

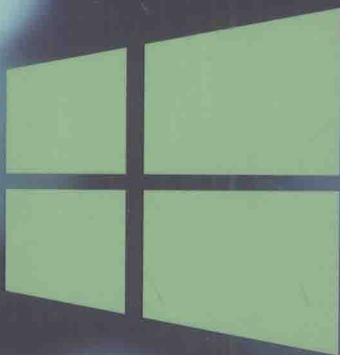
国内首本系统论述 Windows 10 IoT 应用开发的专业图书，业内专家联袂推荐

微软（中国）有限公司开发工具及平台事业部策划出版

微软 Windows 技术开发推荐用书

微软全球执行副总裁沈向洋作序

Windows IoT 应用开发指南



The Application Developers' Guide to Windows IoT

施炯 梁丰 著

Shi Jiong Liang Feng

清华大学出版社



Windows IoT 应用开发指南

The Application Developers' Guide to Windows IoT

施炯 梁丰 著
Shi Jiong Liang Feng

清华大学出版社

本书全面介绍了 Windows IoT 平台的具体分类、硬件构成、外设资源、功能特点,以及如何基于 Windows IoT 和 Microsoft Azure 设计面向物联网和智能硬件领域的应用程序。本书内容分为三篇共 12 章,分别从基于 Intel Galileo 的 Windows IoT 平台应用开发、基于 Raspberry Pi 2 和 MinnowBoard Max 的 Windows 10 IoT Core 平台应用开发和基于 Microsoft Azure 和 Windows 10 平台的综合应用开发这四个角度进行讲述,其中前两篇注重单个 IoT 终端的应用和实物制作,第三篇在前两篇的基础上,结合 Microsoft Azure 和通用应用(UWP),详细介绍了“云+端”的 Windows 通用应用开发。

本书循序渐进,图文并茂,从开发环境的搭建、开发工具的配置和使用,到每个应用实例的硬件电路设计、元器件连接、程序设计,以及最终的部署和调试,都给出了详细而准确的说明,每章都配置了相应的动手练习,力求开发者能够在本书的基础上快速开发并搭建结合“云+端”的行业应用,展现 Windows IoT 和 Microsoft Azure 的神奇魅力。本书设计了大量基于 Windows IoT 的软硬件应用实例,包含了物联网感知、传输、管理和应用四个层次,适合作为高校物联网工程、电子信息工程、通信工程和电气工程及自动化相关专业的高年级选修课教材,也可以作为创客、电子工程师和爱好者进行 Windows IoT 开发和实物制作的参考书籍。

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

Windows IoT 应用开发指南/施炯等著.--北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-42318-8

I. ①W… II. ①施… III. ①Windows 操作系统—应用软件—指南 IV. ①TP316.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 287069 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召韦

责任校对:胡伟民

责任印制:刘海龙

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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:186mm×240mm 印 张:16.75

字 数:420 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

序

FOREWORD

四十不惑 创新不止

从飞鸽传书到指尖沟通,从钻木取火到核能发电,从日行千里到探索太空……曾经遥不可及的梦想如今已经变为现实,有些甚至超出了人们的想象,而所有这一切都离不开科技创新的力量。

对于微软而言,创新是我们的灵魂,是我们矢志不渝的信仰。不断变革的操作系统,日益完善的办公软件,预见未来的领先科技……40年来,在创新精神的指引下,我们取得了辉煌的成绩,引领了高科技领域的突破性发展。

IT行业不墨守成规,只尊重创新。过往的成就不能代表未来的成功,我们将继续砥砺前行。如果说,以往诸如个人电脑、平板电脑、手机和可穿戴设备的发明大都是可见的;那么,在我看来,未来的创新和突破将会是无形的。“隐形计算”就是微软的下一个大事件。让计算归于“无形”,让技术服务于生活,是微软现在及未来的重要研发方向之一。

当计算来到云端后,便隐于无形,能力却变得更加强大;当机器学习足够先进,人们在尽享科技带来的便利的同时却觉察不到计算过程的存在;当我们只需通过声音、手势就可以与周边环境进行交互,计算机也将从人们的视线中消失。正如著名科幻作家亚瑟·查尔斯·克拉克所说:“真正先进的技术,看上去都与魔法无异。”

