

51 单片机快速入门教程

潘志铭 李健辉 主 编

张 博 董 磊 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以实例为主导,以 51 核心板为开发平台,涵盖了 51 单片机开发基础、C51 程序设计基础、I/O 引脚、中断、定时器/计数器、通信、看门狗、Flash 等内容,详细介绍了 STC89 C52RC 芯片的大部分片上功能。本书 10 个实例均包括每章实例所需要的知识、实例与代码解析、思考题和应用实践四大环节,每个实例都有详细的步骤和源代码。本书章节名称中带有“*”标志的为选读内容,但并不意味着这部分内容不重要。读者可以根据自己的学习需求选择是否阅读。

本书配套的资料包既包括 51 核心板原理图、例程、软件包、软件资料,又包括配套的 PPT 讲义、视频等资料,且持续更新。最新下载链接可通过微信公众号“卓越工程师培养系列”获取。编者建议,在学习本书的过程中,读者不仅要学要练,更要勤学多思。读者在阅读章节内容后,可在独立思考的情况下编写实例代码,最后独立完成思考题和应用实践部分。

本书既可作为高等院校相关专业的教材,也可供从事单片机开发的工程技术人员参考。

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。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机快速入门教程 / 潘志铭, 李健辉主编. —北京: 清华大学出版社, 2023.4

(卓越工程师培养系列)

ISBN 978-7-302-62932-0

I. ①5… II. ①潘… ②李… III. ①微控制器—教材 IV. ①TP368.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 036112 号

责任编辑: 王 定

封面设计: 周晓亮

版式设计: 思创景点

责任校对: 马遥遥

责任印制:

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: 010-83470000

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

印 装 者:

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 12.75

字 数: 295 千字

版 次: 2023 年 5 月第 1 版

印 次: 2023 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 59.80 元

产品编号: 099898-01

前言

入门学习单片机时，是选择开发较为复杂，但功能丰富的 32 位单片机，如 GD32 或 STM32，还是选择开发更为简单，但功能有限的 8 位单片机，如 51 单片机？不少初学者会有这样的困惑。

对于初学者而言，要想精通 32 位单片机开发，需要掌握复杂的外设、众多的寄存器及寄存器与应用层之间的固件库等知识。这些概念很容易让初学者望而生畏，而 51 单片机的内部结构、功能和使用方法都相对简单。如果初学者在学习 32 位单片机之前，先学习 8 位单片机，不仅可以降低单片机的学习门槛，而且更容易提高学习单片机的兴趣。

51 单片机诞生于 1981 年，在过去 40 多年间，不仅没有销声匿迹，反而日久弥新。虽然业界主流的单片机已经由 8 位转变为 32 位，但是 51 单片机在产品开发中仍然有着重要的地位。近年来，仍有厂商在 8051 内核上添加新的功能，推出基于 8051 内核的新产品。在新型微处理器运行速度越来越快、片上功能越来越丰富的今天，51 单片机这位“元老”在微控制器领域仍占有一席之地。在一些需要低成本、低功耗、对可靠性要求高的系统中，仍能见到 51 单片机的身影，其经典地位毋庸置疑。

那么如何学习 51 单片机呢？目前，市面上的 51 单片机教材种类繁多，内容从理论到实战，从硬件到软件，从汇编到 C 语言，从仿真到开发板实操，比比皆是。网络上也有许多优质的视频教程，关于 51 单片机的开发教程及使用技巧，前人之述备矣。然而，繁杂纷扰的信息容易让初学者在浩瀚的书海中迷失方向，不知从何入手；也有初学者会在一个知识点上“越陷越深”，无法把握前行的方向，踌躇不前。诚然，知识的广度与深度都很重要，刻苦钻研的精神也值得赞赏，但是，选择往往比努力更重要。选择一本合适的工具书籍，往往能够帮助读者事半功倍地入门 51 单片机开发。

本书专为单片机初学者打造，以“快速入门”为前提，旨在为初学者提供一条入门单片机的新路径。书中所有的知识点都经过精炼，由浅入深，并通过浅显易懂的描述来介绍 51 单片机的相关概念。除基础知识外，本书还提供了选读内容，满足不同层次读者的学习需求。希望读者在阅读本书后能熟悉 51 单片机的开发环境，独立完成 51 单片机程序的编写，并提高对单片机开发的兴趣。衷心希望本书能帮助读者在学习单片机的过程中少走一些弯路，带领读者走进精彩纷呈的单片机世界。

潘志铭和董磊策划了本书的编写思路，指导全书的编写，对全书进行统稿；李健辉、张博和郭文波在教材编写、例程设计和文字校对方面做了大量的工作。本书配套的 51 核心板和例程由深圳市乐育科技有限公司开发，深圳市乐育科技有限公司还参与了本书的编写。清华大学出版社王定编辑为本书的出版做了大量的编辑和校审工作。特别感谢深圳大

学电子与信息工程学院、深圳大学生物医学工程学院、西安交通大学生命科学与技术学院、深圳市乐育科技有限公司和清华大学出版社的大力支持，在此一并致以衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不成熟与疏漏之处，恳请读者批评指正。若读者在阅读本书时遇到问题，或需要获取相关资料，可通过邮箱 ExcEngineer@163.com 与编者联系。

本书提供教学课件，读者可扫下列二维码下载。



教学课件

编 者
2023 年 2 月

目 录

第 1 章 STC89 C52RC 开发平台和

工具 1

1.1 初识单片机	2
1.1.1 单片机的概念	2
1.1.2 常见的 51 单片机种类	2
1.1.3 STC 单片机的命名规则	3
1.2 STC89 C52RC 介绍	4
1.2.1 结构框架	4
1.2.2 引脚功能	5
1.2.3 *存储结构	7
1.3 *51 核心板最小系统电路 介绍	10
1.3.1 电源电路	10
1.3.2 时钟电路	11
1.3.3 复位电路	12
1.4 搭建开发环境	13
1.4.1 本书资料包	13
1.4.2 Keil C51 的安装及设置	13
1.4.3 STC-ISP 程序下载环境配置 ..	18
思考题	21
应用实践	21

第 2 章 C51 程序设计基础 22

2.1 C51 程序的基本组成部分	23
2.1.1 包含头文件	23
2.1.2 主函数	23
2.1.3 标识符与关键字	24
2.1.4 程序注释	24

2.1.5 其他规范	24
2.2 C51 数据类型	25
2.2.1 基本数据类型	25
2.2.2 扩展数据类型	26
2.3 C51 变量与常量	26
2.3.1 变量	27
2.3.2 常量	29
2.4 C51 运算符	29
2.4.1 算术运算符	29
2.4.2 关系运算符	30
2.4.3 逻辑运算符	30
2.4.4 位运算符	31
2.5 C51 程序结构	31
2.5.1 顺序结构	32
2.5.2 选择结构	32
2.5.3 循环结构	35
2.6 C51 函数	38
2.6.1 函数的定义	38
2.6.2 函数的声明	39
2.6.3 函数的参数	39
2.6.4 函数的返回值	39
2.6.5 函数的调用	39
2.6.6 内部函数	40
2.6.7 函数的命名规范	41
2.7 C51 数组	41
2.7.1 数组的定义	41
2.7.2 数组的初始化	41
2.7.3 数组元素的引用	41

