

高等院校电气、自动化类专业规划教材

余发山 王福忠 杨凌霄 王莉 主编

微机原理与单片机接口技术



煤炭工业出版社

014009909

TP368.1
798

内 容 简 介

高等院校电气、自动化类专业规划教材

本书以《微处理器原理与接口技术》一书为基础，结合《微机原理与接口技术》一书，对微处理器、总线系统、接口技术、微机系统、微机应用等方面进行了系统的介绍。本书可作为高等院校电气、自动化类专业及相关专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

微机原理与单片机接口技术

主编 余发山 王福忠 杨凌霄 王 莉



煤炭工业出版社

· 北 京 ·



北航 C1695827

TP368.1
798

图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理与单片机接口技术/余发山等主编. -- 北京:
煤炭工业出版社, 2013

高等院校电气、自动化类专业规划教材

ISBN 978-7-5020-4236-3

I. ①微… II. ①余… III. ①微型计算机—理论 ②单片
微型计算机—接口技术 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 101931 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 28¹/₂

字数 678 千字 印数 1—3 000

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 7064 定价 42.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

014002200

内 容 简 介

本书分为上篇和下篇两部分，分别以 8086 CPU 和 51 系列单片机为主要对象，从系统组成和工程实践角度出发，详细介绍了微型计算机的结构、指令系统、程序设计、系统扩展以及各功能部件的组成，并对系统设计、开发、调试进行了讨论，具有较强的系统性和实用性。内容由浅入深，阐述简明，配有习题，便于自学。

本书可作为高等学校电气、电子、信息及自动化类等专业的教学用书，亦可供从事工业测控、智能仪器仪表及各种电子产品开发等工作的工程技术人员参考。

薛 王 曹 彦 琳 张 蔚 王 山 文 余 编 主



机械工业出版社

· 京 北 ·

前 言

“微机原理与单片机接口技术”是高等院校电气及自动化专业大学生必修的一门重要专业基础课程。本课程的目的是使学生对微型计算机系统的组成、工作原理及应用有全面深入的认识，初步掌握微型计算机接口的特点及使用方法，能够读懂微型计算机系统原理图及简单的硬件接口原理图和相关程序，并在此基础上使学生具有微型计算机应用系统软、硬件开发的初步能力。本书基于上述基本指导思想，结合多年的教学实践，以8086 CPU和51系列单片机为主线，从原理和应用两方面进行介绍和分析。

本书由浅入深、循序渐进地对微型计算机各组成部件的基本概念、结构、功能及工作原理进行了讲解。全书由上篇和下篇两部分组成。上篇包括七章，第一章介绍了微处理器和微型计算机的基本概念、组成和应用，以及计算机的运算基础；第二章对8086/8088 CPU的编程结构、工作原理及其所构成的微型计算机系统进行了分析和介绍；第三、四章介绍了8086的指令系统和汇编语言程序设计基础；第五章介绍了存储芯片的结构及存储器的扩展方法；第六章介绍了输入/输出接口技术和中断的基本概念，重点介绍8086的中断系统，并对典型的中断接口芯片8259A的组成及应用进行了介绍；第七章介绍了典型的可编程接口芯片8255A、8251和8253的结构、工作原理及应用。下篇包括八章：第八、九章介绍了51单片机的结构、指令系统及其程序设计；第十章介绍了单片机C语言编程基础；第十一章介绍了单片机中断系统的结构及应用；第十二章介绍了单片机定时器/计数器的原理及应用；第十三章介绍了单片机串行口的工作原理及其应用；第十四章介绍了51单片机系统扩展技术；第十五章介绍单片机的典型外围接口技术。

本书由河南理工大学电气工程与自动化学院余发山教授、王福忠教授、杨凌霄教授和王莉副教授任主编。上篇编写分工为：余发山编写第一章的第一~四节，王莉编写第一章的第五节、第五章和第六章；杨凌霄编写第二章、第四章和第七章；胡志国编写第三章。下篇编写分工为：王福忠编写第八章；

