

电气信息工程丛书

# 51单片机快速上手

陈志旺 李亮 等编著

“三个统一”学习单片机：

- 一般(微机)与特殊(单片机)的统一
- 硬件与软件的统一
- 内部结构与外部引脚的统一



配套资源

下载网址：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

- USB 转串口固化程序及驱动
- ATMEGA8 程序固化软件
- SST89E58 引导程序固化软件



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

电气信息工程丛书

# 51 单片机快速上手

陈志旺 李亮 等编著



机械工业出版社

本书依据单片机的结构与功能系统地介绍了 51 系列单片机的原理及应用技术,如 51 的结构与原理、指令系统与程序设计、中断系统与定时/计数器、串行接口与系统扩展等重要知识。本书以培养读者的实际动手能力为突破口,在利用“三个统一”法讲授单片机知识的基础上,通过自制仿真板为每章创造实践条件,使理论紧密结合实际。

本书可作为单片机初学者的入门教程,也可作为高等院校机电工程、自动化、仪表测控等相关专业的单片机课程的课外读物,还可作为广大工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

51 单片机快速上手 / 陈志旺等编著. —北京:机械工业出版社, 2009.8

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-27815-3

I. 5… II. 陈… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 124365 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟 常建丽

责任印制:洪汉军

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2009 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·23.25 印张·574 千字

0001—3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27815-3

定价:39.00 元

凡购本图书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294 68993821

购书热线电话(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着微电子技术的发展，单片机的新机种不断推出，其性能更高，资源更丰富。目前衡量一个单片机研发工程师能力的标准，已不再是看他掌握了多少种单片机，而是看他能在多短的时间内熟悉一种新的单片机并将其应用到实际中去。因此，学习的目的已不再是单纯的知识获取，而是侧重能力的培养。因为 51 单片机几乎具有一个单片机应该具有的所有资源，其典型性是众所周知的，所以高校中的单片机课程还是以 51 单片机为主体。单片机入门，不在于掌握最先进的单片机的用法，而在于解决以下 3 个问题：单片机“是什么”；单片机能“干什么”；单片机“如何学”。解决了这 3 个问题，学好 51 单片机，就能以一通百，例如 AVR、PIC、MSP430、ARM 这几款单片机，虽资源更多，功能更强，但原理还是微机原理，用法还是程序控制。解决上述 3 个问题是本书的目的，强调学法是本书的特色之一，学法得当才能提高效率，这也是本书“快速上手”中“快”字的含义。

## 1. 学习建议

单片机应用的学习可以分为 3 个层次：首先是熟练掌握单片机的基本原理，特别是一些共有的技术需要好好理解和掌握。其次，就是在掌握好一款单片机原理和应用的基础上，开始学习其他厂家的单片机，尽可能多地掌握单片机的一些外围器件和常用电路。单片机开发是一个比较小的工程项目，往往一个人就可以完成，所以要求这个人必须掌握画板、布线和编程调试。在项目开发过程中可将一些常用的接口程序和控制算法整理成模块或者函数，在其他的项目开发中，有同样的或接近的需求时马上就可以使用。最后，就是在有了大部分技术知识和项目背景的积累之后，可以根据不同的应用背景，使用合适的单片机和最合理的软件框架对这个系统快速而准确地做出设计，引导其他工程师进一步完成项目开发。

很多人在谈单片机开发时，经常会将重点放在某一款芯片上，其实，芯片只是一种工具，方法才是根本。做项目，应该关注的是项目的功能和性能要求，然后采用反推法来分析要实现这些功能需要什么样的资源，采用什么方法或算法，这才是关键！特别是在解决各种问题时，设计思想、原理和方法是最重要的。

学好单片机，拥有一本好书就足够了。在大概了解书上的内容后进行实践，是非常关键的。关于实践有两种方法可供选择，一种方法是自己花钱买一块单片机的仿真板，不要求功能太全，对于初学者来说，若买功能非常多的那种板子，上面有很多功能不常用，实际上夹板配有流水灯、数码管、独立键盘、矩阵键盘、A/D 或 D/A、液晶、蜂鸣器的就可以了。如果能熟练应用上面提到的这些硬件，对单片机的硬件就已经入门了。另一种方法是如果身边有单片机方面的高手，可向他求助，让他帮你搭个简单的最小系统板。本书的第 13 章，就是帮助大家自己开发一块方法一所提到的仿真板。

