



宁波职业技术学院
NINGBO POLYTECHNIC

国家示范性高职院校建设项目成果

应用电子技术专业

单片机电子产品设计

张 溪 主编 胡克满 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

国家示范性高职院校建设项目成果

单片机电子产品设计

张 溪 主编
胡克满 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书以目前应用广泛的 MCS-51 系列单片机应用技术为主线,系统介绍了其内部结构、功能、指令系统、定时器/计数器、中断系统等相关基础知识。本书结合单片机应用项目,从单片机典型单元电路分析和外围设备的应用入手,到最后应用项目设计的完成,每步都精心设计,内容从易到难。本书根据高职高专教育的特点,融入了大量源自生产实践的综合项目设计实例,注重“做中学、学中做”,其目的在于拓宽学生的知识面和提高学生综合开发单片机产品的能力,为后续课程的学习、毕业设计及毕业后工作提供良好的模拟训练。

本书适用于高职高专、成人教育及在职工程技术人员学习和参考,也可供大学生参加电子设计竞赛时参考或自学。

图书在版编目(CIP)数据

单片机电子产品设计/张溪主编. —北京:高等教育出版社,2008.12

ISBN 978-7-04-025643-7

I. 单… II. 张… III. 单片微型计算机-应用-电子产品-设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TN602-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 180884 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 魏芳 封面设计 张雨微 责任绘图 尹莉
版式设计 马敬茹 责任校对 刘莉 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 14.25
字 数 340 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 12 月第 1 版
印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷
定 价 21.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25643-00

前 言

单片机电子产品设计课程是电子信息类专业学生的重要基础实践课程,也是工科专业的必修课程之一。理论知识联系实际应用技术,提高和培养学生的创新能力和解决实际问题的能力是本课程的主要目的。本书按照电子信息类专业学生就业核心竞争力的要求,以了解和掌握单片机知识、外围电路的设计和最后完成项目开发为基点,要求学生掌握单片机电子产品的一般设计方法,了解和掌握单片机电子产品设计、出样、调试等过程,学会撰写项目开发的设计总结报告。通过学习本课程,培养学生独立分析问题和解决问题的能力,加强学生创新能力和创新思维的训练,从而提高电子信息类专业学生的就业核心竞争能力。

编者充分考虑初学者的学习情况,同时也兼顾电子爱好者的能力提高要求,因此,在编写的过程中力求做到以下几点:

第一,注重实践,提倡“做中学、学中做”。单片机电子产品设计是一门实践性非常强的课程。如何使学生更快、更易入门并掌握设计要领是本书编者最关注的问题。因此,本书从单片机原理讲解至项目开发设计,每一步都需要亲自动手。这样的“做中学”会使学生的学习事半功倍。同时,通过课程的学习再进行反复的“学中做”以使学生所学知识精益求精。

第二,知识理论的系统性。教材的内容是由课程的性质决定的,单片机电子产品设计是电子信息类专业重要的技能课程。为了通过本课程的学习使学生进一步巩固单片机电子产品设计方面的基本理论、基础知识和基本技能,提高学生分析问题、解决问题、总结问题和创新的能力,为学生参加电子设计竞赛奠定良好的基础,同时也为学生今后的就业提供较好的岗前模拟训练,本书对一些理论知识、典型的单元电路和外围设备进行了全面的分析和总结。

第三,通俗易懂,案例来自实际生产、生活。本书内容的选择和案例的分析尽量选用学生在理论课程学习中所熟悉的内容,结合实际应用循序渐进地展开,由简单到复杂,通俗易懂。

本书由宁波职业技术学院多年从事单片机应用技术教学和研发的教师编写。全书由张溪负责统稿,各章节由张溪和胡克满负责编写。在编写的过程中得到了宁波职业技术学院电子系主任吴志荣的大力支持与帮助,同时也得到了学院领导的支持和同事们的配合,在此表示感谢!

