

# 基于 XR234Q 电子鼻和嵌入式 ARM7 的 农田精准灌溉系统设计

郭 猛, 闫洪亮

(河南城建学院 计算机学院, 河南 平顶山 467036)

**摘要:** 为解决农田灌溉过程中不能根据土壤墒情进行水量控制, 水量浪费严重的难题; 设计并实现了基于 XR234Q 电子鼻和 ARM7 的农田精准灌溉系统; 采用墒情探头电子鼻模块采集土壤墒情信息, 提取并且隔离干扰信息, 建立墒情等级判断模型, 利用最小二乘法对用水量进行拟合, 控制灌溉出水量, 配合 ZIGBEE 网络实现信息远程传递, 在满足水量需求的情况下最大程度地节约了灌溉用水; 实验表明, 所提出的系统具备墒情自主判断和用水量计算能力, 能够快速、准确的完成农田灌溉任务, 相比于传统系统, 文章系统土壤墒情检测误差率在 5% 以内, 节水能力提高 35%, 应用前景广阔。

**关键词:** 精准灌溉; 嵌入式; 土壤墒情数据; 电子鼻

## XR234Q Based Precision Electronic Noses and ARM7 Farmland Irrigation System Design

Guo Meng, Yan Hongliang

(College of Computer, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467036, China)

**Abstract:** To solve the problem that in the process of the irrigation can not according to the soil moisture of water control, the problem of serious water waste, designed and implemented based on XR234Q electronic noses and ARM7 farmland precision irrigation system. Using electronic nose module to collect information of soil moisture, soil moisture probe information extraction and isolation of interference, moisture level judgment model is established, using the least squares fitting was carried out on the water, control of irrigation water, cooperate with ZIGBEE network remote transmission of information, in the case of water demand maximum saving irrigation water. Experimental results show that the proposed system has moisture capacity for independent judgment and water consumption calculation, quick and accurate irrigation task, compared to traditional systems, this article system soil entropy sentiment detection error rate within 5%, water conservation capacity increased by 35%, the application prospect.

**Keywords:** precision irrigation; embedded; soil entropy data; electronic nose

## 0 引言

精准灌溉是精准农业推广中的重要环节<sup>[1-3]</sup>, 精确灌溉是指在一定的土壤、气候、作物、水分、设施约束下, 对灌溉的时间、速度、水量进行精确控制, 保证农作物的最优状态, 达到节约用水量的目的<sup>[4]</sup>。在一些面积巨大的农田使用有线技术与计算机技术对灌溉进行精确控制出现很多弊端, 首先, 面积较大的布线就是一项巨大的资本投资, 在一些经济困难的地方实行精准农业不能成为现实, 其次, 埋设的电线不利于农业耕作与维护<sup>[5]</sup>。最大的弊端是传统系统无法满足农田根据墒情进行水量供应, 导致灌溉用水大量浪费。本文在传统系统的基础上应用 ARM7 的嵌入式技术和 ZIGBEE 网络技术, 设计并实现了农田精准灌溉系统, 并通过实验进行了验证<sup>[6-7]</sup>。

## 1 系统总体框架设计

本文设计的农田精准灌溉系统由电源供给模块、土壤墒情采集部分、无线网络部分及上位机模块四部分构成, 其中土壤墒情采集部分包括电子鼻模块、数据处理模块、路由模块和模

数转发模块, 无线网络部分由 ZigBee 模块、ARM7 模块和 CC2520 模块组成, 系统的总体架构如图 1 所示。

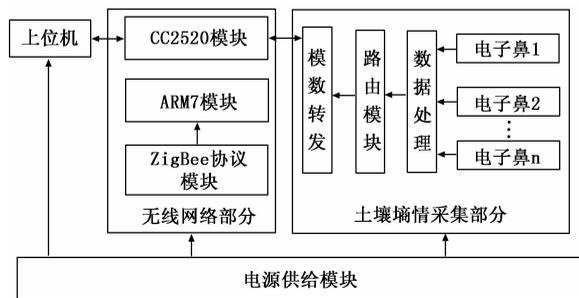


图 1 精准灌溉系统总体架构图

本系统的电子鼻是 XR234Q 土壤水分电子鼻。这种电子鼻以电容电子鼻的模型为探针, 以有源晶振为信号源, 实际的测试表明这种电子鼻对水分的测量有较好的精确度与稳定性。无线网络部分本文选取了 ARM7 芯片与 CC2430 芯片组成的硬件支撑平台, 配合 ZIGBEE 协议。本文在控制芯片中加载了 DV-HOP 技术对电子鼻探头进行定位。电子鼻将采集到的农环境中的墒情数据汇集到 Zigbee 网络的 SINK 节点, 本节点通过 RS-232 串口将数据传输到远程的上位机中。

