

基于 ZigBee 的冷库温度无线监测系统的设计

引言

冷库是担负农、畜、水产等易腐食品以及饮料和部分工业原料等商品的加工、储藏任务的必要设施,是商品流通中的重要环节。随着人们生活水平的提高,食品的安全卫生越来越受到人们的重视。每年技术监督部门都要对全市各冷库食品进行抽检,检查后发现市民每年消费的农产品及其他易腐食品中有很大部分就是因为冷藏、冷冻未达到要求而变质的,因此对冷库温度的实时监测对于贮藏品的质量保证显得尤为重要。

实际中,往往由于监测地点过于分散,分布范围广或由于条件恶劣无人值守,常常给测试工作带来许多困难。尽管通过电话线亦可以传输数据,但往往事倍功半,且对于通信电缆无法架设的地域来说更是无法进行有线数据传输。本文设计的多个冷库温度无线监测系统通过基于 ZigBee 的无线传输技术可以很好的解决上述实际问题。在本系统中,每个冷库监测单元 PC 机通过以太网将采集的温度数据发送到监测中心 PC 机,从而实现对多个冷库温度的实时监测。其中,单个冷库温度无线监测系统主要由两部分组成:温度数据采集系统(无线终端下位机)和温度数据接收系统(上位机),上位机与下位机为一对多关系,并分别以单片机为控制核心,通过搭建的 ZigBee 网络平台相联系。采用的 ZigBee 无线通信技术具有省电,可靠度、安全性高,高度扩充性,成本低廉等优点,可以很好地满足在冷库温度监控中对传输距离、能耗需求等方面的要求。

ZigBee 协议规范研究及分析

本文设计的冷库温度无线监测系统采用了近年发展起来的 ZigBee 无线通信技术。下面将简要介绍 ZigBee 技术在冷库温度无线监测系统中需要解决的几个主要问题:ZigBee 网络拓扑结构、数据传输机制和节能技术。

IEEE802.15.4 / ZigBee 协议中明确定义了三种拓扑结构:星型结构(Star)、簇树结构(cluster tree)和网状结构(Mesh) [1]。在无线传感器网络的实际应用中,经常根据应用需要灵活地选择网络拓扑结构。

传输数据到终端设备和从终端设备传输数据的确认机制随网络拓扑结构的不同而有所不同。ZigBee 技术的数据传输模式分为三种:第一种是终端设备向协调器发送数据;第二种是协调器发送数据,终端设备接收数据;第三种是在两个终端设备之间传送数据。在数据传输时,一旦建立了数据传输链路,后续的数据帧传输就可以直接采用 CSMA/CA 机制,点对点沿树传输直到完成所有数据帧的传输。

由于 ZigBee 应用的低带宽要求,ZigBee 节点可以在大部分时间内为睡眠模式,以节省电池能量。当接收到广播信标时被唤醒并迅速发送数据,然后重新进入

睡眠模式。ZigBee 可以在 15 毫秒或更短的时间内由睡眠模式进入活动模式, 因此即使处于睡眠的节点也可以实现低时延的目的。

系统总体设计方案

本文采用现有的无线射频元件进行外围电路设计, 实现对多个冷库温度的实时监测, 其温度监测系统示意图如图 1 所示。下位机的单片机将温度传感器测得的温度数据发送给对应的下位机无线射频模块, 该模块与上位机无线射频模块在已搭建的 ZigBee 网络平台上建立通信, 实现对冷库温度数据的无线采集和发送。上位机无线射频模块将接收到的数据发送给上位机单片机后, 该上位机单片机通过串口将数据发送至对应的冷库监测单元 PC 机。每个冷库监测单元 PC 机最后通过以太网将数据发送到监测中心 PC 机上, 从而实现对多个冷库的实时温度监测。

