



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

STC公司大学计划推荐教材，STC单片机系统设计大赛指定用书
STC公司推荐的全国大学生电子设计竞赛STC单片机参考教材
采用本书作为教材的高校将免费获得STC大学计划最新的单片机实验箱

嵌入式与工业控制技术

P rinciple and Application of STC Microcontroller
Analysis and Design from Component, Assembly, C to Operation System

STC单片机原理及应用

——从器件、汇编、C到操作系统的分析和设计

(立体化教程) (第2版)

何宾 编著 姚永平 审
He Bin Yao Yongping



清华大学出版社



高清视频



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Principle and Application of STC Microcontroller

Analysis and Design from Component, Assembly, C to Operation System

STC单片机原理及应用

——从器件、汇编、C到操作系统的分析和设计

(立体化教程)

(第2版)

何宾 编著

He Bin

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为单片机相关课程教学而编写的教材。全书共分为 17 章, 主要内容包括: 单片机和嵌入式系统基础知识, STC 单片机硬件知识, STC 单片机软件开发环境, 数值表示及转换, STC 单片机架构, STC 单片机 CPU 指令系统, STC 单片机汇编语言编程模型, STC 单片机 C 语言编程模型, STC 单片机时钟、复位和电源模式原理及实现, STC 单片机比较器原理及实现, STC 单片机计数器和定时器原理及实现, STC 单片机异步串行收发器原理及实现, STC 单片机 ADC 原理及实现, STC 单片机增强型 PWM 发生器原理及实现, STC 单片机 SPI 原理及实现, STC 单片机 CCP/PCA/PWM 模块原理及实现, RTX51 操作系统原理及实现。

针对国内高校单片机课程教学中普遍存在的理论讲解不透彻、实践教学不系统的缺点, 本书从器件、汇编语言、C 语言和操作系统四个角度对 STC 新一代单片机进行了全方位的解读, 将单片机课程中的各个知识点进行融会贯通。该教材的一大特色就是理论和实际并重, 不仅介绍单片机的应用, 而且更加突出学习方法, 教给读者系统学习微处理器和嵌入式系统的思路和方法。这样, 为读者将来学习基于其他处理器的嵌入式系统打下坚实的基础。为了方便教师的教学和学生的自学, 本书提供了大量的设计案例, 并对这些设计案例进行了深入的分析。

本书可作为高职和本科院校单片机课程的教材, 也可作为 STC 单片机竞赛、单片机认证考试的参考用书。对于从事单片机应用的工程师来说, 本书也是很好的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

STC 单片机原理及应用: 从器件、汇编、C 到操作系统的分析和设计: 立体化教程/何宾编著. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2019

(高等学校电子信息类专业系列教材)

ISBN 978-7-302-49233-7

I. ①S… II. ①何… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 331868 号

责任编辑: 盛东亮

封面设计: 李召霞

责任校对: 时翠兰

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 31.5

插 页: 2

字 数: 767 千字

版 次: 2015 年 6 月第 1 版

2019 年 1 月第 2 版

印 次: 2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 89.00 元

产品编号: 076828-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学	(教指委高级顾问)	郁道银	天津大学	(教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学	(特约高级顾问)	胡广书	清华大学	(特约高级顾问)
华成英	清华大学	(国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学	(国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学	(国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学	(国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学	(国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学	(国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学	王志军	北京大学
副主任	刘旭	浙江大学	葛宝臻	天津大学
	隆克平	北京科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	秦石乔	国防科技大学		
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高〔2012〕4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

推荐序

FOREWORD

21 世纪全球全面进入了计算机智能控制与计算的时代,而其中的一个重要方向就是以单片机为代表的嵌入式计算机控制与计算。由于最适合中国读者入门的 8051 单片机有 30 多年的应用历史,绝大部分工科院校均开设有该课程,目前有几十万名对该单片机十分熟悉的工程师可以相互交流开发经验,有大量的经典电路和程序可以直接移植,从而极大地降低了开发风险,提高了开发效率,这也是 STC 宏晶科技(南通国芯微电子有限公司)生产基于 8051 系列单片机产品的巨大优势。

