



水木书荟

Arduino/Genuino 101 开发入门

Arduino中文社区 推荐!

32位Arduino控制器开发入门书籍，提供线上解答，助力读者学习!

陈吕洲 编著

清华大学出版社



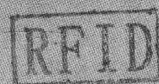


水木书荟



Arduino / Genuino 101 开发入门

陈吕洲 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

Genuino 101 是一个极具特色的 Arduino 开发板,它基于 Intel Curie 模组,不仅有着和 Arduino UNO 一样的特性和外设,还集成了低功耗蓝牙(BLE)和六轴姿态传感器(IMU)功能,借助 Intel Curie 模组上模式匹配引擎,甚至可以进行机器学习操作。因此,使用 Genuino 101 可以完成一些传统单片机或者 Arduino 难以胜任的工作,制作更为惊艳的作品。

本书以清晰的结构讲述 Genuino 101 开发基础,内容涵盖 Arduino 编程基础知识和 Genuino 101 高级 API 的使用。

全书共 9 章,第 1 章简述 Arduino 与 Genuino 101 的历史、软硬件及开发环境使用方法;第 2~4 章讲解 Arduino 核心 API 的使用方法;第 5~9 章讲解 Genuino 101 独有的 Curie API 和 u8g2 驱动显示设备的方法。完成本书的学习后,可以具备大多数常见项目的开发能力。

本书主要针对大学生、研究生和开发者编写,适合入门学习。

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

Arduino/Genuino 101 开发入门/陈吕洲编著. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-47852-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 175099 号

责任编辑:刘 星 梅桀芳

封面设计:刘 键

责任校对:徐俊伟

责任印制:杨 艳

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>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm

印 张:13.25

字 数:297 千字

版 次:2017 年 10 月第 1 版

印 次:2017 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

Genuino 101 是一个极具特色的 Arduino 开发板,它基于 Intel Curie 模组,不仅有着和 Arduino UNO 一样的特性和外设,还集成了低功耗蓝牙(Bluetooth Low Energy,BLE)和六轴姿态传感器(Inertial Measurement Unit,IMU)功能,借助 Intel Curie 模组上模式匹配引擎,甚至可以进行机器学习操作。因此,使用 Genuino 101 可以完成一些传统单片机或者 Arduino 难以胜任的工作,制作更为惊艳的作品。

相较于传统的 Arduino 开发板,Genuino 101 具有如下优势。

1. 控制核心 Intel Curie 是一个带有机器学习功能的模组

机器学习是当今技术领域的热点,但真想弄懂机器学习需要具备数学、逻辑学、统计学等多学科的知识。现在只需要有 Genuino 101,即可在项目上应用或者体验机器学习的魅力了。

Genuino 101 自带神经元,能进行基础的分类学习,这带来的好处是巨大的。结合 Genuino 101 的 IMU,可以进行动作识别,而不用复杂的编程。想象一下如何用纯编程的方法实现动作识别,真的是太难了。

2. 可以进行真正的低功耗蓝牙开发

低功耗蓝牙技术是目前最流行的无线通信技术之一,我们用的移动设备几乎都带低功耗蓝牙功能,了解低功耗蓝牙开发,对开发人员大有裨益。

Genuino 101 是蓝牙官方(SIG)推荐的蓝牙开发入门平台,其上集成有 Nordic 蓝牙模组,并提供了 CurieBLE 库用于开发,它能让我们了解什么是真正的蓝牙通信,还可以制作各种蓝牙 BLE 设备。

3. 硬件配置更为强大

相比 Arduino UNO,Genuino 101 配置更为强大。Intel Curie 上集成有 x86 和 arc 两个核心,拥有更强的运算能力。

除了前面提到的完整的蓝牙 BLE、神经元等亮点外,Genuino 101 上集成的姿态识别



IMU 也是高配版。我们常见的 IMU 传感器都是民用级别的,而 Genuino 101 上自带的博世 IMU BMI160 是一个车载级别的芯片,其性能远高于民用标准。

