|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 杭州数腾科技有限公司 | 文 档 编 号 | 版本号 | 撰稿人 |
|  | V1.0 | 王青平 |
| 文档名称：火神一号放电板项目 | | 共 页 |

**火神一号放电板项目**

详细模块设计

杭州数腾科技有限公司

2019年 月 日

修改记录

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 版本号 | 修改人 | 修订章节 | 修订简介 | 修订时间 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

目录

[**火神一号放电板项目** 1](#_Toc2870876)

[详细模块设计 1](#_Toc2870877)

[修改记录 2](#_Toc2870878)

[详细模块设计 5](#_Toc2870879)

[1 目的 5](#_Toc2870880)

[2 范围 5](#_Toc2870881)

[3 数据字典 5](#_Toc2870882)

[4 参考资料 5](#_Toc2870883)

[5 软件详细模块设计 5](#_Toc2870884)

[5.1 模块划分 5](#_Toc2870885)

[5.2 电机模块 6](#_Toc2870886)

[5.2.1 功能描述 6](#_Toc2870887)

[5.2.2 需求资源 6](#_Toc2870888)

[5.2.3 通讯接口 7](#_Toc2870889)

[5.2.4 函数接口 7](#_Toc2870890)

[5.2.5 流程图 10](#_Toc2870891)

[5.3 放电模块 11](#_Toc2870892)

[5.3.1 功能描述 11](#_Toc2870893)

[5.3.2 需求资源 11](#_Toc2870894)

[5.3.3 通讯接口 12](#_Toc2870895)

[5.3.4 函数接口 12](#_Toc2870896)

[5.4 存储模块 14](#_Toc2870897)

[5.4.1 功能描述 14](#_Toc2870898)

[5.4.2 需求资源 14](#_Toc2870899)

[5.4.3 通讯接口 15](#_Toc2870900)

[5.4.4 函数接口 15](#_Toc2870901)

[5.4.5 流程图 17](#_Toc2870902)

[5.5 通信模块 17](#_Toc2870903)

[5.5.1 功能描述 17](#_Toc2870904)

[5.5.2 需求资源 17](#_Toc2870905)

[5.5.3 通讯接口 19](#_Toc2870906)

[5.5.4 函数接口 19](#_Toc2870907)

[5.6 系统模块 20](#_Toc2870908)

[5.6.1 功能描述 20](#_Toc2870909)

[5.6.2 通信接口 20](#_Toc2870910)

[5.6.3 函数接口 20](#_Toc2870911)

[6 工作流程 20](#_Toc2870912)

[6.1 上电初始化流程 20](#_Toc2870913)

[6.2 放电流程 21](#_Toc2870914)

