UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SOFTWARE DEDICADO AL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS PARA LA DOCENCIA UNIVERSITARIA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre -2017

AUTOR: Javier Quiles Lozano DIRECTOR/ES: María Asunción Vicente Ripoll

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SOFTWARE DEDICADO AL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS PARA LA DOCENCIA UNIVERSITARIA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre -2017

AUTOR: Javier Quiles Lozano DIRECTOR/ES: María Asunción Vicente Ripoll

"No digas: es imposible. Di: no lo he hecho todavía."

Proverbio japonés.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi directora del trabajo de fin de grado Mª Asunción Vicente Ripoll por su atención, disposición y ayuda durante la realización de éste.

Gracias a aquellos docentes que han servido de inspiración. Agradecer también a todos mis compañeros y amigos hechos a lo largo de todos estos años de carrera, sobre todo a Jesús y José por ser los pilares en los momentos de mayor trabajo. A Sandra y Angie por ser el soporte anímico todos los días y al resto de mis amigos por mostrarme el apoyo en momentos difíciles.

Por último, gracias a mi familia, por educarme y ayudarme a ser lo que soy.



ÍNDICE

1.	INT	RODU	CCIÓN	12
2.	MA	TERIA	L Y MÉTODOS	13
2	2.1.	ESTU	IDIO DE LAS PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA TEORÍA DE CIRCUITOS	13
2	2.2.	SOFT	WARE SELECCIONADO PARA EL ESTUDIO	15
	2.2	.1.	ORCAD	16
	2	2.2.1.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	16
	2	2.2.1.2.	SIMBOLOGÍA	17
	2	2.2.1.3.	TIPOS DE SIMULACIÓN	18
	2.2	.2.	EVERYCIRCUIT	19
	2	2.2.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	19
	2	2.2.2.2.	SIMBOLOGÍA	20
	2	2.2.2.3.	TIPOS DE SIMULACIONES	21
	2.2	.3.	QUCS	22
	2	2.2.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	22
	2	2.2.3.2.	SIMBOLOGÍA	24
	2.2.3.3.		TIPOS DE SIMULACIÓN	25
	2.2	.4.	LT SPICE	26
	2	2.2.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	26
	2	2.2.4.2.	SIMBOLOGÍA	27
	2	2.2.4.3.	TIPOS DE SIMULACIÓN	28
	2.2	.5.	EASYEDA	29
	2	2.2.5.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	29
	2	2.2.5.2.	SIMBOLOGÍA	30
	2	2.2.5.3.	TIPOS DE SIMULACIÓN	31
3.	RES	SULTA	DOS Y DISCUSIÓN	32
3	8.1.	EVAL	UACIÓN DE LA USABILIDAD CON LA REALIZACIÓN DE SIMULACIONES EN DC 3	32
	3.1	.1.	ORCAD	32
	3	8.1.1.1.	PRÁCTICA 1	32
	3	8.1.1.2.	PRÁCTICA 2	38
	3	8.1.1.3.	PRÁCTICA 4	44
	3	8.1.1.4.	PRÁCTICA 5	49
	3	8.1.1.5.	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD	54
	3.1	.2.	EVERYCIRCUIT	55
	3	8.1.2.1.	PRÁCTICA 1	55

	UNIVER
N	1
ال ارچ	es es
**/ H	erpac.

-	Here				
	3.1.2.2.	PRÁCTICA 2	61		
	3.1.2.3.	PRÁCTICA 4	68		
	3.1.2.4.	PRÁCTICA 5			
	3.1.2.5.	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD			
	3.1.3. QU	JCS	69		
	3.1.3.1.	PRÁCTICA 1	69		
	3.1.3.2.	PRÁCTICA 2	74		
	3.1.3.3.	PRÁCTICA 4			
	3.1.3.4.	PRÁCTICA 5			
	3.1.3.5.	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD			
	3.1.4. LT S	SPICE			
	3.1.4.1.	PRÁCTICA 1			
	3.1.4.2.	PRÁCTICA 2			
	3.1.4.3.	PRÁCTICA 4			
	3.1.4.4.	PRÁCTICA 5			
	3.1.4.5.	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD			
	3.1.5. EAS	SYEDA	97		
	3.1.5.1.	PRÁCTICA 1	97		
	3.1.5.2.	PRÁCTICA 2	102		
	3.1.5.3.	PRÁCTICA 4	105		
	3.1.5.4.	PRÁCTICA 5	109		
	3.1.5.5.	ANÁLISIS DE LA USABILIDAD	110		
4.	CONCLUSIONES				
5.	BIBLIOGRAFÍA116				
6.	ANEXOS		117		





1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología evoluciona a pasos agigantados, sobretodo en el ámbito de la electrónica. Ante este avance, cada vez se hace más complejo diseñar los elementos que componen tanto la electrónica de consumo como la electrónica de ámbito industrial o militar. Por ello, existe una necesidad de elaborar un software de diseño y análisis de circuitos electrónicos sencillo, preciso y fiable.

En 1981, marca el inicio del software de diseño electrónico como una industria. Anteriormente este software solo lo utilizaban internamente las compañías más grandes como Hewlett Packard, Tektronix o Intel. Poco a poco fue llegando a más usuarios y éste hecho creo un auge en el desarrollo electrónico a nivel mundial.

En el ámbito docente, es necesario crear un entorno sencillo para una mayor compresión por parte de las nuevas generaciones de estudiantes de ingeniería, quienes serán los responsables de seguir desarrollando tecnología en el futuro. En el presente documento, se realizará una evaluación de diversos software de diseño de circuitos eléctricos para la asignatura Teoría de Circuitos.

La teoría de circuitos aporta los conocimientos eléctricos básicos que necesita un profesional de la ingeniería mecánica (y otras ingenierías), sin los cuales no podría obtener una visión de conjunto adecuada al trabajar con dispositivos electromecánicos o en instalaciones con componentes eléctricos y electrónicos. Adicionalmente, en esta asignatura se introduce la terminología más relevante para una comunicación eficaz en la profesión, en términos de especificaciones eléctricas.



2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del presente análisis de software, se ha facilitado un ordenador en el edificio Innova en el laboratorio del grupo de investigación a cargo de la directora del mismo. Los criterios de selección del software serán descritos más adelante. El primer paso a seguir es realizar un estudio de los guiones de prácticas de la asignatura Teoría de Circuitos.

2.1. ESTUDIO DE LAS PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA TEORÍA DE CIRCUITOS

Los objetivos principales de la asignatura Teoría de Circuitos son que los alumnos obtengan como resultados de aprendizaje los siguientes elementos:

- Manejar con fluidez terminología, simbología, magnitudes y unidades eléctricas.
- Conocer y modelar los elementos básicos que constituyen un circuito eléctrico.
- Dominar las técnicas generales de análisis de circuitos: nodos y mallas.
- Simplificar circuitos utilizando asociaciones de elementos y equivalentes Thévenin y Norton.
- Realizar análisis de potencia y energía en circuitos eléctricos.
- Aplicar análisis por nodos o mallas a circuitos en régimen estacionario senoidal.
- Realizar balances de potencia en régimen estacionario senoidal.
- Evaluar el efecto de la frecuencia en régimen estacionario senoidal.
- Analizar circuitos con bobinas acopladas magnéticamente y transformadores.
- Conocer las capacidades de las herramientas software de simulación de circuitos eléctricos.

Debido a que es un objetivo que deben lograr los alumnos, el conocimiento de las herramientas informáticas debe ser impartida por los docentes de manera lo más sencilla y rápida posible.

Las prácticas se dividen en 6 sesiones, siendo 5 de informática y 1 en laboratorio para consolidar con componentes y herramientas reales los conocimientos de las clases teóricas y de informática. En clases se nos ha enseñado a usar el software OrCAD para la simulación de circuitos mediante sesiones prácticas en aulas de informática. El contenido de las prácticas se estudia a continuación:



- Práctica 1-Introducción al programa OrCAD, simulación de un circuito en DC. La primera práctica es una introducción al software y a su interfaz explicando la metodología de creación de un proyecto, un esquemático y el posicionamiento de componentes desde su librería. Posteriormente se describe como realizar simulaciones sencillas del tipo Bias Point y Time Domain (Transient) mediante varios ejemplos y ejercicios para el alumno. Cabe destacar que esta sesión consolida el aprendizaje de las leyes de Kirchhoff de mallas y nodos, leyes de máxima importancia en la asignatura.
- Práctica 2-Análisis de circuitos en DC. Esta sesión se divide en dos partes, el cálculo de la resistencia equivalente de un circuito y el uso de fuentes dependientes.
- Práctica 3-Medición de intensidades, tensiones y resistencia sobre circuitos reales. El análisis y uso de componentes reales es el objetivo principal de esta práctica por ello es la única efectuada en el laboratorio. En primera instancia, se introduce la placa Protoboard, una herramienta donde se conectaran los componentes sin necesidad de soldaduras y cuyo uso es muy extendido tanto en el ámbito académico como en el profesional. Posteriormente, se muestra al alumno como utilizar el polímetro, dispositivo de medición que nos permite obtener diversas magnitudes.
- Práctica 4-Análisis mediante barrido DC Sweep. El análisis DC Sweep, permite hacer un barrido de los valores de diversas características de los componentes eléctricos, como por ejemplo: barridos de tensión o de corriente, barridos de parámetros globales, etc. En cada uno de los barridos se calcula el punto de trabajo para cada uno de los valores que tomen las variables y se plotea en una gráfica. El alumno es capaz de observar el comportamiento de un circuito si cambian los parámetros de sus componentes de manera gráfica lo que aporta una mayor facilidad de su diseño.
- Práctica 5-Análisis de potencia en DC. En esta práctica se visualizará el balance de potencia de distintos circuitos observando el comportamiento activo o pasivo de los distintos componentes.



 Práctica 6-Análisis de circuitos AC. En la última práctica se observa el comportamiento de circuitos y componentes en corriente alterna. En la última parte de ésta, se introduce el concepto de barrido AC Sweep similar al visto anteriormente en DC Sweep.

Gracias a una lectura de los guiones de prácticas, apreciamos las utilidades de las que deben disponer los softwares a analizar.

2.2. SOFTWARE SELECCIONADO PARA EL ESTUDIO

Para la elaboración del estudio debemos seleccionar software de fácil acceso para los estudiantes, que se pueda descargar desde la misma web oficial del distribuidor del software, para evitar posibles amenazas informáticas para sus equipos, que no suponga un gran coste para el estudiante y que disponga de la mayor parte de utilidades que aplicamos en las prácticas de la asignatura.

Debido a los avances informáticos, existe actualmente software de diseño y análisis de circuitos para dispositivos móviles y navegador. Al haber una gran cantidad de software, se ha decidido realizar un estudio de algunos de los más conocidos y con mayor abanico de posibilidades.

Se ha optado por evaluar el siguiente software:

- OrCAD
- EveryCircuit
- QUCS
- LT Spice
- EasyEDA





2.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

OrCAD es un paquete de software EDA desarrollado por la empresa Cadence Design Systems.

Está disponible solamente para Microsoft Windows en versiones demo para 32-bits (16.6) y 64-bits (17.2), ésta última será la utilizada para la realización del presente documento.

Las limitaciones de las versiones demo no son relevantes salvo que se hagan circuitos de gran cantidad de componentes.



Figura 1: Interfaz OrCAD

2.2.1.2. <u>SIMBOLOGÍA</u>



Tierra



2.2.1.3. <u>TIPOS DE SIMULACIÓN</u>

OrCAD nos permite realizar los siguientes tipos de simulación:

- Análisis en corriente continua
- Cálculo de resistencia equivalente
- Análisis de circuitos con fuentes dependientes
- Análisis mediante barrido DC Sweep
- Balance de potencia
- Análisis en corriente alterna
- Análisis mediante barrido AC Sweep





2.2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

EveryCircuit es un software desarrollado por MuseMaze Inc.

Está disponible en formato aplicación móvil en iOS y Android y en formato de escritorio a través del navegador Google Chrome.

Posee limitaciones en el número de componentes que se pueden utilizar en su versión gratuita. Para poder utilizar todo su potencial, debemos pagar una cantidad única muy asequible para los estudiantes.

Nos ofrece una interfaz colorida y animaciones dinámicas para representar tensiones y corrientes y nos permite interactuar con los circuitos en tiempo real.



Figura 2: Interfaz EveryCircuit en el navegador Google Chrome



2.2.2.2. SIMBOLOGÍA







Resistencia

Bobina

Condensador







Fuente de Corriente

Fuente de Tensión DC











Fuente de Tensión dependiente de Tensión









Fuente de Corriente dependiente de Tensión









Amperímetro



Ohmímetro





2.2.2.3. <u>TIPOS DE SIMULACIONES</u>

EveryCircuit nos permite realizar los siguientes tipos de simulación:

- Análisis en corriente continua
- Cálculo de resistencia equivalente
- Análisis de circuitos con fuentes dependientes
- Análisis en corriente alterna





2.2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Quite Universal Circuit Simulator (QUCS) es un simulador de circuitos electrónicos de código abierto. Es compatible con multitud de sistemas operativos: Microsoft Windows, MAC OS y Linux. Una de sus mayores ventajas es que es un software portable, es decir, no es necesario instalarlo para poder utilizarlo. Puede llevarse en un dispositivo de almacenamiento externo y utilizarse directamente.

Está disponible en varios idiomas: español, catalán, inglés, francés, alemán, japonés, etc.

QUCS tiene una interfaz gráfica para elaborar esquemáticos. Los datos de simulación pueden representarse con varios tipos de diagramas, incluyendo el Diagrama de Smith, diagramas cartesianos, tabular, polares, combinación de polar y Smith, cartesianos en 3D, curvas de lugar, diagramas temporales y tablas de verdad.



Figura 3: Interfaz QUCS



La documentación ofrece muchos tutoriales útiles (WorkBook), informes (ReportBook) y una descripción técnica del simulador.

El administrador de bibliotecas de componente tiene modelos de dispositivos de la vida real, como transistores, diodos, amplificadores operacionales, etc. Puede también ser extendida por el usuario.



2.2.3.2. <u>SIMBOLOGÍA</u>



Amperímetro

Voltímetro

Tierra



2.2.3.3. <u>TIPOS DE SIMULACIÓN</u>

QUCS nos permite realizar los siguientes tipos de simulación:

- Análisis en corriente continua
- Análisis de circuitos con fuentes dependientes
- Análisis mediante barrido DC Sweep
- Análisis en corriente alterna
- Análisis mediante barrido AC Sweep





2.2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

LT Spice es un simulador de circuitos electrónicos gratuito desarrollado por Linear Technology. Su uso es compatible con Microsoft Windows y Mac OS.

Las mejoras introducidas en el programa logran simulaciones mucho más rápidas que las de otros programas de características equivalentes. Además, en la descarga se incluyen las librerías de transistores, resistencias, capacitores, MOSFET, diodos, inductores, compuertas lógicas, y todo lo necesario para montar un circuito en pantalla y poder simularlo en tiempo real.



Figura 4: Interfaz LT Spice



2.2.4.2. <u>SIMBOLOGÍA</u>



Tierra



2.2.4.3. <u>TIPOS DE SIMULACIÓN</u>

LT Spice nos permite realizar los siguientes tipos de simulación:

- Análisis en corriente continua
- Análisis de circuitos con fuentes dependientes
- Análisis mediante barrido DC Sweep
- Análisis en corriente alterna
- Análisis mediante barrido AC Sweep





2.2.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

EasyEDA es un simulador de circuitos electrónicos de código abierto. Nos permite trabajar con sólo un navegador conectado a internet, por tanto, nos permite su uso en cualquier sistema operativo y dispositivos móviles. Además está basada en la nube lo que nos permite guardar todos nuestros circuitos online mediante un registro gratuito en la web.

Está basado en NG Spice, otro software de código abierto similar a QUCS, con una gran cantidad de librerías de componentes y una gran cantidad de simulaciones.

Nos permite además importar archivos desde LT Spice, Altium y Eagle entre otros lo que nos ofrece trabajar con proyectos guardados sin necesidad de instalar el software acorde, pudiendo trabajar colaborativamente sin más necesidad que conexión a Internet y un navegador.



Figura 5: Interfaz EasyEDA en el navegador Google Chrome



2.2.5.2. <u>SIMBOLOGÍA</u>





2.2.5.3. <u>TIPOS DE SIMULACIÓN</u>

EasyEDA nos permite realizar los siguientes tipos de simulación:

- Análisis en corriente continua
- Análisis de circuitos con fuentes dependientes
- Análisis mediante barrido DC Sweep
- Análisis en corriente alterna
- Análisis mediante barrido AC Sweep



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD CON LA REALIZACIÓN DE SIMULACIONES EN DC

En la exposición de los resultados se muestra primero unas primeras impresiones del software analizado. Posteriormente, se muestran las imágenes de los ejercicios resueltos y por último, una discusión de la usabilidad de cada software.

3.1.1. <u>ORCAD</u>

Utilizaremos el software OrCAD como software de control, ya que es el software utilizado en las sesiones prácticas y nos permite realizar todas las simulaciones de las prácticas como queda demostrado a continuación.

