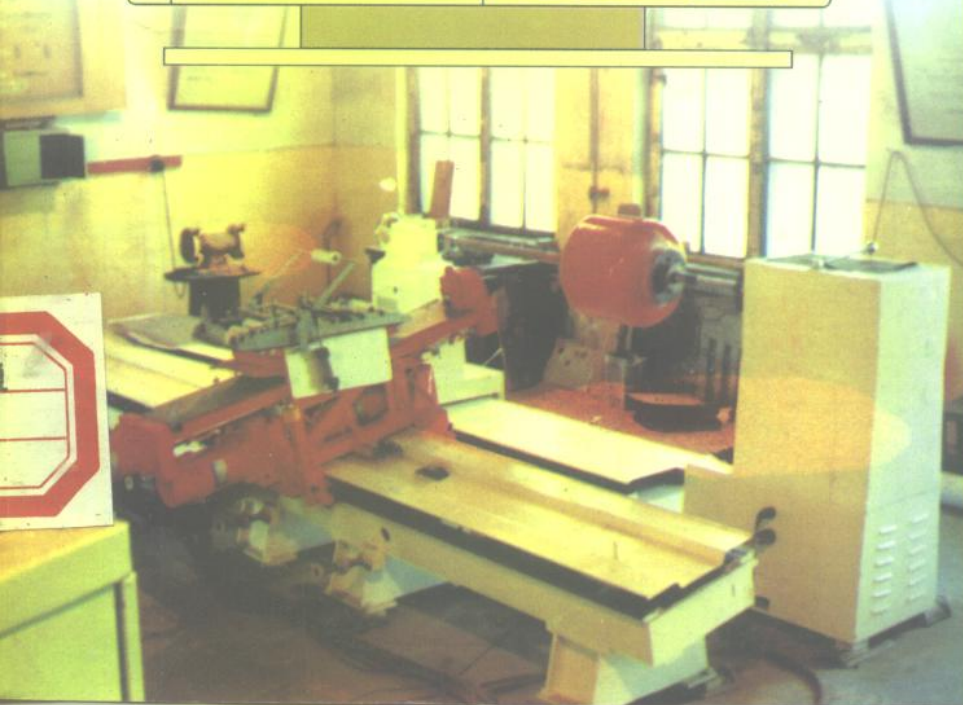
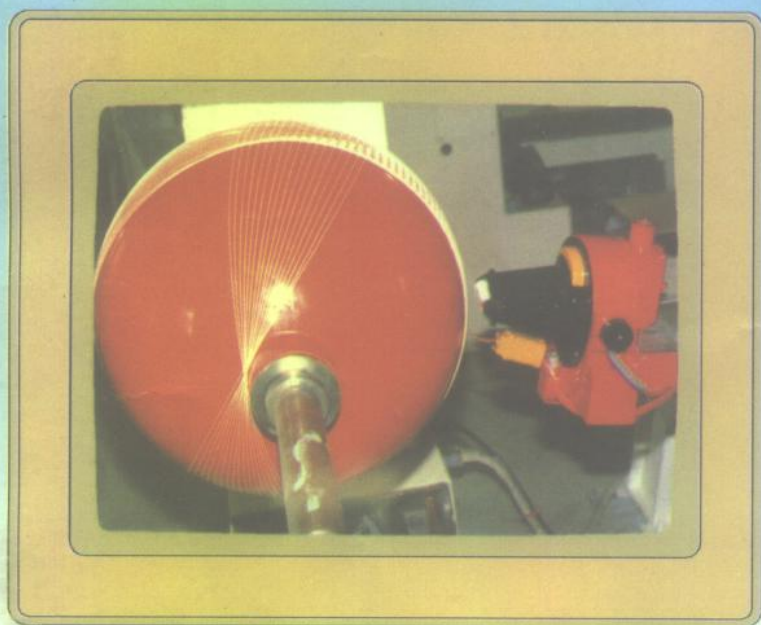


机械类专业用计算机教材

哈尔滨工业大学出版社

微机原理及在机械控制中的应用

● 李国伟 编著



机械类专业用计算机教材

微机原理及在机械控制中的应用

李国伟 编著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书共分九章。第一、二、三章介绍微机常用术语、数码制、逻辑代数和数字集成电路及逻辑电路基础知识。第四、五章介绍总线、存储器及16位CPU8086硬件的知识。第六章介绍8086的指令,它与当前流行的80X86的指令兼容。第七章汇编语言程序设计,介绍MASM5.0宏汇编,适应广泛使用的IBM-PC。程序设计的例子尽量结合机械控制中的应用。第八章主要介绍机械控制中常用的接口芯片8255A、8253、8259A以及A/D和D/A转换器,并有应用举例。第九章介绍了机械控制中的应用实例,如可编程逻辑控制、数字控制、多CPU控制,并介绍一些作者的科研成果。

本书内容由浅入深、循序渐进,理论知识与工程实际应用并重。每章前提出学习要求,每章后有习题。例子和习题深浅兼顾,可供选择,便于因材施教和自学。

本书为高等院校机械类专业本科生学习计算机的基础教材,也可供从事机电一体化的大专及研究生和从事机电专业的技术人员参考和自学。

机械类专业用计算机教材

微机原理及在机械控制中的应用

Weiji Yuanli ji zai Jixie Kongzhi zhong de Yingyong

李国伟 编著

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

黑龙江大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.375 字数 467 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5603-1220-9/TP·98 定价 18.50 元

