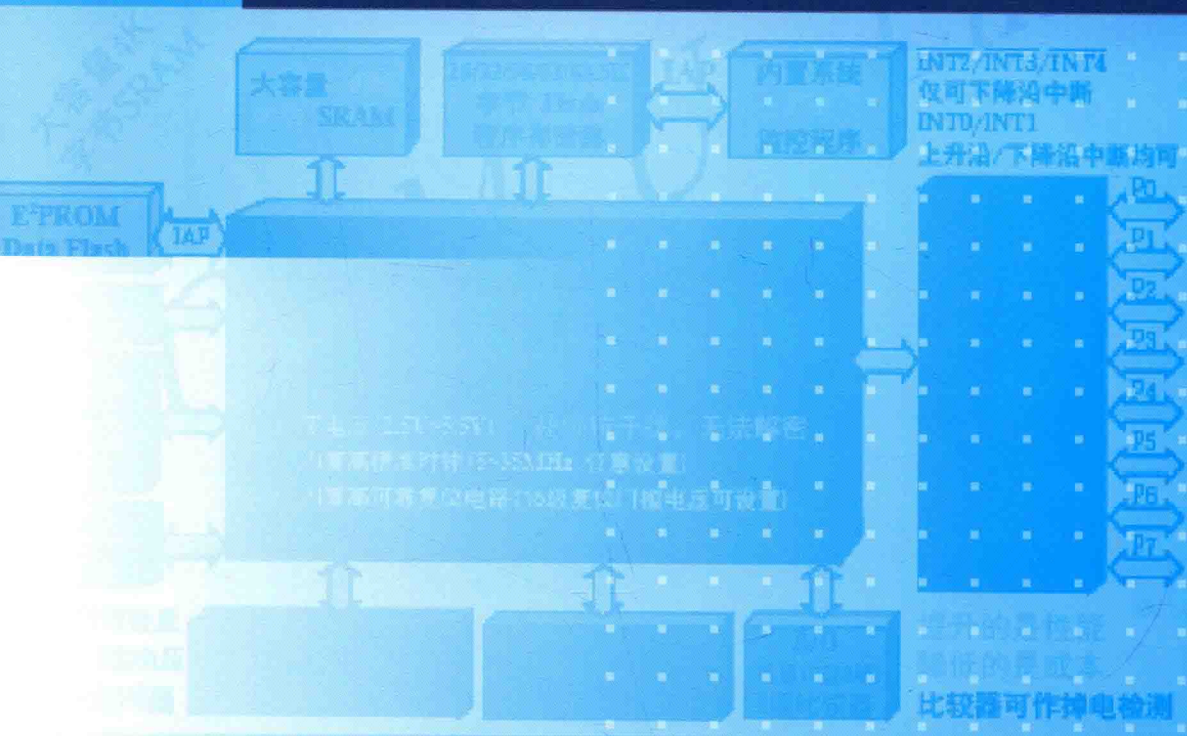


丁向荣 编著

姚永平 主审

单片机原理与应用项目教程

——基于STC15W4K32S4系列单片机



清华大学出版社



丁向荣 编著

单片机原理与应用项目教程

——基于STC15W4K32S4系列单片机

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

STC15W4K32S4 系列单片机是 STC 增强型 8051 单片机最新技术结晶,它支持宽电源电压(2.4~5.5V),无需转换芯片即可直接与 PC 的 USB 接口通信;增强型 8051 单片机集成了上电复位电路与高精度 R/C 时钟,给单片机芯片加上电源就可运行程序;它具备在线编程与在线仿真功能,一颗芯片既是一个目标芯片,又是仿真芯片;它集成了大容量的程序存储器、数据存储器以及 EEPROM,增加了定时器、串行口等基本功能部件,集成了 A/D、PCA、比较器、专用 PWM 模块、SPI 等多功能接口部件,可大大地简化单片机应用系统的外部电路,使单片机应用系统的设计更加简洁,系统性能更加高效、可靠。

本教材以 STC15W4K32S4 系列中的 IAP15W4K58S4 单片机为主线,以单片机资源为项目导向,基于任务驱动组织教学内容,结合 STC 大学推广计划的配套实验箱,使教师可以很方便地实施“教、学、做”一体化教学。

本书可作为高职(含中高三二衔接)电子信息类、自动化类、计算机应用类专业“单片机原理与应用”课程教材,也可作为应用型本科相关专业“单片机应用技术”课程的教学用书。此外,本书可作为电子设计竞赛、单片机应用工程师考证的培训教材,也是传统 8051 单片机应用工程师实现升级转型的最新参考书籍。