苏珊编写第九章；张宏伟编写第十章；王新编写第十一章；杨凌霄编写第十二章和第十四章；王莉编写第十三章和第十五章。

由于作者水平有限，书中可能存在不妥或错误，恳请读者批评指正。

编者

2013年1月于河南理工大学

目 录

上篇 微型计算机原理

第一章 微型计算机概述	3
第一节 微型计算机的发展与应用.....	3
第二节 微型计算机系统的分类和主要性能指标.....	5
第三节 微型计算机系统的组成.....	6
第四节 微型计算机的基本工作原理.....	8
第五节 计算机的运算基础	11
习题	24
第二章 8086/8088 微处理器及其结构	26
第一节 8086/8088 微处理器的内部结构	26
第二节 8086/8088 微处理器的外部特性	33
第三节 存储器组织	40
第四节 8086 微处理器的工作时序	45
习题	49
第三章 8086/8088 CPU 指令系统	52
第一节 8086/8088 CPU 指令格式与寻址方式	52
第二节 8086/8088 指令集	58
习题	93
第四章 汇编语言程序设计	99
第一节 汇编语言基础	99
第二节 汇编语言程序设计.....	110
第三节 汇编语言源程序上机过程.....	128
习题.....	134
第五章 存储器扩展	140
第一节 概述.....	140
第二节 半导体存储器.....	142

第三节	存储器扩展方法	150
第四节	存储器与微处理器的连接	152
	习题	158
第六章	输入/输出与中断技术	161
第一节	输入/输出接口	161
第二节	CPU 与接口之间传送信息的方式	165
第三节	微型计算机中断系统	170
第四节	可编程中断控制器 8259A	179
	习题	196
第七章	微型计算机的接口技术	201
第一节	并行数据通信接口	201
第二节	串行数据通信接口	212
第三节	定时/计数接口	233
	习题	246

下篇 单片微型计算机原理

第八章	51 系列单片机的基本结构与工作原理	253
第一节	51 系列单片机的内部结构	253
第二节	存储器	255
第三节	特殊功能寄存器 SFR	259
第四节	时钟电路与复位电路	262
第五节	51 单片机的引脚及功能	264
第六节	P0 ~ P3 端口的基本结构及功能	264
	习题	268
第九章	51 单片机指令系统及程序设计	270
第一节	51 单片机的寻址方式	270
第二节	指令系统及应用举例	272
第三节	程序设计	285
	习题	288
第十章	单片机的 C 语言编程—C51	293
第一节	C51 程序结构	293
第二节	C51 的数据类型	294
第三节	数据的存储器类型和存储器模式	296

114 第四节	C51 对单片机资源的定义	297
114 第五节	C51 的运算符	300
044 第六节	C 语言与汇编语言的混合编程	301
第七节	C51 仿真开发环境的使用	304
习题	.....	309
第十一章	51 单片机的中断系统	310
第一节	51 单片机的中断系统结构	310
第二节	中断处理过程	313
第三节	中断系统的应用举例	319
习题	.....	323
第十二章	定时器/计数器	327
第一节	定时器/计数器的结构与工作原理	327
第二节	定时器/计数器的控制寄存器	328
第三节	定时器/计数器应用举例	332
习题	.....	337
第十三章	单片机串行口及应用	340
第一节	串行口的结构及工作原理	340
第二节	串行口的控制寄存器	341
第三节	串行口的工作方式及波特率设置	343
第四节	串行口应用举例	346
习题	.....	359
第十四章	51 单片机系统扩展技术	361
第一节	单片机的系统总线及扩展方法	361
第二节	I/O 口的扩展技术	364
第三节	串行总线接口存储器扩展	368
习题	.....	379
第十五章	单片机的典型外围接口技术	383
第一节	LED 显示接口	383
第二节	键盘接口	393
第三节	LCD 显示器接口	400
第四节	A/D、D/A 的扩展	416
习题	.....	428
附录一	8086 指令表	430

