

APPLE II

微型计算机系统结构

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 微型计算机系统结构

余永权 编

一九八四年元月

前 言

APPLE II 是目前世界上最流行的微型计算机之一。它具有使用方便、工作可靠、价格便宜等一系列优点。我国目前已进口了不少APPLE II 微型计算机系统, 并且国内也有不少厂家组装APPLE II 微型计算机。

为了加速我省省属高等院校计算机的广泛应用, 提高教学、科研和管理水平, 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举办一系列微型计算机培训班; 并且委托广东工学院负责具体培训工作。以对省属院校有关的教学、科研、管理和实验人员进行全面的培训。

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中的提高班。因此, 要求读者有一定的微型计算机基础知识, 或者曾参加过微型计算机的普及班或一般班的学习。

这本书对APPLE II 微型计算机进行解剖, 分析它的各种部件的结构和工作原理。使读者能从中理解和领会整机概念, 同时又能明了机内各部件的联系和具体工作原理, 加深对微型计算机的结构的了解。对于硬件人员, 本书可作为系统学习和维护保养的详细教材; 对于软件人员, 本书可作为程序设计的辅助参考书, 因为了解机器的内部结构, 对提高编程的技巧和效率是大有好处的。

本书共分九章, 各章之间既有关联又互相独立。第一章简单介绍微型计算机的发展情况和一些基本概念。第二章简单介绍微型计算机中的数的表示方式和基本运算方法。第三、四章具体介绍APPLE II 微型计算机中所用到的一般逻辑部件和特殊逻辑部件。前面这几章是为以后各章学习提供必要知识的。第五章介绍微处理器6502的结构和指令系统。第六章对用在APPLE II 上的存储器芯片进行分析, 并对其存储器的结构进行解剖。第七章对APPLE II 的输入输出接口和结构作具体分析。第八章叙述APPLE II 的系统结构, 对整机电路进行分析。第九章介绍APPLE II 的键盘、显示器、磁盘机和打印机这四种最重要的外部设备。

这本教材是在较短的时间内编写出来的, 时间较仓促, 加上编者水平有限, 很可能存在各种谬误和缺点; 希望读者多提宝贵意见, 以求不断改进。

在编写本书的过程中, 得到广东省高教局、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, 并得我院不少同志的支持和帮助。特别是我院制图教研室的陈永汉、佐宗义老师, 以及微型计算机系统实验室的邓小燕同志, 为了使本书能及时排印, 描制了大量插图, 谨此一并致谢。

广东工学院计算中心 余永权

1984. 1

目 录

第一章 微型计算机发展概况.....	(1)
第一节 微处理机的发展和分类.....	(1)
第二节 微型计算机和微型计算机系统.....	(2)
第三节 APPLE II 微型计算机系统概况	(3)
第二章 二进制和微型计算机运算.....	(6)
第一节 二进制表示法	(6)
第二节 微型计算机运算方法.....	(10)
第三章 APPLE II 微型机中的逻辑部件	(13)
第一节 基本逻辑运算和电路.....	(13)
第二节 触发器、寄存器集成电路.....	(15)
第三节 计数器集成电路.....	(20)
第四节 译码器集成电路.....	(22)
第五节 多路器集成电路.....	(25)
第四章 APPLE II 中的特殊逻辑部件	(30)
第一节 三态门集成电路.....	(30)
第二节 全加器集成电路.....	(33)
第三节 字符发生器.....	(34)
第四节 时基集成电路 5 5 5	(37)
第五章 微处理机6502.....	(39)
第一节 6502的逻辑结构.....	(39)
第二节 6502的指令系统.....	(44)
第六章 APPLE II 的存贮器	(55)
第一节 只读存贮器ROM	(55)

