

高压运放可改善性能并缩减电路板空间

Brian Black
(凌力尔特公司)

即使对于最优秀的模拟设计师来说, 高电压放大器电路的设计也是充满挑战的。大多数市售放大器都被限制为使用 $\pm 15\text{V}$ 或更低的电源。随着半导体制造工艺采用精细线几何尺寸, 许多新型放大器被限制在更低的电压, 比如 5V 乃至 3.6V 。然而, 对于较高电压电路的需求依旧存在。虽然可以使用分立式电路来扩展较低电压运算放大器的输入或输出工作电压范围, 但由于匹配问题、电路板空间限制和散热要求的原因, 这样的做法对于设计会颇为棘手。而新型高精度单片式运算放大器 (包括 LTC6090、LTC2057 和 LT6016) 的面市则简化了高电压模拟信号链路的设计。

新型 LTC6090 运放通过专有电路与布局方法的组合运用, 将其电源电压扩展至 $\pm 70\text{V}$, 而并未牺牲高精度运放期待拥有的特性。该器件采用了一种 MOS 输入级设计, 输入偏置电流通常为 3pA (在 25°C)。输入失调电压小于 1.6mV , 噪声为 $11\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (在 10kHz)。输入共模范围扩展至任一电源轨的 3V 以内 (134V , 横跨 140V 电源)。其轨至轨输出级允许 LTC6090 驱动接近 $140\text{V}_{\text{P-P}}$ 的信号 (图 1)。LTC6090 采用节省空间的 8 引脚 SOIC 封装和 16 引脚 TSSOP 封装。这两种封装均具有用于降低热阻的裸露衬垫, 有利于实现优良的热设计。一个至低电压控制线的简易型接口和内置的热安全特性可简化高电压模拟设计任务。

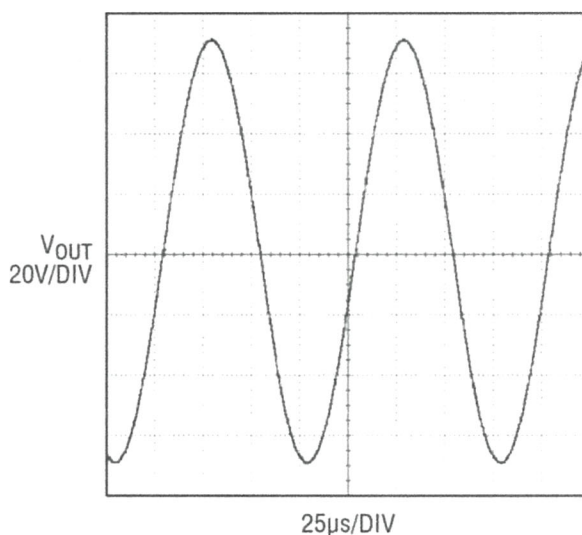


图 1 LTC6090 输出电压 $140\text{V}_{\text{P-P}}$ 10kHz 正弦波

1 用于高动态范围的高电压电路

图 2 给出的例子说明了怎样采用一个高电压放大器来改善动态范围。跨阻抗放大器电路需要采取谨慎的设计以实现足够低的噪声和高带宽。电路的噪声取决于反馈电阻器和放大器所产生的噪声。增益与反馈电阻值成正比, 而电阻器噪声则与电阻值的平方根成正比。因此, 电路的信噪比随着电阻的增大而改善, 改善系数为 \sqrt{R} 。采用一个 125V 正电源轨将允许电路以一个 $1\text{M}\Omega$ (MV/A) 的高跨阻抗增益值运作。随后衰减放大器的输出以使 V_{OUT} 信号介于 0V 和 12V 之间, 且噪声在 1kHz 至 40kHz 的频段

