

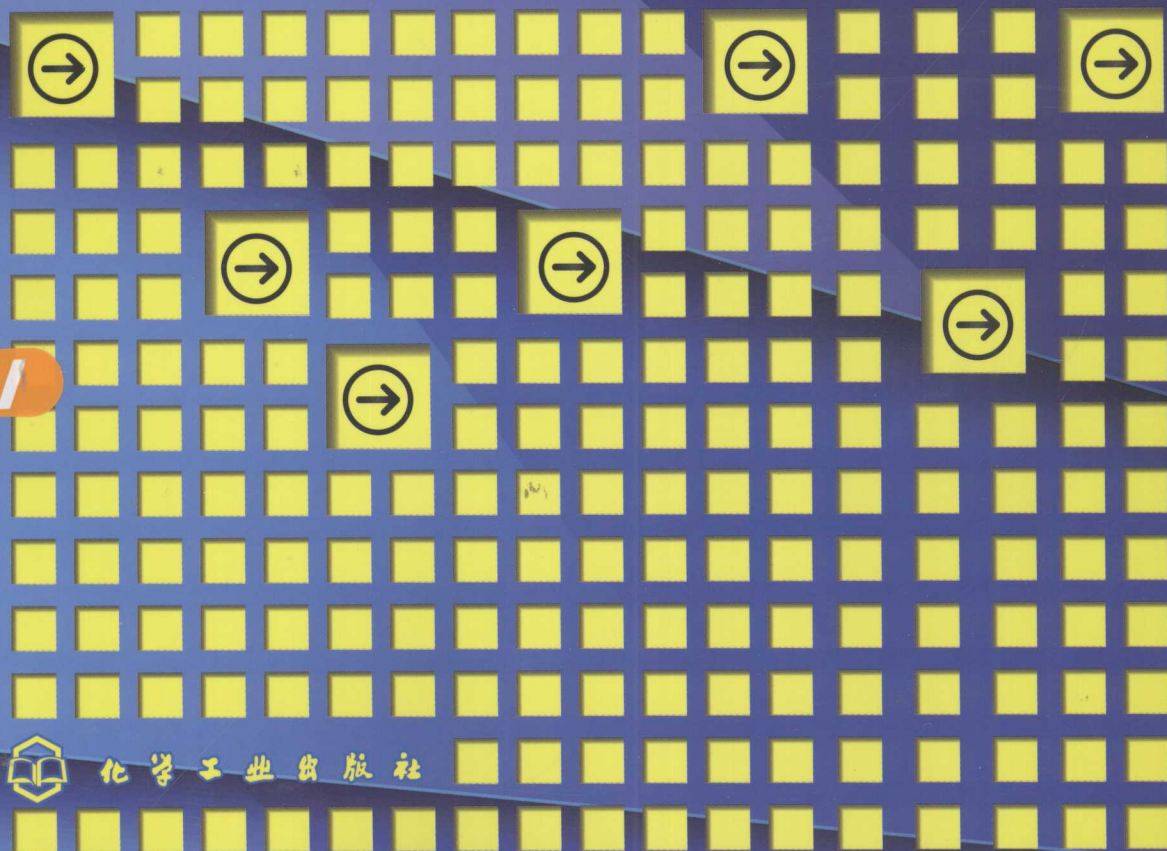
QINGSONG XUE TONG

51 XILIE DANPIANJI

# 轻松学通

## 51系列单片机

李静 编著



化学工业出版社

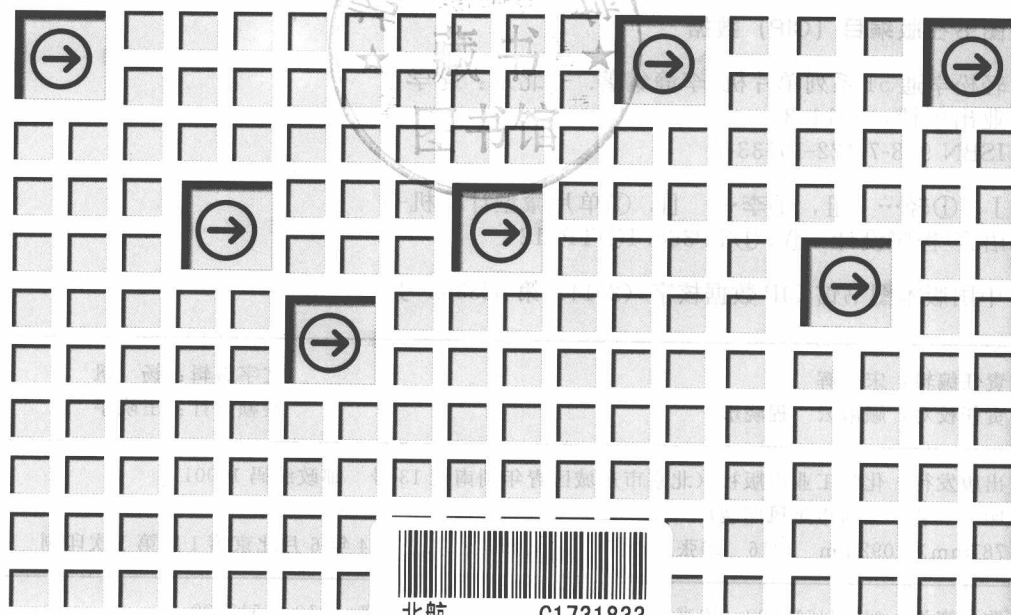
014043547

TP368.1  
840

轻松学通

# 51系列单片机

李静 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

TP368.1  
840

图书在版编目 (CIP) 数据

轻松学通 51 系列单片机/李静编著. —北京: 化学工业出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-122-19733-7

I. ①轻… II. ①李… III. ①单片微型计算机-C 语言-程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 023392 号

---

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 杨 帆

责任校对: 顾淑云 程晓彤

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 445 千字 2014 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

单片机技术早已广泛用于各行各业，它不仅为产品的升级换代提供了有力的保障，也为人们的日常生活提供着极大的便利，使家居生活和家电用品向智能化和多媒体方向发展。此外，使用单片机进行的小制作也在丰富着广大电子爱好者的生活。

