

使用独立的PD控制器 简化USB-C PD设计

Sagar Khare, 业务经理

摘要

独立的PD控制器可以通过管理功率问题来帮助应对解决方案尺寸和成本等设计挑战，无需开发固件。本文将简要介绍5 V、9 V、15 V、20 V、28 V、36 V和48 V供电轨之间的同化如何在功率传输中表现多用性，以减少所需的电缆。然后介绍一款独立PD控制器，该器件包含端口检测和非易失性内存，无需使用定制固件。

简介

便携式电池驱动电子设备（例如手机、笔记本电脑、无线音箱、电动工具等）推动USB功率传输(PD)市场持续增长。USB PD为消费电子带来巨大优势，它们可以通过同一个USB Type-C连接器提供高达240 W的功率（参见USB PD 3.1版本规格）。图1显示通过USB Type-C连接器充电的手机。



图1. 使用USB Type-C连接器充电的手机

为了供应广泛的功率，USB PD标准可用的电压和电流组合众多（5 V、9 V、15 V、20 V、28 V、36 V、48 V和1.5 A、3 A、5 A等），因

此USB PD提出了新的电源需求挑战。在电源通过USB电缆供电之前，电源（例如墙上适配器）和在线设备（例如手机）分别以适当的电压和电流水平传递它们的功率容量和功率需求。

一些解决方案需要多个集成电路(IC)，包括端口检测器、微控制器和用于功率传输的充电器。虽然这些解决方案可以使用，但它们会占用板上空间，增加解决方案的成本，且需要定制固件，而生产这些固件非常耗时。

一个独立的PD控制器可以帮助解决这些挑战，它可以管理功率问题，无需开发固件。

USB-C PD电源要求

USB PD有一个显著优势：消费者可以使用相同的电缆和电源适配器为2.5 W的手机和25 W的无绳电钻充电。抽屉里塞满了各种不同的电缆，或者永远找不到正确的充电器，这样的日子已经成为过去。

在了解USB PD之前，我们必须回顾以前的USB标准，以了解USB PD具备的优势和挑战。最初的USB标准——USB 1.1和USB 2.0——是用于传输数据而不是传输功率。它们只允许USB电缆传输最高5 V电压和500 mA电流。

随着时间推移，消费者开始要求USB提供更多功能。他们想通过USB电缆快速给电池充电，此时500 mA最大电流已经无法满足要求。BC1.2标准允许通过USB电缆传输高达7.5 W功率——5 V电压和1.5 A电流，该标准满足了这些消费者的需求。BC1.2标准扩展了通过USB电缆为电池充电的能力，在BC1.2标准之后，每一项新标准都在之前的基础上增加了功率容量。Type-C 1.3将功率容量扩展到15 W（最大值），而USB PD 3.0使系统功率升级达到100 W（最大值）。其最新的规格更新USB PD3.1将功率容量进一步扩展到了240 W（最大值）。

