

怎样使用单板机

饶冠树 赵联邦编 河南科学技术出版社



怎样使用单板机

饶冠树 赵联邦 编

河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书着重介绍单板计算机(简称单板机)的使用方法和应用实例,包括它的结构,程序设计方法,接口技术,应用系统的设计与调试,各种应用实例和实验。为使中学以上文化程度的读者可以自学,讲述尽量浅显易懂。

怎样使用单板机

饶冠树 赵联邦编

责任编辑 范云操

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开本 10.55印张 231千字

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

印数: 1— 3,000册

ISBN7-5349-0154-5/T·155

定价 2.85 元

序 言

现代科学技术和现代化管理是提高经济效益的决定性因素，是使我国经济走向新的成长阶段的主要支柱。而发展科学技术、进行现代管理都离不开电子计算机的广泛应用。无论是在尖端科学技术领域，还是在国民经济的各个部门，到处都可以看到电子计算机创造的丰功伟绩。

近年来，我国微型计算机的发展十分迅速，应用领域日益广泛，明显地提高了国民经济各部门的经济效益，推动了科学技术和国民经济的发展，成为现代社会不可缺少的强有力的科学工具。单板计算机是做在一块印刷电路板上的完整的微型计算机。它功能齐全，用途广泛，使用方便，价格低廉（几百元一台），性能可靠，因而广泛应用于工业、农业、交通运输、科研、教育、国防等部门。近年来，单板机普遍用于进行信号检测、数据采集和处理、自动控制、事务管理等领域，对经济建设起了很大的促进作用。

目前，一个学习计算机、推广应用计算机的热潮正在全国兴起。广大科技人员、管理干部、工人和学校师生，迫切要求尽快掌握计算机知识，以便为祖国“四化”建设作出更大贡献。

为了适应这一需要，我们根据自己多年来教学和工程技术实践，参考了近年来出版的有关书籍和资料，综合整理写成本书。本书与一般的计算机教材不同，不重于讲解理论，而着重讲述在实践中如何使用单板计算机等实用内容。为适宜广大对计算机仅有初步了解的读者自学，尽量讲解得浅显易懂。书中以Z80系列

单板计算机为基础，全面介绍单板计算机的结构、原理、程序设计、接口技术、应用系统的设计与调试，最后还分门别类地介绍了各种应用实例。各章都附有大量的图表、例题和实验，适于中学以上文化程度的读者自学和成人教学，读者可以边学习，边上机实习，收获会更大。全书的重点着眼于应用，因而介绍了许多实用价值较大的程序、设计和调试方法、应用实例。有些例子读者稍作修改便可移植到生产实际中去。

本书在编写过程中，得到了有关领导和同行的鼓励和支持，书中全部插图由赵素梅同志绘制，在此一并表示谢意。河南科学技术出版社的同志在审稿、编辑、出版工作方面，全力给予帮助和支持，使本书能顺利编成出版。在此，我们深表感谢。

编者

一九八八年十月

目 录

序言	(1)
第一章 计算机基础知识	(1)
§1-1 概述	(1)
§1-2 计算机中数的表示方法	(10)
第二章 单板计算机的结构与工作过程	(29)
§2-1 单板机的基本构成	(29)
§2-2 Z80微处理器	(34)
§2-3 单板机的工作过程	(42)
§2-4 单板机的操作	(43)
第三章 Z80指令系统	(50)
§3-1 指令的格式和寻址方式	(50)
§3-2 Z80汇编语言	(52)
§3-3 Z80指令系统	(55)
§3-4 怎样使用指令系统	(80)
§3-5 在单板机上执行Z80指令	(84)
第四章 Z80汇编语言程序设计	(90)
§4-1 程序设计基本方法	(90)
§4-2 数码显示	(98)
§4-3 数码的拣选和排序	(101)
§4-4 数码的转换	(107)
§4-5 算术运算程序	(110)
§4-6 子程序	(122)

