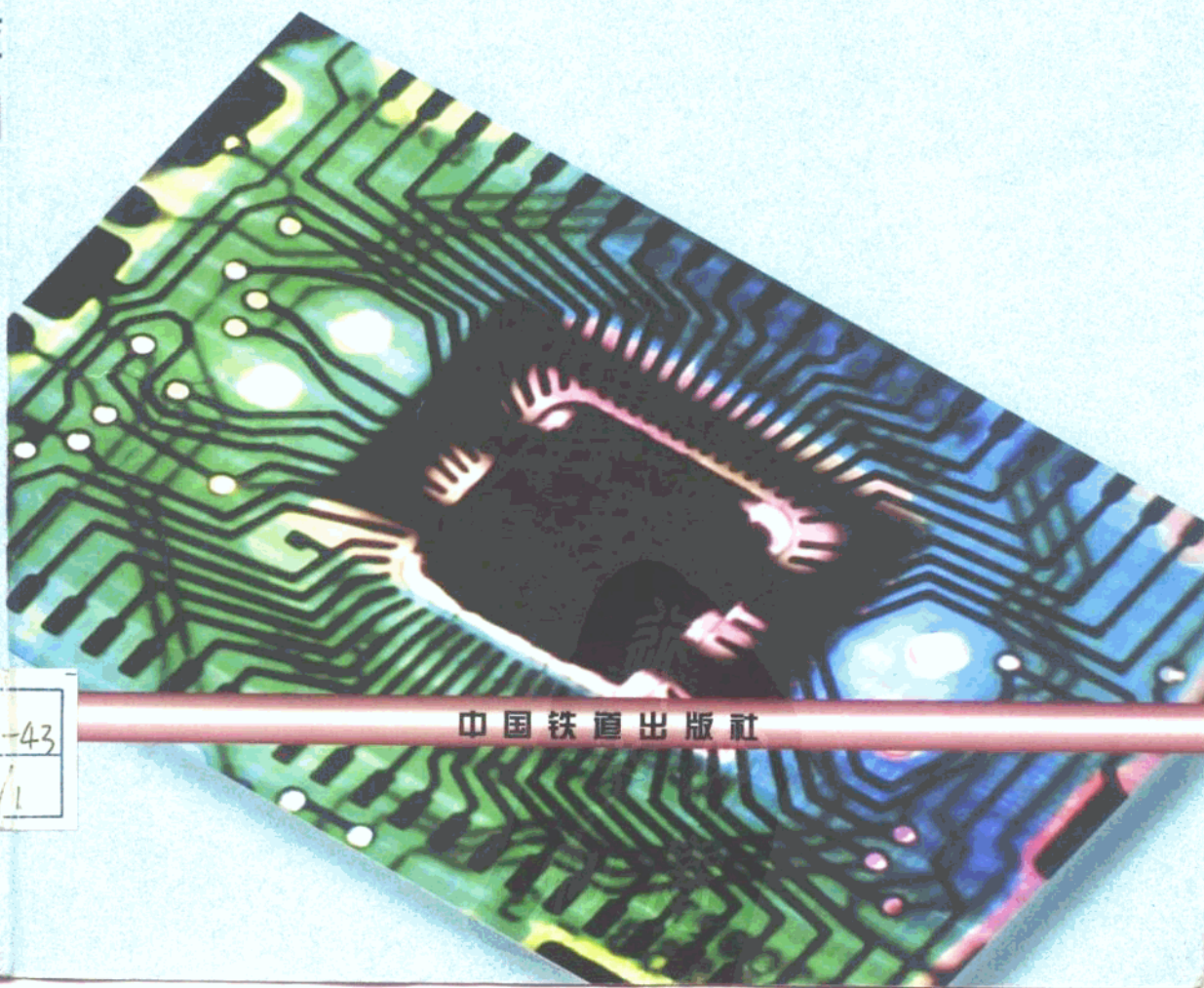


高等学校函授教材

单片机原理及应用

王琴放 张 凡 主编



中国铁道出版社

43

1

TP268.1-43
WGF/1

高等学校函授教材

单片机原理及应用

王琴放 张凡 主编



中国铁道出版社

1997年·北京

051512

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书较详细地介绍了 MCS-51 及 MCS-96 系列单片机的硬件结构、组成原理、指令系统、程序设计、扩展接口和应用实例。其主要内容包括: MCS-51 单片机结构; MCS-51 指令系统; MCS-51 实用程序设计; MCS-51 存储器; MCS-51 输入/输出及中断; MCS-51 的系统接口技术; MCS-51 模拟电路接口技术; MCS-96 系列单片机等。

本书既可作为高等学校函授教材,也可供各类电大、夜大、职大学员学习使用。

1527060

高等学校函授教材

单片机原理及应用

王琴放 张凡 主编

*

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑 郭 宇 封面设计 薛小卉

中国铁道出版社印刷厂印 各地新华书店经售

1997年12月第1版 第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:317千字

印数:1—4000册

ISBN 7-113-02863-2/TP·285 定价:17.70元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编委会名单