为了帮助单片机初学者轻松入门，快速掌握编程方法，我们选择最常用的 51 系列单片机为例编写本书。

本书按知识结构来划分，可分为入门知识、程序编译、单片机基本应用、多媒体技术和综合应用。

第 1 章和第 2 章是入门知识，主要介绍单片机的基本知识及常规的开发工具及应用，从而为整个学习过程做好准备工作。本书的内容组织均是建立在 51 单片机的基础上，尤其是以 STC 单片机为主要实验芯片。

第 3 章是程序编译，介绍在 Keil 环境下用 C 语言对 51 单片机进行程序编译和调试。

第 4 章和第 5 章是单片机基本应用，主要介绍用单片机内部的输入/输出、定时/计数器、串行通信等功能实现单片机的基本应用。

第 6 章至第 8 章是多媒体技术，介绍在单片机环境下的多媒体实现技术，主要涉及 TFT 液晶屏的汉字显示、波形绘制、图片显示及两种音频信号的播放技术。

第 9 章是综合应用，介绍了下载型振动闹钟、逻辑电路模拟及检测装置、家居安防系统及网络环境下数据采集系统等 4 个应用实例，供读者拓展思路、开发视野。

本书由李静编著，张阳、李广鹏、马惠来、马宏、卞长迪、郑琦、王命达、陈香凝、李鸿鹏和杜强等为本书编写提供了资料，在成书的过程中还得到了张铮博士的许多帮助，以及赵洁女士的大力支持，在此一并表示真诚的感谢。

由于水平所限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者予以批评和指正。

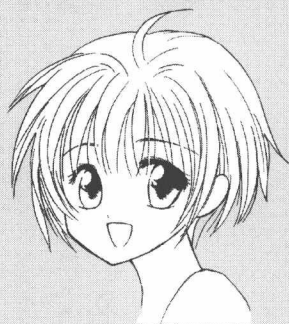
编著者

# 轻松学通

## 51系列单片机

亲爱的读者，您好，感谢您对《轻松学通 51 系列单片机》一书的阅读，如果您是一名电子爱好者，希望它能为您带来亲手制作的快乐；如果您是一位电子行业的从业者，希望它能为您带来有益的帮助。