由于编者的水平有限,书中难免存在错漏或不妥之处,敬请读者指正。

编 者

2008年9月于宁波

目 录

第 1 章 MCS-51 系列单片机基本

知识 1

1.1 什么是单片机 1

1.2 单片微型计算机及单片微型 计算机系统 2

1.2.1 微型计算机 2

1.2.2 微型计算机系统 2

1.2.3 单片微型计算机 3

1.2.4 单片机应用系统及组成 4

1.3 MCS-51 系列单片机分类 4

1.4 MCS-51 系列单片机的内部 结构及引脚 5

1.4.1 MCS-51 系列单片机的内部 组成 5

1.4.2 MCS-51 系列单片机的 引脚 6

1.5 MCS-51 系列单片机的内部 数据存储器 9

1.5.1 内部数据存储器低 128 单元 9

1.5.2 内部数据存储器高 128 单元 10

1.6 MCS-51 系列单片机的内部 程序存储器 14

第 2 章 MCS-51 系列单片机的 I/O

接口部件 15

2.1 P0 口 15

2.2 P1 口 16

2.3 P2 口 17

2.4 P3 口 18

2.5 P0、P1、P2、P3 口作为 I/O 接口 使用实例 18

2.5.1 驱动 LED 实例 18

2.5.2 驱动继电器实例 19

2.5.3 光电耦合器件的接口电路 19

2.6 单片机最小系统 22

2.7 系统的扩展 22

2.7.1 RAM 扩展 22

2.7.2 I/O 接口扩展 24

2.8 MCS-51 系列单片机教学

实验电路板 25

2.8.1 实验电路板简介 25

2.8.2 实验项目 26

第 3 章 MCS-51 系列单片机指令

系统 29

3.1 指令系统的基本概念 29

3.1.1 指令的基本格式 29

3.1.2 MCS-51 系列单片机指令 系统中的常用符号说明 30

3.1.3 MCS-51 系列单片机指令 系统的分类 30

3.1.4 寻址方式 31

3.2 MCS-51 系列单片机指令

系统 34

3.2.1 数据传送类指令 34

3.2.2 算术运算类指令 40

3.2.3 逻辑运算及移位指令 43

3.2.4 位操作类指令 46

3.2.5 控制转移类指令 47

第 4 章 汇编语言程序设计与仿真 54

4.1 伪指令 54

4.2 汇编语言程序设计 56

4.2.1 简单程序设计 56

4.2.2 分支程序设计 59

4.2.3 循环程序设计 62

4.2.4 查表程序设计 63

目 录

4.2.5 散转程序设计	64	7.1.5 定时器/计数器 2 的设置	118
4.2.6 子程序设计	65	7.1.6 可编程时钟输出	119
4.3 汇编语言程序的仿真与调试	66	7.2 STC89C52 单片机的 ISP/IAP	
4.4 汇编语言程序的结构	69	应用	119
第 5 章 中断系统及定时器/计数器	72	第 8 章 串行 RAM 接口技术	122
5.1 8051 单片机的中断系统	72	第 9 章 MCS-51 系列单片机人机交互	
5.1.1 中断概述	72	设计	128
5.1.2 中断源和中断控制器	73	9.1 键盘接口技术	128
5.1.3 中断处理流程	77	9.1.1 按键的机械特性	128
5.1.4 中断优先控制和中断嵌套	80	9.1.2 按键电路与程序设计	129
5.1.5 中断系统的应用	81	9.2 显示器接口技术	132
5.2 8051 单片机的定时器/计		9.2.1 LED 数码管显示技术	132
数器	84	9.2.2 LCD 液晶显示技术	137
5.2.1 定时方法概述	84	第 10 章 城市交道口交通灯控制系统	146
5.2.2 8051 单片机的定时器/计数器		10.1 交通灯控制规则	146
的结构和工作原理	85	10.1.1 4 种通行方式	146
5.2.3 定时器/计数器的控制寄		10.1.2 功能要求	147
存器	86	10.1.3 控制状态分解	147
5.2.4 定时器/计数器工作方式	87	10.2 项目要求	150
5.2.5 定时器/计数器的应用	90	10.3 方案设计	150
第 6 章 串行接口与通信基础	98	10.3.1 方案一的实现	150
6.1 串行通信基本知识	98	10.3.2 方案二的实现	152
6.1.1 数据通信的基本概念	98	10.4 设计总结报告	158
6.1.2 串行通信的方向	99	10.5 项目完成评价标准	159
6.1.3 串行通信的同步方式	99	第 11 章 水温控制系统的设计	160
6.1.4 串行通信硬件电路	100	11.1 项目要求	160
6.1.5 串行通信主要寄存器与		11.2 设计方案一	160
设置	102	11.2.1 传感器检测电路设计	161
6.2 串行通信的应用	105	11.2.2 A/D 转换器电路设计	161
第 7 章 STC89C52 单片机主要扩展		11.2.3 单片机控制电路设计	164
部件的应用	113	11.2.4 加热控制电路设计	164
7.1 STC89C52 单片机定时器/		11.2.5 电源电路设计	164
计数器 2 的操作	113	11.3 设计方案二	165
7.1.1 捕获模式	114	11.3.1 传感器检测电路设计	165
7.1.2 自动重装模式(递增/递减		11.3.2 单片机控制与显示电路	170
计数器)	115	设计	170
7.1.3 波特率发生器模式	116	11.3.3 加热控制电路设计	176
7.1.4 波特率公式汇总	117	11.3.4 电源电路设计	177