主任委员 恽大文

副主任委员 赵金勇 关锋华

委员 (按姓氏笔划为序)

王琴放 池淑清 李 丰 李明仪

张 凡 张凤翥 陈后金 周宝珀

周忠雯 蒋大明

前 言

自 1976 年单片机问世以来,它已广泛应用于自动控制、通信工程、智能仪器仪表、数据采集和处理等各个方面,同时也渗透到其他各个科技领域。为了适应教学发展需要,拓宽学生知识面,我们编写了这本高等学校函授教材,作为电类专业的本科、专科函授生和培训班教材。

本书详细介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构、组成原理、指令系统、程序设计、扩展接口技术和应用实例。并介绍了 MCS-96 系列单片机,使读者及时掌握新的发展方向。

本着系统性和实用性的原则,我们结合多年函授教学经验,力求基本概念明确清晰,语言通俗易懂,突出器件的外部特性和实际应用,内容充实,系统完整。为方便自学,书中各章都有自学指导,配有与内容相应的复习思考题。

本书可供电类本科、专科函授生使用,并适宜从事微机应用、测控领域的工程技术人员阅读参考。本书共分九章,第一、三、五、六、七、八章由王琴放编写,第三、四、九章由张凡编写,全书由博士生导师汪希时教授审阅。在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促,水平有限,教材中难免有不足和错误之处,恳请批评指正。

编 者

1997 年 5 月

目 录

第一章 概 述

第一节 微型计算机的发展简史.....	1
第二节 单片机的发展简史.....	2
第三节 微型计算机基础.....	4
习题与思考题.....	7

第二章 MCS-51 单片机结构

第一节 MCS-51 单片机内部结构	8
第二节 并行 I/O 端口	11
第三节 MCS-51 片内存储器.....	14
第四节 MCS-51 的特殊功能寄存器.....	16
第五节 MCS-51 引脚功能.....	18
第六节 总线和复位电路	19
习题与思考题	21

第三章 MCS-51 指令系统.....

第一节 MCS-51 指令编码格式及分类.....	23
第二节 寻址方式	25
第三节 数据传送类指令	28
第四节 算术运算类指令	30
第五节 逻辑运算类指令	33
第六节 控制程序转移类指令	35
第七节 位操作类指令	42
第八节 伪 指 令	44
习题与思考题	47

第四章 MCS-51 程序设计.....

第一节 MCS-51 汇编语言格式.....	49
第二节 简单程序设计	50
第三节 分支程序设计	51
第四节 循环程序设计	52
第五节 子程序设计	55
第六节 算术运算程序设计	57
第七节 码型转换程序设计	63
习题与思考题	68

第五章 存 储 器

第一节 MCS-51 单片机存储器结构.....	69
--------------------------	----

第二节 程序存储器的扩展	70
第三节 数据存储器的扩展	76
第四节 扩展存储器的综合设计	81
习题与思考题	83
第六章 输入/输出及中断	84
第一节 输入/输出的控制方式	84
第二节 中断及响应中断的过程	86
第三节 MCS-51 的中断系统	87
第四节 定时器/计数器	93
第五节 串行通信	101
习题与思考题	111
第七章 MCS-51 的系统接口技术	112
第一节 I/O 扩展接口技术	112
第二节 显示及显示器接口	126
第三节 键盘及其接口	131
第四节 打印及打印机接口	136
第五节 智能终端接口(RS-232C)	143
习题与思考题	145
第八章 MCS-51 模拟电路接口技术	147
第一节 数/模转换原理	148
第二节 DAC0832 芯片与 MCS-51 单片机的接口设计	149
第三节 AD7520 芯片与 MCS-51 单片机的接口设计	154
第四节 模/数转换原理	155
第五节 8 位 A/D 转换器与 MCS-51 单片机的接口设计	157
第六节 A/D 和 D/A 转换器的抗干扰措施	166
习题与思考题	167
第九章 MCS-96 系列单片机	169
第一节 MCS-96 系列单片机的主要性能特点及引脚功能	169
第二节 CPU 结构及定时	172
第三节 存储器配置	174
第四节 中断系统	178
第五节 高速 I/O 部件和定时器	180
第六节 A/D 转换器和脉宽调制器	184
第七节 串行口	186
第八节 输入/输出	188
习题与思考题	190
习题参考答案	191
自学任务书	202
附录 MCS-51 指令系统表及 ASCII 码表	205

第一章 概 述

自学指导

本章是学习单片机原理的预备知识,为便于广大函授生自学,先介绍微型计算机和单片机的发展和应用,使读者对微型机有一概貌了解,然后介绍微型计算机的基础知识。

学完本章后,要求掌握:

1. 熟悉微型计算机由哪五部分组成和各部分的功能。
2. 掌握微处理器的组成及功能。
3. 了解控制器的组成及功能。

第一节 微型计算机的发展简史

随着微电子技术的发展,计算机技术已经取得了惊人的迅猛发展,电子计算机已渗透到国防尖端、工业、农业、企业管理,交通运输,日常生活各个领域,其作用和成就的日益卓著,成为现代工业水平的标志之一。

