

基于 ARM Cortex-M3 的织带机控制系统设计

王丽娜,袁嫣红,张建业
(浙江理工大学机械与自动控制学院,杭州 310018)

摘 要: 针对基于单片机的高速电子提花织带机控制系统性能差的缺点,提出一种新的基于 ARM Cortex-M3 微处理器 LPC1765 的嵌入式设计方案。该方案利用 LPC1765 自带的 USB 接口设计实现了用优盘代替软盘输入花型文件,提高了传输速度。利用其自带的 I2C 总线模块与具有断电保护的铁电存储器相连,实现了系统的意外掉电保护功能。经现场测试,该系统具有较好的工作性能。

关键词: 织带机; 控制系统; ARM Cortex-M3; 嵌入式系统

中图分类号: TS103.336.2 **文献标识码:** A

0 引 言

织带机是以各种纱线为原料制成带状或管状织物的设备。提花带子的图案,主要是由经纱的提升与不提升的不同组合而获得^[1]。电子提花织带机控制器即是用来实现织物经纱提升控制的装置,它根据织物花型数字化处理的文件使相关的经纱提升或不提升,从而使经纱或纬纱浮在织物表面而形成所要求的图案^[2]。

电子织带机控制系统的发展是伴随着嵌入式技术的发展而不断发展的。先出现了单片机和 PC104 实现的控制系统,但随着企业要求的提高,在性能、稳定性、界面等问题上,单片机已经不能满足用户的需求,而 PC104 成本较高,接口控制不方便,而且很多模块因为用不到而被浪费,所以注定 PC104 也只能是过渡产品^[3]。随着嵌入式的发展,32 位的嵌入式处理器被广泛应用,本设计所做的基于 ARM Cortex-M3 的电子提花织带机控制系统正是在这一背景下产生的,它解决了 PC104 和单片机的缺点,功能强大,成本低。

1 控制器的硬件结构设计

本控制系统由主控 CPU 模块、数据存储模块等七大模块组成,整个系统的硬件结构如图 1 所示。主控 CPU 模块主要由 CPU、晶振等组成,是整个控制系统的核心,按照预先编好的控制程序,协调并控制其他各个模块正常工作。数据存储模块包括可移动数据存储模块和 Flash 存储模块,可移动数据存储模块这里选用优盘来实现。人机界面模块采用触摸屏输入,LCD 输出,实现良好的人机交互。数据传输模块采用 CAN 总线光纤接口技术来实现主控制 CPU 模块与选针驱动模块之间的通讯。网络应用模块使

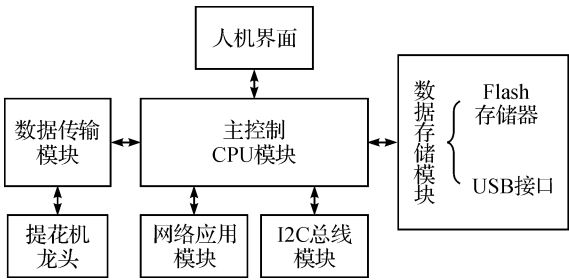


图 1 织带机控制系统组成结构

控制系统具有网络通讯功能。I2C 总线模块连接铁电存储器实现系统的意外掉电保护功能。

本设计选用 LPC1765 作为控制系统的 CPU。它是基于第二代 ARM Cortex-M3 内核的微控制器,是为嵌入式系统应用而设计的高性能、低功耗的 32 位微处理器。外设组件丰富,包含 512 kB 的片上 Flash 程序存储器、64 kB 片内 SRAM、2 条 CAN 通道、3 个 I2C 接口、USB 主机/从机/OTG 接口等,丰富完善的外设组件使硬件电路的设计方便易行,不需要其他芯片来扩展功能,降低了生产成本。该控制系统增添了意外掉电保护功能,意外停机后可以快速恢复生产,提高了生产效率;设计了 USB 接口,用优盘代替软盘输入花型文件,传输速度更快,顺应了市场上优盘取代软盘的发展趋势,解决了实际应用中花样纬数受限制的问题^[4];控制系统中花型数据的存储由非易失性 Flash 存储器来实现,数据不易丢失且容易扩展。

