

本章分为五节，主要介绍：

1.1 数制与编码的简单回顾

1.2 电子计算机的发展概述

1.3 单片机的发展过程及产品近况

1.4 单片机的特点及应用领域

1.5 单片机应用系统开发简介



1.1 数制与编码的简单回顾

1.1.1 数制

◆ **数制**（即计数制，亦称记数制）是计数的规则。

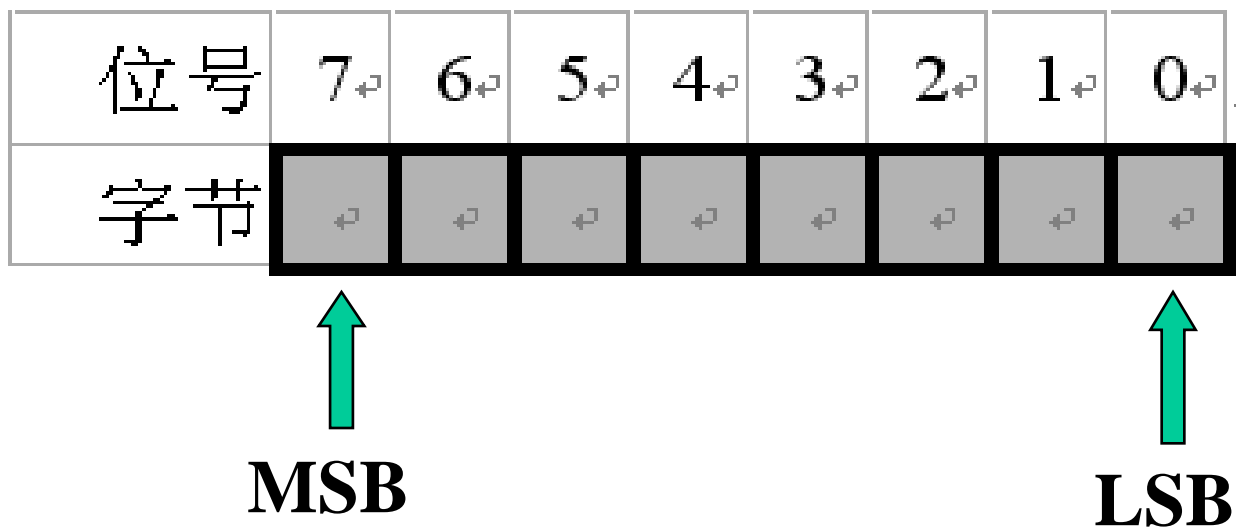
◆ **十进制**是人们日常生活中最熟悉的进位计数制。

在十进制中，数用**0, 1, ..., 9**这**10**个符号来描述。计数规则是**逢十进一**。

◆ **二进制**是在计算机系统中采用的进位计数制。在二进制中，数用**0**，**1**这**2**个符号来描述。计数规则是**逢二进一**。

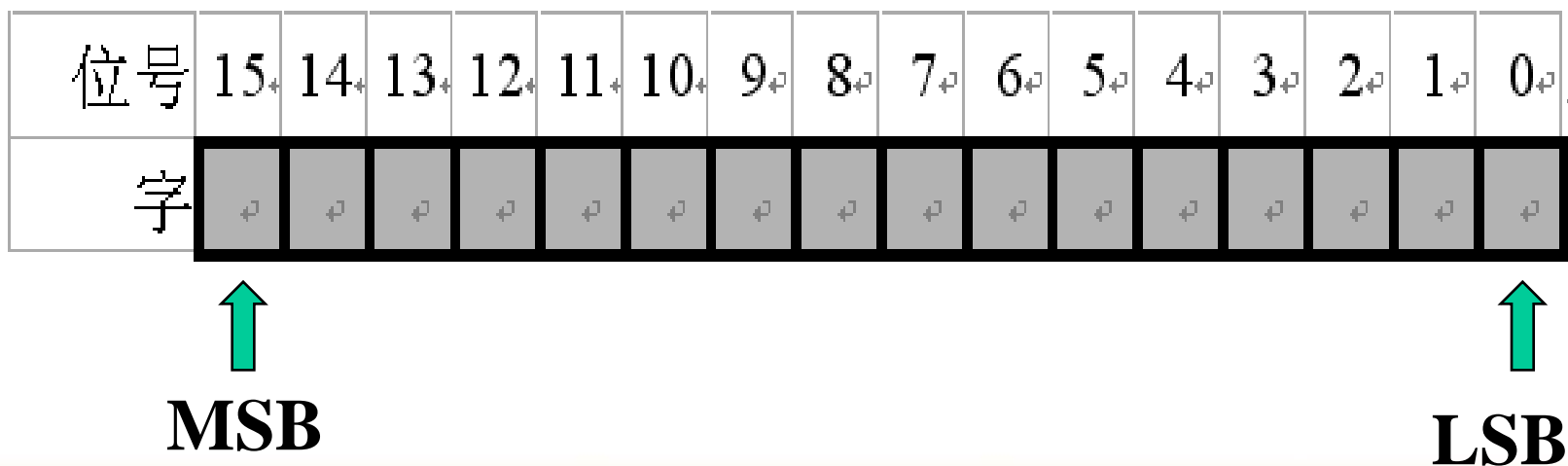
二进制数的**位**可以表示“0”或“1”这两个值，它是计算机中数据的最小单位。生活中开关的通与断，电动机的启与停等都可以用它来描述和控制。有些计算机能够存取的最小单位可以到位（如**80C51**单片机）。**二进制运算规则简单，便于物理实现**。但书写冗长，不便于人们阅读和记忆。

