

基于 ARM 和 CAN 的电动汽车电池管理系统

黄章华^{1,2}, 陆华忠¹, 吕恩利¹, 张南峰³

(1 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642; 2 广汽丰田汽车有限公司, 广东 广州 511455;

3 广州出入境检验检疫局, 广东 广州 510623)

摘要:介绍了利用嵌入式技术和 CAN 总线技术设计的电动汽车电池管理系统. 电池监控节点以 AVR 单片机为核心, 包括电池参数采集模块、CAN 通讯模块、串口通讯模块等. 各电池监控节点之间通过 CAN 总线进行通讯, 主节点与上位机之间通过串口通讯. 利用 S3C44BOX 开发板搭建了上位机管理平台, 移植了实时操作系统 uC/OS-II, 并将 uC/GUI 应用于触摸屏, 实现了良好的人机交互. 电池管理系统可以实现对各个电池电流、电压和温度的实时采集, 并在触摸屏上显示, 同时可通过触摸屏发送控制指令给各监控节点. 经过电池标定试验验证系统是可行的.

关键词:电动汽车; 电池管理系统; ARM; CAN

中图分类号:TP215

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)04-0105-05

Battery Management System of Electric Vehicle Based on ARM and CAN

HUANG Zhang-hua^{1,2}, LU Hua-zhong¹, LÜ En-li¹; ZHANG Nan-feng³

(1 College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangqi Toyota Motor Co. Ltd., Guangzhou 511455, China; 3 Guangzhou Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Guangzhou 510623, China)

Abstract: A battery management system of electric vehicle was designed by utilizing embedded technology and CAN bus technology. These battery monitor nodes with AVR single chips as their kernels, are composed of modules of battery parameter sampling, CAN communication, serial communication, etc. Battery monitor nodes can communicate with each other via the CAN bus, and the main node can communicate with the master controller via the serial port. Master controller platform is set up by utilizing the S3C44BOX developing board, and the operating system uC/OS-II is transplanted. The uC/GUI is applied to the touch panel so that the human-computer interaction is friendly. Battery's current, voltage and temperature are gathered by the battery management system in real time. And these parameters are displayed on touch panel. Also control orders can be sent to these monitor nodes by the touch panel. The calibration experiment verified that the battery management system of electric vehicle was feasible

Key words: electric vehicle; battery management system; ARM; CAN

传统内燃机车因能源和环保等问题日益不能满足人们的要求, 而电动汽车以节能环保、结构简单、易于普及等优点, 得到了很大的发展. 目前在电动汽车中应用的电池组主要由多个单体电池串联而成, 为了防止电池出现过充、过放及温度过高等问题, 要求准确监测电池电量和温度, 及时充电并处理温度异常的电池. 这样才能延长电池使用寿命, 提高电池

可靠性^[1]. 常见的电动汽车电池管理系统一般采用将电池分组的管理方法. 每组由独立的单片机进行控制, 通过电子开关的切换, 依次对组内的电池参数进行测量. 这种电池管理系统结构较为复杂, 而且对组内电池参数的测量不同时进行, 数据延时明显. 另外它的可扩展性和可移植性较差^[2]. 本研究介绍了利用嵌入式技术和 CAN 总线技术设计的电动汽车

收稿日期: 2008-10-28

作者简介: 黄章华 (1982—), 男, 硕士; 通讯作者: 陆华忠 (1963—), 男, 教授, 博士, E-mail: huazlu@scau.edu.cn

电池管理系统.

1 研究方法

1.1 系统方案设计和功能

系统设计采用最小化系统的思路,即先针对2~3个电池研发电池管理系统,再根据CAN(Controller area network)总线易于扩展的特点,按实际需要的电池数量扩展节点即可.原理如图1所示.

