|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 档号 |  |  | 编号 | 21C852-0\_SJ\_SM\_V1.00 |
| 保管期限 |  |  | 密级 | 非密 |
|  |  |  | 阶段标记 | M |

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 21C852-0电机控制器 |
|  | 软件设计说明 |

|  |  |
| --- | --- |
| 部门 | 控制工程部 |
| 编写 | 李 盛 20231002 |
| 校对 | 唐春茂 20231002 |
| 审核 | 曾庆军 20231002 |
| 会签 |  |
| 标审 | 王庆辉 20231002 |
| 批准 | 刘政华 20231002 |

|  |
| --- |
| 贵州航天林泉电机有限公司 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容摘要：  本文档主要对21C852-0电机控制器软件设计进行了详细的说明，它是软件编码与单元测试、软件配置项测试等后续软件文档开发的指导性文件。 | | | | |
| 主题词 | 21C852-0电机控制器，软件设计说明 | | | |
| 更改栏 | 更改单号 | 更改日期 | 更改人 | 更改办法 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目次

[21C852-0电机控制器软件设计说明 5](#_Toc148640814)

[1 范围 5](#_Toc148640815)

[1.1 标识 5](#_Toc148640816)

[1.2 系统概述 5](#_Toc148640817)

[1.3 文档概述 6](#_Toc148640818)

[2 引用文档 6](#_Toc148640819)

[3 CSCI级设计决策 7](#_Toc148640820)

[4 CSCI体系结构设计 7](#_Toc148640821)

[4.1 CSCI部件 8](#_Toc148640822)

[4.1.1 SW\_GN\_0001上电初始化功能 8](#_Toc148640823)

[4.1.2 SW\_GN\_0002上电自检 9](#_Toc148640824)

[4.1.3 SW\_GN\_0003模拟量采集 9](#_Toc148640825)

[4.1.4 SW\_GN\_0004旋变信号采集单元 10](#_Toc148640826)

[4.1.5 SW\_GN\_0005油泵电机转速闭环调节单元 10](#_Toc148640827)

[4.1.6 SW\_GN\_0006蝶阀电机位置闭环调节单元 11](#_Toc148640828)

[4.1.7 SW\_GN\_0007周期自检 12](#_Toc148640829)

[4.1.8 SW\_GN\_0008RS422通讯 12](#_Toc148640830)

[4.1.9 SW\_GN\_0009余度切换 13](#_Toc148640831)

[5 执行方案 13](#_Toc148640832)

[5.1.1 CSCI工作模式 14](#_Toc148640833)

[5.1.2 DSP软件控制流程 14](#_Toc148640834)

[5.1.3 上电初始化控制流程 15](#_Toc148640835)

[5.1.4 正常工作模式的控制流程 15](#_Toc148640836)

[5.1.5 故障模式的控制流程 15](#_Toc148640837)

[5.2 接口设计 16](#_Toc148640838)

[5.2.1 接口标识和接口图 16](#_Toc148640839)

[5.2.2 SM\_JK\_001A/D模拟采集接口 16](#_Toc148640840)

[5.2.3 SM\_JK\_003 RS422通信接口 17](#_Toc148640841)

[5.2.4 SM\_JK\_004 PWM斩波信号接口 18](#_Toc148640842)

[6 CSCI详细设计 18](#_Toc148640843)

[6.1 SM\_DY\_0001上电初始化模块设计 18](#_Toc148640844)

[6.1.1 SM\_DY\_0001\_01初始化时钟模块设计 18](#_Toc148640845)

[6.1.2 SM\_DY\_0001\_02初始化中断模块 19](#_Toc148640846)

[6.1.3 SM\_DY\_0001\_03初始化SCI模块 20](#_Toc148640847)

[6.1.4 SM\_DY\_0001\_04初始化I/O 模块设计 21](#_Toc148640848)

[6.1.5 SM\_DY\_0001\_05初始化ADC模块设计 22](#_Toc148640849)

[6.1.6 SM\_DY\_0001\_06初始化PWM模块设计 24](#_Toc148640850)

[6.1.7 SM\_DY\_0001\_07初始化中断向量表模块设计 25](#_Toc148640851)

[6.1.8 SM\_DY\_0001\_08初始化SPI模块设计 26](#_Toc148640852)

[6.1.9 SM\_DY\_0001\_09初始化Flash模块设计 27](#_Toc148640853)

[6.2 SM\_DY\_0002上电自检模块设计 28](#_Toc148640854)

[6.2.1 输入元素 28](#_Toc148640855)

[6.2.2 输出元素 28](#_Toc148640856)

[6.2.3 设计方法 28](#_Toc148640857)

[6.2.4 程序逻辑 28](#_Toc148640858)

[6.3 SM\_DY\_0004模拟量采集模块设计 29](#_Toc148640859)

[6.3.1 SM\_DY\_0004\_01读取三相电流模块设计 29](#_Toc148640860)

[6.3.2 SM\_DY\_0004\_02触发母线电压采样模块设计 30](#_Toc148640861)

[6.3.3 SM\_DY\_0004\_03读取母线电压采样值模块设计 32](#_Toc148640862)

[6.3.4 SM\_DY\_0004\_04触发温度传感器采样模块设计 33](#_Toc148640863)

[6.3.5 SM\_DY\_0004\_05读取温度传感器采样值模块设计 34](#_Toc148640864)

[6.3.6 SM\_DY\_0006\_02初始化SVPWM模块设计 35](#_Toc148640865)

[6.3.7 SM\_DY\_0006\_03 SVPWM计算模块设计 37](#_Toc148640866)

[6.4 SM\_DY\_0007自保护停机/降额运行模块设计 38](#_Toc148640867)

[6.4.1 输入元素 38](#_Toc148640868)

[6.4.2 输出元素 38](#_Toc148640869)

[6.4.3 设计方法 38](#_Toc148640870)

[6.4.4 程序逻辑 39](#_Toc148640871)

[6.5 SM\_DY\_0008数据存储及读写模块设计 39](#_Toc148640872)

[6.5.1 SM\_DY\_0008\_07初始化相应GPIO模块设计 39](#_Toc148640873)

[6.5.2 SM\_DY\_0008\_08快延时模块设计 40](#_Toc148640874)

[6.5.3 SM\_DY\_0008\_09慢延时模块设计 41](#_Toc148640875)

[6.5.4 SM\_DY\_0008\_12读取ACK对应IO口电平模块设计 42](#_Toc148640876)

[6.5.5 SM\_DY\_0008\_13向ACK对应的IO口发送低电平模块设计 43](#_Toc148640877)

[6.5.6 SM\_DY\_0008\_14向ACK对应的IO口发送高电平模块设计 44](#_Toc148640878)

[6.6 SM\_DY\_0009通信模块设计 45](#_Toc148640879)

[6.6.1 SM\_DY\_0009\_01 CRC校验模块设计 45](#_Toc148640880)

[6.6.2 SM\_DY\_0009\_02 发送数据模块设计 46](#_Toc148640881)

[6.6.3 SM\_DY\_0009\_03 接收数据模块设计 47](#_Toc148640882)

[6.6.4 SM\_DY\_0009\_04 启动信号函数模块设计 50](#_Toc148640883)

[6.6.5 SM\_DY\_0009\_05 停止信号函数模块设计 50](#_Toc148640884)

[6.6.6 SM\_DY\_0009\_06 转速给定信号函数模块设计 51](#_Toc148640885)

[6.6.7 SM\_DY\_0009\_07 IF电流给定模块设计 52](#_Toc148640886)

[6.6.8 SM\_DY\_0009\_08 参数修改信号函数模块设计 53](#_Toc148640887)

[6.6.9 SM\_DY\_0009\_09 向上位机发送数据模块设计 54](#_Toc148640888)

[7 需求可追踪性 55](#_Toc148640889)

[8 注释 58](#_Toc148640890)

