



Richard Nowakowski

摘要

TI 的直流/直流降压开关稳压器多元化的产品系列提供了一流的、适用于任何应用的电源解决方案。这一丰富的产品系列涵盖电源模块、转换器和控制器，包括 **SIMPLE SWITCHER®** 和 **SWIFT™** 转换器品牌。该产品系列由 **WEBENCH® Designer** 软件、评估模块和各种技术资源提供支持，可缩短设计周期和产品上市时间。本指南汇总了所有重要的相关技术文档，可供工程师使用 TI 的直流/直流降压稳压器产品系列进行设计。

内容

1 低噪声.....	2
2 功率密度.....	3
3 热性能.....	4
4 控制模式架构.....	5
5 为高性能 FPGA、ASIC 和 SoC 供电.....	6
6 轻负载和满负载效率.....	7
7 布局.....	8
8 电源拓扑.....	9
9 封装.....	10
10 修订历史记录.....	11

表格清单

表 1-1. 低噪声文档.....	2
表 2-1. 功率密度文档.....	3
表 3-1. 热相关文档.....	4
表 4-1. 控制模式文档.....	5
表 5-1. 处理器电源文档.....	6
表 6-1. 效率相关文档.....	7
表 7-1. 布局相关文档.....	8
表 8-1. 电源拓扑文档.....	9
表 9-1. 封装相关文档.....	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 低噪声

低噪声一词对不同的设计人员来说有多种不同的含义。以下是噪声敏感型应用中常见的噪声类型。

- **低输出电压纹波 (μV_{pp})**：电源内部直流电压上波动的残余信号，通常具有周期性，在整流器输出或直流电源生成和换向时产生。
- **相位噪声 (μV_{RMS})**：相位（频率）在波形频域中的快速、短期、随机波动，由时域的不稳定（抖动）引起。
- **1/f 噪声**：是一种低频噪声，其噪声功率与频率成反比。
- **电源抑制**：衡量电路在各种频率下抑制来自输入电源的纹波的能力。基本上等于稳压器反馈的开环增益除以 VIN 到 VOUT 的增益（稳压器反馈环路开环），然后 $\log 20$ 。
- **电磁干扰 (EMI)**：干扰元件、射频系统和大多数电子器件的电子发射。

表 1-1. 低噪声文档

文档标题	文献编号
通过将电感寄生效应降至最低来降低降压转换器 EMI 和电压应力	SLYT682
降压开关稳压器的输出纹波电压	SLVA630A
降低开关稳压器的输出噪声	SLYT740
并非所有抖动都是同等的	SLUA747A
控制同步降压转换器的开关节点振铃	SLYT465
借助电源模块简化低 EMI 设计	SLYY123
研讨会 900 主题 2 - 缓冲器电路：理论、设计和应用	SLUP100
大幅减少启动期间的输出纹波	SLVA866
测量直流/直流开关转换器发出的各类低频噪声	SLYY134
直流/直流电源模块的输出噪声滤波	SNVA871
降低 TPS84259 模块的输出纹波和噪声	SLVA549
使用不带线性稳压器的 4MHz 开关稳压器为数据转换器供电	SLYT756
使用电压纹波小于 $150\mu\text{V}$ 、IQ 低于 100nA 的降压转换器延长电池寿命（采用 π 型滤波器设计）	SLVAEG1
直流/直流电路输入滤波器的分析和设计	SNVA801
计算能满足基于 D-CAPx™ 调制器集成 POL 转换器设计瞬态和纹波要求的输出电容	SLVA874
在恒定导通时间稳压器中控制输出纹波并实现 ESR 独立	SNVA166A
电源设计小贴士：设计两级 LC 滤波器	博客
为噪声敏感型应用中的电源模块设计第二级滤波器	博客
纹波测量方式决定成败	博客
模数转换器电源的噪声测量要求	博客
如何在直流/直流设计中滤除噪声	博客
LDO 还是转换器 - 这是个问题	TI 培训
了解、测量和降低直流/直流开关稳压器的输出噪声	TI 培训
测量直流/直流转换器的输出电压纹波	TI 培训

2 功率密度

随着功率需求的增加，电路板面积和厚度日益成为限制因素。电源设计人员必须向其应用中集成更多的电路，才能实现产品的差异化，并提高效率和增强热性能。TI 持续投资先进技术并开发解决方案，助力设计人员实现出色的功率密度。通过采用 TI 先进的电路设计、工艺和封装技术，目前能以更小的外形尺寸实现更高的功率等级。

表 2-1. 功率密度文档

文档标题	文献编号
更大限度提升电源模块设计中的功率密度和热性能	SLYT761
空间优化的直流/直流降压转换器“蛤壳”布局	SLVA818
为空间受限型应用实现突破性供电	SSZY023

3 热性能

所有电子产品都包含易受热加速故障机制影响的半导体器件、电容器和其他元件。热设计对于提高任何设计的可靠性至关重要。

表 3-1. 热相关文档

文档标题	文献编号
半导体和 IC 封装热指标	SPRA953
热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛	SNVA419C
开关电源设计热分析技术	SNVA207A
如何使用热指标正确评估结温	SLUA844B
改善 MicroSiP™ 电源模块的热性能	SLYT724
了解具有集成功率 MOSFET 的直流/直流转换器热阻规格	SLYT739
在直流/直流转换器中绘制安全工作区 (SOA) 的方法	SLVA766

