

# 基于 STM32 的充电机管理单元的设计与应用

尹 强 丁 圆 任晓丹 刘建鹏 于 越 甘江华

(国家电网许继电源有限公司 许昌 461000)

**摘 要:** 为了满足智能变电站中对充电机的管理需求,设计了一种基于 STM32 的充电机管理单元的设计方案。依据功能需求分析,设计了硬件构架和软件构架,研制了充电机管理单元,搭建了系统实验测试平台,实验数据表明,本设计能够实现充电机的信息采集与参数调节、本地数据显示与按键操作、远程监控双向通信、充电机逻辑控制等功能。实际应用表明其可使工作人员实时掌控充电机的工作情况,提高系统的智能化管理,且能满足实际应用的需求。

**关键词:** STM32;管理单元;充电机;人机交互;通信

**中图分类号:** TP2;TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

## Application and design of the management unit of the charger based on STM32

Yin Qiang Ding Yuan Ren Xiaodan Liu Jianpeng Yu Yue Gan Jianghua

(XJ Power Co., Ltd., State Grid Corporation of China, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** In order to meet the management demand of charger in intelligent Substation, the management unit of the charger based on STM32 is designed. According to the analysis of functional requirements, the hardware architecture and software architecture are designed, the charger management unit is developed, and the system experimental platform is built. The experimental data show that it can realize the functions of information collection and parameter adjustment, local data display and key operation, remote monitoring two-way communication, logic control of charger and so on. The practical application shows that it can enable the staff to control the work of the charger in real time, improve the intelligent management of the system and meet the needs of practical application.

**Keywords:** STM32; management unit; charger; human-computer interaction; communication

## 0 引 言

目前,随着电子科学技术的发展,变电站无人值守成为趋势,电力设备开始向高可靠性、高智能化方向发展<sup>[1]</sup>,作为核心部件的充电机,同样也向高效率、高功率密度及智能化发展,其信息的监控也要随之更加智能化。主要需求如下:

首先,能够接收上位机的命令,实现其稳压工作或者稳流工作的给定电压信息,最终实现对蓄电池组的充电;其次,能够将自身的运行信息传送给上位机(监控装置),实现上位机对充电机组的统一管理;再者,能够实现本地的运行信息显示和参数设置,以及本身的身份识别;然后,能够实现本机输出参数的校准及基于通信方式的程序升级;最后,能够识别故障的具体信息,帮助维护及维修。

依据上述功能需求分析,采用当前主流的 32 位 STM32 系列微处理器,研制充电机管理单元。通过装置的

大量现场运行表明,充电机的管理单元能够稳定运行,并达到预期设计的功能指标需求。

## 1 硬件设计

将充电机作为研究对象,以微处理器为管理核心,以功能需求实现为目标,其硬件架构如图 1 所示。伴随着高性能芯片的不断更新换代,管理单元采用基于 ARM 32 位 CortexTM-M0 微处理器 STM32F072C8T6 芯片,封装采用 LQFP48  $7 \times 7$  mm,具有 48 MHz 最高主频、128 KB FLASH 和 16 KB SRAM 的存储空间、1 个 12 位  $1 \mu\text{s}$  A/D 转换器、1 个 12 位 D/A 转换器和 10 个通信接口(2 个 I<sup>2</sup>C 接口、4 个 USATR 接口、2 个 SPI 接口、1 个 CAN 接口和 1 个全速 USB 2.0B 接口)等,拥有实时性能优异、代码密度高、位带操作、可嵌套中断、低成本、低功耗等众多优势<sup>[1-3]</sup>。硬件电路包括模拟量输入检测、人机接口、RS485 通信、开关量输入检测、开关量输出控制、最小单元和辅助电源部分。

