《微机原理与接口技术》实验指导书

实验一 ARM 汇编语言程序开发

（PC 机模拟运行）

“微机原理与接口技术”课程教学团队

北京航空航天大学

仪器科学与光电工程学院

2022 年 10 月

一、实验目的

1. 了解 Keil uVision5.0 集成开发环境的使用方法。

2. 熟悉如何创建单个工程，了解编译和链接基本原理。

3. 掌握 ARMv7_M 架构微处理器所采用的 Thumb-2 汇编指令集的格式和用法，编写汇编语言程序。

二、实验设备

PC 计算机，Windows 操作系统和 ARM 开发环境。

三、实验内容

1. 将两位 16 进制数 0x5c 中的每一位分别转换为 ASCII 码，并将结果存入 RAM 中。（0~9 转换为 ASCII 码时加 0x30，A~F 转换为 ASCII 码时加 0x37）。

2. 求两个 32 位有符号数的最大值并将结果存入 RAM。

3. 任意给定一个 32 位有符号整数 x，实现以下表达式：

x<-10 时，输出结果为-1

x> 10 时，输出结果为 1

-10<=x<=10 时，输出结果为 0

将结果存入 RAM。

4.计算字符串 String 的长度，String 以回车符结尾，回车符不计算在长度内。（回车符"\r"，例如： DCD “Hello World!\r”）

5.求一组 32 位有符号数的最大值，并将结果保存在 RAM 中。

四、实验步骤

4.1 创建工程

1. 运行 Keil uVision5，熟悉开发环境布局以及工具栏中的常用功能。

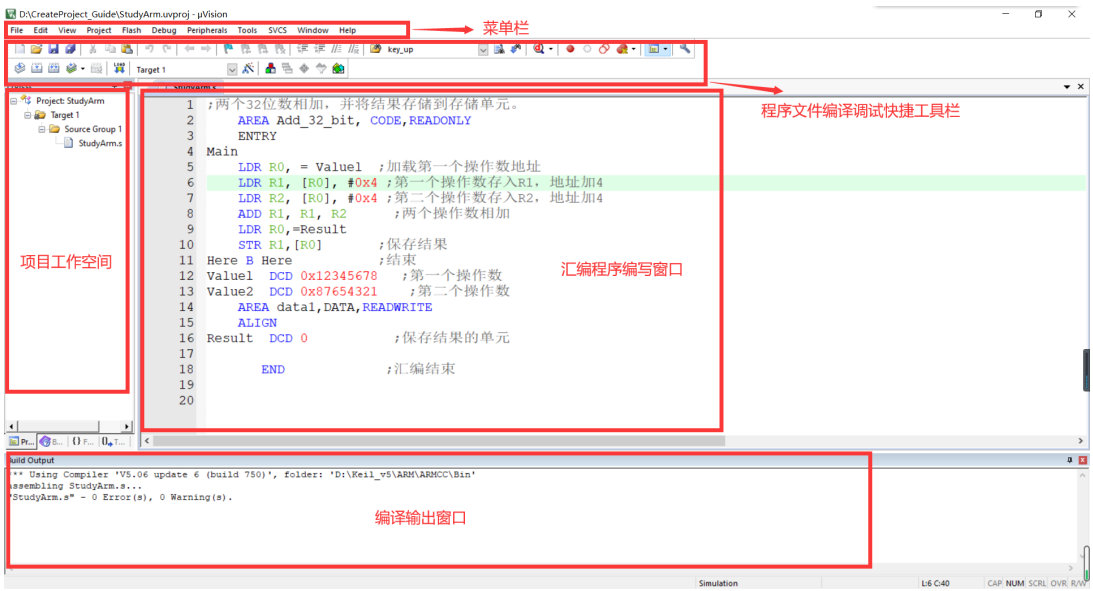

图 1 Keil5 开发环境整体布局

2. 创建一个新的工程。

(1) 在菜单栏中选择 Project—>New uVision Project。将该工程创建在全英文路径下，工程名称使用英文，且尽量不要用数字开头。

图 2 创建工程

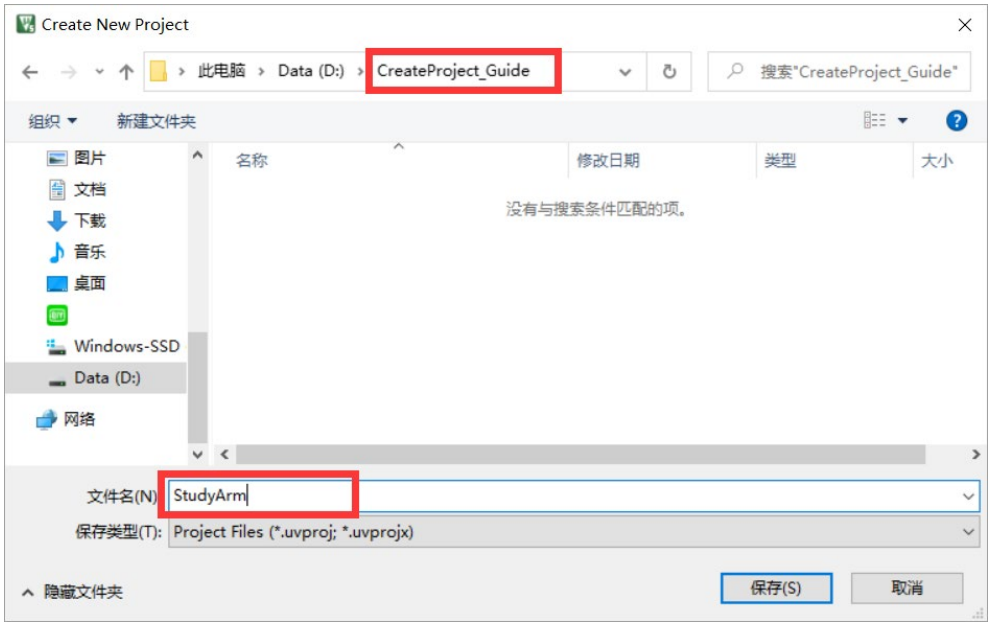

图 3 设置工程路径以及工程名称

(2) 在选取设备时，选择 Software Packs，CPU 选择为 STM32H745ZITx 的 CM-7

即可。

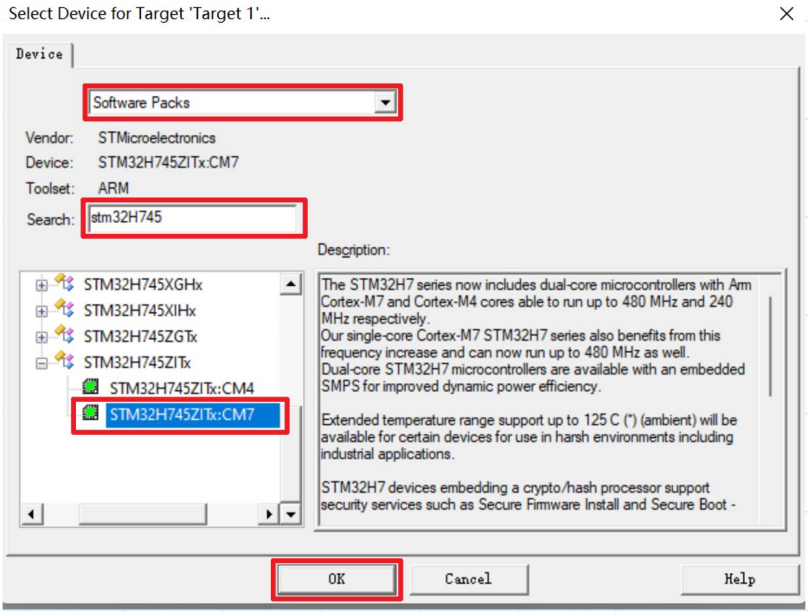

