

MIN1072M MinE-CAP

适用于超大功率密度AC/DC变换器的大电容小型化和浪涌管理IC

产品特点

- 输入大电容(E-CAP)的体积最多减少50%
- 无需浪涌NTC（热敏电阻）
- 大大降低了输入整流桥和保险丝上的应力
- 与InnoSwitch™ IC产品系列搭配使用，可设计出元件数极少的超紧凑AC/DC变换器

先进的保护/安全特性

- 集成温度检测及滞回热关断
- 输入浪涌保护
- 引脚开路/短路和E-CAP欠压/过压故障报告

应用

- 高功率密度的通用输入AC-DC变换器
- 具有极宽输入电压范围(90–350+ VAC)的应用

产品描述

MinE-CAP™ IC可大幅缩小输入大电容的尺寸，而不会影响输出纹波、工作效率或无需重新设计变压器。与传统技术（如极高开关频率工作）相比，MinE-CAP可实现同等或更大的整体电源尺寸缩小，同时可避免与极高频设计相关的复杂EMI滤波和变压器/钳位耗散增加的挑战。

MinE-CAP还能精确地管理交流上电时的浪涌电流，从而无需使用功耗较大的NTC或大型慢熔保险丝。

图1所示为使用MinE-CAP时的电路配置。输入E-CAP配备有一个小的高压电容（ C_{HV} 通常为400V），该电容与一个与MinE-CAP IC串联连接的低压电容（ C_{LV} 通常为160V）并联。输入电容的物理尺寸得以最小化，这是因为很大一部分输入电容的额定电压为160V，而不是传统的通用输入变换器中通常使用的400V。

MinE-CAP也可用于需要更宽输入电压范围（90VAC至350+VAC）的应用，同样采用高比例的160V额定输入电容，以及比普通要求的容值小得多的400V或500-600V额定层叠电容。

在稳态工作期间，当需要最大输入电容时，MinE-CAP在低AC输入电压下将 C_{LV} 接入电路。为此，MinE-CAP会监测输入母线和 C_{LV} 的电压，以便根据需要在每个工频周期内动态接入和断开该电容，确保电源在整个规定的输入电压范围内都能平稳工作。

图2的选择图表说明了为实现给定输出功率所需的总输入电容， C_{HV} 和 C_{LV} 值的建议取值范围。

根据应用要求， C_{HV} 和 C_{LV} 之间的电容分配可能与图2中的建议值不同，但建议总电容在建议范围内。

C_{LV} 是电解电容，而 C_{HV} 可选用电解或陶瓷电容。介于1至5 μ F 400V的陶瓷电容（取决于功率水平）具有非常低的ESR，当电源基于陶瓷电容特性进行设计时，通常可以提供最大的空间节省（参见“设计要点”部分）。

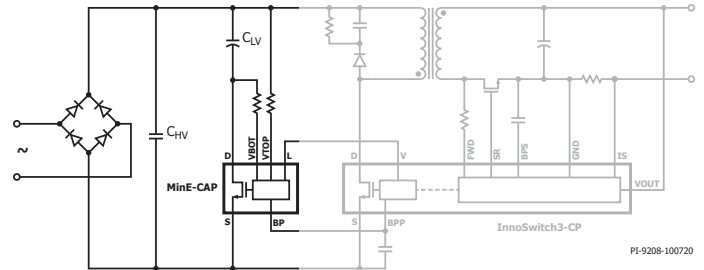


图 1. 典型应用基本原理图

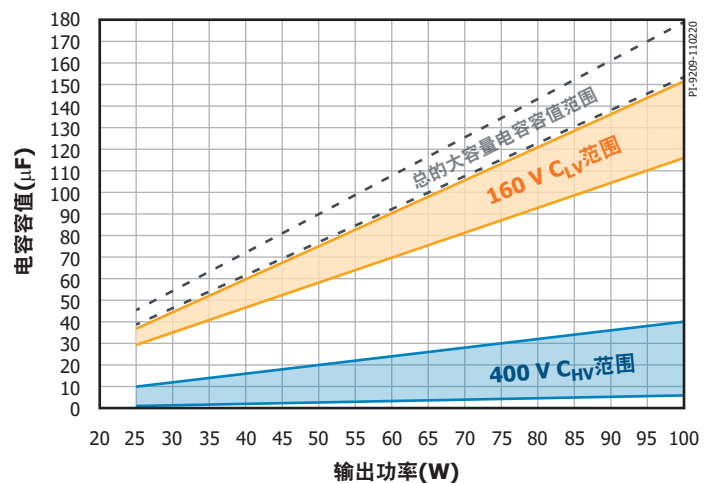


图 2. 可实现最佳空间节省和变换器工作的典型元件值范围

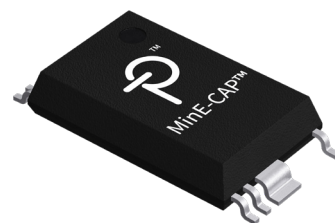


图 3. MIN1072M MinSOP-16A封装

400V电解电容的成本较低，如果按照图2选择，与传统设计相比，还可以减少50%的尺寸。根据特定应用的外形因素，可以采用各种标准的输入EMI滤波器配置。MinE-CAP IC可直接搭配InnoSwitch系列电源IC，只需使用极少的外围元件。现有的InnoSwitch V引脚电阻连接到MinE-CAP VTOP引脚，而连接到VBOT引脚的电阻可使 C_{LV} 电压监测。输入电压和故障信息从MinE-CAP输入电压(L)引脚传输到InnoSwitch V引脚，无需额外元件。MinE-CAP IC还直接从InnoSwitch BPP引脚获得偏置供电。

