

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE INGENIERIA ENSENADA

SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMATIZADO PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS
DE BAJA FRECUENCIA

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado
de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA

JOSADAC LUNA ROJAS

Ensenada, Baja California, Septiembre del 2005

TESIS DEFENDIDA POR
JOSADAC LUNA ROJAS
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ



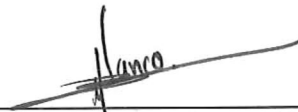
M.C. EVERARDO INZUNZA GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS



**DR. MIGUEL ENRIQUE
MARTINEZ ROSAS**

SINODAL



**M.C. VICTOR MANUEL
BLANCO RODRIGUEZ**

SINODAL

Ensenada, Baja California, Septiembre del 2005.

**Con profundo agradecimiento Para mí
Universidad Autónoma de Baja California**

Un agradecimiento a mi maestra y amiga
M.C. Jana Juracy Soares López que siempre
Me apoyo en toda mi carrera

Un agradecimiento muy especial a mí Director de Tesis
Y Amigo **M.C. Everardo Inzunza González**
Por su magnífica contribución para la
Realización de este proyecto y mi carrera

A mi maestro y amigo DR. Horacio Martínez.

A mis maestros, porque sin recelo
Supieron transmitirme sus conocimientos

A mis amigos que siempre nos hemos
Apoyado en las buenas y en las malas
Y ahí he encontrado a mis mejores amigos
MIKE, DIABLO, BARRA, PACO, AMADO, RIGO, NESS,
CHULETS, DONALD, SINALOA, CHAMOY, CORCHO,
MOLLER, NIÑO, WILO, MONZÓN, CHENTE, BENGI, PIRRUS
EL TIRADO, FREDDY, MAYER, CAMPEÓN, SALIDO, OLMOS, TOVAR,
RIGUILLO, CHABELO, ALMITA, OLGA, LILIANA Y LA PRISS.

A SARITA Y LUISA [Las secres] que me
Aguantaron durante toda mi carrera

A todos los que de una u otra forma
Me apoyaron en la realización de este proyecto

A mis hermanos ITZEL [FLAKA] y JORGE [CABEKA]
Que son de las personas que más quiero en este mundo

En especial a mis padres que siempre
Desearon que llegara a lograr algo en la vida
Y se los cumplí

DORA ELENA ROJAS MUÑOZ

Ing. Bioq. JORGE LUIS LUNA COVARRUBIAS

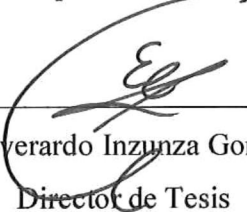
VOY A SOÑARTE AUNQUE ESTÉ DESPIERTO
ANGYE
A thousand angels dance around you.

RESUMEN

SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMATIZADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE BAJA FRECUENCIA

Resumen de Tesis

Aprobado por:



M.C. Everardo Inzunza González
Director de Tesis

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de medición automatizado para la caracterización de dispositivos de baja frecuencia; este sistema puede servir para realizar prácticas escolares, para investigación o para uso comercial. Es un programa con una interfaz gráfica, amigable y sencilla de utilizar para cualquier usuario. El software se puede usar de manera didáctica en universidades y centros de investigación, además se puede utilizar en la industria de la electrónica para obtener la respuesta en frecuencia de diversos dispositivos o circuitos electrónicos. El sistema permite caracterizar filtros analógicos, amplificadores con (Op-Amp y Transistores) y otros componentes electrónicos. En este documento se describe las características y la manera adecuada para desarrollar el software. También se presenta las mediciones experimentales (respuesta en frecuencia) de diferentes dispositivos y circuitos electrónicos. Además, se presentan las interfaces gráficas desarrolladas para controlar algunos instrumentos de medición de uso común, tales como: osciloscopio, generador de funciones y fuente de voltaje.

ÍNDICE

	INTRODUCCIÓN	I
I.1-	Antecedentes.....	2
I.2-	Importancia del estudio.....	2
I.3-	Objetivo general.....	3
	<i>I.3.1- Objetivos específicos.....</i>	3
I.4-	Generalidades.....	3
I.5-	Alcance del trabajo.....	4
	DESCRIPCIÓN DEL ESTANDAR GPIB	II
II.1-	Descripción del estándar GPIB.....	5
II.2-	Características eléctricas de GPIB.....	7
	<i>II.2.1- Modos de operación.....</i>	9
	<i>II.2.2- Significado de las líneas del bus GPIB.....</i>	9
II.3-	Características mecánicas de GPIB.....	11
	<i>II.3.1 Cable de conexión GPIB: aspecto físico y distribución de</i> <i>Señales.....</i>	11
II.4-	Controladores versus Convertidores.....	13
II.5-	Software existente para GPIB.....	14
	<i>II.5.1- Programas propietarios.....</i>	14
	<i>II.5.2- Labwindows/CVI y LabView de NI.....</i>	14
II.6-	¿Que es LabView?.....	15
II.7-	MatLab con Instrument Control Toolbox.....	15
	<i>II.7.1-¿Que es MatLab?.....</i>	15
	DESARROLLO DEL SISTEMA	III
III.1-	Diagrama a bloques del sistema propuesto.....	18
III.2-	Equipo Utilizado.....	19
III.3-	Descripción del sistema.....	19
	<i>III.3.1- Descripción del Hardware.....</i>	21
	<i>III.3.2- Descripción del Software.....</i>	24
	<i>III.3.2.1- Interfaz gráfica principal del software.....</i>	24
	<i>III.3.2.2- Interfaz gráfica principal del osciloscopio.....</i>	28
	<i>III.3.2.3- Interfaz gráfica principal del generador de</i> <i>funciones.....</i>	29
	<i>III.3.2.4- Interfaz gráfica principal de la fuente de</i> <i>voltaje.....</i>	30
	<i>III.3.2.5- Interfaz gráfica del menú utilerías.....</i>	31
	<i>III.3.2.6- Interfaz gráfica del menú ayuda.....</i>	32
	<i>III.3.2.7- Interfaz gráfica del menú edición.....</i>	34

RESULTADOS Y MEDICIONES EXPERIMENTALES		IV
IV.1-	Diseño y Mediciones de los dispositivos.....	35
IV.2-	Calibración del sistema.....	35
IV.3-	Filtro pasivo pasa bajas con $F_c = 136.15\text{Hz}$	42
IV.4-	Filtro activo pasa bajas básico con $F_c = 15.9\text{ KHz}$	48
IV.5-	Filtro activo pasa bajas de tipo Butterworth de $F_c = 12.3\text{ KHz}$	54
IV.6-	Filtro activo pasa altas de tipo Chebyshev con $F_c = 4.4\text{ KHz}$	57
IV.7-	Filtro activo pasa altas básico con $F_c = 603\text{KHz}$	60
IV.8-	Filtro activo pasa banda de tipo Butterworth de orden 2 con banda de paso de 500 Hz a 200 KHz.....	63
IV.9-	Filtro activo pasa altas básico con $F_c = 1\text{MHz}$	67
IV.10-	Amplificador No-Inversor (Op-Amp 741).....	70
IV.11-	Amplificador de polarización fija basado en transistor 2N2222.....	74
IV.12-	Amplificador de polarización estabilizada de emisor basado en transistor 2N2222.....	77
IV.13-	Observaciones de resultados medidos.....	80
CONCLUSIONES Y APORTACIONES		V
V.1-	Conclusiones.....	81
V.2-	Aportaciones.....	81
V.3-	Recomendaciones a futuro.....	82
BIBLIOGRAFÍA		VI
VI.1-	Bibliografía.....	83
APÉNDICE		VII
APÉNDICE A	<i>Comandos y códigos fuente del software.....</i>	84
APÉNDICE B	<i>Descripción del equipo utilizado.....</i>	91
APÉNDICE C	<i>Pruebas del sistema GPIB.....</i>	96
APÉNDICE D	<i>Lista de acrónimos.....</i>	99

LISTA DE FIGURAS

Figura	Nombre de Figura	
1	Comparación de un instrumento tradicional versus uno virtual.....	4
2	Tarjeta GPIB-PCI para PC, de National Instruments.....	7
3	Estructura del Bus GPIB.....	8
4	Cable y conector de conexión GPIB (aspecto físico).....	12
5	Puertos de interfaz RS-232, Paralelo y GPIB de un osciloscopio comercial.....	13
6	Forma de programación en MatLab.....	17
7	Diagrama a bloques del sistema propuesto.....	18
8	Conexión de PC con los Instrumentos.....	20
9	Interfaz gráfica principal del software.....	25
10	Interfaz gráfica de software (Archivo).....	26
11	Interfaz gráfica de software (Utilerías).....	27
12	Interfaz gráfica principal del osciloscopio.....	28
13	Interfaz gráfica principal del generador de funciones.....	29
14	Interfaz gráfica principal de la fuente de voltaje.....	30
15	Interfaz gráfica principal de limpiar pantalla principal.....	31
16	Interfaz gráfica del menú ayuda.....	32
17	Interfaz gráfica del menú de ayuda.....	33
18	Interfaz gráfica del menú edición.....	34
19	Respuesta del sistema sin calibración.....	36
20	Respuesta del sistema sin calibración (con acercamiento).....	37
21	Respuesta del sistema calibrado.....	38
22	Gráfica de la respuesta del sistema calibrado (con acercamiento).....	39
23	Respuesta del sistema calibrado (con más acercamiento).....	40
24	Gráfica de error de medición del sistema (con mayor acercamiento).....	41
25	Filtro pasivo pasa bajas con $F_c = 136.15\text{Hz}$	42
26	Respuesta de un Filtro pasivo pasa bajas obtenida manualmente.....	44

27	Respuesta en frecuencia en escala logarítmica de un Filtro pasivo pasa bajas obtenida manualmente.....	45
28	Respuesta en frecuencia del sistema de un Filtro pasivo pasa bajas.....	46
29	Respuesta del sistema en escala de frecuencia logarítmica de un Filtro pasivo pasa bajas.....	47
30	Filtro activo pasa bajas básico con $F_c = 15.9$ KHz.....	48
31	Respuesta de un Filtro pasa bajas básico de $F_c = 15.9$ KHz obtenida manualmente.....	50
32	Respuesta en frecuencia en escala logarítmica de un Filtro pasa bajas básico de $F_c = 15.9$ KHz obtenida manualmente.....	51
33	Respuesta en frecuencia del sistema de un filtro pasa bajas con $F_c = 15.9$ KHz.....	52
34	Respuesta en frecuencia en escala logarítmica de un Filtro pasa bajas básico de $F_c = 15.9$ KHz.....	53
35	Filtro activo pasa bajas Butterworth de $F_c = 12.3$ KHz.....	54
36	Respuesta de Filtro activo pasa bajas Butterworth de $F_c = 12.3$ KHz.....	55
37	Respuesta en escala logarítmica de un Filtro activo pasa bajas Butterworth $F_c = 12.3$ KHz.....	56
38	Filtro activo pasa altas Chebyshev con $F_c = 4.4$ KHz.....	57
39	Respuesta en frecuencia de un filtro activo pasa altas Chebyshev de $F_c = 4.4$ KHz.....	58
40	Respuesta en frecuencia de escala logarítmica de un filtro activo pasa altas Chebyshev de $F_c = 4.4$ KHz.....	59
41	Filtro activo pasa altas básico con $F_c = 603$ KHz.....	60
42	Respuesta en frecuencia del filtro activo pasa altas básico con $F_c = 603$ KHz.....	61
43	Respuesta en escala logarítmica del filtro activo pasa altas básico con $F_c = 603$ KHz.....	62

44	Filtro activo pasa-banda de tipo Butterworth de 2 ^{do} orden con banda de paso de 500Hz a 200 KHz.....	63
45	Respuesta del filtro pasa banda Butterworth de 500 Hz a 200 KHz.....	64
46	Respuesta del filtro activo pasa banda con respuesta casi plana.....	65
47	Respuesta del filtro activo pasa banda Butterworth con No. de puntos = 50.....	66
48	Filtro activo pasa altas con $F_c = 1$ MHz.....	67
49	Respuesta en frecuencia del filtro pasa altas con $F_c = 1$ MHz.....	68
50	Respuesta en frecuencia del filtro pasa altas con $F_c = 1$ MHz (segunda medición).....	69
51	Amplificador No-Inversor con Op-Amp 741.....	70
52	Respuesta del amplificador No-Inversor con Op-Amp 741.....	71
53	Respuesta en frecuencia en escala logarítmica del amplificador No-Inversor con Op-Amp 741 con diferentes estímulos.....	72
54	Respuesta en frecuencia del amplificador No-Inversor con Op-Amp 741 con diferentes estímulos.....	73
55	Amplificador de polarización fija basado en transistor 2N2222.....	74
56	Medición de un amplificador de polarización fija.....	75
57	Medición de un amplificador de polarización fija con 30 puntos.....	76
58	Amplificador de polarización estabilizada por emisor basado en transistor 2N2222.....	77
59	Medición de un amplificador con polarización estabilizada de emisor.....	78
60	Medición de un amplificador con polarización estabilizada de emisor con diferentes estímulos.....	79
61	Generador de funciones Hewlett Packard 33120A.....	91
62	Fuente de voltaje Agilent E3631A.....	92
63	Osciloscopio Tektronix TDS 3012B.....	94

LISTA DE TABLAS

1	Características eléctricas del generador de funciones.....	21
2	Características eléctricas del osciloscopio.....	22
3	Características eléctricas de la fuente de voltaje.....	23
4	Tabla de mediciones obtenida manualmente del filtro pasa bajas pasivo con $F_c = 136.15\text{Hz}$	43
5	Tabla de valores obtenidos manualmente de filtro activo pasa bajas con $F_c = 15.9\text{ KHz}$	49
6	Compatibilidades de GPIB- Ms-Dos o Windows.....	97

INTRODUCCIÓN

I

I.- INTRODUCCIÓN

Un instrumento virtual consiste de una computadora de tipo industrial, o una estación de trabajo equipada con poderosos programas (software), hardware económico, tales como placas para insertar y controladores que cumplen, en conjunto, las funciones de instrumentos tradicionales. Los instrumentos virtuales representan un apartamiento fundamental de los sistemas de instrumentación basados en el hardware a sistemas centrados en el software que aprovechan la potencia de cálculo, productividad, exhibición y capacidad de conexión de las populares computadoras de escritorio y estaciones de trabajo. Aunque la PC (Computadora Personal) y la tecnología de circuitos integrados han experimentado avances significativos en las últimas dos décadas, es el software el que realmente provee la ventaja para construir sobre esta potente base de hardware para crear los instrumentos virtuales, proveyendo mejores maneras de innovar y de reducir los costos significativamente.

Con los instrumentos virtuales, los ingenieros y científicos construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan exactamente a sus necesidades (definidos por el usuario) en lugar de estar limitados por los instrumentos tradicionales de funciones fijas (definidos por el fabricante).

En este trabajo describimos el estándar GPIB [General Purpose Interface Bus], incluyendo sus características eléctricas, lenguaje de comunicación y las herramientas existentes para la programación y desarrollo del software.

GPIB es un estándar de conexión que permite la comunicación de una PC con instrumentos electrónicos de medición, como pueden ser generadores de funciones, osciloscopios, fuentes de voltaje, etc. El GPIB fue diseñado específicamente para la conexión de instrumentos de medida. Fue creado en 1965 por la compañía Hewlett-Packard, que lo denominó originalmente HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus), y se popularizó con rapidez, debido a sus altas tasas de transferencia de datos (8 Mbytes/s).

Para evitar la dispersión de características, los principales fabricantes acordaron la estandarización del GPIB en 1975 [IEEE 488.1], centrándose en las características eléctricas y mecánicas del bus.

Una segunda estandarización [IEEE 488.2 de 1987] delimitó de forma más concreta la programación del GPIB, definiendo comandos de aparatos, formato de mensajes y estado de los instrumentos.

El siguiente paso fue la adopción del formato de comandos SCPI (Standar Commands for Programmable Instrumentation) que estructura las órdenes a los aparatos de forma coherente, permitiendo (hasta cierto punto), la sustitución de instrumentos de distintos fabricantes con mínimos cambios.

I.1 ANTECEDENTES

Actualmente los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ensenada (FIE) carecen de algún banco de medición automatizado basado en el estándar GPIB. Cabe mencionar que se tienen los instrumentos adecuados (osciloscopios, generadores de funciones, fuentes de voltaje, etc.) todos éstos con conexión GPIB, además se cuenta con un par de tarjetas GPIB para PC. Por lo que hace falta el desarrollo de estos sistemas de medición para el fortalecimiento de las prácticas y servicio que ofrecen los laboratorios de la FIE.

I.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Este trabajo tiene descrito, en forma clara y concisa, su propósito: ¿porqué? y ¿para qué? fue creado y las razones a que obedece; además esta elaborado de manera que tienda a alcanzar el fin propuesto. Se refiere a auxiliar a los alumnos de la carrera de ingeniería electrónica en sus prácticas de laboratorio y ser la primera universidad en el estado que cuente con este programa. Se satisface la demanda de ingenieros en electrónica con conocimientos y habilidades para diseñar circuitos electrónicos como respuesta a un problema o para satisfacer los requerimientos y desarrollo de tecnologías en base a la electrónica y con capacidad para incursionar en la automatización de sistemas, tal que estos ingenieros propongan alternativas para el desarrollo de una industria electrónica.

I.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de medición automatizado basado en el estándar GPIB para la caracterización de dispositivos o circuitos de baja frecuencia (hasta 15 MHz).

I.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- El software deberá tener una interfaz gráfica, amigable y fácil de utilizar para el usuario.
- El sistema permitirá configurar en un inicio los parámetros de estímulos, tales como: frecuencia inicial, frecuencia Final, amplitud, tipo de señal, promedio, etc.
- El banco de medición deberá medir los parámetros de transmisión directa (ganancia o atenuación).
- El sistema deberá controlar un osciloscopio, un generador de funciones y una fuente de voltaje.
- El software permitirá almacenar y graficar la respuesta en frecuencia del dispositivo bajo prueba o circuito.
- Los circuitos a caracterizar podrán ser: Filtros, Amplificadores y componentes electrónicos.

I.4 GENERALIDADES

La programación de los sistemas GPIB se realiza por intercambio de mensajes entre los dispositivos, mensajes que pueden ser de dos tipos:

- De **interfaz**, para la gestión del bus: inicialización y direccionamiento de los aparatos.
- De **datos**, dirigidos a un dispositivo específico, para decirle que tome una medida, cambiar su configuración, etc.

En si nuestro propósito será el realizar varios instrumentos tradicionales en instrumentos virtuales.

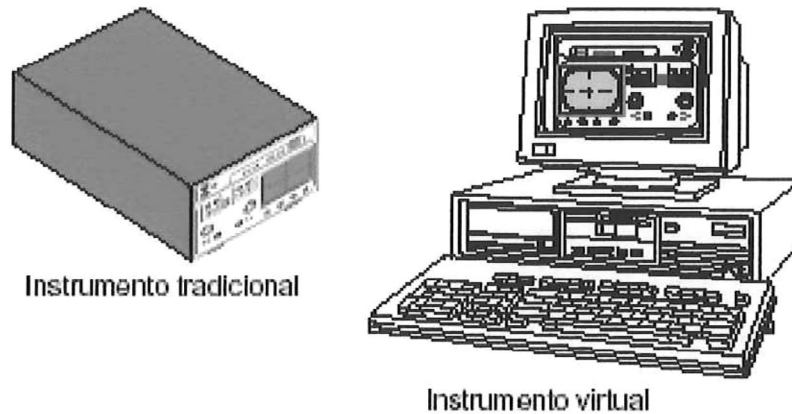


Figura 1) Comparación de un instrumento tradicional versus uno virtual.

I.5 ALCANCE DEL TRABAJO

- El sistema se ejecutará en plataforma Windows con FAT / NTFS
- La frecuencia máxima de operación será de 15 MHz.
- Comunicación basada en el estándar GPIB.
- Permitirá controlar un osciloscopio, generador de funciones y fuente de voltaje.
- Caracterizará únicamente filtros analógicos, amplificadores y componentes electrónicos.
- Se utilizará como herramienta de desarrollo el lenguaje de programación MatLab 6.1.

DESCRIPCIÓN DEL ESTANDAR GPIB

II

II.1- DESCRIPCIÓN DEL ESTANDAR GPIB

El **Hewlett-Packard Instrument Bus (HP-IB)** es un bus estándar de datos digitales de corto rango desarrollado por Hewlett-Packard en el año de 1970 para conectar dispositivos de prueba y medición (por ejemplo generadores, osciloscopios, etc.) con dispositivos que los controlen como una computadora. Otros fabricantes copiaron en HP-IB, llamando a su implementación **General-Purpose Interface Bus (GP-IB)**. En 1978 el bus fue estandarizado por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) como el **IEEE-488 (488.1)**.

El IEEE-488 permite que 15 dispositivos inteligentes compartan un simple bus, con el dispositivo más lento determinando la velocidad de transferencia. La máxima velocidad de transmisión está sobre 1 Mbps.

Se han propuesto diferentes tipos de buses paralelos para interconectar los equipos que constituyen un entorno de instrumentación automatizado. Las principales características que se requieren en estos entornos son:

- Debe permitir interconectar un número reducido (algunas unidades) de instrumentos.
- Debe corresponder a un estándar aceptado por la mayoría de los fabricantes.
- Sea apropiado para interconectar equipos próximos (ubicados en una sala).
- Posea una velocidad de intercambio de datos suficientemente alta para que la transferencia de los paquetes de datos sea inapreciable a un operador humano.

De entre los diferentes buses propuesto, el más utilizado actualmente, es el bus **GPIB (General Purpose Interface Bus)**.

Las 16 líneas que componen el bus están agrupadas en tres grupos de acuerdo con sus funciones: bus de datos, bus de control de transferencia de datos y bus general.

Además del IEEE otros comités han adoptado el HP-IB. El American National Standards Institute (ANSI) lo llama **ANSI Standard MC 1.1**, y para la International Electrotechnical Commission (IEC) es el **IEC Publication 625-1**.

En junio de 1987 el IEEE aprobó una revisión del estándar para instrumentos programables llamado **IEEE-488-1987** (488.2), en él se definieron códigos, formatos, protocolos y comandos comunes para todos los instrumentos.

No fue planeado por los diseñadores de HP específicamente para ser un interfaz de propósito general entre periféricos y ordenadores. Tales usos del bus fueron hechos por el Commodore PET/CBM para la comunicación con discos, impresoras, módems, etc. Donde los dispositivos conectados a la computadora hablaban (*talking*) y escuchaban (*listening*) las líneas para realizar sus tareas. Todas las máquinas de 8 bits de Commodore utilizaron un IEEE-488 propietario con conectores DIN en vez del típico del HP-IB. Los ordenadores de HP también han usado este bus con un protocolo llamado CS-80.

En la actualidad la mayoría de los instrumentos electrónicos de medida pueden ser controlados mediante este bus. Recientemente el IEEE ha adoptado una nueva revisión hecha por National Instruments que permite más velocidad.

La funcionalidad del estándar GPIB ha evolucionado a lo largo del tiempo y se encuentra descrito en las siguientes especificaciones:

IEEE 488.1 (1975): Especificación que define las características de nivel físico (mecánico y eléctrico), así como sus características funcionales básicas.

IEEE 488.2 (1987): Especificación que define las configuraciones mínimas, los comandos y formatos de datos básicos y comunes a todos los equipos y los protocolos que se siguen en las comunicaciones.

SCPI (Standar Commands for Programmable Instrumentation):

Especificación construida sobre el estándar IEEE 488.2 que define una estructura de comandos estándar aceptados por múltiples instrumentos de muchos fabricantes:

Agilent: Agilent Technologies

Cec : Capital Equipment Corporation

Iotech: IOTech hardware.

Keithley: Keithley

Mcc: Measurement Computing Corporation

Ni: National Instruments.

VISA (Virtual Instrument Standar Architecture): Especificación definida por Agilent y National Instrument, es una librería que puede ser usada para desarrollar aplicaciones y drivers de I/O de tal forma que diferentes empresas puedan trabajar conjuntamente sobre el mismo sistema y que pueden ser instalados en conjunto con drivers VXIplug&play utilizando simultáneamente varios medios de comunicación (GPIB,VXI, RS232, LAN, etc.) y en aplicaciones desarrolladas con diferentes lenguajes (C, C++, VisualBasic, etc.) .

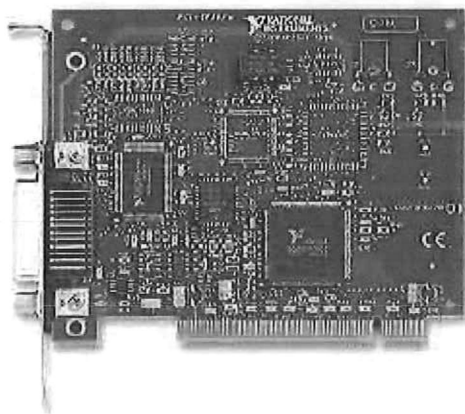


Figura 2) Tarjeta GPIB-PCI para PC, de National Instruments.

II.2 CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DE GPIB

- **Bus de Datos (DI01-DI08).** Es un bus bidireccional de 8 líneas orientado a la transferencia de byte o de caracteres ASCII.
- **Bus de sincronización.** Son 3 líneas (Dav, NRFD y NDAC), Data Valid, Not Rady for Data y Not Data Accepted. Estos trabajan en forma coordinada.
- **Bus de Control.** Son 5 líneas (ATN, IFC, SRQ, REN y EOI), Attention, Interface Clear, Service Request, Remote Enable y End or Identify. Y se utilizan para que los equipos puedan transferir comandos.

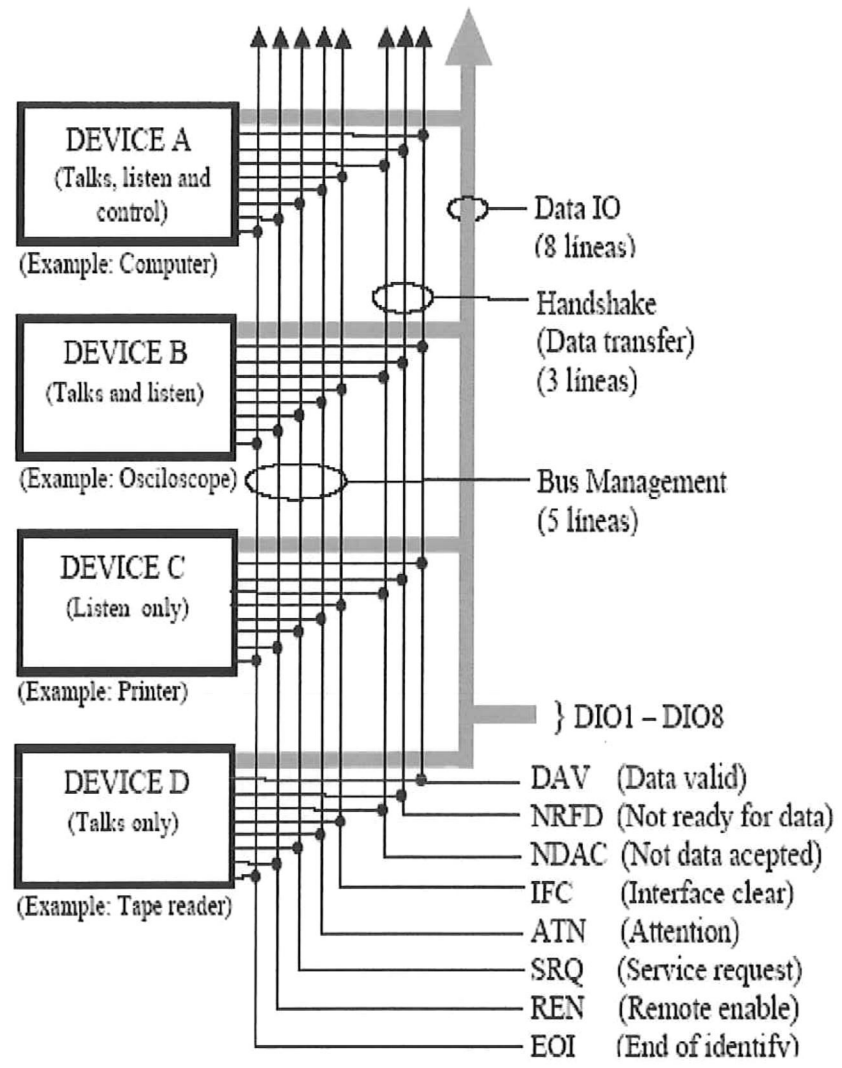


Figura 3) Estructura del Bus GPIB.

II.2.1 MODOS DE OPERACIÓN

- **Controller:** Con capacidad para establecer control sobre quien envía o recibe datos, así como el modo de operación del bus.
- **Talker:** Con capacidad de enviar datos a otros equipos.
- **Listener:** Con capacidad de recibir datos de otros equipos.
- **Idler:** Sin ninguna capacidad del bus.

II.2.2 SIGNIFICADO DE LAS LINEAS DEL BUS GPIB

- **DATA LINE (DIO1 – DIO8):** Las 8 líneas de datos permiten que el único equipo establecido como “talker” (o en otros casos el “controller”) envíe un byte en paralelo hacia todos aquellos equipos que en ese instante estén definidos como “listener”.
- **DATA VALID (DAV):** Es una de las líneas de sincronización que permite la transferencia de datos por al bus de datos. Un “1” lógico en esta línea significa que el equipo establecido como “talker” activo ha establecido unos datos válidos sobre el bus de datos que deben ser leídos por todos los equipos establecidos como “listener”.
- **NOT READY FOR DATA (NRFD):** Es una de las líneas de sincronización, que es gobernada por los equipos establecidos como “listener”. Cuando esta línea está en estado lógico “1”, significa que algún equipo de entre los “listener” no está aún dispuesto para aceptar nuevos datos. El que esta línea se encuentre en “1” lógico, inhibe al equipo “talker” a que inicie el envío de un nuevo dato. El que esta línea esté en “0” lógico, significa que todos los equipos “listener” se encuentran a la espera de un nuevo dato.
- **DATA ACCEPTED (NDAC):** Es la tercera línea de sincronización de datos, y es gobernada por los equipos que están establecidos como “listener”. Cuando se encuentra en estado lógico “1”, significa que alguno de los equipos establecidos como “listener” aún está pendiente de leer un dato, y en consecuencia, el talker debe esperar aún para retirar los datos.

