

适用于 **SimpleLink™ MSP432™** 微控制器的 **ARM® Keil®** **MDK 版本 5**

本用户指南介绍了 ARM® Keil®MDK 版本 5 的使用情况，它具有 SimpleLink™ MSP432™低功耗微控制器 (MCU)。

内容

1	安装 Keil µVision 5 IDE	4
2	安装器件系列包	4
3	从头开始创建 SimpleLink MSP432 MCU 项目	8
4	打开现有的 SimpleLink MSP432 MCU 项目	14
5	使用软件开发套件中的 SimpleLink MSP432 MCU 示例	15
6	调试应用程序	16
7	常见问题解答	38
8	更多 Keil MDK-ARM 信息	39
9	参考文献	39

附图目录

1	Keil 包解压工具	4
2	许可协议	5
3	器件系列包安装成功	5
4	启动包安装程序	6
5	安装 MSP432 器件系列包	7
6	移除弃用包	7
7	创建新项目	8
8	指定项目名称	8
9	选择 MSP432P401R 器件	9
10	将运行时环境组件添加到项目	10
11	空项目	11
12	将新项添加到项目	11
13	添加用户代码模版	12
14	编译项目	13
15	打开项目	14
16	选择要导入的项目	15
17	从 SDK 中选择项目	16
18	项目选项	17
19	选择 J-Link 调试探针	17
20	转到 J-Link 调试探针设置窗口	18
21	启用 J-Link 下载选项	19
22	J-Link 下载函数配置	20
23	启动调试会话	20
24	调试会话启动期间的消息	21
25	调试会话在 main() 暂停	22
26	使用 J-Link Commander 为目标系统启用电源输出	22

27	启动 J-Link 控制面板	23
28	J-Link 控制面板	24
29	用于检测器件已保护的 J-Link 脚本	24
30	器件已解锁且已擦除	24
31	项目选项	25
32	选择 ULINK Pro 调试探针	25
33	选择 ULINK Pro 下载选项	26
34	选择 ULINK Pro 下载功能	26
35	启动调试会话	27
36	调试会话在 main() 顺利启动和暂停	28
37	请求执行恢复出厂设置的对话框	28
38	项目选项	29
39	选择 XDS110 调试探针	30
40	选择 CMSIS-DAP 设置	30
41	选择 ULINK Pro 下载功能	31
42	启动调试会话	31
43	调试会话在 main() 顺利启动和暂停	32
44	请求执行恢复出厂设置的对话框	32
45	将路径添加到驱动程序库文件夹	33
46	向项目中添加驱动程序库	34
47	为调试添加初始化文件	34
48	单步调试 ROM 驱动程序库源代码	35
49	调试设置	35
50	在项目选项中启用跟踪	36
51	异常跟踪	37
52	将调试器设置更改为 SWD	38

商标

SimpleLink, MSP432, E2E, LaunchPad are trademarks of Texas Instruments.

ARM, Keil, µVision, CoreSight are registered trademarks of ARM Ltd.

All other trademarks are the property of their respective owners.

前言：请先阅读本部分

如何使用本用户指南

本用户指南仅描述 特定于 MSP432 低功耗微控制器的 Keil MDK 5 的特性。并没有对 MSP430 微控制器或者完整的开发软件和硬件系统进行完整说明。有关上述条目的详细信息，请参见[网站上的重要 MSP432 MCU 文档](#)中列出的相应 TI 文档。

网站上的重要 MSP432 MCU 文档

MSP432 MCU 系列器件信息的主要来源是器件专用数据表和用户指南。[MSP432 网站](#)上提供上述文档的最新版本。

可在以下网站上找到介绍 Keil MDK 5 IDE 的文档：www.keil.com。德州仪器（TI）E2E™网址为e2e.ti.com 的社区支持论坛可提供更多帮助。

有关第三方工具（例如 Keil ULINK2 和 ULINK Pro 调试探针或 Segger J-Link 调试探针）的文档，通常可在相应的第三方网站上找到。

如果您需要帮助

德州仪器 (TI) 产品信息中心 (PIC) 提供对 MSP432 微控制器和硬件开发工具的技术支持。有关 PIC 的联系信息，请访问 TI 网站：www.ti.com/support。关于 MSP432 MCU 的 [TI E2E 社区](#)支持论坛提供了与同行工程师、TI 工程师和其他专家进行开放式沟通交流的机会。有关其他的器件特定信息，请访问 [MSP432 网站](#)。

1 安装 Keil μ Vision 5 IDE

Keil μ Vision®5 IDE 可从[Keil 网站](#)获得。请注意，Keil μ Vision 5 和更高版本支持 MSP432 低功耗微控制器。早期版本不支持 MSP432 MCU，它们可能会与 MSP432 器件系列包不兼容。

2 安装器件系列包

Keil μ Vision 5 IDE 不具备预安装的器件支持。为将 MSP432 MCU 支持添加至 IDE，可以从 TI 网站下载 MSP432 器件系列包（请参见2.1 节），或使用 Keil 包安装程序来安装包（请参见2.2 节）。

2.1 使用已下载的 **SimpleLink MSP432P4xx** 器件系列包进行安装

要下载此包，请访问 [MSP432 器件系列包网页](#)并下载名为 TexasInstruments.MSP432P4xx_DFP.<版本>.pack 的文件，其中 <版本> 是器件系列包的修订。下载完成后，请双击文件。Keil 包解压工具随即启动并指导您完成安装流程。

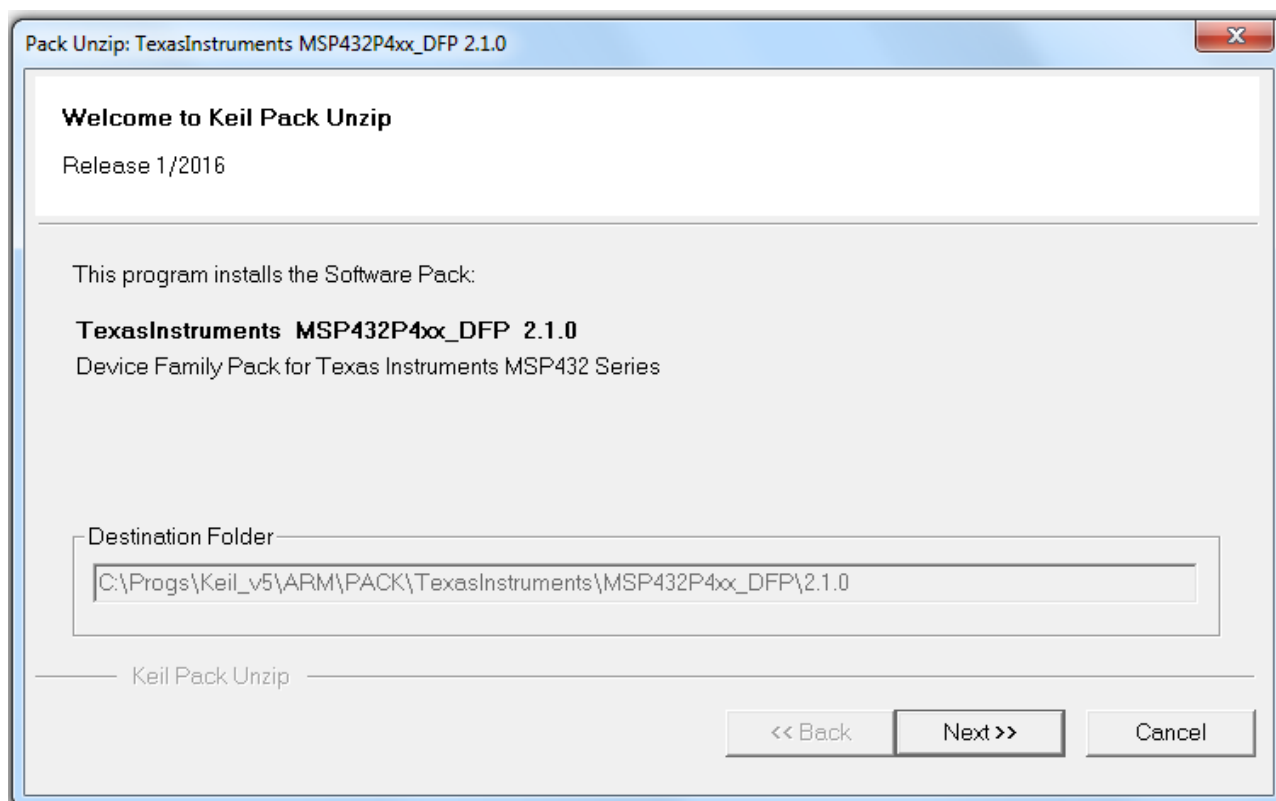


图 1. Keil 包解压工具

单击下一步 (**Next**) 以显示 TI 许可协议（请参见图 2）。

接受协议之前请仔细阅读，然后单击下一步 (Next)。

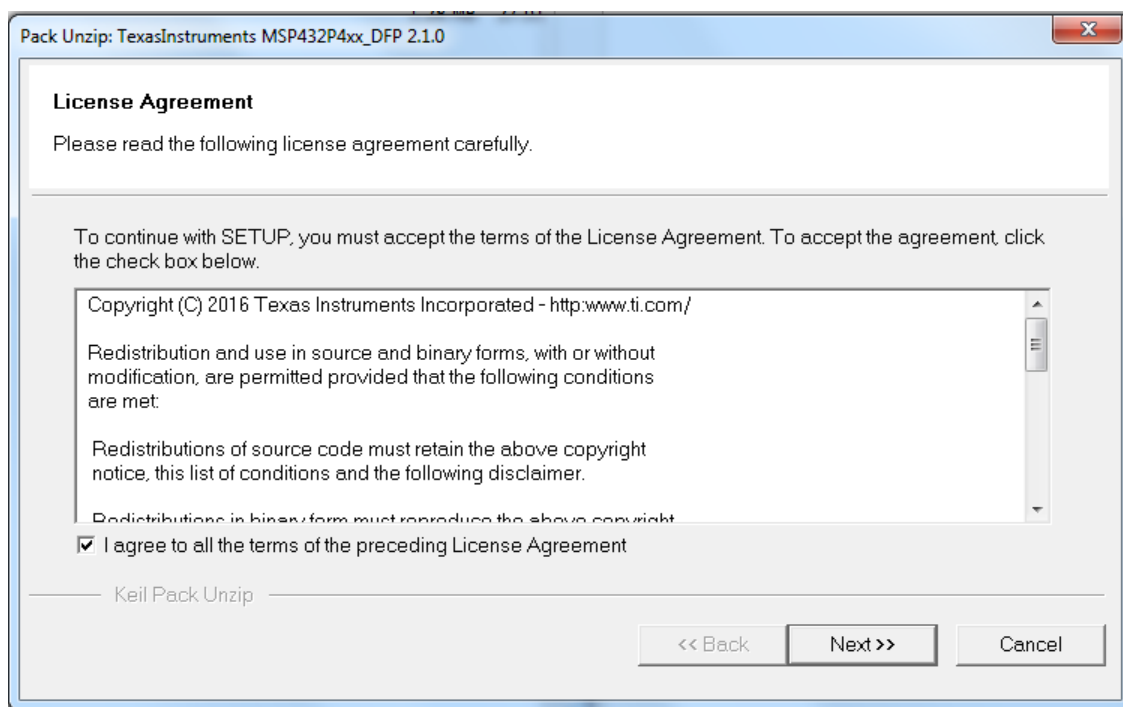


图 2. 许可协议

在包解压工具将器件系列文件复制到 μ Vision IDE 安装目录后，包解压工具完成操作（请参见图 3）。

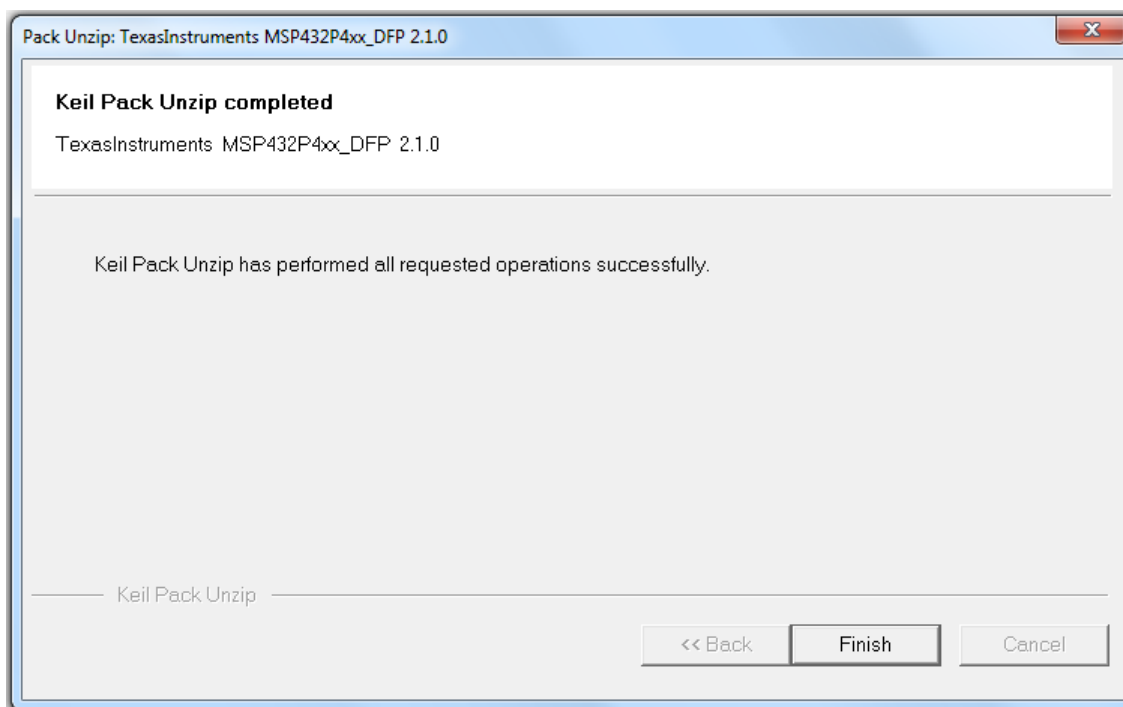


图 3. 器件系列包安装成功

如果工具报告错误，请检查器件系列包是否下载正确，以及 μ Vision IDE 目录是否可写。

2.2 使用 Keil 包安装程序进行安装

要使用 Keil 包安装程序进行安装，请先打开 Keil μ Vision IDE。要启动 Keil 包安装程序，转到项目 (Project) → 管理 (Manage) → 包安装程序 (Pack Installer)（请参见图 4）。

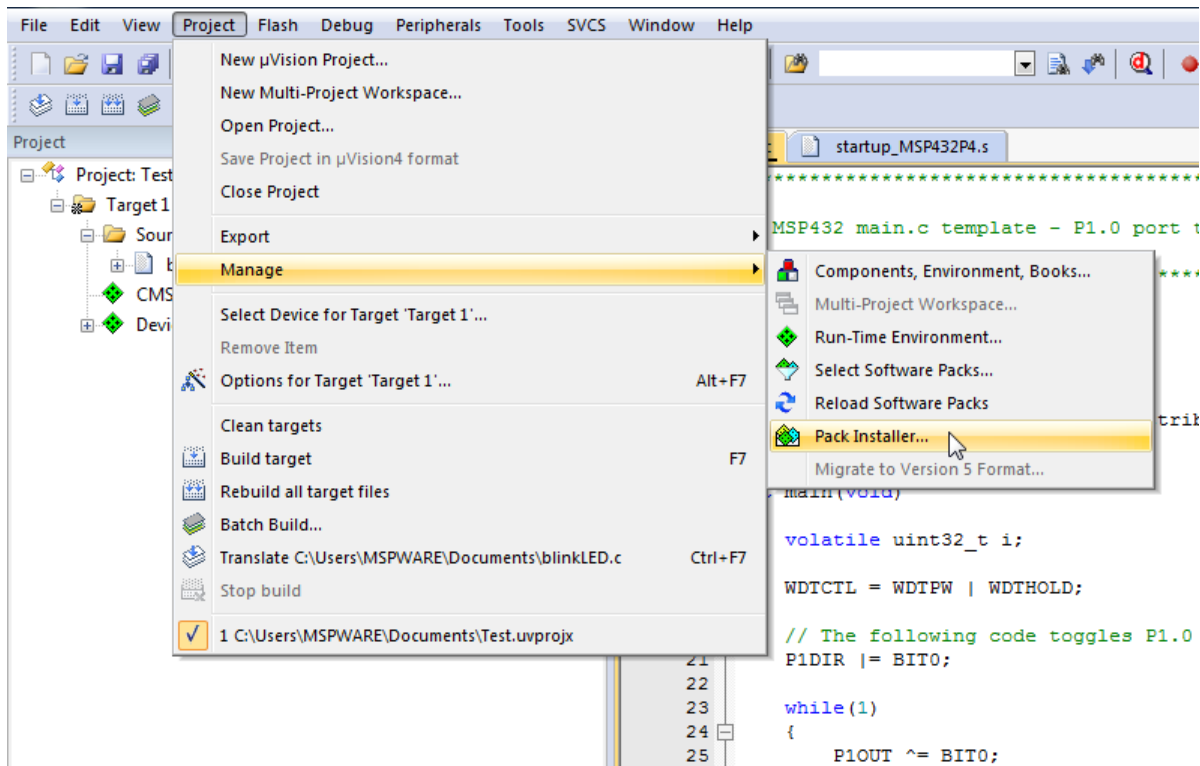


图 4. 启动包安装程序

启动包安装程序后，在器件列表中查找 Texas Instruments::MSP432P4xx 系列，并选择最新版本的关联 Texas Instruments::MSP432P4xx_DFP（请参见图 5）。

单击安装 (Install)，IDE 即开始下载并将 MSP432P4xx 器件系列包安装至 IDE。确保不要安装已弃用的包版本（有关弃用包的详细信息，请参见 2.3 节）。

