

## 摘要

随着新型处理器的执行效率飞速提高，其对计算能力的追求有时超过了冷却系统的能力。而且，机械和散热设计通常是最后完成的研发步骤。因此，在设计的过程中可能在最后阶段才发现超过了散热系统的限制。设计师通常需优化系统并找到可接受的折中方案。

Teledyne e2v作为高可靠性微处理器的领导者，多年来一直致力于提高超越标准性能指标的定制处理器的核心竞争力，使系统设计师能够增加系统安全的余量，并优化SWaP（尺寸，重量和功耗）。

本文将介绍Teledyne e2v为系统设计师提供的定制方案，以调整高可靠性处理器系统的功耗。

在大多数情况下，选择一种或多种定制的方案可大大提高设计的价值。这里将讨论以下三种方案：

- 1. 优化功耗。**包括根据客户的应用需求选择合适的处理器，并优先选择低功耗的器件。
- 2. 优化封装的热阻。**在大多数情况下也可以保护电路和裸片。
- 3. 提高最大节温( $T_j$ )。**这需要额外测试器件在高温下的工作情况和使用寿命。重点是如何量化这些测试，因为升高的温度会影响器件的失效率。



Teledyne e2v的高可靠性微处理器在国防、宇航等高可靠性领域已服务了几十年的时间。今天，现代处理器的发展主要依靠诸如无人驾驶等未来的新市场推动。因此，像NXP这样的大供应商对高可靠性产品的供应链有深远的影响。许多应用对这些产品并没有很严格的可靠性要求。

同时，SWaP（尺寸，重量和功耗）对于航空、国防甚至宇航等严苛环境的应用非常重要。本文将重点介绍如何选择用于这些应用的处理器。毕竟，处理器是系统中的重要器件，会产生系统中大部分的功耗（SWaP中的P）。另外，散热系统需要使用散热器，影响系统的尺寸和重量（SWaP中的S和W）。

量，以兼容不同批次的差异。例如，如果某个客户的应用必须用到最高的节温，看了表1他可能会得出这款处理器虽然功能强大但功耗太大的结论，从而不选用这款器件。实际上，我们后面会看到，采取一些措施可以减少器件的功耗至理想的范围。

Core frequency (MHz)	Platform/FMan frequency (MHz)	DDR frequency (MHz)	V <sub>DD</sub> (V)	SV <sub>DD</sub> (V)	Junction temperature (°C)	Power mode	Power (W)		Total Core and platform power (W) <sup>1</sup>
							V <sub>DD</sub>	SV <sub>DD</sub> <sup>8</sup>	
1800	700/800	2100	1.0	1.0	65	Typical	8.5	0.9	9.4
						Thermal	11.4	0.9	12.3
					85	Maximum	14.3	0.9	15.2
						Thermal	14.4	0.9	15.3
					105	Maximum	17.3	0.9	18.2
						Thermal	17.3	0.9	18.2
1600	700/800	2100	1.0	1.0	65	Typical	7.7	0.9	8.7
						Thermal	10.7	0.9	11.6
					85	Maximum	13.2	0.9	14.2
						Thermal	13.7	0.9	14.6
					105	Maximum	16.3	0.9	17.2
						Thermal	16.3	0.9	17.2

表 1: NXP LS1046 处理器的功耗

### 处理器功耗的背景知识

每一代处理器的功耗需求都在逐步增加。研究特定器件的电参数是一件复杂的工作，尤其对于准备解决系统设计问题的设计师。

表1是从四核ARM Cortex A72 64位Layerscape处理器LS1046的数据手册里摘录的，包含2种处理器时钟频率（1.6和1.8GHz）和3种节温（标称值65, 85和105°C）时的功耗。另外，图中还标出了三种不同的功耗模式：典型、散热和最大。可以看出，在不同的工作环境，器件的功耗可能会相差一倍。这说明散热管理是处理器的重要设计指标。

