

电子、自动化类系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

STC单片机 原理与应用

STC DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

主 审◎姚永平 匡载华

主 编◎丁向荣 朱冠良



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

电子、自动化类系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

STC单片机 原理与应用

STC DANPIANJI
YUANLI YU YINGYONG

主 审◎姚永平 匡载华
主 编◎丁向荣 朱冠良



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

STC15W4K32S4 单片机成功纳入了著名 EDA 工具 Proteus 仿真软件元器件库中, 利用 Proteus 8.9 SP0 或以上版本可以真正地实施 STC 单片机仿真了。本书引入了 Proteus 8.9 SP0 仿真软件, 集设计、仿真与实操三位于一体, 采用“教、学、做”一体化教学, 以单片机内部资源以及常用外围接口资源为项目导向, 基于任务驱动组织教学内容, 采用 C 语言编程, 融单片机原理、单片机接口技术、电子系统设计于一体。

本书可作为高职(含中高高三衔接)电子信息类、电子通信类、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, 它还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 单片机应用工程师升级转型的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

STC 单片机原理与应用 / 丁向荣, 朱冠良主编. —
上海: 上海交通大学出版社, 2023. 11
ISBN 978-7-313-29526-2

I. ①S… II. ①丁… ②朱… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 183521 号

STC 单片机原理与应用

STC DANPIANJI YUANLI YU YINGYONG

主 编: 丁向荣 朱冠良
出版发行: 上海交通大学出版社
邮政编码: 200030
印 制: 北京荣玉印刷有限公司
开 本: 787mm×1092mm 1/16
字 数: 404 千字
版 次: 2023 年 11 月第 1 版
书 号: ISBN 978-7-313-29526-2
定 价: 56.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号
电 话: 6407 1208
经 销: 全国新华书店
印 张: 17.5
印 次: 2023 年 11 月第 1 次印刷
电子书号: ISBN 978-7-89424-415-4

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话: 010-6020 6144

序 一

21 世纪，全球进入了计算机智能控制计算时代，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。由于较适合中国工程师和学生入门的 8051 单片机已有 30 多年的应用历史，且绝大部分工科院校均有此必修课，有许多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，因此使用 8051 单片机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基于 8051 系列单片机研发产品的巨大优势。

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，开发了 STC89/90、STC10/11、STC12、STC15 系列，累计上百种产品：这些产品采用 Flash 技术（可反复编程 10 万次以上）和 ISP/IAP（在线系统可编程/在线应用可编程）技术；针对抗干扰进行了专门设计，可超强抗干扰；进行了特别加密设计，如 STC15 系列现仍无法解密；对传统 8051 进行了全面提速，指令运行速度最快提高了 24 倍；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、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， $-40\sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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。针对教学，现 STC15 系列的一个单片机芯片就是一个仿真器，定时器改造为支持 16 位自动重载模式（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/（65 536-重载数）]，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，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，TSSOP20/TSSOP28，DFN8/QFN28/QFN32/QFN48/QFN64，LQFP32/LQFP48/LQFP64S/LQFP64L，每个芯片的 I/O 口从 6 个到 62 个不等，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，它具有宽电压工作范围，不需任何转换芯片，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）、7 个定时器（5 个普通定时器和 2 个 CCP 定时器）、4 个串口，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 的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单片机。

现在学校的学生入门单片机到底应该先学 32 位的还是先学 8 位的 8051？我个人认为还是先学 8 位的 8051 单片机好。因为现在学校的嵌入式课程一般只有 64 个学时，甚至只有 48 个学时，学生如果能把 8 位的 8051 单片机学懂并做出产品，今后只要给他时间，他也就能触类旁通了。但如果只给学生 48 个学时去学 ARM，学生可能无法真正学懂，最多只能学会函数调用，这样反而不利于系统、高效地培养人才。所以大家反思说，还是应该先从 8 位的 8051 单片机入门。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也在学 STC 的 8051 + C 语言。大三学有余力的学生可再选修 32 位嵌入式单片机课程。

感谢 Intel 公司发明了经久不衰的 8051 体系结构，感谢英国 Lab Center Electronics 公司将 STC15W4K32S4 单片机纳入了 Proteus 软件中，感谢丁向荣老师的新书，有机融合了 STC15W4K32S4 单片机与 Proteus 软件，集设计、仿真和实操于一体，保证了单片机教学的先进性，促进了中国 30 年来的单片机教学与世界同步。本书是 STC 大学计划推荐教材，STC 高性能单片机联合实验室上机实践指导教材，STC 杯单片机系统设计大赛参考教材，是 STC 推荐的全国大学生电子设计竞赛 STC 单片机参考教材。

明知山有虎，偏向虎山行！

STC MCU Limited: Andy. 姚
2023.4

序 二

Proteus 仿真软件遍布全球数千所高职、大专和本科院校，每年为数十万名学生提供电子学、嵌入式设计和 PCB 布局的教学设计。

Proteus 仿真软件是世界上第一个基于原理图的微控制器仿真工具，已经成为嵌入式系统教学的事实标准。现在，已经支持 700 多种主流处理器芯片以及更多嵌入式外围设备和技术，相对于市场上的其他工具，Proteus 仍然是该领域的全球领导者。

Proteus 由于其强大的仿真引擎、独特的微控制器模型仿真、逼真的可视化工具和世界级的 PCB 布局设计工具，被广泛应用于电子信息课程群里的入门（导论）课程、电子学基础课程、计算机硬件课程、单片机微控制课程、嵌入式系统设计课程、物联网课程和 PCB 设计课程等教学中，并成为事实上的教育标准。

单片机/微控制器仿真是 Proteus 真正引领潮流的地方。整个学习过程在软件中进行，原理图模块用作“虚拟硬件”仿真，VSM Studio IDE 模块用于程序开发和编译。

Proteus 可以仿真微控制器系统，诸如使用中断，ADC 读取数据或设置 UART 等基本概念。教师或学生可以随时设置断点和暂停，查看原理图上的源代码或电压电平，然后单步执行代码。可以使用寄存器窗口、变量窗口和监视窗口来显示相关信息，甚至还可以显示诊断信息和整个仿真的数据信息。

国产的 STC51 芯片由于集成了大量外设，且具有高性价比及高可靠性的特点，因此被国内各级教育机构师生广泛用于实验教学、电子竞技和项目开发，包括丁向荣教授在内的很多教师呼吁，希望 Proteus 能增加对 STC51 的仿真模型的开发，使采用 STC51 作为单片机课程主芯片的师生也能方便使用 Proteus 进行仿真教学与实训。在江苏国芯科技的大力支持下，经过数月的协作与开发，2020 年 5 月终于发布了包含 STC51 模型的 Proteus8.9 汉化版。

丁向荣教授长期从事单片机的课程教学与科研，对 STC 芯片有非常娴熟的教学及应用开发实践经验，现在丁教授结合 Proteus 仿真的方法，将基于 STC51 的单片机课程的教学与实验进行了重新设计和呈现。希望本书能以全新的方法和视角为广大师生提供帮助。

风标电子 匡载华

2023. 5

前言

习近平总书记在党的二十大报告中指出，教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑，必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，这三大战略共同服务于创新型国家的建设，职业教育与经济社会发展紧密相连，对促进就业创业、助力经济社会发展、增进人民福祉具有重要意义。

提升全民数字素养与技能，是顺应数字时代要求，提升国民素质，促进人的全面发展的战略任务，是实现从网络大国迈向网络强国的必由之路，也是弥合数字鸿沟及促进共同富裕的关键举措。

单片机课程强调构建具有时代特征的学习内容，将知识建构、技能训练与职业能力培养相结合，以“面向应用、培养创新”为目标，培养学生运用数字化工具解决问题的能力，为社会培养高素质技术技能人才。

STC 是我国著名 MCU 品牌，STC 单片机是我国，甚至全球增强型 8051 单片机的领头羊，是我们的骄傲。加强“信创”教育，让我们的学生热爱“中国芯”，应用“中国芯”，增强学生对我国智能制造的“自信心”。

本书基于经典的 STC15W4K32S4 单片机、风标电子 WINDWAY 单片机实验系统和 Proteus 仿真而开发。本书强化实践，按项目导向、任务驱动组织教学内容，集设计、仿真与实操三位于一体，轻松实施“教、学、做”一体化教学。利用 Proteus 强大的仿真功能，也可实施无硬件单片机实践教学，无限延伸实践教学课堂。

本书包含课程导学和十一个项目，建议将课程导学、项目一~项目八设为必修内容，理解微型计算机原理与单片机的概念，熟练掌握单片机应用系统的开发流程与开发工具，掌握 STC15W4K32S4 单片机的基本资源以及应用编程，初步掌握单片机应用系统的设计与开发。项目九~项目十一为选学部分，项目九介绍了 STC15W4K32S4 单片机的低功耗特性和看门狗特性，以及应用编程；项目十介绍了常用外围接口以及应用编程，包括 LCD1602 显示模块、LCD12864 显示模块、I²C 串行总线以及单总线串行总线；项目十一简要介绍了 STC15W4K32S4 单片机的高功能模块，包括比较器模块、AD 转换模块、SPI 接口、PCA 模块以及增强型 PWM 模块。

本书还丰富了附录内容，主要增加了 ASC II 表、STC15W4K32S4 单片机指令系统表、STC15W4K32S4 单片机特殊功能寄存器查询一览表、以及库函数的制作方法等。这样做一是为了拓展单片机的可持续学习空间，二是为了增强单片机学习的便捷性，三是为了增强单片机应用系统开发的应用性。此外，附录中还设置了典型单片机应用系统实例以及全国电子设计大赛真题，供学生课外实践以及电子设计大赛备赛参考。

本书由丁向荣、朱冠良主编，在编写过程中，得到了本书的主审 STC 单片机创始人姚永平先生和广州风标电子总经理匡载华先生的大力支持。本书在任务程序的仿真调试过程中得到江苏国芯科技、广州风标教育技术股份有限公司工程师的支持，尤其得到汪伟捷工程师直接帮助，在此编者向他们一并表示衷心的感谢。此外，有些引用资料的出处，基于各种原因未能出现在参考文献中，在此向各位编写作者表示歉意与感谢！

由于编者水平有限，书中定有疏漏和不妥之处，敬请读者不吝指正。书中相关信息或勘误也会动态地公布在 STC 官网上：www.stcmcudata.com。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

编者
2023. 6

目 录

➔ 课程导学	1
➔ 项目一 单片机应用系统的开发工具	7
任务 1 Keil C 集成开发环境的操作使用	8
任务 2 Proteus 仿真	28
任务 3 WINDWAY (风标) 单片机实验系统与 STC 单片机在线编程	41
任务 4 STC 单片机应用程序的在线仿真*	46
习题	46
➔ 项目二 STC15W4K32S4 单片机增强型 8051 内核	50
任务 1 STC15W4K32S4 系列单片机概述	51
任务 2 STC15W4K32S4 单片机的结构与工作原理	55
任务 3 STC15W4K32S4 单片机的时钟与复位	65
习题	72
➔ 项目三 STC15W4K32S4 单片机的并行 I/O 口与应用编程	74
任务 1 STC15W4K32S4 单片机并行 I/O 口的输入输出	75
任务 2 STC15W4K32S4 单片机的逻辑运算	87
任务 3 STC15W4K32S4 单片机的逻辑控制	92
任务 4 8 位 LED 数码管的驱动与显示	99
习题	106
➔ 项目四 STC15W4K32S4 单片机的存储器与应用编程	109
任务 1 STC15W4K32S4 单片机的基本 RAM	110
任务 2 STC15W4K32S4 单片机扩展 RAM 的测试	121
任务 3 STC15W4K32S4 单片机 EEPROM 的测试	126
习题	133
➔ 项目五 STC15W4K32S4 单片机的定时/计数器	137
任务 1 STC15W4K32S4 单片机定时/计数器的定时应用	138
任务 2 STC15W4K32S4 单片机定时/计数器的计数应用	148

任务 3 简易频率计的设计与实践	152
任务 4 STC15W4K32S4 单片机的可编程时钟输出	156
习题	161
➔ 项目六 STC15W4K32S4 单片机的中断系统	164
任务 1 定时器中断的应用编程	165
任务 2 外部中断的应用编程	179
任务 3 交通信号灯控制系统设计与实践	183
习题	191
➔ 项目七 STC15W4K32S4 单片机的串行通信	194
任务 1 STC15W4K32S4 单片机串行接口移位寄存器的应用	195
任务 2 STC15W4K32S4 单片机的双机通信	205
任务 3 STC15W4K32S4 单片机间的多机通信 *	212
任务 4 STC15W4K32S4 单片机与 PC 机间的串行通信	213
习题	222
➔ 项目八 单片机应用系统设计与实践	226
任务 1 独立键盘的应用编程	227
任务 2 矩阵键盘与应用编程	235
任务 3 电子时钟的设计与实践	243
习题	261
➔ 项目九 STC15W4K32S4 单片机的低功耗设计与可靠性设计 * ...	263
➔ 项目十 单片机常用外围接口模块与应用编程 *	265
➔ 项目十一 STC15W4K32S4 单片机高功能模块介绍 *	267
➔ 附录	269
➔ 参考文献	270

课程导学

课程导学是为了帮助读者更好地、快速地了解本课程设置的意义、学习目标以及学习方法，包括认识单片机、为什么要学习单片机、怎么学习单片机，以及学时分配等内容。



一、认识单片机

1. 单片的机概念

单片机实际上是微型计算机发展方向的一个重要分支，其组成与基本原理是与微型计算机一致的，与微型计算机系统一样，单片机应用系统由硬件和软件两部分组成，两者缺一不可。

将微型计算机的基本组成部分(CPU、存储器、I/O 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，称为单片微型计算机，简称单片机。

由于单片机是完全作嵌入式应用，故又称为嵌入式微控制器。根据单片机数据总线的宽度不同，单片机主要可分为 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 位机应用已越来越普及；但在中、低端控制应用中，在将来较长一段时间内，8 位单片机仍是单片机的主流机种，近些年推出的增强型单片机产品内部集成有高速 I/O、ADC、DAC、PWM、WDT 等接口部件，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，才是一个能完成具体任务的工作系统，该工作系统称为单片机应用系统。

2. 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，因此单片机在很多领域里都获得了极为广泛的应用，如智能仪器仪表、机电一体化产品、实时工业控制、分布系统的前端模块、家用电器、交通管理与控制等领域，也完全可以说，单片机的应用无所不在。

3. 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又出现了单片机，并且按照不同的发展要求，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 年生产的 4 位单片机 4004 和 1972 年生产的雏形 8 位单片机 8008，特别是 1976 年推出的 MCS-48 单片机，在短短的四十年间，经历了四次更新换代，其发展速度为每两到三年

要更新一代，集成度增加一倍，功能翻一番。发展速度之快、应用范围之广，已达到了惊人的地步。它已渗透到生产和生活的诸多领域，可谓“无孔不入”。

纵观四十多年的发展过程，单片机正朝多功能、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。

4. 单片机的市场情况

单片机的市场主要以 8 位机和 32 位机 (ARM) 为主，通常所说的单片机，指的是 8 位机。而 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 公司后期的研发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。市场上的 51 单片机，更多的是以 MCS-51 系列单片机为核心、框架的兼容 51 单片机。51 单片机是 8 位单片机，51 单片机经久不衰，仍然是目前的主流 8 位单片机，主要生产厂家有 ATMEL 公司、飞利浦公司、华帮电子股份有限公司和国芯人工智能有限公司。

