

大电流轨需要具备控制和监察功能的转换器

Bruce Haug
(凌力尔特公司)

大型计算系统的复杂性日益增加,这迫使电源产品提高效率和准确度并改进瞬态响应。不过,近一段时间,电源产品也越来越需要具备数字控制能力,以实现监视、设置和报告功能。在分布式系统中,高效率是必不可少的,在这类系统中,会对中间电压总线采用高降压比,以产生提供大电流的本机低压电源,进而最大限度地减轻转换效率不佳导致的过热问题。主机系统可能有很多提供宽范围功率值的本机电压轨。例如,在数据通信系统中,可能有多达 50 个负载点电压轨,其中有些可能提供高达以及超过 100 安培的电流。因此,系统设计师希望能够非常方便地监视和调整电源电压、对电源电压排序、设定工作电压限制,并方便地读取电压、电流、温度等参数以及访问详细的故障日志。

一种流行的控制大轨数系统的方式是使用数字通信总线。这种方式常称为“数字电源”或“电源系统管理(PSM)”,能够帮助设计师实时控制、监视和监察很多电源轨。能够以数字方式更改电源参数意味着,设计师不再像以前那样,需要更改实际硬件、电路和/或系统用料单,这极大地缩短了产品开发时间和减少宕机时间。

新出现的 PSM 产品往往通过 PMBus 等两线接口支持可配置性和监视功能。PMBus 是一种基于开放 I²C 标准的数字接口协议,为 PSM 产品与现有嵌入式系统及架构、安装在电路板上的控制器以及智

能平台管理接口功能无缝集成提供了方便。为了简便易用,尤其是在硬件开发及测试的初期,常常通过一个在 PC 上运行的图形用户界面(GUI)和常称为接口转换板的 USB 至 PMBus 通信转换工具连接 PSM 产品。

PSM 可用来监视远端电压稳压器的性能,报告其健康情况,以便能够在其超出性能规格甚至发生故障之前采取纠正措施。PSM 还允许用户根据从负载及系统收集的信息采取行动,并具备以下优势。

1) 产品更快上市:

- 无需修改 PCB,就可更改电源参数
- 快速确定系统特性、进行优化和数据挖掘

2) 负载级优势:

- 随时间和温度变化控制电源准确度
- 进行裕度调节,以测试 FPGA 容限

3) 系统级优势:

- 以数字方式进行电路板级电源诊断
- 监视并准确确定整个系统的功耗
- 故障管理/故障日志

4) 数据中心优势:

- 确定功耗趋势,随时间变化检测波动和变化
- 开发预测性分析方法,最大限度降低运行成本

- 做出能量管理决策

为满足大型多轨系统的需求,人们开发了

PMBus 命令语言。除了一套定义完备的标准命令, PMBus 兼容产品还可以采用自己专有的命令, 以提供创新性增值功能。对生产这类系统板的 OEM 而言, 大部分命令和数据格式实现标准化是一个极大的优势。该协议是通过业界标准 SMBus™ 串行接口实现的, 能够对电源转换产品进行编程、控制和实时监视。命令语言和数据格式标准化使 OEM 能够非常容易地实现固件开发和重用, 这可帮助电源系统设计工程师缩短产品上市时间。如需更多有关这一主题的信息, 请访问: <http://pmbus.org>。

PSM 能够提供准确的电源系统信息, 还能够自主控制和监督很多电压, 因此正在得到越来越广泛的采用。凌力尔特已提供几种 PSM 产品以满足这种市场需求, 我们还将继续定期推出有关的新器件。

1 最新 PSM DC/DC 控制器

LTC3882 是最近推出的双通道 DC/DC 同步降压型 PWM 控制器, 具备 PMBus 兼容串行接口。该器件在 3 V 至 38 V 的输入电源总线电压范围内工作, 每个通道可产生 0.5 V 至 5.25 V 的独立输出电压。多达 4 个 LTC3882 能够以并联交错方式运行, 从而产生包含多达 8 个相位的单输出轨, 每相电流高达 40 A。当因功率或可靠性而要较多相位时, 还可以开发相位数为 6 或 8 的倍数之设计。一旦电路板内置 EEPROM 编程完毕, LTC3882 就可以自主运行, 甚至在故障情况下, 也无需主机支持。图 1 显示了 LTC3882-1 的一个典型的应用原理图。

2 内部架构

为了支持高降压比和快速负载瞬态响应, LTC3882 采用了尖端的恒定频率电压调制模式架构。该架构还整合了失调非常低、带宽很大的电压误差放大器和内部前馈补偿。内部前馈补偿针对输入电压变化即时调节占空比, 从而在发生瞬态事件时显著地降低了输出过冲或下冲。两个通道都具备

