

OP07仍在发展

作者: Reza Moghimi

简介

OP07已经过数年的修补, 目前提供的仍是塑料封装版本。

本应用笔记重点说明OP7x7在新设计中的一些主要特性, 并介绍使用了这些特性的一些应用。

单电源供电

目前环境下, OP07面临的重大问题之一是该器件需要使用双电源。ADI公司的放大器系列可以解决这一问题, 同时仍忠实再现原有技术规格。OP777单通道、OP727双通道和OP747四通道运算放大器可采用具有分离供电轨的±15 V至±1.35 V

电源, 也可采用具有单一供电轨的+30 V至+2.7 V电源。OP777/OP727/OP747数据手册详尽描述了采用+5 V和±15 V供电轨的器件特性。OP7x7系列的单电源供电能力使设计人员在单电源和双电源应用中均可采用负电源或地电压供电。

图1显示仪表放大器(由U3和U4构成)的增益被设置为100。AD589建立1.235 V电压, U1放大器伺服于电桥, 并维持2.55 MΩ和6.19 kΩ并联组合两端的电压, 从而产生200 μA电流源。该电流均匀分离并流入电桥两个部分, 最终流经RTD, 并根据电流值建立输出电压。

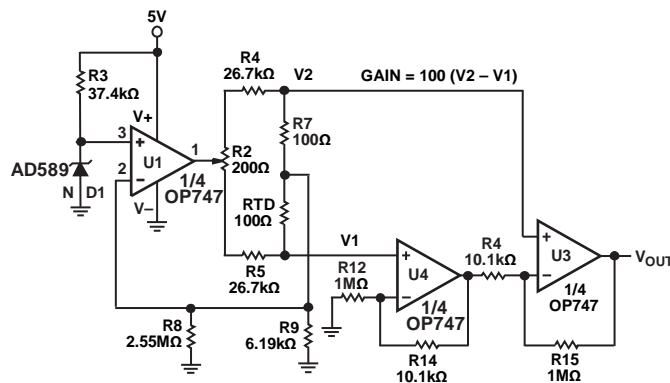


图1: 低功耗单电源RTD放大器

目录

简介.....	1	轨到轨输出.....	6
单电源供电.....	1	负供电轨输入.....	6
修订历史.....	2	高出输入端3 V.....	6
更低的电源电流.....	4	实现高性能的设计提示.....	7
输入端无箝位二极管.....	5		

修订历史

2010年3月—修订版A至修订版B

修改格式.....	通篇
更改“简介”部分和“单电源供电”部分.....	1
更改图2和图4.....	3
更改“更低的电源电流”部分.....	4
更改“输入端无箝位二极管”部分及图10.....	5
更改图14和图16.....	6
更改“高出输入端3 V”部分.....	7

