

壁纸机烘房温度数据采集的以太网接口设计

严建海 楚建安 倪晓宇

(西安工程大学电子信息学院 西安 710048)

摘要: 为实现壁纸机烘房温度远程检测,设计了一个温度数据采集传输的以太网通信接口。以 PT100 作为温度传感器并设计了 PT100 的输入调整电路,经主控制器 STM32F103 进行 A/D 转换得到温度数据,以此构建了温度信号采集系统。采用新型网络芯片 W5500 作为以太网网络接口芯片,通过新的高速 SPI 接口方式实现了 STM32F103 与 W5500 之间的高速数据传输,利用 W5500 内部集成的 TCP/IP 协议栈实现了以太网的通信,省去了在主控制器上的协议栈移植,使系统实现更加简单。试验结果表明,该接口能实现温度数据的可靠、快速传输。

关键词: 以太网;W5500;STM32F103;通信接口

中图分类号: TN919 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5025

Design of Ethernet interface for the wallpaper machine dryer temperature data collection

Yan Jianhai Chu Jian'an Ni Xiaoyu

(School of Electronics and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: To achieve remote access to wallpaper machine dryer temperature detection, a temperature data transmission of Ethernet communication interface is designed. PT100 is used as the temperature sensor and the input circuit is built as well. A temperature signal acquisition system is established with controller STM32F103 whose A/D converter is used to convert voltage into data. W5500 chip is used as Ethernet network interface chip and high speed data transmission between STM32F103 and W5500 is carried out through the new high speed SPI interface. The Ethernet communication interface is easily achieved with W5500 own TCP/IP protocol stack instead of transplanting protocol stack. The test result shows that data transmission is reliable and fast through this interface.

Keywords: Ethernet ;W5500 ;STM32F103;communication interface

1 引言

传统的壁纸生产线现场设备层一般采用现场总线,所有的控制信息以及各种监测信息的传输仅限于现场级。如果想实现远程监控,则需增加额外的网络设备,从而使成本增加。近年来信息技术、数据库技术及先进测量技术的飞速发展促进了工业过程状态在线监测的发展^[1],信息交换沟通的领域正在覆盖工厂的现场设备层到控制、管理的各个层次,以太网技术支持几乎所有的网络协议,所以在数据信息网络中得到广泛应用,具有传输速度快、低能耗、便于安装、兼容性好、开放性高和支持设备多等方面的优势^[2]。

以太网技术的应用为通信数据的后台分析与远程传输提供了便利。将壁纸机生产线通信网络进行以太网改造具有重要意义,设计烘房温度数据采集以太网接口便是其中一个环节。通常采用的以太网接口芯片本身未集成网络协议栈,且大多体积较大。ENC28J60 虽然体积较小,但是只能支持 10BASE-T^[3]。本设计拟采用自带协议栈的新型网络芯片 W5500 更加简洁高效的实现以太网接口设计。

2 壁纸机烘房介绍

壁纸机整个系统的生产工艺流程如图 1 所示。

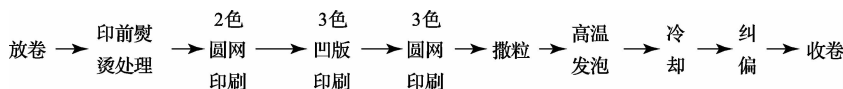


图1 壁纸机系统生产工艺流程

壁纸在印花以后需要经过烘房对其进行烘干。通常采用天然气、导热油作为烘房的热源。烘房内部温度的高低和温度的稳定性对壁纸质量影响很大。温度太低,烘干效率低,印花速度慢,严重时不能烘干而粘色浆;温度太高,印花后的色泽会发生变化,印制效果就受到了影响。

传统的壁纸机烘房是用数显仪表与温度传感器的连接来现场控制烘房内的温度。壁纸机烘房的温度控制系统由温度传感器、监测仪表以及导热油控制的电动比例阀组成。通过设定温度来控制电动比例阀门的开度。温度监控一般也只是限制于现场级,要将壁纸机生产线进行以太网改造和作为远程监控对象,设计烘房的以太网远程数据通信接口就显得十分必要。

