

低功耗家禽环境检测节点设计*

孙广辉

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要:通过硬件和软件两方面的改进来降低家禽环境无线检测节点的功耗,延长整个家禽环境检测系统的工作寿命。硬件方面主要从器件选择、工作电压以及电源管理等方面进行优化,软件方面主要通过中断的应用、能量均衡的算法以及集中模式传输等方面进行改进。最后进行整机调试,该设计目前在江苏微优软件科技有限公司进行试验运营。

关键词:低功耗;环境检测;无线传感网节点;FPAA;家禽

中图分类号: TP212.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)20-0014-04

Design of low-power WSN node of poultry environment

Sun Guanghui

(School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: During the improvement of WSN node from hardware and software, reduce the power consumption of the WSN node to extend the working life of the poultry environment testing system. It changes low voltage and power devices, reduces the load capacitance and increases the voltage management to improve the efficiency of the hardware. Furthermore, using centralized transmission mode, request-response mode, look-up table of date processing and so on to reduce node power consumption in software. The design is tested by Jiangsu Mincro Optimal Software Science & Technology CO., LTD..

Key words: low-power; environment testing; WSN node; FPAA; poultry

无线传感网络技术的发展已深入影响到人们的日常生活。无线网络节点作为无线传感网络的基础,其工作寿命直接影响着整个网络的寿命。其中功耗是影响无线传感网节点寿命的关键因素,对无线传感网络节点低功耗的研究有着极其重要的意义。基于此,本设计将从硬件和软件两方面对禽类环境监测节点降低功耗方面进行详细优化。

1 家禽环境检测节点

在家禽饲养过程中,禽舍内部的温度、湿度、光照强度以及氨气浓度对禽类生长有着关键影响。依此设计家禽环境检测节点如图1所示。

检测节点由传感器数据采集模块、数据处理控制模块、无线数据通信模块以及供能模块组成。数据采集模块主要完成各种传感器信号采集及调理,以备数据处理控制器模块进行数据处理;数据处理控制模块主要完成传感器采集、发送控制以及数据的处理、存储等整个节点电路工作状态的的控制;无线数据通信模块主要完成节

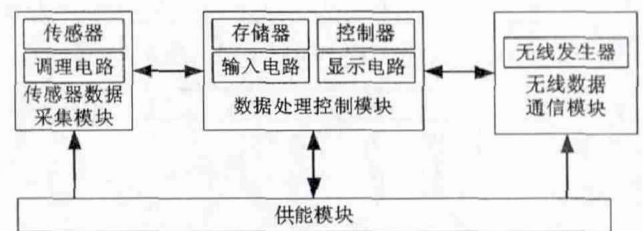


图1 节点结构框图

点间、节点与上位机之间的无线数据通信;供能模块主要完成电池电压转换的转换确保各器件正常工作。

2 硬件设计

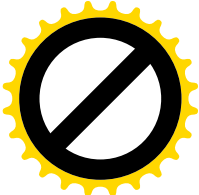
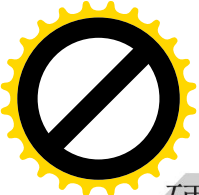
硬件电路是无线传感网络节点设计的基础,因此在降低功耗设计方面优先考虑。参考文献[1]中的研究表明,硬件的功耗主要分为动态功耗和静态功耗,动态功耗是由硬件的负载电容充放电造成,静态功耗主要由漏电流产生,可表示为:

$$P = P_{\text{dynamic}} + P_{\text{static}} = CNV^2f + VI_{\text{leak}} \quad (1)$$

其中, C 代表负载电容; N 代表电路每拍翻转次数; V 代表电压; f 代表时钟频率; I_{leak} 代

* 基金项目: 江苏省高等学校大学生创新创业训练计划 2013 年立项项目 (201310292020Z);

江苏省高等学校大学生创新创业训练计划 2012 年立项项目 (2012JSSPTP1798)



表漏电流。通过式(1)可清晰地看出动态功耗与电压的平方、负载电容值以及时钟频率值成正比,静态功耗与电压、电容漏电流成正比。因此,应在保证器件正常工作的前提下降低器件的工作电压、频率、漏电流、负载电容,电解电容的漏电流较大,其他电容的漏电流极小,设计电路时尽可能少地使用电解电容^[1]。

