



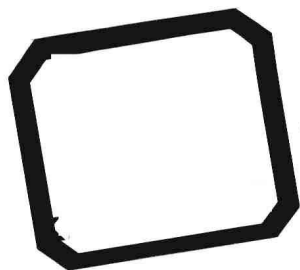
21世纪高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材

单片机原理 及应用

Dan Pian Ji
Yuan Li
Yi Ying Yong

江世明 黄同成 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



已高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材

单片机原理及应用

江世明 黄同成 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书遵照应用型人才培养的目标与要求,详细介绍了 51 单片机的基本结构、单片机功能部件(定时/计数器、中断系统、串行通信)、指令系统、汇编语言程序设计方法、C 语言程序设计方法、单片机接口技术、单片机扩展技术、单片机应用系统设计、基于 Proteus 的单片机仿真技术。另外,还编写了与本书配套的《单片机原理及应用实验教程》,可供实验教学、课程设计、毕业设计参考。

本书注重在应用中学习单片机的理念,书中示例丰富,且配有解题分析、程序流程及仿真,同时提供仿真源代码下载,以便于初学者自学。

本书适合作为本科院校电气、电子、计算机、通信、自动化、智能仪器仪表、机电一体化、机械制造、物联网工程等专业的教材,也可供广大从事单片机应用开发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/江世明,黄同成编著. —北京:
中国铁道出版社,2010.12
21 世纪高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材
ISBN 978-7-113-12191-4

I. ①单… II. ①江… ②黄… III. ①单片微型计算
机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 250039 号

书 名: 单片机原理及应用
作 者: 江世明 黄同成 编著

策划编辑: 秦绪好
责任编辑: 孟 欣
特邀编辑: 王 惠
封面设计: 付 巍
责任印制: 李 佳

读者热线电话: 400-668-0820
编辑助理: 陈 庆
封面制作: 白 雪

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)
印 刷: 化学工业出版社印刷厂
版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.75 字数: 421 千
印 数: 3 000 册
书 号: ISBN 978-7-113-12191-4
定 价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换。

湖南省高等教育学会计算机教育专业委员会与中国铁道出版社长期合作,致力于计算机基础教育系列教材的编写、出版和发行。自 2005 年合作出版了《大学计算机基础》、《大学计算机基础实验教程》、《C 语言程序设计》、《C 语言程序设计实验教程》、《Visual Basic 程序设计》、《Visual Basic 程序设计实验教程》、《Visual FoxPro 程序设计》和《Visual FoxPro 程序设计实验教程》4 套共 8 本教材以来,无论在教材编写、出版的质量方面,还是在推广发行方面都取得了巨大成功。迄今为止,这一系列教材发行情况较好,学生受益面不仅在湖南省各个高校,而且遍布全国其他地区高校。它不仅凝聚了全体作者的智慧和辛勤的劳动,也包含了为这一系列教材进行编辑、加工、出版和发行的中国铁道出版社编辑们所作出的不懈努力。

计算机技术水平和应用能力是当代大学生的基本素质之一。随着计算机的普及和广泛应用,特别是计算机网络技术和软件技术的迅速发展,人们的工作和生活方式发生了彻底的变化。人们已经离不开计算机,计算机的各种软件如雨后春笋般呈现在人们眼前,这就要求大家不断地学习,不断地使用各种软件,以适应社会的发展和需要。特别是当今的大学生,仅仅学习《大学计算机基础》和《程序设计》两门课程已很难满足现实的需要。因此,各个大学除了开设《大学计算机基础》和《程序设计》两门基础课程以外,还根据各个专业的需要,开设了《计算机网络技术》、《计算机辅助设计技术》、《多媒体技术》等系列选修课程。正是在这样一种背景下,我们组织各高校优秀的教师,编写了这套系列教材。它们是:《Java 程序设计》、《SQL Server 数据库应用技术》、《Access 数据库应用技术》、《网络技术及应用》、《网站建设》、《动态网页设计》、《多媒体技术及应用》、《单片机原理及应用》、《计算机组装与维护》和《计算机辅助设计》共 10 套。

我们真诚地希望这套教材的出版发行,能够促进计算机基础教学水平的提高,能够让全体学生通过使用这套教材,学到真正所需要的知识和技能。我们也真诚地欢迎使用这套教材的老师们,给我们提出宝贵的修改意见,以便在今后的再版中更加完善。