3 通信接口硬件设计

3.1 以太网接口芯片 W5500

W5500 是一款全硬件 TCP/IP 嵌入式以太网控制器,内部 32 K 字节收发缓存。支持硬件 TCP/IP 协议:TCP,UDP,ICMP,IPv4,ARP,IGMP,PPPoE,为嵌入式系统提供了更加简易的互联网连接方案。W5500 集成了 TCP/IP 协议栈,10/100M 以太网数据链路层及物理层,支持 8 个独立端口(Socket)同时通信,这将会比其他嵌入式以太网方案更加快捷、简便。使得用户使用单芯片就能够在他们的应用中拓展网络连接。

W5500 是继 W5100 和 W5300 之后的又一款以太网芯片,W5100 与 MCU 有多种接口方式,最大通信速率 25 Mbps^[4],W5300 与控制器的硬件接口采用总线连接方式,通信速率最大为 50 Mbps^[5],与 W5100 或 W5300 相比,W5500 引脚更少,体积更小,速度更快,与控制器连接更加方便。W5500 支持高速串行外设接口(SPI 模式 0,3),从而能够更加容易与外设 MCU 整合。而且,W5500 的使用了新的高效 SPI 协议支持 80 MHz 速率,从而能够更好的实现高速网络通信。

3.2 系统主控芯片 STM32F103

使用了 STM32F103 作为系统的主控芯片。STM32F103 自带 12 位分辨率的 ADC。其主频率可达 72 MHz;内置高速存储器(512 KB Flash、64 KB RAM);丰富的增强 I/O 端口和外设资源,包括 5 路 USART、2 个 12 通道 DMA 控制器和 3 路 SPI。可在 -40~105℃ 温度范围内工作。能够满足壁纸机车间级的要求。

系统整体如图 2 所示,温度检测单元采集到电压值后直接通过 STM32F103 的 ADC 转换为数字量,之后通过程序再换算成温度,控制器通过温度传感器实时检测被监测点的温度变化^[6],将温度数据通过以太网控制器 W5500 进行发送,并通过 RJ45 插头和上位机进行通信。显示模块采用 LCD 液晶屏,控制信号仍然由 STM32F103 提供^[7]。

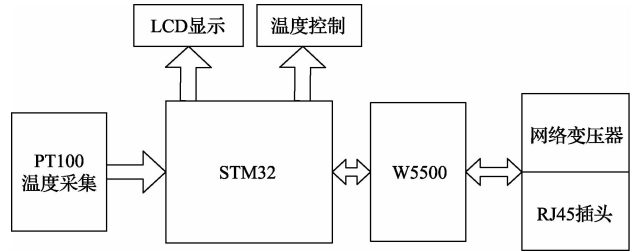


图 2 系统整体

3.3 温度传感器 PT100

温度传感器选择 PT100,它是一种稳定性和线性都比较好的铂丝热电阻温度传感器,抗振性能好,测温精度高,机械强度高,耐高温耐压性能好,可以工作在 -200~650℃ 的范围,属于正电阻系数,温度在 0℃ 以上时,其电阻和温度变化的关系式如下:

$$R = R_0(1 + \alpha T) \quad (1)$$

式中: $\alpha = 0.00392$, $R_0 = 100 \Omega$,为 PT100 在 0℃ 时的电阻值, T 为摄氏温标下的温度值。

其中以白金(Pt)制成的电阻式温度检测器,最为稳定,耐酸碱、不会变质、线性度好,适合壁纸机烘房使用。Pt 电阻接法一般有三线制、两线制和四线制,两线制精度较低,四线制较为复杂,从精度和成本的角度综合考虑,采用三线制接法。三线制接法是将 PT100 两侧相等的导线长度分别加在两侧的桥臂上以消除导线电阻,从而提高温度检测精度^[8]。在这里采用的桥式采样电路,根据烘房的实际情况,采样范围设定在 0~240℃,查阅 PT100 的资料可知,0℃ 时 PT100 的电阻为 100 Ω ,240℃ 时 $R = 100 \times (1 + 0.00392 \times 240) = 194.08 \Omega$,阻值相差 94.08 Ω 。因此,设计 R_3 为 100 Ω , R_1 、 R_2 为 1 k Ω ,统一电源标准为 5 V,即 $V_{cc} = 5 V$,则 V_1 与 V_2 的差值最大为:

$$V_{cc} \times [Pt100max \div (Pt100max + R_1) - \frac{R_3}{R_1 + R_2}] \quad (2)$$

代入具体数字可算得其为 0.358 V,使得 V_1 与 V_2 的差值控制在 0~0.358 V,经过运算放大器将信号放大 10 倍,使得输出在 0~3.58 V 变化,送到后级 A/D 采样模拟输入。