## 2. 本书特色

本书涉及的内容都是最基本的知识点，但在写法上力求说细讲透，充分考虑了入门者的特点，也考虑了教学的需要，其内容涉及了授课、课程设计和生产实习等环节。

另外，根据多年的教学经验，编者利用了“三个统一”来讲单片机：

### (1) 一般与特殊的统一

单片机的前导课程是“微机原理”，微机原理的主角是 80x86 芯片，而不是单片机，但单

片机也是微机的一种，符合冯·诺依曼计算机结构，采用二进制运算，可用汇编语言编程，因此，分清微机原理和单片机的异同，复习相同的内容，把精力放到相异的地方，可以有所侧重。另外，从大家熟悉的 PC 入手，理解单片机会加深初学者对概念的感性认识。本书的内容也是以微机原理为框架进行编写的。

### (2) 硬件与软件的统一

硬件是基础，软件是灵魂，软件依据硬件而起作用。单片机的寻址方式及传送指令一直是单片机学习中的难点问题，因为它们的类别繁多，死记硬背十分枯燥且不易记住。如果依据硬件与软件的统一理念，牢记内部 RAM 结构图，深入领会 51 单片机对程序存储器和数据存储器的设计特色，将在后续学习传送指令的过程中产生很好的学习效果，将很清楚指令中的数据从什么地方来，到什么地方去，难记的指令不需死记硬背就能掌握；本书的寻址方式也是按照操作数在存储器中的位置进行分类的；讲解中断、定时/计数器、串行接口要和相应的控制寄存器结合起来，这也是软硬件结合的体现。

### (3) 内部结构与外部引脚的统一

单片机对使用者来说是个“黑箱”，可见的只有 40 个引脚，但学习的过程中不能仅仅关注引脚的功能，而应深入把握决定引脚的内部结构，因为只有在扎实的理论指导下实践，才会提升开发、设计单片机应用系统的能力。另外，把握“外”与“内”的统一，也是为了培养学生良好的工程素养，即培养阅读器件类文献时先看内部结构图，再看引脚，养成良好的习惯进而提高工作效率。

## 3. 写作特点

本书在讲解某些较难理解的概念时恰当地引入了易于理解、通俗易懂的类比，如独立编址和统一编址采用了门牌号的比喻；中断采用了厂长巡视的比喻；定时器采用了沙漏的比喻，这些方法都有助于读者快速掌握基本概念。

本书还将许多易混的知识点以一题多解、表格的方式呈现出来，不仅能启迪思维，还能提醒读者不要混淆类似知识点。

由于实践在单片机的学习过程中占有非常重要的位置，而目前的单片机仿真器价格昂贵，一般的初学者往往感觉价格昂贵，因此本书最后给出了单片机简易仿真板的制作及使用方法，并结合各章内容给出此仿真板的配套程序。此仿真板还有一个特点就是对于没有串口只有 USB 口的计算机也能在线仿真，这对于当前缺少串口的笔记本来说使用非常方便。

为了方便读者对本书内容的学习，作者提供了相关的程序及软件，读者可到 [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com) 下载。

本书由刘福才教授主审。本书第 9 章由李亮编写，赵佳伟、张永顺同学参与了第 13 章部分程序的编写，其余各章由陈志旺编写，全书由陈志旺统稿。刘志辉、刘文龙、李素、王涛、武丽霞、谢亮、随培培、曹亮、燕翠霞、武亮亮等同学参与了本书文稿的校对和修改工作。

限于水平，书中难免有错误与疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 单片机基础知识</b> .....	1
1.1 单片机概述 .....	1
1.1.1 嵌入式系统与单片机 .....	1
1.1.2 单片机发展 .....	3
1.1.3 单片机编程语言的选择 .....	7
1.1.4 单片机仿真软件 .....	8
1.2 MCS-51 单片机的分类 .....	9
1.3 数制 .....	14
1.4 码制 .....	17
1.5 练习题 .....	18
<b>第 2 章 单片机硬件结构</b> .....	20
2.1 51 单片机的硬件整体结构 .....	20
2.1.1 微机系统的 3 个层次 .....	20
2.1.2 单片机的硬件组成 .....	23
2.1.3 单片机的总线 .....	25
2.2 微处理器 .....	26
2.3 存储器 .....	27
2.3.1 51 单片机存储器结构 .....	27
2.3.2 片内 RAM .....	28
2.3.3 片内 ROM .....	35
2.3.4 片外 RAM 和片外 ROM .....	35
2.4 I/O 并行端口 .....	36
2.4.1 P0 口的结构 .....	36
2.4.2 P1 口的结构 .....	38
2.4.3 P2 口的结构 .....	38
2.4.4 P3 口的结构 .....	39
2.4.5 并行端口的负载能力 .....	40
2.5 时序电路 .....	40
2.6 复位电路 .....	42
2.7 电源引脚 .....	44
2.8 单片机最小系统 .....	44
2.9 练习题 .....	46
<b>第 3 章 单片机指令系统</b> .....	47
3.1 指令系统的基本概念 .....	47