湖南省高等教育学会计算机教育专业委员会 邹北骥

2010.11.22

随着电子技术和计算机技术的发展,单片机已经在工业过程控制、智能仪表、计算机集成控制、人工智能、通信设备的智能化,以及家电的智能化等方面得到广泛的应用。以单片机和微控制器为核心仍然是当今实现智能化技术的主流。“单片机原理及应用”课程既是电气、电子、计算机、通信、自动化、智能仪器仪表、机电一体化、机械制造、物联网工程等工科专业的一门重要专业基础课程,也是学习嵌入式系统技术课程的基础。

单片机作为一门实用技术,要求学生经过长期的实践训练,才能具备单片机应用能力。而实际上,大部分学校单片机课程讲授 40 学时、实验 8 学时,结果是学生理论上不精,应用上不会开发产品,大学毕业后须经历 3~5 年才能适应单片机应用类产品开发。

为了适应“单片机原理及应用”课程教学内容变化,探索单片机教学模式,寻找一条学习单片机的途径,2003 年 5 月,编者将“单片机原理及应用”课程申报成省级重点建设课程(湘教通[2003]186 号)。在长期的教学中,编者不断对“单片机原理及应用”课程教学进行创新。在教学内容上,增加了 C 语言编程,介绍了单片机开发软件;在教学方法和教学手段上,引入了 Proteus 仿真技术,从根本上解决了实践教学的问题,激发了学生的学习热情,适应了应用型人才的培养。经过多年的努力,2009 年“单片机原理及应用”课程获评湖南省省级精品课程。本教材及配套教材《单片机原理及应用实验教程》是编者近 10 年来单片机教学探索的成果结晶。

本书以社会需要为导向,以应用型人才培养为目标,以在应用中学习单片机为理念,通过整合教学内容,改进教学方法,完善教学手段,坚持理论教学与实践教学结合、工程应用与课程实验结合、学校实践与社会产品开发结合,形成系统而全面的课程教学体系。本书以 51 单片机为对象,内容共分 8 章,具体如下:

第 1 章介绍单片机的基本概念、单片机引脚功能和内部逻辑结构、单片机存储器及单片机最小系统。第 2 章介绍单片机寻址方式、指令系统、指令执行过程、汇编程序设计方法及基于 WAVE 的汇编程序设计实例。第 3 章介绍 Proteus 软件组成、设置和基本操作,以示例形式介绍了基于 Proteus 的单片机应用系统设计与仿真。第 4 章介绍单片机中断系统、单片机定时/计数器、单片机串行口的基本结构,详细说明与单片机中断、定时/计数器、串行口相关的特殊功能寄存器的设置方法及应用。第 5 章介绍单片机 LED 和 LCD 显示接口技术、普通键盘和行列式键盘接口技术、A/D 转换和 D/A 转换接口技术。第 6 章介绍单片机程序存储器和数据存储器的扩展方法,基于并行芯片和基于移位寄存器的简单 I/O 接口扩展, I²C 总线原理及应用。第 7 章介绍 C 语言程序设计特点,并以示例的形式讲述 C 语言在单片机 I/O 接口控制、中断系统、定时/计数器、串行通信等方面的程序设计方法,并对所用到的语句进行详细的解释。第 8 章详

细介绍单片机应用系统的方案设计、电路设计、程序设计、系统调试及系统抗干扰措施等内容,从理论上探索单片机应用系统的研究方法,并列举了4个应用实例。

本书配套教材的《单片机原理及应用实验教程》共分3篇,第1篇介绍了29个单片机基础实验,第2篇介绍了基于单片机的4个课程设计课题,第3篇介绍了基于单片机的3个毕业设计课题。教材中的所有示例既可在Proteus电子设计仿真软件中进行仿真,也可在实验装置上实现。

本书的特点如下:

① 通俗易懂,降低了学习单片机的门槛。书中所举示例以突出原理为目的,并对每个示例进行详细的分析(有解决问题的思路与方法,附有程序流程图),对指令执行过程用图形描述。

② 引进仿真技术,突出了在应用中学习单片机的理念。借助Proteus仿真软件,融“教、学、做”为一体,使抽象问题形象化,解决了单片机实验教学学时不够的矛盾,适应应用型人才的培养。

