

# 电子提花机控制系统的 CAN 总线光纤接口的设计与应用

Design and Application of Optical Fiber CAN Bus Interface for Electronic Jacquard Machine Control System

周砚江 李捷飞 陈 勇 (浙江理工大学 机械与自动控制学院 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 本文提出了一种基于 CAN 总线光纤接口的电子提花机的控制系统。针对大纹针数电子提花机数据传输和控制的要求,提出了一种通过 SPI 接口实现嵌入式微机 S3C2440 的 CAN 总线接口扩展和 CAN 总线光电转换以及光分路的设计。这种基于 CAN 总线光纤接口,提高了电子提花机微机控制系统的数据传输速度和可靠性,为大纹针数电子提花机稳定、可靠的运行提供了技术保障。

**关键词:** 电子提花机 CAN 总线 光纤接口 光电转换 S3C2440 AT89C51CC03

在高速大纹针数电子提花机(纹针数大于 10000 针)控制系统中,为实现提针的运动控制,需要控制系统能提供 500Kbps 的数据传输能力,一般的异步串行通讯方法已经难以满足系统的要求,同时,电子提花机在工作过程中产生一定能量的电磁波,在机台集群工作的电子提花车间中,它对数据通信的信道造成极大的干扰。由于通信的可靠性不能得到保障,从而导致整个提花机控制系统的可靠性得不到保障。因此,数据通信的速率和可靠性成为大纹针数电子提花机控制系统的一个瓶颈问题。

本设计提出的 CAN 总线光纤接口技术,不仅提高了处理器之间通信速率,而且将普通的传输介质由双绞线改为光纤,既克服了传输中的反射波干扰,也提高了对电磁波的抗干扰的能力,数据传输的可靠性得到改善。

## 1 系统设计方案

电子提花机是一种典型的机电一体化装置,其系统主要由控制器、提花电磁执行机构、电控箱及传动部分组成。虽然电子提花机在控制器的设计以及提花执行器有不同的技术方案<sup>[1-3]</sup>,但从机电控制的功能模

块上分析,电子提花机控制系统可以分为以下几个部分:主控制 CPU 模块、选针驱动模块、人机界面模块、花型存储模块、同步信号检测模块、网络应用模块以及生产管理模块。如图 1 所示。

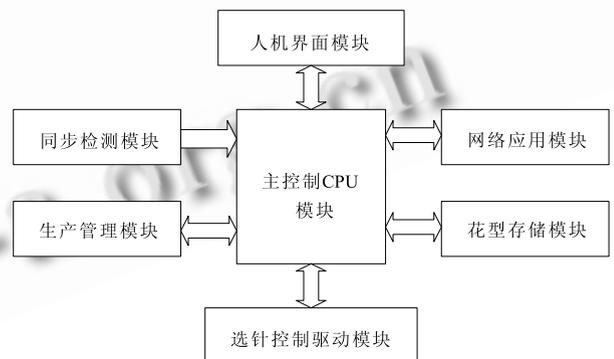


图 1 电子提花机功能模块

一般的电子提花机控制系统的主控制 CPU 模块与选针驱动模块之间的通讯采用差分串行 RS485 通信接口技术<sup>[3]</sup>。RS485 是一种半双工的电气协议,传输介质通常采用双绞线。这种通信方法具有硬件电路设计简单、控制方便、成本低廉等优点,但是由于这种通信方法的主从节点之间的通信通过主节点对各个

从节点的轮询来完成,这样就大大降低了数据传输的速率,导致系统的实时性较差<sup>[4]</sup>。而且随着信号的频率提高,很容易产生反射波干扰,导致通信的可靠性得不到保障。