本教材以本土卓越的增强型 8051 单片机——STC15W4K32S4 单片机，作为学习机型，其具有高速、宽电压、强抗干扰能力，以及在线编程与在线仿真等优质性能。

2) PIC 系列单片机

Microchip 单片机是 16 C 系列 8 位单片机，CPU 采用 RISC 结构，仅 33 条指令，运行速度快。Microchip 单片机没有掩膜产品，全部是 OTP 器件，Microship 单片机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。

3) AVR 单片机

1997 年，ATMEL 公司挪威设计中心的研发人员利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术，研发出具有 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机，简称 AVR 单片机。AVR 单片机废除了机器周期，抛弃复杂指令计算机 (CISC) 追求指令完备的做法，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一字之中，取指周期短，又可预取指令，实现流水作业，可高速执行指令。



二、为什么要学习单片机

单片机技术是现代电子系统的核心技术，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。单片机在现代电子系统中的应用非常广泛，学习单片机可以提高电子硬件设计能力以及工程实践能力，提高项目管理和协作能力，提高创造力和创新能力，学习单片机也可以提高学生的就业竞争力。



三、怎么学习单片机

学习单片机时可以淡化单片机复杂的结构与工作原理，化繁为简，可先学习单片机有

哪些资源，以及如何使用这些资源。

单片机的学习应该分成三个方面：一是掌握一种编程语言（C 语言或者汇编语言，本教材采用的是 C 语言）；二是掌握单片机应用系统的开发工具（Keil C 集成开发环境、Proteus 仿真软件以及 STC-ISP 在线编程工具）；三是学习单片机各种资源的特性与对应的特殊功能寄存器，以及应用编程。

四、学习目标

学习目标分为知识目标、能力目标与素质目标，如表 0-1 所示。

表 0-1 学习目标

知识目标	
导学	(1) 理解微型计算机的组成结构与工作原理，掌握单片机的基本概念，明白单片机在现代电子系统设计中的地位与应用前景。 (2) 明白单片机要学什么，要怎么学。
项目一	(1) 了解单片机应用系统程序的开发流程，理解应用程序的编辑、编译、调试、在线编程与在线调试的意义。 (2) 明白 Keil 集成开发环境的作用。 (3) 明白 Proteus 仿真软件的作用。 (4) 明白 STC-ISP 在线编程软件的作用。
项目二	(1) 了解 STC15W4K32S4 单片机的资源配置与功能特性。 (2) 了解 STC15W4K32S4 单片机时钟与复位系统的结构，掌握内部时钟与内部复位的配置方法。
项目三	(1) 了解 STC15W4K32S4 单片机并行 I/O 口的电路结构，理解并行 I/O 口的负载能力。 (2) 掌握并行 I/O 口的 4 种工作模式与设置方法。
项目四	(1) 理解 STC15W4K32S4 单片机的存储结构，了解 EEPROM 实际内涵与使用方法。 (2) 掌握程序存储器、数据存储器存储类型的定义方法，明白特殊功能寄存器在单片机中的特殊地位。
项目五	(1) 理解 STC15W4K32S4 单片机定时器/计数器(T0、T1、T2、T3、T4)的电路结构。 (2) 掌握定时器/计数器的核心电路与控制原理。
项目六	(1) 了解中断的概念与中断系统的功能，以及 STC15W4K32S4 单片机有哪些中断源。 (2) 掌握外部中断 0、T0 中断、外部中断 1、T1 中断、串行口 1 中断的中断请求标志、中断允许控制、中断优先控制、中断号，以及中断函数的定义。
项目七	(1) 了解串口通信的基础知识，了解异步通信接口的组成结构，理解异步通信字符帧与波特率的含义。 (2) 掌握串行口 1 的工作模式，以及控制原理。

续表

项目八	(1) 了解按键的结构与功能特性，理解独立键盘与矩阵键盘的工作原理。 (2) 理解单片机应用系统的开发流程，掌握单片机应用系统的开发方法，以及单片机应用系统工程文件的撰写要求。
项目九	(1) 了解 STC15W4K32S4 单片机低功耗设计与可靠性设计的意义。 (2) 掌握停机模式的设置与唤醒，掌握看门狗定时器的使用方法。
项目十	(1) 了解 LCD1602、LCD12864 显示模块的功能特性与接口设计，学会参照 LCD1602、LCD12864 驱动函数的应用编程方法。 (2) 了解 I²C、单总线串行总线的工作特性，学会参照 I²C、单总线驱动函数的应用编程方法。
项目十一	(1) 了解 STC15W4K32S4 系列单片机除基本接口还有哪些高功能接口。 (2) 初步掌握比较器、A/D 转换、SPI 接口、PCA 模块以及增强型 PWM 的功能特性。
能力目标	
项目一	(1) 熟练使用单片机应用系统的开发工具，包括 Keil C 集成开发环境、Proteus 仿真软件，以及 STC-ISP 在线编程软件。 (2) 学会给 Keil C 集成开发环境添加 STC 头文件，学会安装 USB 转串口驱动程序，学会设置单片机的时钟频率。
项目二	(1) 学会设置单片机应用系统的时钟频率。 (2) 学会输出主时钟频率的应用编程。
项目三	(1) 学会设置 STC15W4K32S4 单片机并行 I/O 口的工作模式。 (2) 掌握并行 I/O 口的应用编程，包括字节操作与位操作。
项目四	(1) 学会 C51 中存储类型的定义。 (2) 掌握 STC15W4K32S4 单片机程序存储器、数据存储器的应用编程。
项目五	(1) 学会设置 STC15W4K32S4 单片机定时/计数器的工作方式与计数方式。 (2) 掌握定时/计数器定时应用、计数应用与输出可编程时钟的应用编程。 (3) 掌握利用 STC-ISP 在线编程软件内置的定时器计算工具，获取定时应用所需的初始化函数。
项目六	(1) 学会“外部中断 0、T0 中断、外部中断 1、T1 中断、串行口 1 中断”的中断允许与中断优先的设置，学会编写中断函数。 (2) 掌握“外部中断 0、T0 中断、外部中断 1、T1 中断”的应用编程。
项目七	(1) 学会串行口 1 工作方式以及波特率的设置，掌握串行口 1 双机通信、PC 机与串行口 1 通信的应用编程。 (2) 举一反三，具备串口 2、串口 3、串口 4 的应用能力。
项目八	(1) 学会独立键盘、矩阵键盘与单片机的硬件接口设计。 (2) 掌握独立键盘、矩阵键盘的应用编程，初步单片机应用系统综合开发能力。 (3) 学会撰写单片机应用系统的工程文件。

续表

项目九	(1)学会 STC15W4K32S4 单片机降速运行、空闲模式与停机模式的应用编程。 (2)学会 STC15W4K32S4 单片机看门狗定时器的应用编程,提供系统的可靠性。
项目十	(1)学会应用外围器件的标准驱动函数(如 LCD1602、LCD2864、I2C 总线器件、单总线器件)。 (2)掌握 LCD1602、LCD2864、I ² C 总线器件、单总线器件的应用编程。
素质目标	
(1) 尊重科学,有效学习,为未来的职业生涯奠定良好的基础。 (2) 独立思考,精益求精,培养创新思维与工匠精神。 (3) 具备良好的沟通能力与团结协作精神。 (4) 养成良好的质量、成本、安全、环保意识。	



五、学时分配

不同专业的单片机课程的学时不尽相同。建议学时较少(70 学时)时,选择学习项目一~项目八;学时较多(86 学时)时,选择学习项目一~项目十,项目十一作为自学了解内容。其中项目九~项目十一的内容以线上资源的方式提供,可扫描二维码获取学习资料。具体学时分配如表 0-2 所示。

表 0-2 教学学时分配(参考)

序号	项目名称	任务名称	教学方法	学时分配	
				课内	课外
1	课程导学		讲解	2	2
2	单片机应用系统的开发工具	Keil C 集成开发环境的操作使用	教学做一体化	4	4
3		Proteus 仿真	教学做一体化	2	2
4		WINDWAY(风标)单片机实验系统与 STC 单片机在线编程	教学做一体化	4	4
5		STC 单片机应用程序的在线仿真*	教学做一体化	2	2
6	STC15W4K32S4	STC15W4K32S4 系列单片机概述	教学做一体化	1	1
7	单片机增强型	STC15W4K32S4 单片机的结构与工作原理	教学做一体化	1	1
8	8051 内核	STC15W4K32S4 单片机的时钟与复位	教学做一体化	2	2
9	STC15W4K32S4	STC15W4K32S4 单片机并行 I/O 口的输入输出	教学做一体化	2	2
10	单片机的并行	STC15W4K32S4 单片机的逻辑运算	教学做一体化	2	2
11	I/O 口与应用编程	STC15W4K32S4 单片机的逻辑控制	教学做一体化	2	2
12		8 位 LED 数码管的驱动与显示	教学做一体化	2	2

续表

序号	项目名称	任务名称	教学方法	学时分配	
				课内	课外
13	STC15W4K32S4 单片机的存储器 与应用编程	STC15W4K32S4 单片机的基本 RAM	教学做一体化	2	2
14		STC15W4K32S4 单片机扩展 RAM 的测试	教学做一体化	2	2
15		STC15W4K32S4 单片机 EEPROM 的测试	教学做一体化	2	2
16	STC15W4K32S4 单片机的定时/ 计数器	STC15W4K32S4 单片机定时/计数器的定时应用	教学做一体化	4	4
17		STC15W4K32S4 单片机定时/计数器的计数应用	教学做一体化	2	2
18		简易频率计的设计与实践	教学做一体化	2	2
19		STC15W4K32S4 单片机的可编程时钟输出	教学做一体化	2	4
20	STC15W4K32S4 单片机的中断 系统	定时器中断的应用编程	教学做一体化	3	3
21		外部中断的应用编程	教学做一体化	1	1
22		交通信号灯控制系统设计与实践	教学做一体化	3	3
23	STC15W4K32S4 单片机的串行 通信	STC15W4K32S4 单片机串行接口移位寄存器的应用	教学做一体化	3	3
24		STC15W4K32S4 单片机的双机通信	教学做一体化	2	2
25		STC15W4K32S4 单片机间的多机通信*	教学做一体化	4	4
26		STC15W4K32S4 单片机与 PC 机间的串行通信	教学做一体化	2	4
27	单片机应用系统 设计与实践	独立键盘的应用编程	教学做一体化	2	2
28		矩阵键盘与应用编程	教学做一体化	2	2
29		电子时钟的设计与实践	教学做一体化	6	6
30	STC15W4K32S4 单片机的低功耗 设计与可靠性 设计*	STC15W4K32S4 单片机的低功耗设计	教学做一体化	2	2
31		STC15W4K32S4 单片机的可靠性设计	教学做一体化	2	2
32	单片机常用外围 接口模块与应用 编程*	LCD1602 显示模块与应用编程	教学做一体化	3	3
33		LCD12864 显示模块与应用编程	教学做一体化	3	3
34		I ² C 串行总线与应用编程	教学做一体化	3	3
35		串行单总线与应用编程	教学做一体化	3	3

项目一

单片机应用系统的 开发工具

单片机应用系统的开发工具的操作使用是单片机应用中不可缺少的基本技能，一是用于将 C 语言用户程序转换为机器代码的 Keil C 集成开发环境；二是用于将机器代码程序下载到单片机的在线编程软件。此外，本项目还介绍了能够实施单片机软、硬件仿真的仿真软件——Proteus。

任务 1

Keil C 集成开发环境的操作使用



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。单片机只能识别机器代码，而人们为了便于记忆、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，就需要一个工具能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。

本任务采用程序实例系统地学习与实践，用 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



一、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、编译一般都采用 Keil C 集成开发环境实现，但程序的调试有多种方法，如 Keil C 集成开发环境的软件仿真调试与硬件(在线)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 1-1-1 所示。

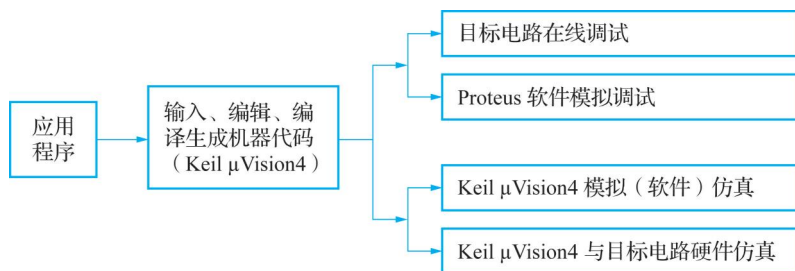


图 1-1-1 应用程序的编辑、编译与调试流程

二、Keil C 集成开发环境

1. Keil μ Vision4 的编辑、编译界面

Keil μ Vision4 集成开发环境从工作特性来分,可分为编辑、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 1-1-2 所示。用户在此环境下可创建、打开用户项目文件,以及进行汇编源程序或 C51 源程序的输入、编辑与编译。

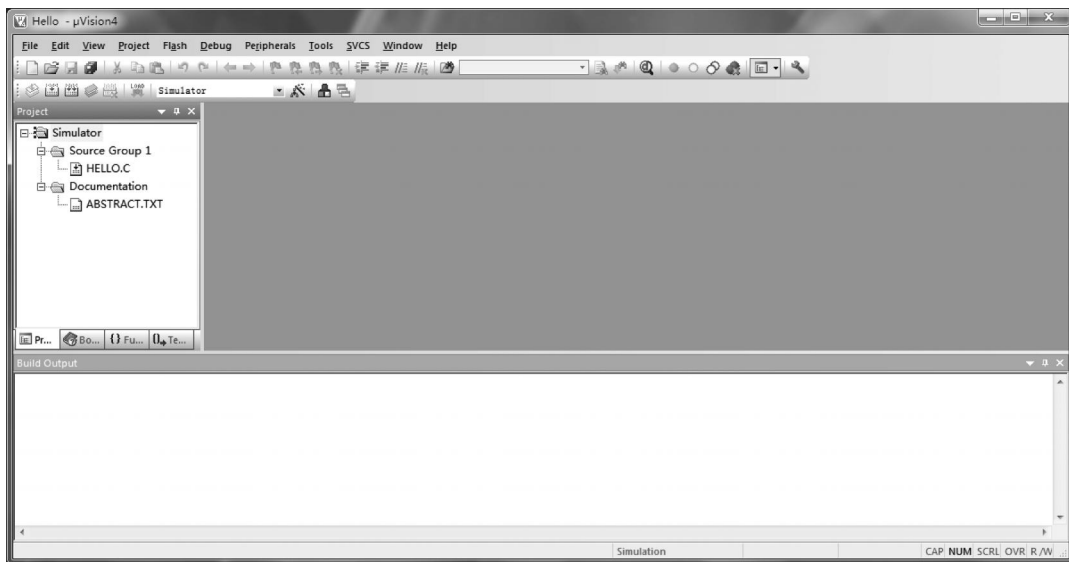


图 1-1-2 Keil μ Vision4 编辑、编译界面

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一样的,显示灰白的选项为当前界面的无效菜单项。

(1) File 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、使用方法与一般的 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 1-1-3 所示,用户可在对话框中添加或修改 Keil μ Vision4 支持的单片机型号以及 ARM 芯片。