远端输出电压检测功能, 以补偿与长 PCB 走线有关的压降。当输出并联时, 单独的控制环路实现卓越的 DC 和动态多相负载均分。图 2 显示了图 1 原理图在 15 A 阶跃负载时的瞬态响应。与标称输出电压的最大偏差低于 25 mV。

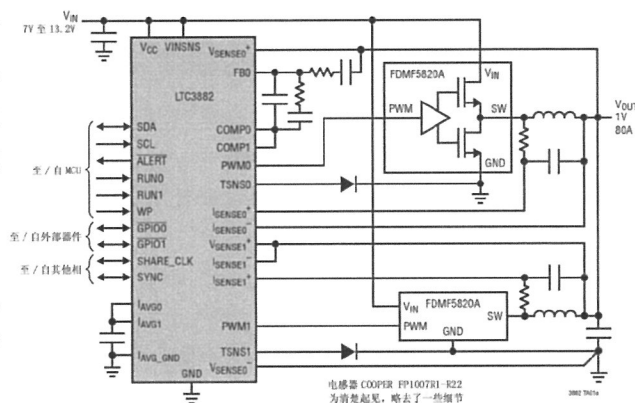


图 1 LTC3882 典型应用原理图

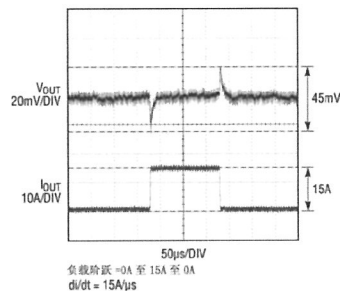


图 2 图 1 电路的瞬态响应

3 选择功率级

LTC3882 的每个通道都提供可选 PWM 控制协议, 以连接具备 3.3 V 兼容控制输入的功率级设计。用户可以选择最佳类型的功率级以满足设计要求: 分立式 FET 驱动器、DrMOS 器件或电源模块。这些类型的功率级能够以每通道为基础进行混合和匹配, 从而允许按照每个轨的功率需求优化电源子系统划分、大小和成本。

最先进的调制模式可提供对输出负载阶跃的快速、单周期响应, 而且对最小占空比没有限制。在采用这种方法实现高降压比的情况下, PWM 输出控制脉冲可以变得非常小, 而且最短接通时间通常受到

功率级而不是控制器的限制。就最紧凑的解决方案而言,可以仅用陶瓷输出电容器,而且 LTC3882 采用了可编程有源电压定位 (AVP) 技术,因此可以进一步优化等效串联电阻 (ESR) 并减小输出电容器尺寸。

视应用的需求,可以通过选择最佳工作频率来优先考虑峰值效率或解决方案尺寸。LTC3882 的可编程开关频率范围为 250 kHz 至 1.25 MHz,支持对电感器尺寸和输出电流纹波的优化。LTC3882 还可用来产生共享的 PWM 主时钟,或接受一个外部时钟输入,以同步至不同的系统时基。

4 针对高功率的低 DCR 检测

在输出电流相对较高时,转换效率必须最大限度地提高,以限制传导损耗产生的热量,并最大限度地降低相关的冷却成本。最大限度降低电流检测组件中的功率损耗以尽可能提高效率很重要,因为该组件不断地看到全 DC 负载电流加上附加纹波电流。LTC3882 支持常规检测电阻器拓扑以及低 DCR 检测方法,而低 DCR 检测可以产生仅为几十毫伏的电压。固定斜率电压模式 PWM 架构允许用大信号控制占空比,消除了采用电流模式控制方法时低 DCR 设计可能产生的噪声问题。图 3 所示为图 1 原理图的效率和功率损耗。

LTC3882 提供了一个可选的数字输出伺服功能。当该功能启动时,通道电压的 16 位 ADC 输出用来伺服所希望的平均输出值。在这种情况下,转换

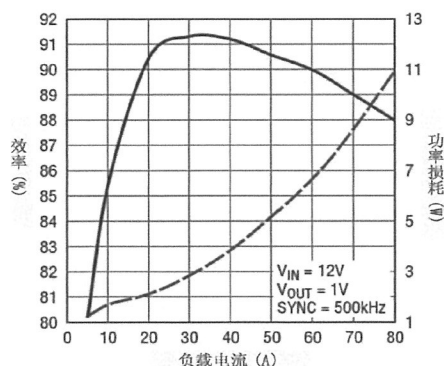


图 3 12V 输入至 1V 输出时的效率和功率损耗曲线

器提供了十分出色和仅为 $\pm 0.2\%$ 的典型输出误差,随温度变化的最大误差为 $\pm 0.5\%$ 。就多相单输出工作而言,LTC3882 提供单独的均流环路,该环路提供准确的负载平衡,这与常规电压模式转换器相比是一个改进。输出通道通过引脚搭接设计成主控制通道或从属通道。主通道上的 IAVG 引脚提供与瞬时输出电流变化类似的电压。给这个线路加上一个 100 pF 至 200 pF 的滤波电容器,然后发送给所有从属相位通道。从属通道运用这一信息和来自主通道的主 COMP 控制电压,使自身的输出电流与主通道的输出电流相匹配。图 4 显示,在高速负载阶跃时,这种匹配得到了动态保持。

