

● 高职高专**机电一体化专业**规划教材

单片机原理及 应用技术

丁振杰 张喜红 李玉秋 编著



化学工业出版社

高职高专机电一体化专业规划教材

单片机原理及应用技术

丁振杰 张喜红 李玉秋 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书由实际问题入手,以 89C51 为典型机,利用具体任务训练引入相关知识点。全书共分为 7 个项目,每个项目由若干具体任务组成,按照“任务目标→任务分析→任务实现→相关知识”的思路编排,使学生能够轻松掌握单片机原理及实用技术。

本书系统地介绍单片机的基础知识、单片机的 I/O 端口、定时器和中断、单片机通信系统、显示接口、键盘接口、A/D 和 D/A 接口等内容。

本书配有电子教案,可在网站 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本书可作为高职高专院校电子类、机电类等相关专业单片机课程的教材,也可作为广大电子制作爱好者和工程科技人员的自学用书和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用技术/丁振杰,张喜红,李玉秋
编著. —北京:化学工业出版社,2010.10
高职高专机电一体化专业规划教材
ISBN 978-7-122-09433-9

I. 单… II. ①丁…②张…③李… III. 单片微
型计算机-高等学校:技术学院-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 171328 号

责任编辑:刘 哲
责任校对:战河红

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 238 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

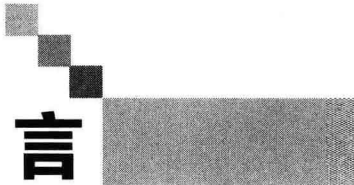
购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

为适应高等职业技术教育的快速发展,满足高职教育教学改革的需要,编者坚持“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的指导思想编写本书。本书遵循以应用为目的,以必需、够用为度的原则,以掌握概念、强化应用、培养技能为重点,力求做到加强实训、降低理论、加强技能、突出应用。

本课程是高等职业技术学院电子类及机电类专业的专业基础课,它既有自身的理论体系,又有很强的实践性。通过对本书的学习,使学生获得单片机的理论知识和设计开发的手段,培养学生分析问题、解决问题的能力,为后续专业课程提供必需的基础理论和专业必备的基本技能。本书通过单片机的设计应用和开发的教学,培养学生的逻辑思维能力、分析能力和创新能力;使学生掌握单片机的基本知识,熟悉单片机的开发和应用;能初步应用单片机进行任务的设计和仿真,培养学生独立思考、勤于思考、善于提问的学习习惯,进一步树立崇尚科学精神,坚定求真、求实和创新的科学态度。

本书以电子类及机电类专业的就业岗位职业技能为依据,紧密结合维修电工国家职业资格证书中对电子技术部分的要求,力求使内容覆盖职业技能鉴定的各项要求,注重理论联系实际。

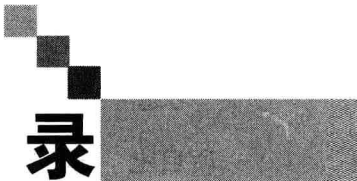
建议教学方式采用理论实践一体化教学、边讲边学边做的方法,充分肯定学生是学习中的主体,充分调动学生的能动性,培养学生的动手实践能力。

本书配有电子教案,可在网站 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本书由亳州职业技术学院丁振杰、张喜红、李玉秋等编著,丁振杰编写了前言、绪论、项目一、项目三、项目六,李玉秋编写了项目二、项目四,张喜红编写了项目五、项目七,王玉香编写了附录部分,并对本书的程序和仿真部分进行了验证。对在本书编写过程中参考的有关资料、参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者经验不足、水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者给予批评与指正。

编者
2010年7月



目 录

CONTENTS

绪论	1
项目一 认识单片机	7
任务一 单片机芯片好坏的判别	7
任务二 单个信号灯亮灭闪烁	12
习题	22
项目二 指令的学习及程序设计	23
任务一 控制流水彩灯的显示	23
任务二 单片机做加、减、乘、除运算	30
任务三 单片机做逻辑运算	36
任务四 按键控制灯	41
任务五 LED 显示电路	46
习题	66
项目三 学习使用单片机的内部资源——定时器和中断	68
任务一 外中断控制的 LED 显示	68
任务二 频率计	76
习题	83
项目四 建立单片机通信系统	85
任务一 设计双机通信测试电路	85
任务二 电机运转的远程控制	93
习题	99
项目五 学习显示接口	100
任务一 设计基于数码管显示的电子钟	100
任务二 设计基于字符的液晶广告牌	105
习题	109
项目六 学习键盘接口	110
任务一 设计 8 人抢答器	110
任务二 密码锁控制器	114

习题.....	119
项目七 学习 A/D 接口和 D/A 接口	120
任务一 简易波形发生器.....	120
任务二 用 ADC0809 实现数字电压表	124
习题.....	130
附录	131
附录一 MCS-51 指令表	131
附录二 Keil 软件使用说明	134
附录三 Proteus 的仿真说明	141
参考文献	157

