

类别	内容
关键词	AMetal、Keil
摘要	本文档描述了如何搭建 Keil 开发环境，介绍在 Keil 中如何编写、编译、调试 AMetal 程序。

修订历史

版本	日期	原因
1.0.00	2019/08/18	创建文档

目 录

1. 简介.....	2
2. 搭建开发环境.....	3
2.1 环境简介.....	3
2.1.1 Keil μ Vision 集成开发环境.....	3
2.1.2 仿真器.....	3
2.2 MDK-ARM 软件安装.....	3
2.2.1 MDK-ARM 软件获取.....	3
2.2.2 MDK-ARM 软件安装.....	2
2.3 支持包 (PACK) 的安装.....	6
2.3.1 支持包 (PACK) 的获取.....	6
2.3.2 支持包 (PACK) 的安装.....	8
2.4 安装 J-Link 软件及 J-Link 仿真器驱动.....	13
2.4.1 J-Link 软件安装 4.....	13
2.4.2 J-Link 仿真器驱动安装.....	15
2.5 安装 TKScape 软件及 CK100 仿真器驱动.....	19
2.5.1 TKScape 软件安装.....	19
2.5.2 安装 VC8 实时运行库装.....	24
2.5.3 CK100 仿真器驱动安装.....	25
3. 编写应用程序.....	29
3.1 从模板新建工程.....	29
3.1.1 打开工程.....	32
3.2 编写程序.....	33
3.3 编译程序.....	34
4. 调试应用程序.....	37
4.1 连接仿真器.....	37
4.2 调试相关配置.....	37
4.2.1 CK100 调试配置.....	37
4.2.2 J-Link 调试配置.....	44
4.3 调试应用程序.....	50
4.4 停止调试.....	56
5. 固化应用程序.....	57
5.1 使用 μ Vision5 烧写程序.....	57
5.2 使用其他工具烧写程序.....	57
5.2.1 生成程序烧写文件.....	57
5.2.2 使用 ISP 方式烧写程序.....	59
6. 免责声明.....	70

1. 简介

本文主要介绍如何使用 Keil 集成开发环境对开源项目进行工程的导入、新建工程、编译链接和调试等操作，帮助用户快速掌握 Keil 集成开发环境下的应用程序开发。

AMetal 相关资料可直接从：<https://github.com/zlgopen/amental> 下载。更多信息请关注论坛，

注意：AMetal 相关资料会持续更新，用户打开上面下载链接后，以打开的实际页面为准，选择最新的资料下载。

2. 搭建开发环境

2.1 环境简介

2.1.1 Keil μ Vision 集成开发环境

Keil μ Vision 是原是 Keil 公司开发的一个集成开发环境，目前共有 μ Vision2、 μ Vision3、 μ Vision4 以及 μ Vision5 几个版本。Keil 对应的安装文件为 MDK-ARM。MDK-ARM 包含了完整的软件开发环境。安装后，可用于开发基于 Cortex-M、Cortex-R4、ARM7 和 ARM9 内核的微控制器。MDK-ARM 是为微控制器应用程序开发特别设计的，非常容易学习和使用，适用于目前大部分的嵌入式应用程序开发。

2.1.2 仿真器

仿真器主要用于调试、下载程序。开发板预留了 SWD 接口，理论上，只要支持 SWD 模式的仿真器均可使用。本文重点介绍目前最常用的几款仿真器，后面章节会详细的介绍各个仿真器的使用方法。

(1) J-Link 仿真器

J-Link 是 SEGGER 公司为支持仿真 ARM 内核芯片推出的同时支持 JTAG/SWD 调试接口的仿真器。配合 Keil μ Vision, IAR EWAR, ADS, eclipse, WINARM, RealView 等集成开发环境支持所有 Cortex-M、Cortex-R4、ARM7、ARM9、ARM11 内核芯片的仿真，通过 RDI 接口和各集成开发环境无缝连接。

(2) MiniCK100 仿真器

MiniCK100 是广州致远电子股份有限公司推出的一款通用型 USB 接口仿真器。该仿真器体积小、操作简捷，方便用户进行开发调试。MiniCK100 仿真器虽然小巧，但是支持 SWD 和 JTAG 两种调试方式，同时也支持目前主流的 IDE 环境，如 KEIL 和 IAR 等。

(3) AK100 仿真器

AK100 仿真器是 MiniCK100 的升级版。与多种主流 IDE 环境无缝嵌接，支持 KEIL、ADS、IAR、TKStudio 等，并具备高级调试功能；此外支持 ARM7、ARM9、Cortex-M0、Cortex-M1、Cortex-M3、XSCALE 等内核的全系列仿真；并且还在不断升级，支持更多内核。

2.2 MDK-ARM 软件安装

2.2.1 MDK-ARM 软件获取

进入 <https://www.keil.com/download/product/> 这个 ARM 官方网站，然后点击如图 2.1 所示的红色方框，进入到下一个页面。

Download Products

Select a product from the list below to download the latest version.



MDK-Arm
Version 5.24a (July 2017)
Development environment for Cortex and Arm devices.



C51
Version 9.56 (August 2016)
Development tools for all 8051 devices.



C251
Version 5.59 (October 2016)
Development tools for all 80251 devices.



C166
Version 7.56 (October 2016)
Development tools for C166, XC166, & XC2000 MCUs.

Keil products use a [License Management](#) system - without a current license the product runs as a Lite/Evaluation edition with a few Limitations.

Maintenance Status and Previous Versions

Enter a valid Product Serial Number (**PSN**) or License Code (**LIQ**) to get access to all product versions available to you, or to check the status of your support and maintenance agreement.

[Click here to view authorized downloads for PSN xxxxx-xxxxx-HUG44](#)

PSN or LIC:

Further information about installing your software is available in the [Read Me First](#) brochure.

Note

For **Flex Floating licenses**, please use the PSN mentioned in [Knowledgebase Article 3698](#). Refer to the [FlexLM Client Setup Guide](#) for setup instructions.

图 2.1 MDK-ARM 下载网页

在下一个页面中，拷贝 Flexlicense 序列号，用于下载各个版本的 MDK-ARM 软件，如图 2.2 所示。

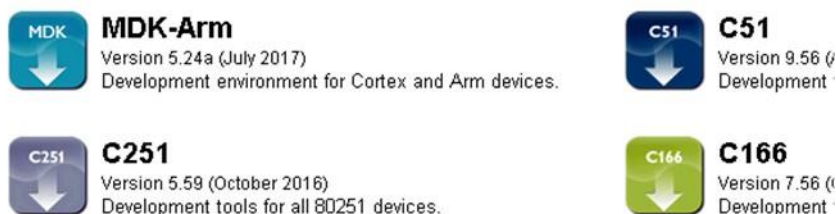
图 2.2 拷贝 Flexlicense 序列号

拷贝完成后，返回到上一个界面，在【PSN or LLC】输入选项中，粘贴输入刚才拷贝的

Flexlicense 序列号，再点击【Submit】选项，进入下一个页面，如图 2.3 所示。

Download Products

Select a product from the list below to download the latest version.



Keil products use a [License Management](#) system - without a current license the product runs as a Li

Maintenance Status and Previous Versions

Enter a valid Product Serial Number (**PSN**) or License Code (**LIC**) to get access to all product version status of your support and maintenance agreement.

[Click here to view authorized downloads for PSN xxxxx-xxxxx-HUG44](#)

PSN or LIC:

Further information about installing your software is available in the [Read Me First](#) brochure.

Note

For **Flex Floating licenses**, please use the PSN mentioned in [Knowledgebase Article 3698](#). Refer

图 2.3 输入序列号

在接下来出现的页面中会各种 MDK-ARM 版本的下载，可见目前最新的 MDK-ARM 版本为 V5.24a。推荐用户使用我司验证过的 MDK-ARM V5.17 版本来进行应用开发。本文默认使用的 Keil 版本为 5.17，点击如图 2.4 所示的红色方框即可进行下载。

Product Download

This product serial number will expire on 01/31/2019.

The following downloads are available for the PSN **xxxxx-xxxxx-HUG44**.

[View Current Version](#)

- [MDK-ARM V5.24a](#)
7/4/2017 - Release notes
- [DS-MDK V5.27](#)
3/31/2017 -
- [MDK-ARM V5.23](#)
2/1/2017 - Release notes
- [MDK-ARM V5.22](#)
11/11/2016 - Release notes
- [DS-MDK V5.26](#)
11/8/2016 -
- [MDK-ARM V5.21a](#)
8/17/2016 - Release notes
- [MDK-ARM V5.20](#)
5/6/2016 - Release notes
- [MDK-ARM V5.18a](#)
3/18/2016 - Release notes
- [MDK-ARM V5.18](#)
2/5/2016 - Release notes
- [MDK-ARM V5.17](#)
10/30/2015 - Release notes
- [MDK-ARM V5.16a](#)
8/27/2015 - Release notes

图 2.4 下载 MDK-ARM V5.17

2.2.2 MDK-ARM 软件安装

下载完成后，双击刚刚下载的 MDK-ARM V5.17 软件，开始进行 MDK-ARM V5.17 的安装，软件安装过程如下：

- (1) 软件开始安装后，在安装向导页面点击 **【下一步】**，如 图 2.5 所示。

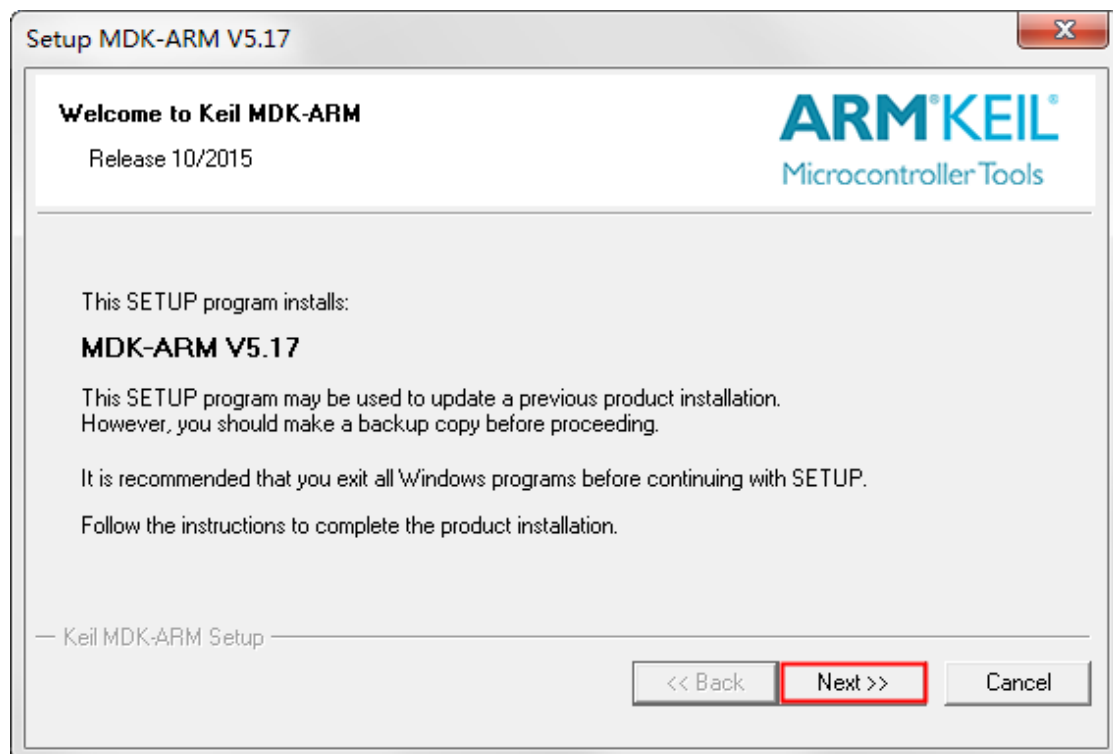


图 2.5 MDK-ARM 安装向导 1

(2) 勾选【I agree】，使安装能往下进行，如图 2.6 所示。

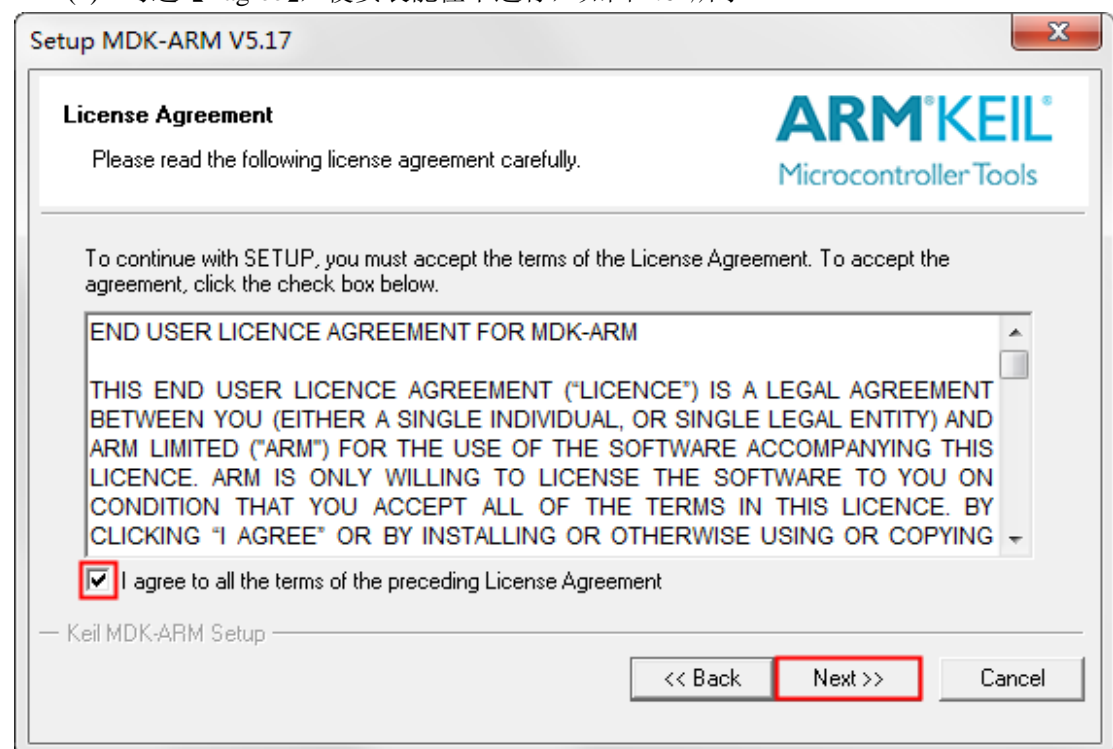


图 2.6 MDK-ARM 安装向导 2

(3) 选择安装路径为默认安装路径（推荐使用默认安装路径，确有特殊需要可点击【Browse】选择其它安装路径），如图 2.7 所示。

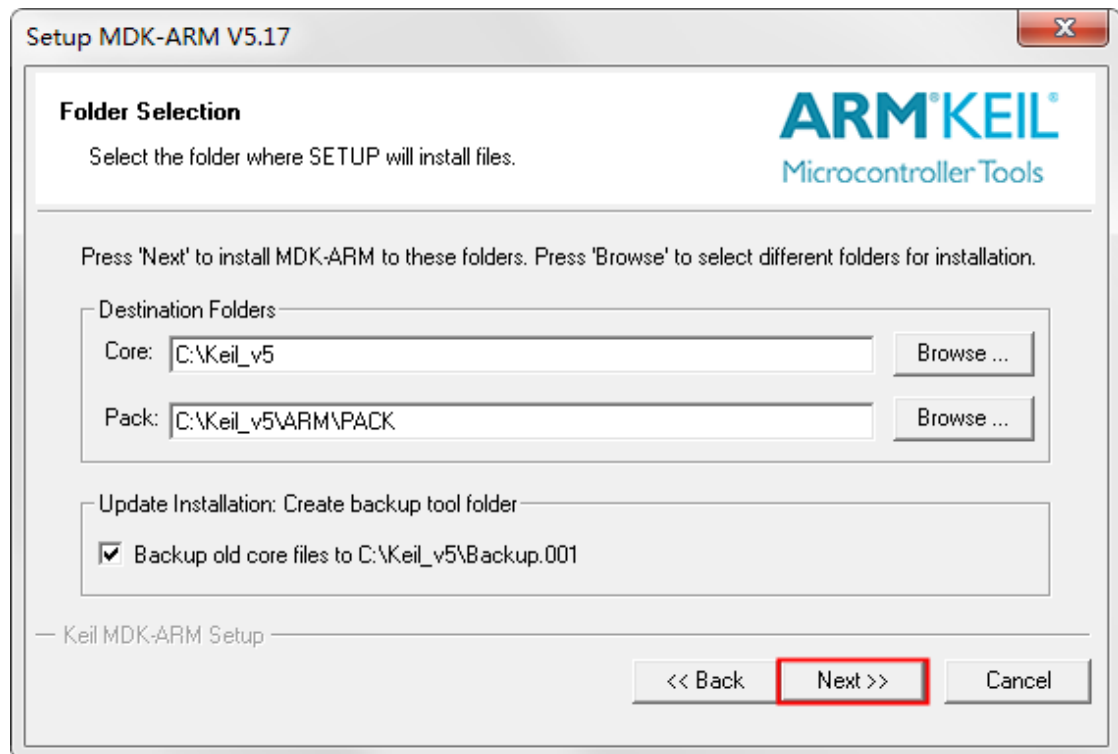


图 2.7 MDK-ARM 选择安装目录

- (4) 进入用户信息填写界面，如图 2.8 所示，根据实际情况填入相关用户信息，然后点击【Next】。

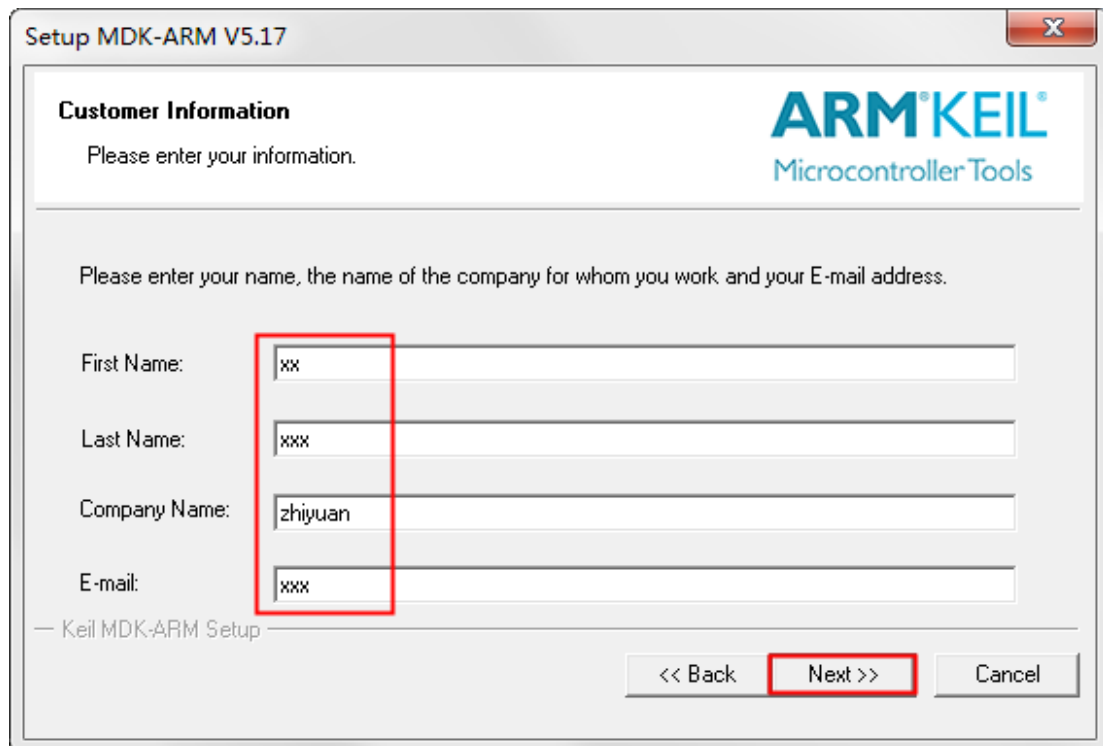


图 2.8 填写用户信息

- (5) 接下来，MDK-ARM 便开始安装。如图 2.9 所示。

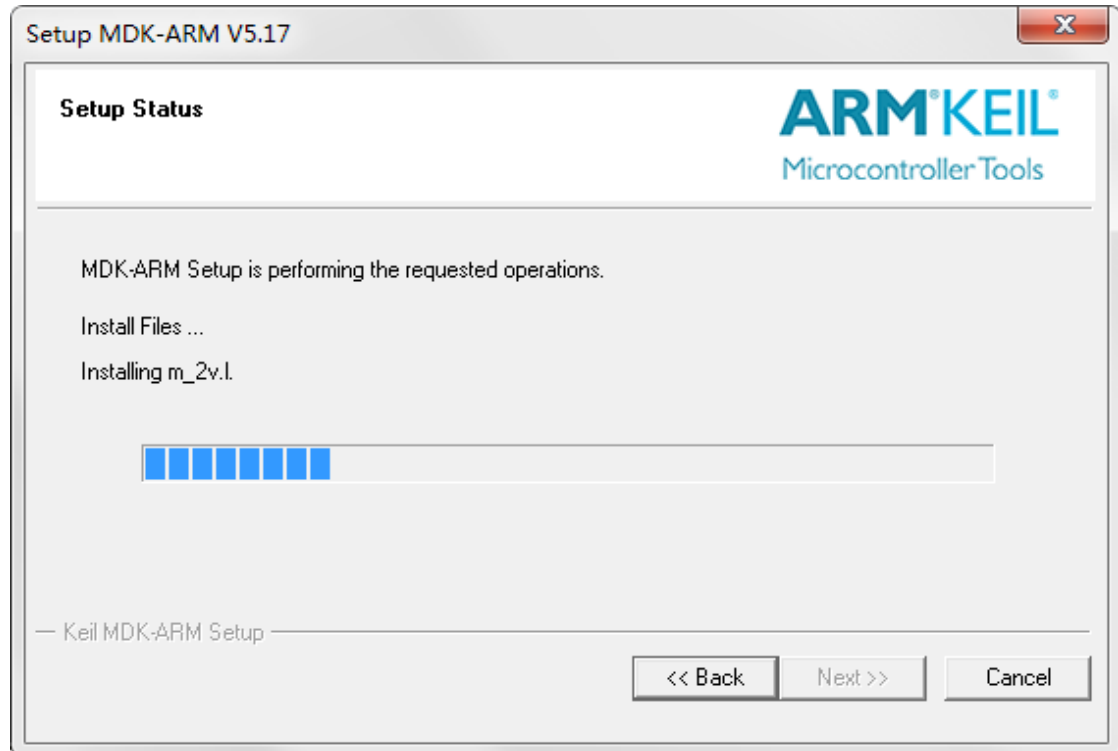


图 2.9 MDK-ARM 安装进行中

- (6) 在安装这程结束之后，弹出如图 2.10 所示的对话框，如果不需要查看发行版本相关的说明，可以取消默认勾选上的【Show Release Notes】，然后点击【Finish】完成安装，此时会在桌面看到如图 ?? 所示的图标。

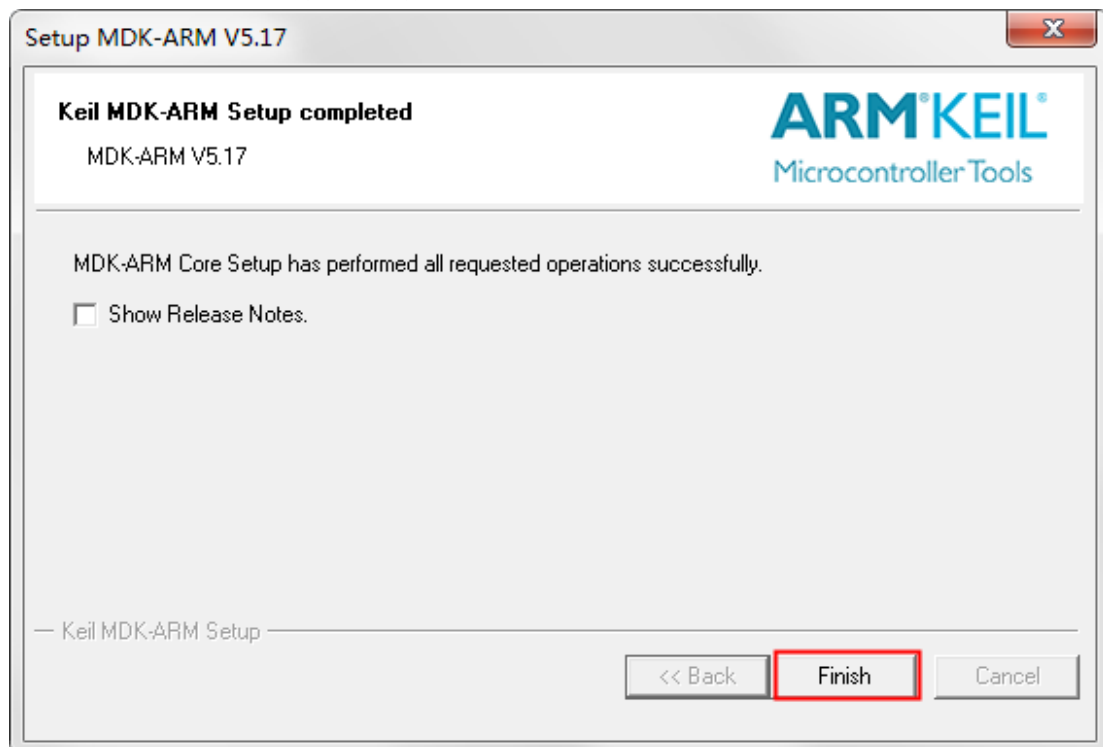


图 2.10 安装完成

2.3 支持包 (PACK) 的安装

Keil5 相对之前的版本，增加了软件接口，并且为支持的微控制器提供了软件支持包。如需使用一款具体芯片，需要先安装该芯片的 Pack 支持包。

2.3.1 支持包 (PACK) 的获取

1. ZLG 系列芯片如 ZLG100、ZLG200 等。支持包位于 ametal/tools/keil_pack/，如图 2.11 所示。

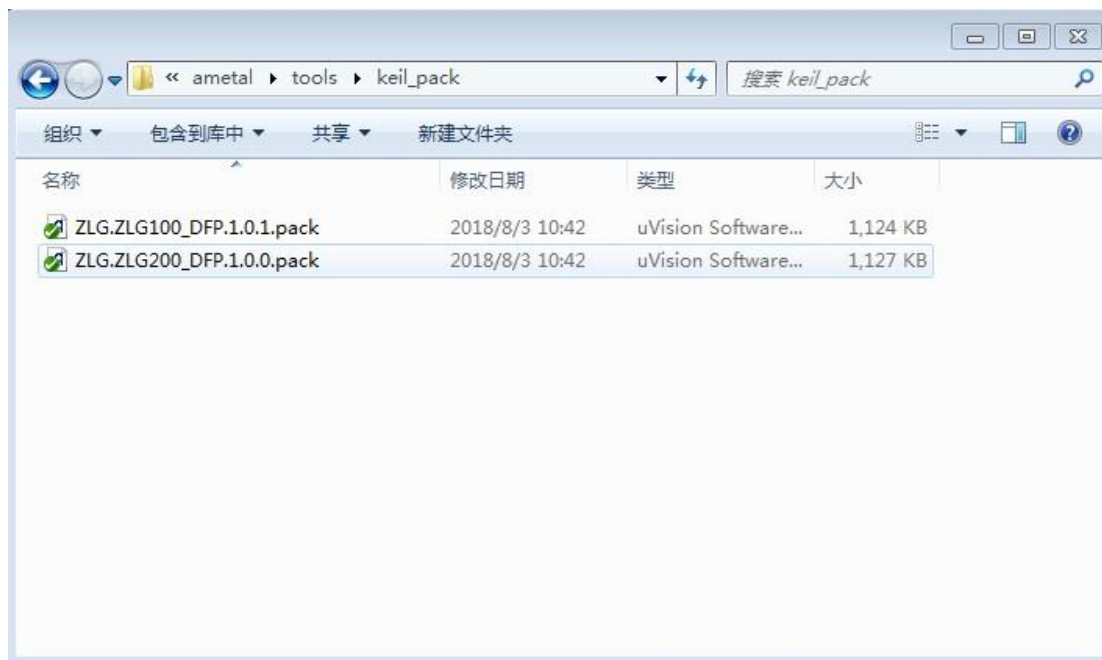


图 2.11 ZLG 系列芯片支持包

2. 其它系列芯片支持包的获取

其它系列芯片如：LPC54000、LPC800 等，支持包获取方法如下：

(1) 访问 Pack 下载官网 <https://www.keil.com/dd2/Pack>，打开网页后如图 2.13 所示。

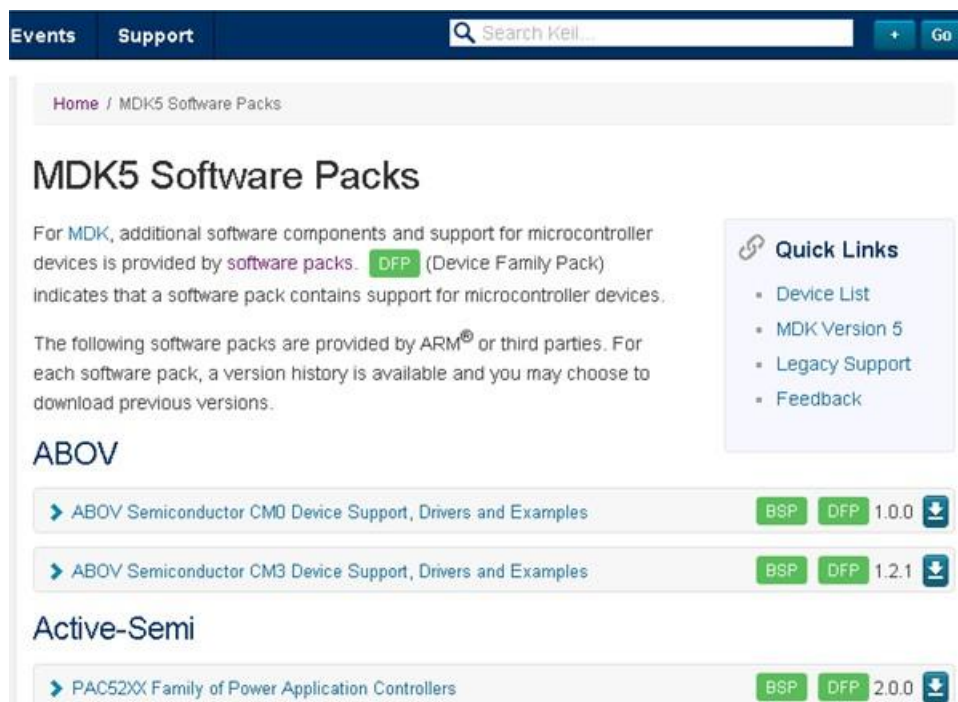


图 2.12 Pack 首页

- (2) 找到具体需要的支持包并下载，例如：下载 LPC800 系列芯片的支持包，首先在网页中找到 LPC800 系列芯片支持包，然后点击后面的下载图标。如所示，然后会弹出如图 2.15 所示的页面，点击【Accept】即可进入下载。



