

DC-DC变换器即将走向消亡？

具有多路独立稳压输出的新型反激控制技术正在消除某些应用中的DC-DC变换器

白皮书



功率架构

DC-DC变换器广泛应用于现代工业和消费产品的功率架构中，可为各种电路子系统提供负载点调整。即使在配备前级AC-DC变换器的产品中，功率系统也需要多个DC-DC进行后级调整，并向输出电路提供正确的电压和电流。但现在，情况已有新变化。

一种全新的功率变换器架构对升压和降压变换器的霸主地位提出了挑战，在某些情况下甚至对当前正在激增的占比较小的线性稳压器也构成了挑战。这项新技术基于使用Power Integrations的InnoSwitch™3-MX和InnoMux™芯片组的新型AC-DC反激式拓扑结构，可通过单个磁性元件提供具有多个独立稳压输出的单级变换器，因此无需DC-DC后级调整，从而大大提高系统效率。这种方法已经在一些最新一代的计算机显示器的生产中得到使用。

图1所示为家用电器和计算机显示器等配备有LED显示屏的现代设备中所使用的传统功率系统的电路框图，用来说明这种新方法的影响。AC-DC级提供中间DC输出母线，然后对其进行后调整，馈入包括LED显示屏背光、音频和模拟电路以及下游处理器在内的多个输出。升压变换器将中间母线升压至可变的48 V – 60 V，以支持恒流(CC)控制的LED背光灯。降压器件降压至恒压(CV) 5 V母线，其后通常会增加一个连接至3.3 V母线的降压或线性稳压器（未显示），用于驱动微控制器。

图2所示为使用新的InnoSwitch3-MX/InnoMux芯片组架构实现的相同系统。除了减少元件数量和节省PCB空间之外，通过消除DC-DC变换器，总系统功耗最多可降低50%。

这种前所未有的系统节能水平可大幅降低系统成本，产品既可以使用较低效率的显示器，同时仍能满足国际标准（包括美国ENERGYSTAR® 8、日本的领跑者计划和最近发布的针对电子显示器产品的欧盟指令2009/125/EC）所规定的功耗限值。

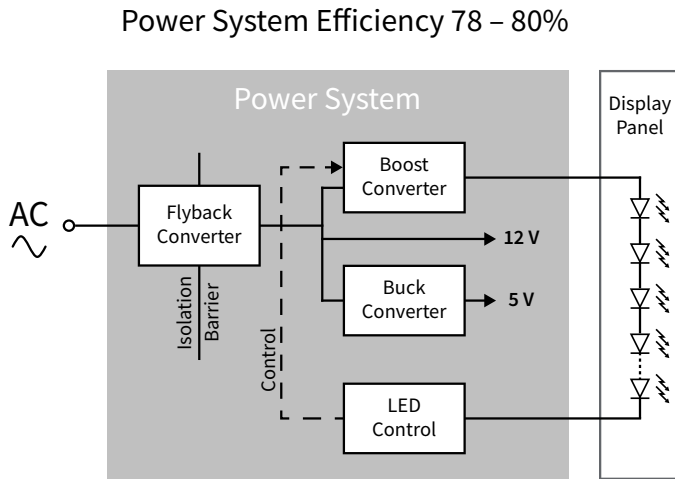


图1 基于传统多级DC-DC的系统

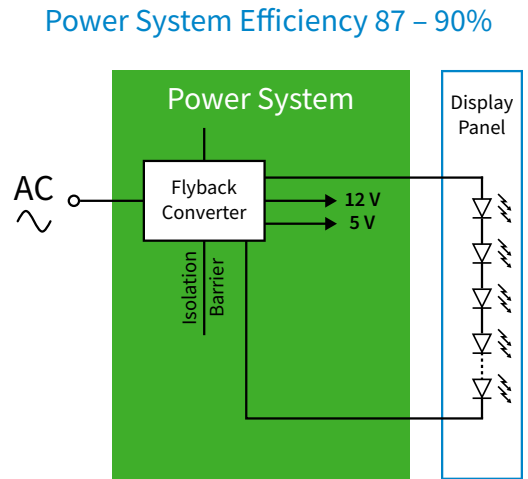


图2 基于InnoMux的单级系统

工作原理

有人可能会问：“既然有明显的好处，这是如何实现的，为什么以前没有做到呢？”参考图3所示的简化系统原理图设计，可以对此有所了解。为了便于说明，仅显示了两个输出，但是InnoMux产品系列包括能够同时控制三个输出的器件，这将在后面介绍。

