

应用电路板的 多轨电源设计— 第2部分：布局技巧

Ching Man, 现场应用工程师

简介：工程师在不断发展的时代所面临的挑战

电源设计可以分为三个阶段：(A)设计策略和IC选择，(b)原理图设计、仿真和测试，以及(c)器件布局和布线。在(a)设计和(b)仿真阶段投入时间可以证明设计概念的有效性，但真正测试时，需要将所有一切组合在一起，在测试台上测试。在本文中，我们将直接跳到步骤(c)，因为目前已有大量资料介绍ADI的模拟和设计电源工具，都可免费下载，例如LTpowerPlanner®、LTpowerCad®、LTspice®和LTpowerPlay®。此专题的第一部分主要介绍(a)策略。

此专题分两部分讨论，本文是第二部分，主要介绍在设计多轨电源时可能会忽略的一些问题。第一部分着重介绍策略和拓扑，本文则重点讨论功率预算和电路板布局的细节。由于许多应用电路板需要多个电源轨道，所以这个分两部分介绍的专题详细介绍多电源电路板解决方案。目标是通过合理的器件定位和路由来实现高质量的初始设计，以重点突出一些功率预算和路由技巧。

在电源设计中，精心的布局和布线对于能否实现出色设计至关重要，要为尺寸、精度、效率留出足够空间，以避免在生产中出现问题。我们可以利用多年的测试经验，以及布局工程师具备的专业知识，最终完成电路板生产。

精心的设计的效率

设计从图纸上看起来可能毫无问题（也就是说，从原理图角度），甚至在模拟期间也没有任何问题，但真正的测试其实是在布局、PCB制造，以及通过载入电路实施原型制作应力测试之后。这部分使用真实的设计示例，介绍一些技巧来帮助避开陷阱。我们将介绍几个重要概念，以帮助避开设计缺陷和其他陷阱，以免未来需要重新设计和/或重新制作PCB。图1显示在没有进行细致测试和余量分析的情况下，在设计进入生产之后会如何造成成本急速上涨。

