

优化便携式产品设计中大输出电流DC-DC转换的热耗散

精心选择组件和良好的热设计，能帮助工程师优化应用于行动设备的超小型DC-DC转换器设计，达至功率密度增加，同时还保障可靠性。

◆ 安森美半导体低压电源管理应用工程师

/Bertrand Renaud

电源组件的小型化

最终用户需要提供丰富功能的超小型装置，如手机、便携式媒体播放器(PMP)或全球卫星定位系统(GPS)装置等，促使设计人员在启动每个新的电路板设计时，使用更小的组件。就数字集成电路(IC)而言，贯彻摩尔定律使组件制造商能够显著减小芯片尺寸，同时还提高性能和整合度。模拟IC的新一代产品也提供与它们前一代产品相当或更高的性能，而PCB占位面积更小。电源半导体制造商也致力于小型化，以更小的占位面积提供更大的功率处理能力，进一步帮助提供尽可能高的功率密度。

然而，达到此目标为系统设计人员带来了更严格的热管理挑战。电源转换期间损耗的能量即为热量，而减小组件的尺寸(与产生的热量有关)会导致工作温度升高—原因很简单，裸片越小，散发热量的能力就越低。可能带来的不利后果包括低可靠性、不可预测的组件菜单现，极端情况下导致组件损毁。一般来说，结温度越高，导致失效率越高。

在现代可携设备中成功使用超小型电源组件，要求同时在组件级和电路板级将组件内的发热量降至最低，并确保有效散热。

封装创新

为了将产生的热量减到最低，组件设计人员首

要是注重高电源转换能效。例如，对于负载点(PoL)稳压器等通用应用而言，开关转换器就应比线性转换器好。最好的开关转换器可以提供95%到97%的峰值效能。

要有效地散热，近年来涌现了多种小外形因子的创新电源封装。此类封装经过了优化，将裸片和外壳之间的热电阻降至最低，使热量能够高效地从组件中移除。

用于可携应用的最新封装中，诸如 μ DFN或 μ CSP的超小型无铅型封装在底部整合了裸露金属焊盘。焊盘向下焊接，将热直接传导到PCB上。封装尺寸可以是2 mm x 2 mm或更小，此类封装的组件能提供最高至1.5 A的连续电流。

在设计中采用此类组件时，为了确保以尽可能最大的输出电流可靠地工作并将使用寿命延至最长，工程师需要运用正确的热设计准则，在电路板布线等方面考虑制造商的建议。

计算功率耗散

可以用下面的方程式1去计算开关转换器的功率耗散：

$$P_{DIP} = V_{OUT} \times I_{OUT} \left(\frac{1}{Eff} - 1 \right) \quad (\text{方程式1})$$

假定稳压器产生固定输出电压，输出电流最大和

能效最低时功耗最大；这在环境温度高和输出电压最低时会出现。

分析DC-DC转换器的设计可以看到如何计算最坏情况下需要的功耗，并知道功耗与封装热电阻和允许的最高环境温度之间的相关性。

以安森美半导体的NCP1529 DC-DC转换器为例，此组件采用增强热性能的2 mm x 2 mm x 0.5 mm μ DFN6封装或3 mm x 1.5 mm x 1 mm TSOP5封装，专为电池供电装置而设。NCP1529的输入电压范围为2.7 V~5.5 V，可为采用单个锂离子电池或三个碱/镍镉/镍氢电池供电，输出电压可在0.9 V~3.9 V之间调节，最大输出电流为1.0 A。此外，此IC具有内部热关闭电路，防止在结温超过最高值时组件受到灾难性损坏。如果温度达到180℃，此组件会关闭，所有功率晶体管和电路也都关闭。在温度降低到低于140℃时，此组件会以软启动模式重新启动。

诚然，最佳的应用设计应当减低发生关闭情况的潜在机率，要确保如此的首要步骤之一是清晰理解工作能效。

我们可以考虑这样的一款组件：提供1.2 V IC核心电压，消耗最大900 mA的电流。图1显示的是NCP1529在85℃环境温度、输入电压2.7 V、输出电压1.2 V时的不同输出电流的能效。输出电流为0.9 A时，此组件的工作能效为60%。

将此些值代入方程式1，得到下述功耗最坏情况的表达式：

$$P_{DIPmax} = V_{OUT} \times I_{OUT} \left(\frac{1}{Eff} - 1 \right) = 1.2 \times 0.9 \times \left(\frac{1}{60\%} - 1 \right) = 720 mW$$

此数字对于帮助优化应用的热性能很重要。

功率与温度的相关性

热电阻(R θ JA)此术语用于描述封装将热量从硅结点传递到外界环境中的能力。热电阻越低，组件就能够越快地传递大量热量。R θ JA的表达单位为℃/W，因此为工程师提供了一个工具，可得到瓦(W)计算的电气功率(耗散)与以摄氏度(℃)为单位的温度相