从1946年产生第一台电子计算机以来,计算机的发展经历了四代,其划分及发展情况如下:

1946~1957年为第一代:其主要特点是逻辑元件采用电子管,主存储器采用延迟线或磁鼓,外存储器采用磁带机,软件使用机器语言,应用在科学计算方面。代表机型为ENIAC,这是1946年出现的第一代计算机,使用了18000个电子管,占地面积达150 m²,重30 t,耗电量150 kW。价值40万美元,主存储器容量17 KB,字长12位,加法运算速度为5000次/秒。尽管该机具有体积大,速度慢,内存容量小等缺点,但它确定了电子数字计算机的技术基础。

1957~1964年为第二代,其主要特点是逻辑元件采用晶体管,主存储器采用磁芯存储器,外存储器使用磁盘、广泛使用高级语言FORTRAN、ALGOL、COBOL等,还提出了操作系统,主要应用于数据处理、并开始用于过程控制。

1964~1970年为第三代,主要特点是逻辑元件采用集成电路,主存储器仍为磁芯存储器,其终端和远程终端设备迅速发展,并与通信设备结合。操作系统进一步完善,分时系统,多道程序被广泛应用。广泛用于科学计算、工业控制、数据处理,应用方式已进入了以系统化和分时操作作为特征的时代。

1970年以后为第四代,主要特征是全面采用大规模集成电路。70年代以来,是第四代机兴盛和第五代机萌芽的时代,第五代计算机将是智能计算机。这种计算机从功能上看,不但能模拟人类的神经,而且具有学习功能。

目前计算机发展的动向是:一是向大型、巨型化,二是向小型、微型化发展。与此同时,计算机网络和智能模拟化正在兴起和发展。

随着计算技术和大规模集成电路的发展,微型机应运而生,自 1971 年美国 INTEL 公司研制成功以 Intel4004 微处理器为核心的四位微型机以来,短短的二十几年里,微型机取得了突飞猛进的发展。微处理器的集成度差不多两年翻一番,且性能增长一个数量级。至今微处理器已经历了四代的演变:

第一代:以 Intel4004 以及后继的 Intel4040 和 Intel8008 为代表,这一代微处理器的研制,着眼于作控制部件,着重于应用研究,所以在“微”字上狠下功夫,其结构一般是仿台式计算器的形式。

第二代:以 Intel8080/8085,MC6800 以及 Z80 为代表。这一代的研制着重把它作为一个处理单元,提高系统性能,其特点为采用 N-MOS 工艺,字长 8 位,集成度高,有多种 I/O 接口芯片等。

第三代:以 Intel8086,MC68000 及 Z8000。这一代的研究着重系统性能,能与小型机竞争,其特点是采用超大规模集成电路(VLSI),字长 16 位,结构和指令功能很强,其功能已相当于或超过小型机 PDP11/45 等。

第四代:以 Intel80186,80286 为代表,字长 16 位,它们与 8086 向上兼容,到 1985 年 INTEL 公司又推出了 32 位微处理器 Intel80386,它与 Intel8086,80186,80286 向上兼容,它们构成了完整的 80 系列微处理器。

微型机的飞跃发展主要是大规模集成电路技术发展所带来的,到 80 年代前期,在单片硅片上可以做出几十万个晶体管的集成电路,这将使包含几千位存储器的单片微型机将出现。可以预料,微型机对科学技术和人类生活将产生深远的影响。

第二节 单片机的发展简史

单片微型计算机简称单片机或微控制器。它将中央处理单元 CPU,RAM,ROM,定时/计数器和多种 I/O,甚至 A/D,D/A 转换器件集成在一块大规模集成电路芯片上,这样一个芯片即为一台一定规模、具有独特功能的计算机。

单片机,作为微型机发展中的一个分支,以其规模不大、功能较全的优点,越来越深入各个领域用户的欢迎和重视。

单片机的历史并不长,从 1975 年美国 TEXAS 仪器公司发表 TMS1000 系列 4 位单片机开始,仅仅二十几年时间。但单片机种类已有几百种,从 1 位、4 位、8 位发展到 16 位、32 位单片机,集成度越来越高,功能愈来愈强,应用也愈来愈广。目前世界上销售量已达几亿片。

单片机可分为专用和通用两类,专用机是针对专门用途设计的芯片,如 TI 公司的 TM320 系列是专用于信号处理的单片机。它的指令执行时间短,90%以上的指令只要 200ns,运算速度快,精度高,有专门的 16×16 乘法器,完成一次乘法只要 200ns,用它来完成 64 点的快速傅立叶变换(FFT)只要 580ns,所以它在数字信号实时处理(如数字滤波、语言处理、图象处理等)中有广泛的应用。专用单片机的应用范围常受到一定的限制。通用单片机适应性较强、应用较广泛。

当前流行的通用单片机有以下几个系列。

一、MCS-51 单片机系列

随着 HMOS 技术的发展,INTEL 公司在总结了 MCS-48 系列的基础上,于 1980 年推出了 8

位高档 MCS-51 系列单片机。它与 8048 相比,功能增强了许多,就其指令和运行速度而言,也超过了 Intel8085 的 CPU 和 Z80 的 CPU,成为当今工业控制系统中最理想的机种。

