

联，具有功率监控器功能，支持到最高80V电压使其可以应用于更多场景。

ADM1281—具有PMBus接口的热插拔控制器和数字电源及能量监视器

ADM1281是一款高压大电流热插拔控制器，为ADM1278的直接替代品，可实现控制器板从带电背板上安全地卸下或插入。通过集成的12位ADC回读电流、电压、功率和温度，使用PMBus接口进行访问。负载电流通过内部电流检测放大器测量，该放大器通过HS+和HS-引脚测量电源路径中检测电阻两端的电压。默认限流值为20mV，但若有需要也可调整此限制。

ADM1281通过GATE引脚控制电源通路中外接N沟道MOSFET的栅压，以此限制检测电阻的电流，使检测电压与负载电流不超过预设最大值。同时，它会在电流达到限流值时控制MOSFET的导通时长，实现对外部MOSFET的保护，限流时间由接在TIMER引脚的电容设定。此外，芯片采用恒定功率折返机制，控制上电及故障状态下MOSFET的功耗，并可配置功率等级与定时器时长，确保MOSFET工作在安全工作区(SOA)范围内。

发生短路时，内部快速过流检测器可在290ns内响应并关断栅极，2400mA下拉电路确保MOSFET快速关断。ADM1281的过压及欠压保护阈值可通过引脚外接电阻编程设定；可通过PWRGD信号监测输出电源状态，并利用PWGIN引脚精确监控输入电压。其RETRY引脚可配置为过流故障后自动重试或闭锁保护。该芯片非常适用于服务器、电源监控与控制、电信及数据通信设备。

ADM1281可直接引脚兼容替代ADM1278，二者差异仅在于MFR_MODEL及Status CML寄存器。

ADM1273—具有PMBus的高压正热插拔控制器和数字电源监视器

ADM1273可直接替代ADM1272，支持热插拔保护，耐压高达120V，能抵御高压系统中的浪涌与瞬态干扰。芯片通过内部电流检测放大器，经SENSE+、SENSE-引脚检测电阻两端电压来测量 I_{LOAD} ，默认限流检测电压为30mV；可通过VCAP到ISET的分压电阻降低限流值，也可在ISET与VIN/VOOUT之间外接电阻，实现限流值随电源电压反向跟踪。ADM1273与ADM1272的差异仅在于MFR_MODEL和STATUS CML寄存器。

时序控制器

随着系统日趋复杂，数字电源管理已成为智能化升级的核心。电源时序控制器可实现多路电源上下电时序控制与状态监测，支持输出电压动态微调与裕量调节，控制CPU、内存、FPGA、ASIC等多轨电源协调工作；实时监测电压、电流、温度等参数并记录故障，实现故障隔离、异常反馈与复位控制，支持远程诊断；可通过²I²C/SMBus/PMBus等接口灵活配置可编程管理策略。这些功能在数据中心场景尤为关键，可有效保障数据完整性与系统上电稳定性，降低异常风险，提升整体可靠性。

ADI系统时序控制器优势：

- 借助EEPROM、黑盒、GUI及软件资源，加速产品上市
- 可堆叠设计，灵活扩展，支持100+路电压、电流、温度监测
- 精准检测与遥测，实现快速故障保护，系统可靠性更高
- 外部元件少，紧凑布局，有效降低BOM成本
- 支持可重放、可断点故障调试，搭配易用GUI及Linux/Python驱动，大幅缩短开发周期

图2所述器件均支持PMBus功能，可实现远程控制、监测与上报，便于客户开发。产品覆盖多通道方案：8通道LTC2977、12通道MAX34451、16通道MAX34463及LTC2980，其中LTC2980另有24通道版本LTC2980-24；17通道ADM1266是应用最广、代表性最强的时序控制器。若需管理更多电源轨，图2芯片均可多片级联扩展使用。