第二节	随机存取存储器RAM	(60)
第三节	APPLE II 的存储器结构	(66)
第七章	APPLE II 的I/O结构	(72)
第一节	I/O接口的地址分配	(72)
第二节	外部设备I/O插座	(77)
第三节	键盘和显示器接口	(81)
第四节	录音机、扬声器和游戏机接口	(83)
第八章	APPLE II 的系统结构	(87)
第一节	主振和系统时基部件	(88)
第二节	显示器行列同步计数器	(94)
第三节	行场同步信号发生电路	(97)
第四节	字符发生部件	(102)
第五节	视频信号发生器及显示屏工作方式	(105)
第六节	RAM地址译码部件	(117)
第九章	APPLE II 的外部设备	(124)
第一节	键盘的结构和原理	(124)
第二节	显示器的结构和原理	(128)
第三节	磁盘驱动器的结构和原理	(131)
第四节	打印机的结构和原理	(142)
附图	APPLE II 微型计算机系统逻辑总图	(149)

第一章 微型计算机发展概况

第一节 微处理机的发展和分类

微型计算机是在微处理机的基础上发展起来的。没有微处理机, 那么就不可能产生微型计算机。

微处理机在结构上相当于一般电子计算机的运算器和控制器。它的发展过程也就体现着微型计算机的发展过程。

世界上第一台微处理机是由美国Intel公司在1971年生产的, 取名为Intel 4004, 这是采用大规模集成工艺的器件, 它的产生导致了微型计算机时代的开始。

Intel 4004在生产了之后并未受到人们的重视。1972年Intel公司为了控制阴极射线管的需要, 又研制了Intel 8008, 该微处理机一经投入市场, 马上大受欢迎。从而促使了微处理机的进一步发展。Intel公司马上组织人马进行第二代微处理机的研制, 结果在1973年又生产了Intel 8080微处理机。在此同时, 有关集成电路生产厂家也纷纷制造微处理机, 以争夺微处理机的广泛市场。此期间, 比较有代表性的产品有Motorola公司的MC6800, Zilog公司的Z80, Faichild公司的F8, Rockwell公司的6500等。

随着时间的不断推移, 微处理机日新月异, 它从原来的4位机发展到目前的32位机。集成度、工艺、可靠性不断上升。

目前, 世界上生产的微处理机品种数以百计, 产量数以百万计。而且还在不断发展之中。

Rockwell公司在6500微处理机的基础上, 改进和生产的微处理机6502在各方面受到广泛使用。APPLE II微型计算机就是以6502作为CPU(中央处理器)的。

微处理机的分类可以以数据字长分, 以工艺类型分, 以组合部件数量来分。

按组合部件分可分单片微处理机和多片微处理机两大类。单片微处理机是指把微处理机做在一片集成电路芯片上。多片微处理机就是把微处理机分成若干个部分, 每个部分做在一片芯片上, 故而是一个完整的微处理机由多块集成电路芯片组成。一般来说, 按组合部件分类很少见了。因为现在的微处理机都已经做在一片集成电路芯片上, 只有早期的微处理机才是分成多片的。

按工艺类型分, 首先可分成单极型和双极型两大类。单极型工艺是金属氧化物半导体(MOS)工艺。这种工艺有PMOS工艺, NMOS工艺, CMOS工艺, HMOS工艺等。其代表产品有Rockwell公司的PPS-8(PMOS工艺, 1974年产); Motorola公司的MC6800(NMOS工艺, 1974年产); 美国无线电公司RCA的COSMAC(CMOS工艺,

1975年产)；Intel公司的8088 (HMOS工艺, 1979年产)。双极型工艺有肖特基晶体管—晶体管逻辑STTL工艺, 射极耦合逻辑工艺ECL, 集成注入逻辑工艺I²L (也称合并晶体管逻辑MTL)。其代表产品有科学微系统公司SM的SMS 300 (STTL工艺)；Siemens公司的7760 (ECL工艺)；Fairchild公司的9940 (I²L工艺)。

目前, 绝大多数的微处理机都是采用MOS工艺; 其它工艺用得不多, 一般也是为了寻求高速微处理机而特意采用的, 其工艺过程比MOS稍为复杂。

微处理机分类方法较普遍的是按数据字长分类。微处理机一般分成字长4位, 12位, 16位, 32位几种。32位是近来才研制出来的产品, 尚未广泛应用。4位机用在简单的用途上, 比如某些工业控制简单的地方或简单的仪表中。8位和16位机应用最广泛最多, 几乎在各种领域都可以见到; 不过目前8位应用更广泛。12位的产品较少, 应用也不多。

