

手把手教你做蓝牙心率防水运动手环

♥ 心率监测

🕒 时间显示

👣 步伐统计

OLED oled屏显

👆 电容触摸

🔥 卡路里统计

📶 蓝牙互联

🔊 震动提醒



蓝牙智能穿戴开发实战

疯壳团队 郑智颖 刘燃 编著

手把手教你做蓝牙心率防水运动手环

蓝牙智能穿戴开发实战

疯壳团队 郑智颖 刘 燃 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

智能穿戴设备是当下最流行的可穿戴式设备，而蓝牙则是智能穿戴设备首选的无线通信技术。本书以“蓝牙心率防水运动手环”为例，采用目前业界公认的功耗最低的蓝牙芯片 DA14580 作为主控制核心，按照产品开发流程，由浅入深，带领读者快速掌握蓝牙智能穿戴产品开发的所有技能。本书作者具有多年蓝牙项目实战开发经验，书中包含了蓝牙智能穿戴产品开发所需的各方面技术知识，具体包括开发环境搭建、蓝牙通信、单个模块实验、整机产品的代码调试。

对于想要从事蓝牙智能穿戴产品研发工作的在校师生、蓝牙开发爱好者，这是一本很好的入门教材。而对于已经入行，正在从事蓝牙智能穿戴产品软件开发的工程师来说，本书也能给予一定的参考和指导。本书语言通俗易懂，即使是从没接触过蓝牙智能产品开发的读者也能顺利上手，并能根据书中的实例自己实践。

随书的源码、视频、套件都可以通过扫描本书封底的二维码获取。

图书在版编目(CIP)数据

蓝牙智能穿戴开发实战 / 疯壳团队, 郑智颖, 刘燃编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2019.6
ISBN 978-7-5606-5336-5

I. ①蓝… II. ①疯… ②郑… ③刘… III. ①蓝牙技术—移动终端—技术开发 IV. ①TN926

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 082985 号

策划编辑 高 樱

责任编辑 祝婷婷 阎 彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西日报社

版 次 2019年6月第1版 2019年6月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印 张 6.875

字 数 115千字

印 数 1~3000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-5336-5 / TN

XDUP 5638001-1

如有印装问题可调换

❖❖❖ 前 言 ❖❖❖

Dialog 是德国的一家专注于半导体研发的创新型高科技公司，它也是全球著名的 IC 芯片设计公司，其研发的低功耗蓝牙芯片 DA14580，是目前全球同行业里功耗最低的，也是首款突破 4mA 无线收发电流极限的蓝牙芯片。极低的功耗能够帮助设计人员将产品的续航能力提高很多，或者在同样的续航条件下，可以选择数量更少、体积更小的电池，非常适合轻巧型产品的开发设计。其无线收发电流仅消耗 3.8 mA，比市场上其他蓝牙智能解决方案低 50%，而且其深度睡眠模式的电流低于 600 nA。这就是说，在一个每秒发送 20 字节的产品中，一颗 225 mA·h 的纽扣电池可以让其持续运行 4 年 5 个月。

虽然目前只有为数不多的几家厂商采用了这款芯片，但是 DA14580 的应用前景非常乐观，它的极低功耗可为产品带来真正的竞争优势，工程师无需因为电池容量问题而在产品设计上做出妥协，可以打造出更加轻薄、更加有吸引力的产品。但由于 Dialog 进入蓝牙智能市场的时间较短，与 DA14580 相关的开发资料和开源案例不多，导致开发 DA14580 蓝牙产品的门槛略高。

针对这一现象，鉴于 DA14580 具有诸多优势，作者决定撰写本书，根据自己多年的蓝牙开发经验，以“蓝牙心率防水运动手环”为例，讲解 DA14580 相关的基础蓝牙知识以及相应的产品开发技能，总结实际项目开发中的常见问题，帮助读者快速上手 DA14580 开发，并学会蓝牙智能穿戴设备开发的通用技能。

书中内容都是根据实际项目开发步骤，按照从易到难的顺序安排的，建议读者按顺序学习。前面章节主要讲解蓝牙的基础知识以及相关开发环境的搭建，后面的章节从 DA14580 的基本外设开始，对每个子模块都按照“硬件原理”“软件编码”“烧写调试”的流程进行实验讲解，最后将各个子模块整合在一起，开发完成一款可以量产的商用蓝牙心率防水运动手环。