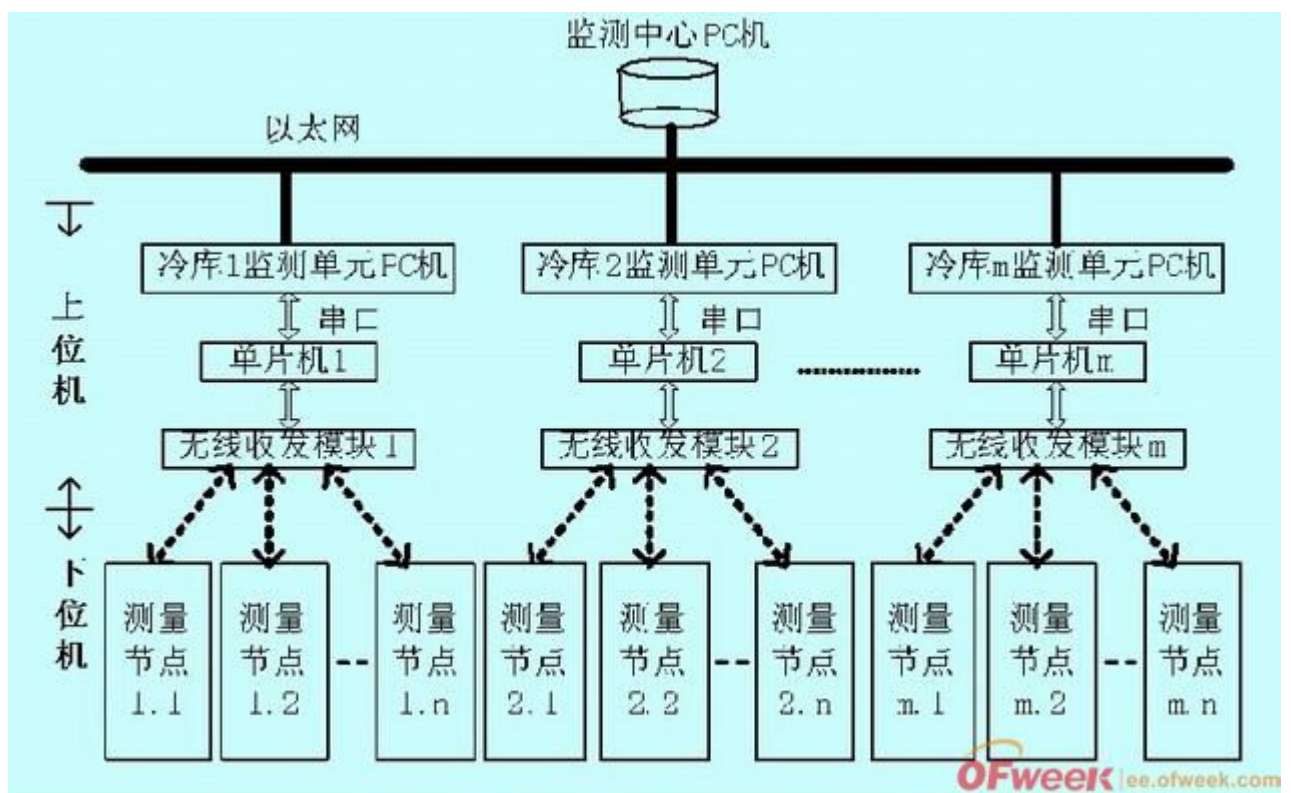


图 1 多个冷库温度监测系统示意图

在对单个冷库温度监测系统进行电路设计时, 需在冷库内多个位置设置测量节点, 其硬件结构如图 2 所示。其中, 上位机与下位机的无线射频模块均采用 XBee Pro 无线射频收发器, 它满足 IEEE802.15.4 标准, 工作频率为 2.4GHz, 已经被用来开发工业无线传感及家庭组网等 PAN 网络。

上位机与下位机的单片机均采用 AT89C51, 它是一种低电压, 高性能的 CMOS 8 位微处理器, 与工业标准的 MCS-51 指令集和输出管脚相兼容, 现已为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。节点上的温度传感器采用单总线数字温度传感器 DS18B20, 它可把温度信号直接转换成串行数字信号供单片机处理,

同时一条总线上可挂接多个 DS18B20 芯片, 构成多点温度检测系统而无需任何外加硬件。

智能传感器采集和发送的数据常需要同时附加数据的采集日期和时间, 以方便上位机分析处理, 本文采用能耗低、体积小的 DS1337 可有效的解决上述问题。要实现上位机单片机的输出信号与监测单元 PC 机的通讯, 通常利用 MAX232 电平转换器来实现。

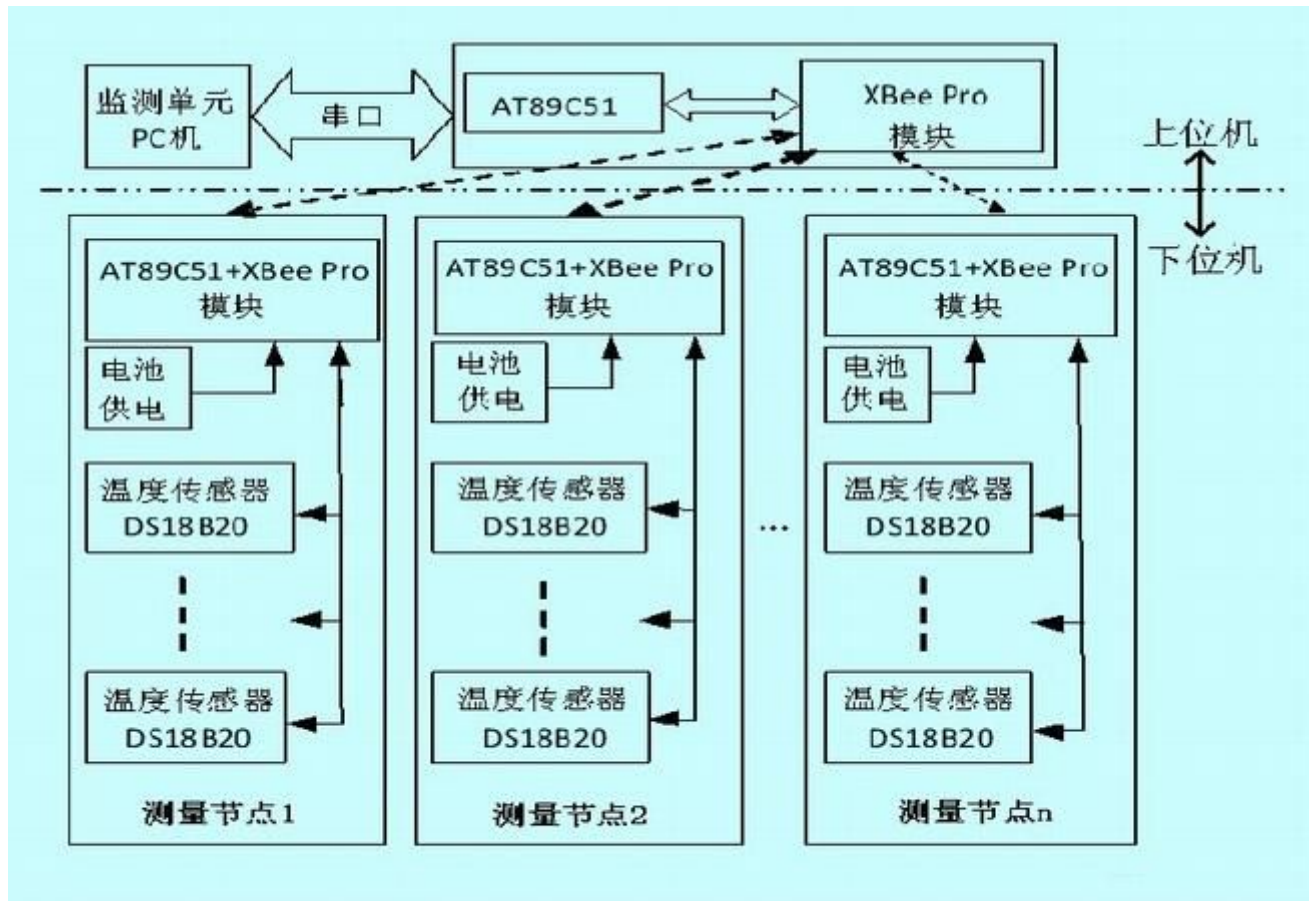


图 2 单个冷库温度监测系统硬件结构图

在本设计中, 为了避免障碍物的阻挡, 影响无线数据传输, 可在冷库内较高处放置 AT89C51 单片机与 XBee Pro 无线射频收发器的连接模块。冷库内放置的多个温度传感器可以与就近的 XBee Pro 无线射频模块连接起来构成测量节点。多个测量节点与上位机在已搭建的 ZigBee 无线网络平台上完成收发数据。

