

第三章 智能仪器中模拟量的输入/输出

第2讲 信号放大

东南大学 仪器科学与工程学院

主讲：李瑶

信号调理 { 放大
滤波

3.2 信号放大

3.2.1 概述

- **信号获取**：通过传感器把非电被测量转换成电量。
- **信号放大**：由于传感器输出的信号一般都很微弱，无法直接对其进行A/D转换，故需先对其进行放大。
- **信号滤波**：正常信号中通常会含有干扰信号的存在，通过滤波可保留有效信号，去除干扰和杂信号。

Operational Amplifier

集成运算放大器性能优良，应用灵活、方便，因此是智能仪器放大电路中使用最为广泛的主要器件。

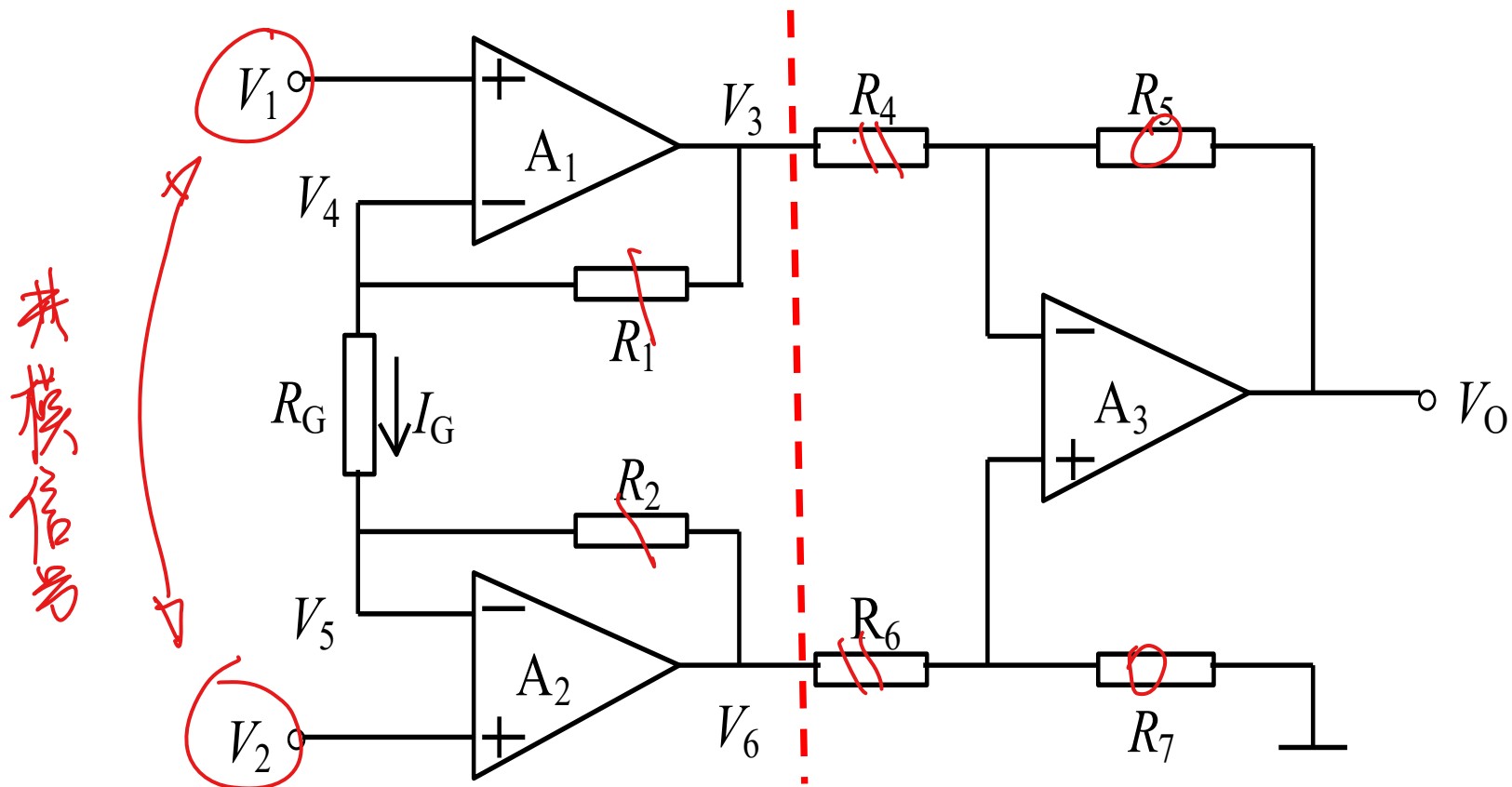
此外，在智能仪器中，还特别需要如**仪用放大器**、**程控放大器**和**隔离放大器**（第7章讲）等功能更为专用的集成运算放大器。

