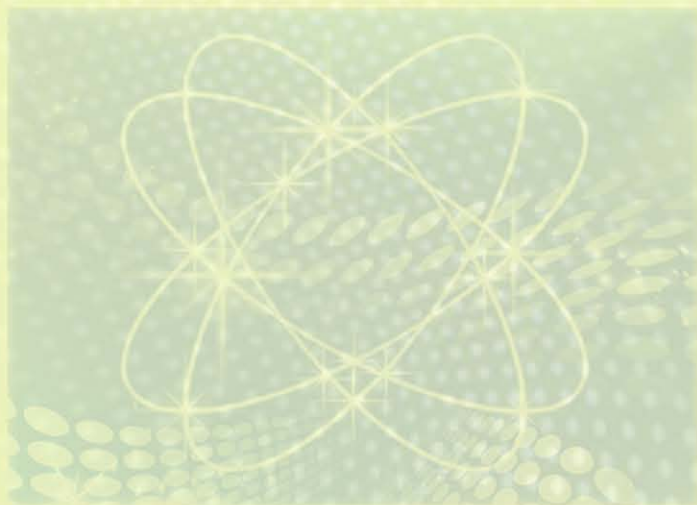


# 基于经典实例开发的单片机 快速入门指导手册

谭立新 曹延换 张卫兵 肖 成 著



北京理工大学出版社

# 基于经典实例开发的单片机 快速入门指导手册

谭立新 曹延焕 张卫兵 肖 成 著

图书在版编目 (CIP) 数据

基于经典实例开发的单片机快速入门指导手册 / 谭立新等著. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 5682 - 0317 - 3

I. ①基… II. ①谭… III. ①单片微型计算机 - 技术手册 IV. ①TP368.1 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 285371 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 400 千字

版 次 / 2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

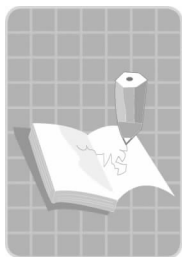
定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强



## 前言

亲爱的读者，如果你是一名单片机爱好者却又不大了解单片机，这本书将很适合你入门学习。和你以往看到的所有的入门单片机书都不同，它包含笔者根据个人兴趣爱好而编写的许多单片机应用案例，专门针对入门单片机的初学者而打造。它可以让你更快速地提高对单片机的应用能力。

### 简单、实用、有趣才是硬道理

一本入门的书其实要比其他的书更难写。要想引起学习者的兴趣，它可能需要简单，要想让学习者深入地学下去，它可能需要实用。对于入门级的读者，本书主要介绍一些入门级常用的知识点，学会这些知识点，读者便可以完成一些小工程项目的设计及应用。书中每个项目的案例都是由简单到中层次的难度，硬件的搭建也都是从最简单的原理和作用开始讲解，每个小案例的积累都将可能成为你今后的实用素材，书中最后一个项目还追加了由前面项目中小型案例组合而成的实用的工程设计应用。

### 图文与视频并茂

图片可以给读者带来新鲜的观感，文字部分基本理论加大量源码案例和详细的程序流程解说，为读者及时解决困惑。本书配有视频，书中无法用文字或图片来描述的东西都可以用视频来呈现，比如程序的下载、调试，编程思想和焊接制作过程，甚至一些无法在书中表达的其他话题等，都可以融入视频中，让你发现专业知识也可以如此简单。

### 技术主题的延伸

大部分单片机的入门书，都是在从头到尾讲述一款单片机资源或外扩硬件电路设计程序，但似乎还没有出现过以工程方式进阶入门的。当你有了技术，那只是一些花招，要达到一定的水准，你可能还要培养工程精神。因此，在学习每个项目的步骤中都必须带着工程设计思想，如果只是学习技术，那么你需要做的就是完成书中任务即可，可是工程设计需要你考虑各方面的技术问题。本书最后一个项目以一个入门后的学习者的角度，提供了一个可



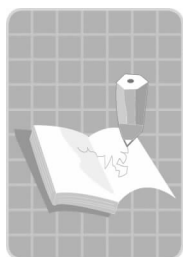
以自己 DIY 设计的工程小项目，以工程设计思想来向大家诠释需要完成多方面的工作，才能制作出属于你的个性作品。这个内容涵盖了电路设计、程序设计、问题申报、解决问题、结构设计、包装设计、焊接和组装等多项实训。

