

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2106620

便携式拉曼光谱仪数字化电源管理系统设计*

朱亮庆 黄斐 薛萌 陈瀚 郭汉明

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

摘要: 根据便携式拉曼光谱仪的电源需求,设计了一种小体积、数字化的电源管理系统。该电源管理系统以STM32为主控芯片,采用TI公司的电池管理芯片BQ3060和BQ24005实现锂电池的管理,设计了供电电源切换模块和开关控制模块分别用于控制双电源的切换和系统的开关机,利用DC/DC转换模块保证系统恒定的电压输出,最后通过软件编程协同各个子模块使系统能实时查询电源状态且自行调整供电策略。该电源管理系统经制板调试后以小型拉曼光谱系统作为负载进行供电测试,结果表明,该系统供电过程中输出功率平稳,温度变化范围小,能实时管理电源并向用户反馈供电电源状态,满足设计需求,为便携式拉曼光谱仪的电源管理设计提供了良好的解决方案。

关键词: 便携式拉曼光谱仪;电源管理;锂电池;STM32

中图分类号: TP23 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

Design of digital power management system for portable
Raman spectrometer

Zhu Liangqing Huang Fei Xue Meng Chen Han Guo Hanming

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: According to the power demand of portable Raman spectrometer, a small volume, digital power management system is designed. This power management system takes STM32 as the main control chip, adopts TI company's battery management chip BQ3060 and BQ24005 to realize the management of lithium battery, designs the power supply switching module and switch control module to control the double power supply switching and the system switching machine, and uses the DC/DC conversion module to ensure the constant voltage output of the system. Finally, through software programming, the system can inquire the power supply status in real time and adjust the power supply strategy. After debugging the power management system with small Raman spectroscopy system as the load power supply test, the results show that the system's power supply, small temperature change range, feedback can real-time management of power supply and power supply condition meet the design requirements. This system provides a good solution for portable Raman spectrometer power management system.

Keywords: portable Raman spectrometer; power management; lithium battery; STM32

0 引言

为了满足现场分析和流动检测的目的,拉曼光谱仪器日益向便携化、智能化的方向发展。电源作为光谱仪器的供能来源,了解其状态并灵活地对其管理对光谱仪器的稳定运行和精密测量很有必要^[1],尤其是对于依赖电池电源的便携式拉曼光谱仪而言,电源管理更是显得至关重要^[2]。锂电池由于其体积小、自放电率低、放电电压平缓、能量密度高等优点常被用来作为便携式设备的电源^[3],但因其材料的特殊性,在使用过程中,过充、过放、过温都会影响电池

的使用寿命和安全性^[4]。不同类型的锂电池因其正极活性材料不同,性能参数也不一致^[5],这就给便携式拉曼光谱仪的电源管理造成了麻烦。因此,设计一款供电安全可靠、续航时间长、数字化的电源管理系统对便携式拉曼光谱仪十分具有价值。

目前市场上的便携式光谱仪的电源管理系统设计很多仍然采用传统的电源管理系统设计,对锂电池的管理采用全模拟控制,这样不仅电源管理的参数设置不够灵活,也无法保证锂电池在充放电过程的安全和使用效率^[6]。有的电源管理系统会采用单片机对锂电池进行电压和电量统

收稿日期:2021-05-08

* 基金项目:国家自然科学基金(61178079)项目资助

计,但对锂电池缺乏充放电保护、短路及 ESD 保护。另外,充放电过程中的锂电池组温度对光谱仪器测量精确性有着重要的影响(如光学系统内结构件的热膨胀),但温度检测功能往往在便携式测量仪器的电源管理系统设计中被忽略。最后,在使用过程中检测到锂电池充放电出现问题时,电源管理系统也需要有自行切断充电电源或切断锂电池放电输出的执行模块。

本文针对便携式拉曼光谱仪的电源管理需求介绍了一种基于单片机的数字化电源管理系统设计。该电源管理系统以 STM32 为主控制器,控制外围子模块实现实时查询电源状态及调整供电策略的功能。该系统的主要功能如下:

1) 支持外接直流适配器供电模式和锂电池组供电模式并能自动切换,动态调整供电电源。

2) 实现对锂电池组的数字化智能管理,能够实时查询锂电池组的电量、电流、电压、温度等参数,并可灵活地设定这些参数的数值阈值用于对电池进行管理,让用户可根据所用的锂电池组和使用需求进行过充、过放及过温保护。

3) 具有电压转换功能,能够将一定范围内的供电电源电压转化为光谱仪器工作时需要的稳定的电压值。

4) 人性化设计,具有指示灯指示充电状态,可按键开关机也可软关机。

相比于同类电源管理系统,本文设计的电源管理系统在锂电池管理和动态调整供电策略方面有着显著优势。

1 系统总体设计

本文设计的电源管理系统设计框架如图 1 所示,可分为主控模块(STM32)、锂电池充电模块、电池测量及保护模块、外接电源感应模块、电源切换模块、开关控制模块、DC/DC 变换 7 部分。

