

数字电源系统管理

降低了数据中心的功耗

作者: Bruce Haug, 电源产品部高级产品市场工程师, 凌力尔特公司

具有数字管理功能的DC/DC转换器将使得设计人员能够开发出“绿色”电源系统, 此类电源系统可满足目标性能、且能够通过重新编排工作流程并将某些任务转移至那些工作量不足的服务器(从而可将其他的服务器关断)来确定何时降低总功耗。

好 几年以来, 许多公司都对数字电源进行了大肆的宣传, 有的公司认为: 数字电源包括数字功能和一个带电源的通信链路。另有一些公司则表示: 数字电源是一种具有一颗采用数字脉宽调制(PWM)内置芯片的状态机。还有一些厂家指出: 数字电源包括一个运行某种算法(该算法用于补偿控制环路)的通用型数字信号处理器(DSP), 而且仅仅依靠一根串行总线并不能提供数字电源解决方案。甚至有其他公司认为: 数字电源具有一个带状态机或DSP的数字PWM环路。所有这些描述都可以说是令人大惑不解、无所适从, 而且部分此类方法并不能产生优良的性能。但是, 在数字电源设计正确的情况下, 它能够降低数据中心的功耗、缩短产品的面市时间、拥有卓越的稳定性和瞬态响应性能、并提高总体系统的可靠性(比如在网络设备中)。

网络设备的系统设计师正面临着提升其系统的数据吞吐量和性能并增加功能及特点的压力。与此同时, 如

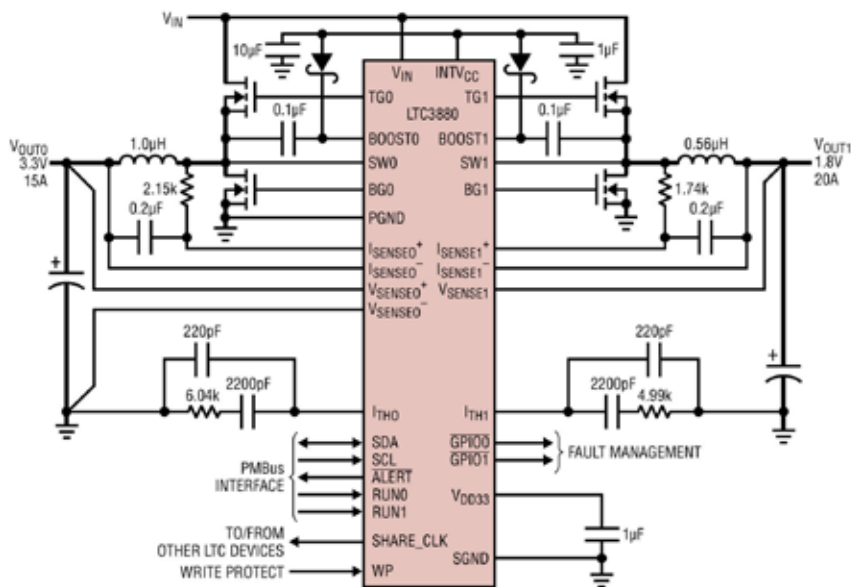


图 1: 具有两个大电流输出的应用原理图(采用 LTC3880)

何减少系统的总功耗也是其必需应对的难题。在数据中心里, 人们所面对的挑战是需要通过重新编排工作流程并将某些任务转移至那些工作量不足的服务器(从而可将其他的服务器关断)来降低总功耗。为了满足这些需求, 了解终端用户设备的功耗是非常

重要的。正确设计的数字电源管理系统能够为用户提供功耗数据, 这样就可以做出灵活的能量管理决策。

在当今的新式电子系统中, 稳压器的状态或许是所剩的最后一个“盲点”, 因为一般情况下它们不具备对关键的操作参数进行直接配置或远程

监视的方法。对于可靠运作而言,检测稳压器输出电压的时间漂移或过热状况并据此采取相应的行动可以说是至关重要的。设计精良的数字电源系统管理(DPSM)方案能够监视稳压器的性能并汇报其运行状况,以在其超出规格范围甚至发生故障之前采取纠正措施。