Device Database 对话框各个选项功能如下。

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:用于显示设定单片机的类别。

Family 下拉列表框:用于选择 MCS-51 单片机以及其他微控制器,有 MCS-51、MCS-251、80C166/167、ARM。

Device 文本框：用于显示设定单片机的型号。

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。

Updata 按钮：单击 Updata 按钮确认当前修改。

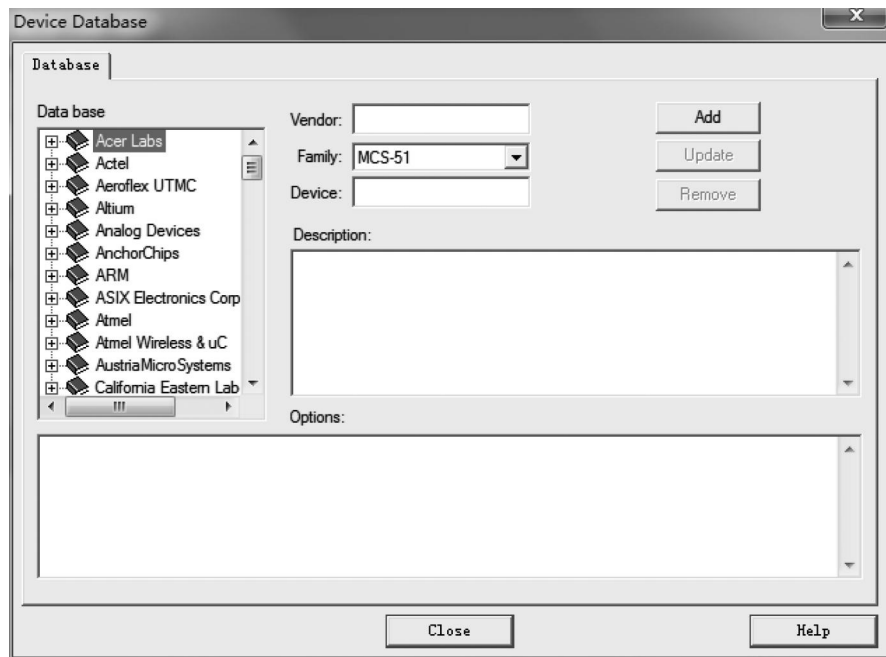


图 1-1-3 Device Database 对话框

(2) Edit 菜单。

Edit(编辑)菜单主要包括剪切、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 1-1-4 所示，有 Editor(编辑)、Colors & Fonts(颜色与字体)、User Keywords(设置用户关键词)、Shortcut Keywords(快捷关键词)、Templates(模板)、Other(其他)等配置选项。

(3) View 菜单。

View(视图)菜单中用于控制 Keil μ Vision4 界面显示，使用 View 菜单中的命令可以显示或隐藏 Keil μ Vision4 的各个窗口和工具栏等。编辑、编译工作界面和调试界面有不同的工具栏和显示窗口。

(4) Project 菜单。

Project(项目)菜单命令包括项目的建立、打开、关闭、维护、目标环境设定、编译等命令。Project 菜单命令中的各个命令功能介绍如下。

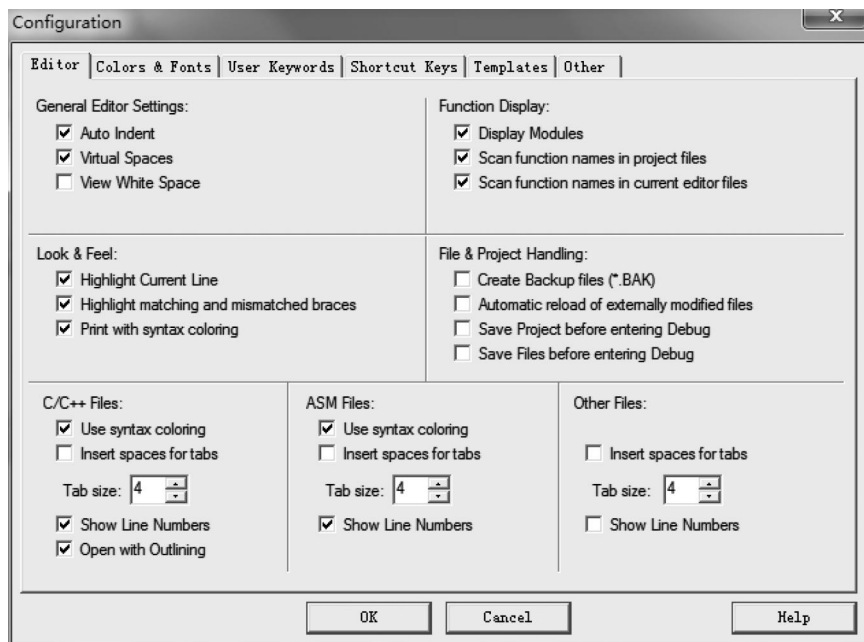


图 1-1-4 Configuration (配置) 操作对话框

New Project: 建立一个新项目。

New Multi-Project Workspace: 新建多项目工作区域。

Open Project: 打开一个已存在的项目。

Close Project: 关闭当前项目。

Export: 导出为 μ Vision3 格式。

Manage: 工具链、头文件和库文件的路径的管理。

Select Device for Target: 为目标选择器件。

Remove Item: 从项目中移除文件或文件组。

Options: 修改目标、组或文件的选项设置。

Bulid Target: 编译修改过的文件并生成应用程序。

Rebulid Target: 重新编译所有文件并生成应用程序。

Translate: 传输当前文件。

Stop Build: 停止编译。

(5) Flash 菜单。

Flash(下载)菜单主要用于将程序下载到 E²PROM 的控制。

(6) Debug 菜单。

Debug(调试)菜单中的命令用于软件仿真环境下的调试, 提供断点、单步、跟踪与全速运行等操作命令。

(7) Peripherals 菜单。

Peripherals(外设)菜单是外围模块菜单命令, 用于芯片的复位和片内功能模块的控制。

(8) Tools 菜单。

Tools(工具)菜单主要用于支持第三方调试系统,包括 Gimpel Software 公司的 PC-Lint 和西门子公司的 Easy-Case。

(9) SVCS 菜单。

SVCS(软件版本控制系统)菜单命令用于设置和运行软件版本控制系统(software version control system, SVCS)。

(10) Window 菜单。

Window(窗口)菜单命令用于设置窗口的排列方式,与 Window 的窗口管理兼容。

(11) Help 菜单。

Help(帮助)菜单命令用于提供软件帮助信息和版本说明。

2) 工具栏

Keil μ Vision4 在编辑、编译界面和调试界面有不同的工具栏,在此介绍编辑、编译界面的工具栏。

(1) 常用工具栏。

如图 1-1-5 所示为 Keil μ Vision4 的常用工具栏,从左至右依次为 New(新建文件)、Open(打开文件)、Save(保存当前文件)、Save All(保存全部文件)、Cut(剪切)、Copy(复制)、Paste(粘贴)、Undo(取消上一步操作)、Redo(恢复上一步操作)、Navigate Backwards(回到先前的位置)、Navigate Forwards(前进到下一个位置)、Insert/Remove Bookmark(插入或删除书签)、Go to Previous Bookmark(转到前一个已定义书签处)、Go to the next Bookmark(转到下一个已定义书签处)、Clear All Bookmarks(取消所有已定义的书签)、Indent Selection(右移一个制表符)、Unindent Selection(左移一个制表符)、Comment Selection(选定文本行内容)、Uncomment Selection(取消选定文本行内容)、Find in Files...(查找文件)、Find...(查找内容)、Incremental Find(增量查找)、Start/Stop Debug Session(启动或停止调试)、Insert/Remove Breakpoint(插入或删除断点)、Enable/Disable Breakpoint(允许或禁止断点)、Disable All Breakpoint(禁止所有断点)、Kill All Breakpoint(删除所有断点)、Project Windows(项目窗口)、Configuration(参数配置)等工具图标。单击工具图标,执行图标对应的功能。



图 1-1-5 常用工具栏

(2) 编译工具栏。

如图 1-1-6 所示为 Keil μ Vision4 的编译工具栏,从左至右依次为 Translate(传输当前文件); Build(编译目标文件); Rebuild(重新编译所有目标文件); Batch Build(批编译); Stop Build(停止编译); Down load(下载文件到 Flash ROM); Select Targe(选择目标); Targe Option(目标环境设置); File Extensions、Books and Environment(文件的组成、记录与环境); Mange Multi-Project Workspace(管理多项目工作区域)等工具图标。单击图标,

执行图标对应的功能。



图 1-1-6 编译工具栏

3) 窗口

Keil μ Vision4 的窗口在编辑、编译界面和调试界面有不同的窗口，在此介绍编辑、编译界面的窗口。

(1) 编辑窗口。

在编辑窗口中，用户可以输入或修改源程序，Keil μ Vision4 的编辑器支持程序行自动对齐和语法高亮显示。

(2) 项目窗口。

单击菜单“View→Project Window”或单击工具图标可以显示或隐藏项目窗口 (Project Window)。该窗口主要用于显示当前项目的文件结构和寄存器状态等信息。项目窗口中共有 4 个选项页：Project、Books、Functions、Templates。Project 选项页显示用于当前项目的组织结构，可以在该窗口中直接单击文件名打开文件，如图 1-1-7 所示。

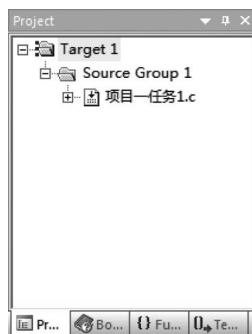


图 1-1-7 项目窗口中的 Files 选项页

(3) 输出窗口。

Keil μ Vision4 的编译信息输出窗口 (Output Window) 用于显示编译时的输出信息，如图 1-1-8 所示。在窗口中，双击输出的 Warning 或 Error 信息，可以直接调转至源程序的警告或错误所在行。

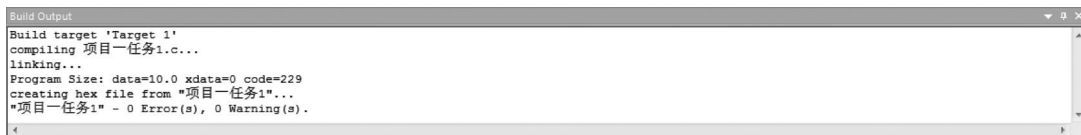


图 1-1-8 Keil μ Vision4 的编译信息输出窗口

2. Keil μ Vision4 的调试界面

Keil μ Vision4 集成开发环境除可以编辑、编译 C 语言源程序和汇编语言源程序以外，还可以软件模拟调试和硬件仿真调试用户程序，以验证用户程序的正确性。在模拟调试中主要学习两个方面的内容，一是程序的运行方式，二是如何查看与设置单片机内部资源的状态。

单击菜单“Debug→Start/Stop Debug Session”或单击工具栏中的调试按钮，系统进入调试界面，如图 1-1-9 所示；若复选调试按钮，则退出调试界面。

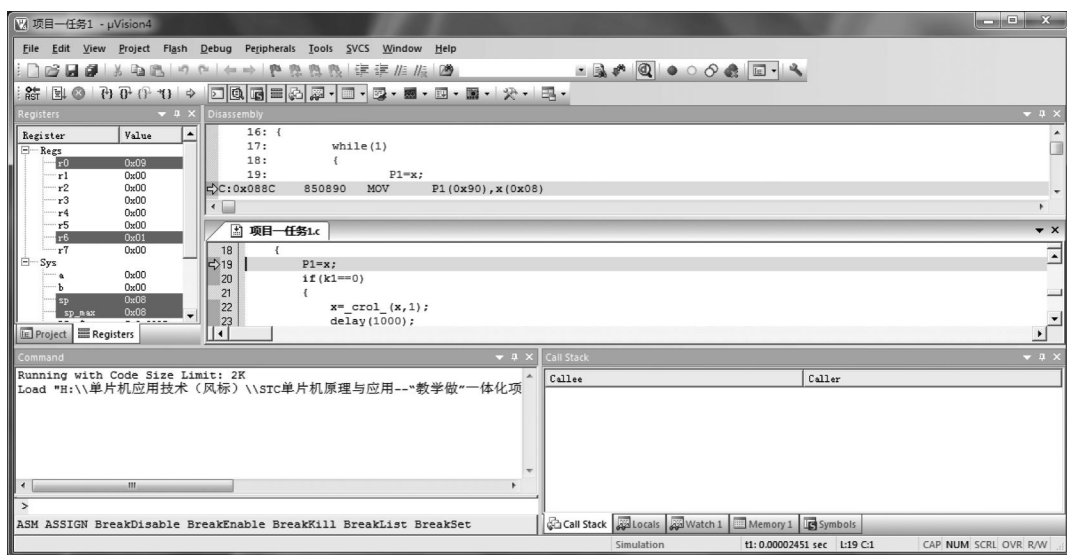


图 1-1-9 Keil μVision4 的调试界面

(1) 程序的运行方式。

如图 1-1-10 所示为 Keil μVision4 的运行工具栏，从左至右依次为 Reset(程序复位)、Run(程序全速运行)、Stop(停止运行)、Step(跟踪运行)、Step Over(单步运行)、Step Out(跳出跟踪)、Run to Cursor Line(运行至光标处)等工具图标。单击工具图标，即可执行图标对应的功能。

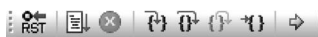


图 1-1-10 运行工具栏

 (程序复位)：使单片机的状态恢复到初始状态。

 (程序全速运行)：从 0000H 开始运行程序，若无断点，则无障碍运行程序；若遇到断点，在断点处停止，再单击“程序全速运行”按钮，从断点处继续运行。

注：断点的设置与取消，在程序行双击，即设置断点，在程序行的左边会出现一个红色方框，反之，则取消断点。断点调试主要用于分块调试程序，便于缩小故障故障范围。

 (停止运行)：从程序运行状态中退出。

 (跟踪运行)：每单击该按钮一次，系统执行一条指令，包括子程序(或子函数)的每一条指令，运用该工具，可逐条进行指令调试。

 (单步运行)：每单击该按钮一次，系统执行一条指令，但系统把调用子程序指令当作一条指令执行。

 (跳出跟踪)：当执行跟踪操作进入了某个子程序，单击该按钮，可从子程序中跳

出，回到调用该子程序指令的下一条指令处。

 (运行至光标处)：单击该按钮，程序从当前位置运行至光标处停下，其作用与断点类似。

(2) 查看与设置单片机的内部资源。

单片机的内部资源，包括寄存器、存储器、内部接口和特殊功能寄存器等，打开窗口，就可以查看与设置单片机内部资源的状态。

① 寄存器窗口。

在缺省状态下，单片机寄存器窗口位于 Keil μ Vision4 调试界面的左边，包括 r0~r7 寄存器、累加器 a、寄存器 b、程序状态字 PSW、数据指针 DPTR 以及程序计数器，如图 1-1-11 所示。单击选中要设置的寄存器，双击后即可输入数据。

