

# 基于μCOS-III+EMWIN的自动驾驶系统设计

刘建强<sup>1</sup>,李建义<sup>1</sup>,梁力水<sup>1</sup>,张萌<sup>2</sup>

(1.北华航天工业学院,河北 廊坊 065000;2.北京航天光华电子技术有限公司研发中心,北京 100854)

**【摘要】** 提出基于 μCOS+EMWIN 架构设计的自动驾驶系统,在硬件平台上移植 μCOS 操作系统,利用 EMWIN 的设备接口,实现实时的驾驶系统的界面设计。实验结果表明,该系统在车辆低速直线行驶时,横向误差小于 3cm,工程实践表明该系统在精准农业方面具有很好的应用前景。

**【关键词】** 自动驾驶; μCOS-III; EMWIN; 精准农业

## Design of Automatic Driving System Based on μCOS-III+EMWIN

LIU Jian-qiang<sup>1</sup>, LI Jian-yi<sup>1</sup>, LIANG Li-shui<sup>1</sup>, ZHANG Meng<sup>2</sup>

(1. North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, China;

2. Beijing Aerospace GuangHua Electronics Technologies Limited Corporation, Beijing 100854, China )

**【Abstract】** In this paper, an automatic driving system based on the processor +μCOS+EMWIN architecture is proposed. The μCOS operating system is transplanted on the hardware platform, and the EMWIN device interface is used, The interface design of the driving system is realized in real time. The experimental results show that the system works well when the vehicle is running in a straight line. The horizontal error is less than 5cm. Engineering practice shows that the system has a good application prospect in precision agriculture.

**【Key words】** automatic driving; μCOS-III; EMWIN; precision agriculture

[中图分类号] TP274

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-3229(2018)04-0038-05

## 0 引言

自动驾驶技术是现代化技术的重要技术之一,它可以减轻驾驶人员的劳动强度,提高驾驶效率和降低疲劳<sup>[1]</sup>。随着我国北斗导航系统的不断完善,定位精度的不断提高以及差分定位的应用,导航定位技术应用到自动驾驶技术中越来越得到广泛研究和普及<sup>[2]</sup>,自动驾驶具有精准、高效、多用途等优点。

本文从用户实际需求出发,通过采集北斗定位信息,在不需要特别复杂的导航界面的情况下,设计出一种基于处理器+μCOS+EMWIN 架构的自动导航系统,系统通过对北斗信号的解析,处理器进行分析输出,控制车辆的行驶方向,并实时显示简单的导航界面。

## 1 自动驾驶系统的组成与设计思路

自动驾驶系统在硬件上以嵌入式处理器作为控制核心,本设计选用 ST 公司的 STM32 作为处理器,扩展了角度传感器、LCD 显示屏、北斗模块,实现对经度、纬度、速度、航向的采集,经过微处理器对数据进行处理,将控制结果执行输出,如图 1 所示。

系统采用的处理器为 stm32f407 系列的芯片,它使用高性能的 Cortex M4 内核,最高主频达到 128MHZ,内部配备 1024K 的 FLASH 和 192K 的 SRAM<sup>[3]</sup>,并且有丰富的外设资源,包括 3 个 19 个通道的 ADC 模块和 2 通道的 8 位或 12 位的 DAC 模块、UART、IIC、SPI、CAN 接口等,能够满足系统的硬件需求。

[收稿日期] 2018-07-11

[基金项目] 2017 河北省重点研发计划自筹项目[17210330]

[作者简介] 刘建强(1987-),男,北华航天工业学院计算机与遥感信息技术学院硕士研究生,研究方向:嵌入式系统应用。

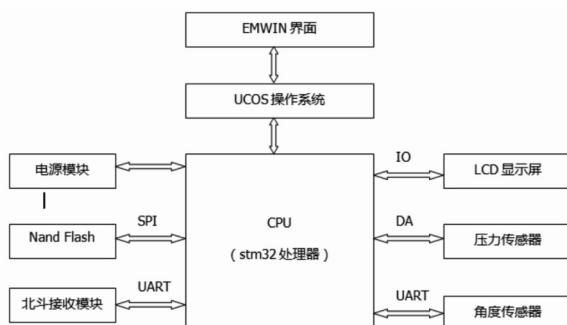


图1 自动驾驶系统总体架构

系统外扩 SPI FLASH 为 W25Q128 的存储芯片, 16M 字节, 用于存储车辆在行驶过程中的数据信息, 北斗接收模块通过 CPU 的 USART 接口通信, 获得速度和位置信息, 压力传感器通过 CPU 内部的 DA 转换模块采集, 角度传感器采用 RH40 系列, 分辨精度 12 位, 转换角度 360°, 通过串口与 CPU 通信获取角度信息, LCD 采用 TFTLCD 液晶屏, 分辨率为 320 × 480<sup>[4]</sup>, 自带触摸, 可以用来作为输入控制, 并实时显示有关车辆的信息。