使能这一技术的核心是名为FluxLink™的特有的隔离式数字反馈接口。FluxLink已集成到InnoSwitch3-MX IC中，它允许实时、逐周期输出负载信息越过变换器的安规隔离带传输到主开关级。这与通常用于隔离系统以提供反馈信息的光耦器形成了鲜明对比。光耦器是一个模拟组件，无法作出足够快的响应，并逐周期传输多个输出的信息。因此，由于使用了FluxLink技术，在反激变换器的工作频率（通常在70 kHz – 100 kHz范围内）下，初级控制器可获得有关每个输出状态的反馈。

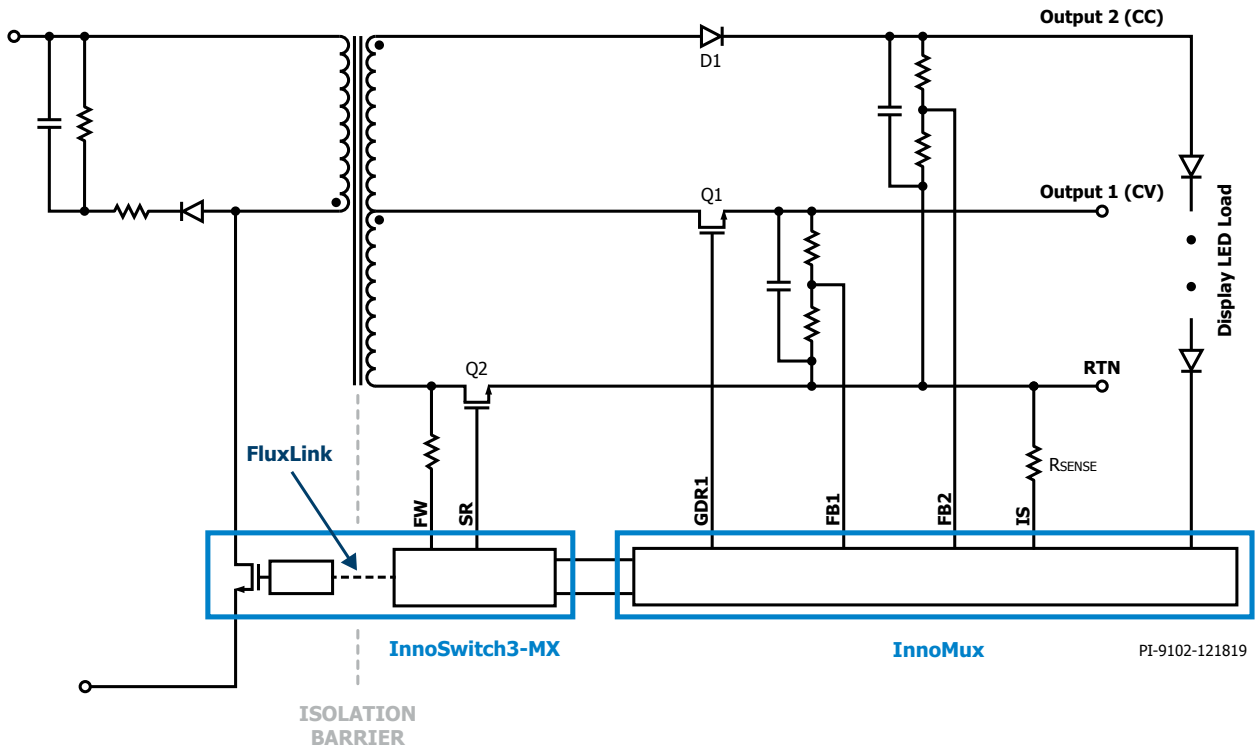


图3 基于InnoMux的系统的简化原理图

由于能够传输这种高带宽数据，InnoMux技术及其能力变得更加易于理解。根据施加到引脚FB1、FB2和IS的输出反馈，InnoMux控制IC连续监控每个输出，并在任何输出需要额外功率时，使用FluxLink通信链路对初级控制器发出逐周期能量请求。此类请求是根据每个输出的负载条件确定的。如果在特定周期中不需要能量，则不会发出任何请求。在InnoMux确定特定输出需要能量的周期中，能量请求通过FluxLink发出，并且初级开关电路向变压器提供能量包。InnoMux控制器采用负载开关(FET)，例如图3中的Q2，将存储的变压器能量仅引导至需要它的输出。栅极驱动输出(GDR1)使用特有的电平位移技术，可以将n沟道（而不是更昂贵的p沟道）FET用作负载开关。

