

负载电压调节

妙用“虚拟远端采样”改善负载电压调节性能

Tom Hack

高级设计工程师

凌力尔特公司

当电源和负载之间存在较大压降时,准确调节负载电压可能很难。即使稳压器在自己的输出端产生非常稳定的电压,负载电流的变化也会影响沿导线产生的IR压降,从而在负载端导致极大的电压波动(图1*)。

在负载侧改善调节的传统解决方案包括增加额外的导线以进行远端采样(图2*),但是增加额外的导线并不是一种可行的理想方案。一种新的控制方法是“虚

拟远端采样(VRS)”,该方法很容易地取代了常规解决方案,并可避免常规解决方案的隐患,而且在某些情况下还解决了以前无法解决的问题。

传统的负载端调节方案

虚拟远端采样解决了在长导线末端保持负载稳定的问题,这种方法比直接远端电压采样、压降补偿和负载端调节等常规远端采样方法更易采用,且效果更好。

第一种传统方法是直接远端采样(图2),该方案可实现极好的负载端调节,但是需要两对导线:

下接30页 »

模拟天地

妙用“虚拟远端采样”改善负载电压调节性能

» 上接29页

一对提供负载电流，另一对测量负载端的电压，以便实现恰当的调节。远端采样需要先见之明，必须设计到系统里。除非有一对额外的检测导线准备好待用，远端采样不可能事后实现。

第二种传统方法是压降补偿，这不需要额外的导线，但是却需要仔细估计负载线路的压降。对电源电压进行调节，以补偿估计的互连线压降。不过，既然压降仅是估计值而不是测量值，那么这种方法的准确性值得商榷。

第三种传统方法涉及直接在负载端放置一个稳压器。这既保证了准确度，又简化了布线，但是稳压器在负载端占用宝贵的空间、降低了电源系统的总体效率且靠近负载的功耗升高了。在工业和汽车系统中，在负载端的严酷环境中放置一个稳压器也许是不可能的。

VRS避开了所有这些限制，同时在多种条件下实现了令人赞叹的负载调节效果。

非常灵活的VRS

图3*显示了一个简化的虚拟远端感测系统原理图，由一个电源或通过电阻性互连线(由导线和连接器组成)驱动负载的稳压器组成。如果不采用VRS，电源电压(V_{SUPPLY})和DC电流(I_{LOAD})是已知的，但是没法确定多少电压提供给了负载，多少电压损失在导线中，因此无法实现恰当的负载电压调节。

LT4180 VRS通过查询线路阻抗和动态补偿压降解决了这个问题。该器件通过使输出电流在所需输出电流的95%和105%之间交替变化来工作。换句话说，LT4180强制电源提供一个DC电流加上一个峰峰值幅度等于DC电流10%的电流方波。去耦电容器C(通常在非VRS系统中确保低阻抗，以实现恰当的负载瞬态)还承担了一个附加的角色——从VRS方波中滤除瞬态电压。

因为C的大小可以改变，以在方波频率上产生“AC短路”，所以在电源端产生的查询电压方波为：

$$V_{\text{SUPPLY(AC)}}=0.1\times I_{\text{DC}}\times R$$

该值以 $V_{\text{P-P}}$ 来衡量。这个在电源端测得的电压方波峰峰值幅度等于DC导线压降的1/10。这不是估计值，它是导线上通过全部负载电流

时直接测量的压降。通过小信号处理，从这个AC信号中产生了一个DC电压，这个电压引入电源的反馈环路，以提供准确的负载调节。

那么VRS有多有效？LT4180的

静态负载调节如图4*所示。在这种情况下，负载电流从零开始升高，直至在导线中产生一个2.5V的压降为止。负载端电压在最大电流时仅比电流为零时下降73mV。甚至导线内

电子工程专辑

Electronic Engineering Times · China

模拟天地

压降等于标称负载电压的50%时,负载端的电压仍然保持在无负载电流值的1.5%之内。导线压降不那么大时,会产生更好的结果。

LT4180几乎可与任何电源或稳

压器一起使用:线性或开关式、隔离或非隔离式。电源可以同步或不同步至LT4180。为了满足各种系统和电源需求,VRS工作频率可以在超过以千计的范围內调节。它还提供

扩频工作模式,以部分起到抗单音干扰的作用。其较大的输入电压范围简化了设计。

除了提供可替代常规方法的解决方案,VRS还在电池充电、工业和

以太网、照明、测井以及其它应用领域创造了以前不可能获得的机会。

实际应用案例

图5*示意了一个粗略的电源系统,用于笔记本电脑、PDA、蜂窝电话或便携式娱乐设备。一个外部电源/电池充电器用来最大限度地减小便携式电子设备的尺寸。充电器仅在该设备关闭且没有汲取电流时才能正确工作。当电池接近满容量时,电池充电电流(I_{BAT})接近为零。如果 $I=0$,那么电池充电器电压 V_{SUPPLY} 等于电池浮充电压,而且充电终止功能正确启动。

