节水灌溉・2012 年第 2 期 75

文章编号: 1007-4929(2012)02-0075-03

基于 FDR 原理的土壤湿度实时监控灌溉系统

韩晨燕,封维忠,施山菁,申 斌

(南京林业大学信息科学技术学院,南京 210037)

摘 要:介绍了土壤湿度测量原理,着重阐述了系统的软硬件设计。MSP430 单片机采集由土壤湿度传感器监测的信号,并根据输出信号的高低控制电磁阀的通断,以决定是否给土壤灌溉,从而实现对土壤湿度的控制以达到智能节水灌溉的目的。本设计可以根据农作物的不同生长期对水分的需求量调控土壤湿度,实现实时监测湿度大小,定点存储湿度值,并且可以通过 U 盘将存储的数据传送到 PC 机或其他带 USB 接口的上位机。

关键词:MSP430;土壤湿度传感器;智能灌溉

中图分类号:TP273 文献标识码:A

0 引言

土壤湿度作为土壤灌溉的基本参量,对农作物的生长十分 重要,通过人为手段创造出适合作物生长的湿度环境,可以提 高单位面积产量,提升农产品的质量,从而实现高效农业生产 的目的。目前我国大部分土壤湿度调控设施简单、自动化程度 低、系统功能不完善,与现代化农业要求还很不适应。虽然国 外相关技术水平较高,但其价格很昂贵。

合理灌溉有利于作物的生长,也是对匮乏水资源的一种高效利用。因此,本文基于 MSP430F155 超低功耗及土壤湿度传感器精确测量,设计出一个合理的控制土壤湿度的智能灌溉系统。

1 土壤湿度测量原理

本系统采用了 FDR 精密土壤湿度传感器来测量土壤湿度的,土壤湿度传感器如图 1 所示。

FDR(Frequency Domain Reflectometry) 利用电磁脉冲原理,根据电磁波在土壤中传播频率测试土壤的表观介电常数 (ε) ,从而得到土壤容积含水量 $(\theta_v)^{[1,2]}$ 。

FDR 测量土壤含水量的原理^[3]:FDR 的探针主要由一对电极组成一个电容,其间的土壤充当电介质,电容和振荡器组成一个调谐电路。FDR 用 100 MHz 正弦曲线信号,通过特殊设计的传输线传到 FDR 探头,FDR 探头的阻抗依赖于土壤介质的介电常数。振幅最大时,FDR 使用扫频频率来检测共振频

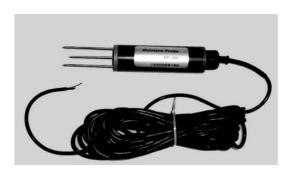


图 1 FDR 精密土壤湿度传感器

率,土壤含水量不同,发生共振的频率不同。FDR 的传输线设计为最大电压即它的起始电压 $V_O=\alpha(1-\rho)$ 其中 α 为振荡器输出的电压振幅, ρ 为反射系数。接合处的最大电压 $V_J=\alpha(1+\rho)$ 。因此,振幅的差额为 $:V_J-V_O=2$ α ρ 。测量这种振幅就会得到探测器的相对阻抗,若 Z_L 代表传输线的阻抗, Z_M 代表插入到基质中的探测器的阻抗,那么反射系数 $\rho=(Z_M-Z_L)/(Z_M+Z_L)$ 。同轴传输线的阻抗决定于它的物理尺寸和绝缘材料的介电常数 $\epsilon:Z=(60/\sqrt{\epsilon}\cdot\ln(r_2/r_1)$,其中 r_1 和 r_2 分别是信号导体和屏蔽导体的半径,从而得到介电常数 ϵ 。通过建立过介电常数的平方根与容积含水量之间的线性关系方程,FDR 根据下列方程式,以测定表观介电常数 ϵ 的方法测量土壤的容积含水量 $\theta=(\sqrt{\epsilon}-\alpha_0)/a_1$, a_0 和 a_1 是土壤类型确定的。

2 系统的组成及工作原理

本系统是以微处理器(MCU)为核心,包括电源模块、土壤

收稿日期:2011-09-13

作者简介:韩晨燕(1988-),女,硕士研究生,主要研究方向为计算机测控技术及仪器。E-mail: hanchenyan88@126. com。

通讯作者:封维忠(1950-),男.教授,主要研究方向为计算机测控技术及仪器。E-mail:feng@njfu.edu.cn。

湿度信号采集和处理模块、时钟模块、人机接口模块、存储模块 和控制灌溉模块构成。系统原理框图如图 2 所示。

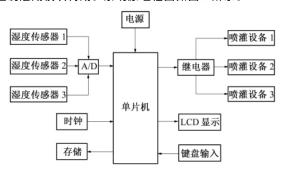


图 2 系统原理框图

工作原理:通过湿度传感器采集湿度信息,单片机对采集的湿度进行 A/D 转换,并进行分析处理,当湿度高于设定最小湿度值时不进行灌溉;当湿度低于最小湿度值时,继电器打开开启喷灌设备,直到湿度高于最大湿度值时,继电器断开,停止喷灌。实时时钟接口给本机提供时间日期信息。然后由LCD12864 显示采集的信息和运行状态。采用液晶显示中文菜单方式结合按键进行系统设置。