另外,Genuino 101 的每一个 I/O 口都支持外部中断,使得程序编写和硬件连接更具灵活性。

这里需要强调,树莓派等 Linux 开发板和 Arduino 之间并没有可比性,二者应用场合不一样。

4. 可以使用更多的开发方式,更适合学生和爱好者使用

Genuino 101 除了能使用 Arduino 方式开发,还可以切换到 Zephyr RTOS 进行开发。而在 Zephyr 基础上,Intel 还提供了 JavaScript 解释器,因此还可以使用 JavaScript 进行开发。

这些特点使得 Genuino 101 对爱好者更具可玩性,对学生更有学习价值,不仅能通过 Genuino 101 学习 Arduino 开发方法,还能了解 RTOS 等更高级的知识。

5. Intel 和 Arduino 强强联合

过去的 Arduino 开发板大多是 Arduino 官方独立设计开发制造的,而 Genuino 101 由 Arduino 和 Intel 两个团队共同开发,从 Arduino 社区的关注度到源代码的更新进度,都可见一斑。

以上为使用 Genuino 101 的优势,但在使用 Genuino 101 之前也应该了解目前使用 Genuino 101 的阻碍。

(1) 目前 Intel Curie 芯片没有对个人用户销售,但企业用户是可以购买到的,国内外已经有基于 Intel Curie 的产品量产。

(2) 价格较高。大部分人没用 Genuino 101 的原因只是因为太贵,但相信大部分人用 Arduino 并不是开发量产的产品,笔者认为并没有必要节约百十块钱。即使是开发量产产品,也可以先购买 Genuino 101 用于原型制作。量产时可自己制作 PCB,采购 Intel Curie 模组进行生产。

(3) 部分基于 AVR 的 Arduino 库,在 Genuino 101 上无法使用。但这个问题不大,还有非常多的标准 Arduino 库可以在 Genuino 101 上使用,Genuino 101 还自带蓝牙 BLE、IMU、机器学习等功能,Intel 和 Arduino 官方也提供了对应的库,这些库组合起来已经可以满足大部分项目需求了。另外,在可穿戴领域,Genuino 101 比其他 Arduino 方案更有优势。

本书是笔者将过去在 Arduino 中文社区上撰写的 Genuino 101 相关教程与自身开发经验相结合整理而成的,内容涵盖 Arduino 编程基础知识和 Genuino 101 高级 API 的使用,主要针对大学生、研究生和开发者编写,适合入门学习。

由于编写本书时 Genuino 101 的蓝牙 BLE 库正在大版本更新过程中,相关 API 可能会



有很大变化,因此本书中没有蓝牙 BLE 开发章节,待 BLE 库稳定版本推出后,读者可在 Arduino 中文社区上阅读 BLE 开发章节。

参与本书编撰和校审的还有邱力超、魏宇科、王翔、赵东相、任蕾凡、邹东雁。

特别感谢 Intel 在线业务部在写作本书时提供的支持与帮助。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。欢迎读者通过 Arduino 中文社区(<http://www.arduino.cn/>)参与本书相关内容的讨论。本书相关资料及代码均可在清华大学出版社本书页面以及笔者的个人网站(<http://clz.me/101-book/>)获取。

陈吕洲

2017 年 7 月

作者简介:

陈吕洲 Arduino 中文社区创始人,硬件创业者,畅销图书《Arduino 程序设计基础》的作者。早期从事机器人竞赛,现从事软硬件产品设计与开发工作。在业余时间致力于开源硬件的设计与推广,长期积极参与和推动国内开源硬件及相关社群的发展。研究领域涉及 Arduino、mbed、ScriptBoard 等硬件开发平台, Linux、Zephyr 等嵌入式操作系统,也为 Intel、Atmel 等公司提供开源硬件产品设计与推广咨询服务。



CONTENTS

第 1 章 Arduino 与 Intel Curie	1
1.1 什么是 Arduino	1
1.2 为什么使用 Arduino 作为开发平台	4
1.3 Genuino 101 与 Intel Curie	5
1.4 配置 Genuino 101 开发环境	9
1.5 认识 Arduino IDE	10
1.6 添加 Genuino 101 支持	12
1.7 Blink——Arduino 的 Hello World	14
第 2 章 Arduino 编程基础	18
2.1 Arduino 语言	18
2.2 C/C++ 语言基础	19
2.2.1 数据类型	20
2.2.2 运算符	22
2.2.3 表达式	22
2.2.4 数组	22
2.2.5 字符串	23
2.2.6 注释	24
2.2.7 用流程图来表示程序	24
2.2.8 顺序结构	25
2.2.9 选择结构	25
2.2.10 循环结构	27
2.3 电子元件和扩展模块	30
2.4 Arduino 扩展板的使用	33
2.5 数字 I/O 的使用	35
2.5.1 数字信号	35
2.5.2 流水灯实验	38



