



51单片机

系统入门、扩展、 应用开发学习手册 [案例详解版]

王悦凯 编著

内容安排梯度合理，大量实践项目贯穿其中
每个案例皆经过精心细选，结构设计巧妙，针对性极强

Getting you the Best Book!

详细介绍了51系列单片机的硬件结构以及C语言编程使用，融入大量经典案例；同时分门别类地讲解了51单片机的典型应用，给出相应的电路图并提供了与之对应的程序例程，尤其是大量实用编程技巧的灵活运用，让读者开发单片机实践项目事半功倍。

书中源代码下载地址：<http://www.tdpress.com/zyzx/tsscflw/>

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

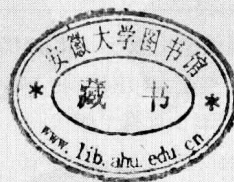


51单片机

系统入门、扩展、
应用开发学习手册

[案例详解版]

王悦凯 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书由浅入深,全面、系统地介绍了 51 系列单片机系统的资源及其应用。以单片机的功能位模块,以外围器件、相关电路设计的实际应用为内容,以实例的方式向读者介绍了如何将单片机、外围器件和软件合理地实施到项目开发中,为初级单片机开发学习人员铺就一条入门·扩展·应用开发的提升之路。

刚刚走出校门,并有志于单片机开发的读者可以从本书中获得非常实用的知识学习和实践技巧,帮助其迅速积累开发经验;本书同时还可作为单片机开发专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机系统入门·扩展·应用开发学习手册:
案例详解版 / 王悦凯编著. — 北京: 中国铁道出版社,
2013. 5

ISBN 978-7-113-16076-0

I. ①5… II. ①王… III. ①单片微型计算机—基本
知识 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 028355 号

书 名: 51 单片机系统入门·扩展·应用开发学习手册(案例详解版)
作 者: 王悦凯 编著

策 划: 荆 波
责任编辑: 张 丹
责任印制: 赵星辰

读者服务热线: 010-63560056
特邀编辑: 赵树刚
封面设计: 付 巍

出版发行: 中国铁道出版社(北京市西城区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
版 次: 2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 29 字数: 620 千
书 号: ISBN 978-7-113-16076-0
定 价: 59.80 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,请与本社发行部联系调换。

自从单片机问世以来，单片机技术得到了迅速的推广，已被广泛用于自动测量、智能仪表、工业控制及家用电器等各个方面。除了应用范围的扩大之外，单片机本身的发展也愈加迅速，如今，单片机的家族越来越大，系列产品越来越多，技术上也越来越先进。其中应用最广泛的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

本书详细介绍了 51 系列单片机的硬件结构和功能应用，并循序渐进地讲述了 51 单片机 C 语言编程方法。总结实际学习和应用经验，举例说明，实用性强。本书中的 C 语言针对 51 单片机特有结构描述，这样即使是无编程基础的人，也可通过本书学习单片机的 C 编程。最后结合大量实例，讲解了如何用 C 语言开发 51 系列单片机应用。因此，本书非常适合初学者使用。

本书介绍了 STC 系列单片机的工作原理及接口设计与 C51 编程，对读者学习单片机技术，具有很好的参考作用。依据电子技术的最新进展结合多年的单片机应用开发经验，认真修改，不断补充完善，形成本书。

在对 STC51 系列单片机的硬件结构及工作原理详细介绍的基础上，重点介绍了各种硬件接口设计和 C51 编程设计，总结实际学习和应用经验，给出较多的应用实例，旨在使读者掌握 C51 单片机的设计应用。书中的设计实例均来自科研工作及项目实际应用，非常有利于读者提高设计工作效率。相信理解并熟练掌握这些项目实例后，读者就已经初步进入单片机开发的应用大门。

本书中的所有实例均具有较强的实用性和针对性，而且通过了单片机硬件验证。所有源程序均具有较强的移植性，读者只需将其简单修改甚至不用修改，即可应用到自己开发的产品中。本书文字精练，通俗易懂，深入浅出，便于自学。特别适用于学习单片机的初学者使用。