图 2.13 LPC800 系列 Pack 包

End User Licence Agreement (EULA)

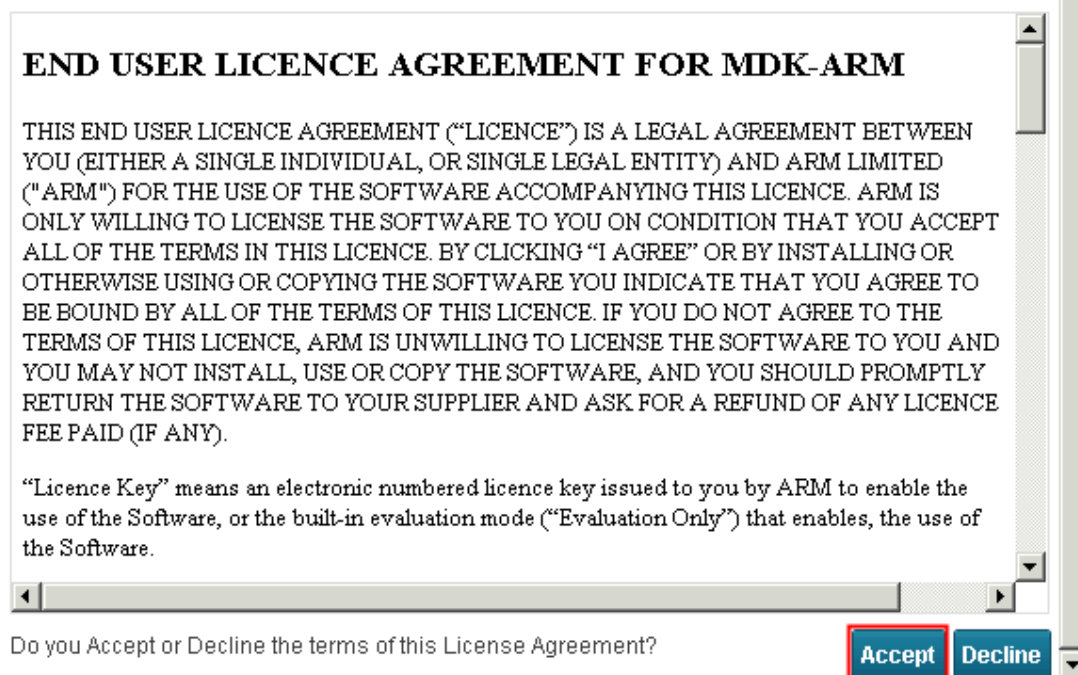


图 2.14 接受相关服务条

2.3.2 支持包 (PACK) 的安装

(1) 芯片支持包下载完成后，直接双击下载的 Pack 包，进入如图 2.15 所示的界面，

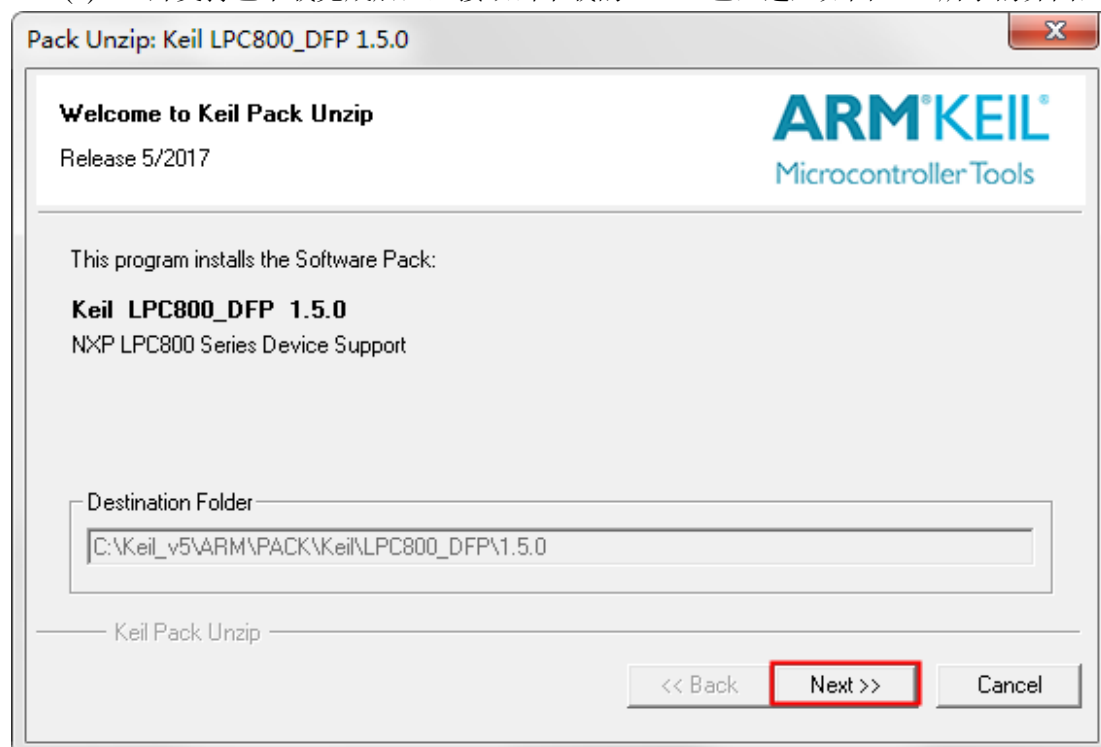


图 2.15 本地 Pack 安装

然后后直接点击 **【Next】** 进入安装，安装过程如 图图 2.16 所示。

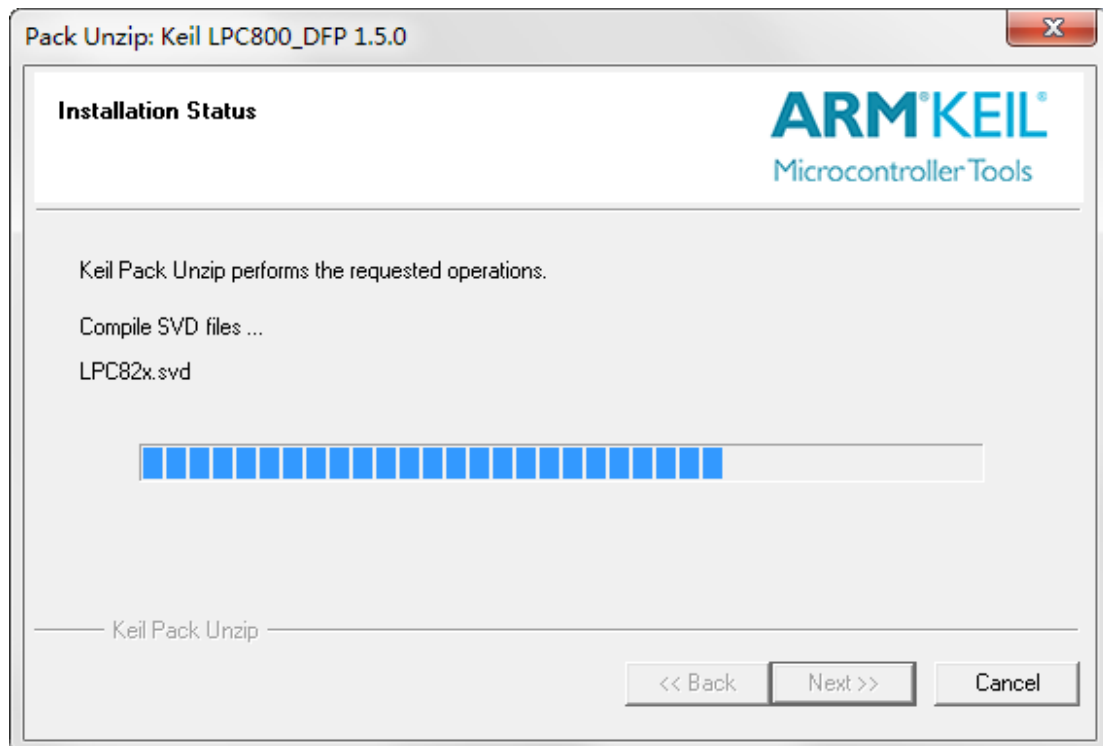


图 2.16 安装正在进行中

安装完成后，界面如图 2.17 所示，点击 **【Finsh】** 完成安装。

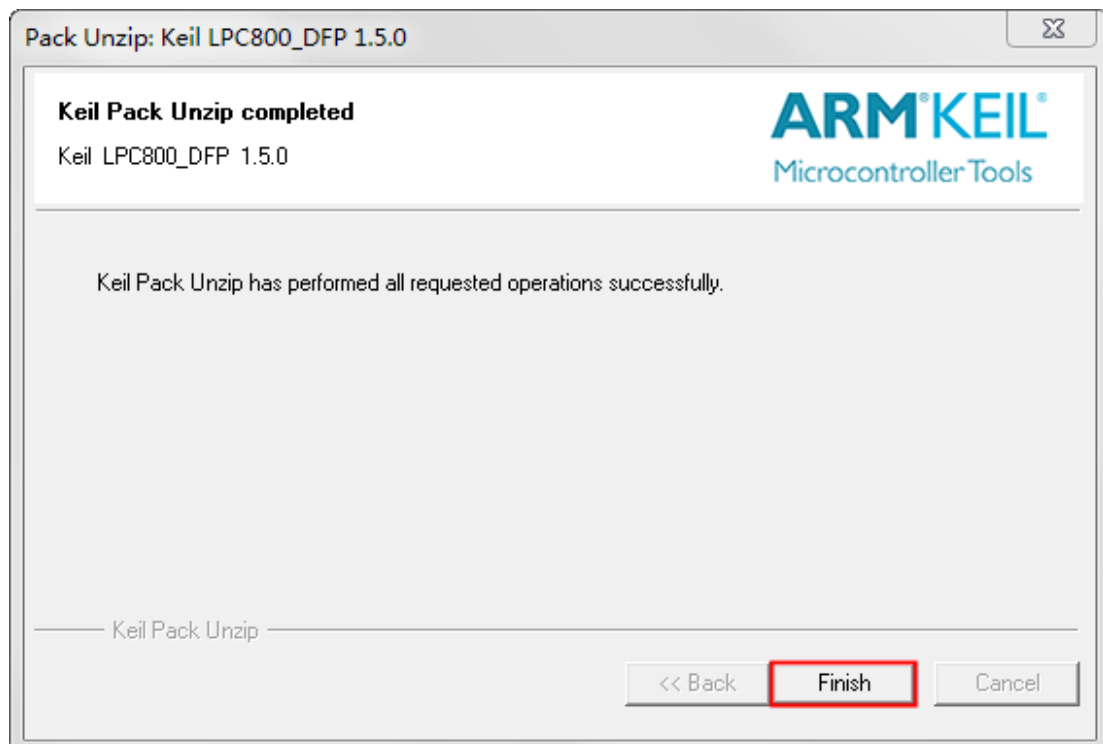


图 2.17 安装完成

(2) 如果双击无法安装，可以使用 Pack Installer 的方式进行安装。点击 Keil 界面中的图标启动 Pack Installer。如图 2.18 所示。

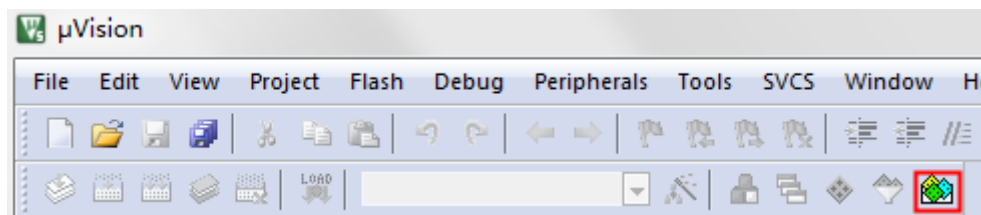


图 2.18 启动 Pack installer

点击 Pack Installer 图标后如图 2.19 所示，

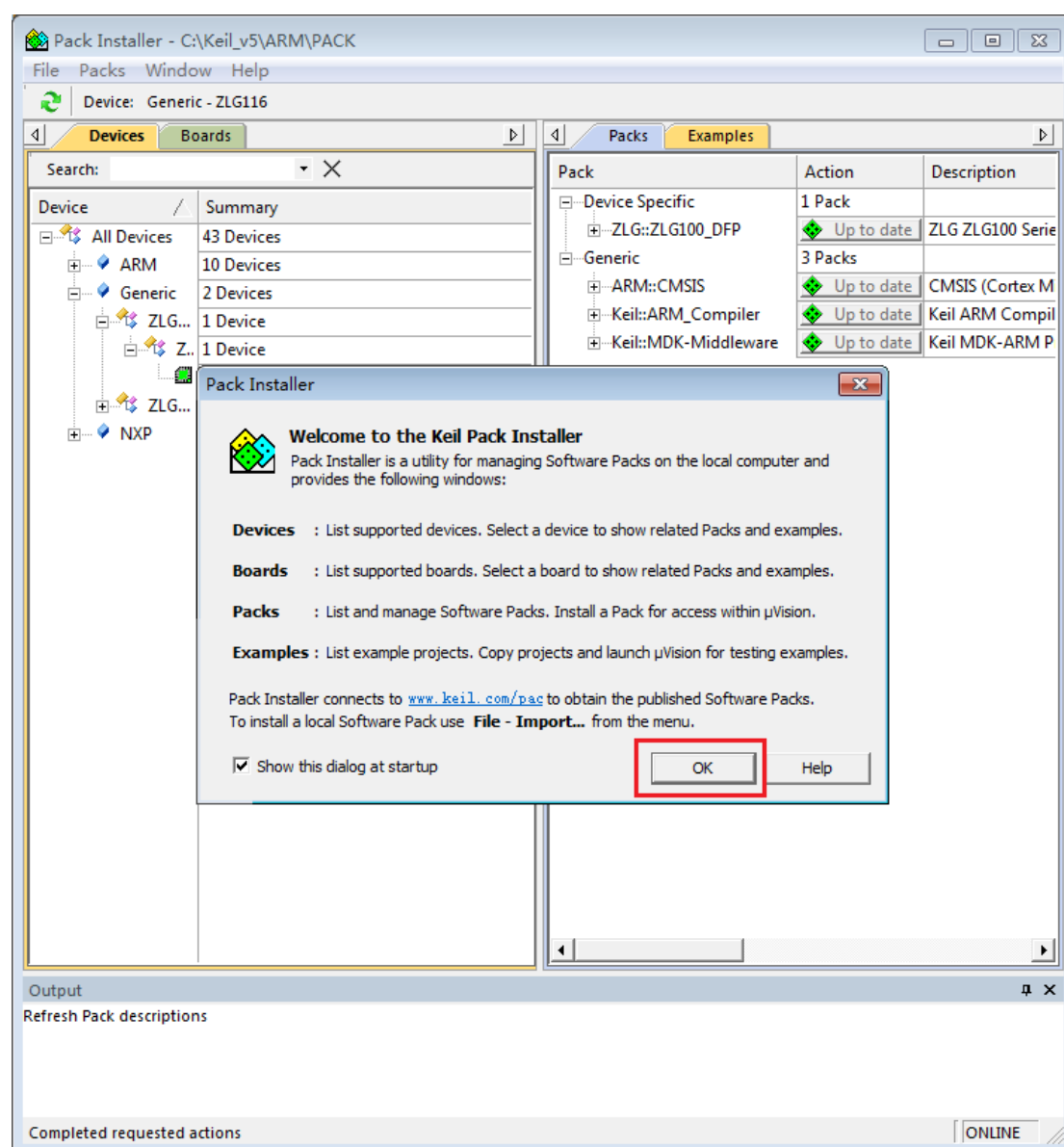


图 2.19 Pack installer 窗口 1

然后点击图 2.19 中间小窗口的 OK 选项，点击后如图 2.20 所示。

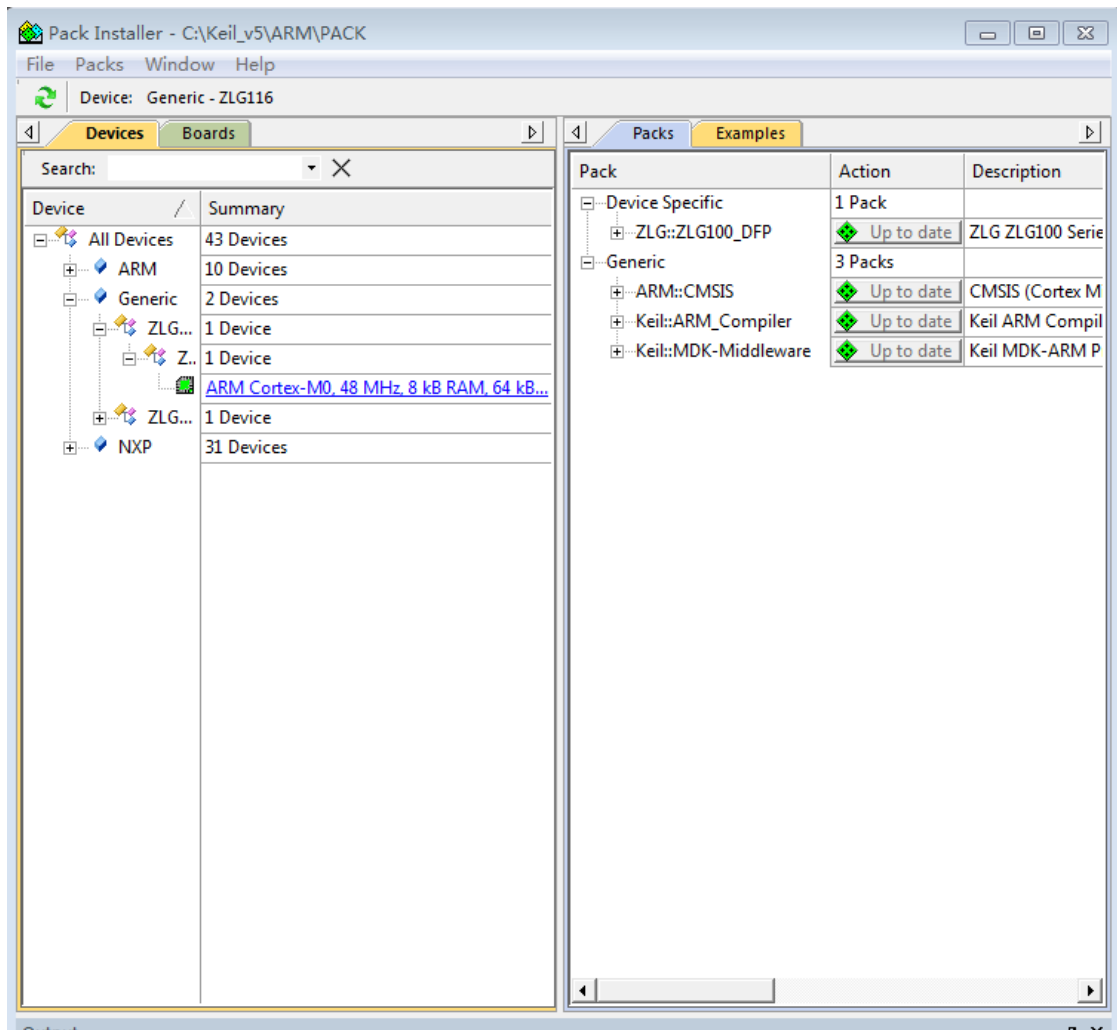


图 2.20 Pack installer 窗口 2

接着在 Pack Installer 的安装界面选择 **【File】** -> **【import】** ，如图 2.21 所示，

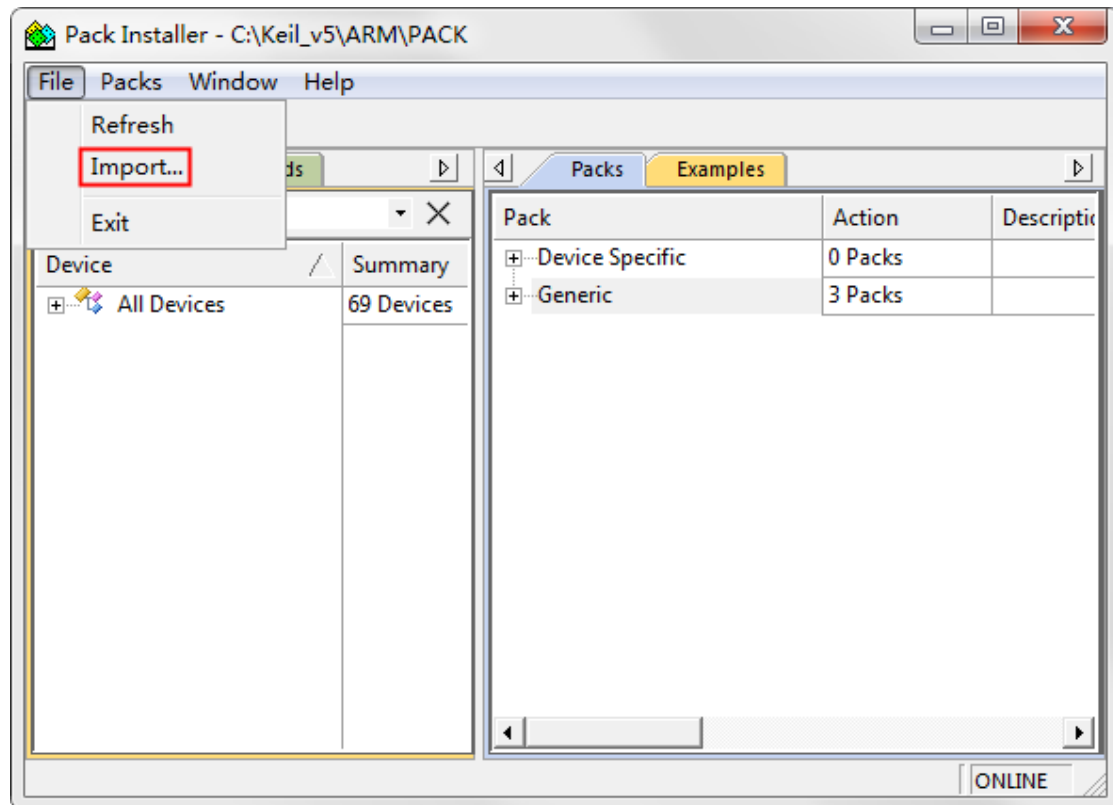


图 2.21 Pack installer 窗口

最后在弹出 Import Packs 对话框，找到刚刚下载的芯片支持包 Pack 的位置，如图 2.22 所示，点击【打开】，进行安装。接着，可以观察 Pack Installer 窗口进度条，查看安装进度，直至安装完成。

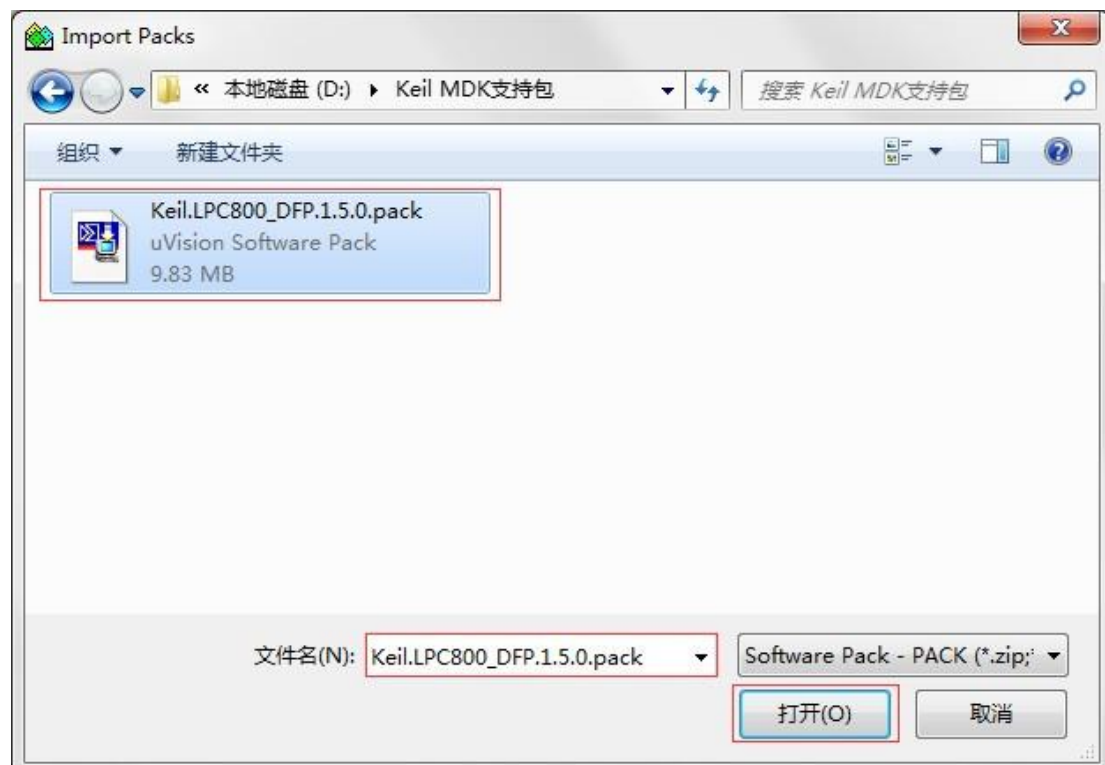


图 2.22 选择需要安装的 Pack

2.4 安装 J-Link 软件及 J-Link 仿真器驱动

2.4.1 J-Link 软件安装 4

J-Link 仿真器可以作为开发板的仿真调试器，首次使用需要安装 J-Link 软件。从 SEGGER 公司的官网链接 <http://www.segger.com/downloads/jlink> 可以打开下载页面。在打开的页面中，点击【Download】即可以下载 J-Link 软件，最新版本为 Setup_JLink_V6 版，如图 2.23 所示。推荐用户下载我司验证使用过的版本 Setup_JLink_V6.16b 版本。

