

技术文章

DC 总线转换器提升了系统电源管理性能

国际整流器公司/Carl Smith 著

一个采用全新直流总线转换器拓扑结构的优化芯片组，可在效率高于 96% 的情况下提供 150W 的输出功率；该拓扑结构针对两级分布式电源架构中的第一级电路，将电压从 48V 转换为 8V（标称值）。

两级分布式电源架构（DPA）是用于网络和通信系统的典型板上电源管理方案。典型系统采用一个前端 AC-DC 电源，它所产生的 48V（标称值）电压会馈送至系统主板作为输入电压。该电压随后被分配至紧靠着 ASIC 和网络处理机负载的多个负载点（POL）转换器。这些系统采用的板上工作电压越来越多，从而需要在整个电路板上配置多个 POL 转换器。这些电压的典型值约在 1V 至 3.3V 的范围内，每个输出所需的电流从几安培到 40 安培不等。将 48V 电压转换成可用的负载电压有多种方法，它们各有其优缺点。最佳方法是采用一个隔离型 DC 总线转换器把 48V 电压转换为一个中间电压，然后将功率分配到非隔离型 POL 转换器。

图 1 示出了一个采用 DC 总线转换器的通用型 DPA 系统，该 DC 总线转换器提供一个中间电压作为 POL 的供电电源。要选择最佳中间 DC 总线电压，必须以电源管理系统的效率、空间要求和成本因素为根据，再作出适当的设计决定。

方法之一是将 48V 电压转换为一个 3.3V 输出，直接对主要的板上负载供电，然后经由 POL 转换器产生其他的负载点电压（通常在 1V 至 2.5V 之间）。另一个方案是将 48V 总线转换至 12V，但不直接对任何负载供电，而只用于两级架构，由它推动 POL 转换器。然而，上述的 3.3V 和 12V DPA 方案并非最佳的解决方案。

3.3V 和 12V 方案均提供了一个经严格调节的总线电压。尤其是在考虑两级架构的时候，由于 POL 转换器可在一个相对较宽的输入电压范围内工作，因此不再需要一个经紧密调节的总线。在这种情况下，设计人员可以对隔离型转换器设计进行更好的优化，以提高效率并减少占用空间和总体设计的复杂性，使元件数目大为减少。一个介乎于传统的 3.3V 和 12V 方案的中间总线电压也是很好的选择，原因是 3.3V 系统需要进行大量的滤波处理，以防止总线上的噪声会损坏 3.3V 负载，而且电源分配损耗会很大。12V DPA 会影响 POL 效率，因为 POL 的开关损耗取决于输入电压，因此在一个两级架构中，同时将两级电路进行效率优化是至关重要的。为了最大限度地降低功率损耗并使效率最大化，一个非隔离型 POL 的输入电压应以 8V（标称值）为中心。为了最大限度地压缩占用空间和降低成本，该 48V 至 8V DC 总线转换器技术不需要一个经紧密调节的中间总线电压，因为 POL 转换器为负载提供了理想的稳压。

图 2 是简化了的 DC 总线转换器解决方案，它采用一个 50% 的占空比以及自振式控制器 IC，负责驱动由两个 MOSFET 所组成的原边半桥电路。该 DC 总线转换器的副边由一个自驱动同步整流电路组成。这实现了功率转换效率和功率密度的最大化，且最大限度地减少了输入和输出滤波处理，并减少元件总数和降低复杂程度。

控制器 IC

这种新型 DC 总线转换器芯片组解决方案采用了一个 IR2085S 控制器 IC，该 IC 将 50% 占空比的振荡器与一个 100V/1A 半桥驱动器 IC 集成在一个 SO-8 封装内。为了限制起动过程中的涌入电流，IR2085S 所具备的内部软启动功能使占空比能够从 0 逐渐增加至 50%（在大约 5ms 的时间里）。