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

单片机原理与应用项目教程:基于 STC15W4K32S4 系列单片机/丁向荣编著.--北京:清华大学出版社,2015

ISBN 978-7-302-39989-6

I. ①单… II. ①丁… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 086515 号

责任编辑:王剑乔

封面设计:常雪影

责任校对:袁芳

责任印制:刘海龙

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>, 010-62795764

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18 字 数:432千字

版 次:2015年5月第1版 印 次:2015年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:36.00元

产品编号:064013-01

21 世纪,全球全面进入了计算机智能控制/计算/通信(物联网)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/计算。由于最适合中国工程师/学生入门的 8051 单片机已有 30 多年的应用历史,绝大部分工科院校均有此必修课,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和学习心得,有大量的经典程序和电路可以直接套用,从而大幅降低了开发风险,极大地提高了开发效率,这也是 STC 宏晶科技/南通国芯微电子有限公司生产基于 8051 指令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,不可避免地面临落伍的危险,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,如 STC15 系列现无法解密;对传统 8051 进行了全面提速,相同时钟频率指令平均快 7 倍,最快指令速度提高了 24 倍,时钟从传统的 12MHz 提高到最快可 30MHz;大幅提高了集成度,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、4 个高速异步串行通信端口 UART、5 个定时器/计数器、看门狗、内部高精度时钟($\pm 1\%$ 温漂; $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ 之间,可彻底省掉外部昂贵的晶振)、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。针对大学教学,现在的 STC15 系列一个单芯片就是一个仿真器(IAP15W4K58S4),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,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(定时器 0 的模式 3),并且在最新的 STC-ISP 烧录软件中提供了大量的贴心工具,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, LQFP32/LQFP48/LQFP64S/LQFP64L, TSSOP20/TSSOP28, DFN8/QFN28/QFN32/

QFN48/QFN64,芯片的 I/O 口从 6 个到 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,不须任何转换芯片,STC15W4K32S4 系列单片机可直接通过计算机 USB 接口进行 ISP 下载编程,集成了更多的 SRAM(4K 字节)、定时器 7 个(5 个普通定时器+CCP 定时器 2)、串口(4 个),集成了更多的高性能部件(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、下载需口令等功能,并已申请专利。

IAP15W4K58S4 一个芯片就是一个仿真器(OCD,ICE),是全球第一个实现一个芯片就可以仿真的(彻底抛弃了 J-Link/D-Link),一个仿真器售价仅 5.6 元,有 SOP28、SKDIP28、LQFP32、PDIP40、LQFP44、LQFP48、LQFP64S、LQFP64L 等封装型式。

STC 大学计划

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,陆续开展向普通高等学校电子信息、自动化、物联网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,本教材为 STC 大学计划的合作教材,也是 STC 杯单片机系统设计大赛的推荐教材。

部分已建和在建的高校:上海交通大学、西安交通大学、浙江大学、武汉大学、华中科技大学、中山大学、吉林大学、山东大学、哈尔滨工业大学、天津大学、同济大学、湖南大学、兰州大学、东北大学、西北农林科技大学、中国海洋大学、北京航空航天大学、南京航空航天大学、北京理工大学、南京理工大学、华东理工大学、太原理工大学、东华理工大学、哈尔滨理工大学、哈尔滨工程大学、北京化工大学、北京工业大学、东华大学、苏州大学、江南大学、扬州大学、南通大学、宁波大学、深圳大学、杭州电子科技大学、桂林电子科技大学、西安电子科技大学、成都电子科技大学、华北电力大学、南京邮电大学、西安邮电大学、天津工业大学、中国石油大学、中国矿业大学等国内著名 985、211 及电类本科高校,以及广东轻工职业技术学院、深圳信息职业技术学院、深圳职业技术学院等著名的职业高校。

对大学计划与单片机教学的看法

STC 大学计划有步骤地向前推进中:第九届“STC 杯单片机系统设计大赛”刚成功落幕,全国数百所高校的近 1100 支队伍参赛;在国内上百所大学建立了联合实验室;上海交通大学、西安交通大学、浙江大学、山东大学、哈尔滨工业大学、成都电子科技大学等著名高校的多位知名教授也正在基于 STC 1T 8051 创作全新的教材。多所高校每年都有用 STC 单片机进行全校创新竞赛,如杭州电子科技大学、湖南大学、山东大学等。

现在的学生到底应该先学 32 位微控制器好还是 8 位 8051 单片机好?我觉得应该从 8 位 8051 单片机入门比较合适。因为现在大学嵌入式课程一般只有 64 个学时,甚至只有 48 个学时,学生能把 8051 单片机学懂,真正做出产品,工作以后就能触类旁通了。但如果也只给 48 个学时去学 ARM,学生不能完全学懂,最多只能搞些函数调用,没有意义,培养不出真正能动手的人才,嵌入式第一门课就将学生吓倒,可能他终生也不会再碰嵌入式开发了,所以我们要培养学生的信心,而不是唱高调,伤害了他们。所以大家反思说,大一、大二还是应该先以 8 位单片机入门。大三时学有余力的学生再选修 32 位的嵌入式课程。C 语言要与 8051 单片机融合教学,大一第一学期就要开始学,现在有些中学的课外兴趣小组多

