

100V、5A、同步降压控制

1 特征

- 12V 至 100V 宽工作输入范围
- 5A 连续输出电流能力
- 集成 120V、17mΩ 高端和 120V、17mΩ 低侧功率 MOSFET 开关
- 可调节频率从 50kHz 到 500kHz 运行
- 精密参考电压 (1.2 V)
- 具有预偏置负载能力的可编程软启动
- 可编程 EN 关闭延迟功能
- 具有 0.2 秒空白定时器和打嗝的可编程过载保护
- 可编程逐周期限流保护
- 带锁存器的可编程输入欠压锁定保护
- 带锁存器的可编程输入过压保护
- 输出过压保护
- 过温保护
- QFN6*6mm-48L

2 应用

- 48 V 非隔离式 DC-DC 转换器
- 汽车应用
- 电信总线转换器
- 通用
- USB Type-C 供电
- 工业 DC-DC 电机驱动器

3 描述

TX4147 是一款高压降压控制器，专为输入电压高达 100V 的高性能同步降压 DC/DC 应用而设计。

TX4147 集成了一个高效同步降压开关稳压器，其中包括一个 120V、17mΩ 高侧和一个 120V、17mΩ 低侧

MOSFET，可在 12V 至 100V 宽工作输入电压范围内提供 5A 连续负载电流。

TX4147 开关频率在 50 kHz 至 500 kHz 范围内可编程，允许灵活调整效率和尺寸。输出电压可以使用内部 1.2 V 参考电压进行精确调节，适用于低压应用。

保护功能包括用户可编程的欠压锁定、过压锁定和过流保护。在关断模式下，电源电流降至 10μA 以下。TX4147 是车载信息娱乐应用、电信总线转换器等理想选择。

4 典型应用示意图

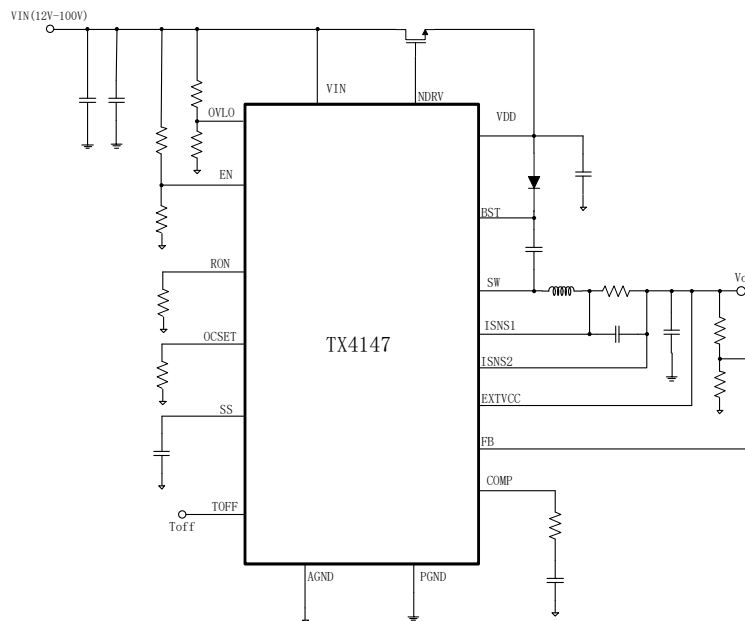
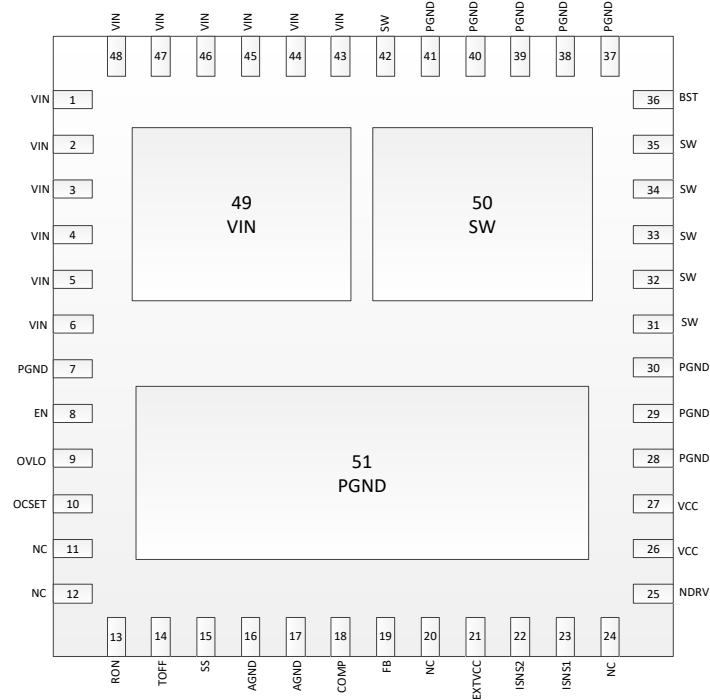


