

Práctica 2: Simulación de un Circuito Amplificador en Emisor Común

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

El objetivo de esta práctica es mostrar algunas de las posibilidades del programa de simulación mediante el análisis de un circuito amplificador en emisor común.

DESARROLLO

1. Definición del circuito a simular

Ejecutar el programa **Capture CIS** y crear un nuevo proyecto. En la ventana **New Project** seleccionar el directorio donde se almacenarán los ficheros del proyecto, introducir el nombre del proyecto y marcar la opción para simulación "**Analog or Mixed A/D**".

En la figura 1 se ha representado el circuito amplificador que se debe definir mediante el editor de esquemas. Cabe destacar el uso de los siguientes componentes:

VDC -> Fuente de tensión continua (librería SOURCE). Valor de 15 voltios.

VCC_CIRCLE -> Conector para unir eléctricamente puntos de un circuito sin llevar un hilo entre ambos (librería CAPSYM o bien en el menú **<Place> -> <Power>**). Es necesario nombrar estos conectores con la misma etiqueta para que estén conectados eléctricamente, para ello se debe hacer doble click sobre VCC_CIRCLE y teclear el nombre identificativo.

BC107B -> Transistor bipolar NPN comercial, disponible en la librería EBIPOLAR (en caso de no estar disponible emplear el Q2N222 de la librería EVAL).

VSIN -> Fuente de tensión senoidal (se debe programar una amplitud (VAMPL) 10mV y una frecuencia (FREQ) de 1KHz, (VOFF=0).

0/SOURCE -> En el menú **<Place> -> <Ground>**.

R, C -> Resistencias y condensadores.

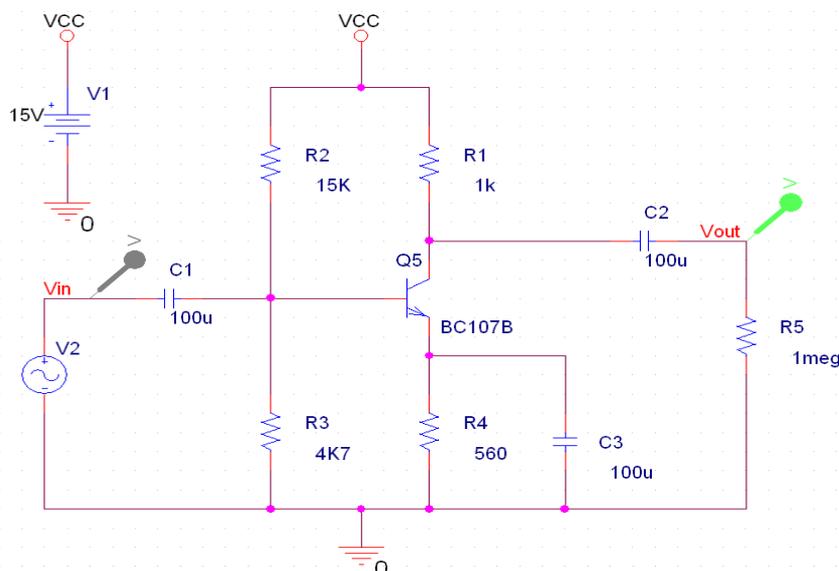


Figura 1. Amplificador en emisor común

2. Estudio del punto de trabajo del circuito

Inicialmente se van a determinar por simulación las condiciones de funcionamiento en continua del circuito, para comprobar que el transistor está correctamente polarizado para funcionar como amplificador.

El primer paso para poder simular el circuito es crear un perfil de simulación **<PSpice>** -> **<New Simulation Profile>** donde se define el tipo de análisis y los principales parámetros del mismo.

Para determinar el punto de polarización continua del circuito (*Bias Point*), no es necesario seleccionar ningún tipo de análisis (**Analysis Type**) concreto (seleccionar por ejemplo la opción "**Bias Point**" o "**Time Domain (Transient)**").

Una vez simulado el circuito, visualizar el fichero de salida generado (**<PSpice>** -> **<View Output File>**), en el cual se muestran entre otros aspectos:

- Las librerías de componentes utilizadas en la simulación.
- La netlist, o fichero de conexiones del circuito.
- Los valores de tensión continua en todos los nodos del circuito.
- Los valores de corrientes en las fuentes de tensión continua.
- La potencia total suministrada por las fuentes de continua del circuito.

