

## 运算放大器输入和输出共模与差分电压范围

### 输入与输出电压范围

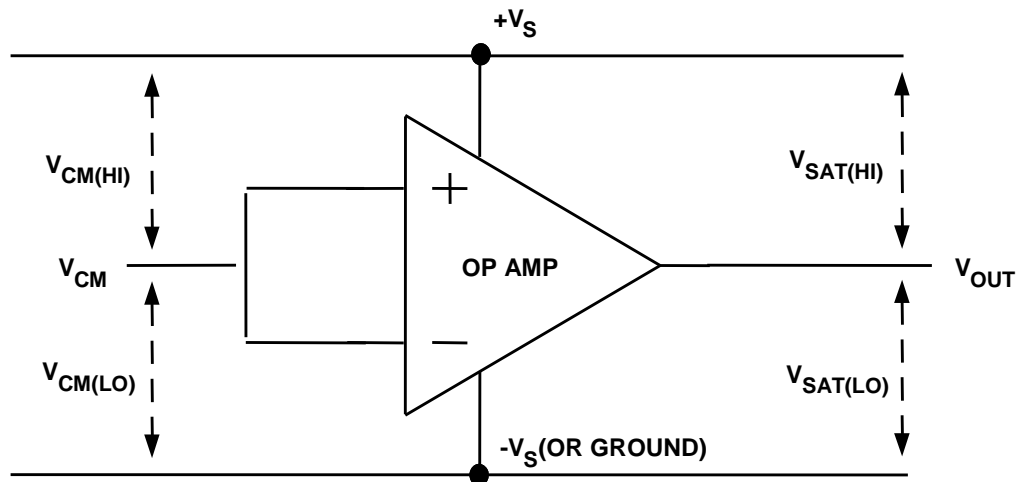
关于实际运算放大器的容许输入和输出电压范围，有一些实际的基本问题需要考虑。显然，这不仅会根据具体器件而变化，还会根据电源电压而变化。我们可以通过器件选型来优化该性能点，首先要考虑较为基础的问题。

任何实际运算放大器输入和输出端的工作电压范围都是有限的。现代系统设计中，电源电压在不断下降，对运算放大器之类的模拟电路而言，3 V至5 V的总电源电压现在已十分常见。这一数值和过去的电源系统电压相差甚远，当时通常为 $\pm 15$  V(共30 V)。

由于电压降低，必须了解输入和输出电压范围的限制——尤其是在运算放大器选择过程中。

### 输出共模电压范围

下图1大致显示了运算放大器输入和输出动态范围的限制，与两个供电轨有关。任何运算放大器都由两个电源电位供电，用正供电轨 $+V_S$ 和负供电轨 $-V_S$ 表示。运算放大器的输入和输出共模范围根据与两个供电轨电压限值的接近程度来定义。



**图1：运算放大器输入和输出共模范围**

在输出端， $V_{OUT}$ 有两个供电轨相关限制，即高电平(接近 $+V_S$ )和低电平(接近 $-V_S$ )。高电平时，范围可达饱和上限 $V_S - V_{SAT(HI)}$ (最大正值)。例如，如果 $+V_S$ 为5 V， $V_{SAT(HI)}$ 为100 mV，则 $V_{OUT}$ 上限(最大正值)为4.9 V。同样，低电平时，范围可达饱和下限 $-V_S + V_{SAT(LO)}$ 。因此，如果 $-V_S$ 为接地(0 V)， $V_{SAT(LO)}$ 为50 mV，则 $V_{OUT}$ 下限为50 mV。

显然，给定运算放大器的内部设计会影响该输出共模动态范围，必要时，器件本身的设计应当最大程度地减小 $V_{SAT(HI)}$ 和 $V_{SAT(LO)}$ ，以便实现最大输出动态范围。某些类型的运算放大器就采用了这样的设计，这些放大器通常采用单电源系统专用的设计。欲了解更多详情，请参考[指南MT-035](#)

### 输入共模电压范围

在输入端，适用于 $V_{IN}$ 的共模范围也有两个供电轨相关限制，即高电平(接近 $+V_S$ )和低电平(接近 $-V_S$ )。高电平时，范围可达共模上限 $+V_S - V_{CM(HI)}$ (最大正值)。仍以 $+V_S = 5$  V为例，如果 $V_{CM(HI)}$ 为1 V，则 $V_{IN}$ 上限(最大共模正值)为 $+V_S - V_{CM(HI)}$ 或4 V。

