

主 编 巩荣芬

副主编 聂连朋 戴立红 王 蕊

# 基于Proteus和 校企对接的单片机实验与 综合设计实例



东北大学出版社  
Northeastern University Press

# 基于 Proteus 和校企对接的 单片机实验与综合设计实例

主 编 巩荣芬

副主编 聂连朋 戴立红 王 蕊

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 巩荣芬 2018

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 Proteus 和校企对接的单片机实验与综合设计实  
例 / 巩荣芬主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2018. 12  
ISBN 978-7-5517-2057-1

I. ①基 … II. ①巩 … III. ①单片微型计算机—产学  
合作—研究 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 287085 号

---

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务部)

传真: 024-83680180(市场部) 83680265(社务部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: [neuph@neupress.com](mailto:neuph@neupress.com)

印刷者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 14

字 数: 332 千字

出版时间: 2018 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2019 年 4 月第 1 次印刷

策划编辑: 周晓天

责任编辑: 石玉玲 张 媛

责任校对: 周晓天

封面设计: 潘正一

---

ISBN 978-7-5517-2057-1

定 价: 59.00 元

# 前 言

为适应社会对应用型人才的需求，实现部分高校由理论研究型到理论应用型人才培养目标转变，特编写了本书。

单片机原理与应用是信息类各专业的一门主要技术应用课，它的任务是研究单片机工作的基本原理；研究以单片机为核心的软硬件系统的开发及联合调试。它是学习嵌入式开发系统的入门课程，为其他类型的微处理器（如 DSP，ARM 等）的学习提供了基本方法。

本书的特点主要体现在以下三个方面。

①结合生活中的实例，通过类比的方法深入浅出地介绍了单片机的硬件资源及其使用方法。

②介绍了单片机开发的软件资源。利用 Proteus 进行单片机系统的开发和学习，节约了硬件成本，满足了学习者随时随地学习单片机的需求。

③应用实例丰富，既有单片机的经典基础实验，又有在市场上广泛应用的企业产品案例，让学习者有的放矢。

本书共包含三篇：基础知识篇、基础应用篇和校企合作篇，层层递进。基础知识篇包含两章内容，即 51 单片机的硬件基础和开发软件。首先重点介绍了单片机有哪些硬件资源及如何使用这些硬件资源，然后介绍了 51 单片机的开发软件（Keil，Proteus）及二者的联合调试。基础应用篇包括单片机基础实验，这是单片机系统软硬件开发的基础，也为校企合作篇内对于单片机应用案例的学习打开了大门——用市场上单片机的典型应用，比如 LED 矩阵显示屏、简易电子琴到电梯控制器、电子密码锁等市场化产品作为校企合作单片机的项目开发内容，可以进一步激发学习者的学习兴趣，为进一步深入学习单片机提供了良好的素材。

本书的编写得到了辽宁聚龙集团工程师聂连朋和王蕊的大力支持，也得益于邱莹莹同学的耐心调试和校对。本书在编写过程中，借鉴了很多同人的宝贵经验，在此向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，且编撰时间仓促，若有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2018 年 5 月

## 目 录

## 基础知识篇

<b>第一章 51 单片机的硬件基础</b> .....	003
<b>一、51 单片机的内部结构 (有什么)</b> .....	003
(一) 单片机的外观和引脚 .....	003
(二) 单片机的内部结构 .....	006
(三) MCS-51 型单片机的存储器组织 .....	009
<b>二、51 单片机的内部资源 (怎么用)</b> .....	016
(一) MCS-51 型单片机的并行输入/输出接口 .....	016
(二) MCS-51 型单片机的中断系统 .....	017
(三) MCS-51 型单片机的定时器/计数器 .....	022
(四) MCS-51 型单片机的串行接口及其串行通信 .....	026
<b>三、MCS-51 型单片机最小应用系统</b> .....	036
(一) 单片机最小应用系统定义 .....	036
(二) 单片机最小系统开发电路图 .....	036
<b>第二章 51 单片机的开发软件</b> .....	038
<b>一、编程软件 Keil C51 简介</b> .....	038
(一) Keil C51 的使用 .....	038
(二) 软件仿真 .....	042
<b>二、Proteus 简介</b> .....	043
<b>三、Keil C51 和 Proteus</b> .....	048

## 基础应用篇

<b>第三章 单片机基础实验</b> .....	055
<b>实验 1 一个灯的闪烁</b> .....	055
<b>实验 2 循环彩灯</b> .....	057
<b>实验 3 数码管的静态显示</b> .....	059
<b>实验 4 数码管的动态显示</b> .....	060
<b>实验 5 中断</b> .....	062

