

Arduino 技术及应用

张军朝主编



上海交通大学出版社



普通高等教育“十三五”软件工程及物联网工程类规划教材

Arduino 技术及应用

主 编 张军朝

副主编 王建平 卓广平

陈东伟 杨艳丽

主 审 陈俊杰



上海交通大学出版社

内容简介

《Arduino 技术及应用》是关于 Arduino 的基础知识和引导应用，从基本电路理论概念、易学汇编语言到高级操作实践应用，秉承注重软硬件结合、理论与实践并重的理念，系统的介绍了 Arduino 开发应用的全过程。

本书是高校教师理论教学和公司项目开发实践的有机结合，内容编排由浅入深、循环渐进，强调实践性和应用性，有利于初学者和创客们从零基础开始逐步深入学习。

本书可作为物联网工程、计算机应用、软件工程、电气工程及其自动化、信息工程等高等院校专业在校本科生和研究生的学习用书，也适合电子设计的零基础初学爱好者学习，同时可作为公司、研究单位的开发人员及技术管理者的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

Arduino 技术及应用 / 张军朝主编. -- 上海: 上海交通大学出版社, 2017

ISBN 978-7-313-17816-9

I. ① A… II. ① 张… III. ① 单片微型计算机—程序设计 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 183271 号

Arduino 技术及应用

主 编: 张军朝

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 谈 毅

印 制: 太原理工大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 787mm × 1092mm 1 / 16

印 张: 21.5

字 数: 452 千字

版 次: 2017 年 9 月第 1 版

印 次: 2017 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-17816-9 / TP

定 价: 52.00 元

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: 0351-6010670

总 序

物联网作为继计算机、互联网之后的世界信息产业的第三次浪潮，在国民经济建设中起着举足轻重的作用。物联网工程和软件工程专业有机结合可谓珠连璧合、软硬并举，所培养出来的复合型、宽口径人才就业前景广阔，已经成为国民经济发展的中坚力量。

普通高等教育软件工程及物联网工程类规划教材在国家和省相关部门的大力支持和帮助下得到长足的发展，但是，随着教育改革和学生就业渠道改革的进一步深入，现有的软件工程及物联网工程类教材，已经很难适应形势发展的要求，迫切需要一批具有地方特色、融合各自优势的新型规划类教材以满足本科教学的需求。

2016年初，太原理工大学资产公司和上海交通大学出版社合作，联合成立上海交通大学出版社山西编辑中心，该中心率先启动了软件工程及物联网工程专业规划教材的编写出版工作。

2016年10月，团队的同志们经过多次酝酿策划，同时联系山西大学、中北大学、太原科技大学、山西农业大学、山西师范大学、太原师范学院、太原学院、北京理工大学珠海学院等8所学校的相关负责人，并于2016年12月18日在太原召开了普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材指导委员会和编审委员会成立预备会议。

2016年12月31日，在上海交通大学出版社的鼎力协作下，由太原理工大学首先发起，9座高校联合成立的普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材指导委员会和编审委员会在太原正式成立，9所高校相关领导和老师100余人参加了会议。

普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材指导委员会和编审委员会的正式成立，标志着9校联盟共同进行软件工程及物联网工程类“十

