

适用于所有场合的数字电源系统管理

Digital power system management for every occasion

■ Tony Armstrong 凌力尔特公司电源产品部产品市场总监

摘要: 本文介绍了一种适用于所场合的数字电源系统管理, 分析了数据通信、电信或存储系统使用数据电源管理功能, 可以使电源系统在负载点、电路板、机架甚至安装后以最低能耗满足目标性能要求。

本文网络版地址: <http://www.eepw.com.cn/article/274759.htm>

关键词: 数字电源系统; 嵌入式系统; 低功耗; 模拟电源

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2015.5.018

引言

嵌入式系统、网络和数据通信设备的系统设计师一直在被迫提高数据吞吐量和系统性能以及增加各种功能。同时, 他们也面临着降低系统总

体功耗的压力。例如, 在数据中心中面临的挑战是, 通过重新安排工作流程, 将作业转移到未得到充分利用的服务器上, 使其他服务器能够停机, 以此来降低总体功耗。不过, 为了满

足这些要求, 有必要了解最终用户设备的功耗。为了实现这个目标, 可以采用恰当设计的数字电源管理系统, 这种系统能够为用户提供功耗数据, 方便做出明智的能源管理决策。

大多数嵌入式系统通过 48V 背板供电。这个电压通常被降至更低的中间总线电压, 一般为 12V, 然后再进一步降至 3.3V, 以给系统中电路板供电。不过, 这些电路板上的大多数子电路或 IC 需要以不到 1V 至 3V 的电压以及数十毫安至数百安培的电流工作。结果, 负载点 (PoL) DC/DC 转换器有必要将这一中间总线电压降至子电路或 IC 所要求的电压。而且, 使问题更加复杂的是, 这些电压轨对排序、电压准确度、裕度调节以及监察有严格要求。

既然在数据通信、电信或存储系统中可能有超过 50 个 PoL 电压轨, 那么系统设计师就需要一种简单的方法来管理这些轨的输出电压、排序以及可允许的最大电流。某些处理器要求其输入/输出 (I/O) 电压在内核电压之前上升, 而某些 DSP 则要求其内核电压在 I/O 电压之前上升。使问题更加复杂的是, 断电排序也是必要的。因此, 设计师们需要一种简单的方法来更改系统, 以针对每一个 DC/DC 转换器优化系统性能和存储特定配置

