

运算放大器 VOS 应用简谈

作者: Allen Zhang

OPA 的 V_{os} (输入失调电压) 主要是因 OPA 输入级的管子不能完全对称造成的, V_{os} 通常是等效在 OPA 的同相输入端一个电压源, 在实际应用中因 OPA 的 V_{os} 大小会带来不同的影响, 本文列举几个例子来说明 V_{os} 对实际电路的影响和调整方法。

一、

V_{os} 太大影响静态输出, 导致信号动态输出范围缩小。图 1 所示,

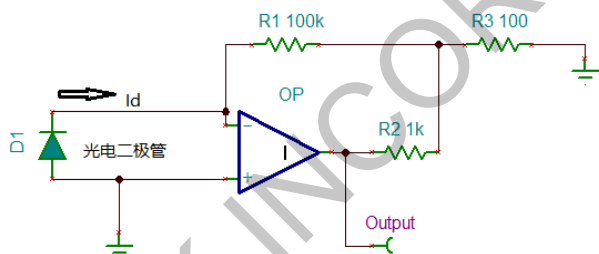


图 1

一种光电信号采集应用, OPA 供电是 3V, 光电二极管 D1 没有电流时, 即 I_d 为 0, OPA 输出电压 $Output = V_{os} \times (1 + R2/R3)$ 。一个约为 4.5mV V_{os} 的 OPA 可以导致 Output 输出为图 2 所示大约 50mV 左右直流信号输出, 从而减少了 OPA 有效信号的输出动态范围 (3V-0.05V), 当二极管的电流 I_d 不为 0 时, OPA 输出信号 $Output =$

$$(I_d \times R1) \times (1 + R2/R3) + V_{os} \times (1 + R2/R3)。$$

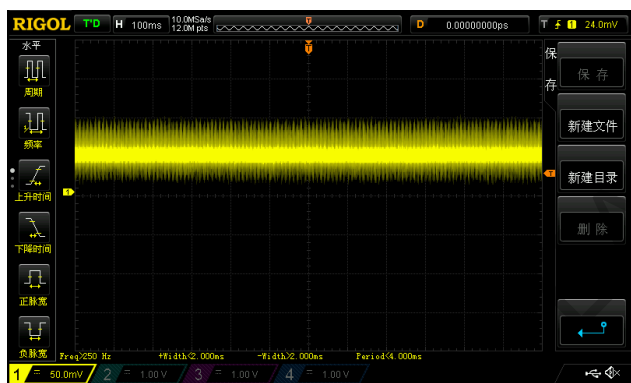


图 2

此应用中 OPA V_{os} 太大影响了系统信号动态范围, 需根据系统要求调整电路设计, 调整方式有两种, 一种是选择低 V_{os} 的 OPA, 如低于 1mV V_{os} 的 OPA, 可以使 Output 在静态 (I_d 无电流) 输出电压小于 10mV, 通常低 V_{os} 的 OPA 成本高一些; 另一种调整方式是, 去掉 R3, 使 $R1+R2$ 的值设定在足够大, 如 $R1+R2=1M$, 此时系统的 $Output = I_d \times (R1 + R2) + V_{os}$, 绝大部分 OPA 都可使用, 不用太在意 OPA V_{os} 的大小。

尽管如此, 3PEAK 依靠先进的 Trim 技术, 可以大大减小 OPA 的 V_{os} , 如 LMV358A 的 V_{os} 只有 $1mV \pm 400\mu V$, 远远优于同类竞争对手的产品。

二、

特定系统应用同时需要低 V_{os} 和低 V_{os} Drift 的 OPA。很多电源系统中, 为了实现精确的电流调节, 通常在 DC-DC 的反馈环路中增加一个 OPA, 如图 3 所示。

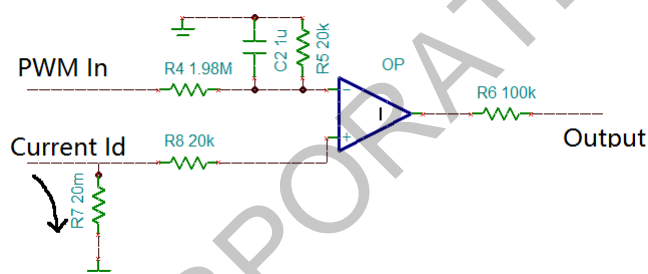


图 3

为了实现对 Current I_d 的电流控制, 这里假设最小电流 $I_d=0.05A$, 即 R7 上的压降大概是 $=R7 \times I_d=1mV$, 即 OPA 的同相输入端电压是 1mV。因此设计用于电源系统, 产品的工作温度范围要求较宽, 这里假定温度变化范围是 $\Delta T=100^\circ C$, 因此就要求 OPA 的 $\{V_{os} + (V_{os} \text{ Drift}) \times \Delta T\} < 0.5mV$ 。

