

Michael Pahl

摘要

本应用报告旨在作为以太网供电 (PoE) 供电设备 (PD) 设计及随附直流/直流转换器的审查指南。所列内容虽不是详尽无疑，但它确实涵盖了反激式和有源钳位正向 (ACF) 拓扑中的每个元件或元件组。

内容

1 引言	3
2 PoE	3
2.1 PoE 输入.....	3
2.2 PoE 引脚设置.....	7
3 DCDC	10
3.1 直流/直流转换器 IC 设置.....	10
3.2 直流/直流转换器的初级侧.....	12
3.3 直流/直流转换器的次级侧.....	20
3.4 反馈环路.....	22
4 适配器电源	27
5 结论	28

插图清单

图 2-1. 输入变压器.....	3
图 2-2. Bob-Smith 端接.....	4
图 2-3. 输入变压器数据线端接.....	4
图 2-4. 输入整流桥：分立二极管桥.....	5
图 2-5. 输入 EMI 滤波器元件.....	5
图 2-6. 输入检测电容.....	5
图 2-7. 输入检测电容 (续).....	6
图 2-8. TVS 二极管：VDD_VSS.....	6
图 2-9. VDD_VSS 旁路电容器.....	7
图 2-10. TVS 二极管 VSS_RTN.....	7
图 2-11. PoE IC 设置.....	8
图 2-12. TPH、TPL 和 BT 输出.....	9
图 3-1. VCC 旁路电容器.....	10
图 3-2. FRS 电阻器设置图示例.....	11
图 3-3. LINEUV 电阻分压器.....	11
图 3-4. 直流/直流转换器引脚设置.....	12
图 3-5. 输入大容量电容器.....	13
图 3-6. 输入滤波器.....	13
图 3-7. VCC 输入：反激式.....	14
图 3-8. VCC 输入：有源钳位正向.....	14
图 3-9. VCC 输入：PSR 反激式.....	15
图 3-10. 初级 MOSFET：有源钳位正向.....	16
图 3-11. 电流检测和斜坡补偿.....	17
图 3-12. 初级 MOSFET RCD 钳位.....	18
图 3-13. 初级侧调节 (PSR) 反馈元件.....	19
图 3-14. 共模电容器.....	20
图 3-15. 二极管反激式设计：输出二极管 (和缓冲器).....	20

图 3-16. 同步反激式设计：输出 MOSFET (和缓冲器)	21
图 3-17. 有源钳位正向拓扑次级侧.....	22
图 3-18. 线性稳压器.....	23
图 3-19. 反馈电阻分压器.....	23
图 3-20. 保护二极管.....	24
图 3-21. 次级侧软启动.....	24
图 3-22. 反馈极点和零点.....	25
图 3-23. 光耦偏置电阻.....	25
图 3-24. 初级侧极点和零点.....	26
图 3-25. 光耦合器.....	26
图 4-1. 适配器输入.....	27

表格清单

表 3-1. 输入大容量电容器基准.....	12
------------------------	----

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

以下文档提供审查电缆供电设备侧以太网供电设计以及随附的直流/直流转换器的分步过程。建议最好找一个更贴近此设计的 EVM 或参考设计。例如，如果设计为 5V 输出同步反激式，在 TPS23758 的初级侧上有一个 48V 适配器，则使用 TPS23758EVM-080 来比较。检查每个元件并注意差异。以下是审查原理图的详细过程。有些元件比其他元件信息更详细，因为有些元件通常会改变，或改变它们会产生已知效果。其他元件通常保持不变。通常建议遵循 IEEE PoE 标准 (802.3) 以确保互操作性。某些元件不得更改，或者必须尽可能减小公差以满足标准。但是，许多 TI 器件还集成了直流/直流控制器，这种情况下可以更自由地选择器件。请考虑将包含标准的指南作为硬性要求，将直流/直流转换器指南作为建议。

2 PoE

2.1 PoE 输入

找到 RJ45 输入插孔，应将用于传输数据和电力的双绞线连接到以太网 PHY 变压器，该变压器将数据与电力分开。确保 PoE 的线对组合正确无误。线对组合为 1 和 2、3 和 6、4 和 5、7 和 8。请注意，两个线对不必连接到变压器，可以直接连接到二极管桥。确保变压器的电源侧和数据侧正确。有时数据侧不包括电感器。另请注意，两个线对不必连接到数据变压器，可以直接连接到二极管桥。还要检查变压器的电源侧和数据侧是否正确。反向拓扑不支持电流，有些在数据侧没有电感器。审查以太网 PHY 的数据表。

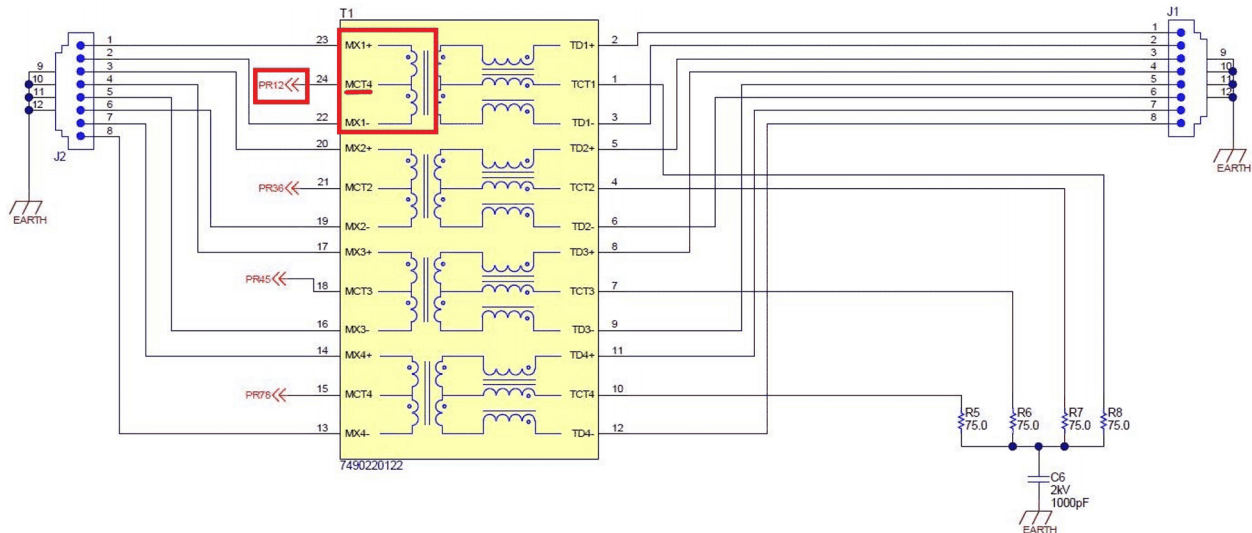


图 2-1. 输入变压器

使用 Bob-Smith 端接方式来端接线对。没有它们，PoE 可能无法用于检测。将 Bob-Smith (BS) 平面连接到地面接地；如果地面接地不可用，则将其连接到次级接地。如果连接到次级接地，则应在输入端设置共模扼流圈。如果连接到次级接地，则应在输入端设置共模扼流圈。

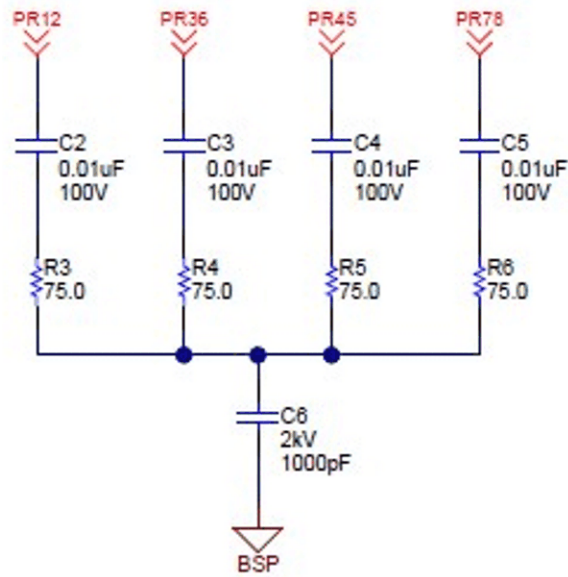


图 2-2. Bob-Smith 端接

确保数据线正确端接。本指南重点介绍了电缆的电源部分。在 PHY 变压器数据表中，它们应如何端接，但通常会 上拉至 3.3V 电源轨；数据表中包含此信息。

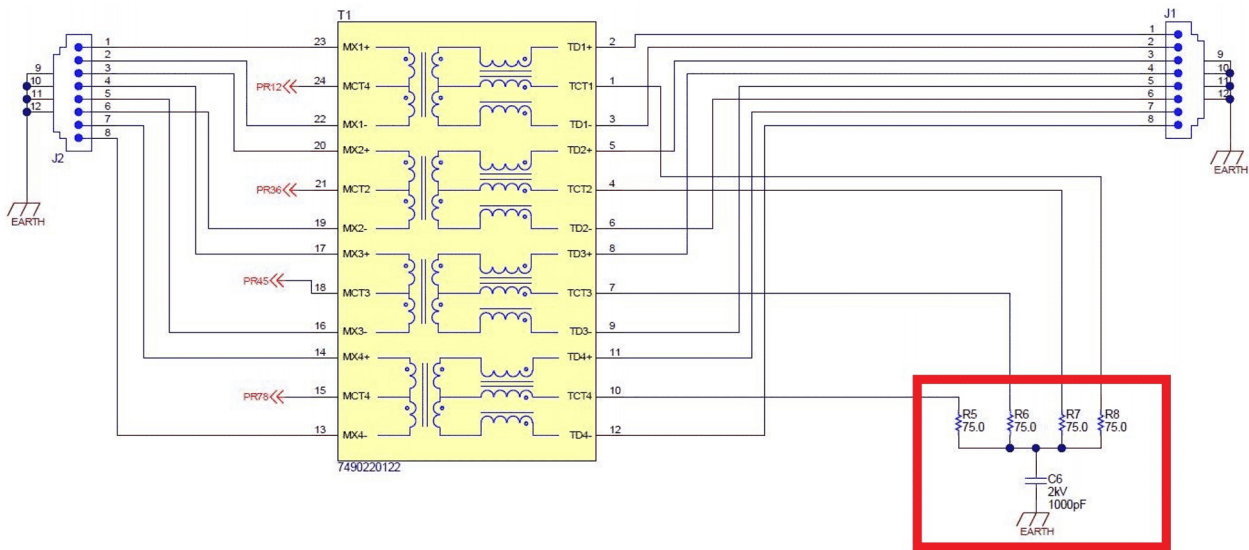


图 2-3. 输入变压器数据线端接

跟踪各输入线对组合到它们各自的整流器。这可以是分立二极管（如图 2-4 所示），可以是集成 FET 桥、集成二极管桥、分立 FET/二极管组合（被称为混合形式）。对于 13W 设计，通常最好使用分立二极管桥，因为成本更低。这款设计功耗超低，因为电流低，所以二极管中的损耗很低。当我们将功率提高到 25W、51W 和 71W 时，由于输入电流增加（从 250mA 左右增加到 1.5A），二极管中的损耗增加。在 25W 功率下，可以判断二极管是否可接受，或者使用 FET 或集成解决方案。通常，对于 25W 解决方案来说，这个方式成本很高，但可以做到。在 51W 及以上时，差不多需要 FET。在 51W TPS23730EVM-093 中使用混合桥。在 71W 时，集成解决方案更为理想。在如此大的功率下，通过这些二极管的电流很大，因此也会影响热量。不管哪种设计，都应确保二极管或 FET 可以处理最大电流（最低输入电压，最大功率）。请记住，25W 可以通过两个配对而非四个配对发送。最大电流为 676mA - 我们将其加倍以计算额定值 - 1.2A 或 2A 二极管。DEN 电阻需要随输入桥类型而变化。请参阅“PoE 设置”部分中的检测电阻。

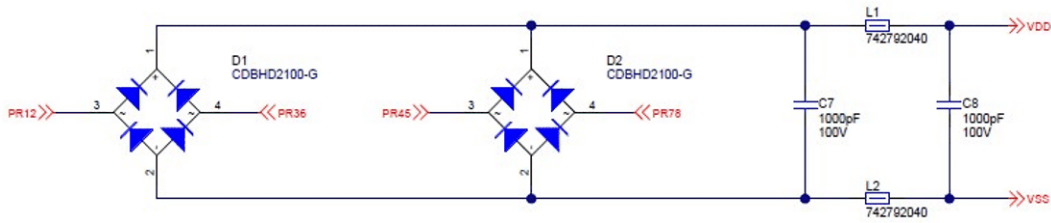


图 2-4. 输入整流桥：分立二极管桥

如果我们在整流后跟踪电源，则应该有一些 EMI 滤波。建议为 EMI 扼流圈留出空间，这将有助于减少传导发射。另外，建议为与 EMI 扼流圈串联的铁氧体磁珠留出空间，这有助于减少辐射发射。关于器件选择，请确保它们具有正确的功率额定值。此外，将铁氧体磁珠和 EMI 扼流圈串联起来以增加其特性。如果它们是并联的，则会绕过其中一个，因此它们的作用力不会增加。