本书中每个步骤都由笔者亲自进行调试和组装至少两次以上，虽然技术基本过关，但实际上工程授学是一个很大的项目，笔者谨以对初学入门单片机者的考虑，提出一些基础知识和工程应用技巧。对于实际操作和应用需要多种技术，无法在一本书中完成所有的内容，故而还有很多方面不周全，另外文字方面和内容编排方面会有些不当的地方，还请读者们批评指正。

此书谨献给入门单片机的初学者、单片机爱好者。

谭立新 曹延焕 张卫兵 肖 成

2015 年 10 月



## CONTENTS

## 目 录

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| <b>项目一 基础工作——热身运动</b>             | ( 1 )  |
| 今天你用了多少微处理器?                      | ( 1 )  |
| 生活中含有微处理器的例子                      | ( 1 )  |
| 不同封装的 MCS - C51 核心单片机             | ( 1 )  |
| 使用单片机 ( 微处理器 ) 的神奇发明              | ( 2 )  |
| 步骤 1: 获得软件                        | ( 4 )  |
| 步骤 2: 安装软件                        | ( 5 )  |
| 步骤 3: 设置硬件和测试系统                   | ( 6 )  |
| 单片机入门知识与基本概念                      | ( 7 )  |
| 了解 C51 单片机引脚的功能                   | ( 11 ) |
| 下载器软件的使用                          | ( 14 ) |
| 授学方法大不同                           | ( 17 ) |
| <b>项目二 玩转 LED 灯</b>               | ( 19 ) |
| 指示灯                               | ( 19 ) |
| 知识准备——硬件                          | ( 19 ) |
| 知识准备——软件                          | ( 20 ) |
| 步骤 1: 制作和测试 LED 线路                | ( 20 ) |
| 步骤 2: 使用 C51 单片机进行开关控制            | ( 26 ) |
| 步骤 3: 计数和重复动作                     | ( 34 ) |
| 步骤 4: 建立视力保健灯线路                   | ( 37 ) |
| 步骤 5: 通过三极管来增加 LED 发光的亮度          | ( 40 ) |
| 步骤 6: I/O 复用驱动花样灯, 解说动态扫描和准双向 I/O | ( 48 ) |
| 步骤 7: 模拟七彩 LED 闪烁模式               | ( 57 ) |
| 你的设计项目——星空模拟                      | ( 66 ) |

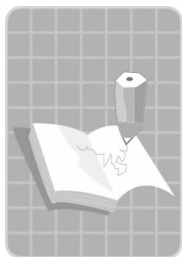


|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 项目三 扫描输入装置 .....          | ( 69 )  |
| 指示灯 .....                 | ( 69 )  |
| 知识准备——硬件 .....            | ( 69 )  |
| 知识准备——软件 .....            | ( 70 )  |
| 步骤 1：用 LED 线路测试按键 .....   | ( 70 )  |
| 步骤 2：一键一态程序 .....         | ( 72 )  |
| 步骤 3：一键两态程序 .....         | ( 74 )  |
| 步骤 4：一键多态程序 .....         | ( 76 )  |
| 步骤 5：一键多能程序 .....         | ( 80 )  |
| 步骤 6：两键组合功能 .....         | ( 83 )  |
| 步骤 7：两键调节 LED 亮度 .....    | ( 86 )  |
| 项目四 演奏乐谱 .....            | ( 92 )  |
| 知识准备——硬件 .....            | ( 92 )  |
| 知识准备——软件 .....            | ( 92 )  |
| 步骤 1：用 C51 单片机测试蜂鸣器 ..... | ( 92 )  |
| 步骤 2：测试蜂鸣器发出多种嘀嗒声 .....   | ( 94 )  |
| 步骤 3：蜂鸣器模拟电子琴的声音 .....    | ( 97 )  |
| 你的设计项目——触摸式电子琴 .....      | ( 103 ) |
| 项目五 控制运动 .....            | ( 105 ) |
| 知识准备——硬件 .....            | ( 105 ) |
| 知识准备——软件 .....            | ( 105 ) |
| 步骤 1：连接并测试电动机 .....       | ( 106 ) |
| 步骤 2A：S52 单片机看门狗的应用 ..... | ( 112 ) |
| 步骤 2B：条件编译语句的运用 .....     | ( 115 ) |
| 步骤 3：电动机的匀变速控制 .....      | ( 118 ) |
| 步骤 4：利用按键控制电动机 .....      | ( 122 ) |
| 你的设计项目——机器人控制 .....       | ( 126 ) |
| 项目六 应用传感元件 .....          | ( 129 ) |
| 知识准备——硬件 .....            | ( 129 ) |
| 知识准备——软件 .....            | ( 129 ) |
| 步骤 1：红外光电感应器线路测试 .....    | ( 129 ) |