编者的话

机电一体化是技术上的一场深刻革命,机电一体化的产品是机械与电子器件,特别是微处理器或微型计算机结合的产品。开发和应用这种产品的关键,是要有既懂机械技术,又懂微型计算机技术的人才,

为了适应机电结合人才的培养,1982年编者曾在本校机械专业开出过“微型计算机与数控机床”必修课。在现行的教学计划中,已将微机原理与数控技术作为技术基础必修课。

目前,计算机原理及应用的书籍很多,分为电类、非电类专业用,内容偏多,与机械中的应用联系较少。机械类学生学习微机原理之前,仅在电工学中接触过如二进制数码、逻辑代数及基本逻辑电路等少量基础知识,不像电类学生已掌握了数字电路的知识,接触过较多电子元件,感性知识较深。因此,机械类学生对硬件的学习比较困难。本书正是针对机械类学生的特点,结合我们教学过程中形成的教材体系编写而成的。

本书第一、二、三章介绍微机的基本概念和术语、数码制与逻辑代数、数字集成电路与逻辑电路等基础知识。既便于读者复习、提高,又便于学习后面章节时查阅,使其有完整的体系。为了实践的需要,还增加了芯片应用的基本知识,叙述详细而又通俗。

第四章先介绍总线和存储器。有了存储程序及堆栈的概念,为学习CPU作好准备。

第五章介绍16位CPU8086,它与当前流行的80X86CPU的指令兼容。学习本书能适应当前的微机系统及工业控制机的应用需求。

第六章介绍8086的助记符指令。对机器指令格式作了简略介绍。

第七章汇编语言程序设计,介绍了MASM5.0宏汇编的新版本,既能适应目前广泛使用的IBM-PC,对掌握更高层次的汇编语言也有了基础。本书向读者推荐模块化编程的方法。基本程序设计的例子尽量结合在机械控制中的应用,有最基本、较简单的,也有较复杂的,后者可供有较强自学能力的学生自学,以广泛满足读者。

第八章接口电路设计,主要介绍了机械控制中常用的接口芯片,如并行接口8255A、计数器定时器8253、中断控制器8259A及D/A和A/D转换器,并有应用的实例。有关计算机外围设备及其接口本书从略。

第九章为应用部分,介绍了机械控制中采用的顺序控制、轨迹控制的原理。通过一些实例,引导读者从工艺分析、接口硬件设计,到系统设计,作为学习本课程后的典型示范。

本书还具有下列特点:

1. 专业术语及其解释用黑体字表示,并列有英文或其缩写。
2. 微机的基本理论知识与工程的实际应用并重,尽量达到理论与实际结合,学用结合。
3. 每章开始有本章要求,分为一般了解、熟悉、初步掌握、掌握几个层次。每章后附有习题,包含基本概念、工作原理、应用练习以及进一步的思考题,并附有提示,读者可自检学习效果。
4. 为培养独立思考和扩大眼界,本书的许多应用实例采用了我校取得的科研成果。

本书以大学本科读者为主,也适用于机械类中专学生选作教材及研究生参考,亦可供在职机械工程技术人員自学和从事机电一体化技术人员参考。

本书作者有:李国伟(第1~4章)、那海涛(第5、8章)、王春香(第6章)、苏红涛(第7章)、

汪建新(第9章),5~9章均与李国伟合写并由李国伟统稿。

本书编写过程中还得到领导和许多同志的关心、支持,特此致谢。

倘若本书对学生学习以及对热心于技术进步的读者有所裨益,编者将感到不胜欣慰。

读者对本书有何意见请赐教,寄哈尔滨工业大学机械工程系转编者,不胜感谢。

编者 1996年12月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 机械制造业的发展与计算机的关系	(1)
§ 1.2 电子数字计算机的基本概念	(2)
§ 1.3 电子计算机的发展概况	(5)
§ 1.4 微型计算机的分类	(6)
习题	(8)
第二章 数码制与逻辑代数	(9)
§ 2.1 二进制数制(Binary Number System)	(9)
§ 2.2 八进制数与十六进制数	(12)
§ 2.3 数的原码和反码	(13)
§ 2.4 负数的补码及使用补码的减法	(15)
§ 2.5 二进制数码所表示的数及其它代码	(17)
§ 2.6 逻辑代数的基本概念	(20)
§ 2.7 逻辑式及逻辑运算基本定律	(22)
§ 2.8 逻辑代数的应用	(25)
习题	(28)
第三章 数字集成电路与基本逻辑电路概述	(29)
§ 3.1 逻辑电路中的基本元件——晶体二极管和三极管	(29)
§ 3.2 双极型集成门电路	(32)
§ 3.3 金属氧化物半导体(Metal-Oxide-Semiconductor) 场效应管集成电路(简称 MOS 集成电路)	(35)
§ 3.4 双稳态触发器(Bistable Flip-Flop)	(37)
§ 3.5 基本逻辑部件	(44)
§ 3.6 集成电路元件的使用	(48)
习题	(52)
第四章 微型计算机的总线和存储器	(53)
§ 4.1 总线与微型计算机系统的组织	(53)
§ 4.2 存储器的分类	(57)
§ 4.3 只读存储器 ROM	(58)
§ 4.4 可编程只读存储器 PROM 和 EPROM	(61)
§ 4.5 读写存储器 RAM	(63)
§ 4.6 半导体存储器芯片结构特点及位扩展	(66)
§ 4.7 内存容量的扩展(字数扩展)和存储器与地址线的连接	(67)
§ 4.8 存储器的工作方式	(71)
习题	(72)