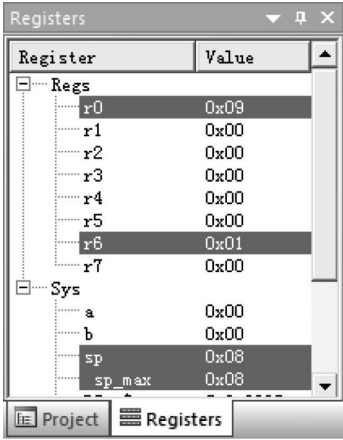


图 1-1-11 寄存器窗口

② 存储器窗口。

单击菜单“View→Memory Window→Memory1”(或 Memory2，或 Memory3，或 Memory4)，可以显示与隐藏存储器窗口(Memory Window)，如图 1-1-12 所示。存储器窗口用于显示当前程序内部数据存储器、外部数据存储器与程序存储器的内容。

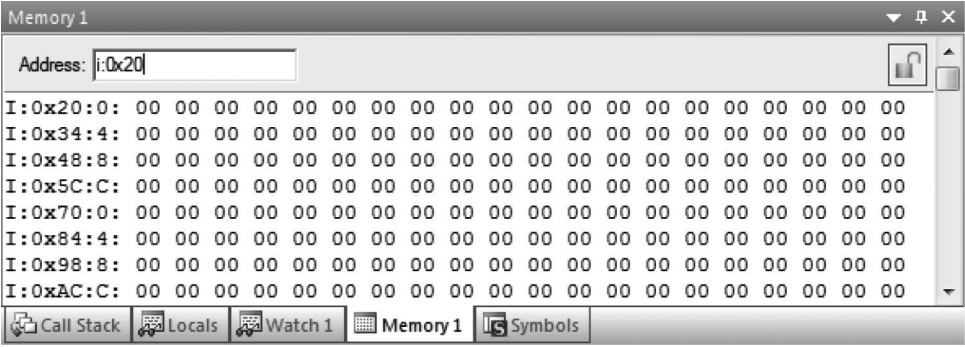


图 1-1-12 存储器窗口

在 Address 地址框中输入存储器类型与地址，存储器窗口中可显示相应类型和相应地址为起始地址的存储单元的内容。通过移动垂直滑动条可查看其他地址单元的内容，或修改存储单元的内容。

- a. 输入“C：存储器地址”，显示程序存储区相应地址的内容。
- b. 输入“I：存储器地址”，显示片内数据存储器相应地址的内容，图 1-1-12 显示的为片内数据存储器以 20H 单元为起始地址的存储内容。
- c. 输入“X：存储器地址”，显示片外数据存储器相应地址的内容。

在窗口数据处单击鼠标右键，可以在快捷菜单中选择修改存储器内容的显示格式或修

改指定存储单元的内容，比如修改 20H 单元内容为 55H，如图 1-1-13 和图 1-1-14 所示。

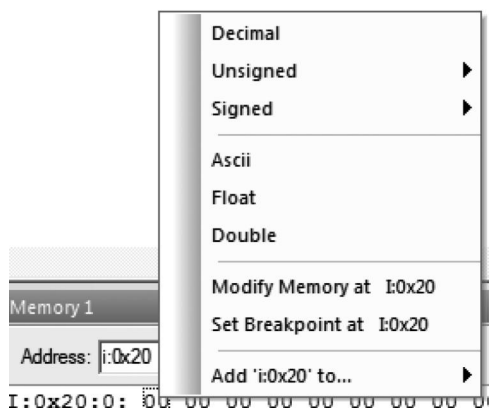


图 1-1-13 修改数据的快捷菜单

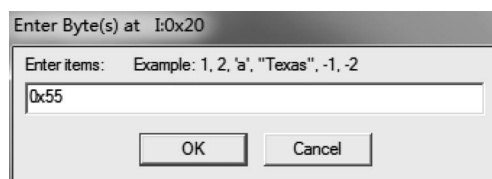


图 1-1-14 输入数据 55H

③ I/O 口控制窗口。

进入调试模式后，单击菜单“Peripherals→I/O-Port”，再在下级子菜单中选择显示与隐藏指定的 I/O 口 (P0、P1、P2、P3 口) 的控制窗口，如图 1-1-15 所示。使用该窗口可以查看各 I/O 口的状态和设置输入引脚状态。在相应的 I/O 口中，上为 I/O 口输出锁存器值，下为输入引脚状态值，单击相应端口位，方框中的“√”与空白框可进行切换，“√”表示 1，空白框表示 0。

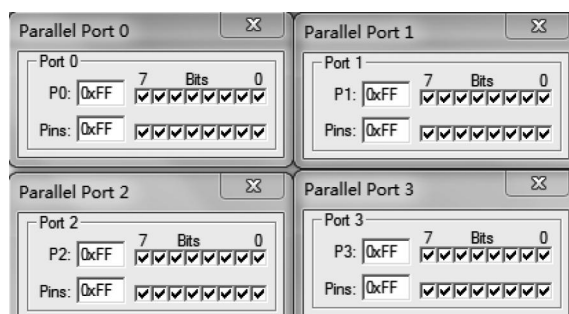


图 1-1-15 I/O 口控制窗口

④ 定时器控制窗口。

进入调试模式后，单击菜单“Peripherals→Timer”，再在下级子菜单中选择显示与隐藏指定的定时/计数器控制窗口，如图 1-1-16 所示。使用该窗口可以设置对应定时/计数器的工作方式，观察和修改定时/计数器相关控制寄存器的各个位，以及定时/计数器的当前状态。

⑤ 中断控制窗口。

进入调试模式后，单击菜单“Peripherals→Interrupt”，可以显示与隐藏中断控制窗口，如图 1-1-17 所示。中断控制窗口用于显示和设置 8051 单片机的中断系统。根据单片机型号的不同，中断控制窗口会有所区别。

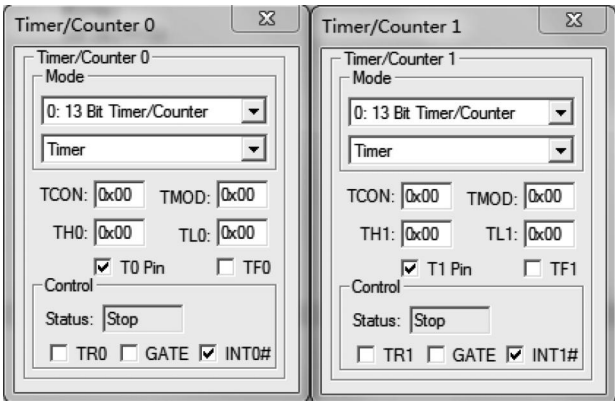


图 1-1-16 定时/计数器控制窗口

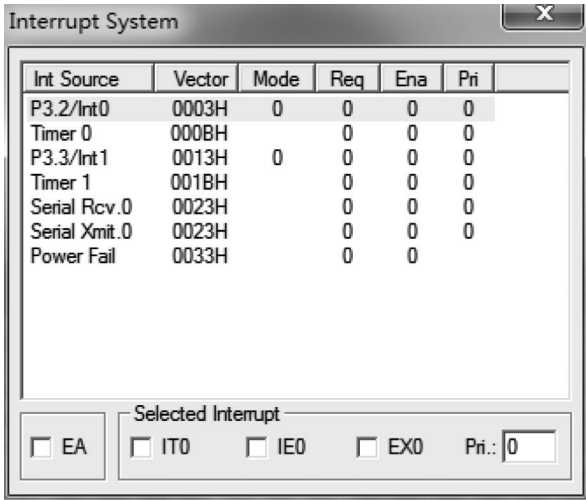


图 1-1-17 中断控制窗口

⑥ 串行口控制窗口。

进入调试模式后，单击菜单“Peripherals→Serial”，可以显示与隐藏串行口的控制窗口，如图 1-1-18 所示。使用该窗口可以设置串行口的工作方式，观察和修改串行口相关控制寄存器的各个位，以及发送、接收缓冲器的内容。

⑦ 监视窗口。

进入调试模式后，单击菜单“View→Watch Window”，弹出窗口有 Locals、Watch #1、Watch #2 等选项，每个选项对应一个窗口，选择相应选项，可以显示与隐藏对应的监视窗口(Watch Window)，如图 1-1-19 所示。使用该窗口可以观察程序运行中特定变量或寄存器的状态以及函数调用时的

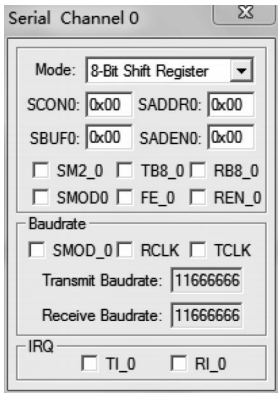


图 1-1-18 串行口控制窗口

堆栈信息。

Locals：该选项用于显示当前运行状态下的变量信息。

Watch #1：监视窗口 1，可以按“F2”键添加要监视的名称，Keil μ Vision4 会在程序运行中全程监视该变量的值，如果该变量为局部变量，则运行变量有效范围外的程序时，该变量的值以“????”形式表示。

Watch #2：监视窗口 2，操作与使用方法同监视窗口 1。



图 1-1-19 监视窗口

⑧ 堆栈信息窗口。

进入调试模式后，单击菜单“View→Call Stack Window”，可以显示与隐藏堆栈信息窗口，如图 1-1-20 所示。使用该窗口可以观察程序运行中函数调用时的堆栈信息。

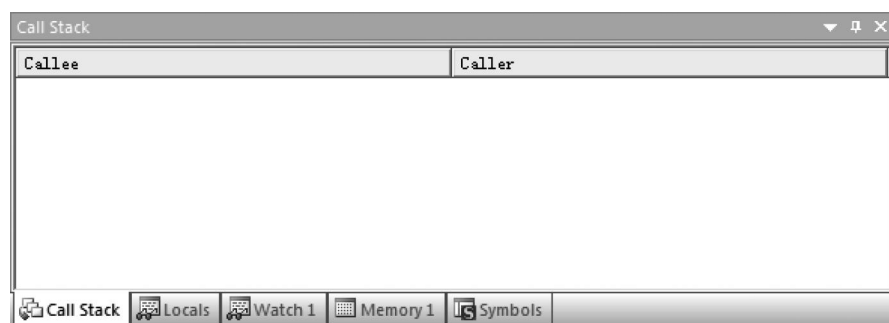


图 1-1-20 堆栈信息窗口

⑨ 反汇编窗口。

进入调试模式后，单击菜单“View→Disassembly Window”，可以显示与隐藏反汇编窗口 (Disassembly Window)。反汇编窗口同时显示机器代码程序与汇编语言源程序(或 C51 的源程序和相应的汇编语言源程序)，如图 1-1-21 所示。

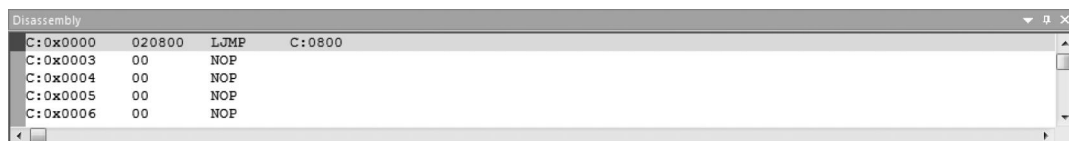


图 1-1-21 反汇编窗口

任务实施

一、程序功能与源程序

1. 程序功能

流水灯控制，当开关闭合时，流水灯左移；当开关断开时，流水灯右移。左移间隔时间为 1 s，右移间隔时间为 0.5 s。

2. 源程序清单(项目一任务 1.c)

```
#include<stc15.h>
#include<intrins.h>
#define uchar unsigned char
#define uint unsigned int
uchar x=0x01;
sbit k1=P3^2;
void Delay1ms()          //@12.000MHz
{
    unsigned char i, j;
    i=12;
    j=169;
    do
    {
        while (--j);
    } while (--i);
}
void delay(uint ms)
{
    uint j;
    for(j=0;j<ms;j++)Delay1ms();
}
void main(void)
{
    while(1)
    {
        if(k1==0)
        {
            P1=x;
            x=_crol_(x,1);
            delay(1000);
        }
        else
        {
```

```

P1 = x;
x = _crot_(x,1);
delay(500);
}
}
}

```

二、应用 Keil μ Vision4 集成开发环境前的准备工作

因为 Keil μ Vision4 软件没有 STC 系列单片机的数据库和头文件，为了能在 Keil μ Vision4 软件设备库中直接选择 STC 系列单片机和编写程序时直接使用 STC 系列单片机新增的特殊功能寄存器，需要用 STC-ISP 在线编程软件中的工具将 STC 系列单片机的数据库(包括 STC 单片机型号、STC 单片机头文件与 STC 单片机仿真驱动)添加到 Keil μ Vision4 软件设备库中，操作方法如下。

(1) 运行 STC-ISP 在线编程软件，选择“Keil 仿真设置”选项，如图 1-1-22 所示。

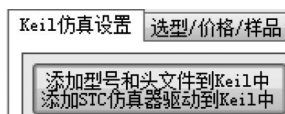


图 1-1-22 STC-ISP 在线编程软件“Keil 仿真设置”选项

(2) 单击“添加型号和头文件到 Keil 中。添加 STC 仿真器驱动到 Keil 中”按钮，弹出“浏览文件夹”对话框，如图 1-1-23 所示，在浏览文件夹中选择 Keil 的安装目录(如 C:\Keil)，如图 1-1-24 所示，单击“确定”按钮即完成添加工作。

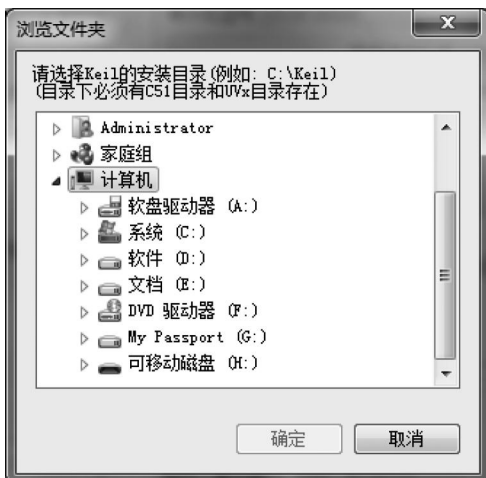


图 1-1-23 “浏览文件夹”对话框



图 1-1-24 选择 Keil 的安装目录

(3) 查看 STC 的头文件。添加的头文件在 Keil 的安装目录的子目录下，如 C:\Keil\C51\INC\STC，打开 STC 文件夹，即可查看添加的 STC 单片机的头文件，如图 1-1-25 所示。其

