

高压数字电源系统管理的发展

■ 凌力尔特公司电源管理产品设计工程师 || Helmut Witte

一款新的降压型控制器LTC3886接受高达60V输入，产生两个0.5V至13.8V输出，从而使该器件能够非常容易地应用在工业、服务器和汽车环境以作为一个中间总线或负载点(POL)电源使用。具备类似令人印象深刻的输入/输出范围的其他控制器不可能比得上LTC3886的数字管理功能。该器件基于I²C的PMBus兼容串行接口允许电源设计师通过基于PC以及具图形用户界面的LTpowerPlay 以配置、监视、控制和扩展功能，然后在LTC3886的内置EEPROM中存储最佳生产设置。无需更改电路板，因为功能和优化设置(包括补偿)都可以通过软件更改。

这款两通道PolyPhase DC/DC同步降压型开关稳压器控制器采用恒定频率、电流模式架构，提供准确的输入和输出电流检测和可编程环路补偿，采用52引线(7mm x 8mm) QFN封装。准确的电压和电流检测、可调补偿以及专用

PGOOD引脚使LTC3886非常适合需要通用电源系统设计、控制、监视、设定和高准确度的工业应用。

灵活的功能集

图1显示了一个概括性的LTC3886原理图。100kHz至750kHz PWM开关频率范围和低RDS(ON)集成式N沟道MOSFET栅极驱动器支持大量外部组件，可用来实现电源功能及系统成本优化。由于灵活的可编程功能集可以应对眼前的具体应用，因此LTC3886可以轻而易举地用于多种工业、医疗和负载点应用。

通过可编程性实现适用性

LTC3886的以下参数可通过I²C/SMBus接口在内置EEPROM中配置和存储：

- 输出电压、过压、欠压和过流限制
- 输入ON/OFF电压，输入过压和输入过流警报
- 数字软启动/停止、排序、裕度调节
- 控制环路补偿
- PWM开关频率和相位关系
- 通过FAULT引脚的故障响应和故障传播
- 器件地址

开关频率、器件相位和输出电压也可通过外部配置电阻器编程。此外，所有128个可能的

图1 LTC3886是一款通用和灵活的器件，所有功能都可以通过LTpowerPlay 控制

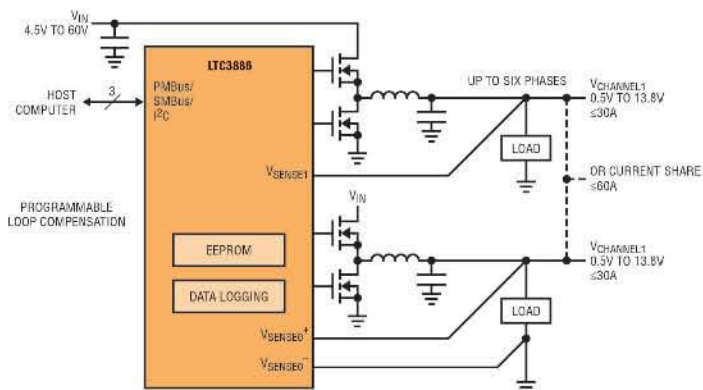
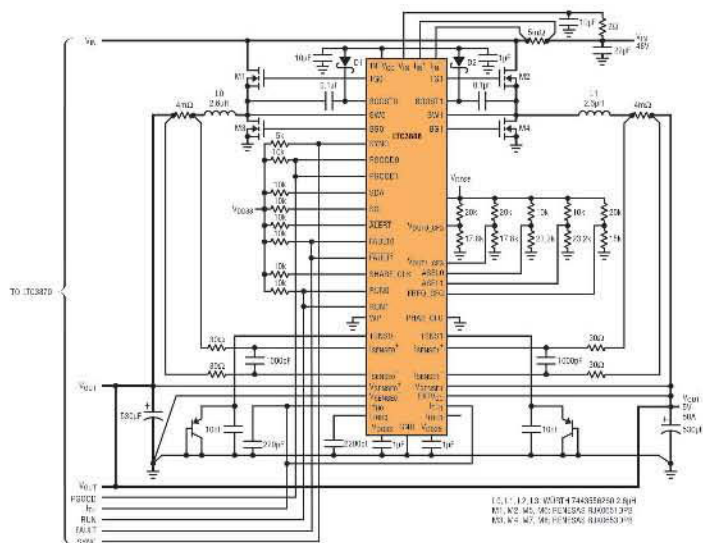
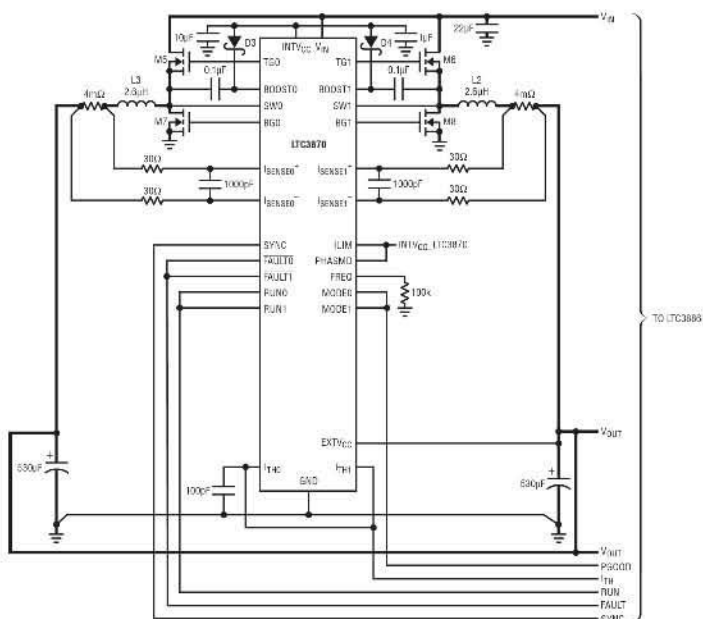


