|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |

|  |
| --- |
| 会签 |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| 部门 | 控制研发部 |
| 编写 | 李盛 20240817 |
| 校对 |  |
| 审核 |  |
| 会签 |  |
| 标审 |  |
| 批准 |  |

|  |
| --- |
| 贵州航天林泉电机有限公司 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容提要：  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、任务书、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](#_Toc170050493)

[1.1 标识 4](#_Toc170050494)

[1.2 系统概述 4](#_Toc170050495)

[1.2.1 软件所在系统 4](#_Toc170050496)

[1.2.2 工作软件外部交联图 5](#_Toc170050497)

[1.2.3 工作软件的用途 5](#_Toc170050498)

[1.2.4 项目需求方、用户、开发方和保护机构 5](#_Toc170050499)

[1.3 文档概述 5](#_Toc170050500)

[2 引用文档 6](#_Toc170050501)

[3 运行环境 6](#_Toc170050502)

[3.1 硬件运行环境 6](#_Toc170050503)

[3.1.1 宿主机硬件环境 6](#_Toc170050504)

[3.1.2 目标机硬件环境 7](#_Toc170050505)

[3.2 软件运行环境 7](#_Toc170050506)

[3.2.1 宿主机软件环境 7](#_Toc170050507)

[3.2.2 目标机软件环境 7](#_Toc170050508)

[4 技术要求 7](#_Toc170050509)

[4.1 功能 7](#_Toc170050510)

[4.1.1 上电初始化功能(M1) 7](#_Toc170050511)

[4.1.2 上电自检功能(M2) 8](#_Toc170050512)

[4.1.3 模拟量采集功能 (M3) 8](#_Toc170050513)

[4.1.4 闭环调速功能(M4) 8](#_Toc170050514)

[4.1.5 周期自检功能(M5) 8](#_Toc170050515)

[4.1.6 自保护停机、降额运行功能(M6) 8](#_Toc170050516)

[4.1.7 RS422通讯功能(M7) 9](#_Toc170050517)

[4.1.8 硬线起停控制功能(M8) 9](#_Toc170050518)

[4.1.9 数据存储功能(M9) 9](#_Toc170050519)

[4.1.10 工作模式 9](#_Toc170050520)

[4.1.11 容错要求 9](#_Toc170050521)

[4.1.12 特殊要求 9](#_Toc170050522)

[4.2 性能 9](#_Toc170050523)

[4.3 输入/输出 9](#_Toc170050524)

[4.4 数据的处理要求 10](#_Toc170050525)

[4.4.1 外部数据处理要求 10](#_Toc170050526)

[4.4.2 内部数据处理要求 15](#_Toc170050527)

[4.5 接口 15](#_Toc170050528)

[4.5.1 XQ\_IN\_0001 模拟信号采集 16](#_Toc170050529)

[4.5.2 XQ\_IN\_0002硬线起停控制 16](#_Toc170050530)

[4.5.3 XQ\_JK\_0001RS422串口 16](#_Toc170050531)

[4.5.4 XQ\_OUT\_0001PWM信号输出 16](#_Toc170050532)

[4.6 固件 17](#_Toc170050533)

[4.7 关键性要求 17](#_Toc170050534)

[4.7.1 可靠性 17](#_Toc170050535)

[4.7.2 安全性 17](#_Toc170050536)

[4.7.3 保密性 17](#_Toc170050537)

[5 设计约束 18](#_Toc170050538)

[5.1 编程语言和编程规则 18](#_Toc170050539)

[5.2 开发工具和环境要求 18](#_Toc170050540)

[5.3 测试工具和环境要求 18](#_Toc170050541)

[6 质量控制要求 18](#_Toc170050542)

[6.1 软件关键等级 18](#_Toc170050543)

[6.2 标准 19](#_Toc170050544)

[6.3 文档 19](#_Toc170050545)

[6.4 配置管理 20](#_Toc170050546)

