

APPLE II

微型计算机原理与BASIC语言

冯庆慈 余永权 编

广州地区高等学校科学技术开发中心
广 东 工 学 院

APPLE II 微型计算机原理与BASIC语言

冯庆慈 余永叔 编

一九八四年四月

前 言

APPLE II 微型计算机系统是目前世界上应用最广泛的微型计算机系统之一。它稳定可靠, 价格便宜, 硬件配套众多、应用软件丰富; 因此深受广大用户的爱好。APPLE II 微型计算机系统在世界上用量已达百万的数量级; 而在我国, 也数以万计。在推广应用微型计算机的今天, 很需要对APPLE II 微型计算机系统的有关知识进行广泛的普及和开发。

为了加速我省的微型计算机的广泛应用, 广东省高等教育局和广州地区高等学校科学技术开发中心决定有计划、有步骤地举办一系列微型计算机培训班, 并委托广东工学院负责一部分培训工作。

这本书是作为微型计算机培训班的教材而编写的。适用于微型计算机培训班中的普通班。对象是一般是高中、中专或相当文化程度以上的工程技术人员、教师、大学生、中专生, 以及从事微型计算机工作的有关人员, 包括大学毕业生、干部和工人。

这本书的目的是使读者掌握APPLE II 微型计算机系统的基本操作方法、BASIC语言的基本程序编制技能以及磁盘操作系统的初步使用。当读者阅读这本书之后, 或者凭藉这本书, 可以对APPLE II 上机并且可以在APPLE II 进行一定程度的开发工作。

这本书在结构上主要分三大部分。第一部分是APPLE II 微型机的基本系统结构及操作方法。这部分由第1、2、3章进行叙述, 它的内容包括微型计算机的基本概念, APPLE II 的系统组成、外部设备配套、外部设备工作原理、APPLE II 微型机系统的安装、运行操作、贮存器的试验方法等。第二部分是APPLE II 的浮点 BASIC 语言APPLE SOFT的语法和编程方法。这部分由第4、5、6、7、8、9、10、11、12章进行讲述。它介绍APPLESOFT的语句、函数、数组以及这些语句、函数、数组的使用方法。这部分给出了众多的编程例子, 并对语句的使用进行了分析。同时, 在这一部分还给出了进行程序删改的简便易行的三种基本方法。第三部分是磁盘操作系统的功能、基本使用方法和磁盘操作系统命令的内容。这一部分由第13、14章进行讲述。它的内容包括DOS3.3的功能、调入方法; 磁盘规格化过程和复制方法; 磁盘操作系统的五类命令的各个命令功能。本书后面还附有三个附录, 可供读者查阅APPLESOFT的保留字、错误信息以及了解监控程序中有关子程序。

这本书的第1、2、3、12、13、14章由余永权同志编写; 第4、5、6、7、8、9、10、11章由冯庆慈同志编写; 全书由余永权同志进行了整理和修正。

这本书是在繁忙的工作中写成的, 时间紧迫, 同时加上编者的水平不高, 因此, 难免

会有各种谬误，恳切希望各位读者多多提出宝贵意见，以期改进。

在编写这本书的过程中，得到广东省高等教育局、广州地区高等学校科学技术开发中心有关同志的大力支持，并得到我院不少同志的帮助。我院计算中心李怀香老师阅读了BASIC语言部分的初稿，并把其中的一些程序在APPLE II微型机上进行通过。微型计算机系统实验室的邓小燕同志为本书描制了大量的插图，计算中心的吴启江老师和实验室的黄鸥同志也描制了部分插图。

在此，表示深切的谢意。

编者

一九八四年四月

目 录

第一章	APPLE II 微型计算机系统	(1)
第一节	微处理机和微型计算机	(1)
第二节	APPLE II 微型机系统概况	(8)
第二章	APPLE II 的主要外部设备和工作原理	(17)
第一节	键盘及其工作原理	(17)
第二节	显示器的工作原理和方式	(21)
第三节	打印机及其工作原理	(25)
第四节	磁盘机及其工作原理	(27)
第三章	APPLE II 微型计算机系统的安装和运行	(30)
第一节	系统的安装	(30)
第二节	系统的运行	(32)
第三节	系统存贮器的试验	(36)
第四章	APPLE II BASIC 的基本概念	(39)
第一节	BASIC语言的基本特点	(39)
第二节	BASIC程序的格式	(40)
第三节	BASIC语言的结构	(41)
第五章	数据的输入与输出	(49)
第一节	赋值语句	(49)
第二节	键盘输入语句	(51)
第三节	成批赋值语句	(54)
第四节	恢复数据区语句	(56)
第五节	打印语句	(57)