在学 STC 的 8051 + C 语言。工科非计算机专业的学生不要在大一时全是数学、物理、英语……,学生一进大学校门,跟高中一样,不知道自己本专业能干啥,所以 C 语言和单片机要提前学。

目前,我们主要的工作是推动中国工科非计算机专业高校教学改革,研究成果的具体化就是大量高校创新教材的推出,丁向荣老师的这本教材就是我们高校教学改革研究成果的具体体现。希望能在我们的努力下,让中国的嵌入式单片机系统设计全球领先。

感谢 Intel 公司发明了经久不衰的 8051 体系结构,感谢丁向荣老师的新书,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 大学计划推荐教材、STC 单片机系统设计大赛推荐教材,采用本书作为教材的高校将优先免费获得我们可仿真的 STC15 系列实验箱的支持(主控芯片 IAP15W4K58S4)。

STC MCU Limited: Andy. 姚

www.stcmcu.com; www.gxwmcu.com

2015 年 4 月

STC 系列单片机传承于 Intel 8051 单片机,但在传统 8051 单片机框架基础上注入了新鲜血液,使其焕发新的“青春”。STC 宏晶科技公司对 8051 单片机进行了全面的技术升级与创新: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,使其具有超强抗干扰能力;进行了特别加密设计,如宏晶 STC15 系列现无法解密;对传统 8051 进行全面提速,使指令速度最快提高了 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(如宏晶 STC15W4K58S4 系列集成了 4 个串行口)、定时器(STC15W4K58S4 系列最多可实现 7 个定时器)、“看门狗”、内部高精准时钟($\pm 1\%$ 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(如 STC15W4K58S4 系列集成了 4KB SRAM)、大容量 EEPROM、大容量 Flash 程序存储器等。STC 单片机的在线下载编程、在线仿真功能以及分系列的资源配置增加了单片机型号的选择性,可根据单片机应用系统的功能要求选择合适的单片机,从而降低了单片机应用系统的开发难度与开发成本,使得单片机应用系统更加简单、高效,以提高单片机应用产品的性能价格比。

STC 作为中国本土 MCU 的领航者,从 2006 年诞生起,发展了 STC89/90 系列、STC10/11 系列、STC12 系列和 STC15 系列。2014 年 4 月,宏晶科技公司重磅推出 STC15W4K32S4 系列单片机,它具有宽电源电压范围,能在 $2.4\sim 5.5\text{V}$ 电压范围内工作;无需转换芯片,STC15W4K32S4 单片机可直接与 PC 的 USB 接口相连进行通信;集成了更多的数据存储器、定时器/计数器以及串行口,更多功能的部件(如比较器、专用 PWM 模块)。技术人员开发了功能强大的 STC-ISP 在线编程软件工具,用于在线编程。此外,还有在线仿真器的制作、脱机编程工具的制作、加密传输、项目发布、各系列单片机头文件的生成、串行口波特率的计算、定时器定时程序的设计、软件延时程序的设计等工具,使人们学习或利用单片机更加便捷与高效。

那么,学习单片机有什么用处?单片机技术是现代电子系统设计的核心技术。学习单片机就是利用单片机设计一个个具有智能化、自动化功能的单片机应用系统。

学习单片机的过程中,究竟要学些什么呢?有哪些学习资源?如何利用这些资源?又如何学习呢?这些都是本书讨论的内容。

单片机的学习分成三个方面:一是掌握一种编程语言(C语言或者汇编语言,本书采用C语言);二是掌握单片机应用系统的开发工具;三是学习单片机的各种资源特性与应用编程。

本书以STC15W4K32S4系列中的IAP15W4K58S4单片机为主线,以单片机资源为项目导向,基于任务驱动组织教学内容,结合STC大学推广计划的配套实验箱,使教师很方便地实施“教、学、做”一体化教学。书中的每个任务都是一个具有一定功能的单片机应用系统。学习单片机,就是学习一个个单片机应用系统,系统学习与锻炼学生的软/硬件设计能力与系统调试能力。

本书中的任务基于STC官方STC15-IV版实验箱开发。本书是宏晶科技STC单片机大学推广计划的合作教材,也是全国信息技术应用水平大赛“STC”杯单片机系统设计大赛的推荐用书。

本书由丁向荣编著。深圳宏晶科技有限公司技术部工程人员在技术上给予了大力支持和帮助。深圳宏晶科技有限公司STC单片机创始人姚永平先生直接参与了教材规划,并认真审阅了全书。在此,对所有提供帮助的人士表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者不吝指正!书中相关信息或勘误会动态地公布于STC官网,网址: www.stcmcu.com。读者有什么建议,可发送电子邮件到 dingxiangrong65@163.com,与编者沟通与交流。

