



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

C语言程序设计与STC 8051单片机系统化深度融合的经典著作

STC公司姚永平先生作序，并列为STC公司大学计划指定教材

采用本书作为教材的高校将免费获得STC大学计划的最新单片机实验箱

采用本书作为教材的高校教师将免费获得本书作者赠送的单片机开发板

本书可作为高校工科C语言程序设计参考教材

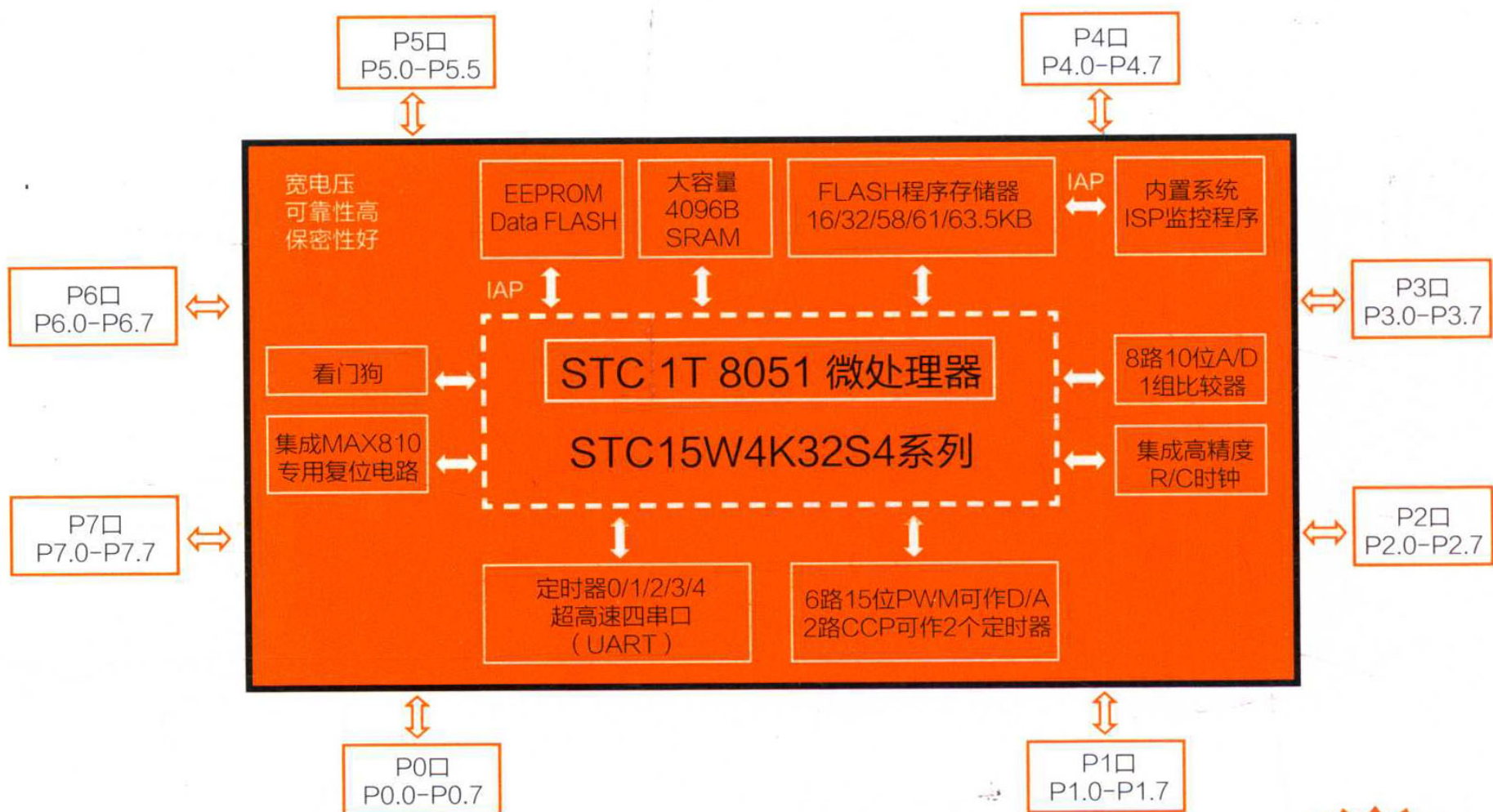
嵌入式与工业控制技术

C Programming on STC Microcontroller

STC单片机C语言程序设计

(立体化教程)