附录二	51 系列单片机指令系统表	437
附录三	常见 MASM 5.0 错误信息统计	441
	参考文献	446
304	.....
309	.....
310	.....
310	.....
313	.....
319	.....
323	.....
327	.....
327	.....
327	.....
328	.....
332	.....
337	.....
340	.....
340	.....
341	.....
343	.....
346	.....
329	.....
391	.....
391	.....
394	.....
398	.....
379	.....
383	.....
383	.....
393	.....
400	.....
419	.....
423	.....
430	.....

上篇 微型计算机原理

第一章 微型计算机概述

半个多世纪以来,计算机的产生、发展带动着人类在科学大道上迅猛前进。1946年,美国宾夕法尼亚大学研制出世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)。随着采用器材(件)从电子管、晶体管、中小规模集成电路发展到大规模集成电路、超大规模集成电路,20世纪70年代初出现了第一台微型计算机(Microcomputer)。微型计算机与其他大、中、小型计算机的区别在于其中央处理器(Central Processing Unit, CPU)采用了大规模/超大规模集成电路技术,使其集成在一块芯片上,一般将微型计算机的CPU芯片称为微处理器(Micro Processor Unit, MPU)。

微处理器包括算术逻辑部件(Arithmetic Logic Unit, ALU)、控制部件(Control Unit, CU)和寄存器组(Registers, RS)三个基本部分,通常由一片大规模或超大规模器件组成。以微处理器为核心,加上内存储器、输入/输出(简称I/O)接口和系统总线组成的裸机称为微型计算机(简称微机)。微型计算机配上相应的外围设备(简称外设)、其他专用电路、电源及足够的软件即构成微型计算机系统(Microcomputer System)。

第一节 微型计算机的发展与应用

一、微型计算机的发展概况

微型计算机的发展是与微处理器的发展同步的。微处理器集成度几乎每隔两年增加1倍,产品每2~4年更新换代一次,现已进入第五代。各代的划分通常以MPU的字长和速度为主要依据。

(1) 第一代:4位和低档8位微处理器和微型计算机。发展年代为1971—1973年,是微型计算机的问世阶段。1971年美国Intel公司研制出了4位微处理器4004,并于1972年生产了8位微处理器8008。这一代微型计算机的特点是采用PMOS(P-channel Metal Oxide Semiconductor)工艺,集成度为每片2300个晶体管,字长分别为4位和8位,运算速度较慢(基本指令执行时间为4~10 μ s),指令系统简单,运算功能较差,采用机器语言或简单汇编语言。

(2) 第二代:中、高档8位微处理器和微型计算机。发展年代为1974—1977年。该微处理器问世后,由于其体积小、使用方便等特点受到用户的普遍欢迎,众多公司纷纷研制相应的产品,逐步形成以Intel公司、Motorola公司、Zilog公司产品为代表的三大系列微处理器。1974—1975年,中档微处理器以Intel8080、Motorola的MC6800为代表。1976—1977年,出现高档8位微处理器,典型产品为Intel8085、Z80和MC6809。

第二代微处理器与第一代微处理器相比有了较多的改进,集成度提高了1~4倍,运算速度提高了10~15倍,指令系统相对比较完善,已具有典型的计算机体系结构,以及中断功能、直接存储器存取(DMA)功能。软件除汇编语言外,还可使用BASIC、FOR-

TRAN 等高级语言。后期开始配上操作系统,如 CP/M 操作系统,它运用于以 8080A/8085A、Z80、MC6502 为 CPU,并带有磁盘及各种外围设备的微型计算机系统。

