

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: Introducción	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Motivación.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Estructura de la Memoria	2
CAPÍTULO 2: Descripción del Software utilizado	3
2.1 Macromedia Flash MX 2004.....	3
2.1.1 Introducción al programa Macromedia Flash MX 2004.....	3
2.1.2 Línea de tiempo y fotogramas	6
2.1.3 Objetos.....	8
2.1.4 Símbolos	10
2.1.5 Capas	11
2.1.6 Creación de texto	15
2.1.7 Botones	16
2.1.8 Animaciones	22
2.1.8.1 Información sobre la animación interpolada	23
2.1.8.2 Creación de Animaciones fotograma a fotograma	23
2.1.9 Publicación de la Película.....	25
2.1.10 Creación de Películas Interactivas.....	25
2.2 Macromedia Dreamweaver MX 2004.....	27
2.2.1 Introducción al programa Macromedia Dreamweaver MX 2004	27
2.2.2 Las Páginas Web	28
2.2.3 Creación de Páginas Web con Macromedia Dreamweaver MX 2004	29
2.2.3.1 Entorno del programa	29
2.2.3.2 Propiedades del documento	32
2.2.3.3 Color de fondo y de texto	33
2.2.3.4 Características del texto.....	34
2.2.3.5 Hiperenlaces o Hipervínculos.....	36
2.2.3.6 Imágenes.....	38
2.2.3.7 Tablas	39

2.2.3.8 Marcos	41
2.2.4 Nuestra Página Web	44
2.3 Pspice Student 9.1	46
2.3.1 Introducción al programa Pspice Student 9.1	46
2.3.2 Reglas sobre los Ficheros de Texto que describen circuitos	48
2.3.3 Especificación de Componentes	49
2.3.3.1 Elementos Pasivos	49
2.3.3.2 Elementos Activos	53
2.3.3.3 Interruptores	54
2.3.3.4 Fuentes Independientes	54
2.3.3.5 Tiristores	56
2.3.4 Parámetros	56
2.3.5 Librerías	57
2.3.6 Sentencias de Especificación de Análisis	58
2.3.7 Sentencias de Presentación de los Resultados	59
2.3.8 Pspice A/D Student	60
CAPÍTULO 3: Descripción de los circuitos implementados	67
3.1 Convertidores ac/cc	68
3.1.1 Convertidores ac/cc monofásicos no controlados	68
3.1.1.1 Convertidores ac/cc monofásicos no controlados de media onda con carga resistiva	68
3.1.1.2 Convertidores ac/cc monofásicos no controlados de media onda con carga resistiva e inductiva	69
3.1.1.3 Convertidores ac/cc monofásicos de onda completa con carga resistiva	70
3.1.1.4 Convertidor ac/cc monofásico de onda completa con carga resistiva e inductiva	71
3.1.2 Convertidores ac/cc monofásicos controlados por fase	72
3.1.2.1 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de media onda con carga resistiva	73
3.1.2.2 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de media onda con carga resistiva e inductiva	74
3.1.2.3 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva	75

3.1.2.4	Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva y modo de conducción continuo	76
3.1.2.5	Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva y modo de conducción continuo	77
3.1.2.6	Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción continuo	79
3.1.2.7	Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción discontinuo	81
3.2	Convertidores cc/cc: Choppers	82
3.2.1	Convertidores cc/cc de un solo interruptor controlable	83
3.2.1.1	Convertidor reductor: Buck	83
3.2.1.2	Convertidor elevador: Boost	84
3.2.1.3	Convertidor reductor-elevador: Buck-Boost	86
3.2.1.4	Convertidor cuk	87
3.2.2	Convertidor cc/cc en puente completo	88
3.2.2.1	Conmutación PWM bipolar: Carga resistiva	91
3.2.2.2	Conmutación PWM bipolar: Carga resistiva e inductiva	91
3.2.2.3	Conmutación PWM unipolar: Carga resistiva	92
3.2.2.4	Conmutación PWM unipolar: Carga resistiva e inductiva	94
3.3	Convertidores cc/ca: Inversores	94
3.3.1	Inversor monofásico en puente completo. Conmutación PWM bipolar: Carga resistiva	96
3.3.2	Inversor monofásico en puente completo. Conmutación PWM unipolar: Carga resistiva	97
3.3.3	Inversor monofásico en puente completo. Conmutación de onda cuadrada: Carga resistiva	99
3.4	Convertidores ac/ac	100
3.4.1	Convertidor ac/ac monofásico bidireccional: Carga resistiva	100
3.4.2	Convertidor monofásico bidireccional: Carga resistiva e inductiva	101
CAPÍTULO 4: Conclusiones y Futuros desarrollos		105
4.1	Conclusiones	105
4.2	Futuros desarrollos	106

CAPÍTULO 5: Bibliografía 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Escenario Macromedia Flash MX 2004.....	5
Figura 2-2. Escenario Línea de tiempo.....	7
Figura 2-3. Formato de un objeto.....	8
Figura 2-4. Panel Alineamiento.....	9
Figura 2-5. Panel Info.....	10
Figura 2-6. Ventana de Propiedades de símbolo.....	10
Figura 2-7. Vista estándar de una capa.....	12
Figura 2-8. Panel de capas de una película.....	15
Figura 2-9. Cabecera con la explicación de un circuito.....	15
Figura 2-10. Fotogramas de un botón.....	17
Figura 2-11. Código Botón de parada.....	18
Figura 2-17. Apariencia de Fotogramas interpolados.....	23
Figura 2-18. Apariencia animación fotograma a fotograma.....	23
Figura 2-19. Animación de punta de corriente.....	24
Figura 2-20. Animación de línea de corriente.....	24
Figura 2-21. Ilustración capa de ejes.....	25
Figura 2-22. Ilustración capas de ejes y gráficas.....	25
Figura 2-23. Entorno de trabajo de Macromedia Dreamweaver.....	29
Figura 2-24. Barra de Título.....	29
Figura 2-25. Barra de menús.....	30
Figura 2-26. Barra de herramientas estándar.....	30
Figura 2-27. Barra de herramientas de documento.....	30
Figura 2-28. Inspector de Propiedades.....	31
Figura 2-29. Barra de herramientas Insertar.....	32
Figura 2-30. Menú Propiedades de la Página.....	33
Figura 2-31. Paleta de colores.....	33
Figura 2-32. Inspector de Propiedades.....	37
Figura 2-33. Ventana de inserción de imágenes.....	39
Figura 2-34. Ventana de inserción de tabla.....	40
Figura 2-35. Inspector de Propiedades de una tabla.....	41

Figura 2-36. Inspector de Propiedades de una/s celda/s.....	41
Figura 2-37. Entorno de trabajo con marcos	43
Figura 2-38. Ventana de Propiedades de un marco.....	43
Figura 2-39. Sistema de ficheros del proyecto	44
Figura 2-40. Pantalla principal de Pspice A/D Student.....	61
Figura 2-41. Entorno Pspice A/D Student-Botón de Simulación.....	63
Figura 2-42. Ventana Visualización de Resultados	63
Figura 2-43. Ventana para Especificación de las señales a visualizar	64
Figura 2-44. Ventana dividida en 2 Plots	65
Figura 3-1. Película Flash Convertidor ac/cc de media onda con carga R.....	69
Figura 3-2. Película Flash Convertidor ac/cc de media onda con carga RL	71
Figura 3-3. Película Flash Convertidor ac/cc de onda completa con carga R.....	72
Figura 3-4. Película Flash Convertidor ac/cc de onda completa con carga RL	73
Figura 3-5. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de media onda con carga R.....	75
Figura 3-6. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de media onda con carga RL	76
Figura 3-7. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de onda completa con carga R.....	77
Figura 3-8. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de onda completa con carga R y modo de conducción continuo	78
Figura 3-9. Película Flash ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga R y modo de conducción continuo	80
Figura 3-10. Película Flash Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción continuo	81
Figura 3-11. Película Flash Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción discontinuo.....	82
Figura 3-12. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable reductor.....	85
Figura 3-13. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable elevador	86
Figura 3-14. Película Flash convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable	89
reductor-elevador	89
Figura 3-15. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable cuk.....	89

Figura 3-16. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo PWM bipolar carga R.....	92
Figura 3-17. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo PWM bipolar carga RL	93
Figura 3-18. Película Flash Convertidor cc/cc PWM unipolar carga R	94
Figura 3-19. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo unipolar carga RL.....	95
Figura 3-20. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo PWM bipolar carga R.....	97
Figura 3-21. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo PWM unipolar carga R.....	98
Figura 3-22. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo de onda cuadrada carga R.....	100
Figura 3-23. Película Flash Convertidor ac/ac monofásico bidireccional carga R	101
Figura 3-24. Película Flash Convertidor ac/ac monofásico bidireccional caga RL	103

CAPÍTULO 1: Introducción

1.1 OBJETIVO

El presente proyecto se ha realizado con el objetivo de desarrollar una “herramienta interactiva para uso didáctico en la asignatura de Electrónica de Potencia” impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, para la titulación de Ingeniero Técnico en Telecomunicación, especialidad de Sistemas Electrónicos.

Se trata de una aplicación en la que podremos encontrar información teórica sobre distintos tipos de convertidores estudiados en la asignatura mencionada en el párrafo anterior, así como animaciones flash de cada uno de los circuitos y simulaciones Pspice.

El objetivo pedagógico de la **“Creación de una herramienta interactiva para uso didáctico en la asignatura de Electrónica de Potencia”** se resume en conseguir una herramienta eficaz a través de la cual se describa el funcionamiento de los circuitos, podamos visualizar paso a paso y mediante animaciones, el funcionamiento de las distintas topologías de convertidores de potencia, y podamos ver el resultado de las simulaciones de dichos convertidores para distintos valores de parámetros. Esta aplicación servirá de apoyo a las asignaturas relativas a la Electrónica de Potencia, aunque también podrá servir de apoyo en otras asignaturas impartidas por el Departamento de Tecnología Electrónica y que guarden relación con este tema.

1.2 MOTIVACIÓN

La realización del presente proyecto nace por la propuesta de desarrollar una aplicación interactiva para el desarrollo y aprendizaje de los circuitos de potencia al alcance de todos en Internet, motivada por el evidente desarrollo tecnológico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto queda justificado por la utilidad que dicha aplicación interactiva supone tanto para el alumno que cursa la disciplina de la Electrónica de Potencia, como para cualquier usuario interesado en la misma.

1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria descriptiva del presente proyecto consta de cinco capítulos y se estructura como sigue. Tras este primer capítulo, denominado “Introducción” se presentan, en el capítulo 2 “Descripción del software utilizado” los programas con los que se realiza la aplicación, así como las herramientas de desarrollo utilizadas en el proyecto fin de carrera.

En el capítulo 3, titulado “Descripción de los circuitos Implementados” se describe cada uno de los convertidores de la Web, junto con las películas flash de cada uno.

En el capítulo 4, denominado “Conclusiones y Futuros desarrollos” se presentan las principales conclusiones extraídas de este trabajo, así como las líneas de desarrollo futuro.

En el último capítulo, “Bibliografía” se enumeran la documentación y lo sitios Web que hemos utilizado para desarrollar este proyecto.

CAPÍTULO 2: Descripción del Software utilizado

2.1 MACROMEDIA FLASH MX 2004

2.1.1 INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA MACROMEDIA FLASH MX 2004

Para la realización de una parte de la Web, los circuitos con animaciones, se ha utilizado el programa Macromedia Flash MX 2004, especialmente indicado para la creación de ilustraciones y animaciones Web, proporcionando una gran interactividad, además de ser compatible con diversas plataformas.

Las películas de Flash en un entorno de creación tienen la extensión .fla, siendo estos archivos los que se crean, modifican, etc., mientras que las películas exportadas como películas de Flash Player tienen la extensión .swf.

Flash ofrece la posibilidad de probar el aspecto de la película y su comportamiento como archivo .swf, en cualquier momento de su creación.

Las películas de Flash están compuestas principalmente por imágenes vectoriales, aunque también pueden incluir imágenes de mapas de bits y sonidos importados. Estos gráficos vectoriales compactos se descargan y se adaptan de inmediato al tamaño de la pantalla de usuario.

Flash MX 2004 también incluye capacidades muy desarrolladas para la creación de acciones mediante su lenguaje de programación ActionScript, proporcionando interactividad a la película. Se podrá escribir, editar o agregar acciones a un símbolo o a un fotograma de la línea de tiempo, de manera que cuando el cabezal de lectura alcance el fotograma, se ejecute la acción asociada.

El entorno de trabajo de Flash está dividido en varias partes:

- El Escenario: Área en la que se reproduce la película, los botones, animaciones y demás elementos que compondrán la escena.
- La línea de tiempo: Compuesta por una serie de fotogramas sucesivos, donde cada uno contiene las imágenes que deben aparecer cuando se proyecte la película, así como las acciones para controlar la película.
- Los Paneles son conjuntos de comandos agrupados según su función (por ejemplo, todo lo que haga referencia a las acciones, irá en el panel "Acciones"). Su misión es simplificar y facilitar el uso de los comandos.

Estos paneles son:

Panel Info: Muestra el tamaño y las coordenadas de los objetos seleccionados, permitiéndonos modificarlas. Muy útil para alineaciones exactas.

Panel Transformar: Ensancha, encoge, gira ... los objetos seleccionados.

Panel Alineamiento: Coloca los objetos del modo que le indiquemos. Muy útil.

Panel Mezclador de Colores: Mediante este panel se crean los colores que más gusten.

Panel Muestras de Color: Permite seleccionar un color de modo rápido y gráfico (incluidas nuestras creaciones).

Panel Componentes: Nos permite acceder a los Componentes ya contruidos y listos para ser usados que nos proporciona Flash. Los componentes son objetos "inteligentes" con propiedades características y muchas utilidades (calendarios, scrolls, etc...).

Panel Respuestas: Macromedia pone a nuestra disposición ayuda y consejos accesibles desde este panel.

Panel Propiedades: Sin duda, el panel más usado y más importante. Nos muestra las propiedades del objeto seleccionado en ese instante (ya sea un dibujo o un texto), como el color de borde, de fondo, tipo de trazo, tamaño de los caracteres, tipografía, coordenadas, etc.

Panel Escena: Modifica los atributos de las escenas que usemos.

Panel Acciones: De gran ayuda para emplear Action Script y asociar acciones a nuestra película.

- El inspector de propiedades: Ofrece una descripción general de una película y su estructura; Es la ventana donde se podrá examinar y editar las propiedades de cada elemento que se seleccione.
- El panel de capas: Donde se observan las distintas capas que forman nuestra película. Más adelante hablaremos de ellas.

En la Figura 2-1 podemos ver el entorno de trabajo de Flash MX.

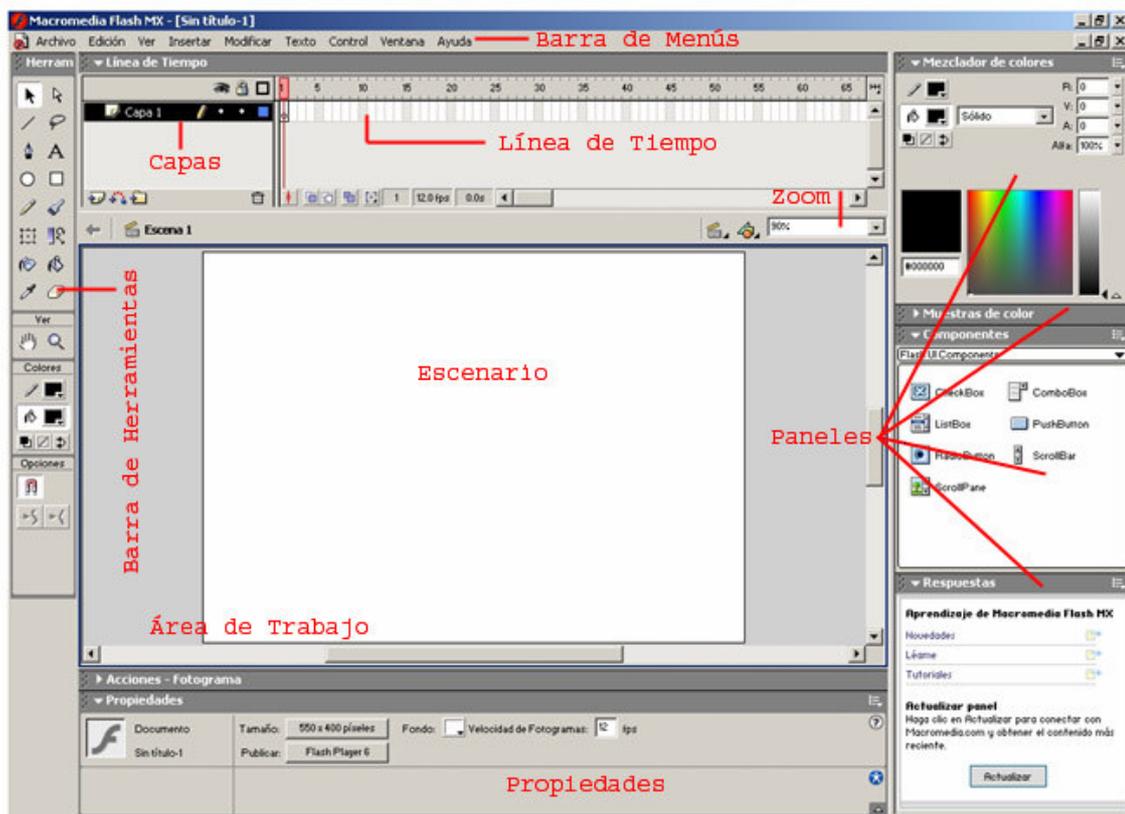


Figura 2-1. Escenario Macromedia Flash MX 2004.

Flash ofrece varios métodos tanto para crear ilustraciones originales como para importarlas desde otras aplicaciones. Puede crear objetos con las herramientas de dibujo y pintura, así como modificar los atributos de los objetos existentes.

Flash permite animar objetos para dar la impresión de que se mueven por el Escenario, así como cambiar su forma, tamaño, color, opacidad, rotación y otras propiedades. También puede crear animación fotograma a fotograma, creando una imagen diferente para cada fotograma. Otra posibilidad consiste en crear animación interpolada, es decir, crear los fotogramas primero y último de una animación y dejar que Flash cree los fotogramas intermedios.

La complejidad de la animación y la velocidad del sistema donde se reproduce, afectan a la suavidad de la reproducción, por lo que Flash ofrece la posibilidad de seleccionar la velocidad de fotogramas para adaptarla a la Web o a otros reproductores.

Como Flash posee capas, se puede situar cada elemento del Escenario en una diferente, de manera que cada elemento está independiente del resto, así, cualquier modificación no afecta a los demás elementos.

Flash no sólo ofrece la posibilidad de crear textos con las opciones básicas de los procesadores de texto, sino que además se pueden modificar editándolos de nuevo.

Una vez realizada y comprobado el rendimiento de bajada de la película, se puede publicar la animación en la Web, para ello se deben generar los archivos *.swf de Flash Player y *.htm para insertarlo en una ventana del navegador.

2.1.2 LÍNEA DE TIEMPO Y FOTOGRAMAS

La línea de tiempo se encarga de organizar y controlar el contenido de una película a través del tiempo, mediante fotogramas y capas. La línea de tiempo está formada por dos partes: La línea con una serie de fotogramas sucesivos, que contienen las imágenes que deben aparecer cuando se proyecte la película, y los números de fotograma, que permite saber que número tiene asignado cada fotograma. El cabezal de lectura, que se mueve por la parte superior de la línea de tiempo, reproduce en secuencia los fotogramas e indica en todo momento en que fotograma de la película se encuentra la reproducción. Cada capa dispone de su propia línea de tiempo con sus propios fotogramas, y al visualizar la película, se reproducen simultáneamente las líneas de tiempo de todas las capas. Además,

en la figura de abajo (Figura 2-2) podemos ver una serie de iconos que representan la velocidad de los fotogramas, el número de fotograma actual y el tiempo de película transcurrido.

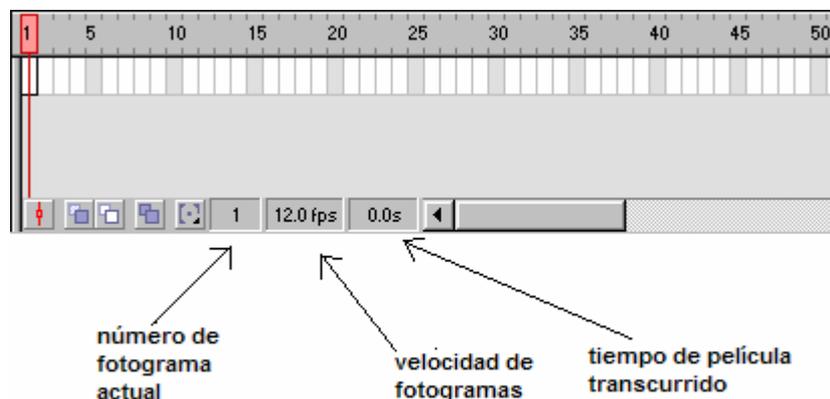


Figura 2-2. Escenario Línea de tiempo

Los distintos fotogramas que se pueden encontrar en una línea de tiempo son:

- Fotograma clave vacío: Es un fotograma clave que no contiene ninguna imagen en el escenario. Esto resulta útil para aquellas imágenes que no aparecen con continuidad en la línea de tiempo. Se representan en la línea de tiempo con un círculo en blanco en su interior.
- Fotograma clave: Es aquel en el que se definen cambios en la animación. Por lo tanto, si se realiza una película en la que cada fotograma es diferente del anterior, cada uno de esos fotogramas será un fotograma clave. Se representan en la línea de tiempo con un círculo sólido negro en su interior.
- Fotograma intermedio: Es aquel que se encuentra entre dos fotogramas clave. Si están tras un fotograma clave vacío, no contendrán ningún objeto y se muestran en blanco en la línea de tiempo. Si está tras un fotograma clave, se mantiene el contenido de éste exactamente igual. Se representa como un fotograma sombreado en gris, y si es el último de la repetición, contiene un pequeño rectángulo blanco en su interior. También se encuentran fotogramas intermedios en las interpolaciones tanto de forma (estarán coloreados en verde) como de

movimiento (coloreados en azul), atravesados por una flecha que va desde el fotograma clave inicial hasta el fotograma clave final.

2.1.3 OBJETOS

Independientemente de si estamos trabajando en una animación, en una página Web o en cualquier otra cosa, tendremos que trabajar con objetos. A grandes rasgos, podremos considerar un objeto todo aquello que aparezca en nuestra película y sea visible, de modo que podamos trabajar con él; Un objeto sería, por ejemplo, cualquier imagen que creemos o importe, un botón, un dibujo creado por nosotros mismos, etc...

Los objetos así considerados tienen 2 partes fundamentales, tal como se observa en la Figura 2-3:

- El Borde: Consiste en una delgada línea que separa el objeto del exterior del escenario. Puede existir o no, según nos convenga. Cuando creamos un objeto, el borde se crea siempre y su color será el indicado en el Color de Trazo (dentro del Panel Mezclador de Colores).
- El Relleno: El relleno no es más que el propio objeto sin borde. Es, por tanto, la parte interna del objeto. Su existencia también es arbitraria, ya que podemos crear un objeto cuyo color de relleno sea transparente.

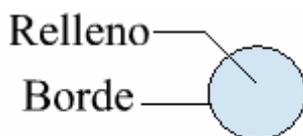


Figura 2-3. Formato de un objeto

Para poder trabajar con objetos, es fundamental saber seleccionar la parte del objeto que queramos modificar (mover, girar, cambiar de color...).

Veamos cómo seleccionar las diferentes partes de un objeto:

- Seleccionar un Relleno o un Borde: Basta hacer clic 1 vez en el Relleno o en el Borde que queremos seleccionar.
- Seleccionar el Relleno y el Borde de un objeto: Hacer doble clic en el Relleno.
- Seleccionar un Símbolo, un texto, o un grupo: Clic en el Símbolo, en el texto o en el grupo. Estos tipos de objetos mostrarán un borde de color azul (por defecto) al estar seleccionados.
- Seleccionar a partir de la Línea de Tiempo: Si seleccionamos un determinado fotograma en la línea de tiempo, se seleccionan automáticamente todos los objetos que estén en dicho fotograma. Esto es útil para modificar de un modo rápido todos los elementos del fotograma.

Ahora que ya sabemos seleccionar los objetos o las partes de éstos que consideremos oportunas, veamos como colocarlos en el Escenario.

Para colocarlos de un modo preciso, Flash pone a nuestra disposición el Panel Alineamiento. Este Panel lo podemos encontrar en el Menú Ventana -> Alinear. El Panel Alineamiento permite colocar los objetos tal y como le indiquemos. La opción En Escena nos permite decir a Flash que todas las posiciones que indiquemos para nuestros objetos tomen como referencia el escenario. Esta ventana se puede ver en la Figura 2-4:



Figura 2-4. Panel Alineamiento

Además de controlar la posición de los objetos desde el Panel Alineamiento, también podemos hacerlo, de un modo más exacto (más matemático) desde otro panel, el Panel Info. A este Panel se puede acceder desde el Menú Ventana -> Info. Las posibilidades de

este Panel son limitadas, pero si buscamos exactitud en las medidas o no nos fiamos de las distribuciones de objetos que crea Flash, debemos acudir a él. En la Figura 2-5 se observa dicho panel, donde An y Al representan las medidas del objeto y X e Y las coordenadas de la posición del objeto.

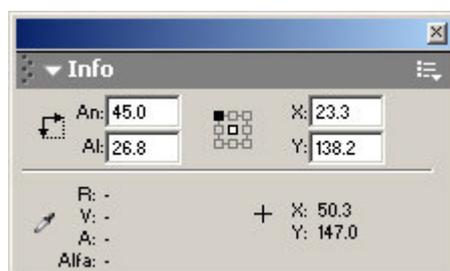


Figura 2-5. Panel Info

Existe la posibilidad de agrupar varios objetos para tratarlos como uno solo; Para crear un grupo, debemos indicarle a Flash que así lo queremos. Para ello, basta seleccionar los objetos que queremos que formen parte de un grupo y después hacer clic en el Menú Modificar -> Agrupar.

2.1.4 SÍMBOLOS

Flash permite crear objetos determinados e insertarlos varias veces en una película. Estos objetos se denominan símbolos y se almacenan en la biblioteca, de manera que podrán ser utilizados repetidamente en una película o incluso en otras películas distintas, por lo que se reduce cuantiosamente el tamaño de la película final. Para crear un símbolo hay que asignarle un nombre y determinar su comportamiento dentro del cuadro de diálogo de propiedades, como se puede ver en la Figura 2-6.

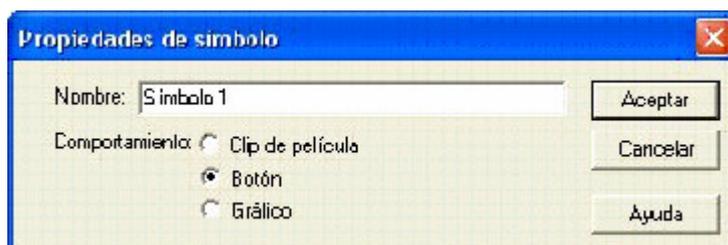


Figura 2-6. Ventana de Propiedades de símbolo

Como podemos observar en la figura de arriba (Figura 2-1), el comportamiento del símbolo podrá ser:

- Clip de película: Es un símbolo que contiene una animación de más de un fotograma, pero con una línea de tiempo independiente de la película principal. Pueden ser muy complejos, conteniendo todo tipo de acciones y animaciones.
- Botón: Es un gráfico al que se le podrán añadir acciones para que al pasar el cursor por encima o hacer clic en él, suceda algo. Esto permitirá añadir interactividad a las películas. Los botones podrán ser gráficos estáticos o dinámicos, y pueden incorporar sonidos, acciones, etc. Cada botón tiene su línea de tiempo específica, son cuatro fotogramas clave por defecto, correspondientes a sus posibles estados: reposo, sobre, presionado y zona activa. El carácter interactivo del presente proyecto se debe precisamente a los botones incorporados en las películas Flash.
- Símbolo Gráfico: Son aquellas imágenes estáticas, no interactivas ni animadas. Consistirá en un objeto cualquiera, ya sea creado en el propio programa o importado desde otra aplicación. Será la base para crear cualquier tipo de animación ligada a la línea de tiempo de la película principal.

2.1.5 CAPAS

Las películas creadas con Flash contienen capas. Estas capas son como hojas de acetato transparentes apiladas entre sí, de forma que el conjunto formado representa la película.

Una Capa se puede definir como una película independiente de un único nivel. Es decir, una capa contiene su propia Línea de Tiempo (con infinitos fotogramas).

Los objetos que estén en una determinada capa comparten fotograma y por tanto, pueden "mezclarse" entre sí. Esto es interesante a menudo, pero otras veces es conveniente separar los objetos de modo que no interfieran entre sí. Para ello, crearemos tantas capas

como sea necesario. El uso de múltiples capas además, da lugar a películas bien ordenadas y de fácil manejo.

Las capas sirven para organizar las ilustraciones, animaciones y los demás elementos de la película, pudiendo editar su contenido sin que este afecte al contenido de otras capas.

La vista standard de una capa es la que muestra la imagen de la Figura 2-7. Veamos para qué sirven los distintos botones y cómo usarlos.



