

# 手把手教你学 51单片机

惠仇 编著

- 💡 圈内资深单片机工程师精心编写,包含丰富的实践经验和专业技术
- 💡 精心设计大量的应用实例,与读者分享51单片机应用开发过程中的经验和心得
- 💡 安排有“提示”、“注意”、“说明”小栏目,将实际工作中遇到的问题各个击破

随书含1CD

包括书中所有实例的**源代码和电路图**,以及**视频动画教学录像**,真正地物超所值。



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>



# 手把手教你学 51单片机

惠仇 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书遵照单片机设计的要求,讲述了单片机的基本结构和工作原理,单片机的主要开发语言——汇编语言和 C51 语言,以及单片机项目开发中常用的工具——仿真器和编程器的原理和使用说明。另外,本书还简述了单片机开发中的一些规范,如单片机原理图、PCB 图和程序设计的设计规范。最后,本书通过一些设计实例,全面阐述了单片机项目设计中遇到的各种问题。

本书语言简洁,由浅入深、循序渐进,基础知识与设计实践紧密结合,边讲边练,利于读者举一反三,巩固所学的知识。随书配套光盘内容超值丰富,不但提供了书中范例的代码和电路图,而且提供了多媒体视频教学录像,手把手引导读者直观深入地学习。

本书适合广大 51 单片机使用者阅读,也是从事单片机设计的科技工作者必备的首选宝典;同时也可作为大中专院校、高职计算机专业学生,以及社会相关培训班学员的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

手把手教你学 51 单片机 / 惠仇编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.1  
ISBN 978-7-121-07581-0

I. 手… II. 惠… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163556 号

责任编辑: 顾慧芳

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24 字数: 537 千字

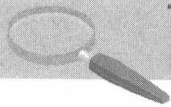
印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 46.00 元(含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。



目前,51 系列单片机在我国已得到大力推广和广泛应用,从工业控制系统到小型电子产品都可以见到 51 单片机的身影,它经典的结构使其成为单片机学习的入门首选,得到了广大单片机使用者的一致推崇,关于 51 单片机学习和应用的书也五彩缤纷,本书也是其中的一本。

## 编写本书的目的

笔者从事单片机设计工作已有多多年,在这期间设计和参与设计了较多的单片机项目,取得了很多单片机实际设计经验,对单片机设计有了一些较深的认识。所以希望能通过这本书对初步学习单片机的读者有所帮助,并且也是自己对学习和应用单片机的一个总结。

通常在学校学习的单片机知识偏重于理论而不是技能,可是在工作中需要面对的是实际问题,而不是在纸上谈兵;作为一名单片机工程师,笔者在工作中对此深有感触。所以本书的着重点是想让读者了解一个完整的单片机设计过程所需的知识,而不仅仅只是讲述单片机的原理。通过本书的学习,读者可以独立设计和完成一个简单的单片机控制系统,即体验从原理图设计、制作电路板到单片机系统调试的整个过程。

## 本书的主要内容

本书概括地论述了单片机的基础知识,包括单片机的基本结构和工作原理;并就实际单片机项目开发中会遇到的各种问题进行了阐述,列举了单片机开发的流程和必须遵守的一些规范,说明了仿真器和编程器在开发中的作用以及基本的使用方法。具体内容如下。

- 首先论述了单片机的基础知识,包括单片机的基本结构和工作原理,阐述了目前单片机的发展情况,列举了最新流行的单片机种类,总结了单片机的选择方法。
- 在了解单片机基本知识的基础上,详细讲解了单片机的主要开发语言——汇编语言和 C51 语言;编程语言的使用是单片机和其他集成电路的重要区别,用它来赋给单片机命令,使单片机按照设计者的意志运行命令。
- 本书也花了一定的篇幅讲解了仿真器和编程器的原理和使用说明。编程器和仿真器是单片机项目开发中常用的工具,仿真器是单片机程序调试中很有用的辅助工具,可以逐步地观察单片机的运行过程,以便发现程序中的错误;而编程器是用来将编写好的程序写入单片机的工具。除了传统的仿真器和编程器外,还列举了一些最新的单片机开发手段,如在线仿真和 ISP(在系统编程),这些新的方法大大降低了单片机的开发费用,在线仿真使得设计者不需要去购买昂贵的仿真器,而 ISP 则替

代了编程器，这进一步降低了学习单片机开发的门槛。

- 在讲解这些理论知识的过程中，本书还简单讲述了单片机开发中的一些规范，包括单片机原理图、PCB图以及程序设计的设计规范。这在实际工作中是必须了解和遵守的，也是一个单片机设计工程师必须具备的基本知识。
- 完成了基本知识的学习后，本书由易至难列举了一些设计实例，这些实例基本上概括了单片机项目设计中遇到的各种问题。