图 4 CPU 的选择

(3) 无须添加启动文件，点击 OK。

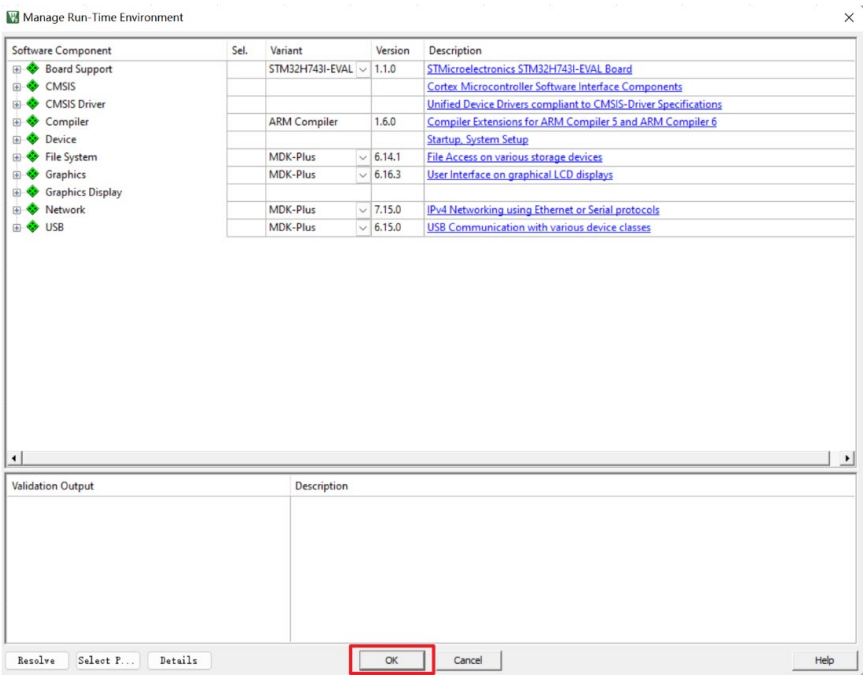

图 5 启动文件设置

(4) 在项目工程工作空间中，右键单击 Source Group1，选择 Add New Item…。

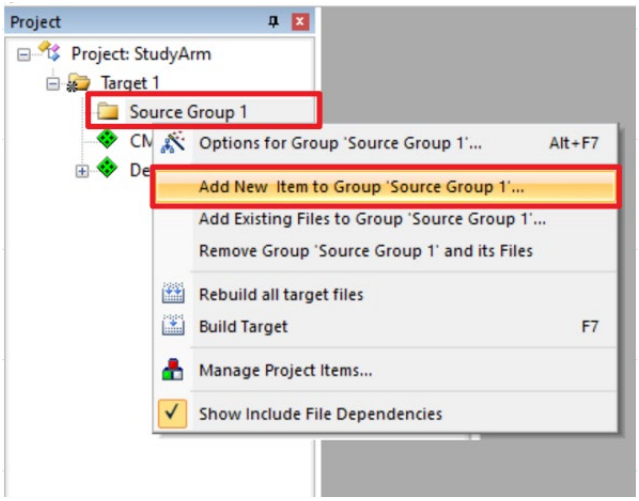

图 6 工程文件的创建

(5) 选择 Asm File，在命名时要使用英文，且不要用数字开头。最后点击“Add”，完成汇编文件的添加。

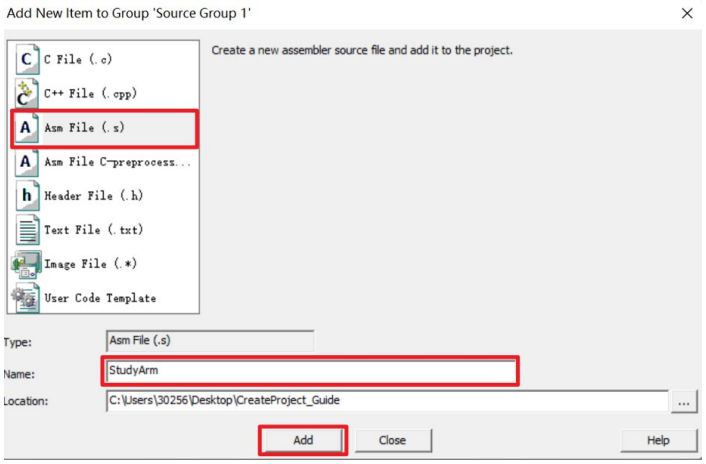

图 7 汇编文件的创建及添加

(7) 将模板复制到创建的“StudyArm.s”文件下，在指定部分完成汇编程序的编写。

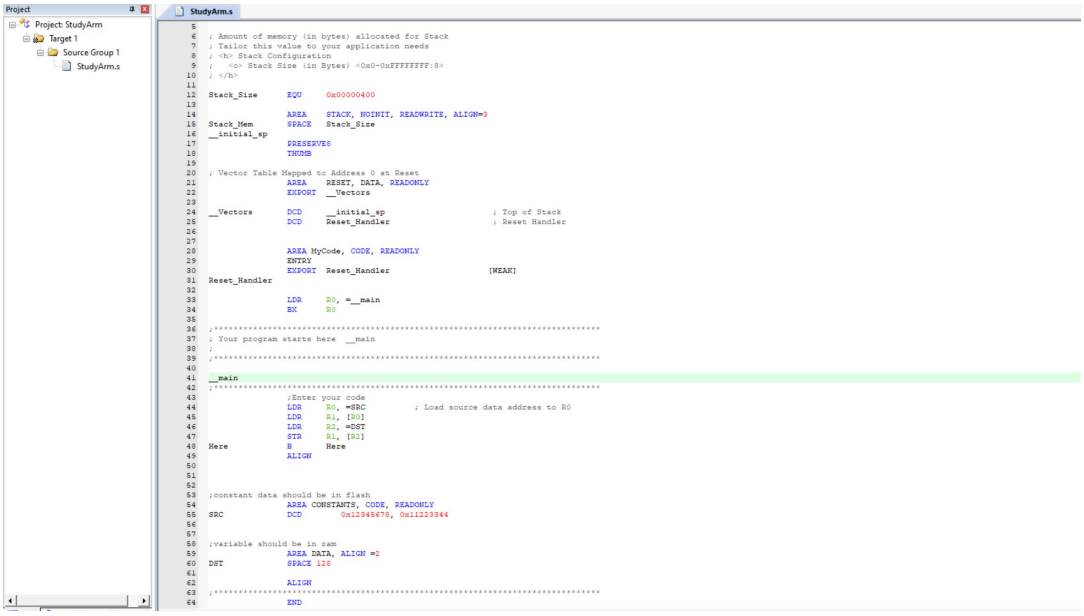

图 8 编写汇编程序

以下是工程管理的扩展知识：

(8) 可以在 WorkSpace 中添加多个工程。

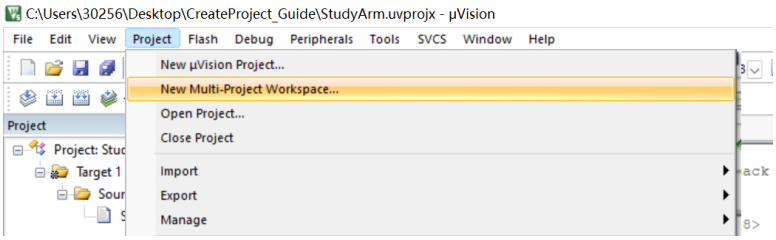

