

# 基于 CAN 总线的 Bootloader 设计与实现研究

万磊

(南京康尼机电股份有限公司 江苏 南京 210013)

**摘要:** 采用在线更新的方法,研究了基于 CAN 总线的 Bootloader 设计过程与实现方法。介绍 Bootloader 的工作原理、CAN 协议及其在 STM32 处理器上的实现。试验结果证明了设计的 Bootloader 能正确实现处理器软件在线更新,稳定性高,在实际使用过程中,提高了软件开发和产品维护的工作效率。

**关键词:** CAN 总线; 在线更新; STM32 处理器

## 0 引言

在软件开发和维护时,经常需要对软件进行更新,通过仿真器将应用程序更新到处理器中需要额外的线束连接并且只能进行单个处理器的软件更新,对于软件开发和产品维护十分不便。例如汽车 ECU(电子控制单元)软件后续需要进行功能升级,传统方法需要将零件从整车上拆卸下来,这将产生增加更新的工作量,并且容易对车辆本身造成损坏。而用 Bootloader 可以通过车载网络传输数据,实现应用软件的在线更新,免除拆卸的麻烦。几乎所有乘用车和商用车都应用 CAN 总线技术,其能适应比较大容量数据交换,并有可靠技术保证。

本文通过研究基于 STM32 处理器 CAN 总线 Bootloader 的设计与实现,采用 CAN2.0 协议实现了软件的在线更新。

## 1 Bootloader 工作原理

本文中 Bootloader 指的是在处理器应用层的编程,即在线应用编程 IAP(In-Application Programming)。通过 IAP 程序读/写处理器的 flash,将要更新的 APP 程序写入指定 flash 地址,并跳转至该 APP 程序,实现 APP 程序的运行。

## 2 STM32F103 内存分配

### 2.1 STM32F103 简介

STM32F103 处理器,是意法半导体(ST)公司的主流 MCU 芯片,是采用 ARM 架构 Cortex-M3 内核的 32 位处理器,配有不同容量的片内 Flash。

### 2.2 内存分配设计

本文采用的 STM32F103CBT6 处理器,用户可操作的 Flash 范围是 0x8000000-0x801FFFF,共 128K。128K 的 Flash 内存分成 4 部分,各 32K,分别存放 IAP 程序,APP 程序 1,APP 程序 2,数据参数。

## 3 基于 CAN 总线的协议设计

本文设计的 Bootloader 是通过 CAN 接口使用 CAN2.0 通信协议传输需要更新的 APP 软件。

### 3.1 CAN2.0 协议简介

1991 年 9 月,Philips 半导体公司制定并发布 CAN 技

术规范,后经 ISO 标准化后形成 CAN2.0 协议。CAN 总线是目前国际上应用最广泛的现场总线之一。CAN2.0 协议分为 PARTA 和 PARTB 两部分,本文采用 CAN2.0b,兼容 11 位和 29 位标识符,

### 3.2 CAN 通讯格式

本文设计 CAN 通讯传输波特率为 125Kbps,为适应不同需求,该参数保存在 Flash 内存第四部分(数据参数)中,默认为 125kbps,可通过 CAN 总线就行修改。设备上电后会读取数据参数中的波特率值,确定 CAN 通信速率。

### 3.3 帧数据格式

本文设计的帧数据格式参照 CAN2.0 协议,数据结构包括 7 部分,分别是帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC 场、应答场、帧结尾等。只有第二个仲裁场中的帧 ID 和第四个数据场(8 个数据位)进行自定义设计,其他部分参照标准。

### 3.4 Bootloader 协议

当接收帧数据时,帧的仲裁场中的 ID 为 0x3C;当发送帧数据时,帧的仲裁场中的 ID 为 0x3D。

数据场中需要自定义指令含义即相关数据。软件更新指令如表 1 所示: NAD 为 STM32 处理器的节点地址,ADDR 为软件程序存储在 STM32Flash 的起始地址。

表 1 软件更新指令

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NAD	0x06	0xB4	0x03	ADDR3	ADDR2	ADDR1	ADDR0

在软件更新指令发出后,进行数据传输指令,如表 2 所示。NUM 为数据包计数,LEN 为数据总长度,G 为软件更新 BIN 文件数据。

软件更新是在 IAP 程序下进行的,当 STM32 正在

表 2 数据传输指令

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NAD	NUM	LEN1	LEN2	G0	G1	G2	G3
NAD	NUM	G4	G5	G6	G7	G8	G9
NAD	NUM	G10	...	...	...	..	...