Cuando esta línea se encuentra en estado lógico “0” significa que ya todos los equipos están establecidos como “listener” han leído el dato transferido.

- **ATTENTION (ATN):** Es una señal que establece el “controller” para establecer con un “1” lógico en ella que el dato que se envía por el bus de datos es un comando enviado por el “controller”. Cuando esta línea toma el valor “0” lógico indica que el byte del bus de datos debe ser considerado como un dato.
- **INTERFACE CLEAR (IFC):** Está bajo el exclusivo control del “system controller”. Cuando es establecido en esta línea un “1” lógico, todos los equipos conectados al bus deben ser reseteados, y todos ellos deben pasar a su estado base.
- **SERVICE REQUEST (SRQ):** Es utilizado por los equipos conectados al bus para comunicar al “controller” que requieren ser atendidos por alguna causa (ha concluido una actividad, se ha producido un error, existe algún dato para transferir, etc.). Cuando el “controller” detecta un “1” lógico en esta línea, debe iniciar una encuesta (polling) para determinar que equipo causó el requerimiento, y en el caso de que proceda, satisfacer su demanda.
- **REMOTE ENABLE (REN):** Es una línea con la que el “controller” al establecerla a un “1” lógico, habilita a todos los equipos conectados al bus para que reciban datos, o comandos.
- **END OR IDENTIFY (EOI):** Esta línea tiene dos funciones:
 - a) En primer lugar, el “talker” puede comunicar, poniendo a “1” lógico esta línea, que concluye su envío de datos.
 - b) En segundo lugar, esta línea es utilizada por el “controller” para iniciar una encuesta paralela. En este caso el “controller” debe poner simultáneamente a “1” lógico las señales ATN y EOI, y como respuesta a ello, los equipos que previamente hayan sido configurados para participar en la encuesta paralela transfieren sus bits de status sobre el bus.

II.3 CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE GPIB

II.3.1 Cable de conexión GPIB: aspecto físico y distribución de señales.

El bus consta de 24 pines, repartidos de la siguiente forma:

- 8 líneas de transmisión de datos (DIO1-DIO8).
- 3 líneas para el control asíncrono de la comunicación (NRFD, NDAC y NRDAV).

Mediante estas líneas se verifica la correcta transmisión de los datos, que es una de las fortalezas del GPIB.

- 5 líneas que gestionan la transmisión de comandos (ATN, IFC, REN, SRQ y EOI).
- El resto componen las tierras de las diferentes líneas.
- Un sistema interconectado con Bus GPIB soporta una velocidad límite de intercambio de datos de 4 Mbits/s.

Para que el bus GPIB alcance la velocidad de transmisión para el que fue diseñado (hasta 8 Mbytes/s), deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Puede haber un máximo de 15 dispositivos conectados al bus, y al menos dos tercios de ellos deben estar encendidos.
- La separación máxima entre dos dispositivos es 4 m, y la separación promedio en toda la red debe ser menor de 2 m.
- La longitud total de la red no debe exceder los 20 m.
- La interconexión entre equipos se realiza por medio de cableado con 25 hilos internos. Finalizando en conectores de doble boca (macho y hembra).
- Con 16 líneas activas y una tierra.

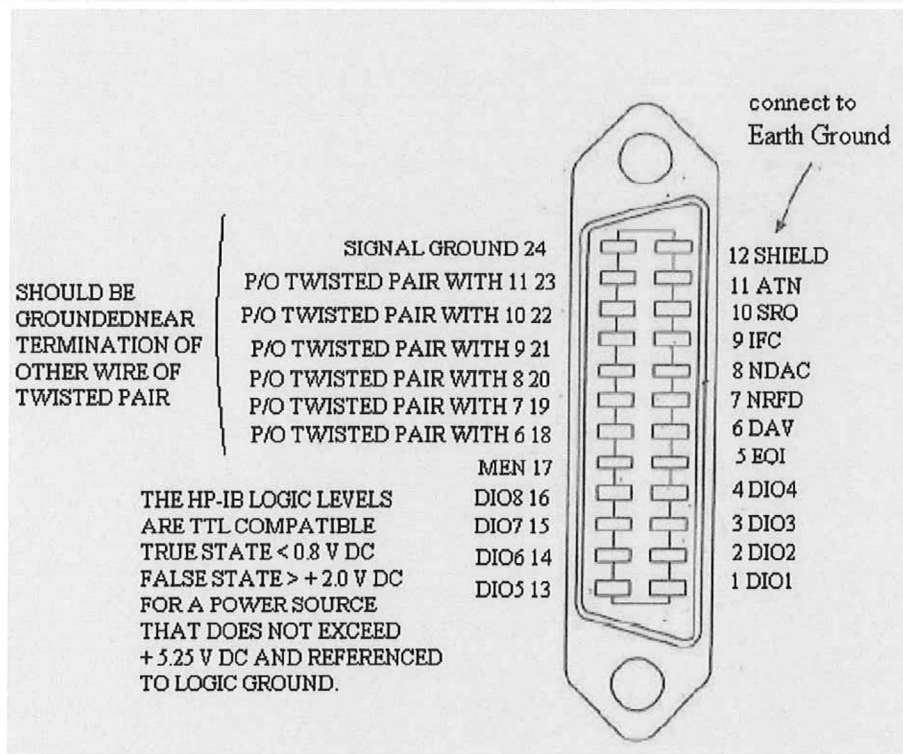
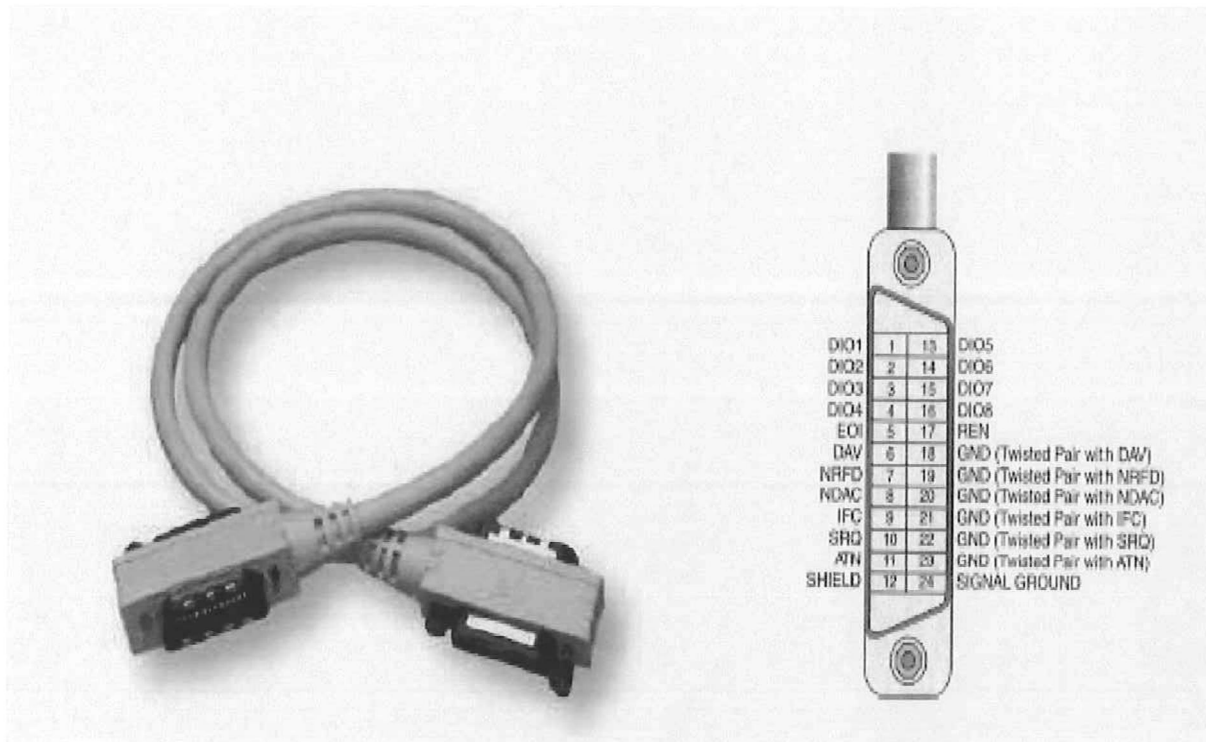


Figura 4) Cable y conector de conexión GPIB (aspecto físico).

II.4 CONTROLADORES VERSUS CONVERTIDORES

Como mencionamos un controlador GPIB (IEEE 488) gobierna las comunicaciones de un bus, en contraste un convertidor GPIB simplemente traduce los datos de un tipo de bus a otro tipo de bus. Por ejemplo, el GPIB-232CV-A (convertidor GPIB a RS-232 serial) traduce comandos seriales a comandos GPIB. La mayoría de las interfaces GPIB son convertidores y controladores. Solo el GPIB-232CV-A es convertidor solamente. La mayoría de los convertidores actúan como calle de dos sentidos: Pueden convertir de GPIB a la interfaz alterna y viceversa. Por ejemplo, con el GPIB-485CT-A (el controlador GPIB a serial RS-485), usted puede usar el puerto RS-485 en su computadora para comunicarse con un instrumento GPIB o puede conectar un instrumento RS-485 a un bus GPIB existente. En el primer caso, el GPIB-485CT-A tiene todas las capacidades completas de un controlador GPIB (por ejemplo, puede controlar hasta 15 instrumentos con él), pero en el segundo caso, el GPIB-485CT-A trabaja con un solo instrumento RS-485 para hacerlo parecer como un instrumento GPIB. Excepciones a este concepto de calle de dos sentidos son los GPIB-USB, el GPIB-1394, y el GPIB-ENET, los cuales solo pueden ser utilizados como instrumentos GPIB. Por ejemplo, el GPIB-ENET le permite controlar hasta 14 instrumentos GPIB a través de una conexión Ethernet, pero usted no puede controlar más instrumentos Ethernet a través de la conexión GPIB.



Figura 5) Puertos de interfaz RS-232, Paralelo y GPIB de un osciloscopio comercial.

II.5 SOFTWARE EXISTENTE PARA GPIB

II.5.1 Programas propietarios

La primera alternativa (y, en ocasiones, la más práctica), es el uso de software propietario desarrollado por los mismos fabricantes del instrumento. Por ejemplo, el programa gratuito Intuilink de Agilent Technologies, o el programa de pago Wavestar para los osciloscopios de Tektronix Inc.

La ventaja evidente de estos programas es que pueden ser empleados nada más para conectar los instrumentos, y proporcionan ya hechas las funciones más comunes que uno puede desear realizar, sin necesidad de programar.

Las desventajas son también claras: por tratarse de software cerrado, sólo puede ser usado para la tarea a la que fue diseñado, y además son imposibles de integrar con otros programas.

II.5.2 Labwindows/CVI y LabVIEW de National Instruments

LabWindows/CVI es un entorno de desarrollo completo basado en ANSI C (el nombre significa C para Instrumentación Virtual). Los aspectos más destacables de este producto son:

- Completas librerías para la comunicación entre dispositivos (puerto serie, paralelo, GPIB, TCP/IP, etc.).
- Especial facilidad para el desarrollo de interfaces gráficas adaptadas a los instrumentos de medición (dispone de elementos para mostrar formas de onda, conmutadores, potenciómetros, etc.)
- Soporte para los drivers IVI de numerosos instrumentos (extensión .fp).
- Posibilidad de ofrecer el programa final desarrollado mediante una aplicación de instalación.

II.6 ¿Qué es LabView?

LabView, software para simulación, adquisición de datos y control como su nombre lo indica Lab = Laboratorio View = Visual o Virtual. Los ingenieros lo utilizan para el desarrollo de instrumentos virtuales, adquisición de datos, análisis y control. Permite a los desarrolladores implementar y combinar algoritmos con adquisición de datos.

National Instruments (<http://www.ni.com>), creadores de LabWindows/CVI, ofrecen también LabView, que, con la misma funcionalidad, está orientado a programación gráfica en vez de el desarrollo de código script. NI mantiene la compatibilidad con otros compiladores de propósito general, como las distintas suites de Microsoft Visual Studio (Visual Basic, Visual C++, .NET, etc.), a través de su producto Measurement Studio.

II.7 MatLab con Instrument Control Toolbox

II.7.1 ¿Qué es MatLab?

MatLab es un programa interactivo para computación numérica y visualización de datos como sus siglas lo indican Mat = Matrices Lab = Laboratorio. Es ampliamente usado por Ingenieros e Investigadores en el análisis y diseño, posee además una extraordinaria versatilidad y capacidad para resolver problemas en matemática aplicada, física, química, ingeniería, finanzas y muchas otras aplicaciones. Está basado en un sofisticado software de matrices para el análisis de sistemas de ecuaciones. Permite resolver complicados problemas numéricos sin necesidad de escribir un programa.

MATLAB es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para llevar a cabo proyectos en donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos.

MATLAB integra análisis numérico, cálculo matricial, proceso de señal y visualización gráfica en un entorno completo donde los problemas y sus soluciones son expresados del mismo modo

en que se escribirían tradicionalmente, sin necesidad de hacer uso de la programación tradicional.

El nombre de MATLAB proviene de la contracción de los términos MATrix LABoratory y fue inicialmente concebido para proporcionar fácil acceso a las librerías LINPACK y EISPACK, las cuales representan hoy en día dos de las librerías más importantes en computación y cálculo matricial.

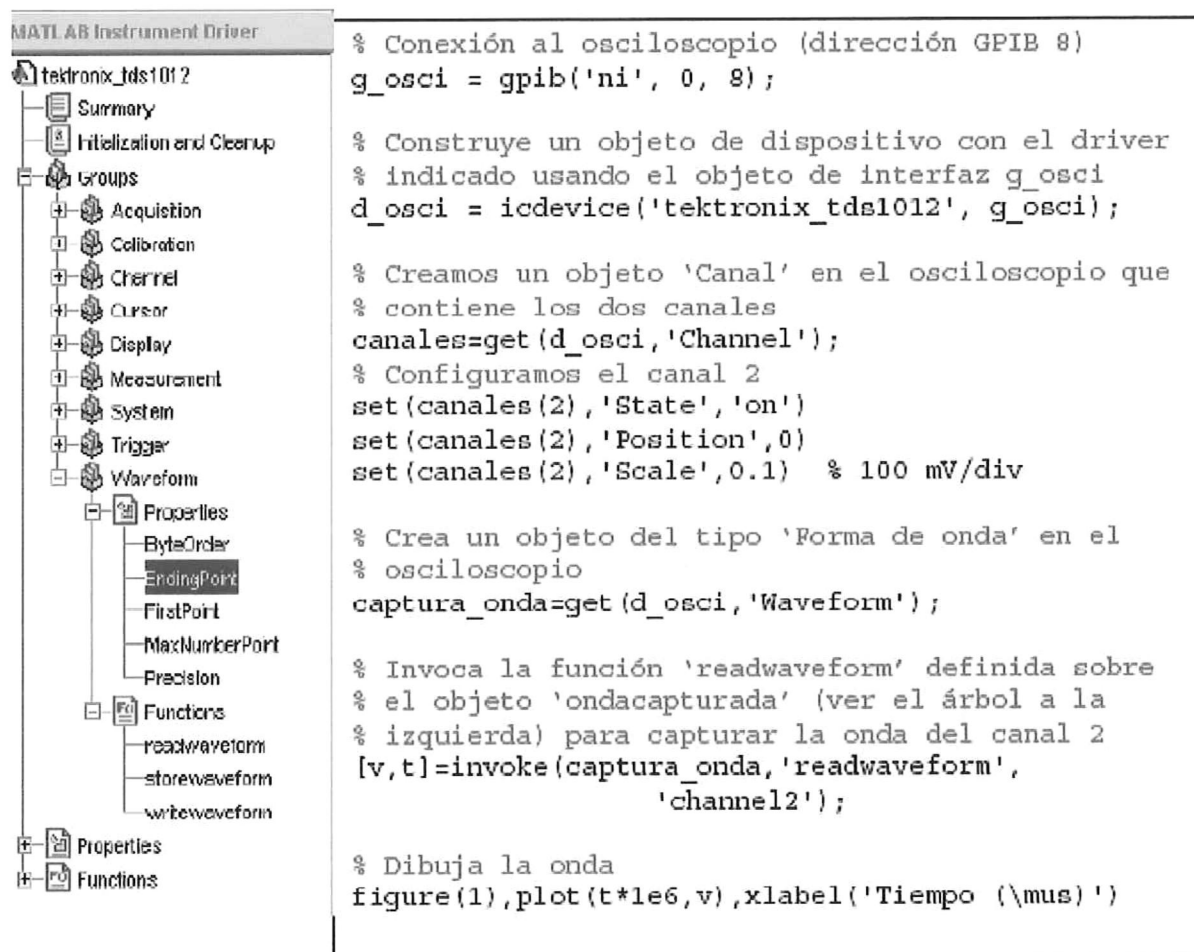
MatLab, que fue en origen un conjunto de rutinas para manipulación de matrices, ha evolucionado con el tiempo para convertirse en un entorno de programación de propósito general con gran potencia matemática y aplicabilidad en muchos ámbitos de la ciencia y la ingeniería, gracias a sus módulos de extensión (toolboxes) de procesamiento de señales, control, ecuaciones diferenciales, y un largo etcétera. En muchos casos las toolboxes (herramientas) representan el estado del arte en programación numérica en sus respectivos campos.

Recientemente, los creadores de MatLab, Mathworks (<http://www.mathworks.com>) emprendieron una línea clara de ampliación de su mercado hacia la conexión de hardware con el PC, distribuyendo toolboxes para el control de tarjetas de adquisición, generación de código y emulación de DSPs, xPC (control remoto de PCs para operación en tiempo real), adquisición de imágenes, etc. La primera versión de la toolbox específica de control de instrumentos de medida apareció en 2001, y la versión 2.1 disponible en la actualidad (2004) está suficientemente depurada para ser competitiva con productos más maduros como CVI.

La toolbox ha sido diseñada de forma que el acceso a los instrumentos de medida se realiza mediante objetos, que pueden ser de dos clases: interfaz o de dispositivo. El primer método equivale a la programación con comandos SCPI, el segundo enfoque permite explotar toda la potencia de IVI. Para ello es preciso disponer del driver de MatLab correspondiente (extensión .mdd), obtenible en la página de Mathworks o bien usar una utilidad llamada makemid para convertir (o “envolver”) el driver IVI (Interchangeable Virtual Instruments) ya instalado en el sistema. La utilidad midedit permite ver y modificar todos los objetos definidos en los aparatos, sus propiedades, y las funciones ejecutables.

La siguiente estructura muestra el árbol con los objetos predefinidos por el driver IVI sobre un osciloscopio Tektronix y un ejemplo de código para la captura de una forma de onda desde el mismo.

Estructura del driver IVI de un osciloscopio y ejemplo de uso de la toolbox de control de instrumentos en MatLab para capturar una forma de onda a través del bus GPIB.



The image shows the MATLAB Instrument Driver interface. On the left, a tree view displays the structure for the 'tektronix_tds1012' driver. The tree includes a 'Summary' tab, an 'Initialization and Cleanup' group, and a 'Groups' folder containing sub-groups like Acquisition, Calibration, Channel, Cursor, Display, Measurement, System, Trigger, and Waveform. The 'Waveform' group is expanded to show 'Properties' (ByteOrder, EndingPoint, FirstPoint, MaxNumberPoint, Precision) and 'Functions' (readwaveform, storewaveform, writewaveform). On the right, a code editor displays MATLAB code that demonstrates how to connect to the oscilloscope via GPIB, create a device object, configure channel 2, create a waveform object, capture the waveform, and plot it.

```

MATLAB Instrument Driver
├── tektronix_tds1012
│   ├── Summary
│   ├── Initialization and Cleanup
│   └── Groups
│       ├── Acquisition
│       ├── Calibration
│       ├── Channel
│       ├── Cursor
│       ├── Display
│       ├── Measurement
│       ├── System
│       ├── Trigger
│       └── Waveform
│           ├── Properties
│           │   ├── ByteOrder
│           │   ├── EndingPoint
│           │   ├── FirstPoint
│           │   ├── MaxNumberPoint
│           │   └── Precision
│           └── Functions
│               ├── readwaveform
│               ├── storewaveform
│               └── writewaveform
└── Properties
    └── Functions

% Conexión al osciloscopio (dirección GPIB 8)
g_osci = gpib('ni', 0, 8);

% Construye un objeto de dispositivo con el driver
% indicado usando el objeto de interfaz g_osci
d_osci = icdevice('tektronix_tds1012', g_osci);

% Creamos un objeto 'Canal' en el osciloscopio que
% contiene los dos canales
canales=get(d_osci,'Channel');
% Configuramos el canal 2
set(canales(2),'State','on')
set(canales(2),'Position',0)
set(canales(2),'Scale',0.1) % 100 mV/div

% Crea un objeto del tipo 'Forma de onda' en el
% osciloscopio
captura_onda=get(d_osci,'Waveform');

% Invoca la función 'readwaveform' definida sobre
% el objeto 'ondacapturada' (ver el árbol a la
% izquierda) para capturar la onda del canal 2
[v,t]=invoke(captura_onda,'readwaveform',
            'channel2');

% Dibuja la onda
figure(1),plot(t*1e6,v),xlabel('Tiempo (\mus)')

```

Figura 6) Forma de programación en MatLab.

DESARROLLO DEL SISTEMA

III

III.1 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA PROPUESTO

El sistema que se presenta, tiene el siguiente diagrama a bloques en el cual nos describe como están interconectados los dispositivos con la PC. Nos muestra como tenemos un dispositivo bajo prueba que puede ser, filtros, amplificadores, etc. Y como los instrumentos (generador de funciones, fuente de voltaje, osciloscopio) se conectan al dispositivo y por medio del Bus GPIB se manda toda la información a la PC y los instrumentos, para realizar su caracterización y poder manejar virtualmente cada uno de los instrumentos.

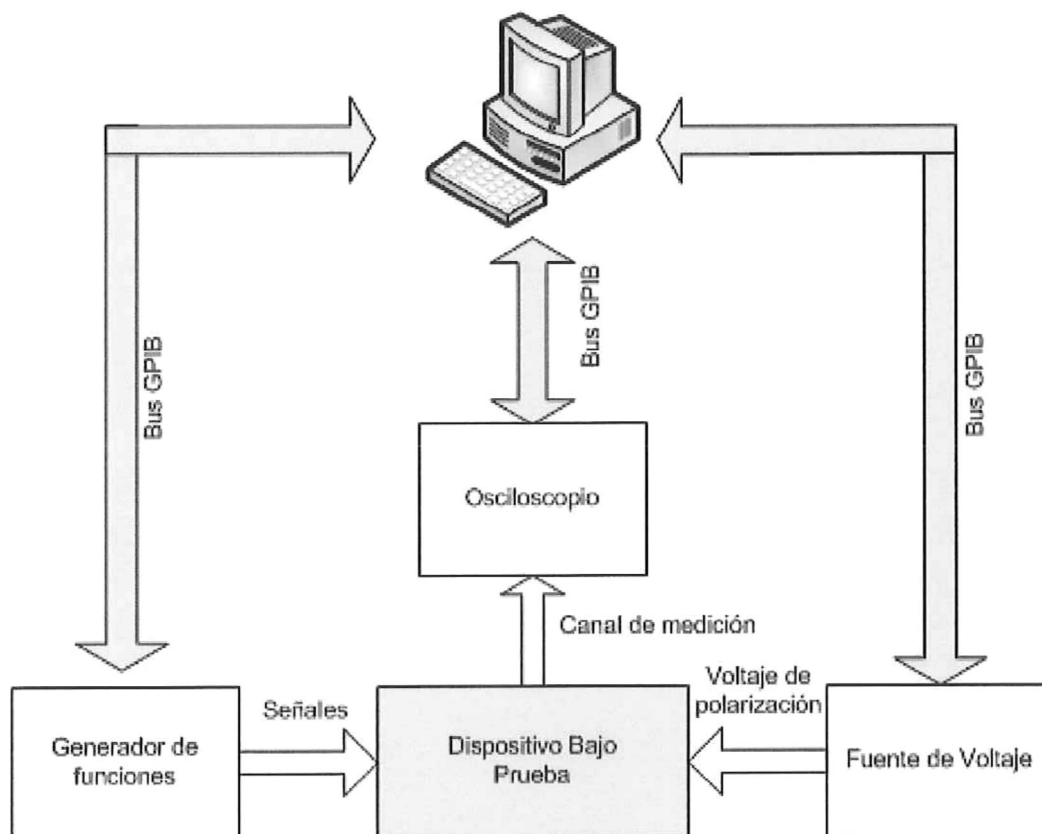


Figura 7) Diagrama a bloques del sistema propuesto.

III.2 EQUIPO UTILIZADO

- Computadora personal PENTIUM IV, con sistema operativo Windows 2000
- Software MatLab versión 6.1
- Tarjeta GPIB-PCI de National Instrument
- Cable de conexión GPIB
- Osciloscopio Tektronix TDS 3012B con interfaz GPIB
- Fuente de voltaje Agilent E3631A con interfaz GPIB
- Generador de ondas arbitrarias Hewlett Packard 33120A con interfaz GPIB

III.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Básicamente el sistema GPIB consiste en una serie de instrumentos (compatibles con IEEE 488) conectados a un bus, y controlados, normalmente, por una PC dotado de una tarjeta GPIB. Existen tarjetas GPIB para prácticamente todas las computadoras presentes en el mercado (PC, Macintosh, estaciones Sun, Silicón Graphics, DEC Alpha, HP RS/6000, etc.) las controladoras GPIB pueden conectarse al bus ISA, PCI, PCMCIA (portátiles), USB, Ethernet, Firewire, y los puertos serie y paralelo. Pero nosotros usaremos PCI. Lo que realiza el sistema es la caracterización de dispositivos y/o circuitos eléctricos en la cual después de realizar las mediciones nos graficara la respuesta en frecuencia del dispositivo caracterizado.

Este sistema nos evita errores humanos, ya que todo el proceso se realiza por medio de la PC con los instrumentos.

Los instrumentos a controlar son:

- **Generador de Funciones Hewlett Packard 33120A**
- **Osciloscopio Tektronix TDS 3012B**
- **Fuente de voltaje Agilent E3631A**

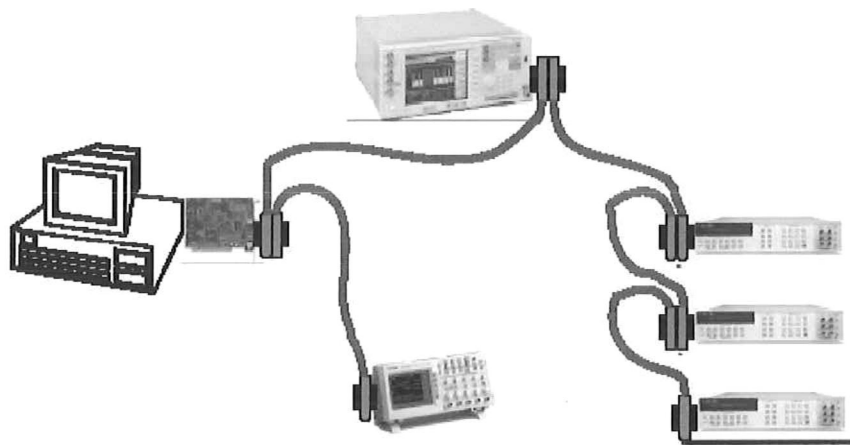


Figura 8) Conexión de PC con los Instrumentos.

III.3.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

Agilent 33120A es un generador de función sintetizado de 15MHz de alto rendimiento con capacidad arbitraria incorporada de la forma de onda. Su combinación de las características de sistema hace este generador de funciones una solución versátil para sus requisitos de prueba ahora y en el futuro.

WAVEFORMS

Standard Waveforms:	Sine, Square, Triangle, Ramp, Noise, DC volts, Sine(x)/x, Negative Ramp, Exponential Rise, Exponential Fall, Cardiac
Arbitrary Waveforms:	
Waveform Length:	8 to 16,000 points
Amplitude Resolution:	12 bits (including sign)
Sample Rate:	40 MSa / sec
Non-Volatile Memory:	Four (4) 16k waveforms

FREQUENCY CHARACTERISTICS

Sine:	100 μ Hz – 15 MHz
Square:	100 μ Hz – 15 MHz
Triangle:	100 μ Hz – 100 kHz
Ramp:	100 μ Hz – 100 kHz
Noise (Gaussian):	10 MHz bandwidth
Arbitrary Waveforms:	
8 to 8,192 points:	100 μ Hz – 5 MHz
8,193 to 12,287 points:	100 μ Hz – 2.5 MHz
12,288 to 16,000 points:	100 μ Hz – 200 kHz
Resolution:	10 μ Hz or 10 digits
Accuracy:	10 ppm in 90 days, 20 ppm in 1 year, 18 °C – 28 °C
Temperature Coefficient:	< 2 ppm / °C
Aging:	< 10 ppm / yr

SINEWAVE SPECTRAL PURITY (into 50 Ω)

Harmonic Distortion	
DC to 20 kHz:	-70 dBc
20 kHz to 100 kHz:	-60 dBc
100 kHz to 1 MHz:	-45 dBc
1 MHz to 15 MHz:	-35 dBc
Total Harmonic Distortion	
DC to 20 kHz:	< 0.04%
Spurious (non-harmonic)	
Output (DC to 1 MHz):	< -65 dBc
Output (> 1 MHz):	< -65 dBc + 6 dB/octave
Phase Noise:	< -55 dBc in a 30 kHz band

SIGNAL CHARACTERISTICS

Square wave	
Rise/Fall Time:	< 20 ns
Overshoot:	< 4%
Asymmetry:	1% + 5 ns
Duty Cycle:	20% to 80% (to 5 MHz) 40% to 60% (to 15 MHz)
Triangle, Ramp, Arb	
Rise/Fall Time:	100 ns (typical)
Linearity:	< 0.1% of peak output
Settling Time:	< 250 ns to 0.5% of final value
Jitter:	< 25 ns

OUTPUT CHARACTERISTICS (1)

Amplitude (into 50Ω): (2)	50 mVpp – 10 Vpp
Accuracy (at 1 kHz):	\pm 1% of specified output
Flatness	(sine wave relative to 1 kHz)
< 100 kHz:	\pm 1% (0.1 dB)
100 kHz to 1 MHz:	\pm 1.5% (0.15 dB)
1 MHz to 15 MHz:	\pm 2% (0.2 dB) Ampl \geq 3 \sqrt rms
1 MHz to 15 MHz:	\pm 3.5% (0.3 dB) Ampl < 3 \sqrt rms
Offset (into 50Ω): (3)	\pm 5 Vpk ac + dc
Accuracy: (4)	\pm 2% of setting + 2 mV
Output Impedance:	50 ohms fixed
Resolution:	3 digits, Amplitude and Offset
Output Units:	Vpp, Vrms, dBm
Isolation:	42 Vpk maximum to earth
Protection:	Short-circuit protected \pm 15 Vpk overdrive < 1 minute

(1) Add 1/10th of output amplitude and offset specification per °C for operation outside of 18 °C to 28 °C range (1-year specification).

