

Technical Article

USB Type-C® 和 USB Power Delivery : 专为扩展功率范围和电池供电型系统而设计



Adam McGaffin

USB Type-C® (USB-C®) 是一种业界通用连接器，支持通过单个接口传输数据和电力，适用于个人电子产品、汽车、工业和企业系统等应用。USB Power Delivery (PD) 是使用 USB-C 连接器来增加 USB-C 接口功能和特性的标准。直到最近，USB PD 3.0 规范才允许高达 100W (20V、5A) 的功率双向流动，此功率范围现在称为标准功率范围 (SPR)。最新的 USB PD 3.1 规范通过 USB-C 电缆将功率范围增加至 240W (48V、5A)，此功率范围现在称为扩展功率范围 (EPR)。

表 1 展示了 EPR 与 SPR 的比较情况。

表 1. SPR 和 EPR 固定电压范围

功率范围	可用电流和电压	电力输送曲线范围	注释
SPR	3A : 5V、9V、15V、20V 5A 1 : 20V	15W-60W >60W-100W	
EPR	5A 2 : 28V、36V、48V	>100W-240W	需要进入 EPR 模式

1. 需要 5A 电缆。
2. 需要 EPR 电缆。

EPR 可支持高达 240W 的功率 (28V、36V 和 48V @ 5A)。EPR 模式对接收端评估和响应新的电源端能力消息的要求与典型的 USB PD 合同协商中的要求相同。进入 EPR 模式后，端口开始协商一个最高达 240W (48V、5A) 的电力输送对象 (PDO)。在考虑设计安全裕度时，48V 限值代表了实际限值。

除了 EPR 模式下的固定电压电平扩展之外，电源还必须遵循可调电压电源 (AVS) 的规格。在 EPR 模式下，AVS 使接收端能够以 100mV 的步长在 15V 和 48V 之间微调电压，以提高性能和热效率。AVS 还可让接收端灵活接收来自任何充电器的电压，从而避免使用定制适配器，并可在电子生态系统内提供一致的用户体验。

图 1 显示了可编程电源 (PPS) 和 AVS 范围与 SPR 和 EPR 功率级别的关系相关的。虽然 PPS 和 AVS 都具有可编程步长，但它们并不相同且用于不同的用途。AVS 充当恒压电源，并向系统提供稳定的直流电压以提高效率。PPS 具有更小的步长窗口 (20mV)，并可以直接为电池充电，绕过连接的设备中的电池充电器。AVS 和 PPS 的主要区别在于：使用 PPS 时，协商的电压将随着时间的推移而不断变化。随着电池充电，所需的 PPS 充电电压将增加。AVS 旨在用作恒定电源，其提供的系统输入电压电平更接近整个系统所需的电压电平。

