



## 摘要

本用户指南包含 TPS56628EVM-534 评估模块 (EVM) 以及 TPS56628 的信息，还包含 TPS56628EVM-534 的性能规格、原理图和物料清单。

## 内容

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1 引言.....            | 2  |
| 2 性能规格汇总.....        | 3  |
| 3 更改.....            | 4  |
| 3.1 输出电压设定点.....     | 4  |
| 3.2 输出滤波器和闭环响应.....  | 4  |
| 4 测试设置和结果.....       | 5  |
| 4.1 输入和输出连接.....     | 5  |
| 4.2 启动步骤.....        | 5  |
| 4.3 效率.....          | 6  |
| 4.4 负载调整率.....       | 7  |
| 4.5 线性调整率.....       | 8  |
| 4.6 负载瞬态响应.....      | 8  |
| 4.7 输出电压纹波.....      | 9  |
| 4.8 输入电压纹波.....      | 10 |
| 4.9 启动.....          | 11 |
| 4.10 关断.....         | 12 |
| 5 电路板布局.....         | 13 |
| 5.1 布局.....          | 13 |
| 6 原理图、物料清单和参考文献..... | 15 |
| 6.1 原理图.....         | 15 |
| 6.2 物料清单.....        | 16 |
| 6.3 参考文献.....        | 16 |
| 7 修订历史记录.....        | 16 |

## 商标

D-CAP2™ and Eco-mode™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

TPS56628 是一款单通道、自适应导通时间、D-CAP2™ 模式、同步降压转换器，只需少量的外部元件。D-CAP2 控制电路针对低 ESR 输出电容器（如 POSCAP、SP-CAP 或陶瓷型）进行了优化，支持快速瞬态响应，无需外部补偿。开关频率在内部设置为 650 kHz 的标称频率。脉冲跳跃 Eco-mode™ 运行可在轻负载条件下提高效率。TPS56628 封装内部采用了高侧和低侧开关 MOSFET 以及栅极驱动电路。MOSFET 的低漏源导通电阻有助于 TPS56628 实现高效率，并帮助在高输出电流下保持低结温。TPS56628 直流/直流同步转换器旨在通过 4.5V 至 18V 的输入电压源，提供高达 6A 的输出。输出电压范围为 0.6V 至 5.5V。表 1-1 中给出了评估模块的额定输入电压和输出电流范围。

TPS56628EVM-534 评估模块电路是单通道同步降压转换器，可通过 4.5V 至 18V 输入，以 6A 电流提供 1.05V 的电压。本用户指南介绍了 TPS56628EVM-534 的性能。

**表 1-1. 输入电压和输出电流汇总**

| EVM             | 输入电压范围                | 输出电流范围 |
|-----------------|-----------------------|--------|
| TPS56628EVM-534 | $V_{IN} = 4.5V$ 至 18V | 0 至 6A |

## 2 性能规格汇总

表 2-1 中提供了 TPS56628EVM-534 性能规格的汇总。除非另有说明，给出的规格适用于  $V_{IN} = 12V$  输入电压和 1.05V 输出电压。除非另有说明，所有测量的环境温度均为 25°C。

**表 2-1. TPS56628EVM-534 性能规格汇总**

| 规格                  | 测试条件                              | 最小值 | 典型值           | 最大值 | 单位               |
|---------------------|-----------------------------------|-----|---------------|-----|------------------|
| 输入电压范围 ( $V_{IN}$ ) |                                   | 4.5 | 12            | 18  | V                |
| 输出电压                |                                   |     | 1.05          |     | V                |
| 运行频率                | $V_{IN} = 12V$ , $I_O = 3A$       |     | 650           |     | kHz              |
| 输出电流范围              |                                   | 0   |               | 6   | A                |
| 线性调整率               | $I_O = 2.5A$                      |     | $\pm 0.4$     |     | %                |
| 负载调节                | $V_{IN} = 12V$                    |     | +1.22 或 -0.10 |     | %                |
| 过流限值                | $V_{IN} = 12V$ , $L_O = 1.5\mu H$ | 6.6 | 7.3           | 8.9 | A                |
| 输出纹波电压              | $V_{IN} = 12V$ , $I_O = 6A$       |     | 20            |     | mV <sub>pp</sub> |
| 最大效率                | $V_{IN} = 5V$ , $I_O = 1A$        |     | 88.2          |     | %                |

### 3 更改

这些评估模块旨在帮助了解 TPS56628 的特性。此模块可能会做出一些修改。

#### 3.1 输出电压设定点

要更改 EVM 的输出电压，需要更改电阻器 R1 的阻值。通过更改 R1 的阻值，可以更改超过 0.8V 的输出电压。特定输出电压下的 R1 阻值可以使用 [方程式 1](#) 计算。

对于 0.8V 至 5.5V 的输出电压：

$$V_O = 0.765 \times \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (1)$$

[表 3-1](#) 列出了一些常见输出电压下的 R1 阻值。可使用前馈电容器 (C4) 来提高相位裕度。印刷电路板 (PCB) 上提供了此元件 (C4) 的焊盘。请注意，[表 3-1](#) 中给出的电阻值是标准值，并不是使用 [方程式 1](#) 计算出的准确值。

**表 3-1. 输出电压**

| 输出电压<br>(V) | R1 (kΩ) | R2 (kΩ) | C4 (pF) <sup>(1)</sup> |     |     | L1 (μH) |     |     | C9 + C10 + C11 (μF) |     |
|-------------|---------|---------|------------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------------------|-----|
|             |         |         | 最小值                    | 典型值 | 最大值 | 最小值     | 典型值 | 最大值 | 最小值                 | 最大值 |
| 1           | 6.81    | 22.1    | 5                      | 150 | 220 | 1.0     | 1.5 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 1.05        | 8.25    | 22.1    | 5                      | 150 | 220 | 1.0     | 1.5 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 1.2         | 12.7    | 22.1    | 5                      |     | 100 | 1.0     | 1.5 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 1.5         | 21.5    | 22.1    | 5                      |     | 68  | 1.0     | 1.5 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 1.8         | 30.1    | 22.1    | 5                      |     | 22  | 1.2     | 1.5 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 2.5         | 49.9    | 22.1    | 5                      |     | 22  | 1.5     | 2.2 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 3.3         | 73.2    | 22.1    | 2                      |     | 22  | 1.8     | 2.2 | 4.7 | 20                  | 68  |
| 5           | 124     | 22.1    | 2                      |     | 22  | 2.5     | 3.3 | 4.7 | 20                  | 68  |