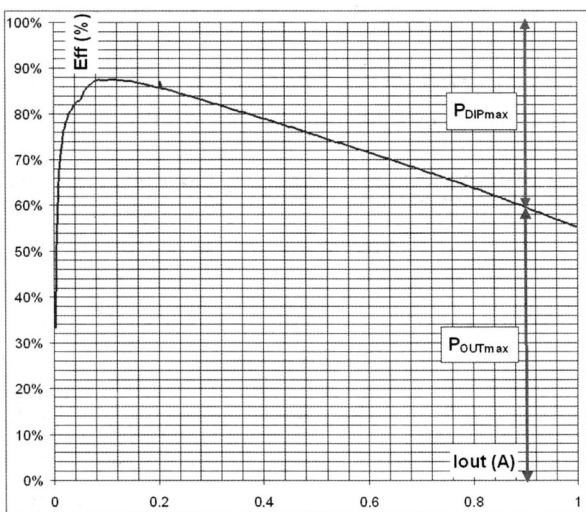


图1: Vin=2.7 V、Vout=1.2 V、温度为85℃时的NCP1529能效

互关系。

最新电源组件的数据表往往宣称它们的R θ JA值极低，但系统设计人员如果期望在最终产品中达到预期的性能，必须密切注意电路板布线和PCB的热设计。NCP1529的数据表显示了此组件单独的R θ JA(μ DFN-6封装，220℃/W)，以及它用于建议的电路板布线时的R θ JA(40℃/W)。这些数字显示PCB设计对热电阻有显著影响。事实上，遵从制造商的建议能够将实际R θ JA降低5倍。

知道了R θ JA和PDIP(max)，就可以使用下面的方程式计算出应用能够承受的最大环境温度：

$$T_{Amax} = T_{Jmax} - (R_{\theta JA} \times P_{DIPmax})$$

TJmax是能够承受的最大结温(当NCP1529在150℃)。

要注意的是NCP1529同时提供TSOP-5和 μ DFN-6封装，我们可以快速地确定每种封装选择对工作性能的影响。表1归纳了各种封装的功率耗散、封装热电阻和计算出的最大环境温度。

此表显示，如果转换器要在预计最高的环境温度下令人满意地工作，封装选择是考虑重点之一。

另一种评估封装热特性对应用性能影响的方法是审视功率下降曲线。图2显示了NCP1529公开发布的曲

线, 详述 μ DFN-6和TSOP-5封装最高环境温度阈值与功耗之间的关系。

环境温度低于70°C时, TSOP-5和 μ DFN-6封装都可以耗散720 mW功率, 因此能满足此应用的最坏

表1: 电气域与热域之间的数据转换

封装	TSOP-5	UDFN-6
PDI _{Pmax}	720 mW	720 mW
R θ JA	110°C/W	40°C/W
T _{Amax}	70.8°C	121.2°C

情况要求。然而, μ DFN-6封装的功耗能力更强, 与采用TSOP-5封装的同等转换器设计相比, 能够承受更高的最大温度。

μ DFN-6封装的性能优势能够归结于其增强的热结构, 裸露的金属焊盘显著降低了裸片到应用PCB的热电阻。

热设计指引

在每次计算中, T_A值都假定是尽可能最佳的热电阻, 亦即使用建议的电路板布线时提供的热电阻。如前所述, 电路板布线组件热性能以及相应的应用有极大影响。使用任何DC-DC转换器的设计人员应当查询所选组件的文件, 确保设计应用在硬件上能提供预期的性能。

热性能可以以下特性来优化, 如散热通孔(via)、将关键走线(trace)宽度拓至最宽、使用对接地层或电源层(power plane)的热连接, 或是指定热性能增强的PCB材料, 如绝缘金属基板。NCP1529的热布

线指引建议将VIN走线加宽, 并增加几个通孔以加多对电源层的热连接。此外, 建议将此稳压器的接地脚连接至PCB顶层。顶层、底层及所有接地层应当使用空余(free)通孔来连接, 从而增加散热器的有效尺寸, 而且这些通孔应当布设得越近越好, 或者在使用 μ DFN-6封装时最好位于裸露焊盘底下。 μ DFN-6裸露焊盘必须恰当焊接至PCB主散热器。

当然, 设计人员也必须牢记电路板布线对转换器电气性能的影响。优化的热布线应当与帮助尽量提升将稳压的噪声免疫性和环路稳定性的功能相辅相成, 如为大电流通道设置宽走线, 以及单独的电源层和接地层等。

图3显示了使用 μ DFN-6封装的NCP1529时建议的焊盘布线, 顾及到电气和热设计。红色箭头表示热能由封装流向外界环境。

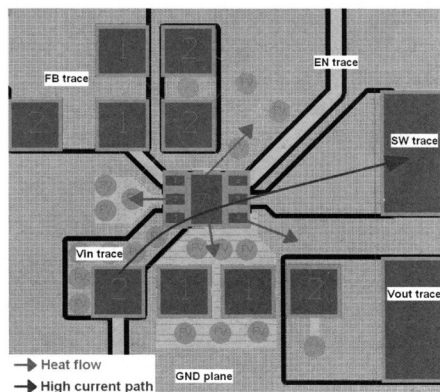


图3: 建议的NCP1529 μ DFN-6电路板布线

结论

设计人员要在当今便携产品精密的空间限制下应用高性能DC-DC转换器, 必须密切注意工作情况、功耗、组件性能和热设计等。与老牌的功率封装相比, 具有增强热功能的最新小型封装技术能提供更佳的热耗散。可携系统设计人员使用这些最新小型封装, 再结合板级的最佳热设计, 就能够得到紧凑可靠的大电流设计。

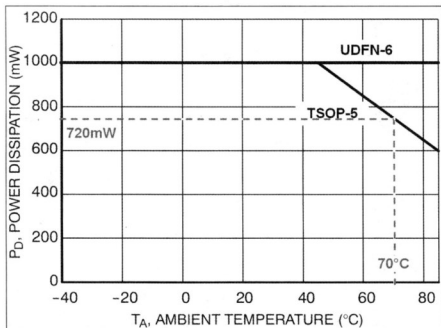


图2: IC功率下降特性曲线