图 9 选则 New Multi_Project Workspace

（9） 选择保存位置并保存，在弹出的选项卡中选择要填加进 WorkSpace 的工程项目

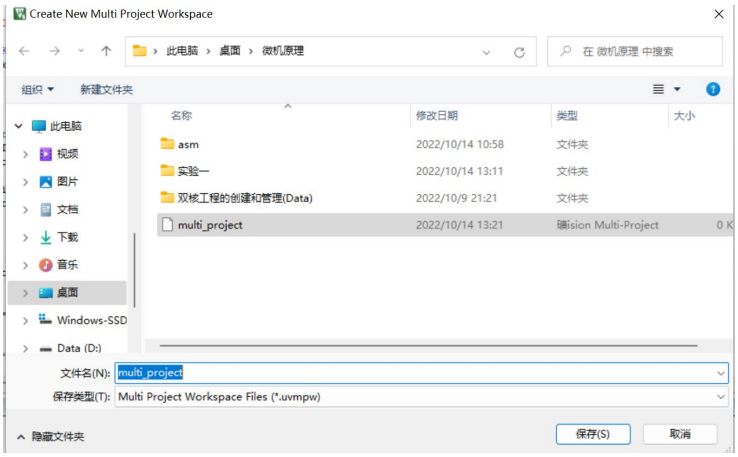

图 10 选择 Workspace 保存位置

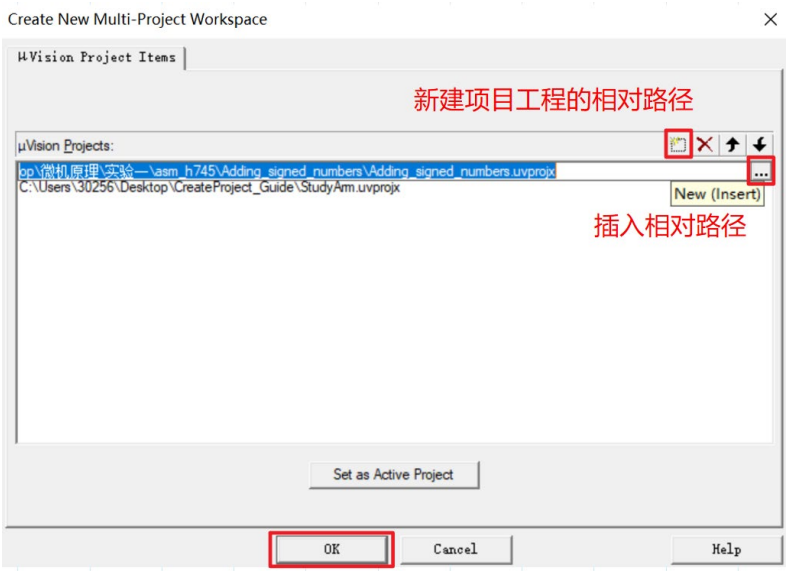

图 11 向 Workspace 中添加已有工程

（10）创建完成后，可以右键 project 名称并将其设定为激活工程，随后对这个工程进行调试等工作。

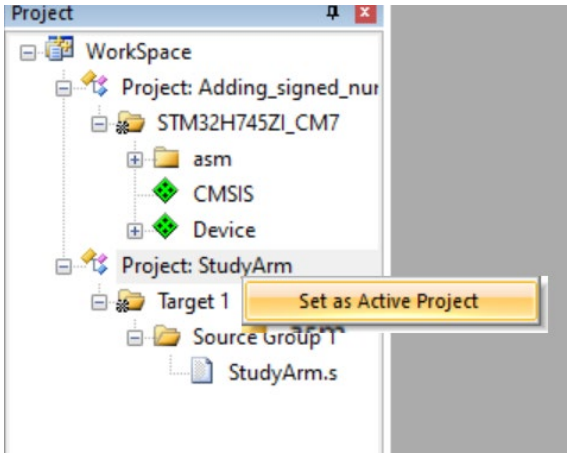

图 12 激活想要调试的工程

4.2 汇编程序调试

1. 了解程序编译运行调试的快捷按钮。

(1) Translate(编译)：编译当前源文件，这个过程中会进行语法错误的检查，但是不生成可执行文件。一般在修改.c 程序源代码后，点击这个按钮，用来查看修改后的程序否有语法错误。因为只是编译当前的单个文件，所以编译速度快，花费时间少。