图2 LTpowerPlay



图3 采用LTC3870相位扩展器和 LTC3886的高效率425kHz、4相、48V输入至 5V输出、5A降压型转换器



地址都是可通过电阻器选择的。

电源良好引脚、排序和可编程故障响应

每个通道专用的PGOOD引脚简化了跨多个LTC3886和其他电源系统管理IC实现基于事件的排序任务。LTC3886还支持基于时间的排序。RUN引脚变高后，再等待长度为TON_DELAY的时间，一条PMBus命令就接通该器件，或者VIN引脚电压上升至高于一个预设定的电压，然后输出被启动。

基于时间的断电排序也以类似方式处理。为了确保恰当基于时间的排序，只需将所有SHARE_CLK引脚连接到一起，将所有电源系统管理IC的RUN引脚连接到一起。LTC3886FAULT引脚是可配置的，以指示各种故障，包括OV、UV、OC、OT、定时故障和峰值电流故障。此外，FAULT引脚还可以由外部电源拉低，以指示系统其他某个部分有故障。LTC3886的故障响应是可配置的，允许以下选择：

- 忽略
- 立即停机—锁断
- 立即停机—按照MRF_RETRY_DELAY

规定的时间间隔无限次地重试

故障记录和遥测

LTC3886支持故障记录，将遥测和故障状态数据存储到一个不断更新的RAM缓冲器中。故障事件发生后，将缓冲数据从RAM复制到EEPROM，并成为持久有效的故障记录，这个记录可以在稍后回读，以确定引起故障的原因。

