

6.301 Circuitos de estado sólido

Primavera 2003
Práctica 1

Fecha de publicación: 14 de febrero de 2003
Fecha de entrega: viernes, 28 de febrero de 2003

Trabaje de forma individual. Le recomendamos que consulte sus dudas con el personal del curso 6.301 y a que busque también respuestas en libros y otros materiales de consulta. Lea atentamente estas fotocopias y la “Referencia de las prácticas”, así como toda la información escrita en la pizarra durante las prácticas.

Pre-práctica: lea las hojas de datos que se incluyen en la “Referencia de las prácticas” para los modelos 2N3904 y 2N3906, que serán los dispositivos que utilizaremos en esta parte del curso.

Obtenga los ya conocidos parámetros “híbrido- π ” (halle I_S , β_0 , V_A , τ_F , c_{je0} , y $c_{\mu 0}$ para los dos transistores) de las hojas de datos. Éstas están formuladas parámetros “h” (algunos afirman que para “encubrir la baja calidad del producto”), por lo que puede resultarle útil la relación siguiente:

$$h_{fe} = \beta_0 \quad h_{oe} = \frac{2}{r_o} \quad c_{ob} = c_{\mu} \quad c_{ib} = c_{je} \quad f_T = \frac{g_m}{2\pi(c_{\pi} + c_{\mu})}$$

Observe que estos parámetros de “hoja de especificaciones” se determinan en un punto de funcionamiento concreto (I_C , V_{CE} , V_{BE} , etc.). Cuando realice sus cálculos, tendrá que prestar especial atención a la forma en la que el transistor está polarizado para cada especificación (en especial, la polarización de las conexiones pn para las capacitancias de entrada y de salida). Suponga que $r_b = 200\Omega$ para corrientes bajas. Para la capacitancia de la conexión colector-base, utilice $\psi_c = 0,6V$ y $m_c = 0,5$. Convéznase de que sus resultados son consistentes con la ayuda de las curvas “típicas” que se muestran en las hojas de especificaciones. Utilice únicamente estos parámetros en su modelo SPICE e incluya los resultados en su informe de las prácticas.

Proyecto: la topología en dos etapas del amplificador de emisor común es una buena forma de implementar un amplificador sencillo de ganancia alta. Para el trabajo de esta práctica, se le pedirá que diseñe, construya y pruebe un amplificador que cumpla con las especificaciones siguientes con la ayuda de los transistores PNP:

Ganancia de media banda	> 1500
Tensión de salida de DC	$3V \pm 0,5$ (en el peor caso)
Oscilación de salida de AC	$> 1 V_{pp}$
Resistencia de fuente	1000Ω
Tensión de alimentación	solamente +5 V
Disipación de potencia	$< 1 \text{ mW}$
Dispositivos (2)	2N3906

Estas son las especificaciones mínimas. No debería resultarle difícil diseñar un circuito que mejore algunos de estos requisitos de funcionamiento o la totalidad de ellos. Suponga que el valor de β_F oscila entre 100 y 400, y que el valor de V_{BE} oscila entre 0,5V y 0,7V, debido a las tolerancias de fabricación y a las variaciones de temperatura. NO es aconsejable que diseñe su circuito para trabajar con un conjunto específico de transistores. El circuito debería funcionar con cualquier transistor del tipo 2N3906. En su informe escrito de la práctica, analice los efectos de las variaciones de los parámetros de los transistores que se dan en su punto de funcionamiento.

Desarrolle un diseño preliminar basado en números típicos que se encuentren en la hoja de especificaciones del dispositivo. Asegúrese de entender esta tipología. No trate de construir un circuito hasta que no haya acabado el diseño. Los potenciómetros “ $R_{\text{misterioso}}$ ” y otras partes que se “especificarán más adelante” son el reflejo de una práctica de diseño MUY pobre. Resulta mucho más fácil depurar un circuito si comprende su manejo y si puede predecir sus características de funcionamiento.

Existen muchas soluciones aceptables para este problema de diseño. El objetivo de esta práctica no consiste simplemente en ver si es capaz de hacer que algo que cumple las especificaciones funcione, sino en hacer que algo funcione y, a su vez, entender el por qué y el cómo.

Trabajo de prácticas: construya su diseño y realice todas las mediciones necesarias: ganancia, punto de funcionamiento, ancho de banda superior, etc. Mida todos los valores de sus componentes.

A la hora de construir su circuito pruebe con dos métodos de distribución diferentes. En la primera distribución, realice el circuito en el tamaño más pequeño posible, utilizando carriles adyacentes de su *nerdkit* para el colector y la base de sus transistores. En la segunda distribución, ate a tierra los raíles alternativos y utilice únicamente los raíles que se encuentran entre los que están conectados a tierra. Aún así, intente realizar una distribución firme, pero asegúrese de colocar un rail conectado a tierra entre el colector y la base de sus transistores. Mida el punto de frecuencia alta de 3dB de cada distribución. Por último, informe sobre sus observaciones y explíquelas en su escrito (pista: la capacitancia del interrail de los protoboard de su *nerdkit* tiene aproximadamente un valor de 2,5pF).

Utilice el trazador de curva para medir el β_0 de sus transistores alrededor de los puntos de funcionamiento de su diseño. Contamos con un medidor de vector-impedancia que puede medir de forma adecuada c_μ , con la tensión de polarización colector-base. Mida los dispositivos en diferentes puntos de funcionamiento, de tal forma que pueda comprobar la consistencia de los datos.

Dado que estamos construyendo un amplificador de ganancia alta, necesitará una tensión de entrada mínima para probar su circuito. Puesto que los generadores de señal de la práctica no pueden producir de forma efectiva pequeñas señales, es preciso que construya un atenuador a escala 1000:1 para su circuito, además de asegurarse de terminar de forma apropiada la salida del generador de señales con 50Ω .

Informe escrito: prepare un informe en el que describa el trabajo realizado para obtener su diseño. Incluya en el informe un esquema etiquetado del diseño y una tabla de

especificaciones en la que aparezcan comparados los valores calculados, simulados y medidos.

Incluya, asimismo, un análisis OCT y las copias impresas de la hoja de datos SPICE apropiadas. Asegúrese de justificar cualquier tipo de discrepancia que se pudiera dar entre sus cálculos y las observaciones.

En el informe de las prácticas se deberán incluir explicaciones de tres puntos básicos: 1) cómo llegó a la construcción del diseño (mencionando los valores de los componentes y las limitaciones), 2) cómo verificó el diseño en la práctica, así como sus mediciones y lo que dichas mediciones ilustran) y 3) dónde radica la diferencia principal entre los cálculos de su diseño y las mediciones reales. Debe mostrar los cálculos que apoyen el análisis de sus discrepancias. Si desea obtener una guía más detallada sobre este tema, consulte la Referencia de las prácticas.

Aunque no es la brevedad lo que se califica, sí se premia un informe escrito de forma neta, clara y concisa. Se rechazarán explícitamente aquellos informes ilegibles.

Comprobación: una vez haya completado su trabajo – el diseño, la depuración y el informe escrito – y esté convencido de que sus resultados son consistentes con la teoría, se le pedirá que convenza también de ello al ayudante de las prácticas. Las listas para apuntarse a las sesiones de comprobación se anunciarán en clase.