

## 嵌入式（CAN 总线）系统开发

### 1、总体要求

1.0、在提供硬件平台上负责软件开发。

1.1、要求具备娴熟的 CAN 开发经验，开发多个成熟的 CAN 项目。

1.2、硬件平台：STC15W4K60S4+24LC64+DS1302ZN+SJA1000+TJA1040（A 平台）与 STM32F042F4P6+ TJA1040（B 平台）通讯。详见附图一、二。

1.3、开发环境：Keil。

1.4、时间要求：达成协议后一周内完成。

1.5、文档要求：提供程序结构说明、功能流程图、地址分配传输规则等文档

1.6、程序要求：提供注释详尽的高效程序代码。变量名称合理规范，结构清晰可读性强。

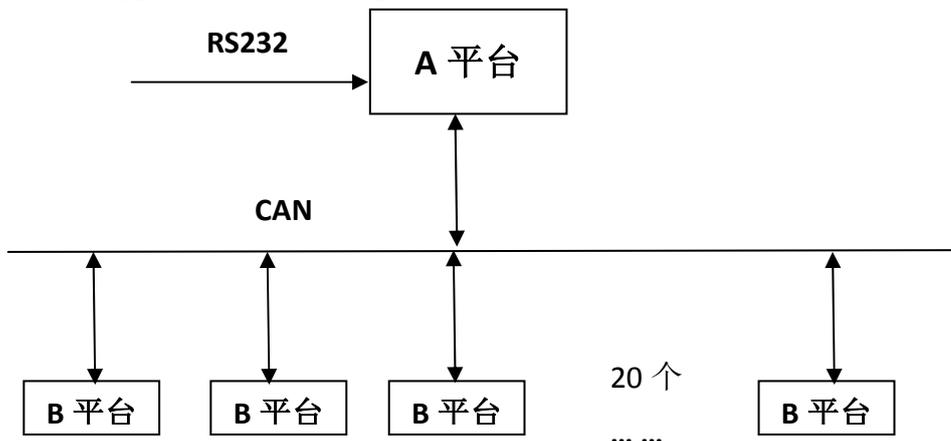
1.7、程序组织：足够细的细分功能子函数与配套声明文件，具备高度移植性。

1.8、调试：提供一定时间后期调试支持。

1.9、视频文件：提供录制的程序讲解视频；

1.10、优选：开发者有完成同样功能且更高效方案，可协商调整，以尊重开发者编程习惯。

1.11、系统结构如下：（详见附图一、二。）



1.12、开发流程：

- 提供与本系统功能相近，能够体现能力的文档、工程。
- 交流达成一致，前期提供功能流程图图。
- 功能图协商一致邮寄硬件。
- 软件开发完成，提供 hex 文件供测试。
- 测试通过，提供完整文档，及相关资料。

