

适用于后灯的汽车类两级 (SEPIC + 线性) 静态 LED 驱动器模块参考设计



说明

此参考设计详细展示了在汽车后灯应用 (例如后组合灯 (RCL)) 中驱动 LED 的解决方案。此设计采用了 TPS9261x-Q1 线性 LED 驱动器系列, 该驱动器系列由配置在单端初级电感转换器 (SEPIC) 中的 LM5155-Q1 稳压器供电。SEPIC 通过汽车电池提供稳定的电压。该设计可以通过冷启动条件运行, 并且还可以优化解决方案效率。

资源

TIDA-020009	设计文件夹
LM5155-Q1	产品文件夹
TPS92610-Q1	产品文件夹
TPS92611-Q1	产品文件夹



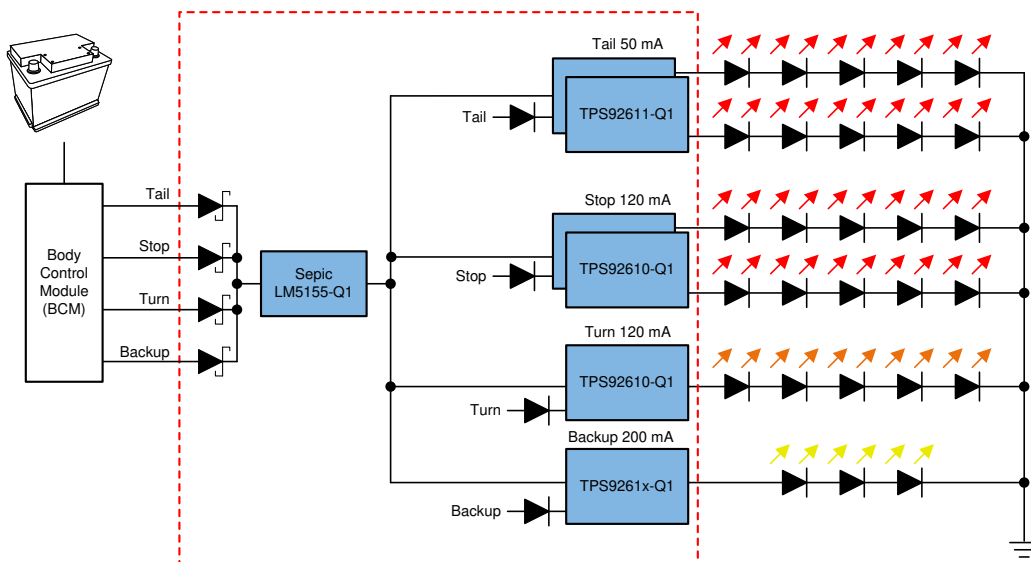
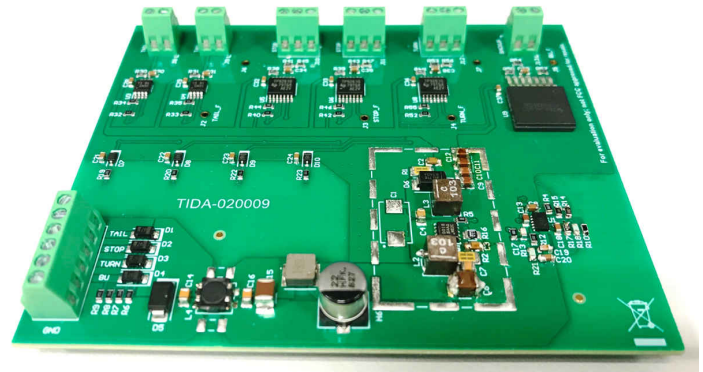
咨询我们的 TI E2E™ 支持专家

特性

- 通过冷启动运行
- 降压/升压运行
- 开路 and 短路保护
- 单 LED 短路检测 (制动灯和转向灯)
- 符合 CISPR25 5 类要求

应用

- [外部照明 - 尾灯](#)



1 系统说明

新后灯应用 (如后组合灯 (RCL)) 中的主要光源基于 LED。由于此类应用中的 LED 电流不是很高, 因此线性 LED 驱动器主要用于实现具有成本效益的解决方案。最简单的方法是直接通过电池为线性 LED 驱动器供电, 但它有一些缺点。功率耗散随电池电压的变化而变化, 并且 LED 灯串电压被限制在系统必须运行的最低工作电压范围内。

此参考设计详细展示了在汽车后灯应用 (例如后组合灯 (RCL)) 中驱动 LED 的解决方案。它利用线性 LED 驱动器提供各种后灯功能, 这些 LED 驱动器由单端初级电感转换器 (SEPIC) LED 电源供电。降压/升压 SEPIC LED 电源可使用多种电池电压运行, 包括冷启动, 此设计优化了解决方案的尺寸和效率, 而且满足 CISPR 25 传导和辐射发射要求。

1.1 关键系统规格

表 1-1. 关键系统规格

参数	规格
直流输入电压范围	6 V 至 18 V
SEPIC 输出电压	8V 至 16V, 默认 = 12.5V
SEPIC 开关频率	460 KHz
LED 灯串电流	尾灯 = 50mA, 制动灯 = 120mA, 转向灯 = 120mA, 倒车灯 = 210mA
LED 灯串长度	尾灯、制动灯、转向灯 = 5 个 LED, 倒车灯 = 3 个 LED
运行环境温度	-40°C 至 85°C
PCB 外形	88mm x 70mm (2 层, 1.5oz)

2 系统概述

2.1 方框图

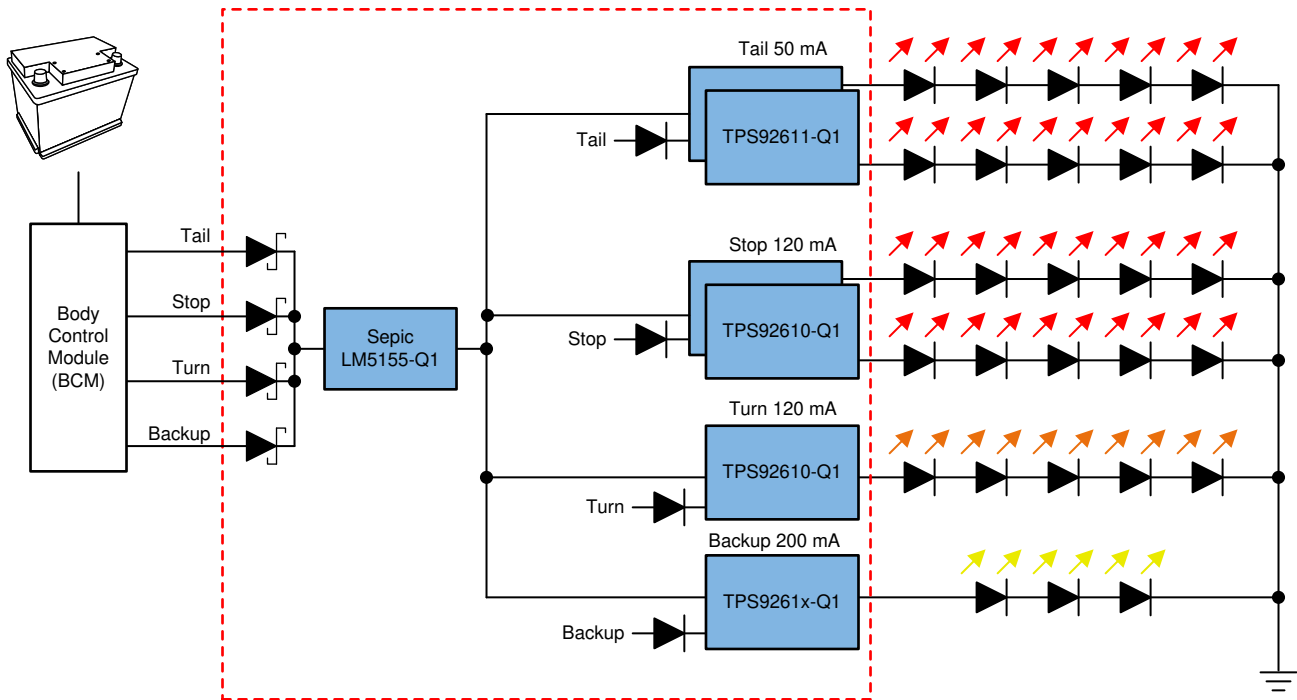


图 2-1. TIDA-020009 方框图

2.2 重点产品

2.2.1 LM5155-Q1

LM5155x 器件是采用峰值电流模式控制的宽输入范围非同步升压控制器。该器件可用于升压、SEPIC 和反激式拓扑。

该器件的宽输入范围支持汽车冷启动和负载突降瞬态。该器件可通过电压最低为 2.97V 的 1 节电池启动。启动后，该器件可通过升压转换器输出为 BIAS 引脚供电，从而在低至 1.5V 的输入下运行。用户可通过外部电阻器对开关频率进行编程，编程范围为 100kHz 至 2.2MHz。2.2MHz 的开关频率可最大限度地降低 AM 频带干扰，并支持实现小解决方案尺寸和快速瞬态响应。

该器件具备 1.5A 标准 MOSFET 驱动器和 100mV 的低电流限制阈值。该器件支持使用外部 VCC 电源来提高效率。此外，低运行电流和脉冲跳跃运行可提高轻负载时的效率。

该器件具有内置保护特性，例如逐周期电流限制、过压保护、线路 UVLO、热关断和断续模式过载保护 (LM51551)。附加特性包括：低关断 IQ、可编程软启动、可编程斜坡补偿、精密基准、电源正常指示器以及外部时钟同步。

