

All you need to know about the 8051 microcontroller

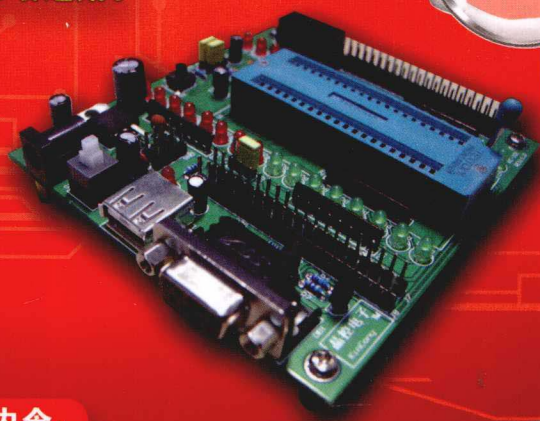
实例解读51单片机

完全学习与应用(配教学视频)

杨欣 张延强 张铠麟 编著
Yang X Zhang Y Q Zhang K L

莱·诺克斯 王玉凤 刘湘黔 主审
Nokes L Wang Y F Liu X Q

单片机难学，**初学者**往往**如坠雾中**。
如何将杂乱的单片机知识**串为一体**？
如何深刻地理解单片机**内部结构**？
如何将一条条指令组合成一段段**有效的程序**？
如何将所学的零星单片机知识应用到**具体实战**中？
本书力图拨云见日，为读者指明一条
单片机学习与应用的清晰道路。



本书附送光盘，内含：

- 各章PPT课件。
- 全书程序段源代码。
- 各实例Proteus仿真文件。
- 全书知识及实例的教学与演示录像。



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

实例解读 51 单片机

完全学习与应用

(配教学视频)

杨 欣 张延强 张铠麟 编著

Yang X Zhang Y Q Zhang K L

莱·诺克斯 王玉凤 刘湘黔 主审

NoKes L Wang Y F Liu X Q

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书集单片机基础知识、单片机系统设计、电路知识及实验方法、工艺设计、电子元器件、Proteus/ μ Vision 软件介绍等诸多内容于一身,实用性强。这些内容不是简单的顺序堆砌,而是以单片机基础知识和系统应用为主线,在其中完美地穿插与之相关的模拟电路、数字电路、电子元器件、软件知识,真正做到将单片机系统设计所需要的方方面面知识有机地融为一个整体,实现不需要过多电路基础就能深度学习单片机基础知识和上手单片机系统设计与开发的目的。

全书语言生动、插图形象、实例丰富,精心安排的知识铺垫可帮助读者循序渐进地理解单片机基础知识,丰富的实例将单片机原理、编程及应用构成一个整体。非常适合单片机初学者作为学习用书,对于正在学习或学过单片机课程,却还不会编程、不会应用的读者,本书也将会是你“拨云见日”的有益参考书。

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

实例解读 51 单片机完全学习与应用/杨欣,张延强,张铠麟编著. —北京:电子工业出版社,2011.4
配教学视频

ISBN 978-7-121-13111-0

I. ①实… II. ①杨… ②张… ③张… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 044806 号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:李雪梅

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

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: 787×1 092 1/16 印张: 37 字数: 877.3 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

册 数: 4 000 册 定价: 68.00 元(含 DVD 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 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

Foreword



Professor P N T Wells

CBE FRS FREng FMedSci
Distinguished Research Professor
Cardiff University
School of Engineering
United Kingdom

This is another book in the excellent series written by Xin Yang and his colleagues. It is a fully comprehensive review of the 8051 microcontroller.

Most readers will already know that a microcontroller is a small computer on a single integrated circuit containing a processor, core memory and programmable input and output peripherals. They will also know that microcontrollers are designed for embedded applications. The 8051 microcontroller, which was first introduced in the 1980s, has become one of the key components in the modern era of digital electronics.

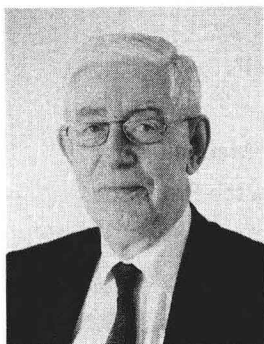
Microcontrollers are quite different from the microprocessors used in personal computers or for other general purpose applications. They are the central components of a vast range of devices and systems. They are used, for instance, for automation and in medical devices, remote controls, office machines, appliances, power tools and toys. Indeed, a thorough understanding of the operation of the microcontroller and familiarity with its associated circuitry and systems are basic skills for everyone who designs, constructs or maintains all kinds of digital electronic devices today.

This book sets out to provide this essential knowledge. After an overview of microcontrollers and a chapter for system designers, the book continues with in-depth coverage of systematic skills, software in system designs, input and output ports, seven-segment displays, display formations, the 8051 microcontroller, on-chip memories, microcontroller and addressing, the 8051 instruction set, signals to be processed, conversions between analog and digital signals, information displays, timers, serial communications, interrupts, external devices, and data storage.

Xin Yang and his colleagues have succeeded admirably in meeting their objectives in writing this book. It is concise and clear. There are numerous practical examples of the application of the 8051 microcontroller, drawn from a very wide range of fields including medical devices, signal processors, detectors and sensors, displays, clocks and a whole host of diverse instruments.

It is with very great pleasure that I recommend this new book to every electronic engineer who needs to have an up-to-date source of reference and practical guidance on the 8051 microcontroller. It contains “all you need to know” and is sure to be of very great value for many years to come.