3.2	指令格式	49
3.3	指令的分类	50
3.4	指令描述符号介绍	51
3.5	寻址方式	52
3.5.1	操作数为立即数的寻址方式	52
3.5.2	操作数为寄存器的寻址方式	53
3.5.3	操作数为存储单元的寻址方式	53
3.5.4	操作数为位的寻址方式	56
3.5.5	操作数为 I/O 接口的寻址方式	57
3.5.6	寻址方式总结	57
3.6	指令系统学习方法概述	58
3.7	指令系统	60
3.7.1	数据传送指令	60
3.7.2	算术运算类指令	69
3.7.3	逻辑操作与移位指令	74
3.7.4	控制转移指令	77
3.7.5	位操作指令	82
3.7.6	指令冗余	84
3.8	指令执行过程	87
3.9	练习题	88
<b>第 4 章</b>	<b>汇编语言程序设计</b>	<b>90</b>
4.1	程序设计结构风格	90
4.2	汇编程序细节规范	92
4.3	流程图	97
4.4	伪指令	98
4.5	结构化程序设计方法	99
4.5.1	顺序程序	99
4.5.2	分支程序	99
4.5.3	循环程序	101
4.5.4	查表程序	107
4.5.5	子程序	108
4.6	汇编语言程序设计实例	108
4.6.1	算术运算程序	108
4.6.2	数制转换程序	112
4.7	练习题	114
<b>第 5 章</b>	<b>中断系统</b>	<b>115</b>
5.1	中断的基本概念	115
5.2	51 单片机的中断系统结构	118
5.2.1	中断源	119

5.2.2	中断触发标志	119
5.2.3	中断标志位	119
5.2.4	中断允许位	120
5.2.5	中断优先级	120
5.2.6	中断源入口地址	121
5.3	51 单片机的中断处理过程	121
5.3.1	中断响应条件	122
5.3.2	中断响应过程	123
5.3.3	中断返回	123
5.4	中断系统应用实例	124
5.5	练习题	125
<b>第 6 章</b>	<b>定时/计数器</b>	126
6.1	定时/计数器概述	126
6.2	51 定时/计数器的结构和工作原理	127
6.3	单片机对内部 T0/T1 的控制	128
6.4	51 定时/计数器的工作方式	130
6.5	对输入信号的要求及运行中读定时/计数器	133
6.6	51 定时/计数器初值计算	134
6.7	51 定时/计数器应用实例	135
6.8	练习题	140
<b>第 7 章</b>	<b>串行接口</b>	141
7.1	串行通信基础	141
7.1.1	串行通信的基本概念	141
7.1.2	串行通信的接口标准	147
7.2	51 单片机的串行口	150
7.2.1	串行口的结构	150
7.2.2	串行口控制寄存器	151
7.2.3	串行口的工作方式	152
7.3	串行口的应用实例	162
7.3.1	单片机的点对点通信	163
7.3.2	单片机的多机通信	166
7.4	练习题	174
<b>第 8 章</b>	<b>扩展存储器设计</b>	175
8.1	外部总线扩展	175
8.2	存储器概述	176
8.2.1	存储器层次结构	176
8.2.2	内存的分类	177
8.2.3	存储器的性能指标	177
8.3	常用的扩展存储器芯片	178