中, STC15.H 头文件适用于所有 STC15 系列的单片机。

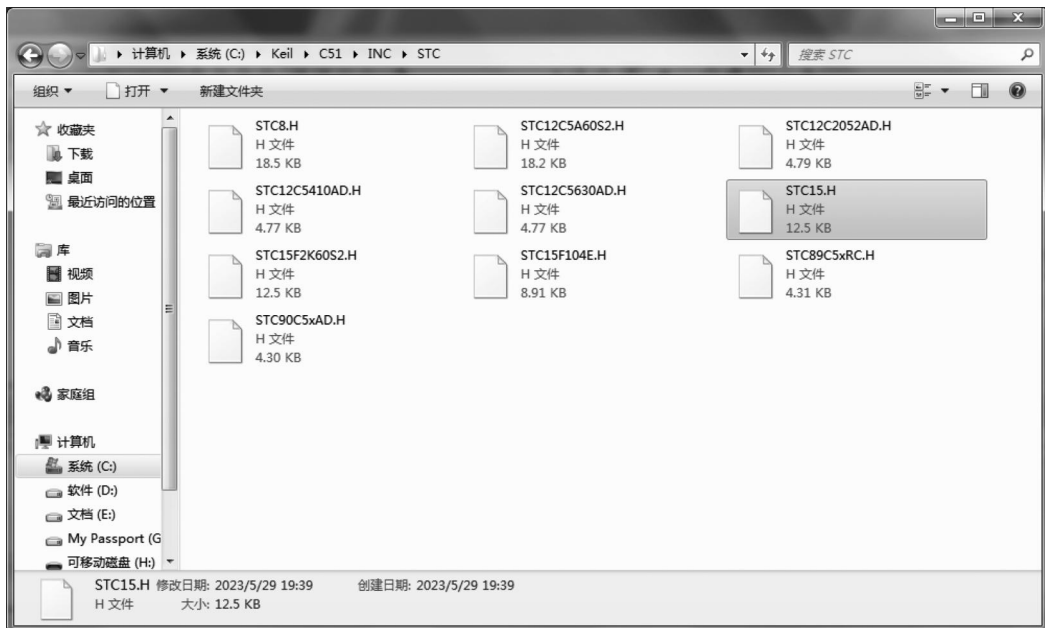


图 1-1-25 生成的 STC 单片机头文件

三、应用 Keil μ Vision4 集成开发环境输入、编辑、编译与调试用户程序

应用 Keil μ Vision4 集成开发环境的开发流程如下。

创建项目→输入、编辑应用程序→把程序文件添加到项目中→编译与连接(包含生成机器代码文件)→调试程序。

1. 创建项目

Keil μ Vision4 中的项目是一个特殊结构的文件, 它包含应用系统相关所有文件的相互关系。在 Keil μ Vision4 中, 主要使用项目来进行单片机应用系统程序的开发。

(1) 创建项目文件夹。根据自己的存储规划, 创建一个存储该项目的文件夹, 当然也可以在新建项目的对话框中新建用于存放项目文档的文件夹。

(2) 启动 Keil μ Vision4。单击菜单“Project→New μ Vision Project”, 屏幕弹出“Create New Project(创建新项目)”对话框, 在对话框中选择新项目要保存的路径并输入项目文件名, 如图 1-1-26 所示。Keil μ Vision4 项目文件的扩展名为 .uvproj。

(3) 单击“保存”按钮, 屏幕弹出“Select a CPU Data Base File(选择 CPU 数据库)”对话框, 有“Generic CPU Data Base”和“STC MCU Database”2 个选项, 如图 1-1-27 所示。选择“STC MCU Database”选项并单击“OK”按钮, 则弹出“Select Device for Target”(STC 数据库)单片机型号对话框, 移动垂直条查找并找到目标芯片(如 STC15W4K32S4 系列), 如图 1-1-28 所示。



图 1-1-26 Create New Project 对话框

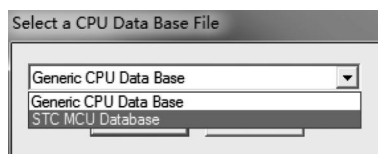


图 1-1-27 CPU 数据库选择对话框

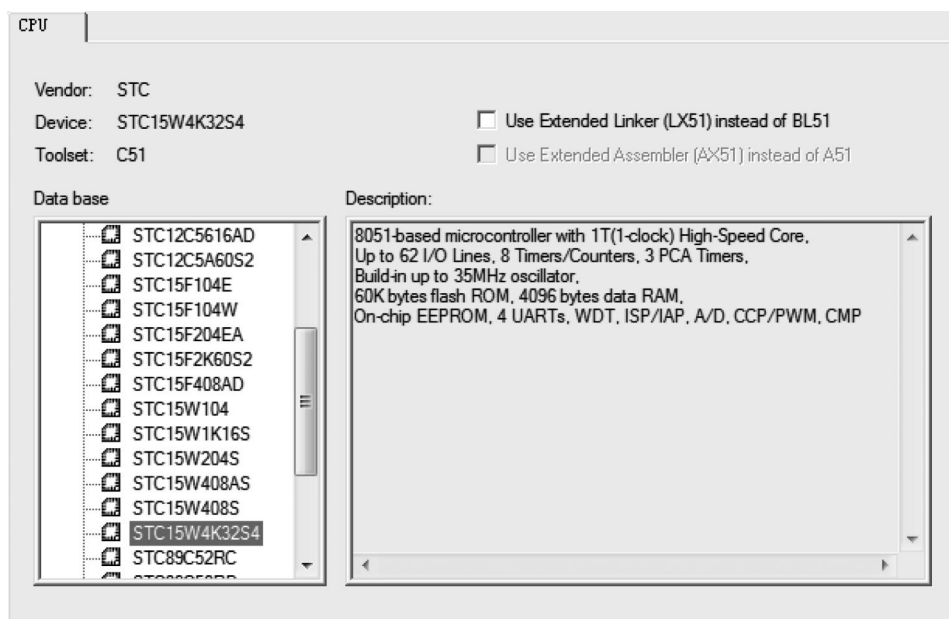


图 1-1-28 STC 目标芯片的选择

(4)单击“Select Device for Target”对话框中的“OK”按钮，程序会询问是否将标准 8051 初始化程序(STARTUP.A51)加入项目中，如图 1-1-29 所示。单击“是”按钮，程序会自动复制标准 8051 初始化程序到项目所在目录并将其加入项目中。一般情况下，单击“否”按钮。

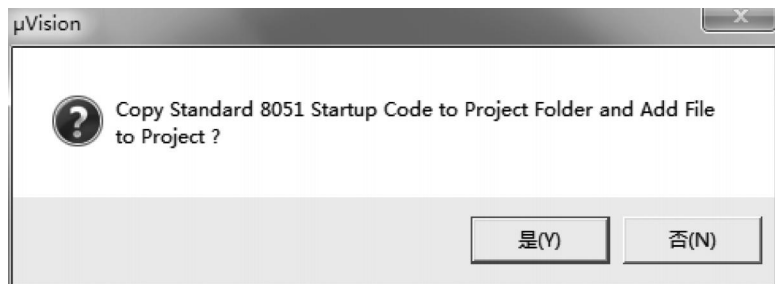


图 1-1-29 添加标准 8051 初始化程序确认框

2. 编辑程序

单击菜单“File→New”，弹出程序编辑工作区。在编辑区中，按示例程序(项目一任务 1.c)源程序清单输入与编辑程序，如图 1-1-30 所示。并以“项目一任务 1.c”为文件名保存程序，如图 1-1-31 所示。也可先存盘，再输入程序。

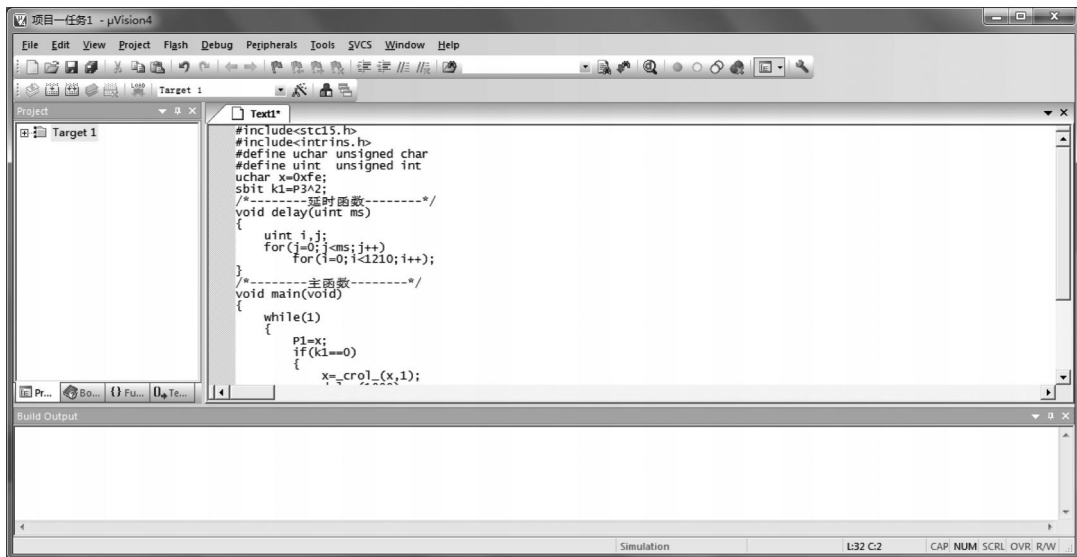


图 1-1-30 在编辑框中输入程序



图 1-1-31 以 .c 为扩展名保存文件

注：保存时应注意选择文件类型，若编辑的是汇编语言源程序，以 .ASM 为扩展名存盘；若编辑的是 C51 程序，以 .c 为扩展名存盘。

3. 将应用程序添加到项目中

选中项目窗口中的文件组后单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“Add Files to Group ‘Source Group 1’ …(添加文件)”选项，如图 1-1-32 所示。选择添加文件选项后，弹出为项目添加文件(源程序文件)的对话框，如图 1-1-33 所示，选中“项目一任务 1.c”文件，单击“Add”按钮添加文件，单击“Close”按钮关闭添加文件对话框。

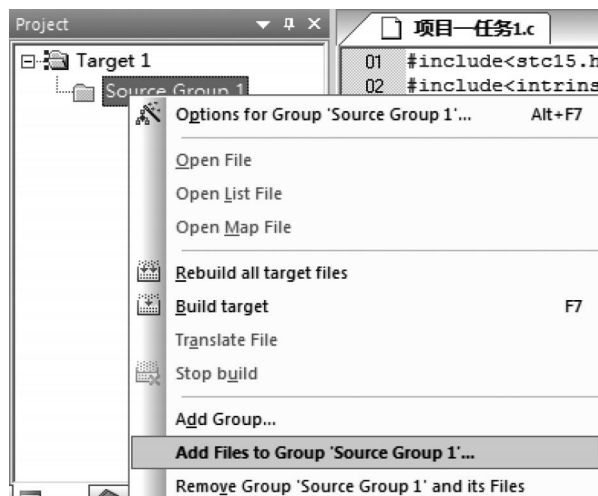


图 1-1-32 选择为项目添加文件的快捷菜单



图 1-1-33 为项目添加文件的对话框

展开项目窗口中的文件组，可查看添加的文件，如图 1-1-34 所示。



图 1-1-34 查看添加文件

可连续添加多个文件，添加所有必要的文件后，就可以在程序组目录下看到并进行管理，双击选中的文件可以在编辑窗口中打开该文件。

4. 编译、连接与生成机器代码文件

项目文件创建完成后，就可以对项目文件进行编译、创建目标文件（机器代码文件：.HEX），但在编译连接前需要根据样机的硬件环境先在 Keil μ Vision4 中进行目标配置。

（1）环境设置。

单击菜单“Project→Options for Target”，或者单击工具栏中的  按钮，弹出“Options for Target（目标环境设置）”对话框，如图 1-1-35 所示，使用该对话框设定目标样机的硬件环境。“Options for Target”对话框有多个选项，用于设备选择、目标属性、输出属性、C51 编译器属性、A51 编译器属性、BL51 连接器属性、调试属性等信息的设置。一般情况下按缺省设置应用，但有一项是必须手动设置的，即设置在编译、连接程序时自动生成机器代码文件，也就是“项目一任务 1.hex”文件。

选择“Output”选项，弹出 Output 选项设置对话框，如图 1-1-36 所示，勾选“Create HEX File”选项，单击“OK”按钮结束设置。

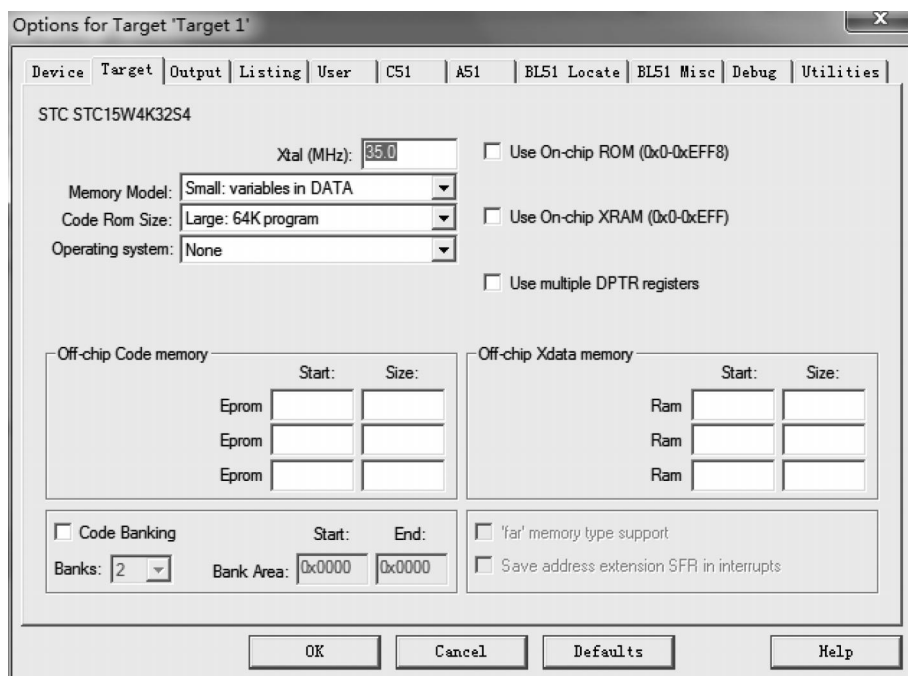


图 1-1-35 目标环境设置对话框 (Target 选项)