## 2、开发内容简述(可按 3 个平台通讯开发，预留平台增加的扩展配置)

### 2.1、与下一节的区别

本节包含全部开发任务，对要求的功能进行说明。便于理解开发目的，评估工作量。第 3 节对功能数量进行详述，是开发时的交流内容。

### 2.2、开发的三个重点内容

#### 2.2.1、环境搭建：

STC 与 STM32 两个平台。

#### 2.2.2、数据地址分配。

2.2.3、串口与 CAN 通讯，借鉴 MODBUS 协议，区别在功能码定义上。

### 2.3、数据存储结构：

表一、数据结构（地址定位）

存储区 1	信息标志存储区（与存储区 4、6 内容对应） 分报警与事件，作为通讯或其它函数的触发条件		
存储区 2	初始化参数区（由 RS232 口特定代码或按键使能加载）		
存储区 3	参数区		
存储区 4 故障报警时间记录区 (包含 I/O 报警)	报警产生时： 1、保存时间（保证时间 1 是最后发生的，时间 n 是最先发生的）， 2、在存储区 1 的相应标志位置 1 3、注意扩展时与存储区 1 的标志位对应关系处理，见 2.3.3 要求	报警 1	时间 1（4 字节） ..... 时间 n（4 字节）
		.....	.....
		报警 n	时间 1（4 字节） ..... 时间 n（4 字节）
存储区 5 故障报警值记录区 电流电压值	1、报警产生时保存数据 2、驱动电压超限值，保证第 1 条是最后发生的，第 20 条是最先发生的	出口 1	超上限电流值 超下限电流值
		.....	.....
		出口 n	超上限电流值 超下限电流值
		驱动电压超限值	20 条
存储区 6 事件时间记录区 (包含 I/O 事件)	事件产生时： 1、保存时间（保证时间 1 是最后发生的，时间 n 是最先发生的）， 2、在存储区 1 的相应标志位置 1 3、注意扩展时与存储区 1 的标志位对应关系处理，见 2.3.3 要求	事件 1	时间 1（4 字节） ..... 时间 n（4 字节）
		.....	.....
		事件 n	时间 1（4 字节） ..... 时间 n（4 字节）
存储区 7	事件值记录区 电流电压值、通讯成功与失败计数	出口 1	正常电流值 1 正常电流值 2
		.....	.....
		出口 n	正常电流值 1 正常电流值 2
		驱动电压秒检测值	

**注：** 数据通讯是本系统的核心目的。分配合理且易于扩展的数据存储空间，使通讯处理变得简单，是数据组织的目的。开发者有更加合理的数据组织形式也可接受。

2.3.0、存储区内连续编址，存储区与存储区之间预留空间用于后期扩展。

2.3.1、用常量定义地址，便于后期扩展时修改。

2.3.2、每个存储区可以只实现一组数据的编址、存储、通讯编程（基本函数），这样大幅减少开发者工作量。

2.3.3、通过对常量的修改可以扩大每个存储区容量，及整个存储空间容量，而编址、存储、通讯函数不需修改（或单独用文档说明怎样修改）。

2.3.4、通过对地址常量的修改，可以统一移动整个存储空间的位置，而编址、存储、通讯函数不需修改（或单独用文档说明怎样修改）。

2.3.5、表一主要描述 B 平台。A 平台包含其它 B 平台主要数据（如各平台最后一次的报警、事件时间），结构相同。

2.3.6、我们的思想：

我们不渴望开发者承担全部开发，二次开发是必须的。因此我们需要开发者传授成熟的编程经验，使我们快速接受编程思想，能够顺利进入扩展开发就行。

2.4、通讯：

2.4.0、RS232 通讯（可以使用 MODBUS 进行精简）

2.4.0.0、用于上位机对本平台的调试通讯，如串口通讯助手。

2.4.0.1、数据发送：根据上位机请求，发送全部存储区数据，或一段连续地址数据，或一个特定数据（如：报警 1 的时间）

2.4.0.2、数据接收：接收来自对初始化参数区、参数区的修改数据，可以是全部或特定地址数据。

2.4.0.3、对时功能，可以是标准协议。开发者如没有此经验需要**事先申明**，否则认为包含在本开发中。

2.4.0.4、速率可选择、地址可设定（在参数区配置）。

2.4.1、CAN 通讯

2.4.1.0、用于各个平台间数据传输。

2.4.1.1、数据发送：1)产生报警或事件时向发送报警或事件类型标志信息（不含时间和数值）。2)根据请求发送全部存储区数据，或一段连续地址数据，或一个特定数据（如：报警 1 的时间）。3) 10 分钟左右广播一次联络信息（此处

待协商)。4)特定时间发送对时信息（只有一个平台有此功能）

2.4.1.2、接收数据：1)A 平台接收关心的各平台报警和事件，并存储到本数据区，时标为本地时间。处理联络信息，记录设备失联与恢复时间。2) 接收来自对初始化参数区、参数区的修改数据，可以是全部或特定地址数据。

