



普通高等教育“十三五”规划教材  
空天电子信息国家级实验教学示范中心系列教材

Electronic Information  
Innovation

■ 电子信息类综合创新实践系列教材



# 单片机基础与 Arduino应用

◎ 王 俊 张玉玺 刘寒颖 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

电子信息类综合创新实践系列教材

# 单片机基础与 Arduino 应用

王 俊 张玉玺 刘寒颖 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书较为系统地介绍了 51 单片机和 Arduino 单片机的内部结构、工作原理、编程方法，并给出了使用实例。全书共 21 章，首先介绍了单片机的基本知识，引入 51 单片机和 Arduino 单片机，通过诸多实例讲解了两种形式单片机的结构、原理、编程方法以及调试方法等。内容基本覆盖了单片机入门所需知识点。

本书语言浅显易懂，实例丰富，同时在网站 <http://eclab.buaa.edu.cn/> 的“创新园地”栏目中开源电路图与源程序，可以作为高等院校电子信息工程类、通信工程类及计算机、自动控制类等相关专业学生的教材，也可作为单片机爱好者的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

单片机基础与 Arduino 应用/王俊，张玉玺，刘寒颖编著. —北京：电子工业出版社，2017.9

ISBN 978-7-121-32594-6

I. ①单… II. ①王… ②张… ③刘… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 212778 号

策划编辑：竺南直

责任编辑：竺南直 文字编辑：韩玉宏

印 刷：三河市良远印务有限公司

装 订：三河市良远印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：14 字数：358 千字

版 次：2017 年 9 月第 1 版

印 次：2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价：38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式：[davidzhu@phei.com.cn](mailto:davidzhu@phei.com.cn)。

# 丛书序言

当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争越加激烈。而高等教育发展水平是一个国家发展水平和发展潜力的重要标志。习近平总书记指出，“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切，对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈”。

世界高等工程教育面临新机遇、新挑战，我国高等工程教育发展已经站在新的历史起点。国家正在实施“创新驱动发展”“中国制造 2025”“互联网+”“网络强国”“一带一路”等重大战略，为响应国家战略需求，支撑服务以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展。面对这一机遇与挑战，高等院校电子信息工程专业需要以“新工科”建设思想为指导，在教学理念与模式、知识结构、培养质量与体系等方面深化改革，注重学科交叉和产教融合深度实践，推进教材内容与结构的完善和更新，从而培养具有创新能力、工程实践能力和多元知识结构的新型工科人才。

我国大多数工科类高等院校都设置有电子信息专业，这是一个涉及数学、物理电学、电路分析、电工基础、电子技术、信号与系统、计算机控制原理、通信原理等多门课程的专业体系。其内容涵盖了社会的诸多层面，为国家发展提供了无可替代的强大助力。电子信息专业不仅要求学生具有扎实的理论与宽广的知识面，更要求学生具备一定的工程实践能力。作为一门应用型学科，其着眼于培养学生科技创新、应用创新的能力，使学生成为推进国家科技发展的高素质技术人才。

北京航空航天大学于 1958 年 10 月 29 日成立了新中国第一个航空无线电系，经过几十年的建设，已拥有信息与通信工程、电子科学与技术、光学工程、交通工程一级学科，并于 2002 年成立电子信息工程学院。学院依托国家/省部级重点实验室、国家集成电路人才培养基地和北京市电工电子实验教学示范中心，于 2012 年获批准空天电子信息国家级实验教学示范中心。示范中心坚持“强化基础、重视实践、突出特色、面向创新”的空天信融合人才培养总体思路，以“战略牵引、科教相融、产学互动、虚实结合、能实不虚”的设计理念，建设虚实结合实验平台，于 2014 年获批准空天电子信息国家级虚拟仿真实验教学中心。

中心建立了信息基础支撑类实验课程群、卫星通信导航类实验课程群、信息获取处理类实验课程群、通用航空类实验课程群、无线网络安全类实验课程群、电磁环境效应类实验课程群等 6 大类实验课程群，可以满足电子信息工程、通信工程、电子科学技术、信息对抗技术、交通运输、光电通信等专业开展跨专业跨学科的实验教学需求。

