|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 档号 |  |  | 编号 | 21C852-0\_CS\_XC\_V1.00 |
| 保管期限 |  |  | 密级 | 非密 |
|  |  |  | 阶段标记 | S |

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 21C852-0电机 |
|  | 控制器软件系统测试说明 |

|  |  |
| --- | --- |
| 部门 | 控制工程部 |
| 编写 | 李 盛 20230805 |
| 校对 | 唐春茂 20230805 |
| 审核 | 曾庆军 20230805 |
| 会签 |  |
| 标审 |  |
| 批准 | 郑自伟 20230805 |

|  |
| --- |
| 贵州航天林泉电机有限公司 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容摘要：  本软件测试说明主要描述了软件系统测试的要求和方法，是软件系统测试的指导性文件。本报告依据《软件任务书》、《软件需求规格说明》、《软件设计说明》等文件进行编制。 | | | | |
| 主题词 | 21C852-0电机控制器软件，系统测试说明 | | | |
| 更改栏 | 更改单号 | 更改日期 | 更改人 | 更改办法 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目录

[1 范围 4](#_Toc144292071)

[1.1 标识 4](#_Toc144292072)

[1.2 系统概述 4](#_Toc144292073)

[1.3 文档概述 5](#_Toc144292074)

[2 引用文档 5](#_Toc144292075)

[3 测试准备 6](#_Toc144292076)

[3.1 硬件准备 6](#_Toc144292077)

[3.2 软件准备 6](#_Toc144292078)

[3.3 其他测试前的准备 6](#_Toc144292079)

[3.4 测试计划 6](#_Toc144292080)

[4 测试说明 6](#_Toc144292081)

[4.1 系统测试说明 6](#_Toc144292082)

[4.1.1 XM\_GN\_0001模拟启动 7](#_Toc144292083)

[4.1.2 XM\_GN\_0002系统参数监控 7](#_Toc144292084)

[4.1.3 XM\_GN\_0003 通讯功能 8](#_Toc144292085)

[4.2 性能测试 13](#_Toc144292086)

[5 需求的可追踪性 13](#_Toc144292087)

[5.1 软件任务书-软件系统测试用例 13](#_Toc144292088)

[5.2 软件系统测试说明-软件任务书 14](#_Toc144292089)

[6 注释 14](#_Toc144292090)

21C852-0电机控制器软件系统测试说明

# 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. 本文档的标识：21C852-0\_SJ\_SM\_V1.00；
2. 本文档的标题：21C852-0电机控制器软件系统测试说明；
3. 软件名称：21C852-0电机控制器软件；

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

该文档主要对软件的系统测试进行说明，以便于指导软件的系统测试。

# 引用文档

引用文档见表 1所示。

表 1 引用文档

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 文档编号、标识 | 文档标题 |
| 1 | QFv.G(33)06 | 项目管理程序 |
| 2 | QFv.G(33)18 | 不符合项、问题和缺陷处理规程 |
| 3 | QFv.G(33)10 | WBS分解指南 |
| 4 | QFv.G(33)08 | 风险管理规程 |
| 5 | QKZQ-254\_GL\_RW\_V3.00 | 散热泵控制器软件任务书 |

# 测试准备

测试准备详见表 2

表 2 测试准备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 安全及保密提示项 | 注意等级 |
| 1 | 使用电源注意人身安全 | 注意 |
| 2 | 通电时注意正负极接反烧坏产品 | 注意 |
| 3 | 程序录入注意保密安全 | 注意 |

## 硬件准备

CSCI运行的硬件环境：

1. 计算机，Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7500@2.93GHzCPU；
2. 仿真器：SEED-XDS510PLUS；
3. 21C852-0电机控制器硬件平台。

## 软件准备

CSCI运行的软件环境：

1. MICROSOFT WINDOWS XP PROFESSIONAL EDITION SERVICE PACK 2；
2. Code Composer Studio Version3.3 1.00；
3. 上位机通讯软件（以VC++为基础工厂自行开发）；
4. VC++6.0。

## 其他测试前的准备

由于软件测试中涉及相关通电检查，因此需准备270V电源（1台），28V直流电源（1台），RS422差分转串口转接头（1个）,示波器（1台）及万用表（1台）。

## 测试计划

按照项目计划，源代码完成评审，入受控库之后执行软件测试。软件系统测试完成后，若发现问题，软件负责人应及时与用户代表协调处理问题并达成一致意见。

# 测试说明

由于该软件为嵌入式软件，其功能运行脱离不了电机控制器，并且其合格的判据与硬件参数有关，因此测试中结合硬件功能对软件的测试说明进行阐述。

## 系统测试说明

通过对《21C852-0电机控制器软件任务书》以及《需求规格说明》、《软件设计说明》对软件性能要求的解析，软件系统功能主要为：

两路蝶阀电机是XX项目高温蝶阀的开关控制部件，一路油泵电机是XX项目点火系统的驱动部件，电机驱动泵体高速旋转，为油泵提供动力。软件嵌在控制器DSP中，接收发动机控制器下发的控制指令，驱动电机按指令运行，并向发送机控制器实时上传电机的运行参数。