通常，一个单片机系统设计可以分为如下五大方面。

(1) 单片机能够运行的最小系统，包括振荡电路、复位电路以及电源电路。

(2) 单片机 I/O 口的使用方法和定时器、中断系统的使用。

(3) 单片机的通信接口，单片机的通信在单片机设计中是经常遇到的功能，所以必须注意目前单片机系统常用的各种通信接口和协议。

(4) 单片机的系统扩展，系统扩展通常可以分为程序存储器的扩展、数据存储器的扩展以及单片机 I/O 口的扩展三部分。

(5) 信号转换接口，主要是 A/D、D/A 转换以及 PWM 的实现。这是单片机信号处理中经常遇到的问题。

前面两部分是单片机最基本的功能，后面三部分则是单片机的扩展应用，掌握了这些基本知识，便可应对用单片机解决的各种项目。

## 本书的特点

- 本书具有知识全面、实例丰富、操作性强的特点，力求以全面、系统的知识和丰富、简短的实例指导初学者学习单片机各方面的知识。因此，本书适合于开始学习单片机设计和具有一定单片机基础知识的读者，目的是使读者通过本书的学习可以初步掌握单片机的开发应用。
- 本书安排有“提示”、“注意”、“说明”小栏目，通过这些小栏目可和读者分享一些经验和心得，同时也可为读者清除学习过程中的难点和疑点。
- 本光盘内容超值丰富，不但提供了书中全部范例的源代码和电路图，而且提供了多媒体视频教学录像，用以讲解如何使用本书光盘中的源代码，手把手引导读者直观深入地学习。

## 本书阅读顺序

本书章节的安排是依据读者对单片机学习的过程、以循序渐进的方式建立的，建议初学者从前至后阅读。

- 首先阅读第 1 章至第 7 章，这些章节是单片机设计的基础知识，必须掌握。只有熟练了这几章的内容，才能阅读后面的章节。其中，第 3 章可以放到完成基本知识的学习后阅读。

- 阅读第 8 章至第 12 章，这几章是讲述单片机设计中的一些基本手段和方法，涉及单片机系统设计中的方方面面，掌握这些知识可以解决单片机设计中的大部分问题。
- 阅读第 13 章——综合实例，它由浅入深、由简入繁，将前面讲解的一些知识应用到实际项目中，可以让读者对单片机设计项目有具体的认识。

## 致谢

经过紧张的策划、写作和编写，本书才得以完稿。在写作的过程中，得到了参与本书策划的各位编辑的大力协助；在此，对所有参与该书编辑、出版的老师表示衷心的感谢。

惠 仇

2008.6.28

<b>第 1 章 MCS-51 系列单片机的起源和发展</b> ..... 1	2.6 MON51 仿真器的制作..... 25
1.1 MCS-51 系列单片机的起源..... 2	2.6.1 原理图..... 25
1.1.1 单片机的诞生..... 2	2.6.2 Mon51 硬件调试..... 26
1.1.2 单片机的历史..... 2	2.6.3 软件调试..... 27
1.1.3 MCS-51 单片机的历史..... 3	2.7 小结..... 27
1.1.4 MCS-51 系列单片机的特点..... 4	<b>第 3 章 单片机项目的开发流程和需要遵守的规范</b> ..... 28
1.2 MCS-51 系列单片机的发展现状..... 5	3.1 单片机项目开发流程介绍..... 29
1.2.1 概述..... 5	3.2 原理图设计规范..... 30
1.2.2 最新 51 系列单片机介绍..... 6	3.3 PCB 图设计规范..... 31
1.3 小结..... 12	3.4 汇编语言设计规范..... 32
<b>第 2 章 开发一个 51 系列单片机项目需要的资源</b> ..... 14	3.5 C51 语言设计规范..... 34
2.1 基础知识的学习..... 15	3.6 小结..... 38
2.1.1 单片机基础知识..... 15	<b>第 4 章 51 单片机的基本结构</b> ..... 39
2.1.2 汇编语言..... 15	4.1 单片机的基本结构..... 40
2.1.3 C 语言..... 16	4.1.1 中央处理器 (CPU)..... 41
2.1.4 模拟电路和数字电路..... 16	4.1.2 存储器..... 43
2.2 硬件资源..... 17	4.1.3 定时器/计数器..... 45
2.2.1 单片机试验电路板..... 17	4.1.4 中断控制系统..... 45
2.2.2 仿真器..... 17	4.1.5 串行口、并行口..... 46
2.2.3 仿真器的选择和安装..... 19	4.1.6 总线 (BUS)..... 46
2.2.4 编程器 (烧录器)..... 20	4.1.7 时钟电路..... 47
2.3 软件开发环境..... 21	4.2 二进制、十进制、十六进制..... 47
2.3.1 软件编辑环境..... 21	4.3 哈佛结构与冯诺伊曼结构..... 48
2.3.2 KEIL 软件的安装..... 21	4.3.1 哈佛结构..... 48
2.3.3 KEIL 软件的使用方法..... 22	4.3.2 冯诺伊曼结构..... 49
2.4 单片机型号的选择..... 22	4.4 单片机的指令系统..... 50
2.5 51 单片机下载线的制作..... 23	4.4.1 指令系统..... 50
2.5.1 硬件调试..... 24	4.4.2 寻址方式..... 51
2.5.2 使用方法..... 24	4.4.3 程序的执行过程..... 52
	4.5 复杂指令集与精简指令集..... 52