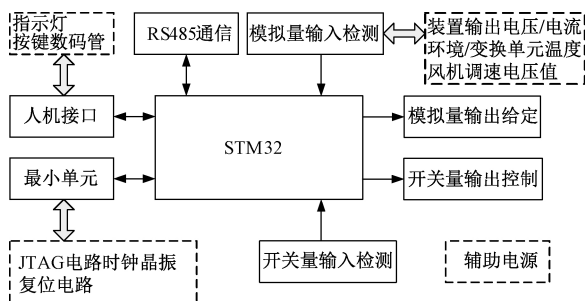


图 1 硬件框架

模拟量输入检测电路是将信息经调理电路转换为合适范围内的电压信号送入 STM32 的 A/D 端口,装置输出电压检测通过正对负电压电阻比例分压,装置输出电流检测通过分流器<sup>[4]</sup>将电流信号转换成电压信号<sup>[5-6]</sup>,采用温度系数、负载系数小、稳定性高的电阻,实现电流的高精度测量<sup>[7]</sup>,然后经有源滤波、比例放大和电压箝位,得到 0~VCC1 的模拟电压信号,最后进入 STM32 的 12 位 A/D 引脚,检测原理如图 2 所示。温度采样是将 NTC 热敏电阻的变化转换成电压模拟信号,再将模拟信号转换成数字信号,再换算出相应的温度<sup>[8]</sup>,采用 NTC103 热敏电阻,其具有体积小、受磁场影响小、抗辐射及耐振动的优点<sup>[9]</sup>,温度范围为  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,电阻范围为  $173\ 902\ \Omega\sim 598\ \Omega$ , $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  时电阻为  $10\text{ k}\Omega\pm 5\%$ ,温度为  $3\ 950\text{ K}\pm 2\%$ 。采用与 PA0~PA3 4 个 A/D 功能管脚相连接。

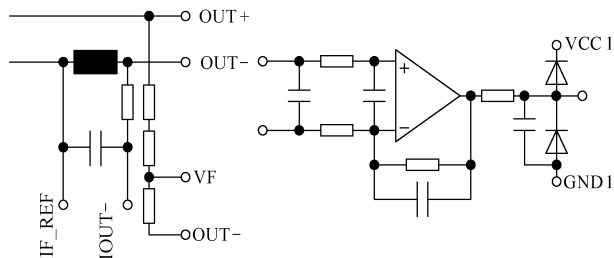


图 2 模拟输入检测原理

人机接口采用按键、指示灯和数码管显示,与 STM32 的 I/O 引脚和 I<sup>2</sup>C 引脚连接,原理如图 3 所示。按键通过上拉电阻与电源连接,实现指令单独及组合命令执行,采用两个按键,与 PA6 和 PA7 两个 I/O 管脚相连接;指示灯为不同颜色的发光二极管,辨识装置的运行、故障和告警状态,采用绿、红、黄 3 个指示灯来进行区分<sup>[10]</sup>,与 PB0、PB1 和 PB10 3 个 I/O 管脚相连接;数码管显示为 LED-2181BS 共阳 0.28 英寸红色一位 7 段 10 针数码管,采用 3 个数码管,与 PB12~PB13 的两个 I<sup>2</sup>C 功能管脚相连接,其电气连接的网络标号为 LED\_SI 和 LED\_SCK。

通信电路中 RS485 通信为双向的数据信号传输,STM32 的 USART 引脚通过隔离转换电路、瞬态防护<sup>[11]</sup>、阻抗匹配和共模电感与其他设备通信口通过屏蔽双绞线进

