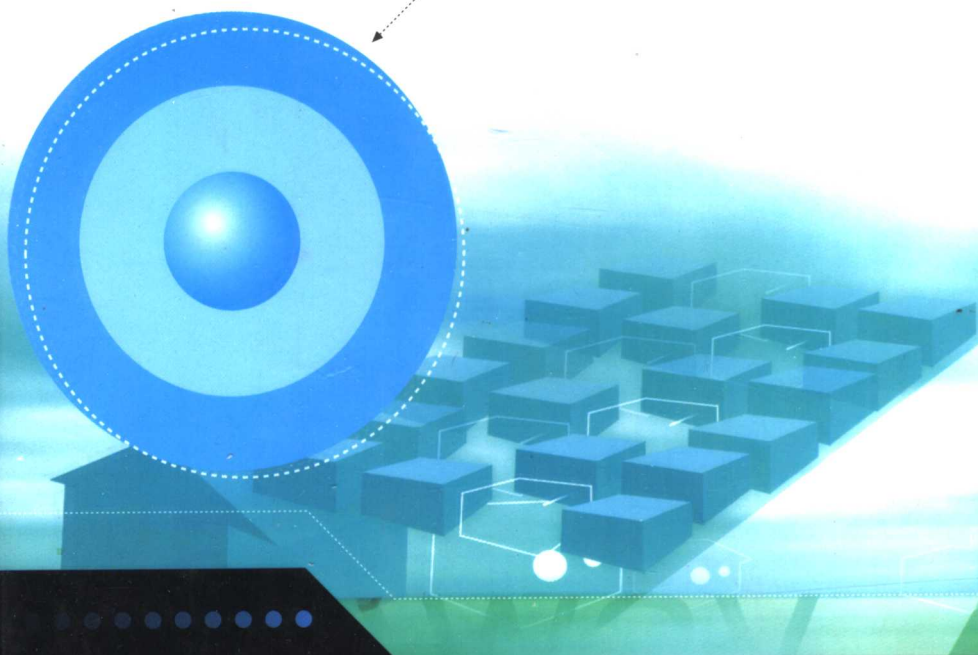


DANPIAN WEIXING JISUANJI YUANLI JI YINGYONG XUEXIZHIDAO JI SHIYAN

高等学校计算机专业系列教材

顾 筠 主编



单片微型计算机原理 及应用学习指导 及实验

DANPIAN WEIXING JISUANJI YUANLI
JI YINGYONG XUEXIZHIDAO JI SHIYAN



东南大学出版社

内 容 提 要

本书作为《单片微型计算机原理及应用》的配套教材,包括三部分内容。第一部分各章学习指导,提炼出各章知识点,以便于初学者掌握学习重点。第二部分各章习题解答,将每章的思考与练习题汇编并给出答案,其中的难题给出分析过程,以方便读者自学。学习指导和习题解答均按照《单片微型计算机原理及应用》一书内容组织编写。本书的第三部分是实验指导。鉴于单片机技术很强的实践性,学习时必须做到理论联系实际,通过动手做实验,才能掌握所学内容,达到预期的目的。本书的实验指导没有拘泥于使用某一特定的仿真实验设备,而是侧重于介绍实验的电路设计、编程方法和上机过程,因而对于不同的仿真实验仪,都具有一定的通用性。

本书虽作为配套教材,但其内容系统、独立,力求概念准确,注重基础知识及典型应用,注重理论与实践相结合,重点突出,习题解答详尽。通过练习题和实验引导读者认识、熟知、应用单片机,力争达到能运用基础理论解决实际问题。由于 MCS-51 单片机的通用性和本书的独立性,读者可单独选择此书参考学习。

本书附赠教学指导及实验光盘一张。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用学习指导及实验/顾筠

主编. —南京:东南大学出版社,2004.9

ISBN 7-81089-709-8

I. 单... II. 顾... III. 单片微型计算机—教学参考资料 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 083541 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏兴化印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.25 字数:262 千字

2004 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 2 次印刷

印数:5001~8100 册 定价:19.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。联系电话:025-83795801)