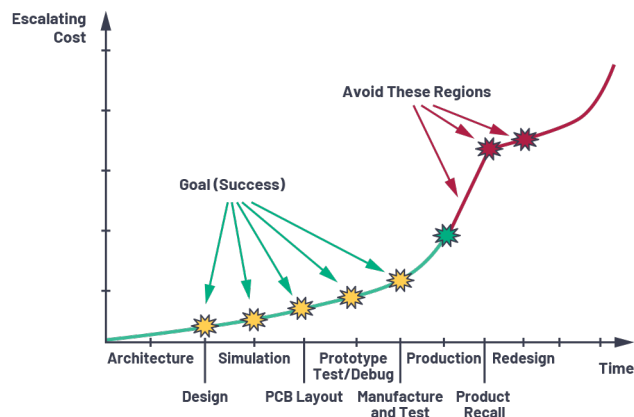


图1. 生产的电路板出现问题时，成本可能急速上涨。

功率预算

您需要注意在正常情况下按预期运行，但在全速模式或不稳定数据开始出现时（已排除噪声和干扰之后）不能按预期运行的系统。

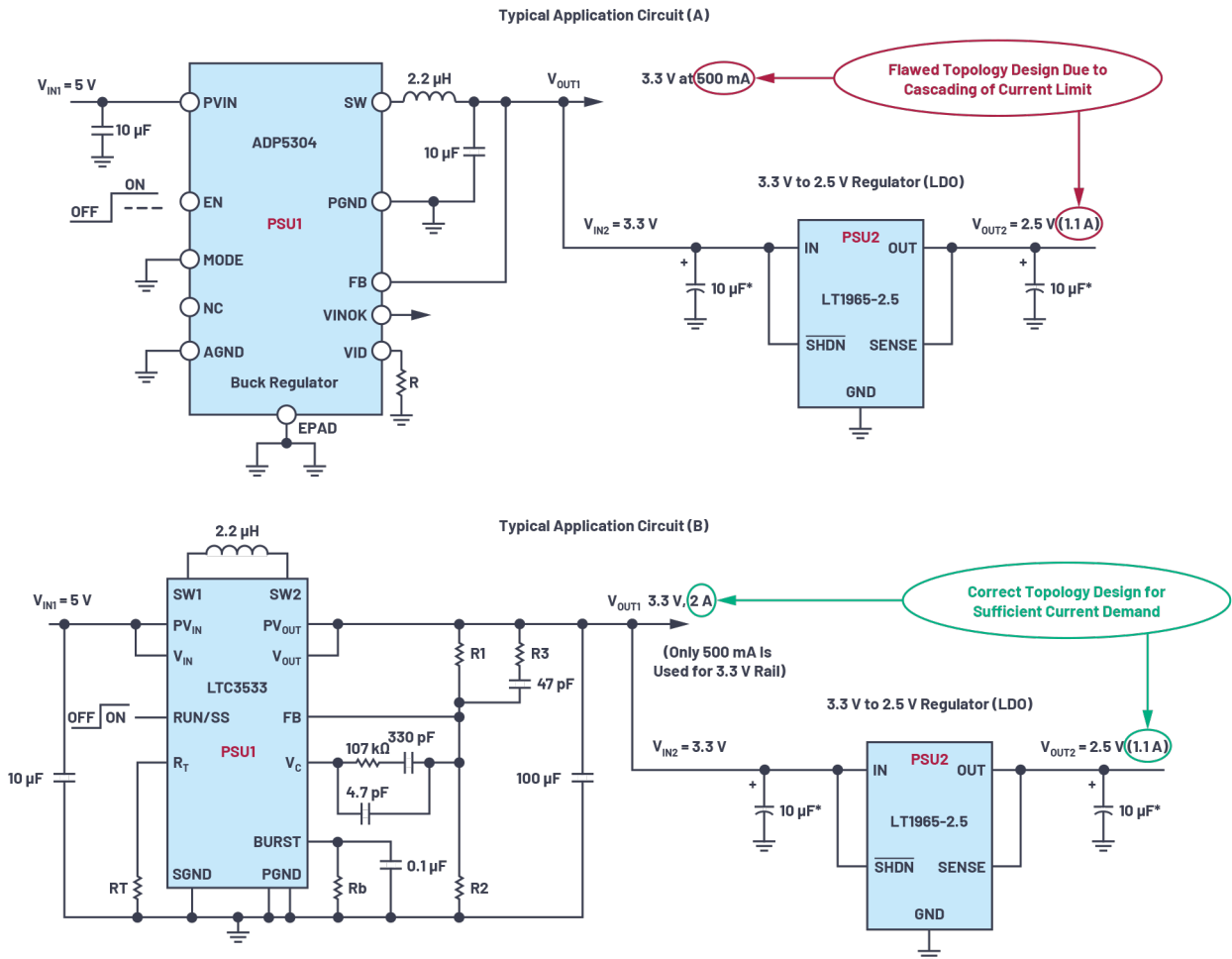
退出级联阶段时，要避免限流情况。图2所示为一个典型的级联应用：(A)显示由产生3.3 V电源，电流最大500 mA的ADP5304降压稳压器(PSU1)构成的设计。为了提高效率，设计人员应分接3.3 V电轨，而不是5 V输入电源。3.3 V输出被进一步切断，以为PSU2 (LT1965)供电，这款LDO稳压器用于进一步将电压降低至2.5 V，且按照板载2.5 V电路和IC的要求，将最大输出电流限制在1.1 A。

这种系统存在一些很典型的隐藏问题。它在正常情况下能够正常运行。但是，当系统初始化并开始全速运行时——例如，当微处理器和/或ADC开始高速采样时——问题就出现了。由于没有稳压器能在输出端生成高于输入端的电压，在图2a中，用于为合并电路 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 供电的 V_{OUT1} 最大功率($P = V \times I$)为 $3.3 \text{ V} \times 0.5 \text{ A} = 1.65 \text{ W}$ 。得出此数值的前提是效率为100%，但是因为供电过程中会出现

损耗，所以实际功率要低于该数值。假定2.5 V电源轨道的最大可用功率为2.75 W。如果电路试图获取这么多的功率，但这种要求得不到满足，就会在PSU1开始限流时出现不规则行为。电流可能由于PSU1而开始限流，更糟的是，有些控制器因过流完全关断。

如果图2a是在成功排除故障后实施，则可能需要更高功率的控制器。最理想的情况是使用与引脚兼容、电流更高的器件进行替换；最糟糕的情况下，则需要完全重新设计和制造PCB。如果能在概念设计阶段开始之前考虑功率预算，则可以避免潜在的项目计划延迟（参见图1）。

在考虑这一点的情况下，先创建真实的功率预算，然后选择控制器。包括您所需的所有电源电轨：2.5 V、3.3 V、5 V等。包括所有会消耗每个电轨功率的上拉电阻、离散器件和IC。使用这些值反向工作，以如图2b所示，估算您需要的电源。使用电力树系统设计工具，例如LTpowerPlanner（图3）来轻松创建支持所需的功率预算的电力树。



过孔和连接

图5显示一个过孔示例，该过孔正在连接控制器的PCB的多个电源层。如果您选择1A过孔，但需要2A电流，那么电轨宽度必须能够携带2A的电流，且过孔连接也要能够处理这个电流。图5所示的示例至少需要两个过孔（如果空间允许，最好是三个），用于将电流连接至电源层。这个问题经常被忽略，一般只使用一个过孔来进行连接。连接完成后，这个过孔会作为保险丝使用，它会熔断，并断开与相邻层的电源连接。设计不良的过孔后期很难改善和解决，因为熔断的过孔很难注意到，或者被其他器件遮住。

