

青少年计算机教学参考书

6502

汇编语言

● 霍元斌 编著

● 电子工业出版社

青少年计算机教学参考书

6502 汇编语言

霍元斌 编著

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书是以介绍 6502 汇编语言以及它在苹果机及其兼容机中华学习机上的应用为主, 并对苹果机和中华学习机的监控程序、小汇编程序和编辑/汇编程序 EDASM 的使用方法做了详细说明。同时还介绍了汇编语言程序设计常用方法、技巧和实例。

青少年计算机教学参考书

6502 汇编语言

霍元斌 编著

责任编辑 张丽

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京科技印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/32 印张: 9.75 字数: 225 千字

1992 年 11 月第 1 版 1992 年 11 月第 1 次印刷

印数: 3504 册 定价: 5.70 元

ISBN7-5053-1822-5 / TP · 511

序 言

计算机与基础教育相结合，是当今世界新技术革命与教育改革的一大趋势，我国中小学计算机应用和普及教育也有了一个良好的开端。计算机作为教育技术的新手段，将在辅助教学与管理方面得到广泛应用，同时通过普及教育来培养高素质的科技后备人才。

汇编语言是计算机教师应掌握的知识，也是对计算机有兴趣的学生们提高水平时要学习的课程。需要为他们和其他初学者出版一本深入浅出、通俗易懂、适于自学的课本。

霍元斌老师几年来从事中学计算机普及教育，熟悉和使用6502汇编语言，并讲授了有关的课程。他根据使用和教学的经验编写了这本书，是很好的普及读物和教材。书中通过实例循序渐进地引入汇编语言的有关知识和编程技巧，很适合初学者的需要。书中不少的程序段不仅是指导读者操作练习的教学内容，也可以让读者在开发应用时引用或借鉴，是一些实用的、典型的小程序段。

希望这本书为青少年提高计算机知识水平和中小学教师学习、进修提供帮助。

全国中小学计算机
教育研究中心
潘懋德

目 录

第一章 导论

- §1.1 卷首语(1)
- §1.2 苹果机的结构(3)
- §1.3 计算机语言(10)
- §1.4 汇编语言程序的输入(17)

第二章 汇编语言入门篇

- §2.1 数据的传送(27)
- §2.2 分支与循环(36)
- §2.3 算术运算(54)
- §2.4 子程序与堆栈管理(66)
- §2.5 成组数据的处理(77)
- §2.6 逻辑运算(92)
- §2.7 代码转换程序(109)
- §2.8 输入 / 输出方式及 6502 中断处理(121)

第三章 6502 指令系统总结

- §3.1 6502 的寻址方式(128)
- §3.2 6502 的指令系统(133)

第四章 汇编语言程序设计方法

- §4.1 TOOL KIT 汇编 / 编辑器的使用(143)
- §4.2 汇编语言程序设计(159)

第五章 应用程序举例

- §5.1 高清晰度图形(168)
- §5.2 COUT 程序分析(210)
- §5.3 “&”命令的使用(220)

附录

- 1. 机内 ASCII 码表与显示 ASCII 码表(243)

2. 文本与低清晰度作图区内存结构图	(249)
3. 内存结构及使用分配表	(249)
4. 高清晰度作图区内存结构图	(250)
5. 零页位置使用图	(251)
6. 常用的 0 页、3 页及 I/O 地址	(252)
7. 二进制数字系统	(259)
8. 监控程序简介	(261)
9. 监控程序命令表	(270)
10. 监控程序中的常用子程序	(272)
11. 6502 汇编语言指令集	(278)
12. 6502 汇编语言指令速查表	(292)
13. TOOL KIT 汇编/编辑器命令及伪指令	(292)
14. 十六进制数对应指令表	(296)
15. 苹果机 BASIC 语言保留字 (苹果机 BASIC 命令保留字代码表及入口地址表)	(298)
16. 磁盘操作系统 DOS 3.3 的有关地址	(300)