21C852-0电机控制器软件设计说明

# 范围

## 标识

21C852-0电机控制器软件是针对控制器驱动两路高温蝶阀电机、一路油泵电机功能开发的软件，对文档标识号、文档标题、术语和缩略语等定义如下：

1. 文档标识号：21C852-0\_SJ\_SM\_V1.00；
2. 文档标题：21C852-0电机控制器软件需求规格说明；
3. 软件名称：21C852-0电机控制器软件；
4. 本文档中的术语和缩略语：
5. 软件：电机控制器软件；
6. 电机：高温蝶阀电机、油泵电机；
7. 适用系统：电机控制器控制系统。

## 系统概述

21C852-0电机控制器是XX项目两路高温蝶阀电机、一路油泵电机的驱动部件。21C852-0电机控制器软件嵌在控制器DSP中，接收发动机控制器下发的控制器指令，驱动电机按指令运行，并向发动机控制器实时上传控制器和电机的运行参数。系统结构框图见图 1。



图 1 系统结构框图

软件属于嵌入式实时系统软件，实现两路高温蝶阀电机、一路油泵电机的控制功能：1）软件执行上电自检功能，对系统运行的初始状态进行判断；2）采集各路模拟量，一方面用于闭环调速算法的数据输入，另一方面用于自保护功能的数据输入；3）具备自保护停机功能；4）接收发动机控制指令，实时上传电机的运行参数及故障检测信息；5）具备数据存储功能。

电机控制器设备交联图如图 2所示。



图 2 电机控制器设备交联图

电机控制器软件的需方：中国航天科技集团有限公司第六研究院xx所；

电机控制器软件的开发方：贵州航天林泉电机有限公司；

电机控制器软件的保障机构：贵州航天林泉电机有限公司质量管理部。

## 文档概述

本设计说明依据《软件任务书》、《软件需求规格说明》等文档要求开展软件设计，其内容格式遵循GJB438B-2009《军用软件开发文档通用要求》。本文档可作为：

1. 代码编写的依据；
2. 单元测试的基准。

# 引用文档

引用文档见表1。

表 1 引用文档

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 文档编号、标识 | 文档标题 | 编写单位 | 版本号或日期 |
| 1 | GJB 438B-2009 | 军用软件开发文档通用要求 | / | / |
| 2 | QFv.G(33)06 | 项目管理程序 | 贵州林泉电机 | / |
| 3 | 21C852-0\_XQ\_RW\_V1.00 | 软件任务书 | 控制研发部 | V1.00 |
| 4 | 21C852-0\_XQ\_XQ\_V1.00 | 软件需求规格说明 | 控制研发部 | V1.00 |

# CSCI级设计决策

21C852-0电机控制器软件是嵌入式软件，主要完成电机控制电子换向相关策略的数字化实现，通过计算出的转子位置、相电流、母线电压及传感器信号等实现电机电流的闭环控制。对于设计中CSCI级设计决策如下：



图 3 电机控制控制策略示意图

本软件采用底层软件、应用层软件和电机控制层软件的三级分层架构，具体如图 3所示。其中底层软件处理MCU底层相关的操作，并为应用层软件提供底层操作接口，另一方面通过定义相关数据类型实现应用层软件与平台的隔离；应用层软件与底层无关，执行应用相关的功能，如电流检测、状态机等；电机控制层软件用于处理与电机控制相关，如SVPWM、电流环、速度环、位置环等。电机控制层软件和应用层软件的拆分，使得电机控制软件更加专注于电控算法的改进和性能的提升，应用层软件专注于针对不应用环境的适用性和针对不同需求的响应及时性。

在三层中，底层软件和使用的处理器、外设、开发平台（编译器等）相关，应用层软件和电机控制层软件与底层无关。在更换处理器时，必须对底层软件进行调整，而应用层和电机控制层软件无需调整直接一致。

通过分层模型，提高了软件的可移植性和模块化，为后续软件开发奠定了基础。

# CSCI体系结构设计

根据需求规格说明功能要求，21C852-0电机控制器软件的CSCI体系结构见图 4。



图 4 CSCI体系结构

## CSCI部件

### SW\_GN\_0001上电初始化功能

#### CSCI标示

上电初始化功能CSCI标示见表 2。

表 2 上电初始化功能CSCI标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 初始化时钟模块 | InitSysCtrl |  |
| 2 | 初始化中断模块 | InitPieCtrl |  |
| 3 | 初始化I/O口模块 | InitGPIO |  |
| 4 | 初始化SCI模块 | InitSCI |  |
| 5 | 初始化Flash模块 | InitFlash |  |
| 6 | 初始化ADC模块 | InitADC4 |  |
| 7 | 初始化SPI模块 | InitSPI |  |
| 8 | 初始化中断矢量表模块 | InitPieVectTable |  |
| 9 | 初始化PWM模块 | Initpwm |  |

#### 用途及结构

系统上电后，上电初始化执行的操作是初始化各变量参数、系统的时钟、中断向量表、SPI、SCI、ADC采样、EV事件管理器。

#### CSCI需求

1. 初始化锁相环PLL，外部输入时钟为30MHZ，通过配置PLL，使内核工作时钟为150MHZ，高速时钟工作时钟为75MHz，低速时钟为30MHz；
2. 初始化I/O口模块配置特殊功能I/O口，设置I/O口输入输出状态；
3. 初始化SCI模块的字符长度控制域位，奇校验，8位数据，1停止位，波特率设置为115200；
4. 初始化EVA模块定时周期；
5. 初始化ADC模块寄存器；
6. 对软件用到的全局变量、数组以及结构体进行初始化。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0002上电自检

#### CSCI标示

表 3 上电自检标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 参数自检状态 | ParamCheck |  |

#### 用途及结构

上电自检主要执行6路CPU状态（蝶阀1主CPU、蝶阀1副CPU、蝶阀2主CPU、蝶阀2副CPU、油泵电机主CPU、油泵电机副CPU）、28V电源状态、270V电源状态等参数检测。

#### CSCI需求

应答发动机控制器上电自检指令。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0003模拟量采集

#### CSCI标示

表 4 模拟量采集标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 读取三相电流采样值 | GetADC\_IsSampVal | ADC中断中调用 |
| 2 | 触发母线电压采样 | StartADC\_VdcSamp | 定时中断调用 |
| 3 | 读取母线电压采样值 | GetADC\_VdcSampVal |  |
| 4 | 触发温度传感器采样 | StartADC\_TmptSamp | 定时中断调用 |
| 5 | 读取温度传感器采样值 | GetADC\_TmptSampVal |  |

#### 用途及结构

TMS320F28335芯片在100us周期中断中，采集各路外部模拟量信号：控制器温度信号、三相电流信号、270V电源电压信号、270V电源电流信号、28V电源电压信号、28V电源电流信号。

#### CSCI需求

采样周期100us。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0004旋变信号采集单元

#### CSCI标示

表 5 旋变信号采集标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 初始化AD2S1210 | InitAD1210 |  |
| 2 | 向AD2S1210写入数据 | WriteToAD1210 |  |
| 3 | 读取AD2S1210数据 | RDCRead |  |

#### 用途及结构

旋变信号采集在周期中断中执行，采样周期为100us，采样的旋变角度信号经过限幅和卡尔曼滤波，处理后的数据：1）用于SVPWM闭环调速单元中的坐标变换，2）通过该数据计算得到电机的转速，3）作为旋变报故的依据。

#### CSCI需求

采样周期100us。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0005油泵电机转速闭环调节单元

#### CSCI标示

表 6 油泵电机转速闭环调节标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 数值调换 | SwapValue | 需要调换数值时调用 |
| 2 | 初始化SVPWM计算 | InitSVPWM | 执行SVPWM计算函数之前 |
| 3 | 进行SVPWM计算 | CalcSVPWM | 主中断服务函数中电流环计算以及Park逆变换 |

