

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(θ_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

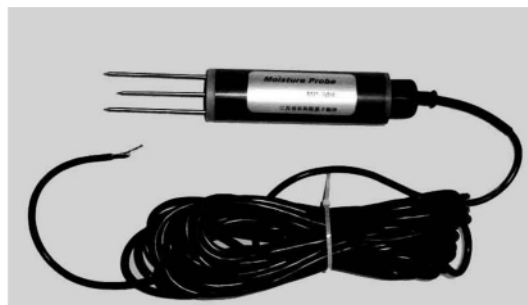


图 1 FDR 精密土壤湿度传感器

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 $V_0 = \alpha(1 - \rho)$ 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: $V_J - V_0 = 2\alpha\rho$ 。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 ϵ : $Z = (60/\sqrt{\epsilon}) \cdot \ln(r_2/r_1)$, 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 $\theta = (\sqrt{\epsilon} - a_0) / a_1$, 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。

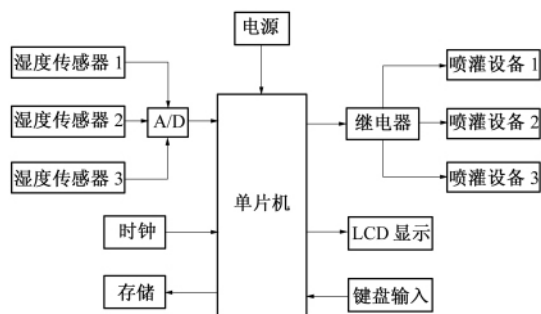


图 2 系统原理框图

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 0~100%,分辨力达到 0.1%RH,最高精度为 $\pm 3\%$ RH,测量温度的范围是 $-40\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$,供电电压为 7~15 V,工作电流为 21~26 mA,输出信号为 0~1.1 V 的直流电压。

土壤湿度传感器的信号输出为 0~1.1 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 所示。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。

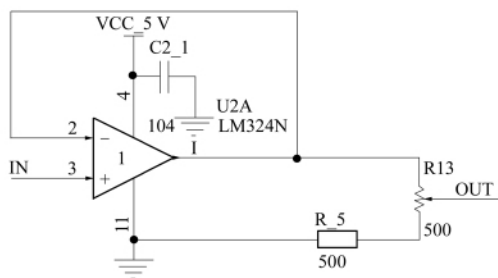


图 3 调理电路

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。

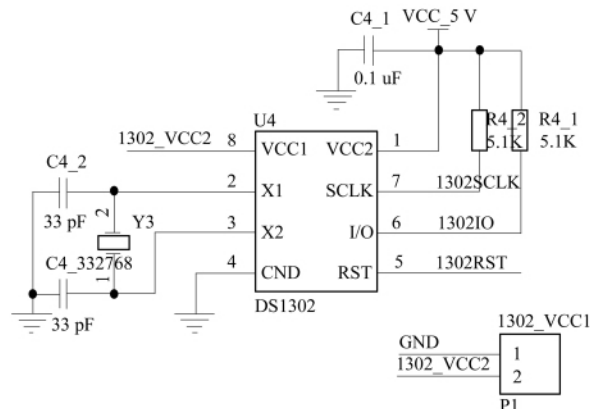


图 4 时钟电路

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>,<-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。