绪 论

1. 单片机简介

单片机是一种集成电路芯片。它采用超大规模集成电路技术，将具有数据处理能力的微处理器（CPU）、存储器（含程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM）、输入及输出接口电路（I/O 接口）集成在同一块芯片上，构成一个既小巧又很完善的计算机硬件系统，在单片机程序的控制下能准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。所以说，一片单片机芯片就具有了计算机的全部功能。

由此来看，单片机有着一般微处理器（CPU）芯片所不具备的功能，它可单独地完成现代工业控制所要求的智能化控制功能，这是单片机最大的特征。

然而单片机又不同于单板机（一种将微处理器芯片、存储器芯片、输入/输出接口芯片安装在同一块印制电路板上的微型计算机），单片机芯片在没有开发前，它只是具备功能极强的超大规模集成电路，如果对它进行应用开发，它便是一个小型的微型计算机控制系统，但它与单板机或个人电脑（PC）有着本质的区别。

单片机的应用属于芯片级应用，需要用户（单片机学习者与使用者）了解单片机芯片的结构和指令系统，以及其他集成电路应用技术和系统设计所需要的理论和技术，用这样特定的芯片设计应用程序，从而使该芯片具备特定的功能。

不同的单片机有着不同的硬件特征和软件特征，即它们的技术特征均不尽相同。硬件特征取决于单片机芯片的内部结构，用户要使用某种单片机，必须了解该型产品是否满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等，这些信息需要从生产厂商的技术手册中得到。软件特征是指指令系统特性和开发支持环境。指令特性即人们熟悉的单片机的寻址方式、数据处理和逻辑处理方式、输入/输出特性及对电源的要求等。开发支持的环境包括指令的兼容性、可移植性、支持软件（包含可支持开发应用程序的软件资源）及硬件资源。要利用某型号单片机开发自己的应用系统，掌握其结构特征和技术特征是必需的。

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统，可以以软件控制来实现，并能够实现智能化。现在单片机控制范畴无所不在，例如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等，单片机的应用领域越来越广泛。

诚然，单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益，更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想，是控制技术的一次革命，是一座重要的里程碑。

2. 单片机发展概述

1946 年第一台电子计算机诞生至今，依靠微电子技术和半导体技术的进步，经历了“电子管—晶体管—集成电路—大规模集成电路”的发展历程，使得计算机体积更小、功能更强。特别是近 20 年时间里，计算机技术获得飞速的发展，计算机在工农业、科研、教育、国防和航空航天领域获得了广泛的应用，计算机技术已经成为一个国家现代科技水平的重要标志。



单片机诞生于 20 世纪 70 年代,像 Fairchild 公司研制的 F8 单片微型计算机。它们只是利用大规模集成电路技术把中央处理单元和数据存储器 (RAM)、程序存储器 (ROM) 及其他 I/O 通信口集成在一块芯片上,构成一个最小的计算机系统。而现代的单片机则加上了中断单元、定时单元及 A/D 转换等更复杂、更完善的电路,使得单片机的功能越来越强大,应用更广泛。

20 世纪 70 年代,微电子技术正处于发展阶段,集成电路属于中规模发展时期,各种新材料、新工艺尚未成熟,单片机仍处于初级发展阶段,元件集成规模还比较小,功能比较简单,一般均把 CPU、RAM,有的还包括了一些简单的 I/O 口集成到芯片上,像 Fairchild 公司就属于这一类型,它还需配上外围的其他处理电路才能构成完整的计算机系统。类似的单片机还有 Zilog 公司的 Z80 微处理器。

1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机,这个时期的单片机才是真正的 8 位单片微型计算机。它以体积小、功能全、价格低的优点赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展史上重要的里程碑。

在 MCS-48 的带领下,其后各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机,像 Zilog 公司的 Z8 系列。到了 20 世纪 80 年代初,单片机已发展到了高性能阶段,像 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 和 6802 系列、Rokwell 公司的 6501 及 6502 系列等,此外,日本 NEC 公司和 HITACHI 公司都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

20 世纪 80 年代,世界各大公司均竞相研制出品种多、功能强的单片机,约有几十个系列、300 多个品种,此时的单片机均属于真正的单片化,大多集成了 CPU、RAM、ROM、数目繁多的 I/O 接口、多种中断系统,甚至还有一些带 A/D 转换器的单片机,功能越来越强大,RAM 和 ROM 的容量也越来越大,寻址空间甚至可达 64KB。可以说单片机发展到了一个全新阶段,应用领域更广泛,许多家用电器均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

1982 年以后,16 位单片机问世,代表产品是 Intel 公司的 MCS-96 系列。16 位单片机比起 8 位机,数据宽度增加了一倍,实时处理能力更强,主频更高,集成度达到了 12 万只晶体管,RAM 增加到了 232B,ROM 则达到了 8KB,并且有 8 个中断源,同时配置了多路的 A/D 转换通道、高速的 I/O 处理单元,适用于更复杂的控制系统。