下图2所示为采用假设运算放大器数据时确定 $V_{CM(HI)}$ 的方法，如上方曲线所示。该运算放大器会在低于图中所示曲线的 $V_{CM}$ 输入下工作。

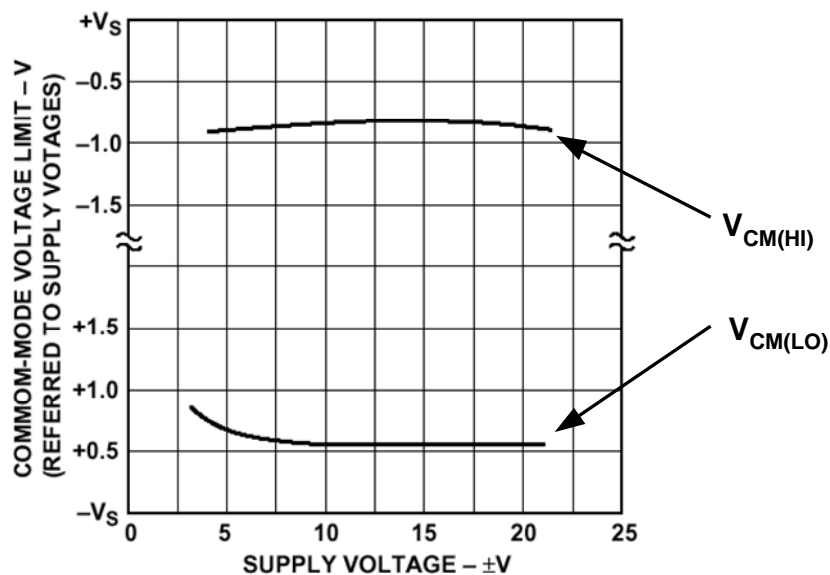


图2：运算放大器输出共模范围图示

在实际操作中，实际运算放大器的输入共模范围通常规定为电压范围，不必以 $+V_S$ 或 $-V_S$ 为参考。例如，典型的 $\pm 15\text{ V}$ 工作双电源运算放大器的额定共模工作范围为 $\pm 13\text{ V}$ 。低电平时，同样也存在共模下限。通常用 $-V_S + V_{\text{CM(LO)}}$ 来表示，图2中所示为下方 $V_{\text{CM(LO)}}$ 曲线。如果该器件也是采用 $\pm 15\text{ V}$ 电源电压，就可以代表典型性能。

以单电源为例， $-V_S = 0\text{ V}$ 的情况下，如果 $V_{\text{CM(LO)}}$ 为 $100\text{ mV}$ ，则共模下限为 $0\text{ V} + 0.1\text{ V}$ （即 $0.1\text{ V}$ ）。本例显示的共模下限在 $100\text{ mV}$ 的 $-V_S$ 范围之内，实际上更适合表示具有共模下限或上限（包括供电轨）的单电源器件。

换言之， $V_{\text{CM(LO)}}$ 或 $V_{\text{CM(HI)}}$ 为 $0\text{ V}$ 。还有包括两个供电轨、具有共模范围的单电源器件。然而，单电源器件往往无法提供图形数据（例如图2所示的共模限值）但是会通过表格形式的额定电压范围来说明性能。

### 运算放大器差分输入电压范围

在正常工作模式下，运算放大器连接至反馈环路，因此，差分输入电压保持在 $0\text{ V}$ （忽略失调电压）。但在某些情况下（例如上电），运算放大器可能会受到不等于 $0$ 的差分输入电压影响。某些输入结构需要限制差分输入电压来防止其受损。这些运算放大器的输入通常还具有内部背靠背二极管，放大器的简化原理图中不一定会显示这些，但是会显示 $\pm 700\text{ mV}$ （最大值）的差分输入电压规格。

此外，图中还显示最大输入差分电流规格。有些放大器内置限流电阻，但这些电阻会提高噪声，因此在低噪声运算放大器中不予使用。

关于输入过压和保护的一般问题请参考[指南MT-036](#)

### 输出电流与输出短路电流

大多数通用运算放大器都有输出级，提供对地或任一电源的短路保护。这通常称为无限短路保护，因为放大器可以无限地将该电流值输入短路电路。应由运算放大器提供的输出电流即为此时的输出电流。通常要设定限制，使运算放大器能够为通用运算放大器提供 $10\text{ mA}$ 输出电流。

如果运算放大器必须同时具备高精度和大输出电流，建议使用独立输出级（反馈环路内），将精密运算放大器的自发热降至最低。该附加放大器通常称为缓冲器，因为其电压增益通常为 $1$ 。

有一些运算放大器能够提供大输出电流。例如AD8534，这是一种四通道器件，四个部分的输出电流均为250 mA。注意，如果同时从四个部分输出250 mA电流，就会超过封装功耗规格，放大器会过热，并且可能会损坏。对低功耗的较小封装而言，这一问题更加严重。

高速运算放大器的输出电流通常不会限制在较低值，因为会影响其压摆率和驱动低阻抗的能力。大多数高速运算放大器的源电流和吸电流都在50至100 mA之间，但也有一些限制在30 mA以下。即使是具有短路保护的高速运算放大器，温度也可能会超过结温(由于短路电流较高)，从而导致器件由于长时间短路而受损。

#### 参考文献：

1. Hank Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: 0-915550-28-1. Also available as [Linear Circuit Design Handbook](#), Elsevier-Newnes, 2008, ISBN-10: 0750687037, ISBN-13: 978-0750687034. Chapter 1.
2. Walter G. Jung, *Op Amp Applications*, Analog Devices, 2002, ISBN 0-916550-26-5, Also available as [Op Amp Applications Handbook](#), Elsevier/Newnes, 2005, ISBN 0-7506-7844-5. Chapter 1.
- 3.

Copyright 2009, Analog Devices, Inc. All rights reserved. Analog Devices assumes no responsibility for customer product design or the use or application of customers' products or for any infringements of patents or rights of others which may result from Analog Devices assistance. All trademarks and logos are property of their respective holders. Information furnished by Analog Devices applications and development tools engineers is believed to be accurate and reliable, however no responsibility is assumed by Analog Devices regarding technical accuracy and topicality of the content provided in Analog Devices Tutorials.