内仅为 $21\mu\text{V}_{\text{RMS}}$ (即 1.75ppm)。

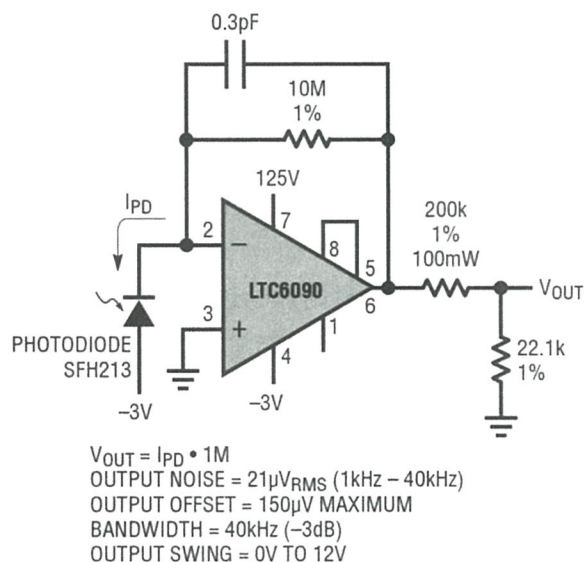


图2 扩展动态范围 1M 跨阻抗光电二极管放大器

2 偏置和漏电流

在光电二极管和其他高阻抗换能器应用中,必须考虑放大器输入偏置电流。LTC6090 的低输入偏置电流使其成为高阻抗应用的绝佳选择。如图3所示,输入偏置电流与温度之间存在对数关系,温度每升高 10°C 输入偏置电流将倍增一次,然而在 125°C 温度下仍然保持低水平。

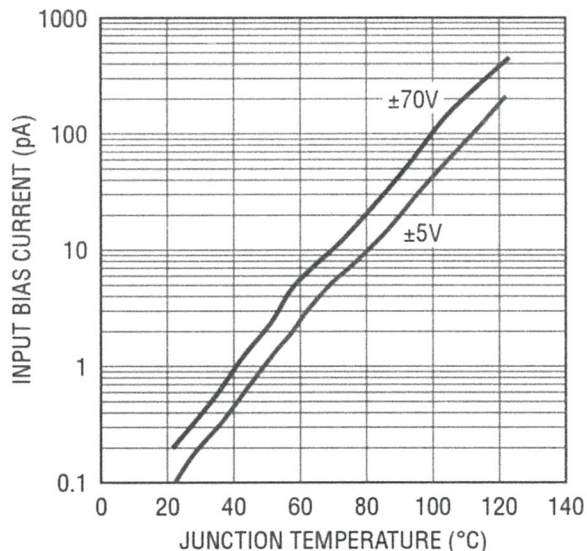


图3 LTC6090 输入偏置电流与结温的关系曲线

由于输入端可接受高电压,因此应特别谨慎地避免会引起测量误差的漏电流。在保护关键型应用中,采用特殊的低漏电电路板材料或许是有益的,因为其可作为保护环。LTC6090 的 TSSOP 封装包括 8 个保护引脚,这些引脚可用于在关键输入节点的周围形成保护环,如图4所示。请注意,应当穿过保护环拉回焊料掩模以裸露 PCB 金属。PCB 必须整洁干燥,这一点很重要。建议采用溶剂对电路板进行清洁,并用自来水冲洗任何的残留物,然后对电路板实施烘烤以除去所有的水分。或者,用肥皂和自来水(不带溶剂)彻底洗涤电路板亦可产生很好的效果。

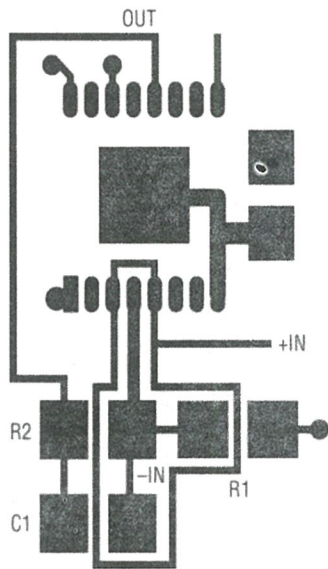


图4 PCB 保护环布局示例

3 高电压 DAC 缓冲器

高电压放大器的另一个用途是对较低压的数模转换器(DAC)进行缓冲。在测试设备中,有可能必需产生任意的高电压以满足多种应用的需要,而且在某些控制应用中,大电压信号适用于驱动激光器、压电组件和其他换能器或引导光束。如图5所示,可以使用诸如 LTC6090 等高电压放大器。在该例中,从一个 2.5V DAC 输出产生了一个 $140\text{V}_{\text{P-P}}$ 电压。

