

# 基于 STM32 的新一代天气雷达远程监控系统设计

姜小云<sup>1</sup>, 李昭春<sup>1</sup>, 吴 俞<sup>2</sup>

(1. 海南省气象探测中心, 海南 海口 570203;

2. 海南省气象台, 海南 海口 570000)

**摘 要:**为了最大程度发挥新一代天气雷达在天气预报、气象决策和服务、人工影响天气等业务和科研方面的效益,设计了网络远程控制和应急解决新一代天气雷达部分故障(软件故障、停机故障、虚警故障等)的系统。通过设计网络继电器开关控制新一代天气雷达伺服控制单元、新一代天气雷达数据采集控制单元、新一代天气雷达发射机主控板等设备电源以实现远程复位,设计新一代天气雷达信号波形监控系统以实现对新一代天气雷达设备远程快速在线诊断。其在海南省新一代天气雷达站的实际运行情况表明,该系统应用效果良好,使得新一代天气雷达的系统可用性大幅提高,故障诊断与排除时间大为缩短,在全国天气雷达观测业务年终考评中名列前茅。该系统的设计方法可供其他新一代天气雷达站应用和借鉴。

**关键词:**STM32; 新一代天气雷达; 远程控制; 系统设计; 网络控制

中图分类号: TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)05-0196-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2017.05.041

## Design of Remote Monitoring System for New Generation Weather Radar with STM32

JIANG Xiao-yun<sup>1</sup>, LI Zhao-chun<sup>1</sup>, WU Yu<sup>2</sup>

(1. Hainan Province Meteorological Detecting Center, Haikou 570203, China;

2. Hainan Province Meteorological Observatory, Haikou 570000, China)

**Abstract:** The network remote control and rightly repairing system for the new generation weather radar (software faults, stopping running, false alarming, etc) has been designed for the most extent to develop the effect of business and research such as weather radar for weather forecast, meteorological decision and service, man-made informing weather and so on. By designing relay electronic switch systems to control the radar servo-actuated unit, the radar data acquisition unit and the radar transmitting main controlling board and other system device power supply to realize remote operations reset, the wave form monitoring system has been designed for the new generation weather radar's remote quickly diagnosis on line. According to the actual operation of the system in some new generation weather radar stations in Hainan province, the operation situations have shown that this system has run in good operation and application and the availability of the new generation of weather radar has been promoted significantly as well as the fault diagnosis and elimination time greatly shortened. In the national weather radar observation business year-end evaluation, this system has reached the first with the best performance nationally. The reference value of this design method for this system can be involved in construction of other new generation weather radar stations.

**Key words:** STM32; next generation weather radar; remote control; system design; network control

## 0 引 言

全国新一代天气雷达组网运行多年来为各级天气预报、气象决策和服务、人工影响天气等业务和科研等方面发挥了显著效益,然而稳定可靠的连续观测运行对新一代天气雷达技术保障要求越来越高。前人已经

积累了大量关于新一代天气雷达技术保障方面的经验总结和研究成果<sup>[1-12]</sup>。外国同行也做了很多有价值的工作<sup>[13-16]</sup>。为了最大程度发挥新一代天气雷达在天气预报、气象服务、气象决策和人工影响天气业务中的效益,必须发展新一代天气雷达故障快速处理和应急

收稿日期: 2016-05-26

修回日期: 2016-08-31

网络出版时间: 2017-03-13

基金项目: 海南省气象科技创新项目(HNQXMS201505)

作者简介: 姜小云(1978-),男,硕士,高工,研究方向为新一代天气雷达技术开发与保障。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170313.1545.018.html>



平触发时,U1 引脚 3 和 4 导通,三极管 Q1 基极获得电流后导通,从而使得继电器 RL1 吸合,最终使得负载 BUZ1 通电工作。D2 是续流二极管,起到保护继电器的作用。原理图设计完后,通过仿真模拟,添加电压或电流探仿真工具,可以直观地看到电路图各处的电压或电流,从而详细了解整个电路的工作参数和运行情况,为接下来实际电路制作节省时间和试验成本。

