

电子技术类职业教育丛书

微型计算机原理和应用

杨新立 编



科学技术文献出版社

中国电子学会普及工作部
北京市职业教育研究会 组编

电子技术类职业教育丛书之九

微型计算机原理和应用

杨新立 编

科学出版社

电子技术类职业教育丛书之九

微型计算机原理和应用

杨新立 编

科学技术文献出版社出版

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 16开本 印张：22 字数：562千字

1986年11月北京第一版第一次印刷

印数：1—10000册

科技新书目：126—50

统一书号：15176·707 定价：4.55元

电子技术类职业教育丛书编委会

主任委员：边 拱

副主任委员：邵绪朱 施绍祺

委 员：白玉贤 时雅卿

杨光起 于洪波

左万昌 余国森

张秀英 宁云鹤

宋广陵 张道远

刘学达

前 言

为适应我国职业技术教育迅速发展的迫切需要,使教育更好地为四化建设服务,中国电子学会普及工作部和北京市职业教育研究会共同组织编写出版这套《电子技术类职业教育丛书》。

丛书包括:无线电数学、无线电电工基础、模拟低频电子电路、模拟高频电子电路、数字电路基础、盒式收录机原理与电路解说、黑白彩色电视机原理与电路解说(上、下册)、微型计算机原理和应用、家用录象机原理与电路解说,共十册。

这套丛书是参照电子技术类职业教育的教学计划和大纲编写的。它包括了电子技术专业的基础课、技术基础课和专业课,具有较强的系统性,每册内容又具有一定的独立性。丛书可作为职业教育参考教材,也可供具有中等文化程度的电子技术爱好者自学时选用。

在编写丛书过程中,编者注意到理论与实践密切结合,用具体应用实例来加深对理论概念的理解;以阐明分析问题的步骤和思路为线索突出物理概念,并有一定的理论分析以加深理解;在文字上力求深入浅出和通俗易懂。每章后面一般都有一定数量的习题,帮助读者巩固所学的内容。书后还附有习题解答或提示,以便于自我检查。

本套丛书部分内容曾作为中国电子学会举办的“全国电子技术自修班”教材使用过,充分听取了广大学员对本书的意见。对书中的遗误和不妥之处进行了必要的修改;对部分内容也作了适当的调整和增删。

中国电子学会普及工作部和北京市职业教育研究会的有关领导,对丛书的出版给予了大力支持,并直接组织指导了全套丛书的选题、编写、定稿和印刷出版等事宜;有关工作人员和编者也为全套丛书尽早与读者见面做出了很大的努力。尽管如此,在较短的时间里,组织出版这样一套职业教育系列丛书,我们还是第一次尝试。书中的错误与不当之处在所难免,尤其是这套丛书是否能满足职业技术教育的要求,更有待于广大读者通过学习实践提出宝贵意见,以便于在此基础上编出更适合我国职业教育的丛书。

最后,我们还应向为这套丛书及时出版而付出辛勤劳动的出版、印刷等部门,以及所有参与此项工作的同志表示衷心的感谢。

丛书编辑委员会

一九八六年四月于北京

编 者 的 话

近几年来,随着大规模集成电路技术的发展,微型计算机正以人们料想不到的速度迅猛发展,并在人们生活和生产领域中获得愈来愈多的应用,成为科学技术现代化不可缺少的重要工具。编写这本书,是为了在读者中普及和提高微型计算机知识,以适应我国四个现代化的迫切需要。

本书是在中国电子学会普及工作部举办的电子技术自修班教材基础上修改而成。本书选择目前具有代表性的 Z80 为样机加以介绍,内容力求深入浅出,注重实用,每一部分都列举了大量的实例。每章后有习题,书后附有习题答案,以供参考。

