



# Gowin PicoRV32 IDE 软件参考手册

IPUG910-1.1,2020-03-06

## **版权所有© 2020 广东高云半导体科技股份有限公司**

未经本公司书面许可，任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

### **免责声明**

本档并未授予任何知识产权的许可，并未以明示或暗示，或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外，高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保，包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等，均不作担保。高云半导体对档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任，高云半导体保留修改档中任何内容的权利，恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些档进行适时的更新。

## 版本信息

日期	版本	说明
2020/01/16	1.0	初始版本。
2020/03/06	1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>● MCU 支持 Wishbone 总线接口的外部设备 GPIO;</li><li>● MCU 支持扩展 AHB 总线接口;</li><li>● MCU 支持片外 SPI-Flash 下载及运行;</li><li>● MCU 支持外部设备 SPI-Flash 读、写和擦除功能;</li><li>● MCU 支持 Hardware Stack Protection 和 Trap Stack Overflow 功能。</li></ul>

# 目录

目录 .....	i
图目录 .....	ii
表目录 .....	iii
<b>1 GMD 安装与配置 .....</b>	<b>1</b>
<b>2 软件编程模板 .....</b>	<b>2</b>
2.1 模板工程创建 .....	2
2.1.1 工程创建 .....	2
2.1.2 平台类型配置 .....	3
2.1.3 编译工具链和路径配置 .....	3
2.1.4 导入软件编程设计 .....	4
2.2 模板工程配置 .....	4
2.2.1 配置 Target Processor .....	5
2.2.2 配置 Optimization .....	7
2.2.3 配置 GNU RISC-V Cross Assembler Includes .....	10
2.2.4 配置 GNU RISC-V Cross C Compiler Includes .....	10
2.2.5 配置 GNU RISC-V Cross C Linker .....	11
2.2.6 配置 GNU RISC-V Cross Create Flash Image .....	13
2.3 编译 .....	14
2.4 下载 .....	14
<b>3 参考设计 .....</b>	<b>15</b>

# 图目录

图 2-1 工程创建 .....	2
图 2-2 平台类型配置 .....	3
图 2-3 编译工具链和路径配置 .....	4
图 2-4 配置 Target Processor .....	5
图 2-5 配置 Optimization .....	8
图 2-6 配置 GNU RISC-V Cross Assembler Includes .....	10
图 2-7 配置 GNU RISC-V Cross C Compiler Includes .....	11
图 2-8 配置 GNU RISC-V Cross C Linker .....	12
图 2-9 配置 GNU RISC-V Cross Create Flash Image .....	13
图 2-10 编译 .....	14

# 表目录

表 2-1 32 位 RISC-V 架构处理器数据类型宽度 ..... 6

# 1 GMD 安装与配置

GOWIN MCU Designer 编译软件支持 Gowin\_PicoRV32 的软件编程设计、编译和下载。

高云半导体官网提供 GOWIN MCU Designer 软件安装包下载：  
<http://www.gowinsemi.com.cn/prodshow.aspx>。

GOWIN MCU Designer 软件安装与配置，请参考 [SUG549](#), GOWIN MCU Designer 用户指南。

**注！**

建议使用 GOWIN MCU Designer V1.0 及以上版本。

# 2 软件编程模板

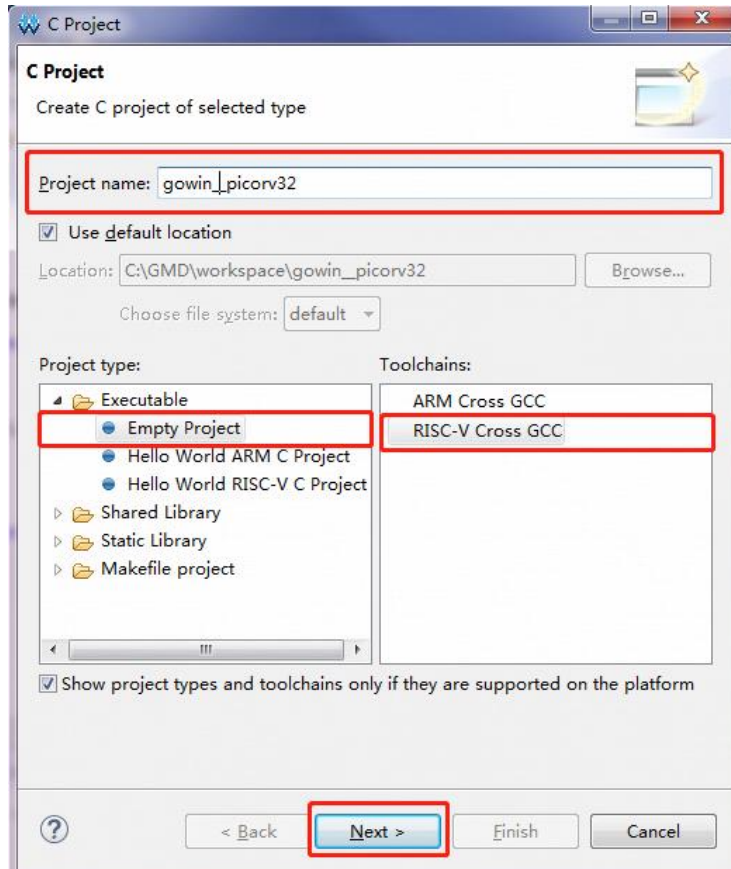
## 2.1 模板工程创建

### 2.1.1 工程创建

选择菜单栏“File > New > C Project”，如图 2-1 所示。

1. 建立项目名称和项目位置；
2. 选择项目类型“Empty Project”；
3. 选择工具链“RISC-V Cross GCC”；
4. 单击“Next”。