(3) 第三代:16 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1978—1984 年。1978 年前后,超大规模集成电路(VLSI)工艺的研制成功,使 1 个硅片上可以容纳 10 万个以上的晶体管。这一代微型计算机采用 HMOS (High Performance Metal Oxide Semiconductor) 工艺,基本指令执行时间约为 $0.5 \mu\text{s}$,典型的微处理器是 8086、Z8000 和 MC68000。这类 16 位微型计算机具有丰富的指令系统,采用多级中断系统、多种寻址方式、多种数据处理形式、分段式存储器结构,功能大为增强。软件方面可以使用多种语言,有常驻的汇编程序、完整的操作系统、大型的数据库,并可构成多处理器系统。此外,这一阶段还出现了准 16 位微处理器,典型产品有 Intel 的 8088 和 Motorola 的 MC6809,其特点是外部数据总线为 8 位,内部数据总线为 16 位,工作速度和处理能力介于 8 位机和 16 位机之间。Intel 公司在 8086 的基础上又研制了 80186 和 80286 等性能更为优越的微处理器。其特点是从单元集成过渡到系统集成,以获得尽可能高的性能价格比。

(4) 第四代:32 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1984—1993 年。20 世纪 80 年代初,在每个单片硅片上可集成几十万个晶体管,产生了第四代的 32 位微处理器。典型产品有 Intel 的 80386、Motorola 68020 和 National Semiconductor 的 16032 等。在 32 位微处理器中,具有支持高级调度、调试及系统开发的专用指令。由于集成度高,系统的速度和性能大为提高,可靠性增加,成本降低。

(5) 第五代:64 位高档微处理器和微型计算机。发展年代为 1994 年至今。典型产品是 Intel 公司的奔腾系列芯片及与之兼容的 AMD 的 K6 系列微处理器芯片。内部采用超大量指令流水线结构,并具有相互独立的指令和数据高速缓存。随着采用 MMX (Multi Media eXtensions) 技术的微处理器的出现,使微型计算机的发展在网络化、多媒体化和智能化等方面迈上了更高的台阶。

在微型计算机每一个发展阶段,其集成度、性能等方面都有非常大的提高,微型计算机在今后将会有更快、更惊人的发展。

二、微型计算机的应用领域

微型计算机的诞生与发展使计算机的应用日益广泛和深入。它以极高的性能价格比、性能体积比,以及极大的使用方便性、灵活性,很快赢得了广阔的市场,使计算机迅速推广应用到国防事业和国民经济的各个行业、各个领域,引起了社会、经济的巨大变革。今天,计算机不仅早已进入人们的工作间、办公室,而且已进入千家万户,正在改变着人们的工作、学习和生活习惯。归纳起来,微型计算机的应用主要有以下几个方面:

(1) 科学计算与数据处理。这是最原始、也是所占比重最大的计算机应用领域。在科学研究、工程设计和社会经济规划管理中存在大量复杂的数学计算问题,如卫星轨道的计算、大型水坝的设计、航天测控数据的处理、中长期天气预报、地质勘探与地震预测、社会经济发展规划的制定等,常常需要涉及大量数值计算,利用计算机可快速得到较理想的结果。

(2) 生产与试验过程控制。在工业、国防、交通等领域,利用计算机对生产和试验过程进行自动实时监测、控制和管理,可提高效率和质量,降低成本。

(3) 自动化仪器仪表及装置。在仪器仪表装置中使用微处理器或微型计算机,可明显增强功能,提高性能,减小质量和体积。

(4) 信息管理与办公自动化。现代企事业单位和政府、军队各部门需要管理的内容很多,如财务管理、人事档案管理、情报资料管理、仓库材料管理、生产计划管理、信贷业务管理、购销合同管理等。采用计算机和目前迅猛发展的计算机网络技术,可实现信息管理自动化和办公自动化。