电子提花机的提针控制过程是一个周期性运动控制过程,通过一定的控制流程来完成,需要机械机构和电磁执行器的配合来完成。在提刀一个运动周期过程中,纹版数据需在前 2/3 周期内准备好,当织机转速为 600 转/分钟时,为实现单次提花,主控制 CPU 与选针驱动控制模块之间的数据传输时间必须小于 50ms,对控制系统的通信实时性有较高的要求。对 12288 针大纹针数电子提花机而言,要求传输速率达到 500Kbps,而 RS485 在这个传输速率下通信的可靠性得不到保证。由于,大纹针数提花机一般用于单幅大花纹织物,一旦出现提花故障引起错花,就会造成产品的报废,因此数据通讯的可靠性是设计电子提花机设计的一个关键技术。

由于织机的大功率电机和提针选针机构本身是电磁驱动的阵列,车间又是机台集群排列生产,因此,在电子提花机的工作环境中,存在大量的电磁干扰源,通信环境恶劣。一般的电磁辐射的频率和光波导频谱相距甚远,它不会叠加到光信号上或混入光信号中,也很难进入光纤芯内影响光信号的传送。因此,在这种具有强烈电磁干扰的场合中,采用光纤作为传输介质的 CAN 总线通讯可以保证主控制 CPU 与选针控制驱动模块间的数据传输的快速和准确。

在本设计采用 ARM9 处理器 S3C2440 作为主站控制器的 CPU,S3C2440 集成了中断控制器、UART、LCD 控制器、网络控制器、SPI 总线接口、USB 等等功能<sup>[5]</sup>;提花纹版的数据存储单元采用大容量的 NAND FLASH K9F1G08U0M 存储器<sup>[6]</sup>,可实现约 10 万纬的海量存储;控制系统设计了具有触摸屏操作的 8 英寸 LCD,提供操作友好的人机界面;选针控制驱动模块的微控制器选用带有 CAN 接口的增强 8 位 MCU—AT89C51CC03<sup>[7]</sup>。

如图 2 所示的 CAN 总线网络拓扑结构中,主控制 CPU 模块为 CAN 节点 0,每个选针控制驱动模块为一个 CAN 节点,可以控制 1536 只选针器,通过 CAN 总线网络控制实现对选针器阵列的网络化控制。CAN 总线为多主方式工作,不分主从机,通过报文标志符通信,无需站地址等节点信息,增减 CAN 节点显

得很方便。因此,对于不同纹针数的电子提花机,只要通过增减选针控制驱动模块,而无需改动硬件电路来构建其控制系统,实现了电子提花机的模块化组配。以 12288 针电子提花机为例,通过在 CAN 总线网络上配置 8 个 CAN 节点,即安装 8 个选针控制驱动模块来实现该系统。根据 CAN 总线的节点驱动能力和通讯协议的规范<sup>[9]</sup>,本设计在理论上可驱动 168960 个选针器,对现有的电子提花机机械装备水平而言,所涉及的控制系统的扩展空间有较大的冗余。

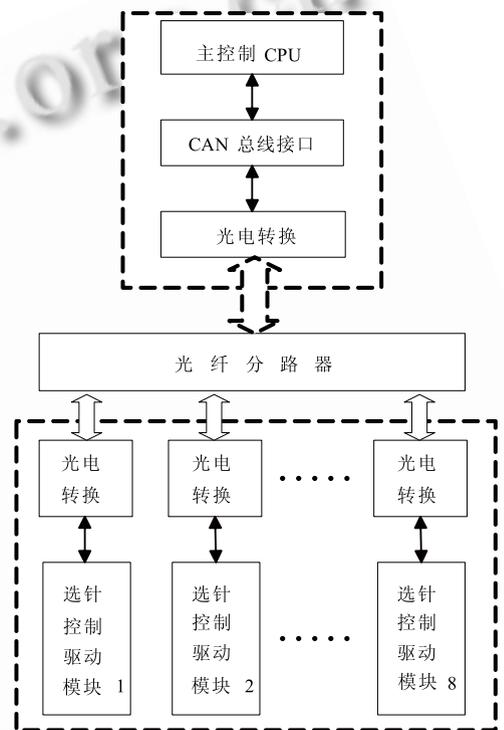


图 2 CAN 总线光纤传输示意图

## 2 CAN总线光纤传输接口硬件实现方案

根据上述对电子提花机控制系统的设计需求分析,为实现 CAN 总线光纤传输接口,需要解决以下两个关键技术:ARM9 嵌入式控制单元的 CAN 总线接口扩展和总线信号的光电转换。

