

两步功率转换：着眼于未来的便携式电源

随著微处理器的工作电压持续降低，针对CPU内核电源的功率转换面临严峻挑战。内核电源必须瞬态响应快、电源效率高以及处理器周边产生的热量少。这些因素将很快促使一步功率转换（从电池或墙接式适配器到处理器）演变为两步转换（CPU内核电源由5V电源提供）。对便携领域而言，这是一个新东西，但是采用5V作为总线电压的分布式电源在大型系统中已经应用多年了。目前，尽管在便携产品中采用这种结构并非绝对必要，但是过去蛮干的方法正在走向尽头。

让我们从反对两步转换的两个最大理由开始：效率的明显下降以及伴随5V电源的发热问题。粗略的计算可能会给人一个错误的印象，即效率大大降低了。但事实绝非如此！随后本文将基于演示板实测的数据精确计算

两步功率转换的效率，结果表明其总效率与一步高效转换器的效率一致。

另一方面，两步转换具有很多优点：更加对称的瞬态响应、处理器周围产生较少热量、以及容易修改使之适配未来更低的处理器电压。来自电池的尖峰电流也降低了，从而获得更高的电池效率，它比用实验室电源测得的效率还高。因此，在真正的笔记本电脑中，电池寿命极有可能超过一步转换结构的电池寿命。

对降压开关调节器而言，由 V_{OUT} 与 V_{IN} 之比所决定的工作占空比是罪魁祸首。在一步电源转换中，由于降压比很大，开关导通时间必须非常短。这将导致一个很快

，LTC和LT是凌特公司的注册商标。

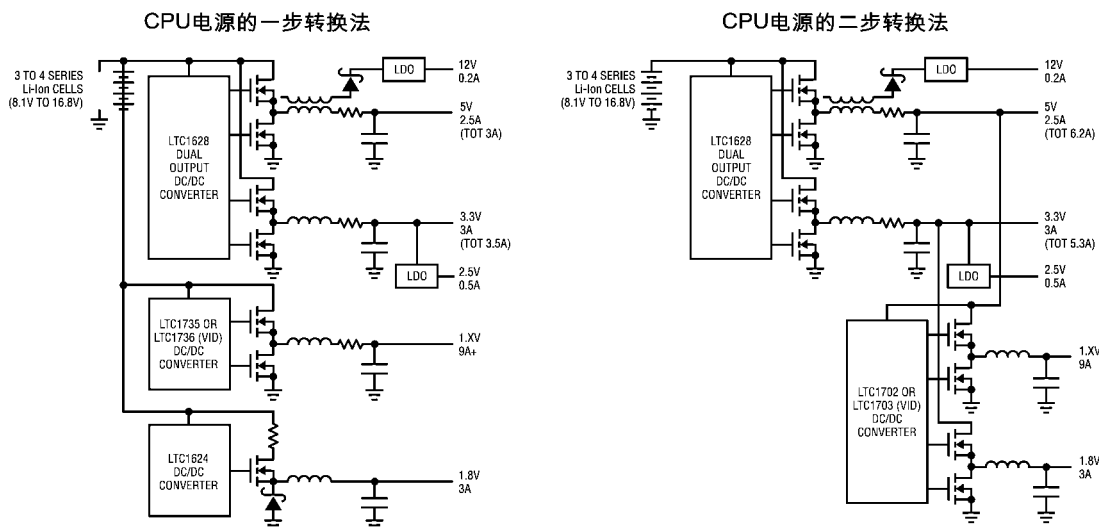


图1：随著CPU内核电压持续降低，传统的一步转换法将被淘汰出局，因为这种方法的占空比极小，而且瞬态特性失真严重。二步转换法将传统转换分成两个阶段，不仅消除了上述麻烦，而且具有较快的瞬态响应和CPU周围产生较少热量之优点。

的电感电流上冲和一个非常慢的电流下降。在上冲过程中，电感值必须大到足以控制电流的程度。因而，与工作在低输入电压下相比，这一过程要求一个较大的电感。电流快速上升和缓慢下降意味着在负载增加时，调节器的瞬态响应好；而当负载减少时，调节器的瞬态响应差。对两步转换过程而言，较低的恒定输入电压不但可得到更加对称的瞬态响应，而且由于电池和墙接式适配器千差万别，优化它们的环路动态(loop dynamics)性能是件令人头疼的事，采用两步转换，则可完全消除这样的麻烦。

两步转换的占空比接近50%，并且由于电压摆幅小可使开关损耗较少，因此，这种方法可以提高开关频率。这就允许采用小型的、成本较低的外部元件，故而进一步帮助改善瞬态响应。

为了使大电流的PCB走线距离减到最短，内核电源必须放置在处理器附近。对一步转换器而言，其功率损耗比两步转换的第二步还要大。将高输入电压转换到低输出电压的开关调节器很少能达到90%的效率。一个设计适当将5V电源转换成内核电压的转换器能使效率提高

5个百分点，故而把处理器周围产生的热量减少到最低水平。

当计算两步电源转换系统的效率时，有一个常犯的错误，就是把第一步转换的效率与第二步转换的效率简单地相乘。尽管有一定的可取性，但这种方法既不能反映出系统的总效率，也不能显示出电路板上功率损耗的分布情况。评估两步功率转换效率的正确方法，就是回到效率的定义上：