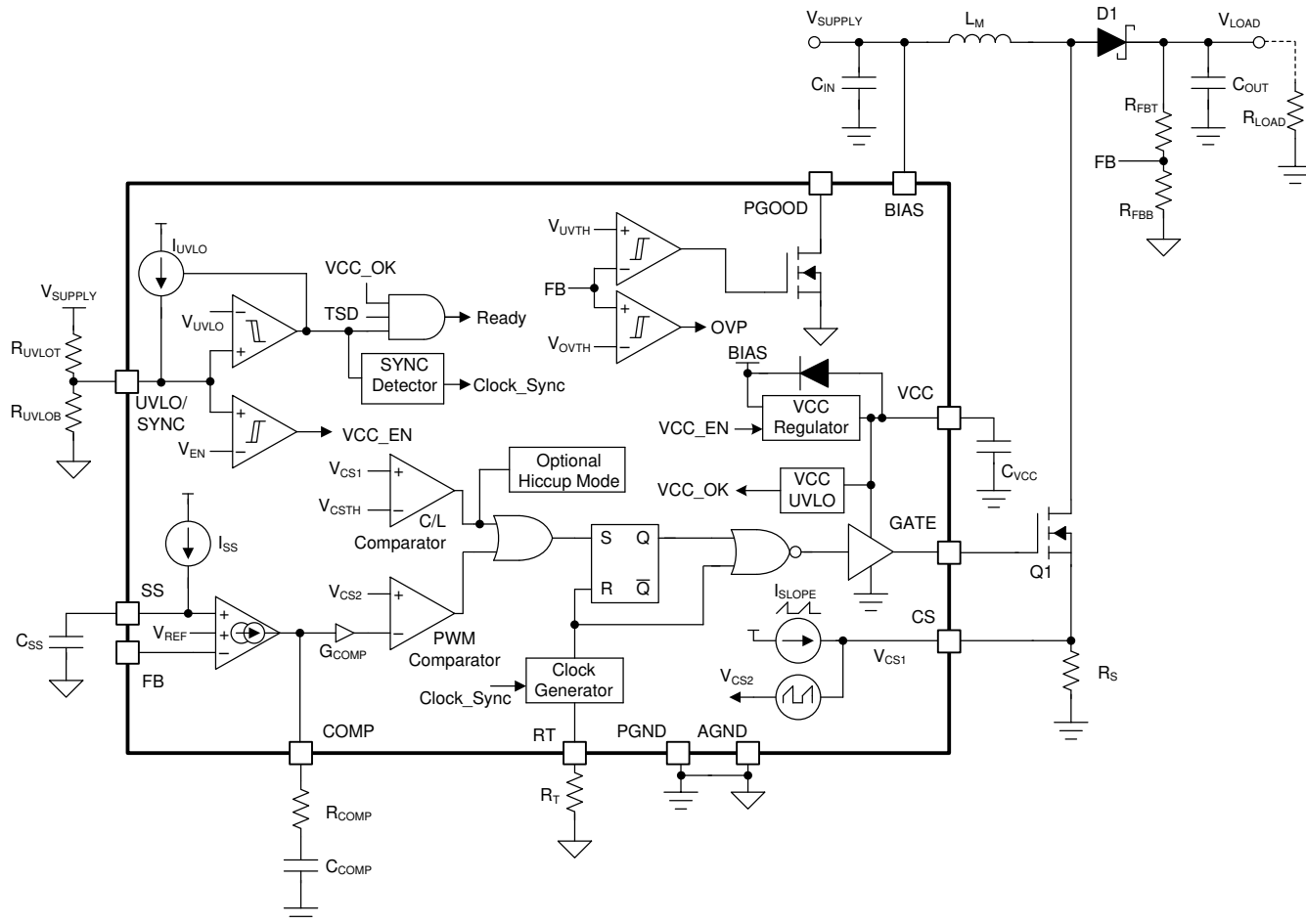


图 2-2. LM5155-Q1 的功能方框图

2.2.2 TPS92610-Q1 , TPS92611-Q1

TPS9261x-Q1 器件是单通道线性 LED 驱动器系列。该系列为汽车 LED 应用提供了简单的解决方案。该系列中的不同封装选项提供了各种电流范围和诊断选项。采用 HTSSOP-14 封装的 TPS92610-Q1 器件支持 LED 开路检测和接地短路检测。TPS92610-Q1 器件中独特的单 LED 短路检测功能有助于诊断灯串中是否有一个 LED 短路。凭借连带失效故障总线，TPS92610-Q1 器件可与 TPS9261x-Q1、TPS9263x-Q1 和 TPS9283x-Q1 系列搭配使用。输出电流可由外部 $R(SNS)$ 电阻器设置。电流从电源流经 $R(SNS)$ 电阻器，再流入内部电流源，并到达 LED。

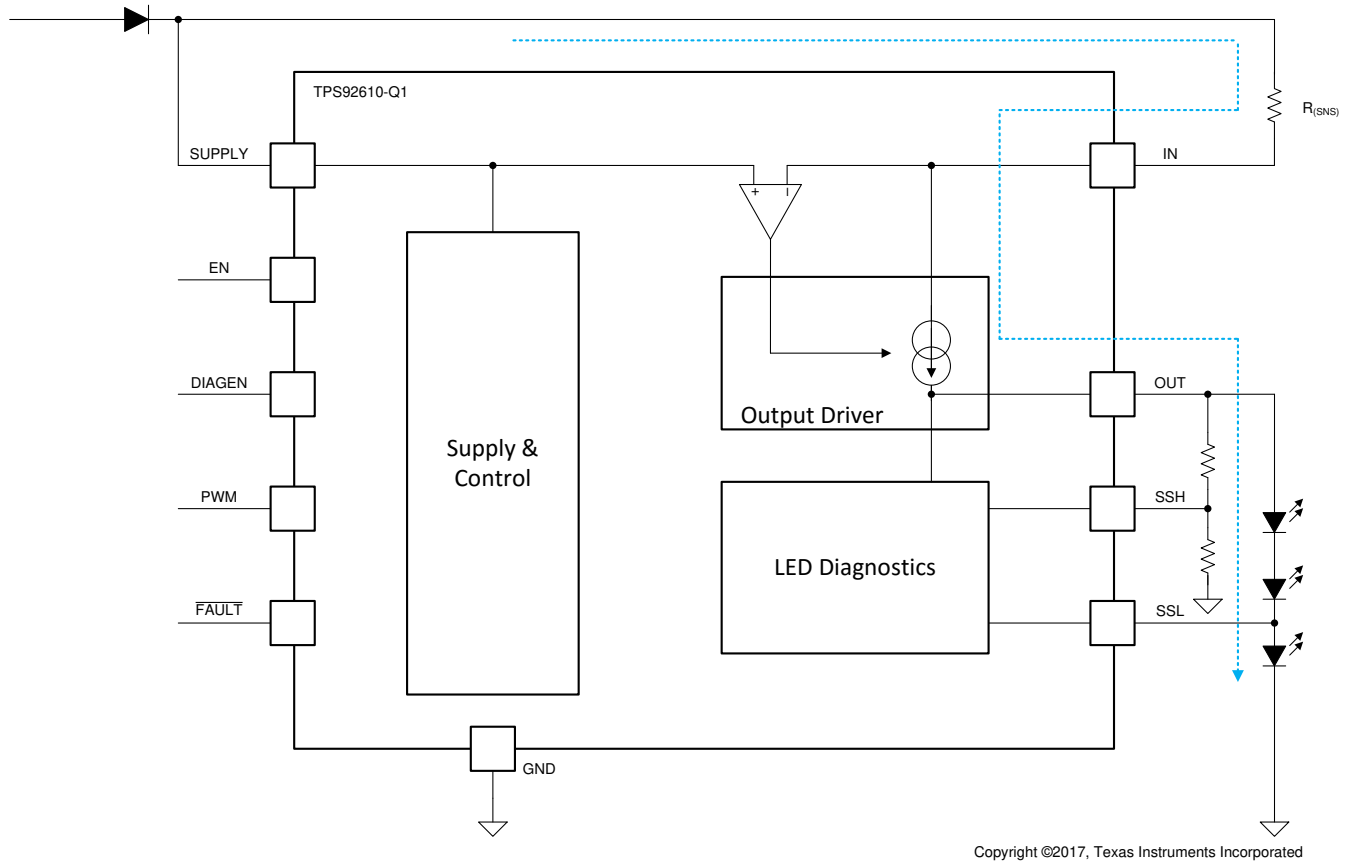


图 2-3. TPS92610-Q1 的功能方框图

2.3 系统设计原理

2.3.1 PCB 和外形因数

此参考设计使用带有 1.5oz 铜的双层印刷电路板 (PCB)，所有元件均放置在顶层。此 PCB 尺寸为 88mm × 70mm，并不是为了适合任何特定的外形尺寸。此 PCB 设计的主要目标是设计紧凑的解决方案，同时提供测试电路板性能的方法。在此参考设计的最终生产版本中，可以进一步减小解决方案的尺寸。图 2-4 展示了此 PCB 的 3D 渲染。

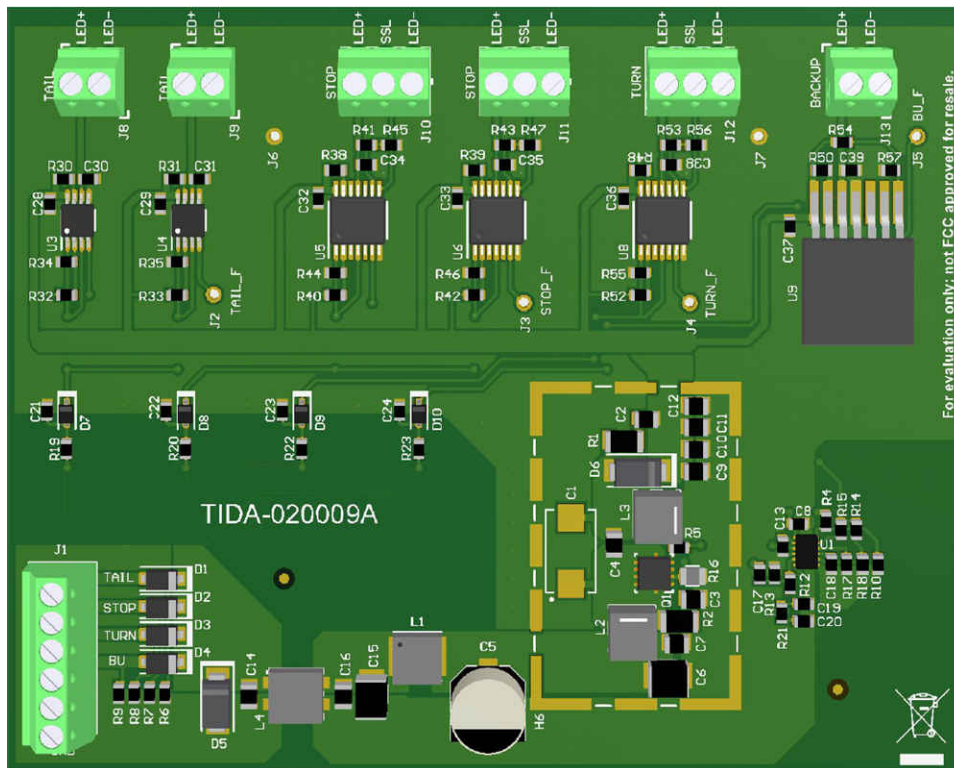


图 2-4. TIDA-020009 PCB 的 3D 渲染

2.3.2 输入保护

在本参考设计中，可在输入电源线上使用肖特基二极管 D1 至 D4 实现反极性保护，如图 2-5 所示。这些二极管充当 OR-ing 电路，如果一个或多个电源轨处于活动状态，则为前置稳压器供电。

为了实现瞬态保护，在输入端的反极性保护之后放置一个瞬态电压抑制器 (TVS) 二极管 D5，以钳制电压。但 LM5155-Q1 支持高达 45V 的输入电压。

放置电阻器 R6 至 R9，以灌入肖特基二极管的反向电流。

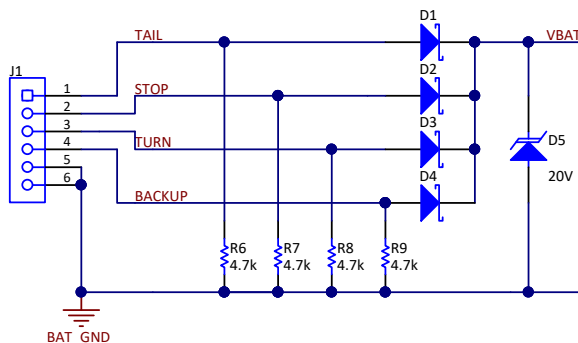


图 2-5. 输入保护原理图

2.3.3 EMI 滤波器

有两种形式的传导发射。即共模噪声和差模噪声。为了降低传导共模噪声，在输入端放置了共模扼流圈，并使用 LC 滤波器来降低差模噪声。为了减少辐射和近场耦合，请在设计中放置金属屏蔽层，覆盖所有功率级组件。整个滤波器由 L4、C14、C15、C16 和 L1 组成，如图 2-6 所示。有关更多详细信息，请参阅[轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#)和[有关直流/直流转换器 EMI 的工程师指南 \(第 2 部分\)](#)：噪音传播和过滤。