微处理机发展很快, 价格不断下降, 性能不断上升。图1—1所示的是Intel公司近几年的发展概况。按目前情况看, 微处理机还会有更大的发展。

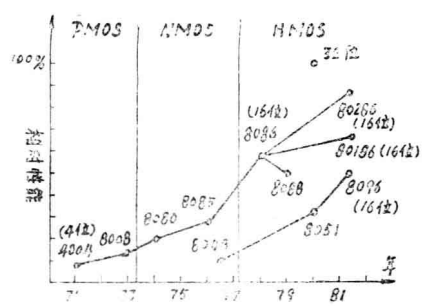


图 1—1

第二节 微型计算机和微型计算机系统

微处理机、微型计算机、微型计算机系统是三个相互关连而又互不相同的概念。

微处理机是一个器件。它是把计算机运算器和控制器集成在一块芯片上形成的器件。

微型计算机由微处理机、存贮器和输入输出接口组成。它可以称得上是一台“机器”。微型计算机可以执行运算, 但是它还缺少和人进行联系的能力和设各。

微型计算机系统是一个完整的独立工作的系统, 它有运算能力, 还能和人进行信息交换。微型计算机系统由微型计算机, 外部设备, 软件系统和电源组成。

微处理机、微型计算机微、型计算机系统的组成和关系如下图1—2所示。

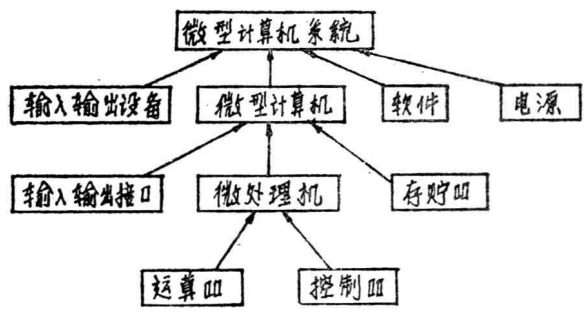


图 1—2 微型计算机系统的构成

微处理机也称中央处理机CPU。有时也称作微型中央处理机MPU。它的作用主要有两个：第一是发出计算机的工作控制信号，以完成指令所需的各种步骤，并且使各个步骤能按一定时间图进行同步；第二，执行各种操作，包括取指令，取数据，进行信息加工，和外部设备交换信息。微处理机是一台微型计算机最重要的器件，一台计算机的绝大多数性能，是由微处理机来确定的。比如字长，寻址能力，指令条数，工作速度等。

存储器是微型计算机用于存放数据、程序及各种信息的部件。存储器有两大类，即随机存取存储器和只读存储器。随机存取存储器简称RAM，它有静态和动态两种。静态RAM以触发器作存储元件，只要有电源存在，其信息就保存不变。动态RAM以电容作存储元件，即使有电源存在，其信息也会因电容漏电而变化；故而需要对它的存储单元进行不断刷新。只读存储器ROM，它有掩模和可改写两大类。掩模ROM的内容由制造厂家确定，用户无法改动，一般用于存放监控程序或解释程序。可改写ROM现在通用的是可改写的EPROM。只读存储器的最大特点是在电源撤消后，其内容不会变化，因而可长期保存信息。

输入输出接口是微处理机与外部设备进行信息交换的中介部件。输入输出接口简称I/O接口。I/O接口可以进行速度匹配，数据类型变换，数据缓冲。它是微处理机与外部设备进行信息交换必不可少的部件。I/O接口一般有通用型，专用型等。较通用的有8255、Z80PIO等。

软件一般有监控程序、汇编语言、BASIC、FORTRAN、COBOL、PASCAL等。除此之外还有各类应用程序。一般的微型计算机系统还配有较完善的操作系统DOS。

I/O设备，一般有键盘、显示器、打印机、磁盘机、磁带机等，有的机器还可以配上绘图仪、光笔等。

第三节 APPLE II 微型计算机系统概况

APPLE II 微型计算机系统是APPLE II 公司的产品。按世界上有关部门对市场的了解和统计，到1982年底为止，APPLE II 微型计算机已销售了60万台以上。居微型计算机销售额的第二名。（第一名是Commodore 公司的VIC-20，销售量为75万台）。

