



模拟电子技术基础

Fundamentals of Analog Electronic

主讲教师：张静秋

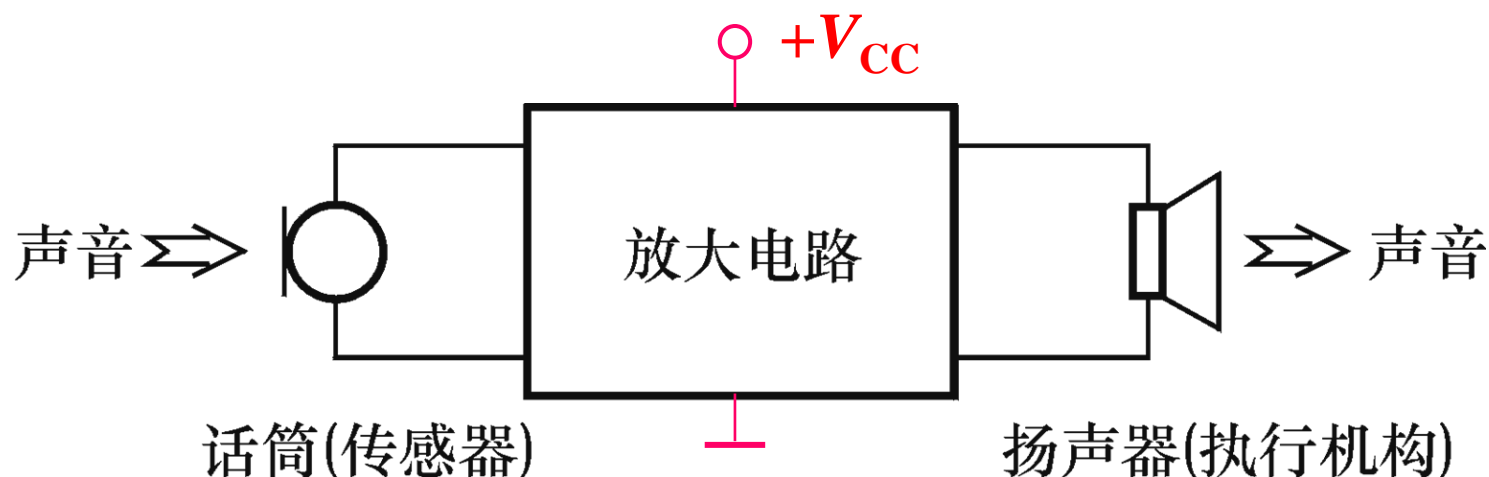
第2章 放大电路及其特性

2.1 放大电路的基本概念

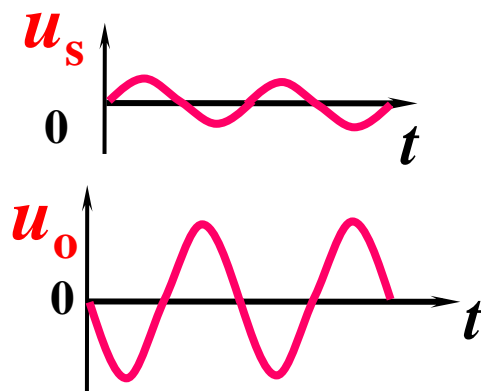
2.2 放大电路的性能指标

2.3 多级放大电路的主要性能指标

2.1 放大的基本概念



- 放大的对象：变化量
- 放大的本质：能量的控制
- 放大的特征：功率放大
- 放大的基本要求：不失真



2.2 放大电路的性能指标

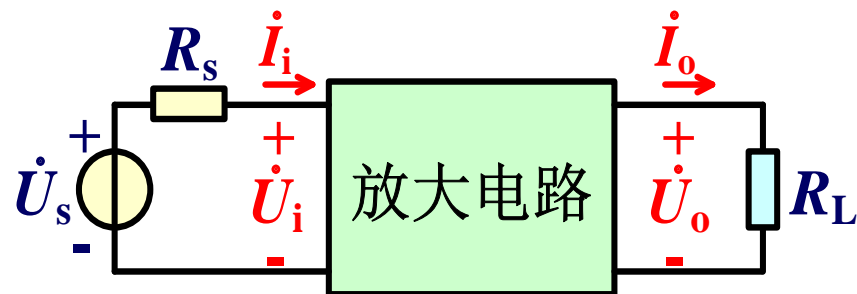
1、放大倍数 (线性表示)