Intel 8051 技术诞生于 20 世纪 70 年代,已不可避免地面临着落伍的危险,如果不对其进行大规模创新,我国的单片机教学与应用就会陷入被动局面。为此,STC 宏晶科技对 8051 单片机进行了全面的技术升级与创新,经历了 STC89/90、STC10/11、STC12、STC15 系列,累计发布上百种产品:全部采用 Flash 技术(可反复编程 10 万次以上)和 ISP/IAP(在系统可编程/在应用可编程)技术;针对抗干扰进行了专门设计,超强抗干扰;进行了特别加密设计(例如 STC15 系列现仍无法解密);对传统 8051 进行了全面提速,指令速度甚至提高了 24 倍;大幅度提高了集成度,如集成了 A/D 转换器、CCP/PCA/PWM (PWM 还可当 D/A 转换器使用)、高速同步串行通信端口 SPI、高速异步串行通信端口 UART、定时器、看门狗、内部高精度时钟($\pm 1\%$ 温漂, $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$,可彻底省掉昂贵的外部晶振)、内部高可靠复位电路(可彻底省掉外部复位电路)、大容量 SRAM、大容量 EEPROM、大容量 Flash 程序存储器等。针对高校教学,STC15 系列一个单芯片就是一个仿真器,定时器改造为支持 16 位自动重载(学生只需学一种模式),串行口通信波特率计算改造为[系统时钟/4/(65536 重装数)],极大地简化了教学方式,针对实时操作系统 RTOS 推出了不可屏蔽的 16 位自动重载定时器,并且在最新的 STC-ISP 烧录软件中提供了大量易用的工具,如范例程序、定时器计算器、软件延时计算器、波特率计算器、头文件、指令表、Keil 仿真设置等。封装也从传统的 PDIP40 发展到 DIP8/DIP16/DIP20/SKDIP28, SOP8/SOP16/SOP20/SOP28, TSSOP20/TSSOP28, DFN8/QFN28/QFN32/QFN48/QFN64, LQFP32/LQFP48/LQFP64S/LQFP64L,每个芯片的 I/O 口从 6 到 62 个不等,价格从 0.89 元到 5.9 元不等,极大地方便了客户选型和设计。

2014 年 4 月,STC 宏晶科技重磅推出了 STC15W4K32S4 系列单片机——宽电压工作范围,可直接通过 USB 接口进行 ISP 下载编程,集成了更多的 SRAM(4KB),定时器 7 个(5 个普通定时器+CCP 定时器 2),串口(4 个),集成了更多的高功能部件(如比较器、带死区控制的 6 路 15 位专用 PWM 等);开发了功能强大的 STC-ISP 在线编程软件,包含了项目开发、脱机下载、RS-485 下载、程序加密后传输下载等功能,并已申请专利。IAP15W4K58S4

一个芯片就是一个仿真器(OCD,ICE),首次实现一个芯片就可以仿真(彻底抛弃了J-Link/D-Link),售价仅5.6元。

STC全力支持我国的单片机/嵌入式系统教育事业,STC大学推广计划正如火如荼地进行中,陆续开展向普通高等学校电子信息、自动化等相关专业赠送可仿真的STC15系列实验箱(仿真芯片IAP15W4K58S4),共建STC高性能单片机联合实验室的项目。部分已建或在建STC高性能单片机联合实验室高校有:上海交通大学、复旦大学、同济大学、浙江大学、南京大学、东南大学、武汉大学、吉林大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工业大学(威海)、东北大学、兰州大学、西安交通大学、西北工业大学、西北农林科技大学、南开大学、天津大学、中山大学、厦门大学、山东大学、四川大学、成都电子科技大学、中南大学、湖南大学、中国农业大学、中国海洋大学、中央民族大学、北京师范大学、北京航空航天大学、南京航空航天大学、沈阳航空航天大学、南昌航空大学、北京理工大学、大连理工大学、华南理工大学、南京理工大学、武汉理工大学、华东理工大学、太原理工大学、上海理工大学、浙江理工大学、河南理工大学、东华理工大学、兰州理工大学、成都理工大学、天津理工大学、天津工业大学、哈尔滨理工大学、哈尔滨工程大学、合肥工业大学、北京工业大学、南京工业大学、浙江工业大学、广东工业大学、沈阳工业大学、河南工业大学、北京化工大学、北京科技大学、北京工商大学、华北电力大学(北京)、华北电力大学(保定)、长安大学、西南大学、西南交通大学、福州大学、南昌大学、东华大学、上海大学、苏州大学、江南大学、河海大学、江苏大学、安徽大学、新疆大学、石河子大学、齐齐哈尔大学、中北大学、河北大学、河南大学、黑龙江大学、扬州大学、南通大学、宁波大学、深圳大学、北京林业大学、南京林业大学、东北林业大学、南京农业大学、大连海事大学、西安电子科技大学、杭州电子科技大学、桂林电子科技大学、南京邮电大学、西安邮电大学、西安科技大学、河南科技大学、天津财经大学、南京财经大学、首都师范大学、华南师范大学、陕西师范大学、上海师范大学、沈阳师范大学、河南师范大学、中国计量学院、中国石油大学、中国矿业大学等国内著名高校。

