

基于以太网的智能设备控制器的设计与实现^{*}

蒋小洛¹, 尤 佳², 朱海涛³

(1. 温州大学 物理与电子信息学院, 浙江 温州 325035; 2. 温州大学城市学院 电子信息分院, 浙江 温州 325035;
3. 温州大学瓯江学院 信息系, 浙江 温州 325035)

摘要:嵌入式系统的发展促进了智能设备的网络化, 针对家庭智能化问题, 提出了智能家居系统的应用模型, 设计了一种基于 MSP430F149 单片机的具有网络接口的智能设备控制器, 分析其硬件接口电路、软件层次结构和应用软件开发方法, 实现了以太网接口的通信功能。该智能设备控制器与家庭网关相连, 实现了家电的远程控制与安防报警功能。研究表明, 该系统具有准确性高、功耗低、稳定性好等优点, 可广泛应用于智能家居系统或网络测控等系统中。

关键词:智能设备控制器; MSP430F149; 以太网控制器; TCP/IP 协议

中图分类号: TH7; TP273

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)07-0074-04

Design and realization of Ethernet-based intelligent device controller

JIANG Xiao-luo¹, YOU Jia², ZHU Hai-tao³

(1. College of Physics & Electronic Information Engineering, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China;
2. Department of Electronic Information Engineering, City College Wenzhou University, Wenzhou 325035, China;
3. Department of Information Science & Technology, Oujiang College Wenzhou University, Wenzhou 325035, China)

Abstract: The networking of intelligent devices is promoted by embedded systems development. Aiming at intelligence issue, the application of smart home system model was put forward in the paper. The intelligent device controller based on MSP430F149 MCU with network interface was designed to achieve the communications of Ethernet interface. The hardware interface circuit, software architecture and application-level software development methods were also analyzed. Connecting with the home gateway enabled remote control of home appliances and security alarm function. The results indicate that the system has high accuracy, low power consumption, good stability, etc. It can be widely used in smart home system or network control system.

Key words: intelligent device controller; MSP430F149; Ethernet controller; TCP/IP protocol

0 引 言

智能家居是指利用先进的计算机技术、网络通讯技术、综合布线技术, 将家庭内部所有的设备 and 应用系统通过智能家庭网络连接成一体, 通过统筹管理, 实现了一种 SOHO (Small Office Home Office) 网^[1]。家庭网关是智能家居系统的核心, 是嵌入式 Internet 技术与家庭网络技术结合的产物, 它能将与之相连的智能设备控制器或家电设备状态信息上网, 并通过 Internet 网络对

智能设备控制器或家电设备进行全天候的远程实时监控, 实现客户端浏览器对家电设备信息的直接访问和控制, 给生活带来了方便和乐趣, 提高了工作效率。

本研究主要讨论基于以太网的智能设备控制器的设计与实现。

1 智能设备控制器的硬件电路接口

嵌入式系统的发展, 促进了家庭网关、智能设备控制器的智能化和网络化, 也给智能家居系统提供了必

要条件,目前大部分方法是在智能设备控制器内部嵌入支持 TCP/IP 协议的芯片,直接上互联网。本研究采用 32 位高档微处理器作为家庭网关,实现 TCP/IP 协议功能,负责所有家庭内部的智能设备的控制和管理功能,以及与外部 Internet 网络的连接,其具体应用模型如图 1 所示。将智能设备控制器作为下位机,在其内部嵌入支持 TCP/IP 协议的芯片,通过家庭网关与外部网络相连。这种方案将复杂的 Internet 协议的处理任务转移到了网关,降低了智能设备控制器与 Internet 连接对嵌入式微控制器 MCU 性能的要求。

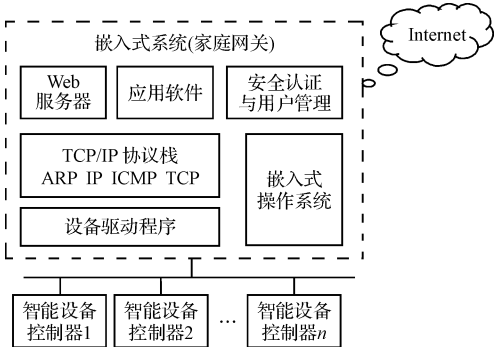


图 1 智能家居系统的应用模型

因篇幅限制,本研究仅就智能设备控制器的设计与实现作一下详细的介绍。智能设备控制器,包括智能应用终端、家用电器,是智能家居系统的最终控制或受控对象,能根据智能家庭网关的控制执行相应动作,并将自身状态及信息反馈给家庭网关。在家庭内部实现自动化,主要包括以下两方面的内容:

安防报警:用于家庭的安全防范,主要包括防盗、防火、煤气泄漏、紧急呼救等报警。

家电控制:用于传统家电的监控,主要包括家用电器的开关控制,或者对传统家用电器采取改造的方法。

智能设备控制器的设计方案很多,本研究中的智能设备控制器采用 MSP430F149 芯片和支持 TCP/IP 协议的以太网控制器芯片 CS8900A 构成,能根据家庭网关的控制命令执行相应动作;能将自身状态及信息反馈给家庭网关,再通过家庭网关反馈给远程浏览器。数据线由 MSP430F149 的通用 I/O 口 P5 跟 CS8900A 的 SD0~SD7 相连,地址线由 P4.0~P4.3 与 CS8900A 的 SA0~SA3 相连,P4.6、P4.7 分别与 CS8900A 的两根读/写控制线/IOR 和/IOW 相连。芯片 CS8900A 通过一个电磁隔离器 E2023,经 RJ45 接口与网关相连(也可直接连接 Internet),其硬件线路连接如图 2 所示^[2]。

MSP430F149 中 60 KB 的 FLASH 存储器和 2 KB 的 RAM 存储器,存放经过裁减的 TCP/IP 协议,它具有 6 个 8 位并行接口,除与网卡芯片连接外,还留有较

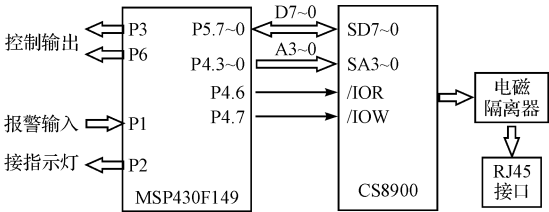


图 2 智能设备控制器的硬件电路框图

多的 I/O 口供安防报警输入和家电控制输出用。报警输入为开关量,可用类似 4×4 键盘接口形式扩展其输入,与 P1 口相接;家电控制可通过 P3、P6 口输出,共有 16 路,利用三极管驱动继电器控制家用电器的电源开关(如果路数多的话,也可以将一个智能设备控制器专门用于报警或家电控制)。

2 智能设备控制器的软件层次结构

采用这种方法硬件成本较为低廉,而软件设计则相对于直接采用具有协议栈结构的微控制器芯片实现网络接口的方法更复杂,但与家庭网关相比还是要简单些,其软件层次结构分为 3 个部分^[3],如图 3 所示。各部分功能如下:

应用程序(通信程序)
应用程序接口(API)
设备驱动程序

图 3 智能设备控制器的软件层次结构

(1) 设备驱动程序:主要完成对 CS8900A 的初始化、硬件驱动内部寄存器的读/写,以太网帧数据的封装、拆装、接收与发送等。

(2) 应用程序接口(API):专用开发的库文件,能实现 ARP、ICMP、IP、TCP 协议,并将它们封装成应用程序接口(API)形式,供上层应用程序调用。

(3) 应用程序(通信程序):通过 TCP/IP 协议传输数据,实现与上位机的数据交互通信。

3 智能设备控制器软件的开发

根据以上软件层次结构,智能设备控制器软件部分分 3 大模块:以太网模块、TCP/IP 模块、应用程序模块,均采用 C 语言编写。

3.1 以太网模块

以太网模块,即设备驱动程序部分,提供读/写 CS8900A 寄存器的接口、产生读/写 CS8900A 的时钟等功能,这些功能以函数的形式表达,给 TCP/IP 模块使用时提供接口。这样上层网络协议实现时就可直接

调用其函数,下面是一些主要函数说明:

`void Init8900( void )`: MCU 引脚初始化、以太网控制器复位及其配置;

`unsigned int Read8900( unsigned char Address )`: 从给定地址的 CS8900 寄存器中读取数据;

`void Write8900( unsigned char Address, unsigned int Data )`: 对 CS8900 控制寄存器进行写操作;

`unsigned int ReadFrame8900( void )`: 从接收缓存中读取数据;

`void WriteFrame8900( unsigned int Data )`: 将数据写入发送缓存;