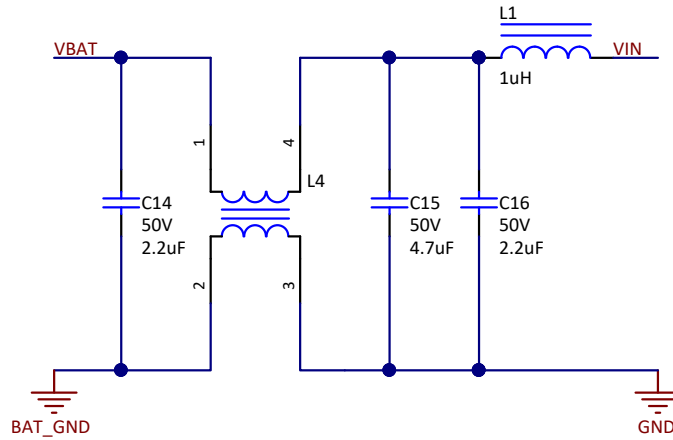


图 2-6. EMI 滤波器原理图

2.3.4 LM5155-Q1 稳压器

在此设计中，LM5155-Q1 配置为 SEPIC 稳压器，为线性 LED 驱动器提供稳定电源。表 2-1 展示了 LM5155-Q1 稳压器的默认设计参数。

表 2-1. 默认 Sepic 配置的设计参数

设计参数	值
输出电压	12.5 V
输出功率	10W
直流输入电压范围	6 V 至 18 V
开关频率	460 kHz

图 2-7 展示了此参考设计中 SEPIC 配置的 LM5155-Q1 默认原理图。

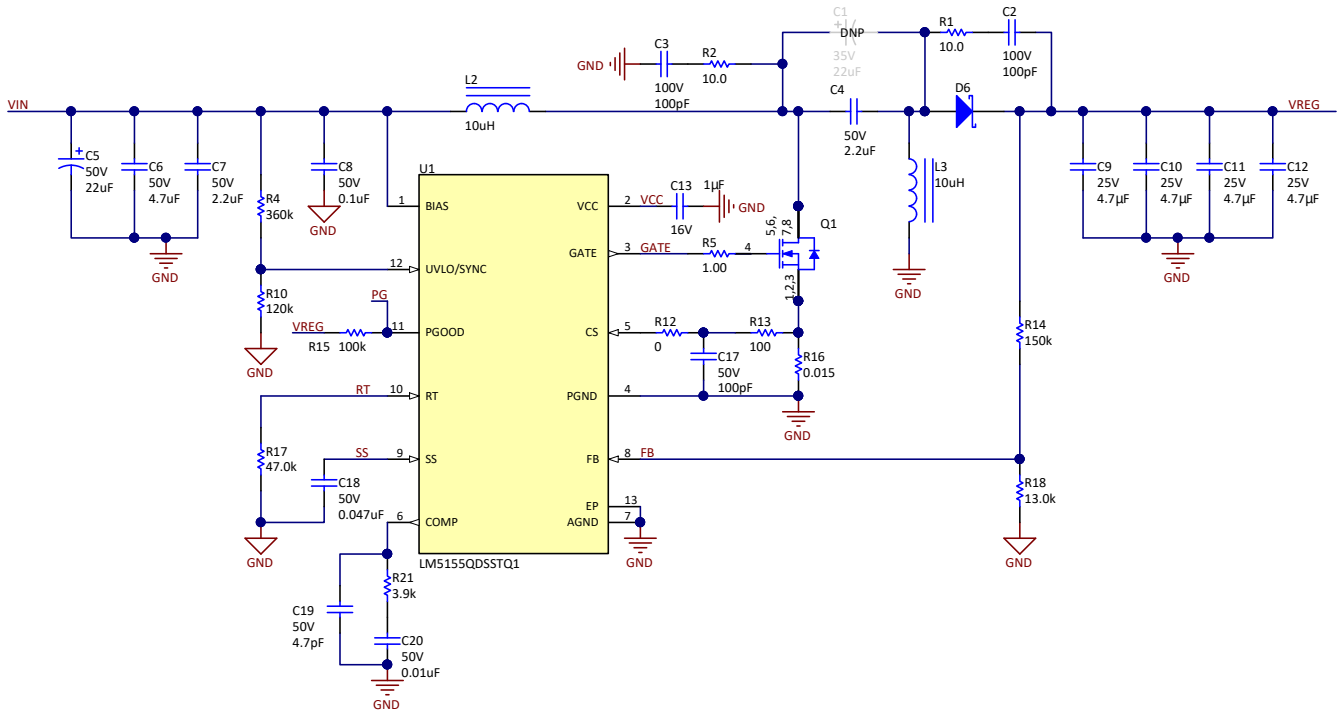


图 2-7. LM5155-Q1 控制器原理图 (SEPIC 配置)

原理图中的主要组件是按照 LM5155x-Q1 2.2MHz 宽输入非同步升压/Sepic/反激式控制器数据表中的指导原则进行选择的。

输入电容器 C5、C6、C7 和 C8 可消除输入电压纹波，并提供低阻抗电源。分压电阻器 R4 和 R10 设置所需的启动和关断电压电平。对于此参考设计，启动电压为 6V，迟滞为 2V，因此关断电压为 4V。电阻器 R17 和电容器 C18 用于设置开关频率和软启动时间。为了补偿稳压器环路 C19，R21 和 C20 连接到 COMP 引脚，该引脚是内部跨导误差放大器的输出。电阻器 R14 和 R18 可调节输出电压电平。对于为栅极驱动器供电的内部 VCC 稳压器，需要将 C13 作为旁路电容器。电阻器 R13 和电容器 C17 设置斜率补偿。低侧 N 沟道 MOSFET Q1 两端的电阻器-电容器缓冲器网络 (R2、C3) 和整流器二极管两端的 (R1、C2) 可减少开关节点上的振铃和尖峰。如需计算这些值，请参阅[电源技巧：分七步计算 R-C 缓冲器](#)。

输出电容器 C9、C10、C11 和 C12 可消除输出电压纹波，并在瞬态负载条件下提供电荷源。当负载突然断开连接时，输出电容器还可减少输出电压过冲。在 SEPIC 稳压器中，输出由不连续的电流提供，纹波电流要求通常较高，因此陶瓷电容器非常适合。输出电压纹波主要受输出电容器的 ESR 的影响。将输出电容器并联是尽量减少有效 ESR 并将输出纹波电流分散到多个电容器中的好办法。此示例使用四个 4.7 μ F 的陶瓷电容器，额定电压为 25V。本参考设计中更高的输出电压纹波对于连接到 SEPIC 输出电压的线性 LED 驱动器不是问题。

电感器 L2 和 L3 的值为 10 μ H，在最低输入电压 6V 时，饱和电流额定值高于最大预期电感器电流 2A。C4 的值为 2.2 μ F，形成耦合电容器，D6 是 SEPIC 的整流器二极管。低侧电源开关 Q1 是一款额定电压为 60V 的 N 沟道 MOSFET，采用 PowerPAK® 封装。R16 是用于设置电流限制的电流检测电阻。

2.3.5 尾灯 (2 个 TPS92611-Q1)

尾灯使用两个 LED 灯串，每个灯串由 TPS92611-Q1 线性 LED 驱动器驱动。[表 2-2](#) 展示了尾灯的默认设计参数。

表 2-2. 尾灯的默认设计参数

设计参数	值
输入电压	12.5 V
LED 灯串电流	50mA
串联 LED 的数量	5

[图 2-8](#) 展示了此参考设计中用于尾灯的 TPS92611-Q1 线性 LED 驱动器的默认原理图。

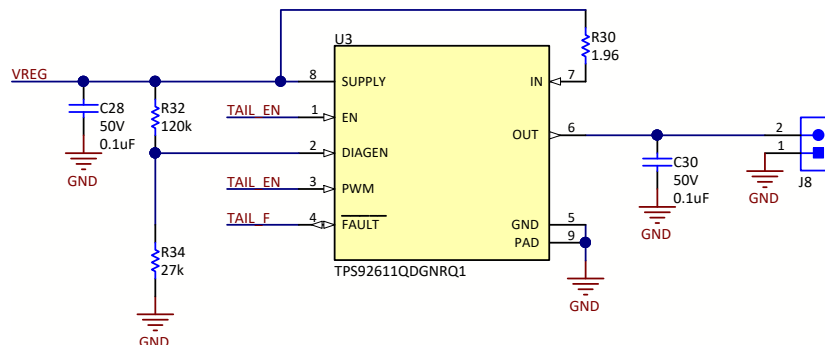


图 2-8. TPS92611-Q1 尾灯 LED 驱动器原理图

原理图中的主要元件是按照 [TPS92611-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器数据表](#) 中的“详细设计过程”部分进行选择的。

使用电阻器 R30 将 LED 电流设置为 50mA。添加了用于噪声滤波的电容器 C26 和 C30。电阻器 R32 和 R34 设置激活开路检测的输入电压电平。

2.3.6 制动灯 (2 个 TPS92610-Q1)

制动灯使用两个 LED 灯串，每个灯串由 TPS92610-Q1 线性 LED 驱动器驱动。[表 2-3](#) 展示了制动灯的默认设计参数。

表 2-3. 制动灯的默认设计参数

设计参数	值
输入电压	12.5 V

表 2-3. 制动灯的默认设计参数 (continued)

设计参数	值
LED 灯串电流	120mA
串联 LED 的数量	5

图 2-9 展示了此参考设计中用于制动灯的 TPS92610-Q1 线性 LED 驱动器的默认原理图。

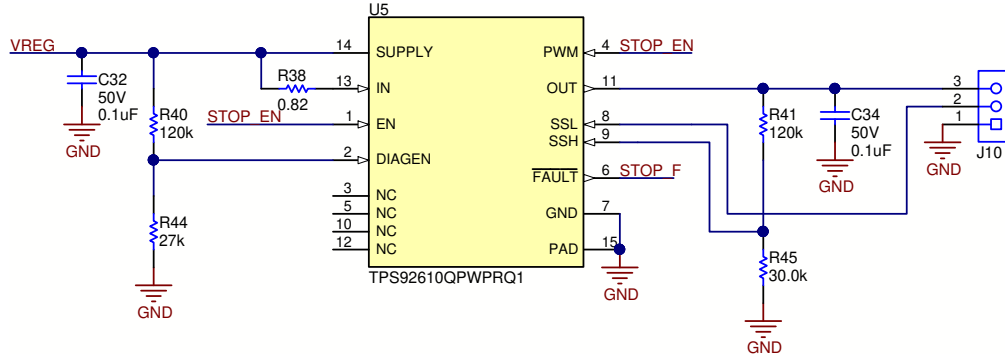


图 2-9. TPS92610-Q1 制动灯 LED 驱动器原理图

原理图中的主要元件是按照 TPS92610-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器数据表中的“详细设计过程”部分进行选择的。

使用电阻器 R38 将 LED 电流设置为 120mA。添加了用于噪声滤波的电容器 C32 和 C34。电阻器 R40 和 R44 设置激活开路检测的输入电压电平。由 R41 和 R45 组成的电阻分压器用于监控输出电压，可实现单个 LED 短路检测。

2.3.7 转向灯 (TPS92610-Q1)

转向灯使用一个 LED 灯串，该灯串由 TPS92610-Q1 线性 LED 驱动器驱动。表 2-4 展示了转向灯的默认设计参数。

表 2-4. 转向灯的默认设计参数

设计参数	值
输入电压	12.5 V
LED 灯串电流	120mA
串联 LED 的数量	5

图 2-10 展示了此参考设计中用于转向灯的 TPS92610-Q1 线性 LED 驱动器的默认原理图。

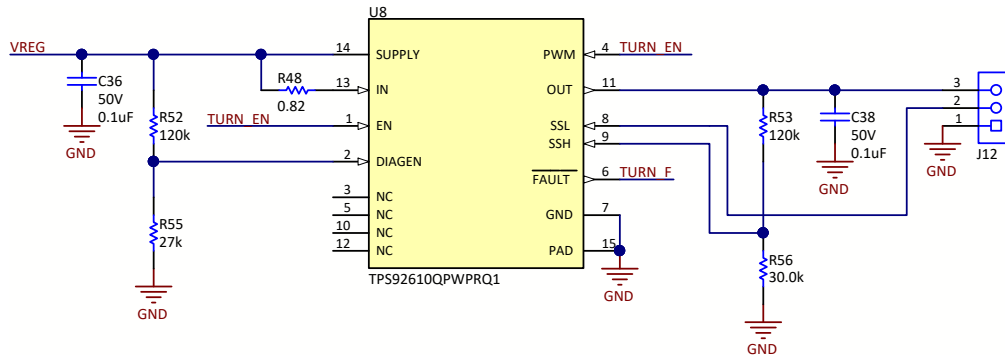


图 2-10. TPS92610-Q1 转向灯 LED 驱动器原理图

原理图中的主要元件是按照 TPS92610-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器数据表中的“详细设计过程”部分进行选择的。

使用电阻器 R48 将 LED 电流设置为 120mA。添加了用于噪声滤波的电容器 C36 和 C38。电阻器 R52 和 R55 设置激活开路检测的输入电压电平。由 R53 和 R56 组成的电阻分压器用于监控输出电压，以实现单个 LED 短路检测。