总 序

“三五”规划教材建设工作踏上了征程，第一批推出了《信息安全技术》等7本教材，其余28本教材正在按计划进度编写，全套共计35本教材，将陆续进入大学课堂。

指导委员会



普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材

编审委员会



普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材

指 导 委 员 会

主 任：吕永康（太原理工大学副校长 教授 博导）

副主任：吴宝安（中国版协科技出版委副主任 编审）

委 员：（按姓氏笔画排序）

王永祯（太原理工大学人事处处长 教授 硕导）

朱红康（山西师范大学数学与计算机科学学院副院长 副教授 硕导）

孙桓五（太原理工大学教务处处长 教授 博导）

苏秉华（北京理工大学珠海学院信息学院院长 教授 博导）

杜文广（太原理工大学资产公司总经理 教授 硕导）

李济洪（山西大学软件学院院长 教授 博导）

李富忠（山西农业大学软件学院院长 教授 博导）

宋文爱（中北大学软件学院院长 教授 博导）

陈立潮（太原科技大学计算机学院党委书记 教授 硕导）

陈俊杰（太原理工大学计算机学院院长 教授 博导）

金 燕（太原理工大学软件学院院长 教授 博导）

郭鲜凤（太原学院计算机工程系主任 副教授 硕导）

续晓华（太原理工大学资产公司董事长）

韩素青（太原师范学院计算机系主任 副教授 硕导）

蔡江辉（太原科技大学计算机学院院长 教授 博导）

普通高等教育软件工程及物联网工程类“十三五”规划教材

编 审 委 员 会

主 任：李 明（太原理工大学副校长 教授 博导）

副主任：张军朝（太原理工大学 高工 硕导）

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 洁（山西师范大学 副教授 硕导）

王建平（太原学院 副教授）

尹四清（中北大学软件学院副院长 副教授 硕导）

成丽君（山西农业大学 副教授）

乔钢柱（中北大学 教授 硕导）

孙静宇（太原理工大学 副教授 硕导）

陈够喜（中北大学 副教授 硕导）

卓广平（太原师范学院 副教授 硕导）

秦品乐（中北大学 副教授 硕导）

高保禄（太原理工大学 讲师 硕导）

萧宝玮（山西大学 讲师）

崔志华（太原科技大学 教授 硕导）

韩 娜（北京理工大学珠海学院 副教授 硕导）

谢斌红（太原科技大学 副教授 硕导）

潘理虎（太原科技大学 副教授 硕导）

前 言

Arduino 是一款便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台。包含硬件（各种型号的 Arduino 板）和软件（Arduino IDE）。由一个欧洲开发团队于 2005 年冬季开发。其成员包括 Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis 和 Nicholas Zambetti。Arduino 简单的开发方式使得开发者更关注于创意与实现，更快地完成自己的项目开发，大大节约学习的成本，缩短开发的周期。如今它已成为了学习微控制器的首选，并且在全球智能化以及物联网快速发展的大背景下，将迎来学习它的新热潮。

Arduino 具有如下特色：开放源代码的电路图设计，程序开发接口免费下载，也可依个人需求自己修改；使用低价格 AVR 系列的微处理控制器，可以采用 USB 接口供电，不需外接电源，也可以使用外部 9VDC 输入；支持 ISP 在线烧，可以将新的“bootloader”固件烧入 AVR 芯片，有了 bootloader 之后，可以通过串口或者 USB to RS232 线更新固件；可依据官方提供的 Eagle 格式 PCB 和 SCH 电路图简化 Arduino 模组，完成独立运作的微处理控制，可简单地与传感器、各式各样的电子元件连接；支持多种互动程序，如：Flash、Max/Msp、vvvv、PD、C、Processing 等；突破以往只能使用鼠标、键盘、CCD 等输入装置的互动内容，可以更简单地实现单人或多人游戏互动。

可以快速使用 Arduino 与 Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider 等软件结合，做出互动作品。Arduino 可以使用现有的电子元件例如：开关、传感器、其他控制器件、LED、步进马达、其他输出装置。Arduino 也可以独立运行，并与软件进行交互，例如：Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 或其他互动软件。Arduino 的 IDE 界面基于开放源代码，可以免费下载使用，开发出更多令人赞叹的互动作品。

因为 Arduino 的种种优势，使得越来越多的专业硬件开发者已经开始使用 Arduino 来开发他们的项目和产品；越来越多的软件开发者使用 Arduino 进入硬件、物联网等开发领域；在大学里，自动化、软件专业甚至艺术专业，也纷纷开设了 Arduino 相关课程。因此，笔者根据需求编写此书，此书适合喜爱电子设计的零基础初学爱好者，同时可作为计算机应用、软件工程、物联网工程、电气工程及其自动化、信息工程、机械工程、矿业工程、材料工程、土木工程、水利工程等高等院校专业在校本科生和研究生的学习用书。

