

Prácticas tema 1.5 Simulación de diferentes modelos de cables

Objetivo

Estudiar el comportamiento de las líneas de transmisión para distintos tipos de cables (fundamentalmente resistivos, resistivos-capacitivos, y capacitivos-inductivos)

¿Qué hay que hacer?

Los cables reales presentan resistencia (R), inductancia (L), capacidad (C) y conductancia (G). Todos estos elementos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la longitud del cable, y la ecuación que se obtiene al distribuir uniformemente los 4 parámetros no tiene una solución inmediata. Por esta razón es necesario utilizar **modelos** para estudiar el comportamiento de las interconexiones.

Por otra parte, dependiendo de las dimensiones de la interconexión (o línea de transmisión), del material con el que se realiza y del tipo de corriente que conduce, pueden utilizarse distintos modelos que se adaptan bastante bien al modelo real de comportamiento. En esta práctica se utilizará PSpice para simular el comportamiento los **4 tipos** de líneas de transmisión vistos en clase:

- 1.- El **resistivo** (cables cortos que conducen corriente continua. Sólo se considera su R)
- 2.- El **capacitivo-inductivo** (líneas largas y anchas fuera del chip $R=G=0$)
- 3.- El **resistivo-capacitivo** (líneas cortas dentro del chip $G=0, L\approx 0$)
- 4.- El **capacitivo-inductivo con atenuación** (igual que el 2 pero con algo de resistencia)

Para cada uno de estos tipos de cables, caracterizados por el valor de R, C, L y G, utilizaremos los modelos dados por PSPICE, que son 3:

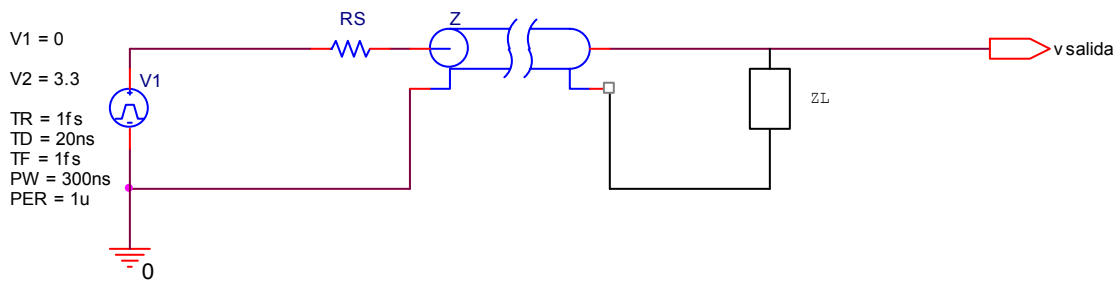
- 1.- El modelo ideal (sin resistencia)
- 2.- El modelo discreto
- 3.- El modelo distribuido

Nota: No todos los modelos pueden utilizarse con los 4 tipos de cables. Por ejemplo, el modelo ideal no tiene resistencia, y por tanto no puede utilizarse con el cable resistivo ni con el cable con atenuación. El alumno debe decidir qué modelos de cables pueden utilizarse para cada tipo.

Se pretende que el alumno compare los resultados obtenidos para un mismo tipo de línea de transmisión con los diferentes modelos dados por PSPICE y con la teoría vista en clase. En la memoria debe razonarse, según los resultados obtenidos, qué modelos se adaptan a cada tipo de conexión y cuales no deben usarse.

Desarrollo

Utilizaremos un circuito como el de la siguiente figura para simular el comportamiento de un cable.



Los parámetros que utilizaremos para caracterizar las diferentes líneas de transmisión a simular son:

a.- **Línea resistiva** (cables cortos que conducen corriente continua)

Supondremos una línea de aluminio de 0.3μ de lado que sirve para alimentar un circuito a 2.5V

- Simular para Longitud $\in [1\mu\text{m}, 10\text{mm}]$ (definir la longitud como parámetro)
- $\rho_{\text{alum}}=300\Omega/\text{mm}$
- La entrada debe ser una fuente de intensidad en lugar de voltaje
- $I=0.5\text{ mA}$ $R_s=0\Omega$
- $C=0.12\text{nF/m}$
- $L=0.3\mu\text{H/m}$
- La carga será una resistencia de valor $Z_L=1\text{K}$

Medir la caída de potencial en el otro extremo de la línea. Razonar los resultados e indicar qué problemas pueden generarse.