图1. 应用示意图

5 引脚配置和功能

图2.QFN6*6-48L 封装 (俯视图)

| 引脚 | | 描述 |
|--------|------------------------------------|--|
| 名称 | 序号 | |
| VIN | 1,2,3,4,5,6, 43,44,45,46,47, 48,49 | 输入电压。 |
| EN | 8 | 启用引脚。 |
| OVLO | 9 | 外部分压器用于设置过压阈值水平。 |
| OCSET | 10 | 电流限制设定点。从这个引脚到 GND 的电阻将设置正负电流限制阈值。 |
| RON | 13 | 通过电阻将此引脚连接到 GND 以设置开关频率。 |
| TOFF | 14 | 该引脚提供用户可编程关断延迟时间功能。连接到 GND：无延迟 连接到 VCC：20s 浮动：10s |
| SS | 15 | 该引脚提供用户可编程软启动功能。从该引脚连接到地的外部电容器设置输出电压的启动时间。 |
| AGND | 16,17 | 内部参考和控制电路的信号地。 |
| COMP | 18 | 误差放大器的输出。外部电阻器和电容器网络通常从该引脚连接到地，以提供环路补偿。 |
| FB | 19 | 反馈输入。FB 感测输出电压。将 FB 与连接在输出和地之间的电阻分压器连接。FB 是一个敏感节点。使 FB 远离噪声信号，例如 SW 和 BST 引脚。 |
| EXTVCC | 21 | 连接到 VCC 的内部 LDO 线性稳压器的外部电源输入。该 LDO 从 EXTVCC 提供 VCC 电源，当 EXTVCC 高于 10V 时绕过外部 NDRV LDO。此引脚上的电压不要超过 30V。不要将 EXTVCC 连接到大于 VIN 的电压。如果不使用，连接到 GND。 |
| ISNS2 | 22 | 电感电流检测输入 2。 |
| ISNS1 | 23 | 电感电流检测输入 1。 |
| NDRV | 25 | 用于 VCC 的 NDRV LDO 线性稳压器的外部传输器件的驱动输出。将此引脚连接到外部 NMOS 或 NPN 通路器件的栅极。 |
| VCC | 26,27 | 该引脚为 IC 的内部模块供电。至少 4.7uF 的电容必须从该引脚连接到地。 |
| SW | 31,32,33,34,35, | 切换节点。将此引脚连接到电感的开关节点。 |

| | | |
|------|--------------------------------------|---|
| | 42,50 | |
| BST | 36 | 该引脚为高端驱动器供电，并且必须连接到高于输入电压的电压。最小 0.1uF 的高频电容必须从该引脚连接到开关节点。 |
| PGND | 7,28,29,30, 37,38,39, 40,41,51 | 电源地。该引脚用作 MOSFET 驱动器的单独接地，应连接到系统的电源接地层。 |
| NC | 11,12,20,24 | 未连接。 |