2 控制器的主程序设计

电子提花织带机控制系统的主程序首先完成系统的初始化工作,包括读取初始化的配置文件和上次停机保存的现场数据,并进行硬件检测。初始化文件记录了工作的任务、磁铁板的数量和过孔信息。然后进入欢迎登录界面,用户输入密码即可登陆。登录以后是功能选择界面,分别显示“织造”、“参数设置”、“花样操作”、“系统测试”和“退出”等虚拟按键。液晶显示器可显示上述功能选择界面。用户的所有指令都通过触摸屏发出。系统会根据按键发生的位置,进行分析并进入相应的子程序,子程序执行结束以后再回到功能选择界面,进入“织造”子程序后会显示织造界面,在该界面可以设置织造参数,例如,纬号,纬密等,也可以进入其子界面,例如状态界面。点击“参数设置”进入其界面后,可以设置针数、排列、文件类型、装造、屏幕保护限时等参数信息。“花样操作”界面主要是实现删除花型文件、选择工作文件以及格式化 Flash 数据存储器等功能。进入“系统测试”界面后,点击驱动板、信号或存储器可以分别测试它们是否处于正常状态。按“退出”键则返回到欢迎登录界面。

3 部分模块的软硬件设计

针对 I2C 总线模块和花型存储模块(包括可移动存储模块和控制系统中花型数据存储模块),介绍其硬件和软件设计。

3.1 I2C 总线模块

在加工过程中,需要将一些重要参数如当前织造的花型文件名、装造信息、当前循环位置、产量等实时信息存入非易失性掉电保护存储器中,目的是使系统具有掉电保护功能^[5],即系统在意外失去供电的情况下,可以保证其运行状态的确定性和记录数据的完整性,当系统供电恢复后,现场数据可以及时恢复,接着掉电前的工作往下进行,避免加工过程产生混乱,提高生产效率。在发送过程中,每发出一纬数据就需要将当前完成的信息刷新并存入存储器。所以,系统对存储器的擦写是很频繁的。Flash 存储器与铁电存储器相比虽然价格便宜但写速度太慢,不能满足系统频繁擦写的要求。本设计采用的铁电存储器 FM24CL04 是利用先进的铁电技术制造的 4K 位非易失性存储器,它以总线速度进行写操作,无须延时。FM24CL04 非常适合用在需要频繁或快速写操作的非易失性存储器应用中。虽然存储空间只有 4K 位,但已足够电子提花织带机使用。

FM24CL04 的快速两线(SDA:串行数据线,SCL:串行时钟线)串行接口的特点决定了要通过 I2C 总线与主 CPU LPC1765 进行信息交换。I2C 总线是一种用于 IC 器件之间连接的二线制总线。它通过 SDA(串行数据线)及 SCL(串行时钟线)两线在连接到总线上的器件之间传送信息,并根据地址识别每个器件,不管是微控制器、存储器、LCD 驱动器还是键盘接口。

微控制器 LPC1765 外设组件丰富,有 3 个增强型的 I2C 总线接口(I2C0,I2C1 和 I2C2),内含一个 I2C 总线主控器,可方便地与各种带有 I2C 接口的器件相连,使用符合整个 I2C 规范的 I2C0 总线接口与 FM24CL04 连接。连接电路如图 2 所示。

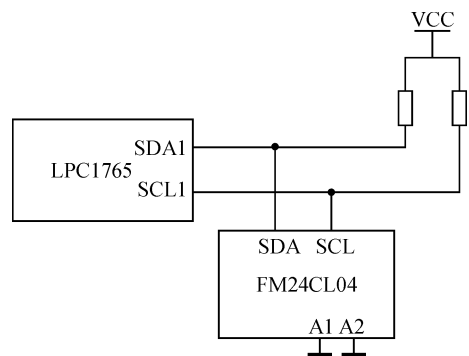


图 2 I2C 总线连接电路

LPC1765 是主机,FM24CL04 是从机。根据读写操作位(R/W)状态的不同,I2C 总线上存在两种类型的数据传输:a)当读写操作位是 0 时,表示写操作,主发送器向从接收器发送数据。主机发送的第一个字节是从机地址,接下来是数据字节。从机每接收一个字节就返回一个应答位;b)当读写操作位是 1 时,表示读操作,从发送器向主接收器发送数据。主机发送的第一个字节是从机地址,然后从机返回一个应答位。接下来从机向主机发送数据字节。主机每接收一个字节都会返回一个应答位,最后一个字节除外。接收完最后一个字节后,主机返回一个“非应答位”。由主机产生所有的串行时钟脉冲、起始条件以及停止条件。FM24CL04 的从器件写地址是 0xa0,读地址是 0xa1。

织带机在实际工作中,需要保存到铁电存储器或从铁电存储器被读取的参数分为 3 组:配置参数、产量信息、梭号位置信息。配置参数包含纬密、针数、行、列、文件名等 10 个参数,产量信息包含当前花型文件、产量等 4 个参数,梭号位置包含梭号位置信息 1 个参数。每组所包含的参数都是通过结构体的形式组合在一起,然后被存储到铁电存储器或从铁电存储器中被读取。下面以配置参数为例来说明是如何实现数据保存和读取的。