(2) Build(构建)：编译工程中的目标文件，目标文件通常指上次修改的文件以及其它依赖于这些修改过的文件的模块，同时重新链接生成可执行文件。如果工程

之前没编译链接过，它会直接调用 Rebuild 按钮功能进行全部工程所有文件的编译链接。

当你仅修改了源程序，而没对整个工程配置选项作修改时，可以直接点击构建按钮，当工程文件很大时，会大大节省的时间。

(3) Rebuild(重构建)：重新编译工程中所有的源文件，与上次的编译结果无关，不管工程的文件之前有没有编译过，都会对所有文件重新进行编译并生成可执行文件，因此花费时间较长，平时使用较少。

(4) Debug(调试)：在该实验中我们采用的是软件仿真，也就是 Simulator。

图 13 Keil 调试环境中的快捷按钮

2. 首先，对汇编程序进行点击编译按钮，在编译输出窗口中可以看到编译器的版本以及有无编译错误提示。

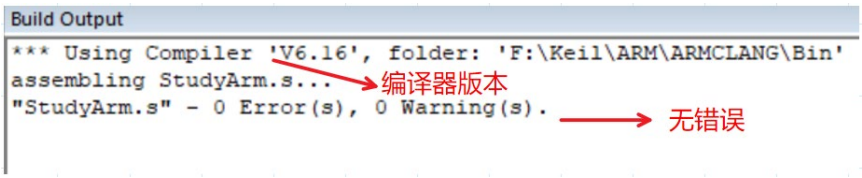

图 14 编译成功

3. 编译通过后，点击构建按钮，在编译输出窗口可以看到程序各个域大小的说明，包括 Code、 RO-data、RW-data，及 ZI-data 的大小，同时链接无错误提示。

(1) Code：代码占用的空间。

(2) RO-data：只读常量的大小，如 const 型。

(3) RW-data：已初始化的可读可写的数据大小。

(4) ZI-data：没有初始化的可读写变量的大小，就是程序中用到的变量并且被系统初始化为 0 的变量的字节数，Keil 编译器默认是把你没有初始化的变量都赋值一个 0，这些变量在程序运行时是保存在 RAM 中的。

注意：

(1) RW + ZI 是指程序占用的 RAM 的字节数。

(2) Code + RO Data + RW Data 是指程序烧写时，flash 中的字节数。

图 15 链接成功

4. 选择仿真器，Options for Target>>Debug>>Use simulator，在 Linker 中移除 sct 文件并重新 rebuilt，警告消失，设置完成后在菜单栏中点击“Debug”，在下拉菜单中点击“Start/Stop Debug Session”开始调试。