(2) 100 mVpp – 20 Vpp amplitude into open-circuit load.

(3) Offset \leq 2 X peak-to-peak amplitude.

(4) For square wave outputs, add 2% of output amplitude additional error.

Tabla 1) Características eléctricas del generador de funciones.

Tektronix TDS 3012B este osciloscopio muy diverso y con múltiples funciones muy útiles va desde:

- Pruebas de Telecomunicaciones
- En el diseño Digital y eliminan errores
- En la instalación de video y servicio

► TDS3000B Series Electrical Characteristics

	TDS3012B	TDS3014B	TDS3024B	TDS3032B	TDS3034B	TDS3044B	TDS3052B	TDS3054B	TDS3064B
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	200 MHz	300 MHz	300 MHz	400 MHz	500 MHz	500 MHz	600 MHz
Channels	2	4	4	2	4	4	2	4	4
Sample Rate on Each Channel	1.25 GS/s	1.25 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
Maximum Record Length	10 K points on all models								
Vertical Resolution	9 Bits on all models								
Vertical Sensitivity (v/div)	1 mV to 10 V on all models								
Vertical Accuracy	±2% on all models								
Max Input Voltage (1 M Ω)	150 V _{max} CAT I on all models (300 V CAT II with standard 10X probe)								
Position Range	±5 div on all models								
BW Limit	20 MHz	20 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz	20, 150 MHz
Input Coupling	AC, DC, GND on all models								
Input Impedance Selections	1 M Ω in parallel with 13 pF or 50 Ω on all models								
Time Base Range	4 ns to 10 s/div	4 ns to 10 s/div	2 ns to 10 s/div	2 ns to 10 s/div	2 ns to 10 s/div	1 ns to 10 s/div	1 ns to 10 s/div	1 ns to 10 s/div	1 ns to 10 s/div
Time Base Accuracy	20 ppm on all models								
Display Monitor	Color active matrix LCD on all models								

Tabla 2) Características eléctricas del Osciloscopio.

Agilent E3631A es una fuente de voltaje con características especiales y de fácil manejo.

- Salidas sencillas y triples
- Salidas de 80 Watts a 200 Watts
- Ruido bajo y regulación excelente
- Alta exactitud y resolución
- Terminales de salida delanteros y posteriores (E3633/34A solamente)
- Estándar bus de interfase de fines generales y RS-232

Si se tiene una tarjeta IEEE-488 o un RS-232 en una PC, estas fuentes de alimentación trabajarán para usted. Cada modelo viene equipado del bus de interfase GPIB y de RS-232 como estándar. Toda la programación se hace fácil de utilizar SCPI (comandos estándares para los instrumentos programables).

		Output		
		+6V output	+25V output	-25V output
Voltage	Programming Range	0 to 6.18 V	0 to +25.75 V	0 to -25.75 V
	MAX value	6.18 V	25.75 V	-25.75 V
	MIN value	0 V	0 V	0 V
	*RST value (DEFault value)	0 V	0 V	0 V
Current	Programming Range	0 to 5.15 A	0 to 1.03 A	0 to 1.03 A
	MAX value	5.15 A	1.03 A	1.03 A
	MIN value	0 A	0 A	0 A
	*RST value (DEFault value)	5 A	1 A	1 A
Output identifier		P6V	P25V	N25V
Output number		1	2	3

Tabla 3) Características eléctricas de la fuente de voltaje.

III.3.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

El software que a continuación se presenta está desarrollado en MatLab 6.1 y se ejecuta bajo el sistema operativo de Windows 98 o superior. Tiene una interfaz gráfica amigable para el usuario y presenta unas características básicas que se describen a continuación.

III.3.2.1- INTERFAZ GRÁFICA PRINCIPAL DEL SOFTWARE

La figura 9) muestra la pantalla principal del software realizado, que describiremos paso a paso sus características para un fácil manejo del usuario.

Paso 1.- Se deben de introducir los estímulos al sistema, tales como: Frecuencia inicial, Frecuencia final, Número de puntos, Promedio y Amplitud con los cuales se trabajará para la caracterización de los dispositivos.

Paso 2.- Seleccionar la forma de onda, como puede ser: Senoidal, Cuadrada, Triangular y Diente de sierra. Interconectar las puntas del generador de funciones con el canal #1 del osciloscopio (thru).

Paso 3.- Presionar el botón **CALIBRAR** del sistema para obtener unas mediciones precisas, de lo contrario tendríamos un margen de error elevado de hasta -3 dB como veremos posteriormente. No podremos pasar al siguiente paso hasta que se haya presionado el botón de **CALIBRAR**.

Paso 4.- Una vez realizada la calibración del sistema, en este momento se debe conectar el dispositivo bajo prueba al generador de funciones, osciloscopio y fuente de voltaje en caso de ser necesario para continuar con el siguiente paso, que es presionar el botón de **MEDIR** del sistema para la caracterización real de nuestro dispositivo.

Paso 5.- Una vez realizada nuestra medición del dispositivo se presiona el botón de **GRAFICAR** para obtener dicha respuesta que nos mostrará el BODE del dispositivo.

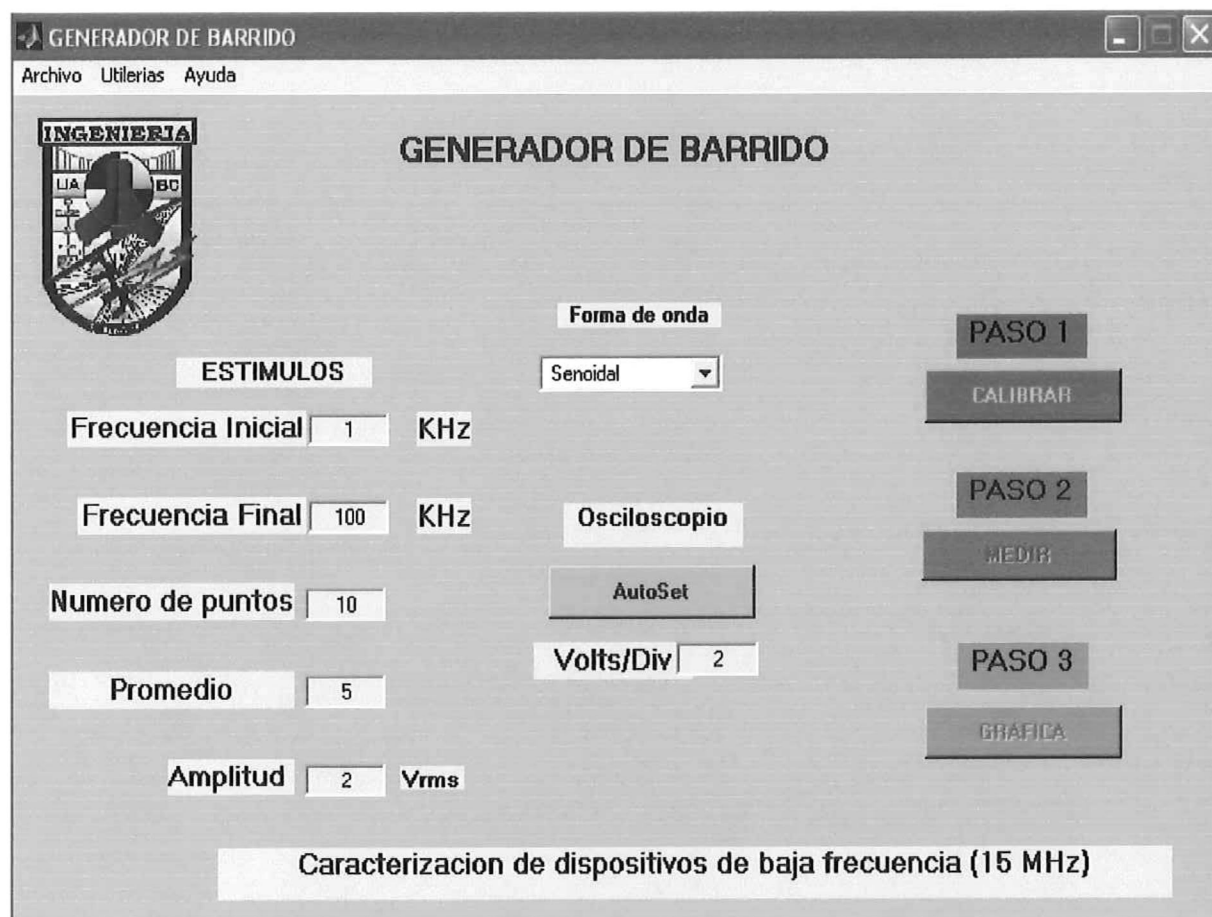


Figura 9) Interfaz gráfica principal del software.

En la parte superior izquierda de la figura 10) observamos tres menús que son **ARCHIVO**, **UTILERÍAS Y AYUDA** que a continuación describiremos cada una de sus opciones.

En el menú archivo se tienen las opciones de *ABRIR*, *GUARDAR Y CERRAR*, que obviamente se trata de los archivos a utilizar, ya sea un nuevo archivo, guardar un archivo, y cerrar el software.

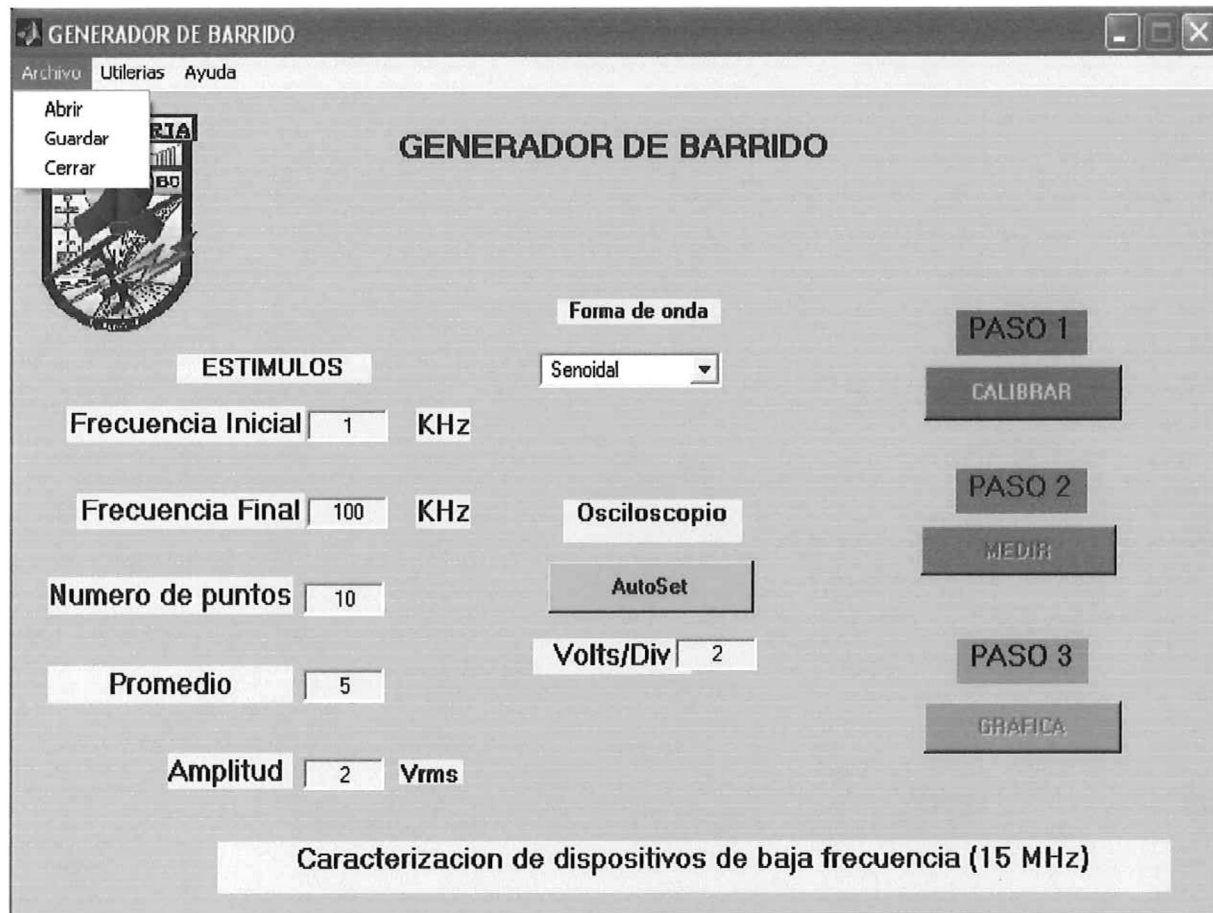


Figura 10) Interfaz gráfica de software (Archivo).

En el menú utilerías de la figura 11) observamos que tiene tres opciones para seleccionar y controlar los instrumentos que podremos utilizar como un extra fuera de la pantalla principal de *BARRIDO* y una opción que servirá para limpiar la pantalla principal de MatLab.

Estos tres dispositivos son el *OSCILOSCOPIO*, *GENERADOR DE FUNCIONES*, *FUENTE DE VOLTAJE* Y *LIMPIAR PANTALLA PRINCIPAL*.

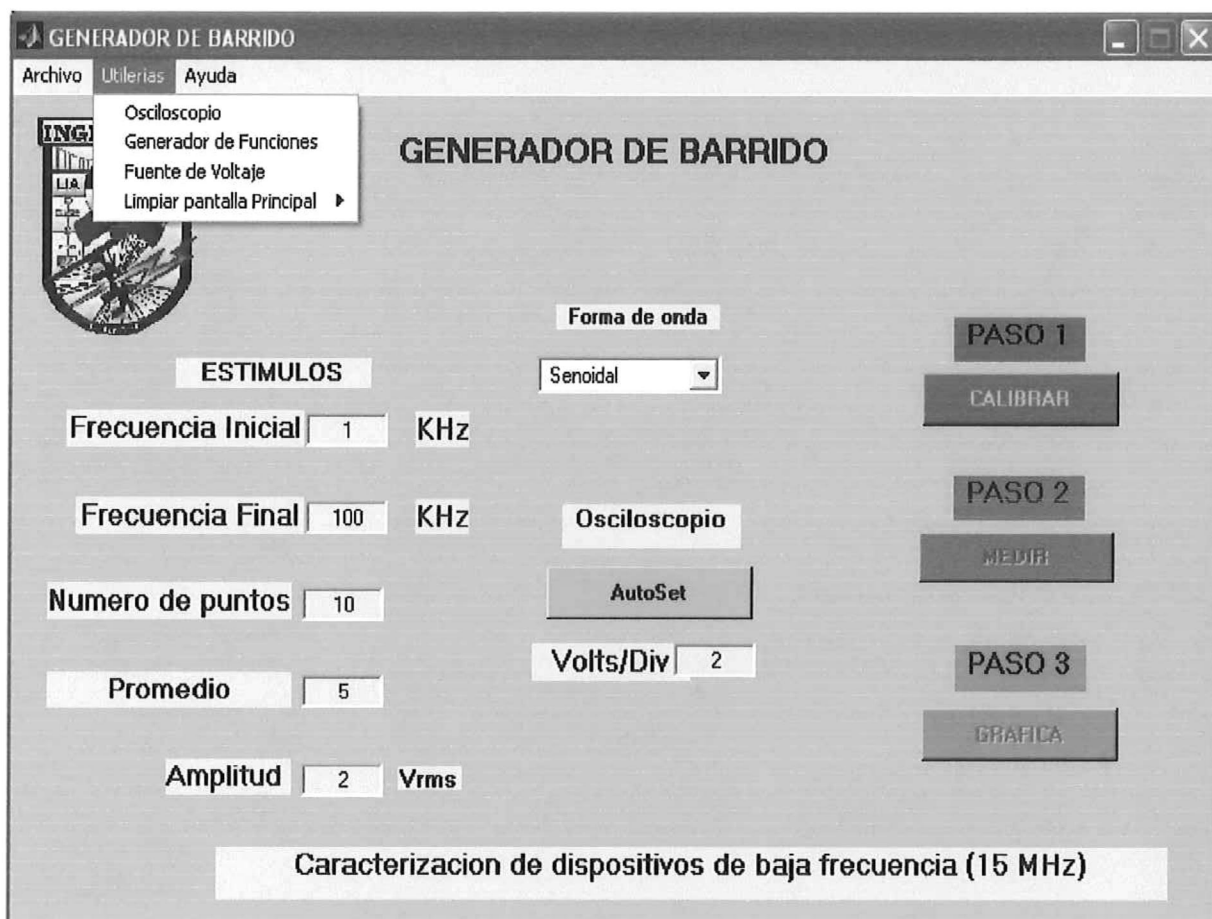


Figura 11) Interfaz gráfica de software (Utilerías).

III.3.2.2 INTERFAZ GRÁFICA PRINCIPAL DEL OSCILOSCOPIO

La figura 12) muestra la pantalla principal de la interfaz gráfica que controla al osciloscopio Tektronix TDS 3012B en la cual observamos tiene lo básico para poder utilizar el osciloscopio sin ningún problema pero virtualmente. Podremos seleccionar el canal de medición que deseamos, el valor de escala horizontal y vertical (amplitud), las teclas de bloquear y desbloquear son utilizadas como seguridad para que solo el osciloscopio se pueda manejar virtualmente y bloquee las teclas del osciloscopio. El reset es para colocar el osciloscopio con valores de fabrica y las teclas de AC, REF, DC para seleccionar medición en modo AC, DC o poner a tierra el canal de medición.



Figura 12) Interfaz gráfica principal del osciloscopio.

III.3.2.3 INTERFAZ GRÁFICA PRINCIPAL DEL GENERADOR DE FUNCIONES

La figura 13) muestra la interfaz gráfica principal del generador de funciones HP 33120A, en la cual observamos tiene aparte de lo básico para poder utilizar el generador de funciones sin ningún problema, también podemos utilizar tipos de modulación ya sea AM o FM igualmente al terminar de utilizar la modulación solo se oprime la tecla Apagar AM o FM dependiendo el tipo de modulación utilizada. Podremos seleccionar tipo de onda (senoidal, cuadrada, triangular, diente de sierra), aplicar la frecuencia deseada, la amplitud y sus unidades que pueden ser (Vpp, Vrms, dBm) y podremos colocar un offset o nivel de CD a la señal generada.

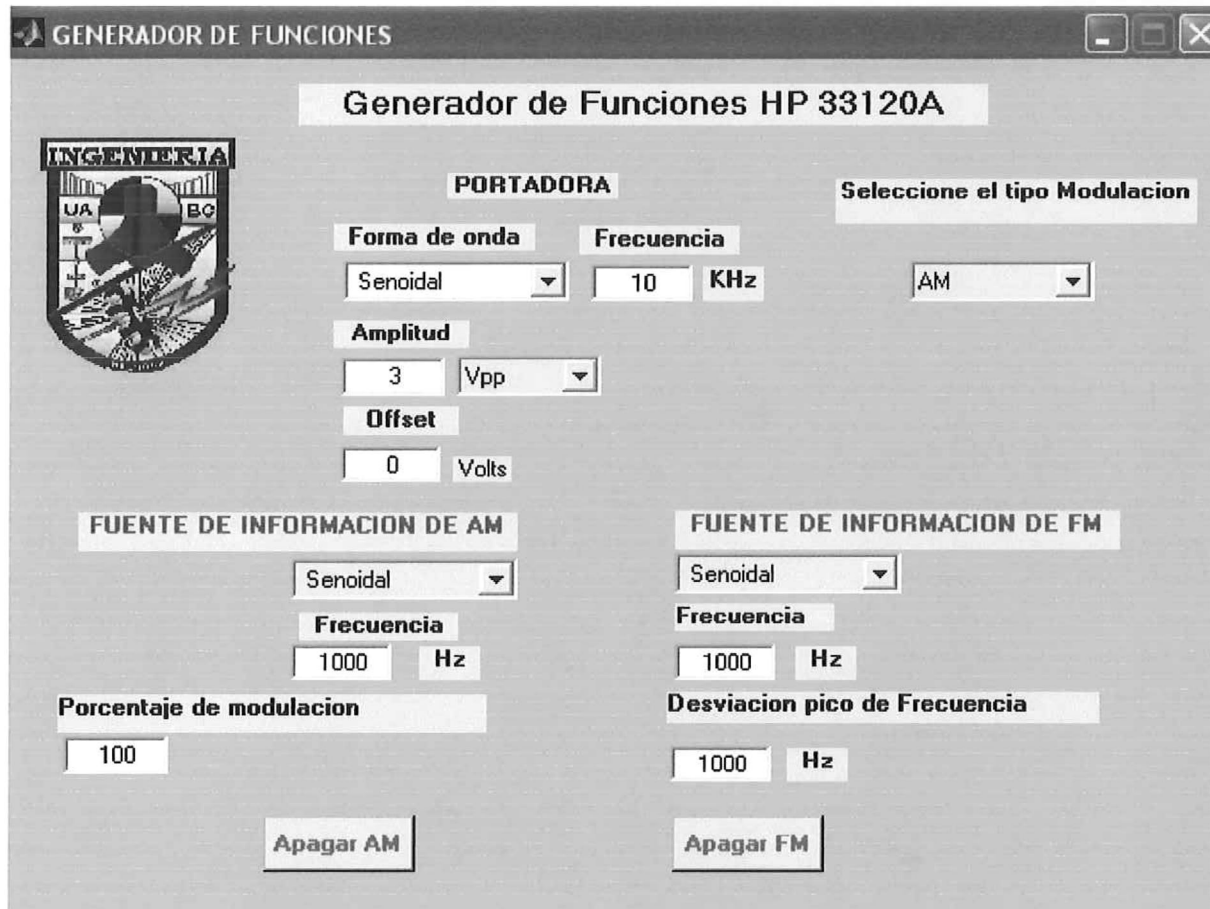


Figura 13) Interfaz gráfica principal del generador de funciones.

III.3.2.4 INTERFAZ GRÁFICA PRINCIPAL LA FUENTE DE VOLTAJE

La figura 14) muestra la interfaz gráfica principal que sirve para controlar la fuente de voltaje Agilent E3631A.

Tenemos las opciones de escoger el rango de salida de voltaje a trabajar ya sea de 0v -> 6v, de 0v -> 25v y de 0v -> -25v y ya una vez seleccionado el rango solo se introduce el valor de voltaje de salida deseado, luego el valor de la corriente máxima a proporcionar, habilitamos la salida y presionamos *ACEPTAR*.

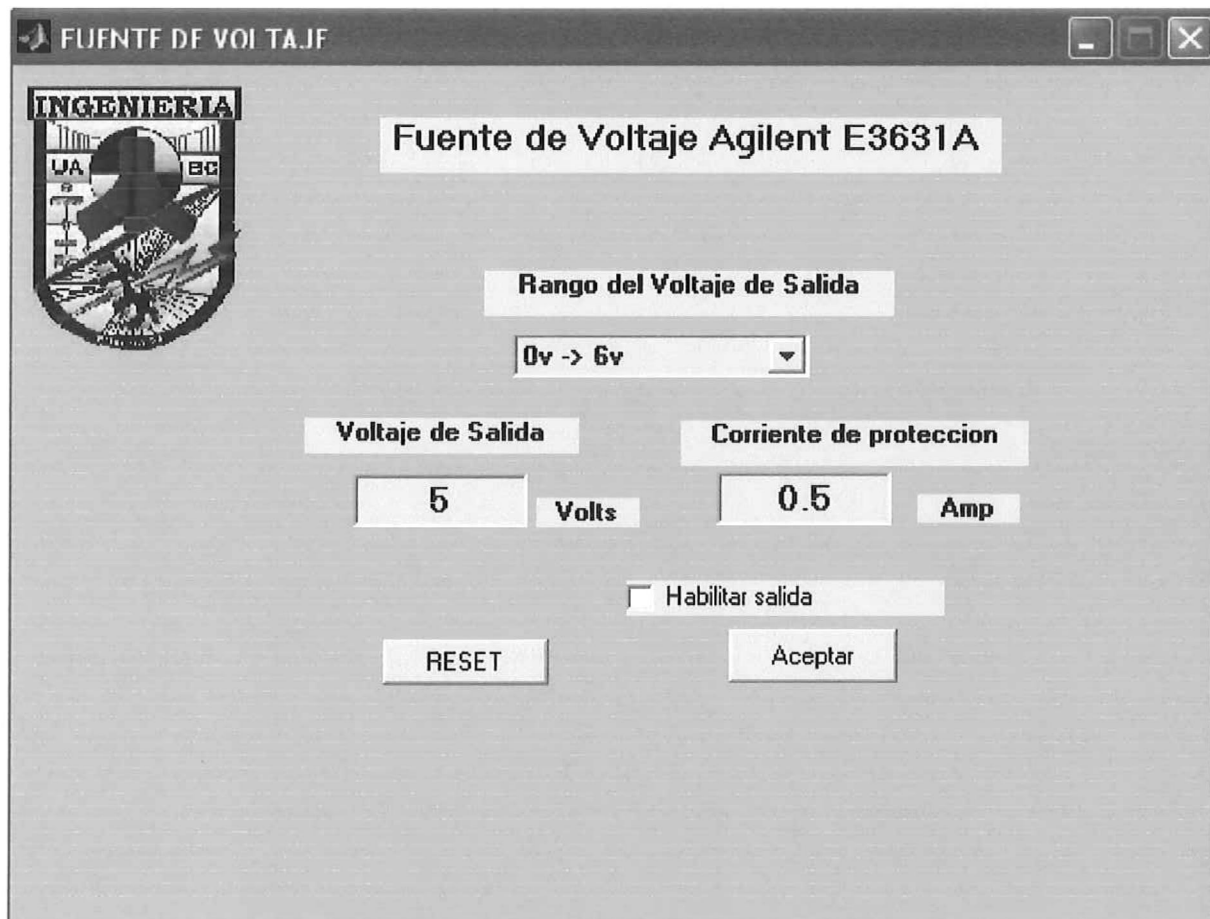


Figura 14) Interfaz gráfica principal de la fuente de voltaje.

III.3.2.5 INTERFAZ GRÁFICA DEL MENU UTILERÍAS

La figura 15) muestra el menú de utilerías con la opción de limpiar la pantalla principal (Clear) de MatLab y poder seguir trabajando en nuestra pantalla principal sin problema alguno.

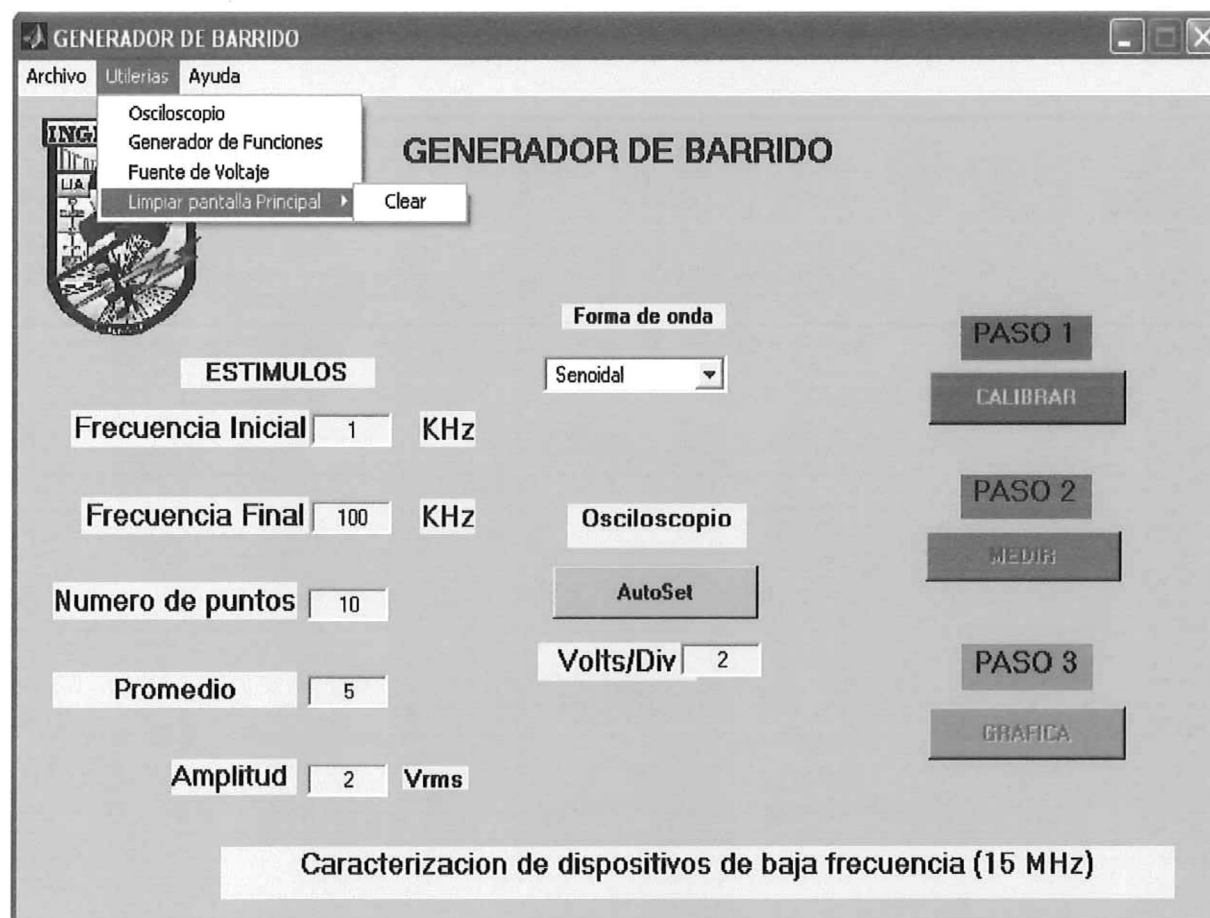


Figura 15) Interfaz gráfica principal de limpiar pantalla principal.