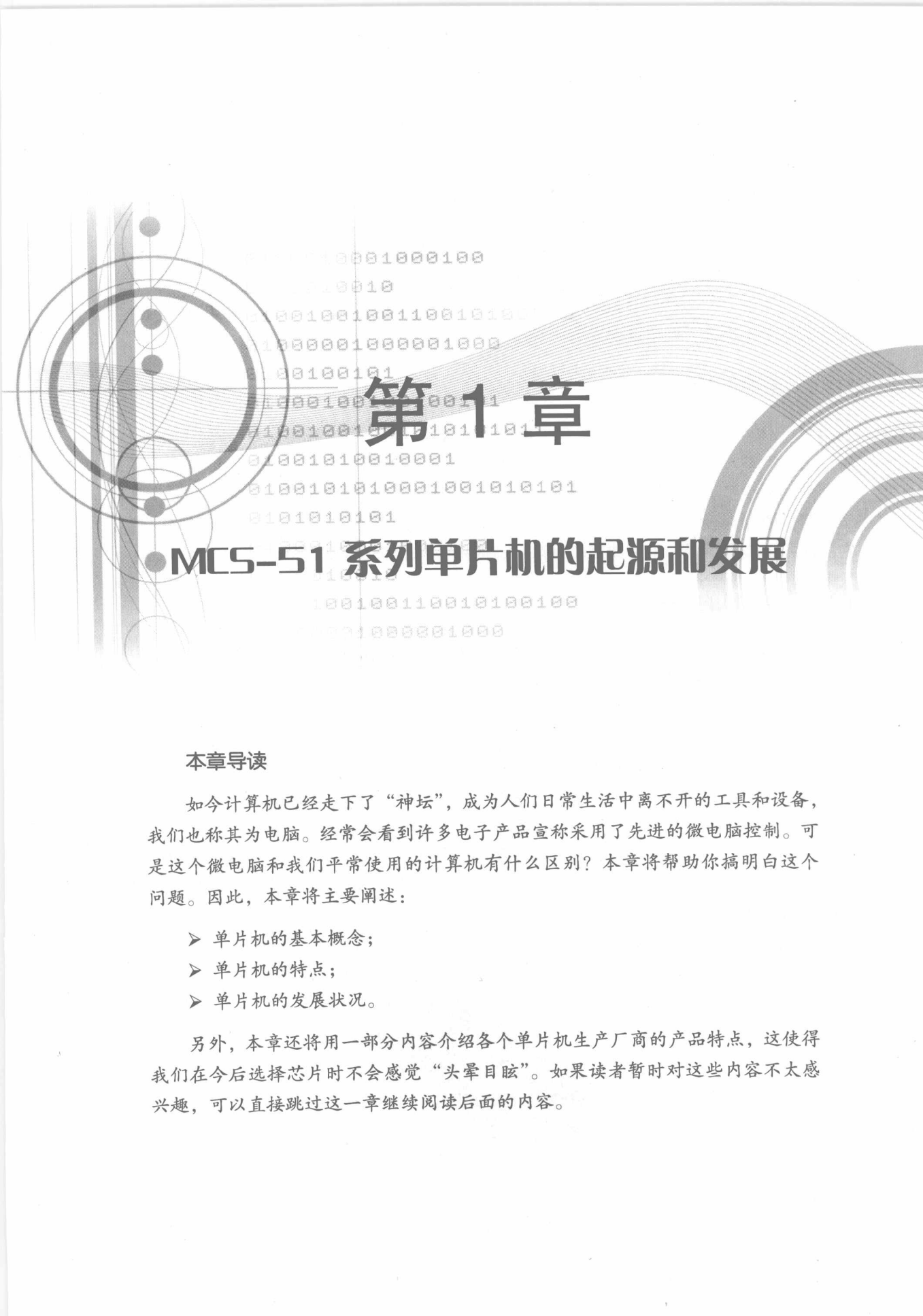
4.5.1	基本概念	52	6.5.2	编制程序流程图	79
4.5.2	复杂指令集与精简指令集的特点	52	6.6	程序设计结构	80
4.6	小结	53	6.6.1	主程序和子程序	80
<b>第5章</b>	<b>51系列单片机指令系统</b>	<b>54</b>	6.6.2	顺序程序设计	81
5.1	指令和指令格式	55	6.6.3	分支结构程序设计	82
5.2	寻址模式	56	6.6.4	循环结构程序设计	83
5.2.1	直接寻址	56	6.6.5	查表程序设计	86
5.2.2	寄存器寻址	57	6.6.6	子程序设计	88
5.2.3	寄存器间接寻址	57	6.7	程序设计举例	90
5.2.4	立即寻址	57	6.7.1	多字节算术运算程序	90
5.2.5	变址寻址	58	6.7.2	数制转换程序	91
5.2.6	位寻址	58	6.7.3	多分支程序	93
5.2.7	相对寻址	58	6.8	小结	95
5.3	数据传送指令	58	<b>第7章</b>	<b>单片机C51语言编程</b>	<b>96</b>
5.4	算术运算指令	60	7.1	单片机C51语言概述	97
5.5	逻辑运算及移位指令	63	7.1.1	单片机C51语言的起源和发展	97
5.6	控制转移指令	64	7.1.2	C51语言编程的优点	97
5.7	布尔变量操作指令	66	7.2	C51关键字和标识符	98
5.8	小结	67	7.3	C51语言的数据类型	99
<b>第6章</b>	<b>汇编语言编程</b>	<b>68</b>	7.3.1	基本数据类型	99
6.1	什么是宏汇编器(Macro Assembler)	69	7.3.2	构造型数据类型	101
6.2	汇编语言的开发环境	69	7.4	常量、变量和指针	105
6.3	汇编语言的汇编过程	70	7.4.1	常量	105
6.3.1	源文件(.ASM)	70	7.4.2	变量	106
6.3.2	目标代码文件(.HEX)	70	7.4.3	指针	108
6.3.3	列表输出文件(.LST)	70	7.4.4	存储类型和存储模式	109
6.3.4	汇编处理过程	71	7.5	C51的基本运算	112
6.3.5	常见的编译错误	72	7.5.1	C51的赋值运算	112
6.4	51单片机汇编语言指令与伪指令	72	7.5.2	C51的算术运算	113
6.4.1	常用单位与术语	72	7.5.3	关系运算符	114
6.4.2	常量与数值运算	72	7.5.4	逻辑运算符	115
6.4.3	汇编语言指令	74	7.5.5	位运算符	116
6.4.4	汇编语言伪指令	74	7.6	函数	116
6.5	用汇编语言设计程序的步骤	79	C51的库函数	121	
6.5.1	汇编语言程序设计的步骤	79	7.7	程序结构	122
			7.7.1	顺序控制结构	123