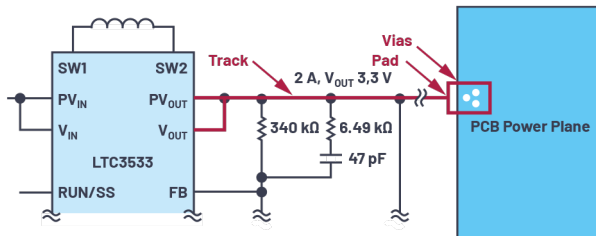


图5. 过孔连接。

请注意关于过孔和PCB电轨的下列参数：电轨宽度、过孔尺寸和电气参数受几个因素影响，例如PCB涂层、路由层、工作温度等，这些因素最终会影响载流能力。以前的PCB设计技巧没有考虑这些依赖关系，但是，设计人员在确定布局参数时，需要注意到这些。目前许多PCB电轨/过孔计算器都可在线使用。设计人员在完成原理图设计后，最好向PCB制造商或布局工程师咨询这些细节。

避免过热

有许多因素会导致生热，例如外壳、气流等，但本节主要讲述外露的焊盘。带有外露焊盘的控制器，例如LTC3533、ADP5304、ADP2386、ADP5054等，如果正确连接至电路板，其热阻会更低。一般来说，如果控制器IC的功率MOSFET是置于裸片之中（即是整片式的），该IC的焊盘通常外露，以便散热。如果转换器IC使用外部功率MOSFET运行（为控制器IC），那么控制IC通常无需要使用外露焊盘，因为它的主要制热源（功率MOSFET）本身就在IC外部。



作者简介

Ching Man是欧洲中央应用中心的应用工程师，工作地点在爱尔兰利默里克。他在应用、硬件系统和ASIC设计领域拥有超过27年的经验。Ching于2007年加入ADI公司，面向欧洲市场提供高速ADC、DAC、3D飞行时间成像、LIDAR和软件定义的无线电(SDR)等相关设计技术支持。他分别于1991年和1993年获得英国伦敦威斯敏斯特大学的电子工程（荣誉）学士学位和VLSI和数字信号处理系统硕士学位。

Ching在IEEE、IET、electronica发表多篇文章并撰写ADI指南、研讨会和会议论文。此外，他于1998年获得特许工程师资质，目前是英国工程技术学会(IET)的成员。他目前的研究活动涉及系统、ASIC和算法架构、信号处理和降噪技术，以及aquamarine光纤声呐传感器系统设计、应用和开发。联系方式：ching.man@analog.com。

通常，这些外露的焊盘必须焊接到PCB接地板上才有效。根据IC的不同，也有一些例外，有些控制器会指明，它们可以连接至隔离的焊盘PCB区域，以作为散热器进行散热。如果不确定，请参阅有关部件的数据表。

当您外露的焊盘连接到PCB平面或隔离区域时，(a)确保将这些孔（许多排成阵列）连接到地平面以进行散热（热传递）。对于多层PCB接地层，建议利用过孔将焊盘下方所有层上的接地层连在一起。如需更多信息，请参阅“[散热设计基础](#)”教程MT-093、² AN136：“[非隔离开关电源的PCB布局考量](#)”³，以及AN139：“[电源布局和EMI](#)。”⁴

请注意，关于外露焊盘的讨论是与控制器相关。在其他IC中使用外露焊盘可能需要使用极为不同的处理方法。如需了解更多与使用外露焊盘相关的讨论，请访问[EngineerZone](#)®。⁵

结论与汇总

要设计低噪声、不会因为电轨或过孔烧毁而影响系统电路的电源，从成本、效率、效率和PCB面积大小各方面来说都是一项挑战。本文强调了一些设计人员可能会忽略的地方，例如使用功率预算分析来构建电力树，以支持所有的后端负载。

原理图和模拟只是设计的第一步，之后是谨慎的器件定位和路由技术。过孔、电轨和载流能力都必须符合要求，并接受评估。如果接口位置存在开关噪声，或者开关噪声到达IC的功率引脚，那么系统电路会失常，且难以隔离并排除故障。

参考资料

- ¹ 61302221121连接引脚。Würth Elektronik。
 - ² MT-093教程：“[散热设计基础](#)。”ADI公司，2009年。
 - ³ 应用笔记136：“[非隔离开关电源的PCB布局考量](#)。”凌力尔特，2012年6月。
 - ⁴ 应用笔记139：“[电源布局和EMI](#)。”凌力尔特，2012年10月。
 - ⁵ AD8045裸露焊盘连接。EngineerZone，2011年1月。
- [LTM4700](#)。ADI公司，2018年10月。
- [电源管理工具](#)。ADI公司