阅读本书的读者应具有数字电路的基础知识,并对计算机的数制、码制也应有所了解。

本书在编写过程中,北京煤炭干部管理学院张玉国同志等提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

一九八六年四月于北京

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 微型计算机概况	(1)
第二节 计算机字、数据和指令	(2)
一、计算机字的概念	(2)
二、数 据	(2)
三、指 令	(5)
第三节 微型计算机的结构	(6)
一、微处理器和微型计算机的概念	(6)
二、微处理器	(7)
三、存贮器	(8)
四、I/O 接口	(9)
五、系统总线	(9)
第四节 微型计算机的工作过程	(10)
一、初级微处理器的内部结构	(10)
二、微型计算机的工作过程	(12)
第五节 微型计算机系统	(14)
第二章 Z80-CPU	(16)
第一节 Z80-CPU 的 结构	(16)
一、寄存器组	(17)
二、算术逻辑运算部件 (ALU)	(22)
三、指令寄存器、译码器及定时控制电路	(22)
第二节 Z80-CPU 引 脚说明	(22)
一、地址总线 ($A_{15} \sim A_0$)	(22)
二、数据总线 ($D_7 \sim D_0$)	(23)
三、控制总线	(23)
第三节 CPU 的 定时	(25)
一、指令周期、机器周期和时钟周期	(25)
二、Z80时序	(26)
第三章 Z80 指令系统	(34)
第一节 指令格式和寻址方式	(35)
一、指令格式	(35)
二、寻址方式	(36)
第二节 Z80 指令系统	(41)
一、数据传送和交换指令	(41)

二、算术和逻辑运算指令.....	(56)
三、循环和移位指令.....	(68)
四、转移、调用和返回指令.....	(73)
五、位操作指令.....	(80)
六、数据块的传送和查找指令.....	(82)
七、输入输出指令.....	(85)
八、通用算术和 CPU 控制指令.....	(87)
第四章 汇编语言程序设计基础	(94)
第一节 汇编语言.....	(94)
一、程序设计语言简介.....	(94)
二、汇编语言程序格式.....	(95)
三、Z80 常用伪指令.....	(97)
第二节 汇编语言程序设计.....	(102)
一、简单程序.....	(102)
二、分支程序.....	(105)
三、循环程序.....	(108)
四、综合举例.....	(111)
第五章 半导体存储器	(129)
第一节 存储器概述.....	(129)
一、存储器的分类.....	(129)
二、存储器的主要指标.....	(130)
第二节 半导体存储器.....	(130)
一、只读存储器 ROM.....	(130)
二、读写存储器 RAM.....	(131)
第三节 存储器与 CPU 的连接.....	(133)
一、2114RAM 和 2716EPROM.....	(133)
二、存储器地址分配.....	(135)
三、地址译码电路.....	(135)
四、6KROM和 2KRAM 的连接.....	(138)
第六章 输入输出接口	(143)
第一节 Z80-PIO	(144)
一、PIO结构.....	(144)
二、PIO端口结构.....	(145)
三、PIO引脚介绍.....	(146)
四、PIO编程.....	(149)
五、PIO定时波形.....	(155)
六、应用举例.....	(157)
第二节 Z80-CTC	(160)
一、CTC 结构.....	(160)

二、引脚介绍	(162)
三、CTC 编程	(164)
四、应用举例	(169)
第七章 中断系统	(175)
第一节 CPU 与 外 设 之 间 传 送 数 据 的 方 式	(175)
一、无条件传送	(175)
二、查询传送	(176)
三、中断传送	(177)
四、直接数据通道传送 (DMA)	(177)
第二节 中断概念和中断过程	(177)
一、中断的含义	(177)
二、中断过程	(178)
第三节 Z80 的中断方式	(183)
一、非屏蔽中断和可屏蔽中断	(183)
二、CPU 对 非 屏 蔽 中 断 的 响 应	(184)
三、CPU 对 可 屏 蔽 中 断 的 响 应	(185)
四、中断控制逻辑和中断嵌套	(190)
五、中断处理程序设计举例	(193)
第八章 数-模(D/A)和模-数(A/D) 转换	(200)
第一节 数-模 转换	(200)
一、数-模转换器 (D/A)	(200)
二、CPU与D/A 转换器的接口	(202)
三、应用举例	(204)
第二节 模-数 转换	(207)
一、逐次逼近式A/D转换器	(207)
二、A/D转换芯片与CPU 的 接 口	(208)
三、应用举例	(211)
第九章 TP801单板计算机的结构、原理及应 用	(213)
第一节 概 述	(213)
一、主要技术指标	(213)
二、TP801的硬件结构简介	(214)
第二节 TP801的结构	(215)
一、时钟电路 和 Z80-CPU	(215)
二、存贮器	(215)
三、I/O 接口	(217)
第三节 外部设备及其管理	(219)
一、LED 显 示 器	(219)
二、键 盘	(223)
三、音频盒式磁带机	(229)