A partir de la versión 9.1, mediante la opción de menú **<Pspice> -> <Bias Point> -> <Enable>** seleccionando las opciones "**Enable Bias Voltage Display**" o "**Enable Bias Current Display**" se puede activar la visualización de los valores de tensión y corriente continua en todas las ramas del circuito sobre el esquema, y observar el punto de polarización sin necesidad de abrir el fichero de salida.

Para ver los datos de polarización del transistor detallados en el fichero de salida en el menú **<PSpice> -> <New Simulation Profile>**, pulsar el botón "**Output File Options**" y marcar la opción "**Include detailed bias point information ...**".

3. Análisis de la Respuesta Temporal

3.1.- Análisis transitorio

Se comenzará el estudio simulando su respuesta en el tiempo, para determinar entre otros parámetros: la ganancia de tensión, las impedancias de entrada y salida. El tipo de análisis que se llevará a cabo será del tipo **transitorio**.

Inicialmente se va a realizar el análisis con la salida en circuito abierto. Para ello, es necesario colocar a la salida del condensador C2 la resistencia R5 de 1MEG a la salida del amplificador, ya que el simulador no permite dejar componentes sin conectar. Con esta resistencia se estaría representado que el circuito está trabajando en vacío, o bien podría representar la impedancia de entrada del osciloscopio que se utilizaría en el laboratorio para realizar la medida de la tensión de salida.

Una vez definido el circuito y observado el punto de polarización, se debe seleccionar el tipo de análisis transitorio (**<PSpice> -> <Edit Simulation Profile>** y seleccionar "**Time Domain (Transient)**" en la pestaña "**Analysis**"), fijando los valores de la simulación de tal forma que en Probe se puedan visualizar al menos dos períodos completos de las señales.

En Probe, mediremos:

- A. Ganancia **de tensión (Av)** definida como **$Av = \max(V_{out}) / \max(V_{in})$** , Para ello, se utilizarán los cursores, colocando uno de ellos sobre la traza de la tensión de entrada y el otro sobre la de salida y, comparando por ejemplo, sus puntos máximos. Se recuerda al alumno que el movimiento del segundo cursor se consigue pulsando el botón derecho de ratón y moviendo éste.
- B. **Impedancia de entrada (Zi)** definida como **$Zi = \max(V_{in}) / \max(I_{in})$** .
- C. **Impedancia de salida (Zo)**. Para el cálculo de la impedancia de salida se utilizará el mismo procedimiento que se emplea en el laboratorio experimental. Como el alumno recordara (Laboratorio de Dispositivos Electrónicos), para la medida de esta impedancia. el método seguido consistía en dos pasos:
 - I. Aplicando una señal de entrada al circuito, se medía la salida del mismo en vacío (sin aplicar ninguna carga a la salida del circuito). Esto era equivalente a medir la salida del circuito directamente con el osciloscopio.
 - II. En el siguiente paso se conectaba a la salida del circuito una carga (un potenciómetro) y se ajustaba el valor de esta resistencia variable hasta que el

nuevo valor de la tensión de salida del circuito fuese, por ejemplo, la mitad de la que teníamos en vacío. En estas condiciones el valor óhmico del potenciómetro es igual a la impedancia de salida del circuito.

Para poder simular el procedimiento de este ensayo con Microsim, utilizaremos un nuevo tipo de análisis: el **paramétrico**.

3.2.- Análisis paramétrico

Este nuevo ensayo nos permite conocer la evolución del circuito considerando que uno de los componentes de éste, en lugar de tener valores fijos, varía su valor dentro de unos determinados márgenes, o dentro de una lista de valores fijada.

En nuestro caso el componente que consideraremos como parametrizable será la resistencia de salida R5.