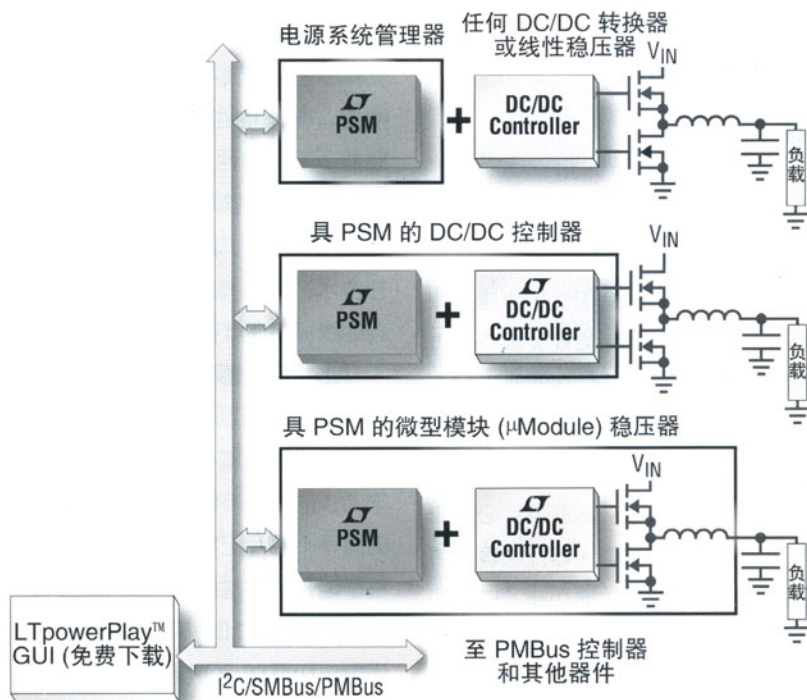


图1 典型数字电源系统的管理系统配置

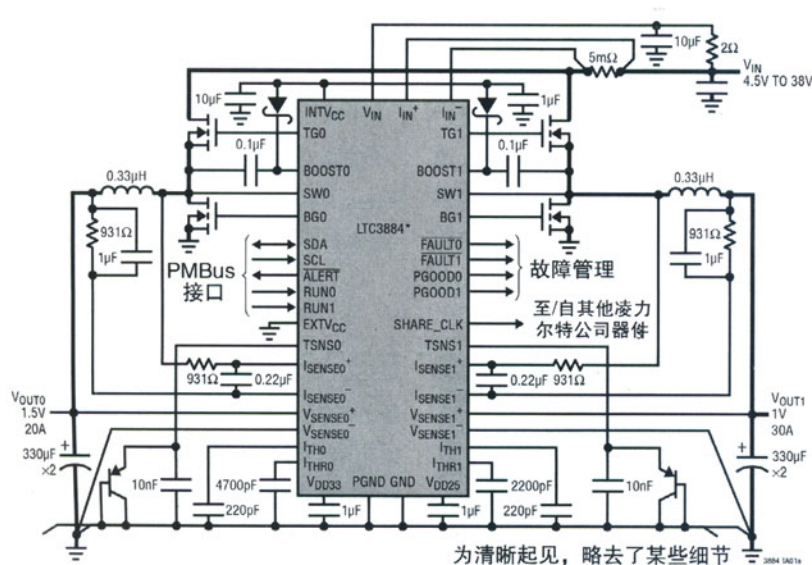


图2 LTC3884 原理图, 提供 1.5V/20A 和 1.0V/30A

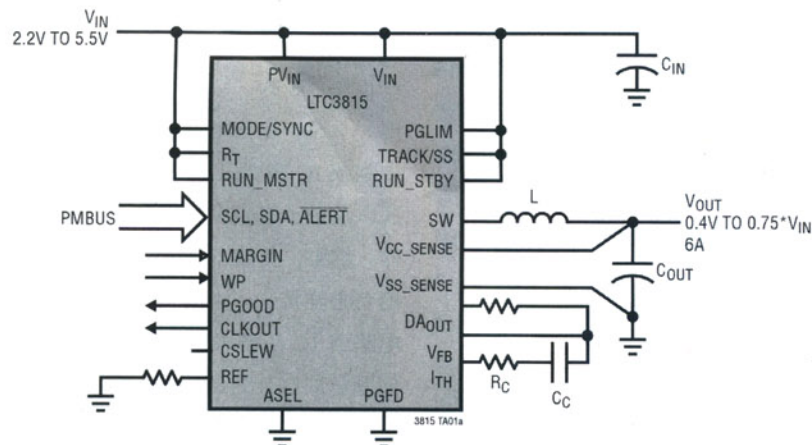


图3 LTC3815 应用原理图, 2.2V 至 5V 输入至 0.4V/6A 输出

值, 进而从总体上简化设计工作。

此外, 为了针对可能出现过压情况保护昂贵的 ASIC, 高速比较器必须监视每个轨的电压值, 而且在某个轨超出其规定的安全工作限度时立即采取保护行动。在数字电源系统中, 如果发生故障, 可以通过 PMBus 报警线路通知主机, 而且可以关断从属轨, 以保护 ASIC 等接受供电的器件。实现这种级别的保护需要合理的准确度和数十微秒量级的响应时间。

出于这些原因, 数字电源转换 IC

需要提供高度准确的数字电源系统管理以及高分辨率可编程性和快速遥测回读, 以实时控制和监视关键负载点转换器功能。这些 IC 必须通过基于 I²C 的 PMBus 接口、以超过 100 条命令提供高效率同步降压型转换, 还必须有内置 EEPROM。这些器件必须兼有一流的模拟开关稳压器控制器和精确的混合信号数据转换功能, 以实现无比简便的电源系统设计和管理工作。最后, 还有一个迫切解决的问题, 必须有具备易用图形用户界面 (GUI) 的软

件开发系统支持这些器件。

1 更小就是更快

模拟电源进步常常是由所开发的电路概念导致的。这类进步很少超出制造商范畴, 最终几乎不会进入多家公司的多种产品。这与数字工艺技术的进步不同, 数字工艺技术的进步往往会在整个行业内快速普及。随着时间推移得到普及的模拟 IC 设计概念包括斩波器稳定型放大器、增量累加 A/D 转换器、突发模式 (BurstMode[®]) 稳压器、带隙基准以及 3 终端稳压器。然而, 以不同工艺技术实现复杂功能的知识依然在不断增多。这些知识使得每年都能够产生功能进一步增强的混合信号 IC。