Figura 2-7. Vista estándar de una capa

Los botones que aparecen en la ventana tienen las siguientes utilidades:

- Insertar Capas : Como su nombre indica, sirve para Insertar capas en la escena actual. Inserta capas normales (más adelante veremos los distintos tipos de capas).
- Añadir Capa Guía : Inserta una capa de tipo guía. Son capas especiales de contenido específico. Se emplean en las animaciones de movimiento de objetos y su único fin es marcar la trayectoria que debe seguir dicho objeto. Debido a que su misión es representar la trayectoria de un objeto animado, su contenido suele ser una línea (recta, curva o con cualquier forma), que no se verá en la película final.
- Borrar Capa : Borra la capa seleccionada.
- Cambiar Nombre: Para cambiar el nombre a una capa, basta con hacer doble clic en el nombre actual.

- Propiedades de Capa: Si hacemos doble clic en el icono , podremos acceder a un panel con las propiedades de la capa en la que hayamos hecho clic. Podremos modificar todas las opciones que hemos comentado anteriormente y alguna más de menor importancia.
- Mostrar / Ocultar Capas : Este botón permite ver u ocultar todas las capas de la película. Es muy útil cuando tenemos muchas capas y sólo queremos ver una de ellas ya que permite ocultar todas a la vez, para después mostrar sólo la actual. Para activar la vista de una capa en concreto (o para ocultarla) basta con hacer clic en la capa correspondiente en el punto (o en la cruz) que se encuentra bajo el icono "Mostrar / Ocultar capas".
- Bloquear Capas : Bloquea la edición de todas las capas, de modo que no podremos modificarlas hasta desbloquearlas. Para bloquear o desbloquear una capa concreta, procederemos como en el punto anterior, clic en el punto o icono "Cerrojo" situados en la capa actual bajo el icono "Bloquear Capas".
- Mostrar/Ocultar capas como contornos : Este botón nos muestra/oculta los contenidos de todas las capas como si sólo estuviesen formados por bordes. De este modo y ante un conjunto numeroso de objetos, podremos distinguirlos a todos de forma fácil y podremos ver en qué capa está cada uno de ellos.

Todas las capas de una misma escena comparten la misma línea de tiempos y por tanto, los objetos de todos los fotogramas 1 de todas las capas se verán al mismo tiempo en la película superpuestos unos sobre otros. ¿Y qué objeto está delante de los demás? Pues este criterio viene dado por la colocación de las capas en la película. Los objetos que se mostrarán delante de todos los demás serán aquellos que se encuentren en la capa situada más arriba.

En el presente proyecto se describen las siguientes capas:

- FONDO CABECERA: En esta capa se define el fondo sobre el que escribiremos el título.
- FONDO CIR: En esta capa se define el fondo sobre el cual se situará el circuito de potencia.
- LEYENDA: Capa utilizada para representar información sobre el circuito durante la ejecución de la animación. Aparecerá debajo del título.
- TÍTULO: Capa utilizada para crear el título de la película.
- FONDO GRAF: En esta capa se define el fondo utilizado para la representación de las gráficas
- BOTONERA: En esta capa se definen los botones utilizados para el control de la película.
- EJES: En esta capa se definen los ejes de coordenadas donde se representan las gráficas asociadas a los circuitos de potencia.
- ETI- EJEX: Capa utilizada para representar los valores del eje x de cada gráfica representada.
- LEYENDA EJES: Utilizada para representar los valores del eje y de cada gráfica representada.
- V_{in} , V_{out} , I_o , V_L , V_d, \dots : en cada una de estas capas se representan las animaciones correspondientes a la intensidad de salida, las tensiones de entrada, salida,...
- CIRCUITO: Esta capa es utilizada para plasmar el circuito del convertidor.
- ETIQUETAS: Capa que hemos utilizado para las diferentes etiquetas que aparecen en el dibujo del circuito.

- CORRIENTE: Con esta capa hemos creado la animación que describe el sentido de la corriente y que se va dibujando a la largo del circuito durante la reproducción de la película.

Además de las capas anteriormente nombradas, se utilizan capas auxiliares para definir elementos complementarios en la película. Estas capas aparecerán en la pantalla principal tal como muestra la Figura 2-8.

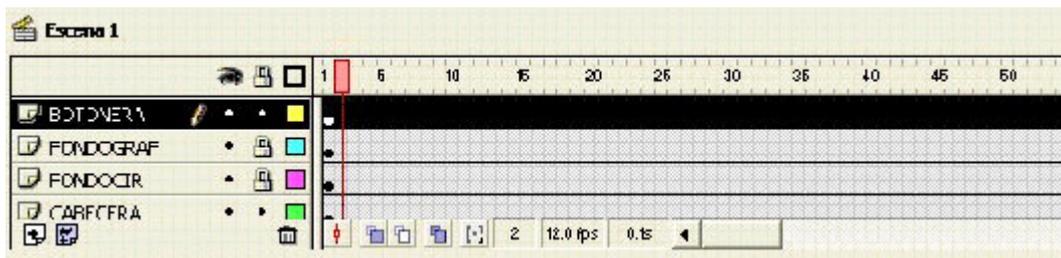


Figura 2-8. Panel de capas de una película

2.1.6 CREACIÓN DE TEXTO

Para explicar el funcionamiento de los circuitos de potencia en las películas de Flash se han situado bloques de texto de anchura fija, con fuente de tipo de letra “Times New Roman” y “Arial” de color negro para que resalte sobre el fondo celeste de la cabecera, como se puede ver en la Figura 2-9.

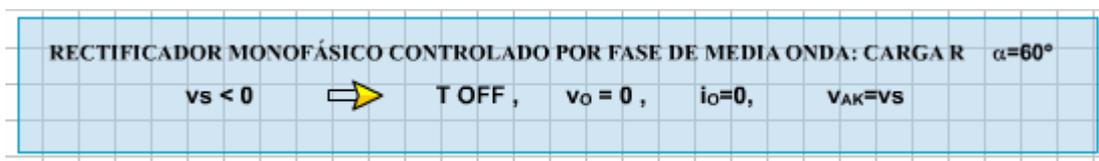


Figura 2-9. Cabecera con la explicación de un circuito

El tipo de texto se puede escoger mediante el panel propiedades. Hay tres tipos de texto:

- Texto estático: se caracteriza por no presentar ningún cambio a lo largo de la animación. Lo que queremos decir es que no cambia el contenido del recuadro de

texto, es decir, que el texto puede estar animado (girar, cambiar de color...) y sin embargo ser estático.

- Texto dinámico: En contraposición al estático sí que puede cambiar su contenido (además de estar animado). Su uso es bastante más complejo que el del texto estático, ya que cada recuadro de texto dinámico puede ser una variable modificable mediante ActionScript, esto quiere decir que los valores y propiedades de este tipo de textos se pueden modificar mediante programación.
- Texto de entrada: Tiene básicamente las mismas propiedades que el texto dinámico, junto con algunas propias de un tipo de texto orientado a la introducción de datos por parte de usuario, como por ejemplo el número máximo de líneas que puede introducir en ese campo de texto o si queremos que lo que el usuario escriba en dicho campo aparezca como asteriscos (para las contraseñas).

Cada película consta en su cabecera de un texto específico en el que se describe la evolución del circuito, con el objetivo de facilitar el aprendizaje del funcionamiento de cada circuito de potencia. En él se complementan la información aportada por el esquema eléctrico y la información proporcionada por las gráficas más representativas.

En la descripción del texto, se han utilizado frases cortas, símbolos y abreviaturas que forman parte de la nomenclatura y el vocabulario usados en la Electrónica de Potencia.

Cuando el usuario selecciona una película y comienza su ejecución, se puede observar como el texto explicativo se va adaptando a los acontecimientos acaecidos en el desarrollo del circuito a lo largo de la línea de tiempo.

2.1.7 BOTONES

Como hemos mencionado anteriormente, los botones son clips de películas interactivos de cuatro fotogramas. Cada fotograma en la línea de tiempo reacciona a los movimientos y acciones del puntero saltando al fotograma correspondiente.

Cada fotograma en la línea de tiempo de un símbolo botón tiene una función específica, como se puede ver en la Figura 2-10:

- El primer fotograma es el estado Reposo, representa el botón siempre que el puntero no esté sobre él.
- El segundo fotograma es el estado Sobre, representa el aspecto del botón cuando el puntero se encuentra sobre él mismo.
- El tercer fotograma es el estado Presionado, que representa el aspecto del botón cuando se hace clic sobre él mismo.
- El cuarto fotograma es el estado de Zona activa, que define el área que responderá al clic del ratón (esta área es invisible en la película).

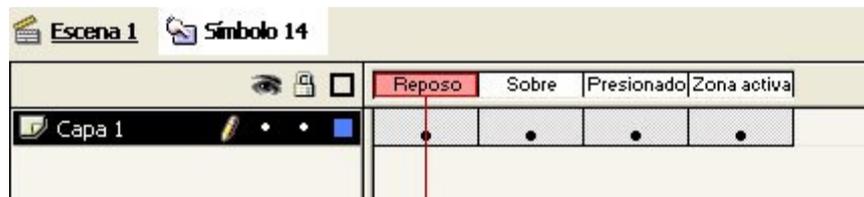


Figura 2-10. Fotogramas de un botón

En el presente proyecto se han animado los siguientes botones:

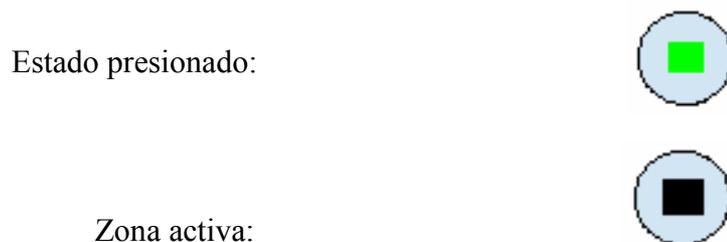
- Botón de parada, para detener la película en cualquier fotograma de la línea de tiempo :

Estado Reposo:



Estado Sobre:



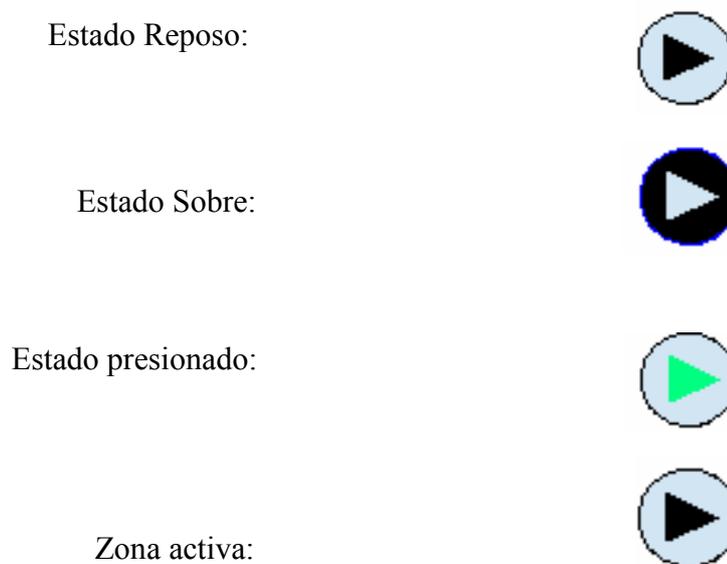


- Una vez definido el símbolo botón, se le asigna una función mediante la herramienta Acciones (Ver Figura 2-11).

```
on (release) {  
    _root.stop ();  
}
```

Figura 2-11. Código Botón de parada

- Es decir, se configura el botón para que se pare la película al soltar el pulsador del ratón.
- Botón de avance continuo, para comprobar el funcionamiento del circuito a lo largo de la Línea de tiempo:



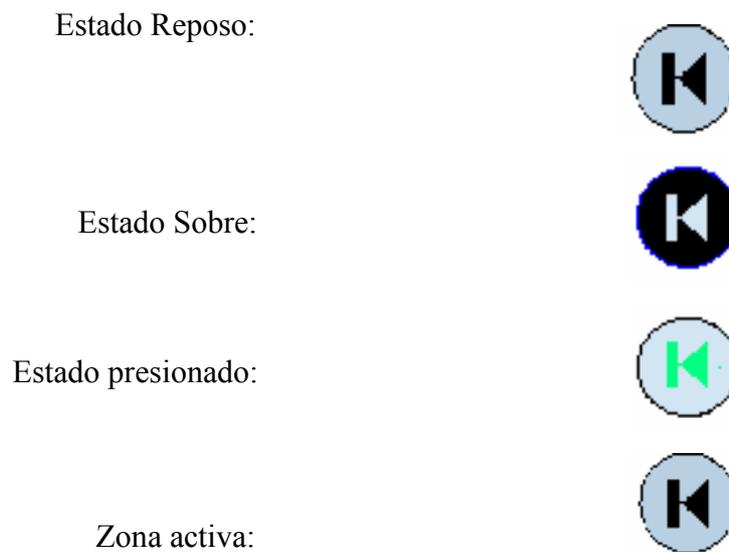
Las funciones asociadas al símbolo botón de avance continuo mediante la herramienta Acciones serían (Ver Figura 2-12):

```
on (release) {  
    _root. play ();  
}
```

Figura 2-12. Código Botón de avance

Estas funciones permiten que al pulsar el botón la película continúe reproduciéndose fotograma a fotograma.

- Botón de retroceso paso a paso, para comprobar el funcionamiento del circuito en el fotograma anterior :



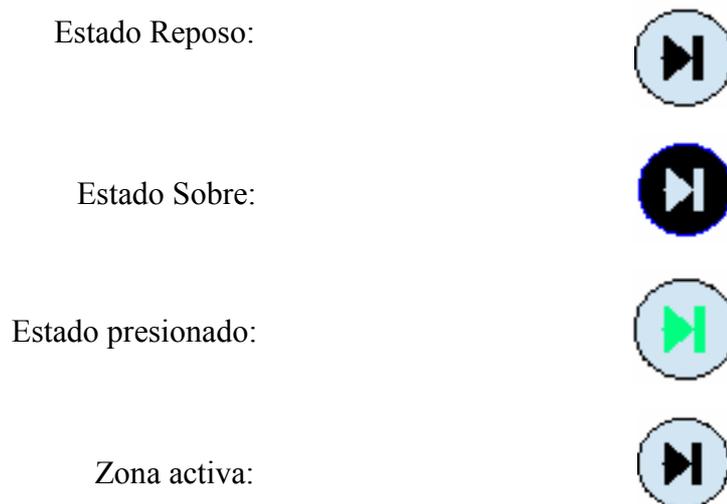
El símbolo botón de retroceso paso a paso tiene asociadas las funciones (Ver Figura 2-13):

```
on (release) {  
    _root. prevFrame ();  
}
```

Figura 2-13. Código Botón de retroceso paso a paso

Es decir, el botón está configurado para que al liberarlo la película retroceda al fotograma anterior.

- Botón de avance paso a paso, para analizar el funcionamiento de circuito fotograma a fotograma :



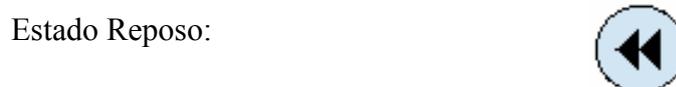
El símbolo botón de avance paso a paso tiene asociadas las funciones (Ver Figura 2-14):

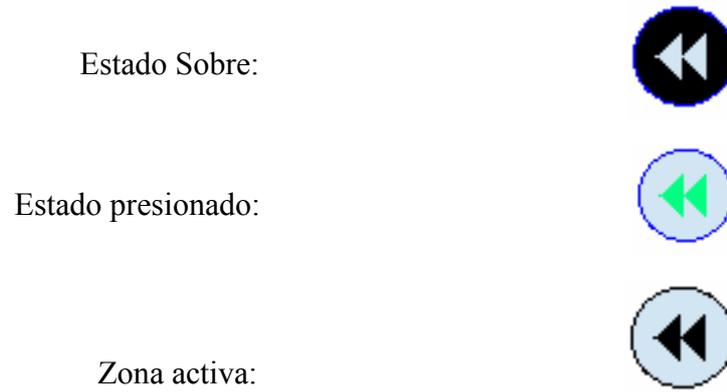
```
on (release) {  
  _root. nextFrame ();  
}
```

Figura 2-14. Código Botón de avance paso a paso

Este botón, al igual que los anteriores está configurado para que al liberarlo la película avance al fotograma siguiente.

- Botón de reinicio, para situar la película en el primer fotograma:





El símbolo botón para el reinicio de la película tiene asociadas las funciones (Ver Figura 2-15):

```

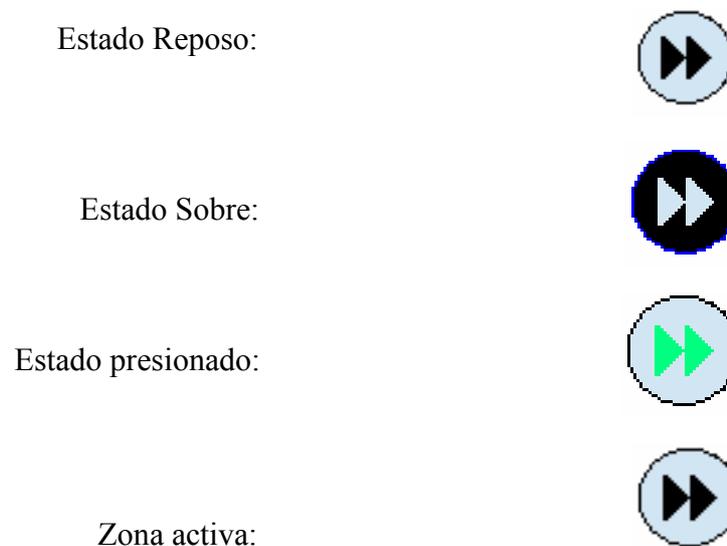
on (release) {
    _root. gotoAndStop (1);
}

```

Figura 2-15. Código Botón de reinicio

Esta función sitúa la línea de tiempo en el primer fotograma y se mantiene en ese fotograma hasta que se pulse otro botón.

- Botón de fin para situar la película en el último fotograma de la línea de tiempo:



El símbolo botón para el fin de la película tiene asociadas las funciones que se pueden ver en la Figura 2-16:

Esta función sitúa el cabezal de lectura de la línea de tiempo en el último fotograma de cada película y se mantiene en ese fotograma hasta que se pulse otro botón. Esta opción se ha contemplado para poder analizar detenidamente cada circuito, junto con sus gráficas asociadas.

```
on (release) {  
    _root. gotoAndStop (1);  
}
```

Figura 2-16. Código Botón de fin

2.1.8 ANIMACIONES

La animación consiste en el cambio del contenido de fotogramas sucesivos en el escenario. Este cambio puede consistir en el desplazamiento de un objeto, la variación de un tamaño, color, forma, la aparición/desaparición de objetos, etc. En nuestro proyecto hemos utilizado las dos maneras ofrecidas por Flash para crear secuencias de animación: fotograma a fotograma y por interpolación.

La animación fotograma a fotograma se basa en la sucesión de fotogramas, por lo que es muy importante distribuir correctamente los elementos en la escena y preparar el contenido del fotograma. Todos los fotogramas que intervienen en este tipo de animación son clave, porque en todos ellos se define algún cambio en la animación.

En la animación por interpolación, se crean los fotogramas inicial y final, y Flash crea los fotogramas intermedios. Flash muestra los fotogramas interpolados en verde para representar una interpolación de forma, y en azul claro con una flecha entre los fotogramas clave para representar una interpolación de movimiento. Esta técnica es ideal para animaciones de velocidad constante y se puede aplicar a todo tipo de elementos.(Ver Figura 2-17).

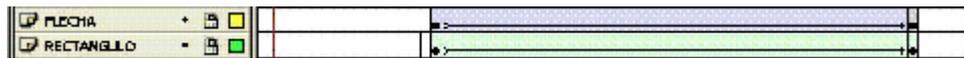


Figura 2-17. Apariencia de Fotogramas interpolados

2.1.8.1 Información sobre la animación interpolada

Dentro de este tipo de animación podemos distinguir dos métodos diferentes:

- Interpolación de movimiento. En ella se definen propiedades como la posición, el tamaño y la rotación de una instancia, un grupo o un bloque de texto en un punto en el tiempo, y estas propiedades se cambian en otro punto. El objeto inicial y final tienen que ser el mismo, salvo en modificaciones de color, transparencias, tamaño y rotación. Solo se puede aplicar a objetos agrupados o símbolos.
- Interpolación de forma. En ella se dibuja una forma en un punto del tiempo y se cambia o se dibuja una nueva en otro punto. Flash interpola los valores o formas de los fotogramas intermedios para crear la animación. Los objetos no podrán estar agrupados ni ser símbolos.

2.1.8.2 Creación de Animaciones fotograma a fotograma

La animación fotograma a fotograma cambia el contenido del Escenario en cada fotograma, por lo que es muy útil para las animaciones complejas en las que la imagen cambia en cada fotograma además de moverse, como se puede observar en la Figura 2-18:



Figura 2-18. Apariencia animación fotograma a fotograma

Este tipo de animación es el que se ha utilizado en nuestras películas para crear la animación de las corrientes. En ellas se ha definido una flecha de color rojo formada por los siguientes elementos:

- Una punta triangular indicando el sentido de la corriente desde el origen hasta el destino, ver Figura 2-19:



Figura 2-19. Animación de punta de corriente

- Una línea de color rojo que va aumentando su tamaño y mostrando el recorrido realizado por la corriente en el esquema eléctrico del circuito correspondiente. Esta animación se puede ver en la Figura 2-20:

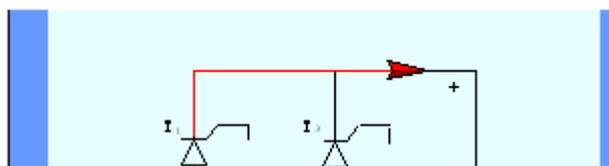


Figura 2-20. Animación de línea de corriente

Como hemos nombrado anteriormente, en el presente proyecto se representan las gráficas que describen las evoluciones de las intensidades y tensiones de los diferentes circuitos en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo.

En la animación de las gráficas, se han utilizado diferentes técnicas de dibujo usando las herramientas del programa (flecha, lápiz, lazo, texto, suavizado,...) y utilizando varias capas para representar cada gráfica (ver Figura 2-21. y Figura 2-22).

- El soporte gráfico está formado por un fondo negro sobre el que se muestran los ejes de coordenadas.
- En cada eje de coordenadas se representa una variable característica del sistema (V_{in} , V_o , I_G , I_o ,...).
- Las gráficas también se han animado fotograma a fotograma, utilizando un color representativo para cada una de ellas en concordancia con la evolución de su esquema eléctrico.

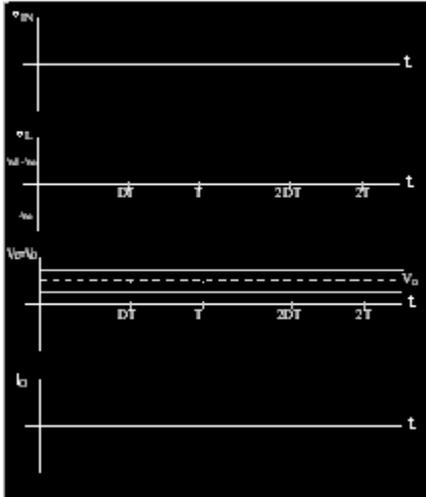


Figura 2-21. Ilustración capa de ejes

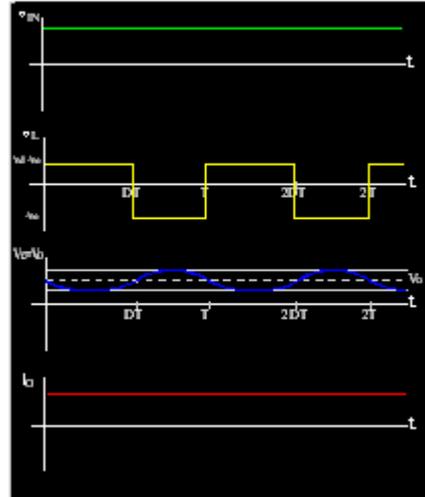


Figura 2-22. Ilustración capas de ejes y gráficas

2.1.9 PUBLICACIÓN DE LA PELÍCULA

Una vez realizada la película, estamos dispuestos para publicar o exportar el archivo *.fla de Flash mediante la función Publicar. Esta función está diseñada para presentar la animación en la Web. Este comando crea el archivo *.swf de Flash Player y un documento .html para insertar dicho archivo en una ventana del navegador.

La publicación de una película de Flash en la Web es un proceso de dos pasos. En primer lugar se preparan todos los archivos necesarios para la aplicación Flash completa con el comando Configuración de publicación. Después, se publica la película y todos sus archivos con el comando Publicar.

2.1.10 CREACIÓN DE PELÍCULAS INTERACTIVAS

Las películas interactivas se crean mediante la configuración de acciones, que son juegos de instrucciones creadas con ActionScript, que se ejecutan al producirse un evento específico. Para que una acción se desencadene, debe ocurrir uno de los siguientes eventos: que el cabezal de lectura alcance un fotograma o que el usuario pulse un botón o presione la tecla Entrar del teclado.

Dado el carácter didáctico del presente proyecto, se hace necesario el uso de botones para que el usuario interactúe en el desarrollo de la película.

El Escenario de cada película se ha estructurado en cuatro regiones principales, formando un grupo homogéneo:

- Cabecera: donde se explica el desarrollo del circuito, así como los acontecimientos más importantes que ocurren en sus gráficas (disparo de tiristores,...).
- Botonera: principal herramienta del usuario para interactuar en la película.
- Esquema eléctrico: en el que se presenta su diseño, así como las animaciones de intensidades y las tensiones más representativas (V_{in}, V_o, V_L, V_c).
- Gráficas: donde se describe gráficamente la evolución de las variables principales para el desarrollo de la aplicación. Es decir, se analiza el comportamiento del circuito, ante determinadas tensiones de entrada y ante diferentes cargas (resistiva o resistivo-inductiva).

Para la realización de la película se han seguido los siguientes pasos:

1.- Se crea el Escenario, distribuyendo de manera uniforme los elementos:

- Fondo.
- Cabecera con el texto explicativo
- Botonera.
- Soporte gráfico.
- Soporte para el esquema eléctrico.

2.- Se crean las animaciones de las gráficas.

3.- Se crean las animaciones para el esquema eléctrico.

4.- Se crean el texto explicativo de la película.

5.- Se crea la botonera para que el usuario interactúe en la película.

6.- Se depura la película, para comprobar el rendimiento y posibles fallos.

7.- Una vez que la película está creada, se generan los archivos necesarios para su publicación (SWF y HTML).

2.2 MACROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004

2.2.1 INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA MACROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004

Una página Web es un documento que puede ser visualizado con un navegador de Internet. Un sitio Web es un conjunto de páginas Web relacionadas entre sí.

En este proyecto se ha utilizado Dreamweaver MX 2004 para la creación y diseño de páginas individualmente, y nos ayuda en su edición y mantenimiento, ya que cuenta con las herramientas, eficacia y funciones que nos proporcionan buenos resultados.

Las funciones de edición visual de Dreamweaver MX 2004 permiten agregar rápidamente diseño y funcionalidad a las páginas, sin la necesidad de programar manualmente el código HTML.

Se puede crear tablas, editar marcos, trabajar con capas, insertar comportamientos JavaScript, etc., de una forma muy sencilla y visual.

Además incluye un software de cliente FTP completo, permitiendo entre otras cosas trabajar con mapas visuales de los sitios Web, actualizando dicho sitio en el servidor sin salir del programa.

2.2.2 LAS PÁGINAS WEB

Las páginas Web están basadas en los que se denomina el hipertexto. Word, por ejemplo, es un procesador de textos y el producto final está previsto para imprimirlo. Se trata de un texto lineal, es decir, que se comienza por la primera línea del primer párrafo y se acaba en la última línea del último párrafo. En el hipertexto no hace falta seguir el documento de forma lineal, sino que se establecen saltos (hipervínculos) de forma que cada vez que encontramos alguno de ellos podemos ir a otro sitio de la página. Por esta razón son documentos que se crean para ser vistos en pantalla.

Para poder poner una página Web en Internet, es necesario contratar a alguna empresa con servidores que pueda alojarla y hacerla accesible desde Internet las 24 horas del día. El precio por disponer de espacio propio en el servidor dependerá de la empresa, del espacio en disco, volumen de transferencia y otras opciones que podamos contratar.

Hay empresas que ofrecen este servicio gratuitamente, pero con ciertas limitaciones: poco espacio de disco, lentitud y nombre de nuestra página precedido por el de la suya. Hay que tener también en cuenta que estas empresas deben generar ingresos de alguna forma, por lo que se dedican a vender espacios publicitarios dentro de nuestras páginas, publicidad que no podremos negarnos a incluir en ellas.

Por estos motivos, no se recomienda utilizar hospedaje gratuito para la página de una empresa, aunque sí es aceptable para una página personal.

Cuando se va a contratar un servicio de hospedaje es necesario contratar también un dominio, tarea de la que se suele encargar la propia empresa de hospedaje. Registrar un dominio consiste en registrar un nombre para nuestra página. Este nombre no puede estar repetido en Internet, ha de ser único, al igual que ocurre con los nombres de las empresas.

Es posible registrar un mismo nombre con distintas terminaciones, como por ejemplo, .net, .org, .es o .com.

En el caso de los hospedajes gratuitos no es necesario registrar ningún dominio, ya que nuestra página no será más que un archivo dentro de la de la empresa contratada.

