

# 基于MDK开发的Tencentos-Tiny Software Pack

Tencentos-Tiny software package based on MDK development

2021/9/3

东南大学

导师：汪礼超

学员：崔林威

<https://github.com/OpenAtomFoundation/TencentOS-tiny>

# 1、ARM软件包介绍

## 1.1 软件包简介

在进行嵌入式软件开发时，ARM为我们提供了软件包功能，能够将软件算法等模块进行集成封装，从而方便第三方用户使用。ARM软件包能够为微控制器设备和开发板提供支持，包含软件组件（Software Component）如驱动程序和中间件，还可以包含示例项目和代码模板等，主要有以下类型的软件包：

(1) 器件系列包（Device Family Pack）：由硅供应商或工具供应商生成，为特定的目标微控制器创建软件应用提供支持；

(2) 板级支持包（Board Support Pack）：由电路板供应商发布，为安装在电路板上的外围硬件提供软件支持。

(3) CMSIS软件包：由ARM提供，包括对CMSIS核心、DSP和RTOS的支持；

(4) 中间件包（Middleware Pack）：由芯片供应商、工具供应商或第三方创建；通过提供对常用软件组件（如软件堆栈、特殊硬件库等）的软件集成，从而减少开发时间；

(5) 内部组件（In-house components）：由工具用户开发，用于内部或外部分发。

软件组件包括以下几部分：

(1) 源代码、库、头文件/配置文件和文档；

(2) 完整的示例项目，展示了软件组件的使用，可以下载并在评估硬件上执行；

(3) 代码模板，方便使用软件组件。

一个完整的软件包是一个ZIP文件，包含所有需要的软件库和文件，以及一个包含软件包所有信息的包描述文件（PDSC文件），软件包的结构是在CMSIS中定义的(<http://www.keil.com/CMSIS/Pack>)。

## 1.2 软件包开发

### 1.2.1 软件包开发过程

软件包的开发过程相当于完成了一项产品的制作，因此引入产品生命周期管理（PLM）的概念，PLM包括以下四个阶段：（1）概念的产生，基于软件包需求进行产品定义，并创建第一个功能原型；（2）设计，根据技术特征和要求，进行原型测试和产品的实施，通过广泛的测试验证产品的功能与规格；（3）发布，产品被制造出来并推向市场；（4）服务，对产品的维护，包括对客户的支持，最后不断优化，结束产品的周期。

在制作软件包时，主要面临以下几个过程：



图1.1 软件包开发流程

首先，根据特定组件生成软件包即根据需求将相应的头文件、库文件等软件组件利用PDSC文件进行组织，在组织完成后即可利用软件包生成工具生成对应版本的软件包，然后对新生成的软件包进行测试，给出示例测试程序，再将其包含如PDSC文件中，最后经测试完成后生成最终的软件包。

### 1.2.2 PDSC文件的编写

PDSC文件时基于可扩展标记语言（XML）进行编写的，能够将软件包包含的各个模块按照特定的格式组织起来，接下来按照PDSC文件的结构对文件的编写进行详细介绍：

首先是PDSC文件的开头，前两句是声明为XML格式，它是在MDK中的PACK.xsd文件定义的，所以不用修改；<name>和<vendor>标签定义了软件包的基本内容，也用于PACK文件的文件名，故该PDSC文件应命名为Tencent.Tencentos-tiny.pdsc；< description >标签描述了软件包的信息，它将显示在包安装程序中；<url>标签可以包含一个带有软件包下载链接的网址，方便用户下载；< license >标签包含了用户使用该软件包时需要遵守的协议，< supportContact >标签表示软件包的支持人员联系方式，可以提供一个电子邮件地址或网页URL。如图1.2为下列代码对应的软件包界面。

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<package schemaVersion="1.0" xmlns:xs=<http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance> xs:noNamespaceSchemaLocation="PACK.xsd">

<name>Tencent</name>

<description>Description of your pack</description>

<vendor>Tencentos-tiny</vendor>

<url>[https://github.com/OpenAtomFoundation/TencentOS-tiny</url](https://github.com/OpenAtomFoundation/TencentOS-tiny%3c/url)>

<license>LICENSE.txt</license>

<supportContact>…</supportContact>

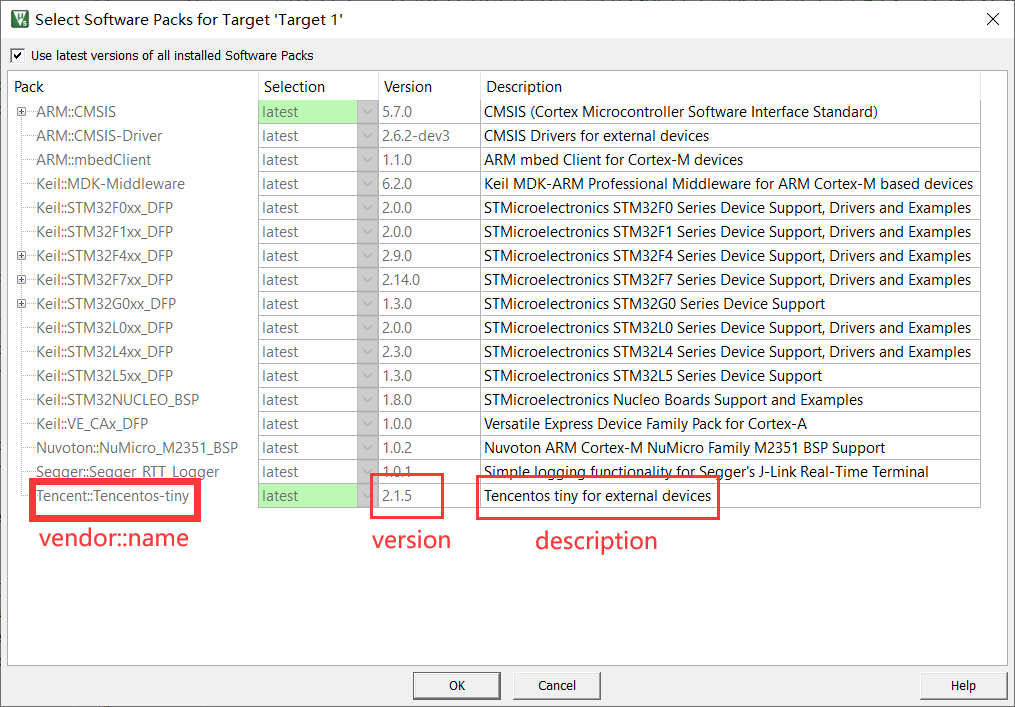


图1.2 程序对应的软件包

接下来是PDSC文件的各个模块，<releases>标签定义了软件包的版本，开发者可以在版本更新时在此进行标注，从而在生成软件包时，系统会自动生成最新版本的软件包；

<releases>

<release version=**"1.0.1"**>

Sep/3/2021, version name

</release>

<release version=**"1.0.0"**>

Sep/1/2021, version name

</release>

</releases>

<taxonomy>标签用于定义每个组件的description，如图1.3所示，通过下列代码中的Cclass、Cgroup和Csub来确定description所在的位置，doc用于指定description文件（也可以不加），然后添加description的名字。

<taxonomy>

<description Cclass="Tencentos tiny" Cgroup="xx" Csub="xx" doc="examples/index.html">Tencentos tiny</description>

</taxonomy>

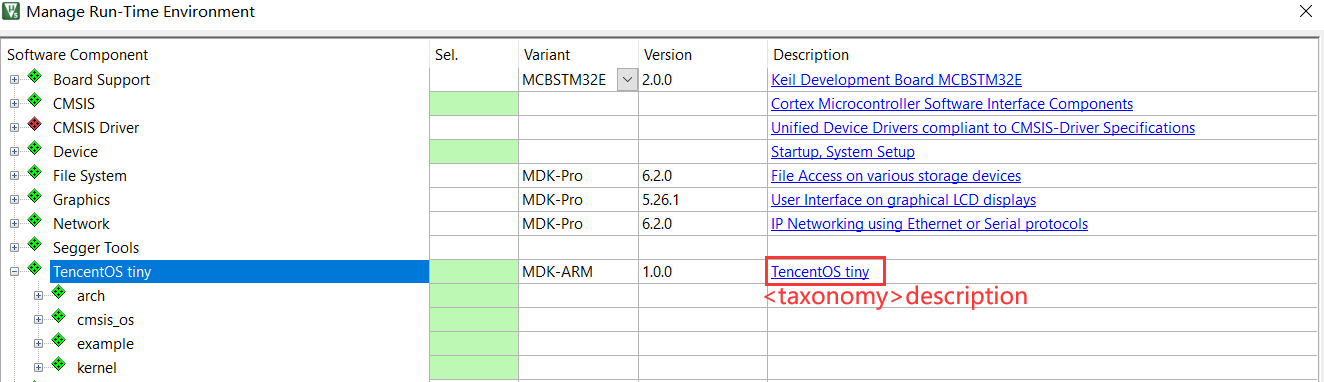


图1.3 <taxonomy>标签

< keywords >标签定义了软件包的关键词，在ARM官网下载软件包时可利用关键词搜索到需要的软件包。

<keywords >

<keyword>Tencent</keyword>

</keywords >

< requirements >标签定义了软件包的关联安装需求，即在安装本软件包时，还需要在网上安装其他包（网址：[MDK5 Software Packs (keil.com)](https://www.keil.com/dd2/pack/" \l "!#eula-container)），例如下面的定义则需要我们安装ARM的CMSIS5.7.0软件包。

