

# 用于精密测试和测量系统的双极性电源解决方案

作者: Alan Walsh

为了确保高精度,精密测试和测量系统需要具有低纹波和辐射噪声的电源解决方案,从而不会降低分辨率转换器信号链的性能。在这些测试和测量应用中,生成双极和/或隔离系统电源给系统设计人员带来了电路板面积、开关纹波、EMI和效率方面的挑战。数据采集系统和数字万用表需要低噪声电源,以便提供高分辨率ADC信号链的性能,而不被开关电源产生的纹波噪声所影响。源表(SMU)和直流源/电源具有类似的要求,以便将高分辨率DAC信号链上的杂散输出纹波降至最低。精密测试和测量仪器中的通道数也有增加的趋势,以便增加并行测试。在电隔离应用中,这些多通道仪器日益需要通道间隔离,其中电源必须在各通道上产生。此驱动解决方案需要的PCB尺寸越来越小,同时保持性能。在这些应用中实施低噪声电源解决方案可能导致PCB尺寸比期望的大,和/或由于过度使用LDO稳压器或滤波器电路而导致效率变差。

例如,在1 MHz下5 mV纹波的开关电源轨需要通过LDO稳压器和ADC供电特性的组合来实现60 dB或以上的电源电压抑制比(PSRR),从而将ADC输出端的开关纹波减少到5  $\mu$ V或更低。对于18位的高分辨率ADC,这只是LSB的一个零头(从而不会对LSB产生影响)。

幸运的是,可以通过 $\mu$ Module®器件和相关元件搭建集成度更高的电源解决方案来简化这项任务。例如Silent Switcher®器件和高电源电压抑制比(PSRR)的LDO稳压器,这些解决方案在降低辐射噪声和开关纹波的同时实现了更高的效率。

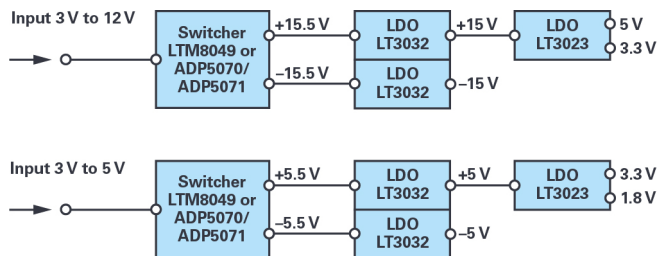


图1. 具有低电源纹波的非隔离双极性电源系统 ( $\pm 15$  V和 $\pm 5$  V) 的电源解决方案。

许多精密测试和测量仪器(如源表或电源)需要进行多象限操作,以获取并测量正负信号。这就需要从单个具有低噪声的正电源输入有效地生成正负电源。让我们以需要从单个正输入电源生成双极性电源的系统为例。图1显示的电源解决方案可产生 $\pm 15$  V和 $\pm 5$  V并使用正负LDO稳压器过滤/减少开关纹波,以及生成5 V、3.3 V或1.8 V等其他电源轨,为信号调理电路或ADC和DAC供电。

此处所示的电源轨解决方案使用LTpowerCAD®中的系统设计工具设计。LTpowerCAD®设计工具是一款完整的电源设计工具程序,可使用显著简化许多电源产品的电源设计任务。

LTM8049和ADP5070/ADP5071允许我们采用单个正输入,将其提升为所需的正电源和反转生成负电源。LTM8049是 $\mu$ Module解决方案,可显著简化所需的元件数——只需添加输入和输出电容。除了简化为开关稳压器选择元件和电路板布局方面的设计挑战,LTM8049还可最大限度地减少生成双极性电源所需的PCB尺寸和物料。要在更轻负载( $< 100$  mA)下提供高效率,ADP5070/ADP5071是更好的选择。尽管ADP5070解决方案需要更多的外部元件,例如电感和二极管,但它允许对电源解决方案进行更多的定制。ADP5070和LTM8049都具有同步引脚,可用于同步开关频率和ADC的时钟以避免在ADC的敏感期切换内部FET。这些稳压器在负载电流为数百mA时的高效率使其成为精密仪器电源的理想之选。