(5) 计算机辅助设计。在航空航天器结构设计、建筑工程设计、机械产品设计和大规模集成电路设计等复杂设计活动中,为了提高质量,缩短周期,提高自动化水平,目前普遍借助计算机进行设计,即计算机辅助设计 CAD。CAD 技术发展迅速,应用范围不断拓宽,目前又派生出计算机辅助测试 (Computer Aided Test, CAT), 计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacture, CAM), 以及将设计、测试、制造融为一体的计算机集成制造系统 (Computer Integration Manufacture System, CIMS) 等新的技术分支。

(6) 计算机仿真。在对一些复杂的工程问题、工艺过程、运动过程、控制行为等进行研究时,在建立数学模型的基础上,用计算机仿真的方法对相关的理论、方法、算法和设计方案进行综合、分析和评估,可以节省大量的人力、物力和时间。

(7) 人工智能。人工智能是用计算机系统模拟人类某些智能行为的新兴学科,它包括声音、图像、文字等模式识别,自然语言理解,问题求解,定理证明,程序设计自动化和机器翻译,专家系统等。

(8) 文化、教育、娱乐和家用电器。计算机辅助教学 CAI 早已成为一种重要的教学手段。目前,电影、电视片的设计、制作,多媒体组合音像设备的推出,许多全自动、半自动“家电”产品的出现,以及许多智能型儿童玩具,无一不是微型计算机在发挥着作用。

第二节 微型计算机系统的分类和主要性能指标

一、微型计算机系统的分类

微型计算机的分类方式很多。按微处理器的位数,可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位机等;按组装方式,可分为单片机、单板机、多板机。

(1) 单片机。利用大规模集成电路工艺将微型计算机的主要组成部分 (CPU、内存和 I/O 接口电路等) 集成在一片硅片上,这就是单片机。使用简单的开发装置可以对它进行在线开发。单片机在工业过程控制、智能化仪器仪表和家用电器中得到广泛的应用。

(2) 单板机。将微型计算机的 CPU、内存、I/O 接口电路等多个芯片集成在一块印制电路板上就组成了单板机。

(3) 多板机。根据需要把微型计算机的 CPU、内存、I/O 接口电路、电源等组装在不同的印制电路板上,然后装进同一个机箱,就构成了一个多板机。它可配置键盘、监视器 (CRT)、打印机、硬盘驱动器等多种外围设备和足够的软件,成为一个完整的微型计算机系统。

(4) 笔记本式微型计算机。笔记本式微型计算机是一种体积小、质量极轻,但功

能很强的便携式微型计算机。从笔记本式微型计算机又衍生出掌上微型计算机。

二、微型计算机系统的主要性能指标

微处理器是微型计算机的心脏，也是整个硬件系统的指挥中心。微处理器的职能是执行各种运算和信息处理，控制各个计算机部件自动协调地完成系统规定的各种操作。微处理器的性能与其内部结构和硬件配置直接相关，并反映出其所配置的微型计算机的特有的状态。不同型号微型计算机的性能的差别主要在于微处理器性能的不同。

微处理器的性能指标主要体现在以下方面：

(1) 字长。字长是计算机内部一次可以处理的二进制数的位数。一般一台计算机的字长取决于它的通用寄存器、内存储器、ALU 的位数和数据总线的宽度。字长越长，一个字所能表示的数据精度就越高；在完成同样精度的运算时，数据处理速度越快。

一般情况下，微处理器的内、外数据总线宽度是一致的。但有的微处理器为了改进运算性能，加宽了微处理器的内部总线宽度，致使内部字长和对外数据总线宽度不一致。如 Intel8088 的内部数据总线宽度为 16 位，外部总线为 8 位。对这类芯片，称之为“准 \times 位”微处理器，因此 Intel8088 被称为“准 16 位”微处理器。

(2) 存储器容量。存储器容量是衡量计算机存储二进制信息量大小的一个重要指标。微型计算机中一般以字节 B (Byte 的缩写) 为单位表示存储容量，并且将 1024B 简称为 1KB，1024KB 简称为 1MB (兆字节)，1024MB 简称为 1GB (千兆字节)，1024GB 简称为 1TB (兆兆字节)。