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| 步骤 2A: 单片机的外部中断应用 .....                | (134)        |
| 步骤 2B: 掉电唤醒运用 .....                    | (139)        |
| 步骤 3: 光电感应器控制电动机 .....                 | (141)        |
| 你的设计项目——车载摇摆花灯 .....                   | (144)        |
| <b>项目七 舞动显示管 .....</b>                 | <b>(146)</b> |
| 知识准备——硬件 .....                         | (146)        |
| 知识准备——软件 .....                         | (147)        |
| 步骤 1: 建立并且测试七段显示 LED .....             | (147)        |
| 步骤 2: 显示数字 .....                       | (149)        |
| 步骤 3: 猜数字游戏 .....                      | (152)        |
| 步骤 4: 无序法驱动数码管亮度和数字渐变显示 .....          | (156)        |
| 你的设计项目——UFO 模拟 .....                   | (162)        |
| <b>项目八 搞定定时器 .....</b>                 | <b>(165)</b> |
| 知识准备——硬件 .....                         | (165)        |
| 知识准备——软件 .....                         | (165)        |
| 步骤 1: 定时器 2 可编程时钟输出制作电子琴 .....         | (169)        |
| 步骤 2: 运用定时器 1 扫描状态机按键 .....            | (173)        |
| 步骤 3: 定时器 0 测量脉宽时间并显示 .....            | (179)        |
| 你的设计项目——可编程延时开关 .....                  | (183)        |
| <b>项目九 小知识大应用 .....</b>                | <b>(186)</b> |
| 新型 C51 单片机的强大资源 .....                  | (186)        |
| 知识准备——硬件 .....                         | (186)        |
| 知识准备——软件 .....                         | (186)        |
| 步骤 1: 家居吊顶灯——EEPROM .....              | (186)        |
| 步骤 2: 安防闪烁灯——低速模式 .....                | (192)        |
| 步骤 3: 电量检测——ADC 检测 .....               | (196)        |
| 步骤 4: 呼吸灯——PWM 输出 .....                | (201)        |
| 其他资源扩展 .....                           | (206)        |
| 你的设计项目——童年的时光机 .....                   | (206)        |
| <b>项目十 DIY 工程——设计制作单体数码管电子时钟 .....</b> | <b>(208)</b> |
| 子系统整合 .....                            | (208)        |



|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| 单体数码管电子时钟设计 .....                     | (208)        |
| 程序设计功能要求 .....                        | (209)        |
| 解决方案 .....                            | (210)        |
| 函数分析 .....                            | (226)        |
| 测试功能 .....                            | (228)        |
| 问题申报 .....                            | (229)        |
| 新增掉电检测函数 .....                        | (230)        |
| 新增的掉电程序 .....                         | (231)        |
| 开始 DIY 你的样机 .....                     | (233)        |
| 扩展电源设计 .....                          | (233)        |
| 工程项目设计的课外话题 .....                     | (236)        |
| <b>附录 A 设备和零件列表 .....</b>             | <b>(239)</b> |
| <b>附录 B 可配本课本的主板元件和功能 .....</b>       | <b>(243)</b> |
| <b>附录 C 电池和电源 .....</b>               | <b>(245)</b> |
| <b>附录 D 关于电（电路）的更多知识 .....</b>        | <b>(247)</b> |
| <b>附录 E 移位实现乘除法运算 .....</b>           | <b>(254)</b> |
| <b>附录 F 面包板使用说明 .....</b>             | <b>(256)</b> |
| <b>附录 G STC 单片机的简单介绍和程序下载操作 .....</b> | <b>(257)</b> |
| 了解 STC89C52RC 单片机引脚 .....             | (257)        |
| 程序的下载 .....                           | (258)        |
| <b>附录 H 本书配套视频教程分解 .....</b>          | <b>(261)</b> |