序



皮特·维尔斯 教授

英国最高级巴思爵士
英国皇家学会会员
英国皇家工程院院士
英国医学科学院院士
英国加的夫大学特聘教授

本书是杨欣和他的同事们所编写的精彩系列丛书中的一本，对 8051 单片机进行了淋漓尽致地介绍。

许多读者朋友都已经知道单片机是在一个集成电路上的小型计算机，它包含了处理器、核心存储器、可编程的输入和输出外设等。并且单片机常常在嵌入式系统中作为核心器件。8051 单片机在 20 世纪 80 年代出现以来，目前已经成为当今数字电路时代的重要器件之一。

单片机作为各种设备和系统的核心控制器件，与个人计算机里或其他一般用途的微处理器有很大的不同。自动化设备、医疗仪器、遥控、办公设备、家用电器、电动工具、玩具等都使用了单片机。实际上，对于今天每一个设计、组建或维护各类数字电子设备的人来说，精通单片机的操作、熟悉与之相关的电路与系统都算是基础的技能。

本书专门为了这些必备知识进行组织编写。在一开始对单片机和系统设计师进行概述之后，各章都深度地剖析了系统技能、系统设计的软件、输入输出端口、七段数码管、扫描与显示、8051 单片机、片内存储器、寻址、指令、信号的处理、模拟与数字信号的转换、信息的显示、定时器、串行口通信、中断、外设、数据存储等。

杨欣和他的同事们使用简洁而生动的语言，精妙地通过本书成功地向大家传授了实用的单片机内容。书中有大量翔实的 8051 单片机应用实例，它们都来自广阔的领域，包括医疗设备、信号处理、检测器与传感器、显示、时钟以及各类不同的仪器。

我怀着极其喜悦的心情，向每一个寻觅 8051 单片机最新设计资讯和实践指导的电子工程师推荐本书。它包含了“所有你需要知道的”，并且会在未来几年带来巨大的价值。

前言

呈现在大家眼前的是一本通俗易懂的从单片机基础到系统应用的生动教程。本书的几位作者在近6年来出版的多部有关电路设计及单片机方面的畅销图书成为了本书的坚实基础。本书凝结了清华大学、北京大学、中国科学技术大学、北京交通大学多位一线教师、博士研究生的教学及实践体会。也得到了英国剑桥大学、牛津大学、帝国理工、爱丁堡大学、加的夫大学等世界著名大学中多位教授、博士生导师的指导意见。

经过多位学者的精心裁剪和沉淀，本书的脉络及内容非常符合单片机基础知识及系统应用的学习规律，能为广大读者朋友开辟一条事半功倍的单片机学习捷径。

1. 特色

本书集单片机基础知识、单片机系统设计、电路知识及实验方法、工艺设计、电子元器件、Proteus/ μ Vision 软件介绍等诸多内容于一身，物超所值。

以单片机基础知识和系统应用为主线，其中完美地穿插了与之相关的模拟电路、数字电路、电子元器件、电子工艺等内容，把单片机系统设计所需要的方方面面知识有机地融为一个整体，真正实现不需要过多电路基础就能深度学习单片机基础知识和上手单片机系统设计制作的目的。

全书语言生动活泼、平实易懂，没有生涩的大理论，更没有读不懂的过程。无论在单片机部分还是元器件介绍中都紧紧围绕实用进行介绍，加上全书丰富、精彩的插图，形象地帮助大家理解知识及过程，加深印象。

特别注重知识的铺垫和循序渐进。单片机及其系统应用的知识内容多、难度大，没有基础的朋友一时可能不知道从哪里开始学习、如何开始学习。本书从第一章开始就用形象生动的单片机应用实例不断铺垫，让单片机知识流畅地被理解和吸收。

丰富的实例把单片机基础知识及其应用构成一个整体。每章中除在讲解过程中的实例外，还有“应用体验”和“实例解读”环节向大家展示单片机的应用和设计思路，既授人以鱼，也授人以渔。

本书涉及的特色系统、实例包括有：

数字温度计	七段数码管显示控制	“叮咚”门铃
装小球生产线	串行显示控制	频率计
电子血压计	信号发生器	LED点阵屏幕
发光二极管多种控制	心电放大器	多种液晶屏显示
反应时间测试仪	光控开关	中文液晶屏显示
声音处理器	幅频变换电路	电子时钟
系统电源设计	磁场检测器	串行发送及接收
流水灯	电压指示器	与计算机串口通信
晃晃灯	数字温控系统	排队呼叫机
计时器	装药丸生产线	网络密码锁
秒表	计数器	中断应用

拉幕式显示

电子琴

红外计数器

直流电动机控制

步进电动机控制

太阳跟随系统

片外存储器访问

I²C 存储器接口

GPS 定位系统

本书为扫清单片机基础知识和系统设计的障碍铺陈的电子工艺、电路知识、电子元器件知识包括有：

面包板实验方法

万能板实验方法

印制电路板设计

焊接方法

发光二极管

变压器

二极管

整流桥

电容

三端稳压

直流稳压电源

晶振

电阻

开关

场效应管

逻辑门

锁存器

触发器

数字基础

七段数码管

蜂鸣器

三极管

三极管开关

运放放大器

同相放大器

反相放大器

跟随器

比较器

施密特触发器

加法放大器

差分放大器

仪表放大器

滤波器

压力传感器

光电传感器

温度传感器

霍尔传感器

模数转换器

电平移位器

增益控制器

峰值检测器

绝对值电路

微/积分器

采样保持器

系统接地

数模转换器

键盘

LED 点阵

液晶屏

继电器

红外对管

直流电动机

PWM

步进电动机

RAM 和 ROM

EEPROM 存储器

Flash 存储

2. 适用对象

不知从哪里开始学习单片机的人。有的朋友正准备开始学习单片机，但是陷于在市面上琳琅满目的单片机教程的选择中。本书的写作手法和内容叙述独特、新颖，是一本真正读起来不费劲、学起来不枯燥、用起来得心应手的参考书。这将极大提高学习的兴趣和吸收的效率。