但是如果系统稳压器汲取电流,会发生什么问题?电池电压 V_{BAT} 可能低于所需电池充电器电压 V_{SUPPLY} ,因此使充电速度变慢,甚至完全停止充电。互连线电阻不可能降到足够低来解决这个问题。1%的锂离子浮充电压准确度要求转换为42mV浮充电压误差(就单节锂离子电池而言)。因为还存在其它浮充电压误差源,所以导线压降必须保持远低于这个值。

传统解决方案采用像图6*所示那样的复杂架构,这种架构在设备中纳入了充电器和一个电源路径控制器。尽管这样可以降低与导线有关的充电误差,但是也增大了设备的尺寸和设备内部的功耗,因为充电器和电源路径控制器必须放在设备内部。

图7*显示采用VRS的非折衷方案。充电器电压在设备端得到恰当的控制,不受负载电流(I)影响,因此可以使用一个外部电池充电器电源,电源路径控制器可以去掉。

以太网供电和工业应用也受益于VRS。VRS允许低压设备(具大工作电流)在CAT5和CAT6电缆上运行,而不会产生长导线引起的压降。甚至10V至20V的线路压降也可以补偿,从而允许在远端使用简单的线性稳压器或不使用稳压器。

VRS还可以用来简化工业应用的系统改良。例如,一对电源线可用于新设备,但是负载端调节不

下接32页 »

电子工程专辑

Electronic Engineering Times · China

模拟天地

妙用“虚拟远端采样”改善负载电压调节性能

» 上接31页

符合设备规范要求。这时VRS可以非常容易地用来控制已有电源或稳压器。这比增加另一对导线来进行远端采样或增加负载端调节容易得多、也便宜得多。

提升高功率照明应用的效率和光输出
随着白炽灯照明的减少,高密度卤素灯日益流行。卤素灯的工作电压直接影响其光输出、效率、寿命和色温,如图8*和以下所示:

- 光输出与 $V^{3.4}$ 近似成正比
- 功耗与 $V^{1.6}$ 近似成正比
- 寿命与 V^{16} 近似成反比
- 色温与 $V^{0.42}$ 近似成正比

通常情况下,这些设备以12V电压运行,但是电流相对较大,因此线路压降也可能相对较高,负载端的差异非常容易达到1V或更高。以11V电压工作的12V卤素灯比以准确电

压工作时少产生25%的光,同时仅节省13%的功率。就固定光输出而言,如果允许电压下降至11V,那么就需要多使用25%的灯。让卤素灯以准确电压工作可提供更精确的照明控制、色温和更高的效率。

VRS系统可以用来保持准确的灯密度。在灯附近放置一个电容器,并在这个点上控制电压。就中型和大型照明系统而言,与标准变压器相比,能效的优势可以非常容易抵消更复杂的DC电源带来的不便。此外,灯色温也可以得到很好的控制,灯的寿命也非常一致。

基于SEPIC的汽车卤素前灯电源(图9*)改善灯的可靠性,同时还确保最佳照明。该设计在9V至15V的输入电压范围内将前灯电压端保持在12V。它在高达1Ω的互连线电阻时工作良好。使用VRS允许SEPIC转换器放置在远离负载的地方,例

如,放置在客舱中,远离极端的引擎罩环境,从而改善可靠性。

住宅和商用活动式投射灯照明也受益于VRS。恰当调节灯电压所需要的成本,能够被更低功耗和更高效率带来的优势所抵消。在一串250W的灯上一天可能节省2-3千瓦时,同时维持同样的光输出量。色温(尽管不像其它灯参数那样取决于电压)也可受益。VRS允许单个灯的远端电压调节,或对分布在单个电源轨上的几个灯提供一阶调节。

VRS可以用在石油和天然气测井应用中,在这类应用中,仪器常常用几千至几万英尺长的电缆连接。当线路长度以数英里计时,VRS也许是唯一的解决方案。

本文小结

尽管传统的两条导线远端采样方案能在负载端提供恰当的电压,但是

仍然存在很多缺点。感测导线在系统中增加了额外成本,并占用系统的连接器空间。如果感测导线断接或损坏,还可能发生可靠性问题。相比之下,虚拟远端采样系统在负载端提供极好的调节,而且没有导线连接远端采样的缺点。

与负电阻等其它补偿方法不同,即使线路压降电阻变化,虚拟远端采样也提供对输出的连续控制。虚拟远端采样校正导线压降和连接器压降。虚拟远端检测电路电源线路上的附加噪声很容易通过负载端的电容器消除,而且该电容器总是包含在远端采样系统中。LTC4180可以为IC稳压器以及外购的预配置离线式电源提供远端采样校正。在电源系统中增加一个VRS IC的成本通常比放置导线实现远端采样低得多。

(*更详细的内容请访问 www.eet-china.com)