6 设备标记信息

| 型号 | 订单信息 | 封装 | 包装数量 | 丝印 |
|--------|--------|-------------|------|--------|
| TX4147 | TX4147 | QFN6x6 - 48 | 2500 | TX4147 |

7 规格

7.1 绝对最大额定值 (注1)

| | 范围 | 最小 | 最大 | 单位 |
|------|--|------|--------------|----|
| 输入电压 | V_{IN} to GND | -0.3 | 100 | V |
| | V_{FB} , V_{OVLO} , V_{UVLO} to GND | -0.3 | 6 | |
| | V_{TOFF} to GND | -0.3 | 12 | |
| | $V_{ISNS1,2}$ to GND | -0.3 | 65 | |
| | V_{EN} to GND | -0.3 | 100 | |
| | V_{EXTVCC} to GND | -0.3 | 30 | |
| 输出电压 | V_{VDD} to GND | -0.3 | 12 | V |
| | V_{RON} , V_{OCSET} , V_{SS} , V_{COMP} to GND | -0.3 | 6 | |
| | V_{BST} to V_{SW} | -0.3 | 12 | |
| | V_{SW} to GND | -3 | $V_{IN}+0.3$ | |

7.2 处理评级

| 范围 | 定义 | 最小 | 最大 | 单位 |
|-----------|---------------------------|-----|------|----|
| T_{ST} | Storage Temperature Range | -65 | 150 | °C |
| T_J | Junction Temperature | | +150 | °C |
| T_L | Lead Temperature | | +260 | °C |
| V_{ESD} | HBM Human body model | | 2 | kV |
| | CDM Charger device model | | 500 | V |

7.3 推荐的操作条件 (注2)

| | 范围 | 最小 | 最大 | 单位 |
|------|--|------|--------------|----|
| 输入电压 | V_{IN} to GND | 12 | 100 | V |
| | V_{FB} , V_{OVLO} , V_{UVLO} to GND | -0.3 | 5 | |
| | V_{TOFF} to GND | -0.3 | 10 | |
| | $V_{ISNS1,2}$ to GND | -0.3 | 60 | |
| | V_{EN} to GND | -0.3 | 100 | |
| | V_{EXTVCC} to GND | -0.3 | 30 | |
| 输出电压 | V_{VDD} to GND | -0.3 | 10 | V |
| | V_{RON} , V_{OCSET} , V_{SS} , V_{COMP} to GND | -0.3 | 5 | |
| | V_{BST} to V_{SW} | -0.3 | 10 | |
| | V_{SW} to GND | -3 | $V_{IN}+0.3$ | |
| 温度 | 工作结温范围, T_J | -40 | +125 | °C |

7.4 热信息 (注4)

| 符号 | 描述 | ETSSOP-20 | 单位 |
|---------------|--------|-----------|------|
| θ_{JA} | 结到环境热阻 | 40 | °C/W |
| θ_{JC} | 结壳热阻 | 23 | |

注意:

- 1) 超过这些额定值可能会损坏设备。
- 2) 在推荐的操作条件之外, 不保证设备功能。
- 3) 在大约 1 平方英寸的 1 盎司铜上测量。

7.5 电气特性 (通常在 $V_{in} = 12V$, $T_J = 25^\circ C$ 时, 除非另有说明。)