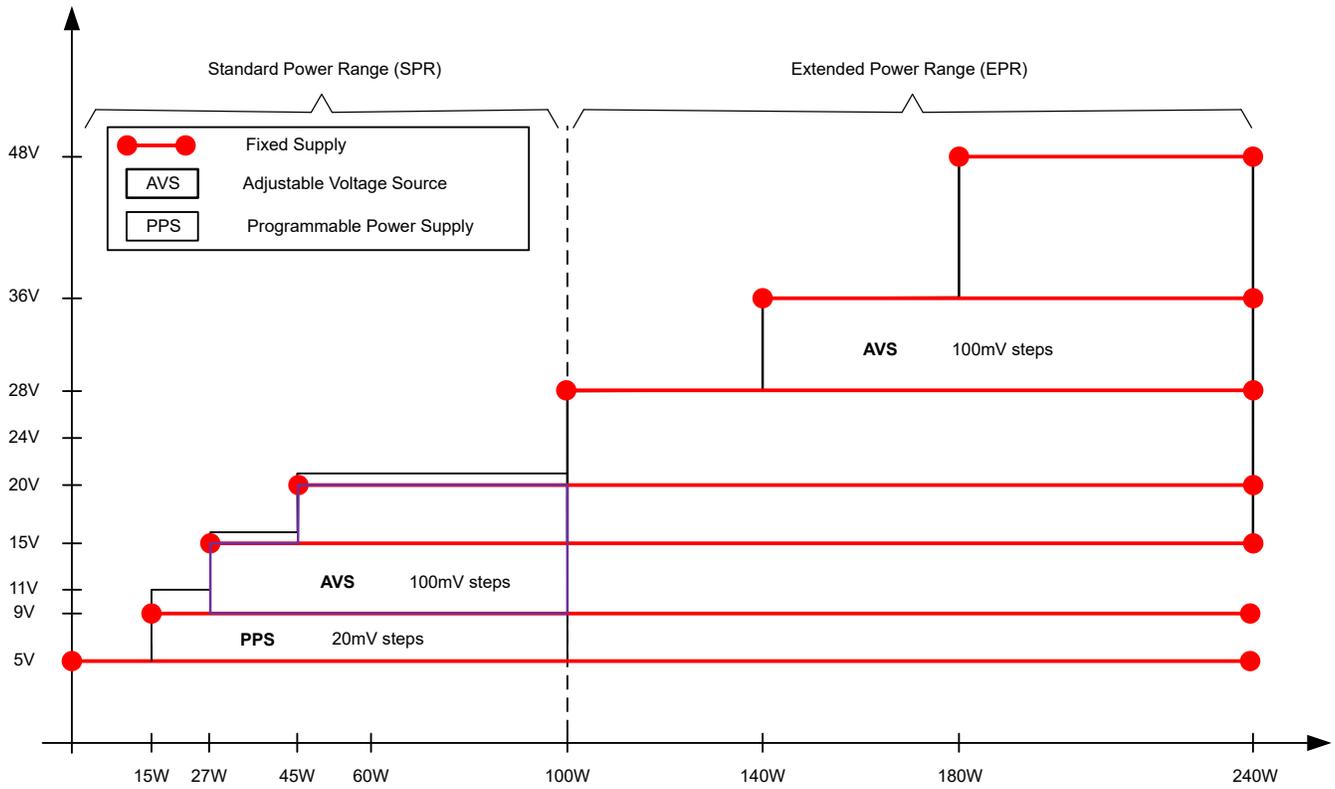


图 1. 电源端所需的 USB PD 3.2 电压

电池供电型产品和下一代解决方案

采用 USB-C 对 Bluetooth® 扬声器和电动工具等便携式电池供电型产品很有利。为这些类型的产品实施 USB-C 后，它们既可以通过 USB-C 端口充电，也可以使用同一端口为连接的设备供电。采用单节或多节电池充电器的产品现在可与 USB-C 或 USB PD 控制器搭配使用，从而使应用能够通过 USB-C 端口提供和接收电源。

图 2 展示了过渡到 USB-C 和 USB PD 的设备的典型架构。

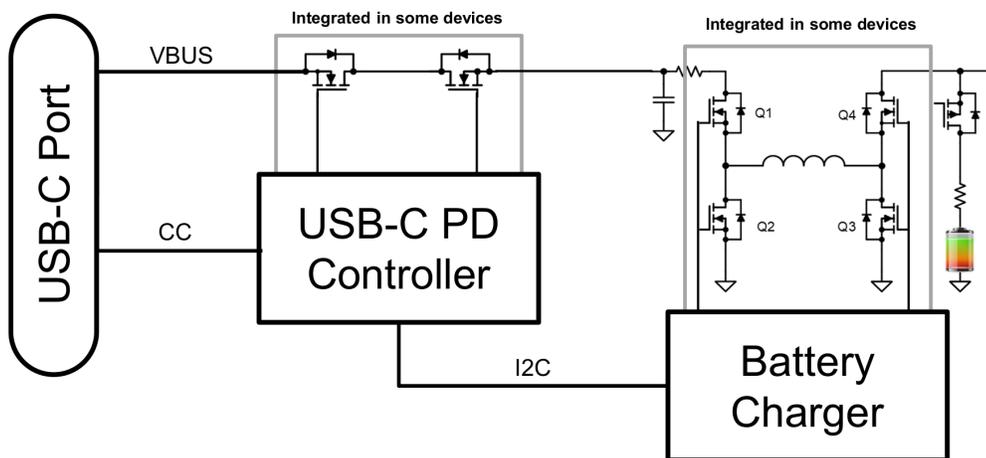


图 2. USB-C 电池供电型产品方框图

为帮助简化电池供电型产品的 USB PD 端口设计，TI 的 USB PD 控制器添加了 I²C 主机支持功能来直接控制电池充电器。这种集成式 I²C 主机控制可实现无需外部微控制器 (MCU) 的双芯片解决方案。USB PD 控制器将根据通过 USB PD 端口进行的功率协商情况，通过 I²C 自动更新电池充电器的充电参数。此外，无需开发固件即可将 USB PD 端口添加到电池供电型产品中。TPS25751 和 TPS26750 是用于 USB-C 加电池充电器配对形式的两个 USB PD 控制器。

TPS25751 是 SPR PD 控制器，而 TPS26750 是能够协商完整 240W EPR 的 EPR PD 控制器。表 2 显示了推荐的 USB PD 控制器和电池充电器配对。借助这些配对的参考设计，您可以将设计“复制并粘贴”到您的应用中。

表 2. USB PD 控制器和电池充电器配对

支持的最大功率级别	支持的串联电池节数 (S)	推荐的 USB PD 控制器	推荐的电池充电器	参考设计
100W 接收端 45W 电源端	1-4	TPS25751	BQ25798	适用于 2 至 4 节电池的集成 USB Type-C® Power Delivery (PD) 和充电参考设计
100W 接收端 100W 电源端	1-5	TPS25751	BQ25731	适用于 1 至 5 节电池的集成 USB Type-C® PD 双向充电参考设计
100W 接收端 100W 电源端	1-16	TPS25751	BQ25756	100W 集成 USB Type-C® PD 双向充电器参考设计
240W 接收端 240W 电源端	1-16	TPS26750	BQ25756	240W USB Type-C PD3.1 EPR 电池充电器参考设计

