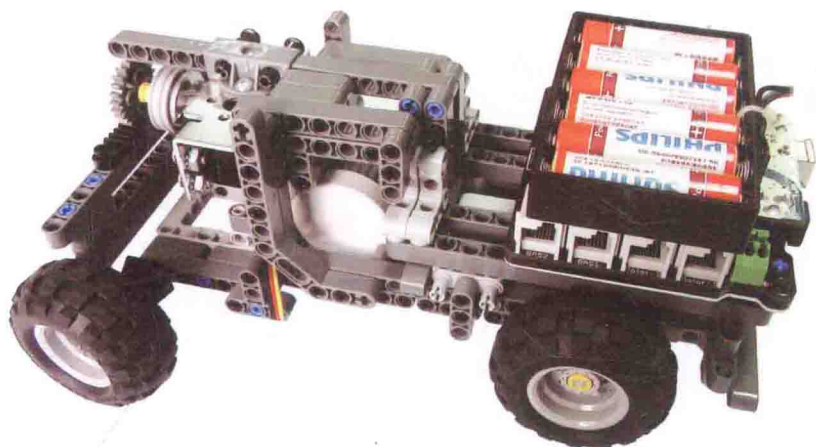


青少年科技创新丛书



用Arduino 进行创造

刘玉田 许勇进 编著



清华大学出版社

青少年科技创新丛书

用Arduino 进行创造

刘玉田 许勇进 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书对电子技术和编程的基础知识进行了深入浅出的讲解,降低了学习难度,使学习更有乐趣;既包含基础应用,又有前沿探索的内容,如物联网的知识等,使学习循序渐进;充分考虑了 Arduino 开源的特点,探讨了 Arduino 与中学实验、与乐高机器人等领域的融合,丰富了 Arduino 的应用;还引入了 Arduino 辅助设计软件 Fritzing,完整呈现了创意、虚拟呈现、试验电路、产品实现的过程。

本书主要面向没有电子技术和编程基础知识的青少年。

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。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

用 Arduino 进行创造/刘玉田,许勇进编著. --北京:清华大学出版社,2014

(青少年科技创新丛书)

ISBN 978-7-302-36365-1

I. ①用… II. ①刘… ②许… III. ①单片微型计算机—青少年读物 IV. ①TP368.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098918 号

责任编辑:帅志清

封面设计:刘莹

责任校对:刘静

责任印制:沈露

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:010-62770175 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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.75

字 数:308 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版

印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:66.00 元

产品编号:051075-01

《青少年科技创新丛书》

编 委 会

主 编：郑剑春

副主编：李甫成 李梦军

委 员：（按拼音排序）

曹 双	丁伟达	董英姿	高 山	何琪辰
景维华	李大维	梁志成	刘玉田	毛 勇
苏丛尧	王德庆	王建军	王君英	王文精
魏晓晖	吴俊杰	武 健	向 金	谢作如
修金鹏	叶 琛	于方军	于欣龙	张政桢
张 晟	赵 亮			



序 (1)

吹响信息科学技术基础教育的号角

(一)

信息科学技术是信息时代的标志性科学技术。信息科学技术在社会各个活动领域广泛而深入的应用,就是人们所熟知的信息化。信息化是 21 世纪最为重要的时代特征。作为信息时代的必然要求,它的经济、政治、文化、民生和安全都要接受信息化的洗礼。因此,生活在信息时代的人们应当具备信息科学的基本知识和应用信息技术的能力。

理论和实践表明,信息时代是一个优胜劣汰、激烈竞争的时代。谁先掌握了信息科学技术,谁就可能在激烈的竞争中赢得制胜的先机。因此,对于一个国家来说,信息科学技术教育的成败优劣,就成为关系国家兴衰和民族存亡的根本所在。

同其他学科的教育一样,信息科学技术的教育也包含基础教育和高等教育两个相互联系、相互作用、相辅相成的阶段。少年强则国强,少年智则国智。因此,信息科学技术的基础教育不仅具有基础性意义,而且具有全局性意义。

(二)

为了搞好信息科学技术的基础教育,首先需要明确:什么是信息科学技术?信息科学技术在整个科学技术体系中处于什么地位?在此基础上,明确:什么是基础教育阶段应当掌握的信息科学技术?