Los pasos que debemos de seguir para definir este nuevo tipo de análisis son los siguientes:

1. Colocaremos un nuevo componente denominado **PARAM** en la librería SPECIAL. Este elemento no es un componente eléctrico, sino que es simplemente una tabla en la cual se pueden indicar los elementos parametrizables de nuestro circuito y un valor nominal de ellos. Para definir esta tabla, haciendo un doble click sobre el componente PARAM, se nos abre una nueva ventana en la cual definiremos, el nombre del elemento parametrizable y, un posible valor de éste, por ejemplo:

Name = rval Value = 1meg.

Para ello seguir los pasos detallados en la página 80 del manual del programa. Básicamente, añadir una nueva columna, **NewColum**, introducir el nombre (rval) y el valor (1meg), y por último seleccionar esta nueva columna y hacerla visible en las opciones de visualización (**Display**).

2. El siguiente paso será cambiar el campo Value, del componente que fijaremos como parámetro, en este caso el valor de R5, de tal forma que coincida con el nombre dado en el componente PARAM. En esta definición es necesario colocar el nombre entre llaves. Así pues esta nueva definición quedará como:

Value = {rval}

3. Finalmente deberemos definir el nuevo tipo de análisis a realizar. Para ello desde el menú **<PSpice>** -> **<New Simulation Profile>**, en el análisis transitorio seleccionaremos la opción "**Parametric Sweep**" en la pestaña "**Analysis**") y fijaremos los siguientes parámetros de simulación:
 - a) **Swept Variable** (Tipo de variable de barrido paramétrico). En este caso seleccionaremos la opción de "**Global Parameter**" elijeremos la variable rval como parámetro (**Parameter Name**). Observar los distintos tipos de ensayos paramétricos disponibles.

- b) **Sweep Type**. Aquí se definirá la forma de variación del componente paramétrico. Seleccionaremos la opción de **Value List**. Al marcar esta casilla aparecerá accesible a la derecha la opción **Values**.
- c) **Values**. En esta opción indicaremos los valores que tomará nuestra resistencia variable, por ejemplo: **100** ohmios. para simular el caso en que cargamos la salida del circuito, y **1meg** para simular la situación en la cual el circuito funciona en vacío. Con estos dos valores aplicando mallas podremos determinar el valor de la impedancia de salida del circuito.

OBSERVACIÓN: Con el análisis paramétrico, deberá estar seleccionado también el análisis transitorio. ya que el paramétrico también es un análisis en el tiempo. De esta forma, el circuito se simulará en el tiempo varias veces, para distintos valores de un componente definido como parámetro.

Una vez en la pantalla de **Probe**, eliminaremos todas aquellas trazas que no nos interesen para determinar la impedancia de salida, quedándonos con la tensiones $V_{o\text{vacío}}$, y $V_{o\text{carga}}$. Con estas trazas y utilizando los cursores determinaremos con exactitud los valores necesarios para realizar nuestros cálculos.

4. Análisis de la Respuesta en Frecuencia

4.1. Análisis de barrido en alterna

Para determinar la RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL CIRCUITO, utilizaremos un nuevo tipo de análisis, el *barrido en alterna* (seleccionar "**AC Sweep**" en la pestaña "**Analysis**").

Para definir este nuevo análisis volveremos al circuito de la figura 1. El único cambio que debemos realizar es, o bien cambiar el generador de entrada **VSIN** por uno del tipo **VAC**, o utilizando el mismo que tenemos (**VSIN**), añadirle un nuevo campo en su definición: el marcado con la opción **AC**. Con este parámetro definimos la amplitud del generador para un barrido de frecuencia. Poner este valor a 1V de pico.

Para una mejor representación de la respuesta es conveniente definir el ensayo en décadas ("**AC Sweep Type**", "**Logarithmic**", "**Decade**"). Los ensayos transitorio y paramétrico utilizados anteriormente, ahora no son necesarios. Para completar la definición de este ensayo, nos quedaría por concretar el barrido en frecuencia del análisis (frecuencia inicial, frecuencia final y puntos por década), que definiremos de manera que se pueda visualizar en Probe la zona de ganancia media que posee el amplificador, y las dos frecuencias de corte del circuito.

Una vez obtenida la respuesta en frecuencia del circuito, en Probe definiremos la ganancia del mismo en decibelios, y con los cursores marcaremos con exactitud las frecuencia de corte inferior y superior del amplificador.