朋友们，我是夕夕，在全书的阅读中，我将伴随您的整个浏览历程。好了，就让我们开始这一旅程吧！



|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 单片机知识 .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 初识单片机 .....            | 2         |
| 1.1.1 单片机概念 .....          | 2         |
| 1.1.2 单片机应用领域 .....        | 4         |
| 1.2 51 系列单片机 .....         | 5         |
| 1.3 STC 单片机 .....          | 6         |
| 1.3.1 按内部性能划分 .....        | 6         |
| 1.3.2 按封装形式划分 .....        | 6         |
| <b>第 2 章 开发工具及应用 .....</b> | <b>10</b> |
| 2.1 硬件开发工具 .....           | 11        |
| 2.1.1 实验元器件 .....          | 11        |
| 2.1.2 实验工具 .....           | 17        |
| 2.1.3 下载工具 .....           | 23        |
| 2.1.4 开发板 .....            | 24        |
| 2.2 软件开发工具 .....           | 24        |
| 2.2.1 编译工具 .....           | 24        |
| 2.2.2 辅助工具 .....           | 25        |
| 2.2.3 线路设计与制板工具 .....      | 28        |
| 2.2.4 系统开发设计工具 .....       | 29        |
| <b>第 3 章 单片机程序编译 .....</b> | <b>33</b> |
| 3.1 Keil 简介 .....          | 34        |
| 3.2 C 语言编程 .....           | 35        |
| 3.2.1 基本数据类型 .....         | 35        |
| 3.2.2 运算符与表达式 .....        | 37        |
| 3.2.3 数组与指针 .....          | 40        |
| 3.2.4 流程控制 .....           | 40        |
| 3.2.5 函数 .....             | 43        |
| 3.3 程序编辑与编译 .....          | 45        |
| 3.3.1 程序编辑 .....           | 45        |

|       |              |    |
|-------|--------------|----|
| 3.3.2 | 程序编译 .....   | 52 |
| 3.4   | 程序调试 .....   | 53 |
| 3.4.1 | 软件模拟调试 ..... | 54 |
| 3.4.2 | 硬件仿真调试 ..... | 56 |
| 3.5   | 程序下载 .....   | 58 |

## 第4章 最小系统构建 ..... 65

|       |                |    |
|-------|----------------|----|
| 4.1   | 最小系统构造 .....   | 66 |
| 4.1.1 | STC 单片机 .....  | 66 |
| 4.1.2 | 单片机最小系统 .....  | 68 |
| 4.1.3 | 构建最小系统 .....   | 69 |
| 4.2   | 最小系统程序测试 ..... | 72 |
| 4.2.1 | 测试程序编译 .....   | 72 |
| 4.2.2 | 程序虚拟测试 .....   | 73 |
| 4.3   | 下载功能实现 .....   | 73 |
| 4.3.1 | 下载工具制作 .....   | 73 |
| 4.3.2 | 程序下载与测试 .....  | 75 |

## 第5章 基本接口及使用 ..... 76

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 5.1   | 输入/输出口 .....      | 77  |
| 5.1.1 | I/O 端口 .....      | 77  |
| 5.1.2 | 工作模式 .....        | 77  |
| 5.1.3 | 输出类实验 .....       | 77  |
| 5.1.4 | 输入类实验 .....       | 99  |
| 5.1.5 | 制作彩色瀑布 .....      | 109 |
| 5.2   | 定时/计数器 .....      | 112 |
| 5.2.1 | 定时/计数器介绍 .....    | 112 |
| 5.2.2 | 工作模式 .....        | 112 |
| 5.2.3 | 相关寄存器 .....       | 113 |
| 5.2.4 | 定时/计数器 T2 .....   | 114 |
| 5.2.5 | 计数器实验 .....       | 117 |
| 5.2.6 | 计时器实验 .....       | 120 |
| 5.2.7 | 交通灯实验 .....       | 121 |
| 5.3   | 中断功能及使用 .....     | 123 |
| 5.3.1 | 中断与中断源 .....      | 123 |
| 5.3.2 | 中断寄存器及中断优先级 ..... | 123 |
| 5.3.3 | 中断响应处理 .....      | 125 |
| 5.3.4 | 应用定时/计数器中断 .....  | 125 |

|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 5.4          | 串行通信 .....             | 127        |
| 5.4.1        | 通用串行口 .....            | 127        |
| 5.4.2        | 串行工作模式 .....           | 128        |
| 5.4.3        | 串口相关寄存器 .....          | 128        |
| 5.4.4        | 串行通信参数设置 .....         | 129        |
| 5.4.5        | 单片机通信 .....            | 129        |
| 5.4.6        | RS232 通信 .....         | 133        |
| 5.4.7        | RS485 通信 .....         | 135        |
| 5.4.8        | RS232/485 通信转换 .....   | 138        |
| 5.5          | 看门狗 .....              | 139        |
| 5.5.1        | 相关寄存器 .....            | 139        |
| 5.5.2        | 看门狗测试 .....            | 140        |
| <b>第 6 章</b> | <b>TFT 显示屏应用 .....</b> | <b>151</b> |
| 6.1          | TFT 显示屏 .....          | 152        |
| 6.1.1        | TFT 显示屏简介 .....        | 152        |
| 6.1.2        | NH035DN01 显示屏 .....    | 152        |
| 6.1.3        | NH035DN01 接口 .....     | 153        |
| 6.1.4        | NH035DN01 用法 .....     | 154        |
| 6.2          | 图形绘制 .....             | 155        |
| 6.2.1        | 点线面绘制 .....            | 155        |
| 6.2.2        | 绘制直线 .....             | 159        |
| 6.2.3        | 绘制圆形 .....             | 161        |
| 6.2.4        | 绘制圆环 .....             | 162        |
| 6.2.5        | 绘制扇形 .....             | 162        |
| 6.2.6        | 绘制曲线 .....             | 163        |
| 6.3          | 图片显示 .....             | 164        |
| 6.3.1        | 图片获取 .....             | 164        |
| 6.3.2        | 图片存储与再现 .....          | 165        |
| 6.4          | 文字显示 .....             | 168        |
| 6.4.1        | 字符显示 .....             | 168        |
| 6.4.2        | 汉字显示 .....             | 169        |
| 6.4.3        | 中英文混排 .....            | 172        |
| 6.5          | 菜单制作 .....             | 173        |
| 6.5.1        | 菜单支持 .....             | 173        |
| 6.5.2        | 菜单控制 .....             | 174        |
| 6.6          | 特效制作 .....             | 175        |