(1) 可选

#### 3.2 输出滤波器和闭环响应

TPS56628 依靠输出滤波器特性来确保控制环路的稳定性。[表 3-1](#) 显示了常见输出电压下的建议输出滤波器元件。其他输出滤波器元件值可能会提供可接受的闭环特性。提供 R3 和 TP4 是为了方便断开控制环路并测量闭环响应。

## 4 测试设置和结果

本部分介绍如何正确连接、设置和使用 TPS56628EVM-534。本部分还包括评估模块的典型测试结果及效率、输出负载调整率、输出线性调整率、负载瞬态响应、输出电压纹波、输入电压纹波、启动和开关频率。

### 4.1 输入和输出连接

如表 4-1 中所示，TPS56628EVM-534 附带输入和输出连接器以及测试点。必须通过一对 20 AWG 导线将能够提供 2A 电流的电源连接到 J1。必须通过一对 20 AWG 导线将负载连接到 J2。最大负载电流能力为 6A。必须尽可能减少导线长度以降低线损。测试点 TP1 可监测  $V_{IN}$  输入电压，而 TP2 提供了便捷的接地基准。在以 TP9 作为接地基准的情况下，TP8 用于监测输出电压。

表 4-1. 连接和测试点

| 参考标识符 | 功能                                       |
|-------|------------------------------------------|
| J1    | $V_{IN}$ ( 请参阅表 1-1, 了解 $V_{IN}$ 范围 )    |
| J2    | $V_{OUT}$ , 5A 时为 1.2 V ( 最大值 )          |
| JP1   | EN 控制。将 EN 连接至 OFF 可禁用, 将 EN 连接至 ON 可启用。 |
| TP1   | $V_{IN}$ 连接器上的 $V_{IN}$ 测试点              |
| TP2   | $V_{IN}$ 连接器上的 GND 测试点                   |
| TP3   | EN 测试点                                   |
| TP4   | 电源正常 (PG) 测试点                            |
| TP5   | 开关节点测试点                                  |
| TP6   | 模拟地测试点                                   |
| TP7   | 电源地测试点                                   |
| TP8   | $V_{OUT}$ 连接器上的输出电压测试点                   |
| TP9   | $V_{OUT}$ 连接器上的接地测试点                     |

### 4.2 启动步骤

1. 确保将 JP1 ( 使能控制 ) 处的跳线从 EN 设置为 OFF。
2. 向 J1 处的  $V_{IN}$  和 PGND 端子施加适当的  $V_{IN}$  电压。
3. 移动 JP1 ( 使能控制 ) 处的跳线以覆盖 EN 和 ON。EVM 会启用输出电压。

