

USB MCU 功能赋能可穿戴设备小型化和低功耗化

Nobuyuki Sato, 高级产品市场专家, EP/EP2D/EP2P/EP2P1, Renesas Electronics Corporation



概述

USB Type-C 接口应用在汽车、消费电子、PC 领域持续增长。近年来，可穿戴设备正不断向多元化领域扩展，而 USB Type-C 接口规范作为一种能伴随技术升级保持兼容性的充电标准，正受到业内广泛关注。

USB Type-C 接口标准包含 USB 数据通信、电力传输、非 USB 数据通信和视频信号标准。电力传输规范通过 USBPD(~48V5A 240W)、USB Type-C(~5V3A 15W)进行传输。配备 USB Type-C 接口的可穿戴设备，需支持高达 15W 的充电功能和 USB 通信功能之外，并为下一代型号追加了诸多功能，同时需要实现小型化、轻量化和延长电池长寿命。

RA2L2 是一款全新的入门级 USB MCU 产品，保持 RA2 系列超低功耗优点，还配备了 USB Type-C IF 功能的 USB FS（无需外置晶振）。

RA2L2 缩减了 USB Type-C 检测时的外接部件，有助于实现 PCB 电路板小型化、通过丰富的外设功能在将来能实现功能扩展、以及通过低功耗延长电池长寿命。因此，它是适合新一代可穿戴设备的理想产品。

USB Type-C 检测

在连接电缆时执行 USB Type-C 检测，从 Source 侧向 Source 侧的 R_p 电阻和 Sink 侧的 R_d 电阻施加电压，通过 Sink 侧 R_d 电阻承受的电压检测 USB Default/1.5ASource/3.0ASource。

Source current detection	Power supply	USB Type-C Cable and Connector Specification Sink CC pin Voltages Threshold(V)	
		Old standard Release2.3	New standard Release2.4
USB default	0.5A @5V	(from 0.25)	(from 0.277)
1.5A source	1.5A @5V	0.66	0.613 to 0.745
3.0A source	3.0A @5V	1.23	1.165 to 1.368

表 1: 灌电流 CC 引脚电压阈值差(V)

因此，连接 R_d 作为 Sink 侧 CC 端子的终端电阻，也可检测出 Source 侧连接到 Sink 侧。将 Sink 侧与 Source 侧相连并检测所供给的功率有多大，需要检测施加在 R_d 电阻上的电压大小。在进行快速充电情况下，要检测 R_d 承受的电压、判断 Default USB/1.5A Source/3.0A Source、通过 Charger IC 控制充电。向 R_d 电阻施加电压的检测方法，有时会使用集成在 MCU 中的 ADC。

在使用 MCU 中的 ADC 时，需要外接部件，例如 R_d 电阻、肖特基势垒二极管、模拟电源用的电容器等。此外，Default USB/1.5A Source/3.0A Source 判定还需要 CC 电压检测序列软件。