2.2.3 CREACIÓN DE PÁGINAS WEB CON MACROMEDIA DREAMWEAVER MX 2004

2.2.3.1 Entorno del programa

Al arrancar Dreamweaver aparece una pantalla inicial como la que se representa en la Figura 2-23. Pasaremos a describir las distintas barras y botones de dicha pantalla, aunque debemos aclarar que la mayoría de ellos, por ser esta página Web un tutorial que no precisa un complejo diseño, no han sido utilizados en este proyecto.

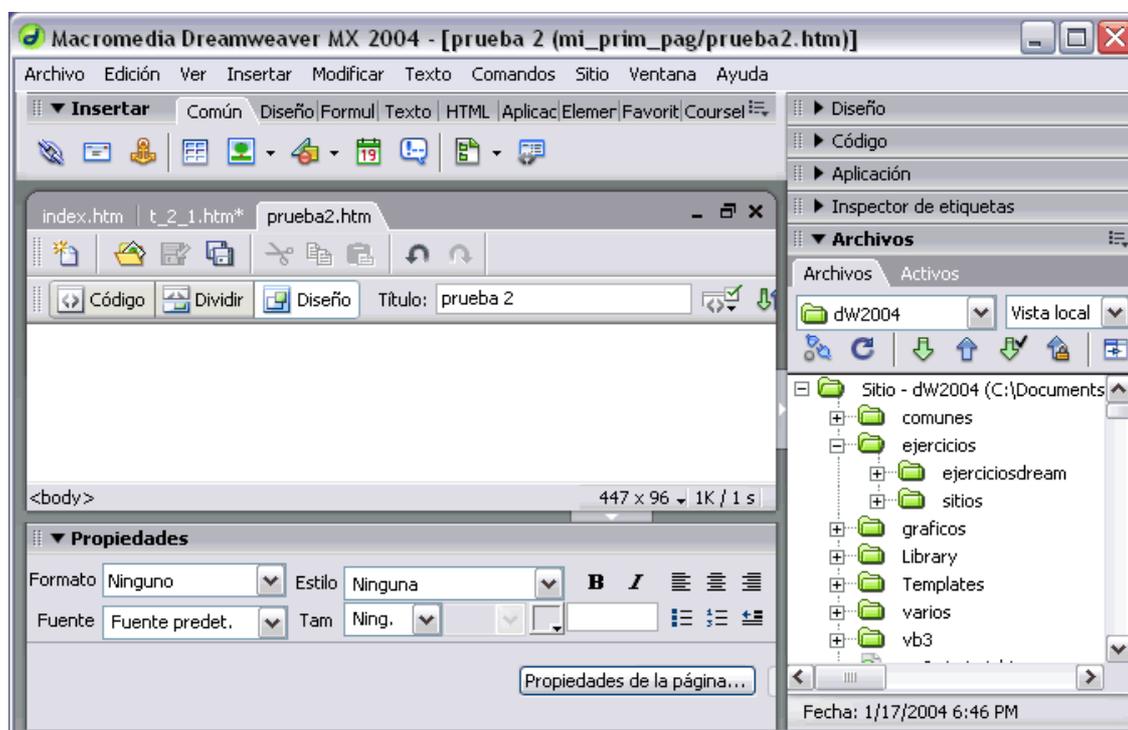


Figura 2-23. Entorno de trabajo de Macromedia Dreamweaver

- o La barra de título



Figura 2-24. Barra de Título

En la Figura 2-24 vemos representada la barra de título, que contiene el nombre del programa (Macromedia Dreamweaver MX 2004) y seguidamente el nombre del

documento que aparecerá en el explorador y entre paréntesis, su ubicación y el nombre del archivo en formato html. En el extremo de la derecha están los botones para minimizar, maximizar/restaurar y cerrar.

- La barra de menús

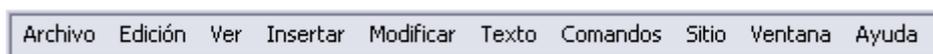


Figura 2-25. Barra de menús

La barra de menús (Figura 2-25) contiene las operaciones de Dreamweaver, agrupadas en menús desplegables. Muchas de las operaciones se pueden hacer a partir de estos menús, pero para algunas es preferible o indispensable hacerlas desde los paneles.

- La barra de herramientas estándar



Figura 2-26. Barra de herramientas estándar

La barra de herramientas estándar (Figura 2-26) contiene iconos para ejecutar de forma inmediata algunas de las operaciones más habituales, como **Abrir** , **Guardar** , etc.

- La barra de herramientas de documento

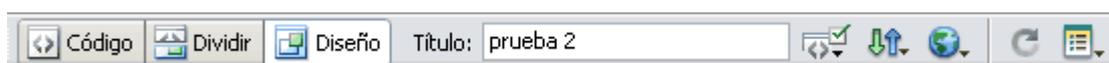


Figura 2-27. Barra de herramientas de documento

La barra de herramientas de documento, cuya imagen se ve en la Figura 2-27, contiene iconos para ejecutar de forma inmediata algunas otras operaciones habituales que no

incluye la barra de herramientas estándar. Estas operaciones son las de cambio de vista del documento, vista previa, etc. Como se puede observar hay tres modos de vista de la pantalla de trabajo:

- Código: Modo editor de texto. Nos permite tener directamente una referencia visual de cómo va quedando el documento según se va modificando el código.
- Dividir: La pantalla se divide en dos: En la parte superior se visualiza el código html que se va generando, mientras que en la inferior podremos trabajar en un entorno gráfico. Cualquier modificación en alguna de las dos partes se verá reflejada en la otra.
- Diseño: Modo entorno gráfico.

En cualquier momento a lo largo del diseño de una página Web se podrá realizar una vista previa del documento. Para ello utilizamos el botón  de esta barra.

- El inspector de propiedades



Figura 2-28. Inspector de Propiedades

El inspector de Propiedades, barra que se muestra en la Figura 2.2.6, muestra y permite modificar las propiedades del elemento seleccionado que son usadas de forma más frecuente. Por ejemplo, cuando el elemento seleccionado sea texto mostrará el tipo de fuente, la alineación, si está en negrita o cursiva, etc.

Pulsando sobre el botón  se despliega para mostrar más opciones. Este botón se encuentra en la esquina inferior-derecha.

- La barra de herramientas insertar o panel de objetos

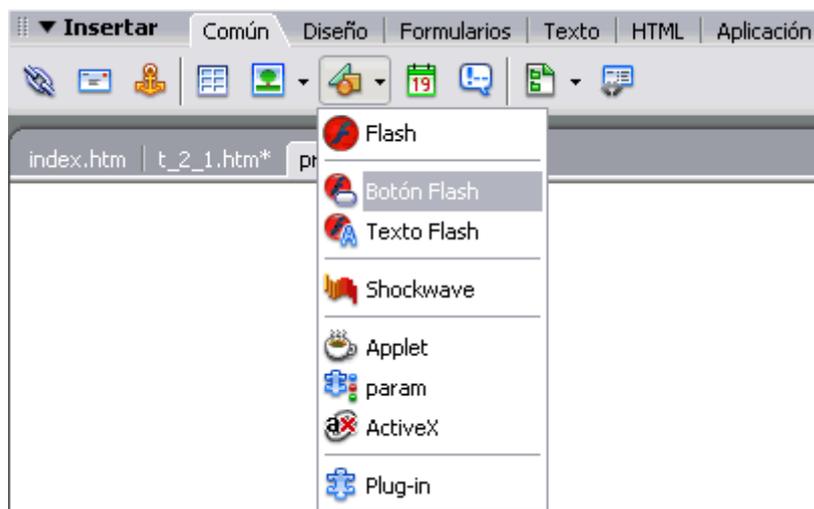


Figura 2-29. Barra de herramientas Insertar

En la Figura 2-29 se muestra la barra de herramientas Insertar o panel de objetos, que permite insertar elementos en un documento sin la necesidad de recurrir al menú insertar. Los elementos están clasificados según su categoría: tablas, texto, objetos de formulario, etc.

2.2.3.2 Propiedades del documento

Es conveniente definir sitios homogéneos, que todas las páginas de un sitio sigan un mismo formato, es decir, que tengan el mismo color de fondo, de fuente, etc.

Puede definirse el formato de cada una de las páginas a través de Propiedades de la página (Figura 2-30). Se puede abrir esta ventana escogiendo el menú Modificar y dentro de éste elegir la opción Propiedades de la página.

Las propiedades están organizadas en categorías; Entre las más importantes se puede destacar la imagen y/o color de fondo del documento, tamaño y color de la letra, márgenes del documento, opciones para los vínculos utilizados, etc.

2.2.3.3 Color de fondo y de texto

Podemos escoger un color ya sea para texto o para fondo de dos maneras distintas:

- Mediante la ventana Propiedades de la página explicada anteriormente. Con este método la selección se realiza pinchando en el botón que corresponda (según sea para texto o para fondo) y se abrirá una paleta con los 216 colores seguros para Web como se muestra en la Figura 2-31:

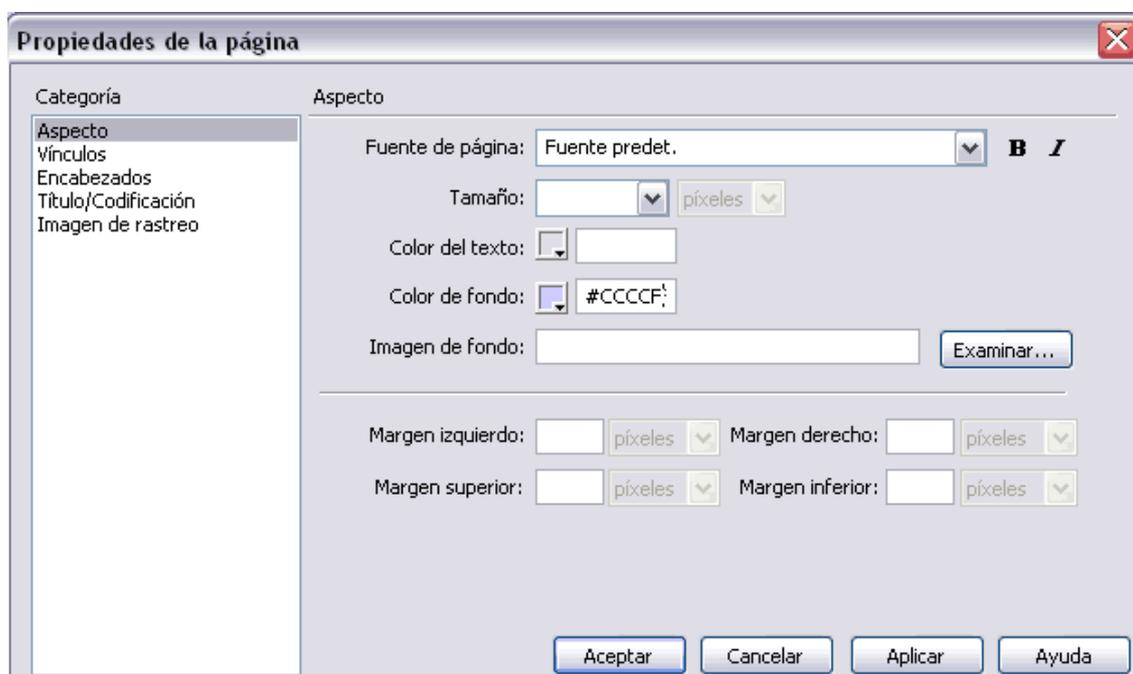


Figura 2-30. Menú Propiedades de la Página

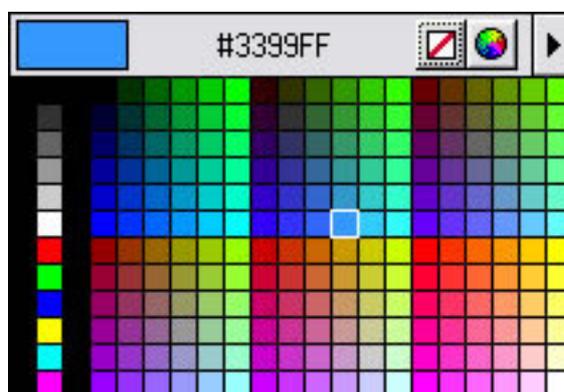


Figura 2-31. Paleta de colores

Podemos escoger un color pinchando sobre su recuadro o bien introduciendo el código hexadecimal correspondiente.

También es posible personalizar los colores mediante el botón .

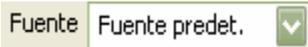
- Mediante la barra Inspector de propiedades. Los colores pueden asignarse a través de los botones: . Estos botones suelen aparecer en el inspector de propiedades de muchos objetos. Esta ha sido la forma utilizada en nuestro proyecto. Seleccionando la tabla perteneciente a la parte de la página que queremos colorear aparece en el inspector de propiedades los botones para escoger los colores de fondo y borde de dicha tabla. Para el caso del texto el procedimiento es el mismo: Seleccionamos el texto y aparecerá el botón Color del texto.

2.2.3.4 Características del texto

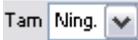
Las características del texto seleccionado pueden ser definidas a través del menú Texto, y a través del inspector de propiedades. Vamos a ver las posibilidades que se nos ofrecen a través de la barra del inspector de propiedades, pues este ha sido el método utilizado en nuestro caso.

- Formato: 

Permite seleccionar un formato de párrafo ya definido para HTML, que puede ser encabezado, párrafo o preformateado. Los encabezados se utilizan para establecer títulos dentro de un documento. El formato preformateado sirve para que el texto aparezca tal cual ha sido escrito, por ejemplo, si entre dos palabras se introducen varios espacios solo se considera uno, pero al establecer el formato preformateado se respetará que haya varios espacios en lugar de solo uno.

- Fuente: 

Permite seleccionar un conjunto de fuentes. Aparecen conjuntos de fuentes en lugar de una sola, ya que es posible que al establecer una única fuente el usuario no la tenga en su ordenador; De ese modo, en el caso de que el usuario no tenga una fuente se aplica otra del conjunto.

- Tamaño: 

Permite cambiar el tamaño del texto. El tamaño lo podemos indicar en diversas unidades, en píxeles, centímetros, etc...

- Color: 

Tal como se explicó anteriormente, permite seleccionar el color de la fuente, ignorando el color que se haya definido en las propiedades de la página. Si no se ha establecido ningún color en las propiedades de la página ni aquí, el color del texto por defecto será el negro.

- Estilo: 

Estos botones permiten establecer si el texto aparecerá en negrita o cursiva. A través del menú Texto también se puede, entre otras cosas, subrayar el texto.

- Alinear: 

A través de estos botones es posible establecer la alineación del texto de una de estas cuatro formas distintas: izquierda, centrada, derecha y justificada.

- Lista: 

Estos botones permiten crear listas con viñetas o listas numeradas.

- Sangría: 

Estos dos botones permiten sangrar el texto y anular la sangría. La sangría es una especie de margen que se establece a ambos lados del texto. En este caso los botones se refieren a sangría a la izquierda del texto.

También existe la opción de definir otra serie de estilos para el texto, aplicables a párrafos o a palabras seleccionadas. Para ello, en el documento se selecciona el texto al que se desea aplicar características concretas. En el inspector de propiedades se modifican todas esas cualidades de formato de texto, y automáticamente Dreamweaver creará un nuevo estilo con el nombre Estilo1, Estilo2.....según los nombres de los estilos ya creados. Estos nuevos estilos pueden seleccionarse mediante el menú Texto, la opción Estilos CSS, o bien pulsando Mayús+F11.

2.2.3.5 Hiperenlaces o Hipervínculos

Un hiperenlace, hipervínculo, o vínculo, no es más que un enlace, que al ser pulsado lleva de una página o archivo a otra página o archivo.

Es posible asignar un vínculo a un texto, a una imagen, o a parte de una imagen.

Existen diferentes clases de rutas de acceso a la hora de definir los vínculos:

- Referencia absoluta: Conduce a una ubicación externa al sitio en el que se encuentra el documento. La ubicación es en Internet, por ejemplo, "<http://www.google.es>".
- Referencia relativa al sitio: Conduce a un documento situado dentro del mismo sitio que el documento actual.
- Referencia relativa al documento: Conduce a un documento situado dentro del mismo sitio que el documento actual, pero partiendo del directorio en el que se encuentra el documento actual. Este es el tipo utilizado en nuestro proyecto.

- Puntos de fijación: Conduce a un punto dentro de un documento, ya sea dentro del actual o de otro diferente. Para ello el vínculo debe ser "nombre_de_documento#nombre_de_punto". El punto se define dentro de un documento a través del menú Insertar, opción Anclaje con nombre.

Para crear un vínculo utilizamos la barra del Inspector de propiedades. Para ello es necesario seleccionar el texto o el objeto que va a servir de enlace, y seguidamente establecer el Vínculo en el inspector.



Figura 2-32. Inspector de Propiedades

Como se puede observar en la Figura 2-32, en el apartado Vínculo escribimos la página Web a enlazar o el camino al archivo que queremos vincular.

El destino del enlace determina en qué ventana va a ser abierta la página vinculada, puede variar dependiendo de los marcos de que disponga el documento actual.

Puede especificarse en el Inspector de propiedades a través de Dest, o en la ventana que aparece a través del menú Insertar, opción Hipervínculo. Las opciones son:

- `_blank`: Abre el documento vinculado en una ventana nueva del navegador.
- `_parent`: Abre el documento vinculado en la ventana del marco que contiene el vínculo o en el conjunto de marcos padre.
- `_self`: Es la opción predeterminada. Abre el documento vinculado en el mismo marco o ventana que el vínculo.
- `_top`: Abre el documento vinculado en la ventana completa del navegador.

2.2.3.6 Imágenes

Todas las páginas Web acostumbran a tener un cierto número de imágenes, que permiten mejorar su apariencia, o dotarla de una mayor información visual.

Para insertar una imagen hay que dirigirse al menú Insertar, a la opción Imagen. Después de esto, ya es posible seleccionar una imagen a través de la nueva ventana, representada en la Figura 2-33:

En Relativa a es posible especificar si la imagen será relativa al documento o a la carpeta raíz del sitio. Es preferible que sea relativa al Documento, ya que si se mueve todo el sitio a una ubicación diferente, la imagen puede no verse al estar siendo buscada en la ubicación anterior.

Lo mismo ocurre cuando se selecciona un documento para crear un vínculo.

Dentro de Dreamweaver puede modificarse el tamaño de las imágenes. Dicho cambio de tamaño no se aplica directamente sobre el archivo de imagen, sino que lo que varía es la visualización de la imagen dentro de la página. El tamaño puede cambiarse de dos maneras:

- Una vez seleccionada la imagen, arrastrar con el puntero alguno de los recuadros

negros que aparecen alrededor de la imagen: 

- O bien a través de Inspector de propiedades, cambiando los campos An (anchura) o Al (altura). Estos campos aparecerán en el inspector cuando este seleccionada alguna imagen.

Para cambiar la alineación de la imagen hay que hacerlo a través del campo Alinear del inspector de propiedades. La alineación de las imágenes ofrece más posibilidades que la del texto: superior, medio, medio absoluta, línea de base, etc.

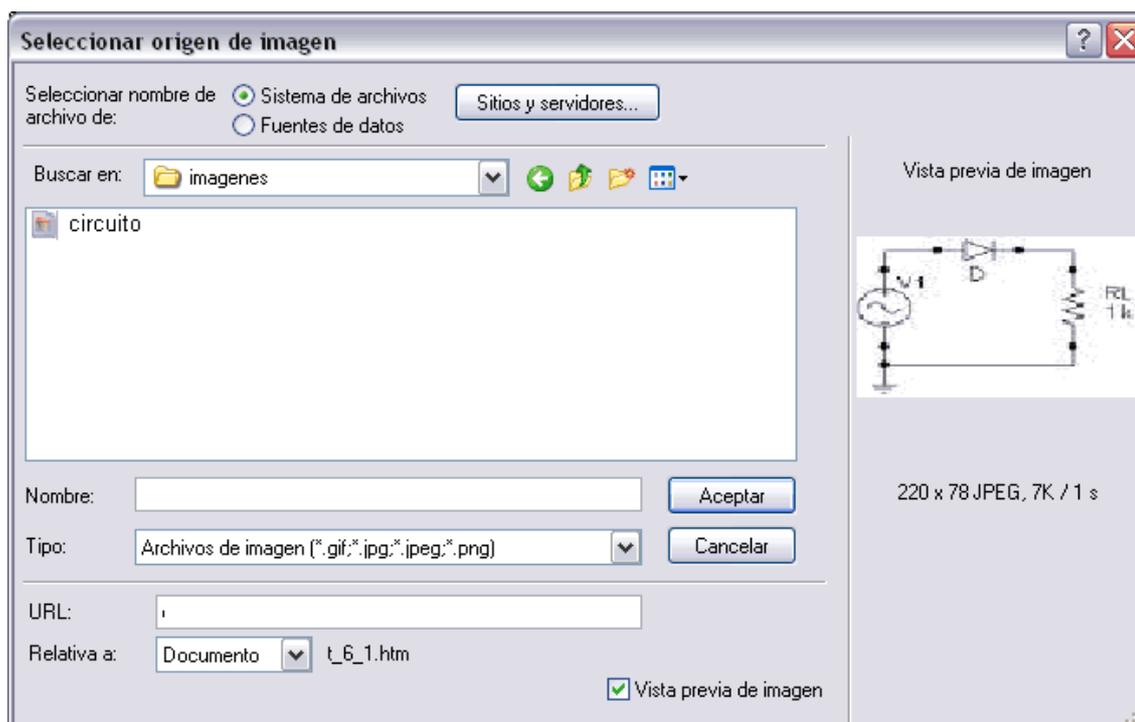


Figura 2-33. Ventana de inserción de imágenes

2.2.3.7 Tablas

Todos los objetos se alinean por defecto a la izquierda de las páginas Web, pero gracias a las tablas es posible distribuir el texto en columnas, colocar imágenes al lado de un bloque de texto, y otra serie de cosas que sin las tablas serían imposibles de realizar.

Hoy en día, la mayoría de las páginas Web, como es el caso de la nuestra, se basan en tablas, ya que resultan de gran utilidad al mejorar notablemente las opciones de diseño.

Las tablas están formadas por un conjunto de celdas, distribuidas en filas y columnas.

Para insertar una tabla en la página hay que dirigirse al menú Insertar, a la opción Tabla, y se abrirá una ventana como la de la Figura 2-34.

Deberemos especificar el número de filas y columnas que tendrá la tabla, así como el ancho.

El ancho puede ser definido como píxeles o como porcentaje. La diferencia de uno y otro es que el ancho en píxeles es siempre el mismo, independientemente del tamaño de la ventana del navegador en la que se visualice la página, en cambio, el ancho en porcentaje indica el porcentaje que va a ocupar la tabla dentro de la página y se ajustará al tamaño de la ventana del navegador, esto permite que los usuarios que tengan pantallas grandes, aprovechen todo el ancho de pantalla.

Grosor del Borde indica el grosor del borde de la tabla en píxeles, por defecto se le asigna uno (1).

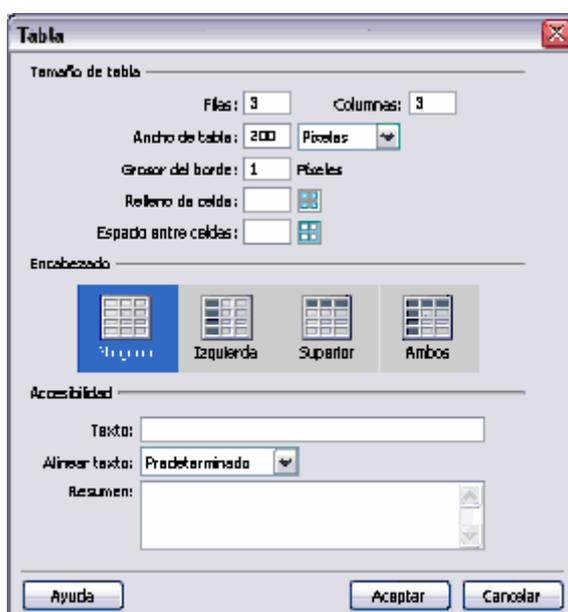


Figura 2-34. Ventana de inserción de tabla

Relleno de celda indica la distancia entre el contenido de las celdas y los bordes de éstas.

Espacio entre celdas indica la distancia entre las celdas de la tabla.

También se puede establecer si se quiere un encabezado para la tabla

Si queremos incluir un título, lo indicamos en Texto, y el título aparecerá fuera de la tabla.

En alinear texto indicamos dónde queremos alinear el título con respecto a la tabla.

Como se ve en la Figura 2-35, a través del Inspector de propiedades se pueden modificar los valores que se especificaron al insertar la tabla. Al mismo tiempo, pueden indicarse otros, como pueden ser el valor Alinear (que permite alinear la tabla a la izquierda, al centro o a la derecha), el color de fondo o de borde de la tabla, o la imagen de fondo.



Figura 2-35. Inspector de Propiedades de una tabla

Si lo que se selecciona es una celda, o un conjunto de celdas, el inspector de propiedades cambia, para permitir especificar otros valores:

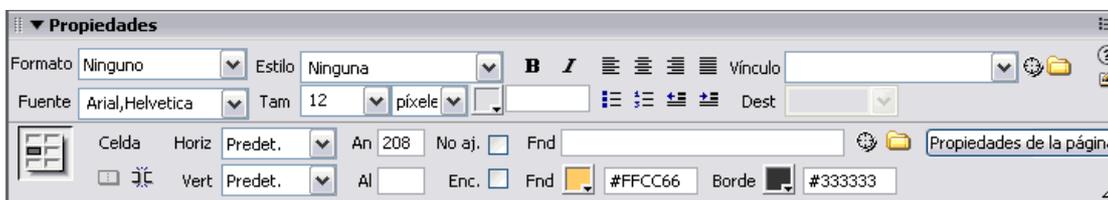


Figura 2-36. Inspector de Propiedades de una/s celda/s

Podemos observar en la Figura 2-36 como la parte superior del inspector de propiedades en este caso sirve para especificar las propiedades del texto que se insertará dentro de la celda/s seleccionada/s y la parte inferior sirve para especificar valores propios de la celda, como puede ser el color o imagen de fondo (diferentes de los especificados para la tabla global), el color del borde de la celda, etc.

2.2.3.8 Marcos

Otra utilidad de Dreamweaver utilizada en este proyecto han sido los marcos.

Los marcos o frames sirven para distribuir mejor los datos de las páginas, ya que permiten mantener fijas algunas partes, como puede ser la barra de navegación, mientras que otras sí pueden cambiar. Además de mejorar la funcionalidad, pueden mejorar también la apariencia.

Cada uno de los marcos de una página, contiene un documento HTML individual. Para poder visualizar la página de este modo, tenemos que abrir en el navegador la página que contiene los marcos agrupados.

Para crear un marco, primero hay que abrir algún documento. Puede ser uno nuevo o uno ya existente. Después, escogemos el menú Insertar, HTML, Marcos. A través de esta opción puede elegirse el tipo de marco que va a crearse (izquierda, derecha, abajo....).

Si pulsamos sobre Izquierda se creará un nuevo marco a la izquierda del documento actual. En la Figura 2-37 se puede ver el resultado.

Como se puede ver en dicha imagen, aparece una línea que divide el documento en dos. El documento de partida era uno nuevo.

En este caso tendremos tres documentos: el de la izquierda, el de la derecha, y el que contiene el grupo de marcos. El de la derecha es el documento que teníamos inicialmente, que está en el marco conocido como marco padre (Mainframe).

Para seleccionar los marcos del documento es necesario dirigirse al menú Ventana, y dentro de éste al panel Marcos. También puedes abrir el panel Marcos pulsando la combinación de teclas Mayús+F2.

En el panel Marcos aparecen los marcos que contiene el documento, y se puede pasar de uno a otro pulsando sobre ellos en el panel. También puede seleccionarse la página de marcos pulsando sobre el borde que rodea a los marcos (el que aparece más grueso y en relieve en la imagen). No es necesario seleccionar los marcos para editar los documentos que éstos contengan.

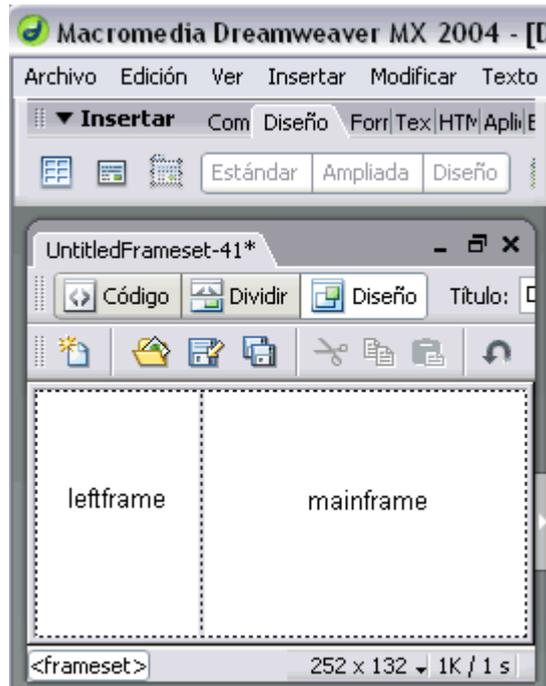


Figura 2-37. Entorno de trabajo con marcos

Es necesario seleccionar los marcos para especificar las propiedades específicas de cada uno de ellos. Una vez seleccionado un marco a través del panel Marcos, pueden establecerse sus propiedades a través del inspector de propiedades (Figura 2-38).