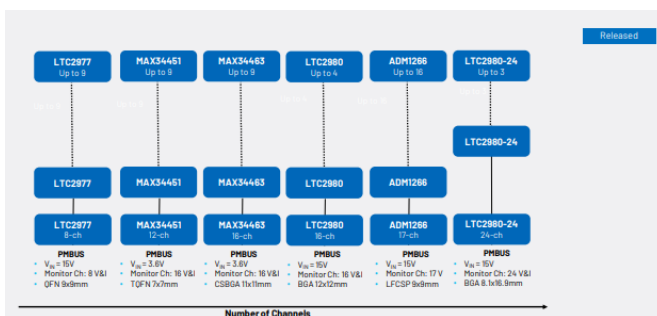


图2：时序控制器/电源系统管理器件的列表

时序控制器的主要差异体现在通道数、裕量调节、控制环路、温度传感器、接口、检测参数、GPIO、黑盒功能、配套软件、封装及产品状态等，用户可根据需求灵活选型。

ADM1266—具裕量控制和故障记录功能的可级联超级时序控制器

ADM1266是高集成度单芯片时序控制器，可对17路电源实现监控与时序管理；多片级联（最多16片）可通过专用二线接口同步，支持257路电源扩展。芯片集成时序引擎(SE)、电源故障检测器(SFD)、16路PDIO、9路GPIO及定时器，可灵活控制电源上下电时序；逻辑内核为ARM Cortex M3，固件由ADI提供，全部配置通过GUI完成。内置ADC与DAC，可闭环调节DC/DC反馈/基准，实现自主裕量控制；片载EEPROM可非易失性存储电压、时间与故障日志。

ADM1266核心优势：

分布式管理系统

- 适用于多达17个电源轨的完整监控和排序解决方案
- 可通过2线总线级联ADM1266芯片扩展电源轨数
- 搭载全可编程测序引擎
- 在图形用户界面中使用虚拟序列以消除编程难题

GUI使用状态风格的时序器设计

- 灵活-能满足最复杂的逻辑需求
- 支持逐步调试

ADM1266—16个PDIO: 16个PDIO可按指定配置方式配置为输出口。

ADM1266—GPIOs: 9个GPIO可配置为指定输出。

ADM1266—Margin过渡和DAC启用/禁用功能: 收到ON_OFF_CONFIG PMBus命令后, DAC会使VOUT输出为所需电压值。系统智能计算DAC代码, 使其与DC-DC反馈电压匹配, 再使能/禁用DAC来避免瞬态干扰。发生OV或UV故障时, DAC输出将被禁用; 故障清除后自动恢复。

ADM1266—黑盒子功能: 支持实时故障标记、计数器记录ID、状态记录、报告引脚状态, 报告PDIO和GPIO引脚的输入和输出水平的状态。提供两种工作模式, 最多可写入32条记录并停止; 故障处理无延迟, 在调用黑匣子操作时, 在状态中“进入操作”结束时快照并写入EEPROM。

ADM1266—时间戳: 该实时时钟可记录ADM1266上电后的运行时长, 并用于黑匣子记录并能够将其换算为实际时间。多片ADM1266连接且使用外接晶体时, 可通过SYNC引脚实现器件间的同步; 仅需对一个设备发送UNIX时间来设置实时时间, 再由IDB广播至系统中的其它设备, 保证所有器件时间一致以确保所有器件具有相同的实时时间。

ADM1266—PMBus: 支持标准线性格式PMBus指令, 设备地址40h~4Fh共16个, 可通过ADDR引脚外接电阻配置。支持PAGE指令切换访问VH/VP引脚, 提供序列配置、黑匣子读取等专用指令。所有PMBus配置参数可保存至片内EEPROM, 且支持通过同一PMBus接口加载固件。

高性能POL

ADI高性能POL适用于辅助电路、内存、风扇、加速卡、通信及网络设备等非核心供电场景, 输出电流覆盖4A-90A。新一代POL凭借ADI创新技术, 提供更紧凑方案、BOM优化、更高效率与设计灵活性。其核心优势包括先进工艺、高密度高集成控制、可扩展封装、低噪声IP, 以及更宽的输入输出工作范围, 可满足数据中心动态电源需求。

图3是ADI数据中心产品组合, 主要满足非核心供电需求, 可用于辅助电路、内存、风扇、加速卡、通信及网络设备供电。输出电流覆盖4A-90A, 拥有丰富解决方案, 可满足各类应用需求, 封装采用倒装芯片QFN或WLP工艺。