2.3.8 倒车灯

倒车灯使用由线性 LED 驱动器驱动的 LED 灯串。表 2-5 展示了倒车灯的默认设计参数。

表 2-5. 倒车灯的默认设计参数

设计参数	值
输入电压	12.5 V
LED 灯串电流	210mA
串联 LED 的数量	3

2.3.9 启用照明功能

在大多数车辆中，由车身控制模块 (BCM) 提供电源信号可激活不同的照明功能。电源信号可为系统供电，还控制 LED 驱动器 IC 的使能引脚，通过向其输入电源线供电，可实现输出通道的独立功能。图 2-11 所示为电路原理图。二极管 D7 至 D10 用于反极性保护。电阻器和电容器在每个通道上形成一个 LC 滤波器，为启用 LED 驱动器创造短延迟。

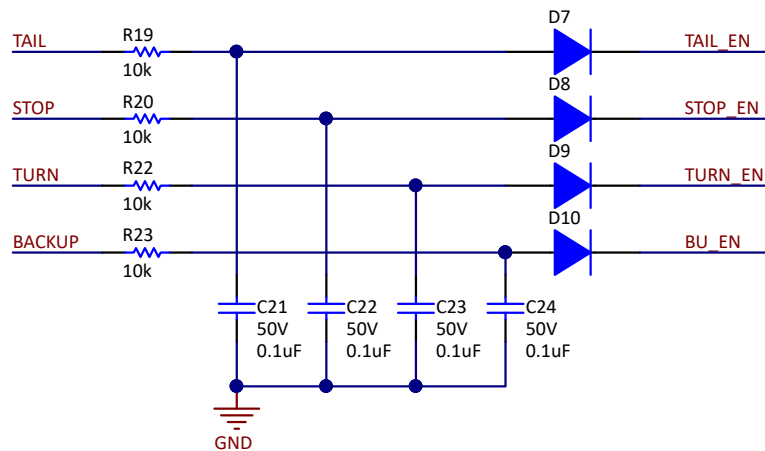


图 2-11. 使能电路原理图

对于可用 CAN 或 LIN 通信的系统，从 BCM 到 LED 驱动器模块有一条电源线就足够了，并且可以使用微控制器来启用个别照明功能。

2.3.10 诊断

此参考设计中使用的所有 LED 驱动器均可为汽车外部照明系统提供高级诊断和故障防护功能。这些器件能够检测 LED 灯串接地短路、LED 灯串开路情况并提供保护。此外，TPS92610-Q1 还支持单 LED 短路检测。LED 驱动器还支持连带失效故障总线，可灵活适应不同的立法要求。故障总线可用于向车身控制模块报告任何故障。

2.3.11 LED 负载

为了测试参考设计的性能，使用了如图 2-12 所示的 LED 负载板。板上的 LED 为 OSRAM LR G6SP、LA G6SP 和 LW G6SP 器件。

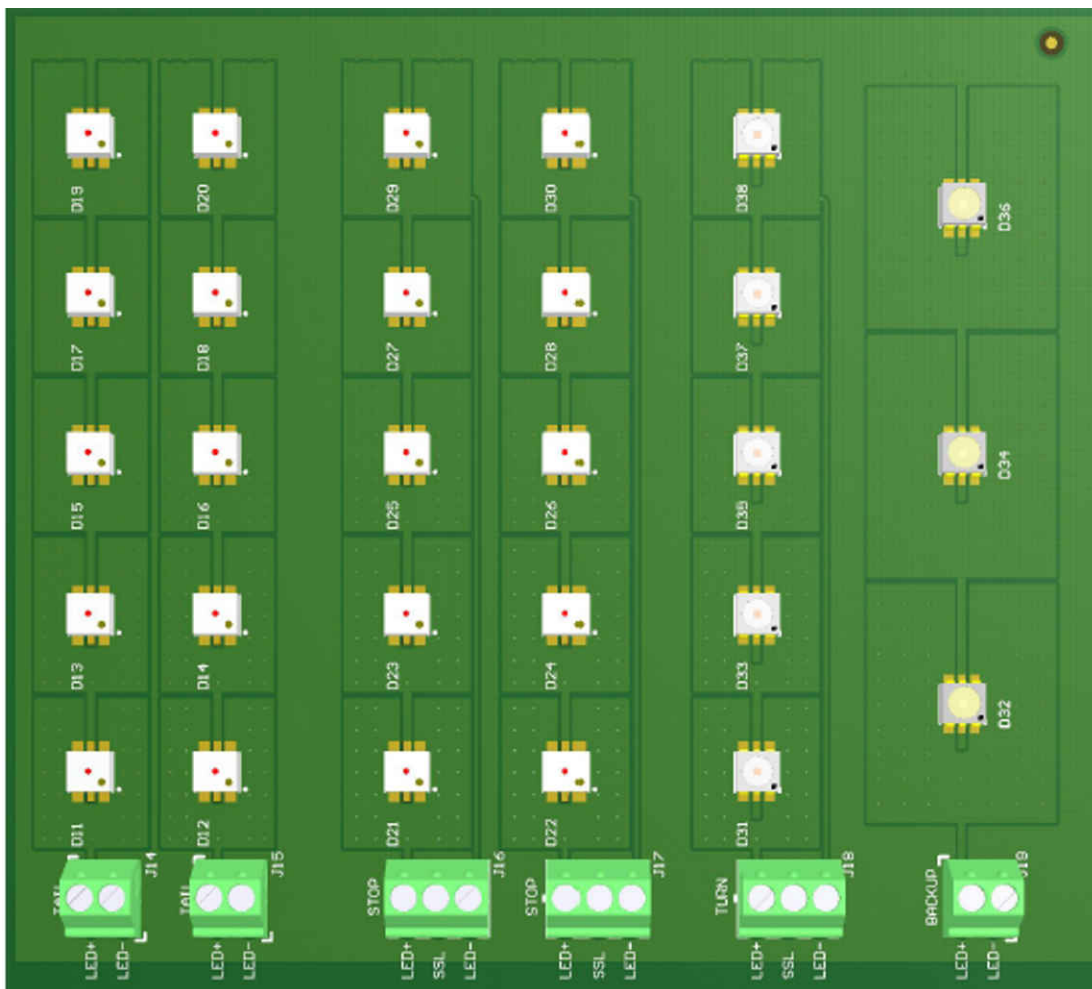


图 2-12. LED 负载 PCB 的 3D 渲染

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 所需硬件

图 3-1 展示了此参考设计的默认测试装置。

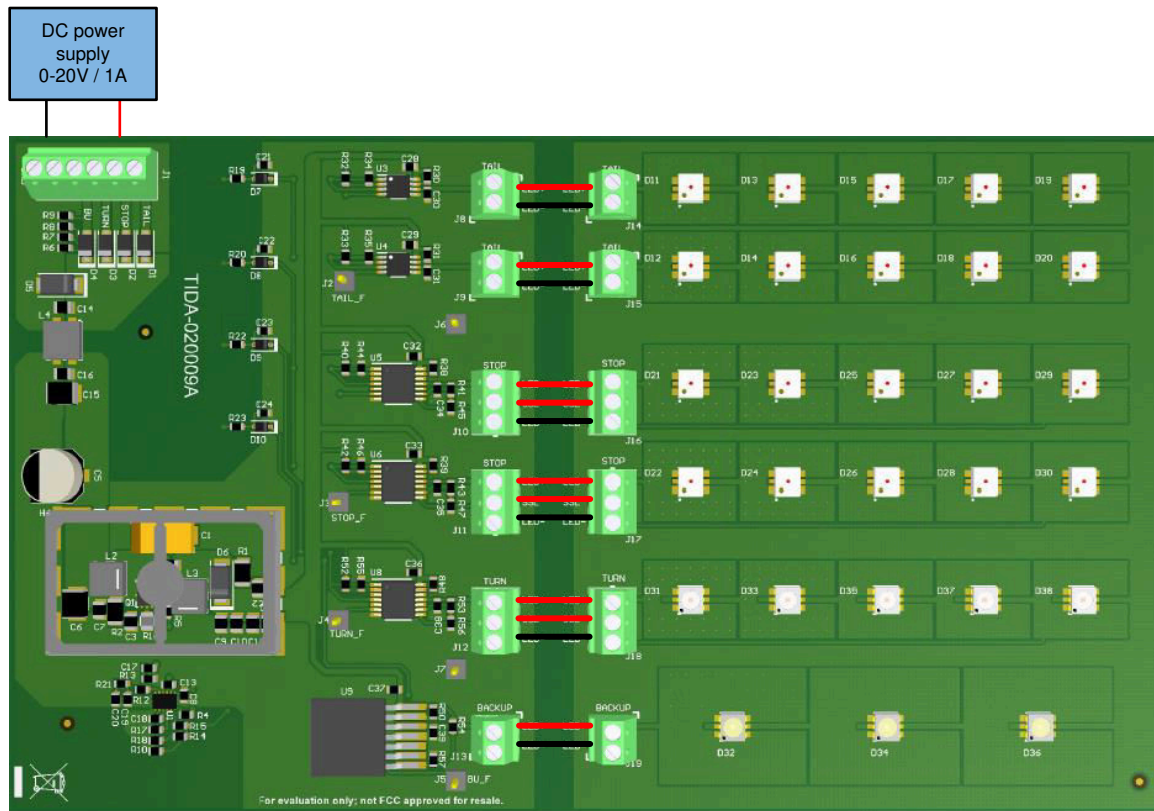


图 3-1. 默认硬件测试装置

将直流电源连接到输入端子 J1。为其中一个输入供电，相应的输出通道将变为活动状态。

本参考设计的 PCB 实现了多个测试点，如表 3-1 中所述。可使用这些测试点测量参考设计的信号。

表 3-1. 测试点说明

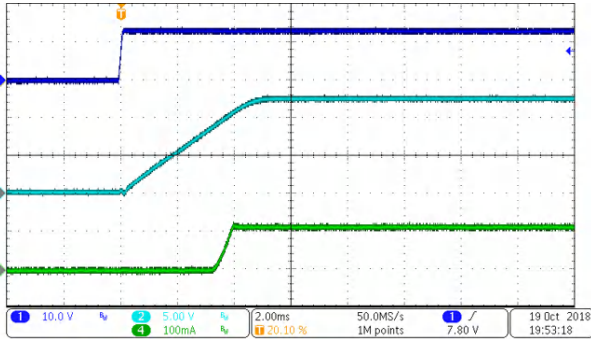
测试点	说明
TP J2	尾灯 LED 驱动器的故障信号
TP J3	制动灯 LED 驱动器的故障信号
TP J4	转向灯 LED 驱动器的故障信号
TP J5	倒车灯 LED 驱动器的故障信号