③ 突出社会需要,强化工程实践。本书以“原理→应用→设计”为基调,在结构上,以满足应用为前提介绍单片机的基本结构和功能部件;在编程上,介绍了C和汇编两种编程语言;在应用上,介绍了Wave和Keil两种单片机开发环境,并以典型工程实践案例讲述单片机应用系统的开发,实现社会需要与学校培养零距离。

④ 坚持以应用为目的,突出实践教学。一方面,教材中的示例是经过精心设计的,并且通过仿真;另一方面,专门为本书编写了配套教材《单片机原理及应用实验教程》,更是从实验、课程设计、毕业设计的角度系统而全面地对单片机实践教学进行了规划。

本书由江世明副教授、黄同成教授组织和策划,第1~6章、第8章及附录由江世明编写,第7章由黄同成编写,学生黄铮、王彪为本书的部分示例做了仿真。在本书的编写过程中,借鉴了现行教材的经验,同时本书责任编辑为本书编排和内容的修改提出了宝贵意见。在此,谨向为本书做过贡献的同志和提供引用资料的作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错漏和不妥之处,敬请读者批评指正,以便不断改进。欢迎通过jsm0739@yeah.net与编者进一步交流。为方便教师教学和读者学习,本教材中的示例均提供下载。

编 者

2010年12月

第 1 章 单片机基础	1
1.1 单片机简述.....	1
1.1.1 单片机定义	1
1.1.2 单片机发展过程	1
1.1.3 单片机发展趋势	2
1.1.4 单片机生产厂家	3
1.1.5 单片机应用领域	6
1.2 单片机引脚功能和内部逻辑结构.....	6
1.2.1 单片机外形和引脚功能	6
1.2.2 单片机内部逻辑结构	7
1.2.3 单片机端口结构	8
1.3 单片机存储器.....	11
1.3.1 单片机存储器结构	11
1.3.2 单片机程序存储器	11
1.3.3 单片机数据存储器	12
1.3.4 单片机特殊功能寄存器	14
1.4 单片机最小系统.....	16
1.4.1 单片机最小系统基本配置	16
1.4.2 单片机时钟电路	17
1.4.3 单片机复位电路	18
1.4.4 单片机工作方式	18
小结.....	20
思考与练习.....	21
第 2 章 单片机指令系统与程序设计方法	22
2.1 单片机寻址方式.....	22
2.1.1 指令格式	22
2.1.2 寻址方式	23
2.2 单片机指令系统.....	26
2.2.1 数据传送指令	26
2.2.2 算术运算指令	28
2.2.3 逻辑运算指令	31
2.2.4 位操作类指令	33
2.2.5 控制转移类指令	35
2.3 单片机指令执行过程.....	37
2.3.1 单片机工作时序	37
2.3.2 指令执行过程	38

2.4 汇编语言程序设计方法.....	39
2.4.1 汇编语言程序设计概述.....	39
2.4.2 程序流程设计.....	42
2.4.3 顺序结构程序设计.....	42
2.4.4 分支结构程序设计.....	43
2.4.5 循环结构程序设计.....	50
2.4.6 子程序设计.....	53
2.5 基于 Wave 的汇编程序设计实例.....	55
2.5.1 Wave 软件简介.....	55
2.5.2 软件安装及设置.....	55
2.5.3 设计实例.....	56
小结.....	57
思考与练习.....	58
第3章 单片机仿真软件.....	60
3.1 Proteus 电子设计仿真软件.....	60
3.1.1 Proteus 操作界面.....	60
3.1.2 Proteus 资源配置.....	61
3.1.3 Proteus 基本操作.....	64
3.2 Proteus ISIS 参数设置.....	66
3.2.1 编辑环境参数设置.....	66
3.2.2 系统参数设置.....	66
3.3 基于 Proteus 的电路设计.....	67
3.3.1 设计流程.....	67
3.3.2 设计实例.....	68
3.4 基于 Proteus 的电路仿真.....	70
3.4.1 交互式仿真.....	70
3.4.2 图表仿真.....	73
小结.....	73
思考与练习.....	74
第4章 单片机功能部件.....	75
4.1 中断系统.....	75
4.1.1 中断的基本概念.....	75
4.1.2 中断系统结构.....	76
4.1.3 中断处理过程.....	77
4.1.4 与中断相关的特殊功能寄存器.....	78
4.1.5 中断系统程序设计方法.....	80
4.1.6 外部中断应用与仿真.....	82