中心同时作为大学生电子创新基地，承办全国/北京市/校级电子类学科竞赛，承担全校电子信息类学科竞赛赛前训练，包括全国大学生电子设计竞赛、全国挑战杯竞赛、北京市大学生电子设计竞赛、嵌入式专题邀请赛、全国大学生电子设计竞赛信息安全专题邀请赛、全国电子专业人才技能竞赛、全国信息安全竞赛、北航“冯如杯”学生科技竞赛、北航电子创新竞赛等，并在各项比赛中取得了优异的成绩。

结合“新工科”建设和工程教育专业认证的要求，中心整合理论课程实验、开设综合实验、完善科技创新实验，形成了课程实验、综合实验、创新实验的三层次实验教学体系，着

重培养学生工程实践、科技创新及解决复杂工程问题能力。并开设了综合创新实验实践课程,包括《电子设计基础训练》《单片机基础训练》《综合创新-模拟通信》《综合创新-数字通信》《综合创新-综合设计》,贯穿本科一年级到三年级。本着从简单到复杂、从基础到综合、从经典到创新,通过模拟现代复杂工程问题的研发步骤,培养学生使用现代工具认识、解决复杂工程问题的能力与创新意识。

在综合创新实践课程体系基础上,编写了本系列教材(丛书),从电子设计的基础知识,到电路系统的仿真与设计;从简单的电路模块设计,到实际工程电路系统的设计;从电子电路系统设计,到跨学科系统设计。在电子设计基础训练中,主要讲述基本的元器件识别、仪器使用以及在电路调试中常见问题的分析与解决方法;在单片机基础训练中,主要讲述 51 单片机和 Arduino 单片机的基本原理与结构,并以实际的单片机系统为例进行单片机系统设计讲解;在模拟通信和数字通信中,以从通信、导航、雷达系统中提取出的无线收发机为原型,从单元模块到整体讲述模拟/数字无线通信系统的设计与调试方法、FPGA/DSP 系统设计与实现方法等;在综合设计中,结合北航优势特色专业,以工程项目为设计目标,培养跨学科知识运用和系统设计能力。

为了让读者能够更直观地理解知识内容、更快地进行实践,本丛书采用了教学案例以及实际的工程实例,其目的并不只是形成系列的实验指导书,让学生按照步骤实现指定实验内容,而是本着“授人以渔”的理念,通过启发式的讲解,引导学生发现问题、分析问题、解决问题,培养学生重构知识及快速学习新事物的能力。该丛书的正式出版和推广,将有利于形成“新工科”背景下的综合创新实验体系,能够促进电子信息类学生工程实践能力及解决复杂工程问题能力的培养。

丛书的编写创作主要由电子信息领域内具有丰富教学经验的教授、从事一线实验教学的教师及博士硕士研究生担纲,他们既要完成繁重的科研和教学任务,又要专心认真撰写书稿,工作十分辛苦,在此,向丛书作者和审稿专家表示深深的敬意!

希望本丛书中电子系统的设计调试方法及电路系统的调试经验等,能对高等院校、大专院校电子信息类专业的本科生、研究生以及从事电子设计以及对电子设计有兴趣的工程师、研发人员等有所帮助,从而促进我国电子信息技术的发展,为国家信息化建设和国民经济建设做出贡献。

本丛书的出版,得到了北京航空航天大学电子信息工程学院、空天电子信息国家级实验教学示范中心、空天电子信息国家级虚拟仿真实验教学中心等参与单位的大力支持,得到了电子工业出版社领导和竺南直博士的积极推动,得到了参与丛书撰写、编辑和出版工作全体同志的热情帮助,在此一并表示衷心的感谢!