第五章 单板机的输入输出系统	(124)
§5-1 输入输出接口电路	(124)
§5-2 输入输出方式	(127)
§5-3 中断	(134)
§5-4 Z80中断系统	(139)
第六章 并行输入输出接口 Z80—PIO	(150)
§6-1 PIO的结构和工作方式	(150)
§6-2 PIO的控制字及编程	(156)
§6-3 PIO接口实验	(160)
第七章 计数器/定时器电路Z80—CTC	(177)
§7-1 CTC的结构、工作方式和控制字	(177)
§7-2 CTC接口实验	(184)
第八章 模/数转换器和数/模转换器	(193)
§8-1 模/数转换器(A/D)	(194)
§8-2 数/模转换器(D/A)	(198)
§8-3 A/D与D/A接口实验	(201)
第九章 微型打印机	(206)
§9-1 概述	(206)
§9-2 打印方式	(208)
第十章 单板机应用系统的设计和调试	(222)
§10-1 系统总体设计	(222)
§10-2 硬件设计	(226)
§10-3 软件设计	(239)
§10-4 运行与调试程序	(244)
§10-5 系统的调试与运行	(259)
第十一章 单板机应用实例	(266)
§11-1 顺序控制	(266)
§11-2 数据采集	(278)

§11—3 闭环控制	(288)
附录 Z80指令功能表	(301)

第一章 计算机基础知识

§1—1 概述

电子计算机是一种能够自动地、高速地、精确地进行信息存贮、数值计算、过程控制和数据处理的现代化电子设备。它的发明、发展和应用，推动了现代科学技术的迅速发展，引起了世界性的新技术革命，对人类社会生活的各个方面产生了巨大影响。

一、电子计算机的发展与应用

从1946年世界上出现第一台用电子管为主要元件制造的电子计算机以来，电子计算机几经脱胎换骨、更新换代，有了飞跃的发展，差不多每过五到八年，运算速度就提高十倍，可靠性也提高十倍，体积却缩小到十分之一，成本降低十分之九。按照元件的更新来划分，计算机的发展可以分为四代，其特点如表1—1所示。

第四代计算机的一个重要成员是微型计算机。它是目前世界上应用最广泛的一类计算机，已经在工业、农业、科技、商业、国防甚至家庭等各个领域大显身手。从某种意义上说，微机的出现，才真正使计算机得到了推广与普及。由于微机采用大规模集成电路作为计算机中央处理单元，使整机重量轻、体积小，但功能并不弱，目前高档微机已达到小型机水平，大有取而代之之势。

1971年11月，美国Intel公司生产出来世界上第一个微处理器

表 1-1

计算机技术发展简况

时间 项目	第一代 1946~1954	第二代 1957~1963	第三代 1964~1970	第四代 1971~现在
逻辑元件	电子管	晶体管	中小规模 集成电路	大规模 集成电路
运算速度	每秒几千~几万次	每秒几万~ 几十万次	每秒几十万~ 几百万次	每秒几千万~ 十几亿次
系统软件	机器语言 汇编语言 汇编程序	高级语言 编译系统 操作系统	会话式语言 大型操作 系统	可扩充语言 数据库
应用范围	科学计算	科学计算 数据处理 事务管理 过程控制	信息处理 广泛应用 于各个领 域	联机应用 计算机网 络、人工 智能
技术特点	计算机 系统形成	系列化 标准化	软件工程 发展	计算机 网络发展

Intel 4004, 在 4.2×2.2 平方毫米的电路芯片上, 集成了 2250 个晶体管, 构成了一个完整的中央处理器。它的字长只有 4 位, 功能还不够完善, 却标志着计算机历史上的新纪元的开始。所以我们称 4 位机为第一代微机。

此后, 1973 年制成的 8 位微处理机 Intel 8080 和 1974 年由 Motorola 公司制成的 MC6800, 以及 1975 年 Zilog 公司生产的 Z80, 把微型机推向了成熟和实用的阶段。所以我们称 8 位机为第二代微机。

1978年开始，诞生了16位微处理器，象Intel8086、Z8000、MC68000等。由于字长扩大，集成度提高，工作速度更快，又增加了大量的高可靠性的硬磁盘——温盘，使微机进入了广泛使用的领域，我们把16位微机称为第三代微机。

