

# 基于 STM32 的直流充电桩控制系统设计

徐伟凡, 高文根

(安徽工程大学检测技术与节能装置安徽省重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

**摘要:**设计了一种双枪直流充电桩的电气结构,阐述了其单枪和双枪工作原理,提出了一种双枪充电桩的均充和轮充的输出控制策略。详细阐述了以 STM32F407ZGT6 处理器为核心的主控制系统应具有的基本功能及其主要的控制流程,分析各程序模块的功能。完成了主控制系统的硬件电路设计,包括 CAN 通讯、RS485、RS232 等总线接口电路,并进行板上 CAN 接口电路的验证,通过 ST 官方库函数编程实现 CAN 在回环模式下的自发自收。通过软件设计,进而实现充电过程中的电气连接确认、电压电流等输出控制、电量计量、人机交互、刷卡结算等功能,满足电动汽车双枪直流充电桩系统的基本功能要求,提高控制智能化水平。

**关键词:**电动汽车;双枪直流充电桩;主控制系统;STM32F407ZGT6;CAN 通讯;回环模式

**中图分类号:**TM464

**文献标志码:**A

## 引言

目前,基础配套充电设施的建设不充分制约着新能源汽车发展,两者相辅相成<sup>[1]</sup>。充电桩的数量及其充电控制智能化的水平,需要合理设计规划充电设施<sup>[2]</sup>及充电桩容量<sup>[3]</sup>。目前市场上的充电桩为交流充电桩和直流充电桩<sup>[4]</sup>,交流充电桩因其较慢的充电速度又称为慢充<sup>[5]</sup>;因此,大力发展直流快充技术,建设直流充电桩更符合当今的发展趋势<sup>[6]</sup>。充电桩控制系统常采用嵌入式操作系统<sup>[7]</sup>,硬件电路部分多采用嵌入式微处理器<sup>[8]</sup>作为控制器核心。为了提高充电控制的智能化和实时响应,本文提出了基于 Cortex M4 内核的 STM32F407 为主控芯片,并搭配嵌入式 FreeRTOS 操作系统<sup>[9]</sup>的充电

桩控制系统的设计方案。在满足充电桩功能的同时为了简化控制器硬件部分,本文主控制系统采用 STM32F4 系列芯片,对比较常用的 ARM 芯片<sup>[10]</sup>。STM32F1 系列,片上外设接口更为丰富,极大程度地简化了外围电路的设计。本设计方案遵循国标 GB/T20234 电动汽车传导充电用连接装置第一部分通用要求和第三部分直流充电接口<sup>[11-12]</sup>的相关要求,实现充电桩的基本功能<sup>[13]</sup>及对充电设备安全高效的充电控制。

## 1 充电桩整体电气拓扑结构的设计

### 1.1 结构设计

本文提出设计的是双枪直流充电桩<sup>[14]</sup>,由主控制器、电源模块、人机交互显示屏、IC 读卡器、智能电能表、

收稿日期:2018-03-05

基金项目:安徽省高校自然科学研究重点项目(KJ2017A107)

作者简介:徐伟凡(1993-),男,安徽芜湖人,硕士生,主要从事电力电子方面的研究,(E-mail)695557164@qq.com;

高文根(1973-),男,安徽无为,副教授,主要从事虚拟同步发电机、智能微电网运行与控制、电力电子装置与技术等方面的研究,(E-mail)gwg69@163.com