编者

2015年1月

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 项目一 单片机应用系统的开发工具 | 1 |
| 任务 1 单片机与单片机应用系统 | 1 |
| 任务 2 单片机应用程序的输入、编辑、编译与调试 | 5 |
| 任务 3 STC 单片机应用程序的在线编程与在线调试 | 22 |
| 任务 4 STC 单片机应用程序的在线仿真 | 29 |
| 习题 | 32 |
| 项目二 STC15W4K32S4 系列单片机增强型 8051 内核 | 34 |
| 任务 1 STC15W4K32S4 系列单片机概述 | 34 |
| 任务 2 IAP15W4KS4 单片机结构与工作原理 | 38 |
| 任务 3 IAP15W4K58S4 单片机的时钟与复位 | 44 |
| 习题 | 49 |
| 项目三 IAP15W4K58S4 单片机的并行 I/O 口与应用编程 | 51 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机并行 I/O 口的输入/输出 | 51 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机的逻辑运算 | 65 |
| 任务 3 IAP15W4K58S4 单片机的逻辑控制 | 67 |
| 习题 | 73 |
| 项目四 IAP15W4K58S4 单片机的存储器与应用编程 | 75 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机的基本 RAM | 75 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机扩展 RAM 的测试 | 87 |
| 任务 3 IAP15W4K58S4 单片机 EEPROM 的测试 | 92 |
| 习题 | 97 |
| 项目五 IAP15W4K58S4 单片机的定时器/计数器 | 99 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机的定时控制 | 100 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机的计数控制 | 109 |
| 任务 3 简易频率计的设计与实践 | 112 |
| 任务 4 IAP15W4K58S4 单片机的可编程时钟输出 | 116 |

| | |
|---|------------|
| 习题 | 120 |
| 项目六 IAP15W4K58S4 单片机的中断系统 | 121 |
| 任务 1 定时器中断的应用编程 | 121 |
| 任务 2 外部中断的应用编程 | 136 |
| 任务 3 交通信号灯控制系统设计与实践 | 138 |
| 习题 | 145 |
| 项目七 IAP15W4K58S4 单片机的串行通信 | 146 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机的双机通信 | 146 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机与 PC 间的串行通信 | 166 |
| 习题 | 178 |
| 项目八 IAP15W4K58S4 单片机的低功耗设计与可靠性设计 | 179 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机的低功耗设计 | 179 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机的可靠性设计 | 188 |
| 习题 | 192 |
| 项目九 电子时钟的设计与实践 | 193 |
| 任务 1 8 位数码 LED 的驱动与显示 | 194 |
| 任务 2 独立键盘的应用编程 | 201 |
| 任务 3 矩阵键盘与应用编程 | 206 |
| 任务 4 电子时钟的设计与实践 | 211 |
| 任务 5 多功能电子时钟的设计与实践 | 217 |
| 习题 | 220 |
| 项目十 IAP15W4K58S4 单片机高功能模块介绍 | 221 |
| 任务 1 IAP15W4K58S4 单片机的比较器 | 221 |
| 任务 2 IAP15W4K58S4 单片机 A/D 模块 | 223 |
| 任务 3 IAP15W4K58S4 单片机的 PCA 模块 | 227 |
| 任务 4 IAP15W4K58S4 单片机的 SPI 接口模块 | 236 |
| 任务 5 IAP15W4K61S4 单片机的 PWM 模块 | 244 |
| 附录 1 ASCII 码表 | 250 |
| 附录 2 STC15W4K32S4 系列单片机指令系统表 | 251 |
| 附录 3 C51 常用头文件与库函数 | 256 |
| 附录 4 STC-ISP 在线编程软件实用程序简介 | 266 |
| 附录 5 STC15 单片机学习板各模块电路 | 269 |
| 参考文献 | 276 |

项目一

单片机应用系统的开发工具

本项目要达到的目标包括三个方面：一是让学生理解单片机与单片机应用系统的基本概念；二是了解单片机应用系统的开发流程，学会用 Keil C 集成开发环境输入、编辑、编译与调试用户程序；三是学会用 STC-ISP 在线编程软件进行在线编程与在线仿真。

知识点：

- ◇ 微型计算机的基本结构与工作过程；
- ◇ 单片机与单片机应用系统的基本概念；
- ◇ 单片机应用系统的开发流程；
- ◇ Keil C 集成开发环境的基本功能；
- ◇ STC-ISP 在线编程软件的基本功能。