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| <b>第 7 章 音频应用 .....</b>      | <b>185</b>     |
| 7.1 电子乐曲演奏 .....             | 186            |
| 7.1.1 MIDI 简介 .....          | 186            |
| 7.1.2 乐曲演奏线路 .....           | 186            |
| 7.1.3 乐曲演奏程序 .....           | 187            |
| 7.2 语音录放 .....               | 189            |
| 7.2.1 WAVE 简介 .....          | 189            |
| 7.2.2 语音录放线路 .....           | 189            |
| 7.2.3 语音录放程序 .....           | 191            |
| <br><b>第 8 章 多媒体应用 .....</b> | <br><b>199</b> |
| 8.1 万年历式电子时钟 .....           | 200            |
| 8.1.1 工作原理 .....             | 200            |
| 8.1.2 器件与线路 .....            | 200            |
| 8.1.3 程序设计 .....             | 201            |
| 8.1.4 功能测试 .....             | 209            |
| 8.2 温/湿度语音播报 .....           | 209            |
| 8.2.1 工作原理 .....             | 209            |
| 8.2.2 器件与线路 .....            | 210            |
| 8.2.3 程序设计 .....             | 211            |
| 8.2.4 功能测试 .....             | 213            |
| 8.3 数码相册 .....               | 214            |
| 8.3.1 工作原理 .....             | 214            |
| 8.3.2 器件与线路 .....            | 214            |
| 8.3.3 程序设计 .....             | 214            |
| 8.3.4 功能测试 .....             | 219            |
| <br><b>第 9 章 综合应用 .....</b>  | <br><b>220</b> |
| 9.1 下载型振动闹钟 .....            | 221            |
| 9.1.1 设计目标及工作原理 .....        | 221            |
| 9.1.2 硬件设计 .....             | 221            |
| 9.1.3 程序设计 .....             | 222            |
| 9.1.4 功能测试 .....             | 227            |
| 9.2 逻辑电路模拟及检测装置 .....        | 228            |
| 9.2.1 设计目标及工作原理 .....        | 228            |
| 9.2.2 器件与线路 .....            | 229            |
| 9.2.3 程序设计 .....             | 230            |

|            |                   |     |
|------------|-------------------|-----|
| 9.2.4      | 功能测试 .....        | 242 |
| 9.3        | 家居安防系统 .....      | 242 |
| 9.3.1      | 设计目标及工作原理 .....   | 242 |
| 9.3.2      | 硬件设计 .....        | 245 |
| 9.3.3      | 程序设计 .....        | 246 |
| 9.3.4      | 功能测试 .....        | 251 |
| 9.4        | 网络环境下数据采集系统 ..... | 251 |
| 9.4.1      | 设计目标及工作原理 .....   | 251 |
| 9.4.2      | 硬件设计 .....        | 252 |
| 9.4.3      | 程序设计 .....        | 253 |
| 9.4.4      | 配置与测试 .....       | 257 |
| 参考文献 ..... |                   | 259 |

轻松学通  
51系列单片机第 1 章  
单片机知识

你是否有过这样的幻想：我要凭借自己的实力打造一台属于自己设计的计算机。掌握好单片机方面的知识将有助于你实现这一梦想，因为单片机与电脑都同属于微型计算机。另外，单片机同电脑相比，也更易于自行设计与制作。本章主要为大家介绍单片机方面的基本知识。

