

# 用于空间受限应用的 突破性电力传输技术

采用新拓扑结构抵制电源转换的趋势



**Pradeep Shenoy**

DC 解决方案部系统工程师,  
德州仪器

**Rich Nowakowski**

电源管理部市场经理  
德州仪器

## 试想一下，如果板上电子电源的尺寸突然缩小至之前的20%或更小，结果会如何呢。

---

对于大多数终端用户来说，这并不意味着什么，因为他们不太重视电源，即使电源通常占到电子系统电路板一半的空间也无所谓。电源尺寸减小至其原来的五分之一，则意味着设备会突然小很多，重量也更轻。或者说，设备可以保持原有的尺寸，但突然有更多空间，可用于容纳全新的高性能器件。这是一项改变游戏规则的电子创新技术。

要了解该技术在未来的重要性，不妨考虑一下汽车采用越来越多的图像处理技术来实现全自动驾驶目的便可。便携设备和可穿戴设备的移动性将变得比以往任何时候都要强。大型机架安装设备可以将更多的通道和功能集成到更小的空间中，而不发生过热问题。空中无人机可以通过减少重量，在执行高性能图像处理时在空中停留更长时间。

总之，电子产品的各个方面都可受益于电源如此大幅的尺度改变。

现在，采用德州仪器(TI)推出的板上电源用电容转换拓扑技术即可实现这种系统尺度改变。该创新用于将功率输入从高压转换为低压的降压应用，且它比之前所用同类芯片的运行频率高得多。德州仪器首款（也是业内首款）采用这种新型拓扑结构的集成电路(IC)产品是针对通信基础设施、大容量存储以及测试和测量应用。对于此类密集封装设备，新型降压转换器（或具有板载功能可降低并调节电压的芯片）能够提供五至七倍的电流密度，使制造商无需

扩展系统就可以提供更多的功能。多年来，降压转换器的尺寸改变不大，并且针对其他应用领域规划的未来产品可能会进一步突出这些优点。

### 突然显著的大小调整

功率调整一直是一个渐进的过程，在朝着微型化发展的进程中一小步一小步地迈进，而不是大跨步迈进。想想看，随着笔记本电脑的更新换代，电缆上的电源（“砖式电源”）已经慢慢逐渐消失了。系统板上留存的电源部分在同一时期减小得速度更慢。

通过采用新型电容转换拓扑结构，突然之间，电源在产品密度和小型化上似乎一下提升了一大截，而不再是一步一步地向前迈进了。这次的改变是由于采用了创新性的设计，而非通常促成尺寸改变的新材料或生产工艺进步。

新型电源可以与成熟的制造工艺、配套高品质和快速的大规模生产相结合。由于以新串联电容拓扑制成的降压转换器在任何需要稳定、调节良好的电压输入场合都能发挥作用，它们最终会对整个电子行业产生巨大影响。

## 空间压缩挑战

每个电子系统都依靠电池或线路电源供应的电力来运行。最终，电池供电系统将受益于新型拓扑结构，但最初的产品都集中在线路供电系统，如图1所示的常见示例上。如图所示，电源转换往往是多级运行的，尤其是当初始输入电压远高于设备中组件所使用电压时。经常可以在系统附近发现该图左侧虚线框内的像砖块一样的PC电源线，而降压转换器放置在系统板上。每个转换器接受一个中间电压（此处为12V），然后将其降至系统中电子部件适用的低电压。对某些系统而言，虚线框和板上转换器可能会被分解成更多具有额外中间电压的级。

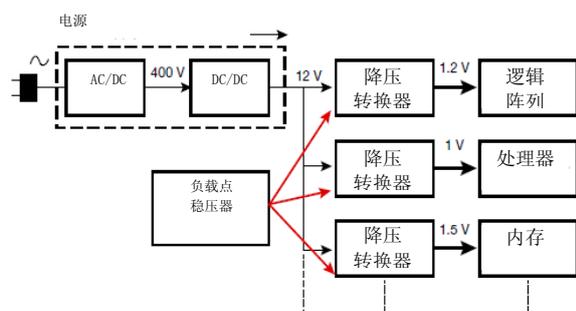


图 1 电力传输系统

减小电源整体尺寸的一种方法是使用更少的转换级，该方法在转换器提供较大的输入电压与输出电压比( $V_{IN}$ -to- $V_{OUT}$ )的情况下是可以实现的。也就是说，输入输出电压比为 10:1 时，可以将 12 V 输入降至 1.2 V 输出，而电压比为 5:1 时，可以将输入降至 2.4 V。如果板上器件需要保持 1.2 V，则 10:1 的转换器只需通过一级就能完成转换，这样就节省了空间。