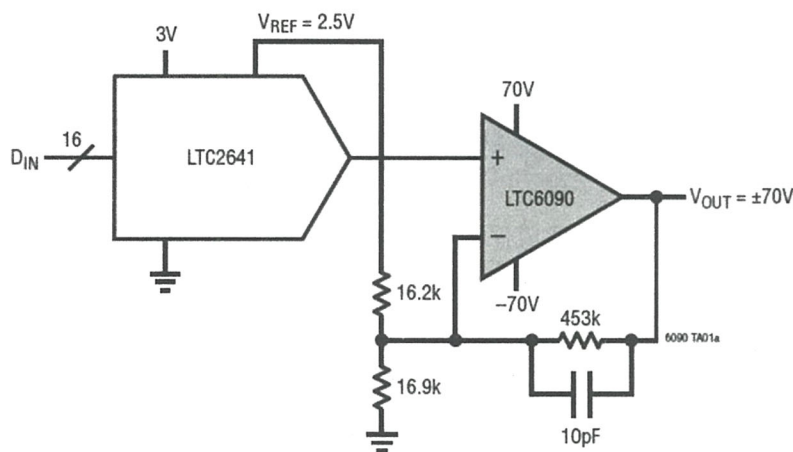


图5 高电压 DAC 缓冲器

4 热考虑

在 140V 的总电源电压和 2.7mA 的典型静态电流条件下, LTC6090 的功耗为 378mW。添加一个负载功耗就会超过 1W, 因而优良的热设计成为需要的优先考虑。SOIC 和 TSSOP 这两种版本在封装底部都具有一个裸露衬垫, 该裸露衬垫在内部连接至负电源轨 V₋。封装的热阻与焊接至裸露衬垫的金属量成正比, 所以在实际条件允许的情况下最好是把裸露衬垫连接到一块尽可能大的 PCB 金属平面。在热布局良好的情况下, SO 封装的热阻 Θ_{JA} 为 33℃/W。当产生 1W 功耗时, 芯片的结温将上升至比环境温度高 33℃。

一种重要的输出停用 (OD) 功能可在结温变得过高时关断输出级, 以避免 LTC6090 超过 150℃ 的结温。这是通过把过热引脚 (TFLAG) 连接至 OD 引脚来完成的。当芯片结温达到 145℃ 时, 漏极开路 TFLAG 引脚将被拉至低电平。当结温达到 140℃ 时, 5℃ 的内置迟滞将导致 TFLAG 引脚复位。将低电平有效的 OD 引脚拉至低电平 (相对于 COM 引脚) 可关断输出级, 这接着又把器件的静态

电流减低至 670μA。COM 引脚为 OD 和 TFLAG 引脚所公用, 可提供 LTC6090 的低电压控制。当 TFLAG 和 OD 引脚连接在一起时, LTC6090 将在芯片结温达到 145℃ 时停用。请注意, 这些引脚既可以浮置, 也可以连接在一起。

一种附加的热安全特性可在芯片结温达到约 175℃ 时关断输出级。7℃ 的内置迟滞可在芯片结温回落至大约 168℃ 时使输出级接通。该特性旨在避免器件遭受灾难性的热故障。在高于其 150℃ 的绝对最大结温下运作 LTC6090 会降低其可靠性, 应对这种做法加以阻止。

5 结论

诸如 LTC6090 等放大器既拥有高性能精准放大器的高性能规格指标, 同时又可在采用 ±70V 电源时工作, 因而简化了高电压精准设计。保护引脚实现了优良的低漏电 PCB 设计, 而 TFLAG、OD 和 COM 引脚则简化了上佳的热设计。LTC6090 与近期推出的 LTC2057 和 LT6016 相结合, 可实现众多超过 ±15V 的高电压电路设计。LTC2057 具有 60V 操作、一个零漂移输入级和低噪声操作特性, 以实现最佳的高精度和稳定的 DC 性能。LT6015 / LT6016 / LT6017 是单 / 双 / 四路运算放大器, 具有 Over-the-Top® 输入, 其允许在输入共模电压高出负电源轨达 76V 的情况下正常运作, 而不受电源电压的影响。CIC

作者简介

Brian Black, 凌力尔特公司信号调理产品部产品市场经理。