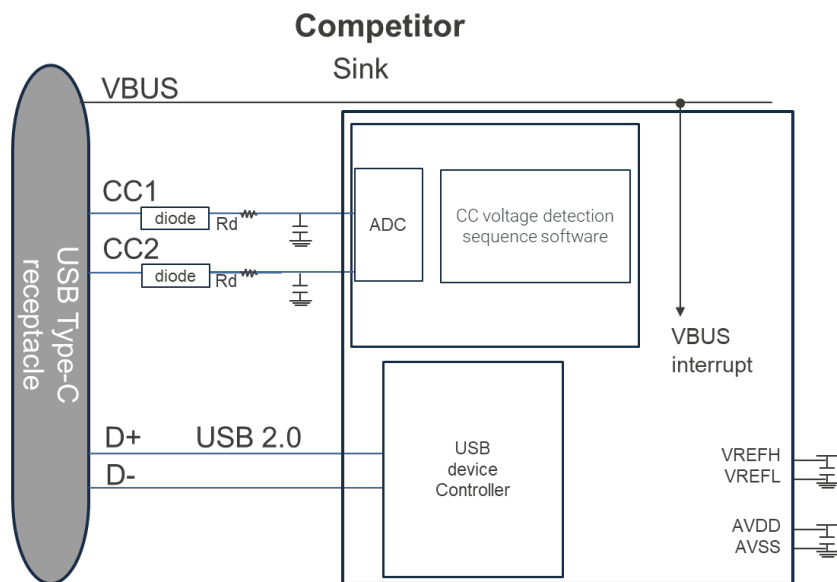


图 1 : 市场既有的 USB Type-C 检测图像

利用 RA2L2 中搭载的 USB Type-C，能够降低以下系统成本。

① 减少外围部件

RA2L2 的 USB-C IF 电路分别在 CC1 和 CC2 搭载 R_d 电阻，分别判定各自所承受的电压。因此，这样可以检测出插头反向插入、USB-C 连接和 USB 调试附件。另外，CC 端子为 5V 耐压端口，有助于减少外接部件。特别是可穿戴设备，从小型化和用户可用性的角度考量，减少与外部的接口而只采用一个 USB Type-C IF 的情形很多。另一方面，在量产过程中，需要专用的 IF 进行调试工作、日志数据收集和出货测试。通过 USB 调试附件，使用 USB 通信作为工厂通信模式，以便在生产线上写入数据和收集日志数据，有助于减少批量生产过程中的人工成本。

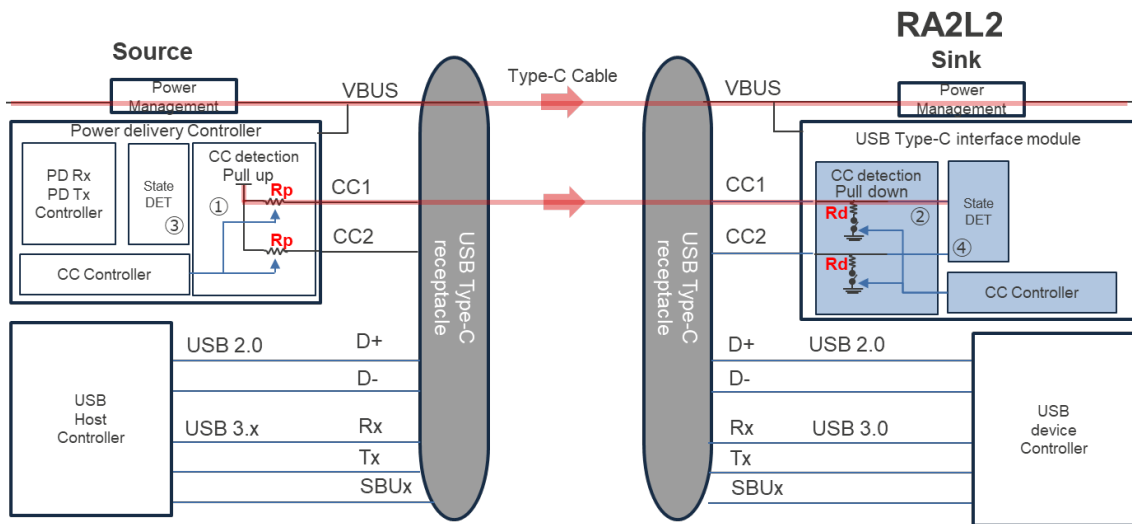


图 2：RA2L2 USB-C 连接图

② 减少软件开发工时

RA2L2 的 USB-C IF 搭载了检测专用硬件电路，与搭载在 MCU 上的 ADC 软件相比，内存使用量可以减少 50% 左右。FSP (灵活配置软件包) 提供 CC 电压检测时序驱动程序，无需软件开发工时。