## 本章导读



- ◆ 单片机概念
- ◆ 单片机应用领域
- ◆ 51 系列单片机
- ◆ STC 单片机等



## 1.1 初识单片机

### 1.1.1 单片机概念

在日常生活中，电脑已不再是什么稀奇的东西。那么你是否曾幻想有朝一日凭着自己的实力来设计并打造一台完全属于自己的计算机呢？

你可能会说：嗨，不就是自己组装电脑吗，这没什么。买上主板、硬盘、显卡、机箱及电源等，然后插在一起就行了。

请注意，这里说的可不是组装电脑，而是指自己设计和打造一台计算机。这可不同于组装电脑，它是板卡级的设计，可没那么简单。此外，这种设计还包括相关软件的设计，因此要想把这些变成现实，单凭自己的能力简直是无法想象的事情。



原来涉及这么多内容！

你可能会说：还是放弃这种不切实际的幻想吧。

不必灰心，学好单片机知识将有助于我们开启这扇梦想之门，那么什么是单片机呢？

单片机的全称是单片微型计算机（Single Chip Microcomputer），它与我们常说的电脑（通用微型计算机）是属于同一层级的，都从属于微型计算机的范畴。然而，两者却有着各自不同的发展方向。单片机与电脑在数字计算机中所处层级如图 1-1 所示。

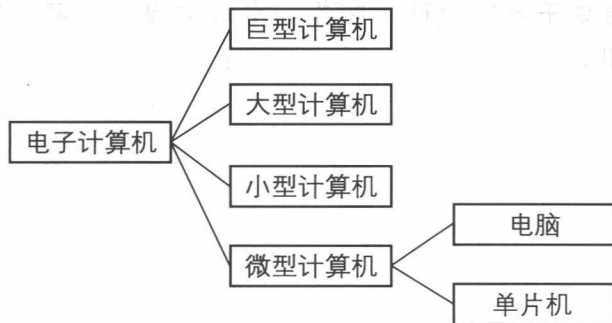


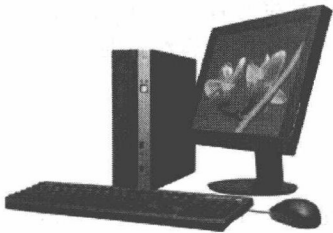
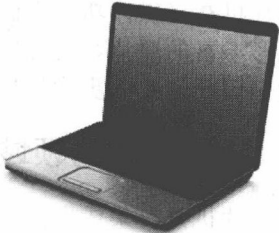
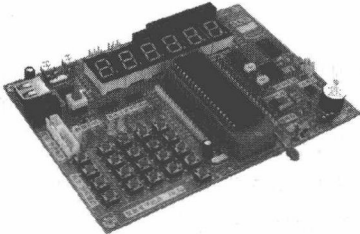
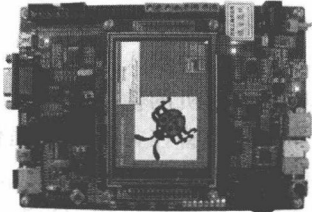
图 1-1 单片机与电脑所处层级图

电脑的特点在于它的通用性，在基本功能结构不发生较大变化的情况下，它是通过程序软件的变化来实现不同的功能。而单片机的特点则在于它的灵活性和专用性，其实在电脑中存在着大量的单片机身影，如硬盘、软驱、光驱及键盘等多数都是以单片机为控制核心的。

那么单片机与电脑在外观形式有何区别呢？

常规的单片机和电脑的外观形式见表 1-1。

表 1-1 常规单片机与电脑外观

|     |                                                                                   |                                                                                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 脑 |  |  |
| 单片机 |  |  |

单片机在不同环境下，具有两种不同的含义。当其在指某个具体的物质时，它代表 CPU 芯片；而其用于泛指时，是代表单片机装置或应用技术。因此在学习过程中，应对两者的不同含义清楚地加以区分。

例如人们在选购电脑时，常会提及某个电脑是双核或是多核，这里所指的主体其实就是电脑的 CPU。通常 CPU 的性能越好，电脑的处理能力就越强，这是成正比的。那么电脑的 CPU 与单片机的 CPU 有何差别呢？

由于电脑是通用型微机，所以它的 CPU 更侧重于数据的处理能力，它具有处理数据量大、处理速度快、运算能力强的特点。正是因为电脑处理的数据量大，所以电脑往往离不开硬盘、光驱等大容量数据存储装置。

作为单片机，它的 CPU 虽然也具有一定的数据处理能力，但它所侧重的则是对外部设备的控制处理能力，因此在其内部往往集成有中央处理单元、程序存储器、输入/输出接口、可编程定时器/计数器、串行通信口等功能单元，由于它集成度高、体积小，因此也常被称为微控制器（Microcontroller）。