8.4	片外存储器扩展编址技术 .....	183
8.4.1	线选法 .....	183
8.4.2	译码法 .....	184
8.4.3	译码方法比较 .....	186
8.5	练习题 .....	187
<b>第 9 章</b>	<b>扩展 I/O 接口设计 .....</b>	<b>188</b>
9.1	I/O 接口的基本模型 .....	188
9.2	8255A 概述 .....	190
9.2.1	可编程芯片总体要求及典型的并行口组成 .....	190
9.2.2	8255A 的内部结构与引脚功能 .....	191
9.2.3	8255A 的控制字 .....	193
9.2.4	8255A 的工作方式 .....	194
9.3	练习题 .....	196
<b>第 10 章</b>	<b>人机交互设备 .....</b>	<b>197</b>
10.1	LED 显示器接口扩展 .....	197
10.2	LCD 显示器概述 .....	203
10.3	键盘接口扩展 .....	204
10.4	专用键盘/显示器控制芯片 8279 .....	212
10.5	练习题 .....	216
<b>第 11 章</b>	<b>输入输出通道接口技术 .....</b>	<b>218</b>
11.1	输入输出通道接口技术概述 .....	218
11.2	模拟输入通道接口技术 .....	219
11.2.1	A/D 转换接口技术 .....	219
11.2.2	ADC 0809 原理及应用 .....	224
11.3	模拟输出通道接口技术 .....	228
11.3.1	D/A 转换接口技术 .....	228
11.3.2	DAC 0832 原理及应用 .....	230
11.4	数字量接口 .....	237
11.4.1	数字量输入接口 .....	237
11.4.2	数字量输出接口 .....	238
11.5	练习题 .....	240
<b>第 12 章</b>	<b>单片机应用系统开发和调试 .....</b>	<b>241</b>
12.1	单片机应用系统的性能要求 .....	241
12.2	单片机应用系统的总体方案设计 .....	242
12.3	单片机系统硬件设计注意事项 .....	244
12.4	单片机系统软件设计注意事项 .....	245
12.5	单片机系统的抗干扰技术 .....	249
12.6	单片机应用系统的调试 .....	257
12.6.1	硬件调试 .....	257

12.6.2	软件调试 .....	261
12.6.3	实际应用调试 .....	262
12.7	单片机系统说明书 .....	263
<b>第 13 章</b>	<b>51 单片机教学仿真板 DIY .....</b>	<b>264</b>
13.1	电子技术入门学习内容综述 .....	264
13.1.1	电子技术基础知识 .....	264
13.1.2	如何读懂电路图 .....	266
13.2	Keil C51 概述 .....	267
13.2.1	Keil C51 简介 .....	267
13.2.2	Keil C51 工程的建立 .....	267
13.2.3	编译连接 .....	269
13.2.4	仿真器设置 .....	270
13.2.5	程序仿真过程中的控制 .....	271
13.3	自制单片机仿真板硬件概述 .....	272
13.3.1	单片机仿真器的元件 .....	273
13.3.2	RS-232 电平与仿真芯片连接电路 .....	274
13.3.3	SST89E58RD 芯片功能 .....	274
13.3.4	SST89E58RD 仿真程序烧入 .....	276
13.3.5	USB 与 SST89E58RD 连接 .....	278
13.4	供电电路 .....	283
13.5	单片机程序下载 .....	284
13.5.1	标志字节 .....	284
13.5.2	程序存储器的加密 .....	284
13.5.3	通过并行方式下载程序 .....	285
13.5.4	通过 SPI 方式下载程序 .....	288
13.6	单片机 I/O 口示例程序 .....	294
13.6.1	应用 I/O 口的流水灯 .....	294
13.6.2	蜂鸣器的简单应用 .....	296
13.7	8255 简单应用示例程序 .....	299
13.7.1	应用 8255 的流水灯 .....	299
13.7.2	通过拨码开关改变流水灯花样 .....	300
13.8	LED 显示示例程序 .....	303
13.9	中断示例程序 .....	304
13.10	定时/计数器示例程序 .....	306
13.10.1	开关计数器 .....	306
13.10.2	秒定时器 .....	307
13.10.3	数字频率计 .....	310
13.10.4	音乐播放器 .....	313
13.11	ADC 0809 示例程序 .....	315

13.12 综合程序 .....	321
13.12.1 温度监控系统 .....	321
13.12.2 数字电子钟 .....	329
13.12.3 音乐盒 .....	340
附录 .....	347
附录 A ASCII 码表 .....	347
附录 B MCS-51 系列单片机指令表 .....	348
附录 C 51 单片机与 8086 指令系统比较 .....	351
附录 D 仿真板原理图 .....	358
附录 E 单片机技术相关网站 .....	359
参考文献 .....	360

