


HZ BOOKS  
华章IT

# Make: Wearable Electronics



## 可穿戴电子产品 设计与开发

[美] Kate Hartman 著  
冀臻 译



机械工业出版社  
China Machine Press

# Make: Wearable Electronics

# 可穿戴电子产品 设计与开发

[美] Kate Hartman 著  
冀臻 译



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

可穿戴电子产品设计与开发 / (美) 凯特·哈特曼 (Kate Hartman) 著; 冀臻译. —北京: 机械工业出版社, 2016.7

(数字匠人)

书名原文: Make: Wearable Electronics

ISBN 978-7-111-54298-8

I. 可… II. ①凯… ②冀… III. 电子产品—产品设计 IV. TN602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 163826 号

本书版权登记号: 图字: 01-2016-2726

© 2016 of first publication of the Translation China Machine Press.

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Make: Wearable Electronics (ISBN 978-1449336516) © 2014 published by Maker Media, Inc. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

英文原版由 Maker Media, Inc. 出版 2014。

简体中文版由机械工业出版社出版 2016。英文原版的翻译得到 O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

## 可穿戴电子产品设计与开发

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 何欣阳

责任校对: 董纪丽

印刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次: 2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 17.75

书号: ISBN 978-7-111-54298-8

定价: 69.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379642 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

# 译者序

作为一名电子制作爱好者，我热衷于观察和体验生活，感悟出一些新奇有趣的想法，然后利用身边闲置的元器件搭建平台，通过编写程序来实现和验证，体会制作带来的无限乐趣。书架上也积攒了不少电子制作方面的杂志，诸如《circuit cellar》《业余无线电》和《Make》。特别是《Make》中介绍的各种创意手工制作项目，内容涵盖日常生活的方方面面，使我眼界得到开阔，思维得到启发，真正懂得如何利用科技改变生活。

尽管已经见识过为数不少的项目实例，但是第一次拿到本书，仍然眼前为之一亮。首先被其充满神秘感的封面吸引，接着翻看内容，诙谐幽默的文字、亲切诚恳的表达，辅以大量清晰而富于美感的图片，这样的写作风格，让我对作者充满好奇，于是搜索到 Kate Hartman 在 TED 上的演讲，的确文如其人，风趣、搞怪，充满创意，又不失精确。

说起可穿戴设备，给人的印象大多是以小型电子设备的形态存在：眼镜、手环、手表……无不以其“智能化”“科技感”和“未来感”冲击着人们的视觉和使用体验。能够戴上其中任意一款，已经足够时尚炫酷，更何况自己动手制作一个呢？这正是本书要做的事情！从激发你的兴趣开始，讨论可穿戴和以人体为中心的技术的未来；通过各式各样的实验，引领你循序渐进地学习。书中既介绍了电子学软硬件以及可穿戴产品制作方面的知识、材料和工具，又涵盖将各种材料和元器件融入可穿戴电子设备中时需要考虑的细节。作为非传统意义上构建可穿戴电子项目的方法，其中涉及的器件、工具、材料和技术，你可能是第一次使用，甚至第一次听说。没关系，慢慢来。掌握工具、材料和技术很有必要，但是，在项目的制作过程中，明确需求，进而启发灵感，将自己的创意融入生活并从中获得乐趣，这才是最重要的！

希望本书能够引领你成为智慧而富有天赋的思考者和电子制作爱好者，在与其相关的交叉领域从事梦幻般的创作！

冀 臻

2016年6月

# 前言

---

## 关于本书



“女王”——一款肌肉触发式的动力学织物，社交人体实验室创作

身体是我们与外界交互的主要接口。那些穿戴在身体上的交互式系统可以和人亲密接触，或者位于显眼的地方，毫不夸张地说有时就在你的脸上。它们放置在紧贴着皮肤的部位或者衣服里面，有时甚至让人觉得，它们就是身体的一部分。这些特性使可穿戴电子技术成为令人兴奋、充满挑战性而又鼓舞人心的工作领域。