20 世纪 90 年代以后,单片机获得了飞速的发展,世界各大半导体公司相继开发了功能更为强大的单片机。美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机,引起了业界的广泛关注,特别是它的产品只有 33 条精简指令集,吸引了不少用户,使人们从 Intel 的 111 条复杂指令集中走出来。PIC 单片机获得了快速的发展,在业界中占有一席之地。

随后更多的单片机种蜂拥而至,Motorola 公司的 MC68HC05 系列以其高速、低价等特点赢得了不少用户。日本的几个公司也研制出了性能更强的产品,例如 NEC 公司生产的 μ COM87 系列单片机,其代表作 μ PC7811 是一种性能相当优异的单片机,但日本的单片机一般均用于专用系统控制,而不像 Intel 等公司投放到市场形成通用单片机。

Zilog 公司的 Z8 系列产品代表作是 Z8671,内含 BASIC Debug 解释程序,极大地方

便了用户。而美国国家半导体的 COP800 系列单片机则采用先进的哈佛结构。Atmel 公司则把单片机技术与先进的 Flash 存储技术完美地结合起来,发布了性能相当优秀的 AT89 系列单片机。中国台湾的 HOLTEK 和 Winbond 等公司也纷纷加入了单片机发展行列,凭着价廉的优势,分得一杯羹。

1990 年美国 Intel 公司推出了 80960 超级 32 位单片机,引起了计算机界的轰动,产品相继投放市场,成为单片机发展史上又一个重要的里程碑。

在此期间,单片机品种异彩纷呈,有 8 位、16 位甚至 32 位机,但 8 位单片机仍以它的价格低廉、品种齐全、应用软件丰富、支持环境充分、开发方便等特点而占据主导地位。而 Intel 公司凭着雄厚的技术、性能优秀的机型和良好的基础,目前仍是单片机的主流产品。只不过在 20 世纪 90 年代中期,Intel 公司着重开发个人电脑微处理器,而由 Philips 等公司继续发展 C51 系列单片机。

3. 单片机的应用领域

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分如下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用 单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大,例如精密的测量设备(如功率计、示波器、各种分析仪)。

(2) 在工业控制中的应用 用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、各种报警系统、与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用 可以这样说,现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电,到其他音响视频器材,再到电子称量设备,五花八门、无所不在。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用 现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统到列车无线通信,再到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

(5) 单片机在医用设备领域中的应用 单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防、航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

4. 单片机的发展趋势

现在世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机,从 8 位、16 位到 32 位,数不胜数、应有尽有,有与主流 C51 系列兼容的,也有不兼容的,但它们各具特色、互成互补,为单片机的应用提供了广阔的天地。

纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势。

(1) 低功耗 CMOS 化 MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗为 630mW, 而现在的单片机普遍都在 100mW 左右。随着对单片机功耗要求越来越低, 现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺), 像 80C51 就采用了 HMOS (高密度金属氧化物半导体工艺) 和 CHMOS (互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低, 但由于其物理特征, 决定了其工作速度不够高, 而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点, 这些特征更适合于要求低功耗 (如电池供电) 的应用场合, 所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

(2) 微型单片化 现在常规的单片机普遍都是将中央处理器 (CPU)、随机存取数据存储 (RAM)、只读程序存储器 (ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上, 增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PMW (脉宽调制电路)、WDT (看门狗)。有些单片机将 LCD (液晶) 驱动电路都集成在单一的芯片上, 这样单片机包含的单元电路就更多、功能更强大, 甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做, 制造出具有自己特色的单片机芯片。

此外, 现在的产品普遍要求体积小、重量轻, 这就要求单片机除了功能强和功耗低外, 还要求其体积要小。现在的许多单片机都具有多种封装形式, 其中 SMD (表面封装) 越来越受欢迎, 使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

(3) 主流与多品种共存 现在虽然单片机的品种繁多、各具特色, 但仍以 80C51 为核心的单片机占主流, 兼容其结构和指令系统的有 Philips 公司的产品、Atmel 公司的产品和中国台湾的 Winbond 系列单片机, 所以 C8051 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集 (RISC) 也有着强劲的发展势头。中国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量与日俱增, 以其低价质优的优势, 占据一定的市场份额。此外还有 Motorola 公司的产品、日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内, 这种情形将得以延续, 将不存在某个单片机产品一统天下的垄断局面, 走的是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。

5. MCS-51 系列单片机简介

作为主流的单片机品种, MCS-51 系列单片机市场份额占有量巨大, Philips 公司、Atmel 公司等纷纷开发了以 8051 为内核的单片机产品, 这些产品都归属于 MCS-51 单片机系列。

