

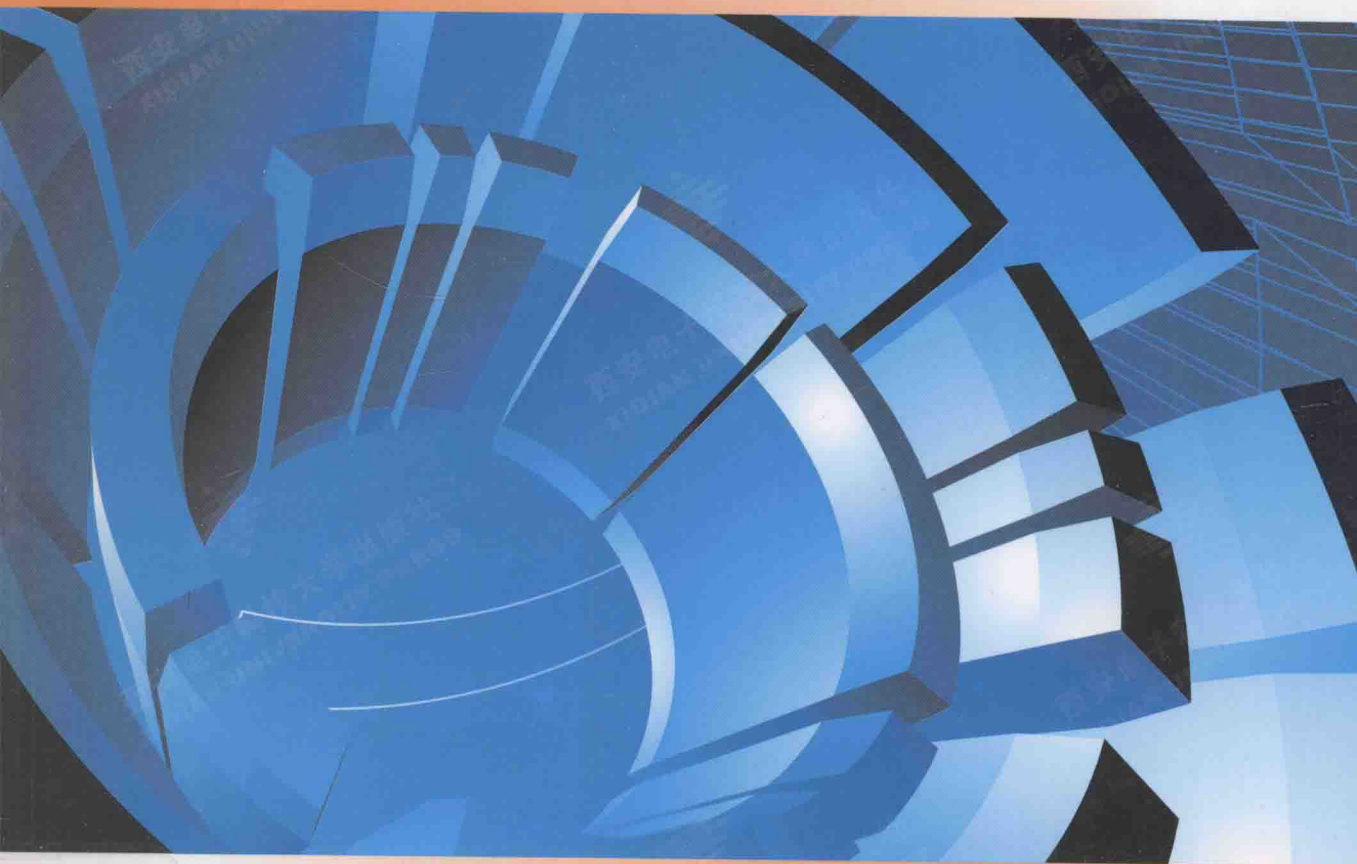
● 高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

单片机原理与应用

——KEIL C 项目教程

主编 孙福成

主审 王海涛



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

单片机原理与应用

——KEIL C 项目教程

主 编 孙福成

副主编 王晓静 卢 鹏 孙金艳

参 编 张小义 杨至辉

主 审 王海涛

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书采用项目教学法来讲解 51 单片机的原理与应用,使用 C 语言进行程序设计。

本书按照由浅入深、循序渐进的原则,选取了 10 个单片机开发中的常用项目,分别为点亮一个发光二极管、霓虹灯控制系统、数码管显示电路、键盘原理及应用、中断系统及其应用、99s 倒计时、液晶显示器及其应用、串行口通信、D/A 和 A/D 转换、基于 51 单片机的时钟。

本书在编写时,语言描述通俗易懂、注重应用,在完成 10 个项目的同时,通过拓展与提高,使项目内容更加结合实际,增强了实用性。

本书可作为高等职业院校自动化、电子信息及机电等相关专业的学生教材,也可作为需要掌握和使用单片机技术的工程技术人员实用参考书。

★ 本书配有电子教案,需要者可在出版社网站下载。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用: KEIL C 项目教程 / 孙福成主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.8

高职高专电子/通信类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2805-9

I. ① 单… II. ① 孙… III. ① 单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 107063 号

策 划 秦志峰

责任编辑 秦志峰

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20

字 数 475 千字

印 数 1~3000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-2805-9/TP·1338

XDUP 3097001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

如今，单片机在家电、交通、工业生产、航天等各个领域被广泛使用，而 KEIL C51 作为优秀的单片机开发软件也获得了众多业内人士的认可。本书循序渐进地叙述了 51 单片机的各种资源及其典型应用，以及 KEIL C51 软件在单片机开发系统中的应用。