第一章 导论

§1.1 卷首语

随着电子计算机的发展与普及，越来越多的非计算机专业人员：大学生、各行各业的管理人员、技术人员以至工人等开始使用计算机。1982年以来，我国开始在中学设置计算机选修课。1984年，邓小平同志指出：“计算机的普及要从娃娃做起”，更促进了计算机与基础教育的结合。

在对计算机有了初步了解并学习过一两种程序设计语言的人之中，有相当一部分对计算机产生了浓厚的兴趣，渴望能对计算机有更深一步的了解，使自己设计的程序更加完美。

我们这本书就是为这些读者写的。

本书以介绍 6502 汇编语言以及它在苹果机(Apple - II)及其兼容机和中华学习机上的应用为主，并对苹果机和中华学习机的监控程序、小汇编程序和编辑/汇编程序 EDASM 的使用方法做了详细说明。同时，我们这本书中还提供了汇编语言程序设计常用的方法、技巧和应用实例。用这本书学习并不需要有多么高深的数学或其它知识，具有中等文化水平的读者完全能够学好。

现有的汇编语言书籍，多数是供专业人员使用的工具书或大专院校的教材。为了适合广大中学生和自学者，本书在保证科学性的前提下，根据编者几年来的教学经验，做到深入浅出、循序渐进、通俗易懂。并在大部分章节后面配有一定量的习题。如果您读一读本书，就会发现：汇编语言并不难学。

本书前四章介绍基础知识和汇编语言，第五章对若干实用程序进行介绍和分析。读完这本书之后，您对汇编语言程序设计方法和苹果机、中华学习机就能有一个较清晰的了解和认识。而且您还会发现：本书中的许多程序段能作为子程序用在您编的程序中，它会使您的程序增色不少呢！

当然，汇编语言不像高级语言那样有很强的通用性。用一种高级语言（例如 BASIC 语言的基本部分），在不同的机型上几乎没有什么差别的。在掌握了苹果 II 或中华学习机 CEC-I 型机的 BASIC 语言之后，在 IBM 系列机上也能很快学会编写 BASIC 程序。而不同的 CPU 使用的汇编语言，尽管可能有类似之处，但差别还是十分明显的，因此汇编语言不具有通用性。

Apple-II 和 CEC-I 的微处理器都是 6502，所以，如果您使用的计算机是这两种微机或它们的兼容机，或者是使用配有 6502 微处理器的其它型号的计算机，那么这本书对您来说就是完全适合的。对于使用 CPU 不是 6502 的计算机的读者，从了解汇编语言，了解汇编语言的程序设计技巧及方法的角度来说，这仍是一本很好的参考书。

为了方便读者，我们收集了许多与汇编语言和它在苹果 II，中华学习机上的应用有关的资料，把它们作为附录列在正文后面。

学习任何程序设计语言，尤其是汇编语言，都需要有实际编程经验，有动手能力。所以希望初学者除了仔细阅读每章每节之外，书中的习题最好能够都做。读别人的十个程序不如自己动手编一个程序的收效大。这种体会，我想读者在学习其它语言时大概已经有了。其实，理论与实践相结合，是学习任何知识的不二法门。

在本书编写过程中，全国中学计算机教育研究中心副主任

潘懋德老师和中国科学院职工大学刘克武老师给予许多热情帮助和支持,并在百忙中审阅了书稿,提出了宝贵的修改意见。谨在此表示由衷的谢意!

§1.2 苹果机的结构

微型计算机 Apple- II 和中华学习机 CEC- I 的内部结构从功能上可以大致分为三个主要部分:中央处理器、内存储器和输入/输出设备。

输入/输出设备常常被记作 I/O 设备(I/O 就是 INPUT/OUTPUT 的缩写)。它包括键盘、监视器、游戏棒、磁盘驱动器等设备。由于 I/O 设备的控制比较复杂,本书是一本关于汇编语言的初级读物,所以在这里我们对 I/O 设备不作更详尽的介绍。

内存储器(MEMORY)

内存储器简称内存,是用来存放原始数据、程序及程序运行结果(包括计算结果、中间结果、图形及声音等信息)的设备。计算机的系统程序也存放在内存之中。

内存可以分为许许多多存储单元。在苹果机和中华学习机中,每个单元可以存放一个 8 位(8bit)二进制数,叫做一个字节(byte)。也有一些计算机内存的每个单元中存放的数不是 8 位的,而是 4 位、16 位、32 位以至更多位的二进制数。

数在存储器中所采取的存放形式是什么?它们如何被存进去,又是如何被取出来的?为什么要以二进制数的形式存放呢?