图 2-1 工程创建

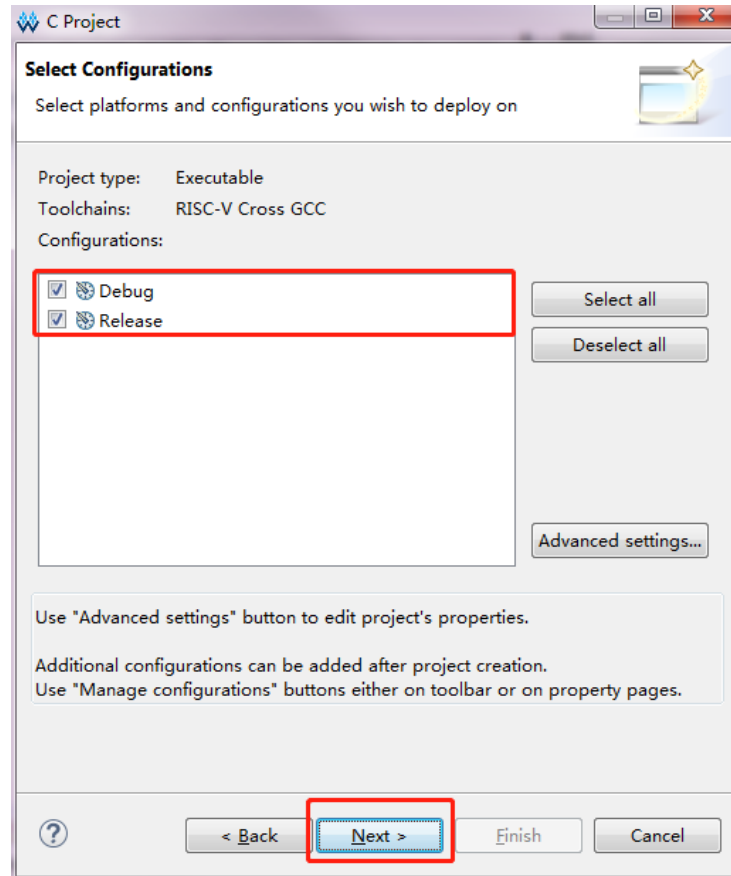




## 2.1.2 平台类型配置

平台类型配置，选择“Debug”和“Release”，单击“Next”，如图 2-2 所示。

图 2-2 平台类型配置

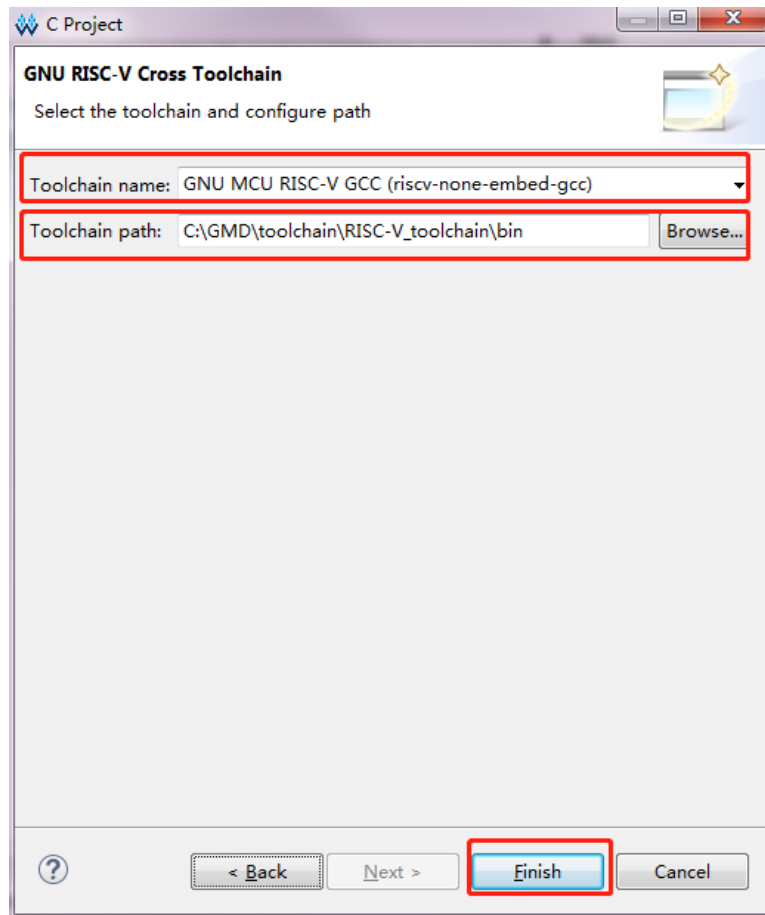


## 2.1.3 编译工具链和路径配置

选择交叉编译工具链 `riscv-none-embed-gcc` 和其所在路径，单击“Finish”，完成 Gowin\_PicoRV32 软件编程模板工程的创建，如图 2-3 所示。

默认配置为 GOWIN MCU Designer 软件中 RISC-V 交叉编译链安装路径，如需自定义 RISC-V 交叉工具链，则请手动修改指定工具链位置。

图 2-3 编译工具链和路径配置



### 2.1.4 导入软件编程设计

完成 Gowin\_PicoRV32 软件编程新工程创建后，选择工作空间 workspace 下新建的项目工程，导入软件编程设计。

以软件编程参考设计 gowin\_picorv32 为例，软件编程设计目录及代码定义如下所示。

- startup: Gowin\_PicoRV32 引导启动文件
- system: Gowin\_PicoRV32 内核及系统定义
- peripherals: 外部设备驱动函数库
- config: 用户配置文件
- linker: Flash 链接器
- user: 用户应用代码

软件编程设计目录下如有代码更新，请在视图“Project Explorer”当前工程中右键选择“Refresh”，更新 GMD 工程模板中的文件及代码。

## 2.2 模板工程配置

GOWIN MCU Designer 中，在视图“Project Explorer”选择当前工程，右键选择“Properties”，选择选项卡“C/C++ Build > Settings > Toolchains”选项，配置 Gowin\_PicoRV32 模板工程的参数选项。