本书在编写时，力求以通俗的语言、精简的内容，使单片机初学者快速入门，进入单片机的神奇天地。主要特点体现在：

(1) 采用项目教学法。在项目的选取上，按照由浅入深、循序渐进的原则，并充分考虑了学习者的接受能力，确定了点亮一个发光二极管、霓虹灯控制系统、基于 51 单片机的时钟等 10 个项目。每个项目在内容上以够用为原则，仅包含实现该项目所必需的硬件、软件知识，不求全，只求精。在组织每个项目的教学时，自始至终地贯彻先硬件后软件的开发思路，先要求每个学生根据项目要求设计出硬件电路图，然后以此为基础再画出流程图，并编写源程序；而后再依据 HOT-51 实验板上与本项目相关的电路，重新改写程序，并编译下载，直至观察到正确的运行结果。每完成一个项目，不仅提高了学习者分析问题和解决问题的能力，也更符合实际的需求，因为目前单片机系统的开发多是利用各种各样的控制板来实现的。

(2) 采用 C 语言编写源程序。以往单片机教学一般是采用汇编语言进行程序设计的，虽然汇编语言对硬件操作方便，具有程序代码精练、实时性强等优点，但可读性和可移植性较差，且要求学习者要有较好的硬件基础；而 C 语言是面向对象的，对硬件要求不高，从而有效地降低了学习难度，在实际开发中，单片机与 C 语言结合，极大地缩短了单片机应用系统的开发周期，在可读性、可移植性、功能扩充等方面都优于汇编语言。本书以 C51 语言为基础，使学习者能快速地掌握单片机的应用与开发，实现与人才市场需求的接轨。

(3) 完美的细节。每个项目要求具有延伸性，可以适合不同层次的学习者；每个实例不仅一题多解，而且还都有完整的求解过程，包含题目分析、硬件电路、流程图及源程序等；硬件电路采用完整的电路形式；源程序有详细的注释；习题题型多样，其内容与项目基础知识紧密相关。

(4) 强调实用性。本书中所有的源程序均在 KEIL μ Vision2 环境下编译成功，并下载至 HOT-51 实验板上可正确运行。

本书由孙福成担任主编，拟订大纲并统稿，由王海涛教授担任主审。其中，项目一、二、三由孙福成编写，项目六由张小义编写，项目四、九、十由王晓静编写，项目八由杨至辉编写，项目五由卢鹏编写，项目七由孙金艳编写。

本书在编写过程中，借鉴了许多教材的宝贵经验，在此谨向这些作者表示诚挚的感谢。

编者虽致力于打造最简单、最实用的单片机学习教程，但是由于水平有限，因此书中不足之处希望读者批评指正。

编 者
2012 年 3 月

目 录

项目一 点亮一个发光二极管	1
1.1 项目说明	1
1.2 基础知识	1
1.2.1 微型计算机的硬件系统	1
1.2.2 单片机结构	5
1.2.3 数制及转换	13
1.2.4 51 单片机存储器的扩展	14
1.2.5 C51 基础	16
1.3 项目实施	24
1.3.1 硬件设计方案	24
1.3.2 软件设计方案	26
1.3.3 程序调试	29
1.4 项目评价	39
1.5 拓展与提高	40
习题	40
项目二 霓虹灯控制系统	43
2.1 项目说明	43
2.2 基础知识	43
2.2.1 C51 变量	43
2.2.2 C51 的运算符与表达式	49
2.2.3 C51 语句	53
2.2.4 C51 函数	57
2.2.5 一个发光二极管的闪烁	60
2.2.6 流水灯	64
2.3 项目实施	74
2.3.1 硬件设计方案	74
2.3.2 软件设计方案	74
2.3.3 程序调试	75
2.4 项目评价	76
2.5 拓展与提高	77
习题	80
项目三 数码管显示电路	82
3.1 项目说明	82
3.2 基础知识	82
3.2.1 if 语句	82

3.2.2 数码管结构	86
3.2.3 数码管显示方式	88
3.3 项目实施	93
3.3.1 硬件设计方案	93
3.3.2 软件设计方案	94
3.3.3 程序调试	100
3.4 项目评价	102
3.5 拓展与提高	103
习题	105
项目四 键盘原理及应用	107
4.1 项目说明	107
4.2 基础知识	107
4.2.1 break 语句和 continue 语句	107
4.2.2 switch 语句	108
4.2.3 按键和键盘	109
4.2.4 独立式键盘的按键识别与应用	110
4.2.5 矩阵式键盘的按键识别与应用	117
4.3 项目实施	121
4.3.1 硬件设计方案	121
4.3.2 软件设计方案	121
4.3.3 程序调试	127
4.4 项目评价	128
4.5 拓展与提高	129
习题	135
项目五 中断系统及其应用	138
5.1 项目说明	138
5.2 基础知识	138
5.2.1 中断概述	138
5.2.2 51 单片机中断系统	141
5.2.3 中断初始化	144
5.2.4 中断服务函数的定义	144
5.2.5 应用举例	145
5.3 项目实施	148
5.3.1 硬件设计方案	148
5.3.2 软件设计方案	149
5.3.3 程序调试	152
5.4 项目评价	153
5.5 拓展与提高	154
习题	157