(1) MCS-51 单片机的内部组成 MCS-51 单片机的引脚和内部组成如图 0-1 所示。通常采用 DIP 或 PLD 封装, 其内核是 8051CPU, CPU 的内部集成有运算器和控制器, 运算器完成运算操作 (包括数据运算、逻辑运算等), 控制器完成取指令、对指令译码以及执行指令。MCS-51 单片机的片内资源介绍如下。

• **中央处理器** 中央处理器 (CPU) 是整个单片机的核心部件, 是 8 位数据宽度的处理器, 能处理 8 位二进制数据或代码, CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调的工作, 完成运算和控制输入输出功能等操作。

• **数据存储器 (RAM)** 8051 内部有 128 字节数据存储器 (RAM) 和 21 个专用寄存器单元, 它们是统一编址的。专用寄存器有专门的用途, 通常用于存放控制指令数据, 不能用作用户数据的存放。用户能使用的 RAM 只有 128 个字节, 可存放读写的数据、运算的中间结果或用户定义的字型表。

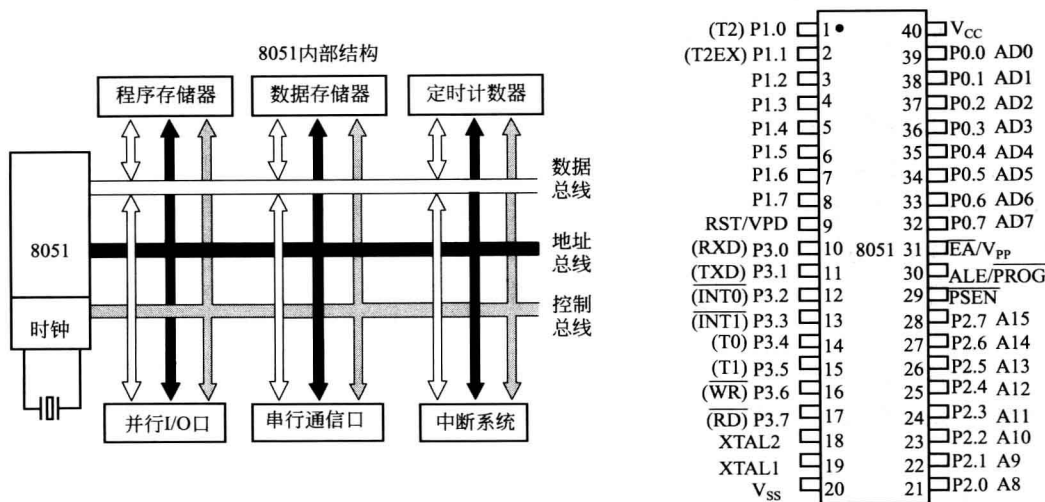


图 0-1 MCS-51 单片机的引脚和内部组成

- **程序存储器（ROM）** 8051 共有 4KB 程序存储器（ROM），用于存放用户程序和数据表格。
- **定时/计数器（ROM）** 8051 有两个 16 位的可编程定时/计数器，以实现定时或计数。当定时/计数器产生溢出时，可用中断方式控制程序转向。
- **并行输入输出（I/O）口** 8051 共有 4 个 8 位的并行 I/O 口（P0、P1、P2、P3），用于对外部数据的传输。
- **全双工串行口** 8051 内置一个全双工异步串行通信口，用于与其他设备间的串行数据传送。该串行口既可以用作异步通信收发器，也可以当同步移位器使用。
- **中断系统** 8051 具备较完善的中断功能，有五个中断源（两个外中断、两个定时/计数器中断和一个串行中断），可基本满足不同的控制要求，并具有两级的优先级选择。
- **时钟电路** 8051 内置最高频率达 12MHz 的时钟电路，用于产生整个单片机运行的时序脉冲，但需外接晶体振荡器和振荡电容。

(2) MCS-51 系列单片机的主要产品 如表 0-1 所示。

表 0-1 MCS-51 系列单片机的主要产品

型 号	制造技术	片内程序存储器	片内数据存储
8051AH	HMOS	ROM(4KB)	128B
8031AH	AHMOS	无	128B
8751H	HMOS	EPROM(4KB)	128B
AT89C51/AT89S51	CHMOS	FLASH ROM(4KB)	128B
80C31	CHMOS	无	128B
8051	HMOS	ROM(8KB)	256B
8031	HMOS	无	256B



其中, AT89S51 单片机是一种新型的在线可编程的单片机, 内部有 4KB 的 Flash 存储器, 它使得单片机产品的软件可在线升级, 也使得单片机的学习开发、程序的下载较过去方便许多。

6. 学习单片机技术的方法

(1) 学习条件和环境 选择一本好的单片机学习教材是学习单片机的基础, 由于“单片机原理及应用”是一门技术性和实践性很强的课程, 需要学习者动手做大量的实验, 因此, 学习单片机还应具有较好的硬件环境和软件环境。