交流接触器、直流接触器、断路器保护器、浪涌保护器、2个 12 V 直流电源等组成。充电桩整体电气图如图 1 所示，

充电桩与 A、B 两枪的电气连接设计参照国家标准电动汽车传导充电用连接装置第三部分直流充电接口。

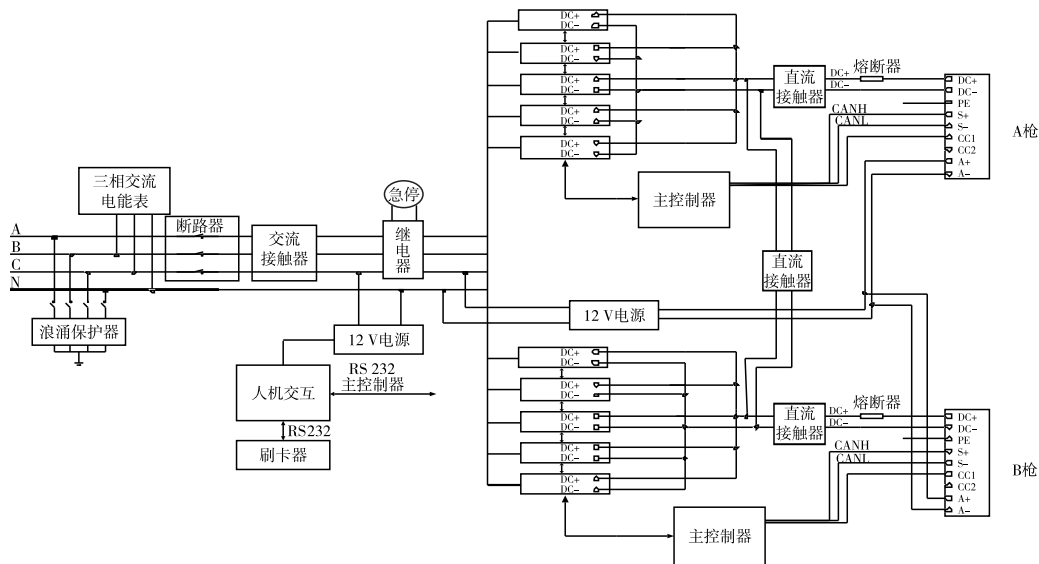


图 1 充电桩整体结构框图

### 1.2 工作原理

本充电桩为双枪直流充电桩,采用 10 个电源模块并联,设计均充、轮充两种充电控制方式。均充:A、B 两枪同时进行充电,各枪最大有 5 个电源模块进行充电。轮充:只有一枪进行工作的情况下,最大可有 10 个电源模块进行充电。由三相交流电输入作为电源模块的输入,接入浪涌保护器、三相交流电能表、交流接触器,电源模块输出直流电。输入端还设计急停按钮,在紧急情况时可做急停保护控制,切断三相输入。主控制器与电源模块之间通过 CAN 总线通讯进行输出控制指令的交互,各电源模块之间也是通过 CAN 总线相连接,构成一个大的 CAN 现场总线网络。桩内两个 12 V 直流电源,其中一个连接到充电枪的 A + 和 A -, 为电动汽车提供低压辅助电源;另一个为人机交互的显示屏供电。

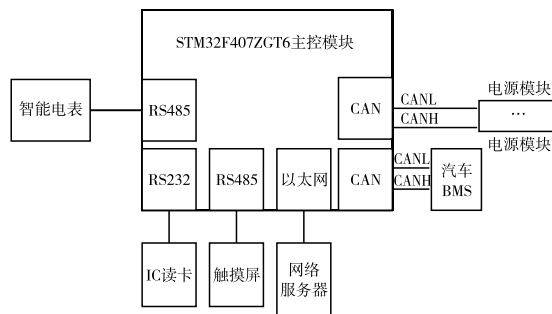


图 2 主控制系统结构框图

## 2 主控制系统的设计

### 2.1 系统结构功能框图

主控制系统结构框图如图 2 所示,系统的主控制芯片选用 STM32F407ZGT6,其具有丰富的外设接口:2 路 CAN,4 路 USART,2 路 UART,1 路以太网接口等,满足本充电桩控制系统实现对电源模块、智能电表、IC 读卡器、触摸屏等外设进行控制的基本接口需求。

