



普通高等教育“十二五”规划教材  
普通高等教育机电类规划教材

FOUNDATION AND APPLICATION OF MICROCONTROLLER

# 单片机原理及应用

第2版

徐泳龙 主 编  
倪晓骅 副主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材  
普通高等教育机电类规划教材

# 单片机原理及应用

第2版

主 编 徐泳龙  
副主编 倪骁骅  
参 编 丁 坤 闫 华 李永建  
主 审 盛党红

机械工业出版社

本书深入浅出、循序渐进、全面系统地从小计算机基础知识开始,介绍了 MCS-51 系列中 52 子系列单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行接口、存储器的扩展、并行 I/O 接口的扩展、输入/输出设备及接口技术等基本原理及应用实例。全书注重理论联系实际,特别注重应用实例的典型性。每章后均附有思考题与习题。

本书为普通高等教育机电类规划教材,可供机械、电气、电子、计算机、自动化等工科专业大学本科生使用,也可作为高等专科学校、高等职业技术学院及成人教育的相关专业的教材和从事动态测试、控制和智能仪器仪表等工作的科技人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/徐泳龙主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2013. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-44698-9

I. ①单… II. ①徐… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 263873 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:余 皞 责任编辑:余 皞 韩 静

责任校对:张 媛 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17 印张 · 421 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-44698-9

定价: 29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

## 普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

## 序

20世纪末、21世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，胜利跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等12所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版38种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001年5月开始出书，到2004年7月已出齐38种，还增加了3种急需的教材，总册数已达45万册。每种至少有2次以上印刷，最多的印刷了5次、发行量达2.5万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同时，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚持高标准、严要求，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

### 一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类

型，它除应恪守大学教育的一般办学基准外，还应有自己的个性和特色，就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一条还是坚持面向工程实际，面向岗位实务，按照“本科学历+岗位技术”的双重标准，有针对性地进行人才培养。根据这样的要求，“强化理论基础，提升实践能力，突出创新精神，优化综合素质”应当是工作在一线的本科学历应用人才的基本特征，也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型人才必须依靠应用型的课程和内容，用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上，科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展，在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上，要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力，还要注重思维能力和创造能力的培养，使学生思路清晰、条理分明，有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作，创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法，还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此，要在素质教育的思想指导下，对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合，使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才，就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念，选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系，必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性，那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题，增设具有国际意义的课程，加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中，必须始终坚持以人的全面发展为本，紧紧围绕

## VI

培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度，往往是这所大学成功和水平的标志。同样，我们修订和编写教材，提供教学用书，最终是为了把知识转化为能力和智慧，使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此，在修订、编写教材过程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供教的方便和学的便捷，努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间，使他们游刃有余，得心应手，还能激发他们的科学精神和创造热情，为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者，而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生，和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此，修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说，也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程，决不能丢失自我，决不能将“枷锁”移嫁别人，这里“关键在自己战胜自己”，关键在自己的理念、学识、经验和水平。

### 二、坚持质量第一，努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著，它既是学术专著，又是教学经验之理性总结，必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方，而教材之错误则会贻害一代青年学子。有人说：“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前，我们的教材才使用了几年，还很难说就是好教材，因为前一阶段主要是解决有无问题，用户还没有来得及去总结和反思，所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后，更要坚持高标准、严要求，用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求我们自己，确保教材质量和特色。为此，必须采取以下措施：第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编招标和负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，内容适度简练，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关，择优而用；第三、加强教材编写或修订的规范管理，确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和数量，实行环节负责制和责任追究制；第四、确保出版质量；第五、建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用，用户反映好的教材要进行修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套，并逐步建立在线学习网站。

### 三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用

型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和相关企业专家。

#### 四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

2005年10月



# 前 言

随着计算机技术的飞速发展和普及,单片机以其体积小、应用灵活、可靠性和性能价格比高等优点,在工业控制、智能仪器仪表、数据采集系统和家用电器等诸多领域得到了极为广泛的应用。美国 Intel 公司的 MCS-51 单片机,曾是 8 位单片机中的主流机型,在国内外占有很大的市场份额,应用面非常广。

