



# 实现下一代高密度电源转换

IBM电源和冷却技术研讨会，2006年9月13日

作者：VI晶片营销及销售副总裁Stephen Oliver和VI晶片首席产品线工程师Paul Yeaman

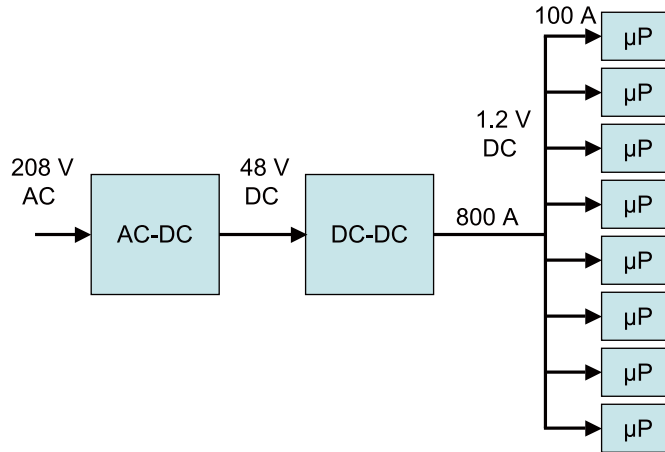
<b>目录</b>	<b>页码</b>	<b>引言</b>
引言	1	推动创建元数据 (Metadata) <sup>(1)</sup> 处理服务器系统，加上平行推进增加电信系统的端口密度和三网合一 (语音/视频/互联网) 流量处理，对电源管理架构提出了更高的要求。
存在的问题： 低效的电源架构	1	<b>存在的问题：低效的电源架构</b>
解决方案： 分比式电源架构 (FPA)	1	当处理器电压达到子亚伏 (sub-volt) 级时，由于配电总线损耗和拓扑性能基本限制的组合，传统AC至12Vdc银盒 (电源) 和后面12V至1.xV同步降压的设计在系统功率密度和效率方面已经出现了搁浅受阻。较高的 (48V或350/380V) 总线电压可降低配电分布损耗，但这通常意味着增加了使电压降至处理器电压额外的一级或几级转换，因而增加了尺寸，并可能降低转换效率。
示例系统	2	
基线系统性能 (效率和尺寸)	2	
第一部的改进： 利用BCM实现HV 和MV DC-DC转换	3	需要一种新的体系结构来优化处理占位空间，同时最大限度地减少下一代系统中用于电力输送的面积。
第二部的改进： 用PRM+VTM从48 V直接 实现处理器电压	6	<b>解决方案：分比式电源架构 (FPA) <sup>(2)</sup></b> FPA使用三个灵活的构建模块重新定义了每个转换级的界限，实现了更高的密度和效率。 构建模块 (被称为“VI晶片”) 是： <b>总线转换模块 (BCM<sup>®</sup>)</b> 它是一个窄输入范围、非稳压、高效率总线转换器利用ZCS-ZVS正弦振幅转换器 (SAC) 拓扑，可提供隔离和电压转换。有高电压 (高达384V) 和中等电压 (48V) 输入型号可供选择。 <b>预稳压模块 (PRM<sup>®</sup>)</b> 它是一个独特的ZVS高效率升降压型转换器。 <b>电压转换模块 (VTM<sup>®</sup>)</b> 它是采用ZCS-ZVS SAC拓扑的宽范围48V输入、高效率电压转换单元。VTM与PRM一起组合成输出低电压 (根据需要可低至0.82V)
总结	9	
结论	10	
参考文献	10	

FPA构建模块支持更高灵活性、可扩展性和高效率。

## 示例系统

本文展示呈现了中档/高档数据处理系统的效率和空间的比较，系统由一个或多至8个微处理器组成，每个组合负载共960W，运行在1.2V和100A。系统通过从208Vac输入的AC至48Vdc前端供电，如图1所示。