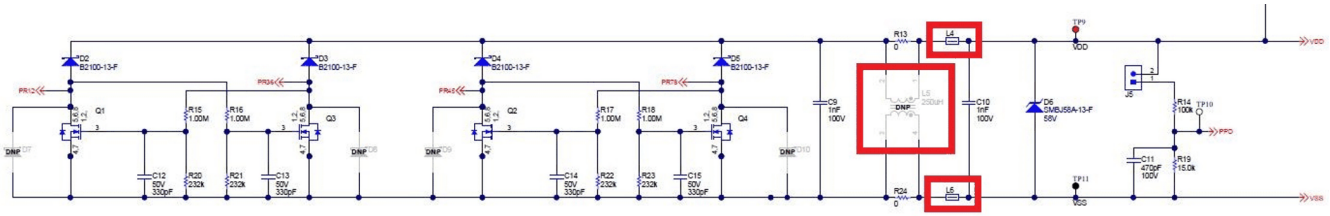


图 2-5. 输入 EMI 滤波器元件

还应该有一些输入电容，用于滤波和检测。IEEE 802.3 检测是一种阻抗，而不仅仅是一个电阻。因此，最大输入电容为 120nF。请注意，如果违反此规定，检测将不起作用。

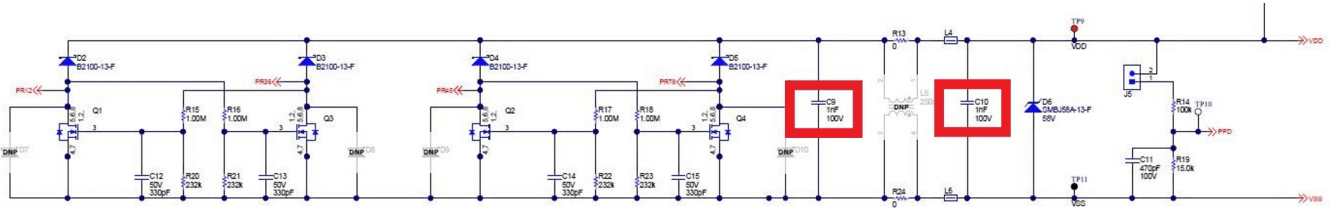


图 2-6. 输入检测电容

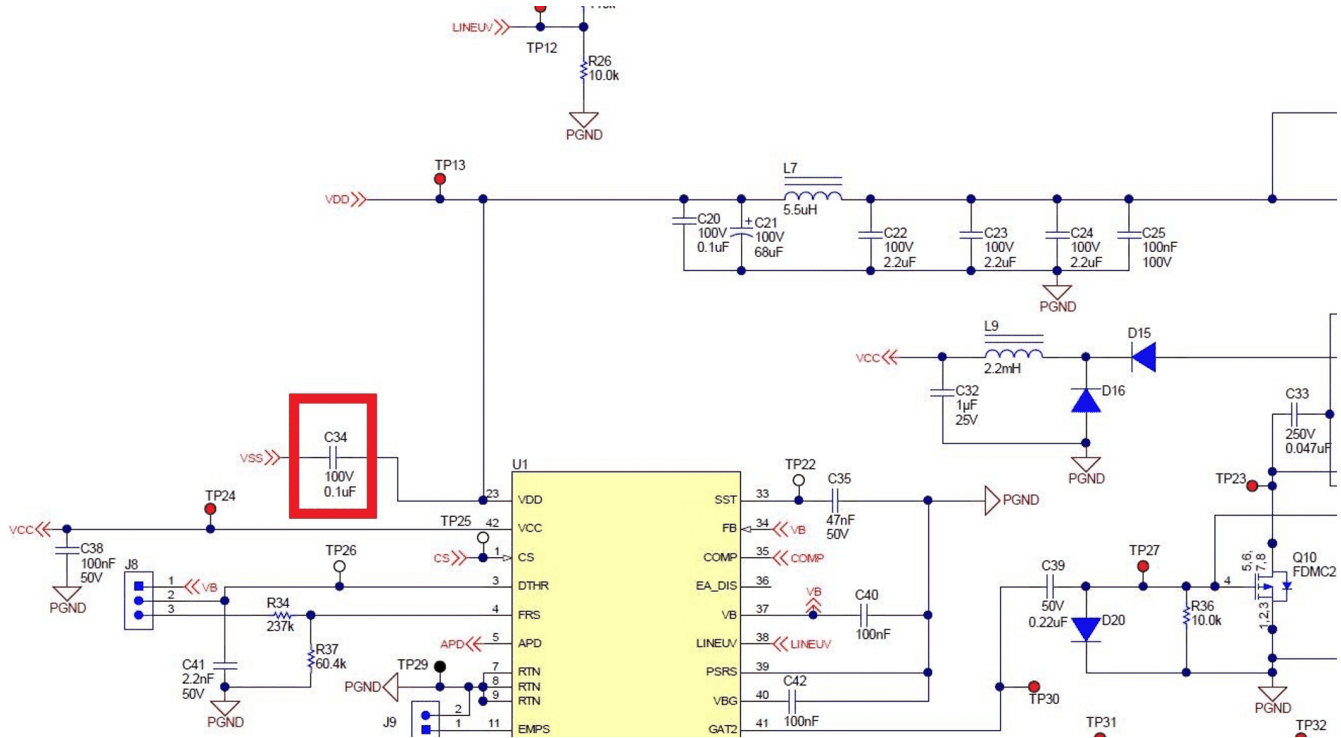


图 2-7. 输入检测电容 (续)

接下来，检查输入线路 (VDD-VSS) 上的 TVS 二极管。该二极管至关重要，因为它可以保护 IC 免受 ESD 或浪涌等过压事件影响。该二极管应为 **SMAJ 58**。户外应用需要更大的封装。**58** 很关键。这设置了钳位电压，大约为 92V，还可以增加至 98V，但 IC VDD_VSS abs max 为 100V - 98V 钳位离它太近了。已在现场观察到器件在此额定值下出现损坏。使用 **58** 器件时请留有裕量。

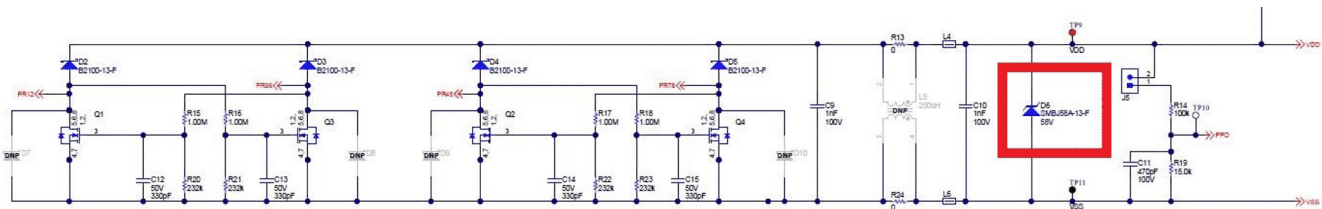


图 2-8. TVS 二极管 : VDD_VSS

VDD-VSS 始终需要一个小的旁路电容，通常为 0.1uF。应一直设置一个旁路电容，使 VDD 和 VSS 之间的电容最大值为 120nF，从而便于检测。

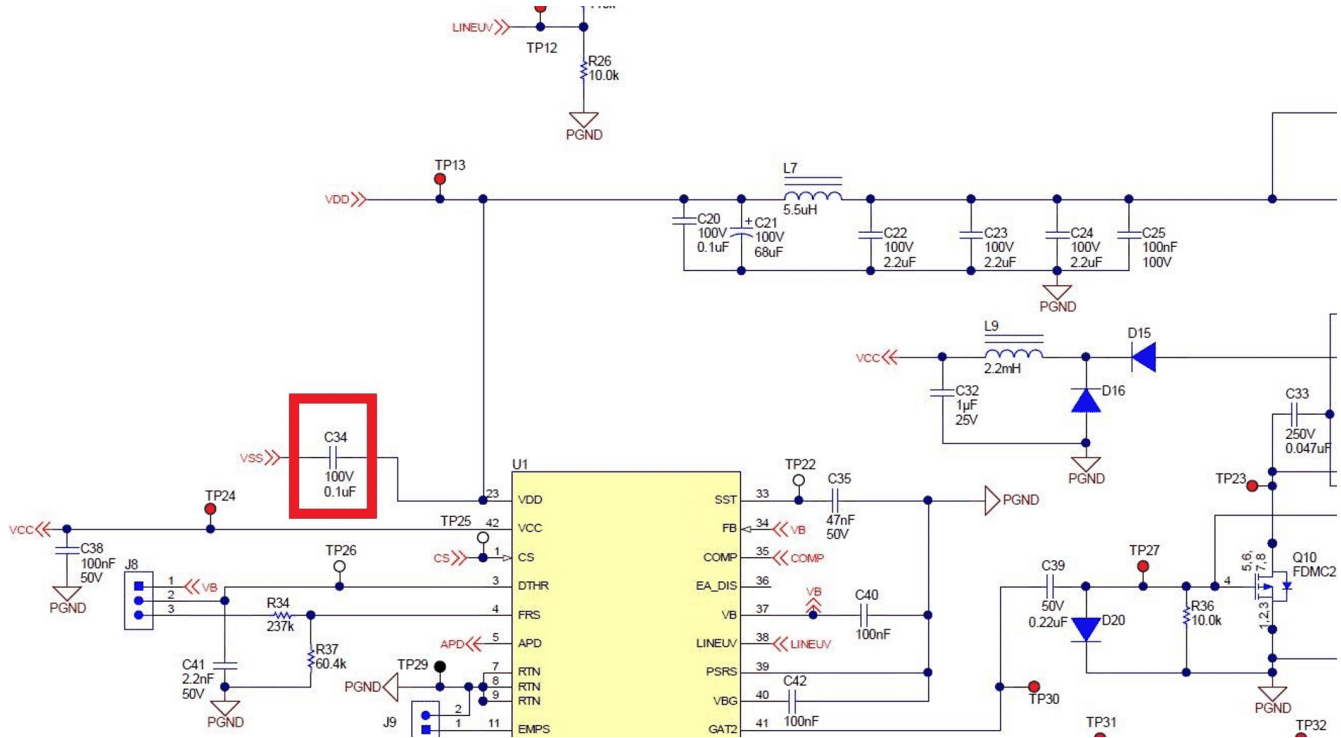


图 2-9. VDD_VSS 旁路电容器

VSS_RTN 之间的 TVS。此 TVS 有助于在浪涌和 ESD 事件期间保护内部导通 FET。建议将其用于户外，但在所有应用中它都会使设计更加可靠。浪涌是一个系统级问题，需要系统级解决方案。所以，更好的办法是在 VSS_RTN 之间留出 TVS 空间，以防设计进行到三个月时，发生浪涌故障。

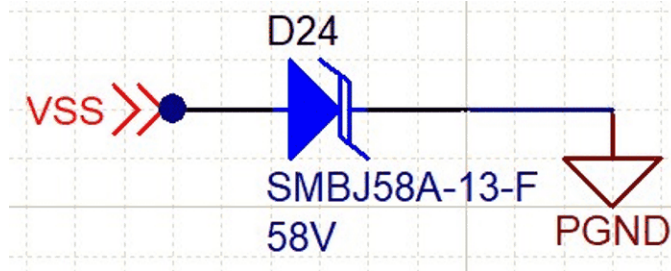


图 2-10. TVS 二极管 VSS_RTN

2.2 PoE 引脚设置

这些引脚是说明 PoE 设置的简单电阻和电容设置

1. 检查 DEN：如果是二极管电桥，电阻应为 24.9K。如果是混合整流器或集成整流器，则需要更高的电阻，以匹配电阻比二极管更低的 MOSFET。根据需要，使用介于 25.5K 和 27K 之间的电阻。
2. 检查分级电阻器，确保它们已连接到 VSS，并且是具有所需功率的正确分级电阻器。
3. 如果有 SCDIS，请确保根据 MCU 的需要正确设置。
4. REF 应为 VSS 的电阻，详见数据表中的定义 - 如果找不到该值，请使用 EVM。
5. 如果有 EMPS，请确保设置为所需的值：打开或关闭自动 MPS。
6. PPD 支持无源 PoE 的宽 Vin 应用。