实验 6 中断嵌套 .....	065
实验 7 键盘扫描 .....	068
实验 8 单片机双机通信 .....	075

## 校企合作篇

<b>第四章 校企合作基础项目 .....</b>	<b>083</b>
实验 1 带救护车的交通灯 .....	083
实验 2 LED 矩阵显示屏 .....	085
实验 3 音乐播放器 .....	089
实验 4 简易电子琴 .....	095
实验 5 直流电动机 .....	100
实验 6 冲击记录仪 .....	104
实验 7 水箱检测系统 .....	108
<b>第五章 校企合作综合项目 .....</b>	<b>112</b>
实验 1 智能仪表 .....	112
实验 2 电梯控制器 .....	117
实验 3 电子密码锁 .....	126
实验 4 电子万年历 .....	141
实验 5 表决器 .....	163
实验 6 抢答器 .....	168
实验 7 出租车计费系统 .....	178
实验 8 煤气检漏仪 .....	182
实验 9 简易充电桩 .....	194
实验 10 超声波测厚 .....	212
<b>参考文献 .....</b>	<b>216</b>

# 基础知识篇

## 基础知识篇

### JICHU ZHISHIPIAN



# 第一章 51 单片机的硬件基础

## 一、51 单片机的内部结构（有什么）

单片机，又称单片微型计算机（single chip microcomputer, SCM），是一种集成电路芯片。与我们熟悉的电脑一样，购买后都要安装操作系统（Windows, Unix, Linux）以及各种应用软件（Word, Excel, IE 浏览器, 视频播放器）才能编辑文档、上网、观看视频等。单片机芯片好比电脑的机箱，为了让单片机工作，一方面需要给单片机配备显示系统（类似于电脑的显示器）、输入系统（类似于键盘、鼠标）等必需的硬件资源；另一方面要编写相应的程序并下载到单片机中（类似给电脑安装各种功能的软件）。只有给单片机配备了必需的硬件资源，并根据功能要求编写程序下载到单片机中，单片机才能真正工作。不难看出，单片机系统开发是硬件和软件的结合，二者缺一不可，而硬件电路设计是开发的前提和基础，所以本书从单片机的硬件基础开始介绍。

将大量的三极管、二极管、电阻、电容、电感、开关等基本元器件构造的逻辑门电路、触发器、三态门等进行有效的组合设计，构成算术运算单元、累加器、位处理器、存储器、寄存器、锁存器、驱动器和增量器等功能单元；再将这些功能单元电路（即一般教材中提到的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口、中断系统和定时器/计数器等）集成到一块硅片上，便构成了一个小而完善的微型计算机系统——单片机。简言之，单片机就是一个真实存在的黑色集成芯片，摸上去有些硬，故称为硬件。

### （一）单片机的外观和引脚

单片机的内部电路相当复杂，类似于人体内部的五脏六腑及错综复杂的血管，与人类接受信息、处理信息的过程类似，本书没有必要对其内部进行深入研究，我们关注的是单片机从哪里接收信号，又从哪里发出什么样的控制信号。

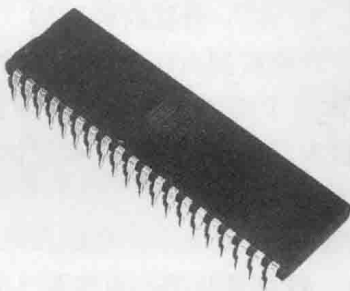


图 1.1 双列直插式单片机芯片

图 1.1 是常见的双列直插式单片机芯片的实物图，大小如同人的一根手指。芯片的表面上印有生产厂家商标、型号等信息。具体来说，ATMEL 是生产厂商的商标，AT89C51 是芯片的型号，24 指的是该芯片允许的最高工作频率为 24MHz，PC 中的 P 指的是芯片管脚采用塑料双列直插式封装形式（PDIP），而 C 指的是商用（commercial）。对称排列在芯片侧面的称为单片机的引脚（管脚），共 40 个。按照功能不同，可将单片机管脚分为三部分，如图 1.2 所示。下面按照管脚的功能来介绍这 40 个管脚。