运行 APP 程序时，若要更新软件，必须先进入 IAP 程序，因此要定义从 APP 跳转至 IAP 指令，如表 3 所示。

表 3 跳转 IAP 指令

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NAD	0x06	0xB3	0XC1	0XF0	0XF1	0XF2	0XF3

更新完程序后为了能立即执行 APP 程序，定义 IAP 跳转至 APP 程序指令，如表 4 所示。

表 4 跳转 APP 指令

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NAD	0x06	0xB3	0XC1	0X0F	0X1F	0X2F	0X3F

### 4 Bootloader 软件实现

#### 4.1 在线软件更新

首先由上位机发送指令让 STM32 从 APP 程序跳转到 IAP 程序，IAP 程序会设置 data temp[1024]，即存储 1024 字节，临时存放来自上位机发送的 bin 文件数据，存满后会进行校验，无误后写入 Flash 并进行 CRC 校验，然后继续接收后面的 bin 文件数据，如此循环，最终将整个 bin 文件存储在 Flash 里。通过对 data temp[1024] 的校验和对 Flash 的 CRC 校验，保证写入数据的正确性。

在确认所要更新的 APP 程序软件无误后，调用函数 CAN BOOT JumpToApplication(uint32 t Addr+4)，实现从 IAP 程序跳转至 APP 程序。其中 Addr 是 APP 程序存储在 Flash 起始地址。Addr+4 是中断向量表存放的地址，通过跳转执行中断向量，进入到 APP 程序的 main() 函数。

#### 4.2 IAP 设计流程

IAP 实现流程如图所示，STM32F103 上电或复位后，首先运行 Flash 区域 1 部分的 IAP 程序，初始化外设驱动，等待 CAN 指令，若 3s 内无指令，则读取 Flash 区域四内

BOOT 值，运行对应程序，0 为 IAP 程序，1 为 APP 程序 1，2 为 APP 程序 2。若 3s 内收到程序更新指令，则进入软件更新流程，没接收 1024 字节数据后进行校验，无误后写入 Flash 中，若 BOOT 为 0 或者 2 则写入区域一，若 BOOT 为 1 则写入区域二。更新完成后，IAP 程序自动跳转至 APP 程序。

为了实现在线更新程序，避免每次更新程序要重新上电。APP 程序需要加入跳转至 IAP 程序的软件接口，通过 CAN 接收到跳转指令后，APP 程序会自动跳转至 IAP 程序等待程序更新。

### 5 实验

本文基于 CAN 总线的 Bootloader 设计主要是应用在一体化电机上，通过电机与外部 CAN 总线通信接口实现软件更新，节省了大部分空间。本章节设计了几个实验，