本书的特点

1. 结构合理，概念清楚

本书详细介绍了 51 系列单片机的硬件结构以及 C 语言编程的使用，并应用大量实例说明单片机的使用，将实际项目开发步骤贯穿起来。思想和内容都非常丰富。在内容的安排上，则根据读者的学习习惯和内容的梯度合理安排，更加适合初学者学习。

2. 语言简洁、通俗易懂

本书有详细的例程和电路图，每个例子都经过精挑细选，有很强的针对性。书中的程序代码非常简洁和高效，电路图结构设计巧妙，便于读者学习和使用。

3. 结合实际，实用性强

本书分门别类地介绍了单片机的典型应用，给出相应的电路图并提供了与之对应的程序例程，大量的实用编程技巧。这些技巧的灵活使用使开发单片机项目事半功倍。

本书内容体系

本书分为 6 篇，共 20 章，各篇对应的章节和具体内容介绍如下。

第 1 篇包括第 1 章和第 2 章，主要介绍初识单片机，讲解了微处理器的发展分类，在单片机的分支中介绍了 STC 系列单片机，最后讲解了构成单片机最小系统所需的外围电路。

第 2 篇包括第 3~10 章，主要介绍 51 系列单片机的内部资源及其应用，包括输入/输出、中断系统、定时器/计数器、串行通信接口、模数转换、可编程计数器阵列等。同时在第 10 章特别介绍了 51 系列单片机的时钟系统和复位系统。可由内部或外部时钟源提供系统的时钟，单片机系统分为硬件复位和软件复位等多种模式，还介绍了单片机的几种工作模式。

第 3 篇包括第 11 章和第 12 章，主要介绍 51 系列单片机的程序存储器、特殊功能寄存器、内部 EEPROM 存储器以及单片机的存储器和 I/O 资源扩展。

第 4 篇包括第 13 章和第 14 章，主要以 STC 51 系列单片机为例，介绍 51 单片机开发环境的搭建和使用，以及 C 语言的基础知识和 C51 中的扩展关键字、中断函数的使用。

第 5 篇包括第 15 章和第 16 章，主要介绍单片机系统的应用实例，包括最基本的输入/输出设备的使用、数据通信、数据采集和单片机控制等一系列的基础应用。

第 6 篇包括第 17~20 章，主要介绍单片机系统的综合应用。首先通过单片机的几个应用案例来介绍单片机系统开发的步骤，最后介绍了单片机系统的辅助设计，包括抗干扰和电磁兼容性方面的知识。

本书读者对象

- 单片机技术初学者；
- 想全面、系统地学习 51 单片机的人员；
- 电子设计竞赛人员；
- 利用单片机进行编程和开发的技术人员；
- 相关培训学校的学员。

本书编者多年从事单片机开发，积累了很多丰富的实践经验，在本书写作中也力争完善，但人无完人，金无足赤，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正，以便及时改正。

编 者

2013 年 3 月

读者意见反馈表

亲爱的读者：

感谢您对中国铁道出版社的支持，您的建议是我们不断改进工作的信息来源，您的需求是我们不断开拓创新的基础。为了更好地服务读者，出版更多的精品图书，希望您能在百忙之中抽出时间填写这份意见反馈表发给我们。随书纸制表格请在填好后剪下寄到：北京市西城区右安门西街8号中国铁道出版社综合编辑部 荆波 收（邮编：100054）。或者采用传真（010-63549458）方式发送。此外，读者也可以直接通过电子邮件把意见反馈给我们，E-mail地址是：jb@163.jb18803242@yahoo.com.cn。我们将选出意见中肯的热心读者，赠送本社的其他图书作为奖励。同时，我们将充分考虑您的意见和建议，并尽可能地给您满意的答复。谢谢！