### 三种解决方法

#### 方法1: 优化功耗

这包括评估一系列目标器件，并对它们做相关测试，分析功耗的分布。最终的目的是为某一个特定的应用筛选出功耗最佳的器件。

如果器件的使用情况被明确定义，功率筛选可以使处理器满足其使用的要求。但是，这需要非常精确地了解器件如何在特定的应用中工作。对此，并没有快速的解决方案，人们只能使用功率筛选得出尽可能详细的分析结果。在某个特定的项目中，Teledyne e2v通过结合客户应用的要求和功耗筛选，成功将图1中器件在最坏情况下的功耗降低了46%。

通常情况下，厂商制定的器件标准规格会包含一些余



这样，起初由于功耗太大而被认为不适合这个任务的器件，现在可以被用户充满信心地设计到系统中。

- 不同的器件的静态功耗差异显著。
- 在低温环境静态功耗可能接近0，但在125°C时可能占总功耗的40%甚至更多（参见图2）。
- 动态功耗由用户的使用情况决定。不同器件、不同温度和不同的批次对其影响不大。

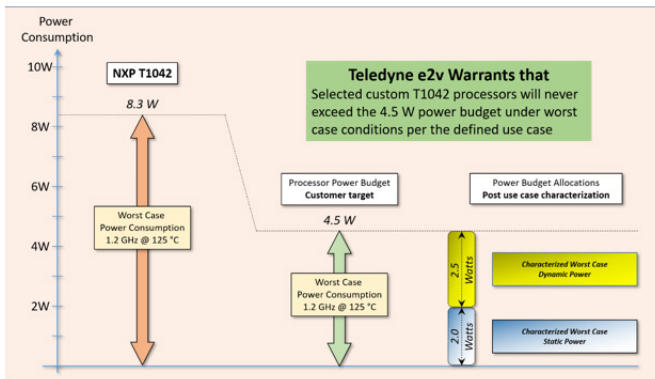


图1: T1042处理器最坏情况下的功耗 vs. 客户目标应用中的功耗

这并不是一件容易实现的事情。我们需要了解处理器的功耗包含下面两个要素：

- 静态功耗——IC的所有内部外设所需的功耗，与器件性能和运行的代码无关。
- 动态功耗——计算能力所需的功耗。对于多核处理器，对于不同的瞬时计算负载，这个功耗可能有很大差异。

### Teledyne e2v对功耗的独特见解

经过和NXP (之前是Freescale) 几十年的合作，Teledyne e2v建立了高性能处理器的专业知识体系，并可获得和原始制造商相同的工具、产品测试向量和测试程序。这使得Teledyne e2v可通过筛选和测试的方式提供定制的功耗优化方案。

Teledyne e2v对处理器参数测试表明当代处理器有以下几点常见特性：

### 处理器功耗和环境温度的关系

图2表示对于一款真实的处理器节温和静态功耗的典型关系曲线。随着节温 ( $T_j$ ) 的升高，功耗非线性增加。在这个例子里，随着温度从45°C上升到125°C (标称最大值)，静态功耗增加了3倍，从4W升高到14W。因此，降低功耗的方法之一是通过加强的散热系统降低节温。