通过继电器控制新一代天气雷达的 DAU、DCU 和发射机主控板电源是否接通。因此,需要多路继电器控制模块。设计了最多 32 路继电器控制电路以充分满足新一代天气雷达关于电源远程控制的需要。

2.2 网络控制电路设计

图 3 是采用 STM32F103VET6 芯片的主控系统设计原理图。STM32F103VET6 是 32 位 Cortex-M3 内核

的新型 ARM 处理器。它具有丰富的片内 RAM 和外设,几乎不需要扩展其他外围电路就能满足一些简单的设计需求,大大简化了硬件电路的设计难度和复杂度,且 CPU 运行速度和内存容量完全满足主控模块的多任务实时处理和应用。STM32F103VET6 芯片具有丰富的片上资源,包括 16 通道 12 位 A/D 转换器、7 通道的 DMA 控制器、16 位定时器、5 个 USART 接口、1 个 CAN 接口、1 个 USB2.0 全速接口和 2 个 SPI(Serial Peripheral Interface)接口等。其中,该系统用到了一个 USART 接口和 SPI 接口。USART 接口是为了下载程序到芯片内部的程序存储器,而 SPI 接口是为了实现网络远程控制系统,它和网络控制芯片 ENC28J60 组合使用,从而简单高效地实现了基于 STM32 单片机的网络控制应用系统。