第六章	转移语句	(63)
第一节	无条件转移语句	(64)
第二节	条件转移语句	(65)
第三节	开关转移语句	(73)
第四节	出错转移语句	(74)
第七章	循环	(76)
第一节	循环的概念	(76)
第二节	循环语句的格式和功能	(78)
第三节	循环的嵌套	(87)
第八章	子程序与自定义函数	(92)
第一节	子程序的概念	(92)
第二节	转子语句与返回语句	(93)
第三节	开关转子语句	(95)
第四节	自定义函数	(96)
第九章	函数	(99)
第一节	算术函数	(99)
第二节	字符串函数	(104)
第十章	下标变量与数组	(112)
第一节	下标变量的概念	(112)
第二节	一维数组	(115)
第三节	二维数组	(119)
第十一章	图形的输出	(123)
第一节	屏幕的显示方式	(123)
第二节	低分辨率图象的显示	(125)
第三节	高分辨度图象的显示	(128)
第十二章	删改操作	(132)
第十三章	磁盘操作系统DOS3.3的功能和调入	(136)

第一节 磁盘操作系统的功能和调入.....	(136)
第二节 磁盘操作系统的调入和目录显示.....	(137)
第三节 新磁盘的规格化和磁盘的复制.....	(139)
第十四章 磁盘操作系统DOS3.3的命令.....	(144)
第一节 DOS命令的格式.....	(144)
第二节 管理和存取命令.....	(147)
第三节 文件命令.....	(150)
附录 1、APPLESOFT中的保留字.....	(153)
附录 2、错误信息.....	(154)
附录 3、监控程序中的子程序.....	(156)

第一章 APPLE II 微型计算机系统

第一节 微处理机和微型计算机

在传统的电子计算机中，人们是把一台电子计算机分成四个主要部分的，这四个部份分别是控制器、运算器、存贮器和输入输出接口。电子计算机的结构如图 1—1 所示。在这种结构中，控制器相当于一个工厂的生产办公室；存贮器相当于产品和材料仓库；

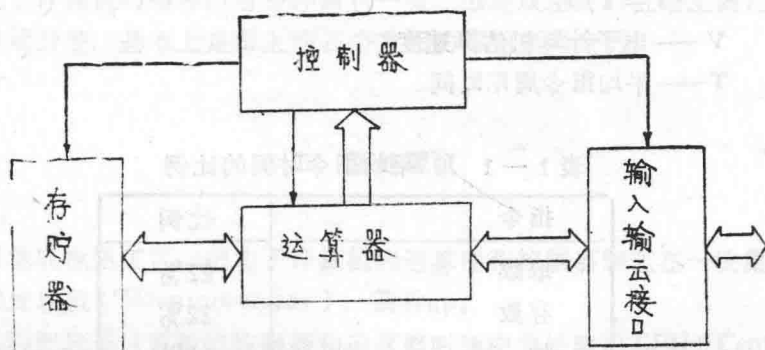


图 1—1 电子计算机结构框图

库；运算器相当于生产车间；输入输出接口就相当于工厂的大门。存贮器、运算器和输入输出接口都是受控制器控制的。在工厂中，由生产办公室进行全厂工作调度，它把原料通过工厂大门先存放在仓库，然后按需要把原料从仓库调到车间进行加工，加工之后的成品又存回仓库，在销售或出厂时成批从工厂大门送出外面。电子计算机的工作过程和此类似。控制器是整个机器的指挥中心；存贮器用于存放数据；运算器则是执行数据运算和处理；输入输出接口负责数据的输入或输出。在控制器的控制下，数据从输入输出接口进行输入，输入的数据先存放到存贮器中，在需要进行数据处理时，则把数据从存贮器中取到运算器中去进行处理，处理之后对把数据存回存贮器；待到进行输出时，

再把数据取出来送到输入输出接口去进行输出。

一、电子计算机的主要指标

电子计算机是采用二进制进行运算的。电子计算机之所以采用二进制运算，最根本的原因是二进制的数码只有两个，这就是“0”和“1”。而这两个数码又可以和电子电路的“导通”和“截止”这两种状态相对应，所以由电子电路组成的电子计算机就很自然地采用二进制运算了。

