

WinCE 下高速工业绣花机主轴系统驱动设计

曲明波, 白瑞林, 刘洋, 张琦玮

QU Ming-bo, BAI Rui-lin, LIU Yang, ZHANG Qi-wei

江南大学 智能控制研究所, 江苏 无锡 214122

Institute of Intelligent Control, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China

E-mail: abo77281@hotmail.com

QU Ming-bo, BAI Rui-lin, LIU Yang, et al. Development of principal axis control system of high-speed industrial embroidery machine based on WinCE. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(7): 82-85.

Abstract: Propose an approach for principal axis controller system of high-speed industrial embroidery machine, solve difficulties such as slow response, low precision and big noise. The system uses servo motor as principal axis motor, buildups with ARM9 and CPLD as the hard platform, finishes the development of the stream driver for principal axis controller system under WinCE5.0. The test demonstrates that the method improves capability of control system in all the part. it's value to project.

Key words: embroidery; servo motor; stream driver; multithread; Complex Programmable Logic Device (CPLD)

摘要:提出了一种高速工业绣花机主轴控制系统设计方案,解决了绣花机在高速运行过程中的响应速度较慢、停车控制精度低和噪声大等问题。系统采用伺服电机作为主轴电机,以 ARM9 微控制器结合 CPLD 器件构成控制单元,以 WinCE5.0 为软件平台,实现了主轴控制系统流驱动的设计。实验证明:方案很好地改善了绣花机主轴控制系统各方面的性能,具有较高的工程价值。

关键词:绣花机;伺服电机;流驱动;多线程;复杂可编程逻辑器件

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.07.026 **文章编号:**1002-8331(2009)07-0082-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP311;TP271.4

1 引言

我国工业绣花机产量已占世界总产量的 40%, 出口量占世界销售量的 20%^[1], 市场需求量大, 前景广阔。但是, 国产工业绣花机型多属中低档机, 高速工业绣花机领域大部分被日本田岛 (TAJIMA)、百灵达 (BAKUDAN) 和韩国日星 (SWF) 等国外公司垄断^[2]。国产高速工业绣花机与国外高速机相比, 在性能上存在不少差距, 致使国产机在市场中处于低价竞争的状态中^[3]。目前, 具有多层次和多功能特性的高速工业绣花机的开发是绣花机行业发展的主要方向。国内绣花机产业必须加强高端产品的研发力度, 不断发展创新, 才能提高市场竞争力, 提升行业产值。

高速工业绣花机的研发要从速度、效率、刺绣品质以及噪声等多方面因素考虑。高速刺绣过程中, 主轴电机、步进电机以及其它模块的高质量协调运作是绣花机控制系统的核心技术要求。但提高绣花机刺绣速度, 会造成响应速度和控制精度的下降以及噪声的增加, 高速刺绣过程中绣花机响应速度、控制精度和噪声问题是高速工业绣花机研发的难点, 其中主轴控制系统的性能对以上几个问题的解决起着决定性的作用。目前, 国内高速工业绣花机控制系统中, 主轴控制系统多是在采用 MCU 或 DSP 作为微控制器的基础上, 控制以交流异步电机或滑差电机来实现主轴功能, 转速一般能达到 1 000 r/min (转/分) 左右, 与国外高速工业绣花机主流转速为 1 200 r/min 以上相比, 速度和性能都存在很大的差距^[2]。方案以 ARM9 处理器

S3C2440A 为核心的硬平台, 交流伺服电机为主轴电机基础上^[4], 结合 CPLD 器件, 完成了主轴控制系统的硬件设计。并采用多线程机制, 实现了基于 WinCE5.0 操作系统的主轴控制系统部分流驱动的开发, 解决了工业绣花机 1 200 r/min 高速运转过程中响应速度、控制精度以及降低噪声的技术要求。

2 主轴控制系统性能需求分析

主轴控制系统主要控制主轴电机、变速装置、上传动轴、下传动轴、针杆传动机构、挑线机构、针杆和旋梭等部件, 通过与步进电机还有其它机构相互配合动作完成刺绣过程。高速工业绣花机的主轴控制系统研发既要考虑绣花机高效、高产和功能的多样性等方面, 同时也要考虑刺绣过程中对外界的影响。高速工业绣花机主轴控制系统主要性能需求有以下几点:

(1) 转速平稳。绣花机的机械原理要求绣针在布面以上时步进电机才可以移动, 高速工业绣花机的刺绣速度为 1 200 r/min 时, 步进电机移框过程要求在约为

$$\frac{60 \text{ s}}{1200 \text{ r/min}} \times \frac{240^\circ}{360^\circ} \approx 0.033 \text{ s}$$

