

基于 MSP430 的智能灌溉系统设计

刘善梅, 彭 辉

(华中农业大学 理学院, 武汉 430070)

摘要: 针对传统灌溉系统效率差以及现有智能灌溉系统设计复杂、可靠性差等问题, 提出了一种智能灌溉系统设计的新方案。该方案以自带 12 位 ADC 的 MSP430 单片机作为嵌入式微处理器, 以 PC 机为上位机, 构成一种主从式系统, 在简化系统硬件设计的同时, 有效地实现了智能节水灌溉的目的。该系统工作稳定、可靠性高, 具有较好的适用性。

关键词: MSP430 单片机; 智能灌溉系统; ADC; PC 上位机

中图分类号: TP273+.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2010)07-0117-04

0 引言

传统的人工灌溉方式既浪费人力和水资源, 又不能准确及时地满足植被的水分和营养需求^[1]。因此, 随着计算机技术和传感器技术的发展, 智能灌溉系统应运而生, 并且取得了很大的发展。现有的智能灌溉系统控制器通常采用 MCS51 等其它微控制器作为控制芯片, 并配以较多的模拟电路和逻辑门电路, 其设计复杂, 功耗、稳定性和可靠性难以得到保证, 所以很有必要利用新型的性能更高的器件来重新设计系统。TI 公司的 MSP430 系列单片机集成了大量的外围部件, 是低工作电压、超低功耗、高性能的微控制器。与 MCS51 等其它微控制器相比, MSP430 具有很多优势: 它具有 16 位处理器; 内部集成了 8 路 12 位高精度 A/D, 2 个 USART, 140kB flash, 5kBRAM, 48 位 IO 口、硬件乘法器、看门狗, 比较器等丰富的资源; 能够工作在 1.8~3.6V 的宽电压范围内; 具有 5 种低功耗工作模式, 在不同的模式下消耗电流为 0.1~340 μ A^[3]。本文以 MSP430F147 作为微控制器, 同时结合其它外围器件分别从硬件和软件两个方面介绍一种新型的可靠性高、稳定性强、经济适用并且具有高度开放性的智能灌溉系统。

1 系统总体设计

本文介绍的智能灌溉系统采用具有三级结构的集散型控制系统, 如图 1 所示^[1]。整个控制系统按功

能和结构自上而下分为 3 层: 中央监控管理层、中间控制层、信号转换与执行层。其中, 中央监控管理层由 PC 机、打印机等组成, 用于完成数据处理、报表打印、故障报警、数据查询、向中间控制层发送控制指令等功能; 中间控制层主要由一个或多个微控制器芯片 MSP430F147 组成, 完成与中央监控层以及与信号转换与执行层的通信; 信号转换与执行层主要由传感器、电磁阀等组成, 传感器将现场的温度、光照、土壤的湿度等物理量转换为电压或者电流信号, 并将信号传入中间控制层, 电磁阀由中间控制层发送来的驱动信号启动。中央监控管理层的 PC 机与中间控制层的单片机之间的通信通过 RS-485 通信接口实现。

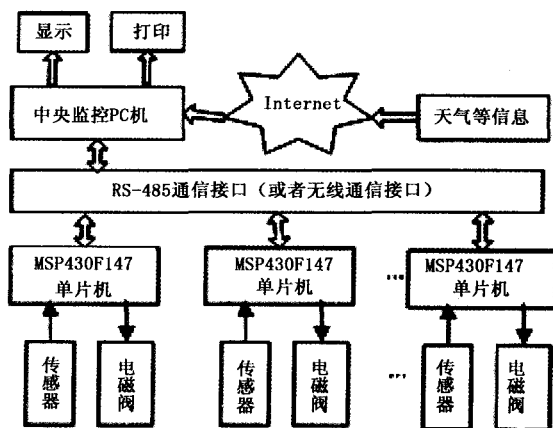


图1 智能灌溉系统总体框图

Fig. 1 The block diagram of the intelligent irrigation system

2 系统硬件设计

2.1 系统硬件总体设计

本系统的硬件设计的重点在于中间控制层和信号转换与执行层电路的设计。在硬件电路设计过程

收稿日期: 2009-10-15

作者简介: 刘善梅(1979-), 女, 湖北襄樊人, 博士研究生, (E-mail) lsmei@mail.hzau.edu.cn。

通讯作者: 彭辉(1979-), 女, 武汉人, 博士研究生, (E-mail) moonBird97@126.com。

中,以控制芯片 MSP430F147 单片机为核心,充分利用 MSP430F147 内部已有的丰富的资源进行硬件电路设计。由于图 1 中各片 MSP430F147 的控制电路类似,所以这里仅给出智能灌溉系统中只有 1 片 MSP430F147 作为控制器时的硬件电路框图,如图 2 所示。