电脑与单片机的基本输入/输出设备比较见表 1-2。

表 1-2 基本输入/输出设备比较表

| 设备类别 | 电 脑       | 单 片 机     |
|------|-----------|-----------|
| 输入设备 | 键盘        | 独立式、阵列式按键 |
| 输出设备 | CRT、液晶显示器 | 数码管、液晶屏   |

两者除了在硬件方面的差异性，其在软件方面也存在着很大的差异。电脑的操作运行离不开强大的操作系统的支持，如 Windows XP 等。其在具体功能的使用上，则靠具体的功能软件，例如对文本的编辑可采用 Word 软件。而单片机的运行管理，则是靠监控管理程序。监控管理程序较之于操作系统来说，可谓是十分娇小，它常常靠单片机片内的程序存储器即可存放。

由于单片机的监控系统远不如电脑的操作系统那样强大，那么是否我们就可以藐视单片机的能力呢？

答案是否定的，按单片机的处理方式不同我们完全有理由将其划分为 DOS 层级（数码

管显示或字符型液晶显示)、Windows 层级(触摸式菜单操作及图像绘制功能等)和多媒体层级,单片机在多媒体功能方面同样可以让机器演奏音乐、实现语音播报,也可以在屏幕上显示出色彩丰富的照片,具有这些开发潜力的单片机是否激起你极大的学习兴趣了呢?那就赶快让我们迈开学习的步伐吧!

## 1.1.2 单片机应用领域

由于单片机具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低、稳定可靠等优点,因而其应用广泛并遍布各个领域。

### (1) 科技制作

由于单片机的步入门槛低,因此它在校园的学生科技立项、科技制作中,往往是首选的开发工具,单片机的使用可以大大增强作品的科技含量。此外,使用单片机易于进行声、光、电等信号的管控,便于增强作品的表现力,从而激发学习的兴趣。

各种层级的制作大赛也极大地提高了单片机技术的普及,例如在智能车、智能机器人的竞赛中就是采用单片机作为控制核心,图 1-2 即为所示作品。

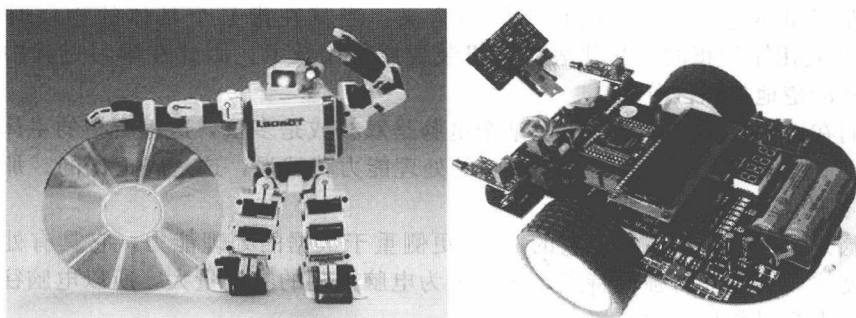


图 1-2 科技制作与竞赛作品

### (2) 家电产品

在日常生活中,家电产品越来越丰富,家电产品的智能性也在逐渐增强,其所依托的正是单片机的逻辑处理能力和控制能力。此外,低廉的价格也是单片机广泛用于家电产品的主要原因。未来的家居控制,正呈现出由独立控制向集中控制发展的趋势,到时的家电产品会更高效率、更智能化,也会更加远程控制化,那时通过手机以遥控的方式即可管控家中的电器运行。图 1-3 是一个单片机管控 USB、SD 等设备的面板。

### (3) 智能化仪器

单片机的数据处理能力、低功耗及小体积,有利于仪器仪表的数字化和智能化。单片机与仪表相结合,已成为仪器仪表智能化的主要方式,它可以将数据的采集、数字化滤波、标度变换、非线性补偿、数字显示、误差校正及超限报警等集于一体。图 1-4 是一个多路温度调空仪表。

### (4) 工业控制

在工业控制领域,涉及大量的开关控制、顺序控制、时序控制以及逻辑控制,而单片机内部集成的丰富资源恰恰能够满足这方面的需要。在工业现场,多是采用分布式控制体系,其主机由微机承担,从机则是以单片机为核心,所控制的对象多为温度、电动机转速、数控机床、机器人、交通信号等。图 1-5 是一个由 LabVIEW 开发的工艺流程控制系统,并通过基于单片机控制 PLC 可编程控制器来进行设备控制。