Una evaluación preliminar del software nos permite observar una buena interfaz gráfica y una gran librería de componentes.

3.1.1.1. <u>PRÁCTICA 1</u>

Comenzamos realizando el ejemplo 1, un circuito divisor de tensión.



Figura 6: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión

Posicionando los componentes necesarios del ejercicio desde la librería y simulando nos da como resultado la siguiente imagen.





Figura 7: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión resuelto

Los siguientes ejercicios de ésta práctica se realizan de igual forma.



Figura 8: Práctica 1 Ejercicio 1





Figura 9: Práctica 1 Ejercicio 1 resuelto



Figura 10: Práctica 1 Ejercicio 2





Figura 11: Práctica 1 Ejercicio 2 resuelto



Figura 12: Práctica 1 Ejercicio 3



Figura 13: Práctica 1 Ejercicio 3 resuelto





Figura 14: Práctica 1 Ejercicio 4



Figura 15: Práctica 1 Ejercicio 4 resuelto












En la primera parte de ésta práctica, realizamos el cálculo de la resistencia equivalente de un circuito.



Figura 18: Práctica 2 Ejemplo 1 Calculo de resistencia equivalente

El cálculo que se nos pide es la resistencia equivalente medida entre el nodo SALIDA y tierra.

Debemos extraer el informe de la simulación para obtener el resultado.

```
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
V(SALIDA)/V_V1 = 2.222E-01
INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 3.000E+03
OUTPUT RESISTANCE AT V(SALIDA) = 9.630E+02
```

```
JOB CONCLUDED
```

Figura 19: Práctica 2 Ejemplo 1 Calculo de resistencia equivalente resuelto

La R_{eq} =963 Ω en este circuito.

Los siguientes ejercicios sirven para afianzar los conocimientos de la realización de este cálculo.





Figura 20: Práctica 2 Ejercicio 1

Extraemos el informe de la simulación para obtener su resistencia equivalente.

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
V(0)/V_V1 = 0.000E+00
INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 7.317E+02
OUTPUT RESISTANCE AT V(0) = 0.000E+00
JOB CONCLUDED
Figura 21: Práctica 2 Ejercicio 1 resuelto

La R_{eq} =732 Ω en este circuito.





Figura 23: Práctica 2 Ejercicio 2

Extraemos los respectivos informes de las dos simulaciones para obtener la resistencia equivalente en función de los terminales.

```
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
V(C)/V_V1 = 9.541E-01
INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 1.406E+03
OUTPUT RESISTANCE AT V(C) = 1.114E+03
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
V(A)/V_V1 = 5.412E-01
INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 2.082E+03
OUTPUT RESISTANCE AT V(A) = 6.785E+02
Figura 24: Práctica 2 Ejercicio 2 resuelto
```

La R_{eq} =1406 Ω medido en los terminales AB y R_{eq} =2082 Ω medido en los terminales CD en este circuito.

A continuación se realiza el análisis DC de los ejercicios con fuentes dependientes.





Figura 25: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes

A continuación se muestra la solución del ejemplo.



Figura 26: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes resuelto

De igual forma procedemos con los demás ejercicios.









Figura 28: Práctica 2 Ejercicio 3 resuelto





Figura 29: Práctica 2 Ejercicio 4



Figura 30: Práctica 2 Ejercicio 4 resuelto



A continuación, procedemos a realizar los ejercicios de DC Sweep.



Figura 31: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep



Figura 32: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep



Figura 33: Práctica 4 Ejercicio 1





Figura 34: Práctica 4 Ejercicio 1 resuelto

En el caso de **I1=5 mA** los valores de tensión y corriente en la resistencia R4 son **2.6301** V y -**2.63 mA** respectivamente.









Figura 36: Práctica 4 Ejercicio 2 resuelto

La tensión V1 para que la corriente en R4 sea nula es aproximadamente -5V.









Figura 38: Práctica 4 Ejercicio 3 resuelto









Figura 40: Práctica 4 Ejercicio 4 resuelto

El valor de R2 para que su corriente sea de 4mA es de aproximadamente 166 Ω .



Seguidamente realizamos los balances de potencia de diversos circuitos.



Figura 41: Práctica 5 Ejemplo 1 Balance de potencia





Figura 42: Práctica 5 Ejemplo 1 Balance de potencia resuelto



Los signos positivos y negativo de los componentes indican si son pasivos o activos respectivamente.

Seguidamente realizamos del mismo modo los otros ejercicios.









Figura 45: Práctica 5 Ejercicio 2





Figura 46: Práctica 5 Ejercicio 2 resuelto



Realizando un barrido en una resistencia podemos obtener el valor de ésta para obtener la mayor potencia posible.



Figura 47: Práctica 5 Ejemplo 2 Máxima potencia, barrido de una resistencia



Figura 48: Práctica 5 Ejemplo 2 Máxima potencia, barrido de una resistencia resuelto

La máxima potencia la obtenemos con una resistencia de 10 kΩ.

Del mismo modo procedemos en el siguiente ejercicio.





Figura 49: Práctica 5 Ejercicio 3



Figura 50: Práctica 5 Ejercicio 3 resuelto

La máxima potencia la obtenemos con una resistencia de 5 kΩ.



3.1.1.5. <u>ANÁLISIS DE LA USABILIDAD</u>

Los resultados del análisis DC se superponen al esquemático del circuito lo que nos permite dar con el deseado de un solo vistazo, representando las tensiones de los nodos y las corrientes de cada malla. El signo de las corrientes representa el sentido de estas en la malla siendo positivo cuando entra por el terminal positivo de la resistencia (criterio de signos pasivo).

Cuando deseamos realizar un cálculo de resistencia equivalente debemos extraer un informe del circuito además de la necesidad de añadir componentes extra para realizar el análisis. Esto se hace algo incómodo al tener que buscar en dicho informe el resultado deseado.

La simbología de las fuentes dependientes puede ser, a priori, algo difícil, pero en realidad es la mejor manera, ya que te permite ver las relaciones de dependencia en el circuito.

La representación del barrido es muy precisa y ofrece la opción de ver los valores en una tabla en la parte inferior mediante el uso del cursor del ratón arrastrando éste por la línea representada.

La realización del balance de potencia es muy intuitiva ya que representa los valores directamente vinculados a cada componente lo que facilita la comprensión. En cuanto al barrido para calcular la máxima potencia en una resistencia, se nos permite señalar rápidamente el valor máximo (o mínimo, dependiendo de la necesidad) en el gráfico con una opción de la barra de herramientas, facilitando rápidamente la búsqueda de dicho valor.

En definitiva, OrCAD nos ofrece la posibilidad de realizar todo tipo de análisis, de manera intuitiva y con una exposición de resultados clara y precisa.



Se prueba EveryCircuit en el navegador Google Chrome, procedemos a realizar los ejercicios de las prácticas que se muestran a continuación, mostrando sólo aquellos que se han podido realizar.

De manera preliminar probamos a poner diversos componentes, no tiene una librería muy extensa, en comparación con OrCAD. Vemos una gran facilidad de uso y una interfaz atractiva.

3.1.2.1. <u>PRÁCTICA 1</u>

Comenzamos realizando el ejemplo 1, un circuito divisor de tensión.



Figura 51: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión





Figura 52: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión resuelto

A continuación realizamos los ejercicios.



Figura 53: Práctica 1 Ejercicio 1





Figura 54: Práctica 1 Ejercicio 1 resuelto



Figura 55: Práctica 1 Ejercicio 2





Figura 56: Práctica 1 Ejercicio 2 resuelto



Figura 57: Práctica 1 Ejercicio 3



Figura 58: Práctica 1 Ejercicio 3 resuelto





Figura 59: Práctica 1 Ejercicio 4



Figura 60: Práctica 1 Ejercicio 4 resuelto





Figura 61: Práctica 1 Ejercicio 5



Figura 62: Práctica 1 Ejercicio 5 resuelto











Figura 64: Práctica 2 Ejemplo 1 Calculo de resistencia equivalente resuelto



Debido que debemos realizar la medida entre tierra y un nodo llamado SALIDA (descrito anteriormente en OrCAD) debemos realizar las conexiones de modo que nos permita obtener el valor correcto.

La R_{eq} =963 Ω en este circuito.



Figura 65: Práctica 2 Ejercicio 1



Figura 66: Práctica 2 Ejercicio 1 resuelto

La R_{eq} =732 Ω en este circuito.







Figura 67: Práctica 2 Ejercicio 2





Figura 68: Práctica 2 Ejercicio 2 resuelto

La R_{eq} =1406 Ω medido en los terminales AB y R_{eq} =2082 Ω medido en los terminales CD en este circuito.

A continuación se realiza el análisis DC de los ejercicios con fuentes dependientes.





Figura 69: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes



Figura 70: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes





Figura 71: Práctica 2 Ejercicio 3



Figura 72: Práctica 2 Ejercicio 3 resuelto





Figura 73: Práctica 2 Ejercicio 4



Figura 74: Práctica 2 Ejercicio 4 resuelto



No es posible realizar simulaciones DC Sweep.

3.1.2.4. <u>PRÁCTICA 5</u>

No es posible realizar simulaciones de balance de potencia.

3.1.2.5. ANÁLISIS DE LA USABILIDAD

Podemos apreciar la interfaz atractiva del software con variedad de colores que facilitan la asimilación visual de los resultados. Se observa además, el sentido de las corrientes del circuito mediante flechas, algo que puede ayudar en primera instancia. Cada tensión es representada en cada nodo.

A diferencia de OrCAD debemos realizar la medida de la resistencia equivalente con el ohmímetro, su interpretación puede ser más sencilla pero a la hora de realizar el esquemático puede llegar a ser un problema debido a las conexiones de los terminales al circuito.

Apreciamos que la simbología de las fuentes dependientes es muy similar a OrCAD, facilitando la compresión de las relaciones de dependencia de éstas.

Como se ha especificado anteriormente, no se puede realizar barridos DC Sweep y balances de potencia.

EveryCircuit nos ofrece en definitiva, un software con muchas posibilidades, ya que podemos realizar muchas operaciones con una interfaz muy atractiva y con una sencillez de uso envidiable. Este software necesita mejorar en varios aspectos, como incluir análisis de barridos y balances de potencia, asignaturas pendientes a realizar.



El siguiente software a analizar es QUCS. Cabe destacar que es un software portable, por lo que podemos llevarlo a cualquier PC que deseemos usar.

Un primer vistazo vemos que la interfaz no es tan sencilla como en OrCAD o EveryCircuit. Cuesta encontrar los elementos en el menú, ya que se mezclan los componentes con las simulaciones y los outputs que desearemos más adelante.

3.1.3.1. <u>PRÁCTICA 1</u>

Comenzamos realizando el ejemplo 1, un circuito divisor de tensión.



Figura 75: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión

number	A.V	B.V	11.1
1	5	2.5	0.0025

Figura 76: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión resuelto





Figura 77: Práctica 1 Ejercicio 1

number	A.V	B.V	C.V	D.V	E.V	F.V	11.1	12.1	13.1	4.	15.1	16.1
1	2	-2.5	1.75	2.5	-8.5	-10	0.00238	0.000125	0.00225	0.000875	0.00075	0.0015

Figura 78	: Práctica 1	Ejercicio	1 resuelto
-----------	--------------	-----------	------------



DC1



Figura 79: Práctica 1 Ejercicio 2

numb	er	A.V	B.V	12.1	13.1	4.	15.1	16.1
1		36	6	0.006	0.003	0.001	0.002	-0.003

Figura 80: Práctica 1 Ejercicio 2 resuelto



Figura 81: Práctica 1 Ejercicio 3



number	A.V	B.V	C.V	D.V	12.1	13.1	4.	15.1	I6 .I
1	10	6	8	18	0.004	0.006	-0.002	0.008	0.01

Figura 82: Práctica 1 Ejercicio 3 resuelto



Figura 83: Práctica 1 Ejercicio 4

number	A.V	B.V	C.V	D.V	12.1	13.1	4.	15.1	16.1	17.1
1	56.2	16.2	12.5	7.5	0.01	0.00813	0.00188	0.0025	0.000625	0.00188

Figura 84: Práctica 1 Ejercicio 4 resuelto




Figura 85: Práctica 1 Ejercicio 5

number	A.V	B.V	C.V	D.V	E.V	F.V	Pr1.I	Pr2.I	Pr3.I	Pr4.I	Pr5.I
1	-18.8	-8.27	5	-25.8	1.35	-88.7	0.00202	0.00272	-0.00527	0.000269	0.00827

Figura 86: Práctica 1 Ejercicio 5 resuelto



En QUCS no es posible realizar un cálculo de resistencia equivalente.

A continuación procedemos a realizar el análisis DC con fuentes dependientes.



Figura 87: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes

number	A.V	B.V	Pr1.I	Pr2.I	Pr3.I	Pr4.I
1	4	2	-1	1	2	2

Figura 88: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes resuelto





number	A.V	B.V	Pr1.I	Pr2.I	Pr3.I	Pr4.I	Pr5.I
1	3	6	-0.0015	0.0005	-0.001	0.001	0.002

	Figura	90:	Práctica	2	Ejercicio	3	resuelto
--	--------	-----	----------	---	-----------	---	----------





DC1

number	A.V	B.V	C.V	Pr1.I	Pr2.I	Pr3.I
1	12	2.77	-4.62	0.000462	0.00231	0.00185

Figura 92: Práctica 2 Ejercicio 4 resuelto



Para realizar un barrido deberemos seleccionar que tipo deseamos realizar en el menú de simulaciones y posteriormente añadir los parámetros del barrido siempre vinculándolo a una simulación anterior en nuestro caso análisis DC.



Figura 93: Práctica 4 Ejemplo 1: Uso de DC Sweep



Figura 94: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep resuelto





Figura 95: Práctica 4 Ejercicio 1



Figura 96: Práctica 4 Ejercicio 1 resuelto

En el caso de **I1=4.87 mA** los valores de tensión y corriente en la resistencia R4 son **2.58 V** y **2.58 mA** respectivamente. El signo de la corriente es diferente debido a que va en sentido contrario.









Figura 98: Práctica 4 Ejercicio 2 resuelto

La tensión V1 para que la corriente en R4 sea nula es aproximadamente -5V.





Figura 99: Práctica 4 Ejercicio 3



Figura 100: Práctica 4 Ejercicio 3 resuelto

La gráfica puede ser distinta debido al sentido de la corriente en las simulaciones, pero los valores son correctos en valor absoluto.





Figura 101: Práctica 4 Ejercicio 4



Figura 102: Práctica 4 Ejercicio 4 resuelto

El valor de la corriente se escogerá negativo ya que la corriente irá en sentido contrario al señalado por el amperímetro.



El valor de R2 para que su corriente sea de aproximadamente 4mA es de aproximadamente **170** Ω .

3.1.3.4. <u>PRÁCTICA 5</u>

No es posible realizar simulaciones de balance de potencia.

3.1.3.5. ANÁLISIS DE LA USABILIDAD

A diferencia de los anteriores softwares, la visualización de los resultados es menos visual, se presenta de forma tabular. La obtención de las tensiones en los nodos, se obtiene mediante marcadores de voltaje que deben emplazarse en el nodo correspondiente a analizar. Al tener el amperímetro una flecha, nos presenta de forma visual el sentido de la corriente.

No se puede realizar el cálculo de resistencia equivalente con este software debido a la falta de herramientas para poder calcularlo como puede ser un ohmímetro o un informe del circuito como OrCAD. La simbología es similar a los anteriores softwares, con la dificultad de diferenciar cuando es fuente dependiente de tensión o corriente de forma visual, algo que es negativo para este software.

Para poder representar la gráfica debemos usar la opción de Gráfico en el menú de opciones, tenemos la opción de usar marcadores en la gráfica para obtener los valores de X e Y aunque con la dificultad de obtener el valor exacto que deseamos.

Debido a la dificultad de marcar el valor deseado, hay un error respecto a los valores de OrCAD.

Como se ha comentado anteriormente no se puede realizar simulaciones de balance de potencia.

QUCS nos brinda un software muy potente para ser un software libre, ofrece una gran cantidad de análisis aunque algunos de los necesarios para la realización de estas prácticas, no están disponibles.



A continuación analizaremos LT Spice, un software algo incómodo de utilizar a la hora de colocar componentes y rotarlos ya que debemos utilizar el icono en la parte superior de la interfaz y el componente sigue seleccionado.

La librería de componentes es muy amplia pero presenta la dificultad a la hora del visionado de algunos componentes.

3.1.4.1. <u>PRÁCTICA 1</u>

Comenzamos con el circuito divisor de tensión.