➤ 电压放大倍数 $A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$

➤ 电流放大倍数 $A_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$

➤ 互阻增益 $A_r = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i} \quad (\Omega)$

➤ 互导增益 $A_g = \frac{\dot{I}_o}{\dot{U}_i} \quad (S)$



- 四种放大电路没有本质区别，只是考虑的侧重点不同，而且它们之间可以相互转换。

1、放大倍数（用分贝表示）

(1) 电压增益: $20\lg A_U$ (dB)

(2) 电流增益: $20\lg A_I$ (dB)

(3) 互阻增益: $20\lg A_r$ (dB)

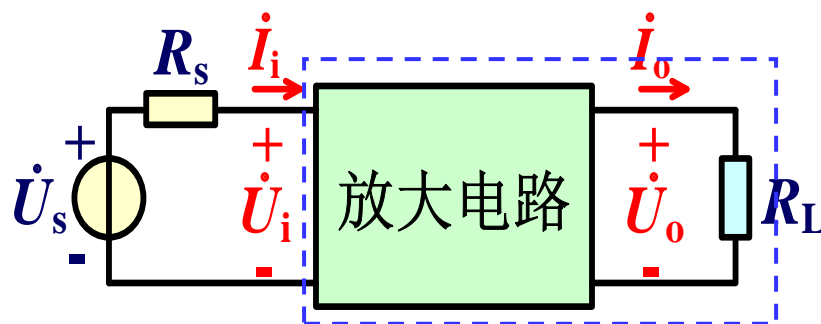
(4) 互导增益: $20\lg A_g$ (dB)

(5) 功率增益: $10\lg A_U A_I$ (dB)

问：“甲放大电路的增益为-20倍”和“乙放大电路的增益为-20dB”，哪个电路的增益大？

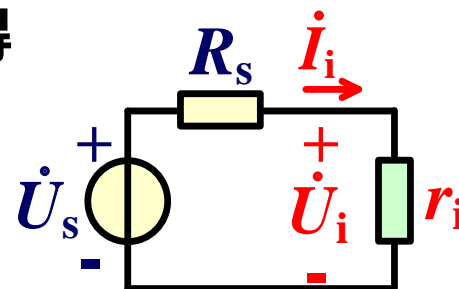
2、输入电阻 R_i ——从放大电路输入端看进去的等效电阻。

定义: $R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i}$



- R_i 的大小将影响放大电路从信号源中获得输入电压的大小。

\dot{U}_i 和 \dot{U}_s 的关系为: $\dot{U}_i = \frac{R_i}{R_i + R_s} \dot{U}_s$

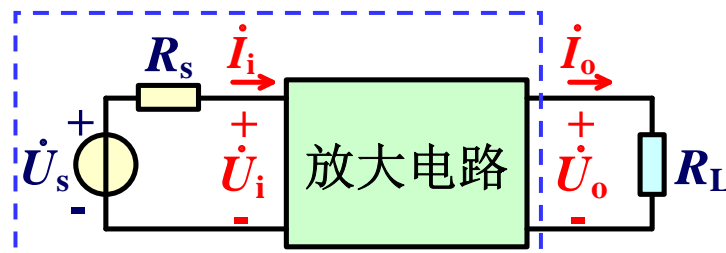


- 当 U_s 和 R_s 一定时, 输入电阻 R_i 越大, U_i 就越大, 对信号源的衰减作用越小。加到输入端的信号 U_i 越接近信号源电压 U_s 。

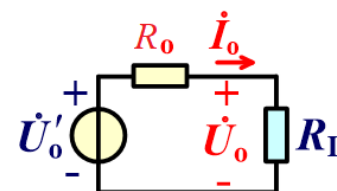
3、输出电阻 R_o ——从放大电路输出端看进去的等效电阻。

R_o 的求取方法 ——外施电源法

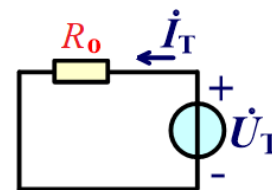
$$R_o = \frac{\dot{U}_T}{\dot{I}_T} \left| \begin{array}{l} \dot{U}_s = 0, R_s \text{保留} \\ R_L \text{开路} \end{array} \right.$$