本书的特点:

(1) 实用性强。以真实的产品为例,按照产品开发流程讲解,帮助读者快速上手,直接应用于实际产品开发中。

(2) 专业权威。作者拥有多年的蓝牙智能穿戴产品开发经验,所有实验代码全部来自实际项目开发总结,直接在官方 SDK 上进行修改。

(3) 内容全面。本书内容基本涵盖了低功耗蓝牙 DA14580 开发的所有知识点。

(4) 真实可靠。书中所有源码及套件,都经过实际量产验证,具有极高的含金量。

(5) 售后答疑。所有读者都可通过扫描本书封底的二维码,登录官网社区提问,作者会不定期答疑。

本书的适用范围:

(1) 想从事蓝牙开发工作的在校学生、蓝牙智能穿戴产品开发爱好者。

(2) 已经入行,正在从事蓝牙智能穿戴产品开发的工程师。

(3) 做蓝牙智能穿戴产品设计培训的机构企业。

全书由刘燃负责策划审校,第 1 章到第 3 章由郑智颖在疯壳蓝牙心率运动手环技术资料的基础上整理而来。特别感谢深圳疯壳团队的各位小伙伴,他们对本书的编写提供了可靠的技术支撑与精神鼓励。此外,还要感谢西安电子科技大学出版社的工作人员,正是他们的支持才有本书的出版。

关于本书的源码,读者可以通过扫描本书封底的二维码获得。

由于时间仓促,本书的所有内容尽管作者都认真校核过,但也难免会有一些纰漏,读者可通过社区论坛与作者互动。

作者

2019 年 2 月

目 录

第 1 章 开发准备	1
1.1 蓝牙穿戴简介	1
1.2 开发套件简介	2
1.3 开发环境搭建	3
1.3.1 Keil MDK 的安装	3
1.3.2 Jlink 驱动的安装	6
1.3.3 USB 转串口驱动的安装	10
1.3.4 SmartSnippets 的安装	13
第 2 章 开发基础	17
2.1 蓝牙相关概念	17
2.1.1 广播	17
2.1.2 UUID	17
2.1.3 MAC 地址	17
2.1.4 BLE 协议栈结构	18
2.2 DA14580 简介	19
2.3 下载与调试	20
2.3.1 Jlink 调试	20
2.3.2 SmartSnippets 下载	22
第 3 章 开发实战	28
3.1 蓝牙 SDK 框架	28

3.1.1	SDK 结构讲解	28
3.1.2	官方 BLE 例程结构讲解	30
3.2	外部 Flash 读写	31
3.2.1	SPI+ 简介	31
3.2.2	硬件设计	32
3.2.3	软件设计	33
3.2.4	实验现象	34
3.3	手环电量检测	38
3.3.1	ADC 简介	38
3.3.2	硬件设计	38
3.3.3	软件设计	39
3.3.4	实验现象	41
3.4	手环心率测量	45
3.4.1	心率测量原理简介	45
3.4.2	硬件设计	45
3.4.3	软件设计	46
3.4.4	实验现象	51
3.5	三轴计步	54
3.5.1	相关简介	54
3.5.2	硬件设计	54
3.5.3	软件设计	55
3.5.4	实验现象	57
3.6	OLED 屏幕显示	60
3.6.1	OLED 屏幕简介	60
3.6.2	硬件设计	61
3.6.3	软件设计	62

3.6.4 实验现象	67
3.7 电容触摸	69
3.7.1 中断简介	69
3.7.2 硬件设计	70
3.7.3 软件设计	70
3.7.4 实验现象	71
3.8 蓝牙收发	74
3.8.1 硬件设计	74
3.8.2 软件设计	75
3.8.3 实验现象	79
3.9 整机代码	82
3.9.1 软件设计	82
3.9.2 实验现象	87
附录 A 蓝牙抓包工具 Dongle 介绍	94
A.1 USB_Dongle 简介	94
A.2 Smart Packet Sniffer 安装	94
A.3 抓包测试	97
附录 B Keil 常用功能介绍	98
参考文献	102

