

Mediciones en el amplificador de potencia de audio

Polarización:

Se controlará que todas las corrientes y tensiones se correspondan con los valores calculados y/o simulados en el diseño del circuito.

Se conectará el prototipo a una fuente de alimentación con limitación de corriente ajustable, preajustada a la tensión de operación del amplificador con limitación de corriente fijada previamente en 100 mA a 200 mA.

Hay que tener en cuenta que la corriente de reposo de los transistores de salida se controla con un resistor variable, por lo que este debe ajustarse inicialmente de forma que dicha corriente sea mínima al conectar la alimentación. Luego se procederá a ajustar el resistor variable hasta que la corriente de reposo alcance el valor deseado.

Es muy importante que el transistor multiplicador de V_{be} esté montado en el disipador de calor junto con los transistores de salida para lograr una correcta realimentación térmica. De no ser así, se producirá el embalamiento térmico de los transistores de salida, con lo que la corriente tomada de la fuente crecerá rápidamente.

Luego de haber ajustado la corriente de reposo, se pueden medir las tensiones y corrientes de polarización.

Es conveniente que no haya señal de entrada y que los terminales de entrada estén libres o conectados entre sí (para simular un generador ideal). La carga puede no estar conectada durante las mediciones preliminares, pero deben verificarse las corrientes y tensiones con y sin la carga nominal conectada.

NOTA: Para el resto de las mediciones se debe aumentar el límite de corriente de la fuente de alimentación.

Primera prueba con señal:

Conectar un generador de funciones a la entrada del amplificador.

Seleccionar señal senoidal de 1KHz y reducir su amplitud al mínimo. Conectar el osciloscopio en los terminales de salida. No conectar la carga a la salida. Observar la forma de onda a la salida al mismo tiempo que se va aumentando la amplitud de la señal aplicada a la entrada hasta llegar al recorte. Repetir con la carga conectada, teniendo en cuenta que se estará produciendo toda la potencia sobre ella.

Repetir con señal rectangular (cuadrada de 1KHz).

Es posible que lo observado no sea lo esperado y las formas de onda contengan oscilaciones de alta frecuencia, oscilaciones amortiguadas, sobreimpulso, etc. En este caso se deberá investigar el origen, pudiendo deberse a componentes fuera de valor o incorrectamente montados, inapropiada distribución de los componentes y su conexionado en el circuito impreso, fallas en el diseño, etc.

Si lo observado es satisfactorio, puede continuarse con el resto de las mediciones.

Medición de la ganancia de tensión:

Conectar el generador de onda senoidal de 1KHz a la entrada y la carga a la salida.

Medir la amplitud de la señal de entrada y de salida con milivoltímetro o voltímetro de alterna. Al mismo tiempo que se monitorea la amplitud de salida con el osciloscopio, ajustar la amplitud de entrada de forma tal que la amplitud de salida sea aproximadamente un 90% de aquella para la cual se produce recorte.

Repetir para una amplitud de entrada 10 veces menor.

Tomar nota de todos los valores medidos y su correspondiente incertidumbre.

Calcular la ganancia de tensión para ambas amplitudes con su incertidumbre. ¿Se espera que la ganancia de tensión para señales de baja y alta amplitud sean idénticas?

Sensibilidad:

Es el valor eficaz de una señal senoidal (típicamente de 1KHz) aplicada a la entrada que produce la potencia especificada a la salida con carga nominal.

Potencia de salida:

Aplicar a la entrada una señal senoidal de 1KHz, variando su amplitud desde un mínimo hasta alcanzar a la salida la mayor amplitud sobre la carga, sin que se produzca recorte (observando con el osciloscopio).

Calcular la potencia como V_{salida}^2/R_{carga} .

Repetir para onda cuadrada.

Registrar también el valor de la tensión de alimentación.

Ancho de banda:

Medir el ancho de banda para baja potencia, trazando la curva de respuesta en frecuencia.

Determinar el ancho de banda a la potencia máxima especificada, encontrando solo los valores de frecuencia de corte superior e inferior.

Considerar baja potencia aproximadamente entre un 1% y un 10% de la máxima especificada, evitando que la señal de salida deforme por el efecto Slew Rate.

Slew Rate:

Es la velocidad de subida de la tensión de salida, la que resulta limitada por la carga (a corriente constante) del capacitor asociado al transistor de la segunda etapa amplificadora de tensión.