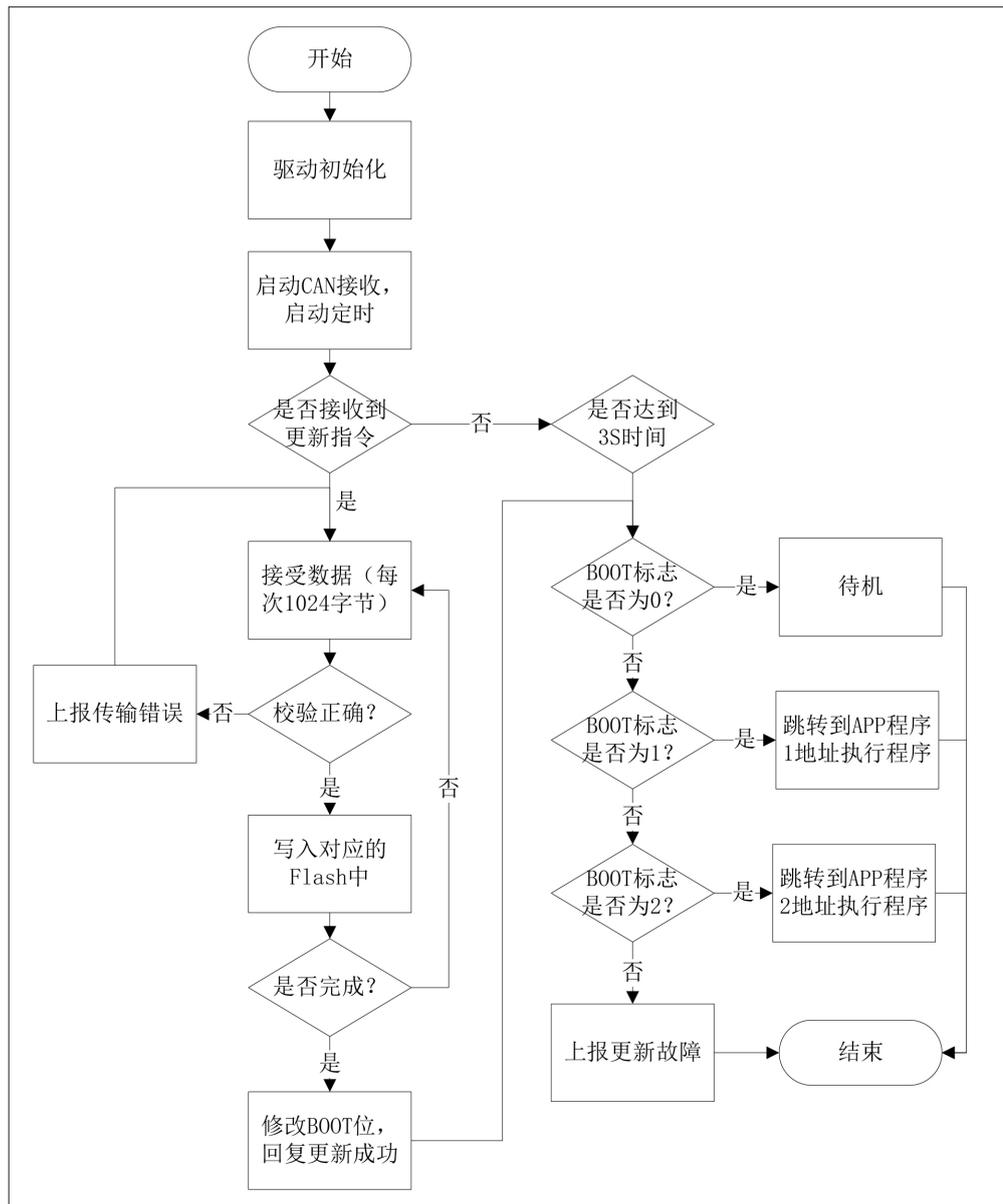


图 IAP 实现流程

通过配套的上位机软件,通过CAN总线与装在一体化电机内部的STM32F103处理器(已预装IAP程序)通信,IAP程序为指示灯1HZ闪烁,电机不转;APP程序1为指示灯常亮,电机顺时针旋转;APP程序2为指示灯常亮,电机逆时针旋转。

#### 5.1 Flash中只有IAP程序时的程序更新

当一体化电机装好后,STM32F103处理器内只有IAP程序。启动上位机,向设备地址发送程序更新指令,成功后上位机自动将APP程序1的bin文件通过CAN总线发送给STM32,更新完成后,电机旋转,程序更新成功。