图 1-3 家电管控面板

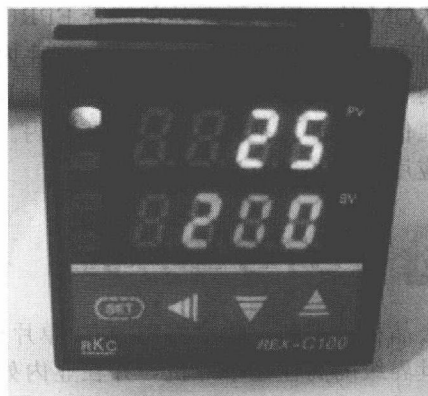


图 1-4 温度调控仪表

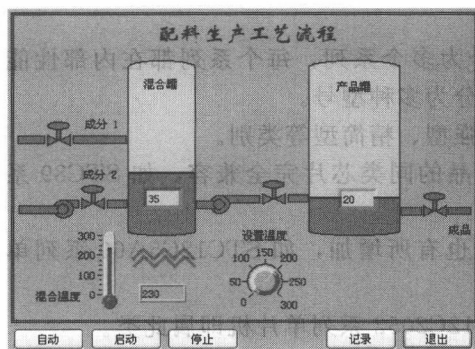


图 1-5 工艺流程控制系统

单片机也被广泛用于军事领域，例如鱼雷与导弹的制导、航天系统的导航控制等。

随着传感器技术的发展，单片机与各类传感器的结合也日益紧密，这大大地促进了物联网的成熟与发展。

通过上面的列举，我们可以看到单片机在不同的层次和不同的领域都扮演着重要的角色。因此无论你是出于爱好，还是出于职业发展，单片机都为你展开了广阔的发展空间。

## 1.2 51 系列单片机

起初是美国的 Intel 公司从荷兰 PHILIP 公司购买了 8031 单片机的专利技术，并由此生产了一系列的相关产品，如 8031、8032、8051 等。在这些产品中，以 8051 最为典型，所以人们将以 8051 为基础而衍生的产品称为 MCS51 系列单片机。

后来由于 MCS51 单片机的强大影响力，有多家单片机生产厂家以专利交换或专利购买的方式，获取了 Intel 公司的核心技术授权，并出品了多种多样的以 8051 为核心的单片机，人们将这类产品统称为“51 系列单片机”。

在众多的 51 系列单片机生产厂家中，较有影响的厂家有 Intel (MCS51 系列)、PHILIPS (87LPC 系列)、Atmel (AT89 系列)、DALLAS (DS87 系列)、ADI (ADuC84 系列)、STC (STC89 系列) 及华邦 (W78 系列) 等公司。

不同的厂家，其出品的单片机会具有不同的类型和特点，例如 Intel 出品的 8031 是不含片内 ROM 的，因此需要外部配置 EPROM 来存储程序；而 Atmel 出品的 AT89C52，则片内含有 EPROM，可通过编程器向芯片内部写入程序；STC 出品的 STC8952RC 更具特色，其片内含有 Flash-ROM，并具有 ISP (In-System Program) 在线编程功能，通过配置外部串行通信接口即可把程序下载到芯片内。故在后续学习与实践中，我们主要是以 STC 单片机的应用为核心进行讲解。

## 1.3 STC 单片机

宏晶科技是新一代增强型 8051 单片机标准的制定者和领导厂商，其致力于向国内市场提供世界级的高性能单片机，并在业内处于领先地位。宏晶科技出品的 STC 单片机具有多种系列产品，已经构成一个类型丰富的大家族。

### 1.3.1 按内部性能划分

为了适应不同场合的实际应用，STC 单片机分为多个系列，每个系列都在内部性能上有较大的差别。此外，在每个系列产品的内部也划分为多种型号。

按芯片性能的强弱来划分，可分为基本型、增强型、精简型等类别。

基本型：在性能与引脚排列方面与其他厂商出品的同类芯片完全兼容，如 STC89 系列单片机即属此类。

增强型：在性能上比基本型有所增强，引脚数也有所增加，如 STC12C5A60 系列单片机即属此类。

精简型：在性能与引脚方面有所裁减，如 STC12C2052 系列单片机即属此类。

对于同一系列的单片机，不同的型号也在性能上有所差异。以 STC89 系列单片机为例就有 STC89C51RC、STC89C52RC、STC89C53RC 等型号，通过芯片的型号，可以了解其内部 Flash 存储器的容量。

STC89C51RC 其 Flash 容量为 4KB，STC89C52RC 的 Flash 容量为 8KB，STC89C53RC 的 Flash 容量为 15KB。

此外，通过芯片的型号，还可以了解其内部 RAM 的容量，如 STC89C51RC 中的 RC 表示其 RAM 为 512 字节，而 STC89C54RD+ 则表示其 RAM 为 1280 字节。