2.7.4	*二维数组	42	4.2	按键软件去抖原理	70
2.7.5	字符串数组	42	4.3	实例与代码解析	72
2.7.6	数组的命名规范	43	思考题	75	
2.8	*C51 指针	43	应用实践	75	
2.8.1	指针变量的定义和使用	44	第5章 蜂鸣器	76	
2.8.2	指针变量的注意事项	45	5.1	蜂鸣器介绍	77
2.8.3	指针与数组	45	5.2	蜂鸣器的工作原理	77
2.9	Keil 编辑和编译及程序下载	46	5.3	实例与代码解析	78
2.9.1	新建 Keil 工程	46	思考题	80	
2.9.2	新建并添加 main.c 文件	48	应用实践	80	
2.9.3	配置工程	49	第6章 数码管显示	82	
2.9.4	编写程序代码	49	6.1	数码管介绍	83
2.9.5	程序编译	50	6.2	数码管的工作原理	85
2.9.6	STC-ISP 程序下载	51	6.3	数码管静态显示	86
思考题	53		6.4	数码管动态显示	86
应用实践	53		6.5	实例与代码解析	87
第3章 LED 流水灯	54		思考题	90	
3.1	LED 灯的工作原理	55	应用实践	91	
3.2	I/O 引脚部分寄存器	55	第7章 外部中断	92	
3.3	I/O 引脚控制的方法	56	7.1	中断的概念	93
3.3.1	字节操作	56	7.2	中断系统框架	94
3.3.2	位操作	57	7.2.1	中断源	94
3.4	*I/O 引脚的内部结构	57	7.2.2	中断触发条件	95
3.4.1	P0 组 I/O 引脚	57	7.2.3	中断请求标志	97
3.4.2	P1 组 I/O 引脚	59	7.2.4	中断允许控制	98
3.4.3	P2 组 I/O 引脚	60	7.2.5	中断优先级	99
3.4.4	P3 组 I/O 引脚	61	7.2.6	中断处理	101
3.5	实例与代码解析	62	7.3	实例与代码解析	103
3.5.1	位操作控制流水灯	63	思考题	105	
3.5.2	字节操作控制流水灯	66	应用实践	105	
思考题	67		第8章 定时器/计数器	107	
应用实践	68		8.1	机器周期与时钟周期	108
第4章 独立按键输入	69		8.2	定时器/计数器的工作原理	108
4.1	按键检测原理	70			

8.3 定时器/计数器系统框架	110	10.4 串口中断	140
8.3.1 定时/计数功能的选择	110	10.4.1 串口中断请求标志位	140
8.3.2 定时器/计数器的运行控制	111	10.4.2 串口中断允许控制位	141
8.3.3 工作模式与计数初值	112	10.4.3 *串口中断优先级 控制位	141
8.3.4 定时器/计数器中断	114	10.5 串口工作模式	142
8.4 实例与代码解析	117	10.5.1 *工作模式 0	143
8.4.1 计数器控制 LED 灯	117	10.5.2 工作模式 1	143
8.4.2 定时器控制 LED 灯	120	10.5.3 *工作模式 2	147
思考题	123	10.5.4 *工作模式 3	149
应用实践	123	10.6 实例与代码解析	149
第 9 章 PWM 与呼吸灯	124	思考题	155
9.1 PWM 基本参数	125	应用实践	155
9.1.1 电平标准	125	第 11 章 看门狗	157
9.1.2 周期和频率	125	11.1 复位方法	158
9.1.3 占空比	125	11.1.1 外部 RST 引脚复位	158
9.2 PWM 控制 LED 亮度的 原理	126	11.1.2 软件复位	158
9.3 PWM 输出原理	126	11.1.3 通电/关电复位	159
9.3.1 输出 PWM 信号	126	11.1.4 看门狗复位	159
9.3.2 按照规律调节 PWM 占空比	127	11.2 看门狗相关寄存器	159
9.4 实例与代码解析	129	11.3 看门狗溢出时间	160
思考题	133	11.4 看门狗喂狗操作	161
应用实践	133	11.5 实例与代码解析	161
第 10 章 串口通信	134	思考题	164
10.1 通信协议介绍	135	应用实践	165
10.1.1 并行通信和串行通信	135	第 12 章 内部 Flash 读写	166
10.1.2 单工、半双工和全双工 数据传输	136	12.1 ISP 与 IAP	167
10.2 串口通信协议介绍	136	12.2 内部 Flash 存储结构	167
10.2.1 UART 物理层	137	12.3 IAP 读写与擦除 Flash 的 方法	168
10.2.2 UART 数据帧格式	137	12.3.1 读取操作	169
10.2.3 UART 传输速率	138	12.3.2 擦除操作	170
10.2.4 UART 通信实例	138	12.3.3 写入操作	171
10.3 UART 电路原理图	139	12.4 Flash 读写注意事项	172

12.5 实例与代码解析	173	附录 B 逻辑门表示符号	185
思考题	181	附录 C 常用寄存器及部分位的 解释说明	186
应用实践	181	附录 D 51 核心板电路图	191
附录	182	参考文献	192
附录 A 数制及转换方法	183		

第 1 章

STC89 C52RC 开发平台和工具

本章主要介绍单片机的概念和 STC89 C52RC 芯片的功能、引脚、存储结构，以及 51 核心板最小系统电路，为后续的开发打下理论基础。此外，本章还会介绍 51 单片机开发环境的搭建方法，为后续的开发准备好工具。

- ◇ 初识单片机
- ◇ STC89 C52RC 介绍
- ◇ *51 核心板最小系统电路介绍
- ◇ 搭建开发环境



视频 1-1

1.1 初识单片机

单片机随处可见，日常生活中的电器大多是通过单片机进行控制的。以全自动洗衣机为例，在洗涤前设置好洗衣模式、洗衣时间，它便能在单片机的控制下按照一定的程序供水、漂洗并脱水。在工业领域，单片机也广泛运用在自动控制、数据采集及测控等场景中。

1.1.1 单片机的概念

单片机，全称为单片微型计算机(single chip microcomputer)，又称微控制器单元(microcontroller unit, MCU)，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器(central processing unit, CPU)、随机存储器(random access memory, RAM)、只读存储器(read only memory, ROM)、I/O(input/output, 输入/输出)口和中断系统、定时器/计数器等功能集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统。与应用在个人计算机中的CPU相比，单片机更强调集成化与低成本。CPU要完成单片机的工作，就必须连接一些其他芯片。例如，大多数CPU芯片上没有数据存储器，需要外接存储芯片，并且还需要通过外部数据总线来实现二者之间的数据传递。而单片机则相对独立，只需要外接电源和晶振即可开始工作。一些新型的单片机带有内置晶振，只需要接上电源便可以工作。同时，单片机具有丰富的I/O设备及片上功能，如模/数转换器、定时器、中断、串口等，这些集成在单片机内部的功能可以通过软件编程来操作。

1.1.2 常见的 51 单片机种类

单片机诞生于1971年，早期的单片机都是4位或8位的。MCS-51是Intel公司所有单片机系列的总称。其中，最成功的是Intel公司推出的8031系列单片机。1981年，Intel公司在8031单片机内核基础上发展出了8051单片机。

在后来的版本中，采用CHMOS芯片制造工艺的单片机命名中带有字母“C”，如80C51；衍生出带有EEPROM(electrically erasable programmable ROM, 电擦除可编程只读存储器)型号的第二位数字为“9”，如89C51。按照内部存储器的配置，51单片机的常见型号分类如表1-1所示。

表 1-1 不同内部存储器的 51 单片机

内部存储器的配置	常见型号
无ROM型	8031、80C31、8032、80C32等
带MaskROM型	8051、80C51、8052、80C52等

(续表)

内部存储器的配置	常见型号
带EPROM型	8751、87C51、8752等
带EEPROM型	8951、89C51、8952、89C52等

采用更大容量的内部存储器及随机存储器，并且拥有 3 个定时器/计数器的增强型芯片型号的最末位数字为“2”，如 89C52，如表 1-2 所示。

表 1-2 不同规格的 51 单片机

内部存储器的 容量大小	随机存储器的 容量大小	定时器/计数器的 数量	常见型号
4KB	128B	2	80C51、89C51等
8KB	256B	3	80C52、89C52等

Intel 授权其他厂商知识产权后，出现了一系列以 8051 内核为基础进行改进、增强的型号，如表 1-3 所示。由于生产厂商众多，此处不一一列举。

表 1-3 51 单片机芯片的生产厂商及部分产品

公司	产品
飞利浦	P80C52、P87C54、P87C58、P87C524等
西门子	C501-1E、C501-1R、C504-2R、C513A-H等
STC	STC89 C51、STC89 C51RC、STC89 C52RC、STC89 C58RC等
Atmel	AT89C51、AT89C52、AT89S51、AT89S52等

虽然衍生产品种类繁多，但它们都是基于 8051 或 8052 内核改进而来的，均可统称为“51 单片机”。掌握其中一种 51 单片机的开发方法，就能快速上手其他型号的 51 单片机开发。