系统设计了一种特殊的串口支撑数据的上位机的分析与传

收稿日期:2014-06-17; 修回日期:2014-07-14。

作者简介:郭 猛 (1977-), 男, 河南平顶山人, 硕士, 讲师, 主要从事嵌入式系统及应用、数字图像处理等方向的研究。

输。在软件设计阶段系统分别设计了电子鼻探头的工作软件与 ZIGBEE 协议的移植。对传感网络的定位算法进行了设计, 硬件在软件的支撑下保证了土壤水分的测量精确的, 远程的上位机根据数据分析情况调试电磁阀对灌溉行控制, 最终根据土壤墒情实现了大面积区域的节水精准控制。

## 2 系统关键硬件模块结构设计

### 2.1 电子鼻模块的硬件设计

本系统中土壤墒情电子鼻的设计是基于电介质在电场极化后影响电场的原理设计的, 因为平行板组成的电容与板面积和介质有很大的关系。电容是其余 3 个参数的函数, 设计一定的电子鼻探头进行湿土的介质填充, 可以根据电量与电容的变化感知物理量。电子鼻主要由 5 部分组成, 分别是高频振荡信号源、电子鼻传感探头、检波电路、A/D 转换、处理器控制。信号源会产生一定频率的正弦信号, 信号传入到土壤的探头经过检波电路检波变成直流信号, 信号经过转换传入到核心处理器中处理, 电子鼻模块的硬件设计如图 2 所示。

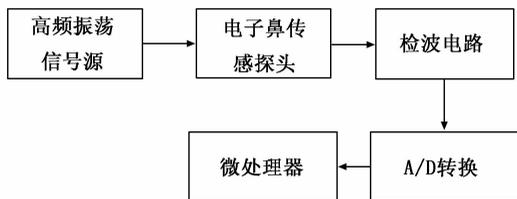


图 2 电子鼻模块的硬件设计结构图

本系统设计的探针是为了测量耕层土壤设计的, 设计的材料使用了不锈钢板进行制作, 两板间的距离在多次的测量下设置为 8 cm, 每次进行水分测量时尽量将探头的深度设置为相同, 这样尽可能减少测量误差, 电子鼻探头的硬件结构设计如图 3 所示。

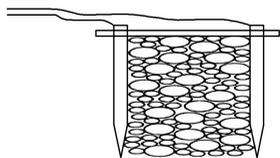


图 3 电子鼻探头的硬件设计

探头材料选用的不锈钢能够有效防止蒸汽水、酸碱盐的腐蚀。插入土壤中时设计为 15 cm 左右尽量避免对土壤的破坏, 并且能准确的检测出土壤的墒情, 这种电子鼻属于变介质电容电子鼻的范畴。

### 2.2 检波电路模块的硬件设计

农田节水精准控制数据由电子鼻探头收集后, 要经过检波模块的转换才能由无线网传到上位机, 转换非常重要, 转换后的数据, 能快速的传到上位机, 为实时获取土壤墒情节省时间, 提高效率。故检波电路的设计显的十分重要, 信号源检波电路的设计本文使用了 SARONIX-98W18K-ST4150C 100 MHz 的有源晶振, 晶振的质量好稳定程度高。使用 5 V 的 TTL 电压供电, 温度范围也较广, 检波电路模块的硬件设计结构如图 4 所示。