北京市教学名师

工业和信息化部研究型教学创新团队负责人

# 前 言

单片机是一种集成 CPU、存储器、I/O 口、定时器的微型计算机系统，也叫微控制器，在智能仪器、工业控制、家用电器、网络通信、模块化系统、汽车电子、消费电子等领域应用广泛。

全书分为两篇，上篇包括第 1 章~第 11 章，以经典的 8051 单片机为例，介绍单片机结构、工作原理及编程方法；下篇包括第 12 章~第 21 章，结合单片机发展趋势，介绍 Arduino 单片机平台及其编程方法。两种单片机均提供应用实例方便学习掌握，整体结构如附图所示。



附图 本书内容组织结构图

第 1 章主要介绍单片机的发展历史及应用领域。第 2 章详细介绍了 8051 单片机的内部结构及指令系统。第 3 章介绍了编者开发的单片机开发板硬件系统，作为后续讲解过程中的硬件基础。第 4 章~第 9 章循序渐进地介绍了 8051 单片机对 I/O 口、中断系统、定时器、串口等资源的控制，并提供可以运行的程序代码。第 10 章~第 11 章结合课程中实践作品，提供了基于 51 单片机的应用实例。第 12 章介绍了目前非常流行的开源单片机平台 Arduino 及其开发环境搭建。第 13 章介绍了 Arduino 硬件电路，作为后续讲解过程中的硬件基础。第 14 章~第 17 章介绍了 Arduino 应用开发中常用功能模块的编程实现。第 18 章~第 21 章提供了基于 Arduino 的应用实例。

本书由王俊、张玉玺、刘寒颖编著，其中王俊编著了第 1、2、3、4、5、12、13、14、15 章；张玉玺编著了第 6、7、8、9、16、17、18、19 章；刘寒颖编著了第 10、11、20、21 章；最后由王俊对本书进行统稿。本书在编写过程中，北京航空航天大学电子信息工程学院的硕士生吴智昌、罗雨泉、朱振国、李伟华、马抒恒、屈亦成，本科生胡杨、李天一、王孖杰等，结合项目调试经验，参与了单片机例程的编写与书稿的编辑工作。

本教材配有开源电路图及源程序，可登录北京航空航天大学空天电子信息实验教学中心网站 (<http://eclab.buaa.edu.cn/>) 免费下载。

书中如有疏漏或不当之处，恳请广大读者批评指正。

王 俊

2017 年 7 月 1 日



# 目 录

## 上 篇

<b>第1章 单片机概述</b> .....	(2)
1.1 单片机简介.....	(2)
1.2 计算机发展史.....	(2)
1.3 单片机发展史.....	(4)
1.4 单片机的应用.....	(5)
1.5 如何学习单片机.....	(6)
1.6 小结.....	(8)
<b>第2章 51 单片机的基本结构和工作原理</b> .....	(9)
2.1 概述.....	(9)
2.2 引脚及最小系统.....	(9)
2.2.1 时钟电路引脚.....	(9)
2.2.2 复位信号引脚.....	(10)
2.2.3 输入/输出引脚.....	(11)
2.2.4 其他控制引脚.....	(11)
2.2.5 单片机最小系统.....	(12)
2.3 内部结构.....	(12)
2.4 中央处理器.....	(14)
2.4.1 运算器.....	(14)
2.4.2 控制器.....	(14)
2.4.3 指令集与指令周期.....	(15)
2.5 存储器.....	(20)
2.5.1 数据存储器.....	(20)
2.5.2 程序存储器.....	(25)
2.6 工作过程.....	(26)
2.7 小结.....	(28)
<b>第3章 51 单片机开发板介绍</b> .....	(29)
3.1 最小系统.....	(29)
3.2 电源系统.....	(31)
3.3 外围器件与接口.....	(32)
3.4 小结.....	(33)
<b>第4章 51 单片机 LED 灯控制</b> .....	(34)
4.1 LED 工作原理.....	(34)