### 2.2 主控制系统硬件电路设计

包括 RS232、RS485、CAN 的总线接口电路的设计。如图 3 ~ 图 5 所示。

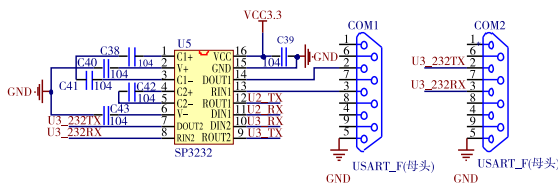


图 3 RS232 接口设计

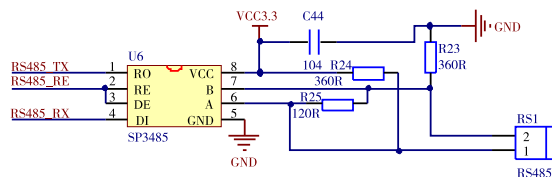


图 4 RS485 接口设计

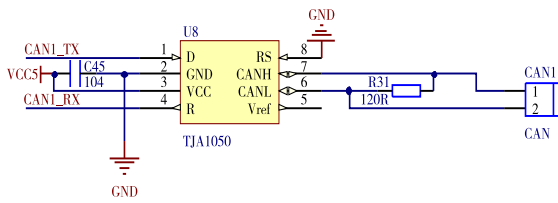


图 5 CAN 接口设计

### 2.3 系统控制程序设计

#### 2.3.1 程序功能

如图 6 所示,程序功能包括五个模块。控制模块主要完成充电控制过程中数据的运算处理、数据采集及控制输出等;通信模块实现充电桩内部与电源模块、车上 BMS 系统、IC 读卡器等外设的信息交互;读卡模块实现结算、卡上数据的读写功能,并将用户数据储存在 EEPROM 芯片中<sup>[15]</sup>;计量模块实现充电过程的电量计量功能;人机交互模块完成友好的人机交互界面设计,实现对充电过程中对用户开放的数据的显示,例如基本的卡上余额,车上剩余电量等。

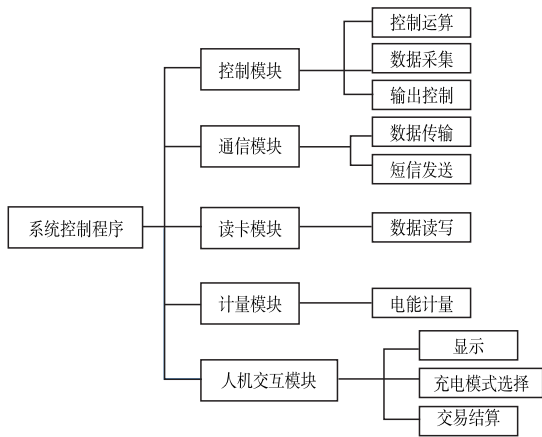


图 6 程序功能结构框图

#### 2.3.2 主程序控制流程

系统主程序流程如图 7 所示。先是系统的初始化、系统的自检,若自检出现故障则暂停服务。用户先进行刷卡操作,只有当卡有效时,才能进入人机操作界面。连接充电插头,系统通过检测充电枪上 CC 信号确认连接。连接成功后,用户进行充电模式的选择,系统判断余额是否足够,若不够则返回人机操作界面可进行余额的充值,若足够则开始充电。在充电过程中,对电源模块进行实时监控,确保充电桩正常运行、充电连接状态和充电设备状态正常。

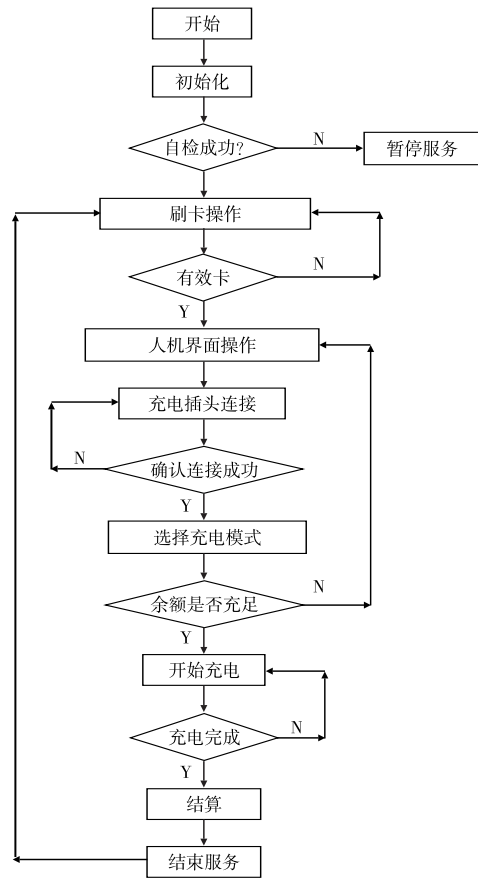


图 7 系统主程序流程图

## 3 充电桩与电源模块的通讯设计

### 3.1 硬件实现

主控制系统通过 STM32F407ZGT6 处理器,根据用户所选择的充电模式、车辆 BMS 状态,控制电源模块输出,以此实现充电控制。处理器与电源模块之间,通过 CAN 总线通讯完成控制、状态信息的传输。

一个完整的 CAN 节点构成包括 CAN 控制器及 CAN 收发器,如图 8 所示。从 STM32 上引出的 CAN\_TX 和 CAN\_RX 引脚与 CAN 收发器相连接,收发器通过 CANH 和 CANL 连接到总线网络中,CANH 和 CANL 间接 120 欧的终端电阻作阻抗匹配,如果不是作为终端的话,则不需要接 120 欧电阻,否则会影响通信。本控制系统采用的收发器型号为 TJA1050。