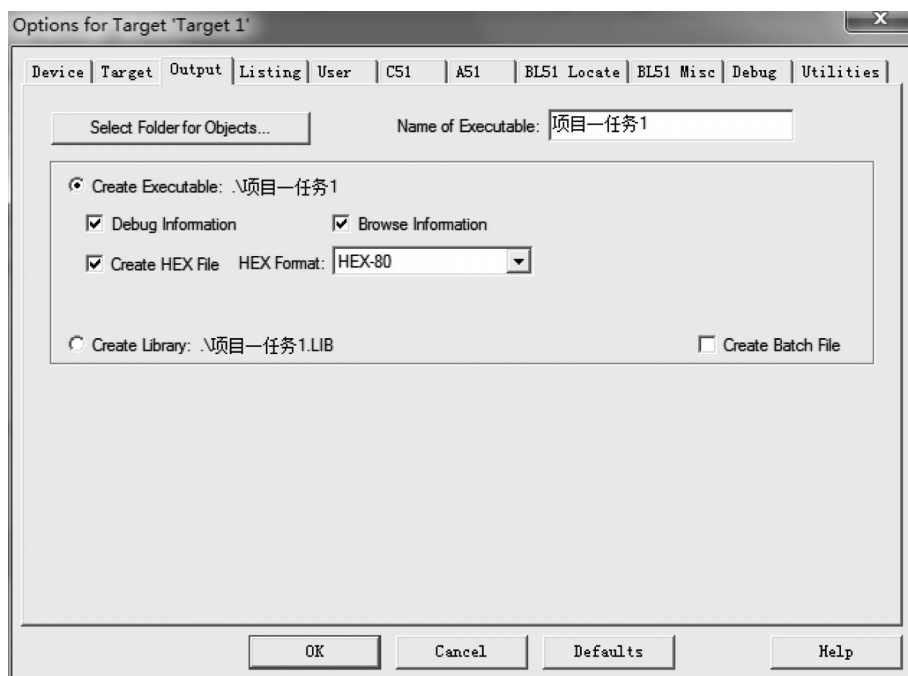


图 1-1-36 Output 选项 (设置创建 HEX 文件)

(2) 编译与连接。

单击菜单“Project→Build target(Rebuild target files)”或单击编译工具栏相应的编译按

钮, 启动编译连接程序, 在输出窗口中将输出编译与连接信息, 如图 1-1-37 所示。如提示 0 error(s), 则表示编译成功, 否则提示错误类型和错误语句位置。双击错误信息, 光标将出现在程序错误行, 可进行程序修改, 修改程序后, 必须重新编译, 直至提示 0 error(s) 为止。

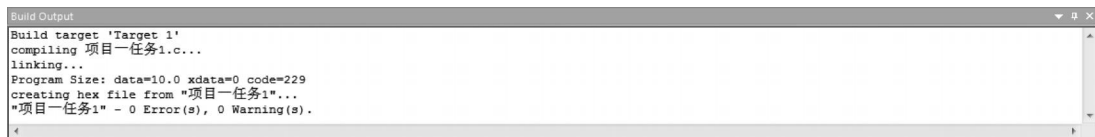


图 1-1-37 编译与连接信息

(3) 查看 HEX 机器代码文件。

HEX(或 hex)类型文件是机器代码文件, 也是单片机的运行文件。打开项目文件夹, 查看是否存在机器代码文件, 如图 1-1-38 所示, 项目一任务 1. hex 就是编译时生成的机器代码文件。

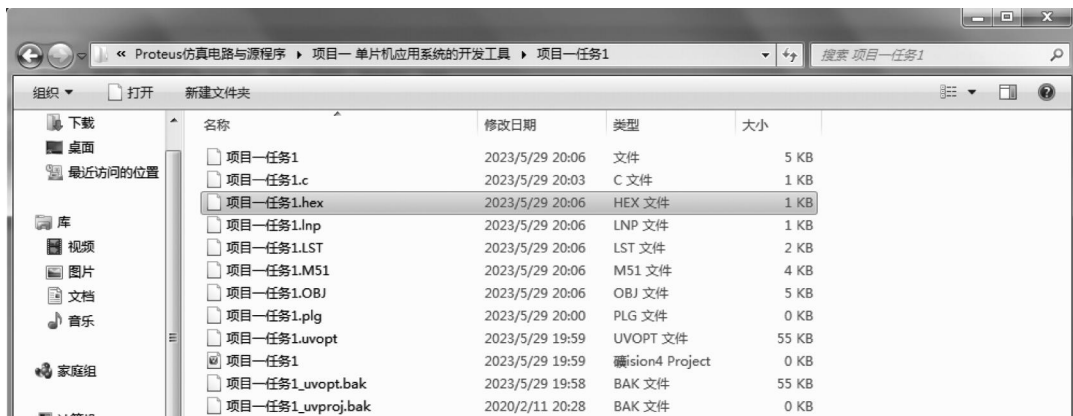


图 1-1-38 查看 hex 文件

5. Keil μ Vision4 的软件模拟仿真

(1) 设置软件模拟仿真方式。

打开编译环境设置对话框, 选择“Debug”选项, 勾选“Use Simulator”复选框, 如图 1-1-39 所示, 单击“确定”按钮, Keil μ Vision4 集成开发环境被设置为软件模拟仿真。

注: 默认状态下是软件模拟仿真。

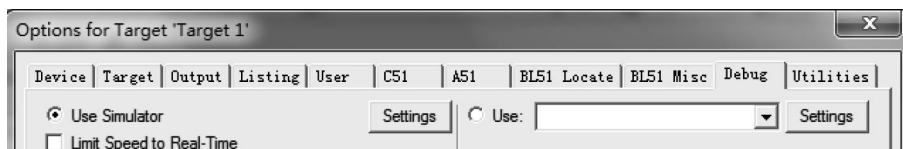


图 1-1-39 目标设置对话框 (“Debug”选项, 勾选“Use Simulator”)

(2) 仿真调试。

单击菜单“Debug→Start/Stop Debug Session”或单击工具栏中的调试按钮，系统进入调试界面。在调试界面可采用单步、跟踪、断点、运行至光标处、全速运行等方式进行调试。在本程序中用到 P1 端口和 P3 端口，单击菜单“Peripherals→I/O-Port”，再在下级子菜单中选择 P1 端口与 P3 端口的控制窗口，如图 1-1-40 所示。

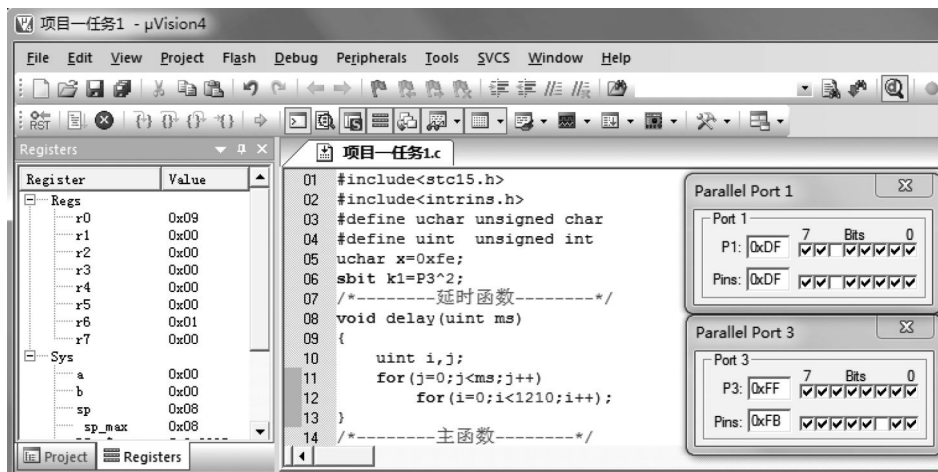


图 1-1-40 应用程序的调试界面

- ① 设置 P3.2 为高电平，单击工具栏中的全速运行按钮，观察 P1 端口，应能看到代表低电平输出的空白框循环往右移动。
- ② 设置 P3.2 为低电平，观察 P1 端口，应能看到代表低电平输出的空白框循环往左移动。

任务 2

Proteus 仿真



任务说明

Proteus 软件是英国 Labcenter 公司开发的仿真工具，包括原理图设计模块 (ISIS) 和 PCB 制作模块 (ARES)。

Proteus 仿真软件是一款能集单片机片内资源、片外资源于一体的仿真软件，无需单片机应用电路硬件的支持，也能进行单片机应用系统的仿真与测试。

本任务学习与实践应用 Proteus 的原理图设计模块 (ISIS) 的基本操作方法, 包括绘制原理图、加载用户程序与系统调试。本任务学习目标: 一是学会 Proteus 仿真软件的操作使用方法, 为今后单片机应用系统的调试奠定基础; 二是通过 Proteus 软件仿真单片机应用系统, 建立单片机应用系统的概念, 体会单片机在现代电子系统设计中的作用与地位。

相关知识

Proteus 是英国 Labcenter 公司开发的电路分析与实物仿真软件。它运行于 Windows 操作系统上, 可以仿真、分析 (SPICE) 各种模拟器件和集成电路, 该软件具有以下特点。

(1) 实现了单片机仿真和 SPICE 电路仿真相结合。

具有模拟电路仿真、数字电路仿真、单片机及其外围电路组成的系统的仿真、RS232 动态仿真、I²C 调试器、SPI 调试器、键盘和 LCD 系统仿真的功能; 有各种虚拟仪器, 如示波器、逻辑分析仪、信号发生器等。

(2) 支持主流单片机系统的仿真。

目前支持的单片机类型有: 68000 系列、8051 系列、AVR 系列、PIC12 系列、PIC16 系列、PIC18 系列、Z80 系列、HC11 系列、ARM7 系列, 还支持各种外围芯片。

特别提示: Proteus8.9 以上版本支持 STC15 系列中的 STC15W4K32S4 单片机。本教材实践部分采用仿真与实操相结合, 先仿真, 仿真无误后再实物验证。

(3) 提供软件调试功能。

在硬件仿真系统中具有全速、单步、设置断点等调试功能, 同时可以观察各个变量、寄存器等的当前状态, 因此在该软件仿真系统中, 也必须具有这些功能。

简单来说, Proteus 软件可以仿真一个完整的单片机应用系统。仿真的具体步骤如下。

- ① 新建工程, 选择原理图设计。
- ② 利用 Proteus ISIS 绘制单片机应用系统的原理图。
- ③ 将用 Keil C 集成开发环境编译生成的机器代码文件加载到单片机中。
- ④ 运行程序, 进入调试。

任务实施

一、单片机应用系统与程序功能

如图 1-2-1 所示为 LED 流水灯控制电路, 当 K1 断开, 流水灯右移; 当 K1 闭合, 流水灯左移。

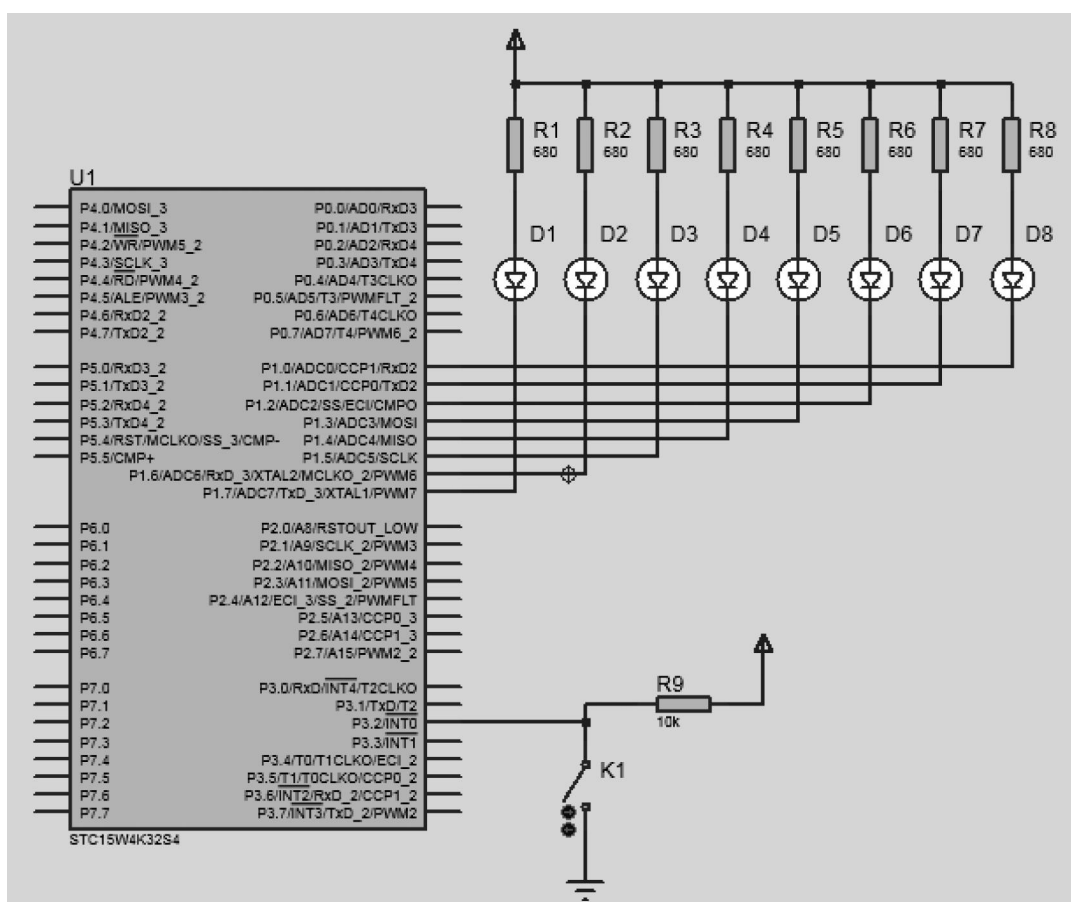


图 1-2-1 LED 流水灯控制电路

二、Proteus 的启动

双击 Proteus 软件运行图标，即可启动 Proteus 软件，如图 1-2-2 所示为 Proteus 的启动界面。

三、新建项目

(1) 新建项目向导，开始设计。

在启动界面，单击“新建工程”按钮，弹出“新建工程向导：开始”窗口，在“名称”栏中输入新建的工程名，在“路径”栏中输入新建工程存放的路径，或单击右侧“浏览”按钮，从“浏览”对话框中选择，选择“新工程”选项，如图 1-2-3 所示。