EXTVCC引脚用于实现最高效率

EXTVCC引脚用来最大限度降低应用功耗，并支持5V至14V电压。该引脚可实现具最佳电路

图4 图3所示4相电路的动态均流：负载阶跃 (a) 上升和 (b) 下降

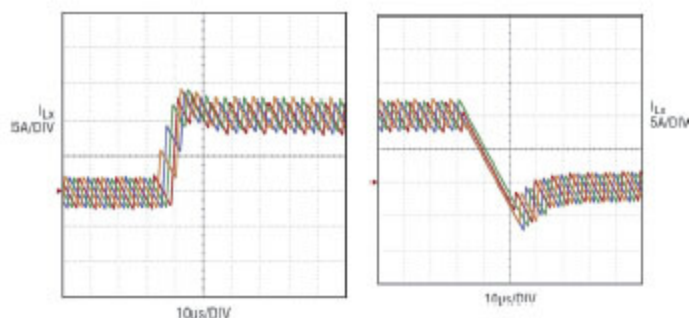
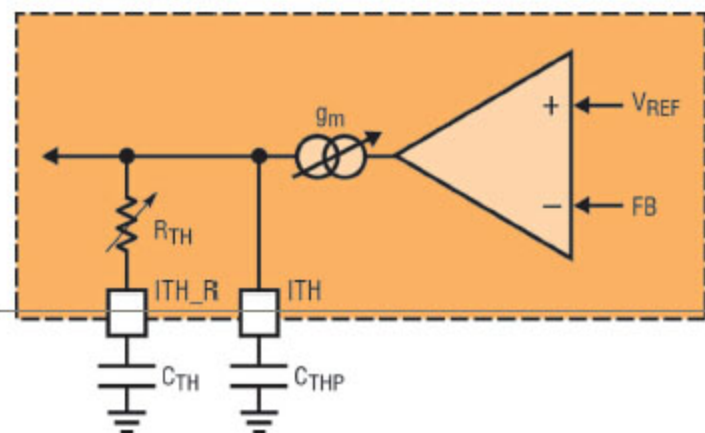
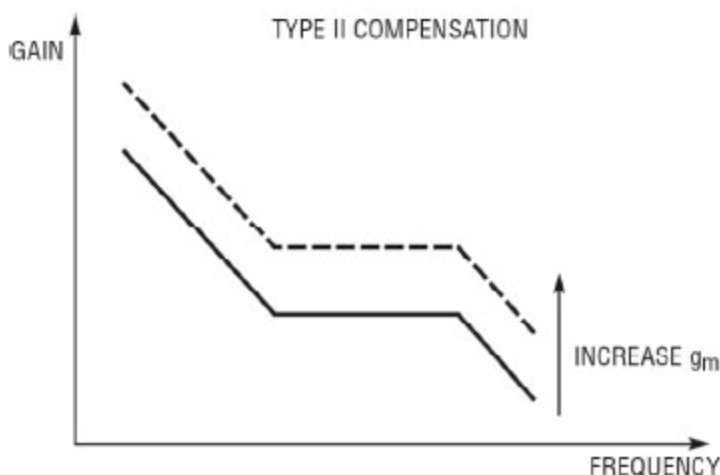


图5 可编程环路补偿

图6 误差放大器 g_m 调节

效率和最低芯片温度的设计，并使LTC3886能够用输出电压高效率地为自身提供偏置电源。

准确度和精度

新式应用要求电源电压调节和监察具备严格的容限。这些要求是用一个高速模拟控制环

路和一个集成的16位ADC和几个12位DAC满足的。在整个工作温度范围内，LTC3886的输出电压准确度确保为 $\pm 0.5\%$ 。此外，输出电压的过压和欠压比较器随温度变化的误差在 $\pm 2\%$ 以内。LTC3886的调节和监察准确度允许使用更少的输出电容器，从而降低了系统的总体成本，同时仍然满足下游IC严格的输入电压要求。

独特的高压侧60V输入电流检测放大器随温度变化以少于 $\pm 1.2\%$ 的误差测量输入电流。输出电流随温度变化确保 $\pm 1.5\%$ 的准确度。LTC3886的内部芯片温度测量确保准确至 0.25°C ，外部温度遥测误差在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。

扩展

最新电源管理系统要求更大的功率和更强的控制能力，但是必须放进日益缩小的电路板空间中。并联多相电源轨是满足大功率要求的最佳解决方案，因为它可实现高功率密度和高效率扩展。该器件在多个LTC3886之间支持多达6相的准确多相(PolyPhase)均流。这就允许系统设计师按需增加电源级。此外，两相LTC3870多相扩展器IC可与LTC3886无缝配对，从而能够以更低的价格提供6相的多相电源轨。图3显示了一个4相解决方案。图4显示了各相位之间的动态均流。

LTC3870不需要额外的I²C地址，该器件支持所有可编程功能和故障保护功能。当用多个LTC3886 / LTC3870配置一个多相轨时，用户只需均分连至该轨的所有通道之SYNC、ITH、SHARE_CLK、FAULTn、PGOODn和ALERT引脚即可。所有通道的相对相位关系应该设定为间隔相等。这样的相位交错可产生最低的峰值输入电流和最低的输出电压纹波，并降低对输入和输出电容器的要求。

系统设计师常常对电源系统分段，以满足功能和电路板空间要求；LTC3886 / LTC3870多相轨通过分离电源和控制组件简化了分段工作，从而使这些组件能够非常容易地放置到可