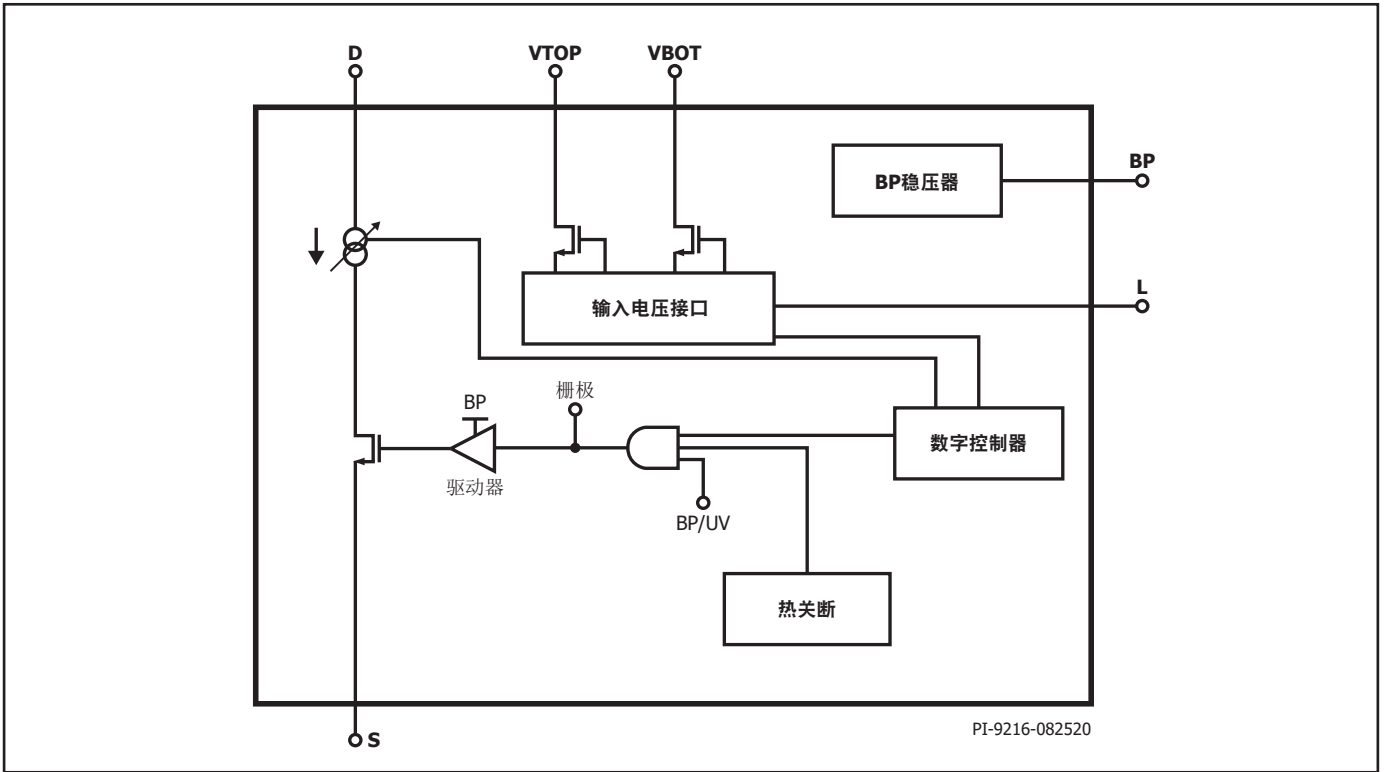


图 4. MinE-CAP IC框图

引脚功能描述

VBOT引脚 (引脚1)

此引脚是连接到MinE-CAP IC漏极的高压引脚。MinE-CAP IC在涓流充电模式下工作时，高压开关闭合。一个1MΩ电阻连接在此引脚和低压电容的负极之间。

非连接(NC)引脚 (引脚2)

保持悬空。不得连接到任何其他引脚或走线。

信号接地(G)引脚 (引脚3、6)

此引脚是数字控制器的信号地。必须从外部连接到S引脚。

旁路(BP)引脚 (引脚4)

此引脚是为IC供电的外部旁路电容的连接点。必须由InnoSwitch IC的BPP引脚或其他外部电源供电。

输入电压(L)引脚 (引脚5)

此引脚连接到InnoSwitch IC的V引脚，用于为InnoSwitch IC提供大电容电压、启动和故障信息。

非连接(NC)引脚 (引脚7)

保持悬空。不得连接到任何其他引脚或走线。

VTOP引脚 (引脚8)

此引脚是连接到输入整流桥直流侧的高压引脚，用于监测大电容电压信息。当InnoSwitch IC没有检测到输入电压信息时，高压开关断开，以降低功耗。连接在低压电容正极和VTOP引脚之间的 R_{TOP} 电阻必须根据设计的输入过压/欠压要求进行选择。在使用InnoSwitch的系统中，这个 R_{TOP} 电阻对应于InnoSwitch的V引脚上使用的电阻。

GND引脚 (引脚9 - 10)

这些引脚必须连接到源极引脚。

源极(S)引脚 (引脚11)

此引脚是功率开关的源极连接点。

漏极(D)引脚 (引脚16)

此引脚是功率开关的漏极连接点。

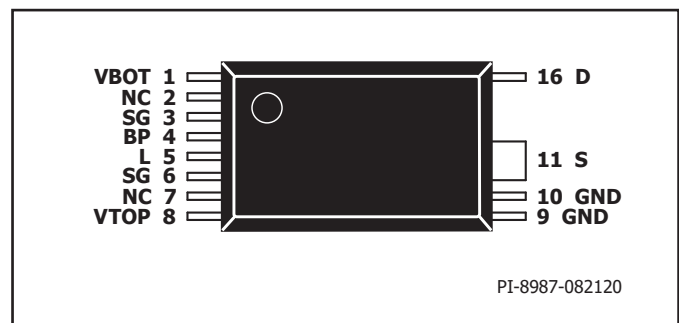


图 5. 引脚布局

MinE-CAP功能描述

MinE-CAP IC内部集成了一个数字控制器和一个高压功率开关，后者与功率变换器中的低压(160V)大电解电容串联。MinE-CAP IC在低输入电压条件下将此低压电容连接到电源，在高输入电压下将其断开。同时与一个高压(400V)电容并联，以支持高输入电压条件下的功率传输。有效输入电容等于低输入电压下 C_{LV} 与 C_{HV} 之和，以使最小直流电压保持相对于DC/DC变换器级保持相同。在高输入电压条件下，开关被禁止，以确保 C_{LV} 两端的电压不超过电容的额定电压。MinE-CAP IC还包括一个从MinE-CAP输入电压引脚传输的控制信号，通过其V引脚控制InnoSwitch IC的启动和故障关断。图4所示为内部框图。