项目六 99 s 倒计时	160
6.1 项目说明	160
6.2 基础知识	160
6.2.1 定时/计数器概述	160
6.2.2 定时/计数器的控制	162
6.2.3 定时/计数器的工作方式	163
6.2.4 定时/计数器的应用	165
6.3 项目实施	171
6.3.1 硬件设计方案	171
6.3.2 软件设计方案	172
6.3.3 程序调试	174
6.4 项目评价	175
6.5 拓展与提高	176
习题	180
项目七 液晶显示器及其应用	182
7.1 项目说明	182
7.2 基础知识	182
7.2.1 液晶显示器概述	182
7.2.2 LCD1602 简介	183
7.2.3 LCD1602 应用举例	187
7.3 项目实施	194
7.3.1 硬件设计方案	194
7.3.2 软件设计方案	194
7.3.3 程序调试	198
7.4 项目评价	199
7.5 拓展与提高	200
习题	207
项目八 串行口通信	209
8.1 项目说明	209
8.2 基础知识	209
8.2.1 串行通信概述	209
8.2.2 51 单片机串行口简介	213
8.2.3 串行通信工作方式	215
8.2.4 51 单片机串行口波特率的设置	217
8.2.5 双机通信和多机通信	219
8.2.6 串行口初始化	221
8.2.7 串行口应用举例	222
8.3 项目实施	224
8.3.1 硬件设计方案	224

8.3.2 软件设计方案	225
8.3.3 程序调试	229
8.4 项目评价	230
8.5 拓展与提高	231
8.5.1 串行扩展概述	231
8.5.2 I ² C 总线	234
习题	242
项目九 D/A 和 A/D 转换	244
9.1 项目说明	244
9.2 基础知识	244
9.2.1 C51 指针	244
9.2.2 绝对地址的访问	247
9.2.3 D/A 与 A/D 转换概述	249
9.2.4 D/A 转换原理及性能指标	250
9.2.5 DAC0832 及其应用	253
9.2.6 A/D 转换原理及性能指标	256
9.2.7 ADC0809 及其应用	261
9.2.8 PCF8591 及其应用	268
9.3 项目实施	280
9.3.1 硬件设计方案	280
9.3.2 软件设计方案	281
9.3.3 程序调试	282
9.4 项目评价	283
9.5 拓展与提高	284
习题	284
项目十 基于 51 单片机的时钟	287
10.1 项目说明	287
10.2 基础知识	287
10.2.1 显示部分	288
10.2.2 计时部分	290
10.2.3 校时部分	293
10.3 项目实施	298
10.3.1 硬件设计方案	298
10.3.2 软件设计方案	299
10.3.3 程序调试	302
10.4 项目评价	303
10.5 拓展与提高	304
习题	309
参考文献	311

项目一 点亮一个发光二极管

1.1 项目说明

❖ 项目任务

利用 MCS-51 单片机(简称 51 单片机)的并行 I/O 口驱动一个发光二极管,利用 C51 编程点亮该发光二极管。

❖ 知识培养目标

- (1) 掌握微型计算机硬件系统的构成。
- (2) 掌握 51 系列单片机的内部结构及存储器配置。
- (3) 掌握 51 单片机的最小系统。
- (4) 掌握字节寻址与位寻址。
- (5) 掌握 C51 程序结构及变量的定义。
- (6) 理解 51 系列单片机存储器扩展的方法。

❖ 能力培养目标

- (1) 能利用所学知识设计出所需原理图。
- (2) 能利用所学知识正确地选择元器件。
- (3) 能利用 KEIL C 软件建立工程文件。
- (4) 培养解决问题的能力。
- (5) 培养沟通表达、团队协作的能力。

1.2 基础知识

1.2.1 微型计算机的硬件系统

计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机与微型机等类型。计算机的发展一是朝着高速度、大容量、高性能的巨型机方向发展,如我国的银河系列巨型机;二是朝着体积小、可靠稳定、成本低廉的微型机方向发展。而微型机也有两个方向,一是朝着高速度、大容量、高性能的高档 PC 机方向发展;二是朝着体积小、可靠稳定、成本低廉的单片机方向发展。下面以 PC 机为例介绍微型机硬件的构成及各部分的作用。

微型计算机由硬件系统与软件系统构成,图 1-1 所示为微型计算机硬件系统结构图。

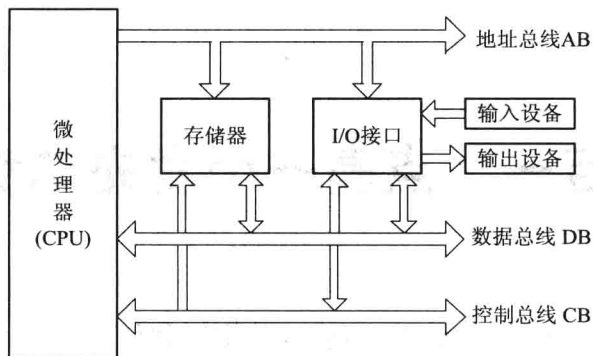


图 1-1 微型计算机硬件系统结构图

由图 1-1 可知，微型计算机的硬件系统由 CPU、存储器、I/O 接口及外设四大部分组成，其中，CPU、存储器、I/O 接口之间是通过地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB(简称三总线)相连的。