另一种减小电源尺寸的方法就是减小转换器内的元件体积。鉴于在很多系统中电源的空间占比约为 30%至 50%，该方案可以显著节省空间。但减小降压转换器的大小也并不容易，下面的章节将会对此做出介绍。最后，另一项重要的设计挑战在于，电源必须提供高输出电流，这样才能使转换器驱动微控制器等高电流器件或多个低电流器件。

创新型降压转换器设计通过采用高输入输出电压比和高输出电流实现高频运行来应对这些挑战。在不影响工作效率的情况下，TI 的电容转换拓扑结构大幅减小了尺寸，允许创新人员设计出更小、更轻的应用电路，并在相同空间中封装更多高性能处理技术和特性。新型转换器还降低了材料成本，有助于降低系统的总成本。

## 实现高频运行

降压转换器是一种开关电源，其名字来源于其工作方式。输入电压( $V_{IN}$ )快速开关，然后电感器和其它部件将脉冲平滑化为连续输出电压( $V_{OUT}$ )，该输出电压与  $V_{IN}$  接通的时间成比例。

例如，如果  $V_{IN}$  接通的时间占 25%，则  $V_{OUT}$  理论上应为输入电压的 25%（降压为 4:1）。然而，该过程是不能完全有效的，因为该电路在开关过程中不可避免地会产生能量损失。

图 2 展示了一个基本降压转换器的元件。图中  $L$  为电感器， $C$  为输出电容， $Q_1$  和  $Q_2$  是场效应晶体管(FET)，其交替性接通和关断电压输入，形成两个运行阶段。

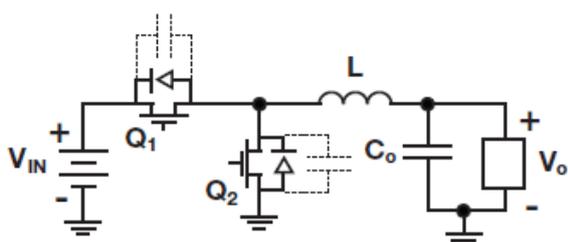


图 2 基本降压转换器

除功率损耗外，另一个难点在于电感，因为这类部件又大又重，占用的空间与剩下的电源部分几乎一样大。电感从电路板向上延伸，并跨越电路板，因此电感在三个方向上都需要很大的空间。电感大小与开关电源的频率成反比，这就意味着频率较高时，可以使用较小的电感。然而，较高的频率也会在开关过程中产生更大的功率损耗，因此高频运行的效率更低。

另一个使用高频的难点是难以控制每个脉冲开始时的信号接通时间。由于信号只在脉冲一部分时间处于接通状态，所以当输入输出电压比较高时，接通时间可以会出问题。例如，当某个 2 MHz 信号的降压比为 10:1 时，该电压的接通时间仅为 50 纳

秒。在许多转换器的设计过程中，没有足够的时间精确控制转换器的运行。

因此，大多数降压转换器已被约束以不足 1 Mhz 的频率运行，通常运行速度更低。那些以高频运行的转换器具有较低的  $V_{IN}$  与  $V_{OUT}$  比，脉冲较长时，可以提供更多的接通时间裕量。此外，由于在高频时存在功率损耗，这些器件只能提供较低的输出电流，因而限制了其可以供电的部件的类型和数量。由于受限于工作频率，降压转换器被迫使用大电感等部件，因此一直无法大幅度调整其大小。

## 实现更佳的设计

采用串联电容，同时进行其它支持电容设计的电路修改，可以解决这些高频问题。下面的讨论介绍了转换器设计的基本不同点，以及它能实现有限空间、高电压输出比和高电流之设计目标的原因。本文结尾列出了提供更深入技术说明的资源链接。

图 3 所示为两相串联电容降压转换器。这种设计与图 2 所示的一大主要差异在于，转换器有两个并联部分（或两个相位），每一个都有其自己的电感（即： $L_a$  和  $L_b$ ）。另外还有其它用于控制流过第二相电能的开关。

由于电容器交替充电和放电，并且 FET 功率开关（ $Q_{2a}$  和  $Q_{2b}$ ）交替开关，因此电流在四个时间间隔里交替流过两个电感，在适当的降压级形成稳态输出。