Para observar su efecto se debe excitar la entrada con una señal senoidal de una frecuencia inicialmente baja (1KHz) y con una amplitud tal que se obtenga a la salida la máxima excursión de señal posible libre de recorte. Luego subir la frecuencia hasta que se observe una deformación de la forma de onda. Con un correcto funcionamiento del amplificador ésta frecuencia debería ser superior a 20KHz.

Para medir el Slew Rate se debe excitar la entrada con una señal rectangular de una frecuencia tal que facilite la observación de la rampa de subida (y/o bajada) en la pantalla del osciloscopio, y una amplitud tal que se alcance la máxima excursión de salida sin recorte.

Expresar el Slew Rate en V/uS, y calcular también la incerteza de la medición.

Impedancia de entrada:

Hay varias formas de medirla.

- a) Con un impedancímetro, pero normalmente no se dispone de este instrumento.

- b) Aplicando una tensión alterna conocida en los bornes de entrada, midiendo la corriente de entrada, aplicando luego la ley de ohm.
- c) En forma aproximada puede medirse la impedancia de entrada simplemente intercalando, en serie con el generador, un resistor variable y ajustarlo hasta que la amplitud de salida caiga a la mitad. Luego retirar el resistor y medirlo. La frecuencia para esta medición es 1 KHz, pero ¿es válida esta técnica a frecuencias más altas? Repetir a 100 Hz y 10 KHz.

Asegurarse que la salida no esté recortando y se encuentre conectada su carga nominal.

Impedancia de salida:

Suele tener un valor muy bajo, normalmente entre 0,02 y 0,1 ohm.

Se determinará el valor de la impedancia de salida midiendo la tensión de salida dos veces, una en vacío (V_o) y otra con carga nominal (V_c), a una frecuencia de 1 KHz y una amplitud tal que permita obtener la lectura de mayor resolución posible en el voltímetro. Calcular luego la impedancia de salida (asumiendo que es totalmente resistiva) con la expresión: $Z_o = R_{carga} (V_o/V_c - 1)$

Calcular también la incerteza de la medición.

Notar que debido al bajo valor de la impedancia de salida, V_o y V_c diferirán en menos del 0,5% de su valor, por lo que es muy importante utilizar un voltímetro de alta resolución y exactitud, típicamente 4½ dígitos y $\pm 0,05\%$ respectivamente, o mejor, a fin de obtener dichas tensiones con no menos de 4 cifras significativas.

Asegurarse que la salida no esté recortando.

Factor de amortiguamiento:

Habiendo medido previamente la impedancia de salida, calcular el factor de amortiguamiento como: $F_A = R_{CARGA\ NOMINAL} / Z_{SALIDA}$

El factor de amortiguamiento será diferente a distintas frecuencias, pero solo lo mediremos a 1 KHz

Distorsión armónica:

Definimos distorsión armónica como la relación porcentual entre el valor eficaz de todas las armónicas (excepto la primera) y la fundamental. O sea:

$$DA = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N a_i^2}}{a_1}$$

$a_2 \dots N$ son los valores eficaces de las armónicas 2, 3, 4, 5, etc.

a_1 es el valor eficaz de la primera armónica o fundamental.

En el numerador se consideran normalmente solo las armónicas 2 y 3, ya que las siguientes suelen ser despreciables.

En el denominador (la fundamental) se toma el valor eficaz de la señal completa, ya que generalmente las armónicas 2 y 3 (y siguientes) tienen una amplitud menor a una centésima de la fundamental.