单个冷库温度无线监测系统设计

要实现对多个冷库温度监测系统的控制, 就需要分别对单个冷库温度监测系统的设计。

1. 系统硬件电路设计

单个冷库温度无线监测系统的下位机主要是由单片机与温度传感器、无线射频收发器、键盘电路、显示电路、时钟电路等构成,上位机由单片机与无线射频收发器构成。下面将主要介绍上述几个模块的电路设计。

上位机与下位机的单片机 AT89C51[2]的最小系统均如图 3 所示,图中外接晶体以及电容 C2、C3 构成并联谐振电路,它们起稳定振荡频率、快速起振的作用,其值均为 30PF 左右,晶振频率选 6MHZ。外接复位信号采用的是上电复位和手动复位的结合。

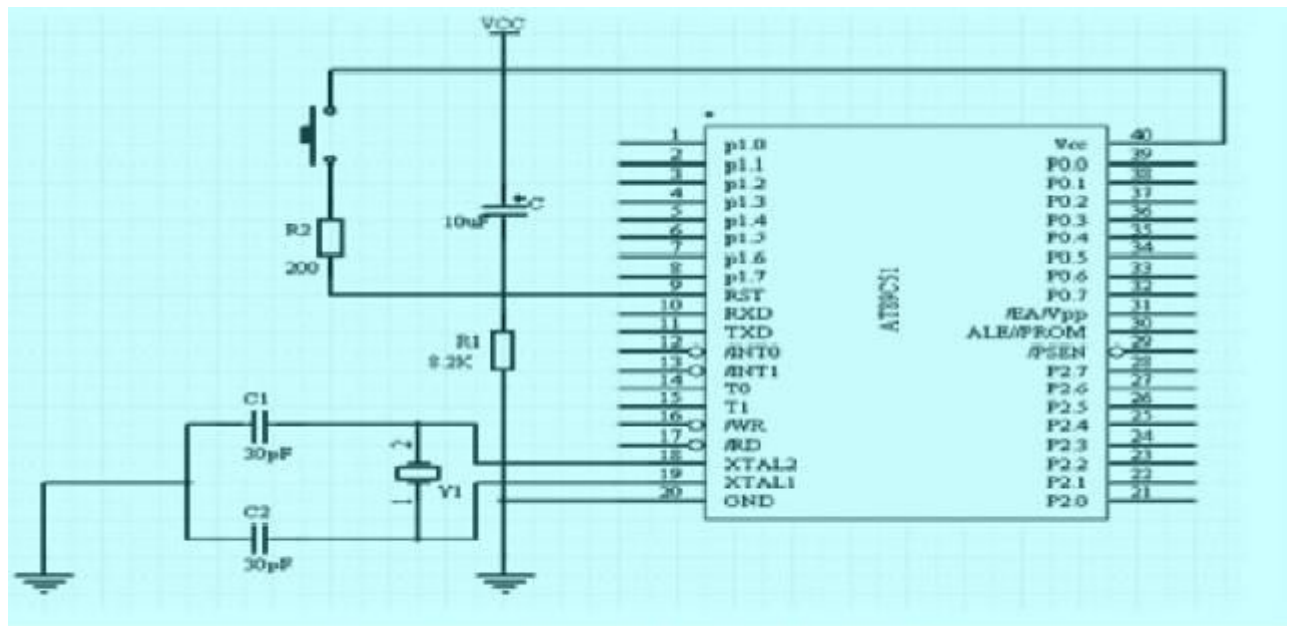


图 3 单片机最小系统

本系统为多点温度测试,温度传感器 DS18B20[3]既可寄生供电也可外部电源供电。为了尽可能减少使用单片机的 I/O 口,我们采用外部电源供电方式。同时注意单总线上所挂接的 DS18B20 的数目不宜超过 8 个,否则需考虑总线驱动问题。其硬件连接电路如图 4 所示:

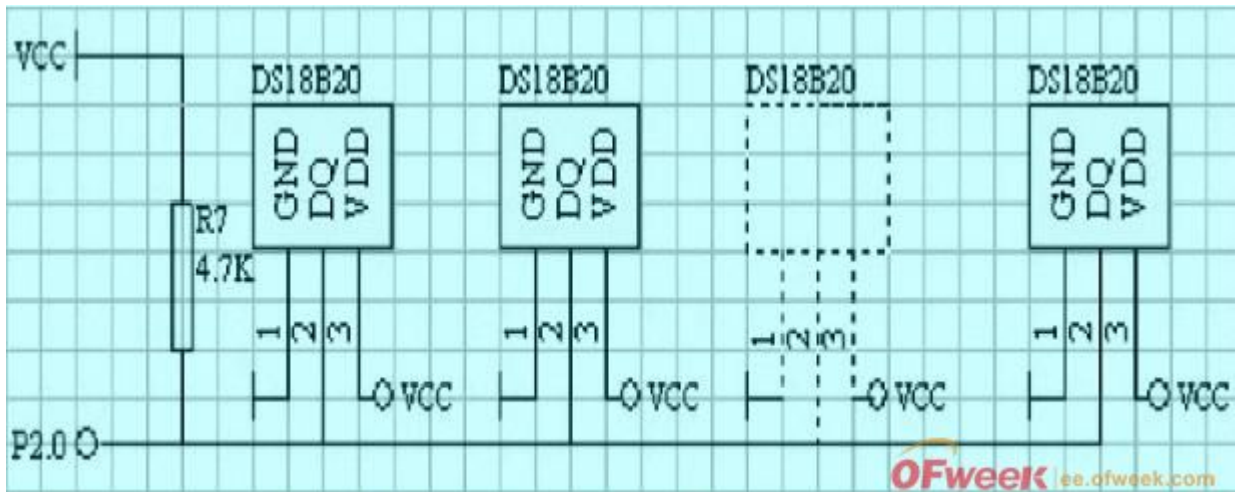


图 4 DS18B20 与下位机单片机接口电路图

XBee Pro[4]模块自带软件包,可以直接实现点对点的无线通讯,但需要提前将XBee Pro 模块进行匹配,才能实现数据的无线通讯功能。因为单片机管脚电压为5V,而XBee Pro 模块的管脚电压为3.3V,故若将两模块连接需使用光电隔离。其中上位机与下位机分别都有XBee Pro 模块与单片机的连接,其硬件连接均如图5所示:(其中S1与RXD相连,S0与TXD相连)