图1：  
基本系统框图

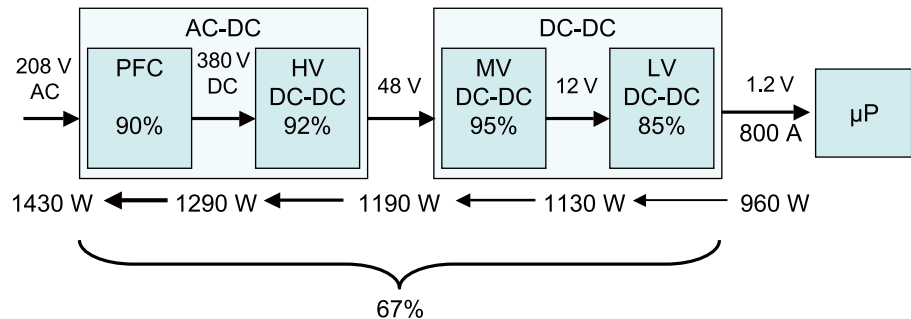


## 基线系统性能（效率和尺寸）

今天的（2006年）典型AC至48Vdc至1.xV系统从AC到负载点（POL）的整体效率为67%<sup>(3)</sup>，这意味着我们的960W负载系统要从AC电源线消耗约1430W（图2）。其中470W作为热量损耗了—进一步增加了对散热/空调系统的需求，也提高了数据中心的运行成本。

在这个分析中，假设没有“外来的”的元件或材料，现在所有元件和子系统都已经为大规模生产的，有广泛的市场接受度和安装基础。

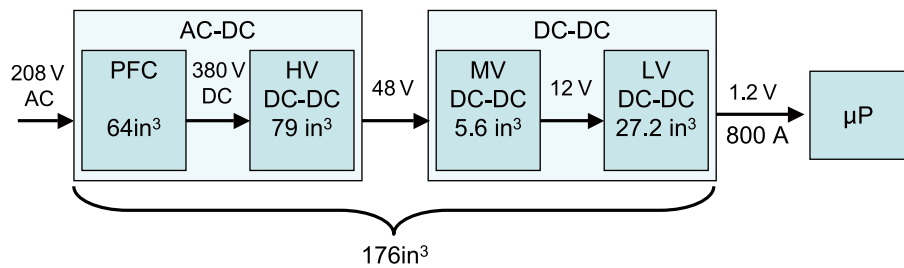
图2：  
取自AC电源线的基线  
系统效率和功率



从拓扑结构上假设是，AC至48Vdc单元包括一个标准桥、滤波器和产生380V的升压PFC，然后使用一个有二极管的双管正激转换器整流至48Vdc。而48V-1.2V转换有四个48V：12V非稳压总线转换器，后面是4相或5相VRM供电给处理器。

就尺寸大小而言，根据一项市售单元的调查，假设前端AC至48Vdc的功率密度是10W/in<sup>3</sup>，<sup>(4)</sup>，在典型800W-1500W设计中，PFC级（包括AC整流桥和输入EMI滤波器）占据了整个转换器的40%左右。根据每级的输出功率水平估计PFC级和高压（380V-48V）DC-DC级的典型尺寸。MV DC-DC（1/4砖）和低压DC-DC（VRM及包括“oscon”大容量电容器）的尺寸来自于具体实例。