图 16 Options for Target 位置

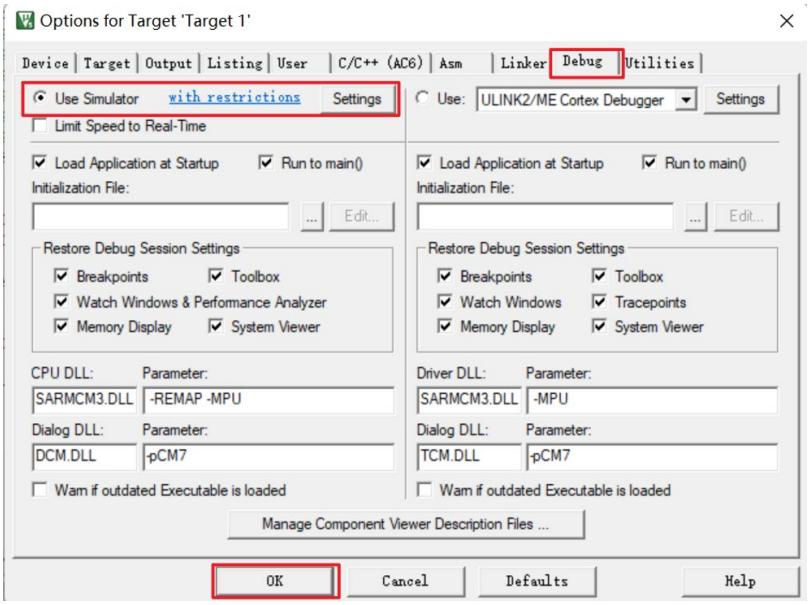

图 17 选择仿真器

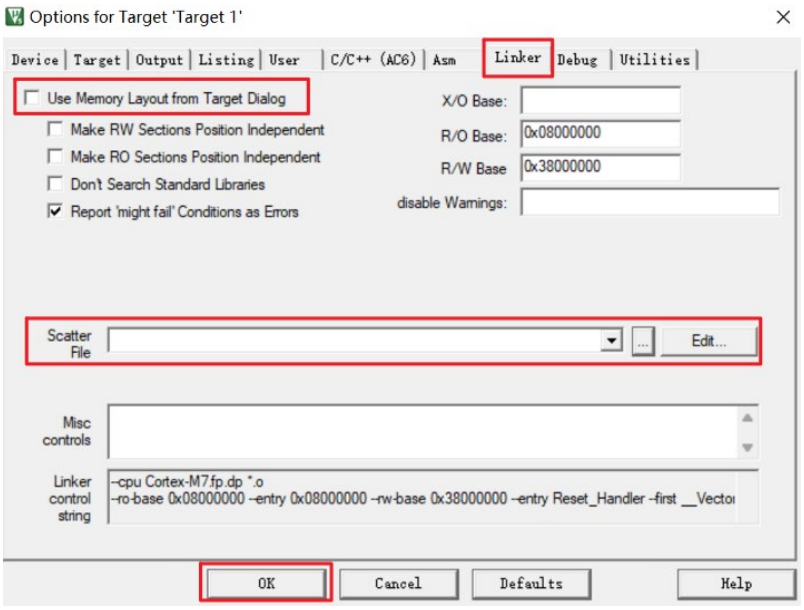

图 18 Linker 设置完成时的选项卡

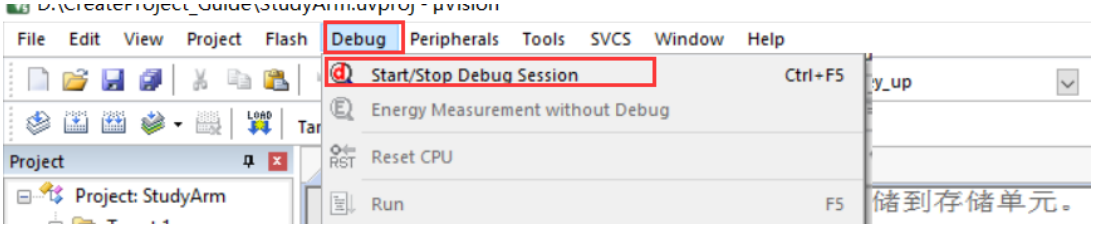

图 19 开始调试

5. MDK5 仿真 Debug 工具条常用按钮名称介绍：

(1) 复位：其功能等同于硬件上按复位按钮。相当于实现了一次硬复位。按下该按钮之后，代码会重新从头开始执行。

(2) 执行到断点处：该按钮用来快速执行到断点处，通过该按钮程序可以快速执行到设置的断点处，观察想要查看的结果。

(3) 停止运行：此按钮在程序一直执行的时候会变为有效，通过按该按钮，就可以使程序停止下来，进入到单步调试状态。

(4) 执行进去：该按钮用来实现执行到某个函数里面去的功能，在没有函数的情况下，是等同于执行过去按钮的。

(5) 执行过去：在碰到有函数的地方，通过该按钮就可以单步执行过这个函数，而不进入这个函数单步执行。

(6) 执行出去：该按钮是在进入了函数单步调试的时候，有时候你可能不必再执行该函数的剩余部分了，通过该按钮就直接一步执行完函数余下的部分，并跳出函数，回到函数被调用的位置。