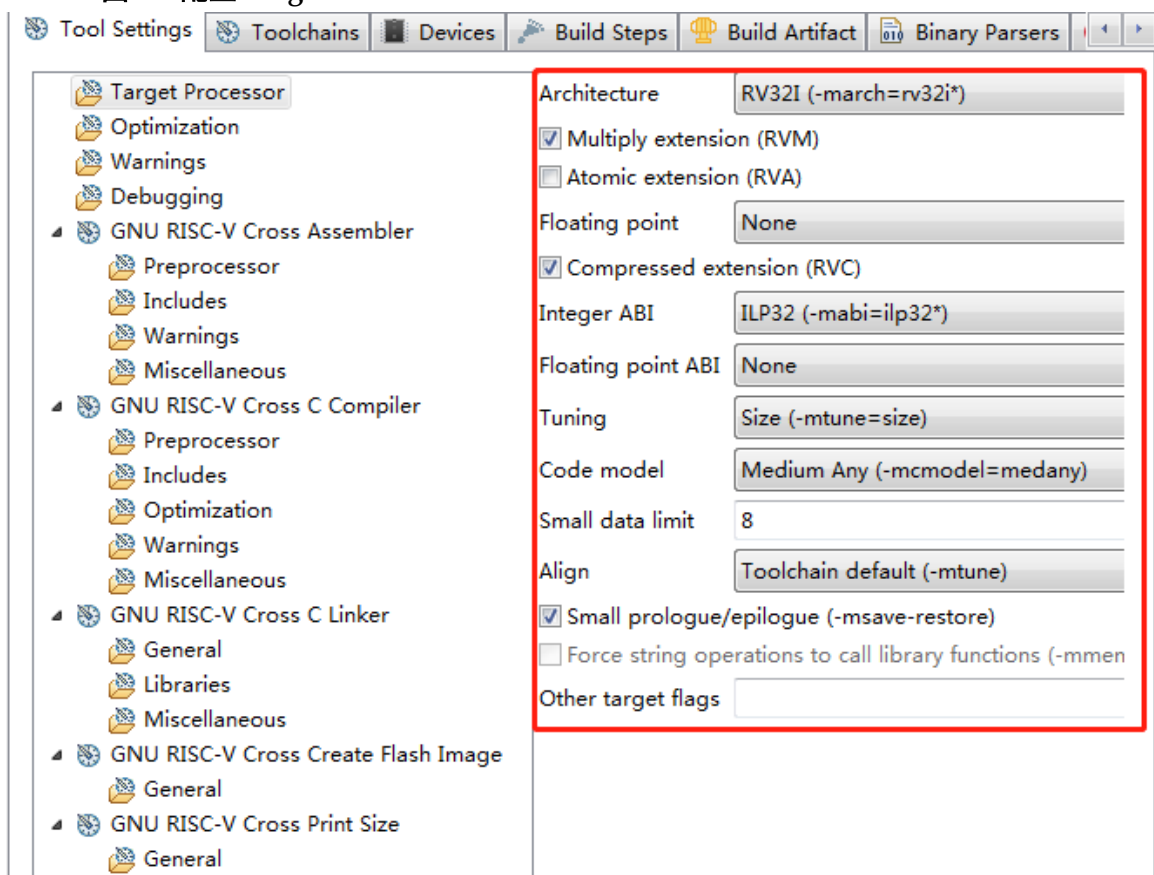
Gowin\_PicoRV32 必须配置以下参数选项：

- Target Processor
- Optimization
- GNU RISC-V Cross Assembler
  - Includes
- GNU RISC-V Cross C Compiler
  - Includes
- GNU RISC-V Cross C Linker
  - General
- GNU RISC-V Cross Create Flash Image
  - General

## 2.2.1 配置 Target Processor

选择“Target Processor”，如图 2-4 所示。

图 2-4 配置 Target Processor



- Architecture  
RV32I(-march=rv32i\*)， Gowin\_PicoRV32 仅支持 RISC-V32 位整型指令，所以选择 RV32I 选项。
- Multiply extension (RVM)  
如果需要使用 RV32M 扩展，使能 Multiply extension(RVM)选项。同时在 Gowin\_PicoRV32 硬件设计 IP Core Generator 的 Gowin PicoRV32 Core 参数配置中，使能 Support RV32M Extends 选项，否则编译包含 RISC-V 快速乘法指令时,会导致 Gowin\_PicoRV32 运行错误。
- Atomic extension (RVA)

- Gowin\_PicoRV32 不支持原子指令扩展，因此禁用该选项。
- Floating point  
Gowin\_PicoRV32 不支持浮点指令，因此设置该选项为 None。
- Compressed extension (RVC)  
如果需要使用 RV32C 扩展，则请使能 Compressed extension (RVC) 选项。同时在 Gowin\_PicoRV32 硬件设计 IPCore Generator 的 Gowin PicoRV32 Core 参数配置中，使能 Support RV32C Extends 选项，否则编译包含 RISC-V 16 位压缩指令时，会导致 Gowin\_PicoRV32 运行错误。
- Integer ABI  
设置 RISC-V 目标平台所支持的 ABI 函数调用规则。Gowin\_PicoRV32 为 32 位 RISC-V 架构处理器平台，且不支持硬件浮点指令，因此配置该选项为 ILP32 (-mabi=ilp32\*)。32 位 RISC-V 架构处理器数据类型宽度，如表 2-1 所示。

表 2-1 32 位 RISC-V 架构处理器数据类型宽度

C 语言数据类型	32 位 RISC-V 架构数据类型宽度（单位：字节）
char	1
short	2
int	4
long	4
long long	8
void *	4
float	4
double	8
long double	16