### 4.3 效率

图 4-1 显示了 TPS56628EVM-534 在 25°C 环境温度条件下的效率。

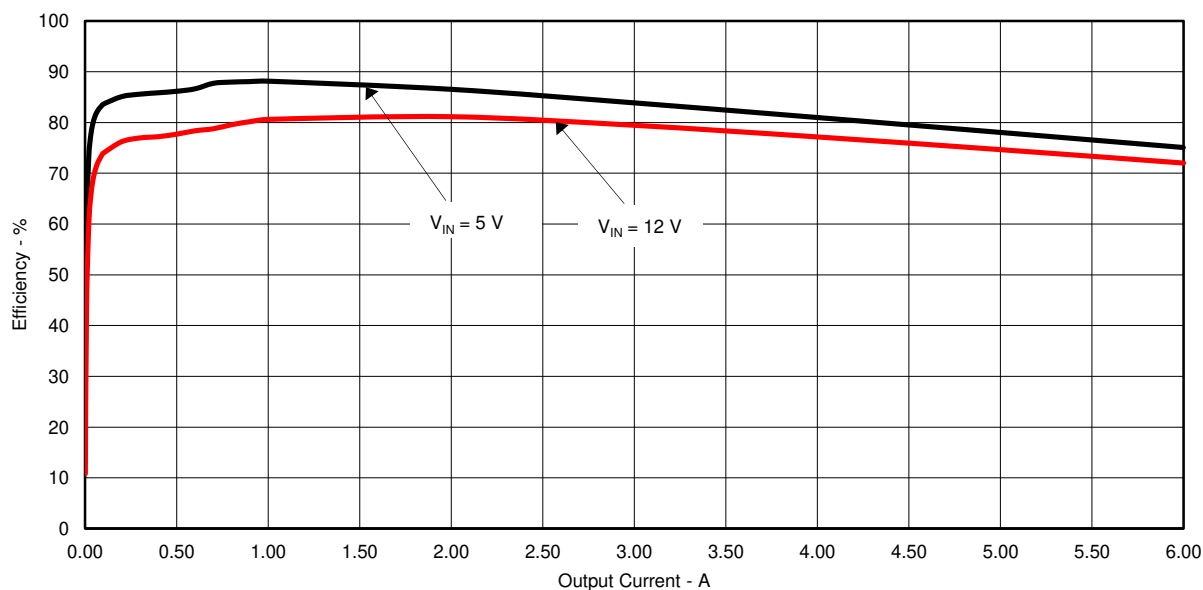


图 4-1. 效率与输出电流之间的关系

图 4-2 显示了 TPS56628EVM-534 在 25°C 环境温度条件下的轻负载效率。

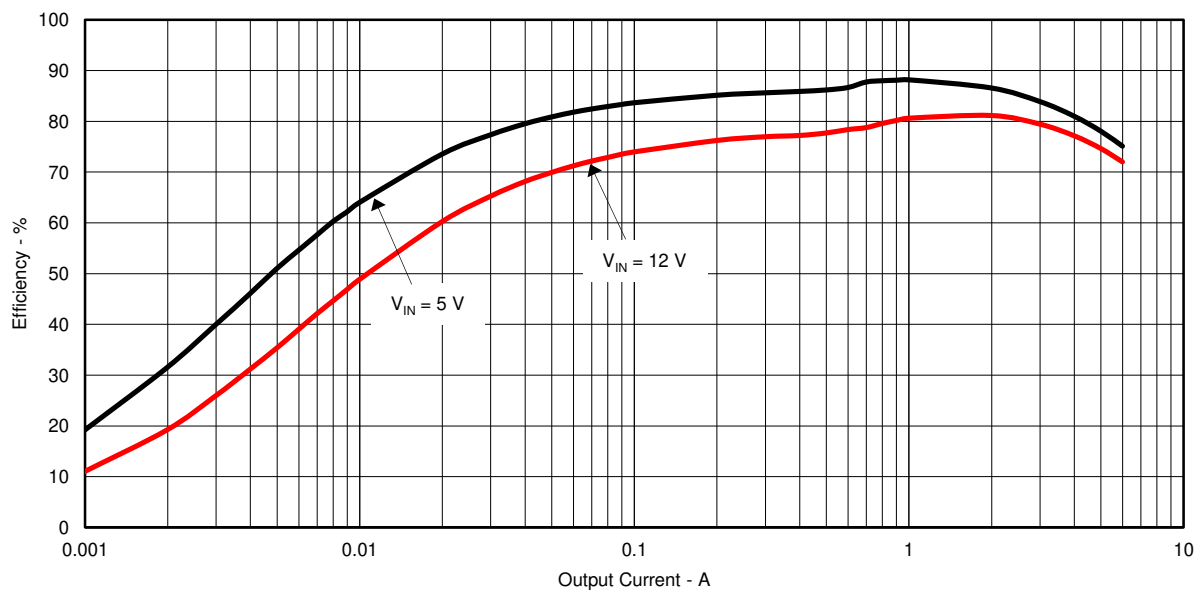


图 4-2. 效率与输出电流之间的关系

## 4.4 负载调整率

图 4-3 显示了 TPS56628EVM-534 的负载调整率。

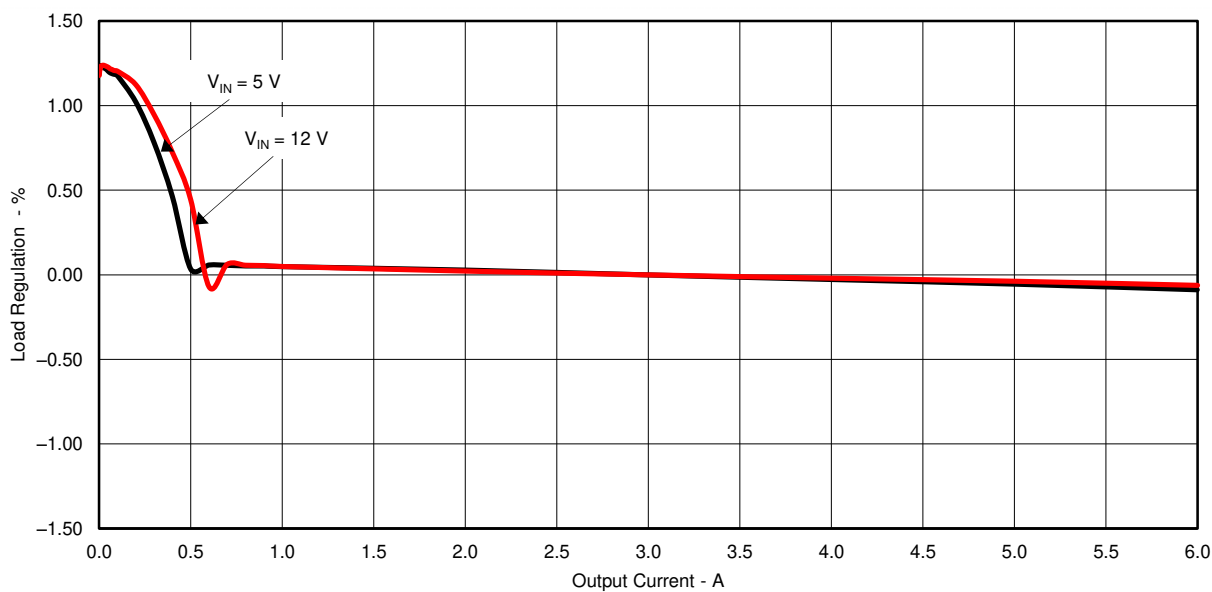


图 4-3. 负载调整率与输出电流之间的关系

## 4.5 线性调整率

图 4-4 显示了 TPS56628EVM-534 的线性调整率。

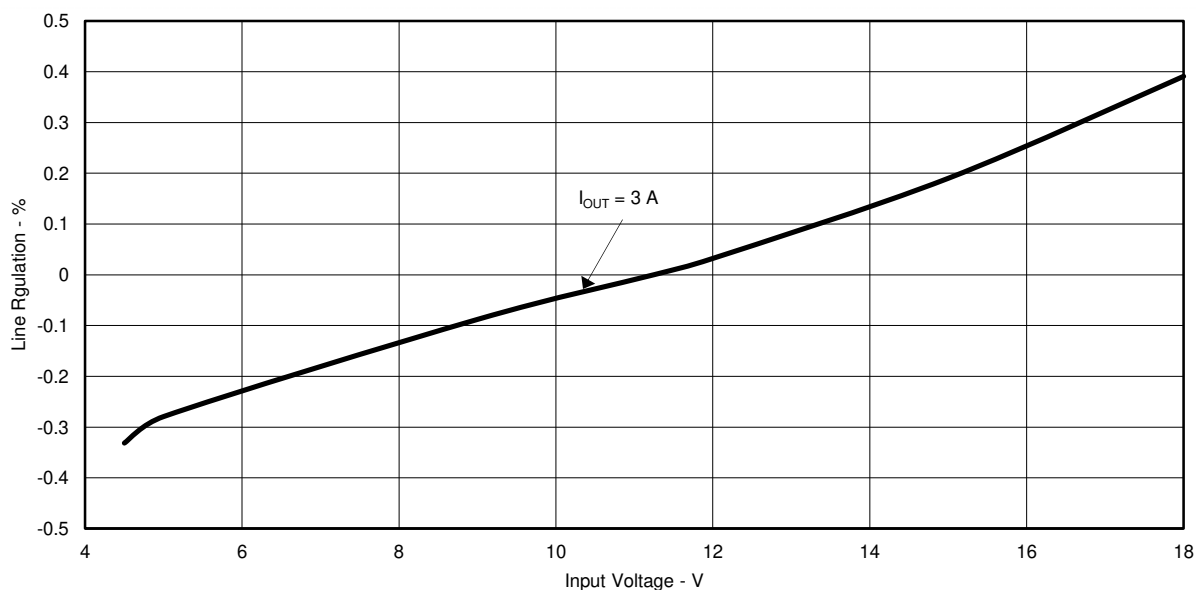


图 4-4. 线性调整率与输入电压之间的关系