技能点：

- ◇ 应用 Keil C 集成开发环境输入、编辑、编译与调试单片机应用程序；
- ◇ 应用 STC-ISP 在线编程软件下载用户程序到单片机中；
- ◇ 应用 STC-ISP 在线编程软件进行在线仿真。

任务 1 单片机与单片机应用系统

任务说明

从微型计算机的基本组成、工作原理与工作过程等相关知识，引出单片机的基本定义，建立起单片机应用系统的概念。通过单片机应用系统的演示，让学生体会单片机在电子系统中的控制作用，理解单片机在自动化、智能化电子产品中的核心地位，理解单片机在现代电子产品设计中的重要性与必要性。

相关知识

1. 微型计算机的基本组成

图 1-1-1 所示为微型计算机的组成框图，包括中央处理单元(CPU)、存储器(ROM、

RAM)、输入/输出接口(I/O接口)和连接它们的总线。微型计算机配上相应的输入/输出设备(如键盘、显示器)就构成了微型计算机系统。

1) 中央处理单元(CPU)

中央处理单元(CPU)由运算器和控制器两部分组成,是计算机的控制核心。

(1) 运算器

运算器由算术逻辑单元(ALU)、累加器和寄存器等几部分组成,主要负责数据的算术运算和逻辑运算。

(2) 控制器

控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序发生器和操作控制器等组成,是发布命令的“决策机构”,即协调和指挥整个计算机系统的操作。

2) 存储器(RAM、ROM)

通俗来讲,存储器是微型计算机的“仓库”,包括程序存储器和数据存储器两部分。程序存储器用于存储程序和一些固定不变的常数和表格数据,一般由只读存储器(ROM)组成;数据存储器用于存储运算中的输入、输出数据或中间变量数据,一般由随机存取存储器(RAM)组成。

3) 输入/输出接口(I/O接口)

微型计算机的输入/输出设备(简称外设,如键盘、显示器等)有高速的,也有低速的;有机电结构的,也有全电子式的。由于种类繁多且速度各异,因而它们不能直接地同高速工作的CPU相连。输入/输出接口(I/O接口)是CPU与输入/输出设备连接的桥梁,其作用相当于一个转换器,保证CPU与外设间协调地工作。不同的外设需要不同的I/O接口。

4) 总线

CPU与存储器、I/O接口是通过总线相连的,包括地址总线、数据总线与控制总线。

(1) 地址总线

地址总线用作CPU寻址。地址总线的多少标志CPU的最大寻址能力。若地址总线的根数为16,则CPU的最大寻址能力为 $2^{16}=64\text{K}$ 。

(2) 数据总线

数据总线用于CPU与外围器件(存储器、I/O接口)交换数据。数据总线的多少标志CPU一次交换数据的能力,决定CPU的运算速度。通常所说的“CPU的位数”,是指数据总线的位数。例如8位机,是指该计算机的数据总线为8位。

(3) 控制总线

控制总线用于确定CPU与外围器件交换数据的类型。从广义上来讲,就是“读”和“写”两种类型。

2. 微型计算机的工作过程

一台完整的计算机由硬件和软件两部分组成,缺一不可。上面所述为计算机的硬件部分,是看得见、摸得着的实体部分,但计算机硬件只有在软件的指挥下,才能发挥其效能。计算机采取“存储程序”的工作方式,即事先把程序加载到存储器中,启动运行后,计算机便自动地工作。

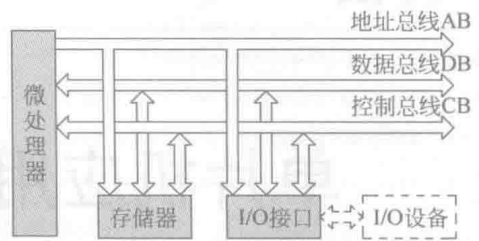


图 1-1-1 微型计算机组成框图

计算机执行程序时,是一条指令一条指令地执行。执行一条指令的过程分为三个阶段:取指、指令译码与执行指令。每执行完一条指令,自动转向下一条指令的执行。

1) 取指

取指是指根据程序计数器中的地址,到程序存储器取出指令代码,并送到指令寄存器。

2) 指令译码

指令译码器对指令寄存器中的指令代码进行译码,判断当前指令代码的工作任务。

3) 执行指令

判断当前指令代码任务后,控制器自动发出一系列微指令,指挥计算机协调地动作,完成当前指令指定的工作任务。



任务实施

1. 单片机的概念

将微型计算机的基本组成部分(CPU、存储器、I/O 接口以及连接它们的总线)集成在一块芯片中而构成的计算机,称为单片机。

由于单片机是完全做嵌入式应用,故又称为嵌入式微控制器。根据数据总线的不同宽度,单片机主要分为 4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机。在高端应用(图形图像处理与通信等)中,32 位机应用越来越普及;在中、低端控制应用中,未来较长一段时间内,8 位单片机仍是主流机种。近期推出的增强型 8051 单片机产品内部集成有高速 I/O 接口、ADC、DAC、PWM、WDT 等部件,并在低电压、低功耗、串行扩展总线、程序存储器类型、存储器容量和开发方式(在线系统编程 ISP)等方面都有较大的发展。