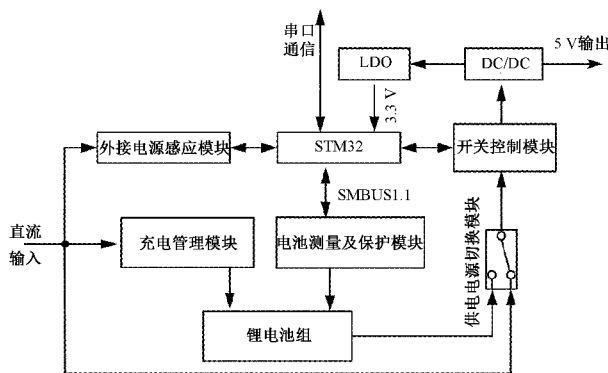


图 1 电源管理系统设计框架

该电源管理系统通过开关控制模块实现一键开关机,用户可通过上位机与该电源系统串口通信实时查询电池电量以及软关机。主控芯片 STM32 配合充电管理模块以及电池测量及保护模块实现锂电池的数字化智能管理,其中锂电池充电模块负责电池组的充电管理,电池测量及保护模块对电

池组进行参数测量、保护及对外通信。外接电源感应模块以及电源切换模块则实现供电电源的主动切换。DC/DC 电压变换电路将一定范围内的电源转化为稳定的 5 V 电压输出供小型拉曼光谱系统用电,同时 LDO(低压线性稳压器)将 5 V 电压转化为 3.3 V 为主控制器 STM32 供电。

2 硬件电路设计

2.1 锂电池管理

锂电池的数字化智能管理包含对锂电池充电过程管理、充放电保护功能,同时还能对锂电池的电量、温度、电压、充放电电流进行实时动态测量,并提供通信接口让主控制器能够实时查询电池状态^[7]。本文中由 STM32 配合充电管理模块和电池测量及其保护模块实现对锂电池的管理。

1) 充电管理模块

锂电池充电管理模块由充电管理芯片 BQ24005 搭配外围电路实现,具体电路如图 2 所示。BQ24005 是德州仪器公司推出的一款为 2 芯锂电池组设计的低压差线性充电管理芯片,带使能控制,内部集成 FET 控制输出,可通过硬件配置充电调节电压及电流,最大持续充电电流可达 1.2 A,支持驱动两个 LED 显示充电状态。充电管理电路原理主要部分介绍如下。

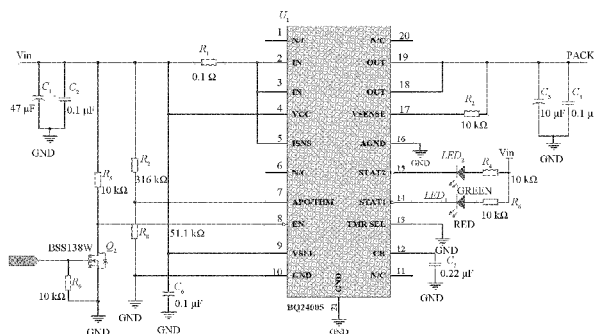


图 2 充电管理模块电路

(1) 充电管理模块使能控制

STM32 对充电管理模块的使能控制通过 BQ24005 的 EN 引脚实现,默认状态下,BQ24005 的 EN 引脚电位被电阻 R_5 上拉,所以即使在系统关机的情况下也能够正常充电。STM32 可通过 IO 口让 NMOS 管 Q_2 的栅极电位置高,导通漏极和源极,使得 EN 引脚电位被下拉到地,BQ24005 失能,即充电管理模块失能。

(2) 充电调节电压及电流配置

BQ24005 通过引脚 VSEL 的高低电位配置充电调节电压。本系统用的电池组为石墨阳极,所以将引脚 VSEL 置高,即充电调节电压为 8.4 V。引脚 VSENSE 连接到电池组的正极,测得锂电池组的实际电压值 V_{SENSE} ,芯片依据 V_{SENSE} 与设定的充电调节电压的差值调节充电过程。