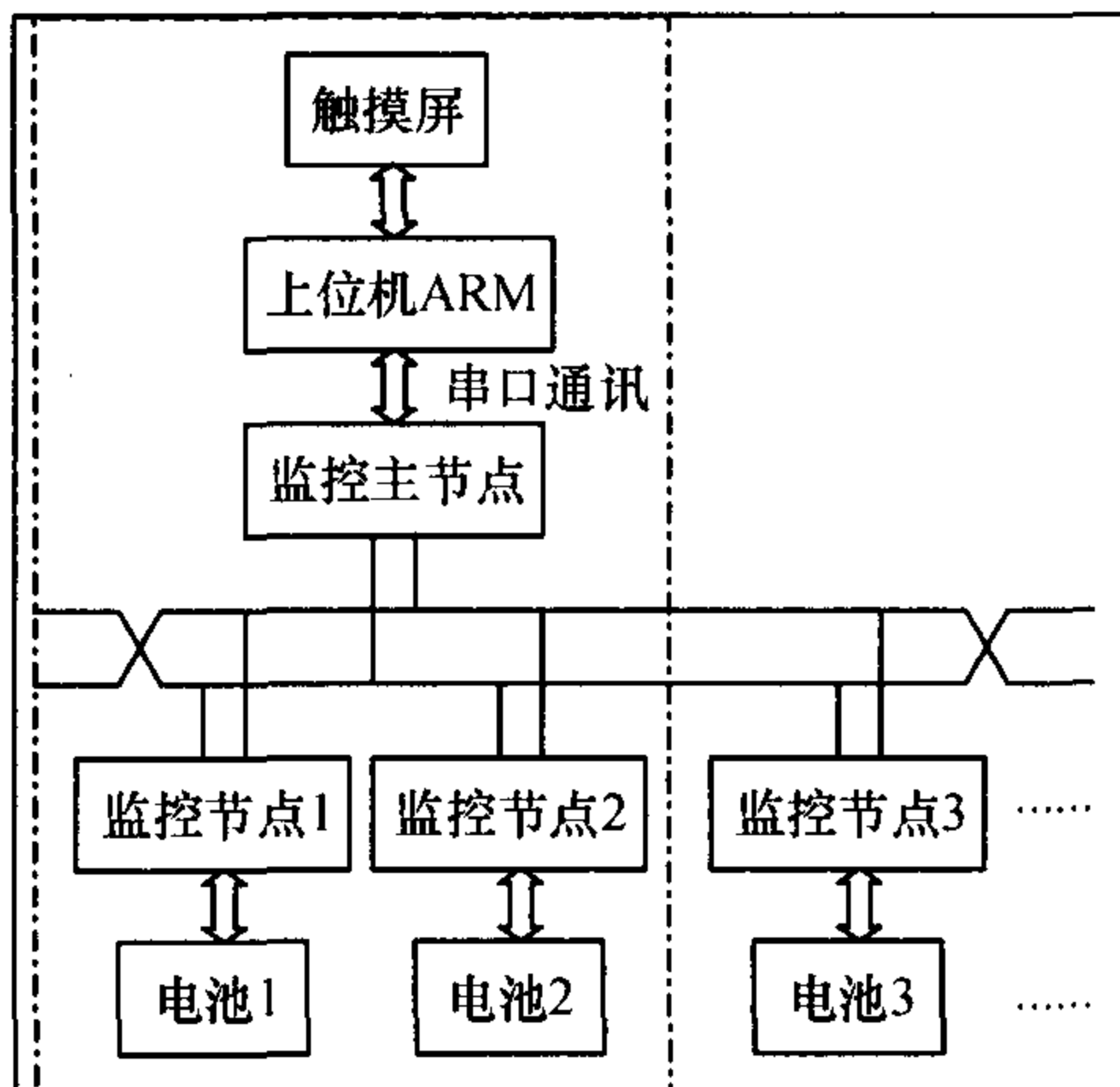


图1 电池管理系统原理图

Fig. 1 Schematic diagram of battery management system

上图虚线框内为最小化系统,包括上位机S3C44B0X、触摸屏、1个监控主节点、2个电池监控节点、2个电池和CAN总线网络,及其他电子元件.实线框内为最大化系统,实际应用中如果系统使用12V电池,则需约32个节点.

在最小化系统中,监控节点1、监控节点2等作为普通节点,分别对电池1、电池2等进行测控,实时采集温度、电压、电流信息,再通过CAN总线发送给主节点,同时它们也接受主节点的控制信息,如设置故障电池报警温度上下限等.监控主节点通过CAN总线收集其他节点的信息,包括温度、电流、电压,再通过串口发送至上位机S3C44B0X.同时它也接收上位机S3C44B0X发出的指令,并转发给各个监控节点.

上位机S3C44B0X将主节点送来的数据进行处理,并结合uC/GUI图形用户界面将其在触摸屏上显示出来.同时,用户也可在触摸屏上通过串口发送控制数据给监控主节点,由监控主节点通过CAN总线转发给各个节点,实现对各个监控节点的控制.

1.2 电池监控节点软硬件设计

电池监控节点采用了模块化的设计思路,主要包括控制芯片ATmega16、CAN通讯模块、电池参数采集模块、充电模块、串口通讯模块、键盘及声光报

警模块等,其中串口通讯模块只用于主节点,电池参数采集模块只用于普通节点.电池监控节点结构框图如图2所示.

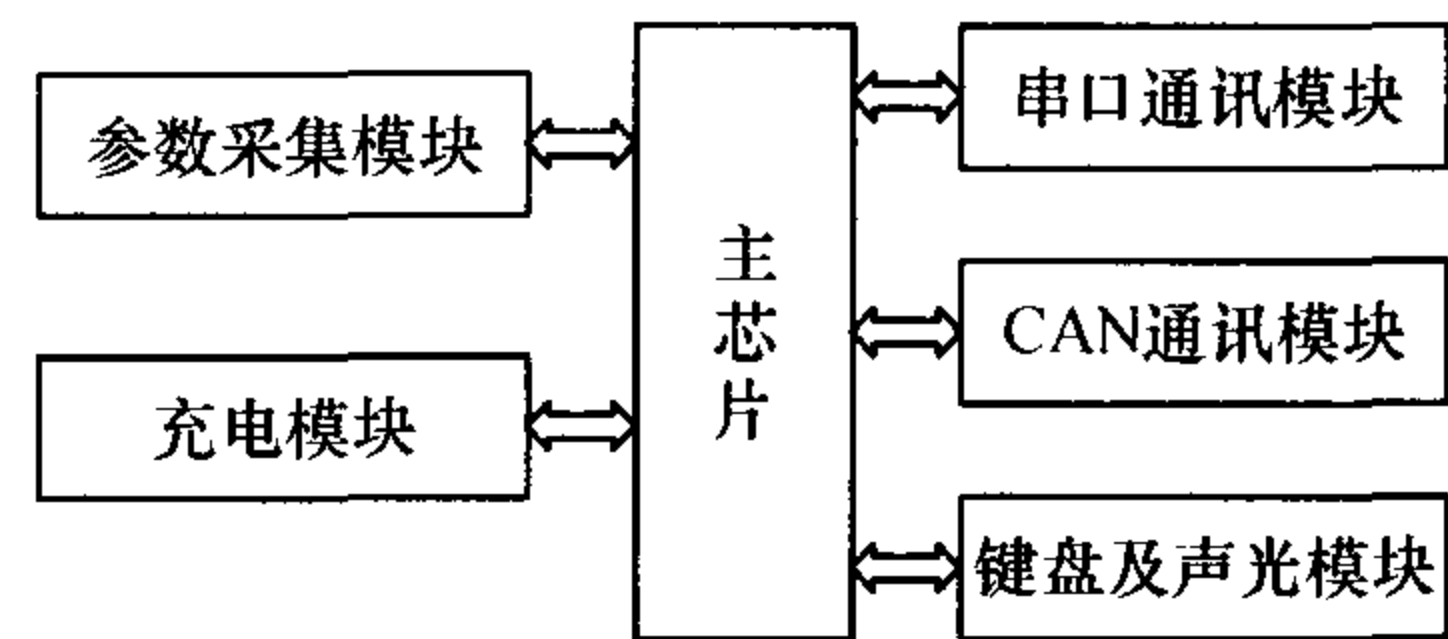


图2 电池监控节点结构框图

Fig. 2 Block diagram of battery monitor node

1.2.1 控制芯片 监控节点的控制芯片采用Atmel公司的高档8位RISC单片机ATmega16,晶体振荡频率为11.0592M,以实现与计算机之间的精确通信.ATmega16具有16k字节的系统内可编程Flash、1k字节的SRAM,和512字节的EEPROM.

1.2.2 CAN总线通信模块 系统中监控节点之间的通讯采用CAN总线技术.系统中的CAN控制器采用Philips的SJA1000,它作为一个发送、接受缓冲器,实现控制芯片和总线之间的数据传输.SJA1000是以外部存储器的形式与控制芯片进行通信的,而ATmega16L没有外部总线接口,因此需要通过软件编程的方法用普通I/O口模拟外部总线接口^[3].ATmega16L与SJA1000接口图见图3.CAN总线驱动器采用PCA82C250芯片.

