

LNK33x2-7D LinkSwitch-TNZ产品系列

具有一流轻载效率和无损耗AC过零点检测功能的高效离线式开关IC

产品特点

最佳性能及设计灵活性

- 可无损耗生成过零点信号
- 支持降压式、降压-升压式和反激式拓扑结构
- 在任何输入电压和负载下的调整率均保持±3%
- 器件限流点可外部设定
- 66kHz工作频率，且具有精确的限流点
 - 允许使用市售现成的低成本电感
 - 可减小电感和电容的尺寸并降低成本
- 频率调制技术可简化EMI滤波电路
- X电容放电功能（仅LNK331x）

增强的安全性及可靠性特点

- 软启动限制了启动时的系统元件应力
- 短路和开环故障情况下的自动重新启动保护
- 输出过压保护(OVP)
- 输入过压保护(OVL)
- 迟滞过温保护(OTP)
- 扩大了漏极与其他引脚间的爬电距离，提高了应用的可靠性
- 集成725V额定电压MOSFET，具有出色的抗浪涌性能
- 已通过Nemko (EN62368-1)和CB (IEC62368-1)认证

EcoSmart™ – 节能高效

- IC待机供电电流<100µA
- 开/关控制方式可在宽负载范围内提供恒定的效率
- 轻松符合全球所有能效标准
- 使用外部偏置时空载功耗<30mW

应用

- 智能家居和智能建筑
- 兼容有零线及无零线连接的调光器、开关和传感器
- 家电
- 物联网和工业控制

描述

LinkSwitch™-TNZ系列IC将功率变换与通常用于系统时钟和定时功能的AC过零点信号的无损耗生成相结合。采用高集成度的LinkSwitch-TNZ IC的设计具有比分立方案更大的适用性，可减少40%或更多的元件数量。除了在小功率反激式设计中实现80%以上的效率外，通过ON/OFF控制实现的极低轻载功耗，可以使更多的功能（显示屏、无线连接、传感器等）在系统待机时处于激活状态。该产品系列支持降压式、降压-升压式和反激式变换器拓扑结构。

每个器件在一个单片IC上集成了一个725V的功率MOSFET、振荡器、一个给IC实现自供电的高压开关电流源、频率调制、快速（逐周期）电流限制、迟滞热关断以及输出和输入过压保护电路。

LinkSwitch-TNZ IC在待机模式下消耗的电流不到100µA，从而使电源设计符合全球性的空载和待机功耗标准。MOSFET电流限制模式可通过旁路引脚电容值进行选择。选择较高的限流点可提供最大连续输出电流，而较低的限流点允许使用成本非常低的小尺寸表面贴装电感。完善的保护特性可确保电源安全、可靠运行，在出现输入和输出过压故障、器件过热故障、电压失调以及电源输出过载或短路故障时保护器件及整个系统。

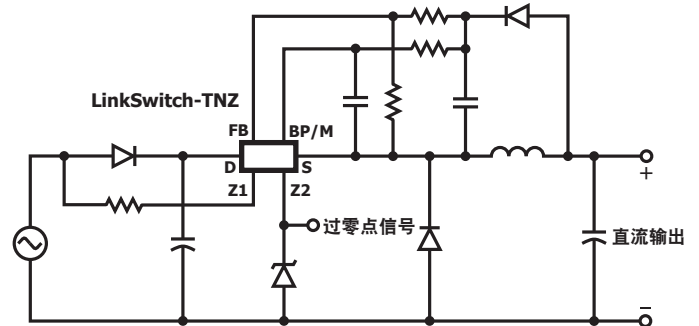


图 1. 典型降压变换器应用（有关反激拓扑和其他电路方案，请参阅“应用范例”部分）。



图 2. D封装：SO-8C。

降压拓扑输出电流对照表¹

产品型号	230VAC ±15%		85-265VAC	
	MDCM ²	CCM ³	MDCM ²	CCM ³
LNK33x2D	63mA	80mA	63mA	80mA
LNK33x4D	120mA	170mA	120mA	170mA
LNK33x6D	225mA	360mA	225mA	360mA
LNK33x7D	360mA	575mA	360mA	575mA

表 1. 输出功率对照表

备注：

1. 器件在默认电流点及散热充分的条件下工作时，非隔离降压式变换器的典型输出电流。输出功率能力取决于相应的输出电压和散热条件。请参阅“设计要点”部分以了解假定条件的详细论述，包括完全断续模式(DCM)工作。
2. 深度断续模式。
3. 连续导通模式。

反激拓扑输出功率对照表⁶

产品型号	敞开式 ⁴	
	230VAC ±15%	85-265VAC
LNK33x2D	5W	3W
LNK33x4D	10W	6W
LNK33x6/7D ⁵	18W	12W

表 2. 输出功率对照表

备注：

4. 最大的实际连续输出功率是在敞开式设计及有足够的散热、环境温度为25°C的条件下测量得到的。
5. 建议在反激拓扑中使用LNK33x6，以获得最高效率。
6. 请参考“主要应用指南”部分以了解假定条件的完整描述。

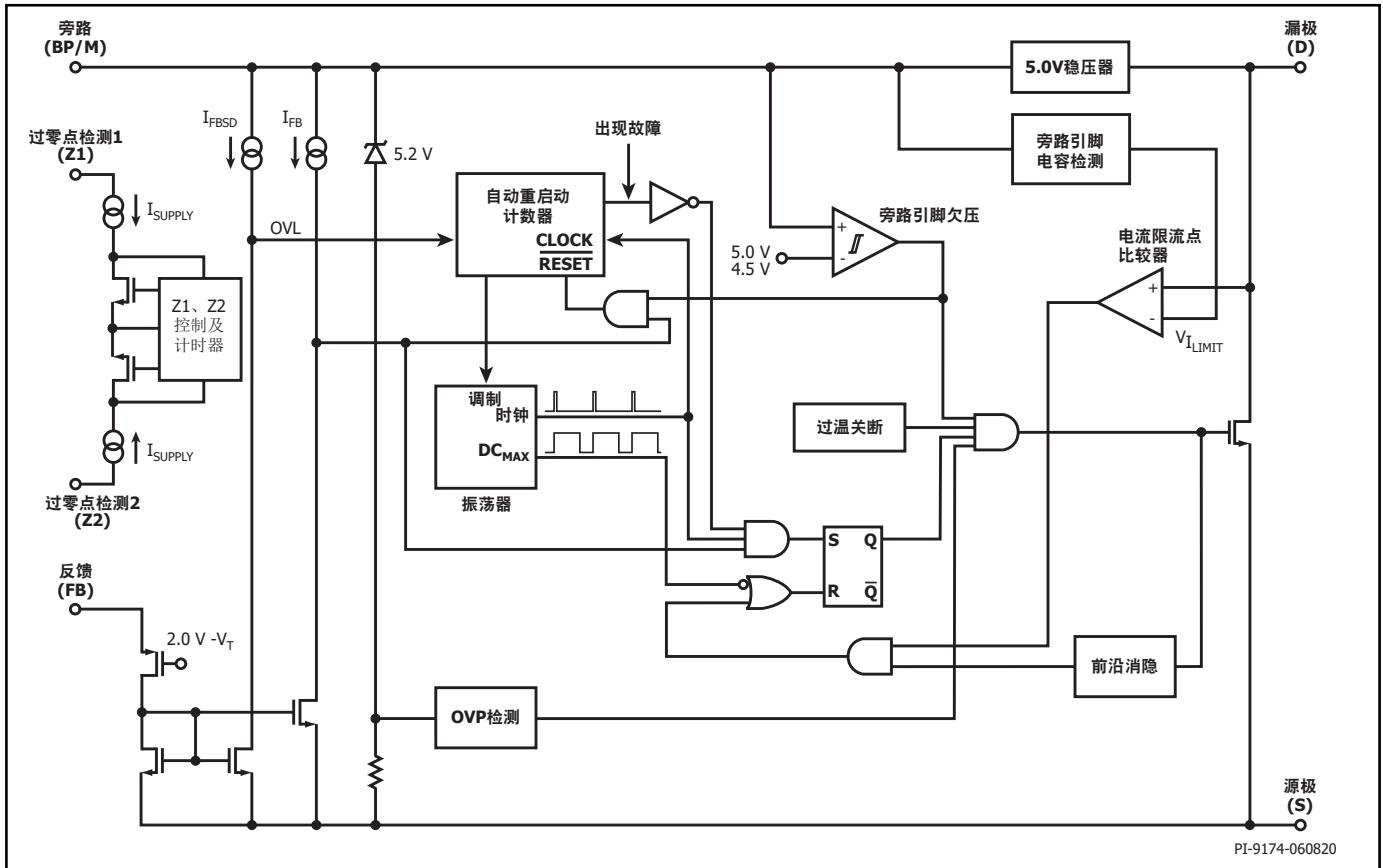


图 3. 功能原理框图

引脚功能描述

Z1和Z2引脚

- Z1和Z2结合使用，可实现过零点检测(ZCD)信号生成或X电容放电，或者两者兼有。对于过零点检测，Z1通过外部电阻连接到其中一条输入交流线路，而Z2形成ZCD信号输出。
- 对于X电容放电（仅限LNK331x），Z1通过一个外部电阻连接到一个交流线路输入端，Z2通过一个单独的外部电阻连接到另一个交流线路输入端。
- Z1和Z2还可用于同时实现X电容放电和ZCD信号生成功能（仅限LNK331x），详情请参见应用部分。
- 如果不使用，Z1和Z2可以连接到源极(S)引脚。
- Z1和Z2可以互换。

漏极(D)引脚

该引脚是功率MOSFET的漏极连接点。在启动及稳态工作时提供内部工作电流。

旁路(BP/M)引脚

该引脚有多项功能：

- 内部产生的5.0V供电电源的外部旁路电容连接点。
- 可对限流点进行外部设定。根据所使用电容的数值选择电流限流值。使用数值为0.1μF的电容会工作在标准的电流限流值上。使用1μF的电容可降低限流值，以便采用低成本的表面贴装降压电感进行设计。
- 它还提供了关断功能。当流入旁路引脚的电流超过 I_{BPSD} 且持续时间等于2到3个内部振荡器周期(f_{OSC})时，器件进入自动重启工作方式。采用外部电路时可以利用这个特点实现输出过压保护。

反馈(FB)引脚

在正常工作下，功率MOSFET的开关由反馈引脚控制。当大于 I_{FB} (49μA)的电流输入到此引脚时，MOSFET开关终止。当大于 I_{FBSD} (670μA)的电流输入到此引脚且持续2个连续开关周期时，将触发输入过压保护。