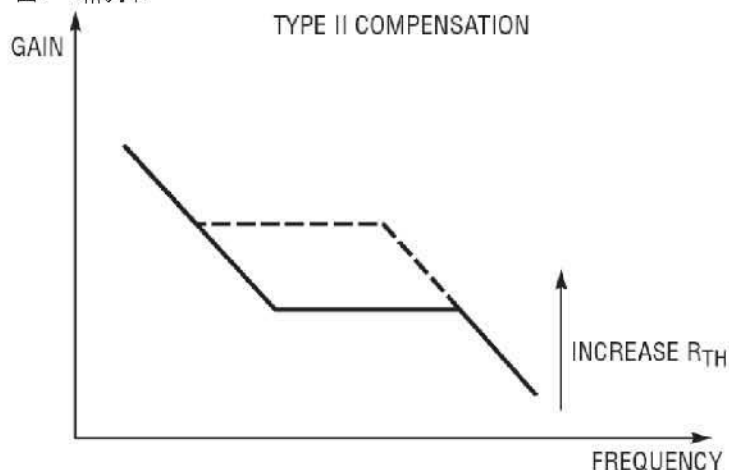
图7 R_{TH} 调节

图8 LTC3886设置为中间总线电源，驱动一个电源管理IC POL转换器

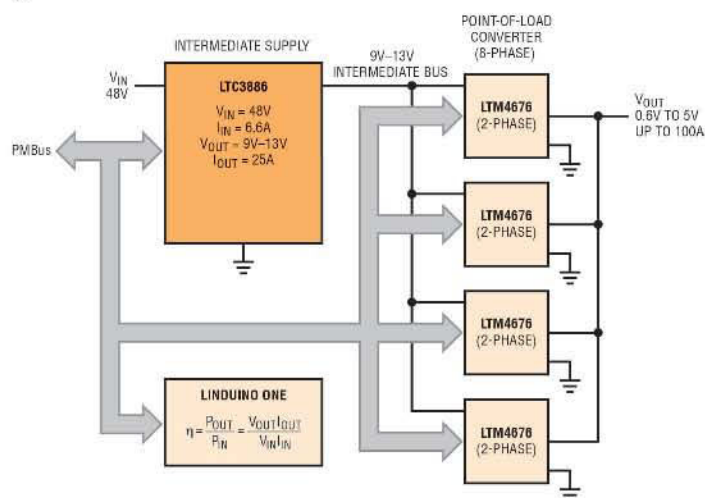
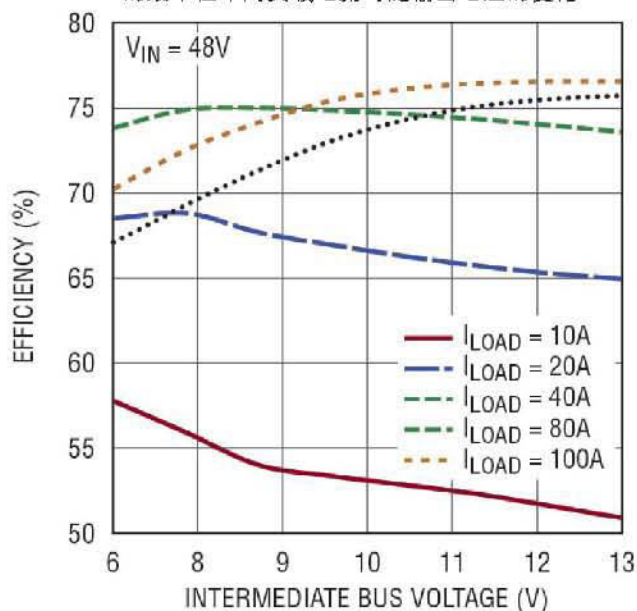


图9 LTC3886的效率在不同负载电流时随输出电压的变化



用空间中。分段还可以在PCB上扩散电源系统产生的热量，从而全面简化了热量提取，并减少了发热区。

发展

图2显示了LTpowerPlay的一个截屏，LTpowerPlay是一款基于Windows的强大软件开发工具，提供图形用户界面(GUI)，全面支持LTC3886。LTpowerPlay可连接演示电路板和直接连接应用硬件，增强了评估能力。LTpowerPlay提供无与伦比的开发、诊断和调试功能。遥测、系统故障状态和 PMBus命令值全都可以轻而易举地通过该GUI存取。LTC3886和其他电源系统管理IC可以轻松地利用LTpowerPlay进行独特的配置。