3PEAK 的 Zero Drift 的 OPA 非常适合此类应用, 如 TP553x 系列 OPA 具有 10uV 的 $V_{os}(\text{MAX})$ 和 $0.008\mu V/^\circ C$ 的 V_{os} Drift, 且封装丰富, 非常适合小体积场合应用。类似很多应用如电子烟, 快速充电器和 Power Bank 等电流检测的场合都需要低 V_{os} 和低 V_{os} Drift 的 OPA。

三、

OPA 需要设置合适的共模范围，使选择的 OPA V_{os} 满足系统要求。本身 OPA 需要设定特定共模范围满足信号处理的需要，OPA 的一些特性的限制会要求使用者设定合理的共模范围，如早期的 Bipolar 工艺的 OPA 产品，输入/输出信号通常限制在 $-V_{cc}+2V$ 到 $+V_{cc}-2V$ 的范围，如图 4 是 Bipolar 标准的输入级架构。

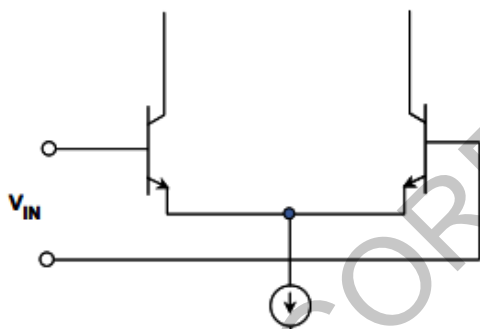


图 4

现在很多 5V OPA 的输入和输出都是轨到轨，为了使 OPA 可以做到 RRI（输入轨到轨），大部分 CMOS 的 OPA 输入架构如图 5 所示。

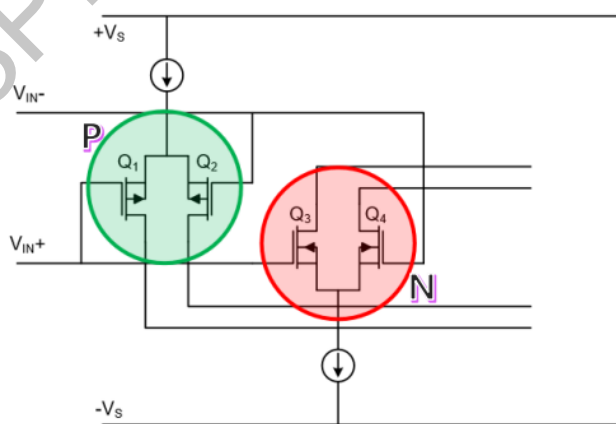


图 5

Datasheet 中的 V_{os} 值通常是指 OPA 在共模为 $V_{cc}/2$ 的情况下测试的数据，OPA 使用时要特别注意图 6 所示出现的情况，

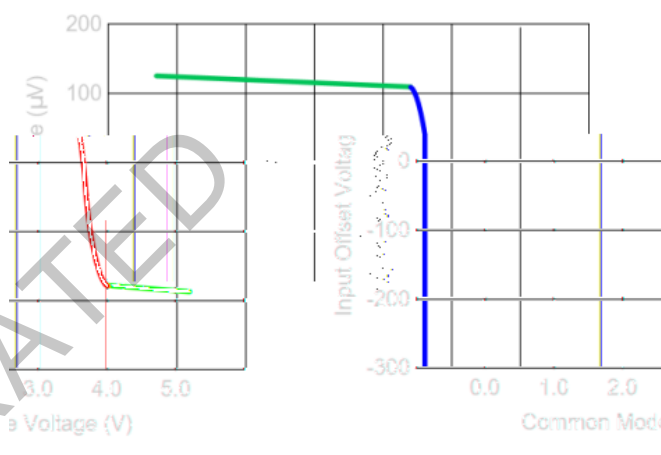


图 6

V_{os} 在共模 3V（OPA 单电源 5V 供电）以上时，因图 5 所示 P 管和 N 管工作状态有一个切换过程，可能出现 OPA 的 V_{os} 跳变情况，因此 OPA 要设置合理的共模输入信号范围使 OPA 的 V_{os} 满足系统设计精度要求。