第1章 开发准备

1.1 蓝牙穿戴设备简介

可穿戴设备是指可以直接佩戴在人体上的一种便携式设备。而智能穿戴设备则是在传统可穿戴设备的基础上进行智能化的设计和开发,使可穿戴设备不仅仅作为一种硬件设备,而是一种能够通过软件支持以及数据交互、云端交互来实现强大功能的智能设备。智能穿戴设备的出现,将对我们的生活、感知带来巨大的转变。

蓝牙通信技术是可穿戴设备首选的无线通信技术。它具有低功耗、短时延、强大的网络安全性以及较强的抗干扰能力等优势,并且支持多种拓扑结构,从而在一系列可应用于智能穿戴设备的无线技术中脱颖而出,成为不二选择。

蓝牙智能穿戴设备作为最热门的智能穿戴设备之一,具有很多其他穿戴设备所不具有的优点:

(1) 数据传输:低功耗蓝牙支持以 1 Mb/s 速度传输的极小数据包(8 个 8 位字节到 27 个 8 位字节)。所有连接使用高级低耗电监听模式,从而实现超低工作频率,将功耗降至最低。

(2) 跳频:低功耗蓝牙使用蓝牙技术通用的自适应跳频技术将 2.4 GHz ISM 频带内的其他技术干扰减至最小。高效的多路径优势增加了链路预算和有效的运行范围,同时也优化了功耗。

(3) 主机控制:低功耗蓝牙具有极具智能化的控制功能。主机可以长时间处于睡眠模式,并且只在主机需要执行时才会被控制器唤醒。由于主机处理器的功耗一般高于低功耗蓝牙控制器,因而实现了最大程度的节能。

(4) 时延:低功耗蓝牙支持 3 ms 内的连接设置与数据传输。因此,在短时突发通信中,应用可以在数毫秒内建立连接并且传输经过验证的数据,然后迅速断开连接。

(5) 距离：调制指数的增加使低功耗蓝牙的最大距离达到 100 m 以上。

(6) 稳定性：低功耗蓝牙在所有数据包上使用强大的 24 位 CRC(循环冗余校验)，保证最佳的抗干扰能力。

(7) 强大的网络安全性：使用 CCM(CTR 加密模式和 CMAC 认证算法的混合使用)的完整 AES-128 加密技术提供强大的数据包加密与验证，确保通信的安全。

(8) 拓扑结构：BLE(低功耗蓝牙)在从属设备的每个数据包上使用 32 位访问地址，从而可以连接数十亿台设备。这一技术专为一对一连接而优化，同时在一对多连接时将使用星型拓扑结构。

1.2 开发套件简介

图 1.2-1 是蓝牙心率防水运动手环的开发套件，包含手环表带、手环主板、代码下载调试器 Jlink 和 USB 转串口工具。手环外壳采用点胶工艺可实现防水功能。为了方便开发者进行二次开发，手环主板上引出了所有常用的下载调试口，通过 Jlink 下载调试器，可以反复调试代码。



图 1.2-1

图 1.2-2 是手环主板的硬件细节。其中左图是手环主板的正面，主要包含业界功耗最低的蓝牙芯片 MCU-DA14580、16 MHz 主晶振、32.768 kHz 副晶振、OLED 白光屏、直流电机、光学心率传感器接口、光学心率传感器模块、外部 Flash 和三轴传感器。三轴传感器采用的是 LIS2DS12，这是款自带学习型计步算法的芯片，可精确计算出常规运动参数的三轴传感器。外部 Flash 采用的是 2 MB 的 W25X20 芯片，可以存储程序代码和步伐、心率等数据。DA14580 是一款 OTP 芯片，为了方便开发者重复烧写代码调试，我们采用了 SPI 总线外挂 Flash 的方式，将代码烧写在外置 Flash 中，提高了 DA14580 的可开发性。右图

是手环主板的背面示意图，主要包含了一颗单键电容式触摸开关芯片 RH6015，这款芯片可以将触摸电容信号转换成开关信号，输入给 MCU。RH6015 还有安全性高、抗干扰能力强等优点，广泛应用于灯光控制、消费电子、家用电器等产品中。另外，其背面还预留了 Jlink 下载调试接口和 USB 转串口接口，方便开发者调试使用。