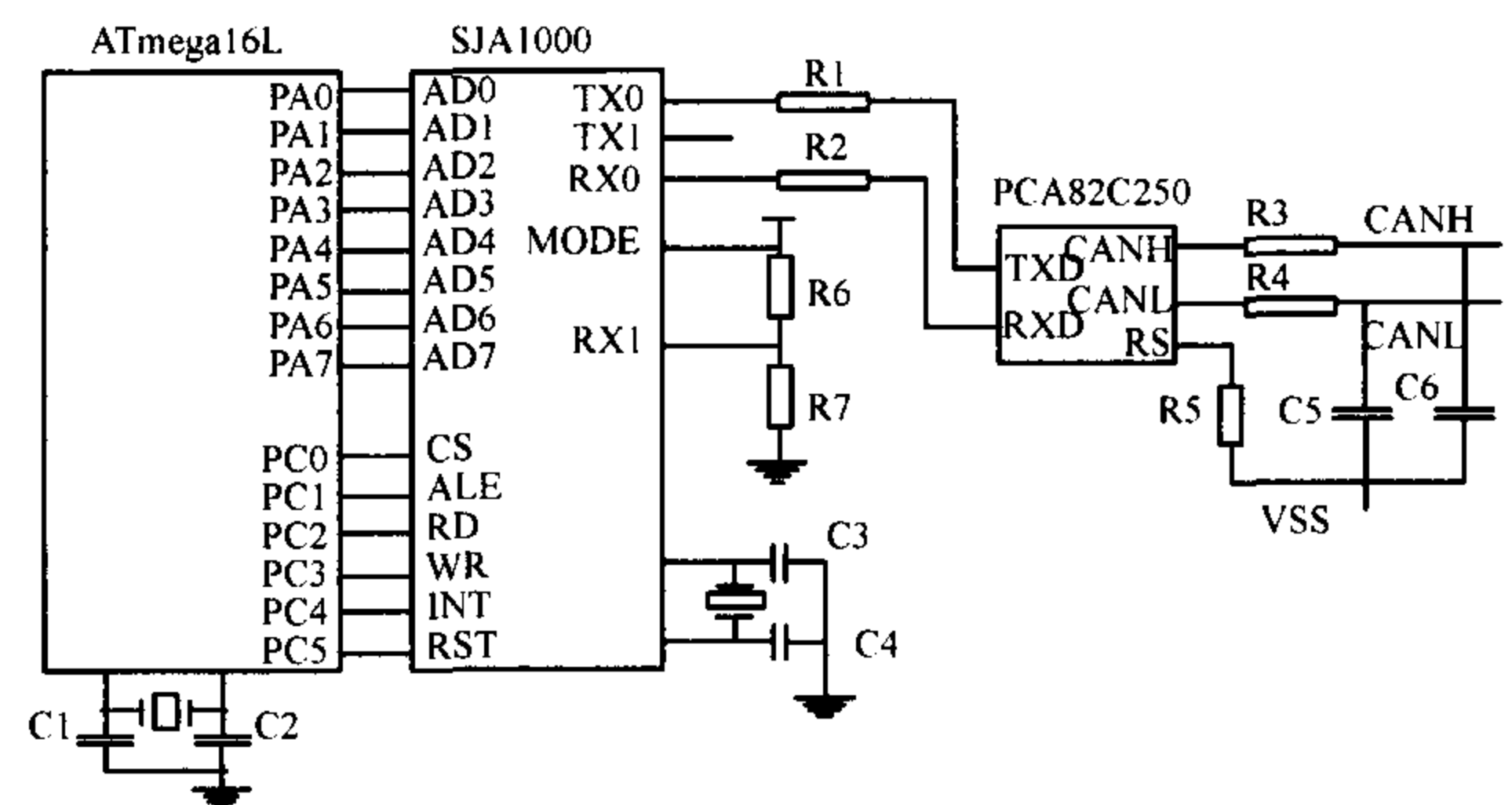


图3 CAN总线接口图

Fig. 3 Interface diagram of CAN bus

1.2.3 电池参数采集模块硬件设计 电池电量与温度的测量用美国达拉斯半导体公司生产的DS2438电池监测芯片,DS2438是Battery monitor系列芯片的一种专门用于电池检测的微电子芯片,该芯片内部集成了温度传感器、A/D转换器、电流积分器等电路,具有测量电池的温度、电压、电流和累计电量等多项功能.

DS2438通过2个字节的温度寄存器实现数字式测温.测温分辨率可配置为9、10、11或12位,默认

为 12 位分辨率,其对应的温度分辨率为 $0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$. 温度信息的低位、高位字节内容中还包含了符号位 S (是正温度还是负温度) 和二进制小数部分. 在 DS2438 完成温度变换之后,温度值与储存在 TH 或 TL 内的告警触发值相比较. 如果温度测量的结果高于 TH 或低于 TL,那么器件内告警标志将置位,每次温度测量都会更新此标志. ATmega16 读此标志可以知道电池温度有无异常,若异常即通过闪烁红色 LED 进行报警.

DS2438 为了跟踪测量电池的剩余电量而使用了一个集成电流累加器 ICA(Integrated current accumulator). ICA 是一个累积电池组投入使用后的全部流入和流出电池电流的寄存器. 所以,ICA 可以表示为电池的剩余电量. 电池电流是通过每 27.46 ms 测量 1 次外接电阻 R_{sens} 上的电压获得的. 根据此电压值的正、负而将它加入或减入 ICA 寄存器中. 通过读流进和流出 DS2438 的 ICA 寄存器里的数值就可以求出电池电量.

由于 DS2438 测量的电流量较小,因而不能直接用其对蓄电池电路上的电流进行测量. 系统主要是对蓄电池电量进行测量所以只要对其电流流动时间进行测量即可. 系统采用北京科海电子技术有限公司生产的 KT 100A/P 闭环霍尔电流传感器,其输出电流有效值是 100 mA . 电池电量测量原理图如图 4 所示.