具体过程如下:首先,调用 `Init8900()` 函数对以太网控制器 CS8900A 进行初始化配置,然后以太网控制器 CS8900A 被复位,并把 MSPF149 发送过来的本机 MAC 地址存储在 CS8900A 的寄存器中。配置完成后, MSP430F149 就可以对 CS8900A 进行数据的读写。

3.2 TCP/IP 模块

TCP/IP 模块,也称为应用程序接口 API,是整个软件的关键,它使用以太网模块提供的各种读/写函数收发数据,并给上层提供简单易用的 API 接口,其最主要的就是 `DoNetworkStuff()` 函数。它定义了以太网控制器 CS8900A 和嵌入式微控制器 MSP430F149 的不同标志位,通常由用户程序调用,以检查是否有帧收到,并进行相应的 TCP 事件处理。该函数如果经常被调用, TCP 的性能就越好。

如果有帧收到,首先判断是私有地址还是广播地址,然后根据收到帧(ARP、ICMP、TCP 等)的情况,分别调用 `ProcessEthAFrame()` 函数与 `ProcessEthBroadcastFrame()` 函数进行相应的处理,具体流程图如图 4 所示。

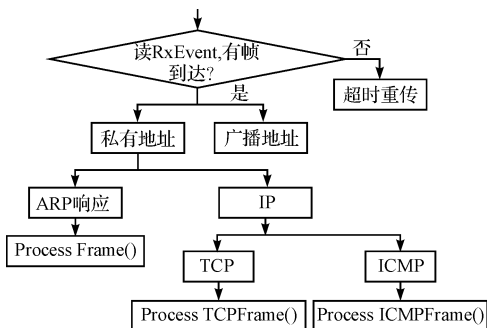


图 4 接收数据帧处理流程图

TCP 的连接可以采用主动或被动的方式调用 `TCPPassiveOpen()` 函数或 `TCPActiveOpen()` 函数建立连接,一旦建立连接,就通过函数 `TCPTransmitTxBuffer()` 发送数据到发送缓冲区或通过函数 `TCPTransmitTxBuffer()` 从接收缓冲区中读取数据,并通过相应的接

口函数读出 `SocketStatus` 寄存器的内容(`SOCK_ACTIVE`、`SOCK_CONNECTED`、`SOCK_DATA_AVAILABLE`),判断连接的状态。当数据发送或接收完毕,通过 `TCPClose()` 函数关闭连接^[4-8]。

3.3 应用程序模块

在以上工作的基础上,用户可以编写自己的应用程序,即通信程序,通过 TCP/IP 协议,以实现智能设备控制器与家庭网关的通信。

家电控制和安防报警是两个不同的控制过程,由于篇幅的限制,仅以安防报警为例介绍其通信过程。报警信号采用中断方式,一旦有报警信号,智能设备控制器作为客户端向家庭网关服务器请求连接,连接建立后向家庭网关服务器发送报警信号,家庭网关服务器接到请求后,取出该数据帧,经处理后存储到数据文件中,并返回应答信号,最后关闭连接。智能控制设备作为客户端,家庭网关作为服务器的相互通信过程中智能控制设备的流程图如图 5 所示。

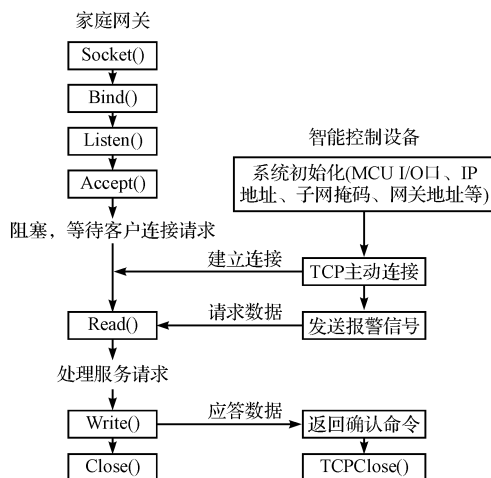


图 5 智能设备控制器作为客户端与家庭网关通信过程

4 测 试

将该智能设备控制器的网口与家庭网关的网口相连进行测试,通过浏览器来显示家电控制的初始页面如图 6 所示,该页面由浏览器发连接请求,通过 CGI 程序由家庭网关向家庭内部智能控制设备发状态检测命令,并读取家庭内部设备输出的状态,以页面的形式返回给浏览器。