启动

浪涌管理

AC输入接通后，MinE-CAP控制器处于关断状态，功率开关断开。 C_{LV} 不接入电路，只有 C_{HV} 由交流输入充电。 C_{HV} 明显小于 C_{LV} ，因此整流桥和保险丝上的浪涌应力大大降低。然后，MinE-CAP IC执行 C_{LV} 的可控充电，如下一节所述。对 C_{LV} 采用这种可控充电方式，可以使MinE-CAP设计省去浪涌NTC，这有助于消除发热点和提高变换效率，从而改善整个系统设计。

上电

MinE-CAP旁路通过与InnoSwitch BPP引脚的直接连接从外部获得。请注意，在此期间，InnoSwitch IC处于关断状态，因为InnoSwitch的V引脚接收的电流为 $I_{INJECT(UV)}$ ，低于InnoSwitch的电压缓升阈值（有关V引脚工作原理的更多详细信息，请参阅InnoSwitch数据手册）。

主动充电

一旦旁路(BP)引脚达到稳压，MinE-CAP控制器就会等待体二极管电压高于在VTOP引脚上测得的MinE-CAP电压缓升阈值(I_{LV+})。达到电压缓升阈值后，控制器进入等待状态20ms，以确保电源输入电压电平已稳定下来。之后，MinE-CAP IC对大电容直流电压进行采样，以确定采用两种可能的 C_{LV} 充电方案中的哪一种，具体如下所述。

在低输入电压启动条件下($V_{IN} < 150VAC$)，MinE-CAP IC对 C_{LV} 进行精确控制的主动充电。在低输入电压启动条件下，在使能InnoSwitch之前，必须对 C_{LV} 进行预充电以支持全功率能力。MinE-CAP IC将内部高压开关作为电流源进行控制，为 C_{LV} 提供精确、恒流的脉冲充电，请参见图6。这种方法可以对 C_{LV} 进行快速充电，并确保电源在初始上电后不到250ms的时间内就能提供全功率。

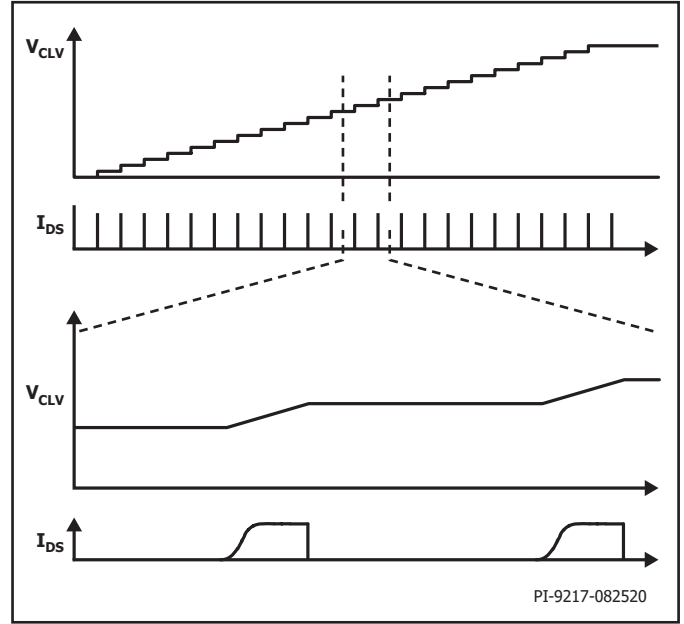


图 6. 低输入电压启动时采用的充电算法

在高输入电压启动条件下($V_{IN} > 150VAC$)，不采用上述 C_{LV} 的主动充电算法。根据图2选择时，在输入电压高于150VAC时，仅 C_{HV} 就能提供全功率变换器的输出功率。因此，InnoSwitch功率控制IC使用V引脚输出信号被立即使能，而 C_{LV} 则以较低的速率涓流充电，直到达到稳态 C_{LV} 电压。 C_{LV} 两端的电压随后被精确监测，并根据输入电压条件按要求进行充电。

稳态工作

功率开关控制逻辑

连接到VTOP引脚的电阻用于检测输入电压。在正常工作期间，当大电容电压低于用户定义的阈值(V_{COV+})时，MinE-CAP IC内部开关完全导通。

$$V_{COV\pm} = I_{COV\pm} \times R_{TOP}$$

其中

$$I_{COV-} = I_{COV+} - I_{COV(H)}$$

在这种情况下， C_{LV} 有助于输出功率传输。一旦大电容电压达到 V_{COV+} ，MinE-CAP IC将关断，以保持 C_{LV} 低于其额定电压。在这种状态下，只有 C_{HV} 有助于输出功率传输。

MinE-CAP IC测量VBOT引脚电压以确定 C_{LV} 和 C_{HV} 上的电压是否相等。一旦直流母线电压低于 V_{COV-} 且如果MinE-CAP IC确定 C_{LV} 和 C_{HV} 电压相等（VBOT引脚电压接近0V），则MinE-CAP功率开关开通， C_{LV} 重新用作功率变换器的能量来源。

因此，MinE-CAP IC设计为在每个工频周期内开通和关断，以便接入和断开 C_{LV} ，这一工作方式在中间交流输入电压下可能需要。图7总结了MinE-CAP功率开关的稳态控制。

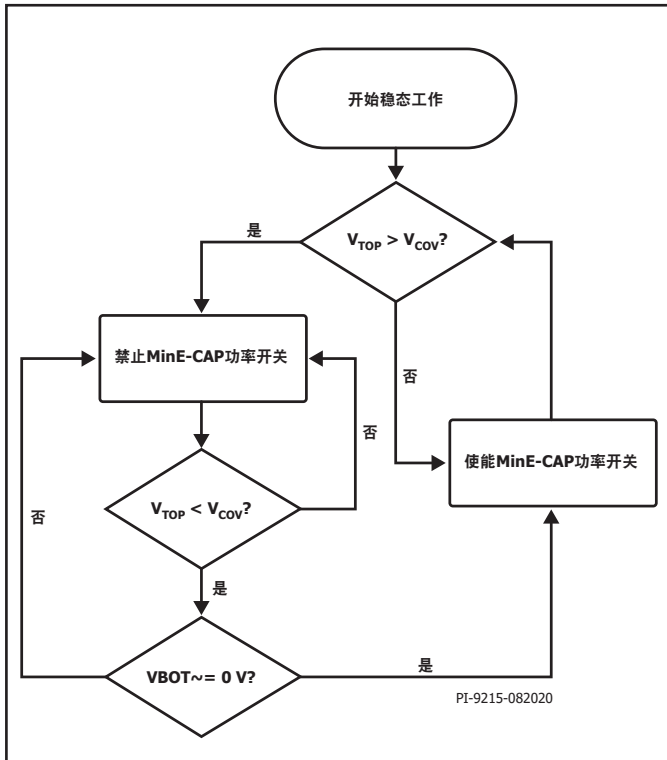


图 7. MinE-CAP功率开关的稳态控制

涓流充电稳压调整

在直流母线电压持续保持高于 V_{COV+} 的系统条件下（例如，在轻载条件下），MinE-CAP IC使用涓流充电算法，以确保 C_{LV} 上有足够的电荷来支持所需的功率传输。通过测量 C_{LV} 两端的差分电压，MinE-CAP IC将 C_{LV} 两