LT3032在单个封装中集成了正负电压低噪声且具备宽工作范围的LDO稳压器。LT3023集成了两个低噪声、正电压LDO且具备宽工作范围的稳压器。两个LDO稳压器都配置为以最小压降( $\sim 0.5$  V)操作以实现最高效率,同时提供良好的开关电源的纹波抑制。两个LDO稳压器都采用小型LFCSP封装,可减少PCB尺寸和简化物料清单。如果LDO稳压器需要更高的PSRR来进一步减少MHz范围内的开关纹波,则应考虑LT3094/LT3045等LDO稳压器。选择LDO级中所需要的PSRR将取决于用电源轨供电的ADC、DAC和放大器等元件的PSRR。一般而言,由于静态电流较高,PSRR越高,LDO稳压器的效率越低。

CN-0345和CN-0385是两个通过使用ADP5070实施此解决方案的参考设计示例。这些设计用于使用精密ADC（如18/20位AD4003/AD4020）进行精密多通道数据采集。在CN-0345中，LC储能电路用于从ADP5070过滤开关纹波，代替使用LDO稳压器，如图1所示。在参考设计CN-0385中，在ADP5070后面使用正负电压LDO稳压器（ADP7118和ADP7182）过滤开关纹波。使用ADP5070对AD5791等双极性20位精密DAC供电的示例可在[此处](#)的评估板用户指南中找到。

这些示例说明在使用ADP5070等开关稳压器在数据采集和精密供电/源等应用中生成双极性电源时，如何保持高精度性能。

### 隔离双极性电源

出于安全原因需要隔离精密测试和测量仪器时，通过隔离器件有效的提供充足供电将是一个挑战。在多通道隔离仪器中，通道间隔离意味着每个通道都要有一个电源解决方案。这就需要有一个紧凑的电源解决可以提供有效的供电。图2显示使用双极性供电轨提供隔离电源的解决方案。

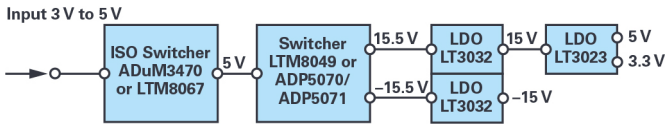


图2. 具有低电源纹波的隔离双极性电源系统的电源解决方案。

ADuM3470和LTM8067使我们能够跨越隔离在5 V隔离输出端高效提供达~400 mA的电源。LTM8067是μModule解决方案，集成了变压器和其他简化隔离电源解决方案设计和布局的元件，同时最大限度地减少了PCB尺寸和物料清单。LTM8067隔离高达2 kV rms。为了获得更低的输出纹波，LTM8068集成了输出LDO稳压器，以300 mA的更低输出电流为代价，将输出纹波从30 mV rms减少到20 μV rms。

ADuM3470系列使用外部变压器提供隔离电源，同时集成数字隔离通道用于对ADC和DAC进行数据传输和控制。根据隔离解决方案的配置方式，隔离电源输出可以沿用类似图1的电源解决方案，如图2所示从单个正电源在隔离侧生成±15 V电源轨。或者，ADuM3470设计也可配置为直接生成双极电源，无需额外开关级。这就以效率为代价获得更小的PCB面积解决方案。ADuM3470可隔离高达2.5 kV rms，而ADuM4470系列可用于高达5 kV rms的更高电平的电压隔离。

CN-0385是实施ADuM3470解决方案的参考设计示例，如图2所示。ADP5070在隔离侧用于从隔离的5.5 V生成双极性±16 V电源轨。ADuM3470中也包括此参考设计使用的数字隔离通道。使用ADuM3470的类似设计为CN-0393。这是基于ADAQ7980/ADAQ7988 μModule ADC的多通道隔离数据采集系统。在此设计中，ADuM3470

配置有外部变压器和肖特基二极管全波整流器以直接生成±16.5 V电压，无需额外稳压级。这允许以降低效率为代价获得空间较小的解决方案。类似解决方案如CN-0292中所示，这是一个基于AD7176 Σ-Δ ADC的4通道数据采集解决方案，以及如CN-0233中所示，其中突出显示了16位双极性DAC的相同隔离电源解决方案。