源极(S)引脚

该引脚是功率MOSFET的源极连接点。同时也是旁路和反馈引脚的接地参考点。

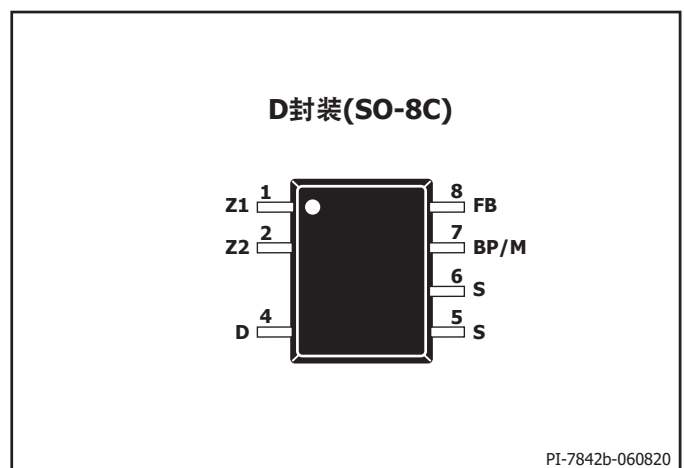


图 4. 引脚布局

LinkSwitch-TNZ功能描述

LinkSwitch-TNZ在一个器件上结合了一个高压功率MOSFET开关及一个电源控制器。与传统的PWM（脉冲宽度调制）控制器不同，LinkSwitch-TNZ使用简单的开/关控制方式来调节输出电压。LinkSwitch-TNZ控制器包括一个振荡器、反馈（检测）电路、5.0V稳压器、旁路引脚欠压电路、过热保护、输入及输出过压保护、频率调制、电流限流电路、前沿消隐功能以及一个725V功率MOSFET。LinkSwitch-TNZ还包括用于自动重启的附加电路。

振荡器

内部振荡器的平均频率设置在 f_{OSC} (66kHz)的典型值。此振荡器产生两个信号：最大占空比信号($DC_{(MAX)}$)及显示每个开关周期开始的时钟信号。

LinkSwitch-TNZ振荡器电路可产生轻微的频率抖动，通常为4kHz的峰峰值，用来将EMI降低到最小。频率调制的调制速率设置在1kHz的水平，目的是降低平均及准峰值的EMI，并给予优化。测量频率调制时应将示波器触发设定在漏极电压波形的下降沿。图5的波形举例说明了LinkSwitch-TNZ的频率调制方式。

软启动

上电时或在尝试自动重启时，器件将通过暂时将振荡器开关降至 $f_{OSC(SS)}$ 来实现软启动。软启动会在256个开关周期后或者在输出电压达到稳压时终止。

反馈输入电路

反馈引脚的反馈输入电路由一个输出设定 V_{FB} (2.0V)的低阻抗源极跟随器组成。当输入到此引脚的电流超过 I_{FB} (49 μ A)时，在反馈电路的输出端会产生一个低逻辑电平（禁止）。在每个周期开始时，对应时钟信号的上沿对这个电平进行取样。如果高，功率MOSFET会在那个周期导通（使能），否则功率MOSFET将仍处于关断状态（禁止）。仅在每个周期开始时进行取样。此周期中随后产生的反馈引脚电压或电流变化不会影响MOSFET的使能/禁止状态。如果大于 I_{FBSD} 的电流注入反馈引脚，同时MOSFET使能至少两个连续周期，器件将停止开关并进入自动重启关断时间。如果故障清除，自动重启关断时间结束后即可恢复正常开关。此关断功能允许在反激式变换器（见图6）中执行输入过压保护。流入反馈引脚的电流应被限制在1.2mA以下。

5.0V稳压器及5.2V分流电压钳位

当主开关MOSFET处在关断状态，漏极的电压将通过5.0V稳压器连接到旁路引脚的旁路电容充电到 V_{BP} 。旁路引脚是LinkSwitch-TNZ的内部供电电压节点。当MOSFET导通时，LinkSwitch-TNZ将储存在旁路电容内的能量消耗掉。内部电路的极低功耗使LinkSwitch-TNZ可使用从漏极吸收的电流持续工作。一个0.1 μ F的旁路电容就足够实现高频的去耦及能量存储。此外，当通过一个外部电阻提供电流给旁路引脚时，一个分流稳压器会将旁路引脚电压钳位在 $V_{BP(SHUNT)}$ (5.2V)。利用偏置绕组经过外部电阻向LinkSwitch-TNZ供电，可以将空载能耗降低到约10mW（反激式）。当 $\geq I_{BPSD}$ 的电流输入到旁路引脚时，器件立即停止开关并进入自动重启。在反激式变换器（见图6）中，在输出端到旁路引脚间连接一个外部稳压管可以实现迟滞过压保护功能。但流入旁路引脚的电流应被限制在16mA以下。

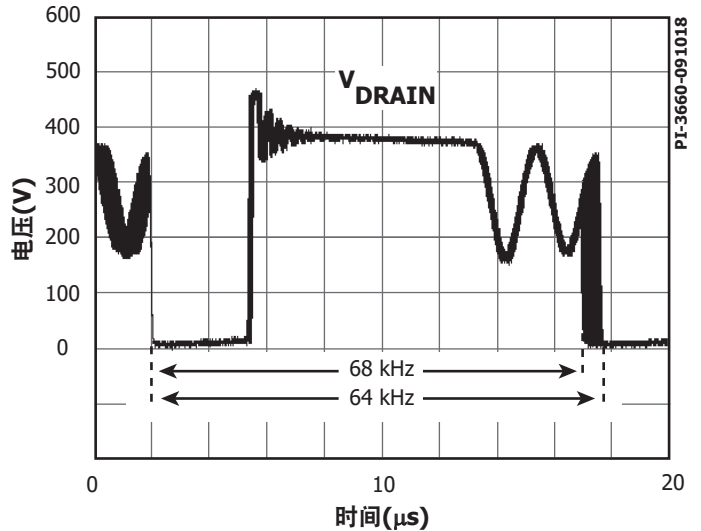


图5. 频率调制

旁路引脚欠压保护

当旁路引脚电压低于 $V_{BP} - V_{BPH}$ (约4.5V)时，旁路引脚欠压电路关闭功率MOSFET。一旦旁路引脚电压降到该阈值以下，它就必须升回到 V_{BP} 以使用功率MOSFET开关。

过热保护

热关断电路检测IC的结温。此阈值设置在 T_{SD} (典型值142 $^{\circ}$ C)且具有75 $^{\circ}$ C (T_{SDH})迟滞。当结温超过 T_{SD} ，功率MOSFET开关被禁止，直到结温下降到 $T_{SD} - T_{SDH}$ ，MOSFET才会重新使能。

电流限流点

电流限流电路检测功率MOSFET的电流。当电流超过内部阈值(I_{LIMIT})时，在该周期剩余阶段会关断功率MOSFET。在功率MOSFET导通后，前沿消隐电路会将电流限流比较器抑制片刻(t_{LEB})。通过设置前沿消隐时间，可以防止由电容及整流管反向恢复时间产生的电流尖峰引起该开关周期的提前误关断。可通过旁路引脚电容来选择电流限流点(0.1 μ F对应标准电流限流点/1 μ F对应降低电流限流点)。LinkSwitch-TNZ在上电时开关之前选择标准限流点或降低限流点。

自动重启

一旦出现故障，例如在输出过载、输出短路或开环情况下，LinkSwitch-TNZ进入自动重启操作。每当反馈引脚电压被拉高时，振荡器记时的内部计数器会重新复位。如果反馈引脚未被拉高且持续 $t_{AR(ON)}$ (50ms)时间，功率MOSFET开关将被禁止，持续时间等于自动重启关断时间。故障刚发生时，关断时间为150ms（第一个 $t_{AR(OFF)}$ 关断期间）。如果故障持续存在，后续关断时间延长为1500ms（后续 $t_{AR(OFF)}$ 关断期间）。自动重启电路对功率MOSFET进行交替使能和禁止，直到故障排除为止。开关振荡器对自动重启计数器进行置位。

迟滞输出过压保护

LinkSwitch-TNZ IC提供的输出过压保护采用自动重启，由 $>I_{FBSD}$ 的电流流入旁路引脚时触发。旁路引脚电容除起到内部滤波的作用，还作为外部滤波器，避免噪音信号引起保护电路的误触发。为使旁路电容达到有效的高频滤波，应将电容尽量放置在距器件源极和旁路引脚最近的地方。

在反激式变换器中，通过将稳压管从输出供电连接到旁路引脚可以实现过压保护功能。图6中的电路示例所示为一种实现输出过压保护的简单方法。此外，也可将一个小电阻（ 10Ω 到 47Ω ）与过压保护稳压管串联接入，作为额外的滤波。与OVP齐纳稳压管串联在一起的电阻同样可以控制流入旁路引脚的最大电流。流入电流必须限制在 $16mA$ 以下。

在反馈失效而导致的故障情况下，输出电压将快速上升并超过额定电压。当输出端电压超过连接在输出端和旁路引脚间的稳压管额定电压与旁路电压的总和时，将导致注入旁路引脚的电流超过 I_{FBSD} ，从而触发自动重启并提供输出过压保护。

输入过压保护

在反激式变换器中，LinkSwitch-TNZ可根据电路配置监测流入反馈引脚的电流，直接检测功率MOSFET导通期间的直流总线过压情况。图7所示为可能的电路设计。在MOSFET导通期间，次级绕组上的电压与初级绕组上的电压成正比。因此，流经晶体管Q3的基极和发射极的电流表示为 V_{BUS} 。间接输入电压检测可降低功耗，并用于过压保护。如果反馈引脚电流超过输入过压阈值电流 I_{FBSD} 且至少持续2个连续开关周期，LinkSwitch-TNZ将进入自动重启模式。

为了获得精确的输入过压阈值电压以及良好的效率、稳压性能和稳定性，应尽量减小变压器漏感。低漏感将会减弱次级绕组的振铃并提供精确的输入过压保护取样。在某些设计中，如果需要对输入电压进行取样，可以在整流二极管两端跨接RC缓冲器来抑制次级绕组的振铃。

