

无线电

1955年创刊

www.radio.com.cn

2012年 合订本

上

《无线电》编辑部 编



本书附赠光盘

精选电子套件演示视频

单片机源程序、印制电路板图等丰富资料

2012年第1期~第6期

特别策划

创意制作

实用电路

玩转单片机

音频应用

我的实验室

广播爱好者

初学者园地

维修帮手

享受广播 - TECSUN

Enjoy broadcasting

TECSUN
德生牌收音机
中国驰名商标

读天下文章 听世界新闻



德生收音机论坛: <http://bbs.tecsun.com.cn>

德生淘宝店: <http://best-radio.taobao.com>

 **人民邮电出版社**
POSTS & TELECOM PRESS

无线电

2012 年合订本（上）

《无线电》编辑部 编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

《无线电》2012年合订本. 上 / 《无线电》编辑部
编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2013.2
ISBN 978-7-115-30602-9

I. ①无… II. ①无… III. ①无线电技术—2012—丛
刊 IV. ①TN014-55

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311886号

内 容 提 要

《无线电》2012年合订本(上)囊括了《无线电》杂志2012年第1~6期所有栏目的全部内容,并经过了再次加工整理,按期号、栏目、专题等重新分类编排,以方便读者阅读。

随书附赠的光盘中收录了精选的电子制作项目演示视频,还收录了与文章相关的单片机源程序、印制电路板等资料。

本书内容信息量大,涉及电子技术广泛,文章精炼,技巧经验丰富,实用性强,适合广大电子爱好者、电子技术人员及相关专业师生阅读。

《无线电》2012年合订本(上)

- ◆ 编 《无线电》编辑部
责任编辑 房 桦 周 明
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京新华印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 35
字数: 1 085 千字 2013年2月第1版
印数: 1-10 000 册 2013年2月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-30602-9

定价: 52.00 元(附光盘)

读者服务热线: (010)67132837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

2012年合订本（上）

目 录

特别策划

太阳能供电无线气象站、信件检测器、AVR以太网终端的

设计制作☆ ◇陈士凯 001

自制低成本激光3D扫描测距仪☆ ◇陈士凯 014

多功能移动电源制作全方案 ◇唐荣 028

矿石收音机论坛DIY大赛一等奖作品

自制低成本的数控雕刻机 ◇于世舟（BD2QBW） 036

LCR数字电桥自制方案☆ ◇许剑伟 040

矿石收音机论坛DIY大赛参赛作品

TI的CC系列射频芯片通信精简开发工具DIY☆ ◇杨伟 045

用两只FU-33电子管打造电子管特斯拉线圈 ◇张琦 047

自己动手做全息照片

打造不用戴眼镜看的3D照片 ◇薛加民 050

我的全息照片制作心得 ◇陈武 054

米奇·奥特曼和他的作品 055

创客（Maker），将你的项目投入生产 ◇米奇·奥特曼 056

大脑机器 ◇米奇·奥特曼 059

能关闭电视机的帽子 ◇米奇·奥特曼 062

Arduino全方位接触 ◇米奇·奥特曼 065

Arduino与业余电台 ◇翁恺（BA5AG） 066

轻松开始Arduino与flash网络通信实验☆ ◇毛小明 068

用任天堂Wii手柄遥控智能小车吧！☆ ◇宜昌城老张 070

Arduino的ARM朋友 ◇程晨 073

Arduino的模拟仿真利器——VirtualBreadboard ◇朱广俊 075

精彩创意

用雕刻机制作机器乌龟 ◇臧海波 078

“暴走的臭虫”微能版 ◇梁玮 084

在手掌上跳舞的机器人——太阳能蟋蟀 ◇臧海波 088

4足爬行机器人 ◇梁玮 092

基于Arduino的远程洗手间使用状态指示装置☆ ◇吴雷 098

机器手指DIY ◇臧海波 100

步履机器人 ◇pvcbot 104

自制蓝牙GPS ◇陈士凯 110

巡边小车——沿墙走的老鼠 ◇pvcbot 112

微型点焊机的制作 ◇苏永春 王凯 118

“双细胞硬盘动物” ◇臧海波 120

SolidWorks帮你完成机器人设计（1）

零件的三维建模 ◇李伟 125

花园管家——基于Arduino的自动浇花系统☆ ◇范亚运 128

基于Arduino的自制智能温室控制器☆ ◇臧海波 131

SolidWorks帮你完成机器人设计（2）

模拟并分析你的机器人零件 ◇李伟 134

SolidWorks帮你完成机器人设计（3）

零件的虚拟装配 ◇李伟 137

Bigdog离我们到底有多远？ ◇雷世昌 139

玩转伺服跟踪1

单路线控机器人——机器蝎子 ◇pvcbot 141

超简单的单自由度光电跟踪头 ◇臧海波 146

实用电路

- 基于GPS接收模块的网络时间同步器☆ ◇刘亮 150
- “机械+电路”打造智能应急灯☆ ◇王平 154
- 12W PK 21W——大功率LED照明灯让节能更进一步
◇李光 158
- 家庭恒温保湿芽菜机的设计与制作☆ ◇袁先念 边晓明 162
- 2.4GHz数字无线话筒☆ ◇戚彦男 167
- 矿石收音机论坛第三届DIY大赛圆满结束 ◇草音 169
- 核辐射探测仪DIY详解☆ ◇陈建浩 170
- 开源的五彩LED音乐频谱☆ ◇伍浩荣 177
- 会“看家”的电话——给普通电话加装防盗报警功能☆
◇姚宗栋 王明英 181
- 4个元件做成的数字温度计☆ ◇王干涛 187
- 一款简单的室内外双显温度计☆ ◇俞虹 188
- 不用语音芯片制作SPEAKER32自定义语音盒子☆ ◇杜洋 190
- ELEJ-HDBC1智能数字电池充电器的设计☆ ◇吴礼军 194
- 新型电路驱动的LD8140VFD电子时钟☆ ◇张锋 199
- ELEJ-CDC1 创意数字时钟的设计☆ ◇吴礼军 206
- 一个多功能充电器的设计与制作☆ ◇吴创明 210
- DIY按键式电子骰子☆ ◇王干涛 213
- 自制简易高斯计 ◇王明英 姚宗栋 214
- 打造音乐频谱时钟☆ ◇阮永松 218

玩转单片机

- 用M051入门ARM (1)
单片机爱好者入门ARM的又一种选择——M051
◇卫小鲁 221
- AVR单片机使用SPI通信扩展I/O口☆ ◇周兴华 226
- 玩转16×16LED点阵屏☆ ◇席卫平 228