在保持故障保护和最佳效率的同时，以这种方式实现多重通道能量传输中的精确时序控制，只能归因于FluxLink通信通道具有非常高的带宽。利用FluxLink实现的精确时序控制还可以使用同步整流(SR)（图3中的Q1），通过减小输出整流元件的电压降来进一步提高系统效率。

乍看之下，图3中的原理图类似于传统的多路输出反激变换器 - 当然，这并不是什么新鲜事物。但是，在传统的多路输出反激变换器中，输出电压通过变压器输出绕组圈数比相对固定。缺点包括输出之间的交叉调整率不佳，表现为重载输出上的电压通常会下降，而轻载输出上的电压则倾向于增大或“峰值充电”。此类交叉调整率挑战正是使用DC-DC变换器的多级变换器通常是系统设计者的唯一选择的确切原因。

相比之下，图3中的系统采用了“能量多路传输”（InnoMux的名称来自于此）的概念。根据即时需求将能量多路传输到各个输出，可对每个输出提供精确、独立的调整。此外，此功能还可以实现一些非常独特的电源特性。例如，可以控制部分输出以提供恒定的输出电压（图3中的恒压输出1），可以控制另一部分输出以提供恒定的输出电流（图3中的恒流输出2），在实际应用中，这样可进一步控制LED显示屏背光或电池充电输出。恒流负载必须根据负载条件改变输出电压，以保持恒定的负载电流，而恒压输出电压必须保持固定。这是通过逐周期能量多路传输实现的，它允许在恒流输出上进行2:1的电压调整，并对每个单独的输出电压/电流进行独立调整，甚至进行动态调整。实现这一点并不会影响对其他输出的调整。例如，如果一个输出上的电压需要在待机期间动态变化或需要满足峰值负载条件，则可以通过简单地更改该输出的电阻分压器调整目标来实现。传输到其他输出的能量（并因此进行调整）不受影响。这些都是功能的示例，这些功能以前需要使用额外的DC-DC后调整级才能使多个变换器正常工作。

同步降压DC-DC变换器通常由两个低阻值FET、一个功率电感和几个分立元件组成。如上所述，InnoMux架构保留了这些FET中的一个作为负载开关，以将变压器的能量引向所需的输出，并且功率电感完全被去掉。更准确地说，具有n个输出的InnoMux变换器需要(n-1)个负载开关。其原因为，较低压输出会在其负载开关导通时转移能量，这意味着最高输出电压母线仅在对初级侧发出能量请求且所有输出的负载开关关断时才接收能量。因此，最高输出电压母线可以保持传统的仅使用二极管的配置。

就系统EMI而言，去掉DC-DC变换器也很有吸引力。DC-DC变换器通常在200 kHz – 500 kHz的开关频率范围内工作，可将其自身的传导和辐射EMI分量引入功率系统。在InnoMux系统中，PCB布局的相关EMI设计因素和电感设计也无需再考虑。

有关InnoMux系统工作原理和变压器设计的完整细节不在本文的讨论之列，但可免费下载设计软件和参考设计报告来获得支持[1]。图4所示为初级开关的漏极电压波形。每个周期的反射电压取决于将能量引导至哪个输出。在每个开关周期中发生DCM振荡之前，关断状态VDS电压的幅值变化可以清楚地反映出这一点。