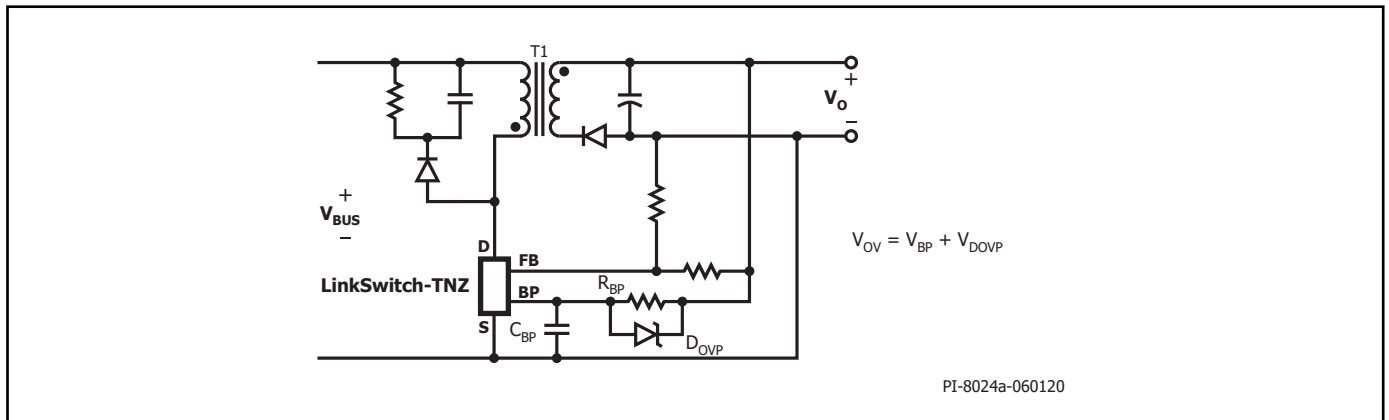


图 6. 具有输出过压保护功能的非隔离反激式变换器（为清晰起见，未显示Z1/Z2电路）

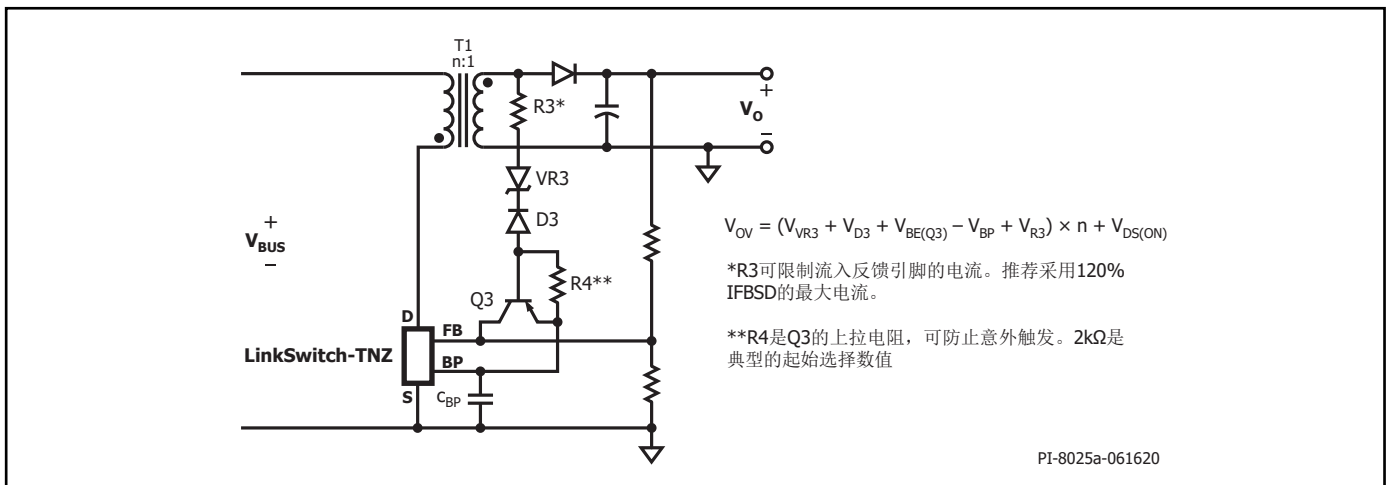


图 7. 使用反馈引脚进行输入电压检测以实现过压保护（为清晰起见，未显示Z1/Z2电路）

使用流限状态调节器的ON/OFF控制

LNK33x7的内部时钟始终工作。它在每个时钟周期上升沿对反馈引脚进行采样，来决定是否执行一个开关周期，并根据多个周期的采样序列确定适当的流限。重负载时，流限状态调节器将流限设置到最高值。负载减轻时，流限状态调节器会相应将流限值的设置降低。

接近最大负载时，LNK33x7将在大部分时钟周期内导通（如图8）。当负载稍轻时，它会“跳过”附加周期以保持电源输出电压的稳定

（图9）。中等负载条件下，某些周期会被跳过，同时限流点也会降低（图10）。而在负载极轻时，电流限流点会进一步降低（图11）。仅有少部分的周期导通以供给电源本身的功率消耗。