<requirements>

<packages>

<package vendor="ARM" name="CMSIS" version="5.7.0"/>

</packages>

</requirements>

接下来是<conditions>标签，该标签在设计<components>时使用，用以说明软件包中各个组件的依赖关系，即使用本组件还需要选择其他组件。在该标签下可以定义多个condition，每个condition可以定义多个条件，其中<conditions id>表示条件名，<description>为条件信息，然后便是定义的条件，其中<accept>表示该条件时可选的，当同时存在多个<accept>时，用户需要至少满足其中一个条件才可以使用；<require>表示该条件是必选的，否则便无法使用相应的组件。在条件内部，包含一些特定的指示性语法，如果在设计<component>的时候开发者选择了名为Cortex\_M0的条件，那么用户在使用该<component>时，则需要遵守条件要求：其中<accept Dvendor="ARM:82" Dname="ARMCM0"/>表示用户需要选择ARM-Cortex M0内核，<require condition="condition id "/>为条件嵌套，表示用户还需要满足该条件对应的要求，<require Cclass="Tencentos tiny" Cgroup="kernel" Csub="core"/>表示用户还需要选择core组件。

<conditions>

<condition id="Cortex\_M0">

<description> Cortex-M0</description>

<accept Dvendor="ARM:82" Dname="ARMCM0"/>

<require condition="condition id "/>

< require Tcompiler="ARMCC"/>

<require Cclass="Tencentos tiny" Cgroup="kernel" Csub="core"/>

</condition>

</conditions>

然后是<components>标签，该标签描述了软件包包含的所有文件，在编写该标签下的程序时，需要按照文件类别将文件进行划分，在下列代码中，定义了一个Keil:: Tencentos tiny:: arch::arch的<component>，<description>为该组件的信息，具体如图1.4所示。

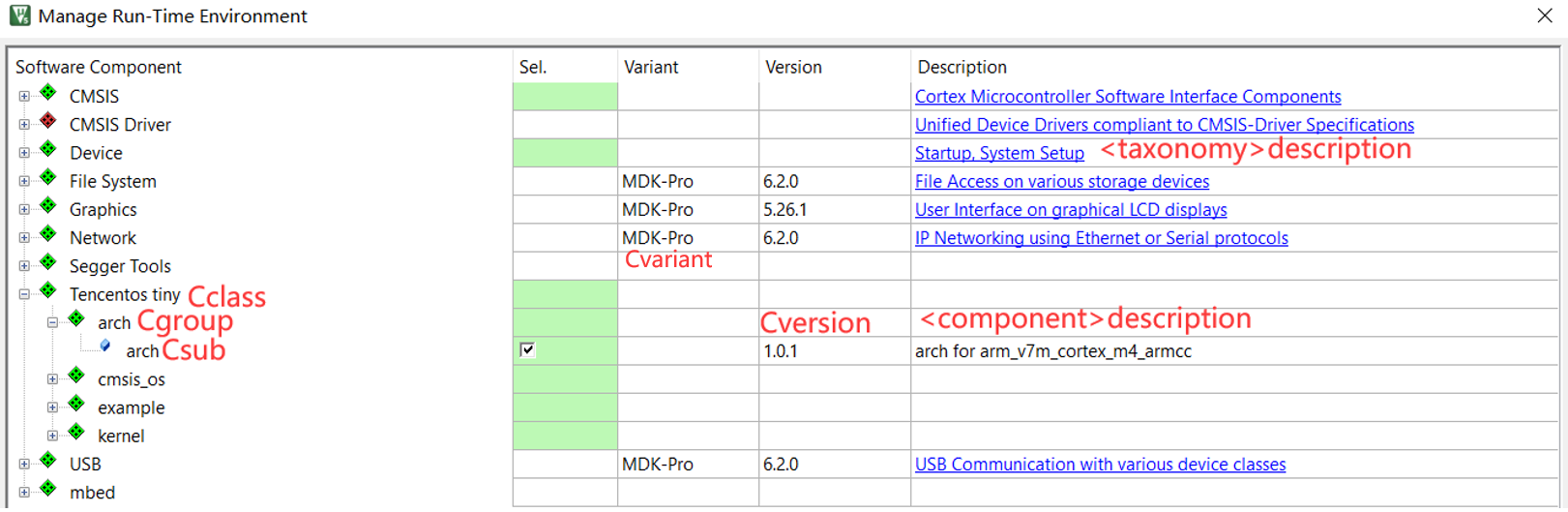


图1.4 <component>定义界面

<components>

<component Cvendor="Keil" Cclass="Tencentos tiny" Cgroup="arch" Csub="arch" Cversion="1.0.1" condition=" condition id">

<description> description </description>

<files>

<file category="doc" name="Documentation/General/html/driver\_I2C.html"/>-->

<file category="include" name="arch/arm/arm-v7m/common/include/"/>

<file category="header" name="arch/arm/arm-v7m/cortex-m0+/armcc/port.h"/>

<file category="header" name="arch/arm/arm-v7m/cortex-m0+/armcc/port\_config.h" attr="config"

version="1.1.0"/>

<file category="source" name="arch/arm/arm-v7m/common/tos\_cpu.c"/>

</files>

</component>

condition=" condition id"即为上述介绍的<condition>标签，从而用户在使用该组件时，还需要满足condition所要求的依赖组件。另外，在定义某一个<component>时，需要按照上面程序的<files>…</files>语法进行文件添加，其中file category的定义如表1-1所示，在name中可以添加文件路径和具体的某个文件，在软件包中，我们添加的文件默认是不可编辑的，为了方便用户对文件进行进行配置，我们需要添加attr="config"属性，并可通过version更新不同版本的文件。

表1-1 file category定义

|  |  |
| --- | --- |
| category | 含义 |
| doc | 文件，可以是网页或者其他链接 |
| include | 包含某一个路径下的所有头文件 |
| header | 包含某路径下的具体头文件 |
| source | .c源文件 |

为了使我们设计的软件包能够适配不同的内核，即在使用软件包时与用户ARM核不一致的文件都不出现，可以按如下步骤进行<files>的添加：（1）在condition条件中，加入<require Dvendor="ARM:82" Dname="ARMCM0"/>这样的程序，该程序表示需要用户选择ARM Cortex-M0内核；（2）在添加<files>时，我们可以将针对不同内核，同一类型文件的Cgroup和Csub保持同样的名字，并添加上（1）中定义的condition，这样用户选择不同内核时，将只会出现与该内核一致的文件。

同时，如果需要在PDSC文件中定义多个软件包，可以采用下列代码结构，其中每一个<bundle>标签定义了一个软件包。

<components>

<bundle Cbundle="MDK-ARM" Cclass="TencentOS tiny" Cversion="1.0.0">

<description>TencentOS tiny</description>

<doc>examples/index.html</doc>

<component

<!-- 组件内容 -->

</component>

</bundle>

<bundle Cbundle="MDK-ARM" Cclass="TencentOS tiny" Cversion="1.0.0">

<description>TencentOS tiny</description>

<doc>examples/index.html</doc>

<component

<!-- 组件内容 -->

</component>

</bundle>

</component>

另外，PDSC文件还可以包含<devices>、<apis>、<boards>和<examples>，这些为ARM公司或者其他器件、开发板厂商提供，为针对器件、api库文件、板级和相应的示例文件，具体可以参阅ARM CMSIS的软件包。

最后，PDSC文件后还需要在最后加上</package>，表示该文件的结束，从而完成PDSC文件的编写。

### 1.2.3 生成软件包

在完成PDSC文件的编写后，为了生成最终的软件包，还需要准备如图1.5所示的3个文件，其中PackChk.exe用于验证软件包包含的文件是否都存在，即是否完整；gen\_pack.bat为Windows批处理文件，需要我们对文件中的路径进行修改，并用于生成软件包；PACK.xsd是schema，主要用来制定XML规范，用以验证我们编写的PDSC文件。另外，还需要准备7-Zip File Manager软件，用于对文件进行压缩，制作集成的软件包。







图1.5 生成软件包所需的软件配置

首先利用记事本或Notepad++打开gen\_pack.bat，对以下几个地方需要修改，如表1-2所示：

SET ZIPPATH=C:\Program Files\7-Zip

SET RELEASE\_PATH=..\Local\_Release

SET PACK\_VENDOR=Tencent

SET PACK\_NAME=Tencentos-tiny

SET PACK\_FOLDER\_LIST=arch osal kernel examples

SET PACK\_FILE\_LIST=%PACK\_VENDOR%.%PACK\_NAME%.pdsc README.md LICENSE.txt

表1-2 gen\_pack.bat修改内容

|  |  |
| --- | --- |
| 代码 | 含义 |
| SET ZIPPATH | 7-Zip File Manager软件的安装路径 |
| SET RELEASE\_PATH | 生成的软件包路径，为相对路径 |
| SET PACK\_VENDOR | PDSC文件中的<vendor>标签 |
| SET PACK\_NAME | PDSC文件中的<name>标签 |
| SET PACK\_FOLDER\_LIST | 软件包包含文件所在路径 |
| SET PACK\_FILE\_LIST | README.md LICENSE.txt所在路径 |

修改完毕gen\_pack.bat后，便可以制作软件包了，首先利用cmd打开电脑的命令行界面，执行cd命令转到gen\_pack.bat所在的路径，然后输入gen\_pack.bat点击enter，如图1.6所示，gen\_pack.bat会按照顺序压缩文件，然后读取PDSC文件，检查数据完整性和文件依赖是否完整，然后生成软件包，当提示gen\_pack.bat completed sucessfully后就完成了软件报的创建。