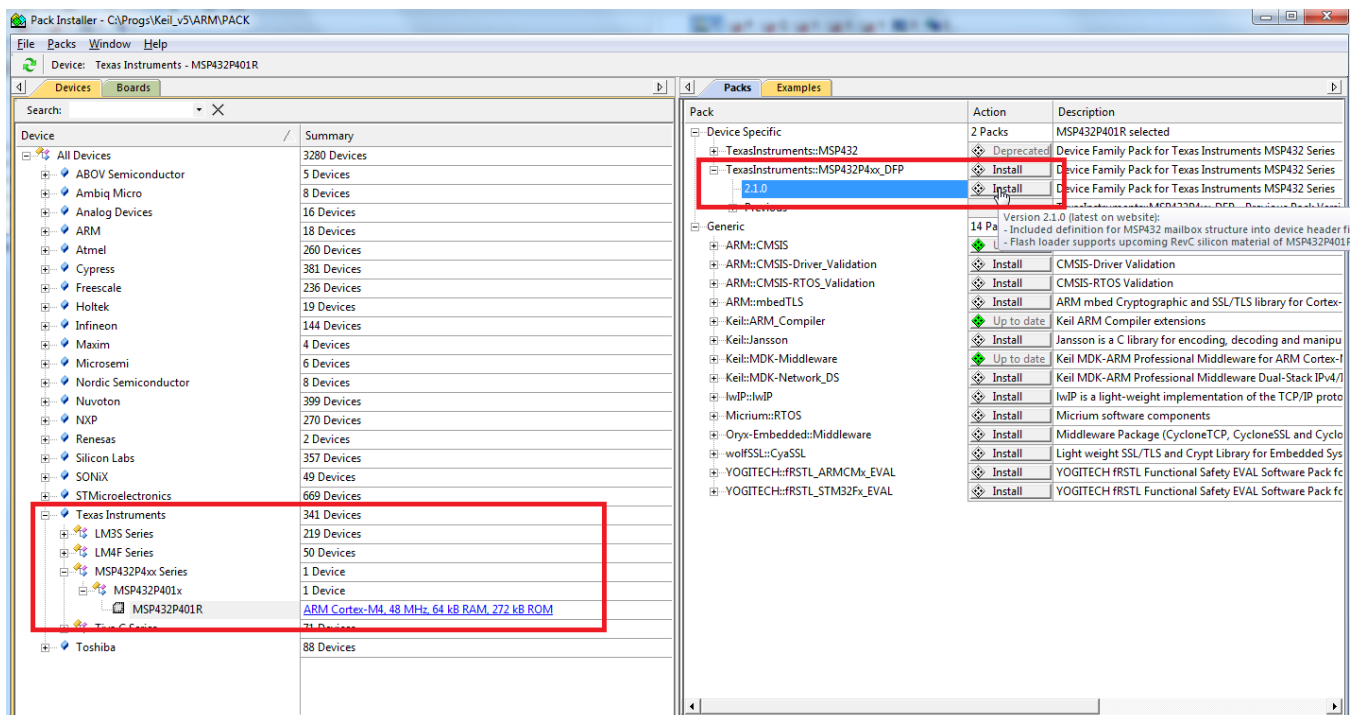


图 5. 安装 MSP432 器件系列包

如果工具报告错误，请检查 μ Vision IDE 目录是否可写。

2.3 移除弃用包

自 2016 年 2 月起，德州仪器 (TI) 为 MSP432P4xx 器件升级了新器件系列包 (Texas Instruments::MSP432P4xx_DFP)。该新器件系列包具有与 CMSIS 完全兼容的器件插座，于 2015 年 11 月在 <http://www.ti.com/MSP432CMSIS> 上发布。

而旧的 Texas Instruments::MSP432 器件系列包已弃用，所有相关版本应按照图 6 中所示移除。如果弃用器件系列包不移除，可能会导致项目同时使用旧器件系列包的信息和新包中的配置文件。

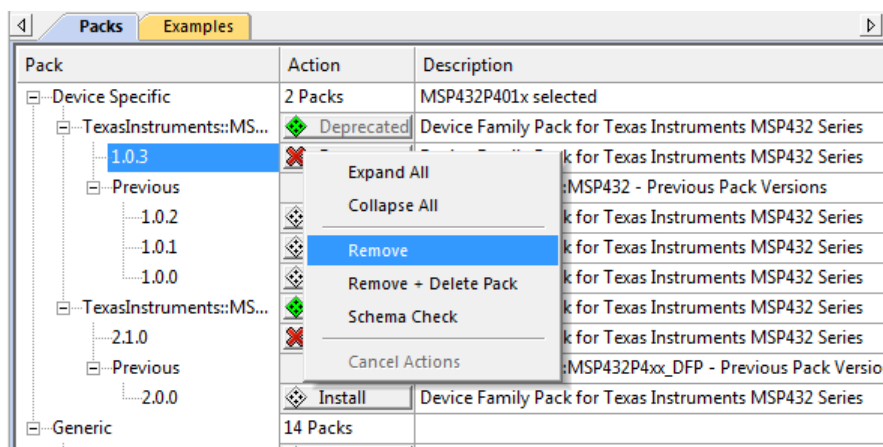


图 6. 移除弃用包

关于使用弃用版本的器件系列包创建的项目，请参见《适用于 MSP432P401R 的代码转换应用程序》和 7 节。

3 从头开始创建 SimpleLink MSP432 MCU 项目

在第一次启动 μ Vision 时，创建一个 MSP432 MCU 项目。转到项目 (Project) → 新 μ Vision 项目 (New μ Vision Project) 并单击该选项（请参见图 7）。

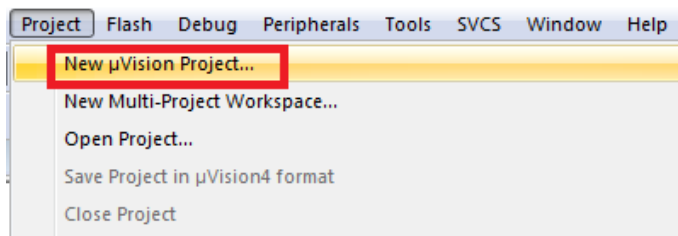


图 7. 创建新项目

随即显示一个文件对话框（请参见图 8），提示输入项目名称和位置。导航至合适的计算机目录，然后输入项目名称（例如，myFirstProject）。单击保存 (Save) 按钮，创建该项目文件。

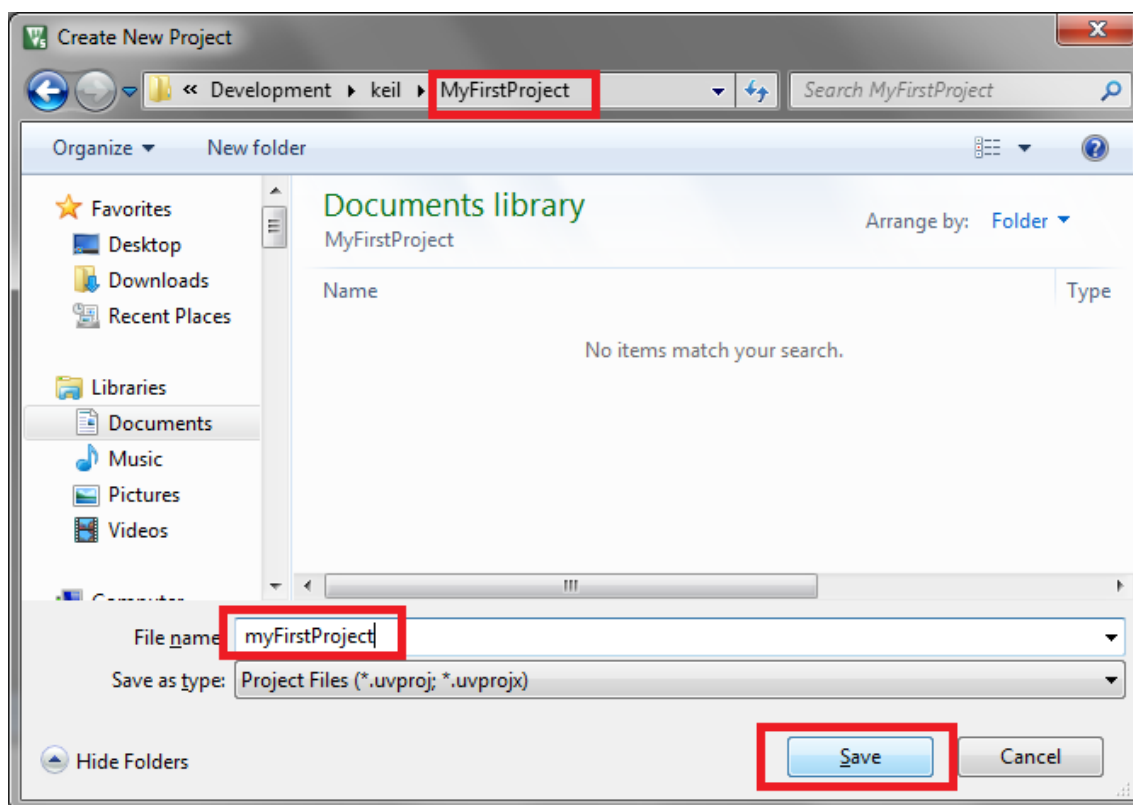


图 8. 指定项目名称

创建项目之后， μ Vision IDE 提示选择要使用的器件，以便对项目应用器件特定的设置。转到 德州仪器 (Texas Instruments) → MSP432xx 系列 (MSP432xx Series) → MSP432P401x，从可用器件列表中选择合适的器件（请参见图 9）。

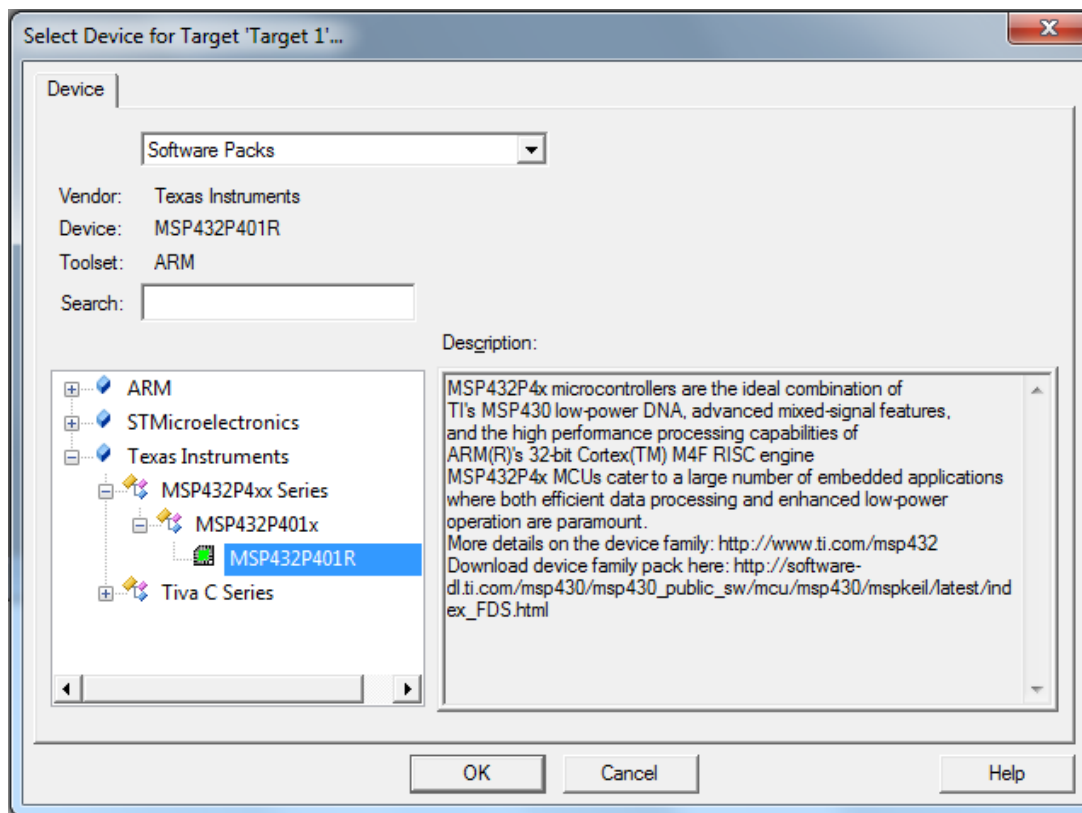


图 9. 选择 MSP432P401R 器件

器件选定之后，可在项目中添加运行时环境组件（请参见图 10）。如果跳过此步骤，可以稍后添加这些组件，也可以在通过特定软件包添加其他组件时，通过 μ Vision IDE 中的管理运行时环境 (**Manage Run-Time Environment**)按钮添加这些组件。

运行时环境组件包括器件启动和头文件，以及 ARM CMSIS 包中的 Cortex-M 通用功能和定义。

要开发 MSP432 MCU 代码，需要启用 **CMSIS** → **CORE** 和 器件 (**Device**) → 启动 (**Startup**) 选项。其他为可选项。

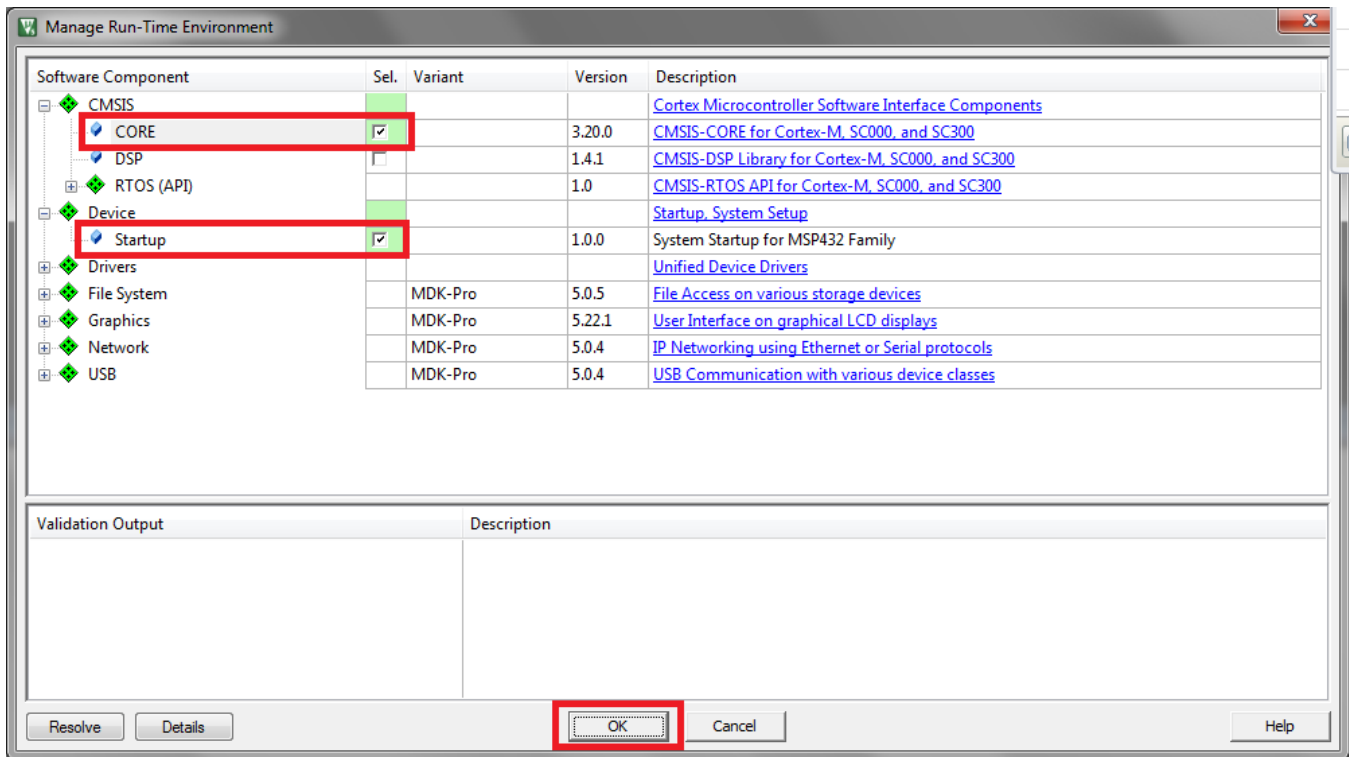


图 10. 将运行时环境组件添加到项目

通过单击确定 (**Ok**) 按钮完成向导后， μ Vision 将显示包含两个源代码文件的新建项目：

- startup_MSP432p401r_uvision.s: 汇编语言文件，其中包含中断向量表和全部可用中断服务程序定义（包含复位向量）
- system_MSP432p401r_uvision.c: C 文件，其中包含低电平器件初始化函数（包括看门狗定时器暂停命令）

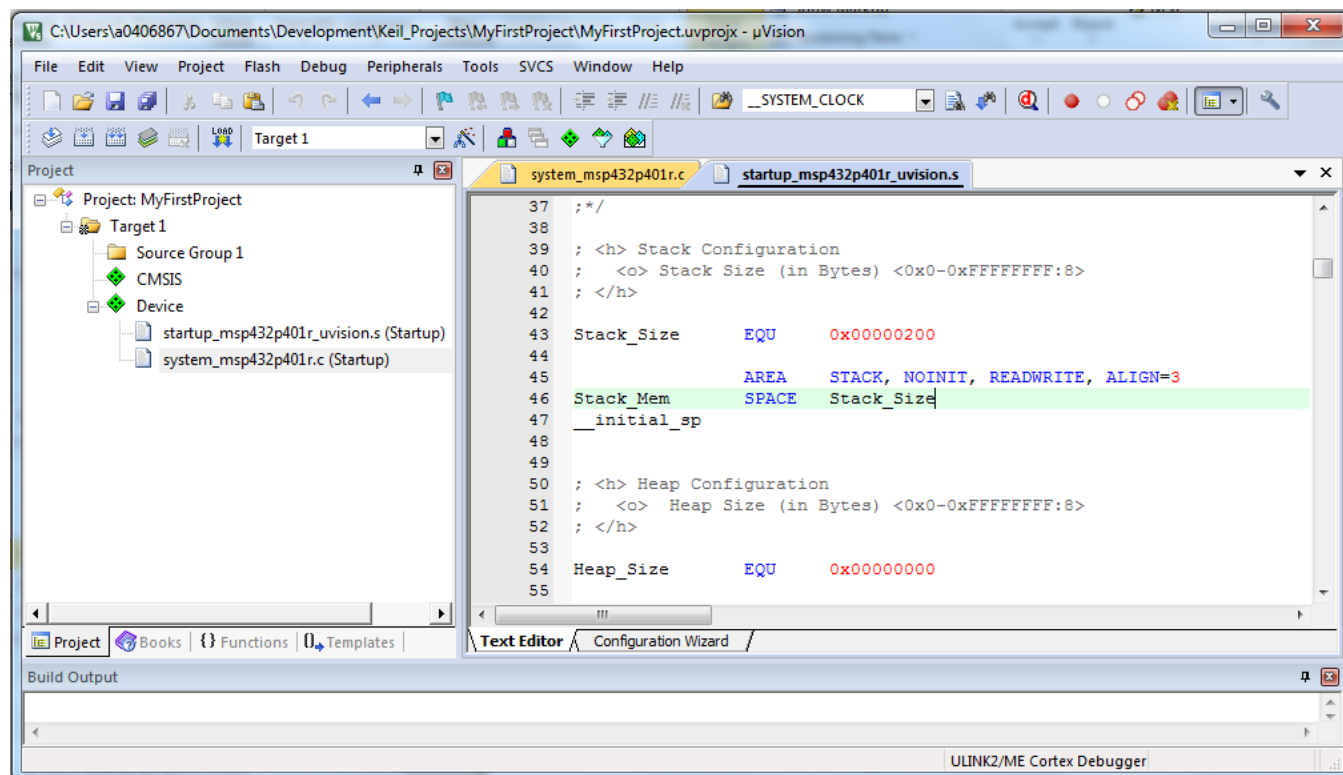


图 11. 空项目

要启动代码开发，需要 `main()` 函数。要创建源代码文件，请右键单击源组 1 (Source Group 1)，然后选择将新项添加到组 (Add New Item to Group)（请参见图 12）。