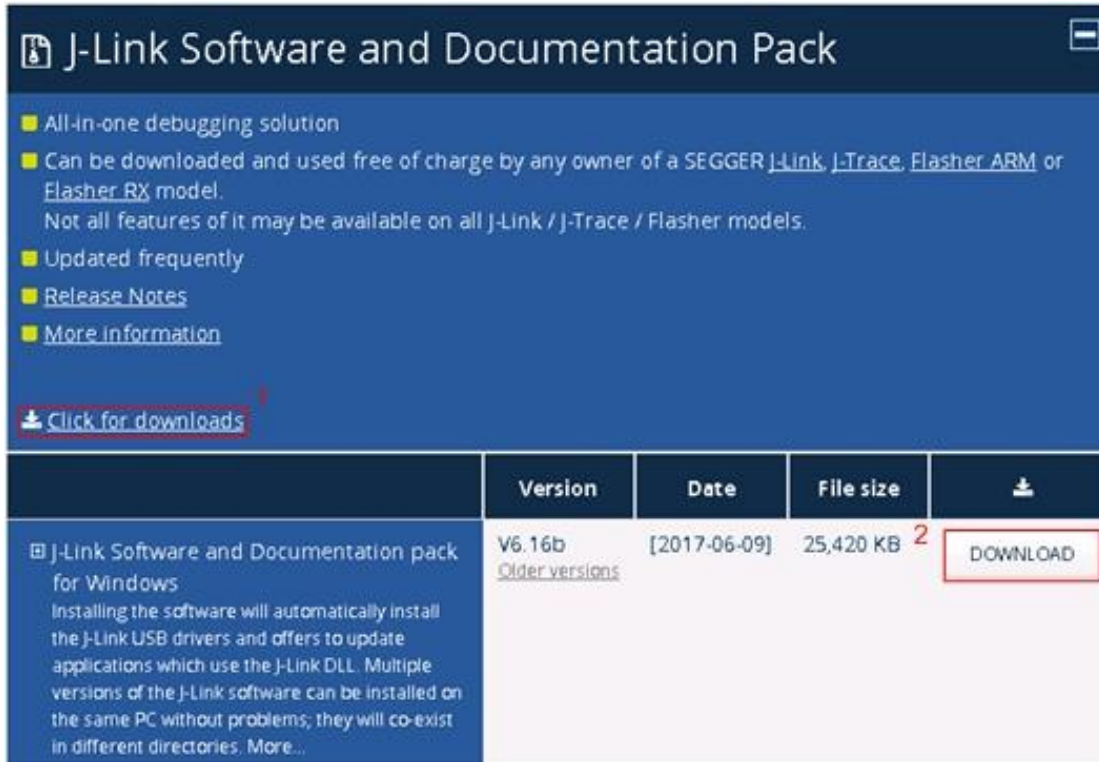


图 2.23 J-Link 软件下载

左键双击刚下载完成的 J-link 软件后，开始进行安装，安装过程如下：

(1) 软件开始安装后，在安装向导页面点击【Next】，如图 2.25 所示。

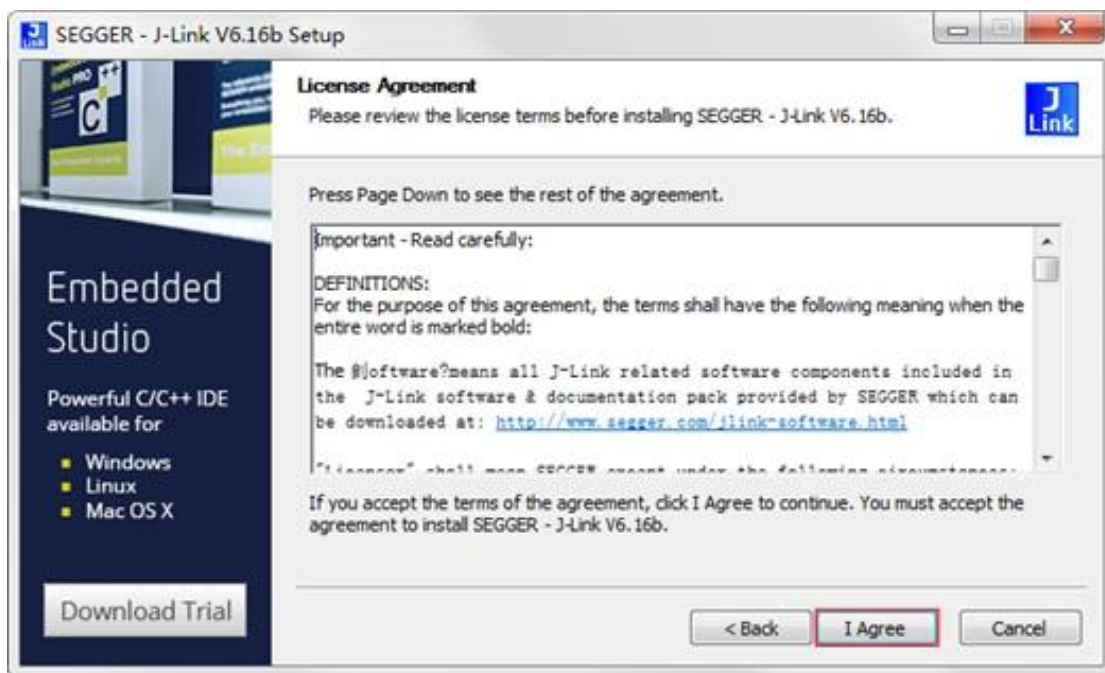


图 2.24 J-Link 软件安装向导

(2) 点击 **【I Agree】**，使安装能往下进行，如图 2.25 所示。

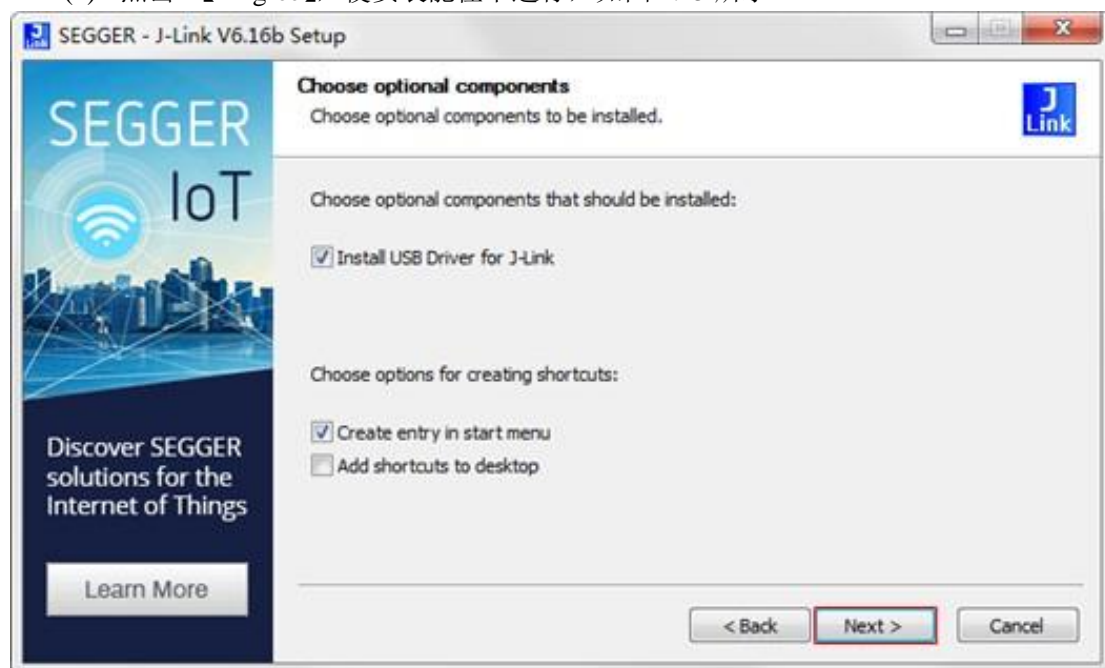


图 2.25 J-Link 软件安装向导

(3) 选择安装路径为默认安装路径（如有特殊需要可点击 **【Browse】** 选择其它安装路径），然后点击 **【Install】**，如图 2.26 所示。

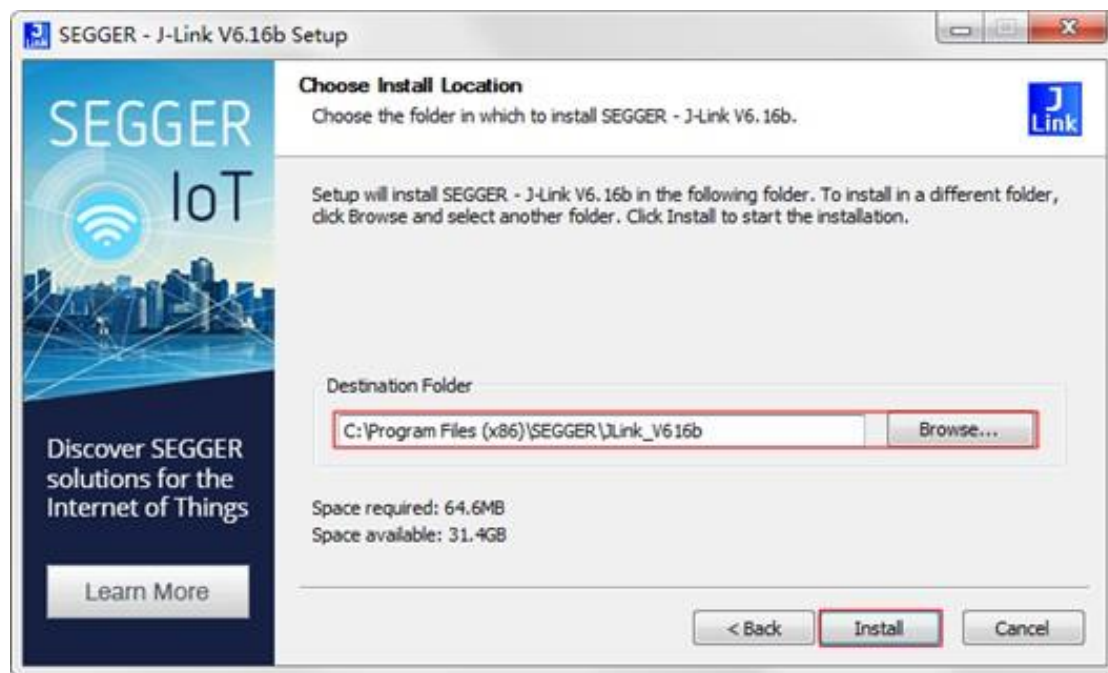


图 2.26 J-Link 软件选择安装目录

(4) 等待安装完成后，会弹出提示界面，点击 **【Finish】** 结束安装，如图 2.27 所示。



图 2.27 J-Link 软件成功安装

2.4.2 J-Link 仿真器驱动安装

首次使用 J-Link 仿真器时，一般情况下，如果安装了 J-Link 软件，只要用 USB 线将 PC 机和 J-Link 仿真器连接起来，即可自动完成驱动的安装。驱动安装完成后，可以在设备管理器（鼠标选中计算机-> 右键-> 管理-> 设备管理器）中看到 J-Link 设备，

如图 2.28 所示。

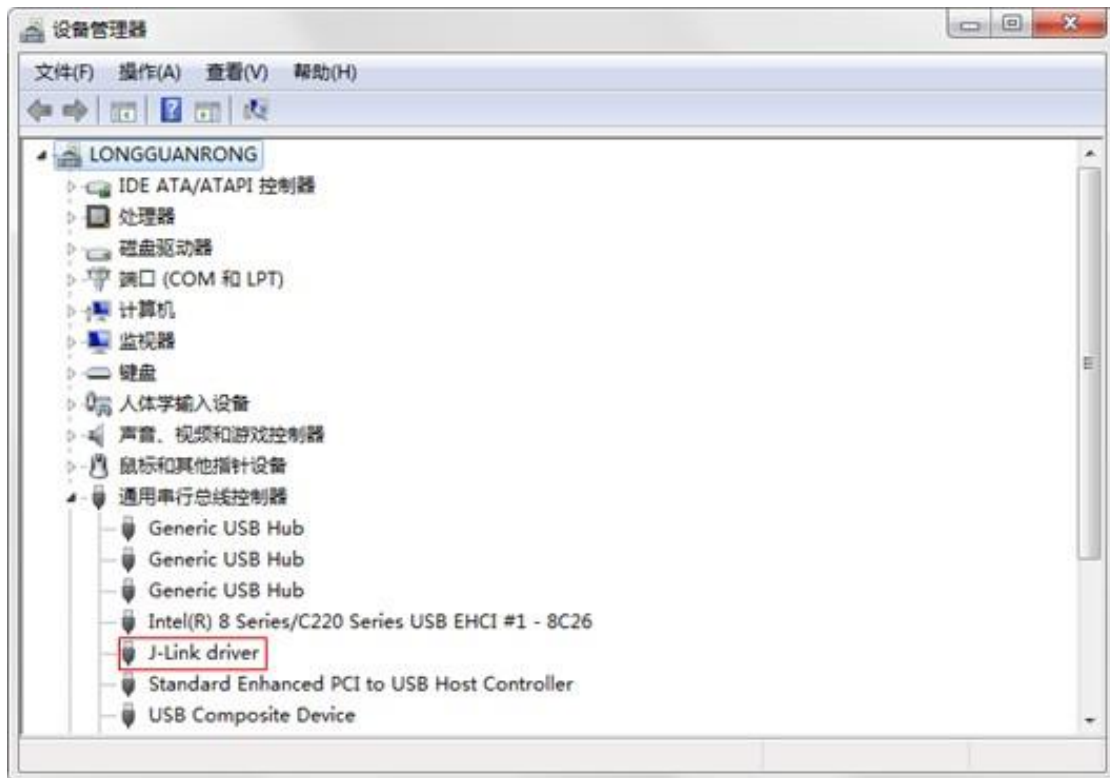


图 2.28 J-Link 仿真器驱动已正确安装

若无法自动完成安装，则可以选择手动安装，按照以下步骤操作即可：

- (1) 通过 USB 数据线将 J-Link 仿真器和 PC 机连接起来，打开设备管理器（鼠标选中计算机-> 右键-> 管理-> 设备管理器），打开后如图 2.30 所示。可以看到【其它设备】中，有一个带黄色感叹号的【J-Link】。

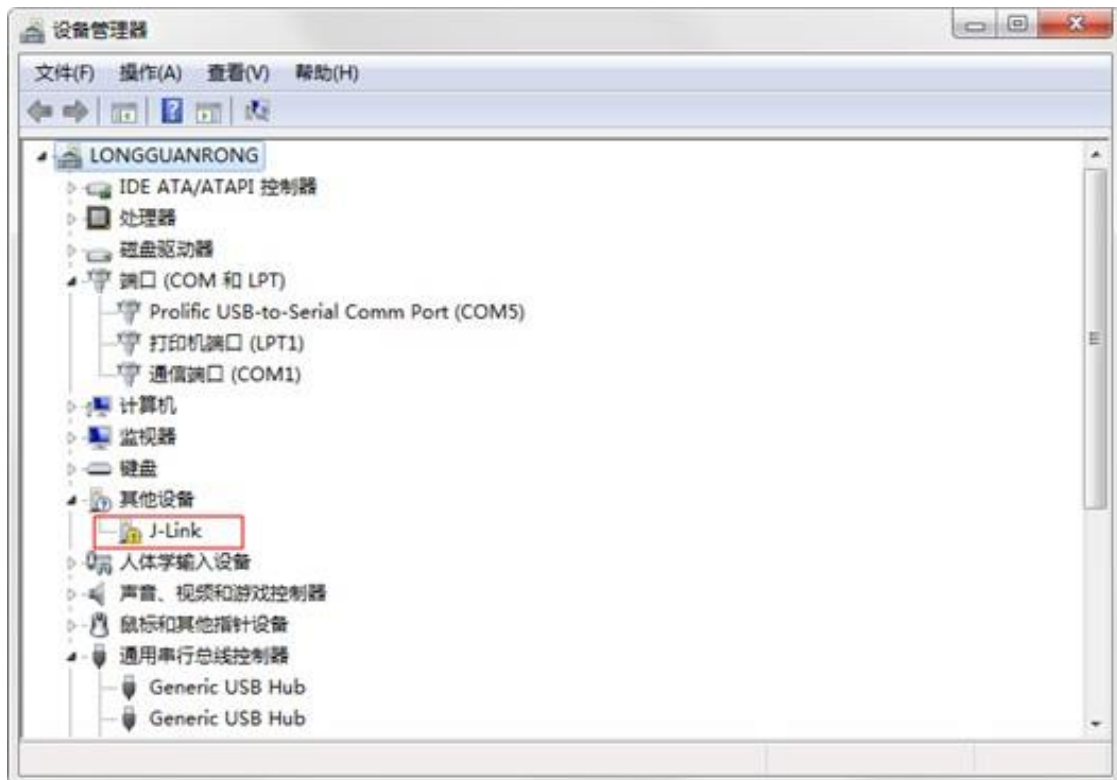


图 2.29 J-Link 仿真器驱动安装出错

- (2) 双击带黄色感叹号的【J-Link】，选中右击后，选择【更新驱动程序】。接着弹出选择如何搜索驱动程序软件对话框，如图 2.30 所示，在图中选择【浏览计算机以查找驱动程序软件】这一选项。



图 2.30 选择更新驱动程序的方式

- (3) 接着设置驱动程序路径，如图 2.31 所示，填入 J-Link 软件安装目录下相应驱动程序的路径即可，也可以选择【浏览】找到驱动程序的目录。对应的驱动程序路径即为：C:\Program Files (x86)\SEGGER\JLink_V600eUSBDriverx64，如果是 32 位系统，路径的末尾应该是 x86。选择路径后，直接点击【下一步】进入驱动安装，等待安装结束即可。



图 2.31 选择驱动程序路径

注意: 如果觉得最新版 J-Link 软件不好用, 推荐使用旧一些的版本 (如 Setup_JLink_V512 等历史版本), 上面介绍的软件安装及驱动安装方法同样适用。

2.5 安装 TKScope 软件及 CK100 仿真器驱动

2.5.1 TKScope 软件安装

如果需要使用 MiniCK100/AK100 仿真器, 则必须安装 TKScope 软件。其最新驱动程序可以从 <http://tools.zlg.cn/tools/down.html> 下载, 当前 TKScope 的最新版本为 V6.10, 如图 2.32 所示。点击【TKScope 硬件驱动程序 V6.10 (中文版)】与【TKScope 硬件驱动程序 V6.10 (英文版)】即可进入下载。



图 2.32 下载 TKScope

下载到的文件是两个压缩包文件，解压其中一个压缩包 TKScope_hardware_driver_cn.zip 后，得到 TKScopeSetup_ARM.EXE、vcredist_x86_cn_XP.exe 等几个文件，如图 2.33 所示。

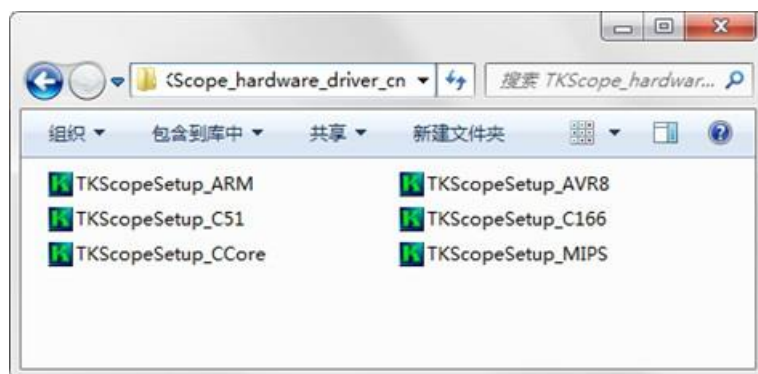


图 2.33 TKScope 文件列表

TKScopeSetup_ARM.exe 是 TKScope 软件的安装程序，双击即可进行安装，安装过程如下所示：

- (1) 软件开始安装后，在安装向导页面点击【Next】，以便安装能顺利进行，如图 2.34 所示。

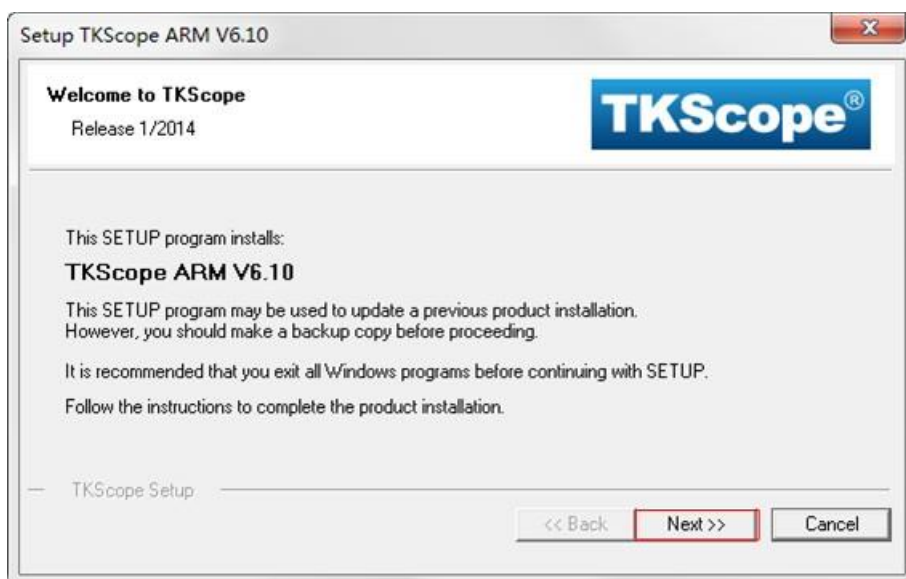


图 2.34 TKScope ARM 安装向导

(2) 勾选 **【I agree to ...】**，然后点击 **【Next】**，如图 2.36 所示。



图 2.35 同意安装协议

(3) 选择安装路径，需要注意，TKScope 必须安装到 Keil 的根目录中，点击 **【Browse】** 浏览到 Keil 的安装目录，然后用鼠标单击选中，并点击 **【确定】**，如图 2.37 所示。

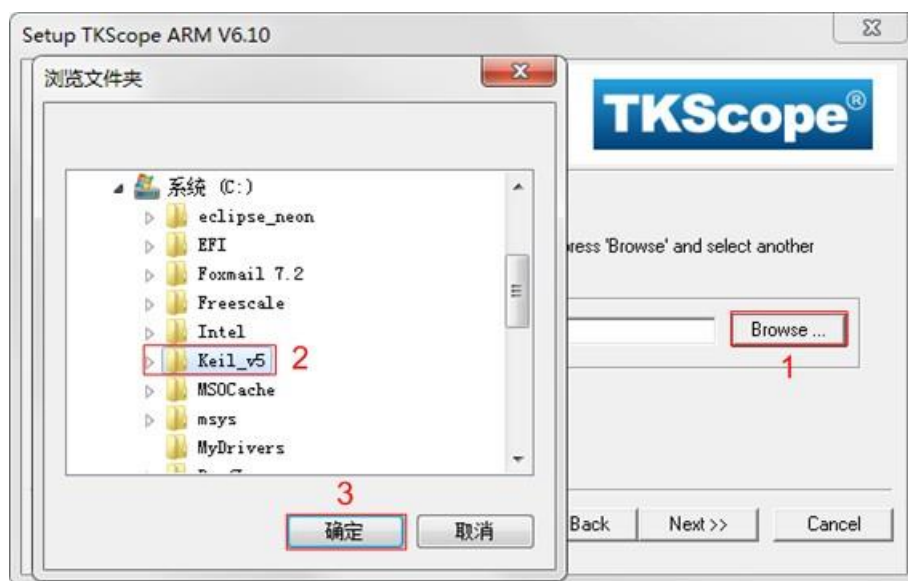


图 2.36 选择安装路径

- (4) 选择 TKScope 的安装目录为 Keil 的安装目录后，然后点击【Next】，如图 2.37 所示。

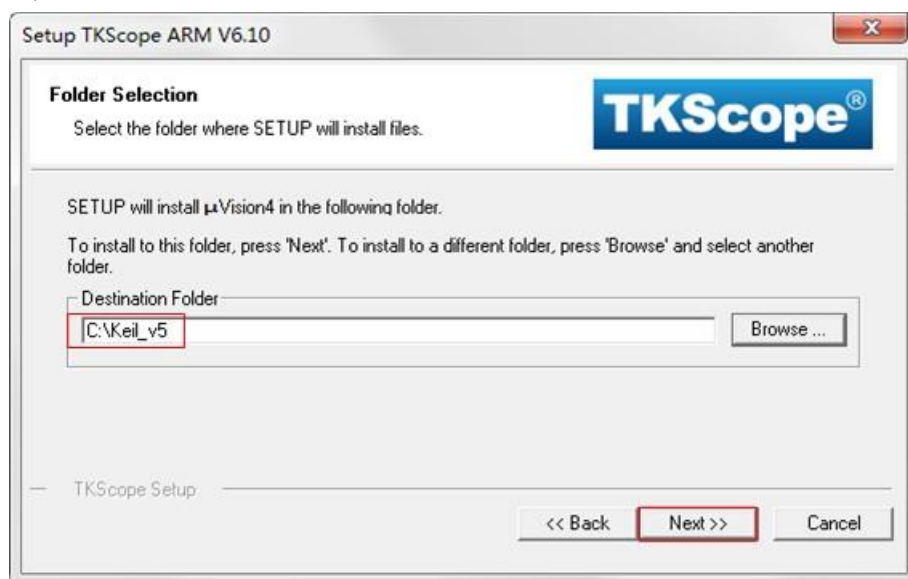


图 2.37 确定 TKScope 的安装目录

- (5) 根据提示填入相关用户信息，然后点击【Next】，如图 2.38 所示。

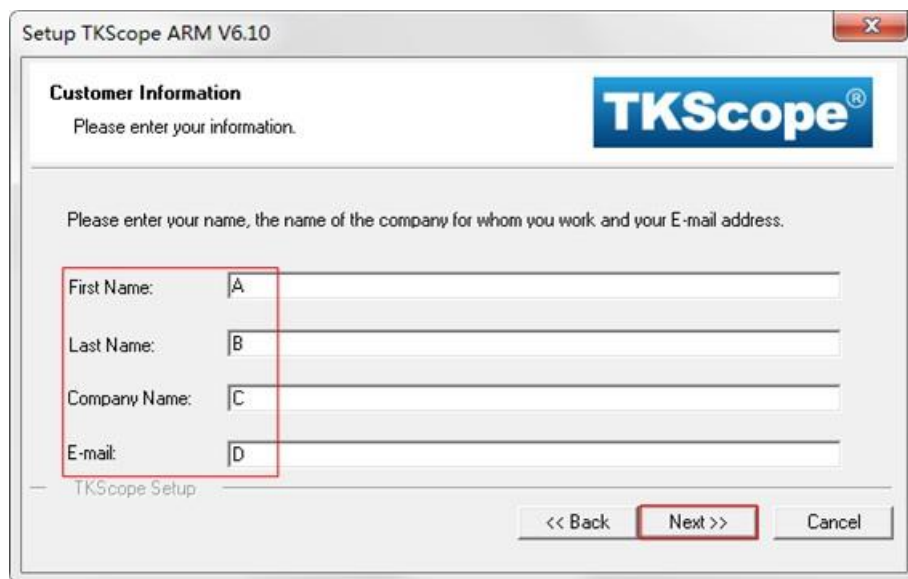


图 2.38 填写用户信息

(6) 接下来, TKScope ARM 便开始安装, 如图 2.39 所示。

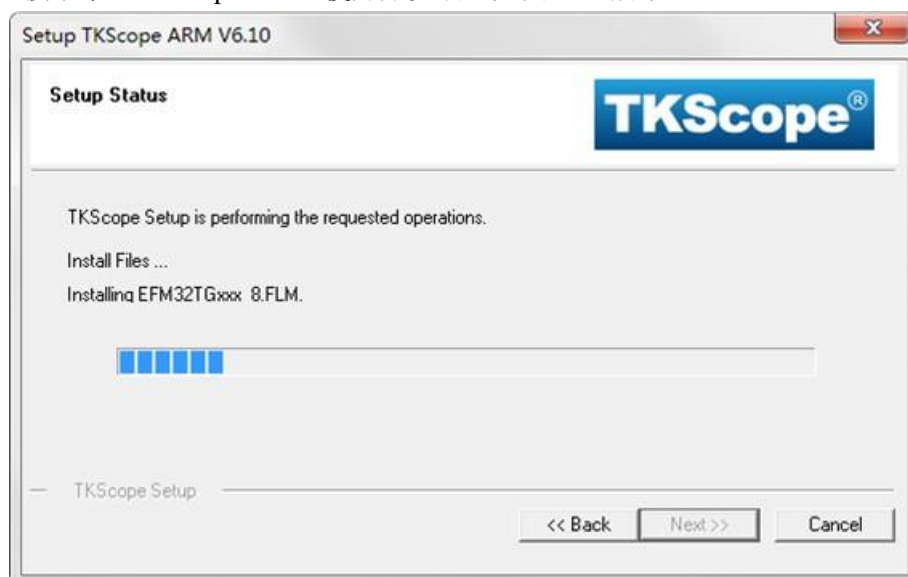


图 2.39 TKScope ARM 安装进行中

(7) 安装完成后, 点击 **【Finish】** 结束安装, 如图 2.40 所示。

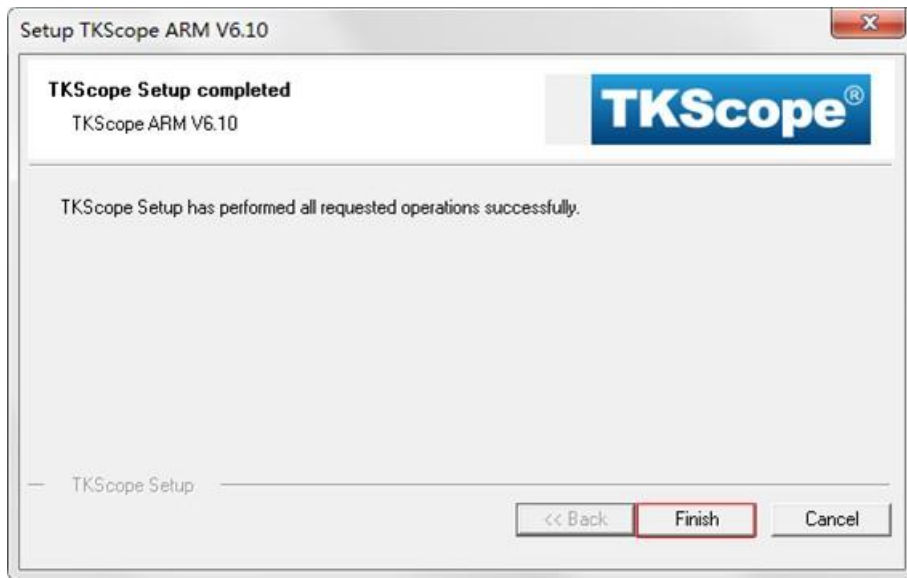


图 2.40 TKScope ARM 安装完成

- (8) 至此，TKScope ARM 的安装全部完成，安装正确后，我们可以在 Keil 的根目下找到 TKScope 文件夹，如图 2.41 所示。

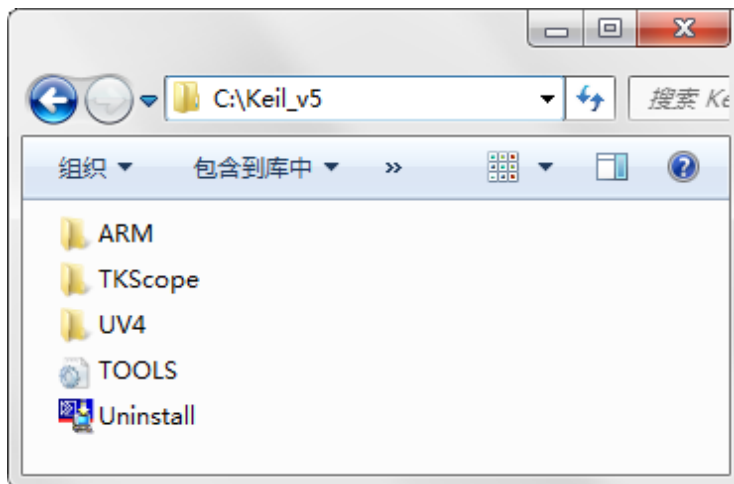


图 2.41 TKScope ARM 安装目录

2.5.2 安装 VC8 实时运行库装

TKScope ARM 的正常运行依赖于微软的 VC8 实时运行库。正常电脑在安装 Windows 系统的时候会装上 VC8 实时运行库，用户不需要处理。

首次使用 TKScpoe 仿真器工具时，遇到找不到芯片型号，或者是烧写失败等问题，除了检查硬件和软件配置之外，还需要检查电脑是否安装有该运行库，若没有则需要安装。