数字 IC 线宽越来越小也对模拟 IC 产生了影响。这些工艺技术的速度不断加快, 并提高了基于这些工艺技术制造的模拟 IC 的速度。模数 (A/D) 转换器就是一个很好的例子, 线宽减小已经导致产生了更快的 A/D 转换器。电路的进步提高了分辨率和速度, 最新器件以 16 位分辨率提供 200Mbps 的转换率。随着人们开发出速度越来越快、准确度越来越高的工艺技术, 我们有理由认为, 新器件将会继续提高速度和精确度。

这些更小的线宽使一些数字功能得以实现, 而以前在模拟 IC 上是不可行的。具电压、电流和状态信息数字回读的电源控制器在提供电源功能的同一个芯片上实现了。线宽减小的一个附带好处是, 使用典型的小型数字工艺制造 IC 时, 可以将 DMOS 晶体管包括进来。这些 DMOS 器件可以应对高压和大电流, 允许在同一个器

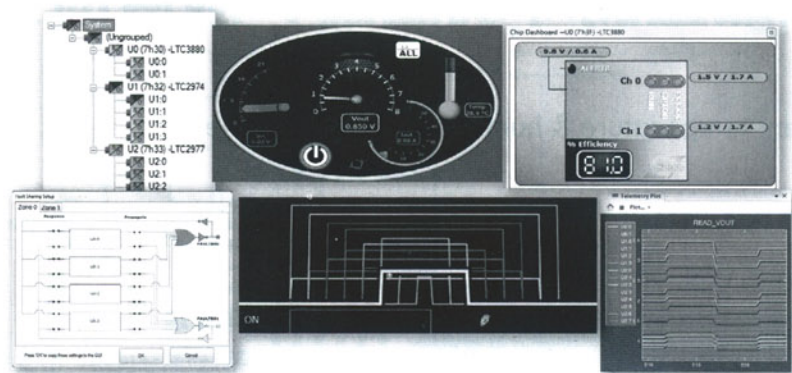


图4 LTpowerPlay GUI 的典型状态显示板屏幕截图

件上全面集成电源转换器、开关稳压器以及电源和控制功能。

双极型电路的技术进步逐步导致产生更好的基准、放大器和 RF IC。这些进步是由电路系统的精细化和优化、而不是由任何类型的工艺技术突破导致的。模拟 IC 竞争格局使所有制造商都常备不懈地努力改进产品。不过,应该提到的一点是,既然模拟 IC 性能是基于真实世界参数,那么这些 IC 最终就有可能达到理论上的性能极限。一旦接近理论上的性能极限,进一步改进就不可能了。这就是为什么今天最畅销、使用最广泛的 IC 仍然是 20 多年以前设计的,而且在此期间没有任何改变。

2 数字电源系统管理 (DPSM)

在这样的背景下,要为最终产品配置数字电源系统管理解决方案,系统设计师必须做哪些事情? 一个主要目标将是,设计一个能够非常容易地通过数字通信总线配置和监视的系统。这将通过运用以下各种总线之一实现: I^2C 、SMBus 或 PMBus。这些总线中的任何一种都能够实现按需遥

测功能,以设定、监视、更改和记录系统内任何 PoL 转换器配置的电源参数。图1所示是对这种系统的简要说明。

正如在这个例子中可以看到的,这些 PoL 转换器采用了 3 种不同拓扑配置。图1中最上面的转换器采用了一个电源系统管理器芯片和一个传统 DC/DC 转换器。该 DC/DC 转换器可以采用任何类型的拓扑和任何程度的集成,因为这是电源系统管理器,通过通信总线连接控制和监视该转换器。中间的 PoL 转换器集成度更高,也就是说,DC/DC 转换器有内置电源系统管理(内置在同一封装中)。最后,图中最下面的 PoL 转换器是一个紧凑型模块,在一个外壳中纳入了电源系统管理器、DC/DC 转换器以及所有相关的外部组件(凌力尔特公司称这类模块为 μ Module[®] 稳压器)。