1.1.3 STC 单片机的命名规则

每个公司都有特定的单片机命名规则，以 STC 公司为例，它旗下的 51 单片机产品的命名规则如图 1-1 所示。

根据一次操作能够处理的数据宽度，单片机可以分为 4 位、8 位、16 位和 32 位单片机。通常位数越高的单片机性能越强，片上资源越丰富，能够实现的功能越多。

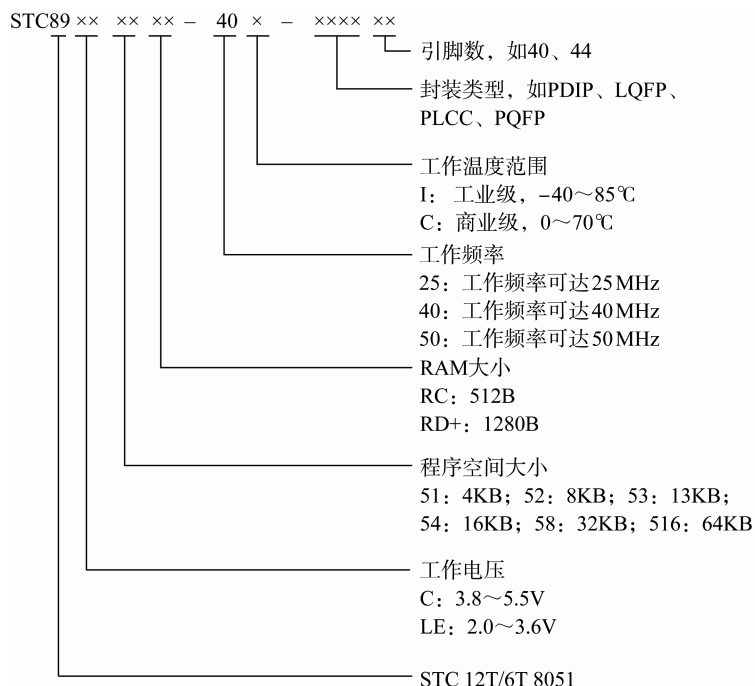


图 1-1 STC 公司 51 单片机产品的命名规则



视频 1-2

1.2 STC89 C52RC 介绍

STC89 C52RC 是 STC 公司推出的低功耗、具有较强抗干扰能力的单片机，其指令代码完全兼容传统的 8051 单片机，工作电压为 3.8~5.5V，具有 8KB Flash、512B SRAM (static RAM, 静态随机存储器)、3 个定时器、1 个 UART(universal asynchronous receiver/transmitter, 通用异步接收发送设备)串口、1 个看门狗及 8 个中断源，最多可提供 39 个 I/O 引脚，且内置 4KB EEPROM。相较于 STC 公司新型的 STC15、STC12 系列单片机，虽然 STC89 C52RC 的片上资源及功能相对匮乏，且运行速度较慢，但 STC89 C52RC 单片机仍然是目前学习资料丰富的 51 单片机之一，其内部功能较为简单，更有利于初学者入门。

1.2.1 结构框架

学习一款芯片，即学习其内部功能的使用方法。STC89 C52RC 芯片内部包含 CPU、程序存储器、数据存储器、定时器/计数器、特殊功能寄存器、中断系统、并行 I/O 端口、串行端口、EEPROM 及看门狗模块，其结构框架如图 1-2 所示。

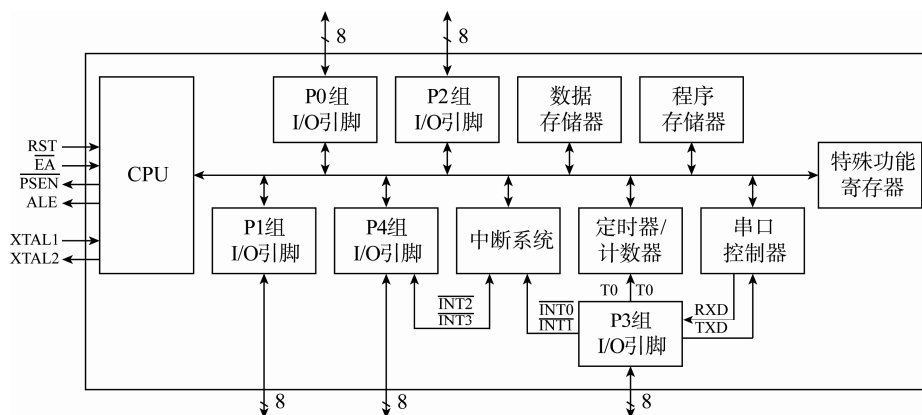


图 1-2 STC89 C52RC 芯片内部的结构框架

1.2.2 引脚功能

引脚即从芯片内部电路引出到外部电路的接线，是芯片内部电路与外部电路之间的沟通桥梁。51 核心板上的 STC89 C52RC 芯片采用 LQFP(plastic quad flat package，塑料四面扁平封装)封装形式，共有 44 个引脚，其引脚分布如图 1-3 所示。左下角圆圈位置为 1 号引脚，沿逆时针方向引脚序号依次递增。注意，引脚名称上带有上画线(如 $\overline{EA}$)或引脚名称后带有“#”号(如 $\overline{EA\#}$)的引脚均为低电平有效引脚，即引脚为低电平状态时触发相应的功能。此外，STC89 C52RC 也有 40 个引脚的版本，但封装为 PDIP(plastic dual in-line package，塑料双列直插封装)，应用场景较少。

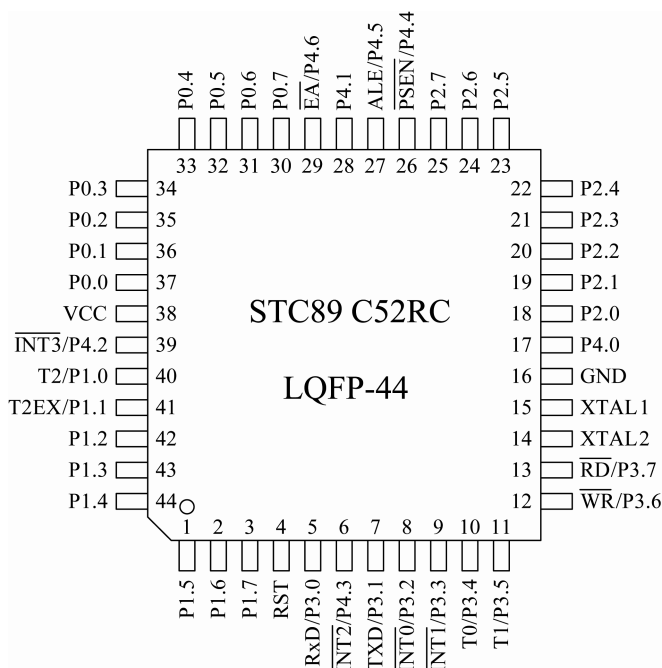


图 1-3 STC89 C52RC 系列的引脚分布

按照引脚功能划分，可以将 44 个引脚归为 3 类：①电源和时钟引脚；②通用 I/O 引脚；③硬件控制引脚。下面介绍这 3 类引脚及其作用。

1. 电源和时钟引脚

(1) VCC：接入 3.8~5.5V 电源，通常需要接 5V。

(2) GND：接地。

(3) XTAL1/XTAL2：内部时钟电路反相放大器的输入端和输出端，接入晶振和微调电阻形成自激振荡器，或仅在 XTAL1 引脚接入时钟信号。

2. 通用 I/O 引脚

在 51 核心板上的 STC89 C52RC 芯片具有 P0~P4 共 5 组 I/O 引脚。除 P4 组仅有 P4.0~P4.6 共 7 个引脚外，P0~P3 组均有 8 个引脚。其中，P0 组为双向 I/O 引脚，内部不含上拉电阻，不能正常输出高电平或低电平，当 P0 组引脚用作 I/O 口时，需要外接(4.7~10)kΩ 的上拉电阻；当 P0 组作为地址或数据线时，不需要外接上拉电阻。P1~P4 组为准双向 I/O 引脚，内部含有上拉电阻，可以直接输出高电平或低电平。关于上拉电阻的作用及 I/O 引脚的结构原理，将在 3.4 节中进行介绍。

