

简化 USB Type-C 开发工作指南

目录

- 摘要.....2
- 什么是 USB Type-C?2
- 专用术语.....4
- 电力输送.....4
- 故障通告.....5
- Type-C 线缆和适配器.....5
- 具有备用模式的 Type-C 适配器.....6
- 扩展坞或集线器.....8
- 解决方案.....8
- 总结.....9

摘要

最常用的电子设备都配备某种类型的通用串行总线 (USB) 端口。这些端口分为 Micro、Mini、Type-A，使用 2.0 或最新的 3.1 等不同标准。USB Type-C 是 USB 端口的重大改进，具有更快的速度和更强的输电性能。这款更先进的连接器可解决其前代产品遇到的所有问题。USB Type-C 可高速传送数据、视频并且提高了输电能力。Type-C 的这些独有优势可使消费者仅需使用 Type-C 线缆即可完成充电、视频或数据传送，无需配备多种线缆。制造商仅需在其设备上设计并配备 Type-C 端口，即可支持不同用途。

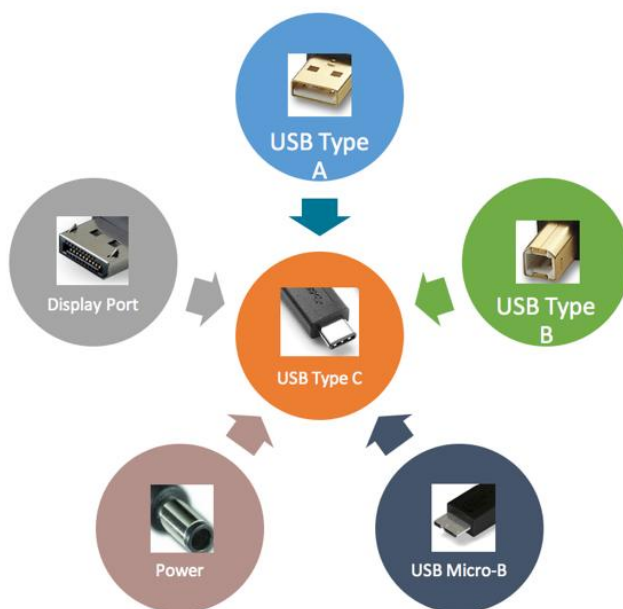
Type-C 之所以具有多种功能，是因为 USB 线缆、端口、配接器和集线器中都使用了更为复杂的嵌入式元件，而不是过去简单的内部工作元件。看似简单的 HDMI 转 Type-C 线缆其实很难设计，因为设计时需要使用嵌入式元件。设计 Type-C 解决方案时主要需要处理两个难题，其一是处理供电范围的难题，其二是处理由于采用更高的通信标准而产生通信故障的难题。连接两台设备时，需要启动电力输送协议（PD 协议）。该过程将针对传输电量、以及谁是供电方和用电方进行协商。由于此通信过程需要检测、读取并处理模拟和数字信号，因此需要在主机端口、线缆或配接器中嵌入 MCU 模块以实现 MCU 功能。如果设备之间或主机与设备之间相互不支持，则无法建立通信，就有可能发生故障。检测设备，然后设备与主机进行通信，这也需要 MCU 功能。

USB Type-C 不仅减少了接线数量，还能确保设备之间流畅传输，简化了用户和消费者的操作复杂性。但是，这会给设计者和开发人员带来难题。

**USB Type-C 具有更快的速度和更强的输电能力，可谓是 USB 端口的一大改进。
这款更先进的连接器可解决其前代产品遇到的所有问题。**

什么是 USB Type-C？

目前，USB 端口和线缆的种类繁多，其中包括 Mini、Micro、Type-A、Type-B 等。手机、笔记本电脑和数码相机的端口类型各不相同，繁多的端口类型可能会造成混淆。USB Type-C 以一个标准取代大多数连接标准，涵盖了所有设备，增加了可用性。此类型汇集所有 USB 端口和线缆的功能，解决了充电和视频传输的问题。USB Type-C 支持多种协议，能够反向兼容 USB 2.0。几乎所有的配件，包括显示器、耳机、充电器和键盘都能通过 USB Type-C 端口与计算机、平板电脑、智能手机等设备连接。