1. Intel8051/8751/8031 的性能

这三个机种区别,仅在于片内程序存储器。Intel8051 为 ROM,8751 为 EPROM,Intel8031 片内无程序存储器,其他性能结构一致。除了存储器容量,接口数量与种类都比 8048 强以外,其指令系统的功能,位寻址能力都增强了,更适合于位控制,位测试。系统寻址范围可达 64KB,而全双工串行 I/O 口,具有多机通信的控制功能,其中 Intel8031 价格便宜,又易于开发,目前已广泛应用。

2. 8052AH/8032AH

8052AH 的 ROM 为 8KB, RAM 为 256B。

8032AH 的 RAM 也为 256B,这两种单片机比 Intel8051 和 8031 增加了一个定时/计数器,增加了一个中断源。

二、MCS-96 单片机系列

Intel8395/8396/8397 是 1983 年 INTEL 公司推出的新的 16 位 MCS-96 系列单片机。它在一块芯片上集成了 13 万以上管子,性能较之 Intel8051 有较大改进:片内包含 256 字节的 RAM,8K 字节的 ROM,8 路(4 路)10 位的 A/D 转换,4 条高速触发输入线,6 条高速脉冲输出线,一个全双工串行 I/O 口,寻址范围分别为 64KB,它的部分指令可支持 32 位多字节处理。

这种高性能的 16 位单片机,特别适用于要求很高的实时控制场合。

三、MCS-196 单片机系列

96 系列的高档芯片 8xC19xKB 是比 8×9 功能更强的芯片,它是在 8×9 功能基础上,增加了寄存器窗口、CAM 锁定、空闲和掉电工作方式、支持 HOLD/HLDA 协议等新功能,因而使用更加灵活方便。

8xC19xKB 系列包括 8xC194、8xC198、8xC196KB 和 87C196KB。其中 8xC196KB 代表 80C196KB、83C196KB 和 87C196KB。80C196KB 不带 ROM,83C196KB 是带 8K 字节 ROM 的 80C196KB,87C196KB 是带 8K 字节的 EPROM 的 80C196KB。80C196KB 具有如下特点:

- (1)8KB 片内 EPROM;
- (2)232B 寄存器阵列;
- (3)寄存器到寄存器结构;
- (4)16×16 乘法;
- (5)32/16 除法;
- (6)具有掉电和空闲方式;
- (7)五个 8 位 I/O 口;
- (8)16 位监视定时器;
- (9)可动态配置 8 位或 16 位总线宽度;
- (10)全双工串行口;
- (12)高速 I/O 子系统;
- (13)16 位定时器;
- (14)16 位具有捕捉功能的可逆计数器;

- (15)脉宽调制输出;
- (16)4个16位软件定时器;
- (17)10位具有采样/保持的A/D转换器;
- (18) $\overline{\text{HOLD}}/\overline{\text{HLDA}}$ 总线协议。

四、TMS320 单片机系列

TMS320 系列由美国德克萨斯仪器公司推出的单片数字信号处理器。第三代代表产品 TMS320C30 是全 32 位 CMOS 芯片,它是功能齐全、运算能力强、精度高、速度快的单片信号处理器,具有软硬件兼容的特点。

TMS320C30 指令周期为 60 ns,每秒钟可完成 3300 万次浮点指令操作,指令宽度为 32 位,乘法器可在单周期内完成整数与浮点乘法,其乘数可为 32 位浮点数或 P24 位整数、算术逻辑单元(ALU)可完成 32 位整数,32 位逻辑及 40 位浮点单周期操作。内部 RAM 为 $1\text{K} \times 32$ 位、ROM 为 $4\text{K} \times 32$ 位;32 位定时器/计数器具有两种信号方式及内部/外部时钟输入;串行口每帧可传送 8 位、16 位、24 位及 32 位数,其时钟也可由内部或外部提供,内部具有分频器,最大数据传送速率为 8 兆比特/秒。数据/程序、I/O 的存储空间为 16MB,无论 RAM 或 ROM 都能在一个时钟周期内寻址两次。分开的程序存储器与数据存储器及 DMA 总线允许取指令、读/写及 DMA 操作并行进行;片内 64×32 位指令缓存区保存经常重复使用的指令码,这就可减少外指令的读写次数。

TMS320C30 具有广泛的应用前景,它完成 256 抽头的 IIR 滤波器采样速率可达 60kHz;256 抽头的 IIR 自适应滤波器采样速率可达 20kHz;而完成一个 IIR 滤波器的二阶节仅需 360ns。

第三节 微型计算机基础

一、微型计算机的基本结构

一台微型计算机必须由哪几部分组成,才能替代人脑自动完成计算呢?为了理解它们的组成原理,我们用算盘、纸和笔来计算下式:

$$A \times B + C \div D - E \div F = ?$$

我们首先用算盘算出 $A \times B$,把它作为中间结果 M_1 记在纸上,然后再算出 $C \div D$ 的结果为 M_2 记下,再算出 $E \div F$ 的中间结果为 M_3 记下,接着就进一步计算 $M_1 + M_2$ 以中间结果 M_4 记下,最后计算 $M_4 - M_3$,它的结果 M_5 是该算式的最后结果。