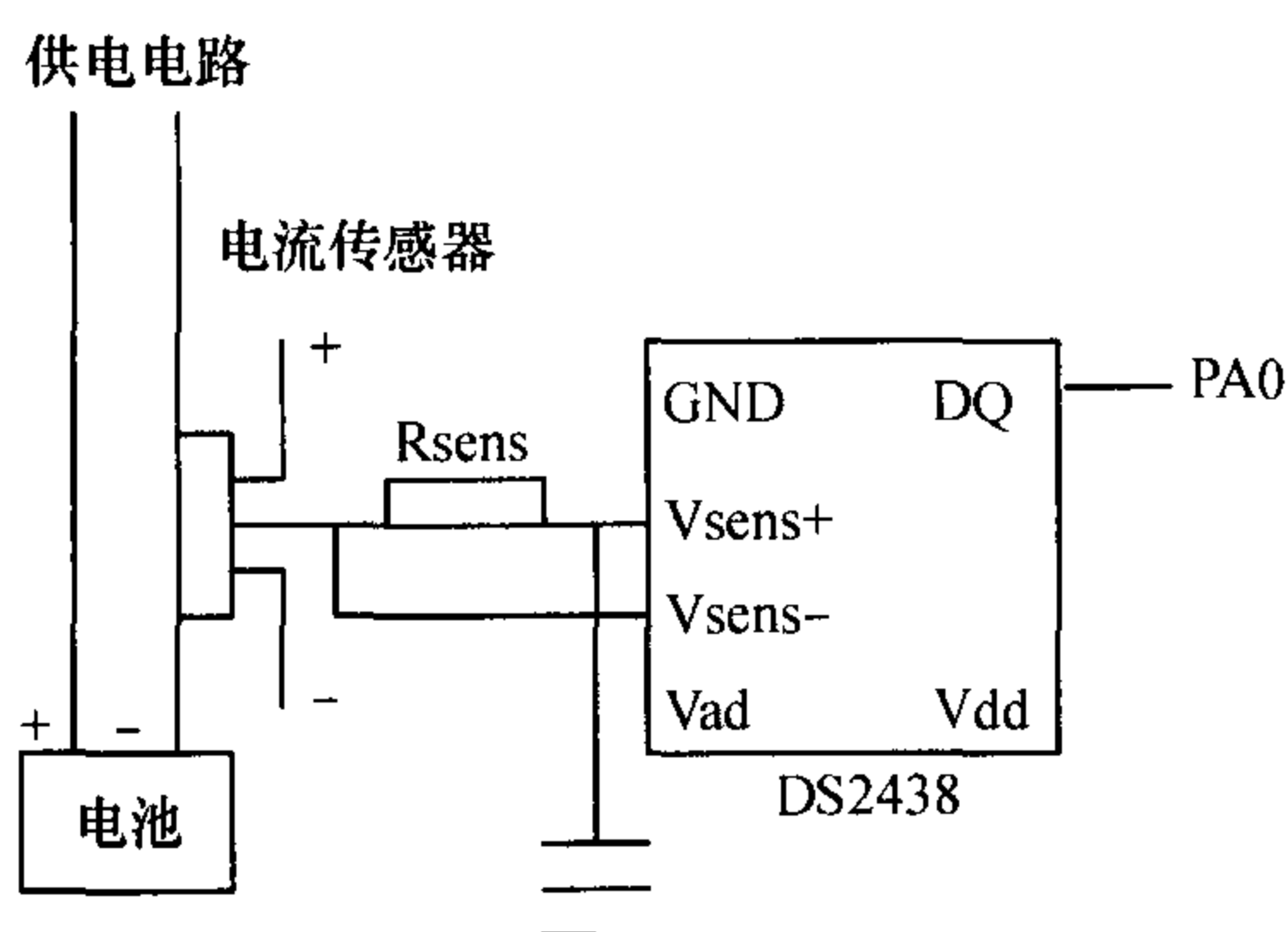


图4 电池电量测量原理图

Fig. 4 Schematic diagram of battery measurement

1.2.4 充电模块 系统所采用电池为铅酸蓄电池,规格为 12 V 、 5 Ah . 为了降低系统的复杂程度,提高充电可靠性,直接采用市场上出售的成品充电器,充电电流为 1 A . 当电池监控节点检测到电池电量低于 10% 时,判定电池电量过低,此时红色和蓝色 LED 交替闪烁,提醒使用者对电池进行充电. 充满电约需 5 h .

1.2.5 串口通讯模块 通过 RS232 接口电路,主监

控节点能够与上位机 ARM(Advanced RISC machine) 进行通信,将各个监控节点采集到的电池参数实时传给 ARM 芯片. 同时也可以接受上位机所下达的指令. 为了保证串口通信的准确率,上位机 ARM 芯片主频设为 78 M ,上位机和主节点统一采用 $57\,600\text{ bps}$ 的串口通讯波特率.

1.2.6 键盘及声光报警模块 通过按键可以手动发送 CAN 信息,也可发送远程帧,主动获取主节点的控制信息,还可对监控节点的参数进行设定. 为了便于调试系统,或对故障电池进行报警,各个监控节点均设置了红色和蓝色 2 种 LED,以不同的颜色表示不同的信息,例如红色 LED 闪烁表示电池温度过高.

1.2.7 电池监控节点主程序设计 主节点的程序流程与其他节点有所不同,但两者的主要部分都包括初始化子程序、按键扫描子程序、CAN 中断接收子程序、定时发送电池参数信息子程序等. 主节点与其他节点的主要流程如图 5 所示.