因此，ON/OFF控制电路的响应时间要比PWM控制快得多。这样可获得精确的稳压及出色的瞬态响应。

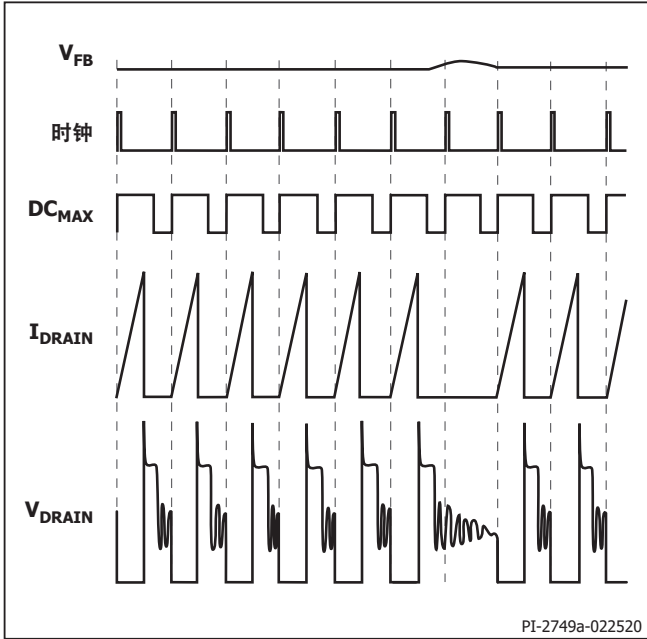


图 8. 在接近满载时的工作情况（反激）

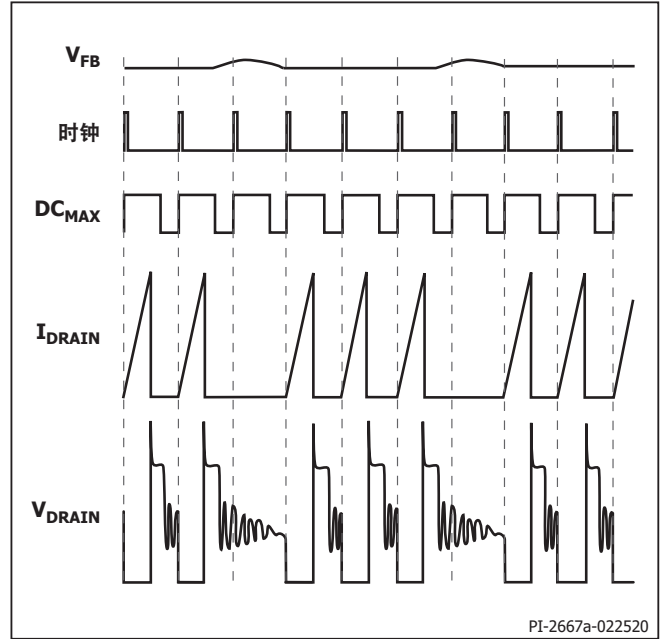


图 9. 在较重负载时的工作情况（反激）

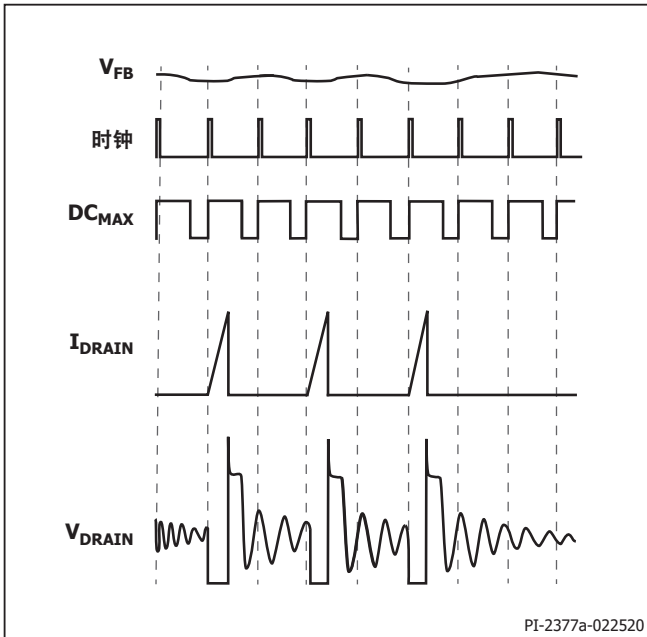


图 10. 在中等负载时的工作情况（反激）

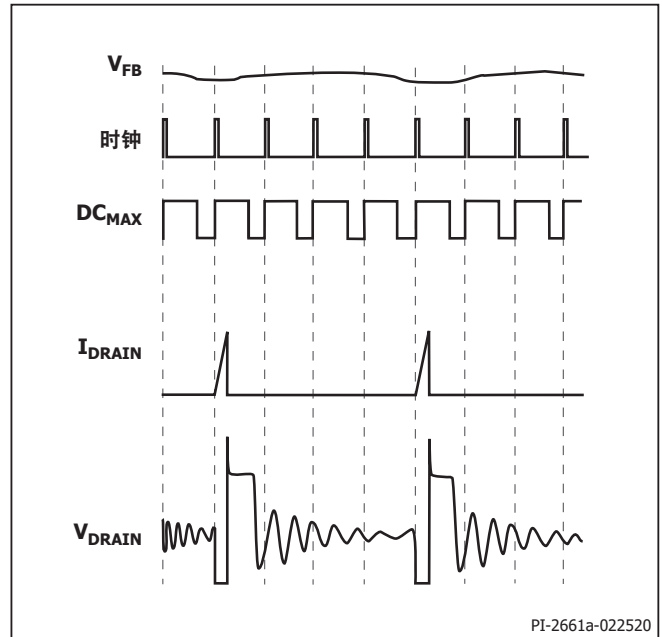


图 11. 在极轻负载时的工作情况（反激）

应用范例

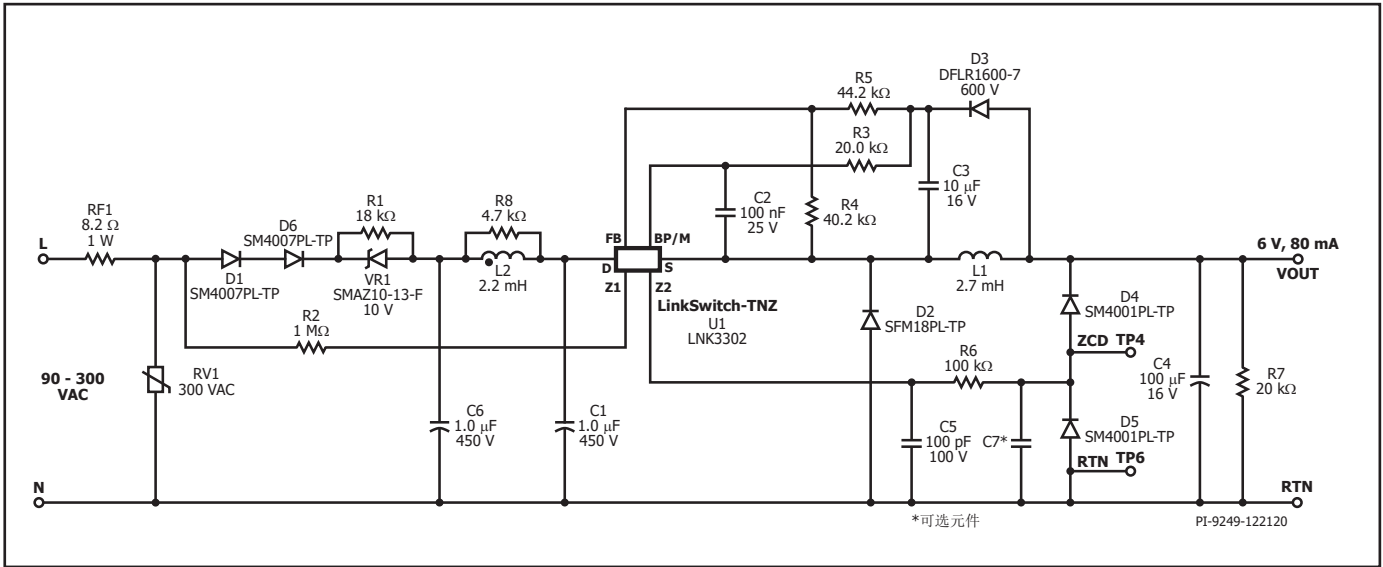


图 12. 使用LinkSwitch-TNZ且具有过零点检测电路的通用输入6V/80mA恒压电源

0.48W通用输入降压式变换器

图12所示电路是两线智能开关应用中使用的6V、80mA非隔离电源的典型实现。

输入级由可熔电阻RF1、压敏电阻RV1、二极管D1和D6、电容C1和C6、电感L2和电阻R8以及R-Z电路R1和VR1组成。电阻RF1是防火、可熔、绕线式电阻。它具有下列多项功能：

- A. 将浪涌电流限制到对整流管D1和D6安全的水平；
- B. 差模噪声衰减；
- C. 在任何其他元件发生失效短路时充当输入保险丝（元件安全开路，不会产生烟雾、火花或高温炽热物质）。

RV1用于雷击保护。R-Z电路通过放置一个大的串联电阻R1来减小空载输入电流，从而提高系统功率因数。齐纳稳压管可在启动和较高输出负载时钳位R1上的电压。

D1和D6在振荡浪涌期间提供整流和保护，振荡浪涌的测试电压通常高于2kV。为了避免ZCD测量期间出现相移，不建议将其中一个二极管放置在零线侧。

功率处理级由LinkSwitch-TNZ U1、续流二极管D2、输出电感L1和输出电容C4组成。此设计选用的是LNK3302，可使电源在深度连续导通模式(CCM)下工作。二极管D2是反向恢复时间(t_{RR})为35ns的超快速二极管，推荐用于CCM工作模式。对于深度断续模式(MDCM)设计，可使用 t_{RR} 为75ns的二极管。电感L1是具有适当RMS电流额定值的市售标准电感。电容C4是低ESR电解电容，可降低输出电压纹波。在轻载或空载条件下，需要一个小假负载R7将输出电压限制在额定电压的110%左右。

电容C2的容值为100nF，将电流限流点设置为标准模式。电阻R3为旁路(BP)引脚提供外部电流源，以降低空载输入功率。

基本上，D2和D3的正向电压降是相等的。因此，C3的电压可跟踪输出电压。C3上形成的电压通过连接到U1反馈电压的电阻分压器R4和R5进行检测和调整。R4和R5选取的值可在所需的输出电压下设置反馈引脚为2V。

输出电压调整通过跳开关周期得以维持。当输出电压升高时，进入反馈引脚的电流将随之增大。如果此电流超过 I_{FB} ，将跳过随后的周期，直至电流减小到 I_{FB} 以下。因此，随着输出负载减小，跳过的周期也更多，如果负载增大，跳过的周期就更少。如果在50ms内不跳过任何周期的情况下提供过载保护，LinkSwitch-TNZ将进入自动重新启动，将平均输出功率限制在最大过载功率的3%。

Z1和Z2引脚用于提供无损耗(<5mW)过零点检测(ZCD)电路。Z1通过电阻R2连接到其中一条输入交流线路，而Z2形成ZCD信号输出。

当交流电压相对于零线正向时，D4正向偏置，并将ZCD输出钳位至 $V_{OUT} + 0.7V$ 。在交流输入的负向相位处，D5正向偏置，并将ZCD输出钳位至-0.7V。

由R2、C5、R6和可选C7组成的无源元件提供噪声滤波，以确保ZCD信号的纯净。选择这些值时应使ZCD的总延迟时保持在200 μ s以下。D5的电容量足够大，无需再增加额外的电容。然而，选择二极管时必须小心，因为电容量太大会导致更多延迟。

设计要点

LinkSwitch-TNZ设计要点

输出电流对照表（降压拓扑）

表1列出了LinkSwitch-TNZ在以下假定条件下可提供的典型实际连续输出电流：

1. 降压拓扑结构。
2. 最小直流输入电压 $\geq 70V$ 。输入电容的值应足够大才能满足此标准。
3. 如果采用CCM模式工作， KRP^* 为0.4。
4. 12VDC输出电压。
5. 效率为75%。
6. $t_{RR} \leq 75ns$ 的钳位/续流二极管用于MDCM模式工作，CCM模式工作则使用 $t_{RR} \leq 35ns$ 的二极管。
7. 器件通过源极引脚焊接到PCB板足够大的铜箔区域上，以使源极引脚温度保持或低于 $110^\circ C$ 。

* KRP 是纹波与峰值电感电流的比值。

输出功率对照表（反激拓扑）

表2列出了LinkSwitch-TNZ在以下假定条件下可提供的最大实际连续功率：

1. 反激拓扑结构。
2. 12VDC输出电压。
3. 效率为75%。
4. 采用CCM模式工作， KRP 为0.6。
5. 敞开式， $25^\circ C$ 环境温度。
6. 器件通过源极引脚焊接到PCB板足够大的铜箔区域上，以使源极引脚温度保持或低于 $110^\circ C$ 。

LinkSwitch-TNZ的选择与MDCM和CCM工作的选择

选择LinkSwitch-TNZ器件、续流二极管和有助于实现最低整体成体的输出电感。通常，MDCM可提供成本最低、效率最高的变换器。所有CCM设计都需要使用更大的电感和超快速($t_{RR} \leq 35ns$)续流二极管。在MDCM中使用更大型号的LinkSwitch-TNZ器件比在CCM中使用更小型号的LinkSwitch-TNZ器件成本更低，这是因为CCM设计需要增加外围元件成本。不过，如果要求达到最大输出电流，应遵循以下指南采用CCM模式。

拓扑结构选择

LinkSwitch-TNZ可用于所有常见拓扑结构，通过采用或不采用光耦和参考电压来改善输出电压公差和调整率。表2提供了这些配置的汇总信息。有关详细信息，请参见“应用指南 – LinkSwitch-TNZ设计指南”。

元件的选择

参照图12，遵循下列设计要点可有助于为LinkSwitch-TNZ设计选择元件。

旁路引脚电容C2

连接旁路引脚的电容为控制器提供去耦并可选择限流点。可以根据数据手册中所示使用 $0.1\mu F$ 或 $1\mu F$ 电容。虽然可以使用电解电容，但最好使用表面贴装的多层陶瓷电容，因为它们能使电容靠近IC放置，并且实现紧凑型开关电源的设计。推荐使用16V、25V或更高电压的X7R介电电容，以确保在直流偏置和温度下达到最小容量变化。

续流二极管D2

二极管D2应选用超快速二极管。对于MDCM，反向恢复时间 $t_{RR} \leq 75ns$ 应在 $70^\circ C$ 或更低温度条件下使用。慢速二极管不适用这种设计，因为连续导通模式工作总是发生在启动时，此时会造成很高的前沿电流尖峰，过早终止开关周期，并且阻止输出达到稳压。如果环境温度超过 $70^\circ C$ ，应使用反向恢复时间 $t_{RR} \leq 35ns$ 的二极管。

对于CCM，应使用反向恢复时间 $t_{RR} \leq 35ns$ 的超快速二极管。较慢速的二极管可能造成过高的前沿电流尖峰，从而过早终止开关周期，并且不能满负荷功率输出。

绝不可使用快速和慢速恢复二极管，因为较大的反向恢复电流可导致二极管中产生过大功耗和/或超过LinkSwitch-TNZ规定的最大漏极电流。

反馈二极管D3

二极管D3可以使用低成本的慢速二极管（例如1N400X系列），但是应选择玻璃钝化类型二极管，以保证提供指定的反向恢复时间。基本上，D2和D3的正向电压降应匹配。

电感L1

选择任何满足设计要求的市售标准电感。推荐采用单一铁氧体材料的鼓状磁芯或工字型磁芯的电感，因为这种电感具有低成本。对电感进行浸漆处理可将音频噪声降至最低。借助Power Integrations的PI Expert设计套件内的LinkSwitch-TNZ设计表格，可以获得典型的电感值和RMS电流额定值。所选L1的电感值应大于或等于典型的计算电感值，并且RMS电流额定值大于或等于计算的RMS电感电流。

输出电容C4

电容C4的主要功能是平滑电感电流。实际输出纹波电压与电容的ESR呈函数关系。基本上，此电容的ESR不应超过所选LinkSwitch-TNZ的额定纹波电压除以典型限流点的商数。

反馈电阻R4及R5

由R4和R5组成的电阻分压器中电阻的选定值应使反馈引脚电压维持在2V。

外部偏置电阻R3

为了降低电源的空载输入功率，推荐使用R3，从反馈电容C3连接至旁路引脚。这种情况适用于输出电压大于 $V_{BP(SHUNT)}$ 的电源。为实现最低的空载功耗，流入旁路引脚的电流应稍微大于 I_{S1} 。为获得最佳满载效率和热性能，流入旁路引脚的电流应稍微大于 I_{S2} 的最大值。