USB Type-C 插口可以兼容其他各种连接标准。

此类端口和线缆的布局如下图所示。插头翻转不会导致任何问题，因为插口使用对称式设计来接收信号。不论插头和插口的方向如何，USB 3.1 SuperSpeed TX/RX、V_{BUS}、GND 和所有其他引脚均可正确连接。Type-C 线缆可以两个方向均可插入，这对用户而言是 Type-A 端口的升级类型。

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	TX1+	TX1-	V _{BUS}	CC1	D+	D-	SBU1	V _{BUS}	RX2-	RX2+	GND
GND	RX1+	RX1-	V _{BUS}	SBU2	D-	D+	CC2	V _{BUS}	TX2-	TX2+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1

USB Type-C 插口

A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
GND	RX2+	RX2-	V _{BUS}	SBU1	D-	D+	CC	V _{BUS}	TX1-	TX1+	GND
GND	TX2+	TX2-	V _{BUS}	V _{CONN}			SBU2	V _{BUS}	RX1-	RX1+	GND
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12

USB Type-C 插头引脚输出

USB Type-C 不仅通用而且易用，但增加了采用 USB Type-C 的设备的内部复杂性。USB Type-C 增加了功率输出（提供高达 100W 的功率，可以为大电流设备充电），但对于不需要如此大功率的设备而言，却是问题。这就是为什么需要采用电力输送协议（PD 协议）。PD 协议可确保与任何连接设备的功率传输保持在适当范围内。

专用术语

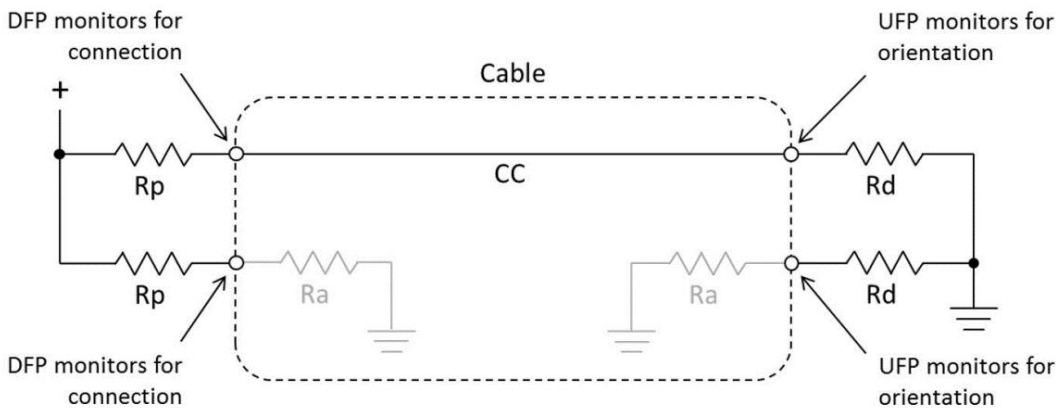
在具体介绍 USB Type-C 之前，有必要对设备、主机、供电设备（源端）和用电设备（汇端）加以区分。主机并不总是供电设备，因此术语不可互换使用。主机启动所有通信，设备进行响应。通常，主机是下行端口（即 DFP），设备是上行端口（即 UFP）。如果两台主机相连接，则双方的端口都可用作双用途端口（即 DRP），两者都可以在主机和设备间切换角色。下文所列为术语使用的常见示例：如果键盘连接至笔记本电脑，则键盘为 UFP 和汇端，笔记本电脑为 DFP 和源端。