III.3.2.6 INTERFAZ GRÁFICA DEL MENÚ AYUDA

La figura 16) muestra el menú ayuda, con las opciones, *Acerca de...* Que define lo que es GPIB, lo que se pretendió hacer con este software, y la parte de edición en el cual se menciona el nombre del autor entre otros datos del software.

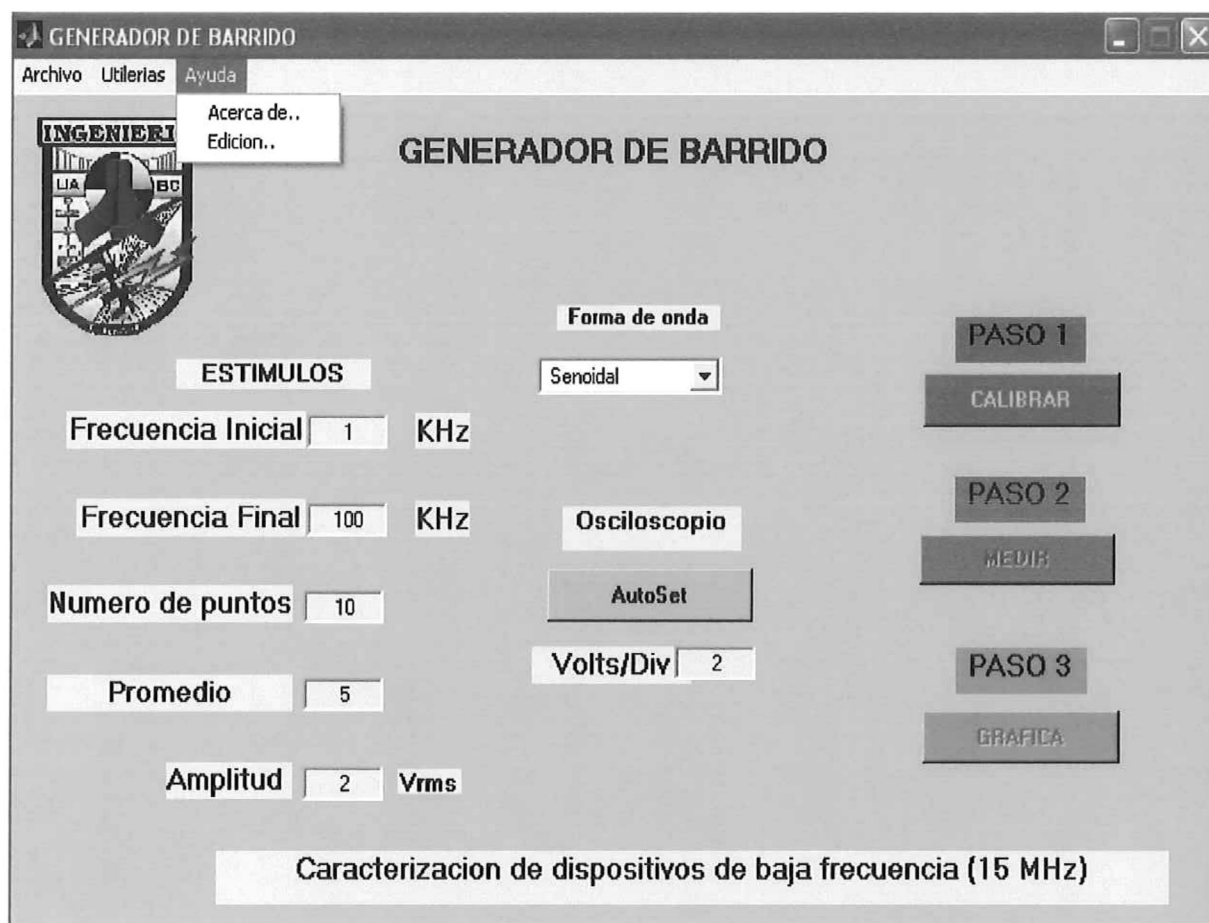


Figura 16) Interfaz gráfica del menú ayuda.

En la figura 17) muestra la pantalla *Acerca de...* donde se menciona brevemente lo que es GPIB y lo que se realizó con este software, así como las características y tipos de medición de dicho sistema.

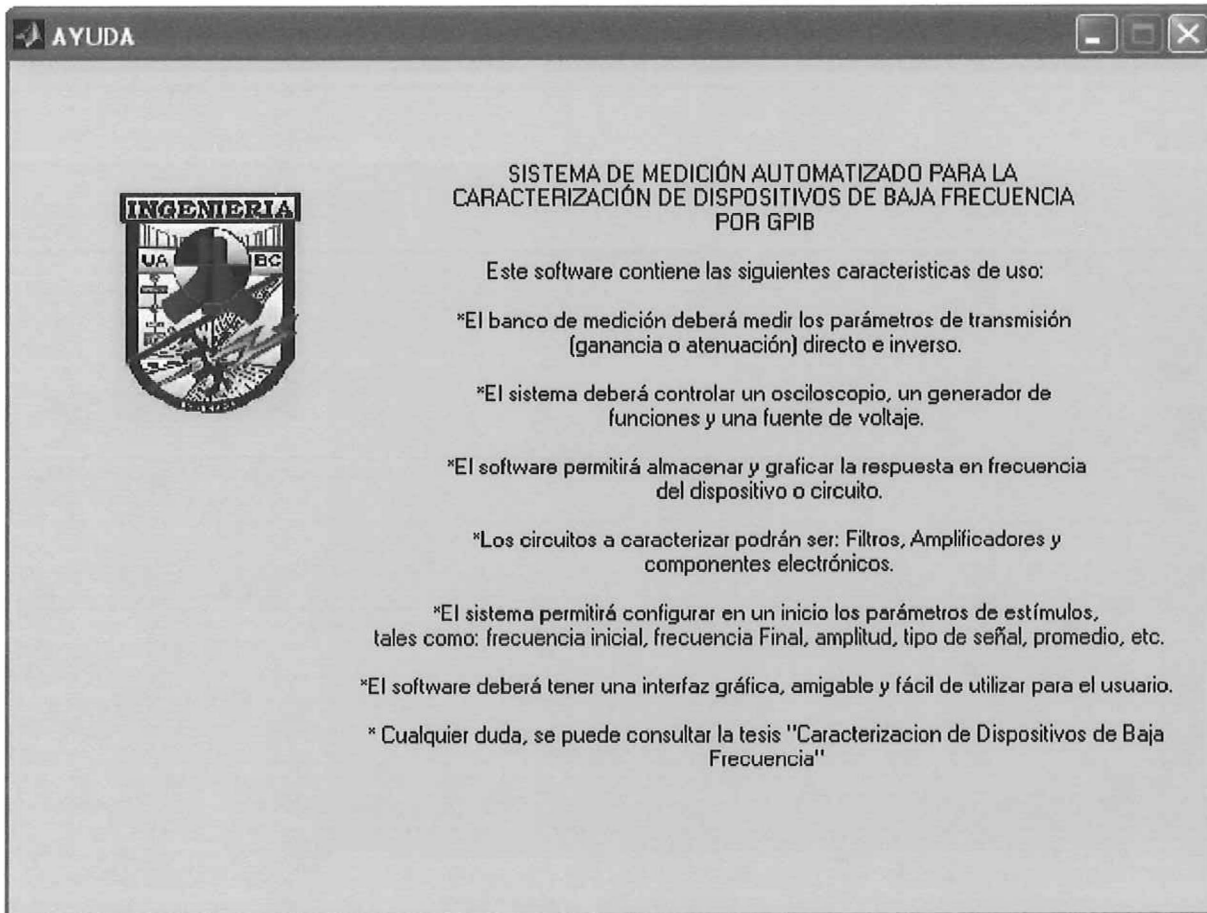


Figura 17) Interfaz gráfica del menú de Ayuda.

III.3.2.7 INTERFAZ GRÁFICA DEL MENÚ EDICIÓN

En la opción de edición se menciona el nombre del alumno que realizó el software, la colaboración del director de tesis y los datos de la universidad.

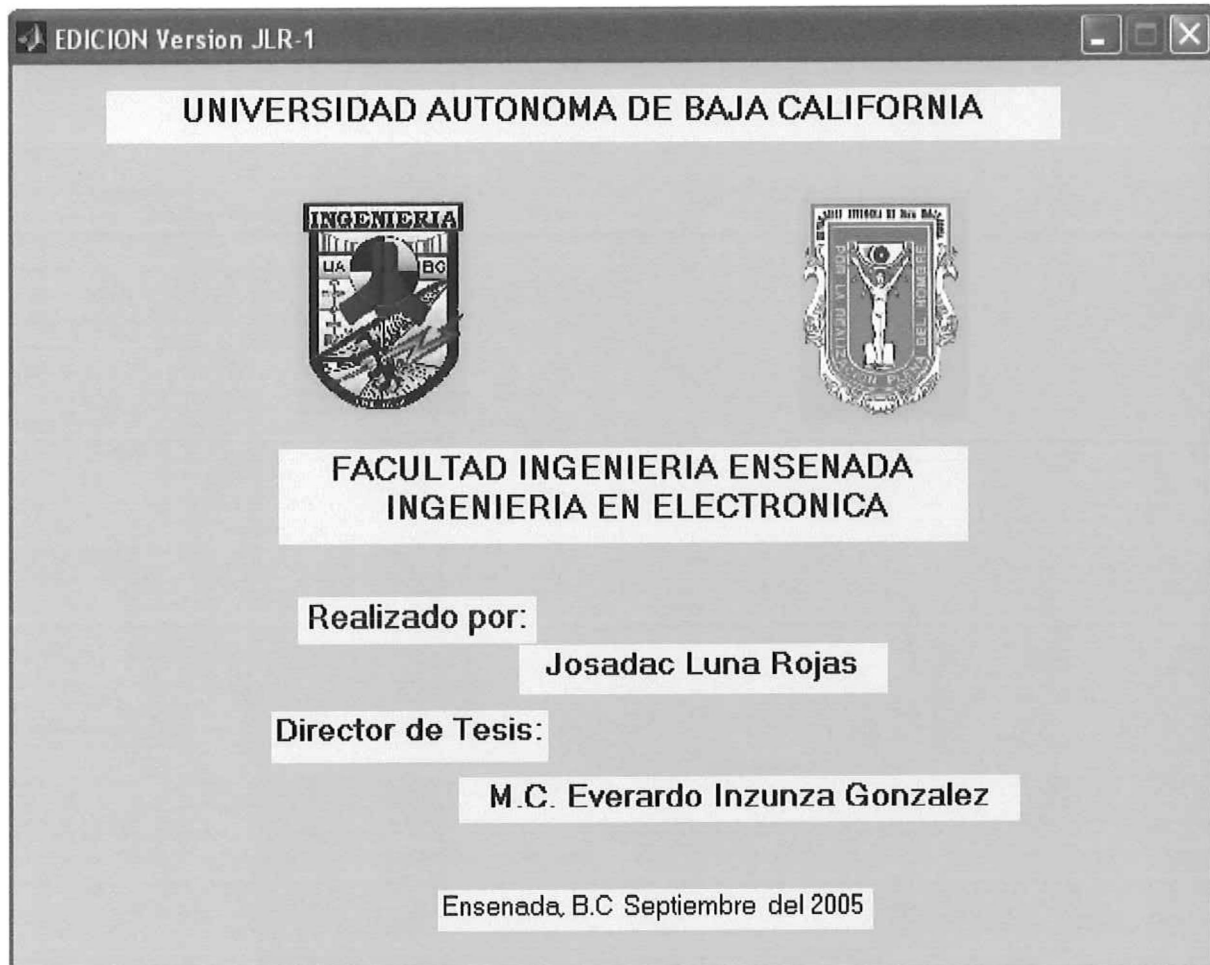


Figura 18) Interfaz gráfica del menú Ayuda/Edición.

**RESULTADOS Y MEDICIONES
EXPERIMENTALES
IV**

IV.1- DISEÑO Y MEDICIONES DE LOS DISPOSITIVOS

En este capítulo se presentan desde la calibración del sistema y su manejo hasta las configuraciones de diversos filtros y amplificadores caracterizados a diferentes anchos de banda. También se muestran las respuestas en frecuencia medidas respectivas de cada circuito. Todas las mediciones fueron realizadas a temperatura ambiente aproximada de 24°C. En el laboratorio de comunicaciones de la FIE.

IV.2- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Como primer paso para obtener buena precisión en la medición y como ya vimos en la pantalla principal del software, que contiene un botón llamado **CALIBRAR**, para nuestro sistema antes de las mediciones, es muy importante la calibración para obtener buena exactitud en la caracterización de los dispositivos o circuitos.

La figura 19) nos muestra la respuesta del sistema sin haber sido calibrado y como vemos tiene un margen muy elevado de atenuación de hasta -3 dB en la frecuencia de 15 MHz, el rango de medición seleccionado en frecuencia es de 0.001 KHz a 15000 KHz con 200 puntos con una señal senoidal, la amplitud de estas señales fue de 2 Vrms.

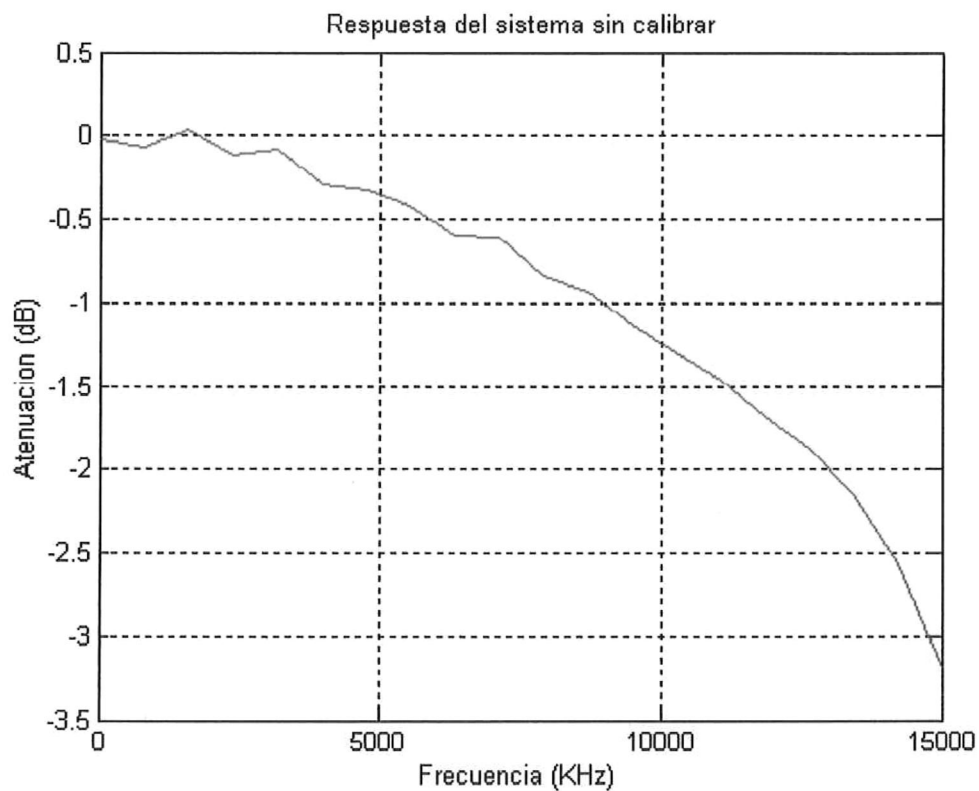


Figura 19) Respuesta del sistema sin calibración.

Como ya nos dimos cuenta en la figura 19) nos muestra un error de medición de hasta -3 dB aproximadamente por lo que necesitamos hacer una calibración del sistema para no tener este error.

En la figura 20) se hace un acercamiento a la pantalla anterior para ver el margen de error que se obtiene sin calibrar nuestro sistema. Este acercamiento comprende la banda de frecuencia de 1MHz a 14 MHz.

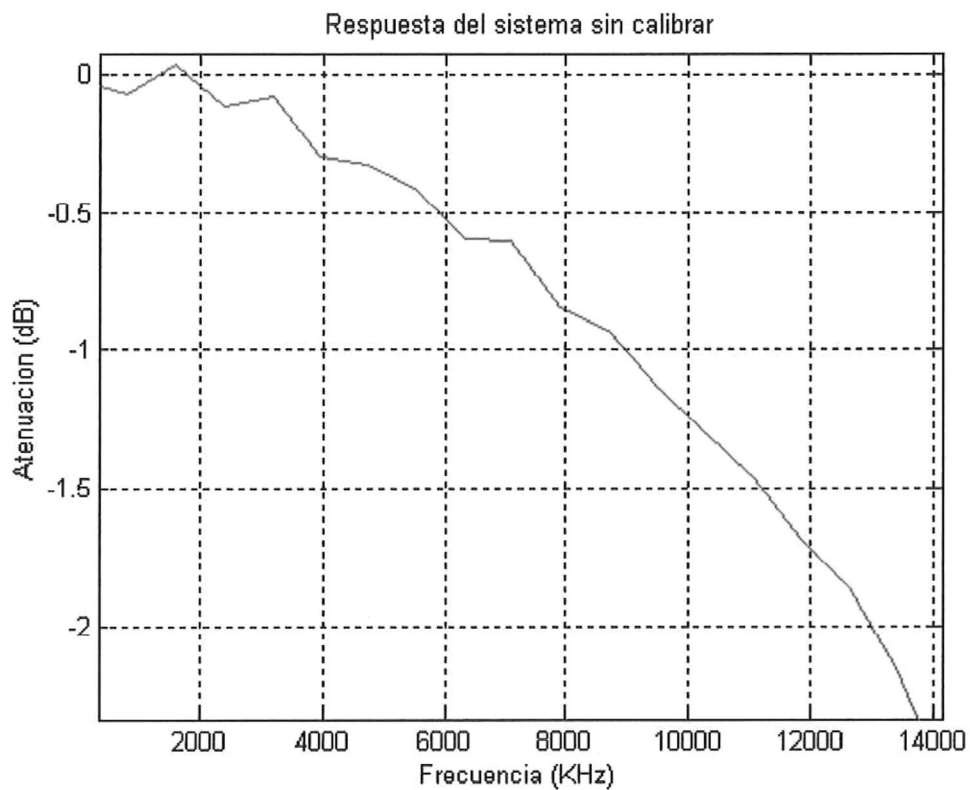


Figura20) Respuesta del sistema sin calibración (con acercamiento).

La figura 21) muestra la medición realizada después de haber calibrado el sistema, como se observa tiene aproximadamente 0 dB de error.

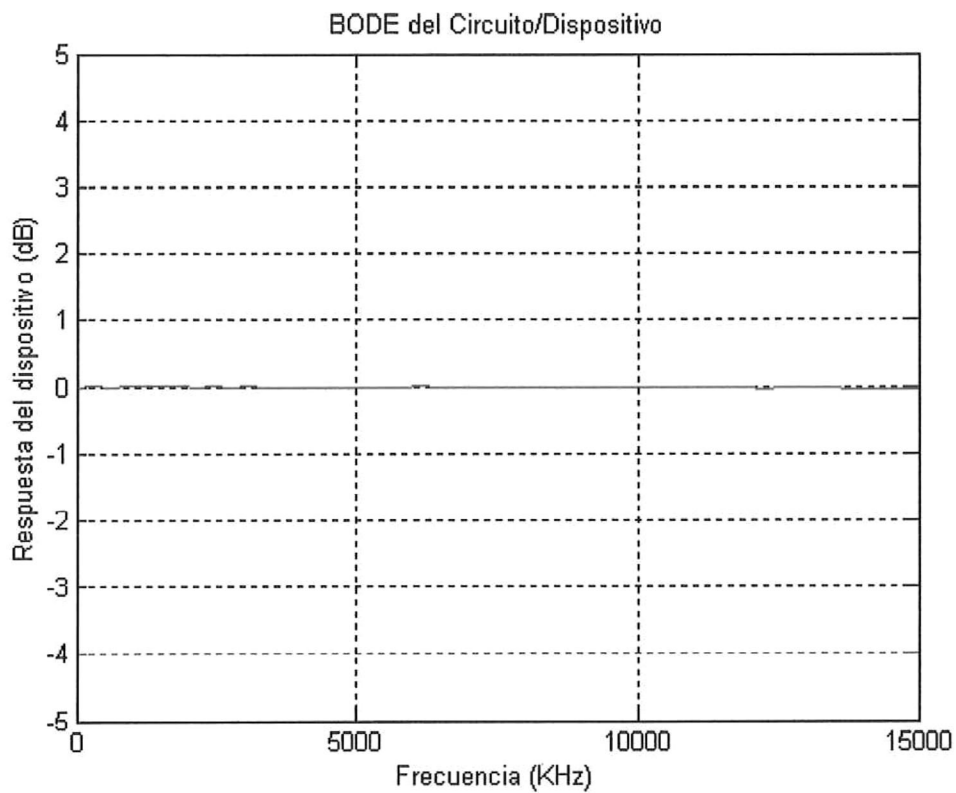


Figura 21) Respuesta del sistema calibrado.

La figura 22) muestra la calibración con un acercamiento pequeño y nos damos cuenta como sigue siendo muy pequeño el error. Se observa que es mucho menor a 0.2 dB.

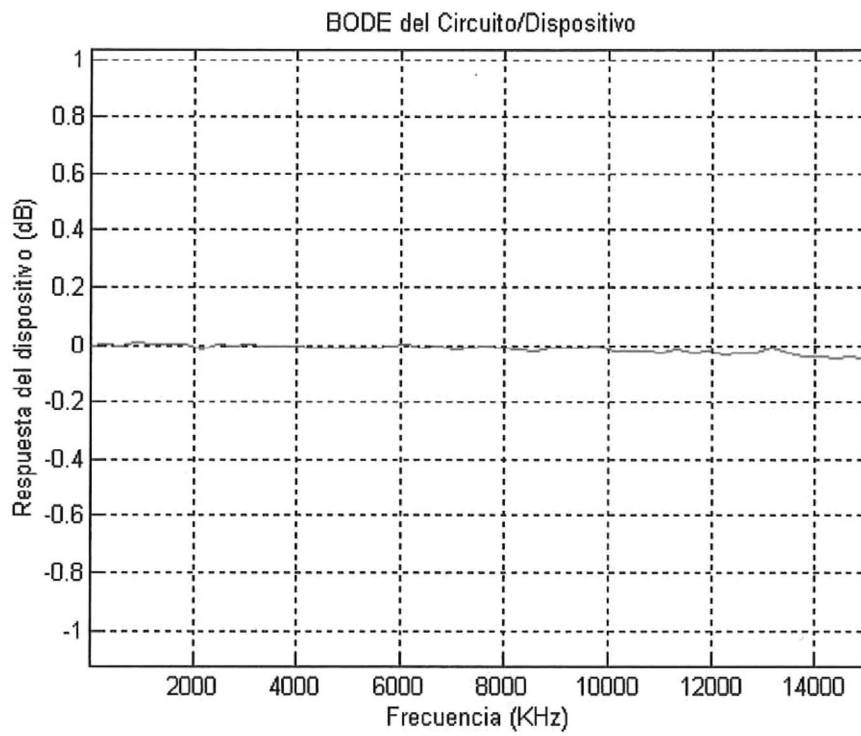


Figura 22) Gráfica de la respuesta del sistema calibrado (con acercamiento).

En la figura 23) nos muestra otro acercamiento mas a la respuesta de la calibración del sistema y se ve que son rangos menores de 0.05 dB hasta -0.05 dB, y son valores muy pequeños, para fines prácticos se consideran despreciables para el sistema.

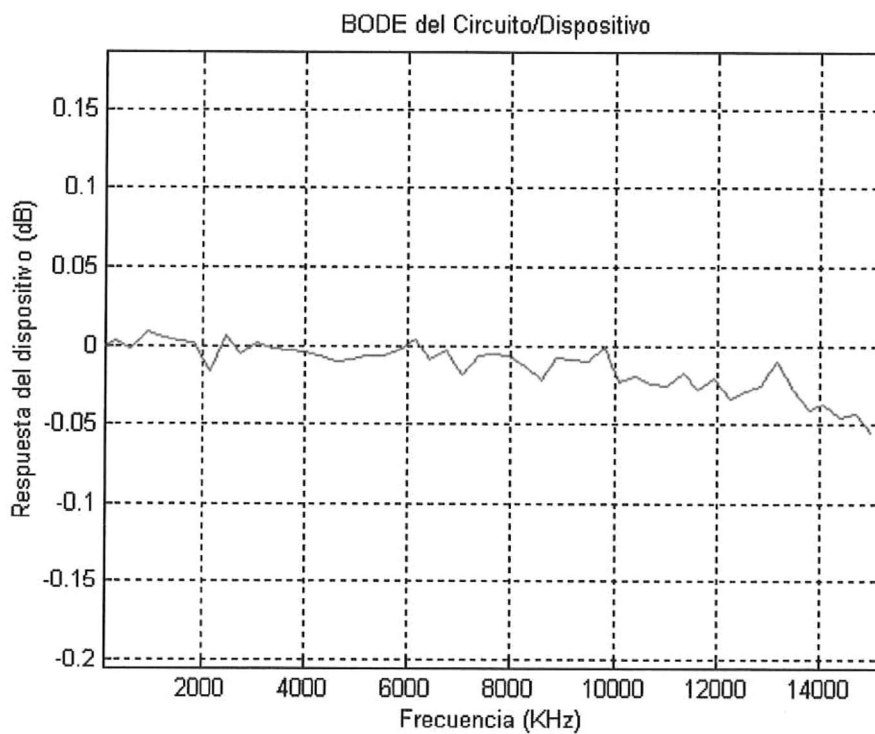
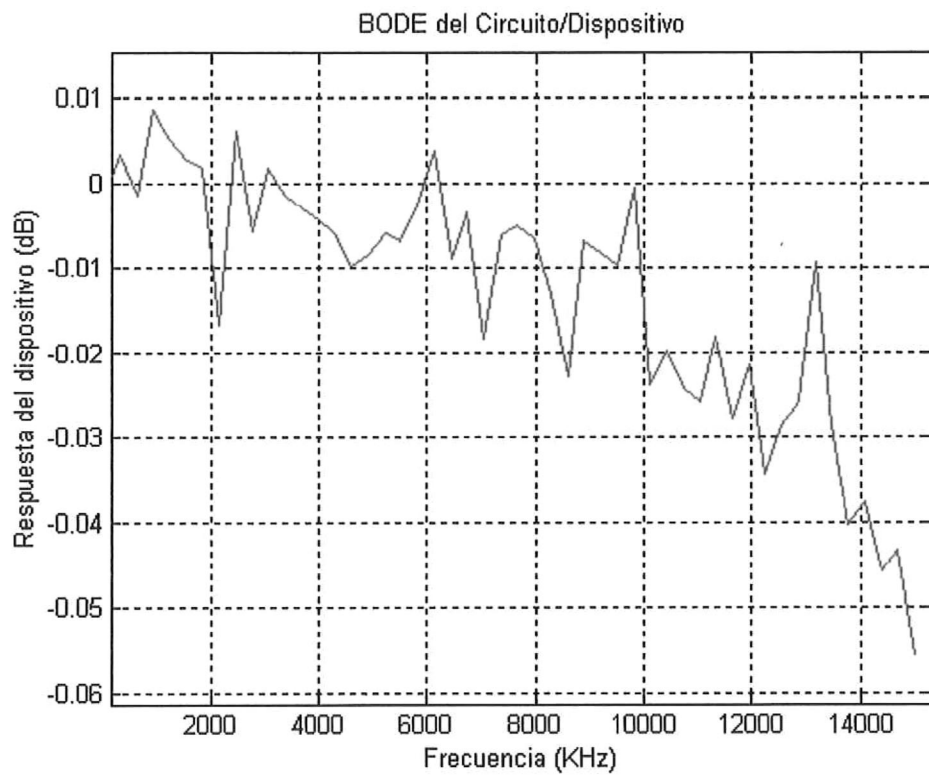


Figura 23) Respuesta del sistema calibrado (con más acercamiento).

En la figura 24) se muestra que el error es muy pequeño, tiene un rango de .01 dB a -.06 dB, el cual es un margen de error muy pequeño que puede ser despreciable.



**Figura 24) Gráfica de error de medición del sistema
(con mayor acercamiento).**

A continuación se presentan las caracterizaciones realizadas a diferentes configuraciones de filtros, a estos filtros primeramente se le realizó un barrido manualmente y su respuesta en frecuencia fue graficada en MatLab, para posteriormente corroborar su validez con el sistema de medición automatizado y ver semejanzas o en dado caso errores del sistema.

IV.3 FILTRO PASIVO PASA BAJAS CON $F_c = 136.15 \text{ Hz}$

En este filtro pasivo, como se puede observar, se tiene una resistencia conectada en serie con un capacitor, la señal de entrada se aplica a la resistencia, la señal de salida se obtiene en las terminales del capacitor. La respuesta de este filtro se obtiene calculando la función de transferencia V_o/V_i .

Cuando la frecuencia es baja, el capacitor presenta una alta impedancia y por lo tanto hay una caída de voltaje y una señal de salida, cuando la frecuencia va incrementándose, el voltaje se va consumiendo casi en su totalidad en la resistencia, sabemos que el capacitor se comporta como una impedancia muy pequeña (corto circuito) a frecuencias muy elevadas, por lo que en la salida no se tiene casi voltaje, en otras palabras, cuando la frecuencia aplicada es aumentada se tiene que el valor de la impedancia representada por el capacitor disminuye hasta que casi no consume voltaje, y la mayoría del voltaje se tiene a la entrada. La frecuencia de corte se calcula utilizando la ecuación 1):

$$F_c = \frac{1}{RC2\pi} \quad F_c = 1 / (991\Omega) (1.18\mu\text{F}) 2\pi = F_c = 136.15 \text{ Hz} \quad (1)$$

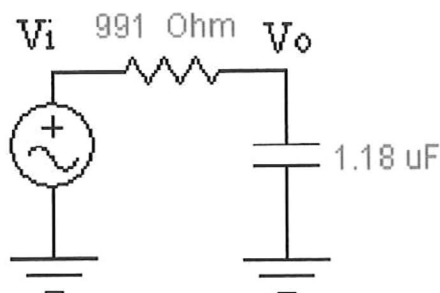


Figura 25) Filtro pasivo pasa bajas.