3.2 测试和结果

除非另有说明，否则本节中的所有测试均以默认配置执行。

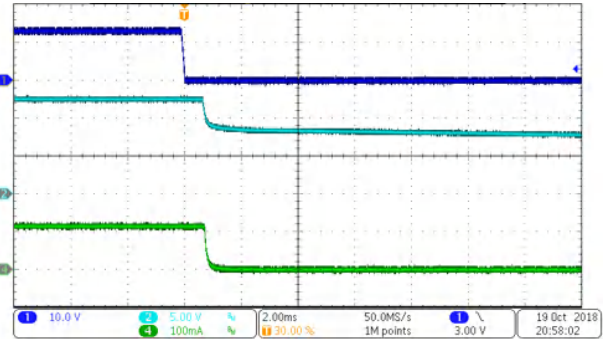
3.2.1 启动/关断

图 3-2 和图 3-3 展示了参考设计的启动和关断行为。本设计中 SEPIC 的默认软启动时间为 5ms，但可以根据需要进行更改。



CH1 : VIN , CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : LED 电流

图 3-2. 制动灯启动

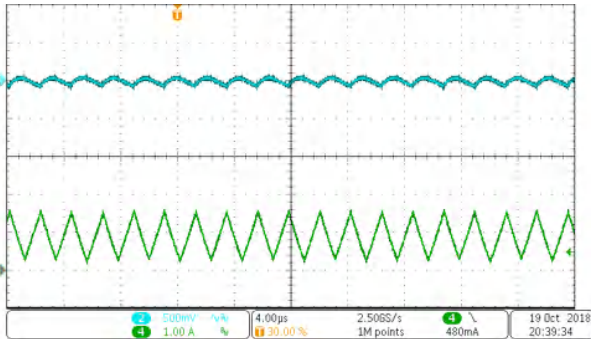


CH1 : VIN , CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : LED 电流

图 3-3. 制动灯关闭

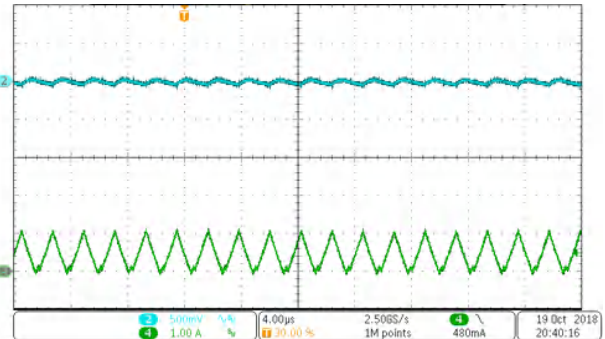
3.2.2 稳态运行情况

图 3-4 至图 3-7 展示了 SEPIC 的稳态运行。



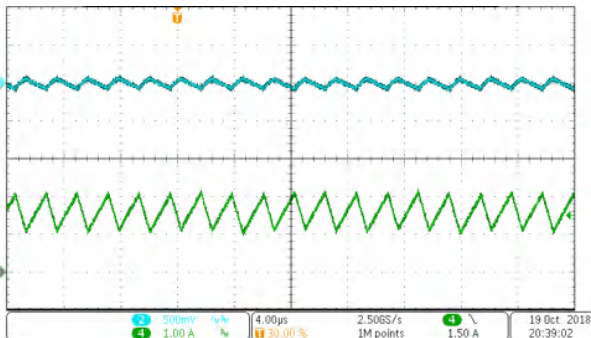
CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : L2 电感器电流

图 3-4. SEPIC 运行 (13.5 V_{in} , 0.8A)



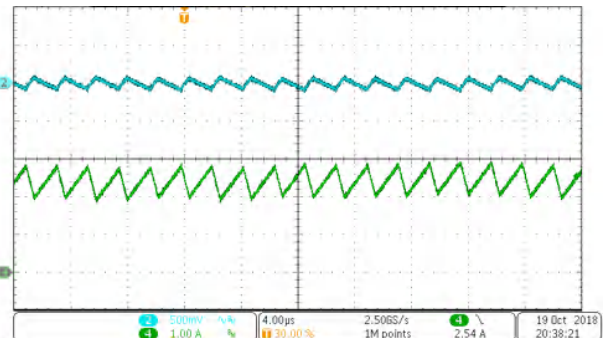
CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : L2 电感器电流

图 3-5. SEPIC 运行 (13.5 V_{in} , 0.4A)



CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : L2 电感器电流

图 3-6. SEPIC 运行 (8 V_{in} , 0.8A)

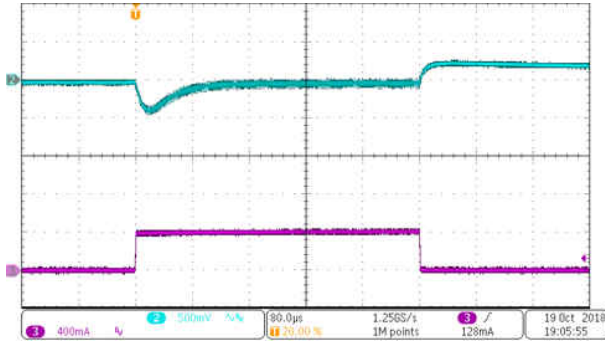


CH2 : VOUT SEPIC , CH4 : L2 电感器电流

图 3-7. SEPIC 运行 (6 V_{in} , 0.8A)

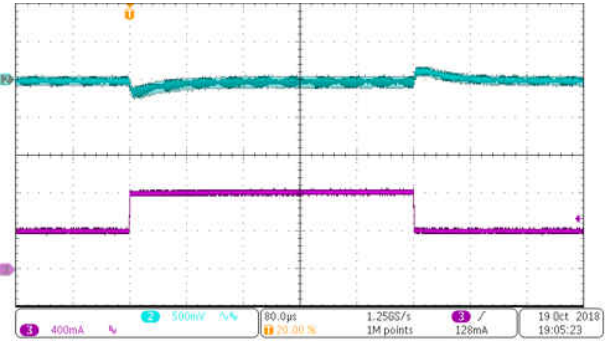
3.2.3 负载瞬态响应

图 3-8 至图 3-13 展示了参考设计中 SEPIC 稳压器的负载暂态响应。



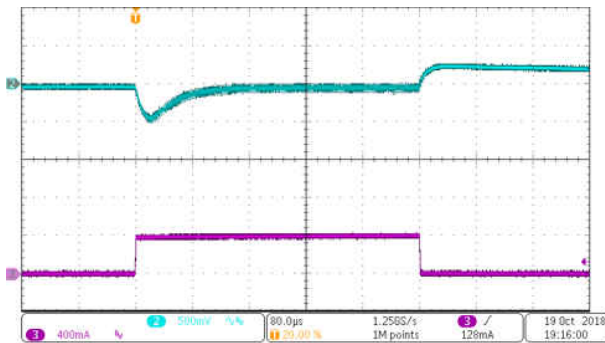
CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-8. 负载瞬态 (13.5 V_{in} , 0-400mA)



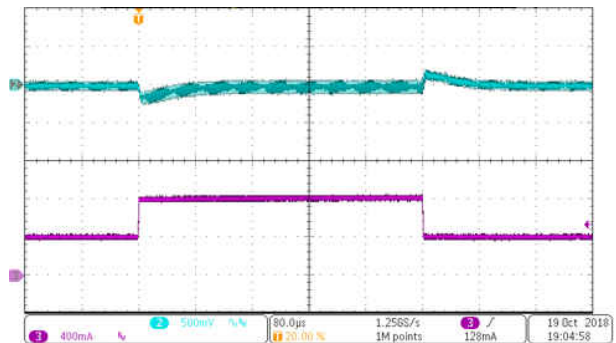
CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-9. 负载瞬态 (13.5 V_{in} , 400-800mA)



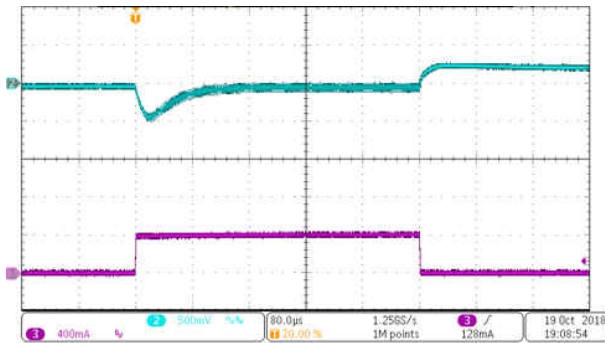
CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-10. 负载瞬态 (8 V_{in} , 0-400mA)



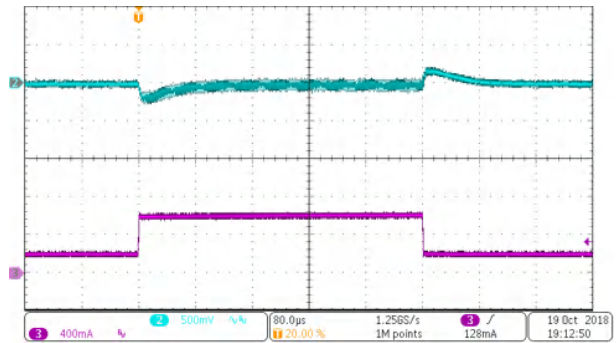
CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-11. 负载瞬态 (8 V_{in} , 400-800mA)



CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-12. 负载瞬态 (6 V_{in} , 0-400mA)



CH2 : VOUT SEPIC , CH3 : 负载电流

图 3-13. 负载瞬态 (6 V_{in} , 200-600mA)

3.2.4 稳定性

图 3-14 至图 3-16 展示了本参考设计中 LM5155-Q1 SEPIC 稳压器的波特图。所有条件下都展示了具有足够相位裕度的稳定运行。但是，为了在高负载电流下以最小输入电压稳定运行，TI 建议添加更多输出电容，或将一个高 ESR 电容器（用于阻尼）与 SEPIC 耦合电容器并联。