1. CPU

CPU 即中央处理单元，是执行指令的部件。CPU 通过执行指令，在其管脚上发出一系列高低电平来指挥其他部件按要求工作，从而完成相应的任务。由于单条指令的功能非常有限，因此 CPU 要执行一系列有序排列的指令(即程序)才能完成某一任务。我们通常所说的 486、586、双核或四核，就是指 CPU，双核的性能优于 586，四核肯定更好。仅由 CPU 这一个部件就可以大体上区分出计算机的性能，因此 CPU 是计算机系统最重要的部件。CPU 的外形结构如图 1-2 所示。

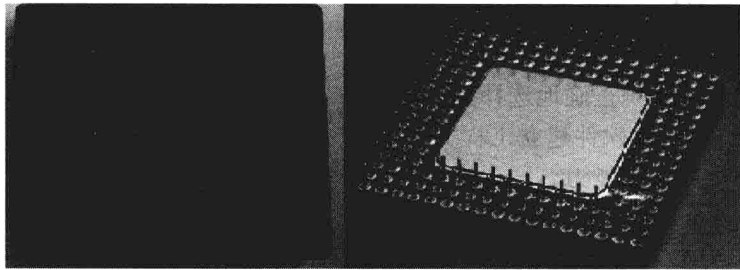


图 1-2 CPU 的外形结构

2. 存储器

CPU 要执行的程序及程序所需的数据就储存在存储器中，或者说 CPU 只执行储存在存储器中的程序。每一块存储器内部都有一定数量的存储单元，与 CPU 通过三总线相连后，每一个存储单元都有一个地址。存储器的外形结构如图 1-3 所示。

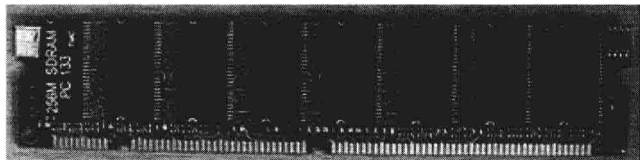
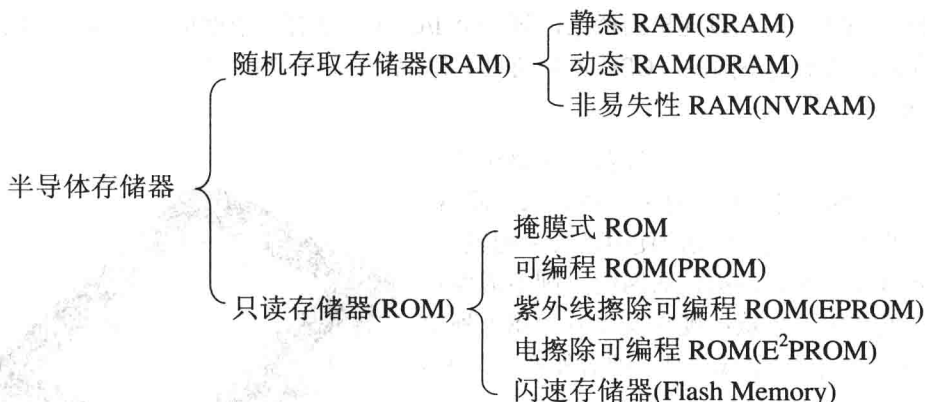


图 1-3 存储器的外形结构

存储器是半导体集成器件，根据数据的存取方式分类，可分为：



半导体存储器可分为只读存储器(ROM)和随机存取存储器(RAM)两大类。只读存储器(ROM)是一种非易失性存储器，其特点是信息一旦写入，就固定不变，掉电后，信息也不会丢失；随机存取存储器 RAM 是一种易失性存储器，其特点是在使用过程中，信息可以随机写入或读出，使用灵活，但信息不能永久保存，一旦掉电，信息就会自动丢失。

我们购买计算机时，总要问一下它的硬盘是多少 G、内存是多少 G，G 即 GB，是存储器的容量单位。在计算机内部，数据、地址及指令都是用 0 或 1 表示的，二进制代码中的 1 个 0 或 1 称为 1 位(bit)，用 b 表示，位是存储器的最小单位；连续的 8 个 0 或 1 称为 1 个字节(Byte)，用 B 表示， $1\text{ B} = 8\text{ b}$ ，字节是存储器的基本单位。常用存储器容量单位还有千字节(KB)、兆字节(MB)、千兆字节(GB)，它们之间的关系为

$$1\text{ KB} = 1024\text{ B} = 2^{10}\text{ B} \quad 1\text{ MB} = 1024\text{ KB} = 2^{20}\text{ B} \quad 1\text{ GB} = 1024\text{ MB} = 2^{30}\text{ B}$$

1 个或几个字节组成 1 个字，字是计算机内部数据处理的基本单位。1 个字所包含的 0 或 1 的位数称为字长，典型计算机 CPU 的字长有 8 位、16 位、32 位、64 位，51 系列单片机 CPU 的字长是 8 位。

读和写是存储器的基本操作。CPU 将数据存入存储单元称为写操作，CPU 取出存储单元中的数据称为读操作。不管是读还是写，必须要在存储器中找到该单元，即要给出该单元的地址，然后才能对之进行读或写。就像要到一栋楼房中去找某个人时，必须知道他所在房间的房门号一样，只不过存储器中每个单元的地址与单元中存储的数据都是用 0、1 表示的一串二进制数，初学时不容易区分。每个存储单元中只能存放 1 个字节，即 8 位 0 或 1，16 个二进制位就要占用 2 个单元。每个存储单元地址的位数与存储器的容量有关，存储器的容量越大，地址的位数就越多。