3 硬件设计

3.1 主控模块

本设计主控模块采用 MSP430F155 微处理器。MSP430系列单片机是 16 位的,具有精简指令集(RISC)的超低功耗的单片机。它具有集成度高、丰富的外设、超低功耗等优点,因此该微处理器广泛用于智能传感器、实用检测仪器、点击控制、便捷式仪表等领域^[4,5]。

3.2 数据采集和处理模块

系统采用的是 FDR 精密土壤湿度传感器,该传感器测量相对湿度的范围是 $0\sim100\,\%$,分辨力达到 $0.1\,\%$ RH,最高精度为 $\pm3\,\%$ RH,测量温度的范围是 $-40\sim85\,\%$,供电电压为 $7\sim15\,$ V,工作电流为 $21\sim26\,$ mA,输出信号为 $0\sim1.1\,$ V 的直流电压。

土壤湿度传感器的信号输出为 $0\sim1.1~V$ 直流电压信号,在信号进入 MSP430F155 的 A/D 接口之前,为了保持信号稳定,加入了电压跟随器及滤波电路作为调理电路,如图 $3~\rm fm...$ 因为 MSP430F155 集成 ADC 所以本设计将采集到的信号调理之后直接送入单片机的 P6 口进行处理,而无需用单独的 A/D 芯片,这大大简化了电路设计、使用简单方便。

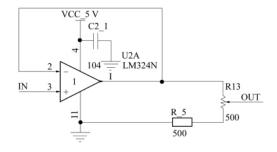


图 3 调理电路

3.3 时钟模块

农作物不同生长期对水分的需求量不同,根据这特点掌握土壤湿度变化时间和灌溉时间是很重要的,因此采用实时芯片DS1302S设计实时时钟电路。该芯片可以对年、月、日、周日、时、分、秒进行计时,具有闰年补偿功能,并具有体积小、硬件连线少、而且提供256B低功耗RAM。DS1302是双电源供电,当主电源断电时,仍有备用电池为它提供电压。对于某些具有特殊意义的数据点,能将数据与出现该数据的时间同时记录,为历史分析提供依据。与单片机的接口电路如图4所示,1302_VCC2为备用电池。

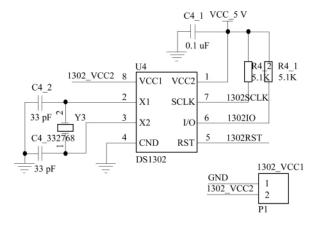


图 4 时钟电路

3.4 存储模块

用 USB 标准接口传输数据,U 盘体积小,容量大,便于携带,读取数据方便,把 U 盘作为中间数据的传输介质,克服了对计算机的依赖 $^{[6]}$ 。本设计采用南京沁恒公司生产的 USB 总线通用芯片 CH376,它具有 USB -HOST 主机方式和 USB-SLAVE 设备方式。同时 CH376 支持 3.3~V 的工作电压,因此可以方便地与 MSP430 系列单片机进行连接。MSP430 使用并口方式与 CH376 相连,将数据以. TXT 文件格式写入 U 盘,上位机可以直接看到相应的数据,实现数据转存。

3.5 人机接口模块

人机接口主要由液晶显示和操作按键电路组成。

操作按键由 7 个独立按键组成,分别是《功能键》:用于进入菜单功能;《灌溉段键》:用于调整灌溉段;《灌溉期键》:用于调整每段的灌溉日期;《时钟键》:用于调整系统实时时钟;《+键》,《一键》,《确认键》。

液晶模块采用 128×64 点阵液晶,该模块功耗低、体积小、显示清晰、背光可控、兼容串行和并行接法,设计采用串行连接方式。

3.6 控制灌溉模块

控制灌溉模块是继电器和电磁阀组成。单片机将采集到的湿度值与设定的时间段的湿度上下限进行运算比较后,从P2.0口输出控制信号送开关三极管,开关三极管驱动继电器,继电器又是控制电磁阀的开关,从而实现自动浇水灌溉。注意继电器选用 12V 驱动,所以应并联一个二极管作用作为续流二极管,起保护电路作用。