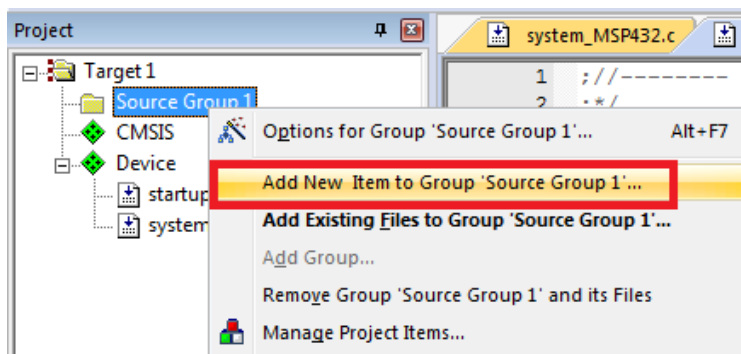


图 12. 将新项添加到项目

随即打开向导，可在其中创建多种类型的文件。用户代码模版随 MSP432 器件系列包一同提供，因此，可以选择使用 BlinkLED 代码或空的主代码。该模版包含 `msp.h` 系列头文件并使用可提供 MSP430 后向兼容性的 C 头文件。

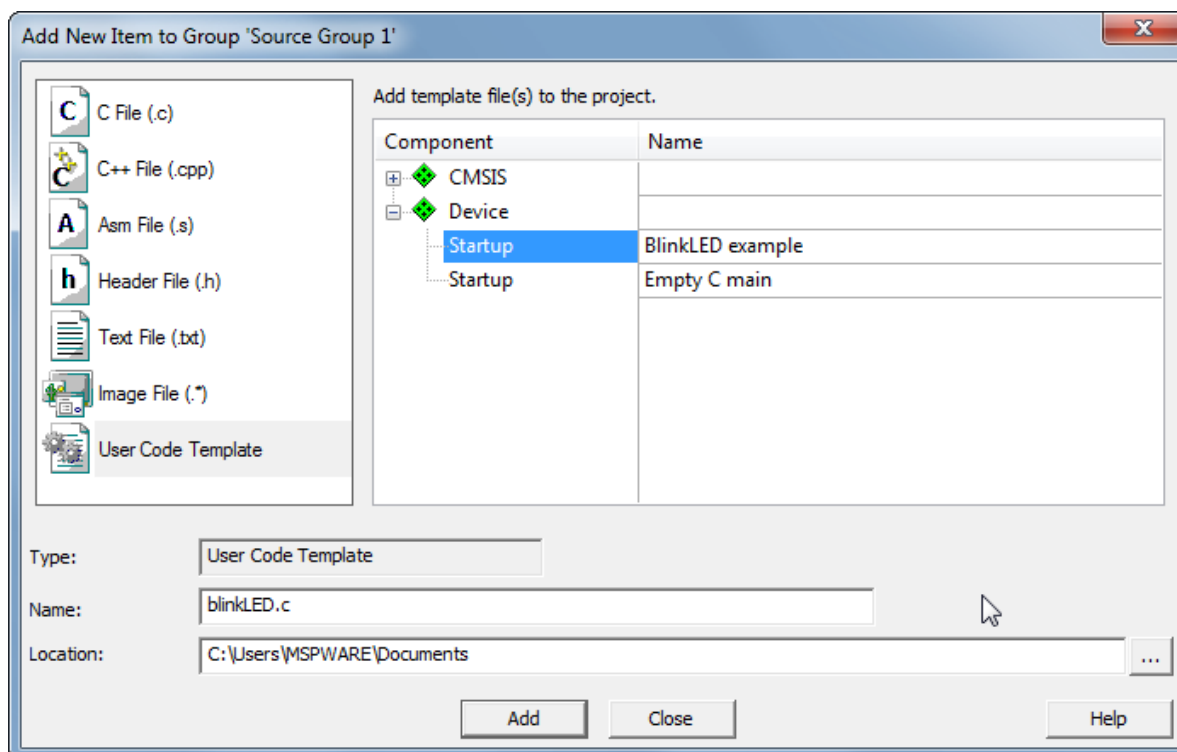


图 13. 添加用户代码模版

将用户代码模版添加到代码后，即可对项目进行编译。右键单击项目，然后从上下文菜单中选择重新构建所有目标文件 (**Rebuild all target files**)，或者按 **F7** 重新构建所有目标文件。如果项目设置正确，编译器和连接器输出类似于 图 14 中所示。

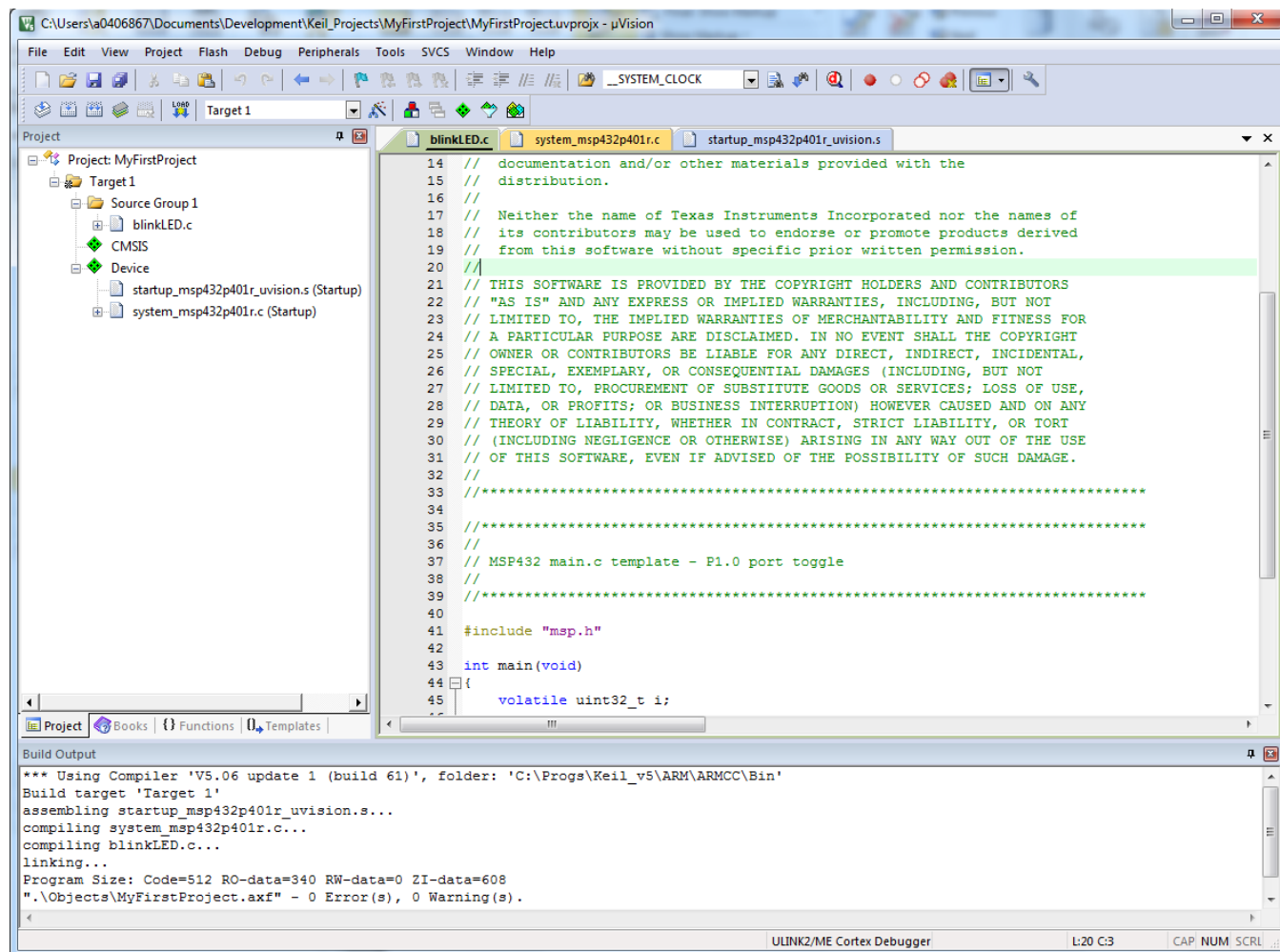


图 14. 编译项目

该项目已准备就绪，可以上传至器件。

4 打开现有的 SimpleLink MSP432 MCU 项目

要打开项目，首先启动 μ Vision IDE。启动 IDE 之后，单击项目 (**Project**) → 打开项目 (**Open Project**)（请参见图 15）。

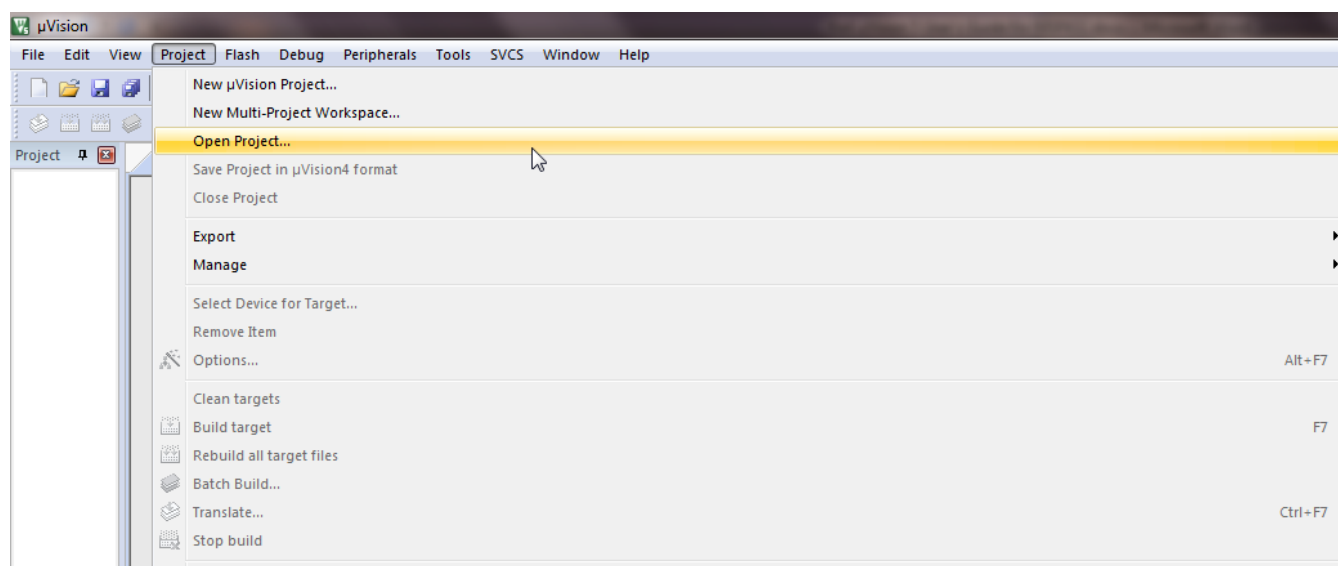


图 15. 打开项目

单击“打开项目...”(Open Project...) 之后，导航至项目存储位置，双击 .uvprojx 文件以打开 IDE 中的项目（请参见图 16）。

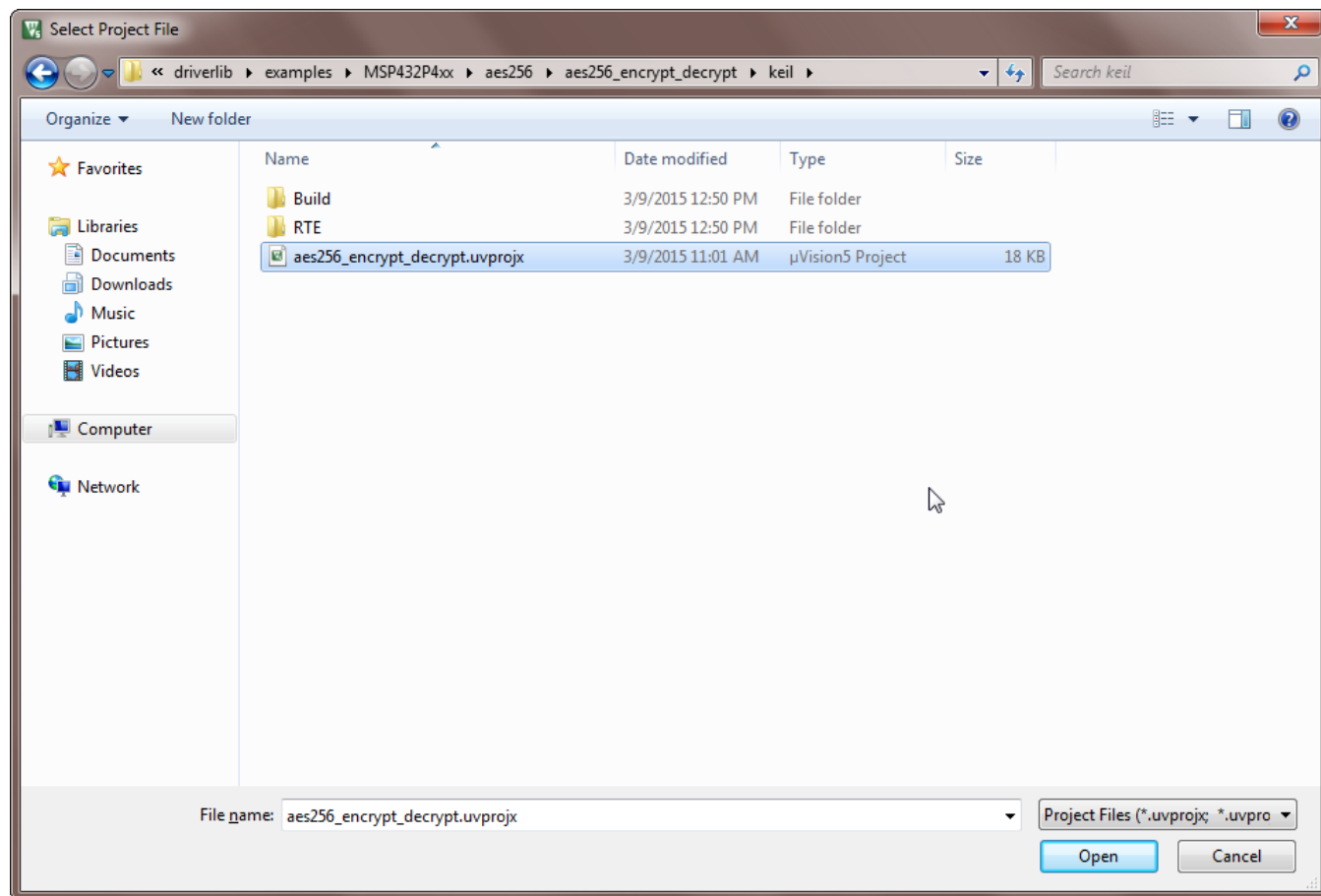


图 16. 选择要导入的项目

5 使用软件开发套件中的 SimpleLink MSP432 MCU 示例

SimpleLink MSP432 软件开发套件 (SDK) 包含适用于所有 MSP432 器件的多个软件示例、项目、文档、应用手册和培训。其中包括使用 MSP432 MCU 的 Keil µVision 示例项目。有关详细信息，请访问 [SimpleLink MSP432 SDK 页面](#)。

所有 SDK 文档均可在 SDK 安装路径中的文档文件夹中找到。打开该文件夹中的 `Documentation_Overview.html`，然后导航至 IDE 的快速入门指南。

SDK 中的每个示例都包含一个名为“Keil”的文件夹，其中包含 *.uvprojx file 文件和项目描述。要将项目导入 Keil MDK，请将项目复制到工作位置并打开项目文件（请参见图 17）。

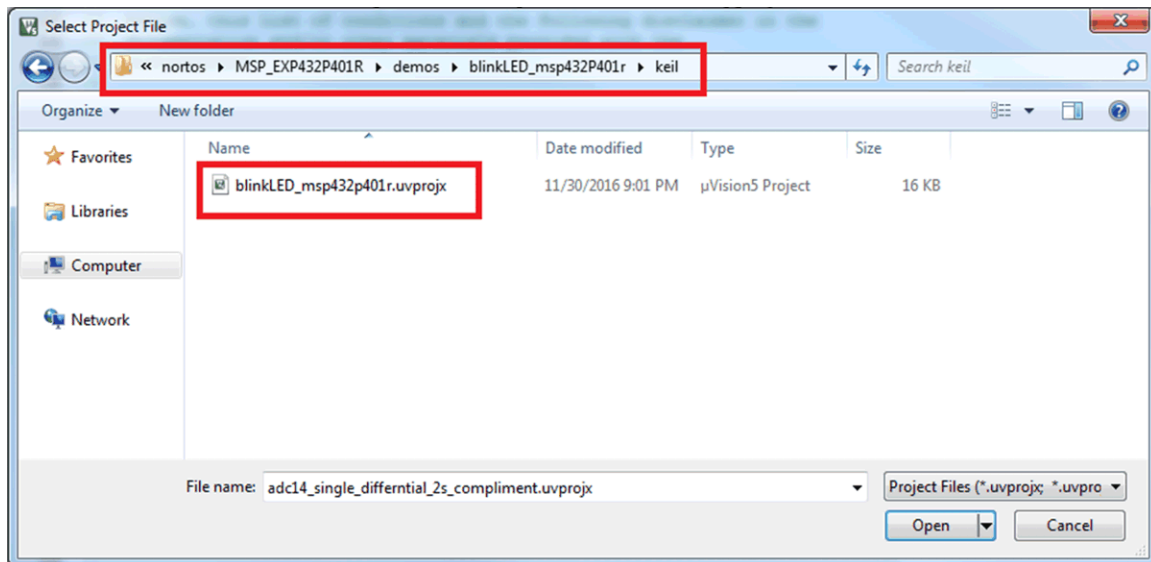


图 17. 从 SDK 中选择项目

可能需要更改器件设置和调试器以适合您的环境。

6 调试应用程序

下列调试探针已经过 MSP432 MCU 和 μ Vision IDE 测试。

- Segger J-Link
- Keil ULINK2 和 ULINK Pro
- XDS110-ET（使用 CMSIS-DAP 或本机支持 MDK 5.20 及更高版本）

