

特性

- USB PD 受电角色(PD Sink)
- 支持 1-4 节串联电池充电
- Buck、Buck-Boost、Boost 模式平滑切换
- 支持 Type-C 1.4 & USB PD3.0 标准
- 可靠的电源管理和保护功能
- I²C 接口监控功能

典型应用

- 电动工具
- 智能音箱
- 可携带电子设备
- 物联网设备
- 智能家居
- 无线充电
- 工业设备

描述

本参考设计包含了一颗高集成度受电端 USB PD 协议控制芯片(USB PD Sink Controller) HUSB238 和一颗高集成度 Buck-boost 充电管理芯片 MP2651。通过该参考设计, 可使用 USB PD 电源适配器给 1-4 节锂电池充电。HUSB238 与 PD 电源适配器(PD Source) 进行协商, 可设置为请求 PD 最高输出电压, 通过充电管理 MP2651 模块给 1-4 节电池充电。通过 I²C 接口可高级设置 PDO 请求, 同时可实时监控输入电压充电电压电流器件温度等信息。无需要外加 FETS 可支持 60W 的充电功率, 减小设计尺寸及总体成本。

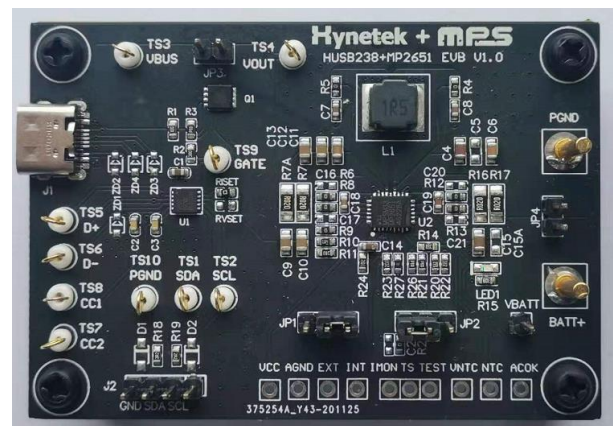
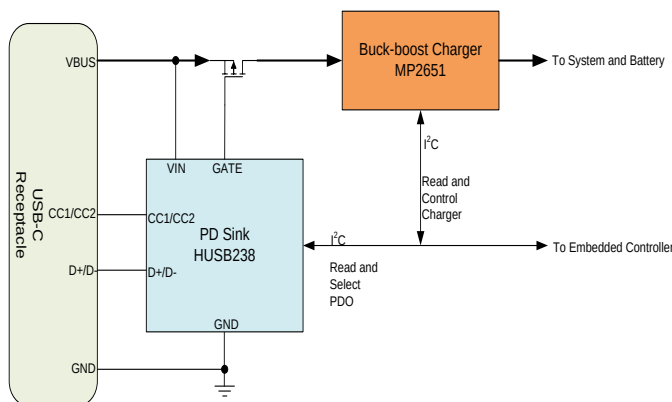
该参考设计为用户提供超小型化、高可靠性的集成 USB PD 和 1-4 节电池充电方案。

设计资源

[HUSB238](#)

[MP2651](#)

应用框图和实物照片



目录

特性.....	1
典型应用	1
描述.....	1
设计资源	1
应用框图和实物照片	1
目录.....	2
简介.....	3
设计规格	3
设计综述	4
应用框图	4
关键产品	4
测试结果	6
测试条件	6
测试仪器	6
测试设置	6
测试流程	6
测试结果	6
测试波形	7
总结.....	9
设计资料	10
原理图.....	10
BOM 表.....	11
PCB 布局	12
Important Notice	13

简介

该参考设计是一个集成 USB Type-C PD 控制器 HUSB238 和电池充电管理控制器 MP2651 的系统，充电功率高达 60W，覆盖 15W-60W 宽功率范围。该参考设计可以支持通过 USB Type-C 端口给 1-4 节串联电池充电，包含 USB Type-C PD 通信协议和充电管理功能。

该参考的特点是 PD 充电高达 20V3A，无需外加 MOSFET。此外，HUSB238 和 MP2651 均集成了 I²C 接口作为从机，开发者可通过系统处理器和 I²C 接口进行监控和更高级的设置，比如监控输入 PD 电源的输出能力及请求输入的电压档位，监控电池的充电状态等。

设计规格

该参考设计展示了 USB Type-C PD 协议结合电池充电管理系统如何实现高效给电池充电。本设计可用于电动工具、智能家居、移动电源及各种便携式电子设备。这种设计最大的优势是使用 USB PD 作为输入电源无需考虑 USB PD 的功率等级及输出规格，都可以方便地给 1-4 节电池进行充电。

表 1.