部分引脚不仅可以用作 I/O 功能，还具有复用功能，如表 1-4 所示。

表 1-4 具有复用功能的引脚

组别	名称	序号	复用功能	复用功能说明
P1	P1.0	40	T2	定时器2外部输入引脚
	P1.1	41	T2EX	定时器2捕获/重装方式控制
P3	P3.0	5	RXD	串口数据接收引脚
	P3.1	7	TXD	串口数据发送引脚
	P3.2	8	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断0触发引脚
	P3.3	9	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断1触发引脚
	P3.4	10	T0	定时器0外部输入引脚
	P3.5	11	T1	定时器1外部输入引脚
	P3.6	12	$\overline{\text{WR}}$	外部存储器写脉冲
	P3.7	13	$\overline{\text{RD}}$	外部存储器读脉冲
P4	P4.2	39	$\overline{\text{INT3}}$	外部中断3触发引脚
	P4.3	6	$\overline{\text{INT2}}$	外部中断2触发引脚

3. *硬件控制引脚

(1) RST：Reset，复位引脚，当输入的高电平信号持续两个机器周期以上时，单片机进行复位初始化操作。机器周期的概念将在本书 8.1 节中进行介绍。

(2) EA：External Access，内外程序存储器选择引脚。该引脚为高电平时，单片机优先读取内部程序存储器(单片机的内部 Flash)，若有外扩的外部程序存储器，则在内部程序

(4) **ALE: Address Latch Enable**, 地址锁存允许信号输出引脚。在访问外部程序存储器时, P0 组的 8 个 I/O 引脚为地址/数据复用口, ALE 信号为锁存低 8 位地址的控制信号。当 ALE 信号为高电平时, P0 组的 8 个引脚电平状态组成的 8 位值(低电平为 0, 高电平为 1)为低 8 位地址, 在 ALE 信号的下降沿, P0 组引脚上的 8 位地址被传输到地址触发器进行锁存。在 ALE 为低电平期间, P0 组上的 8 位值为指令或数据信息。不访问外部存储器时, ALE 引脚会持续输出脉冲信号, 频率为晶振频率的 1/6。

一系列的存储单元从 0 开始顺序编号，如同门牌号。这些编号通常采用十六进制数表示，也称地址。单片机通过地址访问对应的存储单元，即可实现数据存取。STC89 C52RC 芯片的内部存储器各自独立编址，地址结构如图 1-5 所示。

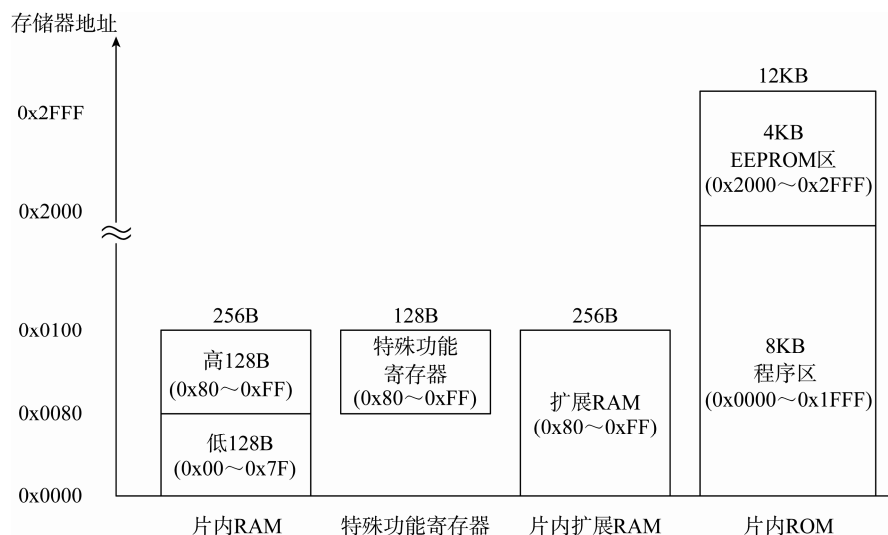


图 1-5 STC89 C52RC 芯片内部存储器的地址结构

1. Flash 存储器

STC89 C52RC 芯片内部集成了 Flash 存储器，其程序区容量为 8KB(1KB=1024B)，在 51 单片机内用作 ROM。在单片机正常运行程序的过程中，一般只能从中读取数据而不能写入数据，只有在单片机下载程序时，Flash 存储器中的内容才会被擦除并写入新数据。此外，也可以采用 IAP 技术对 Flash 存储器进行读写，这部分内容将在第 12 章中进行介绍。

2. SRAM 存储器

STC89 C52RC 芯片集成了 256B 内部 SRAM，在 51 单片机内用作 RAM，用于存取单片机程序在运行过程中产生的随机数据。其中，随机指的是读写方法，ROM 可以随机读取但只能顺序写入，而 RAM 可随机读写，不需要按照顺序进行写操作。

另外，在 8052 单片机内核的基础上，芯片厂商为 STC89 C52RC 芯片额外增加了 256B 内部扩展 SRAM，因此 STC89 C52RC 芯片共有 512B SRAM。扩展 SRAM 在物理上属于片上，但在逻辑上属于片外 RAM。

1) 低 128B RAM

低 128B RAM 是 STC89 系列芯片最基本的 RAM，结构如图 1-6 所示。

(1) 工作寄存器组。地址范围 0x00~0x1F 为工作寄存器组区(工作组)。通过使用工作寄存器组，可以提高 CPU 的运算速度。

(2) 可位寻址区。地址范围 0x20~0x2F 为可位寻址区，共 16 字节，128 位。该区域既可按字节寻址，也可按位寻址，既可以像普通 RAM 一样按字节存取，也可以对 128 位中

的任意一位单独存取，对应的位地址范围为 0x00~0x7F。

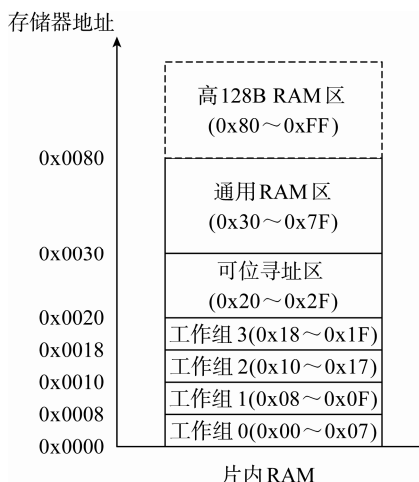


图 1-6 低 128B RAM 结构

寻址方式是汇编语言编程中的概念。在汇编语言中，一条汇编语句由操作码和操作对象组成，而寻找操作对象的方式则称为寻址方式。寻址方式有多种，如直接寻址、间接寻址、寄存器寻址等，其中位寻址针对内部数据 RAM 和特殊功能寄存器 SFR 进行，即直接对寄存器中的每一位进行操作。在 C51 中，可以通过 sbit 关键字对可位寻址的寄存器中的某一位进行定义并访问，这部分内容将在 2.2.2 节中进行介绍。

(3) 通用 RAM 区。地址范围 0x30~0x7F 为通用 RAM 区，该区域一般作为数据缓冲区。

2) 高 128B RAM

地址范围 0x80~0xFF 为高 128B RAM 区，该区域为普通随机数据存储空间。从地址上看，高 128B RAM 区与特殊功能寄存器 SFR 的地址是重合的，二者的起始地址均为 0x80，但在物理上是独立的。在编写程序时，可通过不同的访问方式区分 CPU 需要访问的究竟是 RAM 还是 SFR。例如，虽然每个班都有学号为 12 的学生，但是可以通过班级进行区分，即 3 班的 12 号或 4 班的 12 号来确定唯一一位学生。在汇编语言中，SFR 必须使用直接寻址指令访问，即操作对象由 8 位地址指定。在 C51 中，访问 SFR 必须先通过 sfr 关键字进行定义，或通过 sbit 关键字进行位定义。

3) 特殊功能寄存器 SFR

SFR 是单片机内部的控制台，大部分内部资源及功能由 SFR 控制。SFR 寄存器的作用可以理解为控制信号，如里面的某一位可以理解为对应内部电路中的某一个电子开关，值为 1 时开关就打开，为 0 时开关关闭。SFR 寄存器的值一旦改变，开关状态立刻随之改变。如果开关的状态发生了变化，SFR 寄存器里面的值也会发生变化。关于 SFR 寄存器的访问方式及其功能，将在接下来的章节中详细介绍。注意，只有地址为 8 的倍数(如 0x88 和 0xD0)的 SFR 才可以进行位寻址。