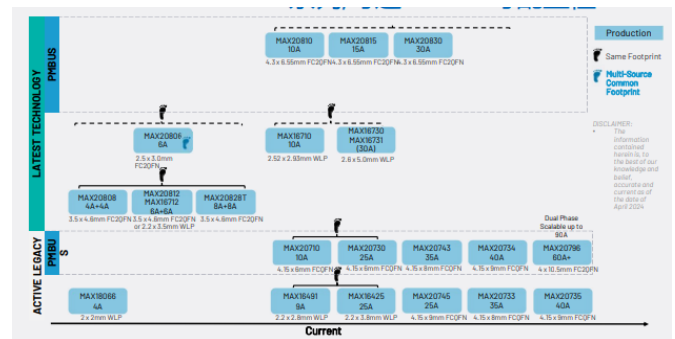


图3: 16V PoL系列, 可选PMBus可配置性

一、POL产品介绍

MAX20810/15/30: 具有PMBus遥测功能的10A、2MHz、2.7V至16V集成

降压型开关稳压器: 三款产品封装相同、负载电流等级不同, 具备高功率密度与高灵活性, 可在更少无源器件下实现更高开关频率。该系列扩展性优异, 设计阶段仅需少量改动即可适配不同负载电流、布线、PCB与控制配置。

MAX20815/MAX20830效率: 该系列满载效率达90%, 最小输出电压为1.2V, 峰值接近半负载。

MAX20830/MAX20815热SOA: 效率提升可同步扩展热SOA区间。12V输入、3.3V偏置、1.8V输出应用中, 标准方案可在无风冷、无散热器、环境温度<65°C下满负荷工作, 设计建议预留余量。

MAX20806(6A)—3MHz 2.7V-16V降压开关稳压器: 具有宽输入输出范围, 工作结温度高达150°C, 搭载AMS控制, 为额定电流范围内应用提供最佳电源解决方案。

二、最新PoLs的高级特性

1. 效率优化

支持单电源工作模式: 当PoL输出电压 $\geq 2.5V$ 时, 可由输出为偏置引脚供电, 提升效率。支持PMBus配置DCM跳脉冲功能, 在轻载下实现更高效率。

2. 具有高Fsw的低噪声/纹波解决方案

针对低噪声应用场景, ADI解决方案可提供稳定的低输出纹波与噪声, 满足下游敏感负载需求。

3. 先进的调制方案改进回路响应的峰值电流模式控制

控制回路中的一项重大的创新在于动态控制调制的改进，先进的调制方案(AMS)创建了一个中间时钟，以便对输出误差电压做出更迅速的反应。在稳态期间，AMS时钟将跟随固定的时钟频率，但在瞬态事件期间，误差信号会导致AMS时钟发生偏移或缩短开关周期。这种偏移会迫使MOSFET在下一个时钟周期之前提前导通，从而提高了瞬态响应性能。

4. 高级调制方案在大负载瞬态调整期间临时改变Fsw

实测可有效改善电压下冲，且不影响系统恢复稳定性。

5. 先进的调制方案提高控制回路的稳定性

通过检查小信号bode图测量，AMS显著提升相位裕度，可在保证稳定裕度的前提下，进一步提高控制环路带宽。

6. 设计指南与工具

ADI全面的设计工具和指南，帮助客户缩短设计周期，简化设计过程。

- EE-Sim & Simplis: EE-Sim设计工具的原理图参考和常见的仿真; Simplis模型用于精确和完整的系统仿真
- Design Calculator: 基于Excel的设计计算器来定义系统配置和控制回路
- Graphic User Interface (PMBUS): MAXPOWERTOOL GUI (PMBUS)和Unified Power GUI (PMBUS + AVSBus)
- Reference Design: EE-Sim电路图/配置文件生成, 已发布的评估套件参考附件 (物料清单、布局图、原理图、PMBUS用户指南)

多相控制器

多相控制器是控制多个同步开关工作相位的DC-DC降压调节器(常用于VRM/POL电源), 通过分相分担负载, 实现高输出电流、低纹波噪声及优瞬态响应。数据中心核心器件需0.6-1.2V低电压、200-800A大电流及纳秒级瞬态响应, 因此需6-16相甚至24相多相电源。

单芯片可实现4/6/8/12/16相等配置, 且多数支持多片并联扩展相数, 以提升输出电流与功率。图4中芯片均支持PMBus协议, 部分还兼容SVID、AVSBus、PWMVID等, 客户可按需选择。ADI多相控制器(如MAX20855、MAX20848、MAX20816)采用工业通用标准封装, 便于客户评估测试。