目前全国大多数工科类专业开设的单片机方面的课程普遍是以 MCS-51 单片机为主的。但不足之处是介绍的内容只是其中的 51 子系列,缺少 52 子系列的内容。根据“普通高等教育机电类规划教材编审委员会”的统一要求,结合目前市场的实际情况和教学的实际需要,本书以 MCS-51 单片机中的 52 子系列为主,较详尽地介绍了单片机的工作原理、指令系统、编程方法和接口技术,并提供了大量实用程序和应用实例,这是本书的一个特色。本书第 2 版在注重完整性和系统性的前提下,坚持少而精的原则,对部分章节作了删减和补充,对部分例题和习题进行了优化和调整,力求做到深入浅出、通俗易懂。书中十分注重理论联系实际,融合了编者多年的教学和科研经验,力求实用性,让学生能从应用的角度出发,在理论与实践的结合上充分了解单片机的工作原理,建立和掌握单片机系统的整体概念和接口技术,掌握单片机系统设计和开发方面的知识。

本书共分十章,第一章介绍了计算机基础知识,第二、三章分别介绍了 MCS-51 单片机的结构、原理及指令系统,第四章介绍了汇编语言程序设计方法,第五、六、七章介绍了中断系统、定时器/计数器和串行口通信,第八、九章分别介绍了存储器和并行 I/O 接口的扩展,第十章介绍了输入/输出设备及接口技术。

本书由南京工程学院徐泳龙任主编,盐城工学院倪骁骅任副主编。其中第一、三、四、十章由徐泳龙编写,第五、六、七章由倪骁骅编写,第八、九章由河海大学丁坤编写,第二章由南京工程学院闫华编写,附录由盐城工学院李永建编写。全书由徐泳龙负责统稿和定稿。

本书由南京工程学院盛党红主审,他提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢!

由于时间仓促,并限于编者的水平和经验,书中疏漏及错误之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

序

前言

<b>第一章 计算机基础知识</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 微处理器 .....	4
第三节 存储器 .....	6
第四节 计算机中的数和编码 .....	9
第五节 单片机的发展及应用 .....	15
思考题与习题 .....	23
<b>第二章 MCS-51 单片机的硬件结构</b> .....	24
第一节 MCS-51 单片机的结构和引脚 .....	24
第二节 中央处理单元 CPU .....	28
第三节 MCS-51 单片机存储器结构 .....	30
第四节 MCS-51 并行 I/O 端口 .....	38
第五节 时钟和 CPU 时序 .....	43
第六节 复位与节电工作方式 .....	46
思考题与习题 .....	50
<b>第三章 MCS-51 单片机的指令系统</b> .....	51
第一节 指令系统概述 .....	51
第二节 寻址方式 .....	53
第三节 MCS-51 单片机指令系统 .....	58
思考题与习题 .....	86
<b>第四章 汇编语言程序设计</b> .....	90
第一节 汇编语言源程序的格式和伪指令 .....	90
第二节 汇编语言源程序汇编 .....	94
第三节 汇编语言程序设计举例 .....	95
思考题与习题 .....	111
<b>第五章 MCS-51 单片机中断系统</b> .....	114
第一节 中断系统结构 .....	115
第二节 中断的响应 .....	120

思考题与习题 .....	126
<b>第六章 MCS-51 单片机定时器/计数器 .....</b>	<b>127</b>
第一节 定时器/计数器结构和工作方式 .....	127
第二节 定时器/计数器的编程应用举例 .....	136
思考题与习题 .....	141
<b>第七章 MCS-51 单片机串行接口 .....</b>	<b>143</b>
第一节 串行通信的基本概念 .....	143
第二节 MCS-51 串行接口的组成 .....	145
第三节 串行接口的工作方式 .....	148
第四节 多机通信原理 .....	154
第五节 串行接口应用程序举例 .....	155
思考题与习题 .....	166
<b>第八章 MCS-51 单片机存储器的扩展 .....</b>	<b>167</b>
第一节 MCS-51 单片机存储器扩展的概述 .....	167
第二节 程序存储器的扩展 .....	172
第三节 数据存储器的扩展 .....	174
第四节 扩展外部存储器的综合设计举例 .....	177
思考题与习题 .....	177
<b>第九章 MCS-51 单片机并行 I/O 接口的扩展 .....</b>	<b>178</b>
第一节 I/O 接口的扩展 .....	178
第二节 8255A 可编程 I/O 接口设计及扩展技术 .....	180
第三节 8155 可编程接口及扩展技术 .....	187
思考题与习题 .....	193
<b>第十章 输入/输出设备及接口技术 .....</b>	<b>194</b>
第一节 七段 LED 显示器接口技术 .....	194
第二节 键盘接口技术 .....	199
第三节 打印机接口技术 .....	205
第四节 数-模 (D-A) 与模-数 (A-D) 转换电路接口技术 .....	219
第五节 串行通信接口技术 .....	242
思考题与习题 .....	250
<b>附录 .....</b>	<b>252</b>
附录 A ASCII (美国标准信息交换码) 表 .....	252
附录 B MCS-51 单片机指令系统表 .....	253
附录 C MCS-51 单片机学习及开发指南 .....	256
<b>参考文献 .....</b>	<b>262</b>