| 符号 | 范围 | 条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|------------------------|---|---|------|-----|------|-----|
| VIN | 输入电源工作电压范围 | | 12 | | 100 | V |
| VOUT | 稳压输出电压设定点 | | 1.2 | | 60 | V |
| MOSFET | | | | | | |
| R _{DS(ON)_H} | 高边开关导通电阻 | I _{OUT} = 1A, V _{OUT} = 5V | | 17 | | mΩ |
| R _{DS(ON)_L} | 低边开关导通电阻 | I _{OUT} = 1A, V _{OUT} = 5V | | 17 | | mΩ |
| 参考电压 | | | | | | |
| I _Q | 静电电流 | 开环, V _{FB} = 1.25V, 无开关, V _{IN} =48V, T _J =25°C | | 400 | | uA |
| I _{SHUTDOWN} | EN 关断电源电流 | 闭环, V _{EN} =0V, V _{IN} =48V | | 20 | | |
| 参考电压 | | | | | | |
| V _{FB} | 反馈电压 | | | 1.2 | | V |
| | 准确性 | | -1.5 | | +1.5 | % |
| 电源电压 (Vcc) | | | | | | |
| V _{DD} | V _{DD} Regulator Output | NDRV LDO 供应 | 9 | 9.5 | 10 | |
| | | 由 EXT _{VCC} LDO 供电 | 9.5 | 10 | 10.5 | |
| 欠压锁定 | | | | | | |
| V _{DD_UVLO} | V _{DD} 欠压锁定电压 (V _{DD} 增加) | -40°C ≤ T _J ≤ 125°C | | 8 | | V |
| V _{DD_UVLOH} | V _{DD} 欠压迟滞 | | | 670 | | mV |
| V _{BST_UVLO} | V _{BST} 欠压锁定电压 (V _{BST} 增加) | -40°C ≤ T _J ≤ 125°C | | 5.6 | | V |
| V _{BST_UVLOH} | V _{BST} 欠压迟滞 | | | 860 | | mV |
| V _{IN_UVLO} | V _{IN} 欠压锁定电压 (V _{IN} 增加) | | | 6.5 | | V |
| V _{IN_UVLOH} | V _{IN} 欠压迟滞 | | | 650 | | mV |
| V _{EN_UVLO} | EN 欠压锁定电压 (V _{EN} 增加) | | | 1.2 | | V |
| V _{EN_UVLOH} | EN 欠压迟滞 | | | 200 | | mV |
| 过压锁定 | | | | | | |
| REF _{IN_OVP} | V _{IN} 过压锁定电压参考 (V _{IN} 增加) | | | 1.2 | | V |
| HYS _{IN_OVP} | V _{IN} 过压锁定电压的参考迟滞 | | | 200 | | mV |
| 控制回路 | | | | | | |
| I(Source/Sink) | 源/灌电流 | | | 300 | | uA |
| gm | 跨导 | | | 3 | | mS |
| 软启动 | | | | | | |
| I _{SS} | 软启动电流 | SS = 0 V | 15 | 20 | 25 | uA |
| VSNS 限制 | | | | | | |
| V _{OCSET} | OCSET 电压 | -40°C ≤ T _J ≤ 125°C | | 1.2 | | V |
| V _{LIMH} | 值班 ISNS1-ISNS2 限制 | R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIMH} = 1.2/R _{OCSET} * 25K/10 | | 120 | | mV |
| V _{LIML} | 下班 ISNS1-ISNS2 限制 | R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIML} = 1.2/R _{OCSET} * 20K/10 | | 96 | | mV |
| T _{OVERLOAD} | 过载保护空白时间 | | | 200 | | ms |
| 频率 | | | | | | |
| F _{SW} | 开关频率 | F _{sw} = V _{out} / (R _h * 500p) Or F _{sw} = 1 / (R _L * 50p) | 50 | 200 | 500 | kHz |

| | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------|-----|----|
| TON _{MIN} | 最短准时 | | 140 | ns |
| TOFF _{MIN} | 最短关闭时间 | | 400 | ns |
| 定时器 | | | | |
| T _{OFF} | Toff 时间延迟 | Toff = GND | 0 | s |
| | | Toff = Float | 10 | s |
| | | Toff = VCC | 20 | s |
| 输出驱动器 | | | | |
| Tdelay1 | 底栅关闭到顶栅开启延迟 | | 70 | ns |
| Tdelay2 | 底部栅极关闭到顶部栅极开启延迟 | | 70 | ns |

注意:

4) 由设计保证, 未经生产测试。

8 详细说明

8.1 概述

TX4147 是一款高压降压控制器，专为输入电压高达 100V 的高性能同步降压 DC/DC 应用而设计。

TX4147 集成了一个高效同步降压开关稳压器，其中包括一个 120V、17mΩ 高侧和一个 120V、17mΩ 低侧 MOSFET，可在 12V 至 100V 宽工作输入电压范围内提供 5A 连续负载电流。