- 51单片机驱动彩屏的设计☆ ◇周兴华 233

- 基于LD3320语音模块与AVR单片机的“听话”小车☆
◇蒋瑞挺 238

- 智能触摸延时开关☆ ◇李帆 242

单片机开发实例及程序研究

- 51单片机驱动触摸彩屏的设计☆ ◇周兴华 245

- 实战I²C☆ ◇席卫平 249

- 基于AT89C2051实现恒流源式AD转换☆ ◇程静涛 255

单片机开发实例及程序研究

- 51单片机与CPLD之间使用并行总线进行通信☆ ◇周兴华 259

用M051入门ARM

- CoIDE对M051编程 ◇卫小鲁 262

用M051入门ARM

- M051的一个应用实例——简易数码相框☆ ◇卫小鲁 265

- 实战1-Wire☆ ◇席卫平 268

单片机开发实例及程序研究

- AVR单片机与CPLD之间使用SPI总线进行通信☆

- ◇周兴华 272

- 使用USB手柄控制的蓝牙无线小车☆ ◇蒋瑞挺 276

单片机开发实例及程序研究

- GPS卫星定位仪DIY☆ ◇周兴华 279

音频工坊

- 乌鸦变凤凰——老功放“发烧”记 ◇姚宗栋 282

- 摩改Denon UPO-101 纯后级 ◇梓门 288

- 蘑菇头7F8W+坡莫合金牛输出胆前级的制作 ◇夏冰 292

- 超级号角系统的魅力 ◇曾阳明 294

- 完美的TPA6120超级耳机放大器☆ ◇李俊杰 297

- 精品套件制作——畅美(Charme)书架箱 ◇詹文 302

- 纯后级A类混合功放的制作 ◇梓门 306

SUMO NINE功率放大器的仿制 ◇HE121 312

高性价比之选——派扬音响P1书架式音箱 ◇独幽 314

DIY一款具有光纤/USB输入的解码器 ◇梓门 316

“动手派”发烧友的听音室与Hi-Fi器材 ◇松贵年 321

PANDA MK2升级版耳放套件 ◇卢伟 324

超强高性能的小功率纯后级LPUHP ◇梓门 327

给MP3播放器外加电源实现自动播放 ◇崔华卿 张新颖 332

罗曼士(Romens)5英寸混合式两分频静电书架音箱的制作

◇罗坤林 335

威廉逊放大器自制详解☆ ◇胡乃群 337

值得借鉴的入门级DAC制作与测试手法 ◇蒋官今 344

低成本靓声胆机的制作 ◇陈强 347

创客与开源

从Maker Faire到MIT(上) ◇潘昊 351

从Maker Faire到MIT(下) ◇潘昊 357

神奇的3D打印机 ◇肖文鹏 361

桌面制造业——MakerBot工厂的内部观察 ◇曾学明 译 364

2012年春季IC深圳展特别报道 ◇丰硕 369

国内首届Mini Maker Faire 372

深圳制汇节上的创客与作品 ◇柴火空间 373

专属制作爱好者的“骇客帝国”——新车间

◇林尧 徐晓雯 376

我看创客空间 ◇杜洋 380

我的实验室

示波器ABC

示波器入门第一课 ◇杨法(BD4AAF) 384

晒晒我的工作室/实验室

彩虹升起的地方 ◇时刻(BA6BF) 388

《无线电》杂志和38度发烧友论坛联合举办第一届仪表工具

和基准业余制作大赛 391

示波器ABC

玩转示波器基础测量 ◇杨法(BD4AAF) 392

晒晒我的工作室/实验室

NOAX实验室的开放参观日 ◇张辉(BA6IT) 译 396

示波器ABC

示波器操作进阶 ◇杨法(BD4AAF) 398

RIGOL万元级频谱仪DSA815试用心得 ◇聆听 401

测量利器比较——示波器 VS 频谱分析仪

◇杨法(BD4AAF) 408

晒晒我的工作室/实验室

我与父亲共同构建的家庭电子实验室 ◇陈建皓 410

另辟蹊径造工具——吹锡器 ◇韩涛 414

示波器ABC

示波器基础应用4例 ◇何为超 李体青 马中江 418

频谱仪ABC

频谱分析仪基础知识必备 ◇杨法(BD4AAF) 421

初学者园地

人人都懂磁悬浮☆ ◇薛加民 425

抗磁性磁悬浮 ◇王超 薛加民 429

面包板入门电子制作 打开元件盒☆ ◇杜洋 432

用感光油墨法制作PCB ◇梁文 436

谈谈热敏电阻器的使用常识 ◇张爱迪 440

面包板入门电子制作 面包板上的小电路☆ ◇杜洋 442

常用元器件的识别与使用(29)

形形色色的热敏电阻器 ◇张晓东 446

学·做·用

会迎客的卡通“小龙” ◇张晓东 449

面包板入门电子制作(3)

“纸上谈兵”的电路 ◇杜洋 453

解密激光传声 ◇薛加民 457

常用元器件的识别与使用(30)

本领奇特的湿敏电阻器 ◇张晓东 459

面包板入门电子制作(4)

初探二极管 ◇杜洋 463

电子爱好者感兴趣的安卓手机应用软件 ◇姜伟伊 张峥 465

常用元器件的识别与使用(31)

小巧长寿的变容二极管 ◇张晓东 469

谈谈BJT与MOSFET的开关特性 ◇任杰 473

小软件有大用处——三款适合电子爱好者的软件 ◇温正伟 478

广播爱好者

民国时期收音机状况之一瞥(三) ◇陈汉燕 徐蜀 480

重温童年——DIY怀旧版的三管机 ◇赵春云(BA3DX) 484

新中国成立初期比较经典的几款国产收音机

◇陈汉燕 徐蜀 487

忆童年——“再生来复式四管机”的制作
◇赵春云(BA3DX) 490

美多28A晶体管收音机的修复 ◇赵春云(BA3DX) 492

全数字收音机德生PL-606使用体验 ◇张峥(BG8SF) 494

收藏与鉴赏

晶体管试管机 ◇陈汉燕 徐蜀 498

牡丹8402半导体收音机的修复 ◇赵春云(BA3DX) 499

一台有故事的半导体收音机 ◇陈汉燕 徐蜀 502

50年前爱机人的杰作

——凤凰5961型六灯电子管收音机 ◇陈汉燕 徐蜀 505

熊猫B-11 10波段16晶体管收音机的修复 ◇赵春云(BA3DX) 506

拯救有收藏价值的收音机

黄山牌65-5-A型晶体管收音机复原、维修全过程

◇赵春云(BA3DX) 509

收藏与鉴赏

三款具有收藏价值的电子管收音机评析 ◇田浩 512

维修帮手

电饼铛的原理与维修 ◇王绍华 518

电磁炉常见故障维修5例 ◇梁仲华 520

电动自行车常见故障的检修 ◇李刚 522

ATX电源的检修感悟 ◇宋华 524

警示灯不发光的检修 ◇梁明义 525

燃气热水器的原理与检修 ◇王绍华 526

电热水瓶的原理与维修 ◇余俊芳 528

LED显示屏专用开关电源的检修 ◇梁明义 牟善江 530

自动出水水龙头的原理与维修 ◇王绍华 532

电磁炉隐性故障维修一例 ◇刘福胜 534

修复一对JBL钛膜高频扬声器单元 ◇倪文贤 535

家庭常用饮水机原理与维修 ◇王绍华 538

美的电磁炉加热温度低故障检修一例 ◇季成荣 539

电视蝙蝠翼天线的改进 ◇张涛 540

小型腰包式扩音机故障维修一例 ◇梁明义 541

遥控壁扇的原理与维修 ◇王绍华 542

计算机电源综合故障检修 ◇梁明义 544

为普通电烙铁增加功能 ◇崔华卿 546

维修网易通交换机的经验点滴 ◇崔华卿 546

问与答 547



特别策划

太阳能供电无线气象站 信件检测器 AVR以太网终端 设计与制作

◇陈士凯

◇插画: cecilia 丸纸酱

笔者的概括能力不强,只好用很长的标题来描述了。简单说来,这里将要介绍我制作的一个系统,利用它可以做下面几件事情:1. 定期检测位于室外的邮政信箱,如果有信件,会用中文语音通知我和家人。2. 一个简单的室外气象站,以半小时的间隔,不间断地采集室外的温度和湿度信息,供后期分析。