反馈电容C3

电容C3可以是低成本的普通电容。它提供“采样和维持”功能，在LinkSwitch-TNZ关断期间为输出电压充电。其典型值为 $10\mu F$ 。

假负载电阻R7

在高压侧直接反馈中，需要一个假负载电阻来维持轻载或空载时的输出调整。R7的值应在功率损耗和输出调整之间取得平衡。

ZCD电路

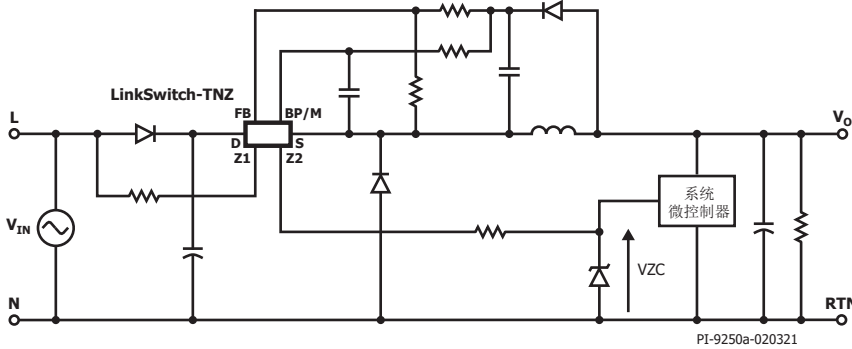
图12中所示的ZCD设计只是用户根据拓扑结构选择的各种方案之一。在高压侧降压设计中，由于源极引脚悬浮，Z1/Z2引脚更容易产生开关噪声耦合，尤其是在高输入电压满载时。未减轻的噪声不仅会影响ZCD信号，还会导致更高的传导干扰。R电阻R2应足够大，以尽量降低对EMI的影响，同时将ZCD延迟保持在可接受的水平。需要一个由C5、R6和可选C7 (<100pF)组成的滤波器网络，以确保ZCD信号的纯净。对于D5，应选择结电容小于100pF的二极管。

X电容放电 (仅限LNK331x)

通过外部串联电阻将Z1连接到一条交流输入线路，再通过单独的外部电阻将D2连接到另一条交流输入线路，即可实现X电容放电功能。总X电容和总串联电阻范围的额定值 (RC时间常数<1秒) 如下表所示。

总X电容	总串联电阻
100nF至6 μ F	7.5M Ω 至142k Ω

非隔离架构



- 输出以零线为参考
- 相对于零线的正输出电压
- 降压 $-V_o < V_{IN}$
- 低成本直接反馈 ($\pm 5\%$ 典型值)
- 需要使用一个输出负载来维持稳压
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- ZCD逻辑跟随AC输入
- ZCD元件数极少
- 较高的齐纳稳压管电容可能会影响ZCD延迟
- ZCD低电平信号相对于系统GND为-0.7V
- 具有X电容放电功能

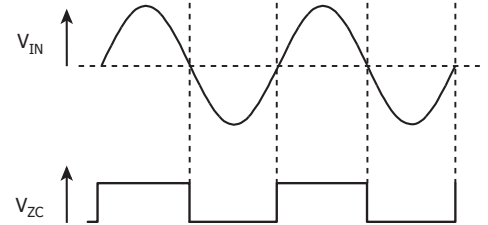
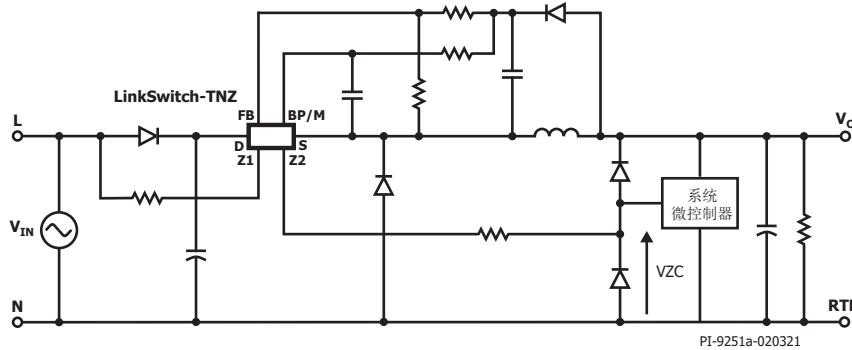


图 13. 高压侧降压，具有齐纳稳压管的半波整流ZCD



- 输出以零线为参考
- 相对于零线的正输出电压
- 降压 $-V_o < V_{IN}$
- 低成本直接反馈 ($\pm 5\%$ 典型值)
- 需要使用一个输出负载来维持稳压
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- ZCD逻辑跟随AC输入
- 由于电容量低于齐纳稳压管，因此通常具有更快的ZCD电压变化率
- ZCD低电平信号相对于系统GND为-0.7V
- 无X电容放电功能

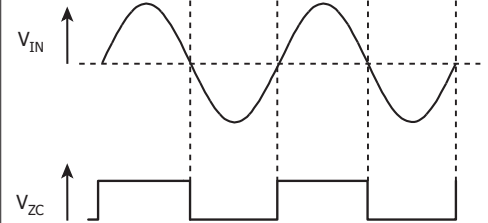
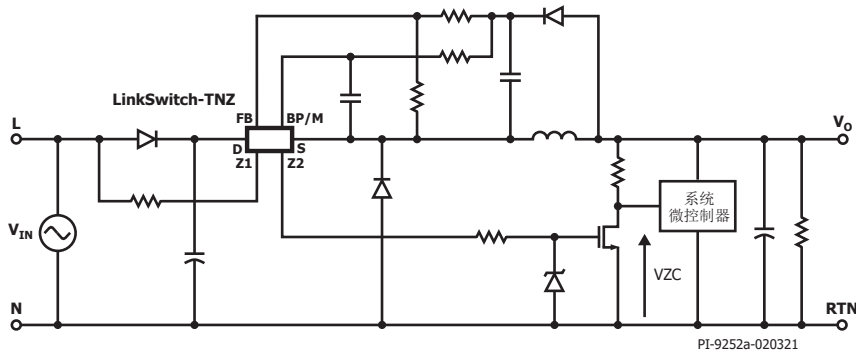


图 14. 高压侧降压，具有2个二极管的半波整流ZCD



- 输出以零线为参考
- 相对于零线的正输出电压
- 降压 $-V_O < V_{IN}$
- 低成本直接反馈 ($\pm 5\%$ 典型值)
- 需要使用一个输出负载来维持稳压
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- ZCD逻辑低电平信号与系统GND相同
- 具有X电容放电功能

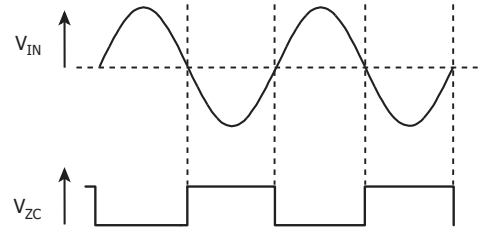
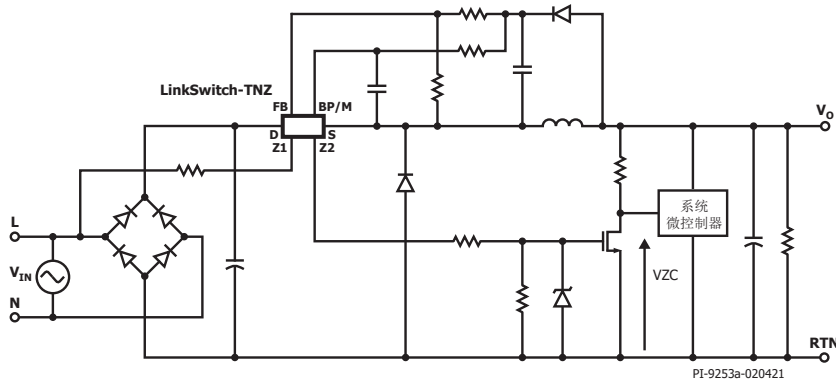


图 15. 高压侧降压, 具有MOSFET的半波整流ZCD



- 相对于零线的正输出电压
- 降压 $-V_O < V_{IN}$
- 低成本直接反馈 ($\pm 5\%$ 典型值)
- 需要使用一个输出负载来维持稳压
- 比半波整流管具有更高的功率能力
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- ZCD低电平信号与系统GND相同
- ZCD信号探测需要特殊设置, 以防止信号中断
- 无X电容放电功能

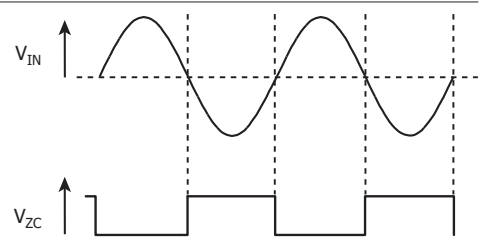
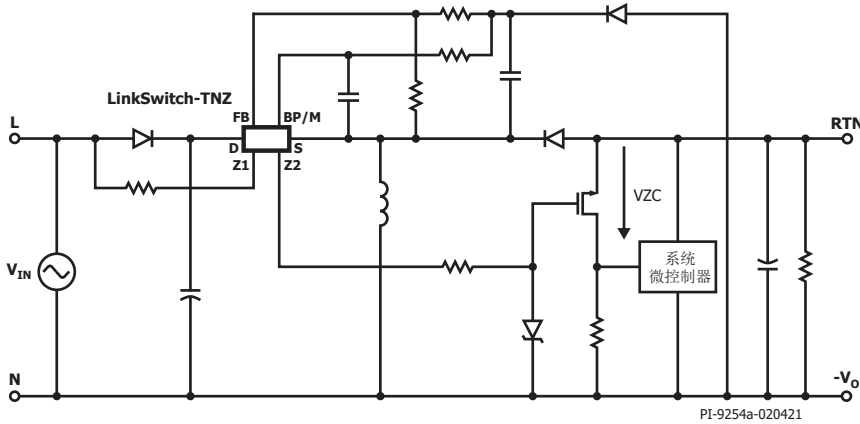


图 16. 高压侧降压, 整流桥, 具有MOSFET的ZCD



- 相对于零线的负输出电压
- 升降压 - $V_O > V_{IN}$ 或 $V_O < V_{IN}$
- 低成本直接反馈 ($\pm 5\%$ 典型值)
- 自动防故障 - 当内部功率MOSFET故障时输出不受输入电压的影响
- 需要使用一个输出负载来维持稳压
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- 具有X电容放电功能

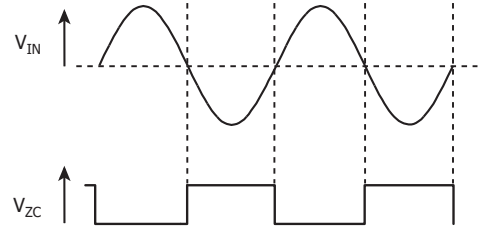
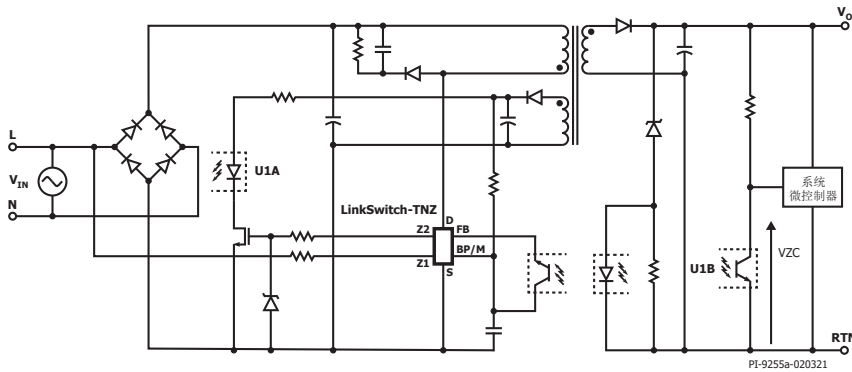