前言

当今微型计算机技术的发展有两大分支:一是以微处理器为核心的多片 VLSI 组成的通用微机系统;二是将构成微型机的主要功能部件中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口集成在一个 VLSI 芯片上而构成的单片机,即微控制器。单片机的诞生,使嵌入式计算机系统飞速发展,单片机是近代计算机技术发展史上的一个重要的里程碑。单片机面向控制,具有体积小、功能强、功耗低、价格便宜、使用方便、性能价格比高等特点。单片机作为最典型的嵌入式系统,在各种电子系统中得到最普遍的应用,广泛应用于工业控制、智能化仪器仪表、机电一体化、家用电器、电子玩具等各个领域。在各高等工科院校中,已普遍开设单片机及其相关课程。在高校的许多实践性环节,如课程设计、毕业设计中,单片机都是最广泛的应用手段。因此,如何使学生更好地掌握单片机,其教与学非常重要。

本书是《单片微型计算机原理及应用》的配套教材。MCS-51 系列单片机奠定了 8 位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。《单片微型计算机原理及应用》一书选择 MCS-51 系列单片机作为教学模型机,全面介绍了 MCS-51 单片机的结构原理和应用技术,其内容既有硬件组成,又有针对硬件的软件编程,具有实用性强、理论和实践结合、软硬件结合等特点,每章后均有大量的思考与练习题。根据笔者十几年的教学经验,初学者对汇编语言程序设计及针对硬件的软件编程,其理解、掌握均有一定难度,本书可以较好地配合教学和满足读者自学的要求。

本书包括三部分内容。第一部分为各章学习指导,提炼出各章知识点,以便于初学者掌握学习重点。第二部分为各章习题解答,将每章的思考与练习题汇编并给出答案,其中的难题给出分析过程,并补充了一些练习题和解答,以方便读者自学。本书的第三部分是实验指导。鉴于单片机技术很强的实践性,学习时必须做到理论联系实际,通过动手做实验,才能掌握所学内容,达到预期的目的。

本书的学习指导和习题解答按照《单片微型计算机原理及应用》一书内容组织编写。全书各章讲述的内容分别为:第 0 章对有关单片机的产生、发展及应用等问题进行指导和解答;第 1 章对有关 MCS-51 系列单片机的硬件结构组成等问题进行指导和解答;第 2 章对有关寻址方式与指令系统等问题进行指导和解答;第 3 章对有关汇编语言程序设计方法进行指导和解答;第 4 章对有关存储器扩展及串行存储器的应用等问题进行指导和解答;第 5 章对有关 I/O 接口扩展技术进行指导和解答;第 6 章对有关单片机外围设备及应用等问题进行指导和解答;第 7 章对有关单片机系统的设计、开发、调试的原则、步骤及方法等问题进行指导和解答。

本书的实验指导部分包括单片机软件实验和硬件实验,从教学和工程应用的角度出发,精心挑选编排了具有代表性的实验,阐明单片微型机的组成、工作原理和特点。本书的实验指导没有拘泥于使用某一特定的仿真实验设备,而是侧重于介绍实验的电路设计、编程方法和上机过程,因而对于不同的仿真实验仪,都具有一定的通用性。

本书虽作为配套教材,但其内容系统、独立,力求概念准确,注重基础知识及典型应用,注

重理论与实践相结合,重点突出,习题解答详尽。通过练习题和实验引导读者认识、熟知、应用单片机,力争达到能运用基础理论解决实际问题。由于 MCS-51 单片机的通用性和本书的独立性,读者可单独选择此书参考学习。

与本书配套的教材有《单片微型计算机原理及应用》,以及单片微型计算机原理及应用 CAI 辅助学习光盘。

本书由顾筠主编,詹少强参编。其中第 2、3、4、5、6 章的学习指导及习题解答由顾筠编写,第 0、1、7 章的学习指导及习题解答以及实验指导由詹少强编写,全书由顾筠统稿审校。部分稿件由林小宁审校。

在本书编写和出版过程中,得到了钱琦、林小宁、许乐平、桂昌宁、臧亚琴、李娅等老师的热心相助,吴汉德、陈为在本课程的建设中给予了大力支持,在此一并向他们表示衷心感谢和诚挚的敬意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