11.4 设计总结报告	177	13.1 项目要求	186
11.5 项目完成评价标准	177	13.2 方案论证	186
第 12 章 汽车倒车雷达系统的设计	178	13.3 系统硬件电路的设计	187
12.1 项目要求	178	13.3.1 时钟电路设计	187
12.2 方案论证	178	13.3.2 显示电路设计	193
12.3 超声波传感器检测电路	179	13.4 程序设计	193
12.3.1 T/R-40-××系列通用型 超声波发射/接收传感器 ...	179	13.4.1 系统主程序	193
12.3.2 超声波发射电路	180	13.4.2 时间调整程序	193
12.3.3 超声波检测接收电路	181	13.5 调试及性能分析	193
12.4 单片机控制电路	183	13.6 控制源程序清单	194
12.5 电源电路	183	13.7 设计总结报告及项目评价 标准	211
12.6 控制程序设计	184	附录 1 MCS-51 系列单片机汇编 指令表	212
12.7 设计总结报告及项目评价 标准	185	附录 2 ASCII 编码表	218
第 13 章 万年历的设计	186	参考文献	219

1

第1章

MCS-51 系列单片机基本知识

1.1

什么是单片机

单片机(Single Chip Microcomputer)亦称单片微型计算机,国际上统称为微控制器(MCU, Microcontroller, Unit),是一类内部集成了计算机核心技术的智能芯片。单片机的称谓是由外观形态、外部表现、存在形式定义的,而微控制器的称谓则是由内在本质、功能特点、应用方向确定的。与单片机一词成并列关系的有:单板机、计算机系统等;与微控制器一词成并列关系的有:微处理器(MPU)、数字信号处理器(DSP)等。

单片机就是把中央处理器(CPU, Central Processing Unit)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、只读存储器(ROM, Read-only Memory)、输入/输出(I/O, Input/Output)接口等主要的计算机功能部件集成在一块集成电路芯片上,从而形成一部完整的微型计算机。换言之,把微型计算机的所有功能部件都集成并封装在一块芯片内构成一部超微型计算机,就称其为单片机。单片机是大规模集成电路技术发展的结晶。单片机具有性能高、速度快、体积小、价格低、稳定可靠、应用广泛、通用性强等突出优点。

单片机的设计目标主要是增强“控制”能力,满足实时控制(快速反应)方面的需要。因此,它在硬件结构、指令系统、I/O接口、功率消耗及可靠性等方面均有独特之处,其最显著的特点之一就是具有非常有效的控制功能。为此,又常常被称为微控制器。