#### 用途及结构

空间矢量控制调速采用双闭环调速方式，外环为转速环，转速环的给定为转速指令，反馈信号为采集旋变信号计算得到的电机转速，给定转速与反馈转速进行PI计算，得到的输出作为电流环q轴电流分量的参考值。内环为电流环，电流环的给定为、，其中给定为0，为转速环的PI输出，反馈信号为电机的A、B相电流，A、B相电流通过clarke变换得到反馈的、，给定与反馈经过PI计算得到，给定与反馈计算得到，、再经过扇区计算得到三路PWM输出信号。

#### CSCI需求

采样周期为100us，id=0控制。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0006蝶阀电机位置闭环调节单元

#### CSCI标示

表 7 蝶阀电机位置闭环调节标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | 数值调换 | SwapValue | 需要调换数值时调用 |
| 2 | 初始化SVPWM计算 | InitSVPWM | 执行SVPWM计算函数之前 |
| 3 | 进行SVPWM计算 | CalcSVPWM | 主中断服务函数中电流环计算以及Park逆变换 |

#### 用途与结构

空间矢量控制采用三环调速方式，最外环为位置环，接收上位机位置指令作为参考值，位置反馈信号为采集旋变信号计算得到的电机位置，给定位置与位置反馈信号进行PI计算，得到的输出作为速度环参考值。中间环为转速环，反馈信号为采集旋变信号计算得到的电机转速，给定转速与反馈转速进行PI计算，得到的输出作为电流环q轴电流分量的参考值。内环为电流环，电流环的给定为、，其中给定为0，为转速环的PI输出，反馈信号为电机的A、B相电流，A、B相电流通过clarke变换得到反馈的、，给定与反馈经过PI计算得到，给定与反馈计算得到，、再经过扇区计算得到三路PWM输出信号。

#### CSCI需求

采样周期100us。

#### 开发阶段

M阶段

### SW\_GN\_0007周期自检

#### CSCI标示

表 8 周期自检标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
|  | 电机A（U）相电流采集 | ADc\_Isa |  |
|  | 电机B（V）相电流采集 | ADc\_Isb |  |
|  | 电机C（W）相电流采集 | ADc\_Isc |  |
|  | 母线电流（28V、270V）采集 | ADc\_Idc |  |
|  | 母线电压（28V、270V）采集 | ADc\_Udc |  |
|  | 控制器温度1 | ADc\_Temp1 |  |
|  | 控制器温度2 | ADc\_Temp2 |  |
|  | 控制器温度3 | ADc\_Temp3 |  |

#### 用途及结构

软件周期性的对28V电源电压、28V电源电流、270V电源电流、270V电源电压、控制器温度、U相电流、V相电流、W相电流、电机转速、蝶阀位置进行检测，并根据参数的特性设置故障判断的周期和阈值，并通过RS422串口将故障位按通讯协议的上报要求发送到发动机控制器。

#### CSCI需求

作为余度切换的依据。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0008RS422通讯

#### CSCI标示

表 9 RS422通讯标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | SCI上传数据打包 | Sci\_DataPackage\_Tx |  |
| 2 | SCI接收数据打包 | Sci\_DataCombine\_Rx |  |
| 3 | 校验码计算函数 | CalCRC16\_Byte |  |
| 4 | SCI初始化 | InitSci |  |
| 5 | 16进制转浮点数 | Hex\_Float |  |

#### 用途及结构

通信功能是电机控制器和上位机的数据交换接口，RS-422串口通道具备接收和发送功能，用于调试和检测，电机控制器采用查询方式接收上位机发送的数据，定时处理接收到的数据，周期为10ms，定时将电机状态和故障信息发送给上位机，周期为10ms。

#### CSCI需求

实时上传控制器运行状态，接收发动机控制器发下的自检指令、控制指令、遥测指令。

#### 开发状态

M阶段。

### SW\_GN\_0009余度切换

#### CSCI标示

表 10 余度切换标示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 模块标识名称 | 标识 | 备注 |
| 1 | CRC校验 | CalCRC16\_Byte |  |
| 2 | 发送数据 | SendHost\_Data |  |
| 3 | 接收数据 | ReceiveHost |  |
| 4 | 启动信号函数 | StartCommond |  |
| 5 | 停止信号函数 | StopCommond |  |
| 6 | 转速给定信号函数 | SpeedCommond |  |
| 7 | IF电流给定 | IF\_Commond |  |
| 8 | 参数修改信号函数 | DataChange |  |
| 9 | 向上位机发送数据 | RS422Work |  |

#### 用途及结构

当系统正常时，电机两套绕组各自对应的余度同时工作，每套绕组各自输出50%的功率。当系统的某一通道电机发生故障时，将诊断出发生故障的余度从系统中切除，将该故障信号传递到正常工作的另一通道电机中，进而改变正常工作通道电机的状态，增加其输出功率，使其输出100%的功率，进而保证系统输出功率不变，实现余度切换控制。

#### CSCI需求

当控制器检测到硬件故障（母线过流）、电机过流、母线过压、母线欠压、控制器过温、旋变解码故障等时由当前工作回路切换到另一个回路。

#### 开发状态

M阶段。

# 执行方案

### CSCI工作模式

21C852-0电机控制器软件根据外部指令以及电机状态，完成电机电动输出转矩和转速以及由发动机带动电机运转进行发电的功能，因此电机控制器软件的工作模式可以分为上电初始化、电动工作模式、发电工作模式以及故障模式等，各工作模式下的关系见图4。



图4 工作模式的关系

各工作模式切换条件见表 11。

表 11 工作模式切换条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 条件内容 | 备注 |
| C1 | 系统上电 |  |
| C2 | 系统下电 |  |
| C3 | 1. 上电初始化完成 2. RS422无启动命令 |  |
| C4 | 1. 上电初始化完成 2. 自检故障 |  |
| C5 | 1. 上电初始化完成 2. RS422给启动命令 |  |
| C6 | 1. 上电初始化完成 2. RS422给自检命令 |  |
| C7 | 1. RSS无控制指令 2. 控制器运行过程中检测到故障信息 |  |
| C8 | 1. RSS给控制指令 2. 控制器运行过程中检测到故障信息 |  |
| C9 | 控制回路切换成功 |  |
| C10 | 控制器故障未消除 |  |
| C11 | 控制回路切换失败 |  |

### DSP软件控制流程

21C852-0电机控制器软件为DSP工作软件，1）软件执行上电自检功能，对系统运行的初始状态进行判断；2）采集各路模拟量，一方面用于闭环调速算法的数据输入，另一方面用于自保护功能；4）实时上传电机的运行参数。

### 上电初始化控制流程

上电后，电机控制软件进行初始化，具体的流程见图5。



图5 上电初始化控制流程

### 正常工作模式的控制流程

电机控制软件在完成上电初始化后，DSP工作开始定时中断检测外部I/O口、采集转速、电流、电压等数据，当RS422通讯正常并且发动机控制器发送电机启动指令，此时电机进入正常工作模式，在主循环程序中将电动电流值给定D/A电路，完成硬件电流斩波控制。

### 故障模式的控制流程

电机控制软件在A/D中断中实施检测供电电压判断是否存在过压的故障，主程序循环定时10ms检测转速、供电电压、电流、控制器温度等数据，检测是否存在异常。在主程序循环中，周期检测故障信息，当电机及控制器存在异常时，进入故障保护状态。



图6 故障模式的控制流程

## 接口设计

### 接口标识和接口图

DSP工作软件输入输出接口有：A/D模拟采集接口、RS422接口、PWM斩波信号接口、D/A数据接口等。工作软件接口标示和标示图见图 5。



图 5 接口示意图

### SM\_JK\_001A/D模拟采集接口

#### 接口描述

模拟信号采集分别为控制器温度、U相电流、V相电流、W相电流、28V母线电流、28V母线电压、270V母线电流、270V母线电压。采用定时器中断触发采样，该接口采集的数据一方面参与到SVPWM闭环调速，另一方面用作实时保护（运行报警和自保护停机），并通过RS422串口发送给发动机控制器。