MEDICIÓN FILTRO PASIVO PASA BAJAS CON $F_c = 136.15$ Hz

En la figura 26) se muestra la respuesta en frecuencia del filtro pasivo pasa bajas, el cual se ve como atenúa las frecuencias altas y deja pasar solo las frecuencias bajas, aun siendo frecuencias muy bajas como la de corte en 136.15 Hz.

La siguiente tabla nos muestra el voltaje de salida con respecto al de entrada a diferentes frecuencias del filtro pasa bajas pasivo, la cual nos sirve para hacer una comparación y validación del sistema, ya que se mostrarán las gráficas obtenidas con el sistema con estos valores medidos paso por paso de manera manual.

La ecuación para convertir a dB la función de transferencia se presenta en la ecuación 2).

$$20\log_{10} (V_o/V_i) \quad (2)$$

Frecuencia Hz	V_i (Volts)	V_o (Volts)	Magnitud (dB)
10	1.96	1.96	0
20	1.96	1.94	-0.089
40	1.96	1.86	-0.089
60	1.96	1.74	-1.03
80	1.96	1.66	-1.44
100	1.96	1.54	-2.09
120	1.96	1.42	-2.79
140	1.92	1.32	-3.25
160	1.92	1.24	-3.79
180	1.90	1.14	-4.43
200	1.90	1.06	-5.06

Tabla 4) Tabla de mediciones obtenida manualmente del filtro pasa bajas pasivo.

Se utilizaron los siguientes estímulos para el barrido realizado manualmente, y la grafica se realizó introduciendo los datos de la tabla 4) en Matlab.

Frec. Inicial = 10Hz

Frec. Final = 200 KHz

No. Puntos = 20

Amplitud = 1 Vpp

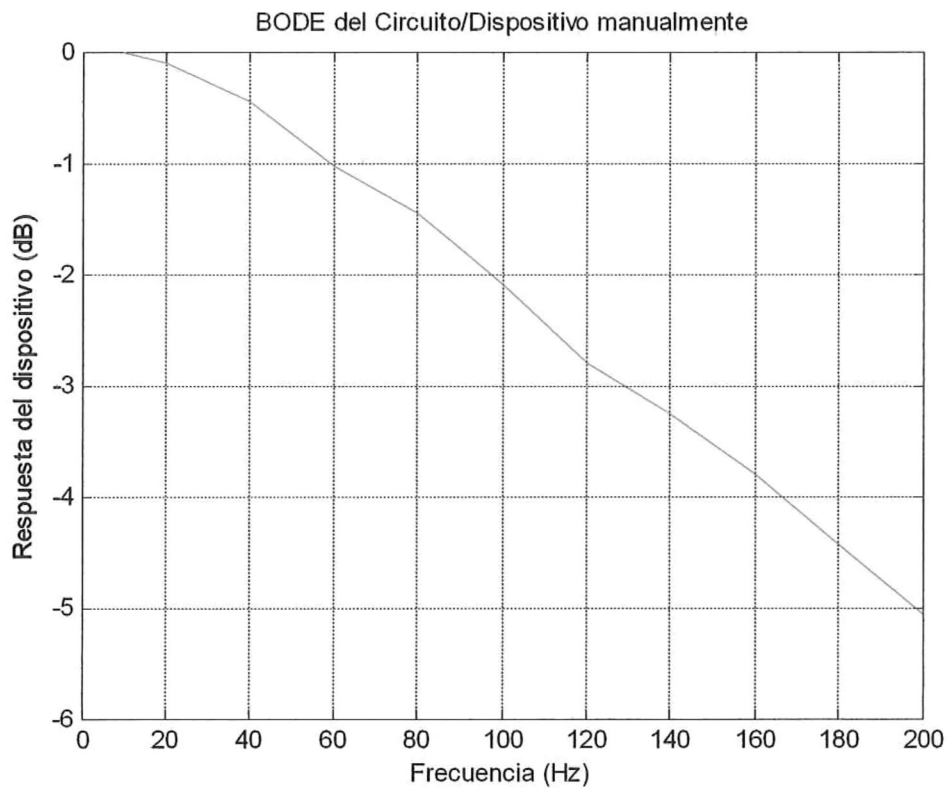


Figura 26) Respuesta de un filtro pasivo pasa bajas obtenida manualmente.

La figura 27) nos muestra la respuesta en escala de frecuencia logarítmica del sistema sacada manualmente con los puntos medidos en la tabla 4).

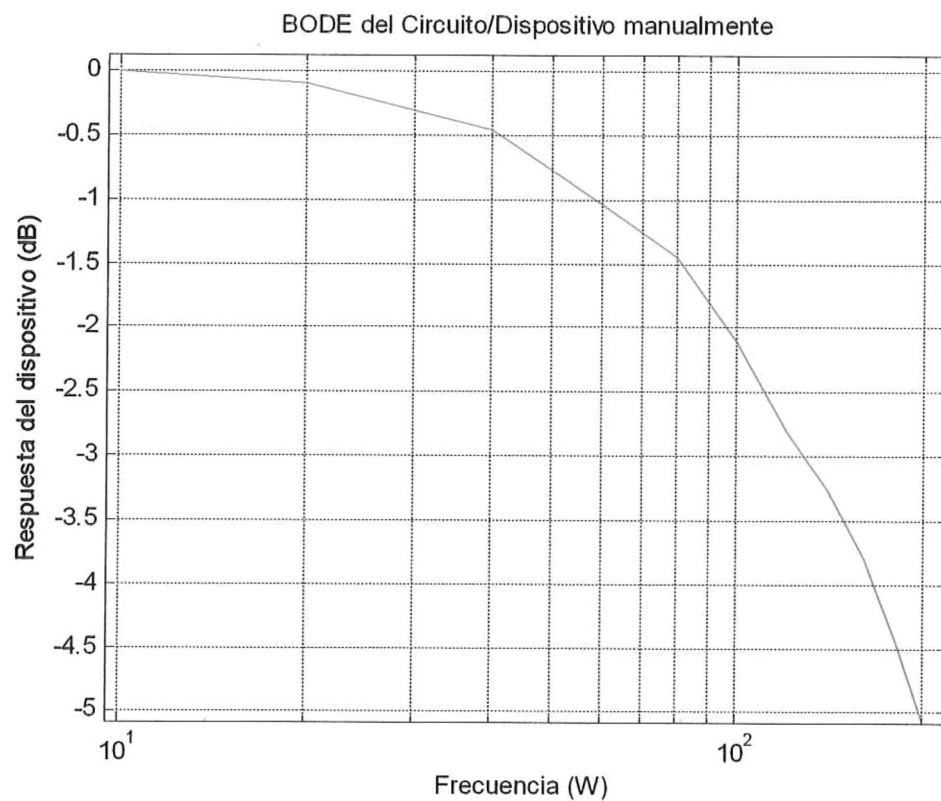


Figura 27) Respuesta en frecuencia en escala logarítmica del filtro pasivo pasa bajas obtenida manualmente.

La figura 28) nos muestra la respuesta en frecuencia del mismo filtro pasivo pasabajas con $F_c=136.1$ Hz obtenida con el sistema de medición automatizado, como una validación para comprobar como el sistema está midiendo correctamente, como vemos es casi idéntica a la obtenida en la figura 26) realizada manualmente.

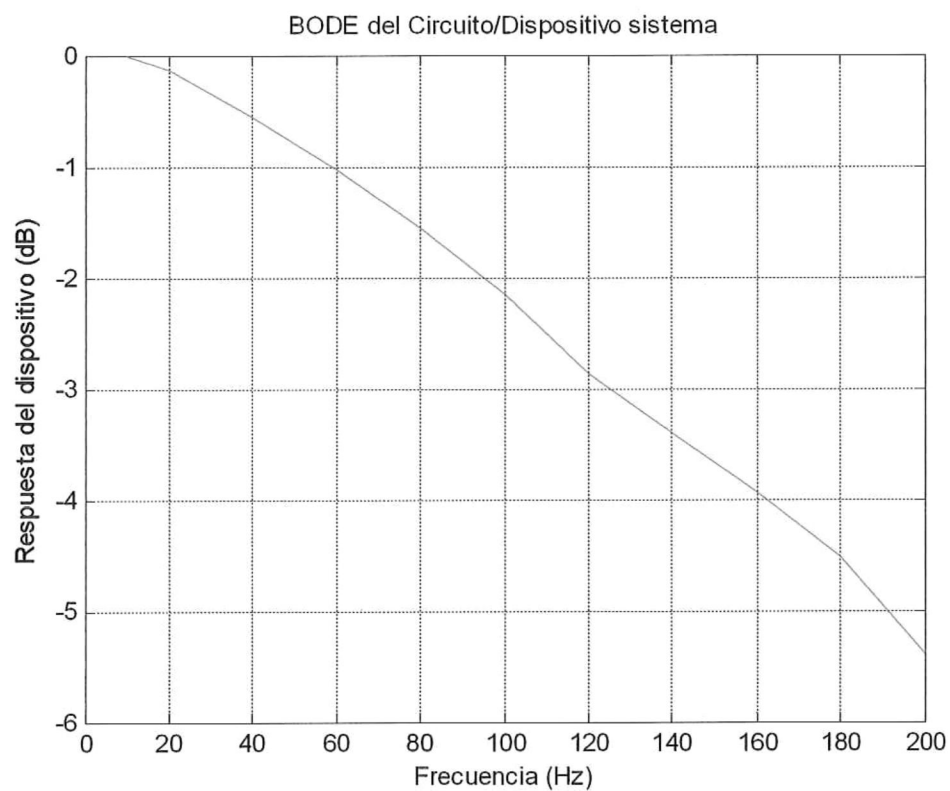


Figura 28) Respuesta en frecuencia del sistema del filtro pasa bajas pasivo.

La figura 29) nos muestra la respuesta en escala logarítmica del sistema en la cual nos damos cuenta que en los filtros pasivos responde el sistema perfectamente.

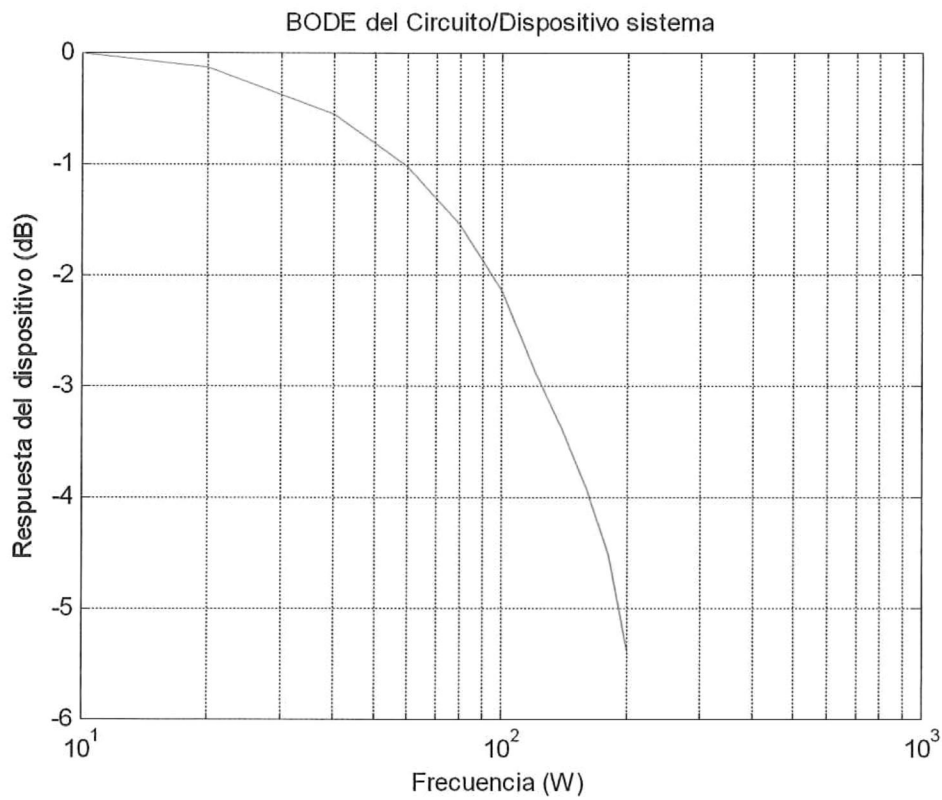


Figura 29) Respuesta del sistema en escala de frecuencia logarítmica del filtro pasivo pasa bajas.

IV.4 FILTRO ACTIVO PASA BAJAS BÁSICO CON $F_c = 15.9 \text{ KHz}$

El circuito de la figura 30) es un filtro activo pasa bajas muy utilizado. El filtrado se realiza en el circuito RC y el amplificador operacional se utiliza como amplificador de ganancia unitaria.

$$F_c = \frac{1}{RC2\pi} = 1/(10\text{K}\Omega) (.001\mu\text{F}) 2\pi = 15.9 \text{ KHz}$$

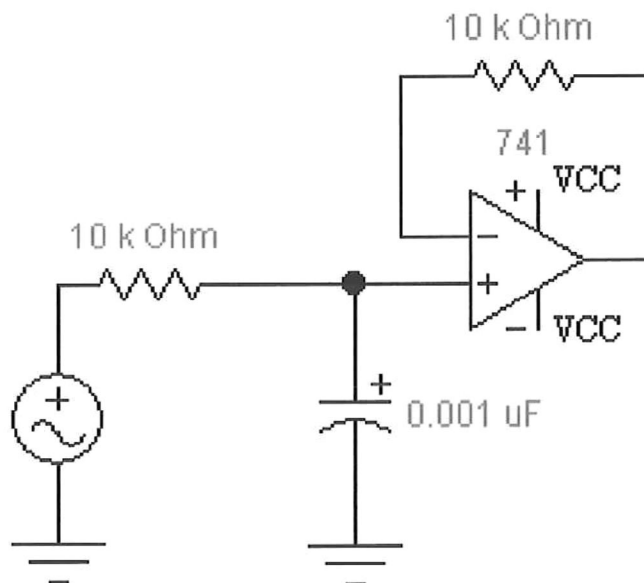


Figura 30) Filtro activo pasa bajas básico con $F_c = 15.9 \text{ KHz}$.

MEDICIONES DE FILTRO ACTIVO PASA BAJAS BÁSICO

La siguiente tabla nos muestra el voltaje de salida con respecto al de entrada a diferentes frecuencias, la cual nos sirve para hacer una comparación y validación del sistema, ya que se muestran las gráficas del sistema con estos valores obtenidos manualmente y comparados con las gráficas obtenidas por el sistema de medición. La magnitud se obtiene aplicando la ecuación 1).

Frecuencia KHz	Vi (Volts)	Vo (Volts)	Magnitud (dB)
5	1.98	1.88	-0.45
10	1.98	1.68	-1.42
15	1.98	1.44	-2.76
16	1.96	1.42	-2.79
17	1.96	1.38	-3.04
18	1.94	1.32	-3.34
19	1.94	1.28	-3.61
20	1.94	1.24	-3.89
25	1.94	1.17	-4.39
40	1.94	.770	-8.02
45	1.94	.690	-8.97
50	1.94	.640	-9.63

Tabla 5) Tabla filtro pasa bajas con $F_c = 15.9$ KHz obtenida manualmente.

Para obtener las gráficas del filtro pasa bajas con Frec. de corte de 15.9 KHz
Se utilizaron los siguientes estímulos.

Frec. Inicial = 10 Hz

Frec. Final = 50 KHz

Num. de Puntos = 20

Amplitud = 1 Vpp

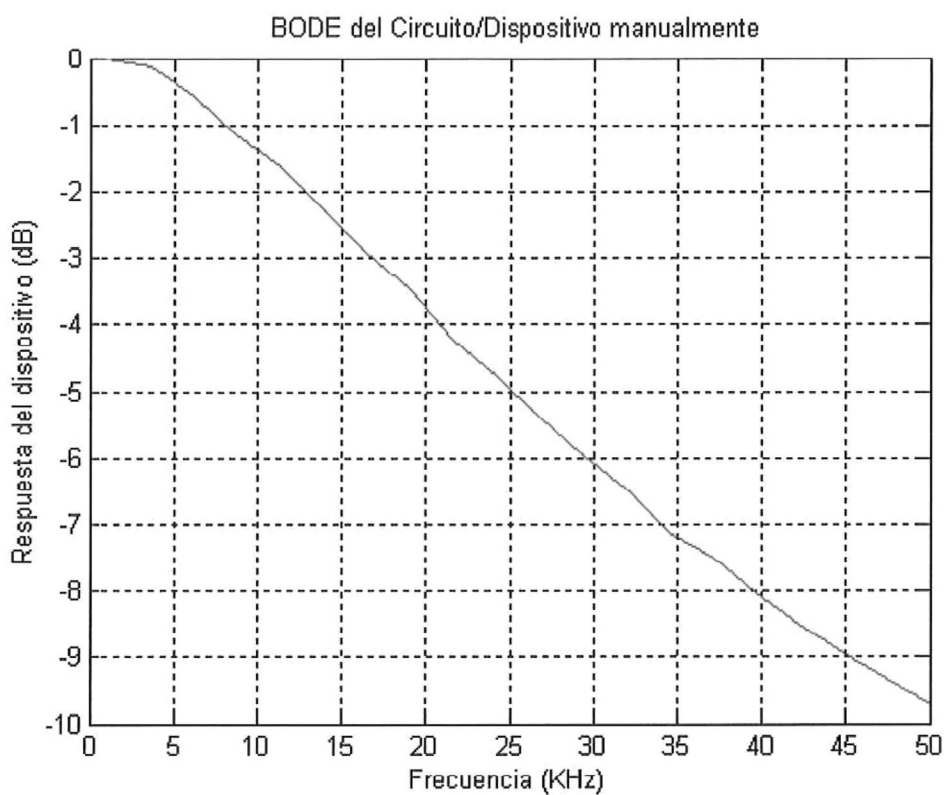


Figura 31) Respuesta del filtro pasa bajas básico de $F_c = 15.9$ KHz obtenida manualmente.

En la figura 32) vemos la respuesta en frecuencia en escala logarítmica del filtro pasa bajas básico realizado con el barrido manualmente.

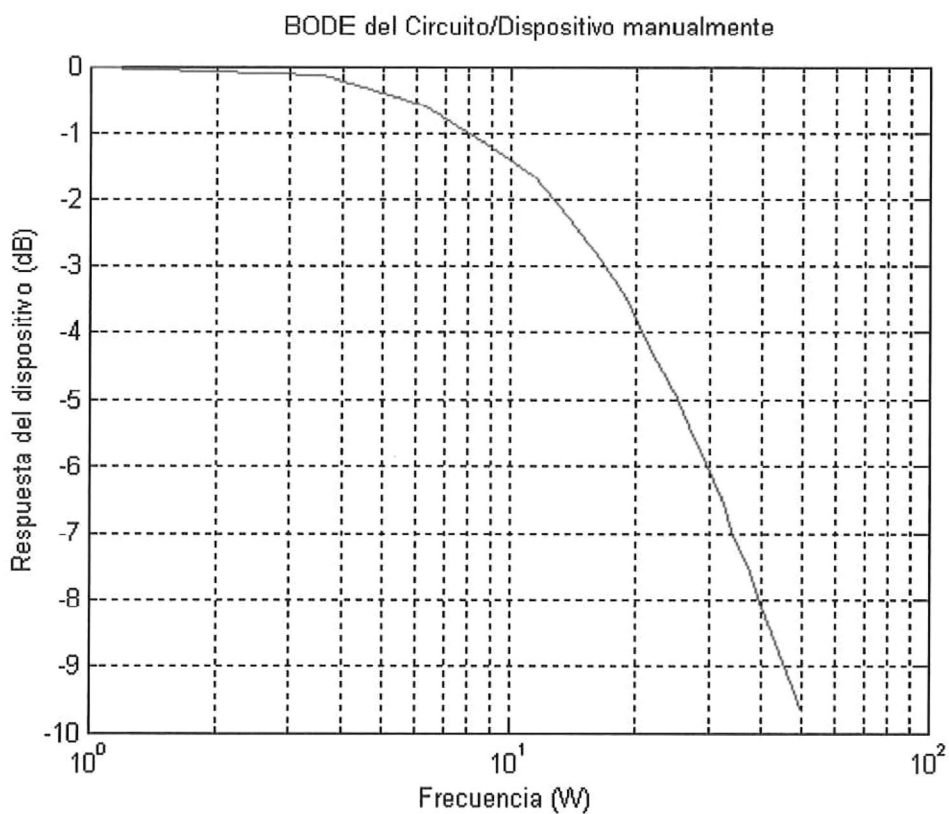


Figura 32) Respuesta en frecuencia en escala logarítmica de un filtro pasa bajas básico de $F_c=15.9$ KHz obtenida manualmente.

La figura 33) es la respuesta en frecuencia del filtro pasa bajas básico obtenida con el sistema y podemos darnos cuenta que el sistema mide de manera correcta filtros activos al igual que los filtros pasivos ya verificados anteriormente por las tablas y comparado con las graficas obtenidas.

En la figura 33) se obtuvo el siguiente resultado, el cual muestra aproximadamente que en el punto de -3dB se encuentra una frecuencia de corte de 15.9 KHz .

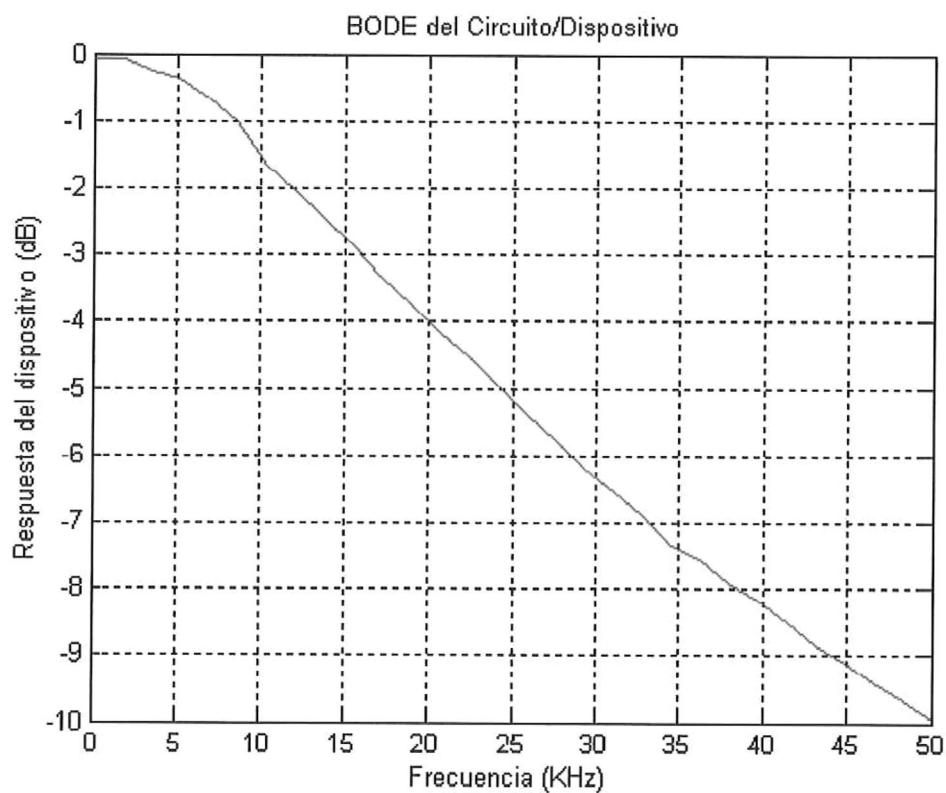


Figura 33) Respuesta en frecuencia del sistema de un filtro pasa bajas con $F_c = 15.9\text{ KHz}$.

La figura 34) nos muestra la respuesta del filtro pasa bajas activo con $F_c=15.9$ KHz obtenida con el sistema de medición y en escala de frecuencia logarítmica y se puede ver que es muy similar a la obtenida con la medición manualmente obtenida (figura 32).

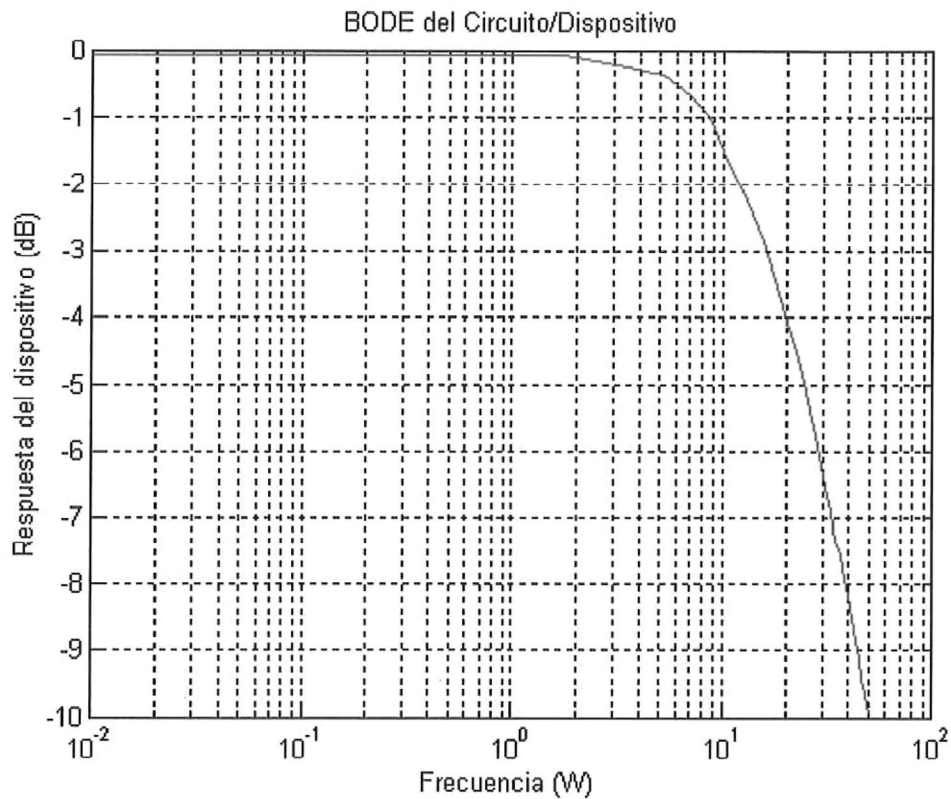


Figura 34) Respuesta en frecuencia de escala logarítmica de un filtro pasa bajas con $F_c=15.9$ KHz (Con acercamiento).

Ya una vez realizada la validación del sistema, viendo como haciendo el barrido manualmente de un filtro pasivo pasa bajas y un filtro activo pasa bajas y dando el mismo resultado realizado manualmente y realizado con el sistema, ya los siguientes filtros son la demostración de que se pueden medir diferentes circuitos como filtros pasa bajas, filtros pasa banda, pasa altas (activos y pasivos), amplificadores con Op-Amp, y amplificadores con transistor 2N2222.

IV.5 FILTRO PASA BAJAS DE TIPO BUTTERWORTH DE DE $F_c = 12.3$ KHz

En la figura 35) se muestra uno de los filtros pasa bajas butterworth más comúnmente utilizados, ya que produce una atenuación de -20 dB/década; es decir, después de la frecuencia de corte, la magnitud ACL disminuye en 20 dB cuando omega (ω) aumenta a un valor de 10 ω_c . La frecuencia de corte se calcula con la ecuación 3).

$$F_c = \frac{0.707}{RC12\pi} = 0.707 / (10K\Omega) (1nF) 2\pi = 12.3 \text{ KHz} \quad (3)$$

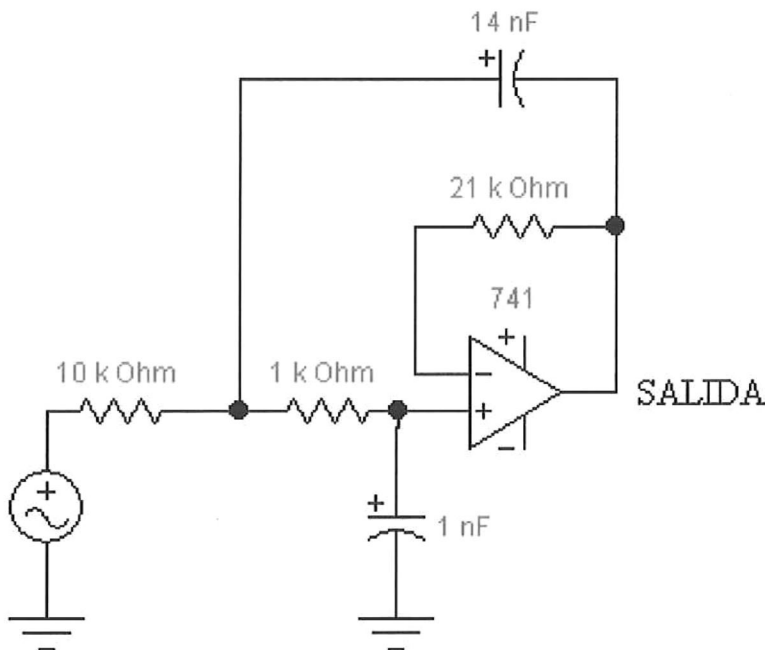


Figura 35) Filtro pasa bajas Butterworth de $F_c = 12.3$ KHz.