二进制数的一个位称作一个比特（bit），二进制的八个位称作一个拜特（byte）。通常也把一位二进制数称为位（bit），把八位二进制数称为字节（byte）。

电子计算机的主要指标有运算速度，数据字长，内存贮器容量，外部设备数量，软件等。

运算速度：主要是指对存贮器进行读写的存取周期的时间长短，或指令执行的平均时间。求电子计算机的速度可采用表 1—1 所示的平均指令时间的计算方法，一旦计出平均时间，则可推出运算速度。运算速度一般可以用平均指令时间的倒数来表示。

$$V = 1 / T$$

其中 V——电子计算机估算速度
T——平均指令周期时间

表 1—1 平均指令时间的比例

指令	比例
取数	22 %
存数	22 %
加、减	11 %
条件转移	9 %
无条件转移	8 %
比较	6 %
逻辑	6 %
移位	6 %
增量	5 %
输入输出	5 %

数据字长：数据字长是指运算器并行处理的二进制的位数及输入输出接口并行输入输出的二进制的位数。一般而言，运算器并行处理的二进制的位数和输入输出接口并行输入输出的二进制的位数是一致的。数据字长通常用字节数来表示，如果数据字长是二进制 8 位数，则称数据字长为 1 个字节；如果数据字长是 16 位数，则称数据字长为 2 个

字节……。

内存贮器容量：内存贮器就是指计算机内的存贮器，它和外部存贮器相对应。内存贮器也简称内存。内存的容量一般以字节数或字数来表示。例如，一个电子计算机的数据字长16位，而内存贮器可以存放32,000个数据，那么，称内存容量为32K字，也称内存容量为64K字节（一个16位数为2个字节）。在微型计算机中，通常用字节来表示存贮器的容量。

外部设备数量：它指一个电子计算机可以连接的外部设备的数目。外部设备也称外设，通常视不同的电子计算机而不同。一般大、中、小型计算机，其外部设备往往指控制台、宽行打印机、硬磁盘机、磁带机、显示终端等；一般的微型计算机，其外部设备往往指键盘、显示器、打印机、软磁盘机、录音机等。

软件：它指一台电子计算机所配有的程序系统。软件的优劣主要体现在操作系统的好坏、高级语言的多少、应用程序的丰富程度。操作系统是指使计算机的硬件资源和软件资源能充分利用，相互有条不紊地进行工作，以提高计算机使用效率的管理程序。高级语言是指BASIC、FORTRAN、COBOL、PASCAL等语言。应用程序是指用于各种专门用途的程序。

当然，电子计算机的指标还有另外其它一些，但是最主要的就是上面几点。一台电子计算机的性能好坏，基本上是由上面五个方面的指标来确定的。

二、微处理机

用大规模集成电路工艺，把电子计算机的运算器和控制器制造在一块集成电路芯片上，这就是微处理机（Microprocessor），简称 μp 。

过去，人们把电子计算机的控制器和运算器叫做中央处理机CPU（Central Processing Unit）。显然，微处理机就是微型化了的中央处理机，所以微处理机也称作MPU（Micro Processing Unit），不过通常也把微处理机称作CPU。

现在，存贮器和输入输出接口也都是采用大规模集成电路工艺制成了。所以，它们都以集成电路芯片的形式出现。

最早生产的微处理机是4004，它是在1971年由Intel公司研制出来的。这是一个只能执行4位二进制数运算的片子。

随后，Intel公司又生产了8008。由于8008投入市场之后大受欢迎，从此引起大量的半导体生产家在微处理机制造和销售上进行猛烈的角逐。在1973~1977年这几年中，生产了大量的8位微处理机，其中有Intel公司的8080A，Motorola公司的MC6800，Zilog公司的Z80，MOS Technology公司的650X等。

在生产8位微处理机的同时，各个半导体生产厂家又生产了大量的16位微处理机，较为著名的有Zilog公司的Z8000，Motorola公司的MC68000，Intel公司的8086，80186、80286。近年来，由于集成电路工艺的进步和社会需要，又生产出了多种32位

微处理机，它们有80386、MC68020、Z80000、16032、32032等。

虽然如此，8位微处理机在目前应用中还是占首位。而世界上大量的微型计算机系统，都是采用8080A、Z80、MC6800、6502为CPU的。其中，采用6502为CPU的微型计算机系统就有销量极大的APFLE II和Atari等。