[6.5 测试要求 20](#_Toc170050547)

[6.6 对分承制方的要求 20](#_Toc170050548)

[7 验收及交付 20](#_Toc170050549)

[8 软件保障要求 20](#_Toc170050550)

[9 进度和里程碑 20](#_Toc170050551)

[10 注释 20](#_Toc170050552)

21C852-0电机控制器软件研制任务书

# 范围

## 标识

21C852-0电机控制器软件是针对液冷泵动力组件电机泵组件功能开发的软件，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;
3. 软件名称：21C852-0电机控制器软件;
4. 软件标识：21C852-0-XX。

本文档中的术语和缩略语：

1. 软件：21C852-0电机控制器软件；
2. 电机：蝶阀电机、油泵电机；

## 系统概述

### 软件所在系统

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 21C852-0内部原理图

### 工作软件外部交联图

液冷动力组件控制器设备交联图见图 2。



图 2 电机控制器设备交连图

### 工作软件的用途

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。

### 项目需求方、用户、开发方和保护机构

项目的需方：中国航天科技集团有限公司第六研究院xx所；

项目的用户：中国航天科技集团有限公司第六研究院xx所；

项目的开发方：贵州航天林泉电机有限公司；

项目的保障机构：贵州航天林泉电机有限公司。

## 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：

a) 作为软件开发的依据。

b) 作为软件评测和测试的依据。

c) 作为软件验收的依据。

d) 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

下列文件中的有关条款通过引用而成为本文件的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本文件，但提倡使用本文件的各方探讨使用最新版本的可能性。凡不注日期或版本的引用文件，其最新版本适用于本文档。引用的标准及法规见表 1，引用文件见表 2。

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 | / | 2010 |
| 2. | GJB 2786A-2009 | 《军用软件开发通用要求》 | 总装备部 | / | 2009 |
| 3. | GJB 438C-2021 | 《军用软件开发文档通用要求》 | 总装备部 | / | 2021 |
| 4. | GJB 5000B-2021 | 《军用软件研制能力成熟度模型》 | 总装备部 | / | 2021 |

表 2 引用文件

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 文件号 | 文件名称 | 编写单位 | 修订版本 | 发布日期 |
| 1. | / | 《任务书》 | 六院XX所 | / | / |
| 2. | / | 《21C852-0电机控制器通讯协议》 | 六院XX所 | / | / |

# 运行环境

## 硬件运行环境

### 宿主机硬件环境

1. 计算机：Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz；
2. 仿真器：YXDSP-XDS100V3。

### 目标机硬件环境

DSP320F28335。

## 软件运行环境

### 宿主机软件环境

1. Microsoft Windows 10，该操作系统用于运行Code Composer Studio Version10.0，实现编译环境的运行。
2. Code Composer Studio Version10.0，该软件为液冷动力组件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

液冷动力组件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、EV事件管理器。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A相电流、C相电流、设备编号、电机温度、控制器温度、270V电源电压、270V电源电流等参数，并通过串口上传自检结果，其中A相电流、C相电流自检不通过时，不允许起动电机，其余参数自检不通过，允许起动电机。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270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度等9路模拟信号进行采集，采样周期100us。该模拟量信号输入至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RIU。

### 闭环调速功能(M4)

闭环调速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RIU控制指令后，采集两相绕组电流，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。运行转速与控制的设备号和档位一一对应。

### 周期自检功能(M5)

软件周期性的对对温压传感器温度输出、温压传感器压力输出、液位传感器输出、通讯故障状态、电机温度、A相电流、C相电流、270V母线电流、270V母线电压进行检测，并根据参数的特性设置故障判断的周期和阈值，在故障位被置位后，通过RS422串口将故障位，按通讯协议的上报要求发送到机上RIU。