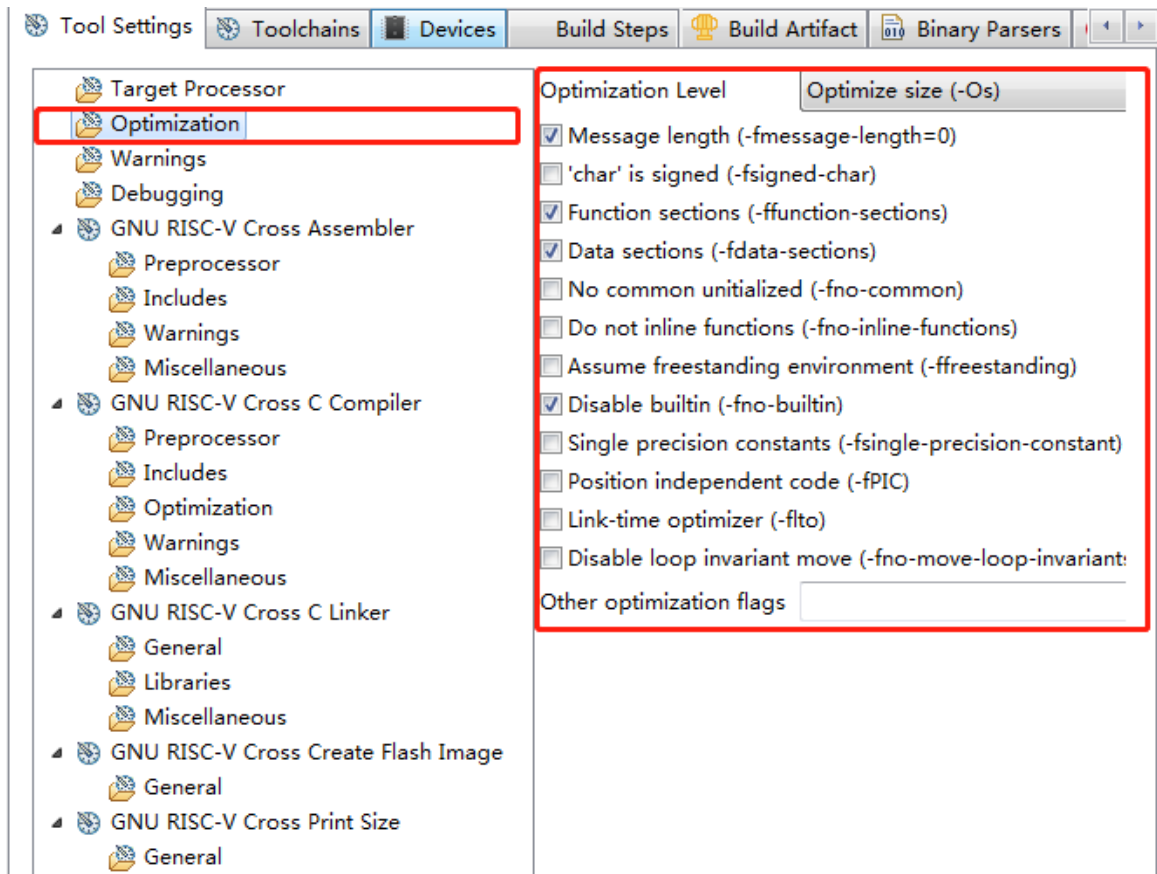
- Tuning  
指定编译工具链 GCC 为其调整代码性能的目标处理器名称。该选项不支持 Gowin\_PicoRV32，因此配置为 Size(-mtune=size)。
- Code model  
设置参数-mcmodel，该参数指定程序的寻址范围，选择 Medium Any (-mcmodel=medany)。( -mcmodel=medany)选项用于指定该程序的寻址范围可以在任意的 4GB 空间内，寻址空间不预定，应用相对灵活。
- Small data limit  
设置参数-msmall-data-limit，该参数指定可以放置到小数据区域的全局变量和静态变量的最大 Size (以字节为单位)。该参数设置为 8。
- Align  
设置是否避免产生非对齐内存访问的操作。Gowin\_PicoRV32 不支持快速非对齐访问，因此建议设置为 Strict(-mstrict-align)。
- Small prologue/epilogue(-msave-restore)  
如果使能该选项，则设置为调用 Size 最小、但速度更慢的起始和返回代码的库函数。默认使用快速的内联代码。
- Other target flags 选项中可以手动添加如下配置：
  - Allow use of PLTs(-mplt)

- 如果使能该选项，则使用 PLT 生成中断控制代码，否则不使用 PLT。
- **Floating-point divide/sqrt instructions(-mfdiv)**  
如果使能该选项，则使用硬件浮点除法和开方指令，需要处理器支持 RV32F 和 RV32D 指令集扩展和浮点寄存器。Gowin\_PicoRV32 不支持 RV32F 和 RV32D 指令集扩展，因此禁用该选项。
  - **Integer divide instructions(-mdiv)**  
如果使能选项，则使用整型除法硬件指令，需要处理器支持 RV32M 指令集扩展。Gowin\_PicoRV32 支持 RV32M 指令集扩展，所以可以使能 Multiply extension(RVM)选项，同时在 Gowin\_PicoRV32 硬件设计 IP Core Generator 的 Gowin PicoRV32 Core 参数设置中，使能 Support RV32M Extends 选项。
  - **-mpreferred-stack-boundary=num**  
栈边界对齐为 2num 字节边界对齐。如果未指定，则默认值为 24（即 16 字节或 128 位）对齐。如果配置该选项，则在构建所有模块时都需要使用该选项（包括库，系统库和起始模块）。
  - **-mexplicit-relocs / -mno-explicit-relocs**  
处理符号地址时，使用或不使用汇编程序重定向操作符。另一种配置是使用汇编宏，这可能会限制优化。
  - **-mrelax**
  - **-mno-relax**  
使用链接器松弛来减少实现符号地址所需的指令数量。默认是使用连接器的松弛。
  - **-memit-attribute / -mno-emit-attribute**  
输出或不输出 RISC-V 属性信息到 ELF 对象中。该特性需要 binutils 2.32 版本。
  - **-malign-data=type**  
控制 GCC 如何对齐数组、结构体、联合体等类型的变量和常量。支持的类型值为 ‘xlen’ 和 ‘natural’。其中，‘xlen’ 使用寄存器宽度作为对齐值，‘natural’ 使用自然对齐。默认值为 ‘xlen’。

## 2.2.2 配置 Optimization

选择“Optimization”，配置优化选项，如图 2-5 所示。

图 2-5 配置 Optimization



- **Optimization Level**  
通过-O 等级来设置优化等级，优化编译 Size、运行速度和编译时间等。可选的包括-O0、-O1、-O2、-O3、-Os、-Og，-O0/-O1/-O2/-O3 优化等级逐级提高。
  - -O0: 不做优化;
  - -Os: 在-O2 的基础上，关闭导致编译 Size 增大的选项，实现对编译 Size 的最优化;
  - -Og: 在-O0 的基础上，增加一些适用于调试的编译选项，Gowin \_PicoRV32 暂不支持片上调试，因此建议采用其他优化策略。
- **-fmessage-length=n**  
将错误信息以每行 n 个字符的形式显示在控制台窗口中。如果设置为 0，则关闭换行功能，一条错误信息显示为一行。默认为-fmessage-length=0。建议禁用该选项。
- **'char' is signed (-fsigned-char)**  
设置 char 类型数据为有符号数。
- **Function sections (-ffunction-sections) / Data sections (-fdata-sections)**
  - 若目标支持任意分段，则令每个函数或数据项在输出文件中开辟单独的段，使用函数名或数据项的名称作为输出段的名称。
  - 若连接器可以执行改进指令空间中引用的局部性的优化，则可以使能该选项。

- 若与连接器垃圾收集（连接器 `-gc-sections` 选项）一起使用，则最后生成执行文件时自动删除没有使用的函数段和数据项段，产生更小编译 `Size`。