如果存储器有 2 根地址线 A1、A0，那么就有 4 个地址 00、01、10、11，最多能区分 4 个存储单元；3 根地址线，则有 000~111 共 8 个地址，最多能区分 8 个存储单元；4 根地址线可区分 16 个存储单元；以此类推。因此，存储器容量与地址线的关系为：容量 $= 2^n\text{ B}$ ，n 为地址线的位数。如某存储器有 10 根地址线 A0~A9，则其寻址范围(即容量)为 $2^{10}\text{ B} = 1024\text{ B} = 1\text{ KB}$ ，地址范围为 000H~3FFH；容量为 4 KB 的存储器，由于 $4\text{ KB} = 2^{12}\text{ B}$ ，所以共需要 12 根地址线，地址范围为 000H~FFFH。

3. I/O 接口

I/O 接口是 CPU 与外设连接的桥梁，每一个 I/O 接口都有一个地址，称做端口地址。不同的外设端口地址是不同的，CPU 就是通过端口地址来区分各个外设的。

4. 外设

外设可分为输入设备与输出设备，主要包括显示器、键盘、鼠标、打印机、耳麦、摄像头、硬盘、光驱等。外部设备是根据不同的使用场合来配置的，办公室里通常要配备打印机，而网吧里则不需要打印机。在这里一定要注意：硬盘及光驱也属于外部设备，其作用是存储程序或文件。硬盘外形如图 1-4 所示。



图 1-4 硬盘

硬盘与存储器的区别：存储器是半导体集成器件，其工作速度快，能与 CPU 的工作速度相匹配，但容量有限；而硬盘是磁介质存储器件，工作速度相对较慢，容量无限。通常将系统软件或应用软件装在硬盘中，在执行某一程序时需要先将该程序从硬盘调入存储器才能执行。

5. 总线

在单片机系统中，CPU 是核心器件，其他器件都要与之相连，并且要求各器件之间协调工作，这样所需连线就很多，因此采用各个器件共享连线的方法，这些共享用的连线就是总线。总线好比高速公路，各种物资须经过它进行传送，只是总线上传送的是 0 或 1。其中，为存储器或 I/O 接口提供地址的所有连线称为地址总线 AB，用于选定某一存储单元或 I/O 接口；控制各器件工作状态的所有连线称为控制总线 CB，实现对选定单元的读或写；用于传输数据的公共连线称为数据总线 DB，对选定单元读/写的信息是通过数据总线 DB 传送的。

下面通过分析计算机的启动过程进一步加深对计算机硬件系统的理解。

当我们按下计算机的电源开关后，CPU 就开始执行存储器中的指令了。存储器是由一系列存储单元构成的，通常每个单元能存储 8 个二进制位，即以字节为单位存储信息，每 8 个二进制位构成一个字节，如某一单元存储的数值为 10010111 等。每个单元都有一个地址，究竟从哪个单元开始执行呢？不同的 CPU 上电复位后开始执行指令的地址是不同的，51 系列单片机中的 CPU 从 0000H 单元开始执行，而 PC 机中的 CPU 是从 FFFF0H 单元开始执行的。这是第一步，即 CPU 得电后，它就要从存储器中的某一单元开始执行指令序列。如果 PC 机中的存储器都是由 RAM 构成的，那么这台计算机就不能正常工作，因为上电后 RAM 中的值是随机的，它不可能完成任何任务，因此 PC 机的存储器必须由 ROM 与 RAM 两部分组成。开机后，CPU 先执行 ROM 中的程序，这些程序是由生产厂家写入的，叫做 BIOS 程序，即基本的输入、输出程序，功能是初始化主要接口，将硬盘上存储的 Windows 操作系统的核心文件调入存储器中，然后 CPU 从存储器中执行这些核心文件，计算机就处于 Windows 操作系统的管理之下，这时完成计算机的启动。

计算机启动后，如果从桌面上或开始菜单下运行 Word，首先要从硬盘的某一路径下找

到应用程序 Word.exe, 然后将该程序从硬盘调入存储器中, CPU 才能够执行该程序, 进入编辑状态。

1.2.2 单片机结构

1. 单片机的概念

微型计算机是由 CPU、存储器、I/O 接口及外设组成的, 其中前三部分组成了计算机的主机。如将 CPU、存储器、I/O 接口集成在一块芯片上就构成了单片机, 即单芯片微型计算机。单片机由于其低廉的价格, 稳定可靠的性能, 因此在国防、交通、工农业生产等各行各业都得到了广泛的应用。在日常生活中, 如智能冰箱、智能空调、智能电饭锅等, 都离不开单片机的控制。

目前生产单片机的公司非常多, 如 Intel、LG、STC、Atmel、Philips、Dallas、Winbond、Zilog、Microchip、Motorola 等。由于 Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司, 所以许多厂家生产的单片机与 MCS-51 单片机具有良好的兼容性, 包括指令兼容、总线兼容与引脚兼容, 这使 51 系列单片机成为事实上的单片机工业标准。

2. 51 系列单片机的内部结构

51 系列单片机是 Intel 公司于 20 世纪 80 年代推出的 8 位单片机, 目前已经有十多个品种, 包括 51 子系列(如 8031/8051/8751/8951)、52 子系列(如 8032/8052/8752/8952)。制造时, 一般采用 HMOS 工艺和 CHMOS 工艺, 产品型号中凡带 C 的为 CHMOS 工艺芯片, 如 80C51; 不带 C 的为 HMOS 工艺芯片, 如 8051。