参数	数值	注释
PD 受电能力	5V-20V	VBUS 电压，连接到 Type-C 端口输入
电池数量配置	1-4 节电池	串联电池的数量
充电电流	最大 3A	电池充电电流

设计综述

应用框图

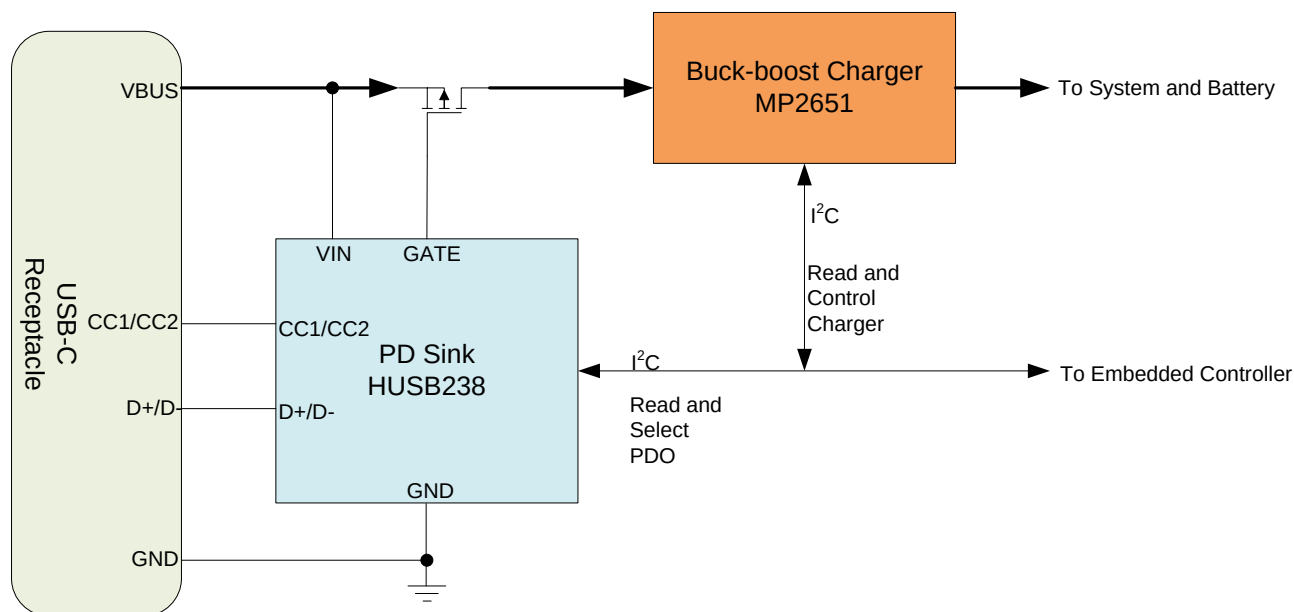


图 1 RD-010 应用框图

关键产品

HUSB238 – USB PD 受电端协议芯片

HUSB238 是一颗用于设备端的高度集成度 USB PD 控制器。HUSB238 完美兼容 PD3.0 协议及 Type-C V1.4，在与电源建立连接后还支持 Apple Divider 3，BC1.2 SDP，DCP 及 CDP 的检测。HUSB238 在 CC 线上集成 Rd，当它被接入电源时会尝试与 USB Type-C 进行握手。当握手成功之后，HUSB238 会监控 CC 线上由电源发出在 CC 线的数据包，如果检测到有效的数据包，HUSB238 会发出 PDO 请求指令，请求电源输出相应的电压；如果检测不到有效的数据包，HUSB238 会进入 Apple divider 3 或 BC1.2 协议模式，尝试建立正确的充电协议。这种方案也被称为桶形连接器替换(Barrel Connector Replacement, BCR)，旨在替代传统的桶形连接器和 DC 插座(DC JACK)。

HUSB238 产品主要特点如下:

- USB-IF 认证 PD sink 控制器，TID 3666
- 3mmx3mm DFN-10L 超小封装
- 支持 Type-C 1.4 & USB PD3.0 标准
- 传统的 USB 受电设备，BC1.2 SDP、CDP 和 DCP 检测，Apple Divider 3 检测
- 3.0 至 25V 工作电压范围
- VIN, GATE 最高耐压 30V，CC1 和 CC2 引脚 25V 高压保护
- 外部电阻网络设置动态申请电流电压值 (VSET & ISET)
- I²C 接口通信实现高级 PDO 申请
- Cable 应用可模拟 eMarker 功能，适用于电流大于 3A 应用
- 集成负载开关驱动，可驱动 PMOS 或者负载开关芯片
- VBUS 过压和欠压保护
- 过温保护，过温保护门限可配置
- 低功耗
- 工作温度范围：-40°C - 125°C

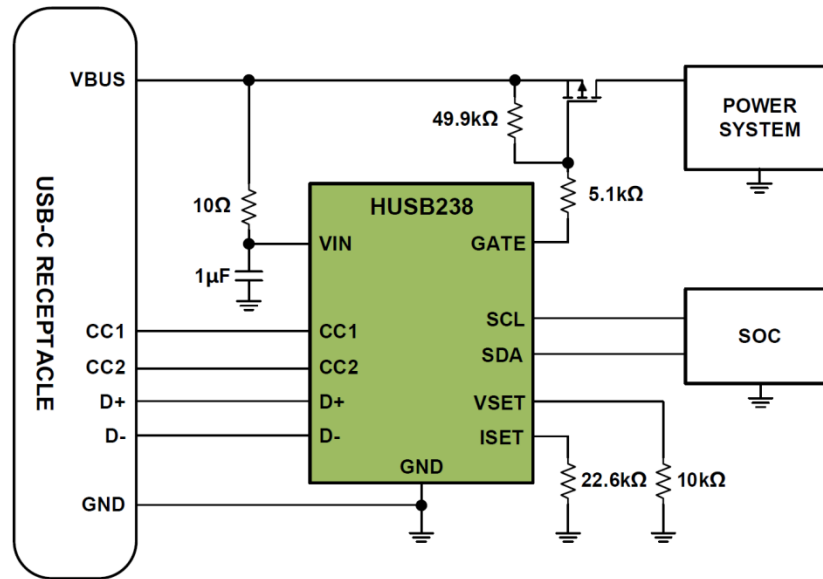


图 2. HUSB238 典型应用电路

MP2651 – Buck-boost 充电器

MP2651 是一颗专为 1-4 节电池包设计的升降压充电管理 IC，支持输入电压 4V-21V。归功于升降压（Buck-boost）的拓扑架构，电池电压高于或低于输入电压系统都会正常工作。当接入输入电压，MP2651 工作在充电模式，它会检测电池电压以相应模式给电池充电，含有 4 种充电模式：恒定涓流充电模式、恒流预充模式、恒流快充模式、恒压充电模式，还有其他的特点是充电终止和自动复充电。MP2651 还集成了输入限流和输入限压，以避免输入电源过载，这符合 USB 和 PD 规范。当充当电源角色（Power Source）时，MP2651 还可以提供宽范围（3V 至 21V）的电压输出，同样具备限流功能。这些功能使得 MP2651 满足 USB PD PPS 的应用。

采用 I²C/SMBUS 接口，可灵活编程 MP2651 的充放电参数，如输入电流限制，输入电压限制，充电电流，电池全调节电压，输出电压和源模式电流等。它还可以通过寄存器提供操作中的状态和故障。为了保证安全运行，IC 将元件温度限制在可编程阈值。其他安全特性包括输入过电压保护、电池过电压保护、系统过电压保护、热关机和可编程定时器，以防止死电池的长时间充电。