电力输送

当 Type-C 插头插入插口时，通过充当 CC 通道上分压器的一系列电阻，在连接设备之间最初启用电力输送协议。由于插头中的 CC 通道可能连接至插口中的 CC1 或 CC2，则该插口仅通过测量 CC1 和 CC2 通道上的电压即可确定插头方向。上拉电阻的不同值代表源端可供应的不同电流值，藉此可以确定 UFP 和 DFP 的角色。用电设备无法通过不同的下拉电阻值来表示汇集的电流值；只能动态调节其负荷，与供电设备提供的最大电流匹配。

USB Type-C 具有通用性和易用性，但增加了采用 USB Type-C 设备的内部复杂性。

为了准确读取分压器，两台设备均需要使用模拟处理单元，通常在 MCU 中使用精确的模数转换器 (ADC) 来实现此目的。ADC 持续测量 CC 通道上的电压，以监测插头和插口之间的连接状况。MCU 被称为 PD 控制器，负责处理整个物理层和上层协议。其用于对输送或接收的电流值进行协商。对于简单的 Type-C 应用，由于具有电阻，所以不进行配电协商。然而，对于比较复杂的应用，设备通过 CC 通道进行协商，以协调不同的设置。



USB Type-C 通道拓扑

确定插头方向和初始电源后，各设备利用 CC 通道彼此通信。借此，设备可在不同电力水平下保持一致并指定汇端或源端，以适应实时电力输送。CC 通道也用于确定要使用何种通信类型。如上文所述，USB Type-C 可在高速导线、USB 2.0 及其他信道上进行通信。通过 CC 通道，设备能够确定要使用其中哪一个通道。但是，不是所有设备都支持所有通信协议。

故障通告

如果两台已连接设备不相互支持，则会出现故障。例如，如果一台显示器仅能够接收来自主机的视频，当其连接至无法支持和提供视频数据的主机时，则将会出现故障。如果出现故障，由于无法建立通信，所以主机将不会察觉该故障。因此，USB Type-C 标准要求显示器或设备端的嵌入式元件（布告牌设备）具有故障安全功能。布告牌设备通过 USB 2.0 标准，使用无法建立连接的 D+ 和 D- 通道将信号传送至主机。随后，主机通知用户这两台设备不兼容，如下所示。通常情况下，布告牌设备为 MCU，与 PD 控制器的作用相同。