图 3 示出了用于驱动半桥、低电荷量 MOSFET 的 IR2085S 的功能框图。IR2085S 由一个简单的 10V 至 15V 偏压电路供电。高侧和低侧 MOSFET 栅极驱动信号相互匹配在 $\pm 25\text{ns}$ 的时间内，以防止发生变压器不平衡。为了适合不同应用、功率电平和开关器件的需要，设计采用了一个外部电容器和电阻器，以独立调整高侧和低侧脉冲之间的频率和死区时间。为防止发生击穿现象，死区时间必须比原边 MOSFET 的关断时间更长。

220kHz 的原边开关频率能够提供最佳的性能。更高的开关频率会减小输出电压波纹并允许使用体积更小的磁性元件，从而降低磁损耗。但是，更高的开关频率也会使原边和副边开关损耗增加，从而导致电路总效率下降。

演示板

IR2085S 是 48V DC 总线转换器演示板（图 4）的基础，它可在 8V 输出电压条件下提供 150W 输出功率，效率高达 96% 以上。与传统的全调节型基板安装功率转换器相比，其效率提高了 3~5%，外形尺寸减小了 50%。该演示板最适合于 48V 稳压输入，但也适用于符合 ETSI（欧洲电信标准输入）的 36V 至 60V 输入。演示板的 DC 输出是输入电压的 1/6；例如 48V 稳压输入的输出为 8V；当输入范围更宽广时，其输出电压则为 6V 至 10V。

演示板电路（图 5）包括 IRF7380 产生的 10V 至 15V 偏压电源，该电源为 IR2085S 供电。演示板还包括一个 IRF9956 双 MOSFET，它给副边同步整流器中的 MOSFET 施加一个固定的栅极箝位电压。

对于满足小尺寸演示板所需的电和热效率而言，MOSFET 的选择是至关重要的。半桥变压器的原边采用了两个 SO-8 封装的 80V IRF7493 MOSFET。在 $V_{gs} = 10V$ 的情况下，这些 MOSFET 的最大通态电阻为 $15m\Omega$ ，典型栅电荷量为 $31nC$ 。这些低栅电荷量器件经过优化，以配合 IR2085S 工作。

该变压器的副边采用的是被配置为一个自驱动同步整流器的 IRF6603 DirectFET MOSFET。这些 MOSFET 在 $V_{gs} = 10V$ 的条件下将提供一个非常低的通态电阻，最大电阻值为 $3.9m\Omega$ 。DirectFET 封装工艺还使热性能得到改善，可以更好地把功耗所产生的热量散到 PCB 上，从而降低电路工作温度。

DirectFET 封装（图 6）与电源应用中所使用的现有布局结构、SMT 安装设备和汽相、红外线或对流焊接工艺相兼容。DirectFET 封装提供双面冷却功能，使电源系统中的热传递最大化，比以前最好的热阻特性改善 80%。增加散热器可以改善热性能。如图 7 所示，如果加入气流，DirectFET 的热阻大约是标准封装的一半。

DirectFET 封装实现了极低的封装阻抗，因为它省却了内部接合线。取而代之的是把源极和栅极接头直接与 PCB 相连。漏极连接是通过横跨硅片背部的铜罐（copper can）连结到 PCB 上。结果，器件的封装电阻为 $150\mu\Omega$ ，相比之下，标准的 SO-8 产品的封装电阻则大约是 1.4 至 $1.6m\Omega$ 。

当采用一个热摄像机来测量演示板的热性能时（图 8），可以看到在 48V 输入电压、150W 输出功率和 600LFM 空气流量的条件下，半导体元件的温度相对

较低，原因是高效率导致了功耗的最小化。分析结果显示，功耗主要来自副边 MOSFET，然而，由于采用了 DirectFET 封装工艺，这些器件工作时的实际温度比原边 MOSFET 更低。

即使在空气流量减少的情况下运行电路，仍能保持很好的性能，在 0 LFM（零空气流量）条件下的输出功率可高达 90W。当空气流量为 200 LFM 左右时，输出功率为 130W。

