The following document contains information on Cypress products. The document has the series name, product name, and ordering part numbering with the prefix “MB”. However, Cypress will offer these products to new and existing customers with the series name, product name, and ordering part number with the prefix “CY”.

How to Check the Ordering Part Number

1. Go to www.cypress.com/pcn.
2. Enter the keyword (for example, ordering part number) in the **SEARCH PCNS** field and click **Apply**.
3. Click the corresponding title from the search results.
4. Download the Affected Parts List file, which has details of all changes

For More Information

Please contact your local sales office for additional information about Cypress products and solutions.

About Cypress

Cypress is the leader in advanced embedded system solutions for the world's most innovative automotive, industrial, smart home appliances, consumer electronics and medical products. Cypress' microcontrollers, analog ICs, wireless and USB-based connectivity solutions and reliable, high-performance memories help engineers design differentiated products and get them to market first. Cypress is committed to providing customers with the best support and development resources on the planet enabling them to disrupt markets by creating new product categories in record time. To learn more, go to www.cypress.com.

AN205003

F²MC-8FX 家族基于 MB95F223 的锂离子充电器

本文档主要描述了锂离子电池集成了多功能定时器和 A/D 转换器等功能，可对锂离子电池进行充电，适用于降压转换。

目录

1 介绍 1
2 操作理论 2
2.1 电池充电 2
2.2 人机接口 3
3 锂离子电池充电器的特征 4
4 锂离子电池充电器硬件设计 5
4.1 硬件结构图 5
4.2 MCU 控制电路 6
4.3 充电器主要控制电路 7
4.4 电池电压检测电路 9
4.5 电池温度检测电路 10
4.6 MCU 编程电路 11
4.7 端子信息 12
5 锂离子电池充电器软件 12
5.1 软件描述 12
5.2 状态图 13
5.3 电池插入检测 14
5.4 涓流充电 14
5.5 快速充电 14
5.6 恒定电流充电 14
5.7 恒定电压充电 14
5.8 安全保护 15
5.9 源文件 16
6 结论 16
7 更多信息 16
8 示意图 17
8.1 EV 板设计 18
8.2 材料单 20
文档修改记录 22

1 介绍

本文档描述了基于 LPC MCU MB95F223K 和 MB39A134 的锂离子电池充电器。 MB95F223K 是一个 SOP16 封装 MCU，芯片上集成了多功能定时器和 8/10 位 A/D 转换器等功能。MB39A134 是一个用于充电锂离子电池的 DC/DC 转换器 IC，适用于降压转换，可使用脉冲宽度调制（PWM）独立控制充电电压和充电电流。

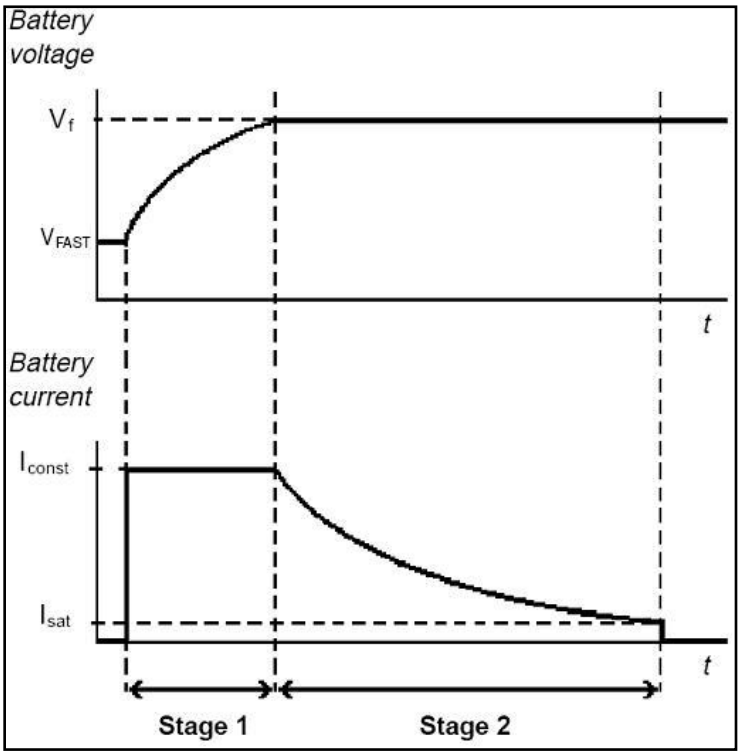
本文档主要描述了该锂离子电池充电器的硬件和软件设计。

2 操作理论

2.1 电池充电

锂离子电池的充电过程完全不同于 NiCd 或 NiMH 电池。锂离子电池有两种充电方式（图 1），恒定电压和恒定电流。

图 1. 锂离子的充电方法



例如，为单个锂离子电池充电需要两个步骤。步骤一（恒定电流充电），充电电流保持恒定（I_{const}）直到电池电压达到最终电池电压（V_F）。注意：如果超出最终电压，电池可能遭受重大破坏。步骤二（恒定电压充电），电压保持恒定，在此条件下，逐渐减少电流。电流低于制造商设定的阈值时（I_{SAT}），停止充电。该电流表明电池已经饱和。

如果电池电压低于某一阈值（V_{FAST}），可使用快速充电。快速充电一段时间后（t_{FAIL}），如果电池电压依然很低（低于 V_{FAIL}），表明电池故障并停止充电。

如果充电时间超过某一到期值（t_{EXP}），即使电池没有饱和，充电停止。 因为 t_{EXP} 大于 t_{FAIL}，表明电池状况良好和充电充分。

系统也检测电池温度。 如果电池过热，充电暂停直到电池变冷。

电池饱和后，仍检测电压，防止电池完全放电。如果电池电压低于 V_{TRI}，充电重新开始，直到 再次达到 V_F。涓流充电开始时，
重置充电时间。

EV 板使用的充电参数：

表 1. 充电参数

标志	意义	值	单位
V_F	最终电池电压	4.2	V
V_{TRI}	涓流充电电压	1.0	
V_{FAST}	快速充电电压	3.0	
V_{FAIL}	电池故障电压	1.0	
I_{CONST}	恒定充电电流	2.0	A
I_{SAT}	电池饱和电流	100	mA
T_{FAIL}	电池故障时间	1	h
T_{EXP}	充电到期时间	4	

2.2 人机接口

充电器周期性地检查电池的存在，因此不需要按钮用于开始或停止充电。

EV 板包含一个复位按钮。

一对 LED（绿色/红色）用于指示充电状态。

表 2. LED 颜色和状态

颜色	状态
关闭	没有电池，坏电池或没有充电
仅红色	电池充电中
红色和绿色	过热或过冷
仅绿色	充分充电
红色闪烁	涓流充电
绿色闪烁	快速充电

3 锂离子电池充电器的特征

MB39A134+LPC 锂离子电池充电器具有以下特征：

- 输入电压：8-25V
- 充电电流：0.2A-5A
- 通过设置 CELL 引脚支持 2、3 以及 4 个电池组
- 通过设置 ADJ3 引脚可选择充电电压为 4.1V/cell 或 4.2V/cell
- 过压保护
- 过充电保护防止电池损坏
- 电池短路情况下的过流保护
- 电池插入检测
- 缺陷电池检测
- 过热保护防止电池在充电期间温度过高
- 支持 CC/CV 模式充电
- 支持涓流充电（锂电池低于 3.0V）
- 支持充分充电检测
- 充电电压设置精度 ±0.7%（4.2V）