四、EPROM写入	(232)
第四节 单板计算机应用实例-TTL 集成电路测试器	(236)
一、测试原理	(236)
二、硬件的连接	(237)
三、测试程序的编制	(238)
第十章 BASIC语言	(242)
第一节 BASIC语言特点和程序的构成	(243)
一、BASIC语言基本特点	(243)
二、BASIC程序的结构	(243)
第二节 基本概念	(245)
一、基本符号	(245)
二、数的表示形式和范围	(246)
三、字符串常数	(246)
四、变量	(247)
五、算术运算符和运算规则	(247)
六、数学函数	(248)
七、表达式	(249)
第三节 打印输出语句、提供数据语句和暂停语句	(250)
一、打印输出语句 (PRINT语句)	(250)
二、提供数据语句 (LET、INPUT、READ、DATA和RESTORE 语句)	(254)
三、暂停语句 (STOP 语句)	(259)
第四节 转移语句和分支程序	(260)
一、无条件转移语句 (GOTO语句)	(260)
二、程序的一般编制过程	(261)
三、条件转移语句 (IF-THEN语句) 和分支程序	(262)
第五节 循环语句和循环程序	(267)
一、循环语句 (FOR 语句和NEXT语句)	(268)
二、循环程序举例	(270)
三、多重循环	(271)
第六节 子程序和数组	(274)
一、转子程序语句 (GOSUB语句) 和返回主程序语句 (RETURN 语句)	(274)
二、数组和数组说明语句 (DIM 语句)	(278)
第七节 逻辑运算	(283)
一、逻辑判断	(283)
二、逻辑运算 (AND、OR和NOT)	(284)
三、用AND、OR和NOT进行数值计算	(286)
第八节 自选输出打印格式及其它	(287)
一、打印格式函数 (TAB函数和AT 函数)	(287)
二、注释语句 (REM语句)	(291)

三、与字符串有关的函数(LEN、VAL、STR\$和INKEY\$函数).....	(292)
附录一 ASCII码表.....	(298)
附录二 Z80指令系统	(299)
附图 TP801单板计算机线路原理图	
习题参考答案.....	(310)

第一章 概 论

目 的 要 求

这一章扼要地叙述了微型计算机的结构以及计算机常见的几个“术语”和概念。它们是学习以后各章内容的基础。

学习本章内容，要求达到以下目的：

- (1) 掌握计算机字的概念、数值码和字符码的表示方法以及指令的基本格式。
- (2) 初步了解微型计算机的基本结构，以及组成微型计算机的各部分的作用。
- (3) 了解微型计算机的最基本工作过程是什么。
- (4) 弄清什么是微处理器、微型计算机和微型计算机系统。

第一节 微型计算机概况

自从1971年第一台微处理器问世以来，微处理器和微型计算机发展极其迅速。微处理器的性能和集成度，差不多每两年就有一次重大的发展。整个计算机工业发展速度本来就很快，而微处理器和微型计算机由于体积小、价格便宜和应用广泛，它的发展速度和影响远远超过了其它计算机。

微型计算机的迅速发展使得科技人员可以用微型计算机制成自己所需要的计算机了，并可象小型机程序员那样，为自制的计算机编制程序。今天，微型计算机已应用到各个领域，大至航天工业，小到家庭个人，可以毫不夸张地说微型计算机的应用日新月异，在国民经济和人民生活起着愈来愈重要的作用。

微处理器和微型计算机的发展，是和大规模集成电路的发展分不开的。六十年代初期，硅平面管工艺和二极管——晶体管逻辑电路的发展，促使小规模集成电路在1963~1964年间问世。六十年代后期，金属氧化物半导体晶体管工艺又使集成度显著提高，几个平方毫米的硅片上已有可能容纳几千个晶体管的电路，于是便出现了大规模集成电路。大规模集成电路计算机部件体积小，功耗低，可靠性高。到1970年前已经出现1k位的存贮器和可编程的袖珍计算器。这些新技术和新工艺，为设计和生产微处理器和微型计算机打下了基础。