详细模块设计

1. 目的

本文档作为设计方案的一个细化，对每个模块进行详细设计。在系统开发完成后期为系统的测试、验收提供帮助。

1. 范围

本文档作为火神一号放电板项目的详细的模块设计，预期读者是“火神一号”项目的相关工作人员。

1. 数据字典

列出本文档所涉及的专业术语、缩写词及相关定义。定义所有必要的术语，以便读者可以正确地理解实现方案说明，包括词头和缩写。

例如（仅供参考）：

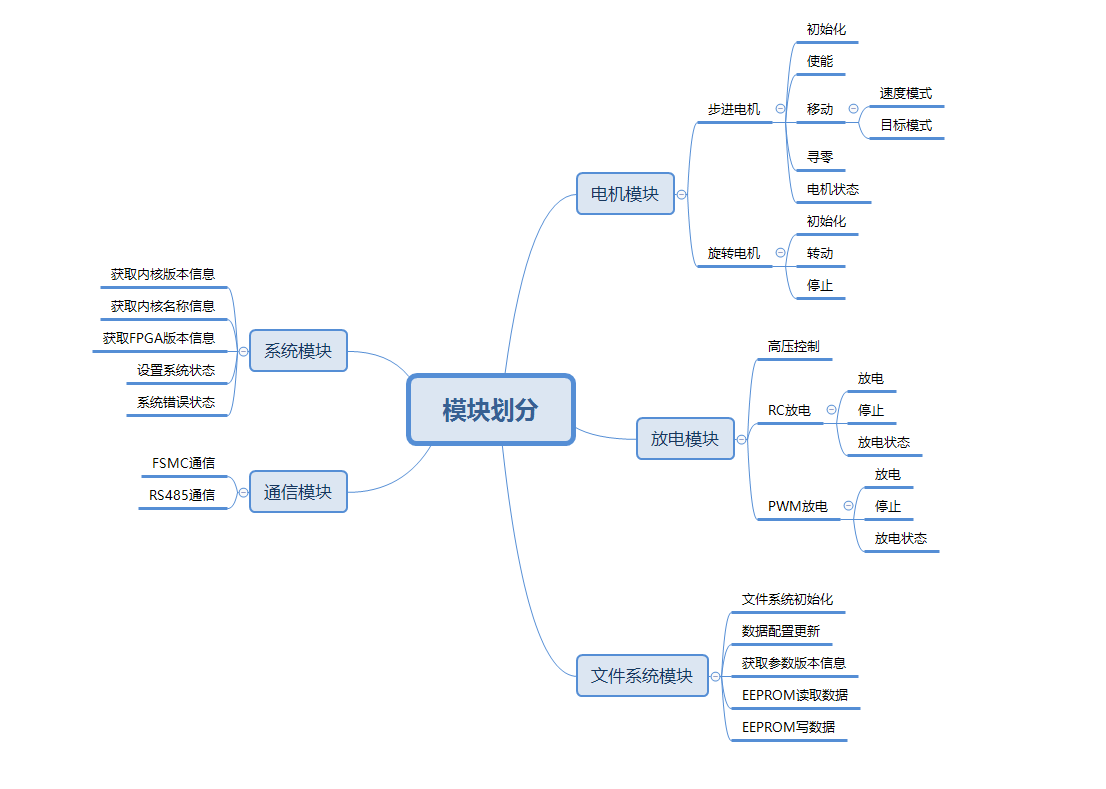
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 专业术语、缩写词 | 全称 | 定义 |
| 3.1 | FSMC | 可变静态存储控制器 | STM32系列的一种存储器扩展技术 |
| 3.2 | FPGA | 现场可编程门阵列 | 专用集成电路领域中的一种半定制电路 |
| 3.3 |  |  |  |

1. 参考资料

对实现方案中所参考或引用的资料加以说明。

期刊的排列顺序是：编号、作者、文章题目名、出版年、期刊号、年份、卷号、期数、起止页码；图书的排列顺序是：编号、作者、书名、出版时间、版次、出版单位、起止页码。

1. 软件详细模块设计
   1. 模块划分



* 1. 电机模块
     1. 功能描述

电机模块完成Z轴的定位和放电轴的旋转功能，Z轴功能包括电机使能、速度模式移动、有目标的移动、停止（减速停止和立即停止）、自动寻零功能。旋转电机主要功能是可以以不同的速度旋转和停止旋转功能。

* + 1. 需求资源

Z轴步进电机：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据占用空间（bit） | 功能 | 备注 |
| 1 | 16 | 控制寄存器 | FPGA寄存器 |
| 2 | 16 | 诊断寄存器 | FPGA寄存器 |
| 3 | 16 | 加速度设置寄存器 | FPGA寄存器 |
| 4 | 32 | 速度设置寄存器 | FPGA寄存器 |
| 5 | 32 | 爬行速度设置寄存器 | FPGA寄存器 |
| 6 | 32 | 减速点位置寄存器 | FPGA寄存器 |
| 7 | 32 | 目标点位置寄存器 | FPGA寄存器 |
| 8 | 16 | 电机状态寄存器 | FPGA寄存器 |
| 9 | 32 | 当前位置（脉冲） | FPGA寄存器 |
| 10 | 32 | 当前位置（编码器） | FPGA寄存器 |
| 11 | 32 | 当前速度寄存器 | FPGA寄存器 |

旋转电机：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 占用空间（bit） | 功能说明 | 备注 |
| 1 | 16 | 命令寄存器 | FPGA寄存器 |
| 2 | 16 | 转速设置寄存器 | FPGA寄存器 |

* + 1. 通讯接口

STM32通过FSMC通信协议控制FPGA寄存器地址的值，从而间接的控制电机模块。

* + 1. 函数接口

1. 电机模块初始化

函数名：u16 motor\_init(void);

说 明：电机初始化工作是将全部Z轴步进电机和旋转电机使能，初始化步进电机和旋转电机寄

存器参数值，将初始位置设置为最大的脉冲值MP，该函数是整个电机模块的初始化部分。

输 入：无

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机使能

函 数 名：u16 z\_motor\_en(Z\_MOTOR\_EN\_ANALY \*m\_date)