3.2.2 仪用放大器

当传感器工作在复杂和恶劣环境时，在传感器的两个输出端会伴随较大的干扰信号，当两端的干扰信号完全相同时，即为共模干扰。因此要求后续的放大电路有很高的共模抑制比，利用共模抑制比将信号从干扰信号中分离出来。

单个运放组成的基本放大器综合性能指标一般都不高，只能用在要求不高，条件不太恶劣的场合。

仪用放大器是一种精密的差动电压增益器件，由于它具有高输入阻抗、低输出阻抗、强抗共模干扰能力、低温漂、低失调电压和高稳定增益等特点，使其在微小信号检测系统中被广泛用作前置放大器。



仪用放大器

图中 $R_1=R_2$, $R_4=R_6$, $R_5=R_7$ 。

闭环增益

仪用放大器闭环增益为：

$$A_f = - (1 + 2R_1/R_G) R_5/R_4$$

$$A_f = - \frac{1}{1 + 2 \frac{R_1}{R_G}} \frac{R_5}{R_4}$$

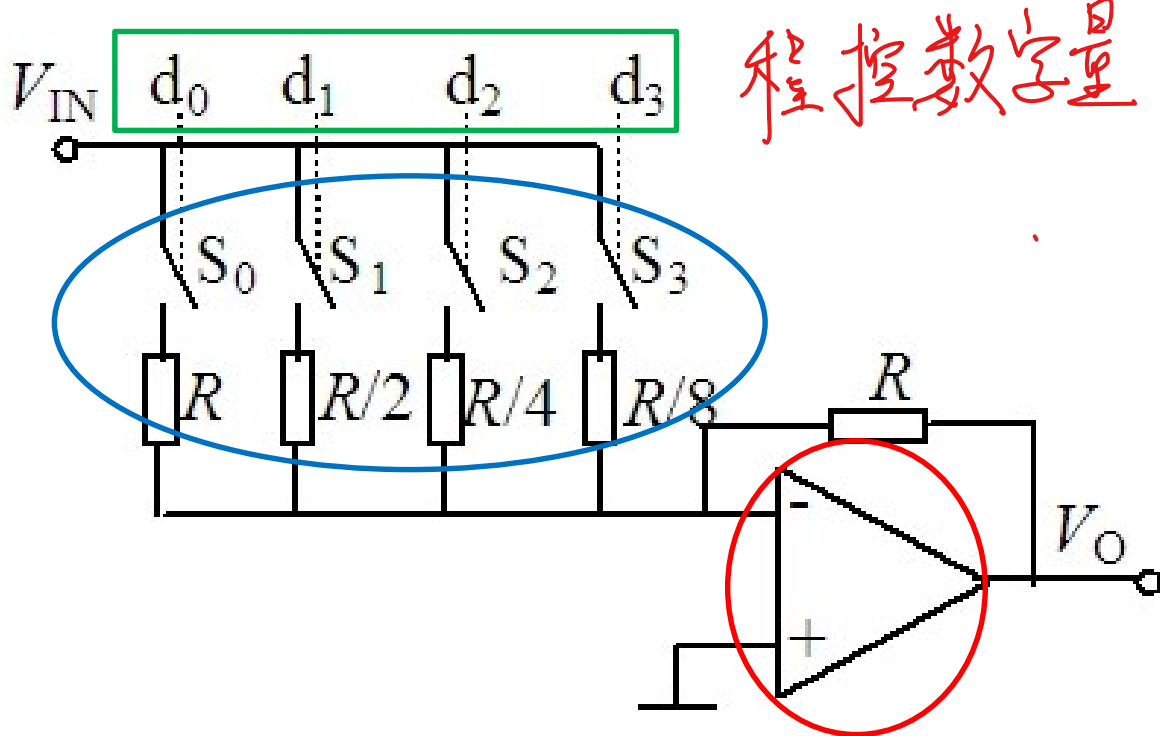
假设 $R_4 = R_5$ 。则 $A_f = - (1 + 2R_1/R_G)$