### 自保护停机、降额运行功能(M6)

软件在周期自检中检测到270V电源电流过流、电机过热、电机失步、电机堵转、相电流过流故障后，控制电机停转，并通过RS422串口上报相应状态故障、严重故障。电机停转后，延时6S后重新检测，如果软件检测故障状态恢复正常，则清除故障标志位，重新响应控制指令起动电机运行。在检测到270V电源电压欠压、控制器过热故障后，控制电机进入降额至低档运行。

### RS422通讯功能(M7)

RS422通讯发送接口用于软件与RIU进行通讯，软件通过串口以200ms周期上传系统关键运行参数及BIT故障信息等。通讯的格式和数据传递的格式遵循《J/CYL-37液冷动力组件控制器软件串口通讯协议》的相关规定。

### 硬线起停控制功能(M8)

软件接收硬线起停信号，在RS422串口通讯功能均丧失后，硬线控制信号有效。当硬线信号有效时（输入开关信号为低电平），控制电机起动至低档运行，当硬线信号无效时（输入开关信号为高电平），电机停机。

### 集中加载功能(M9)

软件在正常工作的状态下，实时接收上位机下发的串口数据。若接收到RS422串口数据包中，系统模式字为0x5B，且该状态至少持续2个通讯周期，则确认系统模式为原位升级模式，并将系统置于维护状态，将电机置于停机状态，并将自身软件升级加载标志置为有效，具体操作：对软件升级加载标志所在的FLASH执行擦除操作，并将软件升级加载标志写入到已擦写的FLASH中，写入后判断是否写入成功，若成功，则执行后续操作；若写入不成功，则重新擦除FLASH，并写入软件升级加载标记字，允许最大3次操作，超过最大允许次数后，不再执行写入操作。在软件升级加载模式标记字写入成功后，DSP复位并重新初始化程序。

当控制器自身已进入软件升级加载模式后，仅能响应输入的总线数据包中的执行加载和清除软件升级加载模式标志指令，保持预定义的安全状态。在接收的上位机发送的总线数据包中执行加载请求由无效变为有效，且该状态至少持续2个通讯周期，进入加载状态，将镜像标记字置为有效，不允许响应清除软件升级加载模式请求。镜像标记字置位后，延时发送5个周期的数据后，将软件存储位置的FLASH扇区擦除，擦除完毕后，开始接收目标码数据并固化至目标地址，即升级后的软件，并根据加载过程，更新控制器的加载状态。如果未接收到上位机发送的执行加载请求由无效变为有效，或者该状态未持续至少2个通讯周期，则保持当前状态不变。

在全部加载过程中，控制器通过RS422串口向上位机反馈当前软件的CSCI ID、自身软件升级加载模式状态、接收包序号、当前包接收状态、加载状态、加载进度和清除软件升级加载标志状态。当目标码固化完成后，将对目标码进行CRC校验，将该CRC校验码与上位机下发的总线数据包中的CRC校验码进行比对：若两者一致，则将加载状态置为校验成功；否则将加载状态置为校验失败。当软件校验成功后，将镜像标记字置为无效，允许响应清除软件升级加载模式请求，向上位机反馈校验成功状态。

在接收到上位机发送的总线数据包中清除软件升级加载标志请求（0x10），且该状态至少持续2个通讯周期，控制加载软件将软件升级加载标志置为无效；否则，控制器将保持当前工作状态，等待上位机的指令。

### 工作模式

软件工作在正常运行、维护模式两种模式，通过发送串口指令进行配置。

### 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

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100ms。

## 输入/输出

软件输入要求：1）模拟量采集数据，2）硬线起停控制信号，3）E2PROM读取的数据等，4）通过RS422串口接收的RIU控制指令。

软件对外的输出要求：1) 通过RS422串口以200ms周期上传数据，数据包括：转速、电流、电压、温度、故障BIT等信息，2）PWM信号输出。

## 数据的处理要求

### 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 3所示：

1. 协议格式

表 3 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：200 ms；  收发的波特率：38400 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 | 数据位 | | | 奇校验 | 1 |