所购书名：_____

个人资料：

姓名：_____ 性别：_____ 年龄：_____ 文化程度：_____

职业：_____ 电话：_____ E-mail：_____

通信地址：_____ 邮编：_____

您是如何得知本书的：

☐书店宣传 ☐网络宣传 ☐展会促销 ☐出版社图书目录 ☐老师指定 ☐杂志、报纸等的介绍 ☐别人推荐

☐其他（请注明）_____

您从何处得到本书的：

☐书店 ☐网购 ☐商场、超市等卖场 ☐图书销售的网站 ☐培训学校 ☐其他

影响您购买本书的因素（可多选）：

☐内容实用 ☐价格合理 ☐装帧设计精美 ☐带多媒体教学光盘 ☐优惠促销 ☐书评广告 ☐出版社知名度

☐作者名气 ☐工作、生活和学习的需要 ☐其他

您对本书封面设计的满意程度：

☐很满意 ☐比较满意 ☐一般 ☐不满意 ☐改进建议

您对本书的总体满意程度：

从文字的角度 ☐很满意 ☐比较满意 ☐一般 ☐不满意

从技术的角度 ☐很满意 ☐比较满意 ☐一般 ☐不满意

您希望书中图的比例是多少：

☐少量的图片辅以大量的文字 ☐图文比例相当 ☐大量的图片辅以少量的文字

您希望本书的定价是多少：

本书最令您满意的是：

1.

2.

您在使用本书时遇到哪些困难：

1.

2.

您希望本书在哪些方面进行改进：

1.

2.

您需要购买哪些方面的图书？对我社现有图书有什么好的建议？

您更喜欢阅读哪些类型和层次的计算机书籍（可多选）？

☐入门类 ☐精通类 ☐综合类 ☐问答类 ☐图解类 ☐查询手册类 ☐实例教程类

您在学习计算机的过程中有什么困难？

您的其他要求：

第 1 篇 初识单片机

第 1 章 单片机简介

1.1	数字电路的发展.....	1
1.1.1	数字电路的特点	1
1.1.2	数字电路的应用	3
1.1.3	微处理器发展	4
1.2	什么是单片机.....	5
1.2.1	处理器分类	5
1.2.2	寻找单片机	7
1.2.3	常用单片机系列	8
1.3	STC 增强型 51 系列单片机介绍	9
1.3.1	STC 51 单片机家族	9
1.3.2	STC 单片机资源介绍	9
1.3.3	STC 单片机开发过程简介	10
1.4	本章小结	11

第 2 章 单片机系统构成

2.1	单片机最小系统的构成.....	12
2.1.1	单片机系统电源	12
2.1.2	复位和时钟系统	13
2.1.3	输入/输出接口	14
2.1.4	外围功能器件	14
2.2	单片机选型	15
2.2.1	单片机芯片选型总原则	15
2.2.2	单片机硬件开发	17
2.3	单片机学习体会.....	19
2.4	本章小结	20

第 2 篇 51 系列单片机基本资源

第 3 章 51 单片机的 I/O 口

3.1	I/O 端口输入、输出控制及复用结构	21
3.1.1	P0 端口的结构	21

51 单片机系统入门·扩展·应用开发学习手册（案例详解版）

3.1.2	P0 端口的组成	22
3.1.3	P0 端口的工作原理	22
3.1.4	P1 端口的结构及工作原理	24
3.1.5	P2 端口的结构及工作原理	25
3.1.6	P3 端口第二功能输出结构及工作原理	25
3.1.7	I/O 接口的工作类型	27
3.2	I/O 端口寄存器及各种工作模式的配置	28
3.2.1	模式配置寄存器 (PxM0、PxM1)	28
3.2.2	端口数据寄存器 (Px)	28
3.2.3	特殊功能寄存器 (P4SW)	29
3.2.4	特殊功能寄存器 (AUXR1)	30
3.3	3V/5V 混合电压端口互联	31
3.4	典型流水灯电路及程序分析	34
3.5	本章小结	36

第 4 章 51 单片机中断系统

4.1	中断的概念	37
4.2	中断系统的寄存器	39
4.2.1	中断优先级控制寄存器 IP、IP2、IPH、IP2H	41
4.2.2	IPH 寄存器	41
4.2.3	IP2H 寄存器	43
4.2.4	定时器/计数器控制寄存器 TCON	43
4.2.5	串行口控制寄存器 SCON	44
4.2.6	低压检测中断寄存	45
4.2.7	A/D 转换控制寄存器 ADC_CONTR	45
4.3	中断优先级	46
4.4	中断处理过程	46
4.5	外部中断	47
4.6	中断的应用	48
4.7	本章小结	48

