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

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 21C852-0电机控制器 |
|  | 软件任务书 |

|  |  |
| --- | --- |
| 部门 | 控制工程部 |
| 编写 | 李 盛 20230924 |
| 校对 | 唐春茂 20230924 |
| 审核 | 曾庆军 20230924 |
| 会签 |  |
| 标审 | 王庆辉 20230924 |
| 批准 | 刘政华 20230924 |

|  |
| --- |
| 贵州航天林泉电机有限公司 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容摘要：  本软件研制任务书对21C852-0电机控制器软件的编写、功能进行规定。 | | | | |
| 主题词 | 软件、功能单元 | | | |
| 更改栏 | 更改单号 | 更改日期 | 更改人 | 更改办法 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目 录

[1 范围 4](#_Toc146566816)

[1.1 标识 4](#_Toc146566817)

[1.2 系统概述 4](#_Toc146566818)

[1.3 文档概述 5](#_Toc146566819)

[2 引用文档 5](#_Toc146566820)

[3 运行环境要求 6](#_Toc146566821)

[3.1 硬件环境 6](#_Toc146566822)

[3.1.1 宿主机硬件环境 6](#_Toc146566823)

[3.1.2 目标机硬件环境 6](#_Toc146566824)

[3.2 软件环境 6](#_Toc146566825)

[3.2.1 宿主机软件环境 6](#_Toc146566826)

[3.2.2 目标机软件环境 6](#_Toc146566827)

[4 技术要求 6](#_Toc146566828)

[4.1 功能 6](#_Toc146566829)

[4.1.1 上电初始化功能(M1) 7](#_Toc146566830)

[4.1.2 上电自检功能(M2) 7](#_Toc146566831)

[4.1.3 模拟量采集功能(M3) 7](#_Toc146566832)

[4.1.4 旋变采集功能（M4） 7](#_Toc146566833)

[4.1.5 油泵电机转速闭环调节功能(M5) 8](#_Toc146566834)

[4.1.6 蝶阀电机位置闭环调节功能(M6) 8](#_Toc146566835)

[4.1.7 周期自检功能(M7) 8](#_Toc146566836)

[4.1.8 RS422通讯功能(M8) 8](#_Toc146566837)

[4.1.9 余度切换功能(M9) 8](#_Toc146566838)

[4.2 容错要求 9](#_Toc146566839)

[4.3 特殊要求 9](#_Toc146566840)

[4.4 性能 9](#_Toc146566841)

[4.5 输入/输出 9](#_Toc146566842)

[4.6 数据处理要求 9](#_Toc146566843)

[4.6.1 外部数据处理要求 9](#_Toc146566844)

[4.6.2 内部数据处理要求 14](#_Toc146566845)

[4.7 接口 14](#_Toc146566846)

[4.7.1 XQ\_IN\_0001 模拟信号采集 15](#_Toc146566847)

[4.7.2 XQ\_JK\_0001 RS422串口1 16](#_Toc146566848)

[4.7.3 XQ\_JK\_0002 RS422串口2 17](#_Toc146566849)

[4.7.4 XQ\_JK\_0003 RS422串口3 17](#_Toc146566850)

[4.7.5 XQ\_OUT\_0001 PWM信号输出 17](#_Toc146566851)

[4.8 固件 17](#_Toc146566852)

[4.9 硬件需求 17](#_Toc146566853)

[4.10 软件需求 17](#_Toc146566854)

[4.11 关键性要求 18](#_Toc146566855)

[4.11.1 可靠性 18](#_Toc146566856)

[4.11.2 安全性 18](#_Toc146566857)

[4.11.3 保密性 18](#_Toc146566858)

[5 设计约束 18](#_Toc146566859)

[5.1 编程语言和编程规则 18](#_Toc146566860)

[5.2 开发工具和环境要求 18](#_Toc146566861)

[5.3 测试工具和环境要求 18](#_Toc146566862)

[6 质量控制要求 19](#_Toc146566863)

[6.1 软件关键性等级 19](#_Toc146566864)

[6.2 标准 19](#_Toc146566865)

[6.3 文档 19](#_Toc146566866)

[6.4 配置管理 20](#_Toc146566867)

[6.5 测试要求 20](#_Toc146566868)

[6.6 对分承制方的要求 20](#_Toc146566869)

[7 验收及交付 20](#_Toc146566870)