锂离子电池充电器规格：

表 3. 锂离子蓄电池充电器规格

参数	最小	典型	最大	单位
输入电压	8	19	25	V
输出电压	4.1	12.6	16.8	V
输出电流	0	2	5	A

注意：此方案适用于不依靠监视充电电流判断充分充电的应用。

4 锂离子电池充电器硬件设计

4.1 硬件结构图

图 2. 硬件结构图

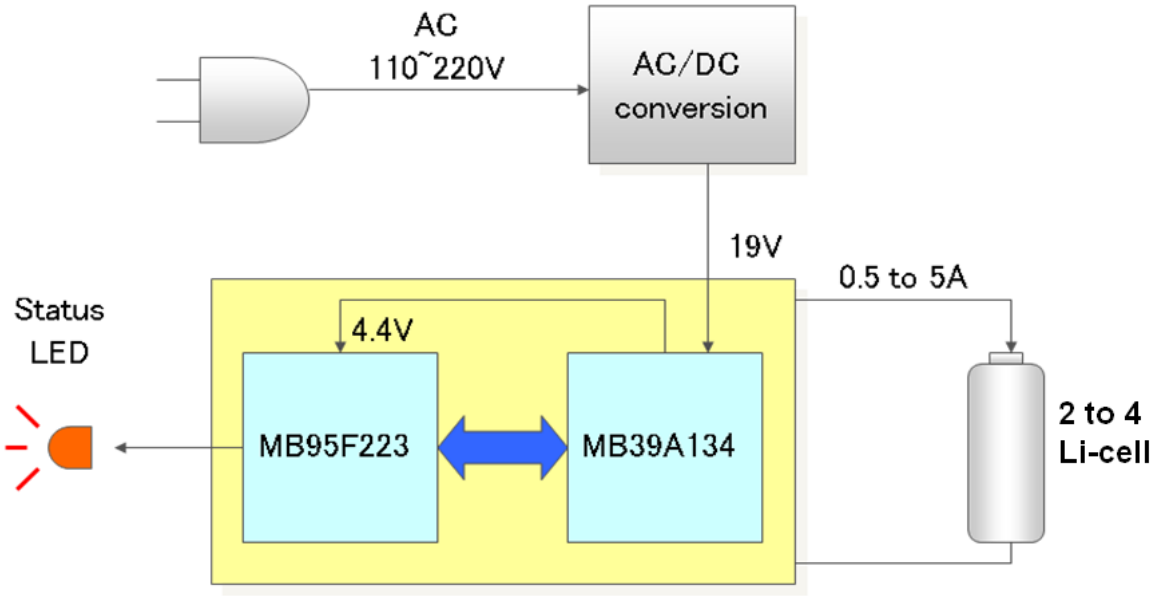
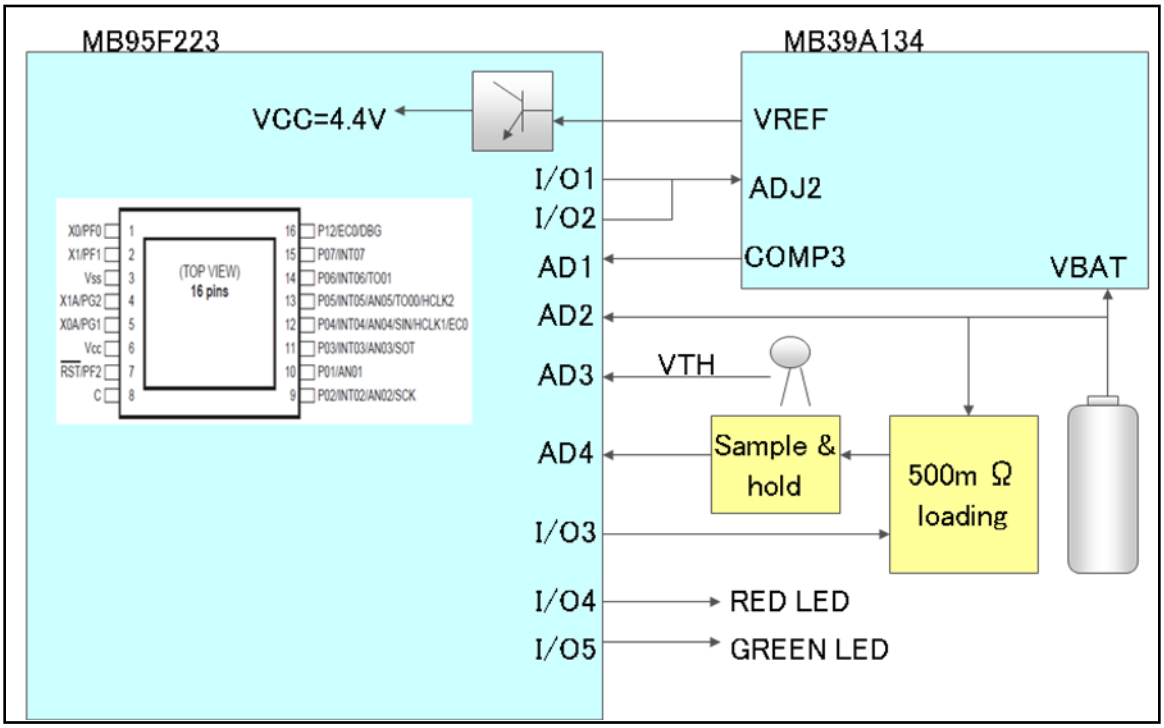