入参说明：

typedef struct z\_motor\_en\_analy

{

u16 ID\_Motor;

u16 EN\_Motor;

}Z\_MOTOR\_EN\_ANALY;

ID\_Motor:步进电机编号；

EN\_Motor:使能开关

功能说明：电机使能接口是将编号ID\_Motor的步进电机进行使能或失能操作。

输 入：结构体指针，包括电机编号和使能开关

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机移动（速度模式）

函 数 名：u16 z\_motor\_move(Z\_MOTOR\_MOVE\_ANALYSIS \*z\_motor\_analy);

入参说明：

typedef struct z\_motor\_move\_analysis

{

u16 ID: 8; //马达ID号

u16 Unit: 8; //参数单位

u16 Dir; //马达移动的方向

u16 V; //移动速度

u16 A; //移动加速度，加速度单位qn

}Z\_MOTOR\_MOVE\_ANALYSIS;

Unit:是上位机下发参数的单位：mm（毫米）、MP（脉冲）；

Dir:电机的运动方向：设定零位传感器方向为反向，最大位传感器方向为正向；

功能说明：电机编号为ID的电机向某个方向Dir速度从0以加速度A加速到一定速度V后一直保

持一定速度运行。

输 入：结构体指针，包含电机ID、参数单位、移动方向、移动速度、移动加速度

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机移动（有目标移动）

函 数 名：u16 z\_motor\_moveTo(Z\_MOTOR\_MOVETO\_ANALYSIS \*z\_motor\_analy);

入参说明：

typedef struct z\_motor\_moveTo\_analysis

{

u16 ID: 8; //马达ID号

u16 Unit: 8; //参数单位

u16 Dir; //马达移动的方向

u16 V; //移动速度

u16 A; //移动加速度,加速度单位qn

u16 Pos; //移动位移

}Z\_MOTOR\_MOVETO\_ANALYSIS;

Pos:电机停止的位置点

功能说明：编号为ID的电机向方向Dir以加速度为A，最大速度是V的一个加减速的过程，到达

目标点pos位移后停止。

输 入：结构体指针，包含电机ID、参数单位、移动方向、移动速度、移动加速度

目标位置

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机寻零

函 数 名：u16 z\_motor\_findZero(int motor\_id);

入参说明：motor\_id：电机编号

功能说明：如果当前电机不在零位，电机慢速向零位方向移动，当触碰到零位传感器的时候停止；

如果当前电机在零位，电机首先向最大限位方向移动一定距离，再慢速向零位方向移动，

当触碰到零位传感器时停止。

输 入：电机ID

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机停止

函 数 名：u16 z\_motor\_stop(Z\_MOTOR\_STOP\_ANALYSIS \*z\_stop\_analy);

入参说明：

typedef struct z\_motor\_stop\_analysis

{

u16 ID;

u16 stop\_mode;

}Z\_MOTOR\_STOP\_ANALYSIS;

stop\_mode：电机停止的方式：立即停止、减速停止。

功能说明：电机停止有另种方式，如果是立即停止，则电机会立即制动，如果是减速停止，电机

将失能。

输 入：结构体指针，包含电机ID、停止模式（立即停止、减速停止）

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴步进电机状态

函 数 名：u16 ZMOTOR\_STAT\_GetStateEx(u16 pid, u16 \*pState);

入参说明：

Pid：电机编号

pState：电机状态存储地址

功能说明：获取电机编号是pid的当前状态：电机状态、当前位置（脉冲）、当前位置（编码器）、

当前速度。

输 入：结构体指针，包含电机ID、状态存储地址。

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴旋转电机转动

函 数 名：u16 DC\_motor\_move(DC\_MOTOR\_ANALYSIS \*motor\_analy)

入参说明：

typedef struct dc\_motor\_analysis

{

u16 ID;

u16 speed\_motor;

}DC\_MOTOR\_ANALYSIS;