# 第 1 章 单片机基础知识

## 1.1 单片机概述

### 1.1.1 嵌入式系统与单片机

现代的高科技产品机电一体化是其主要特点。机电一体化的结构要素很多，与人体对比，有 5 大要素是必需的，人体的 5 大要素及功能如图 1-1、图 1-2 所示，机电一体化系统的 5 大要素及功能如图 1-3、图 1-4 所示。

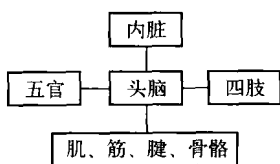


图 1-1 人体的 5 大要素

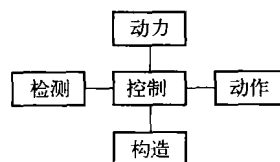


图 1-2 人体 5 大要素的功能

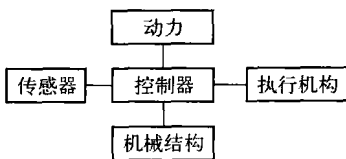


图 1-3 机电一体化系统的 5 大要素

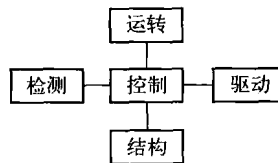


图 1-4 机电一体化系统 5 大要素的功能

机电一体化系统的动力部分，就像人体内脏产生能量去维持生命运动一样，为系统提供能量和动力功能，去驱动执行机构，使系统正常运转。

传感器部分，就像是人的五官，将检测到的信息传递给大脑，再由大脑作出相应的反应一样，其功能就是将系统运行中所需要的各种参数及状况检测出来，变成一种可以测定的物理量，传递到信息处理部分，经过处理后根据需要作出“反应”。

机械结构部分，就像人体的肌、筋、腱、骨骼接受大脑指挥去驱动四肢运动一样，在控制部分的指挥下，去驱动各执行部分完成各种动作和功能。

执行机构部分，就像人的四肢由大脑指挥去完成每项任务和工作一样，当接到信息处理部分发出的命令后，去执行指令所要求的功能和动作。

控制器部分，就像人的大脑指挥和控制全身运动并能记忆、思考和判断问题一样，将来自传感器的检测信息集中、存储并进行处理，然后按照一定的程序和节奏发出各种指令去指挥和控制整个系统运行。

由图 1-3 可知，控制器是整个机电一体化产品的核心，它经常由微型计算机系统来充当，在某些产品当中，体积微小的微型计算机系统嵌入到对象体系中，因此被称为嵌入式系统。

### (1) 嵌入式系统的定义

嵌入式系统是指以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可剪裁，能适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。它主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统，以及用户应用软件等部分组成。通常嵌入式系统都被嵌入在主要设备之中。IEEE 对于嵌入式系统的定义是：用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置(An Embedded system is the devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素。对象系统则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。

按照上述嵌入式系统的定义，只要满足定义中 3 要素的计算机系统，都可称为嵌入式系统。嵌入式系统按形态可分为设备级（工控机）、板级（单板、模块）和芯片级。

国际上公认的通用嵌入式处理器有 3 大类：微控制器（Micro Controller Unit, MCU）、数字信号处理器（DSP）和微处理器（Micro-Processor Unit, MPU），见表 1-1。TI 公司曾把处理器比作汽车：DSP 是跑车，追求的是速度；MPU 是轿车，追求的是经济性与速度的折中；MCU 是满足特殊用途的车。

表 1-1 MPU、MCU 和 DSP

	微处理器 (MPU)	微控制器 (MCU)	数字信号处理器 (DSP)
定义	包括运算器和控制器，核心只保留了与嵌入式应用有关的功能，并在功耗、功能配置、封装形式、可靠性等方面进行了改进	微控制器的最大特点是单片化，体积大大减小，从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器的片上外设资源一般比较丰富，适合于控制，因此称为微控制器	DSP 是专门用于信号处理方面的处理器，其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计，在数字滤波、FFT、频谱分析等各种仪器上 DSP 获得了大规模的应用
优点	体积小、功耗低、成本低、可靠性高	单片化、体积小、功耗和成本低、可靠性高	在信号处理方面有得天独厚的优势
缺点	片内资源电路不足，必须配备 ROM、RAM、总线接口和各种外设接口等	总线宽度一般为 4 位、8 位或 16 位，处理速度有限，一般每秒几百万条指令，进行一些复杂的应用很困难，运行操作系统就更难了	DSP 是运算密集处理器，一般用于快速执行算法，做控制比较困难。为了追求高执行效率，不适合运行操作系统，核心代码使用汇编语言
代表	AM186/88、386EX、PowerPC	MCS-51、MCS-96、S1C33、MSP430 等	