同时,这个系统也是:1. 对太阳能供电设备和低功耗系统制作的尝试。2. 对2.4GHz无线网络通信电路的设计。3. 基于AVR单片机的低成本以太网终端的设计。

编者按:

审稿老师特意给这篇文章写了一大段评语,摘录其中一段如下:“为这么点小事而大动干戈,值吗?真是为DIY而DIY,劳民伤财。这个制作用来检测信件,简直是杀鸡用牛刀,大材小用。我看装在窗框上用来防盗报警,作用还大些。”其实,我们刊登这篇文章的用意,还真不是让大家跟着学做一套,而是让大家学习作者的设计思路。本文作者陈士凯是RoboPeak团队发起人,在电子制作方面具有很高造诣,更为难得的是,他把自己面对需求是如何思考、决策、实现的这一过程完整记述了下来,从中不仅能看到如何设计一套完整系统这样的宏观思路,也能观察到具体制作各模块所涉及到的技术细节。有志于自己设计新产品的读者,一定能从这篇文章中获得启迪。

大家可以观看这个系统实际效果的视频,以获得直观的印象

在视频中,我将一份报纸投入家中的信箱,随后家里的IHES(家庭智能化环境系统)终端便会用中文语音报告“有信件,请查收!”同时,在必要的时候,它也会播报出当前由这个系统所采集到的温度和湿度情况,整个过程并无人工干预。接下来,我将开始介绍这个系统的制作过程。首先介绍系统整体构架和技术要求,然后按照从硬件到软件的顺序,介绍每个模块的原理和实现过程。接下来再给出一些数据做出性能分析,最后将交待整个系统的成本。这个系统包括放置在室外的传感器、控制电路,以及在室内的以太网终端系统,后者负责通过无线信号与室外传感器通信,并将结果转发到以太网上。至于视频中所看到(听到)的语音以及IHES核心系统的介绍,本文将不涉及。

▶ 演示视频: http://v.youku.com/v_show/id_XMTUzMjI5NjYw.html

系统的构架和性能要求

或许你会想，要检测信箱的信件，方法有很多，最简单的办法就是在信箱入口装一个开关，然后拖一根线到室内和电脑连接。这样应该也能实现视频中的功能。至于温湿度检测，也直接连线出去不就得了？

但实际上这样做也会存在些问题。首先要布线，考虑到家里已经装修过，走明线会影响美观。同时，如果直接将室外的信号与室内计算机系统连接，危险很大。打雷时很容易被雷击到，同时室内外电势差也不得不考虑。另外，要能够有效地检测出信箱中是否存在信件，也不是简单地装一个开关那么简单。首先信箱是现成的，不方便做很大的改动，同时这个开关的设计（机械或是光电开关）也需要一定的考虑。

总之，我还是用了一种比较折腾，但是仍旧适合个人DIY的办法。

首先，这个系统会通过无线信号把位于室外的传感器和室内的计算机系统隔离开。当然，这样一来，事情又复杂了一些，室外的传感器需要自我供电，并且需要设计专门的控制器来负责与室内的系统进行通信。另外，因为这里采用的无线信号并非采用标准的蓝牙或者Wi-Fi等可以被PC识别的协议，所以需要另外设计硬件，将我们定义的无线协议转换成PC可以识别的协议，这里需要有电路将无线信号转换成以太网的TCP数据包中转给PC。

当然，要实现这些还会有更多的细节需要考虑，这也是我为什么会写这篇文章的原因了。我们暂时先不考虑这些细节，先给出这个系统的框图，如图1所示。

在这里，按照各模块所在的位置（室外/室内）进行划分。图中上半部分是位于室外的传感器和控制器。其中各传感器会将它采集到的原始模拟信号转化成数字信号发送给传感器控制器。而传感器

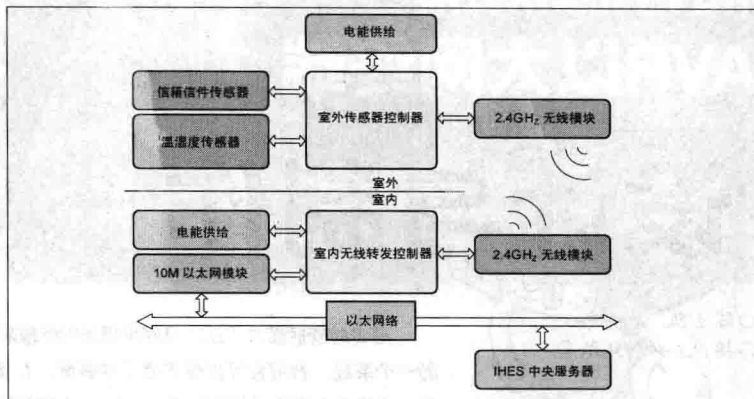


图1 IHES室外传感器框图

控制器会将各传感器报告的数据汇总并作简单处理后，通过无线模块发送给室内的接收终端。

因为采用无线通信，所以再考虑用一个电缆来给室外传感器供电就多此一举了，这里的电能供给通常就是指用电池供电了。但电池用尽后需要更换，比较麻烦，所以在我的设计中，传感器采用了太阳能供电+锂电池蓄电的方式来给室外传感器供电。考虑到成本，这里的太阳能电池不能用很大功率的，这就要求整个室外传感器电路运行在比较低的功耗条件下。并且，南方经常有连续几周的阴雨天气，在阴雨天气中，太阳能电池几乎不能输出功率，此时就需要在设计中将系统的功耗压缩到最小。

这里对供电和功耗要求的指标是：室外传感器能够在一次完全电池充电后，仅靠电池电力维持持续工作15天以上，在晴天太阳能电池的输出功率可以将锂电池完全充满。

图1中的无线模块采用工作在2.4GHz波段、具有收发功能的芯片/模块。这类模块仅实现了物理层的通信协议，需要为它们编写对应的链路通信协议。当然这也

适合用单片机来操作。受到功耗的限制，这里的无线模块通信距离比较短。

图1的下半部分是位于室内的以太网/无线转发器。它的主要工作就是将以太网发来的IHES中央服务器请求转发成无线信号，与室外的传感器通信，并将收到的无线数据包转发到以太网，反馈给中央服务器。另外，这个模块上也开设了一个Web服务器，允许我们直接用浏览器登录该模块，与室外传感器通信。

其实这个模块做的大部分工作也可以直接交给中央服务器（PC）来实现，这样仅需要一个USB接口的无线信号适配器即可。但是考虑到这里选用的无线模块功率较低，在中央服务器处已经无法接收到室外发来的信号，所以我在设计中将这部分单独设计为一个模块，将它放置于离室外传感器比较近的阳台上。但是，考虑到阳台的环境恶劣、占地以及成本因素，这个模块不适合用一台单独的PC来实现。这里我选择用成本低廉的单片机来实现这个模块的转发和Web Server功能。还有一个好处就是功耗很低，可以通过网线供电的方式来给模块提供电能，而不需要另外接电源适配器。后面我也会介绍如何