在功能上, 51 系列单片机有基本型和增强型两类, 以芯片型号的末位数字来区分。“1”表示基本型, 如 8031/8051/8751/8951 或 80C31/80C51/87C51/89C51 为基本型; “2”表示增强型, 如 8032/8052/8752/8952 或 80C32/80C52/87C52/89C52 为增强型。

表 1-1 为 51 系列单片机的主要型号及性能指标。

表 1-1 51 系列单片机的主要型号及性能指标

子系列	型号	片内存储器		并行 I/O 接口	串行 接口	中断 源	定时/ 计数器	工作频率 /MHz
		ROM	RAM					
8X51/52 系列	8031	无	128 B	4	1	5	2	12
	8051	4 KB	128 B	4	1	5	2	12
	8052	8 KB	256 B	4	1	6	3	12
	8751	4 KB	128 B	4	1	5	2	12
	8951	4 KB	128 B	4	1	5	2	12
8XC51/52 系列	80C31	无	128 B	4	1	5	2	12/16
	80C51	4 KB	128 B	4	1	5	2	12/16
	80C52	8 KB	256 B	4	1	6	3	12/16/20/24
	87C52	8 KB	256 B	4	1	6	3	12/16/20/24
	89C52	8 KB	256 B	4	1	6	3	12/16/20/24

51 单片机的主要资源为: 5 V 电源, 8 位 CPU, 4 KB 片内程序存储器(ROM), 256 B 片内数据存储器(RAM), 4 个 8 位并行 I/O 口, 1 个全双工串行口, 2 个可编程定时/计数器,

5 个中断源, 2 个优先级, 片外程序存储器、数据存储器最大可扩展至 64 KB。51 单片机的内部结构如图 1-5 所示。

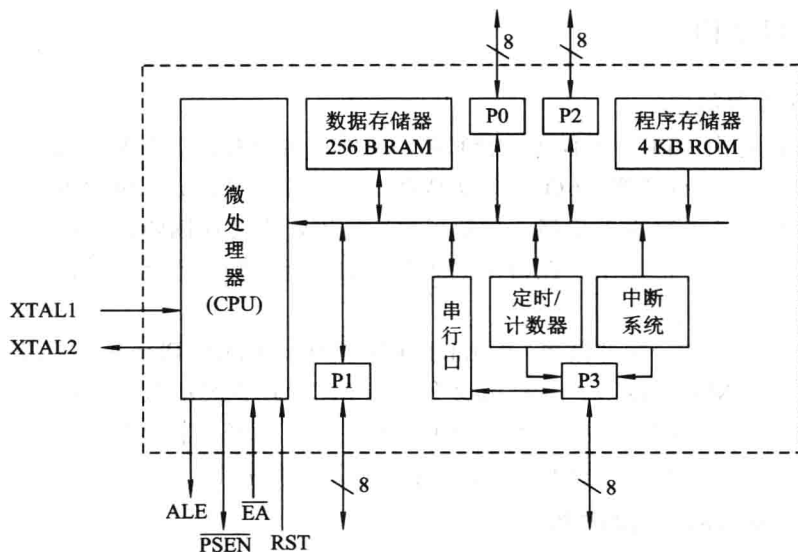


图 1-5 51 单片机内部结构

(1) CPU。CPU 是单片机的核心部件, 通过执行指令发出指挥信号, 协同其他部件完成相应的任务。单片机执行哪条指令受程序计数器 PC 控制, PC 是一个 16 位计数器, 具有自动加 1 功能, 最大寻址范围为 64 KB。CPU 每读取一个字节的指令, PC 就自动加 1, 然后指向将要执行的下一条指令, 为读取下一条指令作好准备; 当下一条指令被取出执行时, PC 的值又加 1, 这样在 PC 的控制下, 指令被一条条地顺序执行。若当执行分支程序或调用子程序时, 是通过转移或调用指令来改变 PC 值的, 使其指向子程序对应的地址处, 则开始执行相应的子程序。

(2) 存储器。51 单片机存储器分为程序存储器和数据存储器, 它们分开编址, 这是 51 单片机的一个重要特点。

程序存储器主要用来存放用户编写的程序及运行该程序用到的数据、表格等, 由只读存储器构成, 在 51 单片机芯片内集成了 4 KB 的 ROM 存储器; 数据存储器用于存放输入数据、输出数据或运算产生的中间结果等随时有可能变动的数据, 由随机存取存储器构成, 51 单片机芯片内集成了 256 B 的 RAM 存储器。

当 51 单片机内部的程序存储器、数据存储器容量不够用时, 可以进行片外扩展, 最大容量可以扩展至 64 KB; 当单片机的 I/O 接口不够用时, 也可以进行片外扩展, 片外扩展的 I/O 接口与片外数据存储器统一编址。

(3) I/O 接口。51 单片机的 I/O 接口是单片机控制外围设备的重要接口, 是与外设进行信息交换的途径。51 单片机的 I/O 接口主要包括了并行口、串行口、定时/计数器及中断控制器等。