ID:旋转电机编号；

speed\_motor：转速

功能说明：设置旋转电机的转速

输 入：结构体指针，ID、转速

输 出：执行结果，无误返回0

1. Z轴旋转电机停止

函 数 名：u16 DC\_motor\_stop(u16 ID\_Motor)；

入参说明：

ID\_Motor：电机编号

功能说明：设置单个旋转电机停止转动

输 入：电机ID。

输 出：执行结果，无误返回0

* + 1. 流程图

电机寻零：



* + 1. 状态迁移表



* 1. 放电模块
     1. 功能描述

放电模块主要完成的是脉冲放电、RC放电、放电电压的控制。放电板设计两种放电方式，可以选择任意一种进行放电。

* + 1. 需求资源

放电电压控制：

STM32IO资源：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 功能 | GPIO | 说明 | 备注 |
| HV\_CS | PC\_GPIO15 | 芯片选择 | STM32 |
| HV\_CLK | PC\_GPIO14 | 时钟 | STM32 |
| HV\_SDI | PC\_GPIO13 | 串行数据 | STM32 |
| HV\_LD | PC\_GPIO3 | 内部加载寄存器 | STM32 |
| HV\_CLR | PC\_GPIO2 | 清零位 | STM32 |
| HV\_ENA | PC\_GPIO1 | 高压使能 | STM32 |

脉冲放电：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据占用（bit） | 说明 | 备注 |
| 1 | 16 | 脉冲周期 | FPGA寄存器 |
| 2 | 16 | 脉冲占空比 | FPGA寄存器 |
| 3 | 16 | 脉冲死区 | FPGA寄存器 |
| 4 | 16 | 脉冲放电短路阈值 | FPGA寄存器 |
| 5 | 16 | 放电命令 | FPGA寄存器 |
| 6 | 16 | 放电状态 | FPGA寄存器 |

RC放电：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据占用 | 说明 | 备注 |
| 1 | 16 | RC放电命令寄存器 | FPGA寄存器 |
| 2 | 16 | RC放电状态寄存器 | FPGA寄存器 |
| 3 | 16 | 短路阈值寄存器 | FPGA寄存器 |
| 4 | 16 | 放电脉冲计数器 | FPGA寄存器 |

* + 1. 通讯接口

放电电压控制是通过STM32直接控制DAC芯片来调控电压；

RC放电和脉冲放电是STM32通过FSMC通信去控制FPGA寄存器的值来间接控制放电的开关。

* + 1. 函数接口

1. 电压控制

函 数 名：u16 H\_voltage\_switch(HV\_SWITCH\_ANALY \*m\_data)；

入参说明：

typedef struct hv\_switch

{

u16 EN;

u16 vol;

}HV\_SWITCH\_ANALY;

EN：放电模块的使能开关；

Vol：放电电压的大小，0-120V，EN为关闭的时候，vol设置为0。

功能说明：调控放电电压

输 入：放电电压开关、电压值

输 出：0

1. RC放电

函 数 名：u16 edm\_rc(ANALY\_RC\_EDM \*analy\_rc)

功能说明：

typedef struct analy\_rc\_edm

{

u16 ID; // RC放电阀门的编号

u16 short\_threshold; //短路阈值

}ANALY\_RC\_EDM;

功能说明：控制RC放电电路放电

输 入：编号ID、短路阈值

输 出：0

1. RC停止

函数名：u16 edm\_rc\_stop(ANALY\_RC\_EDM \*analy\_rc)

说 明：RC停止放电

输 入：ID

输 出：0

1. RC放电状态查询

函 数 名：u16 RC\_STAT\_GetStateEx(u16 pid, u16 \*pState)

入参说明：

Pid：RC放电头编号

pState：存储放电状态地址

功能说明：获取放电状态

输 入：ID、状态存储地址

输 出：0

1. PWM放电

函 数 名：u16 edm\_pwm(ANALY\_PWM\_EDM \*analy\_pwm)

入参说明：

typedef struct pwm\_edm

{

u16 ID; //编号

u16 command\_pwm; //使能控制命令寄存器

u16 period\_pwm; //脉冲周期

u16 duty\_pwm; //脉冲占空比

u16 deadZone\_pwm;//脉冲死区

u16 pulse\_command; //脉冲放电命令

u16 pulse\_threshold; // 脉冲放电短路阈值

}PWD\_EDM;

功能说明：控制PWM放电

输 入：编号ID、脉冲周期、占空比、死区、短路阈值

输 出：0

1. PWM停止

函数名：u16 edm\_pwm\_stop(ANALY\_PWM\_EDM \*analy\_pwm)

说 明：PWM停止放电

输 入：编号ID

输 出：0

1. PWM停止

函 数 名：u16 PWM\_GetStateEx(u16 pid, u16 \*state)