2.1 主要器件选择

为了简化电源电路、降低器件的应用量,设计电路时采用同一电压进行供电。考虑到低压供电设计这一要求,本文选择 3.3 V 的电压为系统进行供电。控制器选择 TI 公司的 MSP430 系列单片机,具有 5 种低功耗模式。温湿度传感器选择 Sensirion 公司的数字温湿度传感器 SHT15^[2],数据输出采用 I²C 总线协议,休眠电流 3 μ A。光照强度传感器选择 TAOS 公司的数字传感器 TSL2561,数据输出采用 I²C 总线协议,低功耗模式电流 3.2 μ A。氨气传感器选用模拟氨气传感器 MQ137,采用 3.3 V 供电。射频芯片选择 Nordic 公司的 NRF905。模拟单端转差分低功耗集成放大器选择 THS4521^[3]。信号调理芯片选择 Anadigm 公司的 AN221E04^[4]。

2.2 信号调理电路

信号调理电路主要由前端放大电路和 FPAA 技术实现调理电路组成,前端放大电路主要完成单端转差分、初级放大功能;FPAA 技术主要实现信号的滤波、二次放大功能,具体电路如图 2 所示。

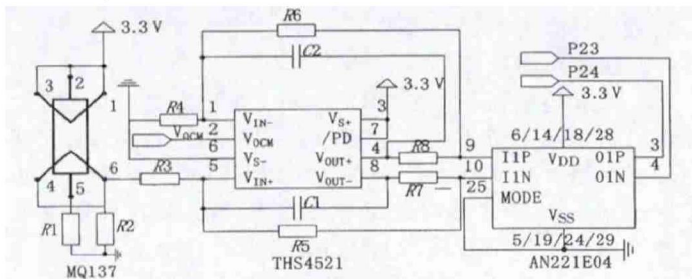


图 2 信号调理电路

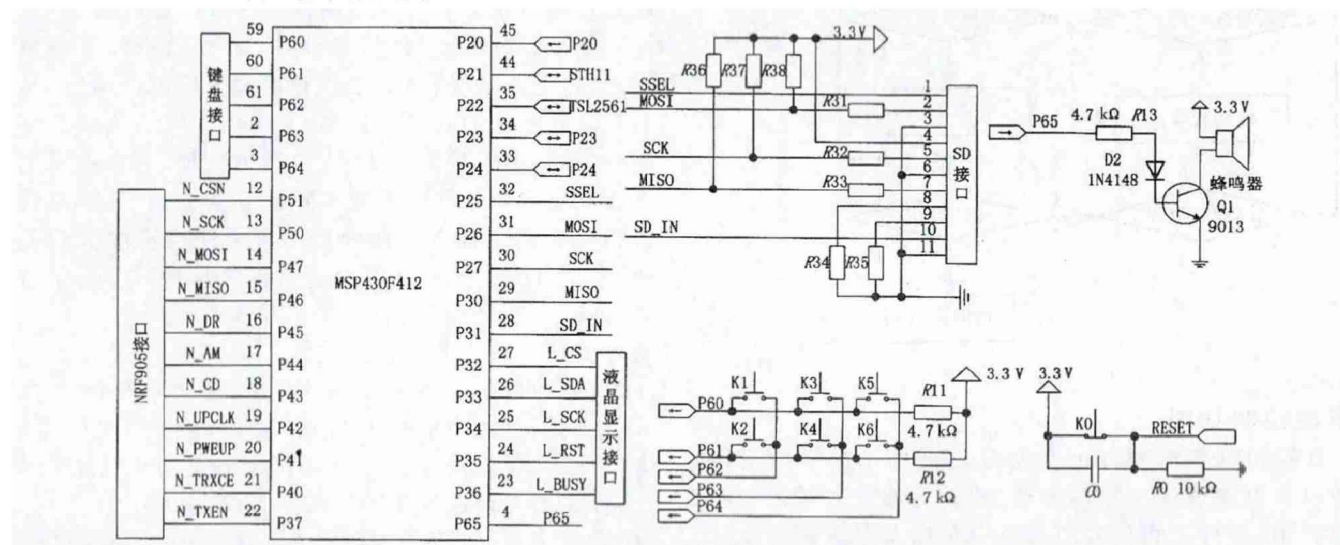


图 4 控制器电路

2.3 电源管理电路

硬件电路中的高效、稳定工作离不开稳定的电源,为了使电池能够更加稳定、充分地放电,需要设计一种输入电压范围宽、输出恒定的 DC-DC 转换电路。无线传感网节点能量均衡时不需要精确的电池剩余容量,只要粗略地估计出电池的能量即可。通过各种 SoC 测量方法对比^[5],电压测量法可以很好地满足电池电量剩余量的快速估测,具体电路搭建采用二极管导通电压法测量。