软件属于嵌入式实时系统软件，实现电机的控制功能：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）实时上传电机的运行参数及故障检测信息。

### XM\_GN\_0001系统参数监控

模拟量信号采集单元主要对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、U相电流、V相电流、W相电流等模拟信号进行采集。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串口发送给发动机控制器。

1. 28V电源电压
2. 标识号：ADC；
3. 描述：采集1路模拟量；
4. 单位：伏特(V)；
5. 极限值/值域：0V～+30V；
6. 精度：±3V；
7. 28V电源电流
8. 标识号：ADC；
9. 描述：采集1路模拟量；
10. 单位：安培 (A)；
11. 极限值/值域：0A～+10A；
12. 精度：±1A；
13. 270V电源电压
14. 标识号：ADC；
15. 描述：采集1路模拟量；
16. 单位：伏特(V)；
17. 极限值/值域：0V～+300V；
18. 精度：±3V；
19. 270V电源电流
20. 标识号：ADC；
21. 描述：采集1路模拟量；
22. 单位：安培 (A)；
23. 极限值/值域：0A～+10A；
24. 精度：±1A；
25. 控制器温度
26. 标识号：ADC；
27. 描述：采集1路模拟量；
28. 单位：摄氏度(℃)；
29. 极限值/值域：-55℃～+125℃；
30. 精度：±3℃；
31. U相电流
32. 标识号：ADC；
33. 描述：采集1路模拟量；
34. 单位：安培(A)；
35. 极限值/值域：-50A～+50A；
36. 精度：±1A。
37. V相电流
38. 标识号：ADC；
39. 描述：采集1路模拟量；
40. 单位：安培(A)；
41. 极限值/值域：-50A～+50A；
42. 精度：±1A。
43. W相电流
44. 标识号：ADC；
45. 描述：采集1路模拟量；
46. 单位：安培(A)；
47. 极限值/值域：-50A～+50A；
48. 精度：±1A。

测试说明：通过与系统联调，验证电机工作参数是否正确，通过系统的发动机控制器界面测试并记录各项系统参数是否满足工作要求及是否正确。

### XM\_GN\_0003通讯功能

RS422通讯接口用于软件与发动机控制器进行通讯，软件通过串口以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。

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 | / | / |

测试说明：通过系统联调，使用系统发动机控制器验证通讯协议是否与设计一致，并判断通讯功能及数据是否正确。

## 性能测试

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500ms。

# 需求的可追踪性

## 软件任务书-软件系统测试用例

软件任务刷与软件系统测试说明见表 7。

表 7 软件任务书与软件测试说明的追踪

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 软件任务书 | | 软件测试说明 | |
| 章节 | 软件设计 | 章节 | 测试说明 |
| 4.1.1 | SM\_GN\_0001上电初始化 | 4.1.1 | XM\_GN\_0001模拟启动 |
| 4.1.2 | SM\_GN\_0002 上电自检 |
| 4.1.3 | SM\_GN\_0003 11路模拟量采集 |
| 4.1.4 | SM\_GN\_0004 霍尔信号采集 |
| 4.1.5 | SM\_GN\_0005 闭环调速 |
| 4.1.6 | SM\_GN\_0006周期自检 | 4.1.2 | XM\_GN\_0002参数监控护 |
| 4.1.7 | SM\_GN\_0007自保护停机 |
| 4.1.8 | SM\_GN\_0008RS422通讯 | 4.1.3 | XM\_GN\_0003通讯 |

## 软件系统测试说明-软件任务书

表 8 软件系统测试说明与软件任务书的追踪

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 软件系统测试说明 | | 软件任务书 | |
| 章节 | 测试说明 | 章节 | 研制要求 |
| 4.1.1 | XM\_GN\_0001模拟启动 | 4.1.1 | SM\_GN\_0001上电初始化 |
| 4.1.2 | SM\_GN\_0002 上电自检 |
| 4.1.3 | SM\_GN\_0003 11路模拟量采集 |
| 4.1.4 | SM\_GN\_0004 霍尔信号采集 |
| 4.1.5 | SM\_GN\_0005 闭环调速 |
| 4.1.2 | XM\_GN\_0002参数监控 | 4.1.6 | SM\_GN\_0006周期自检 |
| 4.1.7 | SM\_GN\_0007自保护停机 |
| 4.1.3 | XM\_GN\_0003通讯功能 | 4.1.8 | SM\_GN\_0008RS422通讯 |

# 注释

CSCI 计算机软件配置项；