## 4.6 负载瞬态响应

图 4-5 显示了 TPS56628EVM-534 对负载瞬态的响应。电流阶跃为 1.5A 至 4.5A。总峰峰值电压变化如图所示。

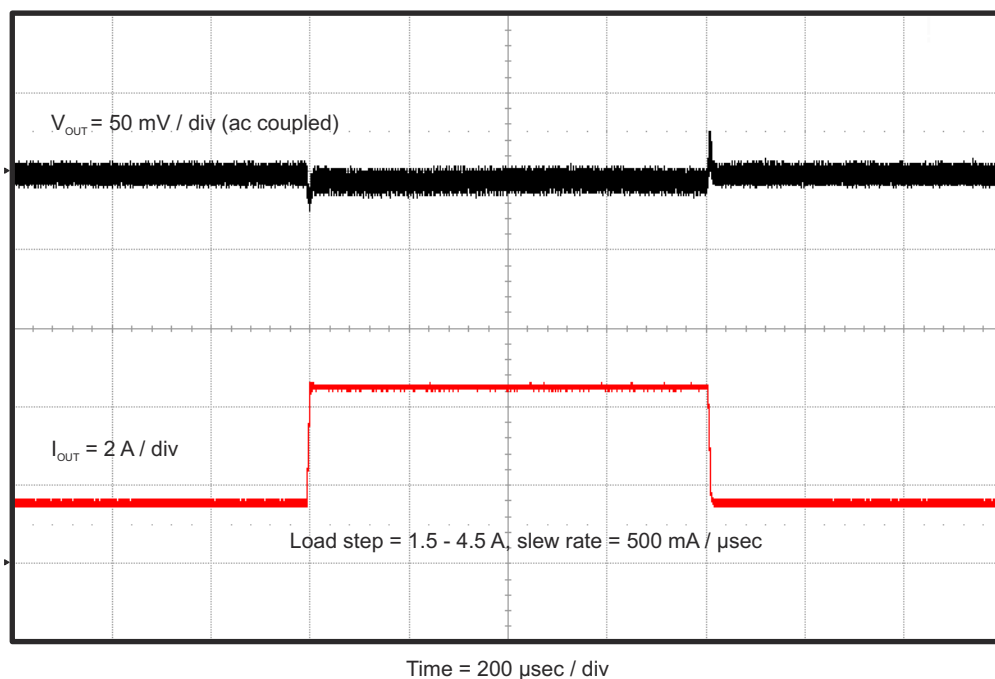


图 4-5. TPS56628EVM-534 负载瞬态响应

## 4.7 输出电压纹波

图 4-6 显示了 TPS56628EVM-534 的输出电压纹波。输出电流为额定满载 6 A。

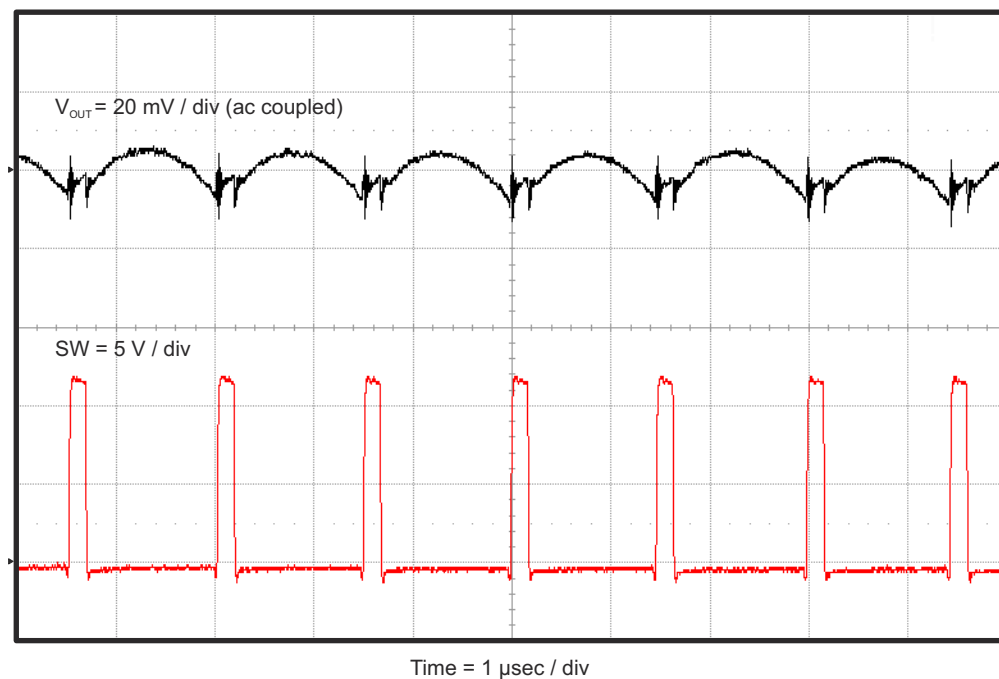


图 4-6. TPS56628EVM-534 输出电压纹波 ( $I_{OUT} = 6A$ )

图 4-7 显示了 TPS56628EVM-534 的输出电压纹波。输出电流为 500 mA。

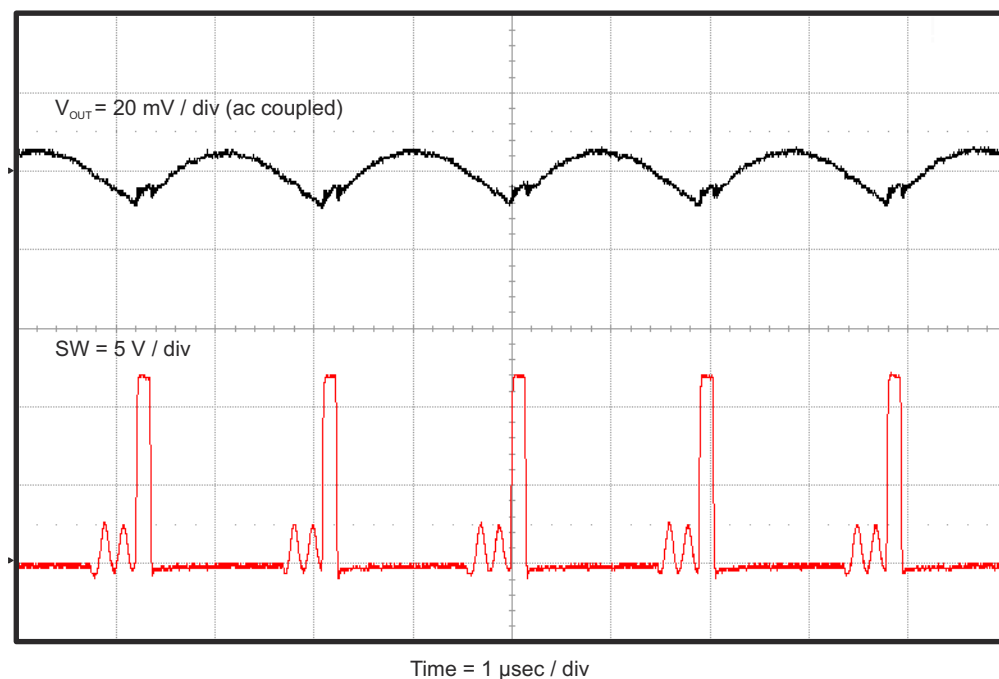


图 4-7. TPS56628EVM-534 输出电压纹波 ( $I_{OUT} = 500mA$ )