如果要使用上面未列出的调试探针，可以在遇到问题时联系调试探针供应商或 ARM。

6.1 使用 Segger J-Link 调试探针

要使用 Segger J-Link 调试探针，请右键单击活动项目，然后选择目标选项 (**Options for Target**) (请参见图 18)。

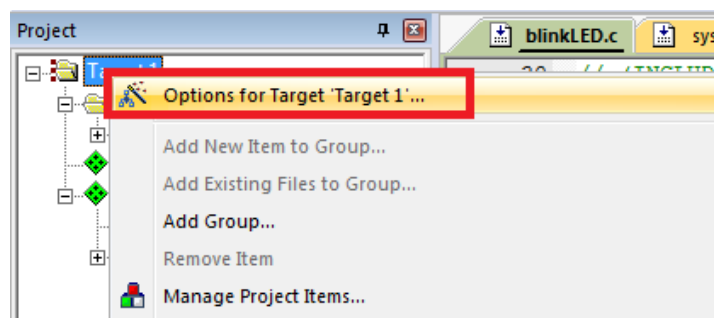


图 18. 项目选项

在目标选项 (**Target Options**) 窗口中，选择调试 (**Debug**) 窗格 (请参见图 19)。从右侧下拉菜单中，选择 J-Link 调试探针。

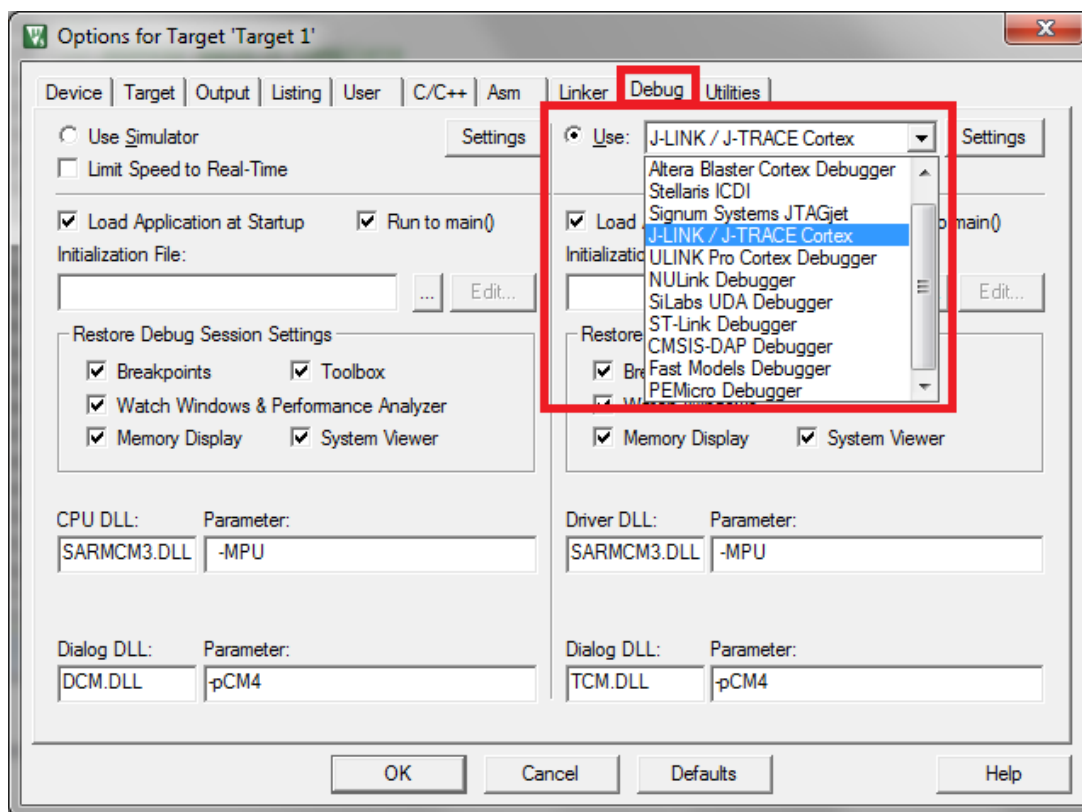


图 19. 选择 J-Link 调试探针

接下来需要通过单击调试探针旁的设置 (**Settings**) 按钮转到调试探针特定的设置 (请参见图 20)。

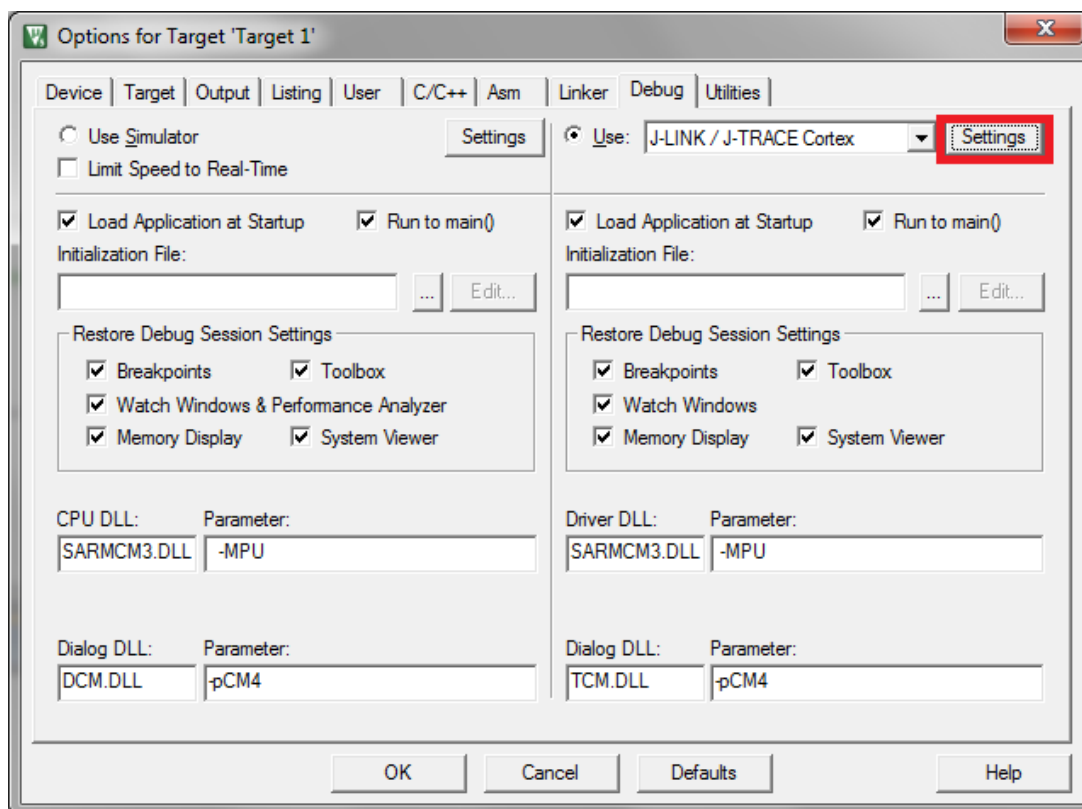


图 20. 转到 J-Link 调试探针设置窗口

在调试探针设置窗口（请参见图 21）中，确保下载选项 (**Download Options**) 框中的两个复选框都处于选中状态。

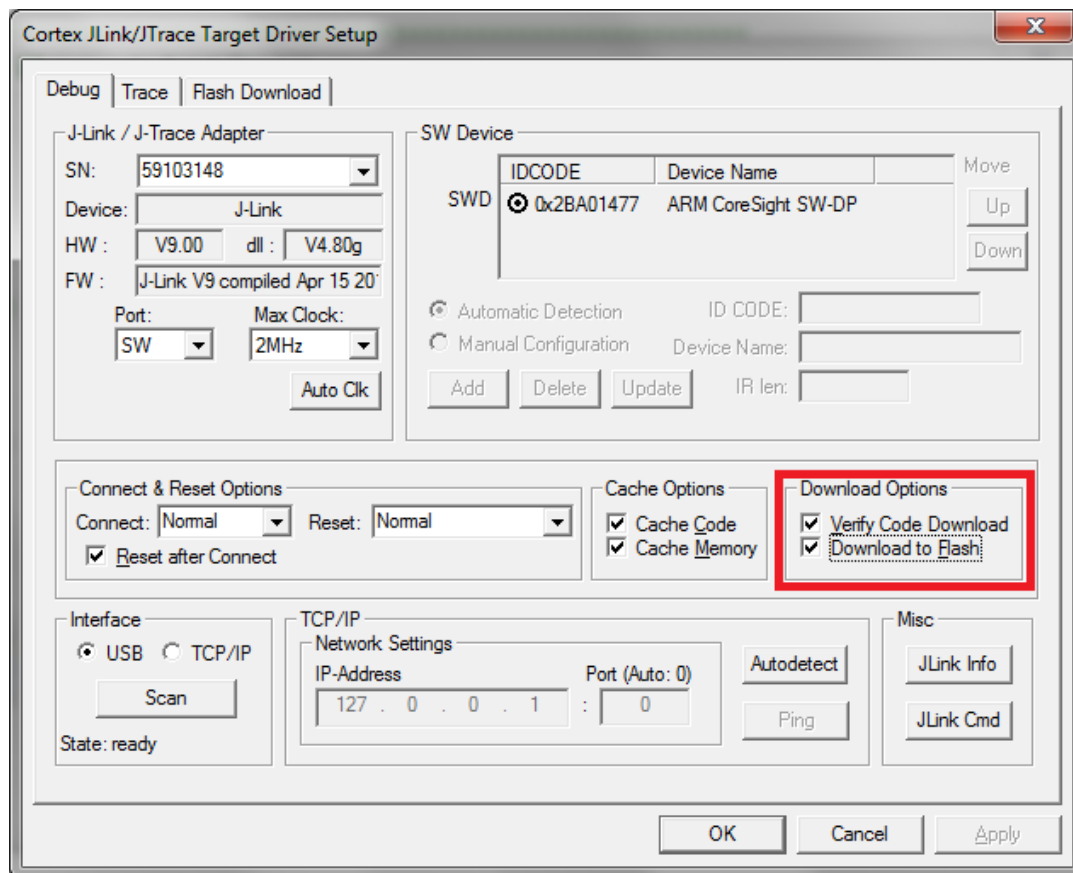


图 21. 启用 J-Link 下载选项

转到闪存下载 (**Flash Download**) 窗格，以配置闪存如何擦除、编程和/或校验。该设置如 图 22 所示，先发出闪存批量擦除命令，然后对闪存进行编程并对编程映像进行校验，最后是启用调试。即使选中“擦除全片” (Erase Full Chip)，也不会擦除引导加载程序 (BSL)。要替换 BSL，请选择“擦除扇区”(Erase Sectors) 并将代码置于存储器的 BSL 部分。

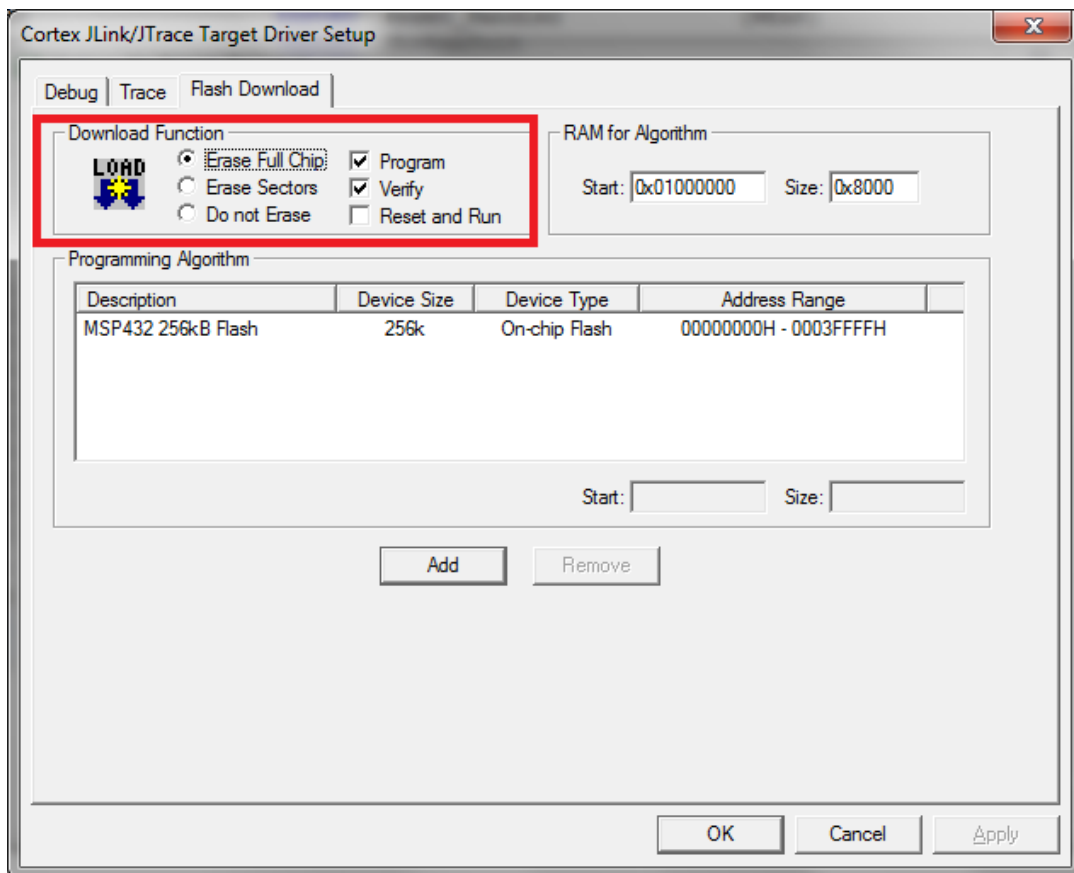


图 22. J-Link 下载函数配置

配置已下载的闪存之后，即可启动调试会话。打开调试 (**Debug**) → 开始/停止调试会话 (**Start/Stop Debug Session**)，或按 **Ctrl+F5**。

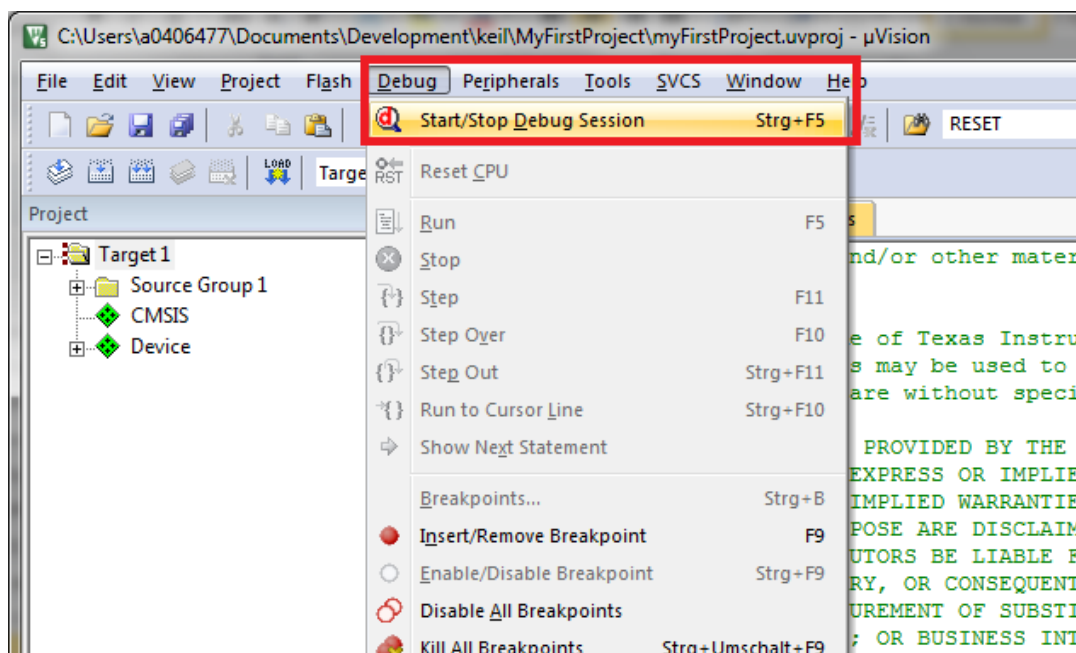


图 23. 启动调试会话

如果使用早期版本的 Segger J-Link 软件，立即会弹出一个窗口，指示 Segger J-Link 数据库中不存在 MSP432 器件。对于手动器件选择问题回答“否”比较安全，但要检查 Segger 是否存在已更新版本的 J-Link 软件。然后启动调试会话。图 24 显示启动调试会话期间的命令窗口输出。

```
Load "C:\\Users\\a0406477\\Documents\\Development\\keil\\MyFirstProject\\myFirstProject.axf"
* JLink Info: Device "UNSPECIFIED" selected (0 KB flash, 0 KB RAM).
Set JLink Project File to "C:\\Users\\a0406477\\Documents\\Development\\keil\\MyFirstProject\\JLinkSettings.ini"
* JLink Info: Device "UNSPECIFIED" selected (0 KB flash, 0 KB RAM).

JLink info:
-----
DLL: V4.80g, compiled Feb 13 2014 20:50:02
Firmware: J-Link V9 compiled Apr 15 2014 19:08:28
Hardware: V9.00
S/N : 59103148
Feature(s) : GDB

* JLink Info: Found SWD-DP with ID 0x2BA01477
* JLink Info: Found Cortex-M4 r0p1, Little endian.
* JLink Info: FPUnit: 6 code (BP) slots and 2 literal slots
* JLink Info: TPIU fitted.
ROMTableAddr = 0xE00FF003

Target info:
-----
Device: MSP432P401R
VTarget = 3.262V
State of Pins:
TCK: 0, TDI: 0, TDO: 0, TMS: 1, TRES: 1, TRST: 0
Hardware-Breakpoints: 6
Software-Breakpoints: 8192
Watchpoints: 4
JTAG speed: 2000 kHz

Full Chip Erase Done.
Programming Done.
Verify OK.
```