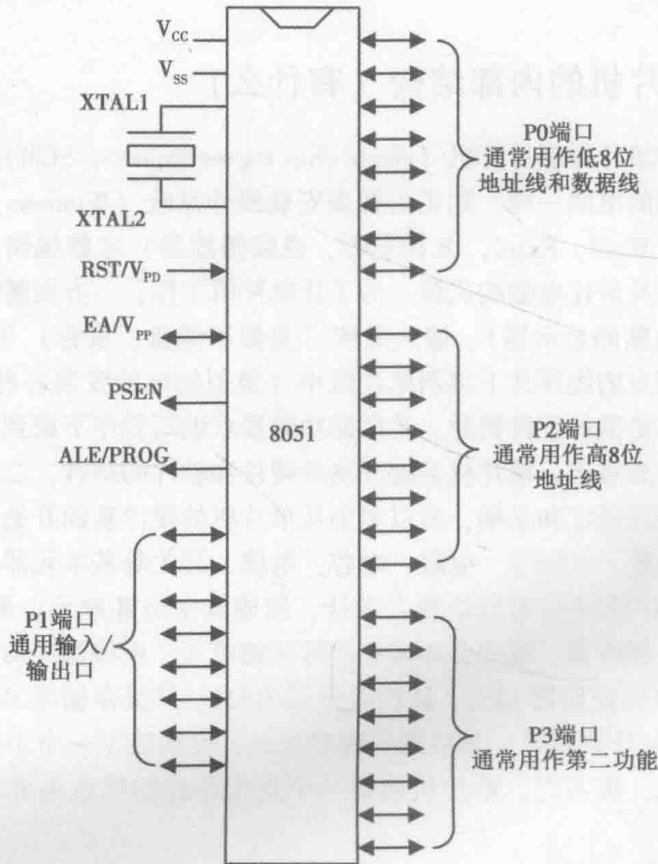


图 1.2 单片机管脚功能图

(1) 电源及外接晶振管脚。

①  $V_{CC}$  (40 脚)：芯片的工作电源正极连接端，一般连接+5V，也有连接 3.3V 的。

② GND (20 脚)：单片机工作电源接地端。

③ XTAL1, XTAL2 (18 脚, 19 脚)：外接时钟引脚，用于给单片机工作提供时钟信号。单片机是在时钟信号控制下严格按照时序工作的。时钟电路类似于人体心脏有节奏的跳动，单片机的工作就像人体各个机能的运转，必须以时钟信号为前提。没有了心跳，人就无法生存。同样地，没有时钟电路给单片机提供时钟信号，单片机也就无法正常工作。典型的时钟电路如图 1.3 所示。

(2) I/O (输入/输出) 引脚。

输入/输出引脚，顾名思义，就是单片机与外部输入设备或者输出设备间的连接引脚，常用的输入设备有按键、开关等，输出设备有发光二极管、数码管。8051 单片机

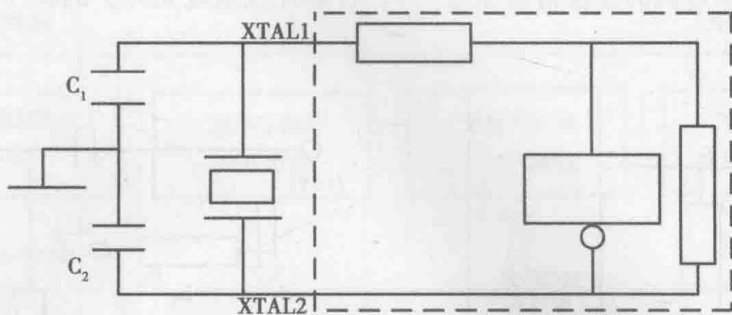


图 1.3 MCS-51 单片机典型时钟电路

共有 4 个 8 位并行输入/输出端口：P0、P1、P2 和 P3 端口，共 32 个引脚。尽管它们都是输入/输出端口，但在通常情况下，它们又有各自的功能特性。具体来说，P0 端口通常用作 8 位数据线和低 8 位地址线；P1 端口是真正意义上的输入输出端口，通常用来连接单片机的输入输出设备；P2 端口通常用作高 8 位地址线；P3 端口通常用作第二功能，如表 1.1 所示。

表 1.1

P3 端口第二功能表

引脚	第二功能
P3.0	RXD 串行口输入端
P3.1	TXD 串行口输出端
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ 外部中断 0 请求输入端，低电平有效
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ 外部中断 1 请求输入端，低电平有效
P3.4	T0 定时器/计数器 0 外部信号（计数脉冲）输入端
P3.5	T1 定时器/计数器 1 外部信号（计数脉冲）输入端
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ 外部 RAM 写选通信号输出端，低电平有效
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ 外部 RAM 读选通信号输出端，低电平有效

