



CD-ROM

S H E N R U Q I A N C H U
A V R D A N P I A N J I

深入浅出AVR单片机

——从ATmega48/88/168开始

王海波 王卓然 耿德根 编



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

S H E N R U Q I A N C H U
A V R D A N P I A N J I

深入浅出AVR单片机

——从ATmega48/88/168开始

江海波 王卓然 耿德根 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内 容 提 要

本书思路清晰,以 AVR 单片机为载体,介绍了初学单片机所必须掌握的专业知识。书中语言严谨但不乏幽默风趣,配以大量的照片、图示和实例程序,使读者在愉悦中完成专业知识的学习,并培养了学习嵌入式系统的兴趣。本书在讲述 AVR 单片机的同时,更侧重于对读者学习和设计能力的启发、培养,帮助他们养成“从实践中来,到实践中去”的科学方法论,为进一步的学习创造了基础。

本书讲述浅显、内容丰富、编排合理、实例详尽。首先介绍了如何阅读器件资料的方法,然后熟悉 ICCAVR 集成开发环境并搭建实验开发装置,接着从实际应用出发,启发式地介绍 AVR 单片机的常用资源和对应软件方法,最后较为全面地补充了从事嵌入式系统开发要扩展的软件知识。

本书既可作为单片机爱好者的自学用书,也可作为大中专院校电子、自动化和计算机等相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

深入浅出AVR单片机:从ATmega48/88/168开始/江海波,王卓然,耿德根编著.—北京:中国电力出版社,2008

ISBN 978-7-5083-6903-7

I. 深… II. ①江…②王…③耿… 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040027号

责任编辑:白立军

责任校对:崔燕菊

责任印制:郭华清

书 名:深入浅出 AVR 单片机——从 ATmega48/88/168 开始

编 著:江海波 王卓然 耿德根

出版发行:中国电力出版社

地址:北京市三里河路6号 邮政编码:100044

电话:(010) 68362602

传真:(010) 68316497

印 刷:北京市同江印刷厂

开本尺寸:185mm×260mm

印 张:33

字 数:804千字

书 号:ISBN 978-7-5083-6903-7

版 次:2008年6月北京第1版

印 次:2008年6月第1次印刷

印 数:0001—4000册

定 价:49.80元(含1CD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

感谢您翻开这本与众不同的单片机书籍。

在本书中您无法找到下列内容

1. 对英文版数据手册照抄照翻。
2. 如何使用汇编语言编写单片机软件。
3. 对单片机各种资源过于详细的讲解。

在其他书籍中您不一定能找到下列内容

1. 以一种单片机为依托，学习各种单片机的通用法则。
2. 用生动的语言讲述各种单片机原理。
3. 如何自己动手搭建单片机实验室。
4. 大量的应用实例，完整的程序代码。
5. 嵌入式系统开发和调试的工程思想。
6. 填补学校教学与工作要求之间的能力训练空白。

其他几个需要说明的问题

1. 本书配套光盘在本书的阅读中非常重要，请注意保管。
2. 任何一种单片机都可以作为单片机入门学习的机型，只是我们推荐 AVR 罢了。
3. 以 C 语言入门只是加速学习过程，入门后还需补习汇编。
4. 书中提及的各公司及其产品名称均属引用，作者不拥有其他权利。
5. 关于本书的讨论可以前往 http://www.ouravr.com/bbs/bbs_list.jsp?bbs_id=1038

感谢

耿德根老师发起本书的编写，提供了开发器和样片，另外还提供技术指导。

西南科技大学机器人小组对实例进行的测试和回馈。

张华、王姮、吴健、胡天链、夏显峰在本书策划期间提出的宝贵意见。

刘宏伟和黄建华两位老师参与本书编写工作的辛勤劳动。

我的合作者王卓然的辛勤工作。

韩名明同学参与的校对及内容测试工作。

我们的父母对我们的理解和支持。

网友彩虹、杨涛的测试回馈。

出版社全体工作人员的大力支持。

21ICBBS 和 OurAVR 上广大网友的支持和鼓励。

衷心希望您能够喜爱本书，并期待您的宝贵建议。

江海波

2007 年 9 月

写在前面的话 如何阅读本书

本书的结构

大家好！初次见面，请多多关照！感谢这本书能够让我们认识这么多新朋友，衷心祝愿大家能够和我们共同度过一段美好的单片机学习时光。

大家可能会注意到，这本书没有介绍微型计算机的基本概念、基本工作原理，甚至没有把 ATmega48/88/168 单片机的介绍放在最前面，没有介绍这种单片机的优点所在。