何宾 编著 姚永平 主审
He Bin Yao Yongping



清华大学出版社



教育部高等
高等学校电子信息类专业系列教材

业教学指导委员会规划教材

C Programming on STC Microcontroller

STC单片机C语言 程序设计

(立体化教程)

何宾 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了STC单片机集成环境下的C语言程序设计。全书共分为26章,主要内容包括:STC单片机绪论、数值表示及运算、数字逻辑和时序、STC单片机CPU子系统、STC单片机CPU指令系统、STC单片机集成开发环境、STC单片机汇编语言编程基础、STC单片机C语言编程入门、STC单片机C语言数据类型、STC单片机C语言运算符、STC单片机C语言描述语句、STC单片机C语言数组、STC单片机C语言指针、STC单片机C语言函数、STC单片机C语言预编译指令、STC单片机C语言复杂数据结构、STC单片机C语言高级编程技术、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单片机串行异步收发器原理及实现、STC单片机ADC原理及实现、STC单片机SPI原理及实现、STC单片机CCP/PCA/PWM原理及实现、STC单片机增强型PWM原理及实现和RTX51操作系统原理及实现。

本书通过全方位多角度的讲解,将C语言程序设计与单片机课程中的各个知识点进行系统化融合。该教材的一大特色就是理论和实际并重,不仅系统介绍C语言程序设计的各个细节以及在单片机的具体应用,并且更加突出学习方法,教给读者系统学习高级程序设计以及微处理器与嵌入式系统的思路和方法。通过对相关知识的系统介绍,为读者独立学习其他高级语言程序设计以及基于其他处理器架构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和教学视频。本书可作为高职和本科学生系统学习C语言程序设计以及单片机课程的教材,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以及零基础学习C语言的读者来说,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C语言程序设计:立体化教程/何宾编著.--北京:清华大学出版社,2016
高等学校电子信息类专业系列教材
ISBN 978-7-302-42498-7

I. ①S… II. ①何… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第316473号

责任编辑:盛东亮 赵晓宁

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:宋 林

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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:41 插 页:6

字 数:1007千字

版 次:2016年4月第1版

印 次:2016年4月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:79.00元

产品编号:067465-01

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	国防科学技术大学 (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		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	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	第二炮兵工程大学
	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	中科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
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	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检测、控制与通信的时代,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。很多大学工科非计算机专业也都与时俱进,全面演进成了以嵌入式计算机、单片机学科群为核心的智能检测、智能控制、智能通信方向的专业。而这些大学的工科非计算机专业要有影响力,就必须学好以单片机为核心的相关专业课程(单片机学科群课程):

C 语言程序设计——基于 STC 单片机实现	大学一年级第一学期
数字系统设计(含 Verilog HDL 及 FPGA)	大学一年级第二学期
数据结构及实时操作系统(RTOS)	大学一年级第二学期
C++ 及 Windows 编程	大学二年级第一学期

我们推荐将何宾老师的这本高校教学改革力作《STC 单片机 C 语言程序设计》,并且放在一年级的第一学期来讲授。工科非计算机专业的学生刚从紧张的高考中走过来,如果大学第一学期还是让学生继续只学数学、英语、物理、政治,那么他们还是不知道他将来究竟能干啥,就会失去新鲜感,失去创造的欲望。如果在第一学期就给他开一门“STC 单片机 C 语言程序设计”,学生就知道他将来能干啥了,就会将高考的学习劲头延续下去,并且也带动了对后续相关专业课程的学习兴趣,可谓“牵一发动全身”,只要先开这门课,就全盘皆活了。然后再开一门 Windows 下的 C++ 开发课程,正好我们的单片机 C 语言打下的基础,学生就具备 PC 端的 Windows 开发能力了。学生学完数电(含 Verilog HDL 和 FPGA)、模电、数据结构及 RTOS(实时操作系统)、传感器、自动控制原理、数字信号处理等后,在大三再开一门“综合电子系统设计”,再加上他那个专业的相关知识,一个以单片机控制为核心的新型复合人才诞生了!

对大学工科非计算机专业 C 语言教学的看法

现在工科非计算机专业讲 C 语言的课程多是“在空中飘着,落不着地”,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“单片机原理”“微机原理”和“C 语言程序设计”(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

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。

如果部分高校必修课程放不下这门课,可增加这门课为选修课,一定会很受欢迎!