图 4-8 显示了 TPS56628EVM-534 的输出电压纹波。输出电流为 10 mA。

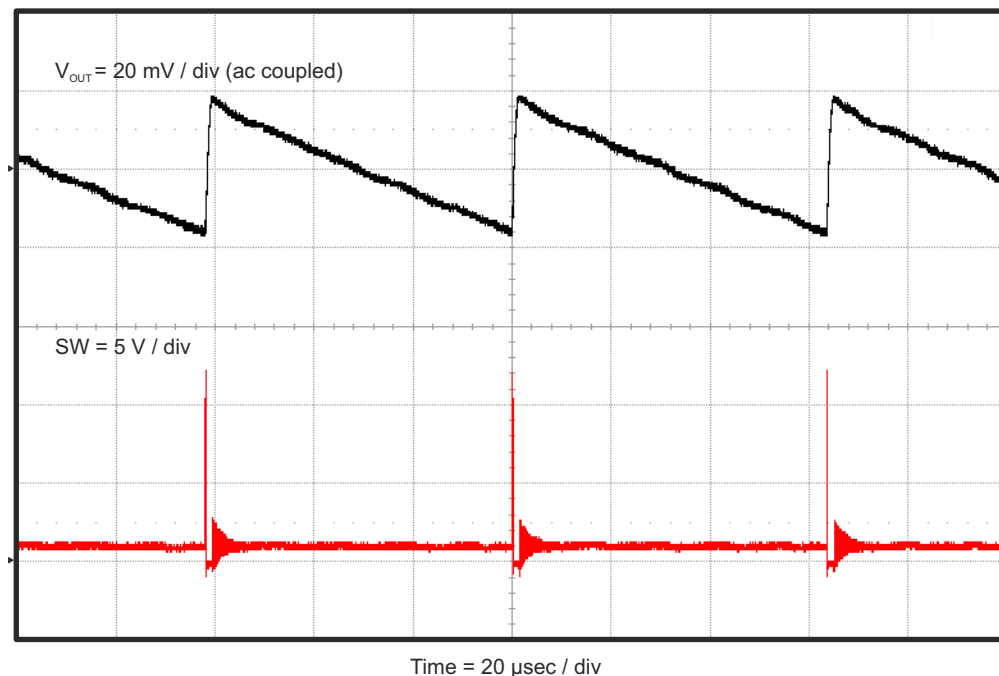


图 4-8. TPS56628EVM-534 输出电压纹波 ( $I_{OUT} = 10\text{mA}$ )

#### 4.8 输入电压纹波

图 4-9 显示了 TPS56628EVM-534 的输入电压纹波。输出电流为额定满载 6 A。

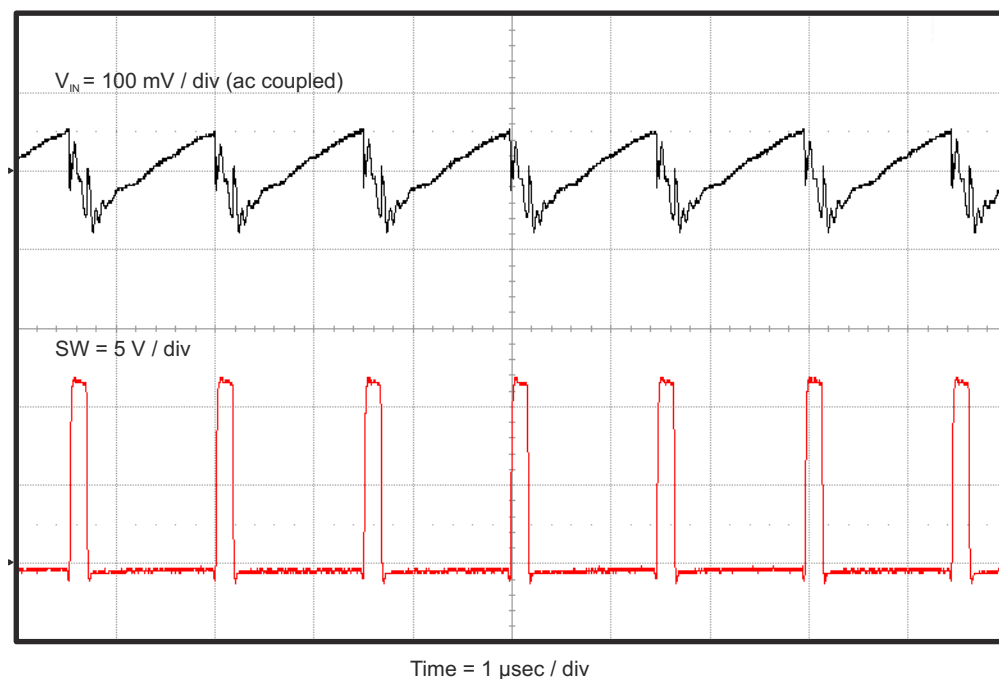


图 4-9. TPS56628EVM-534 输入电压纹波

## 4.9 启动

图 4-10 和图 4-11 中显示了 TPS56628EVM-534 相对于  $V_{IN}$  和 EN 的启动波形。  $R_{LOAD} = 2\ \Omega$ 。