这的确是一本不同于传统观念的单片机书籍！

在这个单片机产业群雄争霸的时代，评价一种单片机优劣的权利在研发工程师而不在我们这些作者手中。我们所希望做的是以 ATmega48 单片机为载体，向大家介绍学习单片机技术的一般性方法。

下面给大家介绍本书的基本结构和所建议的阅读方法。

篇章设置

第 1 篇：介绍学习单片机的准备知识。

如果您是单片机初学者，仅仅浅尝过 51 单片机的课程学习；如果您是单片机爱好者，却感觉无从入门。那么请您跟随本书一起，通过 Datasheet 认识 ATmega48/88/168 单片机，亲自动手焊接一根下载线、一块实验板。这些自制的学习工具将伴随我们跨入单片机世界的大门。

因为本书中仅仅剖析了 Datasheet 中的难点和重点，所以读者在阅读本书的同时需要阅读 Datasheet。

第 2 篇：单片机重点外设的学习。

单片机最为有用的不是它的计算能力，而是其丰富的外设资源。在这一篇里我们介绍常用的单片机外设在实际中的应用。

在每一个外设的介绍之后，我们安排了若干个应用实例。这些实例非常详细，提供了方案分析，硬件电路图，流程图，重点、难点代码的分析。在本书的光盘中给出了各个实例的全部源代码，这些源代码都是由作者调试过的，直接下载到单片机中就可以运行。

第 3 篇：单片机软件开发模式介绍。

在本书中，软件语言以 C 语言为主，但单片机上的 C 语言与 PC 上的环境并不相同。本篇的目的是让大家能在已有的 C 语言基础上尽快进入单片机的软件开发模式。

在这一篇中，我们温习了 C 语言的部分知识点，但是，这些知识点不是重复 C 语言教材中的内容，而是针对单片机的应用特点做了发散。

本书中的一些阅读提示

在本书中，你会经常看到以下几种阅读提示。

基础 知识

<<阅读提示：基础知识试图希望您拥有一个扎实的基础，这是以后学习的关键。

或

原理 解析

<<阅读提示：原理解析部分试图将艰涩难懂的理论做浅显化的讲解，高手可以跳过。

这些部分，将介绍本章中的基础知识，或者用简单的实例作为比喻来说明软硬件的工作原理。如果您已经有一定的单片机基础知识，可以跳过这些部分。

实际 应用

<<阅读提示：实际应用部分着重介绍该资源在实际应用过程中常见的方法，入门必读。

具体到 ATmega48 单片机的介绍，例如，阐述某个外设 ATmega48 单片机上的具体操作方法。在介绍中包括了许多实际的问题。这种先阐述原理，再具体到单片机介绍的方法也是本书“以 ATmega48 单片机为载体，向大家介绍学习单片机技术的方法”思路的体现，我们希望读者通过本书学习到的不仅是 ATmega48/88/168 单片机，而且是一种学习单片机的通用方法。

进阶 阅读

<<阅读提示：进阶阅读着重从软件和工程的角度提供一些阅读材料，众口难调，请您酌量添加。

留给初学者上升空间。对初学者来说，阅读这部分内容可能有一定的难度，可以暂时跳过，等他们对单片机技术学习有一定深度时，再来研究这些相对复杂的问题。

A/D 是“Analog To Digital Converter”的缩写，中文名称是“模拟/数字转换器”，它的职责是将模拟信号量按照一定的规则转换为数字信号值，以使得数字电路或者单片机能够处理模拟信号量。

——DA895 注

这是本书的旁注，是我们在编写的时候为大家加上去的，它们的落款分别是“DA895”和“傻孩子”两位同学或老编。

“DA895”主要负责批注与硬件相关的问题，“傻孩子”则主要负责与软件相关的问题。这些问题包括名词解释，额外的提示等。这些信息本身不是本书要讨论的问题，但是通过批注的形式写在页面旁边，可以节省读者查阅其他资料的时间。同时也让两位同学陪着大家一起完成学习过程。