4.2 单片机定时/计数器.....	91
4.2.1 定时/数器结构与工作原理.....	91
4.2.2 与定时/计数相关的特殊功能寄存器.....	92
4.2.3 定时/计数器工作方式.....	93
4.2.4 定时/计数器应用与仿真.....	96
4.3 单片机串行通信.....	99
4.3.1 串行口结构与工作原理.....	99
4.3.2 与串行控制相关的特殊功能寄存器.....	101
4.3.3 串行口工作方式.....	102
4.3.4 串行口应用与仿真.....	104
小结.....	107
思考与练习.....	107
第 5 章 单片机接口技术	110
5.1 单片机显示接口技术.....	110
5.1.1 LED 显示接口技术.....	110
5.1.2 基于单片机 LCD 字符显示接口技术.....	118
5.1.3 基于单片机的 LCD 图形显示接口技术.....	127
5.2 单片机键盘接口技术.....	137
5.2.1 独立式键盘与单片机接口技术.....	137
5.2.2 行列式键盘与单片机接口技术.....	142
5.3 单片机转换器接口技术.....	147
5.3.1 A/D 转换器接口技术.....	148
5.3.2 D/A 转换器接口技术.....	159
小结.....	166
思考与练习.....	166
第 6 章 单片机扩展技术	168
6.1 单片机存储器扩展技术.....	168
6.1.1 单片机存储器扩展方法	168
6.1.2 存储器扩展实例	171
6.2 简单 I/O 接口扩展技术.....	172
6.2.1 基于并行芯片的 I/O 口扩展.....	172
6.2.2 基于移位寄存器的 I/O 口扩展	176
6.3 I ² C 串行总线扩展技术.....	180
6.3.1 I ² C 串行总线	181
6.3.2 I ² C 串行总线操作	182
6.3.3 I ² C 总线串行扩展实例	186
小结.....	193
思考与练习.....	194

第7章 C语言在单片机中的应用	196
7.1 C语言程序设计	196
7.1.1 C语言程序设计的特点	196
7.1.2 C语言程序的结构	197
7.1.3 C语言编译环境	198
7.2 C语言在单片机中的应用	200
7.2.1 C语言在I/O接口控制中的应用	200
7.2.2 C语言在定时/计数器中的应用	209
7.2.3 C语言在外部中断中的应用	211
7.2.4 C语言在串行通信中的应用	212
7.3 C语言与汇编语言的混合编程	214
7.3.1 混合编程方法	214
7.3.2 混合程序的编译	220
小结	221
思考与练习	221
第8章 单片机应用系统设计	223
8.1 单片机应用系统研究方法	223
8.1.1 系统方案设计	224
8.1.2 电路设计	225
8.1.3 程序设计	226
8.1.4 系统调试	228
8.2 单片机应用系统抗干扰设计	229
8.2.1 硬件抗干扰措施	229
8.2.2 程序可靠性设计	229
8.3 单片机应用系统设计实例	231
8.3.1 直流电动机PWM调速器设计	231
8.3.2 基于单片机的温度测量装置设计	239
8.3.3 基于单片机的信号发生器设计	243
8.3.4 基于单片机的IC卡水表设计	250
小结	259
思考与练习	259
附录A 51单片机指令表	260
附录B Proteus常用元器件	264
附录C C语言函数	266

第 1 章 单片机基础

学习目标

- 掌握单片机的基本概念、存储器的结构、特殊功能寄存器的使用。
- 熟悉常用单片机。
- 了解单片机的发展过程、发展趋势、应用领域及单片机最小系统。

本章简要介绍单片机的概念、发展过程、发展趋势、应用领域、主流产品等基础知识，详细介绍单片机引脚功能和内部逻辑结构、单片机存储器、单片机最小系统。

1.1 单片机简述

单片机作为计算机的一个分支,从 20 世纪 70 年代初诞生以来,广泛地应用于工业控制、智能仪表、家用电器等各个领域。“单片机原理及应用”课程既是工科院校控制类专业中已作为一门重要的技术基础课,也是信息类、电气类和控制类专业及广大从事电气电子等工作的工程技术人员必备的一门课程。本节介绍单片机的定义、单片机的发展过程、单片机的发展趋势、单片机的应用领域等基础知识。

1.1.1 单片机定义

计算机已进入千家万户,计算机正在改变人们的生产和生活方式。计算机最早是作为运算工具出现的,但随着科学技术的发展,人们一方面要求计算机在科学计算和数据处理方面的能力不断加强;另一方面,希望将计算机嵌入到产品之中,实现智能控制。