Cabe destacar que el contenido de un marco puede establecerse a través del campo Origen del inspector de propiedades. Las demás características vienen a utilizarse de la misma forma que en el caso de las tablas.

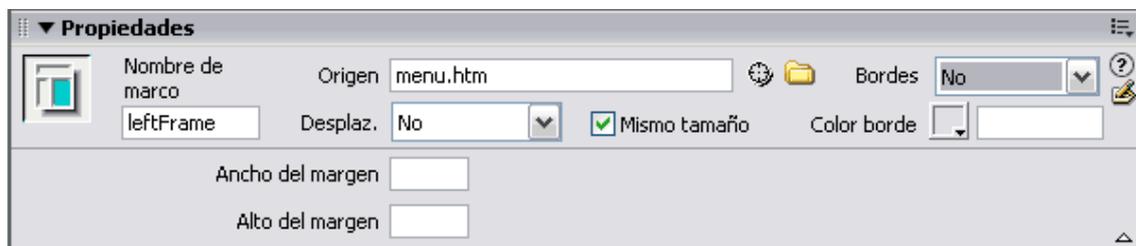


Figura 2-38. Ventana de Propiedades de un marco

2.2.4 NUESTRA PÁGINA WEB

Una vez aclarado como utilizar las principales herramientas de Dreamweaver, pasamos a explicar como se ha desarrollado nuestro proyecto. Empezaremos exponiendo el sistema de archivos y comentando sus contenidos, podemos verlo gráficamente en la Figura 2-39.

Nuestra carpeta raíz se llama Web. Dentro contiene todos los archivos necesarios del tutorial. Son los siguientes:

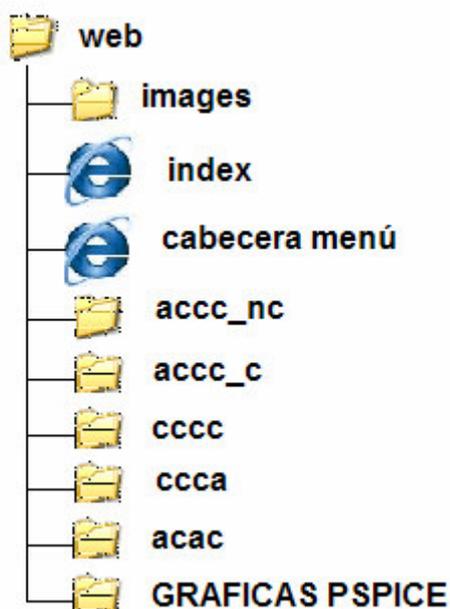


Figura 2-39. Sistema de ficheros del proyecto

- images: Como su propio nombre indica, contiene los dibujos necesarios para la barra menú.
- index: Es el documento html que carga la página principal del tutorial. Hace referencia a todas las demás carpetas.
- Cabecera menú: Web que contiene la cabecera propiamente dicha del index.
- accc_nc: Carpeta con todo el material de los convertidores ac/cc no controlados.
- accc_c: Carpeta con todo el material de los convertidores ac/cc controlados.

- cccc: Carpeta con todo el material de los convertidores cc/cc.
- cc/ca: Carpeta con todo el material de los convertidores cc/ac.
- ac/ac: Carpeta con todo el material de los convertidores ac/ac.
- GRAFICAS PSPICE: Carpeta que contiene las simulaciones en Pspice de cada uno de los convertidores estudiados.

Dentro de las cinco carpetas referentes a los convertidores hay distintos tipos de archivos: los documentos .html creados con Dreamweaver, los archivos flash utilizados para representar las películas de cada circuito y los dibujos necesarios para las páginas Web.

Al cargar index nos aparece la página principal con la barra menú para escoger los distintos tipos de convertidores. Al pinchar en uno de ellos se carga la página vinculada a ese convertidor, y se cargará en la misma página, ya que así se ha elegido durante la programación (escogiendo la opción `_parent` del Inspector de propiedades).

Las páginas de cada convertidor están hechas con marcos: 2 marcos para cada página; Estos marcos tienen los mismos nombres en cada convertidor:

- Mainframe1/2/.....: Página principal de cada Web. Contiene la explicación de cada convertidor y su circuito flash.
- Bottonframe1/2/...: Página secundaria que contiene una barra menú que aparecerá en la parte inferior de la Web (porque así se ha decidido al crear el marco) con 2 opciones: Volver, botón vinculado a la página principal (index), y simulación Pspice, que cargará la página Web con las simulaciones realizadas con dicho programa.

Todas las páginas mainframe están hechas mediante tablas: Una para el título, en la que hemos coloreado el fondo, y varias más, dependiendo de la cantidad de información de cada uno de los convertidores.

En cuanto a las páginas Web de Pspice, destacar que también están hechas con 2 marcos vinculados cada uno a una página:

- Pspice-1/2....: Página Web con las simulaciones. Estas páginas se han diseñado con una serie de botones para escoger los valores de las simulaciones que queremos visualizar.
- Bottonframe: Página común para todos los convertidores que contiene una barra con la opción volver, que regresa a la página principal del tutorial (index).

2.3 PSPICE STUDENT 9.1

2.3.1 INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA PSPICE STUDENT

9.1

PSPICE Student es la versión para estudiantes de libre difusión de uno de los entornos más utilizados en el diseño y análisis de circuitos electrónicos. Esta versión demo funciona de forma idéntica a la profesional, solo 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. Las más importantes limitaciones son:

Referentes al editor gráfico de esquemas:

- El espacio está limitado a una única hoja de tamaño DIN A4.

Referente al simulador:

- Está limitado a 64 nudos.
- 10 transistores.
- 65 dispositivos digitales.

Referente a las librerías:

- Incluyen un total de 39 componentes analógicos y 143 digitales.
- No permite guardar librerías con más de 15 componentes.

Otras limitaciones:

- La caracterización de dispositivos está limitada al diodo.
- El generador de estímulos está limitado a ondas sinusoidales y relojes digitales.
- La optimización del circuito está limitado a un objetivo, un parámetro y una condición.

Pese a estas limitaciones, la versión de estudiante es lo suficientemente potente para nosotros, ya que nuestros convertidores no son demasiado complicados.

Básicamente, con el programa Pspice puedes crear tus propios circuitos (tanto analógicos como digitales), analizarlos mediante un potente laboratorio virtual y simular su comportamiento.

Su base de datos incluye todo tipo de elementos electrónicos: fuentes de alimentación, resistencias, transistores, condensadores, bobinas o inductores, interruptores, etc.

Como herramientas para el análisis, el programa permite realizar barridos en continua (DC Sweep) para generar gráficas de variables, análisis de elementos críticos para detectar que elementos son los más sensibles a cambios, análisis de tolerancia y sensibilidad, análisis para calcular funciones de transferencia, análisis transitorios mediante Fourier, etc.

Gracias a su módulo de simulación, podrás poner a prueba tu diseño y dejar que el propio programa calcule el comportamiento según las Leyes de Ohm y Kirchhoff.

En definitiva, Pspice es un excelente entorno para diseñar, analizar y simular todo tipo de circuitos electrónicos.

De hecho Pspice incluye un conjunto de programas que cubren las diferentes fases del diseño electrónico, desde la concepción de un circuito hasta su implementación. En concreto, al instalar Pspice usted estará instalando no solo un simulador de circuitos analógicos y digitales sino además:

- Un programa de edición gráfica de circuitos.
- Un analizador de ondas u osciloscopio virtual.
- Un editor de estímulos.
- Una aplicación específica para optimizar el comportamiento del circuito.
- Un conjunto de utilidades que le permiten editar y caracterizar componentes, definir subcircuitos,....

En este proyecto se ha utilizado el editor de texto de Pspice para crear los convertidores: Pspice AD Student, por lo que en los siguientes apartados, para no extendernos demasiado en las explicaciones, nos centraremos en describir aquellas partes de Pspice que hemos utilizado, pues es un tema sumamente amplio y a la vez fácil de encontrar a través de diferentes fuentes (Internet, libros, apuntes...).

2.3.2 REGLAS SOBRE LOS FICHEROS DE TEXTO QUE DESCRIBEN CIRCUITOS

Hay una serie de reglas que deben cumplir los ficheros de texto de descripción de circuitos. Estas son las siguientes:

- La primera línea será siempre el título y/o comentario del circuito.

- La última línea será la sentencia .END, si bien en el editor SHELL no es necesario incluirla.
- Las líneas que sean un comentario deben empezar por *.
- Las líneas que sean una continuación de la sentencia de la línea anterior deben empezar por +.
- El orden de las líneas que describen el circuito no importa, excepto para el título, definiciones de subcircuitos, la sentencia .OPTIONS con el parámetro NOECHO, y la línea con la sentencia .END.
- Pspice no diferencia letras mayúsculas de minúsculas, por lo que podemos utilizar cualquiera de ellas.
- Para separar los distintos parámetros de una sentencia podemos utilizar espacios, tabulaciones o comas, y no importa cuántos se usen.

2.3.3 ESPECIFICACIÓN DE COMPONENTES

Dado que en nuestro proyecto hemos utilizado el editor de texto con el que hemos definido los componentes de cada circuito y sus conexiones en vez de partir del esquemático, vamos a centrarnos explicar como se construyen dichas sentencias de definición de componentes y pruebas a realizar.

2.3.3.1 Elementos Pasivos

Son las Resistencias, Bobinas, Condensadores y Transformadores (este último no ha sido utilizado en nuestro proyecto por lo que no entraremos en su explicación para no extendernos demasiado).

Resistencias. Su símbolo es R. Para insertar una resistencia en la descripción del circuito utilizaremos la sentencia:

R(nombre) (nudo+) (nudo-) (modelo)* (valor) TC=(tc1),(tc2)*

Opcionalmente las resistencias pueden tener un modelo; En caso de ser así, para incluirlo utilizaremos la sentencia:

.MODEL (modelo) RES((parámetro del modelo = valor)*)

El (*) indica que ese valor es opcional en el caso de todos los componentes.

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo de la resistencia, así como su significado y su valor por defecto con unidades:

PARAMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
R	Coficiente multiplicativo	1
TC1	Coficiente lineal de T ^a	0° C ⁻¹
TC2	Coficiente cuadrático de T ^a	0° C ⁻²
TCE	Coficiente exponencial de T ^a	0° % / °C

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad cuando la resistencia tiene una tensión determinada.

Dependiendo de los parámetros especificados en la sentencia variará el valor de la resistencia de la siguiente manera:

- Si no hemos asignado ningún modelo a la resistencia, su valor en ohmios será el especificado por el parámetro valor, y deberá ser positivo.
- Si hay un modelo definido pero no hemos especificado el parámetro TCE, entonces el valor de la resistencia vendrá dado por:
- Resistencia = (valor) × R × (1 + TC1 × (T - Tnom) + TC2 × (T - Tnom)²)

- Si en el modelo hay un valor asignado a TCE, entonces el valor de la resistencia vendrá dado por:

$$\text{Resistencia} = (\text{valor}) \times R \times 1.01^{TCE \times (T - T_{nom})}$$

Condensadores. Su símbolo es C. Para insertar un condensador en un circuito utilizaremos la sentencia:

C(nombre) (nudo+) (nudo-) (modelo)* (IC= Condiciones iniciales)*

Opcionalmente, los condensadores pueden tener un modelo; En caso de incluirlo utilizaremos la sentencia:

.MODEL (modelo) CAP (parámetros del modelo = valor)*

En la siguiente tabla podemos ver los distintos parámetros del modelo del condensador, así como su significado y su valor por defecto con unidades:

PARAMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
C	Multiplicador de la capacidad	1
VC1	Coefficiente lineal de Tensión	0 V ⁻¹
VC2	Coefficiente cuadrático de Tensión	0 V ⁻²
TC1	Coefficiente lineal de T ^a	0 ° C ⁻¹
TC2	Coefficiente cuadrático de T ^a	0 ° C ⁻²

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad del condensador en caso de tener una tensión almacenada.

Dependiendo de los parámetros especificados en la sentencia variará el valor del condensador de la siguiente manera:

- Si no hemos asignado ningún modelo al condensador, su capacidad en faradios será la especificada por el parámetro valor, y deberá ser positiva.

- Si hay un modelo definido pero no hemos especificado el parámetro TCE, entonces el valor del condensador vendrá dado por:

$$\text{Capacidad} = (\text{valor}) \times C \times (1 + VC1 \times V + VC2 \times V^2) \times (1 + TC1 \times (T - T_{nom}) + TC2 \times (T - T_{nom})^2)$$

- Donde T_{nom} es la temperatura nominal, y condiciones iniciales una aproximación inicial para la tensión del condensador durante el cálculo del punto de trabajo.

Bobinas. Su símbolo es B. Para insertar una bobina en un circuito utilizamos la siguiente ecuación:

$$L(\text{nombre}) (\text{nudo}+) (\text{nudo}-) (\text{modelo})^* (\text{IC} = \text{condiciones iniciales})^*$$

También en este caso, el modelo es un parámetro opcional; En caso de incluirlo, para definir los parámetros de las mismas utilizamos:

$$.MODEL (\text{modelo}) IND(\text{parámetro del modelo} = \text{valor})^*$$

Y los parámetros del modelo de la bobina, con su significado y su valor son:

PARAMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
L	Factor multiplicador de la bobina	1
IL1	Coefficiente lineal de Corriente	$0 A^{-1}$
IL2	Coefficiente cuadrático Corriente	$0 A^{-2}$
TC1	Coefficiente lineal de T^a	$0 ^\circ C^{-1}$
TC2	Coefficiente cuadrático de T^a	$0 ^\circ C^{-2}$

Los nudos (+) y (-) definen el sentido de la polaridad cuando la bobina tiene una tensión positiva. La corriente es positiva cuando circula desde el nudo + al nudo- a través de la bobina.

Dependiendo de los parámetros especificados en la sentencia variará el valor de la bobina de la siguiente manera:

- Si no hemos asignado ningún modelo a la bobina, su valor en henrios será el especificado por el parámetro valor, y deberá ser positivo.

- Si hay un modelo definido pero no hemos especificado el parámetro TCE, entonces el valor de la bobina vendrá dado por:

$$\text{Bobina} = (\text{valor}) \times L \times (1 + IL1 \times I + IL2 \times I^2) \times (1 + TC1 \times (T - Tnom) + TC2 \times (T - Tnom)^2)$$

- Donde como dijimos anteriormente Tnom es la temperatura nominal y T la temperatura de ejecución.

2.3.3.2 Elementos Activos

Entre los elementos activos podemos destacar los diodos, transistores bipolares, de unión FET, MOSFET y GaAsFET. En nuestro proyecto solo hemos utilizado el diodo, y por tanto es el elemento que pasamos a describir.

Diodo. Para insertar un diodo en la descripción del circuito utilizaremos la sentencia:

D(nombre) (ánodo) (cátodo) (modelo) (área)*

Una vez introducido el diodo, para su correcta descripción hemos de definir su modelo correspondiente o bien utilizar uno de la librería. La sintaxis del modelo es.

.MODEL (modelo) D (parámetro del modelo = valor)*

El término (área) es un coeficiente multiplicador que permite definir con los mismos parámetros aquellos diodos que están fabricados con el mismo proceso tecnológico, pero que difieren en el área de la unión p-n efectiva de cada diodo.

En las librerías Pspice se encuentran descritos los modelos para una gran cantidad de diodos comerciales que podemos utilizar en nuestro circuito.

2.3.3.3 Interruptores

Los interruptores pueden ser controlados por tensión o intensidad. En nuestro proyecto se han utilizado los interruptores controlados por tensión, que pararemos a describir a continuación.

Para introducir en nuestro circuito un interruptor de este tipo se utiliza la sentencia:

S(nombre) (nudo +) (nudo -) (nudo control +) (nudo control -) (modelo)

Y para describir el modelo de estos elementos se utiliza la sentencia:

.MODEL (modelo) WSWITCH (parámetro del modelo = valor)*

Los parámetros del modelo de este tipo de interruptores junto a sus significado se puede ver en la siguiente tabla:

PARAMETRO	SIGNIFICADO	VALOR
RON	Resistencia en cortocircuito	1 Ω
ROFF	Resistencia en circuito abierto	1E6 Ω
VRON	Tensión de control para el cierre	1V
VOFF	Tensión de control para la apertura	0V

2.3.3.4 Fuentes Independientes

Aquí veremos las sentencias de descripción de las fuentes independientes de tensión o intensidad; Hay que destacar que dentro de éstas hay varios tipos; Por ejemplo, dentro de las fuentes de tensión existe el tipo exponencial, pulso, señal definida por tramos, sinusoidal modulada en frecuencia y las fuentes sinusoidales. En el caso de esta Web, solo se han utilizado las fuentes de tensión sinusoidales, así que pasaremos a describir este modelo.

Fuente de tensión sinusoidal. Empecemos definiendo la sentencia que define las fuentes de tensión independientes:

V(nombre) (nudo +) (nudo -) (DC (valor)) (AC (amplitud) (fase)) (especificaciones transitorias)

La fuente puede tener una tensión continua (especificada con el término DC seguido del valor en voltios), una tensión sinusoidal de frecuencia variable (especificada con el término AC seguido de la amplitud en voltios y el desfase en grados) o bien una tensión variable en el tiempo, como puede ser una señal sinusoidal, pulsante, exponencial, sinusoidal modulada en frecuencia o definida por el usuario en tramos. Los valores DC, AC y especificaciones transitorias por defecto son nulos. Podemos especificar para una fuente valores DC, AC y transitorios independientemente, o bien solo alguno de ellos.

Si nuestra fuente es sinusoidal, las especificaciones transitorias se describen mediante la siguiente sentencia:

SIN((Voff) (Vampl) (freq) (td) (df) (fase))

El significado y valor de cada término viene explicado en la siguiente tabla.

PARÁMETRO	SIGNIFICADO	VALOR POR DEFEC.
Voff	Tensión de offset en voltios	Ninguno
Vampl	Tensión de pico en voltios	Ninguno
Freq	Frecuencia	1/TIEMPO FINAL EN Hz
td	Tiempo de retardo	0 Sg
df	Factor de amortiguamiento	0 Sg
fase	Desfase de la señal	0 grados

El tiempo de retardo es el tiempo en que empieza a atenuarse la señal. Desde 0 a (td) la señal tendrá un valor constante de $V_{off} + (1/2)(V_{ampl})$.

Por tanto nos queda que:

$$(0\text{-td}) \rightarrow V_{sal} = V_{off} + V_{amp1} \times \text{sen}\left(2 \times \Pi \times \frac{\text{fase}}{360^\circ}\right)$$

(td-tiempo final) \rightarrow

$$V_{sal} = V_{off} + V_{amp1} \times \text{sen}\left(2 \times \Pi \times \left(\text{frec} \times (\text{tiempo} - \text{td}) + \frac{\text{fase}}{360^\circ}\right)\right) \times e^{-(\text{TIEMPO}-\text{td}) \times \text{df}}$$

2.3.3.5 Tiristores

La forma de insertar un tiristor en nuestro diseño será usando la sentencia:

X(nombre) (ánodo) (puerta) (cátodo) (referencia del tiristor)

Donde el término nombre especifica el nombre que se le ha dado al tiristor. A continuación tenemos que numerar los nodos a los que está conectado, en el orden: ánodo, puerta, cátodo. Por último, en el lugar del término hay que especificar el nombre del tiristor de la librería que vamos a utilizar (por ejemplo 2N4441). Además se debe que incluir en la descripción del circuito una sentencia que indique a Pspice en qué librería se encuentra el tiristor en cuestión mediante:

.LIB (nombre de la librería)

2.3.4 PARÁMETROS

En ciertas aplicaciones es conveniente utilizar parámetros globales, es decir, una variable, en lugar de valores numéricos. Así, al darle un determinado valor a un parámetro, este valor aparecerá en todos los lugares donde esté ese parámetro.

Para crear un parámetro utilizamos la sentencia .PARAM, y serán globales a todo el circuito, incluidos los subcircuitos. En una misma sentencia se pueden declarar varios parámetros separando cada uno mediante (. Su sentencia sería:

.PARAM (nombre parámetro1) = (valor1) , (nombre parámetro2) = (valor2), ...

Para definir parámetros locales, válidos solo dentro de un subcircuito, habrá que declararlo cuando se defina el subcircuito (en la misma sentencia) y darles un valor por defecto a cada uno.

Cuando un valor numérico es sustituido por un parámetro, este se escribirá entre llaves {PARAMETRO}. Destacar que un valor numérico también puede ser sustituido por una expresión, salvo en el caso del nombre/número de los nodos, en las sentencias de prueba del circuito y en el caso de coeficientes de polinomios que definen los valores de las fuentes de tensión e intensidad controladas no lineales.

2.3.5 LIBRERÍAS

Aunque se ha nombrado anteriormente, en este apartado vamos a explicar como incluir nuevas librerías en nuestro proyecto. Para ello se utiliza la siguiente sentencia:

```
.LIB (nombre de la librería)
```

En una librería será donde están definidos los modelos de los componentes comerciales, y también subcircuitos que simulan elementos más complejos.

Una librería solo puede contener elementos .MODEL, definiciones de subcircuitos, comentarios y sentencias .LIB, que a su vez hacen referencia a otras librerías.

En nombre de la librería se tendrá que especificar el nombre completo, incluida la extensión, y si dicha librería no se encuentra en el directorio actual, habrá que especificar la ruta completa.

Entre todas las librerías Pspice se debe prestar especial atención a la NOM.LIB por su gran utilidad: Si en un determinado momento necesitamos usar un elemento y no recordamos a que librería pertenece, utilizaremos NOM.LIB; Entonces, Pspice irá buscando el componente por todas y cada una de las librerías hasta encontrarlo.

2.3.6 SENTENCIAS DE ESPECIFICACIÓN DE ANÁLISIS

En Pspice podemos llevar a cabo 8 tipos distintos de análisis:

- Análisis en continua: .DC
- Cálculo de la respuesta en frecuencia: .AC
- Cálculo del punto de trabajo: .OP
- Cálculo de la función de transferencia para pequeña señal: .TF
- Cálculo de la sensibilidad en continua: .SENS
- Cálculo del ruido total e individual: .NOISE
- Respuesta transitoria: .TRAN
- Análisis de Fourier de la respuesta transitoria: .FOUR

En nuestro proyecto hemos utilizado el análisis de la respuesta transitoria; Para ello hemos utilizado la siguiente sentencia:

`.TRAN(/OP)* (paso pres) (tiempo final) (tiempo inicial)* (paso calc)* (UIC)*`

Este tipo de análisis calcula el comportamiento del circuito a lo largo del tiempo, desde el instante de tiempo 0 hasta el instante especificado mediante tiempo final.

Este análisis utiliza un tiempo de paso interno variable para los cálculos. Así, en intervalos de baja actividad el paso aumenta, y durante intervalos de gran actividad el paso disminuye. El término paso pres es el intervalo de tiempo usado para presentar los resultados del análisis transitorio. Los valores intermedios se obtienen por interpolación con un polinomio de segundo orden.

El análisis transitorio siempre comienza para el instante de tiempo 0. No obstante, podemos suprimir en la salida un intervalo de tiempo inicial, especificándolo con el valor de tiempo inicial.

El paso interno para realizar los cálculos tienen un valor por defecto de (tiempo final)/50. Si queremos aumentar o disminuir este intervalo de tiempo entre cálculos, podemos especificar un nuevo valor mediante `paso calc`.

Antes de realizar el análisis transitorio del circuito, Pspice calcula el punto de trabajo según el valor de las fuentes independientes para este análisis, y en el fichero de salida de datos aparecerán las tensiones de los nudos para este punto de trabajo. Si en la sentencia del análisis transitorio incluimos el parámetro `/OP` obtendremos a la salida una información detallada sobre este punto de trabajo. En dicho fichero de salida la información del punto de trabajo para el análisis transitorio vendrá etiquetado con `INITIAL TRANSIENT SOLUTION`, y los resultados del análisis mediante `TRANSIENT ANALYSIS`.

Por último, si se utiliza el término `UIC`, Pspice no calculará el punto de trabajo.

2.3.7 SENTENCIAS DE PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Estas sentencias son las que se utilizan para escoger el formato con el que se presentarán los resultados de los análisis en el fichero de salida. Nombraremos los tipos que existen, pero nos centraremos en explicar el tipo utilizado en este proyecto.

- Sentencia `.PRINT`. Utilizando esta sentencia seguida del tipo de análisis que queremos llevar a cabo, obtendremos los resultados en forma de tabla de valores.
- Sentencia `.PLOT`. Muestra los resultados de los análisis `.DC`, `.AC`, `.NOISE` o `.TRAN` en forma de gráfica de puntos.
- Sentencia `.PROBE`. Es el tipo utilizado en nuestro proyecto. Esta sentencia genera un fichero de salida llamado `PROBE.DAT`, donde se guardan los

resultados de los análisis .DC, .AC y .TRAN para ser usados posteriormente por el procesador de gráficos Probe. Su sintaxis es la siguiente:

```
.PROBE(/CSDF)* (salida)*
```

Si no se especifica el parámetro salida, en el fichero PROBE.DAT se guardarán las tensiones de todos los nudos y las intensidades que circulan por todos los elementos. Si se desea, podremos especificar solo ciertas salidas, con lo que el tamaño del fichero será menor. El número de salidas que podemos especificar es ilimitado.

- No hay que especificar el tipo de análisis como en el caso de los dos anteriores ya que utilizará los tres tipos .DC, .AC y .TRAN (si están incluidos en el circuito).
- La opción /CSDF se utiliza para generar un fichero de salida .PROBE.TXT en formato de texto, en lugar de binario que es el formato por defecto.

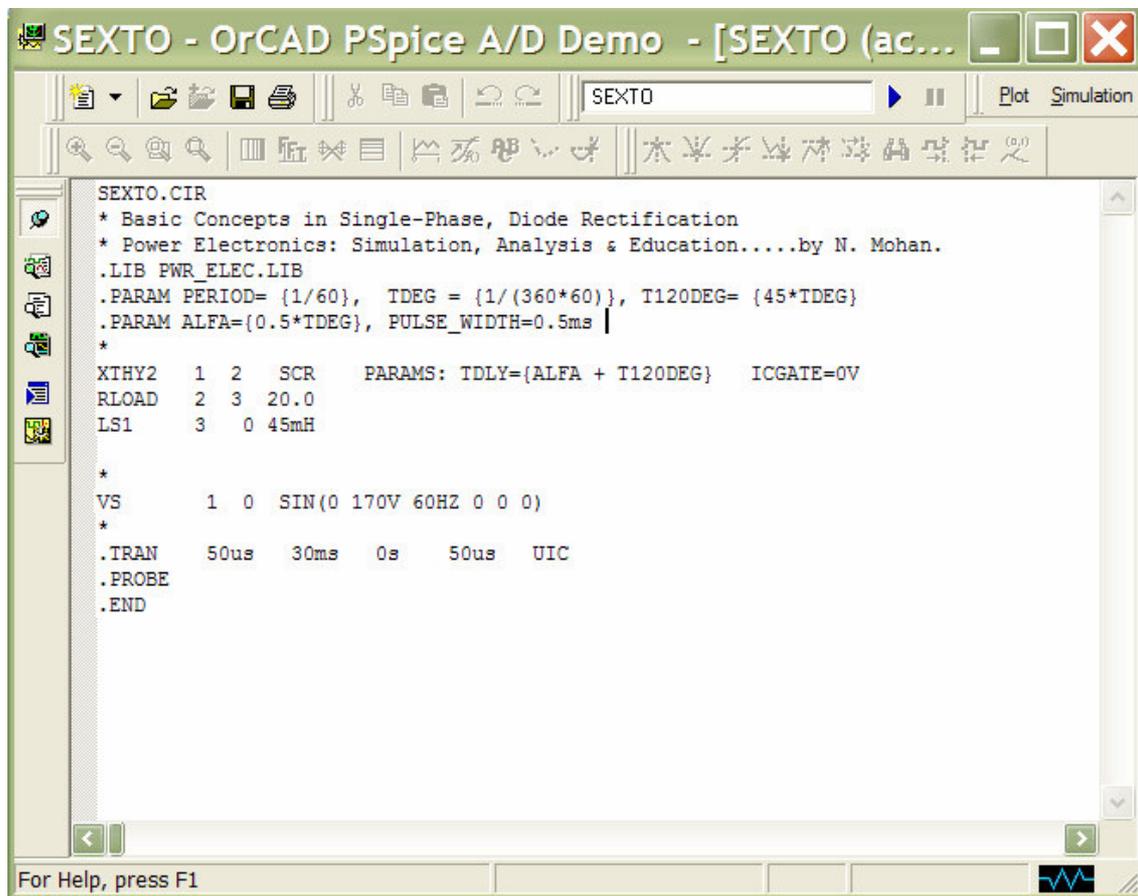
2.3.8 PSPICE A/D STUDENT

Pspice AD Student es un editor de texto que permite la simulación de circuitos analógicos, digitales y mixtos. Mediante este programa se generan ficheros tipo texto .CIR, que son los que contienen la descripción del circuito, es decir, la lista de los componentes y sus conexiones, así como las sentencias de definición de los análisis a realizar en el circuito. Estos ficheros deben tener carácter ASCII. Tras la ejecución de los análisis que se hayan indicado se genera el fichero de salida tipo texto (.OUT), que contiene los resultados de los análisis efectuados en el circuito tras ser simulado con Pspice; Tiene igualmente carácter ASCII y es generado automáticamente por el propio simulador, y el fichero de datos (.DAT), que almacena la información necesaria para poder visualizar las diferentes formas de onda del circuito, tras su análisis, con el analizador gráfico Probe. Tiene formato binario, y también es generado automáticamente por Pspice. Después de la ejecución de Probe, se crea el fichero .PRB, que no es más que el resultado gráfico de la simulación.

En la Figura 2-40 podemos ver la pantalla principal de Pspice AD.

El código que aparece en la figura de abajo pertenece a uno de nuestros circuitos, el convertidor cc/ac controlado por fase de media onda con carga RL. Todos los demás circuitos de nuestro proyecto tienen el mismo formato.

Podemos observar como el código empieza con un título (SEXTO.CIR), seguido de dos líneas de comentarios (empiezan con *); Tras los comentarios encontramos las sentencias de utilización de librerías (en este caso .LIB PWR_ELEC.LIB), y dos líneas de sentencias que definen parámetros del circuito. Las tres sentencias siguientes definen componentes, concretamente un tiristor, una resistencia y una bobina.



```
SEXTO.CIR
* Basic Concepts in Single-Phase, Diode Rectification
* Power Electronics: Simulation, Analysis & Education....by N. Mohan.
.LIB PWR_ELEC.LIB
.PARAM PERIOD= {1/60}, TDEG = {1/(360*60)}, T120DEG= {45*TDEG}
.PARAM ALFA={0.5*TDEG}, PULSE_WIDTH=0.5ms
*
XTHY2  1  2  SCR    PARAMS: TDLY={ALFA + T120DEG}  ICGATE=0V
RLOAD  2  3  20.0
LS1    3  0  45mH

*
VS      1  0  SIN(0 170V 60HZ 0 0 0)
*
.TRAN  50us  30ms  0s  50us  UIC
.PROBE
.END
```

Figura 2-40. Pantalla principal de Pspice A/D Student

También hemos utilizado una sentencia para definir nuestra fuente de tensión independiente.

Más abajo se encuentra la sentencia que define el tipo de análisis que se ha llevado a cabo, .TRAN, y la manera de presentar los resultados, .Probe. Se ha utilizado estas

opciones por creer que a la hora de visualizar los resultados en la Web hacerlo gráficamente puede facilitar la comprensión. Así, escogiendo la opción simulación Pspice que encontramos en la página de cada circuito podemos ver la forma de onda de diferentes señales a lo largo del tiempo y para diferentes valores.

Una vez escrito el código hay que salvarlo con un nombre utilizando .

Tras guardarlo, podemos llevar a cabo la simulación, escogiendo el botón que contiene una flecha azul, el cual podemos observar en la Figura 2-41.

Si hay algún error en el código aparecerá una ventana dando información sobre ese error; Para volver a la ventana de edición y solucionar esos problemas utilizaremos el

botón  de la columna vertical de la izquierda que podemos ver en la Figura 2-41.

Una vez simulado sin errores se abrirá el entorno gráfico donde visualizaremos las diferentes señales, y mediante el botón indicado con la flecha roja en la Figura 2-42 (o bien utilizando en menú Trace, add Trace) se abrirá una ventana con todos los valores de tensión e intensidad que se pueden representar (Figura 2-43); Escogemos los que queremos visualizar y pulsamos OK; Si la forma de onda que queremos representar es la combinación de varios valores utilizamos la barra Trace Expresión para escribir dicha combinación.

En este punto aparecerá en la pantalla la forma de onda. Podemos cambiar las propiedades de dicha onda situándonos con el ratón sobre ella y pulsando el botón derecho escogiendo la opción propiedades. Estas propiedades son el tipo de línea, color y anchura, además del símbolo que aparecerá en distintas partes de dicha gráfica.

En nuestro proyecto hemos necesitado visualizar dos Plots a la vez. Para escoger esta opción utilizamos el menú Plot, Add Plot to window, y aparecerán dos ejes de coordenadas por separado que podremos seleccionar simplemente colocándonos encima de uno de ellos y pulsando con el ratón. El resultado sería el representado en la Figura 2-44.

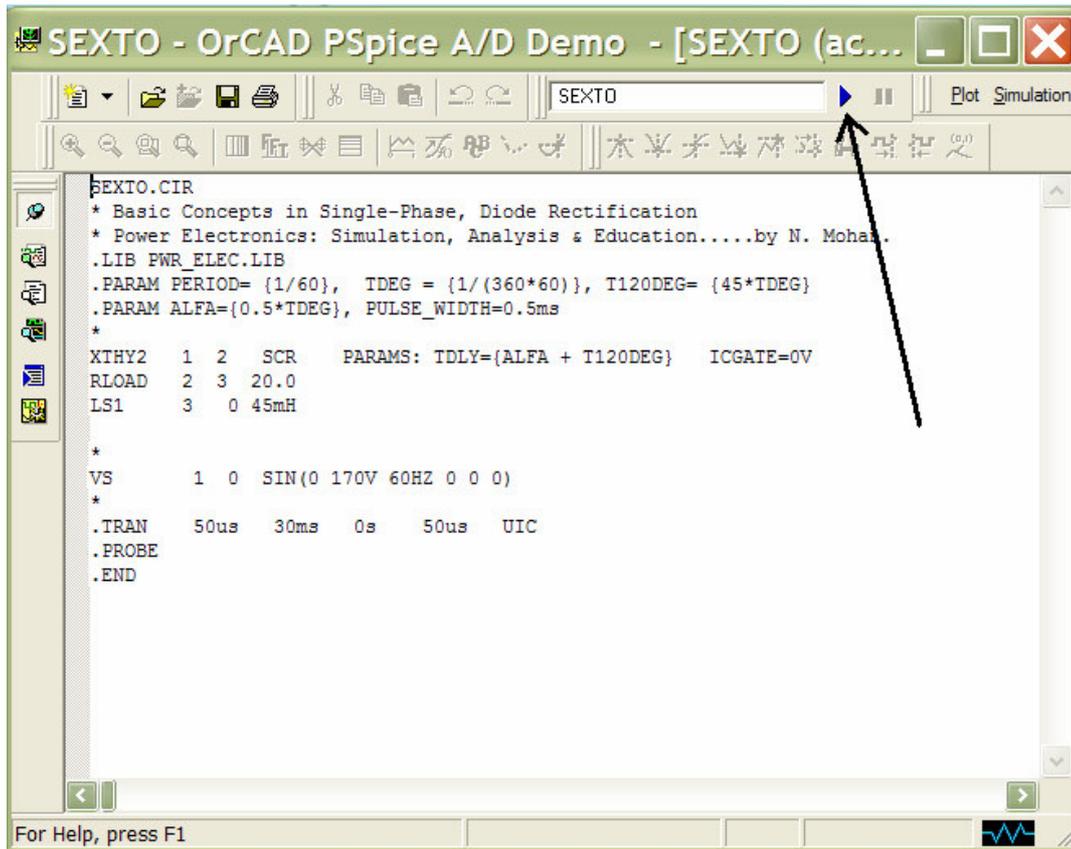


Figura 2-41. Entorno Pspice A/D Student-Botón de Simulación

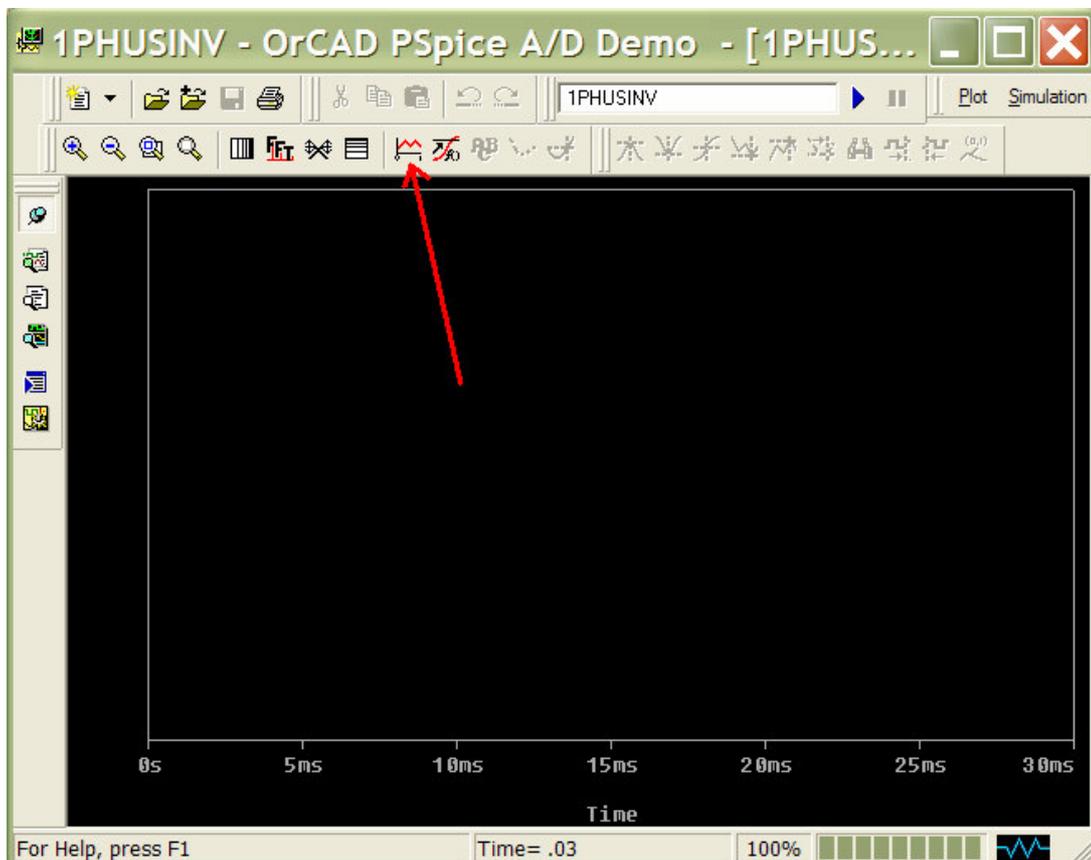


Figura 2-42. Ventana Visualización de Resultados

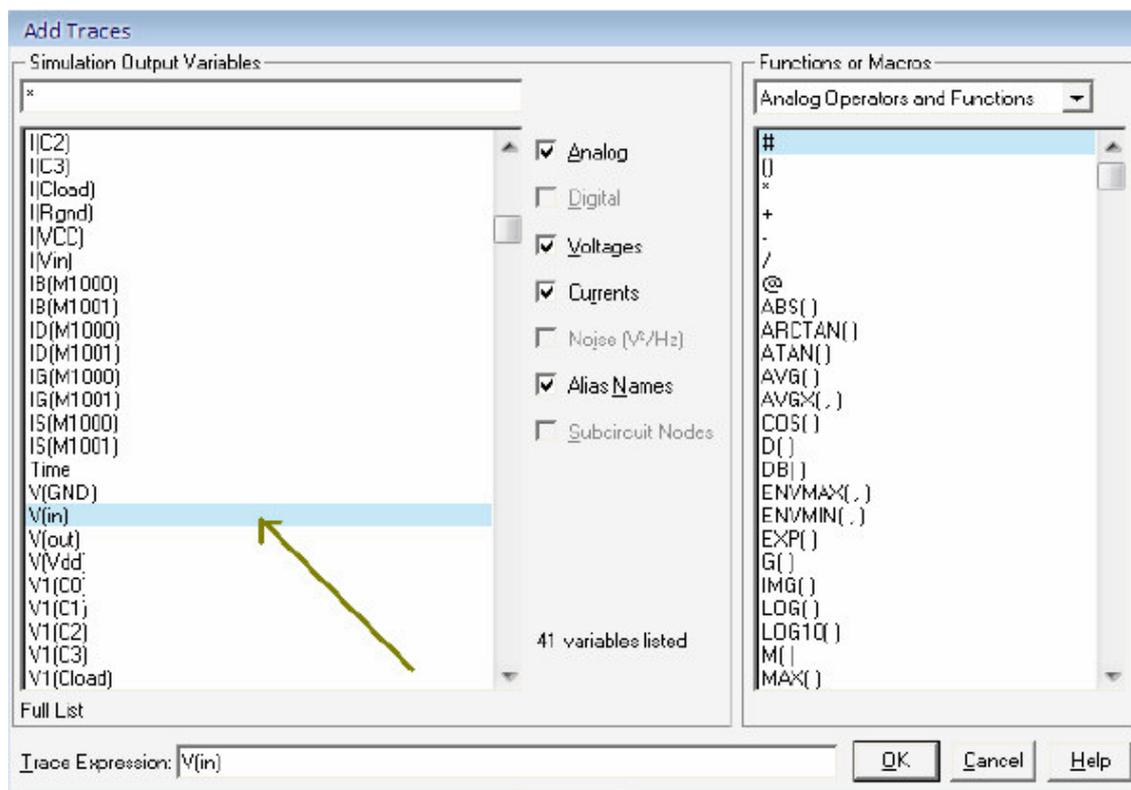


Figura 2-43. Ventana para Especificación de las señales a visualizar

Se puede saber qué Plot está seleccionado viendo a cual de ellos apunta el comando SEL (flecha azul en la Figura 2-44).

Una vez seleccionado, para representar señales actuaremos de la misma manera que en el caso de un solo Plot.

Obviamente, Pspice AD tiene muchas más opciones y comandos que no explicaremos para no excedernos en este tema y no haber sido utilizados en nuestro proyecto.

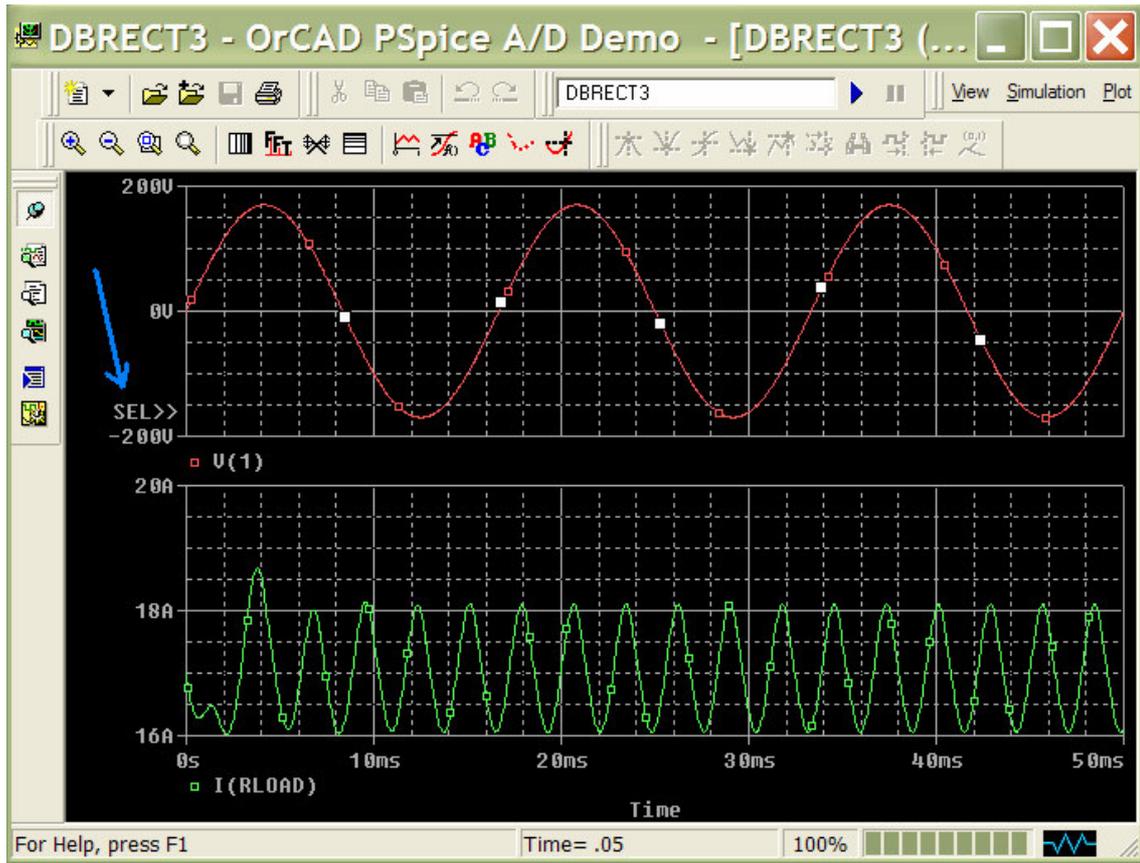


Figura 2-44. Ventana dividida en 2 Plots

CAPÍTULO 3: Descripción de los circuitos implementados

En este capítulo se realizará un repaso a los circuitos de potencia implementados en el proyecto, según el esquema de la asignatura “Electrónica de Potencia”. A la hora de visualizar el circuito y las gráficas de cada convertidor nos ayudaremos de las películas flash.

El objetivo de la Electrónica de Potencia es la conversión de la energía eléctrica de una forma a otra. Los dispositivos de potencia, que poseen características de conmutación, permiten la conversión de una forma de onda de corriente o tensión de un cierto tipo o nivel en otro. Estos dispositivos se denominan convertidores, y se clasifican según la relación existente entre la entrada y la salida:

- Convertidores ac-dc: Que se dividen en:
 - No controlados o rectificadores de diodos.
 - Semicontrolados.
 - Convertidores controlados por fase

En este proyecto se verán los convertidores ac/cc no controlados y controlados por fase; Los convertidores semicontrolados no serán motivo de estudio en el caso de esta Web.

- Convertidores dc-dc: Reguladores.
- Convertidores dc-ac: Inversores.
- Convertidores ac-ac: Controladores.

3.1 CONVERTIDORES AC/CC

3.1.1 CONVERTIDORES AC/CC MONOFÁSICOS NO CONTROLADOS

Los convertidores no controlados transforman la corriente alterna de entrada en corriente continua a la salida, esto es, funcionan siempre como rectificadores. Utilizan diodos como dispositivos semiconductores. Dentro de este tipo de convertidores debemos hacer una nueva división:

- De media Onda
 - Carga Resistiva
 - Carga Resistiva e Inductiva.

- De Onda completa
 - Carga Resistiva
 - Carga Resistiva e Inductiva.

3.1.1.1 Convertidores ac/cc monofásicos no controlados de media onda con carga resistiva

En esta película (Figura 3-1) se describe el funcionamiento de un rectificador no controlado de media onda con carga resistiva. El sistema se estudia para una señal de entrada senoidal $v_s = V_s \sin(\omega t)$. Todo ello con una carga resistiva de un valor intermedio para poder apreciar con claridad la forma de onda de la intensidad de salida.

La animación de la película analiza el circuito para el primer semiciclo positivo de la señal de entrada ($0 \leq \omega t \leq \pi$), en el que el diodo conduce ($v_{AK} > 0$), por lo que la tensión que cae en la carga es la tensión de entrada ($v_o = v_{in}$) y la intensidad es proporcional a la tensión de salida ($i_o = v_o/R$).

Para el semiciclo negativo de la señal de entrada ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$), el diodo no conduce ($v_{AK} = v_s < 0$), siendo la corriente y la tensión que cae en la carga son de valor cero.

La tensión media a la salida (V_o) vale:

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_s \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_s}{\pi} \quad (3.1)$$

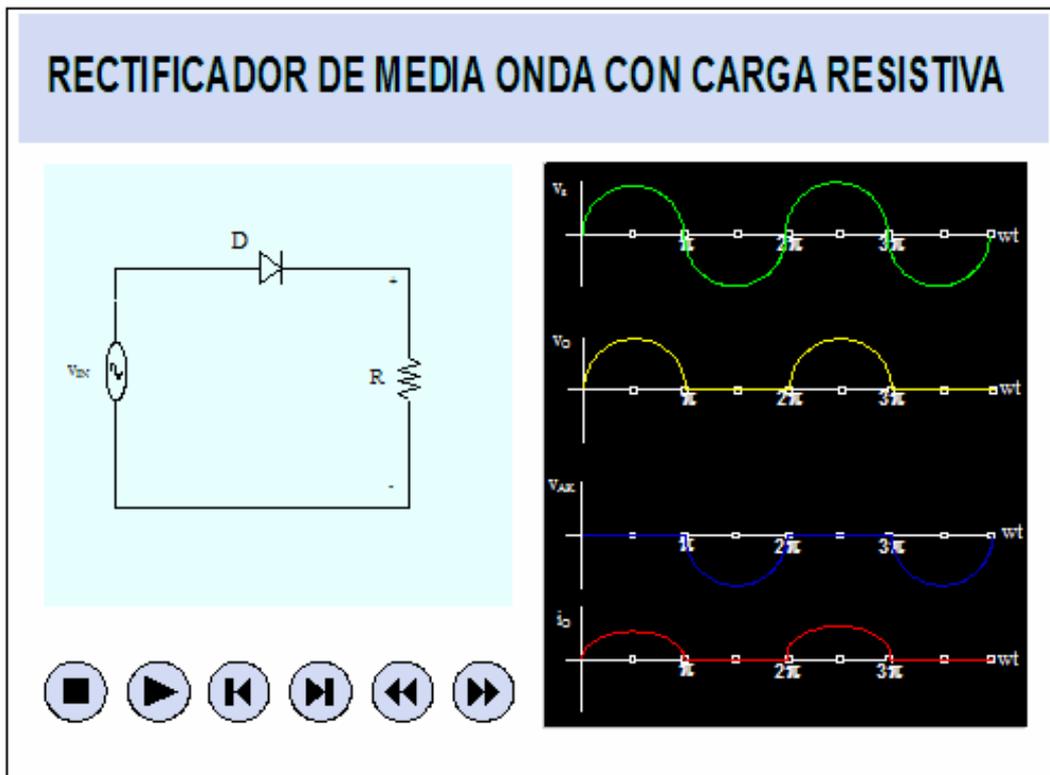


Figura 3-1. Película Flash Convertidor ac/cc de media onda con carga R

3.1.1.2 Convertidores ac/cc monofásicos no controlados de media onda con carga resistiva e inductiva

En la película de la Figura 3-2 se estudia el funcionamiento de un rectificador monofásico no controlado de media onda alimentando a una carga RL. Cuando la tensión de entrada V_s es positiva ($0 < \omega t < \pi$), el diodo D conduce y la tensión de salida sigue a la senoidal de entrada. La expresión de la intensidad a la salida vale:

$$i_0 = \frac{V_S}{Z} \text{sen}(wt - \phi) + Ae^{\frac{-R}{L}t} \quad (3.2)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (wL)^2} \quad (3.3)$$

$$\phi = a \tan\left(\frac{wL}{R}\right) \quad (3.4)$$

$$A = \frac{V_S}{Z} \text{sen}\phi = \frac{V_S wL}{Z^2} \quad (3.5)$$

Debido a la presencia de la bobina, aún cuando la tensión en la carga pasa a ser negativa sigue circulando intensidad por el diodo hasta que la tensión media en la bobina vale cero, esto es, se descarga por completo. Esto ocurre en algún momento antes de $wt = \beta = 2\Pi$. La tensión media en la carga viene dada por la ecuación:

$$V_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\beta V_S \text{sen}(wt) d(wt) \quad (3.6)$$

que dependerá de los valores de L y R, ya que el valor de β es función de la carga.

3.1.1.3 Convertidores ac/cc monofásicos de onda completa con carga resistiva

Los convertidores de onda completa presentan ciertas ventajas sobre los rectificadores de media onda: disminución del factor de rizado y la corriente media del generador de alterna es cero, por lo que se evitan problemas asociados a las corrientes medias de generador distintas de cero.

En este apartado se describe el funcionamiento de un rectificador no controlado de onda completa con carga resistiva cuyo propósito es generar una tensión o una corriente continua o que contenga una componente continua especificada.

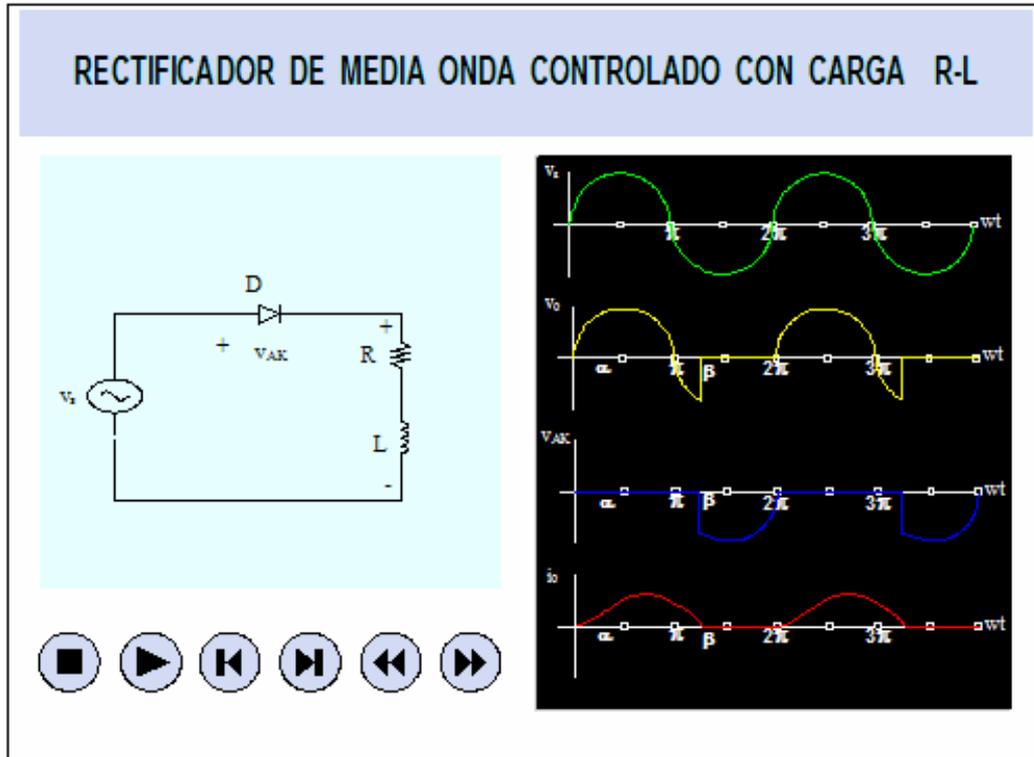


Figura 3-2. Película Flash Convertidor ac/cc de media onda con carga RL

En el esquema eléctrico de la Figura 3-3 se puede observar que los diodos D1 y D2 conducen al mismo tiempo, siendo la tensión en la carga $v_o=v_{in}$. Igualmente conducen los diodos D3 y D4, no conduciendo los diodos D1 y D2, y siendo la tensión en la carga $V_o= V_{in}$.

El valor medio de la tensión de salida vale:

$$V_o = V_{med} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \text{sen}(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_m}{\pi} \quad (3.7)$$

3.1.1.4 Convertidor ac/cc monofásico de onda completa con carga resistiva e inductiva

En la Figura 3-4 se analiza el comportamiento del rectificador no controlado de onda completa con carga resistivo-inductiva. Para simplificar el funcionamiento se ha supuesto una carga altamente inductiva, de modo que $i_o = I_0$ constante.

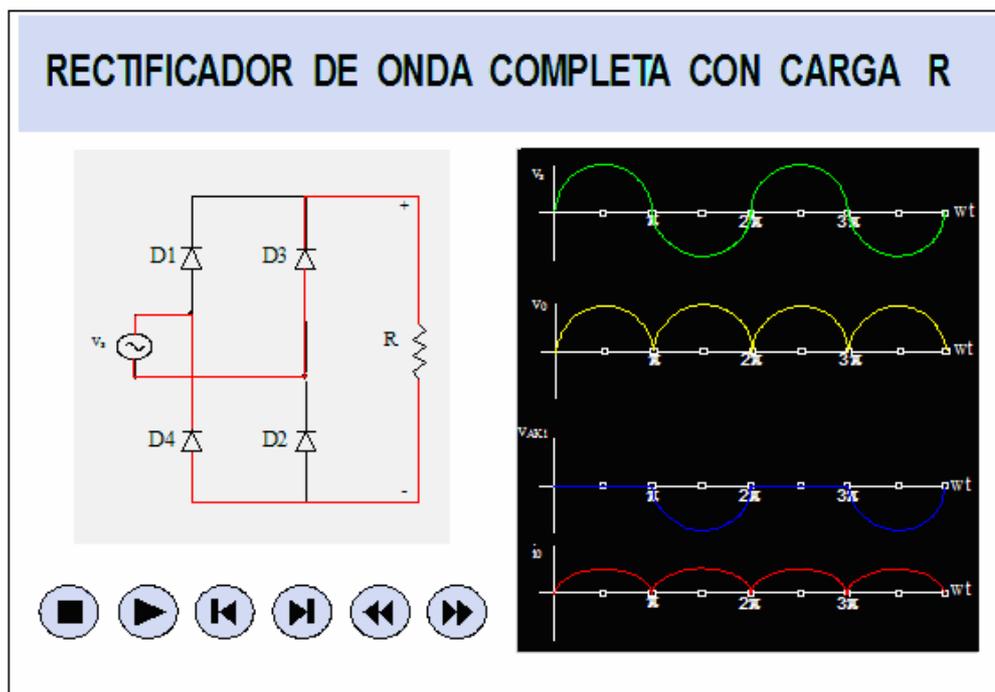


Figura 3-3. Película Flash Convertidor ac/cc de onda completa con carga R

En el análisis del circuito los diodos D1 y D2 conducen en el semiciclo positivo de la señal de entrada, mientras que los diodos D3 y D4 conducen en el semiciclo negativo.