[8 软件保障要求 20](#_Toc146566871)

[9 进度和里程碑 20](#_Toc146566872)

[10 注释 20](#_Toc146566873)

# 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\_XQ\_RW\_V1.00；
2. 文档标题：21C852-0电机控制器软件研制任务书；

本文档中的术语和缩略语：

1. 软件：电机控制器软件；
2. 电机：高温蝶阀电机、油泵电机；
3. 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

本文档描述了软件的运行环境、技术要求、性能、接口关系、设计约束、质量控制要求、管理要求、验收与交付等内容。该文档用于指导软件的设计开发、质量管理及验收交付工作。软件在开发过程中，形成的文档和代码均需受控，且符合保密的相关规定。

本文档编写的目的：

1. 作为软件开发的依据。
2. 作为软件评测和测试的依据。
3. 作为软件验收的依据。
4. 本文档适用于软件开发人员、测试人员及管理人员。

# 引用文档

引用的标准及法规见表 1。

表 1 贯彻的标准和法规

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 文件号 | 文件名称 | 编写单位 | 修订版本 | 发布日期 |
| 1 | 装型[2010]37号 | 《空军重点型号软件研制管理办法》 | 空军装备部 | / | 201002 |
| 2 | GJB 2786A-2009 | 《军用软件开发通用要求》 | 总装备部 | / | 20090525 |
| 3 | GJB 438B-2009 | 《军用软件开发文档通用要求》 | 总装备部 | / | 20090525 |
| 4 | GJB 5000A-2008 | 《军用软件研制能力成熟度模型》 | 总装备部 | / | 20080330 |
| 5 | / | 《21C852-0电机控制器通讯协议》 | 六院XX所 | / | 20230706 |

# 运行环境要求

## 硬件环境

### 宿主机硬件环境

1. 计算机，Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU [E7500@2.93GHz](mailto:E7500@2.93GHz)CPU；
2. 仿真器：SEED-XDS510PLUS；

### 目标机硬件环境

TSM320F28335；

## 软件环境

### 宿主机软件环境

1. MICROSOFT WINDOWS XP PROFESSIONAL EDITION SERVICE PACK3，该操作系统用于运行CCS10.0，实现编译环境的运行。
2. CCS10.0，该软件为电机控制器软件的开发平台，实现软件代码的编译、运行以及目标烧写文件的生成。

### 目标机软件环境

无。

# 技术要求

## 功能

电机控制器软件的功能包括：

1. 上电初始化功能(M1)；
2. 上电自检功能(M2)；
3. 模拟量采集功能(M3)；
4. 旋变采集功能(M4)
5. 油泵电机转速闭环调节功能(M5)；
6. 蝶阀电机位置闭环调节功能(M6)
7. 周期自检功能(M7)；
8. RS422通讯功能(M8)；
9. 余度切换功能(M9)；

### 上电初始化功能(M1)

系统上电后，程序从FLASH加载到RAM中开始运行，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。该模块的功能是对DSP各寄存器赋初值。初始化时间不大于100ms。

### 上电自检功能(M2)

控制器在上电初始化完成后，需对控制器的初始参数进行自检，以确保系统能运行在可以正常工作的初始状态。自检的参数包含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。自检结果将通过串口上传。其中，蝶阀1主副CPU自检不通过时，不允许启动蝶阀1；蝶阀2主副CU自检不通过时，不允许启动蝶阀2；油泵电机主副CPU自检不通过时，不允许起动油泵电机；28V电源状态指示控制器28V通电状态是否正常，270V电源状态指示270V油泵电机驱动通电状态是否正常，自检时间不大于1s。

### 模拟量采集功能(M3)

模拟量信号采集任务主要对28V电源电压、28V电源电流、270V电源电压、270V电源电流、控制器温度、电机旋变等6路模拟信号进行采集，采样周期100us。该6路模拟量信号输入至DSP的AD采集端口，经过滤波、平滑和量值变换，处理后的数据用于自检和自保护停机。采集的模拟量在经过数值变换后，通过RS422串口发送给发动机控制器。

### 旋变采集功能（M4）

旋变信号以SPI的方式进行读取。在控制器的运行过程中，DSP在算法周期内通过SPI接口读取电机旋变信号。得到的数据主要功能：1）用于电机的换相控制，2）对于蝶阀电机而言，通过该数据计算得到的电机和蝶阀位置，并进行位置闭环调节，3）对于油泵电机而言通过该数据计算得到电机的转速，并进行闭环调节，4）作为电机转速异常的判故依据。