如欲把 DPSM 用于稳压器和电源设计,则要求工程师仔细查看一条学习曲线,以了解怎样通过计算机上的图形用户界面(GUI)来完成此类器件的编程和连接。这包括学习新的程序设计软件,而且每家提供数字电源器件的公司都有其独特的软件包。因此,应选择一家拥有经过缜密思考和用户友好型软件包及 GUI 的公司,这一点很重要。此外,他们还应拥有一支信誉卓著的技术支持员工队伍,这支队伍具备在此类电源的设计过程中为客户提供帮助所需的各种能力。

多轨板级电源系统

大多数嵌入式系统均通过一块 48V 背板来供电。一般将该电压降压至一个较低的中间总线电压(通常为 12V 至 3.3V),以为系统内部的电路板支架供电。然而,这些电路板上的子电路或 IC 需要在低于 1V 至 3.3V 的电压范围以及数十 mA 至数百 A 的电流范围内运作。因此,为了将中间总线电压降压至子电路或 IC 所需的期望电压,负载点(POL) DC/DC 转换器是必不可少的。这些电源轨具有严格的排序、电压准确度、裕度调节和监控要求。

在数据通信、电信或存储系统中有可能存在多达 20 个 POL 电压轨,系统设计师需要一种按照其输出电压、排序和最大可容许电流来管理这些电压轨的简单方法。某些处理器要求其 I/O 电压在其内核电压之前上升,而有些 DSP 则要求其内核电压先于其

I/O 电压上升。断电排序也是不可或缺的。设计人员需要一种简便易行的调整方法以优化系统性能并存储用于每个 DC/DC 转换器的特定配置,从而达到简化设计工作的目的。

为了避免昂贵 ASIC 遭受过压情况的可能性,高速比较器必须监视每个电源轨的电压,并在某个电源轨超出其规定的安全操作限值范围时立即采取保护措施。在数字电源系统中,可以在发生故障时通过 PMBus 报警线路通知主机,并可将有关系的电源轨关断以对诸如 ASIC 等受电器件实施保护。实现这种保护水平需要比较好的准确度以及大约数十 μs 的响应时间。

凌力尔特公司近期推出的 LTC[®]3880/-1 提供了高度准确的数字电源系统管理,并利用其高分辨率可编程性及快速遥测回读实现了实时控制以及关键负载点转换器功能的监视。该器件是一款双通道输出、高效率同步降压型 DC/DC 控制器,具有基于 I²C 的 PMBus 接口以及 100 多条命令和板载 EEPROM。LTC3880/-1 兼有同类最佳的模拟开关稳压控制器性能和精准混合信号数据转换,可极其方便地实现电源系统的设计和管理,该器件得到了具有易用型图形用户界面(GUI)的 LTpowerPlay™ 软件开发系统支持。图 1 示出了典型的 LTC3880 应用原理图。

LTC3880/-1 可调节两个独立的输出,或配置为两相单输出。多达 6 相可以交错和并联,以在多个 IC 之间实现准确的均流,从而最大限度地为大电流或多输出应用降低输入和输出滤波要求。一个板载差分放大器提供了真正的远端输出电压采样。集成栅极驱动器可从范围为 4.5V 至 24V 的输入电压来驱动全 N 沟道功率 MOSFET,而且在整个工作温度范围内,在输出电流高达每相 30A 时,该

器件可产生准确度为 $\pm 0.50\%$ 并高达 5.5V 的输出电压。LTC3880/-1 还可与电源模组和 DR MOS 器件一起使用。跨多个芯片的准确定时和基于事件的排序允许优化复杂和多轨系统的上电和断电。LTC3880 具有一个用于控制器和栅极驱动电源的内置 LDO,而 LTC3880-1 则允许用外部偏置电压实现最高效率。这两款器件都采用耐热性能增强型 6mm x 6mm QFN-40 封装。