这种架构可通过并联多个 DC 总线转换器来提供更高的输出功率，由于采用了输出压降控制，它们可以自然地均分电流。如图 9 所示，它们可被连接至相同的输入电压，或以分离的输入电压源作为工作电压。如果有一个电源短路或断路，仍有一个输出电压可用。

一个商用/工业用 150W DC 总线转换器的尺寸最小可以做到 1.95×0.85 英寸，比 1/8 砖设计的标准尺寸 2.30×0.90 英寸还小，也就是说节省了多达 25% 的占用空间。如今一些功能齐全的解决方案的尺寸为 1/4 砖，标准尺寸为 2.30×1.45 英寸，意味着如果采用 DC 总线转换器设计方法最多有可能节省 53% 的占用空间。

不管是从电效率的角度还是从功率密度的角度来说，新一代原边和副边 MOSFET 与创新 IC 工艺的这一结合都实现了高水平的效能。如图 10 的效率曲线所示，该芯片组可在 150W 输出功率（输出电压为 7.5V、电流为 20A）的条件下获得高达 96.1% 的电效率。其功率密度可达 $100\text{W}/\text{in}^3$ 至 $300\text{W}/\text{in}^3$ 。

未来的趋势

终端系统架构的发展趋势尚未发展到可以用一个芯片组来满足所有应用的需要。随着逻辑器件、存储器和处理器数量的增加，设计人员需要一个具有各种

输入电压的转换器芯片组系列以配合各种备用电池的要求以及不同的功率电平。

将 DC 总线转换器的优点推广到其他系统架构中也将是至关重要的，因为并不是所有的系统架构都基于 48V 输入。有些需要 36V 至 75V 的通用输入工作电压。这种新型 DC 总线转换器芯片组能够在 ETSI 电压范围内提供优良的性能，这是因为即使是在 60V 的最大输入电压条件下，额定电压为 80V 的 IRF7493 MOSFET 仍能为 DC 总线转换器的额定电压提供足够的保护空间。在这种情况下，输出电压范围将在 6V 至 10V 之间。

对于工作于 36V 至 75V 的通用输入电压范围的系统来说，修改 DC 总线转换器架构也有很多益处。原边 MOSFET 需要一个更高的额定电压以实现高效率。对于采用匝数比为 3:1 的变压器的情形，输出电压的范围大约是 6V 至 12V，这表示必须使用 40V 的副边 MOSFET。

现有的芯片组最大可提供 150W 的板上电源。由于芯片组自然地均分电流，因此，您可以通过并联芯片组使总功率以 150W 的增量同步放大。有些系统的功率要求更高——高达 300W（甚至更高）的情况并不鲜见。将芯片组并联是实现高性能的一种容易方法，但如要把转换器的尺寸维持在 1/8 砖或更小，且仍能提供高达 300W 的输出功率，就需要更精巧的解决方案。对这些系统而言，可能需要新型 IC 和多个 MOSFET 来实现该性能水平。