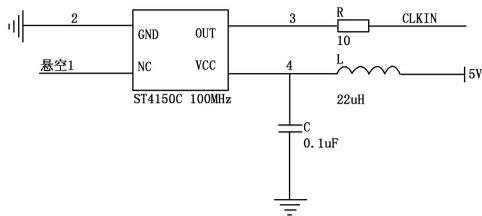
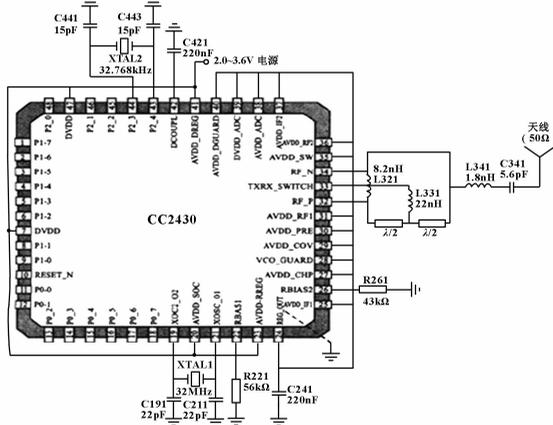


图 4 检波电路模块的硬件设计

### 2.3 无线网络模块的硬件设计

农田节水精准数据经检波模块转换后, 要由无线网络传到上位机, 本文采用基于 ZIGBEE 协议的无线网络, 因为其稳定的性能已成为经典的无线网络组网协议, 广泛应用在各种网络中, 本文采取了 Chipcon 公司生产的 Zigbee 管理芯片 CC2430 作为无线网络的支撑芯片, 外围电路设计如图 5 所示, 这种芯片有极低的电能损耗, 内部的功能俱全, 简单的外围电路设计就可以支撑其工作, 另外这种芯片可以稳定工作在各种复杂的环境下, 符合对土壤墒情的监测。



### 3.1 电子鼻探头的软件设计

电子鼻探头的软件设计包括节点运行的初始化程序、数模转换程序、数据处理程序等 3 个部分。本文设计的电子鼻通过测量感知电压的变换对土壤墒情的数据形成诊断模型，建立墒情等级判断模型，诊断模型依靠最小二乘法曲线拟合技术形成。这种方法形成的电子鼻标定有严格的数据推导可以使误差降到最小，电子鼻探头的软件设计流程如图 6 所示。

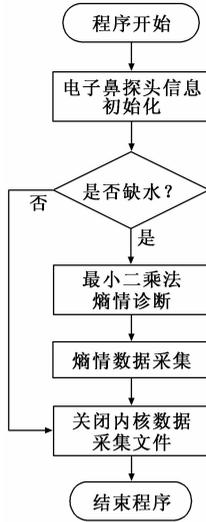


图 6 电子鼻探头运行流程图

### 3.2 路由节点的软件设计

路由节点的软件设计本文是基于 IAR for 8051 与 z-stack1.4.3-1.2.1 环境进行开发的，因为这种环境的编译代码空间较小，可以为 CC2430 的运行节省很大的内存空间。z-stack1.4.3-1.2.1 可以使用户只需要添加特殊的应用层功能添加到移植的协议代码中，节省了开发周期与难度。路由器节点的运行软件设计前要对节点的 IO 口进行功能配置。程序中主函数的主要工作集中在硬件启动后的检测与初始化，初始化结束后调用系统运行函数，由操作系统开始运行接下来的数据采集与传输工作，路由节点的主函数软件设计流程如图 7 所示。

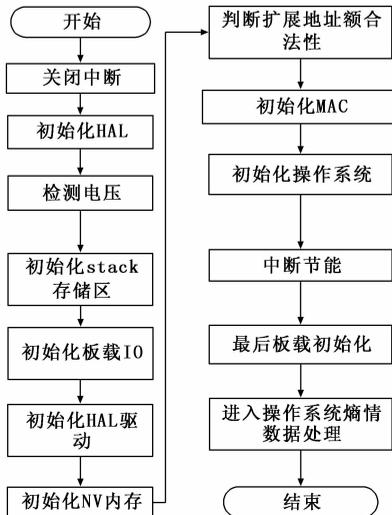


图 7 路由节点的主函数流程图

路由节点是系统中的重要功能节点，负责检测电子鼻的数据控制电磁阀的运行状态，保证墒情数据的快速稳定传输，路由节点的应用层软件设计是节点软件设计的重点，本软件在设计中重点考虑了节点的安放位置进行针对性的应用层设计，比如在一些农田花卉的灌溉系列中，监测的周期应该保证尽可能短，而一些农田种植灌木的地块对水分的浇灌概率与水量敏感度要相对较低。灌溉的周期与时间可以通过上位机进行测定，对系统的传输数据包设定一个含水量数据包进行含水量数据的传输，保证根据墒情需水量进行灌溉供水。