STM32F4 内部具有 bxCAN 模块,作为 CAN 总线的控制器大大减少了外围电路的设计。基本拓展外设又称 bxCAN,支持 CAN2.0A 和 CAN2.0B。传输速率高达 1 Mb/s;支持时间触发通信方式;具有 3 个发送邮箱和

可配置的发送优先级;两个三级深度的 FIFO;CAN1 和 CAN2 共享 28 个筛选器组和标识符列表模式,便于管理筛选报文。

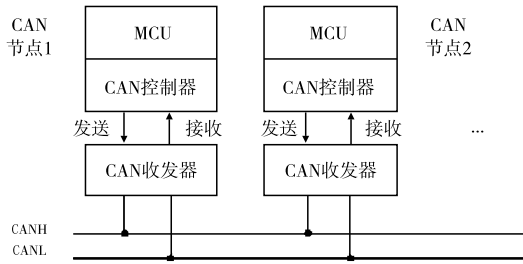


图 8 CAN 通讯网络

### 3.2 软件设计

#### 3.2.1 通讯协议规范

CAN 一共规定了 5 种类型的帧:数据帧、遥控帧、错误帧、过载帧、帧间隔。CAN 通讯中最主要和最复杂的是数据帧。本文采用 CAN 总线的拓展帧模式 CAN2.0B,为 29 位标识符。所有数据项的传输规则均是由高字节位到低字节位。CAN2.0B 帧格式见表 1。

在实际控制中使用到的可控部分为 29 位 ID 和 8 字节的 DATA。ID 域报文格式定义见表 2。

表 1 CAN2.0B 帧格式

帧起始	仲裁段					控制段		数据段	CRC 段	ACK 段	帧结束		
SOF	ID	SRR	IDE	ID	RTR	r1	r0	DLC	DATA	CRC	ACK	EOF	
1	11	1	1	18	1	1	1	4	0-64	15	1	1	7

表 2 ID 格式

ID			
28-23	22-16	15-8	7-0
协议号类型 (6bits)	节点地址 (7bits)	命令信息 ID (8bits)	保留位

协议号类型表示主控制器与电源模块的 CAN 通讯协议号;节点地址用来表示主控制器及各电源模块在整个 CAN 通讯网络中的地址;命令信息 ID 用来表示控制命令。DATA 域报文格式定义见表 3。

表 3 DATA 格式

DATA							
Byte7	Byte6	Byte5	Byte4	Byte3	Byte2	Byte1	Byte0
设置输出电压、电流等操作						保留位	

使用 DATA 格式中的 4 字节用来表示“设置输出电压值”等操作。

#### 3.2.2 CAN 通讯程序设计

主控制系统通过 MDK5 编写,配合使用 ST 公司为了方便用户开发程序提供的一套丰富的 STM32F4 固件库,进行程序设计。固件库将寄存器底层操作都封装起来,使用过程中调用 API 函数即可。CAN 通讯程序设计包括 GPIO 的初始化,CAN 的初始化,CAN 筛选器的配置,NVIC 中断向量的配置,CAN 接收、发送数据程序。

CAN 的配置通过操作 CAN\_InitTypeDef 初始化结构体:

```
CAN_InitTypeDef CAN_InitStructure;
CAN_InitStructure.CAN_Mode = mode;
```

```
CAN_InitStructure.CAN_SJW = tsjw;
CAN_InitStructure.CAN_BS1 = tbs1;
CAN_InitStructure.CAN_BS2 = tbs2;
CAN_InitStructure.CAN_Prescaler = brp;
CAN_Init(CAN1, &CAN_InitStructure);
其中包括波特率配置,波特率的计算公式:
```

$$Boudrate = \frac{F_{APB1}}{(t_{bs1} + 1 + t_{bs2} + 1) \times brp} \quad (1)$$

其中,因为 CAN1 是挂在 APB1 上的,所以  $F_{APB1}$  为 42 MHz;  $brp$  表示分频系数。

筛选器的配置操作 CAN\_FilterInitTypeDef,其中结构体成员 CAN\_FilterNumber 表示使用几号筛选器;CAN\_FilterMode 设置筛选器模式,包括列表模式和掩码模式。

```
NVIC 中断向量的配置:
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = CAN1_RX0_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 1;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
```

向量中断控制器,简称 NVIC。共支持 240 个外部中断,而本控制系统采用的芯片具有 82 个,中断优先级设置的值越小,优先级越高。应用中,根据实际情况定义优先级大小。