4) 内部扩展 RAM

STC89 C52RC 芯片内部除 256B RAM 外，还集成了 256B 的内部扩展 RAM 区。此 RAM

区在物理上属于内部，但是在逻辑上属于外部，访问方式与传统 8051 单片机访问外部扩展 RAM 的方式一致。在 C51 中，通过 xdata 关键字指定变量存储在内部扩展 RAM 区，详细的访问方法将在 2.3.1 节中进行介绍。



视频 1-3

1.3 *51 核心板最小系统电路介绍

与本书配套的 51 核心板是专门为单片机初学者量身定制的一款学习板，外观如图 1-7 所示。51 核心板电路可以分为最小系统电路及外部硬件电路。

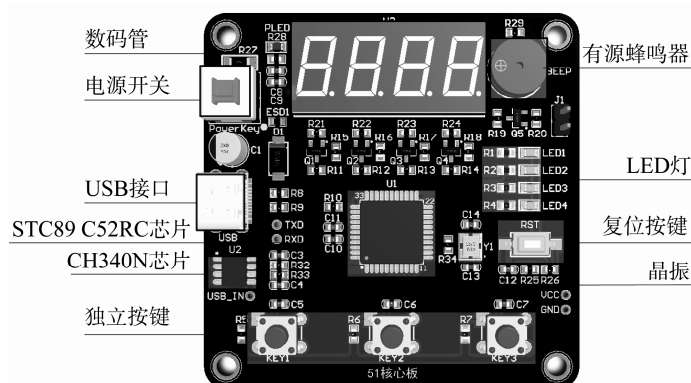


图 1-7 51 核心板的外观

51 核心板上有电源开关、复位按键、USB(universal serial bus, 通用串行总线)接口、STC89 C52RC 芯片、CH340N 芯片，集成了数码管、有源蜂鸣器、4 个 LED(light emitting diode, 发光二极管)灯及 3 个独立按键。

最小系统指支持 STC89 C52RC 芯片运行的最基本电路，具体分为电源电路、时钟电路和复位电路，下面将进行详细的介绍。

1.3.1 电源电路

“巧妇难为无米之炊”，只有接上电源，单片机才能正常工作。电源电路为 51 核心板提供稳定的电流，原理图如图 1-8 所示。其中，USB1 为 Type-C 接口，通过 Vbus 引脚引出 5V 电源至 USB_IN 网络。SS14 为肖特基二极管，用于反极性保护。ESD1 为瞬态抑制二极管，防止静电对元器件造成损害。PowerKey 为自锁式双刀双掷电源开关，两路开关并联能为后级电路提供更大的电流。当开关弹起时，1、4 端分别与 3、6 端连接，并与限流电阻 R_{27} 和 GND 连接，确保此时单片机能够彻底放电。当开关按下时，2、5 端分别与 3、6 端连接，此时 USB_IN 与 VCC 相连，为单片机供电。PLED 为电源指示灯。当开关按下，系统通电时，电流通过限流电阻 R_{28} 流向 GND，此时 PLED 亮起。电容 C_8 与 C_1 均用于稳定电压。而容值较小的 C_9 为滤波电容，用于滤除高频信号。

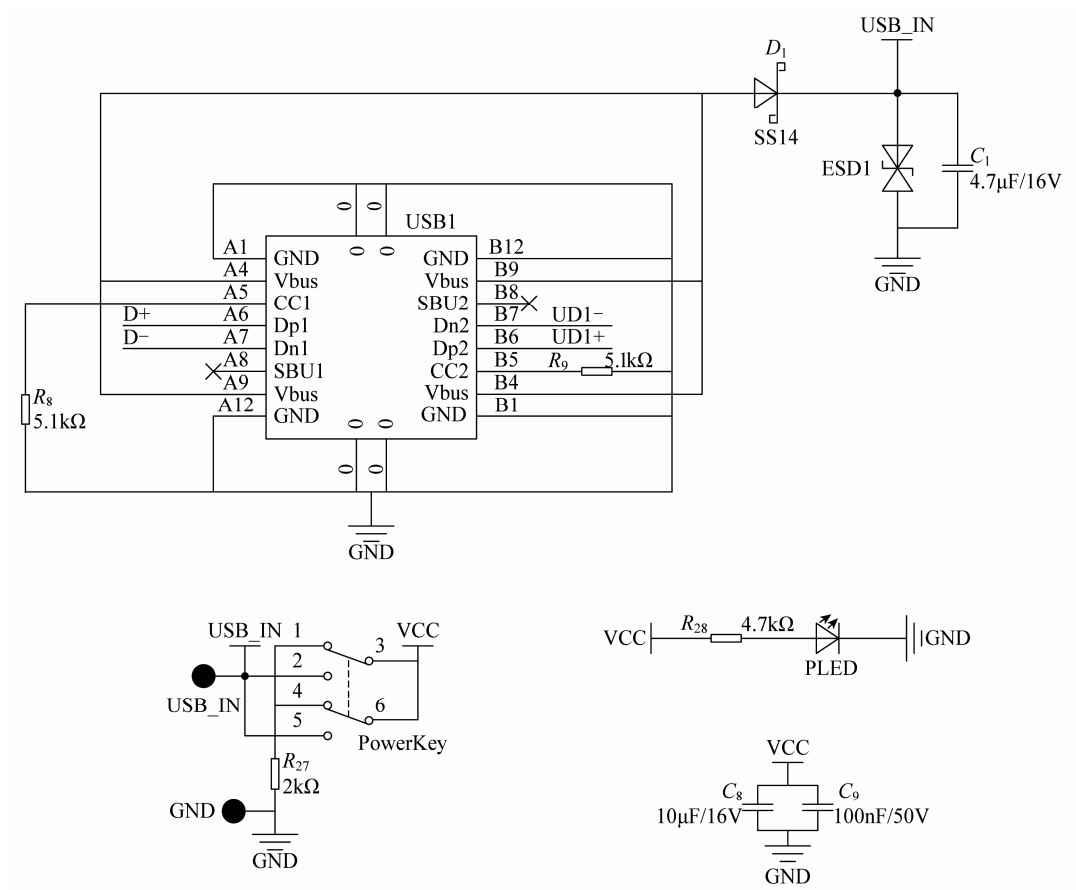


图 1-8 电源电路原理图

1.3.2 时钟电路

时钟电路产生稳定的振荡频率，是单片机系统的“心脏”，CPU 将会按照时钟电路产生的振荡节奏工作。51 核心板时钟电路原理图和外观分别如图 1-9 和图 1-10 所示。其中， Y_1 为晶振，经典的 51 单片机系统中常用的晶振频率有 12MHz、11.0592MHz 及 6MHz。电容 C_{13} 和 C_{14} 有助于晶振起振并且稳定振荡频率， R_{34} 用于使晶振工作更加稳定。

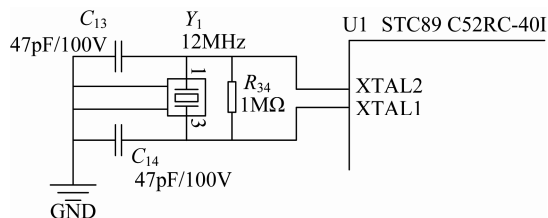


图 1-9 51 核心板时钟电路原理图

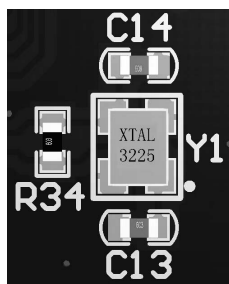


图 1-10 51 核心板时钟电路外观

1.3.3 复位电路

复位即指恢复到初始状态。向 STC89 C52RC 芯片的 RST 引脚输入 2 个机器周期以上的高电平信号，即可进入复位状态。51 核心板的复位电路原理图如图 1-11 所示。电容具有通交流隔直流的作用，51 核心板通电瞬间，电容 C_{12} 充电，此时 C_{12} 可以看作一根导线，上下两端都为 5V，此时 RST 引脚为高电平状态。随着充电电流逐渐减小，并且在下拉电阻 R_{25} 的作用下，RST 引脚的电平状态由高电平变为低电平，此时单片机结束复位状态，开始运行程序。通电复位的意义在于，每次通电启动时，将所有内部寄存器都恢复为初始值，保证单片机每次通电启动后都能从一个确定的初始状态开始工作。

