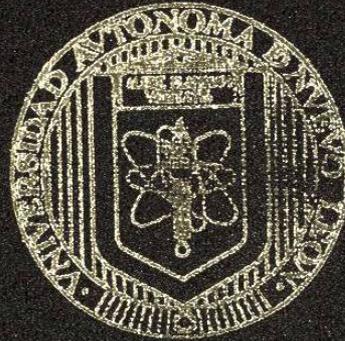


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA LA
EXPERIMENTACION DE CIRCUITOS ELECTRONICOS

POR

ROSA ALICIA ELIZONDO CALLEJAS

TESIS
EN OPCION AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L., DICIEMBRE DE 1997

TM
Z5853
.M2
FIME
1997
E4

1997

EXPERIMENTACION DE CIRCUITOS ELECTRONICOS
DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA LA
R.A.E.C.

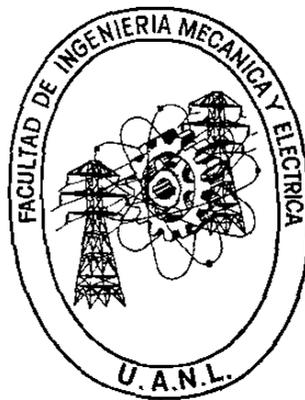


1020120835

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA LA
EXPERIMENTACION DE CIRCUITOS ELECTRONICOS**

POR

ROSA ALICIA ELIZONDO CALLEJAS



**FONDO
TESIS**

**TESIS
EN OPCION AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L., DICIEMBRE DE 1997

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

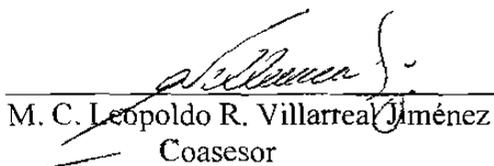
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA PARA LA EXPERIMENTACION DE CIRCUITOS ELECTRONICOS realizada por la Ing. Rosa Alicia Elizondo Callejas sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de Ingeniería Eléctrica con especialidad en Electrónica.

El Comité de Tesis



Asesor

M. C. Luis Manuel Camacho Velázquez



M. C. Leopoldo R. Villarreal Jiménez
Coasesor



M. C. Sergio Martínez Luna
Coasesor



Vo.Bo.
M.C. Roberto Villarreal Garza
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, N. L. Diciembre de 1997

PROLOGO

En nuestra era, es importante que los egresados de las carreras relacionadas con la ingeniería eléctrica y electrónica sean capaces no sólo de tener los conocimientos más nuevos sobre su especialidad, sino que deben de poder adaptarse a los cambios tan acelerados de estas disciplinas.

En el futuro, el diseño clásico que involucra el uso de elementos discretos o circuitos integrados serán reemplazados por el diseño de sistemas electrónicos completos como un todo.

Las Universidades que preparan a estos profesionistas deben también de ajustar sus programas de estudio, infraestructura y metodología de enseñanza para que sus egresados sean competitivos y cumplan con las características antes mencionadas.

Para satisfacer los perfiles ideales de los egresados de las áreas de eléctrica y electrónica las Universidades deben de invertir demasiado dinero en infraestructura para las carreras relacionadas con estas disciplinas. Infraestructura que se convierte en obsoleta en un periodo demasiado corto por lo cambiante de la tecnología.

Por otra parte el incremento en las poblaciones escolares obliga también a las Universidades a incrementar el número y tamaño de sus laboratorios, sus equipos y dispositivos de prueba.

Con el propósito de contribuir en algo a la solución parcial de la problemática planteada, proponemos este trabajo que pretende a través de la simulación electrónica reemplazar algunas de las actividades de análisis y diseño tradicional de sistemas eléctricos y electrónicos. Un programa y una computadora no es la solución completa pero si contribuye al ahorro de equipos, componentes y sobre todo a que el estudiante pueda utilizar mediante software los últimos avances de la tecnología.

Debido a lo extenso de los temas tratados en el presente trabajo, hemos colaborado dos personas dedicadas a la enseñanza de la electrónica y afines en cuanto al uso de la computadora como una herramienta de trabajo más en los laboratorios de ingeniería eléctrica y electrónica.

SINTESIS

La presente tesis plantea la problemática que se presenta en las instituciones educativas de nivel superior para la adquisición de equipos, dispositivos de prueba, prototipos de experimentación en las áreas de ingeniería eléctrica y electrónica. Ya que estar al día con la tecnología es demasiado difícil por sus cambios tan rápidos y por las limitaciones de índole económico.

Este trabajo pretende crear un documento que sirva como tutorial para el aprendizaje de la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos mediante el uso de la computadora. Se considera que con la ayuda de software y la computadora muchas de las sesiones prácticas de las asignaturas relacionadas con las áreas de eléctrica y electrónica pueden ser sustituidas por la simulación.

El trabajo se desarrolla alrededor de un software de simulación de circuitos electrónicos con énfasis en circuitos integrados denominado pspice. Este es un programa de simulación que emplean los departamentos académicos de eléctrica/electrónica de las universidades con mayor prestigio en el mundo.

Inicia la presentación de este trabajo con una descripción a grandes rasgos de los requerimientos de hardware y de software para la simulación de circuitos eléctricos por computadora y posteriormente se define cual es el proceso de análisis de un circuito, como se manipulan los componentes y las señales eléctricas. Se propone una

metodología para el análisis del punto de operación de un circuito, para la obtención de funciones de transferencia, para estudiar el comportamiento de un sistema con respecto a la frecuencia y también para el comportamiento dinámico o transitorio de los circuitos.

Dedicatorias

A mis padres

Sr. Raúl Elizondo Salazar y Sra. María del Pilar Callejas de Elizondo
Con amor y gratitud por el valioso apoyo que me dan.

A mi abuelita

Sra. Eulogia García Vda. de Callejas

A la memoria de mi abuelito

Sr. Manuel Callejas Laguna

Agradecimientos

A Dios

A mi asesor

Ing. Luis Manuel Camacho Velázquez, por su disponibilidad y ayuda en la
realización de esta tesis.

A mi compañero de tesis

Ing. Juan Sarabia Ramos, por su colaboración.

Contenido

CAPITULO 1	INTRODUCCION	1
1.1	INTRODUCCION	1
1.2	OBJETIVO	2
1.3	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	3
1.4	JUSTIFICACION	3
1.5	METODOLOGIA	4
CAPITULO 2	PROCESO DE ANALISIS DE UN CIRCUITO	5
2.1	SOFTWARE DE SIMULACION	5
2.2	ARCHIVOS GENERADOS	7
2.3	INSTALACION DEL SOFTWARE DE EVALUACION	9
2.4	CONVENCIONES PARA EL USO DEL MOUSE	9
2.5	COMO INICIAR UNA SESION CON PSPICE	10
2.6	RECOMENDACIONES SOBRE EL LISTADO DE UN CIRCUITO	12
CAPITULO 3	COMPONENTES	13
3.1	COMPONENTES PASIVOS	13
3.2	FUENTES DE VOLTAJE INDEPENDIENTES	17
3.3	FUENTES DE CORRIENTE INDEPENDIENTES	22
3.4	FUENTES DE CORRIENTE CONTROLADAS	24
3.5	FUENTES DE VOLTAJE CONTROLADAS	26

3.6	TRANSISTORES BIPOLARES (BJT)	27
3.7	TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO	28
3.8	DIODOS	30
3.9	PUERTOS	31
3.10	ESPECIALES	33
CAPITULO 4 ANALISIS DEL PUNTO DE OPERACION Y BARRIDO DE CD		36
4.1	INTRODUCCION	36
4.2	PUNTO DE OPERACION DE UN EMISOR COMUN	37
4.3	FUNCIONAMIENTO LINEAL DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL	38
4.4	CURVAS CARACTERISTICAS DE UN TRANSISTOR	41
4.5	EL TEOREMA DE LA MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA	44
CAPITULO 5 FUNCION DE TRANSFERENCIA		49
5.1	INTRODUCCION	49
5.2	MODELO DE UN AMPLIFICADOR EMISOR COMUN	50
5.3	MODELO DE UN AMPLIFICADOR FUENTE COMUN	53
5.4	MODELO DE UN CIRCUITO INVERSOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL	57
CAPITULO 6 RESPUESTA A LA FRECUENCIA		61
6.1	INTRODUCCION	61
6.2	AMPLIFICADOR INVERSOR DE CA	62
6.3	AMPLIFICADOR EMISOR COMUN	66
6.4	FILTRO ACTIVO	70

CAPITULO 7 ANALISIS TRANSITORIO	75
7.1 INTRODUCCION	75
7.2 AMPLIFICADOR INVERSOR CON OP-AMP	75
7.3 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN FILTRO	79
CAPITULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
8.1 CONCLUSIONES	85
8.2 RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA	87
LISTADO DE TABLAS	89
LISTADO DE FIGURAS	89
GLOSARIO DE TERMINOS	92
RESUMEN AUTOBIOGRAFICO	93

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION

Para el año 2000, todo lo relacionado con el diseño electrónico, el desarrollo, las pruebas, y el mantenimiento será simulado en una computadora. Todos los componentes y los procesos existirán únicamente como bases de datos y operaciones matemáticas. Únicamente muy al final del proceso de desarrollo la salida de la computadora será convertida en un dispositivo real.

En la presente década se ha observado como las computadoras, sobre todo las llamadas de uso personal, se han incrementado en número en casi cualquier empresa y sobre todo en instituciones educativas. Se han convertido en máquinas con procesadores cada vez más potente y rápidas, además han aparecido y evolucionado a la par un sin número de periféricos, de sistemas operativos y de software de aplicación.

En las instituciones educativas de educación superior se observa como la computadora personal se ha convertido en una herramienta indispensable para la simulación y la programación de dispositivos (en general).

Podemos asegurar que en la actualidad ya no existe pretexto para tener una computadora personal como herramienta de trabajo, ya que existe una gran cantidad de software (sistemas operativos, programas de aplicación, compiladores, etc.) completamente gratis.

El presente trabajo pretende apoyar en algo a la problemática que se presenta en las instituciones de educación en donde se tienen problemas para implementar, mantener, o actualizar la infraestructura de los laboratorios de circuitos eléctricos, electrónica digital, electrónica analógica y de potencia, proponiendo para ello una base para realizar la simulación de circuitos por computadora.

1.2 OBJETIVO

El presente trabajo tiene como propósito fundamental, crear un documento que sirva como tutorial para el aprendizaje de la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos mediante el uso de la computadora. Con este documento se pretende que mediante la simulación:

- Se pueda verificar que un circuito funciona o no antes de implementarlo
- Se permita realizar pruebas que en el laboratorio serían:
 - Difíciles o imposibles
 - Inconvenientes por no contar con el equipo adecuado
 - Inconvenientes por la posibilidad de destruir el circuito
- Sea posible la demostración de teoremas y principios fundamentales de la teoría de circuitos.
- Se realicen comprobaciones del comportamiento de un circuito ante situaciones especiales como la retroalimentación, transitorios, etc.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En las instituciones educativas de nivel superior se hace cada vez más difícil la adquisición de equipo y de componentes para la experimentación con circuitos eléctricos y/o electrónicos. Algunas de las razones son las siguientes:

- Los equipos de laboratorio son cada vez más sofisticados y costosos.
- El desarrollo tecnológico es demasiado rápido y es difícil estar actualizando la infraestructura.
- Los componentes se requieren cada vez en mayor cantidad y diversidad para estar al día con la tecnología.
- Hay una tendencia muy fuerte hacia el uso de dispositivos programables, que son caros, y difíciles de encontrar.
- Los equipos didácticos para la experimentación en las áreas mencionadas son extremadamente costosos y el costo es proporcional al grado de actualización de la tecnología.
- Cada vez es mayor el número de estudiantes y la infraestructura física no es suficiente para poder atenderlos.

1.4 JUSTIFICACION

Las Universidades que preparan a profesionales en las áreas de ingeniería eléctrica y electrónica deben de ajustar sus programas de estudio, infraestructura y metodología de enseñanza para que sus egresados sean competitivos y estén en posibilidades de absorber los cambios de tecnología. Lo anterior solo es factible si las mismas invierten recursos económicos suficientes. Pero precisamente es el recurso económico lo difícil de conseguir y más aun cuando se sabe que los cambios de tecnología son demasiado

rápidos y es poco costoso realizar una inversión que en relativamente poco tiempo será obsoleta.

El presente trabajo contribuye en algo a la solución parcial de la problemática planteada, ya que a través de la simulación electrónica es posible reemplazar algunas de las actividades de análisis y diseño tradicional de sistemas eléctricos y electrónicos.

1.5 METODOLOGIA

El presente escenario contempla el uso de computadoras conectadas en red para compartir recursos tales como espacio en disco duro e impresoras. La conexión a Internet es altamente recomendable, para la búsqueda de información, de utilerías, de software y de tutoriales.

Se parte de la premisa de que es más económico contar en un laboratorio con una computadora por cada dos alumnos, que contar con todo el equipo de experimentación actualizado.

La metodología empleada en este trabajo consiste primero en definir los componentes que se utilizan en una simulación y como modificar sus atributos. Posteriormente para las actividades de simulación se clasifican en cuatro partes principales, la determinación del punto de operación y barrido de CD, la obtención de funciones de transferencia, la respuesta a la frecuencia y el análisis transitorio.

En cada una de las partes se plantean ejemplos relevantes que involucran teoremas, modelos, principios de circuitos eléctricos y electrónicos. En cada ejemplo se plantea un objetivo, un fundamento teórico, el diagrama esquemático, el establecimiento de las condiciones de simulación y los resultados de la simulación.

CAPITULO 2

PROCESO DE ANALISIS DE UN CIRCUITO

2.1 SOFTWARE DE SIMULACION

SPICE es el acrónimo de "Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis" es decir "programa de simulación con énfasis en circuitos integrados" y fue desarrollado por el Laboratorio de Investigaciones Electrónicas de la Universidad de California. La versión para computadoras personales se conoce como "pspice" y existen versiones para correr en ambientes DOS, Windows y en computadoras Macintosh.

El software MicroSim Corporation contiene tres programas interactivos principales:

- Schematics

Es el programa que permite dibujar un circuito, colocando los elementos, el valor de sus atributos y las interconexiones.

- Pspice

Es el programa que realiza la simulación a partir de un archivo proporcionado por el programa anterior. El programa es invocado directamente por una opción del Schematics.

- Probe

Es un programa graficador de alta resolución que permite visualizar los resultados. Este programa es llamado en forma automática al terminar el Pspice y usa un archivo de éste como entrada.

El diseño, la modificación o el análisis de un circuito será realizado de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Dibujo del circuito usando el programa Schematics
2. Selección del modo de análisis bajo Schematics
3. Simulación del circuito bajo Schematics
4. Despliegue de resultados gráficos

Algunas de las operaciones que se pueden realizar con este programa son:

- Análisis de CD para determinar puntos de operación.
Determina los valores de voltaje y de corriente de los componentes del circuito en modo de CD.
- Efectuar barridos de CD en las fuentes de excitación.
Permite que los valores de las fuentes independientes o el de los elementos pasivos varíen en forma automática dentro de un rango.
- Análisis de CA o respuesta a la frecuencia.
Permite el análisis del comportamiento de un circuito en el dominio de la frecuencia.

La frecuencia se hace variar dentro de un rango predeterminado y se observa el comportamiento de las variables del circuito.

- **Obtención de funciones de transferencia**
Calcula la función de transferencia de señal pequeña linealizando el circuito alrededor del punto de operación.
- **Análisis transitorio.**
Analiza el estado estable sinusoidal de circuitos de CA en el dominio del tiempo. Permite ver las formas de onda de las variables del circuito.
- **Aplicar señales de entrada de diferentes formas.**
Es posible contar con fuentes de voltaje y/o corriente de CD, CA, senoidales, cuadradas, pulsos, etc.

2.2 ARCHIVOS GENERADOS

Durante el proceso de simulación el Pspice crea y accesa los siguientes tipos de archivos:

2.2.1 ARCHIVOS DE CIRCUITO

El primer archivo generado contiene la extensión (.sch) y es el resultado del proceso de dibujar el circuito con el Schematics. El archivo se crea en el momento de guardar la información que está en pantalla y es condición necesaria para pasar al proceso de simulación. Cuando se termina de analizar el archivo esquemático se generan tres nuevos archivos. El archivo del circuito (.cir) que contiene las directivas de simulación y hace referencias a los archivos "netlist", "alias" y "model". El archivo "netlist" describe las listas de las partes y como están conectadas. El archivo "alias" lista nombres alternos para los nodos del circuito. El archivo "model" lista las características de cada componente.

2.2.2 ARCHIVOS LIBRERIAS

Cada componente o parte listada en el circuito maestro tiene las siguientes definiciones:

- Modelo
- Símbolo

La definición del modelo se encuentra en un archivo de librería (.lib) y contiene un conjunto de parámetros de funcionamiento que determinan las características de la parte. La definición de los símbolos se encuentra en otra librería (.slb) y especifica la forma geométrica con la que aparecen en la pantalla.

2.2.3 ARCHIVOS DE SALIDA

El archivo de salida (.out) es un archivo ASCII que almacena los datos de salida de la simulación incluye el listado del circuito, las variables de salida y varias tablas.

2.2.4 ARCHIVOS DE DATOS

El archivo de datos (.dat) es enviado al programa graficador Probe para que genere las curvas y gráficas correspondientes.

2.3 INSTALACION DEL SOFTWARE DE EVALUACION

1. Usar un navegador como el Netscape para obtener el archivo *dlabe71.exe* de la siguiente dirección.

www.microsim.com
2. Crear un directorio *c:\temp* y mover a este directorio el archivo *dlabe71.exe*.
3. Con ayuda del explorador de Windows localizar la carpeta *c:\temp* y efectuar un doble click en el nombre del archivo *dlabe71.exe*. Esta operación expande los archivos de instalación.
4. En la misma carpeta *c:\temp* se encuentra el archivo *setup.exe* con el cual se inicia la instalación del software. Dar un doble click en el nombre del archivo *setup.exe*.
5. Seguir las indicaciones del proceso de instalación. Para finalizar elimine los archivos de la carpeta *c:\temp*

2.4 CONVENCIONES PARA EL USO DEL MOUSE

Bajo el ambiente Windows, la mayoría de los comandos pueden introducirse usando el mouse o el teclado. Cuando se emplea el mouse es importante tomar en cuenta que sigue una secuencia “objeto-acción”. Primero se debe de seleccionar un objeto y luego efectuar una acción:

Un solo click al botón izquierdo selecciona al objeto

Un doble click al botón izquierdo efectúa una acción.

Con el propósito de facilitar la descripción del uso del mouse se adoptará la siguiente convención:

Acción del mouse	Significado
CKL	Un solo click izquierdo, para seleccionar
DCKL	Doble click izquierdo, para terminar un modo o editar una selección
CKR	Un solo click derecho, para cancelar un modo
DCKR	Doble click derecho, para repetir una acción
CKLH	Click izquierdo, mantenerlo abajo y mover el mouse. Para dragar la selección
DRAG	Ningún click solo mover el mouse, para mover el objeto seleccionado

Tabla 2-1 Convención de uso del mouse

2.5 COMO INICIAR UNA SESION CON PSPICE

1. Ejecute la secuencia Start, Programs, MicroSim Eval 7.1.

Luego CKL en Schematics, como resultado aparece la ventana del programa.

Maximize la ventana del programa schematics.