众所周知,人类一切活动的目的归根结底就是要通过认识世界和改造世界,不断地改善自身的生存环境和发展条件。为了认识世界,就必须获得世界(具体表现为外部世界存在的各种事物和问题)的信息,并把这些信息通过处理提炼成为相应的知识;为了改造世界(表现为变革各种具体的事物和解决各种具体的问题),就必须根据改善生存环境和发展条件的目的,利用所获得的信息和知识,制定能够解决问题的策略并把策略转换为可以实践的行为,通过行为解决问题、达到目的。

可见,在人类认识世界和改造世界的活动中,不断改善人类生存环境和发展条件这个目的是根本的出发点与归宿,获得信息是实现这个目的的基础和前提,处理信息、提炼知识和制定策略是实现目的的关键与核心,而把策略转换成行为则是解决问题、实现目的的最终手段。不难明白,认识世界所需要的知识、改造世界所需要的策略以及执行策略的行为是由信息加工分别提炼出来的产物。于是,确定目的、获得信息、处理信息、提炼知识、制定策略、执行策略、解决问题、实现目的,就自然地成为信息科学



技术的基本任务。

这样，信息科学技术的基本内涵就应当包括：①信息的概念和理论；②信息的地位和作用，包括信息资源与物质资源的关系以及信息资源与人类社会的关系；③信息运动的基本规律与原理，包括获得信息、传递信息、处理信息、提炼知识、制定策略、生成行为、解决问题、实现目的规律和原理；④利用上述规律构造认识世界和改造世界所需要的各种信息工具的原理和方法；⑤信息科学技术特有的方法论。

鉴于信息科学技术在人类认识世界和改造世界活动中所扮演的主导角色，同时鉴于信息资源在人类认识世界和改造世界活动中所处的基础地位，信息科学技术在整个科学技术体系中显然应当处于主导与基础双重地位。信息科学技术与物质科学技术的关系，可以表现为信息科学工具与物质科学工具之间的关系：一方面，信息科学工具与物质科学工具同样都是人类认识世界和改造世界的基本工具；另一方面，信息科学工具又驾驭物质科学工具。

参照信息科学技术的基本内涵，信息科学技术基础教育的内容可以归结为：①信息的基本概念；②信息的基本作用；③信息运动规律的基本概念和可能的实现方法；④构造各种简单信息工具的可能方法；⑤信息工具在日常活动中的典型应用。

(三)

与信息科学技术基础教育内容同样重要甚至更为重要的问题是要研究：怎样才能使中小學生真正喜爱并能够掌握基础信息科学技术？其实，这就是如何认识和实践信息科学技术基础教育的基本规律的问题。

信息科学技术基础教育的基本规律有很丰富的内容，其中有两个重要问题：一是如何理解中小學生的一般认知规律，二是如何理解信息科学技术知识特有的认知规律和相应能力的形成规律。

在人类（包括中小學生）一般的认知规律中，有两个普遍的共识：一是“兴趣决定取舍”，二是“方法决定成败”。前者表明，一个人如果对某种活动有了浓厚的兴趣和好奇心，就会主动、积极地探寻奥秘；如果没有兴趣，就会放弃或者消极应付。后者表明，即使有了浓厚的兴趣，如果方法不恰当，最终也会导致失败。所以，为了成功地培育人才，激发浓厚的兴趣和启示良好的方法都非常重要。

小学教育处于由学前的非正规、非系统教育转为正规的系统教育的阶段，原则上属于启蒙教育。在这个阶段，调动兴趣和激发好奇心理更加重要。中学教育的基本要求同样是要不断调动学生的学习兴趣和激发他们的好奇心理，但是这一阶段越来越重要的任务是要培养他们的科学思维方法。

与物质科学技术学科相比，信息科学技术学科的特点是比较抽象、比较新颖。因此，信息科学技术的基础教育还要特别重视人类认识活动的另一个重要规律：人们的认识过程通常是由个别上升到一般，由直观上升到抽象，由简单上升到复杂。所以，从个别的、简单的、直观的学习内容开始，经过量变到质变的飞跃和升华，才能掌握一般的、抽象的、复杂的学习内容。其中，亲身实践是实现由直观到抽象过程的良好途径。