我们可以把一个存储单元看成一个盒子,盒子里顺序安放着一排开关(见图 1)。这些开关都有一段接通 +5V 的电压。如果把一个开关接通,那么开关另一端的电压也是 +5V,如果把

开关断开，则另一端的电压就会变成 0V。因此，这另一端的电压就仅有两种情况： $+5V$ 或 $0V$ 。若规定这两种状态分别代表数字 1 和 0，那么，用一个开关的输出端就可以表示二进制数的一位。

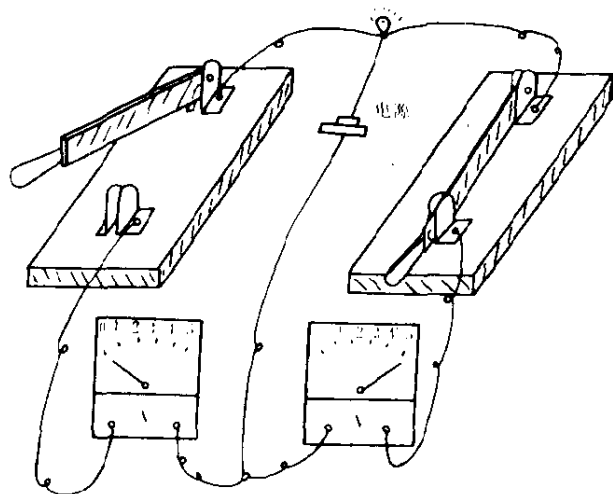


图 1

一排开关有序地放在一起，就可以表示一个多位二进制数了，开关的个数就表示数的位数。

图 2 中，某个存储单元的 8 个输出端电压分别为 $5V$ ， $5V$ ， $0V$ ， $5V$ ， $0V$ ， $0V$ ， $5V$ ， $0V$ ，因此，这个单元中的状态可用二进制数 11010010 来表示。

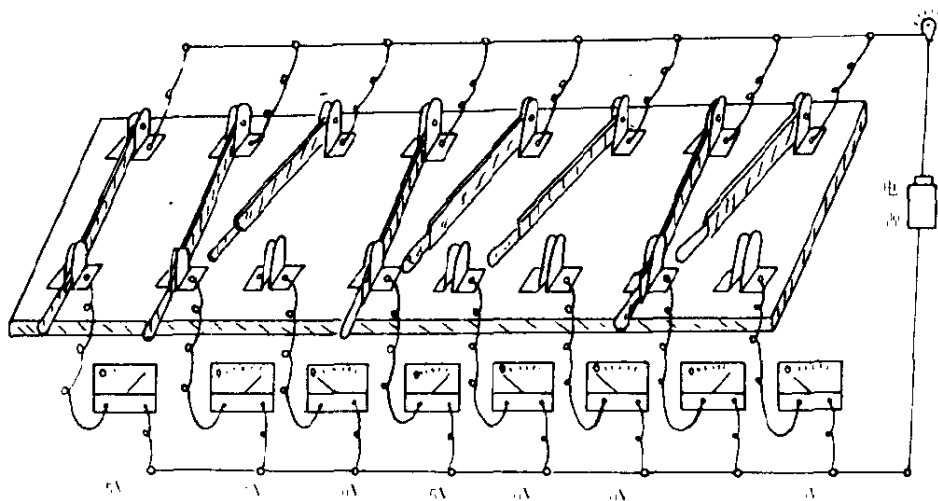


图 2

当然了，内存中并不是一个个开关，而是类似的结构，是由计算机内部电路来实现开关操作的。向内存中的一个存储单元存进一个数(也称写入一个数)，就是让计算机通过一系列动

作改变这个单元中一个个微小“开关”的断、通状态，以改变它的输出端的电压。从内存某存储单元中读出一个数，就是“测量”一下这个单元中各输出端的电压是高压(+5V)还是低压(0V)，然后知道它表示什么数。