本文插图

图 1：通用分布式电源架构系统

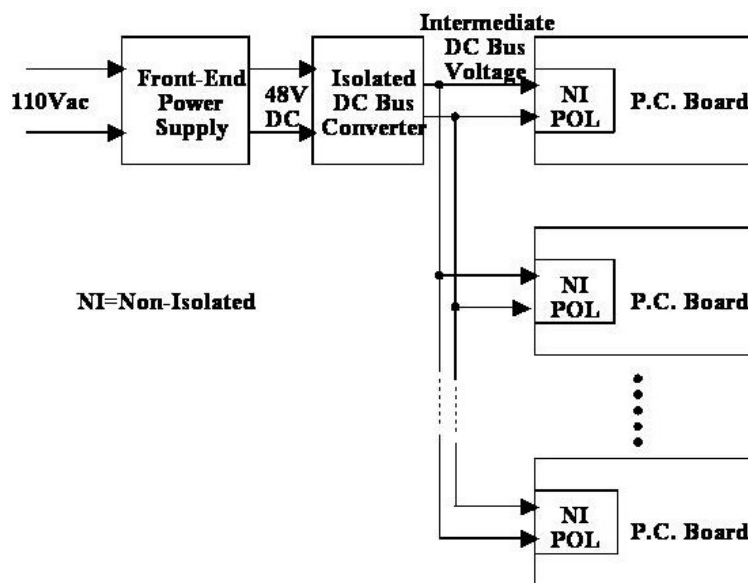


图 2：简化的 DC 总线转换器电路

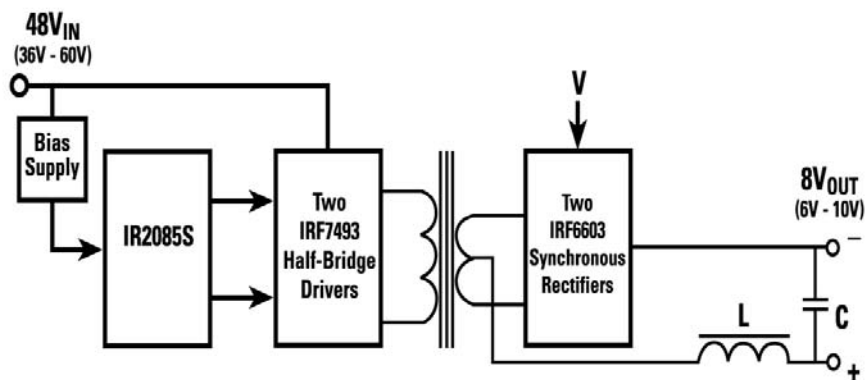


图 3: IR2085S 功能框图

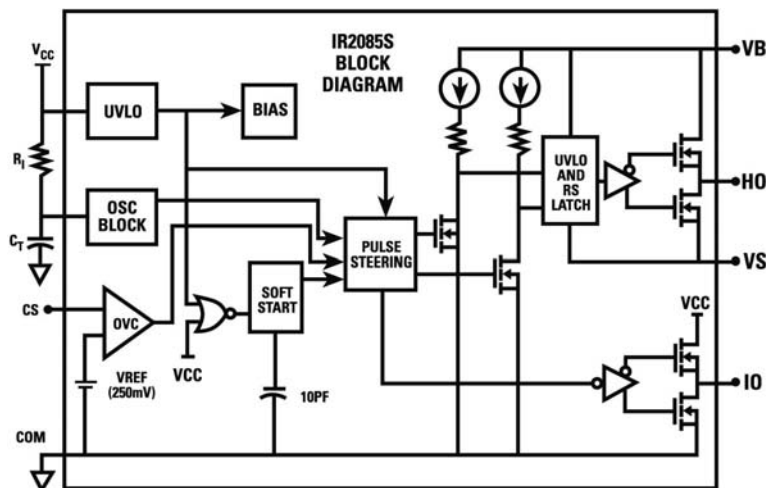


图 4: 演示板 (照片)