4 软件设计

软件设计采用的是模块化思想^[7],本系统采用 C 程序软件 开发平台 IAR Embedded Workbench,这给程序的修改和调试 带来了很大的方便。

4.1 主程序

系统上电后,进行初始化工作,然后进行数据采集处理,再 比较阈值进行相应的处理,同时进行相应的显示,有键动作时 进入按键服务子程序,主程序流程图如图 5 所示。

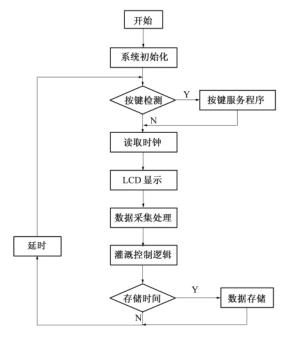


图 5 主程序流程图

4.2 系统调试

先分别单独进行人机接口模块、数据采集和控制模块、时钟模块、存储模块和主控模块的调试,然后将各模块集成调试。 经验证在主控模块中写入显示子程序达到了程序要求的显示结果,将湿度模块输出的模拟电压接入通道,采用采用 MSP430 单片机中断方法读取 A/D 转换结果,数据传输正确。接着在主控模块中写入时钟子程序和存储子程序,能够实时显示时钟和定时存储湿度数据,时钟误差每天慢 $1.5 \sim 2~\mathrm{s}$ 。 再向主控模

块写入设定灌溉程序,驱动执行机构,实现了系统自动灌溉控制要求。

5 结 论

本系统实现了对土壤湿度数据的采集、处理、实时显示以及对农作物的自动灌溉功能,可以根据农作物的特点对种植区进行不同时段和时长的灌溉。本文利用 MSP430 单片机内部的 ADC 进行采样,大大简化了系统电路的设计。试验结果证明,这种设计使测量结果达到了较高的精度,提高了整个系统的可靠性。

此外,本系统具有很强的可扩展性,如根据农作物光合作用的外部影响因子,增加温度、CO₂ 等传感器,进行测量控制,提高光合作用的效率,来最大的提高生产效益;还可以结合GSM 模块^[8]或 ZigBee 无线传感网络技术^[9]实现数据传输和控制的远程化。经过在实验室和示范基地的调试表明,该自动灌溉监控系统稳定可靠,完全能满足农业生产实际需要,使用方便,节能经济,大大降低了劳动强度。

参考文献:

- [1] 李元寿,王根绪,程玉菲,等. FDR 在高寒草地土壤水分测量中的 标定及其应用[J]. 干旱区地理,2006,29(4):543-547.
- [2] 吕国华,李子忠,赵炳祥,等. 频率域反射仪测定土壤含水量的校正与田间验证[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):33-37.
- [3] Gaskin GJ, Miller J D. Measurement of soil water content using a simplified impedance measuring technique[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996,63:153-160.
- [4] 秦 龙. MSP430 单片机应用系统开发典型实例[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [5] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京: 北京航天航空大学出版社, 2001.
- [6] 李 萍,单葆悦,刘晓东,等. USB 芯片 CH376 在智能仪器仪表中的应用[J]. 计量与测试技术,2011,38(2);9-14.
- [7] 魏洪兴. 嵌入式系统设计师教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2006
- [8] 张泽卉,孙 颖,杨耿煌.基于 GSM 短信和无线高频通信的灌溉 自动控制系统[J].节水灌溉,2008,(1):33 — 37.
- [9] 江 挺,胡培金,赵燕东.基于 ZigBee 无线传感器网络的灌溉控制系统设计[J]. 节水灌溉,2011,(2):58-61.

(上接第74页) 滴灌方式、灌水定额为90 m³/hm²,灌水次数为5次;经方差分析可知,灌水定额和补水方式对产量影响显著,灌水定额较之补水方式更为显著,而灌水次数无显著影响。参考文献:

- [1] 王 芳,李友宏. 关于宁夏压砂西甜瓜持续发展的思考[J]. 宁夏 农林科技,2005,(5). 60-61.
- [2] **杨来胜,席正英.** 砂田的发展及其应用研究(综述)[J]. 甘肃农业, 2005,7(228):72.
- [3] Modaihsh A S, Horton R, Kirkham D. Soil water evaporation suppression by sand mulches[J]. Soil Science, 1985, 139:357-361.
- [4] 王亚军,谢忠奎.甘肃砂田西瓜覆膜补灌效应研究[J].中国沙漠,

2003,23(3):300-305.

- [5] 田军仓,王听华,白树敏.宁夏干早地区管灌与膜上灌相结合的灌溉系统试验研究[C]//第三次全国低压管道输水灌溉技术研讨会论文选编.北京:中国农业科技出版社,1993:104—108.
- [6] 郭元裕.农田水利学[M].北京:中国水利水电出版社,1997:39.
- [7] 李远华,罗金耀.节水灌溉理论与技术[M].武汉:武汉大学出版 社,2003:53.
- [8] **薛 勤,刘 通.灌溉管理手册**[M].北京:水利电力出版社, 1994:371-388.
- [9] 朱勇华,邰淑彩,孙楹玉.应用数理统计[M].武汉:武汉水力电力 大学出版社,2000:251-284.