计算机内存中的这些单元都编了号码，这些号码就是一个个存储单元的地址。内存地址的作用就像人的住址一样，想找一个人，只要知道他的住址就可以找到他。在计算机里，想向某个内存单元里存入一个数或想从某个内存单元中读出它所存放的数，也必须知道它的地址，才能顺利地进行读或写的操作。

苹果机和中华学习机每个内存单元都是 8 位的，可以存放一个 8 位二进制数。内存地址的编号是从 0 到 65535，共 65536 个。换一句话说，苹果机和中华学习机可以有 65536 个存储单元，它们的地址是从 0 到 65535。

计算机内存中存储单元的数量(也叫内存量)一般都是很大的，所以常以 K 或 M 做单位。但在计算机技术范围内，K 与 M 并不像在物理等学科内表示千或百万，而是用 K 表示 1024，用 M 表示 1048576，因而若一台计算机内存是 64K，那么它的内存单元数就是 64×1024 个，即 65536 个。内存存储器从功能上又被分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)两部分。

随机存储器的每一个单元都是既可以写入也可以读出。当计算机断电之后，这部分内存中的数据就全部丢失了。随机存储器的大部分单元是是可以让用户自由使用的，称为用户区，RAM 中还有一小部分被系统程序或操作系统占用，作为专用工作单元使用，用户不能随便支配。

只读存储器的每个单元的内容都是固化的：工厂在生产计算机时已经把必要的信息存好了，并且这些信息一旦存入就不可改变，无论开机还是关机都不影响 ROM 中存放的信息。用

户可以利用其中的程序或者读出数据，但不能向这部分存储器中存入信息。苹果机的只读存储器中存放着监控程序和 BASIC 解释程序等内容。

苹果机中，RAM 的地址从 0 到 49151，共 48K，ROM 的地址从 53248 到 65535，共 12K。为了使用方便，这些内存单元又被分成若干片段，称为页(PAGE)，每一页有 256 个存储单元。计算一下就可以知道：64K 内存共被分成 256 页，页编号从 0 到 255。

由于苹果机的 I/O 操作采用了存储器映象方式。所以 I/O 设备占用了 49152 到 53247 这段地址码区域，共有 4K。

关于苹果机内存的使用分配，请参看附录 4。

中央处理单元(CPU)

CPU 是计算机的心脏部分，它是由控制器、运算器加上一些辅助设备构成的。计算机进行计算、逻辑判断、数据传送等工作都是由 CPU 完成的。不同的 CPU 对数据的处理能力、运算速度等一般是不同的。用在微机上的中央处理单元又称微处理器，缩写为 MPU。

苹果机与中华学习机 CEC-I 的 MPU 都是美国 ROCKWELL 公司研制的 6502。它是一个大规模集成电路芯片，可以对 8 位二进制数进行运算和处理，每秒大约可以进行 50 万次加法运算。

计算机进行的多数数学运算，都要转化为最基本的运算——加减法来进行。能够做加减运算的机构是 CPU 内部的算术逻辑部件 ALU。它除了加减法，还能进行与、或、非等逻辑运算。

在 6502 内部还有一些特殊的数据存储部件，称为寄存器。这些寄存器中有 5 个是 8 位的，与内存储器相同，还有一

个是 16 位的。每个寄存器都有各自的名称和特定的功能，分别介绍如下：

1. 累加器 A (ACCUMULATOR)

大部分的数据运算，如数的加、减或逻辑运算都是对累加器中的数进行处理。数据从内存中读出或者向内存中写入数据也常以它为中间站。可以说累加器 A 是我们最常用的寄存器。

2. 变址寄存器 X (X - REGISTER (X))

变址寄存器 x 在程序中常被当作计数器使用，在处理成组数据时也常要用到它。

3. 变址寄存器 Y (Y - REGISTER (Y))