### (3) 控制引脚。

控制引脚是给单片机提供控制信号的，共 4 个引脚：ALE、RST、 $\overline{\text{PSEN}}$ 、 $\overline{\text{EA}}$ 。

①ALE (address locked enable)：地址锁存使能信号，ALE 通常连接外扩锁存器芯片的使能管脚，常见的锁存器芯片有 74HC373，74LS373 等，它们之间的连接请参照本书 1.3 节的单片机最小系统构成图。

②RST/ $V_{\text{PD}}$ ：复位/备用电源管脚，在此引脚上出现持续两个机器周期的高电平，就会使单片机恢复到初始状态，即单片机复位。典型的复位电路有两种，一种是上电自动复位电路，另一种是上电及按键复位电路，分别如图 1.4 (a) 和图 1.4 (b) 所示。

③ $\overline{\text{PSEN}}$ ：片外程序存储器读选通信号输出端，低电平有效。若单片机系统需要外扩程序存储器，则该管脚连接外扩程序存储器的使能端。常见的外扩程序存储器芯片有 2716、2732、2764、27128、27256、27512 等，它们的主要区别是存储容量的不同。这

些扩展存储器和单片机的连接请参照图 1.7。若单片机系统无外扩的程序存储器，则该管脚直接接地。

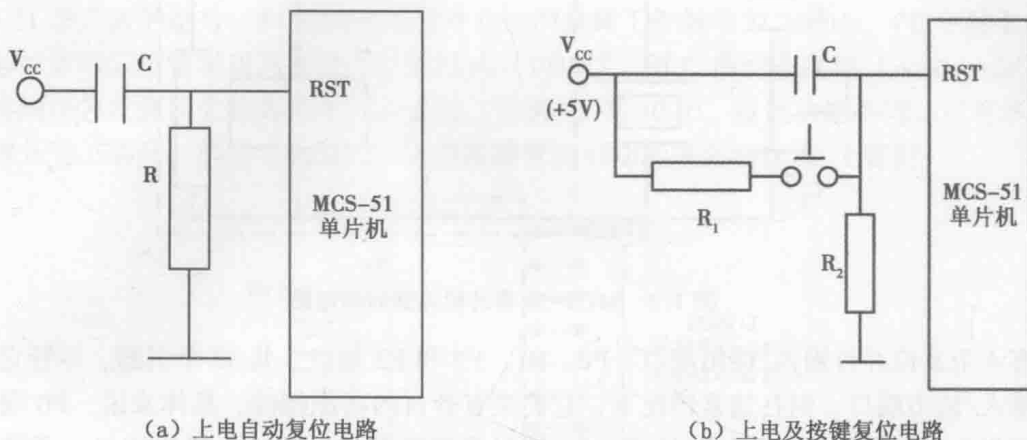


图 1.4 典型复位电路

④ $\overline{EA}$ ：片外程序存储器选用端，低电平有效。

当 $\overline{EA}$ 为低电平时，选用片外程序存储器；当 $\overline{EA}$ 为高电平时，首先访问片内程序存储器，然后访问片外程序存储器。显然，当单片机内部没有程序存储器时（如 8031），该引脚必须接地。

## （二）单片机的内部结构

单片机的内部结构根据系列、型号的不同稍有差别，而 8051 单片机是 MCS-51 系列单片机中的典型产品，下面就以 8051 单片机为例来介绍。8051 单片机内部资源主要包括：

- 1 个 8 位中央处理器（CPU）；
- 片内振荡器和时钟电路；
- 4KB 的程序存储器（ROM）；
- 128B 的片内数据存储器（RAM）；
- 128B 的特殊功能寄存器；
- 2 个 16 位的定时器/计数器（T0 和 T1）；
- 4 个 8 位的并行 I/O 端口（P0、P1、P2、P3）；
- 1 个串行口；
- 5 个中断源。

各个部分之间由内部总线进行连接，相互间可以传送地址信息和数据信息。图 1.5 是 8051 单片机的功能组成框图。

为了更好地理解单片机的内部结构，下面对图 1.5 做详细的解释说明。

（1）图中的虚线将单片机内部集成和外部管脚分开。

具体来说，在这个框图中，虚线内的部分都被集成在一个硅片上，应用的技术是集成电路（这里不做讨论），属于不可见部分；而虚线外的部分就是单片机的引脚，属于可见部分。比如外时钟源就对应单片机的 XTAL1（18 脚）和 XTAL2（19 脚）两个引