MAX856^[6]输入电压范围为 0.8 V~6 V,可输出 3.3 V 和 5 V 两种电压值,静态电流为 25 μ A,关断电流为 1 μ A。本文选择 3.3 V 输出,宽带输入电压值使得电池能够得以充分放电,具体实现电路如图 3 所示。

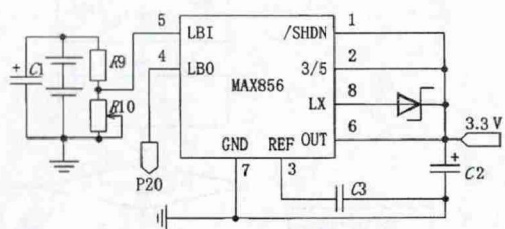


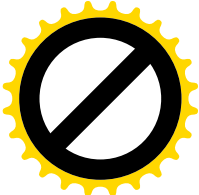
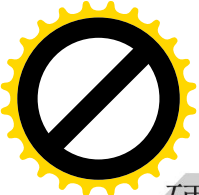
图 3 电源电路

图 3 中, C1、C2 为电解电容 (容值为 68 μ F), C3 为钽电容 (容值为 0.1 μ F), 肖特基二极管为 1N5817, R9 电阻值为 3 k Ω , R10 电位器的最大阻值为 4.7 k Ω , 电池为两节镍氢电池串联。LBO 端与控制器 P20 引脚连接, 通过 R9 和 R10 比值快速、粗略地测量电池剩余容量, 为系统能量均衡提供触发参数。

2.4 控制器核心电路

控制器核心电路由各种接口及输入、输出设备组成,图 4 给出了各单元的连接方式。SD 电路主要完成数据的存储,以便上位机对历史数据的查阅;蜂鸣器电路主要起到简单报警以及故障节点定位作用;键盘电路主要完成各功能选项的切换。

电路板制作时考虑到无线通信采用高频电路,为了



提高电路的抗干扰能力,采用数模分离设计方式,数字地与模拟地之间并联去耦电容,以减少高频噪声和低频噪声的干扰。电路板制作采用双层板,在无线模块部分底层不放置任何器件,顶层空余部分布铜填充且通过钻孔接地,在布铜时模拟地采用填充式,数字地采用网格式。

3 软件设计

为了提高节点工作性能,节点设计时增加开机自检模块,开机后对节点进行自检,当有问题时出错提示并关机,具体主程序流程图如图5所示。

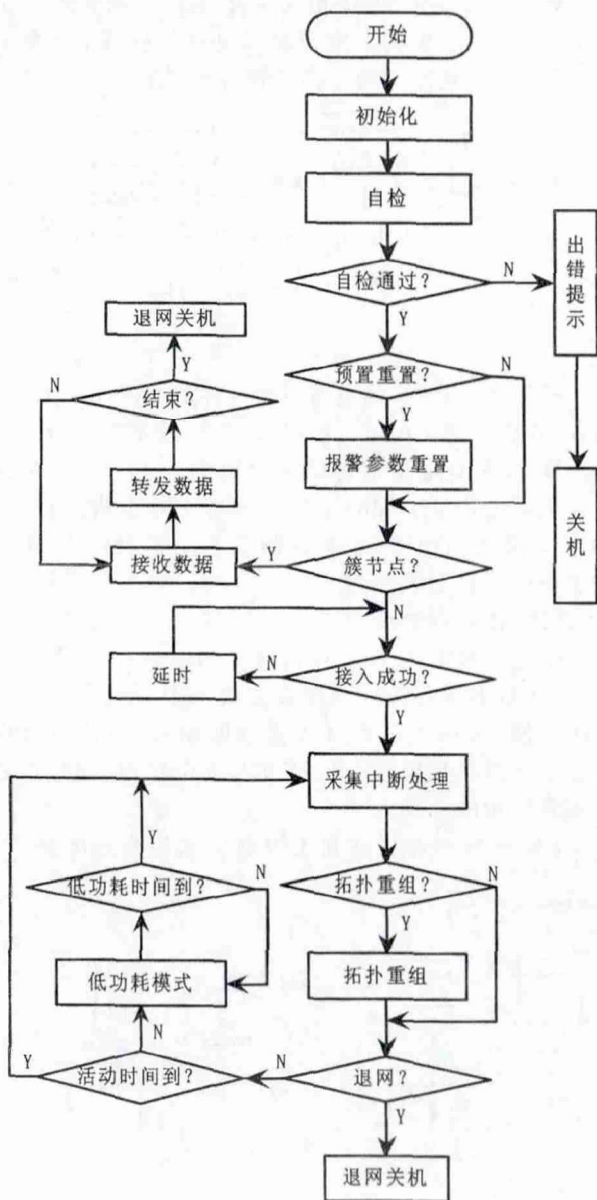


图5 主程序流程图

4 节能控制策略

节能控制策略硬件上主要通过器件工作降低工作电压以及电源管理电路来实现,软件上通过中断程序的合理利用、器件工作模式的有机组合以及电池能量的均衡控制来降低整个电路的能耗^[7-8]。下面详述具体的控