广大的学生朋友。不管您的手里是否有了单片机的教程，都可以从本书一开始就找到学习单片机的崭新道路，这都归功于本书从头到尾丰富生动的、贴近生活的实例。如果您想真正高效地、深刻地、扎实地学习单片机基础知识和应用方法，不妨选择本书读一读。本书既可以单独作教程使用，也可作为一本参考书，讲述课堂内外与单片机有关的精彩案例。

老师们。如果能在课堂上使用本书中一些生动的单片机应用实例结合到知识介绍中，或者干脆把本书中知识描述、过程讲解、实例解析直接引入课堂，与学生们一起在单片机学习中互动。同时跟随本书深刻地对单片机原理、系统规划设计、软/硬件设计方法进行形象地学习，在活跃课堂气氛的同时，让学生真正掌握了单片机相关知识和学习的方法，岂不是事半功倍、皆大欢喜吗？

正想利用单片机设计系统的人。可能您在工作中、毕业设计中需要利用单片机结合外设设计一个应用系统来完成老板、老师布置的任务,但是原来掌握的单片机知识可能有些不够,不知道从何下手来设计单片机应用系统。本书将把单片机系统设计中包括电路知识、电子元器件知识、电子工艺、单片机系统组成方案等一粒粒“珍珠”串起来,实现为您带来设计的灵感和帮助您着手开始设计与制作。

3. 内容结构

全书在整体上分成了序幕——揭密——解密——远航共4个部分。

序幕部分包括了第1~4章。首先从发现单片机开始,展示单片机广泛存在日常生活和工业生产中。接着介绍了单片机系统的概念、电子工艺、系统设计流程,并利用简单实例演示单片机的功能。与单片机及其系统设计相关的电路知识、元器件知识在这一部分渐渐展开,并服务于单片机知识的理解和设计的思考。最后就是单片机学习和系统开发涉及的多个软件如Proteus、 μ Vision的介绍。通过序幕部分的学习,可以顺利、快速、准确地进入单片机学习的核心区。

揭密部分包括了第5~8章。电子元器件知识的讲解再次为理解I/O口等单片机内部结构扫清障碍,通过发光二极管的多种控制掌握单片机的I/O口控制。接着介绍的是单片机如何控制七段数码管实现秒表等应用的设计。当我们对单片机有了比较感性的认识后,第7章全面介绍了单片机的存储器结构等重要内容,此时理解起来已经因为前面的铺垫而自然、容易了许多。同时,对汇编指令以及单片机执行过程的学习也变得从容许多。

解密部分包括了第9~14章。通过前面的学习单片机一些基础知识已经理解完毕,接着将逐个解开实际的单片机系统的秘密,比如传感器信号采集及信号处理、ADC(模数转换)和DAC(数模转换)、键盘、点阵、液晶屏等。另外还在实例当中把单片机的定时/计数器、看门狗、中断、串行通信进行全面介绍。

远航部分包括了第15~16章。有了以上的基础和设计的积累,远航部分将最大化地展示单片机系统中常用外设如继电器、红外管、直流电动机、步进电动机、存储器等。最后一章还对常用的存储器原理以及扩展片外存储器进行了详细介绍。

4. 特别感谢

本书是由杨欣统筹和主笔,由张延强、张铠麟、刘长焕、支瑞聪、刘杰、傅予嘉、赵东旭、赵兴东、何帅、陈伟、李哲谦、张浩翔、刘文、王正浩、陈新、昌文婷共同参与编写而完成的。本书还得到了胡文锦、赵兴东、赵东旭、傅予嘉、陈伟、何帅、Alqahtani Mahdi、Hamid Bidi的帮助,在此对他们的辛勤付出表示诚挚的谢意。此外,在编写过程中还得到了许多国内外专家的帮助和指导。

首先,我们感到莫大的荣幸邀请到Peter Wells教授为本书作序,他是世界公认的人类医用超声之父。1964年他就与Ken Evans和Frank Ross发明了第一台关节臂B超,连同后来他发明的世界第一台自动水浴超声乳腺扫描仪、导管内窥镜探头、多普勒超声传感器、灰阶图像超声等不胜枚举的开创性研究,为今天临床中普遍应用的B超、彩超、3D超声等的出现奠定了基础。他作为英国最高级巴思爵士获得者、英国皇家学会会员、英国皇家工程院院士、英国医学科学院院士、英国加的夫大学特聘教授,仍然工作在教学、科研的第一线,亲力亲为指导医学工程专业的本科生、研究生。笔者感到极大荣耀,能在博士、博士后期间与他一

同工作在超声运动损伤及超声辅助癌症治疗等课题中。

其次，要感谢英国加的夫大学工程学院电子物理医学研究所首席科学家 Len Nokes 教授的倾力帮助，他是国际足联（FIFA）以及欧洲足联（UEFA）的高级顾问医生、运动损伤研究员。作为本书的主审之一，他对本书的内容、框架进行了细心指导。他作为笔者的博士生导师，在运动损伤的诊断及治疗等医学工程研究中给予了大量的思路和精心的指导。