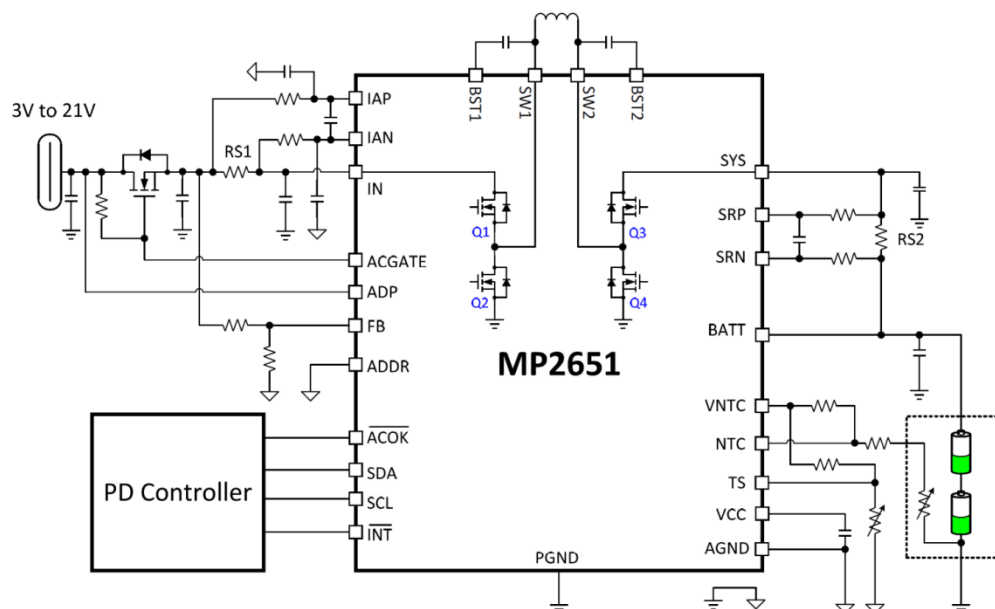


图 3. MP2651 典型应用电路

测试结果

测试条件

常温条件，输入：60W 或以上 PD 电源适配器，或者 5V3A 的 USB-C 电源适配器，输出：1 - 4 节串联电池。

测试仪器

示波器 Tektronix MDO3024、联想 65W PD 电源适配器或者 5V3A USB-C 适配器，万用表。

如需使用 I²C 接口监控需额外设备，包括：带 USB 接口电脑一台、USB 数据线、USB-to-I2C Communication Kit (EVKT-USBI2C-02)、软件包 Programming Tool - MP2651)。

测试设置

图 4 给出了测试的接线图。为取得最佳的评估效果，推荐采用输出功率大于或者等于 60W 的 PD 电源适配器。



图 4. EVB 测试连线图

测试流程

1. 将 1 节或 4 节串联电池正极接到 BATT+ Pin 针上，电池负极接到 PGND Pin 针上。
2. 将 USB PD 电源通过 USB-C 线缆接入参考设计板子的 Type-C 接口。
3. 将示波器探头分别接到 VBUS，CC1/2，VBATT，电流探棒圈电池正极线路。

测试结果

在连接好电路后，上电之前，可以在电脑软件通过 I²C 接口设置 MP2651 充电电池的节数及电流大小，也可通过 I2C 设置好 HUSB238 请求 PD 输出电压档位（测试时，通过 ISET、VSET 引脚外接电阻来设置的），设置好这些参数之后，给 PD 电源上电，可以看到 HUSB238 会同 PD 协议进行协商请求相应的电压来给电池充电，无论请求电压是 5V 还是 20V，由于 MP2651 是升降压的工作模式，都可以给 1-4 节电池充电。同时软件 Programming Tool - MP2651 可以实时监控输入电压、电池电压及充电电流、系统工作模式及器件温升等一系列故障指示。

通过 HUSB238 的 I²C 接口，可以实现监控功能和设置功能。监控功能包括：Type-C 插入方向，连接状态，PD 握手响应状态，PD 握手的电压和电流，PD 充电器 Source Capabilities 里面的 PDO 信息。设置功能包括：RDO 选择，匹配规则，GATE 引脚的相应动作，VBUS 放电时间，使能或者关闭支持数据通信功能，OTP 门限 VID 和 PID。