保存配置参数的程序段如下,正确返回 0。

```
int PARA_Write_Config(struct CONFIG * P)
{
    if(I2C_WriteNByte(FM24CL04_ADDR, 0x01, FERAM_CONFIG_ADDR, (uint8_t *)P, sizeof(struct CONFIG))) //返回 1 是正确
    {
        return 0;
    }
    return 1;
}
```

读取配置参数的程序段如下,正确返回 0。

```
int PARA_Read_Config(struct CONFIG * P)
{
    if(I2C_ReadNByte(FM24CL04_ADDR, 0x01, FERAM_CONFIG_ADDR, (uint8_t *)P, sizeof(struct CONFIG))) //返回 1 是正确
    {
        //初始化参数修正
        if(P->FileType>1)P->FileType=0;    //暂时支持 2 种格式 JC5 和 EP
        if(P->Density==0xFFFF)P->Density=200; //修正默认密度
        if(P->FileName[0]==0xFF)P->FileName[0]=0x0; //文件名处理
        return 0;
    }
    else
    {
        return 1; //错误返回 1
    }
}
```

产量信息和梭号位置信息是以同样的编程方法被保存到铁电存储器,重新上电后这些参数从铁电存储器中被读出,使织机能够迅速接着已完成的工作往下进行。

3.2 电子提花织带机的花型数据存储模块

模块分为两部分,第一部分是控制系统的输入花型数据的存储,由优盘来实现,在 Windows 操作系统中将所需的文件拷入优盘中。第二部分是控制系统中花型数据的存储,由非易失性 Flash 存储器来完成。通

过优盘将花型文件拷入控制系统中的存储器即 Flash 存储器,以供织造时使用。

LPC1765 微处理器上集成了 USB 主机/从机/OTG 接口,该 USB 接口完全遵循 USB2.0 的补充规范——USB OTG V1.0a,支持低速(1.5Mbps)、全速(12Mbps)和高速(480Mbps)3 种不同速率的数据传输。本设计是将 LPC1765 作为 USB 主机来使用。电路连接如图 3 所示。

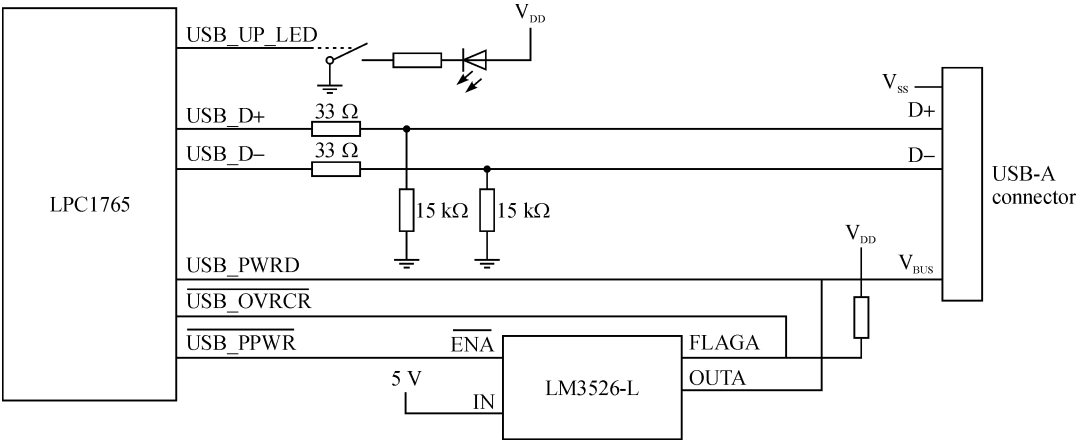


图 3 USB 接口电路

USB_UP_LED 引脚连接一个 GoodLink LED,用来指示 USB 连接是否良好。在成功地对设备进行清点和配置之后,LED 指示器将永久接通。在挂起期间,LED 是关闭的;USB_D+ (正向差分数据端)和 USB_D- (负向差分数据端)与 USB 接口相连接,LPC1765 内置的模拟收发器 USB ATX 负责发送/接收 USB 总线的双向 D+ 和 D- 信号;LM3526_L 为 USB 接口提供标准 5 V 的电源电压,并具有过流保护功能。优盘插入 USB 接口后,便能通过总线与作为 USB 主机的 LPC1765 进行数据传输。USB 总线较高的数据传输率、即插即用、支持热插拔等优点为织带机控制系统输入数据的存储提供了便利^[6]。