MEDICIONES FILTRO PASA BAJAS BUTTERWORTH de $F_c = 12.3 \text{ KHz}$

La figura 36) nos muestra la respuesta en frecuencia de un filtro pasa bajas Butterworth en el cual nos muestra como no deja pasar las frecuencias altas y su frecuencia de corte es de $F_c = 12.3 \text{ KHz}$. Y se le dio los siguientes estímulos:

Frec. Inicial = 0.3 KHz

Frec. Final = 120 KHz

No. de puntos = 20

Amplitud = 2 Vrms

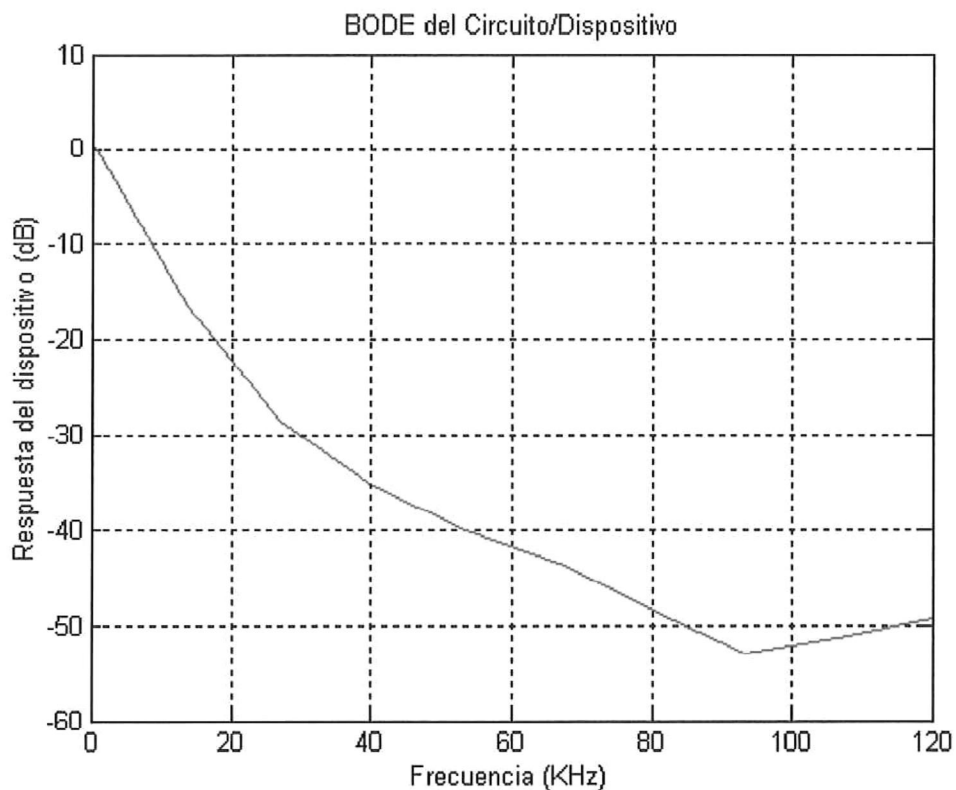


Figura 36) Respuesta de un Filtro pasa bajas Butterworth de $F_c = 12.3 \text{ KHz}$.

La figura 37) es la gráfica de la respuesta en frecuencia en escala logarítmica del filtro pasa bajas Butterworth y nos damos cuenta de cómo la pendiente se muestra más claramente que en la escala lineal.

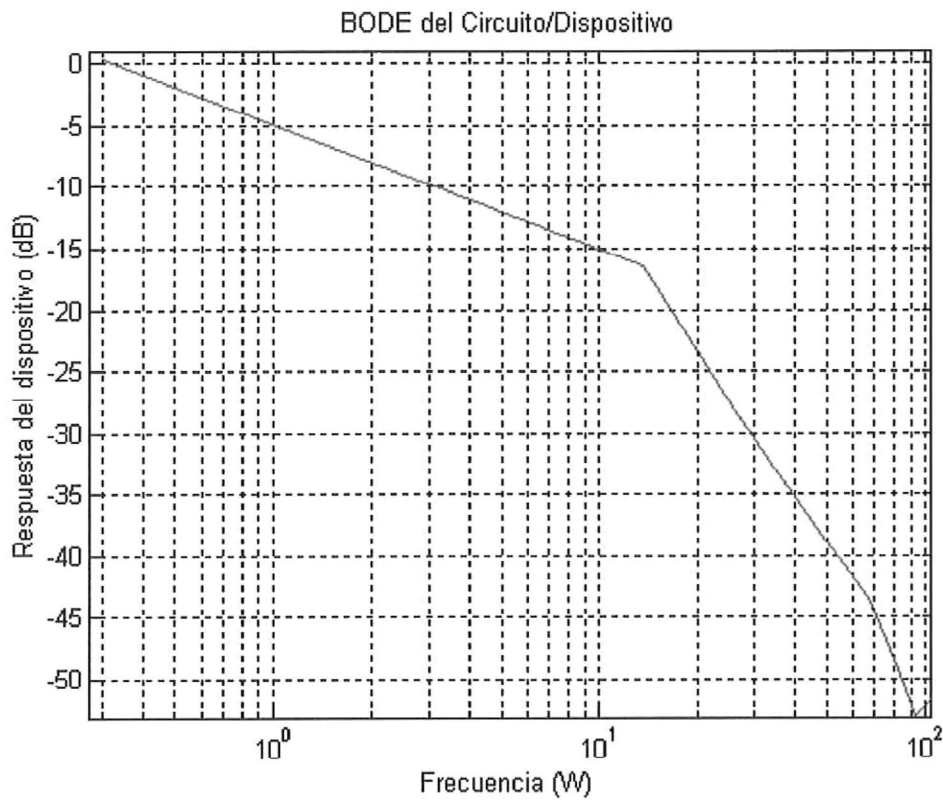


Figura 37) Respuesta en escala logarítmica de un filtro activo pasa bajas Butterworth de $F_c = 12.3$ KHz.

IV.6 FILTRO ACTIVO PASA ALTAS CHEBYSHEV (ORDEN 2) CON $F_c = 4.4 \text{ KHz}$

En la figura 38) diseñamos un circuito de un filtro pasa altas Chebyshev de segundo orden para una frecuencia de corte de 4.4 KHz,

Las resistencias fueron escaladas de una tabla ya establecida para este tipo de filtro.

$$F_c = \frac{1}{RC2\pi} = 1/(10\text{K}\Omega) (3.60 \text{ nF}) 2\pi = 4.4 \text{ KHz}$$

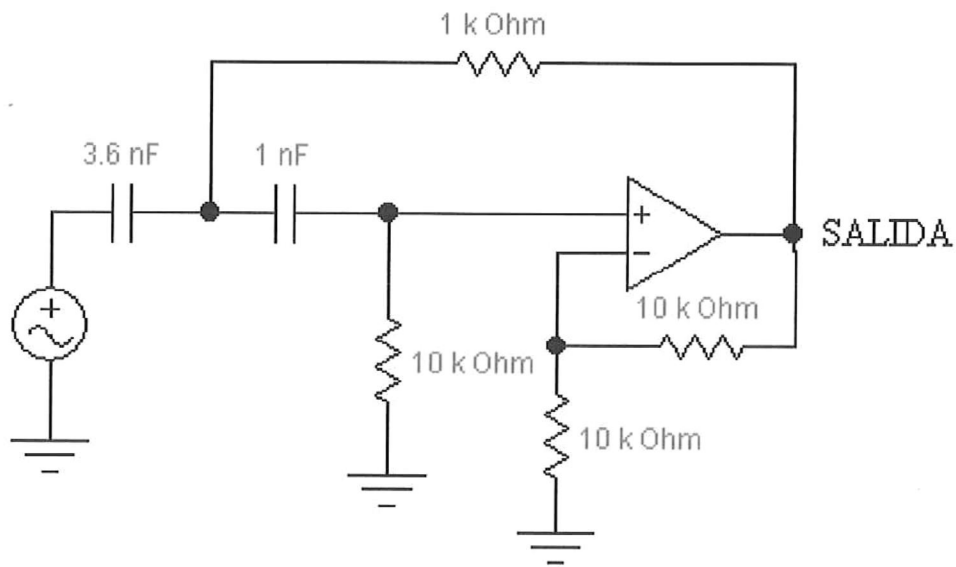


Figura 38) Filtro activo pasa altas Chebyshev con $F_c = 4.4 \text{ KHz}$.

MEDICIONES FILTRO PASA ALTAS CHEBYSHEV

La figura 39) nos muestra la respuesta del filtro pasa altas de $F_c = 4.4 \text{ KHz}$ y nos podemos dar cuenta de cómo el punto de corte está en 5 KHz aproximadamente en -3 dB . Y se puede ver, como presenta una ganancia el filtro pasa altas de 20 dB aproximadamente. Por lo tanto el sistema nos presenta una buena respuesta del filtro pasa altas.

Se utilizaron los siguientes estímulos en el sistema

Frec. Inicial = 1 Hz

Frec. Final = 100 KHz

No. de Puntos = 20

Amplitud = 0.3 Vrms

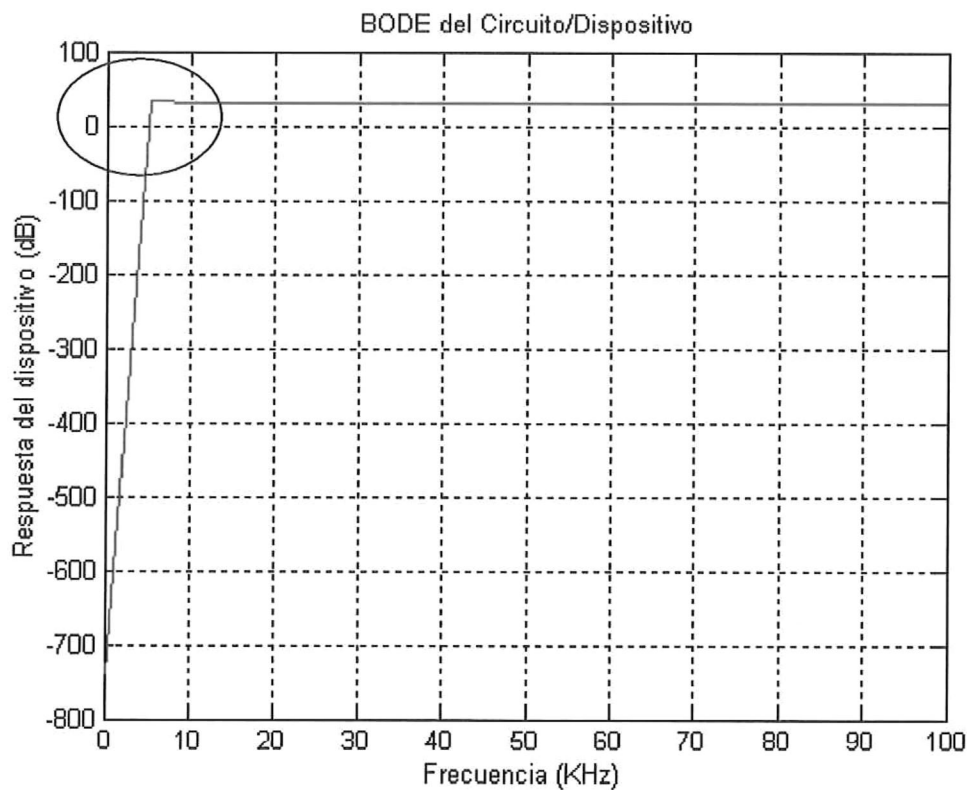


Figura 39) Respuesta en frecuencia de un filtro activo pasa altas Chebyshev de $F_c = 4.4 \text{ KHz}$.

La figura 40) muestra la respuesta en escala logarítmica del filtro pasa altas de $F_c = 4.4$ KHz y se ve como atenúa todas las bajas frecuencias dejando pasar solamente las altas.

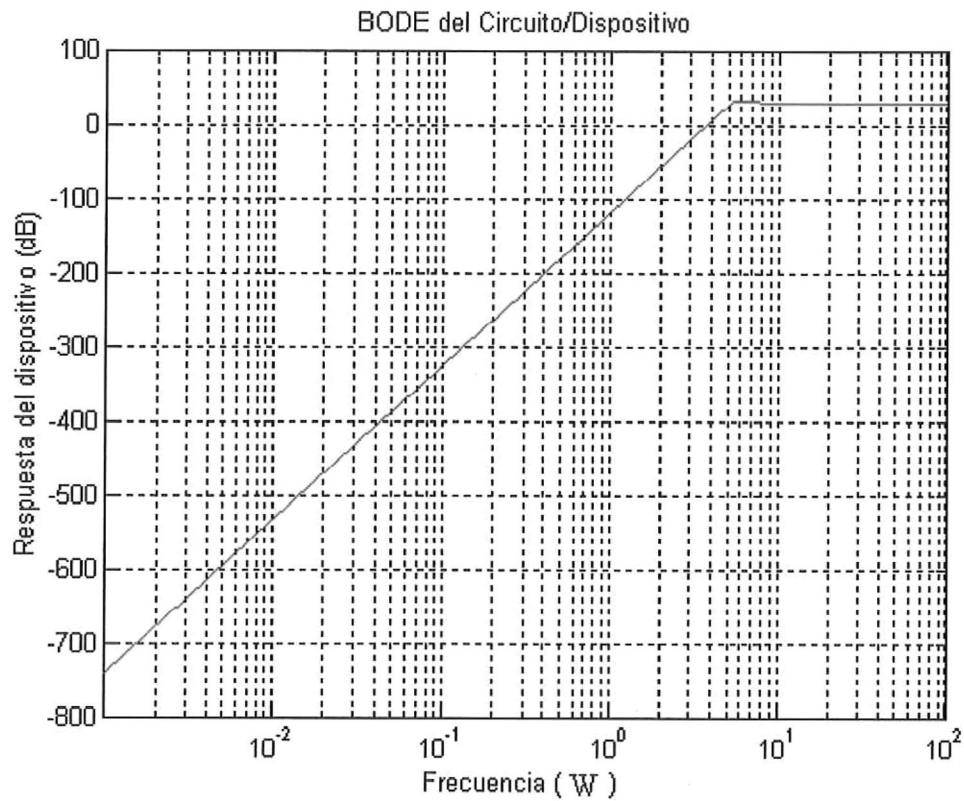


Figura 40) Respuesta en frecuencia de escala logarítmica de un filtro activo pasa altas Chebyshev de $F_c = 4.4$ KHz.

IV.7 FILTRO ACTIVO PASA ALTAS BÁSICO CON $F_c = 603 \text{ KHz}$

La figura 41) ilustra la respuesta en frecuencia de un filtro activo pasa altas con frecuencia de corte de 603 KHz. Se puede observar como este filtro no funciona adecuadamente. Esto se debe a que el fabricante del Op-Amp 741 especifica que la frecuencia máxima de operación de este circuito integrado es de 700 KHz, pero como vemos es mucho antes de esta frecuencia que deja de funcionar por lo que este diseño no es adecuado para que el circuito opere como filtro pasa altas, esto se debe a las limitaciones en frecuencia del Op-Amp 741.

$$F_c = \frac{1}{RC2\pi} = 1/(32.98\text{K}\Omega)(8 \text{ pF}) 2\pi = 603 \text{ KHz}$$

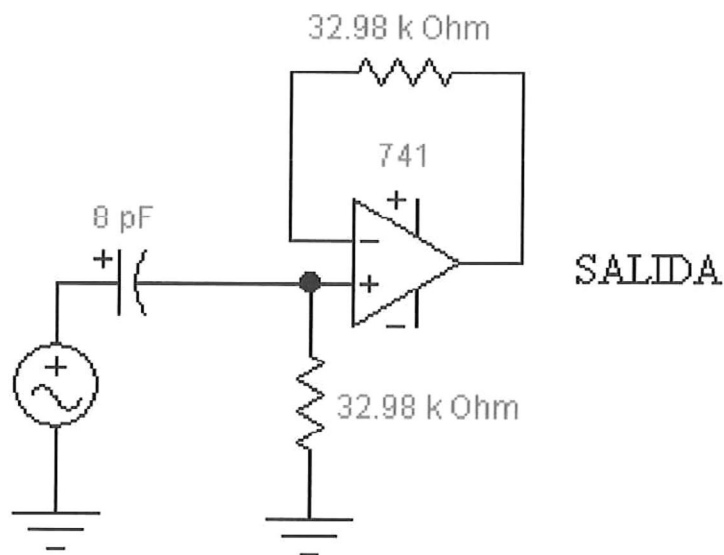


Figura 41) Filtro activo pasa altas con $F_c = 603 \text{ KHz}$.

MEDICIÓN DE FILTRO PASA ALTAS CON FRECUENCIA DE CORTE DE 603 KHz

La figura 42) muestra la gráfica de un filtro activo pasa altas con Frec. de corte de 603 KHz, y se puede ver como el circuito es inestable y no sirve como filtro porque el Op-Amp 741 no responde a altas frecuencias.

Se utilizaron los siguientes estímulos.

Frec. Inicial = 1 KHz

Frec. Final = 1 MHz

Amplitud = 2

No. de puntos = 20

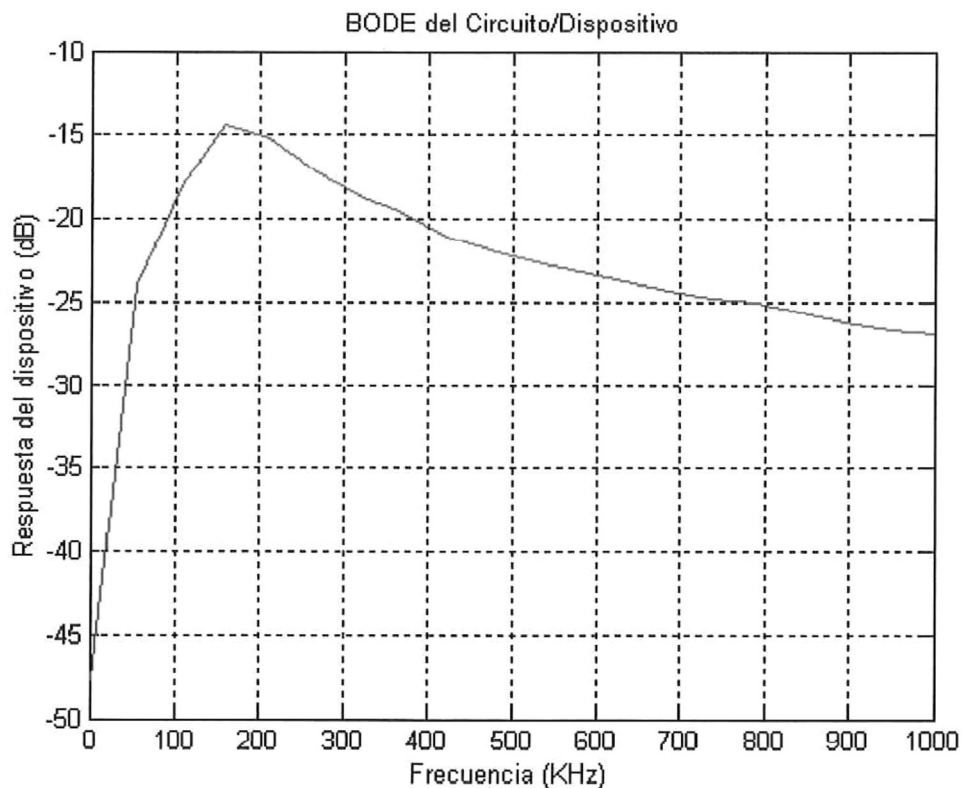


Figura 42) Respuesta en frecuencia de un filtro pasa altas básico con $F_c = 603$ KHz.

La figura 43) nos muestra la respuesta en frecuencia en escala logarítmica de un filtro activo pasa altas de $F_c = 603$ KHz en el cual como ya se menciono anteriormente no responde adecuadamente el amplificador operacional 741 a altas frecuencias; por lo tanto no sirve adecuadamente como filtro y en la figura (42,43) se muestra claramente como no responde este filtro pasa altas, por lo que se necesita otro amplificador operacional como el **LMV824** que opera adecuadamente hasta 5.5 MHz.

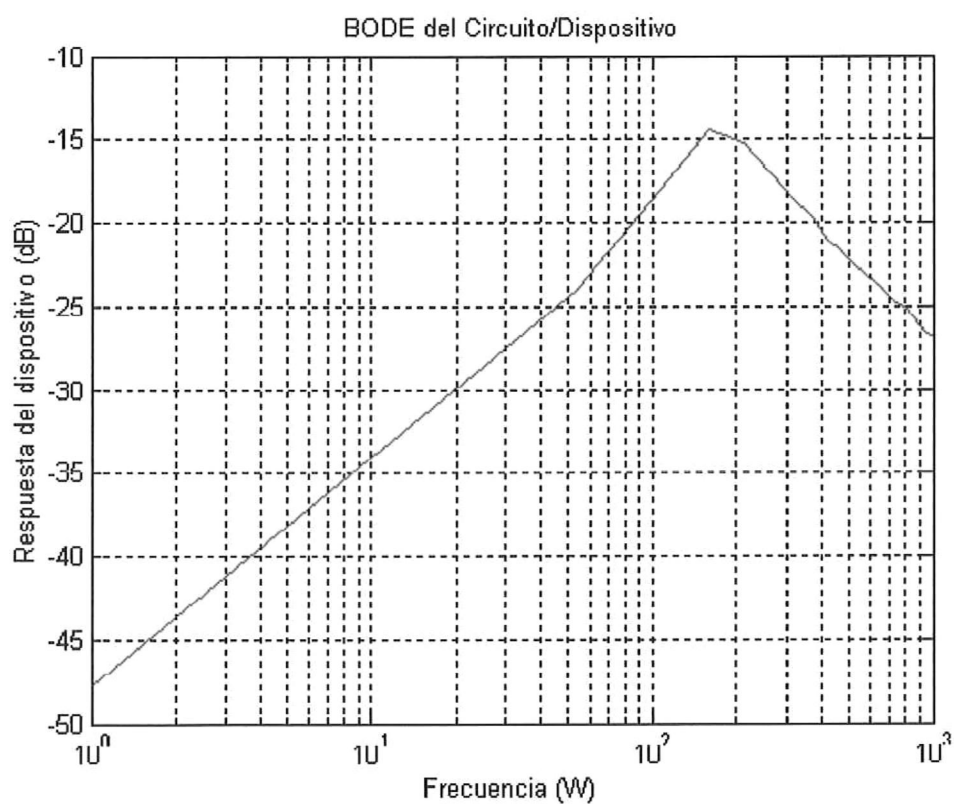


Figura 43) Respuesta en escala logarítmica del filtro pasa altas básico de 603 KHz.

IV.8 FILTRO ACTIVO PASA BANDA DE TIPO BUTTERWORTH DE ORDEN 2 CON BANDA DE PASO DE 500 HZ A 200 KHZ

La figura 44) es el diseño de un circuito de un filtro pasa banda Butterworth de orden 2 en el cual tiene una banda de paso de 500 Hz a 200 KHz. Los filtros pasa banda son selectores de frecuencia. Permiten a uno elegir o pasar solo una determinada banda de frecuencia de entre todas las frecuencias que puede haber en un circuito. En un filtro pasa banda primero se coloca el filtro pasa bajas y después el pasa altas

Para calcular el ancho de banda se calcula con la ecuación 4):

$$B = f_h - f_l \gg B = 200\text{KHz} - 500\text{Hz} = 199.5\text{KHz} \quad (4)$$

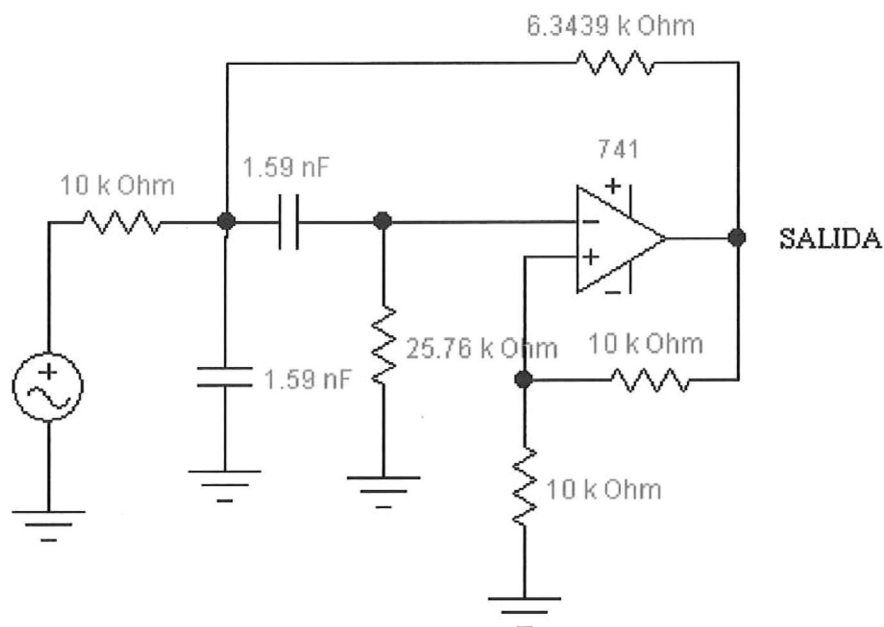


Figura 44) Filtro activo pasa banda de tipo Butterworth de 2^{do} orden con banda de paso de 500Hz a 200 KHz.

MEDICIONES DE FILTRO ACTIVO PASA BANDA BUTTERWORTH

La figura 45) nos muestra la respuesta de un filtro activo pasa banda Butterworth de orden 2. Ya una vez predeterminada la frecuencia de operación se le introducen los siguientes estímulos.

Frec. Inicial = 500Hz

Frec. Final = 200KHz

Frec. de corte inferior = 2.5 KHz

Frec. de corte superior = 103 KHz

Amplitud = 1 Vrms

No. de Puntos 20.

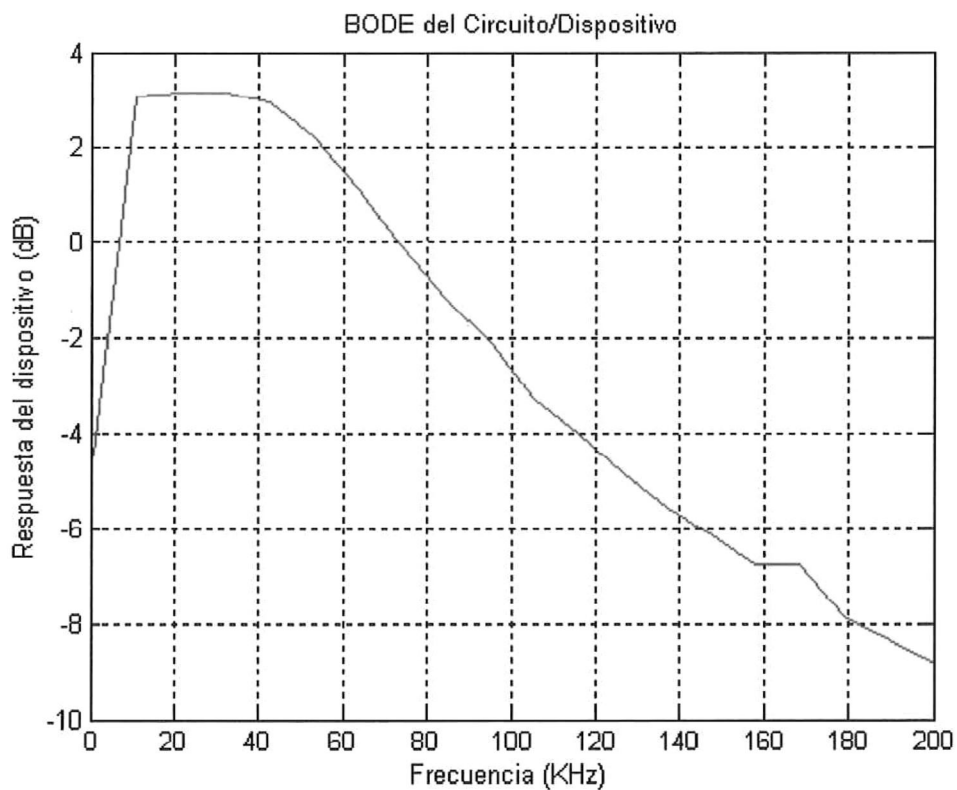


Figura 45) Respuesta del Filtro activo pasa banda Butterworth de 500 Hz a 200 KHz.

La figura 46) nos muestra un acercamiento de la figura 45) en la cual nos damos cuenta de cómo este filtro pasa banda presenta una respuesta casi plana en la banda de frecuencia de 10 KHz a 35 KHz

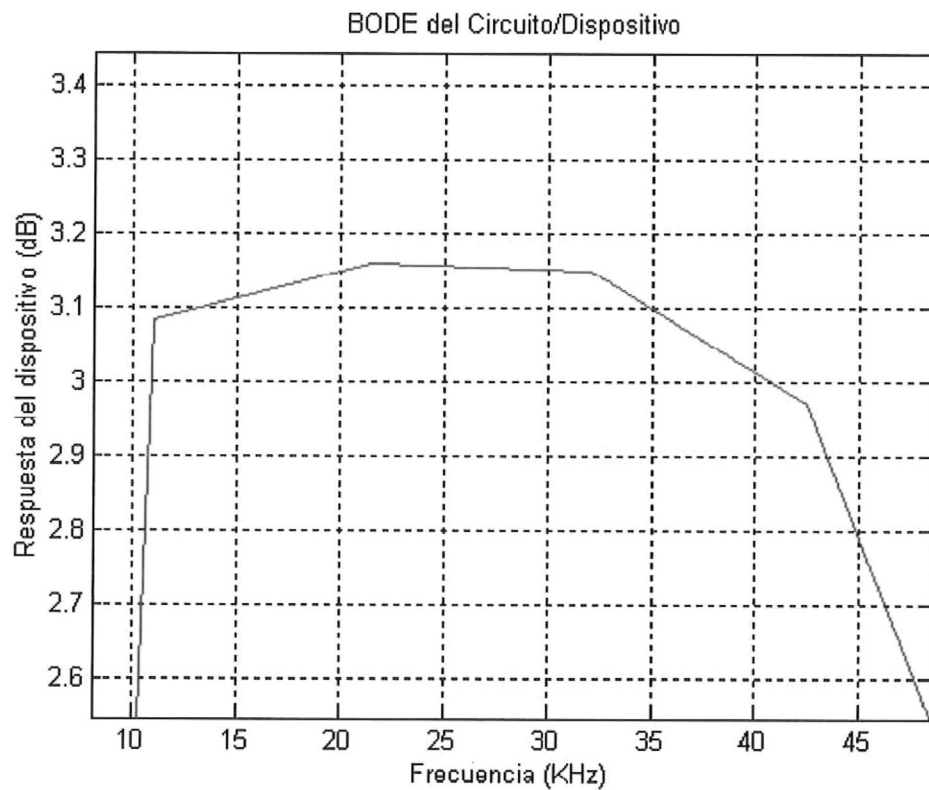


Figura 46) Respuesta del filtro activo pasa banda con respuesta casi plana.