编者现在太原理工大学任职，高级工程师。具有多年嵌入式系统、工程应用软件、物联网应用开发经验，参与和主持研制开发的工程应用项目 18 项，其中 12 项获得国家软件著作权登记，6 项通过省科技成果鉴定，5 项达到国内领先水平，1 项达到国际先进水平，3 项获得山西省科技进步奖。实践经验丰富，同时有着丰富的一线教学经验。

本书《Arduino 技术及应用》是关于 Arduino 的基础知识和引导应用，从基本电路理论概念、易学语言到高级实践操作应用，本书应有尽有。第 0 篇是入门篇，包括第 0 章，主要

是 Arduino 概述；第 1 篇是基础篇，包括第 1、2、3、4 章，从硬件、软件、语言三个方面入手，向用户普及 Arduino 基础知识，无论是对初学者还是创客们都可以在此基础理论知识上进行透彻的自我延伸学习；第 2 篇是类库篇，包括 5、6、7、8、9 章，从介绍 Arduino 基本函数入手，讲解了函数的编写和使用方法，进而介绍了 Arduino 类库的使用、编写、优化、发布的方法，由此帮助学者们开启进入物联网中物物相连相互沟通的语言算法，使得复杂的编程在这里也通俗易懂，即使是初学者也能对编程轻松上手；第 3 篇是 I/O 篇，包括第 10 章，涉及 I/O 接口的高级应用讲解，I/O 接口是 Arduino 的内部核心与外部的信息交换的通道，通过学习这些常用 I/O 接口的高级应用可以获得更多的扩展潜力的能力，留下自我尽情发挥想象空间，连接自己想做的功能窗口；第 4 篇是显示篇，包括 11、12 章，重点学习 LiquidCrystal 类库和 u8glib 类库的高级应用，着重讲解 Arduino 的显示功能；第 5 篇是通信篇，包括 13、14、15、16、17、18、19 章，重点学习串口通信协议，IIC 总线、SPI 总线、红外遥控、USB 类库、Ethernet 类库的具体应用；第 6 篇是存储篇，包括 20、21 章，详细讲解 Arduino 的两种保存数据的存储功能以及它们的读写使用操作，即 EEPROM 和 SD 卡教程；第 7 篇是实战篇，通过对经典实战案例的精讲分析，在具体的实践操作中进一步提升初学者对 Arduino 的认识水平，轻松达到举一反三目的，从而帮助学者在以后的实践操作中成为 Arduino 的使用高手。

通过本书的详细讲解，摆脱以往学者对软件和硬件经验的依赖，由易到难，循序渐进，从而可以利用计算机技术和环境互动找到快速学习的方法。

本书由张军朝担任主编，制定本书大纲、内容安排并指导文字写作；王建平担任副主编负责全书的组织工作；卓广平担任副主编负责全书的通稿工作；陈东伟担任副主编负责本书实战案例源代码编写；杨艳丽担任副主编负责电子版实验大纲及实验指导书的编写。张军朝编写了第 0、1、2、3 章；王建平编写了第 4 章；陈东伟编写了第 5、6 章；韩娜编写了第 7、8、9 章；卓广平编写了第 10 章；梁翼龙编写 11、12 章，高保禄编写了 13 章；邓红霞编写了 14 章；王锐编写了 15 章；杨艳丽编写了 16、17 章；李虎伟编写了 18 章；白文江编写了 19 章，贾好来编写了 20、21 章，赵荣香编写了 22 章。由太原理工大学陈俊杰教授主审。

为方便广大教师使用本教材，本书配有电子版的教学大纲、教学概要、实验大纲、实验指导、教学 PPT、源代码，只要轻轻一扫封底的二维码，就可以轻松下载到上述电子版内容。