## 项目一

### 基础工作——热身运动

#### 今天你用了多少微处理器？

微处理器是一种小型计算机，又称为单片机，可以在各种电子产品中找到。图 1-1 中是一些常见的生活用品中含有微处理器的例子。如果它有按键和数字显示，那它很有可能有一个可编程的微处理器大脑。



图 1-1 生活中含有微处理器的例子

#### 生活中含有微处理器的例子

试着找出日常生活中有多少设备里带有微处理器。这里有一个例子：假如闹钟响起，而你按下“贪睡”按键想再睡一会儿，那么一天当中你做的第一件事就是与微处理器互动。用手机打电话和用手柄玩游戏也包含了操纵微处理器，这只是开始。还有一些例子：用遥控器打开电视机；看数字手表上的时间；使用计算器；用微波炉来加热食品。操作所有的这些设备都是微处理器在与你互动。

#### 不同封装的 MCS - C51 核心单片机

如图 1-2 所示，左边第一个为 DIP20 封装的 AT89C2051 单片机，第二个为 DIP40 封装的 AT89S52 单片机，右边最上边的是 PLCC44 封装的 AT89C51 单片机，而下方左边是一个 SOP20 封装的 STC12LE2052 单片机，其右边是一个 QFP44 封装的 AT89S52 单片机，这个 QFP44 封装的 AT89S52（STC89C52RC）单片机就是我们入门板中学习的封装型号。其中

DIP 封装的零件都是插件，而余下的都是表面贴片焊接的封装零件。

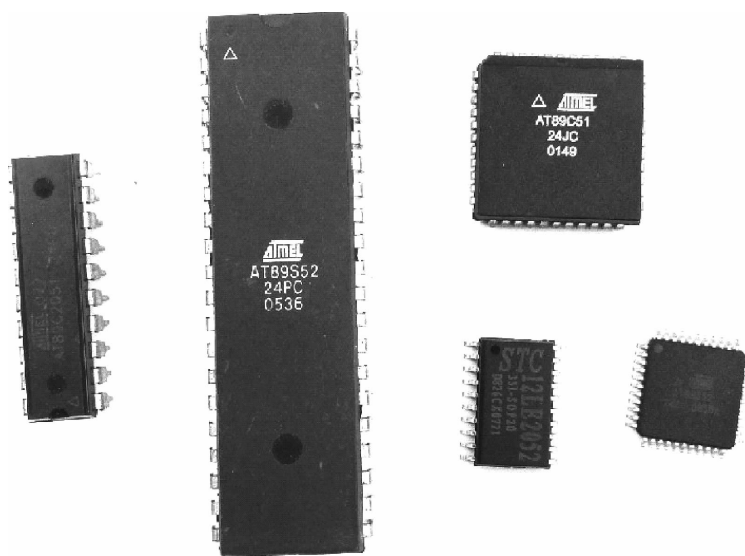


图 1-2 不同封装的单片机

## 使用单片机（微处理器）的神奇发明

消费性产品不是唯一包含了微处理器的物件。机器人、机械装置、航天设计和其他高科技设备也都含有微处理器，下面来看一些使用单片机的例子吧！

机器人被设计成能做各种各样的事情，如帮助学生学习更多关于微处理器的知识、割草或解决复杂的机械问题等。图 1-3 展示了两个机器人，可以使用 MCS - C51 读取传感器，控制电动机，以及与其他计算机（或单片机）进行交流。图 1-3（a）所示的机器人是笔者供职在科瑞迪教育发展有限公司开发的伯特教育机器（KC - E336），当你学完伯特教育机器人标配的书本后，就可以用伯特教育机器人来解决书中的问题了。

