

# 可编程电源管理解决方案 为用户带来极大灵活性

作者：Jon Alejandro

如今的电子设备，多功能性和操控性已经变得至关重要。人们对灵活性的需求愈发提高，如自定义闹钟日期格式、自行车头盔摄像头提供复杂的菜单浏览功能，或者使用人工智能预测居家生活模式，以便更好地管理智能家居中的供暖、制冷和热水系统等。在工业领域，技术与工业物联网 (IIoT) 的融合也在不断突破现有界限，实现让传感器和设备自主决定测量哪些指标及何时报告数据。

所有这些灵活性都是通过软件实现的。软件可以预先配置并随时更新，通常为在线更新，以及时应对情况变化、更新性能或修复错误。在硬件层面，控制器和中央处理器已实现标准化，可在多个产品之间共享数据处理组件，并在生产线的最后编程步骤中定义最终功能。

虽然取得了以上种种技术进展，但有一种电子产品却在灵活性方面发展相对滞后：内部电源系统。过去，5V 逻辑电源和用于机电元件的 12V 电源足以满足大多数应用的需求。但如今，即使是基本设备也常常需要十多个不同的电源轨，以满足 CPU、静态和动态存储器、数字和模拟接口、隔离栅极驱动电源等各种组件的需求。这些电压值的范围涵盖 0.6V 到 12V，输入电源既有单节锂离子电池 (3V-4.2V)，也有来自 AC-DC 电源的 3.3V、5V、12V、24V、48V 固定系统总线电压。

## 电源树是源头所在

最初，产品设计师会创建一个“电源树”来概述最终的功率需求。在此基础之上，他们会实施逆向工程，设计出串联和并联 DC/DC 转换器的配置，以满足这些需求。然后，他们调整电源树，以提高整体系统效率，减少功耗，延长电池续航时间，缩小体积，降低成本或优化其他相关参数。图 1 为一个示例。