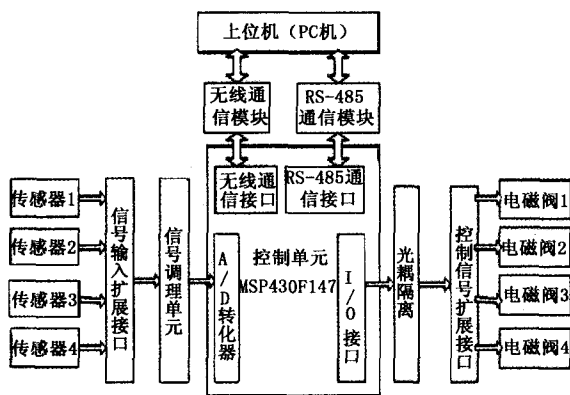


图2 系统硬件设计框图

Fig. 2 The hardware block diagram of the intelligent irrigation system

从图 2 所示的智能灌溉系统硬件设计框图可以看出,除了传感器阵列以及电磁阀阵列外,本系统硬件主要由控制单元、信号调理单元、控制信号输出单元和数字通信系统等几个部分组成。系统工作流程如下:首先通过传感器阵列中的各个传感器分别捕获温度、湿度、光照等被测物理量,并将其转换成模拟信号输出;接着,传感器输出的模拟信号经过信号调理单元加工处理后被送入控制单元 Msp430f147 中处理,即被送入到 Msp430f147 的 ADC 模块中进行模数转换;最后,转换后的数字信号通过数字通信系统传输至 PC 机。PC 机根据历史数据和实时数据进行智能决策处理,并将决策命令传达至控制单元 Msp430f147,控制单元 Msp430f147 再根据上位机的命令执行相应的操作,控制 4 个电磁阀工作,从而达到智能灌水的目的。

Msp430f147 单片机内部集成的 ADC 模块主要由以下几部分组成:1 个 12 位的存贮地址寄存器单元,抽样与保持单元,参考输入发生器和 1 个 16 字的转换与控制缓冲器。ADC 模块的这种结构大大简化了系统的硬件设计,提高了信号转换的精度和速度,进而提高了整个系统的性能。在进行硬件电路设计时,不需要考虑单片机内部器件的接线,只需要仔细分析单片机的芯片资料,熟悉其各管脚的定义以及作用,然后依据这些信息完成单片机与其外围电路的连接,此处不再详述。下面主要详细介绍系统硬件中信号调理部分、控制信号输出部分、数字通信部分的设计。

2.2 系统硬件详细设计^[1,4]

2.2.1 信号调理单元硬件设计

信号调理和转换是测试系统中不可缺少的重要环节。被测物理量经传感器后的输出信号通常是很微弱的或者是非电压信号,如本系统选用的传感器的输出信号是微弱的电流信号(4~20mA)。这些微弱的非电压信号难以直接通过 A/D 转换器送入控制器进行数据采集,而且有些信号本身还携带有一些不期望有的信息或噪声。因此,经传感器后的信号需要经过调理、放大、滤波等一系列的加工处理,以将电流信号转换为电压信号、将微弱的电压信号放大、抑制干扰噪声、提高信噪比。

本系统的信号调理单元的主要功能包括电流-电平的转换、信号放大、电平之间的转换,以及低通滤波等等;其电路主要由 I-V 转换器、V-V 转换器、压控低通滤波器 3 部分组成。电路图如图 3 所示。

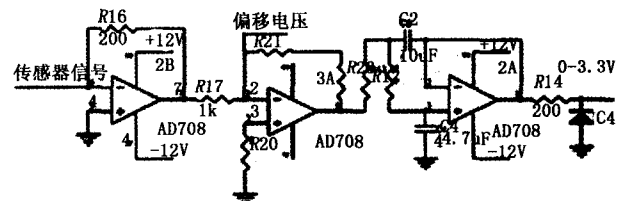


图3 信号调理单元电路图

Fig. 3 Signal conditioning unit circuit

该单元的工作原理如下:传感器的微弱电流信号(4~20mA)经 I-V 转换电路被转换成 -4~-0.8V 的负电压信号,再经电平转换电路转换成 0~3.3V 的正电压信号,最后通过压控低通滤波器传输至控制单元中的 A/D 转换器。本系统中的压控低通滤波器具有输入阻抗高、通频增益稳定、衰减快等优点,可以有效地抵制外界高频信号的干扰,提高系统的稳定性和可靠性。

2.2.2 控制信号输出单元硬件设计

控制信号输出单元的功能是有效地输出控制单元发出的控制信号,用以启动或关闭电磁阀。其核心部件是光耦隔离器和继电器。该单元的硬件电路框图如图 4 所示。



图4 控制信号输出单元硬件框图

Fig. 4 The hardware block diagram of control signal output unit

在图 4 中,控制信号经过光耦隔离器后输出一个大于 100mA 的电流,该电流可以驱动继电器工作,控制电磁阀的开闭。在控制器和继电器之间加一个光耦隔离器,大大减少了继电器开关产生的冲击对控制

器造成的干扰,提高了控制器工作的可靠性。同时,继电器的线圈两端并接了一个二极管续流,进一步地减少继电器开关产生的冲击,提高了系统的可靠性。

2.2.3 数字通信单元硬件设计

本系统的数字通信单元硬件电路如图5所示。

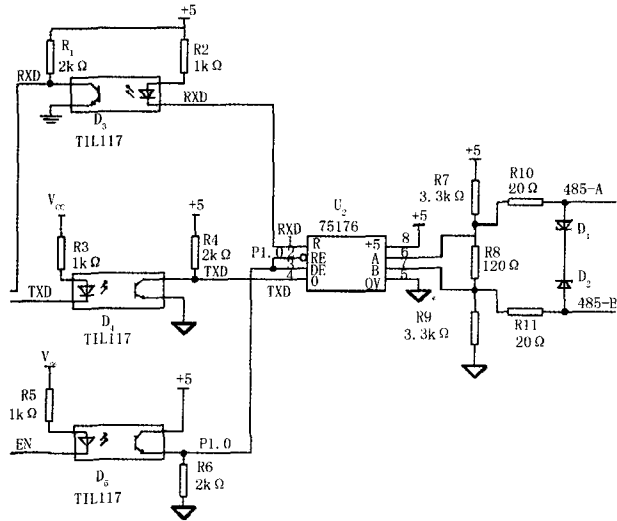


图5 RS-485通信电路

Fig.5 The RS-485 communication circuit

数字通信单元的主要功能是完成PC机与控制器之间的通信。PC机和单片机之间通常有两种通信方式:并行通信和串行通信。并行通信传输效率高、速度快,但是可靠性差,所需硬件设备复杂,不适于长距离通信,所以它一般只适用于要求实时性强、传输速率较高的系统中。与并行通信相比,串行通信虽然速度较慢、效率较低,但是可靠性好,简单易实现,传输距离较长,特别适合于计算机与计算机、计算机与外设之间的远距离通信^[6]。所以,本系统的PC机和单片机之间选择串行通信方式。

串行通信总线有RS-232,RS-485等标准。RS-232标准规定,驱动器允许有2500pF的电容负载,通信距离将受此电容限制,如采用150pF/m的通信电缆时,最大通信距离为15m;若每米电缆的电容量减小,通信距离可以增加。RS-232标准传输距离短的另一原因是其属于单端信号传送,存在共地噪声和不能抑制共模干扰等问题,因此它一般用于20m以内的通信。而RS-485采用平衡发送和差分接收,因此具有抑制共模干扰的能力,加上总线收发器具有高灵敏度,能检测低至200mV的电压,故传输信号能在千米以外得到恢复。所以,在要求通信距离为几十米到上千米时,广泛采用RS-485串行总线。另外,RS-485用于多点互连时非常方便,可以省掉许多信号线。应用RS-485可以联网构成分布式系统,其允许最多并联32台驱动器和32台接收器。所以,本系统的PC

机和单片机之间的数字通信采用RS-485通信模块。

3 系统软件设计

3.1 上位机监控软件设计^[6-7]

本系统的上位机监控软件采用Microsoft Visual Studio.NET 2005的Visual Basic2005(简称VB.NET)高级程序设计语言编写,数据库采用微软的ACCESS数据库,使用ODBC数据库引擎,所有对设备的操作都自动记入数据库,并自动形成灌溉报表。

上位机监控软件设计的重难点在于其与单片机之间的串行通信设计,而常用的串行通信是直接利用VB.NET中的控件来实现的。在VS2005以前的版本中,串行通信控件是Mscomm,在VS2005版本中串行通信控件被升级为Serialport。

VB.NET程序设计的步骤是:

- 1) 新增项目,设置新项目的存放路径和名称;
- 2) 窗体设计阶段,在窗体上建立输入和输出接口和属性设置;
- 3) 程序代码编辑阶段,设计相关的程序代码;
- 4) 程序运行调试阶段,验证程序运行是否正确。

在以上4步中,难点在于第3步。而要完成第3步,必须在完成需求分析的基础上熟练掌握VB.NET项目开发中所用控件的3要素:属性、事件和方法。

本系统中用到的串行通信控件Serialport控件的常用属性有: Isopen, PortName, Baudrate, BateBits, DtrEnable, Rtsenable, PortName, Read, Stop bits, Write, Date Received, Parity等;常用事件有:DataReceived事件,ErrorReceived事件和PinChanged事件。

通过查阅相关书籍充分掌握了以上这些属性和事件后,编写程序就很容易了,此处不做过多介绍。

3.2 中央监控层单片机的控制程序开发

MSP430单片机软硬件设计是整个系统的核心,它控制各个单元协调工作,其软件设计流程图如图6所示。

4 结论

本文介绍的智能灌溉系统利用MSP430单片机内部的ADC模块进行采样,大大简化了系统的电路设计。实验结果证明,这种设计使测量结果达到较高的精度,提高了系统的可靠性。该系统由中央监控计算机控制各个现场测控终端,通过Internet获取天气信息,然后综合天气以及环境参数,自动确定灌溉是否需要或何时进行为宜等,从而达到智能节水灌溉的目的。

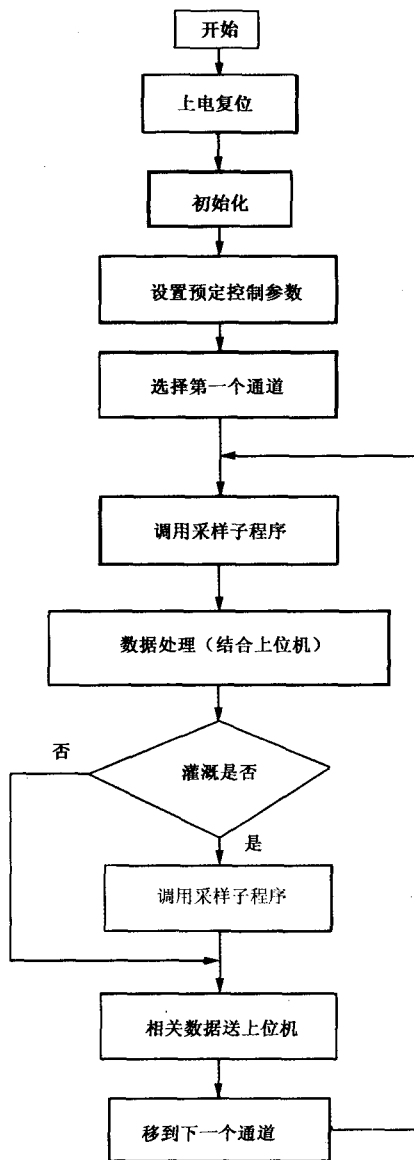


图6 单片机控制程序流程图

Fig.6 The flow chart of MCU control program

综上所述,此系统具有较好的适用性和一定的先进性,是一款性价比比较高的智能灌溉系统。另外,此系统的可扩展性比较强,只要通过简单的软硬件修改就能满足不同的灌溉方式和灌溉需求,从而满足多种需求的用户群。

参考文献:

- [1] 周洋,黄之初,杨岳.一种智能微机灌溉监控系统的设计[J].工业控制计算机,2004,17(4):17-18.
- [2] 沈建华.MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004:1-285.
- [3] Texas Instruments Incorporated. Msp430x1xx Family User's Guide[EB/OL].2009-10-01. <http://www.msp430.com>.
- [4] 孙凌云,刘善梅.基于16位MCU的温湿度控制系统的设计[J].大众科学,2008(1):35.
- [5] 于大为,余震虹,李鑫,等.基于VB实现PC机与嵌入式微处理器的串行通信[C]//2007中国控制与决策学术年会论文集,2007.
- [6] 何文才,杜鹏,刘培鹤,等.基于VB.NET的PC机和MCS-51单片机之间的串行通信[J].北京电子科技学院学报,2006,14(4):61-64.
- [7] 王笑宇,肖洪祥.基于VB.NET的PC机和可变成控制器(PLC)之间的串行通信[J].山西电子技术,2008(4):11-13.

The Design of Intelligent Irrigation System Based on MSP430 MCU

Liu Shanmei, Pen Hui

(College of Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Aiming at the problems of low efficiency of traditional irrigation systems as well as the complexity design, poor reliability of existing intelligent irrigation systems, a new design scheme of intelligent irrigation system is proposed. It uses the MSP430 microcontroller which has 12-bit ADC as embedded microprocessor, PC machine as the host computer, constitutes a kind of master-slave system, thus it not only simplifies the system hardware design, but also realizes the intelligent water-saving irrigation purposes efficiently. The presented method shows stabilization, reliability and application value.

Key words: MSP430 MCU; intelligent irrigation system; ADC; PC upper processor