### 2.1 主控制 CPU 的 CAN 总线接口

本设计采用 MCP2515 控制器通过 SPI 接口与 S3C2440 微控制器连接,实现嵌入式微机系统的 CAN 总线接口扩展。图 3 为 MCP2515 与 S3C2440 的接口电路。

MCP2515 是一种带有 SPI 接口的 CAN 总线控制器,它支持 CAN 技术规范 V2.0A/B<sup>[7]</sup>。MCP2515 采

用 SPI 接口与微控制器进行数据同步串行通信，最高传输速率可达 10Mb/s，并且具有中断控制、接收帧屏蔽和过滤、帧优先级设定等功能，能够很好地对信息进行管理、减轻微处理器的工作负担、简化控制软件的设计。

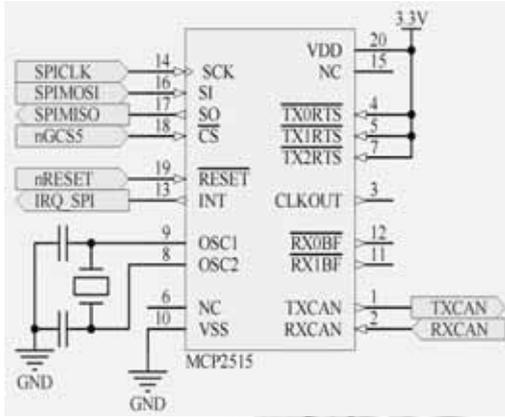


图 3 MCP2515 与 S3C2440 的接口电路

如图 3 所示，本设计不使用 MCP2515 的发送缓冲器 TXBn 中断引脚 TXnRTS 和接收缓冲器 RXBn 中断引脚 RXnBF，只使用 MCP2515 的总中断引脚 INT<sup>[8]</sup>。在程序设计时，微处理器通过 SPI 接口对 MCP2515 的中断使能控制寄存器 CANINTE 进行设置，通过中断使能和中断响应，由程序直接控制发送和接受。本设计的特点是：微控制器在响应 MCP2515 的总中断后，通过 SPI 接口访问 MCP2515 内部中断标志位寄存器 CANINTF 来确定具体的中断事件，并对其作出处理。

### 2.2 选针驱动控制模块的 CAN 总线接口

选针驱动控制模块中的微控制器芯片为 AT89C51CC03，它是带有完整 CAN 控制器的 8051 系列微控制器，其 CAN 总线控制器固件符合 CAN 2.0A 和 2.0B 规范，含有用于通信管理的优化结构(通过 SFR)和 15 个独立的报文对象。支持时间触发通信、自动波特率和监听模式、以及可编程的自动应答模式。在 X2 模式下，晶振频率为 8MHz 时，最高的传输速率可以达到 1Mbps<sup>[9]</sup>，能满足大纹针数电子提花机的通信需求。

### 2.3 光收发模块及其接口

CAN 总线协议支持光纤作为传输介质，总线信号的光电转换是实现光纤传输的一个重要环节。目前，

光纤收发器有两种基本类型：一种是基于分立元件的，即光接收和光发送模块是独立的。这种光收发模块相对比较简单，光发射部分主要由光源和偏置控制电路组成；光接收部分主要由光探测器、整形放大电路组成，一般采用多模光纤进行传输<sup>[10]</sup>。另一种是光纤收发一体模块，它在光源、光探测、光器件封装、驱动集成电路、放大集成电路技术进步的基础上，将接收和发送集成到一起、采用电信传输标准的光电子系统；在光发射部分使用了工业化的标准光源，并在接收部分设计了时钟及再生判决电路等，一般采用单模光纤进行传输<sup>[11]</sup>。因此，光纤收发一体模块在信号转换的速率和稳定性上都比分立的光纤收发器件有很大的提高，而且接口方便，单模光纤的色散、传输光功率消耗也比多模光纤小。