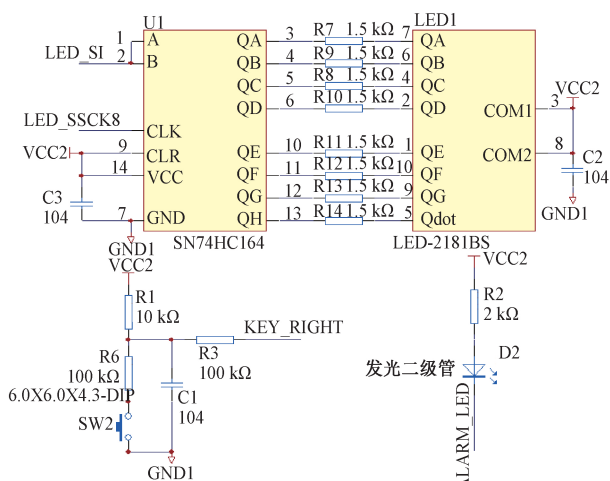


图 3 人机接口原理

行连接,具有较高的抗干扰能力,原理如图 4 所示。ISO3082DWR 隔离转换芯片提供传输总线与逻辑电平接口具有  $2.5\text{ kV}/60\text{ s}$  的隔离,具有较高的抗干扰能力;TVS 管采用 SM05T1,连接在传输总线与地以及传输总线之间,抑制高频瞬态电压,保护通信电路;终端阻抗匹配电阻采用  $120\ \Omega$ ,使传输总线输入阻抗和线路阻抗匹配,能够实现线路阻抗连续,可以有效减少反射信号对通信数据传输的影响;传输总线为差分信号,串联  $10\ \mu\text{H}$  的共模电感,进一步降低共模干扰对通信的影响。采用与 PA8~PA10 两个 USART 功能管脚和一个 I/O 管脚相连接,电气网络标号为 SCIRXDB、SCITXDB 和 485DEB。

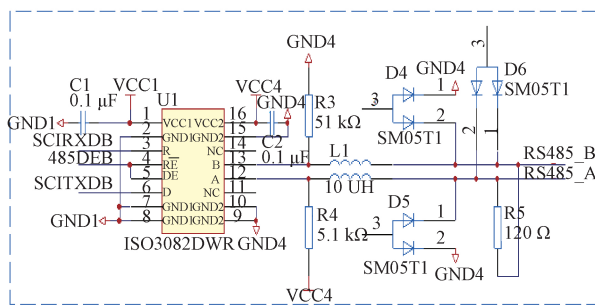


图 4 RS485 通信原理

开关量输入检测将故障信息的电平信号转换为 STM32 允许的最高电压范围内,进入 STM32 的 I/O 口,同时交流输入的故障信息应通过 TLP121 光耦转换保证电气隔离,实现充电机的故障信息的模拟判断及最终的通信上传,原理如图 5 所示。开关量输出控制是通过 STM32 的 I/O 口发出的电平信号转换为合适功率以驱动固态信号继电器的开通与关断,为了增加驱动能力可以采用达林顿管、小继电器驱动、光耦隔离和驱动芯片<sup>[12-14]</sup>等方式,从而实现充电机的启动逻辑建立以及装置的逻辑控制,此外还能控制串联在均流信号线与模拟控制环之间的 MOSFET 的导

通与关断实现充电机组的均流,以及通过改变风机的供电电压实现风机的调速等。模拟量输出是通过 STM32 的 12 位 D/A 引脚发出的 0~VCC1 的模拟电压信号,实现输出电压和输出电流的给定信号,与 PA4 和 PA5 两个 D/A 功能管脚相连接。

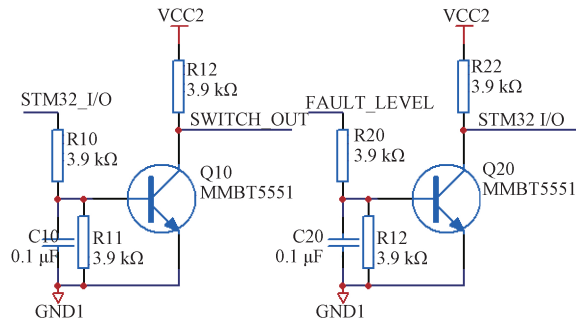


图 5 开关量输入/输出原理

最小单元由 JTAG 接口、时钟晶振电路和复位电路组成。JTAG 为测试协议,在线仿真调试及程序烧写,完成软件设计,与 PA13 和 PA14 管脚相连接;时钟晶振电路为系统工作提供时钟信号,通过初始化配置内部时钟寄存器得到,晶振频率为 8 MHz 和 32.768 kHz,与 PC14、PC15 和 PF0、PF1 管脚相连接;复位电路用于数据采集程序跑飞或者死机时,为控制器提供重启,与 NRST 管脚相连接。