① 硬件环境: 个人计算机 (PC) 1 台, 常用工具 1 套 (含万用表), 仿真器或开发实验板 1 台。

② 软件环境: 用于编辑、编译、调试源程序的工具软件 1 套 (如“伟福”模拟调试软件或者 Kile C 软件), 用于下载目标代码的 ISP 下载软件 1 套。

(2) 学习方法

① 熟悉和了解单片机的内部资源。单片机使用者必须对所用型号的单片机的内部资源详细了解, 这对单片机编程和应用极有帮助。

② 熟悉和了解单片机的指令系统。单片机程序是采用单片机指令系统中的指令编写的, 单片机学习者必须掌握单片机指令系统。

③ 单片机学习者在学习过程当中, 必须坚持手、脑并用的原则, 多动脑筋去思考, 多动手去做实验。

④ 单片机学习者还应具有相关的硬件电路知识。在实际的应用开发中, 软件设计是与硬件电路紧密相关的, 设计硬件电路也是单片机应用不可或缺的部分。一个单片机应用技术人员, 必须同时掌握软、硬件的设计。

项目一 认识单片机

任务一 单片机芯片好坏的判别

【任务目标】

本任务通过对单片机引脚排列及功能的讲解，使读者初步了解单片机是一个什么样的器件。同时通过本任务的学习，掌握单片机正常工作最基本的条件是要有正确的电源、时钟和复位信号，三者缺一不可，以及如何简单判断芯片的好坏。

【任务分析】

当 MCS-51 单片机接通电源正常工作后，ALE 引脚也不断向外输出频率为振荡频率 1/6 的脉冲信号。如果想确认 89C51 单片机芯片的好坏，可用示波器查看 ALE 引脚是否有脉冲信号输出，若有脉冲信号输出，则可初步断定 89C51 是好的。

单片机正常工作最基本条件是：正确的电源、时钟和复位信号。51 系列单片机第 40 脚接电源 +5V，第 20 脚接地。单片机指令的执行是在时钟脉冲控制下进行的，时钟脉冲信号是由单片机内部时钟电路及 18 脚、19 脚外接晶振和电容组成的时钟电路产生的。复位电路是在 CPU 通电后，给复位端 9 脚（RST）一个复位脉冲，使 CPU 内部处于初始工作状态。51 系列单片机是高电平复位，在正确复位后（工作状态）9 脚应保持低电平。

【任务实现】

根据以上分析，单片机正常工作最基本电路如图 1-1 所示。

按照图 1-1 在面板上设计并连接好电路（在实际操作中 5V 电源电路可直接用 5V 直流电源代替，电源指示灯、信号灯控制电路在本任务中也可省去），用示波器查看 ALE 引脚是否有脉冲信号输出，测量结果如图 1-2 所示，说明单片机芯片为可用状态。

【相关知识】

1. MCS-51 单片机的引脚

MCS-51 系列单片机芯片引脚有 3 种类型：40 脚 DIP，44 脚 PLCC 封装；48 脚 DIP，52 脚 PLCC 封装；68 引脚 PLCC 封装。51 子系列中各种芯片的引脚是互相兼容的，如 8051、8751 和 8031 均采用 40 引脚双列直插封装（DIP）方式。由于受到引脚数目和集成度的限制，部分引脚具有第二功能。