本书中的虚拟人物介绍

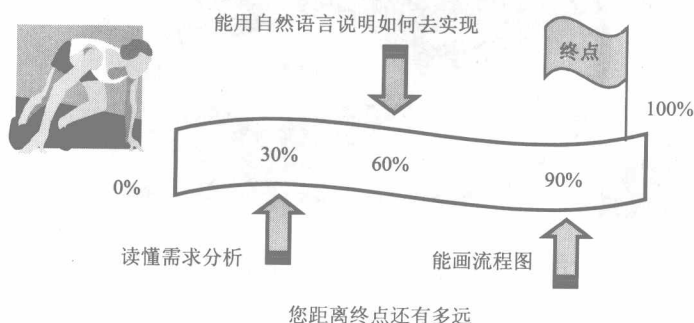
为了让单片机的学习过程更加生动活泼，我们安排了三虚拟人物穿插在全书中，他们分别是编辑部的“老编”和 DA895、傻孩子两位同学。他们将加入到本书的讲解和旁注工作中，希望他们的加入能让本书更好地为读者服务。

如何阅读实例部分

实例 1 阅读 74HC595 Datasheet

如果您在本书中看到这样的标题，它就是实例了。详细的实例是本书的特点之一。在每个章节中，您都会找到这种实例的标示。

众所周知，单片机学习重在实践。实例非常详细是本书的特点之一。编写团队为了安排哪些实验及对它们的难度控制讨论了很久，最后按照“常用优先、先易后难、循序渐进”的原则精选出书中的实例。我们给出了所有实例的电路图、流程图、难点源代码分析。虽然光盘中的源代码都经过调试，直接下载到单片机中就可以运行，但是希望大家不要像学校里对待单片机实验那样来对待它们，千万不能“一烧了事”。



我们推荐的实例阅读方法是先想后读，在阅读前先思考，如果没有后面的现成方案，我该如何实现命题中的要求；在阅读中寻找，我的思考方式和实例中的有什么区别；在阅读后反问，给出来的方法是实现命题的最佳方法吗？

最后提示大家的是，知道如何去解决一个问题比实际动手去解决这个问题更加可贵。

单片机硬件学习

单片机经历了 20 多年的辉煌发展，今天已经运用于大到飞机、汽车，小到自动豆浆机、电饭锅等各种电子设备。应该说单片机技术是当代电子设计师必备的设计技能之一。

与 20 世纪 80 年代的无线电爱好者不同，单片机的学习开发必须依赖于个人计算机 (PC)。本书的作者也经历了大学里囊中羞涩的时代，好在单片机开发对 PC 的要求不高，一台能够运行 Windows 98、有串口和并口的二手电脑已经完全可以开发 AVR 单片机了。

除此之外还需要如图所示的基本钳工工具。

由于单片机容易被静电损坏，因此焊接最好使用恒温电烙铁，这种烙铁温度可调，并且不会产生漏电损坏单片机。对于没有条件使用恒温烙铁的朋友，可以使用普通的 20W 内热式烙铁，但应该将烙铁外壳可靠



接地。

有了这些工具，就可以跟着本书第 1 篇实例 2 的介绍一步一步地搭建属于自己的 Atmega 48/88/168 单片机开发平台。

本书中没有包括 Datasheet 内的详细介绍——如果把它们都写进来，本书将成为一本庞然大物，何况阅读 Datasheet 最方便的地方是在计算机上。读者在阅读本书的同时还需要一台 PC 以阅读光盘中所附的 Datasheet 及程序源代码文件。



另外，您在阅读本书时，可以再准备一本数字电路基础教材、一本 51 单片机基础书籍配合学习。

单片机软件学习

这本书的主要语言是 C 语言。众所周知，用高级语言开发是现代单片机开发的趋势，本书也没有详细介绍 AVR 单片机汇编语言的指令、寻址方法等知识，这并不是说汇编语言过时了，而是因为汇编语言已经作为一种基本技能应用在底层驱动和简单系统的开发之中。