4 控制模式架构

TI 积极参与尖端控制电路的研发，以帮助工程师解决特定的设计挑战。但由于没有一种控制模式能够适合所有应用，因此本文介绍了非隔离式降压控制器和转换器的各种控制模式的优势以及详细了解每种模式的方法。TI 拥有适用于非隔离式直流/直流降压开关模块、转换器和控制器的 12 类控制架构。

表 4-1. 控制模式文档

文档标题	文献编号
选择合适的可变频率降压稳压器控制策略	SLUP319
选择合适的固定频率降压稳压器控制策略	SLUP317
内部补偿高级电流模式 (ACM) 概述	SLYY118
了解 DCS-Control™ 拓扑中的频率变化	SLYT646
比较内部补偿型高级电流模式 (ACM) 与 D-CAP3™ 控制模式	SLYT732A
如何测量电源的环路传递功能	SNVA364A
控制模式快速参考指南	SLYT710A
直流/直流控制模式的实际比较：培训系列 (含 21 个部分)	在线培训
降压转换器和控制器控制模式调查	在线培训

5 为高性能 FPGA、ASIC 和 SoC 供电

当今的 FPGA 相比前代产品，往往工作电压更低，工作电流更高。因此，电源要求可能会更苛刻，需要特别注意过去几代产品不太重视的功能。如果不考虑输出电压精度、时序控制、上电和软启动要求，可能导致上电不稳定或对 FPGA 造成潜在损害。

表 5-1. 处理器电源文档

文档标题	文献编号
FPGA 电源时序控制	SLYT598
先进 FPGA 的电源设计注意事项 (电源设计器 121)	SNOA864
计算输出电容以满足集成 POL 的瞬态和纹波要求	SLUA874
适用于 D-CAP3™ 调制的 V _{out} 精度提高型斜坡生成设计	SLUA762A
电源遥感	SLYT467
电阻容差对电源精度的影响	SLVA423
通过体制动减少过冲	博客
Kollman 电源设计小贴士 18：稳压器输出电压精度	博客
如何满足 FPGA 的直流电压精度和交流负载瞬态规格要求	在线培训

6 轻负载和满负载效率

无论是在满负载还是轻负载条件下运行，电源效率都是许多应用的关键标准。所选电源解决方案的效率与系统功率损耗以及集成电路 (IC)、印刷电路板 (PCB) 和其他元件的热性能有关，决定了电源使用效率或是否可延长电池寿命。

表 6-1. 效率相关文档

文档标题	文献编号
了解 Eco-Mode™ 工作原理	SLVA388
MOSFET 功率损耗及其对电源效率的影响	SLYT664
精确测量超低 IQ 器件的效率	SLYT588
IQ：定义、常见误解及其使用方式	SLYT412
关于离线和 PoL 转换器的待机功耗的机构要求	SLYT665
计算效率	SLVA390A

7 布局

印刷电路板 (PCB) 布局是实现适当性能和可靠性 (尤其对于开关模式电源) 的关键环节, 但通常并未受到足够的重视。PCB 布局错误会导致产生错误行为, 包括较差的输出电压调节、开关抖动甚至器件故障。

表 7-1. 布局相关文档

文档标题	文献编号
五步轻松实现降压转换器的理想 PCB 布局	SLYT614
关于降低直流/直流转换器的 EMI 的布局提示	SNVA683A
确保外露封装出色热阻性的电路板布局布线指南	SNVA183B
通过优化的功率级布局免费提高大电流直流/直流稳压器的 EMI 性能	SNVA803
开关电源布局指南	SNVA021C
直流/直流高电流转换器的小尺寸、双面布局	SLVA963
通过 PCB 布局技术来降低振铃	SLPA005
SEM1600 主题 4 : 构建您的电源 - 布局注意事项	SLUP230
如何针对 40A 电源进行正确布局: 覆铜区、过孔和环路路径	博客
如何进行 PCB 布局检查	博客
使用集成式 FET 直流/直流转换器解决散热问题所涉及的布局、功耗和封装: 培训系列 (含 7 个部分)	在线培训

8 电源拓扑

无需额外的元件，即可将降压转换器、控制器和模块配置为采用其他实用的拓扑。本文提供以下文档来介绍降压转换器以及隔离式和反相降压/升压（负输出）拓扑的操作和理论。

表 8-1. 电源拓扑文档

文档标题	文献编号
根据标准正降压转换器设计负升压转换器	SLYT516
使用宽输入电压降压稳压器创建分离轨电源	SLVA369A
了解开关模式电源中的降压功率级	SLVA057
设计隔离式降压 (Fly-Buck™) 转换器	SNVA674C
Fly-Buck 转换器 PCB 布局提示	博客

9 封装

无论是传统的陶瓷和引线式封装，还是高级的芯片级封装 (Quad Flat No Lead (QFN)、Wafer Chip Scale Package (WCSP) 或 Die-Size Ball Grid Array (DSBGA))，TI 广泛的封装系列适用于数千种多元化产品、封装配置和技术。不仅具有细间距接合线和倒装芯片互连，还提供 SiP、模块、堆叠和嵌入式芯片格式。

表 9-1. 封装相关文档

文档标题	文献编号
QFN/SON PCB 连接	SLUA271B
PowerPAD™ 耐热增强型封装	SLMA002H
各种电源模块封装选项的优缺点	SLYY120
HotRod™ QFN 封装 PCB 附件	SLUA715
稳压器 IC 上层叠电感器 (顶部电感器) 的 SMT 指南	SLVA764
查找 TI 封装	TI 网站

10 修订历史记录

Changes from Revision * (June 2022) to Revision A (November 2022)

Page

-
- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式..... 1
-

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司