第五章 中央处理器(CPU)	(73)
§ 5.1 CPU 的一般结构	(73)
§ 5.2 CPU 的功能	(76)
§ 5.3 8086CPU 结构原理	(78)
§ 5.4 8086CPU 的引脚功能和工作模式	(82)
§ 5.5 8086 的典型配置	(87)
§ 5.6 8086 的操作和时序	(90)
§ 5.7 中断系统	(94)
§ 5.8 8086 与存储器和 I/O 的组织关系	(99)
习题	(101)
第六章 微型机的指令系统	(102)
§ 6.1 概述	(102)
§ 6.2 8086 的指令格式	(105)
§ 6.3 8086 的寻址方式	(107)
§ 6.4 指令执行的时间	(110)
§ 6.5 数据传送指令(Data Transfer)	(113)
§ 6.6 算术运算指令	(119)
§ 6.7 逻辑运算和移位指令	(129)
§ 6.8 数据串操作指令	(132)
§ 6.9 程序的控制指令	(136)
§ 6.10 CPU 控制指令	(144)
习题	(146)
第七章 汇编语言程序设计	(147)
§ 7.1 概述	(147)
§ 7.2 汇编语言程序的语句	(151)
§ 7.3 汇编语言伪指令	(156)
§ 7.4 条件汇编及宏指令初步	(162)
§ 7.5 汇编语言源程序结构	(164)
§ 7.6 上机汇编过程	(166)
§ 7.7 程序设计概述	(167)
§ 7.8 顺序程序设计	(169)
§ 7.9 分支程序设计	(170)
§ 7.10 循环程序设计	(179)
§ 7.11 子程序及模块化编程技术	(185)
习题	(195)
第八章 微型计算机的输入输出接口	(196)
§ 8.1 接口的基本概念	(196)
§ 8.2 接口的功能及接口元件的种类	(198)
§ 8.3 微机与 I/O 端口之间的数据传送方式	(200)
§ 8.4 可编程并行接口 8255A	(202)

§ 8.5 计数器/定时器 8253	(211)
§ 8.6 可编程中断控制器 8259A	(220)
§ 8.7 数-模转换器 DAC	(239)
§ 8.8 模-数转换器 ADC	(245)
习题.....	(250)
第九章 微机在生产机械控制中的应用.....	(251)
§ 9.1 概述	(251)
§ 9.2 应用微机实现的顺序控制	(256)
§ 9.3 PC 的工作原理.....	(260)
§ 9.4 PC 在超精加工车床上的应用.....	(267)
§ 9.5 生产机械中的位置控制	(273)
§ 9.6 生产机械中的轨迹控制	(276)
§ 9.7 多微处理器系统在生产机械中的应用	(280)
习题.....	(283)
编后语.....	(284)
参考文献.....	(285)

第一章 绪 论

〔本章要求〕 了解机械制造工业的发展与计算机的关系,建立计算机工作的基本概念,准确理解电子计算机技术的专用术语。

§ 1.1 机械制造业的发展与计算机的关系

机械制造业为其它工业提供机器设备,以及人们日常必需的机械产品,可以说是其它工业的基础。它的发展和水平既关系到整个国家的工业水平,也关系到国防建设和人们日常生活。例如,现代化武器、火箭等的出现,使人们必须建立新的战略观念;交通和通讯的现代化,正改变着人们的时空观念;办公室的自动化及家用电器的应用,也正在不断改变人类的工作和生活方式。而各工业部门发展的水平,又与机械制造业的水平密切相关。诚然,不断改进和提高机械制造业的水平,意味着整个工业水平的提高。各工业部门的发展,对机械制造业提出了更新更高的要求,归纳起来有下述几个方面。

1. 能在较短时间内提供新的产品

由于科学技术的进步,新概念、新原理不断出现,新构思的产品尚未问世,另一个新构思又出现了。从商品经济观点出发,不能在较短时期内提供新的商品,便不能占领市场。因此,缩短设计和生产周期是必然的发展趋势。而计算机辅助设计(Computer Aided Design 简称 CAD)和计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing 简称 CAM)是加速新产品问世的有效措施。

2. 在广泛范围内实现生产过程的自动化

减轻生产劳动的强度,改善生产条件,是人们长期以来追求的目标。19世纪,汽车制造业首先利用了自动化生产技术,到本世纪机床的自动化程度已愈来愈高。但是,由于采用传统的自动化技术(如凸轮、继电器控制),随着自动化程度的提高,机床的功能更加专门化,使应用面变得愈来愈窄。因而只有在大量或大批量生产中才使用自动机床。长期以来,单件或小批生产的自动化没有彻底解决,然而单件、小批量加工的零件约占机械加工总量的70%~80%。

机械产品更新换代的周期越来越短,改型愈来愈频繁,尤其在宇航、航空、船舶等部门加工的零件不仅精度高、形状复杂,而且批量小。素以大量生产为特点的汽车工业也向多品种方向发展。只有在大量和大批量生产中才使用自动化的概念已发生变化。要求机械制造业提供具有较大柔性(灵活性)的、适应中小批量生产的自动化技术和设备,如数控(Numerical Control 简称 NC)机床、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System 简称 FMS)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System 简称 CIMS)以及无人化自动工厂(Unmanned Automatic Factory 简称 UAF),这些新兴的自动化技术都离不开计算机的应用。