顾 筠

2004 年 9 月于南京

目 录

第0章 绪论	(1)
· 学习指导	(1)
一、单片微型计算机的产生和发展历史	(1)
二、单片机的总体组成	(1)
三、单片机的分类	(2)
四、单片机的特点和应用	(2)
· 习题与解答	(3)
第1章 MCS-51 系列单片机的硬件结构	(5)
· 学习指导	(5)
一、MCS-51 系列单片机的结构(以 8051 为例)	(5)
二、MCS-51 系列单片机的中央处理器	(7)
三、MCS-51 系列单片机的时序和工作方式	(8)
四、MCS-51 系列单片机的存储器	(8)
五、MCS-51 系列单片机的并行 I/O 接口	(9)
六、MCS-51 系列单片机的定时器/计数器	(10)
七、MCS-51 系列单片机的串行 I/O 接口	(11)
八、MCS-51 系列单片机的中断系统	(13)
· 习题与解答	(15)
第2章 寻址方式和指令系统	(21)
· 学习指导	(21)
一、基本概念	(21)
二、7 种寻址方式	(22)
三、寻址方式与寻址空间	(23)
四、MCS-51 汇编语言指令概述	(24)
五、MCS-51 指令类型	(25)
· 习题与解答	(28)
第3章 汇编语言程序设计	(38)
· 学习指导	(38)
一、基本概念	(38)
二、常用伪指令	(39)

三、顺序结构程序设计	(39)
四、分支结构程序设计	(40)
五、循环结构程序设计	(40)
六、子程序设计和参数传递	(41)
七、程序设计实例	(42)
· 习题与解答	(44)
第4章 单片机存储器扩展	(59)
· 学习指导	(59)
一、MCS-51 单片机最小应用系统	(59)
二、MCS-51 单片机系统扩展概述	(60)
三、程序存储器的扩展	(62)
四、数据存储器的扩展	(63)
五、串行 EEPROM 存储器及应用	(63)
· 习题与解答	(65)
第5章 单片机 I/O 接口扩展	(76)
· 学习指导	(76)
一、I/O 口扩展概述	(76)
二、8255A 可编程并行 I/O 扩展接口	(77)
三、8155 可编程 IO/RAM 扩展接口	(78)
四、数/模(D/A)转换接口的扩展	(79)
五、模/数(A/D)转换接口的扩展	(81)
· 习题与解答	(83)
第6章 单片机外围设备及接口	(92)
· 学习指导	(92)
一、LED 显示器及接口	(92)
二、按键、键盘及接口	(93)
三、打印机及接口	(95)
四、串行通信及接口	(95)
· 习题与解答	(97)
第7章 单片机应用系统的设计和开发	(105)
· 学习指导	(105)
一、单片机应用系统的设计	(105)
二、单片机应用系统的开发	(106)
· 习题与解答	(108)

单片微型机实验概述	(111)
一、实验的重要性	(111)
二、实验的分类	(111)
三、实验设备	(111)
四、典型仿真实验系统简述——以 DVCC 系列为例	(112)
五、实验的步骤	(113)
六、实验的安排	(113)
实验一 清零程序	(114)
一、实验目的	(114)
二、实验内容	(114)
三、实验程序框图	(114)
四、实验步骤	(114)
五、实验报告要求	(115)
实验二 数据传送	(116)
一、实验目的	(116)
二、实验内容	(116)
三、实验程序框图	(116)
四、实验步骤	(117)
五、实验报告要求	(117)
实验三 多精度加法	(118)
一、实验目的	(118)
二、实验内容	(118)
三、实验程序框图	(118)
四、实验步骤	(118)
五、实验报告要求	(119)
实验四 数据排序	(120)
一、实验目的	(120)
二、实验内容	(120)
三、实验程序框图	(120)
四、实验步骤	(121)
五、实验报告要求	(121)
实验五 代码转换	(122)
一、实验目的	(122)

二、实验内容	(122)
三、实验程序框图	(122)
四、实验步骤	(123)
五、实验报告要求	(123)
实验六 并行口	(124)
一、实验目的	(124)
二、实验内容	(124)
三、实验程序框图	(124)
四、实验步骤	(125)
五、实验报告要求	(125)
实验七 外部中断	(126)
一、实验目的	(126)
二、实验内容	(126)
三、实验程序框图	(127)
四、实验步骤	(127)
五、实验报告要求	(128)
实验八 定时器	(129)
一、实验目的	(129)
二、实验内容	(129)
三、实验程序框图	(130)
四、实验步骤	(130)
五、实验报告要求	(130)
实验九 显示器	(131)
一、实验目的	(131)
二、实验内容	(132)
三、实验程序框图	(132)
四、实验步骤	(132)
五、实验报告要求	(132)
实验十 键盘	(134)
一、实验目的	(134)
二、实验内容	(134)
三、实验程序框图	(135)
四、实验步骤	(135)
五、实验报告要求	(136)