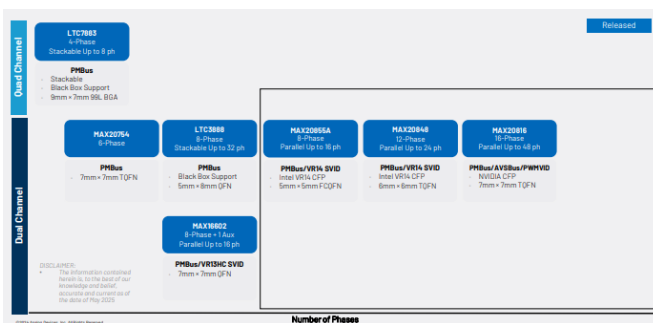


图4: ADI多相控制器的部分列表

多相控制器产品介绍

1. MAX20754—具有PMBus接口和内部降压转换器的双输出、可配置型多相电源控制器

MAX20754是PMBus兼容的双路可配置多相电源控制器, 适配多场景, 支持宽输出电流与电压范围, 可生成6路PWM相位, 各通道相数可配置, 满足高电流及单/双输出电压需求。集成开关稳压器, 可为控制器及功率级供电, 具备负载电流报告、功率级温度监控、故障检测及丰富PMBus命令, 支持PMBus参数保存至非易失性存储器。兼容传统分立电感与耦合电感器拓扑(耦合电感可减小电感尺寸与电容需求、改善瞬态); 采用AMS先进调制方案, 瞬态响应更优、输出电容需求更低, 可禁用AMS切换至固定频率PWM操作。

2. MAX16602—VR13.HC和AI内核双路输出稳压芯片组

MAX16602是高密度可扩展多相控制器, 适配AI内核及Intel VR13.HC服务器CPU供电, 搭配耦合电感与智能功率级IC, 实现高效内核稳压器, 兼具强瞬态响应与低静态电流。单相智能功率级系统中, 额外单相输出可生成VSA轨, 构成高效(8+1)多相同步降压转换器, 支持PWM并联, 最多控制16相, 单块可扩展PCB适配不同额定电流稳压器生产。其架构简化设计、减少元器件, 支持高级电源管理与遥测, 自主切相功能可在全负载范围内保持高效率。通过PMBus可设置监控稳压器保护/关断参数, 读取各智能功率级的故障、电压、电流、功率及温度数据, 关键故障保留功能防止器件故障后发热; 智能功率级与控制器通过模拟/数字信号通信, 参数可通过控制器寄存器读取, 预设及用户配置存入NVM。集成3.3V至1.8V稳压器, 为自身及1.8V偏置功率级供电, SNS_PS_BIAS监控支持灵活偏置与时序控制, 适配大电流多相稳压场景。

3. MAX20855A—VR14 8相双输出稳压芯片组

MAX20855A是双环路多相控制器，为AI内核、XPU、GPU及Intel VR14/VR13服务器CPU提供高密度可扩展电源方案，支持8个总相位，可在两轨间配置为8+0至4+4相位。搭配耦合电感与智能功率级IC，构成高效8相同步降压转换器，瞬态响应强、静态电流低；支持PWM并联扩展至16相，适配极高电流场景。架构简化、元器件减少，支持先进电源管理与遥测，自主切相可全负载保持高效率；通过PMBus设置监控保护/关断参数，可读取功率级故障、电压、电流、功率及温度数据。集成3.3V至1.8V线性稳压器供偏置电源，采用40引脚5mm×5mm FCLGA封装，是热门多相控制器。

4. MAX20816—双输出多相高电流PWMVID和AVSBus控制器

MAX20816是双环路多相控制器，为AI大电流核心提供高密度可扩展方案，总共支持16个相位，可在两轨间配置为16+0至8+8相位。搭配耦合电感与智能功率级IC，构成高效16相同步降压转换器，瞬态响应出色，具备全面的状态和参数测量功能。单块可扩展PCB搭配适配的智能功率级IC，可生成两路由宽额定电流范围的电源；PWM并联支持最多48相，适配超大电流场景，支持PMBus接口通讯，可读取各类参数信息。

非隔离式四分之一砖DC/DC电源模块

ADPM12160是标准54V中间总线变换器（1/4砖模块），可将机柜48V或54V电压，降至板载更低总线电压，热设计功率1600W，峰值功率2400W。图5列出了54V IBC模块器件。