2.5.3 按键控制 LED 实验	40
2.6 模拟 I/O 的使用	46
2.6.1 模拟信号	46
2.6.2 呼吸灯实验	48
2.6.3 光敏电阻检测环境光实验	52
2.7 数字传感器与模拟传感器的使用	54
2.8 与计算机交流——串口的使用	56
2.8.1 串口输出	56
2.8.2 串口输入	58
2.8.3 串口开关 LED 实验	60
2.9 时间函数	61
2.9.1 运行时间函数	61
2.9.2 延时函数	62
2.9.3 RTC 函数	63
第 3 章 I/O 的高级应用	66
3.1 调声函数	66
3.1.1 蜂鸣器发声	67
3.1.2 简易电子琴	70
3.2 脉冲宽度测量函数	72
3.3 外部中断	76
3.3.1 外部中断的使用	77
3.3.2 外部中断触发蜂鸣器警报实验	78
第 4 章 使用和编写类库	81
4.1 通过库管理器添加库	82
4.2 手动添加库并使用	83
4.3 编写 Arduino 类库	87
4.3.1 编写函数	87
4.3.2 编写头文件与源文件	90
4.3.3 关键字高亮	93
4.3.4 建立示例程序	94
4.3.5 类库优化与发布	95
第 5 章 定时器	96
5.1 定时器中断	96
5.2 定时器输出 PWM	97



第 6 章 串口进阶	99
6.1 串行与并行通信	99
6.2 硬件串口	99
6.3 print 和 write 输出方式的差异	101
6.4 HardwareSerial 类成员函数	103
6.5 read 和 peek 输入方式的差异	109
6.6 串口读取字符串	111
6.7 串口事件	113
6.8 串口缓冲区	115
6.9 实验: 串口控制 RGB LED 调光	115
6.10 软件模拟串口通信——SoftwareSerial 库的使用	118
6.10.1 SoftwareSerial 类成员函数	118
6.10.2 建立软串口通信	120
6.10.3 同时使用多个软串口	121
第 7 章 显示篇	123
7.1 认识显示设备	123
7.1.1 I ² C 设备	123
7.1.2 SPI 设备	125
7.2 u8g2 标准库	128
7.2.1 新建设备对象	129
7.2.2 初始化与缓冲区操作	131
7.2.3 文本显示	131
7.2.4 数据显示	133
7.2.5 中文显示	134
7.2.6 绘制图形	135
7.2.7 图片显示	138
第 8 章 CurieIMU 库的使用	141
8.1 配置 IMU 及获取数据	141
8.2 解算 AHRS 姿态	145
8.3 姿态数据可视化	147
8.4 IMU 中断检测	152
8.5 神经元与机器学习	158
第 9 章 存储篇	165
9.1 EEPROM 的使用	165
9.1.1 写数据	166



9.1.2	读数据	167
9.1.3	擦除数据	169
9.2	SPI Flash 的使用	170
9.2.1	新建文件并写入	172
9.2.2	列出文件	174
9.2.3	读取文件	175
9.2.4	擦除数据	177
附录 A	Arduino/Genuino 101 数据手册	181
附录 B	ASCII 码对照表	185
附录 C	串口通信可用 config 配置	189
附录 D	Zephyr 简介	191
后记		197
参考文献		199

Arduino与Intel Curie

Arduino 自 2005 年推出以来,广受好评,如今已成为最热门的开源硬件之一,在全球最大的开源社区 Github 上,Arduino 已经成为一个语言分类,其热门程度可见一斑。

Intel Curie 是 Intel 在 2015 年发布的穿戴式计算平台,集成了蓝牙 BLE 技术、六轴姿态传感器和神经元机器学习功能,是目前最先进的可穿戴模组。