图3：  
基线系统大小尺寸

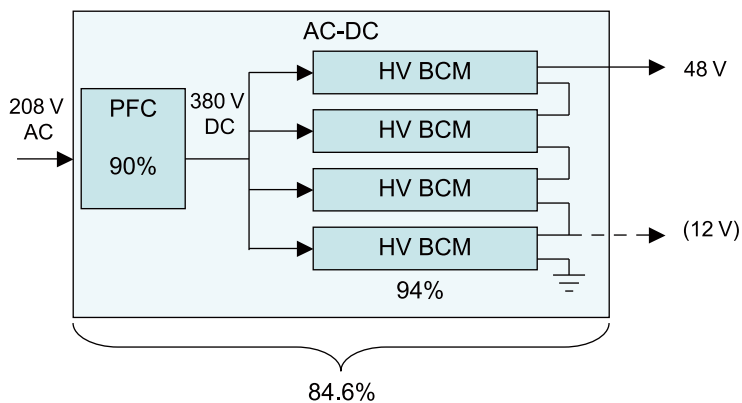


### 第一部的改进：利用BCM实现高压和MVDC-DC转换

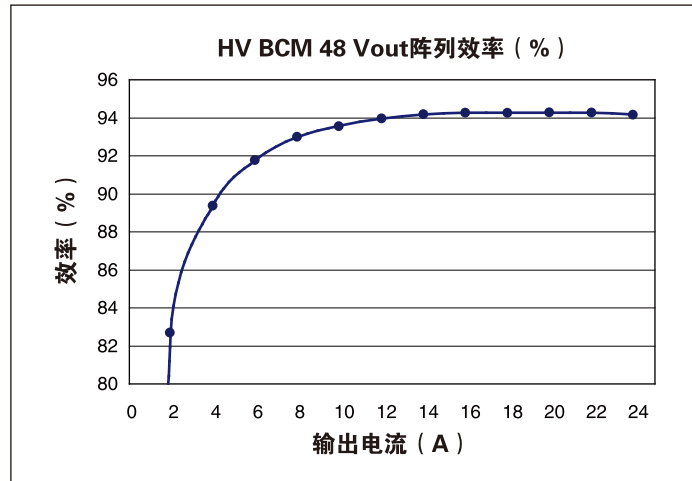
BCM<sup>®</sup>基本拓扑结构可应用于HV DC-DC和MV DC-DC部分。

B384F120T30是一个有1/32变压比（K）的300W转换器，可直接从PFC总线电压馈电，并产生12V输出。一个由四个BCM经有并联输入和串联输出而成48V阵列到提供1,200W功率，效率达94%。图4a、b及c显示了布局和性能的详细信息。请注意，图4a包括一个可选12V输出的布局，可给硬碟和驱动器或低功耗辅助POL转换器，但是没有包括在效率和尺寸比较中。

图4a：  
HV BCM简单原理图

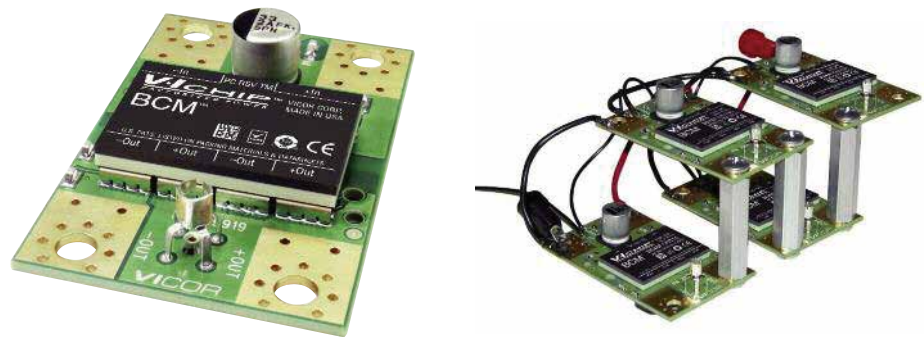


**图4b:**  
HV BCM性能曲线/数据



4个B384F120T30, 每个12Vout, Tcase 40°C, 不带散热器

**图4c:**  
HV BCM演示板 (左) 和  
串联输出阵列 (右)



产品的进一步开发可以提高系统功率粒度间隔 (例如, K为1/8的384 V:48 V BCM可以与输出并联) 和效率 (改善布局/互连)。

对于MVMV DC-DC级, B048F120T30是一个非稳压、窄范围48V输入、12V输出的总线转换器 (K为1/4), 效率为95%。进一步的BCM®性能数据, 包括共模噪声性能均石提供<sup>(5)</sup>。

在尺寸方面, BCM基于SAC的有效开关频率达3.5MHz, 采用了独特的小型封装大功率转换用平面磁性元件 (见图5), 可实现1034W/in<sup>3</sup>的功率密度。