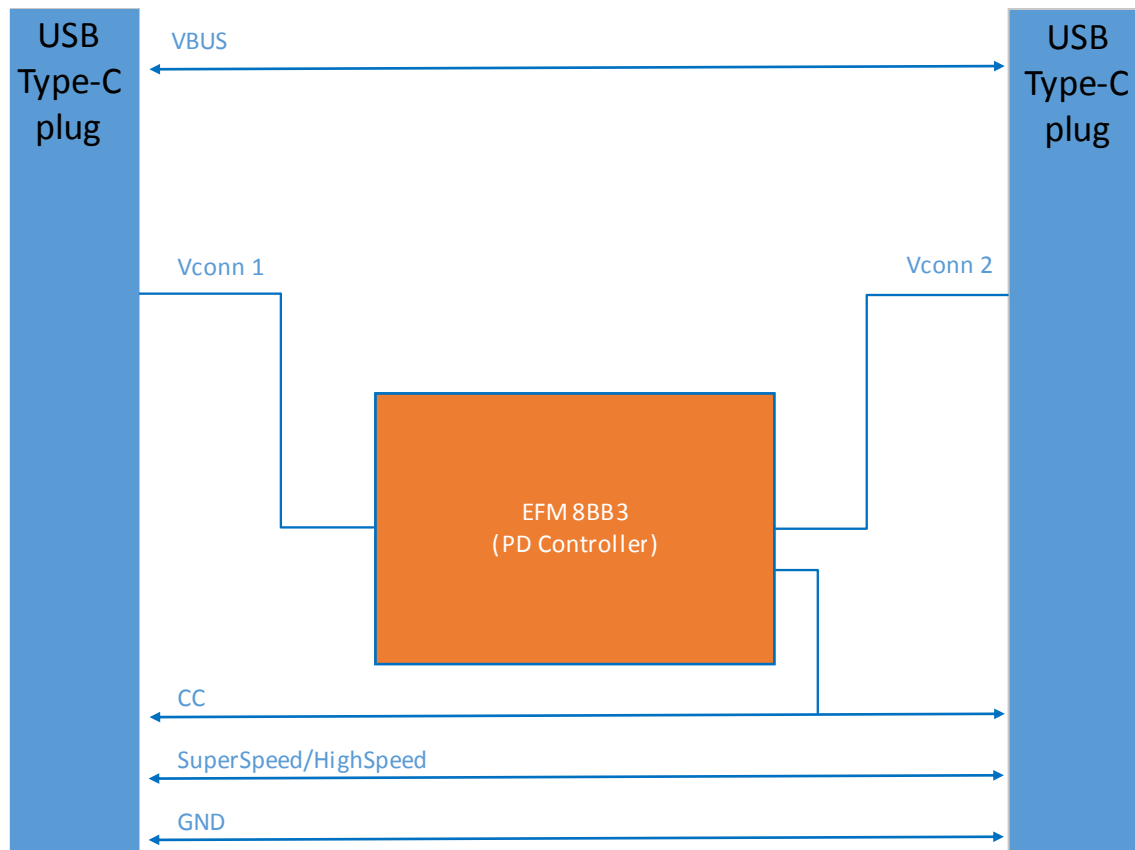


布告牌设备故障通知

Type-C 线缆和适配器

希望使用老式外围设备（不支持 USB Type-C）的用户需要使用转换线缆或配接器。有多种此类情况。第一种是将 USB 2.0 简单地转换为 Type-C，由于 USB 2.0 不支持较高的速度且 Vbus 的电压或电流不超过 5V 或 3A，线缆可简单地从 D+/D-、Vbus 和 GND 连接至连接器。第二种是 Type-C 转 Type-C (Type-C to Type-C) 线缆、将 USB 3.0/1 转为 Type-C 的配接器、或者 Vbus 的电压或电流超过 5V 或 3A 的配接器，设计此线缆或配接器比较困难。

在这些情况下，配接器成为两台设备间电量协商的组成部分，因此要求线缆或配接器使用嵌入式 PD 控制器。PD 控制器最初通过设为 5V 的 Vbus 或 Vconn 通道进行供电。随后，其与主机协商，在 Vbus 通道上设置为一致的电量水平。下图是用于连接两台 Type-C 设备的电子标识线缆 (EMCA)。PD 控制器可由 Vconn 1 或 Vconn 2 供电。EMCA 将在 CC 通道上显示其最大功率容量，源端将调整以适应其功率。