从销售量看，APPLE II 微型计算机是较受人们欢迎的产品。这和该机的设计，性能等是有一定关系的。但重要的是它的价格便宜，外部设备添加代换容易，服务周到。

1975年，APPLE II 公司生产出第一台微型计算机取名为APPLE I。APPLE I 价格低廉，其售价只有666美元。当时它只包括一个显示器接口和固化的监控程序。为了满足用户的需要，8个月之后APPLE公司接着推出了APPLE II。

APPLE II 同APPLE I 一样，它包括显示器接口，也可以通过一个调制器调制之后用普通电视机显示。不过APPLE II 在机内固化的是BASIC语言。APPLE II 过去有二种型号：即APPLE II 和APPLE II Plus。它们两者之间没有本质上的不同。APPLE II 在内存中固化的是整数BASIC (INTEGER BASIC)，而APPLE II Plus 在内存中固化

的是浮点BASIC (APPLESOFT)。不过这两种机子都可以兼有这两种语言卡，对于APPLE II，应插入固化的APPLESOFT语言卡；对于APPLE II Plus，则应插入INTEGER BASIC语言卡。

1981年5月APPLE公司宣布推出新的机子APPLE III。并且宣称它比APPLE II 操作快两倍，并可以由软件定义字符，因而任何字符都可以显示和产生；它还可以绕轴旋转显示的内容；APPLE III内还有APPLE II 的仿真程序，因而可采用APPLE II 上能用的所有软件等。但是，APPLE III的命运不佳，最先出厂的一万四千台产品被退回重新装配，因而其声誉大损，而后又遭受IBM公司推出的IBM微型计算机的冲杀。以至APPLE III业绩惨淡，无法东山再起。

为了保持竞争性，APPLE公司不得不努力保住APPLE II 的名声，因而把APPLE II 进行改造以适应用户的新需要。同时，APPLE公司又加紧研制新的机子，以期争取更多市场。

APPLE公司目前推出的APPLE II e是原来APPLE II 的改进型。它之所以称作APPLE II e，是因为表示APPLE II +enhanced+easier；也就是APPLE II 加功能增强 加更易操作。取APPLE II 和后两个英文单词的第一个字母，从而组成了APPLE II e。APPLE II e的键盘比APPLE II 多一些键，它的控制功能和输出功能都较APPLE II 为强。

1983年，APPLE II 公司推出了一种新的机子，该机子称作Lisa。Lisa机研制时间历时三年，投资达五千万美元。Lisa机采用32位微处理机作CPU，时钟频率7MHZ，用高精度显示器。其软件除了高级语言之外，还有6种商业程序被固化在机内。它们分别是Ward Processing, Economic Modeling, Graphing, List Management, Project Scheduling, Free Form Drawing。该机能模拟一个人在办公室的工作方式进行工作。用户可以通过一个遥控小键盘，俗称“电子老鼠”来控制机子工作。显示器上显示可工作的类型，只要电子老鼠控制的光标指向该工作类型，则机子执行该类工作。由于控制方便，所以用户很易掌握。过去一般微型计算机用户需要进行20~40小时培训方能工作，而Lisa机的用户一般只培训20~40分钟能工作了。据估计，Lisa可望成为极受欢迎的产品。

APPLE II 微型计算机系统一般由主机，显示器，磁盘驱动器，打印机组成；按用户的需要还可以加上通信设备、话筒、绘图板、绘图仪等。其结构如下图1—3和图1—4所示。