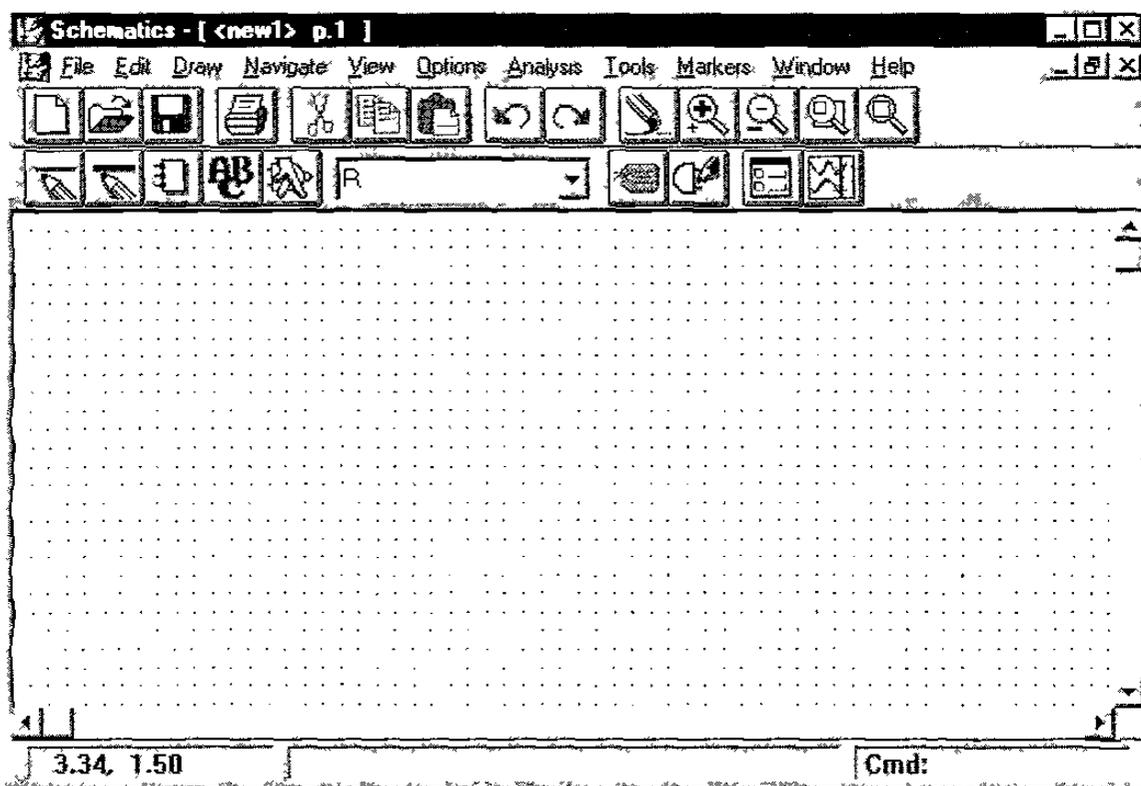


Fig. 2-1 Pantalla de la aplicación Schematics.

2. Guarde el archivo nuevo.

Para ello deberemos de crear una carpeta para cada circuito que realicemos, de la siguiente forma:

Ejecutar la secuencia File, Save As...

Como resultado de esto aparece la ventana de diálogo Save As... siguiente.

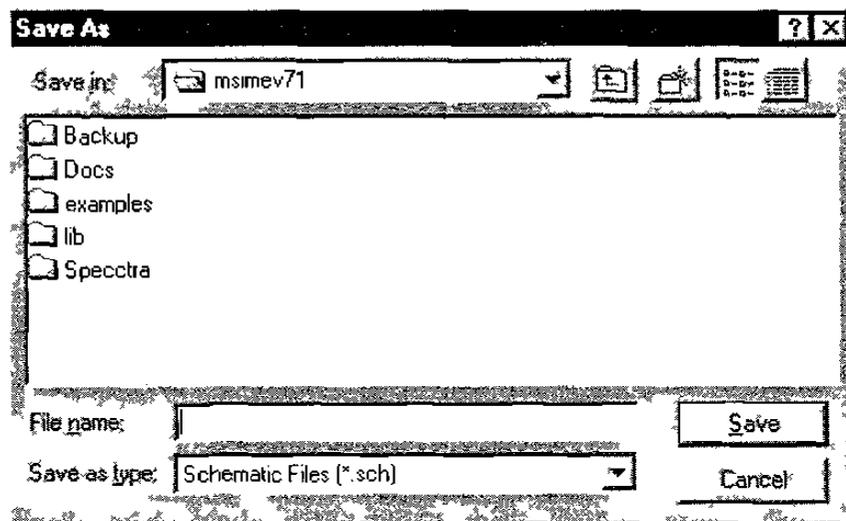


Fig. 2-2 Ventana de diálogo Save As..

3. Un CKH al icono de Add New Folder y asignarle un nombre por ejemplo "circuitos".

DCKH a la nueva carpeta circuitos para abrirla.

En la caja de texto File name: escriba el nombre del archivo, por ejemplo "prueba" CKH en el botón Save.

4. Dibuje el circuito y guarde constantemente los cambios realizados.

Después de realizar la simulación y de observar los resultados, salir de la aplicación con la secuencia:

File, exit

5. Para abrir un archivo previamente guardado el procedimiento es similar al paso Ejecutar la secuencia File, Open
En la ventana de diálogo Open, abrir la carpeta deseada con un CKH en el icono correspondiente.
Dar un DCKL en la carpeta del archivo que se desea abrir.
Repeta las acciones del paso 3.

2.6 RECOMENDACIONES SOBRE EL LISTADO DE UN CIRCUITO

Para efectuar el análisis de un circuito es necesario que tengamos todos los nodos perfectamente etiquetados y que conozcamos como están conectados todos los componentes.

Hay unas reglas muy simples que debemos de tener en cuenta:

- Todos los dispositivos del circuito se consideran que están interconectados mediante nodos. La interconexión se realiza en forma gráfica.
- Los nodos son números enteros positivos o nombres cortos y son asignados automáticamente por la aplicación.
- La tierra es el nodo número 0 (cero).
- Todos los circuitos tienen un nodo 0 (cero) de referencia, y cada uno de los otros nodos del circuito debe de tener una trayectoria de CD hacia este punto.
- Todos los nodos deben de estar conectados al menos a otro nodo. Si se desea simular un circuito abierto colocar una resistencia muy grande (1 Gohm o más) del nodo a tierra.

Las fuentes de voltaje y de corriente se consideran ideales. Las de voltaje tienen resistencia interna igual a cero y las de corriente igual a infinito.

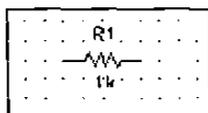
CAPITULO 3

COMPONENTES

3.1 COMPONENTES PASIVOS

Suponiendo que se tenga ya la ventana para crear un circuito nuevo, se procederán a cargar los elementos que a continuación se describen:

RESISTENCIA



1. Secuencia: Draw, Get New Part
Aparece la ventana Part Browser Basic

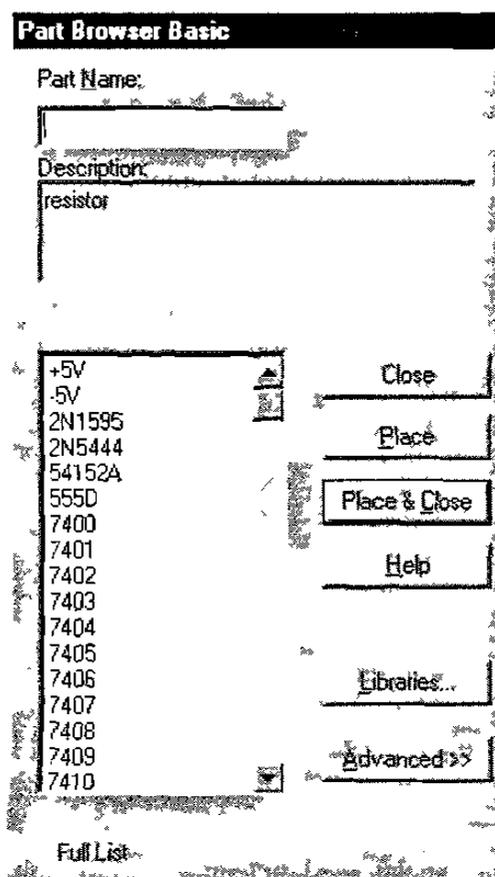


Fig. 3-1 Ventana de diálogo Part Browser Basic.

2. En la caja de texto Part Name teclear R y luego CKL en el botón Place & Close.
3. Opcionalmente puede rotar el símbolo con la secuencia de teclas CTRL-R, también puede hacer un flip con la combinación CTRL-F. Para fijar el símbolo de un CKL y se tiene todavía la opción de seguir colocando más resistencias con un CKL. Para terminar de un CKR o presione la tecla ESC. Es muy importante tener en cuenta que la terminal positiva de la caída de voltaje en una resistencia es la que está del lado del cursor del mouse.
4. La resistencia tiene dos atributos principales. El nombre y el valor. Para modificar el nombre ejecute un DCKL en el texto del nombre dado por default. Aparece la caja de diálogo Edit Reference Designator.

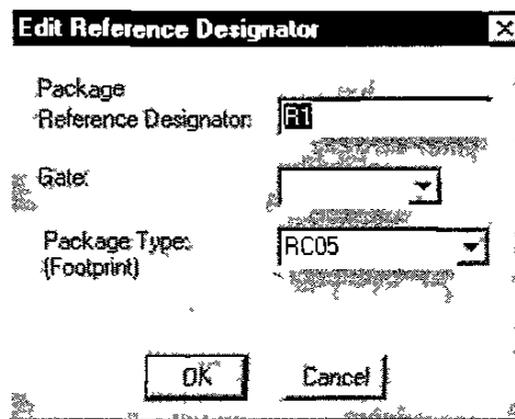


Fig. 3-2 Ventana de diálogo Edit Reference Designator

Modifique el nombre en la caja de texto Package Reference Designator y acepte.

5. Para modificar el valor dado por default, de un DCKL en el lugar que ocupa el valor de la resistencia. Aparece la caja de diálogo Set Attribute Value.

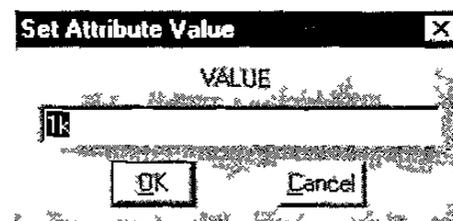


Fig. 3-3 Ventana de diálogo Set Attribute Value

Modifique el valor dado por default, en la caja de texto VALUE y acepte.

Recuerde que puede usar los siguientes sufijos:

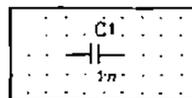
SUFIJOS EN PSPICE

Sufijo	Multiplicador
m, M	10e-3
u, U	10e-6
n, N	10e-9
p, P	10e-12
k, K	10e3
meg, MEG	10e6

Tabla 3-1 Sufijos en Pspice

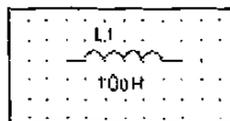
6. Finalmente es posible mover el nombre y el valor de la resistencia, seleccionando con un CKL el atributo y luego arrastrarlo hacia el lugar deseado (DRAG).

CAPACITOR



Para colocar un capacitor proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra C.

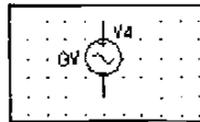
INDUCTANCIA



Para colocar una inductancia proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra L.

3.2 FUENTES DE VOLTAJE INDEPENDIENTES

FUENTE DE CA SIMPLE



Para colocar una fuente de CA proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas VAC.

Esta fuente tiene dos atributos principales: El nombre y el valor que corresponde a la magnitud de corriente alterna ACMAG. Pero además contiene otros atributos opcionales. Realizando un DCKL en el símbolo de la fuente, se llega a la caja de diálogo siguiente

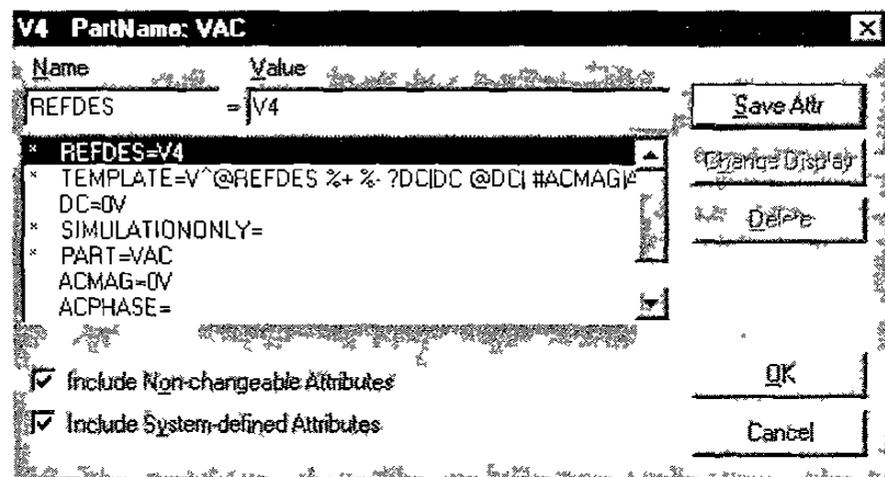
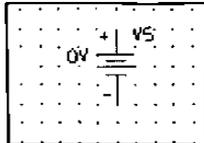


Fig. 3-4 Ventana de diálogo V4 PartName: VAC

En ésta es posible realizar un CKL en los atributos DC (componente de CD) y ACPHASE (la fase en grados eléctricos) para que en la caja de texto Value

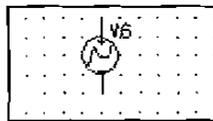
modifiquemos el valor por default y luego un CKL en el botón de Save Attr para que el cambio se efectúe. Al terminar de fijar los atributos, aceptar.

FUENTE DE CD



Para colocar una fuente de CD proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas VDC. Los atributos de este elemento son esencialmente el nombre y la magnitud DC de la fuente.

FUENTE LINEAL A TRAZOS



Para colocar una fuente de voltaje lineal a trazos, proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas VPWL.

Especificación de la señal.

Supongamos que la señal de voltaje es una onda triangular de 10 volts de pico a pico y una frecuencia de 1000 Hertz. Procedemos con un DCKL en el símbolo de la fuente para que aparezca la caja de diálogo Part Name: PWL

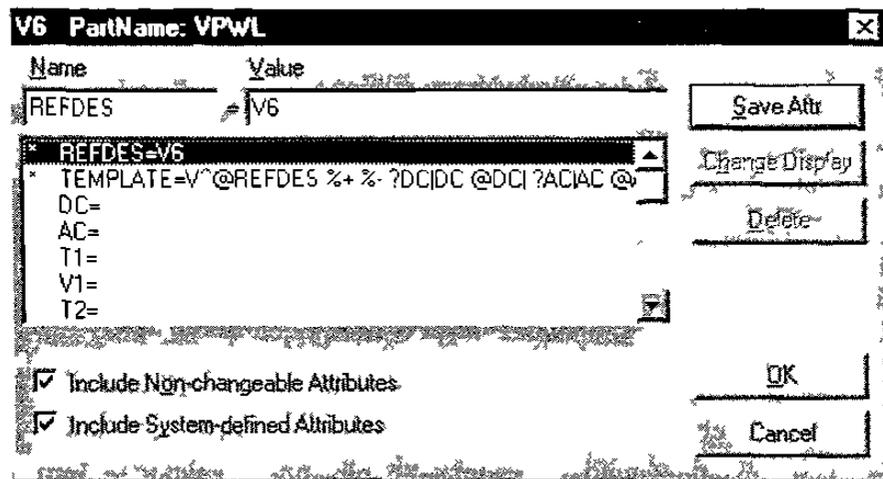


Fig. 3-5 Ventana de diálogo V6 PartName: VPWL

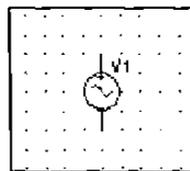
A continuación especificamos los trazos lineales de la señal para por lo menos dos ciclos:

T1=0	T2=.25m	T3=.75m	T4=1.25m	T5=1.75m	T6=2.25m
V1=0	V2=5	V3= -5	V4=5	V5= -5	V6= 5

Tabla 3-2 Asignación de trazos lineales

Recuerde seleccionar primero el atributo con un CKL por ejemplo T1, luego asignar el valor y dar un CKL en el botón de Save Attr. Para finalizar aceptar.

FUENTE SENOIDAL PARA TRANSITORIOS



Para colocar una fuente senoidal para transitorios proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas VSIN.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: VSIN

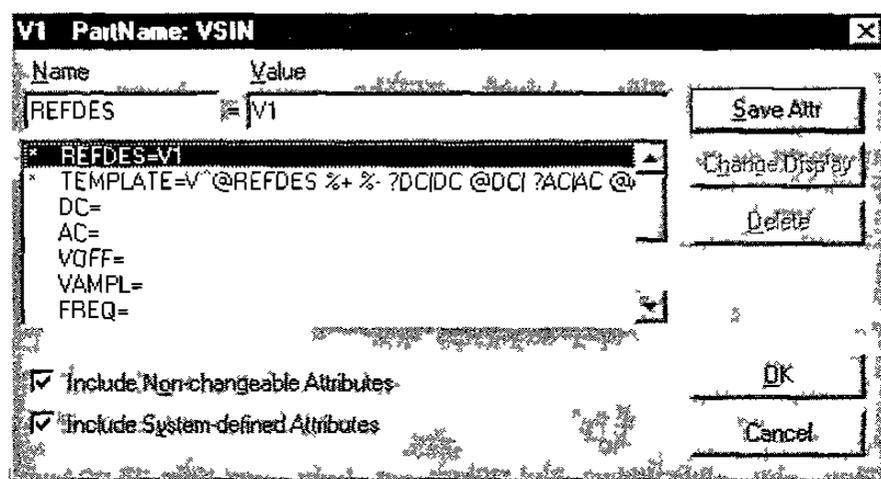


Fig. 3-6 Ventana de diálogo V1 PartName: VSIN

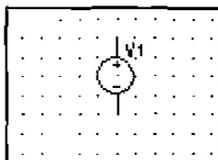
Los atributos esenciales son:

VAMPL La amplitud de la onda senoidal
 FREQ La frecuencia de la señal

Opcionalmente puede especificar:

DC Valor de CD que influye solo en análisis del punto de operación
 AC Valor de CA que influye solo en análisis de respuesta a la
 frecuencia
 VOFF Componente de CD adicional a la señal senoidal
 TD Retardo de la señal, el transitorio inicia TD segundos después del
 arranque

FUENTE SIMPLE CON ESPECIFICACION



Para colocar una fuente simple proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte ParteName: son las siglas VSRC.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: VSRC

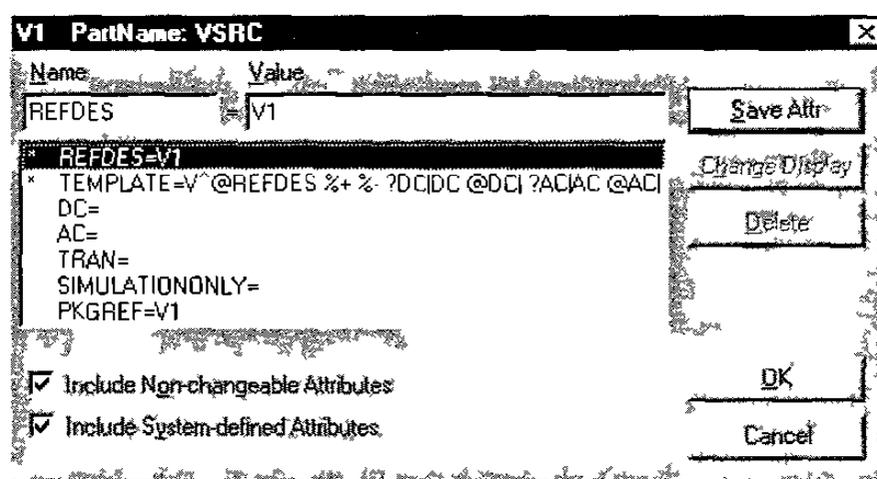


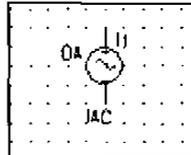
Fig. 3-7 Ventana de diálogo V1 PartName: VSRC

Esencialmente podemos editar los atributos REFDES (el nombre), DC (valor de CD) y AC (valor de CA).