时钟通道：1路；

数据通道：9路；

#### 传递的数据元素

A/D模拟采集接口传递的数据元素见表 12。

表 12 传递的数据元素

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 数据类型 | 参数范围 |
| IaRead | U相电流 | Int16 | 0～65535 |
| IbRead | V相电流 | Int16 | 0～65535 |
| IdcRead | 母线电流 | Int16 | 0～65535 |
| VdcRead | 母线电压 | Int16 | 0～65535 |
| PTSHRead | 温度采样值 | Int16 | 0～65535 |

### SM\_JK\_003 RS422通信接口

#### 接口描述

RS422通讯接口用于控制软件与发动机控制器进行通讯，发动机控制器通过RS422串口下发控制指令，控制通道软件通过串口以10ms周期上传电机关键运行参数。

1. 接口标准：RS-422；
2. 通讯制式：全双工；

#### 传递的数据元素

运行使能接口传递的数据见表 13。

表 13 传递的数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 数据类型 | 参数范围 |
| TranSCIA\_Array\_FIFO | SCIA发送数组函数  （16级FIFO） | Int16 | 0～65535 |
| TranSCIA\_Array | SCIA发送数组函数  （单字节查询方式） | Int16 | 0～65535 |
| TranSCIBArray\_FIFO | SCIB送数组函数  （16级FIFO） | Int16 | 0～65535 |
| TranSCIBArray | SCIB送数组函数  （单字节查询方式） | Int16 | 0～65535 |

### SM\_JK\_004 PWM斩波信号接口

#### 接口描述

PWM斩波信号接口是将六路PWM信号发送给外部电路，用于综合逻辑保护。

#### 传递的数据元素

PWM斩波信号接口传递的数据见表 14。

表 14 PWM斩波信号接口传递的数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 数据类型 | 参数范围 |
| PeriodTime | 周期时间 | Int16 | 0～65535 |
| DeadTime | 死区时间 | Int16 | 0～65535 |
| bActivePolarity | 有效极性 | BIT | 0、1 |
| CompValue1 | B相下桥驱动 | Int16 | 0～65535 |
| CompValue2 | C相上桥驱动 | Int16 | 0～65535 |
| CompValue3 | C相下桥驱动 | Int16 | 0～65535 |

# CSCI详细设计

## SM\_DY\_0001上电初始化模块设计

### SM\_DY\_0001\_01初始化时钟模块设计

#### 输入元素

初始化时钟模块是对DSP的系统时钟信号及外设时钟信号进行初始化，无输入元素。

#### 输出元素

初始化时钟模块输出元素见表 15。

表 15 初始化输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| PLLCR | PLL控制寄存器 | 0xA |
| HISPCP | 高速外设时钟预分频寄存器 | 0x0001 |
| LOSPCP | 低速外设时钟预分频寄存器 | 0x0002 |

#### 设计方法

初始化时钟模块在设计时，按照数据手册提供对DSP的时钟寄存器和外设时钟寄存器进行操作，设计方法见表 16。

表 16 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化时钟模块 | CSU标识：InitSysCtrl |
| 功能：初始化时钟。 | |
| 输入数据：相关寄存器。 | |
| 按照数据手册要求配置寄存器的值。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑

初始化时钟模块的设计流程见图 6。



图 6 初始化时钟模块流程图

### SM\_DY\_0001\_02初始化中断模块

#### 输入元素

初始化中断模块是DSP上电时，对中断使能和中断标志进行初始化，无输入元素。

#### 输出元素

初始化中断模块清除DSP的中断使能寄存器和中断标志寄存器，输出的元素见表 17。

表 17 初始化IO模块输出元素

| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| --- | --- | --- |
| PIECTRL | PIE控制寄存器 | 0 |
| PIEIER1 | PIE中断使能寄存器1 | 0 |
| PIEIER2 | PIE中断使能寄存器2 | 0 |
| PIEIER3 | PIE中断使能寄存器3 | 0 |
| PIEIER4 | PIE中断使能寄存器4 | 0 |
| PIEIER5 | PIE中断使能寄存器5 | 0 |
| PIEIER6 | PIE中断使能寄存器6 | 0 |
| PIEIER7 | PIE中断使能寄存器7 | 0 |
| PIEIER8 | PIE中断使能寄存器8 | 0 |
| PIEIER9 | PIE中断使能寄存器9 | 0 |
| PIEIER10 | PIE中断使能寄存器10 | 0 |
| PIEIER11 | PIE中断使能寄存器11 | 0 |
| PIEIER12 | PIE中断使能寄存器12 | 0 |

#### 设计方法

初始化中断模块设计方法见表 18。

表 18 初始化中断模块设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化中断模块 | CSU标识：initPieCtrl |
| 功能：初始化DSP的PIE中断寄存器配置。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 按照数据手册要求配置寄存器的值，配置PIE中断寄存器、清除中断标志位，使能中断 | |
| 输出数据：相关寄存器配置数据。 | |

#### 程序逻辑

初始化中断模块程序设计逻辑如图 7所示。



图 7 初始化中断模块程序设计逻辑

### SM\_DY\_0001\_03初始化SCI模块

#### 输入元素

初始化SCI模块是上电后，对DSP的SCIA、SCIB等外设的寄存器进行配置，无输入元素。

#### 输出元素

初始化SCI模块输出的元素见表 19。

表 19 初始化SCI输出元素

| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| --- | --- | --- |
| SCICCR | 通信控制寄存器 | 0x27 |
| SCICTL1 | 控制寄存器1 | 0x03 |
| SCICTL2 | 控制寄存器2 | 0x03 |
| SCIHBAUD | 波特率寄存器（高） | 0x00 |
| SCILBAUD | 波特率寄存器（低） | 0x1C |

#### 设计方法

初始化中断模块的设计方法见表 20。

表 20 初始化SCI模块的设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化SCI模块 | CSU标识：initSCI |
| 功能：初始化SCI模块寄存器。 | |
| 输入数据：相关寄存器。 | |
| 根据串行通信接口相关寄存器配置SCI各寄存器的值，包括数据字格式、波特率、工作模式等。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑

初始化SCI模块的设计流程如图 8所示。



图 8 初始化SCI模块

### SM\_DY\_0001\_04初始化I/O模块设计

#### 输入元素

初始化IO模块是对DSP的信号输入、信号输出等IO进行初始化配置，无输入元素。

#### 输出元素

初始化IO模块是对DSP的GPIO寄存器进行配置，输出元素见表 21。

表 21 初始化GPIO输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| GPFMUX | 复用控制寄存器 | 0x003F |
| GPFDIR | 方向控制寄存器 | 0x003F |

#### 设计方法

初始化IO模块的设计方法见表 22。

表 22 初始化GPIO设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化I/O模块 | CSU标识：InitGPIO |
| 功能：初始化I/O模块寄存器。 | |
| 输入数据：相关寄存器。 | |
| 设置GPFMUX功能  输入输出方向GPFDIR | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑

初始化IO模块的设计方法见图 9。



图 9 初始化GPIO模块

### SM\_DY\_0001\_05初始化ADC模块设计

#### 输入元素

初始化ADC模块是上电后，对DSP的ADC等外设的寄存器进行配置，无输入元素。

#### 输出元素

初始化ADC模块的输出元素见表 23。

表 23 初始化ADC模块的输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| ADCTRL1 | 模数转换控制寄存器1 | - |
| ADCTRL2 | 模数转换控制寄存器2 | - |
| ADCTRL3 | 模数转换控制寄存器3 | - |
| ADCST | 状态寄存器 | - |
| ADCCHSELSEQ1 | 通道选择排序控制寄存器1 | 0x3010 |
| ADCCHSELSEQ2 | 通道选择排序控制寄存器2 | 0x7654 |
| ADCCHSELSEQ3 | 通道选择排序控制寄存器3 | 0xBA98 |
| ADCCHSELSEQ4 | 通道选择排序控制寄存器4 | 0xF00C |
| GPTCONA | 全局通用定时器控制寄存器A | - |