内完成, 时间较短; 同时绣花机在恒定刺绣过程中, 由于负载变化会原定设置的转速, 这就要求主轴控制部分有较快的响应速度, 及时进行调整, 使转速恒定。

(2) 精确停车。绣花机停车时要求将绣针停车到 100° 位

作者简介:曲明波(1982-),男,研究生,主要研究领域为嵌入式系统理论与应用;白瑞林(1955-),男,教授,主要研究领域为嵌入式系统与智能控制研究;刘洋(1982-),男,硕士生,方向为嵌入式系统研究;张琦玮(1980-),男,研究生,主要研究领域为嵌入式系统系统理论。

收稿日期:2008-01-28 **修回日期:**2008-04-21

置,偏差超出 $\pm 2.5^\circ$, 100° 位置是绣花机的标准位置,便于换针、换线等人为或是绣花机自动操作,偏差太大会使操作不和谐。主轴电机的精确定位处理主要在于主轴控制系统对电机实时转速的反馈处理,要求控制系统具有较高的控制精度。

(3)较小的噪音。绣花机工作过程中要保证较小的噪声。噪声处理是机械动作产生的,减少噪声,为工作人员建立一个比较人性化的生产环境。

3 主轴控制系统硬件设计与实现

主轴控制系统设计主要包括三个主要模块,功能框图如图1所示。

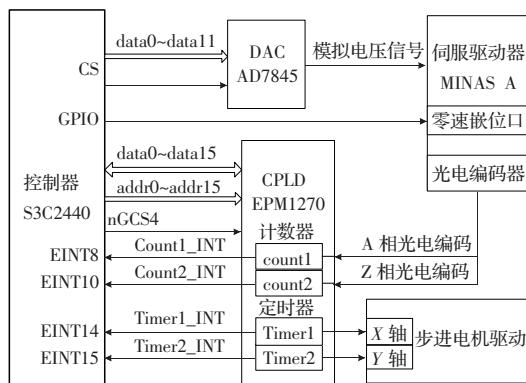


图1 主轴控制系统硬件框图

各模块功能分析如下:

(1)控制器模块。系统的控制器采用 ARM9 芯片 S3C2440,其标称工作频率:400 MHz,运算速度快、性能优越,且处理器内部集成了多种控制接口,是一款低功耗,高性价比的工控机处理器。在嵌入式开发中应用比较广泛,也是高速工业绣花机控制器高性能的保证。

(2)伺服驱动模块。模块中主要分为三部分:

①伺服驱动器部分:采用 Panasonic MINAS A 系列伺服驱动器,该驱动器技术完善、性能稳定,而且内带零速嵌位口和光电编码器,操作简单,便于实现控制。

②DA 转换部分:采用 AD7845,它是 12 位乘法逼近型数字/模拟转换芯片,功耗低,最小可分辨信号为 $V_{REF}/4096=2.9\text{ mV}$,最小转换时间可达 $5\ \mu\text{s}$,满足系统的实时性要求。伺服驱动器采用速度控制方式,在这种方式下,利用 DA 为伺服驱动器提供 $-10\sim 10\text{ V}$ 模拟电压控制信号。

③电机部分:采用与伺服驱动器配套的交流电机。伺服电机相对其它电机有较大的性能优势,其控制精度高、动态性能好、响应速度快、低频特性和矩频特性好、过载能力大、运行稳定可靠。

(3)CPLD 模块。采用 EPM1270 芯片,由于 S3C2440 内部没有计数器模块,其为整个绣花机系统提供了 2 个计数器和 5 个定时器。其工作主要分为两个部分:

①2 个计数器分别与伺服驱动器的光电编码器的 A 相和 Z 相相连,电机旋转一圈时,Z 相返回一个脉冲,可以通过计数来判断电机转的圈数以及电机的旋转速度;A 相返回 10 000 个脉冲,可由此计算出电机转到的具体角度,一个脉冲对应 0.036° ,精度较高。两个计数器中断 Count1_INT 和 Count2_INT 分别与控制器的 EINT8 和 EINT10 相连,当达到预定速度

和角度的时候,两个计数器可以向 CPU 发送中断请求,提供精确的反馈信息。

②其中的 2 个定时器分别为 X 轴和 Y 轴的步进电机提供控制脉冲,其定时器中断 Timer1_INT 和 Timer2_INT 与控制器的 EINT14 和 EINT15 相连,完成对步进电机的控制操作。