测试波形



图 5. 设置 1 节电池充电电流 1A

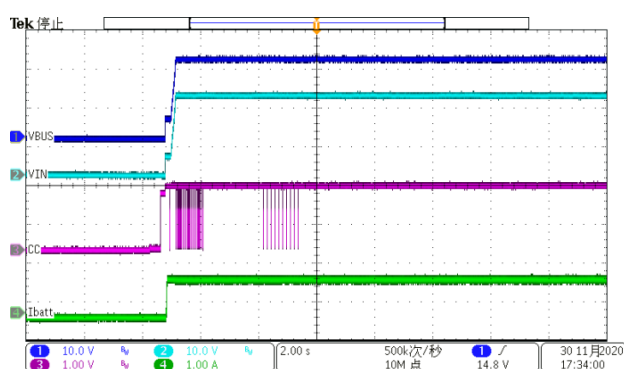


图 6. HUSB238 请求 20V 充电

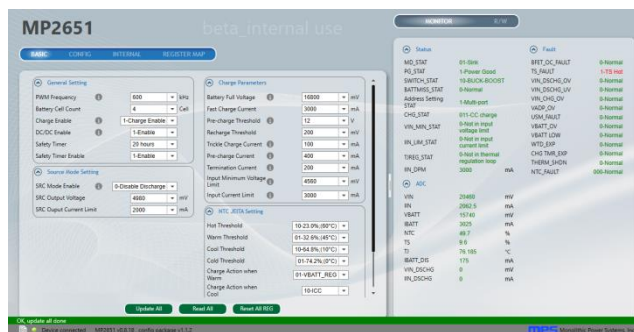


图 7. 设置 4 节电池充电电流 3A

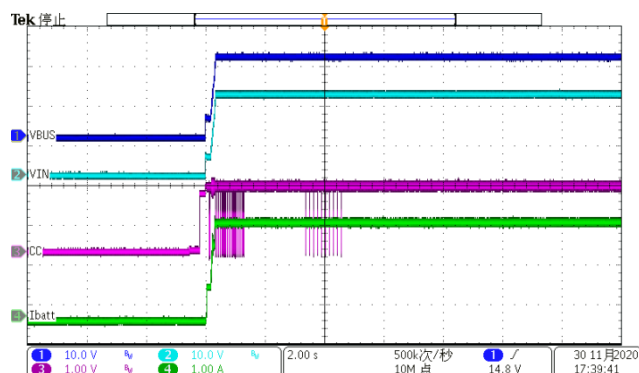


图 8. HUSB238 请求 20V 充电

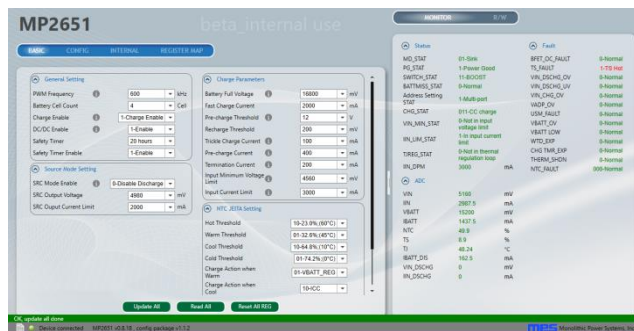


图 9. 设置 4 节电池充电电流 2A

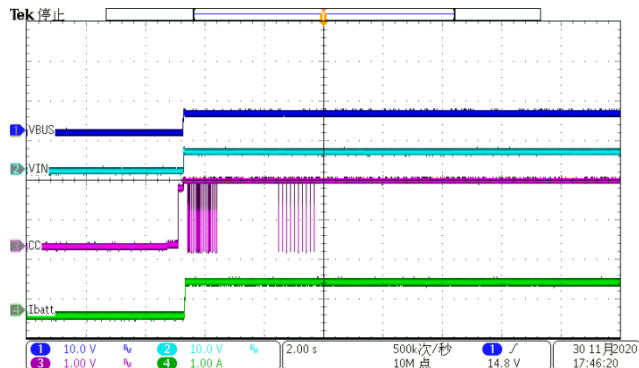


图 10. HUSB238 请求 5V 充电

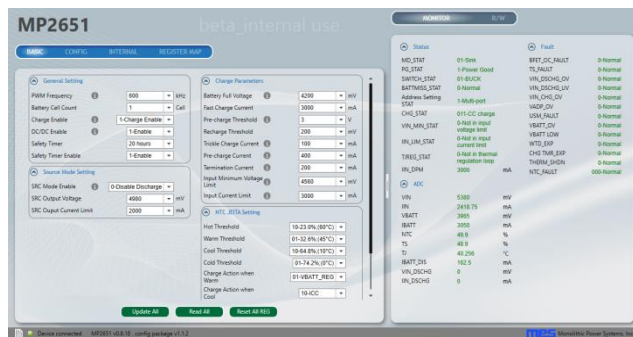


图 11. 设置 1 节电池充电电流 3A

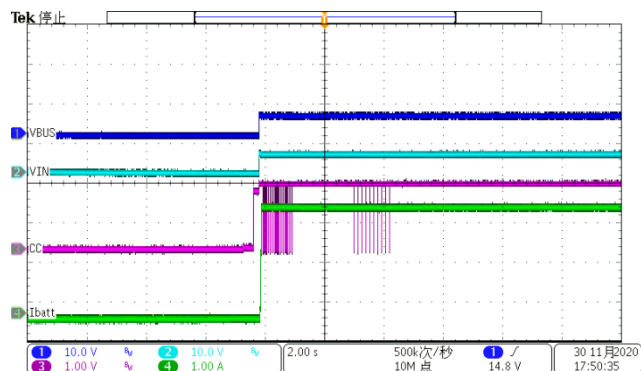


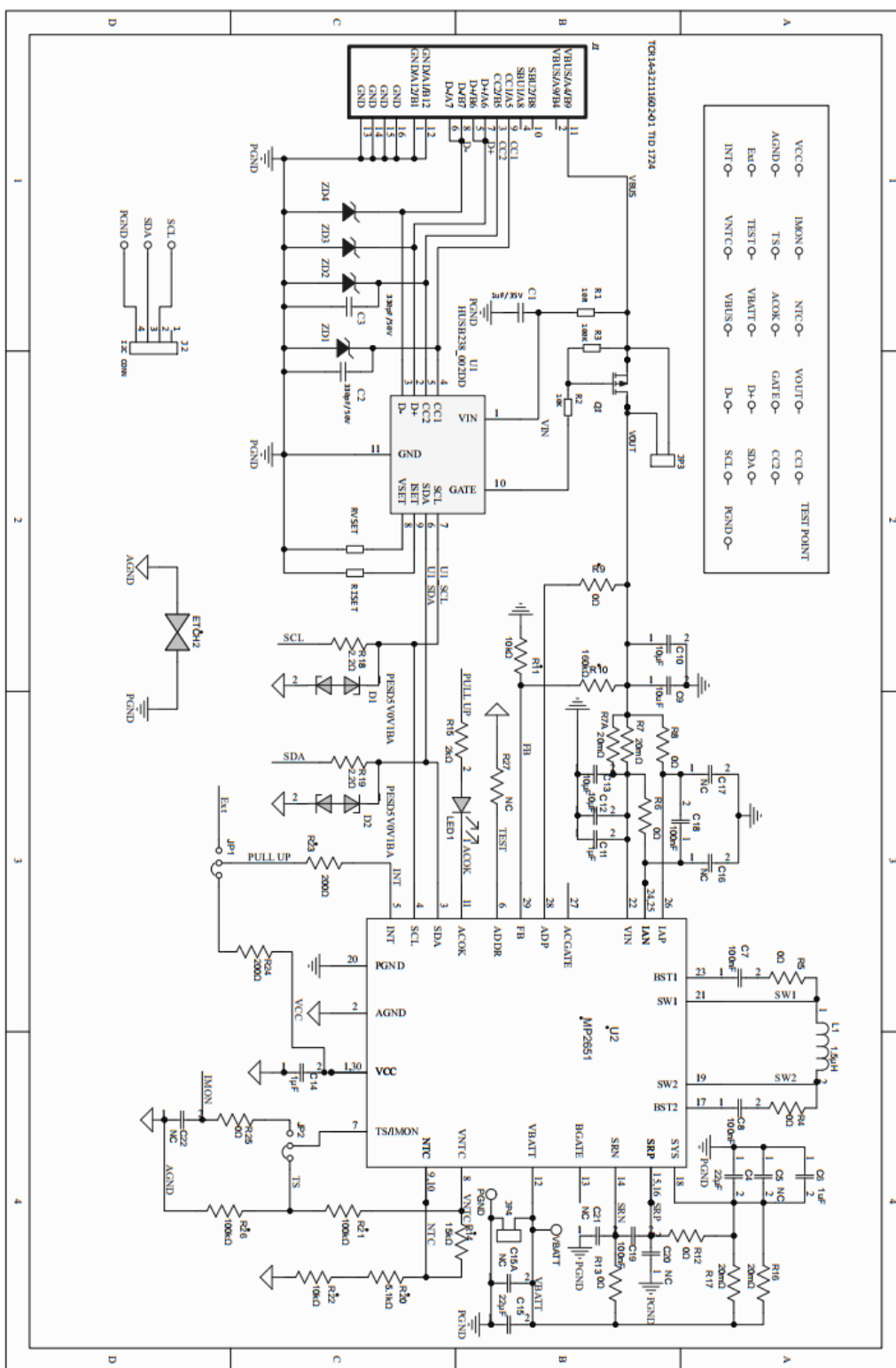
图 12. HUSB238 请求 5V 充电

总结

该参考设计专为 USB Type-C 接口输入给 1-4 节电池充电应用提供一个很好的参考，用户可以快速上手。该参考设计应用非常方便且广泛，大大节约开发时间及成本。HUSB238 获得 USB-IF PD3.0 认证，具有很好的兼容性。同时 MP2651 内置 4 颗超低内阻 MOS，可工作在降压、升压、升降压的工作模式且模式切换平滑，最大可输出 60W 功率。该参考设计为用户提供超小型化、高可靠性的集成 USB PD 和 1-4 节电池充电方案。