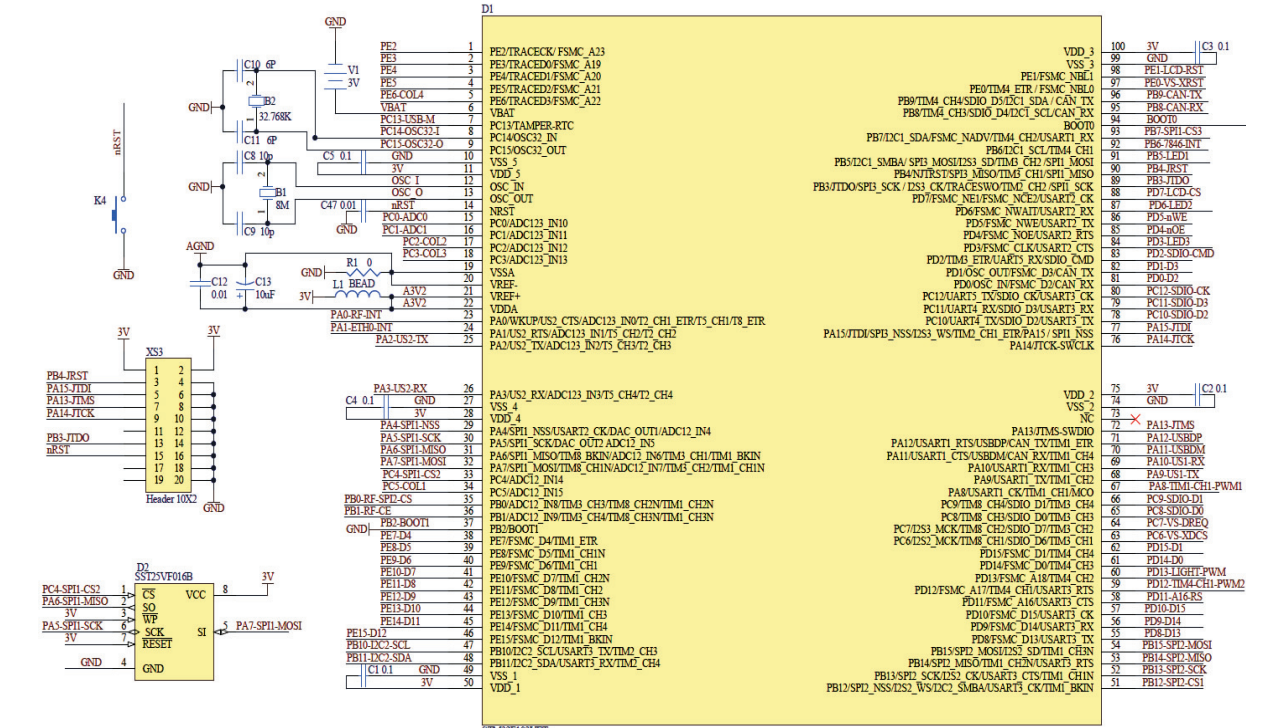


图 3 STM32 主控系统设计图

STM32F103VET6 芯片的 12 和 13 脚外接一个 8 M 的晶振以提供芯片的时钟信号,14 脚外接芯片复位电路。USART1 接口是芯片的程序下载接口,由引脚 68 和 69 组成,其中 68 脚是发送端,69 脚是接收端。SPI 接口是由 29 到 33 脚组成。如图 4 所示,SPI 接口和 ENC28J60 芯片实现了基于单片机的远程控制网络应用。ENC28J60 芯片是带有行业标准串行外设接口的独立以太网控制器。它可作为任何配备有 SPI 的控制器的以太网接口,与主控制器的通信通过两个中断引脚和 SPI 实现,数据传输速率高达 10 Mb/s。两个专用的引脚用于连接 LED,进行网络活动状态指示。ENC28J60 网络模块采用 ENC28J60 作为主芯片,单芯

片即可实现以太网接入。利用该模块,配合 STM32 F103VET6 芯片,就可以实现快速以太网连接<sup>[12]</sup>。

3 软件系统设计

3.1 UIP 网络控制协议栈简介

UIP 由瑞典计算机科学学院开发。其源代码由 C 语言编写,并免费开放源代码。UIP 协议栈是一个精简的 TCP/IP 协议栈,它删掉了原 TCP/IP 协议栈中不常用的功能,简化了通信流程,只保留网络通信必须用到的结构,具体包括 IP、TCP、ICMP、UDP 和 ARP 等协议。由于该协议栈是专为嵌入式系统量身定做的,所以它的代码量很少,方便移植,占用内存较少,发送和



接收共用一个全局缓存节省了很多空间和时间,支持多个连接同时建立。而且对数据的处理采用轮询机

制,所以可以移植到不需要操作系统的嵌入式系统设备中。

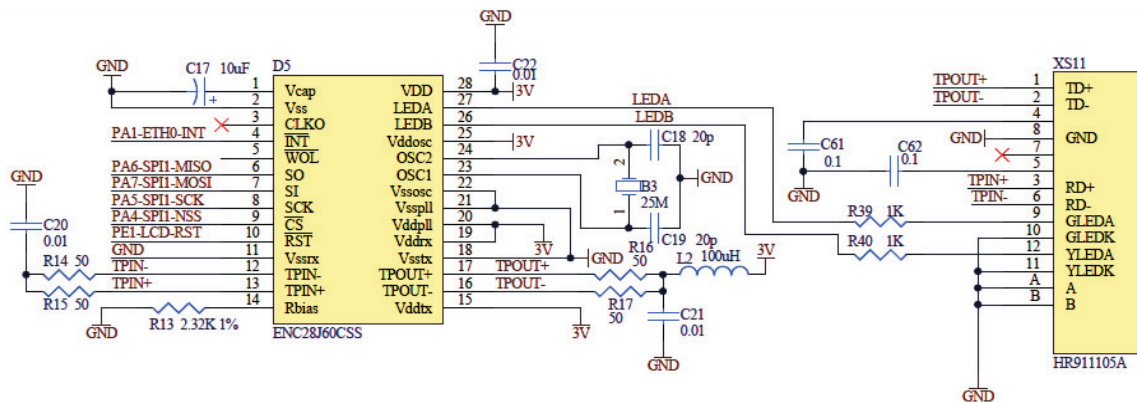


图4 网络接口设计电路图

UIP 协议栈相当于一个函数库,通过一系列的函数实现与底层硬件和上层应用程序的通信,对于整个系统来说它内部的协议是透明的,从而增加了协议的通用性。UIP 协议栈与系统底层和上层应用之间的关系如图 5 所示。