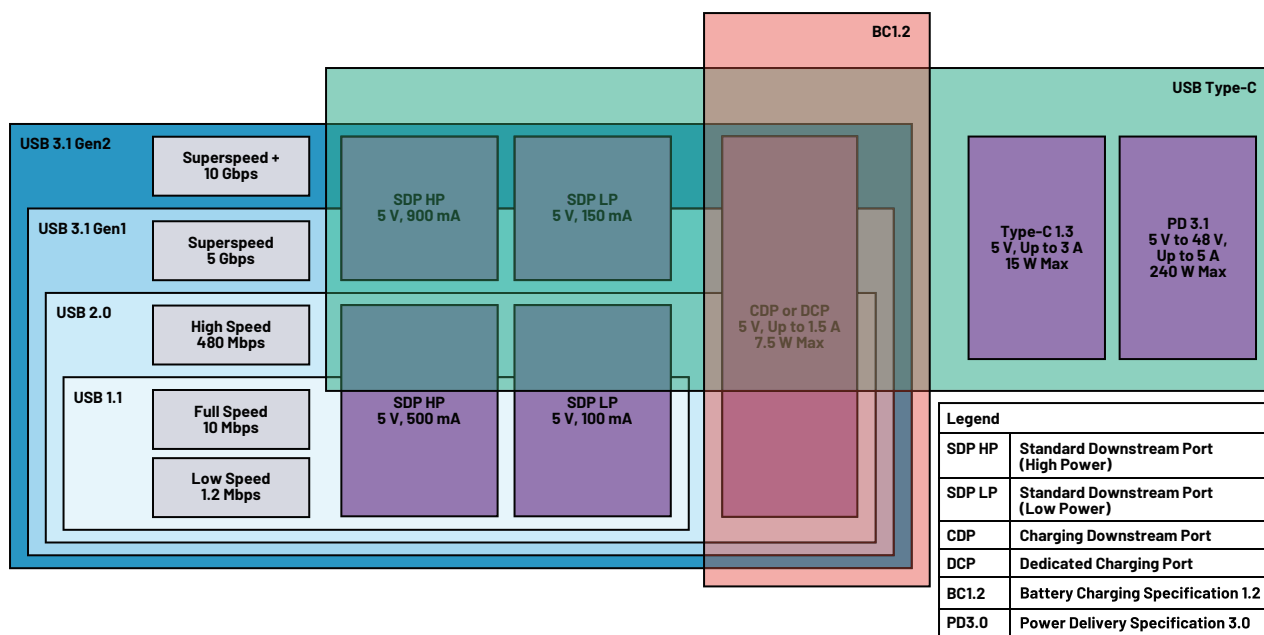


图2. 每个USB规格的功率容量

BC1.2和Type-C 1.3继续提供以前在所有USB标准中使用的5 V供电轨，但通过将最大电流增加到1.5 A和3 A，将功率容量分别增加到7.5 W和15 W。USB PD3.0同样提高了电流和电压容量，使功率容量达到100 W（最大值）。它允许两个设备通过USB电缆传输高达20 V电压和5 A电流。新PD3.1规格支持高达48 V电压和5 A电流。

图2汇总列出每个USB标准允许的功率容量、最大电流和电压。

USB PD电源提供的供电轨是可变的。USB PD 3.1标准规定，电源不仅必须提供最小电压5 V和最大电压48 V，还必须提供介于这两个电压之间的若干供电轨。

USB PD 3.0标准要求电源根据其功率容量，提供特定的供电轨。能够提供超过15 W的电源必须提供5 V和9 V供电轨。能够提供超过27 W的电源必须提供5 V、9 V和15 V供电轨。最后，能够提供超过45 W的电源必须提供5 V、9 V、15 V和20 V供电轨。

电源还在这些供电轨上提供不同的电流输出。电源在5 V供电轨上提供500 mA和3 A之间的电流。电源在9 V供电轨上提供1.67 A和3 A之间的电流。电源在15 V供电轨上提供1.8 A和3 A之间的电流。最后，电源在20 V供电轨上提供2.25 A和5 A之间的电流（图3）。

USB PD 3.1标准为电源增加了三个额外的供电轨。提供28 V、36 V和48 V固定供电轨的电源分别支持高达140 W、180 W和240 W的功率水平。电源必须为这些供电轨提供高达5 A电流。