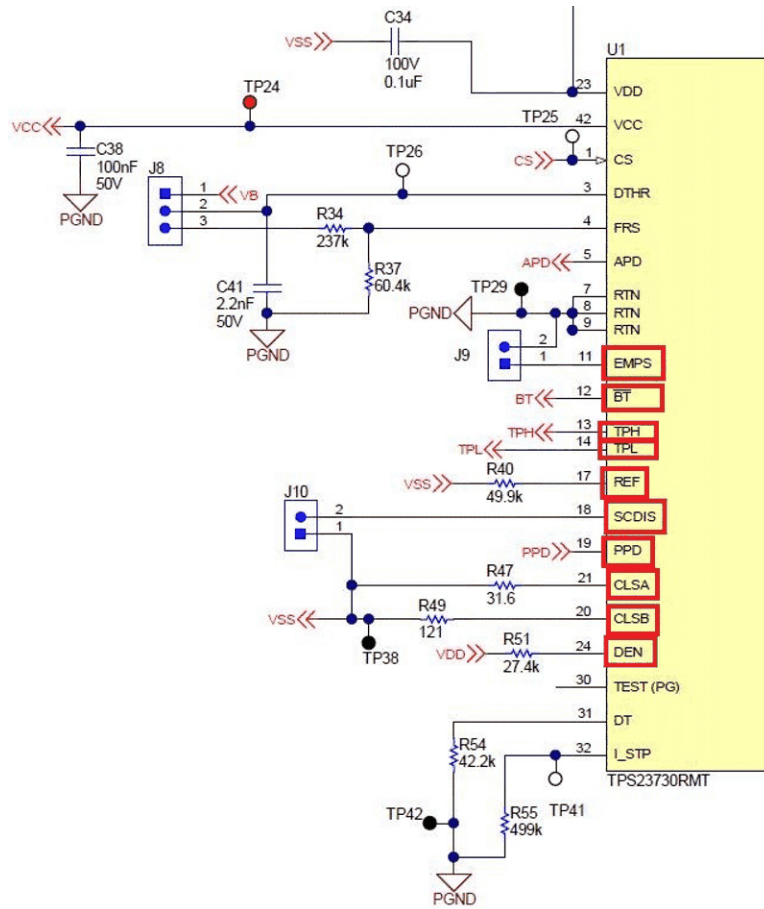


图 2-11. PoE IC 设置

TPH、TPL、BT、T2P 和 APO 都是用于 MCU 的信号。它们应通过上拉至 VCC 或 VB (如适用) 来连接到光耦合器。也可以使用 VDD。

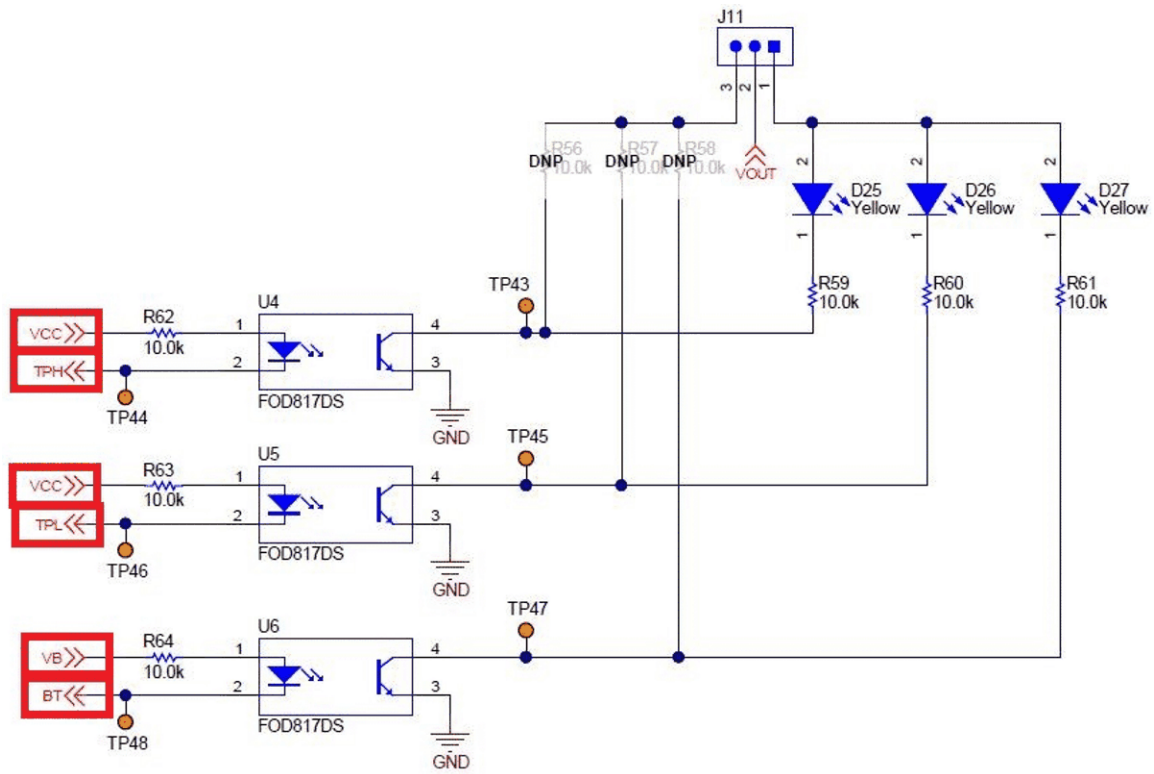


图 2-12. TPH、TPL 和 BT 输出

3 DCDC

3.1 直流/直流转换器 IC 设置

这些设置是设置 IC 上决定直流/直流转换器特性的电阻。VCC：需要一个旁路电容器 - 0.1 μ F：

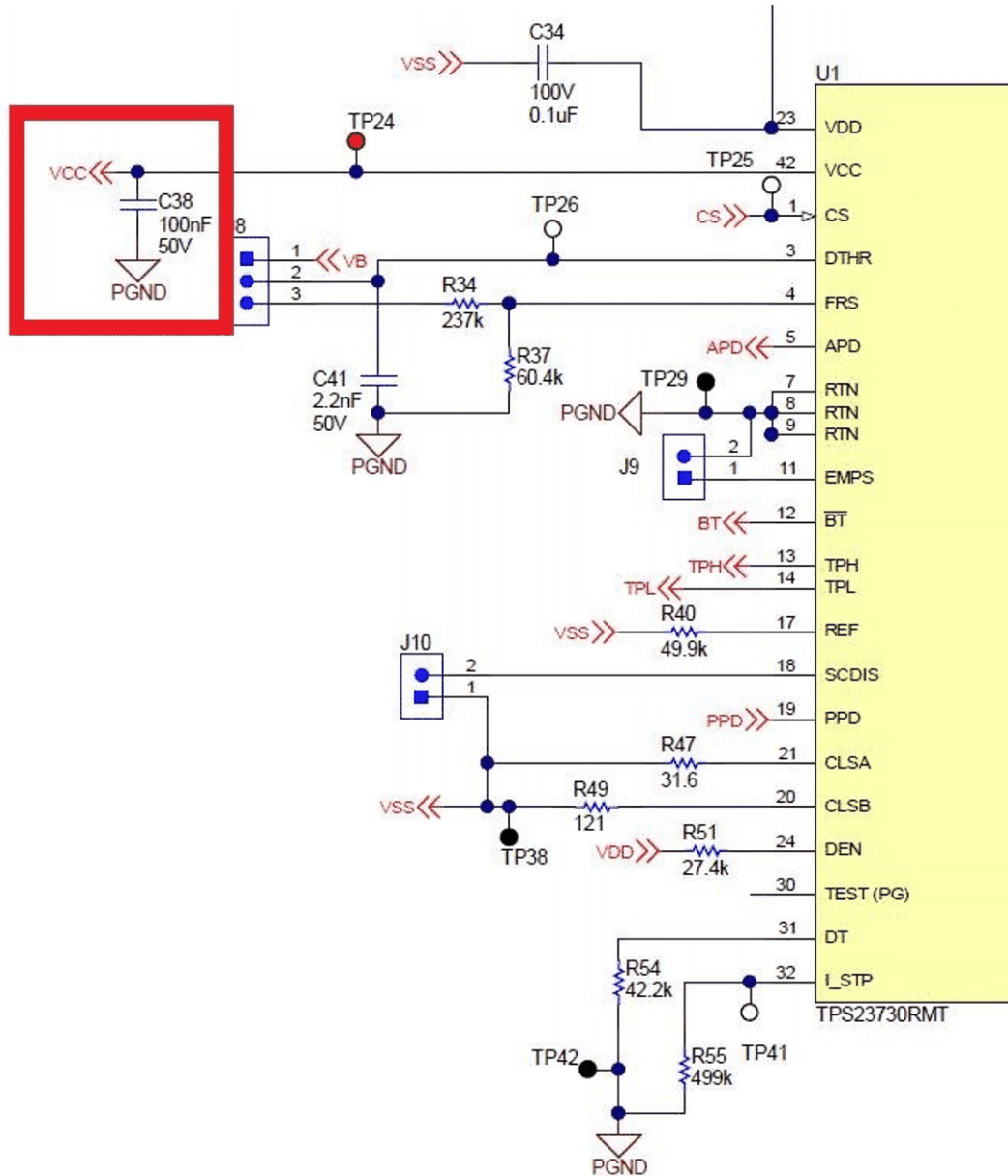


图 3-1. VCC 旁路电容器

FRS 设置开关频率，通常设置为 250kHz，因为这是理想的开关频率，可最大限度地提高典型 PoE 输入范围和输出电压的效率。也可以设置其他范围，但须确保变压器的额定开关频率合适。每个 IC 都以图表形式显示所选电阻与开关频率的关系。

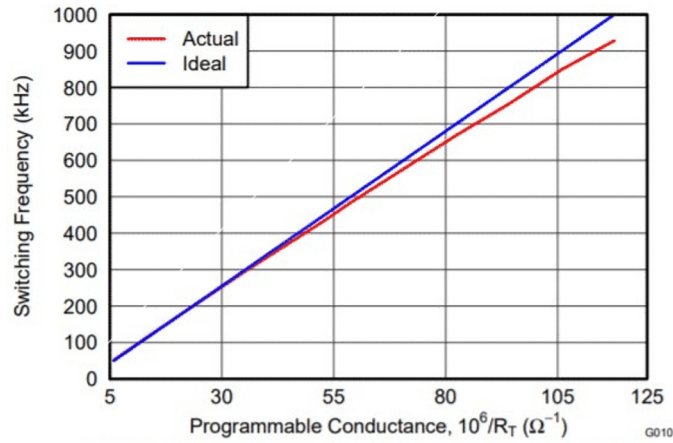


图 3-2. FRS 电阻器设置图示例

1. DTHR 设置抖动，确保其处于启用（以某种方式连接到 FRS）或禁用（连接到 VB）状态，不能同时存在
2. DT 设置死区时间（如果有两个栅极驱动）。开关频率为 250kHz 时，死区时间应在 40ns 和 90ns 之间（通常情况）。请注意，拓扑不需要第二个栅极驱动，但该器件有一个，DT 必须连接 VB 才能工作。
3. I_STP 设置软停止速率（通过设置从 SST 电容器产生的电流的方式进行）。通常，499K 合适。
4. SST 需要一个电容器来设置软启动和软启动时间
5. Vb 需要一个旁路电容器 - 通常为 0.1uF
6. Vbg 需要一个电容器
7. PSRS 设置初级侧调节型拓扑 - 二极管或同步--- 如果使用的话
8. LineUV 设置 IC 关断电压电平 - IC 通过 LINEUV 监控输入电压。因此，通常将关断电平设置为 37V，这将设置软停止开启的电压。分压器通常在所有设计中都是相同的，因为输入电压和关断电压不变

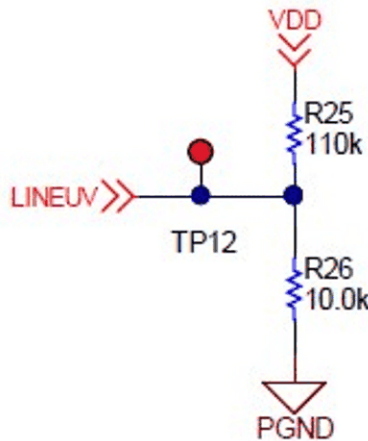


图 3-3. LINEUV 电阻分压器

如果使用 PSR，CP 将需要一个电阻器和电容来钳位内部 FET，从而同步反激式拓扑。

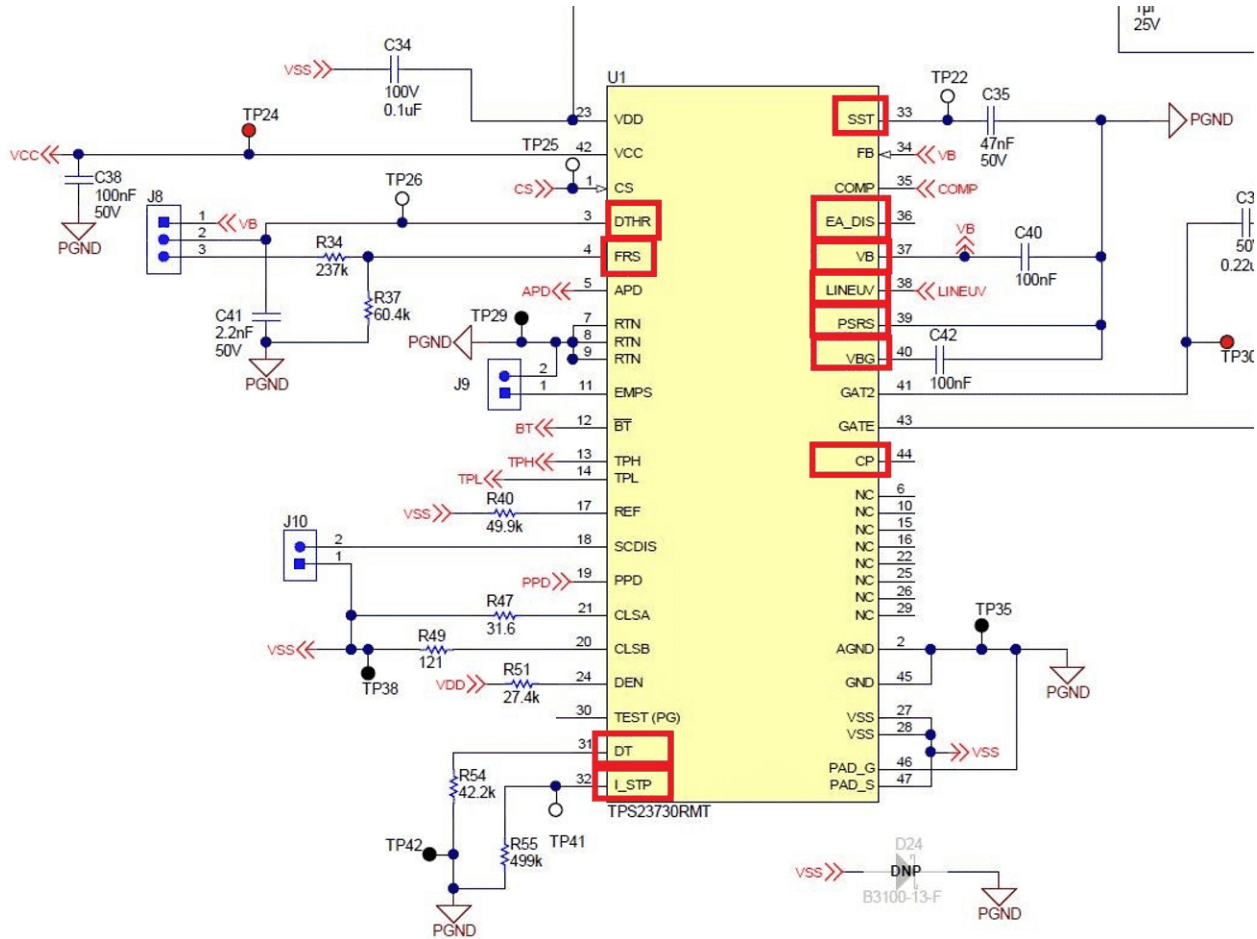


图 3-4. 直流/直流转换器引脚设置

3.2 直流/直流转换器的初级侧

直流/直流转换器的初级侧位于变压器的左侧。大多数 PoE 设计使用反激式或有源钳位正向拓扑来实现隔离。通常，不同设计的初级侧非常相似，因为输入电压和功率电平非常一致。根据 EVM 和参考设计，如果已经确定了功率电平（例如，51W），则输入电流和电压以及功率将始终相同。复制 EVM 可最大限度地降低风险，确保正常运行。