从某个层面来说，本书确实是围绕如何制作可穿戴电子产品展开讲解。书中介绍了在创建交互式电子电路，并且把这些电路嵌入到衣服和其他可以穿着的物品上时所必需的工具、材料和技术。

然而从另一个层面来说，本书向你提出追问：“下一步是什么？”

我们生活的这个时代，可穿戴技术刚刚开始成为人们日常生活的一部分。这种技术存在于我们的手腕和眼镜上，监测着我们的活动，把我们带入虚拟的世界。但这仅仅是一个开始，它还有很多方面没有显露出来。

本书邀请你加入这场对话：讨论关于可穿戴技术以及基于人体的技术的未来。我们需要什么？我们想做什么？我们应该避免什么？

在过去的 10~15 年里，一些随身的技术发生了显著的改变。在未来十年中，我们可以期待穿戴在人体上和放置在衣服里面的技术在发展中取得的巨大进步。现在正是提出问题和表达见解的大好时机。本书将有望帮助你开始这一旅程。

---

## 本书为谁而写

本书写给那些想要卷起袖子，制作一些可穿戴电子产品的人。包括学生、研究人员、创客、电子制作爱好者、时装设计师、工程师、工业设计师、开发人员、服装爱好者、艺术家和织物专家。

两类人适合阅读本书：

1) 你已经了解一些知识。这个知识的范围比较宽泛。也许你曾经在实验室用 Arduino 让一个 LED 闪烁过；也许你经营着一家设计公司，为博物馆生产大批量结实的交互式装置，而现在有个客户要求你做出一个可穿戴的原型。无论哪种情况，你所了解的知识已经足够让你对所处的领域有所认知。本书会帮你基于现有的认知构建完整的知识框架，甚至还会带你进入一些始料未及的领域！

2) 谈起电子技术和编程的时候，你有些不知所云。也许你是一个时装设计师，意识到人与服装的交互性应该引起你的特别关注；也许你是一位社会学家，正在开发一套数据采集系统，系统包含一些穿戴在人体上面的传感器；也许你是一位艺术家，最近对自我跟踪情有独钟。不论哪种情形，你都有可能对书中的很多内容闻所未闻。如果是属于这一类，我建议你：勇敢一点！对新事物有陌生感，或者刚开始难以理解，这都没关系。本书可能是你了解一系列新鲜事物的敲门砖，而这些事物你甚至都没意识到要学习。坚持下来——它真的很有趣！

---

## 需要了解什么

本书涵盖了制作可穿戴电子产品所需的大部分基础知识，但是这是在假定你已经熟悉焊接和基本手工缝制的前提下。如果不了解这些技能，请查看附录 C，从中可以学到更多。利用其中的一种方法可以实现书中的大部分例子，但我鼓励你两种都学。

---

## 本书如何组织

本书将会带你踏上旅途。从电路的基础知识出发，终点是制作交互式无线可穿戴设备。从中你会学习材料、微控制器、传感器、执行器，以及这些东西如何融入可穿戴电子产品中。以下是各章概要。