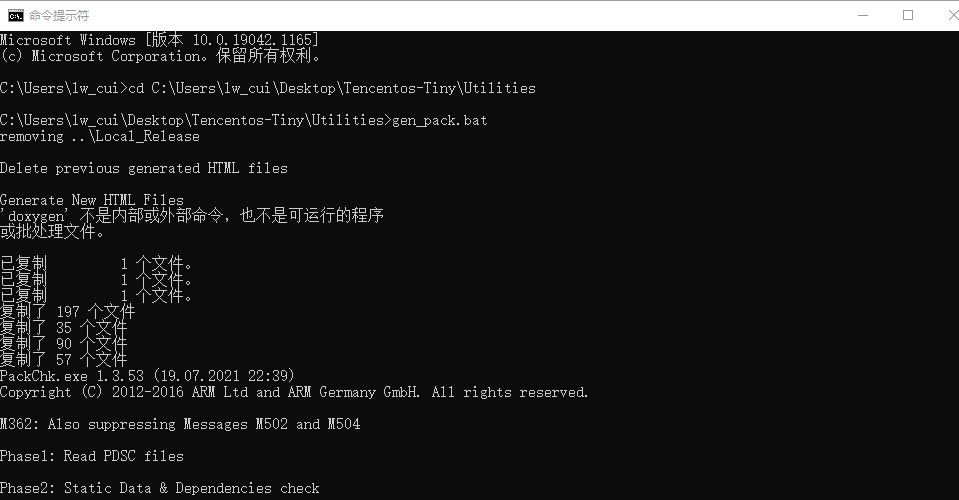




图1.6 软件包生成界面

此时在Local\_Release路径下，可以看到生成的软件包。



图1.7 软件包

# 2、Tencentos-tiny软件包

腾讯物联网操作系统（TencentOS tiny）是腾讯面向物联网领域开发的实时操作系统，具有低功耗，低资源占用，模块化，可裁剪等特性。TencentOS tiny提供了最精简的 RTOS 内核，内核组件可裁剪可配置，可灵活移植到多种终端 MCU 上。而且，基于RTOS内核，提供了 COAP/MQTT/TLS/DTLS 等常用物联网协议栈及组件，方便用户快速接入腾讯云物联网通信 IoT Hub。同时，TencentOS tiny 为物联网终端厂家提供一站式软件解决方案，方便各种物联网设备快速接入腾讯云，可支撑智慧城市、智能水表、智能家居、智能穿戴、车联网等多种行业应用。

因此，为了有效减少开发人员在移植TencentOS tiny到ARM内核单片机上的开发时间，本文基于MDK完成了第三方TencentOS Tiny pack和软件包的封装，能够使用MDK pack直接生成适合不同MCU的TencentOS Tiny工程。

## 2.1 软件包内容

结合TencentOS tiny的算法架构，本文设计的软件包包括如表2-1所示的内容：

表2-1 软件包内容

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 内容 | | 功能 |
| arch | | 包括TencentOS-tiny\arch\arm下内核为Cortex-M0+、Cortex-M0、Cortex-M3、Cortex-M4、Cortex-M7、Cortex-M23、Cortex-M33的arch文件 |
| kernel | | 包括TencentOS-tiny\kernel下的core、hal路径中的文件 |
| cmsis\_os | | 对应TencentOS-tiny\osal\cmsis\_os的文件 |
| example | helloworld\_main\_1.c  helloworld\_main\_2.c | 用于测试软件包的main文件，包括2个示例 |
| mcu\_it.c | 移植软件包时需要按照该文件对中断函数进行修改 |
| mcu\_platform.h | 用户可在此文件在添加对应单片机的头文件 |
| tos\_config文件 | 对应TencentOS-tiny\board下的tos\_config文件，一种ARM内核对应一个tos\_config文件 |

软件包具有以下功能：

（1）软件包针对ARMCortex-M0+、Cortex-M0、Cortex-M3、Cortex-M4、Cortex-M7、Cortex-M23和Cortex-M33内核进行了TencentOS tiny软件的封装，用户在安装软件包后能够快速将TencentOS tiny相应内核的Keil工程中；

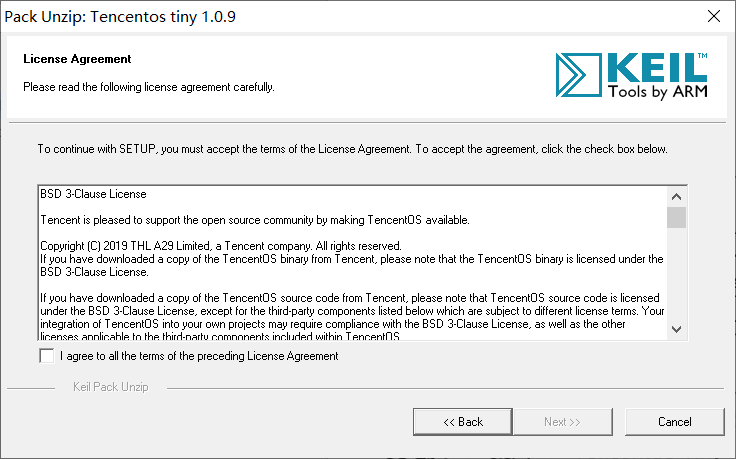
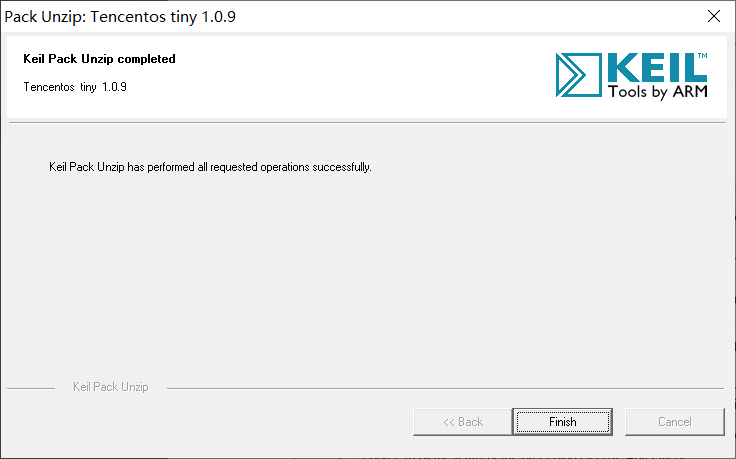
（2）软件包能够自动适应用户所选的内核，tos\_config和arch文件能够根据内核自动显示，从而方便用户使用；

（3）用户在勾选一个组件时，软件包会自动提示还需要勾选其他模块，并可利用界面中的Resolve一键勾选，防止遗漏；

（4）用户可自主修改对应内核的tos\_config文件，对TencentOS tiny的功能进行裁剪。

## 2.2 软件包安装

接下来介绍Tencent.Tencentos-tiny软件包的安装，首先双击图1.5中的软件包，然后进入安装界面，如图2.1(a)，点击I agree to all the terms of the preceding License Agreement，再点击next进行安装，安装完成界面如图2.1(b)所示；

(a) (b)

图2.1 安装界面

此时软件包已经安装到Keil 5之中，打开Keil 5软件，并点击Pack Installer图标，可以进行不同软件包版本的安装与移除：

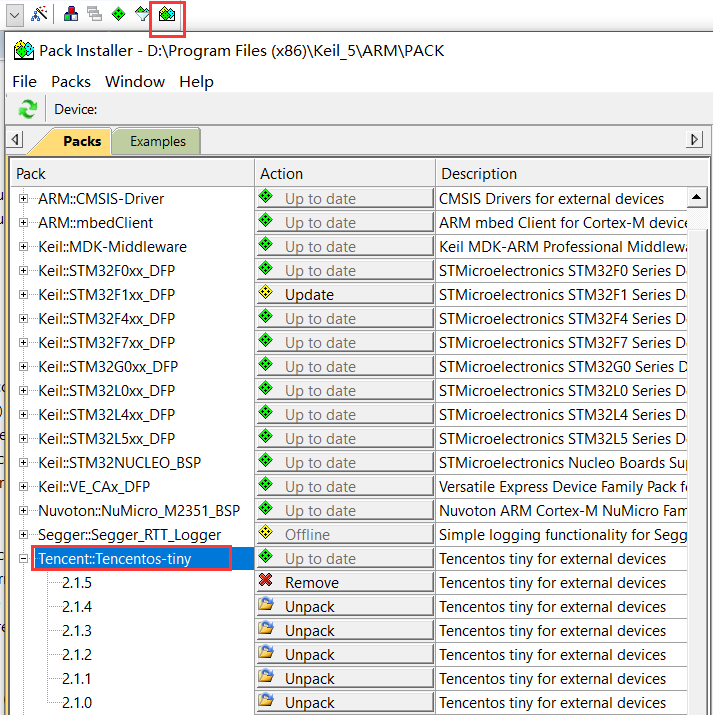


图2.2 Pack Installer界面

接下来就可以安装Tencent.Tencentos-tiny软件包中的组件，点击Manage Run-Time Environment图标，对需要从软件包中移植的文件进行勾选，如图2.3所示，如果有依赖可以点击Resolve进行一键安装。