输入大容量电容器：PoE 需要一个输入大容量电容器来为直流/直流转换器提供足够的电能。该电容器需要 ESR - 最好是电解电容。也可以使用陶瓷电容，但强烈建议电容组和 RTN 之间有一个 1 欧姆电阻器以便启动。大容量电容有助于处理瞬变（电压尖峰），包含电容器很重要。建议采用以下范围的大容量电容器，从而实现适当的功率电平，如表 3-1 所示。

表 3-1. 输入大容量电容器基准

电源	大容量电容器
13W	10uF - 22uF
25W	33uF - 47uF
50W	68uF - 100uF
70W	100uF - 200uF

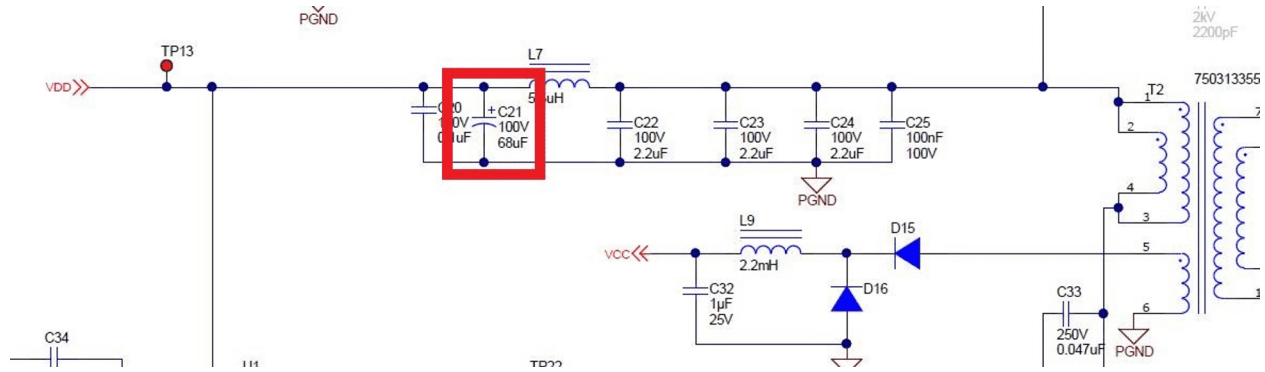


图 3-5. 输入大容量电容器

输入滤波器。从技术角度而言，此滤波器是可选组件，但强烈建议使用，比如 VDD-RTN 上较小的电容器和电感器。这有助于减少输入纹波，从而减少输出纹波。因为这里未作要求，所以电感器并非必需组件。可以选择不在设计中使用电感器，但电容器是必不可少的，而且必须是陶瓷电容器。它们可以与电解电容器组合，但这样一来纹波额定值会成为电解电容器中的一个重要因素。“使用 TPS23753 供电设备和电源控制器进行设计”应用手册专门用一节介绍了输入电感器和电容计算。参阅第 2.7.4 节

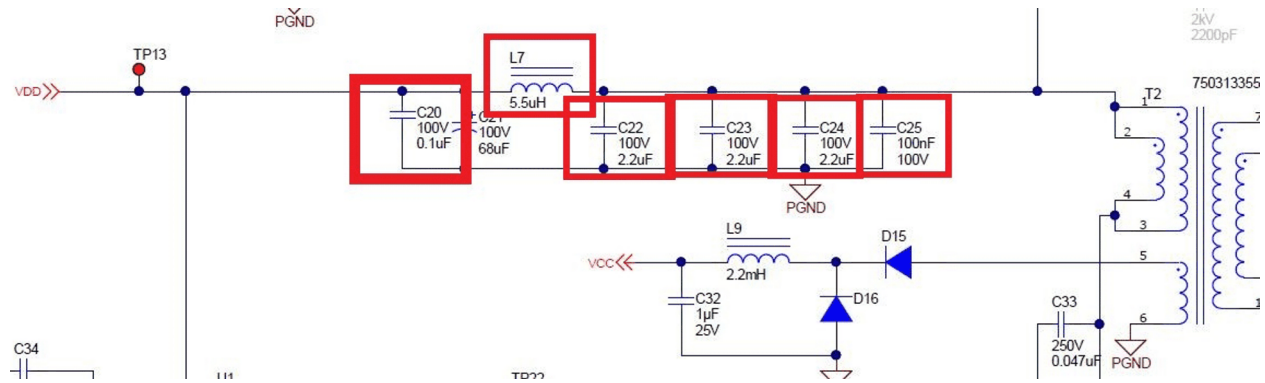


图 3-6. 输入滤波器

VCC 电源：IC 输入功率实际是 VCC 而非 VDD。所以 VCC 应该连接到变压器的辅助绕组上，通过一些整流和适当的电容来为 IC 供电。如果使用的是 TPS2373x，则采用了先进的启动功能，因此只需要 1uF。如果使用的是 TPS2375x (TPS23755 和 TPS23758 除外)，则需要 22uF 电容器，最好是电解电容器。有时，对于 TPS2375x 器件，有源钳位正向 (ACF) 拓扑中需要更高的电容。如果使用的是陶瓷电容器，请注意有效电容需要为 22uF；所以请包括所需值。为什么说电容器类型、尺寸、额定电压和位置很重要，这就是原因。其他需要注意的是，如果 VCC 为 IC 以外的任何部分供电，这将耗尽电容器，因此必须加以考虑。显而易见，基本上每个器件和功率电平都是不同的，所以请参阅 EVM 来实现最佳实践。有源钳位正向拓扑通常具有两个二极管和一个电感器，以最大限度地减少纹波。至少需使用 1mH，但我们建议使用 2.2mH 电感。

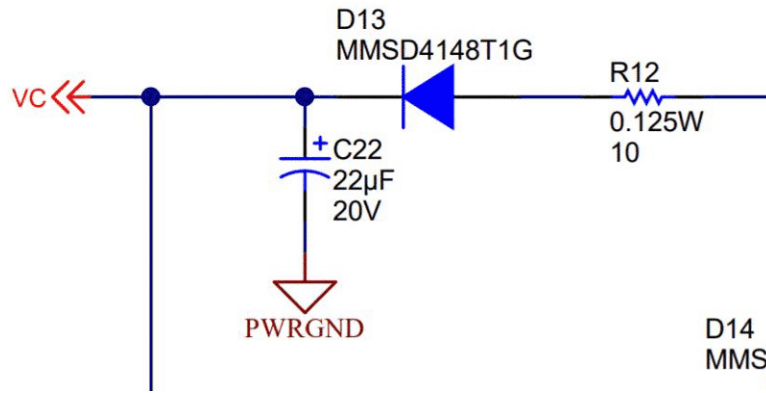


图 3-7. VCC 输入：反激式

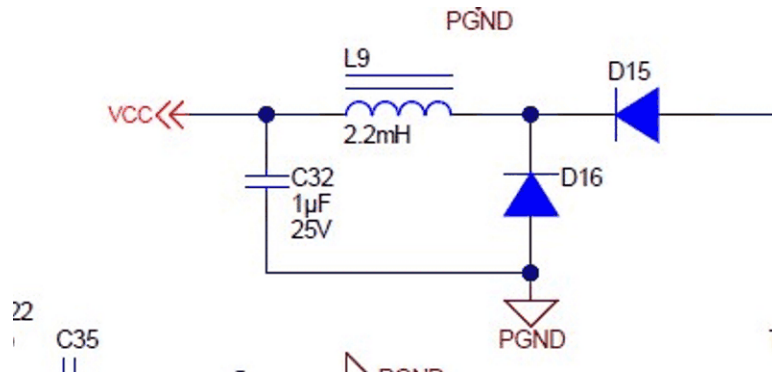


图 3-8. VCC 输入：有源钳位正向

初级侧调节设计还需要一个额外的电容器和电阻器。这些均可起到减少尖峰充电的作用，因为该设计用在反馈环路中。TI 设计中使用的是最佳解决方案。

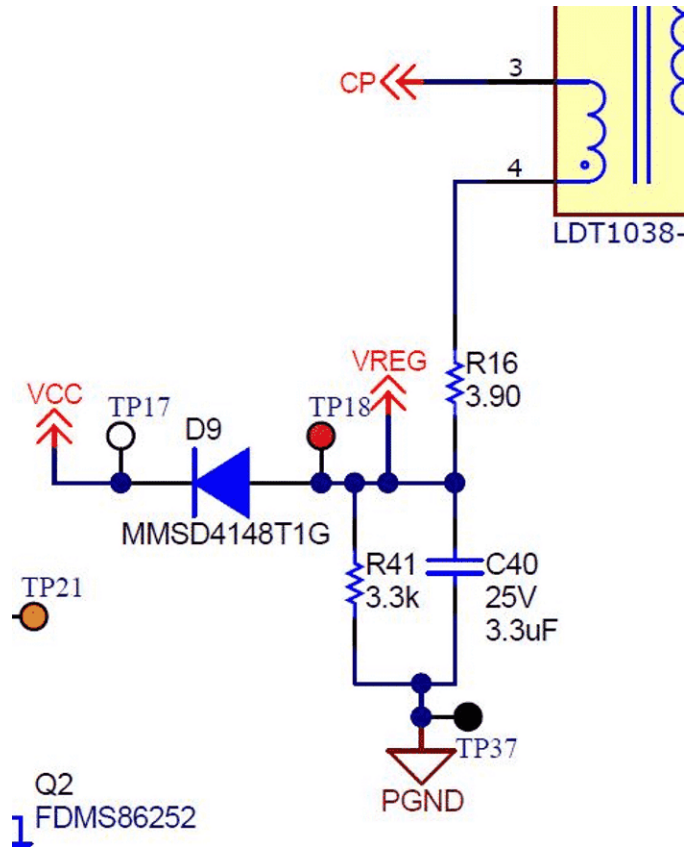


图 3-9. VCC 输入：PSR 反激式

初级侧 FET。如果是有源钳位，则有两个。VDS 应为 150V。栅极电荷量应尽可能低，使用 EVM 或参考设计 MOSFET 选择作为基准。MOSFET 的封装至少应该是 QFN-8，但肯定不是 SOT-23。初级电流取决于变压器的初级电感和输入功率，但通常为 2A-3A。例如，TPS23730EVM-093 是一个 51W ACF，使用一个额定电流 3A 的 MOSFET。如果存在有源钳位，则需要有一个有源钳位电容器 - 额定电压为 250V，通常为 0.047uF。这有助于设置有源钳位的谐振，因此通常不需要改动。有源钳位 FET 是 P 型，需要具有与 N 型 FET 相似的 VDS。FET 有时需要下拉电路。这要么是二极管，要么是二极管、BJT 和电阻器。后者速度最快。从本质上讲，最好的办法是复制参考设计，或为所有选项预留空间。此外，FET 还需要栅极上有一个电阻器来减慢开通的速度。建议该电阻器在 4-50 欧姆之间。如果电阻过高，可能会导致时序问题，但主要问题是它会降低效率。