4.2	I/O 寄存器控制	(36)
4.3	流程图	(39)
4.4	程序设计	(39)
4.4.1	C51 基础	(39)
4.4.2	LED 灯亮灭的 C51 程序	(41)
4.5	编写/编译/调试	(41)
4.5.1	编写	(42)
4.5.2	编译	(44)
4.5.3	调试	(45)
4.6	烧写	(47)
4.7	小结	(48)
<b>第 5 章</b>	<b>51 单片机控制数码管</b>	<b>(49)</b>
5.1	数码管工作原理	(49)
5.1.1	LED 灯两种接法	(50)
5.1.2	位选与段选	(51)
5.1.3	两种显示方式	(52)
5.1.4	消去残影	(53)
5.2	I/O 寄存器控制	(55)
5.3	静态显示实现	(55)
5.3.1	流程图	(55)
5.3.2	程序设计	(56)
5.3.3	烧写	(56)
5.4	动态显示实现	(57)
5.4.1	流程图	(57)
5.4.2	程序设计	(57)
5.4.3	烧写	(58)
5.5	小结	(59)
<b>第 6 章</b>	<b>51 单片机按键控制</b>	<b>(60)</b>
6.1	按键检测原理	(60)
6.1.1	独立按键	(60)
6.1.2	矩阵键盘	(61)
6.1.3	按键消抖	(62)
6.2	I/O 寄存器控制	(63)
6.3	独立按键功能实现	(63)
6.3.1	流程图	(63)
6.3.2	程序设计	(63)
6.3.3	烧写	(64)
6.4	矩阵键盘功能实现	(64)
6.4.1	流程图	(65)



6.4.2	程序设计	(66)
6.4.3	烧写	(68)
6.5	小结	(69)
<b>第7章</b>	<b>51 单片机的中断系统</b>	<b>(70)</b>
7.1	中断系统概述	(70)
7.1.1	中断的概念	(70)
7.1.2	中断源	(70)
7.1.3	中断向量表	(71)
7.1.4	中断优先级	(71)
7.1.5	中断的技术优势	(72)
7.2	中断寄存器控制	(72)
7.2.1	中断允许控制寄存器 IE	(73)
7.2.2	中断优先控制寄存器 IP	(74)
7.2.3	定时器/计数器控制寄存器 TCON	(75)
7.3	流程图	(76)
7.4	程序设计	(76)
7.4.1	中断服务函数写法	(76)
7.4.2	C51 程序	(77)
7.4.3	由汇编程序看程序运行过程	(77)
7.5	烧写	(79)
7.6	小结	(80)
<b>第8章</b>	<b>51 单片机定时器</b>	<b>(81)</b>
8.1	定时器工作原理	(81)
8.1.1	定时/计数两种模式	(81)
8.1.2	定时器的工作过程	(82)
8.2	相关寄存器控制	(83)
8.2.1	工作方式寄存器 TMOD	(84)
8.2.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	(85)
8.2.3	定时器 T0/T1 的高/低 8 位 TH0/TL0/TH1/TL1	(86)
8.3	定时器功能实现 (方式 1)	(86)
8.3.1	工作方式 1 16 位定时/计数器	(86)
8.3.2	定时器的初始化	(87)
8.3.3	流程图	(88)
8.3.4	程序设计	(89)
8.3.5	调试	(89)
8.3.6	烧写	(91)
8.4	定时器的其他方式	(92)
8.4.1	工作方式 0 13 位定时/计数器	(92)
8.4.2	工作方式 2 自动重装初值的 8 位定时/计数器	(93)