技术是通往未来的钥匙,要实现“隐形计算”,人工智能技术在这其中起着关键作用。近几年,得益于大数据、云计算、精准算法、深度学习等技术取得的进展,人工智能研究已经发展到现在的感知、甚至认知阶段。未来,要实现真正的人机互动、个性化的情感沟通,计算机视觉、语音识别、自然语言将是人工智能领域进一步发展的突破口及热门的研究方向。

2015年7月发布的Windows 10是微软在创新路上写下的完美注脚。作为史上第一个真正意义上跨设备的统一平台,Windows 10为用户带来了无缝衔接的使用体验,而智能人工助理Cortana、Windows Hello生物识别技术的加入,让人机交互进入了一个新层次。Windows 10也是历史上最好的Windows,最有中国印记的Windows,不但有针对中国本土的大量优化,还会有海量的中国应用。Windows 10是一个具有里程碑意义的跨时代产品,更是微软崇尚创新的具体体现,这种精神渗透在每一个微软员工的血液之中,激励着我们“予力全球每一人、每一组织成就不凡”。

四十不惑的微软对前方的创新之路看得更加清晰,走得也更加坚定。希望这套丛书不仅成为新时代之下微软前行的见证,也能够助中国的开发者一臂之力,共同繁荣我们的生态系统,绽放更多精彩的应用,成就属于自己的不凡。

沈向洋

微软全球执行副总裁

赞誉

REVIEW

业界预测,15年后每个家庭会使用40~50个物联网设备!微软最有价值专家施炯的专著《Windows IoT应用开发指南》非常及时、全面地总结和分析了物联网领域的热门话题。本书既有深度又有广度,既源于理论又关注实践,既根植本土又放眼全球,既覆盖真实场景又分享代码资源,推荐阅读!

——严飞(微软中国开发体验和平台合作事业部首席技术顾问)

近年来,随着物联网、可穿戴设备、智能硬件、工业4.0、“互联网+”等新概念与新技术的出现,涌现出了大量的创客及创客空间。微软公司继Windows Embedded之后,适时地推出了应用于物联网的Windows 8.1 IoT和Windows 10 IoT。本书基于Windows 10 IoT,从环境搭建到简单的输入/输出实例,再到综合应用工程实例,全面介绍了Windows IoT在x86和ARM两种硬件平台上的应用。本书凝聚了作者多年来在嵌入式、物联网领域的工程实践经验,非常适合作为开源硬件、智能硬件爱好者的参考教材。同时,也可作为电子信息和计算机类专业学生创新实践课程的教材。

——韩德强(北京工业大学计算机学院教师,微软Windows Hardware Engineering MVP)

认识施炯很多年了,知道他从学生时代就热衷于嵌入式领域的研究。作为微软嵌入式方向的MVP,施炯第一时间深入研究了Windows IoT平台。本书由浅入深,比较详细地介绍了基于微软的技术去实现一些常见物联网开发过程,是物联网初学者或者是微软技术爱好者学习物联网开发的不可多得的好书。

——刘洪峰(叶帆科技创始人)

施炯是我所认识的国内最早研究Windows 10 IoT的开发者,他撰写的这本IoT开发教程条理清晰,通俗易懂,非常适合初学者阅读。我最敬佩的是他不仅将这些知识毫无保留地传授给他自己的学生,而且还还将最有价值的内容分享给了其他对物联网感兴趣的广大爱好者。

——黄斌(智机网站站长)

前言

PREFACE

物联网的时代已经到来,智能家居、智慧校园、智慧交通、可穿戴、无人机、全息投影,各种各样的新名词、黑科技层出不穷。当我们五年前为能够通过手机控制家电而欣喜若狂的时候,可曾憧憬过使用增强现实设备完成各种不可思议的工业设计,亦或沉浸于精彩绝伦的游戏场景。随着互联网、物联网、计算机等技术的飞速发展,人们的工作和生活方式在不断地被颠覆,出门打车、看电影、吃饭,甚至喝酒代驾都有 App 来帮忙,动动手指就可以完成以前想都不敢想的事情。以上这一切的基础,便是信息的互联互通。物联网(Internet of Things)的目标就是物物互联,所以,从这个角度来看,它的确是非常基础而且重要的一环。