7.7.2	选择控制语句	123	8.6	制作 LED 数码管显示	152
7.7.3	循环语句	124	8.6.1	LED 数码管结构	152
7.7.4	C51 语言编程实例	127	8.6.2	工作原理	153
7.8	C51 语言与汇编语言混合编程	128	8.6.3	原理图设计	153
7.8.1	在 C51 语言函数中嵌入 汇编语言	128	8.6.4	制作电路	154
7.8.2	在 C51 项目中加入汇编 语言文件	129	8.6.5	程序设计	155
7.9	一个简单的 C 语言项目的实施	131	8.6.6	仿真调试	157
7.10	小结	135	8.7	设计一个键盘	158
<b>第 8 章 一些简单的实例</b>		136	8.7.1	键盘工作原理	158
8.1	建立一个单片机小系统	137	8.7.2	原理图设计	159
8.1.1	原理图设计	137	8.7.3	制作电路	161
8.1.2	制作电路	139	8.7.4	程序设计	161
8.1.3	调试	140	8.7.5	仿真调试	164
8.2	利用单片机的 I/O 口控制 LED	140	8.8	看门狗电路的设计	165
8.2.1	原理图设计	140	8.8.1	工作原理	165
8.2.2	制作电路	141	8.8.2	原理图设计	166
8.2.3	设计程序	141	8.8.3	制作电路	168
8.2.4	仿真和调试	143	8.8.4	程序设计	168
8.3	利用定时器控制 LED 闪烁	143	8.8.5	仿真调试	171
8.3.1	原理图设计	143	8.9	小结	172
8.3.2	制作电路	143	<b>第 9 章 51 单片机电源系统的 设计</b>		173
8.3.3	设计程序	143	9.1	开关稳压电源和线性稳压电源的 基本知识	174
8.3.4	仿真和调试	145	9.2	线性稳压电源工作原理	174
8.4	控制蜂鸣器发声	145	9.2.1	串联反馈型稳压电源的工作 过程	174
8.4.1	工作原理	145	9.2.2	稳压电路的保护环节	175
8.4.2	原理图设计	146	9.3	开关稳压电源工作原理	176
8.4.3	制作电路	146	9.3.1	开关电源的起源和发展趋势	176
8.4.4	程序设计	146	9.3.2	开关电源的分类	177
8.4.5	仿真调试	148	9.3.3	开关电源的工作原理	178
8.5	用一个按键控制 LED 闪烁	148	9.3.4	开关电源的选用	185
8.5.1	工作原理	148	9.4	常用电源转换芯片介绍	186
8.5.2	原理图设计	148	9.4.1	三端集成稳压器	186
8.5.3	制作电路	149	9.4.2	低压差线性稳压器 (LDO) 的原理与应用	188
8.5.4	程序设计	149			
8.5.5	仿真调试	152			