在软件方面, 系统搭载实时操作系统 μCOS-III 系统, 在此操作系统上运行 EMWIN 显示界面。μCOS 系统是一种可以执行多任务的实时操作系统<sup>[5]</sup>, 可以保证对驾驶系统多任务的需求, 而 EMWIN 拥有丰富的 GUI 图形库、字体和窗口管理器, 用户可以通过其提供的方法即 API 函数来编写自己的用户界面应用程序。本文直接在此系统上移植 EMWIN 来设计图形显示界面, 为整个系统的稳定运行提供保障。

## 2 系统的 μCOS-III 移植

μCOS-III 是一个可裁剪、可固化、可剥夺的多任务系统, 是 μCOS 系统的第三代内核, 具有很多优点, 例如任务数目不限制、同时等待多个内核对象、直接向任务发送消息等<sup>[6-7]</sup>。

μCOS-III 嵌入式实时操作系统的源代码可以分成三个部分: 与处理器无关的代码、与应用程序相关的代码、与处理器相关的代码<sup>[8]</sup>。本次移植的是官方在 STM32F746 的 μCOS-III 系统, 源码中包含 μC-CPU、μC-LIB 和 μCOS-III 这三个文件, 移植需要修改与处理器相关的代码。

### 2.1 修改 bsp 文件

如果我们想要测量执行某个任务所花费的时

间, 就需要使用跟踪源, 在 CM3/CM4 中有 3 种跟踪源: ETM、ITM 和 DWT, 想要使用它们, 需要将 DEMCR 寄存器的 TRCENA 位(bit24)置 1(DEMCR 寄存器地址为: 0XE000EDFC), 而 DWT 组件有多个寄存器, 这里只使用 DWT 的控制寄存器 CTRL、CYCCNT, CTRL 寄存器地址为 0XE0001000、CYCCNT 寄存器地址为 0XE0001004。使用时钟计数功能只需要将 CTRL 寄存器的 bit0 置 1。

### 2.2 修改 os\_cpu\_a.asm 文件

PendSV\_Handler 的作用是会自动延迟上下文切换的请求<sup>[9]</sup>, 直到其他的 ISR 都完成后才会放行, 其实它相当于上下文切换的缓冲作用, 而在 STM32F746 版本的 UCOS 中已经改为了 OS\_CPU\_PendSVHandler, 我们需要将 os\_cpu\_a.asm 文件中的所有 OS\_CPU\_PendSVHandler 改为 PendSV\_Handler, 最后将 stm32f7xx\_it.c 中的函数 PendSV\_Handler( ) 屏蔽。

### 2.3 修改 os\_cfg\_app 文件

os\_cfg\_app 文件主要是对 μCOSIII 内部一些系统任务的配置, 如任务优先级、任务堆栈、μCOSIII 的系统时钟节拍等。μCOSIII 中有五个系统任务: 空闲任务、时钟节拍任务、统计任务、定时任务和中断服务管理任务<sup>[10-11]</sup>, 在系统初始化的时候至少要创建两个任务: 空闲任务和时钟节拍任务, 空闲任务的优先级最低, 可以设置为 OS\_CFG\_PRIO\_MAX-1, 时钟节拍任务很重要, 相当于操作系统的心脏, 给操作系统提供心跳, 可以设置优先级为最高 0 或者 1。

### 2.4 修改启动文件

Lazy Stacking 通过跳过浮点寄存器的堆栈来避免中断延迟的增加, 由于这里不需要, 关闭其功能。

## 3 EMWIN 界面设计

EMWIN 是德国 Segger 公司推出的图形界面库 (GUI), 用于上位机的图片界面设计, 通过 LCD 来实现人机交互, 在 EMWIN 中提供了很多控件, 我们可以使用这些控件来完成复杂的界面设计, EMWIN 可以独立运行, 也可以运行在 μCOS 操作系统之上, 本文移植的 EMWIN 可以支持操作系统<sup>[12]</sup>。