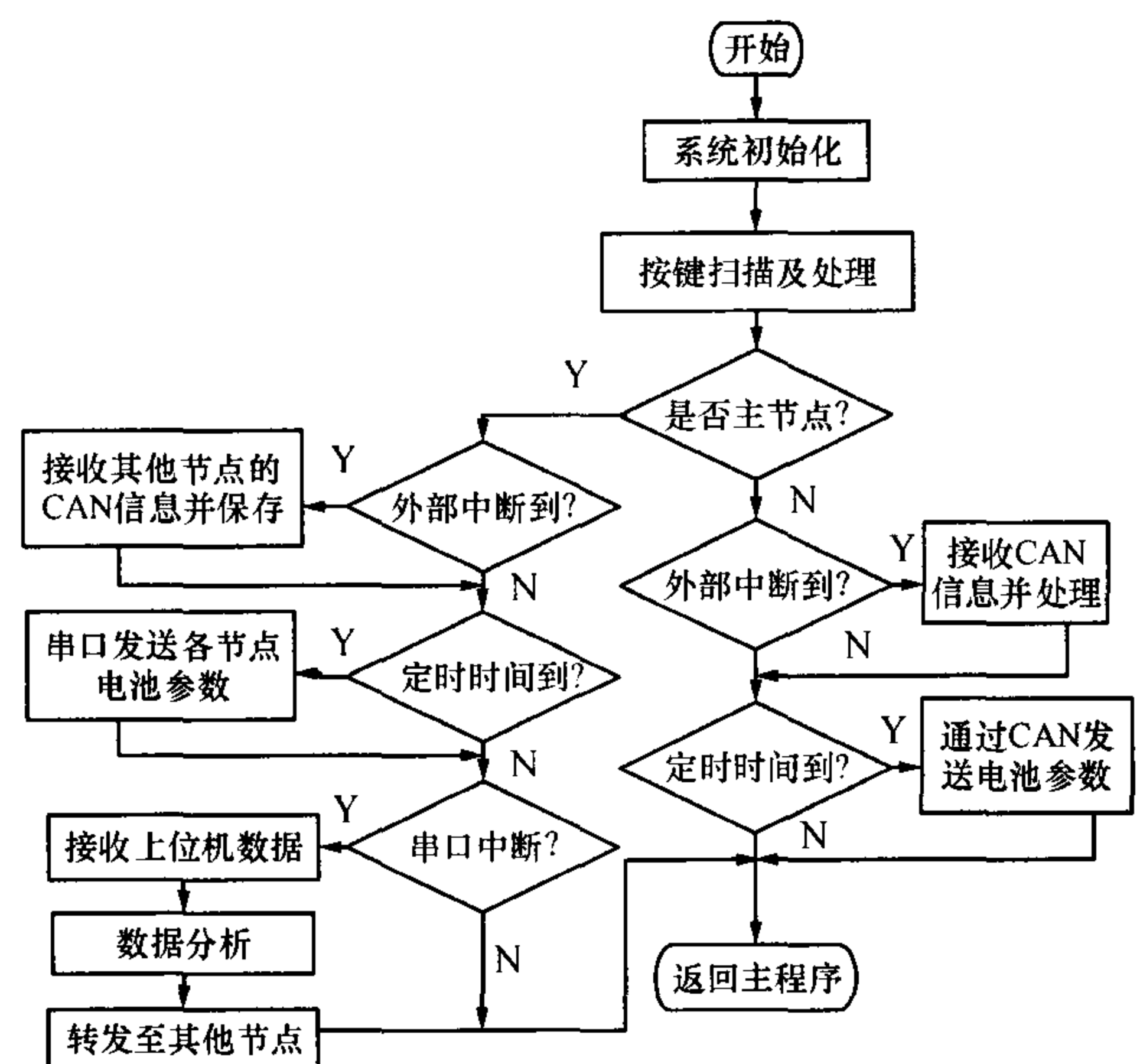


图5 主节点和其他节点工作流程图

Fig. 5 Flowchart of main node and other nodes' work

2 结果与分析

2.1 嵌入式操作系统 uC/OS-II 在电池管理系统上的移植

uC/OS-II 是具有可裁减性、完全抢先式的实时内核,uC/OS-II 总是调度就绪状态下的优先级最高的任务进入运行状态^[4]. 为了增强电池管理系统的功能,进行了 uC/OS-II 的移植,并创建了 5 个任务,主要包括系统主任务、LED 任务、uC/GUI 图形界面任务、键盘扫描任务和串口任务. 从功能上划分,

ARM 处理器将完成下面几大功能(图6).