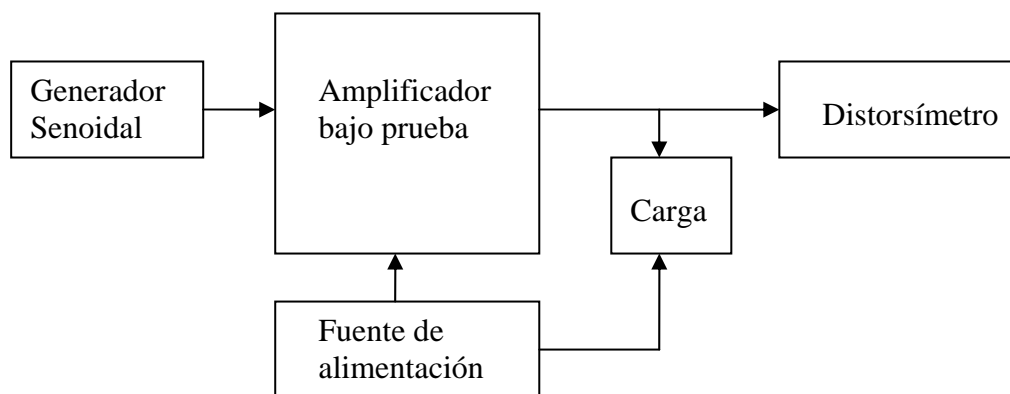
Para medir la distorsión de la señal de salida del amplificador debemos conectar a su entrada una señal senoidal con una distorsión muy baja. Se requiere un oscilador senoidal y no un generador de funciones, ya que éste último tiene alta distorsión debido a que la forma de onda senoidal es obtenida a partir de una triangular.

Nota: De no disponer de un oscilador senoidal de muy baja distorsión (0,001%), puede utilizarse uno de baja distorsión (0,01%) y filtrar su salida mediante un filtro pasabajos con frecuencia de corte igual a la fundamental y pendiente de corte de 24 dB/octava, se logrará así reducir su distorsión en un orden ($20 \text{ dB} = 10$ veces).

El otro instrumento que se requiere es un distorsímetro, el que debe ser capaz de medir a plena escala al menos 0,1% y preferiblemente 0,01%, ya que los amplificadores de audio actuales tienen en general distorsión armónica del orden de 0,01% o menor.

Nota: De no disponer de un distorsímetro, puede realizarse la medición mediante el uso de un filtro NOTCH de alto Q, el que elimina virtualmente la fundamental reduciéndola al menos 60 dB. Luego se mide el valor eficaz del residuo, que son las armónicas 2, 3, etc. más el ruido, y se aplica la fórmula. La fundamental se mide directamente a la entrada del filtro. De esta forma puede medirse distorsión del orden de 0,1%, pero mejorando el filtro (agregando otra etapa) se puede llegar a valores más bajos.

Conexionado:



Procedimiento:

- Ajustar la señal de salida del generador para producir la potencia nominal especificada en la carga, a 1 KHz.
En el distorsímetro (que es básicamente un filtro y un voltímetro) ajustar la escala para la fundamental a una referencia del 100% en el modo ajuste de referencia.
Luego cambiar a modo distorsión y ajustar el filtro hasta reducir la lectura al mínimo, cambiando la escala porcentual a medida que sea necesario. Cuando ya no puede reducirse más la lectura, tomes ese valor como la distorsión medida.
Si el distorsímetro dispone de salida pos-filtro, conviene conectarla a un osciloscopio para monitorear el resultado del filtrado de la fundamental.
- Aumentar el nivel de la señal de entrada del oscilador hasta llegar a 1% de distorsión. Medir o calcular la potencia en la carga correspondiente.
- Llevar el amplificador de clase AB a clase B, reajustando la corriente de reposo de los transistores de salida entre el valor máximo admisible y cero. Evaluar como cambia la distorsión en función de dicha corriente.

Temperaturas de operación en condiciones normal y extrema:

- En condiciones normales de operación, a potencia máxima nominal especificada, con onda senoidal, medir las temperaturas de operación en:

1. Cápsula del transistor de salida (sobre su aleta metálica si tiene)
 2. Superficie del disipador lo mas cercano posible a los transistores de salida
 3. Aire lo mas cerca posible de la superficie del disipador
 4. Resitores de degeneración de emisor de los transistores de salida
 5. Todos los transistores
- b. Repetir para onda cuadrada llevando la amplitud de la tensión de salida al límite del recorte.
- c. Con las temperaturas medidas en 1, 2 y 3 calcular la resistencia térmica del disipador y contrastar con lo especificado por el fabricante.

Utilizar grasa siliconada para un mejor contacto térmico entre el sensor de temperatura y el punto de medición.

Protección contra cortocircuito:

Verificar su funcionamiento con cargas de 8, 4, 2 y 0 ohm

Evitar el recalentamiento de los transistores de salida, dejando enfriar naturalmente o forzadamente entre observaciones.