尽管单片机主要是为控制目的而设计的,它仍然具备通用微型计算机的全部特征,可以说“麻雀虽小,五脏俱全”。图1-1为两种常见的单片机芯片。

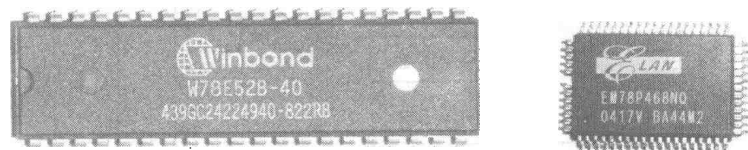


图1-1 两种常见的单片机芯片

1.2

单片微型计算机及单片微型计算机系统

1.2.1 微型计算机

微型计算机 (Microcomputer) 简称微机, 是计算机的一个重要分支。人们通常按照计算机的体积、性能和应用范围等条件, 将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等。微型计算机不但具有其他计算机快速、精确、程序控制等特点, 而且它还具有体积小、重量轻、功耗低、价格便宜等优点。个人计算机简称 PC (Personal Computer) 机, 是微型计算机中应用最为广泛的一种, 也是近年来计算机领域中发展最快的一个分支。由于 PC 机在性能和价格方面适合个人用户购买和使用, 目前, 它已经像普通家电一样深入到了家庭和社会生活的各个方面。

1.2.2 微型计算机系统

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。

硬件系统是指构成微机系统的实体和装置, 通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。其中, 运算器和控制器一般制作在一块集成芯片上, 统称中央处理单元, 是微机的核心部件。

软件系统是指微机系统所使用的各种程序的总体。软件的主体驻留在存储器中, 用户通过它对整机进行控制并与其他微机系统进行信息交换, 使微机按照用户的意图完成预定的任务。

软件系统与硬件系统共同构成实用的微机系统, 两者是相辅相成、缺一不可的。

微型计算机系统组成示意图如图 1-2 所示。

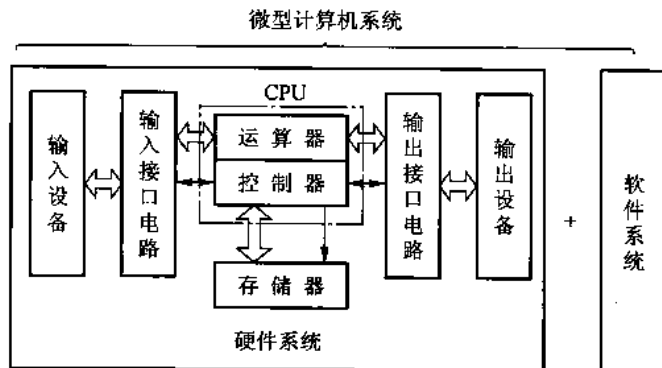


图 1-2 微型计算机系统组成示意图

下面对组成微型计算机的五个基本部件作简单说明。

(1) 运算器

运算器是计算机的运算部件,用于实现算术和逻辑运算。计算机的数据运算和处理都在这里进行。

(2) 控制器

控制器是计算机的指挥控制部件,使计算机各部分能自动协调地工作。运算器和控制器是计算机的核心部分,常把它们合在一起称为中央处理器,简称 CPU。

(3) 存储器

存储器是计算机的记忆部件,用于存放程序和数据,例如实训中使用的 EPROM2764 芯片。存储器又分为内存储器 and 外存储器。

(4) 输入设备

输入设备用于将程序和数据输入到计算机中,如键盘。

(5) 输出设备

输出设备用于把计算机计算或加工的结果,以用户需要的形式显示或保存,如显示器、打印机。

通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备,简称外设。

1.2.3 单片微型计算机

单片微型计算机是指集成在一块芯片上的微型计算机,也就是把组成微型计算机的各种功能部件,包括 CPU、随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM、基本输入/输出接口电路、定时器/计数器等部件制作在一块集成芯片上,构成一个完整的微型计算机,并实现微型计算机的基本功能。其内部结构示意图如图 1-3 所示。