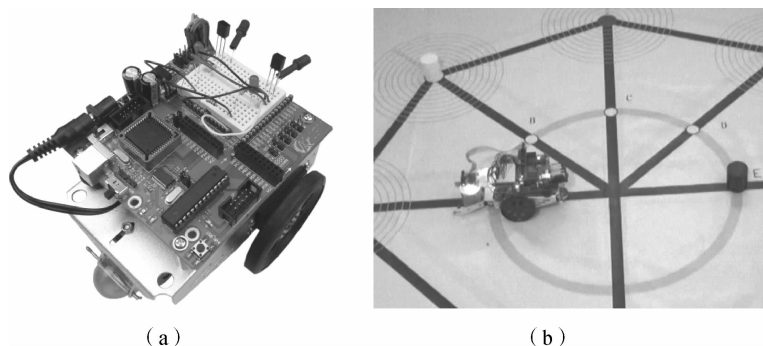


图 1-3 教育机器人

图 1-3（b）所示的机器人由一组来参加第一届机器人大赛的学生完成。机器人大赛每年的主题都不一样，第一届的主题是看哪一组的机器人能以最精准的动作搬运不同颜色的色块。

其他机器人可以解决复杂的问题，如图 1-4（a）展示的自主远程飞行机器人。它将会使用微处理器来和全球卫星定位系统通信，这样，机器人就可以知道它的位置和高度。微处理器也会读取水平高度传感器中的内容，以控制电动机使机器人能平稳地飞行。图 1-4（b）所示的机械是由新加坡的一位大学教授开发的。为了让它能更加精密地移动，上面载有超过 50 个微处理模组，模组间有着精密的连接网。

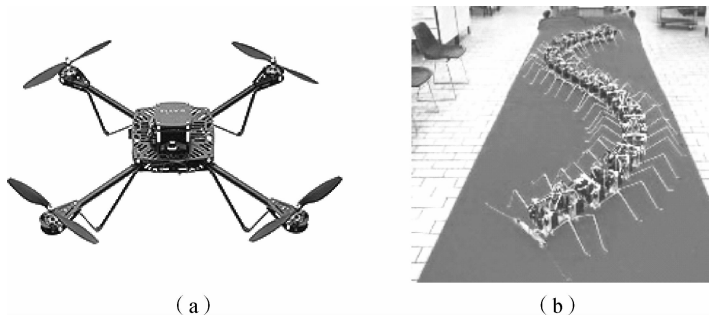


图 1-4 包含微处理器的测试机器人

通过微处理器的帮助，机器人同样可以处理一些日常琐事，如打扫卫生。图 1-5 展示了清扫机器人在内嵌单片机的帮助下，在房子的范围内移动，还可以感应障碍物并控制电动机让其避开。



图 1-5 清扫机器人

微处理器还用于科研、高科技及航空领域。例如，图 1-6（a）展示的气象台，用于收集关于环境如何影响珊瑚礁减少的数据。图 1-6（b）是一个水下勘测设备，它的动力、拍摄以及照明都是由微处理器控制。图 1-6（c）是在私人火箭升空比赛中拍摄的。从家用到科研和航天器件，当你着手于这里介绍的这些项目时，就需要微处理器。通过本书的学习，可知高科技发明是如何通过一系列的模块构建起来的。你将会学到如何建立显示线路、传感器及位移控制器；还会学到如何连接这些线路到单片机，并编写程序，使这个装置能控制显示、从传感器收集数据以及控制移动。在这个过程中，你将学到许多重要的电气和编程概念与技巧。当你完成时，也许会发现自己能设计、发明些小玩意儿了。图 1-7 所示是笔者设计提供参考的作品。