TX4147 在中到重负载电流下采用自适应恒定导通时间峰值电流模式控制，在轻负载电流下工作在 PFM 模式。通过这种控制方案，TX4147 以最小的输出电容提供了出色的线路和负载瞬态响应。外部环路补偿为使用更广泛的电感器和输出电容器组合带来了灵活性。

TX4147 支持高达 500kHz 的可调开关频率。该器件实现了用户可编程

具有 200ms 过载定时器的逐周期电流限制，以保护器件免受热失控。如果触发了过载条件，这部分将停止切换，直到 EN 被切换。该器件还实现了用户可编程的过压锁定保护和过温保护，以确保可靠运行。

8.2 功能框图

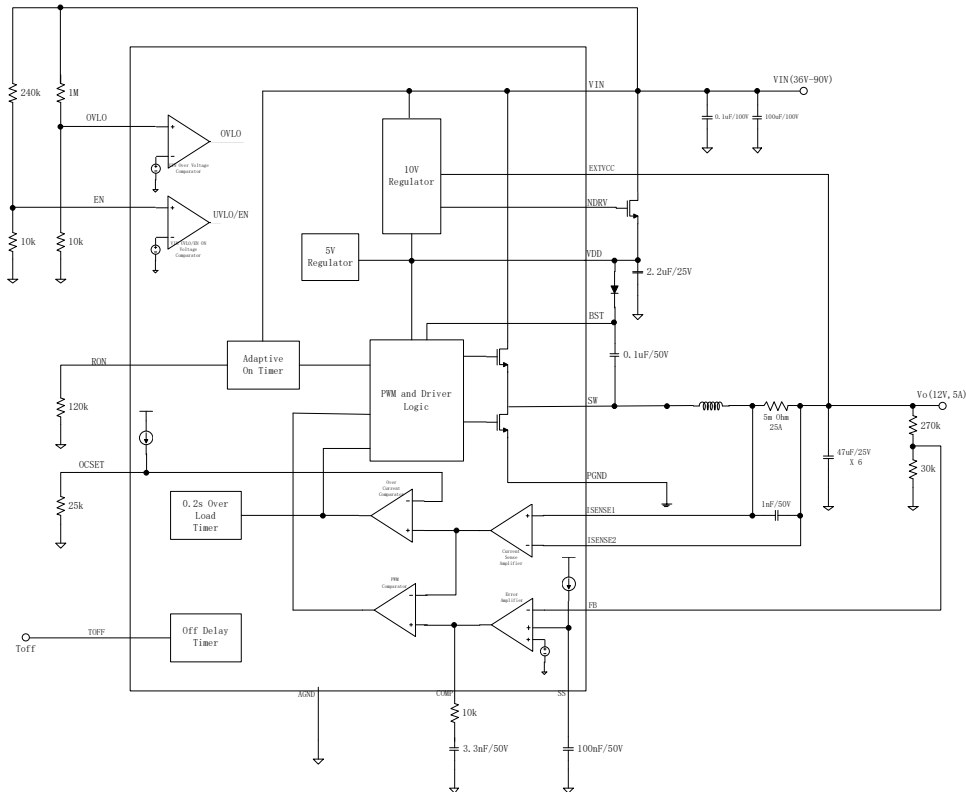


图3. 功能框图

8.3 功能描述

8.3.1 启用和 OVLO

当 EN 引脚拉高至 1.2V 以上时，该部分被启用。当 EN 引脚拉至低于 1.0V 时，该器件进入关断模式并停止工作。

当 OVLO 引脚被拉高至 1.2V 以上时，TX4147 被禁用，即使 OVLO 低于 1.0V，它也不会恢复切换，除非 EN 被切换。

8.3.2 欠压锁定

当输入电压低于 5.85V 或 VDD 低于 7.33V 时，该控制器停止开关。当输入电压大于 6.5V 且 VDD 大于 8V 时恢复工作。

8.3.3 逐周期电流限制和过载保护

X4147 提供逐周期电流限制，以在工作 and 关闭期间保护功率 MOSFET。一旦触发占空比电流限制，它将立即关闭高端 MOSFET 或延长关断时间，直到电感电流低于关断电流限制。如果过流条件持续超过 200ms，就会触发打嗝保护。并且经过 16 次软启动程序后，切换将恢复。

