

Orden del curso

Saturday, October 10, 2020 11:24 AM

- Curso LTSpice 1: Generalidades de SPICE
- Curso LTSpice 2: Interfaz, atajos y funcionamiento básico
- Curso LTSpice 3: Análisis transitorio en el dominio del tiempo (Transient analysis)
- Curso LTSpice 4: Punto de operación en CD (DC operating point)
- Curso LTSpice 5: Importar modelos y librerías
- Curso LTSpice 6: Configuración de fuentes de voltaje y corriente
- Curso LTSpice 7: Visor de formas de onda - Aritmética, valor medio y RMS
- Curso LTSpice 8: Importar subcircuitos
- Curso LTSpice 9: Pasos en corriente directa (DC sweep)
- Curso LTSpice 10: Análisis en corriente alterna (AC analysis) en el dominio de la frecuencia
- Curso LTSpice 11: Modificando modelos
- Curso LTSpice 12: Medición de potencia y referencias
- Curso LTSpice 13: Fuentes de comportamiento (Behavioral sources)
- Curso LTSpice 14: Fuentes dependientes
- Curso LTSpice 15: Creación de modelos no existentes a partir de librerías
- Curso LTSpice 16: Graficar función de transferencia (Salida/Entrada)
- Curso LTSpice 17: Simulación digital
- Curso LTSpice 18: Simulación con jerarquías
- Curso LTSpice 19: Simular funciones de transferencia en el dominio de Laplace
- Curso LTSpice 20: Transformadores
- Curso LTSpice 21: Interruptores controlados por voltaje
- Curso LTSpice 22: Efectos de la temperatura
- Curso LTSpice 23: Ejemplos didácticos de LTSpice
- Curso LTSpice 24: Simulaciones de Montecarlo

Videos de ejemplo:

- Ejemplo LTSpice: Análisis de circuito RLC
- Ejemplo LTSpice: Análisis de punto de operación de un amplificador con BJT
- Ejemplo LTSpice: Obtención de curvas de comportamiento de MOSFET
- Ejemplo LTSpice: Análisis en corriente alterna de filtro pasa-bandas de segundo orden
- Ejemplo LTSpice: Análisis en corriente alterna de par diferencial en tecnología CMOS de 600 nanómetros
- Ejemplo LTSpice: Diferencias de comportamiento de un BJT con distintos valores de beta
- Ejemplo LTSpice: Potencia en un amplificador de potencia clase D
- Ejemplo LTSpice: Amplificador operacional ideal con fuente de comportamiento
- Ejemplo LTSpice: MOSFET ideal con fuente dependiente
- Ejemplo LTSpice: Compuertas NOT, AND y NAND en tecnología CMOS
- Ejemplo LTSpice: Análisis de filtro ideal a partir de su función de transferencia
- Ejemplo LTSpice: Efectos de la temperatura en la ganancia de un amplificador CMOS

Curso LTSpice 1: Consideraciones generales de SPICE

Sunday, October 18, 2020 7:46 PM

Temario general:

- SPICE: Significado e historia
- Importancia de las simulaciones
- LTSpice
- Tipos de simulación posibles en LTSpice

Introducción:

Muy buenas a todos. Mi nombre es Rigoberto Ruíz Contreras. Este es el video número 1 del curso de LTSpice. En este video aprenderemos el significado de SPICE, su historia, la importancia del uso de simuladores en ingeniería, los usos del estándar SPICE y las generalidades del software LTSpice, como sus aplicaciones y los tipos de simulación que permite realizar.

SPICE: Significado e historia

SPICE es el acrónimo en inglés para *Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*. Lo cual puede ser traducido como Programa de Simulación con Énfasis en Circuitos Integrados. A pesar de que el nombre indica que este estándar está orientado a la simulación de circuitos integrados, SPICE es utilizado en multitud de software de propósito general.

SPICE fue desarrollado en la Universidad de California en Berkeley en el año de 1973. Es un software que se cataloga como "software libre y de código abierto", esto quiere decir que está licenciado de forma que cualquier usuario puede estudiar y modificar su diseño por medio de su código fuente. Esto permite que, en primer lugar, el software sea totalmente gratuito y, en segundo lugar, que el código fuente sea utilizado para crear software secundarios que nos permitan agregar variedad de utilidades, como explotaremos más adelante.