### (2) 以单片机为核心的嵌入式系统的特点

1) 由于系统规模较小，其本身不具有自我开发能力，需借助专用的开发工具进行系统的开发和调试，使得实际应用系统简单实用、成本低、效益好。

2) 系统配置以满足对象的控制要求为出发点，使得系统具有较高的性能价格比。

3) 应用系统通常将程序驻留在 ROM 中，无需软硬磁盘作软件载体，使系统不易受到干扰，可靠性高，使用方便。

4) 系统小巧玲珑，控制功能强，体积小，便于安装于被控设备之内，如数控机床、机器人、洗衣机、电冰箱、电饭锅等典型的机电一体化设备和产品。

## 1.1.2 单片机发展

20 世纪跨越了 3 个“电”的时代，即电气时代、电子时代和现已进入的电脑时代。这种电脑通常是指个人计算机，简称 PC。它由主机、键盘和显示器等组成。还有一类计算机，它把智能赋予各种机械，称为单片机。顾名思义，这种计算机的最小系统只用了一片集成电路，即可进行简单运算和控制。因为它体积小，所以通常都藏在被控机械的“肚子”里。嵌入了单片机的产品，常在产品名称前冠以形容词“智能型”，如智能型洗衣机等。

单片机是世界上数量最多的计算机。现代人类生活中所用的几乎每件电子和机械产品中都会集成有单片机。手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑，以及鼠标等电脑配件中都配有 1~2 个单片机。而 PC 中也会有为数不少的单片机在工作。汽车上一般配备 40 多个单片机，复杂的工业控制系统上甚至可能有数百个单片机在同时工作。单片机是一种在线式实时控制计算机，在线式就是现场控制，需要有较强的抗干扰能力，较低的成本，这也是单片机和离线式计算机（如家用 PC 等）的主要区别。

单片机由专用微处理器芯片发展而来。最早的设计理念是通过将大量外围设备和微处理器集成在一个芯片中，使计算机系统更小，更容易集成进复杂的而对系统要求严格的控制设备当中。Intel 的 Z80 是最早按照这种思想设计出的处理器，从此以后，单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。单片机的出现是随着微型计算机及其微处理器芯片在智能测控系统中的应用而发展起来的。

从时间上来讲，单片机诞生于 20 世纪 70 年代末，1973 年 TI 公司注册了世界上第一个单片机专利。若从 8 位单片机芯片出现开始，大致可归纳为以下 4 个阶段。

### （1）第一阶段（1976~1978）：单片机的探索阶段

以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。该系列单片机早期产品在芯片内集成有 8 位微处理器、1KB 程序存储器（ROM）、64B 数据存储器（RAM）、24 根 I/O 线和 1 个 8 位定时/计数器。

此阶段单片机的主要特点是：在单个芯片内完成了微处理器、存储器、I/O 接口、定时/计数器、中断系统和时钟等部件的集成。但存储器容量较小，寻址范围小（不大于 4KB），无串行接口，指令系统功能不强。

### （2）第二阶段（1978~1982）：单片机的完善阶段

Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机 MCS-51 系列。该系列单片机在芯片内集成有 8 位微处理器、4KB 程序存储器（ROM）、128B 数据存储器（RAM），4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口和 2 个 16 位定时/计数器。其寻址范围最大为 64KB，并集成有控制功能较强的布尔处理器（完成位处理功能）。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构：设置了经典的 8 位单片机的总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口；微处理器外围功能单元的集中管理模式；体现工控特性的位地址空间及位操作方式；指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

此阶段单片机的主要特点是：结构体系完善，性能已大大提高，面向控制的特点进一步突出。

(3) 第三阶段 (1982~1990): 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段

以 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机为代表, 该系列单片机在芯片内集成有 16 位微处理器、8KB 程序存储器 (ROM)、232B 数据存储器 (RAM)、4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口和 2 个 16 位定时/计数器。其寻址范围最大为 64KB。片上还有 8 路 10 位 AD 转换器、1 路 PWM (D/A) 输出及高速 I/O 部件等。

该阶段单片机的主要特点是: 片内面向测控系统外围电路增强, 使单片机可以方便灵活地用于复杂的自动测控系统及设备。至此, “微控制器”的称谓更能反映单片机的内在本质。