◆ 8个二进制的位构成字节。字节可以表示 2^8 （即256）个不同的值（0~255）。位0称为最低有效位（LSB），位7称为最高有效位（MSB）。



◆当数据值大于255时，就要采用**字**（2字节）或双字（4字节）进行表示。

字可以表示 2^{16} （即65536）个不同的值（0~65535），这时MSB为第**15**位。



◆ **十六进制**是人们在计算机指令代码和数据的书写中经常使用的数制。在十六进制中，数用0, 1,, 9和A, B,, F（或a, b,, f）这**16**个符号来描述。

计数规则是**逢十六进一**。由于4位二进制数可以方便地用1位十六进制数表示，所以人们对**二进制的代码或数据常用十六进制形式缩写**。

◆为了区分数量的不同进制，可在数的结尾以一个字母标示。

十进制（decimal）数书写时结尾用字母**D**（或不带字母）；

二进制（binary）数书写时结尾用字母**B**；

十六进制（hexadecimal）数书写时结尾用字母**H**。

部分自然数的3种进制表示

表 1.1 部分自然数的 3 种进制表示

自然数	十进制	二进制	十六进制	自然数	十进制	二进制	十六进制
0	0	0000B	0H	九	9	1001B	9H
一	1	0001B	1H	十	10	1010B	AH
二	2	0010B	2H	十一	11	1011B	BH
三	3	0011B	3H	十二	12	1100B	CH
四	4	0100B	4H	十三	13	1101B	DH
五	5	0101B	5H	十四	14	1110B	EH
六	6	0110B	6H	十五	15	1111B	FH
七	7	0111B	7H	十六	16	1 0000B	10H
八	8	1000B	8H	十七	17	1 0001B	11H

1.1.2 编码

一、字符的二进制编码——ASCII码

采用**美国标准信息交换码**（American Standard Code for Information Interchange，即**ASCII码**）。

表 1.2 常用字符的 ASCII 码

字符	ASCII 码	字符	ASCII 码	字符	ASCII 码	字符	ASCII 码
0	30H	A	41H	a	61H	SP(空格)	20H
1	31H	B	42H	b	62H	CR(回车)	0DH
2	32H	C	43H	c	63H	LF(换行)	0AH
:	:	:	:	:	:	BEL(响铃)	07H
9	39H	Z	5AH	z	7AH	BS(退格)	08H

注：1、完整的 ASCII 码表见附录 C；

2、为便于书写和记忆，表中 ASCII 码已编写成十六进制形式。

二、二进制编码的十进制数——BCD码

用二进制码表示十进制数的代码称为**BCD码**。常用的**8421BCD**码如表所示：

表 1.3 8421BCD 码表

十进制数	BCD 码	十进制数	BCD 码
0	0000B	5	0101B
1	0001B	6	0110B
2	0010B	7	0111B
3	0011B	8	1000B
4	0100B	9	1001B

◆用1个字节表示2位十进制数的代码，称为**压缩的BCD码**。

◆ 相对于压缩的BCD码，用8位二进制码表示的1位十进制数的编码称为**非压缩的BCD码**。这时高4位无意义，低4位是BCD码。

采用压缩的BCD码比采用非压缩的BCD码节省存储空间。

◆ 当4位二进制码在1010B~1111B范围时，不属于8421BCD码的合法范围，称为**非法码**。2个BCD码的运算可能出现非法码，这时要对所得结果进行调整。