Figura 103: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión



Figura 104: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión resuelto











Figura 106: Práctica 1 Ejercicio 1 resuelto





Figura 107: Práctica 1 Ejercicio 2



Figura 108: Práctica 1 Ejercicio 2 resuelto





Figura 109: Práctica 1 Ejercicio 3



Figura 110: Práctica 1 Ejercicio 3 resuelto





Figura 111:Práctica 1 Ejercicio 4



--- Operating Point ---

V(n002):	16.25	voltage
V(n001):	56.25	voltage
V(n003):	12.5	voltage
V(n004):	10	voltage
V(n005):	7.5	voltage
I(I1):	0.01	device_current
I(R6):	0.001875	device_current
I(R5):	0.0025	device_current
I(R4):	0.0025	device_current
I(R3):	-0.001875	device_current
I(R2):	0.008125	device_current
I(R1):	-0.01	device_current
I(V1):	-0.000625	device_current

Figura 112: Práctica 1 Ejercicio 4 resuelto









.op

--- Operating Point ---

V(n002):	-8.26923	voltage
V(n001):	-18.8077	voltage
V(n003):	41	voltage
V(n005):	5	voltage
V(n004):	-25.8077	voltage
V(n006):	1.34615	voltage
V(n007):	-88.6538	voltage
I(I3):	0.005	device_current
I(I2):	0.003	device_current
I(I1):	0.01	device_current
I(R7):	-0.005	device_current
I(R6):	-0.000269231	device_current
I(R5):	-0.00201538	device_current
I(R4):	-0.00271538	device_current
I(R3):	-0.00826923	device_current
I(R2):	0.003	device_current
I(R1):	0.00526923	device_current
I(V2):	0.003	device_current
I(V1):	-0.00271538	device_current

Figura 114: Práctica 1 Ejercicio 5 resuelto



3.1.4.2. <u>PRÁCTICA 2</u>

En LT Spice no se puede realizar el cálculo de la resistencia equivalente. Seguidamente, procedemos a la realización de los ejercicios de fuentes dependientes.



Figura 115: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes





	Operating	Point
V(n001):	4	voltage
V(n002):	2	voltage
V(n003):	2	voltage
I(H1):	-2	device_current
I(I1):	1	device_current
I(R3):	2	device_current
I(R2):	-1	device_current
I(R1):	1	device_current
I(V99):	2	device_current

Figura 116: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes resuelto



Figura 117: Práctica 2 Ejercicio 3





ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SOFTWARE DEDICADO AL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS PARA LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

--- Operating Point ---

V(n001):	3	voltage
V(n002):	6	voltage
V(n003):	6	voltage
I(F1):	0.002	device_current
I(R3):	0.001	device_current
I(R2):	0.001	device_current
I(R1):	0.0015	device_current
I(V99):	0.001	device_current
I(V1):	-0.0005	device_current





Figura 119: Práctica 2 Ejercicio 4





ANÁLISIS DE LA USABILIDAD DEL SOFTWARE DEDICADO AL ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS PARA LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

--- Operating Point ---

V(n001):	12	voltage
V(n002):	2.76923	voltage
V(n003):	-4.61538	voltage
I(R3):	0.000461538	device current
I(R2):	0.00184615	device current
I(R1):	-0.00230769	device_current
I(E):	-0.00184615	device current
I(V1):	-0.00230769	device_current

Figura 120: Práctica 2 Ejercicio 4 resuelto



Procedemos a continuación a la realización de los ejercicios de DC Sweep.



Figura 120: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep



Figura 121: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep resuelto



Figura 122: Práctica 4 Ejercicio 1





Figura 123: Práctica 4 Ejercicio 1 resuelto

En el caso de **I1=5 mA** los valores de tensión y corriente en la resistencia R4 son **2.6301 V** y **2.63 mA** respectivamente.





Figura 124: Práctica 4 Ejercicio 2



Figura 125: Práctica 4 Ejercicio 2 resuelto

La tensión V1 para que la corriente en R4 sea nula es aproximadamente **-5V**. Los ejercicios de DC Sweep en LTSpice solo se pueden hacer con fuentes. Debido a esto los ejercicios de barrido con resistencia no se han podido realizar.

3.1.4.4. <u>PRÁCTICA 5</u>

No es posible realizar simulaciones de balance de potencia.



3.1.4.5. <u>ANÁLISIS DE LA USABILIDAD</u>

El visionado de los resultados se presenta en una ventana emergente de modo tabular. Los signos positivos y negativos son distintos a otros softwares debido al uso de otro convenio de signos. Se aprecia que es posible ver las tensiones en los nodos y las caídas en cada resistencia pero se pueden aglomerar demasiados valores en el esquemático lo que puede llegar a causar confusión al no mostrar el origen del valor.

En LT SPice no podemos realizar el cálculo de resistencia equivalente. Vemos que para poder vincular la dependencia de algunas fuentes debemos utilizar fuentes independientes para marcar el sentido de la corriente. La simbología se parece más a la utilizada en la asignatura Teoría de Circuitos pero, en el ámbito del diseño por ordenador es más difícil, como se ha dicho anteriormente, por tener que usar componentes extra para marcar la dependencia de las fuentes dependientes.

Se puede apreciar en los distintos ejercicios que la interfaz es bastante parecida a OrCAD en la simulación DC Sweep y nos permite marcar con precisión la gráfica para obtener resultados deseados de igual forma, arrastrando el ratón.

Como se ha comentado anteriormente no se pueden realizar simulación de balance de potencia.

En resumen, el software es bastante complicado de usar si no se tienen conocimientos previos de cómo usarlo, se necesita un visionado de videos explicativos en algunas operaciones ya que cuesta encontrar las opciones para realizar ciertos análisis o buscar ciertos componentes.



Se prueba EasyEDA en el navegador Google Chrome. Una primera evaluación preliminar apreciamos una buena interfaz y una gran librería de componentes. Presenta la dificultad de encontrar la opción de simulación aunque si leemos anteriormente el tutorial veremos que existen shortcuts de teclado para acceder a diversas opciones de manera más rápida.

3.1.5.1. <u>PRÁCTICA 1</u>

Comenzamos con el circuito divisor de tensión.



Figura 126: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión

Operating	Point Simulation results:	
xa1_1:	2.5V	voltage
I(vxa1):	0.0025A	current
v(a):	5V	voltage
v(b):	2.5V	voltage

Figura 127: Práctica 1 Ejemplo 1 Circuito divisor de tensión resuelto

Análogamente vemos los demás ejercicios.





Figura 128: Práctica 1 Ejercicio 1

Operating Point	: Simulation results:	
xa6_2:	ØV	voltage
I(vxa6):	-0.0015A	current
I(vxa5):	-0.00075A	current
I(vxa4):	-0.00088A	current
I(vxa3):	0.00013A	current
I(vxa2):	-0.00238A	current
I(vxa1):	0.00225A	current
v(a):	2V	voltage
v(b):	-2.5V	voltage
v(c):	2.5V	voltage
v(d):	1.75V	voltage
v(e):	-10V	voltage
v(f):	-8.5V	voltage

Figura 129: Práctica 1 Ejercicio 1 resuelto





Figura 130: Práctica 1 Ejercicio 2

Operating Poin	t Simulation results:	
xa4_1:	6V	voltage
I(vxa4):	-0.001A	current
I(vxa3):	0.002A	current
I(vxa2):	0.003A	current
I(vxa1):	-0.003A	current
v(a):	36V	voltage
v(b):	6V	voltage

Figura 131: Práctica 1 Ejercicio 2 resuelto



Figura 132: Práctica 1 Ejercicio 3



Operating Point Simulation results:

b:	6V	voltage
I(vxa5):	-0.002A	current
I(vxa4):	0.01A	current
I(vxa3):	-0.008A	current
I(vxa2):	-0.006A	current
I(vxa1):	0.004A	current
v(a):	10V	voltage
v(b):	6V	voltage
v(c):	8V	voltage
v(d):	18V	voltage

Figura 133: Práctica 1 Ejercicio 3 resuelto



Figura 134: Práctica 1 Ejercicio 4

Operating	Point Simulation results:	
xa6_1:	7.5V	voltage
I(vxa6):	-0.00187A	current
I(vxa5):	-0.00062A	current
I(vxa4):	-0.0025A	current
I(vxa3):	-0.00813A	current
I(vxa2):	0.00187A	current
I(vxa1):	0.01A	current
v(a):	56.25V	voltage
v(b):	16.25V	voltage
v(c):	12.5V	voltage
v(d):	10V	voltage
v(e):	7.5V	voltage

Figura 135: Práctica 1 Ejercicio 4 resuelto





Figura 136: Práctica 1 Ejercicio 5

Operating Point	Simulation results:	
a:	-18.807692307692V	voltage
I(vxa6):	-0.00527A	current
I(vxa5):	0.00827A	current
I(vxa4):	0.00272A	current
I(vxa3):	0.00202A	current
I(vxa2):	0.00027A	current
I(vxa1):	0.005A	current
v(a):	-18.80769V	voltage
v(b):	-8.26923V	voltage
v(c):	-25.80769V	voltage
v(d):	1.34615V	voltage
v(e):	-88.65385V	voltage
v(f):	5V	voltage
v(g):	41V	voltage

Figura 137: Práctica 1 Ejercicio 5 resuelto



No podemos realizar el cálculo de la resistencia equivalente en este software, procedemos a realizar pues los ejercicios de fuentes dependientes.



Figura 138: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes

Operating Point Simulation results:

4V	voltage
1A	current
2A	current
2A	current
-1A	current
4V	voltage
2V	voltage
	4V 1A 2A 2A -1A 4V 2V

Figura 139: Práctica 2 Ejemplo 2 Uso de fuentes dependientes resuelto





Figura 140: Práctica 2 Ejercicio 3

Operating	Point Simulation results:	
xa4_1:	6V	voltage
I(vxa4):	-0.001A	current
I(vxa3):	0.0005A	current
I(vxa2):	-0.001A	current
I(vxa1):	-0.0015A	current
v(a):	3V	voltage
v(b):	6V	voltage

Figura 141: Práctica 2 Ejercicio 3 resuelto





Figura 142: Práctica 2 Ejercicio 4

Operating Point	Simulation results:	
b:	2.769230769231V	voltage
I(vxa3):	0.00046A	current
I(vxa2):	-0.00185A	current
I(vxa1):	0.00231A	current
v(a):	12V	voltage
v(b):	2.76923V	voltage
v(c):	-4.61538V	voltage

Figura 143: Práctica 2 Ejercicio 4 resuelto





Figura 144: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep



Figura 145: Práctica 4 Ejemplo 1 Uso de DC Sweep resuelto









Figura 147: Práctica 4 Ejercicio 1 resuelto

En el caso de **I1=5 mA** los valores de tensión y corriente en la resistencia R4 son **2.6301** V y **2.63 mA** respectivamente.





Figura 148: Práctica 4 Ejercicio 2



Figura 149: Práctica 4 Ejercicio 2 resuelto

La tensión V1 para que la corriente en R4 sea nula es aproximadamente -5V.





Figura 150: Práctica 4 Ejercicio 3



Figura 151: Práctica 4 Ejercicio 3 resuelto








Figura 153: Práctica 4 Ejercicio 4 resuelto

El valor de R2 para que su corriente sea de aproximadamente 4mA es de aproximadamente 170 Ω .

3.1.5.4. <u>PRÁCTICA 5</u>

No es posible realizar simulaciones de balance de potencia.



3.1.5.5. <u>ANÁLISIS DE LA USABILIDAD</u>

Observamos que igual que LT Spice se obtiene un informe de los resultados de la simulación de forma tabular. Para poder observar los datos de corriente debemos buscar en el buscador de componentes el amperímetro y para las tensiones de los nodos podemos usar el símbolo de sonda de voltaje que aparece en las barras de herramientas. Esta complicación hace que sea algo engorroso de usar igual que en QUCS.

En este software no se puede realizar el cálculo de resistencia equivalente. La simbología en este software es complicada al comienzo pero a posteriori es la mejor opción a la hora de trabajar.

Para la visualización de los datos en las gráficas de las simulaciones DC Sweep basta con pasar el ratón por encima y aparecerán en la parte superior de la pantalla.

Como se ha comentado anteriormente, no se puede realizar en este software análisis de balance de potencia.

En términos generales, nos ofrece un software muy potente para ser una aplicación de navegador, con una gran cantidad de análisis. Necesita mejorar en la facilidad de buscar ciertos componentes en la librería, ya que en algunos componentes la denominación es algo confusa y es difícil encontrar el deseado.



Para concluir, se han unido todos los análisis de usabilidad de los softwares para una mayor comprensión en su lectura.

Comenzando por OrCAD, los resultados del análisis DC se superponen al esquemático del circuito lo que nos permite dar con el deseado de un solo vistazo, representando las tensiones de los nodos y las corrientes de cada malla. El signo de las corrientes representa el sentido de estas en la malla siendo positivo cuando entra por el terminal positivo de la resistencia (criterio de signos pasivo).

Para realizar un cálculo de resistencia equivalente debemos extraer un informe del circuito además de la necesidad de añadir componentes extra para realizar el análisis. Esto se hace algo molesto al tener que buscar en dicho informe el resultado deseado.

La simbología de las fuentes dependientes puede ser, a priori, algo difícil, pero en realidad es la mejor manera, ya que te permite ver las relaciones de dependencia en el circuito.

La representación del barrido es muy precisa y ofrece la opción de ver los valores en una tabla en la parte inferior mediante el uso del cursor del ratón arrastrando éste por la línea representada.

La realización del balance de potencia es muy intuitiva ya que representa los valores directamente vinculados a cada componente lo que facilita la comprensión. En cuanto al barrido para calcular la máxima potencia en una resistencia, se nos permite señalar rápidamente el valor máximo (o mínimo, dependiendo de la necesidad) en el gráfico con una opción de la barra de herramientas, facilitando rápidamente la búsqueda de dicho valor.

En definitiva, OrCAD nos ofrece la posibilidad de realizar todo tipo de análisis, de manera intuitiva y con una exposición de resultados clara y precisa.



Continuando con EveryCircuit, podemos apreciar la interfaz atractiva del software con variedad de colores que facilitan la distinción visual de los resultados. Se observa además, el sentido de las corrientes del circuito mediante flechas, algo que nos ayuda a distinguir a primera vista. Cada tensión es representada en cada nodo.

A diferencia de OrCAD debemos realizar la medida de la resistencia equivalente con el ohmímetro, su interpretación puede ser más sencilla pero a la hora de realizar el esquemático puede llegar a ser un problema debido a las conexiones de los terminales al circuito.

Apreciamos que la simbología de las fuentes dependientes es muy similar a OrCAD, facilitando la compresión de las relaciones de dependencia de éstas.

Como se ha especificado anteriormente, no se puede realizar barridos DC Sweep y balances de potencia.

EveryCircuit nos ofrece en definitiva, un software con muchas posibilidades, ya que podemos realizar muchas operaciones con una interfaz muy atractiva y con una sencillez de uso envidiable. Este software necesita mejorar en varios aspectos, como incluir análisis de barridos y balances de potencia, asignaturas pendientes a realizar.

A diferencia de los anteriores softwares, QUCS ofrece la visualización de los resultados de manera menos visual, se presenta de forma tabular. La obtención de las tensiones en los nodos, se obtiene mediante marcadores de voltaje que deben emplazarse en el nodo correspondiente a analizar. Al tener el amperímetro una flecha, nos presenta de forma visual el sentido de la corriente.

No se puede realizar el cálculo de resistencia equivalente con este software debido a la falta de herramientas para poder calcularlo como puede ser un ohmímetro o un informe del circuito como OrCAD. La simbología es similar a los anteriores softwares, con la dificultad de diferenciar cuando es fuente dependiente de tensión o corriente de forma visual, algo que es negativo para este software.

Para poder representar la gráfica debemos usar la opción de Gráfico en el menú de opciones, tenemos la opción de usar marcadores en la gráfica para obtener los valores de X e Y aunque con la dificultad de obtener el valor exacto que deseamos.



Debido a la dificultad de marcar el valor deseado, hay un error respecto a los valores de OrCAD.

Como se ha comentado anteriormente no se puede realizar simulaciones de balance de potencia.

QUCS nos brinda un software muy potente para ser un software libre, ofrece una gran cantidad de análisis aunque algunos de los necesarios para la realización de estas prácticas, no están disponibles.

En LT Spice el visionado de los resultados se presenta en una ventana emergente de modo tabular. Los signos positivos y negativos son distintos a otros softwares debido al uso de otro convenio de signos. Se aprecia que es posible ver las tensiones en los nodos y las caídas en cada resistencia pero se pueden aglomerar demasiados valores en el esquemático lo que puede llegar a causar confusión al no mostrar el origen del valor.

En LT SPice no podemos realizar el cálculo de resistencia equivalente. Vemos que para poder vincular la dependencia de algunas fuentes debemos utilizar fuentes independientes para marcar el sentido de la corriente. La simbología se parece más a la utilizada en la asignatura Teoría de Circuitos pero, en el ámbito del diseño por ordenador es más difícil, como se ha dicho anteriormente, por tener que usar componentes extra para marcar la dependencia de las fuentes dependientes.

Se puede apreciar en los distintos ejercicios que la interfaz es bastante parecida a OrCAD en la simulación DC Sweep y nos permite marcar con precisión la gráfica para obtener resultados deseados de igual forma, arrastrando el ratón.

Como se ha comentado anteriormente no se pueden realizar simulación de balance de potencia.