单片机又称“单片微型计算机”、“微控制器”、“嵌入式微控制器”。单片机适用于控制领域。其结构特点是把构成计算机的主要部件(中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、I/O 接口电路、定时/计数器及串行通信接口等)集成在一块芯片上,这块芯片称为单片机。单片机一词最早源于 Single Chip Microcomputer(SCM),随着单片机在技术和体系结构上的不断更新,功能不断完善,现在国际上用 Micro Controller Unit(MCU)来代替 SCM。单片机只要接上少量的外围电路就可以执行计算机的任务,它具有体积小、可靠性高、控制能力强等特点,在工农业生产和日常生活中得到广泛应用。

1.1.2 单片机发展过程

从 1970 年 Intel 公司研制出 4 位单片机(4004)到现在,如果将 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为以下 4 个阶段:

1. 单片机探索阶段(1976—1978)

探索阶段始于 1976 年,以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的结果。

2. 单片机完善阶段（1978—1982）

Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了 MCS-51 单片机。51 系列单片机的出现，奠定了单片机的基本结构，其主要特征是：

① MCS-51 单片机设置了经典的 8 位单片机数据总线、16 位地址总线、控制总路线及具有多机通信功能的串行通信接口。

② 系统在 CPU 管理下实现了集中控制。

③ 具有位操作功能。

④ 具有较丰富的指令系统，增加了控制功能的指令。

3. 微控制器发展阶段（1982—1990）

8 位单片机一方面不断完善结构，另一方面将测控对象的接口电路，如 ADC、DAC、I²C 总线等集成到单片机内部，成为微控制器。8 位单片机的特点是：外围电路、串行总线、CAN、BUS 总线等向内部集成，程序存储器迅速引进 OTP 供应状态，为单片机开发创造了良好的条件，随着 Flash ROM 的推广，最终取消外部程序存储器扩展。与此同时，16 位单片机诞生，并走向应用。

4. 单片机全面发展阶段（1990 年至今）

单片机在 20 世纪 90 年代末期发展异常迅速，技术日新月异，满足了日益增长的广泛需求。从 8 位、16 位、32 位通用单片机到小型的专用单片机，品种齐全。目前在全世界找不到不介入单片机产品的半导体公司，单片机的应用小到最底层的玩具市场，大到各种智能控制、过程控制，涵盖面极广。

1.1.3 单片机发展趋势

1. 主流机型发展趋势

未来，在单片机大家族中，8 位单片机在结构上将不断完善，使其保持活力，成为市场的低端主流机型；4 位机将主要用于玩具市场；16 位单片机的市场空间被 8 位和 32 位单片机挤占，32 位单片机将迅速取代 16 位单片机的高端地位，并且成为高端的主流。

2. 内部结构发展趋势

在结构体系上，从 CISC 结构体系朝 RISC 体系发展。由于 RISC 结构可以精简指令，避免了早期单片机的 CISC 结构带来指令复杂、执行时间长的不足。

在存储器的容量上，程序存储器的容量不断增大，存储器的结构有 OTP 和 Flash ROM 等多种类型。为方便调试，ISP（在线可编程）技术得到了应用。

在电路结构上，适应测控的要求，将 A/D 转换、D/A 转换、PWM、I²C 总线等外围电路集成到单片机内部，减轻使用者电路设计的压力。

在应用上，针对某一类产品的要求，为节约资源，降低成本，大力发展专用单片机。

3. 制造工艺发展趋势

在制造工艺上，实现 CMOS 化、低功耗化、低压化。近年，CHMOS 技术的进步推进了单片机的 CMOS 化，从而降低了功耗。据报道，目前单片机的功耗已从 mA 级降到 μ A 级。此外，现在单片机有 WAIT、STOP 等省电运行方式，允许使用的电压范围在 3~6V 范围之间，个别品种采用 1~2V 供电，0.8V 供电的单片机已经问世。