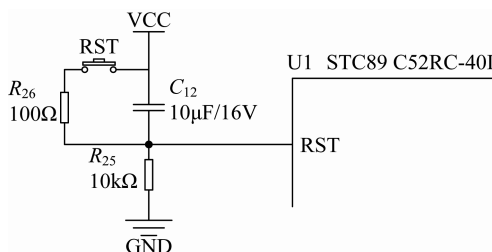


图 1-11 51 核心板的复位电路原理图

在单片机“死机”时，也可以通过 RST 按键进行手动复位。51 核心板上的 RST 按键外观如图 1-12 所示，它相当于重启键。当按下按键时，VCC、 R_{26} 、 R_{25} 与 GND 构成分压电路，RST 引脚的电压即为 R_{26} 分得的电压，此时 RST 引脚为高电平状态。当松开按键时，RST 引脚变为低电平状态，此时单片机结束复位状态，重新开始运行程序。除使用 RST 引脚复位外，51 单片机还能够通过软件复位、关电复位和看门狗复位，这部分内容将在 11.1 节中进行介绍。

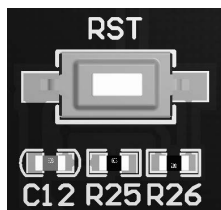


图 1-12 51 核心板上的 RST 按键外观



视频 1-4

1.4 搭建开发环境

搭建开发环境是入门单片机开发最重要的一步，也是接下来进行单片机开发学习的基础。单片机常见的开发环境有 Keil、IAR Embedded Workbench IDE 及开源的 SDCC 编译器等，开发 51 单片机常用的是 Keil C51。Keil C51 是专为 51 单片机打造的集程序编辑、编译、调试、仿真等功能于一体的集成开发环境。本书的所有例程均基于 Keil C51 Vision 9.52 软件，建议读者选择相同版本的开发环境进行操作。

1.4.1 本书资料包

本书配套的资料包可在微信公众号“卓越工程师培养系列”获取，本书配套资料包清单如表 1-6 所示。

表 1-6 本书配套资料包清单

序号	文件夹名称	文件夹介绍
1	开发工具	存放本书使用到的开发工具软件，如Keil C51安装程序、STC-ISP软件及CH340驱动程序等
2	原理图	存放51核心板的PDF版本原理图
3	例程资料	存放51核心板的综合测试例程、实例例程及本章任务的参考程序
4	PPT讲义	存放配套PPT讲义
5	视频资料	存放配套视频资料
6	软件资料	存放51单片机开发过程中常用的辅助软件
7	参考资料	存放51单片机用户手册及Keil使用手册等

1.4.2 Keil C51 的安装及设置

1. Keil C51 软件的安装

(1) 双击运行本书配套资料包“01.开发工具”文件夹中的 c51v952.exe 程序，在打开的如图 1-13 所示的对话框中，单击“Next”按钮。

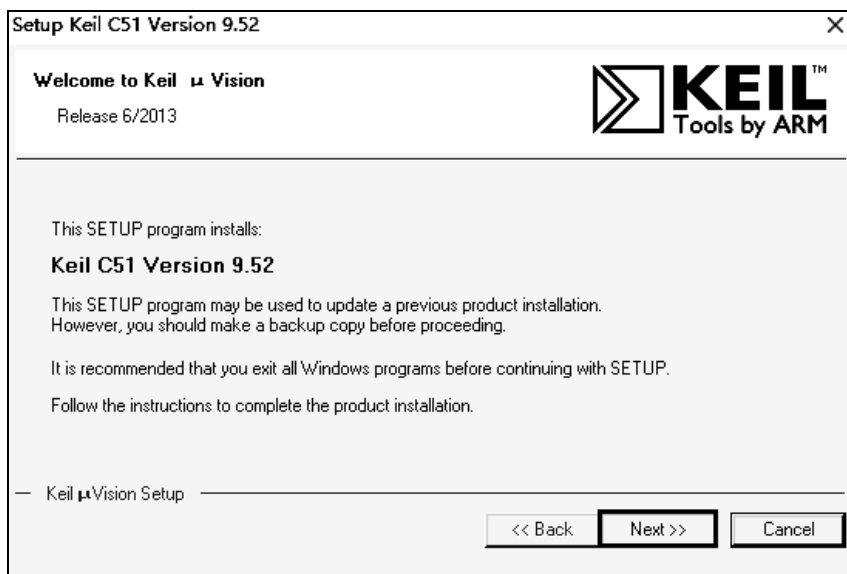


图 1-13 Keil C51 安装 1

(2) 在打开的如图 1-14 所示的界面中，选中 “I agree to all the terms of the preceding License Agreement” 复选框，然后单击 “Next” 按钮。

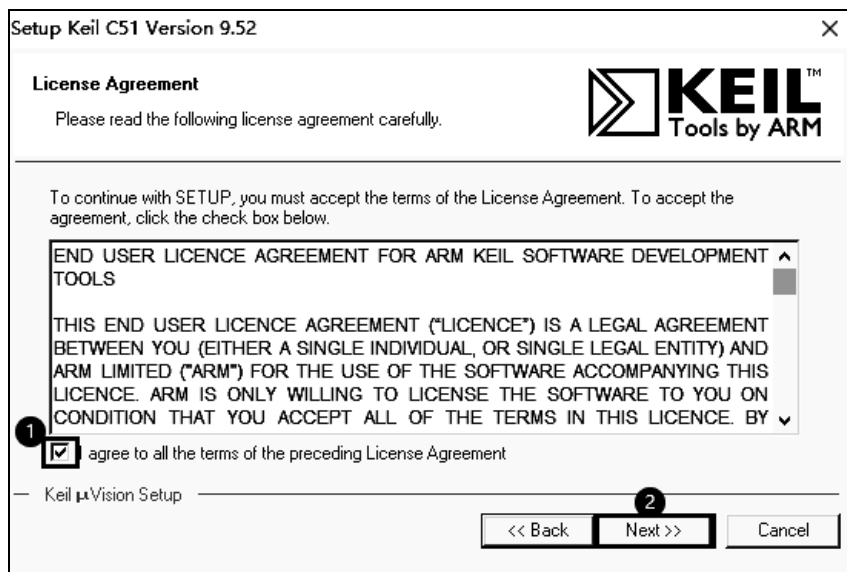


图 1-14 Keil C51 安装 2

(3) 打开的界面如图 1-15 所示，选择安装路径和存放路径，建议安装在 D 盘下的 “Keil_C51” 文件夹中，然后单击 “Next” 按钮。读者也可以自行选择安装路径。

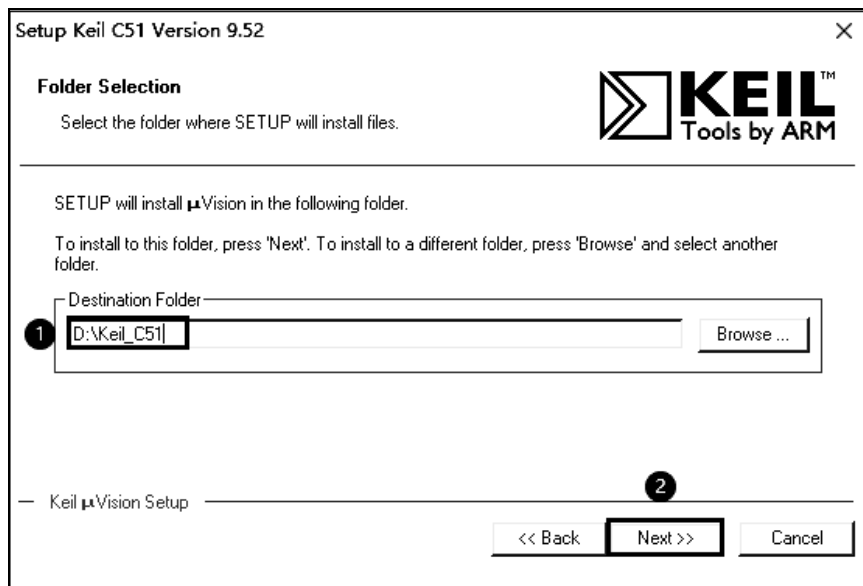


图 1-15 Keil C51 安装 3

(4) 打开如图 1-16 所示的界面，在“First Name”“Last Name”“Company Name”和“E-mail”文本框中输入相应的信息，然后单击“Next”按钮，软件开始安装。