2003年6月—修订版0至修订版A

2002年11月—修订版0：初始版

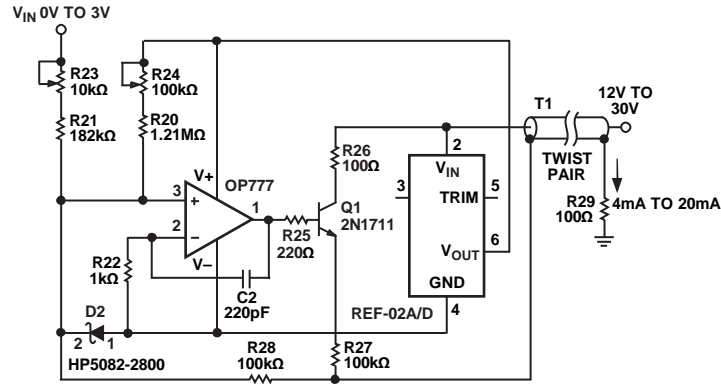


图2：自供电4 mA至20 mA电流环路变送器

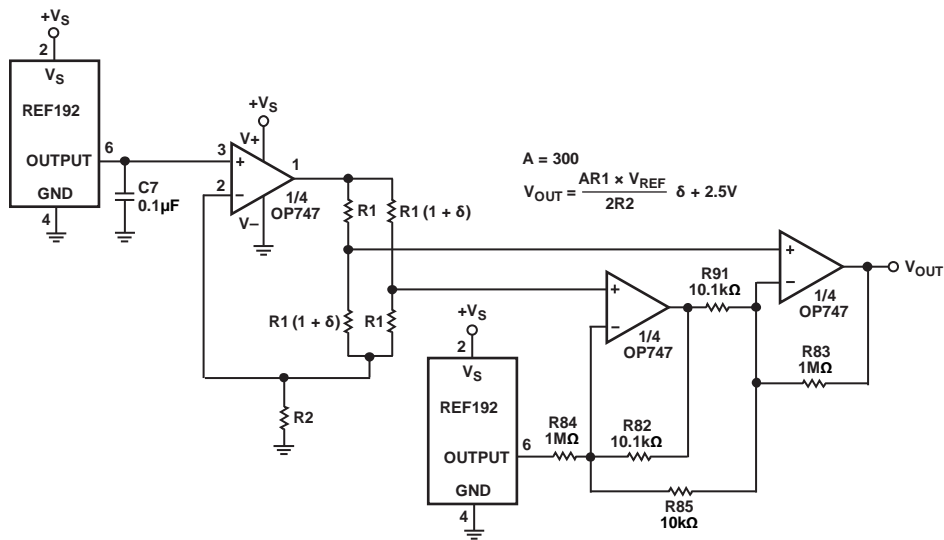


图3：单电源线性响应电桥

如图2所示，电路悬空在单电源(12 V至30 V)回路上方。它的功耗仅为1.5 mA，剩下的2.5 mA可供用户为其他信号调理电路供电。

OP7x7在许多电桥应用中非常有用。图3显示的是单电源电桥电路，其输出与电桥小数偏差(δ)呈线性比例关系。

注意：
$$\delta = \frac{\Delta R}{R}$$

为了处理单电源系统内的交流信号，通常最好使用虚地偏置方案。图4中，该任务由放大器A3完成。用户应当用3.16 k Ω 电阻取代2.67 k Ω 双T部分，以抑制50 Hz。灵敏度取决于双T部分内电容和电阻的相对匹配。为取得满意结果，请使用聚酯薄膜(5%)和1%电阻。

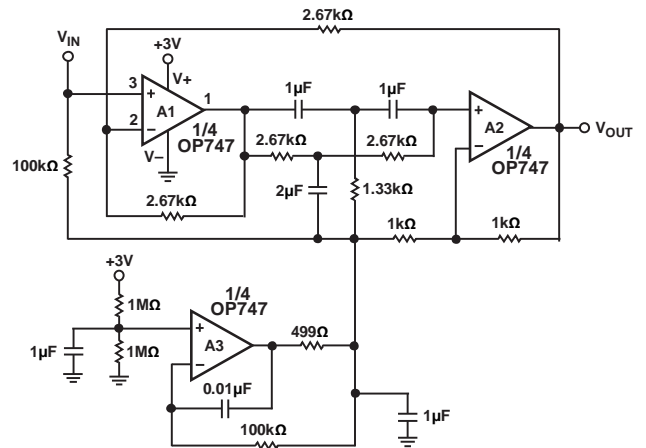


图4：采用虚地的3 V单电源50 Hz/60 Hz有源陷波器

更低的电源电流

OP07的静态电流高于当今便携式应用的理想值。OP777仪表放大器的静态电流小于350 μA ，而OP07需要4 mA电流才能在 $\pm 15\text{ V}$ 电压下工作。OP777的低功耗使器件能够设计用于众多便携式应用。

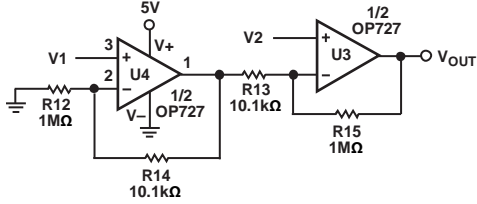


图5: 单电源低功耗仪表放大器

OP727可用于构建具有两个运算放大器的仪表放大器。图5显示的是使用单个OP727放大器的单电源仪表放大器。为了突出差异， $R_{14}/R_{12} = R_{15}/R_{13}$ 。直流环境下电路CMRR的计算公式为

$$\text{CMRR} = 20 \times \log(100 / (1 - (R_{15} \times R_{14}) / (R_{13} \times R_{12})))$$