现在用计算机来完成这种计算过程,就需如下设备:

1. 能代替算盘进行各种运算的部件,称运算器。
2. 能起到纸和笔的作用的器件,能记忆原始数据,原始题目和中间结果,并能存储整个算法过程(指令);这种器件称存储器。
3. 能代替人脑作用,根据事先给定的命令发出各种控制信息,使计算过程有条不紊地进行的控制器。
4. 能把原始数据和算法过程(指令)输入的输入设备和将计算结果(中间结果)输出的输出设备。这样,一台微型计算机的基本结构如图 1—1 所示。

从图中可以看到,它有两股信息流,一股是数据流,包括原始数据、中间结果、程序等;另一股是控制信号流,由控制器控制输入设备的启动或停止,控制运算器的运算处理,控制存储器的读写和输出结果等等。

在微型机中,把运算器和控制器集成在一块大规模集成电路上,称微处理器或中央处理单元——CPU。

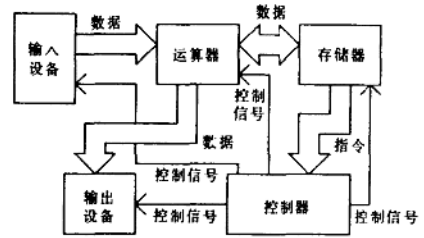


图 1-1 微型机基本结构

二、微处理器的组成及功能

图 1-2 为微处理器的组成框图。

(一) 运算器的组成及功能

运算器是在控制器控制下,对二进制数进行算术或逻辑运算的装置。其主要功能是实现加法和移位。运算器由算术逻辑单元 ALU、累加器 A、通用寄存器组、暂存寄存器 TMP、标志寄存器 F 以及其他逻辑电路所组成。

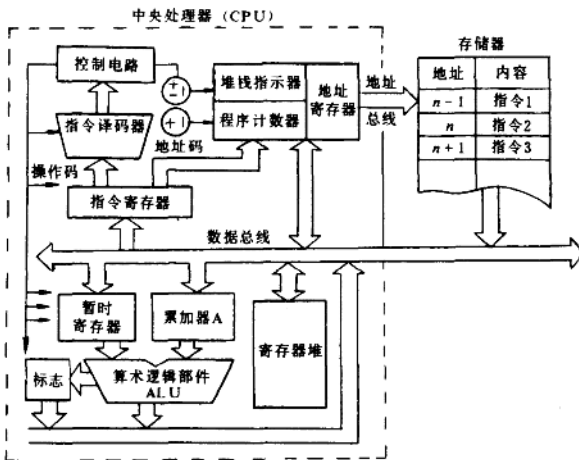


图 1-2 微处理器的组成框图

1. 累加器 A

累加器是运算器的关键部件之一,它有两种功能:①为 ALU 的一个输入端,存放第一个操作数;②存放 ALU 运算结果。

2. 通用寄存器组

通用寄存器用来暂存参加运算的操作数,中间结果或地址,它是为高速处理数据而设置的,其个数因不同种类的 CPU 而异,如 Z 80 CPU 为 6 个。

3. 暂存寄存器 TMP

暂存寄存器 TMP 作为 ALU 的另一输入端,用来暂存从数据总线或通用寄存器送来的操作数,ALU 中进行运算,同时也能将数据送到内部数据总线。

4. 标志寄存器 F

标志寄存器 F 用来保存 ALU 运算结果的状态。例如,进位、溢出、结果为零、奇偶数等。这种状态作为控制程序转移的条件。微型机的智能化,就是依赖于 F 的状态标志位。

5. 算术逻辑运算单元 ALU

ALU 是由加法器和其他逻辑电路组成的,在指令译码后的控制信号作用下,完成各种算术或逻辑运算。它有两个输入端,其中一个为累加器 A;另一个为暂存器 TMP。有时还包含标志寄存器 F 中的进位等。运算结果,经数据总线送累加器 A,同时影响标志寄存器中的状态。

下面举例说明 ALU 进行加法运算的情况,如图 1-3 所示。

设累加器 A 中的数为 23H,通用寄存器 B 中的数为 45H,当执行加法指令 ADD A, B 时,

ALU 将 A 和 B 中的内容 23H 和 45H 相加,结果为 68H,经内部数据总线重新送入累加器 A 中,由两数相加结果所引起的状态变化,将影响标志寄存器 F 中各标志位。

ALU 是执行算术运算还是逻辑运算,这取决于指令的操作码经译码后所发出的控制信号。

(二)控制器的组成及功能

控制器是发布操作命令的机构,犹如人脑的神经中枢。计算机程序和原始数据的输入,CPU 内部的信息处理,处理结果的输出,外部设备与主机之间的信息交换等都是在控制器的控制下实现的。微型机的程序是由一系列指令组成的,每条指令又由操作码和地址码(或操作数)所组成。当微型机进行自动计算时,控制器的任务是:逐条地取出指令,分析指令,执行指令,并为取下一条指令作好准备。

