

第一章 绪 论

第一节 单 片 机

单片机出现之前，曾经有过单板机（Single Board Computer）。国外有 Motorola 公司的 D₂，Intel 公司的 SDK-85；国内有 TP801。把单板机上所有芯片功能集成在一片芯片上，就成了单片机。这个名称只强调了集成度，没有将内在的功能表达出来。

单片机主要应用于控制领域。以单片机为主，以控制功能为目的，除在单片机芯片中集成控制功能外，在外部相应有各种专用功能的外围接口芯片与单片机配套。做单片机控制应用教研工作的一些大学和公司积累了大量的软件，因而形成一个单片机产业，不断地扩大应用领域和开拓市场。这不同于 PC 机（Personal Computer）和信息技术 IT（Information Technology）产业，但又相互渗透。

单片机的英文名字为 Microcontroller（微控制器），从词义上理解它已能比较准确地反映出单片机的本质。控制器（Controller）——一个完全不同于 Computer 和 IT 的名词。

有的网站将单片机划分到计算机硬件中，准确地应该将它划到控制器中。

单片机无处不在，BB 机、手机、电视机、打印机、IC 卡、语音提示、报警器等，其中都有单片机。

单片机几乎完全取代了数字电路的核心部分，取代了经典的模拟信号控制器。单片机简化了电气装置和机电一体化装置，成千上万的单片机在各种系统的第一线默默无闻地工作。

有专门的单片机网站，像百科全书一样地介绍单片机。

第二节 单片机与一些系统的区别

一、与可编程逻辑控制器 PLC（Programmable Logic Controller）的区别

PLC 中有单片机，实际上是单片机的应用系统之一，由于它的组成结构受到设计者喜爱，逐渐发展成一个分支。

PLC 将单片机及外围功能按模块标准化，并制成标准电路模块，设计人员完全不用搞单片机硬件设计和基础软件设计，只要正确选择功能模块，并按 PLC 使用说明书提供的编程方法在相应的环境中编制简单软件或给定参数就可以使系统工作。为不懂单片机，不懂电子电路，但懂专业系统功能的工程师提供了大显身手的环境。

单片机应用系统的标准化，模块化设计仍然是未来发展的一种趋势。

二、与数字信号处理器（Data Signal Processor）的区别

DSP 是专门用来处理数字信号的处理器。其数字信号主要是图像，语音的滤波、变换、识别等。处理器的速度比单片机要快，有快速的 A/D 和 D/A，有强大的数字处理能力

($50\text{bit}/\mu\text{s}$ 除法)，以便实现数字信号处理理论所建立的模型。在通信装置及其它处理图像和语音的数字信号系统中广泛应用。

与单片机的区别在于处理对象不同。为此在发展演变过程中，DSP 与单片机在性能和结构上有较大区别。从处理器的角度看一个是数字信号处理器，一个是控制信号处理器。

三、与通用数字电路的区别

现在几乎看不到用大量通用数字电路芯片构成的应用系统。因为单片机的软件编程使呆板的数字电路变得灵活了，并大大简化了电路。含单片机的数字电路取代了许多传统的数字电路及其应用装置。

通用数字电路应用系统退出了控制领域，让位于单片机系统。

第三节 单片机的历史与现状

单片机已有 30 年的历史。1971 年 Intel 公司研制出 8080，紧跟着 Motorola 生产 800，Zilog 生产 Z80。当时的一块芯片不能构成系统，必须多片芯片才能构成单板机。我国在 20 世纪 80 年代的单板机 TP801 以 Z80 为主，6800 在我国用得较少。

1976 年 Intel 推出 8748，MCS—48 单片机系列。芯片集成度达 17000 只晶体管以上，内含一个 CPU，1K 字节的 EPROM，64 个字节的 RAM，27 根 I/O 引脚和一个 8 位定时器。后来将它当作面向控制应用的工业标准，先取代了洗衣机和交通灯的控制装置，后来在汽车、工业设备、游戏机和计算机外围设备中得到应用。

1980 年 Intel 生产出 8051，MCS—51 系列单片机。比 8048 强大得多，集成度达 60000 晶体管以上，内含一个 CPU，4K 字节 ROM，128 字节 RAM，32 根 I/O 线，一个串行口，两个 16 位定时器。本书主要介绍这一系列。相应的 Motorola 有 6801，Zilog 公司有 Z80。

在我国，1990 年以前除了 Z80 就是 8031（8051 系列中的最简单一种，芯片内部没有 ROM 必须在外部扩展 EPROM 才能构成系统），8751 价格高应用较少，形成三片式的最小系统 8031（内部无 ROM 的 51 单片机）+74LS373（锁存器）+2764（8K EPROM）如图 1-1 所示。实际上在我国真正的单片机在 20 世纪 90 年代之后才实现，20 世纪 90 年代后期普及。

1983 年 Intel 公司推出 MCS—96 系列，是一种 16 位的单片机，有 4 路 10 位的 A/D 转换器，集成度达 12 万个晶体管以上。与 51 系列一样，96 系列在我国主要以 8098（内部无

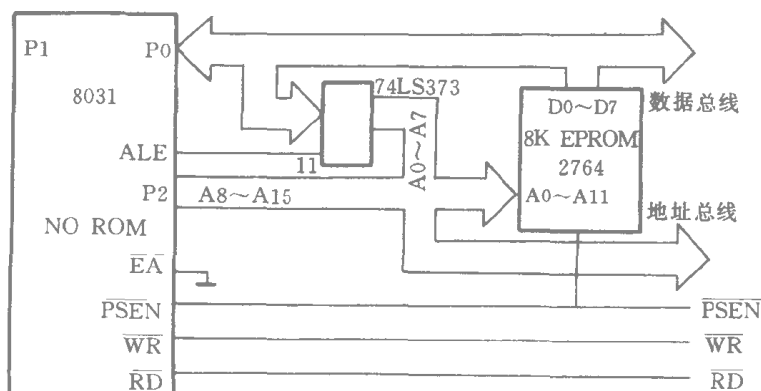


图 1-1 8031 单片机最小系统

ROM) 为主, 构成三片机。由于程序从 2000H 地址开始, 数据与程序同用一个空间 (不分区程序存储器和数据存储器), 应用推广受到限制。只有内部带 ROM 的 96 系列才真正发挥作用。但芯片都比较少, 价格贵。

20 世纪 90 年代后期, 各国的单片机和外围芯片涌入我国, 各种开发工具和软件应有尽有, 结束了三片机的时代, 大大提高了我国单片机的应用水平。

在各种单片机中以 MCS-51 为核心的兼容机仍占主流。这是我们学习 MCS-51 单片机的原因之一, 单片机原理都差不多, 认认真真学好一种系列, 再学其它系列就有了基础。

以 MCS-51 为核心的兼容机, 比 20 世纪 80 年代已有了较大的发展演变, 统一改称为 80C51。各公司及系列名称如下:

Intel 80C51, Philips 80C51, Siemens C500, Atmel 89C51, LG 90C51, 华邦, W78C51。

部分公司的产品见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 华邦公司 W78C51 及 77C51 系列的部分单片机

型 号	存储器 (B)		定时器/ 计数器	I/O	串行口	中断	速度 (MHz)	其它特点
	ROM	RAM						
W78E51	4K	128	2	32	1	5	40	
W78E52	8K	256	3	32	1	6	40	
W78E54	16K	256	3	36	1	6	40	
W78E58	32K	256	3	36	1	6	40	
W78E516	64K	256	3	36	1	6	40	
W78LE52	8K	256	3	32	1	6	24	
W77E58	64K	256	4	32	2	12	40	WDT
W77LE58	64K	256	4	32	2	12	25	

表 1-2 ATMEL 公司 89C51 系列的部分单片机

型 号	存储器 (B)		定时器	I/O	串行口	中断	速度 (MHz)	其它特点
	ROM	RAM						
89C51	4K	128	2	32	1	6	24	低电压
89LV51								
89F51								
89C52	8K	256	2	32	1	6	24	低电压
89LV52								
89C55	20K	256	2	32	1	6	24	低电压
89LV55								
89C8252	8K	256	2	32	1	6	24	
89LS8252	2K							
89S53	12K	256	2	32	1	6	24	低电压
89LV53								
87F51	4K	128	2	32	1	5	24	
87F52	8K	128	2	32	1	5	24	
89C1051	1K	64	1	15		3	24	20 引脚
89C2051	2K	128	2	15	1	5	24	20 引脚
89C4051	4K	128	2	15	1	5	24	20 引脚

各公司芯片具体参数可通过网站或其它途径查找。80C51的特点为：

- (1) 保留了 MCS—51 单片机的所有特性，内部组成基本相同。可向下兼容。
- (2) 增设了两种可以用软件进行选择的低功耗工作方式：待机方式和掉电方式。
- (3) CMOS 技术、集成度高、速度快、功耗低。

(4) 89C51 含 E²PROM 电可编闪速存储器。有两级或三级程序存储器保密系统，防止 E²PROM 中的程序被非法复制。不用紫外光擦除，提高了编程效率。程序存储器 E²PROM、容量可达 20K 字节，其它系列容量还有 64K 字节，128K 字节。

(5) 87C51 含一次性编程的 ROM。OTP (One Time Programable) 编程方式，程序一旦写入后，不能改写。将读出线烧断，达到加密的目的。

(6) 外部接口电路扩展，实现三线式串行外围设备接口 SPI (Serial Peripheral Interface) 和 I²C (Inter—Icbus) 简化了硬件线路其中 SPI 接口方式更方便。

除此之外，丰富的外围芯片，如美国德克萨斯仪器仪表公司 (TI)、Maxium 公司 (MAX) 及 Dallas 公司的产品等，都使单片机系统如虎添翼，功能更强大，性能更好。运行更可靠，使用更方便。

第四节 单片机的应用领域

从微控制器的角度看，单片机主要作控制器，与外围芯片一起实现各种各样的功能。可以独立工作，也可以通过串行口联网。主要应用有：

(1) 工业方面，各种测控系统，数据采集器。在生产线上或独立工作或构成多机分布式系统。

(2) 家用电器方面，几乎所有家用电器都带有单片机，智能化楼宇系统正在推广。

(3) 通信设备方面，BB 机、手机及其它通信产品，正在成为有线或无线网络中的一个单元。

(4) 商业营销方面，电子秤、IC 卡 (8 脚的单片机)、条码机、收款机等，与后台的服务器 (PC 机) 联网构成金融和商品的管理系统。

(5) 办公自动化及计算机外围设备方面，传真机、打印机、复印机、扫描仪等。

(6) 智能仪表方面，替代传统的仪器仪表，使其具有智能功能，如存储、数据处理、判断和联网等功能。在各种过程或运行系统中作监控器和数字记录仪。

第五节 名词简介

单片机的核心是微型计算机，最原始的计算机 Computer 有两个关键的特点：①不用人工干预自动处理数据；②存储和查找数据。

在此基础之上，再复杂点，计算机系统 (Computer System) 包含人机对话的外围装置 (Peripheral Devices) 以及处理数据的程序 (Program)。设备是硬件 (hardware)，程序是软件 (software)。

各种计算机的基本组成如图 1-2 所示。它包含中央处理器 CPU (Central Processing U-

nit)，随机访问存储器 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read-Only-Memory)，地址总线 (Address Bus)，数据总线 (Data Bus) 和控制总线 (Control Bus) CPU 经总线与 ROM、RAM 相连。接口电路 (Interface Circuits) 连在总线和外设之间，下面逐一作详细讨论。

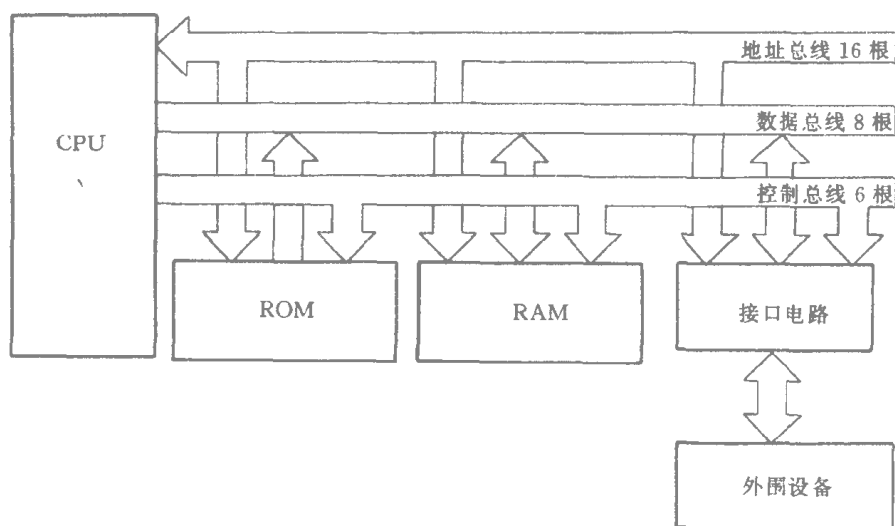


图 1-2 计算机系统的基本组成

一、中央处理器 CPU

CPU 作为计算机系统“大脑”，管理系统中的所有行为并完成所有的数据处理，CPU 的神秘之处是因为它不过是一些逻辑电器的集合，不断重复两个操作：取指令和执行指令。CPU 能够理解并执行二进制代码的指令，每条指令代表一次简单操作。这些指令一般为算术运算（加、减、乘、除），逻辑运算（与、或、非等），数据传送和分支操作，用一些二进制代码来表示，称为指令集 (Instruction Set)。

如图 1-3 所示为 CPU 内部示意图，其内部有一组寄存器 (Registers) 用来暂时保存运算过程中的数据，算术逻辑单元 ALU (Arithmetic and Logic Unit) 作数据运算。指令译码器和控制逻辑 (Instruction Decode and Control Unit) 具体完成指令动作。另外还有两个重要的寄存器，一个是指令寄存器 IR (Instruction Register)，存放当前正在执行的指令的二进制代码，另一个是程序计数器 PC (Program Counter) 存放下一条指令的地址。

从系统 ROM 中取一条指令是 CPU 最基本的操作之一，如图 1-4 所示，它包含以下步骤：

- (1) 程序计数器的 PC 内容放到地址总线上。
- (2) 读控制信号 READ 动作，即发生一个低脉冲。
- (3) 数据（或指令代码）从 ROM 中读出并放在数据总线上。
- (4) 指令码被锁进 CPU 的指令寄存器中。
- (5) 程序计数器增 1 准备取下一个字节（或指令，当前指令如果是双字节指令，则下一个为该指令的操作数）。

执行指令阶段将指令代码译码产生控制信号来选取内部寄存器进出 ALU 并向 ALU

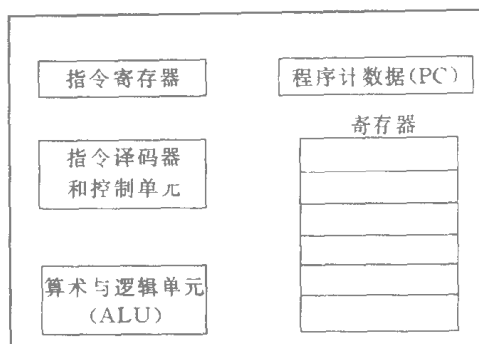


图 1-3 CPU 内部示意图

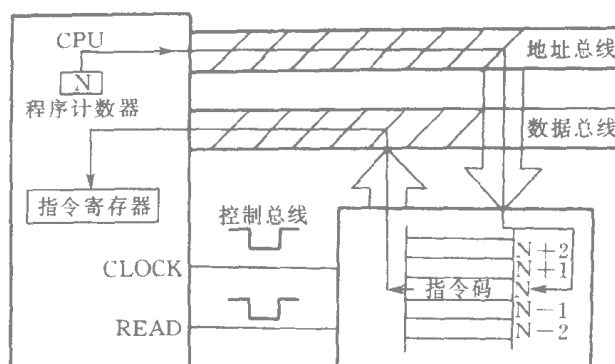


图 1-4 取指令的流程

发出指定的运算控制信号。指令操作很复杂，这里只描述了最简单的，诸如寄存器增 1 指令。更加复杂的指令要求更多的步骤，比如多字节指令要完成当前指令还要再读第二或第三字节作为操作数。

用一系列的指令来实现一种有意义的任务称为程序或软件。指令如同单词，软件好比文章，运用指令可以写出丰富多彩，风格迥异的软件。因此是软件使呆板的电子电路充满了活力。任务是否被有效和正确地执行，很大程度上取决于软件的质量而不是 CPU 的质量。

二、存储器 RAM 和 ROM

程序和数据存在存储器中，随着集成电路工艺的发展和材料的更新。出现了各种各样的存储器，让人眼花缭乱。可由 CPU 直接访问的半导体存储器称 RAM 和 ROM。区别 RAM 和 ROM 有两点：首先，RAM 是读写存储器而 ROM 是只读存储器，其次 RAM 中的内容在掉电后会丢失，而 ROM 不会丢失。

现在 CMOS 的 RAM 极其省电，可在芯片背上背一个充电电池保证数据不丢失；现在的 E²PROM（读作 E 方 PROM）发展很快，擦写次数可达 10 万次以上，足以当作 RAM 使用而又如 ROM 一般不丢数据。现在单片机编程时都将过程中的重要数据记在 E²PROM 中，增加了程序的可靠性。用 E²PROM 也简化了设定参数的电路并保证数据可靠。RAM 成了数据存储器的代名词。

对 ROM，早先三片系统时主要用紫外擦除的 EPROM，现在主要用电可编程可擦除的闪速只读存储器，另一种一次性写入的 OTP (One Time Program) 型的 EPROM，主要用在成型的产品上。

ROM 成了程序存储器的总称。

现在的 ROM 和 RAM 的容量都足够大，CPU 的运行速度也足够快，这为编程提供了很宽松的环境，设计者可以不再计较存储器资源，而将精力投入到程序正确可靠，具有可读性方面上。高级语言编程（如 C 语言）已被大量采用。

三、总线 (BUS)

总线是一组按同一目的传递信息的导线，围绕 CPU 有三总线：地址总线 ABUS、数据总线 DBUS 和控制总线 CBUS。对每一次读或写操作，CPU 将指定的数据（或指令）的地址放在地址总线上，然后控制总线上一个信号作用，说明是读操作还是写操作。读操作

从存储器指定的地址中读一个字节的数据放在数据总线上，CPU 读取数据放到它的一个内部寄存器中。对写操作，CPU 输出数据到数据总线上，由于控制信号是写操作，存储器将数据存到指定的地址中。

多数单片机有 16~20 根地址线。已知地址线根数为 N ，每根电平只有高或低，可以寻找两个地址，因此 16 根地址总线可寻址 $2^{16}=65536$ ，20 根的地址线可寻址 $2^{20}=1048576$ 。一般以千字节 (K) 为单位，称 64K、1024K 或 1M (兆)。随着存储器的增多，一般常用 M、(10^6 字节) 为单位。

数据总线 DBUS 是 CPU 到存储器或 CPU 到输入输出 I/O 之间信息传递的通道，计算机的多数时间用在搬运数据。由于在 CPU 与 RAM 或 ROM 之间的数据搬运是计算机的重要内容，所以数据总线的线数对整机性能尤为重要。总线宽度是制约计算机运行的主要特征之一，被用来给计算机分类，如 16 位机是指该机数据总线根数有 16 根。以此类推有 4 位、8 位、16 位和 32 位机，计算能力随着总线宽度的增加而增加。

注意 DBUS 是双向的，可根据读或写变方向。而地址总线 ABUS 却是单向的，由 CPU 输出，DBUS 总线上的数据是广泛意义上的数据，实际上可能是程序指令，指令地址或程序使用的数据。

控制总线 CBUS 不太像总线，根数少，而且每根线都有专门用途，都是由 CPU 向外发出的控制信号，与 DBUS 和 ABUS 有一定的时序关系。如读 READ 或写 WRITE 信号及各控制信号的名称和操作方法，需要向厂商索取有关资料或上网查询专业网站。

四、I/O 设备

输入输出设备 I/O 或计算机外部设备 (外设 Peripheral Device)，提供计算机系统与外界的通信通道，没有 I/O，计算机与人就无法交流。有 3 种人机介面，简介如下：

1. 外部存储器

与 RAM 或 ROM 一样，外部存储器主要存放程序或数据，当程序或数据太多，计算机内部存储器 (内存或主存) 装不下时，采用外部存储器 (外存) 存储，需用时再调入或加载 (Load)，这样的外存有磁盘、磁带或光盘。这种方式 PC 机用得最多。

2. 人机对话装置

有各种各样的人机接口装置，最一般的常用部件是终端机 VDT (video display terminal) 和打印机 (printer)。打印机是纯粹的输出设备，被作为硬拷贝，而 VDT 因为带有键盘，既是输出设备又是输入设备，可以录入信息。单片机一般选用液晶显示屏，彩色高亮度的液显屏正在被推广应用，其它还有光笔、扫描仪、监视器 CRT、鼠标、喇叭等。

3. 监控装置 (Control/Monitor Devices)

借助于监控装置，计算机可以完成面向控制的任务。可以人工干预、设定参数、观察系统运行的过程和状态。总之，人机对话装置将越来越多，如扫描仪、数字摄像机，数字照相机等成了人们喜爱的装置。

第六节 单片机应用系统的设计过程

单片机应用系统主要用作控制系统，根据工程向控制器提出的技术指标，先考虑用单

片机内部的硬件资源实现，如果不能，是否可以用软件实现，如果再不能，是否可以扩展外围专用功能芯片。单片机外围各种功能的芯片很多，而且接口方便，当硬件线路决定之后，开始酝酿软件的实现。先考虑软件的结构、编制程序，但程序是否正确需要经过调试和测试。软件的实现是写入芯片内部 ROM 中的程序代码。而这些代码，人的感官感觉不到，

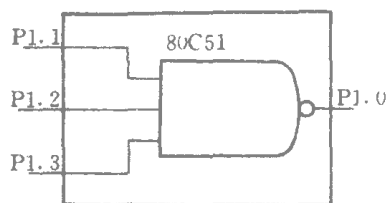


图 1-5 三输入与非门的实现

也不能像硬件电路那样用示波器从引脚上测试电脉冲信号，因而有一种调试手段用来调试软件，这就是仿真机（仿真装置 + PC 机 + 仿真软件）。仿真机会将芯片内 CPU 工作状态、寄存器数据、程序代码及相应的源程序都显示出来，并具有单步、中断等调试功能，如此可一段一段地调试软件程序，直到将所有程序调试完成，才将最后的程序代码用写入器（编程器）写入芯片中。用写有代码的芯片替代仿真机，直到单片机应用系统自己独立工作，设计才算结束。仿真机提高了调试软件的效率，不用一次次写代码来调试，直观方便，如果没有 PC 机，仿真功能就难以实现，至少不会这么直观。

单片机要解决的问题多数仍是老问题，新颖之处是比以前用较少的元件。尤其是设计逻辑关系复杂的控制系统，过去用通用逻辑门集成电路芯片将需要几十片甚至上百片，而现在只用几片就能够实现，而且方便灵活，作设计修改或改动功能时，只消改写软件原文件重写芯片，免去了在硬件线路上大动干戈的苦差事。大量减少芯片个数主要靠单片机的可编程性和高度集成化。使开发周期更短，制造成本更低，用电更省和可靠性更高。要求用各种逻辑门芯片实现的逻辑电路，可以用一片单片机芯片加上相应的控制软件就能实现。

用单片机的另一个优点是设计软件将不断积累，不断模块化，形成标准化软件，大大提高了开发效率。

下面举一个简单例子来说明单片机应用系统的设计过程。实际上并不这么用，如图 1-5 所示，用 8051 实现一个三输入与非门的逻辑功能。与数字电路实验有较大不同，它是利用内部逻辑运算功能实现的，一个简单的逻辑电路。

软件流程如图 1-6 所示。

这一逻辑电路的 8051 汇编语言程序如下：

```

Loop:  MOV C, P1.1    ; 读入 P1.1 位进入 CY 中
      ANL C, P1.2    ; CY 与 P1.2 相“与”，结果送入 CY
      ANL C, P1.3    ; CY 与 P1.3 相“与”结果送入 CY
      CPL C          ; 取反，完成“与非”门功能
      MOV P1.0, C    ; 结果送到输出 P1.0 中
      SJMP Loop      ; 不断往复做

```

如果这程序，编译成机器代码，用写入器写入 8051 单片机芯片中，的确将实现三输入端与非门功能，可以用万用表电压档和示波器监测，不同的是单片机电路的信号响应时间

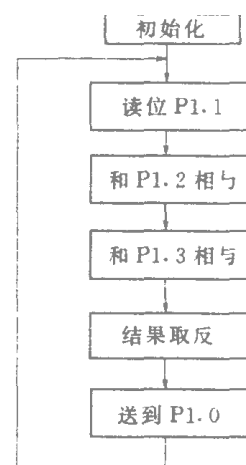


图 1-6 三输入与非门软件流程

较长，延迟约 $10\mu\text{s}$ ($1\mu\text{s}=10^{-6}\text{s}$ ，假定标准 8051 晶振为 12MHz)，而 TTL (Transistor-Transistor Logic) 电路只需 10ns ($1\text{ns}=10^{-9}\text{s}$)，要快得多。但多数控制器不要求这么快。如继电器动作时间至少在 ms ($1\text{ms}=10^{-3}\text{s}$) 以上。

在许多应用电路中，特别是具有手动操作的系统中，时间延迟无论是微秒还是纳秒都是无所谓的。因为人的反应延迟时间更长得多。这个逻辑门例子说明单片机可以实现逻辑功能。如果被设计的系统更复杂，单片机更具优势，元件个数会减少，另一方面是修改功能只需改变软件。知识和经验将不断积累，资料不会散失。

习 题

1. 什么叫单片机？单片机的英文名称如何拼写？主要用在什么领域？
2. 单片机与 PLC 和 DSP 的共同点和区别是什么？
3. 简述单片机的发展历史。
4. 8051 单片机的特点是什么？
5. 最基本的计算机由哪些单元构成。
6. 简述 CPU 工作原理。
7. 简述总线与工作原理。
8. 写出单片机系统中的主要单元或功能的中文和英文名称，至少列出 10 个。
9. 简述取指令，执行指令的过程。

第二章 硬件结构

本章介绍 80C51 单片机的硬件结构。初学者，一定要花功夫记住一些部件、功能等，以便在这些基点上逐渐扩展了解的范围和深度，最后达到全面系统了解的目的。一旦有了整体的印象，掌握起来就容易多了。

第一节 MCS—51 单片机及其演变

MCS—51 是 Intel 公司在 20 世纪 70 年代开发生产的单片机系列。由于技术优势并对外开放，其它公司如 Philips、Simens 等都以该系列为基础生产兼容的单片机，由此吸引大批用户。对用户来说，由于软件设计和开发工具的继承性，都不愿轻易换用其它系列的单片机，了解 51 系列的设计人员及其服务体系越来越多，形成市场，使之成为经典，成为单片机初学者的首选之一。该系列长盛不衰的另一原因是它不断的吸收新技术和新工艺，不断演变。

MCS—51 单片机的特点如下：

- (1) 4K 字节程序存储器 ROM，增强型 52 为 8K 字节。
- (2) 128 字节数据存储器 RAM，256 字节。
- (3) 4 个 8 位的输入输出端口（1%）。
- (4) 2 个 16 位定时（或计数）器（T/C）3 个。
- (5) 5 个中断源 6 个。
- (6) 串行通信接口。
- (7) 64K 外部程序扩展空间。
- (8) 64K 外部数据扩展空间。
- (9) 位处理和位寻址。

现在 80C51 的指令系统（下一章介绍）和硬件结构仍然与当时的 MCS—51 单片机兼容，除了 ROM 容量增加外，主要在其它方面发生变化：

(1) 由于集成度高，ROM 容量可达到 64K 字节以上，可以根据需要选用不同容量的 ROM。“外部程序扩展”的功能已不重要了。

(2) 三线式串行外围接口（SPI）及其外围芯片的应用使“外部数据扩展”的功能（并行外围芯片接口）不是唯一的接口功能，而且更多的用 SPI。

(3) CMOS 工艺大大降低了电耗及其发热量，并在芯片中增加了节电工作方式和掉电工作方式。

(4) 闪速编程简化了编程过程，将程序代码写入芯片的程序存储器中，变得更加方便容易。闪速存储芯片可多次擦写，替代过去的 EPROM，还有另一种 OTP 芯片，只能写一次。用在成型的产品上。这些芯片及其编写工具大大提高了编程效率。

(5) 晶振频率提高到 40MHz，速度明显加快。

其它变化如减少芯片引脚（89C2051 为 20 脚芯片）和降低电压到 3V 采用体积更小的封装形式等。

虽然功能和容量增加了，但仍然还是在一片 40 引脚的芯片上实现的，并且越来越“单片”化。

第二节 80C51 单片机的基本结构

单片机芯片内部是什么模样，我们看不见，看见了也无助于对它的了解。所要了解的单片机是一个能完成上述功能的特殊的微型计算机系统。要掌握和应用这些功能，首先要了解它的基本结构和组成。如图 2-1 所示，所有单元都通过片内单一总线连接而成，微处理器 CPU。数据存储单元 RAM 程序存储器 ROM 和控制部件（未画出）被看成是计算机系统，特殊功能寄存器 SFR 是所有对外功能的接口，通过 SFR 来设定工作方式和参数，来读写特定的数据，其余部分是特定功能的专用部件，下面分别介绍各组成部分。

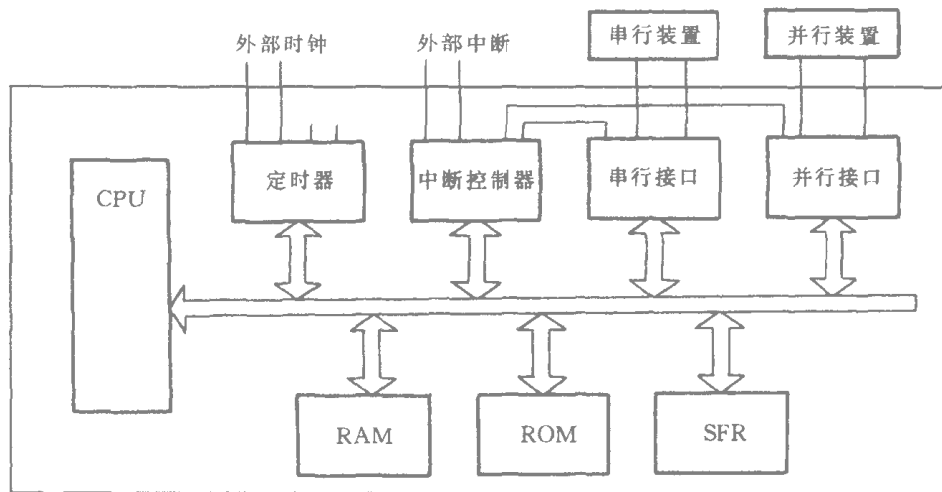


图 2-1 单片机的基本结构

一、中央处理器

单片机中的中央处理器（CPU）与通用微处理器基本相同，仅作算术逻辑运算。主要由算术逻辑运算单元 ALU（Arithmetic Logical Unit）、累加器 ACC（Accumulator）、寄存器 $R_0 \sim R_7$ 和程序状态寄存器 PSW（Program Status Word）等组成。

二、程序存储器（ROM）

调试完成的程序代码写入芯片中的程序存储器 ROM 中，由于使用中不再改动，所以用这种只读存储器，永久性地保存。现在片内 ROM 可达 64K 字节以上，已能满足一般需求。

普通的闪速存储器（如 ATMEL 公司的 89C51 系列）可以多次擦除和写入程序代码。另一种为一次性编程的 OTP 型的 ROM，如 LG 公司的 90C51 系列。EPROM 已不再是唯一的选择。

三、数据存储 (RAM)

单片机中的 RAM 主要用来存储运算数据, 当寄存器和当堆栈区。

80C51 中的 RAM 有 128 个, 增强型 80C52 中有 256 个, 还有一些 RAM 容量大的, 如飞利浦公司的 83CE559, 有 2K 字节 RAM。

四、并行 I/O 端口

单片机最基本的输入输出端口 (I/O) 是内部计算机与外部世界交换信息的接口, 每端口有 8 线, 对应着计算机上的一个字节或 8 个位。从芯片的引脚上可以测量到输出信号, 0V 为逻辑 0.5V (或 LV 封装 3V) 为逻辑 1。反之, 引脚上的电信号所代表的逻辑值可以被读到 RAM 中。

五、串行通信接口

单片机内都有全双工串行通信接口, TXD 为发送线, RXD 为接收线, 外加不同的通信驱动芯片, 可以构成不同类型的通信网, 使单片机的功能更强应用更广。除了与外部交换信息之外, 还间接提高了系统的可靠性, 并简化硬件系统配置。

六、定时器 / 计数器

首先被集成到单片机内部的部件就是定时器和计数器, 在多数一般控制系统中都需要计数或计时, 如时序控制、信号识别、计数等。

七、时序电路

计算机工作时, 按时钟信号的时序有规律地一个节拍一个节拍地执行 (详细内容在本章第七节中介绍)。外接晶体振荡器构成振荡电路提供时钟源, 再经时序电路分配成各种控制信号, 使计算机重复做取指令, 指令译码, 执行指令的工作当芯片中的 ROM 没有写入程序时, 计算机将无序的运行, 当写入一定的程序后, 计算机将按程序一步步执行。

以上各单元的介绍仅仅解释了名词定义及功能, 下面将逐一分析。

第三节 80C51 单片机的引脚功能

80C51 单片机双列直插 (DIP) 封装的 40 脚芯片如图 2-2 所示。40 引脚中有 32 根为 I/O

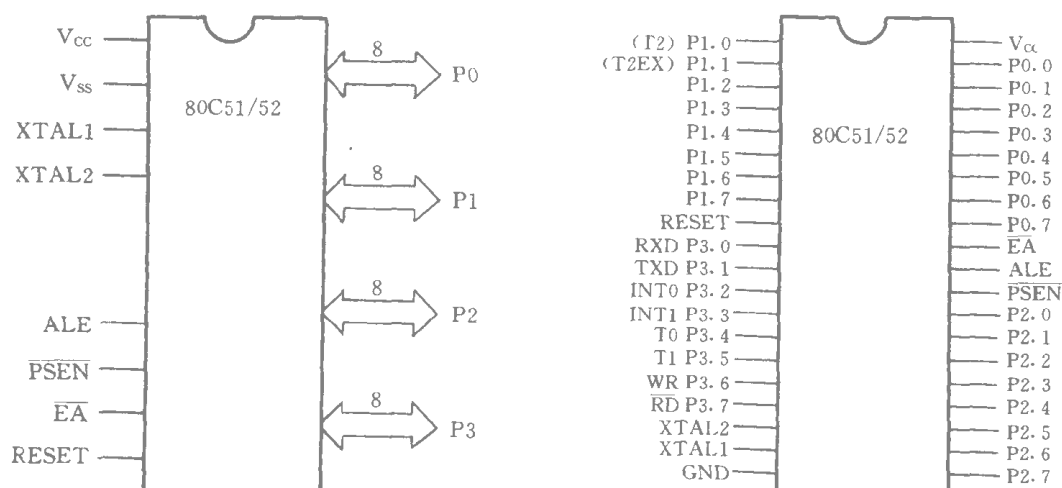


图 2-2 80C51 引脚

○ 端口，端口线中又有 24 根（80C52 为 26 根）为复用功能，除了作 I/O 之外，还可以作控制线、地址线或数据线。

作为端口使用时，可以与 8 位接口的外部设备连接，每个端口的 8 根线按端口一次性操作，如接打印机、D/A 转换器等。

每根线还可以按位操作，单独使用，如接开关、发光二极管等，在单片机内有位操作指令实现这种功能。

一、P0 端口

引脚 32~39 为 P0 端口。可作为通用 I/O 端口，其复用功能还可作为数据总线 (DBUS) 和地址低 8 位 (A0~A7) 的输出线。（将在第八章中讨论）

二、P1 端口

P1 端口在 80C51 的引脚 1~8 上，可作为端口操作，也可按位用 P1.0、P1.1、P1.2、…、P1.7 进行位操作，对 80C51，8 根线纯粹只作 I/O 端口线使用。对 80C52，P1.0 和 P1.1 的复用功能为定时器 T₂ 的外部信号输入端。

三、P2 端口

引脚 21~28 为 P2 端口，除了 I/O 端口功能外，复用功能是作为地址总线的高 8 位 (A8~A15)。

四、P3 端口

引脚 10~17 是 P3 端口。其复用功能最特殊，比 P0 和 P2 端口的总线功能要复杂。如表 2-1 所示。

表 2-1 端口 P3 的复用功能

位	符 号	位 地 址	复 用 功 能
P3.0	RXD	B0H	串行通信口的数据接收线
P3.1	TXD	B1H	串行通信口的数据发送线
P3.2	INT0	B2H	外部中断 0
P3.3	INT1	B3H	外部中断 1
P3.4	T0	B4H	定时/计数器 0 外部输入端
P3.5	T1	B5H	定时/计数器 1 外部输入端
P3.6	WR	B6H	外部数据存储器写选通输出
P3.7	RD	B7H	外部数据存储器读选通输出

对增强型 80C52，多一个定时器 T₂，有：

P1.0	T ₂	90H	定时/计数器 2 外部输入端
P1.1	T2EX	91H	T ₂ 的捕获/重载

五、程序存储器使能端 $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)

80C51 有 4 根总线控制信号， $\overline{\text{PSEN}}$ 在 29 脚上为输出信号，是外部程序存储器扩展功能中的代码读取控制信号，通常接到一片 EPROM 的输出使能端 ($\overline{\text{OE}}$) 来读取其中的程序

代码。

PSEN在取指令期间为低，以便读取外部 ROM 中的指令代码，经数据总线锁入 80C51 的指令寄存器中进行解码，当用片内 ROM 时， $\overline{\text{PSEN}}$ 保持在高状态。

六、址锁存信号 ALE (Address Latch Enable)

30 脚是 ALE 输出信号，为了减少芯片的引脚，采用数据线与地址低 8 位复用的方式，在对存储器操作的前半周期，从数据线（P0 端口）输出地址低 8 位（A0~A7），并用 ALE 锁存信号将其锁入外部锁存器（74HC373）中，形成地址总线的低 8 位，在后半周期存储器的数据才被读写到数据线上。

ALE 信号脉冲频率是晶振频率的 1/6，一个 12MHz 的晶振，ALE 为 2MHz。但在 MOVX 指令期间会少一个脉冲。这个周期被用来处理数据。

七、片外 ROM 选择 EA (External Access)

第 31 脚为 $\overline{\text{EA}}$ 输入信号，一般外接 +5V 或地，如果接高 +5V，80C51 从片内 ROM 中取程序指令，如果接低，则从片外取程序指令，（并且 PSEN 为低时读取）。现在主要用片内 ROM。EA 接 +5V。

八、复位 RST (Reset)

第 9 脚为复位 RST。当该信号端输入高电平长达两个机器周期以上时，各寄存器将初始化，系统被复位。当 RST 为低时，系统正常工作。（见第八节复位操作）

九、晶体振荡器输入端 XTAL1, XTAL2

18 和 19 脚接晶振，一般要求在两端各对地接一支 30pF 的电容，使振荡频率稳定。正常晶振频率为 12MHz，可达到 40MHz。

十、电源输入端 V_{cc} 和 V_{ss}

80C51 用单 5V 电源，有些用 3V。具体看芯片封装和型号。第 40 脚 V_{cc} 接 +5V。第 20 脚 V_{ss} 接地。

第四节 存储器结构

存储器主要分成两大类，一个是存放程序代码的程序存储器，在 80C51 单片机中用 ROM。另一个是存放数据的数据存储器，用 RAM。这两类存储器与 CPU 配合构成最基本的计算机系统。即从 ROM 中取指令，再从 RAM 中取数据放到 CPU 中运算，结果再送回 RAM 中去。

由于 80C51 芯片内的 ROM 和 RAM 是有限的，还可以通过芯片对外的扩展功能在外部扩展 ROM 和 RAM，如图 2-3 所示。

片外部分在讲扩展功能时详细介绍，这里注重介绍片内。在片内，ROM 的容量已可以达 64K 字节以上，在使用上没有再细的变化，要注意的是 RAM 和特殊功能寄存器 SFR (Special Function Register)。

片内数据存储器还划分通用存储区，可位寻址区，寄存器组区和 SFR 区，如图 2-4 所示。还要注意两点：累加器 Acc，寄存器 R0~R7 和输入输出端口都对应有 RAM 的地址，并且可象使用 RAM 一样按地址访问，对任一寄存器可以有多种寻址方式去访问；②

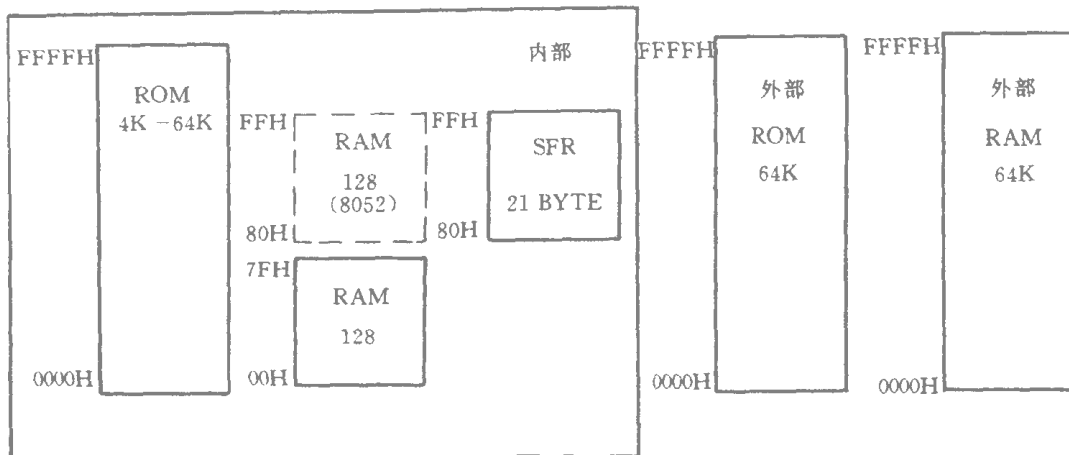


图 2-3 80C51 存储器结构

在片内 RAM 中设置堆栈区，复位时栈指针指到 07H，一般在通用寄存器区设置堆栈区。

如图 2-4 所示在 00H~7FH 的 128 个 RAM 中，还将 00H~1FH 作为寄存器 R0~R7，共分四组。使 20H~2FH 具有位寻址的功能，另设位地址 00H~7FH。将 30H~7FH 作为一般通用 RAM，一般将堆栈安排在这个区的高端，如 60H~7FH。将 80H~FFH 作为 SFR 区。下面详细介绍这些内容。

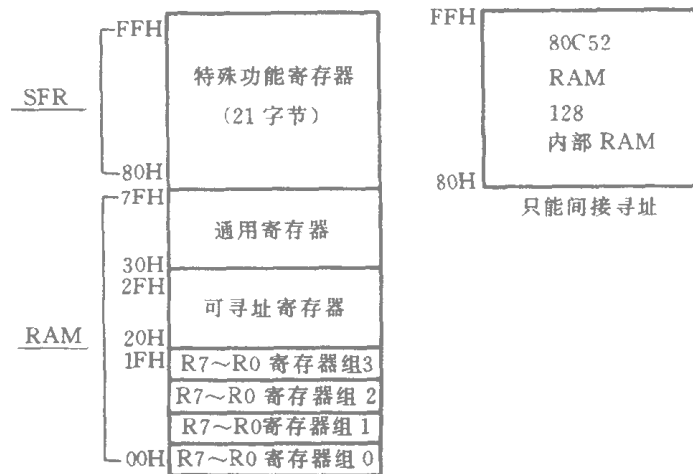


图 2-4 片内数据存储结构

一、通用 RAM

从地址 30H~7FH 共有 80 个字节单元为通用 RAM，它们可以被直接寻址或间接寻址。如：将地址为 45H 的内容读到累加器中，可以用下面的指令：

```
MOV A, 45H
```

这条指令为字节传送（下章将详细介绍）。源地址 45H 被直接寻址，目标地址为累加器 A，这种指令一般将第二操作数寻址的内容送到第一个操作数指定的目标地址中，这条指令 A 的地址是隐含已知的。

间接寻址方式，只有 R0 和 R1 具有间接寻址的指针功能。下面指令也能完成上条指令的功能：

```
MOV R0, #45H
MOV A, @R0
```

第一条指令将立即数送入 R0 寄存器，让 R0 指向地址 45H，下条指令是间接寻址传送一字节数据的指令，将 R0 所指地址单元的内容送入累加器中。

对 00H~2FH 区间的 RAM 也能直接或间接寻址，只不过还具有其它寻址方式。

二、可位寻址 RAM

80C51 中有 210 个可位寻址的位单元 (bit) 其中 128 个是字节地址 20H~2FH 这 16 个字节的位单元，其余在 SFR 中，见表 2-2、表 2-3。

表 2-2 特殊功能寄存 (SFR) 与位地址的对应关系

SFR		位 地 址							
名称	字节地址	7	6	5	4	3	2	1	0
B	0F0H	F7H	F6H	F5H	F4H	F3H	F2H	F1H	F0H
ACC	0E0H	ACC.7							ACC.0
		E7H	E6H	E5H	E4H	E3H	E2H	E1H	E0H
PSW	0D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
		D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
T2CON	0C8H	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
		8FH	CEH	CDH	CCH	CBH	CAH	C9H	C8H
IP	0B8H	—	—	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
		AFH	AEH	ADH	ACH	ABH	AAH	A9H	A8H
P3	0B0H	P3.7							P3.0
		B7H	B6H	B5H	B4H	B3H	B2H	B1H	B0H
IE	0A8H	EA	—	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
		AFH	AEH	ADH	ACH	ABH	AAH	A9H	A8H
P2	0A0H	A7H	A6H	A5H	A4H	A3H	A2H	A1H	A0H
SCON	098H	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
		9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H
P1	090H	P1.7							P1.0
		97H	96H	95H	94H	93H	92H	91H	90H
TCON	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
		8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H
P0	80H	P0.7							P0.0
		87H	86H	85H	84H	83H	82H	81H	80H

表 2-3 字节地址与位地址之间的关系

字节地址	位 地 址							
	7	6	5	4	3	2	1	0
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H

续表

字节地址	位 地 址							
	7	6	5	4	3	2	1	0
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

单片机中的位寻址和位操作指令是很有用的，首先外部被控对象有单线的，如继电器，开关等。如果按字节单元输出去与、或选取是非常麻烦的，一种读—修改—写(Read—modify—write)的方式。而位输出则直接了当，不再牵涉其它不该牵涉的位单元。其次，位操作如置位、清零及按位与、或、非等，简化了编程，并使编程更灵活方便。128个可位寻址单元也是16个字节地址单元。每字节8个位。(16×8=128)其中的任一位单元，可以用两种寻址方式去访问，如将位单元4FH置1，可用下列指令：

```
SETB 4FH
```

参见表2-2可知，位地址4FH的单元是字节地址29H字节单元的最高位bit7。用字节操作的指令实现上述功能：

```
MOV A, 29H          ; 读入整个字节
ORL A, #10000000B  ; 设置 bit7 为 1
MOV 29H, A         ; 将字节写回去
```

其中ORL是按位“或”，A中的任一位与0或则保持原状态，与1或则变成1，实现将bit7置1其余位不变的目的。

有关位地址与字节地址的关系一定要记牢，表2-2和表2-3直观地反映了二者的关系，应反复练习。

三、寄存器组

00~1FH的32个字节被分成4组，每组都可充当R0~R7，上电复位后，00H~07H被选中作为R0~R7，具有双重身份，如将地址02H单元内容读入到累加器中：

```
MOV A, 02H
```