图 1.2-2

1.3 开发环境搭建

要开发一款蓝牙心率防水运动手环，需要安装 Keil MDK、Jlink 驱动、SmartSnippets、USB 转串口驱动。

1.3.1 Keil MDK 的安装

Keil MDK 是基于 ARM 的微控制器最全面的软件开发解决方案，并且包含了需要建立和调试嵌入式应用的所有组件，完美支持 Cortex-M、Cortex-R4、ARM7 和 ARM9 系列器件。大家可以通过 <http://www.keil.com/mdk5/525> 下载目前最新的 MDK v5.25 来安装 Keil。当然，也可以通过我们所提供的资料包安装。

这里以我们资料包中的 MDK5 为例来介绍 Keil MDK 的安装过程。

(1) 运行 mdk511a, 点击 “Next” 按钮, 如图 1.3-1 所示。

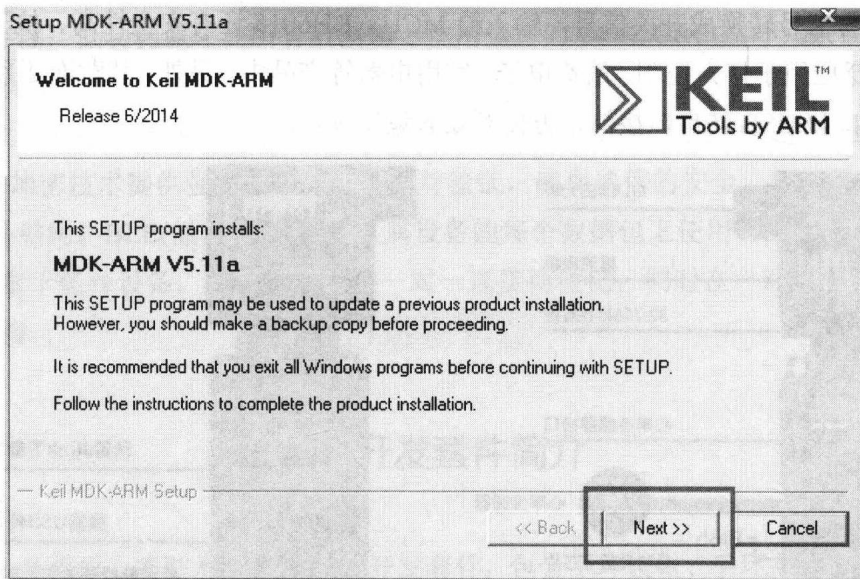


图 1.3-1

(2) 勾选 “I agree to all the terms of the preceding License Agreement”, 点击 “Next” 按钮, 如图 1.3-2 所示。