### 第 1 章 电路

本章介绍了电路的基础知识，接着展示了搭建同一个电路的 6 种不同方法，每种方法使用了不同的导电材料。

### 第 2 章 导电材料

这一章将深入介绍用于构建电路的导电材料。

### 第 3 章 开关

开、关以及更多！本章概述了开关的基础知识，以及如何自己制作开关。

### 第 4 章 电子织物套件

本章概述了用于可穿戴电子项目的各种电子织物套件。

### 第 5 章 穿戴上你的电子设备

制作电路是一回事，把电路穿在身上却是另一回事。本章分析了设计可穿戴电子产品时需要考虑的各种因素。

### 第 6 章 微控制器

电路的“大脑”来自这里。这一章介绍了利用微控制器搭建并运行电路所需的相关知识，包括硬件和软件两个方面。

### 第 7 章 传感器

微控制器靠传感器“倾听”物理世界。本章介绍了使用传感器数据的基本知识，同时列举了应用于可穿戴环境下的各式各样的传感器。

### 第 8 章 执行器

执行器——驱动物物！从发光到发声，再到动作，本章将介绍应用在可穿戴电子设计中的执行器。

### 第 9 章 无线收发

是时候摆脱束缚了！本章介绍无线通信的 3 种方法，这样你的项目就可以不受线缆的束缚进行数据收发。

### 附录 A 工具

提供了电子学和缝纫的工具概览，这些工具在你的工作室、创作室或实验室里可

能会用到。

#### 附录 B 电池

加电！你能够在这里找到为可穿戴电子项目选择电池的细节。

#### 附录 C 资源

想多学点吗？这里有一个资源列表，从中你可以了解到超出本书范围的知识。

#### 附录 D 其他巧妙的物品

列出了一些可能有助于完成可穿戴产品制作的材料和工艺。

#### 附录 E 选择微控制器

这是一个更为全面的用于可穿戴电子项目的微控制器选项列表。

## 关于标题

本书确实涵盖了如何制作可以穿戴的电子产品。更广泛来讲，它提供了一种非传统意义上的构建电子项目的方法，其中涉及的工具和技术也可以应用于织物、挂毯、玩具，甚至更多！

## 关于实验和项目

在书中你会注意到，有各式各样的实验引领你循序渐进地学习，还有来自世界各地的项目实例启发你的灵感。另外，特意让“实验”和“项目”之间存在差别。

有些可穿戴电子技术和电子织物方面的读物仅仅展示了如何搭建一个特定的项目。本书并不在其列，而是给予你创作的积木，使你能够借此将自己的创意融入生活。

## 关于例子

下面是关于书中实例的技术性说明。

### 1. 连接

书中的大多数实例电路可以利用鳄鱼夹来搭建。鳄鱼夹可以随时用导线、焊接线或其他导电材料取代。

### 2. 供电

所有的模拟电路都可以使用 CR2032 电池供电。除非特别说明，微控制器电路都可以通过 1000 mA · h 可充电的锂聚合物电池，或者微控制器的 USB 接口供电。其



他可替代的电源选择见附录 B。

### 3. 代码

所有的代码都可以在以下网址找到：<http://github.com/katehartman/make-Wearable-Electronics>。

## 关于器件编号

贯穿本书，器件编号以供应商编码开头。以下是将会用到的一些编码：

- AF: Adafruit Industries
- DK: Digi-Key
- IV: Inventables
- LE: Less EMF
- MS: Maker Shed
- RO: RobotShop
- RS: RadioShack
- SF: Sparkfun Electronics

可以在附录 C 中了解这些供应商的更多信息。

## 其余部分

本书不打算复制现有资料。请多留意编排在每个章节中的参考资料和项目实例，以及附录 C 和附录 D 提供的材料。这些零碎的知识将会引领你成为智慧的思想者和富于才能的制作爱好者，并且在交叉领域从事梦幻般的工作。

## 实验：开动你的想象力

前言居然有实验？对！现在正是开始制作可穿戴电子原型的最佳时机。有时候，在不知道用什么技术实现之前，反而更容易落实自己的想法。

想象一下，有些东西要穿在你的身上（衣服或者小饰品），这些东西将有助于你更好地与周边环境联系起来。它们可能是实用、合理的，或者称心如意的，但也可能是可笑的、奇怪的、讨厌的，或者唐突的。衣服上用到的这些技术不必非得是实际已经存在的，也可以是你自己发明的。

一旦你想象出了一个可穿戴的电子服饰，就可以创作一个能穿在身上的可穿戴原

型样品，或者做一个仿制品来演示它可能的样子，以及它将会怎样工作。可以通过调整一些已有的物品（T恤、运动鞋、帽子等），或者从原始材料中创造出一些新花样来完成制作。它不需要多么别致。有时候，纸、胶带和记号笔就足够了。