入参说明：

Pid：PWM放电头编号

pState：存储放电状态地址

功能说明：获取脉冲放电状态

输 入：编号ID、状态存储地址

输 出：0

* 1. 文件系统模块
     1. 功能描述

文件系统模块的主要功能是存储上位机下发的配置数据，例如设备的型号、工件的厚度、爬行速度、机械调试参数等不经常改变的数据。使用的芯片是24LC16B，可存储16Kbit数据，EEPROM数据格式采用4字节存储格式。

* + 1. 需求资源

24LC16B需要的引脚资源：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 引脚名称 | 引脚资源 | 功能说明 |
| 1 | CLK | PA\_GPIO6 | 时钟线 |
| 2 | SDA\_ WRITE | PA\_GPIO5 | 数据读取 |
| 3 | SDA\_READ | PA\_GPIO4 | 数据写 |

* + 1. 通讯接口

STM32通过I2C通信协议向EEPROM芯片存取数据。

* + 1. 函数接口

1. 文件系统初始化

函 数 名：u16 fileSystem\_Init(void)

入参说明：无

功能说明：完成文件系统的初始化，包括参数版本的初始化、将EEPROM的参数读取到本地。

输 入：无

输 出：0

1. 文件系统存储数据配置

函 数 名：u16 fileSystem\_set(FILE\_SYSTEM\_ANALY \*analy\_data)

入参说明：

typedef struct fileSystem\_analy

{

u16 userCtrlData; //控制位

u32 userData;

}FILE\_SYSTEM\_ANALY;

userCtrlData：上位机更新的数据的编号，每个地址的数据都有相应的编号；

userData：更新的数据，格式统一为32位，占用四个字节。

功能说明：向EEPROM更新一次数据。

输 入：更新的编号，更新的数据

输 出：执行无误返回0，出现故障返回相应错误码

1. 获取EEPROM数据

函 数 名：u16 fileSystem\_get(EEPROM\_DATA\* data\_get);

入参说明：

typedef struct EEPROM\_data

{

u32 device\_num; //设备序列号

u32 uint\_Motor; //电机初始单位

u32 crawlSpeed\_Motor; //Z轴电机爬行速度

u32 lowSpeed\_Motor; //低速，用于电机寻找零位时

u32 highSpeed\_Motor; //高速，用于电机从零位到打孔初始位置

u32 acc\_Motor; //加速度

}EEPROM\_DATA;

结构体存储的是EEPROM里存储的数据，有些特殊的参数在调试阶段的时候添加s

功能说明：将EEPROM里的数据同步到本地。

输 入：需要EEPROM存储的地址

输 出：0

1. 下发数据的更新

函 数 名：u16 fileConfig\_update(EEPROM\_DATA\* data\_get)；

入参说明：

typedef struct EEPROM\_data

{

u32 device\_num; //设备序列号

u32 uint\_Motor; //电机初始单位

u32 crawlSpeed\_Motor; //Z轴电机爬行速度

u32 lowSpeed\_Motor; //低速，用于电机寻找零位时

u32 highSpeed\_Motor; //高速，用于电机从零位到打孔初始位置

u32 acc\_Motor; //加速度

}EEPROM\_DATA;

结构体存储的是EEPROM里存储的数据，一些特殊的调试参数在调试阶段添加

功能说明：将上位机下发的配置数据保存到EEPROM里

输 入：需要EEPROM存储的地址

输 出：0

1. 参数版本信息的获取

函 数 名：u16 paraConfig\_GetStateEx(u16\* pBuffer);

入参说明：

pBuffer：存放参数版本信息的地址，包括参数版本、参数数量、数据长度（字节）。

功能说明：获取下位机的参数管理信息

输 入：需要存储的地址

输 出：0

* + 1. 流程图

文件系统配置更新：



* 1. 通信模块
     1. 功能描述

通信功能贯穿整个系统，通信系统使得整个系统的各个模块之间进行联通，放电板主要有RS485串口通信协议和FSMC通信协议。RS485串口通信是上位机和放电板之间的通信协议，FSMC是STM32和FPGA之间的通信协议。

* + 1. 需求资源

RS485串口通信：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 功能 | 引脚资源 | 说明 | 备注 |
| 1 | RS485\_RX | PA\_GPIO10 | 发送引脚 | STM32资源 |
| 2 | RS485\_TX | PA\_GPIO9 | 接受引脚 | STM32资源 |
| 3 | RS485\_DIR | PA\_GPIO8 | 方向引脚 | STM32资源 |