1971年研制成功的第一台微处理器，是Intel公司的4004，它的出现引起人们很大兴趣。后来Intel公司对它进行了改进，生产出4040微处理器。1972年Intel公司又生产出8位的微处理器Intel8008。以上这些就是所谓的第一代微处理器。此后，在1973~1974年出现了多种型号的微处理器，例如：Intel8080, Motorola6800等等。人们把这些微处理器叫做第二代微处理器。在1975~1976年出现了集成度更高和性能更强的Z80和Intel8085等微处理器，以及一系列单片微型计算机。人们把它们称为第三代微处理器。1977年左右，超大规模集成电路工艺已经研究成功。一片硅片上可以容纳一万个以上的晶体管，16K位和64K位存贮器也已经生产出来了。在此基础上，从1978年开始出现了第一代超大规模集成电路的微处理器。例如，

Intel公司的8086, Zilog公司的Z-8000和Motorola公司的M68000等等。

微型计算机极其广泛的应用,也促进了本身的研制和生产。据统计,1979~1980年初,全世界微型计算机装机台数已达50万台,今后五年全世界微型机生产累计量将突破1200万台。到1986年全世界微型计算机的销售额预计将超过110亿美元,而微型机的平均价格每年下降20%左右。

微型计算机与任何其它计算机之间并没有根本的区别。所有计算机都是以共同的基本计算概念为基础的,这些计算概念可归结为一个基本的逻辑概念,即二进制数字概念。另外,按照通常比较计算机的方法,即通过对计算机的指令系统、寻址方式和运算速度的比较,微型计算机和其它计算机是非常相似的。但是,微型计算机又确实是一种不同于其它计算机的新产品。对微型计算机的用户来说,指令系统、寻址方式和运算速度并不那么重要,而最重要的是芯片的逻辑功能和微型计算机组件的价格,就这两方面来说,微型计算机显然优于所有类型的计算机。

第二节 计算机字、数据和指令

在介绍微型计算机的结构和工作原理前,首先介绍一些基本术语,如计算机字、数据、指令等。

一、计算机字的概念

计算机内的一个“字”是用二进制代码来表示的,它可以代表数据代码、字符代码、指令码和地址码(有关指令、地址等概念后文还要介绍)。计算机把每个字作为一个单一的单元来对待,并把它作为信息交换、加工、存贮时的基本单元。一个计算机字的二进制代码的位数称为计算机的“字长”,各种类型的计算机,字长当然不尽相同,但是每种计算机的字长是确定的。大型计算机字长一般都是32位或大于32位,中型计算机的字长是32位或16位,小型计算机大部分都是16位,微型计算机的字长有4位的、8位的和16位的。总的来讲,字长长的计算机,工作精度和速度都高。因此,字长是计算机的一个重要指标。

本书中将要介绍的Z80微型计算机是8位字长。这里我们引入一个术语“字节”,通常一个字节由8位二进制数组成。对于8位微型计算机,则每个字就是一个字节。显然,16位微型计算机的每个字是由两个字节组成的。

二、数 据

在计算机中,数是用二进制表示的,但为了书写简短起见,常采用八进制和十六进制。它们与十进制的对应关系如下表所示。

为了避免混淆,可在数字后面加一定的标志来表示其数制:

B——表示二进制数

Q——表示八进制数

H——表示十六进制

而通常十进制数,则不加标志。例如:十进制79可表示成01001111B, 117Q, 4FH。

在微型计算机中数据可表示为数值码及字符码,下面分别介绍它们的格式。

十 进 制	二 进 制	八 进 制	十 六 进 制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1. 数值码的表示方法

(1) 无符号二进制数 它表示正整数。一个字节只能表示 0~255 (十六进制数 00H~FFH) 范围内的数。因此, 要表示大于 255 的数字, 必须采用两个或多个字节来表示。其数据形式如图 1-1 所示。

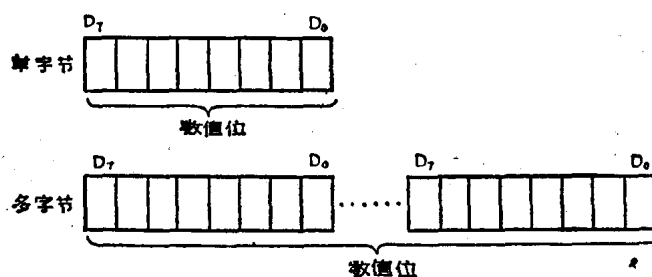


图 1-1 无符号数表示格式

(2) 带符号二进制数 在计算机中带符号的数是以原码、反码或补码的形式来表示的。若采用补码表示方法, 一个字节能表示数值的范围为 -128~+127。如图 1-2 所示, 这时 D_7 位为符号位, D_7 为“1”表示负数, D_7 为“0”表示正数, 而其余 7 位为数值位。

