

比例运算电路

对输入信号 u_i 进行比例放大的电路称比例运算电路。如果输入信号从反相端引入称反相比例运算电路，如果从同相端引入则称同相比例运算电路。

1. 反相比例运算

(1) 电路组成

反相比例运算电路如图 1 所示。图中，输入信号 u_i 经电阻 R_1 接到反相输入端，输出信号 u_o 经反馈电阻 R_F 接到反相输入端，同相输入端经电阻 R_2 接“地”。

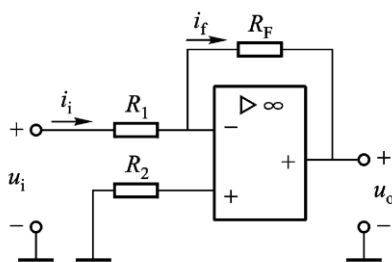


图 1 反相比例运算电路

(2) 电压放大倍数

根据运算放大器输入端的“虚短”和“虚断”性质可得出 u_o 与 u_i 之间有反相比例运算关系。

因虚断， $i_+ = i_- = 0$ ，

所以 $i_1 \approx i_F$

由图 1 电路，可列出

$$i_1 = \frac{u_i - u_-}{R_1} = \frac{u_i}{R_1}$$

$$i_F = \frac{u_- - u_o}{R_F} = -\frac{u_o}{R_F}$$

因虚短，所以 $u_- = u_+ = 0$ ，称反相输入端“虚地”——反相输入的重要特点

注意：

$u_- = 0$ 表示反相输入端的电位与“地”相等，但并没有真正接“地”，因此称“虚地”。

由 $i_- = 0$ ， $i_1 = i_F$ 可得

$$u_o = -\frac{R_F}{R_1} u_i$$

反相比例运算电路的电压放大倍数则为

$$A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_F}{R_1}$$

上两式表明, u_o 与 u_i 之间有比例运算关系, 式中负号体现反比例运算的特点。 A_{uf} 只与外部电路的电阻 R_F 、 R_1 有关, 与运算放大器的参数无关。因此选取不同的 R_F 、 R_1 即可改变比例运算电路的电压放大倍数, 同时又能保证比例运算电路的精度和工作的稳定性。

图 1 中, R_2 是一个平衡电阻, 其值 $R_2 = R_F // R_1$ 。接入平衡电阻的目的是保证运放差动输入级两边电路对称。

例 1 图 1 电路中, 取 $R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_F = 100\text{k}\Omega$, 求 A_{uf} 及 R_2 。若取 $R_F = R_1$, 该电路的功能是什么?

解:
$$A_{uf} = -\frac{R_F}{R_1} = -\frac{100}{10} = -10$$

$$R_2 = R_F // R_1 = \frac{R_F R_1}{R_F + R_1} = \frac{100 \times 10}{100 + 10} = 9.09\text{k}\Omega$$

若 $R_F = R_1$, 则
$$A_{uf} = -\frac{R_F}{R_1} = -1$$

该电路为反相器。

2. 同相比例运算电路

(1) 电路组成

图 2 电路为同相比例运算电路。输入信号经电阻 R_2 接到同相输入端, 反相输入端的电阻 R_1 左端接“地”。

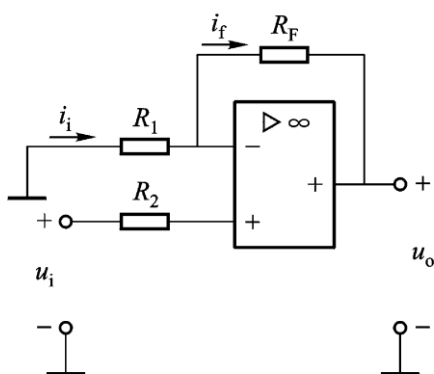


图 2 同相比例运算电路

(2) 电压放大倍数

在同相比例运算电路中, 由于同相端经电阻 R_2 直接与输入信号 u_i 相连, 由“虚断”性质 $i_+ = 0$, 得 $u_+ = u_i$ 。当运算放大器工作在线性放大区时, 由“虚短”性质可得

$$u_- = u_+ = u_i$$

$$i_1 = \frac{0 - u_-}{R_1} = -\frac{u_i}{R_1}$$

$$i_F = \frac{u_- - u_o}{R_F} = \frac{u_i - u_o}{R_F}$$

由“虚断”性质 $i_1 = i_F$ ，可得

$$u_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) u_i$$

或同相比例运算电压放大倍数

$$A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)$$

由以上两式可见， u_o 与 u_i 之间为同相比例运算关系，但比例系数为 $1 + \frac{R_F}{R_1} \geq 1$ ，

比例系数为正值，体现了同相比例运算的特点。

当 $R_1 = \infty$ （断开），或 $R_F = 0$ （短接）时，则

$$A_{uf} = 1$$

该电路称为电压跟随器，如图 3 所示。

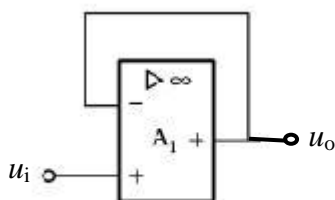


图 3 电压跟随器

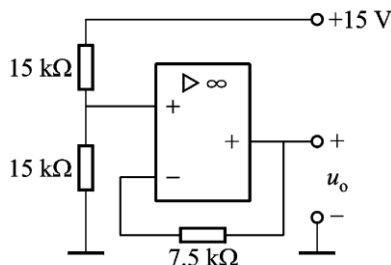


图 4 例 2 的图

由运放构成的电压跟随器输入电阻高、输出电阻低，其跟随性能比射极输出器更好。

例 2：电路如图 4 所示，试计算输出电压 u_o 的大小。

解：图示电路是一个电压跟随器，电源电压 $U_{CC}=15V$ ，经两个 $15k\Omega$ 电阻分压后在同相端得到 $+7.5V$ 的输入电压，故 $u_o = +7.5V$ 。

这种电路其精度和稳定性都很高，可作为基准电压。