在本书的编写过程中得到了计算机专业教学指导委员会委员、太原理工大学陈俊杰教授，电气及其自动化专业教学指导委员会委员、太原理工大学宋建成教授，太原理工大学萧宝瑾教授、崔冬华教授、窦银科教授、马春燕教授、张红娟教授、贾好来副教授、孟润泉副教授、陈燕副教授、郑丽君副教授、张灵老师、张建花老师，山西太原天地方圆电子科技有限公司赵荣香高工、霍平工程师自始至终的支持和帮助；太原理工大学的硕士生赵阳、王青文、陶亚男、李想、王朱锁、杨欢、高旭东在编写和校对过程中也做了大量的工作。在此一并致以衷心的感谢！

编者力求将实践和理论相结合，科研和教学相结合，工程 and 教学相结合，硬件和软件相结合，先进和实用相结合，编写出高质量、高水平的教材，但由于编者水平有限，书中存在的错误和不当之处，敬请读者谅解和指正。来函敬请至：zhangjunchao@tyut.edu.cn。

目 录

Arduino 概述	1
0.1 初识 Arduino	2
0.1.1 Arduino 简介	2
0.1.2 Arduino 功能	2
0.1.3 Arduino 硬件组成	2
0.1.4 Arduino 大家庭	3
0.2 Arduino 的由来	4
0.2.1 Arduino 的历史	4
0.2.2 Arduino 名称的由来	5
0.3 选择理由	5
0.3.1 Arduino 平台特点	5
0.3.2 Arduino 开发的优势	7
0.4 本章小结	8
0.5 习题	8
第 1 篇 基础篇	9
第 1 章 Arduino 硬件	10
1.1 电路基础	10
1.1.1 电压、电流与接地	10
1.1.2 微电脑板的电源适配器	13
1.1.3 电阻	14
1.1.4 电容	15
1.1.5 二极管	16
1.1.6 发光二极管 (LED)	16
1.1.7 看懂电路图	18
1.2 Arduino 控制器	37
1.2.1 ArduinoUNO	37
1.2.2 ArduinoMega 系列	37
1.2.3 ArduinoNano	38
1.2.4 ArduinoDue	38
1.2.5 ArduinoLiLyPad 系列	39
1.2.6 ArduinoEthernet	39

1.2.7	Microduino	39
1.3	Arduino 外围模块	40
1.3.1	无线模块	40
1.3.2	SD 卡读写模块	45
1.3.3	RFID 无线识别设备	46
1.4	Arduino UNO 入门	48
1.4.1	Arduino UNO 的组成	48
1.4.2	Arduino UNO 的特点	48
1.4.3	Arduino UNO 的供电方式	49
1.4.4	Arduino UNO 的输入输出	50
1.4.5	Arduino UNO 的下载程序	50
1.4.6	Arduino UNO 的通信接口	50
1.5	本章小结	50
1.6	习题	51
第2章	Arduino 软件	52
2.1	搭建开发环境	52
2.1.1	Arduino IDE 介绍	52
2.1.2	在 Windows 上安装 IDE	53
2.1.3	在 Mac OS 上安装 IDE	57
2.1.4	在 Linux 上安装 IDE	57
2.1.5	安装 Arduino 驱动	59
2.2	用户界面	62
2.2.1	File (文件) 菜单	63
2.2.2	Edit (编辑) 菜单和 Edit 关联菜单	64
2.2.3	Sketch (程序) 菜单	64
2.2.4	Tools (工具) 菜单	64
2.2.5	Help (帮助) 菜单	65
2.3	常用的第三方软件	65
2.3.1	ArduBlock	65
2.3.2	Virtual breadboard	67
2.4	第一次使用 Arduino	73
2.4.1	加载第一个程序	74
2.4.2	用 Arduino IDE 开发程序流程	76
2.4.3	函数库和程序架构介绍	76
2.5	本章小结	77
2.6	习题	78