感谢本书的另外两位主审——北京交通大学的王玉凤和刘湘黔两位教授，他们 10 年来的倾力帮助与支持，都沉淀在笔者所出版的 7 本书中。他们事无巨细的指导还继续成为笔者出版电子类著作的动力。另外，希望用我们相继出版的图书，感谢他们在教书育人、科学研究中所倾注的精力以及过去和未来为社会创造的平凡而伟大的财富。

感谢北京交通大学生物医学工程系主任刘杰教授和北京军区总医院计量科主任刘文教授，他们近 10 年来在电子物理医学研究中给予的精心指导，成为了笔者多部图书的基石。笔者正是在他们所指导的诸多医学工程项目中迅速成长起来。

感谢英国帝国勋章获得者、英国皇家物理学家和科学家、英国加的夫大学特聘教授 John Woodcock 对本书诸多内容的精心指导以及对笔者科研、论文的帮助。同时，感谢英国加的夫大学临床医院的 Dr. Neil Pugh 和 Dr. Declan Coleman、英国帝国理工学院的 Dr. Roy Clement、伦敦大学玛丽女皇学院的 Dr. Deric Jones 和 Dr. Hazel Screen 等的帮助。另外，对英国爱丁堡大学的 Dr. Peter Hoskins、英国布里斯托总医院的 Dr. Haidong Liang 对编纂工作的肯定与指导表示感谢。

感谢北京交通大学计算机学院院长韩臻教授、党委书记杨晓晖教授、党委副书记余亚光教授给予的支持与帮助。另外对物理系的成正维、牛原、杨甦、蔡天芳、滕永平等几位教授和“关工委”的岳兆宏教授表示最崇高的敬意。

感谢深圳职业技术学院副校长温希东教授对本书内容的指导和肯定。还要感谢宋荣、贾方亮老师在具体电路、设计思路上的给予的大力帮助。

感谢英国剑桥大学的梁东方和王晓霖夫妇的帮助。并对《电子制作》、《电子测试》、《家庭影院技术》和《家电维修》杂志社的总编陈忠、社长陈晓筱、副主编杨来英、编务王雪珍等老师表示最大的感谢。此外还要感谢清华大学的韦思健教授和中国科学技术大学的赵文教授及夫人对内容的指导。感谢北京城市学院的汪仁里老师及夫人。同时对本书提供了许多宝贵建议的王淑兰老师表示感谢。

感谢梁丽丽、张晟、周萍、赵少云和雷丽明几位老师，他们对笔者的成长起了至关重要的作用。

最后，要感谢我的父母等家人；另外还要感谢挚友崔捷 10 多年来给予的莫大帮助。

杨 欣

Institute of Medical Engineering and Medical Physics
Cardiff University
United Kingdom
2011 年 2 月

目 录

第 1 篇 序 幕

单片机是什么？单片机有何用？如何系统学习单片机？单片机系统设计的流程是怎样的，需要掌握哪些辅助软件？本篇将针对这些问题一一阐述，为读者掀开单片机完全学习与应用的华丽序幕。

第 1 章 单片机在哪里	3	2.1.5 焊接工具	19
1.1 ■寻找单片机	3	2.1.6 焊接方法	21
1.1.1 电磁炉与单片机	4	2.2 ■单片机系统设计方案	22
1.1.2 MP3 播放机与单片机	5	2.2.1 需求分析	22
1.1.3 更多单片机	5	2.2.2 电路设计	23
1.2 ■学习单片机	6	2.2.3 程序设计	24
1.2.1 掌握单片机基础知识	6	2.2.4 系统调试	24
1.2.2 理解单片机系统	6	2.3 ■应用体验——单片机控制下的	
1.2.3 成为单片机系统设计师	7	发光二极管	25
1.3 ■单片机之家	7	2.3.1 发光二极管工作原理	25
1.3.1 Intel 8051 单片机	7	2.3.2 单片机的控制	26
1.3.2 PIC 单片机	8	2.3.3 体验单片机控制发光二极管	26
1.3.3 AVR 单片机	9	2.4 ■实例解读——反应时间测试仪	27
1.3.4 其他单片机	9	2.4.1 需求分析	27
1.4 ■应用体验——数字温度计	9	2.4.2 电路设计	27
1.4.1 数字温度计工作原理	10	2.4.3 程序设计	28
1.4.2 体验数字温度计	10	第 3 章 单片机系统登场	30
1.5 ■实例解读——装小球系统	11	3.1 ■单片机系统组成	30
1.5.1 需求分析	11	3.1.1 单片机本身	31
1.5.2 系统框架	12	3.1.2 系统的构成	31
第 2 章 如何成为单片机系统设计师	13	3.2 ■单片机系统抽丝剥茧	32
2.1 ■需要准备哪些	13	3.2.1 AT89S51 单片机的“外衣”	33
2.1.1 综合素质	13	3.2.2 AT89S51 单片机的管脚	34
2.1.2 软件工具	15	3.2.3 常见外设	36
2.1.3 硬件工具之一：面包板	15	3.3 ■元器件插曲之一：变压器	38
2.1.4 硬件工具之二：万用板和		3.3.1 变压器基础知识	38
印制电路板	18	3.3.2 电源变压器	39
		3.4 ■元器件插曲之二：二极管与整流	40