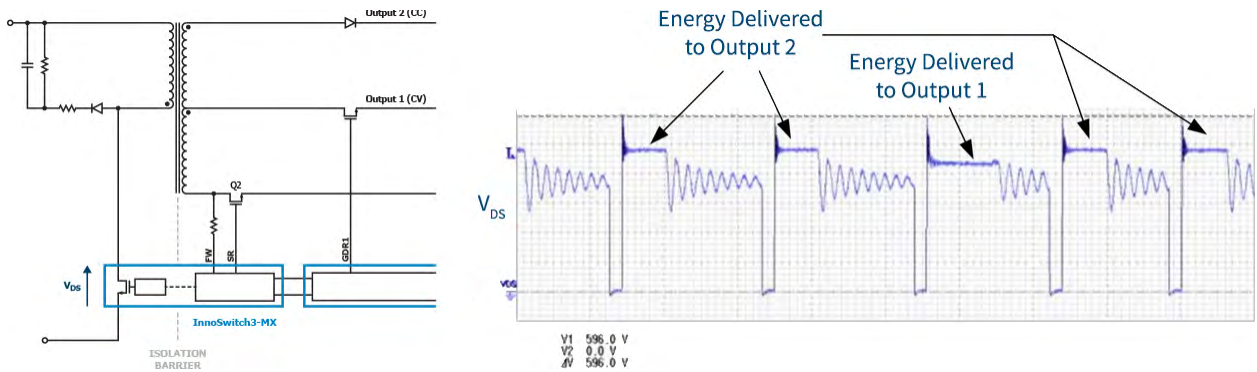


图4 反映了不同反射电压的影响的典型初级漏极电压波形

图5所示为在具有两个恒定电压(CV)输出和第三个恒定电流(CC)输出的系统中利用InnoMux系列产品的全部功能的完整次级电路原理图。该电路代表计算机显示器的功率系统，其中两个恒压输出（通常为12 V和5 V）通过FB1和FB2引脚进行调整，而第三个输出VLED则为四通道LED背光供电。ICC1-ICC4引脚从每个LED串接收负载电流，并执行内部测量、稳压和VLED调节，以准确地将LED串电流平衡在3%以内。调光输入提供模拟、PWM或混合调光，每通道低至5 mA LED电流或最大值的2%。