3.1.2 CONVERTIDORES AC/CC MONOFÁSICOS CONTROLADOS POR FASE

Dentro de los convertidores controlados por fase debemos hacer la siguiente distinción:

- Monofásicos
 - De media onda
 - Carga Resistiva
 - Carga Resistiva e Inductiva.
 - De onda completa
 - Carga Resistiva
 - Carga Resistiva e Inductiva con conducción continua

- Trifásicos
 - De onda completa
 - Carga Resistiva con conducción continua
 - Carga R-L-Vd con conducción continua
 - Carga R-L-Vd con conducción discontinua

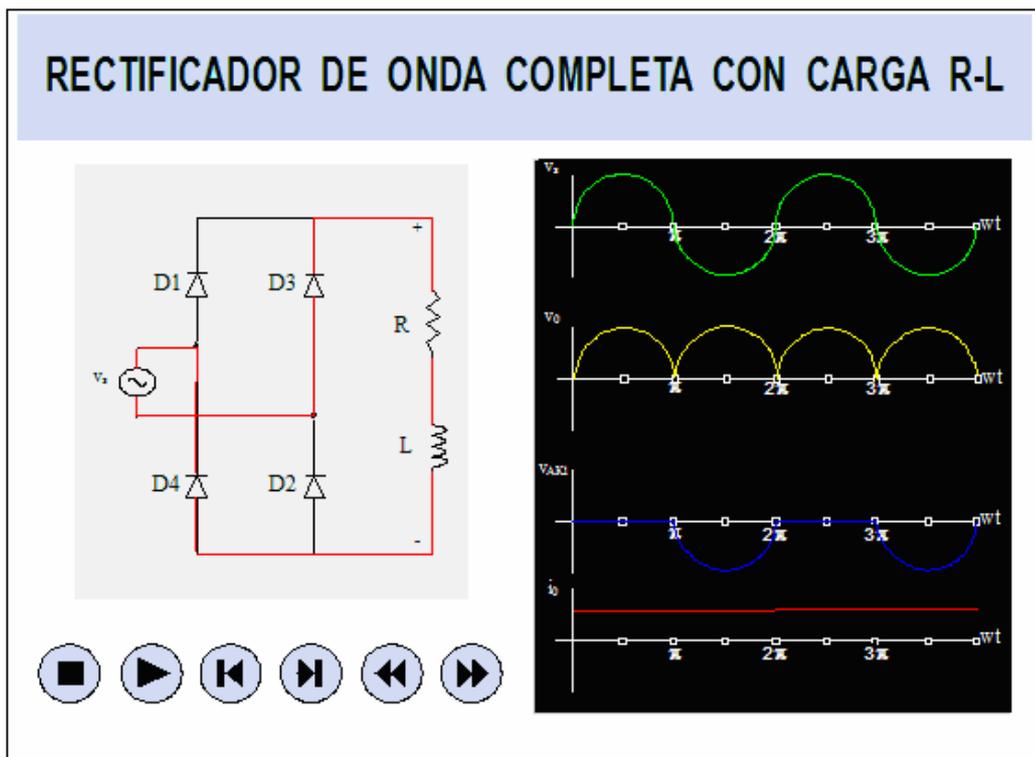


Figura 3-4. Película Flash Convertidor ac/cc de onda completa con carga RL

3.1.2.1 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de media onda con carga resistiva

En este circuito el tiristor no entrará en conducción hasta que se aplique una corriente de puerta a través del circuito de disparo asociado en $\omega t = \alpha$, siendo α el ángulo de disparo. Al ser carga resistiva, la intensidad sigue a la tensión. El tiristor conduce hasta que en $\omega t = \pi$ la tensión se hace nula y por tanto la intensidad también.

La tensión media en la carga es:

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_s \text{sen}(wt) d(wt) = \frac{V_s}{2\pi} [1 + \cos \alpha] \quad (3.8)$$

La Figura 3-5 muestra la película para un $\alpha = 45^\circ$.

3.1.2.2 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de media onda con carga resistiva e inductiva

En la película de la Figura 3-6 representamos un convertidor controlado por fase de media onda con carga resistivo-inductiva. En este circuito hay que tener en cuenta el ángulo de disparo cuando se aplica una señal de puerta al tiristor a través del circuito de disparo y el ángulo de extinción β , definido como el ángulo para el que el valor de la corriente se hace cero.

La expresión que define el comportamiento de la corriente es:

$$i_o(wt) = \left(\frac{V_s}{Z} \right) \left[\text{sen}(wt - \theta) - \text{sen}(\alpha - \theta) e^{(\alpha - wt)/\omega t} \right] \quad \text{para } \alpha \leq wt \leq \beta \quad (3.9)$$

$i_o(wt) = 0$ en otro caso

La expresión del ángulo de extinción se obtiene a partir de la expresión de la corriente cuando esta se hace cero:

$$i(\beta) = 0 = \left(\frac{V_s}{Z} \right) \left[\text{sen}(\beta - \theta) - \text{sen}(\alpha - \theta) e^{(\alpha - \beta)/\omega t} \right] \quad (3.10)$$

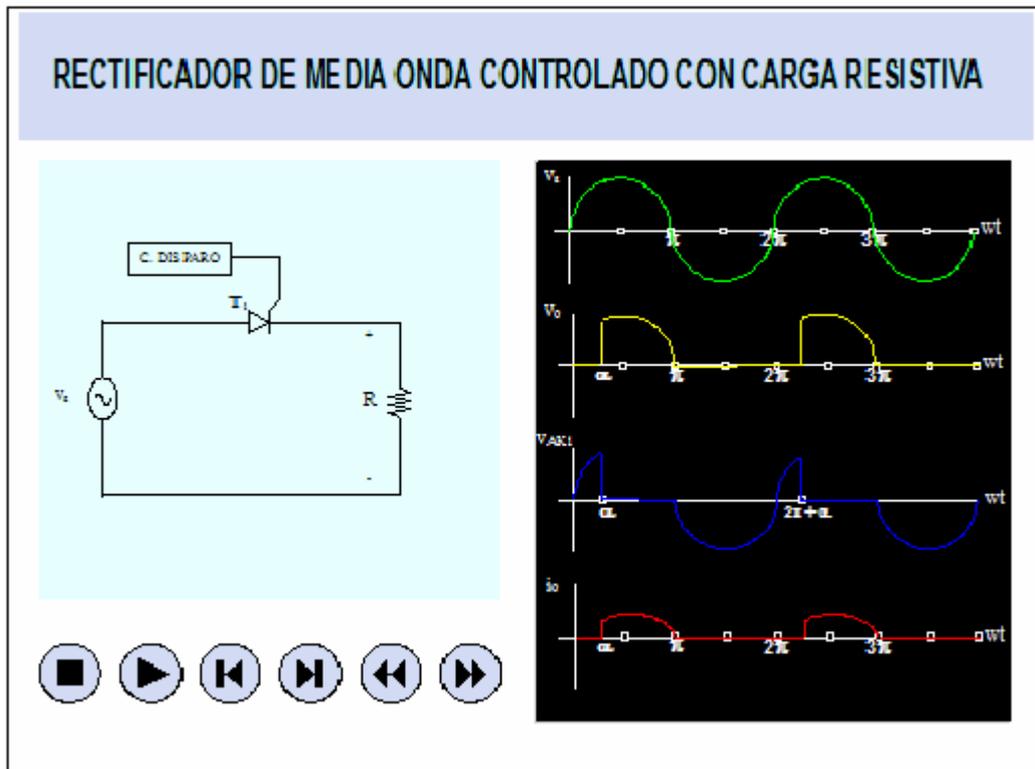


Figura 3-5. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de media onda con carga R

3.1.2.3 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva

En esta película (Figura 3-7) se presenta el funcionamiento de un convertidor controlado por fase de onda completa con carga resistiva, en el que la salida se controla ajustando el ángulo de disparo α de cada tiristor.

Cuando la señal de entrada es positiva, los tiristores T1 y T2 están polarizados en directa, aunque no conducirán hasta que se apliquen las señales de puerta proporcionadas por sus circuitos de disparo asociados en el ángulo eléctrico " α ".

Para el caso en el que la señal de entrada sea negativa, serán los tiristores T3 y T4 los que estén polarizados en directa. Estos tiristores conducirán cuando se apliquen las señales de puerta proporcionadas por sus circuitos de disparo en $wt = \pi + \alpha$.

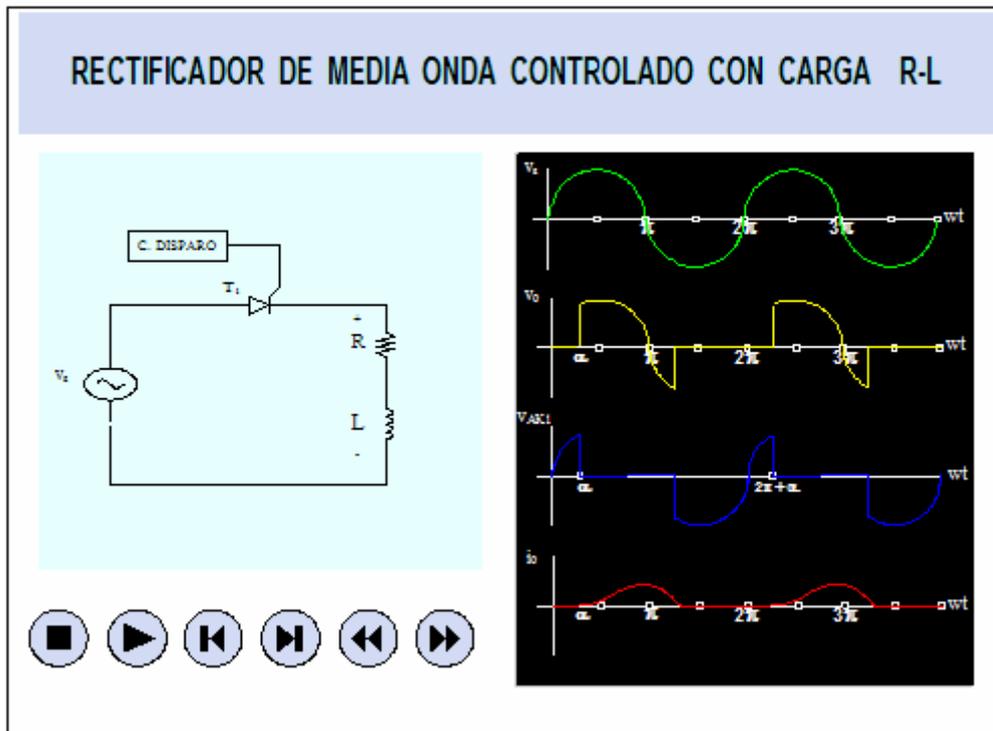


Figura 3-6. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de media onda con carga RL

La tensión media de salida vale:

$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_s \text{sen}(wt) d(wt) = \frac{V_s}{\pi} [1 + \cos \alpha] \quad (3.11)$$

3.1.2.4 Convertidor ac/cc monofásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva y modo de conducción continuo

En la Figura 3-8 se presenta un convertidor controlado por fase de onda completa con carga resistivo-inductiva, donde la inductancia es de valor elevado, de forma que la intensidad por la carga no se anule nunca, esto es, se trabaja en el modo de conducción continua.

Para el caso $0 \leq wt \leq \alpha$, la bobina fuerza a los tiristores T3 y T4 que conduzcan hasta que se apliquen las señales por puerta a los tiristores T1 y T2 (polarizados en directa) y estos conduzcan.

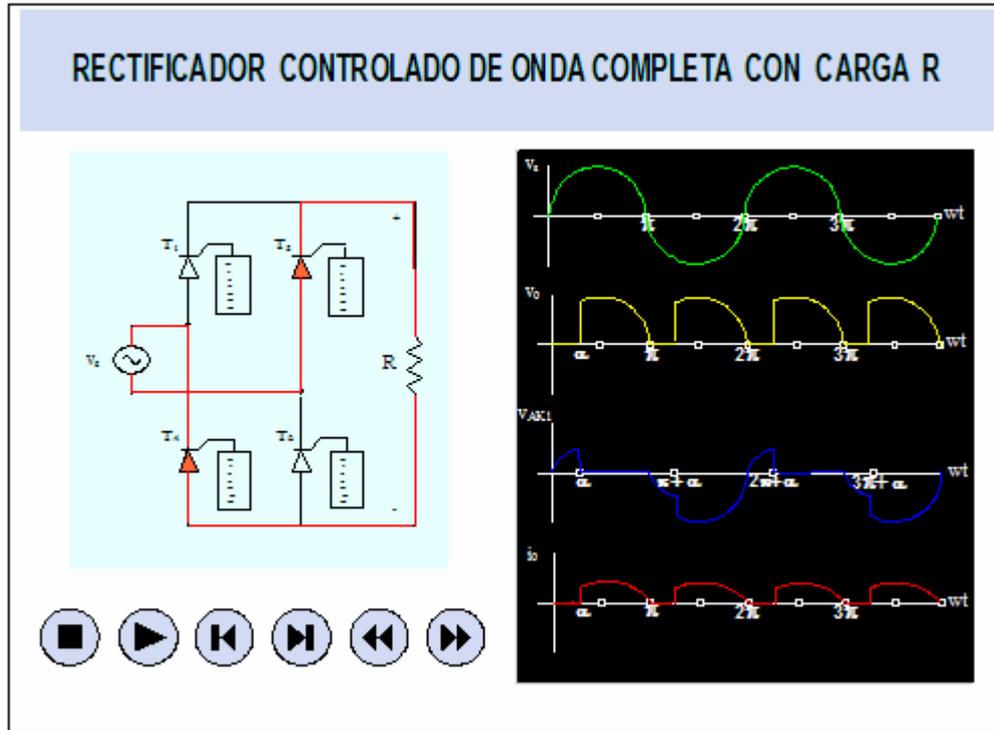


Figura 3-7. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de onda completa con carga R

En este caso, para $\pi \leq \omega t \leq \pi + \alpha$ la bobina fuerza a los tiristores T1 y T2 que conduzcan hasta que se apliquen las señales por puerta (proporcionadas por los circuitos de disparo) a los tiristores T3 y T4 (polarizados en directa). Una vez que T3 y T4 conducen, T1 y T2 no conducen.

El valor medio de la tensión de salida vale:

$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_s \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_s}{\pi} \cos \alpha \quad (3.12)$$

3.1.2.5 Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga resistiva y modo de conducción continuo

Los convertidores controlados por fase trifásicos de onda completa son muy importantes en aplicaciones de alta potencia. Al ser controlados por fase, el control del valor medio de la tensión de salida y de la potencia transferida a la misma se realiza mediante el control del ángulo de disparo de los tiristores. De esta forma, en función del valor que adquiera α ,

el convertidor funciona como rectificador (tensión media a la salida positiva) o como inversor (tensión media a la salida negativa). Para este último caso se requiere una tensión continua en la carga con la polaridad adecuada.

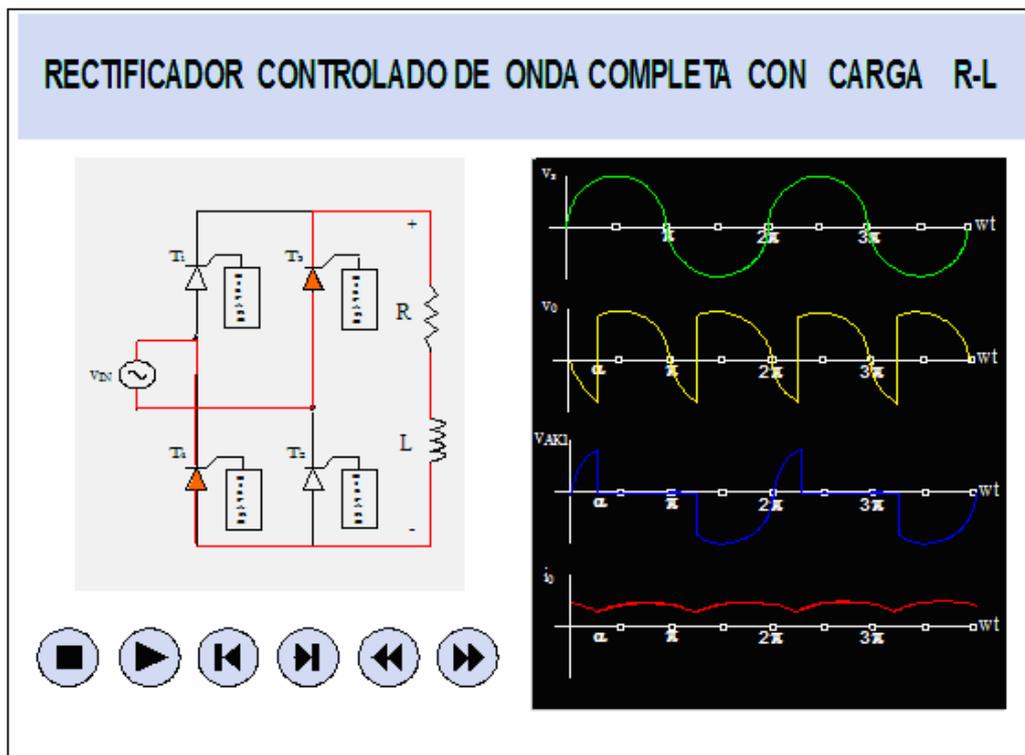


Figura 3-8. Película Flash Convertidor ac/cc controlado por fase de onda completa con carga R y modo de conducción continuo

El ángulo de disparo α se mide a partir del ángulo en que comenzaría la conducción si se tratase de un puente trifásico de diodos (cuando la tensión v_{ab} es mayor que las otras tensiones compuestas), esto es, en $wt=60^\circ$. Por tanto, un ángulo de disparo $\alpha=0$ se corresponde con un ángulo eléctrico $wt=\pi/3$.

En el caso de carga resistiva, la conmutación de corriente entre tiristores es inmediata, por lo que siempre conducirá un tiristor de arriba (T1, T3 o T5) con uno de abajo (T2, T4 o T6).

La siguiente figura (Figura 3-9) muestra el funcionamiento de un convertidor controlado por fase trifásico de onda completa con carga resistiva, para un ángulo de disparo $\alpha=15^\circ$. En el caso de carga resistiva, el ángulo de disparo límite entre el modo de conducción

continua y discontinua es $\alpha=60^\circ$, es decir, si $\alpha<60^\circ$ el funcionamiento es continuo, mientras que si $\alpha>60^\circ$ el modo de conducción es discontinua. Para este caso, como $\alpha=15^\circ$ estamos trabajando en el modo de conducción continua, es decir, la intensidad a la salida no se anula nunca.

Al ser carga resistiva, la intensidad de salida sigue a los distintos trozos de senoidales de la tensión de salida. En cuanto a la caída de tensión del tiristor T1 (v_{AK1}) se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Si T1 ON: } & v_{AK1}=0 \\ \text{Si T3 ON: } & v_{AK1}=v_{ab} \\ \text{Si T1 ON: } & v_{AK1}=v_{ac} \end{aligned} \tag{3.13}$$

3.1.2.6 Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción continuo

El circuito representado en la película de la Fig 3.1.10 representa a un convertidor controlado por fase trifásico en puente completo con carga RLVd, trabajando en el modo de conducción continua, con un ángulo de disparo $\alpha=15^\circ$. Se supone que la carga es altamente inductiva, de manera que puede considerarse que la intensidad de salida es prácticamente constante y de valor I_o , por lo que no se ha representado en la película.

Dado que en este caso la corriente por la carga es continua, cada 60° se dispara un tiristor, conduciendo siempre una pareja de tiristores. El encendido de un tiristor impar provoca el apagado de otro tiristor impar, y el encendido de un tiristor par provoca el apagado de otro tiristor par.

En los convertidores controlados por fase trifásicos en puente completo con carga RLVd la tensión media de salida puede controlarse tanto en módulo como en signo controlando el ángulo de disparo de los tiristores. Así, en el modo de conducción continua, para un α comprendido entre 0° y 90° el valor medio de la tensión de salida tendrá signo positivo y funcionará como rectificador (flujo de potencia desde el lado de alterna al de continua). En cambio, si el ángulo de disparo de los tiristores está comprendido entre 90° y 180° el valor medio de la tensión de salida tendrá signo negativo y funcionará como

inversor (flujo de potencia del lado de alterna al de continua). En la práctica, los márgenes para el ángulo de disparo α entre los modos de conducción continua y discontinua se encuentra limitado por el ángulo de conmutación μ (presente cuando no se considera despreciable la inductancia asociada a la fuente trifásica) y por el tiempo t_q en el que se requiere aplicar una tensión negativa entre los terminales de cada tiristor una vez anulada la corriente que circula por ellos.

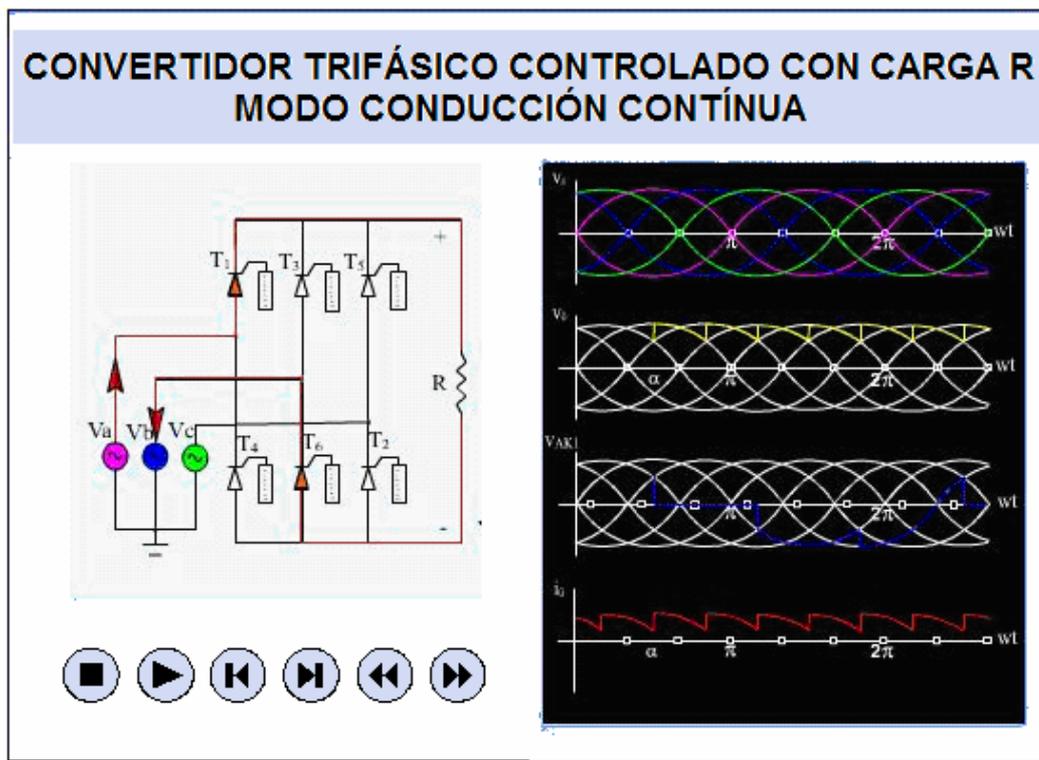


Figura 3-9. Película Flash ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga R y modo de conducción continuo

Para el caso de la Figura 3-10, al considerarse despreciable la inductancia asociada a la fuente de conmutación y ser $\alpha=15^\circ$, su funcionamiento es como rectificador.

En cuanto a la caída de tensión del tiristor T1 (v_{AK1}) se tiene que:

$$\begin{aligned}
 \text{Si T1 ON: } & v_{AK1}=0 \\
 \text{Si T3 ON: } & v_{AK1}=v_{ab} \\
 \text{Si T5 ON: } & v_{AK1}=v_{ac}
 \end{aligned}
 \tag{3.14}$$

La expresión de la tensión media a la salida vale:

$$V_O = \frac{1}{\pi/3} \int_{\alpha+\pi/3}^{\alpha+2\pi/3} V_{ab}(wt) d(wt) = \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha \quad (2.15)$$

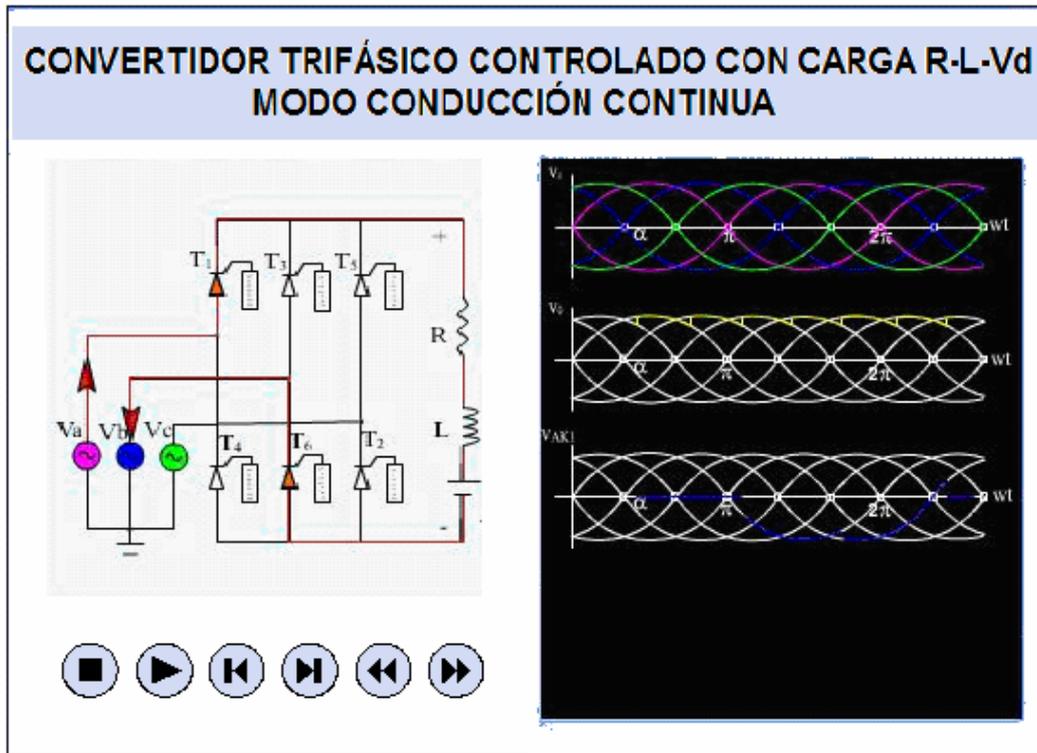


Figura 3-10. Película Flash Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVD y modo de conducción continuo

3.1.2.7 Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVD y modo de conducción discontinuo

La Figura 3-11 muestra la película correspondiente a un convertidor controlado por fase trifásico de puente completo con $\alpha=45^\circ$ y carga RLVD funcionando como rectificador. Al ser la carga poco inductiva el modo de conducción es discontinuo. Esto hace que cada 60° se dispare una nueva pareja de tiristores.

En cuanto a la caída de tensión del tiristor T1 (V_{AK1}) se tiene que:

- Si T1 ON: $v_{AK1}=0$
 Si T3 ON: $v_{AK1}=v_{ab}$
 Si T1 ON: $v_{AK1}=v_{ac}$
 Si todos OFF: $v_{AK1}=\text{indeterminada}$
- (3.16)

La tensión media de salida tiene la expresión dada por la siguiente ecuación:

$$V_o = \frac{1}{\pi/3} \left[\int_{\alpha+\pi/3}^{\alpha+\pi/3+\gamma} v_{ab}(wt) d(wt) + V_d \int_{(\alpha+\pi/3+\gamma)}^{(\alpha+2\pi/3)} d(wt) \right] \quad (3.17)$$

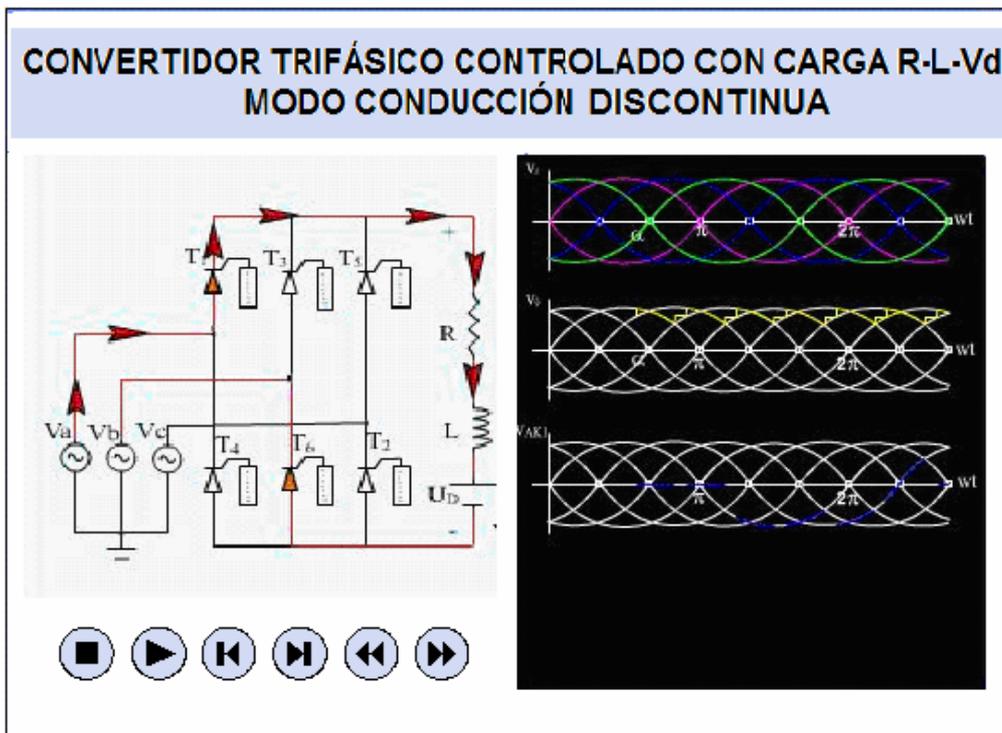


Figura 3-11. Película Flash Convertidor ac/cc trifásico controlado por fase de onda completa con carga RLVd y modo de conducción discontinuo

3.2 CONVERTIDORES CC/CC: CHOPPERS

Los convertidores cc/cc, denominados también choppers, se emplean en gran cantidad de aplicaciones industriales, aunque de forma especial en fuentes de alimentación de corriente continua reguladas (conmutadores) y en acciones de motores de corriente continua.