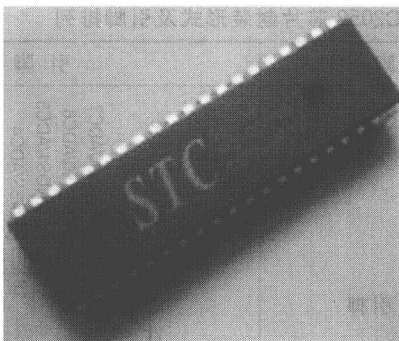
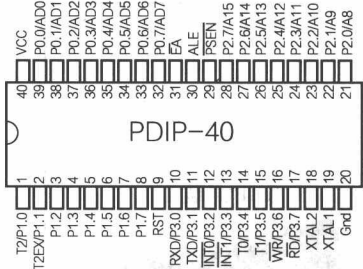
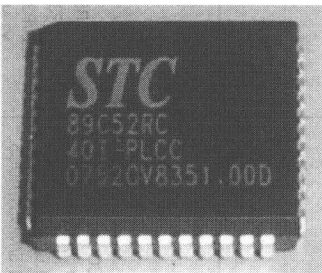
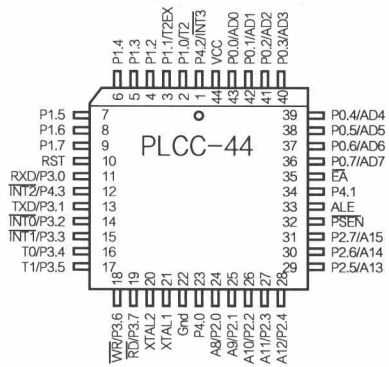
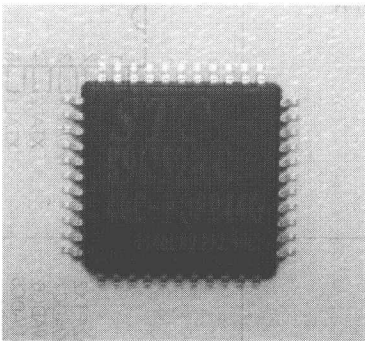
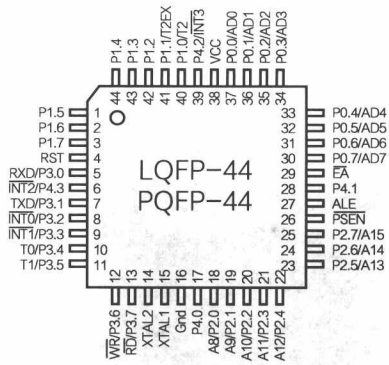
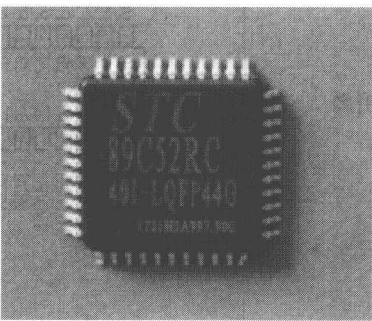
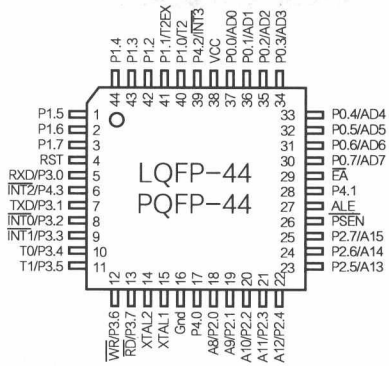
STC89 系列单片机在工作电压上也分为两类，一类采用 5V 工作电压，如 STC89C51RC；另一类则采用 3V 工作电压，如 STC89LE51RC 就表明它是工作电压为 3V。

### 1.3.2 按封装形式划分

对于不同型号的 STC 单片机，其在封装形式上也存在着较大的不同，以 STC89 系列芯片为例，其封装形式分为 PDIP40、PLCC44、PQFP44 和 LQFP44，由表 1-3 可以看到，不同的封装其引脚的排列位置也是不同，在使用时要格外注意。

通常在学习过程中，主要是选用双列直插式的 PDIP 封装芯片，因为它的引脚间距较大，易于焊接，也易于同管座或面包板等相配合来进行实验。其他的三种封装形式为贴片封装，宜在成品板卡中加以使用，可以有效地节省空间占用。

表 1-3 封装形式与引脚排列

| 封装形式   | 实物图                                                                                 | 引脚排列                                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| PDIP40 |    |    |
| PLCC44 |    |    |
| PQFP44 |   |   |
| LQFP44 |  |  |