效率= $\frac{\text{总输出功率}}{(\text{总输出功率}+\text{总功率损耗})} \cdot 100\%$

“总输出功率” (Total Power Out) 这词不仅包括最终加到CPU内核的功率，而且包括CPU内核每次转换所获得的额外功率。“总功率损耗” (Total Power Lost) 这词是指每一次转换时的功率损耗总和，它可通过个别的工作效率计算出来。

表1比较了从12V输入电压进行一步和两步CPU电源转换时的每一阶段的功率消耗。应当注意到，当把图1

表1：一步转换与二步转换的工作效率对比表，VIN=12V（参考图1）

CPU电源的一步转换

输出/I _{LOAD} [†]	DC/DC 输出功率	效率*	功率 损耗
3.3V/1.5A	5.61W	93%	0.42W
5V/1A	5W	95%	0.26W
1.6V/5.5A	8.8W	86%	1.43W
1.8V/1.5A	2.7W	80%	0.68W
2.5V/0.2A	0.5W	76%	0.16W
CCFL	8W	90%	0.89W
总负载功率合计	30W	88.6%	3.84W

CPU电源的二步转换

输出/I _{LOAD} [†]	DC/DC 输出功率	效率*	功率 损耗
3.3V/1.5A	8.54W ^{††}	93%	0.64W
5V/1A	14.78W ^{††}	94%	0.94W
1.6V/5.5A	8.8W	90%	0.98W
1.8V/1.5A	2.7W	92%	0.23W
2.5V/0.2A	0.5W	76%	0.16W
CCFL	8W	90%	0.89W
总负载功率合计	30W	88.6%	3.84W

*效率= $\frac{\text{总输出功率}}{(\text{总输出功率}+\text{总功率损耗})} \times 100\%$

†平均输出电流；12V输出正常关闭
††包括1.6V和1.8V输出所要求的额外功率

中的所有输出都考虑在内时，一步转换和两步转换有相似的总效率。

那么，在5V调节器上增加负载，情况又会怎样呢？表1显示，采用两步转换的5V电源功率损耗的确增加了，但仍低于一步转换CPU内核电源的功率损耗。此外，对于笔记本电脑而言，内核和I/O电源的损耗可能处于最差的热环境中——紧靠近微处理器。在这个例子中，两步转换将CPU周围的功率耗散减少了0.9W。

有时电源设计人员会关心另外一个问题，即当将一个开关调节器的输出端作为负载，加到另一个开关调节器的输入端上时，可能会有很多潜在的难点。实际上，一个开关调节器的输入电流与它的输出电压和输出电流成正比，而与它的输入电压成反比。因此，对位于上游的开关调节器而言，这代表一个有益的负载，况且级联开关调节器已经在多种不同的电源分布系统中使用多年了。例如，今天台式电脑所采用的结构与本文对便携式

电脑所描述的结构完全相同。

随著时间的推移，制造微处理器的平刻技术继续使其尺寸缩小，并且迫使CPU内核的工作电压更低，而工作电流更大。1.1V电源和15A的峰值电流已经在便携系统中出现。这些要求将使传统的一步转换方式难以工作，因为它们的占空比极小和瞬态特性失真严重。

凌特公司已经开发出独特且非常适合执行两步转换策略的第三代高效率DC/DC转换器。对于提供3.3V和5V系统电源以及实现两步转换中的第一步转换，LTC®1628两相双系统电源控制器是理想的选择。为了获得最高效率的第一步转换，可采用LTC1625 No R_{SENSE}™ 电流模式控制器在高达10A时提供5V电压。至于第二步转换，LTC1702和LTC1703 (VID可选) 两相双控制器以高达95%的效率转换5V或3.3V电源到CPU内核和I/O端。LTC1702/LTC1703工作频率为550kHz，不需要敏感电阻器，并且瞬态响应快，外部元件成本低。

No R_{SENSE}是凌特公司的商标。

LTC1703负载瞬态响应

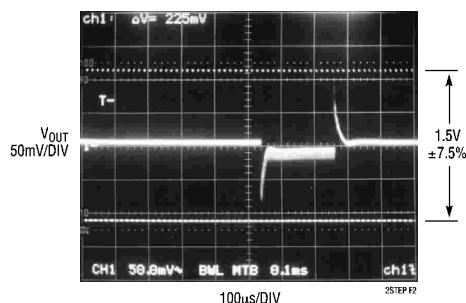


图2：工作在5V电压和550kHz下，允许采用更小型电感器，使瞬态响应极佳

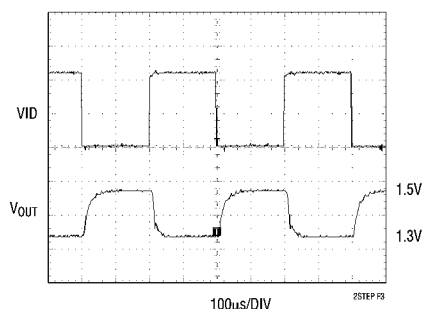


图3：当采用VID控制输入改变V_{OUT}时，LTC1703的稳定时间极小于100µs

香港新界葵芳兴芳路223号新都会广场2座21楼2109室
电话: (852) 2428-0303 传真: (852) 2348-0885
www.linear-tech.com / www.linear.com.cn

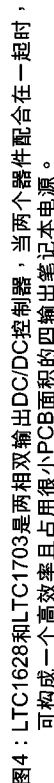


图4: LTC1628和LTC1703是两相双输出DC/DC控制器, 当两个器件配合在一起时, 可构成一个高效率且占用很小PCB面积的四输出笔记本电源。