**图5:**  
V·I晶片尺寸。  
请注意，所有BCM、PRM  
和VTM单元的尺寸均相同

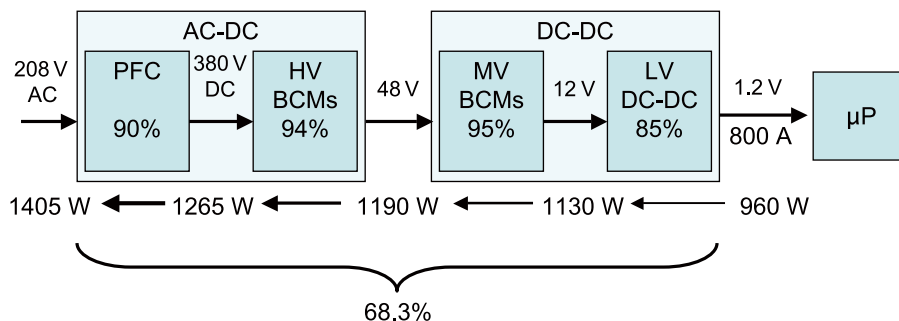


32.5 x 22.0 x 6.6mm  
1.28 x 0.87 x 0.26 in

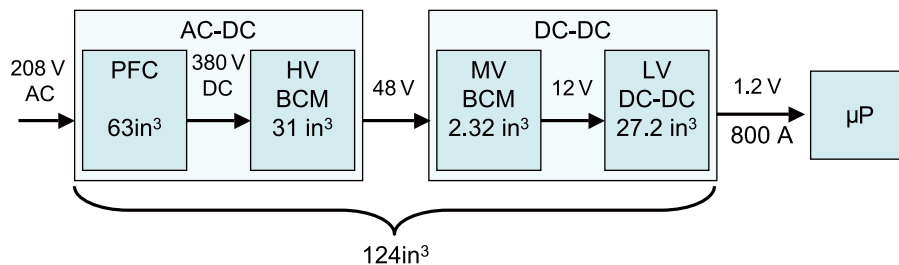
考虑HV高尚 DC-DC单元中必要的辅助元件（PCB、连接器、输出ORing、监控等），这级的转换。与传统拓扑结构相比，可以减少60%的尺寸，效率提高2%。MV DC-DC具有与基准示例类似的效率，同样减少了60%的尺寸（包括散热器）。图6a和6b所示为相位1（用BCM取代HV和MV DC-DC级）的结果。

请注意，因假设AC至48Vdc转换模块尺寸的标称功率密度为10W/in<sup>3</sup>，随着高压DC-DC效率的提高，PFC级也减少了功率和相应的尺寸。虽然把PFC级尺寸减少可能不太实际，但低功率（电流）给予可使AC至48Vdc转换把功耗减少48W，将允许功率元件（如升压FET、二极管）在较低温度下工作和/或减少散热，同时提高效率 and/或可靠性等。

**图6a:**  
第一部的改进的效率



**图6b:**  
第二部的改进的尺寸



## 第二部的改进的：用PRM®+VTM®从48V直接实现处理器电压

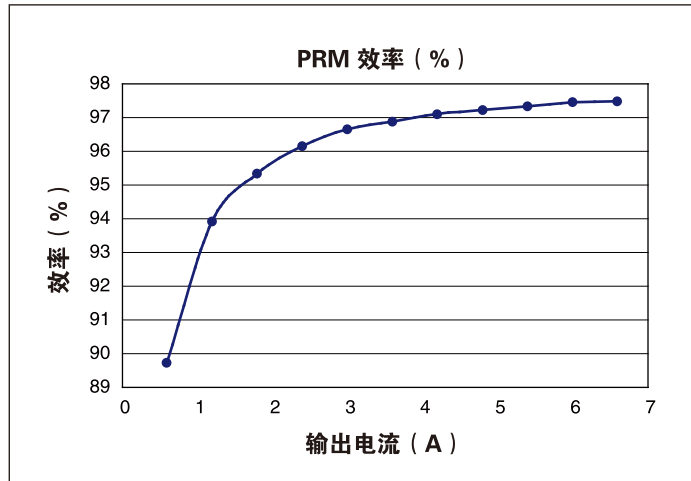
传统VRM依赖于尝试和相信同步降压PWM转换器。然而，由于处理器电压趋于降至1V以下，占空比从12V达到12:1（同步FET；控制FET）。如使用PWM拓扑在48V输入，大功率又高效率，由于极端的占空比，再加上需要较高压的FET电压要求和相应较高的 $R_{DS(ON)}$ ，是具挑战性的。FPA就是把PWM电源的稳压和电压转换级分离成两个独立的模块。PRM可产生分比总线并且可调控的48V。而VTM（频宽达1MHz而输出阻抗非常低的电流倍增器）可以直接在处理器提供高效率的电压转换。