Importancia de las simulaciones

En ámbitos industriales, el tiempo es dinero. Debido a esto, las simulaciones comenzaron a formar parte vital en el proceso de desarrollo de sistemas electrónicos, ya que estas permiten prevenir fallos de forma relativamente sencilla. A partir de aquí, SPICE comenzó a utilizarse ampliamente por medio de multitud de softwares basados en este estándar.

LTSpice

Uno de los software basados en el estándar SPICE más prometedores de la actualidad es LTSpice. LTSpice también es un software totalmente libre, ofrecido por Linear Technology, como su nombre lo indica. Este software es un simulador electrónico de alto rendimiento y propósito general. Incluye una interfaz gráfica de captura de esquemáticos y un visor de formas de onda. Ambas serán exploradas a lo largo de este curso.

Curso LTSpice 2: Interfaz, atajos y funcionamiento básico

domingo, 25 de octubre de 2020 19:15

A lo largo de este video se mostrarán las distintas secciones en las que está dividida la interfaz gráfica de LTSpice, así como sus respectivos atajos para mejorar el flujo de trabajo.

Entre las secciones, encontraremos:

- Archivo y ajustes (Crear esquema, abrir esquema, guardar, ajustes)
- Simulación (Correr simulación, detener simulación)
- Vista (Zoom +, Zoom -, Zoom Fit)
- Otros (Cortar, copiar, pegar, buscar)
- Esquemático:
 - Dibujar
 - Tierra
 - Nodo
 - Resistencia
 - Capacitor
 - Inductor
 - Diodo
 - Componente
 - Mover
 - Jalar
 - Rotar
 - Espejo
 - Texto (comentarios)
 - Directiva SPICE (comando)

Las opciones mencionadas anteriormente, se habilitarán o deshabilitarán de acuerdo a la sección de edición en la que nos encontremos (esquemático, componentes o formas de onda).

También se abordarán las etiquetas de notación ingenieril, así como una lista de atajos y directivas que podrían resultar útiles para el adecuado desarrollo de este curso.

LTSpice_ShortcutFlyer:

https://drive.google.com/file/d/1xAPKRW2ZVT24WbO4cJY6_UWDUaGdYesv/view?usp=sharing

Curso LTSpice 3: Análisis transitorio en el dominio del tiempo (Transient analysis)

domingo, 25 de octubre de 2020 19:30

A lo largo de este video se explorará la simulación transitoria (en el dominio del tiempo) en LTSpice. El ejemplo a utilizar será un circuito RC simple, en el que se verá la curva exponencial de carga a lo largo del tiempo.

Se aprenderán a generar condiciones iniciales en capacitores (aunque esto también aplicará para inductores), se medirá voltaje y corriente en este análisis y se hará uso de los cursores para realizar mediciones específicas en las formas de onda.

Además de esto, se configurarán las separaciones temporales y de magnitud en las gráficas para hacer más amena la medición de las señales.

Por último, se hará una revisión rápida del Netlist de SPICE, el cual, es un archivo de texto plano que incluye las interconexiones de los componentes y los comandos que SPICE interpretará para devolvernos información, en este caso, las formas de onda.

Curso LTSpice 4: Punto de operación en CD (DC operating point)

domingo, 25 de octubre de 2020 19:41

En este video aprenderemos a realizar simulación del tipo **DC Operating Point**, que puede ser traducido al castellano como **Punto de Operación en CD**.

Este tipo de simulación supone un tiempo infinito hasta la medición de las variables del circuito, por lo que las capacitancias serán tratadas como circuitos abiertos (los capacitores estarán completamente cargados) y las inductancias como corto circuitos (los inductores estarán completamente cargados).

La simulación del tipo Punto de Operación en CD extraerá una tabla en forma de texto plano en la que podremos visualizar el voltaje en cada uno de los nodos, así como la corriente a través de cada uno de los componentes declarados en el circuito.

Cabe destacar que en este tipo de simulación será importante prestar atención al nombre de las terminales de cada componente, para así obtener valores de corriente acordes (en dirección) a lo que busquemos.

Curso LTSpice 5: Importar modelos y librerías

lunes, 26 de octubre de 2020 18:55

En este video se explorará nuevamente la simulación transitoria. Se analizará el funcionamiento de un rectificador de medio puente con filtro capacitivo. La peculiaridad de este circuito será que los diodos del rectificador serán obtenidos de un modelo "real" de un dispositivo comercial.