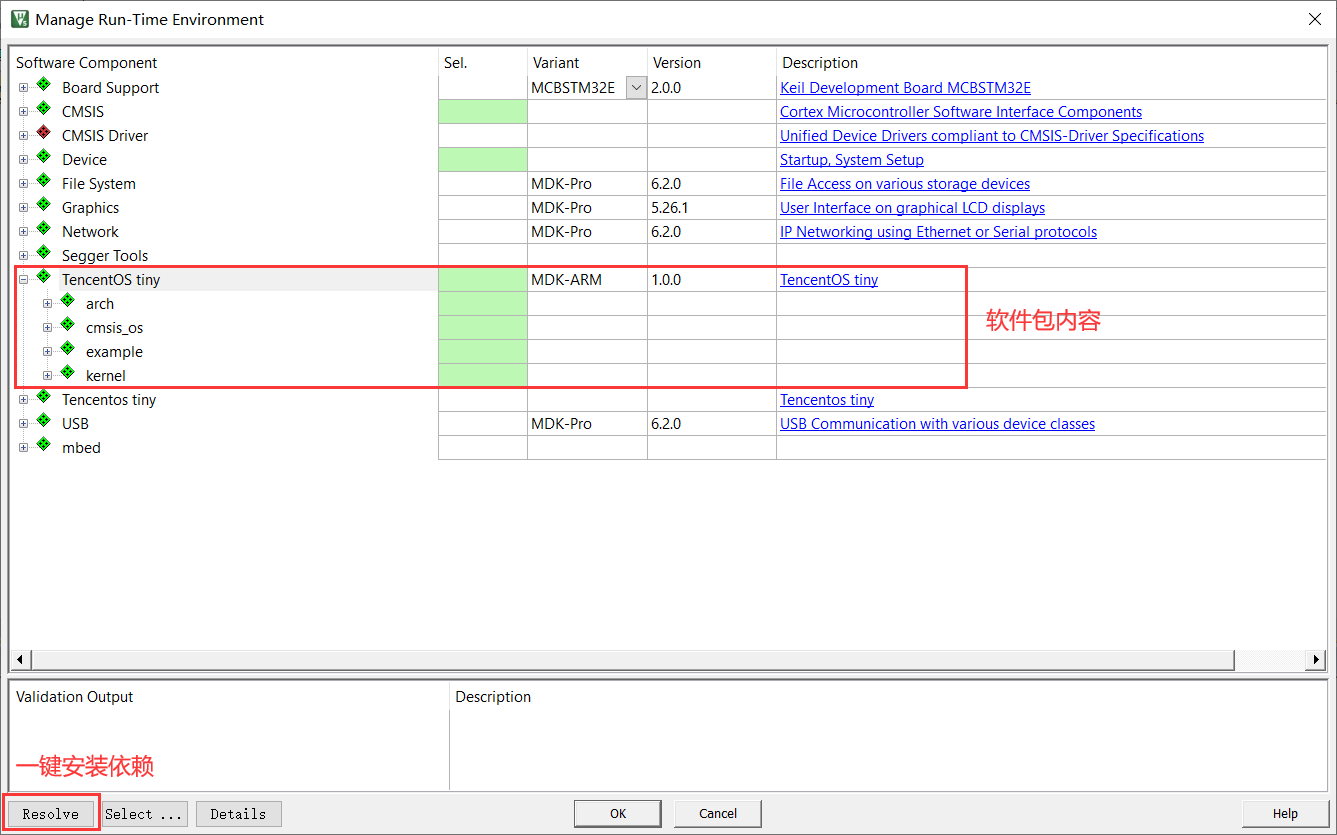


图2.3 Manage Run-Time Environment界面

# 3、软件包测试

## 3.1 ARM内核移植TencentOS tiny软件包

首先在[MDK5 Software Packs (keil.com)](https://www.keil.com/dd2/pack/#!#eula-container)下载安装ARM CMSIS-5.8.0软件包，以便在不同内核下测试本软件包。

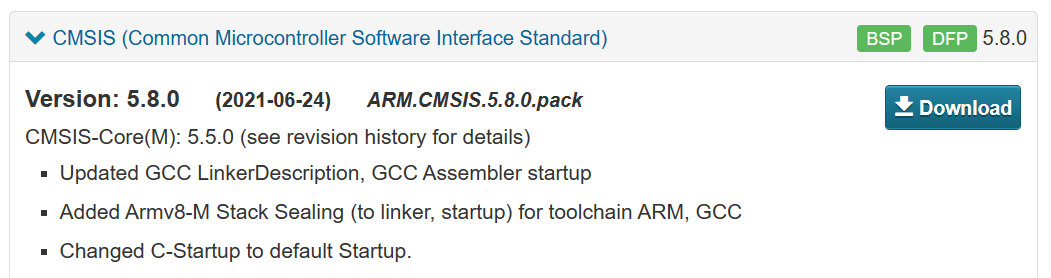


图3.1 ARM CMSIS-5.8.0软件包

在安装完软件包后，以ARM Cortex-M3内核为例对软件包进行移植，并进行编译，首先利用Keil5-5.30版本软件新建工程，并选择ARMCM3，如图3.2所示，然后按照图3.3勾选相应的Tencentos-tiny组件和Cortex-M3内核文件，可以看到arch和tos\_config都已经根据内核进行了自动适配。

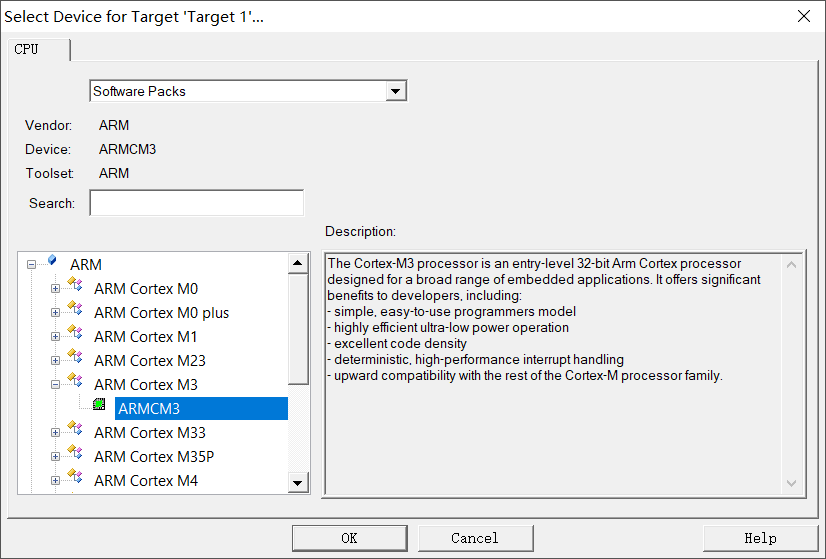


图3.2勾选内核

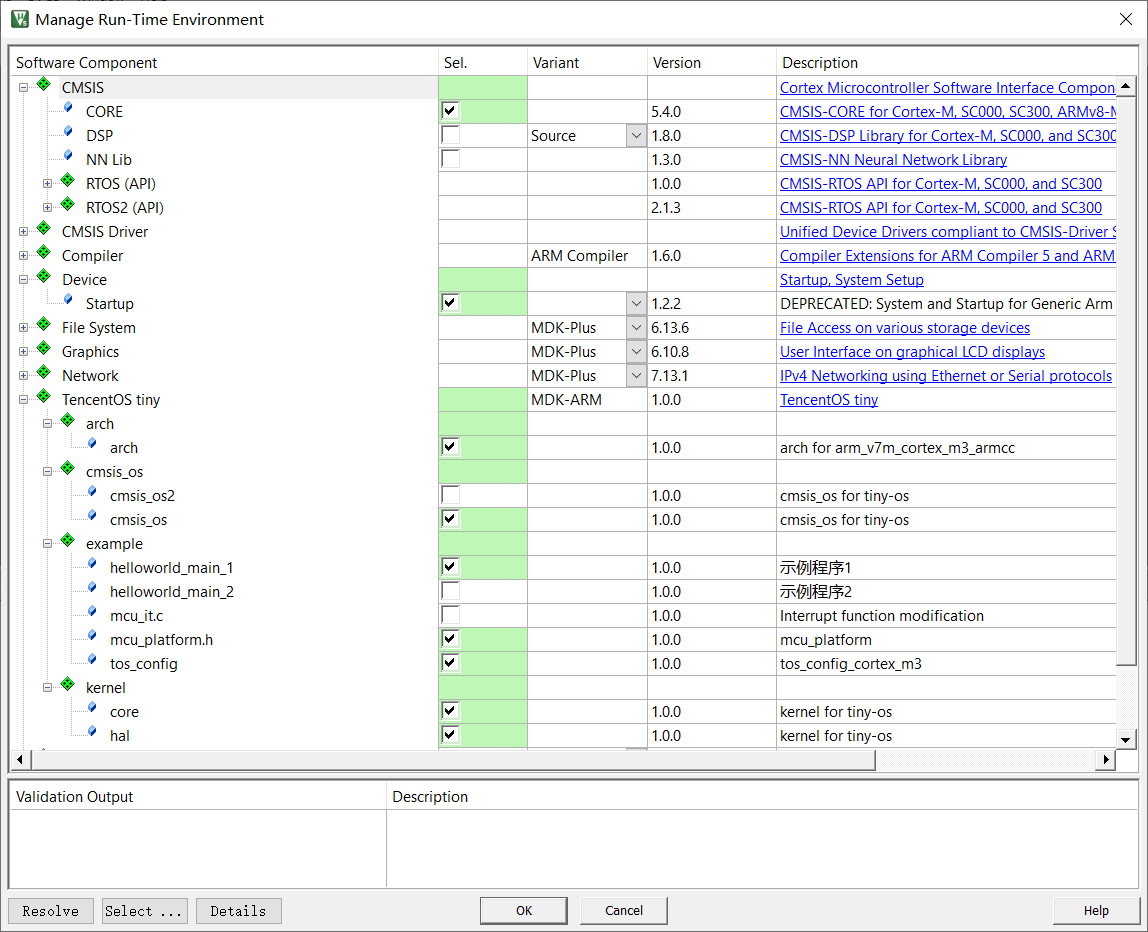
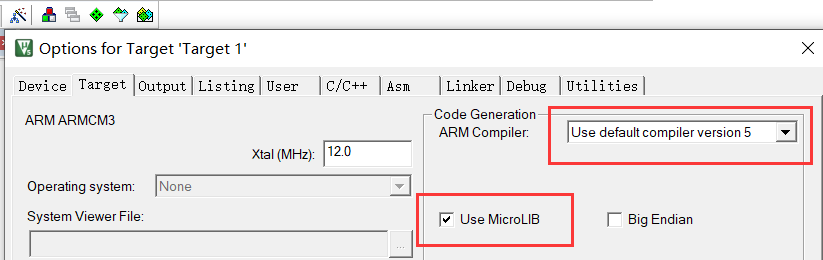