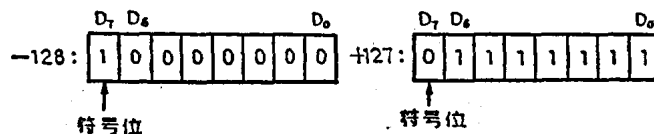


图 1-2 单字节带符号数的表示方法

当使用 2 个字节或多个字节来表示带符号数时，一般规定最高位为 0 时表示正数，最高位为 1 时表示负数，如图 1-3 所示。

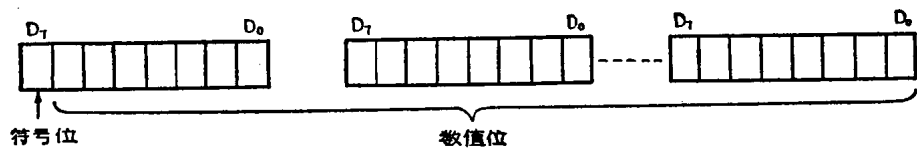


图 1-3 多字节带符号数的表示方法

(3) 二——十进制数 由于二进制具有很多优点，在计算机内部多采用二进制运算。但是考虑到人们的习惯，通常在送入机器之前仍采用十进制数，运算结果也以十进制数输出。不过这样的十进制数，要用二进制编码来表示。

凡是采用若干位二进制数码来表示 1 位十进制数的方法，统称为十进制数的 二 进 制 编 码，简称二——十进制编码。

用 4 位二进制编码来表示 1 位十进制数，较常用的是 8421BCD 码，下表中列出了一部分编码的对应关系：

十 进 制 数	8421 BCD 码	十 进 制 数	8421 BCD 码
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	0001 0000
3	0011	11	0001 0001
4	0100	12	0001 0010
5	0101	13	0001 0011
6	0110	14	0001 0100
7	0111	15	0001 0101

8421BCD 码有 10 个不同的符号数：0000~1001。它是逢“十”进位的，所以它是十进制数；但它的每一位是用 4 位二进制数编码来表示的，因此，称为二进制编码的十进制数，即二——十进制数。

由于可用半个字节(4 位二进制数)来表示 1 位十进制数，一个字节就可以表示两位十进制数，如图 1-4 所示。

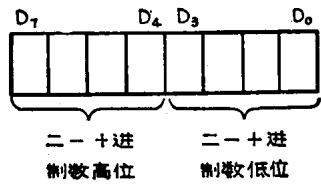
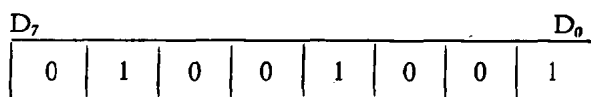


图 1-4 二——十进制数

BCD码是比较直观的。

例如，一个字节的BCD码如下所示：



我们能很方便地认出这是十进制的49。

2. 字符码的表示法

在计算机中，二进制代码也可以用来表示字符。通常需要87个字符，即26个大写英文字母及26个英文小写字母；10个字符表示十进制数0~9；另外还有25个字符，如+、-、*（乘号）、/（除号）等。字符码可采用7位二进制代码来表示。一个字节有8位，因此字符码也是用8位格式来编写，而最高位是奇偶校验位，它的作用下面再介绍，先不妨设它为0。微型计算机通常使用ASCII码（美国标准信息交换代码），它以6位、7位或8位二进制码对字符进行编码。常用的7位ASCII格式，如图1-5所示。其中D₇位是奇偶校验位，D₆~D₀ 7位

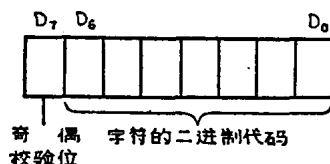


图1-5 7位ASCII码格式

二进制代码表示字符。字符的ASCII代码表请见附录一，例如字母G的编码是47H，数字0的编码是30H。

ASCII码常用在计算机的输入、输出设备上。例如打印机只识别ASCII码，向它输出一个47H，它就打印一个字母“G”；向它输出一个30H，它就打印一个数字“0”。