# 第一章 计算机基础知识

## 第一节 概 述

计算机的发明是 20 世纪最重大的科学技术成就之一，它使人类文明进入了一个崭新的时代，它的应用已进入了社会生活的各个领域，有力地推动了社会的发展。

计算机能在现代社会各个领域中起着极其重要的作用，主要是由它的卓越特性决定的：

(1) 高速度 计算机被广泛应用的最重要原因是它能以人所无法比拟的高速度进行信息处理。计算机的运算速度大于每秒几十万次，有些巨型机已达每秒几十亿次。

(2) 高度自动化 计算机能在程序的控制下，无需人的介入，自动地处理信息。

(3) 具有记忆能力 计算机能保存大量的信息，一般计算机能在机内存储几万、几十万、几百万甚至几千万字符的信息。

(4) 具有逻辑判断能力 计算机可进行各种逻辑判断，并根据判断的结果自动决定下一步的工作。

(5) 高精度和高可靠性 用计算机处理得到的结果，数据的有效位数可达十几位，甚至上百位。计算机的可靠性高，可无故障地连续运行数万小时。

自 1946 年出现了世界上第一台计算机以来，电子计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路四代。20 世纪 70 年代出现的由大规模集成电路组成的微型电子计算机，不但保持了计算机的特点，而且体积小、价格低、不需要严格的环境条件，从而开拓了计算机普及的新时代。近年来逐步普及的单片微型计算机，已实现在一片芯片上集成一台微型计算机，更加充分地发展了微型计算机的特点。

### 一、微型计算机的组成

#### 1. 计算机的基本结构

通常计算机的结构框图如图 1-1 所示。它由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成。

运算器是计算机处理信息的主要部件。控制器产生一系列控制命令，控制计

计算机各部件自动地、协调一致地工作。存储器是存放数据与程序的部件。输入设备用来输入数据与程序，常用的输入设备有键盘、光电输入机等。输出设备将计算机的处理结果用数字、图形等形式表示出来，常用的输出设备有显示终端、数码管、打印机、绘图仪等。

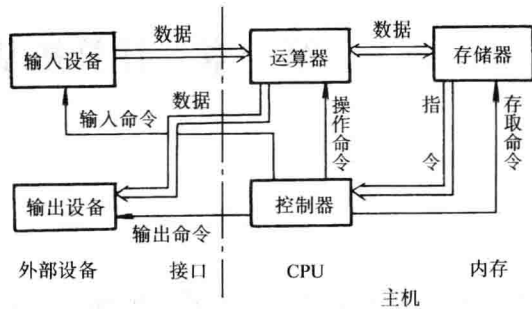


图 1-1 计算机的结构框图

通常把运算器、控制器、存储器这三部分称为计算机主机，而输入、输出设备则称为计算机的外部设备（简称“外设”）。由于运算器、控制器是计算机处理信息的关键部件，所以常将它们合称为中央处理单元 CPU（Central Processing Unit）。

## 2. 微型计算机结构

随着大规模集成电路技术的发展，已经把运算器、控制器集成在一块硅片上，成为独立的器件。该芯片称为微处理器或微处理机（Microprocessor），也称 CPU。存储器（Memory）也已经集成为一块块独立的芯片。

