

文章编号:1007-2780(2015)05-0819-06

AIRMAX 无线网桥天线调试仪的设计与实现

袁 征^{1*}, 罗卫兵¹, 丁娜娜²

(1. 武警工程大学 信息工程系, 陕西 西安 710086;
2. 武警石家庄士官学校 网络管理系, 河北石家庄 050061)

摘要:在对 AIRMAX 网桥设备调试安装时,为了快速进行天线波束对准和 IP 地址联通测试,必须要及时准确获得网桥信号接收强度和信噪比等多种实时参数。设计了一款简易而低成本的网桥天线调试仪,使用 ENC28J60 以太网控制器实现调试仪与网桥的 Telnet 连接;利用 ATMEGA328 处理器完成信息的提取与筛选;通过 LCD1602 液晶显示屏显示网桥状态参数。实验结果表明:本系统的启动时间小于 1 min,每隔 2 s 对所需参数进行更新并显示。达到调试工作对调试仪小型、快速、准确的要求。

关 键 词:网桥;天线调试;液晶显示

中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153005.0819

Design and implementation of debugging instrument with AIRMAX bridge

YUAN Zheng^{1*}, LUO Wei-bing¹, DING Na-na²

(1. *Engineering University of PAP, Xi'an 710086, China*; 2. *Internet Management Department, Shijiazhuang Non-Commissioned Officer Academy of PAP, Shijiazhuang 050061, China*)

Abstract: In order to quickly test the antenna beam alignment and Unicom IP address in installing the AIRMAX bridge debugging equipment, the bridge receiving signal strength, the signal-to-noise ratio, and other parameters in real time must be accurately measured. A low cost and simple bridge antenna instrument was designed using an ENC28J60 Ethernet controller to set up bridge Telnet connection to measure these parameters. Additionally, an ATMEGA328 processor was used to carry out information extraction and selection. The bridge parameter statuses were shown on an LCD1602 display. Experimental results show that this system's start time is less than 1 min, and it extracts and displays the Bridges RSSI and the NOISE value in every 0.5 s, satisfying the requirements of small, rapid and accurate debugging.

Key words: bridge; antenna debugging; liquid-crystal display

收稿日期:2015-02-05;修订日期:2015-03-07.
基金项目:粤港关键领域重点突破项目(No. 2000A10403021)
* 通信联系人,E-mail:297181357@qq.com

1 引言

随着科技的发展,美国 UBNT(Ubiquiti Networks)公司的产品以精美的设计工艺、稳定可靠的质量、超强的性能以及超出想象力的价格等特点成为无线网络设备中的主力军。AIR-MAX 系列网桥是美国 UBNT 公司最新推出的基于 802.11 n 技术的室外无线产品,室外最远传输距离可达 15 km 以上,最高吞吐量可达 150 Mbit/s 以上,是目前世界上体积最小、重量最轻、功能实用、性能稳定、最具性价比的室外型无线网桥。该产品进入中国市场以来,在森林防火、数字化油田、智能电网、无线校园、农村无线宽带等无线网络工程中得到了广泛的使用。为了实现远距离,高吞吐量的信息传输能力,通常将 AIRMAX 设备安装至铁塔或楼顶处,虽然 AIRMAX 设备具有极强的工作能力,但为了获得更加优化的网络服务,也需要安装调试人员对设备进行正确、最优化的安装调试,特别是天线安装的方向对准问题。AIRMAX 设备多采用方向性较强的定向天线,只有在波束以一定的精度相互对准时,信号接收强度最大,双方才能获得最优化的通信服务。目前,在实际的安装调试过程中,工程人员都是凭借 AIRMAX 设备上的 4 个 LCD 信号指示灯进行感官手动对准操作,这使得天线指向调整时间过长,而且难以实现精确对准。在条件允许的情况下,可以将设备与 PC 机通过网口相连,通过网络设置界面获得具体 RSSI(信号接收强度)值来对天线进行搜索调整,但这种方法需要 PC 机的支持,不利于工程人员在铁塔或楼顶处安装操作。因此,为了保证通信链路建立的快速性与可靠性,研究自动化程度高、对准速度快、精度高的 AIRMAX 设备天线对准仪具有重要的意义^[1-3]。