8.4.3	工作方式3 将 T0 分成两个独立的 8 位定时/计数器	(95)
8.5	小结	(96)
<b>第9章</b>	<b>51 单片机串口通信</b>	(97)
9.1	串行口的工作原理	(97)
9.1.1	串行通信基本概念	(97)
9.1.2	字符帧	(98)
9.1.3	波特率	(98)
9.1.4	串行通信的传输方向	(99)
9.1.5	串口工作流程	(99)
9.1.6	接口电路	(100)
9.2	串口相关寄存器控制	(101)
9.2.1	串行数据缓冲器 SBUF	(103)
9.2.2	串行口控制寄存器 SCON	(103)
9.2.3	电源控制寄存器 PCON	(104)
9.3	串口通信工作方式	(104)
9.3.1	工作方式0 同步移位寄存器	(104)
9.3.2	工作方式1 10 位数据的异步通信口	(104)
9.3.3	工作方式2 11 位数据的异步通信口	(106)
9.3.4	工作方式3 11 位数据的异步通信口	(106)
9.4	波特率的计算	(107)
9.4.1	串口 4 种工作方式下的波特率计算	(107)
9.4.2	波特率计算方式举例	(107)
9.5	流程图	(107)
9.5.1	串口数据发送操作	(107)
9.5.2	串口数据接收操作	(108)
9.6	程序设计	(108)
9.7	烧写	(110)
9.8	小结	(111)
<b>第10章</b>	<b>基于 51 单片机的 LCD 电子钟</b>	(112)
10.1	LCD 工作原理	(112)
10.1.1	液晶的概念	(112)
10.1.2	液晶通光原理	(112)
10.1.3	液晶显示器工作原理	(113)
10.1.4	LCD-1602 工作原理	(114)
10.2	系统连接	(117)
10.3	流程图	(118)
10.4	程序设计	(118)
10.5	烧写	(122)
10.6	小结	(122)

<b>第 11 章 基于 51 单片机的打地鼠游戏</b>	(123)
11.1 工作原理	(123)
11.1.1 LCD-12864 工作原理	(123)
11.1.2 AT24C02 工作原理	(124)
11.2 系统连接图	(125)
11.3 流程图	(125)
11.4 程序设计	(127)
11.5 烧写	(131)
11.6 小结	(133)

## 下 篇

<b>第 12 章 Arduino 入门</b>	(136)
12.1 Arduino 的诞生	(136)
12.2 Arduino 的特性	(137)
12.3 熟悉 Arduino Uno	(138)
12.4 搭建 Arduino 开发环境	(139)
12.4.1 安装 Arduino IDE	(139)
12.4.2 配置 Arduino IDE	(141)
12.5 编写 Arduino 程序	(142)
12.5.1 Arduino 程序构成	(142)
12.5.2 编写 Arduino 程序三例	(143)
12.6 小结	(145)
<b>第 13 章 Arduino 开发板介绍</b>	(146)
13.1 Arduino 开发板简介	(146)
13.2 Arduino 开发板核心电路	(148)
13.3 Arduino 开发板电源系统	(149)
13.4 Arduino 开发板 USB	(150)
13.5 Arduino 开发板外设接口	(151)
13.6 小结	(151)
<b>第 14 章 Arduino 数字输入输出接口</b>	(152)
14.1 数字接口工作原理	(152)
14.1.1 数字接口数量与布局	(152)
14.1.2 输入或输出模式设置	(153)
14.1.3 数字接口功能函数	(153)
14.2 数字输出接口	(154)
14.2.1 系统连接	(154)
14.2.2 流程图	(155)
14.2.3 程序设计	(155)
14.2.4 烧写	(156)

14.3	数字输入接口 .....	(157)
14.3.1	系统连接 .....	(157)
14.3.2	流程图 .....	(157)
14.3.3	程序设计 .....	(158)
14.3.4	烧写 .....	(158)
14.4	小结 .....	(159)
<b>第 15 章</b>	<b>Arduino 模拟输入输出接口 .....</b>	<b>(160)</b>
15.1	模拟接口工作原理 .....	(160)
15.1.1	模拟输入接口 .....	(160)
15.1.2	模拟输出接口 .....	(161)
15.1.3	模拟接口位置 .....	(161)
15.1.4	模拟输入接口的相关函数 .....	(162)
15.1.5	模拟输出接口的相关函数 .....	(163)
15.2	模拟输入接口 .....	(163)
15.2.1	系统连接 .....	(163)
15.2.2	流程图 .....	(164)
15.2.3	程序设计 .....	(164)
15.2.4	烧写 .....	(165)
15.3	模拟输入 Constrain 函数 .....	(165)
15.3.1	限制输入数据范围 .....	(165)
15.3.2	映射输入数值 .....	(166)
15.4	map 函数 .....	(167)
15.4.1	系统连接 .....	(167)
15.4.2	流程图 .....	(167)
15.4.3	程序设计 .....	(167)
15.4.4	烧写 .....	(169)
15.5	模拟输出接口 .....	(169)
15.5.1	流程图 .....	(169)
15.5.2	程序设计 .....	(169)
15.5.3	烧写 .....	(170)
15.6	小结 .....	(170)
<b>第 16 章</b>	<b>Arduino 串口通信 .....</b>	<b>(171)</b>
16.1	工作原理 .....	(171)
16.1.1	Arduino 串口引脚 .....	(171)
16.1.2	Serial 库函数 .....	(172)
16.2	流程图 .....	(173)
16.3	程序设计 .....	(173)
16.4	小结 .....	(174)