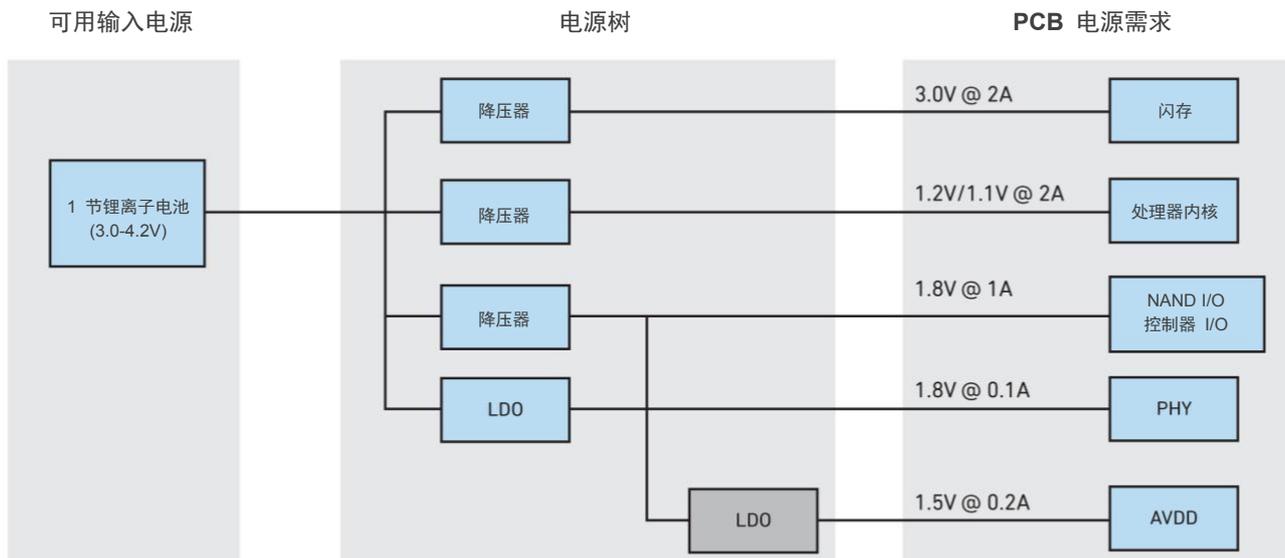
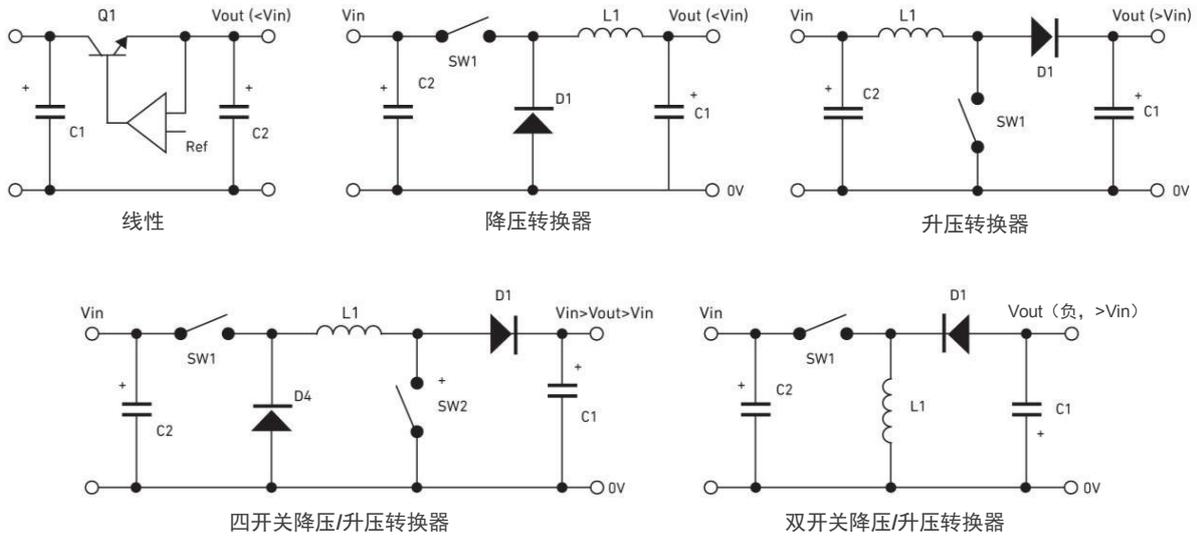


图 1：便携式产品设计中的典型电源树。

低压降 (LDO) 线性稳压器和模块化开关 DC/DC 转换器应用广泛，可有效升降电压以及调节双向电压，大大简化电源树的设计流程。其中部分转换器充当基本的功率控制器，需要添加大量外部元件，如外部功率器件、电感、控制电路和补偿元件。相比之下，一些转换器集成度很高，只需最少的外部元件。

## DC/DC 转换器类型

无论采用哪种方法生成单个电压轨，通常只用到五种基本的转换器拓扑。其中包括线性类型和开关类型：降压、升压、四开关降压/升压和双开关降压/升压（图 2）。



QORVO

© 2023 Qorvo US, Inc.

图 2：基本 DC/DC 转换布置：线性、降压、升压、四开关降压/升压和双开关降压/升压。

LDO 线性稳压器适用于输入-输出电压差相对较小的情况。例如，从 1.8V 导出 1.5V 时，它们可以实现 83.3% 的合理效率。这些稳压器能快速响应负载变化，并保持极低的输出噪声水平，因此在特定应用中非常有用。值得注意的是，LDO 通常缺乏高级控制功能，如可调输出或关断引脚。它们是最简单形式的紧凑型三端子设备，使其易于使用。

另一方面，并非为低压降场景设计的 LDO 线性稳压器通常需要超过 2V 的电压裕量才能正常工作。这些稳压器通常用于低电流应用中，其中系统级效率并非首要考虑因素。

降压稳压器是一种开关模式转换器，可高效降低输入电压，通常超过 95%。它们用途广泛，可在宽范围输入输出电压差下正常工作。然而，它们需要配备一个电感，并且相较于线性稳压器，动态响应速度可能较慢。而且其输出中通常还存在一定程度的开关噪声。

