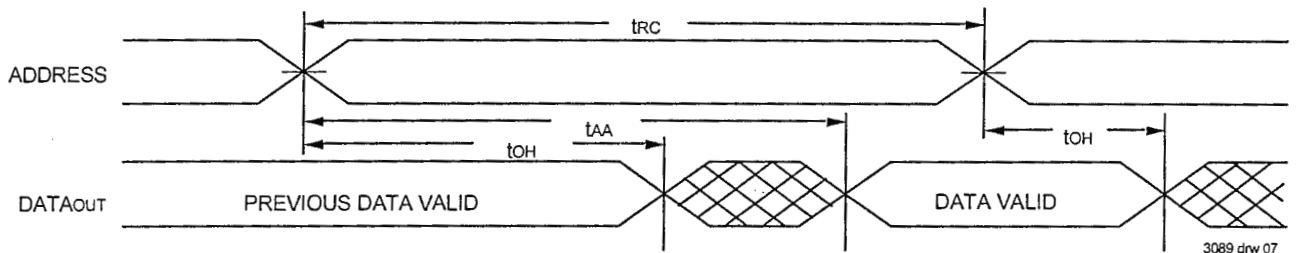
- 0°C to +70°C temperature range only.
- 55°C to +125°C temperature range only.
- This parameter guaranteed with AC Load (Figure 2) by device characterization, but is not production tested.
- The specification for t_{DH} must be met by the device supplying write data to the RAM under all operation conditions. Although t_{DH} and t_{OW} values will vary over voltage and temperature, the actual t_{DH} will always be smaller than the actual t_{OW}.

Timing Waveform of Read Cycle No. 1(1,3)



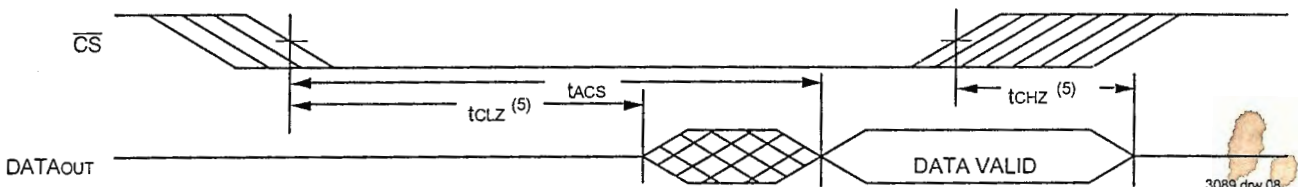
3089 drw 06

Timing Waveform of Read Cycle No. 2(1,2,4)



3089 drw 07

Timing Waveform of Read Cycle No. 3(1,3,4)

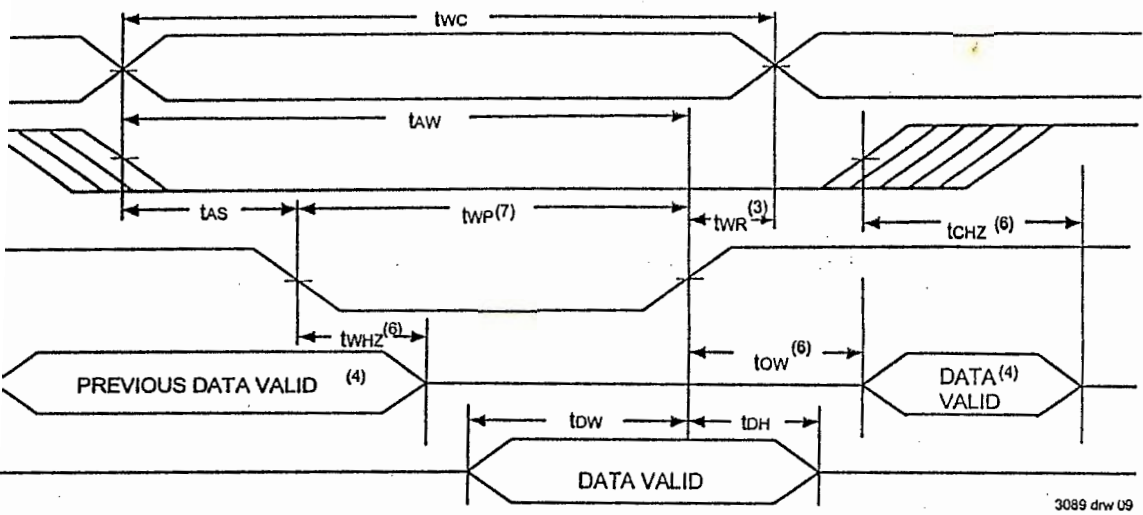


3089 drw 08

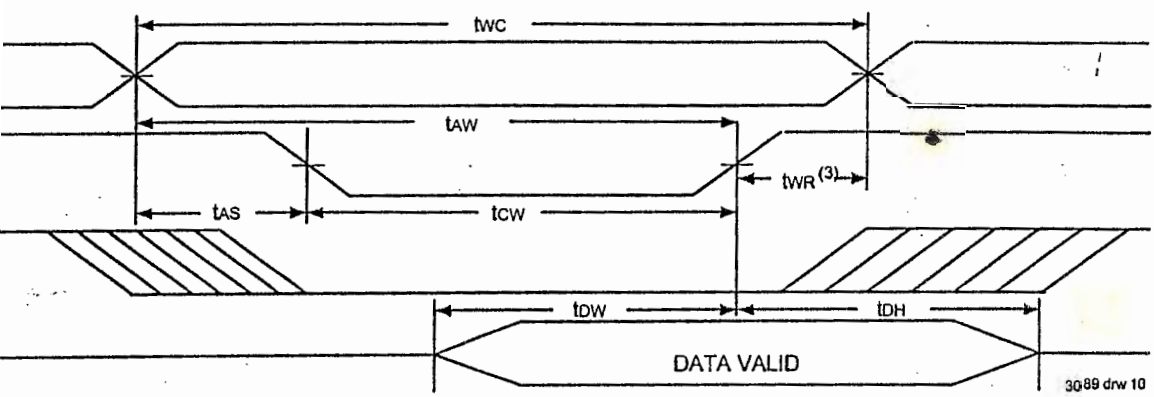
NOTES:

1. \overline{WE} is HIGH for Read cycle.
2. Device is continuously selected, \overline{CS} is LOW.
3. Address valid prior to or coincident with \overline{CS} transition LOW.
4. \overline{OE} is LOW.
5. Transition is measured $\pm 500mV$ from steady state.

Waveform of Write Cycle No. 1 (\overline{WE} Controlled Timing)^(1,2,5,7)



Waveform of Write Cycle No. 2 (\overline{CS} Controlled Timing)^(1,2,3,5,7)



be HIGH during all address transitions.
 during the overlap of a LOW \overline{CS} and a LOW \overline{WE} .
 from the earlier of \overline{CS} or \overline{WE} going HIGH to the end of the write cycle.
 od, the I/O pins are in the output state and the input signals must not be applied.
 transition occurs simultaneously with or after the \overline{WE} LOW transition, the outputs remain in the high-impedance state.
 easured $\pm 500\text{mV}$ from steady state.
 stly HIGH. If \overline{OE} is LOW during a \overline{WE} controlled write cycle, the write pulse width must be the larger of t_{WP} or $(t_{WHZ} + t_{DW})$ to allow the I/O drivers
 ata to be placed on the bus for the required t_{OW} . If \overline{OE} is HIGH during a \overline{WE} controlled write cycle, this requirement does not apply and the write pulse
 t_{WP} . For a \overline{CS} controlled write cycle, \overline{OE} may be LOW with no degradation to t_{CW} .