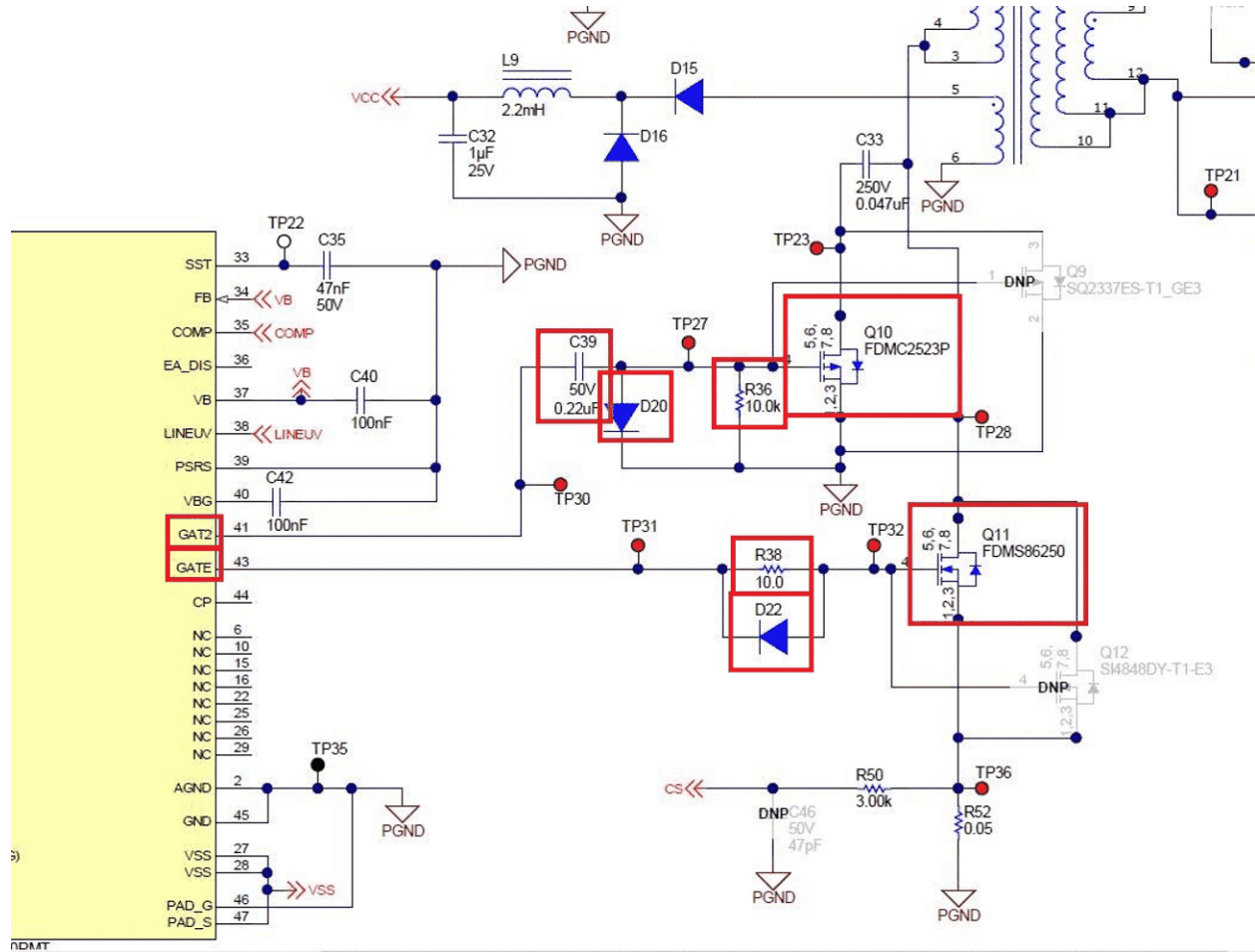


图 3-10. 初级 MOSFET : 有源钳位正向

电流检测：初级 FET 源上的电流检测电阻 < 1 欧姆。确保这是一个大型封装（至少 1206）。可根据初级电感和初级电流 [计算电阻值和功率电平](#)。此外，始终要为斜坡补偿留出空间。这是一个与 CS 引脚和另一个电容器串联的电阻器。该电容器提供滤波，但不建议高于 100pF。这将导致信号四舍五入，从而难以补偿。一个好的经验法则是电阻和电容产生的 RC 角频率应不小于开关频率的 10 倍。对于 ACF，电阻通常为 1K-5K 欧姆，对于反激式，电阻约为 1K。请参阅参考设计，了解最佳实践和微调结果。有时也会使用 [前馈电阻器](#)。

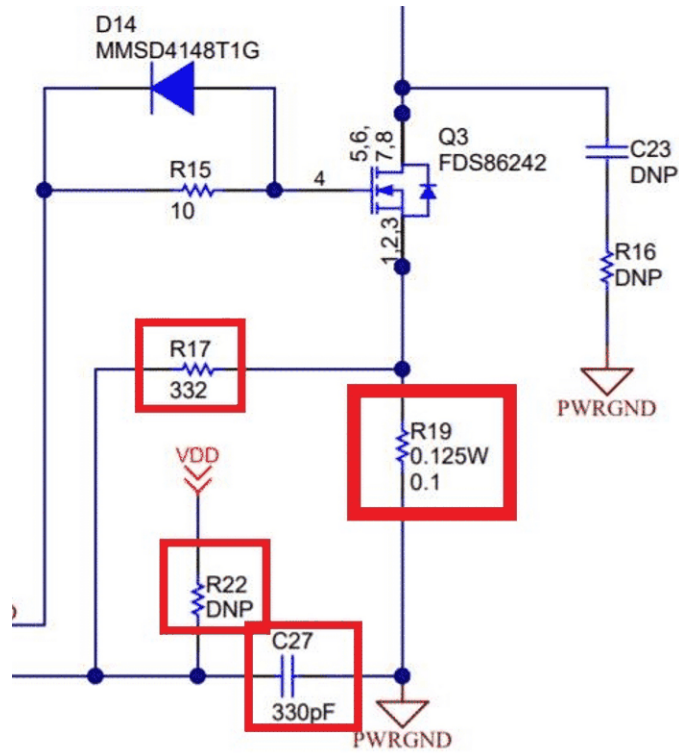


图 3-11. 电流检测和斜坡补偿

初级 FET 钳位：如果是反激式，则初级侧需要钳位。二极管需要足够快才能处理瞬态（反向恢复时间为 25-50ns）。确保这些元件可以处理通过它们的电源。请注意，TI Power Stage Designer 工具具有一个专用于 RCD 缓冲器计算的部分。可以用 TVS 二极管来代替电阻器和电容器。相同的原则也适用于速度、功率和电压额定值。

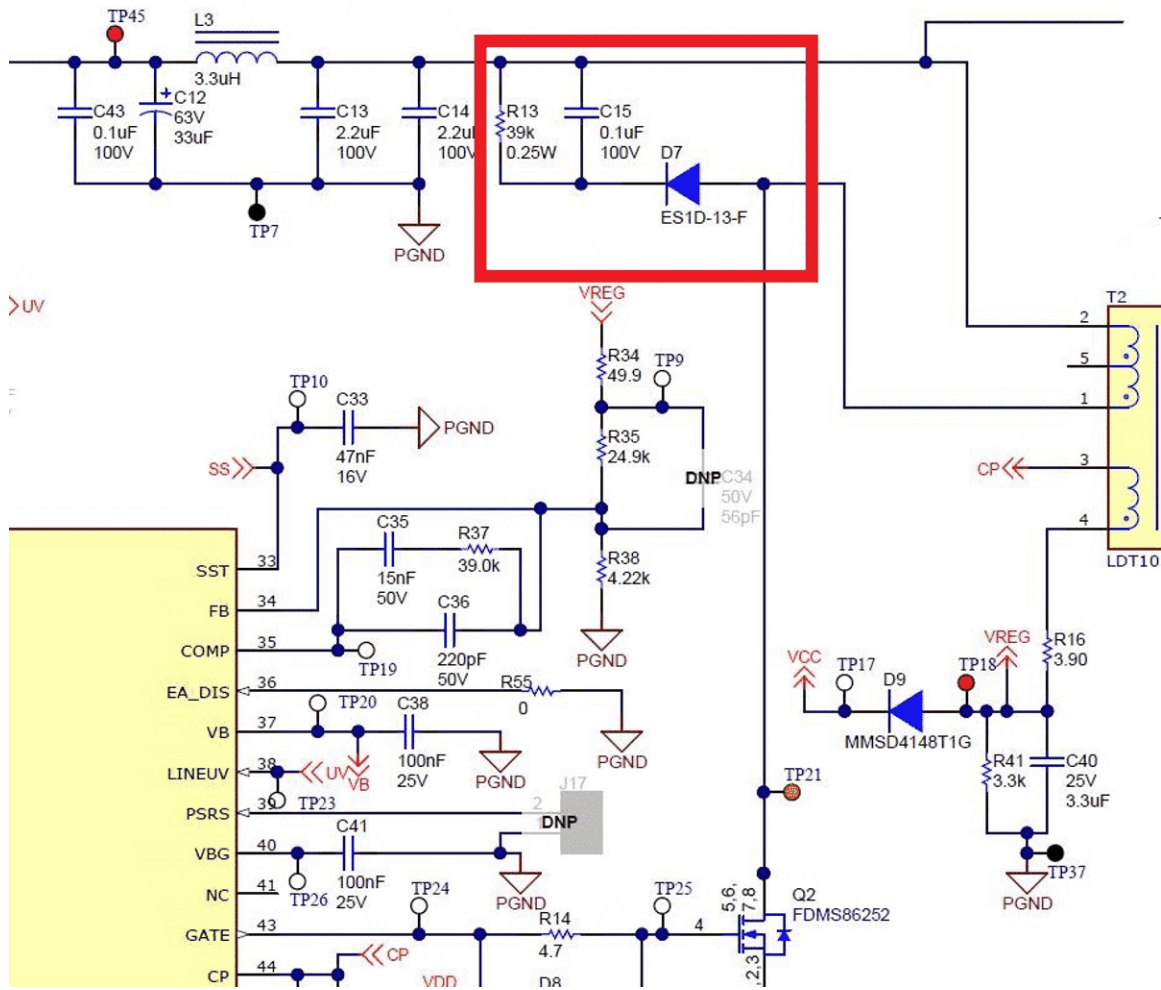


图 3-12. 初级 MOSFET RCD 钳位

如果是初级侧调节 (PSR)，则反馈环路位于初级侧。这些元件应该靠近我们在参考设计中使用的元件。变压器设计是 PSR 功能的关键部分。变压器设置初级电流，在初级环路的调节中起重要作用并设置辅助电压电平，所以需要重新设计整个初级侧 (以及次级侧)。

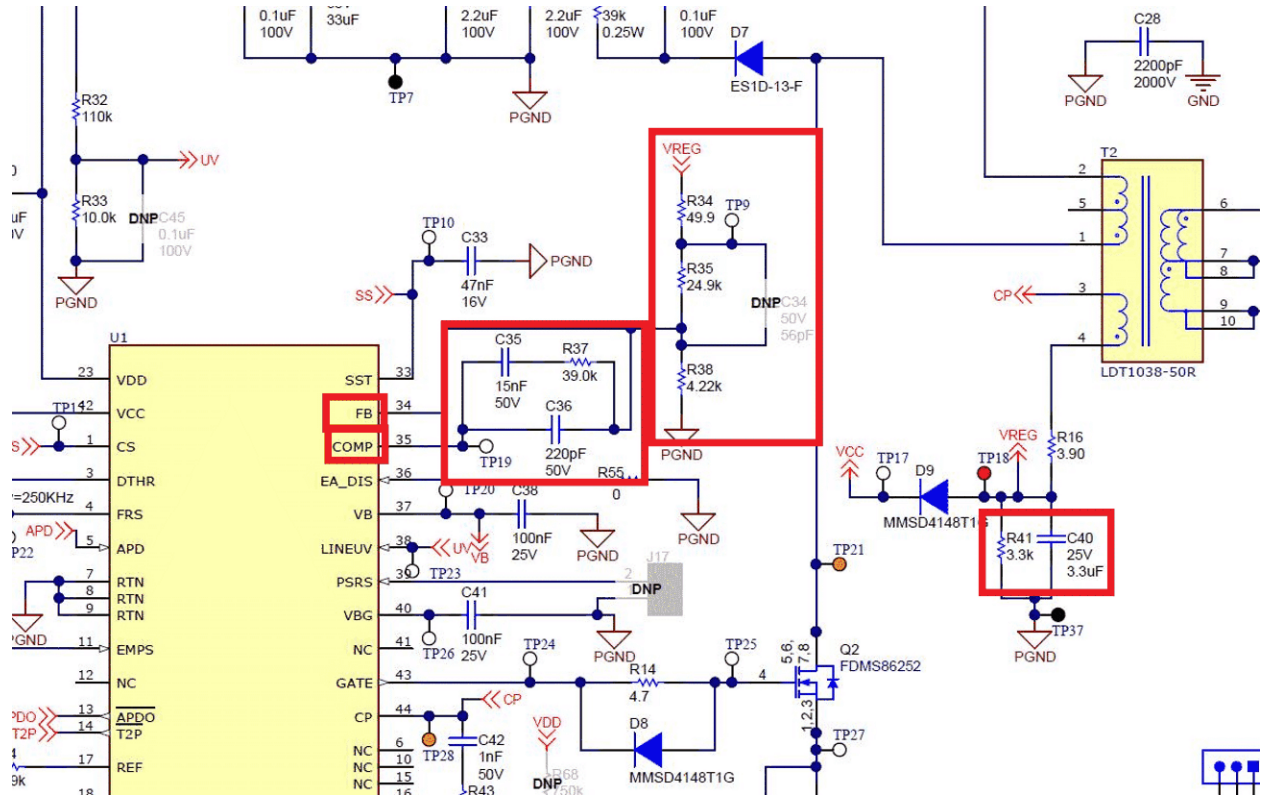


图 3-13. 初级侧调节 (PSR) 反馈元件

变压器：这是直流/直流转换器的关键元件。它决定着所有其他元件。最好的办法是使用与 EVM/参考设计中完全一样的变压器。否则，大部分设计都将需要重新计算。无论是反激式，还是有源钳位正向拓扑。对于非 PSR 变压器，变压器可以交换，但要进行检查：初级电感、匝数比、DCR、漏感、变压器尺寸/空间占用、开关频率和额定功率。如果这些被更改，则需要审查设计的其他部分。PSR 调节高度依赖于变压器层堆叠和绕组的方式。绕组必须分布在整個线轴上。堆叠应在次级绕组之间安排辅助绕组，并且应将初级绕组分开。这些通常不会显示在规格表中，建议使用 TI EVM 和参考设计中的变压器。堆叠如下所示：