- (1) 图 2.34 中的 vcredist_x86_cn_XP.exe (这里以 Windows XP 为例，请选择与您的操作系统对应的版本)，系统弹出如图 2.42 所示的对话框，点击【是(Y)】

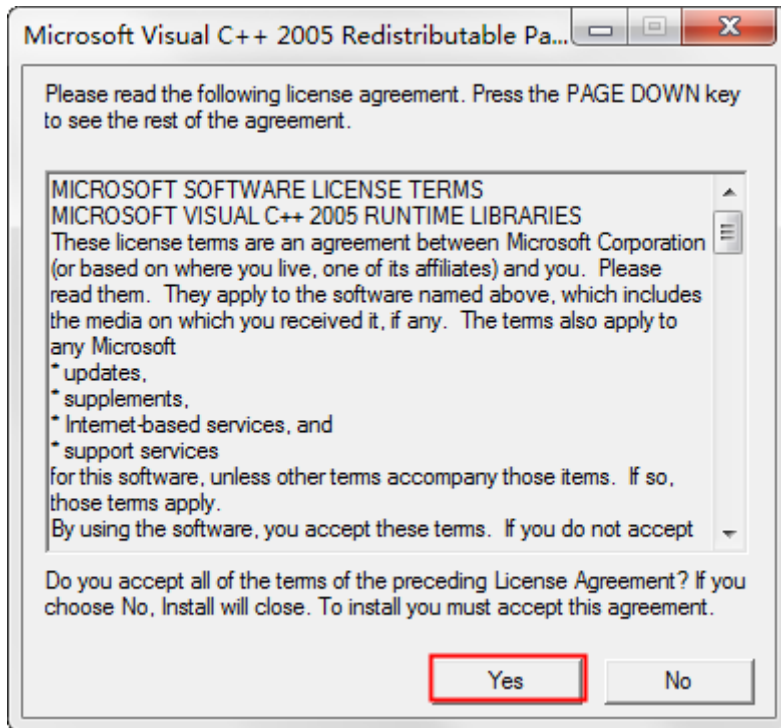


图 2.42 VC8 运行库

- (2) 接下来 VC8 实时运行库便开始安装，如图 2.43 所示，完成后，安装界面将会自动消失。

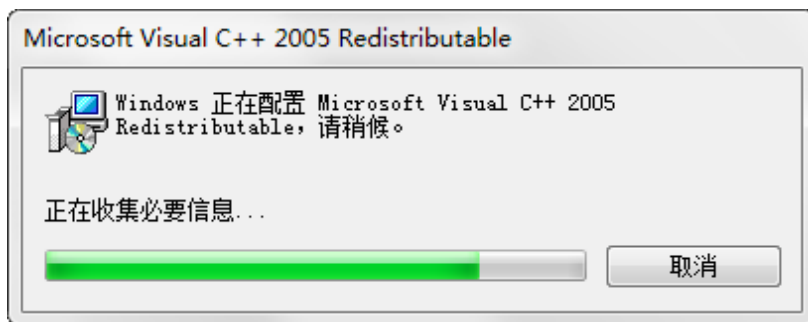


图 2.43 VC8 实时运行库安装进行中

注意：VC8 实时运行库，目前可以从 TKScope 软件英文版里面找到。

2.5.3 CK100 仿真器驱动安装

为了能够正常下载、调试程序，首次使用 MiniCK100 或 AK100 开发工具时需要安装对应的驱动。由于 MiniCK100 与 AK100 的驱动安装方法基本相同，因此这里仅以 MiniCK100 的驱动安装为例，介绍如何安装仿真器驱动。

- (1) 通过 USB 数据线将开发工具和电脑连接起来，打开设备管理器（鼠标选中计算机 -> 右键-> 管理-> 设备管理器），打开后如图 2.44 所示。可以看到【其它设备】中，有一个带黄色感叹号的 CK100 Emulator。

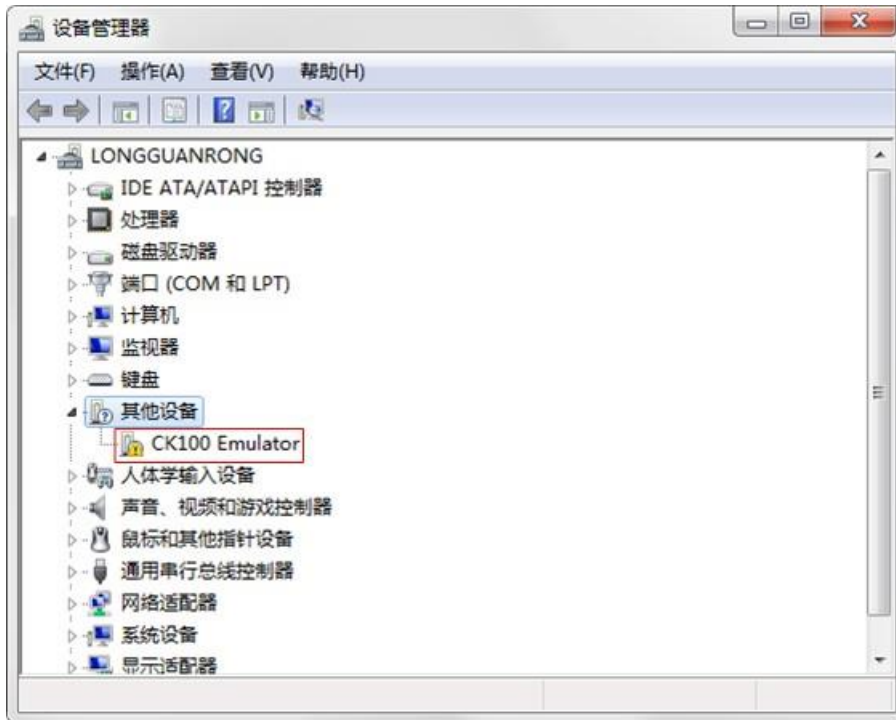


图 2.44 CK100 驱动安装

注意: 如果没有出现带黄色感叹号的【CK100 Emulator】, 请检查 CK100 是否正确连接到 PC, 使用的 USB 线是否完好无损。特别注意的是, 一般的移动电源自带的 USB 线仅具有电源功能, 不要用移动电源自带的充电线, 应使用常见的手机数据线。

- (2) 双击带黄色感叹号的【CK100 Emulator】, 弹出如图 2.45 所示的窗口, 选择【更新驱动程序】。



图 2.45 选择更新驱动程序

- (3) 接着弹出选择如何搜索驱动程序软件对话框，如图 2.46 所示。选择【浏览计算机以查找驱动程序软件】。



图 2.46 选择搜索驱动程序的软件

- (4) 接着设置驱动程序路径，如图 2.47 所示，填入 TKScope 安装目录下相应驱动程序的路径即可，也可以选择【浏览】找到驱动程序的目录。这里设置为 C:\Keil_v5\TKScope\Driver\CK100 Driver\Win64，如果是 32 位系统，则最后的路径应该是 Win32。选择路径后，直接点击【下一步】进入驱动安装，等待安装结束即可。

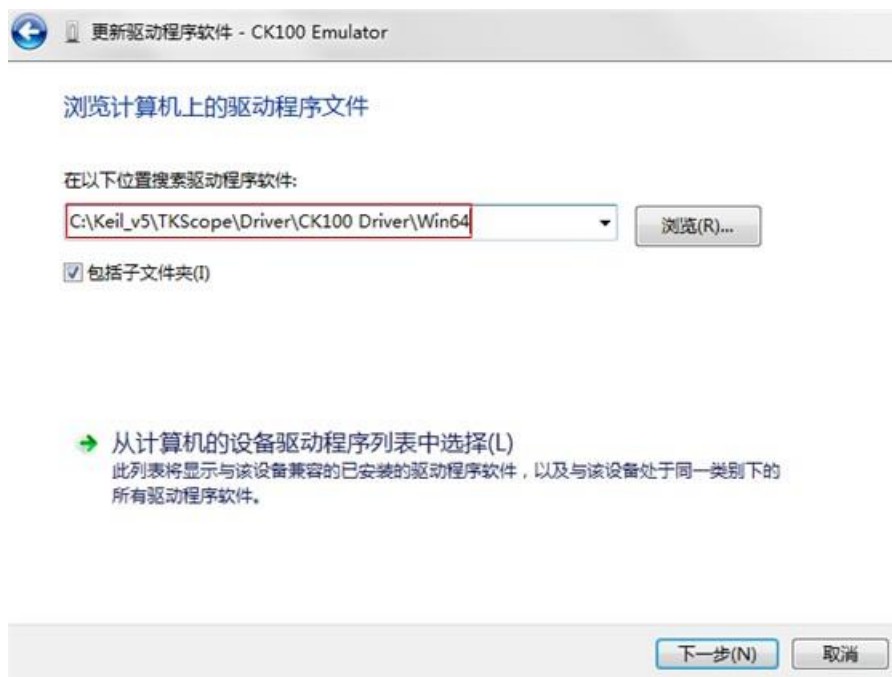


图 2.47 选择驱动程序路径

注意：如果是 AK100，在选择驱动路径时选择为 C:\Keil_v5\TKScope\Driver\AK100 Driver\Win64(32) 即可。

- (5) 安装结束后，可以在设备管理器中看到如图 2.48 所示的界面，表明驱动已经正确安装，CK100 可以正常使用。



图 2.48 CK100 驱动安装成功

至此，Keil μ Vision 快速入门所需要的开发环境已经搭建完毕。

3. 编写应用程序

下面简单介绍一下使用 Keil 进行应用程序开发的常见操作，如工程导入与新建，编译及调试。约定在本文中以 `board_name` 代表具体硬件板名称。

注意：AMetal 工程不能放在中文路径下文件命名不能出现空格符，不然调试时有可能找不到源文件。

3.1 从模板新建工程

AMetal 为用户提供了工程模板，方便用户进行项目的开发，如图 3.1 所示。工程模板目录为 `ametal/board/{board_name}/project_template`。例如：硬件板 `arm116_core` 对应的工程模板为：`ametal/board/am116_core/project_template`。

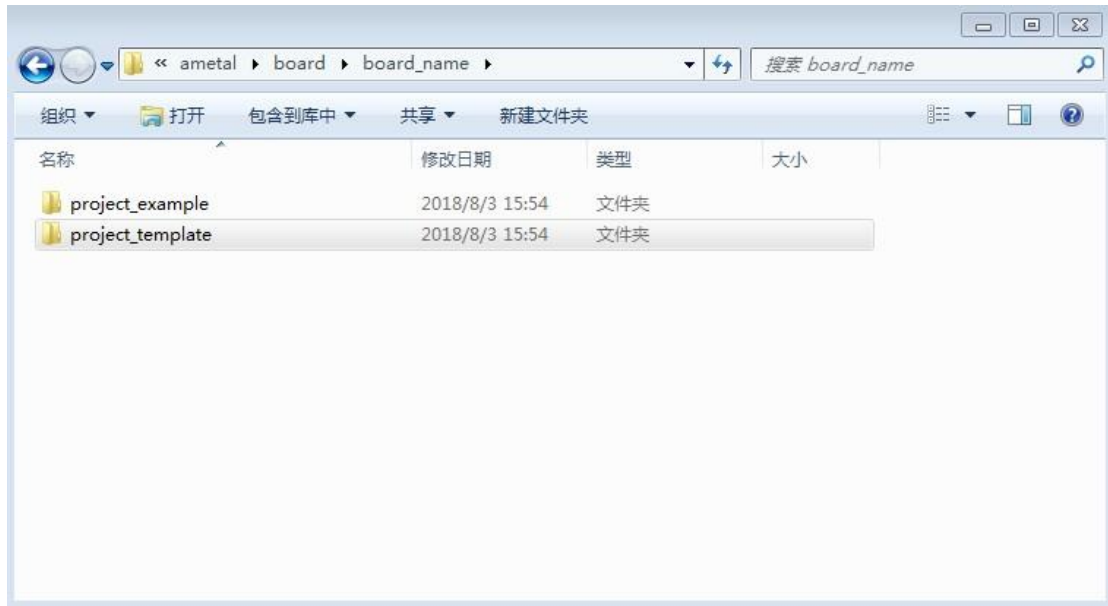


图 3.1 工程模板所在目录

用户如需新建工程，只需要复制一份 `project_template` 并粘贴即可。如建立一个操作 led 的工程，直接复制一份 `project_template` 并粘贴。复制粘贴后如图 3.2 所示。

注意：只能粘贴在 `ametal/board/{board_name}/` 目录下，即与 `project_template` 处于同一级目录，不可随意拷贝、粘贴至其他目录。

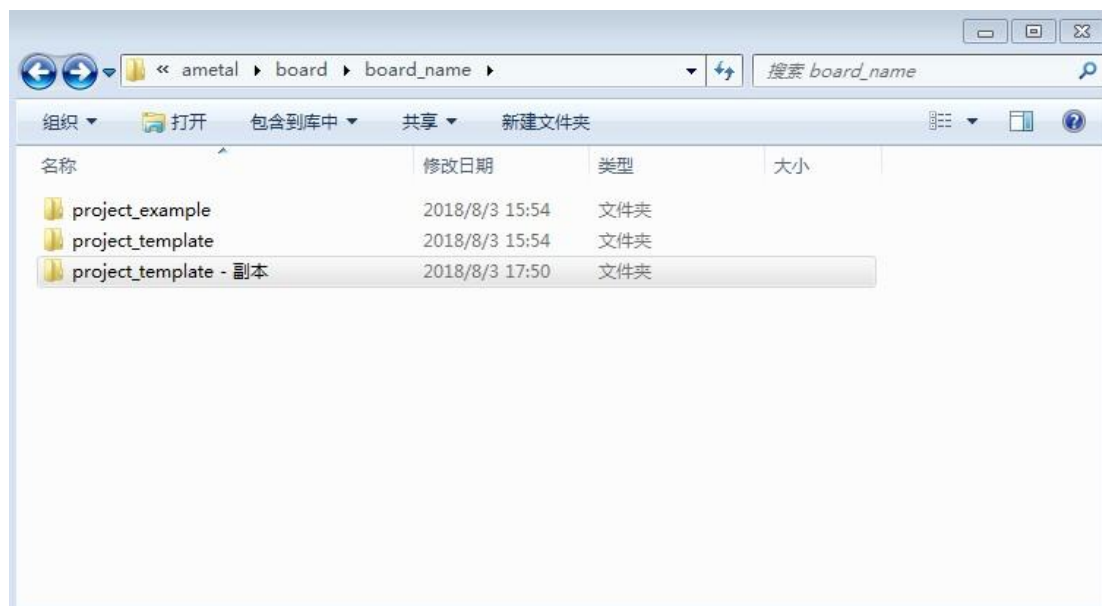


图 3.2 复制一份工程模板

复制工程模板成功后，将 `project_template - 副本` 重命名为自己期望的工程名即可，如命名为 `led`。重命名后如图 3.3 所示。

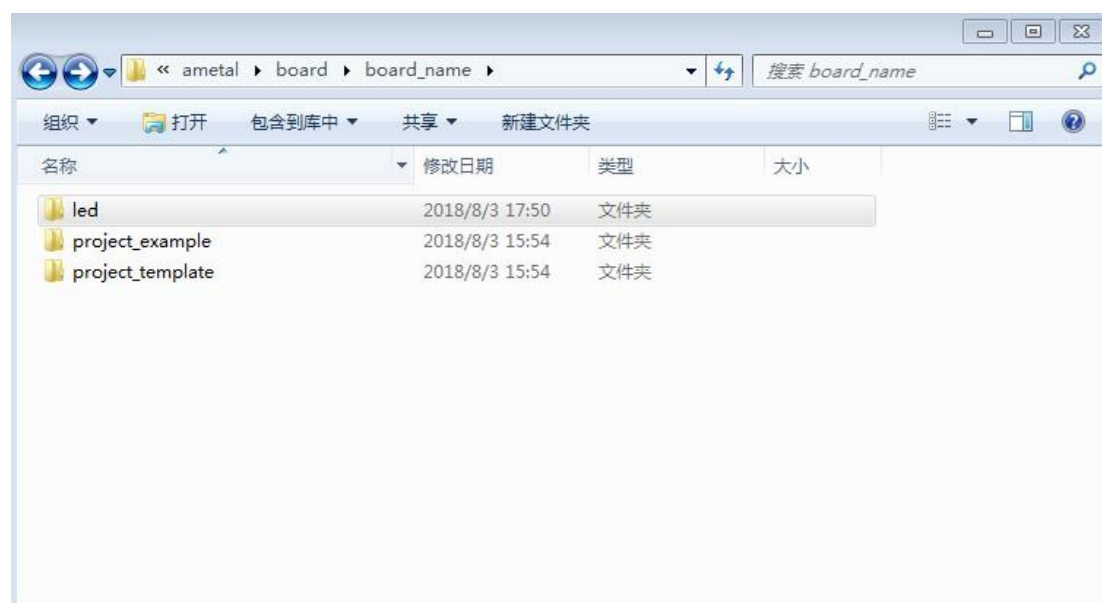


图 3.3 重命名工程目录

打开 `led` 工程文件夹，如图 3.4 所示。里面有 `led` 的 Keil 版工程（其中 `project_xxx` 文件夹为其他类型工程比如 IAR, Eclipse 工程，`startup` 里面包含一些系统启动代码，`user_code` 里面存放着用户代码，`user_config` 里面包含了用户的一些配置文件）。

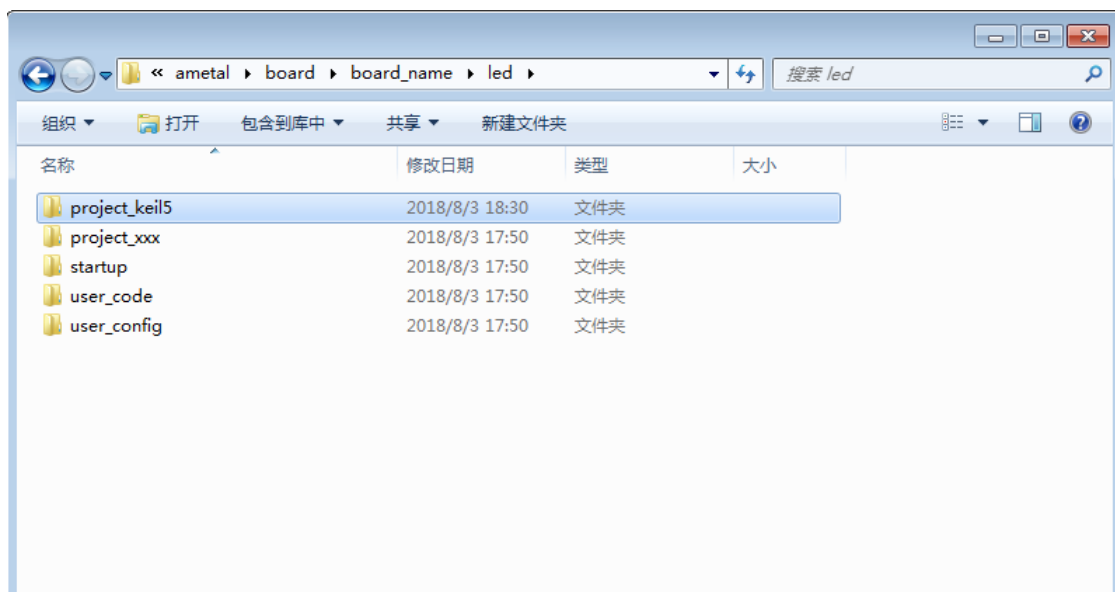


图 3.4 工程初始视图

然后打开 `project_keil5` 文件夹，如图 3.5 所示，`template.uvprojx` 即为工程文件，`debug` 文件里面存放着工程编译信息文件。

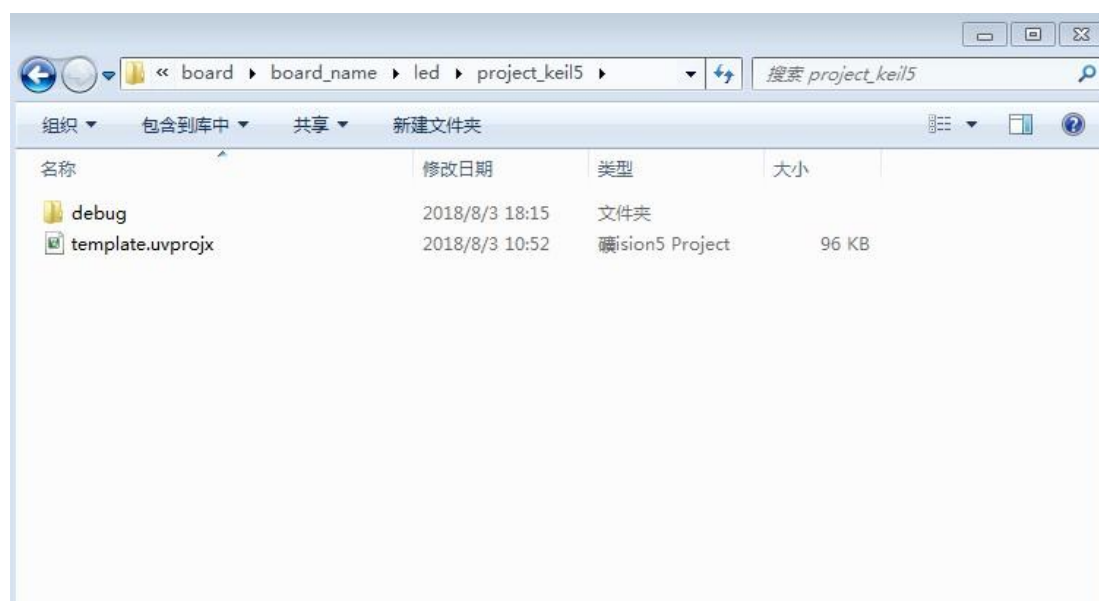


图 3.5 led 工程视图

建议将工程文件命名为与工程项目相关的名字。如将 `template.uvprojx` 重命名为 `led.uvprojx`。重命名后如图 3.6 所示。

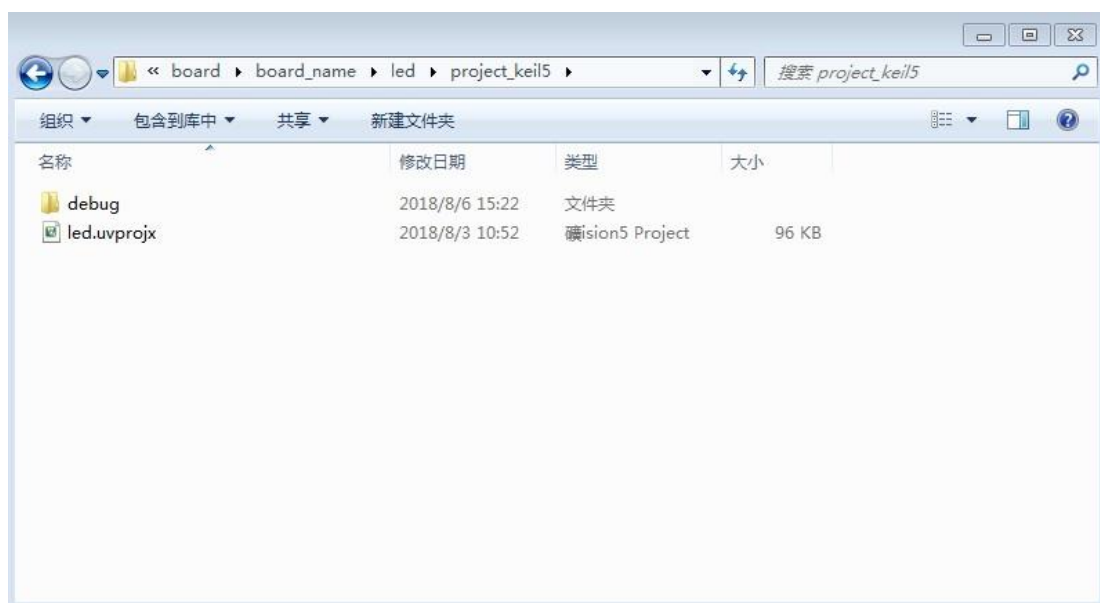


图 3.6 重命名 Keil 工程文件

至此，“新建”工程成功完成。

3.1.1 打开工程

只要正确安装了 Keil, 双击图 3.7 中的 led.uvprojx 即可打开工程。打开后如图 3.7 所示。

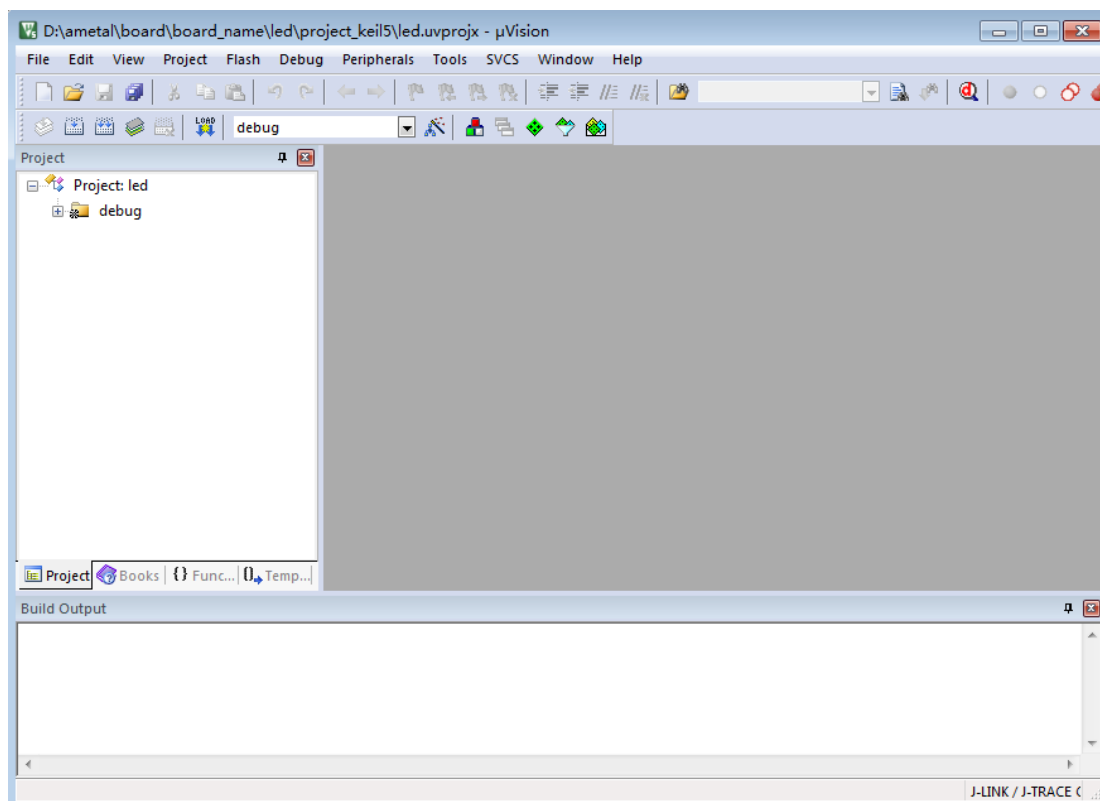


图 3.7 打开工程

可以看到左侧 Project 中有一个名为 led 工程。点击 debug 前的“+”号，可以显示出整个工程结构。如图 3.8 所示。在工程结构中，arm 下面存放着系统定时和中断控制，drivers 下包含了该开发板支持的驱动源文件及实现；libc 下是 AMetal 开发平台相关的库文件；service 下面为用户提供的一些标准服务接口，soc 下面是与芯片底层相关的一些功能实现，startup 下面是系统启动文件，user_config 下为配置文件；user_code 下面用户添加开发的文件。