BQ24005 提供充电电流调节功能。BQ24005 通过电

阻 R_1 检测充电电流,将 R_1 两端电压差与充电电流调节电压阈值 $V_{i\lim}$ 比较以进行充电电流调节。BQ24005 的最大可持续充电电流设置范围为 $0\sim 1.2\text{ A}$,考虑到充电倍率高会导致锂电池温度上升幅度大^[8],本系统最大可持续充电电流设置值为 1 A ,由 R_1 阻值配置,配置方式如式(1)所示。

$$I_{REG} = \frac{V_{i\lim}}{R_1} \quad (1)$$

式中: I_{REG} 是期望最大可持续充电电流; $V_{i\lim}$ 为 0.1 V ,是充电电流调节电压阈值。

(3) 充电过程管理

该系统选用的电池组是 2 芯 INR18650 锂离子电池串联,充满电时的终止电压为 8.4 V 。锂电池的充电过程分 3 个阶段:预充电、快速充电、终止充电^[9]。接入直流电源后,若实际电池电压 V_{SENSE} 低于芯片 BQ24005 内部低电压比较参考值 V_{LowV} ,BQ24005 控制锂电池进入预充电阶段。预充电是为了更好地保护电池,防止深度耗尽的电池直接进入快速充电损害电池,同时也能在充电初始阶段最大限度减少通道元件的散热^[10]。预充电电流大约为 60 mA ,若 V_{SENSE} 在 22.5 min 内达到 V_{LowV} ,则进入快速充电阶段,否则表示充电故障,充电关闭。

快速充电分恒流充电和恒压充电两个阶段,在恒流充电阶段,充电电流维持在 $I_{lim} = 1\text{ A}$ 附近,电压持续上升,当电池电压上升至调节电压附近时,充电进入恒压充电阶段,充电电压维持在 $V_{out} = 8.4\text{ V}$,充电电流逐渐减小。在充电时间结束前的 22.5 min 内,进入终止充电阶段,充电电流逐渐减小到 0,充电完成。

为指示锂电池组当前的充电状态,充电管理模块配置了两个指示灯 LED_1 (绿色)、 LED_2 (红色)。指示灯是利用 BQ24005 的 STAT1、STAT2 两个引脚上的电位在充电过程中的变化来显示充电状态,指示灯的状态如表 1 所示。当充电模块接入外接直流电源时,电池进入充电状态, LED_1 亮起。锂电池组充电完成时, LED_1 熄灭, LED_2 亮起。当发生充电故障时, LED_1 闪烁,闪烁频率为 1 Hz 。

表 1 充电指示灯状态

充电状态	LED_1 (红色)	LED_2 (绿色)
预充电	亮	灭
快速充电	亮	灭
充电完成	灭	亮
充电故障	闪烁(1 Hz, 50% 占空比)	灭

2) 电池测量及保护模块

本文以单片机 STM32 为核心,设计了一种基于 BQ3060 的电池测量及保护模块,BQ3060 是德州仪器公司推出的一款集电池保护、参数测量等功能于一体的电池管理专用芯片,可对 2 节串联锂离子电池组进行电池管理。锂电池保护及参数测量模块电路如图 3 所示,本小节分电

池测量和电池保护两方面对电路原理进行简要介绍。

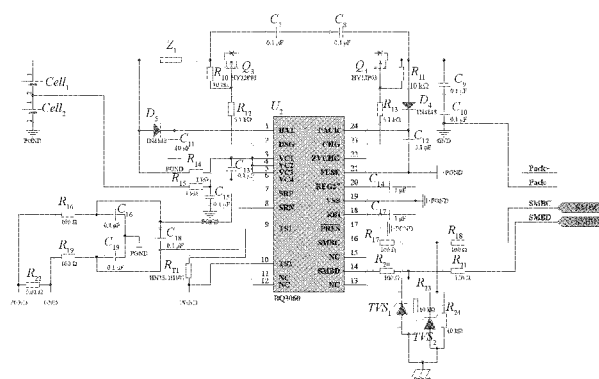


图 3 锂电池测量及保护模块电路

电池测量方面,芯片 BQ3060 内部集成有 16 位 ADC 以及 16 通道多路转换器用于测量电压、电流和温度,在图中通过采集精密电阻 R_{14} 两端的电压差来测量出入电池组的电流,将电流通过库伦计数积分器进行累计得到电量,而电池组电压则为 BAT 引脚与 VSS 引脚之间的电压差。电池组的温度是通过采集热敏电阻 R_{T1} 两端的电压差来测量^[11], R_{T1} 选用三菱的高精密 NTC 热敏电阻 BN35-3H103F,其阻值与温度的关系如式(2)所示,由式(2)可推得温度的计算公式如式(3)所示。

$$R_{T1} = R_{T2} \cdot \exp\left(B \times \left(\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2}\right)\right) \quad (2)$$

由式(2)推得:

$$T1 = \frac{1}{\ln\left(\frac{R_{T1}}{R_{T2}}\right) / B + \frac{1}{T2}} \quad (3)$$

式中: R_{T1} 是温度为 $T1$ 时热敏电阻对应的阻值; R_{T2} 是温度为 $T2$ 时对应的阻值,一般作为参考温度下的阻值; B 为热敏材料的对应固定常数。查询器件手册 BN35-3H103F 得参考温度 $T2$ 下的阻值 R_{T2} 和固定常数 B ,此处 $T2$ 为 $298.1\text{ K}(25\text{ }^\circ\text{C})$, R_{T2} 为 $10\text{ k}\Omega$, B 为 3450 K ,通过测量 R_{T1} 便可以通过上式计算出对应的温度 $T1$ 。