参考设计

为了支持整个 240W 扩展功率范围，240W USB Type-C PD3.1 EPR 电池充电器参考设计将 TPS26750 与我们的 BQ25756 双向降压/升压充电控制器搭配使用。如图 3 所示，该参考设计将这两个器件组合到同一块印刷电路板上，无需外部 MCU 和自定义固件即可实现双向 240W 解决方案。

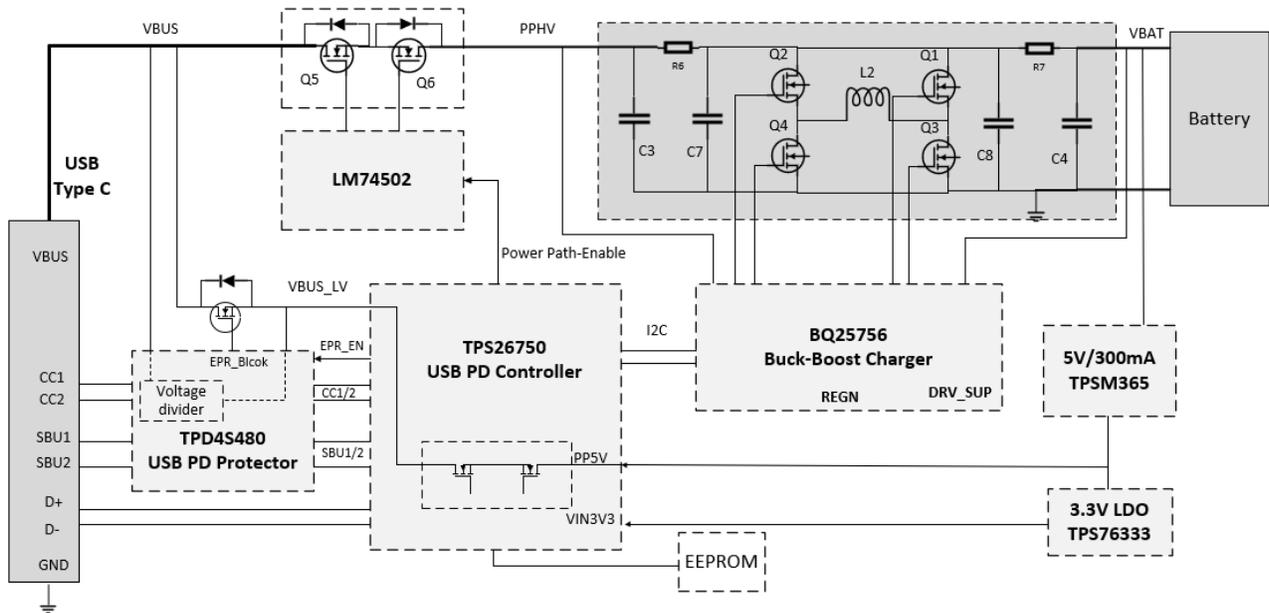


图 3. EPR 电池充电器参考设计方框图

该电池充电器参考设计是一种集成式 USB PD 和充电参考设计，适用于电动工具、真空吸尘器、移动式发电站和电动自行车等产品的 7 至 14 节电池。TPS26750 通过简单的 I²C 通信与 BQ25756 配合使用，无需进行固件开发。通过使用 TI USB PD 控制器的应用程序自定义工具，可以轻松地对 TPS26750 进行编程。

该电池充电器参考设计可支持通过符合 USB PD 3.1 规范的输入源以高达 240W 的功率为电池充电，并在 On-The-Go 模式下提供高达 48V、5A 的输出。BQ25756 实现了一个四开关降压/升压充电器，可在降压、降压/升压和升压模式之间转换。高度的集成和简单的设计将降低物料清单成本、缩减尺寸并加快产品上市。

结语

随着近期最大功率范围的增加，USB-C 逐渐成为未来的通用连接器。尽管 USB-C 可能被视为具有挑战性的新技术，但 TI 解决方案可从软件和硬件两个角度实现集成，从而简化您的设计流程。我们的 USB PD 控制器与电池充电器配对，再结合我们的参考设计，可实现更小的解决方案尺寸并缩短产品上市时间。

其他资源

- 观看我们最新的演示 [USB Type-C Power Delivery 3.1 扩展功率范围 + 电池充电器应用演示](#)
- 观看我们的视频 [USB Type-C：连接技术的未来](#)
- 详细了解我们的 [USB Type-C 技术](#)
- 了解我们的 [USB Type-C 和 USB Power Delivery IC](#)
- 观看我们最新的[液体检测演示视频](#)
- 阅读我们最新的白皮书 [USB Type-C 和 USB Power Delivery 应用和要求初探](#)

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司