3.4.1 二极管基础知识	40	3.10.5 立即数	65
3.4.2 整流	40	3.11 ■应用体验——发光二极管的交替 发光	66
3.4.3 整流全桥	42	3.11.1 控制交替发光的原理	66
3.5 ■元器件插曲之三：电容	43	3.11.2 体验交替发光	66
3.5.1 电容基础知识	43	3.12 ■元器件插曲之七：开关	66
3.5.2 电容的种类	44	3.12.1 开关基础知识	66
3.5.3 电源滤波	46	3.12.2 常用开关	67
3.6 ■元器件插曲之四：三端稳压与 单片机系统电源	47	3.13 ■实例解读——与发光二极管的 交互	68
3.6.1 三端稳压基础知识	47	3.13.1 需求分析	68
3.6.2 单片机系统电源方案一： 自制直流稳压电源	48	3.13.2 电路设计	69
3.6.3 单片机系统电源方案二： 电源适配器	48	3.13.3 程序设计	69
3.6.4 单片机系统电源方案三： USB 口供电	49	3.13.4 延时子程序	72
3.7 ■元器件插曲之五：晶振与振荡器	50	第 4 章 单片机系统设计辅助软件	74
3.7.1 晶振基础知识	50	4.1 ■Proteus 单片机系统仿真软件	74
3.7.2 振荡器	51	4.1.1 Proteus 软件界面	75
3.8 ■诠释单片机最简系统	52	4.1.2 用 Proteus 仿真	76
3.8.1 单片机最简系统	52	4.2 ■μVision 单片机程序开发	82
3.8.2 电源端（VCC、GND）	52	4.2.1 μVision 软件界面	83
3.8.3 时钟信号端（XTAL1、 XTAL2）	53	4.2.2 新建和保存项目	83
3.8.4 复位端（RST）	54	4.2.3 向项目中添加文件	84
3.8.5 外部程序存储器访问控制端 （EA/VPP）	55	4.2.4 汇编程序，生成执行代码	87
3.8.6 从最简系统出发	56	4.2.5 生成下载到单片机的执行 代码 HEX 文件	88
3.9 ■元器件插曲之六：电阻	56	4.3 ■μVision 的调试及仿真功能	89
3.9.1 电阻基础知识	56	4.3.1 调试界面	89
3.9.2 电阻的参数和种类	58	4.3.2 虚拟逻辑分析仪	89
3.9.3 电阻的分压、限流、上拉作用	59	4.4 ■应用体验——把程序下载到 单片机里	92
3.10 ■从单片机最简系统开始设计	60	4.4.1 下载器与单片机	92
3.10.1 发光二极管交替发光	61	4.4.2 体验下载过程	92
3.10.2 程序设计	61	4.5 ■实例解读——流水灯	93
3.10.3 初见汇编语言	63	4.5.1 需求分析	93
3.10.4 初识指令	64	4.5.2 电路设计	94
		4.5.3 软件设计	94



第2篇 揭 密

单片机的内部结构是怎样的？单片机开发经常会用到哪些电子技术和元器件知识？还有那困扰了很多人的单片机编程语言……本篇将生动地通过诸多实例带出单片机的基础知识，在遇到相关模拟电路、数字电路、元器件知识时会有及时的补充说明，带领读者一点点揭开单片机的神秘面纱。

第5章 单片机的触角——I/O 口	101	5.7.2 需求分析	114
5.1 ■何谓 I/O 口	101	5.7.3 电路设计	114
5.1.1 I/O 口的功能	101	5.7.4 软件设计	116
5.1.2 I/O 口与单片机的关系	102	第6章 七段数码管显示	118
5.1.3 I/O 口的操作	103	6.1 ■二进制与数据	118
5.2 ■元器件插曲之八：场效应管	104	6.1.1 二进制与数字	118
5.2.1 JFET	105	6.1.2 二进制与语音	119
5.2.2 MOSFET	106	6.1.3 二进制与图像	120
5.3 ■元器件插曲之九：逻辑门	106	6.2 ■元器件插曲之十一：七段数码管	121
5.3.1 非门	106	6.2.1 七段数码管原理	121
5.3.2 或门	107	6.2.2 七段数码管显示数字	122
5.3.3 或非门	107	6.3 ■应用体验——计时器	123
5.3.4 与门	107	6.3.1 功能与电路	124
5.3.5 与非门	107	6.3.2 体验计时器	124
5.3.6 异或门	108	6.4 ■元器件插曲之十二：蜂鸣器	124
5.3.7 缓冲器	108	6.4.1 蜂鸣器	125
5.4 ■元器件插曲之十：锁存器与触发器	108	6.4.2 蜂鸣器如何工作	125
5.4.1 门控 D 锁存器	109	6.5 ■元器件插曲之十三：三极管及三极管开关	125
5.4.2 边沿 D 触发器	109	6.5.1 三极管基础	125
5.5 ■I/O 口结构探密	110	6.5.2 三极管的直流放大特性	127
5.5.1 P1 口	110	6.5.3 三极管的直流增益	128
5.5.2 P3 口	110	6.5.4 三极管的电流关系式	128
5.5.3 P0 口	111	6.5.5 三极管开关	129
5.5.4 P2 口	112	6.6 ■实例解读——带声音提示的秒表	130
5.5.5 I/O 口小结	112	6.6.1 需求分析	130
5.6 ■应用体验——控制流水灯	112	6.6.2 电路设计	130
5.6.1 功能与电路	113	6.6.3 开关抖动的处理	130
5.6.2 体验控制流水灯	113	6.6.4 计时中数字的增加	132
5.7 ■实例解读——晃晃灯	113	6.6.5 软件设计	133
5.7.1 原理分析	114		