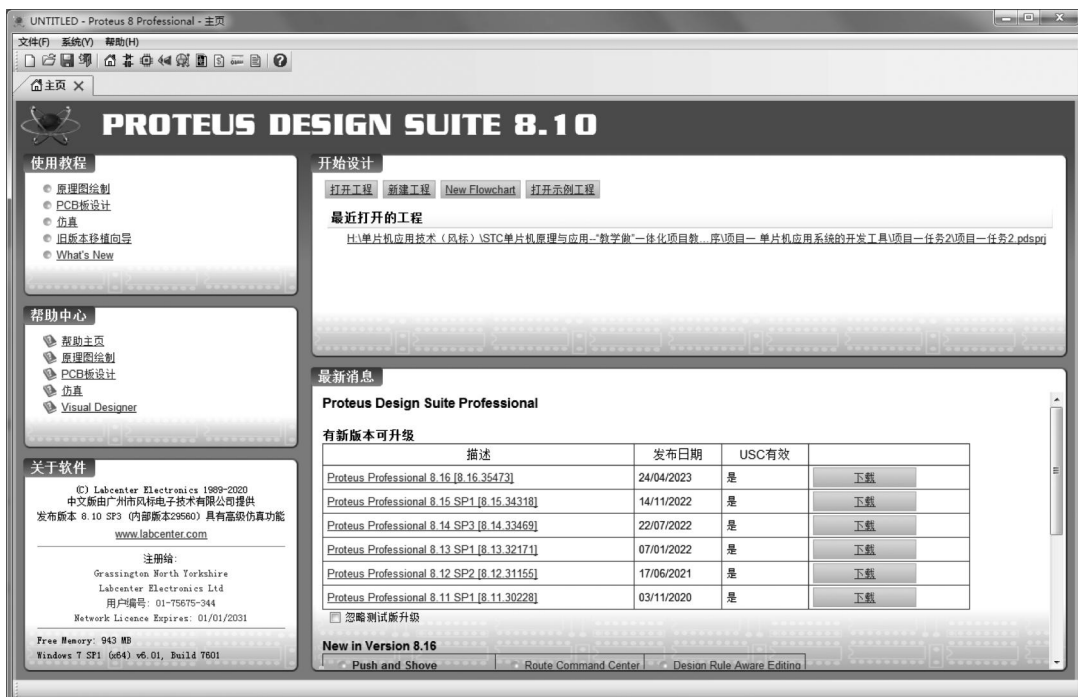


图 1-2-2 Proteus 启动界面

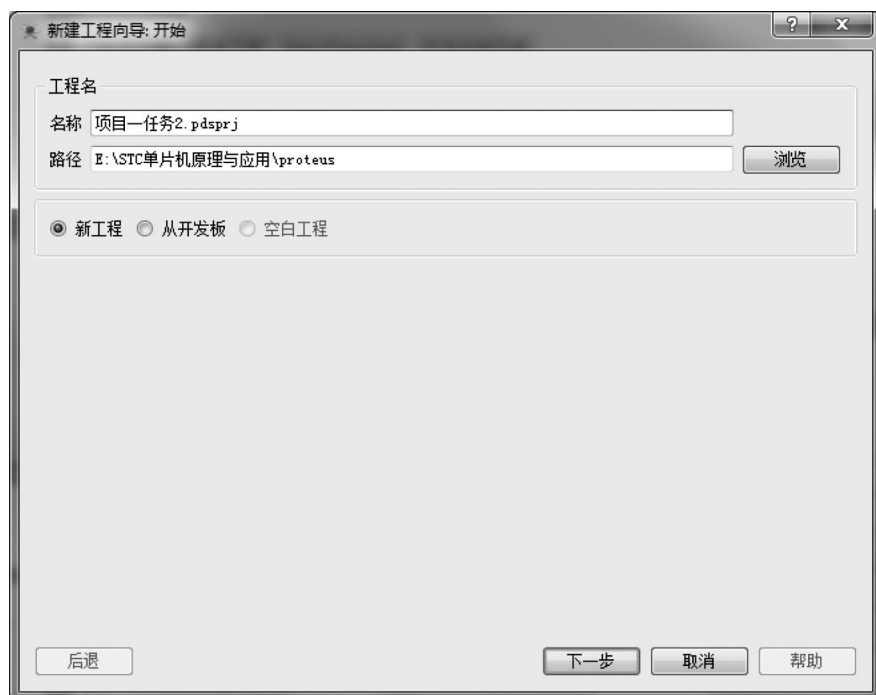


图 1-2-3 新建项目向导：开始

(2) 在图 1-2-3 中，单击“下一步”按钮，弹出“新建工程向导：Schematic Design”(原

理图设计)窗口，选择“从选中的模版中创建原理图”，并在列表中选择“DEFAULT”选项，如图 1-2-4 所示。

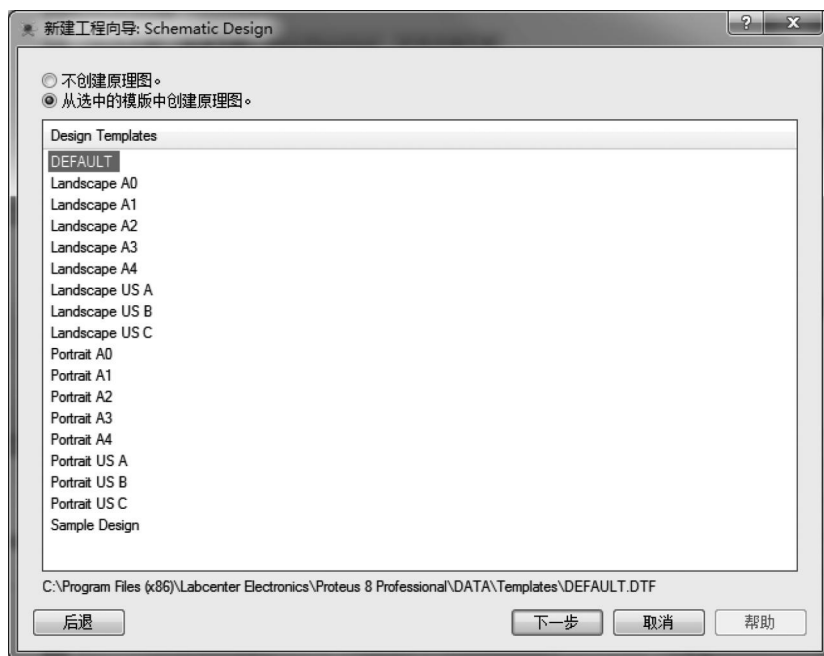


图 1-2-4 新建项目向导：原理图设计

(3)在图 1-2-4 中，单击“下一步”按钮，弹出“新建工程向导：PCB Layout”(设计)窗口，选择“不创建 PCB 布版设计”选项，如图 1-2-5 所示。



图 1-2-5 新建项目向导：PCB 设计

(4)在图 1-2-5 中,单击“下一步”按钮,弹出“新建工程向导: Firmware”(固件)窗口,选择“没有固件项目”选项,如图 1-2-6 所示。当选择“创建固件项目”选项时,将可以选择“编译软件”内嵌到 Proteus 系统中,如 Keil C 集成开发环境,这样做的好处是将 Keil 的编辑、编译和调试功能与 Proteus 的仿真功能整合在一起。

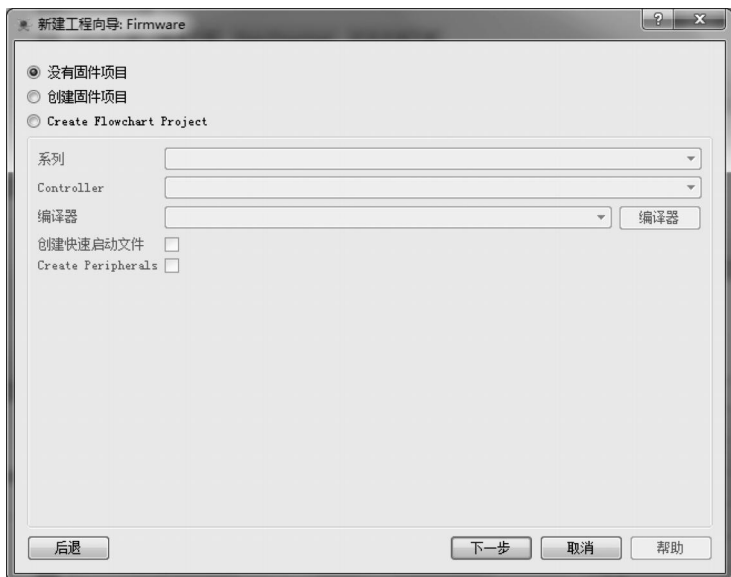


图 1-2-6 新建项目向导: 固件

(5)在图 1-2-6 中,单击“下一步”按钮,弹出“新建工程向导: 总结”窗口,如图 1-2-7 所示。核对新建工程信息,无误后单击“完成”按钮,即完成新建工程项目的流程,进入 Proteus 的原理图绘制界面,如图 1-2-8 所示。

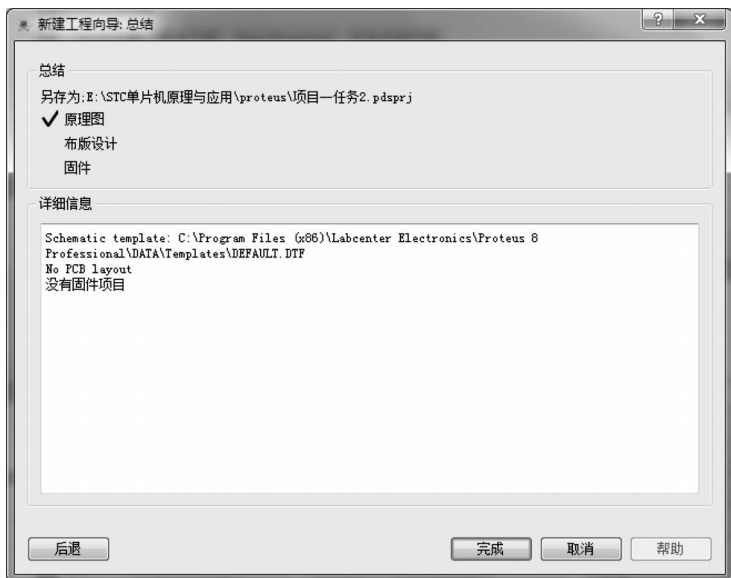


图 1-2-7 新建项目向导: 总结

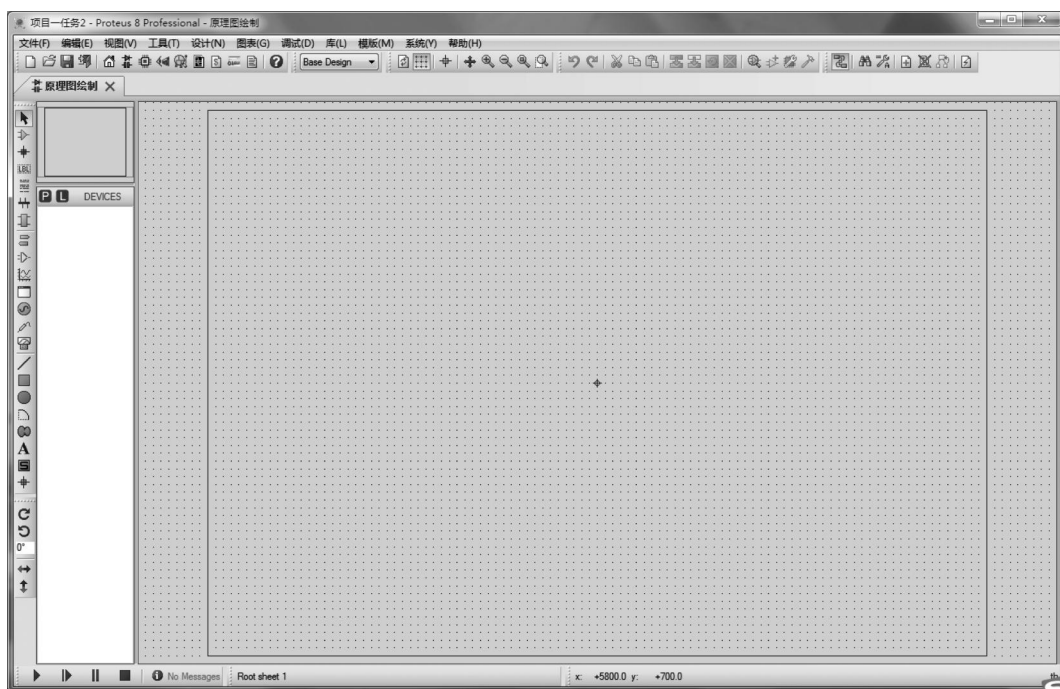


图 1-2-8 原理图绘制界面

四、Proteus 绘制原理图

1. 将电路所需元器件加入对象选择器窗口

单击对象选择器按钮 ，如图 1-2-9 所示，弹出“Pick Devices”窗口，在“Keywords”栏输入关键词“stc15”，系统在对象库中进行搜索查找，并将搜索结果显示在“Showing local results”中，如图 1-2-10 所示。



图 1-2-9 打开元器件搜索窗口

在“Showing local results”栏中的列表项中，双击“STC15W4K32S4”，则可将“STC15W4K32S4”单片机添加至对象选择器窗口，如图 1-2-11 所示。

以此类推，接着在“Keywords”栏中依次输入发光二极管(LED)、电阻(RES)、开关(SWITCH)等元器件的关键词，在各自选择结果中，将电路需要的元器件加入对象选择器窗口，如图 1-2-12 所示。

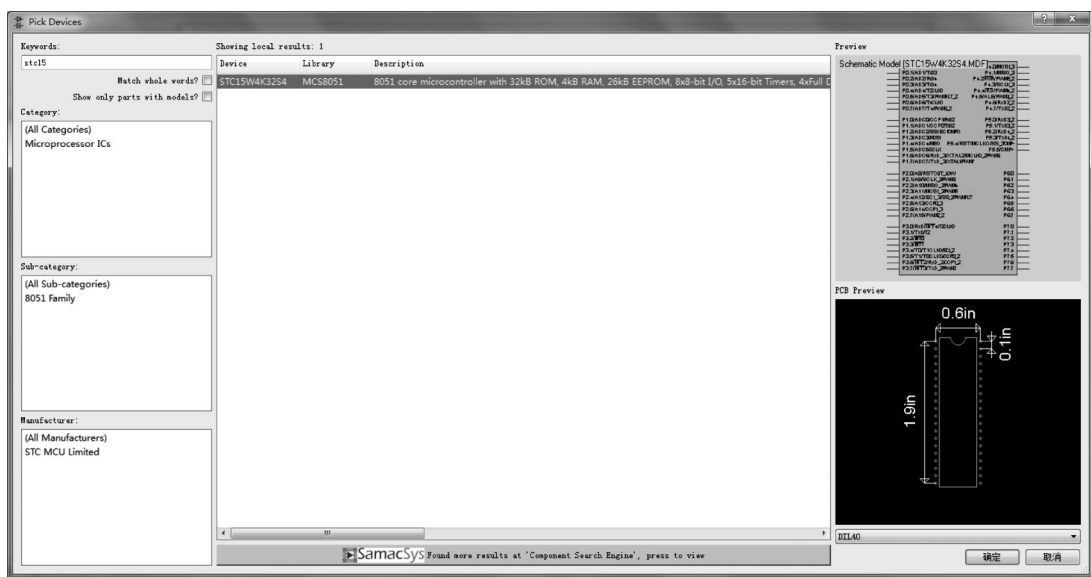


图 1-2-10 在搜索结果中选择元器件



图 1-2-11 添加的 STC15W4K32S4



图 1-2-12 添加的电路元器件

2. 放置元器件至图形编辑窗口

在对象选择器窗口中，选中器件，预览窗口中将显示该元器件的图形，如选中 SWITCH，则浏览器窗口即出现 SWITCH 的图形，如图 1-2-13 所示。单击左侧工具栏中的电路元器件方向按钮，可改变元器件的方向，如图 1-2-14 所示，从上到下，依次为顺时针旋转 90°、逆时针旋转 90°、自由角度旋转（在方框中输入旋转角度数，按“Enter”键）、左右对称翻转、上下对称翻转。

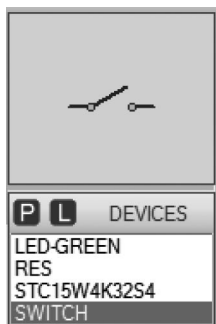


图 1-2-13 元器件的浏览窗口



图 1-2-14 元器件方向的调整

将鼠标置于图形编辑窗口任意位置，单击鼠标左键，在鼠标位置即会出现该元器件对象。将鼠标移动(元器件对象会跟随鼠标移动)到该对象的欲放置位置，再单击鼠标左键，该对象放置完成。同理，将 LED、RES 和其他元器件放置到图形编辑窗口中，如图 1-2-15 所示。