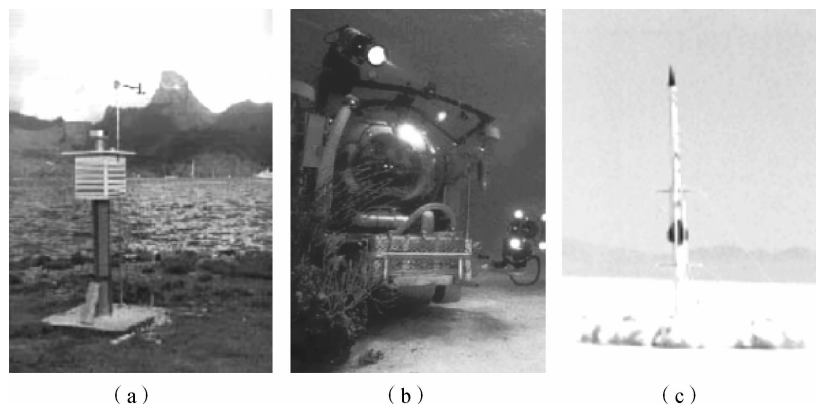


图 1-6 高科技和航空领域的微处理器实例

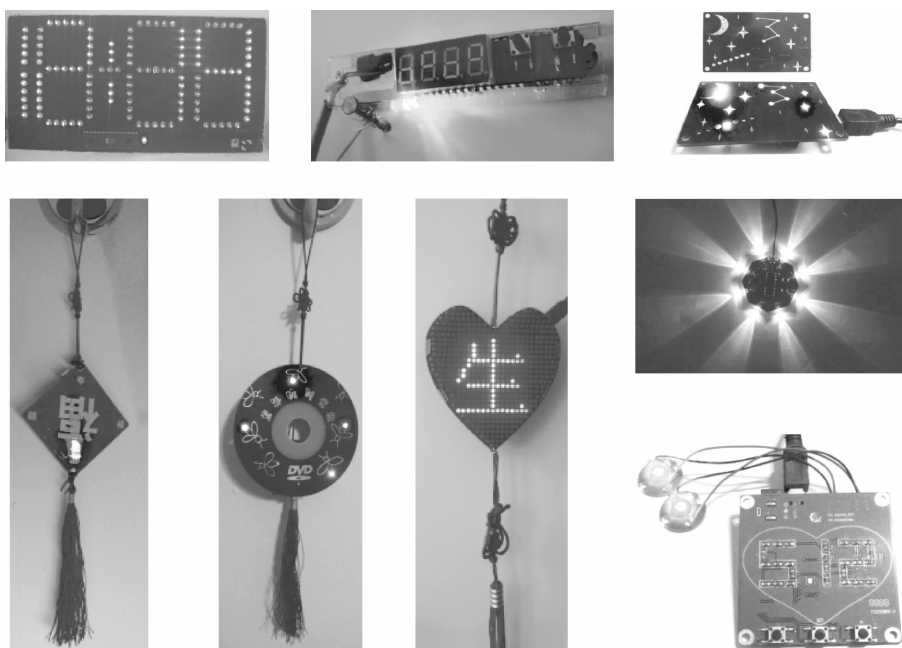


图 1-7 设计展示图

## 硬件和软件

开始学习 MCS - C51 就如同开始学习新品牌的计算机。首先是从包装中取出来并连接好，然后安装并调试一些程序，甚至需要自己编写一些程序。如果你是第一次使用 MCS - C51 单片机，则要执行以下所有操作步骤。如果你参加培训，硬件部分可能已经为你准备好了。如果是这样，你的导师可能会给你这部分的介绍；否则，本项目将带领你安装并运行你的 MCS - C51 微处理器。