控制器通过RS422串口发送的数据定义如表 4、表 5、表 6所示。

表 4 控制器接收外部串口数据定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字节 | 数据名称 | | 数据类型 | 数据范围 | 备注 |
| 1 | 包头字1 | | uint8 | 0x55 | 固定值 |
| 2 | 包头字2 | | uint8 | 0xAA | 固定值 |
| 3 | 包计数 | | uint8 | [0, 255] | 0～255循环,接收指令回转帧计数 |
| 4 | 包类型 | | uint8 | 1、2 | 1：正常周期包  2：维护包（本包为正常周期包，应填1） |
| 5 | 模态命令字 | | uint8 | 1、2、3 | 1：进入正常态  2：进入维护态  3：进入软件集中加载状态 |
| 6 | 保留 | | uint8 | 0 | 0 |
| 7 | 状态切换指令 | | uint8 | 0、5 | 0：为正常运行；  5：为测试其它无效 |
| 8 | 电机启动/停止指令 | bit0 | bit | 1、2、4 | 001：启动（小流量）  010：停止  100：启动（大流量，暂时保留） |
| bit1 | bit |
| bit2 | bit |
| bit3~bit7 | bit | 0 | 0 |
| 9 | 保留 | | uint8 | 0 | 0 |
| 10 | 校验和 | | uint8 | [0, 255] | 除校验和以外所有字节累加，取反加一，取低8位 |