(7) 执行到光标处：该按钮可以迅速的使程序运行到光标处，但与执行到断点处按钮功能有区别，断点可以有多个，但是光标所在处只有一个。

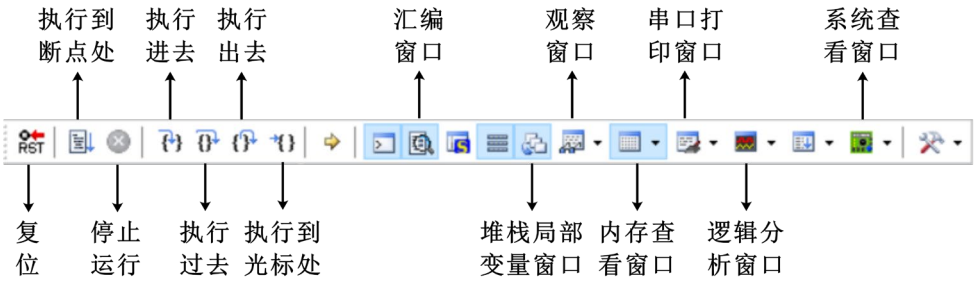

图 20 Debug 工具条常用按钮名称介绍

我们可以通过各个窗口快捷按钮，快速选择打开或者关闭相应的窗口。也可以在“debug”之后，通过点击菜单栏中的“view”，在下拉菜单中选择对应的窗口。

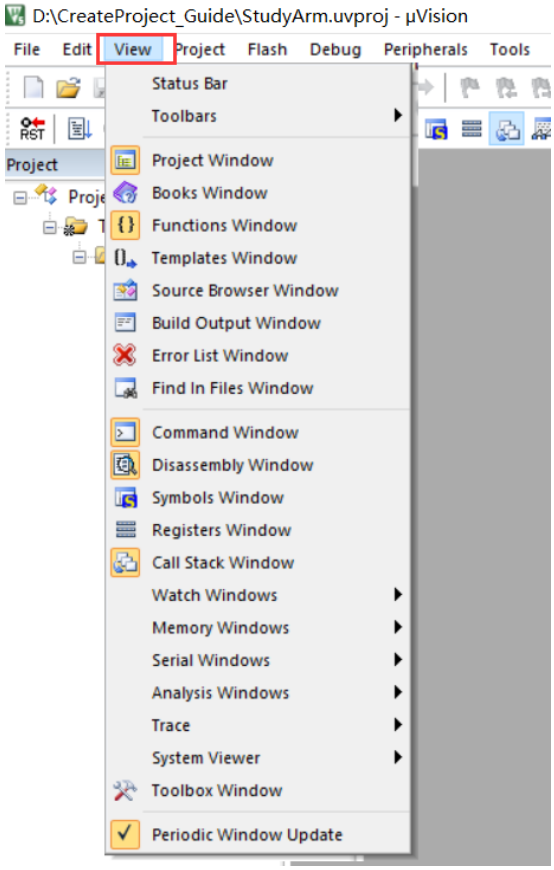

图 21 “View”打开对应的窗口

6. 调试环境的介绍：在调试过程中，我们可以观察寄存器中的值，以及内存中的数据，来观察汇编程序的执行情况。

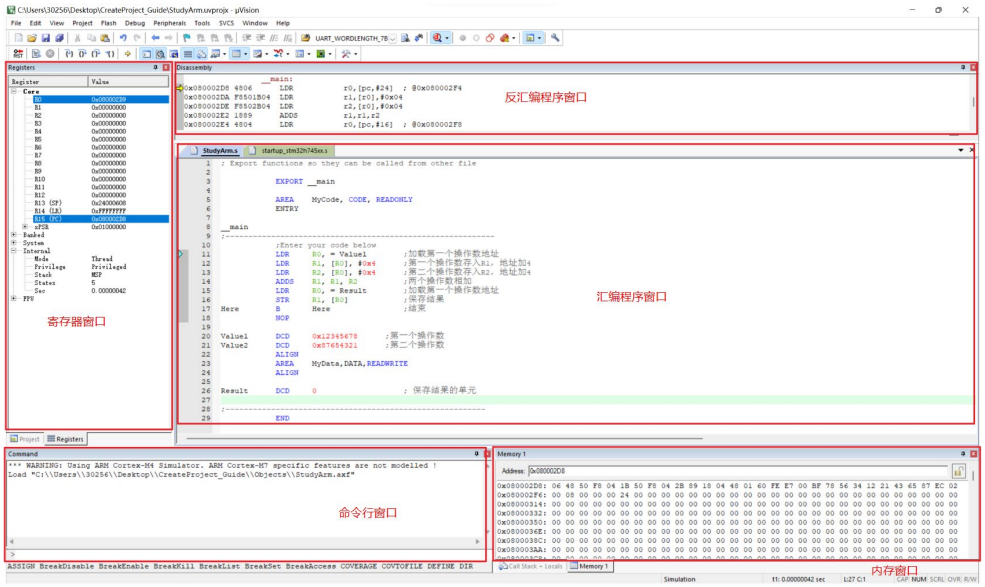

图 22 调试环境中各个窗口

4.3 实验内容并设计程序

从实验内容提到的 5 个题目，任选至少 3 个，并完成程序设计。

4.4 调试程序完成实验报告

调试程序，并完成实验报告。

实验报告每人提交一份，需要包含调试实验的具体步骤并进行相应的分析。

若出现极为明显的抄袭现象，所涉及的同学本次实验成绩为 0，提交报告时间另行通知。

提交内容：

1. 实验工程源代码；
2. 实验报告；

压缩打包，报告命名格式：“学号+姓名+实验 x+冯（于，吴）”

五、参考程序

```
;多个有符号数相加
;*******************************************************************************
; Assembly program Template
;*******************************************************************************
```

```
; Amount of memory (in bytes) allocated for Stack
; Tailor this value to your application needs
; <h> Stack Configuration
;     <o> Stack Size (in Bytes) <0x0-0xFFFFFFFF:8>
; </h>

Stack_Size      EQU     0x00000400

                AREA    STACK, NOINIT, READWRITE, ALIGN=3
Stack_Mem       SPACE   Stack_Size
__initial_sp
                PRESERVE8
                THUMB

; Vector Table Mapped to Address 0 at Reset
                AREA    RESET, DATA, READONLY
                EXPORT  __Vectors

__Vectors       DCD     __initial_sp                ; Top of Stack
                DCD     Reset_Handler               ; Reset Handler


                AREA MyCode, CODE, READONLY
                ENTRY
                EXPORT  Reset_Handler               [WEAK]
Reset_Handler

                LDR     R0, =__main
                BX      R0

;*******************************************************************************
; Your program starts here   __main
; Adding signed numbers
;*******************************************************************************
__main
;*******************************************************************************
                ;Enter your code
                LDR         R0, =SIGN_DATA
                LDR         R4, =DST
                MOVS    R3,#9
                MOVS    R2,#0

                ; Load signed byte
L               LDRSB   R1,[R0]
```

```
                ADDS    R2,R2,R1
                ADDS    R0,R0,#1
                SUBS    R3,R3,#1
                BNE     L
                STR     R2,[R4]

Here            B       Here
                ALIGN


;constant data should be in flash
                AREA CONSTANTS, CODE, READONLY
SIGN_DATA       DCB     +13, -10, +9, +14, -18, -9, +12, -19, +16


;variable should be in ram
                AREA DATA, DATA, READWRITE, ALIGN = 2
DST             SPACE 4

                ALIGN
;*******************************************************************************
                END
```