对于一个单片机开发者来说，只有学好了汇编，才能品尝到单片机的“满汉全席”，否则就只能吃 C 语言的“快餐”。

本书也不是一本专门讲 C 语言的书籍，在这个领域已经有很多教材可以学习了。在这里我们仅仅结合单片机开发中的特点对 C 语言中的部分知识点进行温习。

建议读者在阅读本书时，准备一本 C 语言的教材，例如，谭浩强老师的《C 程序设计》。

单片机的开发过程主要是软件的开发过程，读者可能会感觉到，本书中大部分篇幅在讲述软件设计。这是由于软件相对于硬件的灵活性而决定的。从减少元件数量，提高可靠性的角度来看，同一个功能，用软件实现比用硬件实现更加可靠。

嵌入式系统开发，实际上是为某一应用量身定做的“专用计算机”开发软硬件系统。牵涉的知识除了基本的模拟电路、数字电路以外，更多的是软件方面的知识。通常，一门精通的高级语言、初步的数据结构知识、初步的算法、一定的软件工程概念是对一个嵌入式系统从业者的最基本要求。本书定位于单片机的初学者、爱好者，也是以这一要求来安排软件相关章节内容的。说来玄乎，做起来不难。对于所学的知识，善于从生活中寻找它们的原形，是我们学习计算机学科的心得。

怎样阅读本书

如果你是一个高手，或者是一个自称的老手

请选择其他更适合您阅读的书籍。如果你真的想学习 AVR 单片机，我们认为阅读官方的 Datasheet 更直接、更经济。如果您是想为初学者寻找一本入门书籍——我们相信您的选择。

如果你是一个电子类专业的在校学生

我们推荐你先仔细阅读第一篇的第 1 章，熟悉和了解数据手册 Datasheet 的使用方法。紧接着，您可以跳过第 2 篇，直接进入第 3 篇，温习和补充一些 C 语言知识。这一篇章中，由于省略了大部分经典 C 语言教材的语法介绍，因此，我们推荐您还需要将一本谭浩强老师的《C 程序设计》放在手边，以备随时查阅。在此之后，你就可以自由地按照喜好，阅读第 2 篇中的内容了。不用过于担心章节之间的穿插关系，书的旁批中会给您指出相关知识所在的位置。

如果你是一个电子爱好者

动手实践是我们共同的爱好。在每一个章节中，都有一个对应的实例，即便章节中的解说没有看懂，通常实践的过程都会使我们恍然大悟。本书偏重于嵌入式系统的软件设计，这并不是说，作为一个电子爱好者，很难读懂，相反，这本书在最初确立原则时，就是设计用来辅助软件功底稍差的电子爱好者，使大家有机会成为“软硬兼得”的高手。本书的第 2 篇应该是您下工夫阅读的对象。

如果你是一个偏向于软件的 AVR 爱好者

作为偏向于软件的 AVR 爱好者，我们最关心的是如何使用手中的语言工具最直接地去操纵硬件资源。硬件细节往往是我们想忽略的，因此本书的代码编写是建立在“ICC 代码生成向导”之上的。通过第 1 篇的第 1 章关于 Datasheet 的介绍，您应该能最快地找到您感兴趣的寄存器。同时，本书介绍了大量嵌入式系统中常见的算法，包含的内容从 C 语言到数据结构；从算法设计到操作系统；从编码规范到软件工程……，您可以直接阅读本书的第 3 篇，相信一定有可以与您共鸣的地方。

如果你是一个在职的工程师，想接触 AVR 单片机

本书在编写中，是以辅助 Datasheet 阅读为蓝本的。学习 AVR 单片机，对您来说，应该以 Datasheet 为主，在理解出现障碍或者需要实例作为参照时，可以本书作为有限的参考。

如果你曾经学习过 51 单片机

如果您习惯于用汇编语言开发 51 单片机，那么 C 语言可能是您最大的障碍。首先，快速阅读本书第三篇的内容，跳过难以一时理解的部分，迅速进入第 2 篇。在这一篇中，您可以跳过“原理解析”直接进入“实际应用”部分。俗话说，一通百通，对比曾经学习过的 51 知识，熟悉 C 语言环境，对您来说，也许并不是一件难事。