### 油泵电机转速闭环调节功能(M5)

油泵电机转速闭环调节功能是软件的核心控制功能，该单元需运行在上电自检通过后的待机状态，在该状态下，软件在接收到发电机控制器的控制指令后，采集油泵电机旋变信号，估算电机转子位置信息，并通过空间矢量计算得到PWM输出信号，驱动电机运转。

### 蝶阀电机位置闭环调节功能(M6)

蝶阀电机位置闭环调节功能是软件的核心控制功能，该单元需运行在上电自检通过后的待机状态，在该状态下，软件在接收到发电机控制器的控制指令后，采集蝶阀电机和蝶阀电机减速器两路旋变，估算电机转子位置信息，并通过空间矢量计算得到PWM输出信号，驱动电机运转。

### 周期自检功能(M7)

软件周期性的对28V电源电流、28V电源电压、270V电源电流、270V电源电压、电机温度、控制器温度、三相电流、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，通过RS422串口将采集的信息周期性地按通讯协议的上报要求发送到发动机控制器。

### RS422通讯功能(M8)

RS422通讯发送接口用于软件与发动机控制器进行通讯，软件根据发动机控制器的遥测指令，通过串口以10ms周期上传系统关键运行参数及故障信息等。三通道通讯的格式和数据传递的格式遵循《21C852-0电机控制器通讯协议》的相关规定。

### 余度切换功能(M9)

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。

## 容错要求

本软件的容错要求如下：

1. 对串口接收到的数据，需判断帧头、帧长度，以及校验位；
2. 对异常指令不响应，仍按前一正常状态运行；
3. 对参数的故障检测进行连续多次判读。

## 特殊要求

特殊要求：本软件无其它特殊要求。

## 性能

1. 系统达到稳态时，电机实际转速控制在设定转速的±100rpm内；
2. 起动时间不大于5S；
3. 程序运行占用时间不超过运行周期的70%，程序的存储空间余量不少于30%，运行空间的余量不少于30%。定时器中断周期100us。串口的发送周期10ms。

## 输入/输出

软件输入要求：1）模拟量采集数据，3）E2PROM读取的数据等，4）通过RS422串口接收的发电机控制器下发的控制指令。

软件对外的输出要求：1) 通过RS422串口以10ms周期上传数据，数据包括：转速、电流、电压、温度、故障等信息，2）PWM信号输出。

## 数据处理要求

### 外部数据处理要求

软件接口数据遵循RS422，其格式及定义如表 2所示：

表 2 串口格式定义

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 说明 | | | | | | 备注 |
| 串口收发特性 | 收发送帧数据周期：10 ms；  收发的波特率：115200 bps；  串口工作方式：RS422全双工；  最小信息单位：数据帧；  信息单位组成：11 bit；  数据发送顺序：按照时间轴，从低位（LSB）到高位（MSB）；  帧格式组成如下： | | | | | |  |
| 1 | 2 | 3～8 | 9 | 10 | 11 |
| 起始位 | LSB | ------ | MSB | 校验位 | 停止位 |
| 0有效 | 数据位 | | | 奇校验 | 1有效 |

控制器通过RS422串口接收和发送的数据定义如表 3、表 4、表 5、表 6、表 7、表 8、表 9、表 10所示。

表 3 点名自检帧定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0xA0 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 1 |
| 6 | 数据区 | Uint8 | 1 | / | 保留，置0 |
| 7 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

表 4 自检响应帧

| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0x50 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 8 |
| 6 | CPU状态 | Uint16 | 2 | / | CPU11：[1,0]  CPU12：[3:2]  CPU21：[5:4]  CPU22：[7:6]  CPU31：[9:8]  CPU32：[11:10]  保留：[15:12]  0：异常  1：正常 |
| 7 | 蝶阀1状态 | Uint8 | 1 | / | 状态：[1:0]  保留：[7:2]  0：异常  1：正常 |
| 8 | 蝶阀2状态 | Uint8 | 1 | / | 状态：[1:0]  保留：[7:2]  0：异常  1：正常 |
| 9 | 供电状态 | Uint8 | 1 | / | 28V1：[1:0]  28V2：[3:2]  270V1：[5:4]  270V2：[7:6]  0：异常  1：正常 |
| 10 | 软件版本 | Uint16 | 2 | / | 见表 5 |
| 11 | 研制单位 | Uint8 | 1 | / | 0xFA：林泉电机 |
| 12 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