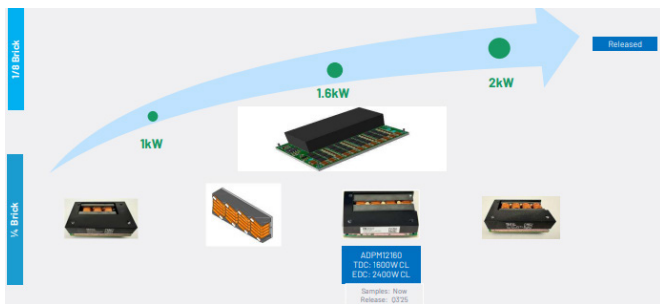


图5: 54V IBC模块器件

ADPM12160—ADI首款行业标准1/4砖模块：ADPM12160为1/4砖型大功率DC-DC转换器，采用行业标准1/4砖尺寸，半负载效率可达98%。非隔离设计，输出12V稳压电，持续功率1600W，短时峰值功率可达2400W。具备多种保护功能，无最低负载要求，耦合电感实现快速瞬态响应，适配高端芯片及处理器应用。

ADPM12160应用示例及优势：ADPM12160可应用于分布式电源、光网络设备、企业网络及新一代微处理器供电，具备可扩展、应用灵活、效率高、电压调节精准等优势，适配敏感应用场景，提升系统可靠性与稳定性。

ADPM12160性能—效率&损耗：ADPM12160实测显示，输出功率0.4KW及以上时，效率稳定≥97%，高效低耗，可大幅降低功率损耗，优化散热、减少热量散发。

ADPM12160性能—负载响应：ADPM12160在1-135A负载范围内，输出电压波动小于100mV，稳压性能优异；在5%-125%-5%负载跳变测试中表现出色。

ADPM12160性能—ACS：ADPM12160支持灵活扩展，多模块并联可实现时具有active电流均流。2个或4个模块并联时，重载下电流误差更低、性能更优。总的来说，在不同负载大小时，模块间的电流曲线匹配度都很高。

图6是ADPM12160并联使用时的典型电路示例，ADPM12160启用主动电流共享(ACS, ISHARE)功能，可实现更优电流共享性能。相较于常规动态负载共享(DLS)，ACS的优势的是通过专用ISHARE引脚及电流共享总线，持续调整各并联模块的稳压输出，使各模块输出电流一致，可消除模块输出电压、温度及布局不对称带来的电流共享误差；只需将并联模块的IN、OUT、ISHARE 引脚对应连接，即可自动实现电流共享。

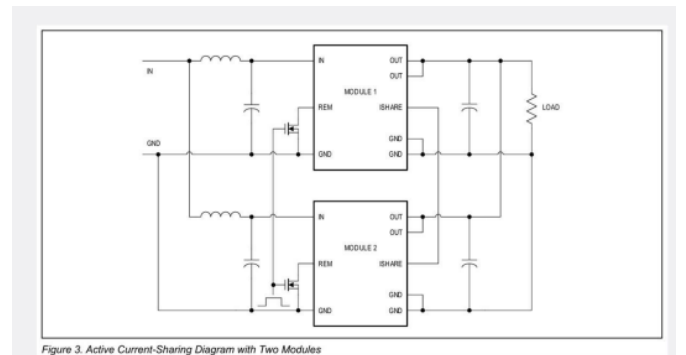


图6: ADPM12160并联使用的一个典型电路

ADPM12160的封装与引脚定义简洁易用，便于客户评估与使用。

ADPM12160应用设计注意事项（确保精度与可靠运行）：

- 各模块输入端需接同一电压源
- 多模块并联时，输入/输出回路应尽量对称
- 各模块ISHARE引脚需用最短导线互连
- 并联模块的REM引脚必须相连
- 输入电压上升沿 $dv/dt > 1V/ms$ 更佳
- 启动时总输出均分电流 $< 30A$
- 并联模块总均分电流 $<$ 额定输出电流的95%

结束

ADI官网提供丰富设计资源，可通过在线支持平台、论坛及客服中心获取技术服务，同时完善的客户支持体系与专业团队可以高效快速的解决客户的各类问题。持续的技术创新，将复杂挑战转化为客户核心竞争力，ADI助力企业在数字化转型中抢占先机。

访问我们的在线技术支持社区，与ADI技术专家互动。
提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

ez.analog.com/cn

 **ADI EngineerZone™**
中文技术论坛



analog.com/cn

有关地区总部、销售和代理商的信息，或客户服务和技术支持的联系信息，请访问analog.com/cn/contact。
©2025 Analog Devices, Inc.保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。