上位机界面显示模块主要负责接收来自自主控模块通过串口发送来的数据, 并将需要显示的数据显示在显示界面上, 比如定位数据、航向角设计、参数

设置、设置A点、设置B点等,同时响应用户的设置,将用户的设置传送给控制系统,控制农机的动作,显示参数。设计流程图如图2所示。

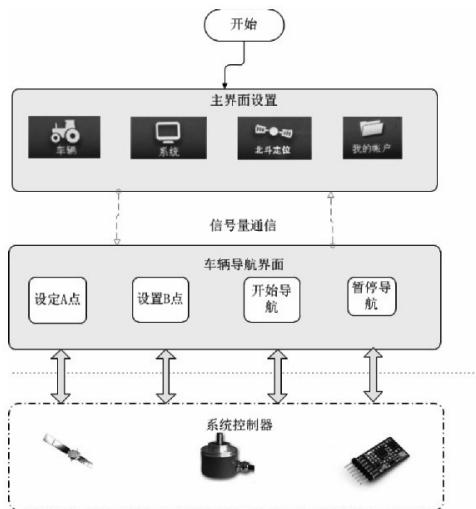


图2 EMWIN设计流程图

在主界面设计时,包含车辆信息、系统设计、导航定位和我的账户四个模块。车辆信息包括设置向导、自动校准、倾角校准和转向调整用于管理车辆的有关信息;系统设计包括系统日志、管理设置、软件升级等;北斗定位模块包括定位诊断、精度设计北斗信息设置等<sup>[13]</sup>,负责定位信息的设置;我的账户模块包括详细信息,即有关软件的详细信息,以及功能代码,供技术人员查看。

在车辆导航界面,主要是控制车辆的自动驾驶功能,这里首先介绍EMwin图形库设计的窗口创建结构体 GUI\_WIDGET\_CREATE\_INFO\_struct<sup>[14]</sup>,它的成员变量是窗口中的子控件。结构体定义如下。

```

structGUI_WIDGET_CREATE_INFO_struct {
    GUI_WIDGET_CREATE_FUNC * pfCreateIndi-
rect;
    const char * pName;
    I16 Id;
    I16 x0;
    I16 y0;
    I16 xSize;
    I16 ySize;
    U16 Flags;
    I32 Para;
    U32 NumExtraBytes;
};
    
```

• 40 •

设置完界面的显示模块后,需要调用回调函数,EMwin图形库采用的回调机制,即系统时时刻刻在检查是否有动作产生,回调函数的定义 WM\_SetCallback(WM\_HBKWIN, &\_cbBkWindow);WM\_HBKWIN 设定为窗口背景,\_cbBkWindow是指向回调函数的指针。回调函数的原型为 void \_cbBkWindow (WM\_MESSAGE \* pMsg),这 WM\_MESSAGE 是一种结构体类型,定义如下。

```

struct WM_MESSAGE {
    intMsgId;
    WM_HWIN hWin;
    WM_HWIN hWinSrc;
    union {
        const void * p;
        int v;
        GUI_COLOR Color;
    } Data;
}];[15]
    
```

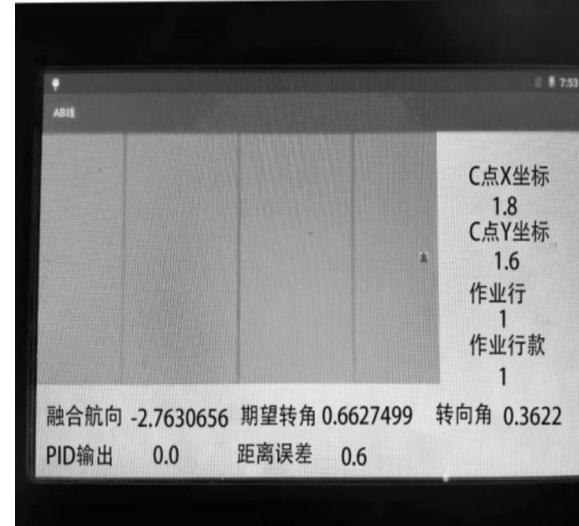


图3 EMWIN导航界面设计

如图3所示,设置车辆在行驶过程中需要显示的重要数据,例如农机的坐标、作业行数、期望转角、融合航向、转向角以及PID控制输出等,为农机在行驶过程中提供可视的数据,如图4中参数设置的界面,采用窗口的模式,简洁而整齐,主要方便开发人员调试和作业前因环境不同而做参数的调整,同时也为整个系统的开发提供简便的显示工具,大大缩短开发周期。