端的电压调整到预定范围内($V_{TRKLCHRG}$)。这可确保在输入电压断电或负载阶跃期间，对电源供电能力没有影响。MinE-CAP IC的设计具有极低的关断漏电流，远低于 C_{LV} 的自漏电流，以确保 C_{LV} 两端的电压不会随着时间的推移而累积。

电压跌落

如果大电容电压低于 I_{UV} 约500ms，控制器复位并执行正常的启动时序。

故障响应

MinE-CAP IC内部集成了以下故障检测功能。与InnoSwitch的故障通信是通过输入电压引脚（V引脚）完成的。

电压浪涌

MinE-CAP IC具有浪涌检测能力。如果功率开关开通并且发生雷击浪涌事件，则功率开关被禁止130 μ s。在约130 μ s定时过后，MinE-CAP IC返回到稳态工作。浪涌信息不会传送到InnoSwitch IC。

过温保护

MinE-CAP IC具有热检测电路，可使MinE-CAP温度保持在安全水平以下。如果MinE-CAP温度超过 T_{SD} ，该器件将进入热关断状态，并且 $I_{INJECT(OV)}$ 被注入InnoSwitch IC的V引脚。一旦MinE-CAP温度降至 $T_{SD(H)}$ 以下，MinE-CAP控制器就会复位并执行正常的启动时序。

引脚开路/短路故障保护

MinE-CAP IC在VBOT和漏极引脚上具有引脚开路/短路检测功能。如果发生引脚故障， $I_{INJECT(OV)}$ 将注入InnoSwitch的V引脚，直到故障消除。随后，MinE-CAP控制器复位并执行正常的启动时序。

应用范例

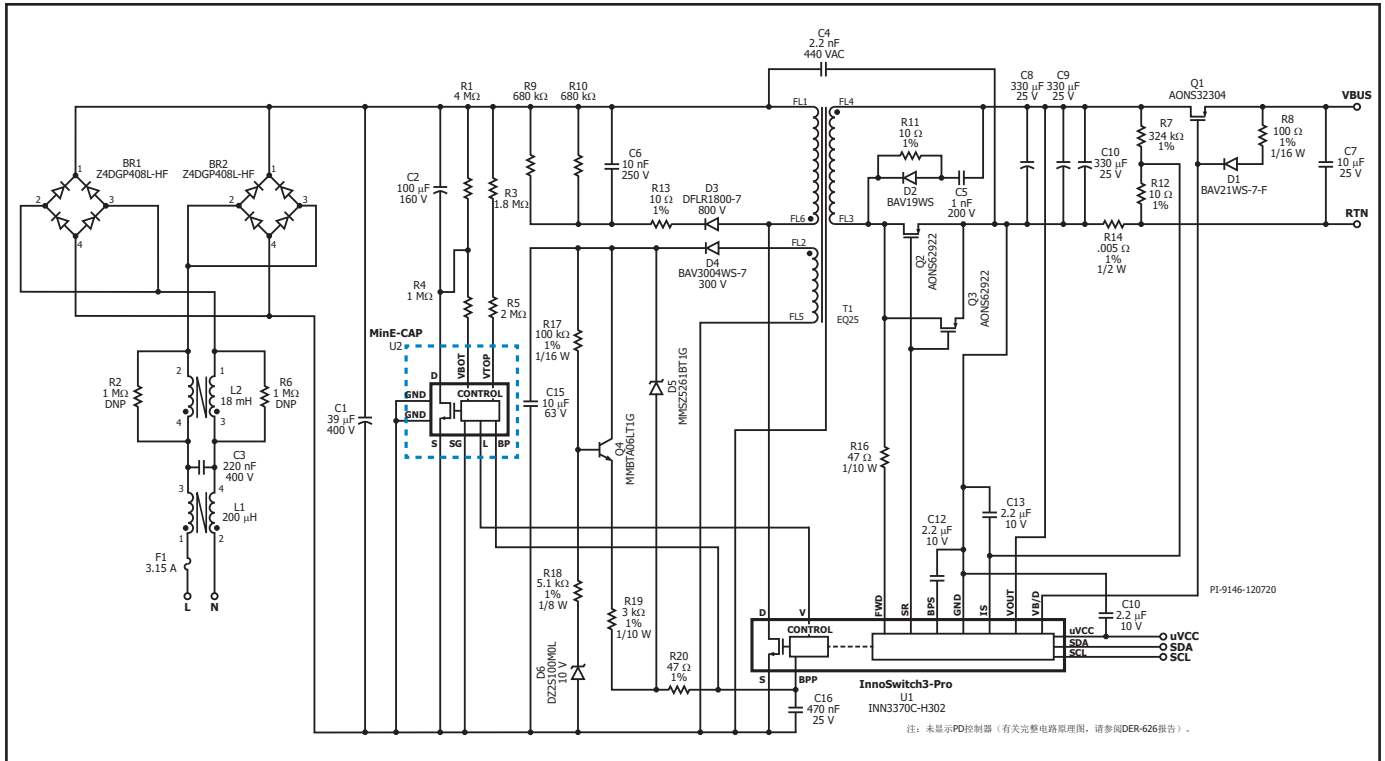


图 8. DER-626电路原理图 - 65W USB PD 3.0适配器设计

图8所示为一款65W（5V/3A；9V/3A；15V/3A；20V/3.25A）USB PD 3.0适配器的电路图，该适配器采用MinE-CAP IC来最大限度地提高功率密度。MinE-CAP IC允许使用较小（尺寸和容量）的400V电容与160V电容配对，显著减小输入大电容的物理尺寸。MinE-CAP IC还消除了对浪涌限流热敏电阻的需求，从而节省更多空间并提高效率。再加上InnoSwitch3-Pro IC和超薄平面变压器，实现了长宽高为82mm x 51mm x 12mm的外形尺寸。这对应的是21.22W/in³的功率密度，并且系统效率超过90%。此设计还符合DOE 6级标准和IEC CoC 5平均效率标准。