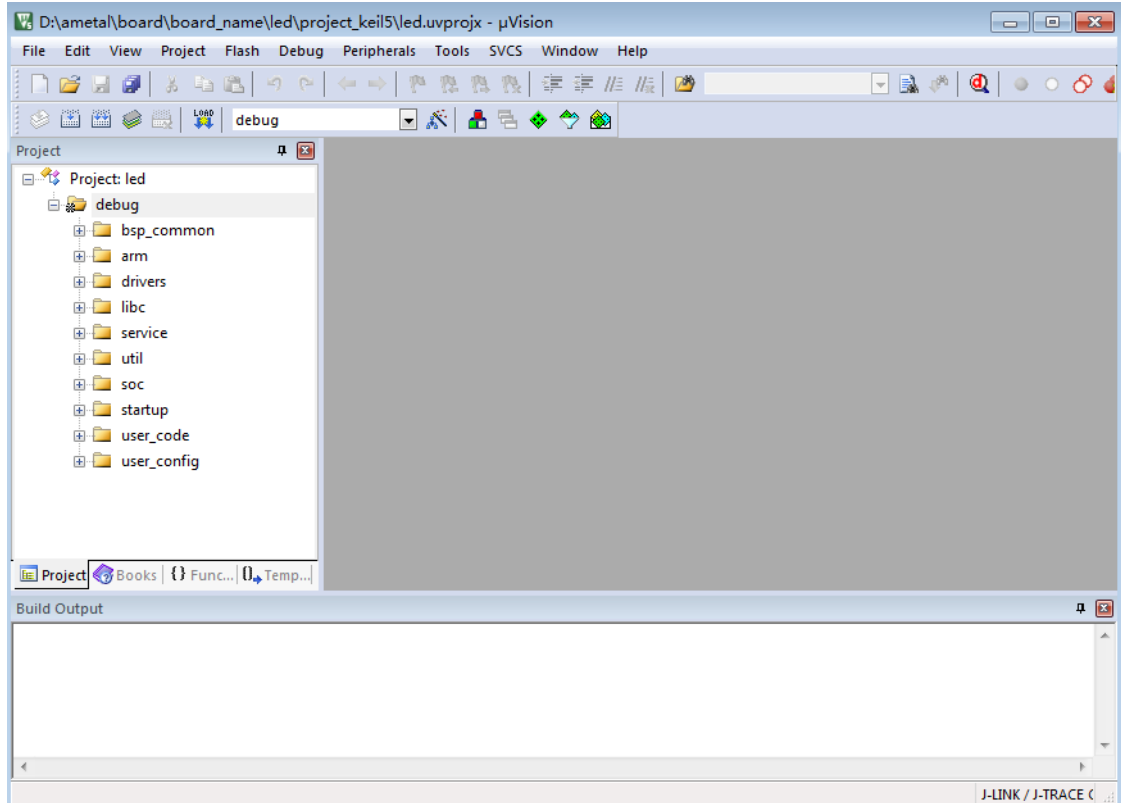


图 3.8 显示工程结构

3.2 编写程序

在工程窗口中，目录 user_code 是存放用户程序的地方，点击 user_code 前面的“+”号可以显示该结点下所有的文件，默认只有一个文件 main.c，双击 main.c 便会出现 main.c 的代码编辑窗口，如图 3.9 示。

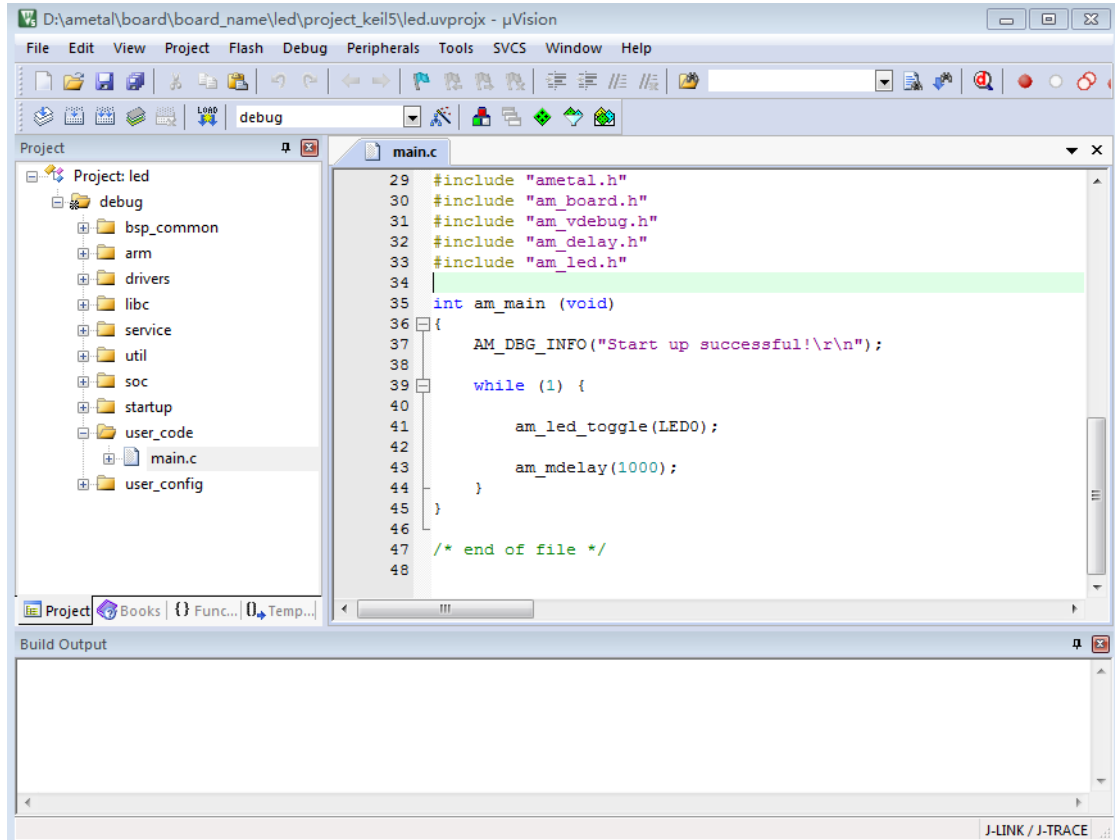


图 3.9 main.c 代码编辑窗口

main.c 里面的程序仅几行代码，实现了 LED 灯闪烁的效果。在 AMetal 中，用户程序的入口是 am_main()，类似于 C 程序开发时的 main()。

3.3 编译程序

程序编写好后，就需要编译程序，编译无误后才能下载到开发板上实际运行。点击图 3.10 所示图标进入工程设置，设置一下编译链接最终的镜像名（也可以不用设置，设置只是为了使各个工程输出与工程名对应）。

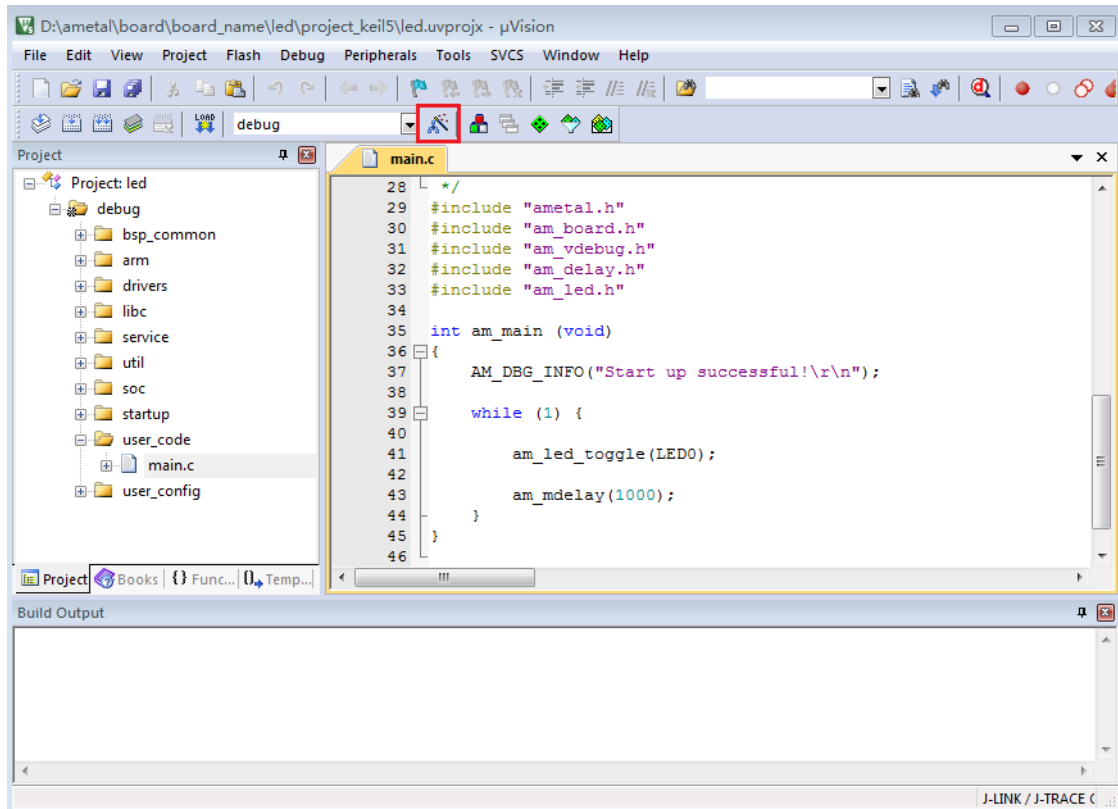


图 3.10 进入工程设置

弹出对话框 “options for Target debug” ，选择 output 选项卡进行配置。如下图 3.11 所示。

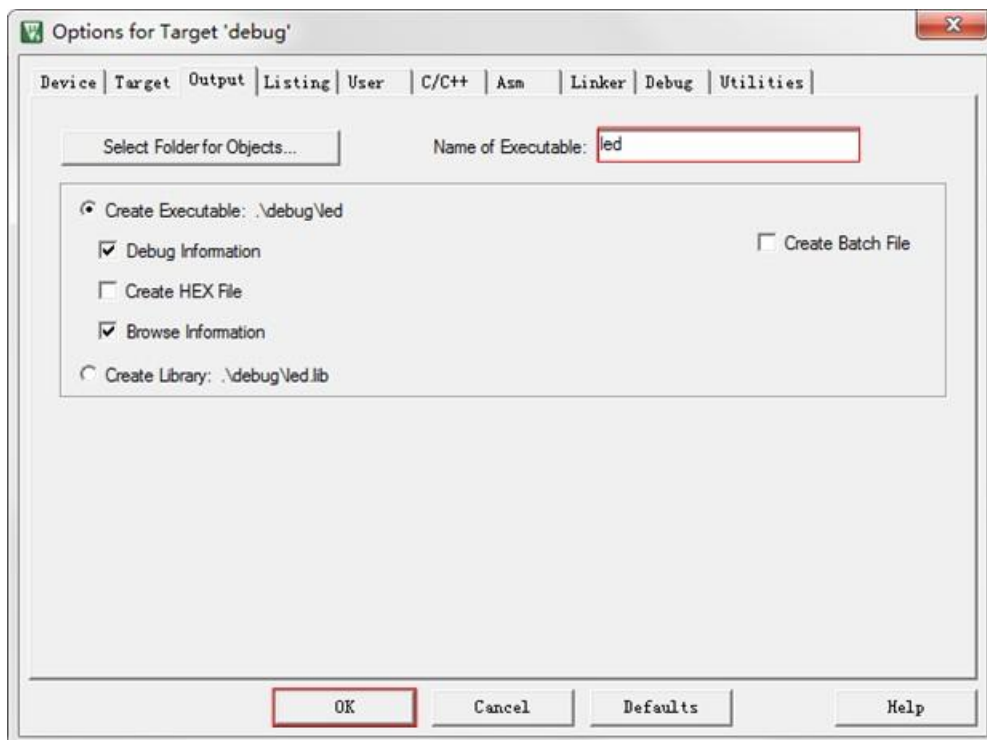


图 3.11 Output 选项配置

点击如图 3.12 所示的 Build 图标，开始编译整个工程



图 3.12 编译工程

工程开始编译后，【Build Output】窗口中会不断输出相关的编译信息。编译链接成功后，应在【Build Output】窗口中看到“0 Error(s), 0 Warning(s)”的信息。如图 3.13 所示。

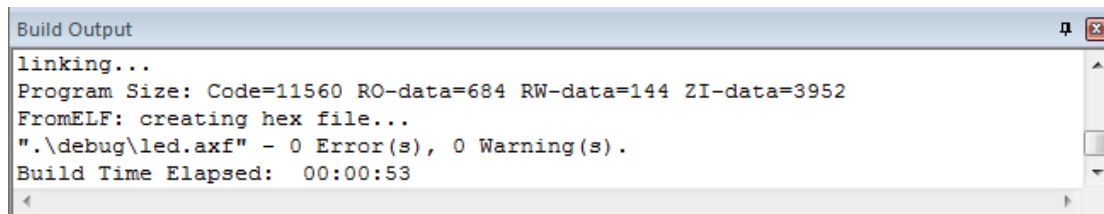


图 3.13 Build Output 最终输出信息

4. 调试应用程序

4.1 连接仿真器

CK100 仿真器与 J-Link 仿真器均支持 JTAG 与 SWD 两种调试接口，它们引脚的对应关系分别如图 4.1 所示。



图 4.1 仿真器与板载调试口连接关系图

假如用户使用的 CK100 仿真器，可以根据开发板调试接口上的丝印，使用杜邦线，按照图 4.1 中所示的引脚关系，把两者名字相同的引脚连接起来，即可进行仿真调试。未使用的引脚无需连接。

注意：用户可以选择其中一种仿真器进行调试。使用时只需要将仿真器对应的引脚与开发板调试端口的对应引脚连接起来即可。

4.2 调试相关配置

进行配置前，请将仿真器与开发板连接起来，并将 PC 机与仿真器正确连接，同时，需要给开发板供电。调试配置只需要配置一次。

4.2.1 CK100 调试配置

(1) 点击如图 4.2 所示的【Target Options】图标，弹出工程的配置窗口，切换到【Debug】设置页面，如图 4.3 所示。

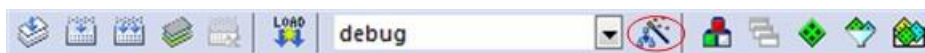


图 4.2 进入工程设置

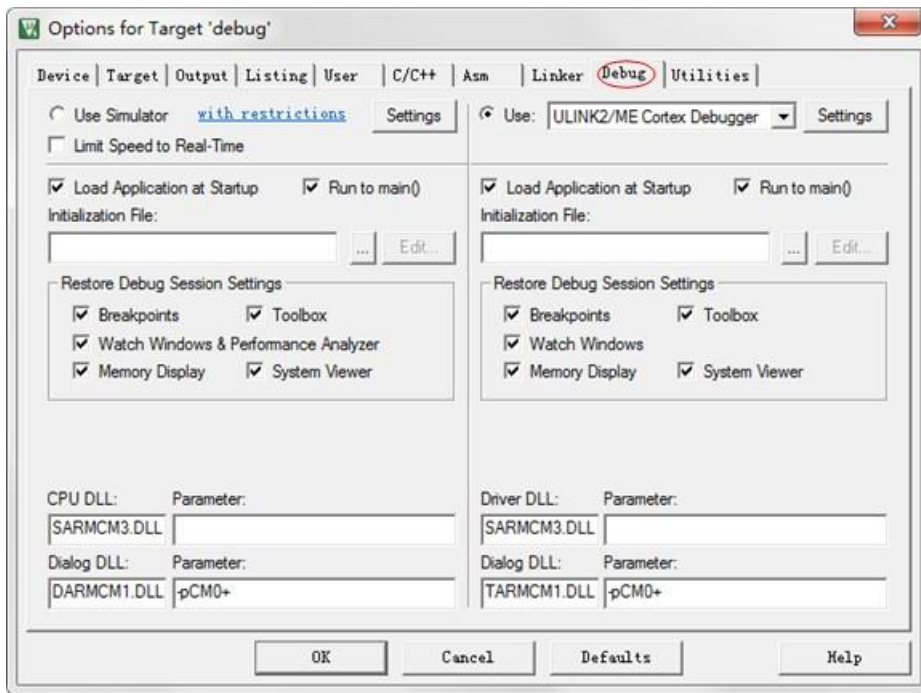


图 4.3 工程配置窗口

- (2) 如使用 CK100 或 AK100 仿真器, 在下拉框中选择【TKScope Debug for ARM】, 如图 4.4 所示。

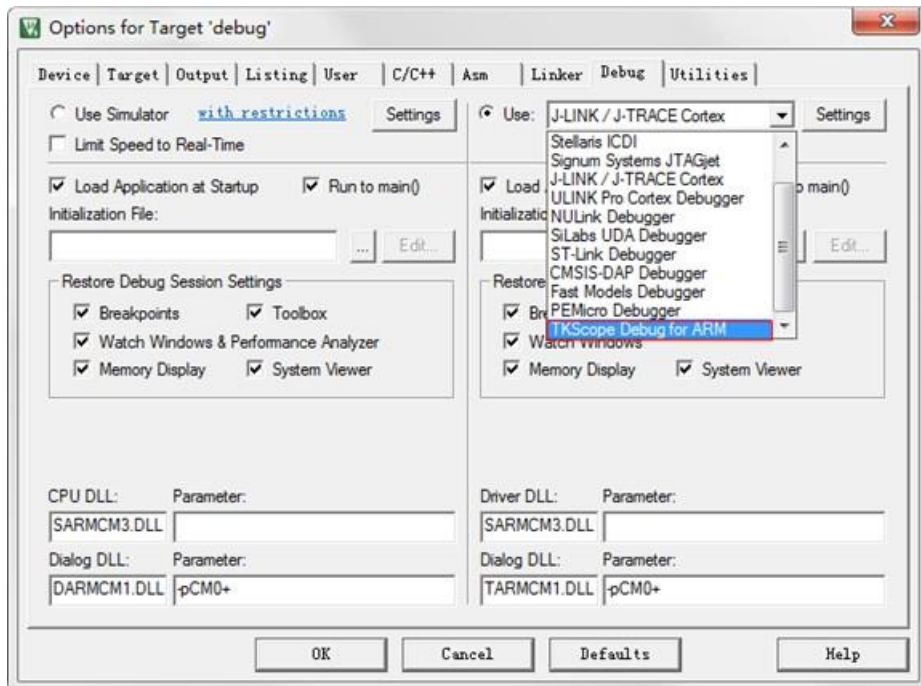


图 4.4 选用 TKScope Debug for ARM 进行仿真

- (3) 如图 4.5 所示, 点击【TKScope Debug for ARM】旁边的【Setting】, 将会弹出仿真器的配置选项, 如图 4.6 所示。

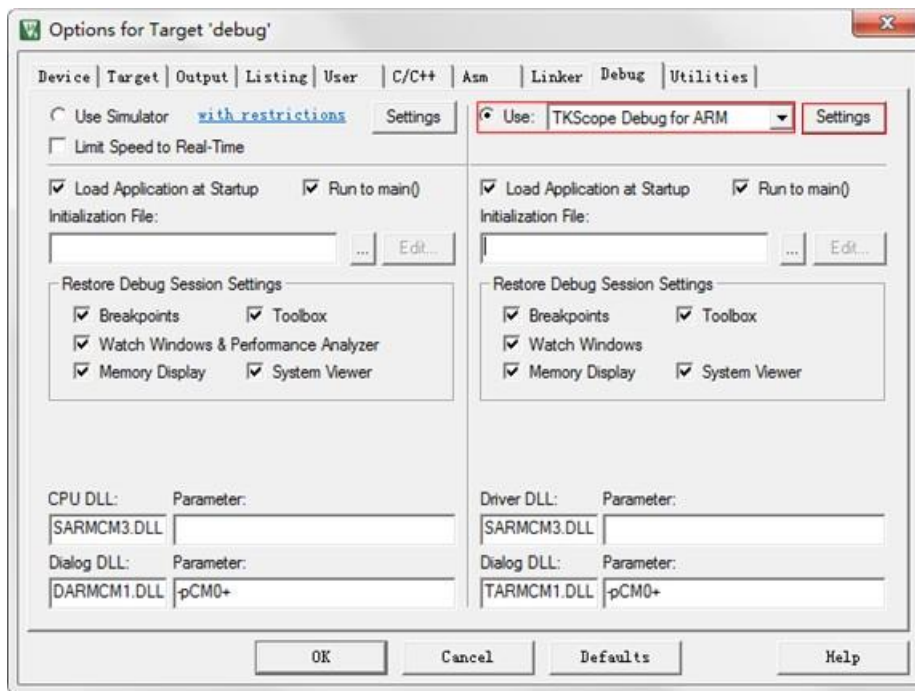


图 4.5 设置 TKScope Debug for ARM

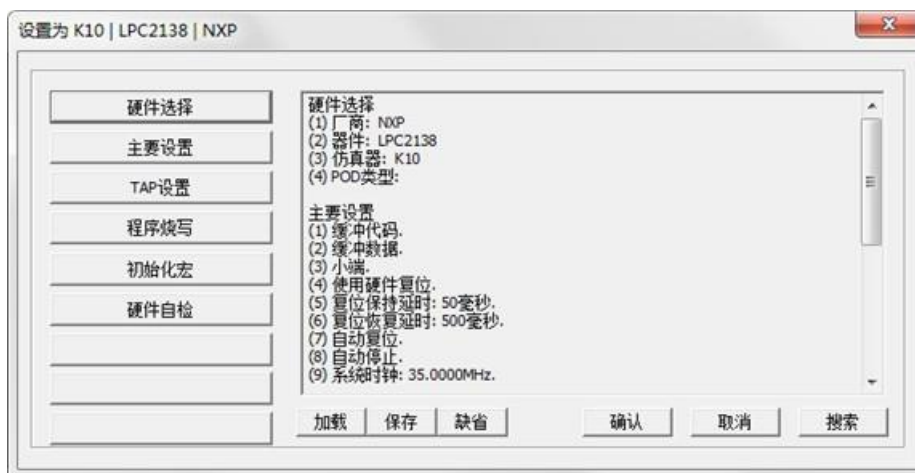


图 4.6 TKScope Debug for ARM 配置选项

我们将按照如图 4.7 所示的顺序进行配置。



图 4.7 TKScope Debug for ARM 配置顺序

首先配置【硬件选择】，“器件选择”为具体的芯片型号，例如“器件选择”为 LPC824，“设备选择”根据使用的仿真器选择为 CK100 (如图 4.8 所示) 或 AK100 (如图 4.9 所示)。

注意：CK100 并不能支持所有的芯片类型，如果没有显示自己需要的芯片信号，可以选择其它调试方式，例如：JLink 调试，AK100 与 CK100 仅在仿真器配置的【硬件选择】部分有不同，其他的设置参数相同。



图 4.8 使用 CK100 仿真器



图 4.9 使用 AK100 仿真器

【主要设置】 的设置参数请参考图 4.10。



图 4.10 主要设置配置参数

【程序烧写】的设置参数请参考图 4.11。



图 4.11 程序烧写配置参数

注意：编程模式默认使用整片擦除 Flash 的方式。

前面参数配置完成之后，可点击【硬件自检】来检测仿真器是否与开发板通讯成功。硬件自检过程，如图 4.12 所示。若【硬件自检】不成功需重新检查参数是否配置正确、硬件是否连接正确等。

注意：【硬件自检】耗时比较长，用户可在检查硬件复位和 ID 读取正确后，点击【结束】来结束硬件自检。

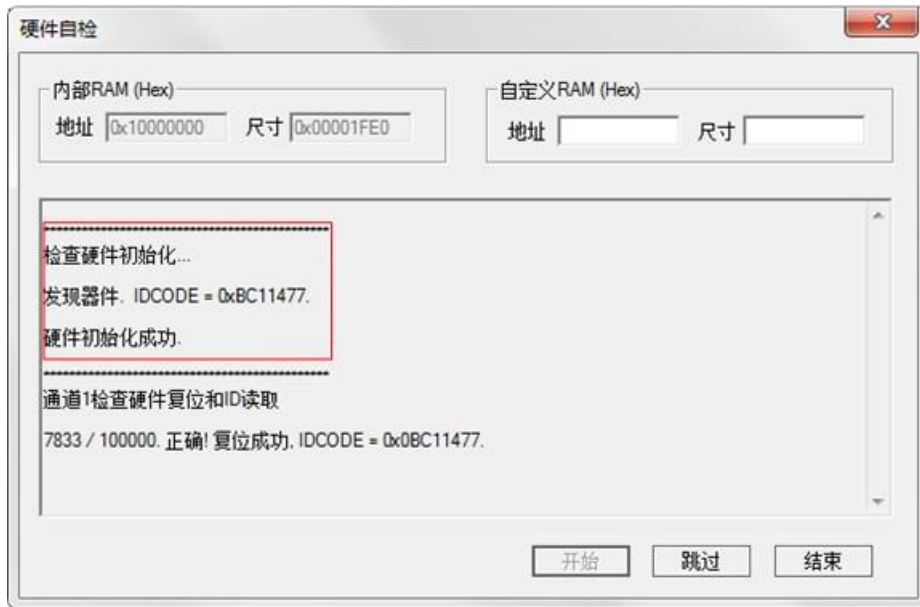


图 4.12 硬件自检过程

硬件自检完成后或需要取消硬件自检时，点击【结束】关闭【硬件自检】窗口，如图 4.13 所示。



图 4.13 结束硬件自检

完成以上配置后, 点击【确认】结束 TKScope Debug for ARM 的配置, 如图 4.14 所示。

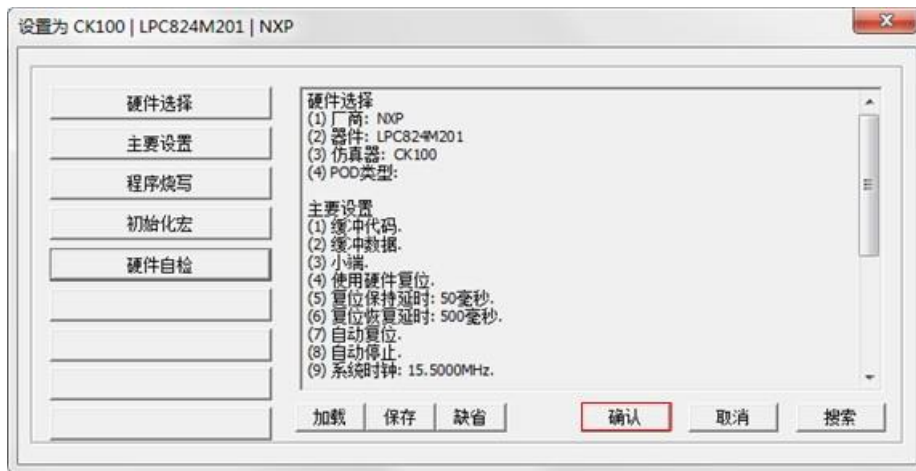


图 4.14 结束 TKScope Debug for ARM 配置

回到工程配置窗口, 切换到【Utilities】配置页面, 勾选【Use Debug Driver】即选择 Flash 编程工具为【Debug】配置工具, 点击【OK】结束所有配置。如图 4.15 所示。

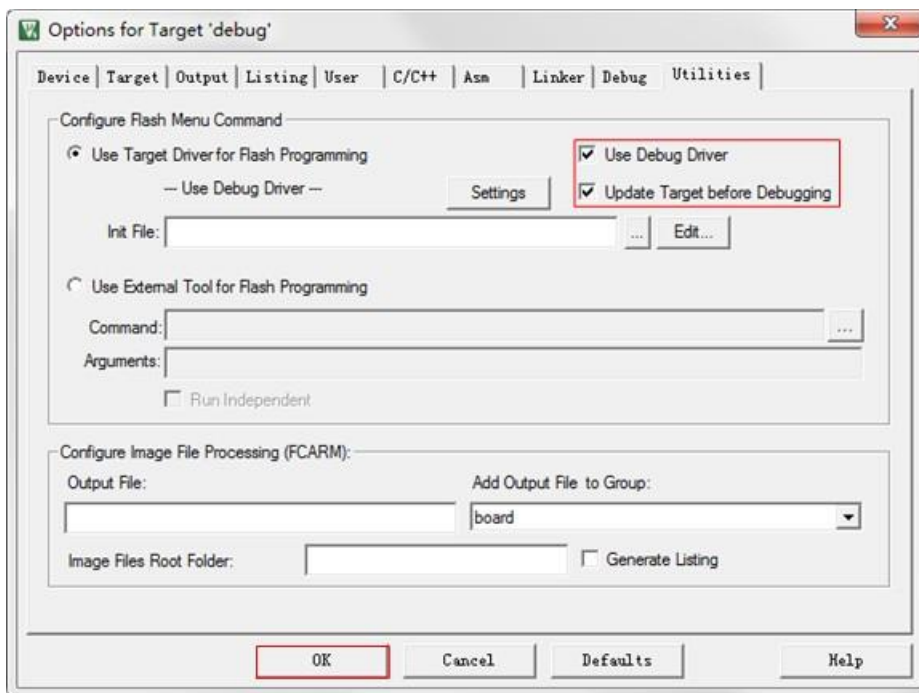


图 4.15 Utilities 配置

4.2.2 J-Link 调试配置

(1) 确认开发板与仿真器连接无误后, 然后点击如图 4.16 所示的【Target Options】图标, 弹出工程的配置窗口, 切换到【Debug】设置页面, 如图 4.17 所示。