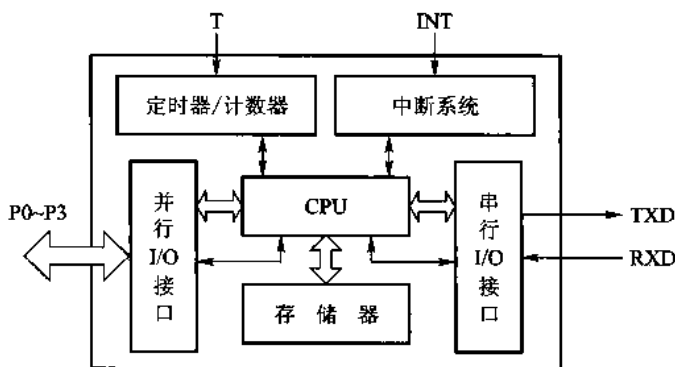


图 1-3 单片微型计算机内部结构示意图

单片微型计算机实质上是一个硬件芯片,在实际应用中,通常很难直接和被控对象进行电气连接,必须外加各种扩展接口电路、外部设备、被控对象等硬件和软件资源,才能构成一个单片微型计算机应用系统。

1.2.4 单片机应用系统及组成

单片机应用系统是以单片机为核心,配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件,能实现一种或多种功能的实用系统。本书的实训电路板就是一个单片机的应用系统,它除了有单片机芯片以外,还有许多的外围电路,再配以后续章节一系列的实训程序就可以实现很多功能。所以说,单片机应用系统由硬件和软件组成,硬件是应用系统的基础,软件是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用,从而完成应用系统所要求的任务,二者相互依赖,缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1-4 所示。

由此可见,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机,并能够将二者有机结合起来,才能设计出具有特定功能的应用系统或整机产品。

自从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 之后,迄今为止,单片机经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机的发展过程。单片机制造商很多,主要有 Intel、Motorola、Zilog 等公司。目前,单片机正朝着高性能、多品种方向发展,32 位单片机已进入了实用阶段。

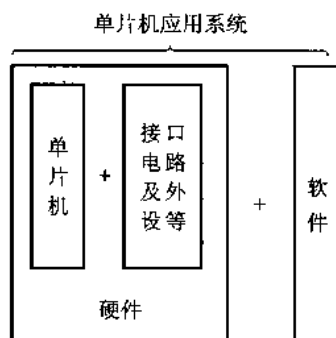


图 1-4 单片机应用系统的组成

1.3 MCS-51 系列单片机分类

尽管各类单片机很多,目前从国内范围来看,MCS-51 系列单片机使用仍较为广泛。基于这一事实,本书以应用较为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机(STC89C52 等)为研究对象,介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。

MCS-51 系列单片机共有十几种芯片,如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4 KB	128 B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4 KB	128 B	2 × 64 KB	2 × 16	4 × 8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8 KB	256 B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8 KB	256 B	2 × 64 KB	3 × 16	4 × 8	1	6

表 1-1 中列出了 MCS-51 系列单片机的芯片型号以及它们的技术性能指标,使学生对 MCS-51 系列单片机的基本情况有一个概括的了解。下面在此表的基础上对 MCS-51 系列单片机做进一步说明。

1. 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列单片机分为 51 和 52 两个子系列,51 子系列是基本型,52 子系列属增强型。从表 1-1 所列内容可以看出,52 子系列功能增强的具体方面如下:

- ① 片内 ROM 从 4 KB 增加到 8 KB。
- ② 片内 RAM 从 128 B 增加到 256 B。
- ③ 定时器/计数器从 2 个增加到 3 个。
- ④ 中断源从 5 个增加到 6 个。

2. 片内 ROM 配置形式

MCS-51 系列单片机片内程序存储器有 3 种配置形式,即:掩模 ROM、EPROM 和无 ROM。这 3 种配置形式对应 3 种不同的单片机芯片,它们各有特点,也各有其适用场合,在使用时应根据需要进行选择。一般情况下,片内带掩模型 ROM 的单片机适用于定型大批量应用产品的生产;片内带 EPROM 的单片机适用于研制产品样机;外接 EPROM 的单片机适用于研制新产品。最近 Intel 公司又推出片内带 E²PROM 型的单片机,可以在线写入程序。