En esta sección se detallarán aquellos convertidores cc/cc implementados en este proyecto. Éstos se han dividido en dos grupos:

- Convertidores cc/cc de un solo interruptor controlable, donde la polaridad de intensidad y tensión a la salida no varía. Dentro de éstos se estudiarán los siguientes modelos:
 - Convertidores reductores (buck).
 - Elevadores (boost).
 - Reductores-elevadores (buck-boost).
 - Convertidor Cúk.

- Convertidores cc/cc en puente completo, donde la polaridad de la tensión e intensidad de salida puede variar. Se estudiarán los siguientes:
 - Conmutación PWM Bipolar y carga resistiva.
 - Conmutación PWM Bipolar y carga resistiva e inductiva.
 - Conmutación PWM Unipolar y carga resistiva.
 - Conmutación PWM Unipolar y carga resistiva e inductiva.

3.2.1 CONVERTIDORES CC/CC DE UN SOLO INTERRUPTOR CONTROLABLE

3.2.1.1 Convertidor reductor: Buck

El convertidor Reductor que está representado en la Figura 3.2.1 convierte una tensión continua no regulada en una tensión continua regulada o controlada, donde la tensión de salida es menor que la de entrada. El circuito básico del convertidor reductor incluye un filtro paso bajo a la entrada y otro filtro paso bajo a la salida.

En el análisis del circuito se considera que este opera en régimen permanente, que la corriente en la bobina es positiva y el valor del condensador alto (no infinito), provocando este último dispositivo que siempre exista rizado en la carga.

Se ha considerado que el periodo de conmutación sea T , por lo que el interruptor estará cerrado un tiempo DT (D representa el ciclo de trabajo) y abierto $(1-D)T$.

$$D \equiv \frac{t_{conducción}}{t_{conducción} + t_{corte}} = \frac{t_{conducción}}{T} = t_{conducción} * f \quad (3.18)$$

El circuito se analiza en el modo de conducción continuo:

- El interruptor está cerrado y el diodo está polarizado en inversa, por lo que la tensión $V_L = V_d - V_o$ y la corriente aumenta linealmente.
- El interruptor está abierto y el diodo polarizado en directa para proporcionar un camino a la corriente de la bobina. La tensión $V_L = -V_o$ y la corriente disminuye linealmente.

Siendo $V_o = V_d D$ e $I_d = I_o D$

Y el rizado en la carga:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf^2} \quad (3.19)$$

La Figura 3-12 muestra la película correspondiente al convertidor Buck.

3.2.1.2 Convertidor elevador: Boost

En esta sección se analiza el comportamiento del convertidor elevador, donde la tensión de salida es mayor que la de entrada. El circuito básico del convertidor elevador incluye un filtro paso bajo a la entrada y otro filtro paso bajo a la salida.

En el análisis del circuito se considera que este opera en régimen permanente, que la corriente en la bobina es positiva y el valor del condensador alto (no infinito), provocando este último dispositivo que siempre exista rizado en la carga.

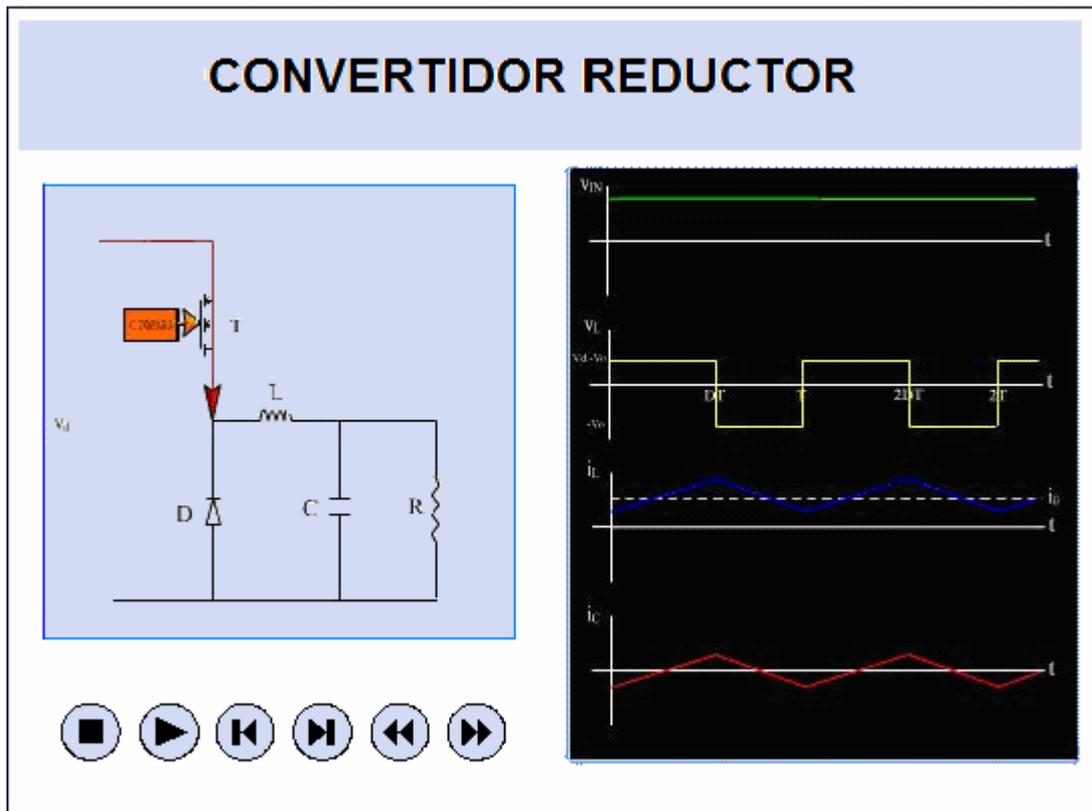


Figura 3-12. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable reductor

Se ha considerado que el periodo de conmutación sea T , por lo que el interruptor estará cerrado un tiempo DT (D representa el ciclo de trabajo) y abierto $(1-D)T$.

$$D \equiv \frac{t_{conducción}}{t_{conducción} + t_{corte}} = \frac{t_{conducción}}{T} = t_{conducción} * f \quad (3.20)$$

El circuito se analiza en el modo de conducción continuo:

- El interruptor está cerrado y el diodo está polarizado en inversa, por lo que la tensión $V_L = V_d$ y la corriente aumenta linealmente.
- El interruptor está abierto y el diodo polarizado en directa para proporcionar un camino a la corriente de la bobina. La tensión $V_L = V_d - V_o$ y la corriente disminuye linealmente.

Siendo : $V_o = V_d / (1-D)$ e $I_d = I_o / (1-D)$

Y el rizado en la carga:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (3.21)$$

La Figura 3-13 muestra la película correspondiente a este circuito.

3.2.1.3 Convertidor reductor-elevador: Buck-Boost

En el convertidor reductor-elevador la tensión de salida puede ser mayor o menor que la tensión de entrada. El circuito básico del convertidor elevador incluye un filtro paso bajo a la entrada y otro filtro paso bajo a la salida. La Figura 3-14 muestra las formas de onda y el circuito de este tipo de convertidor

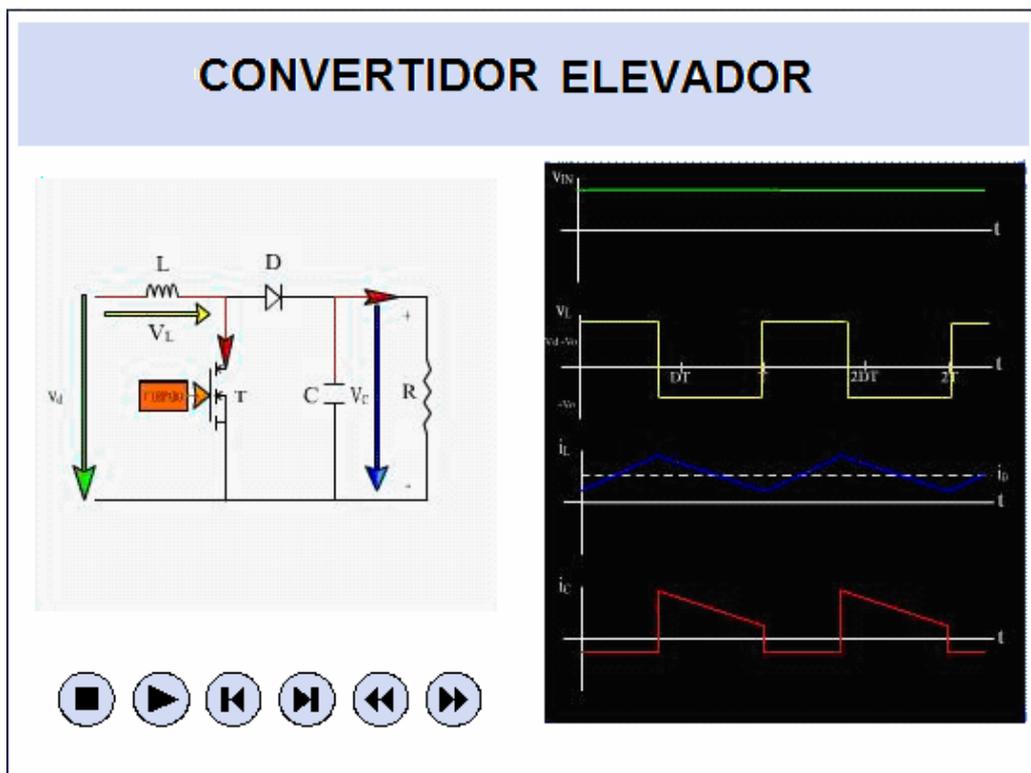


Figura 3-13. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable elevador

En el análisis del circuito se considera que este opera en régimen permanente, que la corriente en la bobina es positiva y el valor del condensador alto (no infinito), provocando

este último dispositivo que siempre exista rizado en la carga.

Se ha considerado que el periodo de conmutación sea T, por lo que el interruptor estará cerrado un tiempo DT (D representa el ciclo de trabajo) y abierto (1-D)T.

$$D \equiv \frac{t_{conducción}}{t_{conducción} + t_{corte}} = \frac{t_{conducción}}{T} = t_{conducción} * f \quad (3.22)$$

El circuito se analiza en el modo de conducción continuo:

- El interruptor está cerrado y el diodo está polarizado en inversa, por lo que la tensión $V_L = V_d$ y la corriente en la bobina aumenta linealmente.
- El interruptor está abierto y el diodo polarizado en directa para proporcionar un camino a la corriente de la bobina. La tensión $V_L = -V_d$ y la corriente disminuye linealmente.

Siendo:

$$V_o = -V_d \left[\frac{D}{1-D} \right] \text{ e } I_d = I_o \left[\frac{D}{1-D} \right] \quad (3.23)$$

Y el rizado en la carga:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (3.24)$$

3.2.1.4 Convertidor cuk

En esta película (Figura 3-15) se analiza el comportamiento del convertidor Cúk donde la tensión de salida es negativa respecto a la tensión de entrada y puede ser mayor o menor que la tensión de entrada. El circuito básico del convertidor elevador incluye un filtro paso bajo a la entrada y otro filtro paso bajo a la salida.

En el análisis del circuito se considera que este opera en régimen permanente, que la corriente en las bobinas es positiva y el valor de los condensadores alto (no infinito).

Se ha considerado que el periodo de conmutación sea T , por lo que el interruptor estará cerrado un tiempo DT (D representa el ciclo de trabajo) y abierto $(1-D)T$.

$$D \equiv \frac{t_{conducción}}{t_{conducción} + t_{corte}} = \frac{t_{conducción}}{T} = t_{conducción} * f \quad (3.25)$$

El circuito se analiza en el modo de conducción continuo:

- El interruptor está cerrado y el diodo está polarizado en inversa, por lo que la tensión en las bobinas es positiva, por lo que corriente en cada una de ellas aumenta linealmente.
- El interruptor está abierto y el diodo polarizado en. La tensión en las bobinas es negativa y la corriente por ellas disminuye linealmente.

Siendo:

$$V_o = -V_d \left[\frac{D}{1-D} \right] \text{ e } I_d = I_o \left[\frac{D}{1-D} \right] \quad (3.26)$$

3.2.2 CONVERTIDOR CC/CC EN PUENTE COMPLETO

Un convertidor cc/cc en puente completo, a diferencia de los convertidores anteriores, permite el flujo de potencia en los dos sentidos. La tensión de salida y la intensidad de salida pueden variar su polaridad de forma independiente, permitiendo su funcionamiento en los cuatro cuadrantes del plano tensión-intensidad. Así, la misma topología empleada en los convertidores cc/cc de puente completo se hace extensiva a los convertidores cc/ca. La principal aplicación de estos convertidores reside en su empleo en el accionamiento de motores de corriente continua.

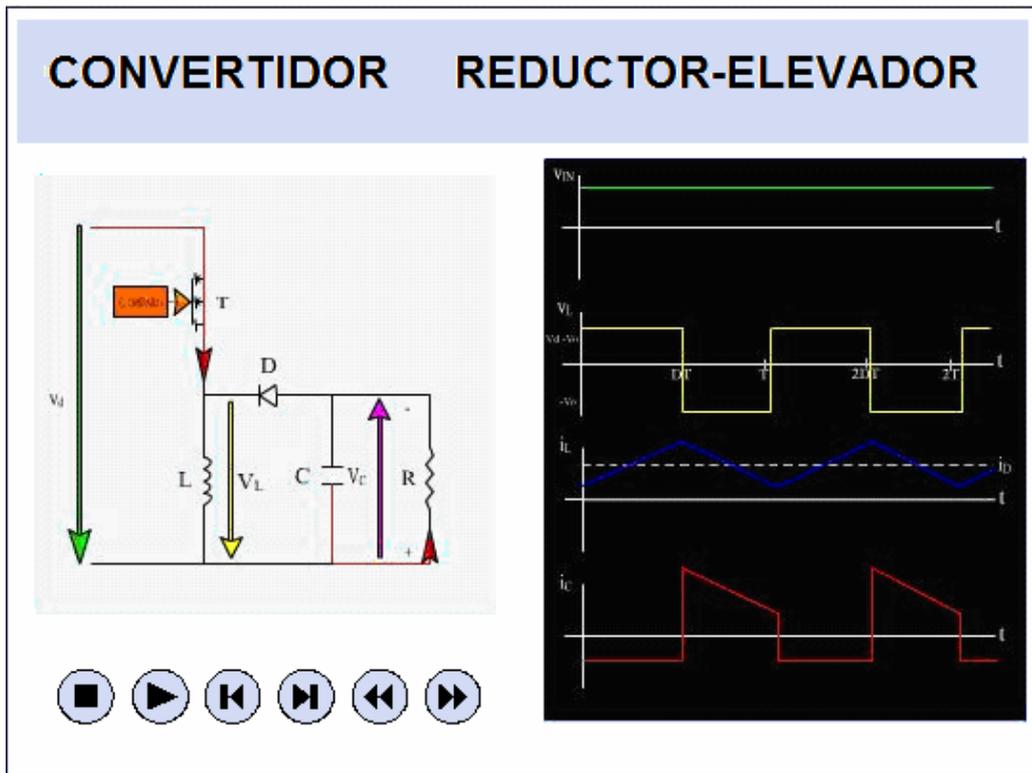


Figura 3-14. Película Flash convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable reductor-elevador

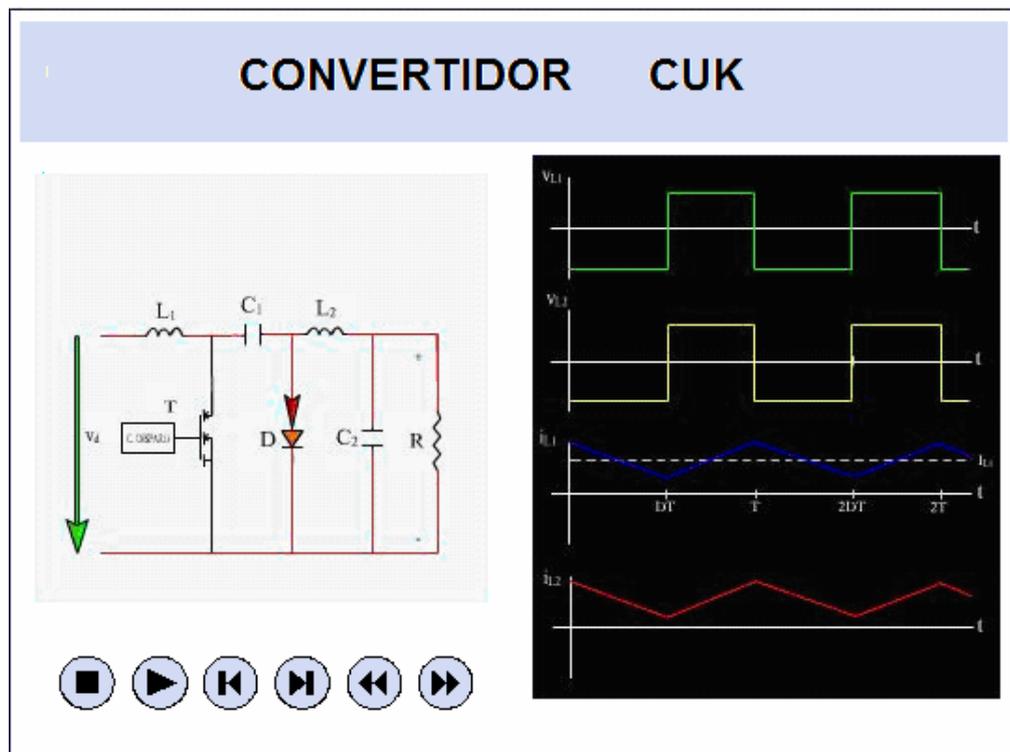


Figura 3-15. Película Flash Convertidor cc/cc de un solo interruptor controlable cuk

La topología de estos convertidores son de dos ramas A y B, cada una de ellas posee dos interruptores con sus diodos en antiparalelo asociados. Los interruptores están regulados de tal manera que cuando uno de ellos está abierto el otro se encuentra cerrado, esto es, nunca estarán los dos abiertos o los dos cerrados a la vez.

Debido a la presencia de los diodos en antiparalelo con los interruptores no se identifica el estado de activación de los interruptores con el de conducción. Así, cuando un interruptor está cerrado, la corriente circula bien por el interruptor o bien por el diodo en antiparalelo, dependiendo del sentido de la intensidad de salida. Debido a que los interruptores nunca están abiertos ni cerrados a la vez, la intensidad de salida fluye de forma continua. Por tanto, la tensión de salida sólo depende del estado de activación en que se encuentren los interruptores.

Para realizar el control de la conmutación de los interruptores en estos convertidores se emplea la modulación por ancho de pulso PWM. En ella, se compara una forma de onda repetitiva (señal triangular) con una señal continua de control.

Existen dos estrategias para el control de la activación de los interruptores mediante la modulación por ancho de pulso PWM:

- PWM con conmutación de tensión bipolar (o PWM simple), donde los interruptores (TA+, TB-) y los interruptores (TA-, TB+) se tratan como parejas. Los dos interruptores de cada pareja se activan y desactivan a la vez. Se requiere una sola señal de control.
- PWM con conmutación de tensión unipolar (o PWM doble), donde los interruptores de cada una de las dos ramas A y B se controlan de forma independiente a los de la rama contraria. Se necesitan, por tanto, dos señales de control (la señal continua de control y otra de igual valor pero distinto signo).

3.2.2.1 Conmutación PWM bipolar: Carga resistiva

En la película correspondiente a este apartado (Figura 3-16) se presenta el funcionamiento de un convertidor cc/cc en el que el control de los interruptores se realiza mediante conmutación de tensión bipolar (PWM), es decir, la salida toma valores alternos entre más y menos la tensión de la fuente de continua.

En el circuito se compara una señal continua de control (V_{con}) con una señal portadora triangular (V_{tri}), que controla la frecuencia de conmutación:

- Si la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra TA^+ y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_o=V_d$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra TA^- y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_o=-V_d$)

Siendo: $V_o = (2D-1)V_d$ y D , el ciclo de trabajo;

En este circuito hay que tener en cuenta que los interruptores TA^+ y TA^- nunca van a estar abiertos a la vez, ni tampoco cerrados (se provocaría un cortocircuito). También hay que considerar que cuando el par (TA^+ y TB^-) está activado (ON), el par (TB^+ y TA^-) está desactivado (OFF), viceversa. Nótese que al ser carga resistiva los diodos no conducen nunca.

La Figura 3-16 muestra la película correspondiente a este circuito.

3.2.2.2 Conmutación PWM bipolar: Carga resistiva e inductiva

La Figura 3-17 se corresponde con un convertidor cc/cc en puente completo con conmutación PWM bipolar alimentando a una carga RL. En este caso, a diferencia del anterior, la intensidad y tensión a la salida pueden tener polaridades distintas, por lo que dependiendo del sentido de la corriente conducirán bien los interruptores activados o bien los diodos en antiparalelo.

3.2.2.3 Conmutación PWM unipolar: Carga resistiva

En la Figura 3-18 se presenta el funcionamiento de un convertidor de corriente continua a corriente continua en el que el control de los interruptores se realiza mediante conmutación unipolar (PWM), es decir, la salida se conmuta de nivel alto a cero, o de nivel bajo a cero, en lugar de entre niveles alto y bajo, como en la conmutación bipolar.

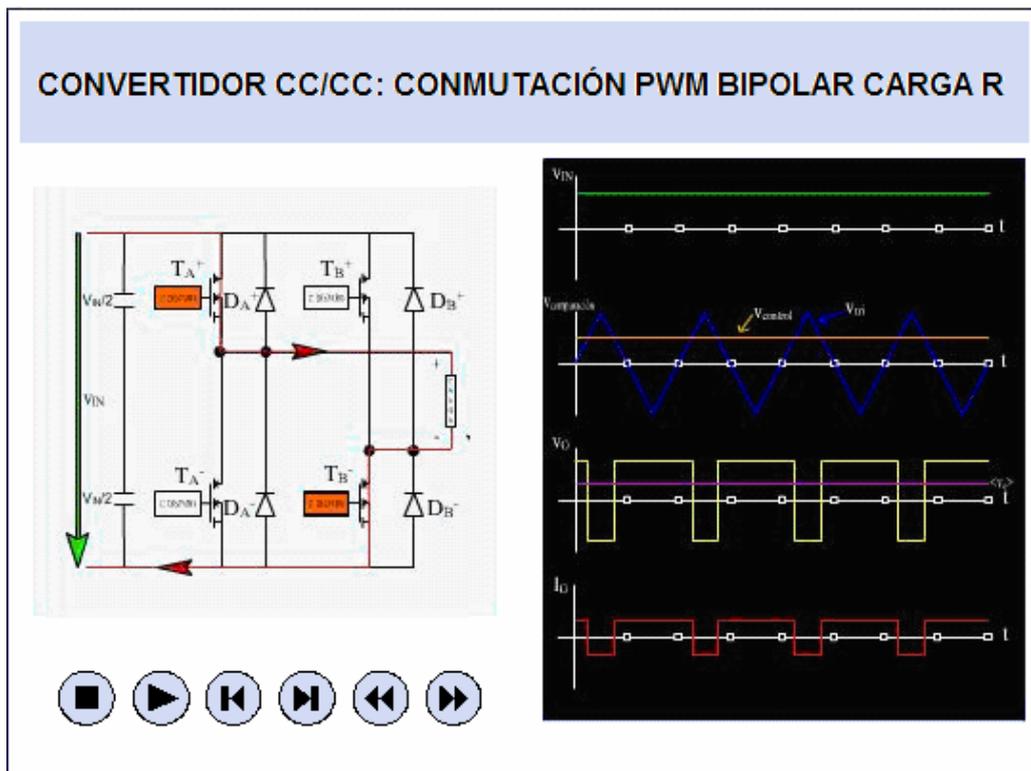


Figura 3-16. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo PWM bipolar carga R

En el circuito se compara una señal de control continua (V_{con}) con una señal portadora triangular (V_{tri}):

- Si la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra T_{A^+} y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_O = V_{in}$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra T_{A^-} y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_O = -V_{in}$).

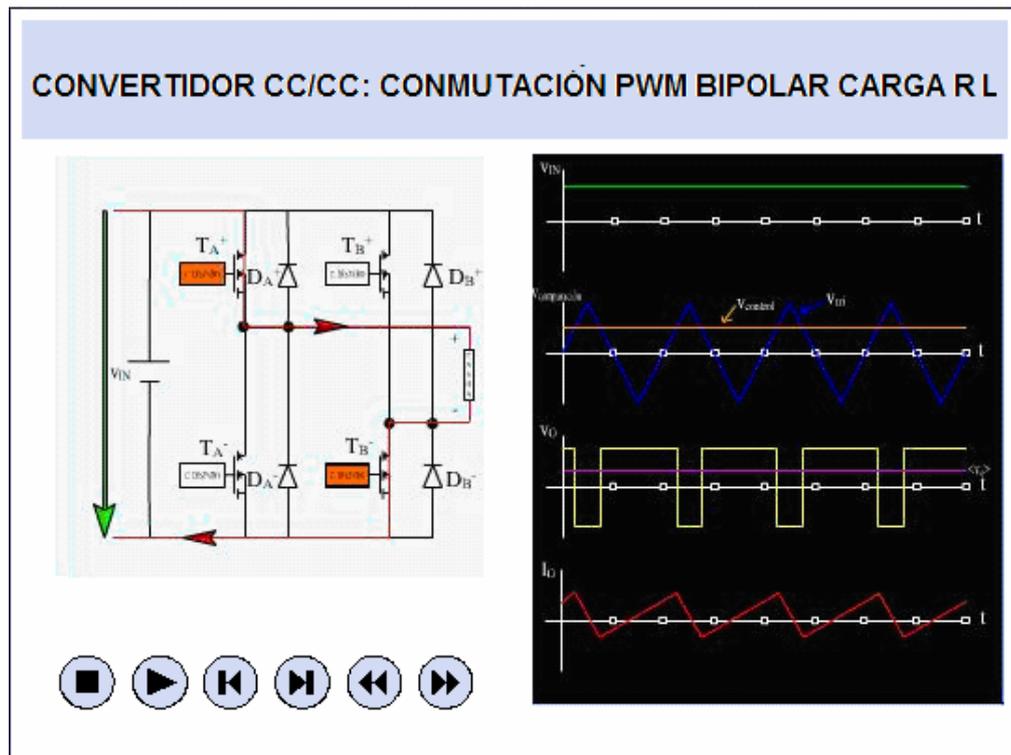


Figura 3-17. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo PWM bipolar carga RL

También se compara otra señal de control continua ($-V_{con}$) con la señal portadora triangular (V_{tri}):

- la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra TB^+ y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_o=V_{in}$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra TB^- y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_o=-V_{in}$).

Siendo: $V_o=(2D-1)V_d$ y D , el ciclo de trabajo;

En este circuito hay que tener en cuenta que los interruptores de cada una de las patas se controlan independientemente de los de la otra pata. Como la carga es resistiva pura, los diodos en antiparalelo no conducen nunca.