## 2.4、I/O 口：

2.4.0、数字量输入：对输入口数字量进行记录，设置标志，有 CAN 发送。

2.4.1、数字量输出：执行来自 CAN 总线输出口动作命令。

2.4.2、模拟量输入：输出口动作时，采集电流最大值，通过比较产生表一中的数据。

2.4.3、无论硬件 I/O 口多少，以上三类每类编写一种演示代码。

## 2.5、外部存储器读写

## 2.6、日历读写

## 2.7、定时器做延时中断

**注：** 以下第 3、4 节内容是对上一节的具体描述，以及具体实现建议，介绍较为繁琐。主要作为后期交流依据，部分开发内容可协商。第 2 节是开发主要实现功能。

## 3、开发内容详述（A 平台）

3.1.0、记录数据掉电保存。记录数据区分段非连续存储（预留空间），统一编址，便于扩展。

### 3.1.1、系统故障：

1)、记录带时标（暂定 10 条循环覆盖）的自诊断故障及标志位，时标与标志位分开对应存储；

2)、记录数据，时标与标志位分开对应存储（后文用置位标志位描述）。启动后自检指示灯 LED1 闪烁，5 秒后无重启且系统电压正常则常亮，有自诊断故障快速闪烁。

3.1.3、其它故障及通讯指示灯 LED2：有其它故障标志时指示灯常亮，按键熄灭，或通讯读取后熄灭，灯熄灭后报警时标不清除，有新的报警重新点亮。CAN 通讯时快速闪烁，通讯故障慢闪，总线故障或总线上的设备有故障时 LED1 与 LED2 同时慢闪。

3.1.4、检测有对应关系的 I/O 逻辑关系错误时（故障报警记录见后文描述）。

每种错误记录保持 20 条并设置标志位。

3.1.5、时间记录保存格式（4 个字节），没有特殊注明的均为日期时间保存格式，日期时间格式如下：

表二、日期时间格式

第 1 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
年末尾数				月			

第 2 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
秒高 3 位			日				

第 3 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
秒低 3 位			时				

第 4 个字节（最高位 0 表示日期格式）

7	6	5	4	3	2	1	0
0		分					

毫秒时间格式如下：表三

第 1 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
				时			

第 2 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
				分			

第 3 个字节

7	6	5	4	3	2	1	0
毫秒高 3 位			秒				

第 4 个字节（最高位 1 表示毫秒格式）

7	6	5	4	3	2	1	0
1	毫秒低 7 位						

### 3.1.6、循环覆盖存储与读出顺序可采取先存先读方式

## 3.2、时间及延时程序：

3.2.0、短延时由定时器中断产生，长延时由时间芯片判断。不采用系统循环延时。

3.2.1、延时中断尽量规划统一，减少中断数量节约资源。一个延时中断处理多个功能。

3.2.2、日历时钟通讯可调，具备对时功能，可用成熟方案。

## 3.3、参数设置（串口通讯）：

3.3.0、开辟参数存储区，开辟参数初始化数据存储区，由 RTU（速率可选择、地址可设定）串口通讯配置选择启动时加载区。由 RTU 串口修改参数。

3.3.1、串口接收格式： 口令 命令字 起始地址 数据长度 数据..... CRC16 校验码

### 1)口令（1 字节）：

- 通讯口令，不相同，接收数据无效丢弃不处理，同时是数据同步字；
- 改写确认口令，接收到改写命令后数据原值返回，发送方对比无误后发送 改写确认口令+CRC16 校验码 接收到确认口令后存储并加载改写数据。

### 2)命令字（1 字节）：

- 读全部故障时标存储区数据，此时后续数据无效；
- 读全部参数存储区数据，此时后续数据无效；
- 读指定故障时标参数存储区数据；
- 读指定参数存储区数据；
- 改写参数存储区，改写一个或连续 n 个字节数据。