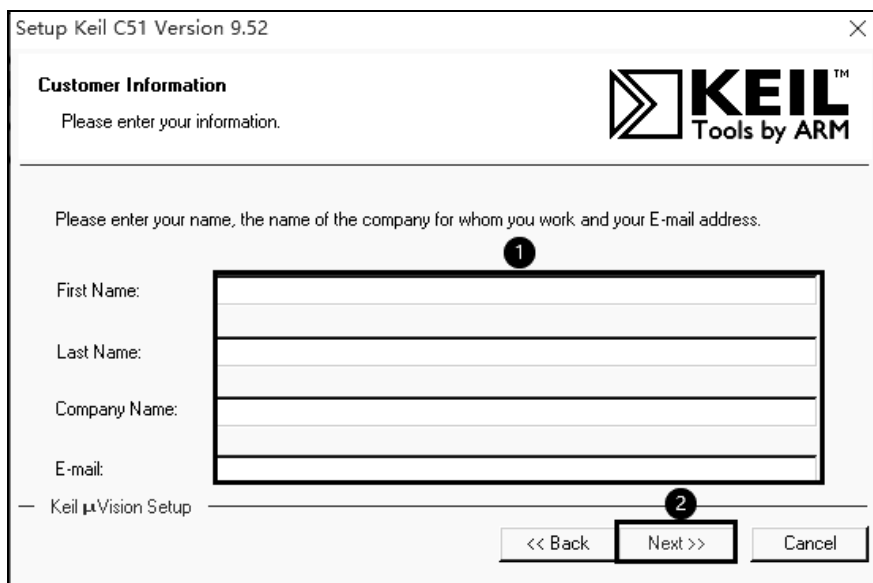


图 1-16 Keil C51 安装 4

(5) 软件安装完成后，在打开的如图 1-17 所示的界面中，取消选中“Show Release Notes”和“Add example projects to the recently used project list”复选框，然后单击“Finish”按钮。至此，Keil C51 软件安装完成。

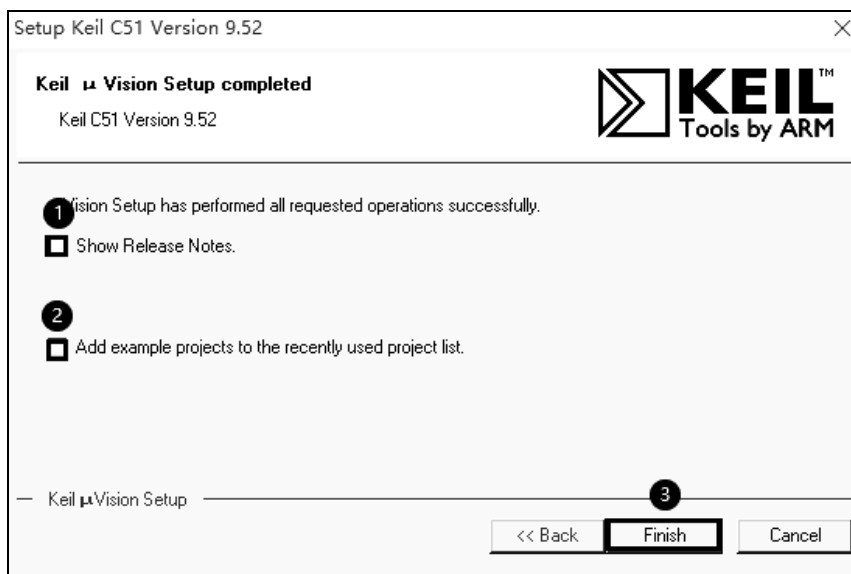


图 1-17 Keil C51 安装 5

2. 为 Keil 添加 STC MCU 数据库

Keil C51 软件中不包含 STC MCU 数据库，因此需要在软件安装完成后，手动添加相应的 MCU 数据库。

(1) 双击运行本书配套资料包“01.开发工具”文件夹中的 stc-isp-v6.88L.exe 程序，在打开的窗口中选择“Keil 仿真设置”选项卡，然后单击“添加型号和头文件到 Keil 中 添加 STC 仿真器驱动到 Keil 中”按钮，如图 1-18 所示。

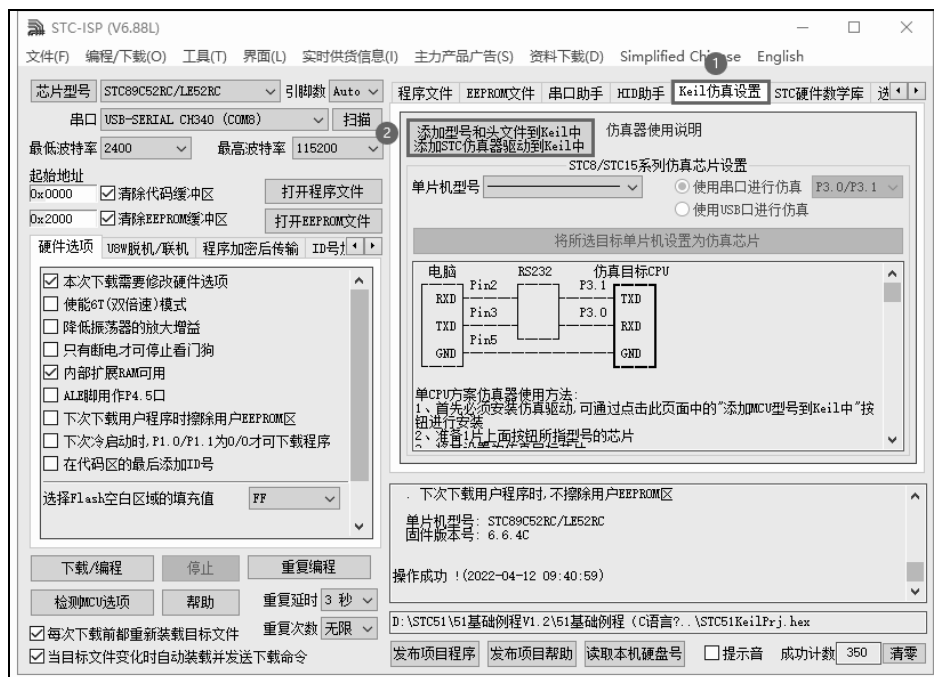


图 1-18 STC-ISP Keil 仿真设置

(2) 在打开的如图 1-19 所示的“浏览文件夹”对话框中，选择 Keil C51 软件安装路径下的“Keil_C51”文件夹，然后单击“确定”按钮。

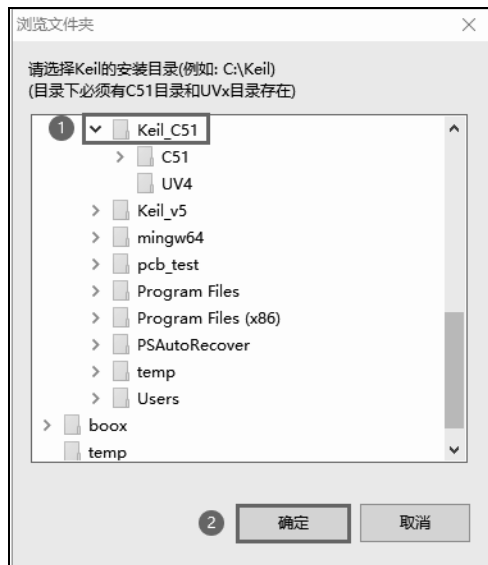


图 1-19 “浏览文件夹”对话框

(3) 弹出如图 1-20 所示的提示框，提示 STC MCU 型号添加成功，然后单击“确定”按钮即可。



图 1-20 STC MCU 型号添加成功提示

3. Keil 软件标准化设置

完成上述步骤后，需要对 Keil 软件进行标准化设置。

(1) 在“开始”菜单找到并单击运行 Keil μ Vision4，然后选择菜单栏中的“Edit” → “Configuration”选项，如图 1-21 所示。