综合以上几方面的认知规律,小学的教育应当从个别的、简单的、直观的、实际的、有趣的学习内容开始,循序渐进,由此及彼,由表及里,由浅入深,边做边学,由低年级到高年级,由小学到中学,由初中到高中,逐步向一般的、抽象的、复杂的学习内容过渡。

(四)

我们欣喜地看到,在信息化需求的推动下,信息科学技术的基础教育已在我国众多的中小学校试行多年。感谢全国各中小学校的领导和教师的重视,特别感谢广大一线教师们坚持不懈的努力,克服了各种困难,展开了积极的探索,使我国信息科学技术的基础教育在摸索中不断前进,取得了不少可喜的成绩。

由于信息科学技术本身还在迅速发展,人们对它的认识还在不断深化。由于“重书本”、“重灌输”等传统教育思想和教学方法的影响,学生学习的主动性、积极性尚未得到充分发挥,加上部分学校的教学师资、教学设施和条件还不够充足,教学效果尚不能令人满意。总之,我国信息科学技术基础教育存在不少问题,亟须研究和解决。

针对这种情况,在教育部基础司的领导下,我国从事信息科学技术基础教育与研究的广大教育工作者正在积极探索解决这些问题的有效途径。与此同时,北京、上海、广东、浙江等省市的部分教师也在自下而上地联合起来,共同交流和梳理信息科学技术基础教育的知识体系与知识要点,编写新的教材。所有这些努力,都取得了积极的进展。

《青少年科技创新丛书》是这些努力的一个组成部分,也是这些努力的一个代表性成果。丛书的作者们是一批来自国内外大中学校的教师和教育产品创作者,他们怀着“让学生获得最好教育”的美好理想,本着“实践出兴趣,实践出真知,实践出才干”的清晰信念,利用国内外最新的信息科技资源和工具,精心编撰了这套重在培养学生动手能力与创新技能的丛书,希望为我国信息科学技术基础教育提供可资选用的教材和参考书,同时也为学生的科技活动提供可用的资源、工具和方法,以期激励学生学习信息科学技术的兴趣,启发他们创新的灵感。这套丛书突出体现了让学生动手和“做中学”的教学特点,而且大部分内容都是作者们所在学校开发的课程,经过了教学实践的检验,具有良好的效果。其中,也有引进的国外优秀课程,可以让学生直接接触世界先进的教育资源。

笔者看到,这套丛书给我国信息科学技术基础教育吹进了一股清风,开创了新的思路和风格。但愿这套丛书的出版成为一个号角,希望在它的鼓动下,有更多的志士仁人关注我国的信息科学技术基础教育的改革,提供更多优秀的作品和教学参考书,开创百花齐放、异彩纷呈的局面,为提高我国的信息科学技术基础教育水平作出更多、更好的贡献。

钟义信

2013年冬于北京





序 (2)

探索的动力来自对所学内容的兴趣，这是古今中外之共识。正如爱因斯坦所说：一个贪婪的狮子，如果被人们强迫不断进食，也会失去对食物贪婪的本性。学习本应源于天性，而不是强迫地灌输。但是，当我们环顾目前教育的现状，却深感沮丧与悲哀：学生太累，压力太大，以至于使他们失去了对周围探索的兴趣。在很多学生的眼中，已经看不到对学习的渴望，他们无法享受学习带来的乐趣。

在传统的教育方式下，通常由教师设计各种实验让学生进行验证，这种方式与科学发现的过程相违背。那种从概念、公式、定理以及脱离实际的抽象符号中学习的过程，极易导致学生机械地记忆科学知识，不利于培养学生的科学兴趣、科学精神、科学技能，以及运用科学知识解决实际问题的能力，不能满足学生自身发展的需要和社会发展对创新人才的需求。