实验十一 A/D 转换	(137)
一、实验目的	(137)
二、实验内容	(137)
三、实验程序框图	(138)
四、实验步骤	(138)
五、实验报告要求	(138)
实验十二 串行通讯	(139)
一、实验目的	(139)
二、实验内容	(139)
三、实验程序框图	(140)
四、实验步骤	(141)
五、实验报告要求	(142)
实验参考程序	(143)
实验一 清零程序	(143)
实验二 数据传送	(143)
实验三 多精度加法	(144)
实验四 数据排序	(145)
实验五 代码转换	(145)
实验六 并行口	(146)
实验七 外部中断	(147)
实验八 定时器	(148)
实验九 显示器	(148)
实验十 键盘	(149)
实验十一 A/D 转换	(151)
实验十二 串行通讯	(152)

第0章 绪 论

学习指导

本章提要

随着半导体技术的发展,在一个硅片上可以制作几百万个晶体管,进而出现了大规模集成电路(VLSI)的中央处理器,以及大容量的半导体存储器,输入/输出(以下简称“I/O”)接口电路,多种类型 I/O 的综合外围电路,由这些大规模集成电路组成各种类型的微型计算机。

本章主要讲述单片微型计算机的产生和发展历史,单片微型计算机的基本概念以及单片微型计算机的总体组成、种类、特点,同时还介绍了单片微型计算机的应用。

主要内容综述

一、单片微型计算机的产生和发展历史

1. 单片机概念

将组成微型计算机的基本功能部件: CPU、存储器、I/O 接口等集成在一块大规模集成电路芯片(VLSI)上所组成的微型计算机,称为单片机。

2. 单片机的发展历史

(1)1971~1972 年: INTEL 公司研制出第一台 Intel 4004 4 位单片机。

(2)1973~1980 年: 中、低档 8 位单片机。

(3)1980~1983 年: 高档 8 位单片机。

(4)1983~至今: 16 位、32 位单片机。

二、单片机的总体组成

1. 计算机结构分类

计算机按组成结构一般可分为 2 种类型:

(1)哈佛(Harvard)型结构: 哈佛(Harvard)型结构是将程序存储器与数据存储器分开。单片机一般采用这种结构。

(2)冯·诺依曼型结构: 冯·诺依曼型结构是对程序存储器和数据存储器不作逻辑上的

区分,共用一个存储器。

2. 单片机组成结构及功能

(1) 中央处理器(CPU): CPU 是单片机的核心。

(2) 存储器: 存储器是单片机的记忆部件。

(3) I/O 接口: I/O 接口是单片机与外部设备连接的桥梁,是完成速度协调、数据锁存、三态缓冲和数据转换等功能的电路。

(4) 总线: 总线是单片机内部传输信息的通道。

(5) 定时器/计数器: 一般单片机均集成了定时器/计数器,定时器/计数器主要完成单片机内部的定时和计数功能。

三、单片机的分类

1. 单片机按其功能分类

(1)通用型单片机。

(2)专用型单片机。

2. 按基本操作处理的数据位数分类

(1)4 位单片机: 如 INTEL 公司的 Intel 4004。

(2)8 位单片机: 如 MCS-51 系列单片机。

(3)16 位单片机: 如 MCS-96 系列单片机。

(4)32 位单片机: 如 INTEL 公司的 80960 系列单片机。

四、单片机的特点和应用

1. 单片机的特点

(1)体积小、低功耗、价格便宜、重量轻、易于产品化。

(2)控制功能强,运行速度快。

(3)抗干扰能力强。

(4)易于扩展。

2. 单片机的应用领域

(1)智能仪器、仪表。

(2)实时控制。

(3)机电一体化。

(4)分布式多机系统。

(5)计算机外围设备。

(6)家用电器。

(7)通信。

习题与解答

0.1 单片微型计算机的含义是什么?

解答:

将组成微型计算机的基本功能部件: CPU、存储器、I/O 接口等集成在一块大规模集成电路芯片(VLSI)上所组成的微型计算机,称为单片机。

0.2 试述单片机的发展所经历的 4 个阶段及分类。

解答:

单片机的发展经历了以下 4 个阶段:

(1)1971~1972 年: INTEL 公司研制出第一台 Intel 4004 4 位单片机。

(2)1973~1980 年: 中、低档 8 位单片机。

(3)1980~1983 年: 高档 8 位单片机。

(4)1983~至今: 16 位、32 位单片机。

0.3 计算机组成结构有哪几种类型? 它们各有什么特点? 单片机一般采用哪种结构?