以上三个模块共同构成了一个反馈性质的主轴控制系统,高性能的 ARM9 中央处理单元,使系统运算速度更快、功能更强大。伺服驱动器中的光电编码器对电机的速度和电机角度的高精度的反馈,有助于提高控制精度和精确定位。伺服电机的快速响应性能使其对主轴控制系统的控制做出实时的响应。同时,交流伺服电机本身运转的时候,噪音较小,完全能够满足高速工业绣花机的性能要求。

4 主轴控制系统软件实现

高速工业绣花机的控制基于 WinCE5.0 操作系统。WinCE5.0 强大的中断机制、线程调度和内核操作系统服务完全能够保证高速工业绣花机关键性任务的时间和性能要求。结合 WinCE 操作系统的性能,主轴控制系统的驱动部分采用流驱动的设计方法。

4.1 驱动程序结构

流接口驱动程序在 WinCE 内部的实现方式及其灵活性是高速工业绣花机工作可靠性的保证。设计的驱动程序是严格按照 WinCE 流驱动程序的格式编写的,其在注册表里定义的设备前缀为 MMO(Main Motor),需要具体实现的流接口函数有^[5-6]:

MMO_Init():初始化主轴驱动,由 Device.exe 调用;

MMO_Deinit():设备管理器卸载主轴驱动,由 Device.exe 调用;

MMO_Open():打开主轴驱动,应用程序通过 CreateFile()调用;

MMO_Close():在驱动关闭时,应用程序通过 CloseHandle()调用;

MMO_IOControl():上层软件通过 DeviceIoControl()函数调用,主轴系统发送命令。

对于其他接口函数 MMO_Read()、MMOWrite()等,未使用,只需直接返回无效值。整个流驱动与内核和硬件的访问流程架构如图 2 所示。

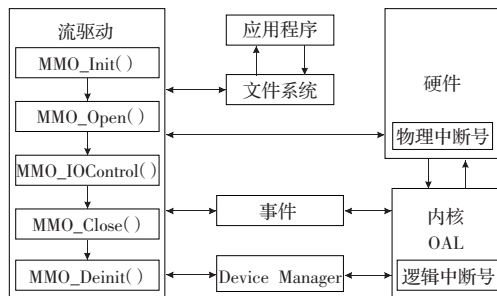


图2 流驱动与内核和硬件之间的访问架构

流接口驱动在启动时加载。从图 2 可以看到,来自应用程序的控制命令和参数通过文件系统提供的接口和设备管理器发送到流驱动,流驱动接收到命令,根据命令的类型和输入参数作需要的处理,各部分功能是通过传递中断号、事件等信号来实现的。

4.2 驱动程序中断处理

在主轴控制系统流驱动中,中断处理是重要部分。WinCE 操作系统的中断分为两个阶段:ISR(Interrupt Service Routine)和 IST(Interrupt Service Thread),ISR 处于内核模式而 IST 处于用户模式,ISR 与 IST 是一对多关系^[6],中断源的配置是由 WinCE 中的 OAL(OEM 适配层)操作的^[6-7],OAL 将外部的物理中断号映射成逻辑中断号,并关联具体的事件,根据事件的触发来响应中断。实现方法如下面的程序所示:

```
申请 g_Count1sysint 为 IRQ_EINT8 的逻辑中断号:
KernelIoControl(IOCTL_HAL_REQUEST_SYSINTR,&IRQ_EINT8,
sizeof(UINT32),&g_Count1sysint,sizeof(UINT32),NULL);
逻辑中断号 g_Count1sysint 关联事件 Count1_int_event:
InterruptInitialize(g_Count1sysint,Count1_int_event,0,0);
同样的操作对其它物理中断号的逻辑中断号进行申请和
事件关联。物理中断、逻辑中断、事件和线程只见的关系如图 3
所示。
```

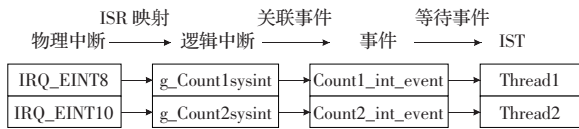


图 3 中断处理过程模型

每个事件对应系统中的一个中断响应,当事件被触发时,根据事件类型和时间做相应的处理。中断处理线程是驱动程序编写的关键,其效率的高低直接关系到系统的实时性能。

4.3 驱动程序中的地址映射

在 WinCE 操作系统中,内核是通过虚拟地址来访问物理地址空间的,设备的物理地址空间必须映射到虚拟内存地址空间才能实现驱动程序对设备的访问,并进行控制。具体操作方法以 AD7845 模块进行说明。在本设计中,AD7845 的地址是由地址总线上通过译码器所确定的,物理地址为 0x08000090,物理空间结构定义为:

```
typedef struct {
    UINT32 DACCON;
    UINT32 DACDAT;
}AD_REG;

#define DA_base_REG (0x08000090)
```