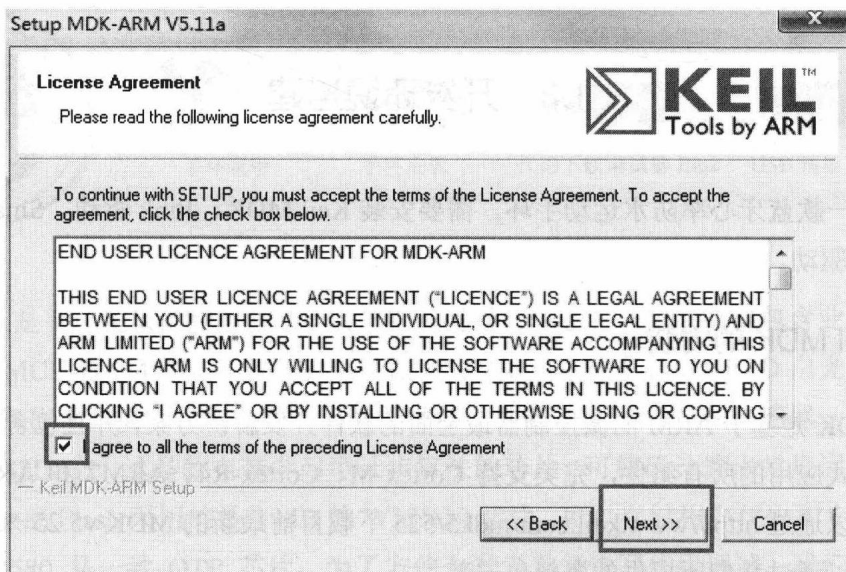


图 1.3-2

(3) 选择安装文件夹，点击“Next”按钮，如图 1.3-3 所示。

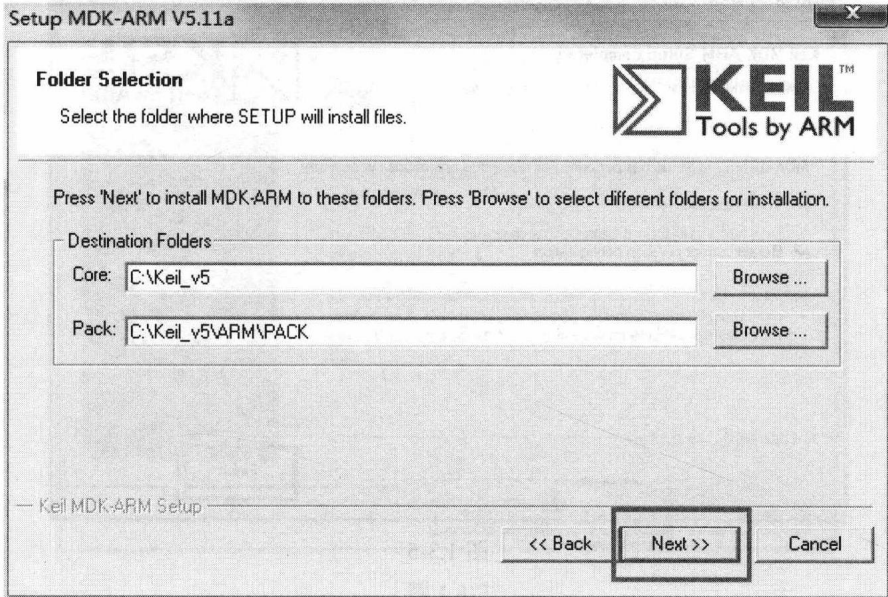


图 1.3-3

(4) 输入姓名、公司名和邮箱，点击“Next”按钮，如图 1.3-4 所示。

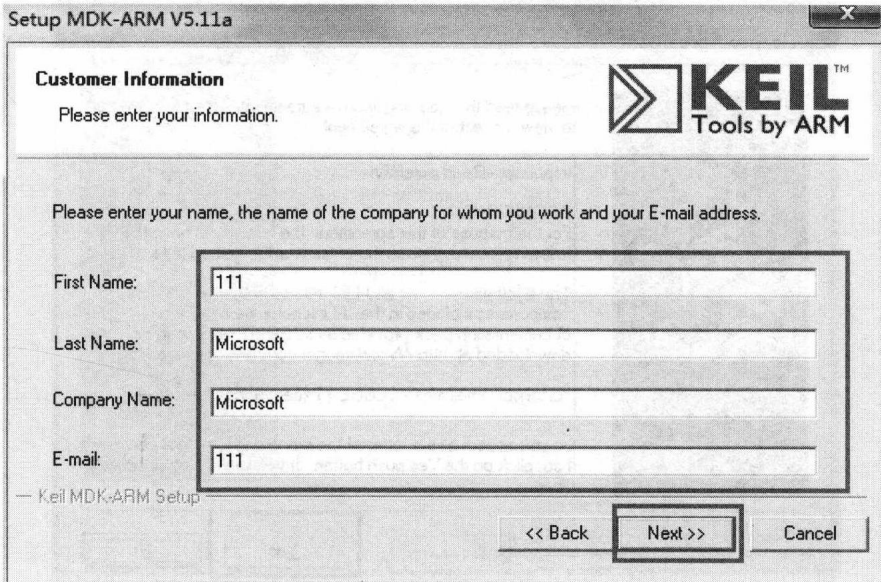


图 1.3-4

(5) 点击“Finish”按钮，Keil 5 的安装就完成了，如图 1.3-5 所示。