4. 开发环境发展趋势

单片机常用的开发软件有 Wave、Keil、Proteus 等。Proteus 软件是目前唯一能仿真单片机的电子设计软件，软件的调试完全可以脱离硬件，用户只要在 Wave 或 Keil 中利用汇编或 C 语言进行程序设计，然后对程序进行编译，生成 xxx.hex 文件，在 Proteus 电子设计平台选择合适的器件进行电路设计，然后将 xxx.hex 文件加载到 CPU 进行仿真，并对仿真结果进行分析，通过修改和完善，直到满足要求，这样大大降低了单片机的开发门槛。硬件生产后，利用在线可编程（ISP）技术，将目标程序下载到单片机的 Flash ROM 程序存储器中，硬件即能正常运行。

1.1.4 单片机生产厂家

1. 51 单片机生产厂家

单片机生产厂家很多，表 1-1 所示为世界上主要单片机生产厂商。

表 1-1 51 单片机生产厂商

公 司 名 称	网 址	产品及用途
Intel	http://www.intel.com	8051 单片机，拥有 8051 内核版权
华邦	http://www.winbond.com.tw	W77、W78 系列 8 位单片机
MicroChip	http://www.microchip.com	PIC16C 系列和 17C 系列 8 位单片机
Micon	http://www.mdtic.com.tw	MDT20XX 系列单片机，工业级 OTP 单片机
Atmel	http://www.atmel.com	AT89C 系列，AT89S 系列 8 位 Flash ROM、ISP 单片机，AVR 单片机
Philips	http://www.semiconductors.philips.com	P80、P83、P87、P89、LPC、PCD 系列，大容量 Flash 单片机
Samsung	http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/	S3C9 KS86、S3C9 KS88、S3CB (KS85)、S3CK、S3CC 系列单片机
LG	http://www.lgs.co.kr	GMS90 系列单片机
Cypress	http://www.cypress.com	EZ-USB、EZ-USB FX、EZ-USB FX2、EZ-USB SX2 系列 USB 单片机
美国国家半导体	http://www.national.com	NS 单片机、COP8 程序加密单片机
Motorola	http://www.mot.com	8 位单片机 M6805、M68HC05 系列，8 位增强型 M68HC11、M68HC12 单片机
Zilog	http://www.zilog.com	Z8 单片机
Scenix	http://www.scenix.com	SX50/75MIPS 系列通信控制器
东芝	http://www.toshiba.com	8 位单片机 870 系列、90 系列
Epson	http://www.epson.com	8 位单片机 SMC88 系列
SST	http://www.sst.com	大容量 Flash 单片机，SST89C、SST89E、SST89F、SST89V 系列单片机
TI	http://www.ti.com	MSC1210、TUSB3200 系列单片机
Siemens/infineon	http://www.infineon.com	C500、C16x、ST10 系列单片机
Analog Devices	http://www.analog.com	ADuC81x、ADuC824、ADuC8x 系列单片机

2. 单片机产品

单片机品种繁多，在我国占据主要地位的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机、Atmel 公司的 89 系列单片机、SST 公司的 SST89 系列单片机及 Philips 公司的 PIC 单片机。表 1-2 所示为 Intel 公司的 MCS-51 系列的单片机，表 1-3 所示为 Atmel 公司的 89 系列单片机，表 1-4 所示为 SST 公司的 SST89 系列产品，表 1-5 所示为 Philips 公司的增强型 PIC 系列单片机。

表 1-2 MCS-51 单片机主要产品及其性能

子 系 列	型 号	片内存储器		I/O 口 /位	UART /个数	中断 /源个数	定时 /计数器个数	工作频率 /MHz
		ROM/EPROM/KB	RAM/B					
8X51/52 系列	8031	ROM-Less	128	32	1	5	2	12
	8051	4, ROM	128	32	1	5	2	12
	8052	8, ROM	256	32	1	6	3	12
8XC51/52 系列	80C31	ROM-Less	128	32	1	5	2	12/16
	80C51	4, ROM	128	32	1	5	2	12/16
	80C52	8, ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
8XC54/58 系列	80C54	16, ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	87C54	16, EPROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	80C58	32, ROM	256	32	1	6	3	12/16/20/24
	87C58	32, EPROM	256	32	1	6	3+5PCA	12/16/20/24