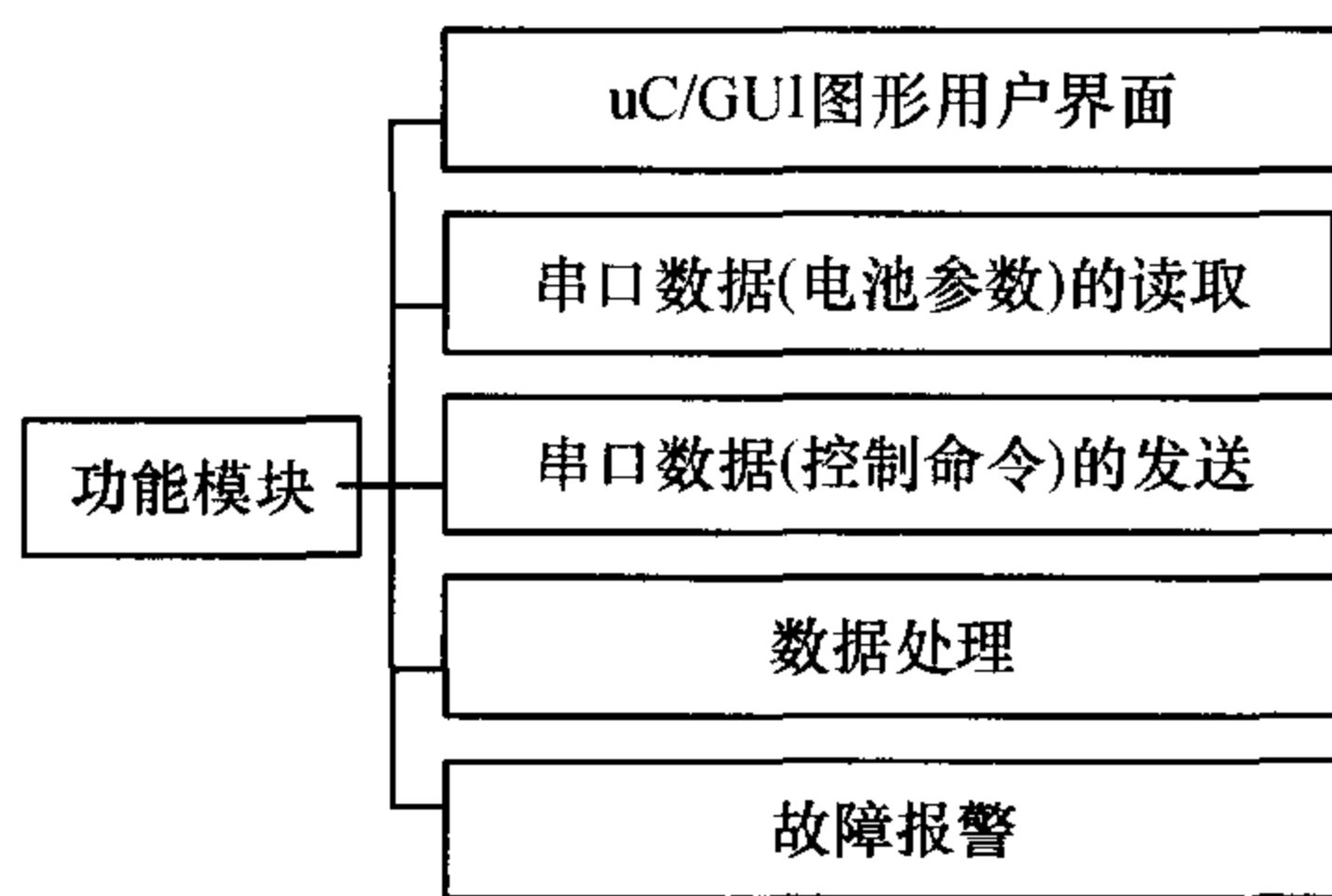


图6 上位机 ARM 功能模块图

Fig.6 Module chart of ARM's function

(1)uC/GUI 图形用户界面,主要是担任显示电池状态信息、进行人机交互等职责;(2)串口数据的读取,主要是读取电池监控主节点发送的信息,包括各个节点的电池参数;(3)串口数据的发送,就是将控制命令发送给电池监控主节点,可以更改各个电池监控节点参数,如设定温度报警上下限等;(4)数据处理,主要是对串口数据进行解析,并转换为可供 LCD 直观显示的数据;(5)故障报警,处理子函数用于实时显示系统的故障,不论是硬件还是软件故障它都记录在系统中,给维修人员提供信息。

2.2 基于 uC/GUI 的 LCD 触摸屏人机界面的实现

为使系统具有友好的人机交互接口,给系统配置了 LCD 显示装置,用来显示文字和图形界面. LCD 选用 SHARP 公司的一款 640 * 480 点阵的 TFT 型彩色液晶显示模块,附带驱动程序,安装即可使用. 同时为了方便对嵌入式控制器发出命令和输入必要的控制参数,在 LCD 上安装了 8 寸四线电阻式触摸屏. 此外,LCD 的图形界面采用了嵌入式图形用户界面 uC/GUI 来设计. uC/GUI 是美国 Micrium 公司出品的一款针对嵌入式系统的优秀图形软件,可很方便地在 LCD 上实现文本、曲线、图形等窗口对象的显示,可产生类似于 Windows 风格的显示效果^[5].

LCD 主要界面分为 4 个部分,如图 7 所示:屏幕左上部分为串口参数设置和数据收发区,点击不同按键后会弹出详细设置窗口,可进一步设置串口参数,如选择端口、数据位、奇偶校验和波特率等. 屏幕右上部分为各电池参数列表显示区,通过列表的形式按节点编号详细给出各个电池的电流、电压和温度值,没有显示出来的电池参数可以点击下拉框,往下浏览. 屏幕左下部分为剩余电量条形图显示区,通过百分比的形式直观显示剩余电量. 屏幕右下部分为波形图显示区,可以通过波形图直观显示温度等数值的变化.