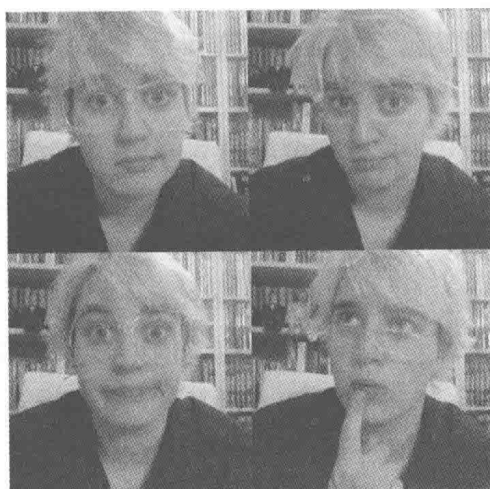
这只是一个概念性原型——不需要实现任何技术。相反，应该专注于作品的设计，及其背后的故事。要随时具有创造力，顽皮有趣而且别出心裁。尝试创建一些辅助材料，比如用户说明，或者通过用户脚本来辅助构思可穿戴作品背后的故事。如果你需要一些灵感，看看下文的“变形镜框”。

### 变形镜框

虽然讨厌自己不得不戴眼镜这件事，但我还是喜欢自己的眼镜。我通常会将两副验光眼镜换着戴，而出门前选择戴哪副，则取决于我碰巧穿着什么风格的衣服、准备去哪、准备见什么人，还要看我的心情如何。这些因素实际上创造了镜框风格的潜在多样性，可令人遗憾的是，我只有两副。

变形镜框将是一种纳米技术的升级版形式（我认为），并且可以被塑造成任何形状，同时又保持精准操控。装在胳膊上的按钮（想象一下，大小跟小型电子设备上的直插型复位开关一样，需要一根针来按下）将会激活镜框的重塑/凝固功能。当镜框被激活时，只需简单地挤压和拉伸透镜，直至喜欢的大小和形状，然后再次按下按钮，它们就会保持想要的造型。

——Elijah Montgomery



这些变形镜框是一种想象的可穿戴作品，由 Elijah Montgomery 创作

## 本书使用惯例



这个图标意味着一个小忠告、建议或一般性说明。



这个图标显示一个提醒或警告。

## 使用代码示例

本书是用来帮助你完成制作的。一般情况下，不需要获得我们许可就可以在程序和文档中使用书中的代码，除非你要复制代码的关键部分。例如，在你编写的程序中，使用了书中的大量代码，这不需要获得许可。销售或发行刻有本书中示例的光盘则需要获得许可。回答问题时，引用本书内容及书中代码示例不需要获得许可。把书中大量的代码示例包含在你的产品文档中则需要获得许可。

对于引用书中内容时的署名，我们会非常感谢读者的认同和留意，但不强求。署名通常包括标题、作者、出版社、ISBN。

如果你觉得对代码示例的使用超出了合理的使用情形或者这里给出的许可范围，请随时与我们联系：[bookpermissions@makermedia.com](mailto:bookpermissions@makermedia.com)。

## 如何联系我们

请把关于本书的意见和问题反馈至出版商：

**Make:**

1005 Gravenstein Highway North Sebastopol, CA 95472

800-998-9938 (美国或加拿大)

707-829-0515 (国际或本地)

707-829-0104 (传真)

我们为本书建立了一个网页，里面有勘误列表、实例和其他附加信息。你可以通过以下链接访问此网页：

<http://bit.ly/wearable-electronics>

如对本书有意见或技术问题，请发送电子邮件至：

[bookquestions@oreilly.com](mailto:bookquestions@oreilly.com)

---

## 致谢

2004年，我参加了一场在纽约大学举办的关于交互式通信研究生计划的信息论坛。Red Burns（当时这项计划长期以来的主席）坦率地跟我们讲：“如果你认为自己知道将要在这里做什么，那你就错了。”她一如既往地说对了。