它的用法与作用类似于变址寄存器 X，不过在用法上各有千秋。

4. 堆栈指针 S (STACK POINTER)

堆栈是计算机中一批地址连续的内存区域，在程序设计中应用得极为普遍。像调用子程序、循环、中断处理及运算等程序都要用到堆栈。堆栈指针 S 指示着堆栈中可以进行读、写操作的单元的地址。关于堆栈及堆栈指针 S，在第二章第四节我们再做详细介绍。

5. 程序状态标志寄存器 P (PROGRAM STATUS WORD)。

P 实际上是用来存放 7 个彼此独立的状态标志，供转移指令执行时作转向的依据或决定 CPU 的工作方式。我们在介绍转移指令时还要做详细说明。

6. 程序计数器 PC (PROGRAM COUNTER)

程序计数器 PC 是一个 16 位寄存器，它是用来存放指令地址码的寄存器。由于程序的执行一般是顺序方式，所以每从内存中取出一个单元中的指令码后 PC 就自动加 1，为取下一个

指令码作好准备。但在执行转移指令时，转移的目标地址码将被送入 PC。

除 ALU 与 6 个寄存器之外，CPU 内部还有指令译码器、数据总线、地址总线等设备。由于在编程序时不直接使用它们，在这就不详细介绍了。

数的表示

在计算机内部，所有的数都是二进制的，因为它只有 0 和 1 两个数字，用高电位和低电位可以方便地表示出来。但二进制数对于人们来讲，是一种很不熟悉的东西。人们熟悉的是十进制数，对于一个位数不太多的十进制数，多数人可以做到一目了然。但二进制数就不同了：即使是一个不太大的数，比如十进制数的 233 化为二进制数写出来就是 11101001，共有 8 位，而且每一位上也仅有 0 和 1 可以分辨。因而二进制数读起来很困难。

为此，人们引进了八进制和十六进制数在计算机技术中表示数。八进制和十六进制数分别有 8 个和 16 个数字来表示各数位上的数。不过，无论是哪种进制的数，到了计算机内部都要转化成二进制数处理和存储，其它进制数只是为了输入输出和书写、辨读的方便。苹果机汇编语言中就大量地使用十六进制数。

二进制数、十进制数与十六进制数数字间的关系见表 1。

从表 1 中可以看出：4 位以下的二进制数对应着十六进制数的一位。苹果机中每个字节的二进制数都是 8 位，如果把这 8 位分成 4 位一组，就正好对应着一个两位十六进制数。所以，用十六进制数来表示一个字节的内容是很合适的，比如十进制数 233 用十六进制数表示出来是 E9。比用 11101001 写出来易读得多。尤其是在内存地址的描述上，64 K 个地址都可以用 4

表 1

二 进 制	十 进 制	十 六 进 制
0	0	0
1	1	1
1 0	2	2
1 1	3	3
1 0 0	4	4
1 0 1	5	5
1 1 0	6	6
1 1 1	7	7
1 0 0 0	8	8
1 0 0 1	9	9
1 0 1 0	10	A
1 0 1 1	11	B
1 1 0 0	12	C
1 1 0 1	13	D
1 1 1 0	14	E
1 1 1 1	15	F
1 0 0 0 0	16	10

位十六进制数描述出来，比用十进制数要方便、简捷。

多位的十进制数、二进制数与十六进制数之间的相互换算方法见附录 7。希望对于数制转化方法不熟悉的读者能够仔细阅读附录中这部分的有关内容并掌握它。因为在汇编语言中将要频繁地使用二进制数与十六进制数，如果对它们不熟悉，会给学习带来很大阻力。