六、注意事项

1. ARM 汇编语言语句的格式要求（汇编指令、寄存器不区分大小写，但不支持混写，如：Mov，标号顶行书写，注意 READWIRTE 和 READONLY 代码段属性的区别）。

2. 在汇编程序的构建过程中可能会出现以下错误。

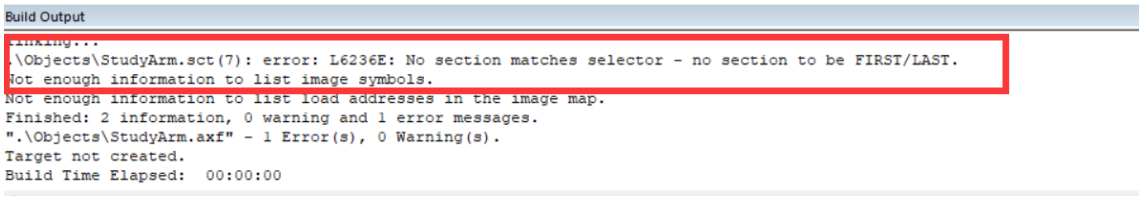

图 23 链接错误提示

解决方式为：

(1) 点击工程配置按钮。

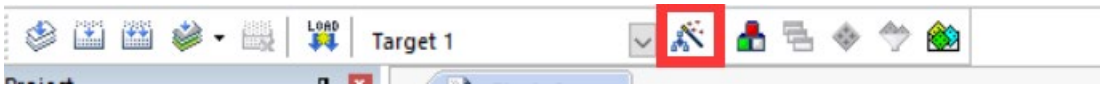

图 24 工程配置按钮

(2) 选择“Linker”选项，再按照下图步骤完成操作。

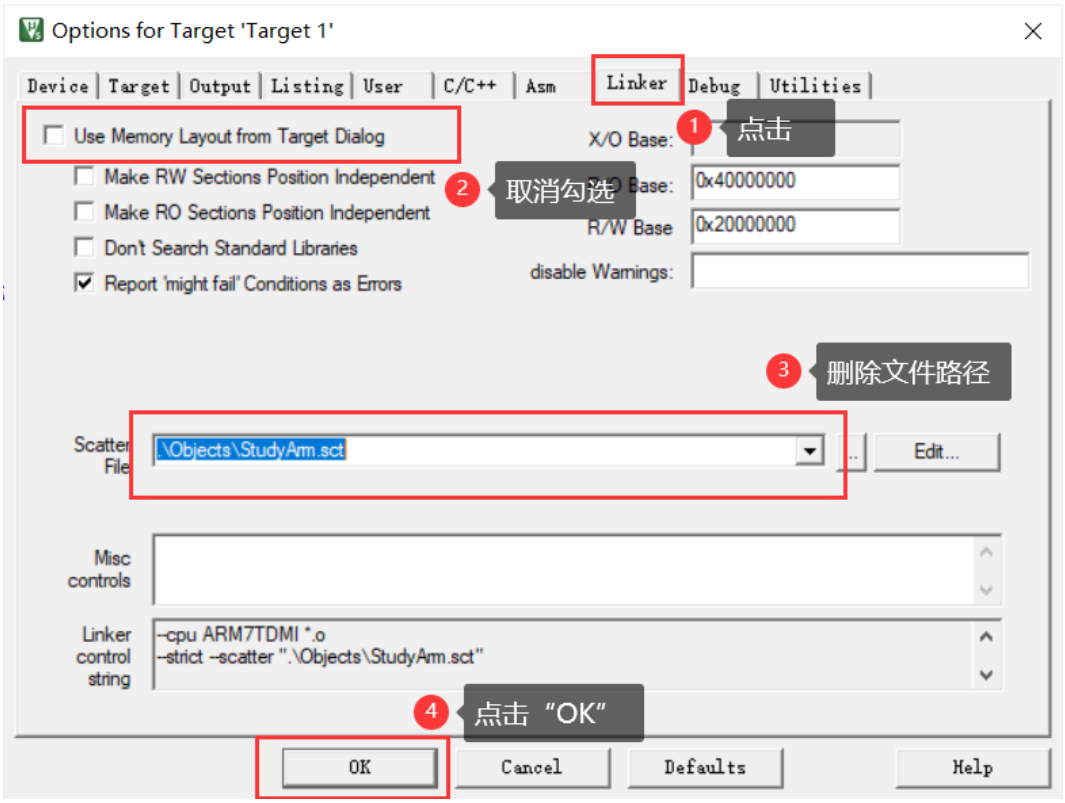

图 25 配置修改

(3) 再次对汇编程序进行构建时，编译输出窗口没有错误提示。