1.1.3 计算机中带符号数的表示

一、机器数及其真值

数在计算机内的表示形式称为**机器数**。而这个数本身称为该机器数的**真值**。如：

★正数 +100 0101B (+45H)，可以表示成 0100 0101B；**机器数** \longrightarrow **45H**

★负数 - 101 0101B (-55H)，可以表示成 1101 0101B。**机器数** \longrightarrow **D5H**

“45H”和“D5H”为2个**机器数**，它们的真值分别为“+45H”和“-55H”。

二、原码和反码

带符号二进制数（字节、字或双字），直接用最高位表示数的符号，数值用其绝对值表示的形式称为该数的**原码**。

◆ 正数的**反码**与其原码相同；负数的**反码**符号位为1，数值位为其原码数值位逐位取反。

◆ 二进制数采用原码和反码表示时，符号位不能同数值一道参加运算。

三、补码

在计算机中，带符号数的运算均采用补码。
正数的补码与其原码相同；负数的补码为其反码末位加1。如：

★正数 +100 0101B，反码为 0100 0101B，补码为 0100 0101B；（45H）

★负数 - 101 0101B，反码为1010 1010B，补码为 1010 1011B。（ABH）

已知一个负数的补码求其真值的方法是：对该补码求补（符号位不变，数值位取反加1）即得到该负数的原码（符号位+数值位），依该原码可知其真值。
如：有一数

补码为：**1010 1011B**;

求补得：**1101 0101B**;

真值为：**-55H**。

补码的优点是可以将减法运算转换为加法运算，同时数值连同符号位可以一起参加运算。这非常有利于计算机的实现。如：

$45H-55H = -10H$ ，用补码运算时表示为：

$$[45H]_{\text{补}} + [-55H]_{\text{补}} = [-10H]_{\text{补}}$$

$[45H]_{\text{补}}:$	0 1 0 0	0 1 0 1
$+ [-55H]_{\text{补}}:$	1 0 1 0	1 0 1 1
结果:	1 1 1 1	0 0 0 0

结果1111 0000B为补码，求补得到原码为：
1001 0000B，真值为 -001 0000B（即 -10H）。

表 1.4 几个典型的带符号数据的 8 位编码表

真 值	原 码	反 码	补 码
+127	0111 1111B	0111 1111B	0111 1111B (7FH)
+1	0000 0001B	0000 0001B	0000 0001B (01H)
+0	0000 0000B	0000 0000B	0000 0000B (00H)
-0	1000 0000B	1111 1111B	0000 0000B (00H)
-1	1000 0001B	1111 1110B	1111 1111B (FFH)
-127	1111 1111B	1000 0000B	1000 0001B (81H)
-128	-----	-----	1000 0000B (80H)

可见，采用反码时，“0”有2种表示方式，即有“+0”和“-0”之分，单字节表示范围是： $+127 \sim -127$ ；而采用补码时，“0”只有一种表示方式，单字节表示的范围是： $+127 \sim -128$ 。