为何选用 STC 8051 单片机作为 C 语言运行的平台

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、CCP/PCA/PWM (PWM 还可当 D/A 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($\pm 1\%$ 温飘, $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ 之间,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,包含了项目发布、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。

在中国民间草根企业掌握了 Intel 8051 单片机技术,以“初生牛犊不怕虎”的精神,击溃了欧美竞争对手之后,站在 8051 单片机发展的前沿,正在向 16 位、32 位单片机发展的途中,STC 全力支持我国的单片机、嵌入式系统教育事业,STC 大学计划正如火如荼地进行中,免费向一本、二本大学赠送可仿真的 STC15 系列实验箱(仿真芯片 IAP15W4K58S4),共建 STC 高性能单片机、嵌入式 C 语言教学联合实验室,本教材为 STC 大学推广计划的合作教材,也是 STC 单片机系统设计大赛的推荐教材。

对大学计划与单片机教学的想法

STC 大学计划正在如火如荼地进行,在国内绝大多数 985、211 和其他一本高校全面建立了 STC 高性能单片机联合实验室,已建和在建的高校有: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、中山大学、山东大学、山东大学

(威海)、四川大学、电子科技大学、中南大学、湖南大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工业大学(威海)、南开大学、天津大学、东北大学、厦门大学、兰州大学、西安交通大学、西北工业大学、西北农林科技大学、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、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、东华理工大学、哈尔滨理工大学、哈尔滨工程大学、国防科技大学、中国人民解放军陆军航空兵学院、合肥工业大学、天津工业大学、西安工业大学、河南工业大学、北京工业大学、北京化工大学、北京科技大学、北京信息科技大学、北京工商大学、华北电力大学(北京)、华北电力大学(保定)、西南交通大学、兰州交通大学、东华大学、上海大学、长安大学、中北大学、南昌大学、福州大学、安徽大学、河南大学、苏州大学、江南大学、河海大学、新疆大学、石河子大学、华侨大学、华南师范大学、广西师范大学、上海师范大学、河南师范大学、福建师范大学、云南师范大学、沈阳师范大学、首都师范大学、河南科技大学、扬州大学、南通大学、宁波大学、深圳大学、大连海事大学、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、天津财经大学、中国石油大学(华东)、东北石油大学、东北农业大学、安徽农业大学、南京农业大学、东北林业大学、北京林业大学、南京林业大学、中国矿业大学(徐州)、中国矿业大学(北京)等国内著名的 985、211、及电类本科高校,以及深圳职业技术学院、深圳信息职业技术学院、广东轻工职业技术学院、上海电子信息职业技术学院、吉林电子信息职业技术学院等著名的职业高校。上海交通大学、西安交通大学、浙江大学、山东大学和成都电子科技大学等著名高校的多位知名教授使用 STC 1T 8051 创作的全新教材也在陆续推出中。多所高校每年都有用 STC 单片机进行的全校创新竞赛,如杭州电子科技大学、湖南大学、哈尔滨工业大学(威海)、山东大学等。

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 个学时,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 个学时去学习 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(比如在一年级开始学习)。等到三年级,学有余力学生可以再选修 32 位的嵌入式课程。

对全国大学生电子设计竞赛的支持

2017 年全国大学生电子设计竞赛,采用可仿真的超高速 STC15 系列 1T 8051 单片机为主控芯片设计(不需外部晶振,不需外部复位,宽电压,一个芯片就是一台仿真器)

获得最高奖的参赛队伍(限一支),STC 特别奖励其 10 万元:其全体指导老师分享 7 万元,其全体参赛学生分享 3 万元。

获得一等奖的参赛队伍(限 300 支以内),STC 特别奖励每队 5000 元:参赛学生分享 3000 元,老师分享 2000 元。

获奖单位需将获奖作品软件/硬件全部提供给 STC 开源,其知识产权归 STC 所有,获奖单位需在大赛结束后 2 个月内提供大赛组委会和学校出具的相关证明来申请。

在校内举办 STC 杯单片机系统设计大赛的 211 高校,可获得 1 万元的赞助,条件是组织 100 个以上的队伍参赛(每队 3 人),采用 STC 可仿真的超高速 STC15 系列 1T 8051

单片机为主控芯片设计参赛作品。普通一本高校,可获得 8000 元的赞助。普通二本高校,可获得 5000 元的赞助。普通三本高校,可获得 4000 元的赞助。高职高专高校,可获得 3000 元的赞助。

感谢 Intel 公司发明了经久不衰的 8051 体系结构,感谢何宾老师撰写了这本新书,保证了中国 30 多年来的单片机教学与世界同步,保证了中国 20 多年来的 C 语言教学与时俱进,本书是 STC 大学计划推荐教材,STC 高性能单片机、嵌入式 C 语言教学联合实验室上机实践指导用书,是 STC 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院校将优先免费获得可仿真的 STC15 系列单片机实验箱(主控芯片为 STC 可仿真的 IAP15W4K58S4)。

最后,希望广大师生“明知山有虎,偏向虎山行!”