2 系统总体结构

系统可分为 7 个基本模块:核心控制模块、信息采集模块、显示模块、数据存储模块、电源模块、键盘模块以及声音提示模块。系统总体结构如图 1 所示。

控制模块在硬件上采用基于 AVR 核心的

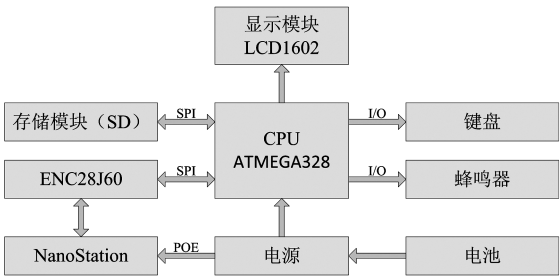


图 1 系统总体设计方案

Fig. 1 Overall design of the system

ATMEGA328 单片机,该单片机内置高速存储器(32 KB 的 Flash,2.5 KB 的 SRAM 和 1 KB 的 EEPROM),不需要使用专门的外部 Flash 或 ROM 固化代码,具有丰富的 I/O 端口以及 SPI、USART 等模块,通过科学的复用可以满足应用需要。

信号采集模块核心为 ENC28J60 以太网控制器,ENC28J60 以太网控制器采用标准的 SPI 串行接口,只需 4 条连线即可实现与单片机连接,有利于在小型系统上实现以太网功能。

显示模块采用显示质量高、体积小、重量轻、功耗低的蓝色背光 LCD1602 液晶屏完网桥状态信息显示,蓝色背光的高亮度可以降低室外阳光对工程人员的视觉干扰。

读写 SD 卡实现本系统的数据存储。SD 卡的总线模式可分为两种:SD 总线模式和 SPI 总线模式。在 SD 总线模式下,4 条数据线并行传输数据,数据传输速率高,但是传输协议较复杂;而在 SPI 总线模式下,只有一条数据传输线,数据传输速率较低,但传输协议简单,易于实现。本系统采用 SPI 总线模式。

供电模块采用 POE 技术,利用现存标准以太网传输电缆同时传送数据和电功率,使得在确保现有结构化布线安全的同时保证现有网络设备的正常运作,最大限度地降低成本。

系统还扩展了键盘模块和声音提示模块,可通过编程设置键盘模块完成信号记录与提取、开/关显示、声音提示等功能。声音提示模块通过蜂鸣器以听觉感官方式向工程人员提示信号接收强度,信号接收强度低于-75 dB 时不发声,高于-75 dB 时发生频率随着信号接收强度的增大而增大,可保障工程人员在显示屏显示状况不佳的情况下依然获得信号接收强度参考^[4]。

3 网桥状态信息的获取

3.1 ENC28J60 模块及其初始化

AIRMARX 无线网桥提供一个以太网端口,因此,在本设计中,信息采集模块采用 ENC28J60 以太网控制器,该控制器可通过 SPI 接口和单片机连接,构成嵌入式以太网通信接口与 AIRMARX 网桥实现连接,同时结合 POE 供电方式可以通过一个以太网端口实现对 AIRMARX 状态信息的提取与网桥调试时的供电。

ENC28J60 是 Microchip Technology(美国微芯科技公司)推出的 28 引脚独立以太网控制器,符合 IEEE 802.3 协议,内置 10 Mb/s 以太网物理层器件(PHY)及媒体访问控制器(MAC),可按业界标准的以太网协议可靠地收发信息包,它既能提供完整的网络功能,又可以大大简化设计,使之成为目前市面上最小的嵌入式应用以太网解决方案^[5]。ENC28J60 工作电压为 3.3 V,但易于集成于 5 V 系统中,其 CS、SCK 和 SI 引脚都可以承受 5 V 电压,单片机工作电压为 5 V,经 74CHC00D 电平转换器后,即可以 SPI 方式与 ENC28J60 直接相连。AIRMARX 网桥通过含有以太网变压器的 RJ-45 插座 HR901170A 与 ENC28J60 相连。

ENC28J60 中有 3 种类型的存储器:控制寄存器、以太网缓冲器和 PHY 寄存器。控制寄存器提供主控制器和片内以太网控制器逻辑电路之间的主要接口。写这些寄存器可控制接口操作,而读这些寄存器则允许主控制器监控这些操作。以太网缓冲器包含供以太网控制器使用的发送和接收存储器。该缓冲器大小为 8 KB,分成单独的接收和发送缓冲空间。主控制器使用 SPI 接口可以对发送和接收存储器的容量和位置进行编程^[6-7]。