以上两者结合,便是本书将讲解的 Arduino/Genuino 101,见图 1-1。

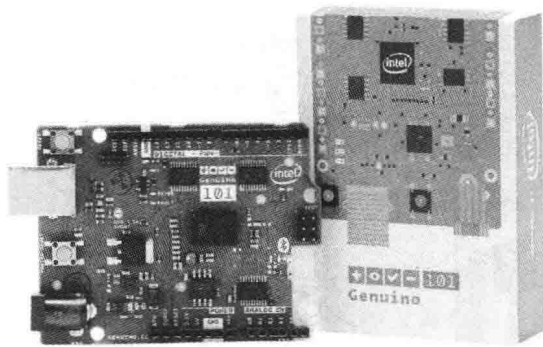


图 1-1 Arduino/Genuino 101 开发板

1.1 什么是 Arduino

在回答 Arduino 是什么之前,让我们先来看几个基于 Arduino 开发的项目。



1. ArduPilot

ArduPilot(图 1-2)是基于 Arduino 开发的无人机控制系统,是目前最强大的基于惯性导航的开源飞行控制器之一。它集成有陀螺仪、加速度传感器、电子罗盘传感器、大气压传感器、GPS 等部件。使用 ArduPilot 制作的四轴飞行器如图 1-3 所示。

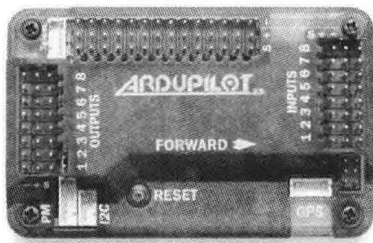


图 1-2 ArduPilot 控制器

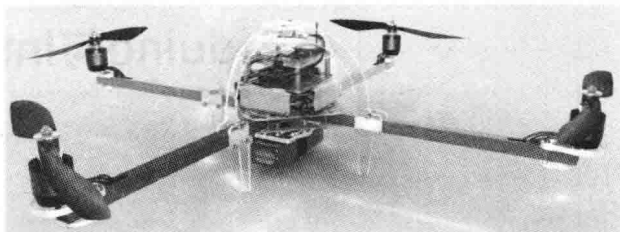


图 1-3 ArduPilot 制作的四轴飞行器

2. MakerBot

MakerBot(图 1-4)是一款使用 Arduino Mega 作为主控制器的 3D 打印机。Arduino 负责解读 G 代码,驱动步进电机、打印喷头等部件来打印 3D 物体。

3. ArduSat

ArduSat 是美国加州的 NanoSatisfi 团队在众筹网站 Kickstarter 上推出的用 Arduino 制作的微型人造卫星项目(图 1-5),目的是让任何人都可以用更低的成本从事有关宇宙的研究。

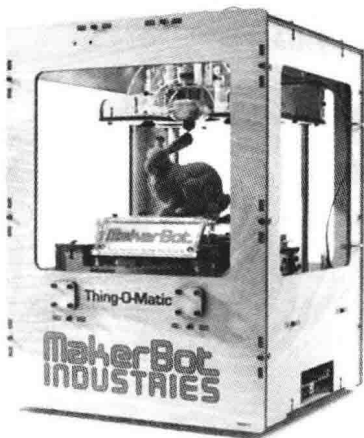


图 1-4 MakerBot 3D 打印机

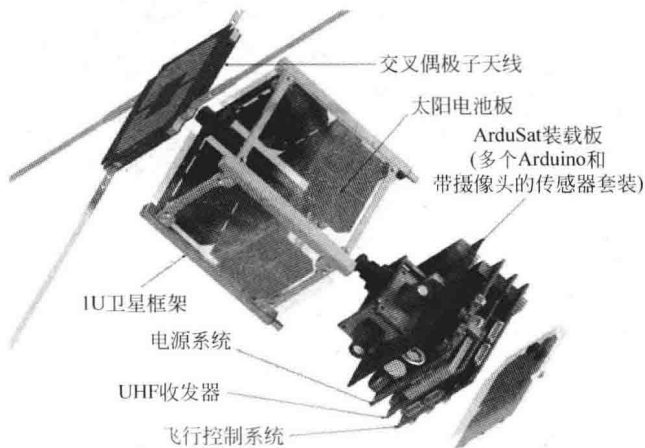


图 1-5 ArduSat 卫星结构示意图



它只有 1dm^3 大小,能以 18 倍音速的速度围绕地球飞行,并配备照相机和多达 25 种感应器,搭载的感应器包括电磁波测定装置、分光器、振动传感器、光传感器、GPS、盖革计数器、陀螺仪、磁场传感器、二氧化碳检测传感器等。