电路描述

输入整流管和EMI滤波器

保险丝F1可隔离电路，保护交流线路免受元件故障引起的过大电流影响。共模扼流圈L1和L2与电容C3和C4提供共模和差模噪声滤波，以最大限度地减少传导EMI辐射。由BR1和BR2组成的整流桥对交流输入电压进行整流，并对高压大电容C1提供全波整流直流电压。由于两个整流管的功率损耗与单个器件的功率损耗相同，因此采用两个整流桥，通过将整流桥的表面积增加一倍来改善散热状况。

MinE-CAP IC在启动期间控制160V电容的充电速度；因此，浪涌电流的大小主要取决于400V电容的值。由于使用MinE-CAP IC时400V电容的容量明显减少，因此无需再使用限流NTC热敏电阻。

MinE-CAP和InnoSwitch3的初级侧

当MinE-CAP IC与InnoSwitch3串联使用时，InnoSwitch3 IC的V引脚直接连接到MinE-CAP IC的输入电压引脚。电阻R3和R5为MinE-CAP IC和InnoSwitch3 IC提供输入电压检测。MinE-CAP IC主要使用R3和R5来监测输入电压，并在输入电压高于100VAC时，将高压大电容C2上的电压维持在其额定电压以下。相比之下，InnoSwitch3使用来自输入电压引脚的电流来确定输入欠压和过压情况。在正常工作期间，来自输入电压引脚的电流跟随流经R3和R5的电流，因此InnoSwitch3 IC工作起来如同上述电阻直接连接到V引脚一样。电阻R1是泄放电阻，用于调整C3两端的电压，而电阻R4则被MinE-CAP IC用来对C2的负极电压进行采样。

对于这个特定设计，旁路电容C16由InnoSwitch3 IC的BPP引脚和MinE-CAP IC的旁路引脚共用。C16的值是根据InnoSwitch3 IC的所需电流限流点来选择的。与采用InnoSwitch3 IC的任何反激式设计一样，变压器初级的一端连接到整流直流母线，另一端连接到InnoSwitch3的漏极引脚。

由二极管D3、电阻R9、R10和R13以及电容C6组成低成本RCD缓冲器，它通过耗散存储在变压器漏感中的能量来限制关断期间InnoSwitch3的漏源极节点上的电压。

InnoSwitch3 IC有一个内部电流源，可在首次施加交流输入时为电容C16充电。一旦InnoSwitch3 IC开始开关，在正常工作期间，偏置电流将从变压器的辅助绕组中汲取。辅助绕组的输出端由二极管D4进行整

流，并由电容C15进行滤波。如有必要，可在D4两端放置一个RC缓冲器以抑制电压尖峰。由于充电器的输出电压在5V到20V之间变化，因此辅助绕组的输出也会发生变化，这取决于次级与辅助圈数比以及初级与辅助之间的耦合系数。由电阻R17和R18、齐纳二极管D6和晶体管Q4组成线性稳压器，它可根据D6在Q4发射极的击穿电压提供一个相对稳定的直流电压。然后可以使用电阻R19控制偏置电流。

齐纳二极管D5提供初级检测输出侧过压保护。如果变换器的输出端出现过压，辅助绕组电压也会升高，直至D5击穿，这会导致过大的电流流入InnoSwitch3-Pro IC的BPP引脚。如果进入BPP引脚的电流超过 I_{SD} 阈值，InnoSwitch3控制器将锁存关闭，防止输出电压进一步升高。在出现过压时，电阻R20可限制注入BPP引脚的电流大小。

InnoSwitch3-Pro次级和SB功率传输和变压器的设计应考虑到所使用的AC-DC控制器。

参见InnoSwitch3-Pro数据手册，了解次级侧元件说明。

设计要点

空载功耗

MinE-CAP IC仅消耗来自旁路引脚的约500 μ A的偏置电流，这意味着MinE-CAP IC只给系统增加几毫瓦的空载输入功率。对于图8中的设计，测得的最大空载功耗在VIN = 265VAC时仅为56mW。为了确保MinE-CAP IC正常工作的同时空载消耗降至最低，请遵循本应用示例的“MinE-CAP和InnoSwitch3-Pro主要元件的选择”部分中概述的推荐电阻值和偏置选择方法。

主要元件的选择

输入电容

输入电容的值可以根据图2所示的电容量与输出功率对比曲线来确定。对于65W的输出功率，高压电容 C_{HV} 的额定电容应为30 μ F，而低压电容 C_{LV} 的额定电容应约为90 μ F。两个电容的安装轴线与PCB平行；因此，两个电容的最大直径必须为10mm，以满足设计的12mm高度要求。剩余的2mm间隙用于安装带绝缘层的导热片以及适应外壳公差变化。利用上述要求，经过几次测试迭代，根据元件的可用性，最终的输入电容规格如下：

1. 高压电容：39 μ F，400V_{DC}，10mm（深）x 37mm（长）
2. 低压电容：100 μ F，160V_{DC}，8mm（深）x 42.5mm（长）

有关选择输入电容的更详细的通用方法，请查阅MinE-CAP应用指南。

EMI滤波器

本设计中的EMI滤波器采用T型滤波器拓扑，包括一对共模扼流圈和一个X电容，如图8所示。L1和L2均使用HF60 Mn-Zn环形磁芯。共模扼流圈L1为220 μ H，而L2为18mH。C1是220nF X级薄膜电容。共模扼流圈可抑制共模噪声，而两个扼流圈的漏感与C1和输入大电容结合在一起，形成一个LC滤波器，用于衰减差模噪声。Y电容将输入直流大电容电压连接到次级接地节点，通过将噪声电流分流回初级接地，可进一步降低共模噪声。