BQ3060 测得电池参数后存入相应寄存器内。BQ3060 对外通信接口 SMBC、SMBD 两引脚连接 STM32 的 IO 口,STM32 通过 SMBus1.1 协议与 BQ3060 通信读取电池组电量等状态参数。

电池保护方面,该模块提供硬件安全保护和软安全保护。硬件安全保护由电路中的自恢复保险丝 Z_1 、瞬态二极管 TVS_1 与 TVS_2 、电容 $C_1\sim C_4$ 等器件提供放电过流、充电短路、ESD 静电保护。软安全保护是由 STM32 通过对电压、温度等测量值与上限参数控制锂电池的充放电,以此为电池组提供过压、欠压、过温、过充等保护,具体在软件设计一节会做详细介绍。

2.2 开关控制及供电电源切换

1) 单键开关控制模块

考虑到供电系统开关操作的便捷性,本文设计了基于

LTC2955 的按键开关电路, LTC2955 作为 ADI 推出的一款按键开关控制芯片, 1.5~36 V 宽电源输入范围正适用于电压会随着锂电池充放电变化供电电源, 1.2 μ A 的低工作电流意味着开机后极低的功耗^[12]。单键开关控制模块具体电路如图 4 所示。

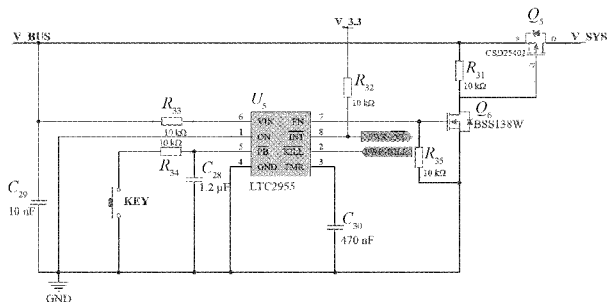


图 4 单键开关控制模块电路

在系统关机状态下按下 KEY 后, 芯片 LTC2955 的 EN 引脚输出高电平使得 PMOS 管 Q_3 的源极和漏极导通, 系统便得到供电。再次长按按键 KEY 超过 2.5 s 后松开, 系统便会关机, 关机长按时间由芯片 TMR 引脚配置的电容 C_{30} 决定, 配置方式如式(4)所示。

$$C_{30} = 0.19 * (t_{off} - 64 \text{ ms}) \quad (4)$$

式中: t_{off} 为期望按下关机的时长, 此处为 2 500 ms。

另外, 该系统也可通过向 STM32 发送指令使其 KILL 引脚被拉低实现软关机。

2) 供电电源切换模块

为了保障系统的稳定供电, 同时延长锂电池寿命, 当锂电池没电或用户在室内使用时, 该系统可外接适配器直接供电^[13]。本文利用单刀双掷贴片式继电器 TQ2SA_9V 设计了一种供电电源主动切换电路, 电路如图 5 所示, 该电路无需主控模块参与, 供电电源自动切换, 十分简单实用。

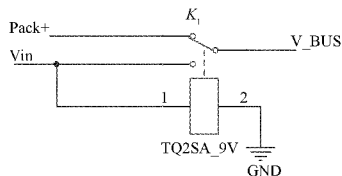


图 5 供电电源切换模块电路

继电器 TQ2SA_9V 的公共端连接系统电源总线 V_{BUS} , 常闭段连电池组阳极 Pack+, 常开端与线圈一端连外接适配器电源 V_m , 线圈另一端接地。当有外接电源时, 线圈通电导致常开端吸合, 外接电源 V_m 供电; 当无外接电源时, 线圈失电, 常闭端吸合, 锂电池组供电。

考虑到主控模块要实时跟踪供电电源状态, 所以另外设计了由光耦 PC817A 构成的外部电源感应模块, 具体电路如图 6 所示。光耦一侧通过一限流电阻连接 V_m , 一侧连接 STM32 的 IO 口 Detect_IN, 有无外接直流电源会影响到 Detect_IN 端口的高低电平。有外接电源时 Detect_IN 端口