9.4.3 常用 DC/DC 开关稳压电源	10.4.3 制作电路	221
芯片的选择	10.4.4 程序设计	221
9.5 设计一个简单的线性电源单片机	10.4.5 仿真调试	228
供电系统	10.5 添加一个实时时钟	229
常用的三端集成稳压电源	10.5.1 工作原理	229
9.6 DC/DC 开关电源单片机供电系统的设计	10.5.2 原理图设计	231
9.6.1 工作原理	10.5.3 制作电路	232
9.6.2 基本应用设计	10.5.4 程序设计	233
9.7 用 MC34063 设计开关电源	10.6 液晶显示模块接口实例	238
9.7.1 MC34063 性能简介	10.6.1 液晶显示模块简介	238
9.7.2 MC34063 降压变换器电路	10.6.2 原理图设计	243
9.7.3 MC34063 升压变换器电路	10.6.3 制作电路	243
9.7.4 MC34063 大电流降压变换器电路	10.6.4 程序设计	243
9.7.5 MC34063 大电流升压变换器电路	10.6.5 仿真调试	251
9.7.6 MC34063 反向变换电路	10.7 小结	251
9.8 小结		
<b>第 10 章 51 单片机通信接口实例</b>	<b>第 11 章 51 系列单片机的系统扩展</b>	252
10.1 单片机常用总线简述	11.1 单片机系统扩展原理	253
10.1.1 芯片级总线	11.1.1 为什么扩展系统	253
10.1.2 设备级总线	11.1.2 单片机系统扩展原理	253
10.2 单片机系统数据的并行传送方式与串行传送方式	11.1.3 程序存储器芯片的选择	257
10.3 单片机系统和计算机之间实现串行通信	11.1.4 数据存储器芯片的选择	259
10.3.1 RS232 串行通信工作原理	11.1.5 扩展系统 I/O 接口	260
10.3.2 MCS-51 系列单片机的串行口和控制寄存器	11.2 存储器系统扩展系统实例	260
10.3.3 原理图设计	11.2.1 扩展系统程序存储器	260
10.3.4 制作电路	11.2.2 用 SRAM 扩展数据存储器举例	262
10.3.5 程序设计	11.2.3 同时扩展数据存储器 and 程序存储器	264
10.3.6 仿真调试	11.2.4 并行接口 Flash 存储器扩展实例	265
10.4 实现与其他器件间的 I2C 通信	11.2.5 串行接口 Flash 存储器扩展实例	274
10.4.1 I <sup>2</sup> C 协议	11.3 系统扩展 I/O 口实例	278
10.4.2 原理图设计	11.3.1 利用译码器扩展 I/O 口	278
	11.3.2 利用并口扩展芯片 8255 扩展 I/O 口	280

11.3.3	8155 扩展并行 I/O 接口	282	12.4.5	仿真调试	314
11.3.4	利用串并位移寄存器芯片 扩展 I/O 口	286	12.5	实现 PWM 控制	314
11.3.5	利用 I <sup>2</sup> C 接口扩展 I/O 口	289	12.5.1	PWM 原理	314
11.4	小结	291	12.5.2	PWM 的实现和应用	314
			12.5.3	程序设计	315
<b>第 12 章</b>	<b>信号转换接口</b>	<b>292</b>	12.6	小结	317
12.1	单片机与 A/D 转换接口	293	<b>第 13 章</b>	<b>单片机综合实例</b>	<b>318</b>
12.1.1	A/D 转换原理	293	13.1	用 DS18B20 实现的温控加热模块	319
12.1.2	A/D 转换器的主要技术指标	294	13.1.1	DS18B20 性能简介	319
12.1.3	A/D 转换器的分类	295	13.1.2	DS18B20 时序及工作过程	322
12.1.4	A/D 转换器的选择原则	298	13.1.3	原理图设计	324
12.2	A/D 转换设计实例	299	13.1.4	程序设计	326
12.2.1	ADC0809 介绍	299	13.1.5	仿真调试	332
12.2.2	原理图设计	300	13.2	直流电动机控制	333
12.2.3	制作电路	301	13.2.1	C8051F300 简介	333
12.2.4	程序设计	301	13.2.2	原理图设计	334
12.2.5	仿真调试	306	13.2.3	程序设计	335
12.3	D/A 转换原理	306	13.2.4	仿真调试	340
12.3.1	D/A 转换原理	306	13.3	数据采集仪设计实例	340
12.3.2	D/A 转换器的主要技术指标	307	13.3.1	C8051F020 介绍	340
12.3.3	D/A 转换器的分类	308	13.3.2	CP2102 简介	342
12.3.4	D/A 转换器的选择	309	13.3.3	原理图设计	343
12.4	D/A 转换设计实例	310	13.3.4	程序设计	345
12.4.1	DAC0832 芯片介绍	310	13.4	小结	365
12.4.2	原理图设计	311	<b>附录 A</b>	<b>80C51 单片机 指令速查表</b>	<b>366</b>
12.4.3	制作电路	312	<b>附录 B</b>	<b>ASIIC 码表</b>	<b>370</b>
12.4.4	程序设计	312			