最后简单地讲一下奇偶校验位。所谓奇偶校验位，是用来校验传送的信息的，它保持一个字节代码中“1”的个数总和是偶数或奇数。若采用偶校验，那么奇偶校验位的设置就要使8位代码中“1”的个数总和为偶数，如数字3的ASCII码是0110011，“1”的个数总和为偶数，那么奇偶校验位就应填“0”。

最后还应强调，字符码仅仅是用二进制代码来表示字符的一种编码的形式，不是真正的二进制数。

三、指 令

指令是指示计算机进行基本操作的命令。在计算机中，一般用若干位二进制代码表示一条指令，因此，它是用二进制编码的一种“机器语言”。

指令具有一定的格式，对于不同的机器，指令格式及编码方法也不完全相同。但不论那种格式，一条指令总应该反映两个内容：指出机器应进行什么样的操作，以及操作数应该从哪儿去取。因此，一条指令可分为“操作码”和“地址码”两部分。一般微型计算机中的指令格式有以下几种：单字节指令；双字节指令；三字节或四字节指令。如图1-6所示。它们第一

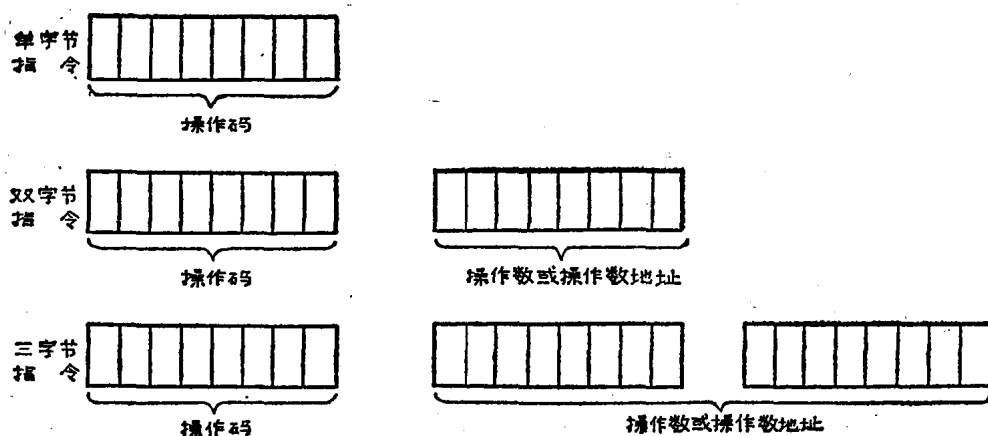


图1-6 指令的几种格式

个字节总是操作码，决定了机器完成操作的性质。单字节指令的操作码本身隐含操作数，双字节、三字节指令的第二、第三字节给出了操作数，或与操作数有关的地址。

在微型计算机中，指令都是以字节为单位顺序放在存储器中。

第三节 微型计算机的结构

一、微处理器和微型计算机的概念

一般来讲，电子数字计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五个基本部分组成。它的结构如图 1-7 所示。它的主要工作过程是这样的：程序和数据通过输入设备送入

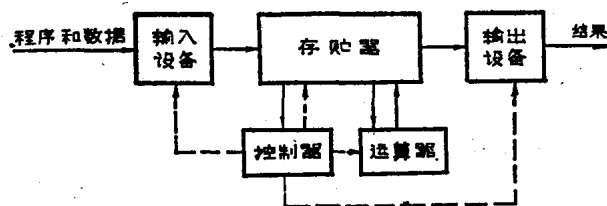


图1-7 电子数字计算机结构框图

存储器，然后将程序中的指令逐条送入控制器去译码，控制器根据指令的要求发出控制信号，送入各个部分，使运算器对数据进行运算，并将其结果送入存储器或输出设备打印输出。由此可见，控制器和运算器是计算机的核心部分。

随着大规模集成电路(LSI)技术的发展，目前可以把控制器和运算器合在一起，制在一块芯片或几块芯片上，称为“微处理器”，也称为“中央处理单元”(CPU)。单单微处理器不可能是一台完整的计算机，它只是计算机的核心部件。

微型计算机是由微处理器、存储器和输入/输出(I/O)接口三部分组成的。而这三部分通过总线有机地连在一起才能构成微型计算机。微型计算机的总线一般包括地址总线、数据