随着 Windows 10 for IoT RTM 的发布,广大智能硬件开发者和社区对此的关注度也越来越高。然而,通过调查发现,国内介绍 Windows IoT 方面的书籍却非常之少。笔者是微软和 .NET 技术的爱好者,也是全球首批 Windows Hardware Engineering 方向的 MVP,因此,有机会参与了早期的 Windows Developer Program for IoT 项目和 Windows 10 IoT Core Insider Preview 项目,在此期间就萌发了写一本 Windows IoT 书籍的想法。在近一年的时间里,笔者通过不断地学习来跟踪 Windows IoT 最新的进展,通过持续的动手实践来验证 Windows IoT 的系统特性。本书主要参考了微软 MSDN 关于 IoT 开发的文档,并在此基础上进行了扩展和发挥,结合 Microsoft Azure,展示了“云+端”的综合应用开发。

本书的内容和面向的读者

目前,微软的 Windows IoT 有两个分支:一个是早期的以 Intel Galileo 为平台的 Windows IoT 版本,其内核是 Windows 8.1 Update;另一个是以 Raspberry Pi 2、MinnowBoard Max 和高通 DragonBoard 410c 为平台的 Windows IoT 版本,其内核是 Windows 10 IoT Core。除了操作系统内核不同以外,其开发语言、系统运行模式、面向的市场也大不相同。

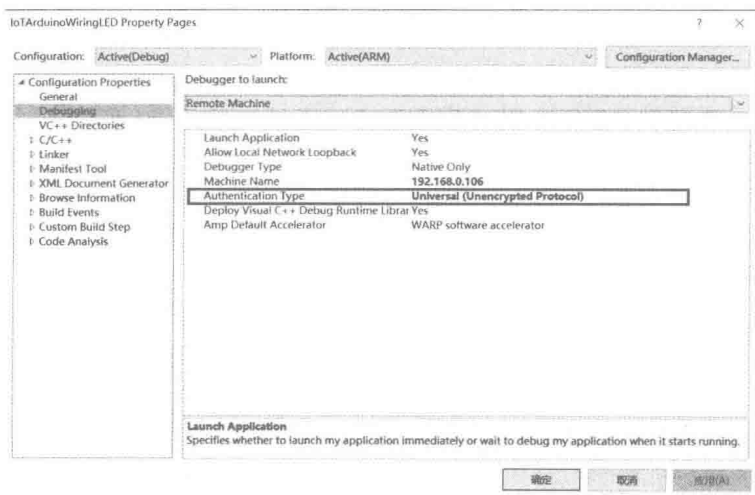
如果读者熟悉 Arduino 平台的应用制作与开发,那么,本书第一篇内容相对来说会比较简单,因为 Intel Galileo 是基于英特尔 x86 架构、兼容 Arduino 的产品,在硬件规格、软件编程上有很大的相似性,通过简单的操作,读者可以将面向 Arduino 的各种应用移植到 Intel Galileo 上。

如果读者希望直接了解 Windows 10 for IoT 的技术细节,可以细读本书第二篇内容,而忽略本书第一篇内容。当然,目前在 Visual Studio 中,支持 Windows 10 for IoT 应用开发的语言包括 C# 和 C++,因此,希望读者有以上一种或者两种语言基础(书中的实例以 C# 为主)。同时,鉴于第三篇 Windows 综合应用的开发,也希望读者具备一些 XAML 语言

设计界面的知识。另外,对于软件开发者来说,理解本书中元器件的连接和硬件工作原理也是比较有挑战性的一件事情。我的建议是:本书中用到的各种元器件淘宝上可以买到,价格也不贵,尽量自己动手实践。当 LED 灯亮了,传感器数据上来了,电机开始转了,蜂鸣器开始叫了,您会为自己每一次的进步激动不已,能力也在不断的摸索中逐渐提升。

有关开发工具升级给项目调试带来的改变

微软在 2015 年 12 月推出 Visual Studio 2015 Update 1 之后,对 Windows 10 IoT Core 调试的认证类型做了更改。具体来说,在 Debugging 选项中,原来的 Authentication Type 为 None,而安装了 Visual Studio 2015 Update 1 之后,需要选择为 Universal(Unencrypted Protocol),如下图所示。