为低电平, 反之则为高电平, STM32 检测 Detect_IN 的电平即可跟踪有无外接直流电源。

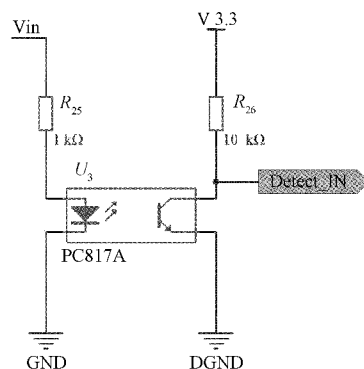


图 6 外接电源感应电路

2.3 DC/DC 电压转换

本系统所用的主控芯片 STM32 供电电压为 3.3 V, 考虑到系统供电电源电压范围为 6.2~9 V, 电压较高且变化较大, 而 DC/DC 电路具有输入范围广、输出大电流、转换效率高等特点^[14], 所以在设计中先将供电电压通过 DC/DC 电路降为 5 V, 再由 LDO (低压差线性稳压器) 转化为 3.3 V。这样不仅用电效率高, 且能从 5 V 输出处供给较大功率的负载。

DC/DC 变换采用输入电压范围宽的 5 A 同步降压稳压芯片 TPS565201 搭配外围电路实现。TPS565201 输入电压范围 4.5~17 V, 500 kHz 开关频率, 1% 反馈电压精度, 输出电压可调范围为 0.76~7 V, 匹配好反馈电阻、电感及输出电容即可实现稳定的 5 V 输出。

3 软件设计

本文选用单片机 STM32 作为电源管理系统的主控芯片, 其主控程序采用 C 语言编写, 软件系统采用模块化、参数化的编写方式, 这里主要介绍整体流程、锂电池参数测量驱动程序和软关机驱动程序设计。

3.1 整体流程设计

电源系统单键按下启动, 供电电源切换模块会主动选择供电电源, STM32 跟踪供电电源状态并定时通过串口通信向上位机汇报, 在使用过程中电量不足时或温度过高时会提示用户并调整供电策略。具体软件设计流程如图 7 所示。图中 T_{MAX} 为系统的高温阈值, V_{min} 为锂电池组的终止放电电压, Q_{MAX} 为锂电池组充满时的实际可用电量, 这些参数用户都可根据所用的电池组的特性以及仪器具体使用需求灵活设定。本系统所用锂电池工作温度范围为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, 考虑到温度过高会引起光谱仪的测量误差, 这里高温阈值 T_{MAX} 设置为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。电池组截止放电电压为 5.5 V, 经测试发现在 6.2 V 至耗尽阶段的剩余电量仅为 80 mAh, 为保证电池即使长时间也不过放, 系统将 V_{min} 设为 6.2 V, Q_{MAX} 为 2 400 mAh。