1.4

MCS-51 系列单片机的内部结构及引脚

尽管单片机比较简单,但要按 5 个基本组成部件来分析单片机的硬件结构和原理,也是一件较为复杂的事。因此,通常讲述单片机结构和原理时,总是从实际需要出发,只介绍与程序设计和系统扩展应用有关的内容。

1.4.1 MCS-51 系列单片机的内部组成

MCS-51 系列单片机的典型芯片是 8031、8051、8751。8051 芯片内部有 4 KB ROM,8751 芯片内部有 4 KB EPROM,8031 芯片片内无 ROM;除此之外,三者的内部结构及引脚完全相同。因此本书以 8051 为例,说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

8051 单片机的基本组成如图 1-5 所示。

各部分情况介绍如下:

① 中央处理器(CPU)。

中央处理器是单片机的核心,具有运算和控制功能。MCS-51 系列单片机的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

② 内部数据存储器(内部 RAM)。

8051 单片机中共有 256 个 RAM 单元,但其中后 128 个单元被专用寄存器占用,因此能作为寄存器供用户使用的只有前 128 个单元,用于存放可读/写的数据。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 单元,简称“内部 RAM”。

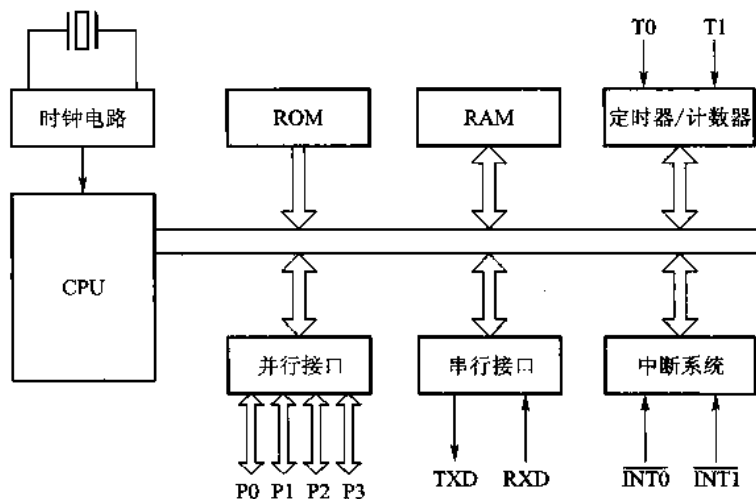


图 1-5 8051 单片机基本组成框图

③ 内部程序存储器(内部 ROM)。

8051 单片机中有 4 KB 掩模 ROM,用于存放程序、原始数据或表格,因此称为程序存储器,简称“内部 ROM”。

④ 定时器/计数器。

8051 单片机共有两个 16 位的定时器/计数器,以实现定时或计数功能,并以其定时或计数结果对单片机进行控制。

⑤ 并行 I/O 接口。

8051 单片机共有 4 个 8 位的 I/O 接口(P0、P1、P2、P3),以实现数据的并行输入/输出。

⑥ 串行口。

8051 单片机有一个全双工的串行口,以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强,既可作为全双工异步通信收发器使用,也可作为同步移位器使用。

⑦ 中断控制系统。

8051 单片机的中断功能较强,能满足控制应用的需要。它共有 5 个中断源,即外中断 2 个,定时/计数中断 2 个,串行中断 1 个。全部中断分为高级和低级共两个优先级别。

⑧ 时钟电路。

8051 单片机内部有时钟电路,但石英晶体和微调电容需外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。系统允许的晶振频率一般为 6 MHz 和 12 MHz。

从上述内容可以看出,8051 单片机虽然是一个单片机芯片,但作为计算机应该具有的基本部件它都包括,因此实际上它已经是一个简单的微型计算机系统了。

1.4.2 MCS-51 系列单片机的引脚

MCS-51 系列单片机是标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片,引脚排列如图 1-6 所示。