MinE-CAP IC和InnoSwitch3-Pro IC主要元件的选择

以下部分重点介绍MinE-CAP IC特定元件的选择以及对辅助偏置电路的调整，以满足InnoSwitch3-Pro IC和MinE-CAP IC的偏置要求。有关InnoSwitch3-Pro元件选择的综合指南，请参阅InnoSwitch3-Pro数据手册。

MinE-CAP IC的电阻 V_{TOP} 与图8电路原理图中的串联电阻R3和R5相对应，具有双重目的，即实现InnoSwitch3-Pro IC的输入电压监测功能和稳定低压输入大电容 C_{LV} 的电压。InnoSwitch3-Pro数据手册建议R3和R5的总值为3.8M Ω ，用于通用输入过压/欠压保护。R_{TOP}电阻使用这个值可对MinE-CAP IC进行设定，将 C_{LV} 两端的电压保持在大约140V，这完全在电容的160V额定值范围内。使用公差为1%或更严格的电阻，以便对 C_{LV} 电压进行更精确的调整。

R_{BOT}的推荐值（电路原理图中的R4）为1.0M Ω ，用于准确检测 C_{LV} 的MinE-CAP负端。 C_{LV} 的电压调整也对R_{BOT}值敏感。泄放电阻R1还必须与 C_{LV} 并联，以帮助调整所述电容两端的电压，尤其是在 V_{CLV} 超出由R_{TOP}设置的电压时。将泄放电阻的值设置为4.0M Ω 以获得最佳工作性能。R1电阻值高于推荐值可能会导致MinE-CAP IC出现过压故障。太低的值可能会阻止 C_{LV} 充电到设定的电压，尤其是在涓流充电期间。

在正常工作期间，MinE-CAP IC和InnoSwitch3-Pro IC都通过图8所示的线性稳压器从辅助绕组获得偏置电流。因此，限流电阻R14的选择必须考虑到两种IC ($I_{S1, MinE-CAP} + I_{S2, InnoSwitch3}$)的偏置要求。对于图8中的电路，可以使用以下公式计算R19：

$$R19 = \frac{V_{BR(D4)} - (V_{BE(Q1)} + V_{BPP(SHUNT)})}{I_{S1(MinE-CAP)} + I_{S2(INNOSWITCH3)}}$$

V_{BR} D6 = 齐纳稳压管D4的击穿电压

$V_{BE(Q1)}$ = Q1的发射极-基极电压

$V_{BPP(Shunt)}$ = 5.6V（参见InnoSwitch3数据手册）

$I_{S1(MinE-CAP)}$ = MinE-CAP的典型偏置电流

$I_{S2(InnoSwitch3)}$ = InnoSwitch3的偏置电流

请注意，R19的计算电阻只是一个起点值，可以对其进行调整以优化性能，特别是在降低空载功率方面。此外，上面所列公式仅适用于图8中使用的稳压器拓扑结构。

InnoSwitch3-Pro IC使用连接到BPP引脚的旁路电容（图8中的C16）对设计进行限流设置。如果MinE-CAP IC的位置靠近InnoSwitch3 IC，则两个IC可以共同一个旁路电容。但是，如果MinE-CAP的旁路引脚通过长走线或过孔与InnoSwitch3的BPP引脚相连，则应尽可能靠近MinE-CAP IC放置一个额外的旁路电容，并且必须使用非常短的导线与旁路和接地引脚相连。如果使用额外的旁路电容，建议使用10nF至100nF的10V X7R陶瓷电容。使用InnoSwitch3-Pro的标准电流限流点时，避免使用高于100nF的电容值（参见InnoSwitch3-Pro的BPP电容公差限制）。

布板注意事项

以下是专门针对MinE-CAP元件的布局注意事项。有关InnoSwitch3特定元件和功率元件的放置和布局，请参阅InnoSwitch3-Pro数据手册。

1. MinE-CAP检测引脚（VBOT和VTOP）和InnoSwitch3 IC的V引脚使用 μA 级的电流来测量输入电压和电容电压。避免在这些引脚附近布设具有高 dV/dt 或 dI/dt 信号的线路。输入电压引脚也必须遵守此规则。
2. 连接到上述引脚的信号线路也必须远离具有高 dV/dt 或 dI/dt 的节点或走线。
3. 除了与 C_{LV} 并联的泄放电阻外，所有与MinE-CAP IC相关的电阻都必须放置在MinE-CAP IC附近。
4. 将MinE-CAP IC尽可能靠近InnoSwitch3-Pro IC放置，以尽量缩短从输入电压引脚到InnoSwitch3 IC的V引脚的走线长度。将MinE-CAP IC置于InnoSwitch3 IC旁边，还有利于对两个IC使用一个旁路电容。
5. 将接地引脚连接到铺铜区域以进行散热。如果无法使用大的铺铜区域，也可以将热过孔用于具有2层或更多铜层的电路板。MinE-CAP IC和InnoSwitch3-Pro IC可以共用相同的GND区域。
6. 以尽量减小初级开关环路的方式放置两个输入大电容。优先将高压电容放置在更靠近变压器和InnoSwitch3-Pro IC的位置，因为该电容始终是高频开关环路的一部分。
7. 正确清洁电路板以防止助焊剂残留物干扰信号。

图9所示为按照上述建议用于图8设计的MinE-CAP布局。在此设计中，布局不允许将RTOP紧邻VTOP引脚放置。不过，VTOP引脚走线被走线旁边和下方的接地区域屏蔽。此外，在走线、引脚或电阻附近没有具有高 dI/dt 或 dV/dt 的信号。

EMI设计要点

当MinE-CAP在高输入电压下将低压电容 C_{LV} 与电路断开时，传导EMI可能会增加。对于采用图10所示的EMI滤波器拓扑结构的设计，去除低压电容(C3)可从根本上改变由共模扼流圈(L1和L2)的漏感、X电容(C1)和输入大电容所形成的低通滤波器的截止频率，从而提高频率。去除低压电容还会增加总输入大电容ESR。这些可能会在高输入电压下导致差模噪声增大。