图 24. 调试会话启动期间的消息

将程序映像写入闪存后，调试会话启动，调试器在主函数处暂停（请参见图 25）。

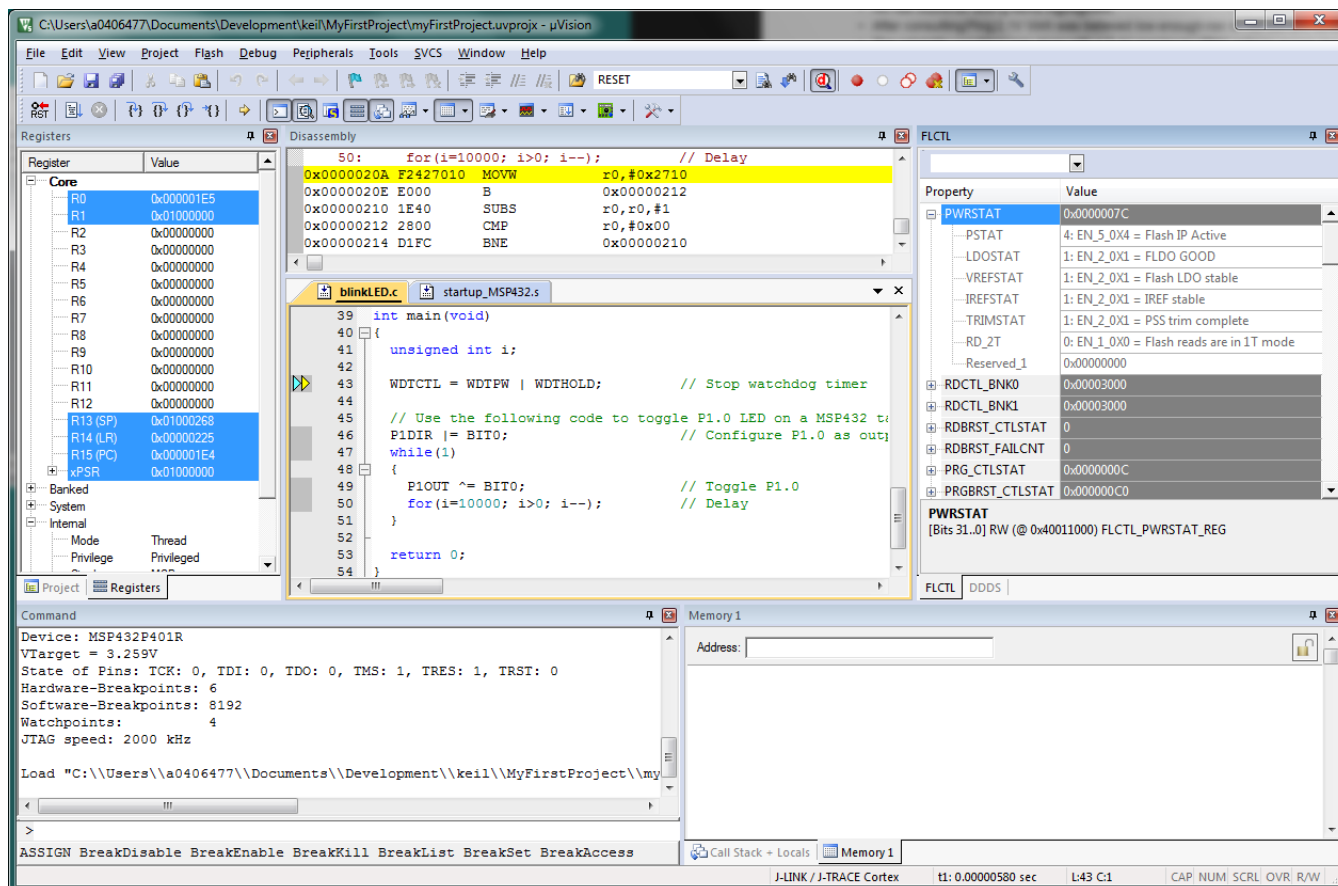


图 25. 调试会话在 main() 暂停

如果使用 MSP432 目标插接板，可以利用 J-Link 在 Cortex-M 调试连接器的 19 引脚上提供的 5V 电压输出为 MSP432 器件供电。由于此选项在 IDE 中不可用，因此需要通过 J-Link Commander（Segger 中提供的控制台应用程序）启用此选项。启用后，调试探针为目标系统提供 5V 电压。有关如何配置目标插接板以使用 5V 电源生成 3.3V 器件电压的说明，请参见《MSP432™ SimpleLink™ 微控制器硬件工具用户指南》；有关启用电压输出的说明，请参见 Segger 文档。

图 26 显示了在 J-Link Commander 中执行 power on 命令的结果。执行该命令之前，测量的目标电压为 0V，在施加目标电源之后，目标电压为 3.3V。

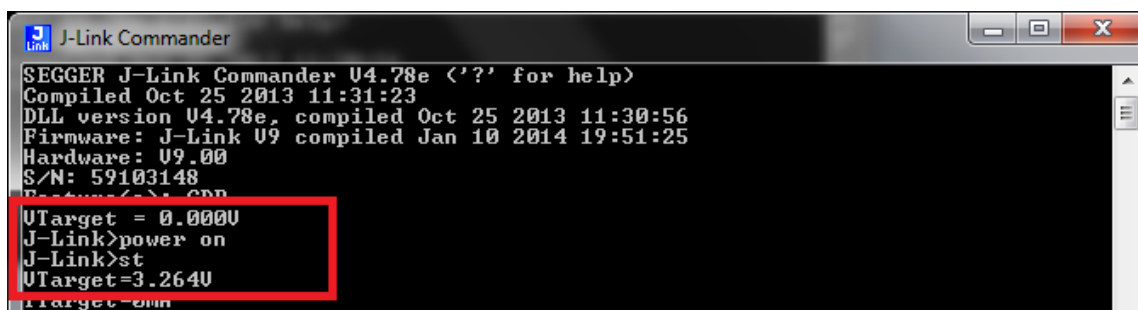


图 26. 使用 J-Link Commander 为目标系统启用电源输出

现在可以正常下载程序并使用带有 μVision 的 Segger J-Link 调试探针进行调试。

6.1.1 关于器件保护

如果已禁用器件的 JTAG 访问，或使用需要解锁安全 IP 区域的应用，则需要在调试会话中添加一个 J-Link 脚本，以便启用恢复出厂设置。在调试会话期间，可通过单击状态栏中的 J-Link 图标来启动 J-Link 控制面板（请参见图 27）。

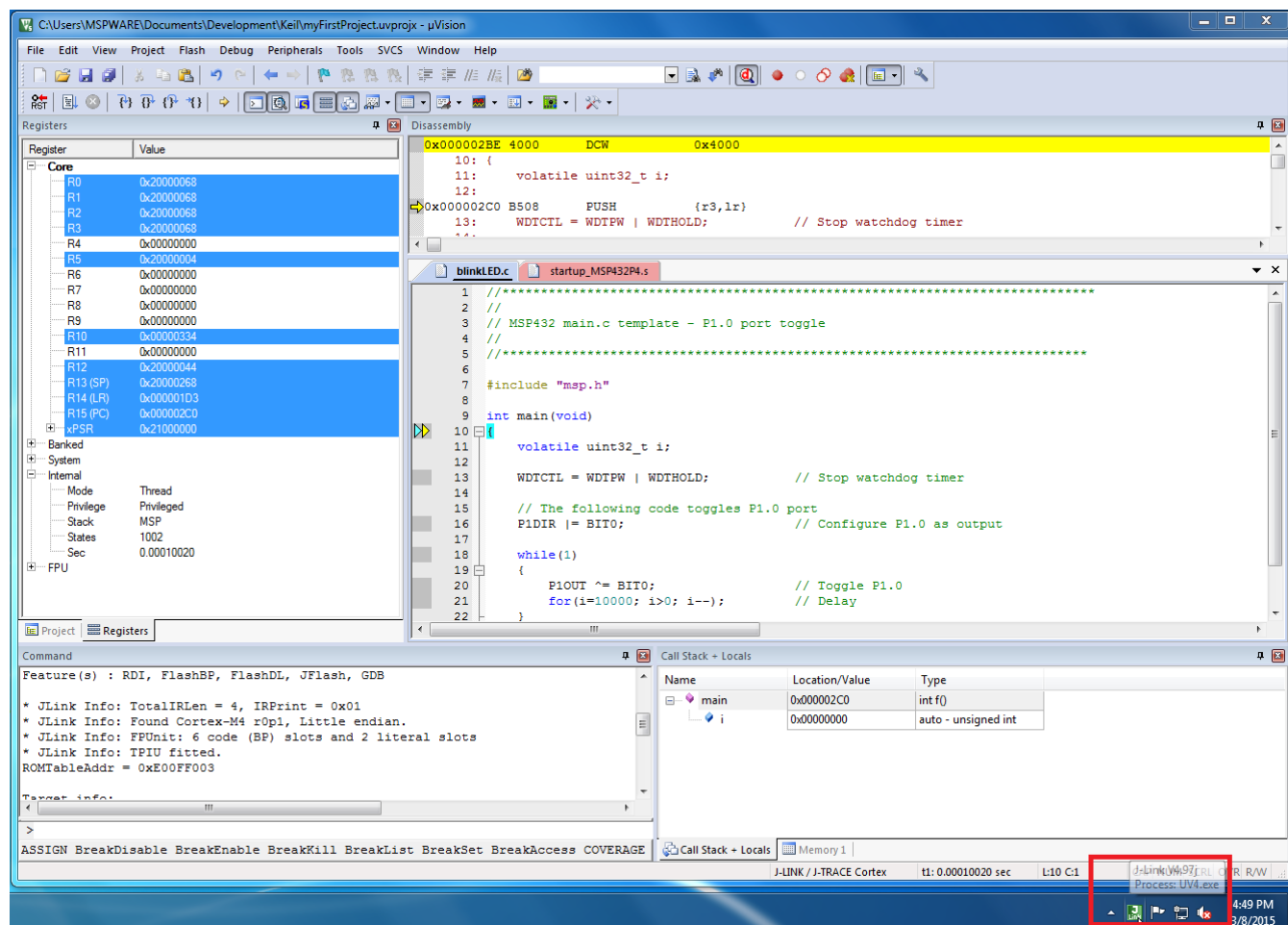


图 27. 启动 J-Link 控制面板

启动 J-Link 控制面板后，添加 Keil 包中提供的适用于 MSP432 MCU 的 J-Link 脚本。图 28 显示了脚本文件的位置。

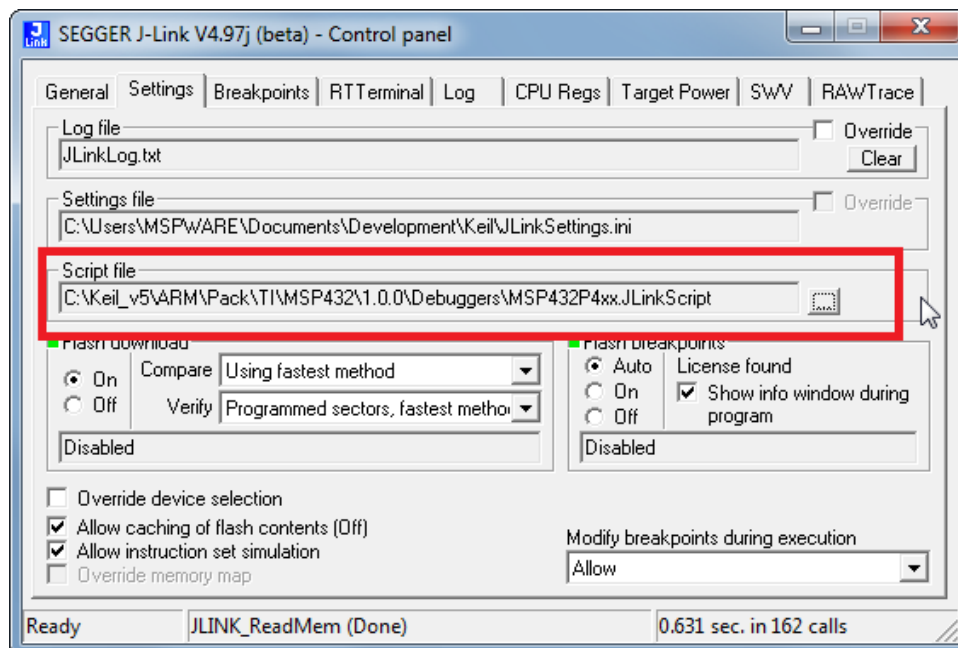


图 28. J-Link 控制面板

可以在启动特定调试会话时以及每次将代码下载到器件时运行 J-Link 脚本。如果在尝试下载代码时器件已保护，会出现一个对话框，提示器件已保护并且将被擦除（请参见图 29）。

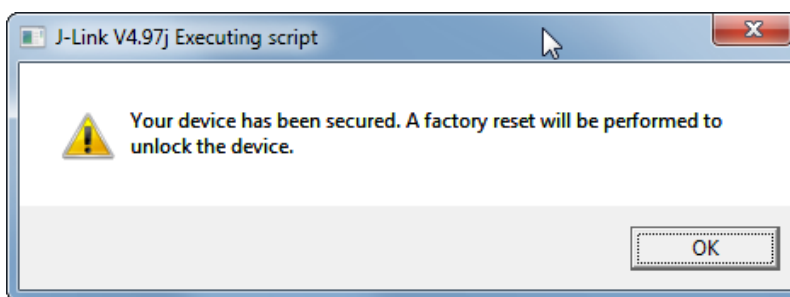


图 29. 用于检测器件已保护的 J-Link 脚本

单击对话框中的确定 (OK)，发出恢复出厂设置命令，这会擦除器件上的所有代码并开始下载已编译代码。完成恢复出厂设置后，将显示确认对话框（请参见图 30）。

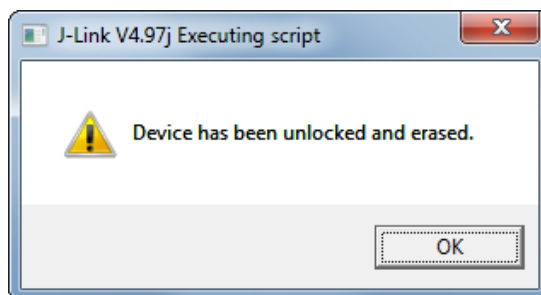


图 30. 器件已解锁且已擦除

6.2 使用 Keil ULINK2 和 ULINK Pro 调试探针

要使用 Keil ULINK2 或 ULINK Pro 调试探针，请右键单击活动项目，然后选择目标选项 (**Options for Target**)。

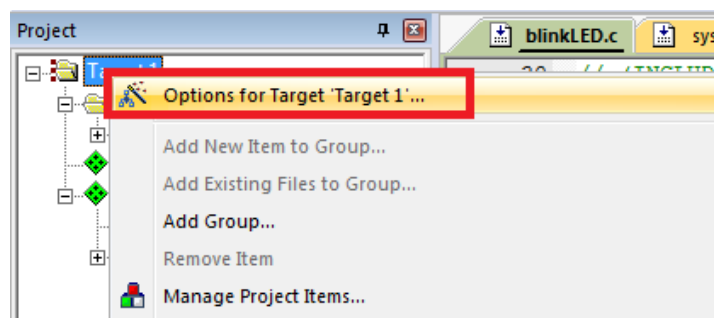


图 31. 项目选项

在目标选项 (Target Options) 窗口中，选择调试 (**Debug**) 窗格（请参见图 32）。在下拉菜单中选择 ULINK2 或 ULINK Pro 调试探针。在选择右侧调试探针时需要注意，因为驱动程序有所不同。

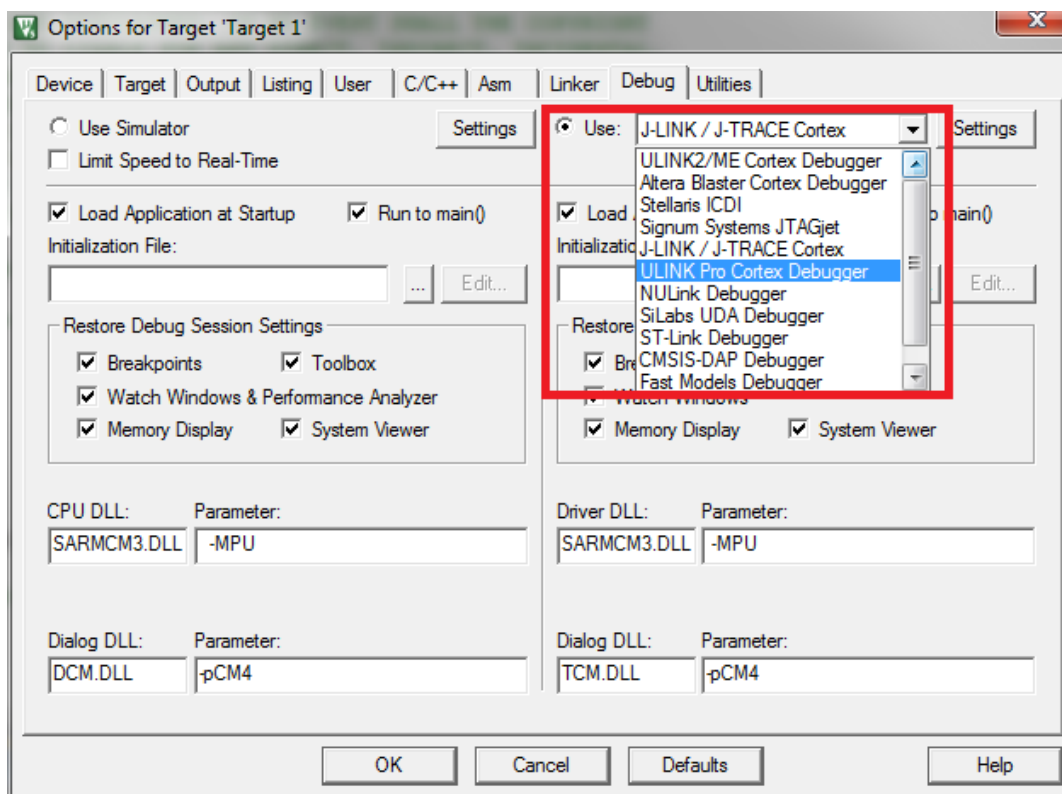


图 32. 选择 ULINK Pro 调试探针

在调试探针设置窗口（请参见图 33）中，确保下载选项 (**Download Options**) 框中的两个复选框都处于选中状态。

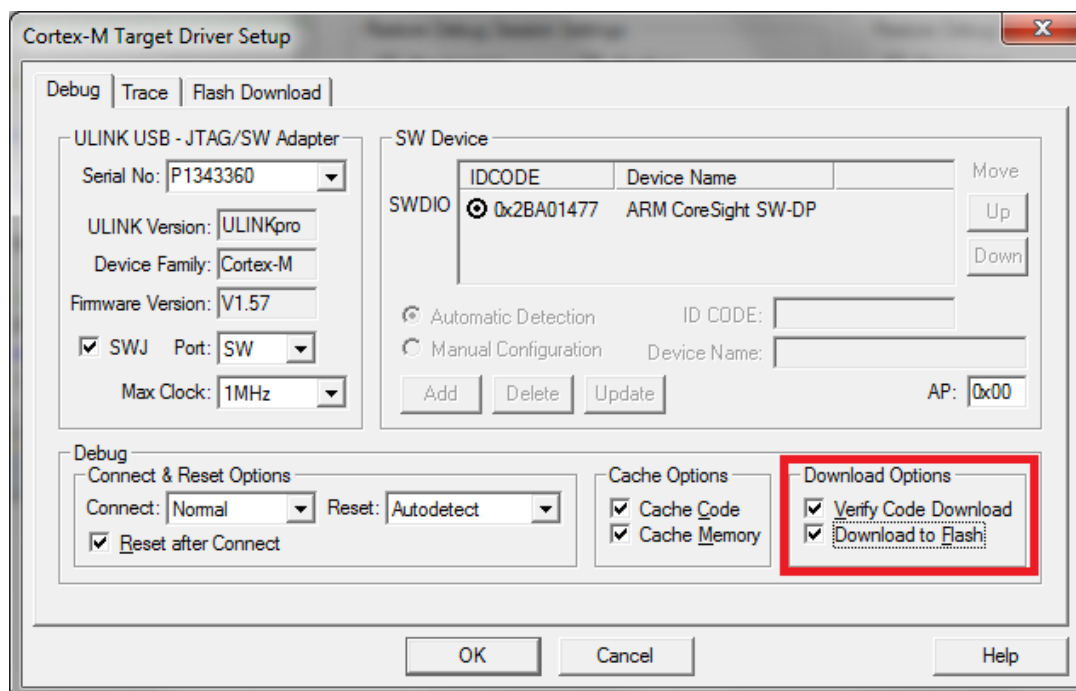


图 33. 选择 ULINK Pro 下载选项

现在转到闪存下载 (**Flash Download**) 窗格，配置闪存如何擦除、编程和/或校验。图 34 显示了相应的设置，即先发出闪存批量擦除命令，然后对闪存进行编程并对编程映像进行校验，最后是启用调试。即使选中“擦除全片”(Erase Full Chip)，也不会擦除 BSL。要替换 BSL，请选择“擦除扇区”(Erase Sectors) 并将代码置于存储器的 BSL 部分。