3.3 FUENTES DE CORRIENTE INDEPENDIENTES

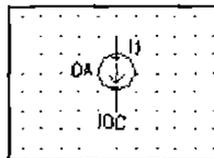
Para cada fuente de voltaje existe una fuente de corriente correspondiente:

FUENTE DE CA



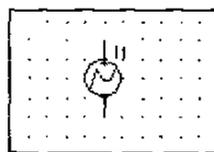
Para colocar una fuente de corriente CA proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas IAC. El tratamiento de esta fuente de corriente es similar a su contraparte VAC.

FUENTE DE CD



Para colocar una fuente de CD proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas IDC. Los atributos de este elemento son esencialmente el nombre y la magnitud DC de la fuente.

FUENTE LINEAL A TRAZOS

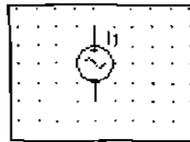


Para colocar una fuente de corriente lineal a trazos, proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas IPWL.

Especificación de la señal.

Proceder de manera similar a la especificación realizada con la fuente de voltaje VPWL.

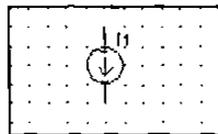
FUENTE SENOIDAL PARA TRANSITORIOS



Para colocar una fuente senoidal para transitorios proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas ISIN.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: ISIN. Posteriormente modifique los atributos de manera similar a la fuente VSIN.

FUENTE SIMPLE CON ESPECIFICACION

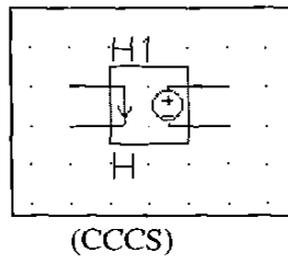


Para colocar una fuente simple proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas ISRC.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: ISRC. Posteriormente modifique los atributos de manera similar a la fuente VSIN.

3.4 FUENTES DE CORRIENTE CONTROLADAS

FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR CORRIENTE



En esta fuente la corriente de salida está controlada por el valor de la corriente en las terminales de muestreo de la entrada.

$$I_o = \text{Gain} * I_{in}$$

Para colocar una fuente CCCS proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra F.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: F.

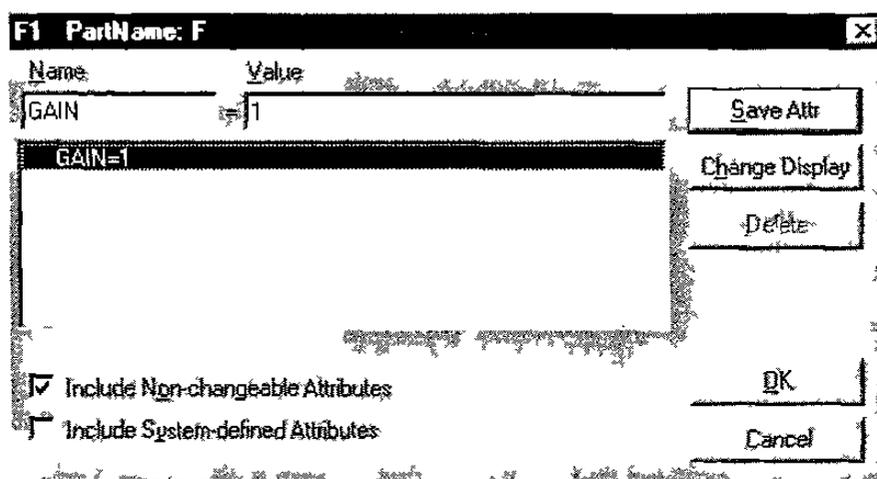
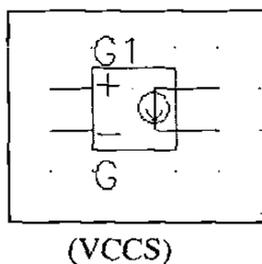


Fig. 3-8 Ventana de diálogo F1 PartName: F

En este caso el único atributo que se puede modificar es el factor de amplificación o ganancia GAIN. El nombre de la fuente se puede modificar generando un DCKL en el nombre dado por default.

FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR VOLTAJE



En esta fuente la corriente de salida está controlada por el valor del voltaje de control medido en las terminales de muestreo de la entrada.

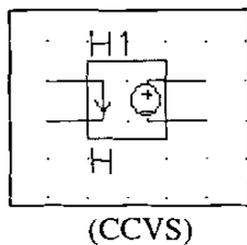
$$I_o = \text{Gain} * V_{in}$$

Para colocar una fuente simple proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra G.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: G.

3.5 FUENTES DE VOLTAJE CONTROLADAS

FUENTE DE VOLTAJE CONTROLADA POR CORRIENTE



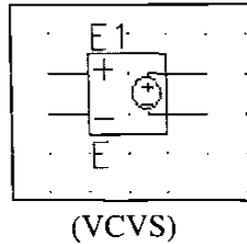
En esta fuente el voltaje de salida está controlada por el valor de la corriente en las terminales de muestreo de la entrada.

$$V_o = \text{Gain} * I_{in}$$

Para colocar una fuente CCVS proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra H.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: H.

FUENTE DE VOLTAJE CONTROLADA POR VOLTAJE



En esta fuente el voltaje de salida está controlado por el valor del voltaje de control medido en las terminales de muestreo de la entrada.

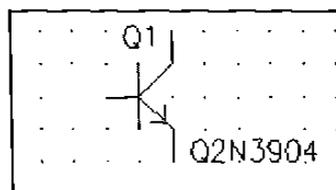
$$V_o = \text{Gain} * V_{in}$$

Para colocar una fuente VCVS proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la letra E.

Los atributos de este elemento se modifican dando un DCKL en el símbolo de la fuente, para que aparezca la caja de diálogo PartName: E.

3.6 TRANSISTORES BIPOLARES (BJT)

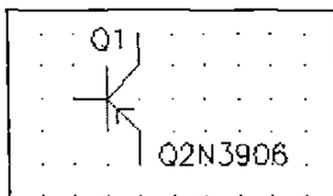
TRANSISTORES NPN



Para colocar un transistor npn proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas Q2N2222 o bien Q2N2907A o Q2N3904 según sea el tipo de transistor que desee usar.

El único atributo de este elemento que se puede modificar es el nombre del transistor, para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

TRANSISTORES PNP

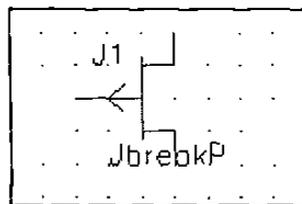
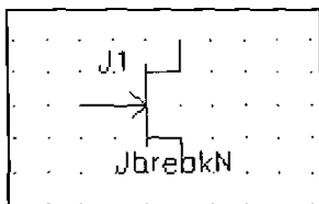


Para colocar un transistor pnp proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas Q2N3906. Para la versión del software de evaluación es el único disponible.

El único atributo de este elemento que se puede modificar es el nombre del transistor para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

3.7 TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO

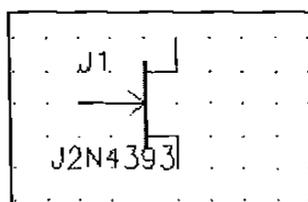
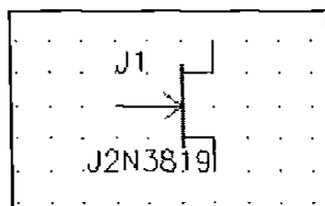
FET's DE DIFUSION



Para colocar un transistor de efecto de campo de difusión, proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas JbreakN o bien JbreakP según sea canal N o canal P. Para la versión del software de evaluación son los únicos disponibles.

El único atributo de estos elementos que se puede modificar es el nombre del fet, para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

FET's DE INDUCCION

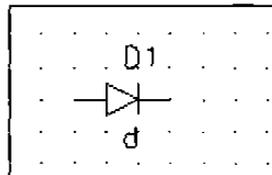


Para colocar una transistor de efecto de campo de inducción (depletion), proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas J2N3918 ó bien J2N4393. Para la versión del software de evaluación son los únicos disponibles.

El único atributo de estos elementos que se puede modificar es el nombre del fet, para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

3.8 DIODOS

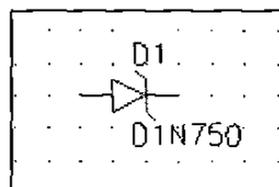
DE UNION



Para colocar un diodo de unión proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas D para un diodo genérico o bien D1N4002 ó D1N4148 ó D1N914 según sea el tipo de diodo que desee usar.

El único atributo de este elemento que se puede modificar es el nombre del diodo para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

ZENER

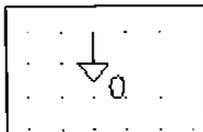


Para colocar un diodo zener proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas D1N750. Para esta versión de evaluación es el único zener disponible.

El único atributo de este elemento que se puede modificar es el nombre del diodo para ello de un DCKL en el texto correspondiente.

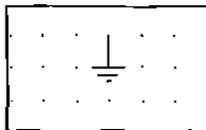
3.9 PUERTOS

TIERRA ANALOGICA



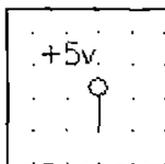
Para colocar una tierra analógica proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte *PartName*: son las siglas AGND.

TIERRA DEL SUELO



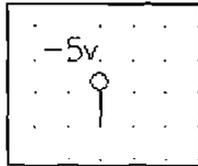
Para colocar una tierra del suelo proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte *PartName*: son las siglas EGND.

CONEXION A +5V



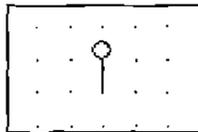
Para colocar una conexión a +5V proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte *PartName*: son las siglas +5V.

CONEXION A -5V



Para colocar una conexión a -5V proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas -5V.

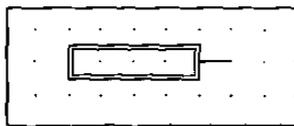
CONECTOR BUBBLE



Para colocar un conector tipo burbuja proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la palabra BUBBLE.

Con un DCKL en el símbolo del conector y modificar su atributo LABEL. El conector estará unido a otro conector Bubble que tenga la misma etiqueta.

CONECTOR GLOBAL

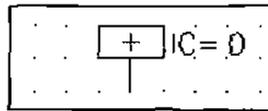


Para colocar un conector tipo global proceda de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la palabra GLOBAL.

Con un DCKL en el símbolo del conector y modificar su atributo LABEL. El conector estará unido a otro conector global que tenga la misma etiqueta.

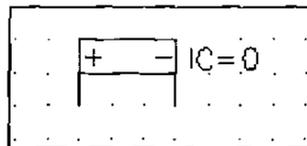
3.10 ESPECIALES

CONDICION INICIAL PARA UN NODO



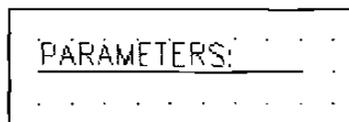
Para establecer una condición inicial en un nodo se procede de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas IC1. El conector debe de hacer contacto con el nodo. El atributo que se puede modificar es el valor del voltaje inicial.

CONDICION INICIAL ENTRE DOS NODOS



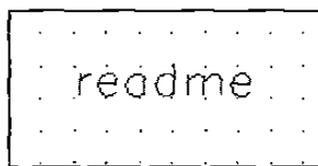
Para establecer una condición inicial entre dos nodos se procede de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: son las siglas IC2. Mediante el cableado los conectores deberán de hacer contacto con el par de nodos. El atributo que se puede modificar es el valor del voltaje inicial entre los dos nodos.

DEFINICION DE PARAMETROS



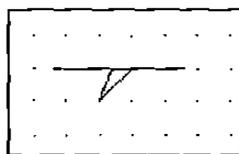
Para establecer un conjunto de parámetros del circuito se procede de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la palabra PARAMETERS. Dando un DCKL en el símbolo es posible especificar los nombres y los valores de los parámetros.

LEER ARCHIVO DE TEXTO



Para colocar un indicador de lectura de un archivo de texto se procede de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la palabra README. Dando un DCKL en el símbolo es posible especificar el nombre y trayectoria del archivo de texto.

PUNTA DE PRUEBA



Para colocar puntos de prueba en los nodos de un circuito se procede de manera similar al método usado para una resistencia. Solo que el identificador de parte PartName: es la palabra VIEWPOINT. No hay atributo que especificar. Después de la

simulación el viewpoint indica el valor del voltaje de CD que tiene el nodo correspondiente.

CAPITULO 4

ANALISIS DEL PUNTO DE OPERACION Y BARRIDO DE CD

4.1 INTRODUCCION

Se entiende por análisis del punto de operación la determinación de los voltajes y corrientes en los elementos de un circuito de CD. Los pasos a realizar son:

1. Colocar todos los elementos del circuito y realizar las interconexiones.
2. Modificar los atributos de los elementos, es decir, los nombres y los valores.
3. Guardar el archivo del documento (nombre.sch).
4. Establecer el tipo de análisis, en este caso Análisis, Setup y luego Bias point.
5. Efectuar la simulación con la secuencia Analysis, Simulate.
6. Observar los resultados en el archivo de salida, Analysis, Examine Output.

Un barrido de CD significa que el valor de una fuente de voltaje o de corriente o bien el valor de un componente se hará variar desde un valor inicial hasta un valor final, con el propósito de observar el comportamiento de los voltajes y/o corrientes en un

circuito de CD. La variación puede ser lineal, logarítmica o por una lista de valores. Los barridos de CD pueden ser anidados.

4.2 PUNTO DE OPERACION DE UN EMISOR COMUN

OBJETIVO

Medir los voltajes de CD en los nodos de un circuito mediante el uso de los puntos de prueba de voltaje (viewpoint)

FUNDAMENTO

En un transistor bipolar la unión Base-Emisor debe de estar directamente polarizada y la unión Base-Colector inversamente polarizada.

DIAGRAMA ESQUEMATICO.

Los elementos que se van a utilizar son los siguientes:

Fuente de voltaje de CD

Fuente de voltaje simple

Resistencia

Transistor Q2N3904

Capacitor

Tierra analógica

Punto de prueba

El documento del circuito se guardará con el nombre cap401.sch.

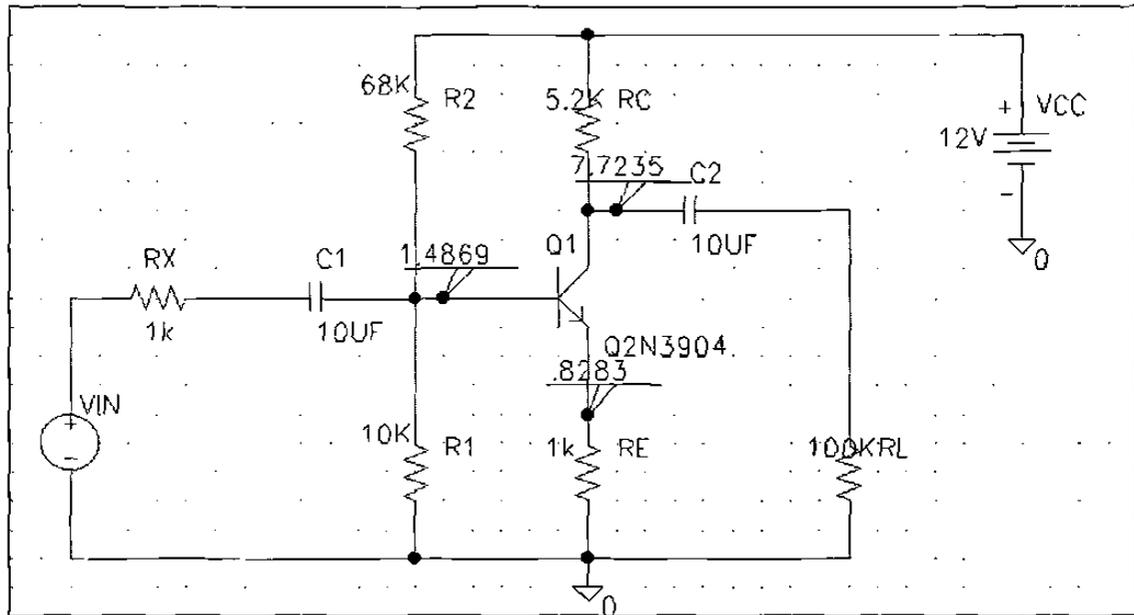


Fig. 4-1 Diagrama esquemático Amplificador Emisor Común.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 4-1 se pueden observar los voltajes en las terminales del Emisor, de la Base y del Colector del transistor.

$$V_C = 7.7235V$$

$$V_B = 1.4869V$$

$$V_E = .8283V$$

Valores que comprueban que el transistor está debidamente polarizado.

4.3 FUNCIONAMIENTO LINEAL DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL

OBJETIVO

Comprobar las reglas de funcionamiento lineal de un amplificador operacional.

FUNDAMENTO

Un amplificador operacional opera en la región lineal cuando se cumple:

- Que existe una retroalimentación negativa
- Que el voltaje de salida es menor que el voltaje de saturación

Cuando lo anterior se cumple dos reglas básicas del funcionamiento lineal:

1. - El voltaje de la terminal inversora automáticamente se iguala al voltaje de la terminal no inversora.
2. - Las corrientes en las entradas prácticamente son iguales a cero.

Para comprobar las reglas se medirán los voltajes en las terminales de entrada del amplificador operacional y en las resistencias que están en serie con las terminales de entrada.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos que se van a utilizar son los siguientes:

Fuente de voltaje de CD

Fuente de voltaje simple

Resistencia

Amplificador Operacional uA741

Tierra analógica

Punto de prueba

La figura 4-2 ilustra el diagrama esquemático de un amplificador no inversor y los resultados de la simulación.