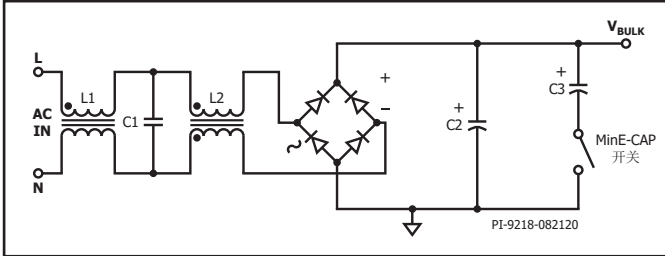


图 10. T型EMI滤波器拓扑结构

这种影响可以通过增加共模扼流圈的漏感或增大C1的电容值加以消除。由于一些限制，例如尺寸或过高的电感要求，这种解决方案可能并不可行。图11中的滤波器仍然是一种可行的拓扑结构。然而，计算C1、L1和L2的所需值时，必须考虑到设计中去除C3的情况。

另一种方法是使用 π 型滤波器来帮助抑制差模噪声。这种替代设计的电路原理图如图11所示。

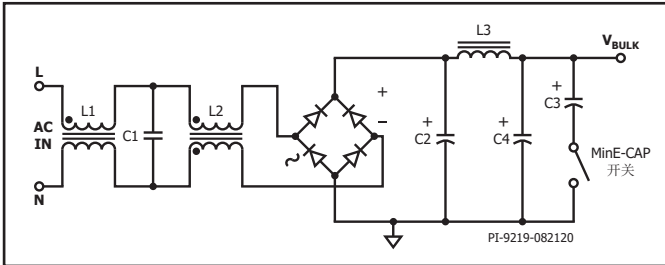


图 11. 在整流侧具有 π 型滤波器的典型EMI滤波器

专用差模扼流圈可以使用较小的共模扼流圈。然后，400V电容被分成两个半尺寸电容，在 π 型滤波器配置中位于该差模扼流圈的两侧。

对于图11中的设计，必须选择两个高压电容来代替单个高压电容，以便在变换器的最大开关频率下评估时其阻抗不会太高。一般而言，滤波器的输出阻抗必须小于变换器满载时阻抗的10%。最后，低压电容(C3)必须放置在电感L3之后。这样，在低输入电压下工作时，来自低压电容的电流不会受到L3阻抗的阻碍。

快速设计校验

除了验证InnoSwitch3-Pro IC的功能外，还必须检查MinE-CAP IC能否正常工作。至少，必须执行以下验证测试。

1. V_{CLV} 稳压情况 - 检查确认低压电容上的最大电压从未超过电容的额定电压。在整个输入电压和输出功率范围内进行这一测试。还建议在电压缓升和电压跌落期间检查 V_{CLV} 稳压情况。
2. 确保所有电阻不超过其额定电压。对于 R_{BOT} 和 R_{BLEED} ，使用一个1206贴片电阻就足够了。对于 R_{TOP} ，建议使用两个串联的1206贴片电阻。
3. MinE-CAP IC必须能够在不导致InnoSwitch3-Pro IC进入自动重新启动模式的情况下，从高输入电压工作平滑切换到低输入电压工作，反之亦然。在所有的负载条件下验证这一点。
4. 温升检查 - 验证MinE-CAP IC在整个输入范围内以最大负载工作时不会导致OTP故障。如果受测设备是充电器，请在安装了外壳的情况下执行温升检查。

产品测试注意事项

如果在产品测试期间采用大电容电压主动放电，则必须遵循以下准则：

- 始终先对低压电容(C_{LV})放电。
- C_{LV} 完全放电后，对高压电容(C_{HV})进行放电。
- 使用电阻等放电元件对这些电容的电压进行放电。

绝对最大额定值^(1,2)

漏极引脚耐压	-0.3V到750V ⁶	注释:
漏极引脚峰值电流	25A	1. 所有电压均在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 情况下以源极作为参考点。
BP引脚电压	-0.3到6V	2. 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。
BP引脚电流	0到1mA	3. 当漏极电压同时低于400V时, 可允许更高的峰值漏极电流。
VTOP引脚电压	-1.5V到650V	4. 通常由内部电路控制。
VBOT引脚电流	-1.5V到650V	5. 在距壳体1/16英寸处测量, 持续时间5秒。
输入电压(L)引脚电压	-0.3V到6V	6. 最大漏极电压(非重复脉冲) -0.3V到750V。
存储温度	-65到150 °C	最大连续漏极电压 -0.3到650V。
工作结温 ⁴	-40到150 °C	
环境温度	-40到105 °C	
引线温度 ⁵	260 °C	