表 1-3 Atmel 公司的 89 系列单片机主要产品及其性能

子 系 列	型 号	片内存储器		I/O 口/ 位	UART 个数	中断源 个数	定时 /计数器个数	工作频率 /MHz
		Flash 存储器/KB	RAM/B					
8 位 Flash 系列	AT89C51	4	128	32		5	2	33
	AT89C52	8	256	32	1	8	3	33
	AT89C51RC	32	512	32	1	6	3	40
	AT89C1051	1	64	15	1	6	2	24
	AT89C2051	2	128	15	1	6	2	25
	AT89C4051	4	128	15	1	6	2	26
ISP_Flash 系列	AT89S51	4	128	32	1	5	2	24
	AT89S52	8	256	32	1	6	3	25
I ² C_Flash 系列	AT89C51RB	16	256	32	1	6	3	60
	AT89C51ED	64	256	44	1	9	3	40

表 1-4 SST89 系列单片机主要机型及其性能

型 号	时钟频率/MHz		Flash 存储器/KB	RAM /B	UART 个数	中 断		DPTR 个数
	5V	2.7~3.6V				中断源个数	优先级个数	
SST89C54	0~33	0~12	16+4	256	1	6	2	1
SST89C58	0~33	0~12	32+4	256	1	6	2	1

表 1-5 Philips 公司 PIC 系列单片机主要机型及其性能

子 系 列	型 号	片内存储器		I/O 口 /位	UART 个数	中断源 个数	定时 /计数器个数	工作频率 /MHz
		程序存储器/KB	RAM /B					
通用型系列	P80C31	ROM-Less	128	32	1	5	2	33
	P51	4, ROM	128	32	1	5	2	33
	P80C52	8, ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C54	16, ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C58	32, ROM	256	32	1	6	3	33
Flash 型系列	P89C51	4, Flash	128	32	1	6	3	33
	P89C52	8, Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C54	16, Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C58	32, Flash	256	32	1	6	3	33

3. 单片机选择

(1) 结构选择

单片机在结构上有 CISC(Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机)结构和 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机) 结构两种。采用 CISC 结构的单片机数据和指令是分时分用，即所谓冯·诺伊曼结构。它的指令丰富，功能较强，但取指令和取数据不能同时进行，速度受限，价格也高。属于 CISC 结构的单片机有 Intel 8051 系列、Motorola 的 M68HC 系列、Atmel 的 AT89 系列、Winbond (华邦) W78 系列、Philips 的 PCF51 系列等。采用 RISC 结构的单片机数据和指令是分离的，即所谓哈佛结构，这使得取指令和取数据可同时进行。由于一般指令线宽于数据线，使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息，执行效率更高，速度也更快。同时，这种单片机指令多为单字节，程序存储器的空间利用率大大提高，有利于实现超小型化。属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 的 Z86 系列、Atmel 的 AT90S 系列、韩国 Samsung 公司的 KS57C 系列 4 位单片机、我国台湾地区义隆 (EMC) 的 EM-78 系列等。一般来说，控制关系较简单的小家电，可以采用 RISC 型单片机；控制关系较复杂的场合，如通信产品、工业控制系统，应采用 CISC 单片机。

(2) PIC 单片机与 MCS-51 单片机比较

① 总线结构：MCS-51 单片机的总线结构是冯·诺依曼型，而 PIC 单片机的总线结构是哈佛结构。因此 PIC 单片机的运行速度快。

② 寄存器组：PIC 单片机的 I/O 接口、定时器和程序计数器等都采用 RAM 结构形式，而且都只需要一个指令周期就可以完成访问和操作；而 MCS-51 单片机需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

(3) MCS-51 单片机与 AVR 单片机比较

MCS-51 单片机与 AVR 单片机的 CPU 构架不同,AVR 是用 RISC 的哈佛结构的总线;MCS-51 是用 CISC 结构的冯·诺衣曼结构总线。与 AVR 相比, MCS-51 显得陈旧, 内部资源少, 速度慢, 但学习简单, 也是使用最多、最经典的单片机。AVR 是后来才推出的, 工艺上远远超过 MCS-51, 内部资源丰富, 速度快。

1.1.5 单片机应用领域

单片机与人们的生活和工农业生产息息相关。从导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、计算机的网络通信与数据传输、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用豪华轿车的安全保障系统,到录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具等,单片机渗透到人们生活和工农业生产的各个领域。

1. 单片机在智能仪器仪表上的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大。利用单片机的智能仪器仪表如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪)。

2. 单片机在工业控制中的应用

利用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如,工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、各种报警系统等。

3. 单片机在家用电器中的应用

从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调器、彩电、其他音响视频器材到电子称量设备,可以说,现在的智能家用电器都离不开单片机。