本设计中使用的 MCP2515 总线控制器的输入输出可以直接与光电转换模块接口，光电转换模块的电源与处理器的电源通过电源模块隔离，提高了接口的稳定性和安全性。光信号端采用标准 SC 插拔式光纤接口，收发的光波波长通过选择，可以是 1310nm 发送和 1550nm 接收或者 1550nm 发送和 1310nm 接收。驱动接口如图 4 所示。

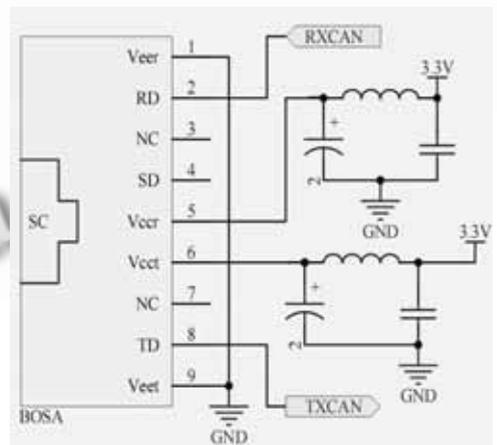


图 4 TTL 光纤收发一体模块驱动接口电路

### 2.4 光纤分路器的实现

光纤的连接不能像导线一样简单的连接在一起。为了将主控制 CPU 模块和多个从控制选针驱动模块连接在一起，本设计中采用了光纤分路器进行连接。光分路器有两个作用：第一，把一道主光源通过分路器把光分成 N 份的光路出去；第二，把 N 份的光路通

过分路器合成为 1 束主光源回收。

本设计选用单纤双向 TTL 收发光模块,发送和接收光信号采用两个不同波长的光信号,要求接收和发送的两个光信号必须均可通过光纤分路器传送。因此,采用了双窗口宽带型单模光纤分路器<sup>[12]</sup>,它对 1310nm 和 1550nm 波长均具有规定的分光比,工作波长为  $1310 \pm 40\text{nm}$  和  $1550 \pm 40\text{nm}$ 。网络的灵活性得到了一定的增强。

### 3 主控制CPU的CAN接口的控制程序

主控制 CPU 的 CAN 接口控制程序的基本任务是:确保对 S3C2440 的 SPI 口的正常收发,然后通过 SPI 口对 MCP2515 的寄存器进行设置实现 CAN 总线控制器的收发程序。

#### 3.1 SPI 的初始化

根据系统设计的要求,首先对 SPI 的波特率、主机模式、中断方式、时钟等参数进行初始化。然后对 MCP2515 的寄存器进行总线控制的初始化设置。

对 SPI 的初始化操作采用一个函数,如下:

```
uint8_t spi_readwrite(uint8_t data)
{
    SPDR = data; // set data to send into SPI
    data register
    while(!(SPSR & (1<<SPIF))); //Wait for
    transmission complete
    return SPDR; // return data read from SPI
}
```

以上程序中已经包含了读取 SPI 总线缓冲器,所以执行读操作时,只要向要查询的寄存器中写入 0xFF(SPI 正常模式),就可以读出该寄存器的内容。

#### 3.2 MCP2515 的初始化

对 MCP2515 的初始化操作按照以下的顺序:软复位—禁止中断—进入配置模式—设置波特率—进入正常模式—设置屏蔽位。以下给出了向 MCP2515 的指定寄存器写入一个字节的子程序:

```
void mcp2515_setRegister(const uint8_t
address, const uint8_t value)
{
    MCP2515_SELECT();
    spi_readwrite(MCP_WRITE);
    spi_readwrite(address);
```

```
spi_readwrite(value);
MCP2515_UNSELECT();
}
```