Comparar los resultados sustituyendo la línea de transmisión por los de una resistencia con un valor igual a la resistencia total de la línea.

b.- **Línea capacitiva-inductiva** (líneas largas y anchas fuera del chip)

Supondremos un cable coaxial que utiliza como dieléctrico el teflón

- Longitud de la línea: 24 metros.
- $R=0.1\Omega/\text{m}$
- $G=0$
- $C=100\text{pF/m}$
- $L=0.22\mu\text{H/m}$

La simulación debe repetirse para los valores siguientes de Z_L

- 1.- Igual a la impedancia de la línea
- 2.- Doble que la impedancia de la línea
- 3.- Infinita (o muy grande cuando el modelo de Spice no lo permita)

c.- **Línea resistiva-capacitiva** (líneas cortas dentro del chip)

Supondremos una línea aluminio de 0.47μ de lado con las siguientes características

- Longitud $\in [1\mu\text{m}, 10\text{mm}]$ (definir la longitud como parámetro)
- $\rho=0.12\Omega/\mu\text{m}$
- $C=0.16\text{fF}/\mu\text{m}$
- $L=0.28\mu\text{H/m}$
- $R_s=50\Omega$
- Z_L un condensador de valor $C=0.12\text{pF}$

- Vin función escalón

La simulación debe compararse también con un modelo discreto RC diseñado por el alumno (no el modelo discreto de Spice) donde R es la resistencia total de la línea y C la capacidad total de la línea.

d.- **Línea capacitiva-inductiva** con atenuación

Supondremos la misma línea que en el caso b pero con R variable entre $0.1\Omega/m$ y $100\Omega/m$.

Modelos PSpice

A- Modelo ideal de PSpice

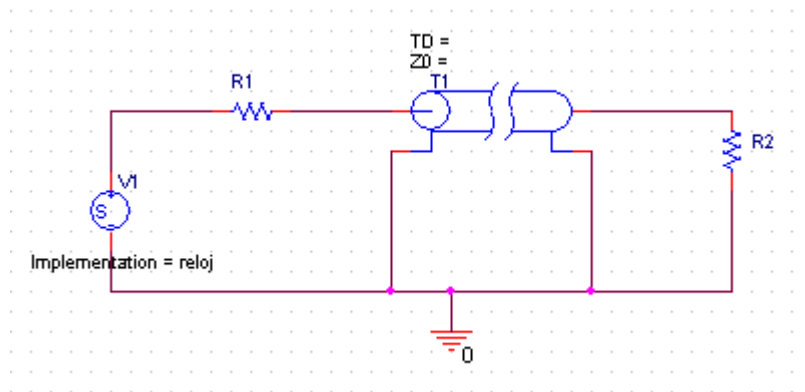
Se corresponde con el modelo **capacitivo-inductivo** visto en clase (es decir es una línea que no tiene resistencia), y se considera que se comporta como un cable ideal donde la onda se mueve con una velocidad igual a la de la luz en el medio. El componente utilizado (denominado “T”) se encuentra en la biblioteca “Analog”. Basta añadir dicha biblioteca, si no lo estuviese ya, y añadir el elemento indicado. En lugar de proporcionar los valores de L y C, hay que indicarle dos parámetros: el tiempo de retardo (t_d) y la impedancia total de la línea (Z_0)

Estos parámetros se calculan a partir de L y C según las siguientes fórmulas

$$c_{\text{medio}} = 1/\sqrt{LC}$$

$$t_d = \text{Long}/c_{\text{medio}}$$

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

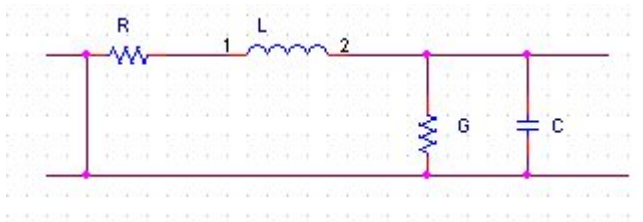


- **Modelo discreto de PSpice**

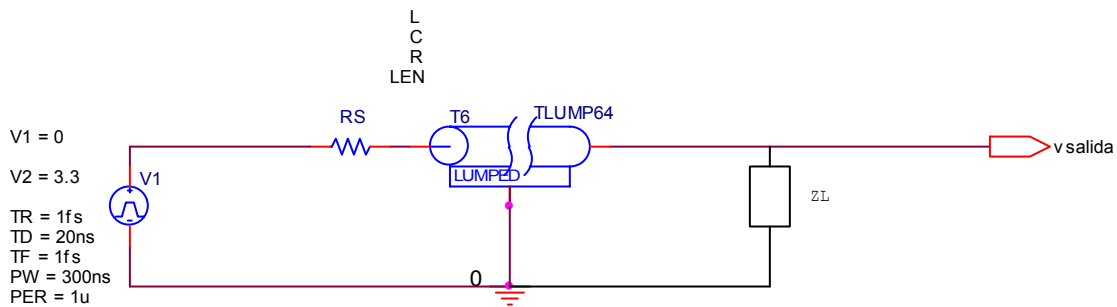
El modelo discreto supone que una línea de transmisión puede ser representada por una serie de pequeños segmentos compuestos de una resistencia y un inductor en serie junto a una capacidad y una conductancia en paralelo. Cuanto mayor es el número de segmentos, más se aproxima al modelo distribuido. PSpice proporciona varios modelos discretos que tienen desde un único segmento (“TLUMP1”) hasta 128 (“TLUMP128”).