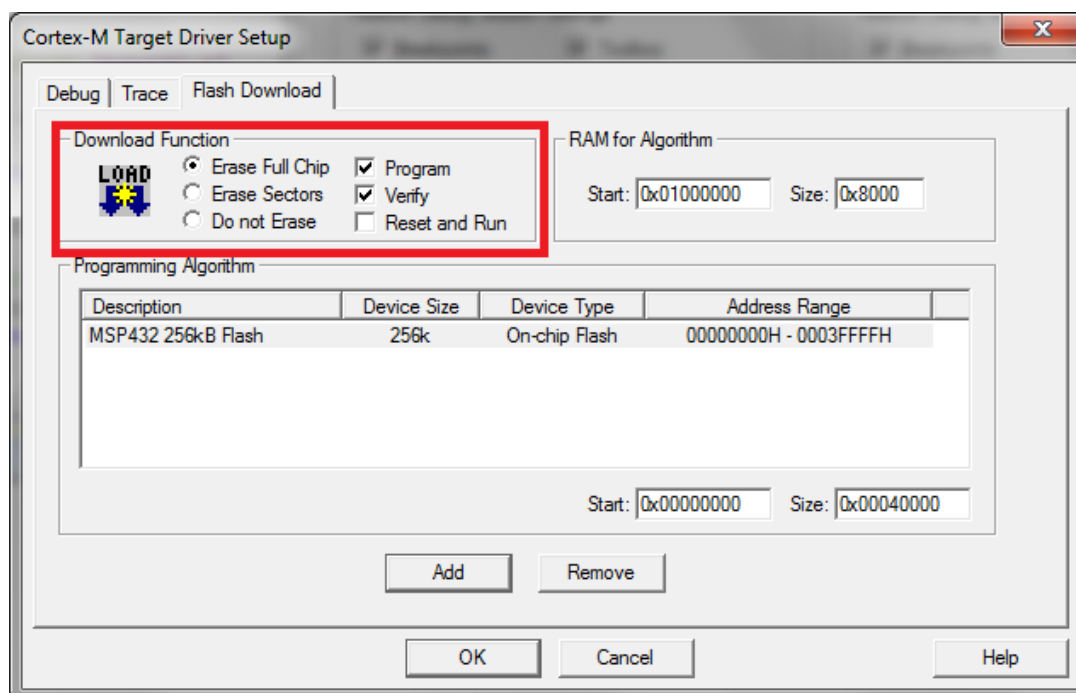


图 34. 选择 ULINK Pro 下载功能

配置已下载的闪存之后，即可启动调试会话。打开调试 (Debug) → 开始/停止调试会话 (Start/Stop Debug Session)，或按 **Ctrl+F5**。

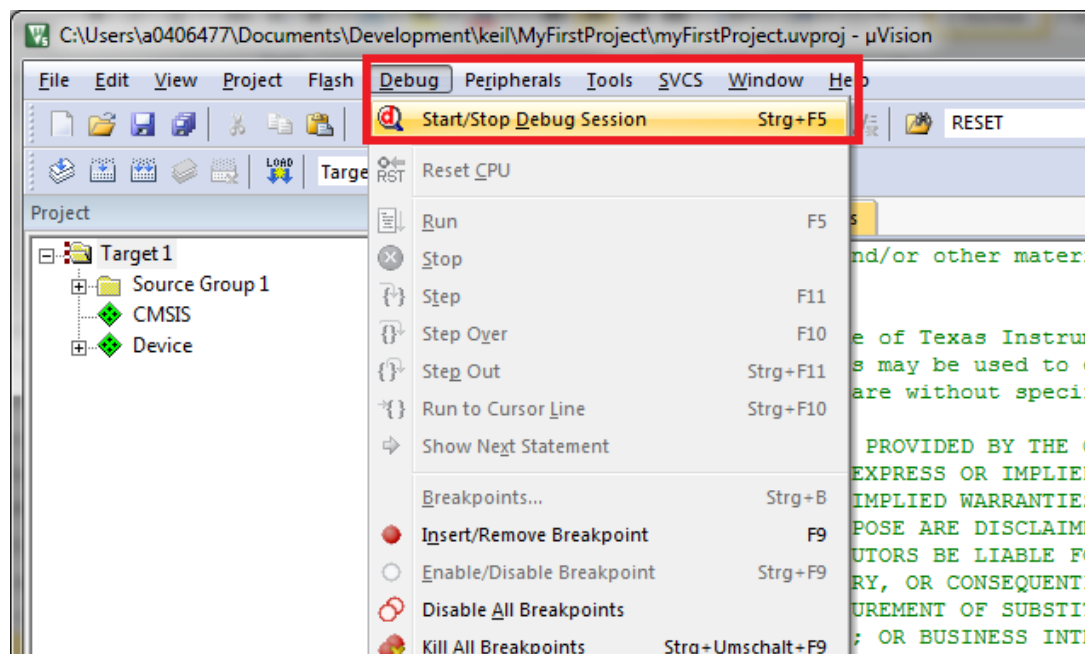


图 35. 启动调试会话

将程序映像写入闪存后，调试会话启动，调试器在主函数处暂停（请参见图 36）。

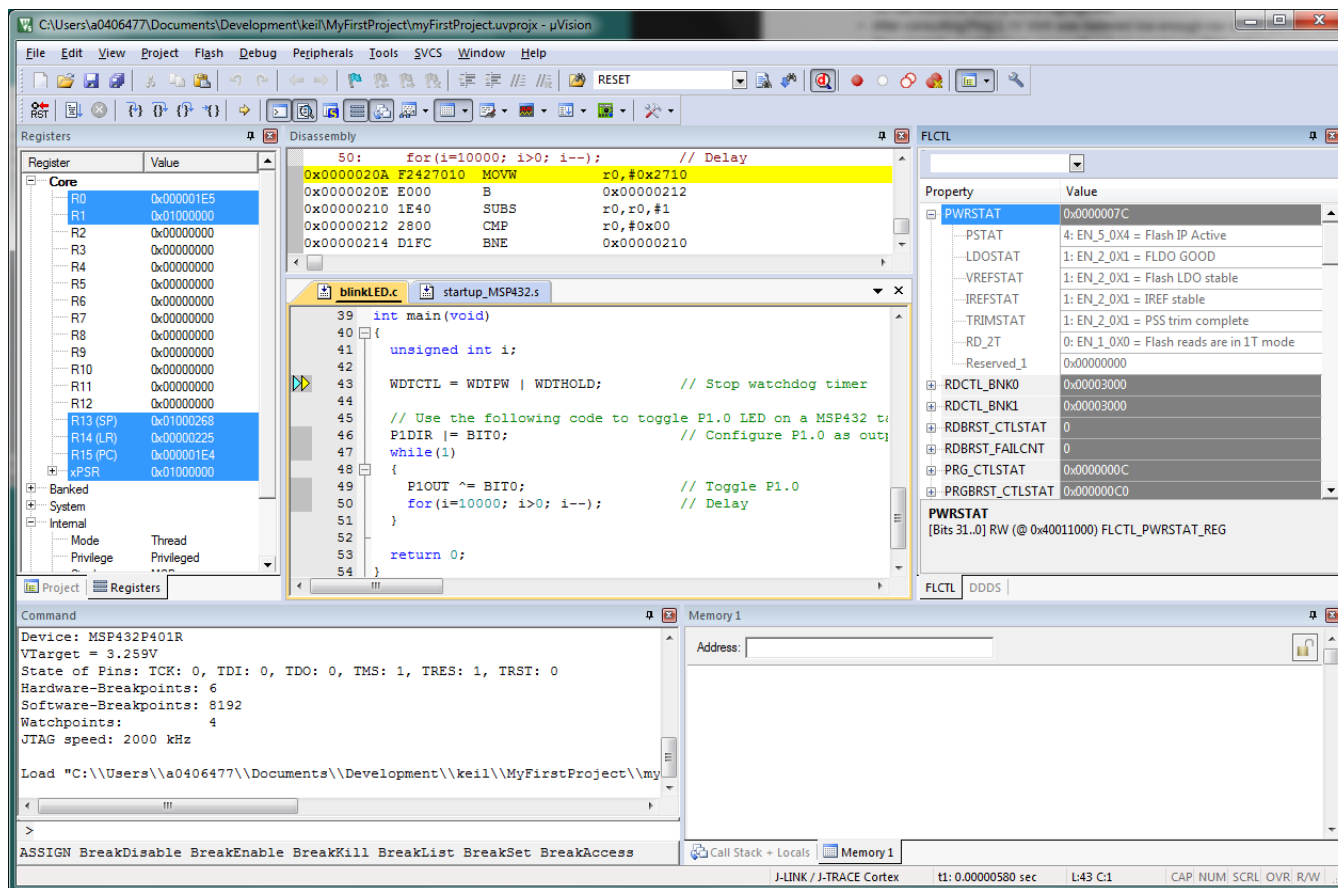


图 36. 调试会话在 `main()` 顺利启动和暂停

6.2.1 关于器件保护

如果已禁用器件的 JTAG 访问，或使用需要解锁安全 IP 区域的应用，则 Keil 在下载代码之前自动在器件上运行检查。如果 Keil 发现器件已保护，则会显示对话框（请参见图 37）。

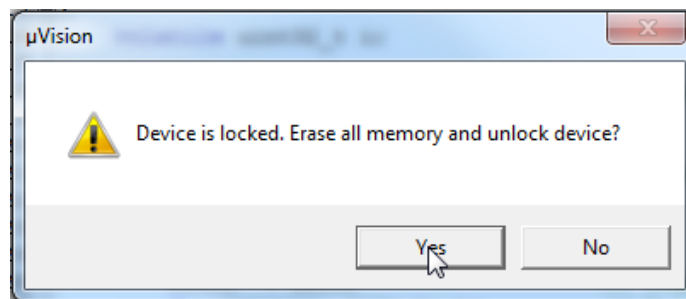


图 37. 请求执行恢复出厂设置的对话框

单击是 (Yes) 执行恢复出厂设置，这会解锁器件，从而下载代码。下载代码之后，启动调试会话。

单击否 (No) 结束调试会话并使器件保持锁定状态。

6.3 使用 XDS110-ET 调试探针

XDS110-ET 调试器适用于 MSP-EXP432P401R LaunchPad™ 开发套件，开发人员可以快速开始开发和调试应用（位于 MSP432 MCU 上）。要使用 XDS110-ET 调试探针，请右键单击活动项目，然后选择目标选项 (Options for Target)。

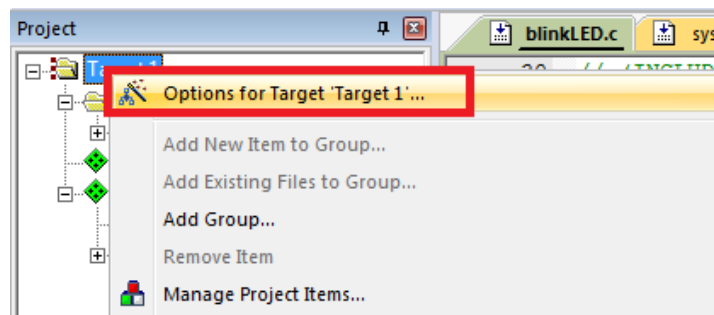


图 38. 项目选项

在目标选项 (Target Options) 窗口中，选择调试 (Debug) 窗格。在下拉菜单中，选择 CMSIS-DAP 调试器或 TI XDS 调试器。TI XDS 具有更高性能，可用于 MDK 5.20 或更高版本。

注： 本机支持或通过 CMSIS DAP 支持 TI XDS110 调试器。要在 MDK 5.20 中实现 TI XDS 本机支持，则需要在默认文件夹 C:\TI\ccs-base 中单独安装 TI 仿真包软件

MDK 5.20 需要版本为 6.0.83.1 的仿真包和 XDS110 调试探针相关固件 2.2.5.1. 这可通过仿真包中提供的 xdsdfu 工具检查和更改。有关详细信息，请参见安装文件夹 (C:\TI\ccs_base\common\uscif\xds110) 中的自述文件。

所有版本的仿真包均可在德州仪器 (TI) XDS 仿真软件中获得。

更高版本的 MDK 会相应地更新 XDS 固件。

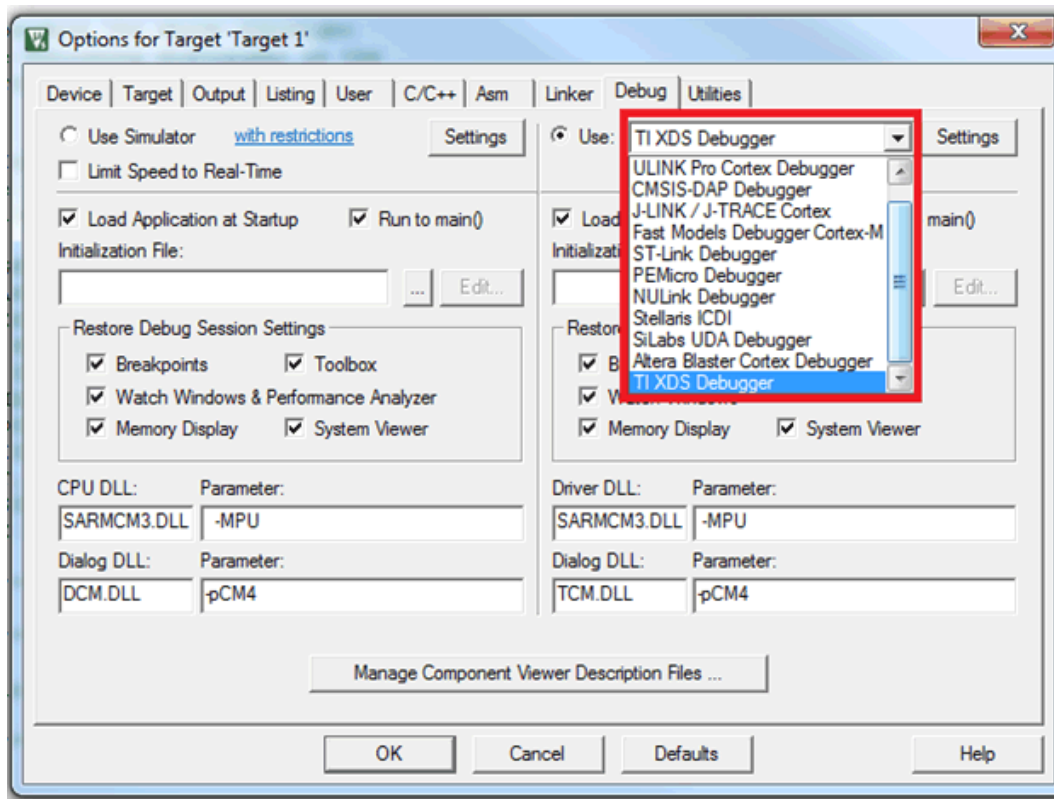


图 39. 选择 XDS110 调试探针

在调试探针设置窗口（请参见图 40）中，确保下载选项 (Download Options) 框中的两个复选框都处于选中状态。

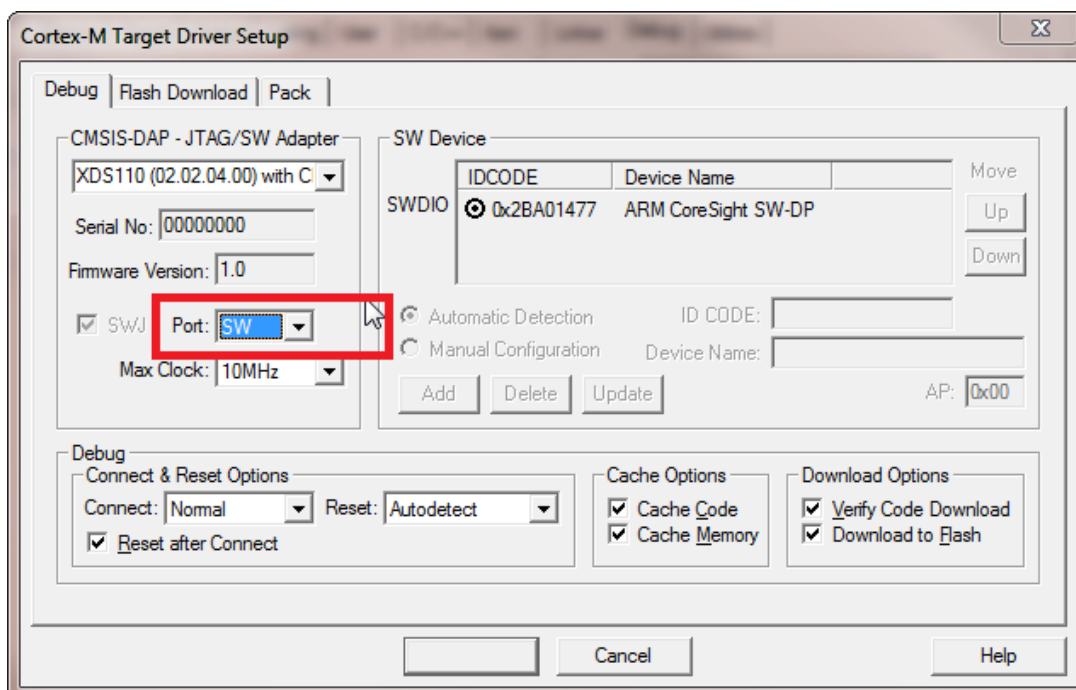


图 40. 选择 CMSIS-DAP 设置

现在转到闪存下载 (**Flash Download**) 窗格, 配置闪存如何擦除、编程和/或校验。该设置如 图 41 所示, 先发出闪存批量擦除命令, 然后对闪存进行编程并对编程映像进行校验, 最后是启用调试。即使选中“擦除全片”(Erase Full Chip), 也不会擦除引导加载程序 (BSL)。要替换 BSL, 请选择“擦除扇区”(Erase Sectors) 并将代码置于存储器的 BSL 部分。