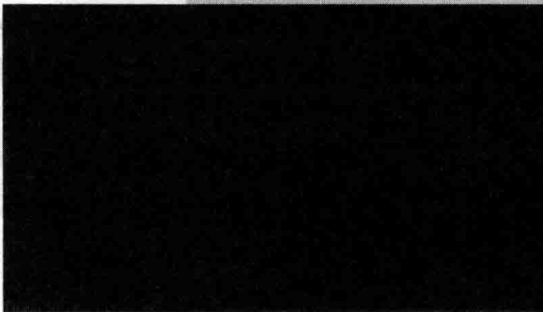
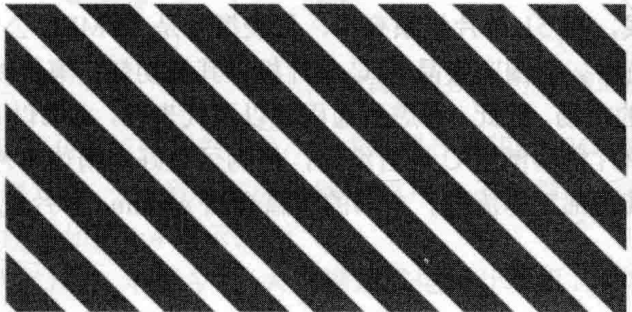
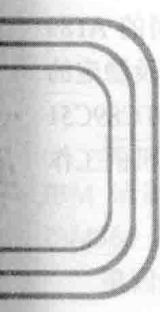
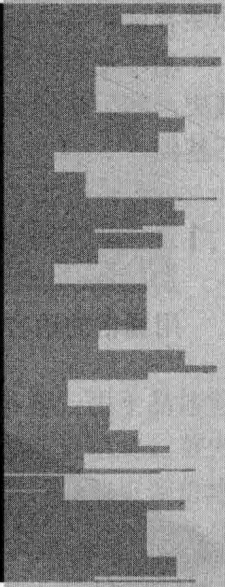
<b>第 17 章 基于 Arduino 的串口 RGB 迷你灯</b>	(175)
17.1 RGB-LED 工作原理	(175)
17.2 系统连接	(175)
17.3 流程图	(176)
17.4 程序设计	(177)
17.5 烧写	(178)
17.6 小结	(179)
<b>第 18 章 基于 Arduino 的温湿度计</b>	(180)
18.1 DHT11 传感器工作原理	(180)
18.2 系统连接	(182)
18.3 流程图	(183)
18.4 程序设计	(184)
18.5 烧写	(187)
18.6 小结	(187)
<b>第 19 章 基于 Arduino 的超声波测距装置</b>	(188)
19.1 工作原理	(188)
19.1.1 超声波测距原理	(188)
19.1.2 LCD 工作原理	(189)
19.2 系统连接	(189)
19.3 流程图	(190)
19.4 程序设计	(190)
19.5 烧写	(191)
19.6 小结	(192)
<b>第 20 章 基于 Arduino 的重力感应联机互动游戏设备</b>	(193)
20.1 工作原理	(193)
20.1.1 MPU-6050 加速度传感器	(193)
20.1.2 HC-05 蓝牙模块	(194)
20.2 系统连接	(195)
20.3 流程图	(195)
20.4 程序设计	(197)
20.5 烧写	(199)
20.6 小结	(200)
<b>第 21 章 基于 Arduino 的 WiFi 小车</b>	(201)
21.1 工作原理	(201)
21.1.1 WiFi 小车结构	(201)
21.1.2 ESP8266 WiFi 模块	(201)
21.1.3 L298N 电机驱动模块	(202)
21.2 系统连接	(203)
21.3 流程图	(204)