PT100 输入调整电路如图 3 所示^[9]。

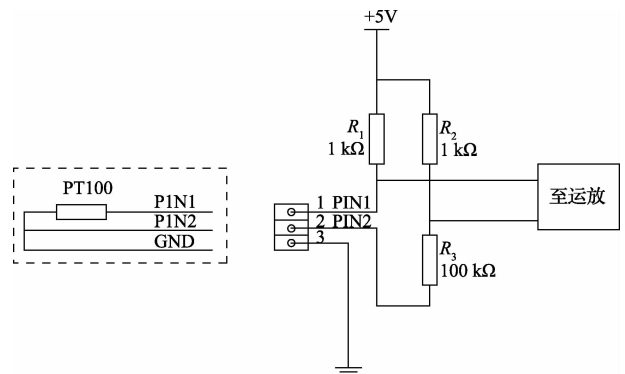


图 3 PT100 输入调整电路

A/D 转换后的温度值由 STM32 传给 W5500, STM32 与 W5500 芯片间的通信遵循 SPI 协议, 并按照 W5500 制定的传输格式和命令进行通信。通信接口具体的连接方式如图 4 所示。

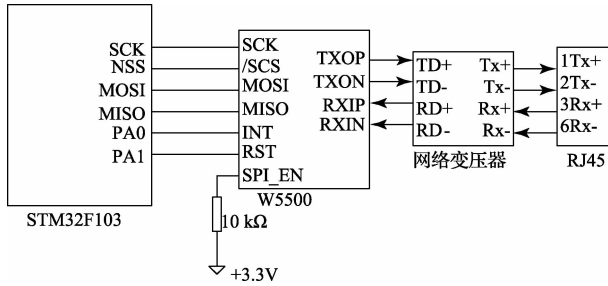


图 4 STM32 与 W5500 连接

4 软件设计

软件设计主要包括初始化程序、网络通信程序和温度采集程序等。温度数据采集模块主要用到 A/D 转换程序, 将电压值转化成数字量再换算成温度值。网络通信协议可以是 TCP 或 UDP 协议, 其中 TCP 提供的是面向连接、可靠的字节流服务, UDP 协议是一个简单的面向数据报的运输层协议^[10]。为保证可靠性, 此处采用 TCP 协议。

4.1 初始化模块

初始化模块主要完成对控制器 STM32F103 和 W5500 的初始化。STM32F103 初始化主要完成时钟、系统启动模式、I/O 以及 SPI 接口的初始化设置等。主要程序如下^[11]:

```
RCC_Configuration(); //设置系统时钟
SPI_Configuration(); // SPI 初始化配置
NVIC_Configuration(); //STM32 中断向量表配
配置
Timer2_Init_Config(); //Timer2 初始化配置
W5500_Configuration(); //W5500 初始化配置
ADC_Configuration(); //A/D 转换程序
```

W5500 的初始化操作包括模式选择、重发时间、重发次数、网关地址、子网掩码、物理地址和 IP 地址等的设置。主要程序如下:

```
Write_W5500_nByte(GAR, Gateway_IP, 4); //设置
网关的 IP 地址
```

```
Write_W5500_nByte(SUBR, Sub_Mask, 4); //设置
子网掩码值
```

```
Write_W5500_nByte(SHAR, Phy_Addr, 6); //设置
物理地址
```

```
Write_W5500_nByte(SIPR, IP_Addr, 4); //设置本机
的 IP 地址
```

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(i, Sn_RXBUF_SIZE,
0x02);
```

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(i, Sn_TXBUF_SIZE,
0x02); //设置发送缓冲区和接收缓冲区的大小
```

```
Write_W5500_2Byte(RTR, 0x07d0); //设置重试
时间
```

```
Write_W5500_1Byte(RCR, 8); //设置重试次数
```

STM32F103 工作在 SPI 主设备状态, W5500 工作在从设备状态。初始化完成后, 为实现微处理器与 W5500 数据通信, 需要根据 SPI 协议编写发送字节函数 SPI_SendByte() 并定义读操作码和写操作码, 配合 Read_W5500 和 Write_W5500 完成字节的读取和发送。