8.3.4 可编程开关频率

该控制器具有 50kHz 至 500kHz 范围内的可编程开关频率。

RON 设定的频率计算如下：

$$F_{\text{SW}} = \frac{V_{\text{OUT}}}{R_{\text{ON}} \cdot (k\Omega) \times 0.5} \text{ (MHz)} \quad (1)$$

8.3.5 误差放大器

TX4147 有一个跨导放大器，并将反馈电压与内部参考电压（或启动阶段的内部软启动电压）进行比较。误差放大器的跨导通常为 3 mA/V。环路补偿元件需要放置在 COMP 端子和地之间，以平衡环路稳定性和瞬态响应时间。

8.3.6 VCC 稳压器

TX4147 包含两个 VDD 稳压器，为低压侧栅极驱动器和自举高压侧栅极驱动器提供电源。一种是将 VDD 调节至 9.5V 的 NDRV 稳压器。另一种是由 EXT VCC 供电的 10V 低压差 LDO，电流限制为 60mA。如果不使用 NDRV 稳压器，则应评估 VDD 负载电流。

8.3.7 Bootstrap Voltage (BST)

The TX4147 has an integrated bootstrap regulator, and requires a small ceramic capacitor between the BST pin and SW pin to provide the gate drive voltage for the high-side FET. The bootstrap capacitor is charged when the BST-SW voltage is below regulation. The value of this ceramic capacitor should be above 100 nF. A ceramic capacitor with an X7R or X5R grade dielectric with a voltage rating of 25 V or higher is recommended because of the stable characteristics over temperature and DC biased voltage.

8.3.8 热关断

实施热关断以防止由于过热和功耗而造成的损坏。通常，热关断发生在结温超过 150° C 时。当触发热关断时，器件停止开关并在结温低于 130° C 时恢复。

9 应用与实施

9.1 设置开关频率

TX4147 的开关频率可以编程为公式 1。对于 200 kHz 的目标开关频率，计算值为 120 kΩ。

9.2 设置输出电流限制

TX4147 的逐周期电流限制由 OCSET 和 AGND 之间的 Rocset 和与电感串联的检测电阻 Rsns 组合配置。逐周期电流限制确定如下：

$$I_{LIML} = \frac{2.4}{R_{OCSET} (k\Omega) \times R_{SNS} (\Omega)} (A) \quad (2)$$

9.3 设置输出电压

选择 R1 和 R2 来设置正确的输出电压。为了最大限度地减少轻负载下的功耗，最好为 R1 和 R2 选择较大的电阻值。

两个电阻的推荐值都在 10k 和 1M 之间。如果选择 R1=200k，则 R2 可以计算为：

$$V_{OUT} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

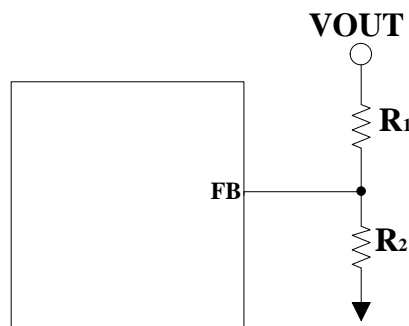


图4

9.4 选择电感器

1) 选择电感以提供所需的纹波电流。建议选择纹波电流为最大平均输入电流的 40% 左右。电感计算如下：

$$L = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{0.4 \times F_{SW} \times I_{OUT_MAX}} \quad (4)$$