Se aprenderá a descargar, importar y utilizar modelos y librerías que no se encuentran por defecto en LTSpice. Además, se analizará la librería a utilizar para entender algunos conceptos de SPICE.

Modelo utilizado (1N4007):

<https://drive.google.com/file/d/18IHS7pPiEgVk8M7XDzMFFMImfwyn4Rk/view?usp=sharing>

Curso LTSpice 6: Configuración de fuentes de voltaje y corriente

lunes, 26 de octubre de 2020 19:00

A lo largo de este video se aprenderá a configurar (advanced configuration) fuentes de voltaje y corriente en LTSpice. Se generarán señales de voltaje y corriente senoidales, cuadradas, triangulares, dientes de sierra, entre otras.

La configuración de las señales se hará por medio de los parámetros disponibles en la configuración avanzada de una fuente de voltaje/corriente, las cuales son:

- Voltaje inicial (Vinitial) [V]
- Voltaje de encendido (Von) [V]
- Retraso de la señal (Tdelay) [s]
- Tiempo de flanco de subida (Trise) [s]
- Tiempo de flanco de bajada (Tfall) [s]
- Tiempo de encendido (Ton) [s]
- Tiempo de periodo (Tperiod) [s]
- Número de ciclos (Ncycles)

Curso LTSpice 7: Visor de formas de onda - Aritmética, valor medio y RMS

lunes, 26 de octubre de 2020 19:05

En este video reutilizaremos el circuito del video 5 del curso "Importar modelos y librerías" para explorar la aritmética en el visor de formas de onda, así como la medición de los valores medio y RMS.

Curso LTSpice 8: Importar subcircuitos

lunes, 26 de octubre de 2020 19:09

En este video aprenderemos a importar subcircuitos a partir de librerías. Los subcircuitos son un caso especial de importación de librerías, por lo que requerirán un proceso distinto a la importación de otros componentes.

Será importante revisar el modelo del archivo .lib para asegurarnos de que el orden de las terminales de este concuerde con el modelo del símbolo utilizado en la vista de esquemáticos.

Modelo utilizado:

<https://drive.google.com/file/d/1KTFBEWmUcVABiESq87rMLxrYzmVNSjk4/view?usp=sharing>

Curso LTSpice 9: Pasos en corriente directa (DC sweep)

martes, 27 de octubre de 2020 09:29

A lo largo de este video aprenderemos a realizar simulaciones de pasos en corriente directa (DC Sweep)

La simulación de pasos en corriente directa nos permitirá generar múltiples datos de simulación, uno por cada paso que configuremos. Los pasos serán variaciones en fuentes de corriente directa, ya sean de voltaje o de corriente.

Estos pasos se realizan a partir de un punto y hasta otro punto, ambos serán configurados por el usuario. Los pasos pueden ser en una escala lineal, por décadas, por octavas o por medio de una lista de valores definidos.

Los datos obtenidos a partir de esta simulación serán formas de onda de la variación de las variables del circuito respecto a la variación de las fuentes configuradas. Se pueden variar hasta dos fuentes a la vez.

Se hará un ejemplo con un diodo rectificador en el que se variará el voltaje aplicado a este desde 0V hasta un punto donde comience a conducir corriente.

El segundo ejemplo será para obtener las curvas de comportamiento de un BJT. En este se variará la corriente de base y el voltaje colector-emisor.

Curso LTSpice 10: Análisis en corriente alterna (AC analysis) en el dominio de la frecuencia

martes, 27 de octubre de 2020 09:39

En este video se verá la forma en la que podremos realizar análisis en corriente alterna en LTSpice. Este tipo de simulación es una de las más útiles, debido a la gran información que aporta con una sola gráfica.

Este análisis procesa el comportamiento del circuito a una señal arbitraria de corriente alterna (la cual será la entrada) con el circuito polarizado en su punto de operación de CD y nos muestra su respuesta en un diagrama de Bode, un diagrama de Nyquist o un diagrama cartesiano.

La simulación puede ser en décadas, octavas, lineal o a partir de una lista. Se seleccionará una frecuencia de inicio y una de final.

La gráfica obtenida tendrá dos formas de onda: una discontinua y una continua. La primera representará la fase y la segunda la ganancia.