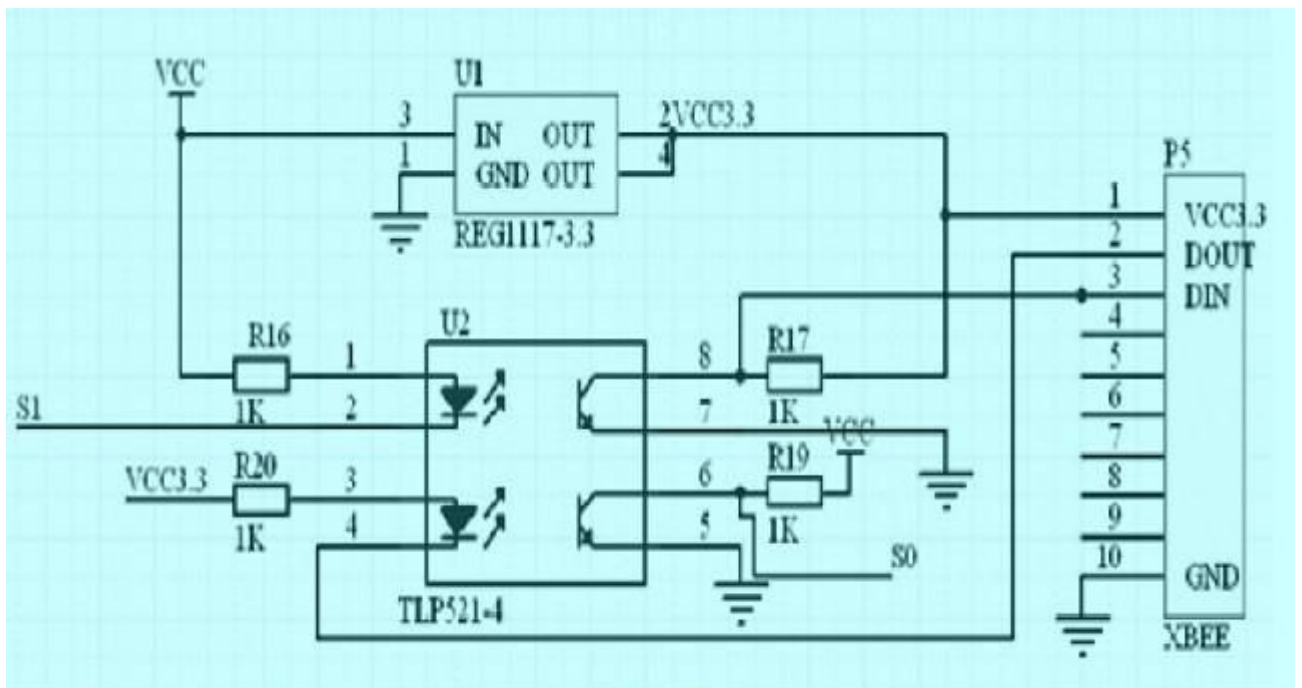


图 5 XBee Pro 模块与单片机硬件连接图

本设计采用的是独立式键盘,以查询方式工作。直接用 I/O 口线构成单个按键电路,每个按键占用一条 I/O 口线,每个按键的工作状态相互不会产生影响,其接口电路如图 6 所示:

- P2.1 口表示起动键, 起动系统工作。
- P2.2 口表示停止键, 停止系统工作。
- P2.3 口表示通道切换键, 选择要观察的那路温度。
- P2.4 口表示设限键, 设定系统工作环境的范围。
- P2.5 口表示加一键, 数字“+”键, 按一下则上限温度设定值加 1。
- P2.6 口表示减一键, 数字“-”键, 按一下则下限温度设定值减 1。