2 软件设计

软件架构如图 6 所示,通过 STM32 的来实现显示、按键设置、逻辑控制、数据测量、故障报警和通信等功能。

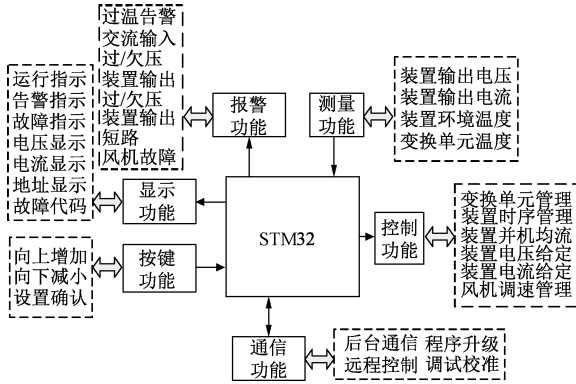


图 6 软件架构

显示功能可以将装置分为几个功能框架单元进行显示,可以包括指示灯指示和数码管显示,其中有运行指示、告警指示、故障指示,还有输出电压显示、输出电流显示<sup>[15]</sup>、地址显示、故障代码显示。按键功能根据硬件电路的按键电路,实现包括向上增加、向下减小和设置确认等参数的设置功能,实现本地输出电压、输出电流、装置身份等设置。

测量功能根据硬件电路的模拟量输入检测信号,实现包括装置输出电压、装置输出电流、装置环境温度和变换单元温度等参数的测量。控制功能根据硬件电路的开关量输出控制信号,实现包括变换单元管理、装置时序管理、装置并机均流和风机调速电压等参数的控制;根据硬件电路的模拟量输出给定,实现包括装置输出电压给定和装置输出电流给定的控制。报警功能根据硬件电路的开关量输入检测,实现包括过温告警及保护、交流输入过/欠压保护、装置输出过/欠压保护、装置输出短路保护和风机故障等功能。

通信功能为与后台通信、程序升级、远程控制和调试校准等功能,后台通信将装置的报警信息和测量信号通信给上位机,上位机通过系统的要求对装置的电流和电压的给定信号进行调整以及装置的开/关机;输出电压和输出电流的显示与实际值要求准确且误差偏差小,因此要进行校准,通过串口助手及上位机小界面,根据校准要求进行校准;根据客户新需求或现场临时需求,对装置的软件功能的程序进行升级<sup>[16-17]</sup>。

软件程序使用 C 语言编写,编译环境是 IAR 7.10 软件开发,采用模块化设计思路,有利于程序的维护及升级,其充电机管理单元的主函数流程如图 7 所示。装置上电初始化时从 EEPROM 读取保存的定值,然后进入主循环顺序执行看门狗喂狗、定值合法性校验、获取按键状态等过程,并根据按键状态控制发光二极管和数码管显示,在中断中判断是否要进行 AD 采样及串口处理,并在主函数中依据相关标识进行处理。

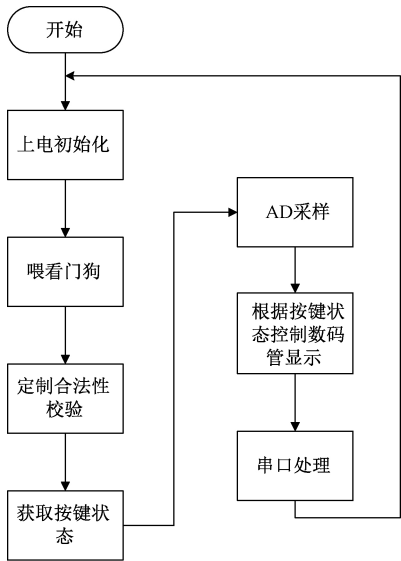


图 7 主程序流程

中断程序流程如图 8 所示,有定时中断和串口中断两个中断。定时中断中,首先进行开入开出处理和计算串口静默时间,然后查看是否有按键操作,若没有接着进行 AD 采样时间计时、指示灯闪烁计时、设定和运行两种状态下的

数码管闪烁定时,最后根据是否达到定时时间置换相应的标识;串口中断子程序流程中,若存在帧出错或溢出,抛弃错误帧,否则判断接收数据长度与缓冲区长度,计算接收数据索引。