本设计中,调试仪是作为一个客户端,与网桥建立 Telnet 连接后进行数据收发,因此,首先需要对 ENC28J60 初始化设置,初始化设置工作主要包括缓冲器的接收和发送、PHY 寄存器、MAC 寄存器、过滤器的接收、晶振启动时间^[8]。其次,建立 Telnet 连接,设置 ENC28J60 的 MAC 地址、IP 地址,即调试仪的 MAC、IP 地址,通过调用 EthernetClient::connect(IPAddress ip, uint16_t

port)函数与网桥建立连接,其中参数 ip 为网桥 IP 地址,port 为端口号,默认为 23,流程如图 2 所示。

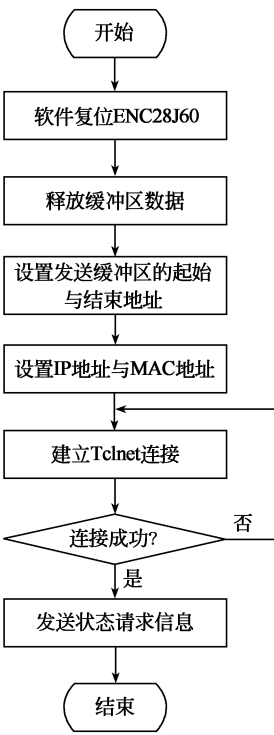


图 2 调试仪与网桥连接流程图

Fig. 2 Flow of debugging devices connected to the bridge

3.2 信息的解析

连接成功后,一旦 AIRMARX 网桥接收到控制器的状态请求信息,网桥便会向 ENC28J60 发送自身的全部状态信息,信息保存在 ENC28J60 接收缓冲器中,由于 ENC28J60 没有处理能力,还需要主控制器对信息进行提取并解析。主控制器需要建立一个字符串来对信息进行保存与处理,处理一次后立即清空字符串以备下一次接收,在 2 s 的时间内,ATMEGA328 可以不需要中断,完成一次上述操作,大大简化了系统的软件设计。本设计中,设定状态信息更新周期为 2 s,即通过编程使主控制器每隔 2 s 向网桥发送一次状态请求信息。网桥的操作系统决定了网桥每次向外发送的状态信息大约是 200 个字节,由于网桥的状态信息会不断变化,所以保存其状态信息的字符串长度也会不断变化。但是每一次发送的状态信息的参数种类与先后次序都是相同的,都是以 IP 地址为起始,以接入网桥的站点数为结束,其中包

含了网桥工作时的各种配置信息和状态参数,而且不同的参数信息以“\n”相隔,网桥状态信息结构如表 1 所示。

在对网桥天线调试时,主要用到 RSSI 与 NOISE(信噪比)等信息,对其余信息保存并显示会占用系统资源。需要对字符串进行提取,获得有用信息。由于状态信息在控制器中以字符串形式存储,并且,信息的参数种类与先后次序都是相同的。所以,只需通过匹配关键字“rssi”与“noise”定位所需信息在字符串中的位置即可获得 RSSI 与 NOISE 值。以提取 RSSI 为例,首先,设置指向字符串位置的指针变量 pointer1,通过循环匹配关键字将指针定位到“rssi”中的“i”位置。需要注意的是,定位到“i”时,之前的“rss”也是需要逐一匹配的,这是因为在整个字符串中,会有许多个“i”字节。指针加 1 指向“=”,也可以直接匹配“rssi=”,随后输出指针所指位置的后三位,即“-80”,为网桥当前的 RSSI 值。

表 1 网桥状态信息结构

Tab. 1 Structure of the bridge state information

次序	信息参数名称	所占字节	含义
1	wlanIP	动态变化	网桥的 IP 地址
.....			
7	rssi	8	网桥信号接收强度
.....			
9	noise	9	网桥信噪比
10	wlanap	动态变化	接入网桥的站点数

4 液晶显示设计

4.1 LCD1602 硬件连接

液晶显示模块根据显示器件的显示方式可分为字段式液晶显示模块、点阵字符型液晶显示模块、点阵图形液晶显示模块,本设计采用 LCD1602 完成实时状态信息的显示。LCD1602 是专门显示数字、字母、符号的点阵式液晶模块,具有体积小、功耗低、显示内容丰富、超薄轻巧等优点,在微小型仪表和低功耗应用系统中得到广泛的应用,也是单片机应用设计中最常用的信息显示器件^[9]。LCD1602 液晶显示模块可以显示