# 第1章

## ● MCS-51 系列单片机的起源和发展

### 本章导读

如今计算机已经走下了“神坛”，成为人们日常生活中离不开的工具和设备，我们也称其为电脑。经常会看到许多电子产品宣称采用了先进的微电脑控制。可是这个微电脑和我们平常使用的计算机有什么区别？本章将帮助你搞明白这个问题。因此，本章将主要阐述：

- 单片机的基本概念；
- 单片机的特点；
- 单片机的的发展状况。

另外，本章还将用一部分内容介绍各个单片机生产厂商的产品特点，这使得我们在今后选择芯片时不会感觉“头晕目眩”。如果读者暂时对这些内容不太感兴趣，可以直接跳过这一章继续阅读后面的内容。



## 1.1 MCS-51 系列单片机的起源

我们在一些电子产品介绍中经常会听到微电脑控制，这里的微电脑就是单片机，在国外一些厂家的产品说明里，一般称其为 Micro Controller，中文翻译成微控制器，但也有一些其他的叫法，如 MCU ( Micro Control Unit )。那么它的来历究竟如何？如果要成为一个专业的电子工程师，就需要对它有一个基本的了解。

### 1.1.1 单片机的诞生

“单片机”这个词多少有些抽象，如果我们说得详细一些，称为“单片微控制器”或者“单片微型计算机”，即使不了解它的功能，估计也能猜出个大概。因为计算机已经深入人们的生活了。单片机其实就是把一个计算机系统集成到一个芯片上，在一个芯片集成了计算机的大部分功能，这种微型计算机只用了一片集成电路，就可进行简单运算和控制。它的体积小、质量轻、价格便宜、目前广泛应用于人们的日常生活和生产中。

### 1.1.2 单片机的历史

1971 年在 Intel 公司诞生了第一个微处理器 D4004，如图 1-1 所示。在许多文章中将它和现在计算机里的 CPU 芯片来做比较，其实，说它是一个单片机更准确。它最早应用于红绿灯的控制等电子设备里，也就是说，它首先应用于工业控制系统，而不是装在我们通常使用的计算机上。所以单片机和我们现在计算机上使用的 CPU 芯片的概念区别并不大，它们都是具有运算能力的处理器，只是在功能和性能上有一定的区别。被誉为单片机之父的 Federico Faggin，在 Intel 公司主持设计完 D4004 以后，自己创立了 ZILOG 公司，设计出了 Z80 系列单片机，20 世纪 80 年代初，我国大力引进 Z80 单片机，许多老一代工程师都使用 Z80 单片机做设计，故 Z80 在我国有着深远的影响。当时工业控制系统，大型机械，许多需要单片机控制的地方都可见到 ZiLOG Z80 的踪影。当时大学的单片机教材也讲的是 Z80 单片机。然而由于 Zilog 公司策略的改变，Z80 也就逐渐退出了中国市场。这时候 Intel 的 MCS-51 开始占领中国市场，大学的单片机教材也开始以 MCS-51 系列为主。同期流行的还有 Motorola 单片机。到目前为止，单片机的发展过程大致可以分为三代。

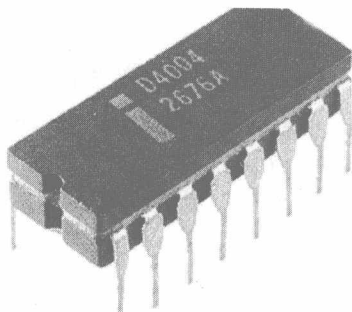


图 1-1 微处理器 D4004

第一代：70 年代后期，4 位逻辑控制器件发展到 8 位。使用 NMOS 工艺（速度低，功耗大、集成度低）。代表产品：MC6800、Intel 8048。

第二代：80 年代初，采用 CMOS 工艺，并逐渐被高速低功耗的 HMOS 工艺代替。代表产品：Intel 8051、MC146805。

第三代：从 Flash 使用开始 MCU 技术进入了第四代。近十年来，MCU 的发展出现了以下这些新特点：

- 在单片机上集中了各种资源，A/D、D/A、PWM 等各种资源；
- MCU 提供了更多的串行接口，SPI、I<sup>2</sup>C、SMBus、USB、以太网接口等；
- 提高了总线宽度，除了更新基本的 8 位单片机，还推出了 16 位、32 位单片机；
- 大幅度提高单片机运行速度，最快的单片机可达 100MPIS，是普通 51 型单片机的 100 倍；
- 降低功耗，提高了可靠性，工作电压已降至 3.3V，可满足各种便携式设计要求。