图 3. MCU 引脚分配

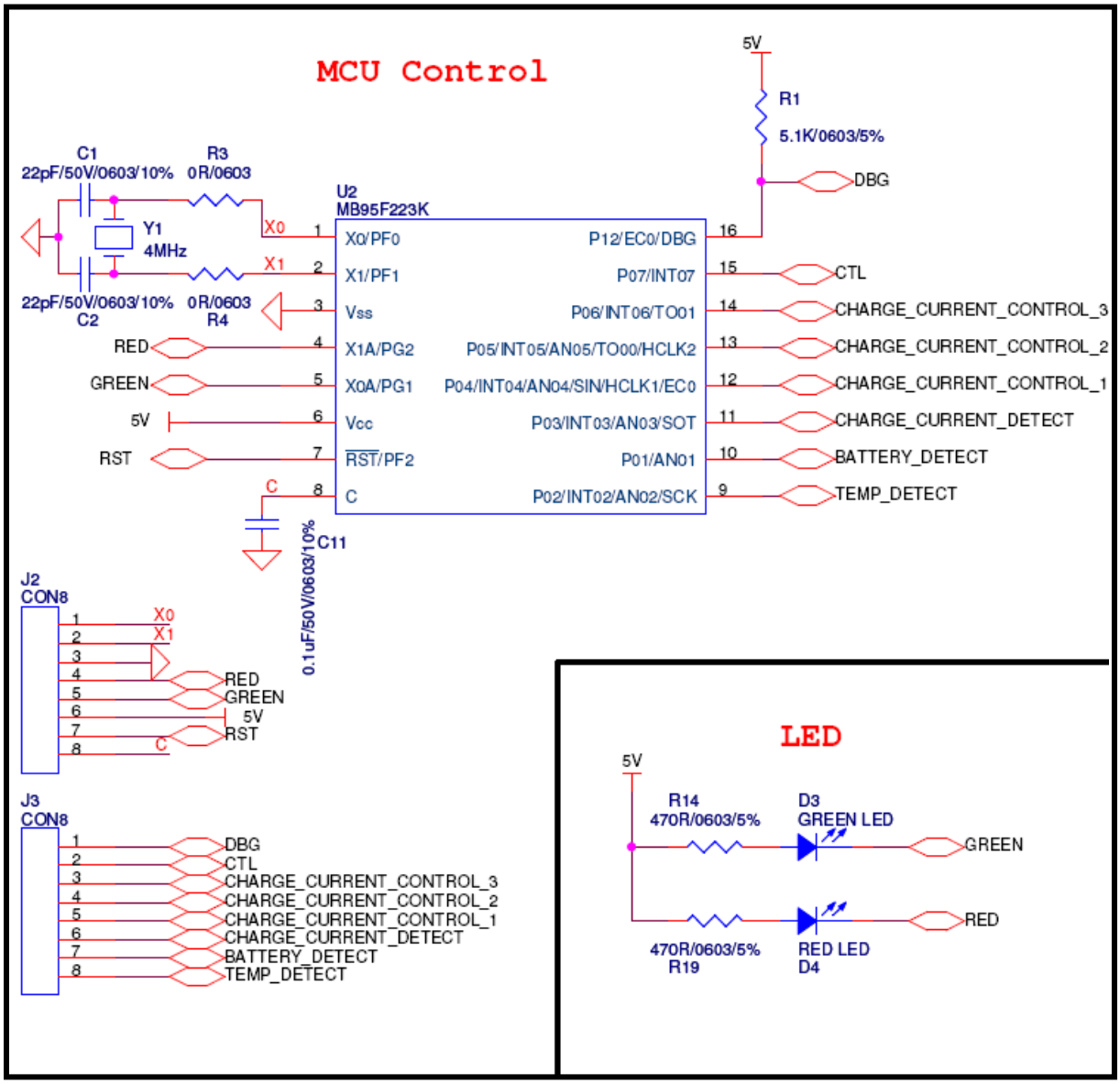


4.2 MCU 控制电路

P06、P05 和 P04 用于控制充电电流。A/D 通道 3 用于检测充电电流。A/D 通道 1 用于检测充电电压。A/D 通道 2 用于检测电池温度。P07 用于控制充电模式。PG2 和 PG1 用于控制两个充电指示灯的状态。4M 晶体用作主时钟。DBG 引脚用作调试引脚。

下图显示了 MCU 控制电路。

图 4. MCU 控制电路



4.3 充电器主要控制电路

AO4425 是 P 沟道场效应晶体管，G 引脚是 AO4425 的栅极，由 MB39A134 的 PWM 输出控制。

充电器电压取决于引脚 ADJ3 和电池设置，如下表所示。此外，充电器电压必须低于系统输入电压。默认情况下，ADJ3 引脚连接于 VREF。电池数取决于 CELLS 引脚的设置。

表 4. ADJ3 和 CELLS 设置

ADJ3 输入电压	CELLS	充电电压	注意
VREF 引脚 (ADJ3 ≥ 4.6 V)	OPEN	8.4 V	2 个电池 × 4.20 V/Cell
	GND	12.6 V	3 个电池 × 4.20 V/Cell
	VREF	16.8 V	4 个电池 × 4.20 V/Cell
GND 引脚 (ADJ3 ≤ 0.2 V)	OPEN	8.2 V	2 个电池 × 4.10 V/Cell
	GND	12.3 V	3 个电池 × 4.10 V/Cell
	VREF	16.4 V	4 个电池 × 4.10 V/Cell
外部电压设置 (ADJ3 = 0.4 V 到 4.4 V)	OPEN	4 × ADJ3 引脚电压	2 个电池× 2 × ADJ3 引脚电压/电池
	GND	6 × ADJ3 引脚电压	3 个电池 × 2 × ADJ3 引脚电压/电池
	VREF	8 × ADJ3 引脚电压	4 个电池 × 2 × ADJ3 引脚电压/电池

注：对单个电池充电，连接 ADJ3 引脚至外部电压 1.05V ，并设置 CELLS 引脚为“OPEN”。

表 5. CELLS 设置

参考名称	功能	OPEN	AGND	VREF
CELLS	选择电池个数	2 个电池	3 个电池	4 个电池

注：对单个电池充电，连接 ADJ3 引脚至外部电压 1.05V ，并设置 CELLS 引脚为“OPEN”。

PWM 频率（AO4425 的开关速度）取决于充电电压和充电电流，充电电压可由 ADJ3 和 CELLS 引脚设置，充电电流可由 ADJ2 设置，
ADJ2 由 MCU 的 3 个 IO 端口间接控制。