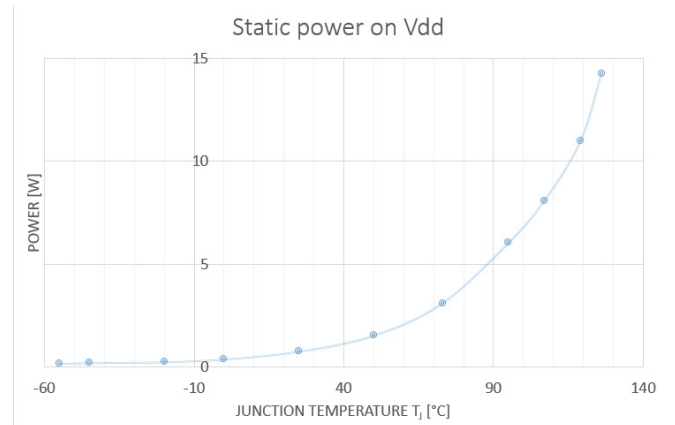


图2: 静态功耗和节温的典型关系

这个曲线也表明，无法同时改善处理器SWaP的所有要素。如果想优化功耗，则必须降低节温，而使用散热器，则会增加设备的尺寸和重量。

因此，虽然SWaP是一个核心的设计要素，但通常需要作出下面的妥协：



- 降低功耗
- 或减少散热系统以减少尺寸和重量

## Teledyne e2v可提供优化功耗的处理器器件

Teledyne e2v从NXP获取原始测试向量、等效测试工具和测试技术，并研发新的处理器性能优化技术，以提供定制功耗的产品。另外，Teledyne e2v可对特定的用户应用做深入的功耗分析，找出特别的动态功耗需求。

### 成果：降低功耗

图1中可以看出T1042四核处理器的功耗情况。商业器件的规格书表明在最坏情况下器件的功耗高达8.3W(1.2GHz时钟，T<sub>j</sub>是125°C)。但是，用户可以降低功耗至4.5W。如果不是因为功耗的降低，客户可能从一开始就不会选用T1042。

基于加强的器件测试和对用户实际应用的分析，Teledyne e2v保证特定器件的功耗大约是原始器件预期功耗的一半。

这可帮助降低功耗并简化项目的散热设计。

### 方法2: 定制封装

包括修改或重新设计标准器件的封装，以减小节到板子的热阻，或节到封装顶部的热阻：

- 可降低节温，从而降低功耗（假设使用相同的散热

器）。在另一方面，也可以减少冷却系统的尺寸和重量，因为热阻(R<sub>th</sub>)越小，所需散热器越大。

- 可加强器件的震动防护，并简化冷却系统和处理器的传热接口。

- 选择使用或不使用封装盖，以进一步改善散热性能

大多数处理器都有封装盖，用于散热和保护器件裸片。取决于不同的应用，有些设计师可能会选择有封装盖的设计，从而更容易地集成散热器；而另一些设计师则选择无封装盖的设计，因为他们无法接受封装盖带来的额外的热阻。在另一方面，封装盖会显著降低节到板子的热阻，对于主要依靠印制电路板(PCB)散热的应用非常有利。



图3：LS1046有盖设计(上)和T1040无盖设计(下)

如图3，有些器件是带有封装盖的（如LS1046），有些器件则不带封装盖（如T1040）。对此，通常设计师无法选择，因为这是商用货架产品(COTS)。而Teledyne e2v可根据用户的需求，帮助用户增加或移除封装盖。



**Teledyne e2v可提供定制的封装**

Teledyne e2v拥有重封装半导体器件的专业知识和丰富的经验。这不仅仅包括特定封装的开发，例如专门为Teledyne e2v的EV12AQ600模数转换器开发的封装，此外，Teledyne e2v还可帮助客户对封装重新植球，改变焊接流程，以满足一些宇航客户的特定需求（如采用不含锡铅合金的材料以防止在宇航应用中出现锡须）。

**成果: 定制的封装**

最近Teledyne e2v做了一项为NXP T1040处理器加上封装盖的可行性研究。可选的封装盖的机械尺寸如图4。Teledyne e2v也估算了散热指标的变化。由于增加了封装盖，节到板的热阻大约是4.66°C/W的一半，比标准封装下降了9°C/W。而节到顶部的热阻却从少于0.1°C/W增加到0.85°C/W。

**关于改进封装的进一步思考**

理想的散热设计是不使用散热器，所有的热量都通过PCB传导。虽然这听起来有些不现实，但在某些应用中确实是值得考虑的方案。考虑到多层PCB的热阻较低，通过改进封装，降低节到PCB板的热阻，可使相当部分的热量通过PCB传导，减小散热器的设计压力，并减少使用相同散热器的设计的功耗（通过降低节温）。一个典型的例子是Teledyne e2v的PC8548（陶封基板）。它等效于NXP的MPC8548（塑封基板）。虽然它们在尺寸上类似，在热性能方面却有显著的区别。由于PC8548使用了陶瓷基板，节到板的热阻（3°C/W）比塑封版本的热阻（5°C/W）降低了60%。