(3) 运算速度。计算机的运算速度一般用每秒钟所能执行的指令条数表示。

(4) 外围设备扩展能力。这主要指计算机系统配接各种外围设备的可能性、灵活性和适应性。一台计算机允许配接多少外围设备，对于系统接口和软件研制都有重大影响。

(5) 软件配置情况。软件是计算机系统必不可少的重要组成部分，其配置是否齐全，直接关系到计算机性能的好坏和效率的高低。例如，是否有功能很强、能满足应用要求的操作系统和高级语言、汇编语言，是否有丰富的、可供选用的应用软件等，都是在购置计算机系统时需要考虑的。

第三节 微型计算机系统的组成

一、微型计算机系统的硬件结构

(一) 结构特点

目前的各种微型计算机系统，从硬件体系结构来看，基本上是采用计算机的经典结构——冯·诺依曼结构。这种结构的要点如下：

(1) 由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成。

(2) 数据和程序以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中。

(3) 控制器是根据存放在存储器中的指令序列即程序来工作的，并由一个程序计数器控制指令的执行。

(二) 主要组成部分结构及功能

1. CPU

CPU 包括运算器、控制器和寄存器组三个主要部分。运算器也称为算术逻辑单元 ALU，顾名思义，运算器的功能是完成数据的算术运算和逻辑运算。控制器一般由指令寄存器、指令译码器和控制电路组成。控制器根据指令的要求，对微型计算机各部件发出相应的控制信息，并使它们协调工作，从而完成对整个计算机系统的控制。CPU 内部的寄存器组用来存放经常使用的数据。

2. 存储器

存储器又称为主存或内存，是微型计算机的存储和记忆装置，用以存放数据和程序。微型计算机内存通常采用半导体存储器。

1) 内存单元的地址和内容

内存中存放的是数据和程序，从形式上看，均为二进制数。在微型计算机中，通常以一个字节作为一个存储单元，内存容量就是其所能包含的内存单元的数量，以字节为单位。

不同存储单元有不同的地址，CPU 通过地址来识别不同的内存单元，如图 1-1 所示。显然，内存单元的地址和内存单元的内容是两个完全不同的概念。如在图 1-1 中，第 0 个内存单元的地址是 0000H，其内容是 11001111B，即 0CFH。

地址	内容
0000H	11001111B
0001H	
⋮	⋮
FFFFH	

2) 内存的操作

CPU 对内存的操作有读和写两种。读操作是 CPU 将内存单元的内容读入 CPU 内部，写操作是 CPU 将其信息传送到内存单元保存起来。写操作的结果改变了被写内存单元的内容，是破坏性的，而读操作是非破坏性的，即该内存单元的内容在信息被读“走”之后仍不变。

图 1-1 内存单元地址和内容

(三) 输入/输出(I/O)设备和输入/输出(I/O)接口

I/O 设备是微型计算机系统的重要组成部分。程序、数据及现场信息要通过输入设备输入给微型计算机。CPU 计算的结果通过输出设备输出到外部设备。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、A/D 变换器等。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。磁盘既是输入设备，又是输出设备。

外部设备的种类繁多(有机械式、电动式、电子式等)，CPU 与其交换信息也是比较复杂的。因此，微型计算机与 I/O 设备间的连接及信息的交换不能直接进行，而需设计一个“接口电路”作为微型计算机与外围设备之间的桥梁。

(四) 总线及其分类

CPU、存储器及 I/O 设备必须有机地连接在一起才能相互协调地工作。在微型计算机中各部分之间是采用“总线”(BUS)结构连接的，如图 1-2 所示。

总线是微型计算机系统中多个部件之间公用的一组连线，它是芯片、插件或系统之间的标准信息通路。按功能划分，总线分为地址总线、数据总线和控制总线三类。

(1) 地址总线(Address Bus, AB)。地址总线用来传送地址信息，是单向总线，CPU