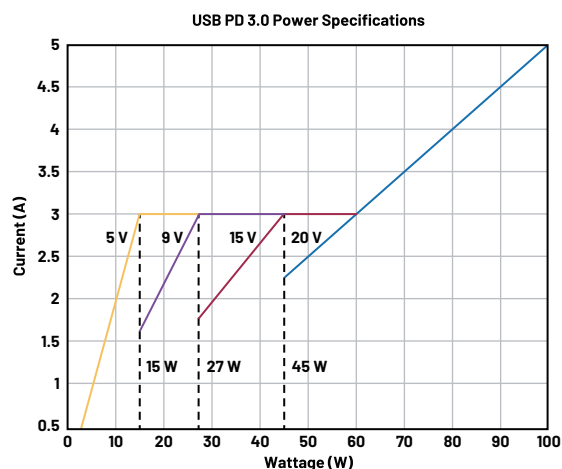


图3. USB PD3.0电压和电流容量

除了标准电压和电流外，USB PD规格还提供可编程电源(PPS)功能。PPS功能允许在线设备请求电源提供有少量改变的电压和电流。

PPS功能非常有用，可以通过优化开关充电器的工作点，加快锂离子电池的充电速度。在充电周期的恒定电流阶段，充电器为电池提供固定电流，电池电压会慢慢增加，直到最终达到充电截止电压。通常情况下，充电器的输入是固定的，当充电器的输入远远大于电池电压时，就会产生功率损失。PPS功能调整充电器的输入电压，使其工作效率尽可能接近峰值效率。此举使得功耗降低，在充电电流增大的情况下，电池的充电速度加快。

PPS可以通过USB电缆实现无数种电压和电流组合。想要使用PPS功能的设计人员必须找到一种方法，使电源和在线设备就电源应提供的功率量达成一致。

USB-C PD设计模块

在分立式USB PD系统中开始充电，这并非一项简单任务。电源（例如墙上适配器）通过USB电缆与在线设备（例如手机或电钻）连接。这两种设备通常都需要使用多个IC来实现来回通信，以便为在线设备提供电源（图4）。

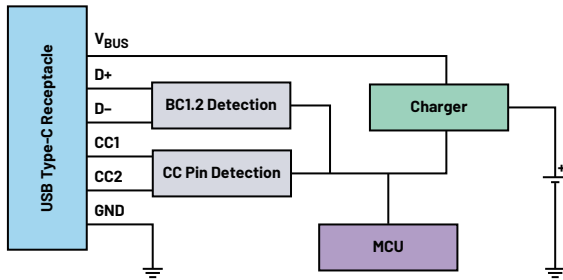


图4. USB PD设计框图

CC引脚检测IC通过测量CC引脚的电压来确认电缆的方向和拉电流能力。该IC还需要电源的灌电压和灌电流能力，并在在线设备选择电压和电流时将信息返回给电源。

BC1.2检测IC支持传统的USB适配器。虽然更新的设备更广泛地采用USB Type-C，但许多应用仍然使用旧的USB规格。BC1.2兼容端口采用D+/D-引脚来传输电源的功率容量，而不是CC引脚。BC1.2检测IC读取D+/D-引脚，为仍然使用传统USB标准的应用配置充电。

该充电器IC安全有效地为在线设备的电池充电。电源将为在线设备、充电器的输入源提供恒定电压。然后充电器确保电池充电量已达到充电电压、电流和温度规格。

最后，微控制器单元(MCU)模块组织其他IC之间的通信。MCU与CC引脚检测IC通信，确定电源的功率容量。然后，MCU将电源的容量与充电器和电池的功率需求进行比较，确定电源应该提供多少电流和电压。MCU将最终的功率设置反馈给CC引脚检测IC，以正确配置电源。一旦确认正确的电流和电压，MCU将配置并使能充电器。

USB PD所需的元件数量超过传统USB或标准Type-C设计提供的数量。更多IC导致成本更高，解决方案的尺寸更大。它还需要一个复杂的固件设计来管理不同元件之间的通信，并满足所有USB PD 3.0标准要求。单单固件设计一项就可能拉长开发周期，除非设计人员熟知USB规格。

独立式PD控制器

通过将CC引脚检测、BC1.2检测和MCU集成到一个IC中，独立式PD控制器可以帮助简化USB PD设计。四IC设计现在变成双IC设计，节省了电路板空间和成本。

嵌入式MCU集成了所有USB PD 3.0标准通信协议和时序要求，是独立式PD控制器中最强大的部分。设计人员无需再为了跟上这些规格而花费时间进行开发。

独立PD控制器的一个示例是MAX77958（图5）。MAX77958具有两个独特功能：非易失性存储器和直接控制配套充电器的I²C主端口。这两个功能消除了对外部MCU的需求，也无需开发定制固件。