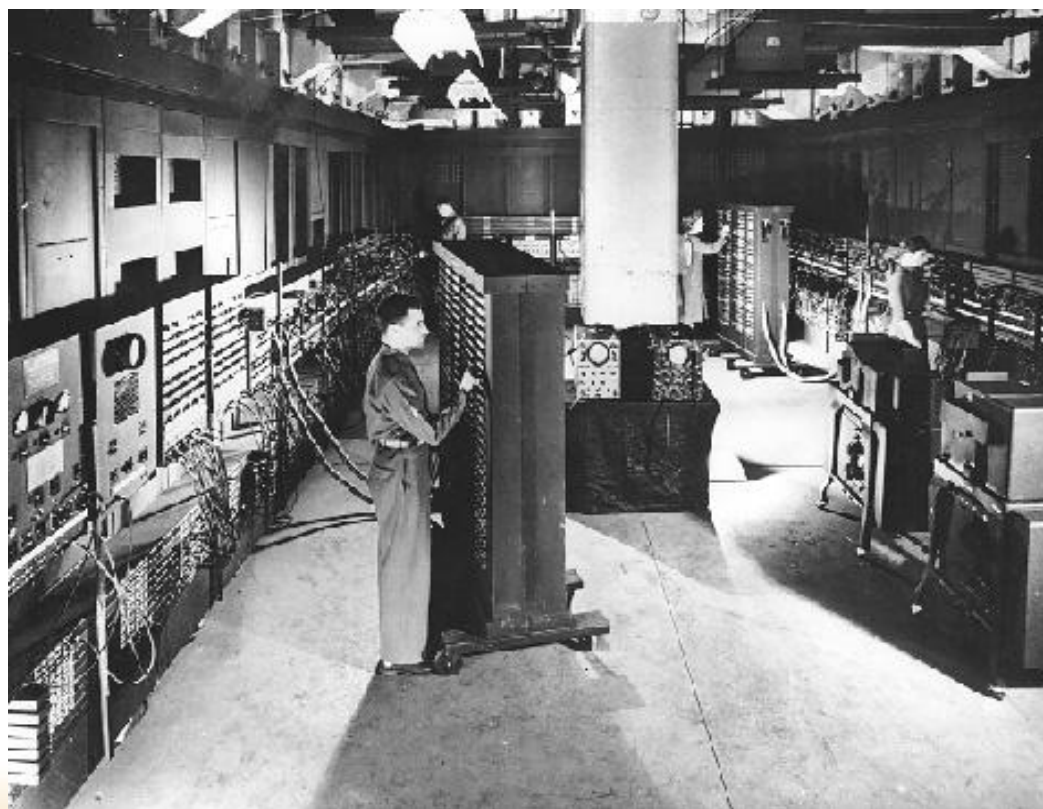
1.2 电子计算机的发展概述

1.2.1 电子计算机的问世及其经典结构

1946年2月15日，第一台电子数字计算机问世，这标志着计算机时代的到来。

(CALCULATOR)

ENIAC →

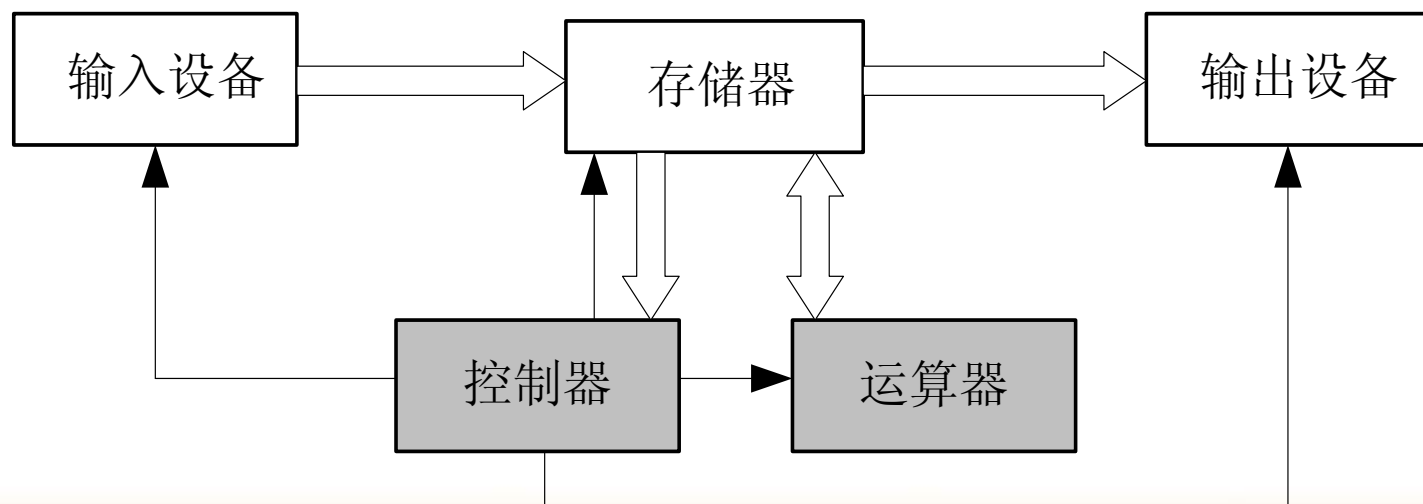


◆ ENIAC是电子管计算机，时钟频率仅有100 KHz，但能在1秒钟的时间内完成5000次加法运算。

◆ 与现代的计算机相比，有许多不足，但它的问世开创了计算机科学技术的新纪元，对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

匈牙利籍数学家冯·诺依曼在方案的设计上做出了重要的贡献。1946年6月，他又提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想，进一步构建了计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成这一计算机的经典结构。

(EDVAC-ELECTRONIC DISCRETE VARIABLE AUTOMATIC COMPUTER)