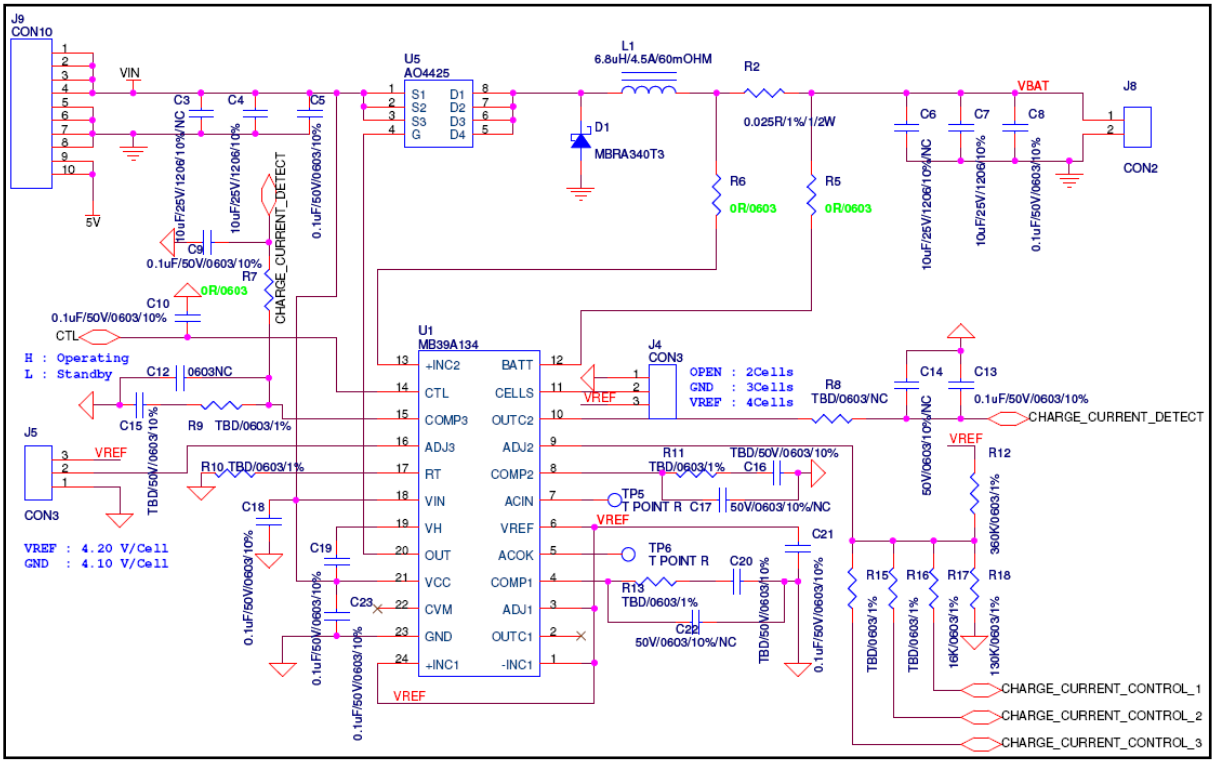
表 6. ADJ2 电池充电电流设置电压

ADJ2 输入电压	充电电流控制模块输出电压	充电电流		
		R5 = 40 mΩ	R5 = 20 mΩ	R5 = 15 mΩ
VREF (ADJ2 > 4.6 V)	1.5 V	1.425 A	2.85 A	3.79 A
外在电压设置 (ADJ2 = GND - 4.4 V)	VADJ2 (V)	VADJ2-0.075 (A)	2 × (VADJ2-0.075) (a)	2.66 × (VADJ2-0.075) (a)

MB39A134 的+INC2 和 BATT 引脚用于检测充电电流（R2 电流），芯片上集成的放大器可放大不能被 MCU 内部 8/10 位 A/D 变换器识别的微弱电流信号。OUTC2 引脚输出 MCU A/D 通道中被放大的电流。充电电压（VBAT）可由 MCU 内部 A/D 变换器直接检测。

下图显示了充电器的主要控制电路，该电路的主要单元为 MB39A134。

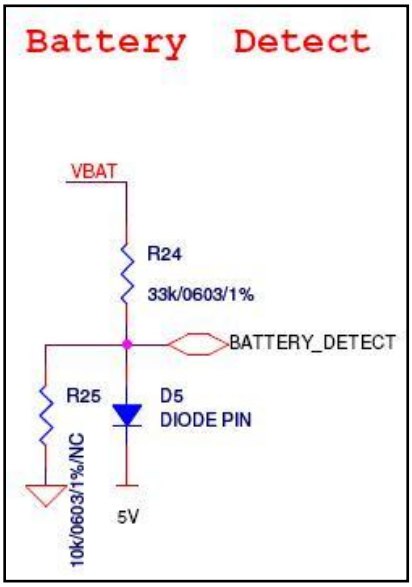
图 5. 充电器主要控制电路



4.4 电池电压检测电路

下图显示了电池电压检测电路。电池电压信号输入至 MCU A/D 转换器的模拟输入引脚。

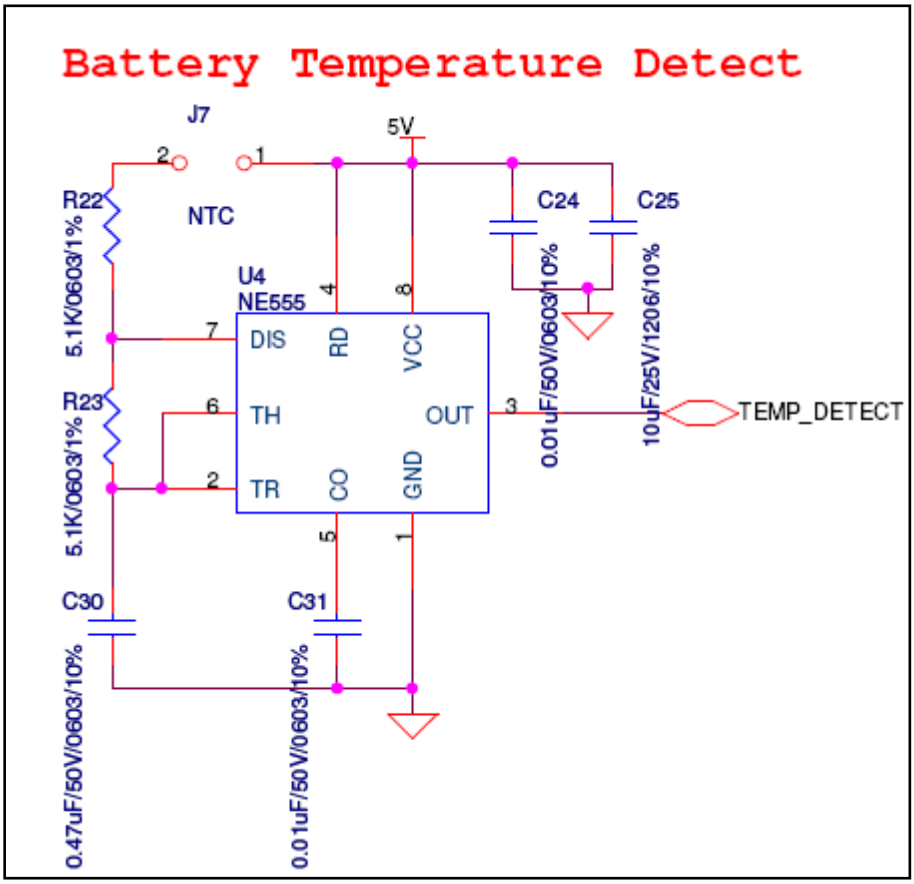
图 6. 电池电压检测电路



4.5 电池温度检测电路

下图显示了电池温度检测电路。电池温度信号输入至 MCU A/D 转换器的模拟输入引脚。

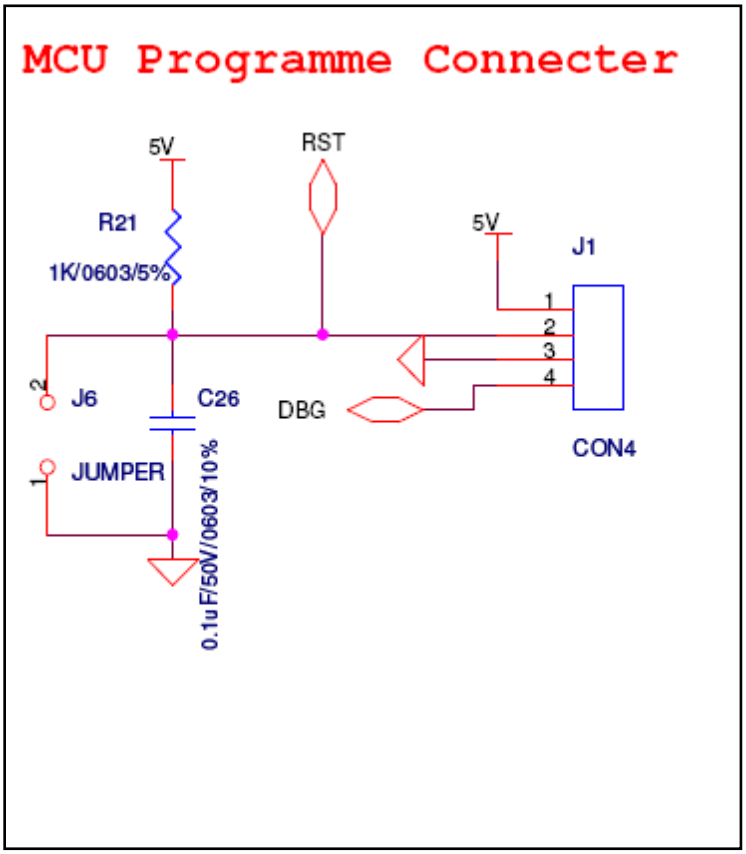
图 7. 电池温度检测电路



4.6 MCU 编程电路

下图显示了 MCU 的编程电路。J1 连接于 BGM 适配器，JUPMER 为复位键。

图 8. MCU 编程连接器电路



4.7 端子信息

端子信息如下：

表 7. 端子 J1-J9 的信息

参考名称	描述
J1	MCU 编程下载和片上调试端子
J2	MCU 的 1 -8 引脚
J3	MCU 的 9- 16 引脚
J4	电池数选择端子
J5	充电电压选择终端
J6	手动重置端子
J7	NTC 端子
J8	电源输出端子
J9	电源输入端子和 +5V 输出端子