设计资料

原理图

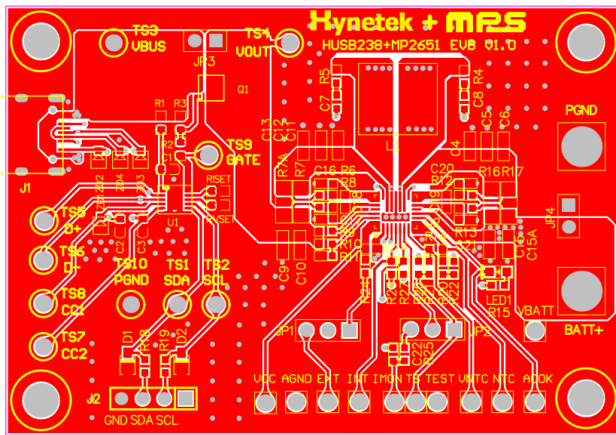


BOM 表

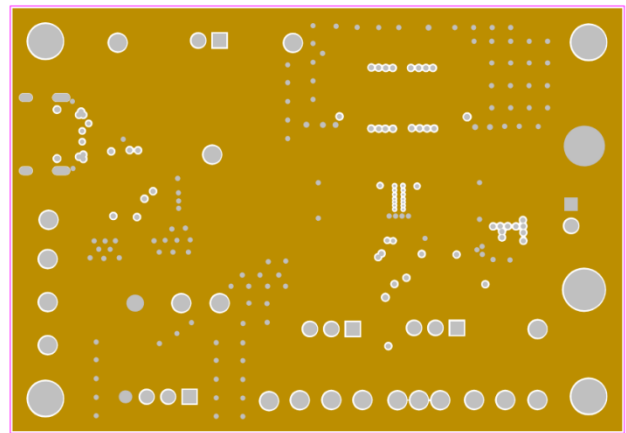
Reference Design BOM					
序号	物料名称	规格描述	位号	数量	备注
插件部分					
1	PCB	72.5*50*1.6mm/1oZ/无铅锡板 /过孔盖油		1	
2	pin 针	Header, Male 2-pin, 2.54mm spacing	JP3,JP4	2	
3	pin 针	Header, Male 3-pin, 2.54mm spacing	JP1,JP2	2	
4	pin 针	Header, Male 4-pin, 2.54mm spacing	J2	1	
5	pin 针	Connector 2.0pin	BATT+/PGND	2	
6	连接器	TCR14-32111602-01	J1	1	
贴片部分					
7	贴片电阻	10Ω 0603 5%	R1	1	
8	贴片电阻	10KΩ 0603 5%	R2	1	
9	贴片电阻	100KΩ 0603 5%	R3	1	
10	贴片电阻	0Ω 0603 5%	RISET	1	
11	贴片电阻	NC	RVSET		
12	贴片电容	330P50V X7R 0603	C2.3	2	
13	贴片电容	105K35V X7R 0603	C1	1	
14	MOSFET	AD30P47D3 DFN3*3 -30V	Q1	1	
15	ESD 管	NC	ZD1,ZD2,ZD3,ZD4,D1,D2		