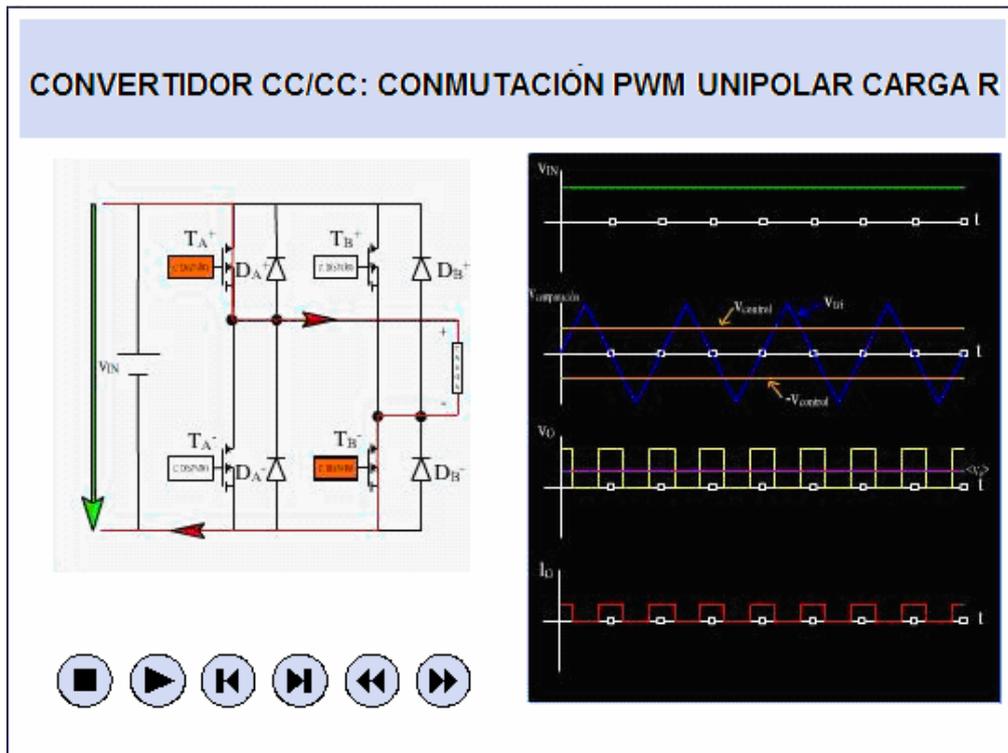


Figura 3-18. Película Flash Convertidor cc/cc PWM unipolar carga R

3.2.2.4 Conmutación PWM unipolar: Carga resistiva e inductiva

La película mostrada en la Figura 3-19 se corresponde con un convertidor cc/cc en puente completo con conmutación PWM unipolar alimentando a una carga RL. En este caso, a diferencia del anterior, la intensidad y tensión a la salida pueden tener polaridades distintas, por lo que dependiendo del sentido de la corriente conducirán bien los interruptores activados (tensión e intensidad de la misma polaridad), bien los diodos en antiparalelo (tensión e intensidad de distinta polaridad) o bien un interruptor activado y un diodo en antiparalelo (tensión cero).

3.3 CONVERTIDORES CC/CA: INVERSORES

El objetivo de un inversor conmutado o convertidor cc/ca consiste en proporcionar a la salida una tensión alterna senoidal de magnitud y frecuencia controlable a partir de una tensión continua de entrada.

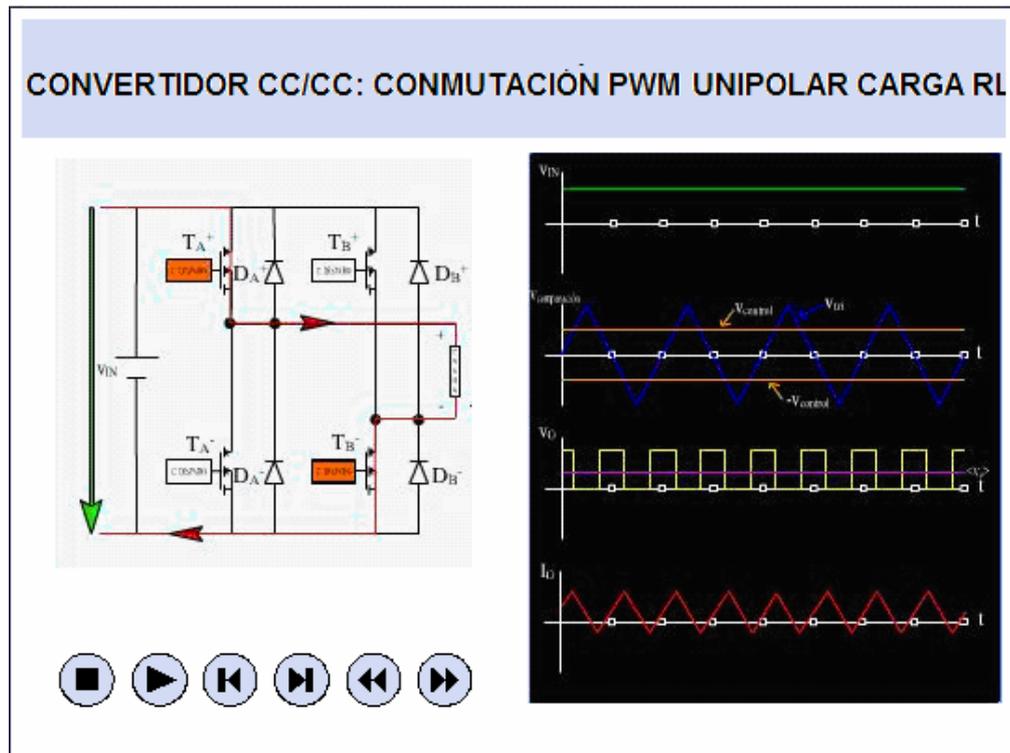


Figura 3-19. Película Flash Convertidor cc/cc en puente completo unipolar carga RL

Según la estrategia de conmutación de los interruptores, los inversores pueden clasificarse en:

- Inversores por modulación de ancho de pulso (PWM), que controlan la tensión de salida en magnitud y frecuencia. El más empleado es el PWM senoidal, donde se compara una señal repetitiva (señal triangular) con una de control (senoidal). Puede ser PWM bipolar o unipolar.
- Inversores de onda cuadrada, donde la tensión de salida consiste en una onda cuadrada. Un inversor de este tipo es capaz de controlar la frecuencia de la tensión de salida pero no su magnitud. Así, para controlar el valor de esta tensión de salida se requiere variar la tensión de entrada, por lo que debe proceder de un rectificador controlado, nunca de uno de diodos.
- Inversores monofásicos por anulación de tensiones o inversores de onda cuasi-cuadrada. Si la tensión alterna requerida es monofásica, resulta posible controlar la magnitud y la frecuencia de la onda de salida a pesar de que la entrada al inversor sea una tensión continua constante y en la conmutación no se haya

empleado la conmutación PWM. Esta técnica resulta válida solo para los inversores monofásicos, no para los trifásicos. Estos inversores no forman parte de este proyecto, así que nos ceñiremos a explicar los dos primeros tipos.

3.3.1 INVERSOR MONOFÁSICO EN PUENTE COMPLETO. CONMUTACIÓN PWM BIPOLAR: CARGA RESISTIVA

En este apartado se presenta el funcionamiento de un convertidor de corriente continua a corriente alterna en el que el control de los interruptores se realiza mediante conmutación de tensión bipolar (PWM).

En el circuito se compara una señal de control senoidal (V_{con}) con una señal portadora triangular (V_{tri}):

- Si la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra TA^+ y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_o=V_{in}$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra TA^- y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_o=-V_{in}$).

En este circuito hay que tener en cuenta que los interruptores TA^+ y TA^- nunca van a estar abiertos a la vez, ni tampoco cerrados (se provocaría un cortocircuito). También hay que considerar que cuando el par (TA^+ y TB^-) está activado (ON), el par (TB^+ y TA^-) está desactivado (OFF), viceversa.

La Figura 3-20 muestra el comportamiento de este circuito.

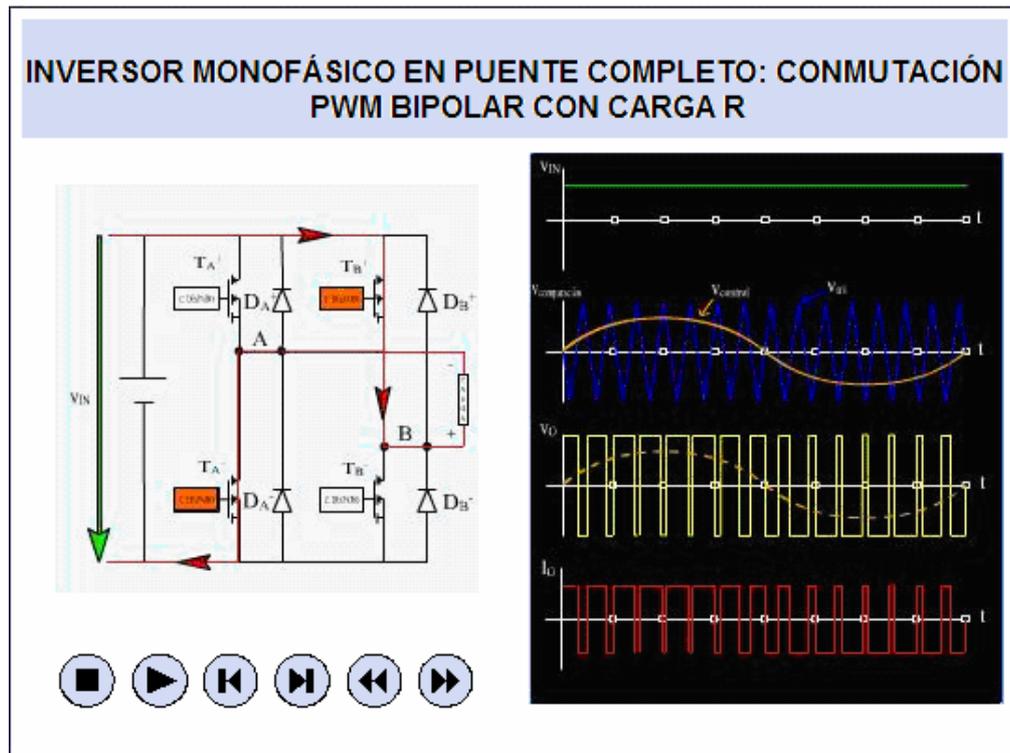


Figura 3-20. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo PWM bipolar carga R

3.3.2 INVERSOR MONOFÁSICO EN PUENTE COMPLETO. CONMUTACIÓN PWM UNIPOLAR: CARGA RESISTIVA

En el circuito de la Figura 3-21 se presenta el funcionamiento de un convertidor de corriente continua a corriente alterna en el que el control de los interruptores se realiza mediante conmutación unipolar (PWM).

En dicho circuito se compara una señal de control senoidal (V_{con}) con una señal portadora triangular (V_{tri}):

- Si la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra TA^+ y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_o = V_{in}$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra TA^- y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_o = -V_{in}$).

También se compara otra señal de control senoidal ($-V_{con}$) con la señal portadora triangular (V_{tri}):

- la señal de control es mayor que la señal triangular, se cierra T_{B^+} y la tensión en la carga es la tensión de entrada ($V_o=V_{in}$).
- Si la señal de control es menor que la señal triangular, se cierra T_{B^-} y la tensión es la tensión de entrada invertida ($V_o=-V_{in}$).

En este circuito hay que tener en cuenta, que los interruptores de cada una de las patas se controlan independientemente de los de la otra pata.

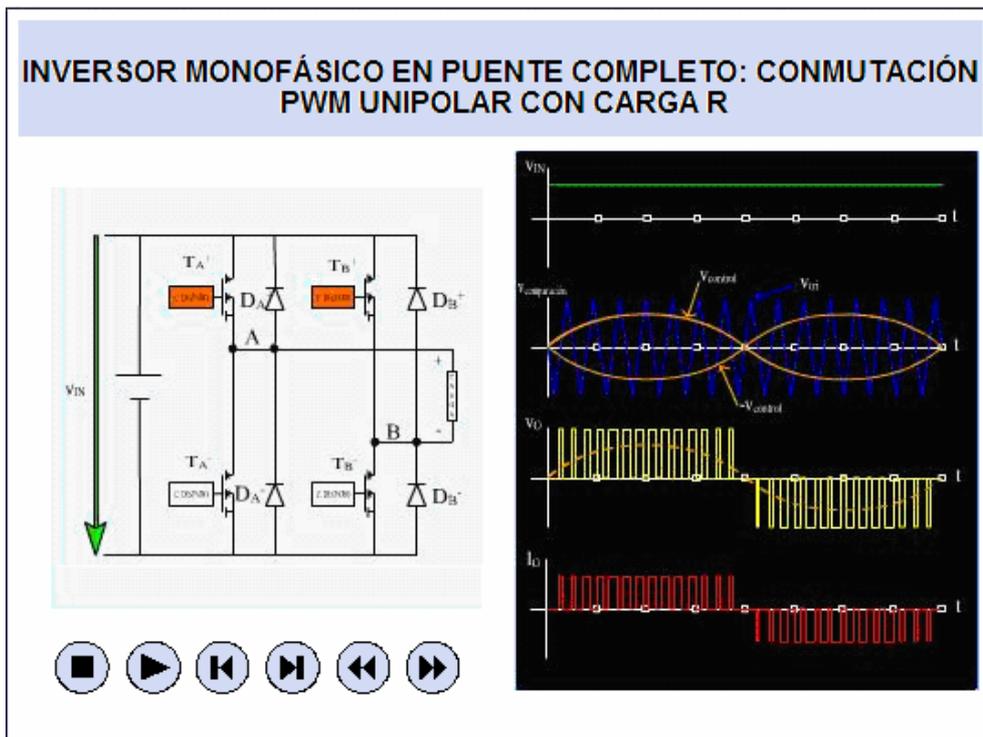


Figura 3-21. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo PWM unipolar carga R

3.3.3 INVERSOR MONOFÁSICO EN PUENTE COMPLETO. CONMUTACIÓN DE ONDA CUADRADA: CARGA RESISTIVA

Los modos de funcionamiento PWM unipolar y bipolar degeneran en onda cuadrada cuando la señal senoidal es tan grande que sólo corta a la triangular en los pasos por cero de la senoidal. Los interruptores, al igual que en la conmutación PWM, conmutan en pareja, siendo las parejas las formadas por (TA+, TB-) y (TA-, TB+). Los interruptores de una misma pareja se activan y desactivan a la vez. Cada pareja de interruptores está activada durante medio ciclo ($D=0.5$) de tal forma que si una de ellas está activada la otra se encontrará desactivada.

El principal inconveniente del empleo de onda cuadrada para gobernar el estado de los interruptores del inversor reside en la imposibilidad de controlar la magnitud de la tensión de salida. La única forma de poderla controlar es variando la magnitud de la tensión continua de entrada. La gran ventaja del empleo de la conmutación de onda cuadrada consiste en que cada interruptor cambia de estado dos veces por ciclo ($D=0.5$). Por ello su uso resulta de gran utilidad en aplicaciones de alta potencia, donde los semiconductores poseen tiempos de encendido y apagado elevados. Además, a menor número de conmutaciones por periodo la pérdida de potencia disminuye.

La Figura 3-22 muestra el funcionamiento de un convertidor cc/ca monofásico de puente completo con conmutación de onda cuadrada, alimentando a una carga resistiva. Puede observarse cómo se producen únicamente dos conmutaciones por ciclo, esto es, que cada pareja de interruptores estará activada 180° . Además, como la carga es resistiva la intensidad por la carga sigue la forma de onda de la tensión de salida, es decir, tendrán la misma polaridad, por lo que conducen siempre por los interruptores activados, nunca por los diodos en antiparalelo.

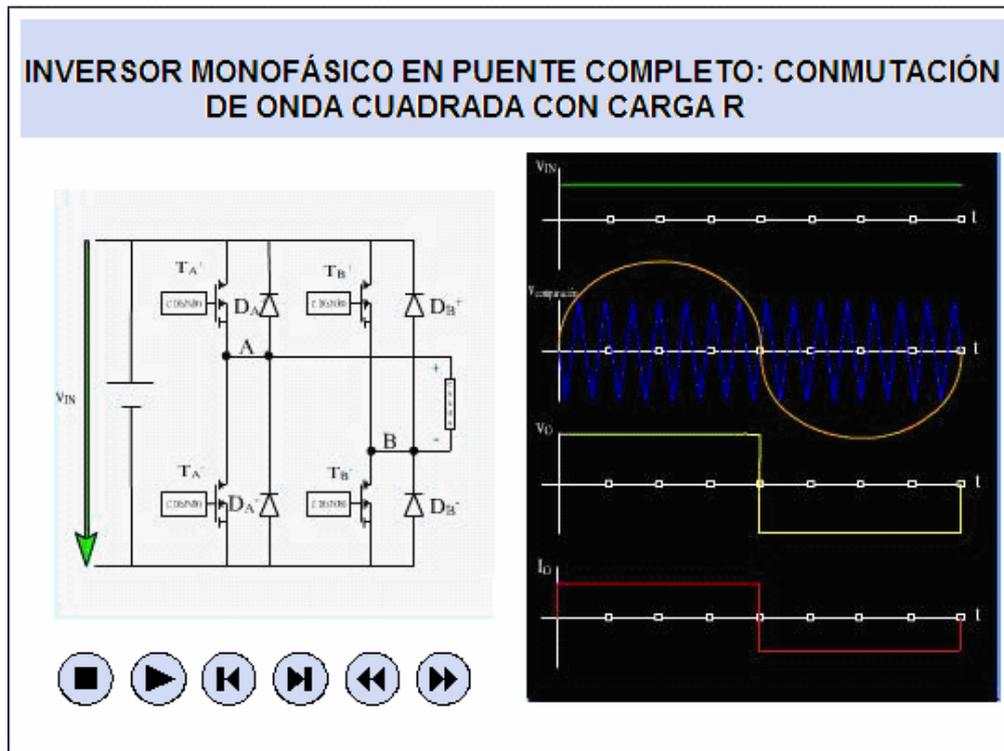


Figura 3-22. Película Flash Convertidor cc/ca en puente completo de onda cuadrada carga R

3.4 CONVERTIDORES AC/AC

3.4.1 CONVERTIDOR AC/AC MONOFÁSICO

BIDIRECCIONAL: CARGA RESISTIVA

En la Figura 3-23 se presenta un convertidor de tensión alterna monofásico con carga resistiva, en el que se utilizan tiristores como interruptores electrónicos para conectar y desconectar una carga a un generador de alterna a intervalos regulares. De esta forma se puede controlar la transferencia de potencia durante los dos semiciclos.

Durante el semiciclo de la señal de entrada, el tiristor T1 está polarizado en directa y el tiristor T2 está polarizado en inversa (los tiristores no pueden conducir simultáneamente). Una vez que se aplique la señal por puerta a través del circuito de disparo ($\omega t = \alpha$), el tiristor T1 conduce hasta que la corriente que lo atraviesa se hace nula.

Durante el semiciclo negativo de la señal de entrada, el tiristor T2 está polarizado en

directa y el tiristor T1 en inversa. Cuando se aplique la señal por puerta al tiristor T2 ($\omega t = \pi + \alpha$), este conducirá, proporcionando un camino para la corriente de carga negativa.

Si la tensión de la fuente es $v_s(\omega t) = V_s \sin \omega t$ entonces la tensión de salida es:

$$v_o(\omega t) \begin{cases} V_s \sin \omega t & \alpha < \omega t < \pi, \alpha + \pi < \omega t < 2\pi \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (3.27)$$

La Figura 3-23 muestra la película correspondiente a este circuito.

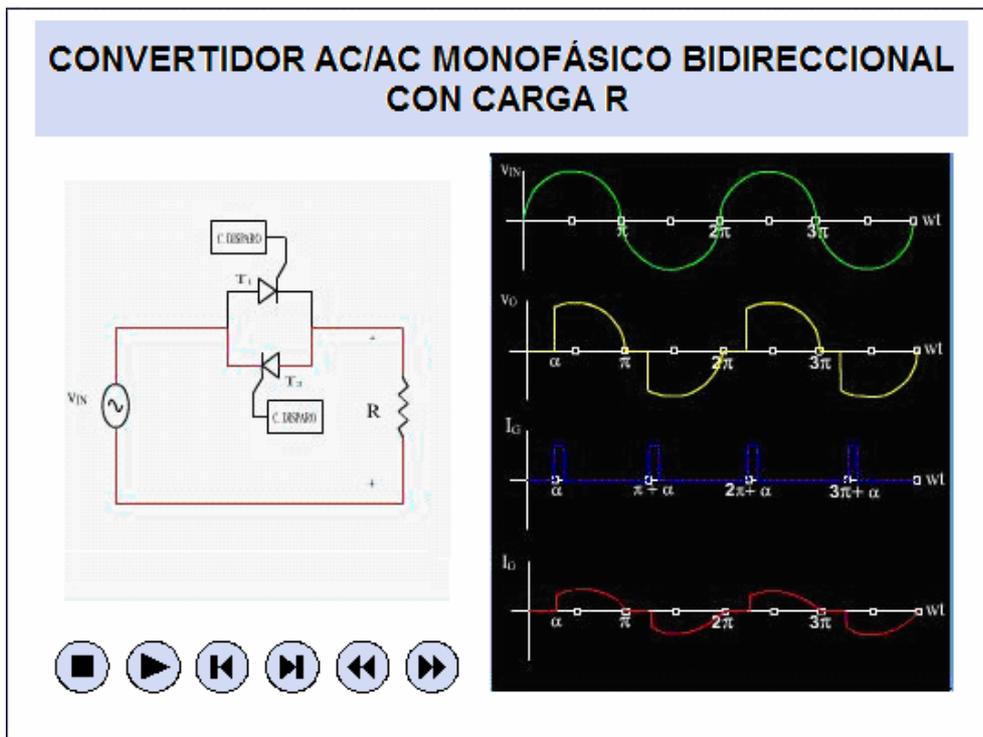


Figura 3-23. Película Flash Convertidor ac/ac monofásico bidireccional carga R

3.4.2 CONVERTIDOR MONOFÁSICO BIDIRECCIONAL: CARGA RESISTIVA E INDUCTIVA

En la Figura 3-24 se presenta un controlador de tensión alterna monofásico con carga resistivo-inductiva, donde la inductancia es de valor elevado. Este hecho implica que la corriente de carga sea constante, por lo tanto, se realiza en el modo de conducción continua

Durante el semiciclo positivo de la tensión de entrada se dispara el tiristor T1 y conduce la corriente de carga. Dada la inductancia del circuito, cuando la tensión de entrada empieza a ser negativa, en $\omega t = \alpha$, la corriente en el tiristor no se hace nula, sigue conduciendo hasta $\omega t = \beta$, siendo β el ángulo de extinción.

Para el semiciclo negativo de la señal de entrada, el tiristor T2 está polarizado en directa. Si se aplica una señal por puerta al tiristor T2 a través de su circuito de disparo en $\omega t = \pi + \alpha$, este conducirá y la corriente de carga será negativa.

Si se aplica la ley de Kirchhoff para las tensiones en el análisis del circuito, se obtiene la siguiente expresión:

$$V_s \text{sen}(\omega t) = Ri_o(t) + L \frac{di_o(t)}{dt} \quad (3.28)$$

Y la expresión de la corriente:

$$i(\omega t) = \left(\frac{V_s}{Z} \right) \left[\text{sen}(\omega t - \theta) - \text{sen}(\alpha - \theta) e^{(\alpha - \omega t)/\omega T} \right] \quad \text{para } \alpha \leq \omega t \leq \beta \quad (3.29)$$

$i(\omega t) = 0$ en otro caso

Donde:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right) \quad (3.30)$$

Cuando $\omega t = \beta$, la corriente se hace nula:

$$i(\beta) = 0 = \left(\frac{V_s}{Z} \right) \left[\text{sen}(\beta - \theta) - \text{sen}(\alpha - \theta) e^{(\alpha - \beta)/\omega T} \right] \quad (3.31)$$

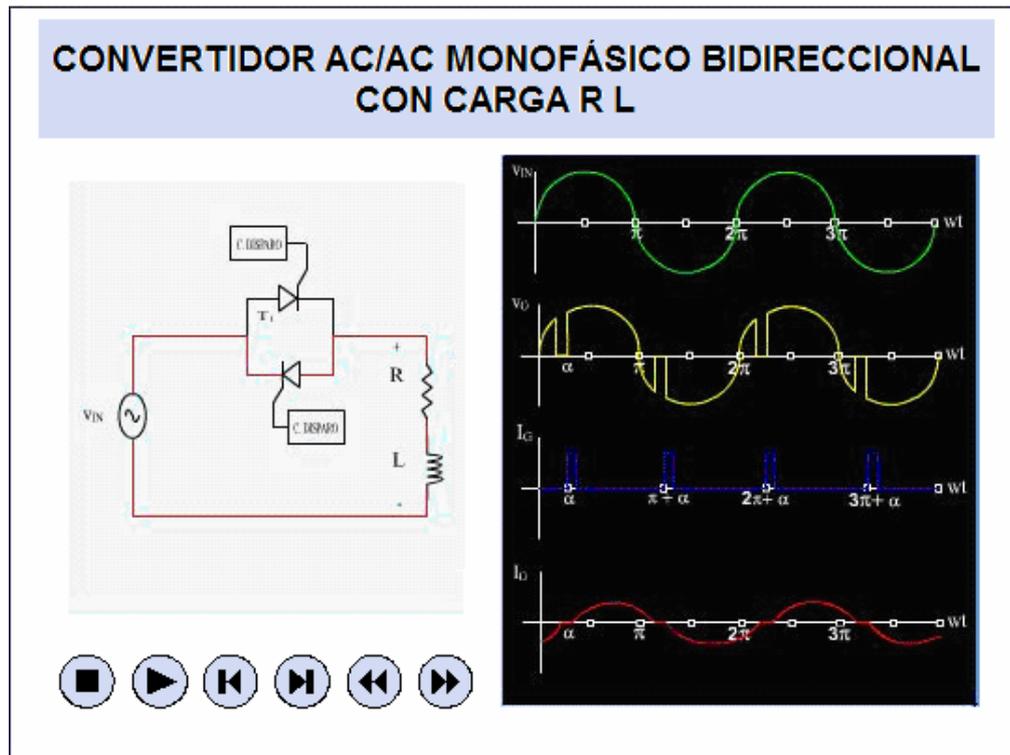


Figura 3-24. Película Flash Convertidor ac/ac monofásico bidireccional caga RL

CAPÍTULO 4: Conclusiones y Futuros desarrollos

4.1 CONCLUSIONES

Con este proyecto se ha creado una aplicación interactiva que servirá como complemento y apoyo al alumnado en el desarrollo de la asignatura Electrónica de Potencia, utilizando como soporte Internet, que por su gran difusión es el medio ideal para poder alcanzar los objetivos de este proyecto.

Se trata de un tutorial virtual, con libre acceso desde Internet, por lo que el alumno podrá utilizarlo mediante cualquier ordenador con conexión a Internet, pudiendo repasar las definiciones teóricas de los diferentes convertidores de potencia explicados en clase, analizando su funcionamiento de una forma interactiva mediante las animaciones Flash y comprobando las simulaciones Pspice de cada circuito para diferentes valores.

A la hora de realizar este proyecto se ha recurrido a ciertas aplicaciones del entorno Macromedia, como Macromedia Dreamweaver y Macromedia Flash. Además se ha utilizado el programa Pspice para realizar las simulaciones de los circuitos de potencia contenidos en este tutorial.

Para diseñar la Web se ha optado por utilizar Macromedia Dreamweaver MX, por su gran versatilidad, además de todas las herramientas que ofrece para la programación, ya sea en un entorno visual o mediante desarrollo del código.

El apartado más destacado del presente proyecto lo ocupan las películas flash, con las que se pueden ver animaciones de cada convertidor, y que han sido creadas mediante Macromedia Flash MX 2004, programa muy utilizado en el desarrollo de tutoriales, debido al alto grado de interactividad que ofrece y a la gran facilidad para integrarlo en una página Web.

Además, en este tutorial virtual se han introducido simulaciones de cada convertidor de potencia realizadas con el programa Pspice Student mediante su editor de texto, Pspice

AD, para que el alumno pueda ver el comportamiento de cada circuito ante diferentes valores de carga, ángulos de disparo, etc.

Destacar por último que con este proyecto se ha desarrollado una Web con una apariencia clara, sin un diseño demasiado complicado que pueda desviarnos del objetivo y el carácter pedagógico con el que se ha construido.

4.2 FUTUROS DESARROLLOS

La “Herramienta interactiva para uso didáctico en la asignatura de Electrónica de Potencia” creada con este proyecto no es rígida sino que está abierta a posibles cambios y mejoras en un futuro para completar la aplicación. Podemos sugerir las siguientes modificaciones:

- Creación de nuevas animaciones en las películas Flash que hagan alusión a otros circuitos de potencia no implementados en este proyecto fin de carrera.
- Implementar los circuitos de disparo de los circuitos de potencia implementados en este proyecto.
- Ampliación del número de opciones en los valores a escoger para la simulación en Pspice incluyendo nuevos parámetros.

CAPÍTULO 5: Bibliografía

- [1] Jiménez Redondo, N., Pozo Ruz, A.; Electrónica de Potencia. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Málaga; 2005.
- [2] Franklin D., Patton B.; Macromedia Flash 5!; Prentice Hall International; 2001
- [3] García Breijo, E.; Pspice: Simulación y Análisis de Circuitos Digitales Asistidos por Ordenador; Paraninfo; Madrid; 1996
- [4] Hart, D. W.; Electrónica de Potencia; Prentice Hall Internacional; 2001
- [5] Martínez Herrero, J.; Flash 5.0 (para Windows); Ediciones Anaya Multimedia; Madrid; 2001
- [6] Mohan, N., Undeland, T.M. y Robbins, W. P.; Power Electronics. Converters, Applications and Design; 2ª Edición; John Wiley & Sons; 1995
- [7] Peña Tresancos, J; Flash 5 Práctico. Guía de Aprendizaje; Osborne McGraw-Hill; 2002
- [8] Orós Cabello, J.L. Macromedia Flash MX 2004: curso práctico. Madrid: Rama, 2004
- [9] Zamora Izquierdo, M.A., Villalba Madrid, G., Problemas de electrónica con Orcad PSpice. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones, 2004
- [10] <http://www.aulaclie.es>
- [11] <http://asds.dacya.ucm.es/teresa/Electronica/practicas/manual.pdf>
- [12] <http://www.cadence.com/orcad>