- R_o 的大小将影响放大电路驱动负载的能力。



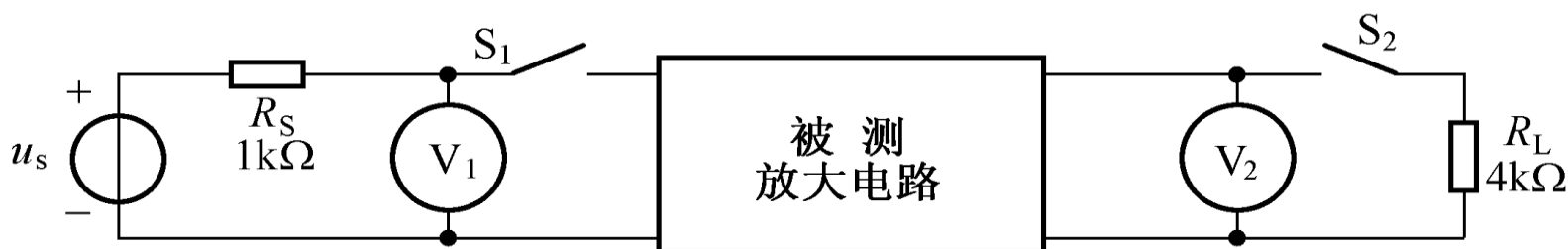
\dot{U}_o 和 \dot{U}'_o 的关系为:
$$\dot{U}_o = \frac{R_L}{R_L + R_o} \dot{U}'_o$$