En resumen, el software es bastante complicado de usar si no se tienen conocimientos previos de cómo usarlo, se necesita un visionado de videos explicativos en algunas operaciones ya que cuesta encontrar las opciones para realizar ciertos análisis o buscar ciertos componentes.



Por último, en EasyEDA observamos que igual que LT Spice se obtiene un informe de los resultados de la simulación de forma tabular. Para poder observar los datos de corriente debemos buscar en el buscador de componentes el amperímetro y para las tensiones de los nodos podemos usar el símbolo de sonda de voltaje que aparece en las barras de herramientas. Esta complicación hace que sea algo engorroso de usar igual que en QUCS.

En este software no se puede realizar el cálculo de resistencia equivalente. La simbología en este software es complicada al comienzo pero a posteriori es la mejor opción a la hora de trabajar.

Para la visualización de los datos en las gráficas de las simulaciones DC Sweep basta con pasar el ratón por encima y aparecerán en la parte superior de la pantalla.

Como se ha comentado anteriormente, no se puede realizar en este software análisis de balance de potencia.

En términos generales, nos ofrece un software muy potente para ser una aplicación de navegador, con una gran cantidad de análisis. Necesita mejorar en la facilidad de buscar ciertos componentes en la librería, ya que en algunos componentes la denominación es algo confusa y es difícil encontrar el deseado.

Para tener una idea visual de lo dicho anteriormente, se ha decidido representarlo de manera tabular con una valoración numérica de 1 a 5 como se expresa a continuación:

5	Excelente
4	Buena
3	Regular
2	Mala
1	Insuficiente



	OrCAD	EveryCircuit	QUCS	LT Spice	EasyEDA
Compatibilidad con S.O.	3	5	4	4	5
Facilidad de uso	4	5	3	2	3
Librería de componentes	5	2	3	3	5
Interfaz	4	5	3	2	3
Simbología	4	5	3	3	4
Análisis DC	5	5	3	2	3
Cálculo de resistencia equivalente	3	4	1	1	1
Fuentes dependientes	4	4	4	3	4
Barridos	5	1	3	4	4
Análisis de potencia	5	1	1	1	1
Valoración general	5	4	3	2	3

Como se puede apreciar, la mejor opción para realizar las prácticas es **OrCAD** ya que nos permite realizar todos los análisis y simulaciones de los guiones. Los demás software son grandes alternativas para aprender el uso de software de análisis de circuitos. Si algunos de ellos consiguen implementar opciones de simulación de las que actualmente no disponen, alternativas como **EveryCircuit** y **EasyEDA** serán de gran ayuda al usarse en navegador, lo cual permite compatibilidad con la totalidad de Sistemas Operativos y el uso en tablets o smartphones.



- 5. BIBLIOGRAFÍA
- <u>http://circuitosumh.blogspot.com.es/p/inicio.html</u>, Blog de la asignatura Teoría de Circuitos
- 2. <u>http://www.orcad.com/</u>, OrCAD
- 3. <u>http://everycircuit.com/</u>, EveryCircuit
- 4. <u>http://qucs.sourceforge.net/index.html</u>, QUCS
- 5. <u>http://www.linear.com/</u>, LTSpice
- 6. <u>https://easyeda.com/</u>, EasyEDA
- 7. "Introducción al análisis de circuitos", Robert L. Boylestad, Ed.Pearson, 2011
- 8. "*Prácticas de circuitos*", M. Asunción Vicente Ripoll, Ed.Universidad Miguel Hernández,2002
- 9. "Simulación de circuitos lineales", M. Asunción Vicente Ripoll, Ed.ECU,2003
- 10. "Circuitos eléctricos", J. W. Nilsson, Ed. Prentice Hall, 7ª Edición
- 11. "Análisis básico de circuitos en ingeniería", J. David Irwin, Ed.Prentice Hall, 7ªEdición
- 12. "150 Problemas de Teoría de Circuitos", M. Asunción Vicente Ripoll, Ed. ECU



Se anexionan al presente documento los archivos de las prácticas de la Asignatura Teoría de Circuitos.



PRÁCTICA 1

INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA ORCAD. SIMULACIÓN DE UN CIRCUITO EN DC.

1 INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA ORCAD

1.1 OrCAD Demo

OrCAD es un software comercial compuesto por una serie de herramientas que facilitan el diseño de circuitos electrónicos. *OrCAD* permite dibujar esquemas de circuitos eléctricos, realizar la simulación del comportamiento del circuito y obtener las placas del circuito impreso equivalente.

La versión de evaluación del programa *OrCAD*, se suele denominar *OrCAD demo*. Nosotros utilizaremos esta versión demo para realizar todas las prácticas de este manual.

La versión demo funciona de forma idéntica a la profesional, sólo que viene limitada por la librería de componentes (mucho menor que en la versión completa), por el número de componentes de los circuitos que puede simular y por ciertas opciones de simulación. (Ver las figuras 1-1a y 1-1b).



Figura 1-1a. Limitaciones en la versión OrCAD Capture CIS Demo.

PSpice A/D Demo	Circuit simulation limited to circuits with up to 64 nodes, 20 transistors, two subcircuits or 65 digital primitive devices, and 10 transmission lines (ideal or non- ideal) with not more than four pairwise coupled lines.
	 Device characterization and parameterized part creation using the PSpice Model Editor limited to diodes.
	 Stimulus generation limited to sine waves (analog) and clocks (digital).
	Sample model library named eval.lib (containing analog and digital parts) and evalp.lib (containing parameterized parts) are provided.
	The library nomd.lib is configured for simulations. The nomd.lib file references the set of libraries that can be used with the demo version.
	You cannot simulate parameterized parts that are not from the evalp.lib library. This library consists of parametrized resistor, source, and diode.
	You cannot use Level 3 of Core model (Tabrizi), MOSFET BSIM 3.2, or MOSFET BSIM 4 models.
	 Displays only simulation data created using the demo version of the simulator.
	Magnetic Parts Editor allows you to design power transformers only. The database shipped with Magnetic Parts Editor cannot be edited and contains a single core.
	The Model Import Wizard supports parts and simulation models that have a maximum of two pins or two terminals, respectively.

Figura 1-1b. Limitaciones en la versión PSpice A/D Demo

1.2 Elementos del OrCAD Demo

OrCAD está compuesto por varias aplicaciones. La figura 1-2 muestra las aplicaciones que se instalan si utilizamos la versión demo de *OrCAD*.

Para la realización de las prácticas utilizaremos sólo las aplicaciones "OrCAD Capture CIS Demo" (o simplemente "Capture") y "Pspice AD Demo" (o simplemente Pspice).



Figura 1-2. Aplicaciones del programa OrCAD Demo

1.3 OrCAD Capture CIS demo

Capture es la aplicación que nos permite la creación de circuitos electrónicos, tanto analógicos como digitales y mixtos, en un entorno gráfico.

Para acceder a esta aplicación, debemos seleccionar el icono OrCAD Capture CIS Demo, situado en el paquete de programas de OrCAD.

El inicio de una sesión de trabajo lo podemos llevar a cabo mediante la opción *New* del menú *File*, si lo que queremos es crear un nuevo trabajo. O bien mediante la opción *Open* del mismo menú para abrir un fichero ya existente. Cualquiera de estas dos opciones dará paso a la página de *OrCAD Capture*, donde procederemos al diseño del circuito. Una vez abierta la sesión, la ventana principal aparece como se muestra en la figura 1-3.

En esta figura podemos apreciar las distintas partes en que se divide la ventana de trabajo: barra de menús, barra de herramientas, ventana *Session Log* (ofrece información acerca del desarrollo de la sesión de trabajo), librería de los archivos relacionados con el proyecto y la página de diseño de esquemático (donde realizamos el diseño gráfico de nuestro circuito).



Figura 1-3 OrCAD Capture CIS Demo

1.4 Pspice AD Demo

Pspice AD Demo (o simplemente *PSpice*) es la aplicación que nos permite visualizar las señales y formas de onda que tienen lugar en cualquier punto del circuito tras la simulación. Su funcionamiento es como el de cualquier osciloscopio de laboratorio.

Se puede acceder de distintas formas a esta aplicación:

- A través del icono correspondiente a la aplicación, situado en el grupo de programas *OrCAD* bajo el nombre de *Pspice AD Demo*.
- A través del icono de la aplicación disponible en *Capture*.
- Automáticamente cuando se simula un circuito desde Capture.
- A través de la opción del menú desplegable *PSpice* en la aplicación *Capture*, seleccionando *View Simulation Results*.

En la figura 1-4 se muestra la pantalla principal de *PSpice*. Como puede observarse consta de los elementos básicos de cualquier aplicación bajo entorno Windows (barra de menús, barra de herramientas...).



Figura 1-4. Pantalla principal de PSpice AD Demo.

2 SIMULACIÓN DE UN CIRCUITO EN DC

2.1 Creación de una carpeta de trabajo

La primera tarea que debemos realizar antes de empezar a trabajar con el programa *OrCAD* es la creación de una carpeta dentro del sistema de archivos del ordenador, donde se guardarán todos los ficheros relacionados con las simulaciones de los circuitos.

Por ejemplo, en nuestro caso, crearemos una carpeta en la partición de C:\ y la denominaremos *"circuitos"*.

			_ 🗆 🗙				
Θ	🛛 🍆 🕨 Equipo 🕨 Sistema (C:) 🕨	🕶 🍫 Buscar Sistema (C	C;) 🔎				
Organiza	Organizar 🔻 🚞 Abrir 🛛 Incluir en biblioteca 🕶 » 🕮 💌 🗍 😨						
🔶 F_	Nombre	Fecha de modifica	Тіро				
	🐌 AllSharePhotoSlide	31/08/2011 13:53	Carpeta de ar				
	👢 Archivos de programa	26/09/2011 16:30	Carpeta de ar				
=	👢 circuitos	11/10/2011 15:59	Carpeta de ar				
	👢 Download	31/08/2011 13:54	Carpeta de ar ≡				
	👢 MATLAB7	21/08/2011 11:08	Carpeta de ar				
E E	MSOCache	18/08/2011 0:12	Carpeta de ar				
	👢 OrCAD	20/08/2011 20:05	Carpeta de ar				
4	👢 PerfLogs	14/07/2009 4:37	Carpeta de ar				
4	👢 ProgramData	05/09/2011 16:58	Carpeta de ar				
4	👢 SPB_Data	26/09/2011 16:31	Carpeta de ar				
4	👢 Update	08/10/2011 9:06	Carpeta de ar				
*3 -	Ilsuarios III	17/08/2011 10:52	Corneto de or				
circuitos Fecha de modifica 11/10/2011 15:59 Carpeta de archivos							

Figura 1-5. Creación de una carpeta de trabajo: "C:\circuitos"

Todos los proyectos de simulación que realicemos se guardarán dentro de esta carpeta. Evidentemente, podremos copiar esta carpeta a un dispositivo externo de almacenamiento, como una memoria externa, y así podremos abrir todos nuestros proyectos de *OrCAD* en cualquier otro ordenador.

2.2 Creación de un nuevo proyecto de simulación: circuito divisor de tensión resistivo.

En este apartado vamos a describir paso a paso como crear un proyecto de simulación con OrCAD. El circuito que vamos a simular es el siguiente divisor de tensión resistivo:



Figura 1-6. Circuito divisor de tensión resistivo.

Para crear un nuevo proyecto donde realizar la simulación de un circuito, los pasos a seguir son los siguientes:

PASO 1: Selección de la aplicación Capture.

El primer paso a realizar es abrir la aplicación *Capture:*



Figura 1-7. Lista con todos los programas de OrCAD. La aplicación que debemos abrir es OrCAD Capture CIS Demo.

CrCAD Capture CIS - Demo Edition	• ×
Eile View Iools Edit Options Window Help Cā	dence
┗ ┣ Ⴞ Ⴞ ¼ ℓ ϐ % <	E 🕜 🛛
	- 1 Jul
	کل یا ایس ایک
	الد الن
	- L
	+ 1
	¥n ₹
	60
	-8 B.
	X B
	4
≚1 · · · 1 · · · 2 · · · 3 · · · 4 · · · 5 · · · 6 · · · 7 · · · 8 · · · 9 · · · 10 · · · 11 · · · 12 · · · 13 · · · 14 · · · 15 · · · 16 · · · 17 · · · 18 · · · 19 · · · 20 · · · 21 · · · 22 · · ·	The stre
	abc 🕎
	1)
×	
Ready	

Figura 1-8. Aplicación OrCAD Capture CIS Demo.

PASO 2: Creación de un proyecto nuevo.

Seleccionad del menú *File*, la opción *New>>Project;* de manera que automáticamente aparecerá la ventana de diálogo de la figura 1-10.

OrCAD Capture CIS - Demo Edition						

Figura 1-9. Nuevo proyecto.

New Project	×
Name ejemplo Create a New Project Using Image: Second Sec	OK Cancel Help Tip for New Users Create a new Analog or Mixed A/D project. The new project may be blank or copied from an existing template.
L <u>o</u> cation C:\circuitos	B <u>r</u> owse

Figura 1-10. Ventana de diálogo que selecciona el tipo de proyecto a crear.

En la ventana de diálogo de la figura 1-10 aparecen 4 tipos de proyectos, en nuestro caso siempre se marcará la opción *Analog or Mixed A/D*.

En la casilla de **Name** debemos escribir el nombre del proyecto (*ejemplo*) y en **Location**, la carpeta que hemos creado en el apartado 1.2.1. En esa carpeta se guardarán automáticamente todos los archivos que genera *OrCAD Demo* asociados a un proyecto de simulación.

Tras pulsar el botón de OK, aparecerá la ventana de diálogo de la figura 1-11 que nos pregunta si queremos crear un proyecto totalmente nuevo o bien a partir de algún diseño anterior. Seleccionaremos *Create a blank project*, para crear un proyecto nuevo.

Create PSpice Project	X
© <u>C</u> reate based upon an existing project	ОК
AnalogGNDSymbol.opj	B <u>r</u> owse
Create a <u>blank project</u>	Cancel Help

Figura 1-11. Crear un proyecto nuevo.

Y tras dar al botón de OK de la figura 1-11, se abrirá automáticamente una página donde construiremos el circuito.

N	/ - (SCHEMATIC1 : PAGE1)				
	5	4	3	2	
11					🔺
11					
11					
11					
11					
11					
11					
Þ					
11					
11					
11					
11					
11					· · · · · · · · · · E
11					
н					
11					
11					
11					
11					
11					
11					
M					
11					
11					
11					
11					
11					
1.1					
11					
11					
11					
11					
11					
T1					🔻
hé		·····			
		111			E. 1
-					

Figura 1-12. Página donde se sitúan los componentes del circuito.

PASO 3: Selección y posicionamiento de los componentes del circuito.

Colocad los componentes del circuito (las dos resistencias, la fuente de tensión y la tierra). Para ello, se debe pulsar el botón *Place Part* , situado en la barra vertical denominada *Draw* que se muestra de

se debe pulsar el botón *Place Part* [1], situado en la barra vertical denominada *Draw* que se muestra de manera completa en la figura 1-13; o bien, mediante el menú *Place >> Part* (figura 1-14).



Figura 1-13. Barra "Draw".

Pla	ace	Macro	PSpice	Acces
6	<u>P</u> ar	t		Р
	Par	ameteriz	e <u>d</u> Part	
	Database Part Z		Z	
1	<u>W</u> ir	e		w
	Aut	o Wire		- • I

Figura 1-14. Place part.

De esta manera, se abrirá una ventana desde donde es posible acceder a las librerías de los componentes electrónicos (resistencias, fuentes, ...).

Place Part			ф.
Part:	6	8 3	
Part List:		Y	
Libraries:	2	×	
Design Cache			
	Packaging Parts per Pkg:	1	
	Part:	•	
	Type:		
Normal OConvert			
+ Search for Part			

Figura 1-15. Ventana " Place Part".

En la primera ocasión que se utilice el programa OrCAD no habrá ninguna librería de componentes en la ventana *Place Part* (figura 1-15), y por tanto, habrá que añadirlas. Esto se consigue pulsando en el botón *Add Library* (figura 1-16), que nos abrirá automáticamente un navegador de archivos (figura 1-17) que nos

permitirá seleccionar las librerías que nos interesen. Para realizar esta práctica, sólo es necesario añadir las librerías **analog.olb** y **source.olb.**



Figura 1-16. Add Library.

Browse File		X
Bus <u>c</u> ar en:	🗼 pspice 🔹 🧐 🕼	≥
Ca	Nombre	Fecha de modificación
	🖼 abm.olb	18/08/2009 21:23
Sitios recientes	🖼 analog.olb	01/09/2009 12:09
	🖼 analog_p.olb	18/08/2009 21:23
	🖼 breakout.olb	18/08/2009 21:23
Escritorio	🖼 eval.olb	12/11/2009 15:43
	🖼 EVALAA.OLB	18/08/2009 21:22
	🖼 evalp.olb	18/08/2009 21:22
Bibliotecas	🖼 source.olb	18/08/2009 21:23
	🖼 sourcstm.olb	18/08/2009 21:23
	🖼 special.olb	18/08/2009 21:23
Equipo		
	< III	4
	Nembro	- Abrir
Red		
	Tipo: Capture Library(*.olb)	▼ Cancelar
	Abrir como archivo de <u>s</u> ólo lectura	

Figura 1-17. Librerías de componentes



Figura 1-18. Ventana "Place part" con las librerías añadidas.