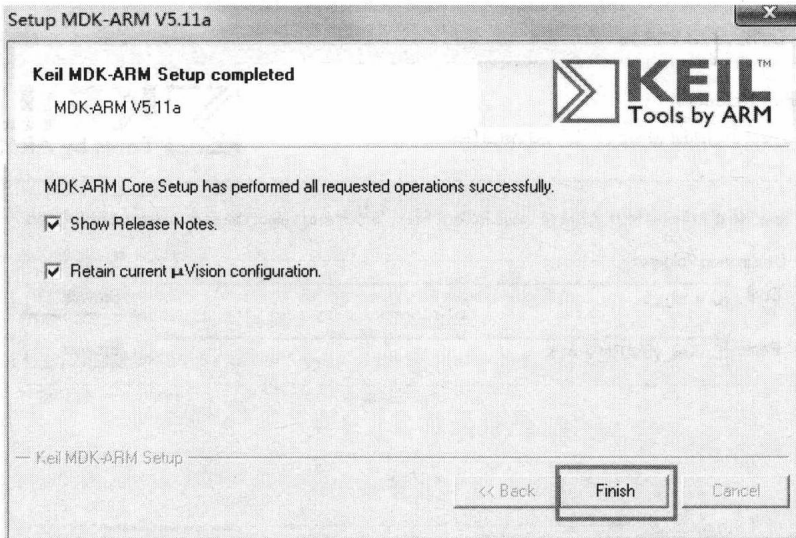


图 1.3-5

1.3.2 Jlink 驱动的安装

(1) 运行 Setup_JLinkARM_V474b，弹出协议对话框，点击“Yes”按钮，如图 1.3-6 所示。

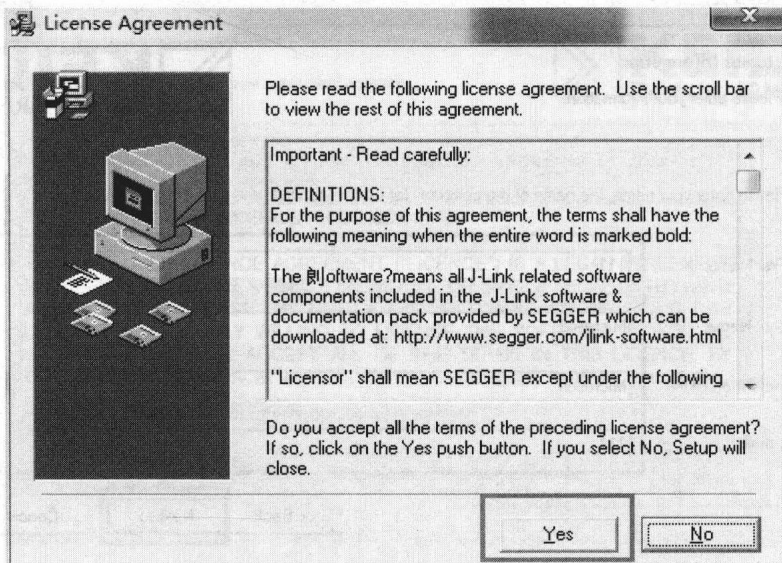


图 1.3-6

(2) 点击“Next”按钮，如图 1.3-7 所示。

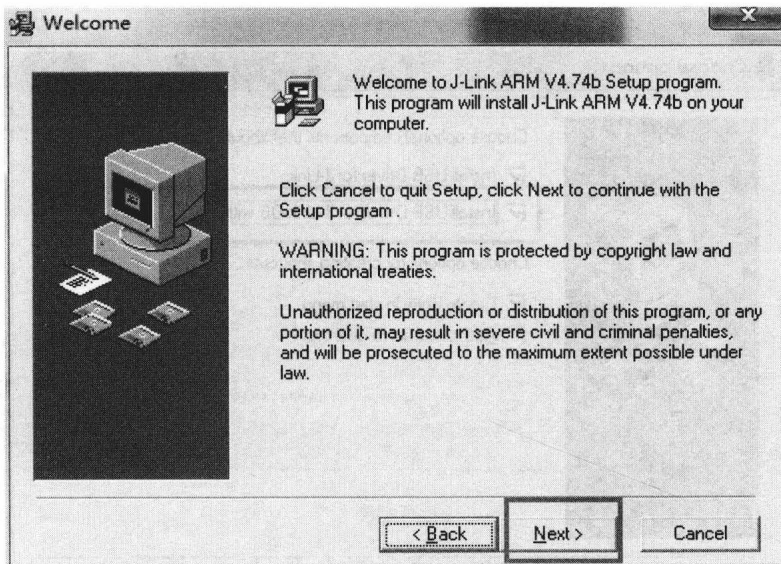


图 1.3-7