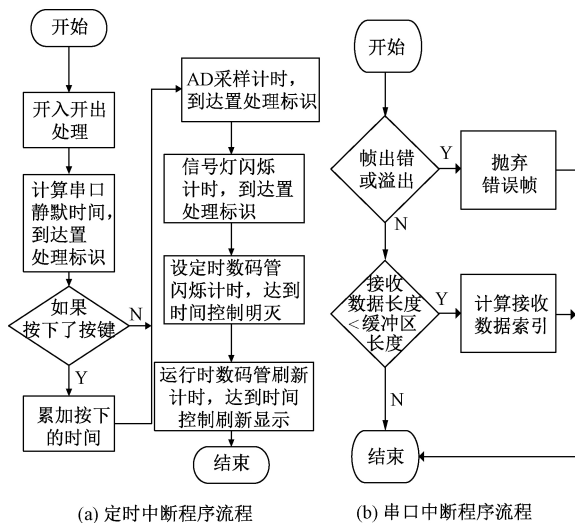


图 8 中断子程序流程

按键状态及数码管显示程序流程如图 9 所示,主要由按键状态和按键状态控制数码管显示子程序流程。获取按键状态子程序流程中,首先读取当前按键状态,接着判断上键、下键和组合键,然后根据判断情况取相应的键码。按键状态控制数码管显示子程序流程中,首先根据当前数码管显示标识控制显示内容,接着依据获取到的按键状态分类执行相应的操作。

### 3 实 验

基于 STM32 的充电机管理单元应用于充电机装置中,同时与监控装置、蓄电池组等组成直流电源系统。直流

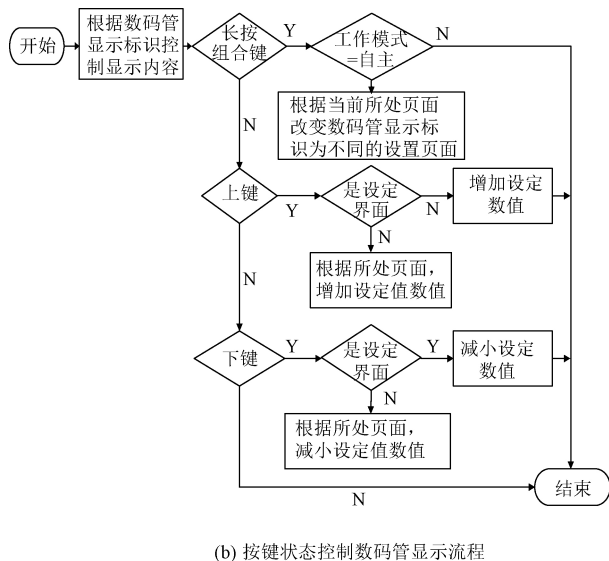
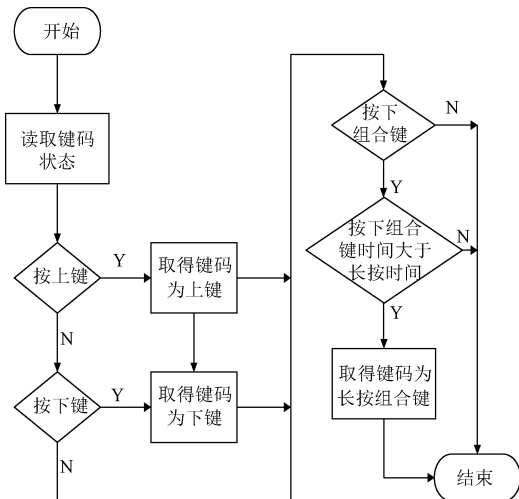


图 9 按键状态及控制数码管显示子程序流程

系统的交流输入开关闭合,通过充电机面板上的两个按键对充电机的手动输出电压、模块地址、模块组数和模块控制模式进行设置。设置步骤为:1)将当前的显示切换到要更改的信息界面;2)按键经几秒后释放,可以看到显示闪烁;3)通过按键上键和下键更改设置值;4)按下键经几秒后释放(显示将不再闪烁),可以确认数据;若放弃更改,按上键几秒后释放(显示将不再闪烁),可以退出设置模式。同时,最后使充电机设置在自动控制模式下。