#### 注！

只有在能产生显著效果时才使能该选项。当指定该选项时，编译器和连接器将创建更大 `Size` 的对象和可执行文件，降低编译速度，影响代码生成。该选项放置编译器和汇编器使用翻译单元内的相对位置进行优化，因为这些位置在连接之前是未知的。这种优化的一个案例是将调用放宽为短调用指令。建议禁用该选项，并在连接器设置中使能 `-gc-sections` 选项，以减少编译 `Size`。

- **No common uninitialized (-fno-common)**  
**fno-common** 选项指定编译器将未初始化的全局变量放到目标文件的 `BSS` 段中。这将阻止连接器合并暂定定义，因此如果在多个编译单元中定义了相同的变量，则会出现多定义错误。建议禁用该选项。
- **Do not inline functions (-fno-inline-functions)**  
 若使能该选项，则除了使用 `always_inline` 属性标记的函数之外，不展开任何内联函数。关闭优化时，此为默认设置。也可使用 `noinline` 属性标记单个函数，以避免该函数的内联。
- **Assume freestanding environment (-ffreestanding)**  
 断言编译目标时的一个独立环境，独立环境中可能不存在标准库，程序启动可能不是主函数。显著案例是操作系统内核。相当于 `-fno-hosted`。
- **Disable builtin (-fno-builtin)**
  - 不识别不以“`_builtin_`”作为前缀的内置函数。受影响的函数，包括使用 `-ansi` 或 `-std` 选项(用于严格的 `ISO C` 一致性)时不是内置函数的函数，因为没有 `ISO` 标准含义。
  - `GCC` 通常生成特殊代码来更有效地处理某些内置函数，例如，对 `alloca` 的调用可能变成直接调整堆栈的单个指令，对 `memcpy` 的调用可能变成内联复制循环。生成的代码通常更小、更快，但是由于函数调用不再以这样的方式出现，不能在這些调用上设置断点，也不能通过连接不同的库来更改函数的行为。
  - 此外，当一个函数被识别为内置函数时，`GCC` 可能会使用关于该函数的信息来警告调用该函数的问题，或者生成更有效的代码，即使生成的代码仍然包含对该函数的调用。例如，当内建 `printf` 并且已知 `strlen` 不修改全局内存时，会用 `-Wformat` 给出对 `printf` 的错误调用的警告。
- **Single precision constants (-fsingle-precision-constant)**  
 将浮点常量作为单精度数据处理。
- **Position independent code (-fPIC)**  
 如果目标机器支持，则生成适合在共享库中使用的与位置无关的代码 (`PIC`)。Gowin\_PicoRV32 不支持 `PIC`，因此禁用该选项。
  - **Link-time optimizer (-flto)**  
 该选项运行标准的连接时间优化器。
  - 使用源代码调用时，生成 `GIMPLE` (`GCC` 的内部表示之一)并将其写入对象文件中的特殊 `ELF` 节。当对象文件连接在一起时，所有的函数体都从 `ELF` 部分读取并实例化，如同是同一翻译单元的一部分。
  - 使用连接时优化器，应在编译时和最终连接期间指定 `-flto` 和优化选项，建议使用相同的选项编译参与相同连接的所有文件，并在连接时指定

这些选项。

- Disable loop invariant move (-fno-move-loop-invariants)  
选择是否取消 RTL 循环优化器中的循环不变动作传递，若优化等级设置为-O1 或更高等级（-Og 除外），自动开启 RTL 循环优化器中的循环不变动作传递。

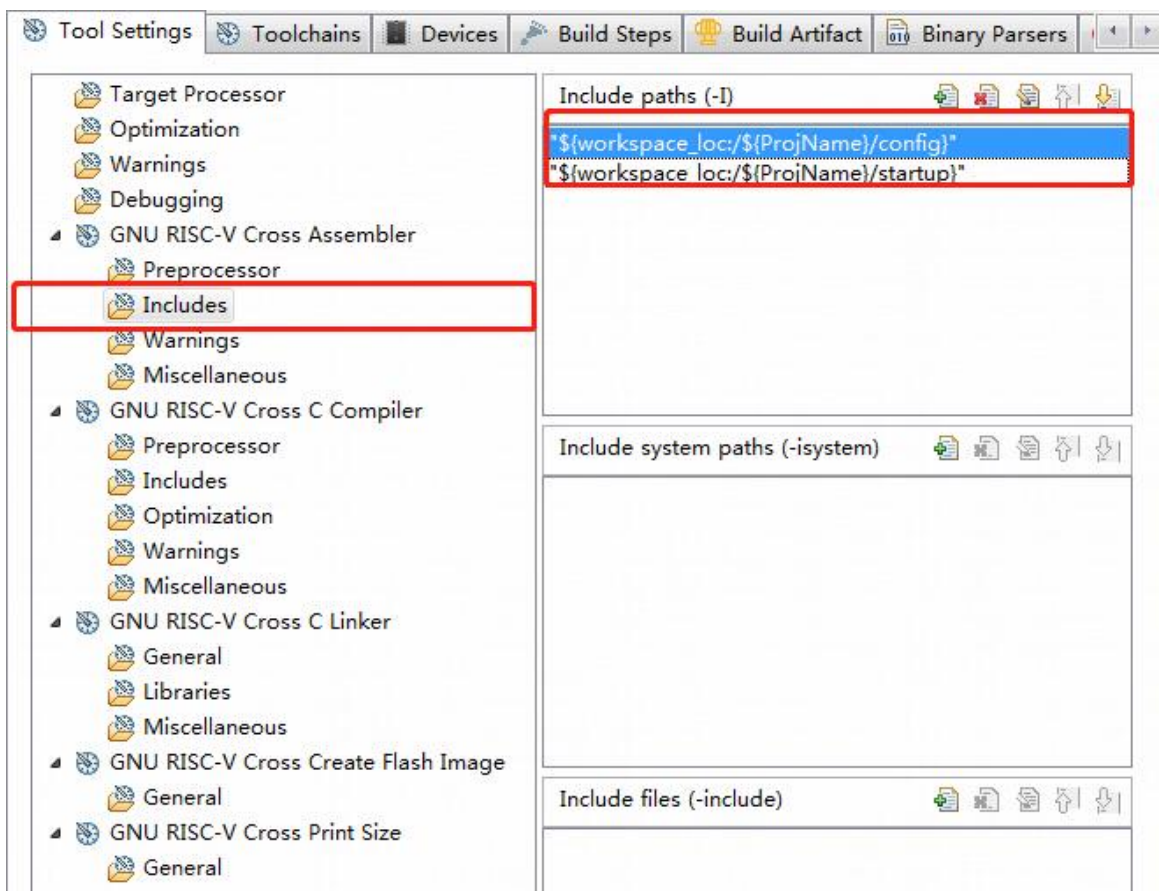
## 2.2.3 配置 GNU RISC-V Cross Assembler Includes