(3) 点击“Browse”按钮选择安装文件夹，然后点击“Next”按钮。当然，也可以忽略选择安装文件夹，直接点击“Next”按钮，如图 1.3-8 所示。

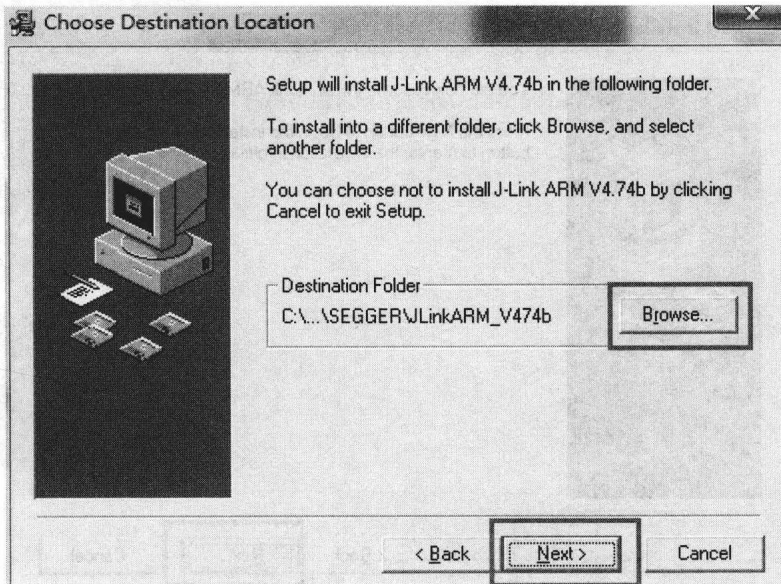


图 1.3-8

(4) 勾选 “Install USB Driver for J-Link-OB with CDC”，然后点击 “Next” 按钮，如图 1.3-9 所示。

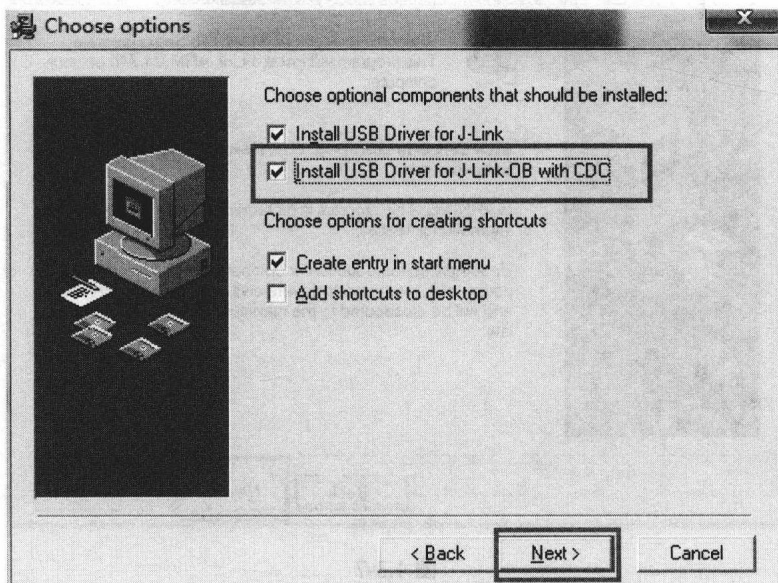


图 1.3-9