3. 不断提高产品质量、精度和可靠性

机械产品向着两个方向发展:一方面是大型、高速、大功率,如大型发电设备、核电站、大型飞机、船舶;另一方面是微型化,为了减轻航天飞行器的自身重量,飞行器上的装置越小越好。发展的结果要求产品的质量、精度和可靠性越来越高。进行产品的优化设计、可靠性设计都离

不开计算机。利用计算机辅助检验(Computer Aided Test 简称 CAT)、计算机辅助质量控制(Computer Aided Quality Control 简称 CAQC)和自适应控制,都是产品质量的有效措施。

4. 机械产品的“智能化”和机电一体化

“机械”一词在文学家的笔下,往往用于比喻“呆板”,这是由于传统的机械具有严格的运动关系,要改变这种关系,需要重新改变机构的组合。机械只具备钢铁的“躯干”和“手足”,没有“耳闻目睹”的功能,更没有思维判断自我控制的能力,只能在人的指挥和监视下完成“呆板”的动作。现代化的产品中,愈来愈多地要求装上灵敏可靠的视觉、听觉、触觉传感器,能自动检测和监视设备工作情况,自我诊断设备的故障,在计算机(微电脑)的控制下实现无人化工作。这种机械产品与传统的产品相比,不仅增加了传感信息的功能,还增加了逻辑判断功能,这种用机器来模拟人类某些智力活动的功能称为人工智能(Artificial intelligence)。机械产品的“智能化”使大量电子设备与机械相结合,电气元件系统犹如神经系统会分布到机械产品的各处,它不再是机械的附属装备,而是机中有电、电中有机械,机电不可分割的一个整体,必须从产品设计时,就要全面考虑机电一体化(机电结合为一个整体)。

因此,作为机械产品的设计师非掌握电子技术、计算机技术不可,绝不是可有可无的问题。机械学(Mechanics)和电子学(Electronics)相结合正逐渐形成一门新的学科——机械电子学(Mechatronics),先进机械与电子(Advanced Machinery & Electronics)愈来愈不可分了。

机械产品的设计、制造、检验、销售,以及生产管理,已愈来愈离不开计算机了。

切削刀具新材料的应用和普及,加工新方法(如激光束、电子束的应用)及机床结构的改进,无疑对提高加工精度、加工效率具有重大意义。但是,从给整个生产技术带来巨大变革的意义上来说,电子计算机所起的作用更大。因而,国外将这个发展过程称为“计算机引导的制造革命”(Computer led manufacturing revolution)。望远镜、显微镜的出现补偿了人类眼力的不足,各种工具和机床扩大了人手的作用,交通工具的发展加速了人腿的功能,电子计算机的出现则扩大了人类大脑的作用,因而,将微型计算机称作微电脑。微型计算机是电子计算机发展的最新领域,它除了具有计算机的一般特点外,还具有体积小、重量轻、成本低、简单、灵活、可靠等许多特点。体积小重量轻便于装在机械设备最适当的地方,成本低不致因采用了电脑增加了机械设备的造价,带电脑的机器企业用得起,带电脑的家用电器家庭能够接受。微型计算机采用积木式组合,可以根据不同的实际需要灵活方便地组成各种规模的系统。微型计算机采用大规模集成电路,很多功能电路已组装在一个芯片上,元器件大为减少,使印刷电路板上的焊点数和插件数大大减少,大规模集成电路功耗小,因而发热量少,这些都使微型计算机的可靠性大大提高。因此,微型计算机的应用更加普及。考虑篇幅,本书仅限于对微型计算机原理及其在机械控制中应用的讨论。

对微型计算机的应用,并非要求把微型计算机的原理理解透彻,只要对微型计算机知识有初步的了解,掌握一种具体的微型计算机,结合具体的使用条件,就可从事微型计算机的应用。然后,再在实践中逐步加深对微型计算机原理的了解。

§ 1.2 电子数字计算机的基本概念

1.2.1 模拟计算机和数字计算机

人类为了生活和生产不断创造了各式各样的工具。首先学会了结绳计数,继而创造了用竹

子制成的计数用具称为筹码。早在公元 1274 年我国南宋时代,就有算盘歌诀的记载。像这样可以用竹片、算盘珠子来表示的可分割的或离散的可以进行计数的量,称为数字量(Digital)。

在电子线路中,可以产生突然变化的电压或电流信号,这种随时间断续变化为两种短暂稳定状态的电压或电流,称为电脉冲(pulse)(图 1.1)。电脉冲的个数像竹片一样可以进行计数(计算它们的个数),这种脉冲信号也是一种数字量或叫做数字信号。

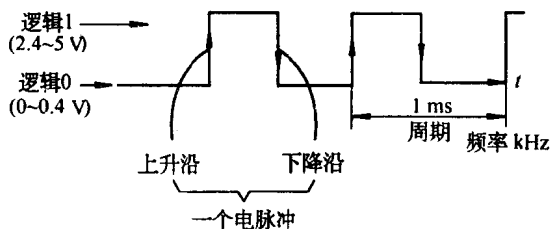


图 1.1 电脉冲

用一组电脉冲来表示变量(数据)的计算装置,称为数字计算器(Digital calculator)或数字计算机(Digital Computer)(二者的区别详见后述)。