A continuación, para construir o dibujar el circuito, simplemente debemos ir seleccionando uno a uno los componentes y colocarlos sobre la página de diseño. Se deben colocar dos resistencias, una fuente de tensión y una toma de tierra.

Las resistencias se denominan **R** y las fuentes de tensión de contínua, **VDC.** Dejaremos el valor por defecto de la resistencia ($1k\Omega$), pero modificaremos el valor de la fuente de tensión para que sea de 5V.

Si queremos rotar algún componente, por ejemplo, la resistencia R2, debemos seleccionarlo y pulsar la tecla "R" o bien mediante la opción de menú *Edit >> Rotate*.

La toma de tierra se selecciona desde el botón *Place Ground*, 🗾, y se denomina 0.

La figura 1-20 muestra todos los componentes del circuito sobre la página de diseño.

Place Ground		X
Symbol: 0 \$D_HI/SOURCE \$D_LO/SOURCE 0/CAPSYM 0/Design Cache 0/SOURCE Child Design 4 Libraries:	- 0	OK Cancel Add Library Remove Library Help
CAPSYM Design Cache SOURCE	Name:	
Use 0/CAPSYM symbol to place	0 a dc ground	

Figura 1-19. Ventana "Place Ground", donde se encuentra la toma de tierra (0).

IMPORTANTE: Aunque existen muchos elementos que simbolizan la masa o toma de tierra del circuito, para poder realizar el proceso de simulación del circuito correctamente, debemos emplear únicamente el componente denominado **0**.



Figura 1-20. Componentes del circuito sobre la página de diseño.

PASO 4: Conexión de los componentes.

Una vez posicionados los elementos en el área de trabajo, hay que conectar estos elementos para que formen un circuito eléctrico. Hay varias formas de conectar los diferentes elementos del circuito: o bien

mediante la opción Wire del menú Place o bien mediante la pulsación del botón bien mediante la pulsación de la tecla W, de cualquiera de estas formas entramos en el modo de cableado que el programa lo indica sustituyendo el cursor normal del ratón por uno en forma de cruz.

Una vez que estamos en el modo cableado, para conectar los distintos elementos entre sí simplemente hay que cliquear sobre los terminales de los componentes.



Figura 1-21. Componentes del circuito conectados.

PASO 5: Simulación.

Una vez dibujado el circuito como se muestra en la figura 1-21 ya estamos en condiciones de seleccionar el tipo de análisis y realizar la simulación del mismo.

En este ejemplo vamos a configurar la simulación para que se haga un análisis *Bias Point*, es decir, un análisis en continua. Para ello o bien seleccionamos *Pspice >> New Simulation Profile* o bien pulsamos sobre el botón y aparecerá la ventana de la figura 1-22 donde se seleccionará la opción *Bias Point*.

Simulation Settings - simula	
General Analysis Configuration F	Files Options Data Collection Probe Window
Analysis type: Bias Point Options: General Settings Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Output File Options Include detailed bias point information for nonlinear controlled sources and semiconductors (.OP) Perform Sensitivity analysis (.SENS) Output variable(s): Calculate small-signal DC gain (.TF) From Input source name: To Output variable:
	Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Figura 1-22. Ventana de diálogo de configuración de análisis. Seleccionamos el análisis Bias Point.

Una vez hecho esto se realiza la simulación del circuito mediante la opción *PSpice >> Run* o bien pulsando el botón el barra de herramientas o la tecla F11. El programa ejecuta la simulación y se abrirá la aplicación *PspiceAD* pero la ventana del osciloscopio permanecerá vacía.

Las corrientes de los componentes y las tensiones de nodo se pueden visualizar mediante la pulsación de los siguientes botones:



Figura 1-23. Botones de V e I, para visualizar las tensiones en los nodos y las corrientes en los componentes.

El resultado de la simulación se muestra en la siguiente figura:



Figura 1-24. Resultados de la simulación del circuito.

2.3 Output File.

Desde la aplicación *PspiceAD* podemos acceder al fichero .OUT *(Output File)* de nuestro proyecto donde aparece mucha información sobre la simulación realizada:

- nomenclatura de los nodos,
- valores de tensión y corriente,
- tipo de simulación
- errores en la interconexión de los componentes o la definición de los atributos.

En el caso de que la simulación falle, habrá que recurrir a este archivo para encontrar el error en el circuito.

A continuación se presentan los resultados del fichero Output del circuito simulado anteriormente:

```
**** 10/13/11 18:59:03 ******* PSpice Lite (June 2009) ****** ID# 10813 ****
   ** Profile: "SCHEMATIC1-simula" [ C:\circuitos\ejemplo-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simula.sim ]
   ****
          CIRCUIT DESCRIPTION
   ** Creating circuit file "simula.cir"
   ** WARNING: THIS AUTOMATICALLY GENERATED FILE MAY BE OVERWRITTEN BY SUBSEQUENT
SIMULATIONS
   *Libraries:
   * Profile Libraries :
   * Local Libraries :
   *
                           [PSPICE
                                           NETLIST]
              From
                                                           section
                                                                             of
C:\OrCAD\OrCAD 16.3 Demo\tools\PSpice\PSpice.ini file:
   .lib "nomd.lib"
   *Analysis directives:
   .TRAN 0 1000ns 0
   .PROBE V(alias(*)) I(alias(*)) W(alias(*)) D(alias(*)) NOISE(alias(*))
   .INC "..\SCHEMATIC1.net"
   **** INCLUDING SCHEMATIC1.net ****
   * source EJEMPLO
               N00108 N00115 1k TC=0,0
   R R1
   v_v1
              N00108 0 5
   R_R2
               0 N00115 1k TC=0,0
   **** RESUMING simula.cir ****
   .END
```

```
**** 10/13/11 18:59:03 ******* PSpice Lite (June 2009) ******* ID# 10813 ****
  **
                   "SCHEMATIC1-simula"
                                                C:\circuitos\ejemplo-
        Profile:
                                           [
PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simula.sim ]
         INITIAL TRANSIENT SOLUTION
                                   TEMPERATURE = 27.000 DEG C
   ****
   NODE VOLTAGE
                 NODE VOLTAGE
                                NODE VOLTAGE
                                               NODE VOLTAGE
   (N00108)
           5.0000 (N00115) 2.5000
     VOLTAGE SOURCE CURRENTS
     NAME
               CURRENT
               -2.500E-03
     v_v1
     TOTAL POWER DISSIPATION 1.25E-02 WATTS
          JOB CONCLUDED
  **** 10/13/11 18:59:03 ******* PSpice Lite (June 2009) ******* ID# 10813 ****
   **
                    "SCHEMATIC1-simula"
                                          [
                                                C:\circuitos\ejemplo-
         Profile:
PSpiceFiles\SCHEMATIC1\simula.sim ]
   ****
          JOB STATISTICS SUMMARY
   Total job time (using Solver 1) =
                                      .08
```

Figura 1-25. Output file.

Un error muy común es olvidarnos de colocar la toma de tierra de nuestro circuito, o bien dejar algún componente sin conectar. En ese caso, la simulación no se realiza correctamente y hay un aviso de un error de "Node is floating". En este caso, podemos acudir al fichero Output, para ver en qué nodo o en qué componente tenemos este error de conexión.

39 40	ERROR	 Node	N00108	is	floating
40 41	ERROR	 Node	N00115 N00134	is	floating floating?
					0

Figura 1-26. Error de "Node is floating"

2.4 Librerías de componentes

En cada librería se agrupan un tipo de componentes, las librerías más utilizadas y que emplearemos a lo largo de las prácticas de este manual son:

- ANALOG \rightarrow resistencias, bobinas, condensadores,...
- BREAKOUT \rightarrow modelos de componentes ideales: diodos, transistores, operacionales,...
- EVAL → modelos de componentes reales: diodos, transistores, operacionales, puertas lógicas digitales...
- SOURCE \rightarrow fuentes de alimentación de tensión, de corriente, AC, DC,...
- SPECIAL → componentes especiales (p.ej. *PARAM*, que utilizaremos junto con el análisis parámetro en posteriores prácticas)

2.5 Atributos de los componentes

En este apartado explicaremos una serie de conceptos sobre los elementos que componen un circuito.

Todos los elementos que forman un circuito constan de un *símbolo*, una serie de *atributos* (distintos según el tipo de componente) y un *part name*, que es el nombre o combinación de caracteres con que podemos encontrar un determinado componente en las librerías del programa.



Figura 1-27. Detalle de los elementos que forman un circuito con algunos de sus atributos visibles.

Por ejemplo, en el caso de una resistencia, su símbolo es una línea en zigzag, sus atributos son el nombre con que se designa a esta resistencia dentro del circuito (por ejemplo R1) y su valor en ohmios (1k), y su *part name* es R.

Para una fuente de tensión en contínua, su símbolo es el que se muestra en la figura 1-27, sus atributos son el nombre con que se designa a esta fuente dentro del circuito (por ejemplo V1) y su valor en voltios (5), y su *part name* es VDC.

Cuando situamos un elemento en el esquema del circuito no aparecen siempre todos los atributos del elemento. Si queremos modificar sus atributos debemos hacer doble click en el elemento y aparecerá una tabla (*Property Editor*) donde podemos cambiar cualquier atributo y seleccionar si queremos que aparezca en el esquema o no. En la figura 1-28 se aprecian parte de los atributos asociados a una resistencia.

En prácticas posteriores será necesario utilizar este editor de atributos para modificar algunos de los parámetros de los elementos del circuito.

P	roperty Editor	ly Display De	lete Property	Filter by: Current p	roperties >		▼ Help			
L		BiasValue Power	Color	Designator	DIST	Graphic	ID	Implementation	Implementation Path	Implementa
1 6	SCHEMATIC1 : PA	6.250mW	Default		FLAT	R.Normal				<none< th=""></none<>
2	/R1	6.250mW	Default		FLAT	R.Nomal	2			<none< td=""></none<>
•••		itic Nets / Flat Nets	s (Pins (Title	Blocks / Global	s (Ports (Aliases /		111			

Figura 1-28. Detalle de los atributos de una resistencia (Property Editor).

3 EJERCICIOS: CÁLCULO DE TENSIONES Y CORRIENTES EN CIRCUITOS DC

En este apartado se proponen tres ejercicios de simulación de circuitos en DC para que el alumno practique la construcción de un circuito en Orcad y la realización del análisis Bias Point.

3.1 Ejercicio 1

Dibuja y simula mediante un análisis *Bias Point* el siguiente circuito:



3.2 Ejercicio 2

Encuentra el valor de la corriente a través de la resistencia R3 mediante un análisis Bias Point :



Figura 1-29. Circuito del ejercicio 2.

3.3 Ejercicio 3

Calcula las tensiones en los nodos del siguiente circuito mediante un análisis Bias Point:



Figura 1-29. Circuito del ejercicio 3.

4 ANÁLISIS TIME DOMAIN.

En *OrCAD,* para calcular las tensiones en los nodos y las corrientes por los componentes eléctricos en los circuitos de continua es posible utilizar dos tipos de análisis: *Bias Point* y *Time Domain (Transient)*.

El análisis *Bias Point* es el que hemos utilizado en los ejercicios 1 a 3. El análisis *Bias Point* realiza el cálculo del punto de trabajo del circuito, por tanto proporciona el valor de la tensión en los nodos del circuito, la intensidad a través de los componentes (corrientes de rama) y la potencia total disipada.

El análisis *Time Domain(Transient)* se utiliza para estudiar el comportamiento del circuito a lo largo del tiempo. En los circuitos de continua (DC), las corrientes y las tensiones son constantes a lo largo del tiempo, pero este análisis también nos sirve para hallar las tensiones en los nodos y las intensidades en los componentes.

Para seleccionar el análisis *Time Domain(Transient)* seleccionaremos la opción *Time Domain(Transient)* en la ventana de *Simulation Settings*:

Simulation Settings - simulacion				
General Analysis Configuration F	Files Options Data Collection Probe Window			
<u>A</u> nalysis type: Time Domain (Transient) ▼	Run to time: 1000ns seconds (TSTOP)			
Options:	Start saving data after: 0 seconds			
General Settings Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep)	<u>T</u> ransient options <u>M</u> aximum step size: seconds <u>Skip the initial transient bias point calculation (SKIPBP)</u>			
Save Bias Point Load Bias Point Save Check Points Restart Simulation	Bun in resume mode Output File Options			
	Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda			

Figura 1-30. Ventana de diálogo de configuración de análisis.

En el campo *Run to time* hay que escribir el tiempo de duración de la simulación (en segundos), por defecto la simulación se realiza durante 1000 nanosegundos. Para los circuitos de DC, con ese tiempo es suficiente. El resto de campos, *Start saving data after* y *Transient options* no es necesario modificarlos para la simulación de los circuitos en DC. En prácticas posteriores se analizará con más detalle la función que desempeñan estos parámetros.

Una vez hecho esto se realiza la simulación del circuito mediante la opción *PSpice >> Run* o bien pulsando el botón *Run* de la barra de herramientas:



Figura 1-31. Botón "Run".

El programa ejecuta la simulación y abrirá la aplicación PspiceAD, donde aparecerá la ventana del osciloscopio. Las tensiones y las corrientes del circuito simulado se pueden visualizar en el osciloscopio mediante el uso de marcadores de tensión y corriente. Estos marcadores son accesibles desde los siguientes botones:



Figura 1-32. Marcadores de tensión y corriente para la simulación "Time Domain" accesibles desde la barra de botones.

Comenzando por la izquierda, el primer marcador mide la tensión respecto a la masa del circuito; el segundo es un marcador de tensión diferencial, es decir, mide la tensión entre dos nodos cualesquiera del circuito: el tercer marcador mide la corriente por un componente, y para colocarlo en el circuito hay que pulsar sobre uno de los extremos del componente y el último; y por último, el cuarto marcador mide la potencia de un componente.



También se accede los marcadores desde el menú PSpice >> Markers.

Figura 1-33. Marcadores de tensión y corriente para la simulación "Time Domain" accesibles desde los menús superiores.

Por ejemplo, en el siguiente circuito divisor de tensión resistivo, se han colocado dos marcadores de tensión en los nodos A y B:



Figura 1-34. Circuito divisor de tensión resistivo.

De esta forma, en la ventana del osciloscopio veremos representadas las tensiones en los nodos etiquetados como A y B (las tensiones son V(A) y V(B)).
Los nodos pueden etiquetarse mediante la función *Place >> Net alias* o pulsando el botón:



Figura 1-35. Botón "Place Net Alias"

También es posible ver los valores de tensión en los nodos y las corrientes del circuito desde la aplicación *PspiceAD*, mediante la opción *Trace >> Add Trace* o pulsando el botón



Figura 1-36. Botón "Add Trace"

Add Traces			
Simulation Output Variables		Eunctions or Macros	
*		Analog Operators and Functions	
I(R1) I(R1:1) I(R2) I(R2:1) I(V1) I(V1:+) Time	Analog Digital Voltages Currents	# 0 * + - / @	• III
V(0) V(A) V(B)	✓ Currents ✓ Power	ABS() ARCTAN() ATAN()	
V(R1:1) V(R1:2) V(R2:1) V(R2:2) V(V1:+) V(R1) V1(R1) V1(R2) V1(V1) V2(R1) V2(R1) V2(R1) V2(R2) V2(V1) W(R1) W(R2) Full List	 Noįse (V²/Hz) Alias Names Subcircuit Nodes 	AVG() AVGX(,) COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() IMG() LOG() LOG10() M() MAX()	4
Trace Expression: V(A) V(B)		OK <u>C</u> ancel <u>H</u> el	p

Figura 1-37. Ventana de diálogo "Add Traces".

En el campo *Trace Expresion* escribiremos las tensiones o corrientes que queremos visualizar en el osciloscopio. También es posible ver funciones u operaciones entre varias magnitudes utilizando los operadores de la derecha de la ventana.



Figura 1-38. Resultados en el osciloscopio.

5 EJERCICIOS

5.1 Ejercicio: cálculo de las tensiones de nodo e intensidades de rama.

Calcula las tensiones de nodo e intensidades de rama del siguiente circuito utilizando el análisis *Bias Point* o el análisis *Time Domain (Transient)*:



Figura 1-39. Circuito ejercicio 5.1.

5.2 Ejercicio: cálculo de las tensiones de nodo e intensidades de rama.

Calcula las tensiones de nodo e intensidades de rama del siguiente circuito utilizando el análisis *Bias Point* o el análisis *Time Domain (Transient)*:



Figura 1-40. Circuito ejercicio 5.2.

PRÁCTICA 2

ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN DC

1 CÁLCULO DE LA R EQUIVALENTE DE UN CIRCUITO.

En este apartado se pretende calcular la resistencia equivalente del siguiente circuito mediante su simulación con *PSpice*:



Figura 2-1. Circuito para el cálculo de la resistencia equivalente.