升压转换器具有与降压转换器类似的特性，但用于提高输入电压。四开关降压/升压转换器可根据需要对输入进行升压或降压，以保持所需的输出电压。由于电池的工作电压范围较宽，四开关降压/升压转换器通常与电池输入一起使用。当电池充满电时，这种转换器以降压模式启动，当电池放电至低于所需的输出电压时，则转换为升压模式。这种动态运行方式使其能够充分发挥电池能量，并延长运行时间。简化的降压/升压转换器双开关版本用于提供电压反转，例如为模拟接口产生 -5V 电压。

## 系统 DC/DC 转换器需要具备可控性和兼容性

FPGA、DSP 和 ADC 通常需要特定的电源电压接通和断开顺序。即使对电源轨进行时序控制并非必需功能，时序控制的优点之一包括降低启动期间的浪涌电流。此外，不同制造商提供的各类系统电压调节器也可提供时序控制功能，即通过“使能”输入和“电源良好”输出信号，确认电压稳定并准备好进行时序中的下一步。时序控制还可通过 I<sup>2</sup>C 或 PMBus<sup>®</sup> 等通信总线实现。不过，由于存在各种控制电压、阈值和通信协议，对不同的调节器进行时序控制会变得相当复杂，有时需要使用单独的微控制器。

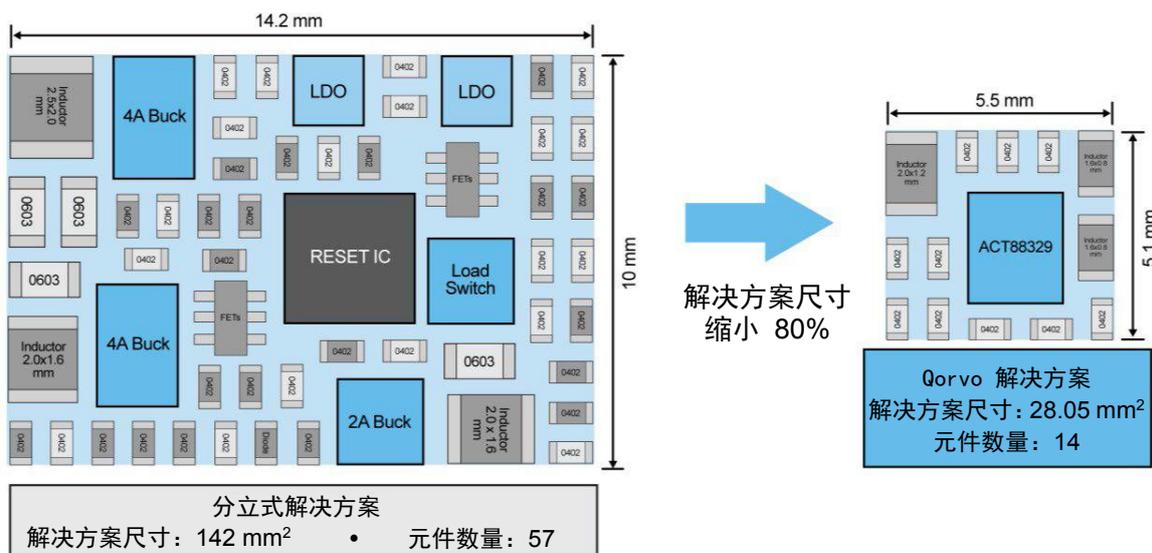
使用分立式稳压器实现电源树颇为复杂，且存在潜在问题，因此，更好的解决方案是使用电源管理集成电路 (PMIC)，将多个稳压器集成到一个封装中，并保证互操作性。

## PMIC - 小巧灵活的解决方案

知名供应商提供的 PMIC 能够以最少的外部元件生成所需的系统电源轨，具有巨大的吸引力。特别是在元件短缺的时候，如果复杂分立式转换器网络中缺少某种部件，就可能产生生产线停顿，在这种情况下 PMIC 尤为实用。这个概念并不新颖，市场上已经有提供多输出的 PMIC。然而，许多 PMIC 存在缺乏灵活性、无法修改默认功能等问题，严重影响了应用范围。