图 17. 高压侧降压-升压，直接反馈



- 升降压 - $V_O > V_{IN}$ 或 $V_O < V_{IN}$
- 光耦器反馈
- 无需假负载
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- ZCD信号以次级为参考
- 无X电容放电功能

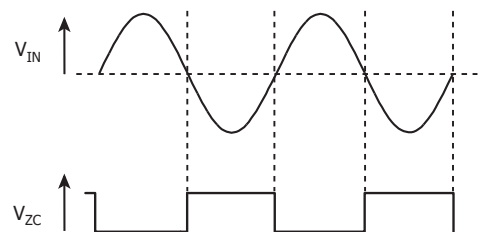
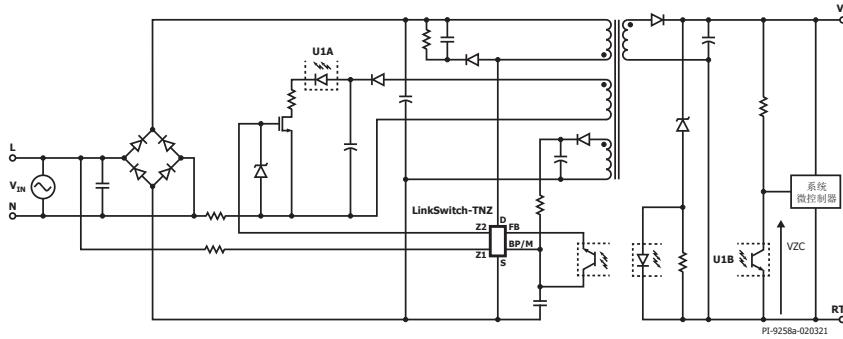


图 18. 隔离反激，具有用于IC偏置的辅助绕组



- 升降压 - $V_O > V_{IN}$ 或 $V_O < V_{IN}$
- 光耦器反馈
- 无需假负载
- ZCD信号每半个工频周期切换一次
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- ZCD信号以次级为参考
- 需要以零线为参考的额外偏置绕组
- 具有X电容放电功能

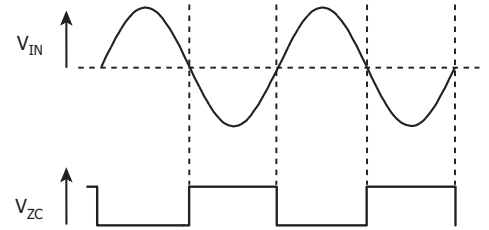
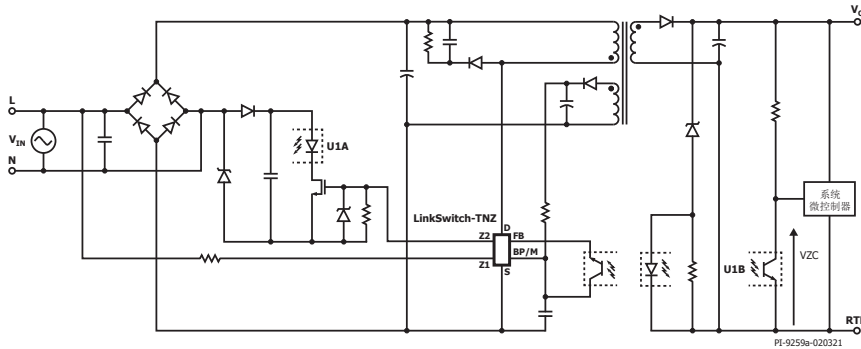


图 19. 隔离反激，具有用于ZCD光耦器偏置的专用绕组



- 升降压 - $V_O > V_{IN}$ 或 $V_O < V_{IN}$
- 光耦器反馈
- 无需假负载
- ZCD信号触发每个工频周期
- 相对于交流输入的反向ZCD逻辑
- ZCD信号以次级为参考
- 具有X电容放电功能

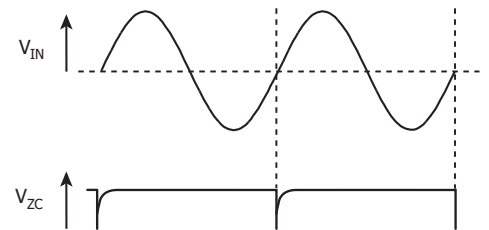


图 20. 隔离反激，具有自偏置ZCD光耦器

LinkSwitch-TNZ PCB布局注意事项

在降压式或降压-升压式变换器设计中，由于LinkSwitch-TNZ器件中的源极引脚是开关节点，连接源极的铺铜区域应尽量最小，以便在设计的热约束内改善EMI。

在升压拓扑结构中，由于源极引脚连接至直流回路，可以尽量增大连接源极的铺铜区域，以提高散热性能。

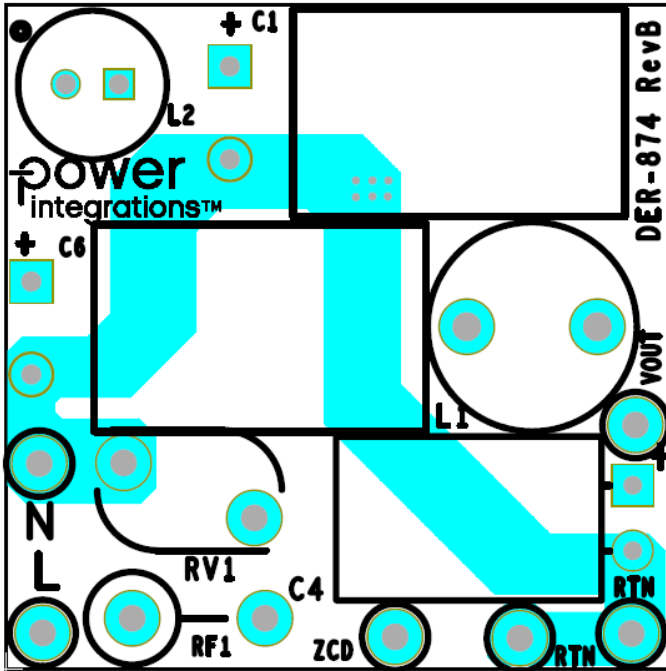


图 21. LinkSwitch-TNZ高压侧降压设计的印刷电路板布局示例

安全注意事项

根据UL/IEC 60950安全标准，满足以下任一条件即可实现功能绝缘：

1. 功能绝缘的爬电距离和电气间隙要求。
2. 功能绝缘耐电强度测试
3. 短路后，没有任何材料过热，不会造成火灾风险，没有熔融材料排放，没有PCB走线开口，温度在限制范围内。

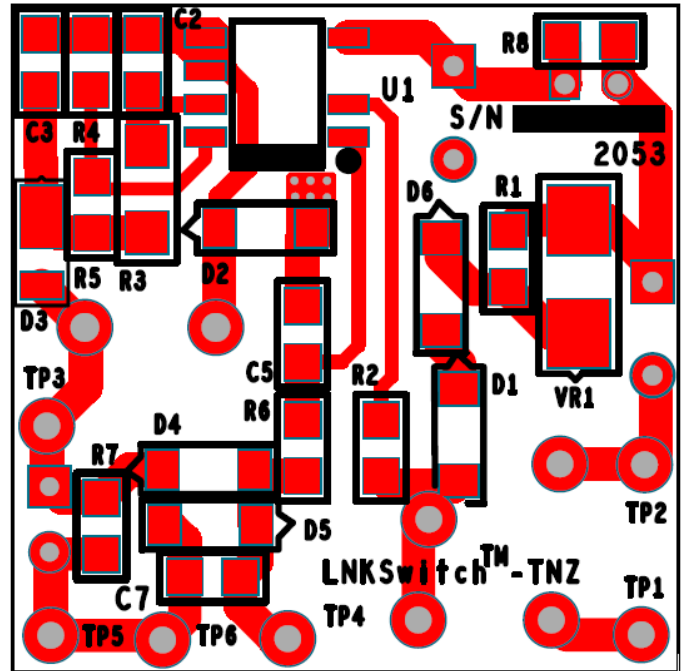
Z1和Z2引脚的功能安全符合第3项条件 - 也就是说，只要外部元件（电阻、电容）的额定值正确，即使引脚短路也不会有违反安全规定的风险。

快速设计校验

对于任何使用LinkSwitch-TNZ的电源设计，都应经过全面测试以确保功能正常。建议至少进行如下测试：

1. 足够的直流干线电压 - 检查确认最小直流输入电压在最小输入电压及最大负载下不低于70VDC。
2. 正确的二极管选择 - 反向恢复时间为75ns或更短的UF400x系列二极管仅建议用于在70°C或更低环境温度下及MDCM模式下工作的设

图21是图12所示电路原理图的印刷电路板布局设计范例。LinkSwitch-TNZ U1、续流二极管D2和输入电容C1所形成的环路应尽可能的小。旁路引脚电容应尽量靠近源极(S)和旁路(BP)引脚。为尽量减小与开关节点的直接耦合，LinkSwitch-TNZ应远离交流输入线路。



3. 最大漏极电流 - 确认在最高输入电压、最大过载（开始自动重启前）及最高环境温度下的最差条件下峰值漏极电流低于数据手册规定的峰值漏极值。
4. 温升检查 - 在最大输出功率、最小输入电压及最高环境温度情况下，检查LinkSwitch-TNZ源极引脚的温度是否为100°C或更低。这样可以确保提供充足的裕量以应对元件之间的电阻 $R_{DS(ON)}$ 差异。如果IC的器件温度超过85°C且环境温度为25°C，建议应为电源设计选择该产品系列中相邻更大型号的器件。源极引脚是开关节点时，推荐使用电池供电的温度记录仪来测量。或者，可以升高环境温度来测试过热关断的温度。

在采用降压式或降压-升压式变换器拓扑结构的LinkSwitch-TNZ设计中，源极引脚是开关节点。因此，进行示波器测量时探头地应该连接到直流电压（例如初级回路地或直流输入母线），而不是连接到源极引脚。进行测量时，必须使用隔离式交流电源（例如，通过隔离变换器）。

绝对最大额定值^{1,5}

漏极引脚电压: LNK33xx.....	-0.3V至725V
漏极引脚峰值电流: LNK33x2.....	600mA ²
LNK33x4.....	1230mA ²
LNK33x6/7.....	3750mA ²
Z1/Z2引脚电压 ⁶ : LNK33xx.....	1000V
Z1/Z2引脚电流 ⁷ : LNK33xx.....	5mA
反馈引脚电流.....	100mA
反馈引脚电压.....	-0.3V至7V
旁路引脚电压.....	-0.3V至7V
存储温度.....	-65至150°C
工作结温 ³	-40至150°C
引线温度 ⁴	260°C

注释:

1. 所有电压均在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 情况下以源极作为参考点。
2. 请参见图15和图25 ($V_{DS} > 400\text{V}$ 时)。
3. 通常由内部电路控制。
4. 在距壳体1/16英寸处测量, 测量时间5秒。
5. 在短时间内施加器件允许的最大额定值不会引起产品永久性的损坏。但长时间用在器件允许的最大额定值时, 会对产品的可靠性造成影响。
6. Z1引脚相对于Z2引脚在任何极性的电压。
7. 当Z1/Z2电压同时低于400V时, 可允许峰值电流。

热阻

热阻:

(θ_{JA})	100°C/W ² , 90°C/W ³
(θ_{JC}) ¹	30°C/W

备注:

1. 在靠近塑体表面的8引脚(源极)测得的。
2. 焊在0.36平方英寸(232mm²)、2盎司(610g/m²)铜箔区域。
3. 焊在1.0平方英寸(645mm²)、2盎司(610g/m²)铜箔区域。

参数	符号	条件 源极 = 0V $T_J = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C (除非另有说明)			最小值	典型值	最大值	单位
控制功能								
工作频率	f_{OSC}	$T_J = 25^\circ\text{C}$	平均	62	66	70	kHz	
			调制的峰-峰值		4			
最大占空比	DC_{MAX}	$T_J = 25^\circ\text{C}$		66	69	73	%	
反馈引脚关断阈值电流	I_{FB}	$V_{BPP} = 5.0\text{V}$ 至 5.5V $T_J = 25^\circ\text{C}$		44	49	54	μA	
关断阈值的反馈引脚电压	V_{FB}	$V_{BPP} = 5.0\text{V}$ 至 5.5V $T_J = 25^\circ\text{C}$		1.97	2.00	2.03	V	
反馈引脚即时关断电流	$I_{FB(SD)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		520	675	800	μA	
反馈引脚即时关断延迟		$T_J = 25^\circ\text{C}$			2		开关周期	
关断电流的反馈引脚电压	$V_{FB(SD)}$	$V_{BPP} = 5.0\text{V}$ 至 5.5V $T_J = 25^\circ\text{C}$			3.0		V	
漏极引脚供电电流	I_{S1}	VFB = 2.1V (MOSFET未开关) 见注释A			75		μA	
			反馈引脚开路 (MOSFET 开关) 见注释A、B	LNK33x2		98	160	μA
				LNK33x4		113	180	
				LNK33x6		165	250	
LNK33x7		190		290				

参数	符号	条件 源极 = 0V $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位	
控制功能 (续上)							
旁路引脚充电电流	I_{CH1}	$V_{BP} = 0V$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-11	-7	-3	mA	
	I_{CH2}	$V_{BP} = 4V$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-7.5	-5	-2.5		
旁路引脚电压	V_{BP}		4.7	5.0	5.2	V	
旁路引脚关断阈值电流	$I_{BP(SD)}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		6	8	mA	
旁路引脚分流电压	$V_{BP(SHUNT)}$	$I_{BP} = 2\text{mA}$	4.9	5.2	5.5	V	
旁路引脚电压迟滞	$V_{BP(H)}$		0.37	0.47	0.57	V	
旁路引脚供电电流	$I_{BP(SC)}$	见注释C	55			μA	
电路保护							
标准电流限流点 (C_{BP}) = $0.1\mu\text{F}$ 见注释D、H	I_{LIMIT}	$di/dt = 55\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x2	126	136	146	mA
		$di/dt = 250\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		149	170	191	
		$di/dt = 65\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x4	240	257	275	
		$di/dt = 415\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		278	317	356	
		$di/dt = 95\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x6	450	482	515	
		$di/dt = 610\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		510	580	650	
		$di/dt = 95\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x7	725	780	835	
		$di/dt = 610\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		893	1015	1137	

参数	符号	条件 源极 = 0V $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位	
电路保护							
降低电流限流点 (C_{BP}) = $1\mu\text{F}$ 见注释D、H	$I_{\text{LIMIT(RED)}}$	$di/dt = 28\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x2	70	80	90	mA
		$di/dt = 170\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$		104	119	134	
		$di/dt = 65\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x4	180	205	230	
		$di/dt = 415\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$		227	258	289	
		$di/dt = 95\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x6	325	370	415	
		$di/dt = 610\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$		408	464	520	
		$di/dt = 95\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33x7	545	620	695	
		$di/dt = 610\text{mA}/\mu\text{s}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$		730	830	930	
最小开通时间	$t_{\text{ON(MIN)}}$	LNK33x2 见注释I	373	534	687	ns	
		LNK33x4 见注释I	356	475	594		
		LNK33x6 见注释I	442	591	734		
		LNK33x7 见注释I	656	875	1094		
前沿消隐时间	t_{LEB}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 见注释E	300	450		ns	
热关断温度	T_{SD}	见注释F	135	142	150	$^{\circ}\text{C}$	
过温关断迟滞	T_{SDH}	见注释F		75		$^{\circ}\text{C}$	
内部软启动	$f_{\text{OSC(CC)}}$	LNK33xx	软启动时间, 见注释E		256		周期
			软启动频率		33		kHz

参数	符号	条件 源极 = 0V $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C (除非另有说明)		最小值	典型值	最大值	单位
输出							
导通电阻	$R_{DS(ON)}$	LNK33x2 $I_D = 13\text{mA}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		48	55.2	Ω
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		76	88.4	
		LNK33x4 $I_D = 25\text{mA}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		24	27.6	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		38	44.2	
		LNK33x6 $I_D = 45\text{mA}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		7	8.1	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		11	12.9	
		LNK33x7 $I_D = 45\text{mA}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		7	8.1	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		11	12.9	
关断状态漏极漏电流	I_{DSS1}	$V_{BP} = 5.4\text{V}$ $V_{FB} \geq 2.1\text{V}$ $V_{DS} = 80\% BV_{DSS}$ $T_J = 125^{\circ}\text{C}$				200	μA
	I_{DSS2}	$V_{BPP} = 5.4\text{V}$ $V_{DSS} = 325\text{V}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$			15		
击穿电压	BV_{DSS}	$V_{BP} = 5.4\text{V}$ $V_{FB} \geq 2.1\text{V}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	LNK33xx	725			V
漏极引脚供电电压		$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		18			V
自动重新启动导通时间	$t_{AR(ON)}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, 见注释G			50		ms
自动重新启动关断时间	$t_{AR(OFF)}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, 见注释G	第一个关断期间		150		ms
			随后的期间		1500		
自动重新启动占空比	DC_{AR}	随后的期间			3		%

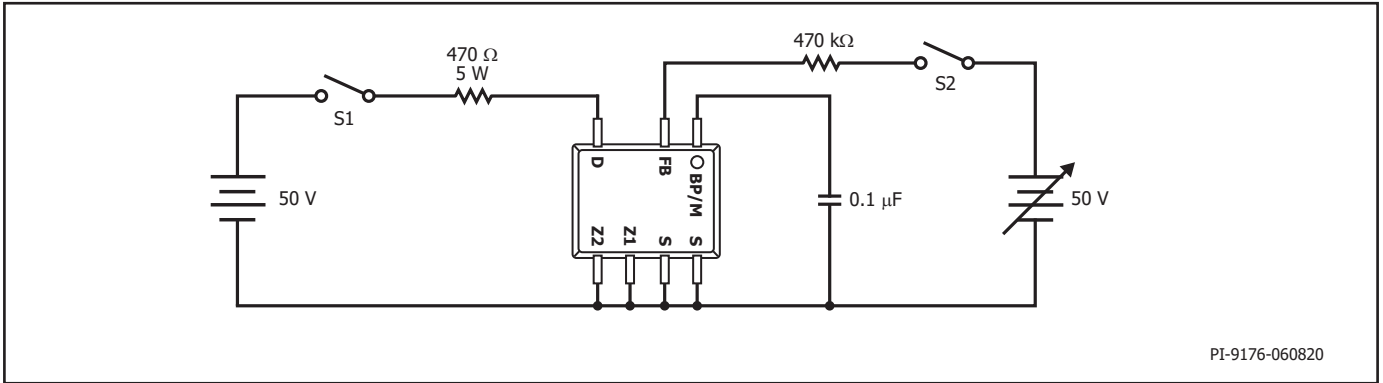
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		源极 = 0V $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C (除非另有说明)				
Z1/Z2功能						
供电电流	I_{SUPPLY}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$			22	μA
饱和电流 (见注释E、J)	I_{DSAT}	仅限LNK331x	2.5			mA
AC断电检测时间	t_{DET}	工频周期频率47-63Hz 仅限LNK331x		22	34	ms

注释:

- 当反馈引脚电压等于2.1V (MOSFET未开关) 时, 总电流消耗是 I_{S1} 及 I_{DSS} 的总和。当反馈引脚到源极短路 (MOSFET开关) 时, 总电流消耗是 I_{S2} 及 I_{DSS} 的总和。
- 由于输出MOSFET处在开关状态, 很难将开关电流和来自漏极的供电电流区分开。但另一个可供选择是在5.1V时测量旁路引脚电流。
- 该电流仅是用来驱动旁路引脚与反馈引脚之间连接的光耦, 不能用来给任何其它外部电路进行供电。
- 关于其他di/dt值时的电流限流点请参考图21和22。
- 此参数由设计决定。
- 此参数依据实际特性得到。
- 自动重启状态时的导通时间与振荡器拥有同样的温度特性 (与频率成反比)。
- BP/M电容值的公差应与实际应用环境温度范围内要求的公差相等或更严密。
- 使用图12中电路进行测量, 且漏极上拉电阻为 50Ω 。对于LNK33x6/x5/x4, 测得的漏极脉冲宽度为从 $V_{\text{FALL}} = 42\text{V}$ 到 $V_{\text{RISE}} = 40\text{V}$ ($V_{\text{DR}} = 50\text{V}$)的时间。对于LNK33x2, 测得的漏极脉冲宽度为从 $V_{\text{FALL}} = 32\text{V}$ 到上升沿 $V_{\text{RISE}} = 30\text{V}$ ($V_{\text{DR}} = 35\text{V}$)的时间。
- 饱和电流规定值可确保在外部串联电阻总阻值为 $7.5\text{M}\Omega$ 至 $142\text{k}\Omega$ 的情况下, 在高达265VAC峰值的所有电压下均保持自然的RC放电特性。

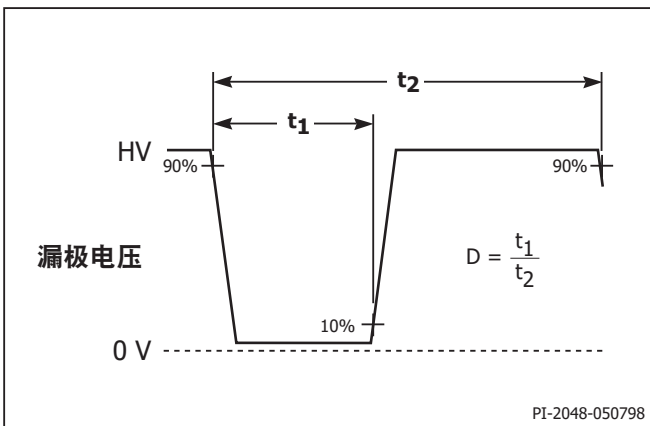
标称BP/M引脚电容值	与最小电容值相关的公差	
	最小	最大
0.1 μF	-60%	+100%
1 μF	-50%	+100%