En clase de teoría vimos que la resistencia equivalente entre dos de los terminales se puede obtener haciendo las agrupaciones serie y paralelo de las resistencias, o bien aplicando una transformación Δ -Y. Mediante el cálculo teórico se obtiene que la resistencia equivalente del circuito anterior desde los terminales AB es de 3k Ω .

Para realizar este cálculo con el programa *OrCAD* hay que recurrir a la utilización de un análisis de la función de transferencia. Este análisis linealiza el circuito en torno a su punto de trabajo y calcula su función de transferencia para pequeña señal. En nuestro caso el circuito es ya lineal y no utilizaremos la función de transferencia. Sólo utilizaremos este análisis para calcular la resistencia de entrada o resistencia equivalente entre dos puntos del circuito. Para ello, tendremos que especificar la variable de salida y la fuente de entrada.

Este análisis implica el cálculo de los siguientes parámetros del circuito:

- Razón entre la variable de salida y la variable de entrada
- Impedancia de entrada con respecto a la fuente de entrada
- Impedancia de salida con respecto a los terminales del elemento de salida.

Para realizar este análisis tenemos que seguir los siguientes pasos:

PASO 1: Dibujar el esquema del circuito introduciendo una fuente de tensión (VSRC) de valor 0 e indicando el nodo de salida mediante un terminal (VCC_CIRCLE, por ejemplo).

El circuito anterior quedaría de la siguiente forma:



Figura 2-2. Circuito con la fuente VSRC y la etiqueta "salida" en uno de sus nodos.

PASO 2: Una vez dibujado el circuito seleccionar en la ventana *Simulation Settings* la opción *Bias Point* como *Análisis Type* y también la opción *Calculate small-signal DC gain*. En el campo *From Input source name* hay que escribir el nombre de la fuente de tensión, en nuestro caso V1, y en el campo *To Output variable* el valor V(SALIDA).

Simulation Settings - resistencia		X
General Analysis Configuration F	Files Options Data Collection	Probe Window
Analysis type: Bias Point ▼ Options: ☐ General Settings ☐ Temperature (Sweep) ☐ Save Bias Point ☐ Load Bias Point	Output File Options	information for nonlinear controlled rrs (.OP) s (.SENS) gain (.TF) V1 V(SALIDA)
	Aceptar	elar Apli <u>c</u> ar Ayuda

Figura 2-3. Detalle de la ventana de diálogo de Simulation Settings.

PASO 3: Una vez está configurado el análisis *Calculate small-signal DC gain,* se ejecutará a continuación la simulación (pulsando *Run*) y el fichero de salida (*Output File*) proporcionará el valor de la resistencia equivalente.

Al examinar el contenido del fichero *Output File*, observamos al final del mismo los valores de la resistencia de entrada vista por la fuente de tensión V1 (*Input resistance at V_V1*) y la resistencia de salida (*Output resistance at V(SALIDA*)).

La resistencia equivalente desde los terminales A y B corresponde al dato de *Input resistance at* V_VI . Es decir, la resistencia de entrada vista desde los terminales A y B es $3k\Omega$ (3.000E+03).

```
**** SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS
V(SALIDA)/V_V1 = 2.222E-01
INPUT RESISTANCE AT V_V1 = 3.000E+03
OUTPUT RESISTANCE AT V(SALIDA) = 9.630E+02
JOB CONCLUDED
```

Figura 2-4. Resultados en "Output File"

2 EJERCICIOS

2.1 Ejercicio: cálculo de la resistencia equivalente.

Calcula la resistencia equivalente vista desde los terminales A-B del circuito siguiente, mediante el análisis *Bias Point* con la opción *Calculate small-signal DC gain*:



Figura 2-5. Circuito ejercicio 2.1.

2.2 Ejercicio: cálculo de la resistencia equivalente:

Calcula la resistencia equivalente vista desde los terminales A-B del circuito siguiente, mediante el análisis *Bias Point* con la opción *Calculate small-signal DC gain*:

Calcula también la resistencia equivalente vista desde los terminales C-D.



Figura 2-6. Circuito ejercicio 2.2.

3 USO DE FUENTES DEPENDIENTES EN LOS CIRCUITOS DE DC

Las fuentes dependientes existentes en el programa *OrCAD* pueden generar funciones lineales o polinómicas, y suelen ser modeladas según la relación entre sus entradas y salidas. Las fuentes dependientes o controladas lineales disponibles son las siguientes:

• Fuente de tensión controlada por tensión (E)



• Fuente de tensión controlada por corriente (H)



• Fuente de corriente controlada por tensión (G)



Fuente de corriente controlada por corriente (F)



Si quisiéramos generar funciones polinómicas utilizaríamos EPOLY, HPOLY, GPOLY y FPOLY. Pero los circuitos que vamos a simular son lineales y sólo emplearemos E, H ,G y F.

IMPORTANTE: Las fuentes controladas por intensidad se colocan en serie con el elemento de la rama que nos proporciona la intensidad de referencia. De forma análoga las fuentes controladas por tensión se colocan en paralelo con el elemento que nos proporciona la tensión de referencia.

Un ejemplo de su utilización sería la simulación del circuito que se muestra a continuación. En el circuito aparece una fuente de tensión controlada por corriente. El objetivo es hallar las tensiones en los nodos V1 y V2.



Figura 2-7. Ejemplo de circuito con fuentes dependientes.

En OrCAD el circuito anterior se dibujaría del siguiente modo:



Figura 2-8. Ejemplo de circuito con fuentes dependientes dibujado en PSpice.

En el dibujo anterior se ha utilizado una fuente de tensión dependiente de corriente (H), la ganancia de la fuente es 2 (GAIN=2)., puesto que $V_g=2i_1$. Los terminales de sensado de corriente se han situado en serie con la resistencia R3 y se han utilizado dos etiquetas para marcar los nodos V1 y V2. Las etiquetas se colocan desde el menú *Place >> Net Alias*, pulsando con el ratón en los nodos seleccionados.

El resultado lo podemos ver mediante un análisis *Bias Point* o bien con un análisis tipo *Time Domain(Transient)* situando dos marcadores de tensión sobre V1 y V2. Se obtiene que la tensión en V1 es de 4V y en V2 de 2V.



Figura 2-9. Resultados de la simulación.

IMPORTANTE: Puedes cambiar la orientación de las fuentes dependientes (y de cualquier otro componente del circuito) mediante *Edit* >> *Rotate, Edit*>> *Mirror* >> *Horizontally* o *Edit*>> *Mirror* >> *Vertically.* Y recordad modificar el valor de la ganancia (GAIN) adecuadamente.



Figura 2-10. Opciones para cambiar la orientación de un elemento de OrCAD.

4 EJERCICIOS

4.1 Ejercicio: simulación de un circuito en continua con fuentes dependientes.

Se propone el cálculo teórico y la simulación mediante OrCAD del circuito de la figura 2-22. El objetivo es hallar la corriente que circula por R2.



Figura 2-11. Circuito para simular.

AYUDA: La fuente dependiente es una fuente de corriente controlada por corriente (F) con ganancia 2.

4.2 Ejercicio: simulación de un circuito en continua con fuentes dependientes.

Se propone el cálculo teórico y la simulación mediante OrCAD del circuito de la figura 2-23. El objetivo es hallar la tensión V_0 .



Figura 2-12. Circuito para simular.

AYUDA: La fuente dependiente es una fuente de tensión controlada por tensión (E) con ganancia 0.5.

PRÁCTICA 3

MEDICIÓN DE INTENSIDADES, TENSIONES Y RESISTENCIAS SOBRE CIRCUITOS REALES.

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Utilizar una protoboard para probar circuitos sencillos.
- Medir resistencias, tensiones e intensidades con un multímetro.
- Ajustar un circuito utilizando un potenciómetro.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PROTOBOARD

Se trata de una placa de pruebas en la que es sencillo conectar componentes, sin necesidad de soldaduras, para realizar pruebas de circuitos eléctricos y electrónicos.

Éste es el aspecto externo e interno de la protoboard que usaremos en la práctica:



Cada uno de los agujeros de la protoboard permite insertar un cable o una patilla de un componente (resistencia, diodo, chip, etc.). Internamente, los agujeros están conectados entre sí línea a línea, lo que hace sencillo crear circuitos.

Adicionalmente, existen unos conectores de mayor tamaño que habitualmente se utilizan para conectar una fuente externa que suministrar la alimentación al circuito (por ejemplo, 0 y 5V; +24V y -24V; etc.).

Existen multitud de tutoriales en internet con información detallada sobre la construcción de circuitos con protoboards, por ejemplo:

https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard

1.2. POLÍMETRO

Es el dispositivo que utilizaremos para tomar medidas de resistencia, tensión e intensidad. El uso del polímetro es muy simple. Basta con:

- 1) Elegir los terminales en los que conectar los cables de medida. Las conexiones serán diferentes según deseemos medir resistencia, tensión, pequeñas intensidades o grandes intensidades.
- 2) Seleccionar el tipo y el rango de medida con el selector circular central.

Es particularmente importante la diferencia entre la medición de tensiones y la medición de intensidades:

Para medir tensiones:

- En el polímetro: los cables se conectan entre los terminales COMÚN y V.
- En el circuito: se conecta en paralelo (no se abre el circuito).



Para medir intensidades:

- En el polímetro: los cables se conectan entre los terminales COMÚN e I.
- En el circuito: se conecta en serie (hay que abrir el circuito).



En el primero de los casos, la resistencia que ofrece el polímetro es cercana a infinito; en el segundo caso la resistencia que ofrece el polímetro es cercana a cero. De ese modo, el polímetro no afecta al funcionamiento del circuito. Existen múltiples tutoriales en internet acerca del uso de los polímetros, por ejemplo:

<u>https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-multimeter</u> http://www.tuelectronica.es/tutoriales/herramientas/uso-basico-del-multimetro.html

A continuación se muestra un resumen del segundo de los tutoriales indicados anteriormente:

- 1.2.1. Conexión de los cables o pinzas del polímetro.

La pinza negra es el común (negativo) e irá siempre en el mismo conector indicado como COM.

Será la pinza roja la que tendremos que variar de conector según el tipo de medida que queramos hacer. Hay que tener mucho cuidado, un fallo en la posición de las pinzas puede crear un cortocircuito y dañar el multímetro.

- Para medir resistencias, pondremos la pinza roja en el conector indicado con el símbolo Ω (resistencia).
- Para medir tensiones, la pinza roja debe ir conectada en el conector con el símbolo V (Voltaje). Normalmente es el mismo conector que para medir resistencias.
- Para medir corrientes, conectaremos la pinza roja en el conector indicado con mA (miliamperios) si vamos a medir corrientes del orden de miliamperios o en el indicado con 10A para medidas del orden de amperios. Hay que tener cuidado con esta diferencia.

1.2.2. Medida de resistencias

Para medir resistencias, colocaremos el multímetro en paralelo con la resistencia.



La resistencia a medir no debe estar conectada al resto del circuito. La manera correcta de medir una resistencia que está en un circuito, es quitar una de sus patillas del circuito y medirla, como se puede ver en la foto, y de esta forma nos da el valor correcto.

1.2.3. Medida de continuidad

Es un caso particular de la medida de resistencias; nos indica cuándo una resistencia vale cero o un valor muy próximo a cero. Se utiliza para saber si un cable está cortado, o si dos puntos del circuito están conectados.

Pondremos nuestro multímetro en la función de continuidad y las pinzas de prueba en cada extremo del cable, sin importar la posición, los cables no tienen polaridad. Si suena un pitido, quiere decir que el cable está correcto, por lo contrario, el cable estará cortado en algún punto.

1.2.4. Medida de voltaje

Para medir voltajes en un componente, pondremos el multímetro en paralelo con el componente a medir.



Debemos diferenciar dos escalas en nuestro multímetro, voltaje continuo (VC o V) y voltaje alterno (~ o VA). Tienes que diferenciar qué tipo de voltaje vas a medir, la red eléctrica de una vivienda tiene voltaje alterno, y las baterías voltajes continuos.

1.2.5. Medida de corrientes

A la hora de medir corrientes tenemos que tener un cierto cuidado. Las corrientes se miden intercalando el multímetro en el circuito, es decir, poniendo el multímetro en serie en el punto en el que queramos medir la corriente. Y tendremos que cambiar la pinza positiva a su correspondiente conector.



Para medir corrientes de un componente, pondremos el multímetro en serie con el componente a medir.





Tendremos que abrir el circuito para poder intercalar en serie el multímetro. Cerraremos el circuito con las pinzas y vemos que nos da la corriente.

2. EJERCICIOS

2.1. MEDIDA DE RESISTENCIAS

Para medir una resistencia, debemos tenerla separada del circuito. Como ejercicio, se medirán las 4 resistencias que se entregan en la práctica y se rellenará la siguiente tabla:

	Valor nominal	Tolerancia (%)	Valor real	Error real (%)
Resistencia nº	según código	según código	medido con	respecto del
	de colores (K)	de colores	polímetro (K)	valor nominal
1				
2				
3				
4				

El error real debe ser en todos los casos menor que la tolerancia, en valor absoluto.

Colocación de la resistencia y el polímetro para realizar una medida adecuada:



- Mejor colocar la resistencia en la protoboard que sujetarla en la mano, para medir con más precisión.
- No conectar ningún otro elemento en los terminales de la resistencia.
- Cables del polímetro entre los terminales COMÚN y Ω.
- Tocar con las puntas de los cables del polímetro directamente sobre las patas de la resistencia.

2.2. MEDIDA DE TENSIONES E INTENSIDADES

Para medir tensiones e intensidades necesitaremos crear un circuito eléctrico utilizando las protoboards. Los componentes que utilizaremos serán:

Fuente de tensión: una pila de 1.5 V.

Resistencia: según los experimentos, utilizaremos resistencias de 1K y 2.2K, combinándolas en serie o paralelo según las necesidades.

2.2.1. Circuito con dos resistencias en serie (divisor de tensión)

Crearemos un circuito como el de la figura:



Podemos crear el circuito sin utilizar cables, usando las propias patas de las resistencias y aprovechando las conexiones internas de la protoboard, de este modo (las franjas de colores de las resistencias no se corresponden a la realidad):



Sobre ese circuito mediremos:

- Tensión V_G
- Tensión V_{R1}
- Tensión V_{R2}
- Intensidad I.

Comprobaremos que los resultados son lógicos analizando el circuito a mano. Siempre debemos tener en cuenta que los valores de las resistencias no son exactos. Colocación del polímetro para medir la tensión en una de las resistencias:



Colocación del polímetro para medir la intensidad:



2.2.2. Circuito con dos resistencias en paralelo (divisor de intensidad)

Crearemos un circuito como el de la figura:



De nuevo, podemos crear el circuito sin utilizar cables, usando las propias patas de las resistencias y aprovechando las conexiones internas de la protoboard, de este modo (las franjas de colores de las resistencias no se corresponden a la realidad):



Sobre ese circuito mediremos:

- Tensión V_G
- Intensidad I_{R1}
- Intensidad I_{R2}

También comprobaremos que los resultados son lógicos analizando el circuito.





Colocación del polímetro para medir la intensidad por una de las resistencias:



2.3. POTENCIÓMETROS

Un potenciómetro es una resistencia variable. Los potenciómetros que utilizaremos en las prácticas disponen de un mando rotario para ajustar el valor de la resistencia y 3 terminales, de los cuales dejaremos uno sin conectar. En nuestros potenciómetros el valor de la resistencia se puede hacer variar entre 0 y 1K.



Los potenciómetros tienen 3 terminales. Para entender su funcionamiento, basta con ver su símbolo:



Hay dos terminales fijos entre los cuales la resistencia siempre es la misma; y un tercer terminal o cursor que se desplaza entre los dos extremos de la resistencia. Cuando el cursor se acerca a uno de los terminales, la resistencia entre el cursor y ese terminal disminuye y la resistencia entre el cursor y el terminal contrario aumenta.

Como ejercicio para entender el funcionamiento del potenciómetro, mediremos la resistencia entre el cursor y cada uno de los terminales extremos para distintas posiciones del cursos (el cursos se mueve girando el mando del potenciómetro) y anotaremos los resultados. Siempre se debe cumplir que, aproximadamente, la suma de las dos resistencias debe ser aproximadamente 1K.

Rellenaremos la siguiente tabla:

Posición del cursor	R entre cursor y extremo 1	R entre cursor y extremo 2
1		
2		
3		
4		
5		

Para medir la resistencia del potenciómetro será práctico emplear cables adicionales sobre los que apoyar los terminales de los cables del polímetro, como en la figura:



2.4. UTILIZACIÓN DE UN POTENCIÓMETRO PARA AJUSTAR UN CIRCUITO

Crearemos un circuito como el de la figura:



Ajustaremos el potenciómetro hasta conseguir que la intensidad que circula por la resistencia sea exactamente de 0.5mA. Cuando consigamos ese valor, anotaremos:

- Intensidad I
- Tensión V_G
- Tensión V_{R1}
- Tensión V_{R2}

Y a partir de esos resultados, junto con el de la intensidad que circula por el circuito, deduciremos el valor de la resistencia del potenciómetro. A continuación, separaremos el potenciómetro del circuito y mediremos su resistencia para comprobar que los cálculos realizados eran correctos.