用于数字电源系统管理的控制接口

PMBus 命令语言专为满足大型多轨系统的需要而开发,是一种采用完全定义的命令语言的开放标准电源管理协议,可简化与功率转换器、电源管理器件及系统主处理器的通信。除了一组精确定义的标准命令之外,符合 PMBus 标准的器件还能够执行其特有的专用命令,以提供一种对 POL DC/DC 转换器进行编程和监视的创新型方法。该协议通过业界标准的 SMBus 串行接口来执行,并实现了功率转换产品的编程、控制和实时监视。命令语言和数据格式标准化可实现简单的固件开发,从而加快了产品的面市进程。如需了解更多信息,请登录 <http://pmbus.org> 网站查询。

可编程控制分辨率/准确度		
参数	LTC3880/-1	同类竞争替代方案
V _{OUT} 命令	13位, $\pm 0.5\%$	6位, $\pm 3\%$
V _{IN} 监控器	8位, $\pm 2\%$	6位, $\pm 3\%$
OV和UV监控器	8位, $\pm 2\%$	6位, $\pm 3\%$
电流限值	3位, $\pm 5\text{mV}$	2位
遥测回读分辨率/准确度		
参数	LTC3880/-1	同类竞争替代方案
V _{OUT} 读数	15位, $\pm 0.5\%$	12位
输出电流	15位, $\pm 1\%$	12位
V _{IN} 读数	15位, $\pm 2\%$	12位
输入电流	$\pm 0.3\%$	(不适用)

表 1: 某些 LTC3880/-1 可编程参数以及遥测回读能力和准确度

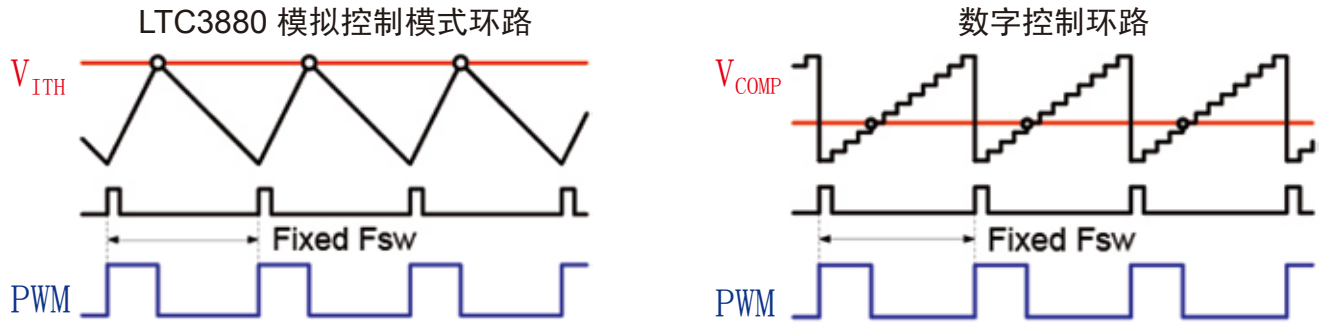


图 2: LTC3880 的模拟控制环路与数字控制环路的比较

LTC3880/-1 可编程控制参数包括输出电压、裕度调节、电流限值、输入和输出监控限值、上电排序和跟踪、开关频率、识别及可追溯性数据。片内精准数据转换器和 EEPROM 允许收集稳压器配置设定值和遥测变量值，包括输入和输出电压及电流、占空比、温度以及故障记录，并对这些设定值和变量进行非易失性存储。下面的表 1 罗列了可采用 LTC3880/-1 进行编程的一些参数、其高分辨率、遥测回馈能力和替代解决方案。