En la gráfica obtenida podemos seleccionar si queremos una representación en diagrama de Bode de forma lineal, logarítmica o en decibelios. Además, podemos seleccionar si graficar la fase en grados o en retraso (segundos).

Curso LTSpice 11: Modificando modelos

martes, 27 de octubre de 2020 10:24

A lo largo de este video aprenderemos a realizar modificaciones a los parámetros de componentes de modelos de librerías dados. El ejemplo que se utilizará será la modificación de un transistor BJT NPN 2N2222. Se variará el valor de la beta del transistor, de forma que las variables del circuito también cambiarán, para una misma configuración de polarización.

Fuente relevante:

http://ltwiki.org/index.php?title=Q_Bipolar_transistor

Curso LTSpice 12: Medición de potencia y referencias

martes, 27 de octubre de 2020 21:17

A lo largo de este video se aprenderá a manejar la referencia de medición de voltaje y se verá la manera "simple" en la que es posible medir la potencia activa en simulaciones transitorias.

Curso LTSpice 13: Fuentes de comportamiento (Behavioral sources)

miércoles, 28 de octubre de 2020 10:12

Hay multitud de ocasiones en que necesitamos comprobar que el circuito que estamos probando actúa de acuerdo a los fundamentos teóricos que conocemos. Regularmente, los circuitos pueden modelarse con expresiones matemáticas específicas.

Ahí es donde entran las fuentes de comportamiento. Este tipo de fuentes nos ofrecen una salida que dependerá de la expresión matemática que le indiquemos.

Las expresiones matemáticas pueden estar en el dominio del tiempo, como es común, o bien, en el dominio de Laplace. En este video aprenderemos a manipular fuentes de comportamiento con expresiones en el dominio del tiempo y realizaremos una comparación de su respuesta obtenida realizando las operaciones con amplificadores operacionales.

El ejemplo a utilizar será un modulador AM simple.

Curso LTSpice 14: Fuentes dependientes

miércoles, 28 de octubre de 2020 10:38

Las fuentes dependientes son componentes sumamente utilizados en análisis de circuitos. Estas nos permiten modelar multitud de dispositivos complejos de forma simple.

SPICE permite cuatro tipos fundamentales de fuentes dependientes:

- Fuente de voltaje dependiente de voltaje
- Fuente de voltaje dependiente de corriente
- Fuente de corriente dependiente de corriente
- Fuente de corriente dependiente de voltaje

Para manipular las variables que permitirán la dependencia se suelen utilizar fuentes auxiliares.

A lo largo de este video aprenderemos a manejar los cuatro tipos de fuentes dependientes disponibles en SPICE.

Curso LTSpice 15: Creación de modelos no existentes a partir de librerías

miércoles, 28 de octubre de 2020 10:41

Existen multitud de componentes electrónicos. Algunos suelen ser combinaciones de más de un componente simple. Debido a esto, es imposible que existan modelos esquemáticos para todos ellos. A pesar de esto, a partir de una librería (archivo de texto) podemos generar archivos esquemáticos configurados de acuerdo a nuestras necesidades.

En este video aprenderemos a generar estos componentes. Más adelante en el curso, los utilizaremos como cualquier otro componente.

Curso LTSpice 16: Graficar función de transferencia (Salida/Entrada)

miércoles, 28 de octubre de 2020 10:46

El tipo de simulación más común es el análisis transitorio. Regularmente buscamos ver el cambio de las variables a lo largo del tiempo. Sin embargo, no siempre es lo que buscamos.

La simulación transitoria de SPICE nos permite graficar nuestras variables respecto la variación de otra variable, en lugar del tiempo. Esto es sumamente útil cuando buscamos, por ejemplo, la función de transferencia de nuestro circuito.

A lo largo de este video aprenderemos a graficar variables del circuito respecto a otras variables del mismo.

Curso LTSpice 17: Simulación digital

miércoles, 28 de octubre de 2020 10:54

Hasta este momento, en este curso, hemos analizado circuitos enteramente analógicos. Llegó el momento de incluir componentes únicamente digitales a las simulaciones.

Para esto, LTSpice cuenta con componentes digitales ideales (sin componentes parásitos) de lógica transistor-transistor (TTL). Estos pueden ser utilizados para crear circuitos tanto simples, como sumamente complejos.