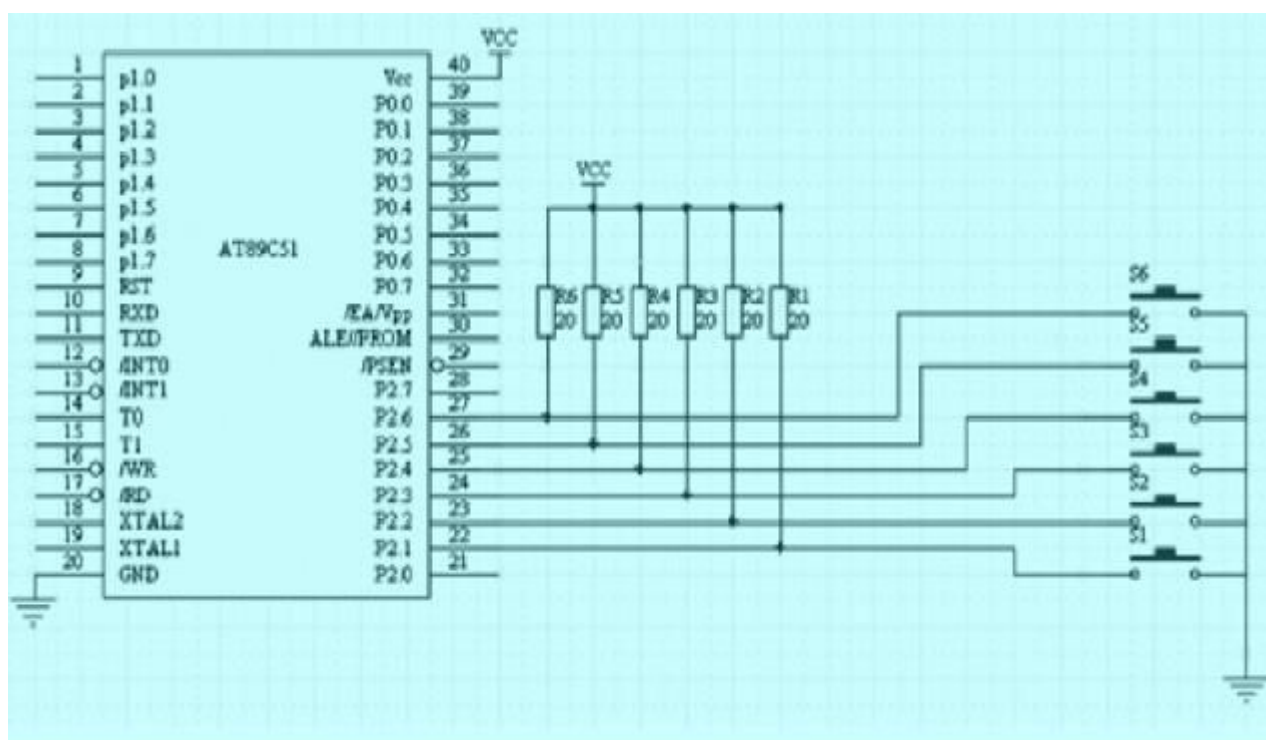


图 6 独立式键盘电路图

显示电路采用的是如图 7 所示的共阴极七段数码管, 显示方式为节约硬件资源的动态扫描方式。

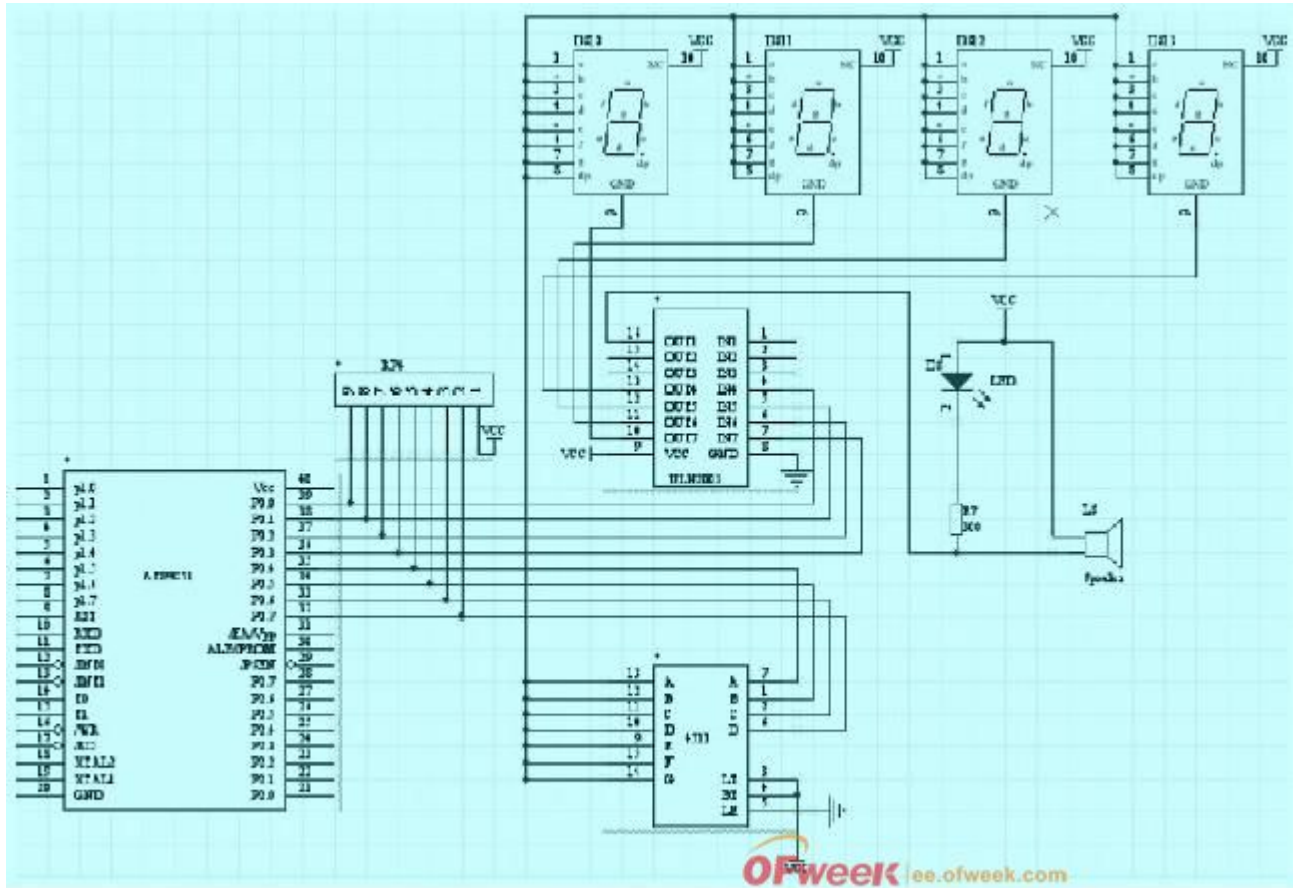


图 7 显示电路图 www.ee.ofweek.com

DS1337[5]是一种超小型的串行实时时钟芯片,除了具有其他时钟芯片所具有的记录秒、分、时、星期、日、月、年,闹钟,可编程方波输出外,最大的特点是体积小,连线少,性能良好。下位机单片机 AT89C51 与串行时钟 DS1337 的硬件连接如图 8 所示(其中 $R1=R1=R3=R4=3K$):