第 7 章 解剖单片机.....136

- 7.1 ■单片机的功耗.....136
 - 7.1.1 运行功耗.....137
 - 7.1.2 I/O 口驱动功耗.....137
 - 7.1.3 空闲模式.....137
 - 7.1.4 待机模式.....138
- 7.2 ■单片机内部结构.....138
 - 7.2.1 从 I/O 口到内部结构.....138
 - 7.2.2 数据在内部交换.....139
 - 7.2.3 算术逻辑单元 (ALU).....140
 - 7.2.4 在 μ Vision 中观察寄存器.....141
- 7.3 ■单片机的程序存储器.....142
 - 7.3.1 整体结构.....143
 - 7.3.2 程序下载到哪里.....144
 - 7.3.3 片内程序存储器.....144
 - 7.3.4 程序计数器 PC.....145
 - 7.3.5 是片内还是片外程序存储器.....145
 - 7.3.6 在 μ Vision 中观察程序存储器.....147
- 7.4 ■单片机的数据存储器.....149
 - 7.4.1 片内数据存储器.....149
 - 7.4.2 工作寄存器区 (00H~1FH).....150
 - 7.4.3 位寻址区 (20H~2FH).....151
 - 7.4.4 开放区 (30H~7FH).....153
 - 7.4.5 在 μ Vision 中观察数据存储器.....153
- 7.5 ■单片机的特殊功能寄存器.....155
 - 7.5.1 特殊功能寄存器分布图.....155
 - 7.5.2 特殊功能寄存器的功能.....156
 - 7.5.3 特殊功能寄存器的字节操作.....158
 - 7.5.4 特殊功能寄存器的位操作.....158
 - 7.5.5 在 μ Vision 中观察特殊功能寄存器.....159
- 7.6 ■应用体验——用取表方式实现流水灯.....162
 - 7.6.1 取表法.....162
 - 7.6.2 取表法小结.....164
 - 7.6.3 体验流水灯.....165
- 7.7 ■实例解读——直接驱动七段数码管.....165
 - 7.7.1 需求分析.....165

- 7.7.2 电路设计.....165
- 7.7.3 软件设计.....166

第 8 章 单片机与汇编指令.....168

- 8.1 ■汇编语言真面目.....168
 - 8.1.1 汇编语言与高级语言.....169
 - 8.1.2 从汇编程序到执行代码.....169
 - 8.1.3 伪指令.....170
- 8.2 ■指令的执行.....173
 - 8.2.1 振荡周期、机器周期、指令周期.....173
 - 8.2.2 指令的执行.....174
- 8.3 ■寻址方式.....175
 - 8.3.1 直接寻址.....175
 - 8.3.2 间接寻址.....175
 - 8.3.3 寄存器寻址.....176
 - 8.3.4 寄存器特征寻址.....176
 - 8.3.5 立即寻址.....177
 - 8.3.6 变址寻址.....177
- 8.4 ■指令分类.....177
 - 8.4.1 指令概述.....177
 - 8.4.2 指令的长度.....178
- 8.5 ■算术运算指令.....179
 - 8.5.1 加法指令——ADD A, <src-byte>.....179
 - 8.5.2 带进位的加法指令——ADDC A, <src-byte>.....180
 - 8.5.3 带借位的减法指令——SUBB A, <src-byte>.....181
 - 8.5.4 自增/自减指令——INC <byte> / DEC <byte>.....181
 - 8.5.5 乘法指令——MUL AB.....182
 - 8.5.6 除法指令——DIV AB.....183
 - 8.5.7 十进制调整指令——DA A.....183
- 8.6 ■逻辑运算指令.....184
 - 8.6.1 与操作——ANL <dest-byte>, <src-byte>.....184
 - 8.6.2 或操作——ORL <dest-byte>, <src-byte>.....185



8.6.3 异或操作——XRL <dest-byte>, <src-byte>.....	186	8.8.4 布尔跳转指令——JC、JNC、 JB、JNB、JBC.....	200
8.6.4 累加器 A 清 0 操作——CLR A.....	186	8.9 ■调用子程序指令.....	201
8.6.5 累加器 A 取反操作——CPL A.....	187	8.9.1 长调用指令——LCALL.....	201
8.6.6 累加器 A 位移动操作——RL、 RLC、RR、RRC.....	187	8.9.2 绝对调用指令——ACALL.....	202
8.6.7 累加器 A 高低位交换操作 ——SWAP A.....	188	8.9.3 返回指令——RET、RETI.....	203
8.7 ■数据装载指令.....	189	8.10 ■跳转与循环指令.....	203
8.7.1 片内数据装载指令——MOV <dest>, <src>.....	189	8.10.1 无条件跳转指令——LJMP、 AJMP、SJMP、JMP.....	203
8.7.2 数据指针 DPTR 装载指令 ——MOV DPTR, #data16.....	190	8.10.2 条件跳转指令——JZ、JNZ.....	204
8.7.3 堆栈指令——PUSH、POP.....	191	8.10.3 比较跳转指令——CJNE <dest-byte>, <src-byte>, rel.....	205
8.7.4 数据交换指令——XCH、 XCHD.....	194	8.10.4 循环指令——DJNZ <byte>, <rel-addr>.....	207
8.7.5 片外数据装载指令——MOVB <dest>, <src>.....	195	8.10.5 无操作指令——NOP.....	208
8.7.6 查表指令——MOVC <dest>, <src>.....	197	8.11 ■应用体验——七段数码管的串行 控制技术.....	208
8.8 ■布尔指令.....	198	8.11.1 串行与并行传输.....	208
8.8.1 清 0、置 1、取反操作——CLR、 SETB、CPL.....	198	8.11.2 串行控制七段数码管.....	209
8.8.2 布尔逻辑运算指令——ANL、 ORL.....	199	8.11.3 程序设计.....	210
8.8.3 位数据装载指令——MOV <dest-bit>, <src-bit>.....	200	8.12 ■实例解读——指令应用（程序） 实例.....	211
		8.12.1 数据求和.....	211
		8.12.2 减法与二进制的二补数.....	212
		8.12.3 异或操作指令 XRL 用于比较 寄存器数值.....	213
		8.12.4 利用布尔指令产生矩形波 信号.....	214
		8.12.5 布尔指令应用于控制.....	215