La figura 47) nos muestra la respuesta de un filtro activo pasa banda Butterworth similar a la figura 45) solo con diferentes estímulos.

Frec. Inicial = 500Hz

Frec. Final = 200KHz

Frec. de corte inferior = 2.5 KHz

Frec. de corte superior = 103 KHz

Amplitud = 1 Vrms

No. Puntos 50.

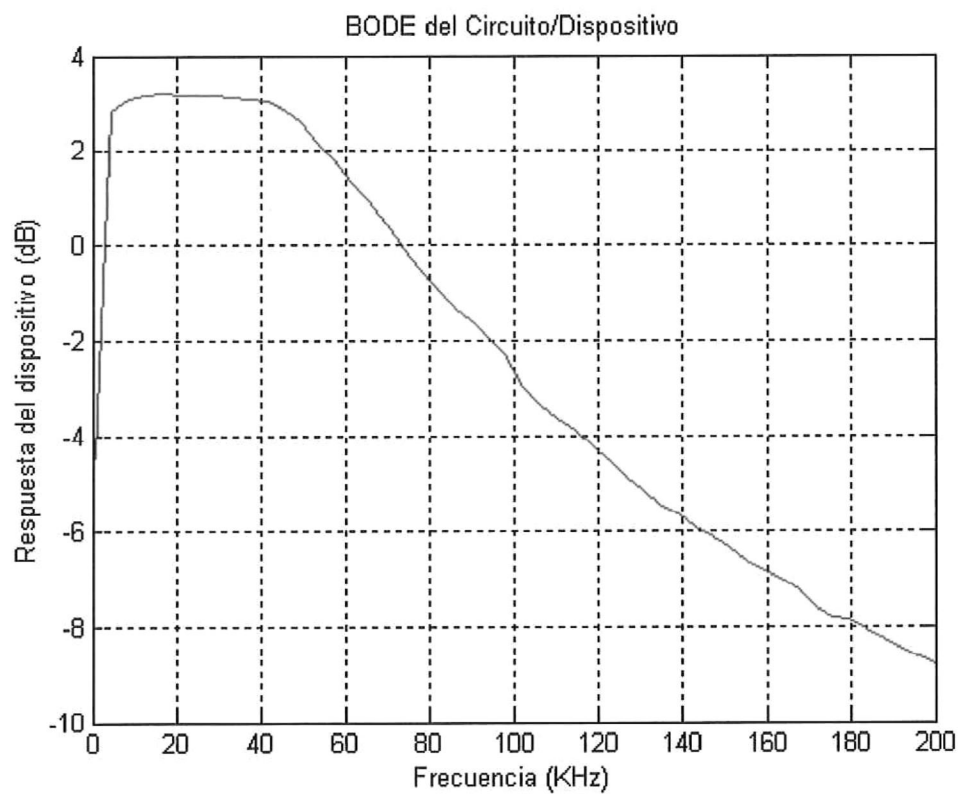


Figura 47) Respuesta del filtro activo Butterworth pasa banda con No. Puntos = 50.

IV.9 FILTRO PASA ALTAS BÁSICO CON FRECUENCIA DE CORTE DE 1 MHz

La figura 48) ilustra la respuesta en frecuencia de un filtro activo pasa altas con frecuencia de corte de 1 MHz. Se puede observar que a frecuencias menores a la de corte se tiene una atenuación mayor a 20 dB, lo cual significa que rechaza bien las bajas frecuencias, por otra parte, en la banda de paso (>1 MHz) presenta una atenuación mayor a 30 dB, lo cual demuestra que el circuito no está permitiendo pasar las señales con frecuencia superiores a 1 MHz. Esto se debe a que el fabricante del op-amp 741 especifica que la frecuencia máxima de operación de este circuito integrado y se calcula con $(0.35/\text{Rise.Time } (\mu\text{s}))$ (MHz) esto nos da muy alta frecuencia y el Op-Amp 741 trabaja correctamente a baja frecuencia, por lo que este diseño no es adecuado para que el circuito opere como filtro pasa altas, esto se debe a las limitaciones en frecuencia del Op-Amp 741.

$$F_c = \frac{1}{RC2\pi} = 1/(147\text{K}\Omega)(1\text{pF})2\pi = 1.08 \text{ MHz}$$

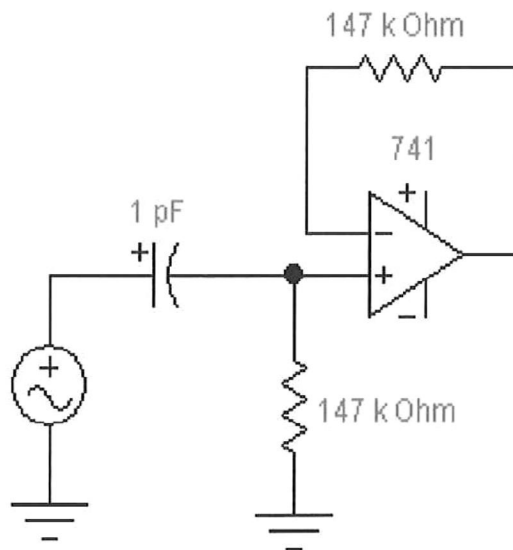


Figura 48) Filtro activo pasa altas con $F_c = 1 \text{ MHz}$.

MEDICIONES DE FILTRO ACTIVO PASA ALTAS DE $F_c = 1 \text{ MHz}$

Para obtener las graficas siguientes del filtro activo pasa-altas con frec. de corte de 1 MHz, se utilizaron los siguientes estímulos y nos damos cuenta como no responde el circuito debido a la frecuencia tan alta que se realizo el barrido y el amplificador operacional no trabaja a altas frecuencias.

Frec. Inicial = 1 KHz

Frec. Final = 2 MHz

Num. de puntos = 100

Amplitud = 4 Vrms

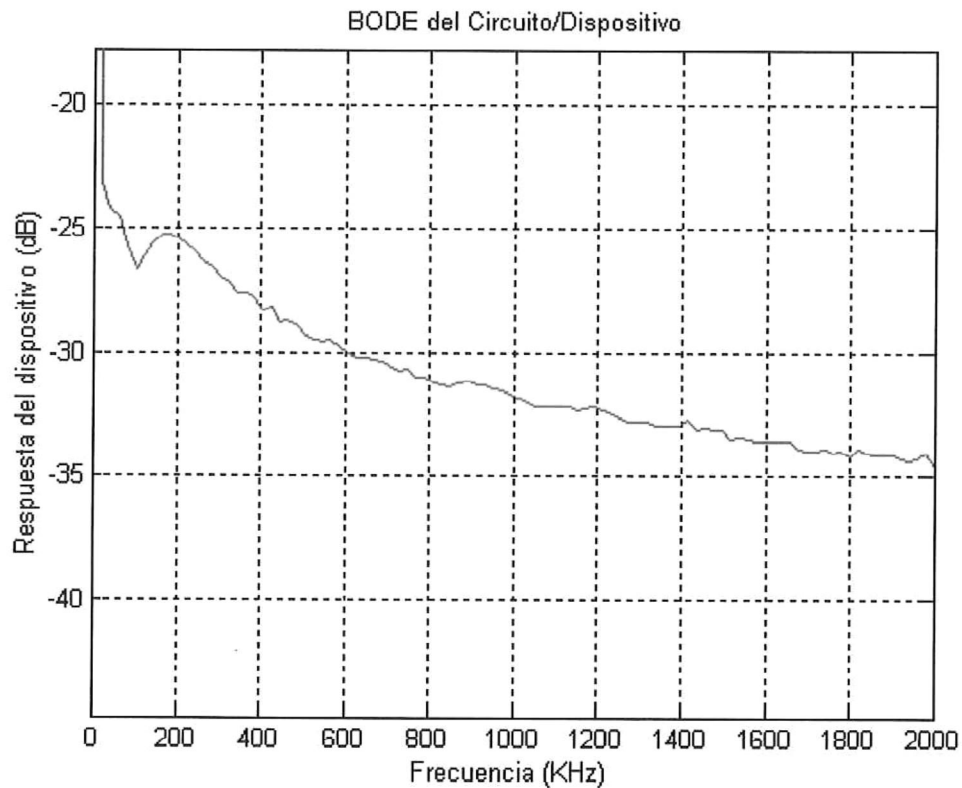
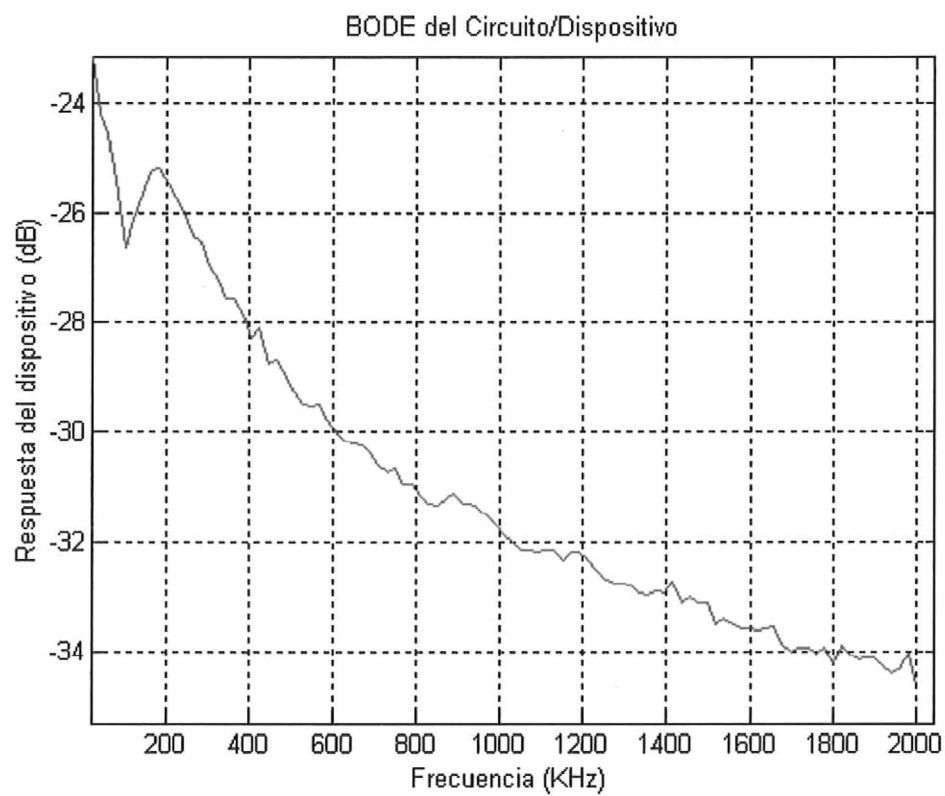


Figura 49) Respuesta en frecuencia del filtro pasa altas con $F_c = 1 \text{ MHz}$.

Como nos podemos dar cuenta este filtro pasa altas con frecuencia de corte de 1 MHz no presenta una buena respuesta, debido a que las características de un Op-Amp 741 son de baja frecuencia de operación.



**Figura 50) Respuesta en frecuencia del filtro pasa-altas con $F_c = 1$ MHz
(Segunda medición).**

IV.10 AMPLIFICADOR NO-INVERSOR CON OP-AMP 741

En la figura 51) se representa un amplificador No-Inversor, lo que significa que el voltaje de salida tiene la misma fase que el voltaje de entrada. A continuación diseñamos un circuito de un amplificador No-Inversor con ganancia de +20 adimensional que es igual a $(10\log 20) = 13.01$ dB estimado teórico. Para calcular la ganancia del amplificador se utiliza la ecuación (5).

$$A_{CL} = \frac{R_f + R_1}{R} = \frac{10\text{K}\Omega + 10\text{K}\Omega}{1\text{K}\Omega} = 20 \gg (10\log 20) = 13.01 \text{ dB} \quad (5)$$

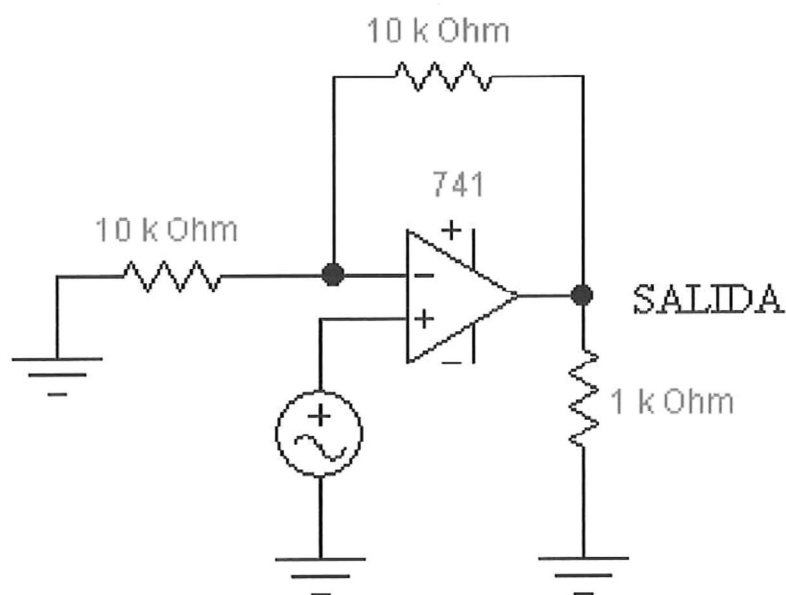


Figura 51) Amplificador No-Inversor con Op-Amp 741.

MEDICIONES DE UN AMPLIFICADOR NO-INVERSOR CON OP-AMP 741

La figura 52) nos muestra la respuesta de un amplificador No-Inversor con un Op-Amp 741, y con ganancia de +20 adimensional, si lo convertimos a dB es $(10\log 20) = 13.01$ dB estimado teórico y como se muestra en la gráfica es muy aproximado a ese valor.

El sistema tuvo los siguientes estímulos.

Frec. Inicial = 1 KHz

Frec. Final = 80 KHz

No. de puntos = 20

Amplitud = 1 Vrms

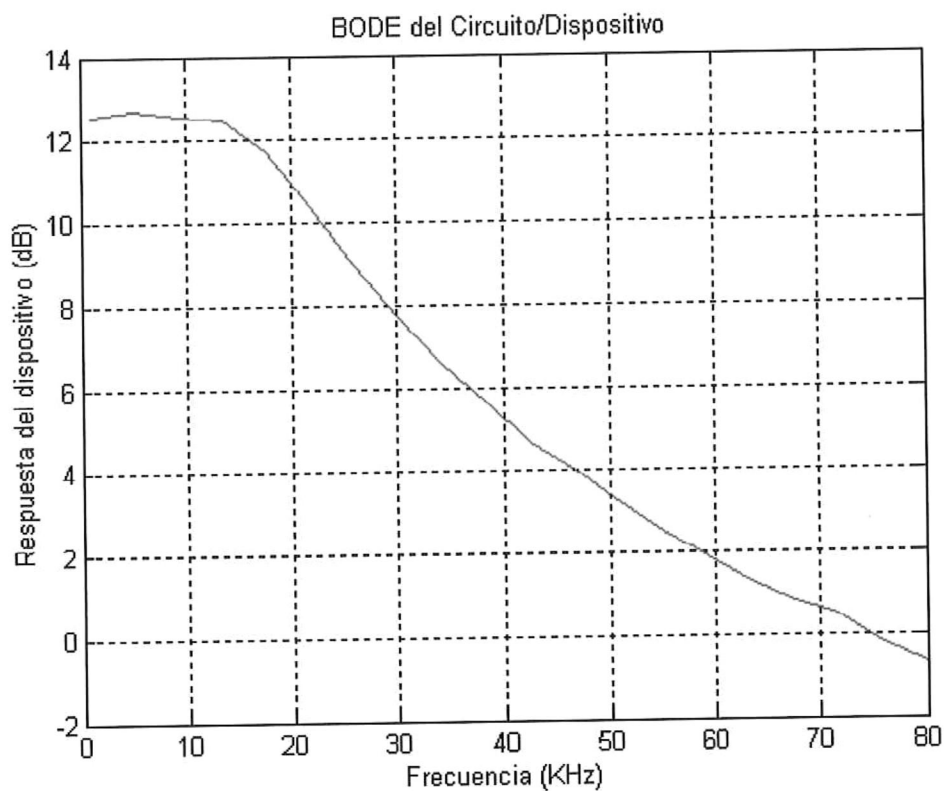


Figura 52) Respuesta del amplificador no inversor con Op-Amp 741.

La figura 53) nos muestra la respuesta logarítmica del sistema en la cual se ve más claramente la pendiente en el amplificador No-Inversor y se puede ver como va dejando de amplificar mientras van pasando las décadas.

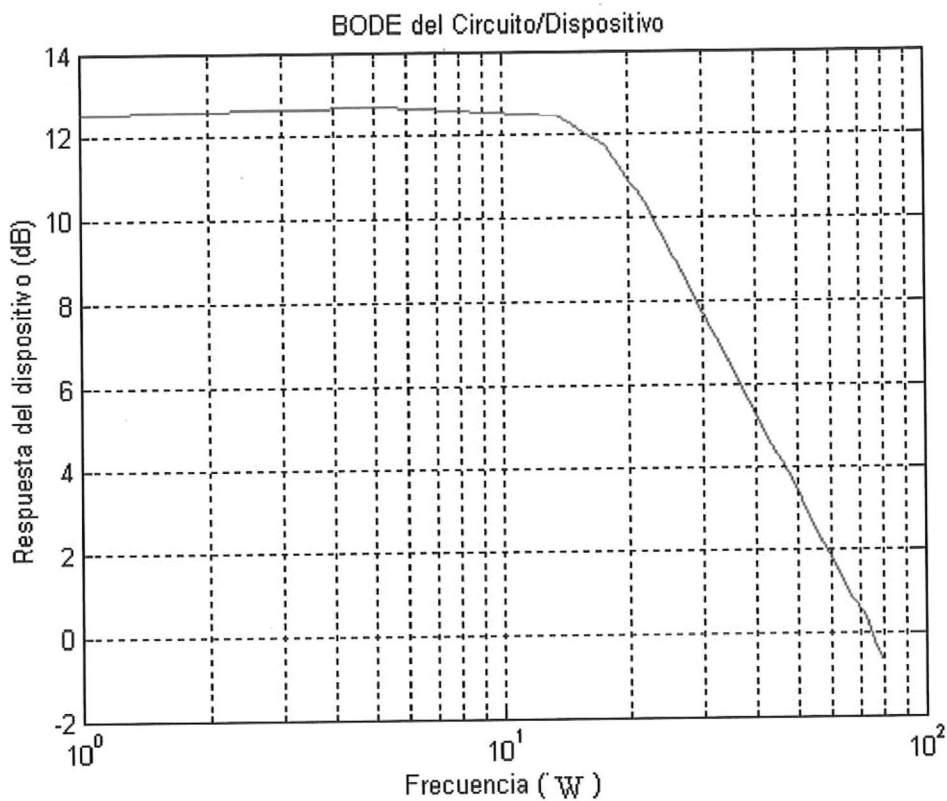


Figura 53) Respuesta en frecuencia en escala logarítmica del amplificador no inversor con Op-Amp 741 con diferentes estímulos.

La figura 54) nos muestra las mediciones del mismo amplificador No-Inversor pero con diferentes estímulos y vemos como su respuesta en frecuencia se ve mas claramente el alcance máximo para estas frecuencias del amplificador.

Frec. Inicial =1 KHz

Frec. Final =100 KHz

No. de puntos = 30

Amplitud =1 Vrms

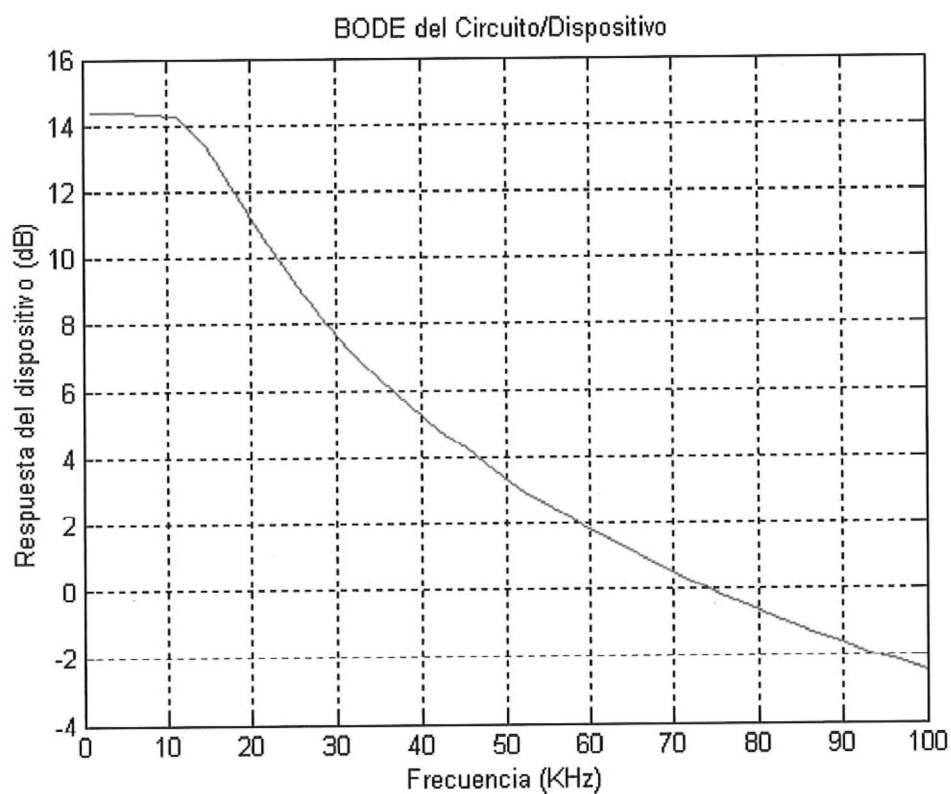


Figura 54) Respuesta en frecuencia del amplificador no inversor con Op-Amp 741 con diferentes estímulos.

IV.11 AMPLIFICADOR DE POLARIZACIÓN FIJA BASADO EN TRANSISTOR 2N2222

En la figura 55) diseñamos un amplificador de polarización fija, en el cual se obtienen ganancias muy elevadas pero es muy inestable, porque presenta fáciles perturbaciones a calor, a ruido, a variaciones de V_{cc} y a la β del transistor.

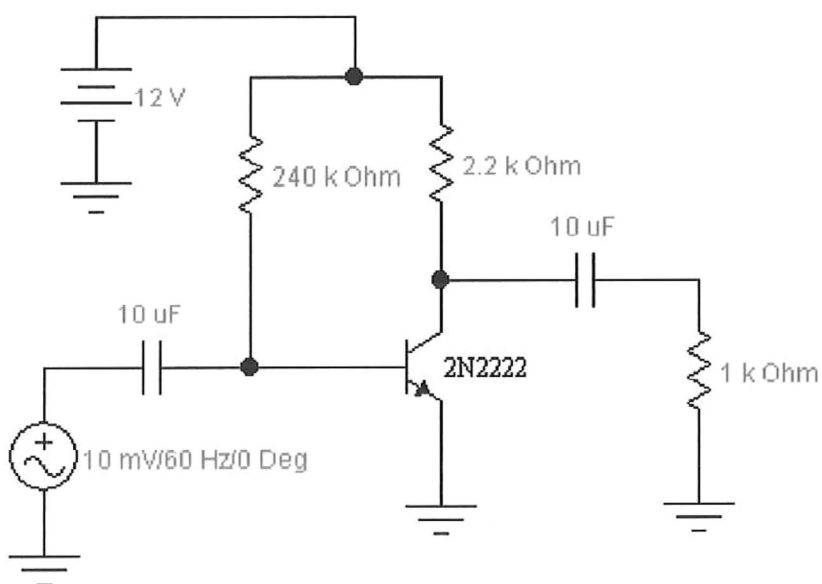


Figura 55) Amplificador de polarización fija basado en Transistor 2N2222.

MEDICIÓN DEL AMPLIFICADOR DE POLARIZACIÓN FIJA BASADO EN TRANSISTOR 2N2222

La figura 56) nos muestra un amplificador de polarización fija basado en el transistor 2N2222, en el cual vemos la ganancia de 27 dB a baja frecuencia y cuando la frecuencia se incrementa, se observa que la ganancia disminuye, a 10 MHz el circuito presenta una ganancia de 9 dB.

El amplificador se caracterizó con los siguientes estímulos:

Frec. Inicial = 10 Hz

Frec. Final = 10 MHz

Amplitud = 0.2 Vrms

No. de puntos = 20

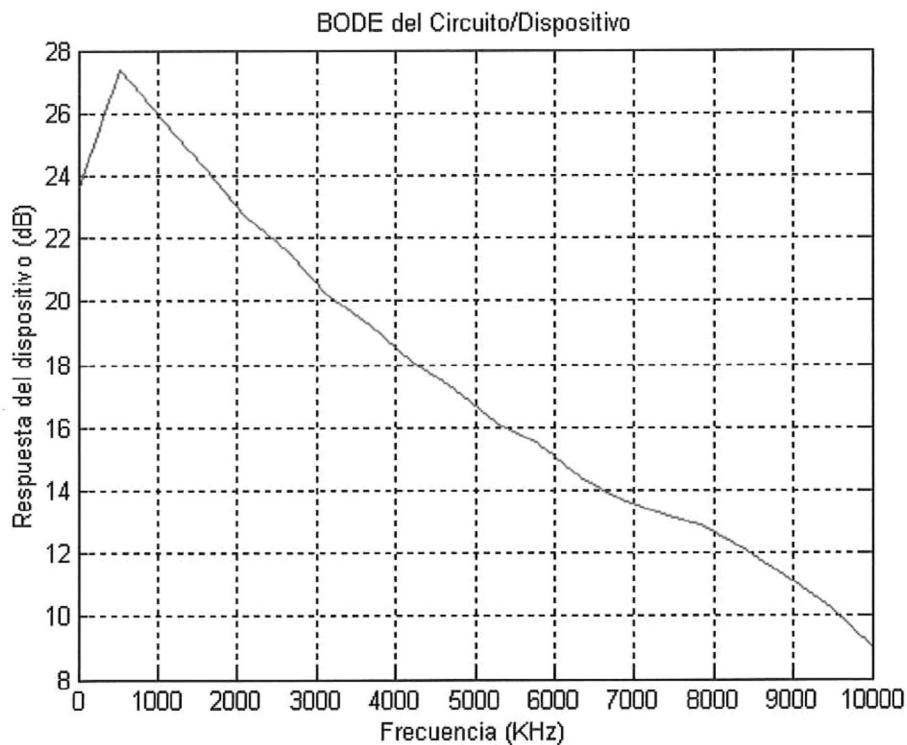


Figura 56) Medición de un amplificador de polarización fija.

La figura 57) muestra la respuesta en frecuencia del amplificador con polarización fija basado en el transistor 2N2222, se puede observar que a bajas frecuencias el circuito tiene una ganancia de 27 dB, sin embargo conforme la frecuencia aumenta, la ganancia disminuye, se puede ver que a una frecuencia de 15 MHz el circuito tiene una ganancia de 5 dB.

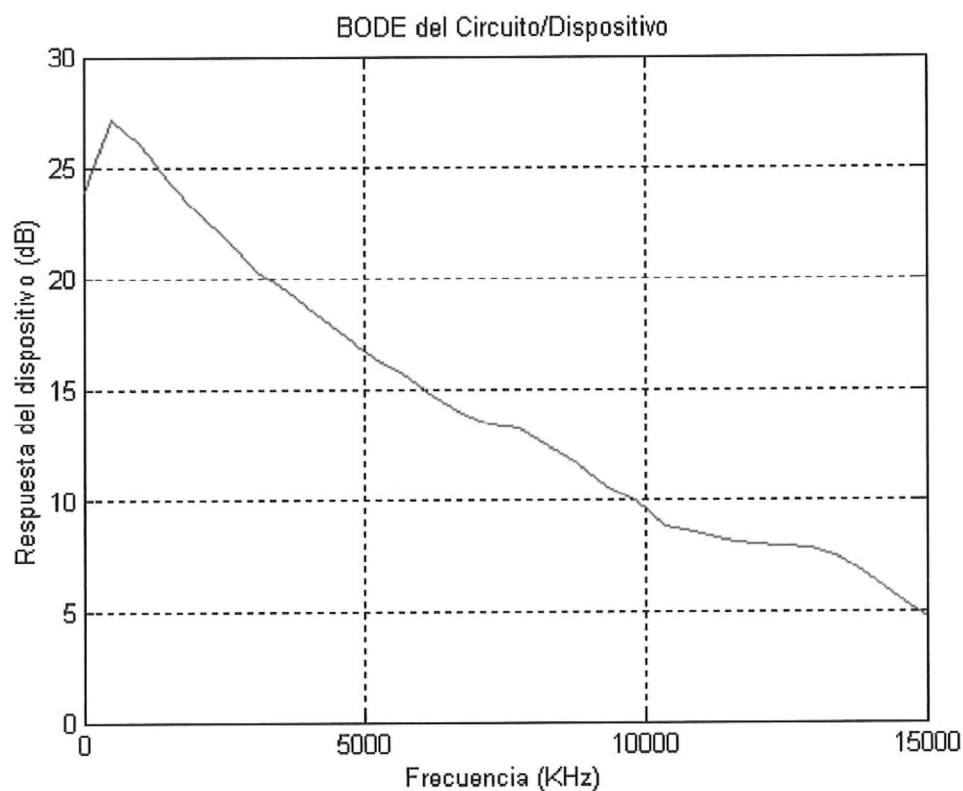


Figura 57) Medición de un amplificador de polarización fija con 30 puntos.

IV.12 AMPLIFICADOR DE POLARIZACIÓN ESTABILIZADA POR EMISOR BASADO EN TRANSITOR 2N2222

El circuito de la figura 58) es un amplificador de polarización estabilizada por emisor, como vemos es un circuito similar a la figura 55), con excepción de que el emisor no esta directamente aterrizada a tierra, este circuito tiene una resistencia de 200Ω en el emisor.