一般以电阻间的不匹配百分比表示电阻网络的精度。可以改写CMRR公式以反映这一点。

$$\text{CMRR} = 20 \times \log(10000 / \text{不匹配}\%)$$

要实现高CMRR，关键是要使电阻网络在电阻比和相对漂移两个方面都能获得良好匹配。电阻绝对值及其绝对对漂移影响不大；匹配才是关键。对于不匹配率为0.1%的电阻网络，CMRR为100 dB。为了最大化CMRR，应对其中一个电阻(例如R12)进行调整。两个运算放大器若能在一个封装(OP727)中严格匹配，其性能将明显优于三通道运算放大器配置。

对于该电路，当 $0.02\text{ mV} \leq (V_1 - V_2) \leq 290\text{ mV}$ 、 $2\text{ mV} \leq V_{\text{OUT}} \leq 29\text{ V}$ 时， $V_{\text{OUT}} = 100(V_2 - V_1)$ 。

由于OP747具有出色的直流精度和规格，可用于从单一来源建立多输出跟踪基准电压。

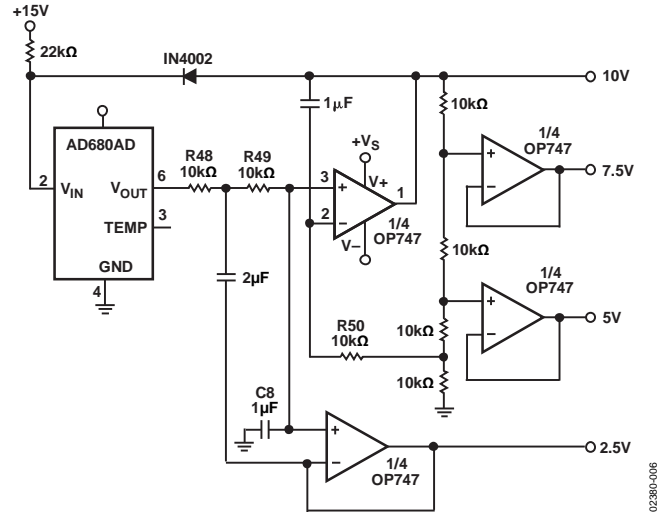


图6: 多输出跟踪基准电压

图7显示了5 V单电源电流监控器的示例，该器件可集成在具有返送电流限制的稳压器设计中或具有过压保护的高电流电源设计中。这些设计利用了OP777延伸至地的共模范围。电流在电源回路内被监控，其中0.1 Ω 分流电阻 R_{SENSE} 产生一个极小的压降。通过Q1(2N222A或等效NPN晶体管)的反馈，反相端电压等于同相端电压。这使得R3两端的压降等于 R_{SENSE} 两端的压降。因此，流经Q1的电流与流经 R_{SENSE} 的电流成正比，输出电压由下式得出

$$V_{\text{OUT}} = 5\text{ V} - (R_2/R_3) \times R_{\text{SENSE}} \times I_L$$

当 I_L 增加时，R2两端的压降增加；因此，当检测到较高电源电流时， V_{OUT} 会下降。在所示元件值下，当回路电流为1 A时， V_{OUT} 为2.5 V。

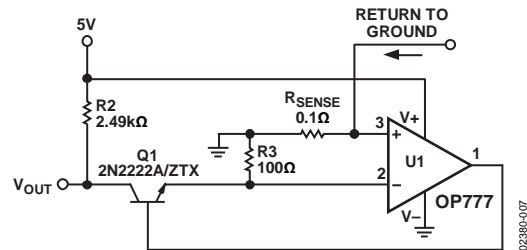


图7: 低端电流检测电路

图8显示的是配置为简单求和放大器的OP777。输出为V1与V2之和。

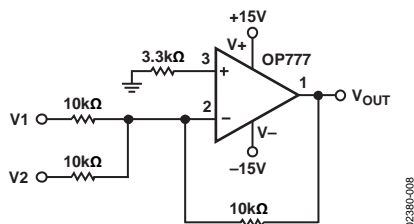


图8: 求和放大器

输入端无箝位二极管

大差分电压能力使器件既可用于整流器电路，也可用于精密比较器应用。无需使用外部箝位二极管(OP07的片上器件)；此类二极管通常用于精密运算放大器，对许多比较器设计而言反而是不利因素。