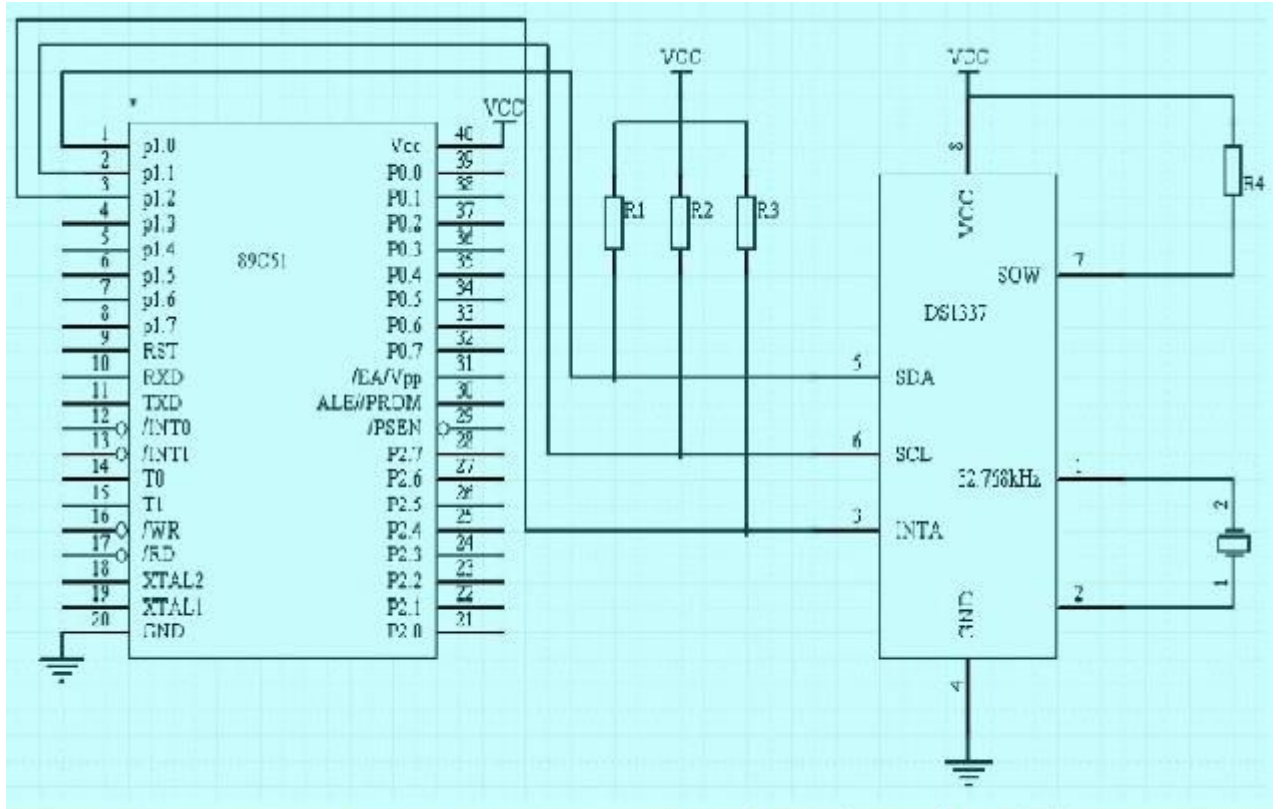


图 8 DS1337 与下位机单片机连接图

NE56604 能为多种微处理器和逻辑系统提供复位信号, 其门限电平为 4.2V。在电源突然掉电或电源电压下降到低于门限电平时, NE56604 将产生精确的复位信号。其硬件连接如图 9 所示:

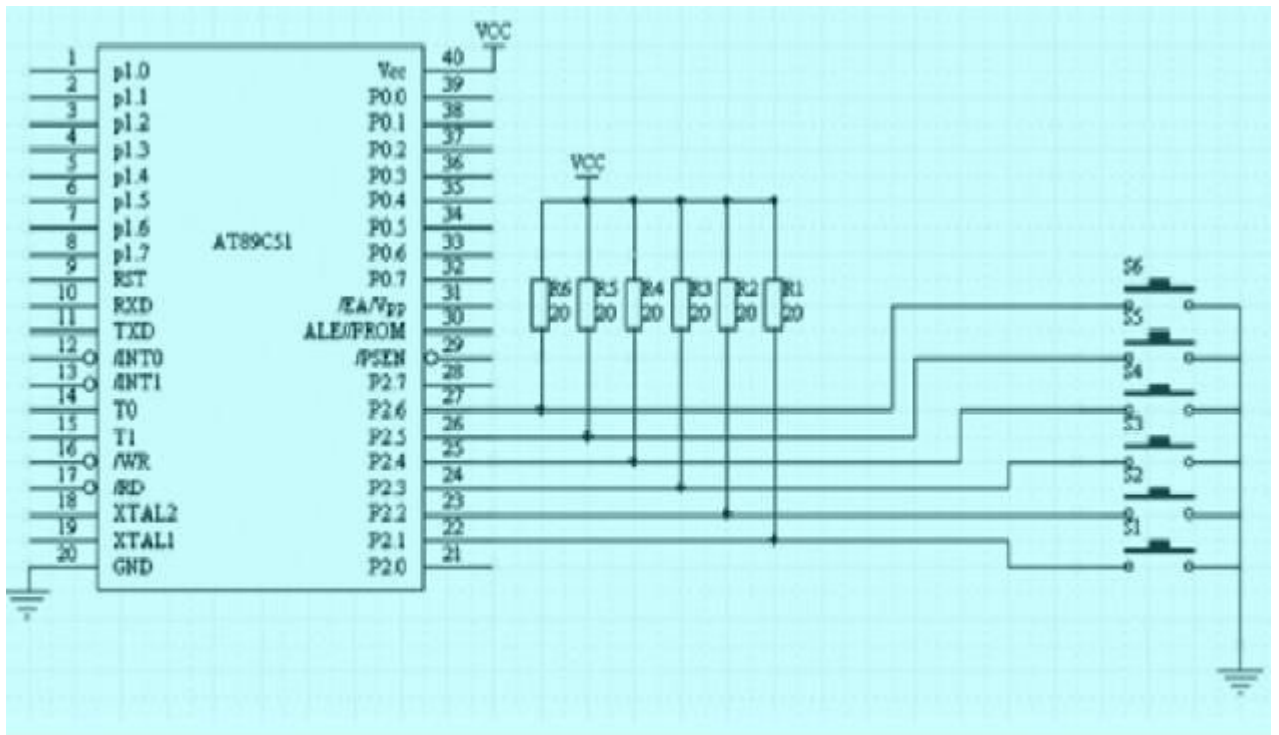


图 6 独立式键盘电路图

要实现上位机单片机的输出信号与监测单元 PC 机的通讯,通常利用监测单元 PC 机配置的异步通信适配器,通过 MAX232 电平转换器即可实现。其电平转换电路如图 10 所示:

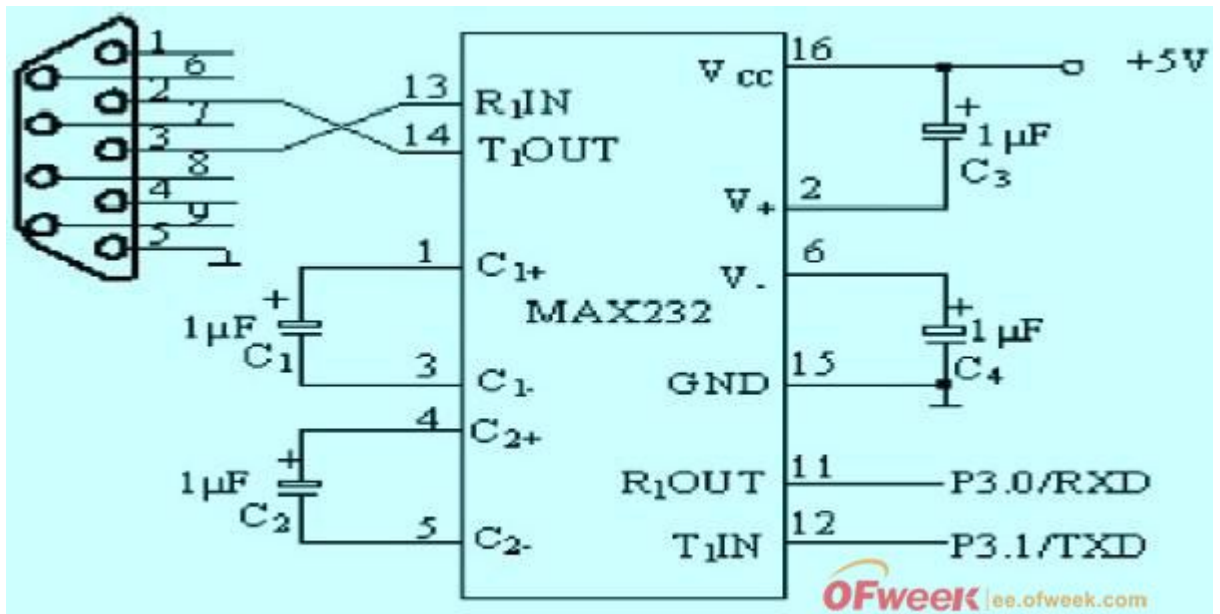


图 10 MAX232 电平转换电路

2. 系统主要软件设计

本文设计的单个冷库温度无线监测系统,主要程序包括下位机测量节点的温度采集和数据发送以及上位机数据接收三部分。

下位机测量节点的温度采集流程图如图 11 所示,上电后,系统首先进行初始化,然后进行键盘输入扫描,若有输入则进行输入处理否则进行温度采集。温度采集时,利用定时器 T1 的中断来实现每 2s 采集一次相应的 DS18B20 数据,并对单总线上的 DS18B20 进行循环采集。

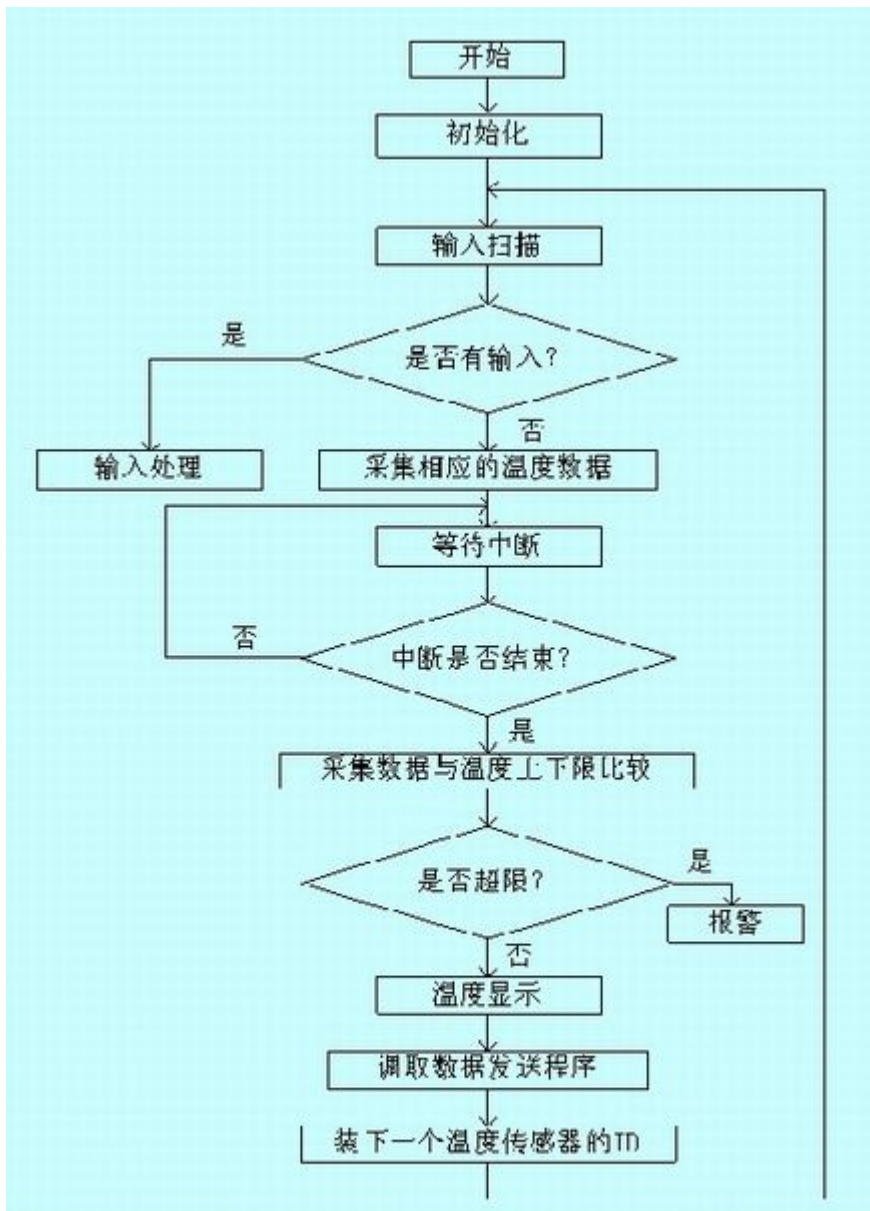


图 11 下位机测量节点温度采集流程图

将采集后的温度数据与设置的温度上下限比较,若超限则进行报警处理,否则显示温度。最后下位机 XBee Pro 模块将温度数据发送给上位机 XBee Pro 模块,其数据发送流程图如图 12 所示,上位机 XBee Pro 模块数据接收流程图如图 13 所示。