单片机自身仅仅是一个只能处理数字信号的装置,必须配置相应的外围接口器件或执行器件,才能构成完成具体任务的工作系统。这种工作系统称为单片机应用系统。

2. 单片机应用系统的演示与体验

演示与体验:电脑时钟(在 STC15-IV 实验箱上,采用项目九任务 4 程序进行演示与体验)。

3. 单片机的应用与发展趋势

1) 单片机的应用领域

由于单片机具有较高的性能价格比、良好的控制性能和灵活的嵌入特性,使其在各个领域的应用都极为广泛。

(1) 智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表,一方面,提高了仪器仪表的使用功能和精度,使其智能化;另一方面,简化了仪器仪表的硬件结构,以便完成产品的升级换代。如各种智能电气测量仪表、智能传感器等。

(2) 机电一体化产品

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的各种机电产品。单片机在机电一体化产品的开发中可以发挥巨大的作用,典型产品有机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

(3) 实时工业控制

单片机用于各种物理量的现场采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以用单片机方便地实现。在这类系统中,单片机作为系统控制器,可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法,实现期望的控制指标,从而提高生产效率和产品质量。如电动机转速控制、温变控制与自动生产线等。

(4) 分布系统的前端模块

在较复杂的工业系统中,经常要采用分布式测控系统采集大量的分布参数。在这类系统中,单片机作为分布式系统的前端采集模块。该系统具有运行可靠,数据采集方便、灵活,成本低廉等优点。

(5) 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域,其前景十分广阔。如空调器、电冰箱、洗衣机、电饭煲、高档洗浴设备、高档玩具等。

另外,在交通领域中,汽车、火车、飞机、航天器等均广泛应用单片机。如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。

2) 单片机的发展趋势

1970年微型计算机研制成功之后,随着大规模集成电路的发展,出现了单片机,并且为适应不同的发展要求,形成了系统机与单片机两个独立发展的分支。美国 Intel 公司 1971 年生产出 4 位单片机 4004,1972 年生产的雏形 8 位单片机 8008,特别是 1976 年 MCS-48 单片机问世以来,在短短的三十几年间,单片机经历了 4 次更新换代,发展速度之快,应用范围之广,十分惊人。单片机技术渗透到人们生产和生活的各个领域。

综观三十多年的发展过程,单片机朝着多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储容量和加强 I/O 功能及结构兼容方向发展。预计,单片机的发展趋势体现在以下几个方面。

(1) 多功能

在单片机中,尽可能多地把应用系统需要的存储器、各种功能的 I/O 接口集成在一块芯片内,即外围器件内装化,如把 LED、LCD 或 VFD 显示驱动器集成在单片机中。

(2) 高性能

为了提高速度和执行效率,在单片机中开始使用 RISC 体系结构、并行流水线操作和 DSP 等设计技术,使单片机的指令运行速度大大提高,其电磁兼容等性能明显地优于同类型的微处理器。

(3) 产品系列化

人们对单片机的应用情况进行评价,根据应用系统对 I/O 接口的要求分层次配置,形成了系列化的单片机产品,使得技术人员在进行单片机应用系统开发时总能选择到既能满足系统功能要求,又不浪费资源的单片机,提高了开发产品的性能价格比。

(4) 推行串行扩展总线

推行串行扩展总线可以显著减少引脚数量,简化系统结构。随着外围器件串行接口的发展,单片机串行接口的普遍化、高速化,使得并行扩展接口技术日渐衰退。许多公司推出了删去并行总线的非总线单片机,在需要外扩器件(存储器、I/O 接口等)时,采用串行扩展总线,甚至用软件模拟串行总线来实现。

4. 单片机市场情况

在市场上,以 8 位机和 32 位机(ARM)为主。一般所说的单片机是指 8 位机,32 位机一般称为 ARM。

1) MCS-51 系列单片机与 51 兼容机

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司研发的,但 Intel 公司后来的产品重点并不在单片机上,因此市场上很难见到 Intel 公司生产的单片机。市场上更多的是以 MCS-51 系列单片机为核心和框架的兼容 51 单片机,主要生产厂家有美国 ATMEL 公司、荷兰 Philips 公司、中国台湾华邦电子股份有限公司和深圳宏晶科技(深圳)公司。本教材以增强型 8051 单片机——STC15W4K58S4 系列单片机为学习机型。