注意: 如果还是选择原来的 None,则会出现无法启动调试的情况。

首先要感谢本书的策划者盛东亮先生,他仔细审阅了书稿,提出了修改意见。同时,要感谢微软 MVP 项目组的林思琦女士、紫柔女士,Developer Experience 部门的李婷女士,以及 Windows Hardware Engineering MVP 项目经理 Asobo Mongwa 先生,他们提供了 Windows IoT 的开发板和开发资料,供我制作实例使用。微软(中国)开发体验和平台合作事业部首席技术顾问严飞、北京工业大学计算机学院韩德强老师、叶帆科技创始人刘洪峰先生和智机网站站长黄斌先生对本书提出了宝贵的意见和建议,本校研究生程月娇在配套的资源制作过程中付出了辛勤的劳动,在此深表谢意。其次,要感谢养育我、关心我、无私地爱我的父母,以及与我同舟共济、风雨同行的妻子,家永远是最温暖的港湾和精神寄托。最后,还要感谢阅读本书的您,感谢您愿意将宝贵的时间和精力放在本书的学习上。由于笔者水平有限,书中难免存在疏漏,希望您能够批评指正,您的反馈和建议将是我不断前进的动力。

作者

2016 年 1 月

目录

CONTENTS

第一篇 基于 Intel Galileo 的 Windows IoT 平台应用开发

第 1 章 初识 Intel Galileo	3
1.1 Intel Galileo 概述	3
1.2 Intel Galileo 的硬件资源	4
1.3 Intel Galileo 的固件更新	5
1.4 基于 Intel Galileo 的 Windows IoT 开发环境搭建	8
1.4.1 PC 环境设置	8
1.4.2 Windows IoT 系统镜像烧写	9
1.4.3 启动含 Windows IoT 的 Galileo	11
1.4.4 与 Galileo 进行 Telnet 通信	12
1.4.5 关闭 Galileo	13
1.5 动手练习	13
参考链接	13
第 2 章 Intel Galileo 的配置和开发工具	14
2.1 使用 Telnet 连接设备	14
2.2 命令行汇总	15
2.3 使用 Galileo Watcher 操作设备	20
2.4 使用 FTP 进行文件传输	25
2.5 动手练习	28
参考链接	28
第 3 章 Intel Galileo 平台例程	29
3.1 数字 IO 的输出	29
3.1.1 实例功能	29
3.1.2 硬件电路	29

3.1.3	程序设计	29
3.1.4	部署与调试	32
3.2	数字 IO 的输入	34
3.2.1	实例功能	34
3.2.2	硬件电路	34
3.2.3	程序设计	36
3.2.4	部署与调试	37
3.3	模拟 IO 的输入	38
3.3.1	实例功能	38
3.3.2	硬件电路	38
3.3.3	程序设计	39
3.3.4	部署与调试	40
3.4	PWM 波的输出	41
3.4.1	实例功能	41
3.4.2	硬件电路	42
3.4.3	程序设计	42
3.4.4	部署与调试	43
3.5	串口通信	44
3.5.1	实例功能	44
3.5.2	硬件电路	44
3.5.3	程序设计	46
3.5.4	部署与调试	47
3.6	动手练习	48
第 4 章	Intel Galileo 应用制作	49
4.1	PWM 调光灯制作	49
4.1.1	实例功能	49
4.1.2	硬件电路	49
4.1.3	程序设计	50
4.1.4	部署与调试	52
4.2	感光灯制作	52
4.2.1	实例功能	52
4.2.2	硬件电路	53
4.2.3	程序设计	54
4.2.4	部署与调试	56
4.3	火焰报警器制作	56

4.3.1	实例功能	56
4.3.2	硬件电路	57
4.3.3	程序设计	58
4.3.4	部署与调试	60
4.4	智能风扇制作	60
4.4.1	实例功能	60
4.4.2	硬件电路	61
4.4.3	程序设计	62
4.4.4	部署与调试	64
4.5	动手练习	65