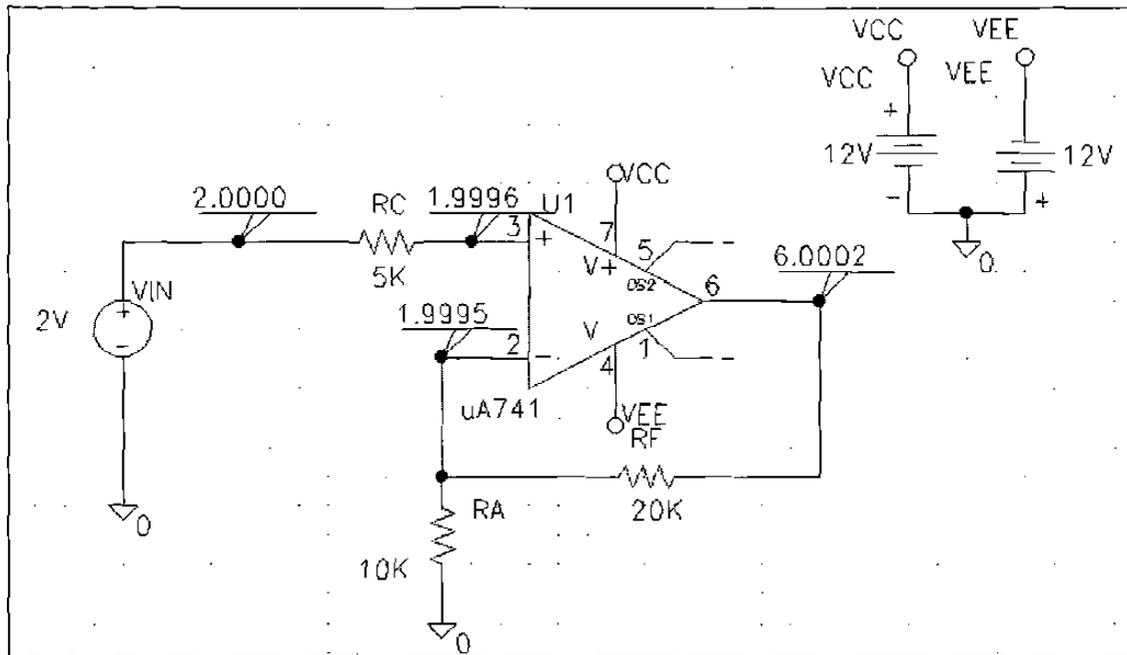


Fig. 4-2 Diagrama esquemático amplificador no inversor.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En el circuito de la figura 4-2 se puede observar que los voltajes de las entradas inversora y no inversora son para todo fin práctico iguales. También se observa que la corriente en la terminal no inversora es prácticamente igual a cero ya que la caída en la resistencia RC prácticamente es igual a cero. El voltaje de salida es tres veces el voltaje de entrada ya que la ganancia de voltaje está dada por

$$1 + R_F/R_A$$

4.4 CURVAS CARACTERISTICAS DE UN TRANSISTOR

Sirva este ejemplo para ilustrar el uso del barrido de corriente directa y el anidamiento del mismo.

OBJETIVO

Obtener las curvas características de un transistor bipolar variando el voltaje VCE de colector a emisor para diferentes valores de corriente de base IB.

FUNDAMENTO

La corriente del colector es proporcional a la corriente de base. Para un valor de corriente de base, se obtiene una curva característica variando el voltaje de colector a emisor.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos que se van a utilizar son los siguientes:

- Fuente de voltaje de CD
- Fuente de corriente de CD
- Marca de corriente
- Tierra analógica

La figura 4-3 muestra el diagrama esquemático. La marca de corriente se obtiene con la secuencia Markers, Mark current into pin.

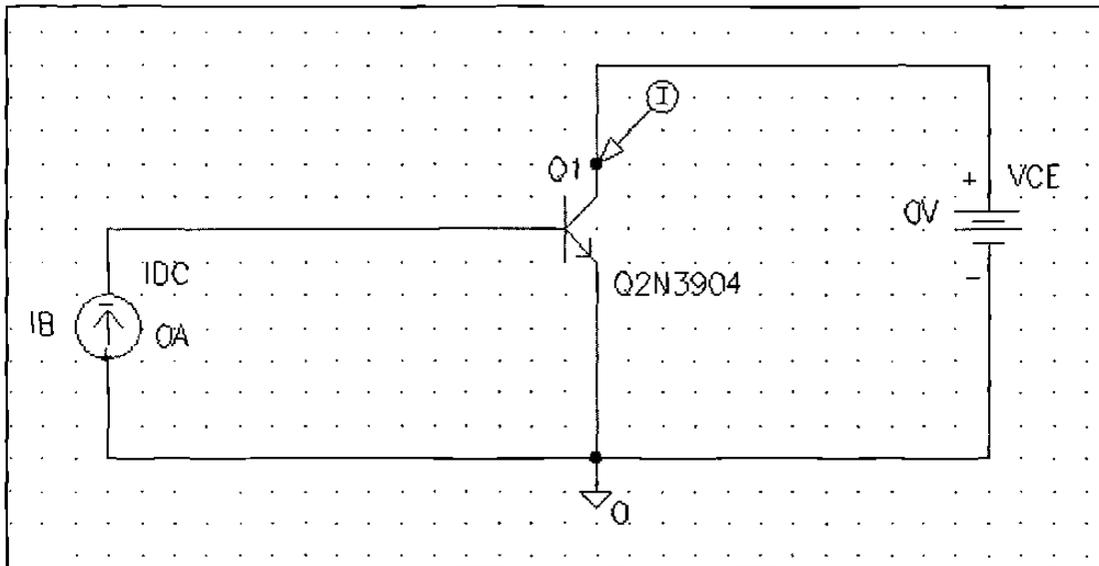


Fig. 4-3 Diagrama esquemático para la obtención de curvas características de un transistor

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Con la secuencia Analysis, Setup, DC Sweep fijamos los siguientes valores

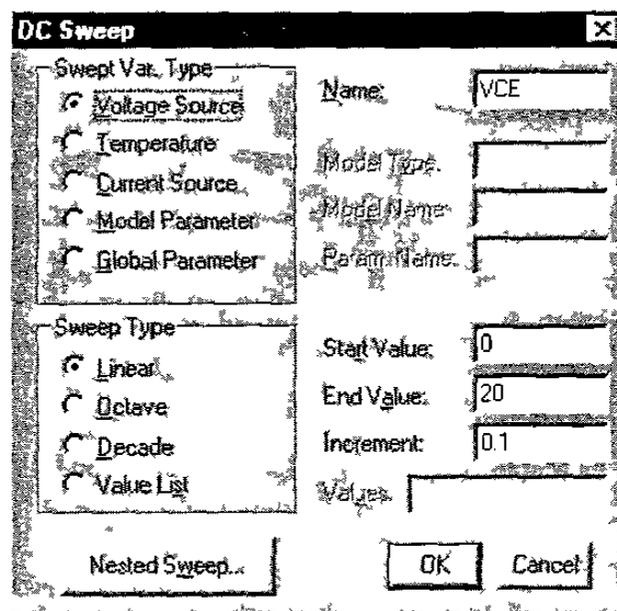


Fig. 4-4 Ventana de diálogo DC Sweep.

Posteriormente con la secuencia Analysis, Setup, DC Sweep, Nested Sweep establecemos los valores para la fuente de corriente, como se ilustra a continuación.

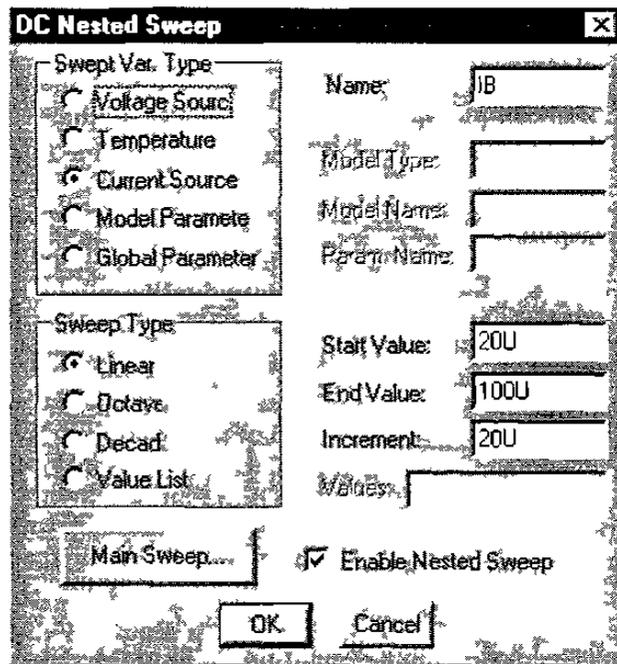


Fig. 4-5 Ventana de diálogo DC Nested Sweep.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

Al efectuar la simulación y al terminar de la misma se activa en forma automáticamente el graficador de alta resolución PROBE. En él se muestra una gráfica de corriente del colector IC, contra voltaje colector a emisor VCE.

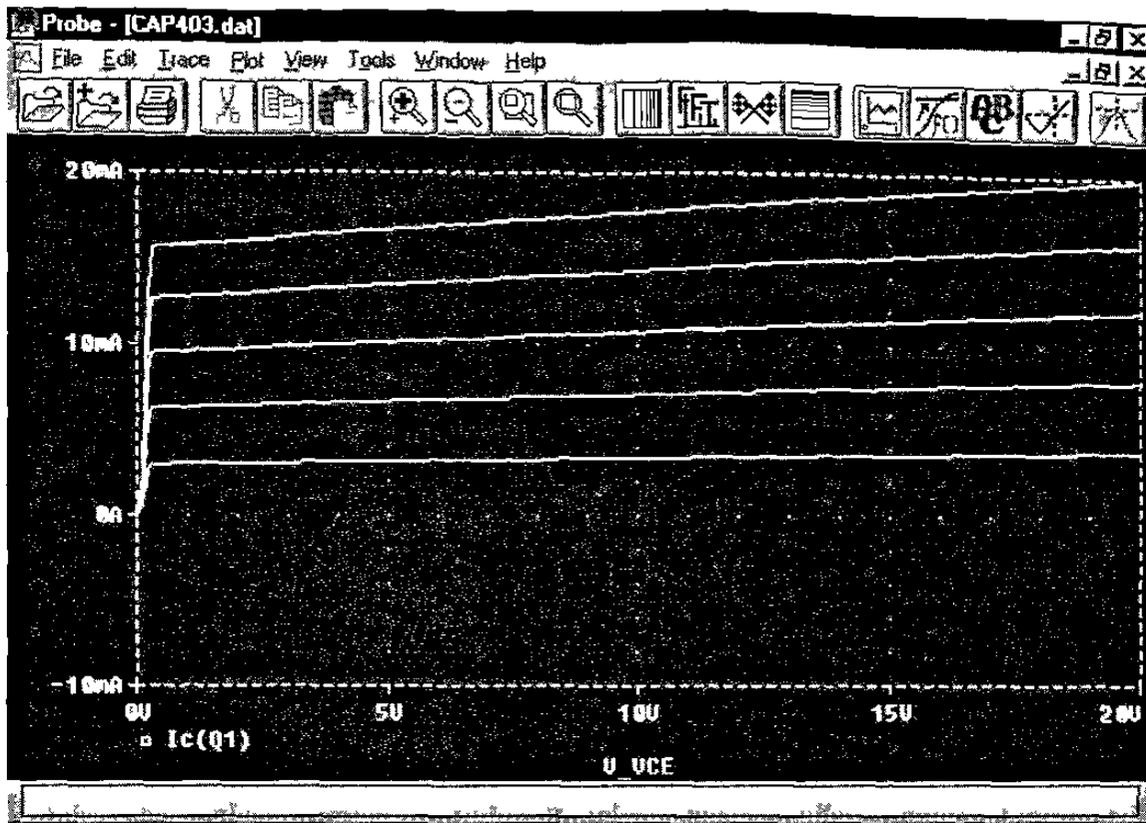


Fig. 4-6 Curvas características de un transistor

4.5 EL TEOREMA DE LA MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

Establece que la potencia transferida a una resistencia de carga será máxima cuando el valor de la misma sea igual a la resistencia interna de la fuente de voltaje que la impulsa.

Aunque el teorema es demasiado simple, lo que se pretende mostrar es como lograr un barrido en los valores de un componente pasivo.

OBJETIVO

Comprobar el teorema de la máxima transferencia de potencia, midiendo la potencia en la carga para diferentes valores de la misma.

FUNDAMENTO

La potencia en la carga es máxima cuando su valor coincide con la resistencia interna de la fuente.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (vsrc) DC=10V

Resistencia (r)

Tierra Analógica (agnd)

Marca de nivel de voltaje

La figura 4-7 muestra el circuito que permitirá comprobar el teorema de la máxima transferencia de potencia.

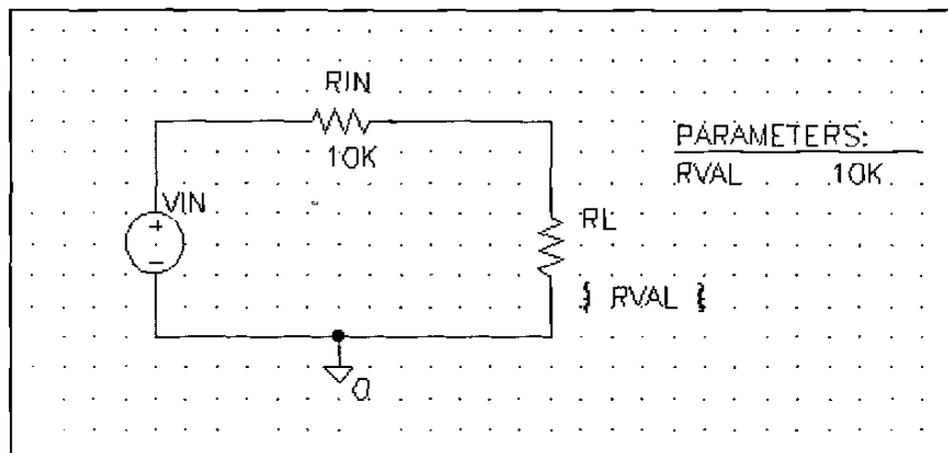


Fig. 4-7 Diagrama esquemático para comprobación del teorema de la máxima transferencia de potencia.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificado sus atributos deben de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, DC Sweep como se ilustra a continuación.

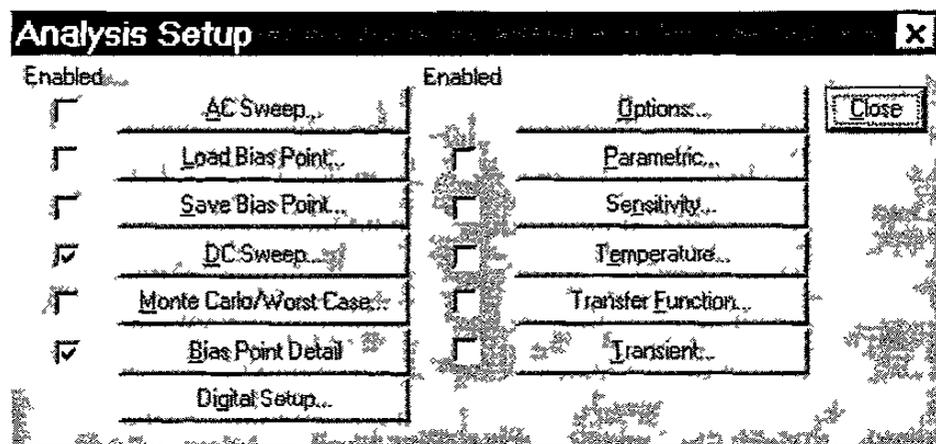


Fig. 4-8 Ventana de diálogo Analysis Setup.

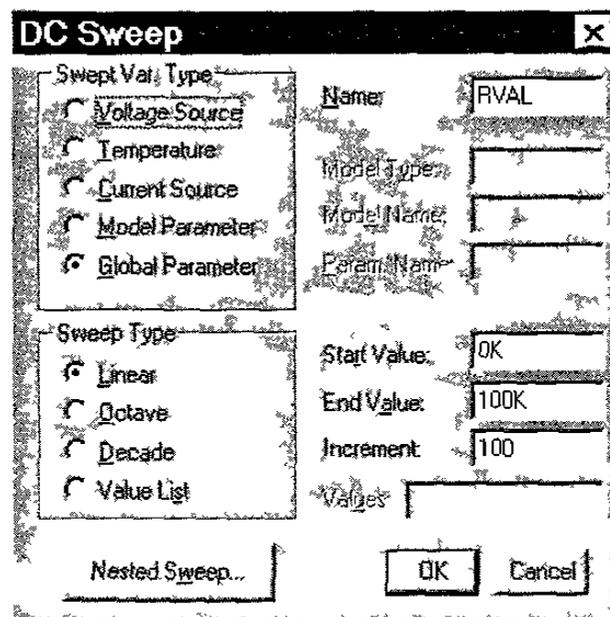


Fig. 4-9 Ventana de diálogo DC Sweep.

En la figura 4-7 se puede observar que la resistencia de carga R_L tiene como valor {RVAL} y que se agregó un componente más denominado PARAM. En este último se especifica:

NAME1 = RVAL

VALUE1 = 10K

En la caja de diálogo DC Sweep se especifica:

Global Parameter, linear, Start Value=0k, End Value =100k e Increment=100

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 4-10 se muestra la salida obtenida en el graficador de alta resolución después de ejecutar la secuencia Analysis, Simulate y Luego la secuencia Analysis, Run Probe.

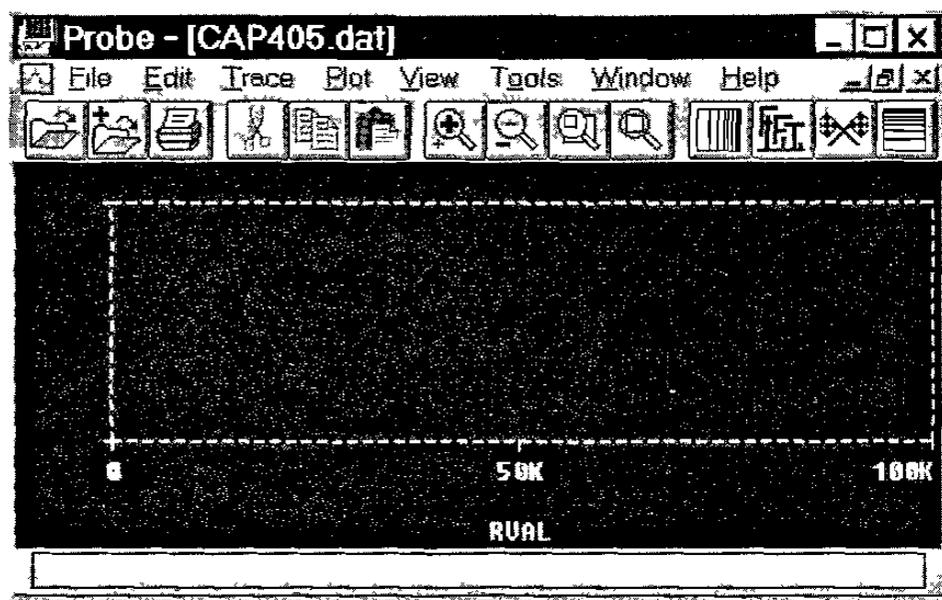


Fig. 4-10 Salida del graficador.