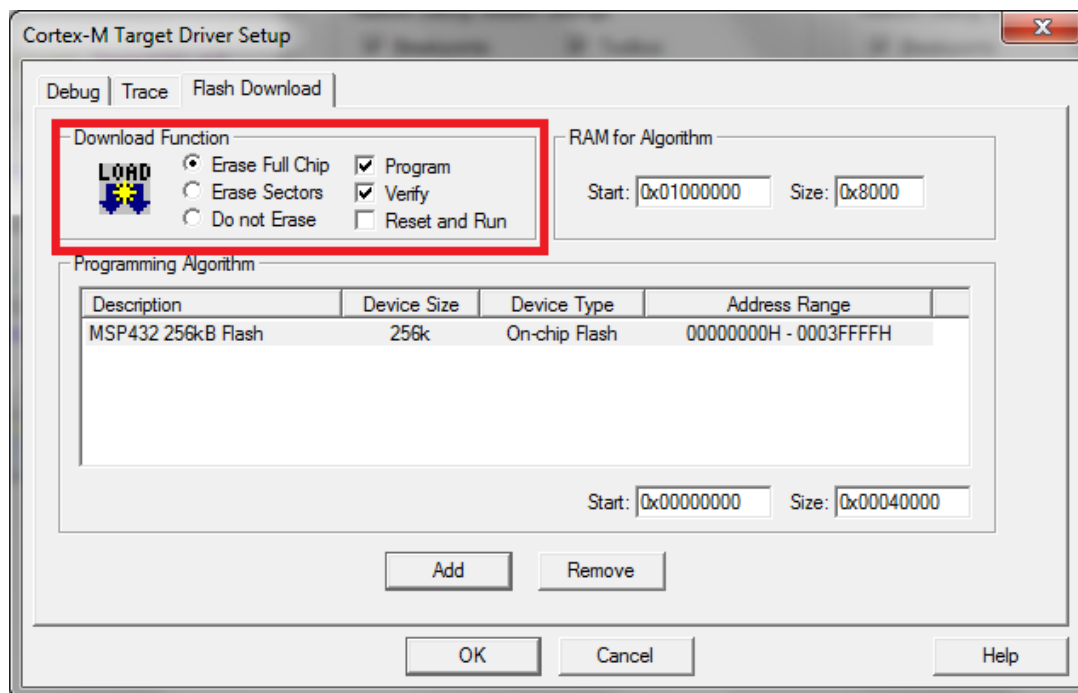


图 41. 选择 ULINK Pro 下载功能

配置已下载的闪存之后, 即可启动调试会话。打开调试 (**Debug**) → 开始/停止调试会话 (**Start/Stop Debug Session**), 或按 **Ctrl+F5**。

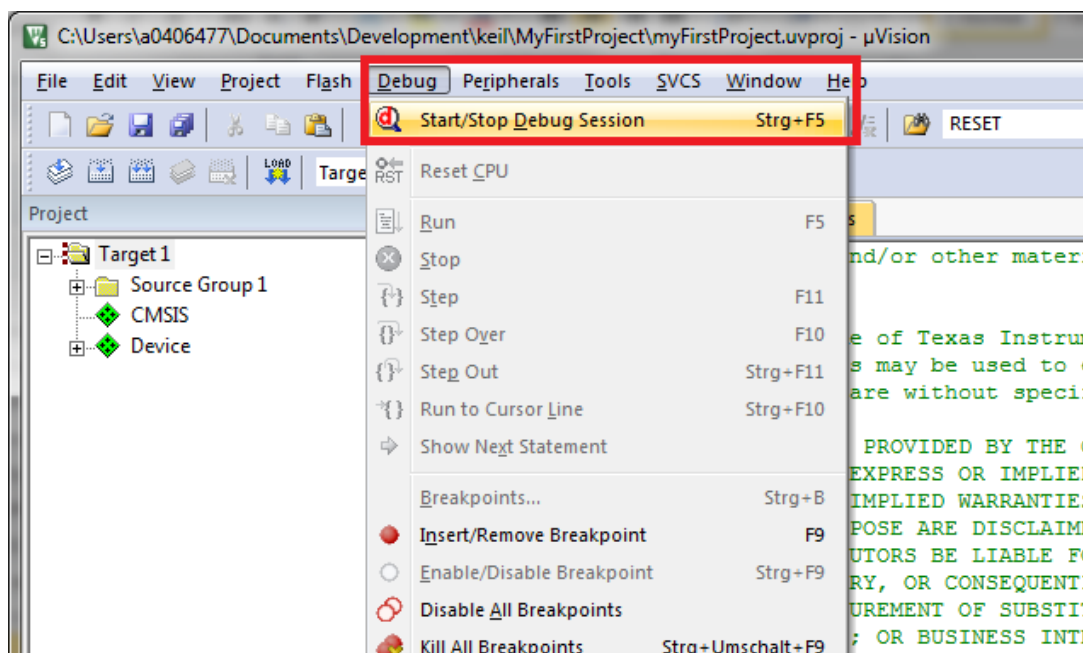


图 42. 启动调试会话

将程序映像写入闪存后，调试会话启动，调试器在主函数处暂停（请参见图 43）。

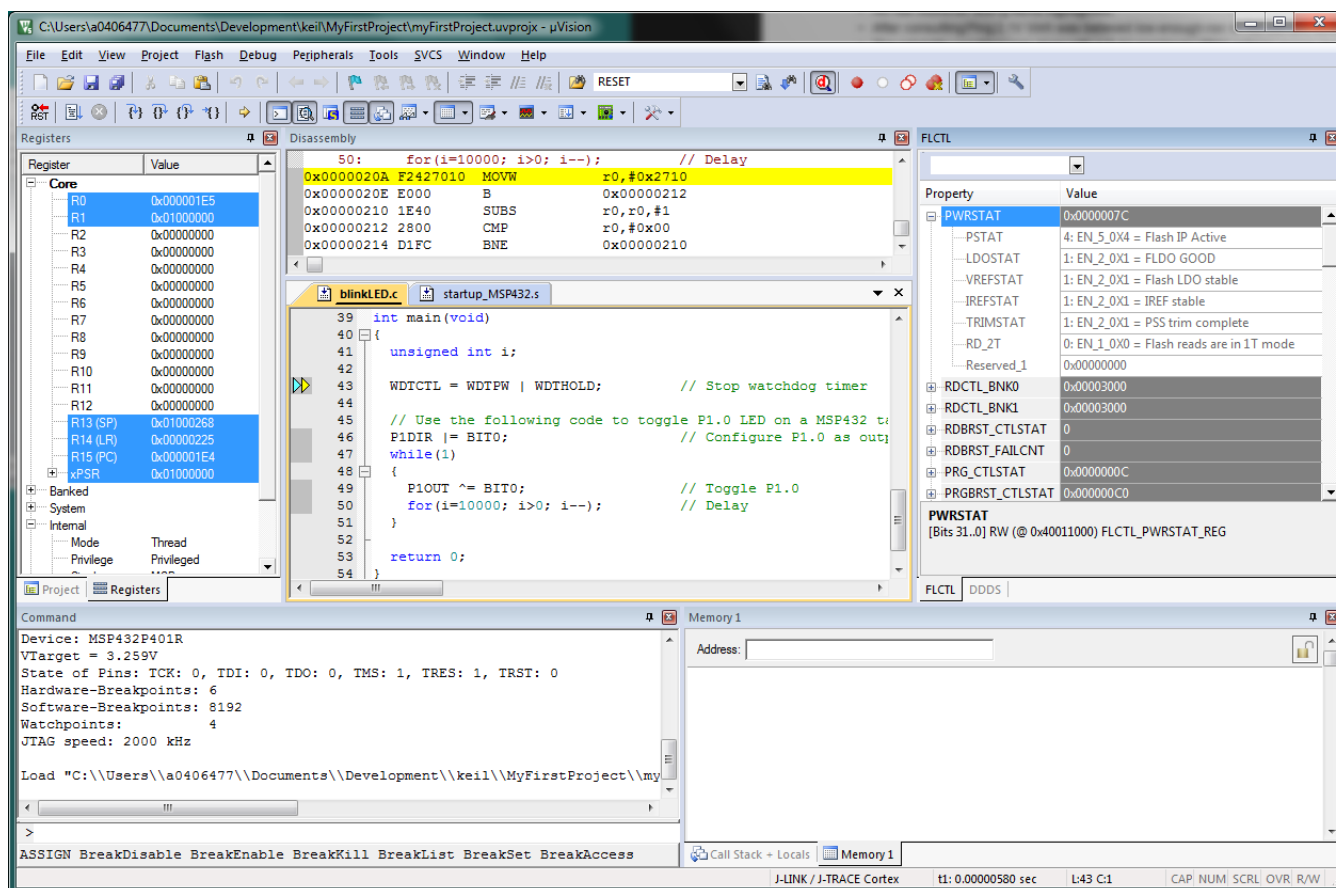


图 43. 调试会话在 main() 顺利启动和暂停

6.3.1 关于器件保护

如果已禁用器件的 JTAG 访问，或使用需要解锁安全 IP 区域的应用，则 Keil 在下载代码之前自动在器件上运行检查。如果 Keil 发现器件已保护，则会显示对话框（请参见图 44）。

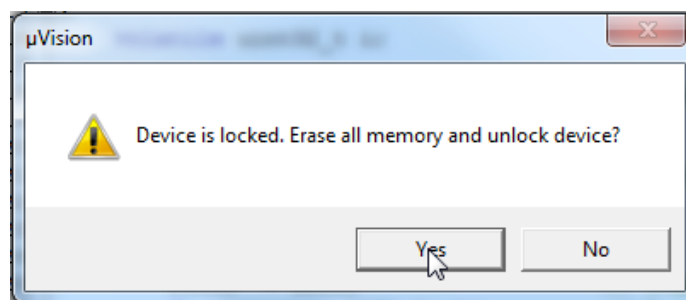


图 44. 请求执行恢复出厂设置的对话框

单击“是(Yes)”执行恢复出厂设置。器件已解锁，因此可以下载代码。单击“否(No)”退出调试会话。器件保持锁定状态。下载代码之后，启动调试会话。

6.4 在 ROM 中调试驱动程序库

MSP432P4xx 系列器件包含完整的外设驱动程序库 (DriverLib)，并完全集成在 ROM 存储器内部。开发人员可以利用 ROM DriverLib 实现多种优势，包括访问高度稳健耐用且经过测试的 API，具有较低功耗的单周期 ROM 执行速度，以及释放其他应用程序代码的内存空间。开发人员可以通过将 DriverLib 头文件添加到项目并链接到预编译的库来访问 ROM API。

驱动程序库源代码现在作为 SimpleLink MSP432 SDK 的一部分。驱动程序库是 TI 驱动程序（同样是 SDK 的一部分）下的低级软件层。在 SDK 中，DriverLib 源代码位于 <SDK_InstallationPath>\source\ti\devices\msp432p4xx\driverlib 目录下。

有关 MSP432P4xx 驱动程序库以及 ROM DriverLib 中所提供内容的详细信息，请参见[SimpleLink MSP432 SDK](#) 中的文档。

6.4.1 将 ROM 源和符号添加到现有的 SimpleLink MSP432 MCU 项目

SDK 中的所有 DriverLib 示例项目均已启用 ROM 调试。要将 ROM 调试添加到现有项目，请执行以下步骤：

1. 在源代码中包括驱动程序库头文件：
#include <ti/devices/msp432p4xx/driverlib/driverlib.h>
2. 如果尚未将驱动程序库头文件和源文件的路径包含在项目中，请立即添加。右键单击活动的 µVision 项目，然后选择目标选项 (Options for Target)。将包含路径添加到 C/C++ 选项中的驱动程序库源文件夹（请参见图 45）。例如，添加“C:\TI\simplelink_msp432_sdk_1_20_00_45\source”。
3. 请确保已为器件定义了正确的预处理器符号（例如，用于 MSP432P401R 器件的 __MSP432P401R__ 符号）。

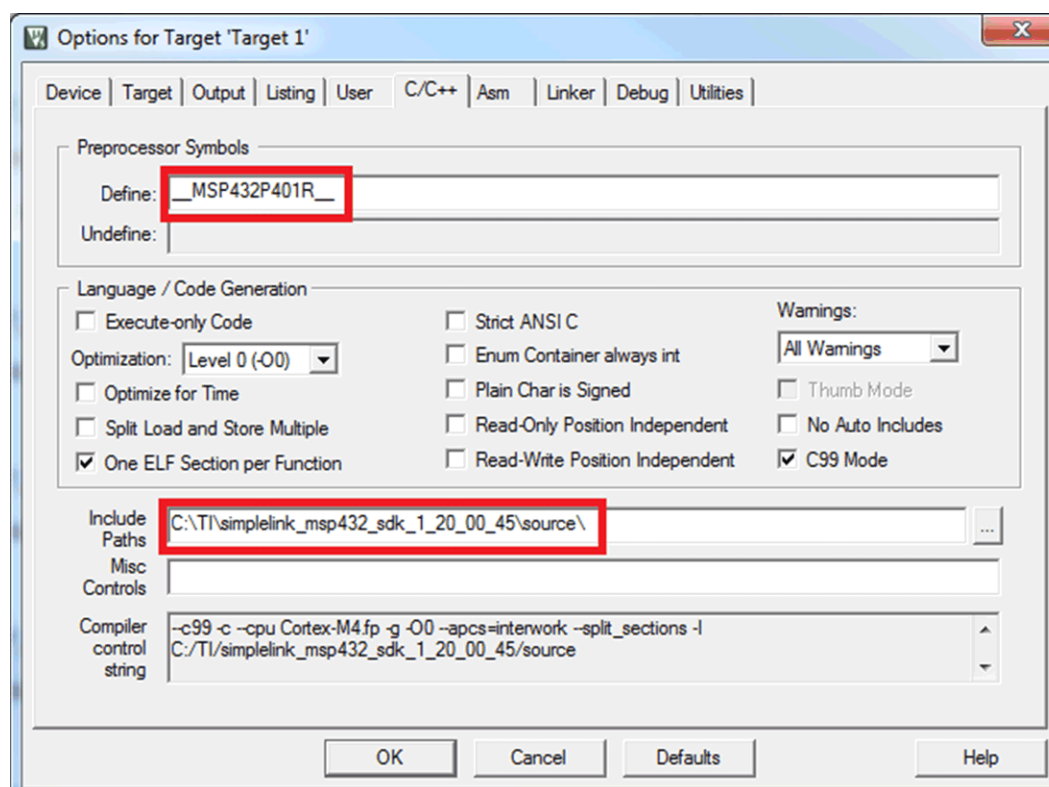


图 45. 将路径添加到驱动程序库文件夹

4. 要在项目中添加预编译的驱动程序库，请右键单击库文件夹（如果不存在请创建一个），然后选择将现有文件添加到组“库”(Add Existing Files to Group 'Library') 并从 SDK 目录中的“source\ti\devices\msp432p4xx\rom\keil”子文件夹中添加 msp432p4xx_driverlib.lib 文件。请确保在对话框中选择文件类型

库文件 (*.lib)。

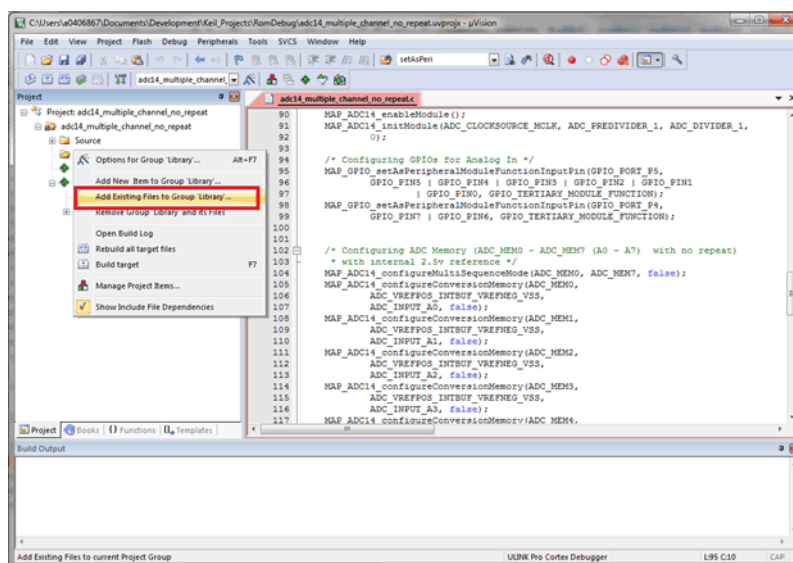


图 46. 向项目中添加驱动程序库

6.4.2 在调试会话开始时加载 ROM 符号

通过初始化文件加载 ROM 调试符号。复制并调整 SDK 文件夹“\source\ti\devices\msp432p4xx\rom\keil”目录中的“keil_rom_load.ini”文件，或为项目创建一个新文件。