16	贴片电阻	0Ω 0603 5%	R4,R5,R6,R8,R9,R12,R13	7	
17	贴片电阻	20mR 1206 1%	R7,R7A, R16,R17	4	
18	贴片电阻	160KΩ 0603 1%	R10	1	
19	贴片电阻	10KΩ 0603 1%	R11	1	
20	贴片电阻	15KΩ 0603 1%	R14	1	
21	贴片电阻	2KΩ 0603 1%	R15	1	
22	贴片电阻	2.2Ω 0603 1%	R18,R19	2	
23	贴片电阻	5.1KΩ 0603 5%	R20	1	
24	贴片电阻	100KΩ 0603 5%	R21,R26	2	
25	贴片电阻	5.1KΩ 0603 5%	R22	1	
26	贴片电阻	200Ω 0603 5%	R23,R24	2	
27	贴片电阻	0Ω 0603 5%NC	R25,R27	2	
28	贴片电容	22uF25V X7R 0805	C4,C15	2	
29	贴片电容	NC	C5,C15A,C16,C17,C18,C19,C20,C21,C22		
30	贴片电容	1uF25V X7R 0805	C6,C11,C14	3	
31	贴片电容	100nF25V X7R 0603	C7,C8	2	
32	贴片电容	10uF25V X7R 0805	C9,C10,C12,C13	4	
33	LED 指示灯	BLHGE35A-AVTRB LED, Green	LED1	1	
34	贴片电感	Inductor, 1.5μH, 9mΩ, 14.5A SMD	L1	1	
35	IC	MP2651GVT QFN 4X5	U2	1	
36	IC	HUSB238_002DD-DFN-10L	U1	1	Hynetek