我从来没想过会成为一个可穿戴技术专家，也从来没有预料到会写一本关于这方面的书。但是，我们做到了。假如没有这些真正出色的同伴的大力支持、勤奋工作和满腔热情，我绝不可能有机会参与这一切。

我要对以下人致以最衷心的感谢：

感谢 Brian Jepson 把我领进门，并自始至终参与了整个过程。

感谢编辑 Meghan Blanchette、Shawn Wallace 和 Emma Dvorak 提供指导，使得本书得以精雕细琢直至付梓。

感谢技术编辑 Rob Faludi、Erin Lewis、Pearl Chen 和 Lynne Bruning 的真知灼见。

也感谢 Rob Faludi 告诉我应该把这方面的内容写下来。

感谢我的研究助理 Hillary Predko 的才华、风趣和效率。

感谢 Jen Liu 赏心悦目的插图，为本书插上想象的翅膀。

感谢 Angella Mackey 为本书制作封面，向我们展示了电子产品也可以拥有神秘感、魅力，甚至狂放不羁。

感谢那些杰出的艺术家、设计师和制作爱好者，书中介绍的由他们创造的作品不断挑战着我们的预期，向我们展示了无限的可能性。

感谢 Leah Buechley 对电子设计方式的大胆挑战。

感谢 Sparkfun Electronics 公司和 Adafruit Industries 公司的员工，他们业界领先的制造能力使得电子织物及工具得以普及。

感谢 Becky Stern、Hannah Perner-Wilson 和 Mika Satomi 在 ninja 软件文档操作技巧方面的帮助。

感谢 Syuzi Pakhchyan 对我们团队的建设维护。

感谢 Despina Papadapoulous 的灵感和指引。

感谢 Dan O'Sullivan 告诉我只做帽子就够了。

感谢 Tom Igoe 帮助我成为一名教师。

感谢安大略艺术设计学院对我充满信心，并让我成为一名助理教授。

感谢数字未来 (Digital Futures) 的工作人员，特别感谢 Suzanne Stein、Emma Westecott、Barbara Rauch、Paula Gardner、Caroline Langill、Tom Barker、Adam Tindale、Nick Puckett、Simone Jones 和 Jeff Watson 的同事情谊和合作。

感谢我的学生们，他们不仅勇敢，还制作出了美好的东西。

感谢 Sara Diamond、Monica Contreras 和 Helmut Reichenbächer 成立并且维持着我赖以运转的基金会。

感谢 rockstar 的研究助理们，是他们把社交人体实验室从空屋子变成一个充满活力的生态系统。他们是：Boris Kourtoukov、Borzu Talaie、Calliope Gazetas、Erin Lewis、Gabe Sawhney、Hazel Meyer、Hillary Predko、Izzie Colpitts-Campbell、Jackson McConnell、Julian Higuerey-Nunez、Ken Leung、Oldouz Moslemian、Rachael Kess、Rickey Charbonneau、Rob King、Ryan Maksymic 和 Stewart Shum。书中的每一页都体现了他们的才华和努力。