1981年后，32位微机又异军突起，使小型机让出了长期占领的一些领域，一般称之为第四代微机。

微机的功能主要取决于微处理器的性能。所谓微处理器，一般是指由一片或几片大规模集成电路芯片组成的计算机中央处理部件(Central Processing Unit)，通常简称为CPU。CPU包括运算器和控制器，它的性能决定了计算机系统的主要功能。所以尽管一般机器型号不尽相同，却可以归结为相同类型的微机系统。8位机常用的微处理器型号有Intel8080，MC6800，Z80等。

以微处理器为核心，再配上半导体存贮器(读写存贮器RAM，只读存贮器ROM)以及输入/输出(I/O)接口电路芯片等装置组成的计算机，称为微型计算机。

常见的微型计算机有单片机和单板机两种。在一片大规模集成电路芯片上集成了CPU、RAM、ROM及输入输出接口电路，就成了单片计算机(简称单片机)。通常把它作为一种控制部件装到仪器中或控制设备上。如果把CPU芯片、ROM芯片、RAM芯片及输入输出接口芯片组装在一块大印刷电路板上，就成为单板计算机(简称单板机)。它一般用于工业控制和数据处理等方面。

在微型计算机基础上，再配置系统软件和各种外部设备，就构成了微型计算机系统。

电子计算机的应用是科学技术现代化的重要标志之一。目前，计算机主要的应用领域有以下几个。

数值计算：所有的科学研究和工程计算都离不开数值计算。随着电子计算机的发展，数值计算在现代科学研究中的地位与作

用不断提高，已成为与高度技术化的实验具有同等意义的研究方法。象洲际导弹、宇宙飞船、天气预报、水坝应力、人造卫星等尖端科研领域和大型工程的计算更是离不开电子计算机。计算机存贮量大，精确度高，运算速度快，因而特别适合于数值计算。

自动控制：这一领域主要包括在工业、交通、运输等部门的生产过程控制和军事系统、宇航系统的实时控制等。在工业生产的過程控制和管理中采用电子计算机，可以节约劳力，减轻劳动强度，提高生产效率，节省原材料，减少能源消耗，降低成本。目前，许多行业的自动生产线都是计算机控制的。计算机还可以用于军事目的，对飞机、军舰、导弹等精确制导和自动控制。在1983年的“马岛战争”中，阿根廷用带电脑的“飞鱼”导弹，一举击沉英国价值两亿美元的“谢菲尔德”号大型战舰就是一例。

数据处理：数据处理是现在计算机应用的一个最主要的领域。在生产和生活中，我们会遇到大量的数据，如实验、观测、统计等，往往需要我们按照不同的使用要求进行处理。这些处理的特点是数据量大，时间性强，却不需要十分复杂的计算。所谓数据处理，就是对数据进行综合分析，并加工整理成人们所要求的数据形式，包括分类、合并、存贮、检查、计算等。目前世界上有许多计算机数据处理系统，人们已经通过计算机网络和卫星通讯，把世界各地的计算机联结起来，用户可以随时检索和查询世界各地的情报资料。就是在一般的事务管理中，在办公自动化方面，也都离不开数据处理。

智能模拟：智能模拟指的是用计算机模拟人的智能。由于计算机的发展，电子计算机不但能计算，还能证明定理，能进行逻辑推理，可以帮助人进行思维活动。这方面较为突出的应用形式有：模式识别、机器翻译、机器人、专家系统等。模式识别，一般是指对图象、文字、语音，各种形体和景物的自动分类和判

别，最近几年获得了长足的进步。机器翻译是指计算机对一种文字有接受、理解、分析、对比能力，能自动翻译成另一种文字。机器人是指由计算机控制的机器装置，它可以模拟人的部分动作和智能。专家系统即计算机专家咨询系统，是一种具有大量专门知识的计算机程序系统，象“计算机中医”就是一例。这一方面的应用还处在研究发展阶段。

二、硬件和软件

为了实现自动化信息加工，不论是何种类型、什么规模的电子计算机系统，都是由硬件和软件两大部分组成的。

(一) 硬件

所谓硬件，是计算机系统中机器装置的总称。一切可以看得见、摸得着的由电子、机械或磁性元件组成的部件与设备，统称为硬件。硬件主要包括中央处理器、主存贮器和外部设备，并可按功能细分为运算器、控制器、内存贮器、输入设备和输出设备等五大部分。前三部分合在一起称为主机，而运算器和控制器合在一起，称为中央处理器。输入输出设备和外存贮器则统称为外部设备。当计算机用于数据采集和实时控制时，还需要有模拟量 and 数字量之间的转换装置以及开关量输入输出装置，这些一般称为外围设备。主机通过通道与外部设备或外围设备相连接。