我们通常使用的是个人计算机，简称 PC 机，也叫做电脑。它由主机、键盘、显示器等组成（如图 1-2 所示）。而单片机（亦称微控制器）有所不同，它经常应用各种电器和工业控制系统中，通常我们看不到其真面貌，它能把智能赋予各种机械、电子执行机构。并且因为它体积小，通常安装在电子产品的内部。它在整个装置中，起着神经中枢的作用，是设备的“脑”，控制着整个设备的运行。现在，单片机的使用领域已十分广泛，如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器等。使用了单片机的电子产品，常被称做“智能型”或者“微电脑控制”，如智能型洗衣机等。目前单片机已渗透到我们生活的各个领域，工业、民用、军事领域均有涉及。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，自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械，汽车的电子控制系统，录像机、摄像机、全自动洗衣机，以及程控玩具、电子宠物等，都离不开单片机。

由此可以看出单片机的广泛使用。因此，学习和掌握单片机的使用是电子工程师必须学习的重要技能。

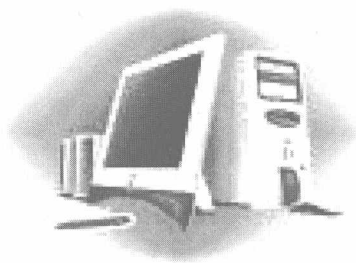


图 1-2 计算机

### 1.1.3 MCS-51 单片机的历史

MCS-51 单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的产品，与 MCS-48 单片机相比，它的结构更先进，功能更强，在原来的基础上增加了更多的电路单元和指令，指令数达 111 条。MCS-51 单片机是相当成功的产品，一直到现在，MCS-51 系列或其兼容的单片机仍



是应用的主流产品。因此，MCS-51 系列是学习单片机的入门首选。

MCS-51 以其典型的结构和完善的总线丰富的指令系统，堪称是单片机发展史上的一个“里程碑”，为以后的其他单片机的发展奠定了基础。正因为其优良的性能和完善的结构，导致后来的许多厂商多沿用或参考了其体系结构，许多国外大的芯片厂商都有自己 51 架构的单片机，使 MCS-51 单片机得到了丰富和发展，像 PHILIPS、Dallas、ATMEL 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品，中国台湾的 Winbond 公司也发展了兼容 51 型（人们习惯将 MCS-51 简称 51，如果没有特别声明，两者都是 MCS-51 系列单片机）的单片机品种。

### 1.1.4 MCS-51 系列单片机的特点

MCS-51 系列单片机主要包括 8031、8051 和 8751 等通用产品，其主要功能如下。

(1) 8051 是 MCS-51 系列单片机中的代表产品，它内部集成了功能强大的中央处理器，包含了硬件乘除法器、21 个专用控制寄存器、4KB 的程序存储器、128 字节的数据存储器、4 组 8 位的并行口、两个 16 位的可编程定时/计数器、一个全双工的串行口以及布尔处理器。8051 的详细功能说明如下：

- 8 位 CPU
- 4KBytes 程序存储器 (ROM)
- 128Bytes 的数据存储器 (RAM)
- 32 条 I/O 口线
- 111 条指令，大部分为单字节指令
- 21 个专用寄存器
- 2 个可编程定时/计数器
- 5 个中断源，2 个优先级
- 一个全双工串行通信口
- 外部数据存储器寻址空间为 64KB
- 外部程序存储器寻址空间为 64KB
- 逻辑操作位寻址功能
- 双列直插 40PinDIP 封装
- +5V 电源供电

(2) MCS-51 系列单片机具有比较大的寻址空间，地址线宽达 16 条，即外部数据存储器和程序存储器的寻址范围达  $2^{16}=64\text{kB}$ ，这对于单片机控制来说是比较大的，还同时具备对 I/O 口的访问能力。此外，MCS-51 采用模块化结构，可方便地增删一个模块就可成为引脚和指令兼容的新产品，从而容易使产品形成系列化。

(3) 由于 MCS-51 系列单片机集成了 8 位中央处理单元，中央处理单元中又集成了方便灵活的专用寄存器，硬件的加、减、乘、除法和布尔处理机及各种逻辑运算和转移指令，使其具有较强的数据处理能力。

(4) MCS-51 系列单片机的指令系统很丰富，指令系统中包含了全面的数据传送指令、

完善的算术和逻辑运算指令、方便的逻辑操作和控制指令。对于编程来说，是相当灵活和方便的。

(5) MCS-51 系列单片机的工作频率为 2MHz ~ 12MHz，当振荡频率为 12MHz 时，一个机器周期为 1 $\mu$ s，这个速度是比较快的。

(6) 8051 中集成的各种中断源，用户可以十分方便地控制和使用其功能，这使得它的应用范围更大，并且可以说，这些中断源基本满足绝大部分的应用场合。

(7) MCS-51 系列单片机把微型计算机的主要部件都集成在一块芯片上，这使得其可靠性更高，运行速度更快。由于属于芯片化的微型计算机，各功能部件在芯片中的布局 and 结构达到最优化，抗干扰能力加强，工作也更加稳定。因此，在工业测控系统中，使用单片机是最理想的选择。