选择 GNU RISC-V Cross Assembler > Includes 选项，配置汇编文件路径，如图 2-6 所示。

以软件编程参考设计 gowin\_picorv32 为例，汇编文件路径配置如下所示。

- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/startup"
- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/config"

图 2-6 配置 GNU RISC-V Cross Assembler Includes



## 2.2.4 配置 GNU RISC-V Cross C Compiler Includes

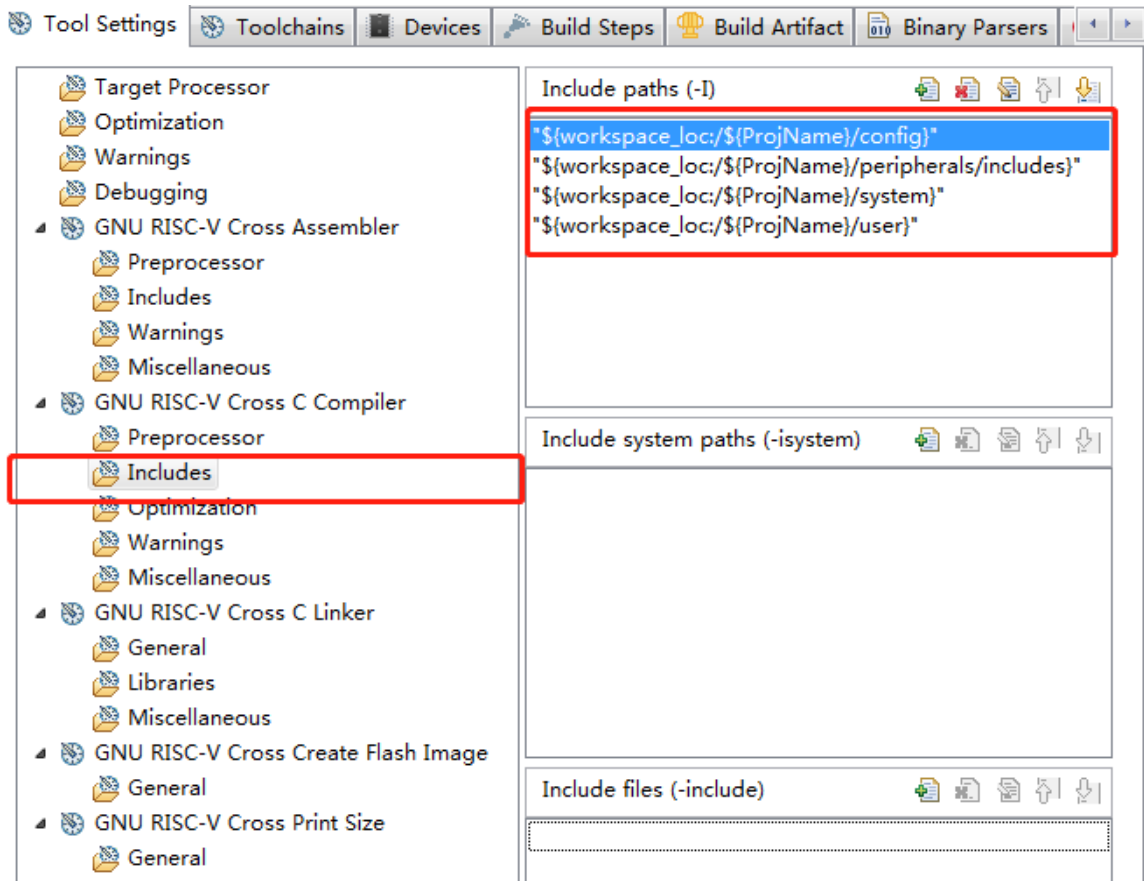
选择 GNU RISC-V Cross C Compiler > Includes 选项，配置 C 头文件路径，如图 2-7 所示。

以软件编程参考设计 gowin\_picorv32 为例，C 头文件路径配置如下所示。

- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/config"
- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/peripherals/includes"
- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/system"
- "\${workspace\_loc}/\${ProjName}/user"