第 5 章 51 单片机的定时器/计数器

5.1	定时器/计数器的结构及工作原理	49
5.2	定时器/计数器的相关寄存器	50
5.2.1	工作模式寄存器 TMOD	52
5.2.2	辅助寄存器 AUXR	53
5.2.3	时钟唤醒寄存器	54
5.3	定时器/计数器的工作模式	55
5.4	定时器/计数器编程举例	58
5.5	本章小结	59

第 6 章 51 单片机异步串行通信

6.1 通用异步接收器/发送器 UART	60
6.1.1 单工通信	60
6.1.2 半双工通信	60
6.1.3 全双工通信	61
6.1.4 多工方式	61
6.1.5 串行数据通信形式	61
6.2 串行口的结构及工作原理	62
6.2.1 数据发送原理	62
6.2.2 数据接收原理	63
6.2.3 回环操作	63
6.2.4 中断控制	63
6.2.5 波特率的产生	64
6.3 串行接口的寄存器及工作模式	64
6.3.1 串行口数据缓冲器 SBUF	66
6.3.2 辅助寄存器 AUXR	66
6.3.3 独立波特率发生器寄存器 BRT	67
6.3.4 从机地址控制寄存器 SADEN 和 SADDR	67
6.3.5 串行口 1 中断相关的寄存器 IE、IP 和 IPH	68
6.3.6 各种工作模式与其波特率的计算	68
6.4 串行口波特率的选择和设定	71
6.5 使用串口 1 和独立波特率发生器 BRT 的步骤	72
6.6 串行接口通信应用举例	73
6.6.1 RS-232 接口	74
6.6.2 串行接口通信应用实例	76
6.7 本章小结	78

第 7 章 51 单片机同步串行通信 SPI

7.1 SPI 通用同步串行接口	79
7.2 SPI 接口寄存器设置	81
7.2.1 SPI 特殊功能寄存器	81
7.2.2 SPI 控制寄存器	81
7.2.3 SPI 状态寄存器	82
7.2.4 SPI 数据寄存器	82
7.2.5 SPI 数据通信接口	83
7.3 SPI 主从多机通信	84
7.3.1 单主机—单从机方式	84
7.3.2 双器件方式（器件可互为主机和从机）	85

51 单片机系统入门·扩展·应用开发学习手册（案例详解版）

7.3.3 单主机—多从机方式	85
7.4 SPI 通信应用举例	88
7.5 异步串行通信和同步串行通信的区别	91
7.5.1 异步串行方式的特点	91
7.5.2 同步串行方式的特点	91
7.6 本章小结	91

第 8 章 51 单片机模数转换器

8.1 ADC 的结构及相关寄存器	92
8.2 参考电压源的选择	96
8.3 ADC 数据计算	96
8.4 ADC 的应用举例	97
8.5 本章小结	98

第 9 章 51 单片机可编程计数器阵列

9.1 PCA 模块及其寄存器	99
9.1.1 PCA 工作模式寄存器 CMOD	99
9.1.2 PCA 控制寄存器 CCON	100
9.1.3 PCA 模块 0 的捕获/比较寄存器 CCAPM0	101
9.1.4 PCA 模块 1 的捕获/比较寄存器 CCAPM1	101
9.1.5 PCA 模块 0 的 PWM 寄存器 PCA_PWM0	102
9.1.6 PCA 模块 1 的 PWM 寄存器 PCA_PWM1	103
9.2 PCA 模块结构	104
9.3 PCA 模块的工作模式	105
9.4 程序实例	108
9.5 本章小结	111

第 10 章 时钟、复位系统及工作模式

10.1 51 单片机的时钟系统	112
10.1.1 选择单片机的内/外时钟源	112
10.1.2 STC 系列单片机时钟系统	113
10.1.3 时钟分频器及其相关寄存器	114
10.1.4 可编程时钟输出	118
10.2 51 单片机的复位系统	119
10.2.1 外部 RST 引脚复位	119
10.2.2 外部低压检测复位	121
10.2.3 软件复位	122
10.2.4 上电复位/掉电复位	123

10.2.5 看门狗复位	124
10.3 STC 单片机的工作模式	126
10.3.1 STC 单片机工作模式控制寄存器	126
10.3.2 STC 单片机的工作模式选择	127
10.3.3 掉电模式下中断唤醒	129
10.4 本章小结	131