在分立式设计中，只需简单调整电阻值就能对电压电平进行微调，但在 PMIC 中，高度集成会限制对出厂默认值的修改。此外，不同的最终产品均可以利用同一批次分立式稳压器元件的不同组合来实现，而 PMIC 可能非常适合特定产品的电源架构和电压要求，却不适合其他应用，或成本过于昂贵。

不同的 PMIC SKU 可用于不同的设计，但这会增加库存成本，降低采购能力。在适当的条件下，PMIC 方案可在尺寸、组装和部件成本方面取得显著的改进，并保证可操作性，同时减少供应链对分立式元件的依赖，降低生产风险。例如，考虑使用分立式稳压器实现图 1 中的电源树。图 3（左图）展示了 57 个元件占用 142 mm<sup>2</sup> 的结果。如果采用 Qorvo<sup>®</sup> **ACT88329** PMIC（右图），则尺寸将缩小 5 倍至 28.05 mm<sup>2</sup>，元件数量减少到 14 个。仅尺寸减小这一项，就有望为空间受限的便携式或可穿戴设备增加功能、提升价值。



QORVO

© 2023 Qorvo US, Inc.

图 3：对于图 1 的电源树而言，相较于分立式 DC/DC 模块解决方案（左），Qorvo PMIC 解决方案（右）的部件数量和尺寸均有所减少。

## Qorvo 推出可编程 PMIC 和支持系统，提供更多灵活性

采用 PMIC 来降低成本和减小尺寸是引人入胜的。在使用 Qorvo PMIC 时，还可通过一系列多次可配置器件来解决灵活性问题。独特之处在于，这些部件无需任何特殊软件或固件，即可使用与 Qorvo 提供的评估板相连的 Qorvo ActiveCiPS™ USB 电子狗（图 4），通过 I<sup>2</sup>C 总线进行用户配置。ActiveCiPS GUI 非常直观，用户可以预设和保存各种默认参数，以满足特定应用的需求。系统经过验证后，用户可将配置上传到 Qorvo，然后 Qorvo 提供具有所需默认功能的预编程 IC。

除了可以配置输出电压外，Qorvo 的 PMIC 还支持通过 ActiveCiPS 电子狗进行设置，配置和优化下列主要参数：

- 上电/关断时序控制
- 时序控制开关延迟时间
- GPIO 配置
- 降压/LDO 软启动时间
- IC 欠压锁定 (UVLO) 和过压锁定 (OVLO) 阈值
- 过温关机
- 动态电压调节配置
- 开关频率
- LDO 和 Buck 配置为稳压器或负载开关



QORVO

© 2023 Qorvo US, Inc.

图 4：用于 PMIC 配置的 Qorvo ActiveCiPS USB 电子狗。

电子狗提供了多种方式，可直接通过应用内的 I<sup>2</sup>C 通信接口修改一系列附加参数。可调整的参数包括故障阈值、功能设置、睡眠和低功耗模式、启用或禁用特定模块以及屏蔽中断信号。Qorvo PMIC 配有可配置 GPIO，能够实现直接的数字控制任务，如驱动 LED、启动复位、监测电源状态以及管理外部 DC/DC 转换器以使其操作与 PMIC 转换器同步。值得注意的是，Qorvo 部分产品有三态 GPIO，可对应不同的工作模式配置，但不支持 I<sup>2</sup>C 动态调整。通用产品的两态 GPIO，可支持 I<sup>2</sup>C 动态调整，例如 DVS 功能。用户可以实施动态电压调节 (DVS)，根据当前处理器负载来调整处理器电压水平，从而提高能效并延长便携式设备的电池续航时间。Qorvo 提供一系列针对高功率和低功率应用而优化的多种 PMIC。