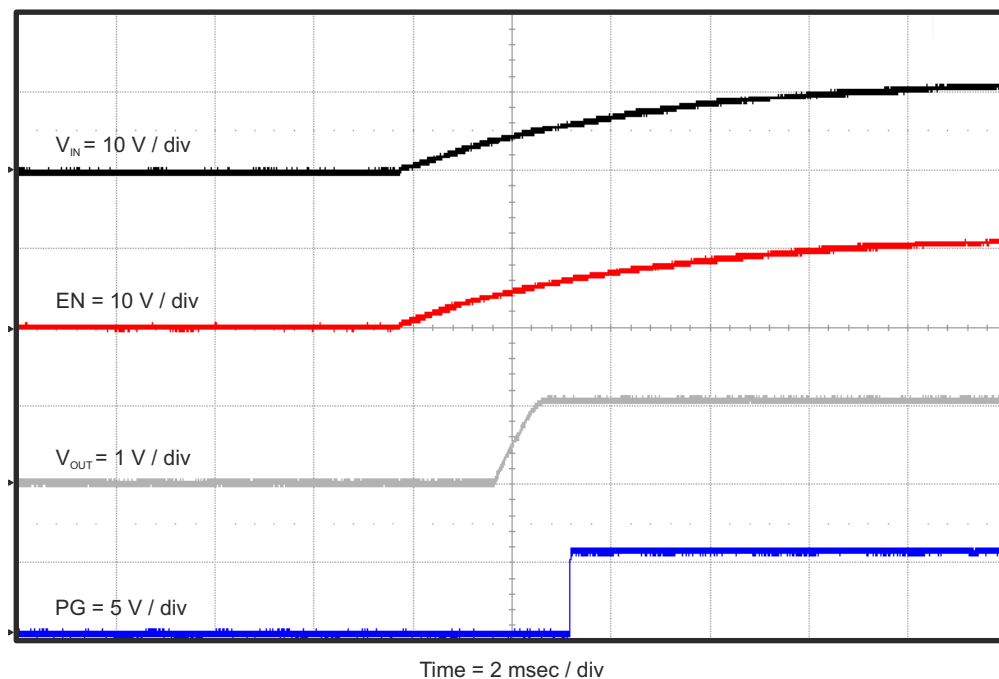


图 4-10. TPS56628EVM-534 相对于  $V_{IN}$  的启动波形 ( 具有 VREG5、PG 和  $V_{OUT}$  )

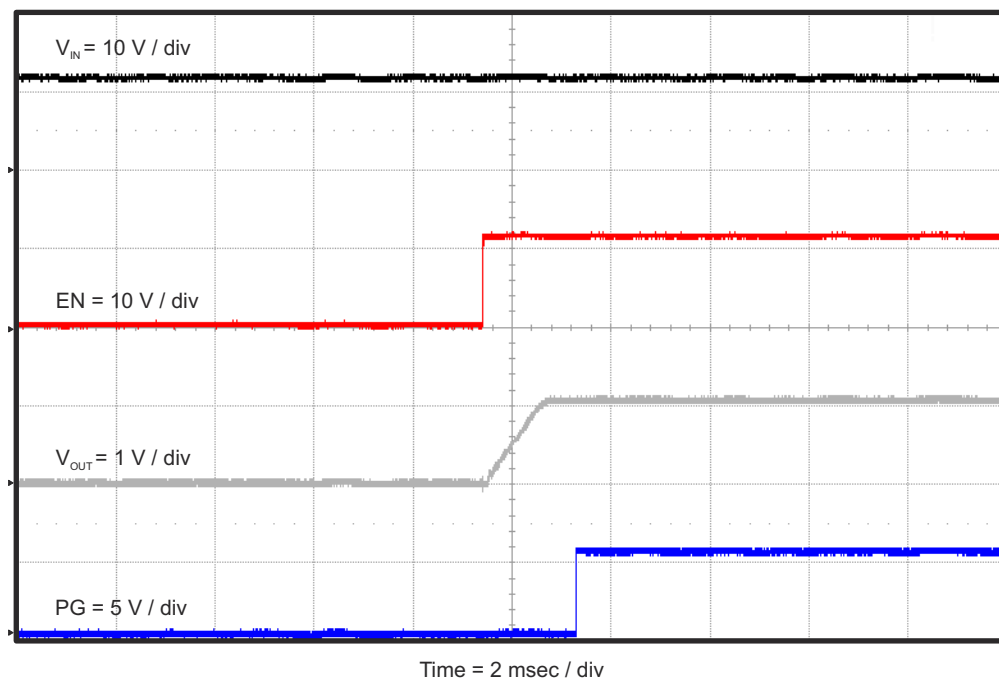


图 4-11. TPS56628EVM-534 相对于 EN 的启动波形 ( 具有 VREG5、PG 和  $V_{OUT}$  )

## 4.10 关断

图 4-12 和图 4-13 中显示了 TPS56628EVM-534 相对于  $V_{IN}$  和 EN 的关断波形。  $R_{LOAD} = 2\ \Omega$ 。

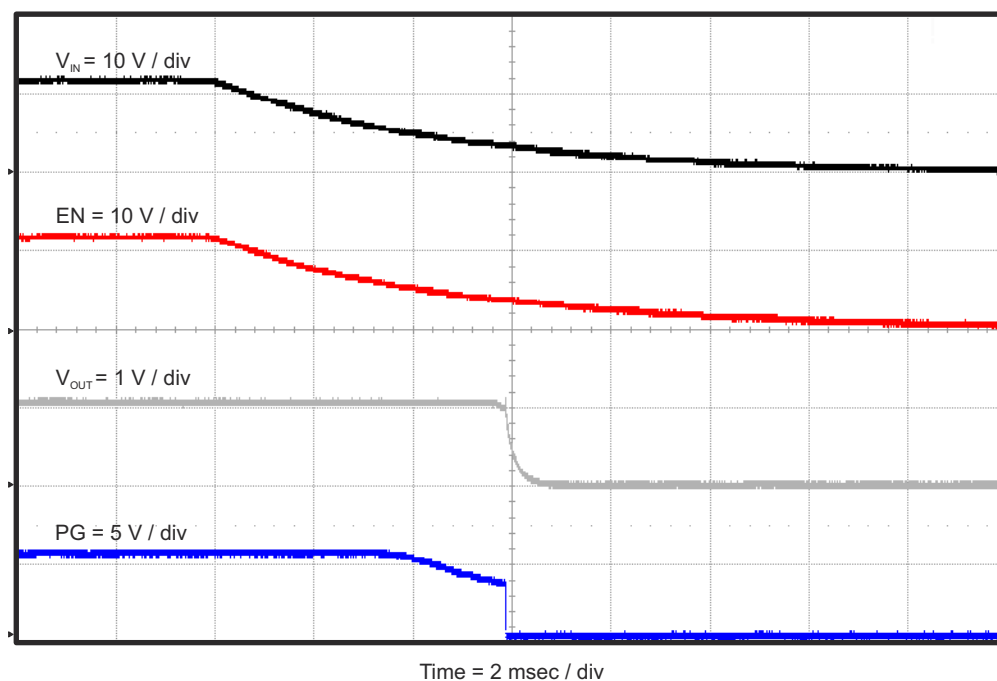


图 4-12. TPS56628EVM-534 相对于  $V_{IN}$  的关断波形 ( 具有 VREG5、PG 和  $V_{OUT}$  )

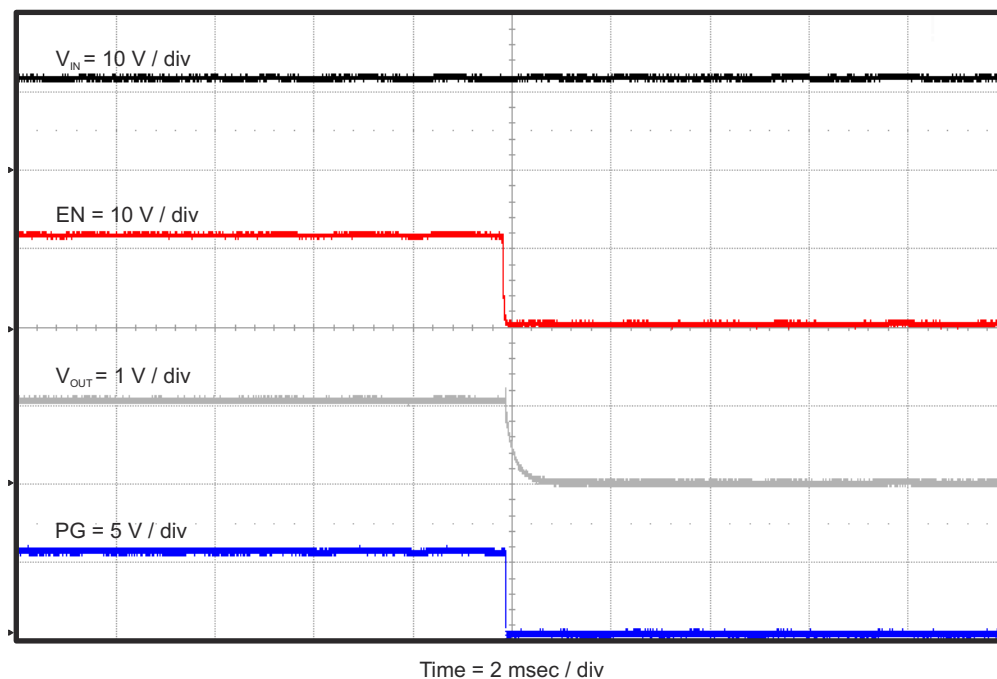


图 4-13. TPS56628EVM-534 相对于 EN 的关断波形 ( 具有 VREG5、PG 和  $V_{OUT}$  )

## 5 电路板布局

本部分提供了 TPS56628EVM-534 的说明、电路板布局布线和分层图解。

### 5.1 布局

图 5-1 至图 5-5 显示了 TPS56628EVM-534 的电路板布局布线。顶层包含 VIN、VOUT 和接地端的主要电源布线。另外，顶层还有 TPS56628 引脚的接线和一大块接地区域。许多信号布线也位于顶部。输入去耦电容器尽可能位于 IC 附近。输入和输出连接器、测试点和所有元件都位于顶部。内层 1、内层 2 和底层主要是电源接地层。内层 1 上提供模拟地 (AGND) 区域。如图所示，模拟地 (AGND) 和电源地 (PGND) 在内层 1 上的单个点处连接。内层 2 包含一个附加 VIN 区域，以及 EN 控制跳线 JP1 的 VIN 引脚接线。底层包含输出电压反馈布线。