第 3 篇 51 单片机存储器与资源扩展

第 11 章 51 系列单片机存储器结构

11.1 51 单片机片内存储器	132
11.1.1 存储器组织结构	133
11.1.2 特殊功能寄存器	139
11.2 51 单片机内部 EEPROM 应用	141
11.2.1 EEPROM 操作及相关寄存器说明	141
11.2.2 EEPROM 读/写操作	144
11.2.3 EEPROM 操作实例	145
11.3 本章小结	149

第 12 章 51 单片机资源扩展

12.1 片外数据存储器的扩展	150
12.1.1 存储器扩展电路	150
12.1.2 存储器的译码电路	153
12.2 I/O 接口扩展	154
12.2.1 利用串口来扩展并行 I/O 口	155
12.2.2 利用三态锁存器扩展并行 I/O 口	158
12.2.3 利用集成芯片扩展 I/O 口	160
12.3 C 语言使用片外数据总线实例	168
12.4 本章小结	171

第 4 篇 Keil 集成开发环境与 C 语言

第 13 章 Keil μ Vision 集成开发环境

13.1 Keil μ Vision 集成开发环境概述	172
13.1.1 软件的安装与卸载	173
13.1.2 在模板中添加 STC 单片机型号	176
13.2 Keil μ Vision 工程的建立	178
13.2.1 设置工程环境	180
13.2.2 程序编译连接	186

51 单片机系统入门·扩展·应用开发学习手册（案例详解版）

13.3	Keil μ Vision 软件仿真	189
13.3.1	进入软件仿真	189
13.3.2	查看寄存器数据	192
13.3.3	查看单片机片内外设资源	195
13.4	STC 系列单片机程序下载	197
13.4.1	STC_ISP_V4.83 软件使用说明	198
13.4.2	STC 系列单片机在应用编程（IAP）的实现	200
13.5	本章小结	202

第 14 章 C 语言基础知识

14.1	变量、标识符及关键字	203
14.1.1	标识符与关键字	203
14.1.2	数据基本类型	204
14.1.3	C51 编译器中独有的数据类型 bit、sbit sfr 和 sfr16	207
14.1.4	不同类型数据转换关系	210
14.2	常用运算符	210
14.2.1	C 语言基本运算符	211
14.2.2	位运算符	214
14.2.3	运算符的优先级和结合性	216
14.2.4	变量的作用域和生存期	217
14.3	C 语言程序设计的基本结构	222
14.3.1	选择结构	225
14.3.2	循环结构	228
14.3.3	跳转结构	229
14.4	数组、指针、自定义数据类型	232
14.4.1	数组变量定义及使用	232
14.4.2	指针变量定义及使用	236
14.4.3	结构体类型定义及初始化	245
14.5	函数	249
14.5.1	函数的定义及其应用	249
14.5.2	C51 的中断函数	254
14.5.3	预处理命令	256
14.5.4	内部函数和外部函数	259
14.6	本章小结	259

第 5 篇 单片机典型应用模块

第 15 章 单片机系统的输入/输出接口

15.1	键盘输入	260
15.1.1	矩阵键盘原理及实现	260

15.1.2	两线式键盘 (A/D 按键) 设计及实现	265
15.1.3	PS/2 接口 C 语言通信函数设计	267
15.2	显示输出	268
15.2.1	数码管静、动态显示输出	269
15.2.2	LED 点阵模块输出设计及实现	272
15.2.3	通用型图形点阵液晶	279
15.2.4	笔段式液晶屏电路及驱动显示	284
15.2.5	TFT LCD 液晶屏显示驱动设计	290
15.3	本章小结	295

