

MT7932 用于 USB Type-C PD 应用的带 I²C 接口的高压大电流双向负载开关

摘要

支持 PD 协议的 USB Type-C 接口逐渐成为通用标准，且其发展到支持高功率（高达 240W）与高速数据传输能力，系统设计人员面临的关键挑战：管理动态且宽范围的功率协议、防止故障扩散，并最大限度缩小产品尺寸。

MT7932 是 M3TEK 专为 USB Type-C PD 应用开发的一款高压大电流双向负载开关，该 IC 具有 33V 耐压和 5A 电流能力，集成了超低导通电阻（ R_{dson} ）的功率器件、带 FRS 的双向导通控制、理想二极管实现反向阻断以及 I²C 数字控制接口。

MT7932 提供了全面的保护功能，包括：输入电压浪涌保护、输入电流浪涌保护、输出恒流控制、输出短路保护及热关断保护。此外，该产品的 I²C 接口支持对以下参数进行数字控制：功率流向、输入过压阈值、输出电流限制水平、软启动时间、欠压阈值及放电时间。MT7932 在实现高效率与小尺寸布局的同时，仅需极少外部元件，并提供既强大又灵活的系统保护能力。

1. 前言 (Introduction)

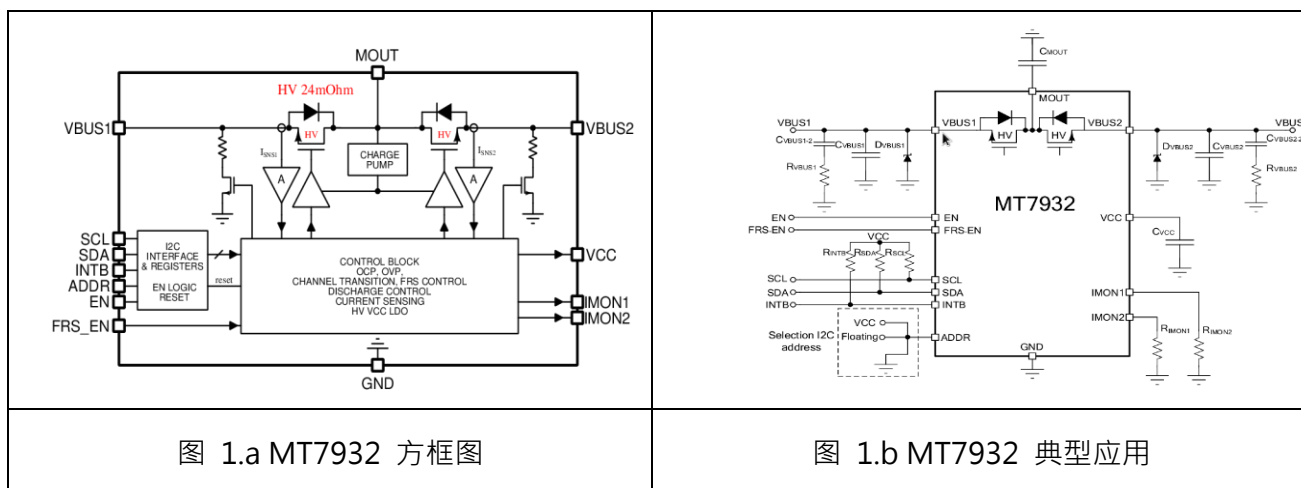
USB Type-C 连接器正在逐步成为现代平台与设备的通用连接接口。随着设备更加小型、轻薄化，以及更快的数据传输速度与更高的供电能力，支持 USB PD 的 USB Type-C 能满足众多高功耗应用的需求。由于采用 USB Type-C 的设备范围非常广泛，USB PD 供电端 (Source) 和 USB-C 受电端 (Sink) 的能力差异显著，从默认的 USB Type-C 15W (5V/3A) 到最新 USB PD 3.1 扩展功率范围 (EPR) 规范可提供的 240W (48V/5A)。如果系统中包含如笔记本电脑等双角色电源设备 (Dual-Role Power，DRP)，整体架构会更加复杂。

在更小尺寸、更高电压、更大功率、更复杂的电力流向以及多样化的电源端与受电端之间，系统需要一款具备高效率、小尺寸、并且能够灵活调整多项保护阈值的负载开关。

MT7932 是由 M3TEK 针对 USB Type-C PD 3.1 应用开发的高电压、高电流双向负载开关。

2. MT7932 描述与应用 (Description and Application)

图 1. 展示了 MT7932 的方框图与典型应用



MT7932 具备 33V、5A 的高耐压与大电流能力，集成 25mΩ 超低导通电阻 (Rdson) 的功率器件，并支持无损电流检测和模拟电流回报功能。MT7932 提供完整的保护功能，包括：