LTC3880/-1 的配置可以很容易地通过器件的 I2C 串行接口保存到内部

EEPROM 中。由于配置存储在芯片上，所以该控制器可以自主上电，而不会增加主处理器的负担。输出电压、开关频率、相位和器件地址的缺省设置可以选择通过外部电阻分压器进行配置。多种设计可以非常容易地在固件中校准和配置，以为一系列应用优化单个硬件设计。

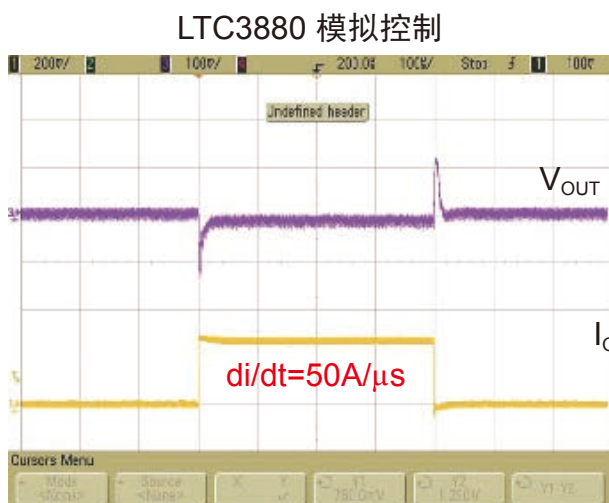
模拟控制环路

LTC3880/-1 是一款适合众多功能（例如：输出电压、电流限制设定点和排序等等）的数字式可编程 DC/DC 控制器，但它具有一个旨在实现最佳

环路稳定性和瞬态响应的模拟反馈控制环路，而没有数字控制环路的量化效应。

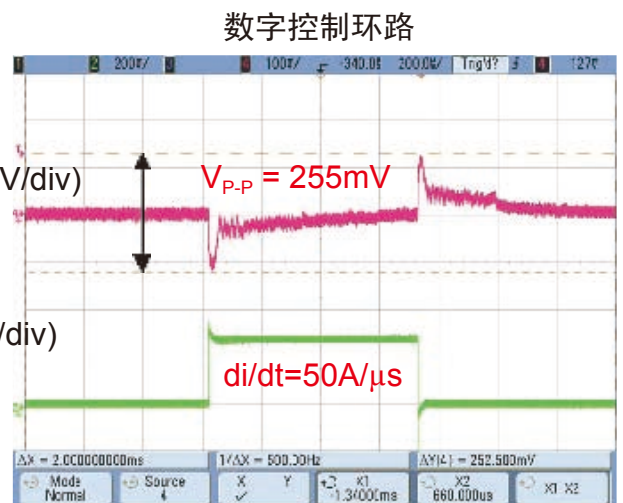
图 2 示出了采用模拟反馈控制环路和数字反馈控制环路时，控制器 IC 内部不同的斜坡曲线。模拟环路具有一个平滑的斜坡，而数字环路则类似于一个阶跃函数——这会引发稳定性问题、减缓瞬态响应速度、并在某些应用中导致需要增加输出电容，而且，数字环路的量化效应将造成输出纹波增大。

LTC3880 的模拟控制环路的优点之一是它能够采用比数字控制环路替



输出电容器

2 x 330μF (POSCAP, 9mΩ) + 2 x 100μF



输出电容器

4 x 330μF (POSCAP, 9mΩ) + 2 x 100μF

图 3: 25A 阶跃时模拟控制环路与数字控制环路的瞬态响应比较（对于一个工作频率为 400kHz 的 12V_{IN} 至 1.2V_{OUT} DC/DC 转换器）

代方案小 50% 的输出电容，而且稳定性更佳（实现稳定所需的时间较短）。此外，数字控制瞬态响应在稳定之前还会出现振荡，这是由于量化效应及其 ADC 分辨率的局限性所造成的。图 3 示出模拟控制环路与数字控制环路的瞬态响应之比较。