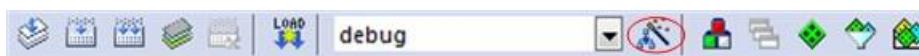


图 4.16 工程配置窗口

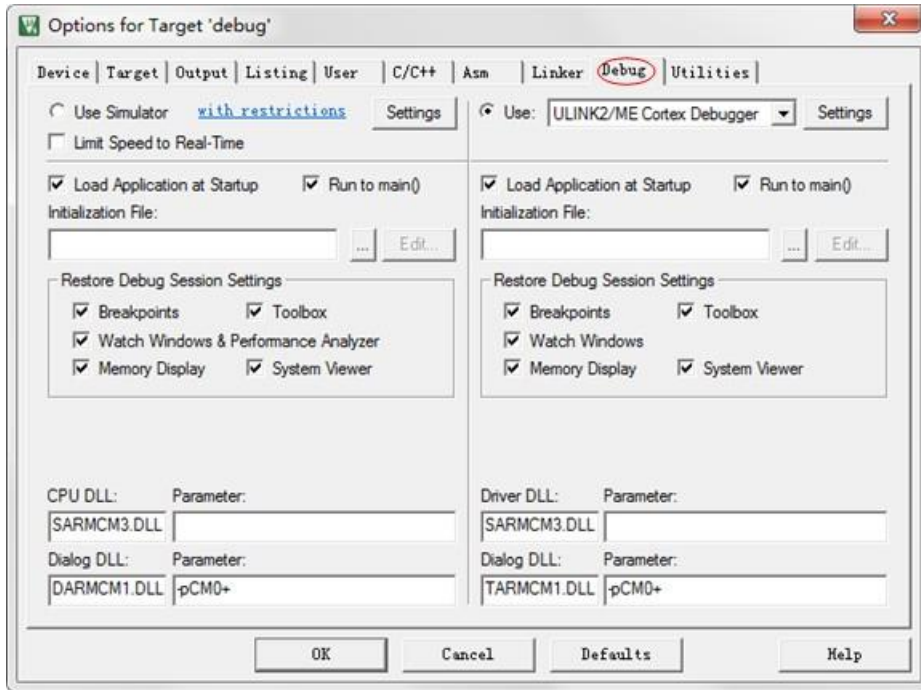


图 4.17 工程配置窗口

- (2) 如使用 J-Link 仿真器，在下拉框中选择 **【J-LINK/J-TRACE Cortex】**，如图 4.18 所示。

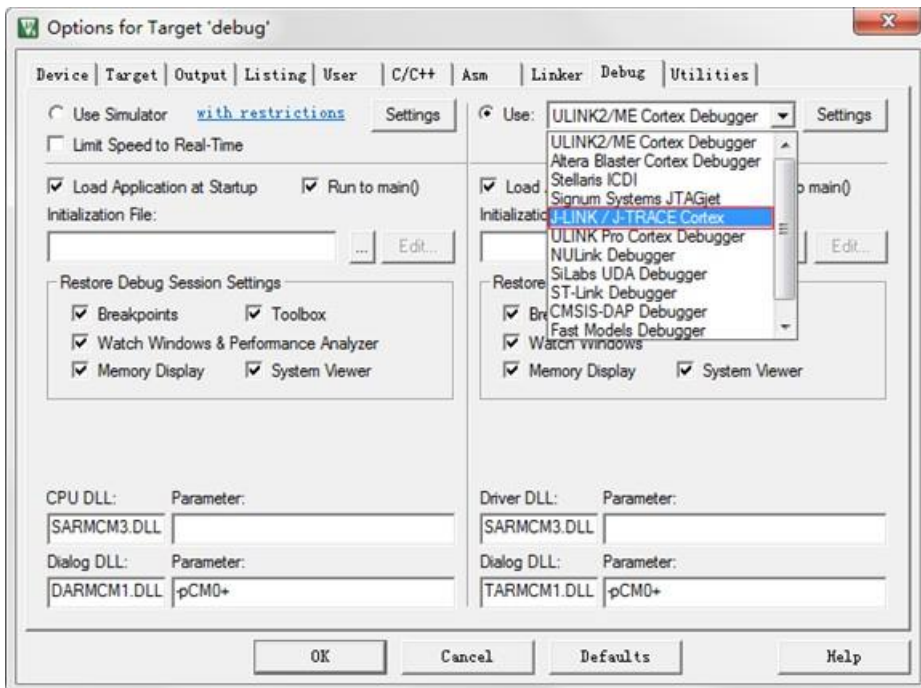


图 4.18 选用 J-LINK/J-TRACE Cortex 进行仿真

- (3) 如图 4.19 所示，点击 **【J-LINK/J-TRACE Cortex】** 旁边的 **【Setting】**，将会弹出仿真器的配置选项，如图 4.20 所示。

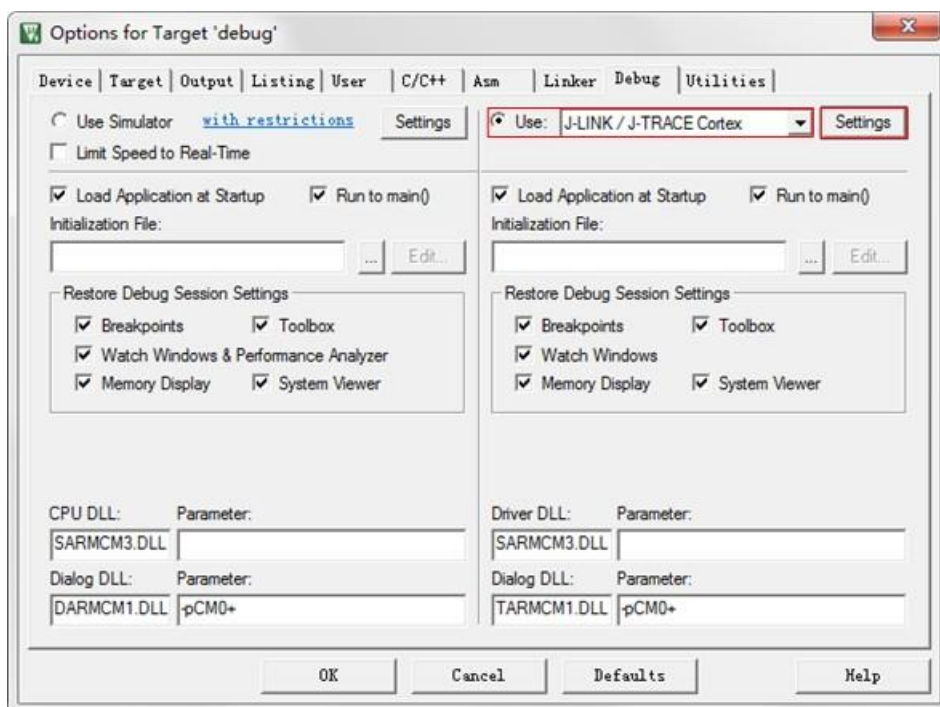


图 4.19 设置 J-LINK/J-TRACE Cortex

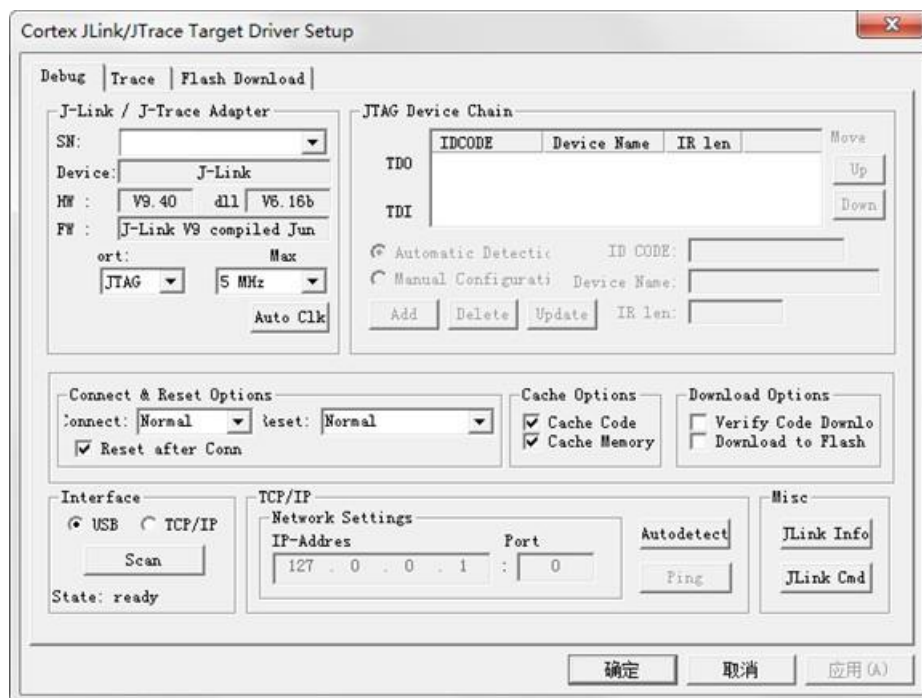


图 4.20 J-LINK Debug for ARM 配置选项

进入该页面时，如果使用 J-Link 软件版本较老，如 J-Link V5.00 或 J-Link V5.12，则有可能弹出未知器件的窗口，例如图 4.21 所示。



图 4.21 J-Link 未知器件警告窗口

一般来讲，直接点击【No】即可。也可以选择【YES】，进入芯片选择页面，选择需要的芯片类型，例如：选择 NXP 下的芯片 LPC824M201，如图 4.22 所示。

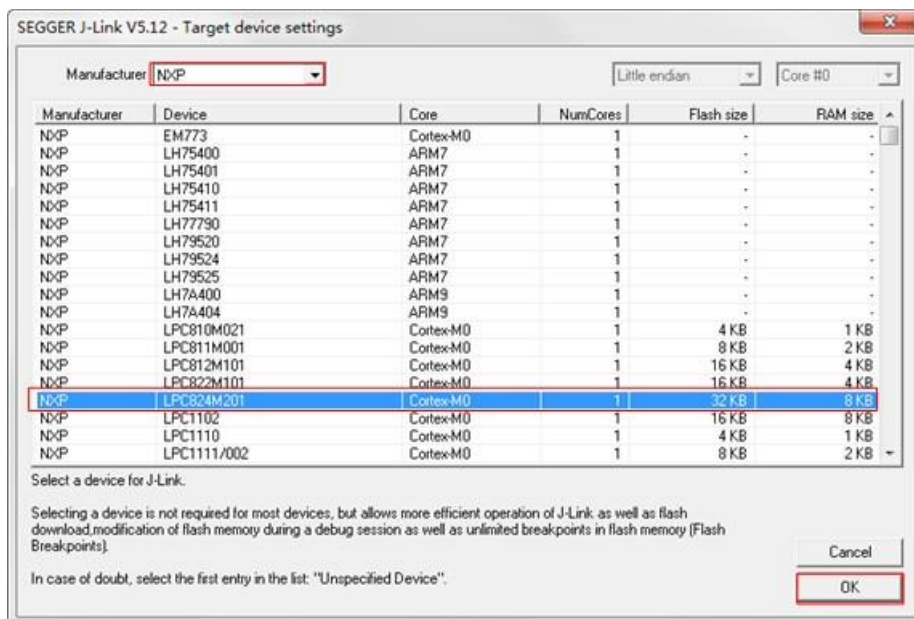


图 4.22 选择具体芯片型号

- (4) 由于仿真器默认设置的是 JTAG 接口，需要切换到 SWD 接口，才能发现内核，以便正确仿真、下载程序。在 J-Link 仿真器配置页面中选择 SWD 调试接口，如图 4.23 所示。

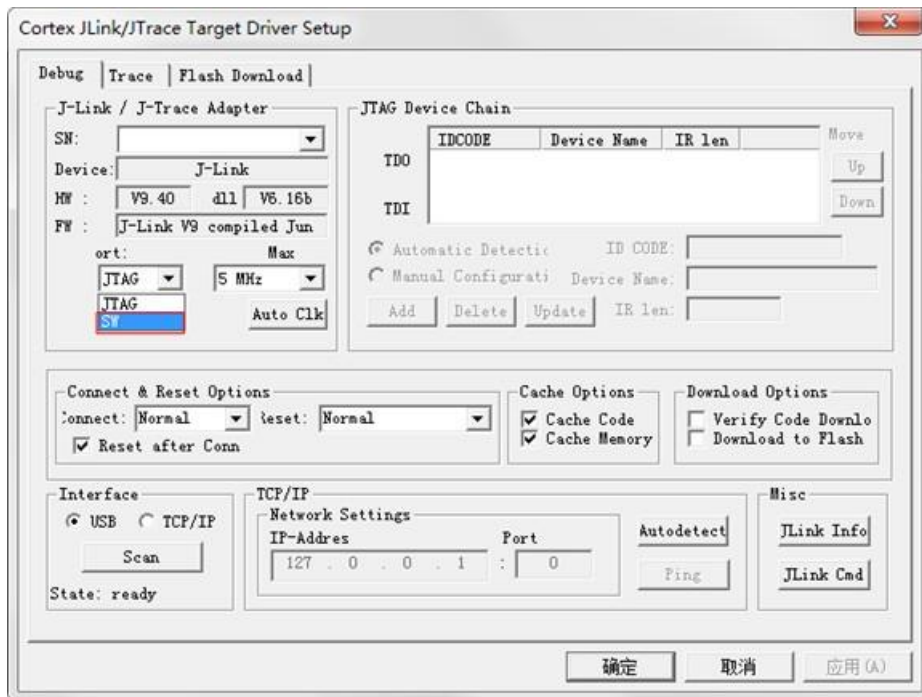


图 4.23 选择 SWD 调试接口

选择后，即可发现内核，如图 4.24 所示。本配置页面中其他配置选项全部默认设置即可，无需修改。

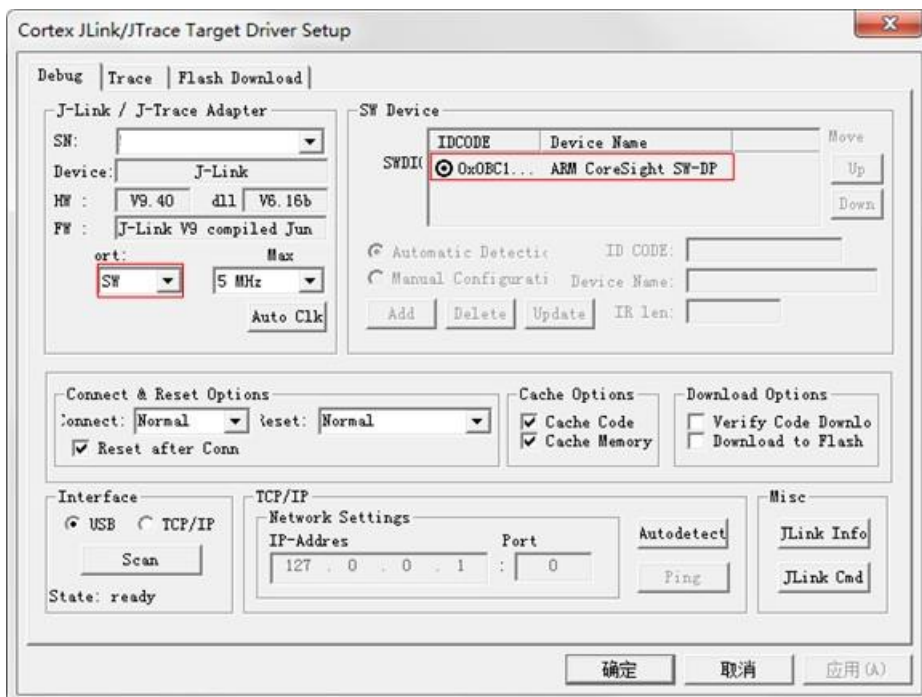


图 4.24 发现芯片内核

注意： 如切换到 SWD 调试接口后，还是未发现内核，请检查开发板是否正确供电，仿真器与开发板是否正确连接，以及仿真器与PC 是否连接。

(5) 为了使每次下载程序后，自动启动程序，可以继续配置 **【Flash Download】** 页面，

勾选上 **【Reset and Run】**，如图 4.25 所示（图中其它选项已默认勾选）。

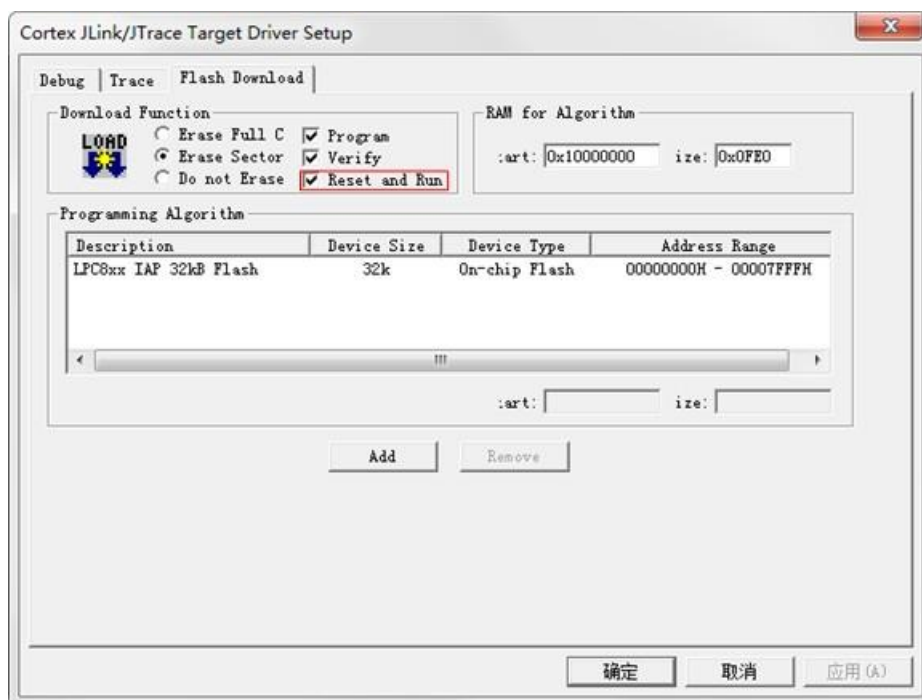


图 4.25 Flash Download 配置页

若在 **【Programming Algorithm】** 下没有 Flash 编程算法，如图 4.26 所示，

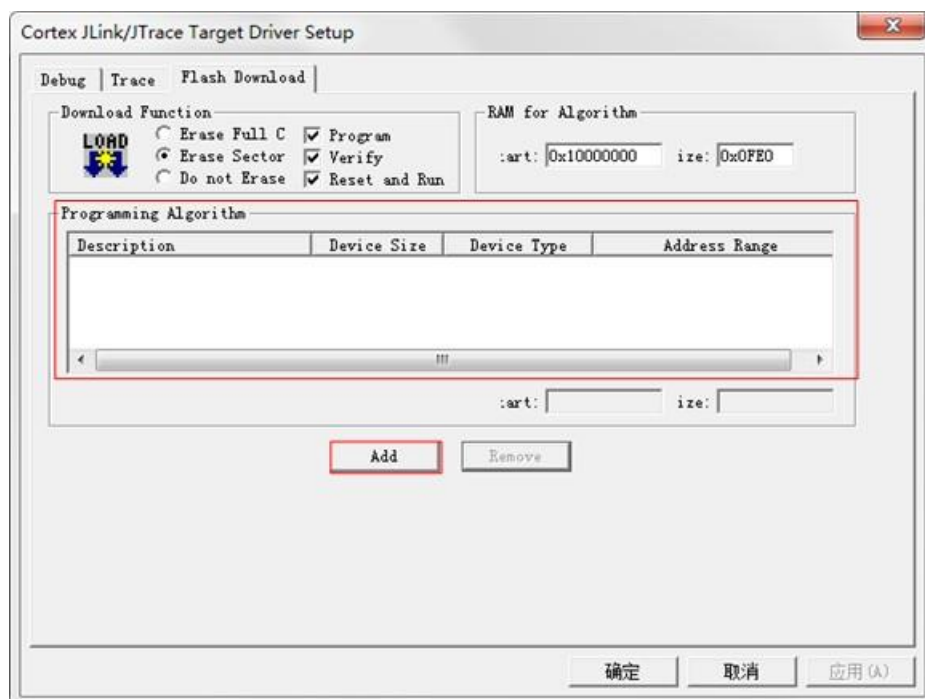


图 4.26 无 Flash 编程算法

此时需要自行加载 Flash 算法。点击下方的 **【Add】** 按钮，弹出 **Add Flash Programming Algorithm** 选择框，选择符合自己芯片类型的 Flash 算法，例如：LPC824 系列芯片则选择 **【LPC8xx IAP 32kB Flash】**，然后 **【Add】** 即可，如图 4.27 所示。

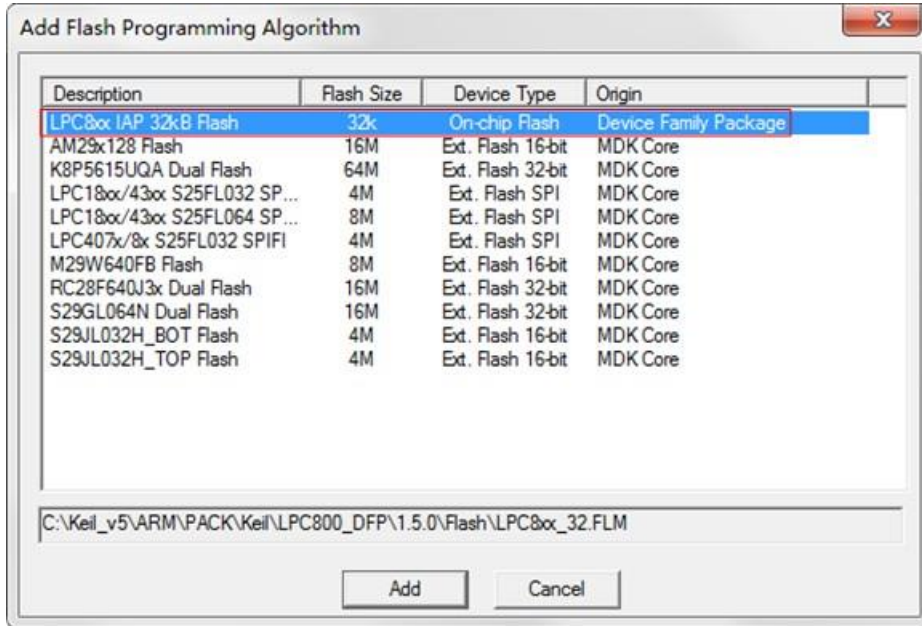


图 4.27 添加 Flash 编程算法

- (6) 回到工程配置窗口图 4.17，切换到【Utilities】配置页面，勾选【Use Debug Driver】即选择 Flash 编程工具为【Debug】配置工具，点击【OK】结束所有配置。如图 4.28 所示。

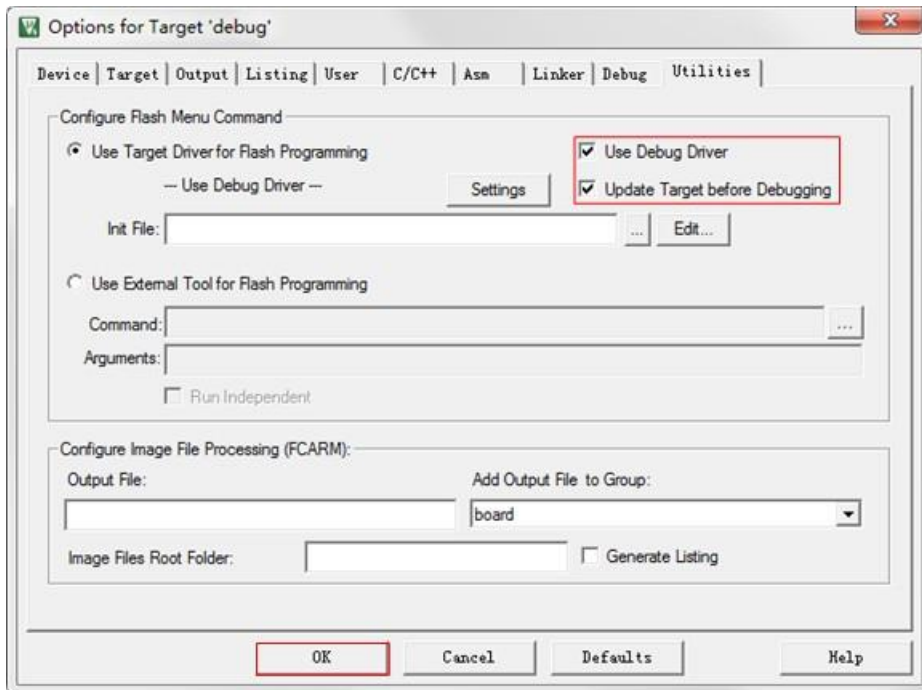


图 4.28 Utilities 配置

4.3 调试应用程序

完成上述设置后，再次点击如图 4.29 所示的 Build 图标，待程序编译完毕。



图 4.29 重新编译文件

点击如图 4.30 所示的 Debug 图标启动调试。若使用的 MDK 为评估版，则将弹出如图 4.31 所示的对话框，点击【确定】即可。接下来，便切换到调试界面，系统运行至 main() 处，如图 4.32 所示。

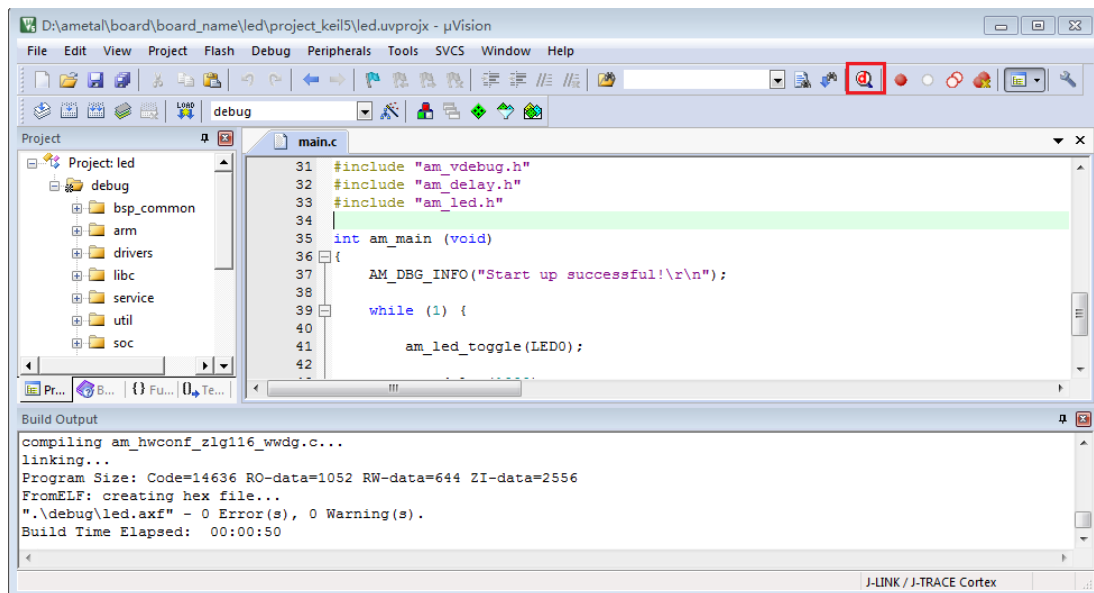


图 4.30 调试程序

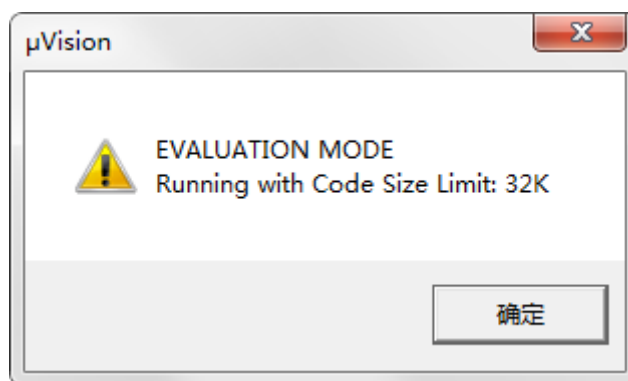


图 4.31 32K 限制

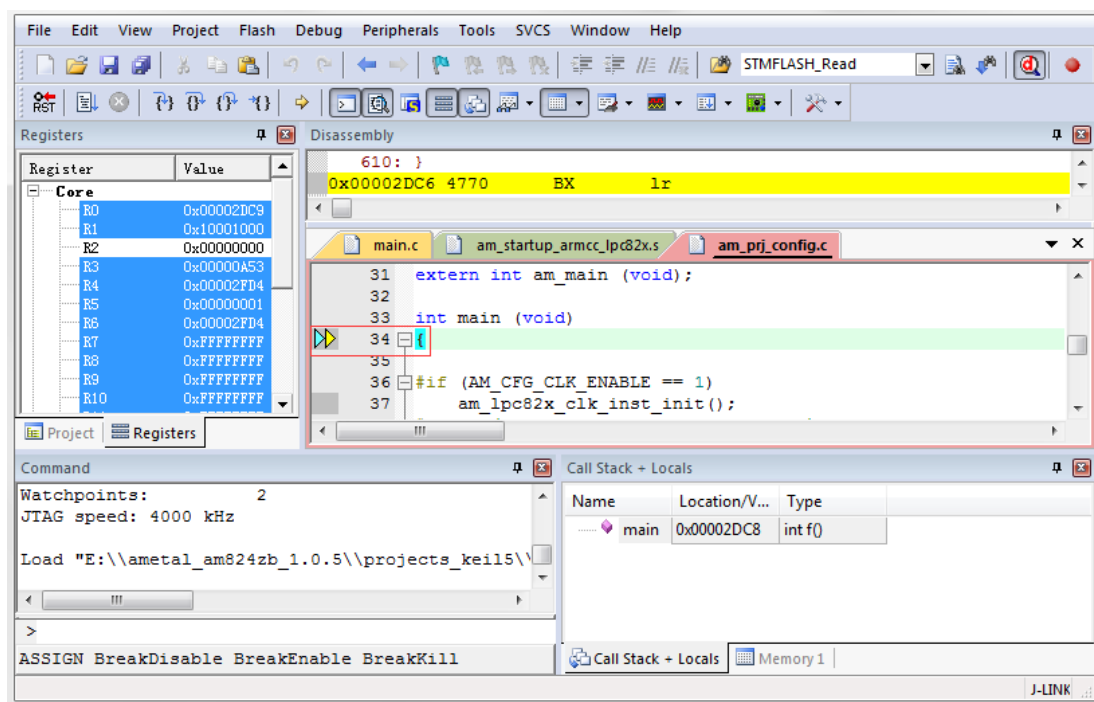


图 4.32 调试界面

进入调试界面后,在图 4.33 中点击 **Peripherals** 外设寄存器窗口可以查看外设寄存器的信息;使用快捷键 **Ctrl + B** 可以查看当前设置断点的信息,如果当前没有设置断点,则在断点窗口显示空白。同时还可以使用以下常用的调试方法对应用程序进行调试。