表 8. 端子 ADJ3 连接

参考名称	功能	OPEN	AGND	VREF
ADJ3	电池数选择	2 个电池	3 个电池	4 个电池

注：对单个电池充电，连接 ADJ3 引脚至外部电压 1.05V ，并设置 CELLS 引脚为“OPEN”。

表 9. 端子 ADJ2 连接

参考名称	功能	AGND	VREF
ADJ2	充电电压选择	4.1V/cell	4.2V/cell

5 锂离子电池充电器软件

5.1 软件描述

检测到电池后，MCU 首先初始化芯片上的外围设备以及系统参数。如果单个电池电压高于 1V，系统进入涓流充电模式，充电电流为 0.1C。如果涓流充电时间超过 1 小时，表示电池故障。

如果检测到单个电池电压高于 3V，系统进入快速充电模式，充电电流为 1C。MCU 在快速充电状态下比较检测的温度和电压，如果 MB39A134 的 COMP4 电压低于 1.6V，视为电池充分充电，系统进入电池充满状态，且充电电流低于 0.1C。

如果任一电池电压和温度参数异常，充电器将进入电池错误状态，关闭 MB39A134 并停止下个充电过程。

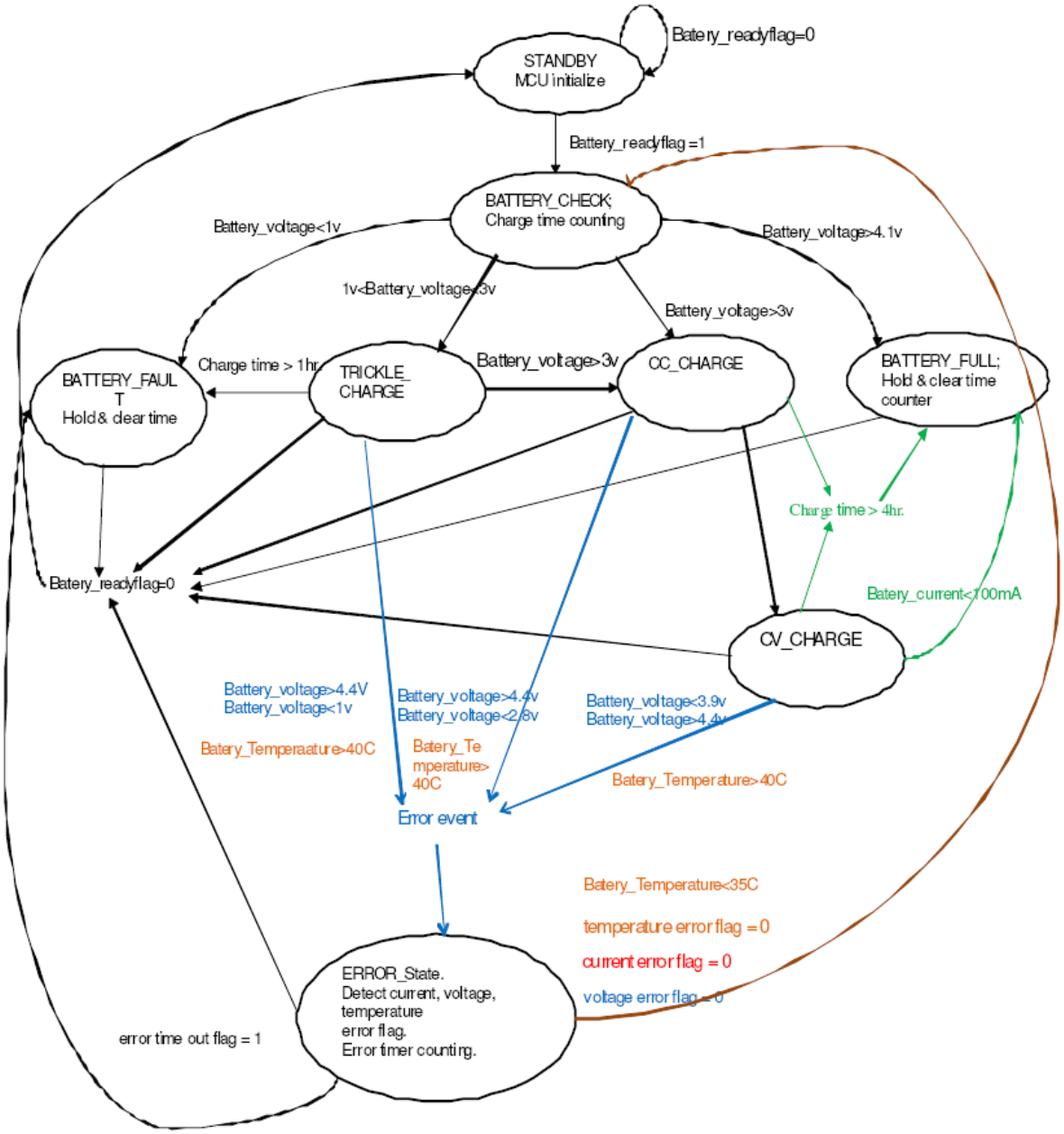
在错误状态下，MCU 将等待电压和温度参数恢复正常。充电器返回充电状态。如果等待时间超过 20 分钟，充电器仍处于错误状态，系统将进入电池故障状态。

在正常状态下，如果充电时间到达维护充电时间（4 小时），充电过程结束。

5.2 状态图

图 9 显示了锂离子电池充电器的状态图。

图 9. 锂离子电池充电器状态图



5.3 电池插入检测

检测到电池插入时，固件继续检查插入电池的电压和温度。如果低于有效范围，则进入充电模式。

Vbat < 1.0V	没有充电，坏电池\没有电池，所有 LED 熄灭
Vbat > 4.2V	电池满电量，没有充电，绿色 LED 亮启
1.0V < Vbat < 3.0V	涓流充电，红色 LED 闪烁

0V-3.0V 的涓流充电时间应少于 1 小时，否则为电池故障，关闭所有 LED。

3.0V < Vbat < 4.1V	CC\CV 充电模式，绿色 LED 闪烁
Vtemp < 0°C	没有充电，红色 LED 亮启
Vtemp > 45°C	没有充电，红色 LED 亮启
I_charge > 1C	过电流，停止充电，红色 LED 亮启

如果电流低于 0.1C 和 Vbat >4.1V，表示电池满电量。

5.4 涓流充电

如果电池电压低于 3.0V，系统进入涓流充电。涓流充电的电流设置为 0.1C-0.2C，相当于 10%-20% 电池的容量，充电时间为 1 小时。如果在 1 小时内，电池电压高于 3.0V，表明电池无故障，充电器可以切换至快速充电模式。如果在 1 小时涓流充电后，电压没有上升至 3.0V，则表明电池故障，充电过程停止。