图9所示的简单振荡器可在1 kHz下针对所示数值提供±V_S的方波输出。其他振荡频率可从下式导出：

$$f = 1 / (2R3 \times C10 \times \ln((R61 + R60) / R61))$$

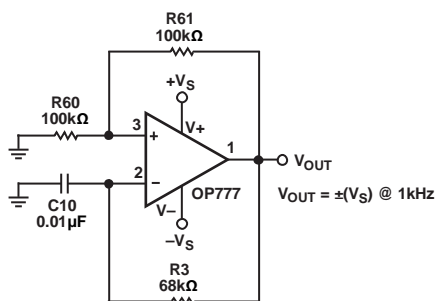


图9: 自激方波振荡器

可编程窗口比较器能够实现12位精度。DAC8222用于设置电压上限和下限。

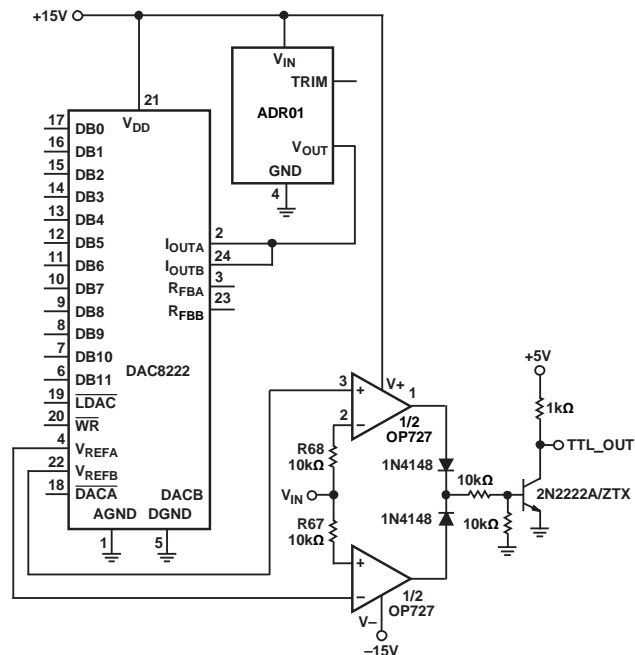


图10: 可编程高分辨率窗口比较器

OP777用于构建精密阈值检测器。该电路中，当V_{IN} < V_{TH}时，放大器摆幅为负，使二极管反向偏置。如果R_L = 无限大，则V_{OUT} = V_{TH}。当V_{IN} ≥ V_{TH}时，反馈发生，V_{OUT} = V_{TH} + (V_{IN} - V_{TH})(1 + R_F/R_S)。电容C旨在使环路响应更加平滑。

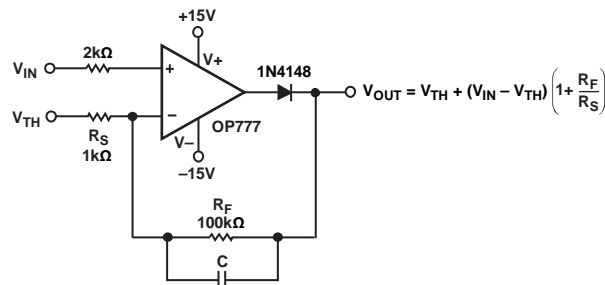


图11: 精密阈值检测器/放大器

AN-573

当 $V_{IN} > 0V$ 且 $< 2kHz$ 时，电流不会流经反馈电阻，输出电压将跟踪输入。 $V_{IN} < 0V$ 时，第一个放大器的输出变为 $0V$ (即 $-V_S$)，从而将第二个放大器配置为反相跟随器模式。输出则变为输入信号的全波整流。从图12所示的电气原理图可看出，第一个放大器的输出端还可提供信号的半波整流。