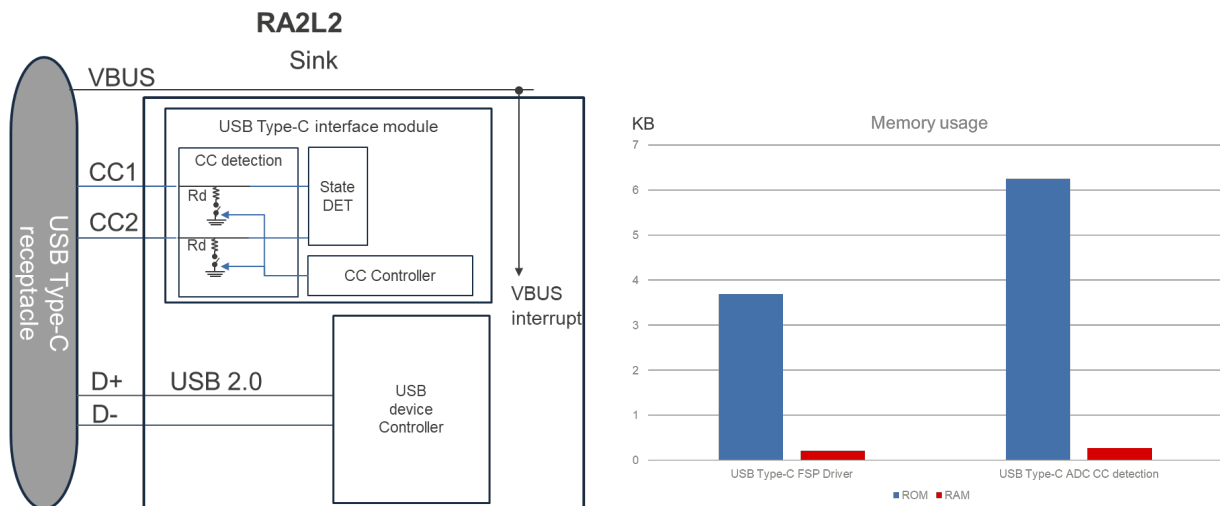


图 3：RA2L2 USB Type-C 检测电路图及内存使用情况对比

实现系统低功耗

在可穿戴设备中，电池寿命是重要的关键因素。系统待机时，能否降低动作时的消耗电流至关重要。例如，图 3 展示了可穿戴设备。FGIC 用于电池监测、充电器 IC 用于充电控制、SoC 用于主控制、MCU 用于系统控制。在系统待机状态下，只有 FGIC 运行，其他设备处于待机状态。MCU 在待机状态下通过传感器与其他 IC 外部中断（GPIO）或间隔计时器中断时恢复运行，CPU 处理后，再次回到待机状态。为了降低功耗，系统设计的重点是如何尽可能维持待机状态，并通过从待机状态快速恢复来减少不必要的功耗。