微处理机基本上由四部分组成，它们是地址、数据缓冲器、算术逻辑部件ALU (Arithmetic Logical Unit)、寄存器、指令译码及定时部件。这四个部分的功能和作用分别是：

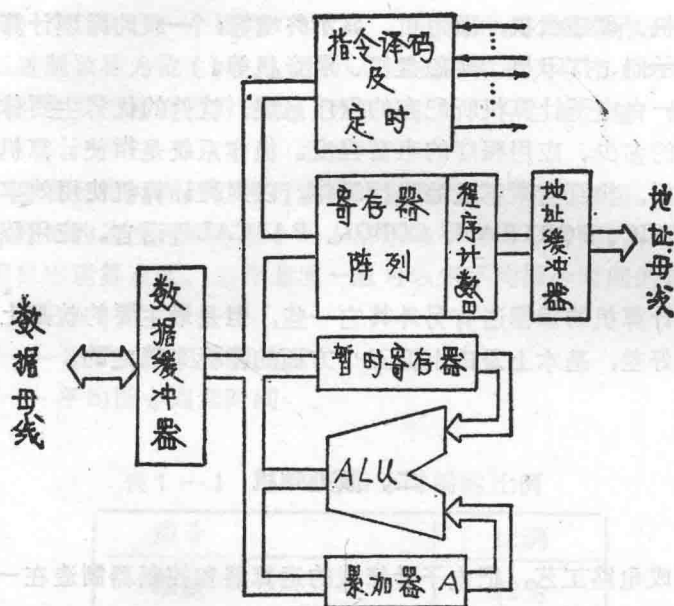


图 1—2 微处理机一般结构框图

1、地址、数据缓冲器：用于对地址和数据信号进行功率放大，以进行地址和数据的传送。

2、算术逻辑部件ALU：它可以执行算术运算和逻辑运算，所有数据的处理和加工都是通过它执行的。

3、寄存器：它包括寄存器阵列、暂时寄存器、累加器A、程序计数器等。程序计数器用于计算程序地址或产生数据地址。累加器A用于累加运算结果或存放运算结果。暂时寄存器在执行算术逻辑运算时使ALU的输入和输出端相互隔离，以免产生错误结果。寄存器阵列用作机内的小容量存储器，以提高运算速度，所以微处理机一般有专门访问寄存器的指令。

4、指令译码及定时器：它用于进行指令译码，并按译码结果发出微处理机内的工作同步信号和微处理机外的同步信号；同时也接收外部来的信号。一般而言，指令译

码及定时器在接收到指令的操作码之后就将其译码，从而产生相应操作的控制信号，这些信号控制ALU、寄存器、地址、数据缓冲器按一定的方式同步进行工作，以完成一条指令的操作；同时，它还向外发出读写信号R/W等。除此之外，指令译码及定时器还可以接收外部的回答信号或请求信号，例如“就绪”信号RDY (Ready)，中断请求信号IRQ (Interrupt Request) 等。在接收了这些外部来的信号之后，指令译码及定时器还能够控制微处理机内部执行相应的工作，对外来信号进行响应。

在微处理机内部，指令译码及定时器就相当于一般计算机的控制器；寄存器、缓冲器、ALU就相当于运算器。所以微处理机是微型计算机的最关键部件，任何控制和运算是由它来执行的。

三、微型计算机和系统

把微处理机、存储器、输入输出接口连接起来，就组成了一台微型计算机。

把微型计算机、外部设备、软件、电源组合起来就形成了微型计算机系统。

显然，微型计算机和微型计算机系统是两个不同的概念。但是，在通常人们进行信息交流时，往往把微型计算机系统简称为微型计算机或微型机。这纯粹是为了叙述方便，并没有从定义出发的。