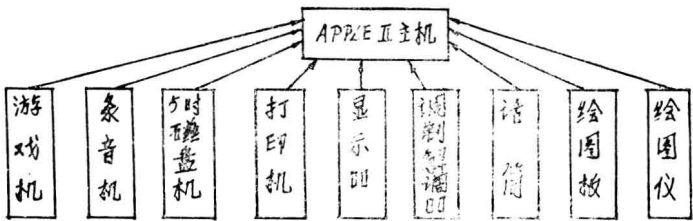


图 1—3 APPLE II 微型机系统

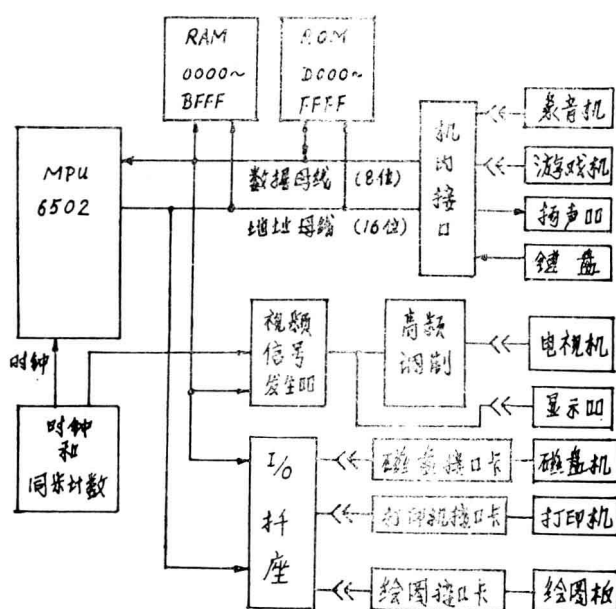


图 1 — 4 APPLE II 主机结构

APPLE II 的主机，以及各种外部设备的接口卡，均是APPLE公司的产品；但是，它也采用其他厂家的产品作为自己的东西出售。其中磁盘驱动器就是一例，APPLE II 的磁盘驱动器是SHUGART生产的标准磁盘驱动器SA400。APPLE公司只不过为该驱动器配上一个接口卡而已。还有其他产品，如打印机、显示器等，也有类似情况。

APPLE II 的软件系统除了整数BASIC、APPLE SOFT之外，还有语言系统卡，该卡中含有APPLE PASCAL；另外还有录在磁盘中的APPLE FORTRAN；同时还有大量的应用程序和游戏程序。

APPLE II 微型计算机系统的最大特点还是在于它备有 8 个I/O插座，以供用户随时增减外部设备之用。在实际应用中，用户会发现，这 8 个I/O插座的设置对于用户选用不同的外部设备十分灵活和方便。

第二章 二进制和微型计算机运算

第一节 二进制表示法

对于任何进制的数D，都可以用数学式表示：

$$D=K_nb^n+K_{n-1}b^{n-1}+\cdots+K_0b^0+K_{-1}b^{-1}+\cdots+K_{-m}b^{-m}$$

其中： b叫做b进制的基数。

Ki叫做b进制的数码。

m， n是正整数。

对于一个十进制的数983.56，可以表示为：

$$983.56=9\times10^2+8\times10^1+3\times10^0+5\times10^{-1}+6\times10^{-2}$$

其中： 10叫做十进制的基数。

3， 5， 6， 8， 9叫做十进制的数码。

一般而言，十进制是以10为基数的，其数码有0～9共十个，十进制执行“逢十进一”的进位原则。

二进制是以2为基数的，其数码有0～1共2个，二进制执行“逢二进一”的进位原则。

二进制数和十进制数对应如下表1—1中所示：

表 1—1 二进制数和十进制数

十进制数	二进制数	十进制数	二进制
0	0	0.5	0.1
1	1	0.25	0.01
2	10	0.125	0.001
3	11	0.0625	0.0001
4	100		
5	101		
6	110		
7	111		
8	1000		
9	1001		
10	1010		

一般而言，任意一个二进制数B，都可以用下式表示：

$$B=k_n2^n+k_{n-1}2^{n-1}+\cdots+k_02^0+k_{-1}2^{-1}+\cdots+k_{-m}2^{-m}$$

其中 $k_i=0$ 或 1

例如：

$$1101.01=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}$$

二进制的加法法则只有四种：

$$0+0=0 \qquad 0+1=1$$

$$1+0=1 \qquad 1+1=10$$

下面以两个例子说明二进制数相加的情况：

1) $110+1011=10001$

$$\begin{array}{r} 110\cdots\cdots 6 \\ + 1011\cdots\cdots 11 \\ \hline 10001\cdots\cdots 17 \end{array}$$

2) $1001+1111=11000$

$$\begin{array}{r} 1001\cdots\cdots 9 \\ + 1111\cdots\cdots 15 \\ \hline 11000\cdots\cdots 24 \end{array}$$