通过调节电阻 R_G （一般是外接），可改变仪用放大器的闭环增益。

3.2.3 程控增益放大器

当传感器输出信号的变化范围很宽时，为将传感器输出信号调整到适合A/D转换的信号量级以提高数据采集的精度，放大器的增益必须随传感器输出信号的变化而变化。
(软件控制)

在智能仪器中，由微控制器执行相应程序来控制放大器增益的变化，这种增益由程序控制的放大器称为程控增益放大器。

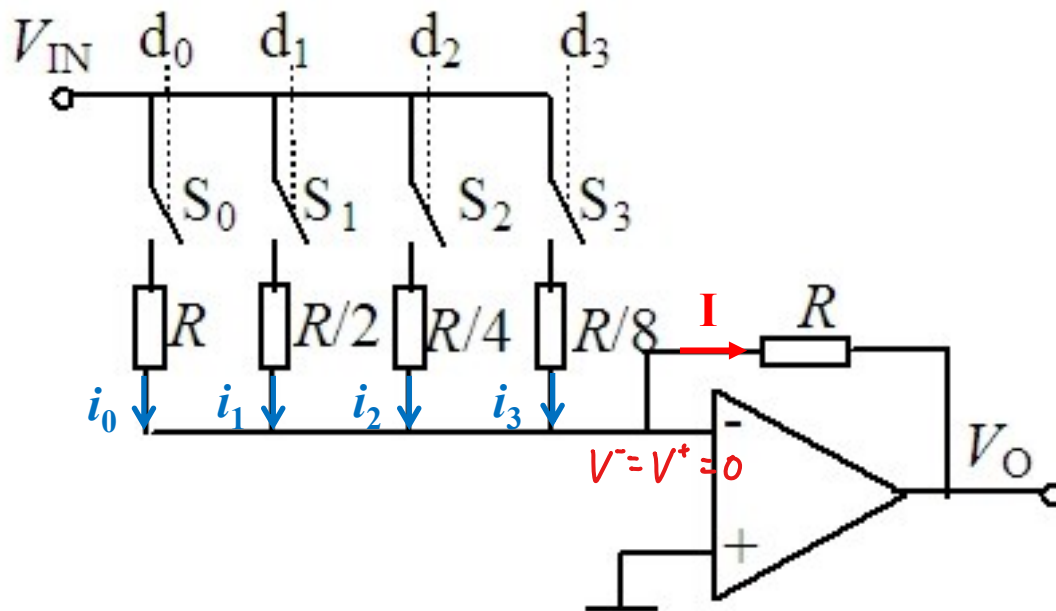


程控增益运算放大器的工作原理图

图中，各支路开关 S_i 的通断受输入二进制数 $(d_3d_2d_1d_0)_2$ 的相应位 d_i 控制。

$d_i = 1, S_i$ 接通, $d_i = 0, S_i$ 断开

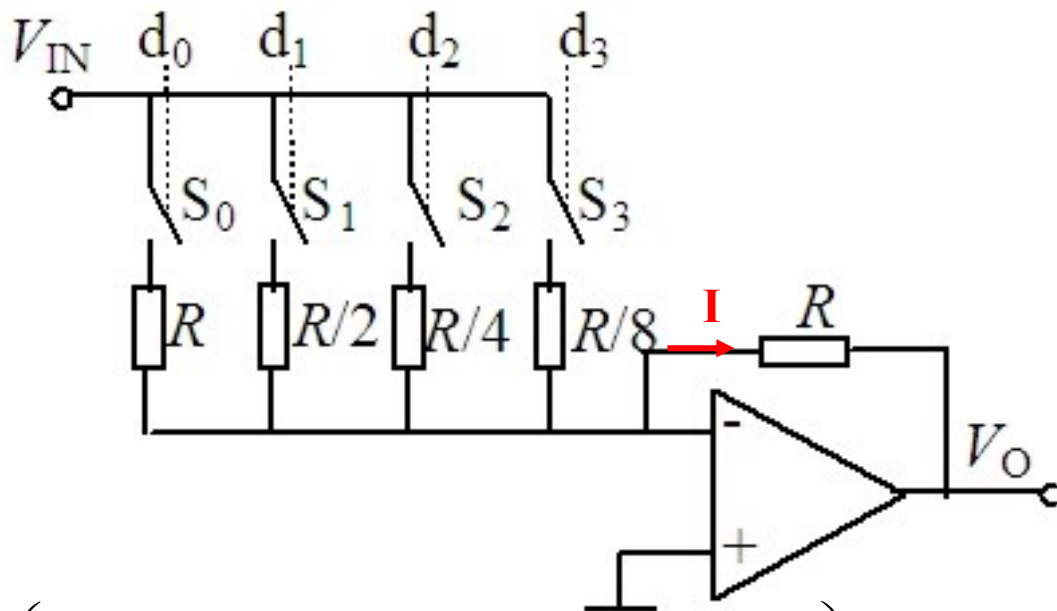
开关通断状态的不同，运算放大器输入端等效电阻的大小也不同，从而使运算放大器的闭环增益随输入二进制数的变化而变化。