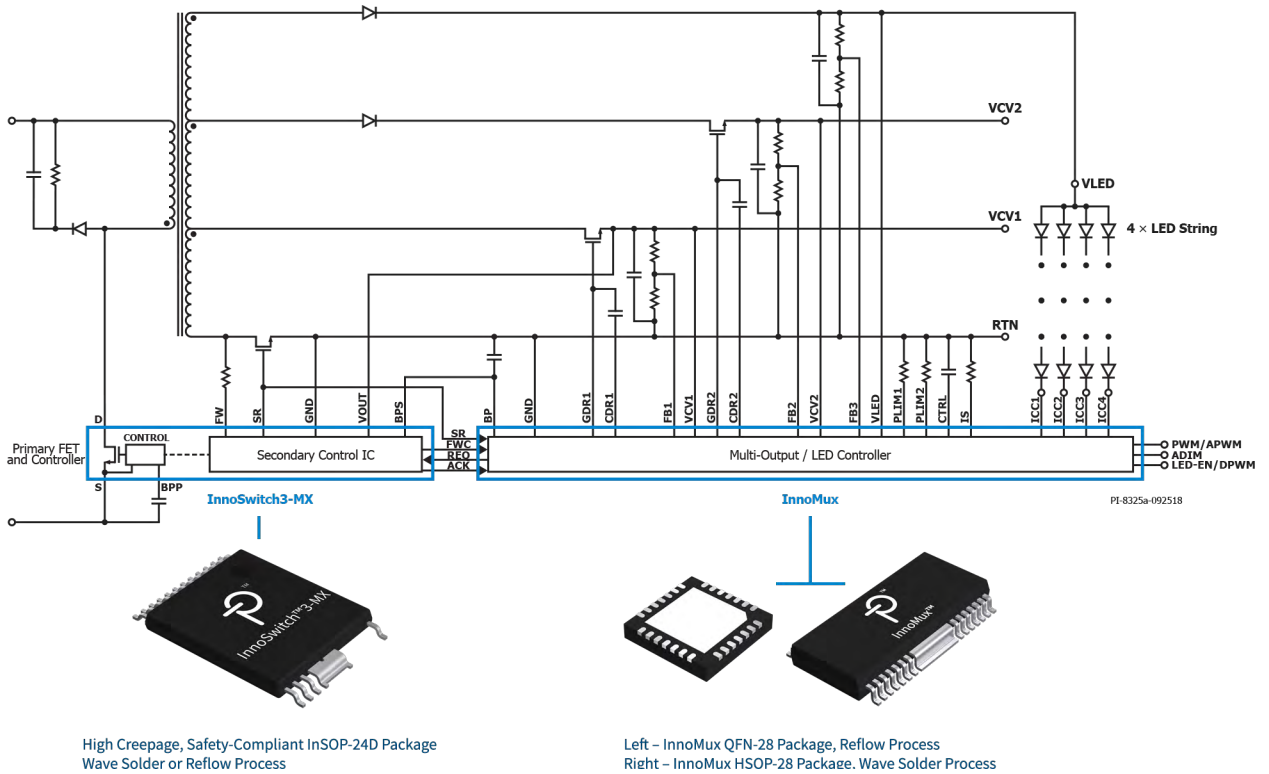


图5 显示了四串LED电流平衡和恒压输出功率限制设置的两个恒压输出和一个恒流输出的电路原理图

多路传输电源的另一个特点是，系统设计者可以选择每个输出可用的过载功率。在图5中，引脚PLIM1和PLIM2上的电阻根据表1所示的值分别控制向输出VCV1和VLED传输能量的最大频率。一种创新的方案是在PLIM1或PLIM2引脚上使用一个额外的电容（如表2所示），可用于设置向输出VCV2传输能量的最大频率。与多路输出反激式变换器相比，该方案具有非常有用的优势。在传统的方案中，每个输出上的元件都必须达到额定值，才能在过载条件下接收初级控制电路的全部输出功率。在InnoMux设计中，可以通过表1调整输出元件的大小，以仅支持该特定输出的最大功率输出。

频率	CV1PLIM1	V _{LED} PLIM2
30 kHz	5.1 kΩ	5.1 kΩ
41 kHz	10 kΩ	10 kΩ
56 kHz	22 kΩ	22 kΩ
78 kHz	39 kΩ	39 kΩ

表 1 CV1和VLED输出过载选择

频率	CV1PLIM1	V _{LED} PLIM2
30 kHz	无电容	无电容
41 kHz	电容	无电容
56 kHz	无电容	电容
78 kHz	电容	电容

表 2 CV2输出过载选择（电容值取决于表1的电阻值[2]）

图6显示了在图5所示类型的2个恒压输出和1个恒流输出应用中测得的输出电流波形。

SR FET电流波形由所有输出合成而来，因为该元件用于传导输出电流，而与哪个输出接收能量无关。顶部迹线显示了各个输出电流波形的颜色编码版本。在所示的负载条件下，大约50%的能量请求被路由至LED输出，33%的能量请求被路由至12 V，其余的约17%的能量请求被路由至5 V输出。在设计阶段进行如图6所示的满载测量，以确定每个输出的过载频率限值。

LED输出中的峰值电流相对较低，因为该输出与初级绕组之间的圈数比是所有输出中最低的，因此电流放大倍数也最低。但是，由于这是最高的输出电压，因此该输出的功率很大。随着较低电压12 V和5 V输出的圈数比增大，峰值电流也增大。请注意，在初级FET导通之前，5 V输出的电流不会达到零。发生这种情况时，5 V输出绕组中的电流则会迅速降至零。这种工作模式称为连续导通模式(CCM)，而12 V和LED输出的电流波形为非连续导通模式(DCM)波形（在初级开关导通之前电流降至零）。InnoSwitch3-MX和InnoMux IC均设计为以DCM或CCM模式工作，以最大限度地提高变压器设计的灵活性。