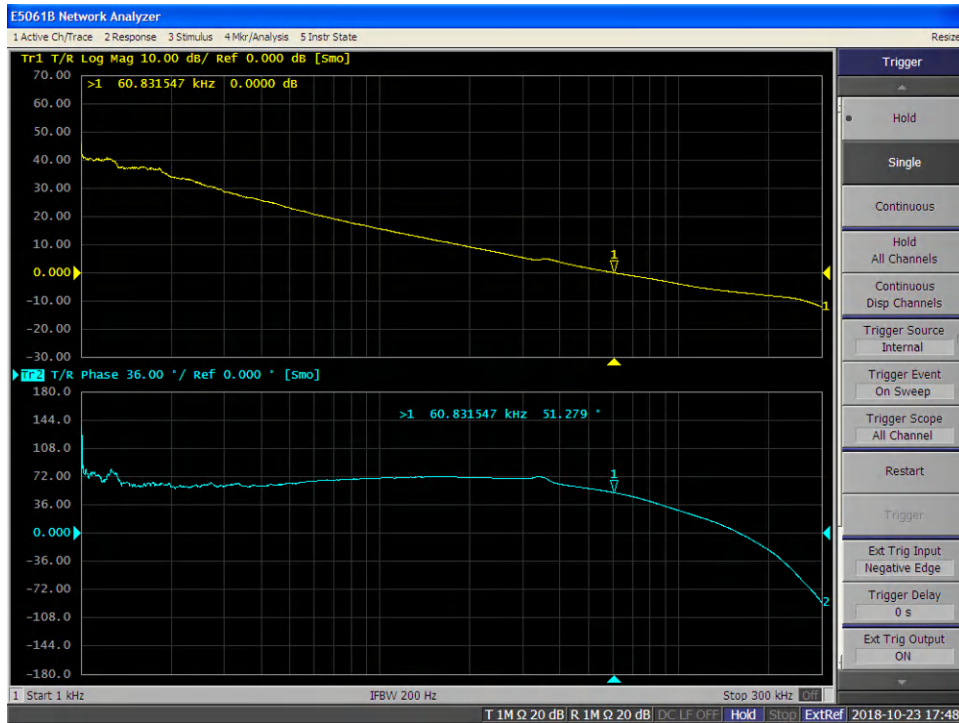


图 3-14. 波特图：13.5 V_{in} ，0.8A 负载

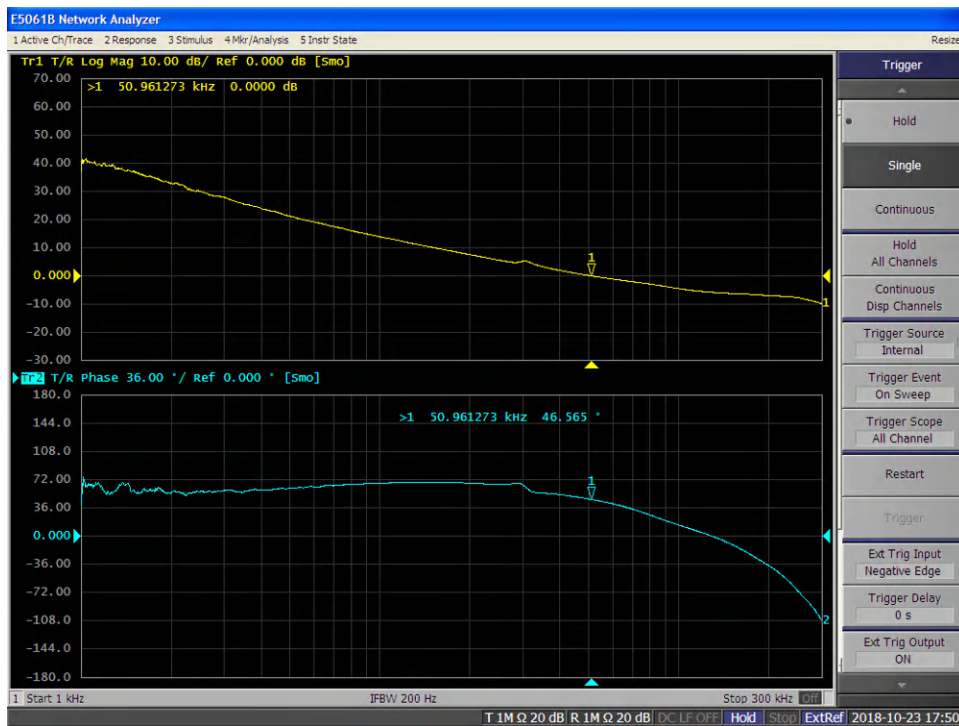


图 3-15. 波特图：9 V_{in} ，0.8A 负载

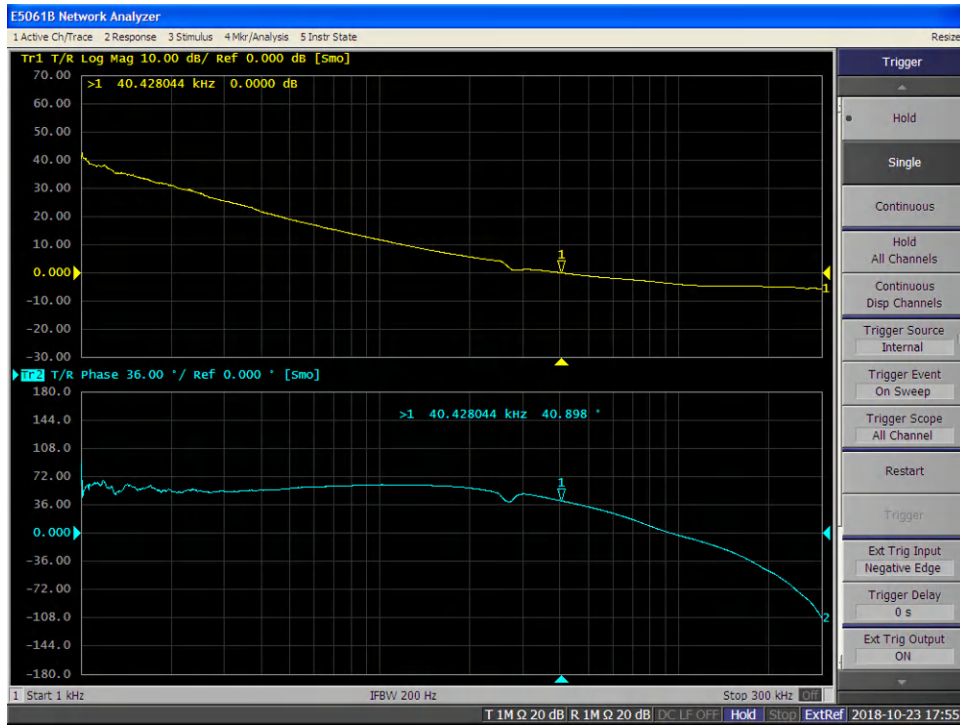


图 3-16. 波特图：6 V_{in}，0.8A 负载

3.2.5 效率

图 3-17 展示了 SEPIC 在 9V 和 13.5V 输入电压下的效率。

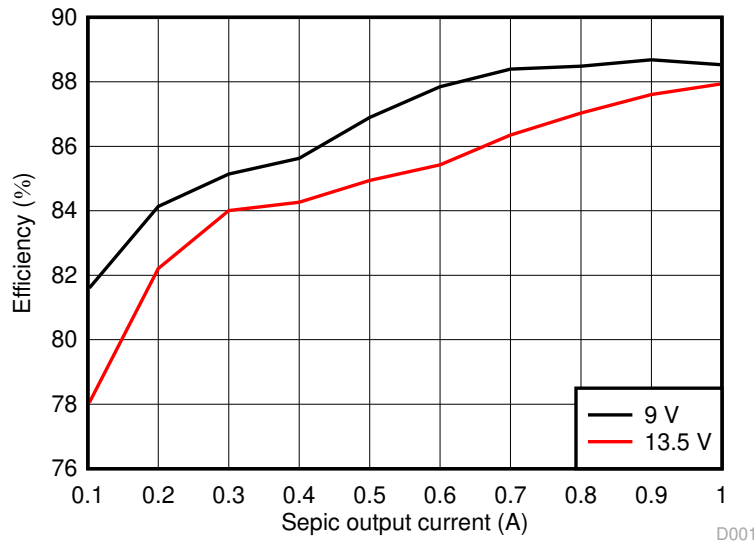


图 3-17. SEPIC 稳压器的效率

3.2.6 电磁兼容性 (EMC)

本节的所有测试均根据 CISPR 25 标准执行。在测试过程中，LED 驱动器 PCB 被放置在基准接地平面上方 5cm 的位置。启用尾灯、制动灯和转向灯后，此设计符合 CISPR 25 5 类标准。已组装金属屏蔽层，覆盖功率级组件。

3.2.6.1 传导发射

图 3-18 和图 3-19 展示了启用尾灯、制动灯和转向灯时的传导发射。

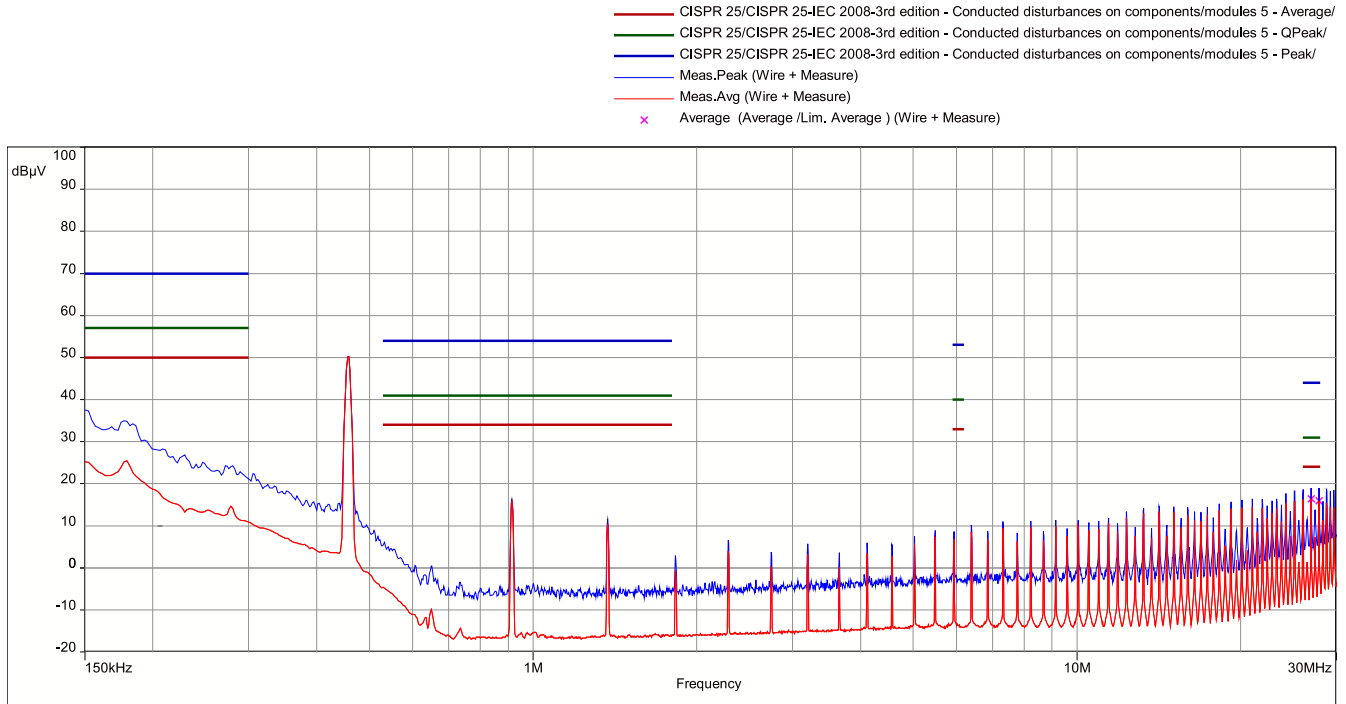


图 3-18. 传导发射 : 0.15MHz 至 30MHz : 尾灯、制动灯、转向灯已启用 (5.75W)

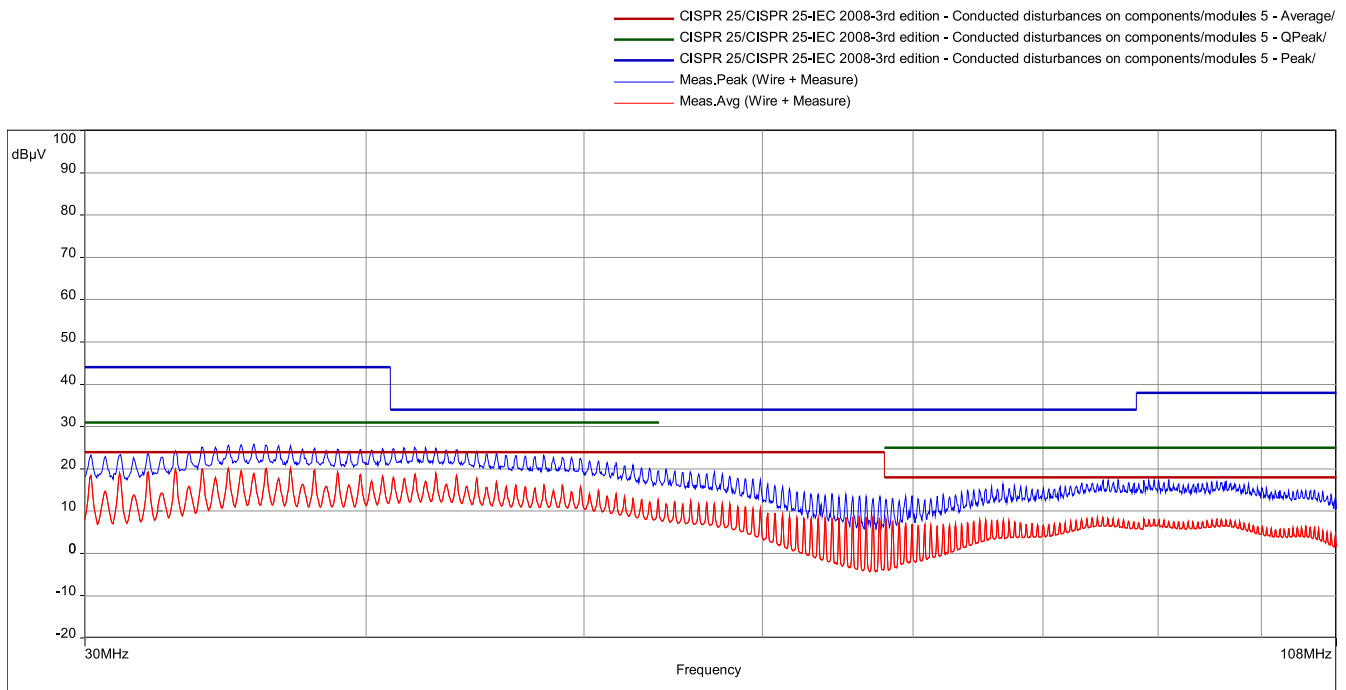


图 3-19. 传导发射 : 30MHz 至 108MHz : 尾灯、制动灯、转向灯已启用 (5.75W)