4. 单片机在计算机网络和通信领域中的应用

单片机具备通信接口,可以方便地与计算机进行数据通信。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,例如手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信,日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

5. 单片机在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,例如医用呼吸机、各种医学分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

6. 单片机在汽车控电子领域中的应用

单片机在汽车电子中的应用也非常广泛,例如汽车中的发动机控制器、基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、RGPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统等。

1.2 单片机引脚功能和内部逻辑结构

单片机的引脚是连接单片机内部和外部的纽带和桥梁,了解单片机内部结构是学习单片机的基础,单片机的应用离不开单片机的引脚和内部逻辑结构。

1.2.1 单片机外形和引脚功能

1. 单片机外形

51 系列单片机芯片采用双列直插式(DIP-40、DIP-20)或贴片式封装,一般有 40 个引脚,内部程序存储器采用 Flash ROM。单片机外形如图 1-1 所示。

2. 单片机引脚功能

(1) 电源引脚

VCC：电源正（一般接+5V 电源）。

VSS：电源接地端。

(2) 复位引脚

RST：复位引脚。当该引脚保持两个机器周期以上的高电平时，单片机就可恢复到初始状态。

(3) 端口引脚

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。

(4) 时钟引脚

XTAL1 和 XTAL2：外接晶振引脚。晶振信号直接加在 XTAL1 和 XTAL2 两端。

(5) 控制引脚

ALE/ $\overline{\text{P}}\text{ROG}$ 、 $\overline{\text{P}}\text{SEN}$ 、 $\overline{\text{E}}\text{A}/\text{VPP}$ 组成了 MCS-51 的控制总线。

$\overline{\text{E}}\text{A}/\text{VPP}$ （31 引脚）：程序存储器的内外部选通线。当 $\overline{\text{E}}\text{A}=1$ 时，选通内部程序存储器中的程序，当片内程序存储器存放的指令读完后，再读外部存储器指令；当 $\overline{\text{E}}\text{A}=0$ 时，不管片内有无程序存储器，一律读取外部程序存储器程序。

$\overline{\text{E}}\text{A}/\text{VPP}$ 引脚在编程时使用，需接 21V 的编程电压（现在程序固化不采用这种方式）。

ALE/ $\overline{\text{P}}\text{ROG}$ （30 引脚）：地址锁存信号。

$\overline{\text{P}}\text{SEN}$ （29 引脚）：访问外部程序存储控制信号。

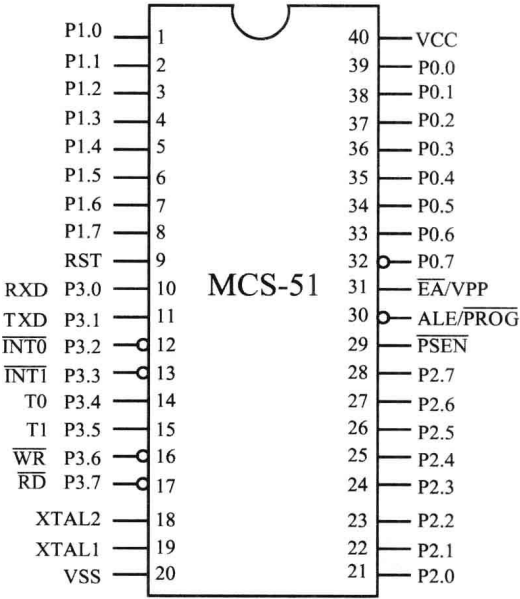


图 1-1 单片机引脚分布

1.2.2 单片机内部逻辑结构

1. 单片机内部结构

单片机的内部逻辑结构如图 1-2 所示，它由中央处理器（CPU）、内部数据存储器、内部程序存储器、定时/计数器、并行 I/O 接口、串行接口、中断控制系统、时钟电路、位处理器、数据总线、地址总线及控制总线组成。

(1) 运算器

运算器（ALU）由加法器、8 位暂存器（TMP1、TMP2）、累加器 A、寄存器 B 和状态寄存器 PSW 和布尔处理器组成，运算器完成对 8 位数据进行算术运算和逻辑运算，并能完成数据传送、移位、判断和程序转移。布尔处理器可实现对位进行操作。

(2) 控制器

控制器包括程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、堆栈指针 SP、数据指针 DPTR、时钟发生器和定时控制逻辑等部件组成，它在 CPU 协调下实现取指令、分析指令和执行指令等操作。