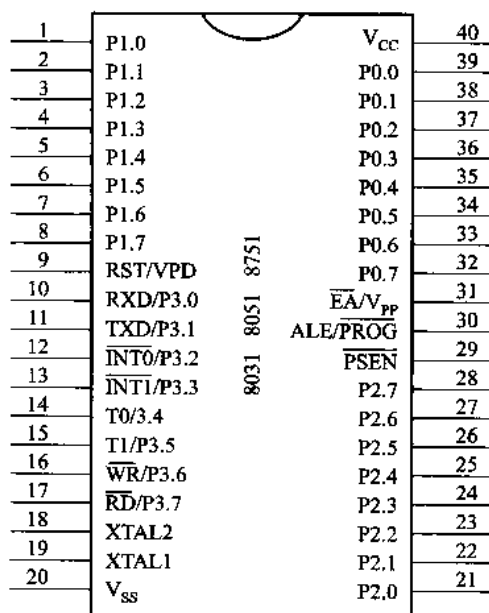


图 1-6 MCS-51 单片机引脚图

1. 引脚介绍

P0.0 ~ P0.7: P0 口 8 位双向口线。

P1.0 ~ P1.7: P1 口 8 位双向口线。

P2.0 ~ P2.7: P2 口 8 位双向口线。

P3.0 ~ P3.7: P3 口 8 位双向口线。

ALE: 地址锁存控制信号。在系统扩展时, ALE 用于把 P0 口输出的低 8 位地址送入锁存器锁存起来, 以实现低位地址和数据的分时传送。此外由于 ALE 是以六分之一晶振频率的固定频率输出的正脉冲, 因此可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

PSEN: 外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时 PSEN 有效(低电平), 以实现外部 ROM 单元的读操作。

EA: 访问程序存储器控制信号。当 EA 为低电平时, 对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器; 而当 EA 为高电平时, 则对 ROM 的读操作从内部程序存储器开始, 并可延至外部程序存储器。

RST: 复位信号。当输入的复位信号延续高电平 2 个机器周期以上即为有效, 用以完成单片机的复位初始化操作。

XTAL1 和 XTAL2: 外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时, 此二引线端用于外接石英晶体和微调电容; 当使用外部时钟时, 用于接外部时钟脉冲信号。

V_{SS}: 地线。

V_{CC}: +5 V 电源。

以上是 MCS-51 系列单片机芯片 40 个引脚的定义及简单功能说明,读者可以对照实训电路(见图 2-14)找到相应引脚,在电路中查看每个引脚的连接使用。

2. 引脚的第二功能

由于工艺及标准化等原因,芯片的引脚数目是有限制的。例如 MCS-51 系列单片机把芯片引脚数目限定为 40 个,但单片机为实现其功能所需要的信号数目却远远超过此数,因此就出现了供需矛盾。如何解决这个矛盾?“兼职”是唯一可行的办法,即给一些引脚赋以双重功能。如果前述为引脚的第一功能,则部分引脚还有第二功能。下面介绍引脚的第二功能。

(1) P3 口线的第二功能

P3 的 8 条口线都有第二功能,详见表 1-2。

表 1-2 P3 口各引脚的第二功能

引 脚	第 二 功 能	信 号 名 称
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 申请
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时器/计数器 0 的外部输入
P3.5	T1	定时器/计数器 1 的外部输入
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 读选通

(2) EPROM 存储器程序固化所需要的信号

有内部 EPROM 的单片机芯片(例如 8751),为写入程序需提供专门的编程脉冲和编程电源,这也是由引脚的第二功能提供的,即

编程脉冲:30 脚($\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$);

编程电压(25 V):31 脚($\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$)。

(3) 备用电源引入

MCS-51 系列单片机的备用电源也是以引脚第二功能的方式由 9 脚(RST/VPD)引入的。当电源发生故障,电压降低到下限值时,备用电源经此端向内部 RAM 提供电压,以保护内部 RAM 中的信息不丢失。

以上介绍了 MCS-51 系列单片机的全部引脚功能分别以第一功能和第二功能的形式列出。对于各种型号的芯片,其引脚的第一功能信号是相同的,所不同的只是引脚的第二功能信号。

对于 9、30 和 31 三个引脚,由于第一功能信号与第二功能信号是单片机在不同工作方式下产生的信号,因此不会发生使用上的矛盾。但是 P3 口的情况却有所不同,它的第二功能信号都是单片机的重要控制信号,因此在实际使用时,都是先按需要优先选用它的第二功能,剩下不用的才以第一功能的身份作为数据位的输入/输出使用。