图 3-20 和图 3-21 展示了启用尾灯、制动灯、转向灯和倒车灯时的传导发射。

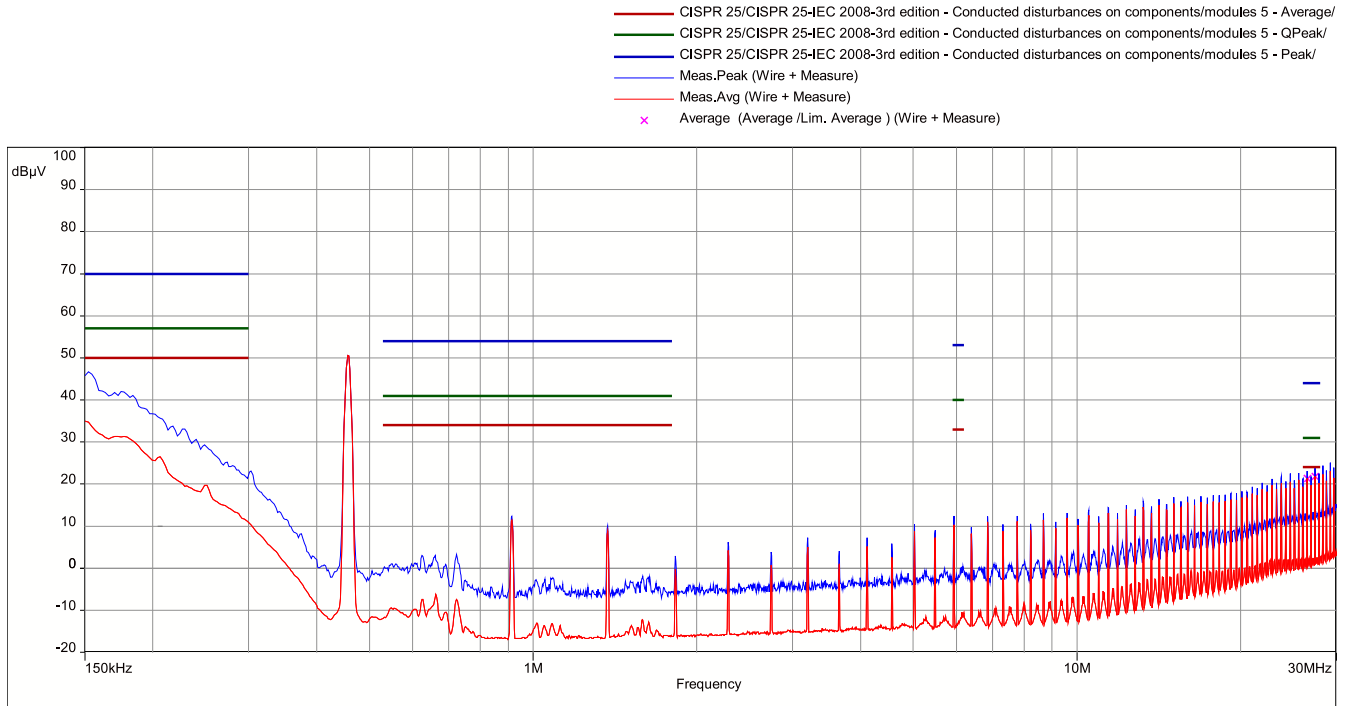


图 3-20. 传导发射 : 0.15MHz 至 30MHz : 尾灯、制动灯、转向灯、倒车灯已启用 (8.4W)

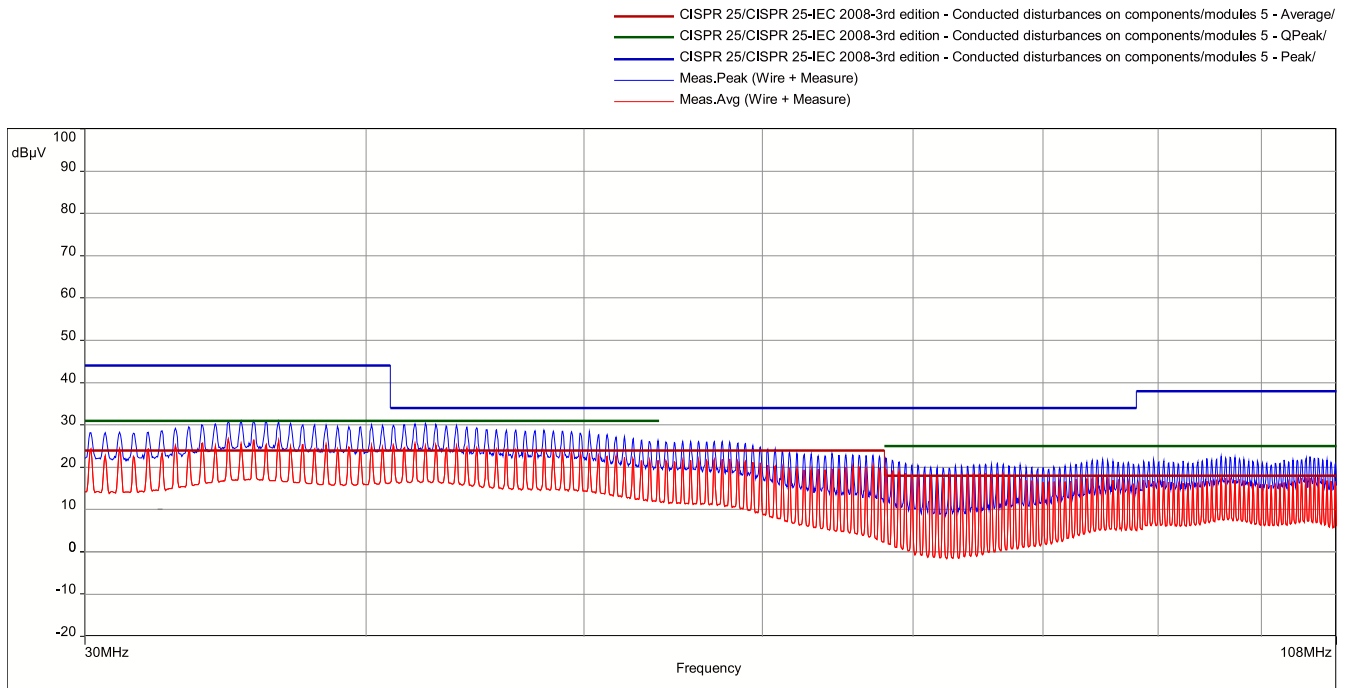


图 3-21. 传导发射 : 30MHz 至 108MHz : 尾灯、制动灯、转向灯、倒车灯已启用 (8.4W)

3.2.6.2 辐射发射

图 3-22 和图 3-23 展示了启用尾灯、制动灯和转向灯时的辐射发射。

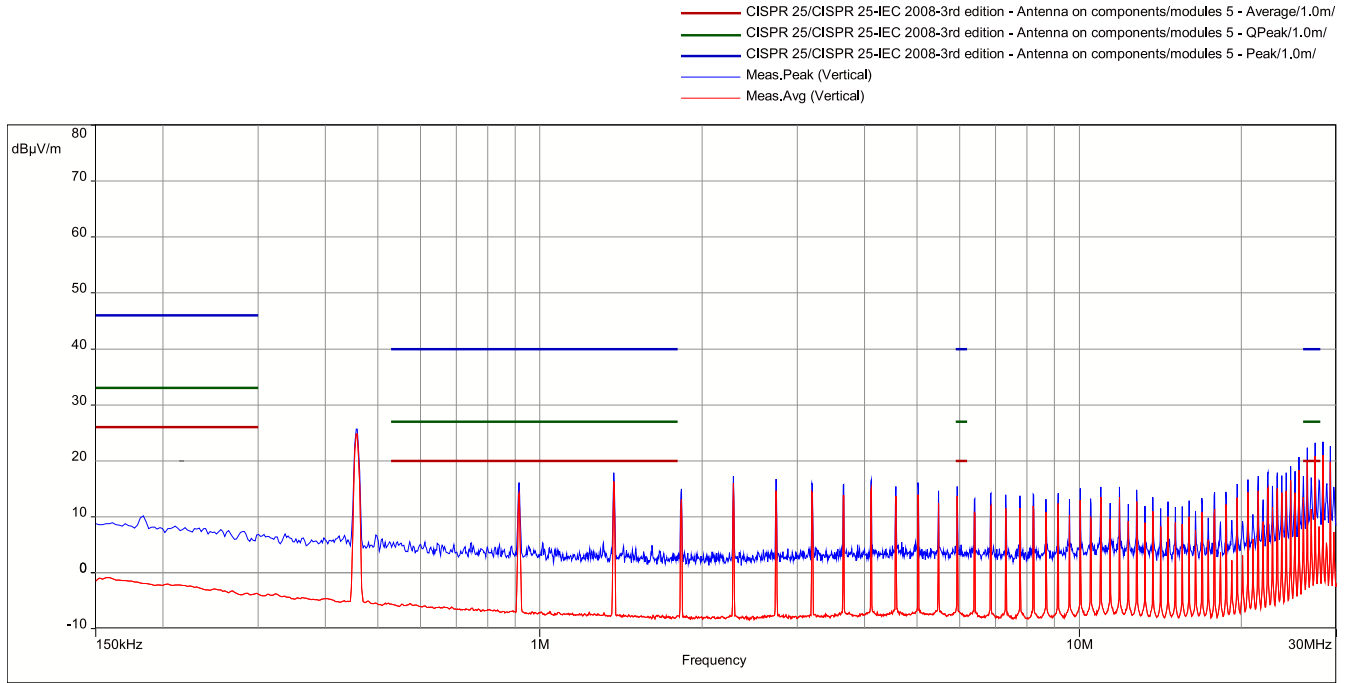


图 3-22. 辐射发射 : 0.15MHz 至 30MHz : 尾灯、制动灯、转向灯已启用 (5.75W)

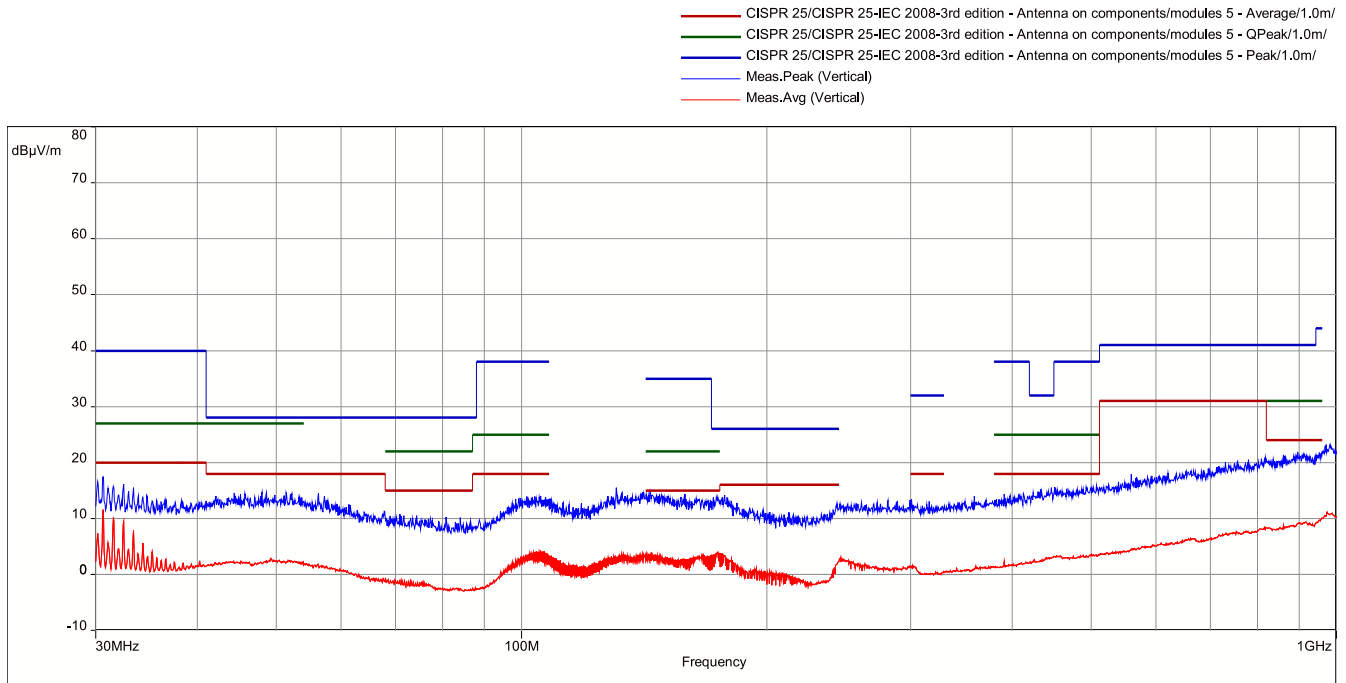


图 3-23. 辐射发射 : 30MHz 至 1GHz : 尾灯、制动灯、转向灯已启用 (5.75W)