对大学计划与单片机教学的想法

STC大学计划正有步骤地向前推进中,已在国内数十所高校成立了联合实验室。上海交通大学、西安交通大学、浙江大学、山东大学等高校的多位知名教授也正在基于STC 1T8051创作全新的教材。

现在学校的学生是应该首先学习32位的微控制器还是8位的8051单片机呢?我觉得还是8051单片机比较合适。因为高校的嵌入式课程一般只有48学时,学生如果能充分利用这些学时,把8051单片机学懂,真正做出产品,工作以后就能触类旁通了。但是,如果只给他们48学时去学习ARM,学生不能完全学懂,最多只能搞些函数调用,培养不出真正能动手的人才。所以,还是应该以8位单片机入门。C语言最好与8051单片机融合教学,尽早开始此课程(比如在一二年级开始学习)。等到三年级,学有余力的学生可以再选修32位的嵌入式课程。

对大学工科非计算机专业C语言教学的想法

现在工科非计算机专业讲C语言课程时往往存在“在空中飘着,落不着地”的情形,学完之后不知道干什么。以前我们学习BASIC/C语言,学完后用DOS系统,在DOS下开发

软件。而现在的学生学完 C 语言,还要从 Windows 去返回 DOS 运行,所学的 C 语言也不能在 8051 单片机上运行。嵌入式 C 语言有多个版本,国内流行 Keil C; 现我们也在开发自己的 C 编译器。我们现在推动教学改革,将单片机和 C 语言(嵌入式 C 语言、面向控制的 C 语言)安排在同一门课程,在一年级的第一学期就开设,学生学完后就知道将来能干啥了,一年级的第二学期再开设 Windows 下的 C++ 语言开发课程,正好利用我们的单片机 C 语言给它奠定的基础。学习过模电、数电(FPGA)、数据结构、实时操作系统(RTOS)、自动控制原理、数字信号处理等课程后,在大三再开一门综合电子系统设计课程,这样就循序渐进地培养出能真正动手实践的人才了。我们现在主要的工作是推动工科非计算机专业高校教学改革,何宾老师的这本教材就是我们教学改革研究成果的优秀代表。

感谢 Intel 公司发明了经久不衰的 8051 体系结构,感谢何宾老师撰写这本具备改革特色的新书,保证了中国 30 年来的单片机教学与世界同步。

我们将本教材确定为 STC 公司大学计划推荐教材、STC 单片机大赛指定教材。采用本书作为教材的院校将优先免费获得我们提供的可仿真的 STC15 系列实验箱(主控芯片 IAP15W4K58S4)。

最后,希望广大教师和学生“明知山有虎,偏向虎山行!”

姚永平(STC MCU Limited)

第2版前言

PREFACE

本书是在《STC 单片机原理及应用——从器件、汇编、C 到操作系统的分析和设计(立体化教程)》一书的基础上修订而成的。修改内容主要包括:

(1) 增加的第 1 章,专门介绍嵌入式系统的基础知识。使学生在学习单片机的理论知识之前,就能对单片机和嵌入式系统之间的关系有一个宏观的了解。

(2) 为了帮助读者全面理解 STC 单片机的硬件和软件开发所涉及的知识,在介绍单片机基础理论知识之前,专门增加了第 2 章 STC 单片机硬件知识和第 3 章 STC 单片机软件开发环境两章,并且通过一个简单的应用程序开发来帮助读者理解单片机的架构和应用。

(3) 遵循由浅入深的原则,对 STC 单片机外设的讲解顺序进行了调整,从最简单的比较器开始到最复杂的 CCP 模块为止。这样,更加便于教师的教学和学生的自学。

(4) 在第 14 章介绍增强型 PWM 模块时,增加了步进电机硬件设计和软件驱动开发的内容,使读者对单片机在电机驱动和控制中的应用有更深入的认识。

在修订的过程中,很多教师和学生提出了宝贵的修改建议,这些建议使本书内容更加丰富,结构更加紧凑,并且使理论和实践结合更加紧密,学以致用。在此,对这些教师和学生一并表示感谢。