表 5 软件版本格式定义

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 软件版本 | | 数据段 | | 产品发送第15、16字节 | | | |
| 字节 | 第22字节 | | | | | | | |
| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| 定义 | 主版本号X(D7~D5)，0~7 | | | 修订版本号Z（D4~D0）:1~26表示A~Z | | | | |
| 字节 | 第23字节 | | | | | | | |
| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| 定义 | 次版本号Y（D7~D0）:0~255 | | | | | | | |
| 软件版本组合格式 | X.Y.Z | | | | | | | |

表 6 控制指令帧

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0xA1 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 5 |
| 6 | 指令码 | Uint8 | 1 | / | 表 8 |
| 7 | 指令参数 | Uint32 | 4 | / |
| 8 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

表 7 控制指令响应帧

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0x51 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 5 |
| 6 | 指令码 | Uint8 | 1 | / | 表 8 |
| 7 | 指令参数 | Uint32 | 4 | / |
| 8 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

表 8 控制指令命令码与指令参数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 内容 | 命令码 | 参数 | 说明 |
| 1 | 电机启动 | 0x10 | 0xA5：启动蝶阀1  0xAA：启动蝶阀2  0x55：启动电动泵 |  |
| 2 | 电机停止 | 0x11 | 0x5A：停止蝶阀1  0x55：停止蝶阀2  0xA5：停止电动泵 |  |
| 3 | 蝶阀1角度设置 | 0x12 | 具体角度值 | 单精度，保留2位小数 |
| 4 | 蝶阀2角度设置 | 0x13 | 具体角度值 | 单精度，保留2位小数 |
| 5 | 电动泵转速设置 | 0x14 | 具体转速值 | 单精度，保留2位小数 |

表 9 遥测请求帧

| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0xA2 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 1 |
| 6 | 数据区 | Uint8 | 1 | / | 保留 |
| 7 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

表 10 遥测响应帧

| 序号 | 数据名称 | 数据类型 | 字节 | 定标系数 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 帧头1 | Uint8 | 1 | / | 0xEB |
| 2 | 帧头2 | Uint8 | 1 | / | 0x90 |
| 3 | 帧类型 | Uint8 | 1 | / | 0x52 |
| 4 | 帧计数 | Uint8 | 1 | / | 0~255 |
| 5 | 数据长度 | Uint8 | 1 | / | 48 |
| 6 | 驱动状态位 | Uint16 | 2 | / | 28V蝶阀1：[1:0]  28V蝶阀2：[3:2]  270V:[5:4]  00:驱动1、2全关  01：驱动1开、驱动2关  10：驱动1关、驱动2开  11：保留 |
| 7 | 蝶阀1实际角度 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 8 | 蝶阀2实际角度 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 9 | 电动泵实际角度 | Uint16 | 2 | / | 保留2位小数 |
| 10 | CPU1温度 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 11 | CPU2温度 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 12 | CPU3温度 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 13 | 28V蝶阀1母线电压 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 14 | 28V蝶阀2母线电压 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 15 | 270V母线电压 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 16 | 蝶阀1母线电流 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 17 | 蝶阀2母线电流 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 18 | 270V母线电流 | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 19 | 蝶阀1相电流A | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 20 | 蝶阀1相电流B | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 21 | 蝶阀1相电流C | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 22 | 蝶阀2相电流A | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 23 | 蝶阀2相电流B | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 24 | 蝶阀2相电流C | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 25 | 电动泵相电流A | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 26 | 电动泵相电流B | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 27 | 电动泵相电流C | Uint16 | 2 | 100 | 保留2位小数 |
| 28 | 故障状态字 | Uint32 | 4 | / | 蝶阀1 28V过压：[0]  蝶阀2 28V过压：[1]  270V过压：[2]  蝶阀1 28V欠压：[3]  蝶阀2 28V欠压：[4]  270V欠压：[5]  蝶阀1 28V过流：[6]  蝶阀2 28V过流：[7]  270V过流：[8]  蝶阀1硬件保护：[9]  蝶阀2硬件保护：[10]  电动泵硬件保护：[11]  蝶阀1软件限位：[12]  蝶阀2软件限位：[13]  电机旋变1超限：[14]  电机旋变2超限：[15]  机组旋变超限：[16]  泵旋变超限：[17]  保留：[31:18]  0：异常  1：正常 |
| 29 | CRC | Uint16 | 2 | / | / |