- 输出电阻 R_o 的大小，反映了放大电路带负载能力的强弱。

R_o 越小，带负载能力越强。

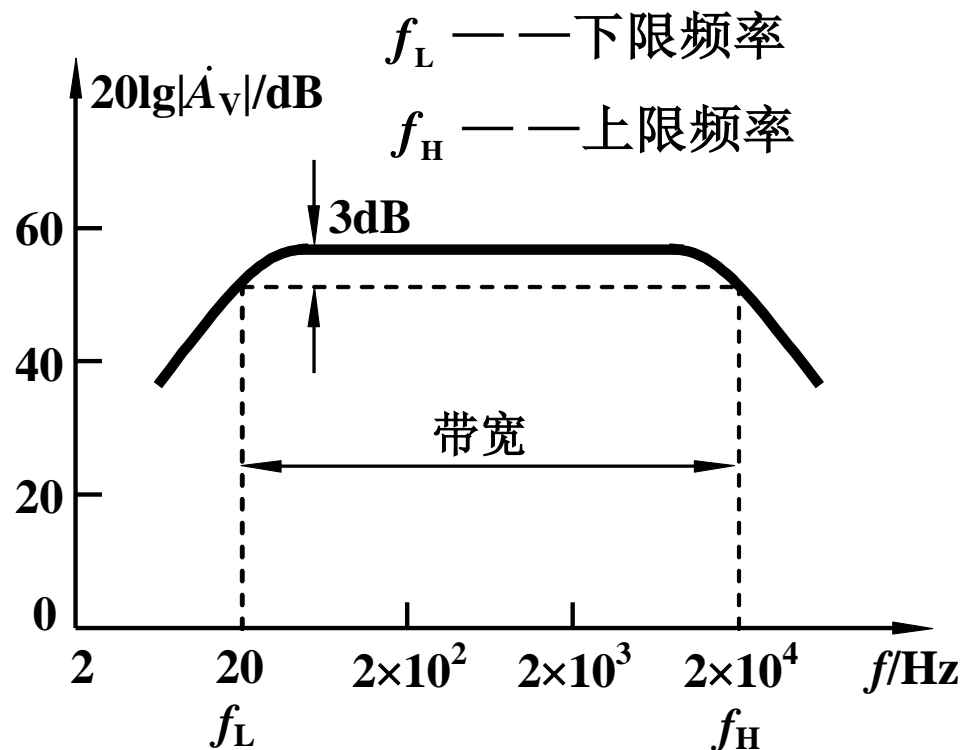
举例--用实验手段测量放大电路的三大指标



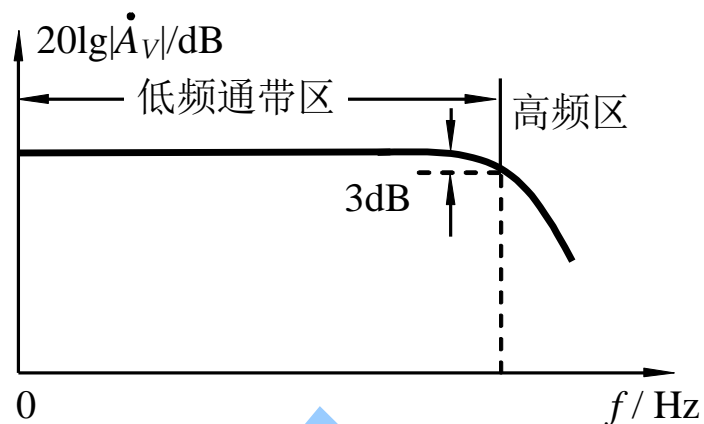
- ①当开关 S_1 闭合时，电压表 V_1 的读数为 50mV ； S_1 断开时， V_1 的读数为 100mV ，求输入电阻 R_i 。
- ②当开关 S_2 闭合时，电压表 V_2 的读数为 1mV ，而 S_2 断开时， V_2 的读数为 2mV ，求输出电阻 R_o 。
- ③如何测量 A_u ？

4、频率响应---通频带

例1：普通音响放大器的幅频特性



例2：直流放大电路的幅频特性



集成运算
放大器

4、频率响应---频率失真

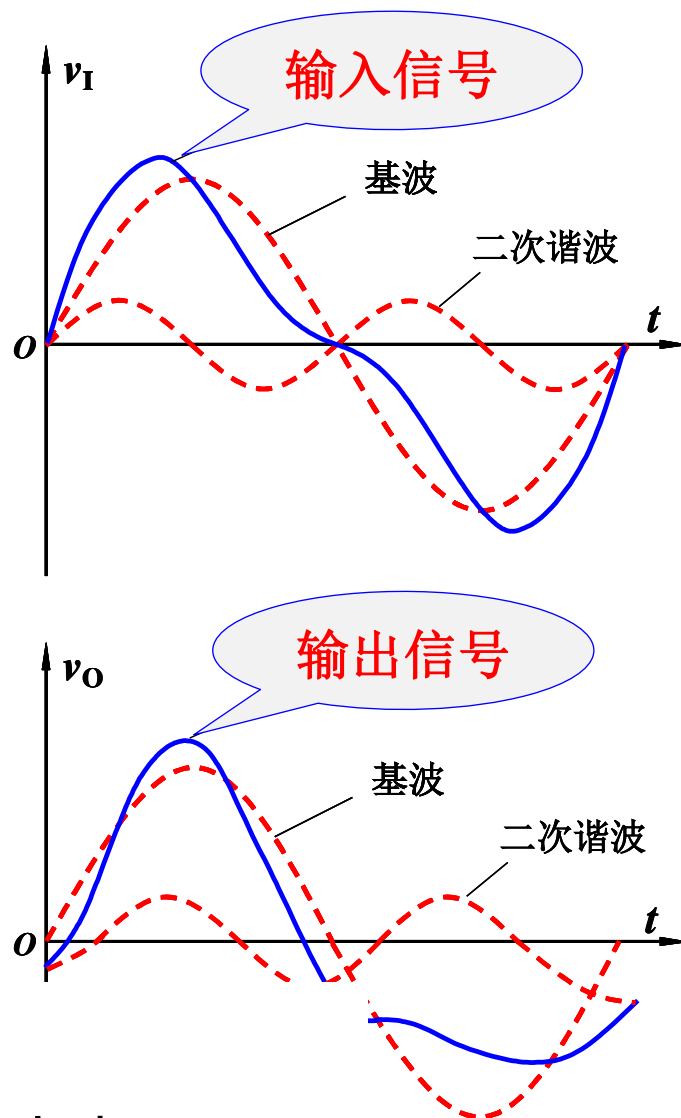
幅度失真:

放大器对不同频率的信号增益不同而产生的失真。

相位失真:

对不同频率信号的时延不同，产生的失真。

- 频率失真：是由电抗器件（即线性器件）引起，也称为线性失真。



5、最大不失真输出幅度

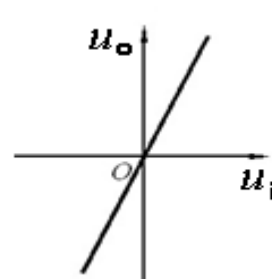
在输出波形没有明显非线性失真的情况下，放大电路能够提供给负载的最大输出电压(或最大输出电流)，一般指最大不失真输出电压的有效值，以 U_{om} 表示。

◆ 非线性失真系数:

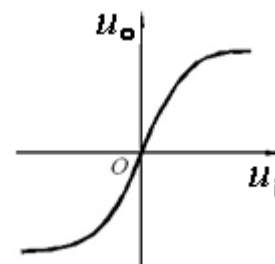
$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{ok}^2}}{V_{o1}} \times 100\%$$

其中:

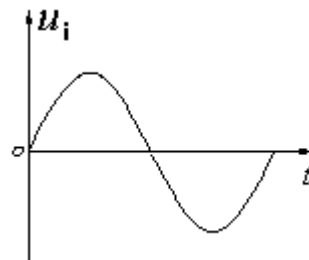
- V_{o1} 是输出信号基波分量的有效值;
- V_{ok} 是高次谐波分量的有效值;
- K 为正整数。



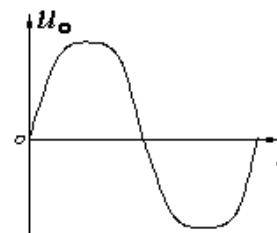
放大器理想传输特性



实际传输特性



输入信号



输出信号

6、最大输出功率 P_{om} 及效率 η

放大电路的最大输出功率是指，在输出信号没有明显失真的情况下，放大电路所能输出的最大功率。

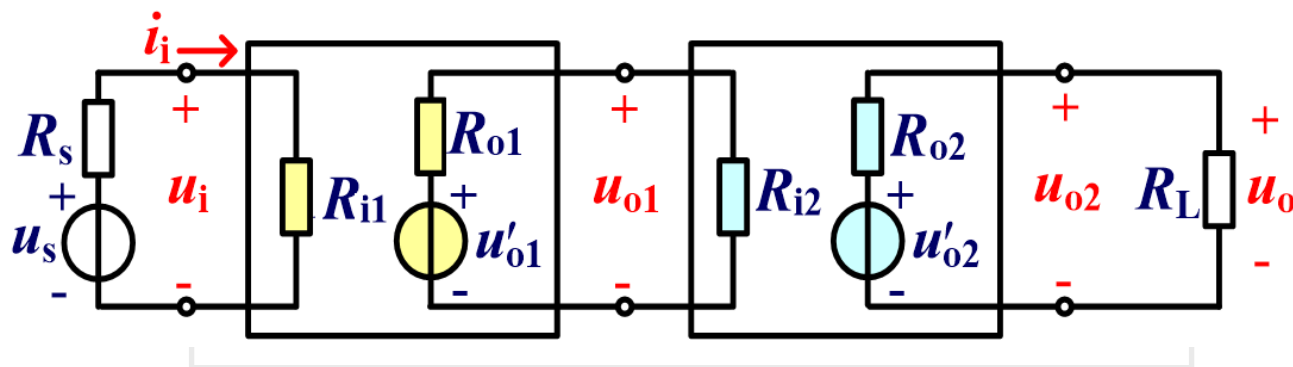
如果超过器件的功率要求，将会造成器件的损坏。

放大电路的效率 η 定义为：

最大输出功率 P_{om} 与直流电源消耗的功率 P_V 之比。

$$\text{即：} \quad \eta = \frac{P_{om}}{P_V} \times 100\%$$

2.3 多级放大电路主要性能指标



1. 多级放大电路的电压放大倍数

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

2. 输入电阻

$$R_i = \frac{u_i}{i_i} = R_{i1}$$

3. 输出电阻

$$R_o = R_{o2}$$

计算 A_{u1} 时, 要考虑前后级的影响。一般将**后级的输入电阻**作为**前级的负载**来处理。

完