并行口有 P0、P1、P2、P3 四个, 主要实现数据的并行输入/输出。所谓并行方式就是 n 位数据由 n 个通道同时传送。

串行口主要用于单片机与其他设备间采用串行方式传送数据。所谓串行方式就是一个通道分时传送 n 位数据。

定时/计数器有 T0、T1 两个，主要实现定时或计数功能。

中断控制系统主要实现对 2 个外部中断、2 个定时/计数器中断及 1 个串口中断的管理。

3. 51 单片机引脚说明

51 单片机的封装有 DIP、TQFP、PLCC 等多种形式。DIP 封装的 51 单片机引脚图及逻辑符号如图 1-6 所示。

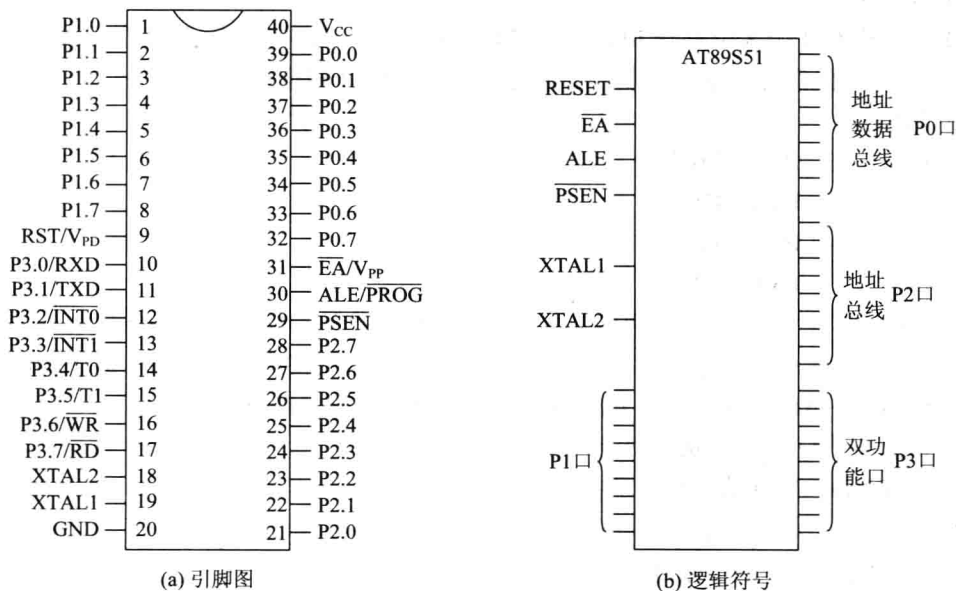


图 1-6 51 单片机引脚图及逻辑符号

单片机的 40 个引脚大致可分为电源、时钟、控制引脚和并行 I/O 口四类。

1) 电源

V_{CC} ——芯片电源，接+5 V。

GND——接地端。

2) 时钟

XTAL1、XTAL2——外接晶振引脚。XTAL1 是片内振荡电路的输入端，XTAL2 是片内振荡电路的输出端。

3) 控制引脚

$\overline{ALE}/\overline{PROG}$ ——地址锁存允许/片内 EPROM 编程脉冲。片外扩展存储器时，ALE 用于锁存由 P0 口送出的低 8 位地址； $\overline{PROG}$ 功能，在对片内 EPROM 编程期间，此引脚输入编程脉冲。

$\overline{PSEN}$ ——片外程序存储器选通信号。

RST/V_{PD} ——复位/备用电源。 $RST(Reset)$ 指复位信号输入端，当该引脚上所加高电平大于 10 ms 时，单片机进行复位初始化操作，使单片机内部的一系列存储单元恢复到初始值，SP 的值为 07H，P0~P3 的值为 FFH，其余寄存器的值为 00H，且将程序计数器 PC 的

值置为 0000H。因此 51 单片机上电或复位后, 是从 0000H 单元开始执行程序。V_{PD} 的功能是指在 V_{CC} 掉电情况下所接的备用电源。

$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ ——片内、片外程序存储器选择端/片内 EPROM 编程电源。51 单片机内部有 4 KB 的 ROM, 当 $\overline{\text{EA}}$ 接高电平时, 单片机先从片内 ROM 中读取指令数据, 片内 ROM 读完后自动读取片外 ROM; 当 $\overline{\text{EA}}$ 接低电平时, 单片机直接读取片外 ROM。现在的单片机芯片一般都具有片内 ROM, 所以在设计电路时 $\overline{\text{EA}}$ 始终接高电平。V_{PP} 的功能是指片内为 EPROM 芯片时, 在 EPROM 编程期间, 施加编程电源 V_{PP}。

4) 并行 I/O 口

51 单片机有 4 个 8 位并行 I/O 端口: P0、P1、P2、P3, 共占用了 32 个引脚, 4 个并行 I/O 口中的每一位都可以单独控制。因此它们的字节地址和位地址分别是:

字节地址	位地址
P0 口	P0.0~P0.7
P1 口	P1.0~P1.7
P2 口	P2.0~P2.7
P3 口	P3.0~P3.7

4 个并行端口中 P1 口只能用作 I/O 接口, 其他 3 个端口除了用作 I/O 接口外还可实现其他功能。由并行总线进行片外扩展时, P2 口、P0 口共同构成地址总线, 提供 16 位地址, P2 口传送 A15~A8, P0 口传送 A7~A0, P0 口分时用作数据总线。

P3 口的每一位都有独立的功能, 含义如下:

- P3.0 RXD, 串行数据接收端;
- P3.1 TXD, 串行数据发送端;
- P3.2 $\overline{\text{INT0}}$, 外部中断 0 输入;
- P3.3 $\overline{\text{INT1}}$, 外部中断 1 输入;
- P3.4 T0, 定时/计数器 0 的计数脉冲输入;
- P3.5 T1, 定时/计数器 1 的计数脉冲输入;
- P3.6 $\overline{\text{WR}}$, 片外数据存储器写选通信号;
- P3.7 $\overline{\text{RD}}$, 片外数据存储器读选通信号。

单片机引脚虽多, 但要分类记忆就比较简单: 电源 2 个(V_{CC} 和 GND), 晶振 2 个, 复位 1 个, $\overline{\text{EA}}$ 1 个, 剩下还有 34 个, 29 脚 PSEN、30 脚 ALE 只有片外扩展数据/程序存储器时才有特定用处, 一般情况下不用考虑, 最终就只剩下 4 个 8 位 I/O 口的 32 个引脚, 这 32 个引脚的用法就是学习单片机的重点了。

4. 单片机最小系统

单片机最小系统, 或者称为单片机最小应用系统, 是指用最少的元件组成的单片机可以工作的系统。对 51 系列单片机来说, 最小系统一般应包括单片机、复位电路、时钟电路, 如图 1-7 所示。

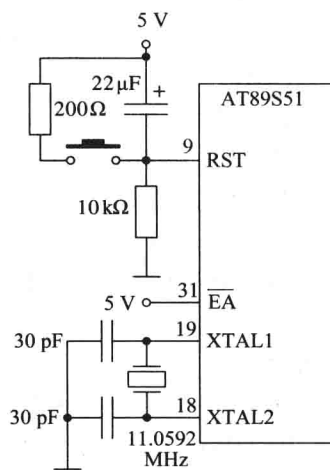


图 1-7 51 单片机最小系统

- (1) 单片机：具有片内 ROM 的 51 系列单片机或与 51 兼容的单片机。
- (2) $\overline{EA}=1$ ：表示单片机在复位后从片内 ROM 的 0000H 单元开始执行指令。
- (3) 复位电路：为引脚 RST 提供单片机

复位所需的高电平(>10 ms)。51 单片机常用复位电路如图 1-8 所示，复位电路有上电自复位、上电自复位加手动复位两种复位方式。上电自复位电路是在系统刚上电时，利用电容两端电压不能突变的工作原理，为 RST 引脚提供所需宽度的高电平，高电平持续的时间由电路中的 RC 值来决定，适当选取 RC 就可以使单片机实现上电自复位，一般推荐 C 取 22 μ F，R 取 10 k Ω 。上电自复位加手动复位电路不仅可以实现上电自复位，而且在需要时也可以由按键来实现手动复位。

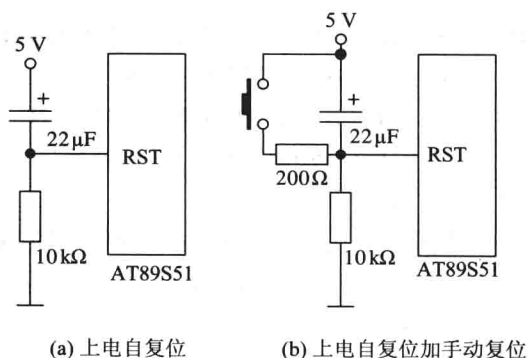


图 1-8 复位电路

(4) 时钟电路：为单片机提供工作所需的时钟脉冲。在用串口通讯的场合，为了准确地得到 9600 波特率和 19200 波特率，晶振必须为 11.0592 MHz；在精确定时的场合，可选用 12 MHz 的晶振，以产生精确的 μ s 级时间基准，从而方便定时操作。HOT-51 实验板上的晶振为 11.0592 MHz。

因为最小系统中单片机未接任何外设(输入或输出设备)，所以实际上单片机并不能完成任何具体的任务。

5. 51 单片机存储器的配置

51 系列单片机存储器的特点是将程序存储器和数据存储器分开编址。按其物理结构可分为片内程序存储器、片外程序存储器、片内数据存储器、片外数据存储器 4 个空间；按其逻辑结构可分为程序存储器、片外数据存储器、片内数据存储器 3 个空间。51 单片机存储器的配置如图 1-9 所示。

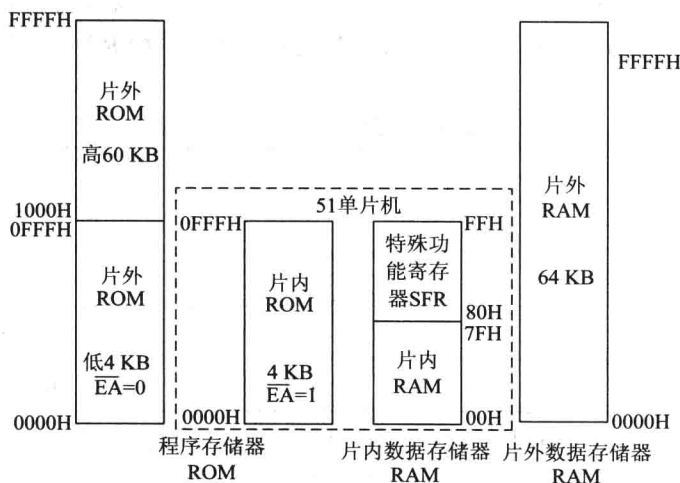


图 1-9 51 单片机存储器配置