此外，因 ADC、数字补偿器和数字 PWM 而产生的数字控制环路量化效应还将给输出纹波增加额外的电压（取决于 ADC 的分辨率和环路设计）。与此相反，模拟控制环路则不存在这

轻松快捷地开发多电压轨系统。

结论

数字电源的主要优点之一是具备预知电源系统故障并启动保护性措施的潜力，这得益于实时遥测数据的提供。也许最重要的一点是：具有数字管理功能的 DC/DC 转换器将使得设计人员能够开发出“绿色”电源系统，此类电源系统可满足目标性能、且能够通过重新编排工作流程并将某些任务转移至那些工作量不足的服务

关于数字电源的定义及其优点，如今的情况变得让人迷惑不解。因此，数字电源的潜在用户有必要就其希望实现的目标以及数字电源系统管理的优点是否适合其产品和客户而做好调查。他们必需确定自己所选择的公司拥有高性能的模拟器件、广受欢迎且易于使用的软件包、以及一支受过良好教育、愿意为客户提供所需帮助的技术支持队伍。幸运的是，这样的公司是存在的。

www.linear.com.cn

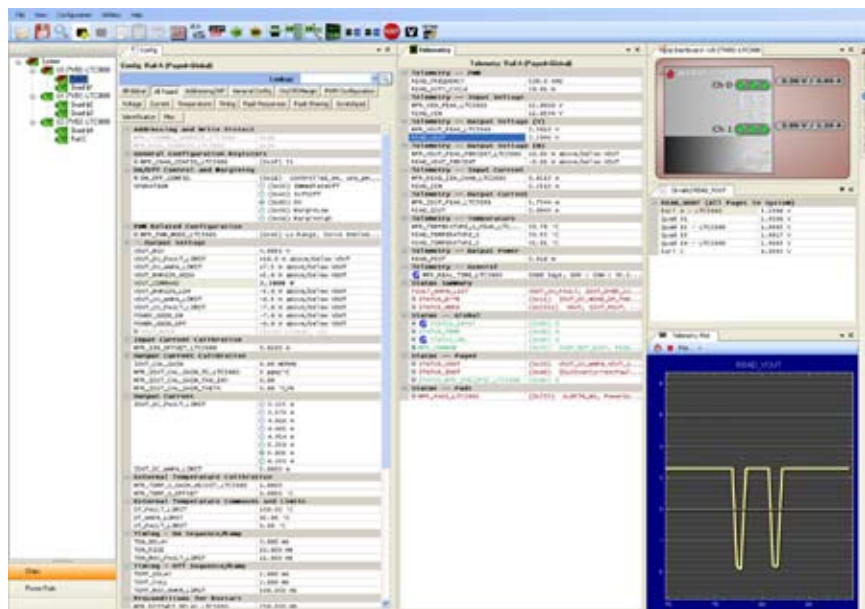


图 4: LTpowerPlay 的 GUI 截屏图

种额外的输出纹波电压。

编程 LTpowerPlay 软件和 GUI

LTC3880 得到了具有易用型图形用户界面 (GUI) 的 LTpowerPlay 软件开发系统的支持。图 4 中给出的 GUI 截屏图示出了多项功能的控制方法，例如：输出电压、保护限值、接通 / 关断斜坡以及少量的波形（包括多个电源轨的排序及遥测曲线）。这款强大的 GUI 软件可从凌力尔特公司的网站免费下载，并能与其他的凌力尔特转换器和监控器件配合工作，以

器（从而可将其他的服务器关断）来确定何时降低总功耗。由于在负载点、电路板、支架、甚至安装级上的能源使用量极少，因而有助于降低基础设施成本以及产品生命周期中的总拥有成本。

数字电源系统管理的另一个优点是能够减低设计成本和加快产品的上市速度。通过采用一种具直观的 GUI 集成开发环境，可以高效地开发复杂的多轨系统。此类系统还通过利用 GUI（而不是焊接装配）进行调整而简化了在线测试 (ICT) 和电路板调试。