如果你喜欢系统地学习一门知识

您可以按部就班地依次阅读各个章节。这对您系统掌握一种单片机、熟悉一种开发环境、了解一种工程思想、学习一类应用算法是非常有好处的。

如果你喜欢开门见山

您是一个急性子的人，凡事喜欢一针见血，透过现象看本质。在阅读时，您可以首先从各章的实例出发，遇到您感兴趣的内容时，再回头阅读章节的详细说明。跳过无用、冗繁的比喻、讲解，直接阅读如何使用代码生成向导获得所需代码、直接通过 Datasheet 中的寄存器说明掌握某一硬件资源的操作方式，对您来说，可能是一种更有效的方式。本书为了顾及大部分人的口味，可谓“灌水颇多”，还请您原谅我们这种做法，挤干“水分”，获取您最感兴趣的部分。

如果你曾经阅读过类似的技术类书籍

您最好找一本同类的书籍放在手边，以备不时地对照，补充需要的内容。本书在编写时，参考了大量同类书籍，有意避开了可能“雷同”的部分。我们虽然不会是“Datasheet 的翻译”，但是，也因此造成了很多内容的缺失，典型的例子就是本书的“偏向软件处理的特征”。嵌入式系统设计同时包含软/硬两部分的设计，而本书没有去详细介绍专门针对 ATmega48/88/168 的硬件组成。配合光盘内的数据手册阅读，可能是您最好的选择。

如果你只是想消遣一下

技术来源于生活，看看您身边的技术都可以用哪些身边的例子来进行类比——这通常是一件非常有趣的事情。所谓言者无心，听者有意。我们一个很不经意且并不恰当的比喻，也许能燃起您的一丝灵感。如果我们真的起到了抛砖引玉的作用，还请您一定要告诉我们、告诉身边搞技术的朋友——原来技术这么有趣。在本书的很多章节中，原理解析部分通常包含了很多有趣的模型和比喻，有空的话，不妨请您驻足浏览一番。

目 录

前 言

写在前面的话 如何阅读本书

第 1 篇 Are you ready?

第 1 章 学会阅读 Datasheet	2
1.1 如何阅读 PDF 文件, 如何获得 Datasheet 文件	3
1.2 Datasheet 告诉我们些什么	4
1.3 如何看懂 AVR 的 Datasheet	8
1.4 如何得到帮助	9
1.5 汇编语言执行时间的计算方法	9
1.6 ATmega48/88/168 常用熔丝的作用及其配置方法	11
1.7 对误烧写为外部时钟模式的解锁方法	13
实例 1 阅读 74HC595 Datasheet	13
第 2 章 深入开发环境	16
2.1 认识 ICC 编译环境	17
2.2 事半功倍的代码生成器	20
2.3 ICC 之不得不说的故事	21
2.4 AVR 最小系统和下载线 DIY	30
实例 2 AVR 最小系统 DIY	31

第 2 篇 Let's go!

第 3 章 从跑马灯开始	52
3.1 输入/输出界面	53
3.1.1 单片机的输入/输出设备——引脚	53
3.1.2 “芯”里有数——数码管显示	54
3.1.3 单片机的输入/输出设备——从按键到键盘	58
3.2 用 ATmega48/88/168 单片机端口驱动数码管	60
3.3 操纵 ATmega48/88/168 单片机端口	60
3.4 端口内建上拉电阻的使用	62
3.5 端口位操作	62
实例 3 跑马灯	65
实例 4 数码管的显示(上)	69
实例 5 数码管的显示(下)	74
实例 6 矩阵键盘	78