两行,每行 16 个字符,采用 5 V 电源供电,外围电路配置简单,一般采用标准的 16 引脚与单片机连接。BLA:背光源正极,接+5 V;BLK:背光源负极,接地;VO:液晶显示偏压信号,通过电位器 W1 调节;RS:决定传输类型是数据或命令,1 表示数据,0 表示命令;R/W:读、写控制,1 表示读,0 表示写;E:使能端,高电平有效;DB0-DB7:数据端口。LCD1602 与单片机连接如图 3 所示。

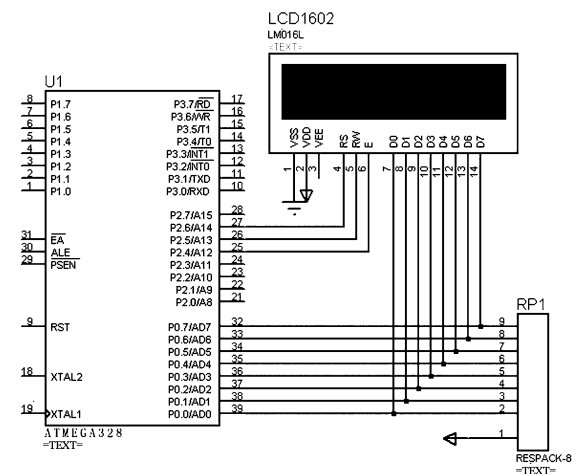


图 3 LCD1602 连接图

Fig. 3 LCD1602 connection diagram

4.2 驱动设计

LCD1602 内部结构可分成 3 部分:控制器、驱动器和显示装置。控制器一般采用集控制器、驱动器于一体的专用于字符显示控制驱动的 HD44780。本设计中,要使 LCD1602 显示当前与存储器中保存的天线 RSSI 值,需要考虑的问题是:a. 显示指令的控制;b. 显示字符的产生;c. 显示位置的指定^[10]。

对 LCD1602 的显示控制主要体现在 HD44780 指令集的使用上。HD44780 共有 11 条指令,可完成显示模式设置、显示开/关及光标设置、数据指针设置、数据的读写、状态的读出等操作。11 条控制指令如表 2 所示。

HD44780 内置了 DDRAM(显示数据存储单元)、CGROM(字符发生存储器)和 CGRAM(自定义字符存储器)。其中 CGROM 已经存储了 160 个不同的点阵字符图形,这些字符有:阿拉伯数字、英文字母的大小写、常用的符号等,每一个字符都有一个固定的代码,比如大写的英文字母“A”的代码是 01000001B(41H),这 160 个字符已

经能满足本设计中对英文字母和数字的显示要求。

LCD1602 液晶显示模块是慢显示器件,所以在写每条指令之前一定要确认状态标志位为低电平,否则该指令失效。显示字符时,要先输入显示

字符地址,由于写入显示地址时要求最高位 D7 恒定为高电平(见指令表),所以实际写入的数据应该是实际地址位+80H。例如第二行第一个字符的地址是 40H,要使光标定位在第二行第一个字符的位置,不能直接写入 40H,因为写入显示

表 2 LCD1602 液晶模块内部的控制器的 11 条控制指令
Tab. 2 11 control instruction of controller within LCD1602

序号	指令	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	清显示	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	光标返回	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	直输入模式	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
4	显示开/关控制	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
5	光标或字符移位	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
6	置功能	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
7	置字符发生存储器地址	0	0	0	1	字符发生存储器地址					
8	置数据存储器地址	0	0	1	显示数据存储器地址						
9	读忙标志位或地址	0	1	BF	计数器地址						
10	写数到 CGRAM 或 DDRAM	1	0	要写的数据内容							
11	从 CGRAM 或 DDRAM 读	1	1	读出的数据内容							

地址时要求最高位 D7 恒定为高电平,所以实际写入的数据应该是 01000000B(40H)+10000000B(80H)。

解决以上 3 个问题即可向 LCD1602 写入数据并显示,(1)通过 RS 确定是写数据还是写命令,写命令包括液晶光标的显示与否,光标的闪烁与否,在什么位置显示等;(2)设置 R/W 为写模式,即低电平;(3)将数据或命令送达数据线上;