姚永平(STC MCU Limited)

www.STCMCU.com; www.GXWMCU.com

2016 年 4 月

前言

PREFACE

目前,在国内高校电子信息类专业同时开设有 C 语言程序设计课程和单片机课程,而大多数学生在学习 C 语言程序设计时,没有数字逻辑和处理器的最基本知识,根本不清楚学习 C 语言程序设计课程的方法和目的,因此造成学生在学习该课程时,普遍感觉很抽象难理解,降低了学生学习该课程的兴趣和效率。学生在学习后续所开设的单片机课程时,授课教师又局限于传统的教学模式和教学方法,往往花了很大的精力只介绍使用汇编语言编程 8051 单片机,而对 C 语言在单片机程序设计中的应用讲得很少,甚至根本没有任何涉及,结果就是这些专业虽然在教学计划中开设了这两门课程,但是学生都没有学明白,根本达不到开设相关课程的目的。众所周知,在嵌入式系统开发中,C 语言是最重要的开发工具,如果学生在学习 C 语言的时候没有打好基础,将使得他们无法胜任嵌入式系统开发的工作。

作为国内知名的专业从事 8051 单片机设计的公司——宏晶科技不断开拓创新,在 Intel MCS-51 单片机的基础上,融入大量最新的半导体设计方法和计算机技术,使得 STC 8051 单片机的性能比传统的 MCS-51 单片机提高了十几倍,并且朝着片上系统 SoC 的方向发展。此外,借助于 Keil μ Vision 集成开发环境,通过使用 C 语言在 STC 单片机平台上完成高效率的系统开发。

学生在 STC 8051 单片机平台上系统学习 C 语言程序设计的优势,主要体现在以下几个方面。

(1) 在目前已知的嵌入式处理器架构中,8051 处理器的内核是最简单的,因此对于学生学习来说,是比较容易入门的。由于处理器的内核相对简单,因此学生可以比较直观地学习处理器的内部结构,比如知道程序计数器的作用,取指、译码和执行指令的过程和存储器结构等。

(2) 在学习完 8051 CPU 内核和指令系统的基础上,学生已经具备了处理器的知识,这样就有了学习 C 语言的一个具体的处理器平台,因此学习 C 语言就有了很强的针对性。同时,Keil μ Vision 提供的 C51 编译器除了支持绝大部分的 C 语言标准(不支持文件操作)外,还针对 8051 的架构对 C 语言标准进行了扩展,学生在学习完 C 语言程序设计的基本知识后,就能马上应用 C 语言在 STC 增强型 8051 单片机平台上开发应用程序,更深入地理解以 C 语言为代表的软件控制 CPU 以及外设的工作过程。

(3) 8051 单片机从面世到现在已经三十多年了,在这三十多年的发展历程中,工业界和教育界一起帮助 8051 平台构建了功能丰富的生态系统,包括大量的教学视频、设计案例和与目前热点应用相关的应用案例,这些将极大地普及和扩展 8051 在嵌入式系统中的应用领域。

(4) 更重要的是,经过这样系统有针对性的学习后,当学生接触到其他高级程序语言和不同的嵌入式处理器架构时,就知道如何入手快速地对嵌入式系统的开发。

(5) 将 C 语言程序设计课程和单片机课程合并不但减轻了学生的学习负担,而且能为国家培养大量可以从事嵌入式系统开发的人才,提高国内嵌入式系统的整体开发水平,从中国制造转变为中国智造。

编写本书时,作者力图从不同的视角对 C 语言进行解读,从而使读者不但能知道 C 语言的语法,而且能活学活用,同时使读者能更好地理解 C 语言和单片机乃至嵌入式系统之间的内在联系。

根据作者多年的教学和科研经历,学习嵌入式系统有着一条非常清晰的主线,即半导体、开关电路、组合逻辑和时序逻辑、状态机、中央处理单元和接口、以助记符所表示机器指令的解读,以 C 语言为代表的高级语言程序设计。在这个基础上,读者可以自学驱动程序设计以及针对不同操作系统的应用程序开发。因此,书中按照这条主线对相关知识点进行了详细的介绍。