随时间连续变化的物理量,如距离、电流、电压、温度等,称为模拟量(Analog)。这种量只能测得某一时刻的瞬时值,或某一段时间之内的平均值或有效值。金属导体的电阻值和导线的长度成正比,物理量电阻与长度之间存在相似的关系,因此,可以用一种物理模型实现另一种原型,模型与原型之间的区别只在于大小比例不同,模型与原型中变化的过程其物理本质完全一样,这种保持同一物理本质的模拟称为物理模拟,模拟量的名称由此而来。宇宙间许多物理现象不同,但是却可以用同一组方程式来描述,利用这种关系便可进行数学模拟。利用物理模拟或数学模拟建立的解题装置,称为模拟计算机或计算器(Analog computer),它们用特定的物理量表示变量。常用的计算尺是一种模拟计算器。

某一种物理现象或自然规律用一种数学模型(数学表达式)来表示时,可以在数字计算机上来演示它们的变化过程,被称为计算机仿真(Emulation)。

1.2.2 电子计算机的组成

学习计算机的内容可概括为两大部分:硬件(Hardware)部分,即计算机系统的实体部件,包括所有的电子和机电装置及其连接,又叫硬设备;软件(Software)部分,指计算机的信息部分,泛指程序设计部分,又叫软设备。算盘作为运算的工具,相当于计算机中硬件的运算器。运算时,操作者不断背诵珠算的“口诀”,指挥手拨动珠子,这种记忆在人脑内的口诀和运算的步骤,相当于计算程序。需要反复计算的数据、中间结果或最后结果,记录在纸上,以免忘记,复杂的运算公式也可以记录在纸上,这里的纸记下了计算的程序和数据,相当于计算机的“存储器”。用算盘进行计算是在人的参与下进行的,可以设想,要自动进行计算,则必须还有一个能代替人从纸上取数、拨动珠子、记下运算结果的“控制器”

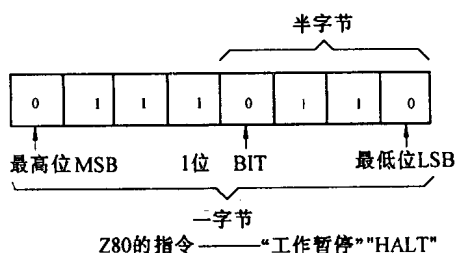


图 1.2 字节的形式

电子计算机的运算器只能进行极简单的运算,如加、减、加 1、减 1 等等,但是它能以惊人的速度不厌其烦地重复进行这些简单的运算。在计算机里,每执行一项简单的运算或规定的动作称为操作(Operation)。规定计算机执行何种操作的命令称为指令(Instruction)。指令是一组由 0 和 1 表示的二进制编码(图 1.2)。

计算机执行每条指令完成的操作是极为简单

的,要完成一种运算或实现一种控制动作,往往需要许多条指令。例如,作两数相乘的运算要多次执行“移位”和“相加”的指令。为了解决某一问题,按适当顺序排列用以指挥计算机执行必要操作的一组指令和数据称为程序(Program)。

在计算机中,凡是具有存储指令和数据(即程序)功能的元件或设备,统称为存储器(Memory)。计算机中的信息,即指令和数据,都是以一定数量的二进制代码形式来存储和处理的,每一组合称为一个字(Word)。一个字中的每一个二进制代码称为位或比特(Binary digit 缩写为 bit)。一个字中的数位或字符的数目称为字长(Word length)。字长表示了数据的范围或指令的多少,例如,字长为 4,可以组成从 0000 到 1111 的十六个字。因此,常用字长作为计算机的一个技术指标,字长越长,精度越高。

微计算机中指定 8 位二进制代码组成一个字节(Byte),如图 1.2 最左一位称为最高位(Most significant bit 简称 MSB),最右一位称为最低位(Lowest significant bit 简称 LSB)。4 位二进制代码称为半字节(Half Byte),1024 个字节称为 1KB(1K 字节)。存储器的存储量常用字节数来表示。

电子计算机中,执行算术运算和逻辑运算的电子线路称为算术逻辑部件(Arithmetic and Logic Unit 简称 ALU),又称运算器。计算机中,按序取指令、解释指令和启动相应操作的部件称为控制单元(Control unit)。它和运算器及寄存器组合在一起组成中央处理器(Control Processing Unit),简称 CPU。

计算机只能按人的意志来工作,因此首先由人操作将指令和数据输入计算机,计算的结果也需要送出来。将指令和数据输入计算机的设备称为输入设备(Input device 或 Input equipment),如读卡机、键盘等,用以输出信息的设备称为输出设备(Output device),如打印机、显示器等,笼统地称为输入输出设备,简称 I/O 设备。它们都是独立的制造单元,由专门的工厂生产,故又称计算机的外围设备(Peripheral equipment),简称外设。计算机各部件之间的关系如图 1.3 所示。

最早的计算机很像现在的袖珍计算器,操作者用按键一面输入指令和数据,一面进行计算。计算机一直处于等待输入的状态,这样将使计算机的运算速度降低到人的操作速度,电子电路的惊人速度得不到充分利用,为发挥计算机的作用,先编好程序送入计算机存储器里存储起来,然后 CPU 依次从存储器取一条指令执行一条指令,直至程序的全部指令执行完毕。电子计算机的工作过程,完全是在程序的控制下进行的。要求计算机完成另一种任务时,实际是要求它按另一套

程序进行工作,因此,同一台计算机不必变动它的电子线路就可以完成另一项任务。计算机之所以具有广泛的通用性,就在于它能将重新编写的程序存储在计算机内,执行程序时再从存储器中调出,这种方式称为程序存储控制方式。约翰·冯·诺伊曼(John Von Neumann)首先提出存储程序的概念,控制器的结构是根据存放在存储器内的一系列指令,按程序进行工作。