$$V_O = -IR \quad I = i_0 + i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_0 = \begin{cases} \frac{V_{IN}}{R} & d_0 = 1 \\ 0 & d_0 = 0 \end{cases}$$

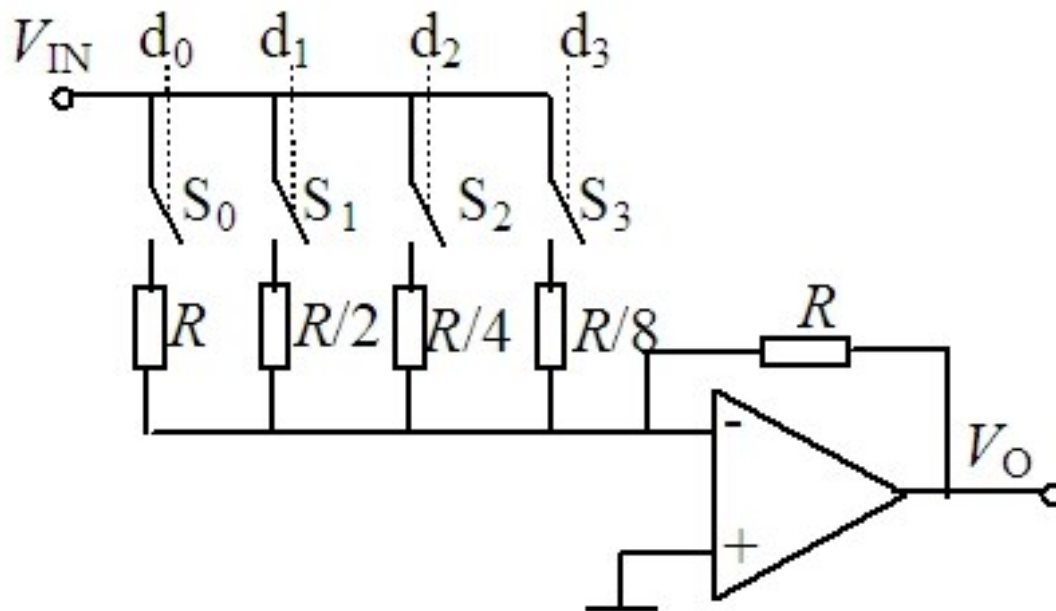
$$i_0 = \frac{V_{IN}}{R} d_0 \quad i_1 = \frac{V_{IN}}{\frac{1}{2}R} d_1 \quad i_2 = \frac{V_{IN}}{\frac{1}{4}R} d_2 \quad i_3 = \frac{V_{IN}}{\frac{1}{8}R} d_3$$



$$V_O = -IR = - \left(\frac{V_{IN}}{R} d_0 + \frac{V_{IN}}{\frac{1}{2}R} d_1 + \frac{V_{IN}}{\frac{1}{4}R} d_2 + \frac{V_{IN}}{\frac{1}{8}R} d_3 \right) R = -(8d_3 + 4d_2 + 2d_1 + d_0)V_{IN}$$

