

Ingeniería Técnica de Sistemas Electrónicos.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y de Telecomunicación.

Electrónica Digital I.

Se valorará la corrección del trabajo así como la presentación del mismo. La presentación puede hacerse a mano o por ordenador. Deben entregarse también los ficheros de Circuito Maker generados para realizar la práctica, y mostrar personalmente que funcionan de forma correcta.

Incluir una referencia al tiempo utilizado para hacer todo el trabajo (resolución y presentación), y el trabajo realizado por cada miembro del grupo indicando el tanto por ciento del trabajo total y las tareas realizadas.

Trabajo nº 4:

Dado el siguiente circuito TTL: (VER HOJA POR GRUPO)

- Encontrar la hoja de características y el esquema circuital (transistores, resistencias, diodos, etc) del circuito. Es relativamente sencillo encontrar estos datos en Internet usando la referencia del circuito en manuales del fabricante Texas Instruments.

- Simular el circuito mediante Circuit Maker en modo analógico. Editar el esquema del circuito con dispositivos de Circuit Maker, teniendo en cuenta que un diodo se debe formar con un transistor BJT con sus terminales BC cortocircuitados que operan como ánodo, siendo el terminal E el cátodo. Un transistor Schottky se forma con un transistor BJT situando un diodo Schottky entre los terminales B y C. Un transistor multiemisor puede construirse con dos transistores en paralelo que tiene conectados juntos sus terminales B y sus terminales C pero los terminales E están conectados a entradas distintas.

Los modelos SPICE a utilizar para los transistores y diodos son:

Transistor Bipolar:

```
.model grupoNPN NPN (ISE=1E-16 ISC=4E-16 BF=49 BR=0.33 CJE=1E-12 CJC=0.5E-12  
+ VJE=0.9 VJC=0.8 MJE=0.5 MJC=0.33 TF=0.2E-9 TR=10E-9  
+ CJS=3E-12 RB=50 VJS=0.7 RC=20 MJS=0.33 RE=1)
```

Diodo Schottky:

```
.model grupoDS D (IS=7.3E-11 CJO=0.05E-12 VJ=0.5 EG=0.69 XTI=2.0)
```

En el nombre del modelo (*grupoNPN* ó *grupoDS*) *grupo* indica una referencia a cada grupo de prácticas, por ejemplo g3NPN, g12DS.

Para cargar un modelo en Circuit Maker se debe abrir la carpeta Models incluida en la carpeta CircuitMaker2000 y editar allí un fichero de texto con el modelo. Desde Circuit Maker, situar el esquema del dispositivo (transistor BJT NPN:B o Diodo Schottky) en la ventana de esquemáticos, seleccionarlo e indicar la orden Macro Utilities del menú Macro. En la ventana que aparece pulsar en Model Data. En la nueva ventana que ahora aparece seleccionar uno de los modelos ya existentes para cargar directamente los campos *Part In Pkg* y *Pkg Name*, y escribir en el campo correspondiente la descripción del circuito. Pulsar en Open, seleccionar el fichero (escribiendo su nombre) que contiene el modelo del dispositivo; seleccionar el nombre del modelo y pulsar en Add. Pulsar en exit para volver a la ventana de esquemáticos.

El modelo ya está cargado y se le puede asociar al símbolo esquemático: insertar el dispositivo en la ventana de esquemáticos, pulsar dos veces sobre él, seleccionar el modelo, pulsar Select y pulsar Exit.

- Encontrar por simulación los datos más relevantes de su funcionamiento:

- Obtener la función lógica que realiza el circuito. Aplicar a cada entrada del circuito un generador de señal (tecla g en Circuit Maker). Programar los generadores (pulsar dos veces sobre ellos) de forma que se aplique una señal de pulso cuadrado en cada entrada (pulsar Wave, pulsar Pulse) entre 0V y 5V (programar *Initial Amplitude* y *Pulse Amplitude*), de forma que se introduzca toda la tabla de verdad (programar el periodo *Period* y la anchura del pulso *Pulse Width* de cada generador; fijar el periodo más bajo a 100ns la anchura a 50ns, e ir doblando periodo y anchura para cada señal). En algún circuito puede que los tiempos de propagación sean del orden, o incluso mayores que la anchura del pulso, y no se observe bien en pantalla las transiciones; en ese caso aumentar el valor de la anchura y periodo del pulso hasta que se observen correctamente las subidas y bajadas de tensión en la señal de salida.

Una vez editados los estímulos realizar una simulación analógica (asegurarse que está elegido el modo analógico) temporal. Este tipo de simulación se ejecuta por defecto al realizar la simulación: al pulsar F8 ventana (o Analyses Setup del menú Simulation), el campo *Transient/Fourier* está activado, al pulsar sobre el botón aparecen los valores por defecto de simulación, colocar el número de ciclos a 1 antes de realizar la simulación: pulsar en *Run Analysis*.