## 4 实验与分析

### 4.1 实验环境搭建

为了验证本文精准灌溉系统的土壤墒情数据采集精确性与系统的稳定性，本文在某大型农田进行精准灌溉的实际系统测试。在实验地区，为了尽量保证系统的数据多样性与测试准确性，将电子鼻分别安置在大型农田的玉米田、灌木田、月季田、山楂田等对水分需求不同的试验田地中。

### 4.2 系统性能测试

每一种实验田中分别安装 5 个电子鼻探头进行数据检测，系统的测试主要包括网络稳定性的测试、土壤墒情准确性的测试。系统的网络性能测试是基于 NS2 软件对数据传输时，网络性能进行实时监控，监控的上位机是基于 Windows XP 操作系统实现。

表 1 系统测试参数表

参数选项	参数值
节点区域	500 * 100
节点数目	20
Sink 位置	(250, 50)
初始能量	0.5J
空间系数	7 * 0.000000000001
多径衰落系数	1.63 * 0.000000000015
数据发送长度	4000bit

### 4.3 系统性能测试

系统性能测试中分别对 7 个区域进行土壤墒情检测，检测对比结果如表 2 所示。

表 2 土壤墒情检测对比表

大区域	传统监测/ (%)	本文测试/ (%)	小区域	传统测试/ (%)	本文测试/ (%)
1	77.5	97.5	1	76.0	96.1
2	76.8	96.5	2	76.2	96.4
3	76.5	96.4	3	77.0	97.3
4	77.0	97.2	4	76.8	96.8
5	77.2	97.0	5	76.4	96.2
6	76.0	96.2	6	76.5	96.4
7	76.0	96.1	7	77.0	96.9

由表 2 可知虽然本文系统测试与传统系统测试均存在一定的偏差，但是经过大量的数据测试证明本文系统的土壤墒情检测误差率基本能够保持在 5% 以内，这符合农田灌溉的要求。

为了进一步验证本文系统的性能，下面对农田水量损耗水量进行测试。网络的初始化参数与运行性能指标如表 1 所示都符合本系统对无线网络的要求，图 8 是在不同的试验田中植被

面积于用水量的变化趋势。

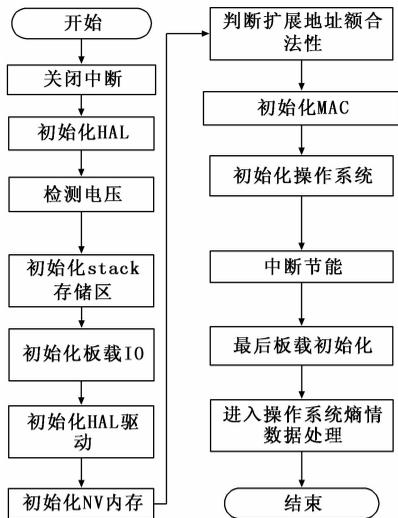


图 8 系统耗水量的变化趋势

由图 8 可见, 随着灌溉面积的增加, 传统的灌溉系统由于采集得到的信息很容易受到干扰, 且灌溉时较少考虑土壤墒情, 因此灌溉用水量很难形成一个规律, 造成用水量较为浪费, 本文提出的系统能够较好的根据土壤墒情信息进行灌溉水量的供应, 节水精准效果明显, 综合分析上图, 在达到作物需求的情况下, 供水量减少了将近 35%, 本文系统的土壤墒情检测误

(上接第 279 页)