### 内部数据处理要求

内部数据通过定义的全局变量传输，从而使得数据在各任务单元之间传递。

## 接口

软件的外部接口包括：模拟量输入接口、RS422串口、PWM信号输出接口，整个外部接口如图 3。



图 3 外部接口图

### XQ\_IN\_0001 模拟信号采集

内部模拟信号采集分别为控制器温度、28V电源电流、28V电源电压、270V电源电流、270V电源电压、三相电流等。采用定时器中断触发采样，采样周期100us。该接口采集的数据一方面参与到闭环调速控制，另一方面用作实时保护（运行报警和自保护停机），并通过RS422串口发送给上位机控制器。

1. 控制器温度

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：摄氏度(℃)；
* 极限值/值域：-55℃～+125℃；
* 精度：±3℃；

1. 28V电源电流

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：安培 (A)；
* 极限值/值域：0A～+10A；
* 精度：±1A；

1. 28V电源电压

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：伏特(V)；
* 极限值/值域：0V～+30V；
* 精度：±3V；

1. 270V电源电流

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：安培 (A)；
* 极限值/值域：0A～+10A；
* 精度：±1A；

1. 270V电源电压

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：伏特(V)；
* 极限值/值域：0V～+300V；
* 精度：±3V；

1. U相电流

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：安培(A)；
* 极限值/值域：-10A～+10A；
* 精度：±1A。

1. V相电流

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：安培(A)；
* 极限值/值域：-10A～+10A；
* 精度：±1A

1. W相电流

* 标识号：ADC；
* 描述：采集1路模拟量；
* 单位：安培(A)；
* 极限值/值域：-10A～+10A；
* 精度：±1A。

### XQ\_JK\_0001 RS422串口1

RS422串口1用于软件与发动机控制器进行通讯，软件一方面接收发动机控制器下发的控制指令，另一方面通过串口以10ms周期上传电机关键运行参数。通讯的格式和数据传递的格式遵循《21C852-0电机控制器串口通讯协议》的相关规定。

### XQ\_JK\_0002 RS422串口2

RS422串口2用于软件与发动机控制器进行通讯，软件一方面接收发动机控制器下发的控制指令，另一方面通过串口以10ms周期上传电机关键运行参数。通讯的格式和数据传递的格式遵循《21C852-0电机控制器串口通讯协议》的相关规定。

### XQ\_JK\_0003 RS422串口3

RS422串口3用于软件与发动机控制器进行通讯，软件一方面接收发动机控制器下发的控制指令，另一方面通过串口以10ms周期上传电机关键运行参数。通讯的格式和数据传递的格式遵循《21C852-0电机控制器串口通讯协议》的相关规定。

### XQ\_OUT\_0001 PWM信号输出

软件在接收到控制指令后，采集电机旋变信号，进行位置估算，在空间矢量计算后，输出6路PWM信号，输出信号的更新频率为10K，该信号在经过驱动放大后，驱动电机运行。

## 固件

对于软件存储器地址分配遵循TSM320F28335芯片地址分配原则，详细见TSM320F28335芯片资料。

## 硬件需求

1. Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU [E7500@2.93GHz](mailto:E7500@2.93GHz) ，1.96GB的内存；
2. SEED-XDS510PLUS。

## 软件需求

MICROSOFT WINDOWS XP PROFESSIONAL EDITION SERVICE PACK 2、Code Composer Studio Version10.0、地面维护设备通讯软件（以VC++为基础工厂自行开发）、VC++6.0。其中MICROSOFT WINDOWS XP PROFESSIONAL EDITION SERVICE PACK 2为计算机操作系统，Code Composer Studio Version10.0为芯片JDSP320F2812的专用开发软件，VC++6.0是地面维护设备软件的开发软件，目的是检测底层嵌入式软件功能、性能的执行情况。