FSMC通信：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 功能 | STM32引脚 | FPGA引脚 | 备注 |
| 1 | Addr0 | PF\_GPIO0 | B8\_IO12 |  |
| 2 | Addr1 | PF\_GPIO1 | B8\_IO11 |  |
| 3 | Addr2 | PF\_GPIO2 | B8\_IO10 |  |
| 4 | Addr3 | PF\_GPIO3 | B8\_IO9 |  |
| 5 | Addr4 | PF\_GPIO4 | B8\_IO8 |  |
| 6 | Addr5 | PF\_GPIO5 | B8\_IO7 |  |
| 7 | Addr6 | PF\_GPIO12 | B8\_IO6 |  |
| 8 | Addr7 | PF\_GPIO13 | B8\_IO5 |  |
| 9 | Addr8 | PF\_GPIO14 | B8\_IO4 |  |
| 10 | Addr9 | PF\_GPIO15 | B8\_IO3 |  |
| 11 | Addr10 | PG\_GPIO0 | B8\_IO2 |  |
| 12 | Addr11 | PG\_GPIO1 | B8\_IO1 |  |
| 13 | Addr12 | PG\_GPIO2 | B7\_IO13 |  |
| 14 | Addr13 | PG\_GPIO3 | B7\_IO12 |  |
| 15 | Data0 | PD\_GPIO14 | B7\_IO11 |  |
| 16 | Data1 | PD\_GPIO15 | B7\_IO10 |  |
| 17 | Data2 | PD\_GPIO0 | B7\_IO9 |  |
| 18 | Data3 | PD\_GPIO1 | B7\_IO8 |  |
| 19 | Data4 | PE\_GPIO7 | B7\_IO7 |  |
| 20 | Data5 | PE\_GPIO8 | B7\_IO6 |  |
| 21 | Data6 | PE\_GPIO9 | B7\_IO5 |  |
| 22 | Data7 | PE\_GPIO10 | B7\_IO4 |  |
| 23 | Data8 | PE\_GPIO11 | B7\_IO3 |  |
| 24 | Data9 | PE\_GPIO12 | B7\_IO2 |  |
| 25 | Data10 | PE\_GPIO13 | B7\_IO1 |  |
| 26 | Data11 | PE\_GPIO14 | B6\_IO8 |  |
| 27 | Data12 | PE\_GPIO15 | B6\_IO7 |  |
| 28 | Data13 | PD\_GPIO8 | B6\_IO6 |  |
| 29 | Data14 | PD\_GPIO9 | B6\_IO5 |  |
| 30 | Data15 | PD\_GPIO10 | B6\_IO4 |  |
| 31 | FPGA\_nE | PD\_GPIO7 | B6\_IO3 |  |
| 32 | FPGA\_nOE | PD\_GPIO4 | B6\_IO2 |  |
| 33 | FPGA\_nWE | PD\_GPIO5 | B6\_IO1 |  |
| 34 | FPGA\_nADV | PB\_GPIO7 | B5\_IO11 |  |

* + 1. 通讯接口

对该模块的通讯接口加以描述。

* + 1. 函数接口

FSMC通信:

1. STM32向FPGA写数据

函数名：fpga\_write(offset,data) \*((volatile u16 \*)(0x60000000 + (offset << 1)))=data

说 明：STM32向FPGA的相对偏移地址offset写数据data

输 入：写的地址offset,写的数据data

输 出：无

1. STM32向FPGA读数据

函数名：fpga\_read(offset) \*((volatile u16 \*)(0x60000000 + (offset << 1)))

说 明：STM32从FPGA地址offset读取数据（16bit）

输 入：读取的地址offset

输 出：无

RS485串口通信：

1. 发送数据

函数名：void UART\_Send(void)

说 明：放电板向上位机传输数据

输 入：无

输 出：无

1. 接受数据

函数名：void UART\_Receive(void)

说 明：放电板接受上位机发送的数据并解析

输 入：无

输 出：无

* 1. 系统模块
     1. 功能描述

系统模块主要是为上位机提供内核的名称、内核版本、固件(FPGA)版本信息的功能。

* + 1. 通信接口

上位机通过RS485串口获取系统信息。

* + 1. 函数接口

函 数 名：u16 SYS\_GetStateEx(u16 ushPID,u16\* pBuffer);

入参说明：ushPID：获取模块的ID：系统状态、内核名称、内核版本、固件版本

pBuffer：存储数据的地址

功能说明：该函数主要给上位机提供查询设备的系统各种信息和状态。

1. 工作流程
   1. 上电初始化流程



* 1. 放电流程