- 1/2 pri
- 栅极驱动
- 次级侧
- 偏置/辅助
- 1/2 pri

确保具有共模电容器 - 它们有助于减少 EMI，TI 建议使用。

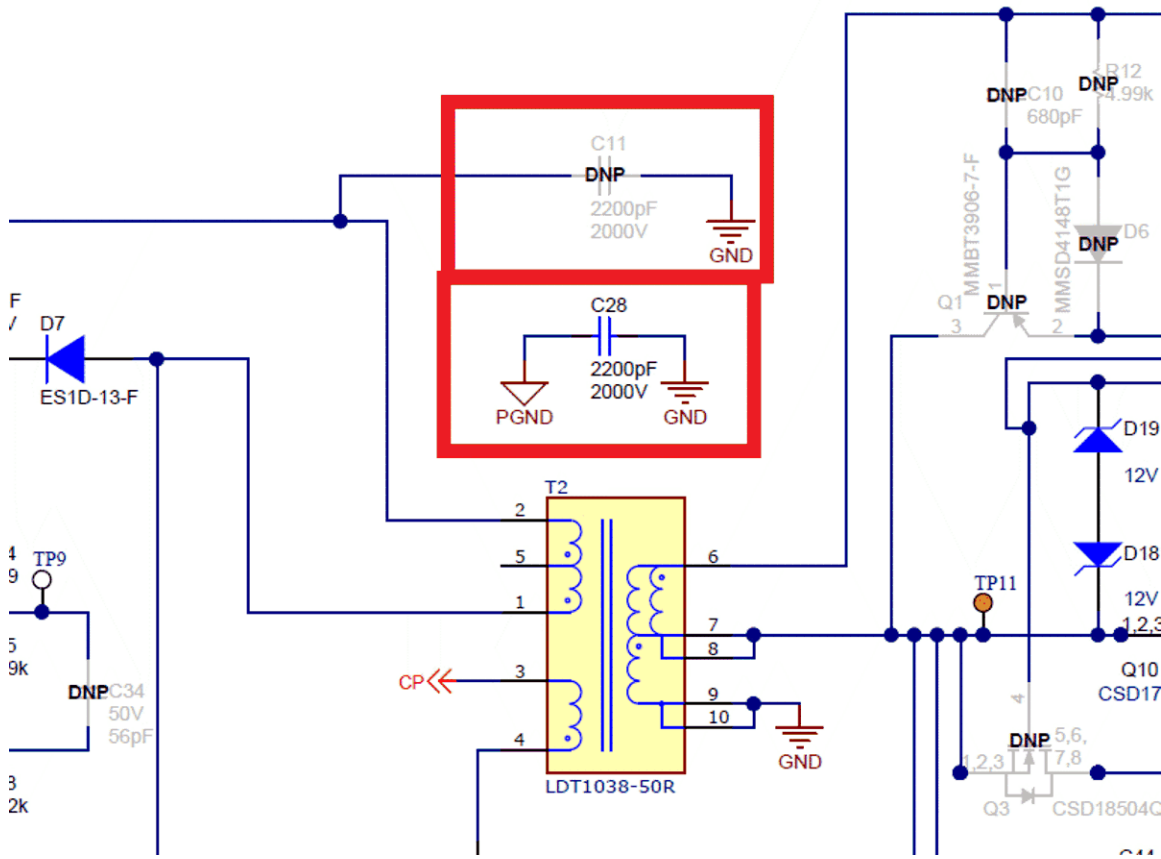


图 3-14. 共模电容器

3.3 直流/直流转换器的次级侧

这将在很大程度上取决于拓扑结构。

在所有拓扑中，输出元件可能需要一个缓冲器（或者应该为其留有空间）。电阻器的额定功率（以及大小）非常重要。如果电阻的值和大小不正确，它要么会成为一个发热热点，要么所保护的器件会变热。此外，有效电阻可能会因热条件而发生变化，然后缓冲器不再保持正确的值。

针对所有拓扑，确保具有足够的输出电容。优选陶瓷电容和电解电容的组合。电解电容或钽聚合物电容的 ESR 有助于在光耦反馈设计中设置主导极点和零点。这在 PSR 反激式设计中不太常见。如果使用电感器进行滤波，则电解电容器需要位于电感器的输出侧。应仅在输入侧使用陶瓷电容，因为该侧具有较高的纹波电流，电解电容的纹波额定值和额定功率必须考虑到这一点 - 但建议将它们放在输出侧以避免出现这种情况。

对于二极管反激式设计：确保二极管在输出电压和功率电平下具有适当的电压和电流额定值。最好查阅参考设计。但您可以使用变压器匝数比和输出电压以及占空比来确定适当的额定电压。确保输出二极管对着一个缓冲器，该缓冲器具有适当的元件尺寸。此外，确保二极管具有足够快的反向恢复时间，否则可能会降低效率。

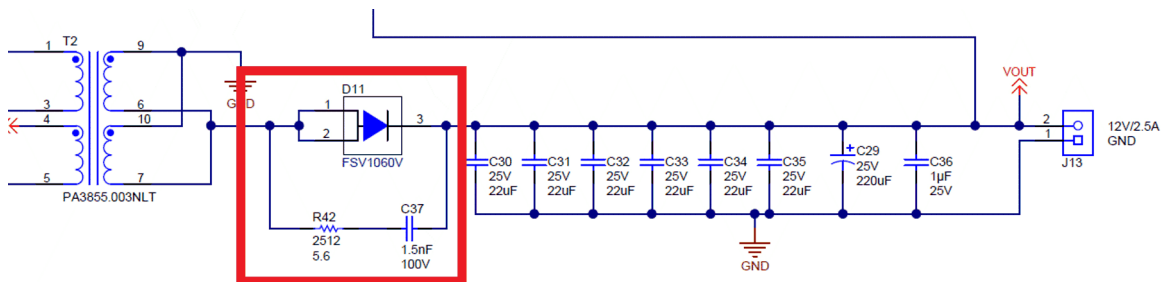


图 3-15. 二极管反激式设计：输出二极管（和缓冲器）

对于同步反激式设计：**FET 的栅极驱动有多种方案**。建议查看具有相似功率和输出电压额定值的设计来获得合适的元件。同步反激式通常为 5V 或以下。TPS23753A 具有许多适合 13W 及以下的设计，而 TPS23754/51 则有許多适合 25W 的参考设计。即使在 PSR 设计中使用 TPS2373x，TPS23754 设计的次级栅极驱动仍然很有价值。对于这些栅极驱动元件，大小（额定功率、BJT 封装）和速度（反向二极管恢复时间、二极管电容）至关重要。这些栅极驱动可快速关闭 FET，这对于减少击穿非常重要。FET 本身需要具有适当的 V_{ds} 额定值。输出电压越高，所需的 V_{ds} 电压越高（例如，5V 输出对应 30V-40V；12V 输出对应 60V-100V）。此外，栅极电荷量需要尽可能低。一些设计使用背对背齐纳管，另一些则使用钳位来控制栅极。查找您知道会有有效的 EVM 和/或参考设计。如果进行了任何更改，特别是更改了变压器，则在正常工作期间检查栅极电压，查看背对背齐纳管是否工作，或者是否需要钳位电路。如果栅极电压超过数据表限制（通常为 -20V），则建议采用钳位。如果不确定，则栅极钳位更可靠，但背对背齐纳管更小，元件更少。通常，这两种解决方案的成本大体相同。请注意，宽 V_{in} 解决方案可能需要使用钳位电路。如果选择 MOSFET，请以 EVM 和/或参考设计中的 MOSFET 为基础：栅极电荷量应该非常相似（例如，21nC 和 27nC 相似；7nC 和 18nC 不相似）。请注意，本节不涉及使用脉冲变压器来驱动次级栅极的驱动反激式设计。对于这些设计，请遵循 EVM 和/或参考设计。

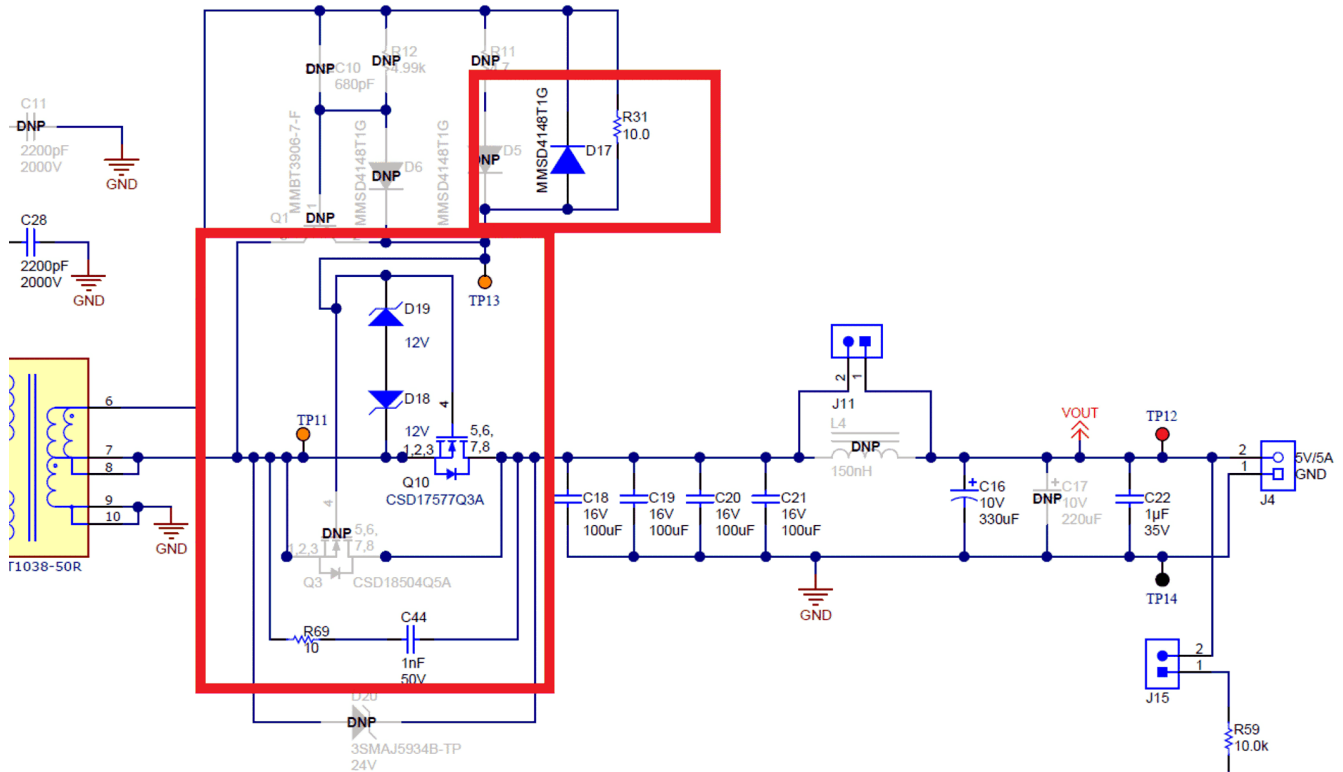


图 3-16. 同步反激式设计：输出 MOSFET (和缓冲器)

对于有源钳位正向拓扑：这些是极其复杂的情况。在这一点上，这似乎显而易见，但次级侧的情况更为复杂。在该设计中，两个 MOSFET 很重要，栅极驱动电路也同样重要。关于栅极驱动电路的快速说明。在 12V 输出设计中，两个 MOSFET 都需要栅极钳位。在 5V 设计中，并联时需要栅极钳位。在 <5V 设计中，两者都不需要。两个 MOSFET 需要同步工作，所以相比在反激式中，时序更重要。选择合适的 MOSFET 和栅极驱动非常重要。在 ACF 设计中，MOSFET 需要非常快速地切换。慢速 $R_{ds(on)}$ MOSFET 不起作用。确保封装尺寸大于 SOT-23，否则会发热。此外，这些 MOSFET 可能还需要缓冲器，请确保为这些元件留出适当的空间。建议找到相似的参考设计并复制该设计。请注意，C31 对于串联 MOSFET 的效率和关断电压尖峰至关重要。在某些情况下，它会起作用，但在其他情况下，则不起作用。有关确定这一点的因素不在本指南的讨论范围，但我们建议，无论所用的参考设计中是否存在电容器都应视其存在来严格操作。在图 3-17 中，虚线框内是栅极驱动，实线框内是缓冲器/钳位。绿色是并联 FET，红色是串联 FET。

有源钳位正向拓扑中需要输出电感器。可以计算输出电感器。

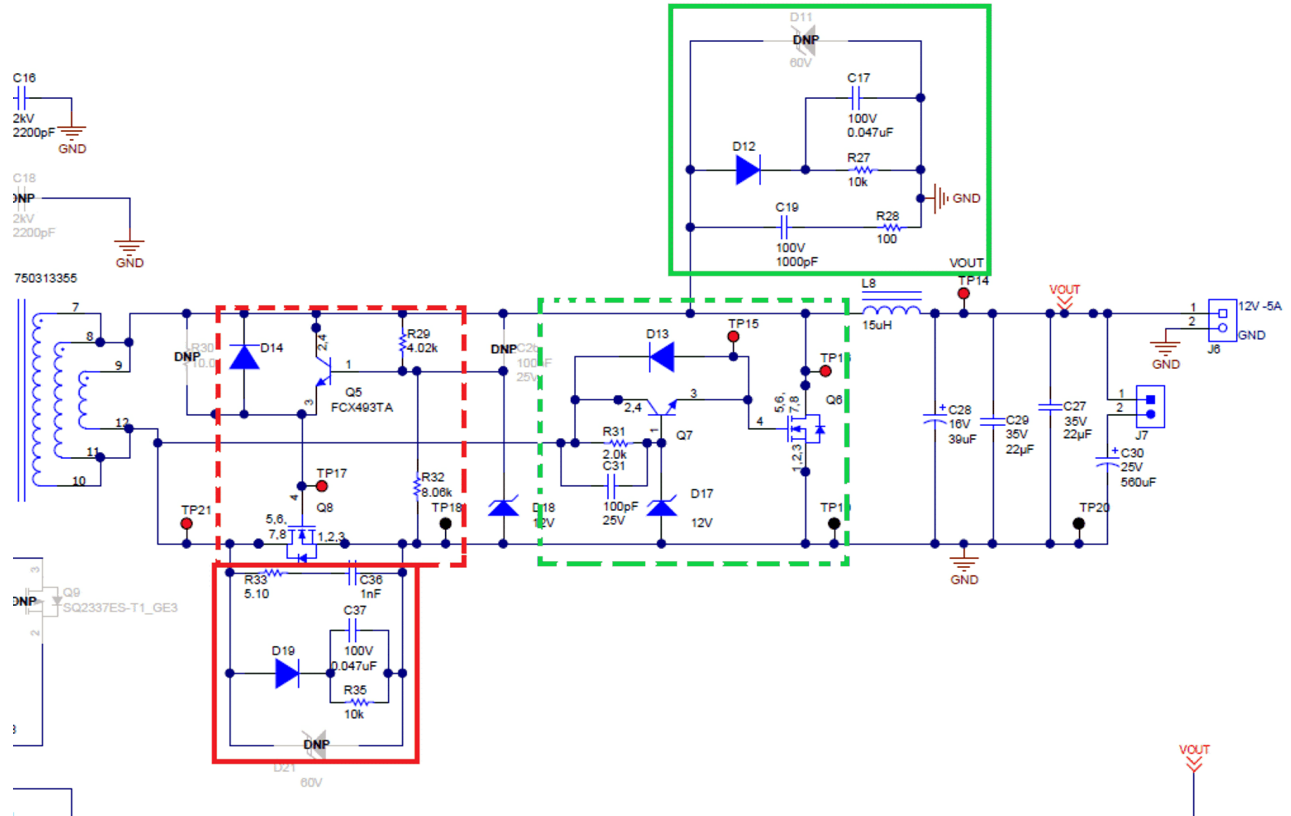


图 3-17. 有源钳位正向拓扑次级侧

3.4 反馈环路

反馈环路利用 [电流控制模式原理](#)，这有助于形成良好的波德图，并最终带来良好的启动、关断和负载瞬态性能。

备注

如果针对初级侧调节 (PSR) 进行设计，请查看 [节 3.2](#) 中的上述注释。

检查线性稳压器。>5V (例如, 12V) 的高压设计使用 TL431 器件。=<5V 的低压设计使用 TLV431。区别在于 [电压基准较低](#)，它使反馈系统具有较低的导通电压。