增益.

$$\begin{aligned} A = \frac{V_O}{V_{IN}} &= -(8d_3 + 4d_2 + 2d_1 + d_0) \\ &= -(2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + 2^0 d_0) \\ &= -(d_3 d_2 d_1 d_0)_2 \end{aligned}$$



该放大器的增益为 $-(d_3d_2d_1d_0)_2$

增益变化范围?

-1~-15

- 0 0 0 0 X

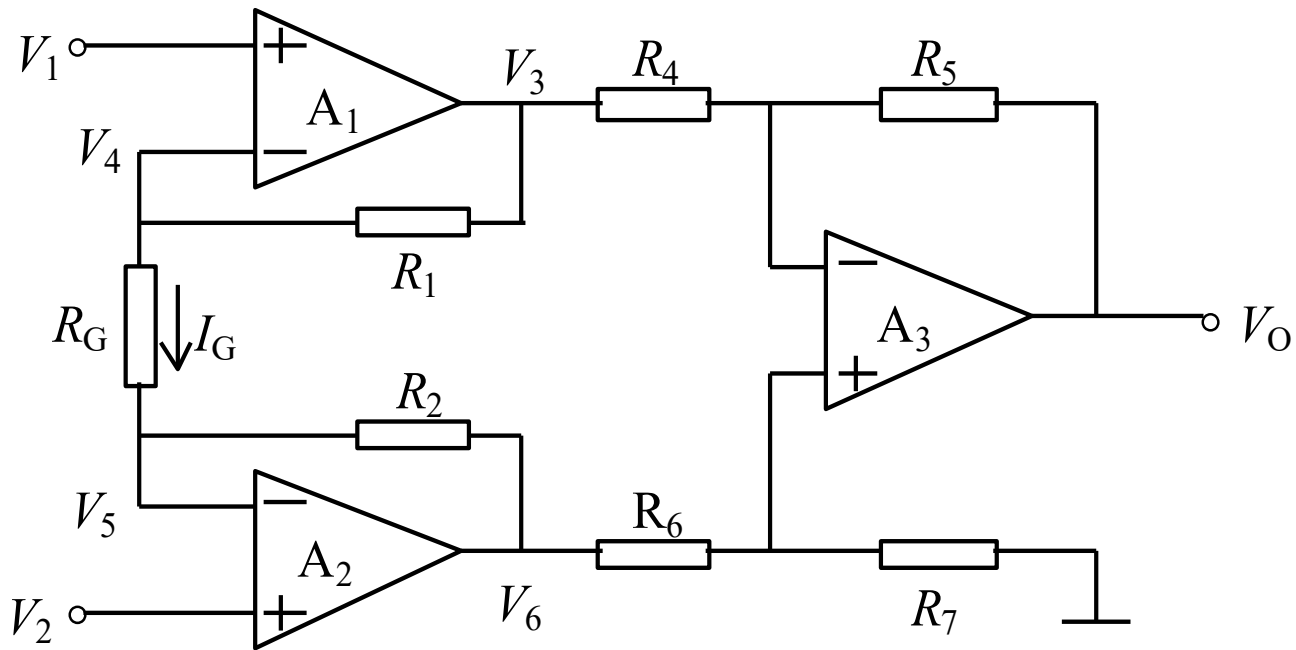
- 0 0 0 1 ~ -1

:

- 1 1 1 1 ~ -15

作业

请推导仪用放大器的闭环增益（图中 $R_1=R_2$ ， $R_4=R_6$ ， $R_5=R_7$ ），并简述仪用放大器的特点。



仪用放大器