电子计算机技术的发展，相继经历了五个时代：

- * 电子管计算机；
- * 晶体管计算机；
- * 集成电路计算机；
- * 大规模集成电路计算机；
- * 超大规模集成电路计算机。

计算机的结构仍然没有突破冯 诺依曼提出的计算机的经典结构框架。

1.2.2 微型计算机的组成及其应用形态

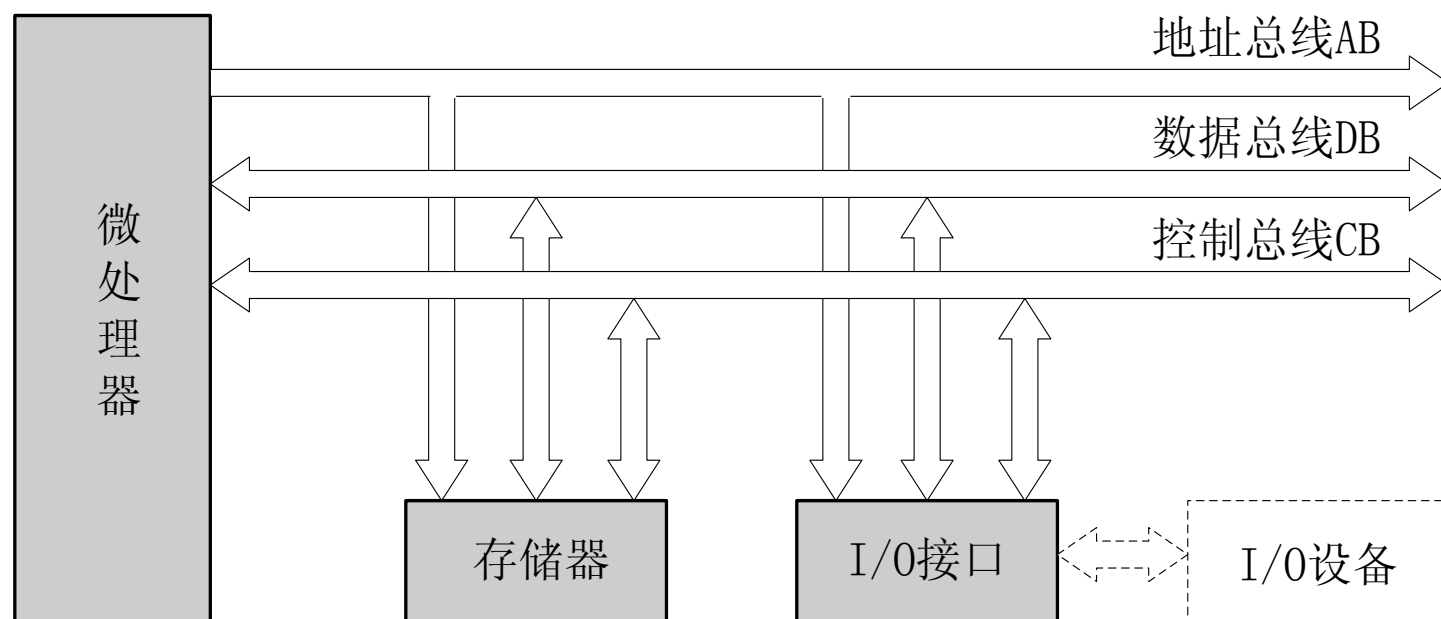
一、微型计算机的组成

1971年1月，INTEL公司的特德·霍夫在与日本商业通讯公司合作研制台式计算机时，将原始方案的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数据，另一芯片集成了运算器和控制器及一些寄存器，称为微处理器（即Intel 4004）。



4004微处理器

微处理器、存储器加上I/O接口电路组成微型计算机。各部分通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）相连。



二、微型计算机的应用形态

从应用形态上，微机可以分成三种：

◆多板机（系统机）

将CPU、存储器、I/O接口电路和总线接口等组装在一块主机板（即微机主板）。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内，再配上系统软件，就构成了一台完整的微型计算机系统（简称系统机）。

工业PC机 也属于多板机。

◆ 单板机

将CPU芯片、存储器芯片、I/O接口芯片和简单的I/O设备（小键盘、LED显示器）等装配在一块印刷电路板上，再配上监控程序（固化在ROM中），就构成了一台单板微型计算机（简称单板机）。