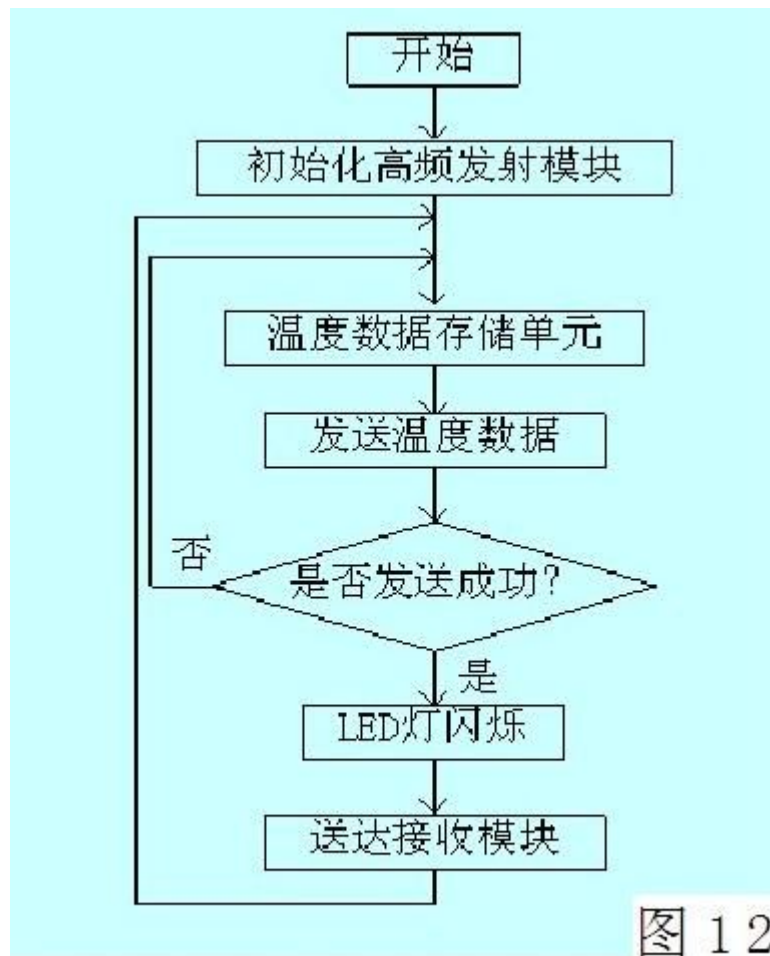


图 12
下位机测量节点数据发送流程

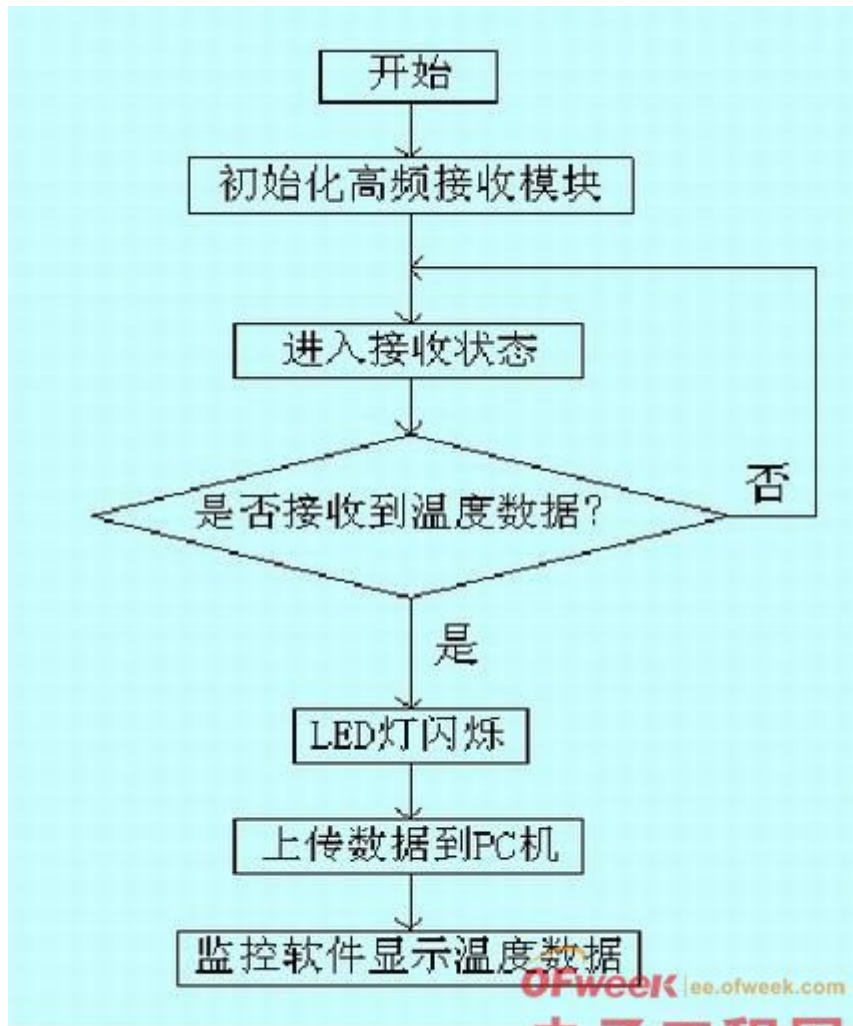


图 13 上位机数据接收流程图

低温有毒的环境中解脱出来,为企业节约人力成本,又可以方便我们随时对其现场环境温度进行监控。毫无疑问,在监温系统中应用无线传感器技术以及适于它的 ZigBee 无线通信协议,是现在及将来冷库温度监控的研究热点并具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 武永胜,王伟,沈昱明. 基于 ZigBee 技术的无线传感器网络组网设计[J]. 电子测量技术. 2009, 32(11):121-124.
- [2] 赵娜,赵刚,于珍珠,郭守清. 基于 51 单片机的温度测量系统[J]. 微计算机信息. 2007, 23(2):146-148.
- [3] 张萍. 基于数字温度计 DS18B20 的温度测量仪的开发[J]. 自动化仪表. 2007, 28(6):64-66.

[4] 王静霞. 一种与 ZigBee/802. 15. 4 协议兼容的 RF 模块 XBee/XBee Pro 及其应用[J]. 电子工程师. 2007, 33(3):24-27.

[5] 孙频东. 串行时钟芯片在智能传感器中的应用[J]. 现代电子技术. 2002, (10):47-49.