虽然上述的两个例子都是关于降低节到板的热阻，相似的方法也可被用于降低节到封装顶部的热阻。

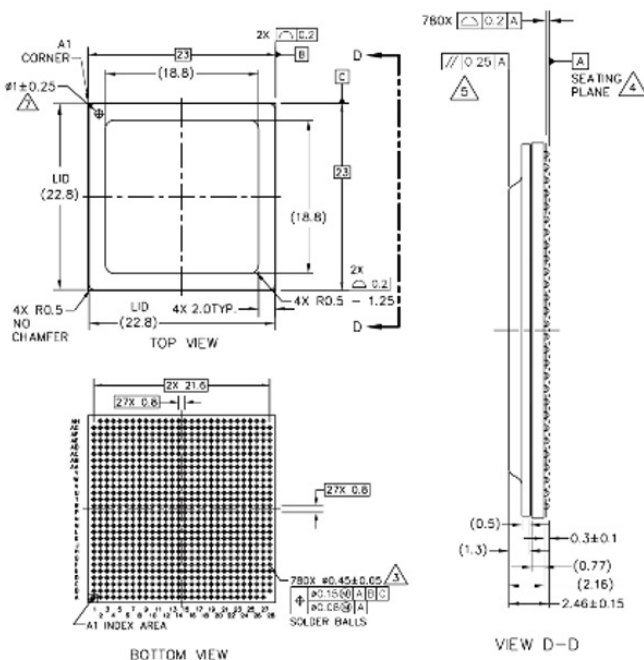


图4: T1040可选的封装盖

**方法3: 扩展的节温(即大于125°C)**

这个优化方法考虑到硅片在超过传统商业级标准器件的温度范围时正常工作的可行性。实际上，硅片并不仅仅能工作在125°C，也可用于较高温度的应用。较高的工作节温可为应用提供较大的余量。但是，正如前面介绍的，较高的温度会显著提高功耗（参考图2）。高节温适合用于允许短时间动态功耗迅速爆发的应用。用户需注意这种爆发需满足系统散热设计的要求。



## Teledyne e2v可提供扩展温度的器件

Teledyne e2v拥有专业的产品知识和测试经验，结合不同的产品质量标准，可与客户深入讨论扩展温度范围对器件工作寿命的影响。Teledyne e2v已经可以提供高达125°C的NXP处理器——超过了商业器件105°C的限制。

### 成果：扩展的温度范围

经过可行性评估，Teledyne e2v可提供较高工作节温的定制IC的产品规格。制定产品规格时需仔细考虑如下的四个问题：

### 扩展节温工作的四个问题：

为了提高工作节温，需评估以下四个问题：

- **性能：**在较高的温度下，处理器可能无法满足某些电特性需求。Teledyne e2v的测试表明可能需要降低最高时钟频率以满足手册上指标（参考图5）。因此，如果需器件在扩展温度范围正常工作，可能需降低某些规格参数。
- **可靠性：**随着温度升高，硅器件的可靠性以非线性的方式急速下降，可参考阿列纽斯等式。图6表示NXP处理器在高达105°C范围内的典型FIT（失效率）。将曲线延伸到150°C，器件的可靠性与105°C时相比降低了10倍。目标应用必须能允许上述可靠性的下降。
- **功耗：**如图2所示，功耗随着温度上升迅速增加，这意味