Las conexiones a realizar sobre la protoboard son similares a las del ejercicio 2.2.1, sustituyendo una de las resistencias por el potenciómetro. En algunos casos también necesitaremos utilizar uno o dos cables adicionales para poder medir adecuadamente.

PRÁCTICA 4

ANÁLISIS MEDIANTE BARRIDO DC SWEEP

1 ANÁLISIS DC SWEEP: INTRODUCCIÓN.

El análisis DC Sweep o Barrido DC permite hacer un barrido de los valores de diversas características de los componentes eléctricos, por ejemplo:

- barridos de tensión (V) o de corriente (I) en fuentes independientes
- barridos de parámetros globales (valor de una resistencia o un condensador)
- barridos de parámetros internos de componentes más complejos (la ganancia en corriente (β) de un transistor, ...)
- barridos de temperatura

En cada uno de los barridos se calcula el punto de trabajo para cada uno de los valores que tomen las variables.

Es posible realizar un solo barrido (sólo cambia un parámetro en el circuito) o varios. El rango de valores que toma la variable en el barrido puede ser:

- lineal
- por décadas
- según una lista de valores

2 SELECCIÓN DEL ANÁLISIS DC SWEEP.

Para seleccionar el análisis DC Sweep creamos una nueva simulación pulsando el botón:



Figura 4-1. Botón de Nueva Simulación

También podemos crear una nueva simulación desde el menú *Pspice* con *New Simulation Profile* o bien cambiar las opciones de una simulación anterior con *Edit Simulation Profile*:



Figura 4-2. Menú PSpice>> New Simulation Profile

De manera que aparece en la pantalla la ventana de diálogo que se muestra en la figura 3-3., y dentro del menú desplegable *Analysis Type* seleccionamos la opción *DC Sweep*.

Por defecto aparece seleccionado Primary Sweep.

Dentro del cuadro *Sweep variable* podemos seleccionar el tipo de variable sobre la que vamos a hacer un barrido:

- una fuente de tensión (*Voltage source*)
- una fuente de corriente (*Current source*)
- un parámetro global (Global parameter) (el valor de una resistencia, por ejemplo)
- un parámetro interno de un modelo (*Model parameter*) (por ejemplo, la β de un transistor)
- la temperatura (*Temperature*)

Simulation Settings - ejemplo_ba	rrido
Analysis type: DC Sweep ▼ Options: Primary Sweep Secondary Sweep Monte Carlo/Worst Case	Sweep variable Image source Name: Image cource Model type: Image cource Model type:
Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Sweep type Start value: Image: Linear End value: Logarithmic Decade Increment: Increment:
	Aceptar Cancelar Apli <u>c</u> ar Ayuda

Figura 4-3. Ventana de diálogo con las opciones de simulación.

En el cuadro Name escribimos el nombre de la variable a barrer, por ejemplo, R1 o I1.

En el cuadro *Sweep type* seleccionamos el modo en el que queremos realizar el barrido de la variable que hayamos seleccionado en *Sweep variable:*

- Lineal (*Linear*)
- Logarítmico (Logarithmic): por octavas o por décadas.
- Lista de valores (Value List)

Las opciones situadas a la derecha sirven para poner el valor inicial (*Start value*) del rango de valores que realizará el barrido, el valor final (*Final value*), el incremento (*Increment*) en el caso lineal o los puntos por octava (*Pts/Octave*) en el caso de elegir la opción octavas o los puntos por década (*Pts/Decade*) en el caso de seleccionar la opción décadas o bien los valores (*Value list*) en el caso de elegir la opción de lista de valores.

3 EJEMPLO DE BARRIDO DC SWEEP



Se propone el siguiente circuito para realizar una simulación DC Sweep:

Figura 4-4. Circuito ejemplo para la simulación DC Sweep.

Para el circuito anterior queremos calcular los valores de la tensión y corriente por la resistencia R4, cuando la fuente de tensión V1 varía entre 0 y 15 V con incrementos de 1 V.

Primero tenemos que realizar el dibujo o esquemático del circuito anterior utilizando los componentes que ya conocemos.

Como ayuda se recuerda que los componentes se obtienen desde el diálogo *Place Part,* pulsando el siguiente botón:



Figura 4-5. Botón de Place Part

La fuente de tensión se denomina VDC, y la fuente de corriente IDC, y se hallan dentro la librería SOURCES. La resistencias se denominan R y se hallan en la librería ANALOG, y la toma de tierra se denomina 0 y se halla en SOURCE, pero se localiza desde la ventana de diálogo *Place Ground*, pulsando el botón:



Figura 4-6. Botón de Place Ground

Para visualizar la corriente y la tensión en la resistencia R4 tenemos que utilizar los marcadores de tensión y corriente (*Markers*) y situarlos en el dibujo. Estos marcadores son accesibles desde los siguientes botones:



Figura 4-7. Marcadores de tensión y corriente para la simulación "Time Domain" accesibles desde la barra de botones.

Comenzando por la izquierda, el primer marcador mide la tensión respecto a la masa del circuito; el segundo es un marcador de tensión diferencial, es decir, mide la tensión entre dos nodos cualesquiera del circuito: el tercer marcador mide la corriente por un componente, y para colocarlo en el circuito hay que pulsar sobre uno de los extremos del componente y el último; y por último, el cuarto marcador mide la potencia de un componente.

PSpice Accessories Options Window Help Mew Simulation Profile 👁 U7 😫 🕞 Edit Simulation Profile Run F11 View Simulation Results F12 View Output File Create Netlist View Netlist ۲ Advanced Analysis Markers Noltage Level **Bias Points** ۲ Koltage Differential K Current Into Pin Bower Dissipation Advanced Plot Window Templates... Show All Hide All Delete All <u>L</u>ist...

También se accede los marcadores desde el menú PSpice >> Markers.

Figura 4-8. Marcadores de tensión y corriente para la simulación "Time Domain" accesibles desde los menús superiores.

Antes de realizar el análisis hay que configurar las opciones del análisis que vamos a realizar. En este ejemplo seleccionamos el análisis DC Sweep y tomamos como variable la fuente de corriente V1, por lo que seleccionaremos *Voltage Source*. El barrido será lineal (*Linear*) y

empezará en 0V y acabará en 15V, con incrementos de 1V. Las opciones en la ventana de dialogo quedarán así:

Simulation Settings - ejemplo_ba	rrido	< D + W +	×
General Analysis Configuration Analysis type: DC Sweep Options: Primary Sweep Secondary Sweep Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point	Sweep variable Quirrent source Quirrent source Quirren	ction Probe Window <u>N</u> ame: Model type: Mod <u>e</u> l name: Parameter name: Sta <u>r</u> t value:	V1
Load Bias Point	◯ Logarit <u>h</u> mic Deca	<u>ide</u> End ∨ <u>a</u> lue: Increment:	15
	Aceptar	Cancelar Ar	oli <u>c</u> ar Ayuda

Figura 4-9. Ventana de diálogo con las opciones de simulación del ejemplo.

Una vez realizado el esquema del circuito, situado los marcadores y configurado las opciones de simulación se lanza la simulación mediante el botón *Run PSpice*:



Figura 4-10. Botón de Run PSpice

A continuación, automáticamente, se abrirá la aplicación *Pspice AD* donde se representarán gráficamente los resultados de la simulación. La figura 3-11 muestra estos resultados.

En la figura 3-11 podemos ver en el eje de las X la variable barrida, en este caso, V1, desde 0 a 15V; mientras que en el eje Y se representa la tensión en la resistencia R4 (denominada Vo).

👹 SCHEMATIC1-ejemplo_barrido - PSpice A/D Demo - [ejemplo_barrido.dat (active)]	
🗟 File Edit View Simulation Irace Plot Tools Window Help 🔤	cādence - ♂×
🗅 🗸 🇁 🗟 🖶 🕌 🖄 🗘 🖻 🥱 🧭 SCHEMATIC1-ejempl	
4.80 4.80 4.80 4.80 4.40 4.40 4.20	
₫ ejemplo	
Simulation running ** Profile: "SCHEMATICI-ejemplc Reading and checking circuit Circuit read in and checked, no er DC Analysis DC Analysis finished Simulation complete	Trace Cursor1 Cursor2
Analysis (Watch) Devices /	
C:\circuitos\barrrido1-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\ejemplo_barrido\ejemplo_barrido.dat (active)	V_V1 = 15 100%

Figura 4-11. Aplicación Pspice AD,

donde aparecen gráficamente los resultados de la simulación.

Para generar el gráfico de la figura 3-11, se debe colocar un marcador de tensión en el terminal superior de la resistencia R4 (nodo Vo).

Es posible etiquetar un nodo mediante el uso de *Place Net Alias*:



Figura 4-12. Botón de Place Net Alias

Podemos añadir más marcadores y así ver también la corriente por R4 o las tensiones y corrientes en otras partes del circuito. Desde la misma aplicación *Pspice AD* se accede a los marcadores pulsando el botón *Add Trace*:



Figura 4-13. Botón de Add Trace

Para visualizar el valor en X e Y de cada punto del gráfico hay que activar el cursor pulsando el botón *Toggle Cursor* y, simplemente, desplazando el puntero del ratón sobre el gráfico, se visualizarán los valores de cada punto en una tabla:

	Trace	Cursor1	Cursor2	Diff	Max	Min	Avg
	X Value	-2.2841	-10.000	7.7159	-2.2841	-10.000	-6.1421
	-I(R4)	258.658u	-476.191u	734.849u	258.658u	-476.191u	-108.767u
→ L^							

Figura 4-14.Botón de Toggle Cursor y datos en la posición del cursor.

4 EJERCICIOS DE BARRIDO DC-SWEEP.

4.1 Ejercicio 1: Barrido en I de una fuente de corriente

A partir del mismo circuito del ejemplo 1 (figura 4-4), realiza un barrido DC de la fuente de corriente 11 de -10mA a 10mA con un incremento de 0.5mA, cuando la fuente de tensión vale 15 V.

Visualiza la corriente y la tensión en la resistencia R4.

En el caso que I1 = 5mA, ¿cuáles son los valores de tensión y corriente por la resistencia R4?

4.2 Ejercicio 2: Barrido en V de una fuente de tensión

En el circuito que indica la siguiente figura, calcula el valor que ha de tener la fuente de tensión V1 para que la corriente que pase por R4 sea nula:



Figura 4-15. Circuito del ejercicio 4.2

4.3 Ejercicio 3: Barrido de una R.

Para el siguiente circuito divisor de tensión, realiza un barrido del valor de la resistencia R2 desde $1k\Omega$ hasta $20k\Omega$ con incrementos de $1k\Omega$ y visualiza la tensión en bornes de R2 y la corriente que le atraviesa:



Figura 4-16. Circuito del ejercicio 4.3.

Al dibujar el circuito de la figura 3-16 debemos poner {Rx} como el valor de R2, sin olvidarnos las llaves.

Además, para realizar el barrido paramétrico del valor de la resistencia R2 debemos utilizar un nuevo componente denominado PARAM de la librería SPECIAL. Una vez situado PARAM en el esquemático lo seleccionamos mediante un doble click de manera que nos aparece una nueva ventana con todas las propiedades del parámetro PARAM:

🔢 barrido3.opj 🛐 PAGE1*	SCHEMATI*								
New Column Apply Display Delete Property Filter by. < Current properties >									
	Power Pins Visible	Primitive	PSpiceOnly	Reference	Rx	Source Library	Source Package	Source Part	Va
1 🗉 SCHEMATIC1 : PA		DEFAULT	TRUE	1	1k	C:\ORCAD\ORCAD	PARAM	PARAM.Normal	PA

Figura 4-17. Detalle de las propiedades de PARAM.

Pulsamos sobre el botón New Column, y aparecerá la ventana de diálogo siguiente:
Add New Column	X
Name: Rx	
Value: 1k	
Enter a name and click Apply or OK to add a column/row to the prope editor and optionally the current filter (but not the <current properties=""></current>	erty filter).
No properties will be added to selected objects until you enter a valu or in the newly created cells in the property editor spreadsheet.	ie here
Always show this column/row in this filter	
Apply OK Cancel Help	•

Figura 4-18. Definición de un nuevo parámetro en PARAM.

En la ventana anterior escribiremos el nombre con el que definimos la variable que queremos variar, en este caso el valor de la resistencia R2, que denominaremos Rx, y le pondremos un valor por defecto, por ejemplo $1k\Omega$. Si queremos visualizar el nuevo componente PARAM denominado Rx en el esquemático, debemos activar la opción de display dentro de las propiedades de PARAM.

Además también tendremos que modificar el valor de R2, por defecto 1k, y cambiarlo por {Rx}.

En las opciones de simulación de DC Sweep seleccionaremos como *Sweep Variable* la opción *Global Parameter*, y en la casilla *Parameter name* escribiremos el nombre de nuestra variable, en este caso Rx, y sin llaves:

Simulation Settings - ejercicio343					
General Analysis Configuration	Files Options Data Collection Probe V	Vindow			
Analysis type: DC Sweep Options: Primary Sweep Secondary Sweep Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Files Options Data Collection Probe v Sweep variable Name: Name: Qurrent source Model type: Qiobal parameter Model type: Model parameter Model name Temperature Parameter Sweep type Sta Linear Enc Logarithmic Decade Value ligt	window : e: name: Rx ut value: 1k d value: 20k rement: 1k			
	Aceptar Cancelar	Apli <u>c</u> ar Ayuda			

Figura 4-19. Ventana de diálogo con las opciones de simulación del ejercicio 4.3.

Realiza otro barrido del mismo circuito pero ampliando el rango desde $1k\Omega$ hasta $3000k\Omega$. Tras visualizar los resultados, responde a las siguientes preguntas:

¿Para qué valor de R2, la tensión en bornes de R2 vale 5V?

¿Para qué valor de R2, la tensión en bornes de R2 vale 10V?

4.4 Ejercicio 4: Barrido de una R.

En el circuito que indica la siguiente figura, calcula el valor de la resistencia R2 para que la corriente que pasa a través de ella valga 4mA: (Sugerencia: haz un barrido de la resistencia R2 desde 10 Ω hasta 1000 Ω con incrementos de 1 Ω .)



R_x =10

Figura 4-20. Circuito del ejercicio 4.4.

PRÁCTICA 5

ANÁLISIS DE POTENCIA EN DC

1 BALANCE DE POTENCIAS EN DC CON EL ANÁLISIS BIAS POINT

El análisis Bias Point permite averiguar la potencia de los componentes de un circuito de DC.

La figura 5-1 muestra un circuito de ejemplo que utilizaremos para realizar un balance de potencia en los componentes.



Figura 5-1. Circuito del ejemplo

El balance de potencias del circuito anterior se realiza de la siguiente forma:

PASO 1: Dibujar el circuito anterior como ya hemos visto en las prácticas anteriores.

PASO 2: Seleccionar un análisis tipo *Bias Point* y realizar la simulación.

PASO 3: Visualizar el valor de la potencia consumida o generada por cada componente mediante el uso del botón *Enable Bias Power Display* :



Figura 5-2. Botón "Enable Bias Power Display", que permite visualizar las potencias en los componentes.

La figura 5-3 muestra el resultado de la simulación y la tabla 4-1 detalla la potencia consumida o generada por cada componente. También podemos visualizar las corrientes y

tensiones de cada componente (ver la figura 5-4) y mediante el criterio de signos averiguar si el componente es pasivo o activo (ver el resumen de la figura 5-5).

IMPORTANTE: La etiqueta con el valor de la corriente indica el terminal por el que **entra** la corriente al componente.



Figura 5-3. Resultado de la simulación del circuito del ejemplo. Valores de las potencias.

Componente	Potencia	Activo o Pasivo
V1	-8mW	ACTIVO
Il	-24mW	ACTIVO
R1	1.33mW	PASIVO
R2	16.67mW	PASIVO
R3	2 mW	PASIVO
<i>R4</i>	4 mW	PASIVO
R5	8 mW	PASIVO
SUMA DE POTENCIA TOTAL \rightarrow	0mW	

Tabla 5-1. Balance de potencias del circuito del ejemplo. (Activo: genera potencia, Pasivo: consume potencia)



Figura 5-4. Resultado de la simulación del circuito del ejemplo. Valores de tensiones y las corrientes por cada componente.



Figura 5-5. Componentes activos y pasivos.

2 EJERCICIOS DE BALANCE DE POTENCIAS EN DC CON EL ANÁLISIS BIAS POINT

En este apartado se proponen dos ejercicios para que el alumno practique con el balance de potencias de un circuito en *OrCAD* mediante el análisis *Bias Point*.