89C51 引脚逻辑符号及分布如图 1-3 所示。引脚按功能分为 4 组。

（1）电源地组（ V_{CC} 和 V_{SS} ）

① V_{CC} （40 脚）：电源端，接 +5V。

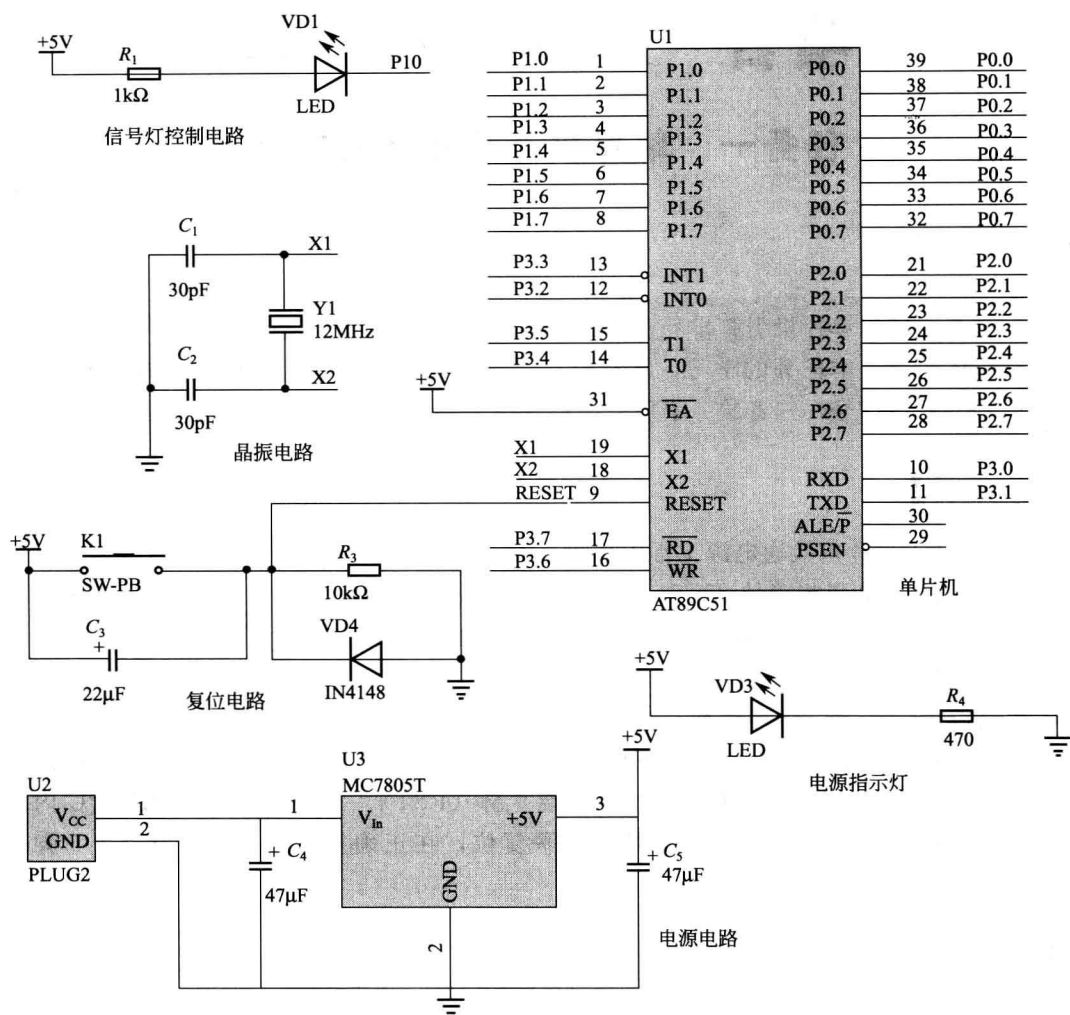


图 1-1 单片机正常工作最基本电路

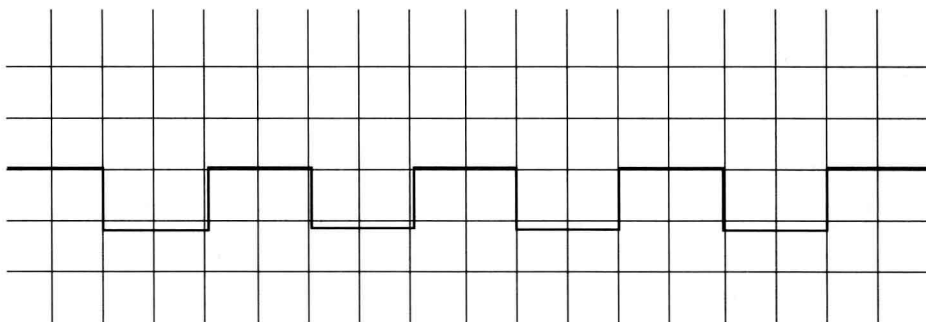


图 1-2 测量结果

② V_{SS} (20 脚): 接地端。

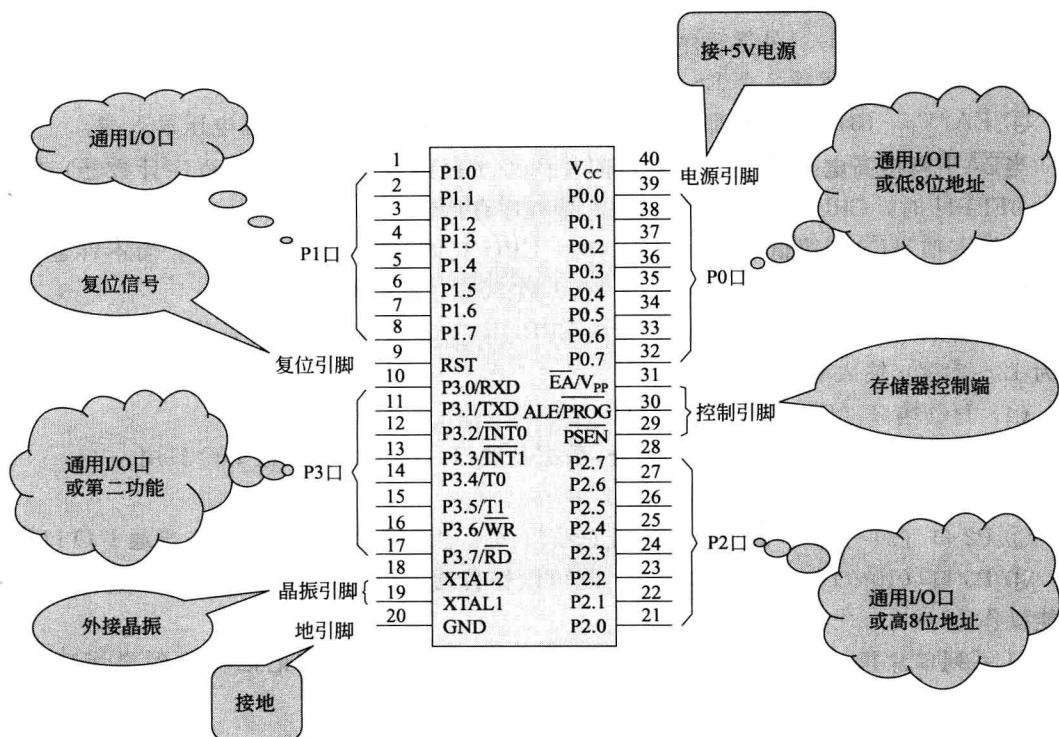


图 1-3 89C51 单片机引脚功能图

(2) 时钟电路组 (XTAL1 和 XTAL2)

① XTAL1 (19 脚): 接外部晶体一端, 在片内它是反相放大器的输入端。

② XTAL2 (18 脚): 外接部晶体另一端, 在片内它是反相放大器的输出端, 振荡频率就是晶体固有频率。由这两个引脚加外部晶体和电容构成的时钟电路为 MCS-51 单片机正常工作所必需的时钟信号。

(3) 控制信号组 (RST/ALE/PSEN 和 EA)

① RST/VPD (9 脚): 复位信号输入端, 高电平有效。当此输入端保持两个机器周期 (24 个时钟振荡周期) 的高电平时, 就可以完成复位操作。RST 引脚的第二个功能是 VPD, 即备用电源的输入端。当掉电时, 可由掉电保护电路将 +5V 电源接入 RST 端, 以保持内部 RAM 中的数据。

② ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚): 地址锁存允许信号端。CPU 访问片外存储器时 ALE 输出信号的下降沿作为 16 位地址信号低 8 位的锁存信号。当 MCS-51 单片机上电正常工作后, 即使 CPU 不访问外部存储器, ALE 引脚也不断向外输出频率为振荡频率 1/6 的脉冲信号。

访问外部数据存储器时, ALE 信号在两个机器周期中只出现一次, 即丢失一个脉冲, 所以 ALE 信号只能在系统无外部数据存储器时, 作系统中其他外部接口的时钟信号。通过检测有无 ALE 信号, 可以判断 CPU 是否工作正常。

ALE 端的负载驱动能力为 8 个 LS 型 TTL 负载。