解答:

计算机的组成结构有 2 种类型: 哈佛(Harvard)型结构和冯·诺依曼型结构。

哈佛(Harvard)型结构的特点是将程序存储器与数据存储器分开;而冯·诺依曼型结构是对程序存储器和数据存储器不作逻辑上的区分,共用一个存储器。

单片机一般采用哈佛型结构,这主要是由其应用上的特点所决定的。

0.4 试说出 MCS-48 系列单片机和 MCS-51 系列单片机各自的特点。

解答:

MCS-48 系列单片机和 MCS-51 系列单片机性能比较:

特性 系列	片内 ROM/ EPROM(字节)	片内 RAM (字节)	定时器/ 计数器	并行 I/O	串行 I/O	A/D D/A	中断源
MCS-48	0~4K	64~256	1×8 位	3 口, 24 线	—	—	2
MCS-51	0~8K	128~256	(0~4)×8 位	4 口, 32 线	1	—	5~6

MCS-48 系列单片机是一种真正意义的单片机,其功能可以满足工业控制和智能化仪器、仪表、通讯等的需要,但 CPU 功能不强, I/O 种类和数量较少,存储器容量小,只能应用

于比较简单的控制场合。而 MCS-51 系列单片机的内部功能更强,品种更全,兼容性较好,硬、软件资源丰富,现阶段,它是单片机的主流机型。

0.5 单片机主要由哪几部分组成,各部分的功能是什么?

解答:

单片机一般主要由中央处理器(CPU)、存储器、I/O 接口等部分组成。

中央处理器是单片机的核心,用来控制数据的处理和整个系统的各种操作。存储器是单片机的重要组成部分,用来存放数据和程序。I/O 接口是单片机与外部设备连接的桥梁,是完成速度协调、数据锁存、三态缓冲和数据转换等功能的电路。

0.6 16 位单片机中最典型的型号是什么? 说明它的特点和组成。

解答:

16 位单片机中最典型的型号是 INTEL 公司的 MCS-96 系列单片机。

MCS-96 系列单片机的特点是运算精度高和速度快,可供用户使用的硬、软件资源远比 51 系列单片机丰富,它可适用于各类性能要求较高的自动控制及检测领域。

MCS-96 系列单片机由 1 个高性能的 16 位中央处理器 CPU、8 KB 的程序存储器、232 个字节的数据存储器、5 个 8 位 I/O 口、8 个中断类型、有采样保持的 10 位 A/D 转换口、2 个 16 位定时器/计数器和 1 个全双工串行口组成。

0.7 单片机的主要特点是什么?

解答:

单片机的主要特点是:

- (1)体积小、低功耗、价格便宜、重量轻、易于产品化。
- (2)控制功能强,运行速度快。
- (3)抗干扰能力强。
- (4)易于扩展。

0.8 单片机的应用主要表现在哪几个方面?

解答:

单片机的应用主要表现在以下几个方面:

- (1)智能仪器、仪表。
- (2)实时控制。
- (3)机电一体化。
- (4)分布式多机系统。
- (5)计算机外围设备。
- (6)家用电器。
- (7)通信。

第1章 MCS-51 系列单片机的硬件结构

学习指导

本章提要

INTEL 公司在推出 MCS-51 系列单片机以后,许多世界著名的半导体生产商相继研制出和这个系列兼容的单片机,使得产品型号不断增加,功能也在不断加强。从系统结构上来说,所有的 MCS-51 系列单片机都是以 INTEL 公司最早的典型产品 8051 为核心,增加了一定的功能部件后构成的。

MCS-51 系列单片机从其功能部件上来说,由中央处理器 CPU、片内程序存储器 ROM、片内数据存储器 RAM、定时器/计数器、内部中断控制系统和 I/O 接口等几部分组成。

本章主要讲述 MCS-51 系列单片机的硬件结构,主要包括:单片机内部结构图、外部引脚说明以及单片机内各组成部分的基本工作原理。

主要内容综述

一、MCS-51 系列单片机的结构(以 8051 为例)