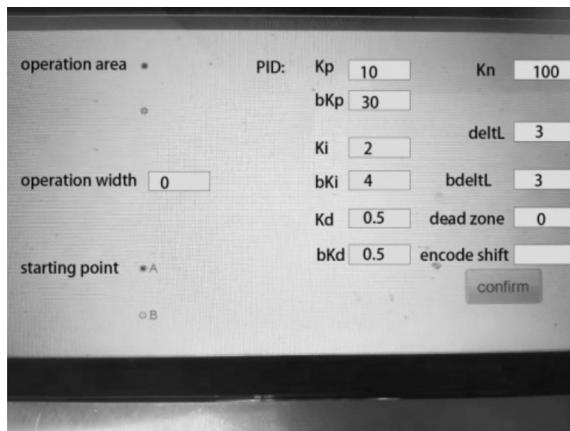


图4 参数界面设置

#### 4 系统分析与验证

在山东淄博用一台东方红农机进行测试,分别进行了水泥路面和田间测试。

从控制器显示界面中进行卫星信号检测、转向控制液压阀设置、角度传感器满偏后零曲率校对、压力量传感器示数检测等操作,以校验各部件安装状况。另外,要测量拖拉机中心点、轴长、车顶到地面距离等物理数据,并在控制器参数界面中进行输入设置;然后设定一条直线,开启自动驾驶模式,测试车辆行驶过程中的直线偏移,并将结果保存的文档中,结果如图5所示。

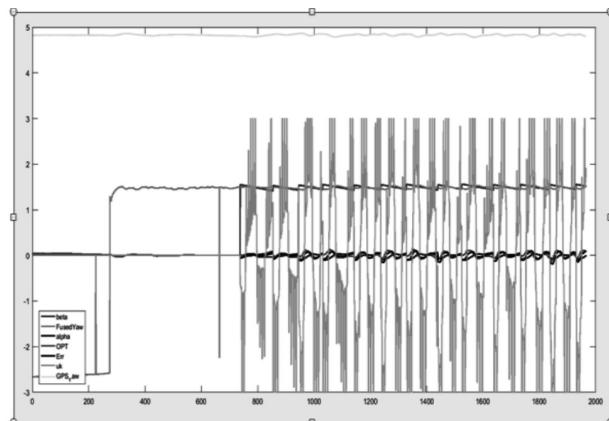


图5 自动驾驶系统测试

在图中可看出,设定起始点和终点后,速度分别选择0.8m/s、1.2m/s、1.5m/s的情况下,在算法控制输出控制电压后,输出线条如图5所示,按正弦波震荡,在控制范围内波动,在液压阀的控制下,农机车轮直线行走,输出控制信号随着角度传感器的反馈形成正弦信号,说明系统直线控制正常。

测试中采用手动上线,设置起始点、终点,距离

表1 误差测试

| 监测点(cm) | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 线距(cm)  | 3.16 | 2.33 | 1.97 | 2.11 | 2.12 | 2.33 | 2.04 |
| 偏差(cm)  | 1.84 | 2.67 | 3.03 | 2.89 | 2.88 | 2.68 | 2.96 |

为100m,每个10m设置一个检测点,农机到终点时采用人工转弯,测试相邻两条轨迹之间的距离,最终测量两条航线的偏差,从表1可以看出平均误差小于3cm,满足设计需要。

