

5 放大电路的频率响应

习题

5.1 某放大电路的 $f_L = 100\text{Hz}$, $f_H = 1\text{MHz}$, 现输入信号频率为 2MHz 的正弦波, 试问输出波形是否会产生频率失真? 若输入信号是由 100kHz 和 2MHz 两种频率分量组成的波形, 问此时输出信号波形有无频率失真?

解: (1) 输入信号频率为 2MHz 的正弦波时, 输出不会产生频率失真。

(2) 若输入信号是由 100kHz 和 2MHz 两种频率分量组成的波形, 则输出波形有频率失真。

5.2 一共射放大电路的通频带为 $100\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$, 中频电压增益 $|\dot{A}_{vM}| = 40\text{dB}$, 最大不失真交流输出电压范围为 $-4\text{V} \sim +4\text{V}$, 试求:

(1) 若输入一个 $10\sin(4\pi \times 10^3 t)(\text{mV})$ 的正弦信号, 输出波形是否会产生频率失真和非线性失真? 若不失真, 则输出电压的峰值是多大? \dot{V}_o 与 \dot{V}_i 间的相位差是多少?

(2) 若 $v_i = 50\sin(4\pi \times 25 \times 10^3 t)(\text{mV})$, 重复回答 (1) 中的问题。

(3) 若 $v_i = 10\sin(4\pi \times 60 \times 10^3 t)(\text{mV})$, 输出波形是否会失真?

解: (1) 因为输入信号的工作频率 $f = 2\text{kHz}$, 处于中频区

$$\therefore v_{om} = v_{im} \cdot |\dot{A}_{vM}| = 10\text{mV} \times 100 = 1\text{V} < 4\text{V}$$

所以输出波形不会产生非线性失真, 又因为输入信号是单一频率的正弦波, 所以输出也不会产生频率失真。根据上述计算可知, 输出电压的峰值为 1V , 因是共射电路, \dot{V}_o 与 \dot{V}_i 间的相位差是 -180°

(2) 因为输入信号的工作频率 $f = 50\text{kHz}$, 处于中频区

$$\therefore v_{om} = v_{im} \cdot |\dot{A}_{vM}| = 50\text{mV} \times 100 = 5\text{V} > 4\text{V}$$

所以输出波形会产生非线性失真, 但因输入是单一频率的正弦波, 故不会产生频率失真。

(3) 因为输入信号的工作频率 $f = 120\text{kHz}$, 处于高频区, 电压放大倍数小于中频放大倍数, 即

$$v_{om} = v_{im} \cdot |\dot{A}_{vM}| < 10\text{mV} \times 100 < 1\text{V}$$

所以输出即不会产生非线性失真。又因为输入信号是单一频率的正弦波, 输出不会产生频率失真。

5.3 已知某放大电路电压放大倍数的频率特性为

$$\dot{A}_v = \frac{1000j\frac{f}{10}}{\left(1+j\frac{f}{10}\right)\left(1+j\frac{f}{10^6}\right)}$$

试求该电路的上、下限频率，中频电压增益的分贝数，输出电压与输入电压在中频区的相位差。

解：将 \dot{A}_v 的表达式分子、分母同时除以 $j\frac{f}{10}$ ，可得：

$$\dot{A}_v = \frac{1000j\frac{f}{10}}{\left(1+j\frac{f}{10}\right)\left(1+j\frac{f}{10^6}\right)} = \frac{1000}{\left(1-j\frac{10}{f}\right)\left(1+j\frac{f}{10^6}\right)}$$

对比简单 RC 高通、低通滤波电路的放大倍数表达式，可知：上限频率 $f_H = 1000\text{kHz}$ ，下限频率 $f_L = 10\text{Hz}$ ，中频电压增益 $|\dot{A}_{vM}| = 1000 = 60\text{dB}$ ，输入电压与输出电压在中频区的相位差为 0°

5.5 一个高频晶体管，在 $I_{EQ} = 2\text{mA}$ 时，其低频 H 参数为： $r_{be} = 1.5\text{k}\Omega$ ， $\beta_0 = 100$ ，晶体管的特征频率 $f_T = 100\text{MHz}$ ， $C_{bc} = 3\text{pF}$ ，试求混合 π 型模型参数： g_m 、 r_{be} 、 $r_{bb'}$ 、 C_{be} 。

解： $g_m = \frac{I_{EQ}}{V_T} = \frac{2\text{mA}}{26\text{mV}} \approx 77\text{mS}$ ，

$$r_{be} = (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{EQ}} = (1 + 100) \frac{26}{2} = 1.3\text{k}\Omega，$$

$$r_{bb'} = r_{be} - r_{bb'} = 1.5 - 1.3 = 0.2\text{k}\Omega，$$

$$C_{be} \approx \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{77 \times 10^{-3}}{2 \times 3.14 \times 100 \times 10^6} \approx 123\text{pF}$$