MCP2515\_SELECT()和 MCP2515\_UNSELECT()分别为 CS 引脚的置低和置高。对 MCP2515 的寄存器操作必须先写入指令操作码 MCP\_WRITE,然后再写入寄存器地址 address 和内容 value,才能完成写命令。其它的操作程序与上述类似<sup>[9]</sup>。

#### 3.3 CAN 总线报文收发的实现

CAN 的报文收发内容包括 ID 和数据,对 CAN 总线发送数据的子程序如下:

```
void mcp_write_can( uchar row, uchar ext,
unsigned long can_id,
uchar dlc, uchar rtr, uchar* data,uchar
Cs_num)
{
    uchar mcp_addr = row*16 + 0x21;
    mcp_write_can_id(mcp_addr,ext,can_id
,Cs_num);
    WriteDataCs(mcp_addr+5,data,dlc,Cs_n
um);
    if (rtr == 1) dlc |= RTR_MASK;
    WriteDataCs((mcp_addr+4),&dlc,1,Cs_n
um);
}
```

### 4 系统调试与总结

本设计针对高速大纹针数电子提花机的数据传输和系统控制的要求,提出了一种采用 CAN 总线光纤通信的大纹针电子提花机控制系统通信接口技术,主控制 CPU 模块与选针驱动控制模块之间采用 CAN 总线光纤通信,提高了数据通讯的速率和稳定性,增强了控制系统的抗干扰能力。通过利用 CAN 总线的网络拓扑结构的特点,纹针数量的多少可以通过增减选针控制驱动模块的数量来实现,不需要改动任何硬件电路就可以完成,实现了电子提花机的模块化组配,节约了电子提花机控制系统的开发和生产成本。

对基于该 CAN 总线光纤接口技术的 12288 针的电子提花机的调试过程中,设置 CAN 总线的通信速率

(下转第 174 页)

为 750Kbps,收发光波采用不同的波长,主控制 CPU 端发送的光波波长采用 1310nm,接收的光波波长采用 1550nm,而选针驱动控制模块的收发光波波长正好与之相反。织机主轴在 600 转/分钟下连续运行 24 个小时,没有出现通讯错误导致的错花现象。证明了 CAN 总线光纤通讯网络提高了数据传输速率,并且比双绞线网络具有更强的抗干扰能力,适合存在大量电磁干扰的电子提花机工作环境,在电子提花机的集散控制中具有明显的优势。

### 参考文献

- 1 李志祥.电子提花技术与产品开发.北京:中国纺织出版社,2000:153 - 173.
- 2 沈炜,王弋,王伯奇.通用电子提花机控制系统设计方案.纺织学报,2004,25(5):113 - 114.
- 3 蔡重凯,基于 ARM 的电子提花机控制器设计[硕士学位论文].杭州:浙江大学,2006.
- 4 American Dynamics. RS-422/RS485 Communications Protocol User's Guide, 8000 - 2694,REV.B.

- 5 Samsung Electronics. S3C2440A Datasheet.32-Bit CMOS Microcontroller User's Manual.Revision, 2004.
- 6 Advance. K9F1208Q0B Datasheet. 64M×8Bit Nand Flash Memory. Rev0.0.2004.
- 7 Ateml. AT89C51CC03 Datasheet. Enhanced 8-bit MCU with CAN Controlller and Flash Memory. Rev.41820-CAN - 09/08.
- 8 Microchip Technology Inc. MCP2515 Datasheet. Stand-Alone CAN Controller with SPITM Interface. 2004.
- 9 饶运涛,等.现场总线 CAN 原理与应用技术.(2nd ed).北京:北京航空航天大学出版社,2007:91 - 128.
- 10 陈渝光.基于光纤通信的汽车照明及信号控制系统.重庆大学学报,2004,27(5):25 - 27.
- 11 Hewlett Packard. 1×9 Fiber Optic Transceivers for Fibre Channel.1999.
- 12 王志军,屠青.无源光纤分路器.光纤通信技术,1996,(5):39 - 41.