Ahora es necesario agregar un trazo con la secuencia, Trace, Add y luego en Trace Expresion escribir

$$V(RL:1)*I(RL)$$

Para graficar la potencia en la carga contra el valor de RL. El resultado es la gráfica siguiente

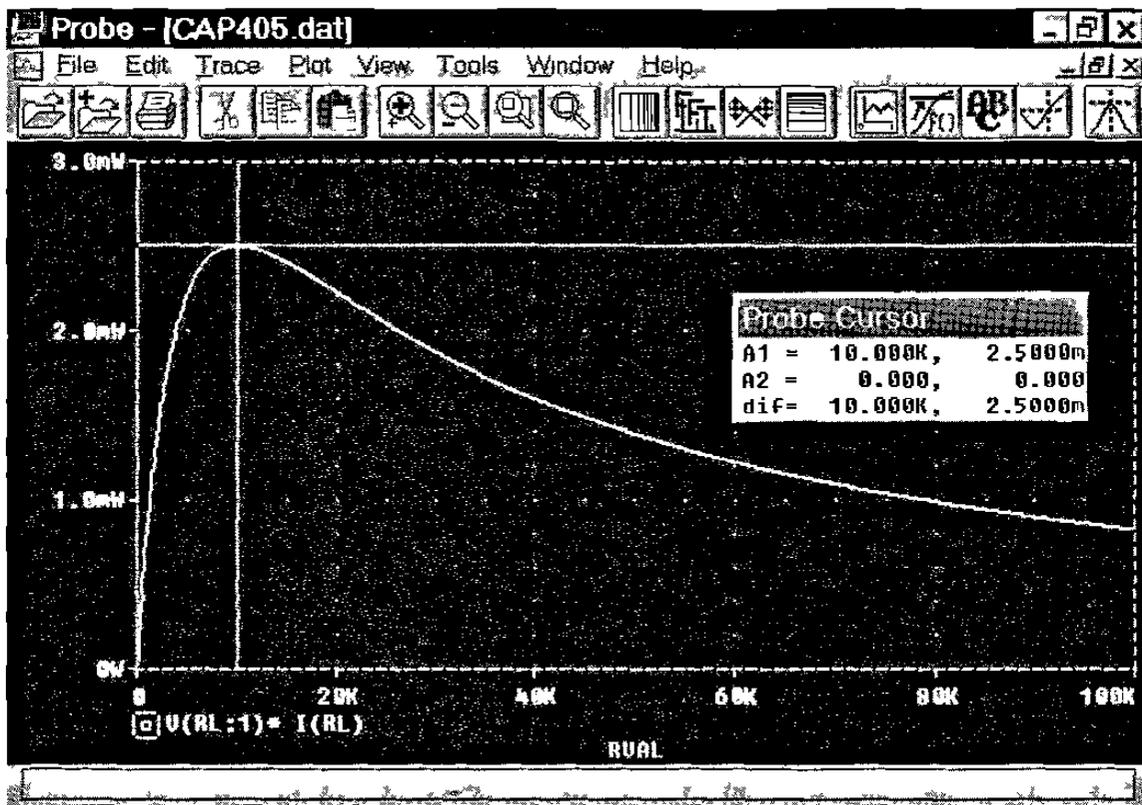


Fig. 4-11 Gráfica de la potencia en la carga contra el valor de RL.

En esta última gráfica se puede observar lo siguiente:

$$P_{\text{máxima}} = 2.5\text{mW}$$

$$R_L = 10\text{K}$$

Valores que comprueban el Teorema de la Máxima Transferencia de Potencia

CAPITULO 5

FUNCION DE TRANSFERENCIA

5.1 INTRODUCCION

Las funciones circuitales relacionan voltajes y corrientes de un circuito. Se clasifican en:

- De punto impulsor
- De transferencia

Las primeras relacionan voltajes y corrientes de un mismo puerto (par de terminales) y éstas pueden ser impedancias o admitancias de entrada o de salida.

Las funciones de transferencia relacionan voltajes y/o corrientes de puertos diferentes y por lo tanto pueden ser:

- Ganancias de voltaje (V_2/V_1)

- Ganancias de corriente (I_2/I_1)
- Transimpedancia (V_2/I_1)
- Transadmitancia (I_1/V_2)

En todos los circuitos que a continuación se analizan, se considera como señal de entrada una fuente de voltaje simple (v_{src}) con el atributo $DC=1$. Lo anterior significa que el tipo de voltaje es de corriente directa.

5.2 MODELO DE UN AMPLIFICADOR EMISOR COMUN

El circuito equivalente de un amplificador común requiere de modelar un transistor bipolar mediante una fuente de corriente controlada por corriente.

OBJETIVO

Determinar la ganancia de voltaje de un amplificador emisor común usando el concepto de función de transferencia.

FUNDAMENTO

La ganancia de voltaje se define como la razón del voltaje de salida al voltaje de entrada.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (v_{src}) $DC=1$

Fuente de corriente controlada por corriente (f) $GAIN=100$

Resistencia (r)

Punto de Prueba (viewpoint)

Tierra Analógica (agnd)

El circuito de la figura 5-1 muestra el diagrama esquemático después de la simulación.

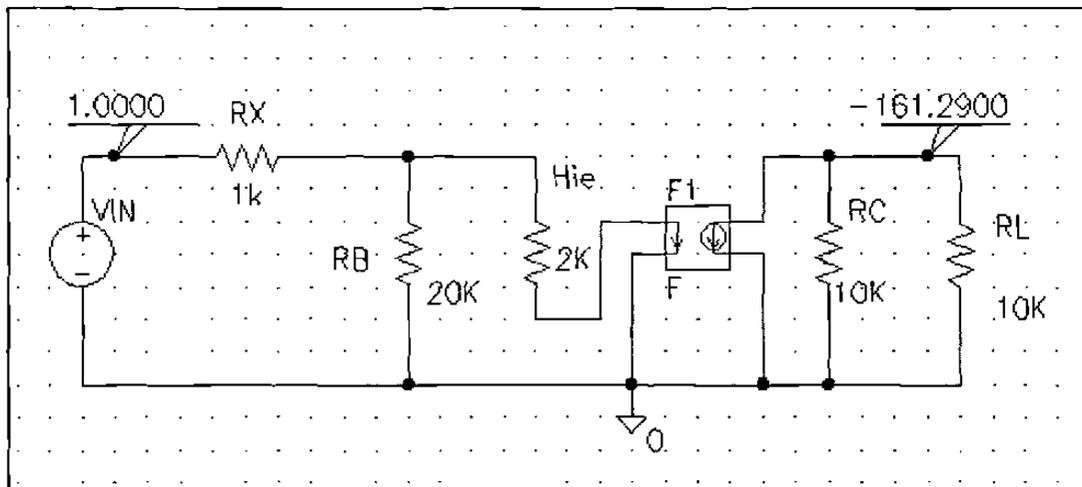


Fig. 5-1 Diagrama esquemático de un amplificador emisor común.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos se debe de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, Transfer Function como se ilustra a continuación.

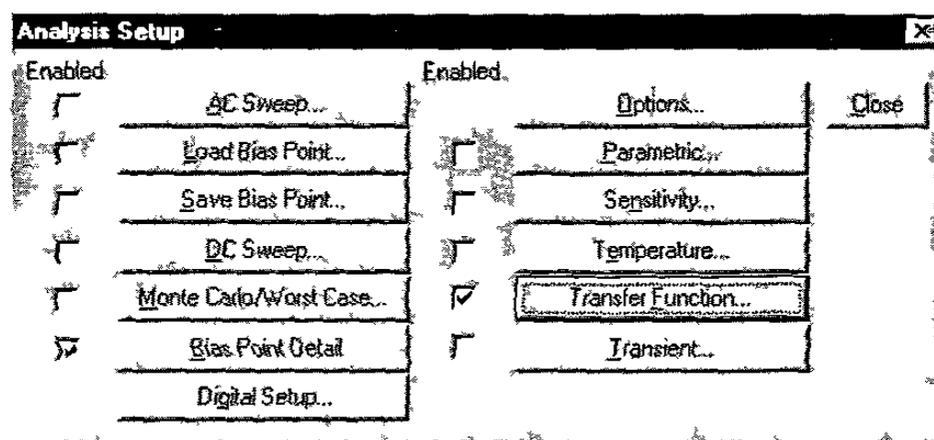


Fig. 5-2 Ventana de diálogo Analysis Setup.

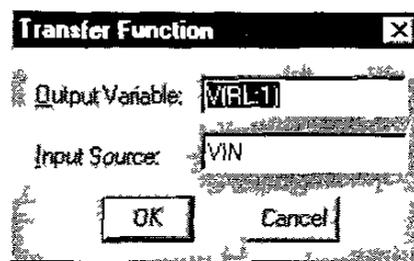


Fig. 5-3 Ventana de diálogo Transfer Function.

Obsérvese que la variable de salida es el voltaje en la terminal positiva de RL el cual se identifica como $V(RL: 1)$ y que la fuente de entrada es VIN.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 5-1 inmediatamente se puede observar que el voltaje de salida es -169.29 y como el voltaje de entrada es 1.000 entonces la ganancia es -169.29 y es negativa.

Con la secuencia Analysis, Examine Output se pueden observar, además del listado del circuito, los resultados del análisis de función de transferencia:

Listado del circuito

```

R_RX    $N_0002 $N_0001 1k
R_Hie   $N_0003 $N_0001 2K
R_RC    0 $N_0004 10K
F_F1    $N_0004 0 VF_F1 100
VF_F1   $N_0003 0 0V
V_VIN   $N_0002 0 DC 1 AC 0
R_RB    0 $N_0001 20K

```

R_RL \$N_0004 0 10K

Voltajes en los nodos

NODE VOLTAGE	NODE VOLTAGE	NODE VOLTAGE
(\$N_0001) .6452	(\$N_0002) 1.0000	
(\$N_0003) 0.0000	(\$N_0004) -161.2900	

Función de transferencia

$V(\$N_0004)/V_VIN \approx -1.613E+02$

INPUT RESISTANCE AT V_VIN = 2.818E+03

OUTPUT RESISTANCE AT V(\$N_0004) = 5.000E+03

5.3 MODELO DE UN AMPLIFICADOR FUENTE COMUN

El circuito equivalente de un amplificador fuente común (FET's) requiere de modelar un transistor de efecto de campo mediante una fuente de corriente controlada por voltaje.

OBJETIVO

Determinar la ganancia de voltaje de un amplificador fuente-común usando el concepto de función de transferencia.

FUNDAMENTO

La ganancia de voltaje se define como la razón del voltaje de salida al voltaje de entrada.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (vsrc) DC=1

Fuente de corriente controlada por voltaje (f) GAIN=10mMhos

Resistencia (r)

Punto de Prueba (viewpoint)

Tierra Analógica (agnd)

El circuito de la figura 5-4 muestra el diagrama esquemático después de la simulación.

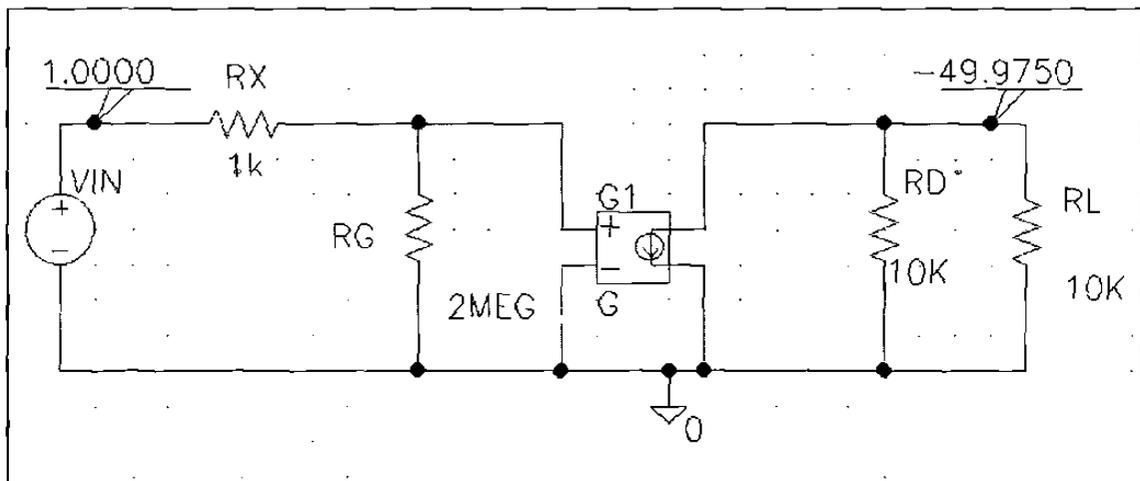


Fig. 5-4 Diagrama esquemático de un amplificador fuente común.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos se debe de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, Transfer Function como se ilustra a continuación.

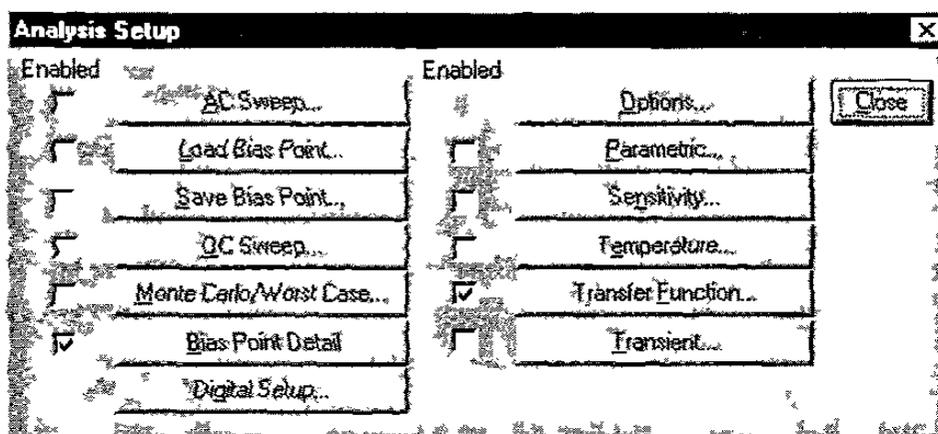


Fig. 5-5 Ventana de diálogo Analysis Setup

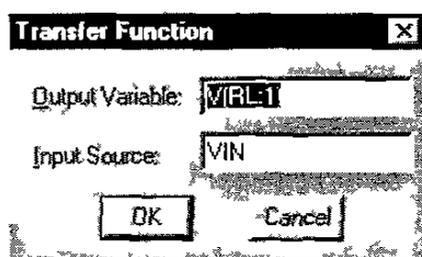


Fig. 5-6 Ventana de diálogo Transfer Function.

Obsérvese que la variable de salida es el voltaje en la terminal positiva de RL, el cual se identifica como V(RL: 1) y que la fuente de entrada es VIN.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 5-4 inmediatamente se puede observar que el voltaje de salida es -49.97 y como el voltaje de entrada es 1.000 entonces la ganancia es -49.97 y es negativa.

Con la secuencia Analysis, Examine Output se pueden observar, además del listado del circuito, los resultados del análisis de función de transferencia:

Listado del circuito

```
R_RX    $N_0002 $N_0001 1k
V_VIN   $N_0002 0 DC 1 AC 0
R_RL    $N_0003 0 10K
R_RD    0 $N_0003 10K
R_RG    0 $N_0001 2MEG
G_G1    $N_0003 0 $N_0001 0 10mMHOS
```

Voltajes en los nodos

```
NODE    VOLTAGE    NODE    VOLTAGE    NODE    VOLTAGE
($N_0001) .9995    ($N_0002) 1.0000
($N_0003) -49.9750
```

Función de transferencia

```
V($N_0003)/V_VIN = -4.998E+01
```

INPUT RESISTANCE AT V_VIN = 2.001E+06

OUTPUT RESISTANCE AT V(\$N_0003) = 5.000E+03

5.4 MODELO DE UN CIRCUITO INVERSOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL

El circuito equivalente de un amplificador inversor (OP AMP) requiere de modelar un amplificador operacional mediante una fuente de voltaje controlada por voltaje.

OBJETIVO

Determinar la ganancia de voltaje de un amplificador inversor con op-amp usando el concepto de función de transferencia.

FUNDAMENTO

La ganancia de voltaje se define como la razón del voltaje de salida al voltaje de entrada.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (vsrc) DC=1

Fuente de voltaje controlada por voltaje (e) GAIN = -200000

Resistencia (r)

Punto de Prueba (viewpoint)

Tierra Analógica (agnd)

El circuito de la figura 5-7 muestra el diagrama esquemático después de la simulación.

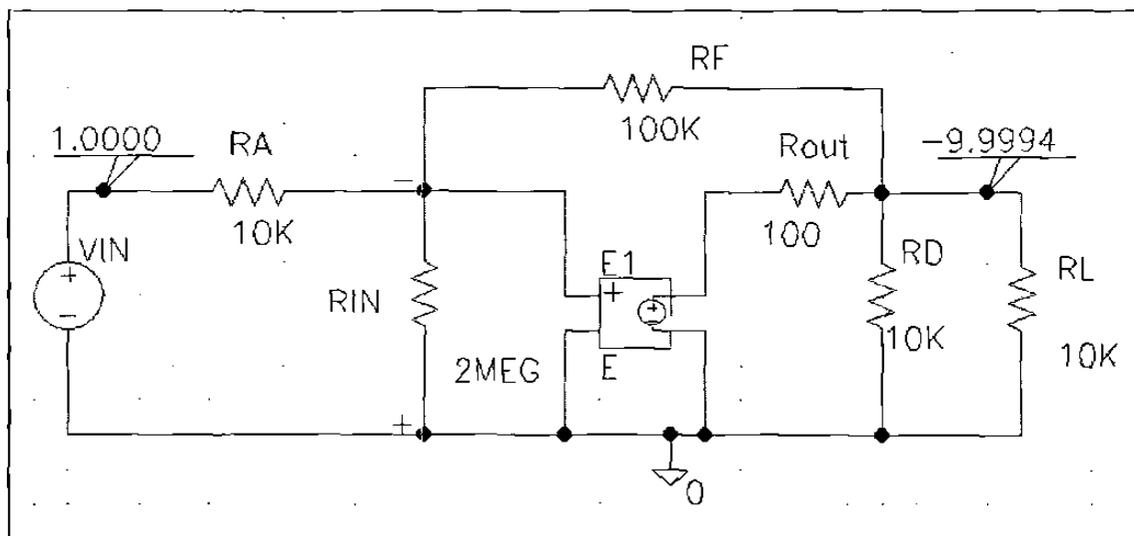


Fig. 5-7 Diagrama esquemático de un amplificador inversor.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos se debe de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, Transfer Function como se ilustra a continuación.

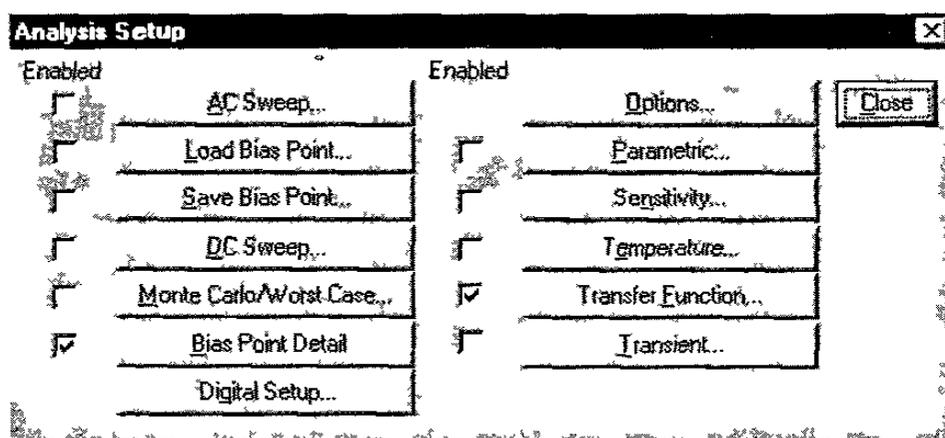


Fig. 5-8 Ventana de diálogo Analysis Setup.

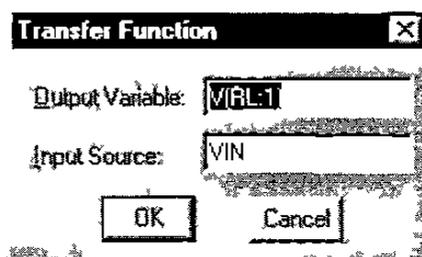


Fig. 5-9 Ventana de diálogo Transfer Function

Obsérvese que la variable de salida es el voltaje en la terminal positiva de RL el cual se identifica como V(RL: 1) y que la fuente de entrada es VIN.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 5-7 inmediatamente se puede observar que el voltaje de salida es -9.999 y como el voltaje de entrada es 1.000 entonces la ganancia es -9.999 y es negativa.