C 语言不是孤立存在的,它最终是要被转换成可以运行在不同处理器架构上的机器代码。因此,在本书介绍每个 C 语言语法知识点的时候,并不只是单单追求能得到正确的运行结果,而是更深入地通过 Keil μ Vision 集成开发环境提供的调试器,在机器语言助记符层面,即我们通常所说的汇编语言层面上,通过存储器窗口、监视窗口和寄存器窗口等多角度全方位地解读 C 语言的每个语法知识点,使得读者能知其然,并且能知其所以然,真正达到活学活用的目的,而不是背 C 语言的语法和规则。

C 语言程序设计能否学透,不仅取决于教师的教学水平,更主要的是取决于学生能不能真正地在实践中学习。将 C 语言程序设计的理论知识和应用实践完美结合是本书的一大特色。

本书从开始编写到完稿历时近半年,全书共分为 26 章,以 STC 公司最新推出的 IAP15W4K58S4 单片机为平台,以 Keil 最新的 μ Vision5 为软件开发平台,亲自设计 C 语言程序案例多达 130 多个,这些设计例子均通过硬件和软件进行了验证和测试。

为了方便老师的教学和学生的自学,提供了该教材的教学课件和所有设计实例的完整设计文件,以及公开视频教学资源。

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,在此向 STC 公司表示衷心的感谢。在本书编写的过程中,作者的学生汤宗美、张艳辉、李宏宇、李宝隆负责部分章节的编写工作,汤宗美对本书的全部稿件进行了初步的完善和修改。在本书编写的过程中,得到了 STC 公司员工在技术和市场服务方面的热心帮助,特别是得到了 STC 公司老总姚永平先生的支持,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各位编辑的帮助和指导,在此也表示深深的谢意。

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

2016 年 1 月于北京

学习说明

STUDY SHOWS

本书视频课堂地址

书中提及的完整的公共免费高清视频可到北京汇众新特科技有限公司网络课堂观看学习,网址:

<http://www.eda.wiki.com>

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页面,网址:

<http://www.eda.wiki.com>

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

单片机学习 QQ 群: 457066869

赠送仿真器和实验箱事宜由 STC 公司负责

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

购买本书配套的 GPNT-SMK-1/2 开发板及配件由北京汇众新特科技有限公司负责

采用本书作为教材的高校教师将免费获得本书作者赠送的单片机开发板

市场及服务支持热线: 010-83139176

目录

CONTENTS

第 1 章 STC 单片机绪论	1
1.1 单片机基础	1
1.1.1 单片机发展历史	1
1.1.2 单片机概念	2
1.1.3 单片机与嵌入式系统	4
1.1.4 单片机编程语言	5
1.2 STC 单片机简介	8
1.2.1 STC 单片机发展历史	8
1.2.2 STC 单片机 IAP 和 ISP	9
1.2.3 STC 单片机命名规则	9
1.2.4 STC 单片机封装类型	11
1.3 STC 单片机系统硬件设计	13
1.4 STC 单片机结构及功能	15
1.5 STC 单片机引脚信号	17
第 2 章 数值表示及转换	24
2.1 常用码制	24
2.1.1 二进制码制	24
2.1.2 十进制码制	24
2.1.3 十六进制码制	24
2.1.4 BCD 码	25
2.2 正数表示方法	26
2.2.1 正整数的表示	26
2.2.2 正小数的表示	27
2.3 正数码制转换	27
2.3.1 十进制整数转换成其他进制数	27
2.3.2 十进制小数转换成二进制数	29
2.4 负数表示方法	30
2.4.1 符号幅度表示法	30
2.4.2 补码表示法	31
2.5 负数补码的计算	31
2.5.1 负整数补码的计算	31
2.5.2 负小数补码的计算	32
2.6 定点数表示	33