第 16 章 单片机典型应用实例

16.1	数据通信	296
16.1.1	RS-232 串行通信	296
16.1.2	单片机之间串口通信	299
16.1.3	PC 与单片机串口接线方法 (三线制)	301
16.1.4	RS-485 通信接口实现	304
16.1.5	多功能电能表通信规约 (DL/T645-1997)	310
16.1.6	程序设计	312
16.2	单片机实现 I2C 串行通信	318
16.2.1	I2C 总线规范	319
16.2.2	I2C 数据传输	319
16.2.3	单片机无线数据传输	326
16.2.4	实例程序	329
16.3	数据采集	337
16.3.1	基于 DHT11 的温湿度采集	337
16.3.2	实例程序	340
16.3.3	基于 DS1302 的时间采集	342
16.3.4	实例程序	346
16.3.5	单片机系统中模拟数据采集	348
16.3.6	实例程序	350
16.4	机电控制	351
16.4.1	单片机驱动直流小电动机	351
16.4.2	实例程序	354
16.4.3	单片机控制步进电动机	355
16.4.4	实例程序	357
16.4.5	舵机的单片机控制	358
16.4.6	实例程序	359
16.5	本章小结	361

第6篇 单片机系统综合应用

第17章 单片机工程案例分折

17.1 倒计时定时器.....	362
17.1.1 系统设计.....	362
17.1.2 实例程序.....	365
17.2 交通灯.....	370
17.2.1 系统设计.....	370
17.2.2 实例程序.....	371
17.3 出租车计价器.....	374
17.3.1 系统设计.....	375
17.3.2 程序设计.....	376
17.4 电子密码锁.....	380
17.4.1 系统设计.....	381
17.4.2 实例程序.....	383
17.5 本章小结.....	390

第18章 保证单片机系统稳定工作

18.1 单片机系统电源设计.....	391
18.1.1 系统电源电路.....	391
18.1.2 集成稳压电路.....	394
18.1.3 精密电压基准源电路.....	396
18.2 单片机系统抗干扰设计.....	397
18.2.1 单片机的抗干扰设计.....	397
18.2.2 单片机通道的抗干扰设计.....	400
18.2.3 单片机系统功率输出的抗干扰设计.....	401
18.3 电路板级电磁兼容性设计.....	403
18.3.1 信号传输中的抗干扰措施.....	403
18.3.2 电源和地线噪声的抑制措施.....	404
18.3.3 板级综合抗干扰设计措施.....	406
18.4 本章小结.....	408

第19章 基于GSM短信模块的智能家居控制系统

19.1 智能家居控制系统组成.....	409
19.1.1 智能家居基本功能简介.....	409
19.1.2 智能家居系统的基本原理.....	411
19.1.3 智能家居控制系统类型.....	411
19.2 智能家居控制器体系结构.....	413

19.2.1 智能家居控制系统组成	413
19.2.2 GSM 模块网络接口	414
19.2.3 GSM 短信模块单元	415
19.2.4 GSM 短信模块操作控制	417
19.2.5 智能家居控制系统软件流程	421
19.2.6 GSM 模块通信程序	422
19.3 本章小结	427

第 20 章 单片机接入以太网的设计与实现

20.1 系统设计要求及设计思路	428
20.1.1 以太网接口设计方案	428
20.1.2 以太网中的常用术语	429
20.1.3 以太网协议分析	430
20.2 单片机接入以太网	434
20.2.1 单片机接入以太网硬件组成	434
20.2.2 RTL8019 网卡芯片介绍	436
20.2.3 RTL8019 芯片软件操作	442
20.2.4 以太网芯片驱动示例程序	445
20.3 本章小结	449

第 1 章 单片机简介

本章简要地介绍了现代数字电子电路的分类以及发展趋势，并介绍了数字电路中一个重要的分支单片机数字系统，从认识单片机开始循序渐进地了解单片机的作用和使用，同时也是单片机系统设计的入门章节。本章将对单片机系统的有关基本概念进行简单的介绍，围绕着单片机最简单在实际应用中的使用方法，介绍了构成最小单片机系统的一些不可或缺的部件、单片机系统的外设资源的应用以及单片机如何选型，并介绍了一款本土生产的 STC 系列单片机。本章主要是为后续章节做铺垫。同时，也为读者能快速地掌握单片机系统的开发提供简单的实践案例。

1.1 数字电路的发展

数字电路的发展与模拟电路一样经历了由电子管、半导体分立器件到集成电路等几个时代。但其发展比模拟电路发展的更快。从 20 世纪 60 年代开始，数字集成器件以双极型工艺制成了小规模逻辑器件。随后发展到中规模逻辑器件；20 世纪 70 年代末，微处理器的出现，使数字集成电路的性能产生了质的飞跃。