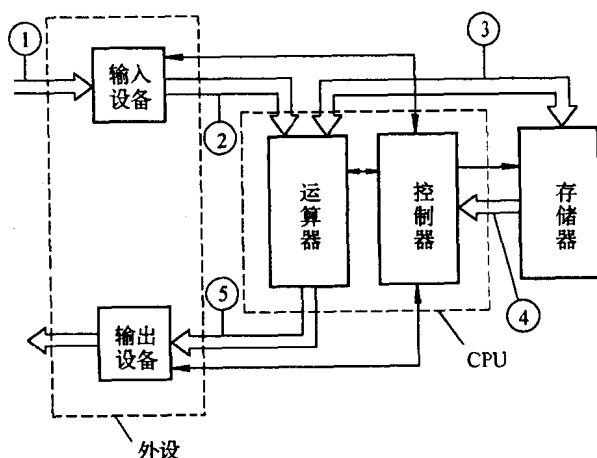


图 1.3 计算机的组成

冯·诺伊曼结构是数字计算机中最常采用的结构,几乎也是所有微型计算机结构的基础。

计算器与计算机的最大区别在于前者不具备程序存储的功能,必须由人一步一步给出指令。但是,有的计算器增加了一些简单程序的存储功能。随着微型机的进一步微型化,二者的区别正在缩小。

图 1.3 中,双箭头表示数据和指令传送路线和方向,单线箭头表示控制信号传送路线和方向。

首先将编好的程序沿①经输入设备转换成机器能接受的二进制代码,沿②送至运算器中的寄存器,再沿③送入存储器中。一条条的指令沿④送入控制器,经过译码发出各种控制信息,将存储器中的数据沿⑤送到运算器中进行运算。运算结果可以再沿③送入存储器中保存,或者沿⑥经过输出设备将二进制代码变换成人们习惯的十进制数或字母、文字符号。

到此可以得出结论:凡能自动进行计算的设备统称计算机。电子计算机又分为数字式、模拟式和二者的混合式,但 Computer 通常指存储程序式的电子数字计算机。

§ 1.3 电子计算机的发展概况

自第一台电子计算机问世以来,在不到 40 年的时间内,经过了从电子管、晶体管、小规模集成电路到大规模集成电路的发展道路,目前正在向超大规模集成电路的方向发展。

所谓**集成电路**(Integrated Circuit 简称 IC),是在小片半导体材料(通常用几至几十平方毫米的硅片或陶瓷基片)上制成含有晶体管、二极管、电阻、低值电容等元件的完整电路。它与传统的用分立的元件通过导线连在一起的分离电路(Discrete Circuit)如图 1.4(a),显著的区别是,从外观上已分不出哪是元件、哪是导线,故又称为**固体电路**,用塑料或陶瓷封装后作为一个具有一种或多种电路功能的器件,用管脚和其它电路相连,通常称为**芯片(chip)**,图 1.4(b)所示为芯片的外观形状。根据单个芯片上所包含的元件数不同,集成电路的分类见表 1.1。

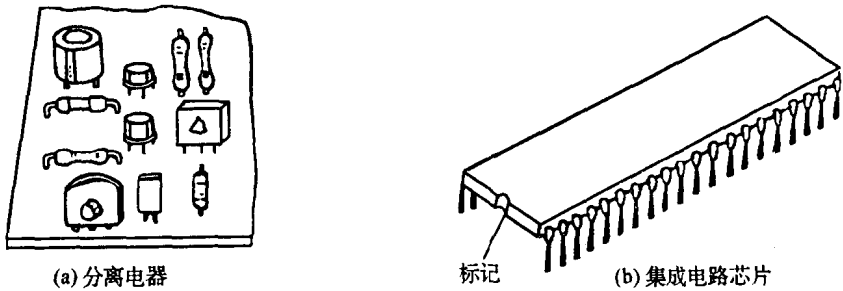


图 1.4

表 1.1 集成电路的分类(按 EIA 和国际电工委员会 IEC 定义)

电路名称	简称	单个芯片包含的元件数(等效门数) ^①
小规模集成电路 (Small Scale IC)	SSI	比中规模简单
中规模集成电路 (Medium Scale IC)	MSI	≥ 12
大规模集成电路 (Large Scale IC)	LSI	≥ 100
超大规模集成电路 (Very Large Scale IC)	VLSI	$\geq 1\,000$

①等效门电路数,即为完成相同功能的单个逻辑门数。

1943~1944年,美国哈佛计算机研究所的艾肯(Howard Aiken)研究成功用继电器的通断表示1和0的电子计算机 Mark I。1946年,埃克特(J·P·Ekert)研究成功 ENIAC 计算机(ENIAC 是电子数字求积与计算器 Electronic Numerical Integrator & Calculator 的缩写)。它用了18 000多个电子管,1 500个继电器,重30 t,耗电150 kW。随着集成电路的出现和集成度的提高,计算机的体积大大缩小,因而出现了微型计算机(Microcomputer 简称 μ C),它是由LSI组成的计算机。微型计算机的最大特征是它的CPU是由一片或几片大规模集成电路芯片组成,称为微处理器或微处理机(Microprocessor 简称 μ P)。

1971年,美国 INTEL 公司研究的第一个4位的 μ P Intel 4004 (Mcs-4)问世以来,微处理器的发展极为迅速,其发展大致划分为五代,如表1.2所示。