其中 F_{SW} 是开关频率， I_{OUT_MAX} 是最大负载电流。

TX4147 对纹波电流变化不太敏感。因此，电感的最终选择可以稍微偏离计算值，而不会显着影响性能。

2) 必须选择电感器的饱和电流额定值，以保证在满载条件下对峰值电感器电流有足够的裕度。

3) 电感的 DCR 和开关频率下的磁芯损耗必须足够低，才能达到所需的效率要求。希望选择 $DCR < 10\text{mohm}$ 的电感器以实现良好的整体效率。

9.5 选择输出电容

选择输出电容器来处理输出纹波噪声要求。选择这些电容器时，必须同时考虑稳态纹波和瞬态要求。为获得最佳性能，建议使用 X5R 或更好等级的陶瓷电容。

9.6 选择输入电容

多层陶瓷电容器是降压转换器输入去耦的绝佳选择，因为它们具有极低的 ESR 并且尺寸很小。输入电容应尽可能靠近器件。虽然 $10\mu\text{F}$ 的输入电容足以满足大多数应用，但可以使用更大的值来降低输入电流纹波。

仅使用陶瓷输入电容器时要小心。当在输入端使用陶瓷电容器并且通过长电线（例如从墙上适配器）供电时，输出端的负载阶跃会在 VIN 引脚上引起振铃。这种振铃可能会耦合到输出并被误认为是环路不稳定，甚至可能损坏器件。在这种情况下，应在 CIN 和电源引线之间放置额外的“大”电容（电解电容或钽电容），以减少电源引线电感和 CIN 之间可能发生的振铃。

9.7 选择自举电容

ST 和 SW 引脚之间的自举电容提供栅极电流，在每个周期的导通期间为高端 FET 器件栅极充电，同时也为自举电容提供电荷。自举电容的推荐值为 $0.1\mu\text{F}$ 至 $1\mu\text{F}$ 。CBST 应该是位于器件引脚上的优质、低 ESR 陶瓷电容器，以最大限度地减少由走线电感引起的潜在破坏性电压瞬变。本设计示例选择了 $0.1\mu\text{F}$ 的值。

9.8 选择 VCC 电容器

VCC 电容器的主要用途是为驱动器和自举电容器提供峰值瞬态电流，并为 VCC 稳压器提供稳定性。CVCC 的值至少应比 CBST 的值大 10 倍，并且应该是一个质量好的、低 ESR 的陶瓷电容器。CVCC 应靠近 IC 的引脚放置，以尽量减少由走线电感引起的潜在破坏性电压瞬变。本设计示例选择了 $4.7\mu\text{F}$ 的值。