(2) 打开如图 1-22 所示的“Configuration”对话框，在“Editor”选项卡的“Encoding”下拉列表中选择“Chinese GB2312(Simplified)”选项，将编码格式改为 Chinese GB2312(Simplified)可以防止出现代码文件中输入中文乱码的现象；在“C/C++ Files”选项组中选中所有的复选框，并在“Tab size”编辑框中输入 2；在“ASM Files”选项组中选中所有的复选框，并在“Tab size”编辑框中输入 2；在“Other Files”选项组中选中所有的复选框，并在“Tab size”编辑框中输入 2。将缩进的空格数设置为 2 个空格，同时将 Tab 键也设置为 2 个空格，这样可以防止使用不同的编辑器阅读代码时出现代码布局不整齐的

现象。设置完成后单击“OK”按钮。至此，Keil C51 软件设置完成。

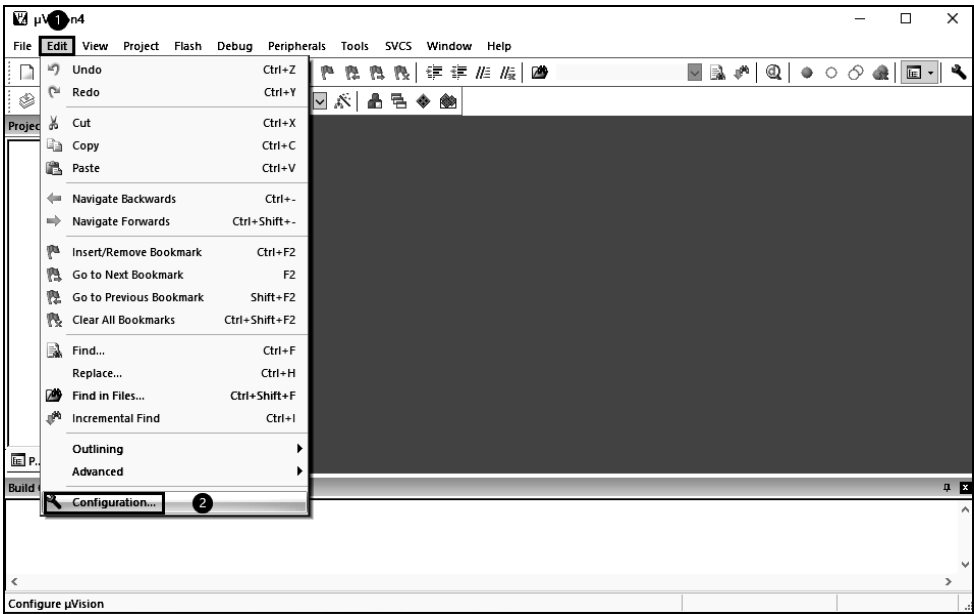


图 1-21 Keil C51 设置 1

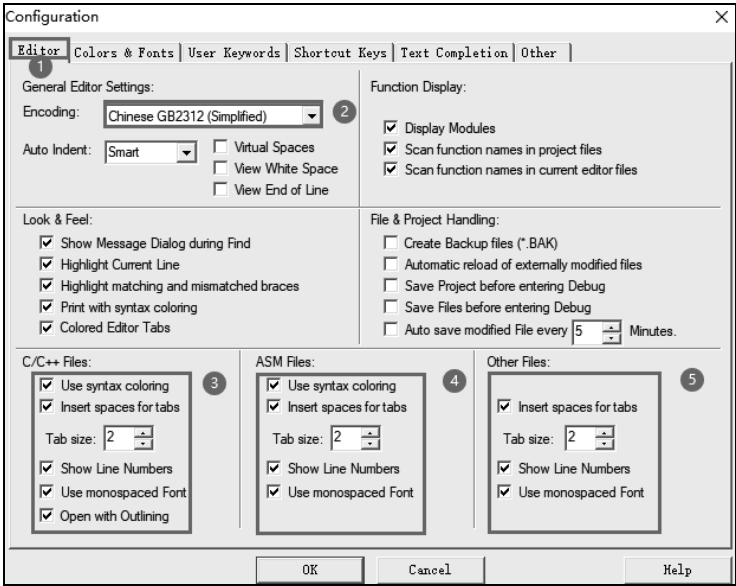


图 1-22 Keil C51 设置 2

1.4.3 STC-ISP 程序下载环境配置

1. CH340 驱动的安装

(1) 双击运行本书配套资料包“01.开发工具\CH340 USB Driver”文件夹中的 ch341ser.exe 程序，在打开的如图 1-23 所示的窗口中，单击“安装”按钮开始进行程序安装。



图 1-23 驱动安装步骤 1

(2) 等待驱动安装完成后，会弹出如图 1-24 所示的提示框，提示驱动安装完成。

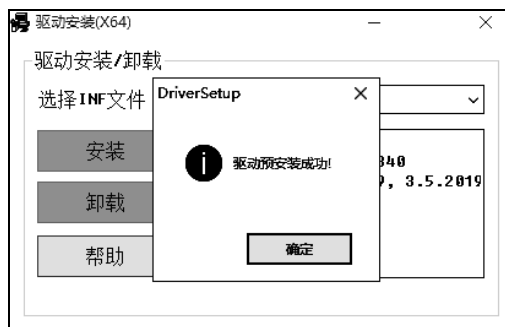


图 1-24 驱动安装步骤 2

(3) 使用 Type-C 型 USB 连接线将 51 核心板连接至计算机，打开如图 1-25 所示的“设备管理器”窗口，查看核心板的串口对应的串口号，这里为 COM3。

注意：每台计算机的串口号可能不一致。



图 1-25 查看串口号

2. STC-ISP 软件

STC-ISP 是一款由 STC 公司开发的单片机下载编程烧录软件。双击运行本书配套资料包“01.开发工具”文件夹中的 stc-isp-v6.88L.exe 程序,进入软件主界面,如图 1-26 所示。确保驱动安装完成,以及将断电状态下的 51 核心板连接至计算机。然后在 STC-ISP 软件“芯片型号”下拉列表中选择“STC89C52RC/LE52RC”选项,单击“扫描”按钮,在“串口”下拉列表中选择核心板的串口对应的串口号(图中为 COM3)。确保硬件选项与图 1-26 中标号为④的区域一致。最后,单击“检测 MCU 选项”按钮,右侧信息区域显示“正在检测目标单片机”,此时按下 51 核心板的电源开关,软件即可读取到芯片信息,并且显示“操作成功”字样。至此,51 单片机的开发环境搭建完毕。



图 1-26 STC-ISP 软件主界面

3. 常见问题及解决方法

(1) CH340 驱动无法安装: 先单击“卸载”按钮,卸载成功后再次安装。

(2) STC-ISP 无法检测到 CH340 设备: 确保驱动正确安装,确保 51 核心板正确连接到计算机;尝试更换 USB 数据线,确保线缆数据传输功能完好。尝试更换计算机上的 USB 接口,对于台式计算机,建议使用机箱背面的 USB 接口,确保该接口具有数据传输功能。

(3) STC-ISP 软件的“检测 MCU 选项”一直停留在正在检测单片机的状态: 一次尝试失败后,先单击“停止”按钮后再次尝试。确保先单击“检测 MCU 选项”按钮,然后按下 51 核心板的电源开关。如果仍然停留在检测单片机状态,则可尝试更换数据线或更换 USB 接口。

思考题

1. 什么是单片机？51 单片机有哪些分类？
2. 51 核心板上的 STC89 C52RC 芯片有哪些引脚？它们的作用是什么？
3. 什么是集成开发环境？常用的单片机开发环境有哪些？

应用实践

1. 按照 1.4.2 节的方法，搭建 51 单片机的开发环境。
2. 按照 1.4.3 节的方法，使用“检测 MCU 选项”功能读取芯片信息。