LPC1765 微控制器具有完善的 SPI 接口(P0[15]/SCK、P0[16]/SSEL、P0[17]/MISO、P0[18]/MOSI),通过该接口,将 LPC1765 与 16Mb 的串口 Flash 存储器 M25P16 连接起来,存储控制系统中的花型数据。该 Flash 存储器从存储容量到存取速度都完全能够满足提花织带机的要求。一个花样的纬循环数一般是从几十到几万纬,对于 640 针的电子提花织带机而言,如果一个花型的纬循环数是 10 000,那么该文件所占的存储空间是: $640 \times 10\,000 / 8 = 800\text{ kB} = 0.8\text{ MB}$,可见该 Flash 存储器足够用于花型文件的存储需要。存取速度方面,它支持速度高达 75 MHz 的 SPI 总线的存取操作,具有先进的写保护机制。因为 CPU 工作于 3.3 V,而 M25P16 的工作电压范围为 2.7~3.6 V,所以直接将二者的对应引脚相连即可。电路连接如图 4 所示。

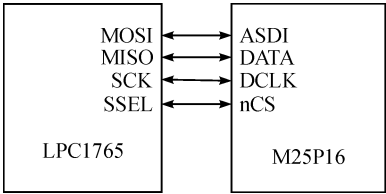


图 4 Flash 存储器的硬件连接

该提花织带机控制系统支持的花型文件格式有两种 EP 和 JC5,本设计采用应用广泛的 FAT 文件系统对优盘和 Flash 中的文件进行管理。在程序设计上主要实现了以下几个功能:a)选中优盘中指定的文件复制到 Flash;b)删除 Flash 中过期不用的花型文件;c)选中 Flash 中的文件为工作文件;d)显示 Flash 磁盘信息,即显示磁盘剩余空间的大小和 Flash ID 信息;e)格式化 Flash 磁盘。其中 a 和 c 功能是必不可少的。因 Flash 磁盘的空间有限,Flash 中的花型文件肯定要不断更新,所以要有删除 Flash 中过期文件这一功能。至于删除优盘中的花型文件,可以在 PC 机上完成。这样就可以不断更新织造花样,保证织带机长期运作下去。

在程序设计上,以上 5 种功能被视为 5 种情况,在主函数中用一个 switch 语句来实现,case 0 表示功能 a,case 1 表示功能 b,以此类推,case 4 表示功能 e。下面以功能 a 为例,具体说明程序段的编写。选中优盘里指定的花型文件复制到 Flash 这一功能模块用函数 USB_Select_File()来实现,然后在主函数中调用它即可。其中,函数 USB_Display_File()是列表优盘中的花型文件。部分程序段如下。

```
.....

switch(Touch_Get_Pos())
{
case 0: //复制
GuiConfig.Sub_Work_Index=1;
LCM_Clear();
USB_Select_File(USB_Display_File()); //调用函数,选中指定的文件复制到 Flash
/* 重新进入主界面 */
LCM_Clear();
GuiConfig.Sub_Work_Index=0; //进入主界面
GUI_HuaYang(); //绘制 USB 界面
break;
case 1: //删除
.....
}
```

4 结 语

设计了基于 ARM Cortex-M3 的电子提花织带机控制系统,增添了意外掉电保护功能,进一步提高了控制系统的稳定性,用优盘传输花型文件,便于大花型文件的存储和传输。系统结构简单、功能完整、价格低,更好地满足了产业化的要求。

参考文献:

[1] 李志祥. 电子提花商标机和织带机[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2001.

[2] 张建义, 袁嫣红. 基于 ARM 的提花机控制系统设计[J]. 机电工程, 2006, 24(3): 6-8.

[3] 刘 坡. 电子织带机的嵌入式控制系统设计[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.

[4] 孙 雷, 卢建刚, 孙优贤. 基于单片机的新型提花机控制[J]. 纺织学报, 2007, 28(7): 112-115.

[5] 吴鸿雁, 孙晓琴, 尤丽华. 基于单片机 C8051F020 的电子提花机控制器的设计[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(23): 6006-6008.

[6] 窦海斌, 方建军. 基于 USB 接口的嵌入式运动控制器设计[J]. 微电机, 2010, 43(6): 100-101.

Design of Electronic Webbing Loom Controller Based on ARM Cortex-M3

WANG Li-na, YUAN Yan-hong, ZHANG Jian-yi

(School of Machinery & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The paper proposes a new embedded design based on LPC1765 belonging to ARM Cortex-M3 to improve the performance of the high-speed electronic webbing loom control system based on MCU. In this design, the flash disk is used instead of the traditional floppy driver to input. The pattern design is realized by using the LPC1765 with USB interface, which improves the input speed. Meanwhile, power-off protection is achieved by connecting the I2C bus module of LPC1765 with the Ferroelectric Nonvolatile RAM. The test results of the prototype show that this control system can work well.

Key words: webbing loom; control system; ARM Cortex-M3; embedded system

(责任编辑: 杨元兆)