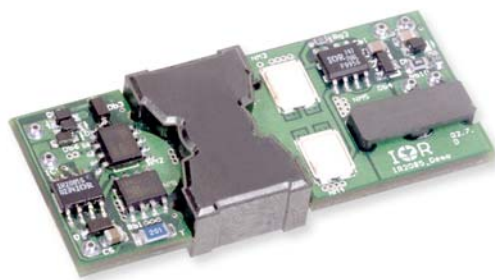


图 5: 演示板电路

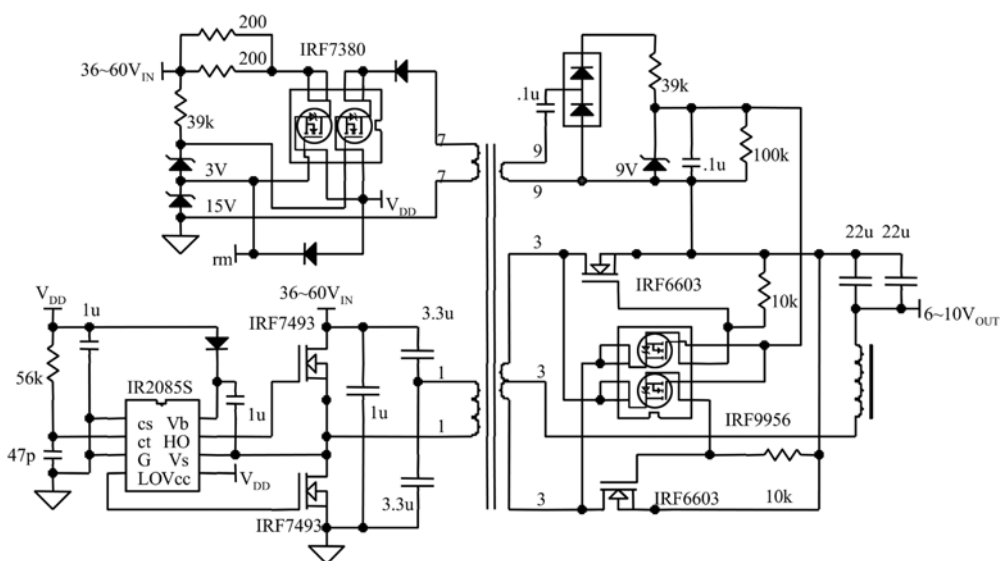


图 6: DirectFET 构造

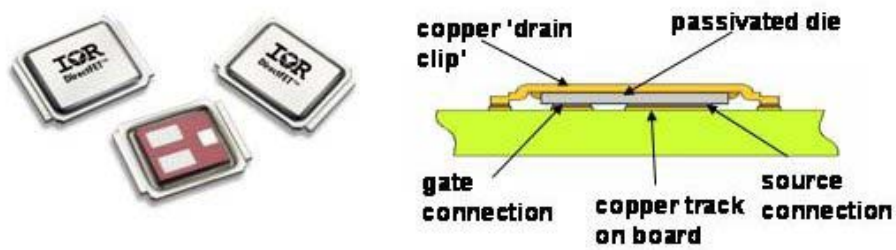


图 7: DirectFET 热阻与 SO8 兼容产品的对比

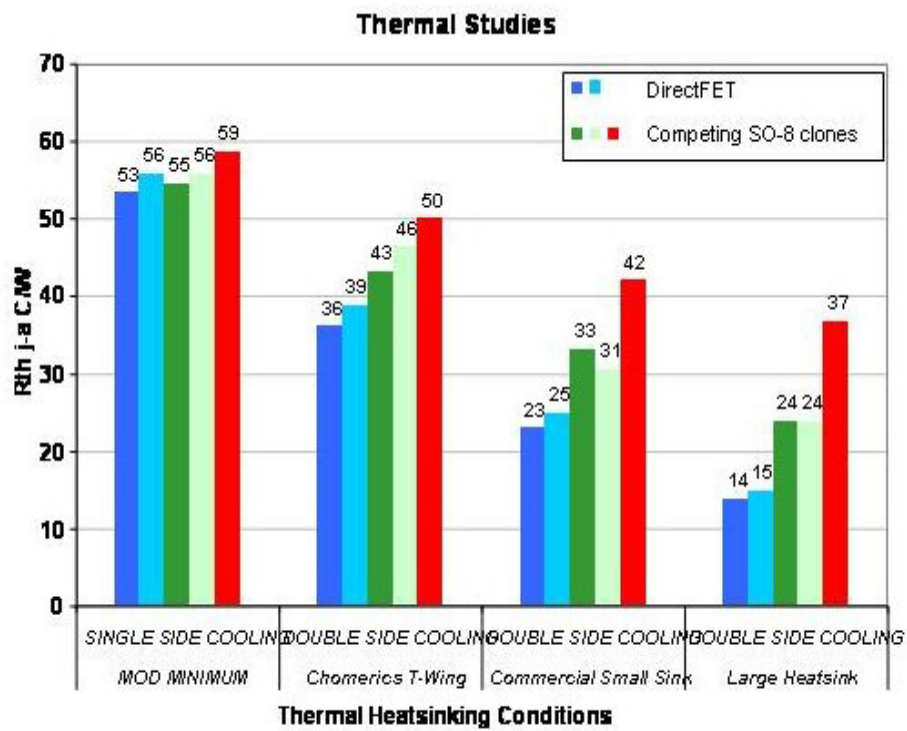