4. 智能灯控系统

图 1-6 为集合 Zigbee、GPRS、Arduino 等多种技术制作的无线灯控系统。

图 1-6 为一个路灯控制节点,它由电源模块、互感器、继电器、电能计量芯片、Zigbee 无线模块、AVR 单片机组成。其中,AVR 单片机中的程序,便是使用 Arduino 库写成。

5. 交互月球灯

图 1-7 是一个 Arduino 开发的创意电子产品。外壳使用 3D 打印制造,内部集成了一个 Genuino 101 控制器和 RGB 三色 LED,可以通过蓝牙连接和姿态检测,控制灯的开关和颜色。

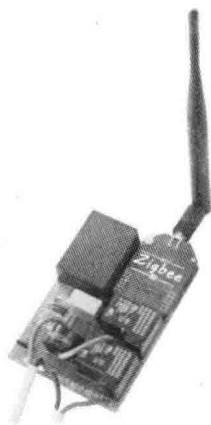


图 1-6 无线灯控系统

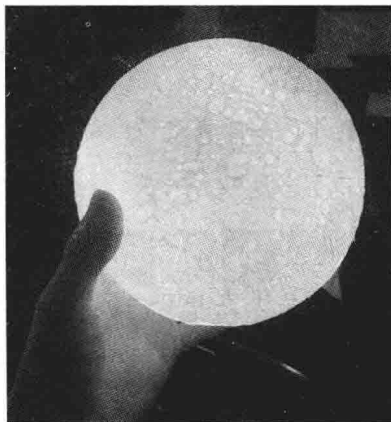


图 1-7 交互月球灯

Arduino 并不仅仅是一块小小的电路板,而是一个开放的电子开发平台。它包含了硬件(电路板)、软件(开发环境),还有许许多多开发者、使用者创造的代码、程序。

Arduino 抛开了传统硬件开发的复杂操作,不需要了解硬件内部结构和寄存器设置,不需要过多的电子知识、编程知识,只需要通过简单的学习,了解各个引脚和函数的作用,便可以利用它开发出各种出色的项目。还可以将 Arduino 与多种软件结合(如 Flash、Max/Msp、VVVV、Processing)制作出有趣的互动作品。

自 Arduino 推出以来,短短几年时间,其在全球积累了大量的用户,推动了开源硬件、创客运动,甚至是硬件创业领域的发展。越来越多的芯片厂商、开发公司宣布自己硬件对 Arduino 的支持。

在 Arduino 的推动下,诞生了许多优秀的开源硬件项目,有趣的是,Arduino 本身也是



多个开源项目融合的成果。图 1-8 为 Arduino 使用了的部分开源项目。

Arduino 编译器使用的是 GCC/C++, 这是 GNU 开源计划的核心, 使用最为广泛的编译器之一; Arduino 语言衍生自 Wiring 语言, 这是一个开源的单片机编程架构, 同时 Arduino 语言又是基于 AVR-Libc 这个 AVR 单片机扩展库编写的, AVR-Libc 也是一个优秀的开源项目; Arduino 集成开发环境是基于 Processing 的, Processing 是一个为设计师设计的新型语言, 当然这这也是一个开源项目。Processing 开发环境是由 Java 编写的, Java 是众所周知的开源项目; 要想将编译好的 Arduino 程序上传到 Arduino 控制器中, 还需使用到 AVR-DUDE, 这也是一个开源项目的成果。

可以说, 没有这些开源项目, 就没有今天的 Arduino。

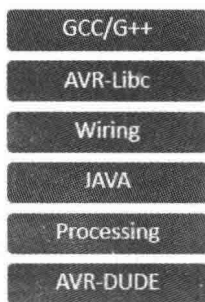


图 1-8 组成 Arduino 的开源项目

1.2 为什么使用 Arduino 作为开发平台

用 Arduino 制作产品或者进行产品开发的优势是很明显的。

1. 跨平台

Arduino IDE 可以在 Windows、Macintosh OSX、Linux 三大主流操作系统上运行, 而其他的大多数控制器只能在 Windows 上开发。