(4)给 E 一个高脉冲将数据送入控制器,完成写操作。

4.3 显示效果

工程人员可通过显示的网桥状态信息来调整网桥天线指向,使 RSSI 达到通信系统要求,完成天线调试工作。实物显示效果如图 4 所示。

5 结 论

本文设计的便携式网桥天线调试仪,硬件上以 ATMEGA328 单片机、ENC28J60 以太网控制器以及 LCD1602 液晶显示屏为核心,软件设计采用 C 语言编程,实现了对 AIRMAX 网桥状态信息的可视化显示与声音提示。实物测试结果表明,该便携式对准仪的启动时间小于 1 min,每隔 2 s 对网桥 RSSI 与 NOISE 值提取一次并显示,工作稳定、显示效果清晰,能够快速准确的向工程人员提供 RSSI 参考,提高设备安装调试效率。



图 4 调试仪显示效果图
Fig. 4 Debugging instrument display effect chart

参 考 文 献:

- [1] 罗卫兵. AIRMAX 无线网络原理、技术与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2014.
Luo W B. *AIRMAX Wireless Network Principle, Technology and Application*[M]. Xi'an: Xi'an Electronic and Science University Press, 2004. (in Chinese)
- [2] 斯塔兹曼,蒂勒,朱守正. 天线理论与设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2013.
Stutzman W L, Thiele G A, Zhu S Z. *Antenna Theory and Design* [M]. Beijing: Posts&Telecom Press,2013. (in Chinese)
- [3] 秦顺友. 卫星通信地面站天线工程测量技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.
Qin S Y. *Satellite Communication Earth Station Antenna Engineering Survey Technology* [M]. Beijing: Posts&Telecom press,2011. (in Chinese)
- [4] 范浩阳,孙祖军,张晋,等. 具有无线电视接收的 LCoS 显示微系统设计与实现[J]. 液晶与显示,2014,29(2): 202-206.
Fan H Y, Sun Z J, ZHANG J, *et al.* Design and implementation of LCoS microsystem with terrestrial TV receiver [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(2): 202-206. (in Chinese)
- [5] 祁树胜. 基于 ENC28J60 的网络模块设计[D]. 天津:天津职业技术师范大学,2013.
Qi S S. *Design of the network module based on ENC28J60* [D]. Tianjin: Tianjin University of Technology and Education, 2013. (in Chinese)
- [6] 卓斌,石俊生,邵永航,等. 基于 AM-OLED 立体显示接口电路的设计[J]. 液晶与显示,2014,29(2): 233-237.
Zhuo B, Shi J S, Tai Y H, *et al.* Steroscopic display interface circuit design based on AM-OLED [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(2): 233-237. (in Chinese)
- [7] 刘琼,朱志伟,周志光. 基于 ENC28J60 的嵌入式网络接口的设计[J]. 微计算机信息,2008,14(2):29-32.
Liu Q, Zhu Z W, Zhou Z G. the Design of the embedded network interface based on ENC28J60[J]. *Micro computer information*, 2008, 14(2): 29-32. (in Chinese)
- [8] 赵小敏,陈庆章. TCP/IP 网络原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
Zhao X m, Chen Q Z. *TCP/IP Network Theory and Technology*[M]. Beijing: Higher Education press,2006. (in Chinese)
- [9] 于志贇,刘国平,张旭斌. 液显 LCD1602 模块的应用[J]. 计算机技术应用,2009(3):21-23.
Yu Z G, Zhang G P, Zhang X B. The application of liquid crystal display LCD1602 module [J]. *Computer Technology Application*, 2009(3): 21-23. (in Chinese)
- [10] 唐庭龙. 基于 VHDL 的 LCD1602 控制[D]. 湖北:三峡大学,2012.
Tang T L. LCD1602 control based on VHDL [D]. Hubei: Three Gorges University, 2012. (in Chinese)

作者简介:袁征(1991—),男,陕西西安人,硕士研究生,主要从事信息与通信工程领域的研究。E-mail:297181357@qq.com

罗卫兵(1969—),男,湖南益阳人,博士,教授,博士生导师,主要从事通信工程领域的研究。E-mail:luoweibing@21cn.com