第3章 Arduino语言及程序结构	79
3.1 Arduino语言	79
3.1.1 描绘程序码的符号	79
3.1.2 注释、常量	80
3.1.3 字元, 位元组	83
3.1.4 整数, 长整数	84
3.1.5 浮点数, 字串	85
3.2 Arduino程序结构	86
3.2.1 void setup ()	86
3.2.2 void loop ()	87
3.3 本章小结	87
3.4 习题	87
第4章 C/C++语言基础	89
4.1 数据类型	89
4.1.1 基本类型	89
4.1.2 构造类型	90
4.1.3 指针类型	92
4.1.4 空类型	92
4.2 运算符	93
4.2.1 算术运算符	93
4.2.2 比较运算符	93
4.2.3 布尔运算(逻辑运算)符	94
4.2.4 指针运算符	94
4.2.5 位运算符	94
4.2.6 复合运算符	95
4.3 表达式	96
4.3.1 表达式的概念	96
4.3.2 表达式的组成	96
4.4 数组	96
4.4.1 数组的含义	96
4.4.2 数组的分类	97
4.5 字符串	98
4.5.1 字符串操作	99
4.5.2 字符串到数字类型的转换	99
4.5.3 字符检查	100
4.5.4 函数原型	100

4.6 注释	101
4.6.1 注释的原则和目的	101
4.6.2 函数头部应进行注释	101
4.6.3 注释时的注意事项	102
4.7 流程图	105
4.7.1 传统流程图	105
4.7.2 结构流程图	106
4.8 程序结构	107
4.8.1 顺序结构	107
4.8.2 选择结构	107
4.8.3 循环结构	109
4.9 本章小结	111
4.10 习题	111
第2篇 类库篇	112
第5章 Arduino的基本函数	113
5.1 数字I/O	113
5.1.1 pinMode (pin, mode)	113
5.1.2 digitalWrite (pin, value)	113
5.1.3 digitalRead (pin)	114
5.2 模拟I/O	114
5.2.1 analogReference (type)	114
5.2.2 analogRead (pin)	114
5.2.3 analogWrite (pin, value)	115
5.3 高级I/O	116
5.3.1 shiftOut (dataPin, clockPin, bitOrder, val)	116
5.3.2 pulseIn (pin, state, timeout)	117
5.4 时间函数	118
5.4.1 millis ()	118
5.4.2 delay (ms)	118
5.4.3 delayMicroseconds (μs)	119
5.5 数学库	119
5.5.1 min (x, y)	119
5.5.2 max (x, y)	120
5.5.3 abs (x)	120
5.5.4 constrain (amt, low, high)	120
5.5.5 map (x, in_min, in_max, out_min, out_max)	120

5.5.6 三角函数	120
5.6 随机数	120
5.6.1 randomSeed (seed)	120
5.6.2 random (howsmall, howbig)	121
5.7 位操作	121
5.8 中断函数	121
5.8.1 interrupts () 和noInterrupts ()	121
5.8.2 attachInterrupt (interrupt, function, mode)	122
5.9 串口通信	123
5.10 SPI接口	127
5.10.1 SPI接口概述	127
5.10.2 SPI接口数据传输	127
5.10.3 SPI类及其成员函数	127
5.11 本章小结	129
5.12 习题	130
第6章 编写并使用函数	131
6.1 编写并使用函数	131
6.2 本章小结	133
6.3 习题	133
第7章 使用Arduino类库	134
7.1 安装Eclipse和Arduino插件	134
7.2 从一个sketch开始	135
7.3 从pop面向过程到oop面向对象	138
7.4 在ADE中使用类库	145
7.5 在Eclipse中使用类库	147
7.6 本章小结	148
7.7 习题	148
第8章 编写Arduino类库	149
8.1 编写头文件	149
8.2 预处理命令	151
8.3 宏定义	151
8.4 文件包含	152
8.5 条件编译	153
8.6 版本兼容	154
8.7 编写.cpp文件	154
8.8 关键字高亮显示	155