建议至少使用10V/0805/X7R SMD MLCC。



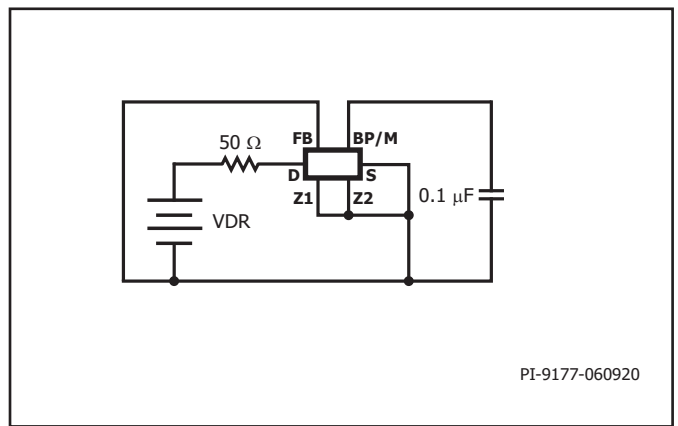
PI-9176-060820

图 22. LinkSwitch-TNZ通用测试电路



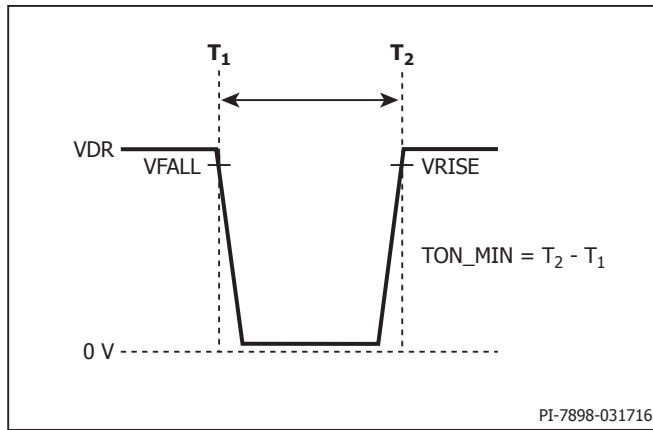
PI-2048-050798

图 23. LinkSwitch-TNZ占空比测量



PI-9177-060920

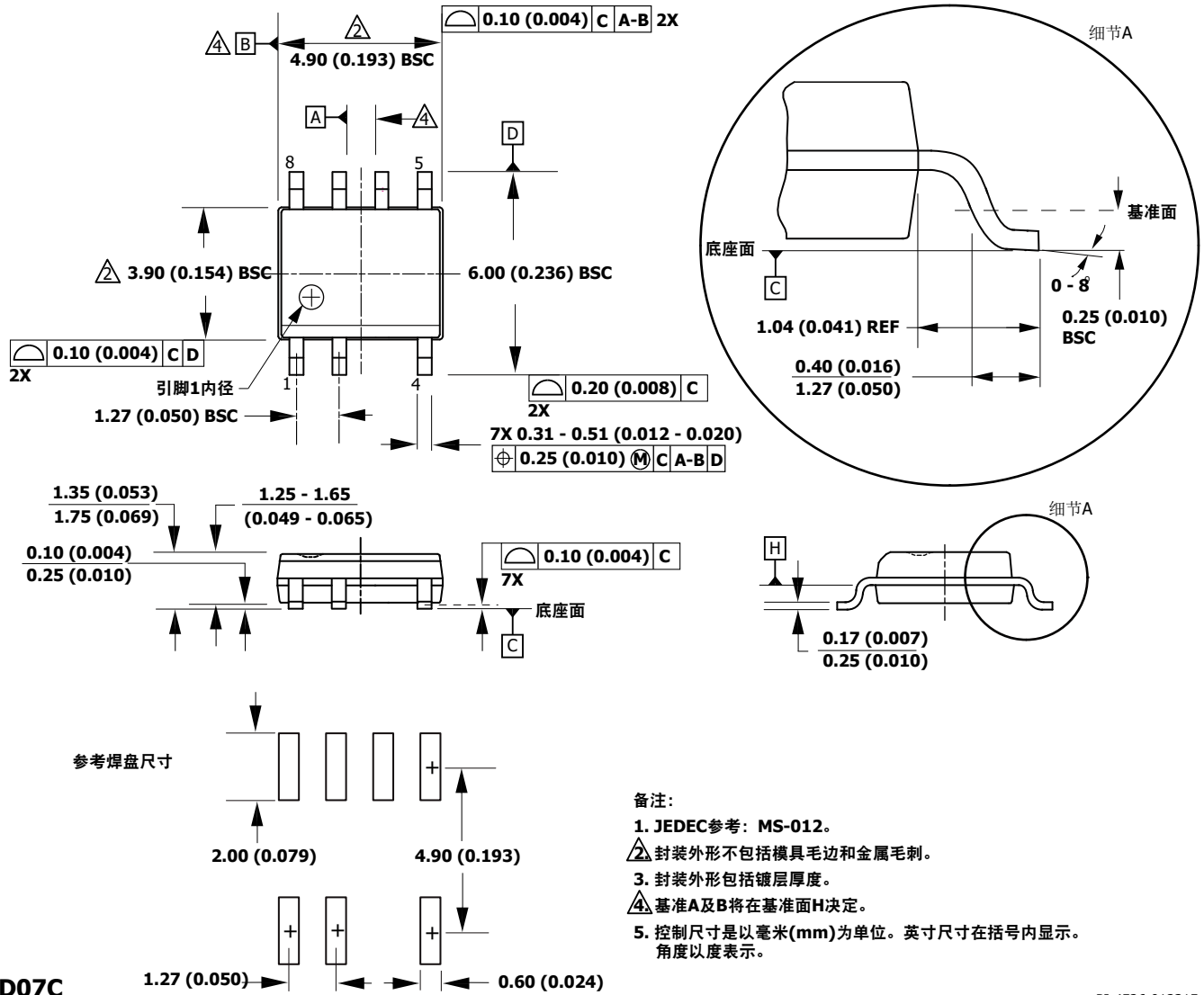
图 24. LinkSwitch-TNZ最小导通时间测试电路



PI-7898-031716

图 25. LinkSwitch-TNZ最小导通时间测量

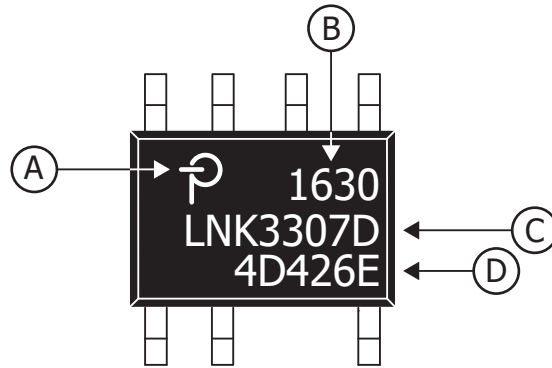
SO-8C (D Package)



D07C

PI-4526-012315

SO-8C (D)封装标识



- A. Power Integrations 注册商标
- B. 封装日期代码（表明年份的两个数字后紧跟表明周数的两个数字）
- C. 产品识别（元件号/封装类型）
- D. 批次识别代码

PI-8116c-060220

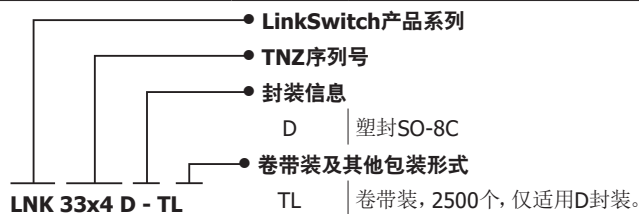
MSL信息

型号	MSL等级
LNK33x2D	3
LNK33x4D	3
LNK33x6D	3
LNK33x7D	3

ESD及门锁信息

测试	条件	结果
125°C下锁存	JESD78D	> ±100mA或 $>1.5 \times V_{MAX}$, 所有引脚
人体模型ESD	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2014	> ±2kV, 所有引脚; LNK33x2的漏极引脚除外则为±1.5kV
充电器件模型ESD	ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014	> ±200V, 所有引脚

元件订购信息



注释

修订版本	注释	日期
B	代码A发布。	12/20
C	添加了系列元件型号，并对7号器件的参数进行了更新。	03/21
C	更正了第7页反馈二极管D3部分中的二极管参考。	05/21
D	在第1页添加了EN/IEC 62368-1认证信息。	06/21

有关最新产品信息，请访问：www.power.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

Patent Information

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations patents may be found at www.power.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at www.power.com/ip.htm.

Life Support Policy

POWER INTEGRATIONS PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF POWER INTEGRATIONS. As used herein:

1. A Life support device or system is one which, (i) is intended for surgical implant into the body, or (ii) supports or sustains life, and (iii) whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use, can be reasonably expected to result in significant injury or death to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Power Integrations, the Power Integrations logo, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, PowiGaN, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3 and SCALE-iDriver, are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2021, Power Integrations, Inc.

Power Integrations全球销售支持网络

全球总部

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Worldwide: +1-65-635-64480
Americas: +1-408-414-9621
e-mail: usasales@power.com

中国（上海）

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
1601-1603室
上海|中国, 200030
电话: +86-21-6354-6323
电子邮箱: chinasales@power.com

中国（深圳）

南山区科技南八路二号豪威科技大厦
17层
深圳|中国, 518057
电话: +86-755-8672-8689
电子邮箱: chinasales@power.com

德国（AC-DC/LED业务销售）

Einsteinring 24
85609 Dornach/Aschheim
Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: eurosales@power.com

德国（门极驱动器销售）

HellwegForum 3
59469 Ense
Germany
Tel: +49-2938-64-39990
e-mail: igbt-driver.sales@power.com

印度

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 India
Phone: +91-80-4113-8020
e-mail: indiasales@power.com

意大利

Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni (MI) Italy
Phone: +39-024-550-8701
e-mail: eurosales@power.com

日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Bldg.
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku
Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033 Japan
Phone: +81-45-471-1021
e-mail: japansales@power.com

韩国

RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728, Korea
Phone: +82-2-2016-6610
e-mail: koreasales@power.com

新加坡

51 Newton Road
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
e-mail: singaporesales@power.com

台湾地区

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
e-mail: taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road
Cambridge
CB4 1YG
Phone: +44 (0) 7823-557484
e-mail: eurosales@power.com