改造交换机网口来实现用五类双绞线（以太网用线）给设备供电。

室外传感器的数据最终将以TCP数据包的形式发送到中央服务器上，进行分析和处理，并通过语音合成，以中文语音将检测结果反馈给我们，也就是视频中的效果了。

在开始具体介绍原理前，给出两张图片（见图2和图3）让大家有个感性认识。



图2 位于室外的传感器的摆放。其中传感器控制单元隐藏在灌木后，图上看不到。



图3 阳台上的以太网/无线转发控制器。



各模块的原理、设计和制作

信件检测

要检测信箱是否有信件，可以从两个方面入手。一方面是检测有新信件的情况，在邮递员投递信件的时候，信件会从信箱的入口经过，要检测这个过程可以在信箱入口安装一个光电传感器。信件经过入口的时候，光电传感器光路会被阻隔，因此产生一个脉冲信号。通过检测这个脉冲信号，就可以知道此时有邮递员送信了。

但是这并不符合实际要求。对于信件检测的一个需求是：因为家中不可能时刻都有人在，所以当有新信件的时候，除了能够尽可能早地通知这个事件外，还需要在每天的特定时间，比如晚上吃饭和早晨起床的时候，告诉家里目前信箱里是否还有信件，显然这个办法是不行的（因为很难检测信件被取走的事件）。

要检测出信箱当前是否有信件，办法也有不少。复杂的，可以安装摄像头通过图像识别来处理，但这显然没有必要。简单的，可在信箱底部安放一个重力传感器，但有时候信件就是一张纸（比如明信片），用重力传感器似乎不是很好的办法。

这里我采取的是在信箱底部安装一系列红外传感器，组成一个整列的办法。当有信件投入信箱后，它就会覆盖在这个传感器阵列上方，此时只要有1个传感器被

遮盖，就可以检测出有信件存在，原理如图4所示。

图4中最下方的框就是装有红外传感器阵列的平板，当有信件投入信箱后，它会覆盖在这个平板上方。当然，也会像图中那样，因为面积较大，只有一端与传感器平板接触。

这里的红外传感器采用的是反射式对管，即一个红外发射管和一个红外接收管（光敏二极管）。当有信件覆盖在一个传感器上方时，红外发射管产生的红外光会通过信件反射并被接收管感应。而如果传感器上方没有信件（或者在很远的距离），则接收管几乎不能收到由发射管产生的红外光。当然，这里的一个前提是信箱内壁的反光率很低。

另外，因为信件的大小不一，从很大的报纸到小尺寸的信封都有。如果传感器数目过少或者摆放过于集中，信件很有可能正好落在没有放置传感器的区域，所以这里我用了8个传感器，放置成前排5个、后排3个的形式。至于如何摆放有效，主要是看实际测试的效果，可以参考的是，两个横向的传感器之间的间距比一个较小的信封宽度略小。

这里描述的传感器阵列，目前市面上没有现成的（至少我不知道），我找到了一块装修多余的木板自行加工。

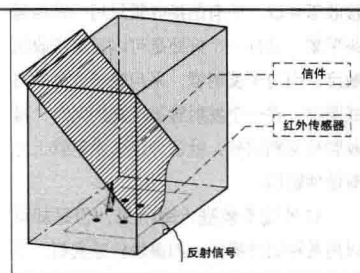
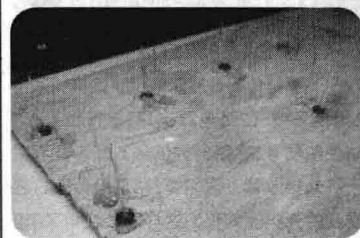


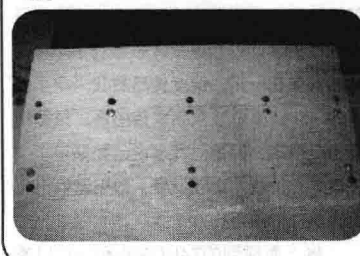
图4 基于红外传感器进行信件检测

制作方法

① 首先将木板切割成合适的大小，然后打孔，并安装红外传感器（一个红外发射管和一个红外接收管为一对）。用热熔胶将它们固定。



② 下图展示的是安装好后的效果。



传感器阵列做好了，但是还不能使用，需要有驱动电路来控制它，并给出方便控制器理解的信号。这里需要考虑的问题是，现在我有8个红外发射管和8个红外接收管，如果分别驱动，就需要至少16组信号线以及2根供电线。因为信箱是个密封性很差的容器，不适合将控制器也放置在信箱当中，这样就要求控制器与这个红外传感器阵列的信号连接，要用尽可能少的线路来实现。

这里采用的策略是，将所有的红外接收管并联，所有的接收管只用一路信号来采集，这样一个好处是可以提高接收灵敏度。而对于发射管，采用轮流点亮的方式驱动，在一个发射管被点亮的同时，接收管检测到信号，就认为这个发射管上方有信件遮挡。

红外线不能被人眼所见，但是却可以用各种感光器件，如摄像机感受到。下面是在制作过程中，将红外发射管轮流点亮的过程放慢1000倍速度拍摄的视频，方便大家理解。

▶ 演示视频：http://v.youku.com/v_show/id_XMTUzMjI5MTQw.html

红外传感器阵列控制电路

要轮流点亮8组LED，自然就想到用74HC595移位寄存器来实现，这样仅采用5组信号线（2路电源、1路串行信号、1路使能信号、1路时钟信号）即可。而对于红外接收管，再需要1路信号传输它感受到的光电流即可，这样一共耗用了6组信号线。

另外，邮政信箱虽然密封性不强，但是防雨，这很适合放置湿度传感器。所以在我的设计中，湿度传感器也与邮件传感器安装在一起。湿度传感器我采用了国产的DHT11单总线数字式传感器，虽然精度不是很高，但是对我来说已经够用了。关键是它的成本比较低廉，数字量输出也适合单片机使用。

将上面提到的74HC595和DHT11整

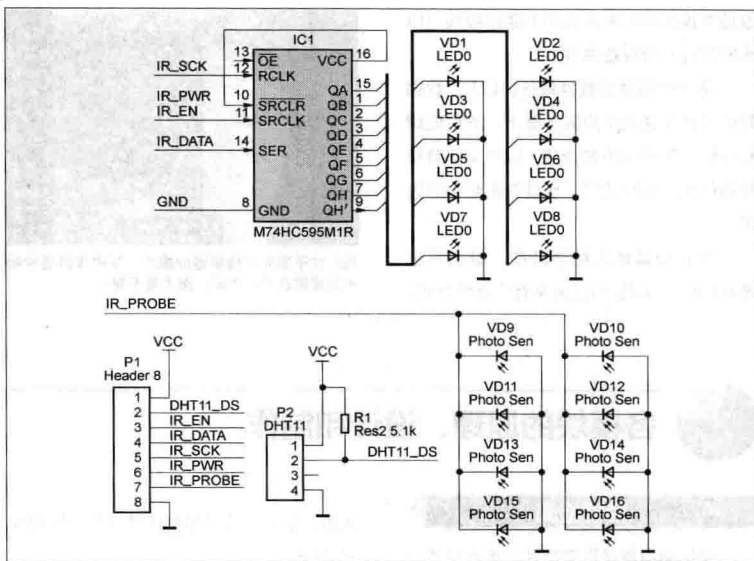
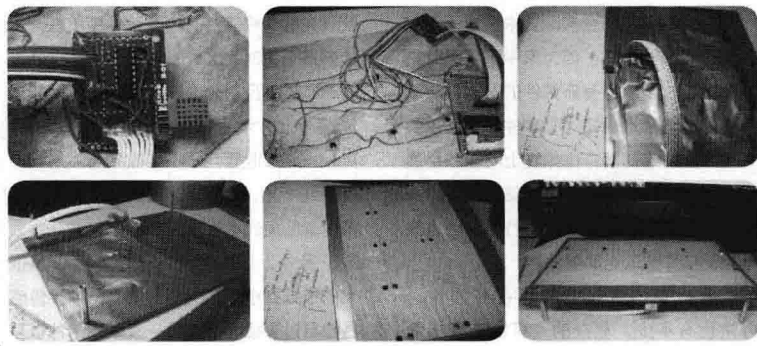