1.1.1 数字电路的特点

用数字信号完成对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路称为数字电路，由于它具有逻辑运算和逻辑处理功能，所以又称数字逻辑电路。现代的数字电路由半导体工艺制成的若干数字集成器件构造而成。逻辑门是数字逻辑电路的基本单元，存储器是用来存储二值数据的数字电路。从整体上看，数字电路可以分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

组合逻辑电路简称组合电路，它是由最基本的逻辑门电路组合而成。特点是：输出值只与当时的输入值有关，即输出唯一地由当时的输入值决定。电路没有记忆功能，输出状态随着输入状态的变化而变化，类似于电阻性电路，如加法器、译码器、编码器、数据选择器等都属于此类。

时序逻辑电路简称时序电路，它是由最基本的逻辑门电路加上反馈逻辑回路（输出到输入）或器件组合而成的电路，与组合电路最本质的区别在于，时序电路具有记忆功能。时序电路的特点是：输出不仅取决于当时的输入值，而且还与电路过去的状态有关。它类似于含储能元件

的电感或电容的电路，如触发器、锁存器、计数器、移位寄存器、储存器等电路都是时序电路的典型器件。

集成电路（Integrated Circuit）是一种微型电子器件或部件。采用一定的工艺，把一个电路中所需的晶体管、二极管、电阻、电容和电感等元件及布线互连在一起，制作在一小块或几小块半导体晶片或介质基片上，然后封装在一个管壳内，成为具有所需电路功能的微型结构，其中所有元件在结构上已组成一个整体，如图 1-1 所示。根据其集成度不同，数字集成电路分为小规模、中规模、大规模、超大规模、巨大规模集成电路。分类的依据是一片集成电路芯片上包含的逻辑门个数或元件个数。当前，数字集成电路的发展方向如下：

1. 大规模

随着集成电路技术的发展，一块半导体硅片上能够集成的数字逻辑门已达数百万个。而蓬勃兴起的纳米制造技术，进一步扩大了集成电路的规模。集成规模的提高不仅缩小了系统的体积，降低了系统的功耗与成本，而且大大地提高了数字系统的可靠性。

2. 低功耗

功耗是制约许多电子设备研制、生产、推广、使用的一个重要因素，而系统功耗很大程度上又取决于所使用的芯片或模块。功耗的降低大大拓宽了数字集成电路的应用领域，如图 1-1 所示。

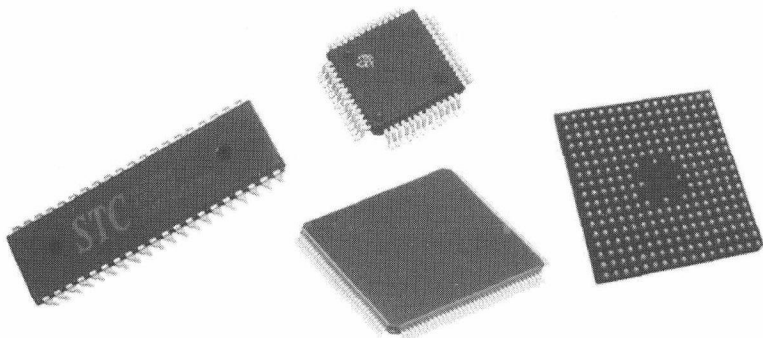


图 1-1 集成电路

3. 高速度

信息社会是知识大爆炸的时代，人们对信息处理速度的要求越来越高。以计算机为例，计算机的运行速度越来越快。虽然计算机的这种高速度在很大程度上依赖于并行处理技术，但集成电路芯片本身的速度在不断提高也不容置疑。

4. 可编程

传统的标准 MSI/LSI 数字集成电路是一种通用性集成电路。使用这种集成电路设计复杂数字系统时，所需的逻辑模块数量和种类往往比较多，这不仅增加了系统的体积和功耗，降低了系统的可靠性，而且也为器件的保存、电路和设备的调试、知识产权的保护带来了难题。可编程的数字集成电路可以很好地解决上述问题。

5. 可测试

数字集成电路的规模越来越大，功能也越来越复杂。为了便于数字系统的使用和维护，要求所