#### 设计方法

初始化ADC模块的设计方法见表 24。

表 24 初始化ADC设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化ADC模块 | CSU标识：InitADC4 |
| 功能：初始化ADC模块寄存器。 | |
| 输入数据：相关寄存器。 | |
| 初始化ADC模块寄存器，包括：   1. 模数转换控制寄存器1 2. 模数转换控制寄存器2 3. 模数转换控制寄存器3 4. 状态寄存器 5. 通道选择排序控制寄存器1 6. 通道选择排序控制寄存器2 7. 通道选择排序控制寄存器3 8. 通道选择排序控制寄存器4 9. 全局通用定时器控制寄存器A等寄存器配置参数 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑

初始化ADC模块的程序设计流程见图 10。



图 10 初始化ADC程序设计流程

### SM\_DY\_0001\_06初始化PWM模块设计

#### 输入元素

初始化PWM模块是上电后，对DSP的PWM的寄存器进行配置，输入元素见表 25。

表 25 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| PeriodTime | 周期时间 | -32767～32767 |
| DeadTime | 死区时间 | -32767～32767 |
| bActivePolarity | 有效极性 | 0,1 |

#### 输出元素

初始化PWM模块的输出元素见表 26。

表 26 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| T1CON | 定时器1控制寄存器 | 0x6000 |
| DBTCONA | 死区控制寄存器 | 0x9F4 |
| ACTRA | 比较行为控制寄存器A | 0x0000 |
| COMCONA | 比较控制寄存器A | 0xA200 |
| EVAIMRA | 中断屏蔽寄存器A | - |

#### 设计方法

初始化PWM的设计方法见表 27。

表 27 初始化PWM模块设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化PWM模块 | CSU标识：Initpwm |
| 功能：初始化PWM模块寄存器。 | |
| 输入数据：相关环寄存器。 | |
| 根据时间管理模块相关寄存器配置EVA各寄存器的值，包括通用定时器1、比较模式控制寄存器、死区发生电路、比较控制寄存器定时器下溢中断使能等。 | |
| 输出数据：TRUE(1)、FALSE(0)。 | |

#### 程序逻辑

初始化PWM模块的流程见图 11。



图 11 初始化PWM流程

### SM\_DY\_0001\_07初始化中断向量表模块设计

#### 输入元素

初始化中断向量表模块是DSP上电时，初始化所有中断向量表，无输入元素。

#### 输出元素

初始化中断向量表模块的输出元素见表 28。

表 28 初始化中断向量表输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| PieVectTable | PIE中断向量表 | PieVectTableInit |

#### 设计方法

初始化中断向量表模块的设计方法见表 29。

表 29 初始化中断向量表设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化中断向量表模块 | CSU标识：InitPieVectTable |
| 功能：初始化PIE中断向量表。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 将设定的PIE中断向量表定义赋值给中断向量表 | |
| 输出数据：中断向量表。 | |

#### 程序逻辑

将设定的PieVectTableInit定义依次赋值给PieVectTable中断向量表。

### SM\_DY\_0001\_08初始化SPI模块设计

#### 输入元素

初始化SPI模块，对SPI的工作模式、波特率、时钟时序模式进行配置。

#### 输出元素

SPI模块的输出元素见表 30。

表 30 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| SPIPRI | SPI优先权控制寄存器 | 1 |
| SPICCR | SPI配置控制寄存器 | 0x000F |
| SPICTL | SPI工作控制寄存器 | 0x0006 |
| SPIBRR | SPI波特率寄存器 | 0x001D |

#### 设计方法

初始化SPI模块的设计方法见表 31。

表 31 初始化SPI设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化SPI模块 | CSU标识：InitSPI |
| 功能：对SPI的工作模式、波特率、时钟时序模式进行配置。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 对SPI的工作模式、波特率、时钟时序模式进行配置 | |
| 输出数据：SPIPRI、SPICCR、SPICTL、SPIBRR。 | |

#### 程序逻辑

初始化SPI模块的流程见图 12。



图 12 初始化SPI流程

### SM\_DY\_0001\_09初始化Flash模块设计

#### 输入元素

初始化Flash模块是DSP上电后，初始化所有Flash相关元素。

#### 输出元素

初始化中断向量表模块的输出元素见表 32。

表 32 初始化中断向量表输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 初始值 |
| FORT | 选择寄存器 | 0x0001 |
| FBANKWAIT | 库的读访问等待状态寄存器 | 0x0505 |
| FSTDBYWAIT | 库睡眠待机等待状态寄存器 | 0x01FF |
| FACTIVEWAIT | 库活动待机等待状态寄存器 | 0x01FF |

#### 设计方法

初始化中断向量表模块的设计方法见表 33。

表 33 初始化中断向量表设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化Flash模块 | CSU标识：InitFlash |
| 功能：初始化Flash。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 将相关的Flash寄存器初始化 | |
| 输出数据：FORT、FBANKWAIT、FSTDBYWAIT、FACTIVEWAIT。 | |

#### 程序逻辑

将设定的PieVectTableInit定义依次赋值给PieVectTable中断向量表。



图 13 初始化SPI流程

## SM\_DY\_0002上电自检模块设计

### 输入元素

参数自检状态模块在系统上电完成初始化功能后对6路CPU状态（蝶阀1主CPU、蝶阀1副CPU、蝶阀2主CPU、蝶阀2副CPU、油泵电机主CPU、油泵电机副CPU）、28V电源状态、270V电源状态等参数进行检测。

### 输出元素

参数自检状态模块的输出元素见表 34。

表 34 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数 |
| event | 真实值 | 0-255 |

### 设计方法

参数自检状态模块的设计方法见表 35。

表 35 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：参数自检状态模块 | CSU标识：ParamCheck |
| 功能：状态机参数自检状态下的执行程序。 | |
| 输入数据：28V电源电压、28V母线电流、270V电源电压、270V母线电流。 | |
| 执行参数检测。 | |
| 输出数据：event。 | |

### 程序逻辑

参数自检状态模块的程序流程见图 13。



图 14 参数自检状态模块程序流程

## SM\_DY\_0004模拟量采集模块设计

### SM\_DY\_0004\_01读取三相电流模块设计

#### 输入元素

模拟量采集模块的输入元素见表 36。

表 36 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| AdcRegs | ADC结果寄存器 | - |

#### 输出元素

模拟量采集模块的输出元素见表 37。

表 37 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| V5V\_READ | 5V电源电压 | 0～65535 |
| V33V\_READ | 3.3V电源电压 | 0～65535 |
| IaRead | U相电流 | 0～65535 |
| IbRead | V相电流 | 0～65535 |
| IcRead | W相电流 | 0～65535 |
| Idc1Read | 28V母线电流 | 0～65535 |
| Vdc1Read | 28V母线电压 | 0～65535 |
| Idc2Read | 270V母线电流 | 0～65535 |
| Vdc2Read | 270V母线电压 | 0～65535 |
| PTSHRead | 温度采样值 | 0～65535 |

#### 设计方法

模拟量采集模块的设计方法见表 38。

表 38 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：读取模拟量采样值 | CSU标识：GetADC\_IsSampVal |
| 功能：读取采集的模拟量。 | |
| 输入数据：寄存器。 | |
| 周期中断中执行，读取ADC结果寄存器。 | |
| 输出数据：数字量。 | |