(8) MCS-51 系列单片机的开发环境要求较低，软件资源十分丰富，介绍其功能特性书籍和开发软件很多，在众多的单片机品种中，51 型单片机的环境资源是最丰富的，这给用户带来了极大的设计便利。

## 1.2 MCS-51 系列单片机的发展现状

### 1.2.1 概述

目前单片机的发展是日新月异，百家争鸣，世界上各大芯片制造公司都推出了各自系列的单片机产品，从 8 位、16 位到 32 位，数不胜数，应有尽有，有与主流 51 系列兼容的，也有不兼容的，但它们各具特色，为单片机的应用提供广阔的天地。纵观单片机的发展过程，可以清晰地看到如下的单片机的发展趋势。

(1) MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630mW，而现在的单片机普遍都在 100mW 左右，随着对单片机功耗要求越来越低，现在的各个单片机制造商基本上都采用了 CMOS（互补金属氧化物半导体）工艺技术。像 80C51 就采用了 HMOS（高密度金属氧化物半导体）工艺和 CHMOS（互补高密度金属氧化物半导体）工艺技术。CMOS 虽然功耗较低，但由于其物理特征决定其工作速度不够高，而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点，这些特征，更适合于要求低功耗，比如电池供电的应用场合。所以使用 CHMOS 这种工艺将是今后一段时期内单片机发展的主要方向。

(2) 现在常规的单片机普遍都是将中央处理器（CPU）、随机存取数据存储（RAM）、只读程序存储器（ROM）、并行和串行通信接口，中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上，增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PMW（脉宽调制电路）、WDT（看门狗）、有些单片机将 LCD（液晶）驱动电路都集成在一块芯片上，这样单片机包含的单元电路就更多，功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做，制造出具有自己特色的单片机芯片。此外，现在的产品普遍要求体积小、质量轻，这就要求单片机除了功能强和功耗低外，还要求其体积小。现在的许多单片机还都具有多种封装形式，其中 SMD（表面封装）越来越受欢迎，使得由单片机构成的系统朝微型单片化方向发展。





(3) 现在虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以 80C51 为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有 PHILIPS 公司的产品,ATMEL 公司的产品和中国台湾的 Winbond 系列单片机,故以 C8051 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集 (RISC) 也有着强劲的发展势头,中国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量增加很快,加上其低价质优的优势,也占据一定的市场份额。此外还有 MOTOROLA 公司的产品,日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补,相辅相成、共同发展的道路。

(4) 越来越多的附加功能。现在新推出的单片机除了基本功能之外,都推出了带有 A/D 转换, D/A 转换单片机型号,另外还有 PWM 功能,有的芯片还集成 CPLD,故可以说单片机的功能越来越多,在许多设计中一个单片机只需要很少的外围电路就可以实现设计任务,真正实现了单芯片化。

## 1.2.2 最新 51 系列单片机介绍

近年来 51 单片机获得了飞速的发展,它的发源公司 Intel 由于忙于开发 PC 及高端微处理器而无精力继续发展自己的单片机,而由其他厂商将其发展,因此许多单片机厂商都推出了自己的单片机。下面分别介绍最常见的拥有 51 架构的单片机厂商。

- ATMEL (爱特梅尔) 51 系列单片机

ATMEL 公司创建于 1984 年,是世界上高级半导体产品设计、制造和行销的领先者。ATMEL 公司推出的 AT89Cxx 系列兼容 51 型的单片机,完美地将 Flash (非易失闪存技术) EEPROM 与 80C51 内核结合起来,仍采用 51 型的总体结构和指令系统,Flash 的可反擦写程序存储器能有效地降低开发费用,并能使单片机多次重复使用。ATMEL 的 51 单片机在我国得到广泛使用,其常用的一些单片机型号列表,如表 1-1 所示。

表 1-1 ATMEL 单片机型号

MICROCONTROLLERS			
80C51 8-bit Microcontrollers			
In-System Programmable (ISP) Flash			
Part Number	Description	Memory Size	Availability
AT89S51	In-System Programmable Microcontroller with 4-Kbyte Flash	4K×8	Now
AT89LS51	2.7-volt, In-System Programmable Microcontroller with 4-Kbyte Flash	4K×8	Now
AT89S52	In-System Programmable Microcontroller with 8-Kbyte Flash	8K×8	Now
AT89LS52	2.7-volt, In-System Programmable Microcontroller with 8-Kbyte Flash	8K×8	Now
AT89S8253	In-System Programmable Microcontroller with 12-Kbyte Flash and 2-Kbyte EEPROM	12K×8	Now
T89C5115	Low-pin Count, In-System Programmable Microcontroller with 16-Kbyte Flash and 2-Kbyte EEPROM, 512-byte RAM, 10-bit ADC, PCA	16K×8	Now