#### 5 结论

本文设计的基于STM32的自动导航驾驶系统相比国内类似自动驾驶导航产品,具有以下几个优点。

(1)性价比高。设计采用了STM32作为农机自动驾驶系统的控制器芯片,降低了系统的开发成本。

(2)实时性强。在控制软件中采用了μCOS-III嵌入式实时操作系统,在实时控制方面有显著效果,提高了系统的反应速度和灵敏度。

(3)采用EMWIN界面设计,EMWIN界面设计简单、方便、快捷,容易开发,为复杂的界面设计提供方案,可以大大缩短开发周期。

#### [参考文献]

- [1] 高雷,胡静涛,白晓平,等.面向精准农业应用的农机自动导航控制系统研究[C]. International Conference on Broadcast Technology and Multimedia Communication. 2010.
- [2] Boris S. Kerner. Failure of classical traffic flow theories: Stochastic highway capacity and automatic driving[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2016, (450): 700–747.
- [3] Hiroyuki Utsunomiya, Nobuhide Kobayashi, Shuichiro Yamamoto. A Safety Knowledge Representation of the Automatic Driving System[J]. Procedia Computer Science, 2016, (96): 869–878.
- [4] 段友青,高广智.农机GPS导航技术的发展[J].现代化农业,2015,(2):61.
- [5] 贾全.拖拉机自动导航系统关键技术研究[D].北京:中国农业机械化科学研究院,2013.
- [6] 纪朝凤,刘刚,周建军,等.基于CAN总线的农业车辆自动导航控制系统[J].农业机械学报,2009,40(S1):28–32.
- [7] 冯雷.基于GPS和传感技术的农用车辆自动导航系统的研究[D].杭州:浙江大学,2004.
- [8] 肖林京,于鹏杰,于志豪,等.基于STM32和emWin图形库的液晶显示系统设计[J].电视技术,2015,39(1):39–42, 50.

- [9] 万晓凤,刘志宇,丁小华,等.基于μC/OS-II和emWIN的光伏逆变器实时监控系统[J].仪表技术与传感器,2017,(3):58-63,67.
- [10] 祝玲,钟涛.基于STM32的emWin系统应用实例[J].中 国新通信,2017,19(12):88.
- [11] 何康华,雷阳阳.基于COS-III的教育机器人系统设计[J].电子测量技术,2016,39(10):114-118.
- [12] 徐振波,王阳,王宁.基于UCOS-III和UCGUI的无线温控系统设计[J].浙江万里学院学报,2014,27,(4):88-93.
- [13] 麦源振,谷刚,王志平.基于STM32和uCOS-II的注塑车间MES数据采集与监控系统设计[J].制造业自动化,2015,37(7):151-154.
- [14] 程震晨.基于ARM和uCOS III的回路控制器研究与设计[D].西安:陕西科技大学,2017.
- [15] 朱清山,高广智,牛文祥.农机自动导航驾驶系统及其应用[J].现代化农业,2016,(5):65-67.

(上接第33页)

分析和展示,使地下水资源的管理科学化,避免人为管理的不科学,提高了地下水数据和数值模拟模型的可获取性和可扩展性。系统在这方面做了初步尝试,期望提高地下水水资源管理的信息化和公众化水平,今后将不断对系统进行完善和扩充。

#### [参考文献]

- [1] 汤国安,钱柯建,熊礼阳,等.地理信息系统基础实验操作100例[M].北京:科学出版社,2017:1-3.
- [2] 吕冠南,艾波,李显.基于WebGIS的海洋预报信息发布系统的设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2018,41(7):110-113.
- [3] 李雅丽,魏峰远,陈荣国,等.基于WebGIS的河南省水文信息管理系统设计与实现[J].地理空间信息,2018,16(4):43-46.
- [4] 张进德.基于WebGIS的地下水环境监测信息发布系统研究[J].水文地质工程地质,2004,(6):82-85.
- [5] 马乐平,陈兴国.基于WebGIS的地下水超采区动态监测系统研究及设计[J].中国水利,2016,(5):37-38.
- [6] 牛鑫艳,王正华,李文炜,等.基于WebGIS的山西省地下水信息管理与应用服务系统[J].水文,2013,33(3):38-42.
- [7] 方琼,罗美芳.基于WebGIS的地下水环境信息管理系统开发研究[J].中国水运(理论版),2006,(4):126-127.
- [8] 张进德.基于WebGIS的地下水环境监测信息发布系统研究[J].水文地质工程地质,2004,(6):82-85.
- [9] 高文明,张庚涛,刘静.基于地理国情普查的地下水监测应用平台设计与实现[J].北京测绘,2017,(S2):36-40.
- [10] 苏建云,黄耀裔,杨琳珩.基于WebGIS的旅游信息系统设计——以泉州为例[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2015,15(4):31-34.