为了完成上述功能,控制器应有指令寄存器、指令译码器和控制电路等组成,其组成框图如图 1—4 所示,下面分别予以说明:

1. 程序计数器 PC

程序是指令的有序集合。微型机运行时,通常按顺序执行存放在存储器中的程序。先由 PC 指出当前要执行指令的地址,每当该指令取出后,PC 的内容就自动加 1(除转移指令外),指向按顺序排列的下一条指令的地址。在正常情况下,CPU 按顺序逐条地执行指令。如果遇到转移指令(JMP)、调用子程序指令(CALL)或返回指令(RET)等,这些指令就会把下一条指令的地址直接置入 PC 中。

程序计数器 PC 的位数决定了微处理器所能寻址的存储器空间。在字长为 8 位微型机和 MCS-51 系列单片机中,PC 为 16 位,寻址空间为 64KB。

2. 指令寄存器 IR

它用来存放当前要执行的指令内容,它包括操作码和地址码两部分。操作码送往指令译码器;地址

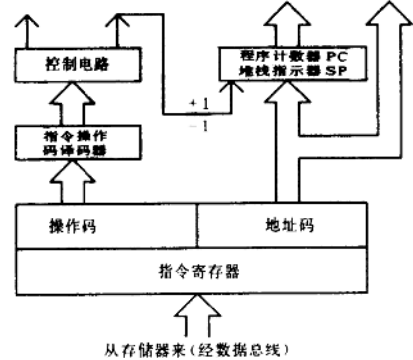


图 1—4 控制器的组成框图

码送至操作数地址形成电路。在 8 位微型机中,IR 的宽度通常与微处理器的基本指令长相同、即为 8 位,故为存放所要执行的指令操作码,而指令地址码则通过地址形成电路来形成操作数的真正地址。

3. 指令译码器

指令译码器是分析指令功能的部件。操作码经过译码后产生相应操作的控制信号。例如,8 位操作码经指令译码器译码后,可以转换为 $2^8=256$ 种操作控制信号,其中每一种控制信号对应一种特定的操作功能。

4. 堆栈指示器 SP

在微型机中,一般都设有堆栈。堆栈中的数据是以“先进后出”的原则进行存取的。这种存取方式对于处理中断、调用子程序都非常方便。实现堆栈操作是开辟某一内存区域作为堆栈,

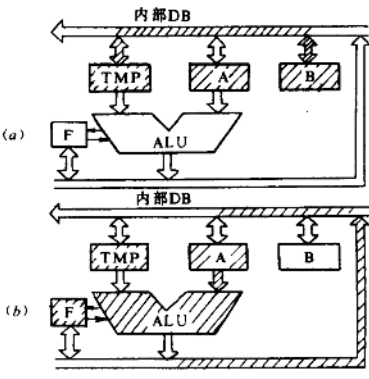


图 1—3 ADD A,B 指令执行情况

栈顶由微处理中的堆栈指示器 SP 自动管理,SP 中的内容称为堆栈指针。每次进行推入或弹出操作后,堆栈指示器便自动指向栈顶。

堆栈指示器是专用寄存器,而堆栈区在微型机中要设置在内存单元区。单片机内部有较多的寄存器 RAM,所以可设置在片内的 RAM 中。

5. 控制电路

控制电路的主要功能,是根据指令产生微机各部件所需要的控制信号。这些控制信号是由指令译码器的输出电位,CPU 时序和外部状态信号等进行组合而产生的。它按一定的时间顺序发出一系列操作控制信号,以完成指令所规定的全部操作。

三、单片机的组成

单片机是在一块大规模集成电路芯片上集成了微处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)、定时器/计数器和各种输入/输出(I/O)接口(并行、串行)等,它们之间相互联结的结构框图在下章叙述。

*** 本章小结 ***

本章主要介绍了微型机及单片机的发展及应用,叙述了微型计算机基本知识。

微型计算机的基本结构有五大部分组成:①由进行各种运算的运算器;②根据给定命令发出各种控制信息的控制器;③记忆原始数据、中间结果和存储算法过程的存储器;④将原始数据和算法过程输入的输入设备;⑤计算结果输出的输出设备。

单片机是将运算器、控制器、RAM、ROM、I/O 接口集成在一块大规模集成电路基片上,该芯片为一台具有一定规模和独立功能的计算机。

微处理器是将运算器和控制器集成在一块大规模集成电路上,称 CPU 或 μP 。其中运算器由 ALU、累加器和通用寄存器组、标志器等组成。

*** 习题与思考题 ***

1. 计算机的发展经历了哪几代?
2. 微处理器的发展经历了哪几代? 其代表产品各为什么?
3. 当前流行的单片机有哪几个系列? 各有什么特点?
4. 微型计算机的结构由哪几部分组成?
5. 微处理器由哪几部分组成? 其功能是什么?
6. 单片机的结构特点是什么?