### 3.2.3 CAN 在回环模式下的调试与验证

硬件电路的搭建如图 9 所示。红色圈内的部分是 TJA1050 和 CAN 接线端子。因为是在回环模式下的验证,所以无需将主控板接入 CAN 通讯网络。



图 9 CAN 硬件电路部分

如图 10 所示,成功实现在回环模式下的 CAN 收发。



图 10 串口打印显示

## 4 结束语

本文所设计的以 STM32F407 为主控芯片与大多数主控系统中使用的 F1 系列相比,具有 FPU,处理运算数据性能更好;更为丰富的片上外设简化了外围电路的设计。满足充电过程中的充电控制、电量计量、刷卡操作等功能,且本控制系统设计的轮充和均充的模式,可应用于多种场景,解决单一充电桩使用效率不高的问题,均充时可以允许 2 个小功率设备同时充电,轮充时可以满足一台更大功率设备充电。该方案设计对充电桩控

制系统的研发具有一定意义。

### 参考文献:

- [1] LI G,ZHANG X P.Modeling of plug-in hybrid electric vehicle charging demand in probabilistic power flow calculations[J].IEEE Transactions on Smart Grid,2012, 3(1):492-499.
- [2] 贾龙,胡泽春,宋永华.考虑不同类型充电需求的城市内电动汽车充电设施综合规划[J].电网技术, 2016,40(9):2579-2587.
- [3] 刘志鹏,文福拴,薛禹胜,等.电动汽车充电站的最优选址和定容[J].电力系统自动化,2012,36(3):54-59.
- [4] 张奇志.直流充电桩的基本工作原理及技术发展趋势[J].电子产品世界,2017,24(10):63-66.
- [5] 杜江,王刚,王景芹.ARM 嵌入式工控模块在电动汽车交流充电桩的应用[J].电器与能效管理技术,2013 (16):48-52.
- [6] EROL-KANTARCI M,SARKER J H,MOUFTAH H T. Communication-based plug-in hybrid electrical vehicle load management in the smart grid[C]//Proceeding of 2011 IEEE Symposium on Computers and Communications,Kerkyra,June 28-July 1,2011:404-409.
- [7] 阮宜将.基于嵌入式系统的汽车充电桩设计研究[D].长春:吉林大学,2016.
- [8] 徐坤,周子昂,吴定允,等.电动汽车交流充电桩控制系统设计[J].河南科技大学学报:自然科学版,2016, 37(3):47-52.
- [9] 左中凯,刘军,张洋.FreeRTOS 源码详解与应用开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2017.
- [10] 张晓军,谢辉迪,许剑锐,等.基于 STM32 的智能充电桩嵌入式控制系统设计[J].电子测量技术,2017, 40(2):144-148.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.电动汽车传导充电用连接装置第 1 部分:通用要求:GB/T 20234.1-2015 [S].北京:中国标准出版社,2015.
- [12] 电动汽车传导充电用连接装置第 3 部分:通用要求:GB/T 20234.3—2015[S].

- [13] 李洪峰,李红霞,陈志刚,等.一种新型电动汽车充电桩技术方案探讨[J].电力系统保护与控制,2017,45(6):142-147.
- [14] 王旭,齐向东.电动汽车智能充电桩的设计与研究[J].机电工程,2014,31(3):393-396.
- [15] 杨涛,程耕国,程骅,等.一种新型电动汽车充电桩控制系统设计与应用[J].现代电子技术,2017,40(15):179-182.

## Design of Direct Current Charging Spot Control System Based on STM32

*XU Weifan, GAO Wen'gen*

(Anhui Key Laboratory of Detection Technology and Energy Saving Devices, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** By designing and analyzing the electrical topology of direct current charging spot for electric vehicle, a strategy of controlling the output of double charging gun was proposed. The main control system based on STM32F407ZGT6 was designed. The basic function of main control system and the process of control were elaborated. The hardware circuit of main control system which including the interface circuit design of CANBUS, RS485 and RS232 was completed. And the circuit of CAN in loop back mode is Verified. Besides, the confirmation of electrical connection, the control of voltage and current output, the computation of electric quantity, man-machine interaction, cash settlement, power-down memory and so on were completed. Then the requirement of the direct current charging spot system was satisfied and the standard of intelligent control was enhanced.

**Key words:** electric vehicle; direct current charging spot; main control system; STM32F407ZGT6; CANBUS; loop back mode