## 关键性要求

### 可靠性

软件的容错设计详见4.2。控制器设计了上电自检、周期自检等策略来保证在硬件发生故障等异常情况时，控制器能做出及时的响应以确保系统稳定运行。

### 安全性

所有接收到的控制指令，必须进行正确性检验后，方可执行后续操作。对于错误的指令不执行，仍保持上一次正常工作状态。

### 保密性

软件烧写及读取需设置密码。

# 设计约束

## 编程语言和编程规则

1. DSP软件采用C语言编码；
2. 软件源程序注释率不得少于20%。

## 开发工具和环境要求

1. DSP开发工具：Code Composer Studio Version10.0；
2. SEED-XDS510PLUS仿真器一个；
3. 开发主机为支持USB2.0 接口的PC机，操作系统为windows XP；

## 测试工具和环境要求

工作软件的测试环境为半实物仿真环境和实物环境，包括如下产品和设备：

1. 21C852-0电机控制器一套，测试电缆一套；
2. PC机一台，操作系统为windows XP或windows 7；
3. UART测试台测试软件；
4. RS422通信处理器；
5. 28V直流电源；
6. 270V直流电源；
7. SEED-XDS510PLUS仿真器；
8. Code Composer Studio Version 10.0集成开发环境；
9. 通用示波器；
10. 数字多用表。

# 质量控制要求

## 软件关键性等级

根据型号软件关键等级的定义，该软件重要度等级定义为重要（B级）。

表 11 软件关键性等级及质量控制要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CSCI名称 | 关键性等级 | 规模等级 | 质量控制要求 |
| 21C852-0电机控制器软件 | B级 | 小 | 1）软件开发按照GJB 438B-2009、GJB 439A-2013标准执行；  2）软件实现功能性、可靠性、安全性；软件文档编写规范；  3）软件需严格按照配置管理计划进行管理；  4）软件需按照测试要求进行相应的测试。 |

## 标准

软件的开发应遵循国家相应标准和法规，同时应遵循XX项目软件开发的相关规范。

## 文档

根据GJB 2786A-2009《军用软件开发通用要求》和GJB 438B-2009《军用软件开发文档通用要求》，按照软件生存周期划分，在软件的各个阶段中21C852-0电机控制器软件设计应编写的设计文档见表 12。

表 12 电机控制器软件文档列表

| 序号 | 名称 | 文件名称 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 21C852-0电机控制器软件 | 电机控制器软件需求规格说明 | 各文档评审要求按照  Q/Fv.J\_07\_23-2022  《软件技术评审规程》执行。 |
| 2 | 电机控制器软件设计说明 |
| 3 | 电机控制器软件测试说明 |
| 4 | 电机控制器软件测试报告 |
| 5 | 电机控制器软件研制总结 |
| 6 | 电机控制器软件测试计划 |
| 7 | 电机控制器软件开发计划 |
| 8 | 电机控制器软件配置管理计划 |
| 9 | 电机控制器软件质量保证计划 |
| 10 | 电机控制器软件版本说明 |
| 11 | 电机控制器软件固件保证手册 |

## 配置管理

软件配置管理按XX项目开发的相关规范执行，并确立软件的配置管理基线，建立软件的开发库、受控库和产品库。

## 测试要求

软件测试需到具备测试能力、测试条件的相关部门或第三方独立进行。本软件须经过单元测试、配置项测试和系统测试。

## 对分承制方的要求

本软件无分承制方。

# 验收及交付

1. 电机控制器软件是嵌入式软件，软件的执行代码已烧写入成品，不需外部进行改动或烧写。
2. 对于总体有要求时，可将代码刻成光盘交付（光盘上需注明版本号、名称、标识）。
3. 对于软件相关的纸制文档，在一批成品中随成品交付一份。

# 软件保障要求

该软件是电机控制器的嵌入式软件，对软件维护由承制方承担，软件使用的操作，用户可根据成品的使用说明书进行。

# 进度和里程碑

进度和里程碑见表 13。

表 13 软件研制进度和里程碑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 进度和里程碑 | 完成时间 |
| 1 | 电机控制器软件任务书确认 | 20230925 |
| 2 | 电机控制器软件需求规格说明书评审 | 20230927 |
| 3 | 电机控制器软件开发 | 20231015 |
| 4 | 电机控制器软件测试 | 20231030 |
| 5 | 电机控制器软件研制总结 | 20231031 |

# 注释

CSCI：计算机软件配置项；

实时系统：对外来事件在限定时间内做出正确反映的系统；

嵌入式系统：内部装有智能部件的专用系统；

控制器：接收指令，产生驱动信号，驱动电机按照指令的要求运行的控制系统。