3PEAK 的大部分 CMOS OPA 都将 V_{os} 切换点设定在高共模位置，能够满足大部分客户使用应用时候在放大区域的线性度。

四、

选择的两种 OPA V_{os} 都一样，同样电路系统精度应该一样？

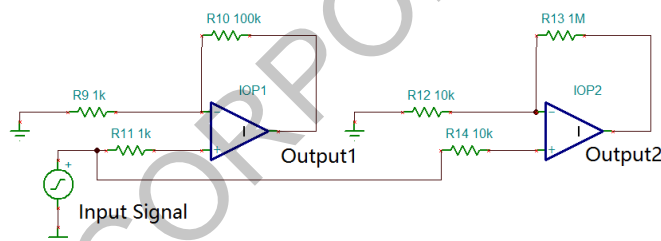


图 7

如图 7，输入信号一样。左边电路 $Gain_1 = (1 + R_{10}/R_9) = 101$ ，右边电路 $Gain_2 = (1 + R_{13}/R_{12}) = 101$ ， $Gain_1 = Gain_2$ ，两种电路输入信号一样，所以输入信号放大后的 $Output_1 = Output_2$ 。但是当两个 OPA 的 I_B 差异较大时，两种电路直流精度会有比较大的差异。通常 Bipolar 的 I_B 在 nA 级别，CMOS 的 I_B 在 pA 级别，图 7 左边电路的 OPA 的 I_{B1} 等效 V_{os} 带入输入的误差 $= R_{11} \times I_{B1}$ ，图 7 右边电路 OPA 的 I_{B2} 等效 V_{os} 带入输入的误差 $= R_{14} \times I_{B2}$ ，假如 $I_{B1} = 10pA$ ， $I_{B2} = 10nA$ ，左边的电路 I_{B1} 带来的输入误差

$=1K \times 10pA = 10nV$, 可忽略不计, 右边的电路 I_{B2} 带来的等效输入误差 $=0.1mV$, 相对影响较大。

一些大增益的应用场合, 如热电偶测量, 红外温度测量等, 在不考虑功耗的情况下, OPA 外围所用电阻阻值可以适当选用阻值小一点的电阻, 减少 I_B 带来的误差。

3PEAK 的大部分 OPA 都是采用 CMOS 工艺, 拥有极低的 I_B , 如 TP21XX 系列 OPA 拥有低至 $1fA$ 的 I_B , 非常适用于光电检测、热电偶等场合。

Part No.	Channels	V _{OS} (V)	COMP	I _O (Typ) (mA)	I _O (Max) (mA)	I _{CL} (mA)	V _{OS} (mV)	Input Bias (nA)	V _{OS} (mV)	PSRR (dB)	CMRR (dB)	Gain (dB)	Bandwidth (MHz)	Package
TP2121	1	1.8-6.0	18MHz	600uA	800uA	N/A	1.5mV	10nV/us	0.5	170	114	10	10	5 Pin SOT23, 8 Pin SOIC
TP2121N	1	1.8-6.0	18MHz	600uA	800uA	3uA	1.5mV	10nV/us	0.5	170	114	10	10	8 Pin SOT23, 8 Pin SOIC
TP2122	2	1.8-6.0	18MHz	600uA	800uA	N/A	1.5mV	10nV/us	0.5	170	114	10	10	8 Pin MSOP, 8 Pin SOIC
TP2124	4	1.8-6.0	18MHz	600uA	800uA	N/A	1.5mV	10nV/us	0.5	170	114	10	10	14 Pin SOIC, 14 Pin TSSOP

五、

V_{OS} 在某些系统设计中是不需要考虑的参数。通常交流系统设计不需要考虑 V_{OS} 的大小, 因为交流系统一般都会做交流耦合, 可以有效的滤除直流的偏差, 如点钞机系统; 当用户系统有直流软件矫正时也不需要考虑 OPA V_{OS} 的大小。OPA V_{OS} 的值通常是有正有负, 是一个正态分布的参数, 有时候为了适合特定场合应用, 部分厂家的特定型号 OPA 的 V_{OS} 特意设定在全为正值, 如 3PEAK 的 LMV358A。

总结

V_{OS} 是 OPA 直流性能的一个重要参数, 产品的温度范围变化相对较大时, $V_{OS} Drift$ 会直接影响系统精度, 部分系统设计需要计入其影响。使 OPA 工作在合适共模范围和外围器件的选择, 对系统精度的设计也是很重要的因素。

✦ **3PEAK and the 3PEAK logo are registered trademarks of 3PEAK INCORPORATED. All other trademarks are the property of their respective owners.**