2) PIC 系列单片机

Microchip 是市场份额增长较快的单片机,其主要产品是 16 C 系列 8 位单片机。这款单片机的 CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,运行速度快,且以低价位著称,单片机价格都在 1 美元以下。Microchip 单片机没有掩膜产品,全部是 OTP 器件。Microchip 强调整约成本的最优化设计,适于用量大、档次低、价格敏感的产品。

目前,Microchip 为全球超过 65 个国家或地区的 5 万多客户提供服务。大部分芯片有其兼容的 Flash 程序存储器的芯片,支持低电压擦写,擦写速度快,而且允许多次擦写,程序修改方便。

3) AVR 单片机

1997 年,由 ATMEL 公司挪威设计中心的 A 先生与 V 先生利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术,共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机,简称 AVR。AVR 单片机的推出,彻底打破了旧的设计格局,废除了机器周期,抛弃了复杂指令计算机(CISC)追求指令完备的做法;它采用精简指令集,以字作为指令长度单位,将内容丰富的操作数与操作码安排在 1 字之中,取指周期短,又可预取指令,实现了流水作业,因而可以高速执行指令。

AVR 单片机具有增强性的高速同/异步串口,具有硬件产生校验码、硬件检测和校验侦错、两级接收缓冲、波特率自动调整定位(接收时)、屏蔽数据帧等功能,提高了通信的可靠性,方便编写程序,更便于组成分布式网络和实现多机通信系统的复杂应用。AVR 单片机博采众长,又具独特技术,成为 8 位机中的佼佼者。

任务 2 单片机应用程序的输入、编辑、编译与调试

任务说明

单片机应用系统由硬件和软件两部分组成。单片机应用系统的开发包括硬件设计与软件设计。单片机自身只能识别机器代码,而为了便于人们记忆、识别和编写应用程序,一般采用汇编语言或 C 语言编程,为此,需要一个工具将汇编语言源程序或 C 语言源程序转换成机器代码程序,Keil C 集成开发环境就是一个融汇编语言和 C 语言编辑、编译与调试于一体的开发工具。目前流行的 Keil C 集成开发环境版本主要有: Keil μ Vision2、Keil μ Vision3 和 Keil μ Vision4。

本任务以程序实例,系统地学习与实践 Keil μ Vision4,完成用户程序的输入、编辑、编译与模拟仿真调试。



相关知识

1. 单片机应用程序的编辑、编译与调试流程

单片机应用程序的编辑、编译一般采用 Keil C 集成开发环境实现,但程序的调试有多种方法。例如,Keil C 集成开发环境的软件仿真调试与硬件仿真调试,硬件的在线调试与专用仿真软件(Proteus)的仿真调试,如图 1-2-1 所示。

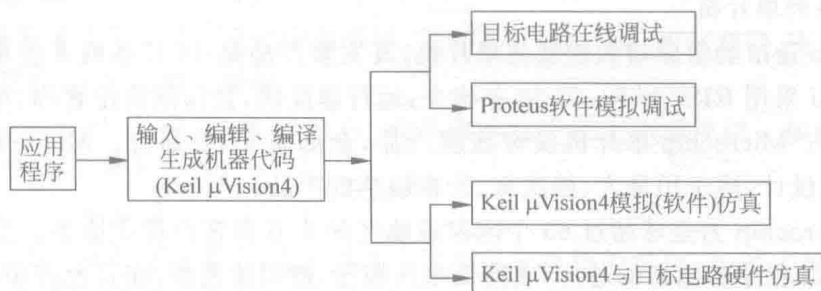


图 1-2-1 应用程序的编辑、编译与调试流程

2. Keil C 集成开发环境

1) Keil μ Vision4 的编辑、编译界面

Keil μ Vision4 集成开发环境因工作特性不同,分为编辑、编译界面和调试界面。启动 Keil μ Vision4 后,进入编辑、编译界面,如图 1-2-2 所示。在此用户环境下可创建、打开用户项目文件,完成汇编源程序或 C51 源程序的输入、编辑与编译。