21.4	程序设计	(204)
21.4.1	ESP8266 调试	(204)
21.4.2	Arduino 代码	(205)
21.5	烧写	(209)
21.6	小结	(209)
<b>参考文献</b>		<b>(210)</b>



# 书籍设计单章上策

## 上篇



# 第 1 章 单片机概述

什么是单片机？对于许多初学者来讲，单片机也许是个深奥的名词。本书将由此开始，由浅入深，用尽量通俗易懂的语言介绍单片机原理，并辅以单片机极为典型的应用实例，让初学者认识单片机，使用单片机，最后征服单片机。

本章是对单片机的简单概述，首先介绍单片机的定义，并简单介绍计算机和单片机的发  
展史，然后举例说明单片机的应用场合，最后提出单片机的正确学习方法，为后面的学习打下基础。

## 1.1 单片机简介

用通俗的语言来讲，单片机其实就是一块集成的芯片（如图 1.1 所示），但是这块集成芯片的功能需要我们自行编写程序去控制和实现，即单片机是一种可编程的集成电路芯片。我们编写程序的目的就是控制单片机这块芯片内部的寄存器，使得某引脚在特定的时段输出相应的电平，加上持续时间，完成时序的控制进而控制相关的外围电路来达到所要完成的功能。单片机有各种不同的封装形式，有双列直插式的、PLCC 的、表贴的、BGA 的等。

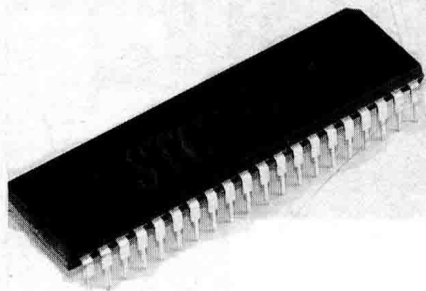


图 1.1 典型单片机芯片

为保证严谨性，下面给出单片机的严格定义。单片机是一种集成电路芯片，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 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 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。这样的一块芯片具有计算机的基本功能，因此也称为单片微型计算机，简称单片机。

如今单片机大部分是由 51 内核扩展出的单片机，即我们常说的 51 单片机。8051 系列单片机产品居多，主流地位已经形成，在 51 单片机系列中，代表型号是 ATMELEL 公司的 AT89 系列，它广泛应用于工业测控系统中。而国产宏晶 STC 单片机以其低功耗、廉价以及稳定的性能，占据着国内 51 单片机较大的市场。因此，考虑到通用性以及代表性，本书以 STC89C51 型号的单片机为主进行讲解，且单片机实例用 C 语言编写，但为了更好地阐述单片机的工作原理，本书会辅以汇编语言讲述其内部工作流程。本书的下篇介绍 Arduino 单片机。

## 1.2 计算机发展史

单片机是一种单片的计算机，所以下面首先了解一下计算机的发展史。

第一代（1945 年—1956 年）：电子管计算机。1944 年霍华德·艾肯研制出全电子计算机，为美国海军绘制弹道图。这台简称 Mark I 的机器有半个足球场大，内含 500 英里的电线，使用电磁信号来移动机械部件，速度很慢（3~5 秒一次计算）并且适应性很差，只用于专门领



域。1945年，冯·诺依曼参加了宾夕法尼亚大学的小组，设计了电子离散可变自动计算机EDVAC，将程序和数据以相同的格式一起存储在存储器中。1946年2月14日，公认的第一台通用计算机ENIAC诞生了（如图1.2所示），是计算机发展史上的里程碑，有18000个电子管，70000个电阻器，耗电160千瓦，每秒5000次加法或400次乘法，占地170平方米，重30吨，其运算速度是Mark I的1000倍、手工计算的20万倍。