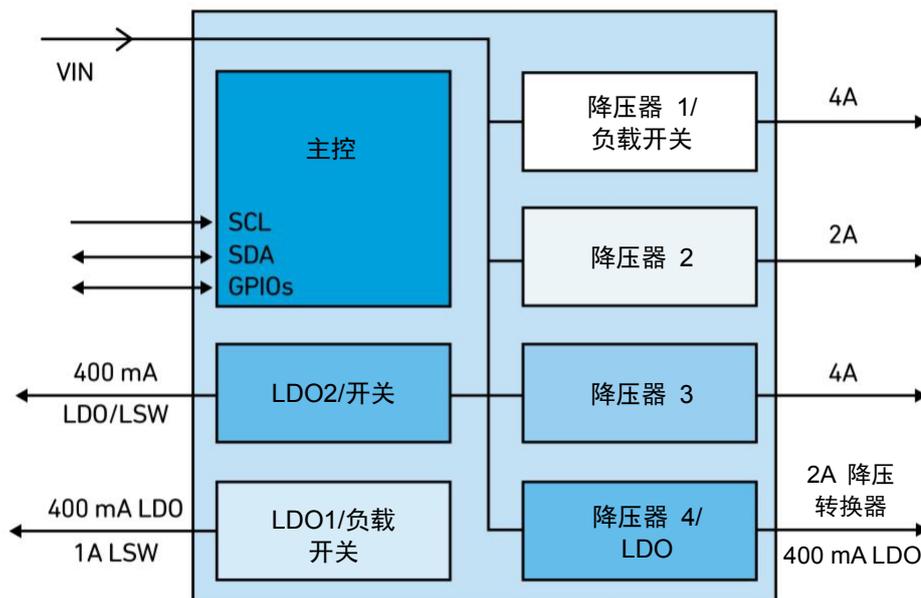
例如，Qorvo **ACT81460** 针对可穿戴设备等功耗敏感型应用进行了优化，具有极低的静态功耗，通常低至 7 $\mu$ A。它适用于包括可穿戴设备在内的物联网、消费电子或医学设备（图 5），提供十个输出轨：两个降压、一个降压/升压、一个升压（最高 20V）和多种线性稳压器。在最终产品中，该部件通常由 2.7V-5.5V 的电池供电，具有两种低功耗模式，或者由外部直流输入供电，在这种情况下，ACT81460 还充当电池充电控制器。ACT81460 还有四个 GPIO 用于实现可编程功能。这些都是在拥有 49 个球形引脚，尺寸仅 3.3mm x 3.3mm，的 WLCSP 封装中实现的。

对于需要中等功率水平的应用，Qorvo **ACT88420** 在成本效益和多功能性方面脱颖而出（图 5）。该器件功能丰富，可满足多种电源管理需求。其主要规格包括四个降压转换器，其中一个可选配置为负载开关，另一个可选配置为 LDO，作为 LDO 时电流仅 400mA。除此之外，ACT88420 还包括两个 LDO，每个额定电流为 400mA。这些 LDO 都可方便地配置为负载开关，为各种电源管理场景提供灵活性和适应性。

ACT88420 的亮点之一是静态电流仅为 12 $\mu$ A。由于功耗极低，再加上输入电压范围在 2.7V-5.5V 之间，对于那些重视功耗效率和延长电池续航时间的应用而言，它是理想的选择。

就物理封装而言，ACT88420 在设计时考虑到了空间限制，尺寸仅为 2.66 mm x 2.66 mm。尺寸小巧，但功能毫不妥协。该器件集成了 8 个可配置的 GPIO，可定制为边沿或电平触发输入，为其集成到多种系统和设计中提供了灵活性。

Qorvo ACT88420 在许多应用中都能实现出色性能。它是固态硬盘的理想供电设备，可为存储解决方案提供稳定、高效的能量传输。此外，它的多功能性还扩展到物联网 (IoT) 领域，在该领域中，电源管理效率对于延长设备运行时间和提高可靠性至关重要。无论是应对紧凑型物联网设备还是中等功率应用中的电源管理挑战，ACT88420 的高性价比、出色的额定电流、低静态电流和灵活的 GPIO 配置都使其成为很有竞争力的选择。