图 2-7 配置 GNU RISC-V Cross C Compiler Includes



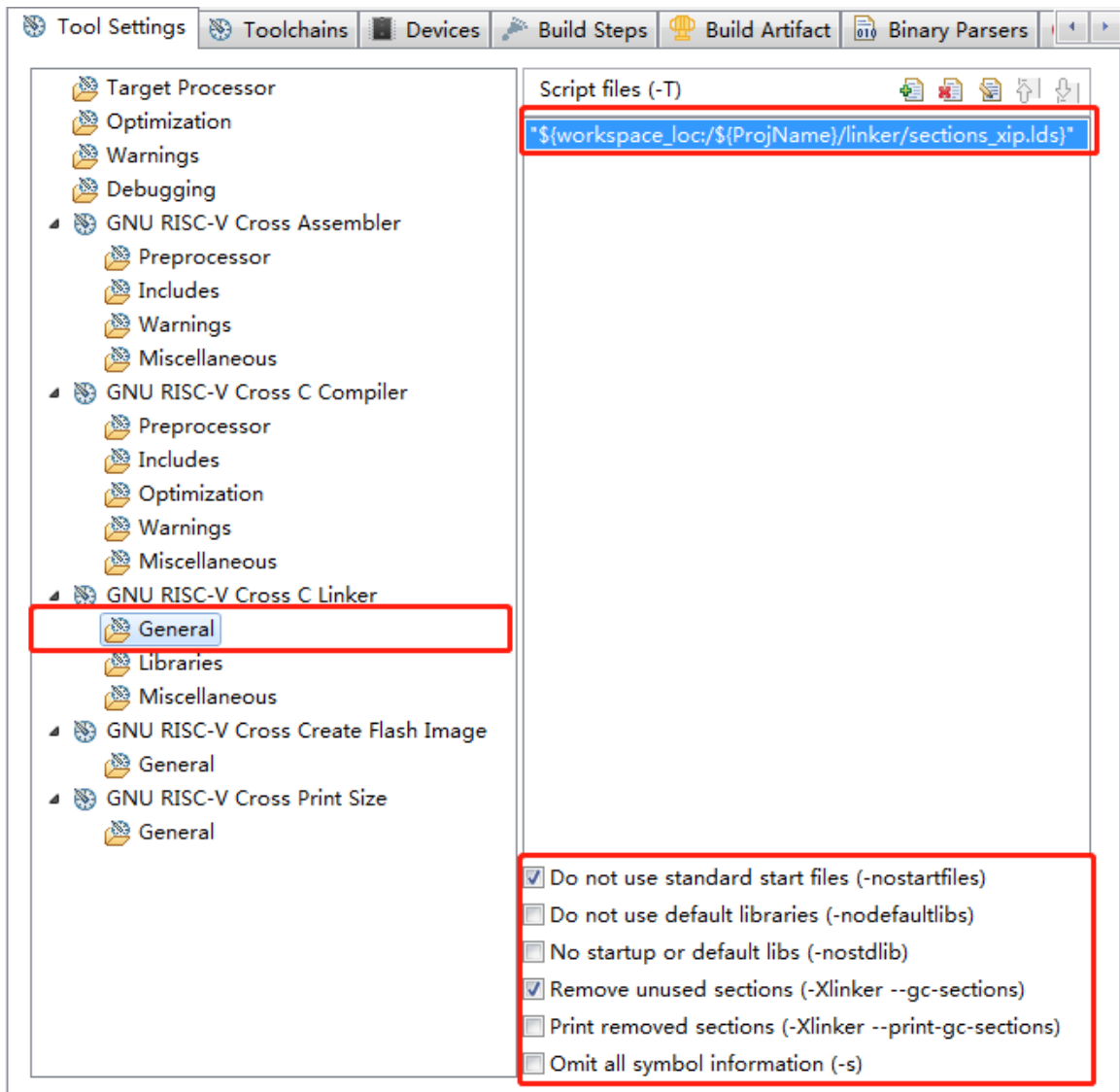
## 2.2.5 配置 GNU RISC-V Cross C Linker

选择 GNU Cross RISC-V C Linker > General 选项，配置 Gowin\_PicoRV32 Flash 链接器 sections.lds 或 sections\_xip.lds，如图 2-8 所示。

根据 Gowin\_PicoRV32 硬件设计 IPCore Generator 中 ITCM > Boot Mode 配置方式：

- 如果 Boot Mode 配置为 MCU boot from external Flash and run in ITCM 或 MCU boot and run in ITCM，则选择 sections.lds 作为 Flash 链接器，如 `"${workspace_loc}/${ProjName}/linker/sections.lds"`
- 如果 Boot Mode 配置为 MCU boot and run in external Flash，则选择 sections\_xip.lds 作为 Flash 链接器，如 `"${workspace_loc}/${ProjName}/linker/sections_xip.lds"`

图 2-8 配置 GNU RISC-V Cross C Linker



- **Do not use standard start files (-nostartfiles)**  
设置连接时不使用标准启动文件。Gowin\_PicoRV32 必须使用自定义的起始文件，因此必须使能该选项。
- **Do not use default libraries (-nodefaultlibs)**  
设置连接时不使用标准系统库，只有被选择的库传递给连接器。指定系统库连接的选项(如-static-libgcc 或-shared-libgcc)将被忽略。正常使用标准启动文件，除非使用-nostartfiles。编译器可能会生成对 memcmp、memset、memcpy 和 memmove 的调用。
- **No startup or default libs (-nostdlib)**
  - 连接时不使用标准的系统启动文件或库。
  - 没有任何启动文件，只有用户指定的库被传递给连接器，并且指定系统库连接的选项(如-static-libgcc 或-shared-libgcc)将被忽略。
  - 该选项设置为禁用状态。
- **Remove unused sections (-Xlinker --gc-sections)**
  - 该选项删除没有调用的段。

- 该选项配合编译器优化设置的 `-ffunction-sections` 和 `-fdata-sections` 选项,可在连接时删除未调用的函数和变量,进一步减小编译 Size。
- **Print removed sections (-Xlinker -print-gc-sections)**  
当使能 **Remove unused sections (-Xlinker -gc-sections)**时,可以使能该选项,编译时输出被优化删除的段的名称,标记被优化删除的段。
- **Omit all symbol informations (-s)**
  - 从可执行文件中删除所有符号表和重定位信息。
  - 建议选择使能 **Do not use standard start files (-nostartfiles)**和 **Remove unused sections (-Xlinker -gc-sections)**选项。

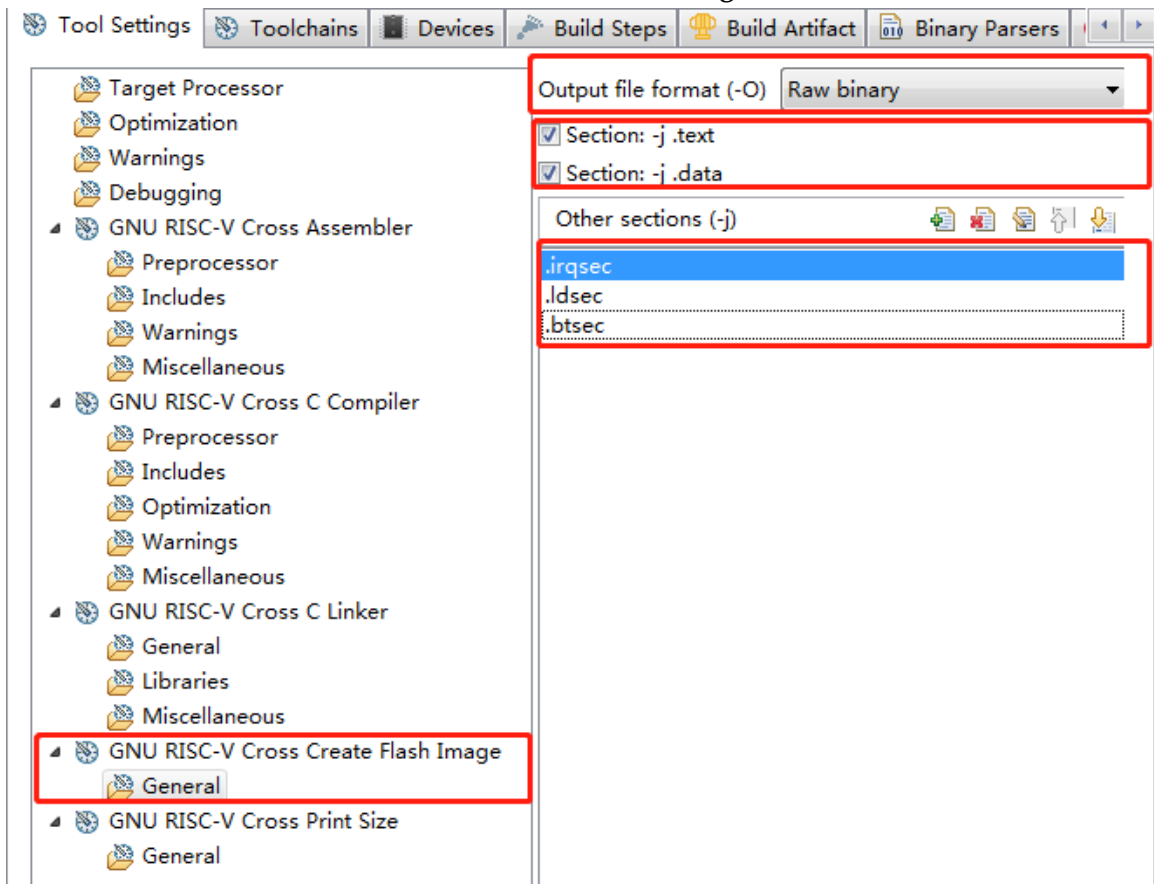
## 2.2.6 配置 GNU RISC-V Cross Create Flash Image