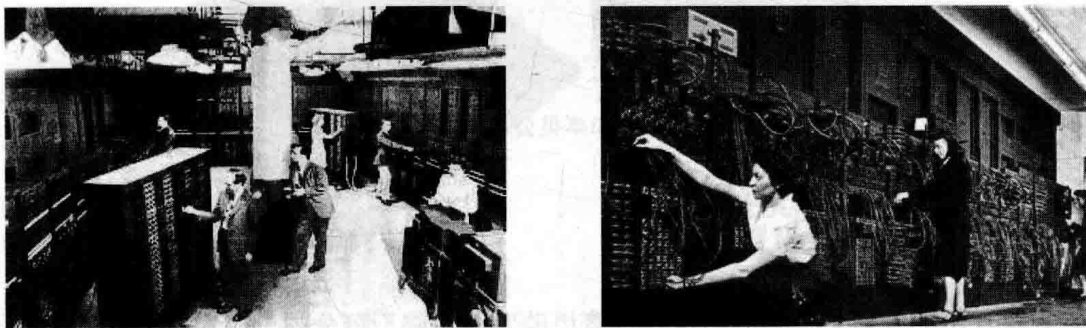


图 1.2 ENIAC 通用计算机

第二代（1956年—1963年）：晶体管计算机。1948年晶体管问世，1956年，由于晶体管和磁芯存储器的发明出现了第二代计算机，其体积小、速度快、功耗低、性能更稳定。首先使用晶体管技术的是早期的超级计算机，主要用于原子科学的大量数据处理，这些机器价格昂贵，生产数量极少。1960年，出现了一些成功地用在商业领域、大学和政府部门的第二代计算机。打印机、磁带、磁盘、内存、操作系统等开始出现（如图1.3所示），COBOL和FORTRAN（Formula Translator）等高级编程语言代替了二进制机器码。

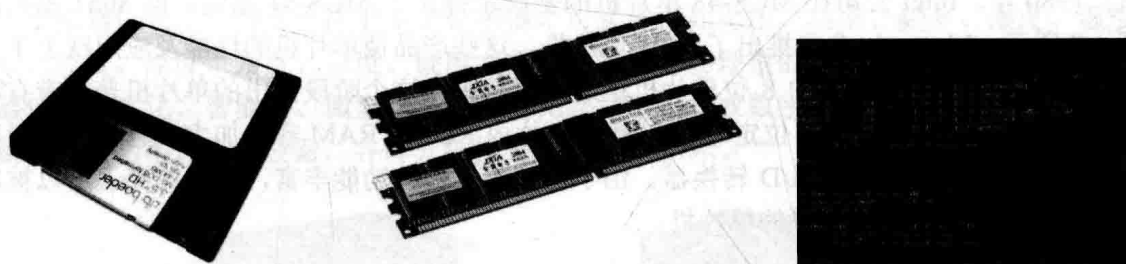


图 1.3 磁盘、内存和操作系统的出现

第三代（1964年—1971年）：集成电路计算机。1964年，IBM研制成功第一个采用集成电路的通用电子计算机系列IBM360系统，如图1.4所示。

第四代（1971年至今）：大规模集成电路计算机。1981年，IBM推出个人计算机（PC），用于家庭、办公室和学校。计算机继续缩小体积，从桌上到膝上再到掌上。1984年推出Apple Macintosh系列，Macintosh提供了友好的图形界面，用户可以用鼠标方便地操作，如图1.5所示。

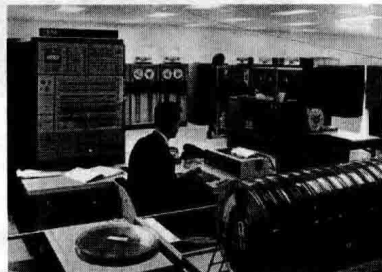


图 1.4 IBM360 计算机