在使用汇编语言编程序时，凡是十六进制数，在书写时都要在数的前面加一个 \$ 号，以便和十进制数区别。

习题 1.2

1. 计算机的内存分为两大部分，其中 _____ 只能从里面

读出数据，而_____既能从里面读出数据，又可以把数据写入。

2. 苹果机中内存地址用十六进制数表示是从_____到_____, 共有_____页，_____ K。

3. 苹果机的内存都是_____位的，也就是说每个存储单元可以存放一个_____位_____进制数。如果表示成十六进制数是_____位的，最大的是_____。

4. 在计算机中，加法运算实质上是在_____内完成的，它与_____、_____、_____都是构成 CPU 的重要部件。

5. 苹果机的 CPU 是_____，它的内部有_____个寄存器，其中 8 位寄存器有_____，16 位寄存器有_____。

6. 十进制数 65, 236 及 100 表示成二进制数、十六进制数分别是_____。

§1.3 计算机语言

做任何事情都要有一定的顺序。例如使用录音机按接通电源，放入磁带、按下放音键，调整音量、音调这个顺序操作，录音机才能按照你的意图放出优美动听的音乐。

计算机在工作时，也要按照一定的顺序进行。首先，操作人员把工作的顺序与操作内容输入计算机，计算机把它们作为程序存到内存中去，一个操作步骤称作一条指令，各条指令按一定顺序存放。

程序在计算机内存好以后，如果操作员下达一个开始信号，计算机就自动地进行下面的工作：

1) 根据程序计数器所指示的位置从内存中取出一条指令，程序计数装置改变内容，指向下一条指令所在的地址。

2) 对取出的指令进行译码, 从而知道要进行怎样的处理。

3) 按照该指令的指示进行操作。

4) 一条指令执行完了就回到第一步。

这样, 上述过程不断循环重复, 一直到一系列的指令全都执行完毕, 工作就完成了。

例如, 用计算机进行数据处理的过程就如图 3 所示。

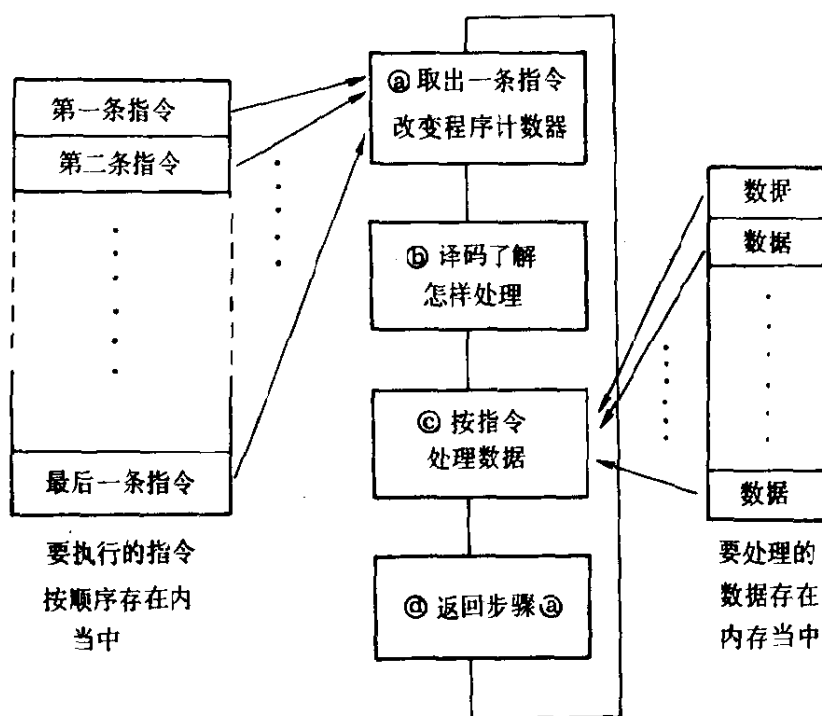


图 3

我们把完成一定工作的一系列指令的有机组合叫做程序, 编制程序的工作叫做程序设计或编程。

在进行程序设计的时候使用的是叫做程序设计语言的特殊语言, 它也叫计算机语言。计算机语言与日常人与人交流的语言不同, 它是用来进行人与计算机的信息交流、指挥计算机工作的一种语言。它具有自身的特点和发展过程。

计算机语言大致可以分为三大类: 机器语言、汇编语言和