表 1.2 微处理器发展概况

第一代 1971~1973	Intel 4004 串行十进制运算,适用于计算器。改进后的 4040 能满足简单应用。世界上 4 位 μ P 产量仍很大,4040 以外,还有 Rock Well 的 PPS-4、PPS 4/1、PPS 4/2、TEXAS 仪器公司的 TMS 等。8 位的 Intel 8008 投放市场
第二代 1973~	8 位的 Intel 8080 的出现,加速了 μ P 的发展,占 μ P 市场 60%,改进后的 8085 与 8080 兼容。生产 8080 的有美国 AMD(Advanced Micro Devices)、TEXSA、National、日本 NEC Micro、西德 Siemens。与 8080/8085 竞争的还有 Rock Well 的 PS-8、Signetics 的 2650、MCS 技术公司的 MCS 6502、Westem 的 MCP 1600、Intersil 的 IM 6100、Motorola 的 M 6800/6802 和 Zilog 的 Z-80
第三代 1974~	位片式微处理机 Intel3000,由一片微程序控制器(MCU)3001 和若干片二位的中央处理部件(CPE)3002 组成若干位的微处理器,位片式 μ P 还有 AMD 的 4 位位片 2901、Motorola 的 4 位片 M 16800。位片式 μ P 的速度比一般单片式 μ P 快 5~10 倍。位片式结构数据吞吐量大、灵活性高、扩展能力强
第四代 1976~	16 位 μ P 代表产品有 Intel 的 8086/8088、Zilog 的 Z-8000、Motorola 的 M 68000。它们的运算速度比典型的 8 位机快 1~5 倍,已赶上和超过小型机速度。如 Z 8000 比小型机 PDPP11/34 快 2~5 倍。在 8086 基础上又发展了 iAP $\times$ 286/288
第五代 1981~	1983 年以后,又生产出 Intel 80386、Motorola 68020 等 32 位 μ P,时钟频率 20~40 MHz,平均指令执行时间约为 0.05 μ s。Intel 80286、Motorola 68010 等 16 位 μ P,时钟频率 10 MHz,平均指令执行时间约为 0.2 μ s

国内于1974年开始研制微型计算机。1979年仿制成由4片集成电路构成的仿8080微处理器。此后,又研制出单片8080和8085微处理器,也研制成多片集成电路构成的仿6800微处理器和单片的6800微处理器。整机生产方面,国内有DJS-050和DJS-060两个系列,这些系列机都是通过引进成套散件进行组装的,DJS-050与Intel系列的微型机兼容,DJS-060系列和Motorola系列的微型机兼容。此外,以Z80为CPU的单板机TP-801产量也较大。国内生产的仿IBM PC/XT的长城0520系列机和仿Apple机的紫金-I及中华学习机,年产量均超过万台。

§ 1.4 微型计算机的分类

在选择微型机之前,必须仔细研究具体的应用条件,同时也需要知道市场上能买到的微型机的分类。微型机有下列几种:

1. 单板计算机(Single board micro-computer)

将组成微型机必要的芯片,如CPU、存储器和I/O接口,装在一个印刷电路板上(面积约为 $300\times 400\text{ mm}^2$),配上电源就能工作的微型机叫做单板机。它的生产量大,成本低,货源充足,制造厂还提供许多辅助功能模板和外围设备以及必要技术的文件,还可以买到脱机的软件

来实现许多例行的工作,对于初学者来说容易掌握。

在机械控制中,开发新的应用时,最好先利用单板机。因为利用标准的单板机来快速开发一个新产品效果显著,而成本较低。对于要求功能更多的系统,也可以用单板机为基础与其它功能插件板连接,以满足应用的要求。

开发新的专用计算机时,在确定了系统的初步方案之后,将系统分为若干部分,同时并行在几台单板机上进行接口电路与软件的开发试验。在形成新产品的初期阶段,先采用单板机,待产量增加和制造条件具备时,再置换成自己开发的专用计算机。

单板机也适合于装入已有的生产设备中作为智能部件,使现有设备自动化,这是挖掘现有设备潜力既快又省的方法。

2. 箱式微机系统 (Boxed System) 或个人计算机(Personal Computer 或 PC)

装有计算机系统元件的多个印刷板都装在一个封闭的箱子里,因而称为箱式微机系统。这种计算机一般供个人使用,包括 CPU、读写存储器(RAM)、键盘(Keyboard)、荧光屏监视(显示器)(Video Screen 简称 CRT)和能存储和恢复程序用的小型软磁盘(Flopp disc)的驱动器。用户可以用高级语言如 BASIC、FORTRAN、PASCAL 等编写程序。高档的还具有存储量可达几兆字节的温氏硬磁盘(Winchester Technology Disc)驱动器、高速打印机和绘图机。

箱式计算机的档次范围较宽,价格低廉的可用于电视游戏、家庭记帐等方面,称为家用计算机(Home Computer)。较多的用于科学计算、数据处理以及办公室自动化。Apple、IBM PC/XT、IBM PC/AT、国产长城 0520、联想 486 等,都属于这种类型,大量用于实验室、研究所和学校、机关、商店的事务管理,需要量将继续增加。大量软件可用于这种系统,经过适当扩充也可用于机器的控制,如作者曾研制过的微机数控纤维缠绕机,即是用这种微机扩充后实现的。

3. 专用计算机(Special purpose computer)