## 步骤 1：获得软件

大部分的步骤和项目中都将会用到 4.0 或更高版本的 Keil 编译器。你将运用这个软件编写

程序以运行 MCS - C51 单片机。



MCS - C51 的编译器是一个免费软件，有两种途径获得：

- 从网络下载。可以用网络任何浏览器引擎搜索 Keil 编译器，自己选定一款 Keil 编译软件即可。
- 教学光盘。遵循软件安装页面执行。

很急吗？安装好 Keil 编译器版本 4.0 或更高新版，然后跳到步骤 3。

如果中间有问题，则步骤 1 将一步步告诉你如何获得软件，步骤 2 则会告诉你如何安装软件。

系统需求：

你将需要一台 PC 或笔记本以运行 Keil 编译器软件。所需配置如下：

- Windows XP 以上的操作系统。
- 一个 USB 2.0 接口。
- 一个 CD - ROM（光驱），支持网络。
- 最好匹配桌面音箱。

从 CD 中得到软件：

从网络下载的途径有很多种，这里不做介绍。也可以从 CD 安装 Keil 编译器。

①将 CD 放入光驱内，CD 的欢迎页面如图 1 - 8 所示。

②如果没有自动出现欢迎页面，双击“我的计算机”（计算机），再双击光驱图标，最后双击 autorun. exe 文件。

③单击图 1 - 8 所示的“软件链接”。

④在弹出的文件夹中打开 Keil 编译器文件夹，双击图 1 - 9 中的 C51V901. exe 文件。

⑤开始步骤 2：安装软件。

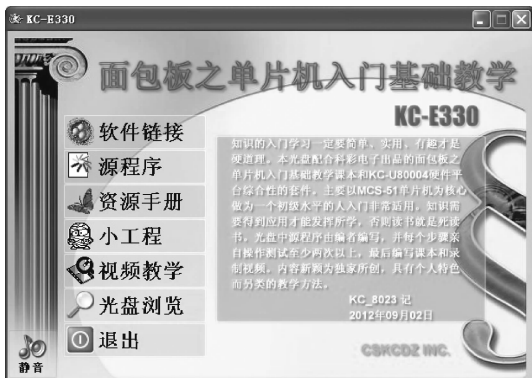


图 1 - 8 安装文件



图 1 - 9 CD 欢迎主界面

## 步骤 2：安装软件

软件安装很简单，与安装其他软件过程一样。

①执行 C51V901. exe 安装程序。

②在后续出现的窗口中单击“同意”“下一步”按钮，再填写一些信息，将程序默认安装到 C 盘即可。

③安装过程中如有问题，请参考光盘中的视频演示。

## 步骤 3：设置硬件和测试系统

MCS - C51 单片机需要连接到电源才能运行，还需要连接到 PC 才能编程。完成这些连接后，就可以使用 C51 单片机入门板测试系统，以下步骤将告诉你怎么做。

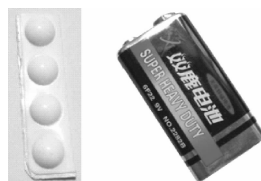
### 介绍 C51 入门板和 C51/AVR/Arduino 控制器



如果想深入了解两个板的零件及其各自的功能，可以参考附录 B。

硬件需求：

- (1) C51 入门板或 C51/AVR/Arduino 控制器。
- (2) 9 V 电池或 4 节 1.5 V 5 号干电池（含电池盒）。
- (3) 4 个黏性橡胶垫。
- (4) USBasp 下载器。



请用一节全新的 9 V 电池或 4 节 1.5 V 5 号干电池。

使用快用完的电池可能会产生问题，请用全新的碱性电池或最近才充完电的充电电池或电源适配器。



注意：在使用交流电转接器或直流供应器之前，请先查阅“附录 C 电池和电源”。

硬件连接：入门板和控制器板都附有图 1 - 10 所示的 4 个橡胶垫。这些橡胶垫需要安装在电路板下面。

将橡胶垫取出，如图 1 - 11 所示，粘在电路板背面的圈圈标示处或背面 4 个角落孔的附近。



图 1 - 10 橡胶垫

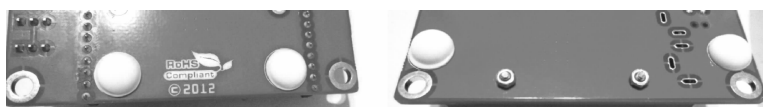


图 1 - 11 橡胶垫贴在电路板的背面

接下来，将电池或电源以及下载器连接上电路板，下载器通过 USB 线连接台式计算机或笔记本式计算机的 USB 口。图 1 - 12 所示为入门板的电池和下载器连接电路。