图 6 中“X”代表家电都是关闭的,如果要打开某一电器设备,可通过按钮“ON”实现。如欲打开灯光 1,则按下浏览器中灯光 1 旁边的按钮“ON”。控制成功后,返回如图 7 所示页面,“●”表示灯光 1 已打开,控制已完成。经测试,响应速度 < 1 s。

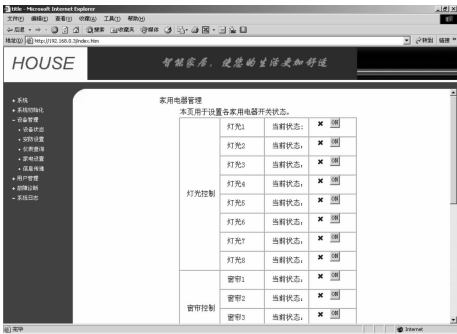


图6 浏览器显示家电控制的初始页面

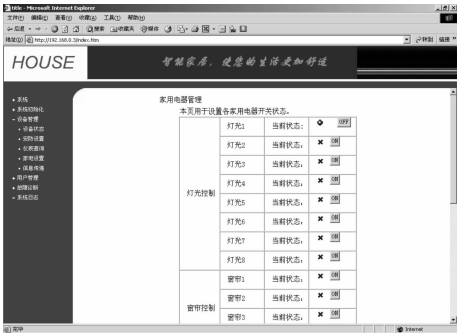


图7 浏览器发控制灯1打开命令返回的页面

5 结束语

本研究提出的智能设备控制器基于以太网方式实现网络连接的技术,实现了通过浏览器远程监视与控制家庭内部智能化家用电器的运行状况,推动了楼宇智能

化、自动化的发展。该方案除了应用于智能家居控制系统中外,还可广泛应用于基于以太网的远程数据采集与控制等工业控制领域,有着广泛的应用价值和前景。

参考文献(References):

[1] NAKAJIMA T, SATOH I, AIZU H. A Virtual Overlay Network for Integrating Home Appliances [C]. Proceedings of the 2002 Symposium on Applications and the Internet, 2002.

[2] [作者不详]. MSP430 Internet Connectivity Application Report [EB/OL]. [2004-02-01]. <http://focus.ti.com/lit/an/slaa137a/slaa137a.pdf>.

[3] BODAS D. CS8900A Ethernet Controller Technical Reference Manual [EB/OL]. [2001-07-01]. <http://www.cirrus.com/en/pubs/appNote/An83-3.pdf>.

[4] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.

[5] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.

[6] 蒋小洛, 胡大可, 朱海涛. 嵌入式家庭网关的研究与开发 [C]//中国西部嵌入式系统与单片机技术论坛 2005 学术年会论文集. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005: 125-129.

[7] 吴丽珍, 郝晓弘. 智能家庭网络控制系统的设计与实现 [J]. 计算机应用研究, 2005(3): 232-234.

[8] 刘露, 王竹萍, 刘炬. 基于嵌入式 Linux 的视频网络实时监控系统的实现 [J]. 电测与仪表, 2004, 41(12): 52-54. [编辑:李辉]

(上接第 28 页)

参考文献(References):

[1] 王德海, 江桢. 紫外固化材料理论与应用 [M]. 北京:科学出版社, 2001.

[2] 宋彦辉, 王钧, 王智生. 紫外固化中光敏促进剂对固化速度的影响 [J]. 云南大学学报, 2005, 27(3A): 355-357.

[3] 王锋, 胡剑青, 涂伟萍. UV 固化低聚物及其涂料研究进展 [J]. 热固性树脂, 2007, 22(3): 41-46.

[4] SIEMENS 公司. 深入浅出西门子 S7-300 PLC [M]. 北京:

北京航空航天大学出版社, 2004.

[5] 陈铭, 项占琴. PLC 在热钢坯断面打号机控制系统中的应用 [J]. 机电工程, 2008, 25(9): 77-79.

[6] 肖玉生, 张洪良. 新型高精度调压阀特性分析 [J]. 液压与气动, 2002(4): 40-42.

[7] 章宏甲, 黄谊. 液压传动 [M]. 北京:机械工业出版社, 2000.

[8] 叶军, 翟晓勋. 基于 S7-300 的圆棒铝锭锯切机控制系统 [J]. 机械, 2008, 35(11): 48-50. [编辑:张翔]