这是为解决某一类型特定用途而设计的计算机。如银行财务用专用计算机、工业控制机等。对于一些工业控制应用场合,当计算机硬件的价格占全部系统的主要部分时,必须降低它们的价格。另一方面,需要它们工作在非常恶劣的环境时,用单板机或个人计算机进行扩充的方案已不适用,可以通过选择适当的微处理芯片,围绕它建立一个最佳系统结构(Optimum chip configuration),选用最少的元件和最小系统。显然,这个低价格的最佳系统结构,需要通过反复比较设计、开发和试验才能获得。但是,只有在中等规模的生产时,才能把设计和开发的费用分摊在大量的产品中。

为了获得低价格的最佳系统,又要减少开发试制费用,有效的方法是采用标准化、通用化的电路板(Board 或称插件板),用标准化的信息总线将它们联接起来,好似儿童用积木块可以组成各种建筑一样,称之为模块化(modular)。

4. 单片计算机(Single Chip computer)

由于微电子技术的发展,可以在一个芯片上集成一个完整的计算机电路,除 CPU、存储器之外,还包括部分 I/O 设备,称为单片计算机,简称单片机。

最初单片机只用于简单的顺序控制(Sequential Control),如洗衣机、厨房用具、编程游戏机。后来主要用作自动控制中各种各样的控制器,因而又称为微型控制器(Microcontroller 简称 MC)。1976 年 Intel 公司推出 8 位第一代单片机 MCS-48 系列,到 1980 年又推出第二代 8 位增强型即 MCS-51 系列,到 1983 年又推出 16 位单片机 MCS-96 系列。它的工作频率越来越高,芯片内存容量增大,有多个定时计数器,并带有多路输入的模拟量变数字量的变换器和输出数字量变模拟量的变换器。它已包含了整个的微型数据采集系统和小型控制系统的全部功

能。

5. 计算机训练设备(Educating Kits)

计算机训练设备是用户熟悉计算机原理的设备。它大都包括 CPU、少量内存和 I/O 装置,小的键盘作为输入,光发射显示器作为输出,它也包括起码的属于程序调整的监控器,用来改变存储地址和对程序作有限的调整。

实际上,单板机最初开发的目的是作为一种训练设备,其价格低且容易掌握,因而被用在工业控制上,由于它在设计和制造上没有充分考虑工业使用的环境,在用作工业控制时,应加强防范措施,增强其可靠性。

娃娃机、各种学习机用来训练儿童用 Basic 语言编制程序,也是一种训练设备。

6. 手持式计算机

随着微型计算机的进一步小型化,又出现了手持式计算机(Hand Hold Computer 缩写 HHC),又称袖珍计算机,其体积约为一本书大小,带有键盘、液晶显示器和接口,能与一般便携式外设连接,其功能与个人计算机相似,便于野外作业使用。

习 题

1. 机械制造业的发展与计算机有何关系?
2. 模拟量和数字量的区别是什么?
3. 字、字长、字节之间的区别是什么?
4. 计算机由哪几部分组成? 写出它们的名称、功用。
5. 解释下列名词术语:
人工智能、操作、指令、程序、集成电路、分离电路、芯片、微处理器、模块化。
6. 何谓程序存储控制方式? 计算器与计算机的主要区别是什么?
7. 微型计算机可分为几种,它们的区别是什么?

第二章 数码制与逻辑代数

[本章要求] 掌握二进制、十六进制数的表示方法、运算规则及其与十进制数的转换。掌握及使用补码的减法。了解计算机中数、字母与字符的表示方法。掌握与、或、非的逻辑关系,及基本的逻辑变换和逻辑函数的简化。

§ 2.1 二进制数制(Binary Number System)

2.1.1 什么是二进制

常用的十进制数(Decimal Number)是用 $0, 1, \dots, 9$ 十个数字符号来表示的,符号的个数十称为基数(Base number),在十进制中,逢十进位。十进制数实际上是由系数 a_i 与基数 10 的幂相乘的总和,系数 a_i 就是十个符号 $0, 1, \dots, 9$ 之一,基数的幂如 10^2 表示某一位的权。任一个十进制数可表示为

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 10^i \quad (2.1)$$

其中 n 为数字 N 的位数。

通常所写的十进制数只保留了它的系数而省去了它的权。例如,980 实际应是

$$980 = 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 0 \times 10^0$$

二进制中,只用了两个数字符号(数码)0 和 1,基数为 2,逢 2 进 1,例如,二进制数 1011 相当于十进制的 11,即

$$1011_2 = (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$$

其中 11_{10} 表示十进制的 11,以便与二进制的 11_2 区别, 11_2 等于十进制的 3。

任意一个二进制数 $a_{m-1}, a_{m-2}, \dots, a_0$ 所对应的十进制数为

$$a_{m-1} \times 2^{m-1} + a_{m-2} \times 2^{m-2} + \dots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{m-1} a_i \times 2^i \quad (2.2)$$

(若为小数,小数点右边的权是基数的负整数次幂,即 i 为负整数,请读者自己练习)

按式(2.2)的关系,便可将二进制数转化为十进制数,如表 2.1。

表 2.1 二进制数转换为十进制数

二进制数	转换计算	十进制数	二进制数	转换计算	十进制数
1	$1 \times 2^0 = 1$	1	111	$1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 7$	7
10	$1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 2$	2	1000	$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 8$	8
11	$1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 3$	3	1001	$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 9$	9
100	$1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 4$	4	1010	$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 10$	10
101	$1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 5$	5	1011	$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 11$	11
110	$1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 6$	6	1111	$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 15$	15