微处理器芯片、存储器芯片与输入/输出接口电路芯片（简称 I/O 接口）构成了微型计算机（Micro - Computer），芯片之间用总线（Bus）连接，如图 1-2 所示。

(1) 微处理器 微处理器是微型计算机的核心，它通常包括三个基本部分：

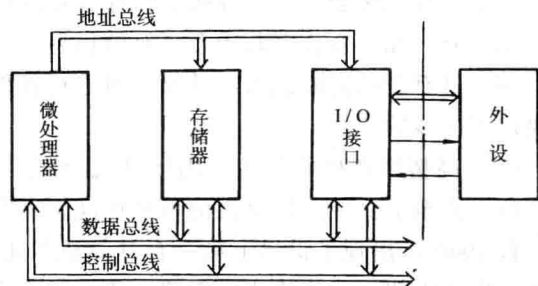


图 1-2 微型计算机的结构框图

1) 算术逻辑单元 算术逻辑单元 ALU (Arithmetic Logic Unit)，是对传送到微处理器的数据进行算术运算或逻辑运算的电路，如执行加法、减法运算，逻辑与、逻辑或运算等。

2) 工作寄存器组 CPU 中有多个工作寄存器，用来存放操作数及运算的中间结果等。

3) 控制部件 控制部件包括时钟电路和控制电路。时钟电路产生时钟脉冲，用于计算机各部分电路的同步定时。控制电路产生完成各种操作所需的控制信号。

(2) 存储器 存储器是微型计算机的一个重要组成部分，其功能是存放程序及数据，有了它计算机才具备记忆功能。

(3) 输入/输出接口电路 I/O 接口是沟通 CPU 与外部设备的不可缺少的重要部件。外部设备种类繁多，其运行速度、数据形式、电平等各不相同，常常与 CPU 不一致，所以要用 I/O 接口作桥梁，起到信息转换与协调的作用。例如打印机打印一行字符约需 1s，而计算机输出一行字符仅需 1ms 左右，要使打印机与计算机同步工作，必须采用相应的接口电路芯片来协调和衔接。

(4) 总线 所谓总线，就是在微型计算机各芯片之间或芯片内部各部件之间传输信息的一组公共通信线。图 1-3 表示各芯片之间的一组 8 位数据总线，该数据总线由 8 根传输导线组成，可以在芯片 1, 2, ..., N 之间并行传送 8 位二进制数构成的信息。

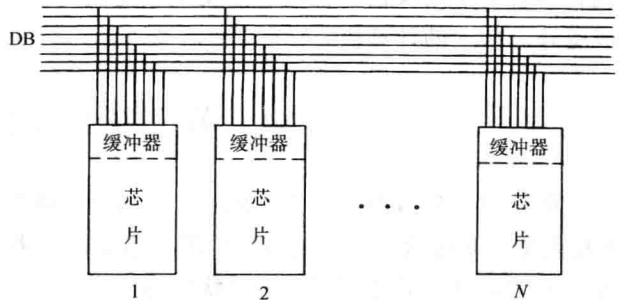


图 1-3 8 位总线

微型计算机采用总线结构后，还可以提高计算机扩展存储器芯片及 I/O 芯片的灵活性。因为挂在总线上的芯片数量原则上是没有限制的，需要增加芯片时，只需通过缓冲器挂到总线上就行了。但是，总线一次只能传送一个数据，使计算机的工作速度受到了影响。

很多计算机采用三总线结构：数据总线 DB (Data Bus) 在芯片之间传送数据信息；地址总线 AB (Address Bus) 传送地址信息；控制总线 CB (Control Bus) 传送控制命令。有的计算机用一组总线分时传送地址和数据信息，称为地址/数据分时复用总线。在微处理器内部往往只使用一组总线，称为单总线结构。