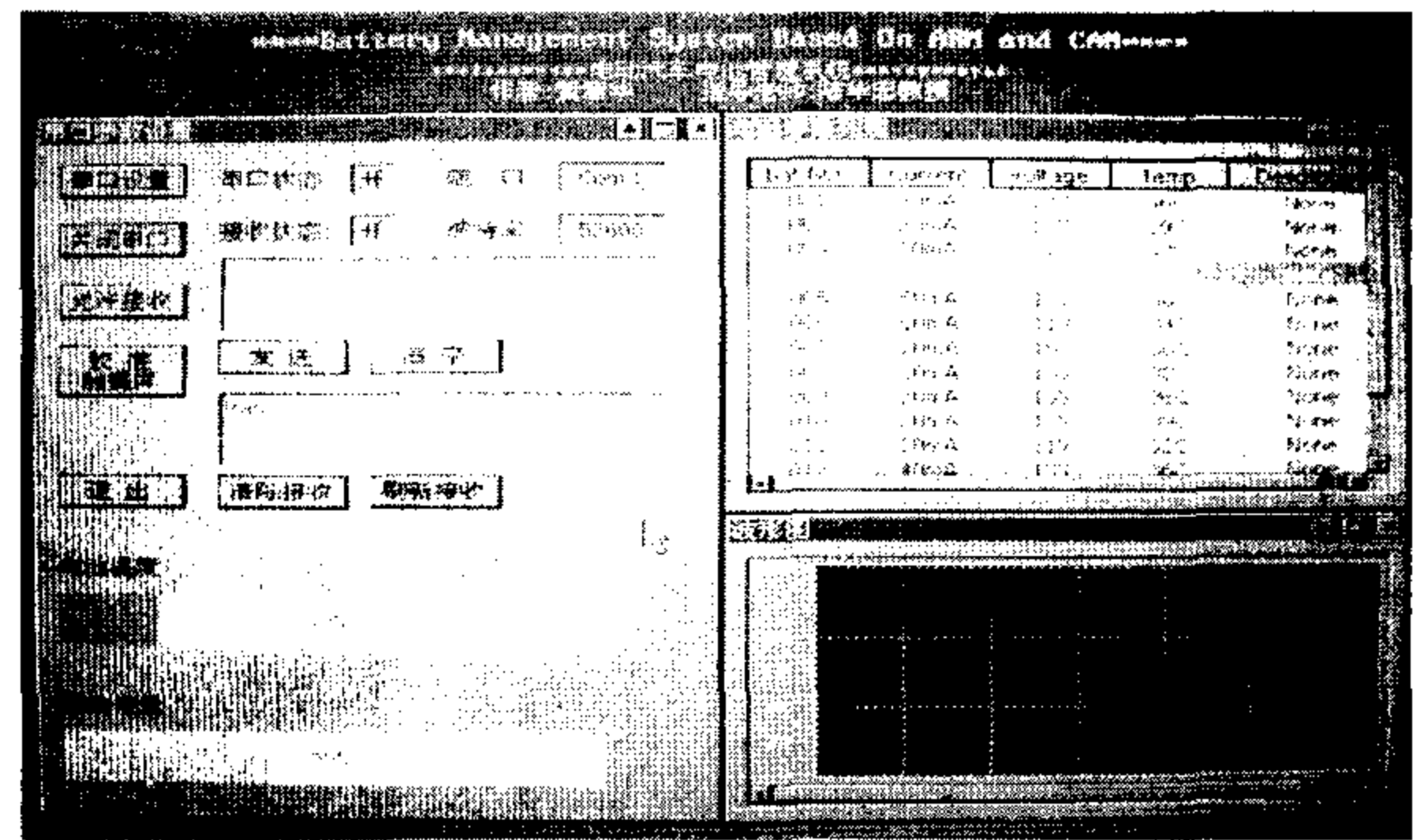


图7 触摸屏主界面图

Fig.7 Main interface of touch screen

2.3 电池剩余电量测量的标定

蓄电池剩余电量的准确测量是一个非常关键的问题,因为只有对电池剩余电量进行准确测量才能使驾驶员及时掌握正确的信息,估计自己的后续行驶里程并及时进行充电. 目前常用的电池电量测试方法包括密度法、开路电压法、内阻法和安时法等^[6]. 本文在安时法的基础上,用测量采样电阻电压法对电池的初始容量进行估计,把其他对蓄电池容量的影响因素作为系统噪声,使安时法在一个大范围内有较高的精度. 蓄电池荷电状态(State of charge, SOC)即为电池所剩电量与电池总容量的比,通常把一定温度下电池充电到不能再吸收能量的 SOC 定义为 100%,而把电池不能放出能量时的 SOC 定义为 0,计算公式如下:

$$SOC = [Q_m - Q(I_n)] / Q_m,$$

$$Q(I_n) = \int_0^t I_n dt.$$

式中: Q_m 为蓄电池最大放电容量,表示为标准放电电流和放电时间的乘积; $Q(I_n)$ 为标准放电电流 I_n 下 t 时间蓄电池释放的电量. 由于 DS2438 中含有一个集成电流累加器(ICA),因而可以通过读 ICA 寄存器再进行转换而获得电池 SOC. 对于同一批次的电池,未充电时标记为 0,充满电时记下 ICA 寄存器的值,并在显示屏上显示 100%,利用线性回归方法估算出电池的 SOC. 如图 8 所示.

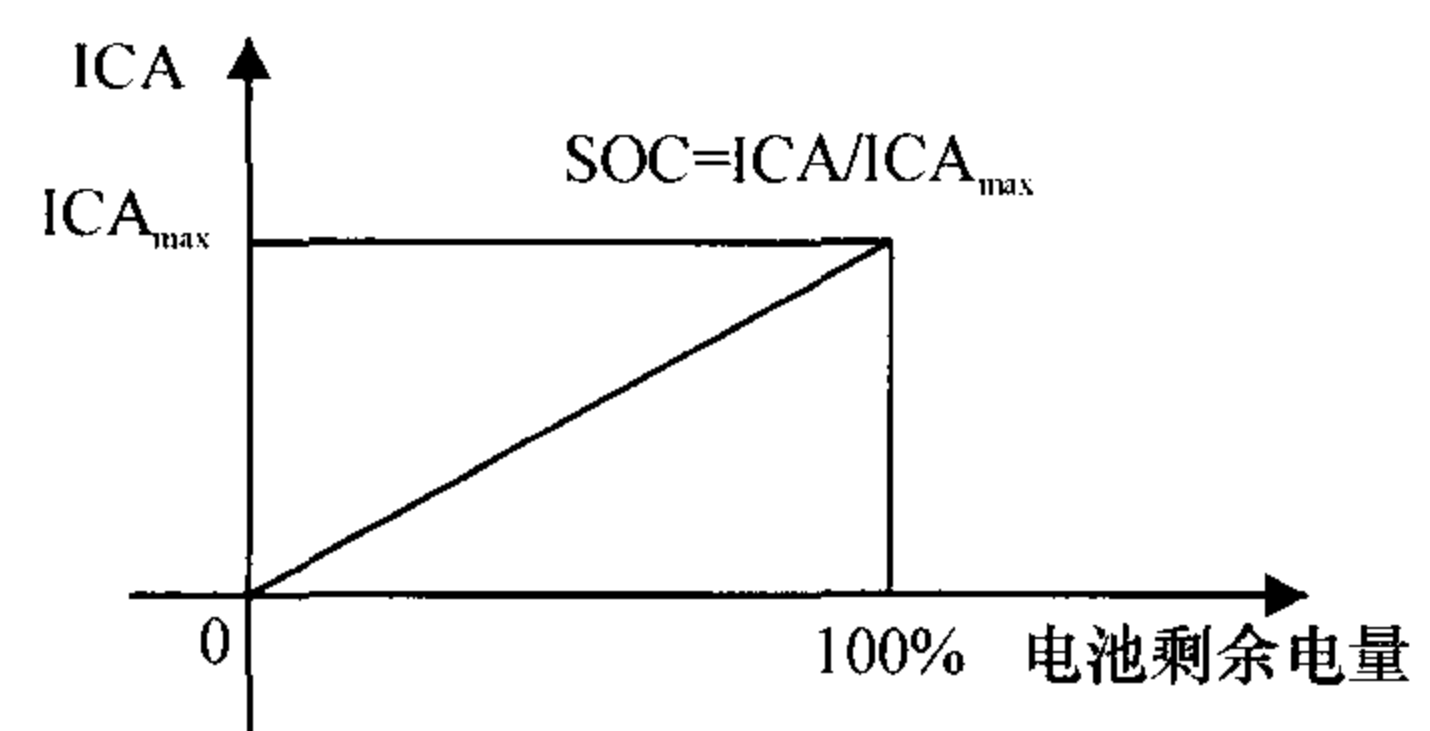


图8 线性回归法标定电池电量

Fig.8 Battery calibration by the method of linear regression

在铅酸蓄电池使用过程中,准确地测量蓄电池电解液密度,是分析蓄电池实际容量的重要依据. 电解液密度随充电而提高,随放电而降低. 从图9看出,电解液密度与蓄电池容量的关系呈直线变化. 测试证明,电解液密度每下降 $0.01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,相当于蓄电池耗电 6%. 也就是说当电解液密度由 $1.28 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 降到 $1.12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,大约蓄电池容量输出 100%. 如果电解液密度下降到 $1.20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,说明蓄电池容量已放出 50%.