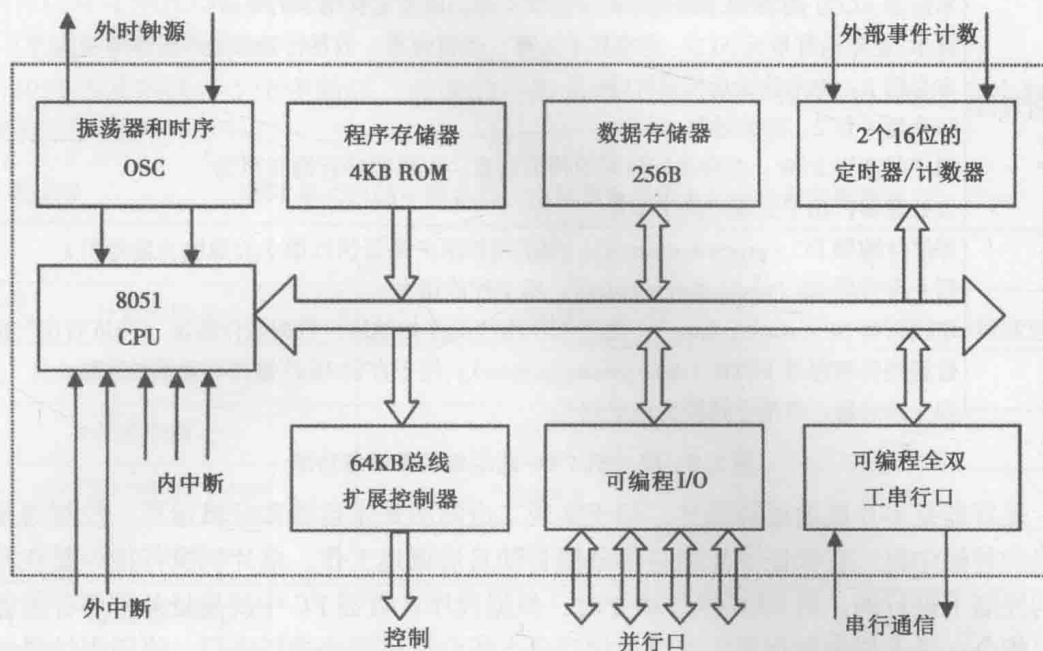


图 1.5 单片机功能组成框图

脚；并行口对应单片机的 I/O（输入/输出）引脚。

(2) 内部连接采用总线方式。

总线，即图中的宽箭头线，表示多根线。如单片机共有四个并行口，每个并行口都是 8 位的，所以图中用四个宽箭头来表示。图中的单线箭头表示一根线，箭头的方向表示信息或者数据的传输方向。总线是单片机系统各个组成部分之间相互交换信息的公共通道。按照传递信息的类型，总线可分为三种：地址总线 AB（address bus）、数据总线 DB（data bus）、控制总线 CB（control bus），每种总线所能传送的信息类型及传送方向如表 1.2 所示。

表 1.2 总线类型分类和说明

总线类型	传递的信息类型	传送方向	信息交互对象
地址总线 AB	存储单元或 I/O 接口的地址	单向	由 CPU 将地址传送给存储单元或 I/O 接口
数据总线 DB	数据	双向	CPU 与存储器、I/O 接口、外设等部件之间传送
控制总线 CB	控制或状态信号	单向	每根控制线的方向一定，可以是 CPU 输出的控制信号，也可以是其他部件输入给 CPU 的状态信号