8.9 建立示例程序	156
8.10 本章小结	157
8.11 习题	157
第9章 类库优化与发布	158
9.1 类库优化与发布	158
9.2 本章小结	159
9.3 习题	159
第3篇 I/O篇	160
第10章 I/O口高级应用	161
10.1 调声函数	161
10.2 脉冲宽度测量函数及超声波测距	164
10.2.1 脉冲宽度测量函数	164
10.2.2 超声波测距	165
10.3 简易电子琴	169
10.4 设置ADC参考电压	171
10.5 外部中断	172
10.5.1 外部中断的使用	172
10.5.2 外部中断触发蜂鸣器报警	174
10.6 本章小结	175
10.7 习题	176
第4篇 显示篇	177
第11章 LiquidCrystal类库的使用	178
11.1 1602 LCD与Arduino连接	178
11.2 1602 LCD相关参数	179
11.3 LiquidCrystal类库成员函数	180
11.4 本章小结	184
11.5 习题	184
第12章 u8glib类库的使用	185
12.1 MINI12864显示屏	185
12.2 连接到Arduino并建立u8g对象	186
12.3 u8glib程序结构	187
12.4 纯文本显示	187
12.5 数据显示	189
12.6 本章小结	190
12.7 习题	190

第5篇 通信篇	191
第13章 硬件串口通信	192
13.1 HardwareSerial类库成员函数	192
13.2 print () 和write () 输出方式的差异	196
13.3 read () 和peek () 输入方式的差异	197
13.4 串口读取字符串	199
13.5 串口事件	200
13.6 更好的串口监视器—串口调试助手	202
13.7 本章小结	203
13.8 习题	203
第14章 软件模拟串口通信	204
14.1 SoftwareSerial类库的局限性	204
14.2 SoftwareSerial类库成员函数	204
14.3 建立一个软串口通信	205
14.4 实验：Arduino间的串口通信	206
14.5 同时使用多个软串口	209
14.6 本章小结	209
14.7 习题	209
第15章 I2C总线的使用	210
15.1 I2C主机、从机与引脚	210
15.2 Wire类库成员函数	211
15.3 I2C连接方法	214
15.4 主机写数据，从机接收数据	215
15.5 从机发送数据，主机读取数据	217
15.6 本章小结	219
15.7 习题	219
第16章 SPI总线的使用	220
16.1 SPI引脚	220
16.2 SPI总线上的从设备选择	221
16.3 SPI类库成员函数	222
16.4 SPI总线上的数据发送与接收	223
16.5 本章小结	223
16.6 习题	223
第17章 红外遥控	224
17.1 IRremote类库成员函数	224
17.2 红外接收	226

17.3 红外发射	228
17.4 本章小结	229
17.5 习题	229
第18章 USB类库的使用	230
18.1 USB设备模拟相关函数	230
18.1.1 USB鼠标类的成员函数	230
18.1.2 USB键盘类的成员函数	232
18.2 模拟键盘输入信息	234
18.2.1 特殊处理	235
18.2.2 模拟键盘组合按键	235
18.3 PPT播放遥控器	237
18.4 本章小结	239
18.5 习题	239
第19章 Ethernet类库的使用	240
19.1 Ethernet相关硬件介绍	240
19.2 Ethernet类库	244
19.2.1 Ethernet类	244
19.2.2 IPAddress类	245
19.2.3 EthernetServer类	245
19.2.4 EthernetClient类	246
19.3 Ethernet的初始化	249
19.3.1 自定义IP地址	249
19.3.2 DHCP获取IP地址	249
19.4 通过Telnet建立简易聊天室	250
19.4.2 Windows Telnet客户端的使用	252
19.5 Ethernet与Web应用	253
19.5.1 HTTP协议简介	253
19.5.2 HTTP响应	255
19.5.3 网页客户端	255
19.5.4 网页服务器	257
19.6 UDP通信	258
19.6.1 EthernetUDP类	258
19.6.2 使用UDP收/发数据	260
19.7 网页控制Arduino	261
19.8 本章小结	266
19.9 习题	266