(4) 第四阶段 (1990 至今): 微控制器的全面发展阶段

随着单片机在各个领域全面深入的发展和运用, 出现了高速、大寻址范围、运算能力强的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。20 世纪 90 年代后, 随着消费电子产品的发展, 单片机技术得到了巨大的提高。随着 Intel960 系列, 特别是后来的 ARM (Advanced RISC Machines) 系列的广泛应用, 32 位单片机迅速取代了 16 位单片机的高端地位, 并且进入主流市场。目前, 高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz, 性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器, 而价格也非常便宜。当代单片机系统不仅在裸机环境下开发和运用, 大量专用的嵌入式操作系统已被广泛应用在单片机上, 而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

1997 年, 系统单芯片 (System-on-Chip, SoC) 的重要概念被提了出来。使用 SoC 技术设计系统的核心思想, 就是要把整个应用电子系统全部集成在一个芯片中。SoC 技术除了那些无法集成的外部电路或机械部分以外, 将其他所有的系统电路全部集成在一起, 如图 1-5 所示。从某种意义上说, SoC 为单片机应用提供了更广阔的应用技术, 并赋予了单片机更强大的生命力。因为, 如果整个 SoC 目标系统的核心是一个单片机, 那么, 这个系统设计成功之后就不仅是真正意义上的单片机, 而且还实现了真正的系统单片机。这正是单片机强大生命力的根源。

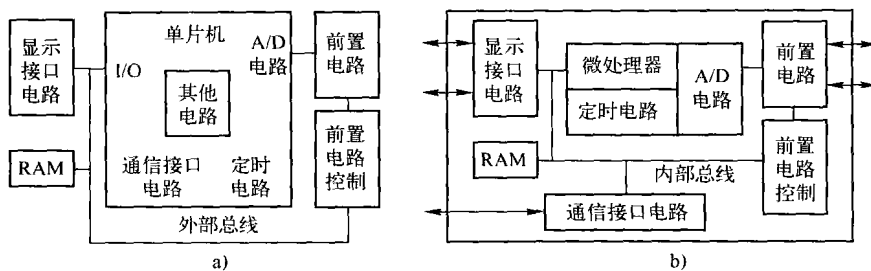


图 1-5 现有的单片机系统和 SoC 单片机系统

a) 现有的单片机系统 b) SoC 单片机系统

在未来相当长的时期内, 8 位单片机仍将是市场的主流产品, 这是因为单片机主要是以功能为主的, 注重的是产品的可靠性、经济性和嵌入性, 如果能用 4 位或 8 位单片机满足应用需求, 就没必要用 16 位单片机。而多年的应用实践已经证明, 80C51 的系统结构合理、技术成熟。因此, 许多单片机芯片生产厂商倾力于提高 80C51 单片机产品的综合功能, 使它的

处理能力比 20 世纪 80 年代提高了数百倍，从而形成了 80C51 的主流产品地位，而且它的换代产品也如雨后春笋，而且功能更加丰富。但随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭，在此领域 32 单片机将大显身手。因此 32 位单片机将会与 8 位单片机并驾齐驱。

随着微电子技术的迅速发展，目前各个公司研制出了能够适用于各种应用领域的单片机。高性能单片机芯片市场也异常活跃，新技术使单片机的种类、性能不断提高，应用领域迅速扩大。单片机性能的提高和改进，有以下几个方面。

#### (1) 微处理器的改进

1) 采用双微处理器结构，提高了芯片的处理能力，如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机均采用双微处理器结构，大大提高了系统的处理能力。

2) 增加了数据总线宽度，从 8 位、16 位到 32 位，提高了数据处理的能力。

3) 采用精简指令集 (RISC) 结构和流水线技术，类似于高性能的微处理器，这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上，提高了运行速度，能够实现简单的 DSP 功能，适合于做数字信号处理。

4) 串行总线结构，将外部数据总线改为串行传送方式，提高了系统的可靠性。

#### (2) 存储器的改进

1) 增大了片内存储器的容量，有利于提高系统的可靠性。

2) 片内采用 E<sup>2</sup>PROM 和 Flash，可在线编程，读/写更方便，可对某些需要保留的数据和参数长期保存，提高了单片机的可靠性和实用性。