Con la secuencia Analysis, Examine Output se pueden observar, además del listado del circuito, los resultados del análisis de función de transferencia:

Listado del circuito

```

V_VIN    $N_0001 0 DC 1 AC 0
R_RD     0 $N_0002 10K
R_RL     $N_0002 0 10K
R_RIN    0 $N_0003 2MEG
E_E1     $N_0004 0 $N_0003 0 -200000
R_RF     $N_0003 $N_0002 100K
R_RA     $N_0001 $N_0003 10K
R_Rout   $N_0004 $N_0002 100

```

Voltajes en los nodos

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(\$N_0001)	1.0000	(\$N_0002)	-9.9994		
(\$N_0003)	51.05E-06	(\$N_0004)	-10.2090		

Función de transferencia

$$V(\$N_0002)/V_VIN = -9.999E+00$$

$$\text{INPUT RESISTANCE AT } V_VIN = 1.000E+04$$

$$\text{OUTPUT RESISTANCE AT } V(\$N_0002) = 5.525E-03$$

.

CAPITULO 6

RESPUESTA A LA FRECUENCIA

6.1 INTRODUCCION

Un análisis de respuesta o análisis de CA, consiste en determinar el comportamiento de las variables de un circuito con respecto a la frecuencia.

En este tipo de análisis la señal de entrada será una fuente simple de voltaje (v_{src}) con el atributo $AC=1$. Esto significa que la señal es de corriente alterna y su magnitud es unitaria.

En respuesta a la frecuencia la variable frecuencia de la señal de entrada variará desde un valor inicial hasta un valor final, en forma lineal o logarítmica. El graficador de alta resolución PROBE mostrará una gráfica de señal de interés contra la frecuencia.

6.2 AMPLIFICADOR INVERSOR DE CA

Un amplificador inversor de CA tiene un capacitor externo en serie con la resistencia de entrada, con el propósito de definir una frecuencia de corte inferior.

OBJETIVO

Medir las frecuencias de corte, el ancho de banda y la ganancia de un amplificador de CA.

FUNDAMENTO

La frecuencia de corte inferior está determinada por

$$f_L = 1/2\pi / (R_x + R_a) / C_1$$

Mientras que la frecuencia de corte superior depende del producto ancho de banda GBW del op-amp y de la ganancia.

$$f_H = GBW / (\text{Ganancia} + 1)$$

La ganancia a frecuencias medias es solo la relación de las resistencias de retroalimentación y de entrada.

$$\text{Ganancia} = - R_F / R_A$$

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (v_{src}) $AC=1$

Fuente de voltaje DC (v_{dc})

Resistencia (r)

Capacitor (c)

Tierra Analógica (agnd)

Amplificador Operacional (UA741)

Marca de nivel de voltaje

El circuito de la figura 6-1 muestra el diagrama esquemático del amplificador inversor de CA.

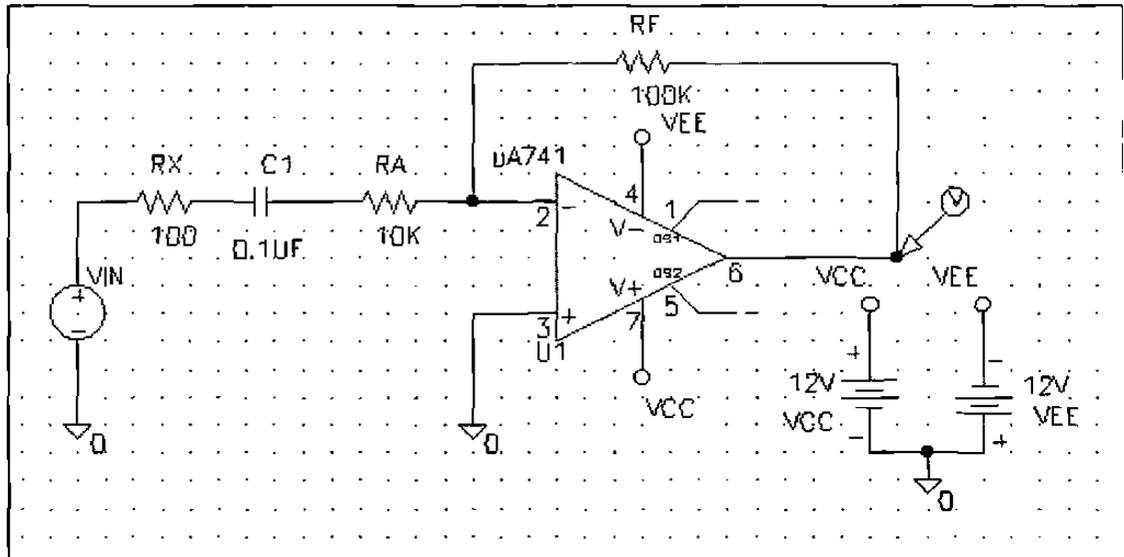


Fig. 6-1 Diagrama esquemático de un amplificador inversor de CA.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos debemos de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, AC Sweep como se ilustra a continuación.

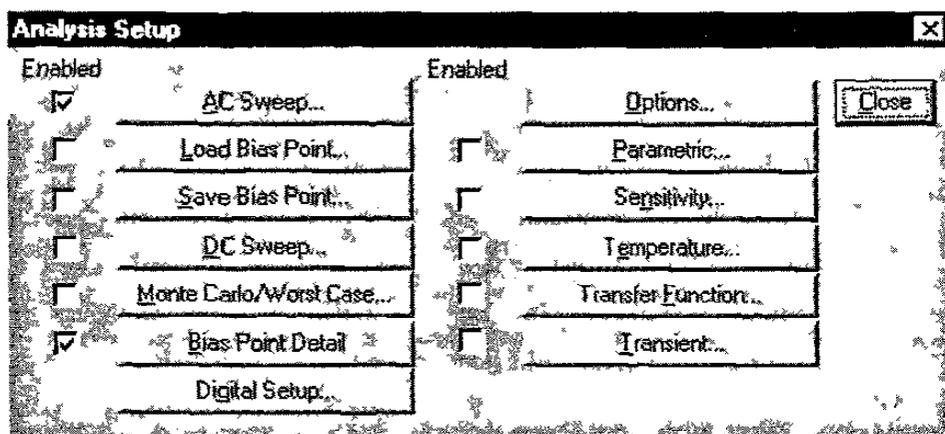


Fig. 6-2 Ventana de diálogo Analysis Setup.

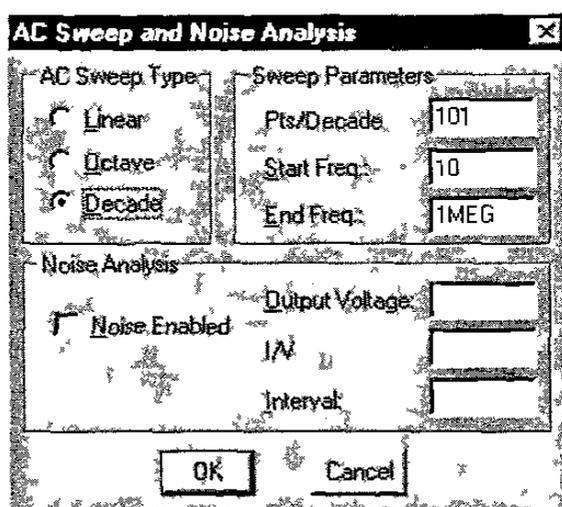


Fig. 6-3 Ventana de diálogo AC Sweep and Noise Analysis.

Obsérvese que la frecuencia inicial es 10Hz y la frecuencia final de 1MHz, con un barrido logarítmico en décadas de frecuencia y 101 puntos por cada una.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 6-4 se muestra la salida obtenida en el graficador de alta resolución.

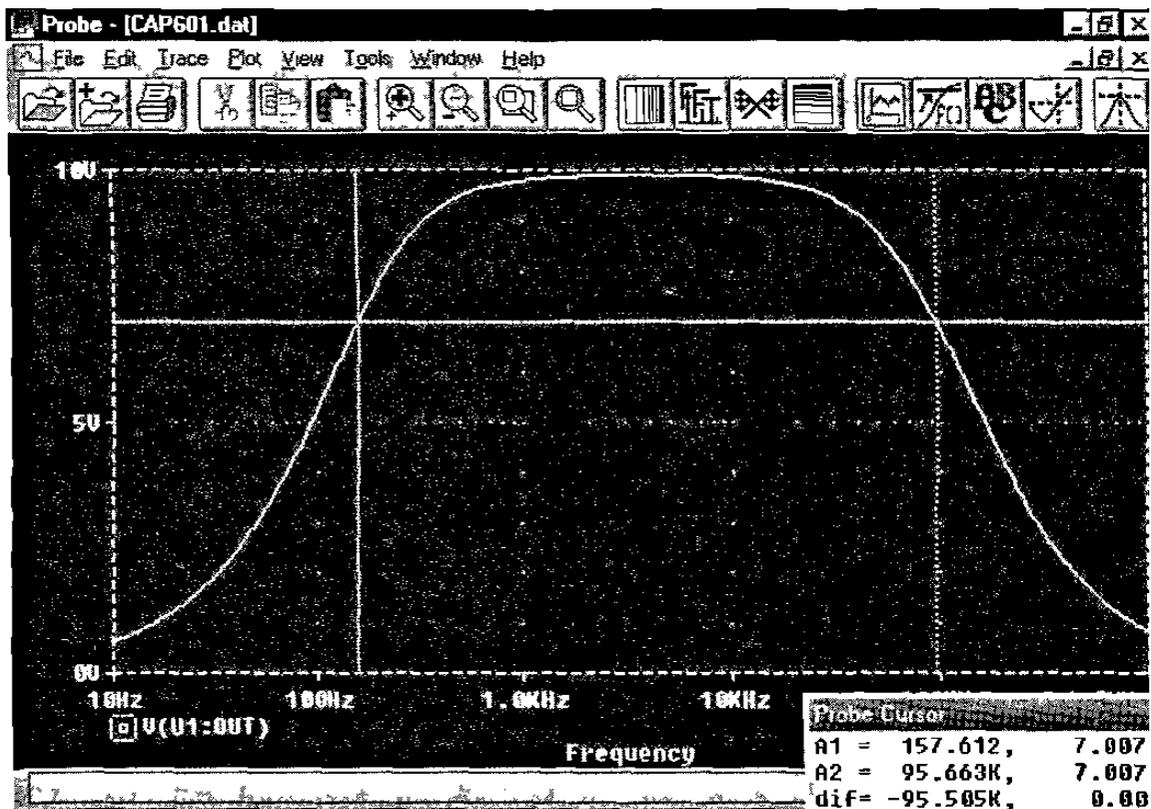


Fig. 6-4 Gráfica de respuesta a la frecuencia.

En ella se puede observar que:

$$\text{Ganancia} = 10$$

$$FL = 157 \text{ Hz}$$

$$FH = 95 \text{ KHz}$$

Aplicando las fórmulas se tiene que:

$$GBW = 1 \text{ MHz}$$

$$FL = 1/2\pi / 10.1K/0.1U = 157 \text{ Hz}$$

$$FH = 1M/11 = 90.9 \text{ KHz}$$

6.3 AMPLIFICADOR EMISOR COMUN

Un amplificador inversor de CA tiene un capacitor externo en serie con la resistencia de entrada, con el propósito de definir una frecuencia de corte inferior.

OBJETIVO

Medir las frecuencias de corte, el ancho de banda y la ganancia de un amplificador Emisor Común.

FUNDAMENTO

La frecuencia de corte inferior está determinada por la influencia de los capacitores externos.

Mientras que la frecuencia de corte superior depende de la influencia de las capacidades parásitas o internas del transistor bipolar.

La ganancia a frecuencias se determina considerando a los capacitores externos en cortocircuito y a los internos como circuitos abiertos.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (v_{src}) AC=1

Fuente de voltaje DC (v_{dc})

Resistencia (r)
 Capacitor (c)
 Tierra Analógica (agnd)
 Transistor Bipolar (q2n3904)
 Marca de nivel de voltaje

El circuito de la figura 6-5 muestra el diagrama esquemático del amplificador emisor común.

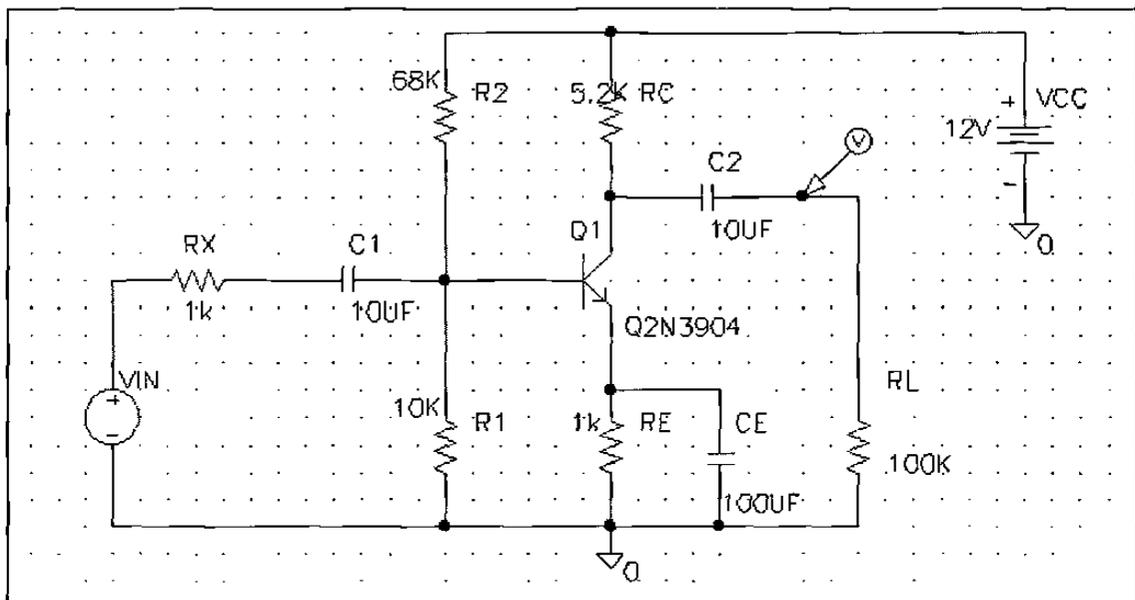


Fig. 6-5 Diagrama esquemático de un amplificador emisor común.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos debemos de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, AC Sweep como se ilustra a continuación.

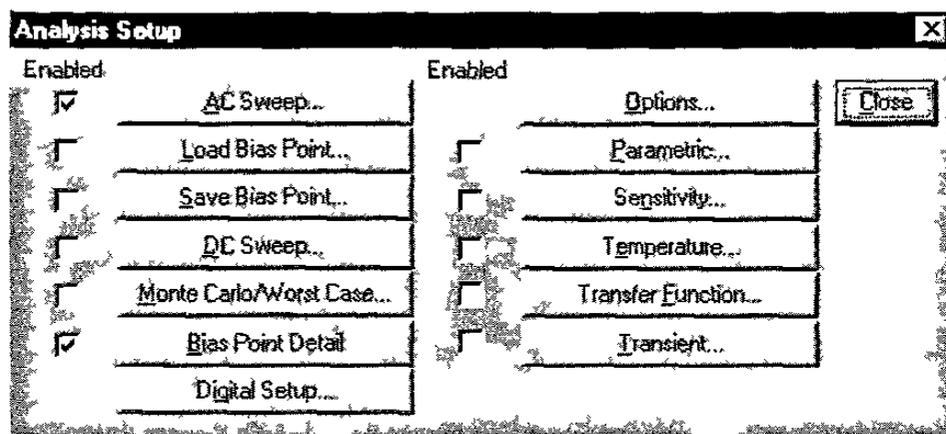


Fig. 6-6 Ventana de diálogo Analysis Setup.

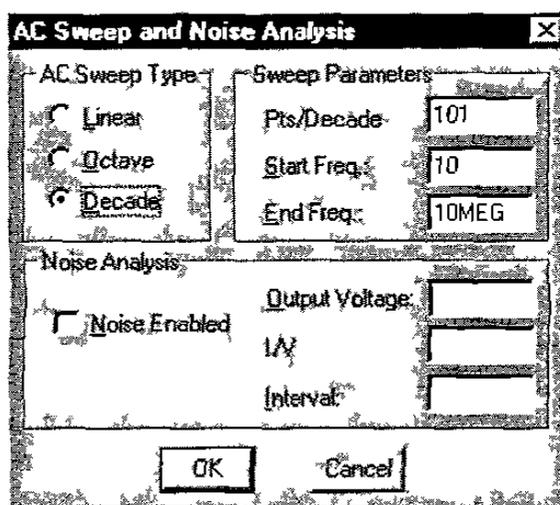


Fig. 6-7 Ventana de diálogo AC Sweep and Noise Analysis.

Obsérvese que la frecuencia inicial es 10Hz y la frecuencia final de 10MHz, con un barrido logarítmico en décadas de frecuencia y 101 puntos por cada una.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 6-8 se muestra la salida obtenida en el *graficador* de alta resolución.

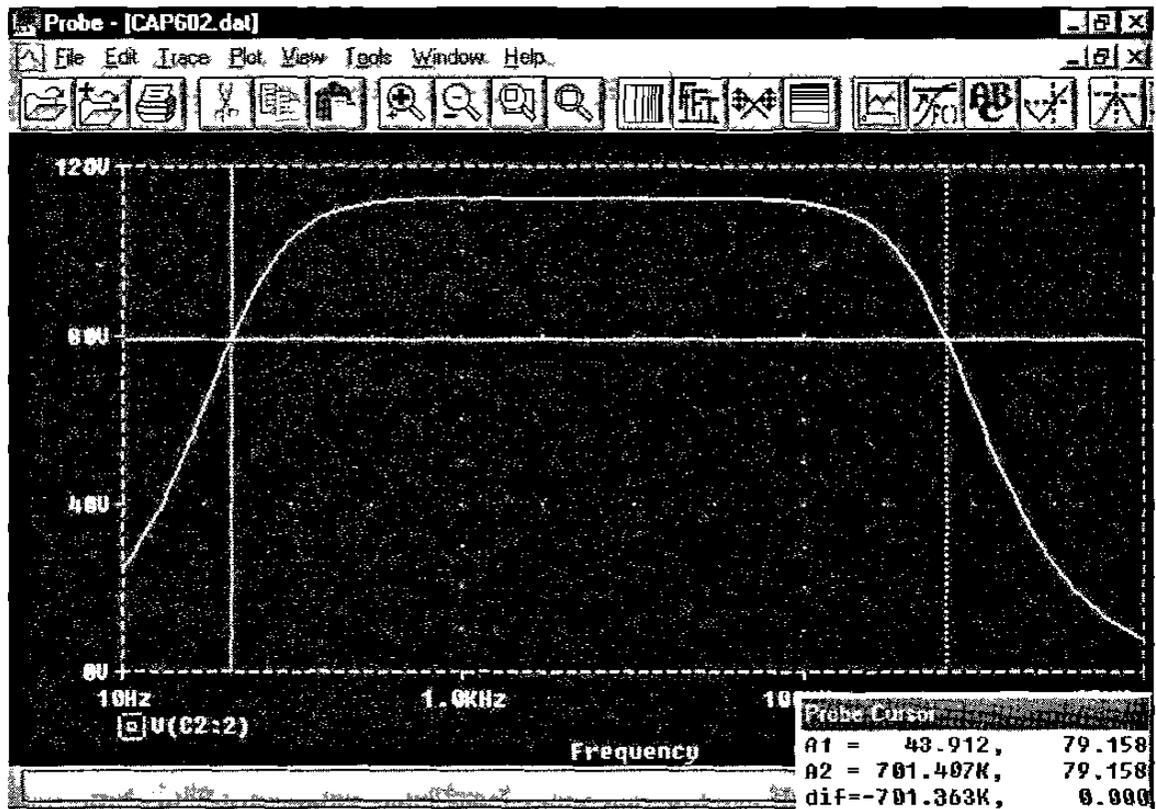


Fig. 6-8 Gráfica de respuesta a la frecuencia.