第 3 篇 解 密

之所以单片机能成为控制核心，设计出包罗万象的应用系统来，是因为开发者利用了单片机提供的种种功能及各种外设。本篇将介绍单片机的各种功能，加上诸如传感器、模数转换、扫描显示、串行、中断的应用思维，结合更多的元器件、电子电路知识，为读者逐个解开实际的单片机系统的秘密。



第 9 章 传感器及模拟信号的处理	219
9.1 ■元器件插曲之十四：运算放大器	219
9.1.1 运算放大器基础	220
9.1.2 运算放大器的参数	221
9.1.3 运算放大器的黄金守则	222
9.2 ■基础运放电路	223
9.2.1 同相放大器	223
9.2.2 反相放大器	224
9.2.3 跟随器	225
9.2.4 向运放进行单电源供电	226
9.3 ■比较器	226
9.3.1 过零比较器	227
9.3.2 非过零比较器	227
9.3.3 迟滞比较器（施密特触发器）	228
9.4 ■具有运算功能的运放电路	229
9.4.1 加法放大器	229
9.4.2 单运放差分放大器	230
9.4.3 仪表放大器	232
9.5 ■滤波器	234
9.5.1 高通滤波器	234
9.5.2 低通滤波器	235
9.5.3 带通滤波器	236
9.5.4 带阻滤波器	238
9.6 ■传感器	238
9.6.1 压力传感器	239
9.6.2 光电传感器	242
9.6.3 温度传感器	243
9.7 ■应用体验——幅频变换	245
9.7.1 MPX4115A 压力传感器	245
9.7.2 幅频变换器	247
9.8 ■实例解读——磁场强度的测量	248
9.8.1 霍尔传感器与磁场的测量	248
9.8.2 线性霍尔传感器 3503	248
9.8.3 检测电路	250
第 10 章 ADC 和 DAC	251
10.1 ■模数转换	251
10.1.1 从模拟信号到数字信号	251
10.1.2 电平指示器中的 ADC	253
10.2 ■元器件插曲之十五：ADC0804	255
10.2.1 管脚名称及功能	255
10.2.2 使能控制端	255
10.2.3 转换控制端	256
10.2.4 时钟信号	256
10.2.5 模拟输入电压范围	256
10.2.6 转换时间	256
10.2.7 接地	257
10.2.8 参考电平与分辨率	257
10.3 ■ADC 与单片机	258
10.3.1 单片机控制 ADC0804	258
10.3.2 程序设计	259
10.4 ■模拟信号的调理	260
10.4.1 电平变换电路	260
10.4.2 峰值检测器	261
10.4.3 绝对值电路	262
10.4.4 微分器和积分器	263
10.4.5 采样保持电路	264
10.4.6 接地问题	266
10.5 ■数模转换	268
10.5.1 数模转换基础	269
10.5.2 DAC0808	269
10.5.3 DAC 的程序控制	270
10.6 ■如何选择 ADC	271
10.6.1 常用 ADC 简介	271
10.6.2 如何确定位数	273
10.6.3 如何确定转换速率	273
10.6.4 如何确定是否需要采样保持器	273
10.6.5 如何确定工作电压和参考电平	274
10.7 ■如何选择 DAC	274
10.7.1 如何确定分辨率	274
10.7.2 如何确定线性度	274
10.7.3 如何确定转换精度	274
10.7.4 如何理解建立时间	275
10.7.5 按参数条件选择	275
10.8 ■应用体验——DAC 正弦波发生器	276
10.8.1 正弦信号公式	276