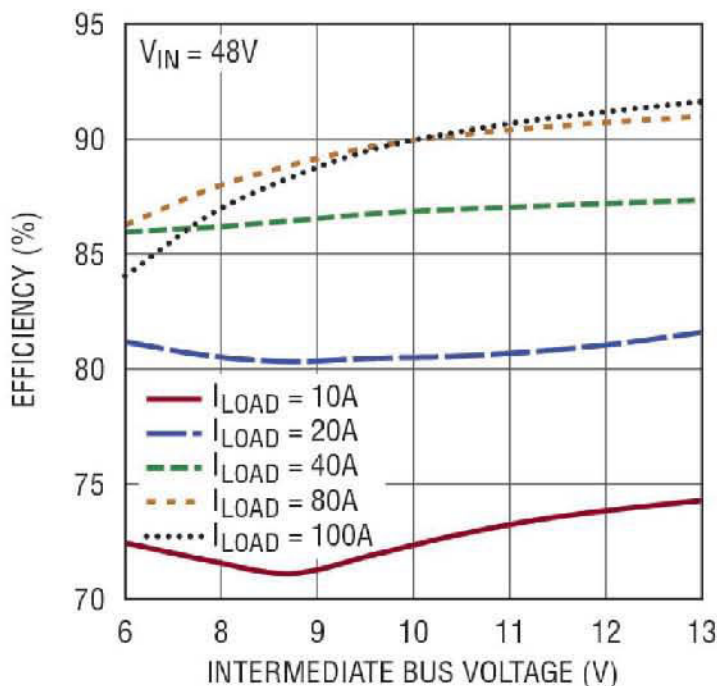
可调补偿

LTC3886提供可编程环路补偿，以无需改变任何外部组件，就能确保环路稳定性和优化控制器的瞬态响应。为了实现理想的补偿而辛苦地焊上、焊下大量组件的日子一去不复返了。使用 LTpowerPlay时，只需点击几下鼠标，LTC3886就可以得到最佳补偿了。控制环路可以快速、轻松地实现精细调节，而无论最后一分钟组件进行了怎样的更换或改变。这就使设计师能够去掉不必要的输出电容器，尽最大可能使系统提供最高性能，同时节省电路板空间、降低成本。

图5、6和7概述了设定环路补偿的过程。误差放大器gm (图5) 可采用MFR_PWM_COMP命令的位 [7:5]设置在1.0mmho至5.73mmho之间，而LTC3886内部的补偿电阻器RTH则可采用MFR_PWM_COMP命令的位[4:0]设置在0kΩ至62kΩ范围内。设计中仅需要两个外部补偿电容器 CTH和CTHP，CTH和CTHP之间的比率通常设定为典型值10。

仅通过调节gm和RTH，LTC3886就可提供

图10 系统效率



一个可编程II型补偿网络，从而在多种输出电容器和补偿组件容限范围内优化环路。调节误差放大器的gm，可成比例地在整个频率范围内改变补偿环路的增益，但极点和零点位置不会移动，如图6所示。调节RTH电阻器，可改变极点和零点的位置，如图7所示。一旦LTC3886的电压和电流范围确定了，输出电压或电流限制的改变就不会影响环路增益。当通过改变电压命令或通过裕度调节修改输出电压时，电路的瞬态响应保持恒定不变。

准确的遥测用来优化中间总线系统的效率

LTC3886具备很宽的4.5V至60V输入电压范围和0.5V至13.8V输出电压范围。这将在高压输入电源电压高效地调低至中间总线电压时，使LTC3886成为一种出色选择。中间总线电压给下游的负载点转换器(POL)供电。

当用作中间总线转换器给下游电源系统管理POL供电时，LTC3886使用户能够优化中间总

线电压，以实现最高效率。既然LTC3886提供电压和电流遥测数据，且电源系统管理IC如此准确，那么就有可能实时产生准确的系统效率测量值。这接下来又使开发一个优化程序成为可能，在这个程序中，一个微控制器针对各种条件决定最佳中间总线电压。

为了显示这个优化过程，一个输出为9V至13V的LTC3886中间总线电源用来给LTM 4676 8相演示电路的输入供电，该演示电路配置为负载点转换器，如图8所示。凌力尔特Linduino One演示电路通过PMBus从LTC3886和LTM4676读取准确的电压和电流遥测数据，依此测量和计算系统的总体效率。Linduino应用在多个中间总线电压上测量总体系统效率，并修改中间总线电压以得到最低输入功率，从而无需用户干预就可实现最高系统效率。

LTC3886的效率随中间总线电压的变化如图9所示。总体系统效率随中间总线电压的变化如图10所示。这些曲线是以负载点电流为10A、20A、40A、80A和100A时测得的，峰值效率随负载电流变化而改变。较大的负载电流需要较高的中间总线电压，以在峰值效率上运行。如果将中间总线电压设定在太高的固定电压上，那么在小负载电流时会降低系统的总体效率。与使用标准固定12V中间总线电压相比，用LTC3886优化中间总线电压，可在10A负载电流时将效率提高6.2%，在20A时提高3.5%，在40A时提高1%。这种方法在系统的整个工作负载范围内实现了效率优化。

总结

LTC3886使凌力尔特公司电源系统管理控制器系列的用途扩展到了高压领域。0.5V至13.8V的宽输出电压范围以及准确的电压和电流检测、可调补偿和专用PGOOD引脚为LTC3886用户提供了最高的设计灵活性和性能，因此，该器件非常适合需要通用电源系统设计、控制、监视、设定和高准确度的工业应用。G24