第 4 章 对不起 接个电话	84
4.1 十万火急——中断	85
4.2 中断的特性	85
4.3 使用中断时的注意事项	90
4.4 ATmega48/88/168 单片机有哪些中断源	90
4.5 如何编写一个中断的服务程序代码	91
4.6 ATmega48/88/168 单片机中断的开关控制	93
4.7 ATmega48/88/168 中断标志位	93
4.8 ATmega48/88/168 中断优先级	94
4.9 ATmega48/88/168 单片机中断向量	94
4.10 中断与查询之争	95
4.11 用查询方式响应外设中断	97
4.12 中断误触发	97
4.13 前后台与原子操作	100
实例 7 中断唤醒的键盘扫描	103
实例 8 旋转编码器	109
第 5 章 一秒究竟有多长	119
5.1 单片机与时间	120
5.2 软件延时	124
5.3 不需要加载的“自由计时器”	125
5.4 通过重加载控制定时中断周期	126
5.5 使用代码生成器生成定时器 1 初始化代码	127
5.6 定时器的其他工作模式	130
5.7 PWM 波及其应用简介	130
5.8 人类能看懂的电子时钟——实时时钟简介	131
实例 9 闪烁的灯	132
实例 10 渐明渐暗的灯	137
实例 11 复杂闪烁控制	145
第 6 章 电量低	156
6.1 从猜数游戏到 A/D 转换器	157
6.2 ATmega48/88/168 的 A/D 转换器	158
6.3 ATmega48/88/168 单片机中与 A/D 相关的引脚	161
6.4 ATmega48/88/168 单片机中与 A/D 相关的寄存器	161
6.5 使用 A/D 时需要注意些什么	161
6.6 怎样知道 A/D 转换完成	163
6.7 读取 A/D 的转换结果	164
6.8 使用代码生成器生成 ADC 初始化代码	165
6.9 书写具有工程结构的初始化代码	167
6.10 电量计原理概述	169

6.11	转换结果读取方式的比较	170
6.12	ADC 噪声抑制模式	173
6.13	A/D 的软件滤波技术	174
6.14	软件实现的施密特触发器	186
实例 12	电量计	187
第 7 章	正在过收费站	192
7.1	从并行通信到串行通信	193
7.2	这个世界上我们都被“缓冲”着	194
7.3	将串行进行到底	194
7.4	串行外设接口 SPI	195
7.5	都是环形队列惹的祸	196
7.6	使用代码生成器生成 SPI 初始化代码	197
7.7	SPI 通信缓冲的 C 语言实现	201
7.8	缓冲区的刷新算法	203
7.9	中断的同步	204
7.10	建立 SPI 总线	205
7.11	SPI 环路总线的优化	210
实例 13	端口扩展	212
实例 14	键盘显示模块	221
第 8 章	包装的学问	232
8.1	从邮递员的包裹说起	233
8.2	心有灵犀的异步通信	234
8.3	数据的包裹——帧	235
8.4	应用的包裹——数据包	237
8.5	解剖串口模块	238
8.6	使用代码生成器生成 USART 初始化代码	239
8.7	9 位数据帧的发送和接收	240
8.8	建立串行通信缓冲区	241
8.9	9 数据位模式下的多机通信	247
8.10	多机通信的 C 语言实现	248
8.11	初识状态机	250
8.12	单字节一应一答式通信	253
8.13	多字节通信协议	258
8.14	简单定长数据包通信协议	259
8.15	变长数据包通信协议	263
实例 15	数字电压表	265
第 9 章	傻孩子求职记	273
9.1	I ² C: 一根时钟线、一根信号线	274
9.2	半双工通信	275

9.3 求职者模型.....	276
9.4 TWI 的总线仲裁.....	277
9.5 贼老大的计划.....	279
9.6 TWI 总线协议状态机.....	281
9.7 TWI 通信状态机带来的麻烦.....	282
9.8 Datasheet 寄存器查阅导读.....	283
9.9 使用代码生成器生成 TWI 初始化代码.....	284
9.10 书写具有工程结构的 C 语言代码.....	286
9.11 TWI 通信状态机的建立.....	289
9.12 轻松设计 TWI 通信状态机.....	298
实例 16 存储器 24C01 的读写.....	299
实例 17 I ² C 抢答器.....	309

第 10 章 MISSION UPDATE..... 316

10.1 展望 UPDATE.....	317
10.2 ISP 和 IAP.....	318
10.3 IAP 的要点、难点与风险.....	319
10.4 ATmega48/88/168 的 FLASH 分区.....	323
10.5 程序锁定熔丝的设置.....	325
10.6 操纵程序存储器.....	327
10.7 把 IAP 程序放进 BOOT 区.....	329
10.8 小试牛刀.....	330
10.9 C 语言与汇编语言之争.....	331
10.10 用汇编语言操作 FLASH 存储器.....	332
实例 18 ATmega48 在线程序更新.....	333