#### 程序逻辑



图 15 模拟量采集模块流程

### SM\_DY\_0004\_02触发母线电压采样模块设计

#### 输入元素

触发母线电压采样模块的输入元素见表 39。

表 39 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCST | ADC状态寄存器 | - |

#### 输出元素

触发母线电压采样模块的输出元素见表 40。

表 40 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCTRL2 | 排序器2 | - |

#### 设计方法

触发母线电压采样模块的设计方法见表 41。

表 41 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：触发母线电压采样 | CSU标识：StartADC\_VdcSamp |
| 功能：触发母线电压采样。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 10ms周期中断中执行。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 16 触发母线电压采样流程

### SM\_DY\_0004\_03读取母线电压采样值模块设计

#### 输入元素

读取母线电压采样模块的输入元素见表 42。

表 42 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCST | ADC状态寄存器 | - |

#### 输出元素

读取母线电压采样模块的输出元素见表 43。

表 43 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| VdcReadt | 母线电压 | 0～65535 |

#### 设计方法

读取母线电压采样模块的设计方法见表 44。

表 44 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：读取母线电压采样 | CSU标识：GetADC\_VdcSampVal |
| 功能：完成母线电压采集。 | |
| 输入数据：模拟量。 | |
| 周期中断中执行，读取母线电压值。 | |
| 输出数据：数字量。 | |

#### 程序逻辑



图 17 读取母线电压采样流程

### SM\_DY\_0004\_04触发温度传感器采样模块设计

#### 输入元素

触发温度传感器采样模块的输入元素见表 45。

表 45 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCST | ADC状态寄存器 | - |

#### 输出元素

触发温度传感器采样模块的输出元素见表 46。

表 46 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCTRL2 | 排序器2 | - |

#### 设计方法

触发温度传感器采样模块的设计方法见表 47。

表 47 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：触发温度传感器采样 | CSU标识：StartADC\_TmptSamp |
| 功能：触发温度采集。 | |
| 输入数据：模拟量。 | |
| 10ms周期中断中执行。 | |
| 输出数据：数字量。 | |

#### 程序逻辑



图 18 触发温度传感器采样流程

### SM\_DY\_0004\_05读取温度传感器采样值模块设计

#### 输入元素

读取温度传感器采样模块的输入元素见表 48。

表 48 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| ADCST | ADC状态寄存器 | - |

#### 输出元素

无。

#### 设计方法

读取温度传感器采样模块的设计方法见表 49。

表 49 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：读取温度传感器采样采集 | CSU标识：GetADC\_TmptSampVal |
| 功能：完成母线电压采集。 | |
| 输入数据：模拟量。 | |
| 周期中断中执行，读取温度传感器采集值。 | |
| 输出数据：数字量。 | |

#### 程序逻辑



图 19 读取温度传感器流程

### SM\_DY\_0006\_02初始化SVPWM模块设计

#### 输入元素

初始化SVPWM模块的输入元素见表 50。

表 50 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| SvpwmStr \*p | SVPWM结构体变量地址 | - |
| PriodValue | PWM计数器周期值 | - |

#### 输出元素

初始化SVPWM模块的输出元素见表 51。

表 51 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| NarrowPlusWidth | 窄脉冲计数器 | 0～65535 |

#### 设计方法

初始化SVPWM模块的设计方法见表 52。

表 52 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化SVPWM | CSU标识：InitSVPWM |
| 功能：初始化SVPWM计算，主要内容包括：更新PWM计数器周期值、计算窄脉冲计数器值。 | |
| 输入数据：SVPWM结构体变量地址、PWM计数器周期值。 | |
| 1此函数主要将输入参数2写入到SVPWM结构体变量中为计算作准备，数值需要与PWM模块设置的计数器周期值相同。  2函数会根据此计数器周期值计算窄脉冲对应的计数值宽度，在本此设计中PWM周期值为100us，窄脉冲为3us。 | |
| 输出数据：窄脉冲计数器值。 | |

#### 程序逻辑



图 20 初始化SVPWM模块流程

图24 初始化SVPWM模块流程

### SM\_DY\_0006\_03SVPWM计算模块设计

#### 输入元素

SVPWM计算模块的输入元素见表 53。

表 53 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| SvpwmStr \*p | SVPWM结构体变量地址 | - |
| Ualpha | α轴电压 | 0～65535 |
| Ubeta | Β轴电压 | 0～65535 |

#### 输出元素

SVPWM计算模块的输出元素见表 54。

表 54 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| minCompare | 最小比较值 | 0～65535 |
| midCompare | 中等比较值 | 0～65535 |
| maxCompare | 最大比较值 | 0～65535 |

#### 设计方法

SVPWM计算模块的设计方法见表 55。

表 55 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：SVPWM计算 | CSU标识：CalcSVPWM |
| 功能：完成SVPWM算法，主要内容包括：扇区判断、计算矢量作用时间和过调制处理。 | |
| 输入数据：α轴电压、β轴电压。 | |
| 1 采用相乘移位的方式计算sqrt(3)\*Ualpha及其绝对值和Ubeta绝对值  2 此函数通过结构体变量中的Ualpha和Ubeta两个变量来进行扇区判断，并根据计算出的作用时间作过调制处理（将总作用时间等比例缩小到计数器周期值），最后根据扇区计算各计数器比较值更新到SVPWM结构体变量。 | |
| 输出数据：比较值。 | |

#### 程序逻辑



图 21 SVPWM计算模块流程

## SM\_DY\_0007自保护停机/降额运行模块设计

### 输入元素

表 56 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数 |
| fault | 错误标志 | 0、1 |

### 输出元素

无输出元素。

### 设计方法

自保护停机/降额运行模块的设计方法见表 57。

表 57 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：自保护停机/降额模块 | CSU标识：fault |
| 功能：完成自保护停机/降额功能。 | |
| 输入数据：fault。 | |
| 按照不同错误等级，进行故障处理。 | |
| 输出数据：无。 | |

### 程序逻辑



图 22 自保护停机/降额运行解算流程

## SM\_DY\_0008数据存储及读写模块设计

### SM\_DY\_0008\_07初始化相应GPIO模块设计

#### 输入元素

初始化相应GPIO模块无输入元素。

#### 输出元素

初始化相应GPIO模块无输出元素。

#### 设计方法

初始化相应GPIO模块的设计方法见表 58。

表 58 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：初始化相应GPIO | CSU标识：InitSPI\_Gpio |
| 功能：初始化相应IO口。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 初始化相应IO口。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 23 初始化相应GPIO模块流程

### SM\_DY\_0008\_08快延时模块设计

#### 输入元素

快延时模块的输入元素见表 59。

表 59 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| Delay | 循环延时量 | 0～65535 |

#### 输出元素

快延时模块无输出元素。

#### 设计方法

快延时模块的设计方法见表 60。

表 60 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：快延时 | CSU标识：DelayFast |
| 功能：延时。 | |
| 输入数据：x。 | |
| 循环x次达到延时作用。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 24 快延时模块流程

### SM\_DY\_0008\_09慢延时模块设计

#### 输入元素

慢延时模块的输入元素见表 61。

表 61 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| x | 循环延时量 | 0～65535 |

#### 输出元素

慢延时模块无输出元素。

#### 设计方法

慢延时模块的设计方法见表 62。

表 62 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：快延时 | CSU标识：DelayFast |
| 功能：延时。 | |
| 输入数据：x。 | |
| 循环x次延迟指令达到延时作用。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 25 慢延时模块流程

### SM\_DY\_0008\_12读取ACK对应IO口电平模块设计

#### 输入元素

读取ACK对应IO口电平模块无输入元素。

#### 输出元素

读取ACK对应IO口电平模块无输出元素。

#### 设计方法

读取ACK对应IO口电平模块的设计方法见表 63。

表 63 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：读取ACK对应IO口电平 | CSU标识：SPI\_GetAck |
| 功能：读取ACK对应的IO口处的电平。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 1 更改SDA引脚为输入，在下一个SCL为1的周期内检测SDA是否拉低  2 结束后将SDA重新配置为输出。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 26 读取ACK对应IO口电平模块流程