美国教育家杜威指出：成年人的认识成果是儿童学习的终点。儿童学习的起点是经验，“学与做相结合的教育将会取代传授他人学问的被动的教育”。如何开发学生潜在的创造力，使他们对世界充满好奇心，充满探索的愿望，是每一位教师都应该思考的问题，也是教育可以获得成功的关键。令人感到欣慰的是，新技术的发展使这一切成为可能。如今，我们正处在科技日新月异的时代，新产品、新技术不仅改变我们的生活，而且让我们的视野与前人迥然不同。我们可以有更多的途径接触新的信息、新的材料，同时在工作中也易于获得新的工具和方法，这正是当今时代有别于其他时代的特征。

当今时代，学生获得新知识的来源已经不再局限于书本，他们每天面对大量的信息，这些信息可以来自网络，也可以来自生活的各个方面：手机、iPad、智能玩具等。新材料、新工具和新技术已经渗透到学生的生活之中，这也为教育提供了新的机遇与挑战。

将新的材料、工具和方法介绍给学生，不仅可以改变传统的教育内容与教育方式，而且将为学生提供实现创新梦想的舞台，教师在教学中可以更好地观察和了解学生的爱好、个性特点，更好地引导他们，更深入地挖掘他们的潜力，使他们具有更为广阔的视野、能力和责任。

本套丛书的作者大多是来自著名大学、著名中学的教师和教育产品的科研人员，他们在多年的实践中积累了丰富的经验，并在教学中形成了相关的课程，共同的理想让我们走到了一起，“让学生获得最好的教育”是我们共同的愿望。



本套丛书可以作为各校选修课程或必修课程的教材，同时也希望借此为学生提供一些科技创新的材料、工具和方法，让学生通过本套丛书获得对科技的兴趣，产生创新与发明的动力。

丛书编委会

2013 年 10 月 8 日



前言

先说两件事。

第一件事：记得早些年，我看了一个电视节目，主持人问五六岁的孩子“你长大了想干什么？”孩子说：“我想当发明家，能够把水变成油，这样好多好多汽车只用加水就能跑了。”许多人交口称赞：“孩子真有想象力！”随着孩子年龄的增长，我们越来越难从他们口中听到类似的想法，以至于现在有不少声音质疑孩子们的想象力、创造力，进而质疑学校教育，似乎教育和孩子的创造力已经真的到了只能扼腕叹息的地步。

第二件事：编者在上初中的时候开始对电子制作有了兴趣，也想办法拆了不少东西。后来偶然得到一本电子电路方面的书，此书跟大多数电子类的书一样，电阻、二极管、三极管等内容一应俱全、面面俱到。当时我只是个初中生，在看到“三极管特性曲线”的时候，就再也看不下去了。也就是说，那本书我就看了前面十几页。那个时候，学习几乎是学生唯一和必须完成的任务，我的爱好没有继续下去。后来进入大学，学习没有那么紧张了，想再玩一玩电子制作。这个时候，大家已经都在玩单片机了。由于完全没有单片机的基础，于是我求助电子专业的一位老师，他给了我一本《51 单片机》让我先补点基础知识。那是一本 32 开的书，没多厚，书角已磨得不成样子，很有沧桑感，竟跟我最早的那本电子书有些神似。等我看的时候才发现，看书的感觉跟当年那么相似，满书都是什么地址、寄存器、指令……结果可想而知。

不知道有多少人像编者一样，有那么一个兴趣爱好，却始终在门口徘徊，慢慢地丢了、放了，没有了创造的欲望。我一直在想这是为什么。几年前开始接触 Lego（乐高），再后来发现了 Arduino，觉得似乎找到了答案，或者说找到部分答案。创造力不仅仅是“把水变成油”的奇想，还需要及时把它表现和物化出来。对于热爱创造的人来说，这种“成果”是激励他克服困难的强大动力。遗憾的是，很多时候，爱好者们要想实现其想法，必须积累太多的知识、技能之后才能有一点点成果，很多人坚持不到这一阶段。表现和物化的过程一定需要借助一些外部手段——工具。“工具”的好坏、易用程度，直接决定了其是否能够顺利地取得成果，“工欲善其事，必先利其器”就有这个意思。