### 3)起始地址（2 字节）：

- 读取时标或参数存储区地址或首地址；
- 改写时标或参数存储区地址或首地址。

### 4)数据长度（2 字节）：

- 读命令下的读取长度；
- 改写命令下后续数据字节长度。

5)数据：参数改写数据

6)校验：多项式待定

3.3.2、串口发送格式： 口令 命令字 起始地址 数据长度 数据..... CRC16  
校验码

1)口令：与接收口令不同

2)命令字（功能一样可与接收命令字相同）：

- 发送全部故障时标存储区数据；
- 发送全部参数存储区数据；
- 发送指定故障时标参数存储区数据；
- 发送指定参数存储区数据；
- 返回改写参数存储区数据。

3)起始地址：

- 发送时标或参数存储区地址或首地址；
- 发送时标或参数存储区地址或首地址。

4)数据长度：

- 发送续数据总长度。

5)数据：

- 故障时标数据
- 参数数据
- 参数改写确认数据

3.3.3、上位机软件另行开发，不在此开发范围内。

3.3.4、接收 B 平台上传的报警信息，按表一方式分平台（每个平台一个连续区域）延续开辟空间存储。以本系统（A 平台）时间为时标。

### 3.4、输入输出：

#### 3.4.0、数字输入量

3.4.0.0、共 7 路光耦输入： P10、 P11、 P13、 P14、 P17、 P47、 P54

3.4.0.1、数字输入量变化时触发 CAN 通讯，附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到事件存储区（0、1 各保存 20 条/输入量）。

3.4.0.2、输入置位时去抖设计（主要防干扰）。

3.4.0.3、输入复位时检测抖动约 5 毫秒后，1 秒内，又置位。则触发 CAN 通讯，送故障报警附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到故障报警存储区（保

存 20 条/输入量)。

3.4.0.4、输入量控制相应输出口。

### 3.4.1、数字输出量

3.4.1.0、共 5 路继电器输出：P21、P22、P23、P24、P25 任意时间只有一个动作，因此电流采集只需一路。

3.4.1.1、脉冲或持续输出可在参数存储区配置。脉冲输出时，脉冲宽度时间可在参数存储区设置。

3.4.1.2、输出函数（简单的判断逻辑）由 CAN 通讯接收程序或输入量调用。

3.4.1.3、继电器闭合同时对电流采样，提取最大值（防干扰）比较参数区相应 2 个设定阈值：

- ◆ 高于上限值（置位超上限标志位），CAN 发送（可通过标志位触发）故障报警附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到故障报警存储区（保存 20 条/继电器），覆盖保存超上限电流值（保存 1 条/继电器）；
- ◆ 低于下限值（置位超下限标志位），CAN 发送（可通过标志位触发）故障报警附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到故障报警存储区（保存 20 条/继电器），覆盖保存超下限电流值（保存 1 条/继电器）；
- ◆ 处于中间值（置位标志位），（CAN 通讯触发方式待定），附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到事件存储区（保存 20 条/继电器）。覆盖保存正常电流值（保存 2 条/继电器）；
- ◆ 电流采集只有一个通道，电流与继电器对应关系由逻辑进行判断。

3.4.1.4、一个输出量 3 个标志位。

3.4.1.5、输出使能（继电器闭合）后，相应输入口在参数设定时间内没有变化时。置位标志位，CAN 发送（可通过标志位触发）故障报警附加时间信息上报，同时本地循环覆盖存储到故障报警存储区（保存 20 条/继电器），