1. 运算器：它是实现运算的部件。它不仅能进行加、减、乘、除等算术运算，而且还能进行逻辑比较、逻辑判断和逻辑运算。

2. 控制器：它是整个计算机的指挥和控制机构。它与计算机各部分都有联系，并向各部分发出协调工作的“命令”。它的任务是用来指挥计算机各部件协调工作，保证数据信息的处理能按照预定的目的和步骤操作，使处理过程有条不紊地进行。

3. 存贮器：用来存贮信息，具有记忆功能。计算机计算所需要的大量原始数据、中间结果以及计算程序都要存放在这里，供

运算器随时取用。存贮器进行一次读写操作所需的时间称为存取周期。存贮器所能容纳的二进制信息量（字数×字长）称为存贮容量。存贮容量越大，存取速度越快，则计算机功能越强。

存贮器分两大类——内存贮器和外存贮器，简称内存和外存。内存是与运算器直接相联系的存贮器，主要用来存放现行程序的指令和数据，由于可以用指令直接存取，故存取速度快，但存贮容量有限。过去内存多由有记忆特性的磁芯组成，近年来逐步采用大规模集成电路芯片组成。因而减小了体积，提高了存取速度和可靠性。

半导体存贮器包括读写存贮器RAM和只读存贮器ROM。读写存贮器RAM是能随机进行读出和写入操作的存贮器，断电以后所存信息立即全部消失。只读存贮器ROM所存贮的信息既不能随机改变，也不会断电后消失。用户在使用时只能进行读出而不能进行写入操作。它的好处是可将信息长期保存，只要加电，信息立即可被使用。

内存贮器好比一幢大楼，它有成千上万的“房间”，我们把每个“房间”称为存贮单元。为了便于查找，“房间”需要唯一的“编号”，彼此不能重复。我们把它的“编号”称为地址。按照地址，就可以很方便地从存贮单元中取出数据。每个单元中存放的数据称为一个“字”，一个字所包含的二进制数的位数称为“字长”。在一般单板机中，每个存贮单元可以存放一个8位二进制数，我们就说它是8位机，即字长为8。习惯上常把8位二进制数称为一个“字节”。存贮单元的多少表示了存贮容量的大小。存贮容量常以K字节（1024字节）为单位。例如，单板机的存贮容量一般为4~16K字节。

外存贮器不与运算器直接联系，用来存贮当时暂不使用的信息。它的特点是容量大，但存取速度慢，常见的外存有磁盘、磁带、磁鼓等。

4. 输入设备：它的主要功能是将原始数据、程序和控制信息等转换成计算机所能识别的二进制形式的电信号，并顺序把它们送入计算机的存贮器中。常见的输入设备有：光电纸带输入机、卡片输入机、电传打字机、键盘、光笔等。

5. 输出设备：它的主要功能是把计算结果及其它各种信息，以人们能识别的数据、文字、图形等形式表示出来。常见的输出设备有：行式打印机、电传打字机、屏幕显示器、X—Y绘图仪等。

6. 外围设备：计算机用于工业控制、巡回检测等方面时，常常检测、处理各种各样的参数。这些参数往往是不同形式的物理量，如开关量、模拟量等等。由于计算机内部只能处理二进制数字量，故主机与外设联系时需要增加物理量转换装置，统称为计算机外围设备。因此，我们需要了解以下概念：

(1) 开关量是一些具有两个状态的量，如阀门的开与关、电机的启动与停止等，都可以用二进制数码“0”和“1”表示。

(2) 数字量是一种数字形式的量值。它的大小与变化呈现不连续性，或称离散性。我们日常生活中常用它进行计算和计量，例如算盘就是一种数字量计算工具，我们常说的电子计算机一般也是指电子数字计算机。