充电机的实物效果图如图 10 所示,其中从左到右和从上到下,分别为 a~h 号充电机,将它们停留在不同的模块参数界面,便于数据的观察。从图中可以看出:1)a 和 b 为装置输出电压显示(232),c 和 d 为装置输出电流显示(1.0),两个充电机显示的输出电压和输出电流分别都相等,则输出电压显示的两个充电机表明能够接受上位机的命令并执行,即其稳压工作的给定电压信息,同理也可以实现其稳流工作的给定信息,此外,显示电流的两个充电机的显示电流值相等,表明充电机之间具有均流功能。2)f 为充电机的控制模式,“-A-”代表自动控制模式,表明此时充电机受系统监控装置给定信息的控制,此外,若手动模式则不受系统监控装置的控制。3)e 为充电机组的组数,“1”代表为 1 组充电机组,由于直流电源系统具有 1 组充电机组、2 组充电机组和 3 组充电机组等组数分类,其作为充电机身份的一个因素;g 和 h 为充电机的地址,“16”和“17”代表第 7 和第 8 台充电机,其作为充电机身份的另一个因素。充电机组数和充电机地址共同决定了系统中充电机的身份,能够表明充电机本身的唯一身份。4)上述中信息界面显示内容的不同,能够表明可以实现本地运行信息的显示和不同参数的设置。5)指示灯从左到右,分别为“RUN”、“ALM”和“FAULT”,它们代表运行、告警和故障,表明充



(a) 按键状态程序流程



电机此时的状态,以便于设备端的维护。因此,充电机管理单元能够接受上位机的命令,实现其稳压工作;能够通过充电机的信息采集,进行本地数据的输出电压和输出电流的显示,按键及操作界面组数和地址的参数设置,能够组合表明充电机本身的唯一身份;指示灯信息能够表明充电机此时的运行状态,便于设备端的运维。



图 10 充电机实物效果图

直流系统的交流输入开关闭合,可以对监控装置的设备信息进行设置。监控显示充电机的信息实物图如图 11 所示,从图中可以看到:1)充电机的模块编号、受控状态、运行状态、电压、电流、故障信息(过温、交流输入、输出过/欠压、通信中断)等信息,表明充电机能够将自身的运行信息传送给上位机(监控装置),从而实现上位机对充电机组的统一管理;2)电压给定和电流给定为系统控制信号,其值为 232 V 和 3.7 A,与充电机本身显示的输出电压一致且大于输出电流,进一步表明了充电机能够接收上位机的命令,运行在稳压工作模式;3)故障信息(过温、交流输入、输出过/欠压、通信中断),表明了故障的具体信息,便于监控端故障识别及维护管理。因此,充电机管理单元具有远程监控双向通信功能。



图 11 监控显示实物图

基于 STM32 的充电机管理单元的主要实验数据如表 1 所示。

表 1 功能与实验数据

功能	充电机	监控装置
显示功能	输出电压、输出电流、模块地址、模块组数、模块控制模式	—
指示功能	运行、告警和故障指示灯	—
参数设置	按键“Δ”和“▽”与显示界面的组合	—
通信功能	命令的执行,例如:给定电压“232 V”	充电机信息显示:“受控状态”等
身份识别	组数和地址:“1”和“10”	充电机模块编号:“模块 1”等
故障识别	故障指示灯:红色	充电机故障信息
均流识别	电流显示	充电机输出电流信息