制方式。

4.1 主程序

主程序主要由控制器完成,通过控制控制器、采集电路及射频芯片的工作状态实现低功耗效果。传感器数据处理时采用查表技术实现电信号与传感器数值的对应,以减少运算时间,降低功耗。

通信策略上为保持系统的实时和低功耗采用请求应答模式和集中发送模式。开始工作时无线传感节点处于接收状态,当收到簇节点或上位机数据传输请求时节点将数据及时上传。节点数据采用存储集中上传模式,没有请求指令时将数据存储在节点存储器中,数据存储到一定数量后集中发送,以提高发送效率,降低整体发送功耗。当节点采集数据超出参数允许范围时,节点自动切换到发送态,发送节点各项参数和环境调节请求给上位机。

4.2 中断程序

采用中断模式减少CPU的工作时间;无线传感网络节点设计中主要应用中断程序实现传感器数据采集、电源剩余能量中断、数据收发及转发,传感器采集部分通过控制器定时中断实现数据的处理、存储;电源剩余能量、数据接收通过控制器时钟进行周期性的监听,当检测到数据后触发控制器外部中断,检测电压值,判断电源剩余能量,唤醒无线模块接收和处理数据,存储能量值并发送给簇节点或上位机。节点依据无线模块接收的上位机指令进行相应操作。

4.3 能量均衡程序

无线传感器网络首次工作时,随机选择簇节点,上位机依据周围节点到所选簇节点的距离进行分组,无线传感网络开始工作。具体流程如图6所示。上位机对组网重新分组时选择旧分组中距离簇节点最近且剩余能量大的传感器节点作为新簇节点^[9-10]。簇节点路径重选时采用多跳模式,选择距离能量低于30%的传感器节点最近且剩余能量大的传感器节点进行信息传输。

通过采用低压、低功耗器件,集成电路降低负载电容,合理电路布线,增加电压管理模块等硬件措施,从根本上降低系统的功耗。同时,采用集中发送模式和请求应答模式、中断数据采集、查表数据处理、最大电量剩余依据能量均衡等软件措施来降低节点功耗。通过软硬件措施的有机结合有效地降低了禽类环境检测节点的功耗,本设计方案正在江苏微优软件科技有限公司进行试验运营。

参考文献

- [1] 周宽久,迟宗正,西方.嵌入式软硬件低功耗优化研究综述[J].计算机应用研究,2010,27(2):423-428.
- [2] 何鹏举,张捷,张亮亮.基于WiFi的超低功耗温湿度网络传感器设计[J].测控技术,2013,32(2):81-86.
- [3] 李灏.高精度智能电量计量系统设计[D].北京:华北电力大学,2011.

《微型机与应用》2013年第32卷第20期

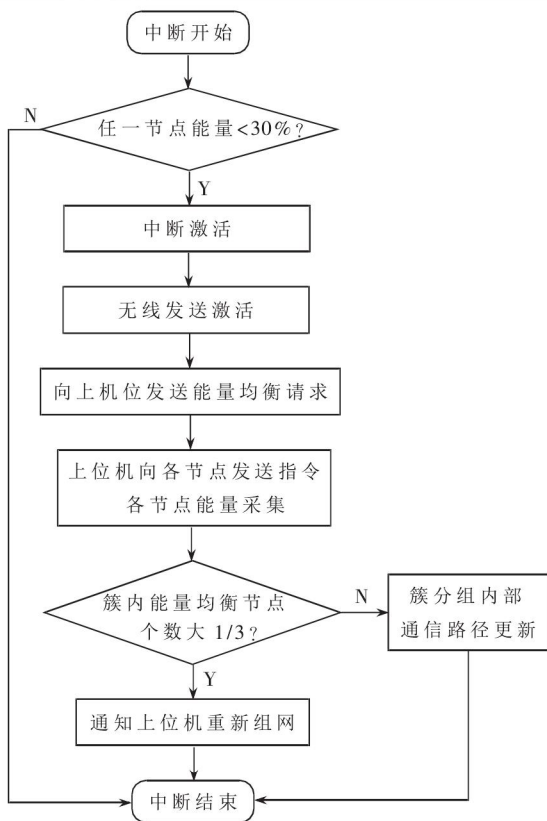
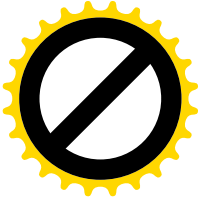
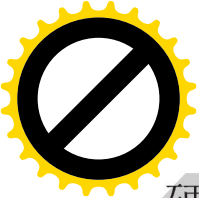