此引脚的第二功能是对片内带有 EPROM 的芯片编程时, 作为编程负脉冲 $\overline{\text{PROG}}$ 的输入端。

③ $\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 外部程序存储器读选通信号, 低电平有效。

$\overline{\text{PSEN}}$ 端可同时驱动 8 个 LS TTL 负载。

④ $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ (31 脚): 外部程序存储器地址允许输入端/固化编程电压输入端。

当 $\overline{\text{EA}}$ 引脚接高电平时, CPU 只访问片内程序存储器, 但在 PC (程序计数器) 的值超过 0FFFH 时, CPU 将自动转向访问片外程序存储器。

当输入信号 $\overline{\text{EA}}$ 引脚低电平 (接地) 时, CPU 只访问外部程序存储器, 而不管是否有片内程序存储器。对于无片内 ROM 的 8031 或 8032, 此引脚必须接地。

此引脚的第二功能 V_{PP} 是对带有片内 EPROM 的芯片固化编程时, 作为编程电压 (一般为 12~21V) 输入端。

(4) I/O 端口 (P0、P1、P2 和 P3)

① P0 口 (39~32): 既可以作地址/数据总线口, 也可以作普通 I/O 口用。

② P1 口 (1~8): 通用 I/O 口。

③ P2 口 (21~28): 既可以作地址总线口输出地址高 8 位, 也可以作普通 I/O 口用。

④ P3 口 (10~17): 多用途端口, 既可以作普通 I/O 用, 也可以按每位定义的第二功能操作。

51 系列单片机 40 个引脚的功能无需死记硬背, 将其分类记忆将收到事半功倍的效果。

40 个引脚分三大类, 单片机工作条件 5 个引脚: 电源引脚 (40 脚)、地引脚 (20 脚)、时钟引脚 (18 脚、19 脚)、复位引脚 (9 脚); 控制引脚 3 个 (29~31 脚); 输入输出引脚 32 个: P0 口 (32~39 脚)、P1 口 (1~8 脚)、P2 口 (21~28 脚)、P3 口 (10~17 脚)。