Entre los componentes, encontramos los básicos de circuitos secuenciales como combinacionales. Estos son:

- Buffer
- NOT
- AND
- OR
- XOR
- XNOR
- NAND
- NOR
- FFD
- FFT

Curso LTSpice 18: Simulación con jerarquías

miércoles, 28 de octubre de 2020 11:26

En ocasiones, los circuitos terminan siendo grandes y complejos. Algunas secciones se hacen repetitivas o contienen secciones idénticas. En estos casos, los circuitos divididos en jerarquías serán de gran utilidad.

LTSpice permite generar componentes y circuitos jerárquicos. Esto hará de nuestras simulaciones más amenas y útiles.

A lo largo de este video aprenderemos a generar circuitos en jerarquías y a realizar simulaciones a partir de estos.

Curso LTSpice 19: Simular funciones de transferencia en el dominio de Laplace

miércoles, 28 de octubre de 2020 12:24

Una de las formas más comunes de modelar circuitos eléctricos es utilizar Transformada de Laplace para pasar las relaciones en el dominio del tiempo al dominio de Laplace.

En LTSpice hay formas de simular los comportamientos de una función en el dominio de Laplace utilizando fuentes de comportamiento.

En este video aprenderemos a utilizar fuentes de comportamiento con funciones en el dominio de Laplace.

Curso LTSpice 20: Transformadores

miércoles, 28 de octubre de 2020 12:26

A lo largo de este video aprenderemos a simular transformadores en LTSpice. La simulación se realiza a partir de dos o mas inductancias y una directiva de SPICE que las relaciona.

Se aprenderá a obtener la relación entre el voltaje a partir de la relación entre las inductancias asociadas al transformador y se verá la utilidad de la generación de la marca de polaridad.

Curso LTSpice 21: Interruptores controlados por voltaje

miércoles, 28 de octubre de 2020 12:36

Los interruptores controlados por voltaje son otra herramienta de LTSpice que nos permitirá simular componentes ideales.

Estos dispositivos, de acuerdo a una entrada de voltaje, permitirán la conducción de corriente o no.

Esto será sumamente útil cuando busquemos simular el efecto de un transistor funcionando como interruptor de forma ideal.

También podemos agregar algunos efectos parásitos, como la resistencia de encendido o la resistencia de apagado y se podrá seleccionar el voltaje necesario para generar la conducción.

Estos interruptores, junto con fuentes de voltaje configuradas específicamente para esto, pueden ser útiles como interruptores simples de encendido y apagado en nuestras simulaciones.

La variedad de aplicaciones dependerá de las necesidades del circuito a implementar.

Curso LTSpice 22: Efectos de la temperatura

jueves, 29 de octubre de 2020 12:31

LTSpice permite generar simulaciones con variaciones de temperatura. Esto es sumamente útil porque los circuitos deben ser probados en distintas condiciones para ser aprobados a la producción en masa.

La temperatura afectará de una u otra forma a uno o más componentes del circuito, por lo que, también serán afectadas las variables de este.

En este video aprenderemos a realizar simulaciones con efectos de la temperatura incluidos. Utilizaremos un ejemplo de la polarización de un transistor NMOS y veremos los cambios que presenta a las variaciones de temperatura.

Curso LTSpice 23: Ejemplos didácticos de LTSpice

jueves, 29 de octubre de 2020 12:47

LTSpice ofrece ejemplos didácticos incorporados en la instalación. En ellos encontraremos ejemplos desde simulaciones muy básicas, hasta circuitos complejos y grandes, esto, con el enfoque en que veamos las capacidades del software.

En este video exploraremos algunos de ellos, de forma que el espectador genere interés en explorar más las capacidades de LTSpice.

Curso LTSpice 24: Simulaciones de Montecarlo

jueves, 29 de octubre de 2020 12:55

La simulación de Montecarlo es un método estadístico que se basa en la generación de variables aleatorias.

En LTSpice este método puede ser usado para crear simulaciones con valores de tolerancia generados aleatoriamente.

Como sabemos, la mayoría de los componentes electrónicos, sobre todo los pasivos, tienen un porcentaje de tolerancia. En algunos circuitos esto será vital para asegurar el funcionamiento del sistema. Debido a esto, será importante realizar simulaciones de este estilo antes de comenzar con la producción de los circuitos.

En este video aprenderemos a realizar simulaciones de Montecarlo a partir del ejemplo didáctico incorporado en LTSpice.