图5 传感器控制电路

PDF 电路图PDF文档下载地址：http://www.csksoft.net/data/ihes_osensor/circuit/IR_matrix.pdf

制作方法

将控制电路与传感器阵列焊接在一起后，稍微对这个传感器做一下包装。



合在一起，便成了这里的传感器控制电路，它的原理图如图5所示。可以看出，这样一来正好使用了8路信号线，我最终使用了五类双绞线来进行信号的传输。

大家可以参照在测试这个信件传感器时拍摄的视频来获得直观的印象。视频

中，传感器已经连接到了控制单元上，我制作了一块临时电路，用于与控制单元建立无线连接，将邮件传感器的信息发送回PC进行调试。可以看出，这个传感器能够很有效地检测出位于其上方一定距离内的信件。

▶ 演示视频：http://v.youku.com/v_show/id_XMTUzMjI5MTQw.html

温湿度检测

我采用DS18B20单总线温度传感器以及DHT11温湿度传感器来采集室外的温湿度情况。其实仅仅使用DHT11便可以采集这两个数据，但是相对而言，DS18B20的分辨率更高、误差更小。同时，在我的制作过程中，DHT11是在后期新增加的，所以我仅使用了DHT11的湿度采集功能。

在前文中已经有所介绍，DHT11是和
 信传传感器组装在一起的，目的是为了将
 它放置在一个空气相对流通的环境。而我
 将DS18B20焊接在室外传感器控制器的
 PCB上，并安装在一个密封的壳体当中，
 这将在后文中介绍。

制作方法

我使用4片这样的面板加以拼装，并且利用废旧机器的部件作了一个支架。

这4块面板采用并联的方式连接（需要在其间串联保护二极管，如5819，防止因为部分电池板电压差异造成的倒流）。在上海冬日晴天的阳光照射条件下，测得这块面板的短路电流可到170mA以上。

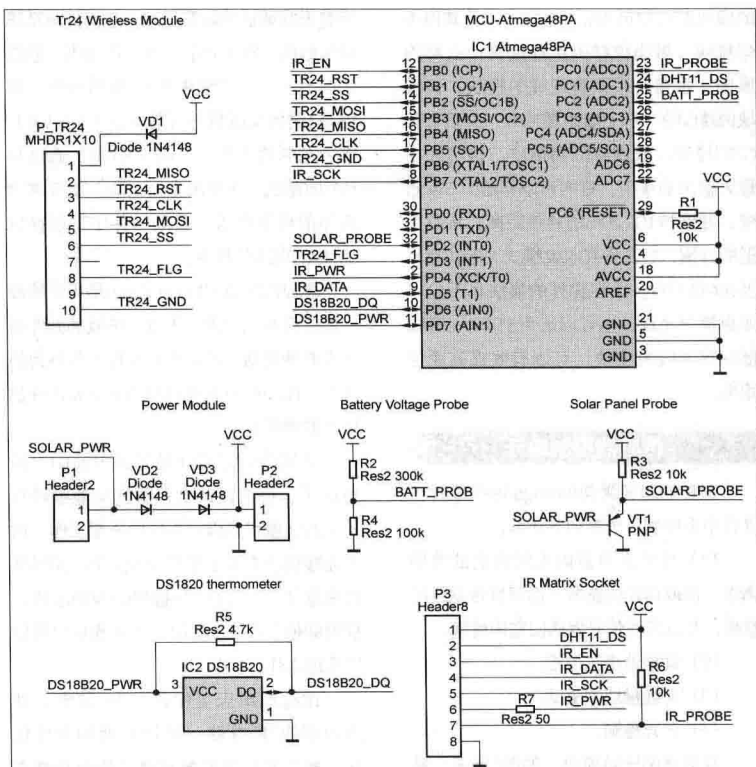


图6 传感器控制单元

PDF 电路图PDF文档下载地址: http://www.csksoft.net/data/ihs_osensor/circuit/checker.pdf

太阳能面板和锂电池

出于成本和其他方面的考虑，这里我选用了功率较小的面板。虽然输出功率不大，但是其表面积小，适合安装。

太阳能面板是我在网上购得的单片价格为10元的多晶面板，其性能参数为：最大输出电压6V、短路电流75mA、工作电流50mA。

对于电池的选择,按照前文提到的功耗和待机要求,我使用了900mAh的锂聚合物电池。如果按照无日照情况下,系统可以工作15天来计算,那么整个室外传感器系统允许的平均功耗大概为 $2.5\text{mA}@3.8\text{V}$ 。如果以一天日照为8小时计算,那么对这块电池完全充电所需的平均充电电流在 112mA ,差不多可以满足我的

要求。

严格地说，要对锂电池充电，需要有专门的充电电路来提供先恒流、后恒压的充电方式。但是这里出于考虑成本以及太阳能电池输出功率比较低的情况，我就偷了下懒。一般锂电池自带的保护电路都会提供过充、过压保护，所以在后文可以看到，在经过几个二极管降压后，太阳能面板的输出直接对锂电池进行充电。而在后文的验证数据中，也可以看到锂电池保护电路对过充的保护。当然这是不标准的办法，不推荐使用。

无线模块

我选用了基于em198810芯片的2.4GHz无线收发模块，市面上可以买到

的模块型号如Tr24A、Tr24B, 以及其他类似模块。做出这样的选择没有什么特殊原因, 主要是手头有现成的模块。该模块内建64字节FIFO收发缓冲区, 并且带有CRC校验。我在实际测试中, 该芯片在最大输出功率下, 室内可以穿透2~3层墙壁, 并维持10~20m的通信距离。按照手册的介绍, 它工作在收发模式下的功耗为25mA@3.6V。比它优秀的模块也不少, 如果情况允许, 也可以选用314MHz等较低频率的收发模块, 可以有效提高通信距离。

传感器控制单元

该控制单元采用Atmega48PA单片机进行中央控制, 负责如下功能。

- (1) 监听来自室内无线终端的通信请求, 读取信件传感器、温湿度传感器的数据, 并以无线信号发送回室内终端。
- (2) 锂电池电压监控。
- (3) 无线模块的驱动。
- (4) 日光检测。

其原理图比较简单, 如图6所示, 基本功能就是对几个传感器的驱动, 以及采用电阻分压后的锂电池电压检测。PA后缀的AVR芯片比之前的版本(Atmega48V等)功耗更低, 适合这里的应用要求。