定义好物理空间结构后,利用内存管理函数 VirtualAlloc() 和 VirtualCopy() 申请虚拟地址空间,把相关的物理地址和操作系统的虚拟空间联系起来,对虚拟地址空间的操作就相当于对物理地址进行操作。AD7845 虚拟地址申请代码如下:

```
BOOL AD_InitializeAddresses(void)
{ ...
    VirtualAlloc(0, sizeof(AD_REG), MEM_RESERVE, PAGE_
NOACCESS); //申请空间
    if(申请空间失败) { 返回错误;}
    else {
        VirtualCopy((PVOID)v_ADregs,(PVOID)(DA_base_REG
>>8),sizeof(AD_REG),PAGE_PHYSICAL |PAGE_READWRITE |
PAGE_NOCACHE); //映射空间
        if(映射空间失败) {
            VirtualFree((PVOID)v_ADregs,0, MEM_RELEASE);
//要释放申请的空间
```

```
返回错误;}
}
```

```
返回;
```

```
}
```

同理完成对 GPIO 和 CPLD 的物理地址空间的虚拟地址映射,之后通过访问虚拟空间来访问硬件,完成操作。

4.4 驱动程序初始化设备实现

当用户使用一个设备的时候,首先要初始化这个设备,在 WinCE 操作系统的流驱动中是通过 MMO_Init() 函数实现的,这个函数不是由应用程序直接调用的,而是通过设备管理器提供的 ActivateDeviceEx() 函数调用的,函数执行成功后返回一个设备句柄,为 MMO_Open() 函数的入口参数。函数代码如下:

```
DWORD MMO_Init(DWORD dwContext)
```

```
{ ...
```

```
    GPIO_InitializeAddresses(); //取得 GPIO、AD、CPLD 相关寄存器的虚拟地址空间
```

```
    MMO_configDefault(); //各个模块初始化
```

```
    INT_Initialize(); //包括为物理中断申请逻辑中断号、创建中断服务线程、打开外部驱动事件
```

```
    ...
```

```
    return TURE;
```

```
}
```

4.5 驱动程序电机控制部分实现

主轴控制系统对伺服驱动器设备的控制主要是通过函数 MMO_IOControl() 来实现的,其中正常刺绣和停车控制是重点控制部分,系统功能是通过多线程机制处理实现的。在 MMO_Init() 函数中通过 CreateThread() 函数创建中断处理线程^[6-7],在驱动程序中通过 WaitForMultipleObjects() 和 WaitForSingleObjects() 等待对应事件,事件发生后做出相应处理。

功能函数的编写要紧密结合伺服电机的机械特性和绣花机各电机工作原理来完成,整个程序围绕着主轴电机在转一圈的过程中如何实现与其它模块的通信协作来实现,主要包括电机在 220°~100°(约 240°)之间可移动步进电机阶段和在 100°~220°(约 120°)要禁止步进电机阶段,通过事件响应来完成两个阶段中相关的中断处理。正常刺绣与停车实现流程图分别如图 4 和图 5 所示。

应用程序通过向系统的 API 函数 DeviceIOControl() 传递预设的控制字如 IOCTL_MMO_NORMALRUN 与 IOCTL_MMO_STOP 等调用 MMO_IOControl(), 完成这个扩展了的流接口驱动功能。

4.6 驱动程序加载及调试

其他驱动函数主要实现设备加载、卸载、资源释放等功能。编写好之后,配置其它加载文件,编译驱动工程,在工程的 RELEASE 文件下生成 MMO.dll 文件,然后用 ActivateDeviceEx() 函数对驱动程序进行动态加载^[6],这种方法便于调试,调试通过后,修改工程中的 platform.bib 二进制映像构建器文件和 platform.reg 注册表文件,在 platform builder.5.0 编译器中,Built and sysgen 生成新的操作系统镜像 nk.bin 内核文件,最后将 nk.bin 文件通过 Ethernet 下载到硬件平台中。