PCB 布局

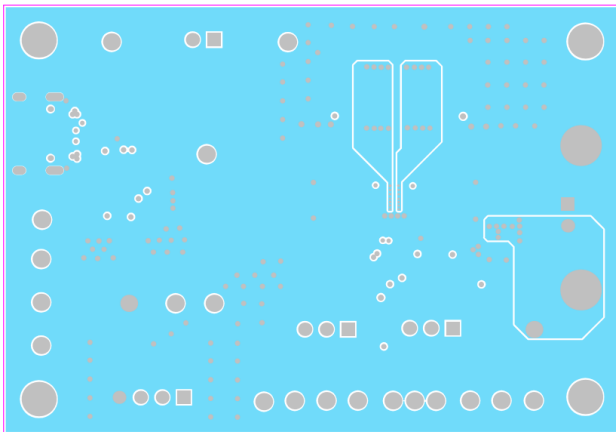
Top Layer



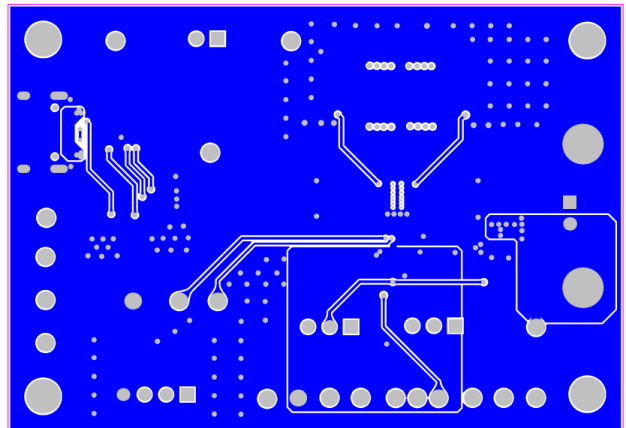
Mid Layer1



Mid Layer2



Bottom Layer



IMPORTANT NOTICE

Hynetek Semiconductor Co., Ltd. and its subsidiaries (Hynetek) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to Hynetek's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

Hynetek warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in Hynetek's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent Hynetek deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

Hynetek assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using Hynetek components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

Hynetek does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which Hynetek components or services are used. Information published by Hynetek regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from Hynetek under the patents or other intellectual property of Hynetek.

Reproduction of significant portions of Hynetek information in Hynetek data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Hynetek is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of Hynetek components or services with statements different from or beyond the parameters stated by Hynetek for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated Hynetek component or service and is an unfair and deceptive business practice.

Hynetek is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of Hynetek components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by Hynetek. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify Hynetek and its representatives against any damages arising out of the use of any Hynetek components in safety-critical applications.

In some cases, Hynetek components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, Hynetek's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No Hynetek components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those Hynetek components which Hynetek has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of Hynetek components which have not been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

Hynetek has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, Hynetek will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

Please refer to below URL for other products and solutions of Hynetek Semiconductor Co., Ltd.