图3.3勾选组件

接下来点击Options for target，选中Use MicroLIB和默认编译版本5，然后选择C99 mode。



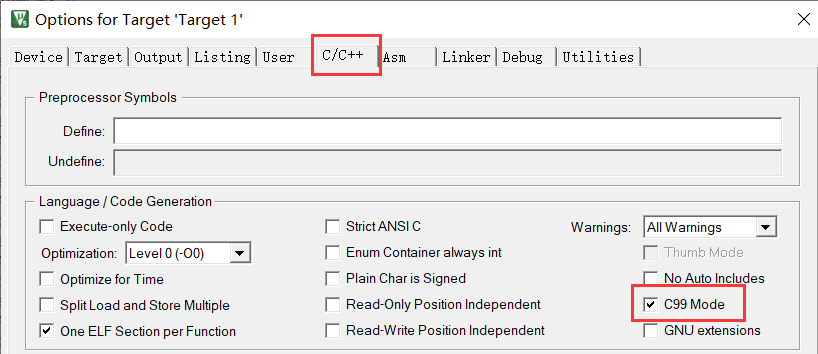


图3.4选中Use MicroLIB

然后在mcu\_platform.h中添加#include "ARMCM3.h"和#include "core\_cm3.h"头文件。

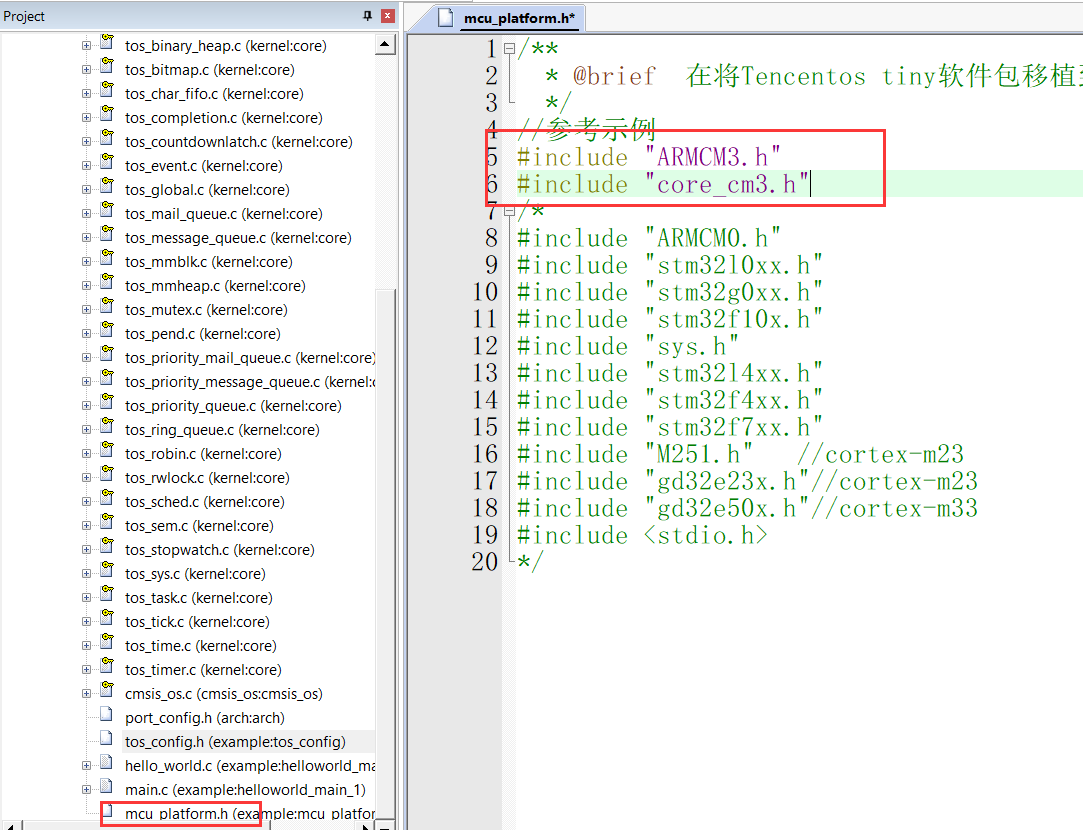


图3.5 添加对应内核的头文件

最后点击Build图标进行测试，如图3.6所示：

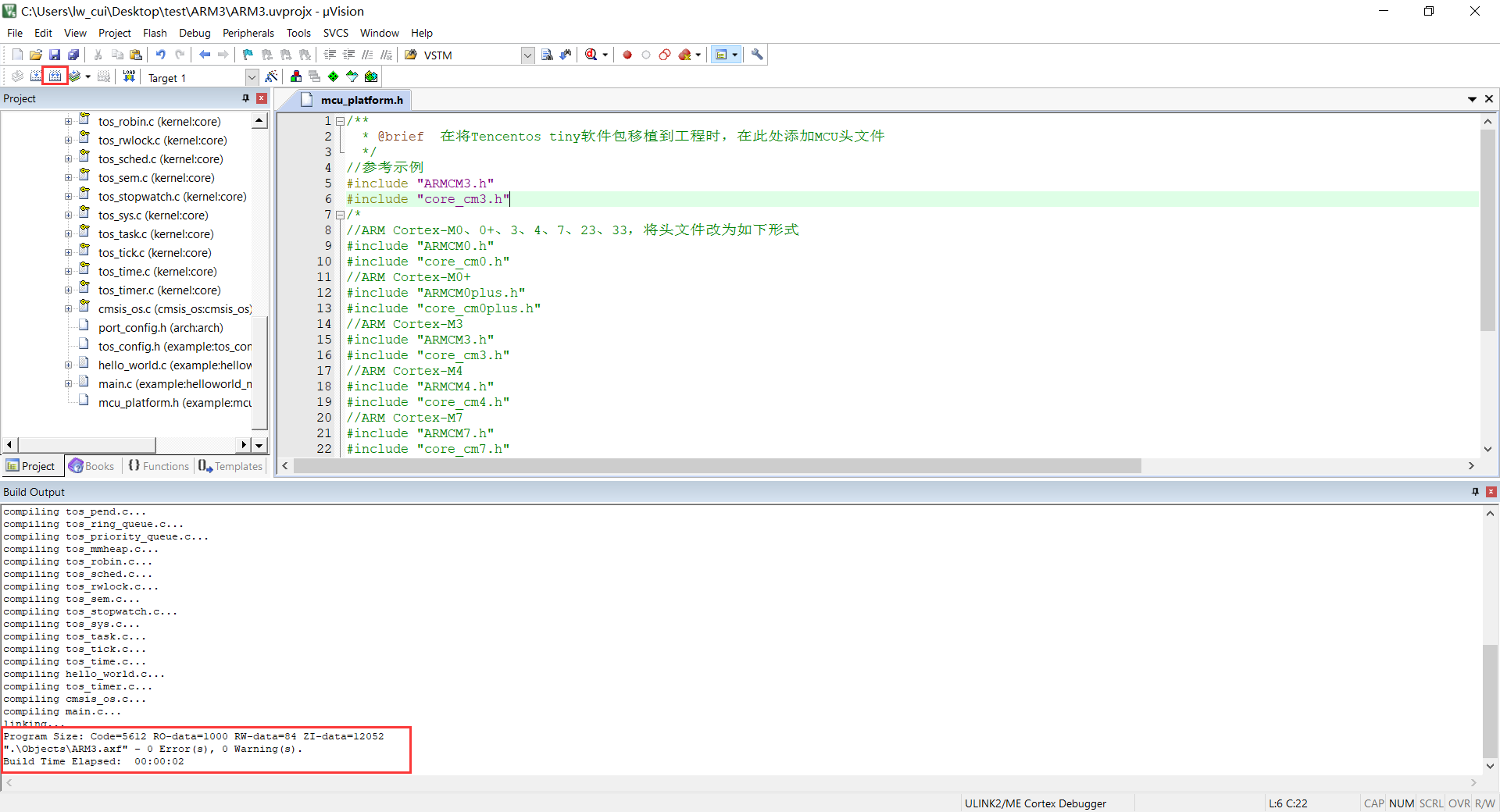


图3.6 编译测试

与之类似，如果要在ARM Cortex-M4内核下对本软件包进行测试，只需要在上述步骤修改mcu\_platform.h中的头文件为#include "ARMCM4.h"和#include "core\_cm4.h"即可，如果是其他内核则对应修改头文件。

## 3.2 STM32不依赖裸机工程移植

接下来选取具体单片机芯片，进行软件包的测试，按照以下步骤：

在网站[MDK5 Software Packs (keil.com)](https://www.keil.com/dd2/pack/" \l "!#eula-container)上下载STM32F1的软件支持包，如图3.7所示，并进行安装。