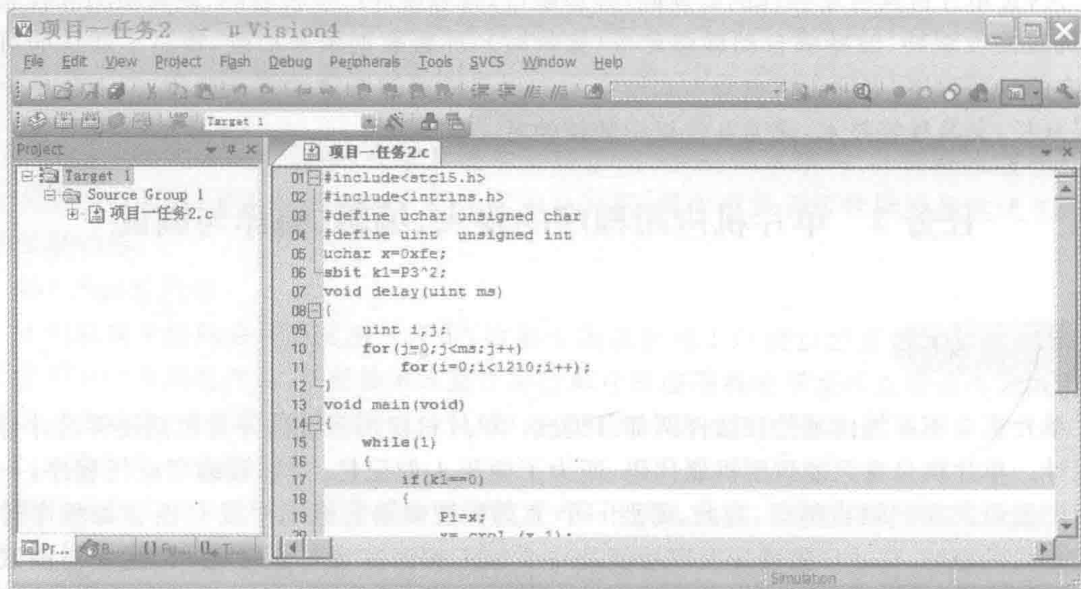


图 1-2-2 Keil μ Vision4 编辑、编译界面

(1) 菜单栏

Keil μ Vision4 在编辑、编译界面和调试界面的菜单栏是不同的,灰白显示的为当前界面无效菜单项。

① File(文件)菜单: File(文件)菜单命令主要用于对文件的常规(新建文件、打开文件、关闭文件与文件存盘等)操作,其功能、使用方法与 Word、Excel 等应用程序一致。但“文件”菜单的 Device Database 命令是特有的。Device Database 用于修改 Keil μ Vision4 支持的 8051 芯片型号以及 ARM 芯片的设定。Device Database 对话框如图 1-2-3 所示,用于添加或修改 Keil μ Vision4 支持的单片机型号以及 ARM 芯片。

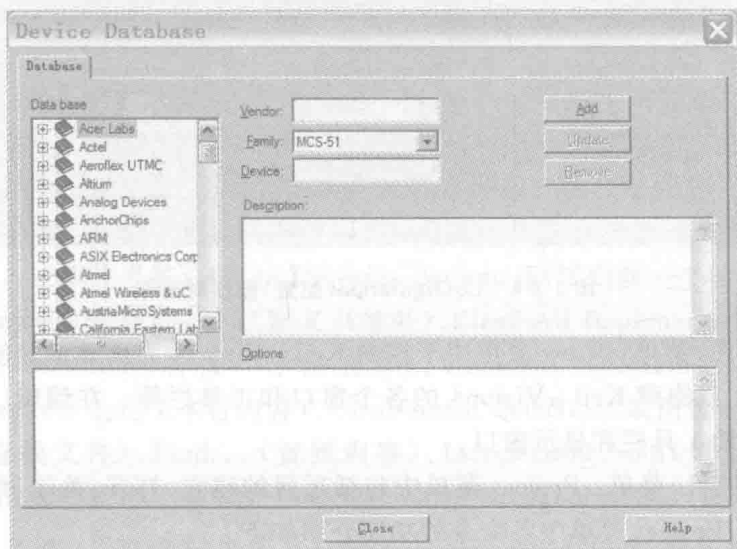


图 1-2-3 Device Database 对话框

Device Database 对话框中各个选项的功能如下所述。

- Data base 列表框: 浏览 Keil μ Vision4 支持的单片机型号以及 ARM 芯片。
- Vendor 文本框: 用于设定单片机的类别。
- Family 下拉列表框: 用于选择 MCS-51 单片机家族以及其他微控制器家族,如 MCS-51、MCS-251、80C166/167、ARM 等。
- Device 文本框: 用于设定单片机的型号。
- Description 列表框: 用于设定型号的功能描述。
- Options 列表框: 用于输入支持型号对应的 DLL 文件等信息。
- Add 按钮: 单击 Add 按钮,添加新的支持型号。
- Update 按钮: 单击 Update 按钮,确认当前修改。

② 编辑菜单: Edit(编辑)菜单中主要包括剪切、复制、粘贴、查找、替换等通用编辑操作。此外,本软件有 Bookmark(书签管理命令)、Find(查找)以及 Configuration(配置)等操作功能。其中,Configuration(配置)选项用于设置软件的工作界面参数,如编辑文件的字体大小以及颜色等参数。Configuration(配置)操作对话框如图 1-2-4 所示,有 Editor(编辑)、Colors & Fonts(颜色与字体)、User Keywords(设置用户关键词)、Shortcut Keys(快捷关键词)、Templates(模板)、Other(其他)等配置选项。