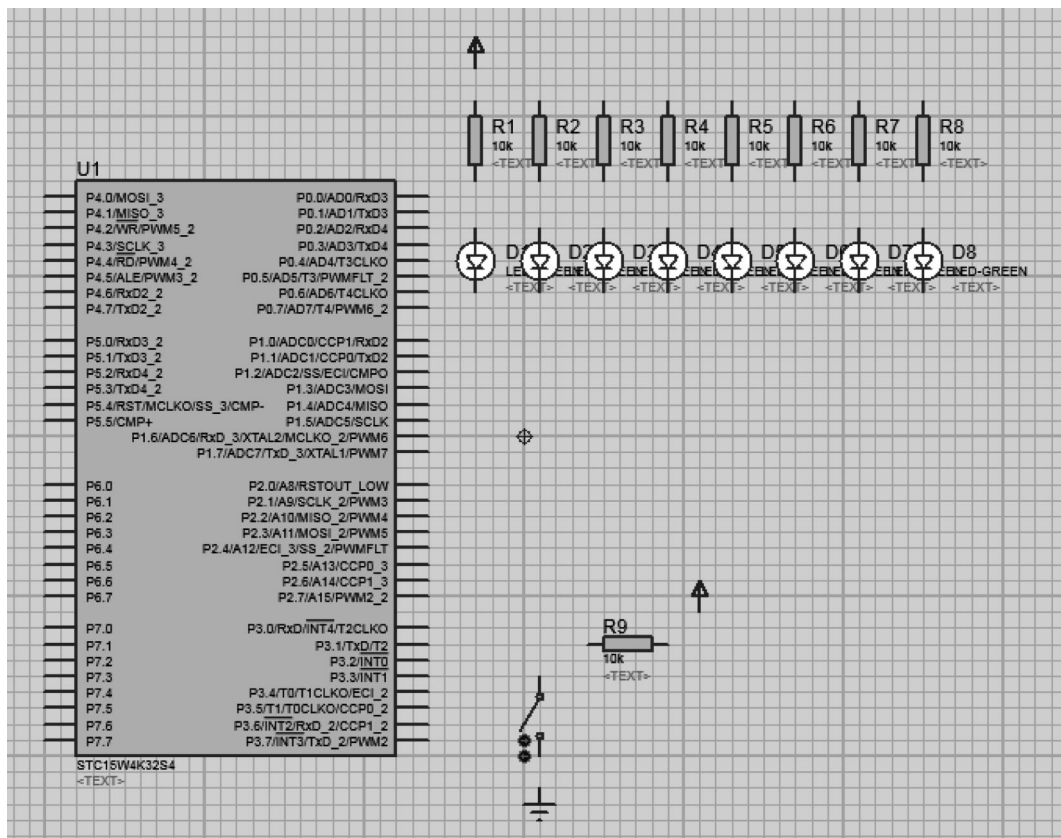


图 1-2-15 放置元器件

3. 编辑图形

1) 移动元器件对象

若元器件对象位置需要移动，将鼠标移到该对象上，单击鼠标左键选择对象，该对象的颜色将变至红色，表明该对象已被选中，按下鼠标左键不放，拖动鼠标，将对象移至新位置后，松开鼠标，完成移动操作。

2) 编辑元器件属性

若要修改元器件属性，将鼠标移到该对象上，双击鼠标左键选择对象，即弹出元器件属性编辑对话框，如图 1-2-16 所示为电阻 (RES) 的元器件属性编辑对话框，根据元器件属性要求修改后单击“确定”即可。



图 1-2-16 电阻的元器件属性编辑对话框

3) 删除对象

若删除对象，将鼠标移到该对象上，单击鼠标右键，即弹出快捷菜单，如图 1-2-17 所示，选择“删除对象”选项，即删除所选对象。

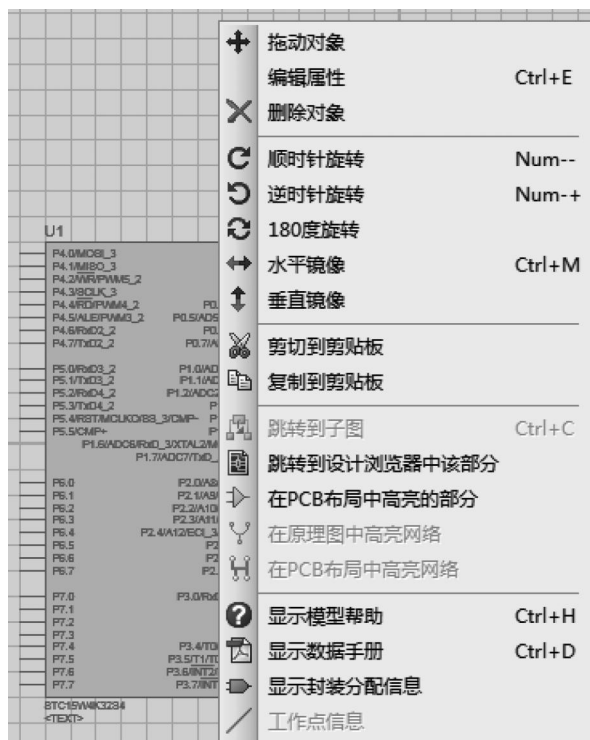


图 1-2-17 鼠标右键快捷菜单



图 1-2-18 电源、地、
输入/输出端口符号

4. 放置电源、地、输入/输出端口符号

单击输入/输出端口选择按钮, 有关输入/输出端口、电源、公共地等电气符号将出现在对象选择器的窗口中, 如图 1-2-18 所示, 利用选择、放置元器件同样的方法, 放置电源(POWER)、公共地(GROUND)符号。

5. 电气连接

Proteus 软件具有自动布线功能, 当选中按钮时, Proteus 软件处于自动布线状态, 否则为手动布线状态。

当需要两个电气连接点连接时, 将鼠标先移至其中的一个电气连接点, 到位时会自动显示一个小红圆点, 单击鼠标左键; 再将鼠标移至另一个电气连接点, 同样, 到位时会自动显示一个小红圆点, 单击鼠标左键即完成该两个电气连接点的电气连接。

五、Proteus 仿真软件实施单片机仿真

1. 编辑、编译用户程序

不论用汇编语言, 还是用 C 语言编写的源程序, 都需要用编译程序将源程序转换为单片机认识的机器代码(二进制代码)程序。Keil C 集成开发环境集输入、编辑、编译与调试于一体, 是目前较为常用的开发工具。Keil C 集成开发环境的操作使用已在项目一任务 1 中详细学习与实践。在本任务中直接使用项目一任务 1 中已编译生成的用户程序机器代码: 项目一任务 1. hex。

2. 将用户程序机器代码文件下载到单片机中

将鼠标移到单片机位置, 单击右键即会弹出单片机属性编辑对话框, 如图 1-2-19 所示。

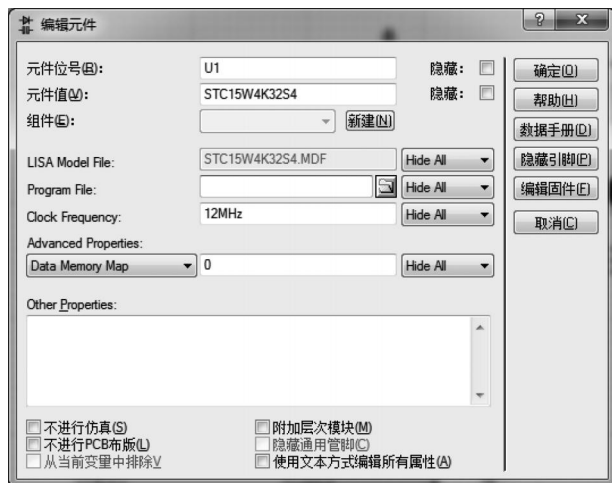


图 1-2-19 单片机属性编辑对话框

在“Program File”编辑行的对话框中直接输入要下载文件所在的路径与文件名，或用鼠标单击“Program File”编辑行中的文件夹，即会弹出查找、选择文件的对话框，找到要下载的程序文件，如项目一任务 1. hex，如图 1-2-20 所示，单击“打开”按钮，所选程序文件即出现在“Program File”编辑行的对话框中，如图 1-2-21 所示，再单击单片机属性编辑框的“确定”按钮即完成程序下载工作。

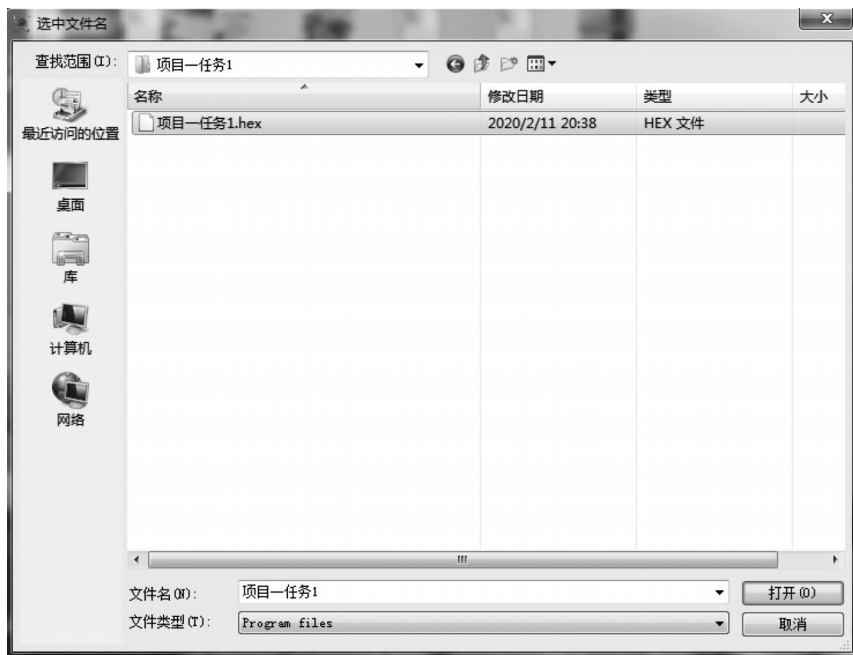


图 1-2-20 选择要下载的程序文件

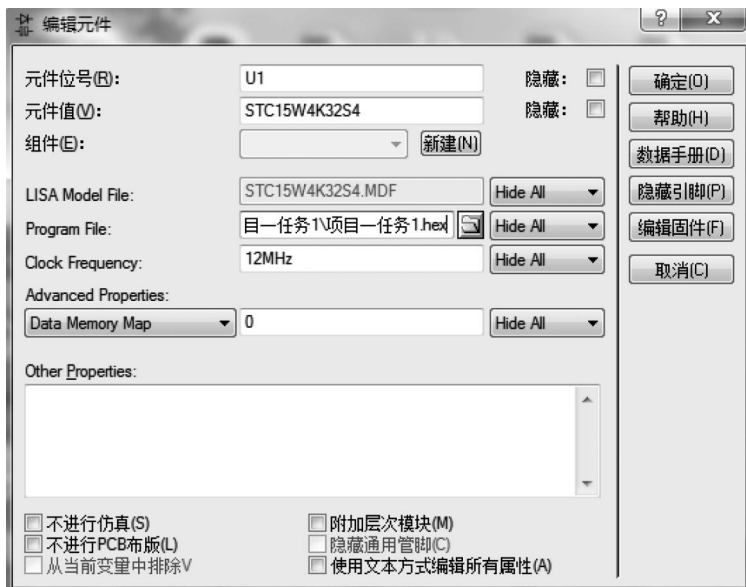


图 1-2-21 单片机属性编辑框(查看下载程序文件)

3. 模拟调试

单击窗口左下方模拟调试按钮中的运行按钮，Proteus 进入调试状态。调试按钮如图 1-2-22 所示，从左至右依次为全速运行、单步运行、暂停、停止。



图 1-2-22 调试按钮

- (1) K1 闭合，观察 LED 灯的点亮情况。
- (2) K1 断开，观察 LED 灯的点亮情况。
- (3) 归纳、总结流水灯功能与预期程序功能是否一致？

任务拓展

电子时钟的仿真调试。如图 1-2-23 所示为电子时钟的硬件电路，用 Proteus 绘制电路并加载电子时钟程序(项目一任务 2 拓展.hex)，运行程序，观察电子时钟并将电子时钟时间设置为当前时间。其中，K0 为调节时间的方式键(含秒十位数、分十位数与个位数、时十位数与个位数，选中位会闪烁显示)，K1 为加 1 键，K2 为减 1 键。

注：排电阻的关键词是 RESPACK-8，LED 数码管显示器的关键词是 7SEG-MPX6-CC，项目一任务 2 拓展.hex 程序在随书资源中。

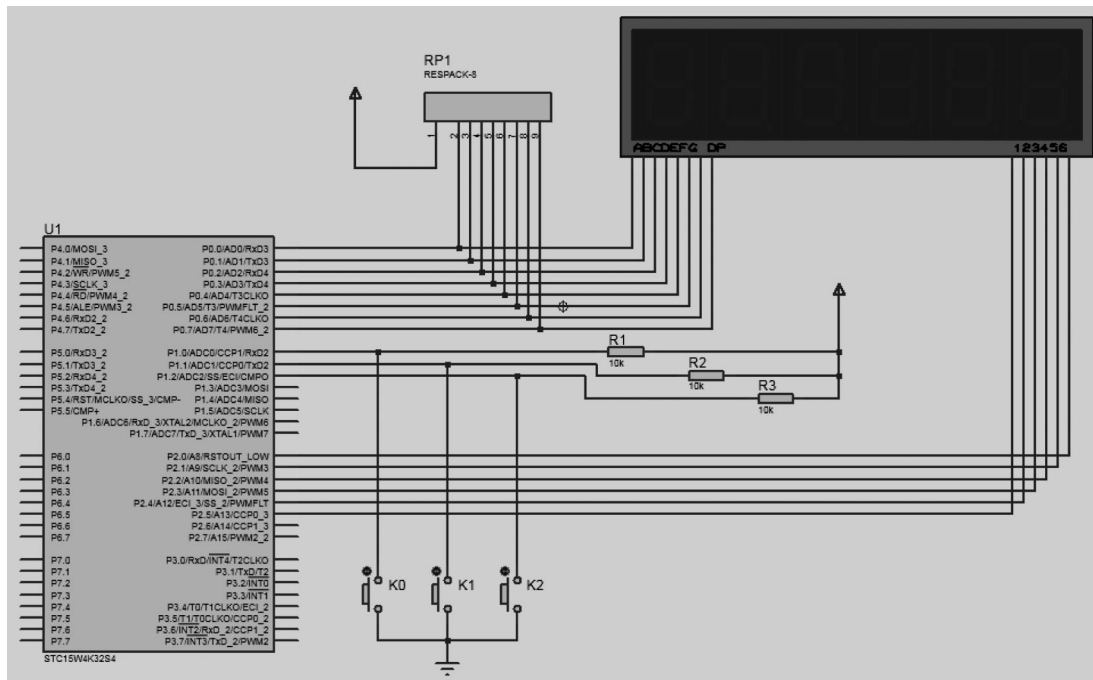


图 1-2-23 电子时钟硬件电路