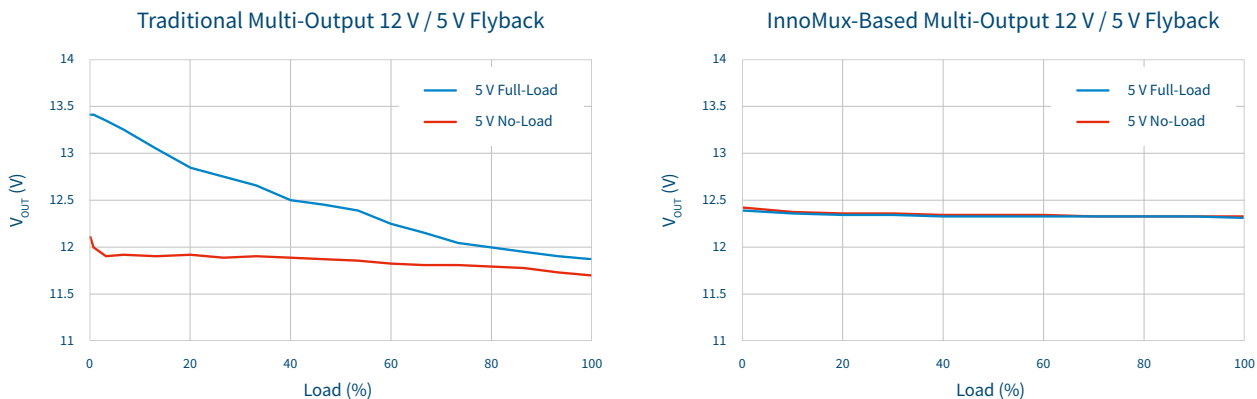


图 6 具有2个恒压输出和1个恒流输出的电源的输出电流波形

在只需要进行恒压输出调整的多路输出系统中，InnoMux芯片组可用于在每个输出的整个负载范围内提供精确的调整。如前所述，传统的多路输出反激式电源的交叉调整率往往较差，因为它们的输出电压由彼此相关的输出的变压器圈数比来控制。图7分别提供了具有12 V和5 V输出的传统多路输出反激式电源与基于InnoMux的系统的实测波形，从中可比较两者的差异。使用传统的反激式变换器时，电源设计者通常会将两个输出的反馈信息合并到单个反馈节点，从而对一个输出的调整做出妥协，如图8所示。此类方案通常可确保来自一个输出（通常为5 V）的反馈占主导地位，并确保该输出实现最高精度的调整。然而，此类方案始终是一种折衷方案，其中每个输出的电压调整不仅受到该输出上的负载的影响，而且还受到其他输出上的负载的影响。具体如图7所示。

另一方面，如果使用InnoMux方案，可对每个输出进行真正独立的反馈和调整，确保每个输出在整个负载范围内都能得到精确调整。如前所述，如果需要，此功能集还可以动态调整输出。