对于960W负载，可使用8个VTM（每个100 A处理器用1个）。PRM VI晶片能够实现更高的功率（每个高达320W），所以只需要四个（与输出并联连接便可）。

FPA提供了几个关键好处：

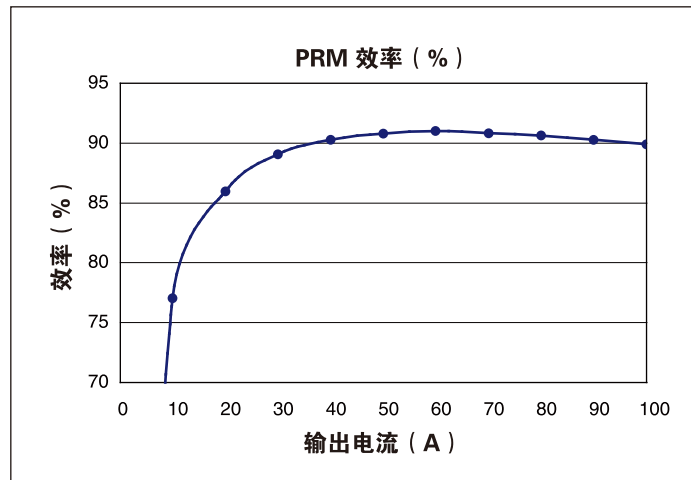
- 高效率有助于节省上游功率（参见图7a、7b和7c）。
- PRM和VTM可分离
  - 允许PRM放在远离VTM的地方，48V与12V线电压相比，可减少94%配电损耗（ $W/\Omega$ ）。
  - 实现直接在处理器上的最小尺寸的解决方案，（放在处理器旁只需要VTM，可最大限度地减少大电流走线/损耗）。
- VTM内独特的高带宽双向转换有助于去掉处理器位置的大容量电容，替换成为分比总线上一个十分小（约1/1000）的电容，从而大大减少大容量电容器（以所占大小尺寸计算，参见图7d）。由于VTM的高带宽和低Q特性，大大降低了负载点POL的陶瓷旁路电容要求，因为POL电容只需要支持负载动态响应在1  $\mu$ s或以内。
- 出色的瞬态响应（见图8）

**图7a:**  
PRM效率



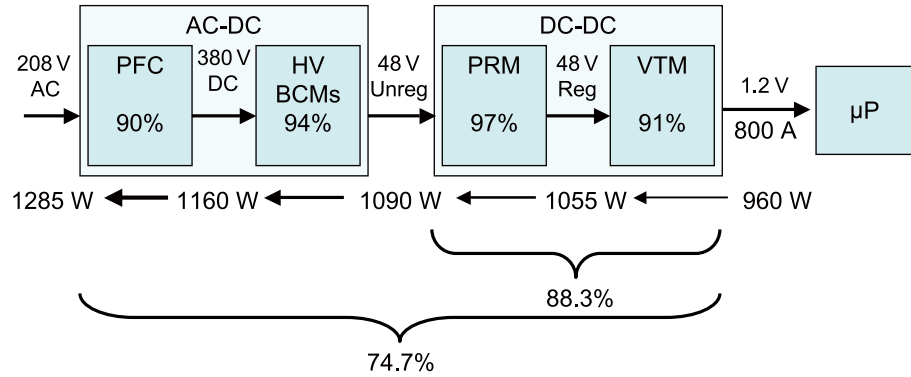
P045F048T32AL, 48Vout, Tcase 40°C, 不带散热器

**图7b:**  
VTM效率  
注意, 该效率是在1.3Vout测量的, 允许降低互连对处理器电压 (1.2V)

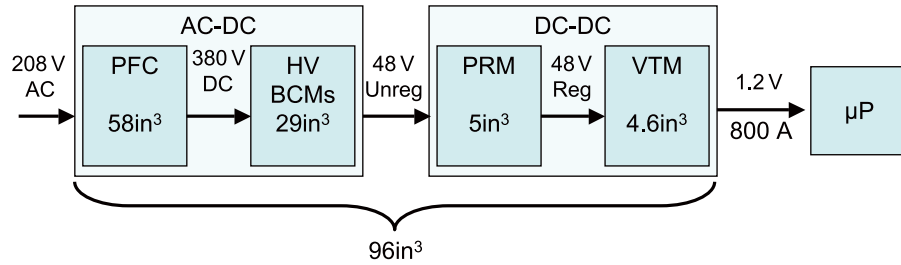


V048F015T100, 1.3 Vout, Tcase 40°C, 无需散热器

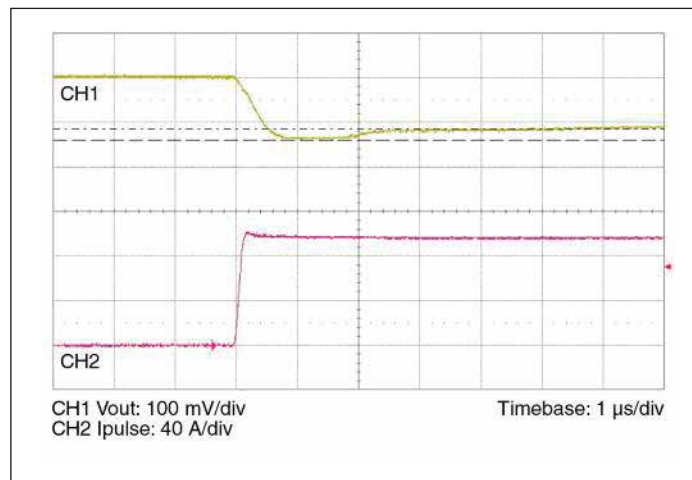
**图7c:**  
第二部的改进  
(用PRM+VTM取代MV和  
LV DC-DC) 系统效率



**图7d:**  
第二部的改进  
(PRM+VTM) 系统尺寸



**图8:**  
PRM+VTM组合的  
瞬态响应



48Vin, 1.2Vout, 0-100A; 800A/μs负载阶跃输出电容; 220μF Cout.  
下冲不到30mV



## 总结

对于每个阶段，功率损耗、尺寸和每级的效率总结如下图9a、b及c所示。与基线系统相比，使用BCM替代高压和中压DC-DC级（第一部的改进）可实现整体效率微升1.1%，但尺寸缩小了30%。将高压和中压DC-DC级从传统总线转换器和VRM转为FPA解决方案（第二部的改进），原来效率相比提升了7.4%，尺寸减少了45%。

图9a:  
每级的功率损耗

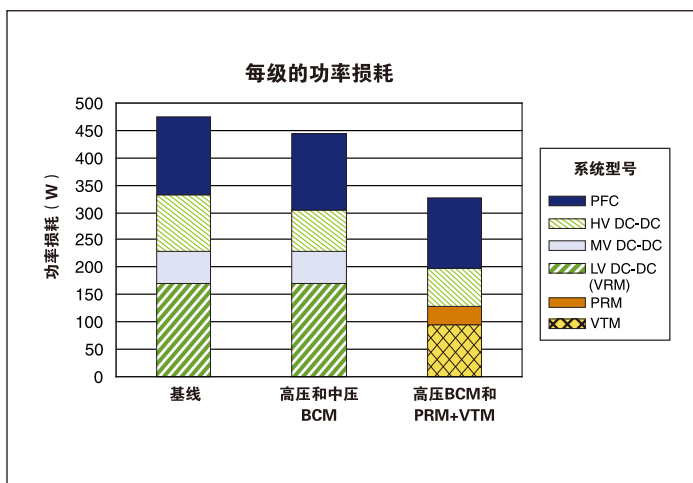
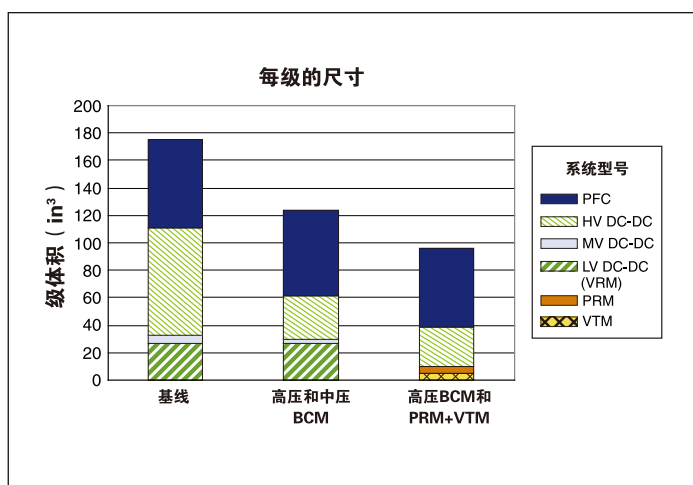
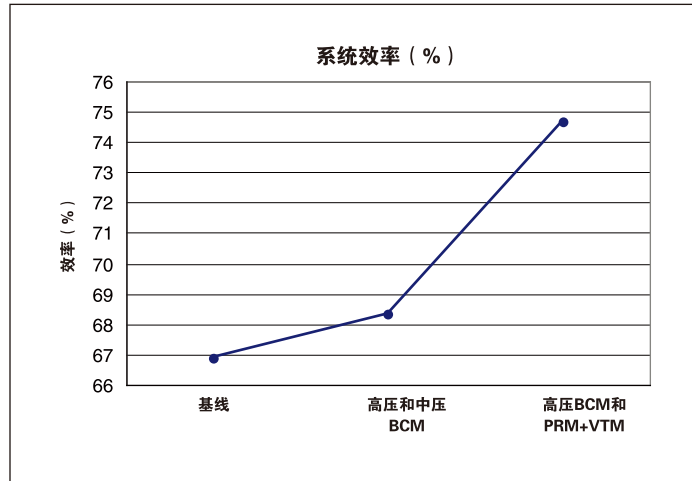


图9b:  
每级的尺寸 (体积)



**图9c:**  
每级的效率



### 结论

本文介绍了FPA构建模块（VI晶片：BC<sup>®</sup>、PRM<sup>®</sup>、VTM<sup>®</sup>），以及如何用它们提高大功率数据处理系统的效率。此外，FPA灵活的特性有助于进一步减少系统配电损耗，并最大限度地减少处理器负载点功率转换和，减少大容量电容元件，从而有助于增加每个系统板或“刀锋板”的处理器和/或存储器阵列数量。

### 参考文献

- (1) “Future Power Technology in the Global Market” S. Strand, IBM Symposium 2005
- (2) “FPA Overview”
- (3) “Thoughts on Server Metrics” , C.Belady, Hewlett Packard, Enterprise Servers and Data Centers:Opportunities for Energy Efficiency, 2006. Separated efficiency figures within the AC to 48 Vdc and 48 to 1.x V DC–DC stages are assumed by the author.
- (4) It is noted that a small number of newly released, higher \$/W 48 V output systems have become available with 15 – 19 W/in<sup>3</sup> power densities. A recalculation of AC to 48 Vdc size savings is required. The 48 V to 1.2 Vdc conversion size savings remain as in the main text.
- (5) “IBM’ s Next Gen: Building Power Systems One Block at a Time” , Switching Power magazine Vol 5, Issue 3, 2004