- 输入过压浪涌保护
- 输入过流浪涌保护
- 输出恒流控制
- 输出短路保护
- 过温关断保护

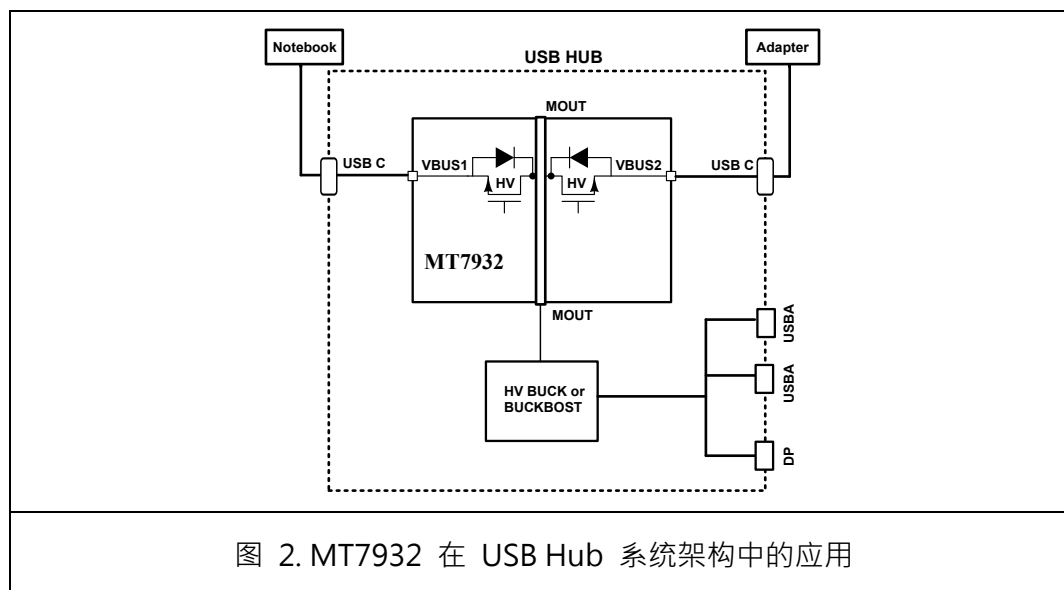
MT7932 还支持快速角色切换 (Fast Role Swap · FRS)，可用于双角色电源系统。

此外，其 I²C 接口支持对以下参数进行数字化控制：

- 电力流向
- 输入过压保护阈值
- 输出电流限制
- 软启动时间
- 欠压保护阈值
- 放电时间

MT7932 的电源路径由两个串联的 N-MOSFET (M1 和 M2) 组成，MOUT 作为公共漏极输出脚位，可为系统其他负载提供电源。

在 USB Hub 应用中 (如图 2 所示)，MOUT 可为内部控制器、USB Type-A 接口、DisplayPort (DP) 连接以及其他辅助电源轨供电。

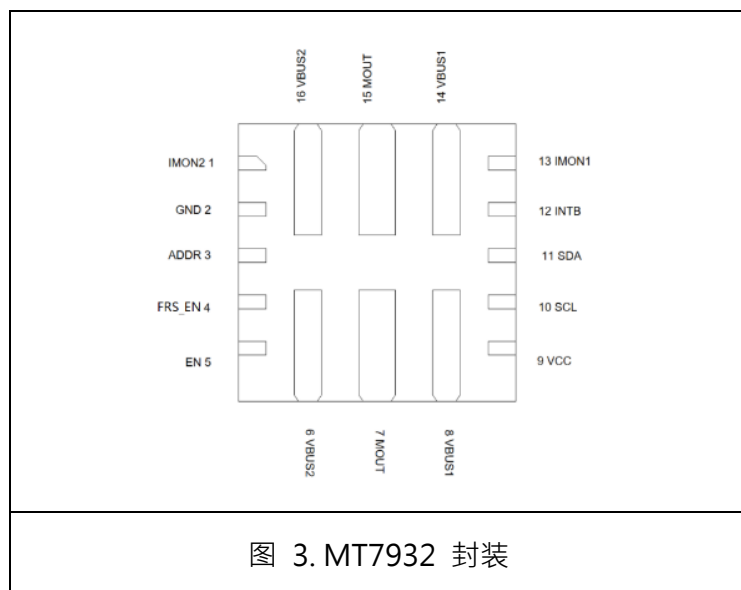


MT7932 的电力流向与使能状态可通过 I²C 控制，以支持双向电流功能。FRS_EN 引脚专为具有双角色电源 (DRP) 的系统 (如笔记本电脑) 设计。

在此类系统中，当外接电源适配器插入时，笔记本电脑作为受电端；当适配器拔掉时，笔记本需迅速切换为供电端，并持续为 Hub 及其下游设备供电不中断。MT7932 的 FRS 功能大幅简化 DRP 系统设计，并确保电源轨稳定连续供电。

在 USB PD 系统中，各端口的电压与电流能力由供电端与受电端依据 PD 协议进行协商并动态调整。通过 I²C，MT7932 能够实时匹配协商后的供电契约，调整相关输出参数，例如电流保护级别与过压保护级别。此外，MT7932 提供 IMON1/IMON2 模拟电流监测输出，并可通过外接电阻设定增益，使 PD 控制器无需额外的电流检测电阻即可感知端口电流。

MT7932 采用 3mm × 3mm 小尺寸 QFN 封装 (如图 3 所示)。凭借背对背高耐压低 Rdson MOSFET、内置电流检测、I²C 可编程功能以及完整保护机制，MT7932 省去了外接电流检测电阻与 TVS 二极管。与离散元件方案相比，该高度集成的解决方案可节省约 70% 的 PCB 面积。



3. 结论 (Conclusion)

MT7932 为 USB-C PD 电源管理树立了新的标杆，以单颗 IC 取代复杂的离散式设计，提供高度灵活性、可靠性与可扩展性。随着 USB PD 迈向更高电流与自适应电压调节方向发展，具备数字管理能力的负载开关将成为新一代系统设计的关键元件。

4. 参考文献 (References)

《MT7932 33V 5A Load Switch with I2C Interface and Programmable Over-current Over-voltage Protection for USB PD Application》M3TEK 数据手册

5. 作者简介 (About the Author)

Anna Zhou: Senior Application Engineer at M3Tek.

Amin Hu: Senior Application Engineer at M3Tek.