(3) 8051 CPU。

8051 CPU 是单片机内部最重要的部分，称为中央处理器，相当于人的大脑，可以完成数据的加、减、乘、除和逻辑运算，还具有控制功能。它是由运算器和控制器组成的，如图 1.6 所示。

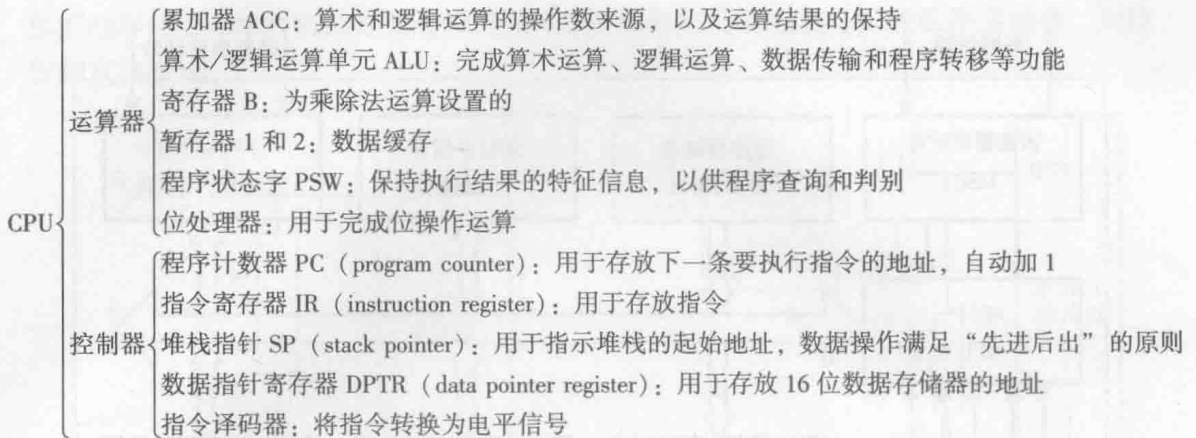


图 1.6 单片机 CPU 的组成及各部分功能

运算器是单片机的运算部件, 用于实现二进制的算术运算和逻辑运算。控制器是单片机的神经中枢, 它保证单片机各部分能自动且协调地工作。单片机执行指令是在控制器的控制下进行的。当 CPU 执行指令时, 根据程序计数器 PC 中的地址从程序存储器中读出指令, 送入指令寄存器中保存, 然后送入指令译码器中进行译码, 将译码结果送到定时控制逻辑电路, 由定时控制逻辑产生各种定时信号和控制信号, 再送到系统的各个部件来进行相应操作, 随后程序计数器中的地址自动加 1, 以便为 CPU 取下一个需要执行的指令码做准备。当下一条指令码取出执行后, PC 又自动加 1, 使指令被一条条地执行。这就是指令执行的全过程。

#### (4) 程序存储器 (4KB ROM)。

8051 单片机内有 4KB ROM, 主要用于存放程序、原始数据和表格等内容。而 8031 单片机内部无 ROM, 必须外扩程序存储器。

#### (5) 内部数据存储器 (RAM)。

8051 单片机内共有 256 个 RAM 单元, 其中, 后 128 个 RAM 单元被特殊功能寄存器 (SFR) 占用, 可供用户用来存放可读取数据的只有前 128 个 RAM 单元, 通常把这部分单元称为内部数据存储器或片内 RAM。

#### (6) 定时器/计数器。

8051 单片机片内有 2 个 16 位的定时器/计数器, 可编程为定时或者计数用。

#### (7) 并行 I/O 接口。

8051 单片机片内有 4 个 8 位并行 I/O 接口 (P0、P1、P2、P3)。它们可双向使用, 实现数据的并行输入/输出。除了可作为并行输入/输出口外, 它们一般作为如下用途。

① P0 端口通常用作 8 位数据总线或低 8 位地址总线的信息传送。

② P1 端口一般用作通用数据 I/O 接口使用。

③ P2 端口通常用作高 8 位地址总线的信息传送。

④ P3 端口通常用于第二功能。

#### (8) 串行通信口。

8051 单片机片内有一个全双工的串行通信口, 实现单片机和其他数据设备间的串行数据传送。该串行通信口功能较强, 既可作为全双工异步通信收发器使用, 也可作为

同步移位寄存器使用，具体用作哪一用途，可根据系统需要编程决定。

#### (9) 中断控制系统。

8051 单片机共有 5 个中断源，对应的中断名称、中断服务程序入口地址及中断序号如表 1.3 所示。

表 1.3 8051 单片机的中断名称、中断服务程序入口地址及中断序号

中断名称	中断服务程序入口地址	中断序号
外部中断 0	0003H	0
定时器/计数器 0 中断	000BH	1
外部中断 1	0013H	2
定时器/计数器 1 中断	001BH	3
串行口中断	0023H	4