从专业术语的定义上讲，微处理机、微型计算机、微型计算机系统是三个层次不同的概念。

微处理机 = 控制器 + 运算器

微型计算机 = 微处理机 + 存储器 + 输入输出接口

微型计算机系统 = 微型计算机 + 外部设备 + 软件 + 电源

这三个概念可以用图 1—3 来表示。

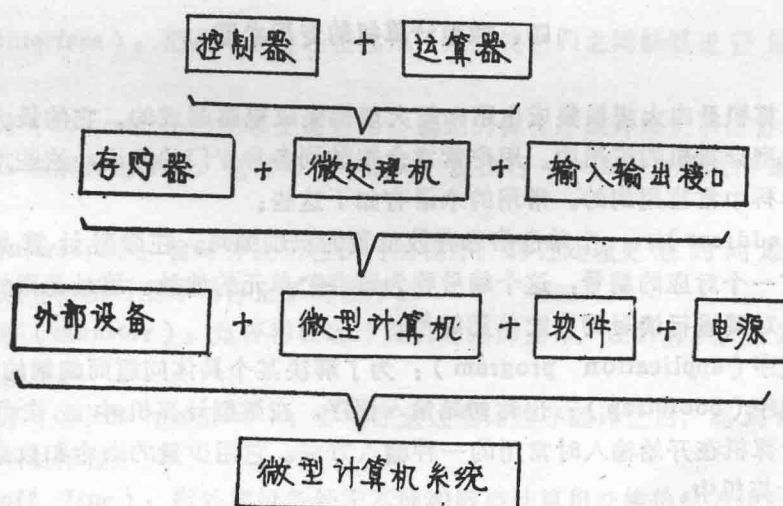


图 1—3 微型计算机系统层次

目前,人们购买的TRS—80微型计算机,APPLE II微型计算机,NEC PC微型计算机,IBM PC微型计算机,在本质上不是微型计算机,而是微型计算机系统。由于这类微型计算机一般是供个人使用的单用户微型计算机系统,所以通常也称为个人计算机(Personal Computer),往往简称PC。

个人计算机是目前世界上销售最多的微型计算机系统,每年的产销量现在达数百万台。若干年前,Radio Shack公司推出的个人计算机TRS—80曾经在销量上名列前茅,在世界上形成较大的影响;后来,APPLE公司推出的APPLE II个人计算机成为个人计算机的佼佼者,而夺得销量第一的宝座。现在个人计算机市场的竞争十分激烈,NEC公司推出的NEC PC在日本几乎控制了一半市场,成为日本国内销量第一的个人计算机产品,并且向美国进行渗透,在美国市场也取得销售量超过十万台的成绩。由IBM公司推出IBM PC成为震惊个人计算机市场的产品。IBM PC在技术上并没有什么突破,它的出现只是向世界表明IBM公司开始加入个人计算机的竞争行列。由于IBM公司的财力雄厚,大、中型机制造的技术力量充足、世界威望巨大。使到大量生产个人计算机的小型厂感到恐惧。因此,有不少厂家马上改弦更张,立即投入与IBM—PC兼容的个人计算机生产,以求依附性地生存。即使如此,还是有不少厂家纷纷“关门大吉”。在个人计算机市场角逐中,APPLE公司是敢于和IBM进行抗衡的少数公司之一。因为APPLE II个人计算机的软件齐全,配件众多,所以很多用户还是乐于使用它。按目前发展趋势,IBM PC的销量比例会上升,APPLE II还占有很大市场,并且由于它的应用软件繁多,接口卡配套五花八门,所以目前还不可能有任何一种机型可以取代它。

微型计算机家族中,除了个人计算机之外,还有多用户微型计算机系统、微型计算机开发系统、微型计算机网络等。这些系统都比个人计算机要复杂,和个人计算机相比而言,它们的价格也比较贵,它们的应用量还远远赶不上个人计算机。

四、微型计算机的专用术语

微型计算机是由大规模集成电路和超大规模集成电路制成的。它的最大特点在于微型化。在微型计算机的应用中,用户常常会接触到各种专门的术语,这些术语都是在微型计算机学科中常常用到的。常用的术语有如下这些:

地址(address):一个单位信息存放位置的识别编码。在微型计算机中,每一个存贮单元有一个对应的编号,这个编号称为该存贮单元的地址。地址是微处理机寻找存贮单元,并对其进行读写的存贮单元编号。

应用程序(application program):为了解决某个具体问题而编制的程序。

引导程序(bootstrap):也称初始输入程序。在微型计算机中往往用于引导磁盘。这是计算机在开始输入时常用的一种输入方法。它用少量的指令和数据来引入其它程序输入计算机中。