### SM\_DY\_0008\_13向ACK对应的IO口发送低电平模块设计

#### 输入元素

向ACK对应的IO口发送低电平模块无输入元素。

#### 输出元素

向ACK对应的IO口发送低电平模块无输出元素。

#### 设计方法

向ACK对应的IO口发送低电平模块的设计方法见表 64。

表 64 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：向ACK对应的IO口发送低电平 | CSU标识：SPI\_DoAck |
| 功能：向ACK对应的IO口发送低电平。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 在SCL为高时使SDA保持低电平。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 27 向ACK对应的IO口发送低电平模块流程

### SM\_DY\_0008\_14向ACK对应的IO口发送高电平模块设计

#### 输入元素

向ACK对应的IO口发送高电平模块无输入元素。

#### 输出元素

向ACK对应的IO口发送高电平模块无输出元素。

#### 设计方法

向ACK对应的IO口发送高电平模块的设计方法见表 65。

表 65 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：向ACK对应的IO口发送高电平 | CSU标识：SPI\_NotDoAck |
| 功能：向ACK对应的IO口发送高电平。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 在SCL为高时使SDA保持高电平。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 28 向ACK对应的IO口发送高电平模块流程

## SM\_DY\_0009通信模块设计

### SM\_DY\_0009\_01 CRC校验模块设计

#### 输入元素

CRC校验模块的输入元素见表 66。

表 66 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| \*ptr | 数据数组地址首地址 | 0x0000-0xFFFF |
| len | 数据数组的长度 | 0-65535 |

#### 输出元素

CRC校验模块的输出元素见表 67。

表 67 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| crc | CRC校验字符的和 | 0x0000-0xFFFF |

#### 设计方法

CRC校验模块的设计方法见表 68。

表 68 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：CRC校验 | CSU标识：Cal\_CRC |
| 功能：接收和发送每一帧数据时的CRC校验。 | |
| 输入数据：\*ptr、len。 | |
| 发送数据中其中一位需要填写校验和，校验和不正确则判断这帧数据不正确。 | |
| 输出数据：crc。 | |

#### 程序逻辑



图 29 CRC校验模块流程

### SM\_DY\_0009\_02 发送数据模块设计

#### 输入元素

发送数据模块的输入元素见表 69。

表 69 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| \*Data | 需要发送的参数结构体地址 | 0x0000-0xFFFF |

#### 输出元素

发送数据模块输出元素见表 70。

表 70 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| SendArray[32] | 发送数据数组 | - |

#### 设计方法

发送数据模块的设计方法见表 71。

表 71 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：发送数据 | CSU标识：SendHost\_Data |
| 功能：SCI发送数据实时信息。 | |
| 输入数据：\*Data。 | |
| 将电机状态通过RS422串口发送给上位机。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 30 发送数据模块流程

### SM\_DY\_0009\_03 接收数据模块设计

#### 输入元素

接收数据模块的输入元素见表 72。

表 72 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| Data | 从上位机收到的一个字节 | 0x0000-0xFFFF |

#### 输出元素

接收数据模块无输出元素。

#### 设计方法

接收数据模块的设计方法见表 73。

表 73 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：接收数据 | CSU标识：ReceiveHost |
| 功能：SCI从上位机收到的一个字节信息处理。 | |
| 输入数据：Data。 | |
| 处理上位机发送的字节信息。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 31 接收数据模块流程

### SM\_DY\_0009\_04 启动信号函数模块设计

#### 输入元素

启动信号函数模块无输入元素。

#### 输出元素

启动信号函数模块无输出元素。

#### 设计方法

启动信号函数模块的设计方法见表 74。

表 74 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：启动信号函数 | CSU标识：StartCommond |
| 功能：启动信号指令处理。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 电机启动标志位为1，进入Run状态。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑

收到启动指令的信号时的执行程序，执行此程序后，状态机中的启动标志位置为1，此时状态机开始轮询到RUN状态。

### SM\_DY\_0009\_05 停止信号函数模块设计

#### 输入元素

停止信号函数模块无输入元素。

#### 输出元素

停止信号函数模块无输出元素。

#### 设计方法

停止信号函数模块的设计方法见表 75。

表 75 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：停止信号函数 | CSU标识：StopCommond |
| 功能：停止信号指令处理。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 进入停止状态。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 32 停止信号函数模块流程

### SM\_DY\_0009\_06 转速给定信号函数模块设计

#### 输入元素

转速给定信号函数模块的输入元素见表99。

表 76 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| DataH | 收到数据高八位 | 0x0000-0xFFFF |
| DataL | 收到数据低八位 | 0x0000-0xFFFF |

#### 输出元素

转速给定信号函数模块无输出元素。

#### 设计方法

转速给定信号函数模块的设计方法见表 77。

表 77 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：转速给定信号函数 | CSU标识：SpeedCommond |
| 功能：速度给定信号指令处理。 | |
| 输入数据：DataH、DataL。 | |
| 将转速给速度参考参数中。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 33 转速给定信号函数模块流程

### SM\_DY\_0009\_07 IF电流给定模块设计

#### 输入元素

IF电流给定模块的输入元素见表 78。

表 78 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| DataH | 收到数据高八位 | 0x0000-0xFFFF |
| DataL | 收到数据低八位 | 0x0000-0xFFFF |

#### 输出元素

IF电流给定模块无输出元素。

#### 设计方法

IF电流给定模块的设计方法见表 79。

表 79 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：IF电流给定 | CSU标识：IF\_Commond |
| 功能：IF电流给定指令处理。 | |
| 输入数据：DataH、DataL。 | |
| 收到IF电流给定指令的信号时的执行程序。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 34 IF电流给定模块流程

### SM\_DY\_0009\_08 参数修改信号函数模块设计

#### 输入元素

参数修改信号函数模块的输入元素见表 80。

表 80 输入元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| DataH | 收到数据高八位 | 0x0000-0xFFFF |
| DataL | 收到数据低八位 | 0x0000-0xFFFF |
| cmd | 参数修改信号指令处理 | 0x00-0xFF |

#### 输出元素

参数修改信号函数模块无输出元素。

#### 设计方法

参数修改信号函数模块的设计方法见表 81。

表 81 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：参数修改信号函数 | CSU标识：DataChange |
| 功能：参数修改指令处理。 | |
| 输入数据：DataH、DataL、cmd。 | |
| 收到修改参数的指令，cmd代表具体修改的参数号。 | |
| 输出数据：无。 | |

#### 程序逻辑



图 35 参数修改信号函数模块流程

### SM\_DY\_0009\_09 向上位机发送数据模块设计

#### 输入元素

向上位机发送数据模块无输入元素。

#### 输出元素

向上位机发送数据模块的输出元素见表 82。

表 82 输出元素

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 元素标识 | 描述 | 参数范围 |
| Tx | 发送数据 | - |

#### 设计方法

向上位机发送数据模块的设计方法见表 83。

表 83 设计方法

|  |  |
| --- | --- |
| CSU名称：向上位机发送数据 | CSU标识：RS422Work |
| 功能：控制器定时给上位机发送最新数据。 | |
| 输入数据：无。 | |
| 给上位机发送最新数据。 | |
| 输出数据：Tx。 | |