(5) 继续点击 “Next” 按钮，如图 1.3-10 所示。

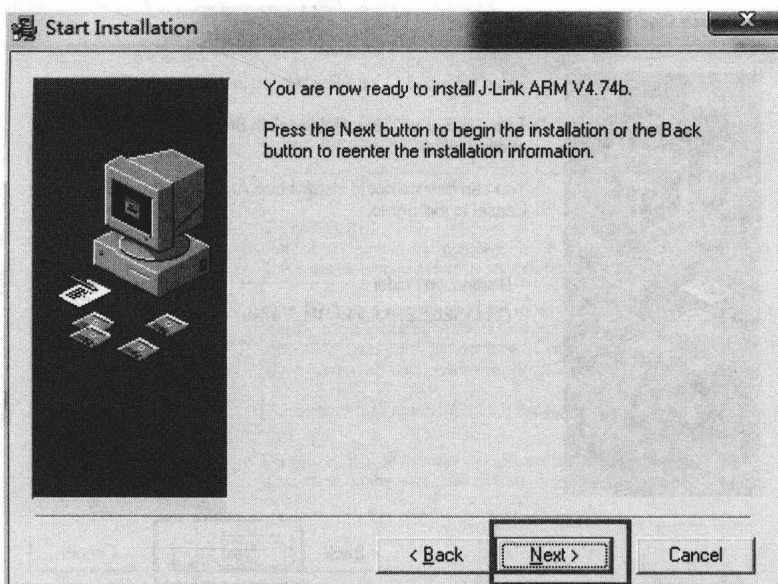


图 1.3-10

(6) 选择电脑中要使用到 Jlink 的开发环境，然后点击“Ok”按钮，如图 1.3-11 所示。

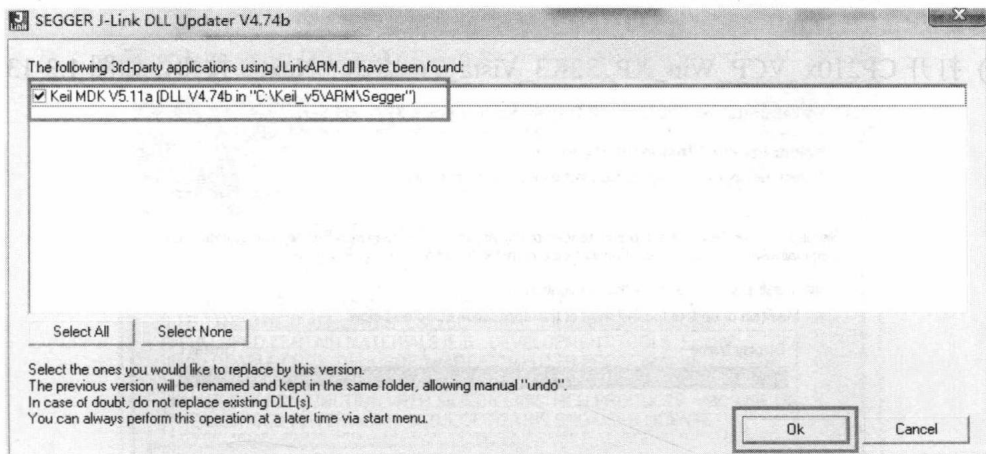


图 1.3-11

(7) 点击“Finish”按钮，完成 Jlink 的安装，如图 1.3-12 所示。

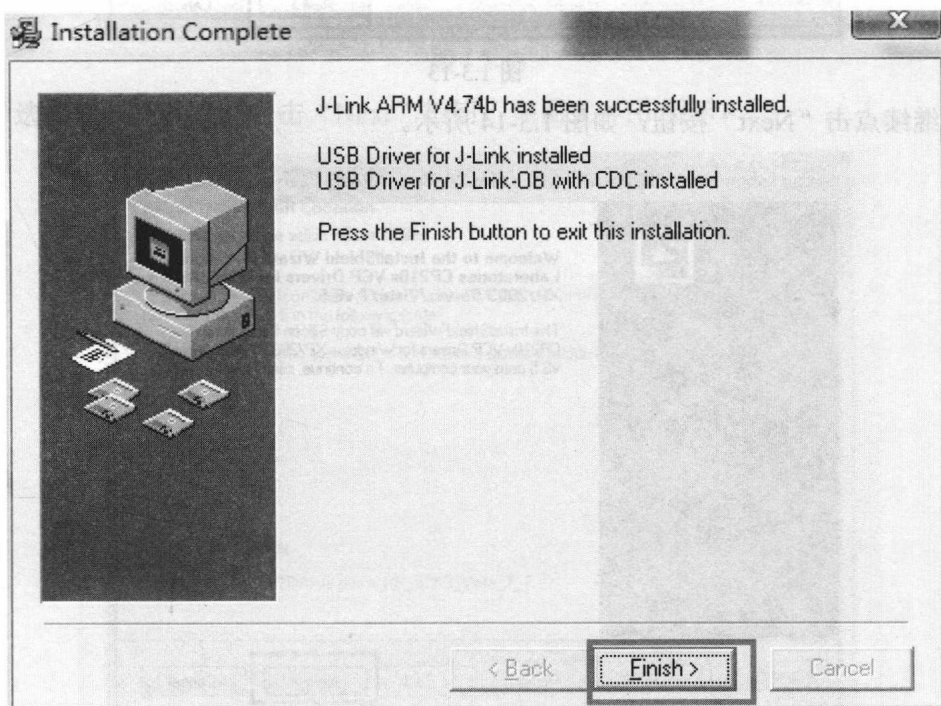


图 1.3-12