图 3-24 和图 3-25 展示了启用尾灯、制动灯、转向灯和倒车灯时的辐射发射。

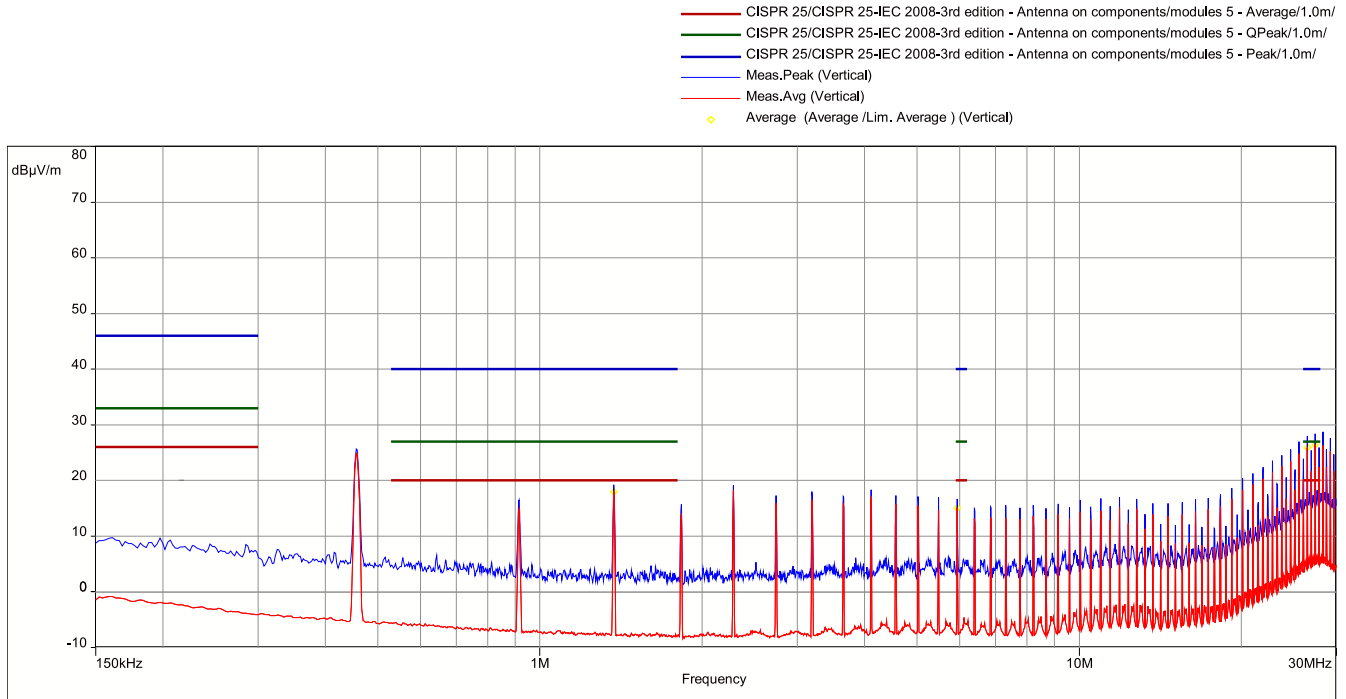


图 3-24. 辐射发射 : 0.15MHz 至 30MHz : 尾灯、制动灯、转向灯、倒车灯已启用 (8.4W)

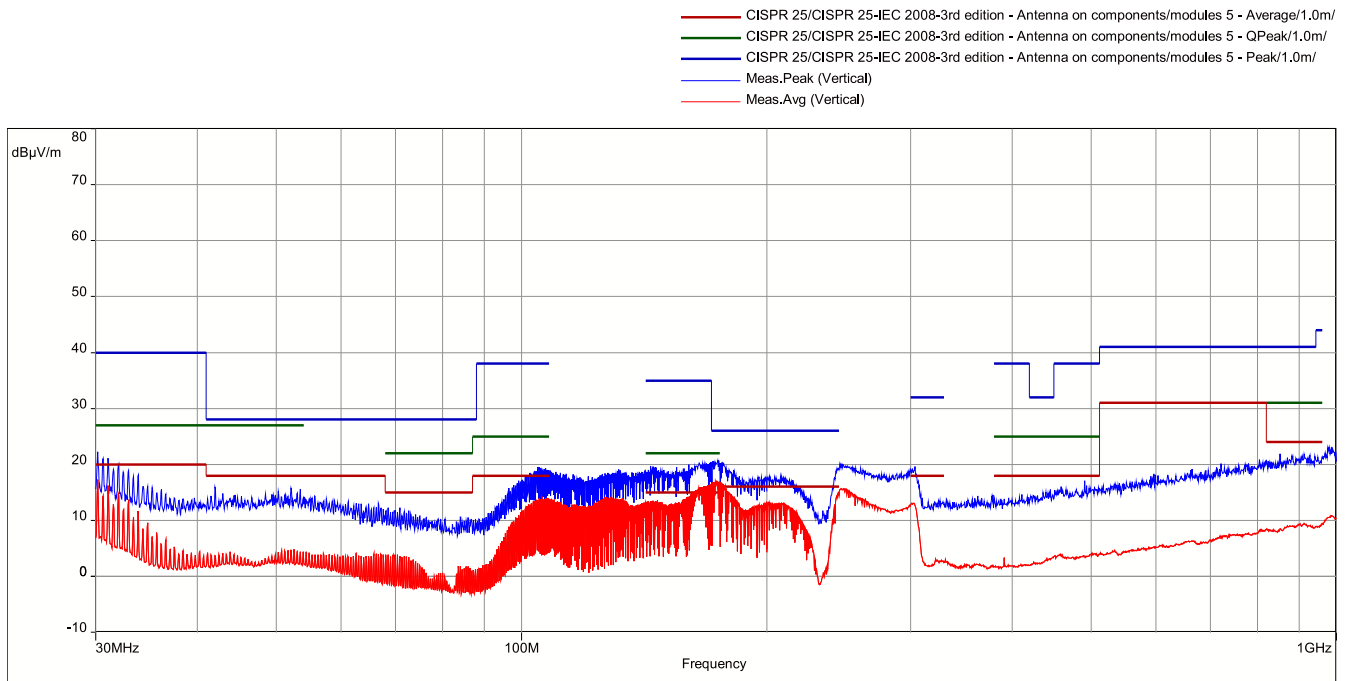


图 3-25. 辐射发射 : 30MHz 至 1GHz : 尾灯、制动灯、转向灯、倒车灯已启用 (8.4W)

3.2.7 热性能

图 3-26 至图 3-28 展示了不同负载条件下的热行为。为了提高整个电路板的热性能，请考虑实施以下各项：

- 向 PCB 添加更多层
- 增加 PCB 尺寸
- 增加铜厚度

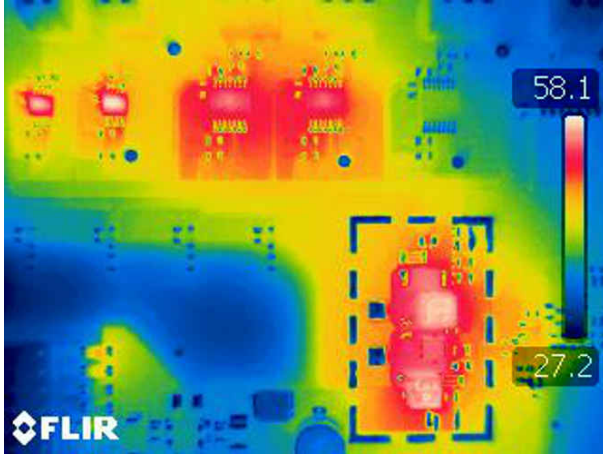


图 3-26. 热像图：尾灯和制动灯已启用 (4.25W)

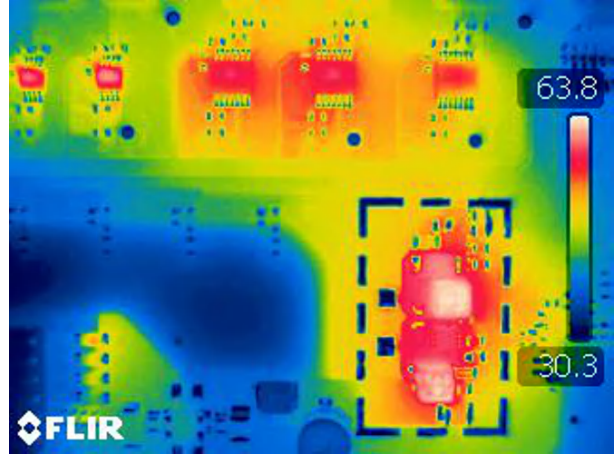


图 3-27. 热像图：尾灯、制动灯、转向灯已启用 (5.75W)

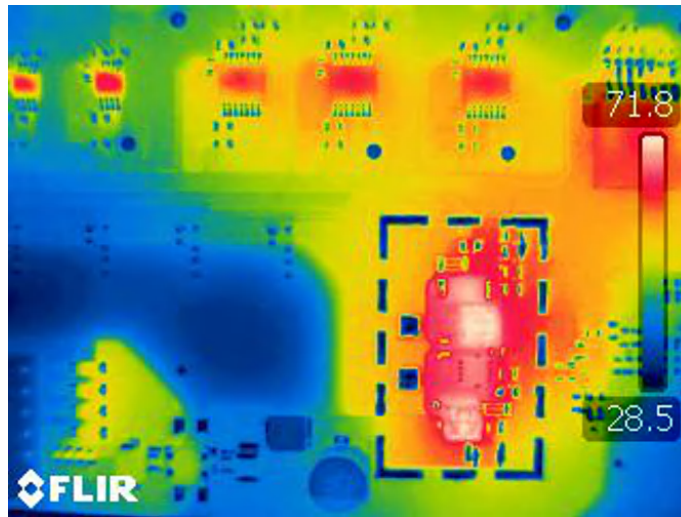


图 3-28. 热像图：尾灯、制动灯、转向灯、倒车灯已启用 (8.4W)

4 设计文件

4.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

4.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

4.3 PCB 布局建议

参考设计的布局是根据器件 DS 中的布局示例和指南创建的。

4.3.1 布局图

要下载层图，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

4.4 Altium 工程

要下载 Altium Designer® 工程文件，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

4.5 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

4.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-020009](#) 的设计文件。

5 相关文档

1. 德州仪器 (TI)，[LM5155x-Q1 2.2MHz 宽输入非同步升压/Sepic/反激式控制器数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[TPS92610-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器数据表](#)
3. 德州仪器 (TI)，[TPS92611-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器数据表](#)
4. 德州仪器 (TI)，[轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#)
5. 德州仪器 (TI)，[有关直流/直流转换器 EMI 的工程师指南 \(第 2 部分\)：噪音传播和过滤](#)
6. 德州仪器 (TI)，[电源技巧：分七步计算 R-C 缓冲器](#)

6 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC or its affiliated companies.

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 作者简介

MICHAEL HELMLINGER 是汽车车身电子器件和照明团队的系统工程师，在模拟电源设计领域拥有 5 年的经验。他在车身电子器件领域 (尤其是汽车照明领域) 从事各种类型的终端设备工作，为汽车制造商创建和测试参考设计。

8 修订历史记录

Changes from Revision * (November 2018) 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