#### 5.2 Flash中有APP程序1时的程序更新

5.1实验结果已证明从IAP进行程序更新是成功的。现从APP程序1进行程序更新,上位机发送程序更新指令,后将APP程序2的bin文件发送给STM32,更新完成后,电机旋转,程序更新成功。

#### 5.3从APP程序2跳转至程序1

在5.2实验之后,通过上位机,修改STM32Flash中BOOT的值,修改成2,重启后,电机开始顺时针旋转,

说明正在执行APP程序1,跳转成功。

## 6 结语

本文基于CAN总线,设计了Bootloader软件更新相关协议以及软件实现流程。应用在一体化电机上,进行了相关实验验证,全部功能均验证成功。Bootloader的设计与实验使得今后的软件开发和维护通过设备固有的CAN总线即可实现,极大地提高了工作效率。

但是该方案是基于CAN总线的,对于其他通信总线,如以太网等,需要配备相应的上位机软件。硬件和通信协议需要进行修改。

### 参考文献:

- [1] 王琦.基于CAN总线的Bootloader研究与实现[D].南京:邮电大学,2016.
- [2] 汪春华,白稳峰,刘胤博,等.基于CAN总线UDS服务Bootloader应用开发[J].汽车电子与测试测量技术,2017,(2):166-170.
- [3] 郭玲.基于STM32的IAP程序更新方式[J].信息技术,2016,(6):169-170.

(上接第14页)

布机内部安装张力控制装置,对卷材张力进行实时监控,监控设备将卷材张力信号实时传输到PLC单片机中,通过对模量数据的数字化处理,令PLC单片机实时对比实际张力数值与设定数值,如果两组数据存在差异,则PLC系统发出指令,输出励磁电流,在励磁电流的作用下磁分离和装置的制动力矩发生改变,进而达到提供基础卷材表面张力的目标。

张力传感装置内部主要由晶体构成,由于晶体结构自身的特点,在受到作用力的时候会出现变形,当作用力消失,晶体的形状会逐渐恢复,晶体受力变形过程中会产生放电效应,这也是张力传感装置工作的基础。在选择张力传感装置过程中,工作人员需要综合考虑以下几个方面的问题:

- (1) 传感器类型,注意传感器晶体的接触方式以及体积;
- (2) 灵敏性,在综合考虑设备成本以及后期维护投入的基础上,尽可能选择灵敏性高的传感装置,提升张力监测精度;
- (3) 反馈能力,通常情况下,张力传感装置的反馈信息会存在一定的延迟,因此要尽可能选择低延迟张力传感设备,提升传感器反馈效率。

## 5 结语

随着薄膜太阳能电池需求量的不断扩大,如何提升薄

膜太阳能电池生产效率以及电池质量,成为了新能源行业重点关注的问题。相关工作人员需要积极应用PLC技术,对卷对卷涂布机厚度控制模块优化设计,通过PLC技术提升卷对卷涂布机自动化水平,实现柔性生产。同时对该装置内部模块进行优化,通过对张力控制模块、放卷模块、刮刀与涂布辊、磁粉离合装置以及张力感应装置的优化与更新,提升卷对卷涂布机厚度控制精度,为提升薄膜太阳能电池品质以及生产效率提供技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 肖艳军,杨欢,康炎平.锂电池极片涂布机NMP回收系统的红外辐射研究[J].系统仿真学报,2020,32(01):96-104.
- [2] 齐继宝,黄焯,杨伟民.新型宽幅动力锂电池挤压式涂布机的研制[J].机械设计与制造,2019(12):117-120.
- [3] 庞可可.激光测厚仪在锂电池极片涂布生产中的应用性研究[J].河南科技,2016(05):144-145.
- [4] 常笑丛.锂电池行业双面涂布技术综述[J].河南科技,2015(15):104-106.

**作者简介:** 田桂祥(1983.02-),男,汉族,江苏南通人,硕士研究生,中级职称,研究方向:高分子光电印刷装备;施淋枫(1991.11-),女,汉族,江苏南通人,本科,中级职称,研究方向:高分子光电印刷装备。