4 结 论

本研究设计了模拟量输入检测、人机接口、RS485 通信、开关量输入检测、开关量输出控制和最小单元的硬件架构电路,建立了显示、按键设置、逻辑控制、数据测量、故障报警和通信等功能的软件构架,研制了基于 STM32F072C8T6 高性能处理器的充电机管理单元,搭建了系统实验测试平台。实验结果说明了:1)各充电机稳定输出 232 V,表明能够接收上位机的命令,实现稳压工作的给定电压信息;2)监控显示界面数据信息,表明充电机能够将自身的运行信息传送给上位机;3)数码管 5 个显示界面和 2 个按键,表明了充电机本地的运行信息显示和参数设置,以及本身的身份识别;4)本地显示输出电压和输出电流相等且偏差不大,表明了本机输出参数的校准能力及上位机对充电机组的统一管理;5)本地运行、故障和告警指示灯,监控装置的故障信息,共同表明能够识别故障的具体信息。得到了充电机管理单元应具有双向通信功能(接收上位机下发命令和上传本机数据信息)以及本地显示和参数设置功能(身份唯一性)的基本功能特性,解决了本地电位器给定、拨码开关身份识别、通信抗干扰能力低和信息监测不全面等方面的实际应用问题,继承了许多研究者控制器最小系统的设计思路、采样电路设计方法和程序升级流程,完善了通信抗干扰的外围电路设计、信息采集全面及分析、均流及风机调速控制等方面的优化,研究成果可推广及应用到智能直流充电桩系统的充放电管理。目前,该管理单元已经在智能变电站的充电机中得到广泛应用。

参考文献

[1] 李祥,崔昊杨,皮凯云,等.基于 STM32 的变电站巡检机器人系统设计[J].现代电子技术,2017,40(17):150-153,157.

[2] 李梦夏,顾金良,郑青川,等.基于移动通信的电动车充电管理系统[J].电子测量技术,2017,40(11):251-254.

- [3] 吴琼,王楠,瞿超杰,等.基于 STM32 的光伏发电板二自由度自跟随系统设计[J].电子测量技术,2017,40(12):160-164.
- [4] 李涛,李晶,张慧,等.基于 STM32 和 PWM 的锂电池检测系统设计[J].电气传动,2017,47(1):59-62.
- [5] 唐武兵,关永,吴立锋,等.超级电容 UPS 智能监测系统设计与实现[J].计算机工程与设计,2015,36(12):3219-3224,3229.
- [6] 李惠,徐小川,于学伟,等.基于 STM32 的智能发电机电参量测量装置的设计[J].电测与仪表,2016,53(2):125-128.
- [7] 王营,李正坤,陈乐,等.一种可编程精密直流电流测量系统的设计[J].电测与仪表,2016,53(7):113-117,128.
- [8] 李加超,孟令军,张晓春.基于 ARM 的高精度测温系统设计与实现[J].自动化与仪表,2014,29(10):16-19.
- [9] 王选择,赵治俊,杨练根,等.提高 NTC 热敏电阻器测量响应速度的方法[J].传感器与微系统,2017,36(7):19-22.
- [10] 苏百顺,靳孝峰,郭帅童,等.基于 STM32 的环境综合参数检测仪的设计[J].测控技术,2018,37(6):60-63.
- [11] 肖盛聪,耿化民,陈莹.RS485 在井下供电监控系统中的应用[J].机械设计与制造,2016(9):54-56,60.
- [12] 周启明,陈铁,汪强,等.基于 STM32 智能 CT 二次开路保护装置的设计[J].电测与仪表,2012,49(8):75-78,88.
- [13] 方浩,李艾华,王涛,等.基于 STM32 单片机的智能枪柜系统设计[J].电子技术应用,2014,40(3):12-14,18.
- [14] 支艳华,王金全,唐友怀,等.基于 ARM 的配电柜数字化技术研究[J].仪表技术与传感器,2011(9):67-69.
- [15] 韩博,周越文,杨召,等.自动测试系统多路电源监控单元设计[J].仪表技术与传感器,2016(8):27-31.
- [16] 诸德宏,张介环.具有远程升级功能的小区电能监测系统[J].电子器件,2014,37(4):733-736.
- [17] 杨晶,何鹏举,朱升林,等.具有远程升级功能的网络化智能温控器[J].测控技术,2012,31(11):6-10.

### 作者简介

尹强,硕士、高级工程师,主要从事电能变换技术研究及发电厂、变电站直流电源技术的研究应用工作。

E-mail:yin-l-qiang@163.com