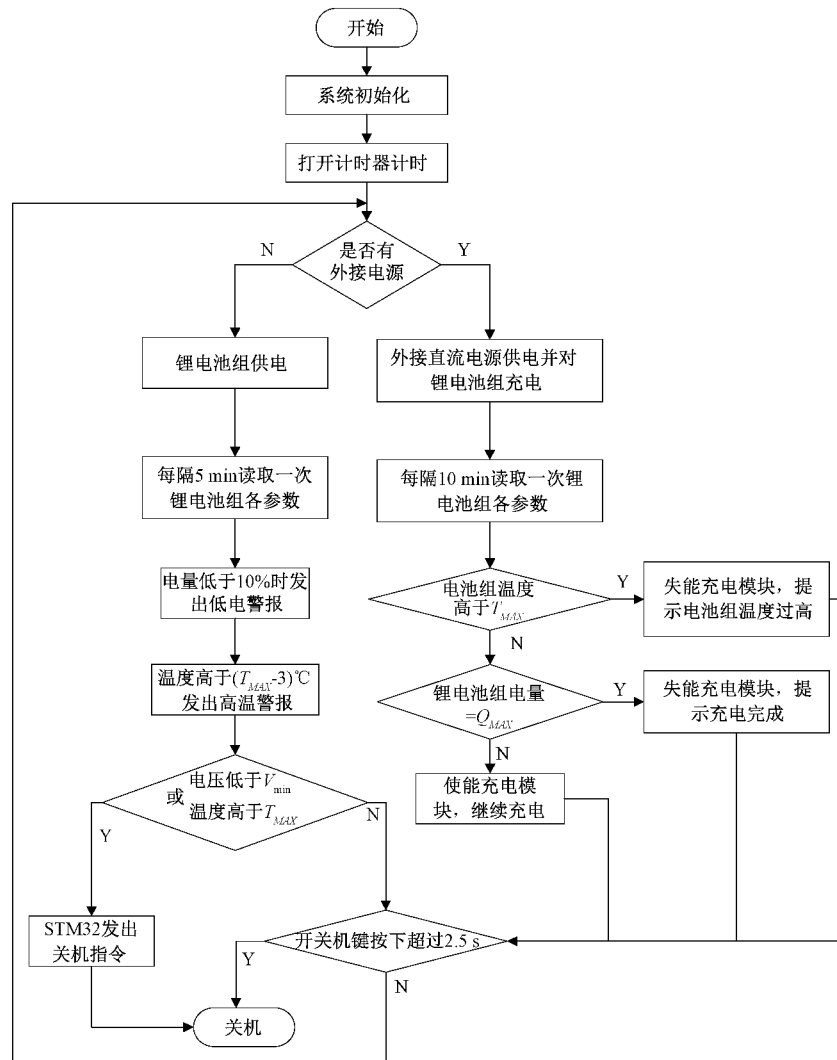


图 7 整体流程

该软件系统启动后系统初始化,打开计时器用于计时,之后根据有无外接直流电源选择供电模式。若无外接直流电源则系统选择锂电池组供电模式,每 5 min STM32 读取一次锂电池组电压、电流、电量、温度等参数,当电量低于 10% 时向用户发出低电警告,提醒用户及时保存测量数据。当锂电池组电压低于 6.2 V 时,为保护电池组不被过放关闭电源系统。若有外接直流电源则选择外接电源供电模式,外接电源作为系统的供电电源并对锂电池组进行充电,每 10 min STM32 读取一次锂电池组各参数。锂电池组充满后则关闭充电模块,提示充电完成。考虑到锂电池的充电功率较大,光谱仪器在外接电源使用时,锂电池充电若温度过高可能会影响到光谱仪器的精密测量,所以 STM32 会在锂电池组温度过高时会失能充电模块停止充电,另外在锂电池组供电模式下温度过高也会提醒用户后软关机。系统使用期间开关按键按下超过 2.5 s 后系统关机。

3.2 锂电池参数测量驱动程序设计

本电源管理系统中锂电池组的剩余电量及温度均是由 STM32 通过 IO 口模拟的 SMBus 时序驱动 BQ3060 实时测量并从 BQ3060 内部集成的 Flash 中读取,BQ3060 的 SMBC 引脚为 SMBus 通信时钟端口,SMBD 引脚为 SMBus 通信协议端口^[15]。SMBus 1.1 协议通信时钟频率最高支持 400 kHz,本系统采用标准模式 100 kHz。电池参数测量驱动程序流程如图 8 所示。

系统上电后自动为 BQ3060 分配设备地址(默认为 0x16),STM32 将 SMBC、SMBD 端口电平拉低即可通信,STM32 向 BQ3060 发送设备地址,等待到应答信号发送需要采集参数在 BQ3060 中相应的 SBS 指令(常用 SBS 指令如表 2 所示),再次等待到应答信号后发送设备地址加 1(如设备地址为 0x16,则发送 0x17),表示准备从该地址设备读采集数据,STM32 从 BQ3060 接收完 16 位的采集数据后再接收 PEC 字节用于 CRC 校验(全称为循环冗余校

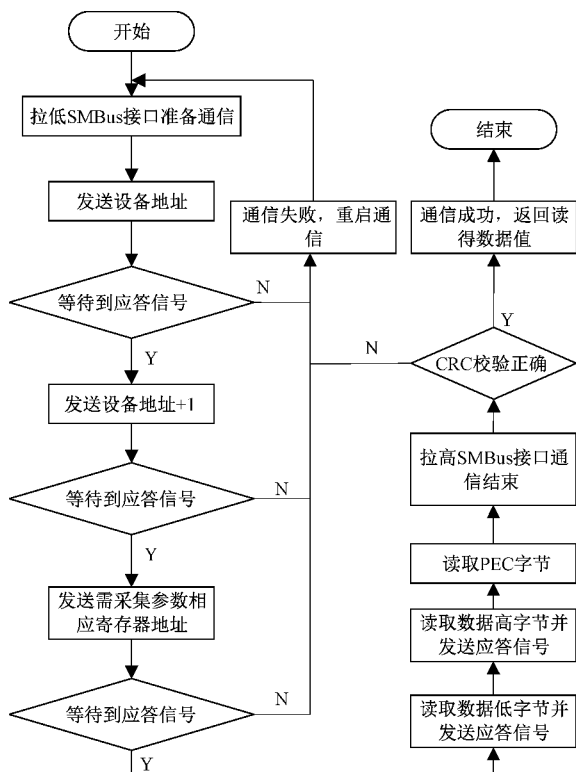


图 8 电池参数测量驱动程序流程

验),之后将 SMBC、SMBD 端口电平拉高表示该次通信结束。CRC 校验用于保证通信过程中数据的准确性,CRC 校验正确则表示数据无丢失,则返回读得数据值,否则重启通信。

表 2 BQ3060 内电池参数测量 SBS 指令

锂电池组参数名	SBS 指令
温度	0x08
电压	0x09
电流	0x0a
剩余电量	0x0f

3.3 系统软关机驱动程序设计

系统单键开关的硬件原理已在 2.3 节做过介绍,系统关机状态下单键按下超过 32 ms 松开即可开机,再长按 2.5 s 关机。当使用过程中锂电池组欠压或温度过高时系统会通过软关机。系统软关机是通过 STM32 控制 LTC2955 的 KILL 端电平来实现,则 STM32 将 KILL 端拉低,LTC2955 的 EN 端电平会随着 KILL 端电平置低而置低,从而完成关机。