母线(bus):把多个装置或部件连接起来并传送信息的公共通道称为母线。在微

型计算机中，一般有传送控制信息的控制母线，传送数据的数据母线，传送地址的地址总线三种母线。这些母线把微处理机、存贮器、I/O接口和外部设备连接起来。

字节 (byte)：八位二进制数码就称为一个字节。

字节 (character)：表示信息的数字、字母、符号称为字符。在微型计算机中，字符包括数字、英文字母、+、-、*、/、\$……等符号。

芯片 (chip)：用于制造集成电路的半导体晶片叫芯片。现在，芯片泛指集成电路。

命令 (command)：指用户在使用计算机时，用于控制计算机执行某一工作的控制命令。

编译程序 (compiler)：能把高级语言编制的源程序翻译成机器语言表示的目标程序的翻译程序。它的翻译过程是把源程序全部翻译完之后再执行之。

中央处理机CPU (Central Procssing Unit)：在微型计算机中，就是指微处理机。

调试 (debug)：对程序中存在的错误进行检查和修改。

文件 (file)：用一个名字作为引导，存放在磁盘或磁带中的一个程序或一组数据。

固件 (firmware)：把软件固化在ROM中所形成的器件。

软磁盘 (floppy disk)：用软性塑料薄膜所做成的圆盘，其表面涂有磁性材料，因而在其中可以记录信息。

硬件 (hardware)：指计算机的逻辑系统。现在，硬件是泛指一切硬设备，即人们可以用感觉器官识别的有固定物理形状的实体。

指令 (instruction)：计算机执行一种操作的内部命令。指令一般分成操作码和地址这两个部分。操作码用于指明所执行的操作，地址用于指明参与操作的数在存贮器的位置。

接口 (interface)：把两个装置连接起来，并且使它们之间能够进行信息交换的中间部件。

解释程序 (intereter)：能够把高级语言编制的源程序翻译成机器语言的目标程序的翻译程序。在解释程序中，它翻译一个语句，就执行一个语句，所以和编译程序不同。

中断 (interrupt)：暂时停止正在执行的程序，转去处理更急的问题，处理完毕再返回停止点开始执行刚才所停止了程序。

监控程序 (monitor)：监督和控制计算机的内部操作，使计算机充分发扬其处理能力的管理程序。

目标程序 (object program)：源程序通过翻译程序翻译之后，得到的机器语言形式的程序叫目标程序。

脱机 (off line)：指外部设备处于不能和微型计算机交换信息的状态。

联机 (on line)：指外部设备处于能够和微型计算机交换信息的状态。

操作系统 (operation system) : 充分利用计算机的硬件资源和软件资源, 并令它们协调工作以发挥计算机的最大效率的管理程序。

程序 (program) : 为解决某一问题而设计的一系列指令或语句。

随机存取存储器 (RAM) : 可以随时进行读写的存储器。

只读存储器 (ROM) : 只能读出而不能用指令进行写入的存储器。

软件 (software) : 指程序系统。程序可以存在存储器中, 打印在纸上, 记录在磁盘磁带中, 所以它是无固定形状的虚体。因而称为软件。

源程序 (source program) : 用户根据高级语言的语法所编制出来的程序。

堆栈 (stack) : 有先进后出功能的存储区。堆栈常常用于子程序调用时存放返回地址和其它信息。

字符串 (string) : 由字符组成的有序序列。

子程序 (subroutine) 主程序在执行过程中, 常要调用的专门程序。

实用程序 (utility program) : 为了方便使用微型机系统而编制的通用标准程序。这类程序一般和外部设备打交道。

字 (word) : 微处理机的算术逻辑部件ALU能并行处理的信息数据长度, 以及微处理机和存储器进行数据交换的并行数据长度。

字长 (word length) : 字的二进制位数。微型机的字长有4位、8位、12位、16位、32位。

第二节 APPLE II 微型机系统概况

APPLE II 微型计算机系统是应用最广泛的个人计算机之一。它有结构灵活, 可靠性高、使用方便、价格便宜、软件丰富等一系列优点。多年来一直吸引着大量的用户。APPLE II 微型机系统有APPLE II, APPLE II Plus, APPLE IIe三种机型。这儿将以APPLE II Plus为主线, APPLE IIe为辅来介绍其概况。