1. 8051 单片机的组成及性能

(1)8051 单片机的基本组成。主要由中央处理器 CPU、片内程序存储器 ROM、片内数据存储器 RAM、定时器/计数器、内部中断控制系统以及并行、串行 I/O 接口等组成。

(2)8051 单片机的主要资源特性

8051 单片机有如下资源:

- ① 一片 8 位 CPU。
- ② 片内带振荡器电路,振荡频率 f_{osc} 的范围: 1.2~12 MHz。
- ③ 128 B 的片内数据存储器 and 4 KB 的片内程序存储器。
- ④ 4 个 8 位并行 I/O 接口和 1 个全双工串行 I/O 接口。
- ⑤ 2 个 16 位定时器/计数器。
- ⑥ 5 个中断源,2 个中断优先级。
- ⑦ 程序存储器的寻址范围为 64 KB。
- ⑧ 片外数据存储器的寻址范围为 64 KB。
- ⑨ +5 V 供电,标准 40 脚双列直插式封装。

2. 8051 内部各组成部分的功能

(1) 中央处理器 CPU。中央处理器一般包括运算器和控制器两个部分,它是单片机的核心部件。

① 运算器。运算器是单片机进行运算的主要部件,其功能主要是实现各种算术、逻辑运算,位变量处理和数据传送操作等。

② 控制器。控制器是单片机的指挥中心,主要作用是使单片机各部件能按一定的时间节拍,协调一致地工作。

(2) 片内存储器。单片机片内存储器,按其用途一般可分为:

① 片内程序存储器:用来存放程序,可提供 64KB 的寻址能力。

② 片内数据存储器:用来存放读写数据、运算的中间和最终结果。

(3) 并行 I/O 接口。8051 中有 4 个并行 I/O 接口,共 32 根线,它们既可以单独作为一般 I/O 口使用,在进行系统扩展时,也可以作为数据总线和地址总线以及控制输入、输出接口线使用。

(4) 中断系统。中断系统实现单片机中的中断控制功能,完成程序运行、数据传输、故障自动处理等多项任务,解决快速 CPU 和慢速外设之间的矛盾(CPU 和外设并行工作),及时处理控制系统中许多随机产生的参数与信息(实时处理能力),处理系统中故障的能力(系统可靠性)。8051 的中断系统有 5 个中断源,可编程为 2 个优先级,实现两级中断嵌套。

(5) 定时器/计数器。定时器/计数器是单片机进行实时控制所需的功能部件,主要用来定时检测和进行自动控制,可以实现对外部事件进行计数或设成定时器。8051 中有 2 个 16 位的定时器/计数器,它可以设置为计数方式对外部事件进行计数,也可以设置为定时方式进行定时,定时的范围由软件来设定。

(6) 串行 I/O 接口。8051 中有一个全双工的异步串行通讯接口,主要用来实现单片机与外部其他设备之间的串行通信。

3. MCS-51 系列单片机的外部引脚及片外总线结构

(1) 引脚特性。MCS-51 系列单片机芯片采用 40 引脚的双列直插式封装。

① I/O 口线。I/O 口线有 P0、P1、P2、P3 4 个 8 位口,共 32 根引脚。

② 控制口线

a. RST/V_{PD}: RST 是复位信号,V_{PD}是备用电源输入端。

b. $\overline{\text{PSEN}}$: 程序存储器读选通信号。

c. ALE/ $\overline{\text{PROG}}$: ALE 是地址锁存允许, $\overline{\text{PROG}}$ 是编程脉冲输入端。

d. $\overline{\text{EA}}$ /V_{pp}: $\overline{\text{EA}}$ 是访问外部存储器的控制端,V_{pp}是编程电压输入端。

③ 电源及时钟

a. V_{CC}: 电源端。

b. V_{SS}: 接地端。

c. XTAL1、XTAL2: 外接时钟输入端。

(2) 片外三总线形式。8051 单片机的片外三总线形式是:

① 地址总线:宽度为 16 位,由 P0 口经地址锁存器提供低 8 位地址和 P2 口直接提供高 8 位地址。

- ② 数据总线：宽度为 8 位，由 P0 口提供。
- ③ 控制总线：由 P3 口的第二功能及 4 根控制线组成。

二、MCS-51 系列单片机的中央处理器

中央处理器简称 CPU，它是单片机的核心，主要由以下几个部分组成。

1. 算术逻辑运算部件 ALU

算术逻辑运算部件是运算器的核心元件，在控制器所发内部信号的控制下进行各种算术操作和逻辑操作。

- (1) 算术运算。包括加、减、增量、减量、乘法、除法、十进制调整运算。
- (2) 逻辑运算。包括与、或、取反、异或、置“0”、置“1”等逻辑操作。
- (3) 其他功能。包括数据传送、程序转移、内容交换、比较操作以及位操作。