第二篇 基于 Raspberry Pi 2 和 MinnowBoard Max 的 Windows 10 IoT Core 平台应用开发

第 5 章	初识 Raspberry Pi 2 和 MinnowBoard Max	69
5.1	Raspberry Pi 和 MinnowBoard 简介	69
5.2	Raspberry Pi 2 和 MinnowBoard Max 的硬件资源	70
5.2.1	Raspberry Pi 2	70
5.2.2	MinnowBoard Max	72
5.3	MinnowBoard Max 的固件更新	75
5.4	Windows 10 IoT Core 开发环境搭建	76
5.4.1	硬件准备	76
5.4.2	硬件连接	77
5.4.3	烧写 Windows 10 IoT Core 镜像文件	77
5.5	设置 Minnow Board MAX 的 BIOS	82
5.6	动手练习	85
	参考链接	85
第 6 章	Windows 10 IoT Core 配置和开发工具	86
6.1	设置开发者模式	86
6.2	使用 PowerShell 连接并配置设备	88
6.2.1	建立 PowerShell 会话	88
6.2.2	远程配置 Windows 10 IoT Core 设备	90
6.3	使用 SSH 连接并配置设备	91
6.4	命令行 Command Line Utils 汇总	94
6.5	使用 API 移植工具 API Porting Tool	96

6.6	基于网页的设备管理工具	98
6.6.1	连接基于网页的设备管理工具	98
6.6.2	顶部工具栏	99
6.6.3	侧面工具栏	100
6.7	设置应用为开机自启动模式	106
6.8	使用 FTP 工具	108
6.8.1	使用 FTP 客户端连接设备	109
6.8.2	停止 FTP 服务	110
6.8.3	启动 FTP 服务	110
6.8.4	修改 FTP 服务的默认路径	110
6.9	使用文件共享服务	114
6.9.1	通过文件共享访问设备	114
6.9.2	开启/停止文件共享服务	115
6.9.3	设置文件共享服务的开机状态	115
6.10	动手练习	116
	参考链接	116
第 7 章	Windows 10 IoT Core 例程	117
7.1	创建 HelloWorld 应用	117
7.1.1	新建工程	117
7.1.2	界面设计	118
7.1.3	后台代码	118
7.1.4	部署与调试	118
7.2	创建控制台应用	121
7.2.1	新建工程	121
7.2.2	程序代码	121
7.2.3	部署与调试	123
7.3	GPIO 的使用一(LED 灯)	125
7.3.1	实例功能	125
7.3.2	硬件电路	125
7.3.3	界面设计	126
7.3.4	后台代码	128
7.3.5	部署与调试	131
7.4	GPIO 的使用二(按钮)	133
7.4.1	实例功能	133
7.4.2	硬件电路	133

7.4.3	界面设计	135
7.4.4	后台代码	136
7.4.5	部署与调试	138
7.5	Web Server 应用	139
7.5.1	实例功能	139
7.5.2	硬件电路	139
7.5.3	程序设计	139
7.5.4	部署与调试	142
7.6	I2C 接口通信	145
7.6.1	实例功能	145
7.6.2	硬件电路	145
7.6.3	程序设计	148
7.6.4	部署与调试	152
7.7	SPI 接口通信	154
7.7.1	实例功能	154
7.7.2	硬件电路	154
7.7.3	程序设计	157
7.7.4	部署与调试	162
7.8	串口通信	163
7.8.1	实例功能	163
7.8.2	硬件电路	163
7.8.3	程序设计	165
7.8.4	部署与调试	170
7.9	动手练习	173
	参考链接	173
第 8 章	Windows 10 IoT Core 应用之 Node.js 篇	174
8.1	Hello World 例程	174
8.1.1	环境设置	174
8.1.2	工程创建	175
8.1.3	程序设计	175
8.1.4	部署与调试	176
8.2	Node Server-GPIO 控制例程	178
8.2.1	实例功能	178
8.2.2	硬件电路	178
8.2.3	程序设计	178

8.2.4 部署与调试	179
8.3 动手练习	180
参考链接	180
第 9 章 Windows 10 IoT Core 应用之 Python 篇	181
9.1 Hello World 例程	181
9.1.1 环境设置	181
9.1.2 工程创建	182
9.1.3 部署与调试	182
9.2 Python 例程	184
9.2.1 实例功能	184
9.2.2 硬件电路	184
9.2.3 程序设计	184
9.2.4 部署与调试	186
9.3 Python Server 例程	188
9.3.1 实例功能	188
9.3.2 硬件电路	188
9.3.3 程序设计	188
9.3.4 部署与调试	190
9.4 动手练习	192
参考链接	192
第 10 章 Windows 10 IoT Core 应用之蓝牙篇	193
10.1 TI SensorTag 低功耗蓝牙简介	193
10.1.1 低功耗蓝牙技术	193
10.1.2 TI SensorTag 开发套件	194
10.1.3 Windows 10 IoT Core 的蓝牙支持	195
10.2 Windows 10 IoT Core 蓝牙配对	196
10.2.1 SensorTag 准备工作	196
10.2.2 Windows 10 IoT Core 蓝牙配对流程	197
10.3 基于 Windows 10 IoT Core 的低功耗蓝牙应用开发	199
10.3.1 实例功能	199
10.3.2 硬件连接	199
10.3.3 程序设计	199
10.3.4 部署与调试	202
10.4 动手练习	203