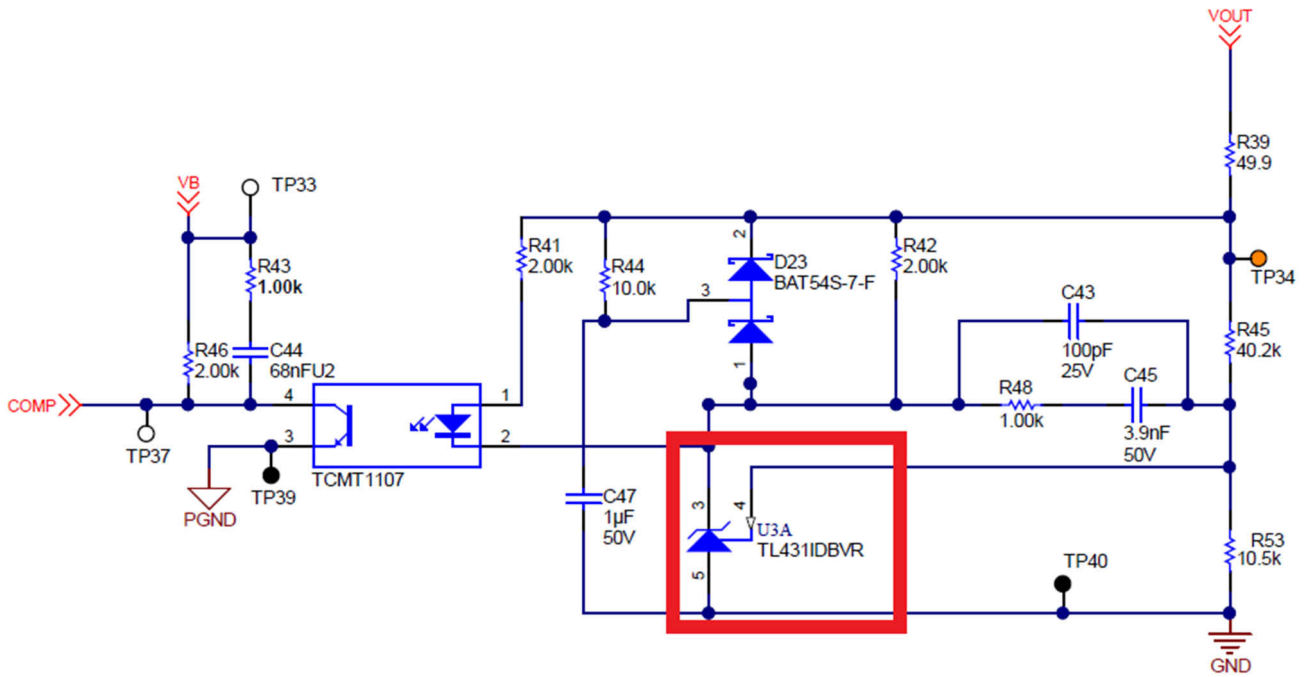


图 3-18. 线性稳压器

检查分压器，确保其利用输出电压为线性稳压器提供适当的基准电压。如果客户要改变输出电压（例如，从 12V 改为 11V），请更改底部电阻。顶部电阻设置了许多极点和零点，因此更改底部电阻引入的系统变化较少。

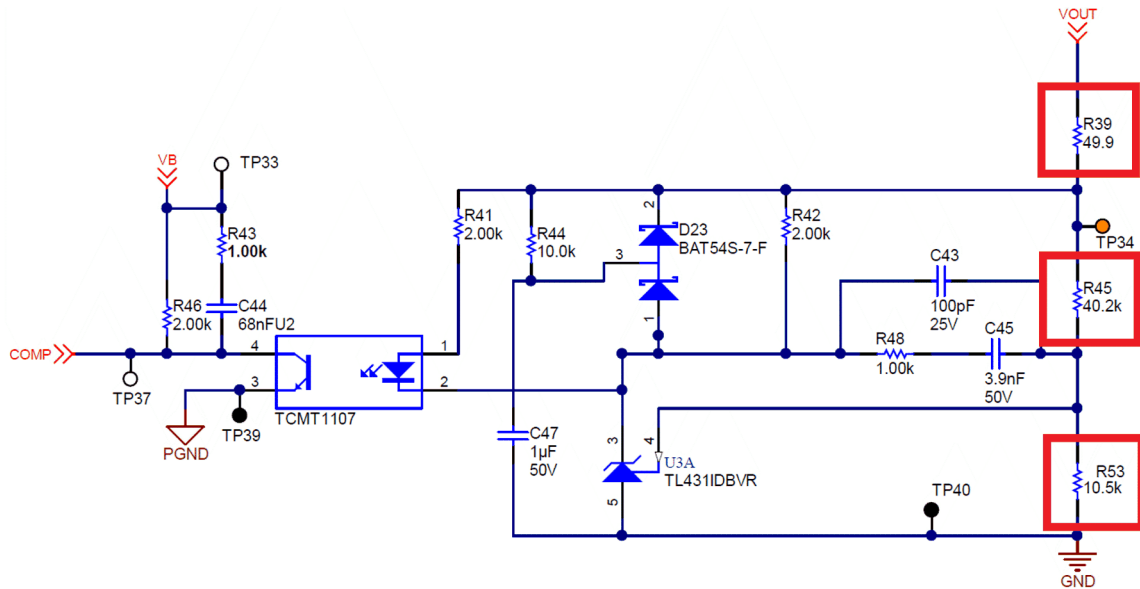


图 3-19. 反馈电阻分压器

检查这些电路是否具有保护二极管，在 ESD 事件期间提供电压保护。否则，这些器件没有保护措施。确保这些是真正的保护二极管，而不仅仅是普通的齐纳二极管，从而在发生 ESD 时提供保护。

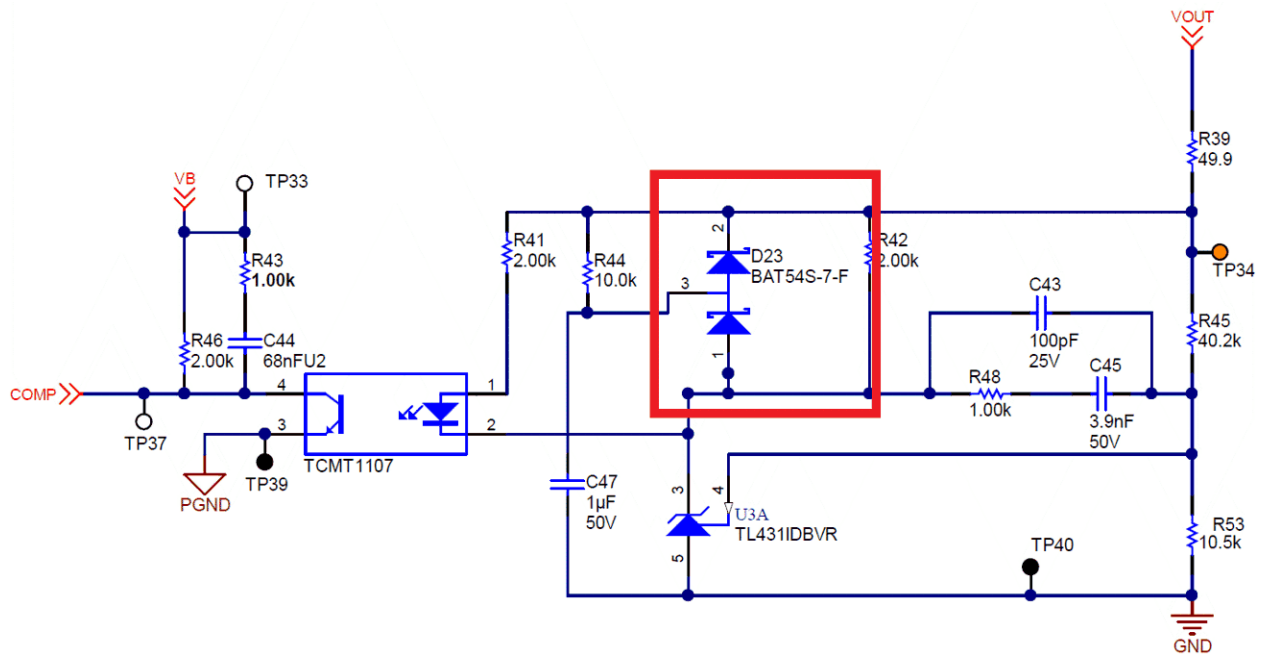


图 3-20. 保护二极管

检查次级软启动电路，确保具有 10K 电阻和 1 μ F 电容以便启动。增加电容会增加软启动时间。在次级侧进行软启动对于防止输出过冲非常重要。没有软启动将增加过冲风险，过冲造成的潜在损害也会增加。

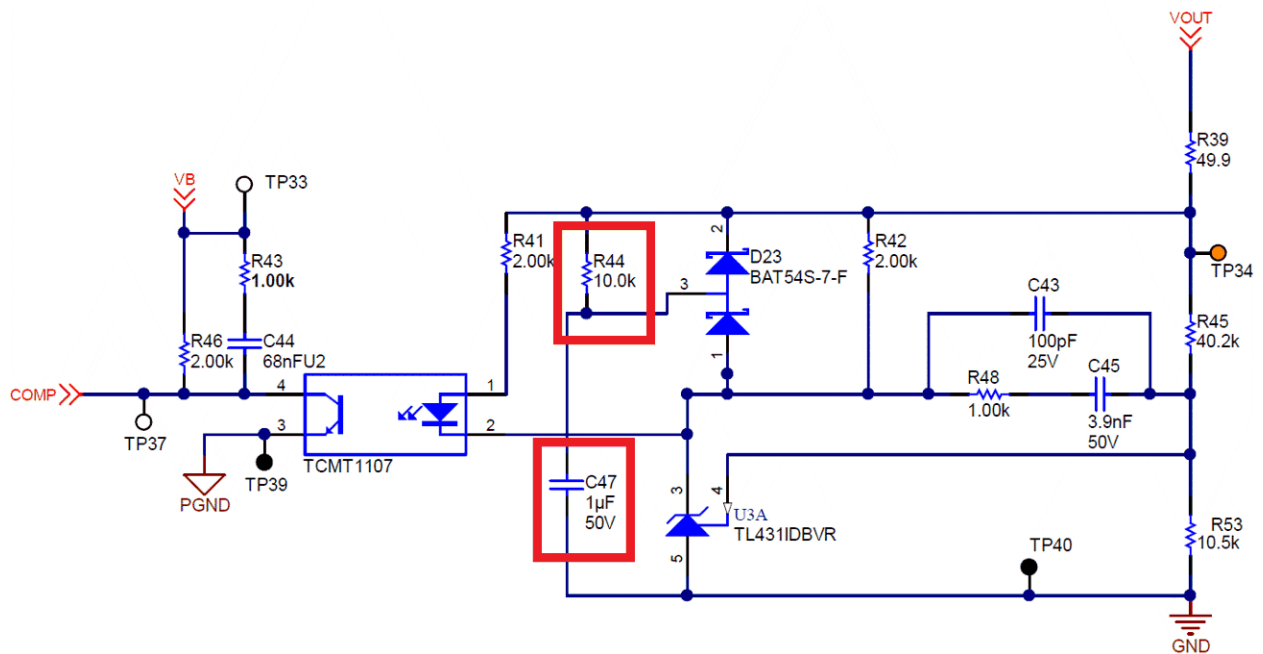


图 3-21. 次级侧软启动

检查极点和零点电容，建议与已知可正常发挥作用的设计作对比。可以计算这些电容（同样请参见上文），但需要进行傅里叶变换，而且通常还需要在电路板上进行调整。强烈建议复制可正常使用的设计。计算反馈元件会比较繁琐。