着在扩展温度范围工作需承受更高的功耗。

- 需验证**封装承受高温的能力**。特别是塑封环氧树脂封装，在大约160°C时开始恶化。可考虑使用高温环氧树脂重新封装的方案。

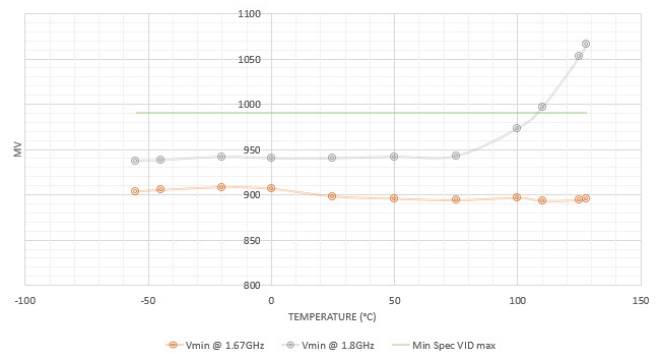


图 5：高温 (>100°C) 时1.8GHz时钟频率限制的例子

考虑以上四个问题，可帮助判断是否需扩展特定应用的器件的高温限制、调整电气参数或更换封装材料。Teledyne e2v提供的定制服务依赖于客户对其任务的理解和工作寿命的分析，包括扩展温度条件会持续多久，高温条件是瞬时还是稳定的状态等。无论是哪个方面，Teledyne e2v都可以提供专业的建议。

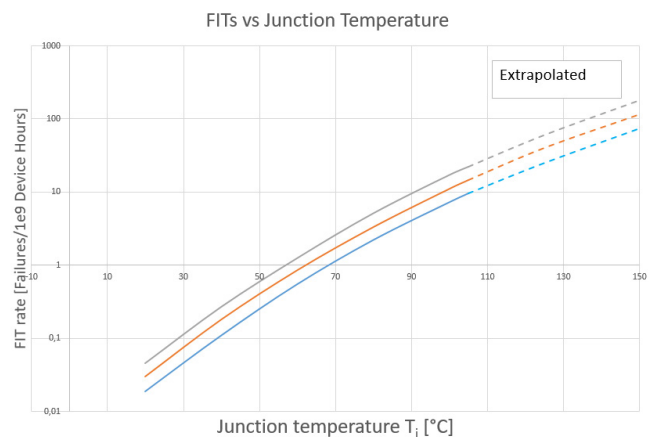


图 6：温度延展到150°C时的典型失效率



**三种调整处理器功耗的方法**

本文讨论了Teledyne e2v如何基于和NXP的长期战略合作提供定制处理器的服务。这种定制化可基于Power架构（例如T系列处理器T1042）或ARM架构（例如Layerscape LS1046）。这里列出了三种为恶劣环境的应用优化功耗并定制处理器的方案：

- 优化特定功耗的功耗筛选
- 增强散热能力的定制化封装

- 提高允许的最高节温 ( $T_j$ ) 以支持大动态功耗需求

Teledyne e2v拥有独立的测试、质量管理体系和专业的产品工程师，结合和NXP长期的合作关系，可为特定复杂应用的客户提供专业、高可靠性的处理器功率优化方案。

如果您依然不确定这种定制的处理器的方案是否是较好的选择，我们建议您联系Teledyne e2v，和我们探讨您的需求和遇到的挑战。您一定会对这种定制化方案带来的价值惊讶不已。

了解更多：

- > [Teledyne e2v 帮助降低商业处理器的功耗](#)
- > [Teledyne e2v 高可靠性微处理器的不同点](#)
- > [Teledyne e2v 发布用于宇航应用的Quad ARM® Cortex® A72](#)
- > [Qormino 封装处理方案可工作在100%宇航应用环境](#)
- > [下载我们的宇航流程对比表格](#)



更多信息，请联系：  
**Thomas Porchez,**  
应用工程师，  
数据处理方案。  
[thomas.porchez@teledyne.com](mailto:thomas.porchez@teledyne.com)



更多信息，请联系：  
**Thomas Guillemain,**  
市场和业务开发，  
数据处理方案。  
[thomas.guillemain@teledyne.com](mailto:thomas.guillemain@teledyne.com)



更多信息，请联系：  
**Jane Rohou,**  
营销传播经理。  
[jane.rohou@teledyne.com](mailto:jane.rohou@teledyne.com)