我想，Arduino 会是适合孩子们的“利器”。Arduino 本身就不是为专业人员开发的，其设计之初的目的是让设计师和艺术家们能够快速表达其创意。想一想，艺术家们懂得的电子知识应该不会比孩子们多很多。

这本书面向的对象是没有太多电子技术和计算机编程基础知识的青少年朋友，书中



的案例不见得精彩、高深，编写的程序也肯定没有那么精炼。仅靠这本书，读者不会成为 Arduino 高手，但是相信能帮读者迈出成为高手的第一步。

创造，不仅仅要有上天入地的奇想；创造，要先实现自己脑海中闪现的那一丁点儿的小火花！

本书主要由刘玉田负责构思和编写，部分章节与同事共同编写，具体为：第 3 章与许勇进共同编写，第 2 章与崔艳丽共同编写，第 4 章与马丽娜共同编写，第 5 章与张瑞琳共同编写，第 8 章与何佳星共同编写，在此对他们表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏与不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 3 月





第 1 章	Arduino 简介	1
1.1	Arduino UNO 硬件介绍	1
1.2	Arduino 的开发环境	5
1.3	使用 Arduino	8
第 2 章	Arduino 入门	14
2.1	LED 闪烁	14
2.1.1	Arduino 编程基础	14
2.1.2	Blink 程序拓展	21
2.2	按键开关控制 LED	25
2.2.1	初步方案	25
2.2.2	问题分析	28
2.3	触摸开关控制 LED	31
2.4	用红外接近开关控制 LED	35
第 3 章	Arduino 与 Fritzing	38
3.1	初识 Fritzing	38
3.2	面包板视图操作	41
3.3	原理视图操作	44
3.4	PCB 视图操作	48
3.4.1	设计 PCB 板	48
3.4.2	焊接电路板	51
第 4 章	温控风扇项目	54
4.1	测量温度	54
4.1.1	测量温度并在串口监视器上显示	54
4.1.2	LED 警示温度	58
4.1.3	程序简化	61
4.1.4	用闪烁频率警示温度	63



4.2	数码管显示温度	65
4.2.1	七段 LED 数码管	65
4.2.2	4 位数码管显示	69
4.2.3	4 位数码管显示温度电路改进	75
4.3	添加报警温度设定功能	77
4.3.1	电位器	77
4.3.2	电位器调整报警温度	79
4.4	风扇转起来	83
4.4.1	Arduino 控制风扇	83
4.4.2	可以调速的风扇	87
4.4.3	摇杆控制电机转速和方向	92
4.5	会摇头的风扇	94
4.5.1	舵机	94
4.5.2	Servo library	96
4.5.3	连接多个舵机	101
第 5 章	太阳能板自动追日装置	104
5.1	检测光照强弱	104
5.2	判断光线方向	108
5.3	太阳能板方位控制	111
5.3.1	方位控制原理	111
5.3.2	电机控制模块制作	113
5.4	追日程序	115
第 6 章	网络浇花器	119
6.1	自动浇花器	119
6.2	XBee 无线网络	122
6.2.1	使用 XBee 的硬件准备	123
6.2.2	XBee 的配置	124
6.2.3	Arduino 通过 XBee 与计算机无线通信	128
6.2.4	自动浇花器与计算机无线通信	130
6.2.5	两块 Arduino 通过 XBee 通信	132
6.3	将自动浇花器接入互联网	134
6.3.1	Ethernet 扩展板和 Ethernet 库	134
6.3.2	让 Arduino 成为网络服务器	140
6.4	将 Arduino 接入物联网	144
6.4.1	Yeelink 快速开始	144
6.4.2	上传土壤湿度传感器的数据	149





6.4.3 远程控制浇花水泵	155
第7章 Arduino 与中学物理实验	160
7.1 测量单摆的周期	160
7.2 晶体和非晶体熔化实验	163
7.2.1 熔化实验简介	163
7.2.2 实验改进	163
7.2.3 数据处理	167
7.2.4 补充阅读	169
第8章 Arduino 与 Lego	172
8.1 Arduino 与 Lego 结合	172
8.2 NXShield 程序示例	176
8.2.1 NXT 触碰和光电传感器使用示例	177
8.2.2 NXT 电机和超声波传感器使用示例	181
8.3 循迹小车	184
8.4 NXShield 控制舵机	188
8.5 扩展阅读——I ² C 和 Wire 库	192
附录 硬件推荐及说明	195
参考文献	201