对锂电池进行电压检测, 主要是为了在调试过程中观察系统的实际工作性能, 并在今后针对当前电池剩余电量适当

调整无线通信的频繁程度, 从而提高系统待机时间。锂电池的工作电压范围一般在2.7~4.2V, 这里我采用3:1电阻分压, 将缩小4倍的电压信号(落入0~1.1V范围)接入AVR芯片的一个ADC引脚, 通过与AVR内部的1.1V参考电压比较, 就可求得实际的电池电压。最后固件中可以提供0.01V的电压分辨率。

图6中的Solar Panel Probe是用于检测当前是否有光照的, 不过目前我的固件当中没有使用到。可以用它来做一些行为的调节, 比如在白天有日照的时候允许开启更多的传感器。

这里的VCC实际就是锂电池的当前电压了, 目前设计上只要锂电池维持在3~4.2V, 就可以保证系统的正常工作。由于无线模块需要工作在3.6V以下, 所以这里串联了一个1N4148提供0.6V的压降, 使得即使工作在4.2V时, 无线模块也可以安全地工作。

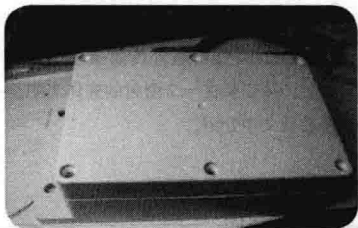
该控制单元工作在1MHz频率, 使用内部RC振荡器。经过后期的固件优化, 整个室外传感器电路工作时功耗在1.1mA@3.8V。即使没有日照, 室外传感器也可以工作近一个月时间。

室外传感器的组装

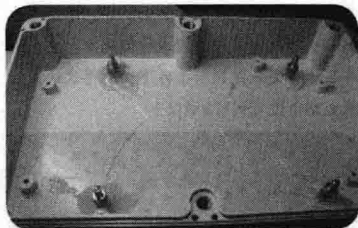
为了理解方便, 先介绍我将上述传感器模块组装并安放在室外的过程。至于固件的编写, 会在后文介绍。

制作方法

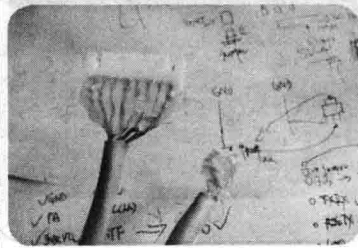
① 前文已经提到, 传感器的控制单元不适合与信件传感器一同放置在信箱内, 除了前面提到的密封问题外, 还有个因素是我家的信箱是铁质的, 会对无线信号造成屏蔽, 所以控制单元需要另外放置。为了保护电路不受风吹雨淋破坏, 我使用了如下的密封机壳。这类机壳可以从网上购得, 价格一般在15元左右, 其中含有密封橡胶, 防护性能应该不错。



② 为了将PCB固定在壳体内部, 我用热熔胶固定PCB的铜座。

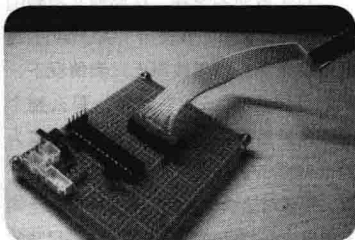
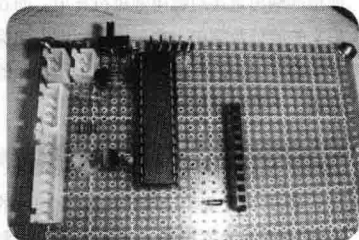


③ 因为传感器控制单元、太阳能电池组以及信件传感器分布得比较远, 这里我用以太网双绞线作为信号线, 一根用于信件传感器和湿度传感器信号, 另一根用于太阳能供电传输。用热熔胶保护好接口引线。



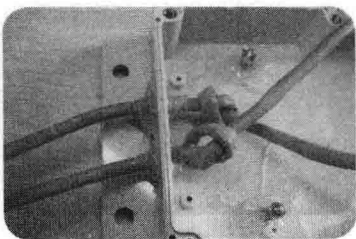
制作方法

以下是按照原理图实现的PCB。它们是在不同制作阶段拍摄的, 所以可以看到接口有区别, 右图上已经安装了无线模块。

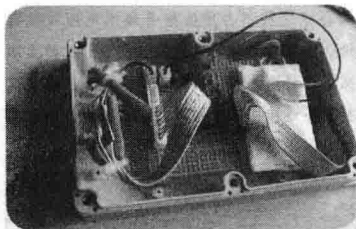


制作方法

- ④ 随后在壳体上打孔，将这两根引线穿进壳内，并用热熔胶以及AB胶密封住缝隙。



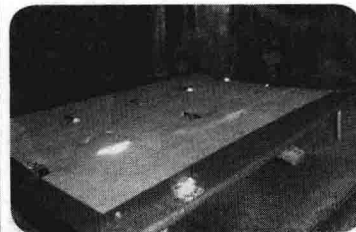
- ⑤ 最后，把控制单元PCB、锂电池等装入壳内并固定。



- ⑥ 下图展示的是盖上盖子的效果。



- ⑦ 接下来把信件传感器放进信箱底部。



- ⑧ 将太阳能电池组放在一个比较高的平台上，并用尼龙绳固定住。



- ⑨ 把机壳放置在灌木丛中的隐蔽位置，目的之一是为了防止阳光直射。



- ⑩ 最后，把这些部件用双绞线连接。下图是还没有把连线隐藏的画面，方便大家理解。至此室外传感器部分就制作完成了。



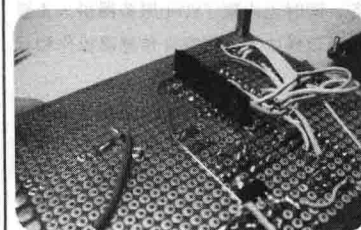
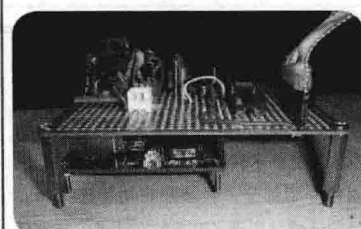
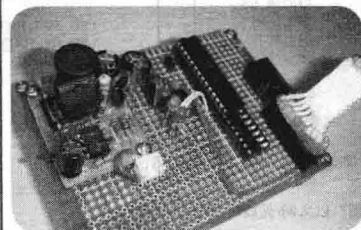
室内以太网/无线转发器

之前已经提过，因为无线模块的通信距离有限，且中央服务器不能直接与传感器无线信号建立通信，所以需要设计一个模块，负责将来自中央服务器发来的TCP数据请求打包成无线数据包，发送至室外传感器，并且将接收的结果用TCP包送回中央服务器。

这里我使用Atmega8L作为该转发器的中央处理器，并使用ENC28J60 SPI接口的以太网适配芯片，实现AVR芯片接入以太网的工作，其原理图如图7所示。

制作方法

该模块的PCB如图所示，上方为12V→5V的DC-DC开关电源模块，下方为以太网模块。这里我使用了现成的DC-DC降压开关电源模块以及ENC28J60以太网模块，它们都可以在网上购买到。