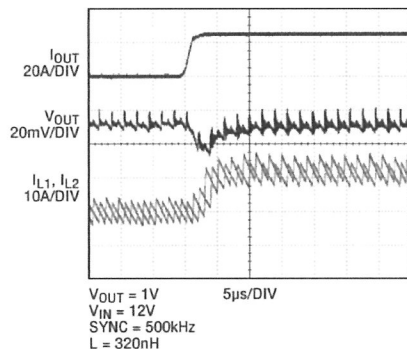


图 4 输出瞬态时的动态负载平衡

5 准确的遥测

LTC3882 用一个内部 16 位 ADC 监视关键电源参数。对输入和输出电压、输出电流、占空比以及温度,都可以通过 PMBus 进行数字回读。LTC3882 跟踪、保持并提供这些参数的峰值。

除基本电源参数遥测以外,LTC3882 还通过 PMBus 向系统主机报告多种内部及外部状态信息。

6 快速可编程故障响应

运用 LTC3882 以及其他凌力尔特 PSM 系列器件 (例如:LTC3880) 之间的共享故障总线,可以检测故障并提供故障信息。LTC3882 提供一个标准的开漏 ALERT 输出,以向总线主机发出多种故障情

况通知。LTC3882 对关键故障产生高速、低电平硬件响应以保护功率级及下游系统负载。然后, 可以用 PMBus 命令配置较高电平的响应、屏蔽系统故障并决定将哪些故障信息传送给共享故障总线。这可灵活地在系统级动态管理故障, 甚至在硬件已经设计制造完毕后可提供灵活性。

LTC3882 提供广泛的日志能力, 可记录故障发生前一瞬间转换器的运行状态。日志可以启动并将内容存储到内部 EEPROM 中, 以提供黑匣子记录器功能, 实现系统内诊断或后续异常事件的远端调试。

7 PSM 的优势

考虑使用 PSM 控制器有很多理由。可以向 LTC3882 发布 PMBus 命令, 以设定输出电压、电压裕度、开关频率、输出接通 / 关断排序以及其他工作参数。总之, LTC3882 支持超过 100 条标准及定制的 PMBus 命令。这种可编程性的主要好处是降低设计成本、加速产品上市。一旦完成基本硬件的宏观设计, 通过简单地调节 LTC3882 控制器内能以数字方式编程的参数, 就可按照需要快速产生很多变化、让系统快速进入正常运行状态并对设计加以验证。调节可以按照需要, 一直在生产进行后调节, 包括完全同步的电源轨重新排序 / 再定时。有了这种灵活性, 再加上可选的关键电源参数外部电阻器设定方法, 就可以避免高风险、高成本的 PCB 推敲工作, 或者避免由于最后一分钟的需求变化或系统用途变化而需要手工更改连线。

最终配置可以轻而易举地通过各种方式存储在内部 EEPROM 中, 包括定制的生产设定方式。一旦配置存储完毕, 控制器就可以自主加电到该状态, 而不会给主机增加额外的设定负担。另外, 即使在装载最终 EEPROM 配置之后, 仍然可以使用可选外部设定电阻器来修改几个关键工作参数, 例如输出电压、频率和相位分配。

一旦设计完成, LTC3882 支持的多种寻址方法就会视控制和监视要求的不同而不同, 允许系统在轨、器件或单个通道级与所有器件或选定器件通信。另外, PMBus 为实现尖端的高级系统运行提供了方便, 例如需要大电流的高能效应用的负载平衡。如果在大型系统中采用常规电源组件, 那么这些功能根本不可能有效地实现, 甚至不可能实现。

8 结论

PSM 是系统设计师利用现有系统主处理器或简单 PC 连接控制电源的一种方式。在开发和调试阶段, 这种控制能力非常宝贵, 能够帮助设计师让系统快速进入正常运行状态, 并能够控制和调节电源电压、各种限制值以及排序, 而无需修改物理硬件、电路和 / 或系统用料单。就大轨数系统而言, PSM 是一种简单、实用和强大的方法。

作者简介

Bruce Haug, 凌力尔特公司, 电源产品部高级产品市场工程师。