4 测试验证

本文设计的电源管理系统在实际应用中嵌入到一套便携式拉曼光谱仪中,该便携式拉曼光谱仪主要用于现场快速测试分析液体或粉末样品的光谱数据,每测试一次样

品用时 10~20 s,不测试时为待机状态。该电源管理系统的负载为小型拉曼光谱系统,经直流电源测试,该拉曼光谱系统功耗如表 3 所示。

表 3 拉曼光谱系统功耗测试数据

测试工况	启动	待机	测试样品
输入电压/V	5	5	5
平均电流/A	0.08	0.07	1.02
平均功率/W	0.40	0.35	5.10

为测试该电源管理系统的实际应用效果,该电源管理系统嵌入便携式拉曼光谱仪后,将便携式光谱仪在分别在外接电源供电和锂电池组供电两种供电模式下进行测试。

4.1 外接电源供电模式

外接电源供电模式下采用 9 V 外接直流电源对便携式拉曼光谱仪进行供电,锂离子电池组的初始电压为 6.2 V,单键按下开机,便携式拉曼光谱仪工作在连续测试样品工况下。

测试过程中便携式拉曼光谱仪工作正常,样品测试效果稳定,电源管理系统自动采用外接电源供电,同时锂电池组充电,用电脑通过串口通信读取电源管理系统返回的锂电池组电压、充电电流、剩余电量及温度等参数值,室温 25 °C,每 10 min 记录一次数据,将结果制成折线图如图 9、10 所示。

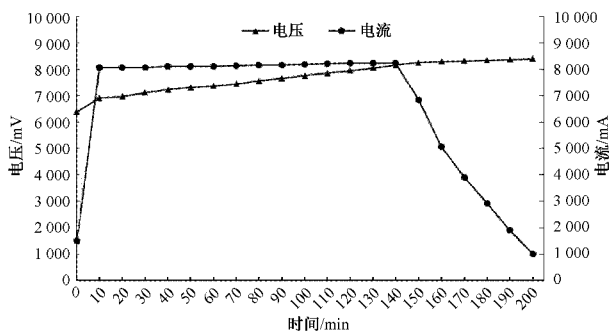


图 9 锂电池组充电过程电压及电流折线图

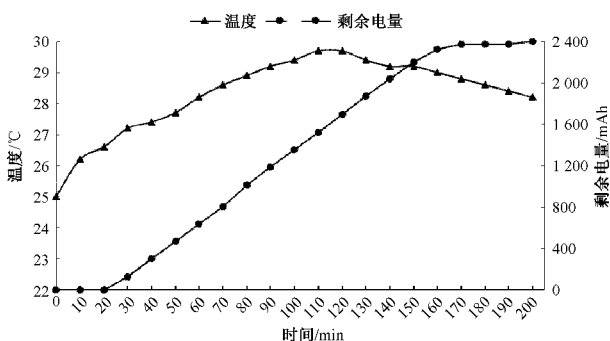


图 10 锂电池组充电过程温度及剩余电量折线图

从图 9 中可以看出锂电池组的充电过程符合前文所介绍的理论充电过程,上电后锂电池组充电电流逐渐增

大,进入恒流充电阶段,一段时间后进入恒压充电电流逐渐减小至电池充满。从图10可以看到锂电池组温度变化幅值在 5°C 以内,锂电池温度在恒流充电阶段逐渐上升,在恒压充电阶段由于充电电流减小,充电倍率下降,锂电池产热小于散热速度,温度也逐渐下降^[16]。图9和10表明整个充电过程平稳,用户也能够实时查询锂电池组各参数,符合设计预期。

4.2 锂电池供电模式

锂电池供电模式下用充满的锂电池组对便携式拉曼光谱仪进行供电。关闭外接直流电源,单键按下开机,系统自动切换为锂电池组供电,便携式拉曼光谱仪工作在连续测试样品工况下。

测试过程中便携式拉曼光谱仪工作正常,样品测试效果稳定,系统自动切换为锂电池组供电。用电脑通过串口通信读取该电源管理系统返回的锂电池组的电压、放电电流及电量,每5 min记录一次数据,将结果制成折线图如图11和12所示。