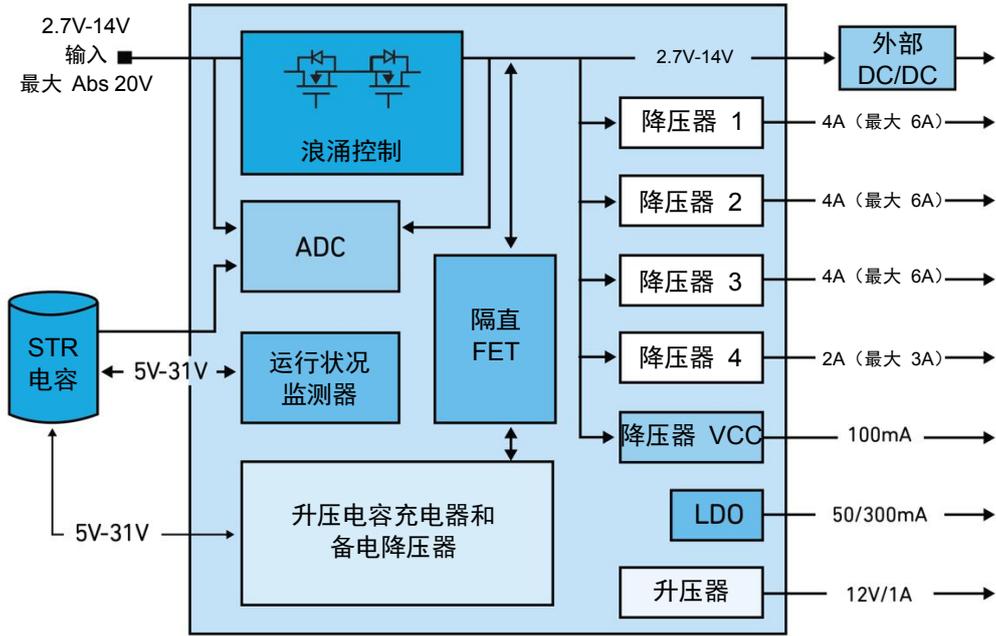


QORVO

© 2023 Qorvo US, Inc.

图 5: Qorvo ACT88420 采用 2.66 mm x 2.66 mm 芯片级封装。

Qorvo PMIC 产品组合还包括 **ACT85610** (图 6)，这是一款具有高压断电保护和电源管理功能的集成电路，适用于 2.7V-14V 的宽输入范围，具有浪涌保护功能，使用背对背 FET 在故障条件下隔离输入电压。ACT85610 可在发生输入故障时提供备用电源。在正常运行时，它通过集成升压器将储能电容充电至 31V。如果输入电源出现故障，集成升压器会重新配置为降压器，利用电容提供的稳压电压为系统供电。由于采用高电压储能，因此使用相对较小的电容就能实现显著的保持时间。ACT85610 提供三路 4A (峰值 6A) 降压输出，一路 1A (峰值 3A) 降压输出，一路升压至 12V (1A) 和一路 100mA 降压输出 (带 50mA LDO)。该器件包含六个可配置的 GPIO，并配有一个用于系统监测的 12 位 ADC。



QORVO

© 2023 Qorvo US, Inc.

图 6：带连接电容的 Qorvo ACT85610 可延长保持时间。

## 结论

借助 Qorvo PMIC 解决方案，产品设计师终于可以兼顾各方面的需求：利用最新处理器的强大功能，在各种应用中提供丰富的产品功能，而且所有电源轨均由 PMIC 提供，几乎不占空间。

Qorvo PMIC 解决方案最多可生成 13 个不同的电源轨，用户可对其进行实时动态编程。也可在 PMIC 出货前对其进行默认设置，精确地定制以满足用户的规格要求。这种高度适应性意味着，同一款高性能 PMIC 可作为多种产品变体或不同产品线的关键支点。在不同的产品迭代或不同的产品系列中使用同一款 PMIC，可提高生态系统的效率。Qorvo PMIC 解决方案有助于简化装配流程，大幅降低库存和采购成本，而且不同的电源管理解决方案只需由一个供应商来提供。此外，PCB 上宝贵的空间被释放出来，可容纳额外的功能或特性，进一步增强产品的性能。

Qorvo PMIC 解决方案让产品设计师能够充分发挥当今处理器的潜力，同时保持精简高效的设计占用空间。这不仅能够节约成本，还将推动创新，降低复杂性，加速从构思到产品上市的过程，让制造商和最终用户都能受益。