3.4.2、模拟量输入（无模拟量输出）。

3.4.2.0、一路电流差动采样，应考虑 50Hz 正弦波负值（相应输出量启动采集）。

3.4.2.1、一路直流电压采样（可以每分钟采集一次）。循环覆盖保存 10 条

3.4.3、设置标志位存储区，判断置位并引发报警（CAN 传输）编码。

## 4、开发内容（B 平台）

### 4.0、硬件说明：

一路模拟量输入，一路发光二极管驱动，1路数字量输出、2路数字量输入

4.1、开辟参数存储区，开辟参数初始化数据存储区，由 A 平台通过 CAN 总线配置。通讯配置选择启动时加载区。

#### 4.2、记录数据掉电保存。

记录数据区分段非连续存储（预留空间），统一编址，便于扩展。参考表一，系统配置由 A 平台通过 CAN 总线完成。

#### 4.3、系统故障：

4.3.0、记录带时标（暂定 10 条循环覆盖）的自诊断故障标志位，时标与标志位分开对应存储；

4.3.1、记录数据，时标与标志位分开对应存储。

4.3.2、启动后自检指示灯 LED 闪烁，5 秒后无重启则常亮。

4.3.2、有故障快速闪烁，直至故障消除。

#### 4.4、数字输入量检测。

4.4.0、发生逻辑变化立即（无延时）通过 CAN 报 A 平台（不送时间），并带时标保存到事件储存区（每个输入口保存 20 条并设置标志位）。LED 灯一长一短闪烁一次

4.4.1、发生逻辑变化，且没有监听到相关动作信息，且持续 1 秒保持状态，则带时标保存到事件储存区（每个输入口保存 20 条并设置标志位）。LED 灯一长一短持续闪烁。接到相关信息（5 条）恢复正常

4.4.2、10 毫秒内 3 次发生逻辑变化且又回到未变化前状态，则带时标保存到报警储存区（每个输入口保存 20 条并设置标志位）。LED 灯两长两短持续闪烁，直至通讯命令复位或重启后恢复正常。

#### 4.5、数字输出量

由 A 平台通过 CAN 总线控制。脉冲或持续输出可在参数存储区配置。脉冲输出时，脉冲宽度时间可在参数存储区设置。或由模拟量比较控制。

#### 4.6、模拟量输入（一路直流采样）

4.6.0、每分钟采集一次。

4.6.1、参数区设定高低两个阈值。

4.6.2、高于上限值（置位标志位），CAN 发送（可通过标志位触发）事件信息到 A 平台，不附加时间。同时本地循环覆盖存储到事件存储区（保存 20 条/继电器），覆盖保存超上限值，输出口置位；

4.6.3、低于下限值（置位标志位），CAN 发送（可通过标志位触发）事件信息

到 A 平台，不附加时间。同时本地循环覆盖存储到事件存储区（保存 20 条/继电器），覆盖保存超下限值，输出口复位；

4.6.4、处于中间值通过 CAN 总线 10 分钟上报 A 平台一次，不附加时间。同时循环覆盖保存正常值（保存 20 条）；

4.7、时间记录保存格式，同表二。

#### **4.8、时间及延时程序：**

4.8.0、短延时由定时器中断产生，长延时由时间芯片判断。不采用系统循环延时。

4.8.1、延时中断尽量规划统一，减少中断数量节约资源。一个延时中断处理多个功能。

4.8.2、日历时钟通讯可调，具备对时功能，可用成熟方案。

#### **5、CAN 通讯（波特率可选择，ID 可配置）**

5.0、ID 配置：

20 个系统通讯，都能够主动发起对任意系统的一对一通讯，且均可以发送广播信息。

5.1、平台 A 需要接受 RS232 串口对时（可用标准对时协议），可对平台 B 发送 CAN 对时。平台 B 只接受对时不发送。

5.2、保存通讯失败计数，并保存最近 10 次恢复通讯时间。

5.3、平台 A 定时（10 分钟左右）向 B 向平台发送联络信息。

5.4、平台 A 向平台 B 发送 I/O 动作信息时，B 平台要监听关心的信息（暂定 5 条）

5.5、B 向平台有报警或事件发生时，主动请求发送当前报警或事件类别，发送成功后复位相应标志位。

#### **6、中断**

6.0、合理充分使用中断



附图二

A 平台 STC15W4K60S4+24LC64+DS1302ZN+SJA1000+TJA1040