微型计算机与外部设备、电源、系统软件一起构成应用系统，称为微型计算机系统。图 1-4 概括了微处理器、微型计算机、微型计算机系统三者的关系。

## 二、单片微型计算机

如果将微处理器、存储器、I/O 接口电路以及简单的输入、输出设备组装在一块印制电路板

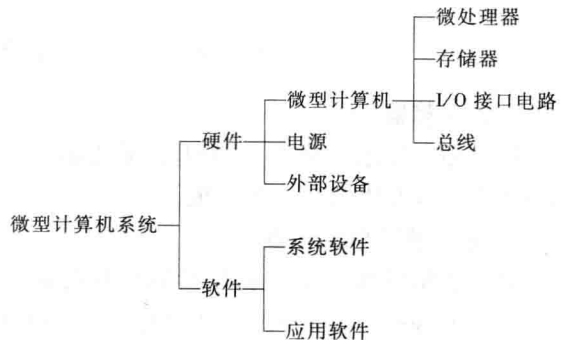


图 1-4 微型计算机系统

上, 则称为单板微型计算机, 简称单板机。所以, 从结构上看, 单板机是在一块印制电路板上装配多个集成电路芯片的微型计算机小系统, 如 TP801、TP805 等。虽然单板机有诸多不足, 如体积大、不灵活、不便安装等缺点, 但是, 在当时条件下, 它对我国推广普及计算机起到过重要作用, 它的推广应用有力地推动了我国的技术改造和技术进步。同时, 也为后来单片机的广泛应用奠定了基础。

如果将微处理器、存储器和 I/O 接口电路集成在一块芯片上, 就称为单片微型计算机, 简称单片机。单片机与普通的单板机从工作原理上来说没有本质的区别, 两者的不同仅在于物理器件发生了变化。也就是说, 单片机是集成在一块集成电路芯片上的计算机。

## 第二节 微处理器

微处理器是微型计算机的核心。不同型号微处理器的结构有所不同。图 1-5 是典型的 8 位微处理器的结构框图, 包括运算器、控制器、工作寄存器组三部分。该微处理器的外部采用三总线结构, 内部是单总线结构。

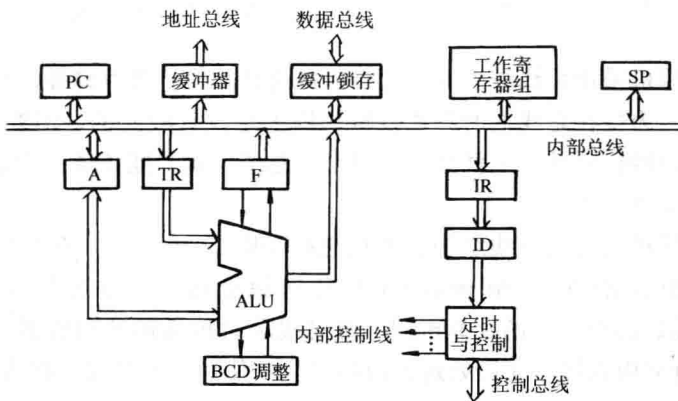


图 1-5 典型微处理器的结构框图

### 一、运算器

运算器由算术逻辑单元 ALU、累加器 A、暂存寄存器 TR、标志寄存器 F、二一十进制调整电路等部分组成。

#### 1. 算术逻辑单元和累加器

算术逻辑单元 ALU 是微型计算机执行算术运算和逻辑运算的主要部件。它有两个输入端：一个输入端与累加器 A (Accumulator) 相连, 另一个输入端与暂存寄存器 TR 相连。ALU 的输出端与内部总线相连。

累加器 A 是一个 8 位寄存器。很多 8 位双操作数运算，如执行下列指令时，

ADD A, #24H ;  $A \leftarrow (A) + 24H$

ADD A, R0 ;  $A \leftarrow (A) + (R0)$

ANL A, R1 ;  $A \leftarrow (A) \wedge (R1)$

一个操作数来自 A，运算结果又送回 A，所以累加器 A 是一个使用十分频繁的特殊功能寄存器。另一个操作数可来自 CPU 内部的工作寄存器，也可来自存储器或接口电路。无论是哪一种情况，它总是通过内部总线送来的。由于总线只能分时传送数据，故用暂存器在内部总线与 ALU 之间起缓冲作用。在执行上面的指令时，内部总线先传送一个操作数至 TR，然后由控制器控制 ALU 对 A 和 TR 中的内容进行运算，运算结果再通过内部总线传送到累加器 A。