选择 GNU RISC-V Cross Create Flash Image > General 选项,配置输出文件格式为 Raw binary,使能 Section: -j .text 和 Section: -j .data 选项,如图 2-9 所示。

如果在工程中有自定义的段,并将函数或变量映射到自定义的段中,则需在 **Other sections (-j)**中添加这些自定义的段,如 Gowin\_PicoRV32 自定义以下段:

- .irqsec
- .ldsec
- .btsec

图 2-9 配置 GNU RISC-V Cross Create Flash Image



## 2.3 编译

根据 Gowin\_PicoRV32 硬件设计 IP Core Generator 中 ITCM > Boot Mode 配置方式，修改 config.h 启动参数宏定义 BUILD\_MODE:

- MCU boot and run in ITCM : #define BUILD\_MODE BUILD\_LOAD
- MCU boot from external Flash and run in ITCM: #define BUILD\_MODE BUILD\_BURN
- MCU boot and run in external Flash: #define BUILD\_MODE BUILD\_XIP


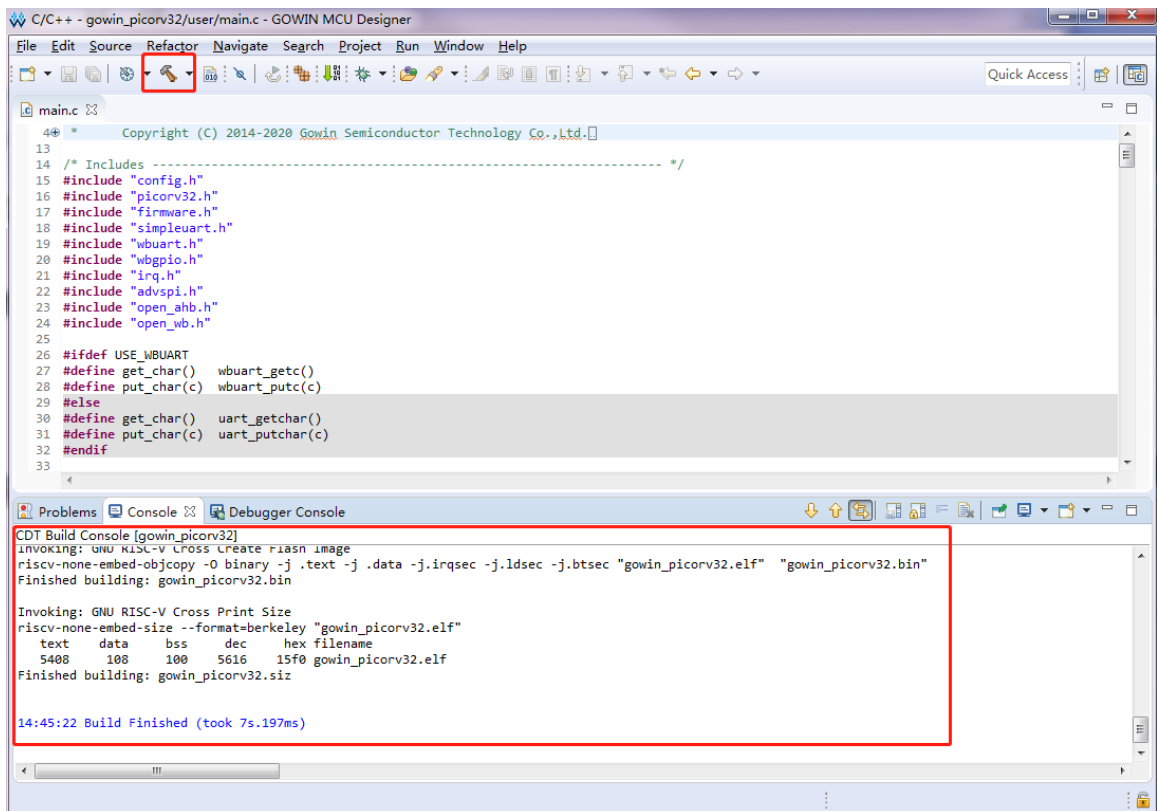
完成模板工程配置、用户配置和代码编写后，编译工程，单击工具栏编译按钮“”，编译生成 Gowin\_PicoRV32 二进制 BIN 文件，如图 2-10 所示。

图 2-10 编译



## 2.4 下载

完成 Gowin\_PicoRV32 软件编程设计编译后，软件编程设计下载方法请参考 [IPUG913](#), Gowin\_PicoRV32 软件下载参考手册。

# 3 参考设计

Gowin\_PicoRV32 支持 GOWIN MCU Designer V1.0 及以上版本软件环境的参考设计，通过链接获取如下[参考设计](#)：

Gowin\_PicoRV32\ref\_design\MCU\_RefDesign\GMD\_RefDesign\gowin\_picorv32。