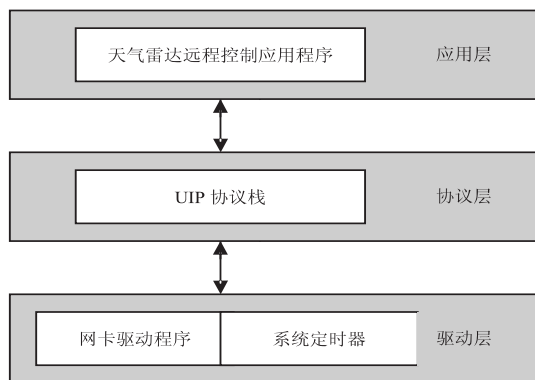


图 5 UIP 协议栈功能示意图

### 3.2 远程控制具体实现方法

UIP 协议栈提供了很多接口函数,UIP 在接收到底层传来的数据包后,在需要送到上层应用程序处理时调用 `UIP_APPCALL()` 接口函数。在不用修改协议栈的情况下可以适配不同的应用程序。具体步骤如下:

(1)实现接口函数 UIP\_APPCALL。该函数是 UIP 和应用程序的接口,必须根据需要在该函数做各种处理。

(2) 初始化网卡。先初始化网卡,配置 MAC 地址,为 UIP 和网络通信做好准备。

(3)调用 UIP\_init 接口函数,初始化 UIP 协议栈。主要是 UIP 自身的初始化。

(4) 设置 IP 地址、网关以及掩码。通过 `UIP_ipaddr`、`UIP_sethostaddr`、`UIP_setdraddr` 和 `UIP_setnetmask` 等函数实现。

(5)设置监听端口。UIP 根据设定的不同监听端口,实现不同的服务,比如 Web 网页监听 80 端口(浏览器)

览器默认的端口是 80), 凡是发往该端口的数据, 都通过 Web Server 的 APPCALL 函数处理。不过 UIP 有本地端口和远程端口之分, 如果是做服务端, 通过监听本地端口实现; 如果是做客户端, 则需要连接远程端口。

(6) 处理 UIP 事件。UIP 通过 `UIP_polling` 函数轮询处理 UIP 事件。该函数必须插入到用户的主循环里面,这样就可以不需要操作系统的支持。`httpd.c`、`httpd-cgi.c`、`httpd-fs.c` 和 `httpd-strings.h`,属于 UIP 提供的 Web 服务器参考代码,通过修改这部分代码,可以实现一个简单的 Web 网页服务器。

### 3.3 keil 开发环境与代码实现

使用当前国际流行的嵌入式开发工具 keil 平台来实现程序的编辑、编译、调试和下载。远程控制系统板嵌入式应用程序包含以下几个函数：

(1) Web\_Server()。该函数实现了在浏览器上创建一个 Web 服务器,通过 Web 里面的命令来控制新一代天气雷达远程控制系统板上的继电器吸合与释放。

(2) `fill_tcp_data_p()`。该函数在指定位置填充 TCP 数据,返回值为填充后的位置。如:`plen = fill_tcp_data_p(buf, plen, PSTR("<center><p><font size = 8 col-or = '\&#000080\&'>海口新一代天气雷达远程控制系统</font>\n"))`,该语句将在所创建的网页的当前行中央位置显示“海口新一代天气雷达远程控制系统”。

(3) analyse\_get\_url()。该函数分析客户端提交的网页请求,并根据网址中包含的命令参数做出相应动作,也就是收到客户端的命令后对新一代天气雷达远程控制系统板上的继电器发出指令,从而实现了新一代天气雷达的远程控制和远程复位。

(4) `print_webpage()`。该函数调用 `fill_tcp_data_p()` 创建一个嵌入式 Web 网页,按照顺序输出页面内容,就像创建一个文件一样。嵌入式系统中需要显示各个变量都可通过该函数显示到 Web 页面上。