表 5 控制器发送串口数据定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字节 | 数据名称 | | 数据类型 | 数据范围 | 备注 |
| 1 | 包头字1 | | uint8 | 0x55 | 固定值 |
| 2 | 包头字2 | | uint8 | 0xAA | 固定值 |
| 3 | 包计数 | | uint8 | [0, 255] | 0～255循环,接收指令回转帧计数 |
| 4 | 包类型 | | uint8 | 1、2 | 1：正常周期包  2：维护包 |
| 5 | 状态切换指令/（模态命令字） | | uint8 | 1、2、3 | 1正常运行状态  2进入维护态  3集中固化态 |
| 6 | 保留 | | uint8 | 0 | 0 |
| 7 | bit7 | 温压传感器温度输出故障 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；检测到传感器输出电流（3~23mA）为正常，超出该范围为故障 |
| bit6 | 温压传感器压力输出故障 | bit | 0、1 |
| bit5 | 液位传感器输出故障 | bit | 0、1 |
| bit4~3 | 预留 | bit | 0、1 | 0 |
| bit2 | 周期BIT自检故障指示位 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit1 | 上电BIT自检故障指示位 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit0 | 通讯故障状态标志 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；运行过程中RIU连续1S（连续5帧）未收到数据判断为故障。控制（连续5帧）未收到RIU数据通讯故障状态标志位，切换为硬线控制。 |
| 8 | bit7~5 | 预留 | bit | 0、1 | 0 |
| bit4 | 预留 | bit | 0、1 | 0 |
| bit3 | IGBT自检故障状态标志 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit2 | I/O口自检故障状态标志 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit1 | A/D上电自检故障状态标志 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit0 | E2PROM自检故障状态标志 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| 9 | A相线电流 | | uint8 | [0, 255] | LSB=0.5A  实际电流值=通讯值╳0.5；  A相电流范围：（0~127.5）A |
| 10 | 电机母线电流 | | uint8 | [0, 255] | LSB=0.5A  实际电流值=通讯值╳0.5；  A相电流范围：（0~127.5）A |
| 11 | 电机母线电压高8位 | | uint16 | [0, 65535] | 单位：V；  电机母线电压范围：（0~400）V，LSB=0.1V |
| 12 | 电机母线电压低8位 | |
| 13 | 电机转速高8位 | | uint16 | [0, 65535] | 单位：rpm/min；  电机转速范围：（0~12000）rpm/min |
| 14 | 电机转速低8位 | |
| 15 | 油箱液位输出 | | uint8 | [0, 255] | LSB=0.1L  实际液位值=通讯值╳0.1；  液位范围：（0~4.3）L |
| 16 | 泵出口压力输出高8位 | | uint16 | [0, 65535] | LSB=0.001MPa  实际压差值=通讯值╳0.001；  泵出口压力输出范围：（0~1.45）MPa（G） |
| 17 | 泵出口压力输出低8位 | |
| 18 | 冷却液温度输出高8位 | | int16 | [-32768, 32767] | LSB=0.1°  实际温度值=通讯值╳0.1；  冷却液温度范围：（-55~70）°C |
| 19 | 冷却液温度输出低8位 | |
| 20 | 电机温度输出高8位 | | int16 | [-32768, 32767] | LSB=1°  实际温度值=通讯值╳1；  冷却液温度范围：（-55~170）°C |
| 21 | 电机温度输出低8位 | |
| 22 | 控制器温度输出高8位 | | int16 | [-32768, 32767] | LSB=1°  实际温度值=通讯值╳1；  冷却液温度范围：（-55~120）°C |
| 23 | 控制器温度输出低8位 | |
| 24 | bit7 | 预留 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit6 | 预留 | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常； |
| bit5 | IGBT过温（≥120°） | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；  当温度大于120°C，持续时间大于5s，发出告警信号并降额运行，当温度低于100°C，持续时间大于3s，清除过温故障告警 |
| bit4 | 电机过温（≥150°） | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；  当温度大于150°C，持续时间大于100ms，发出告警信号并降额运行，当温度低于140°C，持续时间大于3s，清除电机过温故障告警；超过170°C持续5s，电机停机保护 |
| bit3 | 相电流（≥49A） | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；  大于49A，持续时间大于0.2ms，故障告警并电机停机，待故障排除后，重新上电工作，告警位清除 |
| bit2 | 母线电流（≥60A） | bit | 0、1 | 1为故障，0为正常；  大于60A持续48ms，故障告警并电机停机，待故障排除后，重新上电工作，告警位清除 |
| bit1~0 | 270V电源（母线）电压故障 | bit | 0、1、3 | 0为正常，1为过压，2为欠压；  欠压低于170V持续1ms后，上报“欠压故障”告警并降额运行；过压超过340V持续10S，则上报“过压故障”告警，并且电机停机，恢复供电后重新启动 |
| 25 | 保留 | | uint8 | [0, 255] | 0 |
| 26 | 软件版本第1段 | | uint8 | [0, 9] | 主版本，不用位填0（0~9） |
| 27 | 软件版本第2段 | | uint8 | [0, 99] | 次版本（00~99） |
| 28 | 软件版本第3段 | | uint8 | [0, 99] | 修订版本A~Z(1~26) |
| 29 | 软件版本第4段高8位 | | uint16 | [0, 999] | 标志格式 |
| 30 | 软件版本第4段低8位 | |
| 31 | 软件版本第5段高8位 | | uint16 | [0, 999] | 标志格式 |
| 32 | 软件版本第5段低8位 | |
| 33 | 软件生成日期 | | uint8 |  | 年，实际年份=通讯值+2000 |
| 34 | uint8 |  | 月 |
| 35 | uint8 |  | 日 |
| 36 | 校验位 | | uint8 |  | 除校验和以外所有字节累加，取反加一，取低8位 |