图 8: 150W 演示板的热性能

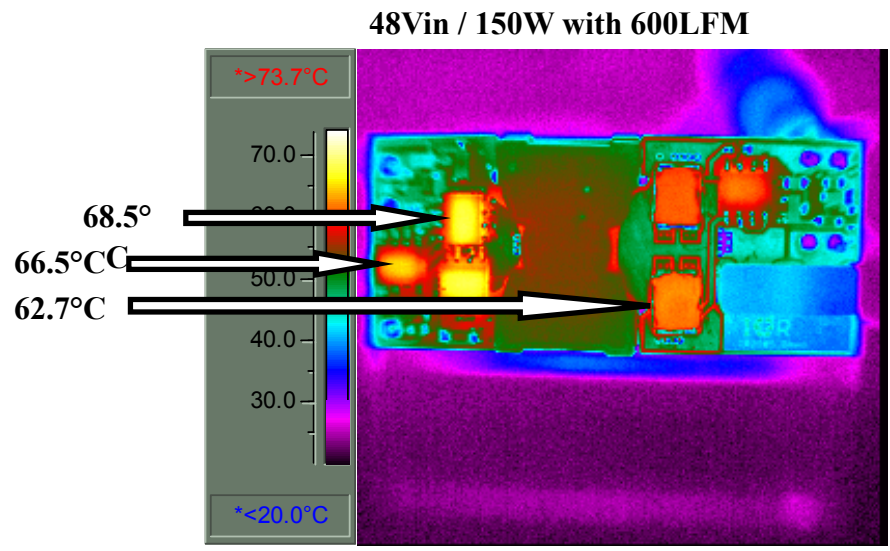


图 9: 演示板并联实现了 1.70×1.85 英寸的占位面积

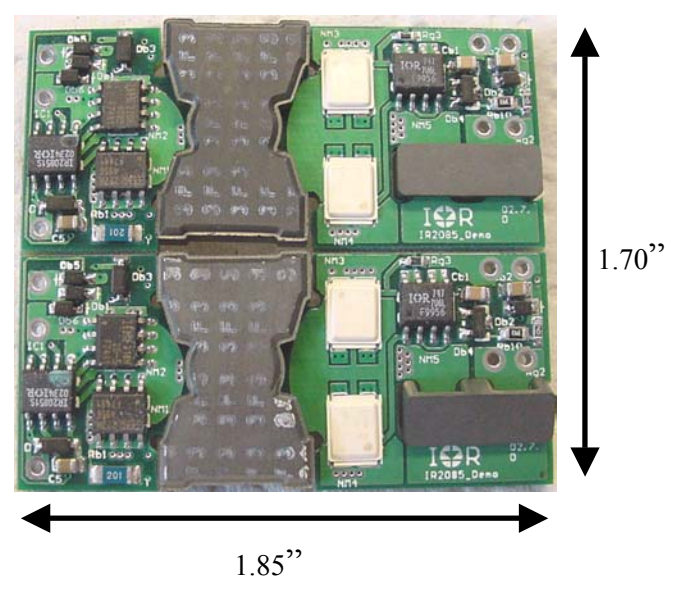


图 10: 48V 输入、220kHz 工作频率、600lfm 冷却和 7.6V 至 8V 输出条件下 150W
DC 总线转换器效率