作 者

2019 年 1 月于北京

第1版前言

PREFACE

作者第一次接触 8051 单片机是在 1997 年,当时还在读书,忙于考研,只是验证了老师给出来的几个程序,并没有认真地学习这门课程。后来由于科研的原因,接触的基本是高端的 Xilinx 可编程门阵列(FPGA)和 TI 的数字信号处理器(DSP)。时隔多年,再次系统研究 STC 单片机,已经是站在更高的高度上全面地理解和看待它。整个数字世界从低层次到高层次,依次是半导体开关电路、组合逻辑电路、状态机、CPU、汇编语言、高级语言、操作系统和应用程序,这就是学习和认知的路线。学习 STC 单片机也就是这条路线,当你掌握了这条路线的时候,你会发现 STC 单片机乐趣无穷。

2014 年 12 月与 STC 的负责人姚永平先生在教育部信息中心举办的 STC 单片机决赛的评审现场再次会面,期间姚总希望我能编写一本 STC 单片机方面的教材。这对我来说压力是很大的,这是因为在国内图书市场上,关于单片机的书籍不下上百种,而且有几本单片机的书非常畅销。虽然此前我已经系统编写过电子设计自动化方面的整套书籍,但是编写单片机课程的教材对我来说也是一种挑战。在正式编写前,姚总建议我找到目前市场上几本比较畅销的单片机书。当我找到这些书时,发现目前的单片机教材和书籍都存在各种问题,不能很好地解决当前国内单片机课程教学所面临的困局。工程师编写的单片机教材过于应用化,条理性有所欠缺;而高校教师所编写的单片机教材又过于理论化,并且内容比较陈旧。

在我编写单片机教材期间,姚总多次提到用 STC 单片机作为 C 语言教学平台的想法,这个想法与我不谋而合。作者曾连续三年在第三学期给大学一年级电子信息类专业的学生进行为期一周的 C 语言实训课程教学,我发现情况就是在前期的 C 语言课程教学中老师讲的虽然很卖力,但是学生还是反映很抽象听不懂,似乎 C 语言课程都成了本科生掌握计算机最基本编程知识的障碍。很明显问题症结就是学生面对的是机器,无法有效地和这个机器进行交流,他们不知道如何用人脑的思维与计算机对话。解决这些困扰唯一的方法,就是让他们能够知道 CPU 如何运行、如何管理存储器、CPU 如何控制外设。而传统 C 语言教学使用的 PC 又不能提供让学生看到这些细节的条件。虽然经过短时间的强化练习,学生对 C 语言的掌握程度有了很大的提高,但是离教学要求仍然有相当大的差距。我就一直在想,能不能在 C 语言实训中引入一些好的硬件平台来帮助学生学习 C 语言?这个问题一直困扰着我。但是,当我在编写这本单片机教材的过程中,眼前一亮,发现 STC 8051 单片机确实是个非常好的平台,因为 CPU 中的运算器和控制器、系统存储器、外设等能让学习者一览无余,再加上神一般的 Keil μ Vision5 软件集成开发环境,通过 μ Vision5 提供的调试器环境把单片机内部细节看个清清楚楚明明白白,它将 C 语言中抽象的指针、数组和函数等语法通过图、表、变量监控窗口全部都表示出来了。作者在编写第 6 章时,通过调试器提供的

功能,把C语言中抽象的语法真正地介绍清楚了。

8051单片机自面世到现在经历了30多年,单片机课程教学中抛弃8051单片机的呼声日益高涨,因为很多人认为8051落伍了。因此,他们希望一上来就开始学习更高级的处理器。但是,8051(尤其是改进后的STC系列8051单片机)带给初学者,特别是国内高校的学生,是完善的生态系统,包括开放的CPU内部结构、完全公开的指令系统、大量的应用设计案例、容易入手的 μ Vision5软件集成开发环境等,这些都是初学嵌入式系统最好的素材。我们经常说,简单的不一定是落后的。对于初学者来说,东西越简单学习起来就越容易入门,学习的知识更加系统且更有条理。

在编写本教材时,融入了作者在编写EDA工程系列丛书时所获取的大量新的知识,力图最大限度地挖掘STC单片机的性能和特点。在本书编写完成的时候,终于可以说这句话了:STC单片机是高职和本科学生,甚至是研究生学习嵌入式系统最好的入门级学习素材,也是相关专业学生必须掌握的最基本的计算机软件和硬件知识及技能。