#### 程序逻辑



图 36 向上位机发送数据模块流程

# 需求可追踪性

本软件设计说明完全依据《软件需求规格说明》的要求进行编写，需求追踪关系见表 84和表 85。

表 84 需求可追踪性表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| CSU名称 | CSU标识 | 上一级CSCI名称 | CSCI标识 | 需求规格说明中的需求 |
| 初始化时钟模块 | InitSysCtrl | 上电初始化 | INIT | 3.2.1 |
| 初始化中断模块 | InitPieCtrl |
| 初始化I/O口模块 | InitGPIO |
| 初始化SCI模块 | InitSCI |
| 初始化Flash模块 | InitFlash |
| 初始化ADC模块 | InitADC4 |
| 初始化SPI模块 | InitSPI |
| 初始化中断矢量表模块 | InitPieVectTable |
| 初始化PWM模块 | Initpwm |
| 参数自检状态 | ParamCheck | 上电自检 | ParamCheck | 3.2.2 |
| 中断服务函数模块 | MainISR | 硬线启停检测 | MainISR | 3.2.3 |
| 读取三相电流、液压采样值 | GetADC\_IsSampVal | 模拟量采集单元 | GetADC\_IsSampVal | 3.2.4 |
| 触发母线电压采样 | StartADC\_VdcSamp | StartADC\_VdcSamp |
| 读取母线电压采样值 | GetADC\_VdcSampVal | GetADC\_VdcSampVal |
| 触发温度传感器采样 | StartADC\_TmptSamp | StartADC\_TmptSamp |
| 读取温度传感器采样值 | GetADC\_TmptSampVal | GetADC\_TmptSampVal |
| 在线更新状态 | BootLoader | 软件加载单元 | BootLoader | 3.2.5 |
| 数值调换 | SwapValue | 闭环定速单元 | SwapValue | 3.2.6 |
| 初始化SVPWM计算 | InitSVPWM | InitSVPWM |
| 进行SVPWM计算 | CalcSVPWM | CalcSVPWM |
| 错误状态下的执行程序 | Fault() | 自保护停机/降额运行 | Fault() | 3.2.7 |
| SPI位写入操作 | SPI\_WriteData | 数据存储及读写功能 | SPI\_WriteData | 3.2.8 |
| SPI位读取操作 | SPI\_ReadData | SPI\_ReadData |
| SPI单字节写操作 | SPI\_WriteByte | SPI\_WriteByte |
| SPI单字节读操作 | SPI\_ReadByte | SPI\_ReadByte |
| SPI页读操作 | SPI\_ReadPage | SPI\_ReadPage |
| SPI页写操作 | SPI\_ReadPage | SPI\_ReadPage |
| 初始化相应GPIO | InitSPI\_Gpio | InitSPI\_Gpio |
| 快延时 | DelayFast | DelayFast |
| 慢延时 | DelaySlow | DelaySlow |
| 启动SPI传输 | SPI\_Start | SPI\_Start |
| 停止SPI传输 | SPI\_Stop | SPI\_Stop |
| 读取ACK对应IO口电平 | SPI\_GetAck | SPI\_GetAck |
| 向ACK对应的IO口发送低电平 | SPI\_DoAck | SPI\_DoAck |
| 向ACK对应的IO口发送高电平 | SPI\_NotDoAck | SPI\_NotDoAck |
| CRC校验 | Cal\_CRC | 通信单元 | Cal\_CRC | 3.2.9 |
| 发送数据 | SendHost\_Data | SendHost\_Data |
| 接收数据 | ReceiveHost | ReceiveHost |
| 启动信号函数 | StartCommond | StartCommond |
| 停止信号函数 | StopCommond | StopCommond |
| 转速给定信号函数 | SpeedCommond | SpeedCommond |
| IF电流给定 | IF\_Commond | IF\_Commond |
| 参数修改信号函数 | DataChange | DataChange |
| 向上位机发送数据 | RS422Work | RS422Work |
| / | / | / | 外部传感器输入要求 | 3.3.1 |
| / | / | / | RS422通讯\_接收 | 3.3.3 |
| / | / | / | 内部传感器输入要求 | 3.3.4 |
| / | / | / | RS422通讯\_发送 | 3.3.5 |
| / | / | / | PWM信号输出 | 3.3.6 |
| / | / | / | 性能需求 | 3.4.1-3.4.4 |

表 85 需求逆向可追踪性表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 需求规格说明中的需求 | CSCI标识 | CSCI名称 | CSU标识 | CSU名称 |
| 3.2.1 | INIT | 上电初始化 | InitSysCtrl | 初始化时钟模块 |
| InitPieCtrl | 初始化中断模块 |
| InitGPIO | 初始化I/O口模块 |
| InitSCI | 初始化SCI模块 |
| InitFlash | 初始化Flash模块 |
| InitADC4 | 初始化ADC模块 |
| InitSPI | 初始化SPI模块 |
| InitPieVectTable | 初始化中断矢量表模块 |
| Initpwm | 初始化PWM模块 |
| 3.2.2 | ParamCheck | 上电自检 | ParamCheck | 参数自检状态 |
| 3.2.3 | MainISR | 硬线启停检测 | MainISR | 中断服务函数模块 |
| 3.2.4 | GetADC\_IsSampVal | 模拟量采集单元 | GetADC\_IsSampVal | 读取三相电流、液压采样值 |
| StartADC\_VdcSamp | StartADC\_VdcSamp | 触发母线电压采样 |
| GetADC\_VdcSampVal | GetADC\_VdcSampVal | 读取母线电压采样值 |
| StartADC\_TmptSamp | StartADC\_TmptSamp | 触发温度传感器采样 |
| GetADC\_TmptSampVal | GetADC\_TmptSampVal | 读取温度传感器采样值 |
| 3.2.5 | BootLoader | 软件加载单元 | BootLoader | 在线更新状态 |
| 3.2.6 | SwapValue | 闭环定速单元 | SwapValue | 数值调换 |
| InitSVPWM | InitSVPWM | 初始化SVPWM计算 |
| CalcSVPWM | CalcSVPWM | 进行SVPWM计算 |
| 3.2.7 | Fault() | 自保护停机/降额运行 | Fault() | 错误状态下的执行程序 |
| 3.2.8 | SPI\_WriteData | 数据存储及读写功能 | SPI\_WriteData | SPI写入操作 |
| SPI\_ReadData | SPI\_ReadData | SPI读取操作 |
| SPI\_WriteByte | SPI\_WriteByte | SPI单字节写操作 |
| SPI\_ReadByte | SPI\_ReadByte | SPI单字节读操作 |
| SPI\_ReadPage | SPI\_ReadPage | SPI读操作 |
| SPI\_ReadPage | SPI\_ReadPage | SPI写操作 |
| InitSPI\_Gpio | InitSPI\_Gpio | 初始化相应GPIO |
| DelayFast | DelayFast | 快延时 |
| DelaySlow | DelaySlow | 慢延时 |
| SPI\_Start | SPI\_Start | 启动SPI传输 |
| SPI\_Stop | SPI\_Stop | 停止SPI传输 |
| SPI\_GetAck | SPI\_GetAck | 读取ACK对应IO口电平 |
| SPI\_DoAck | SPI\_DoAck | 向ACK对应的IO口发送低电平 |
| SPI\_NotDoAck | SPI\_NotDoAck | 向ACK对应的IO口发送高电平 |
| 3.2.9 | Cal\_CRC | 通信单元 | Cal\_CRC | CRC校验 |
| SendHost\_Data | SendHost\_Data | 发送数据 |
| ReceiveHost | ReceiveHost | 接收数据 |
| StartCommond | StartCommond | 启动信号函数 |
| StopCommond | StopCommond | 停止信号函数 |
| SpeedCommond | SpeedCommond | 转速给定信号函数 |
| IF\_Commond | IF\_Commond | IF电流给定 |
| DataChange | DataChange | 参数修改信号函数 |
| RS422Work | RS422Work | 向上位机发送数据 |
| 3.3.1 | 外部传感器输入要求 | / | / | / |
| 3.3.2 | 硬线启停要求 | / | / | / |
| 3.3.3 | RS422通讯\_接收 | / | / | / |
| 3.3.4 | 内部传感器输入要求 | / | / | / |
| 3.3.5 | RS422通讯\_发送 | / | / | / |
| 3.3.6 | PWM信号输出 | / | / | / |
| 3.4.1-3.4.4 | 性能需求 | / | / | / |

# 注释

CSCI 计算机软件配置项；

r/min 电机转速（转/分）。