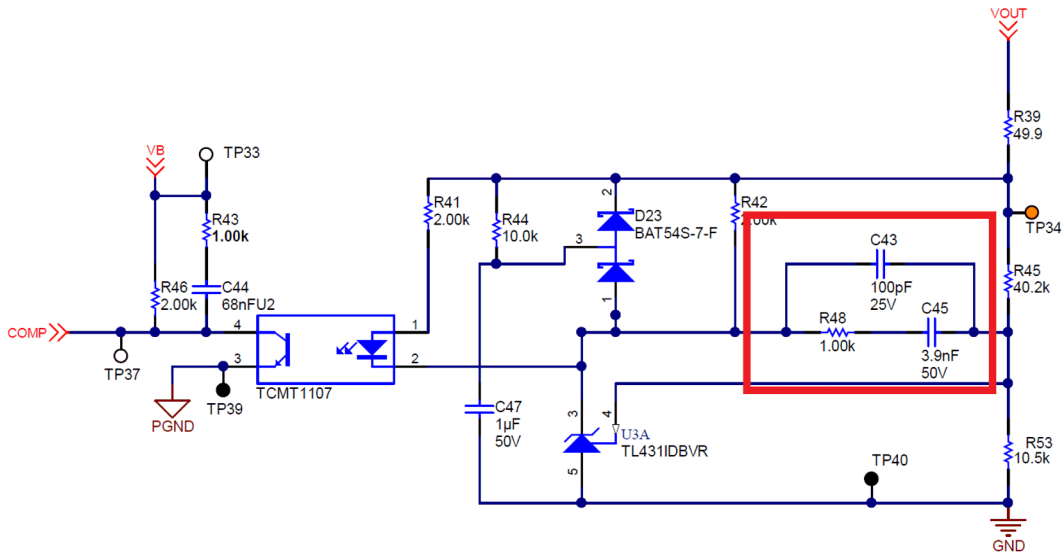


图 3-22. 反馈极点和零点

确保光耦偏置电阻设置正确。该电阻设置通过光耦的电流，并且还设置另一侧电阻器的增益系数。

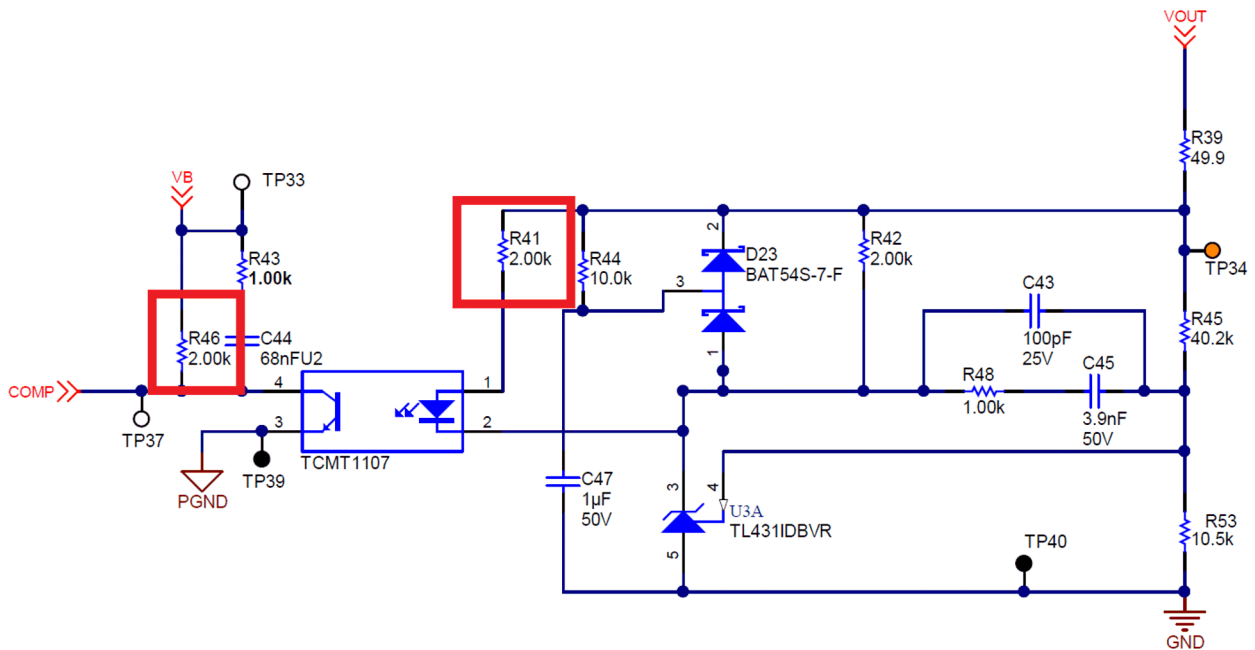


图 3-23. 光耦偏置电阻

Vb 极点和零点也有益于反馈环路。计算范围为 80%-160% 时，

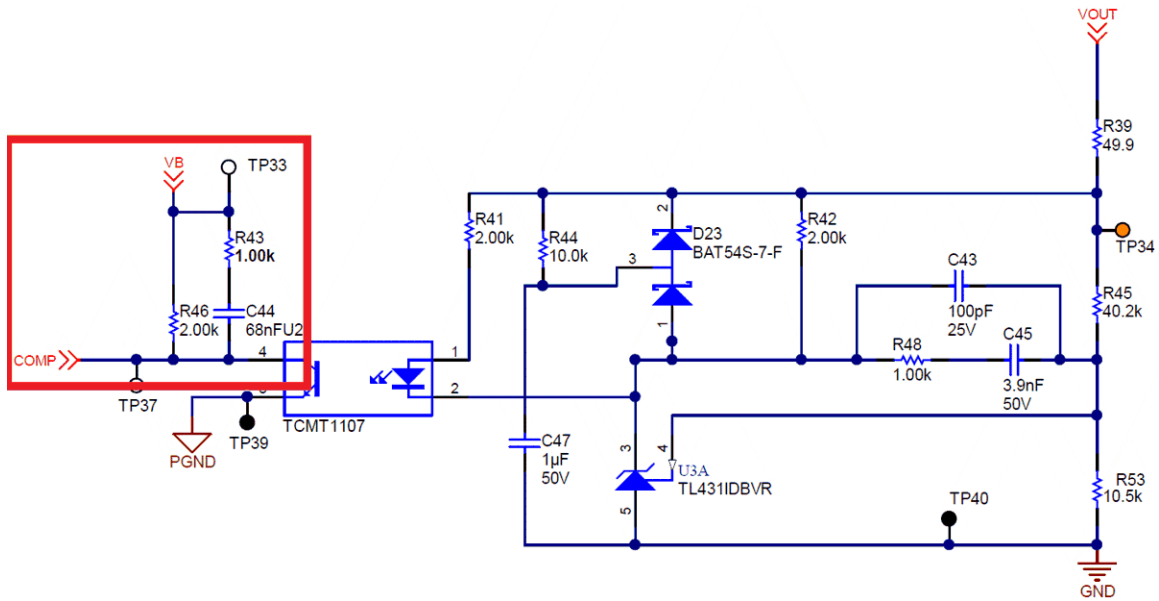


图 3-24. 初级侧极点和零点

注释同上。一些光耦的范围为 100%-200%，这也是可以接受的。所有的反馈都基于这一范围，否则，必须将其计入增益方程，但通常没有这样做。强烈建议遵守这一范围。通常，光耦合器分为多个器件系列，CTR 用最后一个字母来定义（例如，-A、-B...-G）。始终确保为 -A。向客户确认所选的 CTR 是否为 80%-160%。例如，有时 -G 器件会更便宜，因为 -G 被定义为 80%-600% - 它未经过测试。如果增益不一致，则一些电路板工作，一些电路板不工作。调试过程会很困难。

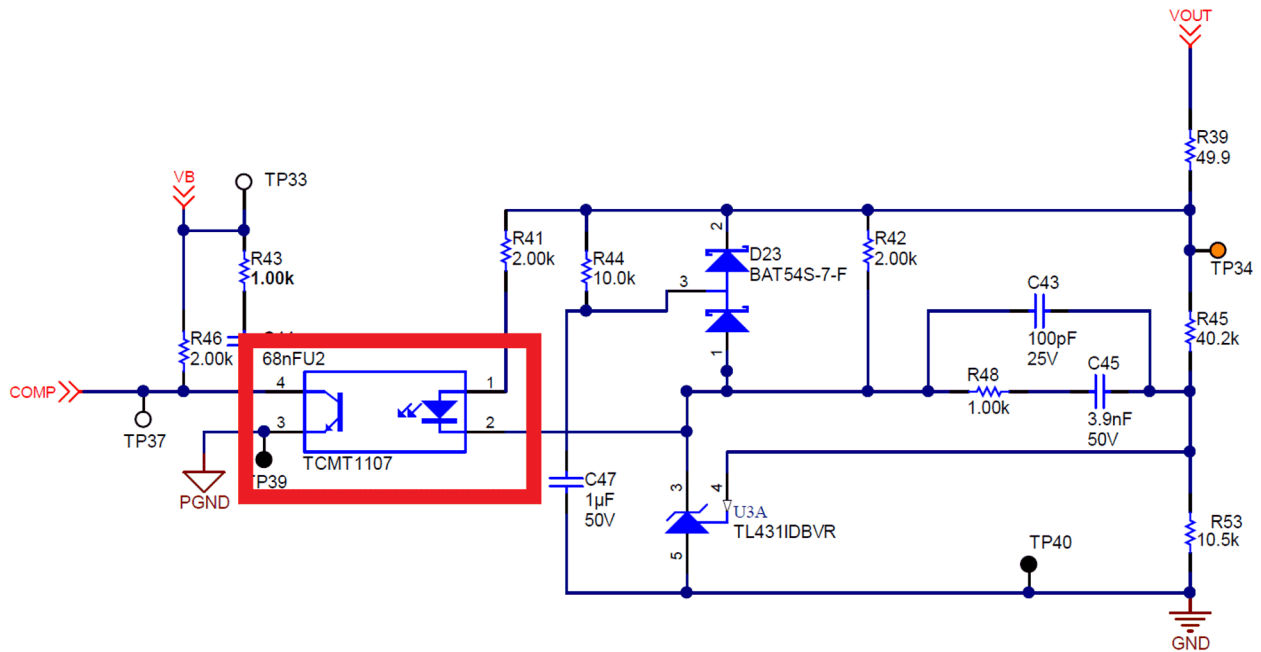


图 3-25. 光耦合器

4 适配器电源

采用 [TPS23753 的高级适配器 ORing 解决方案](#) 中提供了有关适配器的全部信息。虽然本文档提到的是特定 IC，但它适用于所有 TI PoE PD IC。好的适配器具有 EMI 滤波器、输入电容滤波器，连接 APD 并具有额定值匹配的二极管。如果不使用 APD，则必须将 APD 拉到 RTN；否则，设计不起作用。

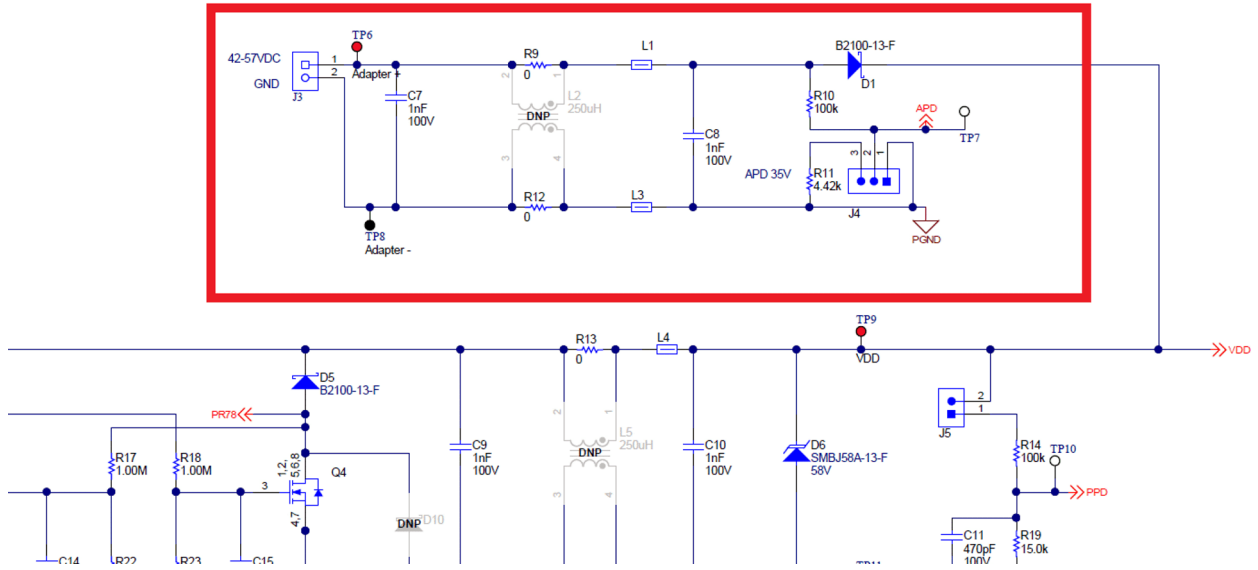


图 4-1. 适配器输入

另一种解决方案使用具有适配器优先级的适配器，会破坏检测电阻，如采用 [TPS23753 的高级适配器 ORing 解决方案](#) 中的图 10 所示。请注意，电阻分压器需要具有适当的功率大小。注意额定功率、元件尺寸等值。

5 结论

总之，直流/直流转换器设计和 PoE 设计并非易事。本指南阐述了基于 TI EVM 或参考设计修改设计会面临的常见风险。TI 设计经过测试和验证，因此复制它们可以最大限度地降低设计风险，[许多设计都是由经验丰富的 PoE 设计人员完成的](#)。大多数 PoE 调试都涉及直流/直流转换器，检查原理图可以有效避免器件选择不当带来的潜在问题，

审查完原理图后，设计将转入布局阶段。[请参阅后续文章，了解布局最佳实践。](#)

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