这些示例显示如何提供隔离电源，以实现隔离数据采集或隔离电源的精密性能，同时保持较小的PCB尺寸或高电源效率。

### 有效降压和低噪声的Silent Switcher架构

在图1所示的电源方案中，LDO稳压器用于从15 V电压降至5 V/3.3 V电压。这并非是生成这些低电压轨非常有效的方式。使用Silent Switcher、μModule稳压器LTM8074提高降至更低电压的高效率解决方案如图3所示。

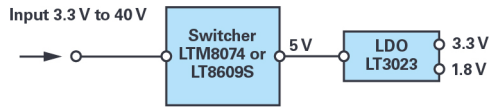


图3. 在低EMI的情况下将电压降至更低电压轨的电源解决方案。

LTM8074是采用小型4 mm × 4 mm尺寸BGA封装的Silent Switcher、μModule降压稳压器，能够以低辐射噪声提供高达1.2 A电流。Silent Switcher技术可以抵消开关电流产生的杂散场，由此减少传导和辐射噪声。此μModule设备效率高且具有极低的辐射噪声，因此是为噪声敏感精密信号链供电的绝佳选择。根据连接到放大器、DAC或ADC等由电源供电元件的PSRR，也许可以从Silent Switcher输出端直接为其供电，无需LDO稳压器进一步过滤电源纹波，而传统开关需要这样做。1.2 A的高输出电流也意味着在需要的情况下，它可用于为FPGA等系统中的数字硬件供电。LTM8074的小尺寸和高集成度使其非常适合空间受限应用，同时简化并加速开关稳压器电源的设计和布局。

如果需要牺牲PCB面积进行更多定制，则可使用LT8609S等产品实现Silent Switcher设备的分立实施。这些产品包括展频模式，可在开关频率下在频段上扩散纹波能量。这可降低精密系统中出现的杂散的幅度。

将Silent Switcher技术与μModule解决方案中的高集成度相结合，可应对精密应用（如多通道源表）对密度不断增长的需求的挑战，而不会影响系统设计人员需要实现的高分辨率性能水平。

### 结论

为精密电子测试和测量供电的隔离双极性电源系统需要在系统性能、保持小尺寸和电源效率之间实现平衡。我们在这里展示了一些解决方案和产品，可帮助应对这些挑战，并允许系统设计人员做出正确的权衡。

## 参考文献

Balat, Fil Paulo, Jefferson Eco和James Macasaet。“防止开关转换器输出浪涌引发的启动问题。”《模拟对话》，2018年1月。

Knonth, Steve。“使用超低噪声LD0稳压器提供干净的电源。”ADI公司，2018年9月。

Limjoco, Aldrick。“了解开关稳压器的输出伪像，加快电源设计。”《模拟对话》，2014年8月。

Luan, Austin。“低EMI、Silent Switcher、1.2 A  $\mu$ Module稳压器，采用4 mm  $\times$  4 mm  $\times$  1.82 mm BGA封装。”ADI公司，2019年1月。

Morita, Glenn。“理解低压差稳压器(LDO)，实现系统优化设计。”《模拟对话》，2014年12月。

Obaldia, Estibaliz Sanz和James Jasper Macasaet。AN-1359应用笔记，采用ADP5070的低噪声、双电源解决方案为单电源系统中的精密AD5761R双极性DAC供电。ADI公司，2016年3月。

Tompseet, Kevin。AN-1366应用笔记，使用ADP5070/ADP5071在 $V_{OUT} < V_{IN}$ 的情况下创建正负电压供电轨。ADI公司，2015年7月。

Walsh, Alan。“在功率敏感型应用中利用高效率、超低功耗开关稳压器为精密SAR ADC供电。”ADI公司，2016年3月。

## 作者简介

Alan Walsh是ADI公司的系统应用工程师。他于1999年加入ADI，就职于美国马萨诸塞州威明顿市的精密仪器仪表部。他拥有都柏林大学电子工程学士学位。联系方式：[alan.walsh@analog.com](mailto:alan.walsh@analog.com)。

## 在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛  
与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)



©2019 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。  
商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA21358sc-7/19

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问[analog.com/cn/contact](http://analog.com/cn/contact)。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。  
请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)。



ADI公司  
请访问[analog.com/cn](http://analog.com/cn)