2.1 Ejercicio 1

Calcula las potencias de los elementos de siguiente circuito mediante un análisis *Bias Point* e indica si son activos (generan potencia) o pasivos (consumen potencia):



Figura 5-6. Circuito del ejercicio 2.1

2.2 Ejercicio 2

Calcula las potencias de los elementos de siguiente circuito mediante un análisis *Bias Point* e indica si son activos (generan potencia) o pasivos (consumen potencia):



Figura 5-7. Circuito del ejercicio 2.2.

3 MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA: BARRIDO DE UNA RESISTENCIA

El barrido DC de una resistencia (*DC Sweep*) permite averiguar el valor que ha de tener una resistencia para obtener la máxima transferencia de potencia del circuito al que está conectada.

Vamos a utilizar un circuito de la práctica anterior para ilustrar como realizar este cálculo.

Para el circuito divisor de tensión de la figura 5-8, realizaremos un barrido del valor de la resistencia R2 desde $1k\Omega$ hasta $20k\Omega$ con incrementos de $1k\Omega$ y visualizaremos la tensión en bornes de R2 y la corriente que le atraviesa:



Figura 5-8. Circuito divisor de tensión.

Al dibujar el circuito de la figura 5-8 debemos poner {Rx} como el valor de R2, sin olvidarnos las llaves.

Además, para realizar el barrido paramétrico del valor de la resistencia R2 debemos utilizar el componente denominado PARAM de la librería SPECIAL. Una vez situado PARAM en el esquemático lo seleccionamos mediante un doble click de manera que nos aparece una nueva ventana con todas las propiedades del parámetro PARAM:

🔢 barrido3.opj 🛐 PAGE1*	SCHEMATI*								
New Column App	ly Display Del	ete Property Filter by	Current properties		•	Help			
	Power Pins Visible	Primitive	PSpiceOnly	Reference	Rx	Source Library	Source Package	Source Part	Value
1 🗉 SCHEMATIC1 : PA		DEFAULT	TRUE	1	1k	C:\ORCAD\ORCAD	PARAM	PARAM.Normal	PARA

Figura 5-9. Detalle de las propiedades de PARAM.

Pulsamos sobre el botón New Column, y aparecerá la ventana de diálogo siguiente:

Add New Column
Name: Px
<u>V</u> alue:
1k
Enter a name and click Apply or OK to add a column/row to the property editor and optionally the current filter (but not the <current properties=""> filter).</current>
No properties will be added to selected objects until you enter a value here or in the newly created cells in the property editor spreadsheet.
Always show this column/row in this filter
Apply OK Cancel Help

Figura 5-10. Definición de un nuevo parámetro en PARAM.

En la ventana anterior escribiremos el nombre con el que definimos la variable que queremos variar, en este caso el valor de la resistencia R2, que denominaremos Rx, y le pondremos un valor por defecto, por ejemplo $1k\Omega$. Si queremos visualizar el nuevo componente PARAM denominado Rx en el esquemático, debemos activar la opción de display dentro de las propiedades de PARAM.

Además también tendremos que modificar el valor de R2, por defecto 1k, y cambiarlo por {Rx}.

En las opciones de simulación de DC Sweep seleccionaremos como *Sweep Variable* la opción *Global Parameter*, y en la casilla *Parameter name* escribiremos el nombre de nuestra variable, en este caso Rx, y sin llaves:

imulation Settings - ejercicio34 General Analysis Configuratio	3 n Files Options Data Collec	ction Probe	Window	X
Analysis type: DC Sweep ▼ Options: Secondary Sweep Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Sweep variable Voltage source Qurrent source Sweep type Linear Value list	Name: Model type Mod <u>e</u> l nan Parameter Sta 	[ne: [r name: [art value: nd value: crement:	Ik 20k 1k
	Aceptar	Cancelar	Apl	li <u>c</u> ar Ayuda

Figura 5-11. Ventana de diálogo con las opciones de simulación.

Si representamos la potencia de la resistencia R2, es decir, W(R2), podemos ver como el máximo valor se da cuandor R2= $10k\Omega$, que es valor de la resistencia de Thevenin del circuito al que está conectada.

La figura 5-12 muestra la representación de la potencia de R2, en función del valor de R2. Se puede apreciar claramente este valor máximo para R2= $10k\Omega$,con un valor de 2.5mW.

Para apreciar el valor máximo de la potencia podemos utilizar el botón *Toggle Cursor* y el botón que marca el punto máximo de la curva, *Cursor Peak*



Figura 5-12. Representación de W(R2) en función del valor de R2.

4 EJERCICIOS DE MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

En este apartado se propone un ejercicio para que el alumno practique con el cáclulo de la resistencia para máxima transferencia de potencia.

4.1 Ejercicio 1

Encontrad el valor de R_L para la máxima transferencia de potencia. ¿Cuál es el valor de la potencia consumida por R_L ?



Figura 5-13. Circuito del ejercicio 4.1.

PRÁCTICA 6

ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN AC

1 COMPORTAMIENTO DE R, L,Y C EN ALTERNA.

1.1 Comportamiento resistivo

En el circuito de la figura 6-1 hay una resistencia en serie con una fuente de tensión alterna. La impedancia del circuito es puramente resistiva.

El componente utilizado para la fuente de tensión es VSIN, que se encuentra en la librería SOURCE. La señal de alterna generada por la fuente es $V(t) = 5 \cdot \cos(100 \cdot 2\pi \cdot t)(V)$, es decir, tiene una amplitud igual a 5 V (*VAMPL* = 5), una frecuencia de 100 Hz (*FREQ* = 100), su ángulo de fase es 0 (*PHASE* = 0), y está centrada en el 0, o lo que es lo mismo, no tiene tensión de offset (*VOFF* = 0).



Figura 6-1. Circuito resistivo en AC

Simula el circuito de la figura 6-1 para ello realiza un análisis tipo *Time Domain* (*Transient*). Realiza la simulación durante 40ms o más (*Run to time* = 40 ms).

Visualiza la corriente y la tensión en la resistencia y observa que tienen la misma fase. ¿Cuáles son los valores de amplitud de la tensión y corriente en la resistencia?

1.2 Comportamiento inductivo

En el circuito de la figura 6-2 hay una bobina y una resistencia en serie con una fuente de tensión alterna. La impedancia del circuito es de tipo inductivo.

El componente utilizado para la fuente de tensión es VSIN, que se encuentra en la librería SOURCE. La señal de alterna generada por la fuente es $V(t) = 5 \cdot \cos(100 \cdot 2\pi \cdot t)(V)$, es decir, tiene una amplitud igual a 5 V (*VAMPL* = 5), una frecuencia de 100 Hz (*FREQ* = 100), su ángulo de fase es 0 (*PHASE* = 0), y está centrada en el 0, o lo que es lo mismo, no tiene tensión de offset (*VOFF* = 0).



Figura 6-2. Circuito inductivo en AC.

Simula el circuito de la figura 6-2. Para ello realiza un análisis tipo *Time Domain* (*Transient*). Realiza la simulación durante 60ms o más (*Run to time* = 60 ms).

Visualiza la corriente y la tensión en la bobina y observa su desfase.

¿Cuál es el valor de este desfase?

1.3 Comportamiento capacitivo

En el circuito de la figura 6-3 hay un condensador y una resistencia en serie con una fuente de tensión alterna. La impedancia del circuito es de tipo capacitivo.

El componente utilizado para la fuente de tensión es VSIN, que se encuentra en la librería SOURCE. La señal de alterna generada por la fuente es $V(t) = 5 \cdot \cos(100 \cdot 2\pi \cdot t)(V)$, es decir, tiene una amplitud igual a 5 V (*VAMPL* = 5), una frecuencia de 100 Hz (*FREQ* = 100), su ángulo de fase es 0 (*PHASE* = 0), y está centrada en el 0, o lo que es lo mismo, no tiene tensión de offset (*VOFF* = 0).





Simula el circuito de la figura 6-3 Para ello realiza un análisis tipo *Time Domain* (*Transient*). Realiza la simulación durante 60ms o más (*Run to time* = 60 ms).

Visualiza la corriente y la tensión en el condensador y observa su desfase.

¿Cuál es el valor de este desfase?

2. ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN ALTERNA: AC SWEEP.

2.1 Introducción.

Para realizar este tipo de análisis hay que seleccionar la opción *AC Sweep/Noise* de la ventana de diálogo *Simulation Settings*:

Simulation Settings - simulacion General Analysis Configuration	Files Options Data Collection Probe Window				
Analysis type: AC Sweep/Noise Options: General Settings Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	AC Sweep Type Image: Start Frequency: Logarithmic End Frequency: Decade Total Points: Noise Analysis Enabled Output Voltage: I/V Source: Interval:				
Output File Options Inglude detailed bias point information for nonlinear controlled sources and semiconductors (.OP) Aceptar Cancelar Apligar Ayuda					

Figura 6-4. Análisis AC Sweep.

Este análisis calcula la respuesta en frecuencia del circuito para un rango dado de frecuencias.

IMPORTANTE: En la parte superior derecha de la ventana de diálogo (*AC Sweep Type*) se selecciona el tipo de barrido a realizar: lineal (*Linear*) o logarítmico (*Logarithmic*). Debemos marcar la opción *Linear*.

Start Frecuency permite fijar la frecuencia de comienzo y *End Frecuency* permite fijar la frecuencia de finalización del análisis. *Total Points* es el número de puntos en los que deseamos que calcule los datos.

2.2 Ejemplo de análisis en alterna.

Para el circuito de la figura 6-5 queremos hallar la intensidad I:



Figura 6-5. Ejemplo de análisis en alterna.

Si realizamos los cálculos teóricos obtenemos:

$$I = 0.2 \cdot \cos(100 \cdot t + 83.1) (A).$$

Para comprobar este resultado con *OrCAD* dibujaremos el circuito anterior y realizaremos un análisis AC Sweep.

IMPORTANTE: La figura 6-5 es una representación simbólica del circuito y la figura 6-6 muestra el circuito con los elementos de OrCAD.

El componente utilizado para la fuente de tensión es VAC, que se encuentra en la librería SOURCE. En los atributos de la fuente debemos poner en ACMAG el valor de la amplitud de la fuente (ACMAG = 200),y en ACPHASE el valor de la fase en grados (ACPHASE=0) (Ver figura 7-6, que muestra el circuito con los componentes de OrCAD).

Una vez dibujado el circuito habrá que indicarle que tipo de análisis hay que realizar, en este caso queremos obtener la respuesta en frecuencia por tanto seleccionaremos el análisis *AC Sweep*. Dentro de la ventana de diálogo de la configuración de este tipo de análisis seleccionaremos el tipo de barrido lineal, el número de puntos 1 y la frecuencia de comienzo y fin la misma e igual a la frecuencia de la fuente de tensión V1. Como w = $100 = 2 \pi f$ despejando f obtenemos un valor 15.915 Herzios. (Ver figura 6-7.)

Tras configurar el análisis habrá que indicarle al programa qué valores deseamos visualizar en el fichero de salida. Para ello introducimos un nuevo componente que nos permite especificar que valores deseamos visualizar en el fichero de salida. Este nuevo componente es IPRINT, dentro de la librería SPECIAL. IPRINT mide la intensidad en la rama donde se conecta. Se conecta en serie.

Para visualizar él módulo y la fase de la corriente en el fichero de salida *Output*, debemos poner un 1 en los atributos de IPRINT referidos al módulo y la fase, es decir, AC = 1, MAG = 1, PHASE = 1.



Figura 6-6. Ejemplo de análisis en alterna.

Simulation Settings - simulacion			X			
General Analysis Configuration F	iles Options Data Collect	tion Probe Window				
<u>A</u> nalysis type:	AC Sweep Type					
AC Sweep/Noise) <u>L</u> inear	<u>S</u> tart Frequency:	15.915			
Options:	C Logarithmic	<u>E</u> nd Frequency:	15.915			
General Settings	Decade 🔻		1			
Parametric Sweep	Noise Analysis					
Save Bias Point	Enabled C	utput Voltage:				
Load Bias Point	- V.	⊻Source:				
	Īu	terval:				
	Output File Options					
Include detailed bias point information for nonlinear controlled sources and semiconductors (.OP)						
Aceptar Cancelar Apli <u>c</u> ar Ayuda						

Figura 6-7. Configuración del Análisis AC Sweep.

Además de IPRINT, existen otros elementos que permite visualizar valores de tensión y corriente en el fichero de salida, son:

VPRINT1 voltaje en el nudo en el cual dicho elemento esta conectado.

VPRINT2 voltaje diferencial en los dos nudos en los cuales esta conectado.

IPRINT intensidad en la rama donde se conecta. Se conecta en serie.

Una vez realizados todos los pasos anteriores, examinaremos el fichero de salida (*Output File*) y obtendremos lo siguiente:

```
**** 12/17/01 13:54:02 ********* Evaluation PSpice (Nov 1999)
* * * * * * * * * * * * * *
      ** Profile: "SCHEMATIC1-ac" [ D:\UMH\asignaturas01 02\Teoria de
Circuitos\Pspice\practica7\ac-SCHEMATIC1-ac.sim ]
      **** CIRCUIT DESCRIPTION
     * * * * * *
     ** Creating circuit file "ac-SCHEMATIC1-ac.sim.cir"
     ** WARNING: THIS AUTOMATICALLY GENERATED FILE MAY BE OVERWRITTEN BY
SUBSEQUENT SIMULATIONS
     *Libraries:
     * Local Libraries :
     * From [PSPICE NETLIST] section of pspiceev.ini file:
     .lib "nom.lib"
     *Analysis directives:
     .AC LIN 1 15.915 15.915
     .PROBE
     .INC "ac-SCHEMATIC1.net"
     **** INCLUDING ac-SCHEMATIC1.net ****
     * source AC
     V_V1 N00148 0 DC 0Vdc AC 200 0
     R R1
               N00127 N00016 100
                N00016 N00022 40
     r r2
                N00016 N00022 0.3
     L L1
     C Cl
               0 N00022 10u
                  N00148 N00127 OV
     V PRINT1
     .PRINT AC
     + IM(V PRINT1)
```

```
**** RESUMING ac-SCHEMATIC1-ac.sim.cir ****
.INC "ac-SCHEMATIC1.als"
```

```
**** INCLUDING ac-SCHEMATIC1.als ****
.ALIASES
V V1
             V1(+=N00148 -=0)
R R1
             R1(1=N00127 2=N00016)
r r2
             R2(1=N00016 2=N00022)
L_L1
             L1(1=N00016 2=N00022)
C Cl
             C1(1=0 2=N00022)
```

V PRINT1 PRINT1(1=N00148 2=N00127)

.ENDALIASES

+ IP(V PRINT1)

```
**** RESUMING ac-SCHEMATIC1-ac.sim.cir ****
.END
```

**** 12/17/01 13:54:02 ********* Evaluation PSpice (Nov 1999) * * * * * * * * * * * * * *

** Profile: "SCHEMATIC1-ac" [D:\UMH\asignaturas01_02\Teoria de Circuitos\Pspice\practica7\ac-SCHEMATIC1-ac.sim]

```
**** SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION TEMPERATURE = 27.000 DEG C
    *****
    NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE
    (N00016) 0.0000 (N00022) 0.0000 (N00127) 0.0000 (N00148)
0.0000
```

VOLTAGE SOURCE CURRENTS



Al final del fichero tenemos la información que hemos solicitado mediante el elemento IPRINT:

que coincide con el resultado teórico: $I = 0.2 \cdot \cos(100 \cdot t + 83.1)$ (A).

3 EJERCICIOS

3.1 Ejercicio: Análisis AC.

Para el siguiente circuito:



Figura 6-8. Ejercicio: análisis AC.

donde V1 = $20 \cdot \cos(10^5 \cdot t + 90^{\circ})$ (V) e I1 = $6 \cdot \cos(10^5 \cdot t)$ (A).

- Obtén mediante el cálculo teórico los valores de magnitud y fase de la tensión Vo.
- Comprueba los resultados obtenidos mediante una simulación AC Sweep en PSpice.

3.2 Ejercicio: Análisis AC.

Para el siguiente circuito:



Figura 6-9. Ejercicio: análisis AC.

donde V1 = $11.3 \cdot \cos(800 \cdot \pi \cdot t + 45^{\circ})$ (V) e I1 = $4 \cdot \cos(800 \cdot \pi \cdot t)$ (A).

- Obtén mediante el cálculo teórico los valores de magnitud y fase de la tensión Vo.
- Comprueba los resultados obtenidos mediante una simulación AC Sweep en PSpice.

3.3 Ejercicio: Análisis AC para varias frecuencias.

Para el siguiente circuito:



Figura 6-10. Ejercicio: análisis AC para varias frecuencias.

La fuente de intensidad tiene un valor de ACMAG = 10 y ACPHASE = 0.

- Se pide calcular Vo cuando la frecuencia toma los siguientes valores 50,100,150, 200, 300 Hz. ¿Qué puedes observar en los resultados obtenidos? ¿A qué es debido?
- Representa gráficamente la tensión Vo en función de la frecuencia. Realiza un análisis AC Sweep, tipo de análisis = lineal, puntos = 100, frecuencia de comienzo = 50, frecuencia de fin = 300. Sitúa un marcador de tensión para visualizar los resultados. En esta gráfica señala el valor máximo y justifícalo teóricamente.