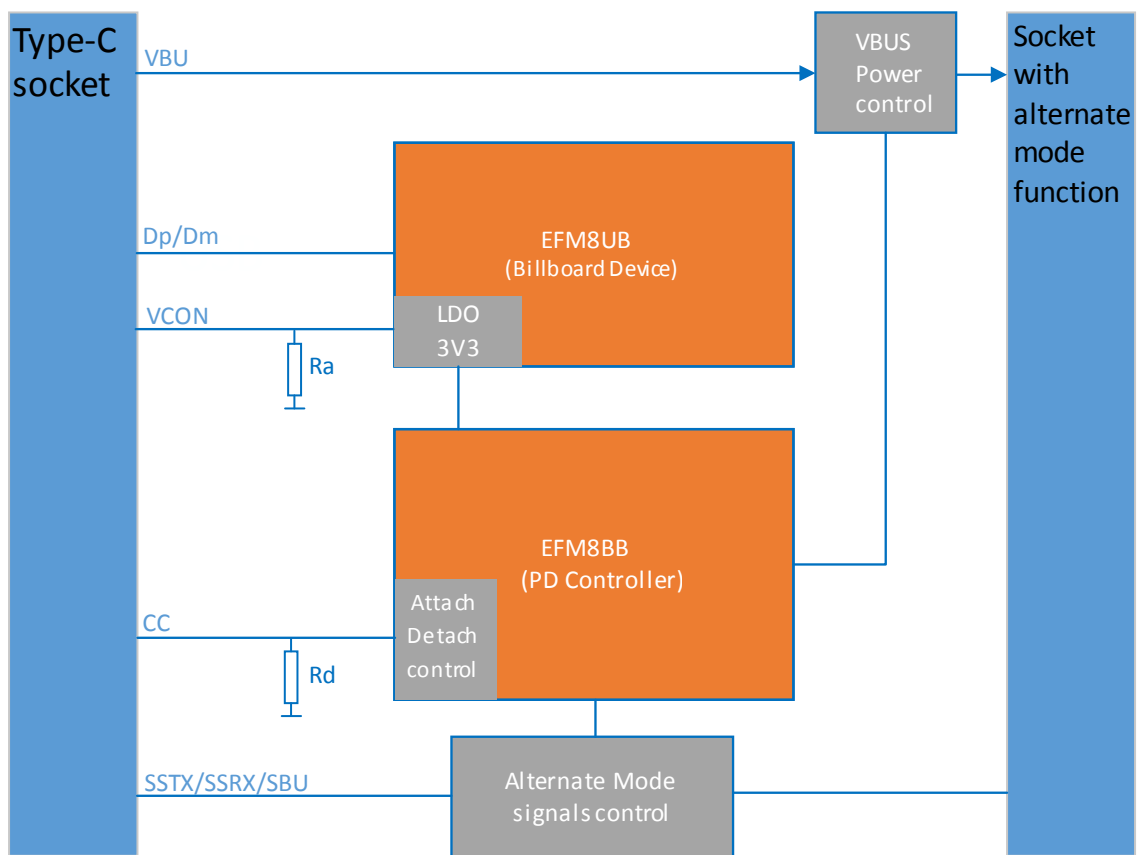
USB Type-C 转 Type-C 线缆

具有备用模式的 Type-C 适配器

备用模式是 Type-C 接口的功能扩展，允许 Display Port、PCIe 或其他通信协议使用 USB 3.1 SuperSpeed 通道。在适配器连接至兼容主机时进入备用模式。支持备用模式的配接器需要额外的预防措施和嵌入式设备。如果配接器不能进入备用模式，则必须通知主机，以避免隐蔽故障。通过布告牌设备来实现通知功能，在 USB Type-C PD 标准授权下，任何备用模式的配件都可作为布告牌设备。下面的方框图是将传统视频端口转为 Type-C 的线缆图。如果 Type-C 设备不支持传统视频格式，则 PD 控制器将通知布告牌设备，并且会将该故障依次通知 Type-C 设备。



USB Type-C 适配器线缆



USB Type-C 备用模式适配器线缆

扩展坞或集线器

扩展坞或集线器是比显示器/Type-C 转 Type-C 更为复杂的示例，必须支持多台设备充电功能。集线器可作为多种 Type-C 或 Type-A 端口、HDMI、PCIe 等接口的集合。该集线器需要多种嵌入式设备，从而成功支持连接设备。每个端口需要的电量不同，取决于连接什么设备。考虑到这一点，则每个端口都可能需要 PD 装置。

显示器、VGA 或 HDMI 等任何视频端口都将需要布告牌设备。另外，集线器需要可控制至主机流量的设备。此设计要求自从 Type-A 集线器以来没有多大变化，因为需防止通道产生冲突并确保一次仅有一台设备与主机进行通信。显然，之前的简单集线器现在需要更为复杂和严格的设计。