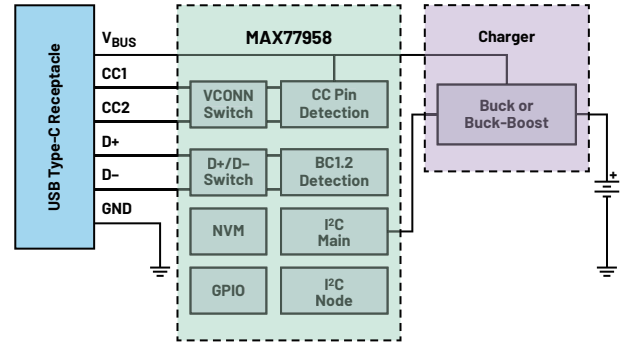


图5. USB Type-C v1.3和兼容PD 3.0的独立式PD控制器

设计人员可以使用图形用户界面(GUI)为典型应用生成定制脚本，然后将其加载到IC的非易失性存储器中。PD控制器自动执行命令，例如切换GPIO，或通过I²C主端口向充电器发送I²C命令等。

定制脚本是使用简单、易于使用的命令在GUI中编写的。该软件将定制脚本转换为十六进制格式，并将其写入IC配置区域。开发人员可以根据其应用需要提供的功能来定义简单的函数和序列。

图6显示了设计人员可以使用的一些定制脚本编程功能。GUI根据定制脚本输出二进制(bin)和十六进制(hex)文件。定制脚本是一项独特功能，有助于大大缩短开发时间。

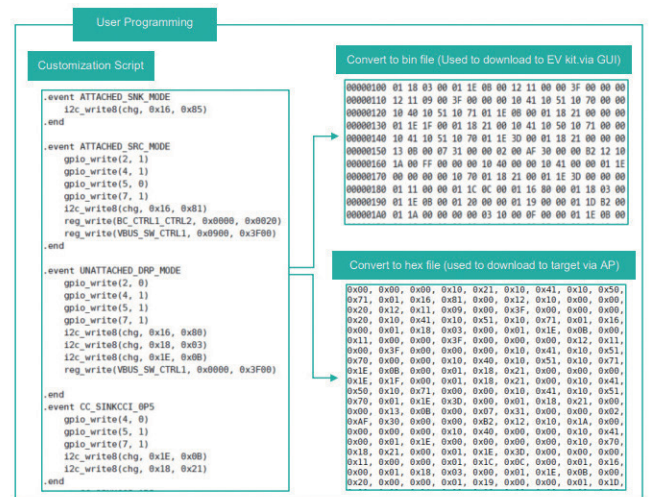


图6. 用户定制脚本编程

结论

USB PD规格极大地增加了通过USB电缆充电的电池供电设备的数量。该规格概述了7项新供电轨要求——5V、9V、15V、20V、28V、36V和48V——以帮助适应广泛的功率容量。在开始充电之前，电源和在线设备需要确定电流和电压电平。

独立式PD控制器将大多数模块集成到一个IC中，这有助于简化设计过程。有些甚至无需使用外部MCU和定制固件。独立式PD控制器帮助加速您的设计开发，确保始终领先于USB PD的新趋势。



作者简介

Sagar Khare是ADI公司电池供电解决方案事业部的业务经理。他在嵌入式电源转换、可再生能源和电池管理方面拥有丰富的经验。Sagar拥有石溪大学电气工程理学硕士学位和亚利桑那州立大学工商管理硕士学位。

参考资料

“[USB Type-C设计和使用功率传输实现快速充电](#)。” Digi-Key, 2017年3月。

Bob Dunstan和Richard Petrie。 “[USB功率传输](#)。” USB实施者论坛, 2019年11月。

“[USB-C基础知识](#)。” ADI公司, 2020年。

“[USB功率传输](#)。” USB。

“[USB功率传输：便利性和安全性](#)。” Renesas。