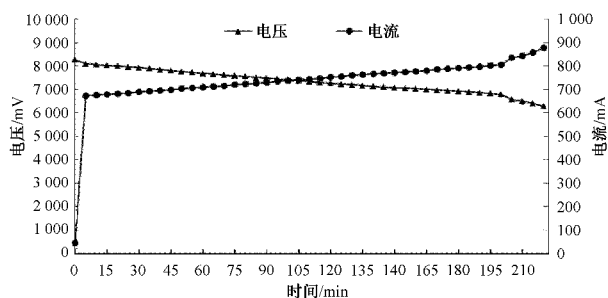


图11 锂电池组放电过程电压及电流折线图

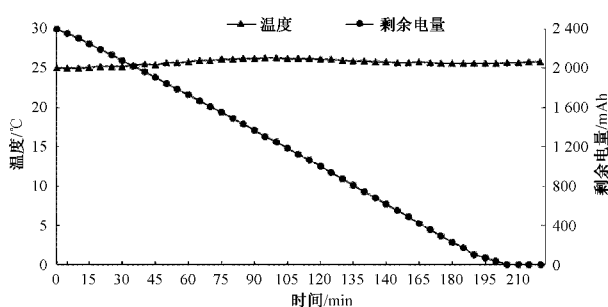


图12 锂电池组放电过程温度及剩余电量折线图

当锂电池组电压下降到终止放电电压 6.2 V 时,为保护锂电池不被过放,该系统自行软关机,锂电池组放电过程结束。从图11和12可以看出在放电过程中锂电池组电压及放电电流变化速度平稳,温度变化幅度小,输出功率恒定,用户能实时跟踪供电电源状态,证明该电源管理系统在锂电池组供电模式下供电稳定,工作正常,符合设计需求。

5 结 论

本文针对便携式拉曼光谱仪器电源需求设计的电源管理系统经过实际的制版调试,测试验证结果表明,该系

统可动态调整供电策略,对锂电池组实现了数字化智能管理,包括充放电管理及保护、实时测量及通信,用户使用便捷安全且能实时地掌握电源状态。系统运行稳定,工作参数设定灵活,通用扩展性强,完全达到了小型便携嵌入式设备对电源管理系统的需求,具有较高实用价值。目前该电源管理系统已应用到便携式光谱仪设备中,后续也可移植到其他各类便携嵌入式设备中,为便携式仪器提供了一种很好的解决方案。

参考文献

- [1] 刘丽莹,李野,郑峰,等.小型CCD光谱仪波长定标精度控制与影响分析[J].仪器仪表学报,2019,40(5):19-27.
- [2] 刘志英,郭晓澎,周晓旭,等.嵌入式设备电源管理系统设计[J].电子测量技术,2016,39(5):105-109.
- [3] 张秋艳,高平安,杨月,等.基于MSP430的太阳能电池数据采集器设计[J].国外电子测量技术,2019,38(8):145-149.
- [4] 郭敏,庄信武,高飞.电池管理系统BMS性能测试装置方案设计[J].电子测量技术,2019,42(11):43-46.
- [5] 吴祎,张凯,王友仁.不同材料锂电池模块并联建模分析[J].电子测量技术,2019,42(14):73-79.
- [6] 周郑,黄斐,苏丹,等.基于STM32的嵌入式系统电源管理设计[J].软件导刊,2018,17(1):105-107,121.
- [7] 王芬芬,冯海英,丁柯.一种兼容SMBus协议的I2C总线控制器的设计[J].电子与封装,2018,18(9):20-25,32.
- [8] 陈媛,何怡刚,李忠.电池变温度模型似然函数参数辨识及SOC估计[J].电子测量与仪器学报,2019,33(12):1-9.
- [9] 余新华,李太全,陈威,等.基于ARM的四路锂电池充电器设计[J].电子测量技术,2015,38(6):83-86.
- [10] 张秋艳,高平安,李天鹏,等.基于MSP430的锂电池组能量均衡控制器设计[J].国外电子测量技术,2020,39(1):142-145.
- [11] 胡鸿志.基于新型温度传感器的数字温度计设计[J].电子测量与仪器学报,2011,25(8):741-744.
- [12] 姚旭升,陈涛.开关输入浪涌抑制及优化设计[J].无线电工程,2018,48(9):799-802.
- [13] 王乐,曾钰,周根东,等.便携式光电侦察装备电源管理系统设计[J].电子设计工程,2019,27(3):184-188.
- [14] 李捷,武文广,李坤,等.适用于电动汽车电池管理系统的隔离DC-DC变换器[J].国外电子测量技术,2019,38(9):85-89.
- [15] 何国锋,刘宇红.基于SMBus协议的电池信息监测系统[J].电子技术应用,2016,42(4):49-52.
- [16] 刘征宇,朱诚诚,尤勇,等.面向SOC估计的计及温度和循环次数的锂离子电池组合模型[J].仪器仪表学报,2019,40(11):117-127.

作者简介

朱亮庆,硕士研究生,主要研究方向为光电检测、电路与系统、嵌入式应用。

E-mail:zhu18368092142@163.com

郭汉明,教授,主要研究方向为拉曼光谱分析算法、光学显微成像及检测等。

E-mail:hmguo@usst.edu.cn