凌力尔特公司提供广泛的器件选择,以使系统设计师能够选择怎样用系统管理器以及与其相关的 PoL DC/DC 转换器配置他们的数字电源系统需求。图 2 显示了 LTC3884 的

原理图,该器件是一款双输出多相 (PolyPhase[®]) 降压型控制器,适用于具数字系统电源管理的超低 DCR 检测应用。

LTC3884 在 4.5V 至 38V 输入电压范围内工作,提供两路大电流输出,具基于 I^2C 的 PMBus 兼容串行接口。该控制器采用恒定频率电流模式架构,其独特的电路提高了电流检测信号的信噪比,从而在超低 DCR 应用中提供了卓越的性能。可编程环路补偿使该控制器能够以数字方式补偿。开关频率、通道调相输出电压、以及器件地址都可以通过数字接口以及外部配置电阻器设定。此外,可以通过数字接口设定参数,或者将参数存储在 EEPROM 中。两路输出都有独立的电源良好指示器和故障功能。最后,具 GUI 的凌力尔特 LTpowerPlay[™] 软件开发工具(稍后更详细地介绍)支持该器件。

有些应用可能需要 PoL 转换器有更高的集成度,尤其是输出电流不是很高的应用,例如在 4A 至 6A 范围。针对这类情况,凌力尔特开发了 LTC3815,该器件是一款具数字系统电源管理的 6A 单片同步降压型转换器,参见图 3。这款 PoL 转换器采用一个可锁相控制接通时间的恒定频率、电流模式架构以提供极快的瞬态响应,并允许在所要求非常短的接通时间工作,以在高开关频率调节低输出电压。输出电压可用单个外部电阻设定在 0.4V 至 75% 的输入电压范围,或者用外部电压基准通过基准输入引脚来设定。可以通过标准 PMBus 接口以小至 0.1% 的增量对输出进行上升或下降 25% 的裕

下转78



LTC3815 的工作频率可用一个外部电阻器编程在 400kHz 至 4MHz 范围，或者针对开关噪声敏感应用而言，可同步至一个相同范围的外部时钟。最后，其串行接口还可以用来回读故障状态以及时间平均 (~4ms) 及峰值输入 / 输出电流、输入 / 输出电压和温度。

3 面向 DPSSM 产品的 LTpowerPlay 通用 GUI

用 DPSSM 产品设计的系统有一个关键优势，即凭借合适的 GUI 能够非常容易地与系统内每个单独的 PoL 转换器通信。因此，从一开始，凌力尔特公司就决定开发一个能够作为完整开发平台使用的 GUI，且该 GUI 要能够非常容易地与凌力尔特 DPSSM 产品线中提供的不同类型的产品一起使用，这就是基于 LTpowerPlay 窗口的

开发环境。这个软件不仅使同时控制和监视多个 PMBus 支持的凌力尔特器件非常容易，而且还允许实时修改 DC/DC 转换器配置，以及向每个器件的内部 EEPROM 下载系统参数。这就允许在软件中调节系统配置，而不是求助于久经时间考验的传统方法来更换组件和用电烙铁在电路板上重新连线，因此缩短了设计开发时间。不过，优点并未到此为止。最终系统在诸如数据中心等现场中部署完毕后，负责人可以利用这个 GUI，通过合适的接口，简便地更新 PoL 转换器的工作参数，完成对系统的实时调节。图 4 显示了凌力尔特 LTpowerPlay 状态显示板的一个典型屏幕截图，当用户查询系统时，会看到这样的屏幕显示内容。

这款软件开发系统支持所有凌力尔特 PMBus 产品，可帮助设计师在系统最初开发以及之后安装在用户处时

快速调试系统。该开发系统允许快速和简便地监视、控制及调节电源电压和各种限定值，并允许快速、简便地实现电源排序。此外，生产裕度测试也可以简便地用几条标准 PMBus 命令执行。

4 结论

数据通信、电信或存储系统如果拥有数字电源管理功能，就可为系统设计师开发“绿色”电源系统提供必要的工具，使这些电源系统能够在负载点、电路板、机架级甚至安装后以最低能耗满足目标性能要求（计算速率、数据传输速率等）。这就降低了基础设施成本以及产品寿命期内的总体拥有成本。虽然采取传统的烙铁和重新布线的方法来调试硬件系统可能会得到乐趣，但是 DPSSM 的软件可编程性却可显著地节省通常与这类工作有关的调试时间。EW