Para observar los resultados de simulación en la ventana de formas de onda seleccionar la pestaña *Transient Analysis*, en la ventana Wave de comandos seleccionar *All Cells* (sitúa cada forma de onda en una fila distinta, *Single Cell* sitúa todas las formas de onda en la misma fila), y en la ventana de esquemáticos pulsar con la tecla Shift apretada, sobre las líneas correspondientes a las entradas y a la salida, de forma que aparezcan todas las señales en la ventana de formas de onda.

- Medir la VTC: puntos críticos y márgenes de ruido. Mantener un generador de señal y sustituir los otros generadores por señales fijadas a valor no controlante: gnd en puertas OR ó NOR, Vcc en puertas AND, NAND, donde la fuente que genera esta Vcc debe ser una fuente distinta de la utilizada como alimentación del circuito (para poder medir correctamente la potencia disipada). Introducir en la salida del circuito un circuito de carga, por ejemplo otro circuito del mismo tipo que el utilizado en la práctica utilizando los órdenes copy-paste del editor; la fuente de alimentación de este circuito de carga debe ser distinta de la fuente de alimentación del circuito original.

Realizar una simulación DC, donde se debe realizar un barrido de la tensión de entrada correspondiente al generador de señal de entre 0 y +5V. Para ello pulsar F8, habilitar el campo *DC...*, pulsar en su botón e introducir el nombre del generador, realizar un barrido entre 0 (Start) y +5 (Stop) con un paso (Step) de 0.01V. Pulsar en OK y pulsar en *Run Analysis* para realiza la simulación.

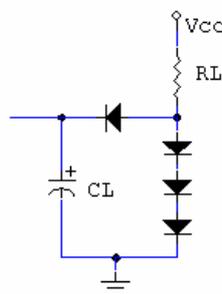
Realizada la simulación en la ventana de formas de ondas seleccionar la pestaña *DC Sweep*, pulsar en la ventana de esquemáticos sobre la línea de salida del circuito para que aparezca la VTC completa y medir los puntos críticos sobre ella.

Para ayudar en la medida se pueden utilizar dos cursores (*Measurement Cursor* en la ventana Wave, por defecto OFF), y se puede hacer Zoom: *Zoom in*, *Zoom out* en el menú Wave, o seleccionar con el ratón un rectángulo en la forma de ondas. Para volver a la forma de onda original se puede utilizar el comando *Fit Waveforms* del menú Wave, o pulsar en *Fit X* y *Fit Y* de la ventana Wave.

- I_{cch} e I_{ccl} y potencia promedio disipada. Utilizando el mismo circuito del apartado anterior medir I_{cc} e I_{cl} , para ello seleccionar la pestaña DC Sweep en la ventana de forma de ondas, situar el cursor en la ventana de esquemáticos (en modo Probe) sobre el pin de salida de la fuente de alimentación del circuito, cuando el cursor se pone a valor I, indica que se va a medir Intensidad (V voltaje, P potencia), pulsar con el ratón para obtener la gráfica de I_{cc} en función de V_{in} y sobre ella medir I_{cch} e I_{ccl} (puede ser necesario utilizar el comando *Fit Waveforms* antes de medir), y a partir de estos datos calcular la potencia disipada.

Pulsar sobre la pestaña *Operation Point* de la ventana de formas de onda y pulsar sobre la fuente de alimentación de la ventana de esquemáticos con el cursor en P. Aparece la potencia disipada con el punto de trabajo a tiempo (*DC bias*), y la potencia promedio medida (*DC average*). Para que aparezca la potencia promedio debe haberse realizado una simulación temporal, que el simulador realiza por defecto. Comparar el resultado de la potencia promedio con el obtenido a partir de la medida de las intensidades.

- I_{ih} e I_{il} . Utilizando la misma metodología del apartado anterior, obtener la forma de onda de la intensidad del generador de señal de entrada y medir sobre ella I_{ih} e I_{il} .
- Tiempos de propagación y tiempos de transición. Cambiar el circuito de carga por el circuito de la figura. Este circuito proviene del catálogo de dispositivos TTL de Texas Instruments, que se utiliza para realizar las medidas de tiempos, donde los valores de R_L y de C_L dependen de cada circuito y se obtienen de las características de conmutación (*switching characteristics*) de su hoja de características. Los diodos corresponden a diodos comerciales 1N916 ó 1N3064 que se encuentran en las librerías de Circuit Maker. Realizar una primera simulación temporal (como al obtener la función lógica) para obtener el orden de magnitud de los tiempos de propagación. En función de estos tiempos ajustar el periodo y la anchura del pulso de entrada, y ajustar también los voltajes alto y bajo del pulso a los valores V_{ol} y V_{oh} obtenidos al medir la VTC, realizar de nuevo la simulación temporal (dos ciclos por ejemplo), visualizar en una única celda (*Single Cell*) la entrada y la salida del circuito en la ventana de formas de onda y, con ayuda de los cursores y del Zoom, realizar las medidas de los tiempos de propagación y de transición LH y HL.



- Comparar los resultados obtenidos mediante simulación con los indicados en la hoja de características. No tiene porqué coincidir ya que los resultados dependen de los modelos utilizados para los dispositivos.

Fecha límite de entrega: 3-XII-2010