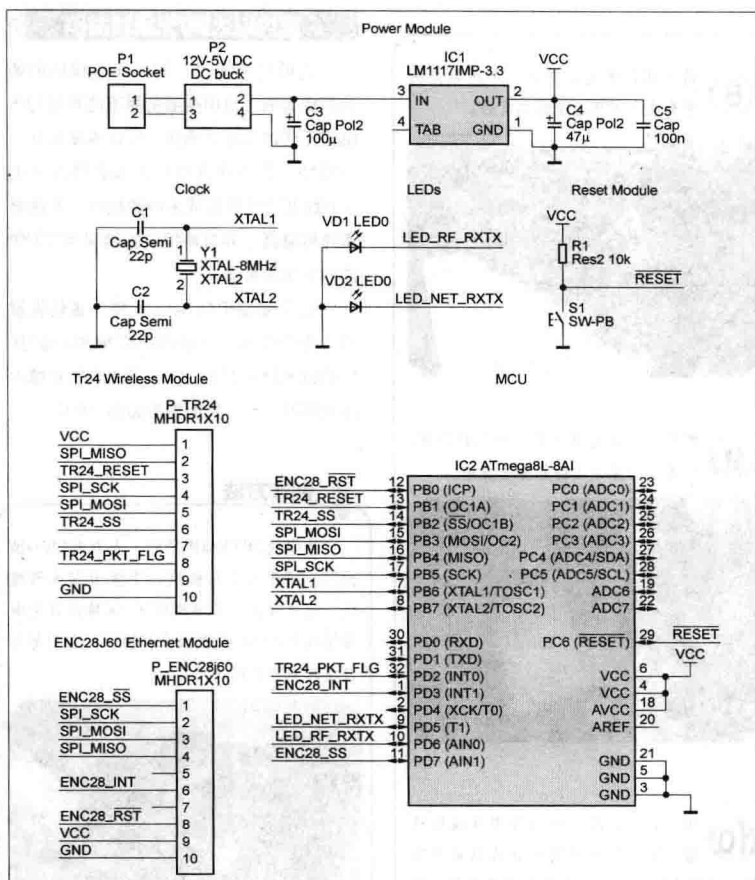


图7 以太网/无线转发器

PDF 电路图PDF文档下载地址: http://www.csksoft.net/data/lhes_osensor/circuit/etherbridge.pdf

该模块的AVR单片机工作在8MHz的频率, 电路也很简单, 单片机负责将来自以太网请求转发到无线网络, 在后文的固件介绍部分, 会涉及它的工作策略。目前该模块实现了TCP数据请求的转发任务, 同时也内建了Web服务器供人工登录至该模块, 进行室外传感器操作和状态查询。

对于AVR与ENC28J60的配合使用, 可以参考tuxgraphics.org的名为《An AVR microcontroller based Ethernet device》的文章。

整个模块工作在3.3V电压下, 因为

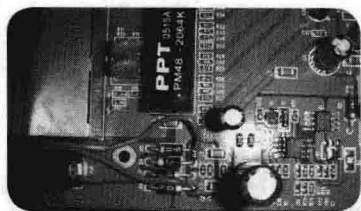
整个模块功耗很低, 所以这里从以太网取电来给模块供电。在后文将介绍, 以太网将提供13V左右的直流电能, 为了有效利用, 这里采用了DC-DC开关电源模块将12V电压转化成5V左右的电压, 再通过三端稳压器稳定在3.3V。

实现以太网供电

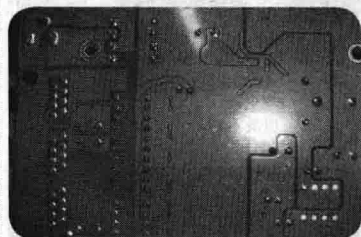
以太网供电其实有专门的设备, 也有专门的名词, 叫做POE (Power Over Ethernet), 但是这类设备一般很贵, 没有必要为此去购买它们。我用了一种不规范的办法来实现供电, 因为对于

制作方法

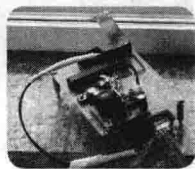
1. 这是我家用的交换机的PCB。我将其电源部分引出 (图上红蓝线), 测得电源电压在13.5V左右。



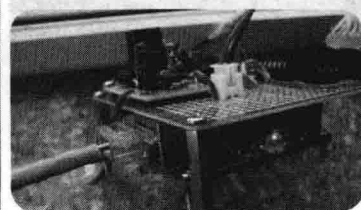
2. 然后观察用于连接室内收发传感器的以太网口的对应网口, 可以发现另外4根双绞信号线焊盘没有被使用 (实际上都会把这些不占用的信号线用电阻拉低接地, 所以自制时要注意将它们断开, 防止短路), 将刚才引出的电源线焊接在上面。这样凡是连接在这个网口的以太网线, 就都有了电源供应。



3. 将带有电源供应的以太网线连接到转发器网口上, 这里还需要把电源线单独引出, 并接到DC-DC模块上。



4. 下图展示了通过以太网给模块供电的情况:



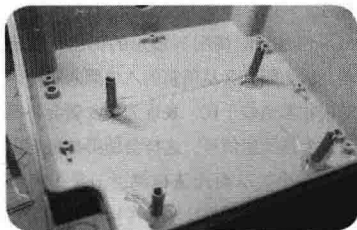
10M/100M的以太网, 8根双绞线只用到了4根传输信号, 其余4根是空余的, 可以用来传输电能。当然这样做也有一定危险, 比如误将其他设备接至这根以太网线, 就会造成设备烧毁, 如果要用这个办法, 需要平时多加小心。

那么现在的问题是, 用来传送的电能又由谁来供给? 我的办法是通过这根以太网线连接的交换机引出自身的供电。

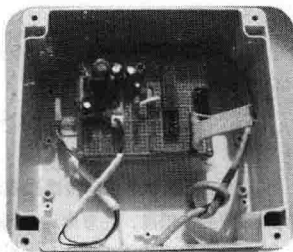
模块的安装

这里同样先介绍最后的组装部分, 固件的编写将在后文介绍。这个模块同样也要用密封塑料机壳加以保护。

① 首先固定住PCB的铜座。



② 然后将所有部件装入壳体。



③ 然后将所有部件装入壳体。



好了, 现在有关电路制作的介绍已经完成, 下面再来介绍它们的固件开发和运行策略。

软件/固件设计

这里仅交待相关模块的固件的设计思路以及高层次的逻辑分析。至于具体的细节, 诸如依赖的代码库, 这里不作过多介绍, 请参考文后的相关资料。

系统协作模式

先从比较高的层次来介绍整个系统的运作。整个系统中, 室外传感器和室内无线/以太网转发器永远都是被动工作的。也就是说, 如果没有外界的请求, 它们永远只会工作在监听状态, 不会主动去与外界联系。这样的设计简化了流程, 又降低了功耗。

在整个系统中, IHES中央服务器将占有主导权。在服务器中运行着一个守护进程, 它负责每隔一定的时间, 通过以太网向室内转发器发出请求, 室内转发器在接收到请求后, 进而向室外传感器发送无线请求。最后把收到的数据发送回IHES主服务器。

但是, 由于无线通信的不确定性, 在设计当中, 中央服务器不适合在向室内转发器发出请求后等待着对方回应。这里中央服务器在发出请求, 并确认转发器收到请求后就切换到其他任务继续。在一段时间后, 中央服务器会再次发出请求, 要求转发器把上次请求到的数据发送回来。