10.8.2 正弦波发生程序·····	277	11.7.3 在 μ Vision 中操作计数器·····	307
10.9 ■实例解读——数字温控系统·····	278	11.7.4 计数器的计数初始值设定·····	308
10.9.1 系统功能与硬件设计·····	278	11.7.5 各种模式下的计数器·····	308
10.9.2 程序设计·····	278	11.7.6 计数脉冲的要求·····	311
第 11 章 时间的计算 ·····	283	11.7.7 TMOD 寄存器的门控位·····	312
11.1 ■定时与计数·····	283	11.8 ■看门狗·····	313
11.1.1 什么是定时·····	283	11.8.1 什么是看门狗·····	313
11.1.2 什么是计数·····	284	11.8.2 单片机的内置看门狗·····	313
11.1.3 单片机的 Timer·····	285	11.9 ■应用体验——“叮咚”门铃·····	315
11.2 ■与 Timer 有关的寄存器·····	285	11.9.1 功能及电路·····	315
11.2.1 Timer 实现的延时·····	285	11.9.2 “叮咚”声发生程序·····	315
11.2.2 Timer 模式控制寄存器 TMOD·····	286	11.10 ■实例解读——频率计·····	318
11.2.3 Timer 寄存器·····	288	11.10.1 利用计数器设计频率计·····	318
11.2.4 Timer 控制寄存器 TCON·····	288	11.10.2 频率计的程序·····	318
11.2.5 Timer 用做定时/计数器小结·····	288	第 12 章 扫描与显示 ·····	322
11.3 ■Timer 的工作模式 1·····	289	12.1 ■扫描多位七段数码管·····	322
11.3.1 模式 1 的特点·····	289	12.1.1 动态扫描的原理·····	323
11.3.2 模式 1 的设置·····	290	12.1.2 动态扫描操作指南·····	325
11.3.3 模式 1 的计数初始值·····	291	12.1.3 动态扫描方式程序·····	326
11.3.4 设计模式 1 的计数初始值·····	292	12.2 ■扫描键盘·····	327
11.3.5 利用 Timer 进行长时间定时·····	294	12.2.1 什么是键盘·····	327
11.4 ■Timer 的工作模式 0·····	295	12.2.2 键盘的电路结构·····	328
11.4.1 模式 0 的特点·····	295	12.2.3 键盘按键判断程序·····	329
11.4.2 设计模式 0 的计数初始值·····	296	12.2.4 键盘编码器芯片 74C922·····	332
11.5 ■Timer 的工作模式 2·····	297	12.3 ■扫描发光二极管点阵·····	334
11.5.1 模式 2 的特点·····	297	12.3.1 显示原理·····	334
11.5.2 模式 2 的设置·····	298	12.3.2 发光二极管点阵器件结构·····	335
11.5.3 设计模式 2 的计数初始值·····	300	12.3.3 发光二极管点阵与单片机 电路·····	336
11.6 ■Timer 的工作模式 3·····	300	12.3.4 点阵显示程序·····	336
11.6.1 模式 3 的特点·····	300	12.3.5 点阵屏幕的应用·····	338
11.6.2 模式 3 的设置·····	301	12.3.6 点阵应用中的问题·····	342
11.6.3 设计模式 3 的计数初始值·····	303	12.4 ■液晶屏·····	344
11.6.4 在 μ Vision 中观察 Timer·····	303	12.4.1 液晶屏的应用·····	344
11.7 ■计数器·····	305	12.4.2 字符液晶屏·····	345
11.7.1 计数器的应用·····	305	12.4.3 字符液晶屏显示原理·····	346
11.7.2 计数器的设置·····	306	12.4.4 单片机与字符液晶屏的接口·····	347



12.4.5	字符液晶屏的控制程序	349	13.6.3	用 Visual Basic 设计串口通信程序	401
12.4.6	图形点阵液晶屏显示原理	352	13.7	■实例解读——网络密码锁	406
12.4.7	单片机与图形点阵液晶屏的接口	353	13.7.1	串行口电平转换芯片	406
12.4.8	图形点阵液晶屏的控制程序	355	13.7.2	单片机与计算机串行通信实验	408
12.5	■应用体验——电子时钟	369	13.7.3	网络密码锁	410
12.5.1	功能及电路	369	第 14 章	中断的魅力	416
12.5.2	时钟程序	370	14.1	■“打扰”单片机	416
12.6	■实例解读——带汉字字库的液晶屏	374	14.1.1	外部中断一例	417
12.6.1	带汉字字库的液晶屏	375	14.1.2	中断服务的指挥——中断向量表	418
12.6.2	带汉字字库的液晶屏管脚	376	14.2	■中断的控制及处理	419
12.6.3	单片机与带汉字字库的液晶屏	377	14.2.1	中断的响应及处理	419
第 13 章	串行沟通	379	14.2.2	中断使能寄存器 IE	421
13.1	■串行还是并行	379	14.3	■外部中断 0 和外部中断 1	422
13.1.1	串行与并行的比喻	379	14.3.1	外部中断信号输入端 $\overline{\text{INT0}}$ 和 $\overline{\text{INT1}}$	422
13.1.2	串行与并行器件	380	14.3.2	外部中断的低电平触发	423
13.2	■单片机串行数据交换	381	14.3.3	外部中断的下降沿触发	424
13.2.1	AT89S51 的串行口	382	14.3.4	低电平与下降沿触发的区分	426
13.2.2	串行流水灯	383	14.4	■Timer 0 中断和 Timer 1 中断	426
13.2.3	串行接收数据	385	14.4.1	Timer 和 Timer 中断	427
13.3	■与串行通信有关的寄存器	387	14.4.2	利用 Timer 中断作信号发生器	427
13.3.1	串行口缓冲寄存器 SBUF	387	14.5	■串行通信中断	428
13.3.2	串行口控制寄存器 SCON	387	14.5.1	串行通信中断应用	429
13.4	■串行口工作模式	389	14.5.2	发送中断和接收中断的判断	429
13.4.1	模式 0	389	14.6	■应用体验——解放了的 CPU	431
13.4.2	模式 1	390	14.6.1	轮询与中断	432
13.4.3	模式 2	392	14.6.2	中断优先级	433
13.4.4	模式 3	392	14.6.3	利用 Timer 中断实现拉幕式显示	436
13.5	■应用体验——双机通信	393	14.7	■实例解读——电子琴	438
13.5.1	双机通信的应用	393	14.7.1	音符与频率	438
13.5.2	双机通信的通信链路	393	14.7.2	电子琴电路设计	439
13.5.3	排队呼叫系统	395	14.7.3	电子琴程序设计	440
13.6	■普通计算机的串行通信口	398			
13.6.1	计算机串行口	398			
13.6.2	本机串口实验	400			