表 6 软件版本格式定义

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 软件版本 | | | 数据段 | | | 产品发送第26~32字节 | | | |
| 字节 | 第26字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 主版本X，不用位填0（0~9） | | | | | | | | | |
| 字节 | 第27字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 次版本Y（00~99） | | | | | | | | | |
| 字节 | 第28字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 修订版本Z：A~Z(1~26) | | | | | | | | | |
| 字节 | 第29字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 标志格式 | | | | | | | | | |
| 字节 | 第30字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 不用填0 | | | | | | | | | |
| 字节 | 标志格式 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit5 | | bit4 | bit3 | | bit2 | bit1 | bit0 |
| 定义 | 标志格式 | | | | | | | | | |
| 字节 | 第32字节 | | | | | | | | | |
| 位 | bit7 | bit6 | bit7 | | 位 | bit7 | | 位 | bit7 | 位 |
| 定义 | 标志格式 | | | | | | | | | |
| 软件版本 | X．Y．Z | | | | | | | | | |

### 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、硬线起停控制以及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270V电源电压、270V电源电流、A相电流、C相电流、油箱液位、泵出口压力、冷却液温度、电机温度、控制器温度等。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RIU。

### XQ\_IN\_0002硬线起停控制

软件接收硬线起停信号，当硬线信号有效时（输入开关信号为低电平），电机起动，硬线信号无效时（输入开关信号为高电平），电机停转。起停信号连续判断1000次，剔除开关信号抖动影响。

### XQ\_JK\_0001RS422串口

RS422串口用于软件与RIU进行通讯，软件一方面接收RIU下发的控制指令，另一方面通过串口以200ms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《J/CYL-37液冷动力组件控制器软件串口通讯协议》的相关规定。

### XQ\_OUT\_0001PWM信号输出

软件在接收到控制指令后，采集电机的相电流，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。

表 7 PWM信号输出接口数据元素表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标识号 | 说明 | 所属接口 | 值域 | 数据类型 | 表示方法 |
| 1 | U4\_PWM | 输出占空比 | U4 | 0~6000 | 整形 | 十进制 |

## 固件

对于软件存储器地址分配遵循JDSP320F2812芯片地址分配原则，集中加载功能代码存放于FLASHA 由地址0X3F6000开始存放，其余功能程序代码存放于FLASHG，由地址0X3E0002开始存放，详见《固件保障手册》。

1）硬件需求

1. 计算机：Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz；
2. 仿真器：YXDSP-XDS100V3。

2）软件需求

Microsoft Windows 10、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 10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4.1.11。控制器设计了上电自检、周期自检、自保护停机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

无。

# 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. YXDSP-XDS100V3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Microsoft Windows 10。

## 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. J/CYL-37液冷动力组件控制器软件一套，测试电缆一套；
2. PC机一台，操作系统为Microsoft Windows 10；
3. UART测试台测试软件；
4. RS422通信处理器；
5. 270V直流电源；
6. YXDSP-XDS100V3仿真器；
7. Code Composer Studio Version 10.0集成开发环境；
8. 通用示波器；
9. 数字多用表。

# 质量控制要求

## 软件关键等级

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 8 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 |
| J/CYL-37液冷动力组件控制器软件 | B级 | 小 | 1）软件开发按照GJB438C-2021、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《J/CYL-37液冷动力组件成品技术协议书》相关要求。

## 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Q/KZQ-548控制器软件设计应编写的设计文档见表 9。

表 9 液冷动力组件控制器软件文档列表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 文件名称 | 备注 |
| 1. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件 | J/CYL-37液冷动力组件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. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件设计说明 |
| 3. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件单元测试计划 |
| 4. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件单元测试说明 |
| 5. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件单元测试报告 |
| 6. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件配置项测试计划 |
| 7. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件配置项测试说明 |
| 8. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件配置项测试报告 |
| 9. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件系统测试计划 |
| 10. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件系统测试说明 |
| 11. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件系统测试报告 |
| 12. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件版本说明 |
| 13. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件产品规格说明 |
| 14. | J/CYL-37液冷动力组件控制器软件研制总结 |

## 配置管理

软件配置管理按《J/CYL-37液冷动力组件成品技术协议书》项目开发的相关要求执行，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

液冷动力组件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。

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）。

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

该软件是液冷动力组件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11。

# 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。