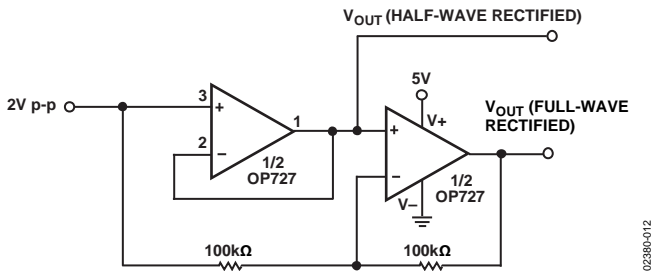


图12: 单电源半波和全波整流器

轨到轨输出

在轻负载下，输出摆幅可以达到两条供电轨的 $1mV$ 范围内，器件在电压跟随器配置中很稳定。输出端的短路保护功能采用 $\pm 15V$ 分离电源保护电流高达 $30mA$ 的器件(采用 $5V$ 单电源可达 $10mA$)。

负供电轨输入

单电源配置中，放大器可响应低至地电压以上 $1mV$ 的信号。OP7x7 系列的单电源供电能力使设计人员在单电源和双电源应用中均可采用负电源或地电压供电。

OP727 的高增益和低 TCV_{OS} 特性可确保微伏输入信号的精确运算(参见图13)。在该电路中，输入始终表现为运算放大器中的共模信号。OP727 的 $CMRR$ 超过 $120dB$ ，因此误差小于 $2ppm$ 。

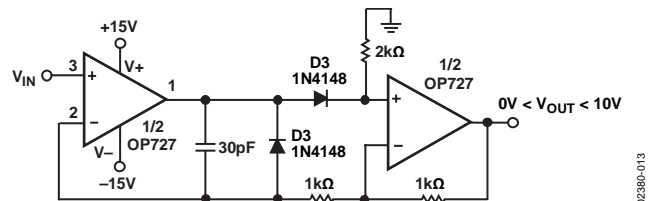


图13: 精密绝对值放大器

图14显示的是单电源电流源。使用大电阻保持微功耗工作。输出电流可通过更改 R_{10} 电阻来调整。顺从电压为 $|V_{I}| \leq |V_{SAT}| - |V_S|$; $I_{OUT} = R_2 / (R_8 \times R_{10}) \times V_S$; $I_{OUT} = 1mA$ 至 $11mA$; $R_2 = R_{10} + R_7$

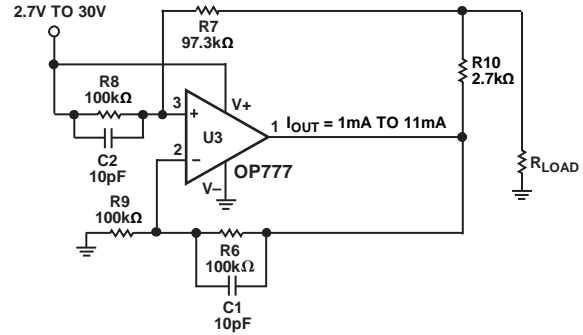


图14: 单电源电流源

在单电源应用中，电机或执行器的双向驱动通常使用 H 桥来完成(参见图15)。该驱动器能够在两个方向上从 $0V$ 至 $5V$ 范围内驱动负载。为了在两个方向上驱动感性负载，请务必添加二极管箝位，以免电桥遭电感反冲破坏。