第二章 MCS-51 单片机结构

自学指导

本章主要介绍 MCS-51 单片机的内部结构,使读者对 MCS-51 单片机内部结构有一概貌了解,然后重点介绍了 MCS-51 并行 I/O 端口,片内存储器和特殊功能寄存器的特点。

学完本章后,要求掌握:

1. 掌握 I/O 并行端口与地址总线 and 数据总线的关系。
2. 掌握 MCS-51 的片内 RAM、ROM 和片外 RAM 和 ROM 的四种存储空间范围。
3. 掌握程序存储器和数据存储器必须严格分开。
4. 掌握工作寄存器 $R_0 \sim R_7$ 的编址方法。
5. 了解特殊功能寄存器的编址方法。
6. 掌握 MCS-51 的位寻址空间。
7. 了解 MCS-51 单片机的组成框图和主要引脚功能。

第一节 MCS-51 单片机内部结构

MCS-51 系列单片机为 8 位高档单片机,从其制造工艺上可分为 HMOS 和 C-HMOS 型两种。从其功能结构上可分为 Intel8051/8751/8031 和 8052/8032 和 8044/8744/8344 三档。

Intel8051/8751/8031,它们的结构基本相同,其主要差别反映在内部程序存储器有所不同。8051 内部设有 4KB 的掩膜 ROM 程序存储器,8751 是将 8051 内部的 ROM 换成 EPROM,8031 为片内无 ROM 的 8051。本章将对 8051 单片机的结构作一介绍。

一、MCS-51 的结构和性能

MCS-51 单片机是在一块大规模集成电路上集成了 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器和 4 × 8 位并行 I/O,一个串行 I/O 线等一台微型机的基本部件,其内部的部件和特性如下:

- (1) 一个 8 位微处理器;
- (2) 振荡器和时钟电路;
- (3) 4KB 的程序存储器(ROM 或 EPROM);
- (4) 可寻址外部程序存储器和数据存储器,各 64KB;
- (5) 两个 16 位定时器/计数器;
- (6) 32 位可编程并行 I/O 口;
- (7) 一个可编程全双工串行 I/O 口;
- (8) 二十多个特殊功能寄存器;
- (9) 5 个中断源,两个优先级嵌套中断结构,Intel8051 单片机的结构框图如图 2—1 所示。

二、Intel8051 的内部结构及功能

图 2—2 为 Intel8051 单片机的内部结构。

(一)微处理器

微处理器是单片机的核心部件,它由运算器和控制器组成,下面分别叙述其功能。

1. 运算器

运算器 ALU 是进行算术或逻辑运算的部件,可以对半字节(4 位)、单字节等数据进行操作,例如可实现加、减、乘、除四则运算和与、或、异或、求补、取反等逻辑运算,操作结果一般送回累加器 A,而其状态信息送至状态寄存器 PSW。

Intel8051 的运算器还有一个布尔处理器,它具有独特的位处理功能。它以进位标志位 CY 为累加器,可执行置位、复位、转移、检测、判跳、逻辑与、逻辑或等位操作,特别适用于某些控制应用领域。