图6 能量均衡流程图

(上接第13页)

本系统实现了农业大棚远程监控功能,其PC远程管理中心界面如图5所示。此系统采用Linux系统通过对大棚环境的视频和参数的采集,实现了通过3G网络远程监看和设定农业大棚的环境与参数的目的。PC远程管理中心通过模糊控制给出了设备控制信息,并通过3G网络发送给监控端,实现相关设备的控制。本系统对国内农业走智能化发展道路具有一定的参考价值。

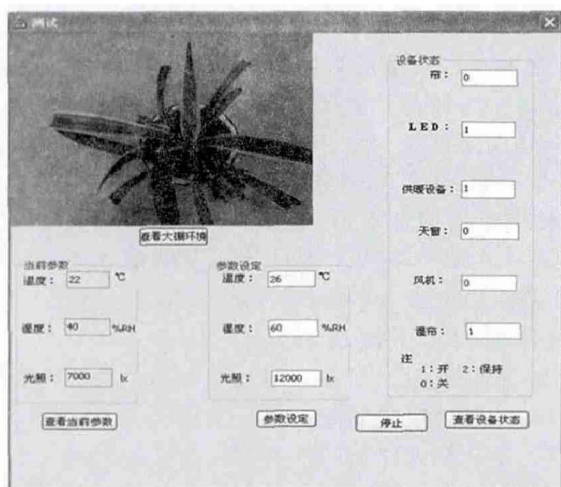


图5 PC远程管理中心界面

参考文献

- [1] 梁竹君.环境监控技术在设施农业中的应用[J].安徽农《微型机与应用》2013年第32卷第20期

- [4] SUH S, BASU A, SCHLOTTMANN C, et al. Low-power discrete fourier transform for OFDM: A programmable analog approach[J].IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 2011,58(2):290-298.
- [5] 蒋新华.锂离子电池组管理系统研究[D].北京:中国科学院研究生院,2007.
- [6] 王波.基于可编程片上系统无线传感器节点设计及应用[D].重庆:重庆大学,2009.
- [7] 高中霞,朱凤武,涂川川,等.基于无线传感网络(WSN)的禽舍环境监测系统[J].农机化研究,2012,34(5):139-142, 146.
- [8] 张瑞瑞,赵春江,陈立平,等.农田信息采集无线传感网络节点设计[J].农业工程学报,2009,25(11):213-218.
- [9] 刘超,张宝贤,姚郑.无线传感器网络中的基于位置信息的节能方案[J].计算机应用研究,2008,25(3):860-862.
- [10] 涂巧玲,张杰,潘建权,等.无线传感器网络节点低功耗设计策略[J].电子测量技术,2009,32(1):158-161.

(收稿日期:2013-06-26)

作者简介:

孙广辉,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:测量控制与仪器,FPAA技术应用,嵌入式系统设计与开发。

业科学,2009,37(16):7672-7673.

- [2] 马玉泉,卢卫娜,蔺志鹏.主从分布式温室环境参数测控系统[J].农机化研究,2011,3(3):84-86.
- [3] ARVANITISA K G. Multirate adaptive temperature control of greenhouse[J].Computers and Electronics in Agriculture, 2000:303-320.
- [4] 姚爱华.温室栽培环境因子调控技术[J].现代农业科技, 2010(13):277-278,282.
- [5] 韩志平.温室环境参数模糊控制[D].沈阳:沈阳工业大学,2012.
- [6] Pan Haipeng, Xing Wei, Xu Sen, et al. A new intelligent fuzzy control system of greenhouse temperature[C].Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, Chongqing, China, 2008.

(收稿日期:2013-06-27)

作者简介:

陈炳飞,男,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统、新能源系统。

林培杰,男,1982年生,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式系统、新能源系统、物联网。

周海芳,女,1972年生,副教授,硕士生导师,主要研究方向:微纳材料与器件、控制系统。