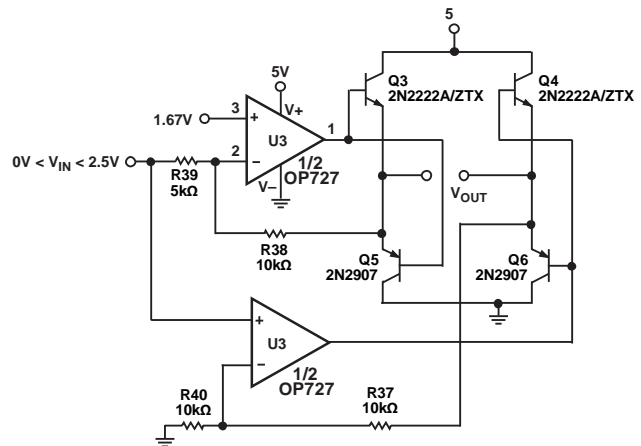


图15: H 桥

图16所示的电流源将正负电流提供至接地负载。请注意， $Z_{OUT} = R_2B \times ((R_2A/R_1) + 1) / ((R_2B + R_2A)/R_1) - R_2/R_5$ 为让 Z_{OUT} 无限大， $(R_2A + R_2B)/R_1 = R_2/R_5$ 。

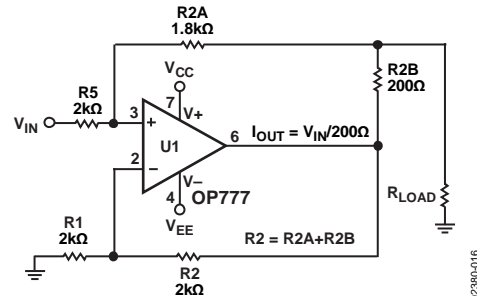


图16: 双向电流源

高出输入端3 V

PNP输入级由500 Ω 限流电阻提供保护，使得输入电压最高可比供电轨高3 V，同时不会造成损坏或反相。反相保护功能适用于有一个或两个输入超出输入共模电压范围的情况。

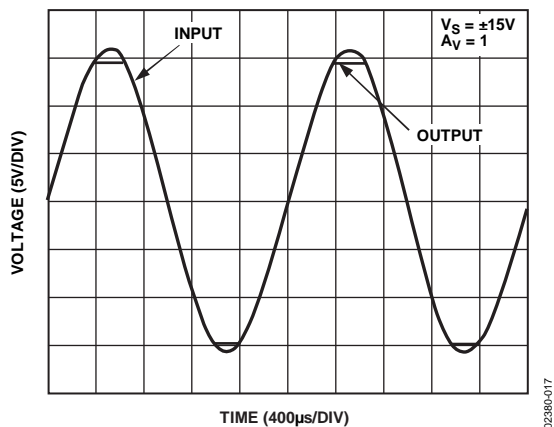


图17: 无相位翻转

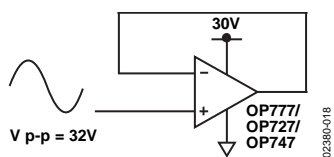


图18: 单位增益跟随器

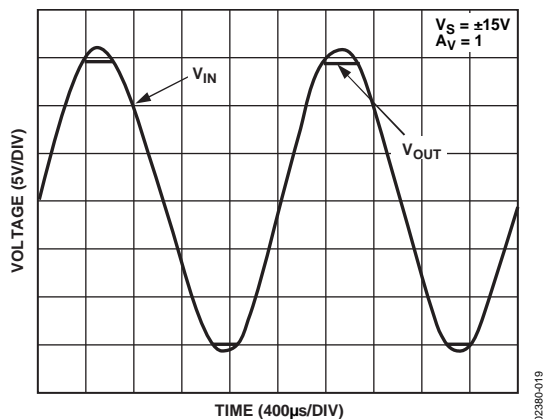


图19: 输入电压可超过电源电压而不造成损坏

无论器件用于单电源还是双电源，其动态性能和噪声特性都是类似的。2 k Ω 负载下的压摆率为200 mV/ μ s，增益带宽积为700 kHz。0.1 Hz至10 Hz范围内的峰峰值电压噪声为0.4 μ V，1 kHz下的电压噪声密度为15 nV/ \sqrt Hz。

当然，不同供电轨上的增益特性有很大不同。当输入失调电流为2 nA时，输入的最大单一温度失调为100 μ V，最大输入偏置电流仅为10 nA。使用5 V单供电轨，CMRR通常为110 dB，10 k Ω 负载下的大信号电压增益通常为500 V/mV。使用 \pm 15 V供电轨，CMRR可以轻松增加10 dB至120 dB，大信号电压增益增加至2500 V/mV。