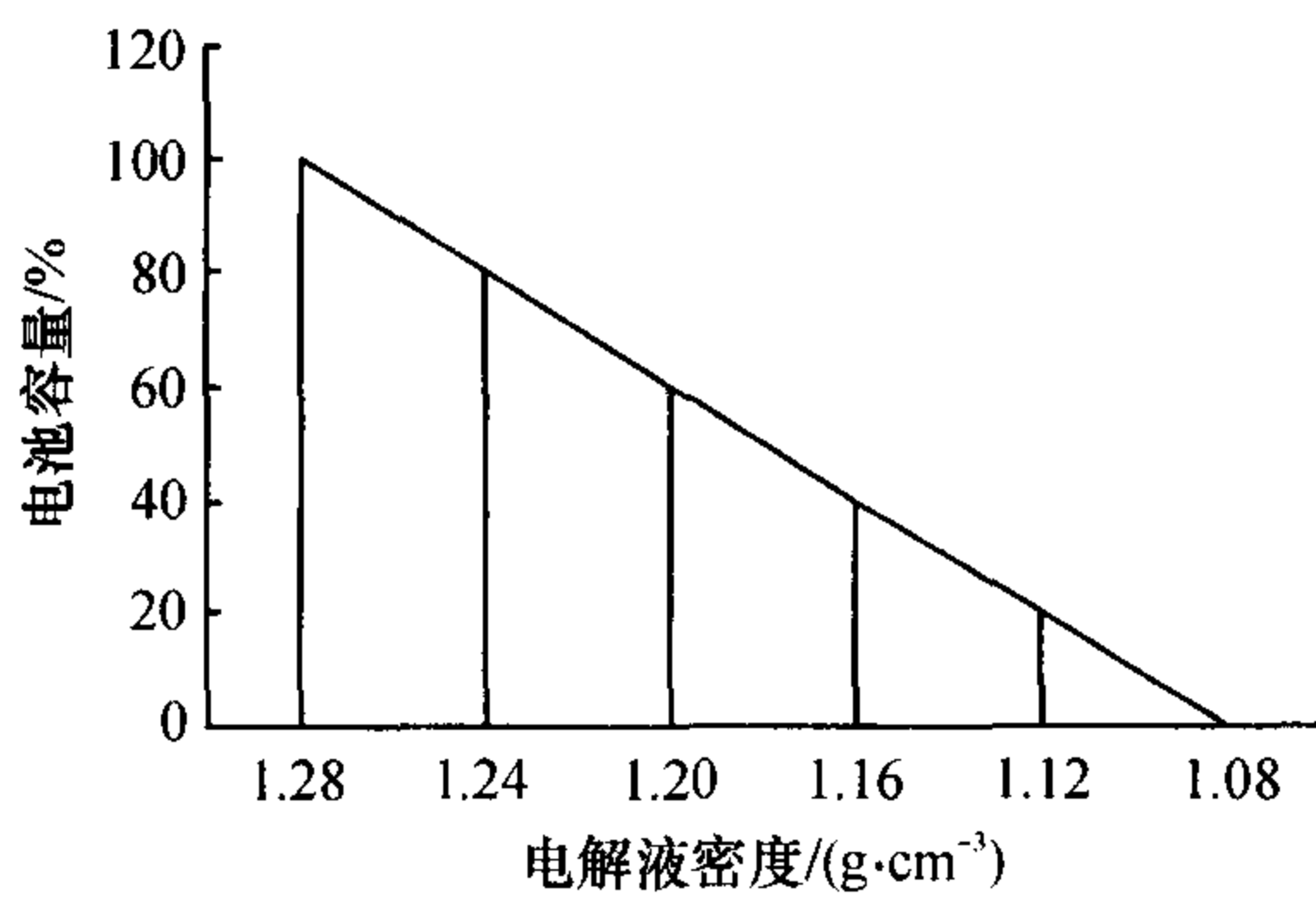


图9 电解液密度变化与蓄电池容量的关系

Fig. 9 Relationship between electrolyte's density and battery's capacity

表1为DS2438充放电试验数据表. 标定用的是12N5-3B型号铅酸蓄电池(12 V、5 Ah). 先将1个性能良好的蓄电池放电,直到其电解液相对密度为1.08. 此时表明其容量为0. 然后开始充电,并记录下

表1 DS2438充放电试验数据表

Tab. 1 Experiment data of DS2438's charge and discharge

编号	充电量/ (mA · s ⁻¹)	放电量/ (mA · s ⁻¹)	差值/ (mA · s ⁻¹)
1	185 630	185 640	10
2	185 640	185 634	6
3	185 635	185 621	14
4	185 625	185 640	15
5	185 640	185 635	5
6	185 635	185 623	12
7	185 630	185 641	11
8	185 640	185 633	7
9	185 635	185 626	9

时间、流过电流传感器的电流直至电解液密度升到 $1.28 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. 继而开始做放电试验,并记录下时间、流过电流传感器的电流直至电解液密度降为 $1.08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. 重复9次试验(未考虑温度影响),每次流入和流出DS2438的值如表1所示. 从表1可知,文中提出的用DS2438对蓄电池电量进行测量是可行的.

3 结论

本研究采用美国DALLAS公司的单总线技术进行电池参数的测量,简化了硬件设计,性能可靠,能准确测量电池电压、电流和温度. 采用CAN总线作为电池监控节点的联系通道,保证了数据准确性和数据传输速率. 同时其特有的远程帧、广播帧等丰富了节点之间的通讯方式. 上位机采用ARM技术,在uC/OS-II操作系统的支持下,能有效实现电池管理系统多种任务的调度. 采用触摸屏技术,结合uC/GUI图形界面,能以列表、波形图等形式直观显示电池参数,同时省去了传统按键设计,直接在触摸屏上进行操控,人机交互更为友好. 通过电池状态标定试验可以看出,系统对电池参数采集基本正确,本文提出的电池管理系统是可行的.

参考文献:

- [1] 马建新,李青松,龚元明. 基于CAN总线的电动汽车蓄电池管理系统[J]. 机电一体化,2004(5):62-64.
- [2] 钟静宏,张承宁,张玉璞. 电动汽车电池组管理系统研究及实现[J]. 研究与设计,2006,30(11):924-926.
- [3] 黄章华,陆华忠,李灌辉. 基于CAN总线和PID算法的多点水温控制系统[J]. 仪表技术与传感器,2007(10):44-45.
- [4] 邵贝贝. 嵌入式实时操作系统[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:9-60.
- [5] Micrium uC/GUI. Graphical User Interface with Graphic Library[EB/OL]. [2002-05-08]. <http://www.micrium.com/products/gui/gui.html>.
- [6] 杨朔,何莉萍,钟志华. 电动汽车蓄电池荷电状态的卡尔曼滤波估计[J]. 贵州工业大学学报:自然科学版,2004,33(1):30-31.

【责任编辑 周志红】