9.9 设计实例

图 5 是 36 至 90V 输入到输出 12V 输出转换器的典型应用示意图。

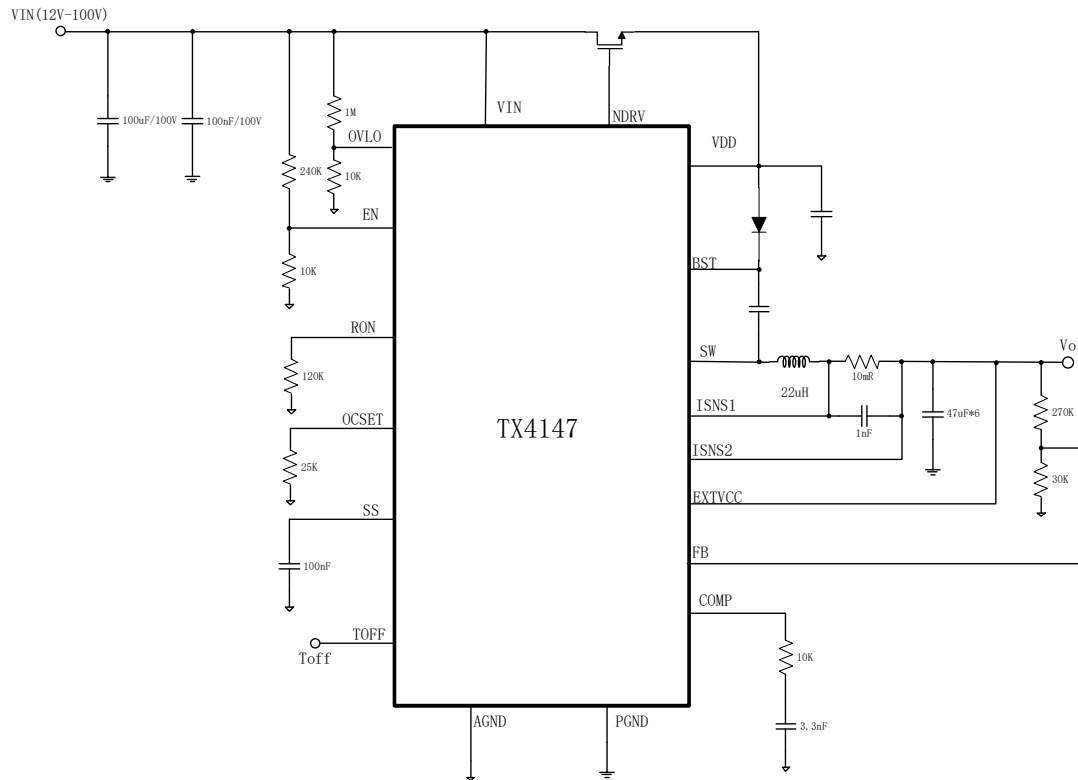
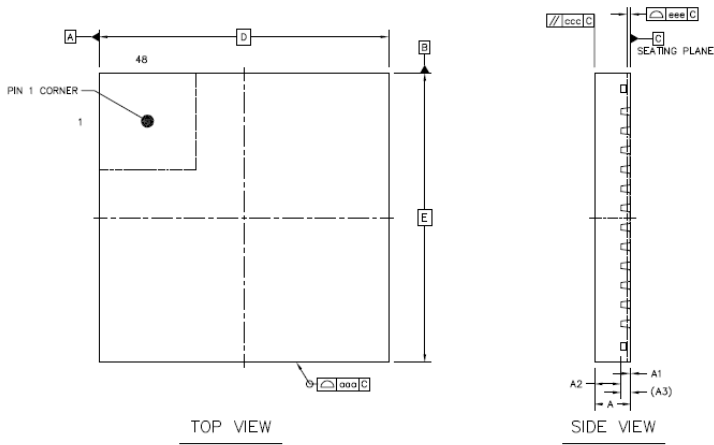


图 5. 应用示意图

10 封装信息



| | SYMBOL | MIN | NOM | MAX | |
|------------------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|
| TOTAL THICKNESS | A | 0.7 | 0.75 | 0.8 | |
| STAND OFF | A1 | 0 | 0.02 | 0.05 | |
| MOLD THICKNESS | A2 | --- | 0.55 | --- | |
| L/F THICKNESS | A3 | 0.203 REF | | | |
| LEAD WIDTH | b | 0.15 | 0.2 | 0.25 | |
| BODY SIZE | X | 6 BSC | | | |
| | Y | 6 BSC | | | |
| LEAD PITCH | e | 0.4 BSC | | | |
| EP SIZE | X | D2 | 4.5 | 4.6 | 4.7 |
| | Y | D3 | 1.975 | 2.075 | 2.175 |
| | | E2 | 1.975 | 2.075 | 2.175 |
| LEAD LENGTH | L | 0.3 | 0.4 | 0.5 | |
| LEAD TIP TO EXPOSED PAD EDGE | K | 0.3 REF | | | |
| PAD TO PAD | K1 | 0.45 REF | | | |
| PACKAGE EDGE TOLERANCE | aaa | 0.1 | | | |
| MOLD FLATNESS | ccc | 0.1 | | | |
| COPLANARITY | eee | 0.08 | | | |
| LEAD OFFSET | bbb | 0.07 | | | |
| EXPOSED PAD OFFSET | fff | 0.1 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