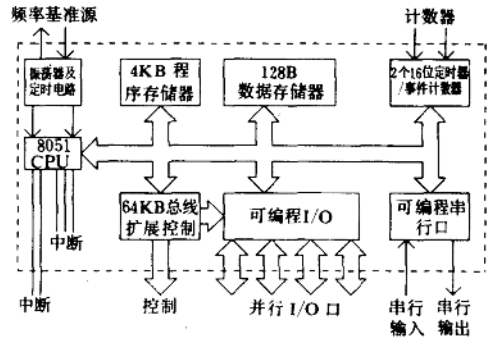


图 2—1 Intel8051 单片机结构框图

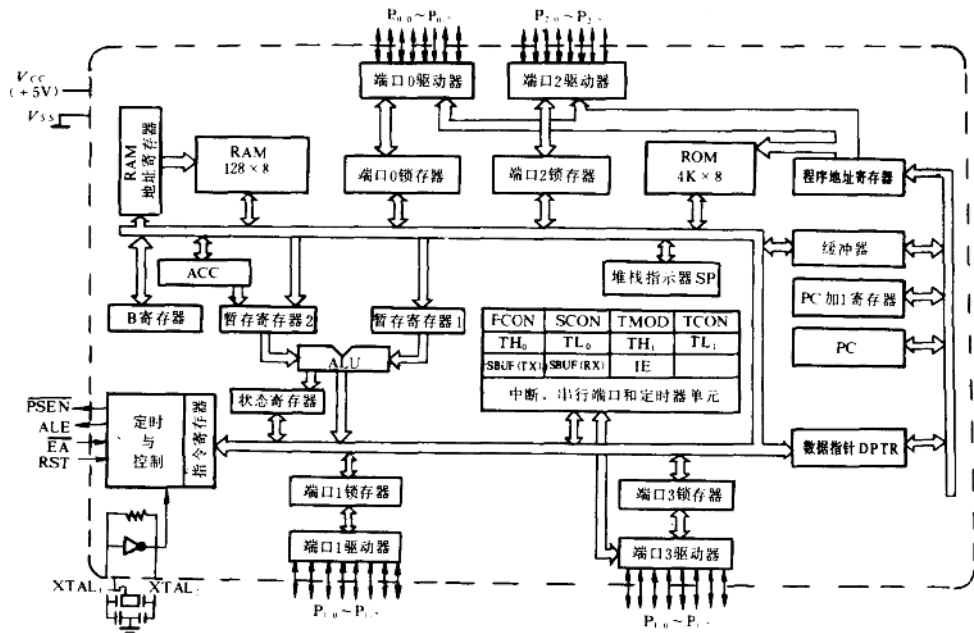


图 2—2 Intel8051 单片机内部结构框图

2. 程序计数器 PC

程序计数器 PC 为 16 位,用来存放将要执行的指令地址。每当该指令取出后,PC 的内容就自动加 1。程序计数器可对 64KB 程序存储器进行寻址,执行指令时,PC 内容的低 8 位经 P₀ 口输出,高 8 位经 P₂ 口输出。

3. 指令寄存器

指令寄存器中存放指令代码。CPU 执行指令时,由程序存储器中读取的指令代码送入指令寄存器、经译码器译出后由定时与控制电路发出相应的控制信号完成指令功能。

4. 定时控制部件

这个模块是产生操作时序的,这是单片机的“心脏”。

(1) 时钟电路

MCS-51 单片机芯片内部有一个反向放大器构成的振荡电路,XTAL₁ 为振荡电路的输入端、XTAL₂ 为振荡电路的输出端。MCS-51 的时钟可以由内部方式或外部方式产生。

内部方式时钟电路如图 2—3(a)所示,利用 MCS-51 内部的振荡电路,在 XTAL₁ 和 XTAL₂ 引脚上外接定时元件,内部振荡电路便产生自激振荡。定时元件一般采用石英晶体和电容组成的并联谐振回路。晶体可以在 1.2~12 MHz 之间任选,电容可以在 5~30 pF 之间选择,电容 C₀₁、C₀₂ 的大小,可起频率微调作用。上述电路可用示波器观察到 XTAL₂ 输出的正弦波。

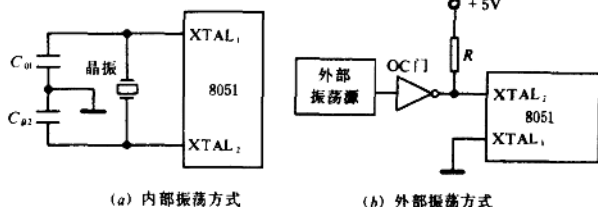


图 2—3 时钟电路

外部方式的时钟电路,如图 2—3(b)所示。XTAL₁ 接地,XTAL₂ 接外部振荡器。对外部振荡信号无特殊要求,但需保证脉冲宽度,通常为频率低于 12 MHz 的方波信号。

(2) CPU 时序

CPU 执行一条指令的时间称为指令周期,MCS-51 典型的指令周期为一个机器周期。一个机器周期由包含 12 个时钟振荡周期的 6 个状态 S₁~S₆ 组成,每一个状态又分为两个时相 P₁ 和 P₂。所以一个机器周期可依次表示为 S₁P₁,S₁P₂,...,S₆P₁,S₆P₂。一般算术逻辑操作发生在时相 P₁ 期间,而内部寄存器到寄存器的传送发生在时相 P₂ 期间。

MCS-51 单片机的取指令和执行指令的定时关系如图 2—4 所示。这些内部时钟信号不能从外部观察到,所以用 XTAL₂ 振荡信号作参考。由图看出,低 8 位地址的锁存信号 ALE 在访问外部程序存储器的机器周期中两次有效(S₁P₂ 至 S₂P₁ 和 S₄P₂ 至 S₅P₁ 产生)。在访问外部数据存储器的机器周期内,ALE 信号一次有效(S₁P₂ 至 S₂P₁ 产生正脉冲)。

对于单周期指令,当指令操作码读入指令寄存器时,便从 S₁P₂ 开始执行指令。如果是双字节指令,则在同一机器周期的 S₄ 读入第 2 字节。若为单字节指令,则在 S₄ 期间仍进行读,但所读入的字节操作码被忽略,且程序计数器也不加 1。在 S₆P₂ 结束时完成指令操作。图 2—4(a) 和 (b) 分别为单字节单机器周期和双字节单机器周期指令的时序。

大多数 MCS-51 指令执行时间为一个机器周期,乘法和除法是仅有的需两个以上机器周期的指令,它们需 4 个机器周期。

对于双字节单机器周期指令,通常是在一个机器周期内从程序存储器中读入两个字节,但 MOVX 指令例外。MOVB 指令是访问外部数据存储器的单字节双机器周期指令。在执行 MOVX 指令期间,少执行两次取指令码操作,而进行外部数据存储器的寻址被选通。图 2—4(c) 和 (d) 给出了一般单字节双机器周期指令的时序。MOVB 指令具体执行时序请参阅后叙的外部程序存储器的操作时序。