在任一情况下，文件应包含一行，并且具有加载指令以及驱动程序库 ROM 映像的绝对或相对路径。本例假定 SimpleLink MSP432 SDK 已安装在“C:\TI”目录下，因此初始化文件如下所示：

```
LOAD"C:\TI\simplelink_msp432_sdk_1_20_00_45\source\ti\devices\msp432p4xx\rom\msp432_driverlib_rom_image.out"INCREMENTAL NOCODE
```

右键单击活动的 μVision 项目，然后选择目标选项 (Options for Target)。在调试 (Debug) 部分添加初始化文件，如 图 47 中所示。

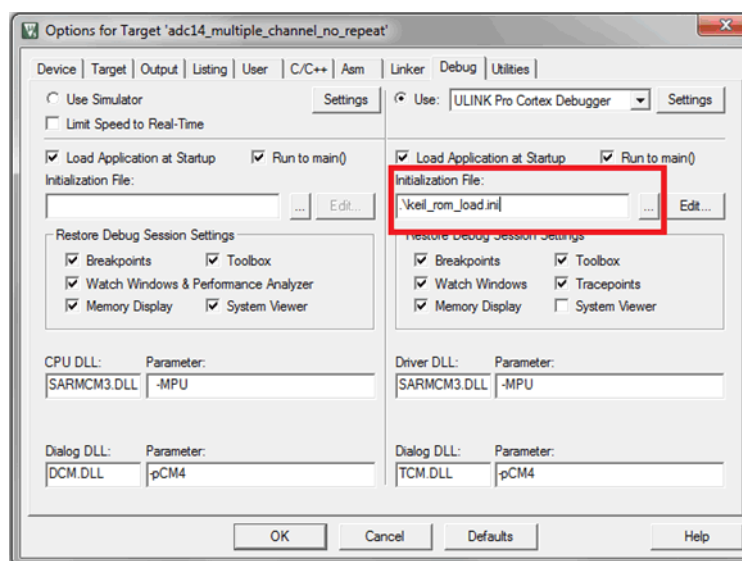


图 47. 为调试添加初始化文件

在启动下一调试会话时，可以单步调试 ROM API。IDE 将自动打开相应的源文件（请参见图 48）。

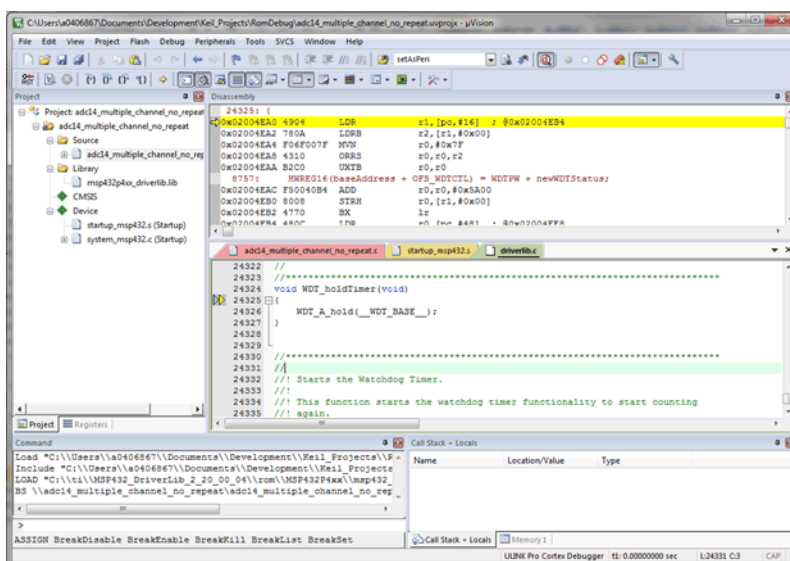


图 48. 单步调试 ROM 驱动程序库源代码

6.5 使用串行线输出 (SWO) 硬件跟踪分析器

Keil MDK 支持 ARM CoreSight®组件，包括指令跟踪宏单元 (ITM) 和数据观测点及跟踪单元 (DWT)（MSP432 MCU 中不包括 ETM）。本用户指南主要介绍在 μVision MDK 中启用 SWO 跟踪。有关 MDK 跟踪功能的详细介绍，请参见《ARM® Keil® MDK 5 入门指南》。请注意，并非所有调试探针都支持相同功能。要启用 SWO，请单击目标选项 (Options for Target) 并选择调试 (Debug) 选项卡，然后选择设置 (Settings)（请参见图 49）。

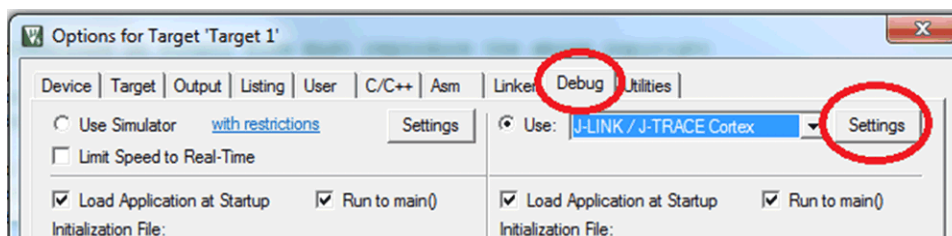


图 49. 调试设置

在调试 (Debug) 选项卡中，选择“SW”作为端口。在跟踪 (Trace) 选项卡中，设置“跟踪启用”标志，并确保将内核时钟设置为正确的值（请参见图 50）。

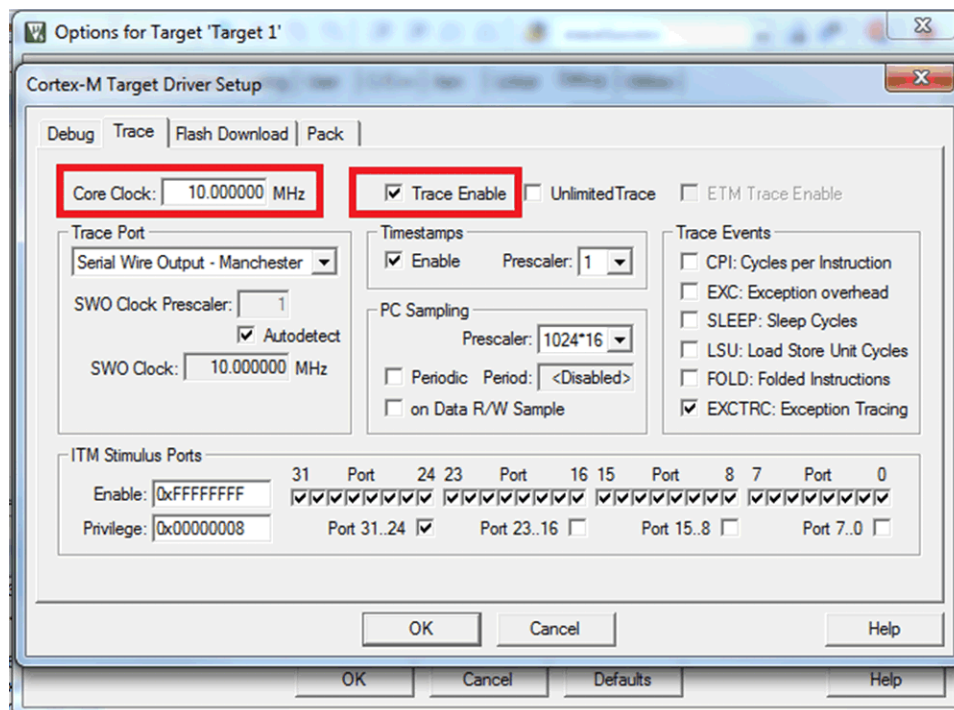


图 50. 在项目选项中启用跟踪

现在可以使用以下跟踪选项：

- 异常跟踪
- 事件查看器
- 随时间跟踪变量的逻辑分析器
- 调试 (printf) 查看器
- 事件计数器

有关 μ Vision 跟踪功能的详细信息，请参见《ARM® Keil® MDK 5 入门指南》。图 51 显示了 MSP432 MCU 的异常跟踪示例。

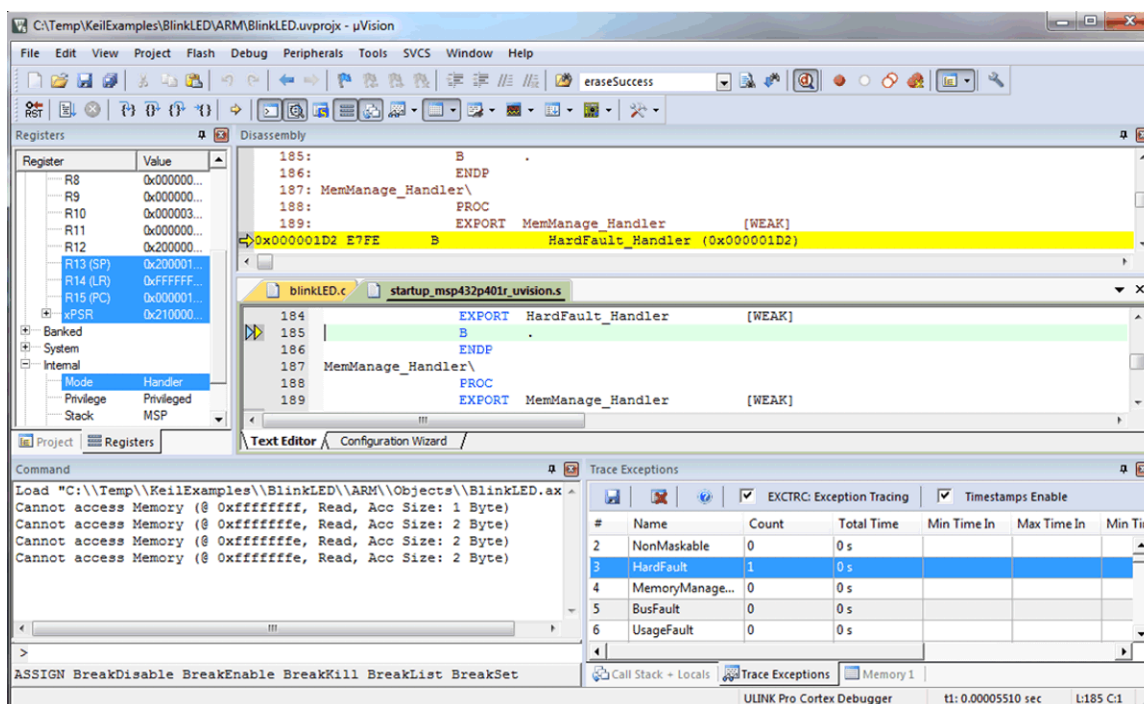


图 51. 异常跟踪

7 常见问题解答

Q: 我无法对 *LaunchPad* 开发套件进行编程；*IDE* 无法连接到目标器件。这是怎么回事？

A: 请检查以下事项：

- 检查调试器设置，更改为串行线调试 (SWD)，而不使用 SWO。更改端口 J (PJSEL0 和 PJSEL1 位) 的设置后，将完全禁止这些引脚的 JTAG 访问。更改为使用 SWD 模式后，只允许通过专用调试引脚进行访问。

图 52 显示了如何通过打开调试器设置窗口将调试器配置为使用 SWD 而非 JTAG。

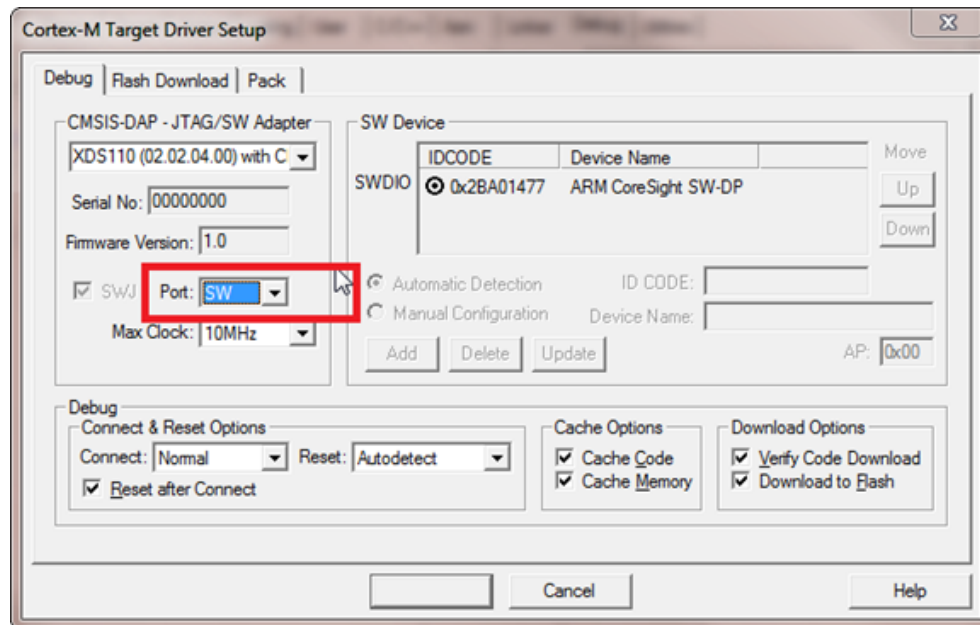


图 52. 将调试器设置更改为 SWD

- 如果仍无法连接，请将器件恢复出厂设置。有关如何对器件执行恢复出厂设置的信息，请参见器件保护部分（《适用于 *SimpleLink™ MSP432™* 微控制器的 *Code Composer Studio™ IDE 7.1+* 用户指南》中）。

Q: 为什么 *MSP432 LaunchPad* 套件上的反向通道 *UART* 不能以超过 56000 波特的速度运行串行终端程序？

A: 在特定波特率下，*MSP432 LaunchPad* 套件可能无法使用某些串行终端程序（如 *HTerm* 或 *CCS* 内置终端），从而导致软件无法打开虚拟 *COM* 端口或无法正确配置波特率。已发现 *LaunchPad* 套件的仿真器固件方面的问题，会在下一版本中进行修复。在提供可用更新之前，请改用 *Tera Term*、*ClearConnex* 或 *HyperTerminal*，或将波特率降至 38400 波特或更低的速度。

Q: 将 *MSP432 LaunchPad* 套件插入 *USB 3.0* 端口时出现问题

A: 据观察，当 *MSP432 LaunchPad* 套件连接到 *USB 3.0* 主机控制器硬件和相关器件驱动程序的特定组合所提供的 *USB 3.0* 端口时，*IDE* 无法与 *LaunchPad* 套件建立调试会话，同时 *Code Composer Studio* 会出现错误消息，如“*CS_DAP_0*: 连接到目标时出错: (Error -260 @ 0x0)，尝试连接到 *XDS110* 失败”。在这种情况下，*CCS* 提供的低级别命令行实用程序“*xdsdfu*”也无法与 *LaunchPad* 套件建立连接。

具体来说，在运行 Windows 7（可在设备管理器中显示“瑞萨电子 USB 3.0 主机控制器”和关联“瑞萨电子 USB3.0 根集线器”）的 PC 上发现了此问题。将关联的 Windows USB 驱动程序更新为从硬件供应商处获取的较新版本后，问题就会得到解决。可能还有其他 USB 3.0 硬件和器件驱动程序组合会导致同样问题。如果您认为可能会受到影响，请尝试联系 PC 供应商，或者尝试找到更新版本的 USB 3.0 器件驱动程序并进行安装。或者，将 LaunchPad 套件连接到 PC 上的 USB2.0 端口（如果可用）。

Q: 我无法连接反向通道 UART。这是怎么回事？

A: 请检查以下事项：

- 主机终端应用程序的波特率与 eUSCI 设置中的波特率是否匹配？
- 隔离跳线块上的相应跳线是否插好？
- 将探针放到 RXD 上并从主机发送数据。如果不能看到数据，则可能是主机端的问题。
- 将探针放到 TXD 上，同时从 MSP432 MCU 发送数据。如果不能看到数据，则可能是 eUSCI 模块的配置问题。
- 可以考虑使用硬件流控制线（尤其是波特率较高时）。

Q: 在更新 MSP432 器件系列包后，现有项目不进行编译。

A: 请尝试通过右键单击项目文件夹中的器件配置文件 (startup_msp432.c) 并选择“更新配置文件”(Update Config File) 来更新该文件。

8 更多 Keil MDK-ARM 信息

有关 Keil MDK-ARM 的详细信息，请参见以下链接：

- [Keil 产品支持](#)
- [Keil 微控制器开发套件入门指南](#)
- [Keil 微控制器开发套件版本 5](#)
- [Keil 微控制器开发套件软件包](#)
- [CMSIS 包文档](#)

9 参考文献

1. 《SimpleLink MSP432 SDK》
2. 《适用于 SimpleLink™ MSP432™ 微控制器的 Code Composer Studio™ IDE 7.1+ 用户指南》
3. 《适用于 MSP432P401R 的代码转换应用程序》
4. 《德州仪器 XDS 仿真软件》
5. 《ARM Keil MDK 5 入门指南》

修订历史记录

注：之前版本的页码可能与当前版本有所不同。

Changes from September 2, 2016 to March 6, 2017	Page
• 根据需要新增“SimpleLink”品牌并更新了参考文档标题	1
• 已更改的 MSP432 器件系列包的链接位于 2.1 节 ：使用已下载的 <i>SimpleLink MSP432P4xx</i> 器件系列包进行安装.....	4
• 已更改 MSPWare 或 MSP432Ware 到 SimpleLink MSP432 SDK 的所有参考和连接.....	15
• 已更改标题 5 节 ，使用软件开发套件中的 <i>SimpleLink MSP432 MCU</i> 示例.....	15
• 已添加第二和第三个段落 图 17 （ 5 节 中），使用软件开发套件中的 <i>SimpleLink MSP432 MCU</i> 示例.....	15
• 第二段添加至 6.4 节 ，在 ROM 中调试驱动程序库.....	33
• 已更新 节 6.4.1 中全部内容，将 ROM 源和符号添加到现有 <i>SimpleLink MSP432</i> 项目	33
• 已更新 图 45 ，将路径添加到驱动程序库文件夹	33
• 已添加 6.5 节 ，使用串行线输出 (SWO) 硬件跟踪分析器.....	35
• 已更新的第一个答案位于 7 节 ，常见问题解答.....	38
• 已更新 9 节 ，参考文献.....	39

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、评估模块和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司