单板机

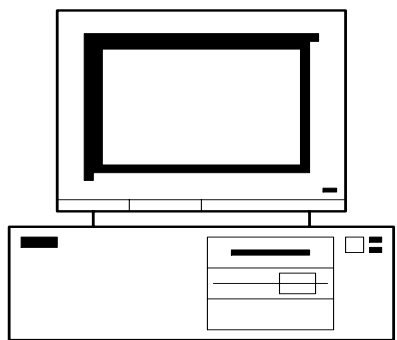


单板机的I/O设备简单，软件资源少，使用不方便。早期主要用于微型计算机原理的**教学及简单的测控系统**，现在已很少使用。

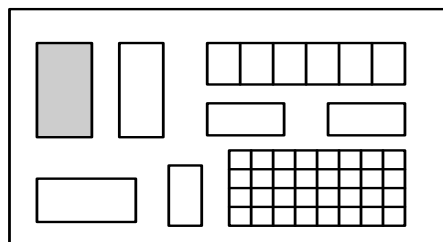
◆ 单片机

在一片集成电路芯片上集成微处理器、存储器、I/O接口电路，从而构成了单芯片微型计算机，即单片机。

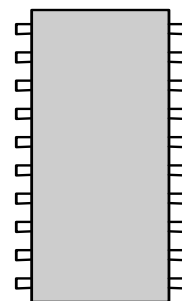
三种应用形态的比较：



系统机（多板机）



单板机



单片机

系统机（桌面应用）属于通用计算机，主要应用于数据处理、办公自动化及辅助设计。

单片机（嵌入式应用）属于专用计算机，主要应用于智能仪表、智能传感器、智能家电、智能办公设备、汽车及军事电子设备等应用系统。

单片机**体积小、价格低、可靠性高**，其非凡的嵌入式应用形态对于满足嵌入式应用需求具有独特的优势。

1.3 单片机的发展过程及产品近况

1.3.1 单片机的发展过程

单片机技术发展过程可分为三个主要阶段：

◆单芯片微机形成阶段

1976年，Intel公司推出了MCS-48系列单片机。8位CPU、1K字节ROM、64字节RAM、27根I/O线和1个8位定时/计数器。

特点是：存储器容量较小，寻址范围小（不大于4K），无串行接口，指令系统功能不强。

◆性能完善提高阶段

1980年，Intel公司推出了MCS-51系列单片机：8位CPU、4K字节ROM、128字节RAM、4个8位并口、1个全双工串行口、2个16位定时/计数器。寻址范围64K，并有控制功能较强的布尔处理器。

特点是：结构体系完善，性能已大大提高，面向控制的特点进一步突出。现在，MCS-51已成为公认的单片机经典机种。

◆微控制器化阶段

1982年，Intel推出MCS-96系列单片机。

芯片内集成：16位CPU、8K字节ROM、232字节RAM、5个8位并口、1个全双工串行口、2个16位定时/计数器。寻址范围64K。片上还有8路10位ADC、1路PWM输出及高速I/O部件等。

特点是：片内面向测控系统外围电路增强，使单片机可以方便灵活地用于复杂的自动测控系统及设备。

“微控制器”的称谓更能反应单片机的本质。

1.3.2 单片机产品近况

◆ 80C51系列单片机产品繁多，主流地位已经形成，近年来推出的与80C51兼容的主要产品有：

- * ATMEL公司融入Flash存储器技术的AT89系列；
- * Philips公司的80C51、80C552系列；
- * 华邦公司的W78C51、W77C51高速低价系列；
- * ADI公司的AD μ C8xx高精度ADC系列；
- * LG公司的GMS90/97低压高速系列；
- * Maxim公司的DS89C420高速（50MIPS）系列；
- * Cygnal公司的C8051F系列高速SOC单片机。

◆ **非80C51结构单片机新品**不断推出，给用户提供了更为广泛的选择空间，近年来推出的**非80C51系列**的主要产品有：

- * Intel的**MCS-96**系列**16位**单片机；
- * Microchip的**PIC**系列**RISC**单片机；
- * TI的**MSP430F**系列**16位低功耗**单片机。

1.4 单片机的特点及应用领域

1.4.1 单片机的特点

◆控制性能和可靠性高

实时控制功能特别强，其CPU可以对I/O端口直接进行操作，**位操作能力**更是其它计算机无法比拟的。另外，由于CPU、存储器及I/O接口**集成在同一芯片内**，各部件间的连接紧凑，数据在传送时**受干扰的影响较小**，且不易受环境条件的影响，所以单片机的**可靠性非常高**。

近期推出的单片机产品，内部集成有高速I/O口、ADC、PWM、WDT等部件，并在低电压、低功耗、串行扩展总线、控制网络总线和开发方式（如在系统编程ISP）等方面都有了进一步的增强。