同样的通信模式也应用在转发器中。转发器会在收到IHES服务器数据请求后, 开始与室外传感器联络, 但它不会一直等待对方将传感器数据传回, 同样它也会切换到其他任务, 并在一定时间后再次联系室外传感器, 将采集到的数据收回并存储在自身内存中, 等待IHES服务器来取回。

这样的通信模式含有下面两个原语: 预取命令 (Prefetch Command)、取回命令 (Retrieve Command)。

图8展示出了整个系统的协作模式。如图所示, Sensor Checking Daemon是

运行在IHES中央服务器上的一个“意识进程”, 它会每半小时向以太网上的EtherBridge Agent (也就是室内转发器) 发送一个IHES TCP请求包, 但此时转发器不会开始无线通信, 而只是向服务器回应, 告诉该请求已经收到, 并告诉服务器数据在多长时间后可以获取。中央服务器在收到回应后就转而调度其他IHES“意识进程”。

EtherBridge Agent在收到预取指令之后, 就会将自身状态机转换到通信模式, 开始联络室外传感器 (Outside Sensor)。但同样它也只是先发送预取指令, 因为室外传感器可能会用比较长的时间 (>5ms) 来收集传感器数据。这里涉及一个无线通信的策略问题, 所以适合用预取指令来实现。同样的, 室外传感器在收到预取指令后, 也仅仅是回应自身已经收到了请求。在室内转发器收到传感器回应之后, 它会切换工作模式到其他任务, 比如监听并处理新的TCP或者HTTP请求。室外传感器在回应预取命令后, 开始真正的传感器数据收集, 并且将数据缓存在自身内存中。在一定时间后, 转发器又开始联系室外传感器, 此时室外传感器就会将真正的数据传回。收到传回数据后, 转发器也同样将这份数据缓存在自身内存, 等待IHES主服务器回收。

采用预取模式的原因

无线通信丢包现象比较普遍。目前的处理是在发生丢包时, 命令发送者再次发送重试, 直到收到了对方的正确回应 (通过CRC校验)。基于这样的设计, 如果室外传感器在收到请求后就进行传感器数据读取并将结果送回, 很有可能会因为这个过程丢包, 使得转发器再次不断地请求。这样一次数据请求就会造成室外传感器多次去收集数据, 会消耗较多电

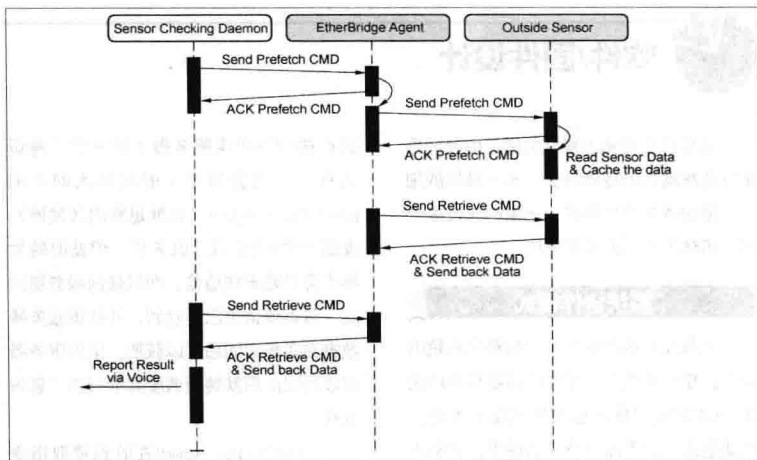


图8 整个系统的协作模式

能（各传感器仅在收集数据时开启）。同时数据收集比较耗时，需要大约5ms的时间，也就是说在这样的模式下，转发器也需要等待5ms重新发送数据包，可能会导致总的通信时间延长。

以太网通信虽然丢包现象相对较少，但是会出现同时有多个请求者的情况，比如IHES服务器和从Web服务器登录的用户都希望访问室外传感器。这里要处理的问题就是降低一次数据通信的延迟。同时因为AVR单片机相对简单，不能很有效地处理多任务协调，如果在一次新的以太网数据请求过程中又发生了新的请求，就难以进行数据的一致性维护。

好了，看段视频来描述这个过程吧。这段视频是IHES服务器进行开机自检中的片段。它会将与室外传感器的数据请求全过程用语音朗读出来。从中可以听出这个系统的协作过程。

有了总体的框架后，下面介绍室外传感器和室内转发器的固件实现。

演示视频：http://v.youku.com/v_show/id_XMTUzMjMxMTA4.html

室外传感器固件设计

前面已经介绍了该部分的电路以及协作关系，这部分的固件主要实现如下

功能：

- (1) 驱动各类传感器，读取传感器发来的数字信号。
- (2) 读取当前电池电压。
- (3) 无线模块驱动程序。
- (4) 监听无线网络请求。
- (5) 自身运行状态控制和节能控制。

前两个部分不需要做很多解释，当前电池电压会采用如下格式保存：

[15:8] Voltage integer : $2^7 + 2^6 + \dots + 2^0$
[7:0] Voltage decimal : $2^{-1} + 2^{-2} + \dots + 2^{-7}$

它可以提供0.01V的电压分辨率。

无线模块驱动我参考了Alexander Yerezyev编写的驱动代码，这里主要对其驱动逻辑进行时序上的优化，同时增加了自动丢包重发功能。

信件传感器的信号采集

之前已经介绍了信件传感器的工作原理，这里介绍一些细节问题。如果有信件遮挡一个传感器，则它会受到来自红外发射管的反射光，在固件看来，这个反射光就是一个电压信号，且电压越低，反射光越强。

固件会驱动74HC595轮流点亮红外

发射管，随后读取此时接收管上的电平信号：

`ir_sensor_voltage = analogRead(IR_SENSOR);`

这是一个范围在0~1023的数值，如果某一次接收管的电平比较低，则可以怀疑它对应的发射管上方有信件遮挡。所以还需要再读取一次参考电平，即在点亮任何发射管之前接收管的电平数值，因为此时没有任何红外光产生，所以这个电平信号可以认为是没有信件时接收管的输出信号（实际上并非如此，后文会有介绍）。

在我编写固件时，进行了一些测试，最后判断当前接收管电平和参考电平之差，如果小于阈值IR_DETECTION_THRESHOLD (0x65)，则可以认为有信件存在。

但是实际情况与预想的仍然存在偏差，因为阳光会从信箱的入口照入箱内，对接收管造成干扰，表现为接收管会将日光认为是反射信号。这样会使得参考电平也非常小，从而无法检测当前是否有信件。解决的办法是比较参考电平，如果它自身也小于一个阈值时，就认为本次的检测结果无效。下面给出实际的测试数据来说明这个问题：

2010-02-20	07:08	00.7	94
4.09	0666		
2010-02-20	07:38	00.9	95
4.12	0071		

上面2组数据是目前传感器在这些时间点采集到的信息。注意最后一列数值，它表示的就是红外接收管的参考电平，可以很明显地看到，07:08时阳光还比较柔和，参考电平比较高，但当太阳升起后，参考电平迅速降低为71。这样的条件是无法测出信件是否存在的。

解决办法其实也很简单，就是在信箱入口安装遮光布，不过我没有这么做。另外，如果信箱内有信件，它同样也会遮挡阳光入射，从而提高参考电平，这样又可以有效地检测出信件的存在了。

由于参考电平的波动性，我打算将