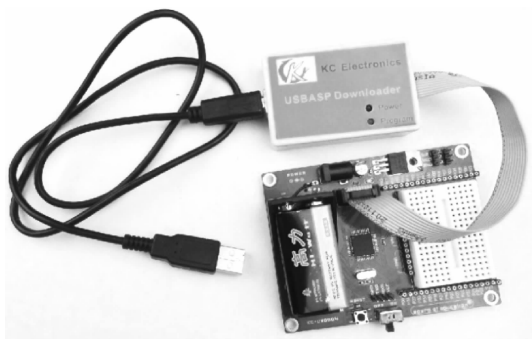


图 1-12 入门板的电池和下载器连接



注意：如果入门板上已经接上了 9 V 电池，那么在桶形插座上不能再接入一个电源适配器；否则可能损坏电池或电源适配器。入门板中只能有一个电源供电。

如果使用的是 C51/AVR/Arduino 控制器来学习入门知识，那么它的连接如图 1-13 所示。

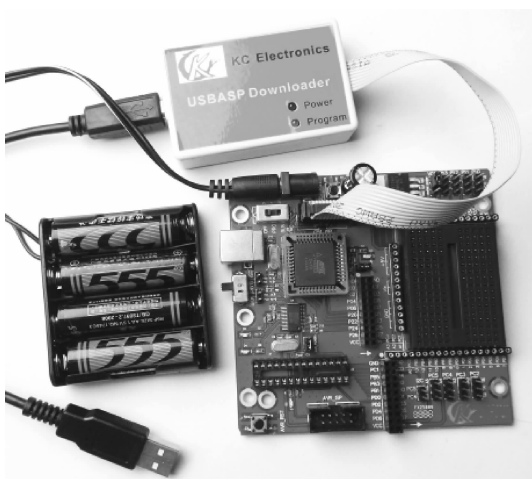


图 1-13 C51/AVR/Arduino 控制器的电池和下载器连接

### 上电测试

将电源开关打开，应该可以看到电路板中的电源指示灯点亮，如果不亮说明电池没有接好或电路板存在问题。

入门板的电源开关拨动到 ON 位置为打开电源，对于 C51/AVR/Arduino 控制器则拨到 2 或 PRO 位置即可打开电源测试供电是否正常。

## 单片机入门知识与基本概念

### 单片机系统

一个单片机系统就是一个微型计算机。个人计算机一般由以下几个主要部分构成：



- (1) 中央处理器 (CPU)，负责算术运算和逻辑运算以及对系统其他设备进行控制。
- (2) 存储器，用于存储数据和程序。
- (3) 输入/输出 (I/O) 设备，系统与外界交换数据的通道。

在个人计算机上，这些部分被分成若干独立芯片或模块，安装在主板上。而单片机中，这些部分全部被集成到一颗芯片中了，所以称为单片机（单芯片）。可谓是：麻雀虽小、五脏俱全。

## 存储器

单片机的一个主要作用就是数据信息的处理，而在处理数制的过程中，需要一些“容器”来存放这些数据。这就好比烧饭要用锅具一样。这里称这些“容器”为“存储器”。

存储器实质是一组或多组具备数据输入/输出和数据存储功能的集成电路，用于充当设备缓存或保存固定程序及数据。存储器按存储信息功能的不同，可以分为只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (RAM)。

ROM 中的信息一次写入后只能被读出，而不能被操作者修改或删除。一般用于存放固定的程序或数据表格等。当然“只读”这个“传统”的概念有时是可以被一些新特性的器件颠覆的。下面介绍的这两种类型的 ROM 就可以使用适当的方法进行擦除或改写。

EEPROM，与一般 ROM 的不同点在于，它可以用特殊的装置擦除或重写其中的内容。

Flash，闪存又称为 EPROM，它是完全非易失的，可以在线写入，也可以按页连续字节写入，读出速度快。

RAM 就是平常所说的内存，主要用来存放各种现场的输入/输出数据、中间计算结果以及外部存储器交换信息，它的存储单元根据需要可以读出或改写。RAM 只能用于暂时存放程序和数据，一旦电源关闭或发生断电，RAM 中的数据就会丢失。而 ROM 中的数据在电源关闭或断电后仍然会保留下来。

## I/O 口

I/O 口是单片机与外界联系的通道，它可对各类外部信号（开关量、模拟量、频率脉冲信号）进行检测、判断、处理，并可以控制各类外部设备。单片机通过 I/O 口感知外界的存在，而外界也通过 I/O 口感知单片机的存在。

现在的单片机 I/O 口已经集成了更多的特性和功能。因此，在学习一款单片机时，需要先了解其 I/O 口具有哪些特性和特殊的应用功能（不同的单片机有所差别），并因地制宜设计外围电路，编写控制软件，充分发挥 I/O 口的优势。

### (1) 输入/输出概念。

大多数 I/O 口都是双向三态的。根据具体情况可以分为输入口和输出口，输入口用来读取外部输入的电平信号，输出口则用于对外输出一个电平信号。有些单片机（如 AVR）允许设置 I/O 口的输入/输出状态，这样做的好处是可以让 I/O 口适应更多的应用环境；当 I/O 口处于输入状态时，对外表现为“高阻态”；而当 I/O 口处于输出状态时，对外可以提