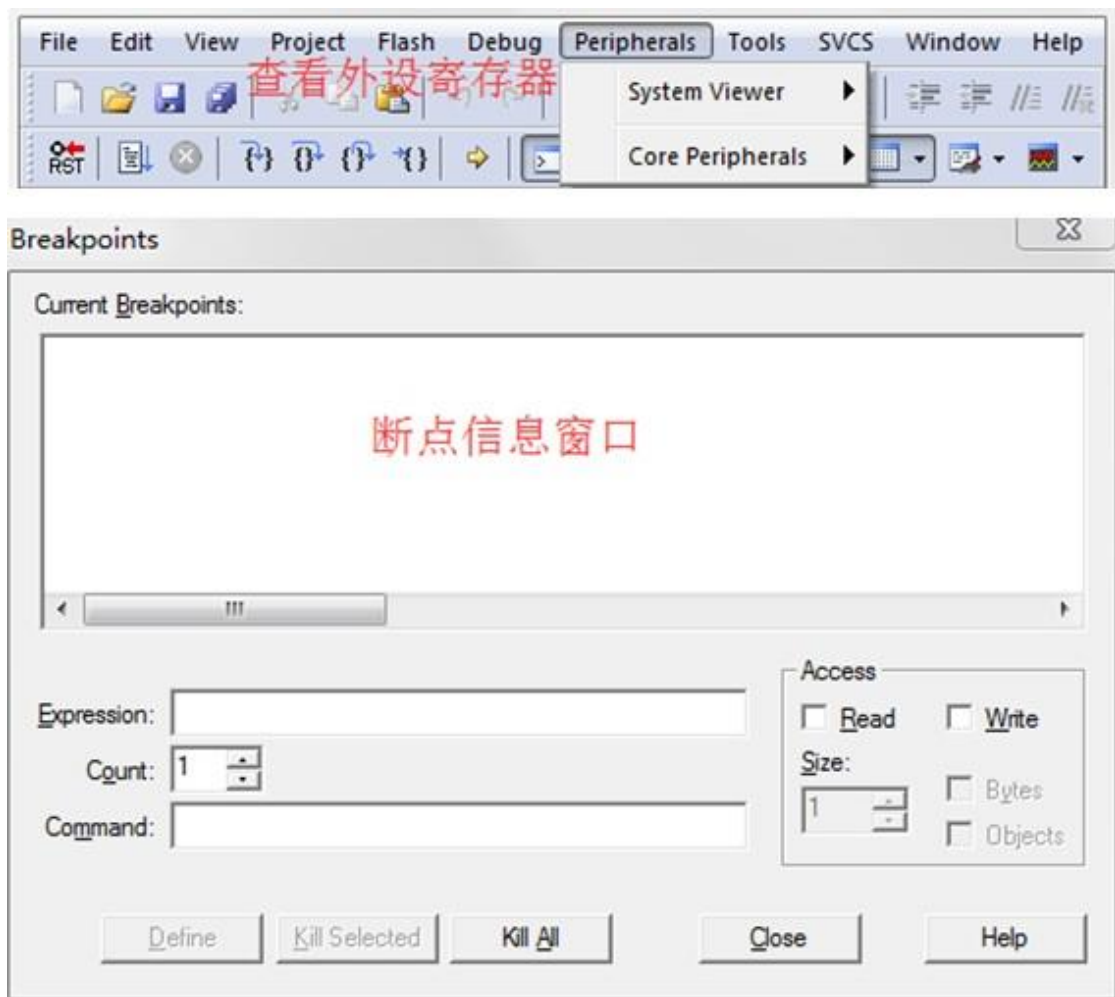


图 4.33 1. 设置断点

在代码行左边空白处单击鼠标左键可以设置一个断点，设置成功后将出现一个红色小圆点（如需取消断点，再次单击即可）。如在 `am_main()` 函数中 `am_led_toggle()` 代码行添加一个断点。如图 4.34 所示。

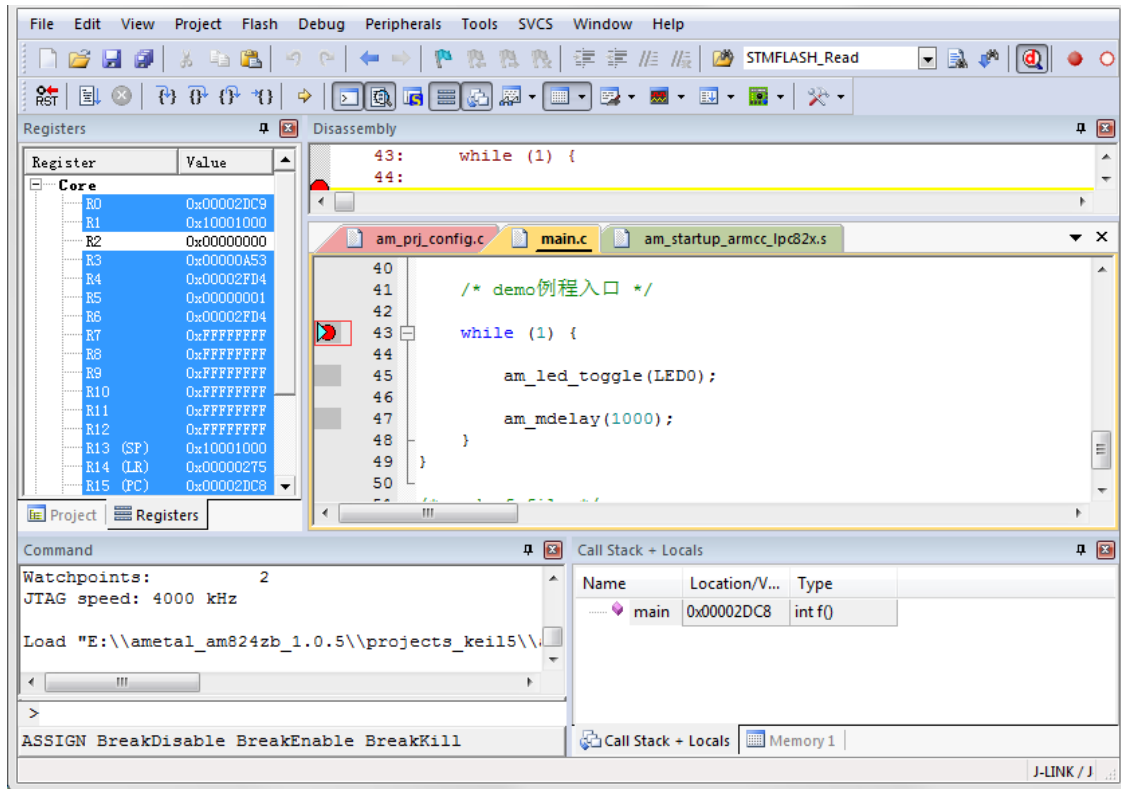


图 4.34 2. 使用常用调试按钮

注意：所谓断点，即在进入调试模式后，如果点击全速运行，则程序运行至此处时将自动暂停，再次双击即可取消断点。

调试过程中，常常需要使用到的操作按钮，如图 4.35 所示。它们的作用如表 4.1 所示。

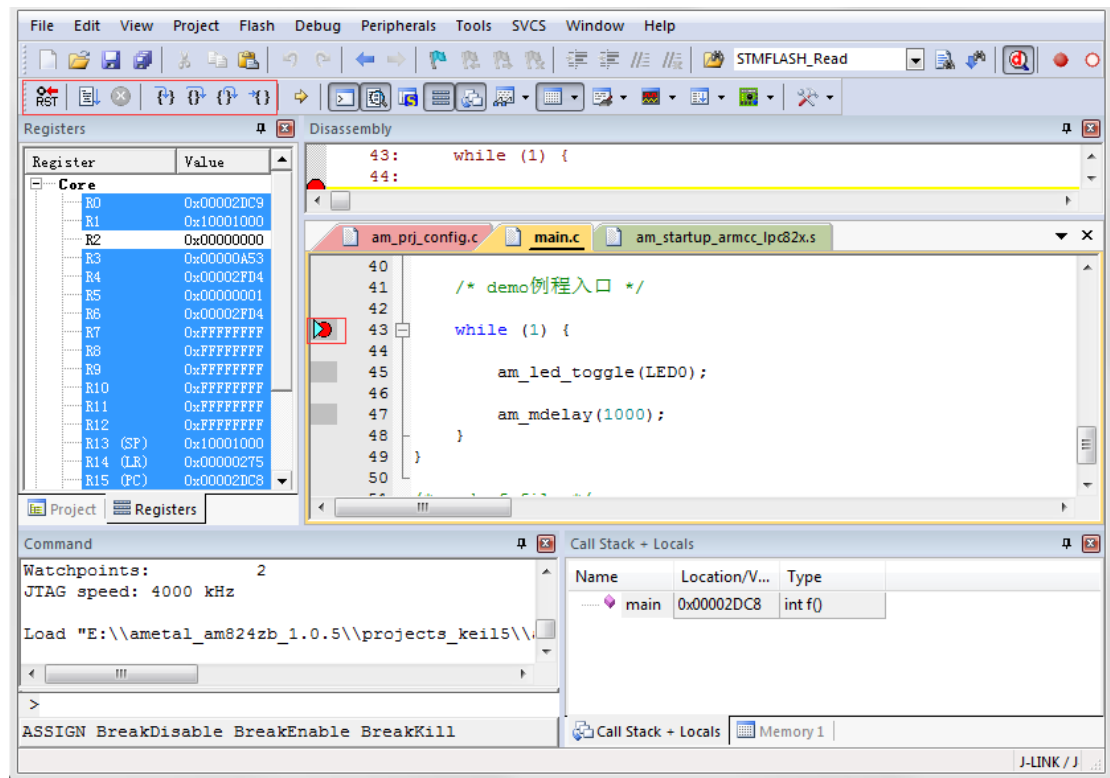







图 4.35 调试中使用到的操作按钮

表 4.1 各调试按钮含义

按钮	作用
	全速运行 (遇到断点或手动暂停时暂停程序)
	暂停程序执行 (只有当程序处于全速运行状态时有效)
	运行至当前光标所在行
	单步执行一程序 (遇到函数时, 会进入函数继续单步执行)
	单步执行一程序 (遇到函数时, 函数也被当做一程序执行)
	运行程序至本函数退出
	复位器件, 重新开始执行程序

点击如图 4.36 所示的全速运行图标, 程序便会开始全速运行, 运行至断点设置处即会自动暂停, 如图 4.37 中红色方框标记部分所示。



图 4.36 全速运行

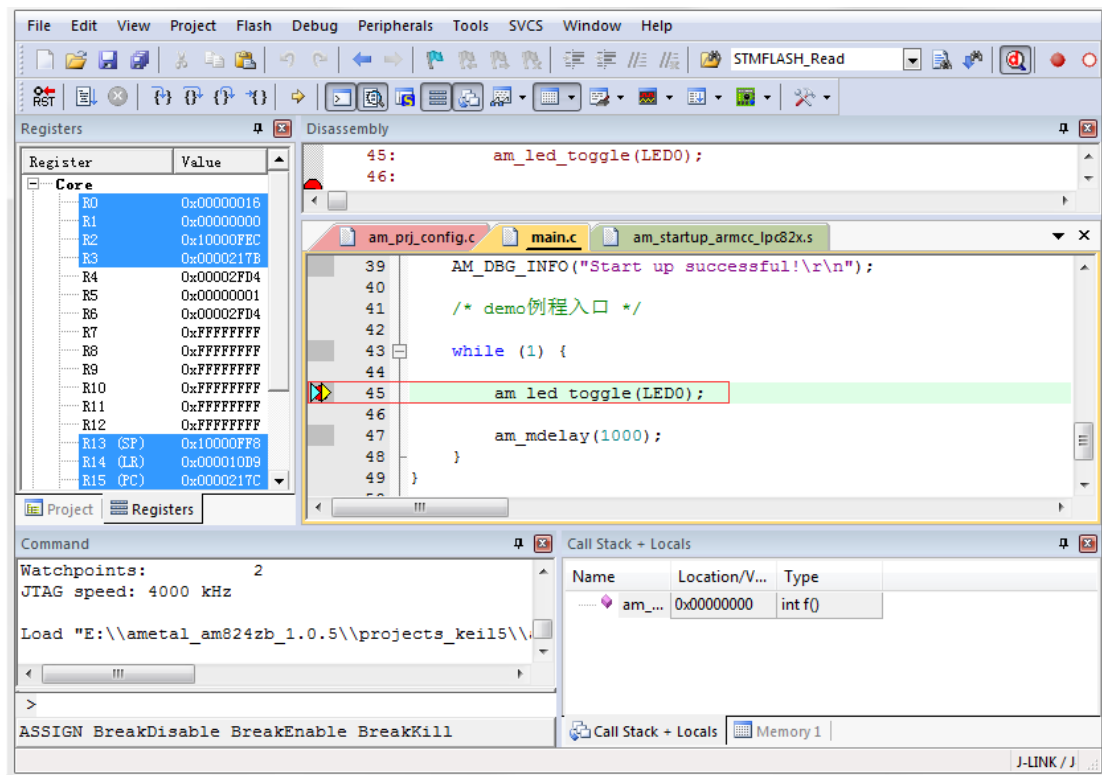


图 4.37 运行至断点设置处

然后, 可以多次点击如图 4.38 所示的 StepOver 图标, 观察程序的执行流程以及开发板上 LED 的亮灭情况。

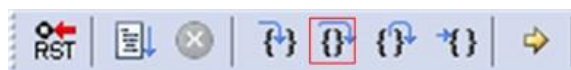


图 4.38 函数单步运行完成

左键双击图 4.34 设置的断点后，可取消该断点。再次点击如图 4.37 所示的全速运行图标，程序便会全速运行，可以看到开发板的 LED 不停地闪烁。

如果想从 main 函数重新开始调试，可以点击如图 4.39 所示的复位图标，便会复位器件，重新调试程序。



图 4.39 复位器件并重新开始调试程序

4.4 停止调试

若不再需要调试程序，则点击如图 4.40 所示的停止调试图标退出调试。



图 4.40 退出调试

退出调试之后，即可回到代码编辑窗口后，此时用户可以重新编辑修改代码，修改完成并重新编译通过后，可按照 {number} 小节介绍的方法再一次进入调试。

5. 固化应用程序

当程序编写、调试完成之后，便可以将应用程序固化到芯片中。由于在 Keil μ Vision5 中，控制器是在 Flash 中进行调试的，所以进入调试时已经将程序下载到了控制器的 Flash 中，即完成了固化。所以在进入调试的同时，通过 Keil 的 Load 功能烧写也可以固化应用程序到芯片中。还可以通过第三方软件（比如 Flash Magic）固化应用程序到芯片当中，使用第三方软件时通常需要生成相应格式的烧写文件，比如说 hex 文件、bin 文件。

5.1 使用 μ Vision5 烧写程序

μ Vision5 已经内建了 Flash 下载功能，点击如图 5.1 所示的 Download 图标，程序便被烧写到 Flash 中。



图 5.1 下载程序

程序下载时，【Build Output】窗口中会输出相关的信息，一般不用理会。

程序正确下载完成后，复位开发板，看到 LED0 灯不停地闪烁，说明程序下载成功。

5.2 使用其他工具烧写程序

5.2.1 生成程序烧写文件

(1) 生成 hex 文件

点击如图 5.2 所示的 TargetOptions 图标，弹出工程的配置窗口，切换到【Output】设置页面，勾选上选项【Create HEX File】，如图 5.3 所示。



图 5.2 设置工程

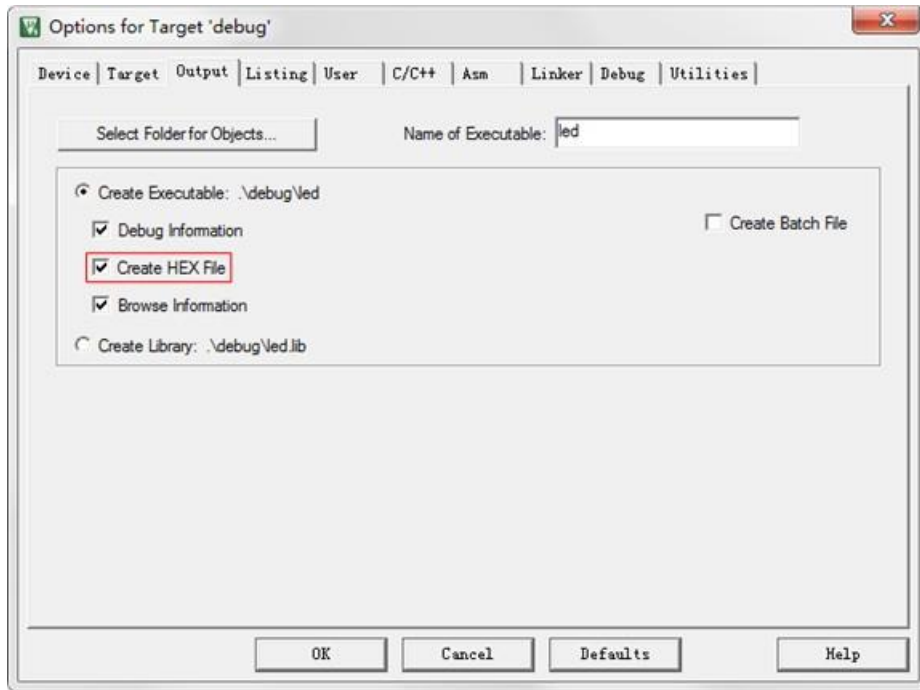


图 5.3 生成 HEX 文件

点击如图 5.4 所示的 Build 图标，待工程编译完毕。



图 5.4 编译工程

编译完成后，我们便可以在工程目录的 debug 文件夹下找到名为 led.hex 的程序文件。

(2) 生成 bin 文件

Keil 中只能通过使用命令的方式生成 Bin 文件。点击如图 5.5 所示的 TargetOptions 图标，弹出工程的配置窗口，切换到【User】设置页面，添加如列表 5.1 和列表 5.2 所示的命令，如图 5.6 生成 Bin 文件所示。



图 5.5 设置工程

列表 5.1 Run #1 命令行

```
$K\ARM\BIN\ELFDWT.EXE !L BASEADDRESS(0x00000000)
```

列表 5.2 Run #2 命令行

```
fromelf.exe --bin -o .\debug\led.bin .\debug\led.axf
```

注意: .\debug\led.bin 为生成的 bin 文件存放位置, .\debug\led.axf 为 axf 文件位置, 用户需要根据自己的实际情况填写这两个路径。

为了减少用户的工作量, Run #2 命令行也可以使用通用表达式, 自动生成 bin 文件, 用户不必修改文件名称与路径。具体见列表 5.3 所述。

列表 5.3 Run #2 命令行通用表达式

```
fromelf --bin -o "$L@L.bin" "$L@L.axf"
```

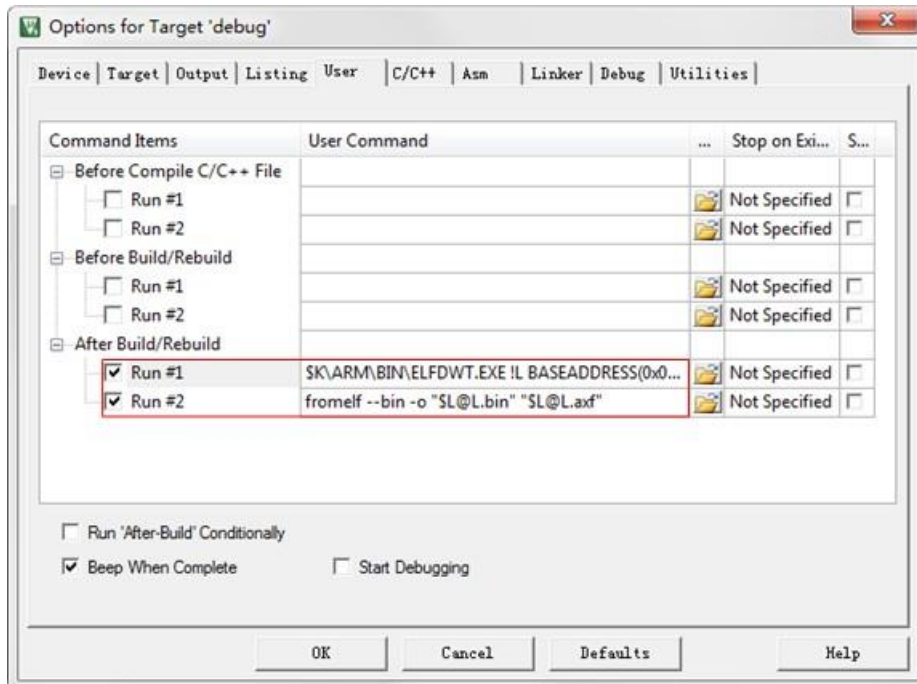


图 5.6 生成 Bin 文件

点击如图 5.7 所示的 Build 图标，待工程编译完毕



图 5.7 编译工程

编译完成后，我们便可以在工程目录的 debug 文件夹下找到名为 led.bin 的程序文件。

5.2.2 使用 ISP 方式烧写程序

程序更新除了可以通过仿真器和编程器以外，NXP 为 LPC 系列的部分微控制器提供了一个串口下载用户程序的功能，即 ISP 方式，通过串口就可以进行程序烧写或更新，特别适合小批量生产，既经济又实惠。

1. ISP 烧写软件的下载

进行 ISP 更新程序，需要准备一个串口和一个 PC 软件（Flash Magic），推荐从 <http://www.flashmagictool.com/> 下载最新的软件(9.40 之前的版本可能会校验失败，推荐使用 9.40 之后的版本)。打开链接进入页面后，点击如图 5.8 所示的红色方框即可下载 Flash Magic 软件。

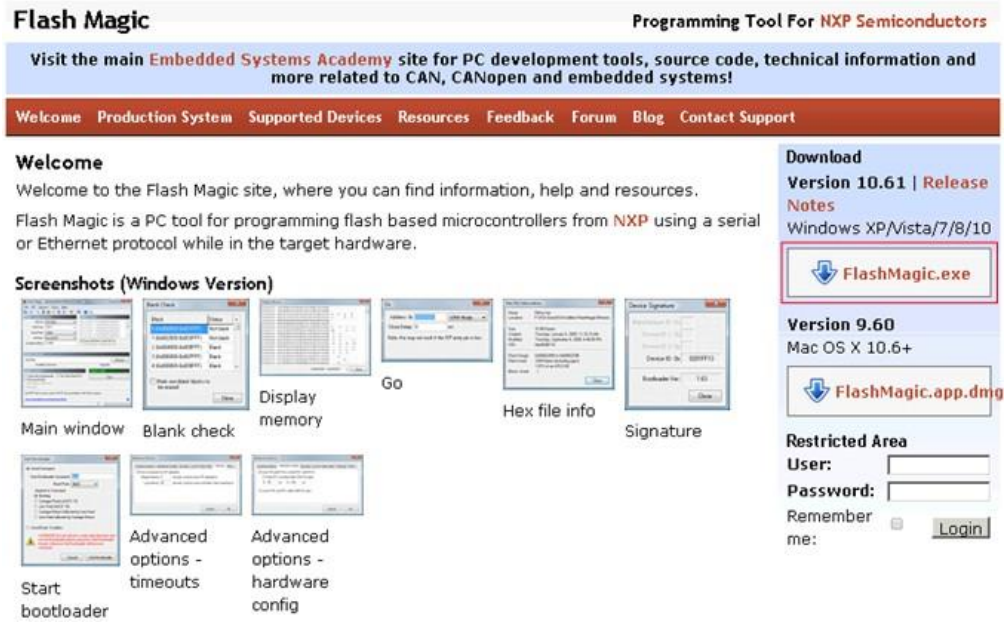



图 5.8 Flash Magic 软件下载

Flash Magic 软件安装并不复杂。下载完成后，用户可以直接点击 FlashMagic.exe 即可进行安装。

2. 烧写程序的具体步骤

- (1) 将芯片的 USART0 的 TXD (PIO0.4) 和 RXD (PIO0.0) 引脚和计算机串口的引脚连接起来，同时将 ISP 引脚 (PIO0.12) 与 GND 短接，复位或者重新上电。
- (2) 使用快捷键 WIN 打开 Windows 开始菜单，点击  这个图标打开软件，运行之后界面如图 5.9 所示。

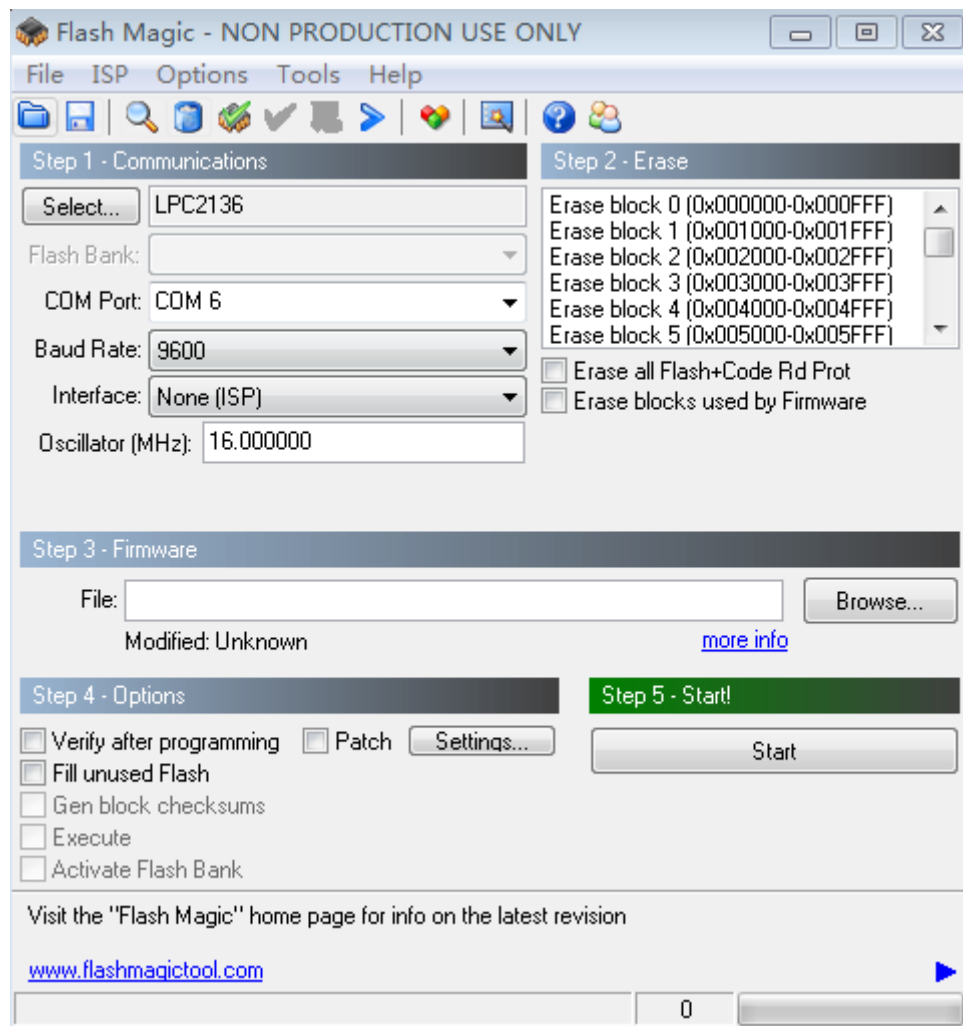


图 5.9 Flash Magic 启动界面

(3) communications 设置

Select: 选择当前操作的芯片型号，例如：LPC824M201JDH20，如果没有对应的芯片类型请选择其它方式烧写程序

COM Port: 从设备管理器中找到当前连接串口的 COM 端口(鼠标右击计算机-> 管理-> 设备管理器-> 端口 (COM 和 LPT)); 如图 5.10 和图 5.11 所示