12 V Load Regulation



5 V Load Regulation

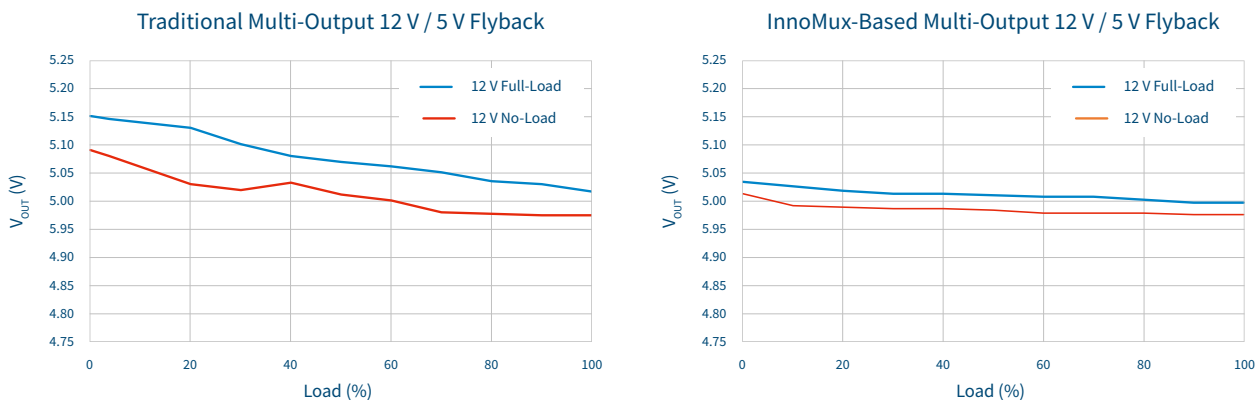


图7 使用常规的多路输出反激式变换器的12 V/5 V电源的实测负载调整特性，与基于InnoMux的系统的更高调整精度之比较

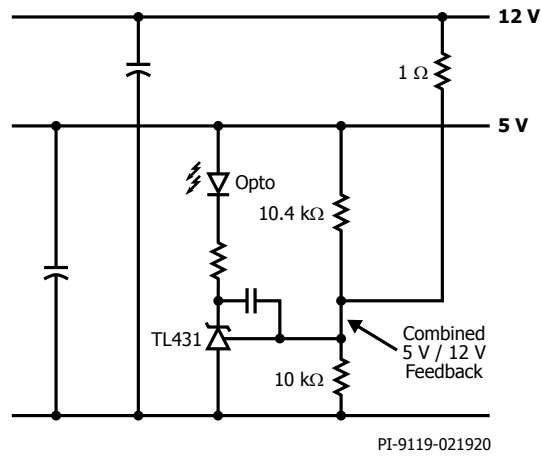


图8 传统的多路输出反激式变换器的合并反馈方案，其中5 V输出的调整被折衷以改善12 V输出的调整

通常，新技术很少能够完全去掉功率系统中的整个转换级，但InnoMux架构能做到这一点。电源设计者首次拥有了多级功率架构的替代方案，可以使用单个AC-DC级来替换多个DC-DC下游变换器。

随着使用InnoMux的新一代更节能的计算机显示器问世，以及高效电视和家用电器陆续开始研发，这项技术已经被确立。随着技术的成熟，新的应用和增强的控制方案将不断出现，从而可能为未来的功率系统提供更高的效率和节省空间的优势。

参考文献

- [1] [InnoMux Product Page](#)
- [2] [InnoMux Data Sheet](#)

全球销售支持网络

全球总部

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138 USA

Phone +1 408 414 9200

Fax +1 408 414 9201

Customer Service

Phone +1 408 414 9520

Email usasales@power.com

美国东部

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225
Suwanee, GA 30024 USA

Phone +1 678 957 0724

Email usasales@power.com

美国中部

3100 Dundee Road, Suite 204
Northbrook, IL 60062 USA

Phone +1 847 721 6293

Email usasales@power.com

中国 (上海)

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
1601-1603室
上海|中国, 200030

电话 +86 021 6354 6323

电子邮件 chinasales@power.com

中国 (深圳)

南山区科技南八路二号
豪威科技大厦17层
深圳|中国, 518057

电话 +86 755 8672 8689

电子邮件 chinasales@power.com

德国 (AC-DC/LED业务销售)

Einsteinring 24
85609 Dornach / Aschheim
Germany

Phone +49 89 5527 39100

Email eurosales@power.com

德国 (门极驱动器销售)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany

Phone +49 29 3864 39990

Email gate-drivers.sales@power.com

印度 (班加罗尔)

Bangalore 560052 India

Phone 1 +91 80 4113 8020

Phone 2 +91 80 4113 8028

Email indiasales@power.com

印度 (孟买)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B
Sakinaka, Andheri Kurla Road
Mumbai-400072, Maharashtra, India

Phone 1 +91 22 4003 3700

Phone 2 +91 22 4003 3600

Email indiasales@power.com

印度 (新德里)

#45, Top Floor
Okhla Industrial Area, Phase-III
New Delhi, India
Pin-110020

Phone 1 +91 11 4055 2351

Phone 2 +91 11 4055 2353

Email indiasales@power.com

意大利

Via Milanese 20
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Italy

Phone +39 02 4550 8708

Email eurosales@power.com

日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Building
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa
Japan 222-0033

Phone +81 45 471 1021

Email japansales@power.com

韩国

Room 602, 6th Floor, #22
Teheran-ro 87-gil, Gangnam-gu
Seoul 06164, Korea

Phone +82 2 2016 6610

Email koreasales@power.com

新加坡

51 Newton Road
#20-01/03 Goldhill Plaza
Singapore 308900

Phone +65 6358 2160

Customer Service

Phone +65 6356 4480

Email singaporesales@power.com

瑞士

Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel/Bienne, Switzerland

Phone +41 32 344 47 47

Email gate-drivers.sales@power.com

中国台湾

5F, #318, NeiHu Road, Section 1
Neihu District
Taipei, Taiwan 114, ROC

Phone +886 2 26594570

Email taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

Phone +44 7823 557484

Email eurosales@power.com