1.5

MCS-51 系列单片机的内部数据存储器

MCS-51 系列单片机芯片内部有 RAM 和 ROM 两类存储器,即所谓的内部 RAM 和内部 ROM,下面以 8051 单片机为例分析内部 RAM。

1.5.1 内部数据存储器低 128 单元

8051 单片机的内部 RAM 共有 256 个单元,通常把这 256 个单元按其功能划分为两部分:低 128 单元(单元地址 00H~7FH)和高 128 单元(单元地址 80H~FFH)。表 1-3 所示为低 128 单元的配置情况。

表 1-3 片内 RAM 的配置

30H~7FH	数据缓冲区
20H~2FH	位寻址区(00H~7FH)
18H~1FH	工作寄存器 3 区(R7~R0)
10H~17H	工作寄存器 2 区(R7~R0)
08H~0FH	工作寄存器 1 区(R7~R0)
00H~07H	工作寄存器 0 区(R7~R0)

低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器,按其用途划分为 3 个区域。

1. 寄存器区

共有 4 组寄存器,每组 8 个寄存单元(各为 8 位),各组都以 R0~R7 作为寄存器单元编号。寄存器常用于存放操作数及中间结果等,由于它们的功能及使用不作预先规定,因此称为通用寄存器,有时也叫工作寄存器。4 组通用寄存器占据内部 RAM 的 00H~1FH 单元地址。

在任一时刻,CPU 只能使用其中的一组寄存器,并且把正在使用的那组寄存器称为当前寄存器组。到底是哪一组,由程序状态字寄存器 PSW 中 RS₁、RS₀ 位的状态组合来决定。

通用寄存器为 CPU 提供了数据就近存储的便利,有利于提高单片机的运算速度。此外,使用通用寄存器还能提高程序编制的灵活性,因此在单片机的应用编程中应充分利用这些寄存器,以简化程序设计,提高程序运行速度。

2. 位寻址区

内部 RAM 的 20H~2FH 单元,既可作为一般 RAM 单元使用,进行字节操作,也可以对单元中的每一位进行位操作,因此把该区称为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元,总计 128 位,位地址为 00H~7FH。MCS-51 系列单片机具有布尔处理机功能,这个位寻址区可以构成布尔处理机的存储空间。这种位寻址能力是 MCS-51 系列单片机的一个重要特点。表 1-4 为位寻址区的位地址表。

表 1-4 片内 RAM 位寻址区的位地址

单元地址	位地址								LSB
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H	
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H	
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	

3. 用户 RAM 区

在内部 RAM 低 128 单元中,通用寄存器占去 32 个单元,位寻址区占去 16 个单元,剩下 80 个单元就是供用户使用的一般 RAM 区,其单元地址为 30H ~ 7FH。

对用户 RAM 区的使用没有任何规定或限制,但在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。

1.5.2 内部数据存储器高 128 单元

内部 RAM 的高 128 单元是供专用寄存器使用的,其单元地址为 80H ~ FFH。因这些寄存器的功能已作专门规定,故称为专用寄存器(SFR, Special Function Register),也可称为特殊功能寄存器。

1. 专用寄存器(SFR)简介

8051 单片机共有 21 个专用寄存器,现将其中部分寄存器简单介绍如下。

(1) 程序计数器(PC, Program Counter)

PC 是一个 16 位的计数器,它的作用是控制程序的执行顺序。其内容为将要执行指令的地址,寻址范围达 64 KB。PC 有自动加 1 功能,从而实现程序的顺序执行。PC 没有地址,是不可寻址的,因此用户无法对它进行读/写。但可以通过执行转移、调用、返回等指令改变其内容,以实现程序的转移。因地址不在 SFR 之内,一般不计作专用寄存器。

(2) 累加器(A 或 ACC, Accumulator)

累加器为 8 位寄存器,是最常用的专用寄存器,功能较多,地位重要。它既可用于存放操作