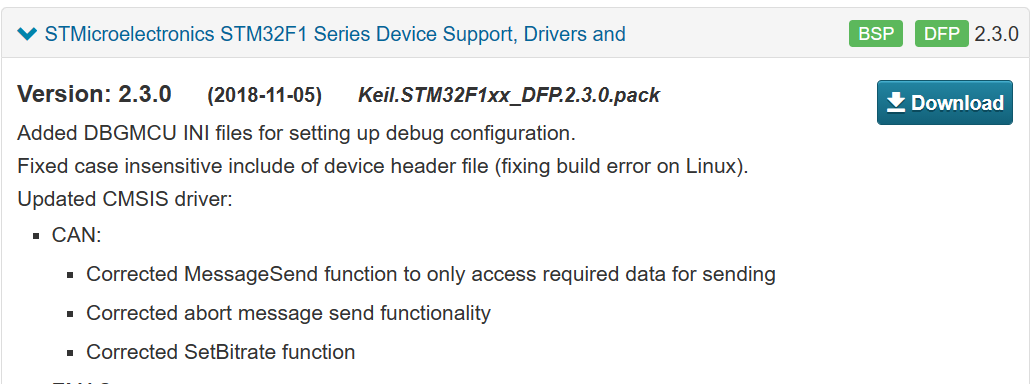


图3.7 STM32软件支持包

新建工程，选择芯片为STM32F103C8，如图3.8所示，然后点击ok，按照图3.9所示，选择Tencentos-tiny软件包的组件和STM32的启动文件。

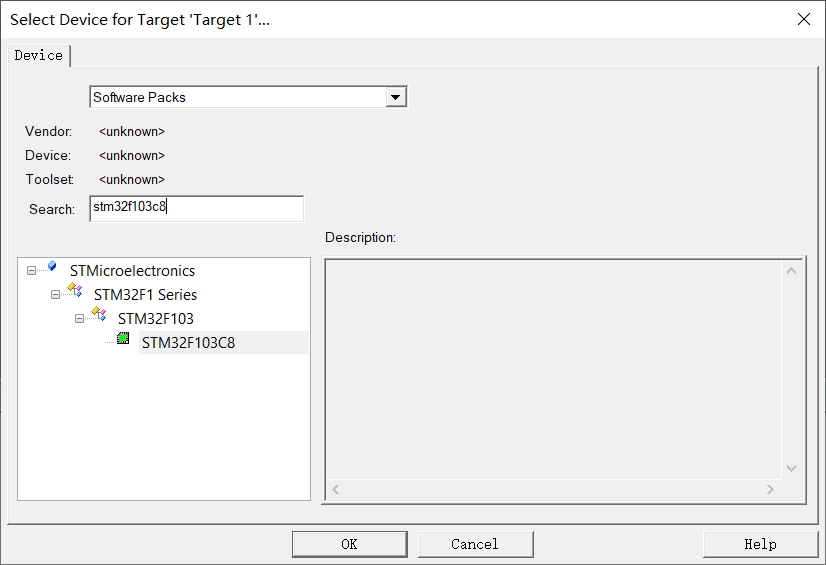


图3.8 选择STM32F103C8芯片

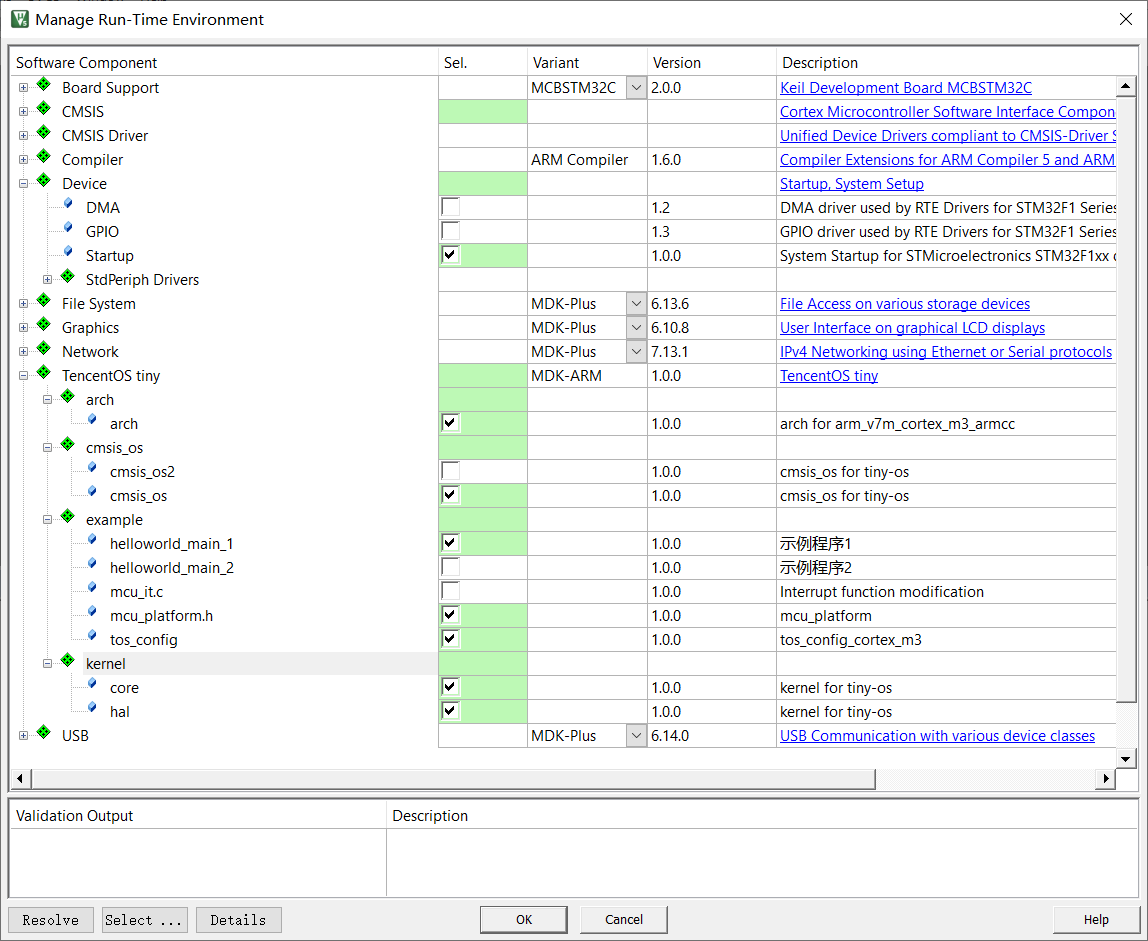
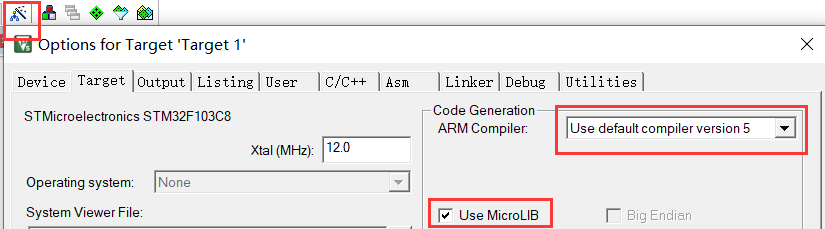
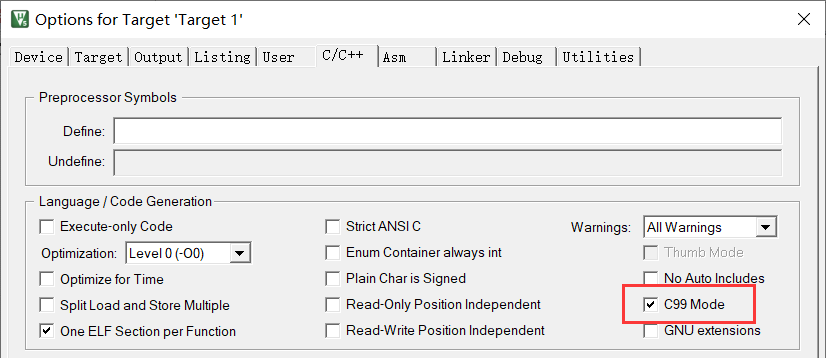


图3.9 选择组件

然后按照图3.10(a)所示勾选Use MicroLIB和编译版本5，并选择C99mode。



(a)



(b)

图3.10 软件设置

然后按照图3.11，在mcu\_platform.h中添加以下头文件：

#include "stm32f10x.h"

#include "core\_cm3.h"

#include "system\_stm32f10x.h"