第 3 篇 Code Name C

第 11 章 朝花夕拾..... 346

11.1 一个位运算的例子.....	347
11.2 文如其形的移位运算.....	347
11.3 颠倒黑白的“取反”运算.....	351
11.4 一票否决的“与”运算.....	351
11.5 一票通过的“或”操作.....	353
11.6 求同存异的“异或”运算.....	353
11.7 位运算和逻辑运算的区别.....	354
11.8 为什么要使用宏定义.....	355
11.9 宏定义的基本形式.....	356
11.10 “参数宏”由便利带来的麻烦.....	358
11.11 方便的条件编译.....	360
11.12 从结构体到位段.....	362
11.13 “别动我的奶酪！”.....	365

11.14 居安思危的 volatile	369
11.15 “你不知道我知道”	372
实例 19 编写我们的第一个头文件	375
第 12 章 指针都是纸老虎	378
12.1 存储器是一个大数组	379
12.2 “指鹿为马”说指针	379
12.3 空指针(void *)	381
12.4 变量、指针变量、指针常量与“不应该被修改的指针变量”	382
12.5 数组、指针数组、数组指针	384
12.6 多维数组	386
12.7 指向指针的指针	389
12.8 地址绑定与“偷天换日”	390
12.9 大端对齐与小端对齐	391
12.10 内存入侵	392
12.11 extern: “在想你的三百六十五天……”	397
12.12 人去楼空的“野指针”	399
12.13 分支程序	400
12.14 消息地图与函数指针	400
12.15 态内存分配 ABC	404
实例 20 端口位操作的实现	407
第 13 章 来自身边的启示	413
13.1 超市储藏箱模型	414
13.2 由数数引起的思考	417
13.3 学习数据结构的本质障碍	418
13.4 空间映射	419
13.5 先来后到说队列	422
13.6 队列的简单空间映射	423
13.7 环形队列	425
13.8 滑动窗口	430
13.9 从爬楼梯想到后入先出	431
13.10 栈的简单空间映射	432
13.11 软件堆栈和硬件堆栈	434
13.12 内存垃圾	439
13.13 被遗忘的奶酪	440
13.14 垃圾的预防	441
实例 21 贪食蛇	442
第 14 章 初识嵌入式系统	450
14.1 初学者眼中的嵌入式	451
14.2 从黑盒子谈起	452

14.3	理想黑盒子.....	452
14.4	使用黑盒子的好处、必然性和代价.....	453
14.5	从黑盒子到模块化.....	454
14.6	什么是黑盒子哲学.....	455
14.7	源文件和头文件的分工.....	458
14.8	为什么不能在头文件中放置函数和变量的实体.....	461
14.9	循环包含的麻烦.....	462
14.10	模块分层结构下的头文件包含.....	466
14.11	硬件无关性与硬件抽象层.....	468
14.12	从编码习惯到编码规范.....	472
14.13	网文《请不要做浮躁的嵌入式工程师》.....	474
14.14	“足够好原则”与“即时上市”.....	475
附录 A	ATmega48/88/168 简介.....	477
附录 B	ICC 环境下的汇编.....	479
附录 C	ICC 环境下的存储器结构.....	484
附录 D	ASCII 码表.....	489
附录 E	ATmega48/88/168 指令集概述.....	490
附录 F	ATmega48/88/168 寄存器概述.....	494
附录 G	常见的错误代码及其解释.....	497
附录 H	ATmega48/88/168 端口封装图.....	501
附录 I	ATmega48/88/168 开发实验工具.....	503
附录 J	AT JTAGICE mkII AVR 仿真器介绍.....	507
	参考文献和相关网站.....	509

第 1 篇

Are you ready?



8-bit **AVR**[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega48/V
ATmega88/V *
ATmega168/V *

* Preliminary

本篇内容

- ◆ 第 1 章 学会阅读 Datasheet
- ◆ 第 2 章 深入开发环境