2. 简单清晰的开发

Arduino IDE 基于 Processing IDE 开发。对于初学者来说, 极易掌握, 同时有着足够的灵活性。Arduino 语言基于 Wiring 语言开发, 是对单片机底层接口的二次封装, 不需要太多的单片机基础、编程基础, 简单学习后, 也可以快速地进行开发。

3. 开放性

Arduino 的硬件原理图、电路图、IDE 软件及核心库文件都是开源的, 在开源协议范围内里可以任意修改原始设计及相应代码。

4. 社区与第三方支持

Arduino 有着众多的开发者和用户, 我们可以找到他们提供的众多开源的示例代码、硬件设计。例如, 可以在 Github.com、Arduino.cc、Openjumper.com 等网站找到 Arduino 第三方硬件、外设、类库等支持, 更快更简单地扩展我们的 Arduino 项目。



5. 硬件开发的趋势

Arduino 不仅仅是全球最流行的开源硬件,也是一个优秀的硬件开发平台,更是硬件开发的趋势。Arduino 简单的开发方式使得开发者更关注创意与实现,更快地完成自己的项目开发,大大节约了学习的成本,缩短了开发的周期。

因为 Arduino 的种种优势,越来越多的专业硬件开发者已经或开始使用 Arduino 来开发他们的项目、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、软件甚至艺术专业也纷纷开展了 Arduino 相关课程。

1.3 Genuino 101 与 Intel Curie

Arduino 发展至今已经有多种型号的开发板,而 Arduino 101 是 Intel 与 Arduino 合作推出的最新款 Arduino 控制器。由于商标权利原因,原 Arduino 团队在我国使用 Genuino 作为商标,因此在我国发售的 Arduino 101 以 Genuino 101 命名。Arduino 与 Genuino 商标见图 1-9。

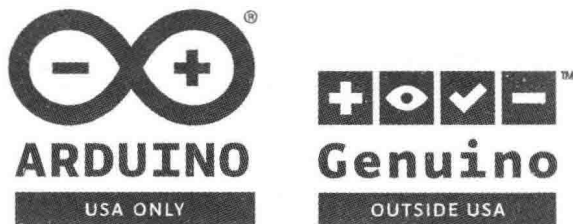


图 1-9 Arduino 与 Genuino 商标

Genuino 101(图 1-10 左图)是一个极具特色的 Arduino 开发板,它基于 Intel Curie 模组(图 1-10 右图),不仅有着和 Arduino UNO 一样的特性和外设,还集成了低功耗蓝牙(BLE)和六轴姿态传感器(IMU)功能,借助 Curie 模组上模式匹配引擎,甚至可以进行机器学习操作。因此使用 Genuino 101 可以完成一些传统单片机或者 Arduino 难以胜任的工作,制作更为惊艳的作品。

Intel Curie 模组是 Intel 推出的面向可穿戴市场的解决方案,集成有 x86 架构的 Intel Quark SE 内核、低功耗蓝牙、电源管理、加速度和陀螺仪、晶振时钟源。Intel 提供的交叉工具链可以编译 Arduino 项目,让 Genuino 101 完成项目要求。

Genuino 101 带有 14 个数字 I/O 引脚(其中 4 个可用作 PWM 输出)、6 个模拟输入引脚、用于串口通信和程序上传的 USB 连接器、电源插座、SPI 引脚和 I²C 引脚。输入/输出电压为 3.3V,但也可以承受 5V 的电压。其相关参数见表 1-1。其物理组成见图 1-11。