从二进制的加法过程看出，二进制具有运算简单的特点；加上二进制表示法和电路的导通、截止状态相对应；因而二进制自然而然地被用在电路组成的电子计算机中。

在电子计算机中常常还用到八进制，十六进制和二一十进制。电子计算机中用八进制或十六进制，只是在编制机器语言程序时用到，其目的是在于简化书写过程。而二一十进制则是进行十进制运算时和输入输出信息时要用到的。

八进制数在本质上是把三位二进制数看作一位八进制数而已。因而它们有如下关系，如表 1—2 所示。

对于八进制而言，其基数是 8，数码则只有 0~7 共 8 个。

把一个二进制数 110111011 化成一个八进制的数，其过程如下：

$$\begin{array}{ccc} \underline{110} & \underline{111} & \underline{011} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 6 & 7 & 3 \end{array}$$

其结果可变成十进制数之后来确定是否相等。

$$\begin{aligned} 110111011 &= 1\times2^8+1\times2^7+1\times2^6+1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0 \\ &= 443 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (673)_8 &= 6\times8^2+7\times8^1+3\times8^0 \\ &= 443 \end{aligned}$$

表 1—2 二进制和八进制的关系

八进制数	二进制数
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111

从上面的结果可知它们是相等的。八进制的数化成二进制数也十分简单，只要把每位八进制数看作三位二进制数即可。

二进制数和八进制数之所以变换如此简便，是因为 8 和 2 有特殊的 关系，即 $8 = 2^3$ 。那么，很容易理解用一位八进制数就可以表示三位二进制数了。

十六进制数在本质上是把四位二进制数看作一位十六进制数。它们之间的关系如表 1—3 所示。

表 1—3 二进制数和十六进制数的关系

二进制数	十六进制数	二进制数	十六进制数
0	0	1000	8
1	1	1001	9
10	2	1010	A
11	3	1011	B
100	4	1100	C
101	5	1101	D
110	6	1110	E
111	7	1111	F

对于十六进制数而言，其基数是 16，数码一共有 0~F 共 16 个。

把一个二进制数 1010100111 化成十六进制数的过程如下：

$\begin{array}{c} 10 \\ \hline \downarrow \\ 2 \end{array}$	$\begin{array}{c} 1010 \\ \hline \downarrow \\ A \end{array}$	$\begin{array}{c} 0111 \\ \hline \downarrow \\ 7 \end{array}$
---	---	---

$$\begin{aligned}
 1010100111 &= 1 \times 2^9 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 &= 679 \\
 (2A7)_{16} &= 2 \times (16)^2 + A \times (16)^1 + 7 \times (16)^0 \\
 &= 2 \times (16)^2 + 10 \times (16)^1 + 7 \times (16)^0 \\
 &= 679
 \end{aligned}$$

从上面结果可知，它们是相等的。把一个十六进制数化成一个二进制数也十分简单，只要把一位十六进制数变成四位二进制数即可。二进制和十六进制的转换之所以如此简单，是因为 $16=2^4$ 的缘故。

二进制和二一十进制的变换和上面的十六进制变换类似。一般也是用四位二进制数表示一位二一十进制数。由于二一十进数是用二进制表示十进制数，而 $10 \neq 2^4$ ，所以变换和运算就稍为复杂。一般二一十进制数只有0~9个数码，故和二进制对应如下表1—4所示。

表 1—4 二进制和二一十进制的关系

二进制数	二一十进制数
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	错
...	
1111	码

上表看出，二一十进制数是永远用不到二进制数1010~1111这6个数码的。当二一十进制数中出现这些码时，则马上要进行调整。

下面以二一十进制数的加法过程说明调整的方法。调整规则：当一位二一十进制数大于9时，则对该位加6。（注意，四位二进制数看作一位二一十进制数）。

例：十进制运算 $5 + 7 = 12$ 。用二一十进制运算执行时，即是0101+0111

$$\begin{array}{r}
 0101 \\
 + 0111 \\
 \hline
 1100 \cdots \text{大于 } 9 \text{ (即 } 1001 \text{)} \\
 + 0110 \cdots \text{要加 } 6 \\
 \hline
 1 \quad 0010 \\
 \hline
 \downarrow \quad \downarrow \\
 1 \quad 2
 \end{array}$$