5.5 快速充电

快速充电分成两个状态，分别为恒定电流充电和恒定电压充电。快速充电模式设置有一个最大充电时间。如果超过 4 个小时，表明电池在快速充电模式下充分充电。

5.6 恒定电流充电

恒定电流充电模式是一个密闭回路控制。程序是通过对采样电阻（R24，R25）上电压的采样来检测充电电流。同时也不断检查电池电压，电池电压高于 4.1V 时，充电器切换至恒定电压充电模式。

5.7 恒定电压充电

在恒定电压充电状态下，通过控制 PWM 输出的占空比，检测电池电压并维持在 4.1V。当电池快被充分充电时，充电电流逐渐减少。

充电电流低于 100mA 时，电池充电充分，切断充电电源。

5.8 安全保护

在充电期间，不管是涓流充电，恒定电流充电或恒定电压充电，如果检测到电池电压，电流或温度超出范围，充电器将切断充电电源。表 10 列出了系统状态转换以及充电时的异常事件。

表 10. 状态转换表

状态	事件	下一个状态
开始	初始化	电池电压检查
电池电压检查	battery_voltage<1v	battery_fault
	battery_voltage>4.1v	battery_full
	1v<battery_voltage<3v	涓流充电模式
	battery_voltage>3v	CC_charge 模式
battery_fault	battery_readyflag = 0	开始
battery_full	battery_readyflag = 0	开始
涓流充电模式	charge time>1hr	battery_fault
	battery_readyflag = 0	开始
	battery_voltage>4.4v | battery_voltage<1v battery_current >0.2C battery_temperature>40	错误处理
	battery_voltage>3v	CC_charge 模式
CC_charge 模式	charge_time>4hr.	battery_full
	battery_readyflag = 0	开始
	battery_voltage>4.1v	CV_charge 模式
	battery_voltage>4.4v | battery_voltage<2.8v battery_current<0.8C | battery_current>1.2C battery_temperature>40	错误处理
CV_charge 模式	battery_readyflag = 0	开始
	| battery_current<100mA	battery_full
	battery_voltage>4.4v | battery_voltage<3.9v battery_current>1.2C battery_temperature>40	错误处理
错误处理	温度错误标志 = 0 电压错误标志 = 0（需要返回错误发生层数） 当前错误标志 = 0（需要返回错误发生层数）	电池电压检查
	错误超时标志 = 1	battery_fault

5.9 源文件

代码用 C 语言编写。表 11 总结了每个源文件的功能。

表 11. 软件源文件

文件	功能
Main.c	充电器主程序
MB95200.ASM	寄存器和内存定义
STARTUP.ASM	初始化 MCU
VECTORS.C	定义中断向量和中断级别设置
MB95200.H	定义 MCU 寄存器和 IO 端口

6 结论

MB39A134+LPC 锂离子电池充电器展示了用于电池充电器的 Cypress 的脉冲宽度调制器（MB39A134）。

锂离子电池充电器最多支持四个电池，8-25V 输入电压，和 0.2A-5A 充电电流。充电器处于过电压，过充电，过电流和过热状态下时，它可以保护电池和充电器。

7 更多信息

如欲了解有关 Cypress 半导体产品的更多详情，敬请访问以下网址：

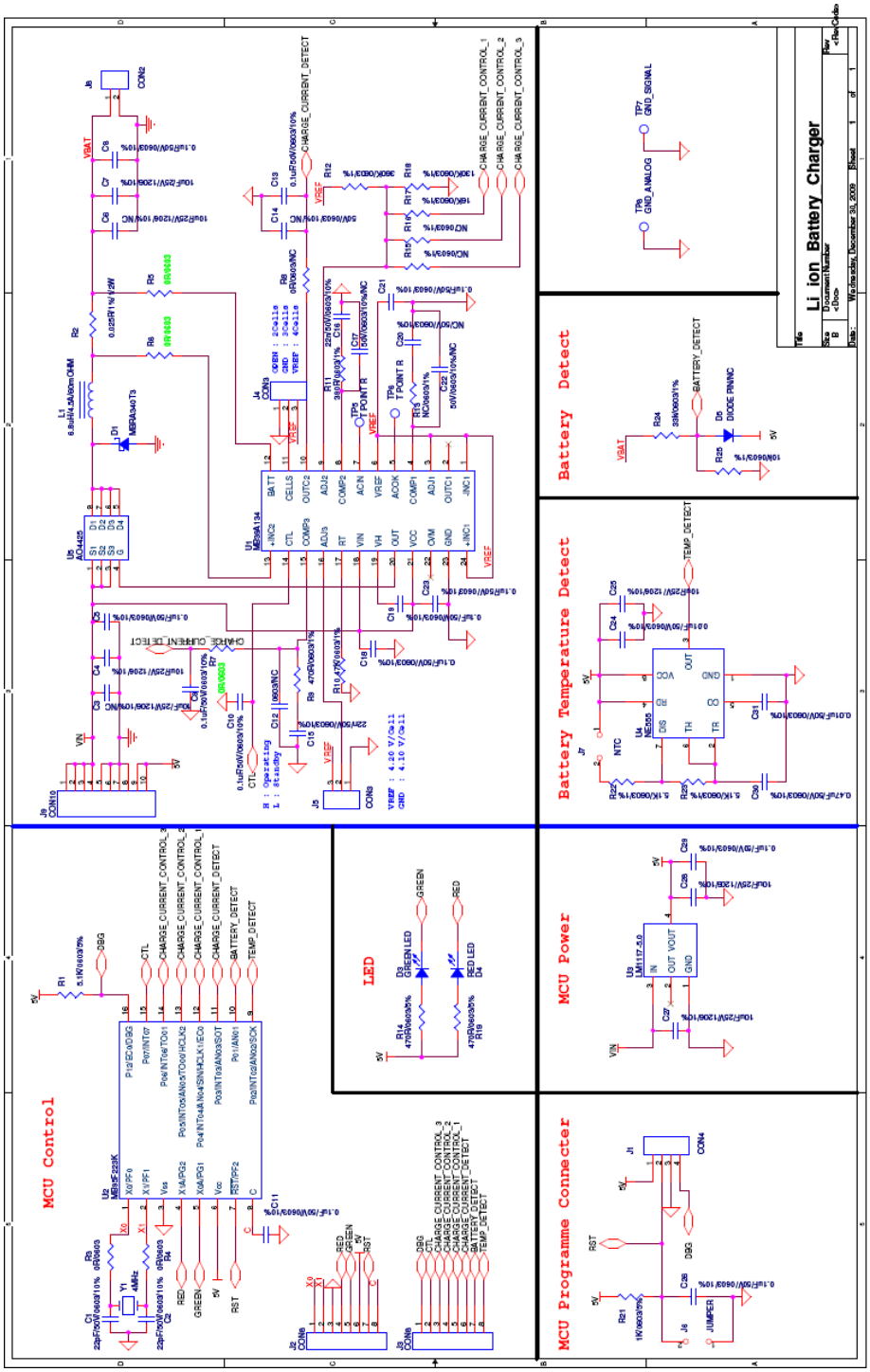
英文版：

http://www.cypress.com/supporttools/8fx

http://www.cypress.com/8fx-mb95200

8 示意图

图 10. 示意图


Li ion Battery Charger
Battery Detect
Battery Temperature Detect
MCU Power
LED
MCU Control
MCU Programme Connecter