2. 时钟电路

计算机在执行指令时, 是将指令分解为若干个微操作。这些微操作在时间上有严格的顺序, 称为时序。因此, 微型计算机中的 CPU 实质上就是一个复杂的同步时序电路, 这个时序电路是在时钟脉冲推动下工作的。在执行指令时, CPU 首先要由程序存储器中取出需要执行指令的指令码, 然后对指令码译码, 并由时序部件产生一系列控制信号去控制指令的执行, 这些控制信号在时间上的相互关系就是 CPU 时序。

CPU 发出的时序信号有两类: 一类用于片内各功能部件的控制, 这类信号很多, 但用户知道它是没有意义的, 故通常不作专门介绍; 另一类用于片外存储器或 I/O 端口的控制, 需要通过器件的控制引脚送到片外, 这类时序信号对分析和设计硬件接口电路至关重要, 是每个单片机开发工作者普遍关心的问题。

通常采用下面 4 种周期分析 MCS-51 单片机的时序。

- **振荡周期** 振荡脉冲周期, 最小的时序单位。

- **状态周期** 两个振荡周期构成一个状态周期, 也称为时钟周期, 用 S 表示。每个状态周期有 2 个节拍, 称作节拍 P1 和节拍 P2。

- **机器周期** 12 个振荡周期 (6 个状态周期) 构成一个机器周期, 用 S1、S2、…、S6 表示, 共 12 个节拍, 依次表示为 S1P1、S1P2、S2P1、S2P2、…、S6P1、S6P2。

• **指令周期** 执行一条指令所需要的时间称为指令周期。它以机器周期为单位。MCS-51 单片机除了乘、除法指令是 4 周期指令外，其余指令均为单周期或双周期指令。

要给单片机 CPU 提供时钟信号，就需要相关的硬件电路，即振荡器和时钟电路。51 系列单片机内部有一个高增益反相放大器，其作用就是构成振荡器，但要形成时钟，外部还需要加一些附加电路。

一种是内部时钟方式：这种方式需在 18 脚和 19 脚外接晶体振荡器（或陶瓷谐振器）和电容，如图 1-4 所示。

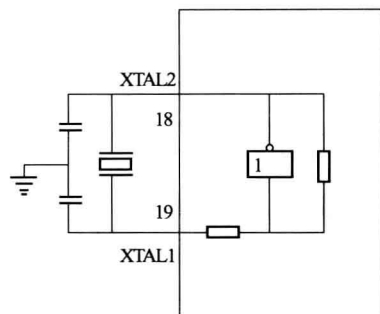


图 1-4 内部时钟接法

另外一种方式是外部时钟方式：对 HMOS 型单片机，XTAL1 接地，外部时钟信号从 XTAL2 脚输入，如图 1-5 所示；对 CHMOS 型单片机，外部时钟信号从 XTAL1 脚输入，XTAL2 悬空，如图 1-6 所示。

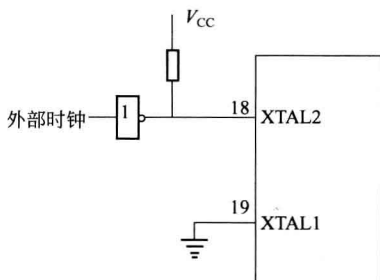


图 1-5 HMOS 型单片机外部时钟接法

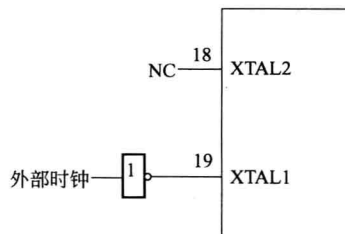


图 1-6 CHMOS 型单片机外部时钟接法

3. 复位电路

复位是单片机的初始化操作，其作用是使 CPU 和系统中其他部件处于一个确定的初始状态，并从这个状态开始工作。当 51 系列单片机的复位引脚 RST 出现两个机器周期以上的高电平时，单片机就执行复位操作。根据应用的要求，复位操作通常有两种基本形式，即通电复位（图 1-7）和按键复位（图 1-8）。

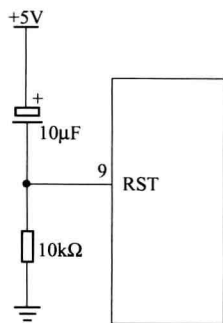


图 1-7 通电复位电路

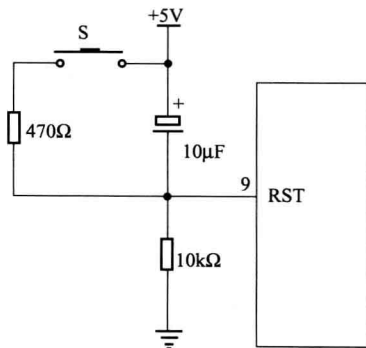


图 1-8 按键复位电路