从上面可知，当一位二一十进制的数的值大于 9 时，就要加上 6 才能得到正确结果。否则得到的只是错码。

第二节 微型计算机运算方法

一、微型计算机的数据表示方法

在微型计算机中，一般把数据分成符号和尾数二个部分，如下图 2—1 所示。

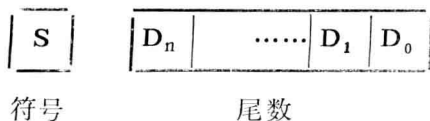


图 2—1 数据表示法

数据为正时，符号用“0”表示；数据为负时，符号用“1”表示。尾数一般是以字节来计算的。二进制数的八位数字称作一个字节。对于字长 8 位的微型机，它的字长也可称作一个字节。进行运算时，是一个字节一个字节并行进行的。使用软件手段，可以实现多字节运算。

在计算机中，数据的尾数还有三种表示方式：这就是原码、反码和补码。

对于正数而言，原码、反码、补码都是它本身。

例如：+0.101就表示为0.101

[0.101] 原=0.101

[0.101] 反=0.101

[0.101] 补=0.101

对于负数而言，原码是它本身；反码则是把其尾数的“0”换成“1”，“1”换成“0”所得的结果；补码则是把反码加 1 得到的结果。

例如：-0.101就表示为1.101

[1.101] 原=1.101

[1.101] 反=1.010

[1.101] 补=1.011

二、微型计算机的运算方法

在微型机中，执行数据运算是一个加法器。因而计算机中的四则运算：加，减，乘除都要通过加法实现的。由于乘法是加法的重复运算，除法是减法的重复运算；显然只要把减法转为加法执行，那么就可以用加法实现任何算术运算了。

采用补码运算，可以把减法变成加法执行。下面举例说明这个过程。

例如 $0.1001 - 0.0101 = ?$

1、把上式改写成： $0.1001 + (-0.0101)$

2、求 -0.0101 的补码。

在机器中 -0.0101 即是 1.0101

$[1.0101]_{\text{补}} = 1.1011$

3、进行补码相加

$$\begin{array}{r} 0.1001 \\ + 1.1011 \\ \hline 1 : 0.0100 \\ \uparrow \\ \text{溢出丢失} \end{array}$$

4、最后有 $0.1001 + [1.0101]_{\text{补}} = 0.0100$

显而易见，这个结果和原码减法 $0.1001 - 0.0101 = 0.0100$ 是一致的。

从此可知，减一个正数，则可以用加上这个数的负数补码来实现。这样，减法就被转化成加法了。

在计算机中，乘法是由相加，移位这两个操作完成的。下面以两数相乘的过程来加以说明。

例如：求 $1010 \times 1011 = 1101110$

$$\begin{array}{r} 1010 \quad \text{.....被乘数} \\ \times 1011 \quad \text{.....乘数} \\ \hline 1010 \\ 1010 \\ 0000 \\ + 1010 \\ \hline 1101110 \end{array}$$

在上面运算过程中，实际执行下面原则：

(1) 先令中间结果为“0”，再从右向左判别乘数的各位。

(2) 被判别的该位为“1”，则把被乘数左移到该位，加上中间结果；被判别的该位为“0”，则把“0”左移到该位，加上中间结果。

(3) 乘数各位判别完毕则乘法结束。

在计算机中，左移会产生溢出，故此一般都采用右移的办法，把低位移到另一个寄存器保存，而高位则放在累加器中。因此，计算机中运算过程与上面手算的过程不同，它遵循如下原则：

(1) 先令中间结果为“0”，再从右向左判别乘数的各位。判别时，是把乘数右移一位，使其低位移入一个标志寄存器进行判别的。

(2) 被判别的该位为“1”，则把中间结果右移一位，加上被乘数；被判别的该位为“0”，则把中间结果右移一位不加被乘数。

(3) 乘数各位判别完毕则乘法结束。

执行除法时，则是由加补码和移位这两种操作执行。其过程和乘法类同。

在乘、除法中，符号的处理是独立执行的。一般是把符号位进行单独一位加法而取得。在大多数微型计算机中，乘法和除法由专门的子程序完成。