8.1 EV 板设计

图 11. PCB 设计顶层丝网印刷

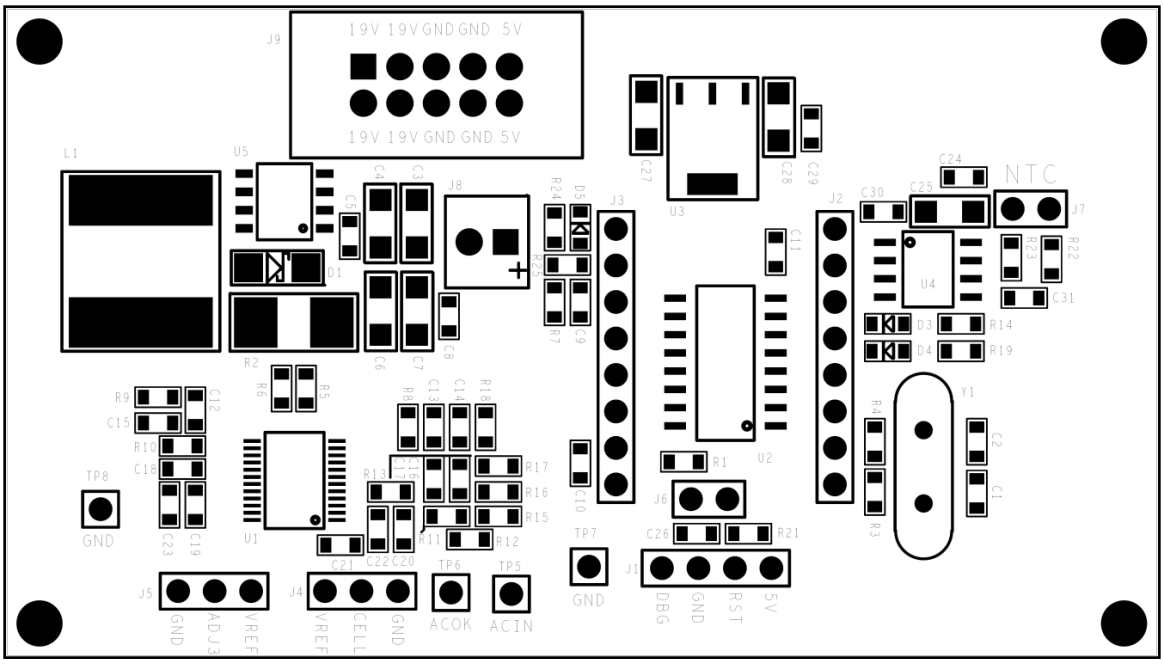


图 12. PCB 设计顶层

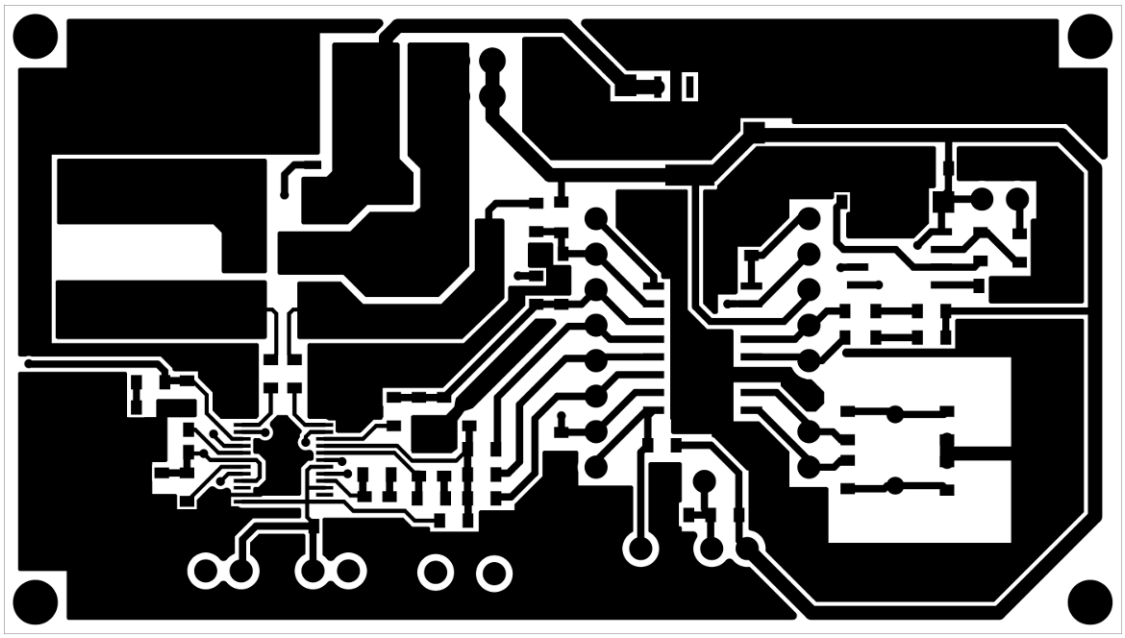
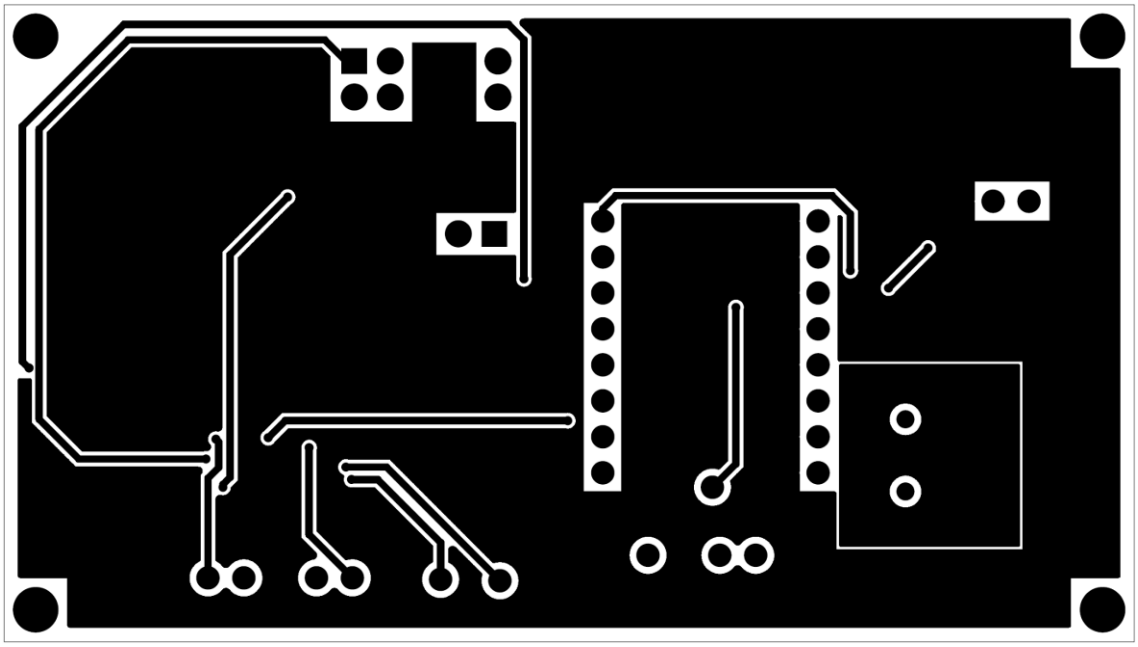