#### (10) 振荡器和时序。

振荡器和时序是为单片机提供时钟信号的，通过 XTAL1 和 XTAL2 两个引脚与外部晶振及电容连接来实现，具体连接电路如图 1.3 所示，这里不再累述。

#### (11) 其他重要功能。

①可以外扩 64KB 的片外 ROM 和 64KB 的片外 RAM。

②具有位操作功能（逻辑处理）的位寻址功能。

### (三) MCS-51 型单片机的存储器组织

MCS-51 型单片机的存储器组织结构可分为数据存储器和程序存储器，它们又各自分为片内和片外类型，如表 1.4 所示。

表 1.4 51 单片机的存储器组织

名称	类型	大小	地址范围	访问指令	硬件连接引脚	
数据存储 (RAM)	片内 RAM	256B	前 128B	00H~7FH	MOV	无
			后 128B	80H~FFH		
	片外 RAM	64KB	0000H~FFFFH	MOVXBH	$\overline{RD}$ $\overline{WR}$	
程序存储器 (ROM)	片内 ROM	4KB	0000H~0FFFH	MOVC	无	
	片外 ROM	64KB	0000H~FFFFH	MOVC	$\overline{PSEN}$ $\overline{EA}$	

#### 1. 程序存储器 ROM (read only memory)

程序存储器，顾名思义就是用来存放程序的，当然它还可以存放一些表格信息，比如 ASCII 码表，平方表和立方表等。MCS-51 型单片机最多可扩展 64KB 的程序存储器。在 MCS-51 系列中，不同的芯片其片内程序存储器的容量也各不相同。8031 和 8032 内部没有 ROM，8051 内部有 4KB 的 ROM。