2.7	浮点数表示	33
第3章	数字逻辑和时序	35
3.1	晶体管与 I/O 驱动	35
3.1.1	晶体管作为开关	35
3.1.2	单片机 I/O 驱动原理	36
3.2	有限自动状态机	38
3.2.1	有限自动状态机原理	39
3.2.2	状态图表示及实现	40
3.2.3	三位计数器设计实例	43
3.3	寄存器组功能	46
3.3.1	控制寄存器	46
3.3.2	状态寄存器	48
3.4	时序分析	49
3.4.1	逻辑门传输时序	49
3.4.2	建立时间和保持时间	51
第4章	STC 单片机 CPU 子系统	53
4.1	STC 单片机 CPU 内核功能单元	53
4.1.1	控制器	55
4.1.2	运算器	60
4.1.3	特殊功能寄存器	62
4.2	STC 单片机存储器结构和地址空间	70
4.2.1	程序 Flash 存储器	70
4.2.2	数据 Flash 存储器	71
4.2.3	内部数据 RAM 存储器	74
4.2.4	外部数据存储器	77
4.2.5	字节存储顺序	79
4.3	STC 单片机中断系统原理及功能	80
4.3.1	中断原理	81
4.3.2	中断系统结构	82
4.3.3	中断优先级处理	87
4.3.4	中断优先级控制寄存器	87
4.3.5	中断向量表	89
第5章	STC 单片机 CPU 指令系统	94
5.1	STC 单片机 CPU 寻址模式	94
5.1.1	立即数寻址模式	95
5.1.2	直接寻址模式	95
5.1.3	间接寻址模式	95
5.1.4	寄存器寻址模式	96
5.1.5	相对寻址模式	96
5.1.6	变址寻址模式	96
5.1.7	位寻址模式	97
5.2	STC 单片机 CPU 指令集	97

5.2.1	算术指令	98
5.2.2	逻辑指令	107
5.2.3	数据传送指令	115
5.2.4	布尔指令	124
5.2.5	程序分支指令	129
第 6 章	STC 单片机集成开发环境	138
6.1	Keil μ Vision 集成开发环境介绍	138
6.1.1	软件功能介绍	138
6.1.2	软件的下载	139
6.1.3	软件的安装	141
6.1.4	导入 STC 单片机元件库	141
6.1.5	软件的启动	143
6.2	Keil μ Vision 软件开发流程介绍	143
6.2.1	明确软件需求	143
6.2.2	创建设计工程	144
6.2.3	编写汇编/C 软件代码	144
6.2.4	汇编器对汇编语言处理	145
6.2.5	C 编译器对 C 语言进行处理	145
6.2.6	库管理器生成库文件	145
6.2.7	链接器生成绝对目标模块文件	146
6.2.8	目标到 HEX 转换器	146
6.2.9	调试器调试目标代码	146
6.3	Keil μ Vision 软件开发流程实现	147
6.3.1	建立新的设计工程	147
6.3.2	配置文件结构	148
6.3.3	设置工程选项	149
6.3.4	添加新的源文件	160
6.3.5	建立设计	161
6.3.6	硬件平台	161
6.3.7	运行设计	162
6.3.8	启动硬件仿真	163
6.4	U8W 编程器	165
6.4.1	U8W 编程器接口和功能	166
6.4.2	U8W 在线联机下载	167
6.4.3	U8W 脱机下载	168
第 7 章	STC 单片机汇编语言编程基础	170
7.1	汇编语言程序结构	170
7.2	汇编代码中段的分配	171
7.2.1	CODE 段	171
7.2.2	BIT 段	172
7.2.3	IDATA 段	172
7.2.4	DATA 段	173
7.2.5	XDATA 段	174

7.3	汇编语言符号及规则	174
7.3.1	符号的命名规则	174
7.3.2	符号的作用	175
7.4	汇编语言操作数描述	175
7.4.1	数字	175
7.4.2	字符	176
7.4.3	字符串	176
7.4.4	位置计数器	176
7.4.5	操作符	176
7.4.6	表达式	177
7.5	汇编语言控制描述	178
7.5.1	地址控制	178
7.5.2	条件汇编	178
7.5.3	存储器初始化	179
7.5.4	分配存储器空间	179
7.5.5	过程声明	180
7.5.6	程序链接	180
7.5.7	段控制	181
7.5.8	杂项	182
7.6	汇编语言设计流程	182
7.6.1	建立新的设计工程	182
7.6.2	添加新的汇编语言文件	182
7.6.3	建立设计	183
7.6.4	分析.m51文件	184
7.6.5	分析.lst文件	185
7.6.6	分析HEX文件	186
7.6.7	程序软件仿真	187
7.6.8	程序硬件仿真	194
7.7	单片机端口控制汇编语言程序设计	197
7.7.1	设计原理	197
7.7.2	建立新的工程	198
7.7.3	添加汇编语言文件	198
7.7.4	建立设计	199
7.7.5	下载设计	200
7.8	单片机中断汇编语言程序设计	200
7.8.1	设计原理	200
7.8.2	建立新的工程	201
7.8.3	添加汇编语言文件	202
7.8.4	分析.lst文件	203
7.8.5	建立设计	204
7.8.6	下载设计	204
7.8.7	硬件仿真	205