5 性能评价

方案在硬件上,用伺服电机作为高速工业绣花机的主轴电

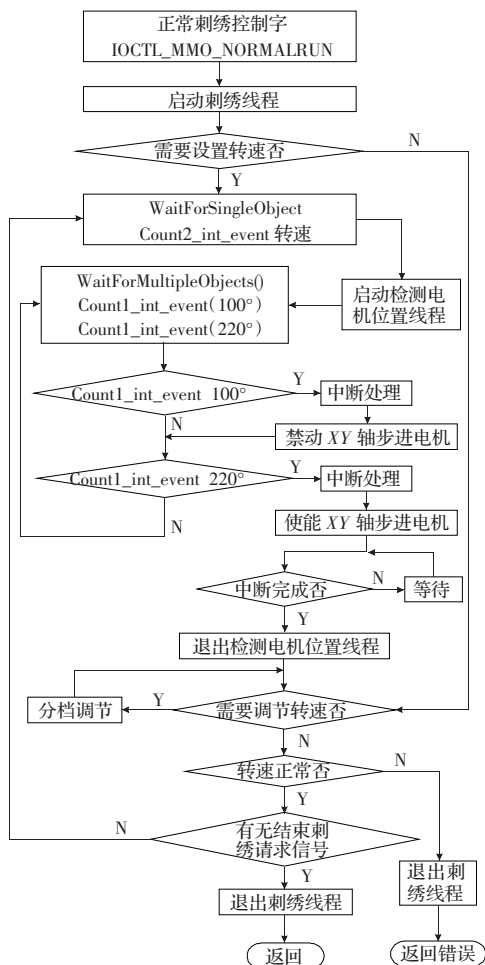


图4 正常刺绣控制流程图

机,并且以速度控制方式对其进行控制,使高速工业绣花机具有较快的响应速度和较高的控制精度;在软件设计上,根据项目的实时性要求,对各个功能模块所需要的 I/O 资源明确划分,并将驱动程序和应用程序充分的相结合,采用多线程机制,使应用程序中的部分功能操作在驱动程序中实现,这样大大减少了 WinCE 文件系统调用流驱动的次数,提高了程序的执行效率,为绣花机高实时系统功能的实现提供了基础。该系统已应用于自主开发的高速工业绣花机中,绣花机在正常工作的时候,启动较快,高速运行时平稳可靠且噪声较小,并能够精确的停车,同时刺绣品质和效率也有很大的提高,系统各方面性能都达到了预期目的。

6 结束语

主轴控制系统是高速工业绣花机的核心,在分析了绣花机在高速运行条件下影响绣花机平稳运行的诸多因素的基础上,以 ARM9 控制器结合 CPLD 和伺服驱动器为硬件平台,实现了基于 Wince5.0 的主轴控制系统流驱动设计。经测试,该方

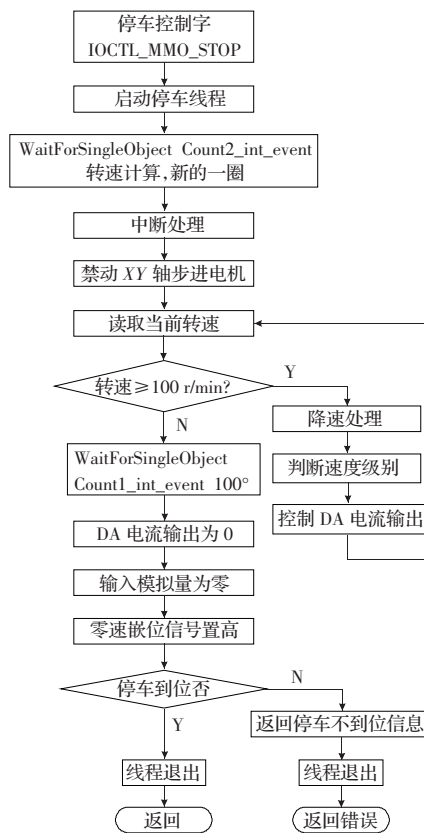


图5 停车控制流程图

案使绣花机高速运行时在响应速度、控制精度、减少噪声等方面性能有明显的改善,对高速工业绣花机的开发有较好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 中国绣花行业网.国内电脑绣花机的现状及发展[EB/OL].[2007-8-13].http://www.embcc.cn/News_Info.asp?Mid=48&Sid=223&Nid=2859.
- [2] 中国绣花行业网.我国绣花机行业现状分析 [EB/OL].[2007-8-22].http://www.embcc.cn/News_Info.asp?Mid=48&Sid=223&Nid=2982.
- [3] 刁红泉,颜钢锋.电脑绣花机控制系统整体设计方案[J].工程设计学报,2003,10(4):188-191.
- [4] Chun T-W,Ahn J R,Lee H H,et al.Development of servo motor drive systems for embroidery machines[C]//Pro of 8th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology,Korus 2004, 2004:310-314.
- [5] 胡军辉,王友钊.Windows CE 设备驱动程序开发[J].计算机工程,2006,32(8):41-43.
- [6] 何宗键.Windows CE 嵌入式系统[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [7] 胡波.Windows CE.net 中断体系结构研究与实现[J].计算机工程,2007,33(12):255-257.