感谢白松鼠咖啡馆的好伙计们，他们总是让我备受鼓舞，还给我提供思考的地方。

感谢 Gabe Sawhney 耐心忍受我的咆哮。

感谢 Kati London 的坦率和直爽。

感谢 Tony Wong、Ted Redelmeier 和 John Rose，当我需要鼓起勇气的时候，是他们为我鼓劲。

感谢 Carrie Schulz 承担了主要的制图工作。

感谢 Jason Bellenger 的耐心和冒险精神。

最后，感谢我的父母，尽管他们从未预料到我会成为一个可穿戴技术专家，但是仍然知道怎样在每个阶段给予我支持。

# 目 录

## 译者序 前 言

<b>第 1 章 电路</b> .....	1
1.1 电路基础.....	2
1.1.1 欧姆定律.....	4
1.1.2 理解电阻.....	6
1.1.3 串联和并联.....	8
1.1.4 确定极性.....	9
1.1.5 使用万用表.....	10
1.1.6 关于电路的更多信息.....	12
1.2 构建电路.....	12
1.2.1 鳄鱼夹电路.....	14
1.2.2 导线电路.....	15
1.2.3 线路板电路.....	19
1.2.4 面包板电路.....	23
1.2.5 导电螺纹线电路.....	26
1.2.6 导电布电路.....	32
1.2.7 优点及缺点.....	34
1.3 结论.....	35
<b>第 2 章 导电材料</b> .....	37
2.1 传统导体.....	38
2.1.1 鳄鱼夹.....	38

2.1.2	导线	38
2.1.3	线路板	40
2.1.4	面包板	40
2.2	导电螺纹线	41
2.2.1	导电螺纹线的特性	42
2.2.2	使用导电螺纹线	43
2.2.3	导电螺纹线的类型	44
2.3	导电布	45
2.3.1	导电布的特性	45
2.3.2	使用导电布	47
2.3.3	导电布的类型	47
2.4	其他导电材料	49
2.4.1	导电棉纱	49
2.4.2	导电纤维	49
2.4.3	导电毛毡	49
2.4.4	导电带	50
2.4.5	导电布胶带	51
2.4.6	导电钩和毛圈搭扣	51
2.4.7	导电涂料	51
2.4.8	日常用品	52
2.5	选择导电材料	53
2.6	实验: 可穿戴电路	54
2.7	下一步是什么	54
<b>第3章</b>	<b>开关</b>	<b>55</b>
3.1	理解开关	56
3.1.1	刀与掷	56
3.1.2	开关的类型	57
3.2	现成的开关	58
3.2.1	触觉按钮	58

3.2.2	自锁按钮	59
3.2.3	拨动开关	59
3.2.4	滑动开关	59
3.2.5	微动开关	60
3.2.6	倾斜开关	60
3.3	自己制作开关	61
3.3.1	三明治开关	61
3.3.2	接触开关	63
3.3.3	桥接开关	66
3.3.4	挤压开关	66
3.3.5	其他 DIY 开关	67
3.4	实验：社交开关	67
3.5	结论	68
<b>第 4 章</b>	<b>电子织物套件</b>	<b>69</b>
4.1	LilyPad	70
4.1.1	模块	71
4.1.2	实验：使用 Twinkle	73
4.1.3	实验：使用 Tiny	74
4.2	Flora	75
4.3	Aniomagic	76
4.3.1	模块	76
4.3.2	实验：使用 Sparkle	77
4.4	更多思考	80
<b>第 5 章</b>	<b>穿戴上你的电子设备</b>	<b>81</b>
5.1	为什么要穿戴	82
5.2	为什么能穿戴	82
5.2.1	舒适性	82
5.2.2	耐用性	84



5.2.3	可用性	86
5.2.4	美观性	86
5.3	设计一个可穿戴设备	87
5.3.1	选择一种样式	87
5.3.2	选择材料	91
5.3.3	选择器件	91
5.3.4	创建布局	91
5.3.5	重复设计	93
5.4	实验：8小时可穿戴	93
<b>第6章 微控制器</b>		<b>95</b>
6.1	硬件	96
6.2	软件	99
6.3	Hello World	103
6.4	数字输出	106
6.4.1	电路	106
6.4.2	代码	108
6.4.3	供电	108
6.4.4	实验：莫尔斯电码消息	109
6.5	数字输入	110
6.5.1	电路	110
6.5.2	代码	111
6.5.3	实验：按钮作为控制器	113
6.6	模拟输入	114
6.6.1	电路	115
6.6.2	代码	115
6.6.3	实验：传感器作为开关	117
6.7	模拟输出	117
6.7.1	电路	118
6.7.2	代码	118