Para conseguir un resultado con la suficiente precisión, necesitamos utilizar un modelo con un alto número de segmentos, lo que incrementa el tiempo de ejecución. En

nuestra simulación usaremos el modelo “TLUMP64”, de la biblioteca Tline.olb, que incluye 64 elementos discretos como el descrito:



Y el circuito a simular será:



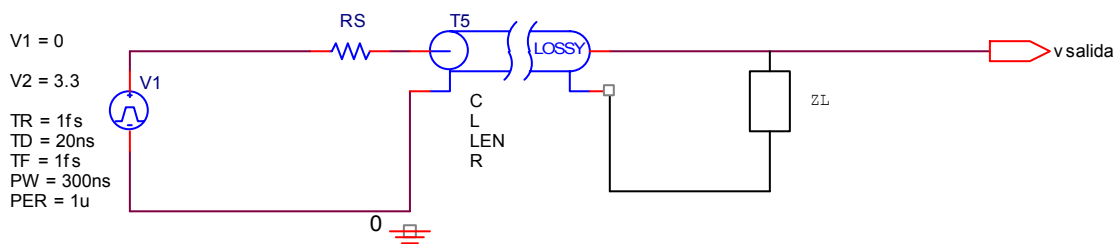
Puede utilizarse algún otro modelo con menos elementos, por ejemplo 2, y comparar los resultados con este.

- Modelo distribuido

La respuesta se calcula usando respuestas a impulsos, y solucionando la ecuación diferencial para una línea LRC.

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = R * G * V + (R * C + L * G) \frac{\partial V}{\partial t} + L * C * \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}$$

De esta forma se ofrece una mayor precisión que en el modelo discreto. En este modelo se hacen aproximaciones sobre R y G, considerándolas muy pequeñas (como en el modelo con atenuación visto en clase). Por eso para valores grandes de R este modelo, además de tardar mucho, da resultados erróneos, ya que utiliza un desarrollo de Taylor (o similar) que sólo es válido para valores pequeños de R. Sólo utilizar el modelo distribuido para los casos donde $R/L < 10^{10}$.



El componente a utilizar, TLossy, también se encuentra en la biblioteca Analaog.olb. Podremos definir todos los parámetros (L, C , R, G) en el “Editor de Propiedades”.

Ayuda: Utilización de PSpice para Windows

1. Para comenzar la aplicación, abrir “Capture” del grupo “Orcad Family Release”.
2. Seleccionar “New Project” del menú File
3. Escribir el nombre del proyecto a crear, así como el directorio donde lo crearemos. Debemos seleccionar la opción “Analog or Mixed A/D” entre las diferentes posibilidades existentes. Podemos crear el proyecto a partir de otro anterior o definirlo nosotros por completo.
4. Debe aparecer la ventana de edición, que es donde deberemos realizar nuestros diseños.
5. Para añadir un nuevo componente al diseño, usaremos la opción “Part” del menú “Place” (Shift-P). Añadiremos las bibliotecas necesarias hasta dar con el componente deseado y lo añadiremos a la hoja actual
6. Para añadir la tierra común debemos escoger la opción “Ground” del mismo menú; posteriormente seleccionaremos la componente “0” de la biblioteca “source.olb”
7. Todas las bibliotecas usadas deben encontrarse en el directorio “pspice”, que es el que aparece por defecto la primera vez que queremos añadir una nueva.
8. Una vez realizado el diseño completo, debemos crear el “Perfil de simulación” que deseamos (sólo si es la primera vez que simulamos el diseño actual). Para ello usaremos la opción “New simulation profile” del menú Pspice. Una vez creada, la editaremos indicando el tipo de simulación deseada (DC, AC, temporal...)
9. Para simular el diseño con todas las opciones ya especificadas, seleccionaremos “Run” del menú “Pspice” (F11). Entonces aparecerá la ventana de resultados de PSpice, a la espera de que le indiquemos qué valores queremos representar. Esto puede realizarse de dos maneras diferentes:
 - a.- En la misma ventana de Capture, con la opción “Markers” del menú Pspice, podremos colocar marcadores que indiquen qué magnitud y en qué punto del circuito queremos representar.
 - b.- O bien, dentro del entorno de Spice, con la opción “Add trace” seleccionar el dato deseado.

Valores parametrizados

PSpice permite parametrizar los valores de los diferentes componentes de nuestro diseño para luego realizar simulaciones para diferentes valores de dichos componentes. Para ello, hay que instanciar un elemento llamado “**Param**” de la biblioteca “special.olb”. Lo situaremos en cualquier lugar de nuestra hoja de diseño. Haciendo doble clic sobre el objeto, veremos la ventana de propiedades. Por cada parámetro que queramos añadir a nuestro diseño deberemos incluir una nueva propiedad con el nombre de dicho parámetro. (Botón “New Row”).

Ahora debemos ligar el valor del elemento a parametrizar con el parámetro recién creado. Por ejemplo si queremos que un condensador tenga una cierta capacidad C_b , en primer lugar crearemos un parámetro con ese nombre y el valor que queramos. Posteriormente estableceremos el valor del condensador como $\{C_b\}$, esto es, el nombre del parámetro entre llaves. (para indicar el valor de un elemento del circuito simplemente debemos hacer doble clic sobre el valor que figure en ese momento). A la hora de realizar la simulación, indicaremos el nombre del parámetro creado y los valores entre los cuales queremos que sea simulado. (En la opción de “Parameters” y el cuadro de texto “Global Parameters”).