对于工作电压为 \pm 15 V的设计，OP777作为低噪声精密放大器，提供小型8引脚MSOP封装。OP777也提供8引脚SOIC表面贴装封装。

该系列对于仪器仪表、远程传感器采集和精密滤波器非常有用。高电压范围使得这些器件可用于单电源电流源和大量程仪表放大器。也可同时构建单电源和双电源线性响应电桥。以上器件非常适合电源控制电路内的低端电流监控器，因为单电源配置中共模范围可延伸至地。

实现高性能的设计提示

在任何应用中，良好的地平面对实现最佳性能都至关重要。它可以通过提供低阻抗基准点，明显减少地环路的不良影响和 $I \times R$ 损失。使用多层电路板设计，并将一层分配给地平面，可以获得最佳结果。

为了减少高频干扰，防止低频接地环路，使用传感器时需要采用屏蔽接地技术。电缆屏蔽系统应包括电缆末端连接器。

许多系统中使用高输出噪声的开关电源。该噪声一般涵盖一个较宽的频带，随传导和辐射的噪声、干扰电场和磁场一起出现。开关电源的电压输出噪声为短期电压瞬态或尖峰，包含易延伸至100 MHz或更高的频率成分。尽管从均方根噪声角度限定开关电源的规格是供应商习惯做法，但用户还应限定开关尖峰在个别系统输出负载下的峰值(或峰峰值)幅度。滤波器内使用电容、电感、铁氧体磁珠和电阻来降低噪声。也可执行线性后置调节，将电源电路与敏感模拟电路分离。ADI公司生产多种anyCAP[®]低压差线性调节器。例如，用于12 V以下电源的器件有ADP3300至ADP3310及ADP3335至ADP3339。

电容对开关电源而言可能是最重要的滤波器元件。在适合开关电源的10 kHz至100 MHz频率范围内，滤波器一般可使用三种电容。电容按一般电介质类型大致分为：电解型、薄膜型和陶瓷型。有关电容的背景信息和教程，请参考Walter G. Jung、Richard Marsh所著的《选择电容》(Picking Capacitors)第1、2部分、AUDIO(1980年2月、3月)文章及众多供应商目录。

贴片电容应当用于电源旁路，将电容一端连接至地平面，另一端连接在每一电源引脚的 $\frac{1}{8}$ 英寸距离内。其他较大的钽电解电容(4.7 μ F至10 μ F)应并联连接。该电容不需要靠近电源引脚，它只针对器件输出端的快速大信号变化提供电流。

使用短而宽的PCB走线，以减小压降并将电感降至最低。每英寸走线长度使用至少200mil的走线宽度，以获得DCR，使用1盎司或2盎司铜制PCB走线，以进一步减小IR压降和电感。

注意不要超过放大器的最大结温或最大功率额定值。当容性负载与放大器输出相连时，计算中应包括传递至负载的均方根交流电流所产生的功耗。

使用短引线或无引线元件，尽可能减小引线电感。这样可以最大程度地避免增加额外ESL和/或ESR。表贴封装是首选。使用大面积地平面来实现最小阻抗。注意元件在频率、电流和温度变化上的表现。

利用供应商元件模型来仿真原型设计，确保实验室测量结果与仿真相当。SPICE模拟是预测模拟电路性能的强大工具。ADI公司的大多数IC提供宏模型。SPICE模型可从[OP777](#)产品页面下载。

由于模型中省略了许多实际影响，无法仿真分立器件和PCB走线的所有寄生影响，因此投入生产前请务必构建/验证原型。为了确保原型制作成功，精密或高频电路必须使用地平面。尽可能减小寄生电阻、电容和电感。如果需要插口，请使用引脚插口(笼式插座)。原型和最终设计中，信号走线、元件放置、接地和去耦同样重要。常用的原型制作技术包括：使用点对点线路Freehand“死虫”技术、“焊料贴装”、来自CAD布局的铣磨PCB、具有额外点对点线路的双面多层电路板。