3) 采用编程加密技术，可更好地保护知识产权。开发者希望软件不被复制、破译，可利用编程加密位或 ROM 加锁方式，达到程序保密的目的。

#### (3) 内部资源增多

单片机内部资源通常由其片内功能体现出来，单片机片内资源越丰富，用它构成的单片机控制系统的硬件开销就越少，产品的体积就越小，可靠性就越高。近年来，世界各大半导体厂家热衷于开发增强型 8 位单片机，这类增强型单片机不仅可以把微处理器、RAM、ROM、定时器/计数器、I/O 接口和中断系统等电路集成到片内，而且片内新增了 A/D 转换器、D/A 转换器、监视定时器、DMA 通道和总线接口等，有些厂家还把晶振和 LCD 驱动电路也集成到芯片之中。所有这些都有力地拓宽了 8 位单片机的应用领域。

#### (4) I/O 接口形式增多、性能提高

1) 增加了驱动能力，减少了外围驱动芯片的使用，直接驱动 LED、LCD 显示器等，简化了系统设计，降低了系统成本。

2) 增加了异步串行通信口，提高了单片机系统的灵活性。

3) 增加了逻辑操作功能，具有位寻址操作，增强了操作和控制的灵活性。

4) 带有 A/D、D/A 转换器，可直接对模拟量信号输入和输出。

5) 并行 I/O 端口设置灵活，可以利用指令将端口的任一位设置为输入、输出、上拉、下拉和悬浮状态。

6) 带有 PWM 输出，直接驱动小型直流电动机，大大方便了使用。

#### (5) 低电压和低功耗

几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽，



一般在 3~6V 范围内工作，可用电池作的电源。低电压供电的单机电源下限可达 1~2V。目前，0.8V 供电的单片机已经问世。低功耗化的效应不仅是功耗低，而且还带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力，以及产品的便携化。

例如，美国微芯公司（Microchip）的 PIC6C5X 系列单片机正常工作电流为 2mA，空闲方式（3V32MHz）下为 15 $\mu$ A，待命工作状态（2.5V 电源电压）下为 0.6 $\mu$ A，采用干电池供电十分方便。如图 1-6 所示为微芯公司发布的一款 6 引脚单片机。

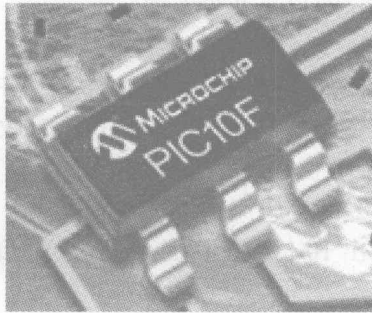


图 1-6 微芯公司发布的一款 6 引脚单片机

#### （6）CMOS 化

近年，由于 CHMOS 技术的进步，大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外，还具有功耗的可控性，使单片机可以进行功耗精细管理。因为单片机芯片多数是采用 CMOS（金属栅氧化物）半导体工艺生产的。CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度和低价格。

#### （7）低噪声与高可靠性

为了提高单片机的抗电磁干扰能力，使产品能适应恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片机厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

#### （8）嵌入式 Internet 技术

有的单片机为了构成控制网络或形成局域网，内部含有局部网络控制模块 CAN，如 Motorola 公司的 68000 系列等，美国 Cygnal 公司最新的 C8051F060 系列等。这类单片机在控制系统较为复杂时，可构成一个控制网络。目前，嵌入式单片机已在工业的各个领域和日常生活中都得到了广泛的应用，但大多数嵌入式系统尚处于单独应用阶段。如果将这些互相独立的分散的嵌入式系统连接到 Internet 上，就可方便、低廉地将信息传送到世界上的任何地方。这种嵌入式 Internet 能非常容易地实现远程数据采集，远程控制，自动收发 Email。不久的将来，家庭信息交互、自动控制、远程升级、远程维护等都可在 Internet 上实现，这种家电网络化技术将会改变人们的生活方式，提高人们的生活质量，带动相关产业的迅猛发展。

#### （9）串行总线结构

随着 Philips 公司开发的 I2C（Inter-Integrated Circuit）总线、Freescale 公司（原 Motorola 公司半导体部）推出的串行外围接口（Serial Peripheral Interface, SPI）等串行总线及接口的引入，可大大减少引脚数量，简化系统结构。随着单片机应用系统中的串行扩展技术的较大发展，单片机的并行接口技术日渐衰退。目前许多原有带并行总线的单片机系列，推出了删