微型计算机的运算器可执行加法、减法等算术运算，有些微机还可执行乘法和除法操作。运算器执行的逻辑运算有与、或、求反、异或、清零、移位等。

## 2. 标志寄存器

标志寄存器 F (Flag) 又称状态寄存器，用来存放 ALU 运算结果的一些特征，如溢出 (OV)、进位 (C)、辅助进位 (AC)、奇偶 (P) 等。

## 3. 二一十进制调整电路

计算机在进行二一十进制数运算时，要对运算结果进行调整，这由二一十进制调整电路 (BCD 调整电路) 实现。

## 二、控制器

控制器由指令寄存器 IR、指令译码器 ID 及定时与控制电路三部分组成。

计算机工作时，由定时与控制电路按照一定的时间顺序发出一系列控制信号，使计算机各部件能按一定的时间节拍协调一致地工作，从而使指令得以执行。

一个指令的执行分成取指令和执行指令两个阶段。具体步骤如下：

1) 从存储器中取回该指令的机器码，送指令寄存器寄存，直至该指令执行完毕。

2) 由指令译码器译码，以识别该指令需要实施何种操作。

3) 由定时与控制电路产生一系列控制信号，送到计算机各部件以执行这一指令。

定时与控制电路除了接收译码器送来的信号外，还接收 CPU 外部送来的信号，如中断请求信号、复位信号等，这些信号由控制总线送入。定时与控制电路产生的控制信号一部分用于 CPU 内部，控制 CPU 各部件的工作；另一部分通过控制总线输出，用于控制存储器和 I/O 接口电路的工作。

## 三、工作寄存器

微型计算机的 CPU 内部通常设置工作寄存器组。设置工作寄存器后，参加



运算的操作数及运算的中间结果可以存放在寄存器中，而不必每次都送入存储器存放。这样可提高计算机的工作速度，还能简化指令的机器代码。工作寄存器还可以寄存片内外数据存储器低 8 位地址。

#### 四、程序计数器

程序计数器 (Program Counter, PC) 是管理程序执行次序的特殊功能寄存器。它没有物理地址，主要用来存放即将执行的指令地址。它是一个 16 位寄存器，可用来对 64KB 程序存储器直接寻址。程序的执行有两种情况——按照顺序执行和跳转。为此，程序计数器具有下述三种功能。

##### 1. 复位功能

计算机通电时有上电复位，运行时有操作复位 (按钮复位)。复位时计算机进入初始状态，PC 的内容将自动清零。

##### 2. 计数功能

CPU 读取一条指令时，总是将 PC 的内容作为当前指令地址，并经地址总线送到存储器，从而从该地址单元中取回指令的机器码，送到指令寄存器。同时，每取回指令代码的一个字节，PC 的内容自动加 1 (加法计数)。因此，在取回指令进入执行指令的阶段，PC 的内容已是按顺序排列的下一条指令的地址。

##### 3. 基址寄存器功能

在变址寻址中，它作为 16 位基址寄存器用，将当前指令的首址加 1 后存入 PC 中，然后再与累加器 A 中的 8 位地址偏移量相加后形成变址寻址的实际地址。

### 第三节 存 储 器

存储器是计算机的一个重要组成部分。由于存储器存放了需要处理的数据和程序，使计算机具有了记忆功能，从而能够脱离人的直接干预自动工作。

存储器的主要指标是容量和存取速度。容量越大，则记忆的信息越多，计算机的功能就越强。由于存储器的存取速度比 CPU、ALU 的运算速度要低，所以存储器的工作速度是影响计算机工作速度的主要因素。目前存储器存取数据的时间为数百 ns 到数十 ns。

#### 一、存储器的分类

根据存储器的位置，可分为内存储器和外存储器。内存储器一般由半导体集成电路芯片组成，用来存放当前运行所需要的程序与数据。它在主机内通过总线直接与 CPU 连接，具有体积小、存取速度快等优点，但它的容量有限。外存储器则在主机外，是作为计算机的外设之一，它必须通过系统总线与 CPU 进行联系，具有容量大、体积大、存取速度慢等特点，通常用来存放暂时不用的数据和程序。它不能直接参与计算机的运算，一般情况下外存储器只与内存储器成批交