En ella se puede observar que:

Ganancia = 112.6

FL = 44 Hz

FH = 701KHz

6.4 FILTRO ACTIVO

Un filtro es un circuito seleccionador de frecuencias, permite amplificar las señales cuyas frecuencias están dentro de un rango especificado y el resto de las frecuencias es atenuado.

OBJETIVO

Medir las frecuencias de corte y la ganancia de un filtro pasa bajo de primer orden.

FUNDAMENTO

La frecuencia de corte inferior está determinada por la influencia de los capacitores externos.

Mientras que la frecuencia de corte superior depende de la influencia de las capacidades parásitas o internas del transistor bipolar.

La ganancia a frecuencias se determina considerando a los capacitores externos en cortocircuito y a los internos como circuitos abiertos.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente simple de voltaje (v_{src}) $AC=1$

Fuente de voltaje DC (v_{dc})

Resistencia (r)

Capacitor (c)

Tierra Analógica (agnd)

Amplificador Operacional (uA741)

Marca de nivel de voltaje

El circuito de la figura 6-9 muestra el diagrama esquemático de un filtro pasa bajo de segundo orden.

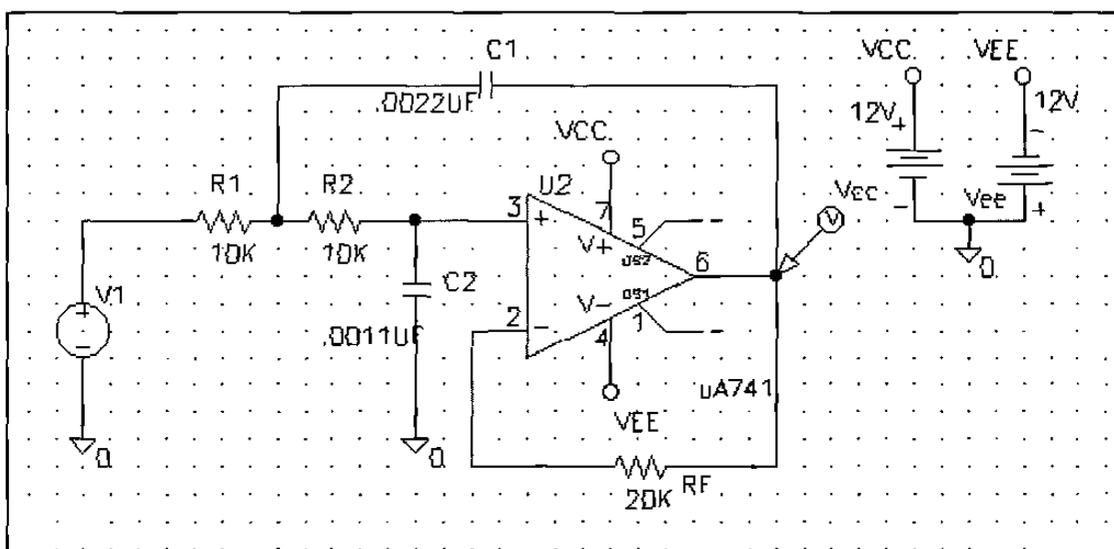


Fig. 6-9 Diagrama esquemático de un filtro activo pasa bajo.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificado sus atributos debemos de establecer las condiciones de simulación con la secuencia *Analysis, Setup, AC Sweep* como se ilustra a continuación.

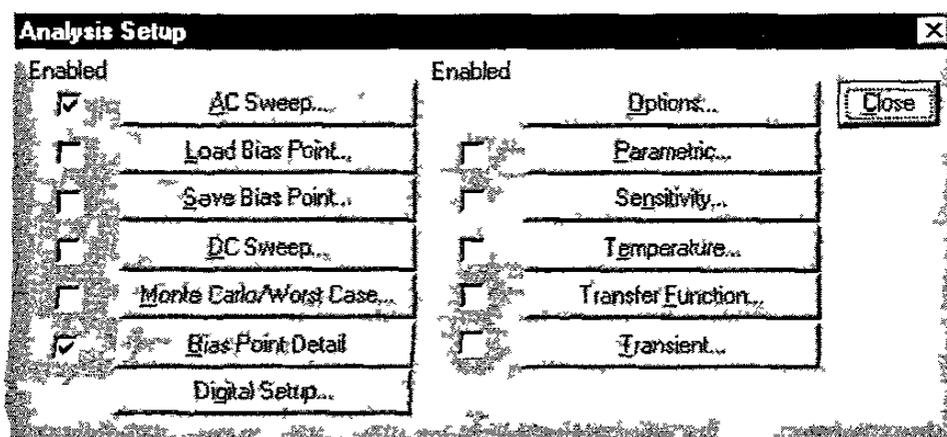


Fig. 6-10 Ventana de diálogo Analysis Setup.

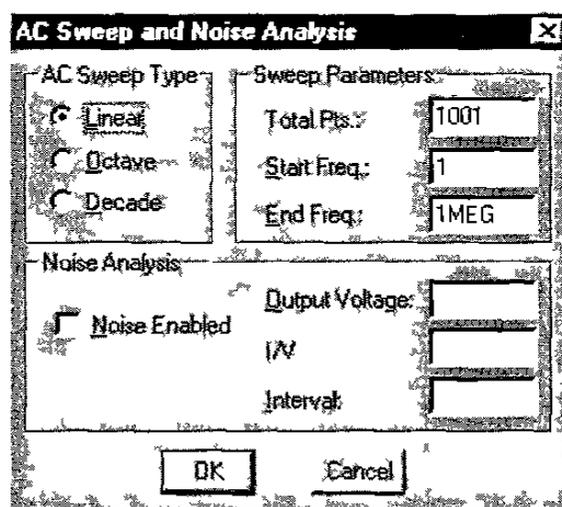


Fig. 6-11 Ventana de diálogo AC Sweep and Noise Analysis.

Obsérvese que la frecuencia inicial es 1Hz y la frecuencia final de 1MHz, con un barrido logarítmico en décadas de frecuencia y 1001 puntos por cada una.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 6-12 se muestra la salida obtenida en el graficador de alta resolución.

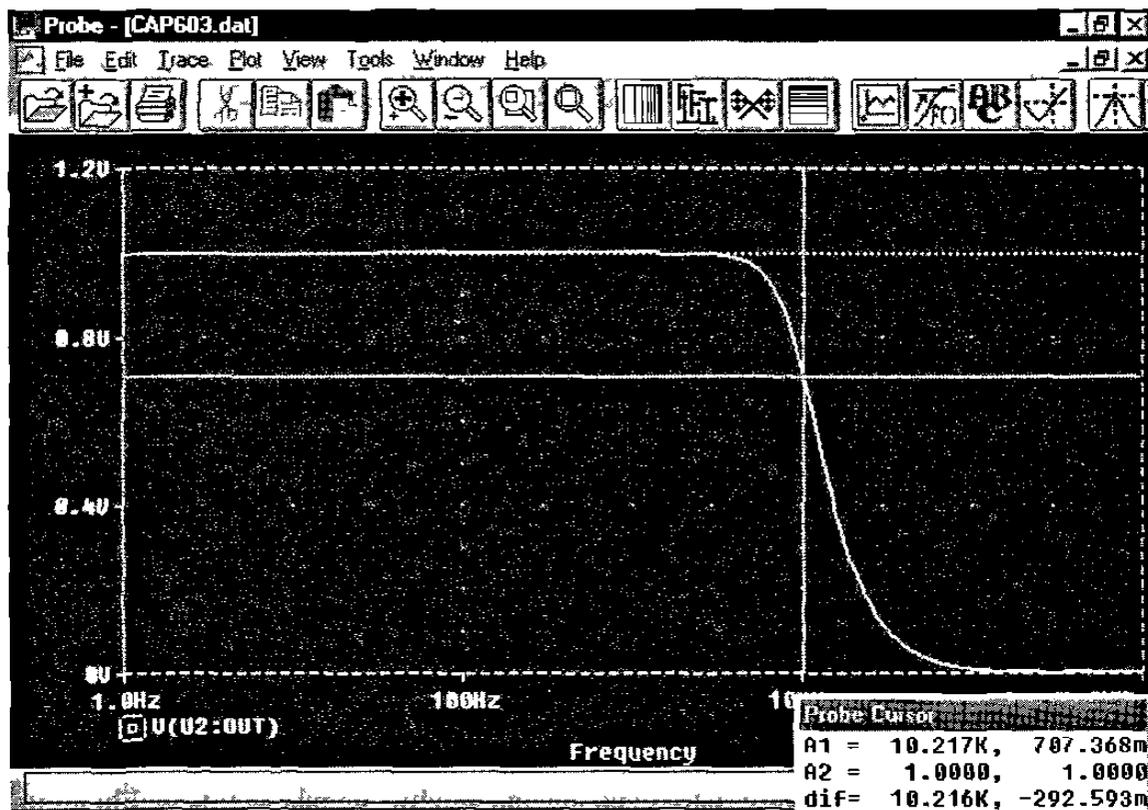


Fig. 6-12 Salida del graficador.

En ella se puede observar que:

$$\text{Ganancia} = 1$$

$$F_{\text{polo}} = 10.2 \text{ KHz}$$

Si aplicamos las ecuaciones de diseño se tiene que:

$$\text{Ganancia} = 1$$

$$F_{\text{polo}} = 1.44/2\pi/RC1$$

$$F_{\text{polo}} = 1.44 / 6.28 / 10\text{K} / 0.0022\text{U}$$

$$F_{\text{polo}} = 10.42\text{KHz}$$

CAPITULO 7

ANALISIS TRANSITORIO

7.1 INTRODUCCION

En un análisis transitorio se pretende observar el comportamiento de las variables de un circuito con respecto al tiempo. La señal de entrada debe de ser una señal continua en el tiempo, como por ejemplo una onda senoidal.

7.2 AMPLIFICADOR INVERSOR CON OP-AMP

En un amplificador inversor la señal de salida está en fase opuesta a la señal de entrada, y la ganancia se determina por la relación de la resistencia de retroalimentación a la resistencia de entrada.

OBJETIVO

Observar la señal de entrada y la señal de salida en un amplificador inversor.

FUNDAMENTO

La ganancia del amplificador está dada por la siguiente ecuación

$$\text{Ganancia} = - R_F/R_A$$

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente de voltaje senoidal (vsin) VAMPL=1 DC=AC=0

Fuente de voltaje DC (vdc)

Resistencia (r)

Tierra Analógica (agnd)

Amplificador Operacional (UA741)

Marca de nivel de voltaje

El circuito de la figura 7-1 muestra el diagrama esquemático del amplificador inversor.

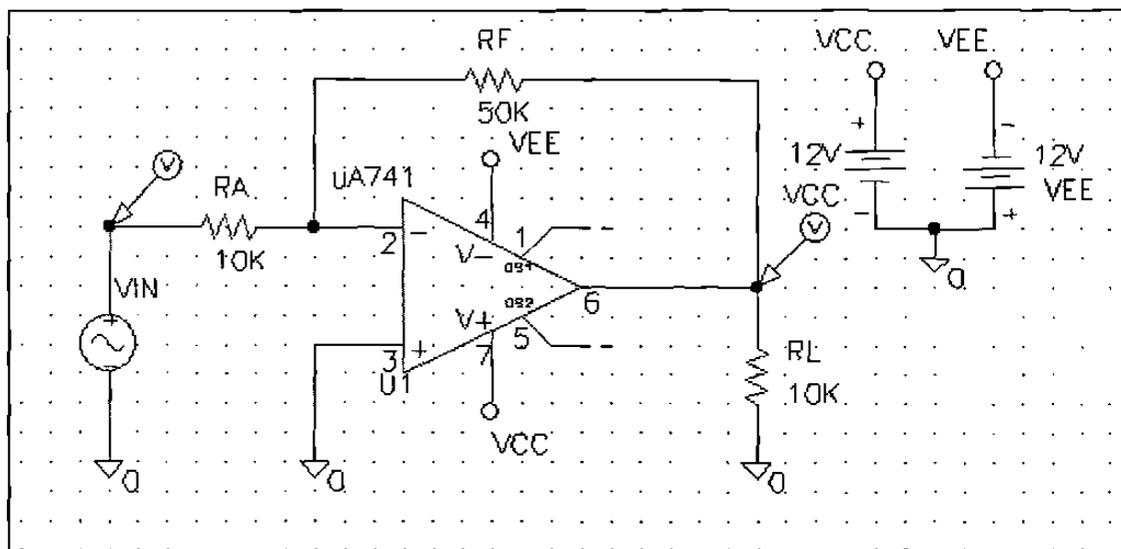


Fig. 7-1 Diagrama esquemático de un amplificador inversor.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificado sus atributos debemos de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, Transient como se ilustra a continuación.

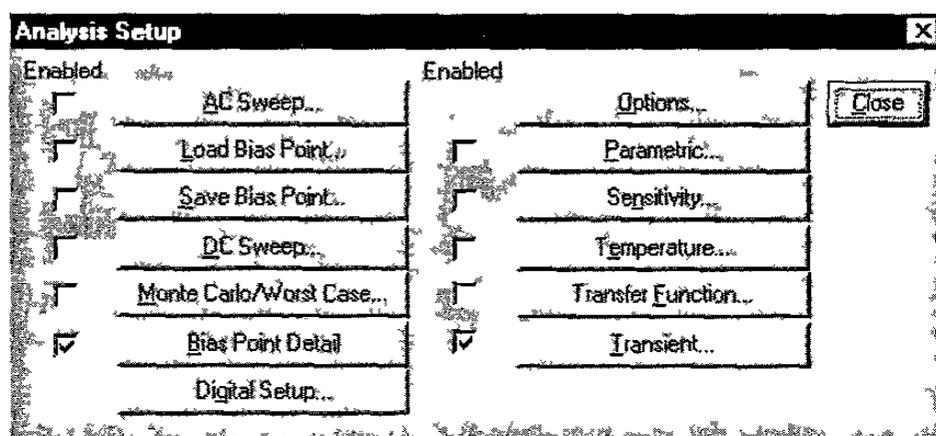


Fig. 7-2 Ventana de diálogo Analysis Setup.

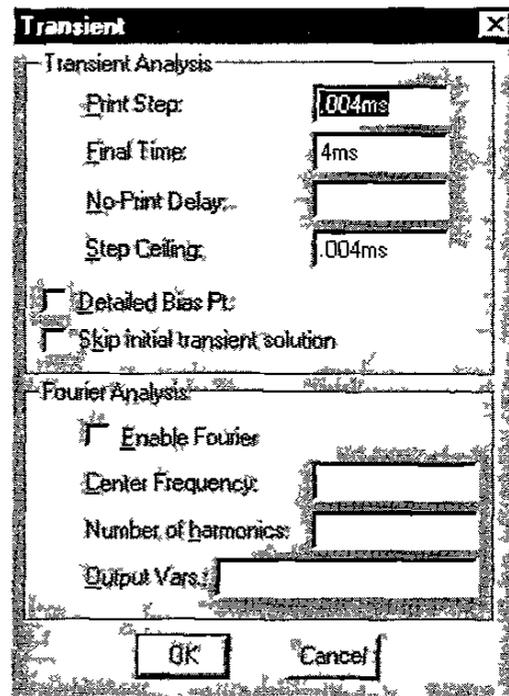


Fig. 7-3 Ventana de diálogo

Obsérvese que el tiempo final se especificó de 4ms, ya que una frecuencia de 1KHz tiene un período de 1ms y si deseamos visualizar cuatro ciclos de la señal es necesario simular hasta un tiempo de 4ms. El paso de impresión se puede tomar como la milésima parte del tiempo final. Similarmente el parámetro step ceiling.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 7-4 se muestra la salida obtenida en el graficador de alta resolución.

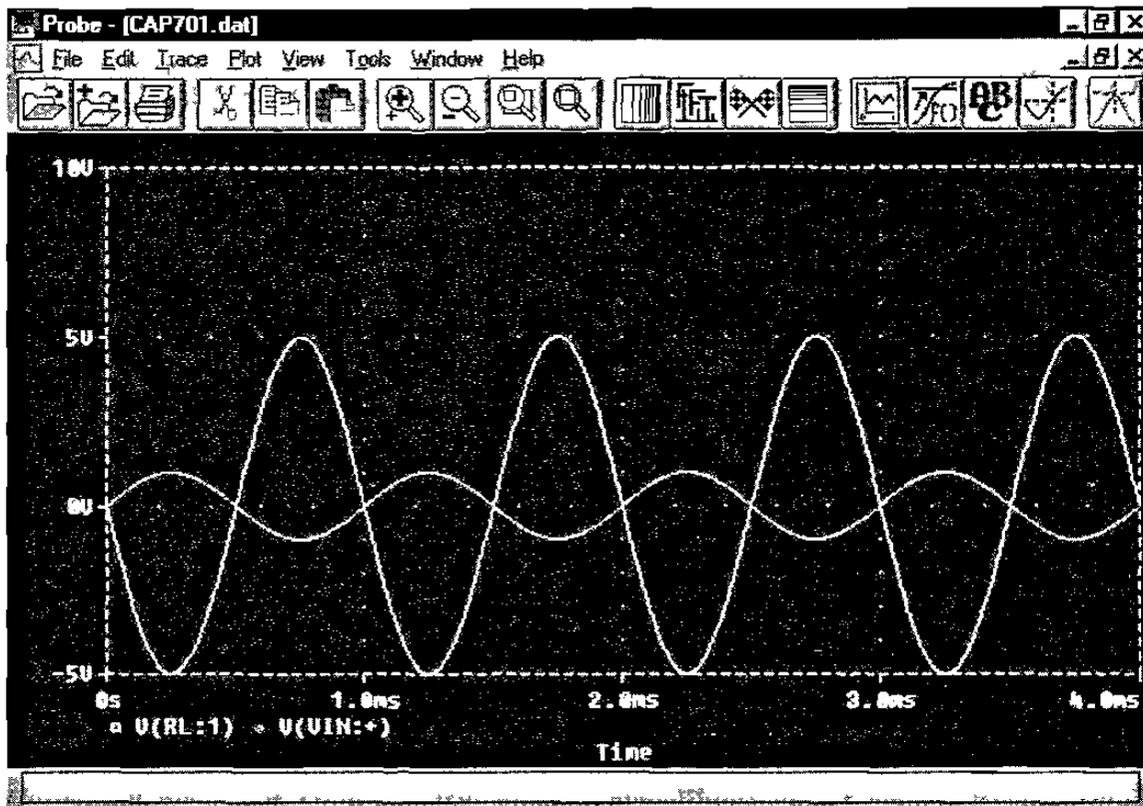


Fig. 7-4 Salida del graficador.