图 13. PCB 设计底层



8.2 材料单

编号	数量	参考	部件
1	2	C1,C2	22pF/50V/0603/10%
2	2	C3,C6	10uF/25V/1206/10%/NC
3	5	C4,C7,C25,C27,C28	10uF/25V/1206/10%
4	12	C5,C8,C9,C10,C11,C13,C18, C19,C21,C23,C26,C29	0.1uF/50V/0603/10%
5	1	C12	0603/NC
6	3	C14,C17,C22	50V/0603/10%/NC
7	2	C15,C16	22n/50V/0603/10%
8	1	C20	NC/50V/0603/10%
9	2	C24,C31	0.01uF/50V/0603/10%
10	1	C30	0.47uF/50V/0603/10%
11	1	D1	MBRA340T3
12	1	D3	GREEN LED
13	1	D4	RED LED
14	1	D5	DIODE PIN/NC
15	1	J1	CON4
16	2	J2,J3	CON8
17	2	J4,J5	CON3
18	1	J6	JUMPER
19	1	J7	NTC
20	1	J8	CON2
21	1	J9	CON10
22	1	L1	6.8uH/4.5A/60mOHM
23	1	R1	5.1K/0603/5%
24	1	R2	0.025R/1%/1/2W
25	5	R3,R4,R5,R6,R7	0R/0603
26	1	R8	0R/0603/NC
27	1	R9	470R/0603/1%
28	1	R10	47K/0603/1%
29	1	R11	390R/0603/1%
30	1	R12	360K/0603/1%
31	3	R13,R15,R16	NC/0603/1%
32	2	R14,R19	470R/0603/5%
33	1	R17	16K/0603/1%
34	1	R18	130K/0603/1%
35	1	R21	1K/0603/5%
36	2	R22,R23	5.1K/0603/1%

编号	数量	参考	部件
37	1	R24	33k/0603/1%
38	1	R25	10k/0603/1%
39	2	TP5,TP6	T POINT R
40	1	TP7	GND_SIGNAL
41	1	TP8	GND_ANALOG
42	1	U1	MB39A134
43	1	U2	MB95F223K
44	1	U3	LM1117-5.0
45	1	U4	NE555
46	1	U5	AO4425
47	1	Y1	4MHz

文档修改记录

文档标题：AN205003 - F²MC-8FX 家族基于 MB95F223 的锂离子充电器

文档编号：002-05708

修订版	ECN	变更者	提交日期	变更说明
**	—	HUAL	12/27/2009	初稿.
			01/05/2010	增加操作理论，更新硬件设计和软件
			01/11/2012	更新状态图和安全保护
			03/21/2012	更新特征及硬件结构图
*A	5331394	HUAL	06/30/2016	已将 Spansion 应用手册《MCU-AN-500075-Z-13》转换成 Cypress 格式。

全球销售和设计支持

赛普拉斯公司拥有一个由办事处、解决方案中心、厂商代表和经销商组成的全球性网络。如果想要查找离您最近的办事处，请访问赛普拉斯所在地。

产品

ARM® Cortex® 微控制器	cypress.com/arm
汽车级	cypress.com/automotive
时钟与缓冲器	cypress.com/clocks
接口	cypress.com/interface
照明和电源控制	cypress.com/powerpsoc
存储器	cypress.com/memory
PSoC	cypress.com/psoc
触摸感应	cypress.com/touch
USB 控制器	cypress.com/usb
无线/射频	cypress.com/wireless

PSoC® 解决方案

PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

赛普拉斯开发者社区

论坛 | 项目 | 视频 | 博客 | 培训 | 组件

技术支持

cypress.com/support

PSoC 是赛普拉斯半导体公司的注册商标。PSoC Creator 是赛普拉斯半导体公司的商标。 此处引用的所有其他商标或注册商标都归其各自所有者所有。

赛普拉斯半导体
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709

电话 : 408-943-2600
传真 : 408-943-4730
网站地址 : www.cypress.com

©赛普拉斯半导体公司，2009-2016 年。本文件是赛普拉斯半导体公司及其子公司，包括 Spansion LLC（“赛普拉斯”）的财产。本文件，包括其包含或引用的任何软件或固件（“软件”），根据全球范围内的知识产权法律以及美国与其他国家签署条约由赛普拉斯所有。除非在本款中另有明确规定，赛普拉斯保留在该等法律和条约下的所有权利，且未就其专利、版权、商标或其他知识产权授予任何许可。如果软件并不附随有一份许可协议且贵方未以其他方式与赛普拉斯签署关于使用软件的书面协议，赛普拉斯特此授予贵方属个人性质的、非独家且不可转让的如下许可（无再许可权）（1）在赛普拉斯特软件著作权项下的下列许可权（一）对以源代码形式提供的软件，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的且仅在贵方集团内部修改和复制软件，和（二）仅限于在有关赛普拉斯硬件产品上使用之目的将软件以二进制代码的形式向外部最终用户提供（无论直接提供或通过经销商和分销商间接提供），和（2）在被软件（由赛普拉斯公司提供，且未经修改）侵犯的赛普拉斯专利的权利主张项下，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的制造、使用、提供和进口软件的许可。禁止对软件的任何其他使用、复制、修改、翻译或汇编。
在适用法律允许的限度内，赛普拉斯未对本文件或任何软件作出任何明示或暗示的担保，包括但不限于关于适销性和特定用途的默示保证。在适用法律允许的限度内，赛普拉斯保留更改本文件的权利，届时将不另行通知。赛普拉斯不对因应用或使用本文件所述任何产品或电路引起的任何后果负责。本文件，包括任何样本设计信息或程序代码信息，仅为参考之目的提供。文件使用人应负责正确设计、计划和测试信息应用和由此生产的任何产品的功能和安全性。赛普拉斯产品不应被设计为、设定为或授权用作武器操作、武器系统、核设施、生命支持设备或系统、其他医疗设备或系统（包括急救设备和手术植入物）、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，或产品植入之设备或系统故障可能导致人身伤害、死亡或财产损失的其他用途（“非预期用途”）。关键部件指，若该部件发生故障，经合理预期会导致设备或系统故障或会影响设备或系统安全性和有效性的部件。针对由赛普拉斯产品非预期用途产生或相关的任何索赔、费用、损失和其他责任，赛普拉斯不承担全部或部分责任且贵方不应追究赛普拉斯之责任。贵方应赔偿赛普拉斯因赛普拉斯产品任何非预期用途产生或相关的所有索赔、费用、损失和其他责任，包括因人身伤害或死亡引起的索赔，并使之免受损失。
赛普拉斯、赛普拉斯徽标、Spansion、Spansion 徽标，及上述项目的组合，及 PSoC、CapSense、EZ-USB、F-RAM 和 Traveo 应视为赛普拉斯在美国和其他国家的商标或注册商标。敬请访问 cypress.com 获取赛普拉斯商标的完整列表。其他名称和品牌可能由其各自所有者主张为该方财产。