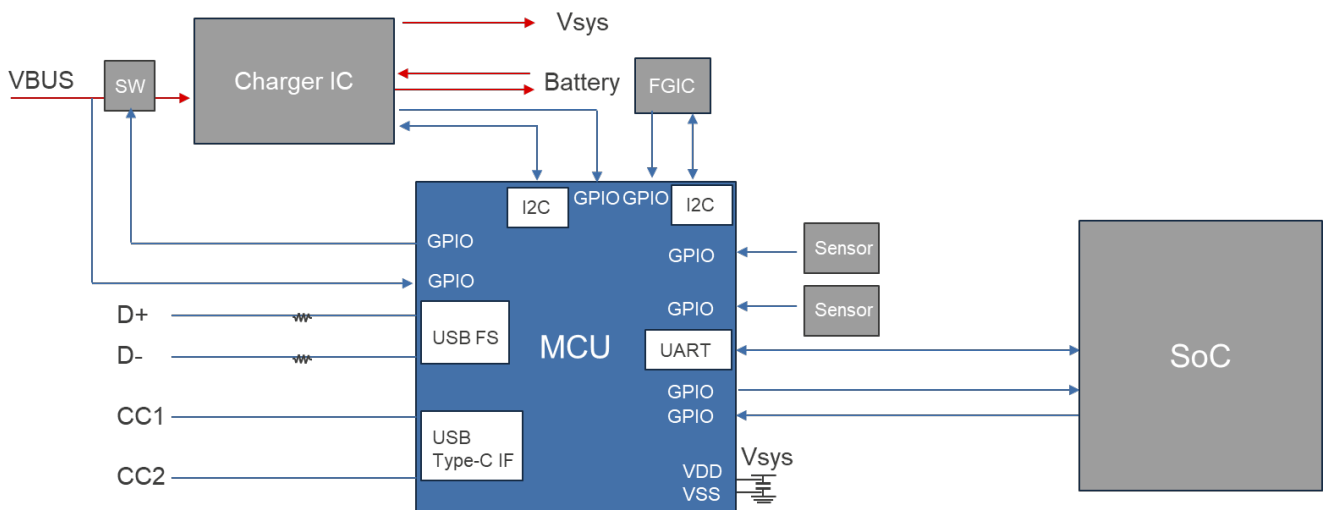


图 4：可穿戴设备的系统图像

① 耗电比较

在这种间歇动作中，MCU 除了系统动作以外，多数情况下都处于待机状态。因此，系统的主要功耗就是待机、中断和维持 RAM 之低功耗模式时的消耗电流。

在上述条件下，我们与竞争对手相比，在低功耗模式下消耗电流大概可减少 83%。（图 A）在运行模式下，消耗电流大概可减少 27%。（图 B）

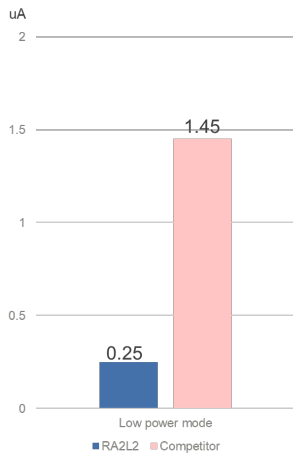


图 A：低功耗模式消耗电流可降低约 83%

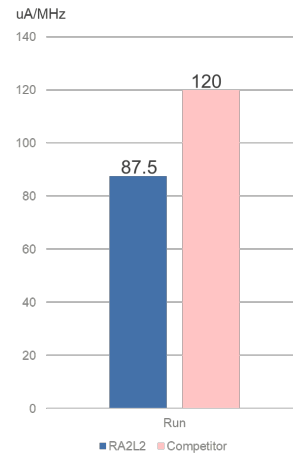


图 B：运行模式下消耗电流可降低约 27%

此外，系统可快速从待机状态恢复（7.3us）从而能够减少不必要的功耗。

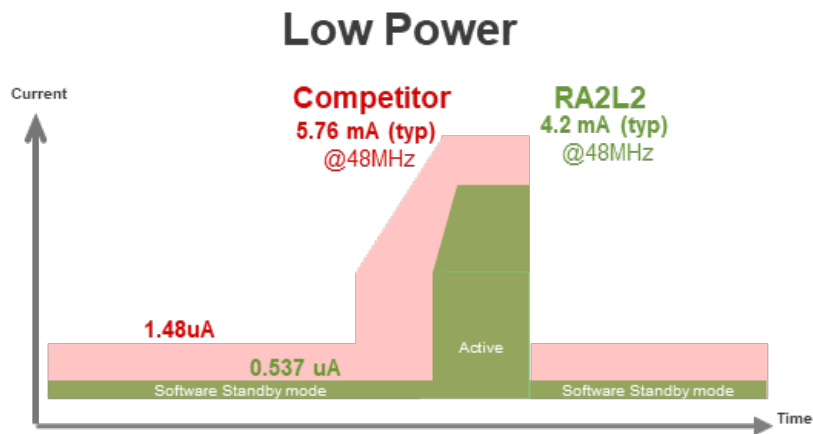
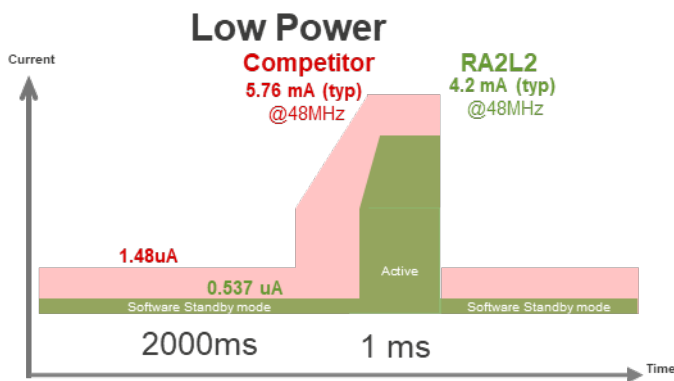