◆体积小、价格低、易于产品化

单片机芯片即是一台完整的微型计算机，对于批量大的专用场合，一方面可以在众多的单片机品种间进行匹配选择；同时还可以专门进行芯片设计，使芯片的功能与应用具有良好的对应关系；在单片机产品的引脚封装方面，有的单片机引脚已减少到8个或更少。

从而使应用系统的印制板减小、接插件减少、安装简单方便。

1.4.2 单片机的应用领域

◆智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表，一方面提高了仪器仪表的使用功能和精度，使仪器仪表智能化，同时还简化了仪器仪表的硬件结构，从而可以方便地完成仪器仪表产品的升级换代。如各种智能电气测量仪表、智能传感器等。

◆机电一体化产品

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体，具有智能化特征的各种机电产品。单片机在机电一体化产品的开发中可以发挥巨大的作用。典型产品如机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

◆实时工业控制

单片机还可以用于各种物理量的采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以利用单片机方便地实现。在这类系统中，利用单片机作为系统控制器，可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法，实现期望的控制指标，从而提高生产效率和产品质量。典型应用如电机转速控制、温度控制、自动生产线等。

◆ 分布式系统的前端模块

在较复杂的工业系统中，经常要采用分布式测控系统完成大量的分布参数的采集。在这类系统中，采用单片机作为分布式系统的前端采集模块，系统具有运行可靠，数据采集方便灵活，成本低廉等一系列优点。

◆ 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域，前景十分广阔。如空调器、电冰箱、洗衣机、电饭煲、高档洗浴设备、高档玩具等。

另外，在交通领域中，汽车、火车、飞机、航天器等均有单片机的广泛应用。如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。

1.5 单片机应用系统开发简介

1.5.1 单片机应用系统的开发

◆ 正确无误的**硬件设计**和良好的**软件功能设计**是一个实用的单片机应用系统的设计目标。完成这一目标的过程称为**单片机应用系统的开发**。

◆ 单片机作为一片集成了微型计算机基本部件的集成电路芯片，与通用微机相比，它自身没有开发功能，必须借助开发机（一种特殊的计算机系统）来完成如下任务：

- * **排除**应用系统的**硬件故障**和**软件错误**；
- * **程序固化**到内部或外部程序存储器芯片中。

◆ 指令的表示形式

指令是让单片机执行某种操作的命令。在单片机中，指令按一定的顺序以二进制码的形式存放于程序存储器中。为了书写、输入和显示方便，人们通常将二进制的机器码写成十六进制形式。

如，二进制码**0000 0100B**可以表示为**04H**。**04H**所对应的指令意义是累加器A的内容加1。若写成**INC A**则要清楚得多，这就是该指令的符号表示，称为**符号指令**。

◆ 汇编或编译

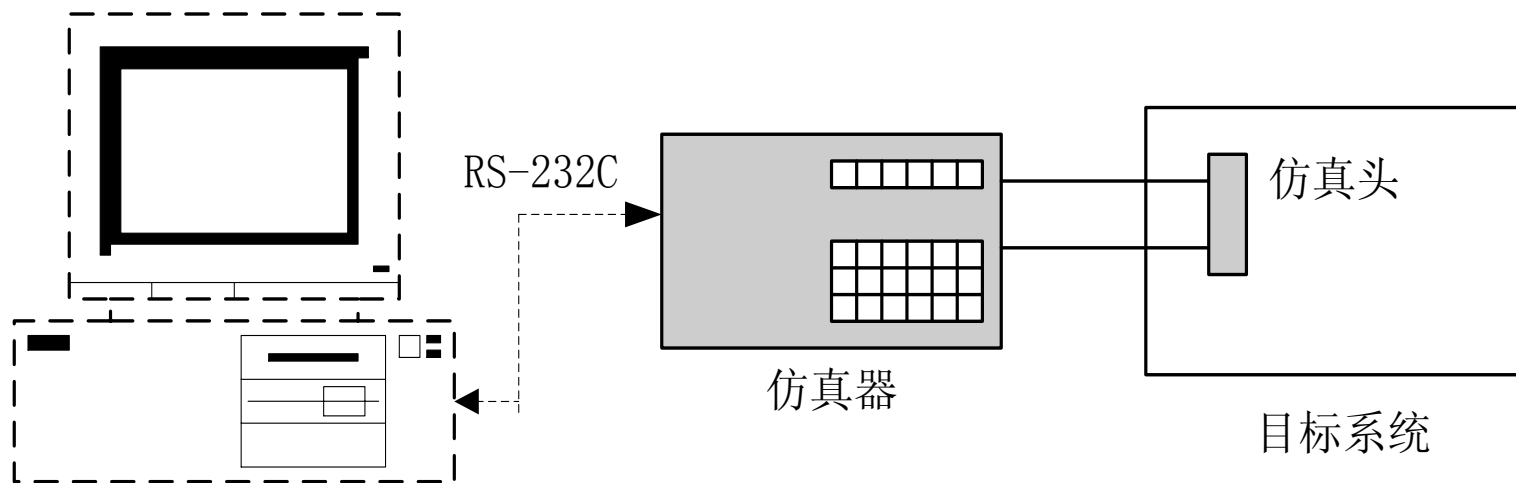
符号指令要转换成计算机所能执行的机器码并存入计算机的程序存储器中，这种转换称为汇编。常用的汇编方法有三种：