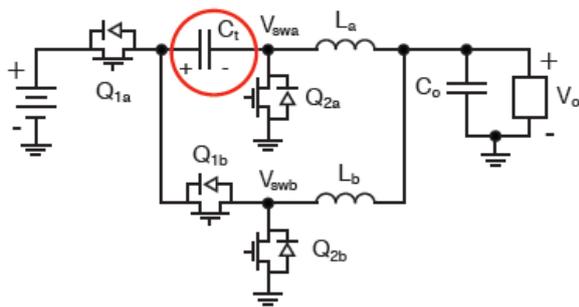


图 3 串联电容降压拓扑结构

由于较低的电压波动意味着每个周期较少的功率损耗，电容器两端的电压标称值为  $V_{IN}$  的 50%，旨在最小化开关期间的功率损耗。这允许使用高频开关，进而允许缩小电感器和电容器的尺寸，从而节省系统空间和重量。其他这有助于提高输出质量并降低设计复杂性的优势包括更低的电感电流纹波、电感器之间的自动电流平衡、通过该电容器的软充电和放电、双倍导通时间和卓越的负载瞬态响应。所有这些都助于克服创建小型化、高频稳压器的难题。

### 支持空间受限应用

TI 基于电容转换拓扑结构的首款产品为 TPS54A20 SWIFT™ 降压转换器，该转换器提供了负载点调压功能，用于通信基础设施和海量数据存储等高密度系统，以及具有高性能需求的紧凑型系统中，如测试和测量设备。由于器件的输出电流达 10 安，厂家可以利用其驱动力强的优势来启动系统功能，以及其高电压转换比，来减少所用功率级的数量，并提高系统的整体效率。该转换器的效率高于 90%，这一点与其它降压转换器相同。

除了无源器件外，TPS54A20 转换器还集成了如图 3 所示的完整设计。图 4 中工作频率为 500 kHz

的传统降压转换器所需的电路板空间与频率为 2MHz 的新型转换器实现的电路板空间进行了对比。可以注意到：转换器整体尺寸的变化大部分来自于电感器尺寸的减小。新设计中的电感器比传统电路板设计小 12 倍，成本节约的幅度可能更大。热分析表明，尽管采用更高频率运行，小型化设计也能实现良好的热耗散。

**为什么要增加开关频率？**

通常电感是最大的元器件。

转换器体积: 1,270 mm<sup>3</sup>  
电感器体积: 232 mm<sup>3</sup>

➔

转换器体积: 157 mm<sup>3</sup>  
电感器体积: 19.2 mm<sup>3</sup>

**1) 尺寸更小      2) 响应速度更快      3) BOM 成本更低**

### 广泛的应用效益

通过使用新型电容转换拓扑结构，系统实现了三到七倍的电流密度，使得固定尺寸机架安装板卡制造商能够在相同尺寸空间中容纳更多功能。新转换器设计中的电感足够小，首次实现了将这些电源装在空间有限的板背面的可能性，从而在电路板正面为其它电路腾出了宝贵的空间。

但电容转换创新的潜力不仅仅限于机架安装设备的板卡。随着其他降压转换器的开发，这种技术的应用将从两个极端受益：高电压工业和汽车设备及低压便携式应用，甚至可佩戴电子设备。甚至可以修改该技术用于制造升压转换器，以升高电压，而非降低电压。该系列电容器设计非常重要，

不仅体现在其早期特定产品的实例化，还体现于其长期的广泛应用潜力，因此已经成为多项专利的来源。

## 驱动未来

实现串联电容降压转换器技术的广泛应用需要一定的时间，需要系统设计师和制造商谨慎的 IC 产品设计和大力支持。幸运的是，TI 能够引领此次变革。作为业界领先的电源管理 IC 供应商，TI 拥有基于电容转换拓扑结构实现一系列产品的设计和制造实力。基于电容转换拓扑结构的新电源 IC 可以采用成熟的工艺生产制造，从而确保质量和快速量产。电源的发展进步对于电子产品的持续进步至关重要。

要。通过打破持续数十年的尺寸限制，TI 再次证明了其携手客户共同实现用于大量应用的更小、更高效电子器件的承诺。

欲了解更多信息：

- 请访问[TPS54A20产品文件夹](#)
- 查看我们的[“在>6 A负载电流参考设计中实现12 V到1.2 V转换的三种不同降压转换器电路”](#)
- 阅读[“串联电容降压转换器介绍”](#)应用注释
- 观看视频[“如何减小10 A DC/DC转换器设计中的电感器尺寸”](#)

**重要通知：** 此处所描述的德州仪器股份有限公司及其附属公司的产品与设备是符合德州仪器销售条款和条件的销售主体。我们建议客户在下单前先获取德州仪器产品及服务的最新最全信息。德州仪器对应用支持、客户应用、产品设计、软件性能以及专利侵权不承担任何责任。在此对其他公司产品或服务的信息公开不构成对德州仪器的批准、授权或背书。

该平台标识为德州仪器的商标。

所有其他商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated