

毕业设计

智能节水灌溉系统设计

智能节水灌溉系统设计

摘要：自动控制节水灌溉技术的高低代表着农业现代化的发展状况，灌溉系统自动化水平较低是制约我国高效农业发展的主要原因。

本文就此问题研究了单片机控制的节水灌溉系统，该系统可对不同土壤的湿度进行监控，并按照作物对土壤湿度的要求进行适时、适量灌水，其核心是单片机构成的控制部分，主要对土壤湿度与灌水量之间的关系、灌溉控制技术及各系统的硬件设计、软件编程等各个部分进行了深入的研究。

该系统以 AT89C51 单片机为核心控制部分，其次主要由土壤湿度传感器，信号处理电路，显示电路，输出控制电路，故障报警电路等组成。

本设计用 protues 软件绘制了系统原理图，并用汇编语言进行了软件部分的编写。还对几个主要电路进行了仿真。用 CAD2010 软件绘制了曲线图，用 WPS 表格工具绘制了表格。

系统主要具有以下功能：土壤传感器检测土壤湿度并发送到单片机。单片机将土壤湿度传感器检测到的土壤湿度模拟量转换成数字量之后显示到 LED 显示器上并进行计算。若需灌水，则单片机系统启动鸣音报警，发出灌水信号，并经放大驱动设备，开启电磁阀进行倒计时定时灌水，若不需灌水，系统不进行灌水。

本系统可实现单路数据采集处理功能，如稍加改变，便可实现对多因子和多输入数据的采集处理功能。该系统灵活性强，易于操作，可靠性高，将会有更广阔的开发前景。

关键词：滴灌，节水灌溉，单片机控制，自动化

Intelligent irrigation system design

Abstract: Automatic control of water-saving irrigation technology represents the development of agricultural modernization, and irrigation systems to the low level of automation is the main cause of restricting our high efficiency agricultural development.

This paper study on the issue with single-chip microcomputer control of drip irrigation water saving irrigation system, the system can be of different soil humidity monitor, and timely in accordance with the requirements of the crops on soil moisture, adequate water, its core is a single-chip microcomputer control part, consisting of mainly the relationship between soil moisture and irrigation water, irrigation control technology and set up the system of hardware, software, programming each part carried on the thorough research.

This system use AT89C51 microcontroller as the core control section, secondly is mainly composed of soil moisture sensors, signal processing circuit, display circuit, output control circuit, fault alarm circuit, etc.

This design using the Protues software rendering the system schematic diagram, using assembly language to write the software part. Also on the main circuit simulation. Use the CAD20110 software to draw the graph , use the WPS form tool create the form.

System has the following main functions: the soil sensor detection of soil moisture and sent to MCU. SCM will soil moisture sensors detect the amount of soil moisture simulation after conversion to digital quantity according to the LED display and to calculate. If need to infuse water, the single chip microcomputer system start singing sound alarm, signal irrigation, and amplifying driving device, open the solenoid valve for the countdown timer to infuse water, if you don't need to infuse water, irrigation system is not.

This system can be single channel data acquisition and processing functions, such as a little change, can realize the multiple factors and multiple input data collection and processing functions. The system flexibility is strong, easy operation, high reliability, there will be more broad prospects for development.

Keywords: drip irrigation and water-saving irrigation, single-chip microcomputer control, automation

目录

智能节水灌溉系统设计	I
Intelligent irrigation system design	II
第一章引言	1
1. 1 研究背景.....	1
1. 1. 1 水危机的严重性.....	1
1. 1. 2 农业高效节水的必要性.....	1
1. 2 国内外节水灌溉技术发展概况.....	2
1. 2. 1 国外节水灌溉自动化发展状况.....	1
1. 2. 2 国内节水灌溉自动化发展状况.....	1
1. 3 课题研究的目的是和意义.....	2
1. 4 课题研究内容.....	4
第二章微灌节水系统的总体设计	5
2. 1 微灌技术简介.....	5
2. 1. 3 组成	6
2. 1. 4 优势和缺点	6
2. 1. 5 发展.....	7
2. 2 土壤含水量的有关概念.....	8
2. 2. 2 体积含水率与重量含水率	8
2. 2. 3 土壤含水量测量方法.....	9
2. 3. 1 控制系统总图	10
2. 4 单片机控制系统简图	10
2. 5 主要器件的选取	11
2. 5. 1 单片机的选取	11

2.5.2 土壤传感器的选取	12
2.5.3 模数转换芯片的选取	13
2.5.4 数据存储器的扩展	13
2.5.5 并行 I/O 口的扩展	13
2.5.6 软件语言的选取	14
2.6 模糊理论概述	14
2.6.1 模糊理论的创立	14
2.6.2 模糊控制的技术特点	15
2.6.3 模糊控制算法概论	16
2.6.4 输入量的模糊化	16
2.6.5 模糊规则形成和推理	17
2.6.6 精确输出量的反模糊化	17
第三章控制核心硬件设计	18
3.1 硬件设计综述	18
3.2 时钟电路	19
3.3 复位电路	20
图 3.2 复位电路	20
3.4 数据存储器的扩展电路	20
图 3.3 数据存储器的扩展电路	21
3.5 显不电路	21
图 3.4 显示电路	22
3.6 数据采集（模数转换）电路	22
图 3.5 数据采集（模数转换）电路	23
3.7 报警电路	23
3.8 AT89C51 与 PC 机的串口通信接口电路	24
第四章 控制系统软件设计	25
4.1 系统主程序设计	25

4. 2 采样子程序	27
4. 3 数据采集程序	27
4. 3. 1 数据过滤	27
4. 3. 2 标度变换	30
4. 3. 3 BCD 转换	33
4. 4 显示子程序.....	34
第五章总结	36
参考文献	37
致谢	39

第一章引言

1.1 研究背景

1.1.1 水危机的严重性

生命之起源，水为必要条件，没有了水，地球上的生命将会枯竭。

随着 21 世纪的到来，能源危机将接踵而至。比能源危机更可怕的是，作为人类生命之源的水短缺到了前所未有的程度，这一状况还将随着时间的推移和社会的发展继续恶化。水资源危机已成为全球性的突出问题，越来越受到国际社会的重视和关注。专家们曾预言，如果不注意保护水节约水，地球上剩下的最后一滴水将是人类的眼泪。利用科技手段缓解这一危机，将是人类主要的出路。

1.1.2 农业高效节水的必要性

当前，占世界人口总量 40% 的 80 个国家缺水，其中 26 个国家严重缺水。我国有 2.8 万亿 m^3 的水资源总量，全世界排第 6 位，但人均水资源不足世界水资源的 1/4，排在世界人均占有水资源量的第 109 位，是世界上人均占水资源最贫乏的 13 个国家之一。

目前，我国每年缺水量近 400 亿 m^3 ，其中农业缺水约 300 亿 m^3 。我国用水大户仍然是农业用水，约占 70%，而农业用水的 90% 是灌溉用水，因此节水首先要在农业节水上做文章。采用传统的灌溉模式，灌溉定额普遍偏高，全国平均每亩实际灌水量达到 450-500 m^3 ，超过实际需水量的 1 倍左右，有的地区高达 2 倍以上。与一些发达国家相比，我国农业的用水效率还是相当低的，灌溉水资源的浪费情况相当严重，节水的潜力十分巨大。

据统计：目前我国灌溉水利用率只有 40% 左右，水分生产率不足 1.0 kg/m^3 ；而发达国家的灌溉水利用率可达 80%~90%，水分生产率在 2.0 kg/m^3 以上。如果采用先进的灌溉技术，将我国的灌水利用率提高到 60%~70%，则在目前情况下每年可节约灌溉用水 0.10~0.15 万亿 m^3 。这样，通过发展节水灌溉，在减少（最起码不增加）农业用水总量的前提下，满足灌溉需要，同时把节约出来的水量用于城市生活、工业生产和

生态用水，以水资源的可持续利用促进经济社会的可持续发展。

1.2 国内外节水灌溉技术发展概况

微灌是一种现代化的精细高效节水灌溉技术，它是当前世界上诸多节水灌溉技术中省水率最高、最为先进的一种灌溉方法。

近十年来，微灌作为新兴的灌溉技术在世界各国得到了较快的发展。从 70 年代中期到 90 年代中期，微灌在部分发达国家迅速推广，1983 年全世界微灌面单片机控制的节水灌溉系统的研究积达到 43 万丘 m^2 ，其中美国占一半以上。到 90 年代中，全世界微灌面积达到 291.3 万 hm^2 ，约占全世界灌溉面积的 1.1%，其中美国约 150 万 hm^2 占美国总灌溉面积的 4%，根据 2000 年统计，美国微灌面积占全国总灌溉面积 2553.6 万 hm^2 的 5%。灌溉面积中微灌比例最高的国家是塞浦路斯和以色列，其中以色列农业微灌

面积占到了灌溉总面积的 40%，达到 10.4 万 hm^2 ，其余均为喷灌。西班牙、法国、意大利、希腊、埃及等环地中海国家以及南非、澳大利亚、墨西哥、日本等国应用面积也较多。而同一时期我国微灌设备与技术进步缓慢，全国微灌面积徘徊在 2~3.7 万 hm^2 。90 年代以来，我国对节水灌溉越来越重视，据各地资料汇总到 1999 年底全国微灌面积已达到 20 万 hm^2 ，平均每年以 20000~27000 hm^2 的速度增加，一年新增面积相当于过去二十年的总和。

尽管至今微灌在世界总灌溉面积中所占的比重很小，但其增长率远高于其它灌溉技术。在微灌技术发展的同时，自动化灌溉控制技术以及相应的理论研究也得到了高度重视。

1.2.1 国外节水灌溉自动化发展状况

发达国家发展高效农业的一个重要途径是灌溉管理的自动化，如美国、法国、英国、日本、以色列等发达国家已采用了先进的灌溉系统。他们采用先进的节水灌溉制度，由传统的充分灌溉向非充分灌溉发展，对灌区用水进行监测预报，实行动态管理，采用遥感技术，监测土壤墒情和作物生长，开发和制造了一系列用途广泛，功能强大的数字式灌溉控制器，并得到了广泛的应用。地处干旱缺水地带的以色列，它是世界上微灌技术发展最具有代表性的国家，目前全国农业土地基本上实现了灌溉管理自动化，并且普遍推行自动控制系统，按时、按量将水、肥直接送入作物根部，水资源利用率和单方水的粮食产量都相当高。北美、澳大利亚、韩国等国家和地区都已有发展成熟并形成系列的灌溉控制器产品，微灌方式普遍采用计算机控制，埋在地下的湿度传感器可以传回有关土壤水分的信息，还有的传感器系统能通过检测植物的茎和果实的直径变化来决定对植物的灌水间隔。在温室等设施内较多使用小型灌溉管理程序，浇水时间可按日期设定每次每路灌水起止时间，操作便于小规模经营。计算机化操作运行精密、可靠、节省人力，对灌溉过程的控制可达到相当的精度，在以色列，已经出现了在家里利用电脑对灌溉过程进行全部控制（无线、有线）的农场主。

1.2.2 国内节水灌溉自动化发展状况

我国的微灌技术在 70 年代就有所研究发展。我国最早的渗灌工程是山西临汾的龙子祠引泉工程和河南省济源的合瓦地灌排工程。1975 年以后，山西省万荣县、河南省许昌市及江苏省的常熟、睢宁、南遥、启东、徐州等地进行了渗灌。华中农业大学 2005 届硕士毕业论文试点。然而，这些试点仅限于试验阶段，没有得到广泛应用，而且也没有采用自动化控制的思想。

我国节水灌溉自动化研究处于起步阶段，自动化程度低，目前开发的自动灌溉控制系统还处于研制、试用阶段。在开发的产品中有代表性的如中国农业机械亿研究院联合多家单位研制的.2000型温室自动灌溉施肥系统其有手动控制、程序控制和自动控制等多种灌溉系统模式，可按需要灵活应用，在大连，北京等地已经投入应用，效果良好，但其成本较高，适用于温室内作物。由中国灌排技术开发公司开发的集中或分散式微灌自动监控系统根据灌溉计划能自动对微灌工程进行监视，控制和事故处理，其核心控制部件为8098单片机。北京农业大学研制的自动化灌溉控制系统是以8031单片机为核心，可对多通道土壤水分进行检测，实现对多路通道进行自动灌溉控制的功能。但以上两季申系统选用的芯片功能较少，由于电路扩展而使系统复杂化，而且系统运行不稳定。福建省水利建设技术中心研制的节水灌溉自动化控制系统，其应用计算机技术，通讯技术，自动控制技术和生态农业技术进行集成化与优化配置可对大田作物采取三种模式的灌溉方式，即定时、恒湿及人工模式。北京奥特思达科技有限公司研制的盯一02型微喷灌定时自动控制器，是一种供农业，草坪，果园，温室等一般场合给水的电子灌溉自动化控制系统，但他们都只能对作物实现定时定量周期性的灌溉，不能按照作物所需水分进行适时，适量的灌溉。国内还有研制的囊接以PC机进行控制的自动灌溉控制器，不仅使成本增加，而且不易在田间较恶劣的环境下使用，所以实用化程度很低

总之，目前国外灌溉控制器已逐步趋于成熟、系列化，并朝着大型分布式控制系统秘小器积单机控制两个方向发展，产品一般都能与微机进行通信，并由微机对其施行控制。而在我国，虽然有多家研制灌溉控制器。但多数是小规模、实验理论的探讨，而且开发出来的产品价格昂贵，农民尽管知道自动节能、节水、增产，但由于一次性投资太大，多数农民承受不起，所以根本无法普及应用。

1. 3 课题研究的目的是和意义

农业是人类社会最古老的行业，是各行各业的基础，也是人类赖以生存的最重要的行业。农业的发展从长远来看很重要，一是水的闯题，二是科技的闯题。农业的根本出路在科技，在教育。由传统农业向现代化农业转变，由粗放经营向集约经营转变必须要求农业科技有一个大的发展进行一次耨的农业技术革命。农业与工业、交通等行业相比仍然比较落后，农业灌溉技术尤其落后。灌溉系统自动化东平较低是制约我国离效农业发展豹主要原因。传统的灌溉模式自动化程度极低，基本上属粗放的人工操作，即便对于给定的置，

在操作中也无法进行有效的控制，为了提高灌溉效率，缩短劳动时间和节约水资源，必须发展节水灌溉控制技术。

现代智能型控制器是进行灌溉系统田间管理的有效手段和工具，它可提高操作准确性，有利于灌溉过程的科学管理，降低对操作者本身素质的要求。除了能大大减少劳动量，更重要的是它能准确、定时、定量、高效地给作物自动补充水分，以提高产量、质量，节水、节能。现代灌溉控制器的研究使用在我国农林、及园艺为数不多，与发达国家相比，有较大的差距，还基本停留在人工操作上，即使有些地方搞了一些灌溉工程的自动化控制系统，也是根据经验法来确定每天灌溉次数和每次灌溉量，如果灌溉量与作物实际需水量相比太少，便不能有效的促进作物健康成长；而灌溉量太多，肥水流失，又会造成资源浪费，同时传统的灌溉法还需要相关专家的实时观察并经验指导生产，劳动生产率低，这也不能与现代化农业向优化、高效化方向发展要求同步。

我国先后引进了以色列、美国、法国、德国等国家的部分先进灌溉控制设备，但价格昂贵，维护保养困难，多数用于农业示范区、科研单位或高校，而且不符合我国土壤的应用特点。我国自己的现代灌溉控制器的研制和使用尚处于起步阶段，因此，作为一个农业大国，中国应开发自己的先进的低成本、使用维护方便、系统功能强且扩展容易的国产化数字式节水灌溉器是一项极有意义的工作。随着计算机技术和传感器技术的迅猛发展，计算机和传感器的价格日益降低，可靠性日益提高，用信息技术改造农业不仅是可能的而且是必要的。用高新技术改造农业产业实施节水灌溉已成为我国农业乃至国民经济持续发展带战略性的根本大事。本文旨在设计一套能对作物生长的土壤湿度进行自动监控的系统，它能对作物进行适时、适量的灌水，起到高效灌溉，节水、节能的作用。

1. 4 课题研究内容

本论文主要研究单片机控制的滴灌节水灌溉系统，分别对土壤湿度与灌水量 之间的关系、灌溉控制技术及系统设备的软、硬件各个部分进行了深入的研究。 主要内容如下：

1. 根据滴灌技术的特点，进行节水灌溉控制系统的整体研究与设计。
2. 针对土壤湿度难以用精确的数学模型描述的特点，采用模糊控制理论， 对这一理论进行了深入的研究。
3. LED 显示土壤湿度值，在灌水期间以倒计时的方式显示灌水剩余时间。
4. 当土壤湿度值低于设定的最低值时，系统可自动报警。
5. 通过滴灌实验研究灌水量、灌水时间和土壤湿度之间的关系。

第二章微灌节水系统的总体设计

1. 1 微灌技术简介

2.1.1 定义

微灌(micro irrigation),是按照作物需求,通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器,将水和作物生长所需的养分以较小的流量,均匀、准确地直接输送到作物根部附近土壤的一种灌水方法。与传统的全面积湿润的地面灌和喷灌相比,微灌只以较小的流量湿润作物根区附近的部分土壤,因此,又称为局部灌溉技术。

2. 1. 2 分类

微灌分为以下四种类型:

1. 地表滴灌(surface drip irrigation),是通过末级管道(称为毛管)上的灌水器,即滴头,将压力水以间断或连续的水流形式灌到作物根区附近土壤表面的灌水形式。

2. 地下滴灌(Subsurface drip irrigation,简称SDI),将水直接施到地表下的作物根区,其流量与地表滴灌相接近,可有效减少地表蒸发,是目前最为节水的一种灌水形式。

3. 微喷灌(Micro-spray 或 micro jet 或 mini sprinkler irrigation),是利用直接安装在毛管上,或与毛管连接的灌水器,即微喷头,将压力水以喷洒状的形式喷洒在作物根区附近的土壤表面的一种灌水形式,简称微喷。微喷灌还具有提高空气湿度,调节田间小气候的作用。但在某些情况下,例如草坪微喷灌,属于全面积灌溉,严格来讲,它不完全属于局部灌溉的范畴,而是一种小流量灌溉技术。

4,涌泉灌(Bubbler irrigation),管道中的压力水通过灌水器,即涌水器,以小股水流或泉水的形式施到土壤表面的一种灌水形式。

2.1. 3 组成

典型的微灌系统通常由水源工程、首部枢纽、输配水管网和灌水器四部分组成。

1. 水源 江河、渠道、湖泊、水库、井、泉等均可作为微灌水源，但其水质需符合微灌要求。

2. 首部枢纽 包括水泵、动力机、肥料和化学药品注入设备、过滤设备、控制器、控制阀、进排气阀、压力流量量测仪表等。

3. 输配水管网 输配水管网的作用是将首部枢纽处理过的水按照要求输送分配到每个灌水单元和灌水器，输配水管网包括干、支管和毛管三级管道。毛管是微灌系统的最末一级管道，其上安装或连接灌水器。

4. 灌水器 灌水器是直接施水的设备，其作用是消减压力，将水流变为水滴或细流或喷洒状施入土壤。

2.1.4 优势和缺点

微灌可以非常方便地将水施灌到每一株植物附近的土壤，经常维持较低的水应力满足作物生长要求。微灌还具有以下诸多优点：

1、 省水

微灌按作物需水要求适时适量地灌水，仅湿润根区附近的土壤，因而显著减少了灌溉水损失。

2、 省工

微灌是管网供水，操作方便，劳动效率高，而且便于自动控制，因而可明显节省劳力；同时微灌是局部灌溉，大部分地表保持干燥，减少了杂草的生长，也就减少了用于除草的劳力和除草剂费用；肥料和药剂可通过微灌系统与灌溉水一起直接施到根系附近的土壤中，不需人工作业。

3、 节能

微灌灌水器的工作压力一般为 50~150kPa，比喷灌低得多，又因微灌比地面灌省水，对提水灌溉来说意味着减少了能耗。

4、灌水均匀

微灌系统能够做到有效地控制每个灌水器的出水流量,因而灌水均匀度高,一般可达85%以上。

5、增产

微灌能适时适量地向作物根区供水供肥,为作物根系活动层土壤创造良好的水、热、气、养分环境,因而可实现高产稳产,提高产品质量。

6、对土壤和地形的适应性强

微灌采用压力管道将水输送到每棵作物的根部附近,可以在任何复杂的地形条件下有效工作。

但是,微灌系统投资一般要远高于地面灌;灌水器出口很小,易被水中的矿物质或有机物质堵塞,如果使用维护不当,会使整个系统无法正常工作,甚至报废。

2.1.5 发展

各种微灌技术措施的共同特点是用塑料(或金属)低压管道,把流量很小的灌溉水送到作物附近,再通过体积很小的塑料(或金属)滴头或微喷头,把水滴在或喷洒在作物根区,或在作物顶部形成雨雾,也有通过较细的塑料管把水直接注入根部附近土壤。这类灌水方法与地面灌溉和喷灌比较,灌水的流量小,持续时间长,间隔时间短,土壤湿度变幅小。根据许多国家试验结果,微灌比喷灌可省水30%左右,比地面灌可省水75%左右。微灌采用的工作压力一般为50~150kPa,能量消耗较小。由于微灌可以使作物根区土壤始终处于有利于作物生长的水分状况,一般均可取得明显的增产效果。微灌还可以使土壤经常保持较高的含水量,所以还能用地面灌溉和喷灌不能使用的矿化度较高的水进行灌溉。雾灌除具有补充土壤水分作用外,还有提高空气湿度、降温、防霜冻等调节小气候的作用。

用透水管进行滴灌试验,开始于20世纪20~30年代。60年代末和70年代初,滴灌技术得到较大规模的采用,但由于堵塞问题成为进一步发展滴灌的最大障碍。滴灌对水质的要求很高,80年代初开始在滴灌管道上装上微喷头,形成微喷灌,减轻了堵塞问题。涌泉灌是将微灌系统上的微喷头或滴头去掉,代以一截短管,直接从管口涌水,对果树等进行局部灌溉,虽流量比微灌或滴灌要大,但能有效地防止堵塞问题。到80年代中期,全世界微灌面积虽仅有42万公顷,但已广泛用于灌溉果树、蔬菜、花卉、葡萄等作物,国际灌溉排水委员会还专门设立了微灌工作组。

由于微灌每亩灌水定额可控制在 5m 左右,节水效果极其显著,虽然其技术的成熟程度尚不如喷灌,但已成为一种很有发展前途的节水灌溉方法。

2.2 土壤含水量的有关概念

2.2.1 土壤含水量

土壤含水量 (water content of soil) 是土壤中所含水分的数量。一般是指土壤绝对含水量,即 100g 烘干土中含有若干克水分,也称土壤含水率。土壤含水率是农业生产中一重要参数,其主要方法有称重法,张力计法,电阻法,中子法,γ射线法,驻波比法,时域反射法及光学法等。土壤中水分含量称之为土壤含水率 (Soil Moisture Content),是由土壤三相体(固相骨架、水或水溶液、空气)中水分所占的相对比例表示的,通常采用重量含水率(ω)和体积含水率(θ)两种表示方法。

2.2.2 体积含水率与重量含水率

重量含水率是指土壤中水分的重量与相应固相物质重量的比值,体积含水率是指土壤中水分占有的体积和土壤总体积的比值。体积含水率与重量含水率两者之间可以换算。

重量含水率 $\omega = M_w / M_s$

体积(容积)含水率 $\theta = V_m / V_s$

公式换算:

重量含水率 $\omega = (\rho'_b - \rho_b) / \rho_b$

体积含水量 $\theta = (\rho'_b - \rho_b) / \rho_w$

ρ'_b 是土壤湿容重

ρ_b 是土壤容重

ρ_w 是土壤中水密度

2.2.3 土壤含水量测量方法

1. 称重法 (Gravimetric) : 也称烘干法, 这是唯一可以直接测量土壤水分方法, 也是目前国际上的标准方法。用土钻采取土样, 用 0.1g 精度的天平称取土样的重量, 记作土样的湿重 M , 在 105°C 的烘箱内将土样烘 6~8 小时至恒重, 然后测定烘干土样, 记作土样的干重 M_s 。

土壤含水量 = (烘干前铝盒及土样质量 - 烘干后铝盒及土样质量) / (烘干后铝盒及土样质量 - 烘干空铝盒质量) * 100%。

2. 张力计法 (Tensiometer) : 也称负压计法, 它测量的是土壤水吸力测量原理如下: 当陶土头插入被测土壤后, 管内自由水通过多孔陶土壁与土壤水接触, 经过交换后达到水势平衡, 此时, 从张力计读到的数值就是土壤水 (陶土头处) 的吸力值, 也即为忽略重力势后的基质势的值, 然后根据土壤含水率与基质势之间的关系 (土壤水特征曲线) 就可以确定出土壤的含水率。

3. 电阻法 (Electrical resistance) : 多孔介质的导电能力是同它的含水量以及介电常数有关的, 如果忽略含盐的影响, 水分含量和其电阻间是有确定关系的。电阻法是将两个电极埋入土壤中, 然后测出两个电极之间的电阻。但是在这种情况下, 电极与土壤的接触电阻有可能比土壤的电阻大得多。因此采用将电极嵌入多孔渗水介质 (石膏、尼龙、玻璃纤维等) 中形成电阻块以解决这个问题。

2.3 控制系统总

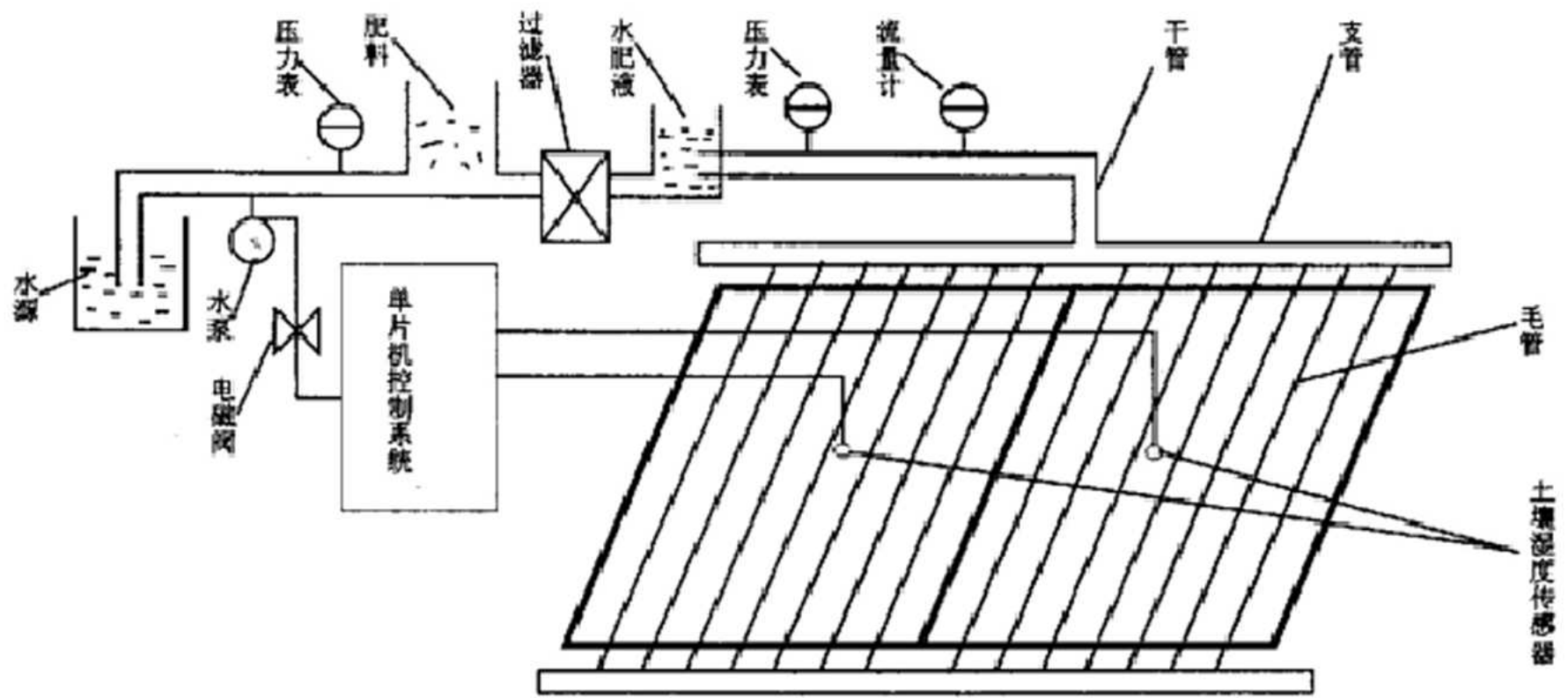


图 2-1 控制系统总图

2.4 单片机控制系统简

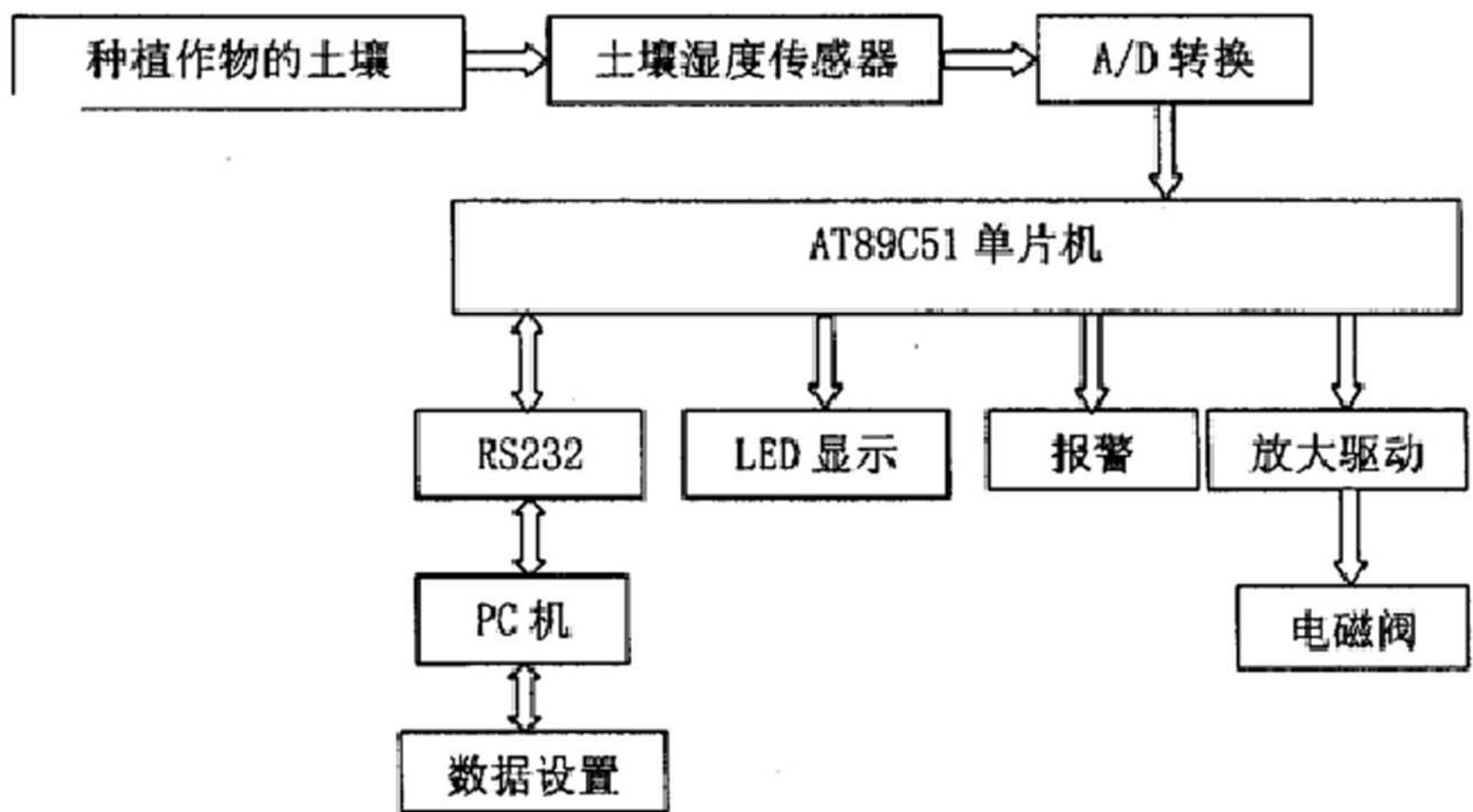


图 2-2 单片机控制系统简图

2.5 主要器件的选取

2.5.1 单片机的选取

随着大规模集成电路的出现及其发展，将计算机的 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种 I/O 接口集成在一片芯片上，形成了芯片级的计算机，因此单片机早期的含义称为单片微型计算机，直译为单片机，沿用至今。准确反映单片机本质的叫法应是微控制器。

单片机具有集成度高，功能强，可靠性高，体积小，功耗低。使用方便，价格低廉等特点，在各个领域得到了广泛的应用和发展，目前已渗透到人们工作和毛臂土壤湿度传搏器单片机控制的节水灌溉系统的研究生活的各个角落几乎无处不在。单片机最早是以嵌入式微控制器的面貌出现的。在嵌入式系统中，它是应用最多的核心器件。在计算机主导工业生产并且日益走进家庭生活的今天，从家用电器、工业控制、医疗仪器到军事应用，到处都有单片机的存在。

目前世界上有很多单片机制造公司，如美国的 INTEL、ATMEL、MOTOROLA 和 ZILOG 公司；德国的 SIEMES 公司；荷兰的 PHILIP 公司等。他们相继推出了各种类型的单片机。其中 INTEL 公司撰出的一种高性能 8 位单片机 MCS-51 系列单片机以优越的性能，成熟的技术和高性价比迅速占领了工业测控和自动化工程领域的主要市场，成为单片机领域中的主流产品。

除了 INTEL 公司外 PHILIP, ATMEL, ADM, SIEMES 等公司纷纷推出了与 MCS-51 系列兼容的单片机。其中 ATMEL 公司的 89 系列单片机也称 Flash 单片机是以 8031 为核心的，它和 INTEL 公司的 MCS-51 系列单片机完全兼容，它不但继承了 MCS-51 系列原有的功能，而且又扩展了它的功能。对于一般用户来说，89 系列单片机存在下列很显著的优点：（1）内部含 Flash 存储器；（2）和 AT80CS1 插座兼容；（3）静态时钟方式；（4）错误编程亦无废品产生；（5）可反复进行系统试验。

使用方便是 ATMEL 公司 89 系列单片机被广泛应用的一个主要因素。一般的 OTP 产品，一旦错误编程就成了废品，而 89 系列单片机内部采用了 Flash 存储器，所以，错误编程后仍可以重新编程，直到正确为止。其次是它可反复进行系统试验。用 89 系列单片机设计的系统，可以反复进行系统试验，每次试验可以编入不同的程序，这样可以保证用户的系统设计达到最优，而且还可以随用户的

需要和发展进行修改,使系统能不断追随用户的最新要求。

89 系列单片机可分为标准型号,低档型号和高档型号。鉴于以上的优点,经过分析比较,根据本课题的特点选用 ATMEEL 公司 89 系列标准型单片机 AT89C5L,其片内含有 128 字节的数据存储器(RAM)和 4K 字节的可电擦电写闪烁程序存储器 E2PROM,这足以满足系统实现其功能,故无需对程序存储器进行扩展。

2.5.2 土壤传感器的选取

目前国内外测定土壤水分的方法有多种,最常用的方法是使用土钻法(SA 亦称烘干法),即钻取一定量的土,用烘箱烘干后再称其纯干土重量,即可计算出土壤含水量。间接测量土壤含水量可以用石膏电阻块法、负压法和中子仪法等。20 世纪 80 年代初期,为了准确测定土壤含水量,一些研究者开始对时域反射仪技术产生了兴趣。因为它具有许多优点,如无核辐射,测量快速,并与土壤类型基本没有关系。TDR 技术正逐渐成为土壤水分测定的一项重要新工具。

土壤水分的盈缺对作物生长有着最直接的影响,在适宜的湿度环境下,作物长势良好,所以土壤湿度传感器的选用就要满足可以使湿度控制在一定的范围内,并能够快速、准确地测定农田土壤水分,以便适时作出灌溉、施肥决策和排水措施等。本系统的输入信号是传感器所测土壤水分信息,因此传感器的选择很重要,如选用的土壤湿度传感器精度太高,则增加了成本,精度太低,则难以保证把土壤湿度控制在需要的范围内,综合考虑选用北京渠道科学器材有限公司进口的美国产品 AQUA-TEL-TDR 便携式土壤水分仪。它可长期埋设与地下,容易携带,使用简单,能耗极低。具有很经济的 TDR 原理水分探头。其技术参数如下:

测量土壤水分范围: 0-100 % vol

重复性误差: <1%

温度范围: -60°C to 85°C;

精度: $\pm 2\%$

电源: 12VDC $\pm 20\%$ @40mA

输出: 0~1mA 可选 4-20mA 或 0-5V

全部尺寸: 直径 19mm

长度 635mm

预热时间：1 秒

标准电缆：10 英尺(用户可指定长度)

2.5.3 模数转换芯片的选取

A/D 转换是把模拟量信号转化成与其大小成正比的数字量信号，A/D 转换电路是数据采集系统的核心电路。目前 A/D 转换电路的种类繁多，但大量投放市场的单片集成或模块 A/D 按其转换原理主要分为逐次逼近式、双积分式、量化反馈式和并行式 A/D 转换器。双积分式 A/D 转换器转换精度高，抗干扰能力强、价格低，但转换速度较慢；并行式转换器速度快，但价格高；逐次逼近式 A/D 转换器，转换精度较高、速度快，大约在几微妙到几百微妙之间，但抗干扰能力弱。总的来讲逐次逼近式 A/D 转换器的性价比最高，应用最广泛，国内使用较多的芯片有 ADC0808/0809，ADC0801-ADC0805 及 ADC0816/0817 和 ADS74 等。本系统选用中速的逐次逼近式 ADC0809 模数转换芯片。A/D 转换器的主要技术指标为：

- (1) 分辨率表示输出数字量变化一个相邻数码所需输入模拟电压的变化量，习惯上以输出的二进制位数或 BCD 码位数表示。
- (2) 量化误差由 A/D 转换器的有限分辨率面引起的误差。
- (3) 转换精度反映一个实际 A/D 转换器在量化值上与理想 A/D 转换器的差值
- (4) 转换速率指能够重复进行数据转换的速度，即每秒转换的次数。

2.5.4 数据存储器的扩展

AT89C51 单片机内部只有 128 字节的数据 RAM，本系统应用中可能用到更多的 RAM。所以只能在片外进行扩展。扩展 RAM 芯片一般采用静态 RAM (SRAM)，本系统选用 6116 即可满足课题要求，存储容量为 2KX8。

2.5.5 并行 I/O 口的扩展

该系统所选用的 AT89C51 系列单片机具有 4 个并行 I/O 口，其中 P0 口用于传递低 8 位地址总线和复用数据总线，P2 口用于高 8 位的地址总线，P3 口是多功能口，经常用于第二功能，系统中要用到显示电路，故所提供的并行 I/O 口不够用，所以必须扩展 I/O 口。通常所用的并行外围接口芯片有可编程芯

5-Intel8155, 8255A 和 8243 等, 本系统选用 815516 型 I/O 芯片即可。

Intel8155 是一种多功能的可编程接口芯片, 它具有 3 个可编程并行的 I/O 端口 (A 口和 B 口是 8 位, C 口是 6 位). 1 个可编程 14 位的有多种工作方式的定时计数器, 256 个字节的静态 RAM 和一个地址寄存器, 能方便地进行 I/O 口扩展和 RAM 扩展。

2.5.6 软件语言的选取

本系统下位机以单片机为核心, 采用汇编语言编程。汇编语言是指用指令的助记符、符号地址、标号等符号书写程序的一种软件语言, 它是计算机软件设计的重要工具。在系统软件开发、实时控制的和实时处理领域中有着不可替代的地位。用汇编语言编程可以充分发挥计算机硬件的功能, 进行高质量的设计, 开发出的软件具有内存开销小、运算速度快的特点, 而且它不独立于具体机器, 是一种非常通用的低级程序设计语言, 采用汇编语言编程, 用户可以直接操作到单片机内部的工作寄存器和片内 RAM 单元, 处理数据的过程非常具体。因此, 在已经有众多高级语言和可视化集成开发环境工具的今天, 汇编语言仍然是一种不可缺少的有效的程序设计语言。上位机 PC 机串口通信及可视化界面编程采用 Visual Basic (简称 VB) 高级语言编程。目前, VB 已经成为 Windows 系统开发的主要语言之一, 以其高效、简单易学及功能强大的特点越来越为广大程序设计人员及用户所青睐。VB 支持面向对象的程序设计, 具有结构化的事件驱动编程模式, 并可以使用无限扩增的控件, 而且可以十分简便地做出良好的人机界面。

2.6 模糊理论概述

由于本设计软件算法部分涉及到模糊控制理论, 因此特别将其进行简要阐述, 以供读者参考。

2.6.1 模糊理论的创立

模糊逻辑首先是由美国著名教授查德 (Lotfi Zadeh) 于 1965 年提出的, 1973 年推出了基于模糊集合的语言变量的概念, 为经典模糊控制器的构成奠定了理论基础。1974 年, 英国马达尼 (E. Ho Mamdani) 教授在它的博士论文中首次论述了如何将模糊逻辑应用于工业生产过程控制, 并在锅炉和蒸气机控制中采用模糊控制技术, 取得了显著成果, 成为第一个工业应用, 开辟了工业过程中模糊控制应用的新途径。

此后，模糊控制越来越受到人们的重视。

模糊控制是建立在模糊集合和模糊逻辑基础之上的一类应用模糊集合理论的控制方法，它是根据对控制对象的粗略知识与人们的生产技能等知识，导出自然语言的控制规则，利用模糊集合理论进行控制的一种控制方法。模糊控制的价值可从两方面来考虑，一方面，模糊控制提出一种新的机制用于实现基于知识（规则）甚至语言描述的控制规律。另一方面，模糊控制为非线性控制器提出了一个比较容易的设计方法，尤其是当受控装置（对象或过程）含有不确定性且很难用常规非线性控制理论处理时，更是有效。

传统的控制理论依赖于被控系统的数学模型，而模糊控制则是依赖于被控系统的物理特性，物理特性的提取要靠人的直觉和经验。这些物理特性在人脑中是用自然语言来描述成一系列的概念和规则的。自然语言的一个重要特点是具有模糊性，人可以根据不精确的信息来进行推理而得到有意义的结果。模糊控制方法能够模仿人的思维方式和人的控制经验，用电脑代替人脑来实施有效的控制措施，事实上，模糊控制已成为智能控制的一个分支。

2.6.2 模糊控制的技术特点

模糊控制是建立在人类思维模糊性的基础之上的。模糊控制与传统自动控制有着本质的区别，它能较好地模仿和描述人的思维方式、总结和反映人的经验，对复杂事物和系统可进行模糊度量、模糊识别、模糊推理、模糊控制和模糊决策。模糊控制的核心在于它具有模糊性的语言条件语句，作为控制规则去执行控制。控制规则往往是由对控制过程十分熟悉的专门人员给出的，所以模糊控制在本质上是～种专家控制。这种控制的控制规则充分反映了人的智能活动。

与传统的控制方法相比，模糊控制具有如下特点：

(1) 模糊控制系统的设计是基于人的丰富的知识和经验，使用语言方法，使它不依赖于系统精确的数学模型，适用于无法精确解析建模的复杂过程与模糊性对象。充分了解控制对象的物理特性，是设计一个好的模糊控制器的重要条件。