(3) 模拟量的变化呈现出连续地改变着的性质，如温度、压力、流量等。所谓模拟，是模仿和比拟的意思。日常生活中也有大量的模拟量存在，如衡量物体重量的秤是利用秤杆上的距离来模拟物体的重量；温度表则是用水银柱的高低来模拟温度的高低。就是在计算机的家族中，也有一种专门的电子模拟计算机呢！

模拟量转化为数字量输入电子数字计算机的装置叫模/数转换器；将运算结果（数字形式）转换为模拟量输出给被控对象的叫数/模转换器。此外，专门用于输入和输出开关量的装置叫开关量输入输出装置。

（二）软件

计算机软件是计算机程序系统及其有关资料的总称。软件的主要作用有三个：一是充分发挥和扩大计算机的功能，实现信息处理自动化；二是管好用好计算机，提高计算机的使用效率；三是简化计算机的操作，便于使用者掌握计算机。

那么，程序是什么呢？我们知道，一般的计算机是不懂得人的自然语言的，它只懂得计算机语言。当一部机器做成之后，它的机器语言也就固定了。这种语言是由一条条指令组成的。每条指令指挥计算机完成一种基本操作，如加或减，传送或转移等。指令的多少决定了机器功能的强弱。我们根据工作需要，将这些指令按一定顺序组织编排起来，以便完成具体的功能，那么这些指令的集合，就称为程序。在计算机工作之前，将程序和数据存放在计算机的存储器之中。计算机工作时，能自动地按照程序顺序取出一条指令，分析、执行一条指令，直至结束。规定的操作如此有条不紊地进行下去，就可以得出人们预想的结果。这一原理，人们称之为“存储程序原理”。这是计算机与其它计算装置区别的最根本的标志。

其实，我们日常生活中也可以看到“软件”的妙用。比如：飞机是先进的交通工具，我们把它称为“硬件”的话，驾驶技术就可以称为“软件”。显然，再好的飞机，没有娴熟的驾驶技术也是无法完成飞行任务的。同样的道理，只有算盘这个“硬件”，而没有“运算口诀”这个“软件”，也无法进行计算。随着新技术革命的发展，由计算机软件这一概念引申出来的“软科学”、“软技术”，也正日益显示出巨大的威力。

软件内容非常丰富，主要包括系统软件，程序设计语言和应用软件三大类。

1. 系统软件：这是用于计算机的管理、维护、控制和运行的程序的总称。这些程序从用途上来划分，可以概括为三类：一是

面向用户、为用户服务的软件，如编译系统、数据库、管理系统等。二是面向计算机维护的软件，如检验计算机性能的诊断程序等。三是面向计算机管理和操作的软件，如操作系统等。这些软件出厂时已备齐，是任何用户都可使用的“公共”资源。

2. 程序设计语言：要用计算机完成某一项任务，人们必须先编制程序。这种编制程序的工作叫做程序设计。应用计算机的关键在于程序设计。程序设计所使用的符号、词汇、语句的集合叫程序设计语言。它包括机器语言、汇编语言和高级语言三大类。机器语言可以被计算机直接识别，而其它两大类需要借助“翻译”——汇编程序和编译程序，才能被识别和运行。

3. 应用软件：除了系统软件之外，人们为了某种应用或为了解决某类问题（如科学计算、数据处理和控制某个设备等）专门编制的应用程序称为应用软件。这些程序一般是用户根据自己需要而编制的，因而使用要受到限制。经检验成熟的、通用性好的软件可以作为应用软件包出售。

综上所述，计算机系统的构成如图1-1所示。

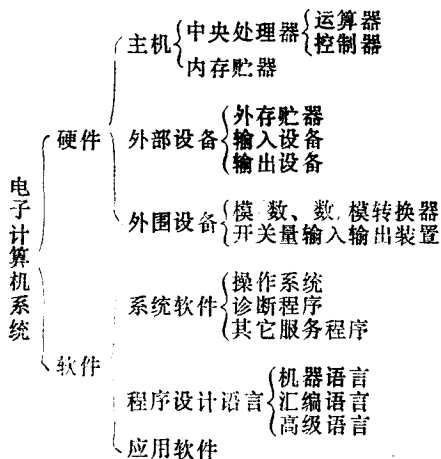


图 1-1 计算机系统的构成