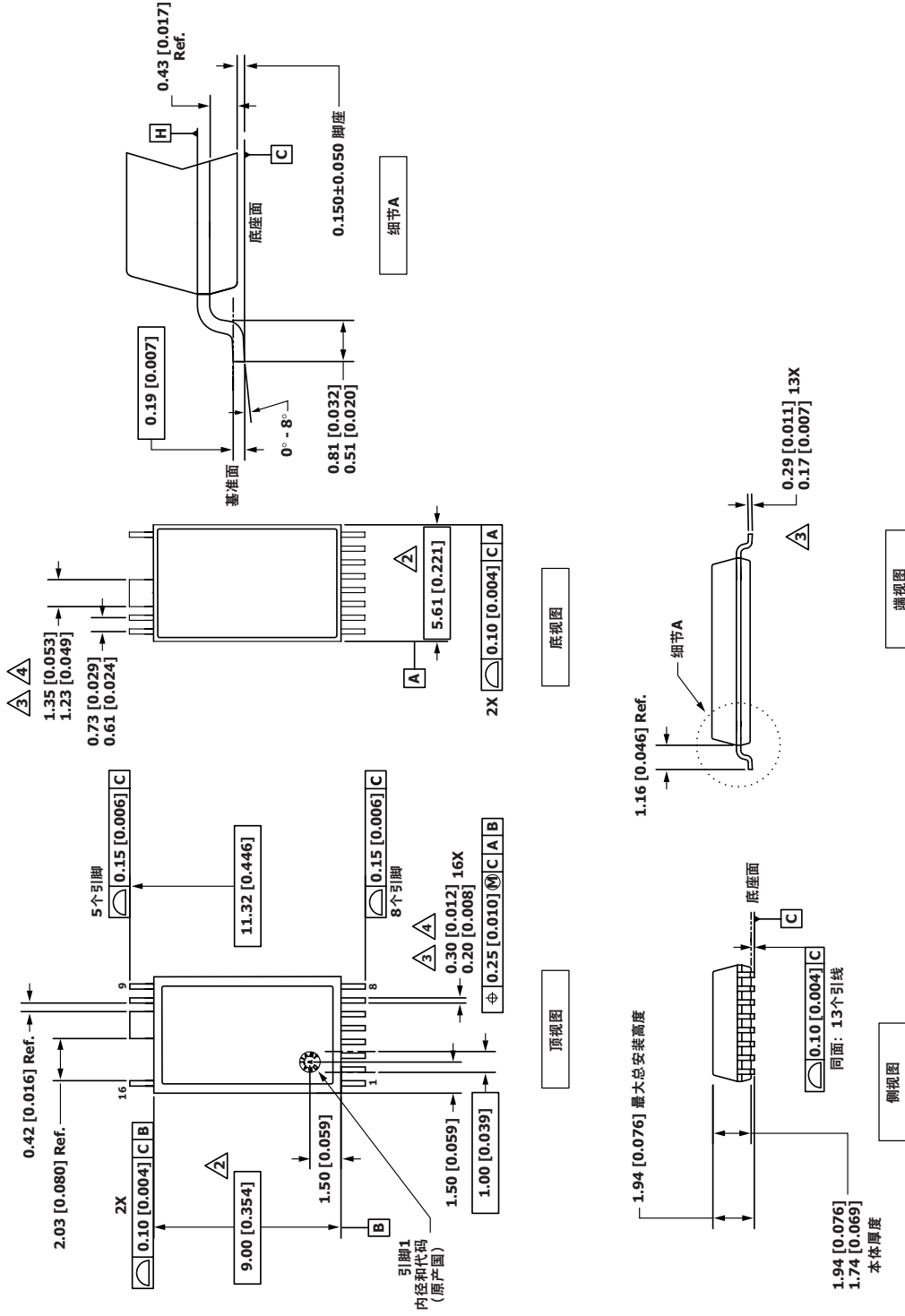
热阻

热阻:		注释:
(θ_{JA})	83 °C/W ¹ , 76 °C/W ²	1. 焊在0.36平方英寸(232mm ²)、2盎司(610g/m ²)铜箔区域。
(θ_{JC})	24 °C/W ³	2. 焊在1平方英寸(645mm ²)、2盎司(610g/m ²)铜箔区域。
		3. 壳体温度在封装顶部测量。

参数	符号	条件 $T_J = -40^\circ\text{C}$ 到 125°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
模拟参数						
旁路引脚供电电流	I_{S1}	$T_J = 25^\circ\text{C}$	300	430	475	μA
旁路引脚电压	V_{BPP}			4.45		V
旁路引脚电压迟滞	$V_{BPP(H)}$			0.6		V
旁路上电复位阈值电压	$V_{BPP(RESET)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	3.45	3.75	3.90	V
电压缓升	I_{UV+}	$T_J = 25^\circ\text{C}$	17	18	19	μA
电压跌落	I_{UV-}	$T_J = 25^\circ\text{C}$	11	12	13	μA
低压电容过压阈值	I_{COV+}	$T_J = -40^\circ\text{C}$ 到 100°C	33.8	37.0	38.25	μA
	$I_{COV(H)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		2.5		
涓流充电稳压电压	$V_{TRKLCHRG}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 使用4M RTOP和1M RBOT电阻		145		V
输入电压引脚电压跌落注入电流	$I_{INJECT(UV)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	4	5	6	μA
输入电压引脚过压注入电流	$I_{INJECT(OV)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	118	128		μA
关断状态漏极漏电流	I_{DSS1}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{V}$ $V_{DS} = 150\text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		4.5	10	μA
	I_{DSS2}	$V_{BPP} = V_{BPP} + 0.1\text{V}$ $V_{DS} = 325\text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		5	10	μA
导通电阻	$R_{DS(ON)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		0.35	0.44	Ω
		$T_J = 100^\circ\text{C}$		0.49	0.62	Ω
过温关断	T_{SD}	见注释A	135	142	150	$^\circ\text{C}$
热关断迟滞	$T_{SD(H)}$	见注释A		70		$^\circ\text{C}$

注释:
A. 此参数依据实际特性得到。

MinSOP-16A

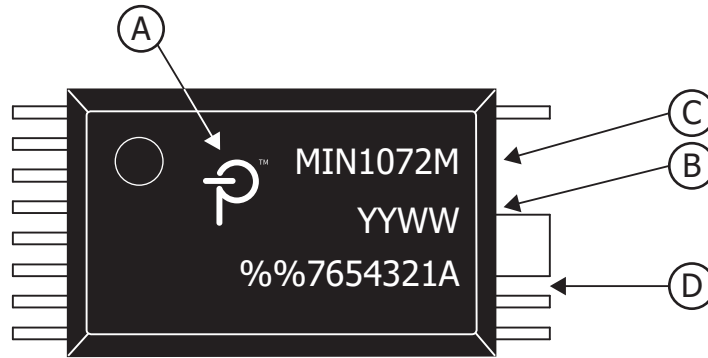


注释:

1. 尺寸及公差标注依据ASME Y14.5M-1994标准。
2. 标注的尺寸指携塑料体的最外端确定, 不包括模具毛边, 连接器毛边, 送料毛刺和引脚间毛边, 但包括塑料体顶部与底部之间的任何偏差。每侧的塑料突起不超过0.007 [0.18]。
3. 标注的尺寸不包括镀层厚度。
4. 不包括管脚间毛边或突起。
5. 控制尺寸以毫米[英寸]为单位。
6. 基准A及B将在基准面H决定。

封装标识

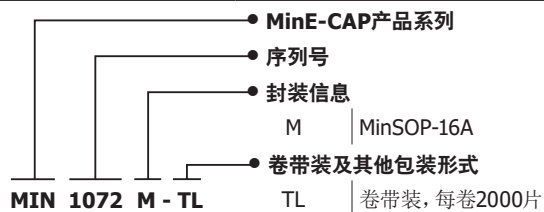
MinSOP-16A



- 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-9220-082120

零件订购信息



修订版本	注释	日期
D	代码A发布。	11/20
E	更新了漏极引脚电压，并在第11页的“绝对最大额定值”表中增加了注6。	12/20
F	在第1页和第10页分别明确了低压电容和高压电容值以及放电顺序。	08/21

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: singaporeales@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