(2) 对于具有一定操作经验的操作者，模糊控制方法易于掌握。通过人的语言进行人机通信，从而易于加入到过程控制环节中去。

(3) 模赖规则帮合成推理是基于专家知识或熟练操作者钩成熟经验，并透过学习可不断更新，因此它具有智能性和自学性。

(4) 采用不同的知识和经验来对同一个被控对象进行设计，将确定不同的隶属度函数和模糊规则库，都能达到良好的控制要求。

(5) 控制过程中不露花时间进行复杂运算，提高了系统的时效。

(6) 应用范围更广阔。

2.6.3 模糊控制算法概论

模糊控制通过模糊逻辑和近似推理方法，把人的经验形式化、模糊化，变成计算机可以接受的控制模型，让计算机代替人来进行有效的实时控制。模糊控制的关键是模糊控制器的设计，设计模糊控制器必须解决以下几个问题：

(1) 输入量的模糊化

(2) 建立模糊控制规则或模糊控制表

(3) 输出信息的模赖剑决

2.6.4 输入量的模糊化

通常控制是用系统的实际输出值与设定的期望值相比较，得到一个偏差值 e ，控制系统根据这个偏差值来决定如何对系统加以调整控制，即所谓的单输入模糊控制；在很多情况下，还需要根据该偏差的变化率 e_c 来进行综合判断，即双输入模糊控制、当然还可以加入偏差变化率的变化率或其它的系统状态作为输入量来进行综合判断，即多输入的模糊控制。在实际系统中，一般输入量小于 10 个，当输入量再增加时，通常选用专用模糊控制芯片。综合考虑控制效果和运算量、运算时间，一般系统普遍采用双输入模糊控制。无论是偏差还是偏差变化率，它们都是精确的输入量，要采用模糊控制技术，就必须首先把它们转换成模糊集合的隶属函数。为了工程的需要，通常把输入范围人为地定义成离散的若干级。定义输入量的隶属函数可采用吊钟形、梯形和三角形，实

实践证明，三角隶属函数计算量较小，且性能无显著差异，因此现在最为常用。

2.6.5 模糊规则形成和推理

模糊规则是以手动控制策略为基础的。它利用模糊集合理论将手动控制策略上升为具体的数值运算，根据推理运算的结果做出相应的控制动作，使执行机构控制被控对象的运行。模糊规则的形成是根据有经验的操作者或专家的控制知识和经验，制定出若干模糊控制规则。这些规则可以用自然语言来表达，例如：

“如果液位偏低则开大进水阀门”

“如果水温高则加点凉水，否则加点热水”

“如果温度较高且温度还在继续上升，则喷水”

这些模糊条件语句所对应的模糊关系从形式上可分别表示为：

If A Then B

If A Then B Else C

If A And B Then C

根据模糊关系再模仿人的逻辑推理过程，确定推理方法。根据模糊集合和模糊关系理论，对于不同类型的模糊规则可用不同的模糊推理方法。这样计算机就可用模糊化的输入量，根据模糊控制规则和事先确定好的推理方法进行模糊推理，并得到模糊输出量，即模糊输出隶属函数。目前大都使用双输入单输出的模糊控制，这种方法不仅能保证系统控制的稳定性。而且还可减少超调量和振荡现象，其控制精度一般可以满足要求。这种模糊控制基本上都是把偏差和偏差的变化率作为模糊输入量，采用的推理规则一般为“`If A And B Then`

`C`”类型。

2.6.6 精确输出量的反模糊化

模糊控制器的输出是一个模糊量，这个模糊量不能用于控制执行机构，还需要通过模糊推理把这个模糊量转化为一个确定的值，在推理得到的模糊集合中，取一个相对最能代表这个模糊集合的单值的过程就称为解模糊或模糊判决 (Defuzzification)。模糊判决的方法有重心法、最大隶属度法、系数加权平均法和隶属度限幅元素平均法等，用不同的方法所得到的结果也是不同的。理论上用重心法比较合理，但是计算比较复杂

杂，因而在实时性要求较高的系统不采用这种方法。比较常用的方法是最大隶属度方法。这种方法是取所有模糊集合或者隶属函数中隶属度最大的那个值作为输出，这种判决方法简单易行，实时性也好，但它概括的信息量少，因为它完全不考虑其余一切隶属程度较小的点的情况。在实际中，要根据具体使用要求多方面进行权衡，选取合理的模糊判决方法。本文采用最大隶属度方法。