参考链接	203
------------	-----

第三篇 基于 Microsoft Azure 和 Windows 10 平台的综合应用开发

第 11 章 Microsoft Azure 和门户设置	207
------------------------------------	-----

11.1 Microsoft Azure 简介	207
11.2 Microsoft Azure IoT Suite 组成	208
11.3 Event Hubs 配置	209
11.4 Azure Storage 配置	211
11.5 Stream Analytics 配置	213
11.5.1 配置 Job Input	214
11.5.2 配置 Job Query	214
11.5.3 配置 Job Output	215
11.6 动手练习	216
参考链接	216

第 12 章 综合应用开发	217
---------------------	-----

12.1 应用总体概况	217
12.1.1 功能描述	217
12.1.2 系统架构	217
12.1.3 所需资源	219
12.2 Windows 8.1 IoT 设备端应用开发	219
12.2.1 实例功能	219
12.2.2 硬件电路	219
12.2.3 程序设计	219
12.2.4 部署与调试	222
12.3 Windows 10 IoT Core 设备端应用开发	224
12.3.1 实例功能	224
12.3.2 硬件电路	224
12.3.3 程序设计	224
12.3.4 部署与调试	229
12.4 Windows 10 for Mobile/ PC 端通用应用开发	231
12.4.1 实例功能	231
12.4.2 程序设计	231
12.4.3 部署与调试	239
12.5 动手练习	241

参考链接	241
附录 A Windows 10 IoT Core 尚未支持的 Universal API	242
附录 B Raspberry Pi 2 扩展引脚图	246
附录 C MinnowBoard Max 扩展引脚图	247
附录 D Windows 10 IoT Core 设备支持的外设列表	248

第一篇 基于Intel Galileo的 Windows IoT平台应用开发

目前,微软的 Windows IoT 有两个分支:一是以 Intel Galileo 为平台的 Windows IoT 版本,其内核是 Windows 8.1 Update;二是以 Raspberry PI 2 和 MinnowBoard Max 为平台的 Windows IoT 版本,其内核是 Windows 10 IoT Core。除了操作系统内核不同以外,其开发语言、系统运行模式、面向的市场也大不相同。本书第一篇主要面向以 Intel Galileo 为平台的 Windows IoT 版本,内容涉及 Intel Galileo 的硬件资源、开发环境配置和应用开发流程。

本篇包括以下章节:

第1章 初识 Intel Galileo

介绍 Intel Galileo 平台的发展历史、硬件和接口资源、固件更新和 Windows IoT 开发环境搭建流程。

第2章 Intel Galileo 的配置和开发工具

介绍用户在开发 Intel Galileo 应用程序过程中,如何使用多种工具与 Intel Galileo 平台进行交互,主要包括 Telnet、Galileo Watcher 和 FTP 这三种工具的使用,同时也详细罗列了 Telnet 连接中可以控制 Intel Galileo 的命令。

第3章 Intel Galileo 平台例程

介绍如何利用 Intel Galileo 的外设接口资源进行应用开发,主要包括数字 IO、模拟 IO、PWM 波和串口通信。

第4章 Intel Galileo 应用制作

在第2章和第3章的基础上,介绍如何利用 Intel Galileo 的开发工具和硬件资源进行实物的制作,包括 PWM 调光灯、感光灯、火焰报警器和智能风扇。

通过本篇的学习和动手实践,读者可以了解以 Intel Galileo 为平台的 Windows IoT 版本的内在特性,熟悉其硬件和接口资源的使用,掌握基于 Intel Galileo 的 Windows IoT 的应用开发和实物制作。