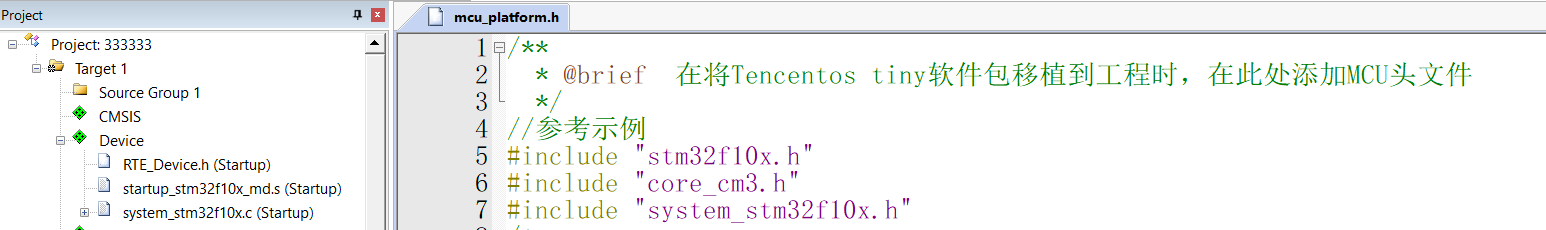


图3.11 修改mcu\_platform.h

最后点击Build编译，没有报错则移植成功。

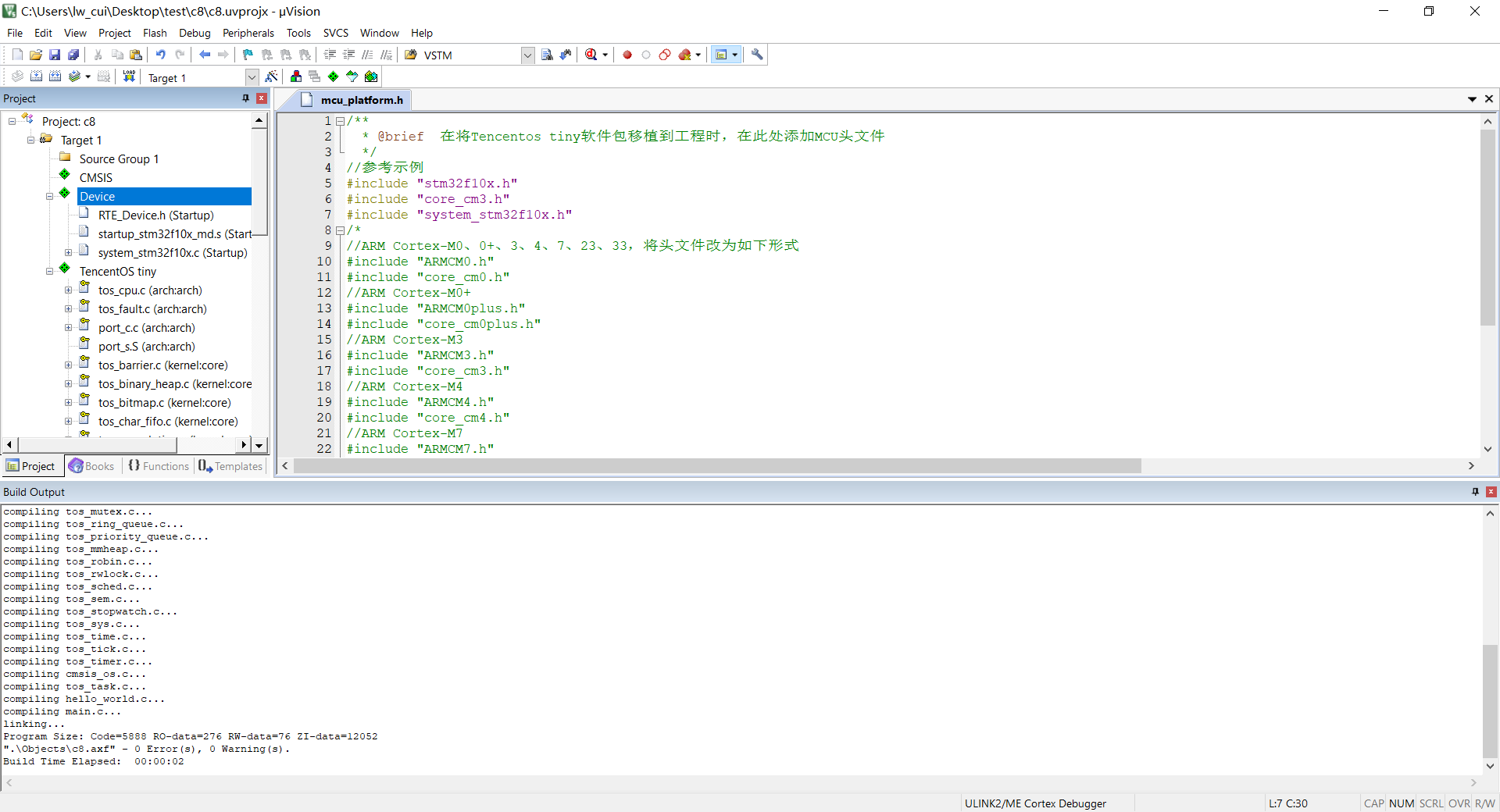


图3.12 编译界面

## 3.3 单片机裸机工程移植

最后对单片机开发板进行测试，以正点原子探索者STM32F407ZGT6为例介绍Tencentos-tiny软件包的移植。如下图为软件包勾选的内容：

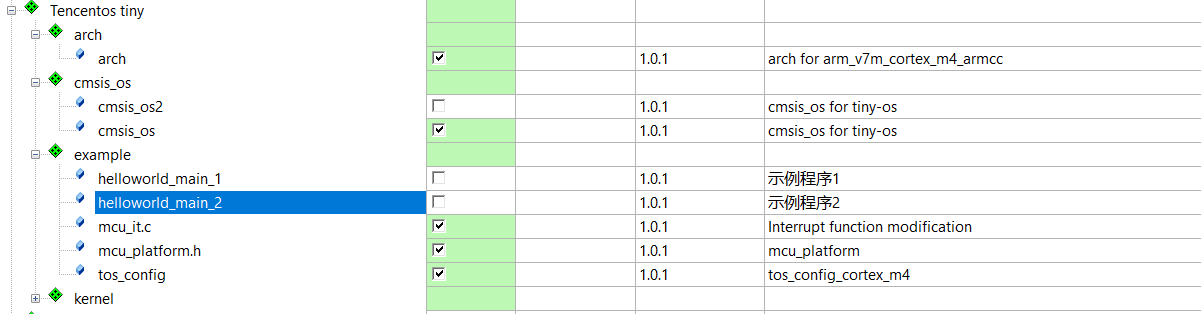


图3.13 软件包组件勾选

在正点原子探索者STM32F407ZGT6裸机工程模板中移植软件包后的界面如图3.14所示：

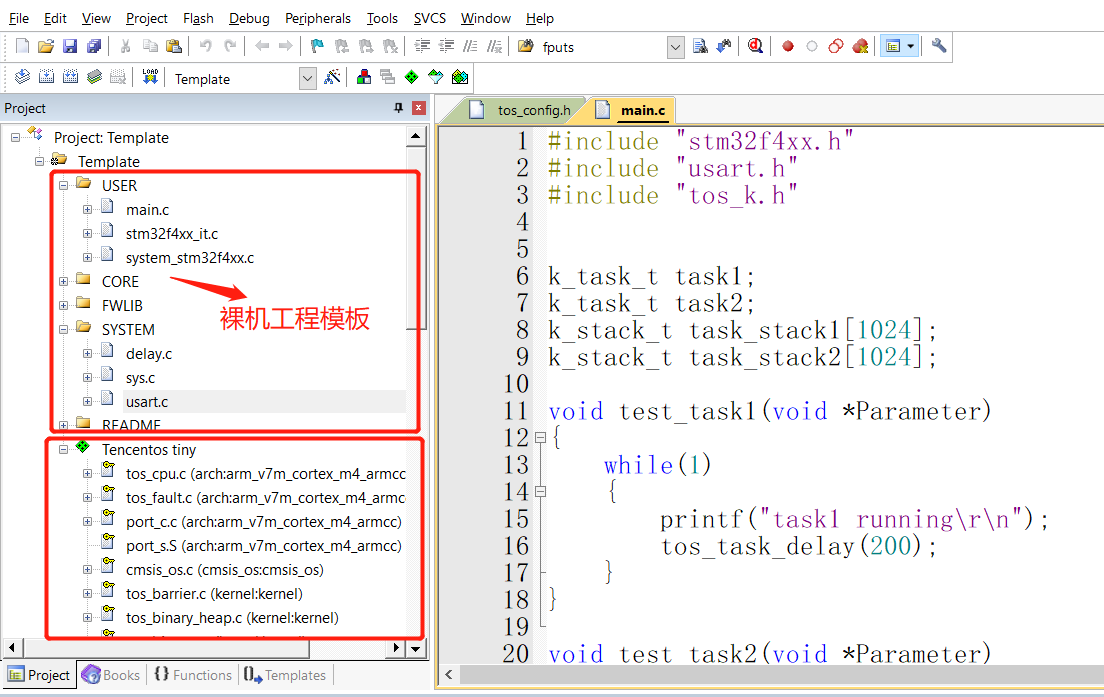


图3.14 移植界面

然后按照mcu\_it.c对stm32f4xx\_it.c中的PendSV\_Handler()函数和SysTick\_Handler()函数进行修改，如下图所示，注释stm32f4xx\_it.c中的PendSV\_Handler()函数，并修改SysTick\_Handler()函数。

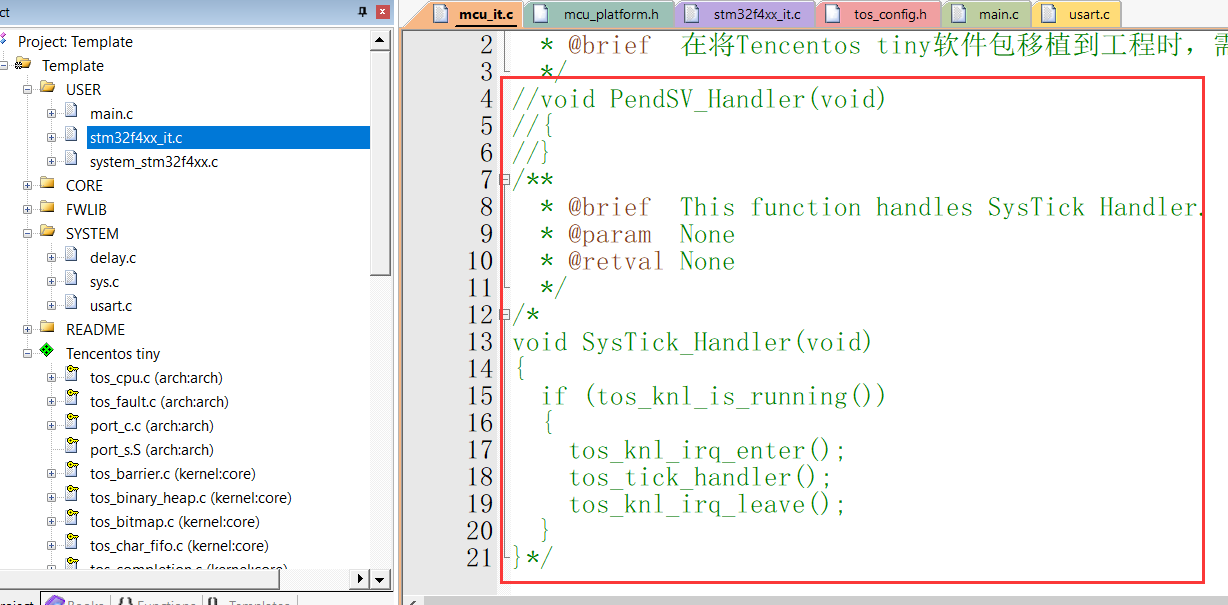


图3.15 函数修改

接下来，使用如下main程序：

#include "stm32f4xx.h"

#include "usart.h"