第三章控制核心硬件设计

3.1 硬件设计综述

本设计硬件的核心部分主要是与单片机控制系统直接相连的部分，不包括水源、蓄水设施、电力供给设施、水泵等。

核心部分硬件包括以下几个部分：

1. 时钟电路
2. 复位电路
3. 外部数据存储电路
4. 显示电路

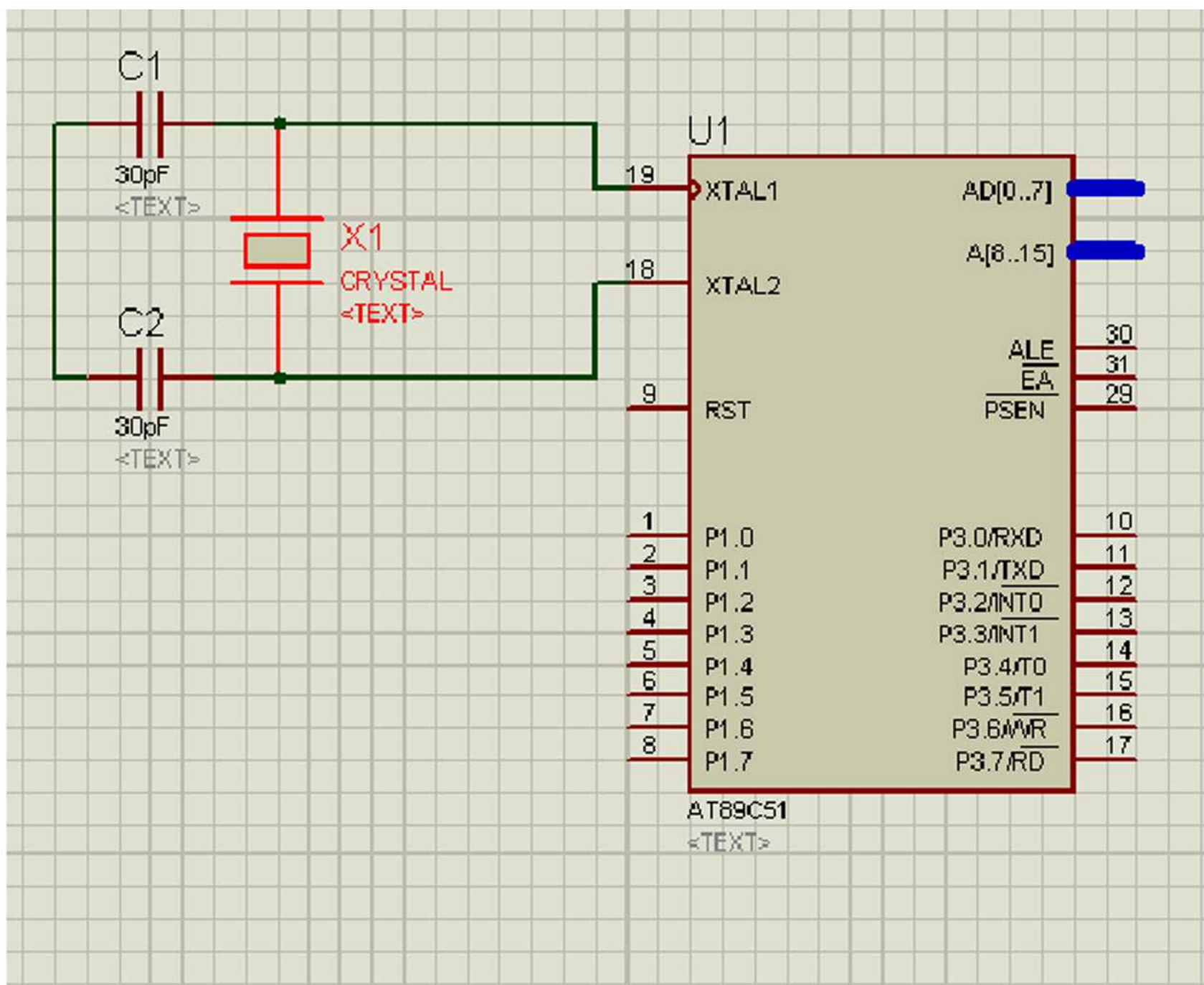
5. 数据采集（模数转换）电路

6. 报警电路

3.2 时钟电路

单片机的时钟信号用来提供单片机片内各种微操作的时间基准，时钟信号通常用两种电路形式得到：内部振荡和外部振荡。MCS51 单片机内部有一个用于构成振荡器的高增益反向放大器，引脚 XTAL1 和 XTAL2 分别是此放大器的输入端和输出端，由于采用内部方式时，电路简单，所得的时钟信号比较稳定，实际使用中常采用这种方式，如图 4. 2 所示在其外接晶体振荡器（简称晶振）或陶瓷谐振器就构成了内部振荡方式片内高增益反向放大器与作为反馈元件的片外石英晶体或陶瓷谐振器一起可构成一个自激振荡器并产生振荡时钟脉冲。图 3. 1 中外接晶体以及电容 C2 和 C3 构成并联谐振电路，它们起稳定振荡频率、快速起振的作用，其值均为 30pF 左右，晶振频率选 6MHz。

图 3. 1 时钟电路



3.3 复位电路

为了初始化单片机内部的某些特殊功能寄存器，必须采用复位的方式，复位后可使 CPU 及系统各部件处于确定的初始状态，并从初始状态开始正常工作。单片机的复位是靠外电路来实现的，在正常运行情况下，只要 RST 引脚上出现两个机器周期时间以上的高电平，即可引起系统复位。但如果 RST 引脚上持续为高电平，单片机就处于循环复位状态。复位后系统将输入/输出 (I/O) 端口寄存器置为 FFH, 堆栈指针 SP 置为 07H, SBUF 内置为不定值，其余的寄存器全部清 0, 内部 RAM 的状态不受复位的影响，在系统上电时 RAM 的内容是不定的。复位操作有两种情况，即上电复位和手动（开关）复位。本系统采用上电复位方式。图 3.2 中

R1 和 C1 组成上电复位电路，其值 R 取为 $1K\Omega$ ，C 取为 $10\mu F$ 。

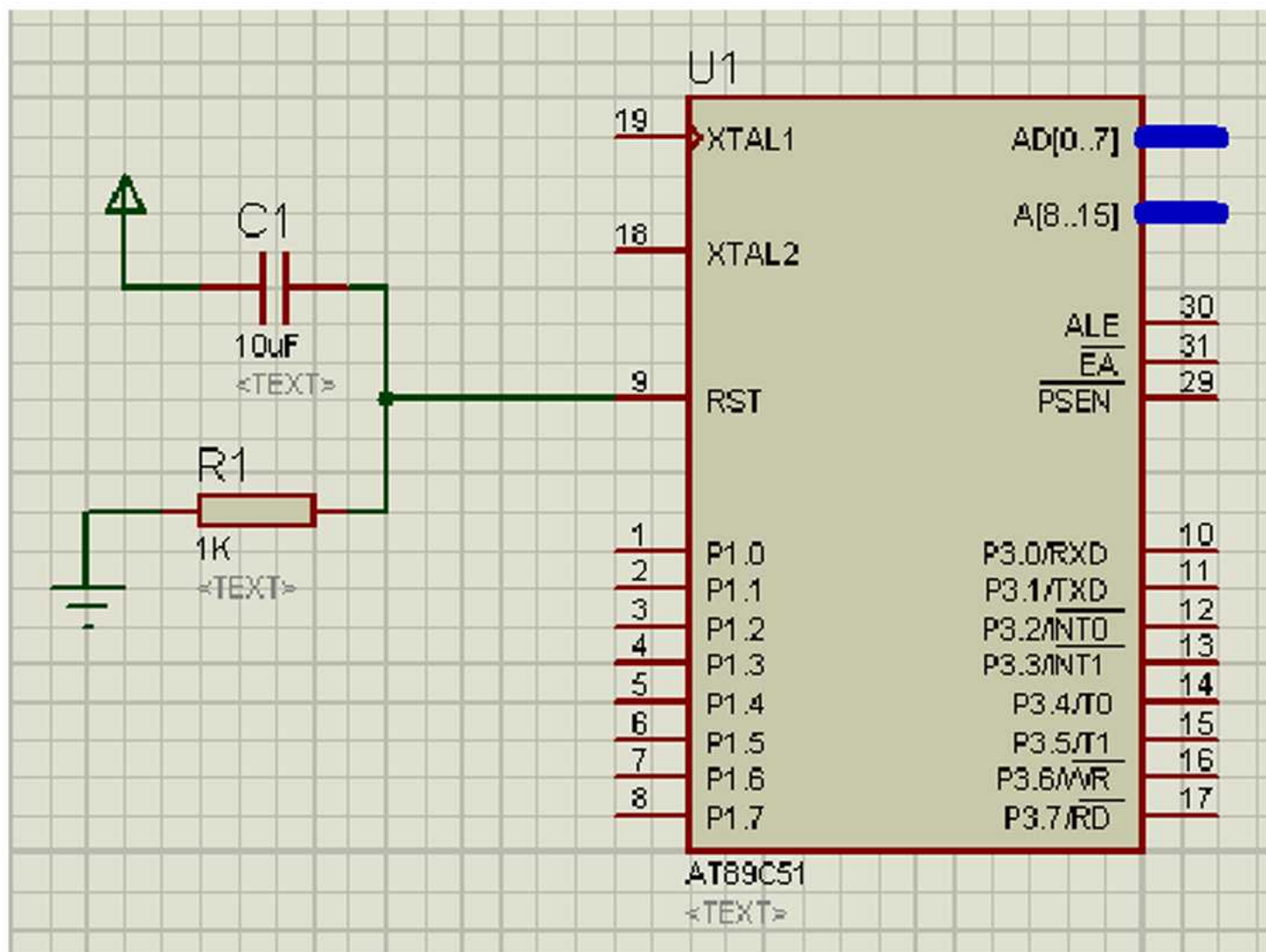


图 3.2 复位电路

3.4 数据存储器的扩展电路

AT89C51 单片机外接数据 RAM 时，P2 口输出存储器地址的高 8 位，P0 口分时输出地址的低 8 位和传送指令字节或数据。P0 口先输出低 8 位地址信号，在 ALE 有效时将它锁存到外部地址锁存器中，然后如口 { 作为数据总线使用，此处地址锁存器选用 74LS373, 实际电路图连接如图 3.3 所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/506221012110010234>