图 5.10 端口查看 1

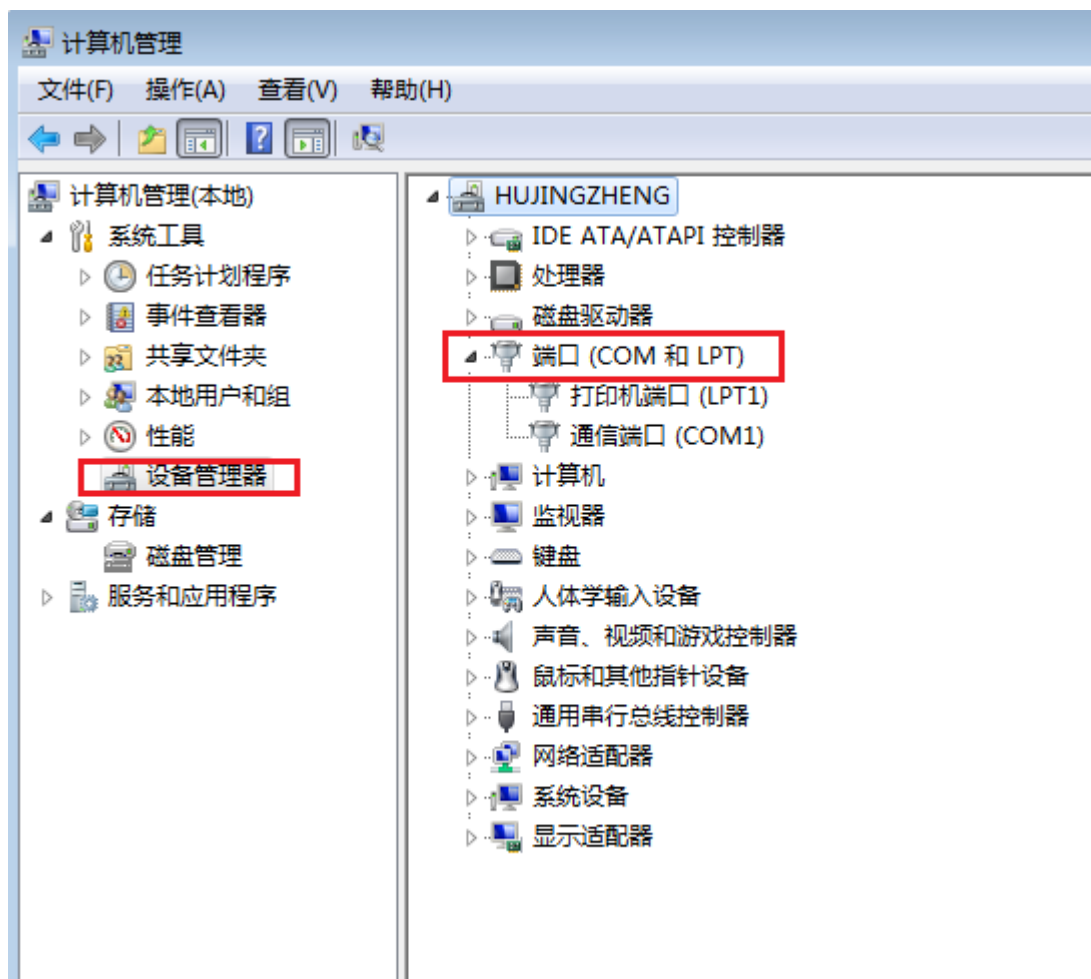


图 5.11 端口查看 2

Baud Rate: 推荐串口通信波特率选用 9600Hz 或 19200Hz, 波特率设置过高容易导致 ISP 通信出错, 若 ISP 频繁出错, 可以上调或下调波特率;

Interface: 选择 “None (ISP)” 作为下载方式;

Oscillator Freq: 填写芯片所使用的系统时钟频率, 系统时钟频率并非固定的参数, 推荐与系统晶振值相同, 其值大小一般情况下不影响 ISP 下载。

具体设置, 如图 5.12 所示。

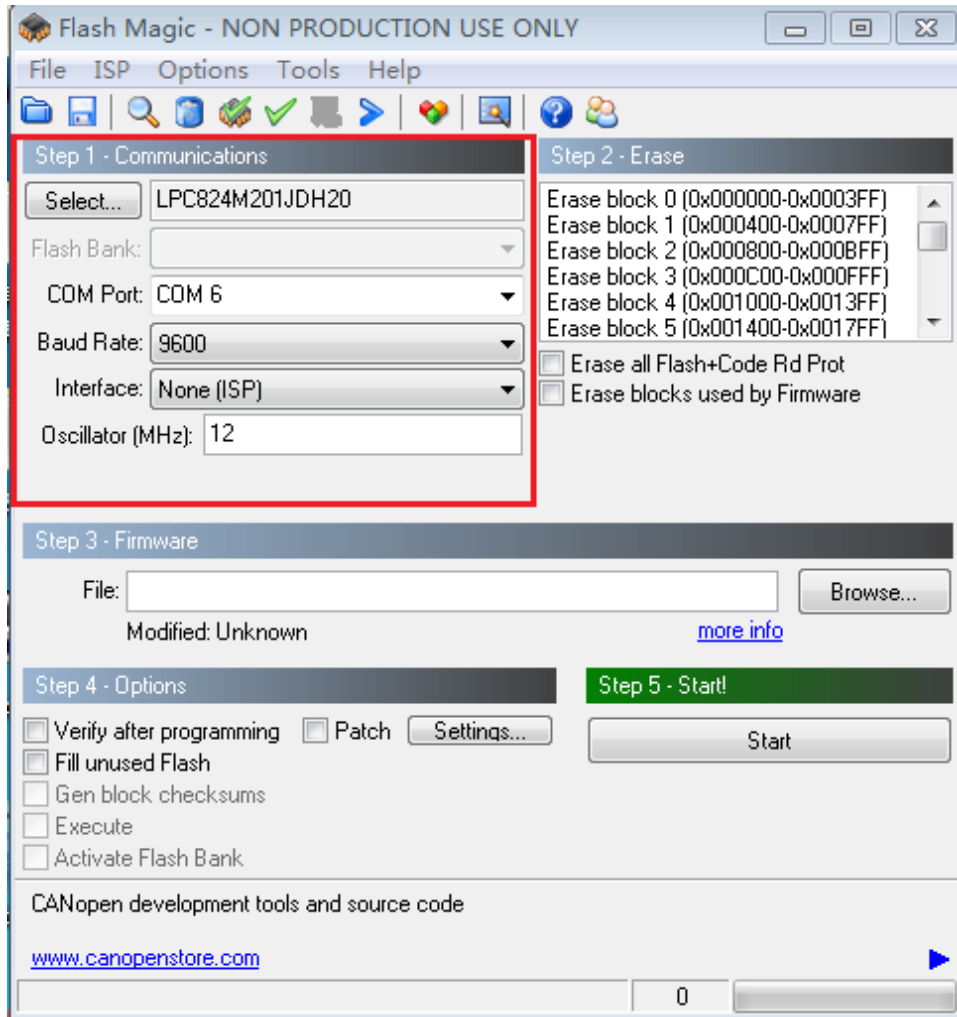


图 5.12 Flash Magic 设置 step1

(4) Erase 设置

第一种方式: 可任意选择您所要擦除的分区; 第二种方式: 整片擦除;

第三种方式: 擦除用户所用到的扇区。

用户可以根据实际情况选择对应的方式, 无特殊情况, 建议选择第二种方式。

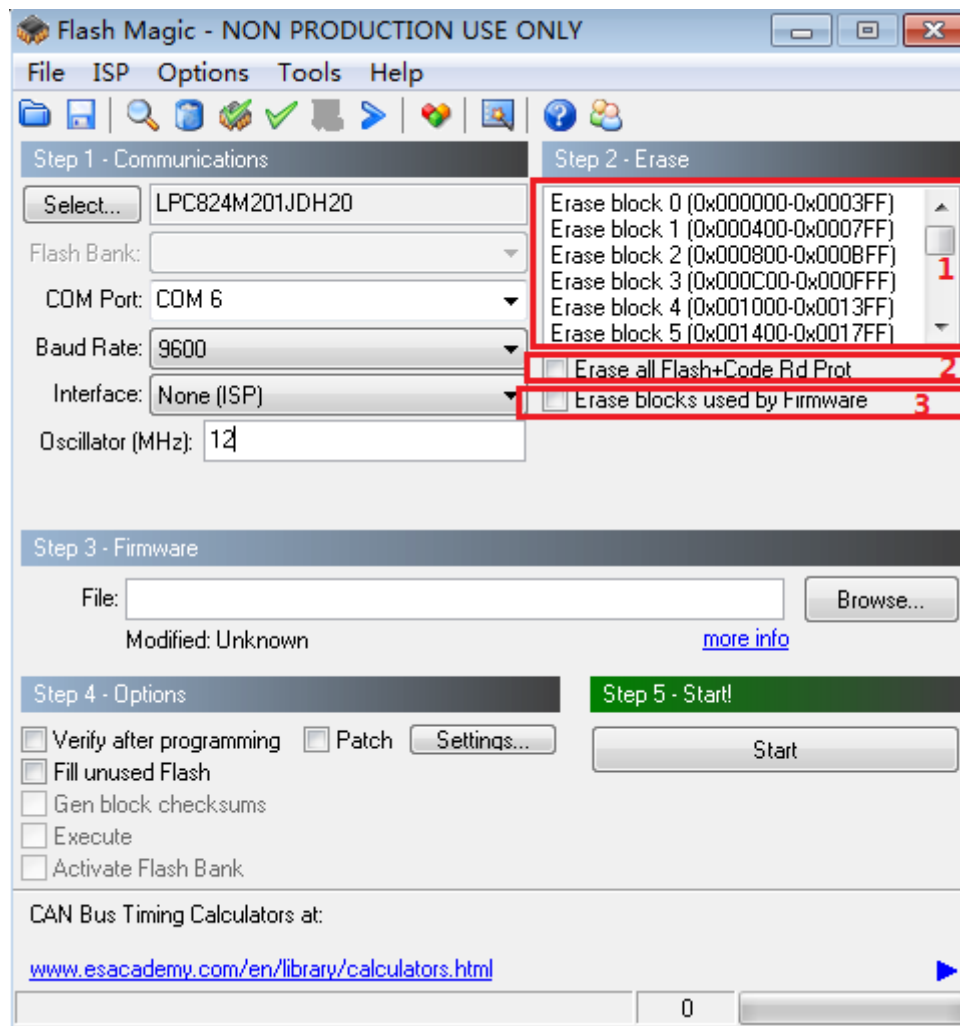


图 5.13 Flash Magic 设置 step1

(5) Hex file 选择

点击 **【Browse…】**，如下图 5.14 所示。

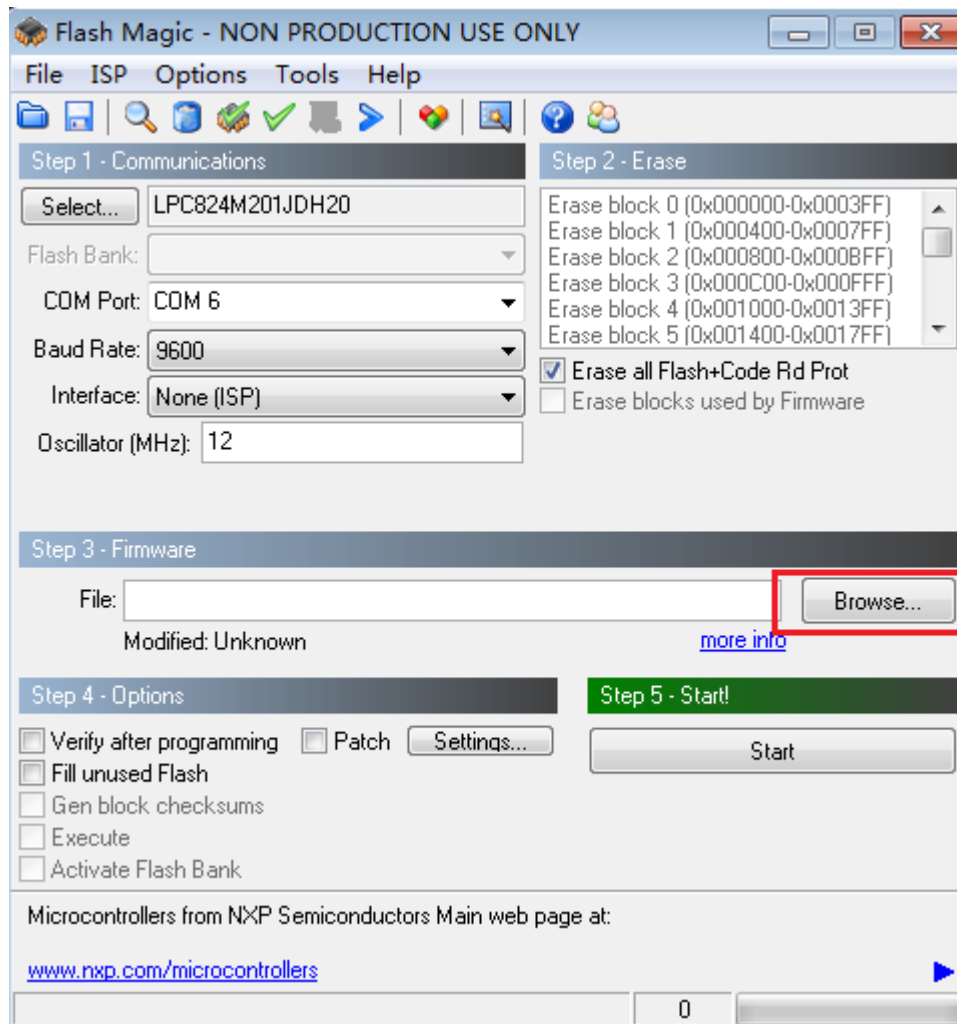


图 5.14 Flash Magic 设置 step3(1)

然后选择要烧写的hex 文件，如图 5.15 所示先选择hex 文件再选择打开。

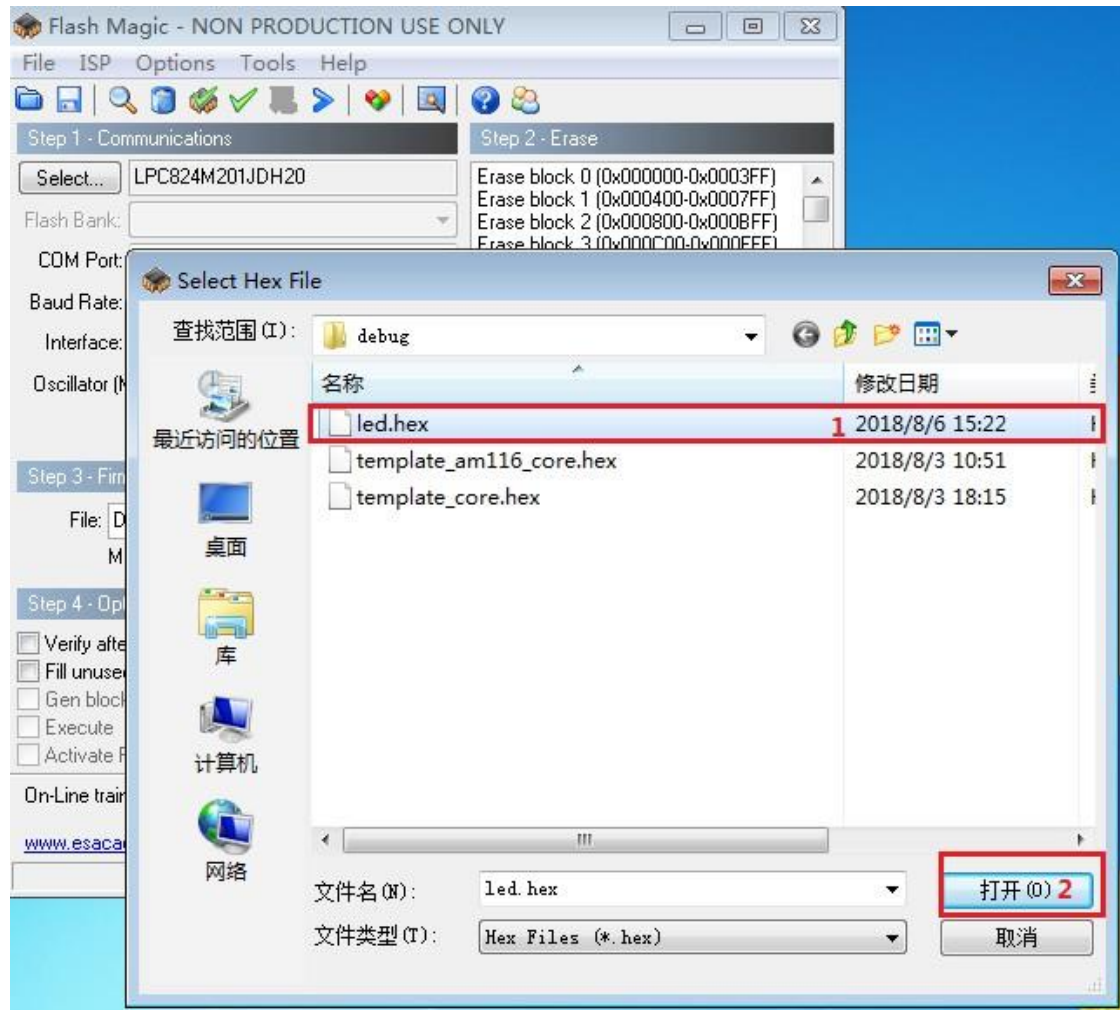


图 5.15 Flash Magic 设置 step3(2)

选择好 hex 文件以后如图 5.16 所示。

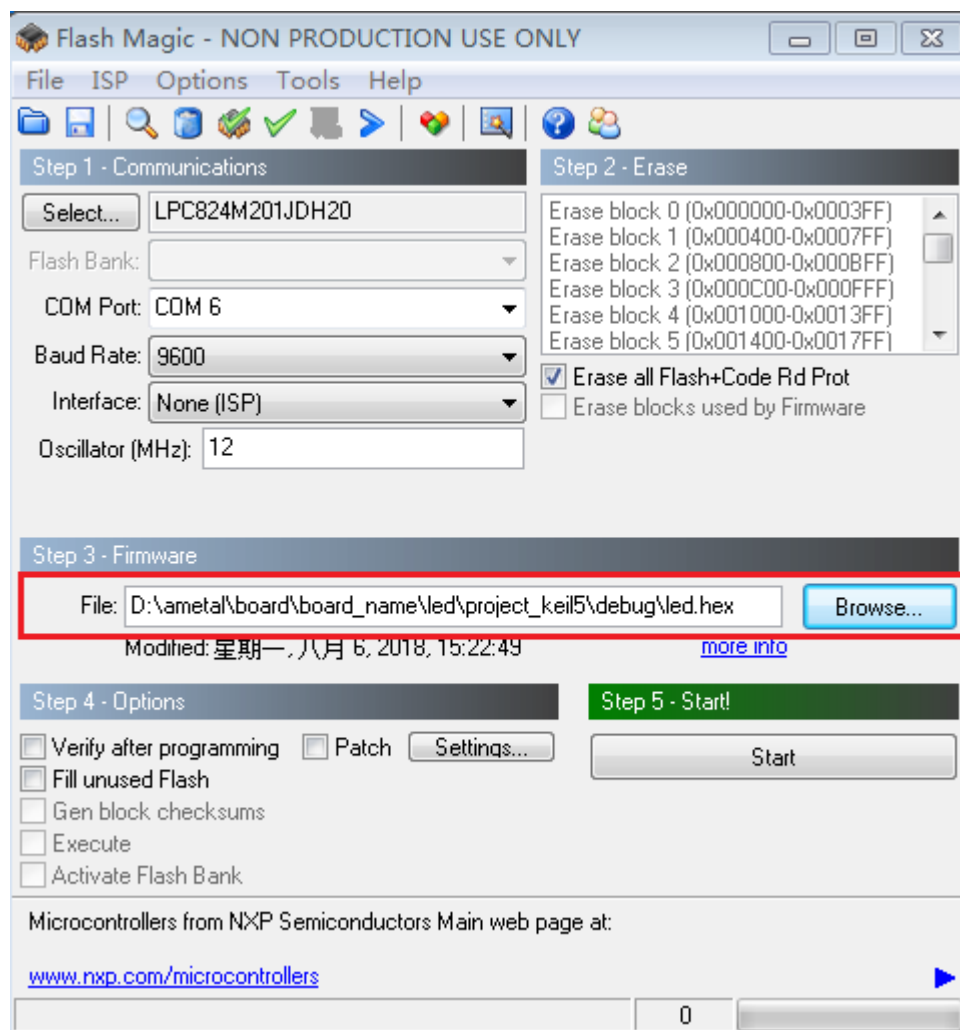


图 5.16 Flash Magic 设置 step3(3)

(6) 其他选择设置

Verify after programming: 设置是否在下载后进行效检, 用户根据自己需要进行选择;

Fill unused Flash: 设置填充未使用的 Flash, 无特殊要求无需勾选此项。具体设置如下图 5.17 所示。

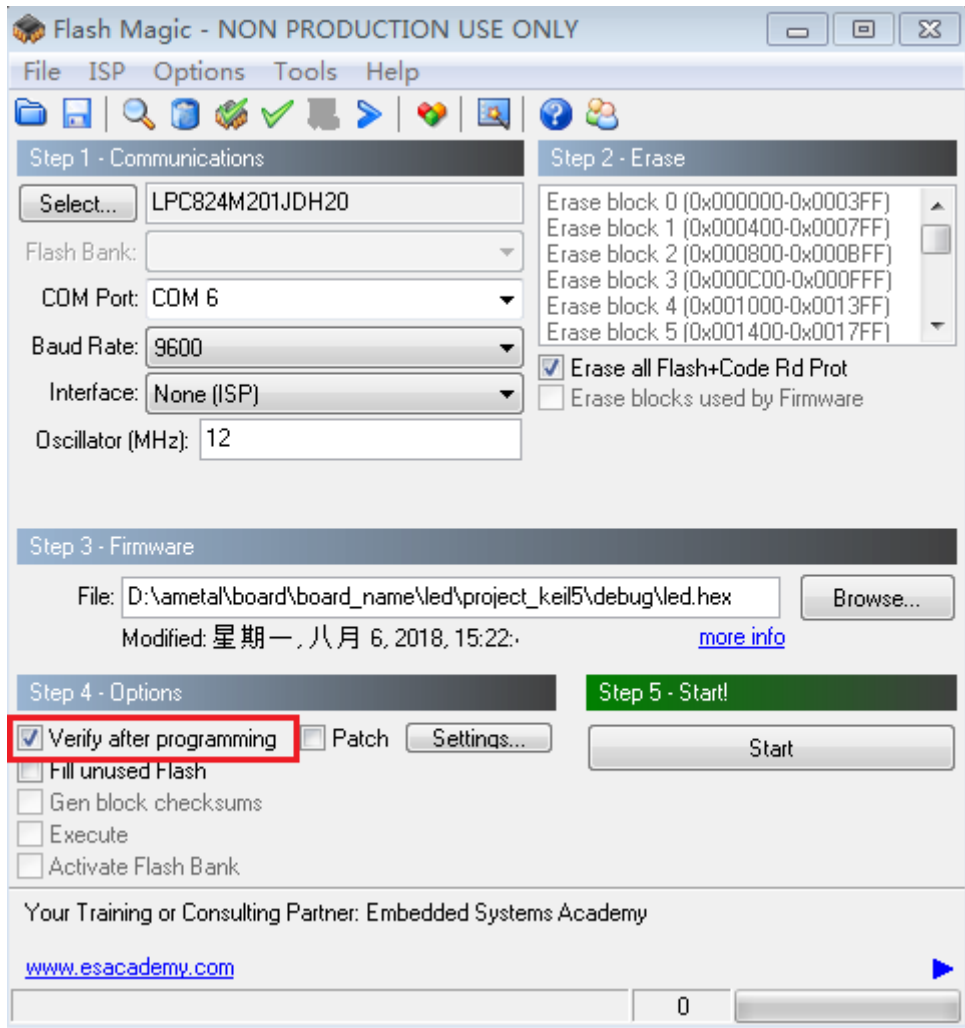


图 5.17 Flash Magic 设置 step4

(7) 启动下载

复位或重新上电之后，点击 **Start**，进行 ISP 下载，如下图 5.18 所示。下载完成之后，断开 ISP (PIO0.12) 和 GND 之间的连线，复位或重新上电之后，程序正常运行。

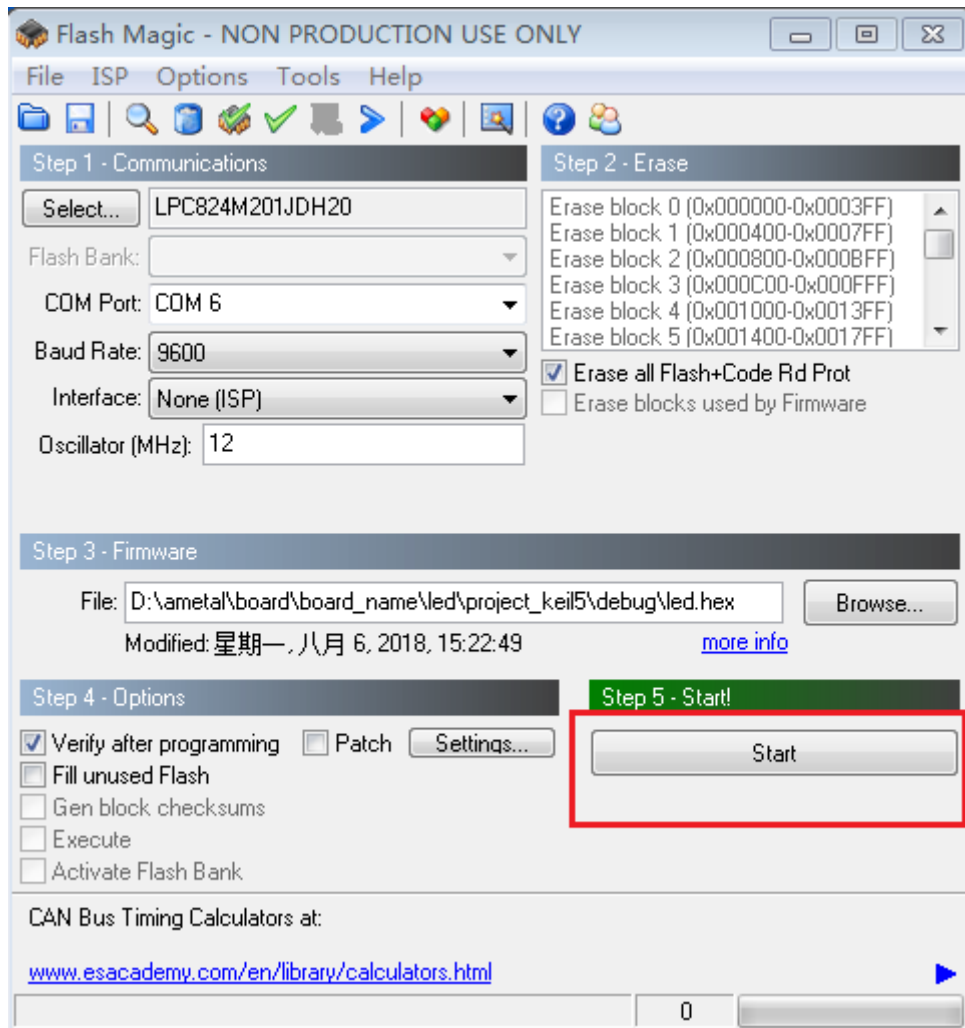


图 5.18 Flash Magic 设置 step5

6. 免责声明

应用信息：本应用信息适用于嵌入式产品的开发设计。客户在开发产品前，必须根据其产品特性给予修改并验证。

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远微电子有限公司（下称“致远微电子”）在本手册中将尽可能地向用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远微电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远微电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问官方网站或者与致远微电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！