#include "tos\_k.h"

k\_task\_t task1;

k\_task\_t task2;

k\_stack\_t task\_stack1[1024];

k\_stack\_t task\_stack2[1024];

void test\_task1(void \*Parameter)

{

while(1)

{

printf("task1 running\r\n");

tos\_task\_delay(200);

}

}

void test\_task2(void \*Parameter)

{

k\_err\_t err;

printf("task2 running\r\n");

tos\_task\_delay(2000);

// suspend task1暂停

printf("suspend task1\r\n");

err = tos\_task\_suspend(&task1);

if(err != K\_ERR\_NONE)

printf("suspend task1 fail! code : %d \r\n",err);

tos\_task\_delay(2000);

// resume task1恢复

printf("resume task1\r\n");

err = tos\_task\_resume(&task1);

if(err != K\_ERR\_NONE)

printf("resume task1 fail! code : %d \r\n",err);

tos\_task\_delay(2000);

// destroy task1销毁

printf("destroy task1\r\n");

err = tos\_task\_destroy(&task1);

if(err != K\_ERR\_NONE)

printf("destroy task1 fail! code : %d \r\n",err);

// task2 running

while(1)

{

printf("task2 running\r\n");

tos\_task\_delay(1000);

}

}

/\*\*

\* @brief 主函数

\* @param 无

\* @retval 无

\*/

int main(void)

{

k\_err\_t err;

/\*初始化USART 配置模式为 115200 8-N-1，中断接收\*/

uart\_init(115200);

printf("Welcome to TencentOS tiny\r\n");

tos\_knl\_init(); // TOS Tiny kernel initialize

tos\_robin\_default\_timeslice\_config((k\_timeslice\_t)500u);

printf("create task1\r\n");

err = tos\_task\_create(&task1, "task1", test\_task1, NULL, 3, task\_stack1, 1024, 20);

if(err != K\_ERR\_NONE)

printf("TencentOS Create task1 fail! code : %d \r\n",err);

printf("create task2\r\n");

err = tos\_task\_create(&task2, "task2", test\_task2, NULL, 4, task\_stack2, 1024, 20);

if(err != K\_ERR\_NONE)

printf("TencentOS Create task2 fail! code : %d \r\n",err);

tos\_knl\_start(); // Start TOS Tiny

}

然后点击编译，并利用ST LINK-V2将程序下载到单片机上，如图3.16，然后将单片机的串口与电脑连接起来，利用XCOM串口通讯助手进行查看，结果如图3.17所示。

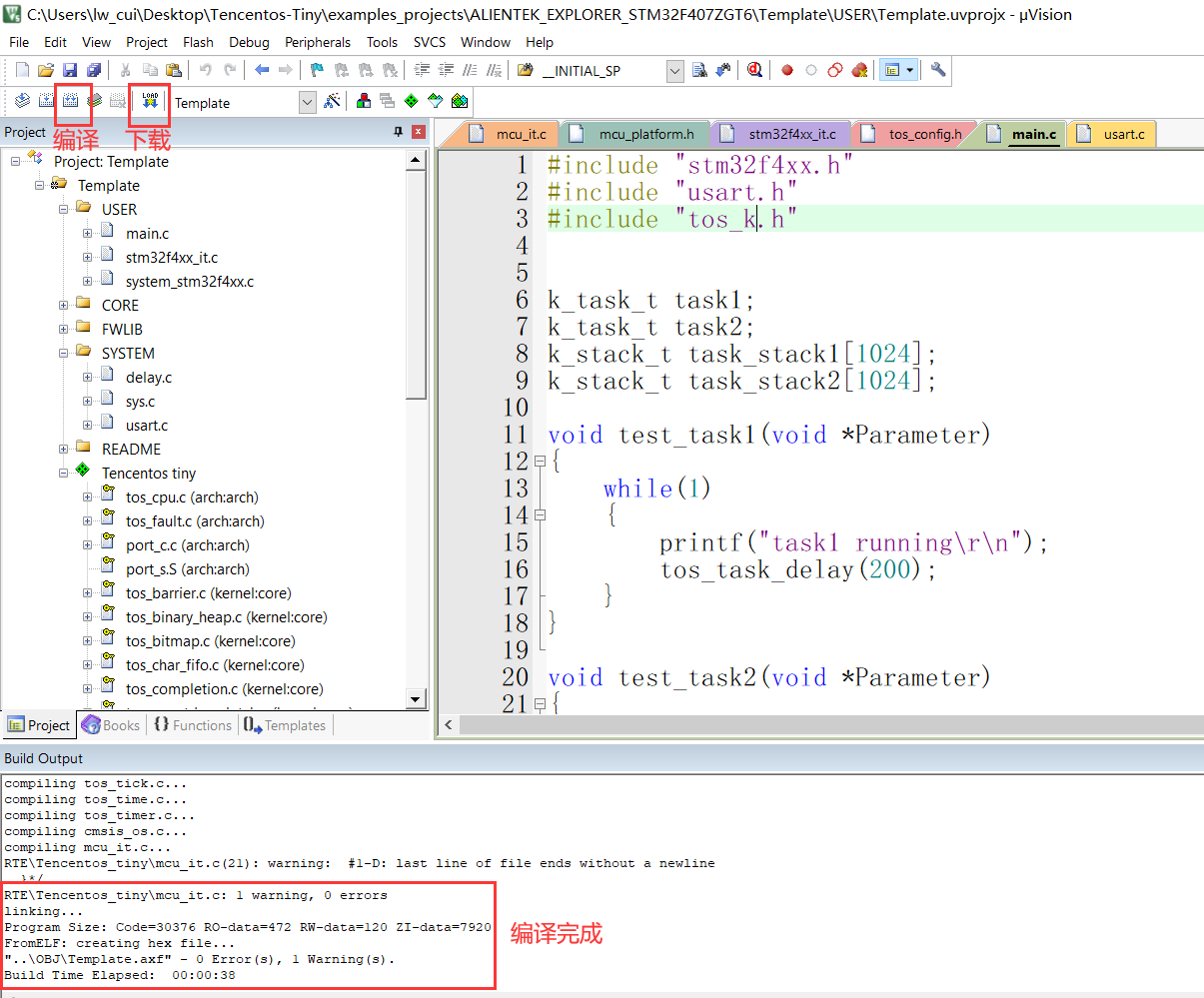
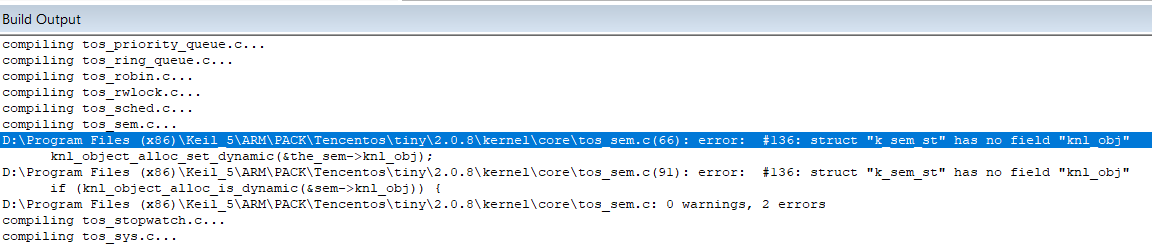


图3.16 编译界面

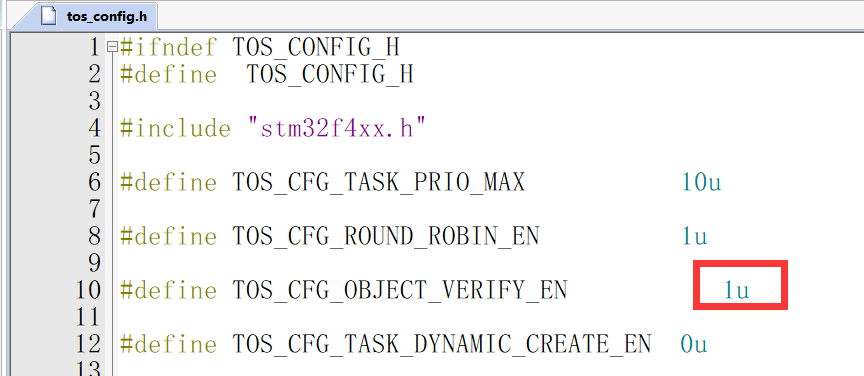


图3.17 测试界面

另外，在编译过程中如果遇到图3.18(a)的报错，需要将图3.18(b)中的#define TOS\_CFG\_OBJECT\_VERIFY\_EN 1u修改为TOS\_CFG\_OBJECT\_VERIFY\_EN 0u



(a)



(b)

图3.18 报错修改

# 4、总结

本文首先研究了基于MDK完成第三方软件包封装的开发过程，并编写了软件包制作的步骤，然后结合TencentOS Tiny物联网操作系统，对其中的ARM内核架构下的文件进行了封装，从而设计了基于TencentOS Tiny的软件包。

本软件包能够方便开发者快速地将TencentOS Tiny操作系统移植到用户的ARM内核单片机上，大大节省了开发移植的时间，同时软件包具有自动适配内核和依赖提示的功能，能够提高移植的效率。

# 5、开发参考

1、腾讯物联网操作系统网址<https://github.com/OpenAtomFoundation/TencentOS-tiny>

2、MDK5软件包[MDK5 Software Packs (keil.com)](https://www.keil.com/dd2/pack/#!#eula-container)

3、制作软件包培训视频<https://www.bilibili.com/video/BV1AK411p7d9>

4、制作软件包博客<https://blog.csdn.net/qq_40259429/article/details/119320319>

5、制作简易软件包<https://www.cnblogs.com/libra13179/p/6273415.html>

6、CMSIS-Driver软件包[ARM-software/CMSIS-Driver: Repository of microcontroller peripheral driver implementing the CMSIS-Driver API specification (github.com)](https://github.com/ARM-software/CMSIS-Driver)