在编写这本书的时候,以下面的思想为主线,以期待能更加透彻地表达“原理”和“应用”之间的关系。

(1) 这本书既然讲的是单片机的原理和应用,首先就必须讲清楚单片机的原理。在单片机的原理中,最重要的就是讲清楚8051 CPU的内部结构和指令系统,使得学生学会如何分析一个新的CPU、CPU的共性等,以及指令系统的作用是什么、指令系统和CPU之间的关系等问题。

(2) 关于在学习单片机的时候,是否还有讲解汇编语言的必要性的问题,最近在教育界有很大的争论。这里必须强调,汇编语言是了解CPU结构最重要的途径。在实际应用中,可以不使用汇编语言,但是必须让学生知道汇编语言在整个计算机系统中所起的作用,至少也要让学生通过编写简单的汇编语言彻底地理解和掌握CPU内部的结构。这是因为如果学生不能很好地掌握CPU的内部结构,即使将来他们使用C语言等高级语言开发单片机,也很难编写出高效率的程序代码。

(3) 对于应用部分来说,既要保留传统的应用例子,又应该引入一些新的可以反映最新信息发展技术的综合性的例子。这样,才能将单片机中的各个知识点联系在一起,以提高分析和解决问题的能力。

(4) 能不能学好单片机一方面取决于教师能不能把单片机的理论真正地讲透,更重要的是学生能不能充分地实践中进行学习。业界工程师常说,单片机是玩好的,不是教好的,可见实践在单片机学习中的重要性。

本书从开始编写到完稿历时近半年,全书共分为15章,以STC公司目前新推出的IAP15W4K58S4单片机为平台,以Keil最新的 μ Vision5集成开发环境为软件平台,亲自设计大小案例近100个,这些设计例子都通过上述的硬件和软件进行了调试和测试。

为了方便教师的教学和学生的自学,配套提供了该教材的教学课件和所用设计实例的完整设计文件,以及视频教学资源,这些资源均可以进入清华大学出版社网站本书页面下进行下载(<http://www.tup.com.cn>)。

在本书的编写过程中参考了STC公司最新的技术文档和手册,以及STC学习板原理图和PCB图,在此对STC公司表示衷心的感谢。在本书编写的过程中,集宁师范学院物理系聂阳老师参加编写了第13~15章的内容,作者的学生李宝隆、张艳辉负责部分章节的编

写工作,黎文娟对本书的全部稿件进行了初步的完善和修改,以及本科生吴瑞楠、陈宁帮助作者制作了本书的教学课件,并对书稿提出了宝贵的建议。在本书编写的过程中,得到了STC公司多位员工的热心帮助,特别是得到了STC公司姚永平先生的支持,他对作者在编写本书过程中遇到的各种问题进行了耐心细致的回答。在本书出版的过程中,也得到了清华大学出版社的大力支持,在此表示深深的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

2015年5月于北京

学习说明

STUDY SHOWS

本书视频课堂地址

配书高清视频可到作者的网络课堂观看学习,网址:

<http://www.gpnewtech.com/study/stc>

本书教学课件(PPT)及工程文件下载地址

北京汇众新特科技有限公司,网址: <http://www.gpnewtech.com/download/stc>

注意: 所有教学课件及工程文件仅限购买本书读者学习使用,不得以任何方式传播!