Con este circuito tenemos menos ganancia que el de polarización fija pero es más estable, es decir, sacrificamos ganancia por tener más estabilidad.

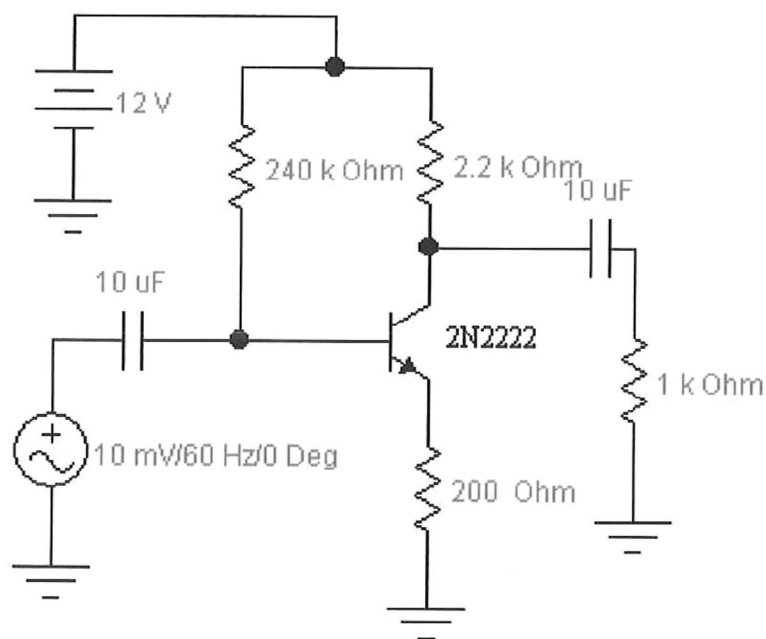


Figura 58) Amplificador de polarización estabilizada por emisor.

MEDICIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE POLARIZACIÓN ESTABILIZADA POR EMISOR BASADO EN TRANSISTOR 2N2222

La figura 59) nos muestra un amplificador de polarización estabilizada de emisor basado en transistor 2N2222 en el cual vemos que con tan solo haber puesto una resistencia en el emisor como baja su ganancia a comparación de la polarización, esto se debe que amplifica menos pero tiene mejor estabilidad y fue medido con los siguientes estímulos.

Frec. Inicial = 500Hz

Frec. Final = 1.5 MHz

Amplitud = 0.2Vrms

No. de puntos = 20

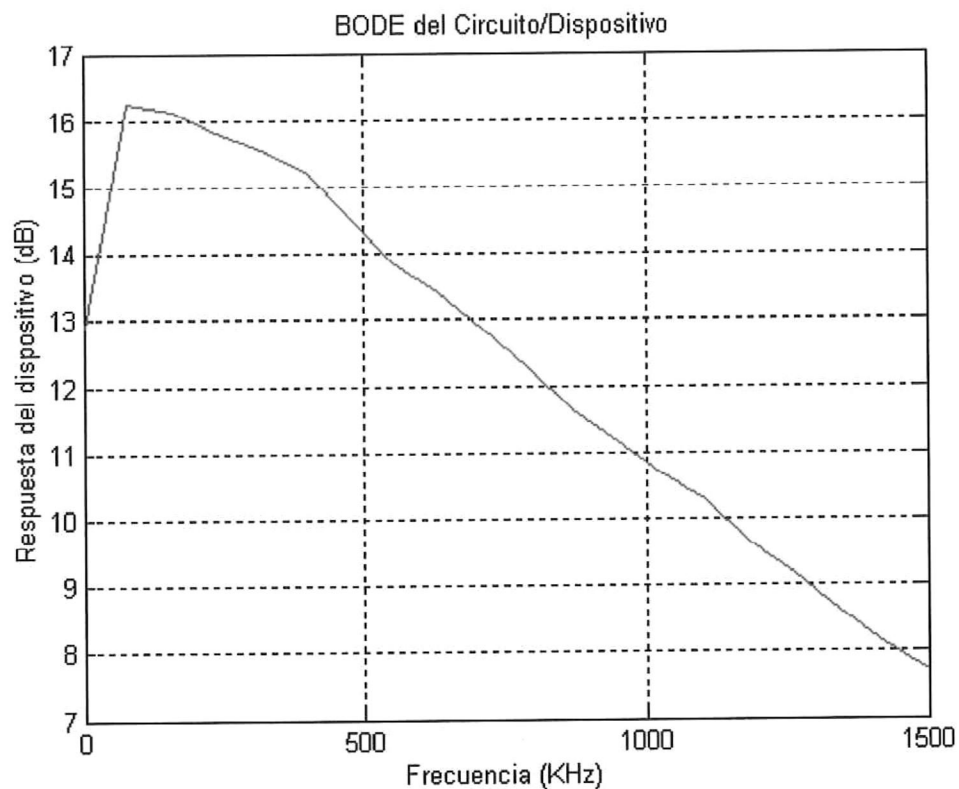


Figura 59) Medición de un amplificador con polarización estabilizada de emisor.

La figura 60), muestra ahora con 40 puntos y con una frecuencia final de 15 MHz, que al agregar la resistencia de emisor al amplificador basado en transistor disminuye la ganancia del amplificador, así como también se observa que el ancho de banda de operación se reduce. Se puede observar que el circuito comienza atenuar las señales superiores a 3000 KHz.

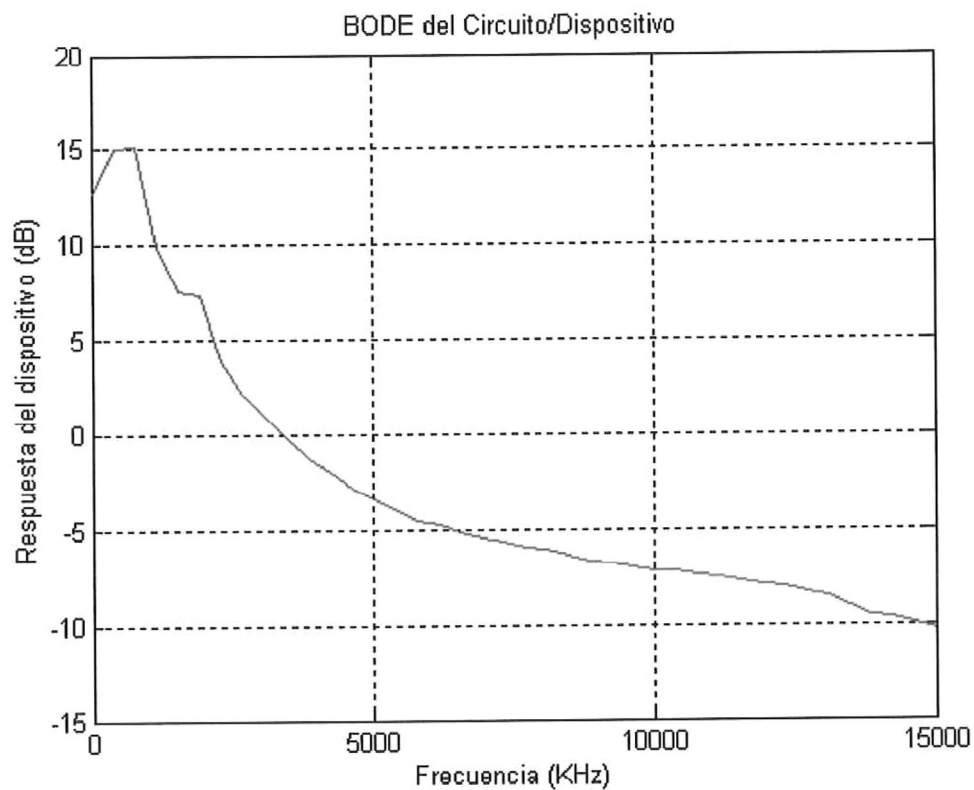


Figura 60) Medición de un amplificador con polarización estabilizada de emisor con diferentes estímulos.

IV.13- OBSERVACIONES DE RESULTADOS MEDIDOS

Al realizar las mediciones de algunos dispositivos, se observó cómo es necesario primeramente calibrar el sistema, para obtener mejores resultados en la medición y por lo tanto en la gráfica, debido a que por lo regular tenemos un margen de error antes de realizar las mediciones debido a la atenuación de los cables de medición de los instrumentos. Estos errores se deben a los elementos parásitos que contienen los cables y conectores.

Otro problema que se presenta es al momento de utilizar componentes fuera de rango como el Op-Amp 741 que se utiliza para baja frecuencias y no responde bien a nuestro sistema si aplicamos altas frecuencias mayores a 700 KHz y se ve en las graficas (42-43, 49-50) como no se tiene una respuesta adecuada.

CONCLUSIONES Y APORTACIONES

V

V.1- CONCLUSIONES

Este proyecto se diseñó con el fin de ayudar a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Electrónica para realizar algunas prácticas de laboratorio de Electrónica I, Electrónica II, Electrónica III, Circuitos II, etc. En el cual por medio de este software que contiene una serie de características específicas para un buen análisis de dispositivos, como filtros pasa-bajas, filtros pasa-altas, amplificadores, etc. En los cuales las mediciones se hicieron más sencillas y un graficado preciso, ya que todo el sistema está realizado por software y no se complican las mediciones como si se realizaran manualmente.

Se obtuvieron resultados manualmente de un filtro pasa bajas pasivo y un filtro pasa bajas activo, para ver su respuesta en frecuencia y posteriormente ser comparadas con las gráficas del sistema de estos mismos filtros para comprobar su validez y se obtuvieron muy buenos resultados y se puede concluir que el sistema responde perfectamente.

Se obtuvieron buenos resultados con este software, ya que se realizaron diversas pruebas, desde calibración del sistema, mediciones de filtros y amplificadores, hasta llegar al graficado de dicha respuesta en frecuencia.

A la vez el software cuenta con unas opciones de utilizar el osciloscopio, el generador de funciones, la fuente de voltaje individualmente, haciendo esto un buen banco de mediciones.

Se presentaron las respuestas en frecuencia obtenidas de diferentes circuitos, como también se observó el comportamiento de los dispositivos/circuitos conforme se incrementa la frecuencia. Se midieron dispositivos fuera de su banda de operación y se observó como se atenúan fuertemente las señales que se les aplica.

Por otra parte, se desarrollaron algunas interfaces gráficas para controlar instrumentos de medición, como son: generador de funciones, osciloscopio y fuente de voltaje. De esta manera, los usuarios de una manera sencilla y amigable pueden manipular los instrumentos desde una computadora personal.

V.2- APORTACIONES

De las aportaciones principales se encuentra que el sistema se puede utilizar en universidades como parte didáctica en la medición de circuitos electrónicos, así como también se puede usar en la industria para la caracterización de muchos sistemas electrónicos de una manera más rápida y precisa, que haciéndose manualmente.

El sistema tiene la gran ventaja que no introduce errores humanos al momento de girar perillas para aplicar estímulos, además es mucho más rápido y preciso el barrido en frecuencias cuando se hace automáticamente.

El sistema es amigable y fácil de utilizar para los usuarios. Y ahora la Facultad de Ingeniería Ensenada cuenta con un sistema de medición automatizado para la caracterización de dispositivos y circuitos electrónicos.

V.3- RECOMENDACIONES A FUTURO

Una recomendación es la modificación del sistema para la utilización de este mismo software, pero hasta un límite de 1 GHz que es la frecuencia máxima del generador (Hewlett Packard Signal Generator 0.1-990 MHz) que se encuentra en el laboratorio de comunicaciones. Probablemente tener un menú para seleccionar el tipo de generador de funciones, de tal manera que el sistema sea más versátil y permita caracterizar dispositivos de microondas.

Además se pudieran medir algunos parámetros de reflexión a la entrada/salida de los dispositivos o circuitos, así como poder medir el desfase de la señal que entran con respecto a la salida del circuito o dispositivo bajo prueba.

En el caso de la caracterización de filtros, se pudiera hacer un ajuste a la curva obtenida para obtener los coeficientes de la función de transferencia del filtro.

Sería muy importante agregar al software utilerías para controlar multímetros, analizadores de espectros y medidores de potencia, etc.

Por último sería muy bueno considerar la caracterización de filtros digitales, el sistema pudiese tener la opción de introducir los modelos matemáticos de los filtros digitales.

BIBLIOGRAFÍA

VI

- **Manual de uso de Fuente de Voltaje Agilent Technologies E3631A.**
Número de Manual: E3631-90002
Número de Edición: 4
Agilent Technologies Company
Impreso en Abril del 2000, en Malasia
- **Manual de uso de Generador de Funciones Hewlett Packard 33120A**
Número de Manual: 33120-90005
Número de Edición: 5
Hewlett Packard Company
Impreso en Agosto de 1997, en U.S.A
- **Manual de uso de Osciloscopio Tektronix TDS 3012B**
Número de Manual: 071-0972-XX
Número de Edición: 5
Tektronix Company
Impreso en Agosto de 1997, en U.S.A
- **Electrónica Teoría de Circuitos**
Robert Boylestad – Luis Nashelsky
Número de Edición: 5
Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- **Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales**
Coughlin, Rober F.
Número de Edición: 5
Prentice Hall
Impreso en 1999

APÉNDICE

VII

APÉNDICE A

COMANDOS Y CODIGOS FUENTE DEL SOFTWARE

ÓRDENES Y COMANDOS ESPECÍFICOS DEL GENERADOR DE FUNCIONES

`g2 = gpib('cbi', 0, 2); % Se conecta al generador de funciones`

`fopen(g2) % Se conecta la tarjeta GPIB con el instrumento`

`fprintf(g2,'func:shap sin'); % Forma de onda senoidal`

`fprintf(g2,'func:shap squ'); % Forma de onda cuadrada`

`fprintf(g2,'func:shap tri'); % Forma de onda triangular`

`fprintf(g2,'func:shap ramp'); % Forma de onda Diente de sierra`

`fprintf(g2,'volt:unit VPP'); % Voltaje de pico a pico`

`fprintf(g2,'volt:unit VRMS'); % Voltaje RMS`

`fprintf(g2,'volt:unit DBM'); % Voltaje dBm`

`fprintf(g2,'am:stat on'); % modulación am`

`fprintf(g2,'fm:stat on'); % modulación fm`

`fclose(g2); %Desconecta el instrumento`

ÓRDENES Y COMANDOS ESPECÍFICOS DE LA FUENTE DE VOLTAJE

- *CLS... Anular el instrumento, conveniente como comando de la inicialización.
- *IDN? ... identificación, es decir declaración del modelo y del fabricante de la fuente del voltaje del instrumento.
- INST P6V... La activación de la de la salida de 6 V.
- OUTP ON... Habilita el voltaje de salida.
- VOLT... fija el valor del voltaje de la salida, el comando completo es e.g.
- VOLT 1, el número que define el valor del voltaje es fijado automáticamente por el programa:
- Voltímetro: MEAS:VOLT:DC? ... medida del voltaje en DC por el voltímetro

ÓRDENES Y COMANDOS ESPECÍFICOS DEL OSCILOSCOPIO

```

fprintf(g, 'clearmenu'); % Limpia el menú del osc.

fprintf(g, 'factory'); %Resetea el osc; configuración del fabricante

fprintf(g, 'lock all'); %Bloquea los botones del osc.

fprintf(g, 'header 0'); %Limpia el ducto de la salida 0 de la tarjeta GPIB

fprintf(g, 'autoset execute'); %Busca la señal de manera automática

fprintf(g, 'ch1:scale?'); % Pregunta al osciloscopio Volts/Div

volts = fscanff(g)    % Lee el valor de los volst / Div

fprintf(g, 'horizontal:main:scale?'); % Pregunta al osciloscopio Time/Div

secs=fscanff(g)    % Lee el valor de los Time / Div

msg=':ch1:volts 2;position 0;offset 0; coupling ac'; % acomplamiento en AC
fprintf(g,msg);

msg=':ch1:volts 2;position 0;offset 0; coupling dc'; % acomplamiento en DC
fprintf(g,msg);

msg=':select:ch2 2';          %SELECCIONAR CH 2
fprintf(g,msg);

%% Selecciona el canal 1 para medir
% msg=':select:ch1 on';
% fprintf(g,msg);

% fprintf(g, 'measurement:meas3:type rms')
% volt_rms=fscanff(g)

%fprintf(g, 'measurement:immed:type frequency?')
%frec=fscanff(g)

msg=':select:ch1 on'; % Selecciona canal 1 para medir
fprintf(g,msg); % envia el comando

```

```
fprintf(g,'measurement:meas3:type rms') % prepara la medición de volts en RMS
fprintf(g,'measurement:meas3:state on') % Activa la medición
fprintf(g,'measurement:meas3:value?') % pregunta el valor de la medición
volt_rms=fscanf(g) % Mide volts en rms
fprintf(g,'measurement:immed:type frequency') % prepara la medición de frecuencia
fprintf(g,'measurement:immed:value?'); % Pregunta valor inmediato medido
frec=fscanf(g) % lee el valor medido
frec = str2num(frec) % Convierte de string a numérico
fclose(g) % cierra la conexión PC – GPIB
delete(g) % borra la variable para liberar memoria y evitar futuros conflictos con GPIB
```

CÓDIGO FUENTE DEL SOFTWARE PRINCIPAL

PROGRAMA PRINCIPAL QUE HACE EL BARRIDO

```

fi=findobj(gcf,'tag','frec_ini') ; %Busca el dato de la frecuencia inicial
fi=get(fi,'string');           %% obtiene el dato en string
frec_ini=str2double(fi)*1000  % Convierte la Frecuencia inicial en Hz a valor numerico
ff=findobj(gcf,'tag','frec_fin') ; %Busca el dato de la frecuencia Final
ff=get(ff,'string');          %% obtiene el dato en string
frec_fin=str2double(ff)*1000  % Convierte la Frecuencia Final en Hz a valor numerico
np=findobj(gcf,'tag','np') ; %Busca el dato de la frecuencia inicial
np=get(np,'string');          %% obtiene el dato en string
np=str2double(np)  % Convierte la Frecuencia inicial en Hz a valor numérico
frec=linspace(frec_ini,frec_fin,np); % Genera el eje de frecuencia
%conec_gen; % se conecta la Pc al generador
g2=gpib('cbi', 0, 2); % Se conecta al Generador de señales
fopen(g2) % Se conecta con el instrumento
%% CONFIGURA AL GENERADOR DE FUNCIONES
fprintf(g2,'func:shap sin'); % configura un onda senoidal
amp=2; %% Configura la amplitud de la señal
fprintf(g2,'volt %f',amp/2); % configura la amplitud
fprintf(g2,'volt:unit VRMS'); % Voltaje de pico a pico
fprintf(g2,'volt:offs %f',0); % offset de cero
fprintf(g2,'freq %f',frec(1)); % pone una frecuencia de 1KHz
%conec_osc; % se conecta al osciloscopio
g = gpib('cbi', 0, 1); % Osciloscopio
fopen(g) % Se conecta la tarjeta GPIB con el instrumento
fprintf(g, 'clearmenu'); % limpia el menú del osc
fprintf(g,'factory'); % configuración del fabricante

```

```

fprintf(g,'header 0'); %limpia el ducto de la salida 0 de la tarjeta GPIB
fprintf(g,'autoset execute'); % busca la señal de manera automática
%pause(1);
pause(0.120);
fprintf(g,'ch1:scale?'); % Pregunta al osciloscopio Volts/Div
%pause(3);
volts =fscanf(g); % Lee el valor de los volst / Div
fprintf(g,'horizontal:main:scale?'); % Pregunta al osciloscopio Time/Div
%pause(3);
secs=fscanf(g); % Lee el valor de los Time / Div
msg=':ch1:volts 2;position 0;offset 0; coupling ac';
fprintf(g,msg);
msg=':ch1:impedance MEG;bandwidth full';
fprintf(g,msg);
msg='select:ch1 on'; % Selecciona canal 1 para medir
fprintf(g,msg); % envia el comando
% pause;
%%% MIDE AMPLITUD
fprintf(g,'measurement:meas3:type rms'); % prepara la medición de volts en RMS
fprintf(g,'measurement:meas3:state on'); % Activa la medición
fprintf(g,'measurement:meas3:value?'); % pregunta el valor de la medición
% pause(1);
BASURA=fscanf(g); % Mide volts en rms  % % LA PRIMER MEDICION SIEMPRE ES
BASURA
fprintf(g,'measurement:immed:type frequency'); % prepara la medición de frecuencia
fprintf(g,'measurement:immed:value?'); % Pregunta valor inmediato medido
frec_ =fscanf(g); % lee el valor medido
%%% MIDE AMPLITUD
fprintf(g,'measurement:meas3:type rms'); % prepara la medición de volts en RMS

```

```

fprintf(g,'measurement:meas3:state on'); % Activa la medición
fprintf(g,'measurement:meas3:value?'); % pregunta el valor de la medición
% pause(1);
volt_rms_=fscanf(g); % Mide volts en rms
for k=1:np
% pause(.1);
fprintf(g2,'freq %f',frec(k)); % genera frecuencia (k)
fprintf(g2,'volt %f',amp/2); % configura la amplitud
    %%% MIDE AMPLITUD
fprintf(g,'measurement:meas3:type rms'); % prepara la medición de volts en RMS
fprintf(g,'measurement:meas3:state on'); % Activa la medición
fprintf(g,'measurement:meas3:value?'); % pregunta el valor de la medición
% pause(1);
volt_rms_med=fscanf(g) % Mide volts en rms
    fprintf(g,'measurement:immed:type frequency'); % prepara la medición de frecuencia
fprintf(g,'measurement:immed:value?'); % Pregunta valor inmediato medido
    frec_med=fscanf(g) % lee el valor medido
end
save datos

    %%% DESCONECTANDO
fclose(g2); % desconecta al instrumento
delete(g2); % borra la variable para liberar memoria y evitar futuros conflictos con GPIB

fclose(g); % desconecta al instrumento
delete(g); % borra la variable para liberar memoria y evitar futuros conflictos con GPIB

```

APÉNDICE B

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO

Generador de Funciones Hewlett Packard 33120A



Figura 62) Generador de Funciones Hewlett Packard 33120A.

La tecnología 33120A de Agilent es un generador de función sintetizado de 15MHz de alto rendimiento con capacidad arbitraria incorporada de la forma de onda. Su combinación de las características de sistema hace este generador de funciones una solución versátil para sus requisitos de prueba ahora y en el futuro.

Fuente de voltaje Agilent E3631A



Figura 63) Fuente de voltaje Agilent E3631A.

Características

- Salidas sencillas y triples
- Salidas de 80 watts a 200 watts
- Ruido bajo y regulación excelente
- Alta exactitud y resolución
- Terminales de salida delanteros y posteriores (E3633/34A solamente)
- Estándar bus de interfase de fines generales y RS-232

Si usted tiene una tarjeta IEEE-488 o un RS-232 en una PC, estas fuentes de alimentación trabajarán para usted. Cada modelo viene equipado del bus de interfase GPIB y de RS-232 como estándar. Toda la programación se hace fácil de utilizar SCPI (comandos estándares para los instrumentos programables).

Los comandos y los identificadores de programación de la salida hechos requieren un parámetro para las gamas de programación y un nombre de salida o un número de la salida pues el identificador de cada salida y de la mayoría de las preguntas devolverá un parámetro.

La gama de programación para un parámetro varía según la salida seleccionada de la fuente de alimentación.

Osciloscopio Tektronix TDS 3012B



Figura 64) Osciloscopio Tektronix TDS 3012B.

Usos

El uso del **Osciloscopio Tektronix TDS 3012B** es muy diverso y va desde:

- Pruebas de Telecomunicaciones
- En el diseño Digital y eliminan errores
- En la instalación video y servicio

Características en pantalla

- 500 MHz, 300 MHz y 100 MHz de ancho de banda
- Muestran rangos hasta 5 GS/s
- 2 o 4 canales
- VGA Color LCD
- Resolución de 9 bits vertical automático
- Modo gráfico fácil para el usuario
- Multi-lenguaje en la interfaz
- 9-Bit del LCD

- 25 medidas automáticas
- WaveAlert detección de la anomalía de la forma de onda
- e*Scope Web-based del mando a distancia
- puerto de Ethernet

Aplicaciones principales

- de la operación fácil para la máscara detallada de las telecomunicaciones del análisis del diseño que prueba los módulos video de
- FFT
- Dos módulos de video para probar la localización de averías para los disparadores avanzados de prueba rápidos de Go/No-Go incluyendo interferencia
- Conexión de impresora de la lógica para la para la impresión de documentación
- Puerto estándar centronics para las unidades en todos los modelos para el almacenaje en diskettes
- Almacenaje en diskette incorporada a los hardcopies rápidos, convenientes para el almacenaje fácil y la documentación

APÉNDICE C

PRUEBAS DEL SISTEMA GPIB

¿Cómo saber si la placa GPIB funciona?

Se corre el programa *National Instruments*>> *NI-488.2.* >> *Getting Started Wizard*

¿Cómo saber si los instrumentos GPIB se comunican con el PC?

Una vez se ha asignado una dirección GPIB a cada uno de los instrumentos (se recomienda no utilizar la dirección 1), para lo cual cada instrumento tiene sus propias instrucciones (ver arriba), se corre el *Measurement&Automation Explorer- NI MAX* y se comprueban con *Scan for Instruments* los instrumentos conectados. Después en

My System>Devices and Interfaces>GPIB0 (PCI-GPIB)>Instrument 0, Instrument 1,..
Efectivamente aparecen todos los instrumentos GPIB. En *Propiedades* de cada uno de los instrumentos puede cambiarse el nombre de VISA alias y comprobar el PAD (GPIB address). Debe testearse entonces si la comunicación con cada uno de los instrumentos funciona, para ello se les manda un comando de identificación *IDN?, y cada instrumento responde con su marca, modelo... con *Communicate with Instruments*

Existen otros programas para la configuración de la tarjeta GPIB y los dispositivos, estos son:

WCBTEST.EXE	programa de prueba del hardware (Windows)
WINCBIC.EXE	programa de control interactivo (Windows)
CBCONF.EXE	programa de configuración de software (Dos)
CBIC.EXE	programa de control interactivo (Dos)
CBTEST.EXE	programa de prueba del hardware (Dos)

Existen dos paquetes de instalaciones de este software antes mencionado, es el de 16 bits y 32 bits, el problema esta en que el paquete de 32 bits no esta disponible para sistema en Ms-Dos o Windows 3.1.

Y en su defecto para 16 bits no esta disponible para Windows NT. Aquí se coloca una tabla para ver las compatibilidades.

GPIB software	Dos	Win 3.1	Win 95/98	Win NT	Visa
Paquete 16-bit	Si	Si	Si	No	No
Paquete 32-bit	No	No	Si	Si	Si

Tabla 6) Compatibilidades de GPIB- Ms-Dos o Windows.

Por mejor manejo utilizaremos el paquete de 32 bits para uso de Windows

¿Cómo asignar direcciones GPIB a cada uno de los instrumentos?

Osciloscopio Tektronix TDS 3012B

GPIB Address: 1

g =gpib('cbi', 0, 1); % ENLAZA GPIB - Osciloscopio

Generador de Funciones Hewlett Packard 33120A

GPIB Address: 2

g2 =gpib('cbi', 0, 2); % ENLAZA GPIB - Generador

Fuente de voltaje Agilent E3631A

GPIB Address: 3

g3 =gpib('cbi', 0, 3); % ENLAZA GPIB - Fuente de voltaje

La realización de los programas estará en el siguiente orden.

Primeramente daré una descripción de los comandos utilizados por los distintos dispositivos para la utilización en GPIB, posteriormente se hará un desarrollo de los programas en MatLab para finalmente realizar las pruebas correspondientes para su optimo funcionamiento.

Comandos Osciloscopio

```
g = gpib('cbi', 0, 1); % dirección Pc – Osciloscopio
g2= gpib('cbi', 0, 2); % dirección Pc – Generador de Funciones
g3 = gpib('cbi', 0, 3); % dirección Pc – Fuente de Voltaje
```

En este primer comando se esta preparando la configuración de la tarjeta GPIB con el dispositivo a conectar. Se propone la letra “g” por fácil manejo como variable por (gpib) , después se le indica “gpib” para que prepare la conexión de la PC al dispositivo y posteriormente ('cbi', 0, 1), la “cbi” indica el fabricante de la tarjeta, como ya vimos anteriormente existen varios fabricantes, pero nosotros trabajaremos con la cbi, enseguida se le indica la primera dirección que es la de la PC y por default se le indica el valor “0” y después la dirección del primer dispositivo en este caso ponemos el “1” por ser la dirección que configuramos el osciloscopio si utilizamos el generador de funciones se coloca el numero “2” y la Fuente de Voltaje el numero “3” como esta indicado en la parte superior.

Colocamos la opción que vayamos a utilizar ya sea g, g2, g3

```
fopen(g) % Se conecta la tarjeta GPIB con el instrumento
fopen(g2) % Se conecta la tarjeta GPIB con el instrumento
fopen(g3) % Se conecta la tarjeta GPIB con el instrumento
```

Este es el comando ya una vez configurada la tarjeta GPIB se le indica este comando para abrir el puerto de conexión de la tarjeta con el dispositivo y poder trabajar.

Si tuviéramos algún error en la configuración de la tarjeta en este paso nos daríamos cuenta, ya que una vez que escribimos este comando nos marca un error y no podríamos continuar nuestro proceso.

Y finalmente se coloca el comando correspondiente, dependiendo que sea lo que realizaremos.

INDICE D**TA DE ACRÓNIMOS**

	Personal Computer
IB	General Purpose Interface Bus
HP-IB	Hewlett-Packard Interface Bus
SCPI	Standar Commands for Programmable Instrumentation
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ANSI	American National Standards Institute
IEC	International Electrotechnical Commission
NI	National Instruments
Mcc	Measurement Computing Corporation
Cbi	Computer Boards, Inc
Cec	Capital Equipment Corporation
VISA	Virtual Instrument Standar Architecture
DAV	Data Valid
NRFD	Not Ready For Data
NDAC	Data Accepted
ATN	Attention
IFC	Interface Clear
SRQ	Service Request
REN	Remote Enable
EOI	End Or Identify