多重连接器 Type-C 集线器线缆

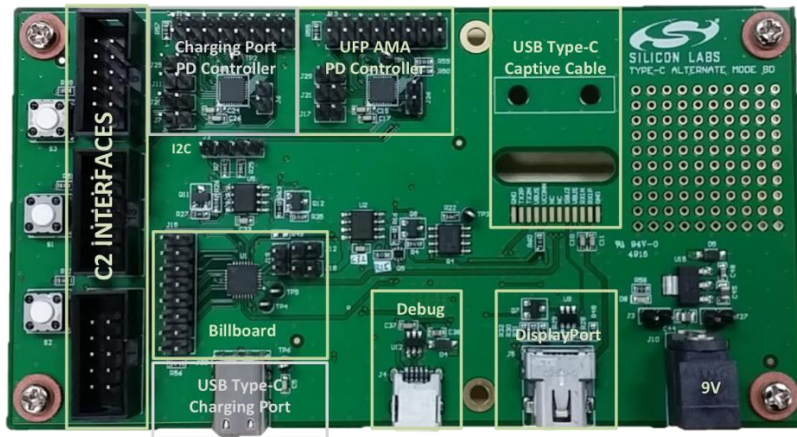
解决方案

所有增加的设计复杂性不仅仅是由开发人员来承担。Silicon Labs 提供开发板、PD 库、布告牌源代码以及针对配接器、扩展坞和设备端口的示例代码。通过在开发新 Type-C 设备时使用这些工具，客户可大幅减少 USB Type-C 的开发时间和工作量。

Silicon Labs 提供的开发板如下所示，可运行具有充电功能的 Vesa® DisplayPort™ 备用模式适配器。在此类设备的开发过程中，可通过允许电源（充电）和视频使用同一端口，进而增加主机上单一 Type-C 端口的功能。该开发板上有两个 PD 控制器（每个端口各有一个）以及随附于 DisplayPort 的布告牌设备。参考设计解决了以下问题：切换至备用模式、充电、通知主机发生故障，以及确保向显示端口和主机输送适当的电力。

较之于创建新平台并从头开始编写固件，从如图所示的开发板和提供的固件入手将会更容易且更快捷。借此，制造商和供应商可以领先竞争对手，推出功能更强大的 Type-C 解决方案。

Silicon Labs 的 MCU 与 Busy Bee 3 类似，借助 PD 功能在面积仅有 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 的单芯片（具有精密振荡器、硬件 PD PHY 层）上简化了 Type-C 设计，从而为客户提供材料清单成本较低的 PD 解决方案。用于参考设计中的 Universal Bee 1 是一种可实现布告牌功能的单芯片解决方案。借助集成调节器、精密振荡器、USB 2.0 PHY 层和 USB 引脚上的 $\pm 8 \text{KV}$ 静电 (ESD) 防护措施，面积为 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 的设备无需外部元件即可发挥布告牌功能。



总结

USB Type-C 将成为未来的通用标准。在放满线缆的抽屉里寻找合适的转换器或线缆的日子已经一去不复返。展望未来，选择接线时将考虑其端头是插头或插口，及是否可以传输更高的电量。市面上已经有只具备 Type-C 端口的智能手机、平板电脑和笔记本电脑，这些先锋的设备仅仅是个开始。也就是说，Type-C 需要嵌入式设备和固件，才能提供多种多样的功能，这为开发人员和制造商迁移设备带来了严峻的考验。Silicon Labs 提供参考设计、库、固件和支持团队，专门致力于各种应用简化 Type-C 设计要求。

作者信息

Mark Beecham 刚从德克萨斯 A&M 大学 (Texas A&M University) 毕业，取得了电机工程学学位。他是 Silicon Labs 的一名产品市场工程师，现致力于开发 USB Type-C 解决方案的工作。

Kafai Leung 是 Silicon Labs 的一名高级产品经理，主要负责 MCU 产品。她还负责制定公司的 USB Type-C 战略。她曾担任新加坡设计中心的设计主管，她的团队开发了许多 8 位和 32 位 MCU 产品。