第 1 章 Arduino 简介

Arduino 能做什么？如何工作？在回答这个问题之前，先想想我们自己——人是如何工作的。我们做任何事情都要经历三个步骤：①先用耳朵、眼睛等感官从外界获取信息，比如听到某个人叫自己；②在大脑中对其进行分析和处理，比如要判断是谁在叫自己，他要干什么；③根据分析的结果，用嘴巴等向外界传递一些信息，或者直接用手、脚等对外界施加影响。比如，是认识的人，就与他聊一会儿。Arduino 的工作过程也一样。在一块蓝色的电路板上有一些 I/O 口，“I”代表 INPUT(输入)，接上“耳朵”、“眼睛”后就可以向 Arduino 输入信息；“O”代表 OUTPUT(输出)，接上“嘴巴”就可以向外界“哇啦哇啦”，接上“手、脚”等运动部件，就可以手舞足蹈。当然，Arduino 还不能像人一样自己思考和行事，需要事先编写好程序，Arduino 将完全按照我们预设的情况工作。在相应的软件中编写程序，并将其下载到蓝色电路板上的一块芯片中，这块芯片就成了 Arduino 的“大脑”。

1.1 Arduino UNO 硬件介绍

 **提示：**不需要完全记住或理解本节介绍的内容，可以在继续学习的过程中，回过头来查找需要的东西。

Arduino 是开源的微型控制器，在 2005 年产生于意大利，由意大利米兰互动设计学院的教师 Massimo Banzi 等人发起。目前 Arduino 出现了一系列型号，以适用于不同的人群和场合。Arduino 是一个工具，能帮我们做出一个感知和控制物理世界的计算机。关于 Arduino 的更多详细信息，可以登录 Arduino 的主页 <http://www.arduino.cc> 查看（看一手的资料对于学习是非常重要的）。该主页上有大量的硬件、软件和案例资源，对初学者无疑有巨大的帮助。另外，这个主页是英文版的，学习 Arduino 的同时也可以提高读者的英文阅读能力。

目前 Arduino 系列较为主流的产品是 Arduino UNO，其最新的版本是 R3(Revision 3)，如图 1-1 所示。本书使用 Arduino UNO R3。

UNO 的处理器核心是 ATmega328，具有 14 路数字输入/输出口（其中 6 路可作为 PWM 输出）、6 路模拟输入、一个 16MHz 晶体振荡器、一个 USB 口、一个电源插座、一个 ICSP header 和一个复位按钮。

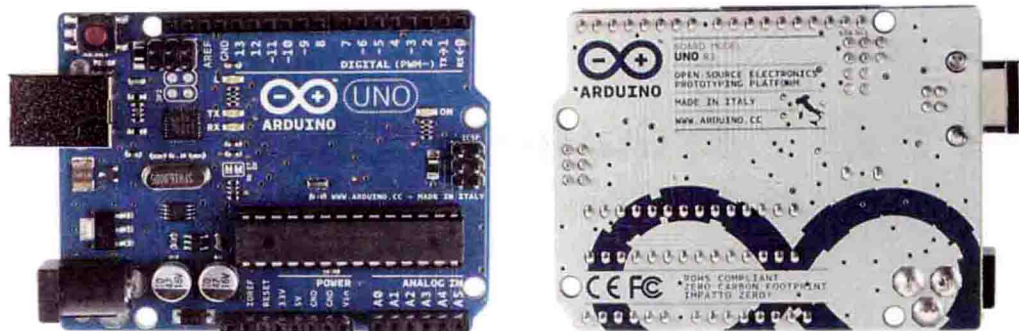


图 1-1 Arduino UNO R3 电路板正、反面

UNO 与所有之前的型号不同的地方是,不再使用 FTDI USB-to-Serial (USB 转串口)驱动芯片,而是使用 ATmega16U2 作为 USB 转串口的转换器。

相对前两个版本,UNO R3 有以下新的特点:

- (1) 在 AREF 处增加了两个引脚 SDA 和 SCL(标记在背面),支持 I²C 接口。
- (2) 增加 IOREF 引脚,使扩展板能适应由 Arduino 提供的电压,扩展板将能兼容 AVR 板(工作电压为 5V)和 Arduino Due (工作电压为 3.3V);增加了一个为扩展用途预留的引脚。
- (3) 改进了复位电路设计。
- (4) USB 接口芯片由 ATmega16U2 替代了 ATmega8U2。

Arduino UNO R3 的简要介绍如表 1-1 所示。

表 1-1 Arduino UNO R3 概要

处 理 器	ATmega328
工作电压	5V
输入电压(推荐)	7~12V
输入电压(限制范围)	6~20V
数字 I/O 引脚	14(其中 6 路作为 PWM 输出)
模拟输入引脚	6
I/O 引脚输出电流	最大 40mA
3.3V 引脚电流	最大 50mA
Flash Memory	32KB(ATmega328,其中 0.5KB 用于 bootloader)
SRAM	2KB(ATmega328)
EEPROM	1KB(ATmega328)
工作时钟	16MHz

图 1-2 标出了 Arduino UNO R3 未标示或标示不清楚的一些引脚、器件,相关说明如表 1-2~表 1-5 所示。图 1-2 中部分说明如下:



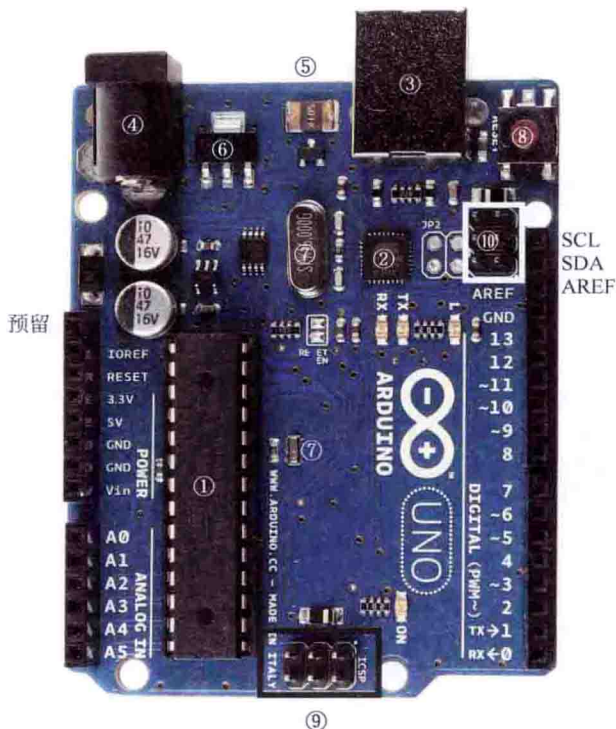


图 1-2 Arduino UNO R3

表 1-2 电源引脚说明

引脚名称	功 能	说 明
Power Jack 图 1-2 中④	直流电源插座, 外接直流电源, 电压 7~12V	这三种方式均能为 Arduino UNO 供电; 电路板能自动选择供电方式
USB 图 1-2 中③	为 Arduino 提供直流电源; 与计算机通信、下载程序	
V_{in}	外接直流电源输入, 电压 7~12V (V_{in} 是 Voltage Input 的缩写); 外接电源正极接“ V_{in} ”, 负极接“GND”	
GND	“地”引脚 (GND 是 Ground 的缩写) Arduino 共有 3 个 GND 引脚	在电子电路中, “地”并不是真正的大地, 而是代表电位的零点, 有时可以将 GND 理解为“负极” (只是方便理解, 并不严谨)
3.3V	Arduino 电路板向外输出 3.3V 直流电压, 最大电流 50mA	3.3V 和 5V 电压输出, 要经过电路板上的电压调整器从“直流电源插座”、USB 或 V_{in} 获得。这样做会对电路板有损坏, 一般不推荐使用它们
5V	Arduino 电路板向外输出 5V 直流电压 (说明书上没有说明能提供的最大电流, 上限约为 300mA)	