所实现的系统是通过登陆 Web 服务器网页远程

控制新一代天气雷达 DAU、DCU 和发射机主控板电源的开关,并且监视机房的环境温度和相对湿度,电源指示状态和采集的数据实时显示在该 Web 页面上。

## 4 系统应用

图 6 为海口新一代天气雷达远程控制系统。通过开发基于 STM32F103VET6 芯片的远程网络控制板,实现对新一代天气雷达远程控制操作。开发板中配置的 IP 地址为天气雷达站机房的局域网地址(如 172.22.64.100),只要在局域网的任意一台电脑上打开浏览器输入上述网址就可以打开如图 6 所示的 Web 页面。在页面下方的表格里,左边是三个分机电源指示状态,绿灯表示加上了电源,红灯表示关闭了电源,右边表示对三个分机电源的操作,当点击某个操作,则相应的分机电源开关反转一次,从而实现了新一代天气雷达的快速远程操控。



图 6 系统运行界面

## 5 结束语

新一代天气雷达观测系统从刚开始布点到目前大规模组网建设已经十多年了,为短时临近天气预报、灾害性天气监测、人工影响天气等业务和科研发挥了巨大作用。同时现代气象业务对新一代天气雷达观测系统的稳定性、可靠性、准确性和时效性等保障业务方面的要求越来越高。讨论了通过网络远程控制和应急解决新一代天气雷达故障,设计继电器开关系统控制伺服控制单元、数据采集控制单元、发射机主控板等设备电源以实现远程复位,设计信号波形监控系统以实现新一代天气雷达设备故障远程快速在线诊断和监控。同时给出远程控制新一代天气雷达的方法和具体电路设计。根据其在海口等新一代天气雷达站的实际运行

情况,结果表明该系统使用效果良好,希望能对其他新一代天气雷达站的技术保障业务提供借鉴。

### 参考文献:

- [1] 姜小云,吴 俞,李 静. ASOM 二次监控平台设计[J]. 气象科技,2013,41(3):480-483.
- [2] 姜小云,吴 俞. 新一代天气雷达基数据管理与个例整编系统设计[J]. 气象科技,2015,43(4):612-616.
- [3] 潘新民,汤志亚,柴秀梅,等. CINRAD-SA/SB 发射机故障定位方法[J]. 气象与环境科学,2010,33(3):78-85.
- [4] 杨传凤,袁希强,黄秀韶,等. CINRAD/SA 雷达发射机故障诊断技术与方法[J]. 气象,2008,34(2):115-118.
- [5] 胡东明,胡 胜,刘 强. CINRAD/SA 雷达调制器真空开关漏气故障的分析处理[J]. 气象,2006,32(8):118-120.
- [6] 王志武,周宏根,林忠南. 新一代多普勒新一代天气雷达 SA&B 的故障分析[J]. 现代雷达,2005,27(1):16-17.
- [7] 梁 华,任京伟,刘永强,等. 新一代天气雷达(CINRAD/CC)发射系统典型故障分析与处理[J]. 干旱气象,2013,31(3):622-626.
- [8] 梁 华,刘永强,谢万军,等. 利用微波仪器测量新一代天气雷达发射功率及改善因子[J]. 干旱气象,2012,30(4):635-638.
- [9] 梁 华,刘永强. CINRAD/CC 雷达技术指标测试方法[J]. 干旱气象,2011,29(4):504-508.
- [10] 姜小云,李昭春,吴 俞. 新一代天气雷达全过程自动监控系统设计[J]. 计算机技术与发展,2014,24(12):245-248.
- [11] 王海燕,杨艳华. Proteus 和 Keil 软件在单片机实验教学中的应用[J]. 实验室研究与探索,2012,31(5):88-91.
- [12] 张庆辉,马延立. STM32F103VET6 和 ENC28J60 的嵌入式以太网接口设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2012(9):23-25.
- [13] Witt A, Eilts M, Stumpf G, et al. An enhanced hail detection algorithm for the WSR-88D[J]. Wea. Forecasting, 2010, 13(2):286-303.
- [14] Rabin R, Zrníc D. Subsynoptic-scale vertical wind revealed by dual Doppler-radar and VAD analysis[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2010, 37(3):644-654.
- [15] Trapp R J, Doswell C A. Radar data objective analysis[J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 2000, 17(2):105-120.
- [16] Liou Y C. An explanation of the wind speed underestimation obtained from a least squares type single-Doppler radar velocity retrieval method[J]. Journal of Applied Meteorology, 2002, 41(7):811-823.