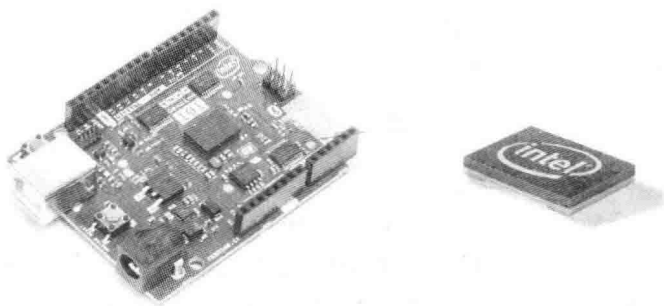


图 1-10 Genuino 101 与 Intel Curie 模组

表 1-1 Genuino 101 的相关参数

项 目	描 述
控制器	Intel Curie(英特尔居里)
工作电压/V	3.3(I/O 兼容 5V 输入)
输入电压(推荐)/V	7~12
输入电压(极限)/V	6~20
数字 I/O	14 个(其中 4 个提供 PWM 输出功能)
PWM I/O	4 个
模拟输入 I/O	6 个
I/O 直流输出能力/mA	4
Flash/KB	196
SRAM/KB	24
时钟频率/MHz	32
板载 LED 控制引脚	13
特点	蓝牙 BLE, 六轴姿态传感器(加速度计/陀螺仪)
长/mm	68.6
宽/mm	53.4

1. 和其他 Arduino 开发板的区别

如图 1-12 所示,Genuino 101 的常用接口和外设与 Arduino UNO 相同,而使用 32 位微控制器、3.3V I/O 的特性和 Arduino Zero 类似。最大的不同是其使用了高性能、低功耗的 Intel Curie,集成有低功耗蓝牙(BLE)和六轴姿态传感器(IMU)。

2. 电源接口及电源引脚

Genuino 101 能通过 USB 或者外部电源接口供电。两者同时供电时,电路能自动进行切换。外部电源接口可以接交流转直流的适配器供电,也可以使用电池供电。

电源相关引脚如下:

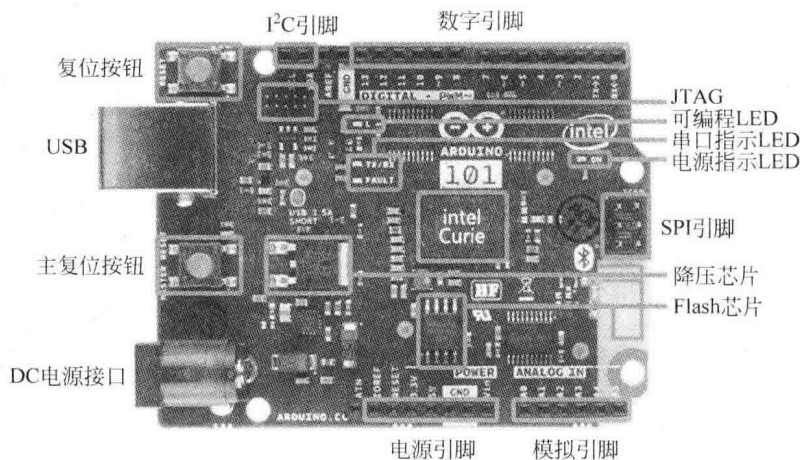


图 1-11 Genuino 101 的物理组成

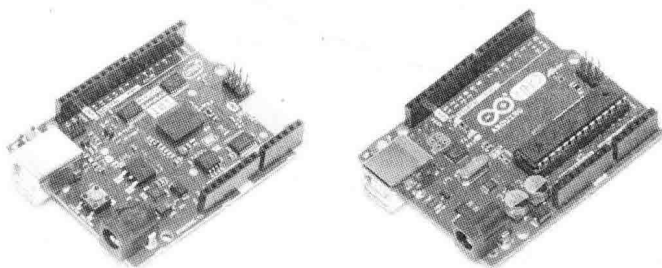


图 1-12 Genuino 101 与 Arduino UNO

VIN: 当使用外部 DC 电源供电时, VIN 引脚就是外部电源的电压。可以直接通过这个引脚使用外部电源。

5V: 板载 5V 输出引脚, 该引脚电源来自 USB 口直接供电, 或者将 DC 电源座 7~12V 的电源输入后降压到 5V。尽可能避免使用板载的电源, 如果控制不好, 可能会毁坏 Arduino。

3.3V: 板载 3.3V 输出引脚, 最大能提供 1 500mA 电流, Curie 也是使用这个引脚供电。

GND: 接地引脚。

IOREF: 板载的 I/O 参考电平脚, 一些 Arduino 扩展板能通过这个引脚判断控制器工作电压, 进而切换成合适的电压(5V 或 3.3V)进行工作。

3. 存储

Intel Curie 的两个处理器共用其上的存储空间, 用户能够使用 196KB 的 Flash(总共 384KB)和 24KB 的 SRAM(总共 80KB)。