2. 累加器 A 和寄存器 B

(1) 累加器 ACC。ACC 是中央处理器中最常见的专用寄存器，常用 A 作为累加器的助记符号。

(2) 寄存器 B。主要用于乘法与除法运算。

3. 程序状态字寄存器 PSW

程序状态字寄存器 PSW 保存当前指令执行的状态即数据操作的结果标志，为后续指令提供判断条件。

- (1) P：奇偶标志位。
- (2) OV：溢出标志位。
- (3) RS0、RS1：工作寄存器组选择位。
- (4) F0：用户标志位。
- (5) AC：辅助进位标志位。
- (6) CY：进位/借位标志位。

4. 数据指针 DPTR、堆栈指针 SP 和布尔处理器

(1) 数据指针 DPTR。数据指针 DPTR 是 1 个 16 位寄存器，它可分开以 2 个 8 位寄存器(DPH、DPL)使用。

(2) 堆栈指针 SP。堆栈指针 SP 是 1 个 8 位专用寄存器，指示出堆栈顶部在内部 RAM 块中的位置。

(3) 布尔处理器。布尔处理器，即位处理器。MCS-51 系列单片机 PSW 中的 CY 作为布尔累加器。

5. 时钟发生器

时钟发生器主要用来产生时钟，以控制单片机的工作节奏。产生时钟的方法可以是内部方式，也可以是外部方式。

- (1) 内部方式：由内部的振荡器产生。
- (2) 外部方式：利用外部脉冲信号作为振荡器的振荡脉冲。

三、MCS-51 系列单片机的时序和工作方式

1. MCS-51 系列单片机的时序

(1)时序的概念。时序是 CPU 在执行指令过程中,控制器所发生的各控制信号在时间上的相互关系。

(2)时钟周期、机器周期、指令周期。

① 时钟周期: 又称振荡周期,为时钟频率 f_{osc} 的倒数,是最小的时间单位。

② 机器周期: 机器完成一个基本操作所需的时间。MCS-51 系列单片机的一个机器周期等于 12 个时钟周期。

③ 指令周期: CPU 取出一条指令到该指令执行完所需的时间称为指令周期,以机器周期为单位。MCS-51 单片机的一个指令周期有 1~4 个机器周期。

(3)指令分类。按照不同的标准,对全部指令可进行如下的划分:

① 按其长度可分为: 单字节指令、双字节指令和三字节指令。

② 按执行指令所需的指令周期数目可分为: 单周期指令、双周期指令、三周期指令和四周期指令。

2. MCS-51 系列单片机的工作方式

(1)复位: 使单片机恢复到初始状态。

MCS-51 系列单片机通常采用以下 2 种方式:

① 上电自动复位。

② 按键手动复位。

复位后,单片机恢复到初始状态,程序计数器 $PC=0000H$,堆栈指针 $SP=07H$,4 个 I/O 口处于全 1 状态,其余寄存器大部分为 0。

(2)MCS-51 系列单片机的工作方式

① 复位方式: 单片机的初始化操作。

② 连续工作方式: 连续工作方式是单片机的一般的基本工作方式。

③ 单步工作方式: 指在外界信号的控制下,单片机每执行一条指令后就自动进入暂停状态的一种工作方式。该方式主要用于调试程序或跟踪程序流程。

④ 掉电工作方式: 单片机掉电保护设置。自动启动备用电源,备用电源由单片机的 RST/V_{PD} 引脚接入。为减少电能消耗,掉电后单片机的时钟电路和 CPU 的一切功能届时停止工作,只维持片内数据存储器 RAM 和专用寄存器继续工作,以保留其内容,这时单片机进入掉电保护方式。

四、MCS-51 系列单片机的存储器

在 MCS-51 系列单片机中,根据存储器中存放信息的不同,分为程序存储器和数据存储器。

1. 程序存储器

(1)程序计数器 PC: 16 位,其功能主要是实现程序的顺序执行。PC 中存放将要执行的指令地址,每从程序存储器中取出一条指令后,PC 内容自动加 1,使其指向下一字节的地