对于内部没有 ROM 的单片机，工作时只能扩展外部 ROM，此时单片机的引脚  $\overline{EA}$  必

须接地，强制 CPU 从外部程序存储器读取程序。图 1.7 是 51 单片机外扩程序存储器的典型连接形式。

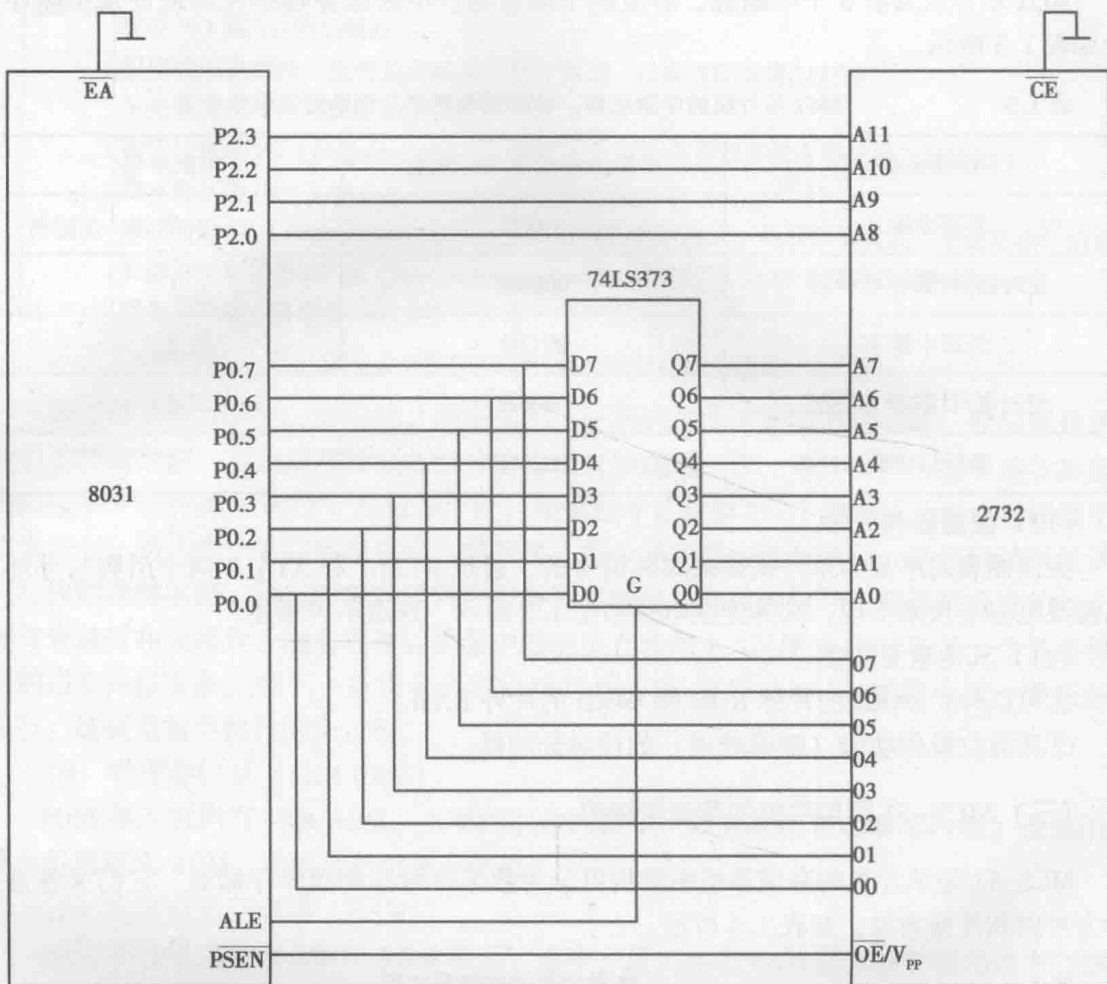


图 1.7 51 单片机外扩程序存储器的典型连接电路

MCS-51 型单片机复位后，PC 的内容为 0000H，因此，单片机复位后将从 0000H 单元开始执行程序。程序存储器的 0000H 单元地址是系统程序的启动地址。另外，单片机程序存储器中的一些地址被固定地用于五个中断服务函数的入口地址，见表 1.3。显然，从 0000H 到外部中断 0 函数的入口地址 0003H 只有 3 个字节的地址空间，而且相邻两个中断函数的入口地址也仅隔 8 个字节，所以，无论是主程序还是中断服务程序都放不下，因此用户在编写程序时，一般是放一条绝对转移指令指向相应的主函数或者中断服务子函数，使得程序不会发生重叠。具体编程方法如下：

ORG 0000H ; 表示下面的程序从 0000H 地址单元开始存放。

SJMP MAIN ; 跳转到标号为 MAIN 的主程序，MAIN 是用户自己定义的。

ORG 0003H ; 外部中断 0 的中断服务程序入口地址。

SJMP INTO\_INT ; 跳转到标号为 INTO\_INT 的中断服务程序，INTO\_INT 是用户自己定义的。

ORG 000BH ; 定时器/计数器 T0 的中断服务程序入口地址。

SJMP TO\_INT ; 跳转到标号为 TO\_INT 的中断服务程序, TO\_INT 是用户自己定义的。

ORG 0013H ; 外部中断 1 的中断服务程序入口地址。

SJMP INT1\_INT ; 跳转到标号为 INT1\_INT 的中断服务程序, INT1\_INT 是用户自己定义的。

ORG 001BH ; 定时器/计数器 T1 的中断服务程序入口地址。

SJMP T1\_INT ; 跳转到标号为 T1\_INT 的中断服务程序, T1\_INT 是用户自己定义的。

ORG 0023H ; 串行口中断服务程序入口地址。

SJMP UART\_INT ; 跳转到标号为 UART\_INT 的中断服务程序, UART\_INT 是用户自己定义的。

ORG 0050H ; 表示下面的程序从 0050H 地址单元开始存放。

MAIN: ..... ; 主程序, 一般包含初始变量设置, 寄存器设置, 初始化等。

..... ; 主程序部分即程序的主体部分。

ORG 0500H ; 表示下面的程序从 0500H 地址单元开始存放。

INT0\_INT: ..... ; 外部中断 0 服务程序, 当外部中断 0 发生时, 要执行的操作。

.....

RETI ; 中断函数返回指令

ORG 0600H ; 表示下面的程序从 0600H 地址单元开始存放。

TO\_INT: ..... ; 定时器 T0 中断服务程序, 当 T0 中断发生时, 要执行的操作。

.....

RETI ; 中断函数返回指令

ORG 0700H ; 表示下面的程序从 0700H 地址单元开始存放。

INT1\_INT: ..... ; 外部中断 1 服务程序, 当外部中断 1 发生时, 要执行的操作。

.....

RETI ; 中断函数返回指令

ORG 0800H ; 表示下面的程序从 0800H 地址单元开始存放。

T1\_INT: ..... ; 定时器 T1 中断服务程序, 当 T1 中断发生时, 要执行的操作。

.....

RETI ; 中断函数返回指令

ORG 0900H ; 表示下面的程序从 0900H 地址单元开始存放。

UART\_INT: ..... ; 串行口中断服务程序, 当串行口中断发生时, 要执行的操作。

.....

RETI ; 中断函数返回指令

## 2. 数据存储器 RAM (random access memory)

数据存储器 RAM 用于存取程序执行时所需的数据, 分为片内数据存储器 and 片外数据存储器, 是两个独立的地址空间。片外最多可扩展 64KB, 而片内 RAM 虽然只有