图 6 是采用模糊 PID 控制的控制曲线 (第二张图为局部放大曲线)。

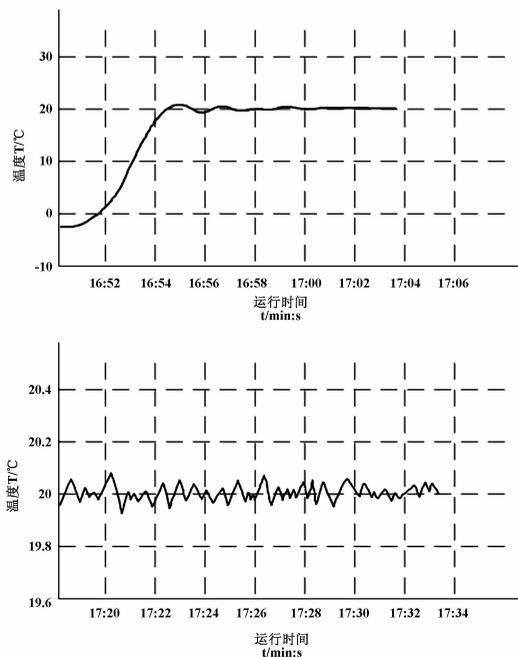


图 6 模糊 PID 控制曲线

差率基本能够保持在 5% 以内, 这符合农田灌溉的要求。

### 5 结束语

本文在目前灌溉领域中电子鼻数据采集信息量少, 不能根据土壤墒情进行水量控制, 成本较高的基础上, 设计并实现了考虑土壤墒情的农田精准灌溉系统, 系统测试表明, 该精确灌溉系统性能稳定, 土壤数据测试的准确率较高, 农田节水精准效果明显, 本文系统的土壤墒情检测误差率基本能够保持在 5% 以内, 耗水量降低了 35%, 具有很强的实用价值。

#### 参考文献:

- [1] 包长春, 石瑞珍. 基于 Zigbee 技术的农业设施测控系统的设计 [J]. 云南水力发电, 2006, 22 (4): 13-16.
- [2] 章军富. 基于 Zigbee 无线传感器网络的精准灌溉控制系统 [D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [3] 张 兵, 袁寿其, 成 立. 节水灌溉自动化技术的发展趋势 [J]. 排灌机械, 2003, 21 (2): 37-41.
- [4] 姜文峰, 郑文刚, 王彦文. 城市绿地白动化节水灌溉系统的研究 [J]. 节水灌溉, 2005, 7 (11): 12-13.
- [5] 李 巍, 吴 聪. 基于聚类优化的无监督入侵检测在高校网络中的应用 [J]. 科技通报, 2013 (6): 95-97.
- [6] 管金凤. 基于 GPS 技术的土壤水分无线传感器网络研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [7] 杨 婷; 汪小昆. 基于 CC2430 的无线传感网络自动滴灌系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (6): 66-69.

比较两图可以看出, 常规的 PID 控制不能完全满足系统要求, 具有一定的超调量; 而模糊 PID 控制能够满足控制要求, 不但没有超调量, 控制的精度更高, 而且采用模糊 PID 控制方式进行调控时, 系统到达稳定状态所用的时间较短。

### 4 结论

本文所设计的高低温环境模拟系统综合试验台的测控系统尝试着将智能控制技术应用到传统的工业过程控制当中。模糊 PID 控制有效的解决了大范围内多段整定 PID, 所需要的时间代价大的问题, 同时又避免了单一 PID 参数存在的无自适应性而且控制效果很容易会受到具体工况影响的缺点。

实际的应用表明, 本测控系统在要求范围内的各个工作位置都具有良好的控制精度而且不会出现超调现象, 满足了各个技术指标的要求, 并且通过了相关专家验收。其对于其它的非线性、时变以及强耦合系统的控制有着一定的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 向运飞, 刘旺开, 沈为群. 双路热动力试验台集散控制系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2002, 10 (10): 653-655
- [2] 王常力, 廖道文. 集散控制系统的设计与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1993
- [3] 尹禄高. 某环境模拟系统测控平台的研究与开发 [D]. 北京: 北京航空航天大学, 2009.
- [4] 曾光奇, 胡均安, 刘春玲. 模糊控制理论与工程应用 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006
- [5] 章 菲, 杨庆生. 模糊 PID 控制在直流调速器中的应用 [A]. 北京力学第 18 届学术年会论文集 [C]. 2012.