图 5：间歇工作时的电流消耗

在我们与其他供应商的对比案例中，可以看出多大程度上延长电池寿命。

假设在 2000ms 间歇动作的待机状态下，CPU 运行间歇为 1ms，50mAh 的电池可延长 10 个月左右。



友商

- $2000\text{ms} \times 1.48\text{uA}^{*1} = 2960 \text{ uAms}$
- $1\text{ms} \times 5760\text{uA} = 5760 \text{ uAms}$
- 总 $8720 \text{ uAms} =$ 平均 4.36 uA
- 50mAh 电池运行 477 天

RA2L2

- $2000\text{ms} \times 0.537\text{uA}^{*2} = 1074 \text{ uAms}$
- $1\text{ms} \times 4200\text{uA} = 4200\text{uAms}$
- 总 $5274 \text{ uAms} =$ 平均 2.63 uA
- 50mAh 电池运行 792 天

*1 : VLLS3 模式, LP 计时器启用

*2 : 软件待机模式 0.25 uA (典型值), LP 计时器 0.287 uA (LOCO=32.768kHz)

图 6 : 间歇运行期间电池消耗比较

结论

RA2L2 是一种配备外设功能的 USB MCU, 适合低功耗的应用场合。此外, FSP (灵活配置软件包) 提供包括 USB 设备在内的外设功能示例工程, 有助于减少客户软件开发工时。

相关信息

- [RA2L2](#): 48MHz Arm Cortex-M23 入门级 USB 通用微控制器
- [EK-RA2L2](#): RA2L2 MCU 评估套件
- [RTK7A2L2UCD00000BJ](#): RA2L2 MCU 的 USB Type-C 参考设计
- [USB 开发工具](#): QE USB 解决方案工具包

禁止擅自复制、转载瑞萨电子或其关联公司（Renesas）的文件，相关版权均归瑞萨电子所有。瑞萨电子所有的商标和商品名称均归各所有者拥有。瑞萨电子确保本书所列信息在其提供时是准确的，但不对其质量和使用承担风险。本书中的所有信息均为如实提供，但不论明示、暗示、法定或交易、使用或者交易惯例过程中发生的事项，我们不提供任何类型的担保，包括但不限于商品性、对特定目的的符合性、非侵害性。对于用户告知的直接性、间接性、特别性、结果性、偶发性损害或者引发任何其他损害的可能性，瑞萨电子均不承担因使用或信任本书信息而引发的责任。瑞萨电子保留未事先通知而中止制造产品、更改产品设计或规格、或者更改本书中其他信息的权利。本书所有内容均受美国和国际版权法保护。除本书特别许可之外，未经瑞萨电子事先书面许可，用户不得以任何形式或手段复制本书的任意部分。禁止访问者或用户出于公共或商业目的修改、分发、公开、发送或创建本书的衍生物。（Rev.1.0 2020 年 3 月）

本社地址

邮编 135-0061 东京都江东区丰洲 3-2-24
(丰洲FORESIA)
<https://www.renesas.com>

关于商标

瑞萨和瑞萨徽标是瑞萨电子株式会社的商标。
所有商标和注册商标均归属各自的所有者拥有。

咨询方式

本公司产品、技术、文档相关的最新信息、离您最近的业务咨询窗口等信息，敬请浏览本公司的网站。
<http://www.renesas.com/contact/>

© 2025 Renesas Electronics Corporation. 保留所有权利

文档编号：R01WP0029CC0100