- * 手工汇编；
- * 利用开发机的驻留汇编程序进行汇编；
- * 交叉汇编。

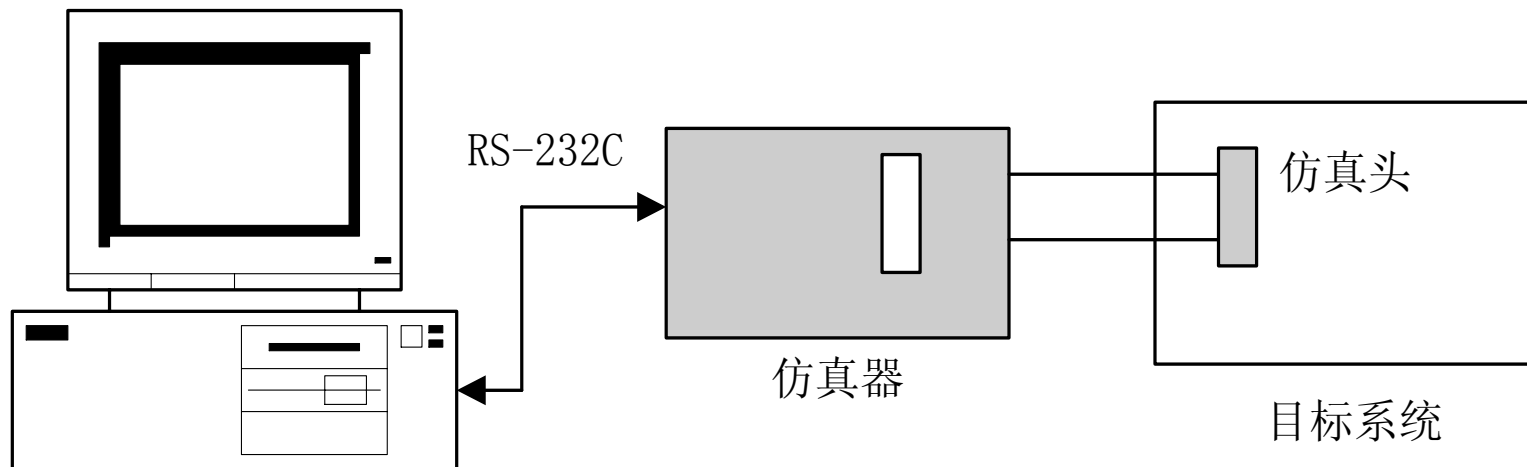
现在人们还可以常常采用高级语言（如C51）进行单片机应用程序的设计。这种方法具有周期短、移植和修改方便的优点，适合于较为复杂系统的开发。

1.5.2 单片机应用系统传统开发方式

◆ 利用独立型仿真器开发



◆ 利用非独立型仿真器开发



1.5.3 单片机开发方式的发展

SST公司推出的SST89C54和SST89C58芯片分别有20KB和30KB的SuperFLASH存储器，利用这种存储器可以进行高速读写的特点，能够实现在系统编程（ISP）和在应用编程（IAP）功能。首先在PC机上完成应用程序的编辑、汇编（或编译）、模拟运行，然后实现目标程序的串行下载。

Microchip公司推出的RISC结构单片机PIC16F87X中内置有在线调试器ICD (In-Circuit Programming) 功能;

该公司还配置了具有ICSP (In-Circuit Serial Programming) 功能的简单仿真器和烧写器。通过PC机串行电缆就可以完成对目标系统的仿真调试。