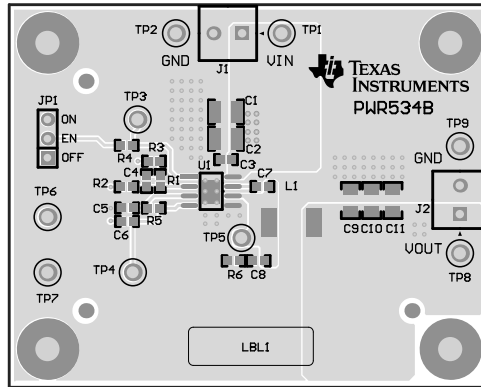


图 5-1. 顶层装配图

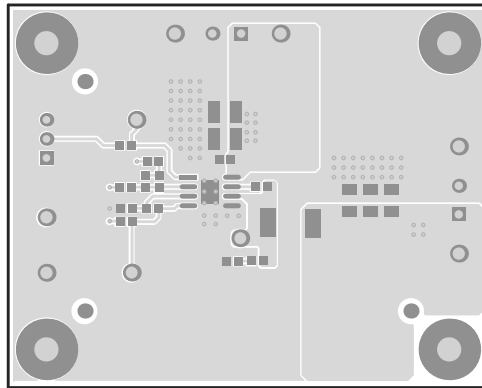


图 5-2. 顶层

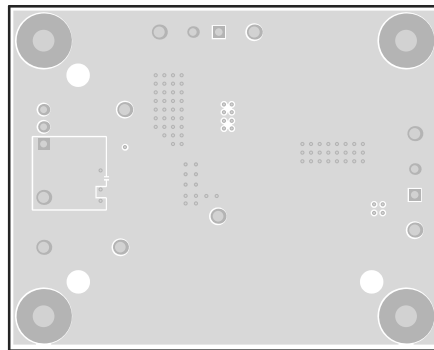


图 5-3. 内层 1

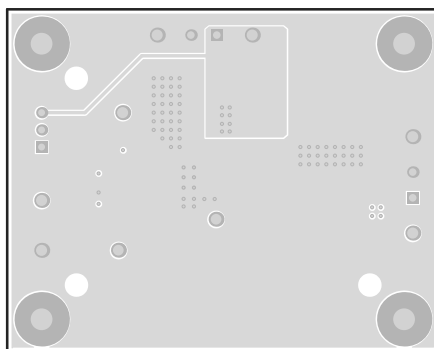


图 5-4. 内层 2

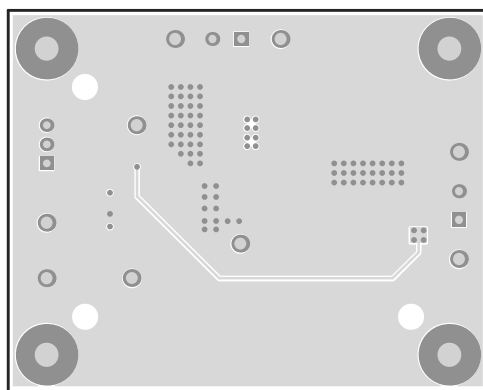


图 5-5. 底层

## 6 原理图、物料清单和参考文献

### 6.1 原理图

图 6-1 是 TPS56628EVM-534 的原理图。

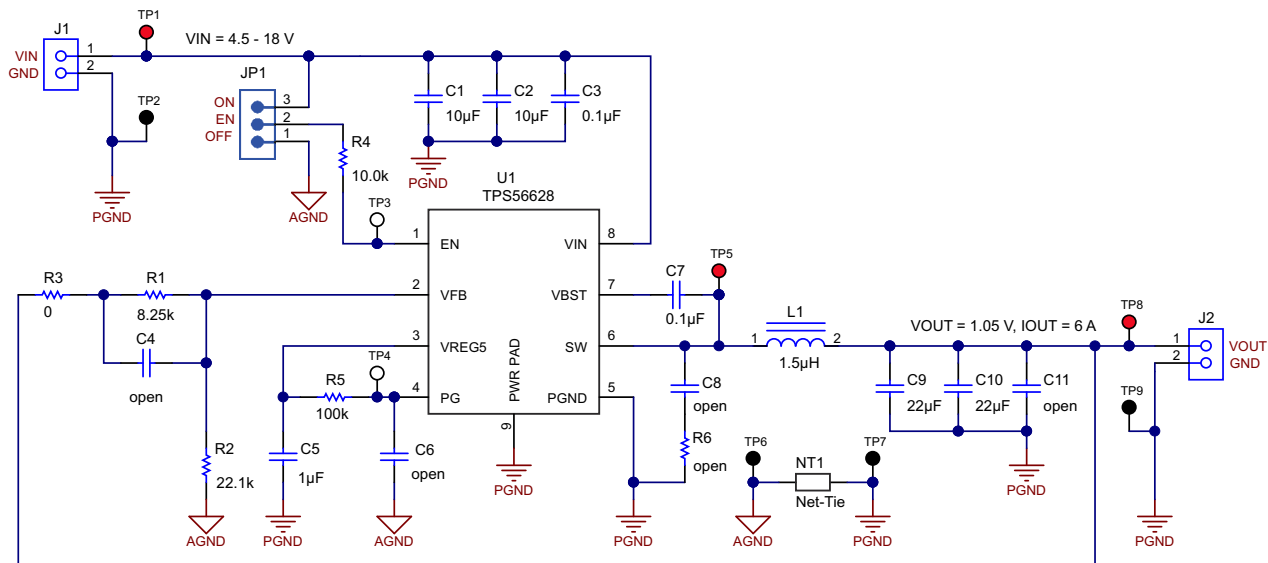


图 6-1. TPS56628EVM-534 原理图

## 6.2 物料清单

表 6-1. 物料清单

| 标识符                 | 数量 | 值     | 说明                                            | 封装参考                                | 器件型号               | 制造商                         |
|---------------------|----|-------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| PCB                 | 1  |       | 印刷电路板                                         | 2.00" x 2.50"                       | PWR534A            | 不限                          |
| C1, C2              | 2  | 10uF  | 电容, 陶瓷, 10uF, 35V, +10/%, X7R, 1210           | 1210                                | GRM32ER7YA106KA12L | MuRata                      |
| C3、C7               | 2  | 0.1uF | 电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +10/%, X7R, 0603          | 0603                                | GRM188R71H104KA93D | MuRata                      |
| C4、C6、C8            | 0  |       | 电容, 陶瓷, xxxF, xxV, [Tempco], xx%, 0603        | 0603                                |                    |                             |
| C5                  | 1  | 1uF   | 电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +10/%, X5R, 0603            | 0603                                | GRM188R61E105KA12D | MuRata                      |
| C9、C10              | 2  | 22uF  | 电容, 陶瓷, 22uF, 10V, +10/%, X5R, 1206           | 1206                                | GRM31CR61A226KE19L | MuRata                      |
| C11                 | 0  |       | 电容, 陶瓷, xxxF, xxV, [Tempco], xx%, 1206        | 1206                                |                    |                             |
| FID1、<br>FID2、FID3  | 0  |       | 基准标记。没有需要购买或安装的元件。                            | 基准                                  | 不适用                | 不适用                         |
| J1、J2               | 2  | 2x1   | 连接端子块, 2 位, 3.81mm, TH                        | PhoenixConact_1727010               | 1727010            | Phoenix Contact             |
| JP1                 | 1  | 1x3   | 接头, TH, 100mil, 1x3, 镀金, 在隔离器以上 230mil        | PBC03SAAN                           | PBC03SAAN          | Sullins Connector Solutions |
| L1                  | 1  | 1.5uH | 电感器, SMT, 11A, 9.7 毫欧                         | 0.256 英寸 x 0.280 英寸                 | SPM6530-1R5M100    | TDK                         |
| LBL1                | 1  |       | 热转印打印标签, 1.25" ( 宽 ) x 0.25" ( 高 ) - 10,000/卷 | PCB 标签 1.25" ( 高 ) x<br>0.25" ( 宽 ) | THT-13-457-10      | Brady                       |
| R1                  | 1  | 8.25k | 电阻, 8.25k 欧姆, 1%, 0.1W, 0603                  | 0603                                | CRCW06038K25FKEA   | Vishay-Dale                 |
| R2                  | 1  | 22.1k | 电阻, 22.1k 欧姆, 1%, 0.1W, 0603                  | 0603                                | CRCW060322K1FKEA   | Vishay-Dal                  |
| R3                  | 1  | 0     | 电阻, 0 欧姆, 5%, 0.1W, 0603                      | 0603                                | MCR03EZPJ000       | Rohm                        |
| R4                  | 1  | 10.0k | 电阻, 10.0k 欧姆, 1%, 0.1W, 0603                  | 0603                                | CRCW060310K0FKEA   | Vishay-Dale                 |
| R5                  | 1  | 100k  | 电阻, 100k 欧姆, 1%, 0.1W, 0603                   | 0603                                | CRCW0603100KFKEA   | Vishay-Dale                 |
| R6                  | 0  |       | 电阻, xxx 欧姆, x%, xW, 0603                      | 0603                                |                    |                             |
| SH-JP1              | 1  | 1x2   | 分流器, 100mil, 镀金, 黑色                           | 分流器                                 | 969102-0000-DA     | 3M                          |
| TP1、TP5、<br>TP8     | 3  | 红色    | 测试点, TH, 通用, 红色                               | Keystone5010                        | 5010               | Keystone                    |
| TP2、TP6、<br>TP7、TP9 | 4  | 黑色    | 测试点, TH, 通用, 黑色                               | Keystone5011                        | 5011               | Keystone                    |
| TP3、TP4             | 2  | 白色    | 测试点, TH, 通用, 白色                               | Keystone5012                        | 5012               | Keystone                    |
| U1                  | 1  |       | 直流/直流转换器, 4.5Vin 至 18Vin, 6A                  | SOP8                                | TPS56628DDA        | 德州仪器 (TI)                   |

## 6.3 参考文献

1. *TPS56628 4.5V 至 18V 输入、6A 同步降压 SWIFT™ 转换器* 数据表 (SLVSC94)

## 7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| Changes from Revision * (October 2013) to Revision A (June 2021) | Page |
|------------------------------------------------------------------|------|
| • 更新了用户指南的标题.....                                                | 2    |
| • 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....                                   | 2    |

## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 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