本书作者联络方式

何宾的网站: <http://www.gpnewtech.com>

何宾的电子邮件: hb@gpnewtech.com

本书配套硬件平台

(1) STC 公司官方捐赠实验箱

(2) 北京汇众新特科技有限公司开发的 GPNT-SMK-1 平台

STC 公司赠送仿真器和实验箱事宜联络方式

STC 公司官网: <http://www.stcmcu.com>, <http://www.gxwmcu.com>

市场及服务支持热线: 0513-55012928 0513-55012929

目录

CONTENTS

第 1 章 单片机和嵌入式系统基础知识	1
1.1 嵌入式系统的基本概念	1
1.1.1 嵌入式系统的主要特点	1
1.1.2 嵌入式技术的构成	2
1.2 8051 微控制器的内部架构	4
1.3 8051 单片机硬件开发平台	6
1.4 运行第一个 8051 单片机程序	7
1.5 8051 单片机编程语言	9
第 2 章 STC 单片机硬件知识	13
2.1 STC 单片机发展历史	13
2.2 STC 单片机 IAP 和 ISP	14
2.3 STC 单片机命名规则及封装	15
2.3.1 命名规则	15
2.3.2 封装类型	17
2.3.3 引脚定义	19
2.4 STC 单片机的架构及功能	25
2.4.1 单片机实现的功能	25
2.4.2 STC 单片机的架构	28
2.5 STC 单片机的 I/O 驱动原理	28
2.6 STC 单片机硬件下载电路设计	30
2.6.1 USB 串口芯片下载电路	30
2.6.2 USB 直接下载编程电路	31
2.7 STC 单片机电源系统设计	32
第 3 章 STC 单片机软件开发环境	33
3.1 Keil μ Vision 集成开发环境介绍	33
3.1.1 软件功能介绍	33
3.1.2 软件的下载	34
3.1.3 软件的安装	34
3.1.4 导入 STC 单片机元件库	36
3.1.5 软件的启动	37
3.2 Keil μ Vision 软件开发流程介绍	37
3.2.1 明确软件需求	38
3.2.2 创建设计工程	39

3.2.3	编写汇编/C 程序代码	39
3.2.4	汇编器对汇编语言的处理	39
3.2.5	C 编译器对 C 语言的处理	39
3.2.6	库管理器生成库文件	40
3.2.7	链接器生成绝对目标模块文件	40
3.2.8	目标到 HEX 转换器	41
3.2.9	调试器调试目标代码	41
3.3	Keil μ Vision 基本开发流程的实现	42
3.3.1	建立新的设计工程	42
3.3.2	添加新的 C 语言文件	43
3.3.3	设计建立	44
3.3.4	下载程序到目标系统	45
3.3.5	硬件在线调试	45
第 4 章	数值表示及转换	48
4.1	常用码制	48
4.1.1	二进制码制	48
4.1.2	十进制码制	48
4.1.3	八进制码制	48
4.1.4	十六进制码制	49
4.1.5	BCD 码	50
4.2	正数表示方法	50
4.2.1	正整数的表示	50
4.2.2	正小数的表示	51
4.3	正数码制转换	52
4.3.1	十进制整数转换成其他进制数	52
4.3.2	十进制小数转换成二进制数	53
4.4	负数表示方法	54
4.4.1	符号幅度表示法	54
4.4.2	补码表示法	55
4.5	负数补码的计算	56
4.5.1	负整数补码的计算	56
4.5.2	负小数补码的计算	57
4.6	定点数表示	57
4.7	浮点数表示	58
第 5 章	STC 单片机架构	60
5.1	STC 单片机 CPU 内核功能单元	60
5.1.1	控制器	62
5.1.2	运算器	67
5.1.3	特殊功能寄存器	69
5.2	STC 单片机存储器结构和地址空间	73
5.2.1	程序 Flash 存储器	73
5.2.2	数据 Flash 存储器	74
5.2.3	内部数据 RAM 存储器	75

5.2.4	外部数据存储器	78
5.3	STC 单片机中断系统原理及功能	80
5.3.1	中断原理	80
5.3.2	中断系统结构	82
5.3.3	中断优先级处理	87
5.3.4	中断优先级控制寄存器	87
5.3.5	中断向量表	89
第 6 章	STC 单片机 CPU 指令系统	93
6.1	STC 单片机 CPU 寻址模式	93
6.1.1	立即数寻址模式	94
6.1.2	直接寻址模式	94
6.1.3	间接寻址模式	94
6.1.4	寄存器寻址模式	95
6.1.5	相对寻址模式	95
6.1.6	变址寻址模式	95
6.1.7	位寻址模式	96
6.2	STC 单片机 CPU 指令集	96
6.2.1	算术指令	97
6.2.2	逻辑指令	106
6.2.3	数据传送指令	114
6.2.4	布尔指令	123
6.2.5	程序分支指令	129
第 7 章	STC 单片机汇编语言编程模型	138
7.1	汇编语言程序结构	138
7.2	汇编代码中段的分配	139
7.2.1	CODE 段	139
7.2.2	BIT 段	140
7.2.3	IDATA 段	140
7.2.4	DATA 段	141
7.2.5	XDATA 段	141
7.3	汇编语言符号及规则	142
7.3.1	符号的命名规则	142
7.3.2	符号的作用	142
7.4	汇编语言操作数描述	143
7.4.1	数字	143
7.4.2	字符	143
7.4.3	字符串	143
7.4.4	位置计数器	144
7.4.5	操作符	144
7.4.6	表达式	145
7.5	汇编语言控制描述	145
7.5.1	地址控制	146
7.5.2	条件汇编	146