4.2 TCP 服务器模块

在该设计中, 采用的是客户端/服务器模式, 通过初始化设置, 使 W5500 工作在服务器模式下, 等待客户端的连接。首先通过初始化模块初始化 W5500, 将 Socket 设置为 TCP 服务器模式。当 Socket 作为服务器模式时, 初始化端口需要设置运行模式 (Sn_MR) 和本机端口号 (Sn_Port), 并在端口命令寄存器打开端口。引用 Socket_Listen(SOCKET s) 程序, 调用一次该程序后, W5500 即被设置为服务器模式。主要程序如下:

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(s, Sn_MR, MR_
TCP); // 将 Socket 设置为 TCP 模式
```

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(s, Sn_CR, OPEN); //
打开 Socket
```

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(s, Sn_CR, LISTEN); //
将 Socket 设置为侦听模式
```

```
Write_W5500 SOCK_1Byte(s, Sn_CR, CLOSE); //
关闭 Socket
```

完成 Socket 的打开和设置侦听工作后, 至于远程客户端是否与其连接, 则需要等待 Socket 中断, 在服务器侦听模式下, 不需要设置目的 IP 和目的端口号。

5 系统调试

在 TCP&UDP 测试工具上创建的客户端主动与服务端连接, 首先设置好服务端的网络参数, 打开 TCP&UDP 测试工具, 再点击“创建连接”, 选择类型为“TCP”, 目标 IP 为 W5500 服务端的 IP 地址, 端口为 W5500 服务端端口号, “本机端口”设置为“随机选择端口”, 设置完成后点击“创建”完成客户端的创建。连接成功后, 服务端定时给客户端发送当前温度字符串, 温度发生变化时, 显示的温度值也跟随改变, 测试结果如图 5 所示。



图5 测试结果窗口

6 结 论

壁纸机烘房温度数据采集的以太网通信接口设计为其远程监控提供了条件,W5500内部集成了全硬件的、且经过多年市场验证的TCP/IP协议栈、以太网介质传输层(MAC)和物理层(PHY)。省去了TCP/IP协议栈的移植,节约了MCU的资源。新的高效80MHz速率SPI协议兼顾了接口的简洁和数据的高速传输,随着工业以太网技术的发展,当前网络化监测已经成为嵌入式测控系统的重要发展方向并成功运用在很多领域^[12],企业各级网络之间的无缝连接逐渐成为一种趋势。文中提到的以太网接口的实现就是实现壁纸机各级网络无缝连接的一个环节。实验结果表明,该系统能将温度信息进行准确、快速传输,将温度信息传送到以太网以后,可以实现远程的数据处理。

参考文献

- [1] 刘吉臻,高萌,吕游,等.过程运行数据的稳态检测方法综述[J].仪器仪表学报,2013,34(8):1739-1748.
- [2] 郑小倩.基于工业以太网的实时监控通信系统设计[J].微计算机信息,2010(7):82-84.
- [3] 刘宗铭,卓振泰,何明华.基于ENC28J60的以太网接口的设计与实现[J].电子器件,2013,36(6):919-923.
- [4] 王计元.单片网络接口芯片W5100的原理与应用[J].上海电力学院学报,2011,27(2):153-159.
- [5] 乔立岩,梁宇,赵浩然,等.基于W5300的以太网接口设计[J].电子测量技术,2012,35(7):153-159.

- [6] 兰羽,万可顺.基于AT89C51的无线温度采集系统的设计[J].国外电子测量技术,2013,32(5):83-85.
- [7] 于春雪.W5100在远程电力质量监测设备中的应用[J].电力系统通信,2011,32(227):60-61.
- [8] 隋洪岗.PT100温度传感器在温度数据实时监测系统中的应用[J].电脑开发与应用,2011,24(4):64-65.
- [9] 王龙.基于铂电阻Pt100的高精度温度测控系统设计[J].吉首大学学报:自然科学版,2009,30(3):71-72.
- [10] 闫亚婧,祖静,梁志剑,等.以太网控制芯片W5100的存储装置设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2010(9):54-56.
- [11] 于春雪.STM32F103的高速以太网接口设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2011(9):44-45.
- [12] 张佳倅,陈小惠,杨焱存.网络化蓄电池运行参数在线监测系统的设计[J].电子测量与仪器学报,2014,28(2):177-183.

作者简介

严建海,硕士研究生。主要研究方向为电力电子与电力传动。

E-mail:15212191592@163.com

楚建安,高级工程师,副教授。主要研究方向为电力电子与电力传动,检测与自动化装置。

倪晓宇,硕士研究生。主要研究方向为自动化控制。