一、APPLE II 的系统组成

APPLE II 微型计算机系统, 最小结构可以由主机、键盘和显示器组成; 最大结构可以由主机加上11种外部设备组成。

APPLE II 的基本系统一般由主机、键盘、显示器、打印机、磁盘机组成。其结构如图1-4所示。下面对基本系统的各个部件进行简要的介绍。

1、主机

主机由微处理器6502, 存储器RAM、ROM, 时钟及同步计数电路, 机内接口,

I/O插座、视频信号发生器等部件组成，主机的逻辑结构如图1—5所示，部件分布如图1—6所示。

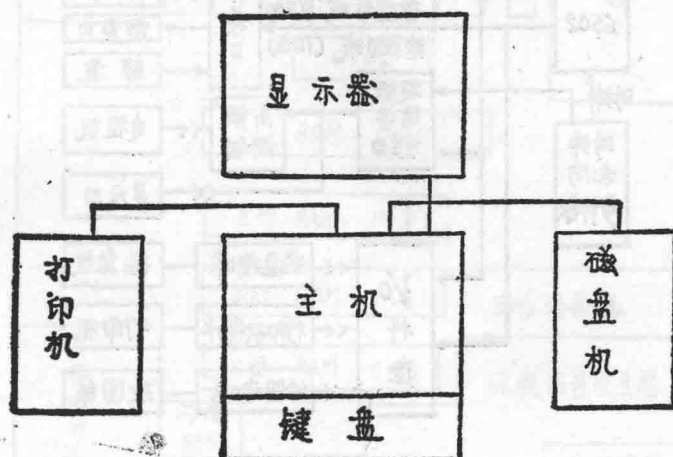


图1—4 APPLE II的基本系统

(1) 6502

6502是一个典型的8位微处理器，它用作不少个人计算机的CPU。6502是美国MOS TECHNOLOGY公司的产品，ROCKWELL公司和SIGNETICS公司也生产这种微处理器。APPLE II中采用的6502型号是MCS6502或SY6502。它的主要技术指标如下：

数据字长：8位

地址字长：16位

基本指令条数：56条

生产工艺：MOS

寻址能力：64K

时钟频率：1.023MHz

电源：+5V

功率：250mw

封装：双列直插式（DIP）40引线

微处理器6502是APPLE II的心脏，任何控制信号和运算都是由它产生和执行的。

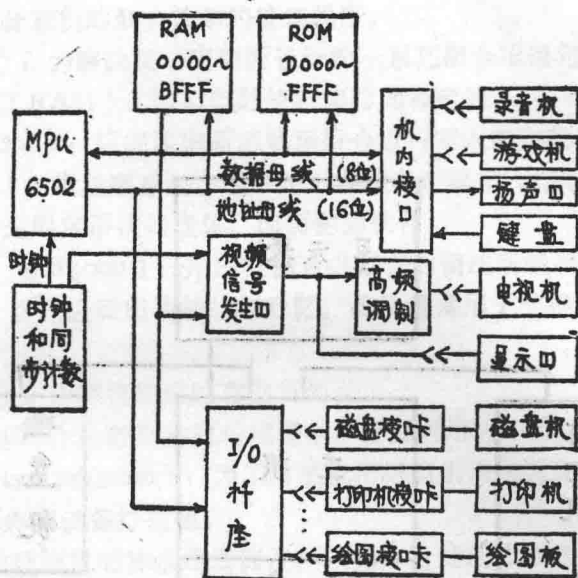


图 1—5 APPLE II 的主机逻辑结构框图

6502的性能对APPLE II的技术指标起决定作用。例如工作速度，内存容量等。从外部设备输入的数据，是由6502执行处理的，而外部设备的工作也是由6502控制的。

(2) 时钟和同步计数器

主振是石英晶体串联谐振振荡器，所以振荡频率稳定。主振的振荡频率是14.318 MHz。主振产生的振荡信号由同步计数电路进行分频，以产生其它工作信号。

同步计数电路对主振分频后主要产生下列信号，以供APPLE II系统工作：

时钟 ϕ_0 ， ϕ_1 (1.023MHz)

RAM行地址选择信号 $\overline{RAS}$ (2.045MHz)

RAM列地址选择信号 $\overline{CAS}$ (2.045MHz)

彩色基准信号 COLOR REF (3.580MHz)

7兆工作信号 7M (7.159MHz)

I/O插座通用定时信号 Q_3 (2.045MHz)

除了上述信号还有装入信号，显示器同步信号等。

(3) 存储器RAM, ROM

RAM是随机存取存储器，它用于存放用户的程序和数据。

ROM是只读存储器，它用于存放BASIC语言的解释程序和监控程序。

(4) 视频信号发生器、高频调制器

视频信号发生器用于形成字符显示的视频信号以及图形显示的视频信号。由视频信