En ella se puede observar que:

Ganancia = -5

Periodo = 1ms

Frecuencia = 1KHZ

Amplitud = 1 y 5 para entrada y salida respectivamente

7.3 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN FILTRO

Una señal cuadrada está compuesta por una serie infinita de armónicas cuyas frecuencias son $f_1, 3f_1, 5f_1, 7f_1, \dots$ etc. En donde f_1 es la frecuencia de la señal cuadrada. Un

filtro pasa bajo tiene una frecuencia de corte digamos $5f_1$, entonces solo deja pasar hasta la segunda armónica. Como resultado a la salida se tiene una señal cuadrada deformada.

OBJETIVO

Observar el comportamiento dinámico de un filtro pasa bajo, al aplicarle una señal cuadrada.

FUNDAMENTO

La frecuencia del polo del filtro limitará la salida a un número finito de armónicas.

DIAGRAMA ESQUEMATICO

Los elementos a utilizar son los siguientes:

Fuente de voltaje de pulsos (vpulse)

Fuente de voltaje DC (vdc)

Resistencia (r)

Capacitor (c)

Tierra Analógica (agnd)

Amplificador Operacional (ua741)

Marca de nivel de voltaje

El circuito de la figura 7-5 muestra el diagrama esquemático de un filtro pasa bajo de segundo orden.

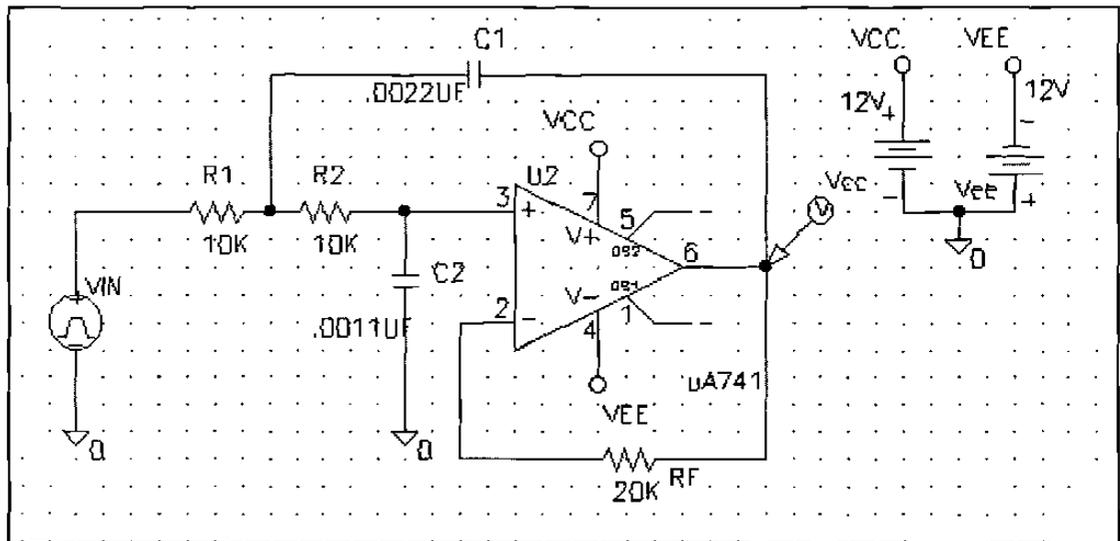


Fig. 7-5 Diagrama esquemático de un filtro pasa bajo de segundo orden.

La fuente VIN se especifica de la siguiente forma:

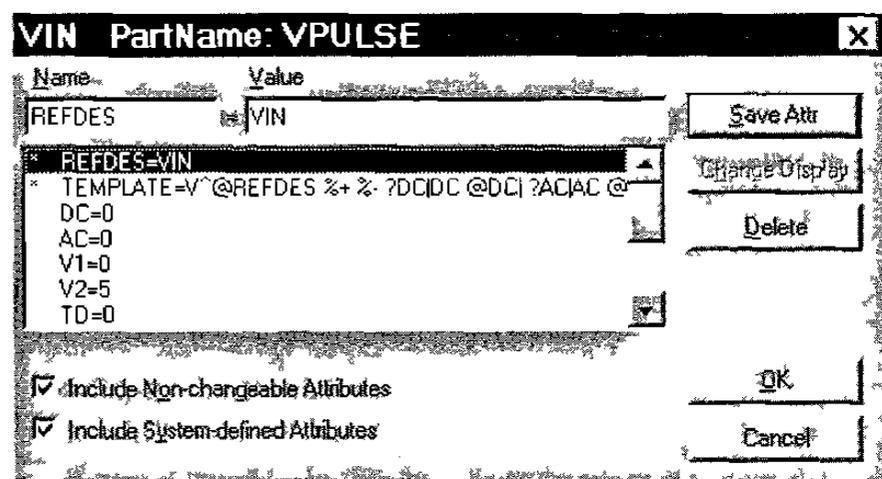


Fig. 7-6 Ventana de diálogo VIN PartName: VPULSE.

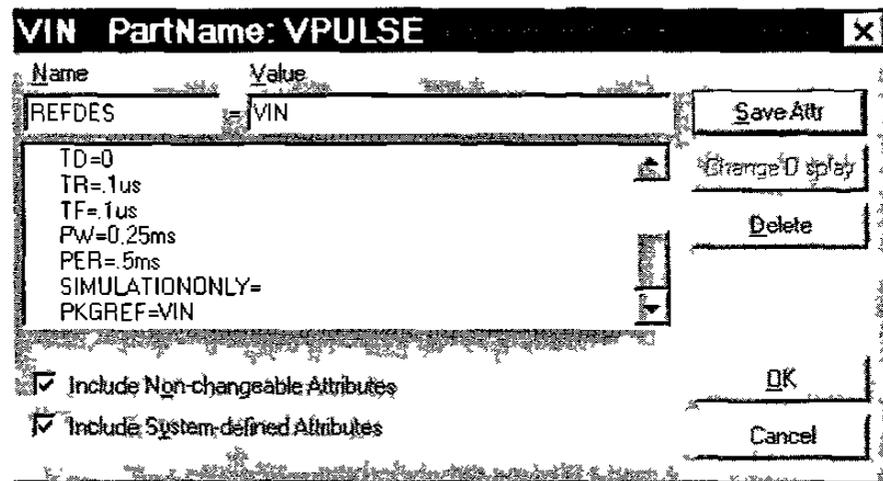


Fig. 7-7 Ventana de diálogo VIN PartName: VPULSE continuación.

ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SIMULACION

Una vez interconectados los elementos y modificados sus atributos debemos de establecer las condiciones de simulación con la secuencia Analysis, Setup, Transient como se ilustra a continuación.

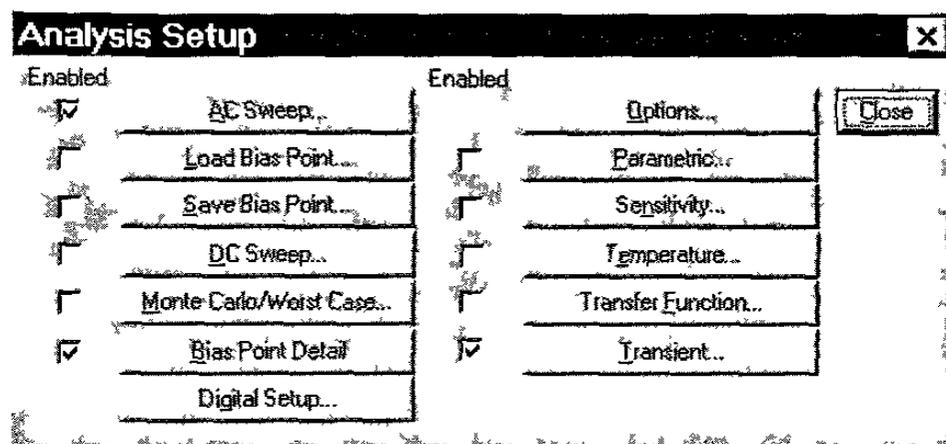


Fig. 7-8 Ventana de diálogo Analysis Setup.

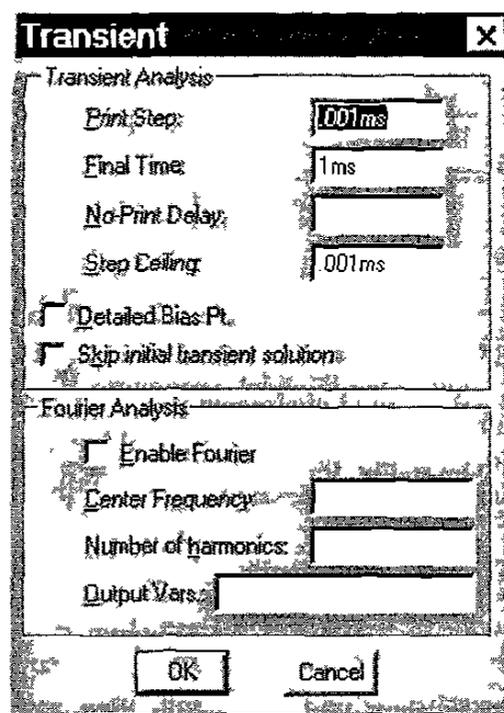


Fig. 7-9 Ventana de diálogo Transient.

Obsérvese que el tiempo final es igual a 2ms, lo que significa cuatro ciclos de la señal, el print y ceiling steps se especifican como la milésima parte de 2ms, es decir .002ms.

RESULTADOS DE LA SIMULACION

En la figura 7-10 se muestra la salida obtenida en el graficador de alta resolución.

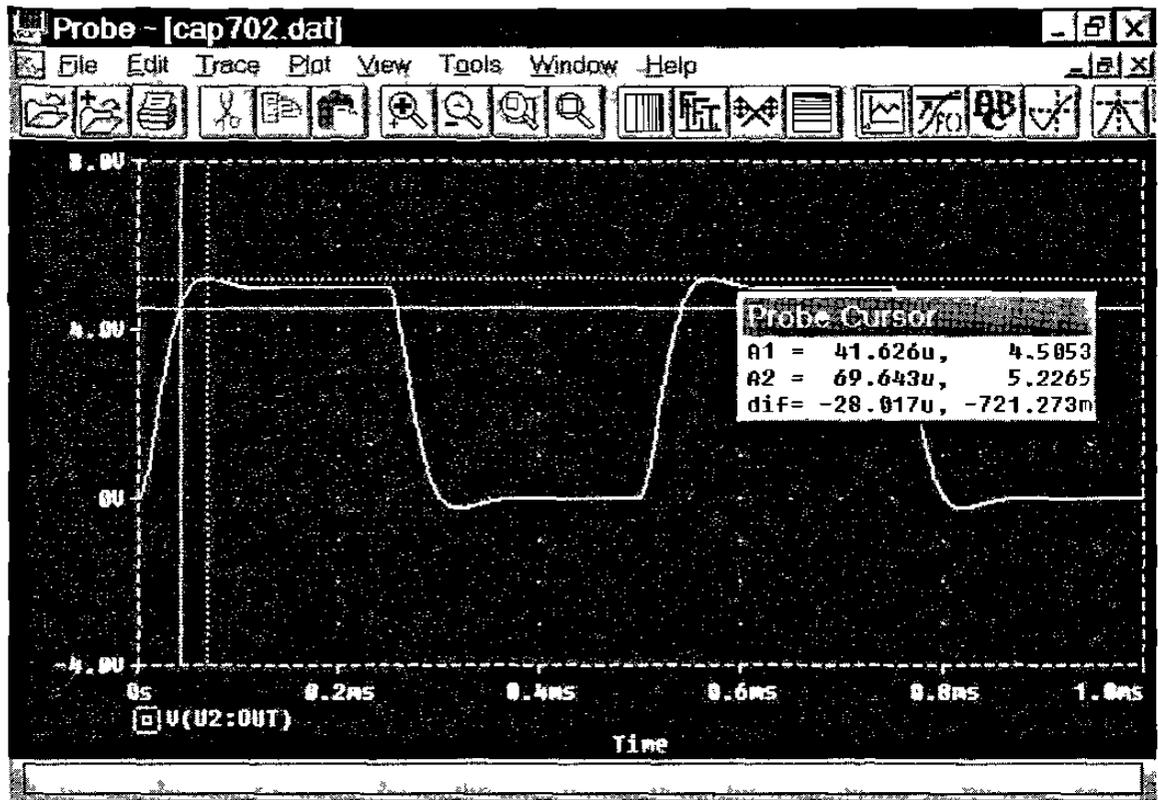


Fig. 7-10 Salida del graficador.

En ella se puede observar que:

Tiempo de retardo = 41.6us

Sobrepaso = 0.2265V

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo tuvo su origen en una problemática existente en instituciones de educación superior en las áreas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Ellas tienen el compromiso de crear profesionales egresados de las carreras relacionadas con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica que sean capaces no solo de tener los conocimientos más nuevos sobre su especialidad, sino que deben de poder adaptarse a los cambios tan rápidos de estas disciplinas.

Para satisfacer los perfiles ideales de los egresados las Universidades deben de invertir demasiado dinero en infraestructura para las carreras relacionadas con estas disciplinas. Infraestructura que se convierte en obsoleta en un periodo demasiado corto por lo cambiante de la tecnología.

Con el propósito de contribuir en algo a la solución parcial de la problemática planteada, se propuso en este trabajo que la simulación electrónica reemplace algunas de las actividades de análisis y diseño tradicional de sistemas Eléctricos y Electrónicos. Se establecieron los aspectos más relevantes del análisis de circuitos eléctricos y electrónicos por computadora usando el software de evaluación de Microsim Corporation.

La simulación permite realizar análisis de circuitos que en la práctica sería muy difíciles de realizarlos por los costoso de los equipos y lo difícil de conseguir los componentes.

8.2 RECOMENDACIONES

El campo de la simulación mediante computadoras es demasiado amplio. Este trabajo se limitó a la simulación con componentes y señales analógicas, por lo que es factible extenderse en los siguientes tópicos:

Simulación con circuitos y señales digitales

Simulación con circuitos analógicos y digitales combinados

Análisis de sistemas de potencia

Incrementar el número de los ejemplos

BIBLIOGRAFIA

Roy W. Goody

Pspice for Windows a Circuit Simulation Primer

Prentice Hall

1995

Roy W. Goody

Pspice for Windows Operatinal Amplifiers & Digital Circuits

Prentice Hall

1996

James M. Fiore

Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits

West

1992

Savant, Roden, Carpenter

Electronic design

Benjamin/Cummings

1991

Mark N. Horenstein
Microelectronic Circuits & Devices
Prentice Hall
1990

Muhammad H. Rashid
Spice For Circuits And Electronics
Prentice Hall
1990

LISTADO DE TABLAS

TABLA 2-1 CONVENCIÓN DE USO DEL MOUSE	10
TABLA 3-1 SUFIJOS EN PSPICE.....	16
TABLA 3-2 ASIGNACIÓN DE TRAZOS LINEALES.....	19

LISTADO DE FIGURAS

FIG. 2-1 PANTALLA DE LA APLICACIÓN SCHEMATICS.....	10
FIG. 2-2 VENTANA DE DIALOGO SAVE AS.....	11
FIG. 3-1 VENTANA DE DIALOGO PART BROWSER BASIC.....	14
FIG. 3-2 VENTANA DE DIALOGO EDIT REFERENCE DESIGNATOR	15
FIG. 3-3 VENTANA DE DIALOGO SET ATTRIBUTE VALUE	15
FIG. 3-4 VENTANA DE DIALOGO V4 PARTNAME: VAC	17
FIG. 3-5 VENTANA DE DIALOGO V6 PARTNAME: VPWL	19
FIG. 3-6 VENTANA DE DIALOGO V1 PARTNAME: VSIN	20
FIG. 3-7 VENTANA DE DIALOGO V1 PARTNAME: VSRC	21
FIG. 3-8 VENTANA DE DIALOGO F1 PARTNAME: F	25
FIG. 4-1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO AMPLIFICADOR EMISOR COMÚN.....	38
FIG. 4-2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO AMPLIFICADOR NO INVERSOR.....	40

FIG. 4-3 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA LA OBTENCIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSISTOR	42
FIG. 4-4 VENTANA DE DIALOGO DC SWEEP.	42
FIG. 4-5 VENTANA DE DIALOGO DC NESTED SWEEP.....	43
FIG. 4-6 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSISTOR.....	44
FIG. 4-7 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA COMPROBACIÓN DEL TEOREMA DE LA MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA.....	45
FIG. 4-8 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	46
FIG. 4-9 VENTANA DE DIALOGO DC SWEEP.	46
FIG. 4-10 SALIDA DEL GRAFICADOR.	47
FIG. 4-11 GRÁFICA DE LA POTENCIA EN LA CARGA CONTRA EL VALOR DE R_L	48
FIG. 5-1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR EMISOR COMÚN.....	51
FIG. 5-2 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	51
FIG. 5-3 VENTANA DE DIALOGO TRANSFER FUNCTION.....	52
FIG. 5-4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR FUENTE COMÚN.	54
FIG. 5-5 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP	55
FIG. 5-6 VENTANA DE DIALOGO TRANSFER FUNCTION.....	55
FIG. 5-7 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR INVERSOR.....	58
FIG. 5-8 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	58
FIG. 5-9 VENTANA DE DIALOGO TRANSFER FUNCTION.....	59
FIG. 6-1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR INVERSOR DE C_A	63
FIG. 6-2 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	64
FIG. 6-3 VENTANA DE DIALOGO AC SWEEP AND NOISE ANALYSIS.....	64
FIG. 6-4 GRÁFICA DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA.....	65
FIG. 6-5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR EMISOR COMÚN.....	67
FIG. 6-6 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	68
FIG. 6-7 VENTANA DE DIALOGO AC SWEEP AND NOISE ANALYSIS.....	68
FIG. 6-8 GRÁFICA DE RESPUESTA A LA FRECUENCIA.....	69
FIG. 6-9 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN FILTRO ACTIVO PASA BAJO.	71
FIG. 6-10 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	72
FIG. 6-11 VENTANA DE DIALOGO AC SWEEP AND NOISE ANALYSIS.....	72

FIG. 6-12 SALIDA DEL GRAFICADOR.	73
FIG. 7-1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN AMPLIFICADOR INVERSOR.....	77
FIG. 7-2 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	77
FIG. 7-3 VENTANA DE DIALOGO	78
FIG. 7-4 SALIDA DEL GRAFICADOR.	79
FIG. 7-5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN FILTRO PASA BAJO DE SEGUNDO ORDEN.	81
FIG. 7-6 VENTANA DE DIALOGO VIN PARTNAME: VPULSE.....	81
FIG. 7-7 VENTANA DE DIALOGO VIN PARTNAME: VPULSE CONTINUACIÓN.	82
FIG. 7-8 VENTANA DE DIALOGO ANALYSIS SETUP.	82
FIG. 7-9 VENTANA DE DIALOGO TRASIENT.....	83
FIG. 7-10 SALIDA DEL GRAFICADOR.	84

GLOSARIO

SPICE	Programa de Simulación con Enfoque en Circuitos Integrados
SCHEMATICS	Programa para dibujar un circuito
PSPICE	SPICE para computadoras personales
PROBE	Programa graficador de alta resolución
CD	Corriente Directa
CA	Corriente Alterna
ASCII	Código Estándar Americano para el Intercambio de Información

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

ROSA ALICIA ELIZONDO CALLEJAS cursó sus estudios profesionales en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones en 1979. Año en el que inicia su labor como catedrática en la misma institución en las áreas de electrónica y sistemas. Ha participado como organizadora e instructora de cursos de computación de apoyo a maestros de la U. A. N. L. así como en diferentes proyectos tendientes al mejoramiento académico y de la infraestructura computacional en diversas dependencias universitarias.

