

32 位微控制器

基于 HC32_M4 内核的 SWO Trace 使用方法

应用笔记

Rev1.02 2025 年 06 月

适用对象

产品系列	产品型号	产品系列	产品型号	产品系列	产品型号
HC32F460	ALL	HC32F4A0	ALL	HC32F448	ALL
HC32F451	ALL	HC32F452	ALL	HC32M441	ALL
HC32F4A8	ALL	HC32F4A2	ALL	HC32F467	ALL
HC32F334	ALL	HC32A4A8	ALL	-	-

声 明

- ★ 小华半导体有限公司（以下简称：“XHSC”）保留随时更改、更正、增强、修改小华半导体产品和/或本档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取最新相关信息。XHSC 产品依据购销基本合同中载明的销售条款和条件进行销售。
- ★ 客户应针对您的应用选择合适的 XHSC 产品，并设计、验证和测试您的应用，以确保您的应用满足相应标准以及任何安全、安保或其它要求。客户应对此独自承担全部责任。
- ★ XHSC 在此确认未以明示或暗示方式授予任何知识产权许可。
- ★ XHSC 产品的转售，若其条款与此处规定不同，XHSC 对此类产品的任何保修承诺无效。
- ★ 任何带有“®”或“™”标识的图形或字样是 XHSC 的商标。所有其他在 XHSC 产品上显示的产品或服务名称均为其各自所有者的财产。
- ★ 本通知中的信息取代并替换先前版本中的信息。

©2025 小华半导体有限公司 保留所有权利

目 录

适用对象	2
声 明	3
目 录	4
1 概述	5
2 SWO Trace 功能介绍	6
2.1 调试端口	7
3 SWO Trace 在 IAR EWARM 上的应用	8
3.1 IAR EWARM 基本配置	8
3.2 使用 Terminal I/O 打印调试信息	10
3.3 实时显示变量值变化	11
3.4 测量代码执行时间	13
4 SWO Trace 在 KEIL 上的应用	14
4.1 KEIL 基本配置	14
4.2 使用 Debug (printf) Viewer 打印调试信息	17
5 参考样例及驱动	18
5.1 参考代码介绍	18
5.1.1 重定向 fputs 函数	18
5.1.2 使能并配置 TPIU 时钟	18
5.1.3 Trace 引脚分配	18
6 总结	19
版本修订记录	20

1 概述

本文档主要介绍小华半导体 HC32F460、HC32F4A0、HC32F451、HC32F452、HC32F448、HC32M441、HC32F4A8、HC32F4A2、HC32F467、HC32F334、HC32A4A8 系列芯片的 SWO Trace 功能使用方法。

2 SWO Trace 功能介绍

SWO（Serial Wire Output）串行线输出，是一个单引脚跟踪接口，它作为 Cortex-M 内核中 CoreSight 架构的一部分，充当片上跟踪数据与跟踪端口分析器（TPA）之间的桥梁。是 TPIU 输出模式中的一种。

SWO trace 支持对正在运行的 MCU 内存的访问，而不需要暂停 CPU 的运行。SWO trace 利用串行线调试（SWD）接口中的 SWO 引脚输出调试时产生的跟踪信息。SWD 调试接口是 ARM 公司提出的一种调试接口，相对于传统的 JTAG 接口，使用更少的信号引脚。除标准的 SWD 连接外，SWO trace 只需要一个额外的引脚。

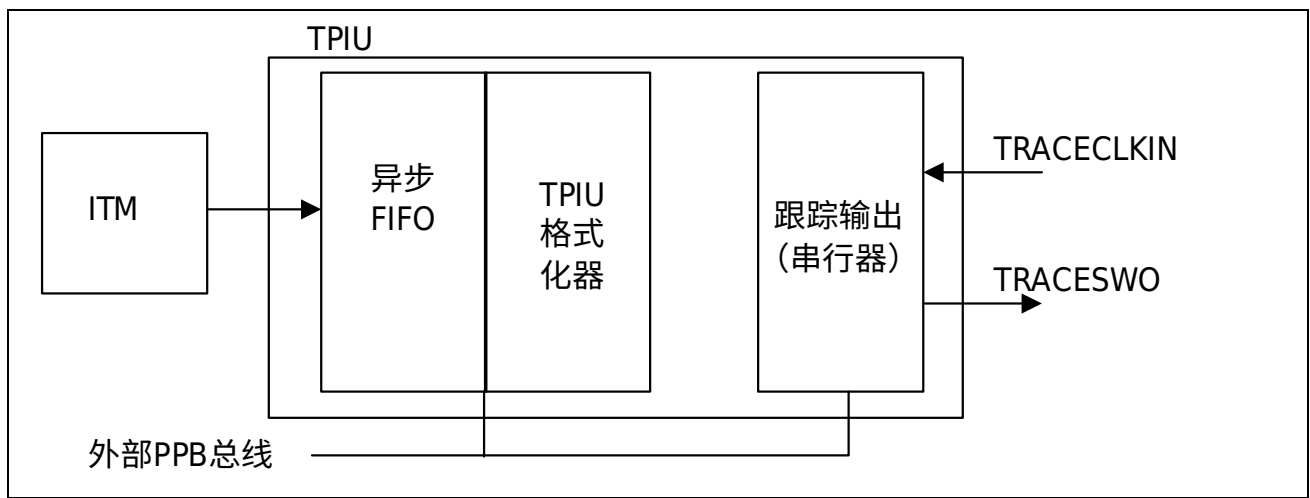


图 2-1 SWO 框图

SWO Trace 主要调试功能有：

- 以字符串的形式发送调试信息
- 监控中断进入/退出
- 监控函数进入/退出
- 变量值随时间的变化
- 事件通知

2.1 调试端口

调试端口集成了 SWD/JTAG 调试端口 (SWJ-DP)，在 SWJ-DP 中，SW-DP 的 2 个 JTAG 引脚与 JTAG-DP 的 5 个 JTAG 引脚中的部分引脚复用，JTDO 复用了 TRACESWO 与 TDO。因此 SWO Trace 功能只能在 SWD 调试端口下使用。

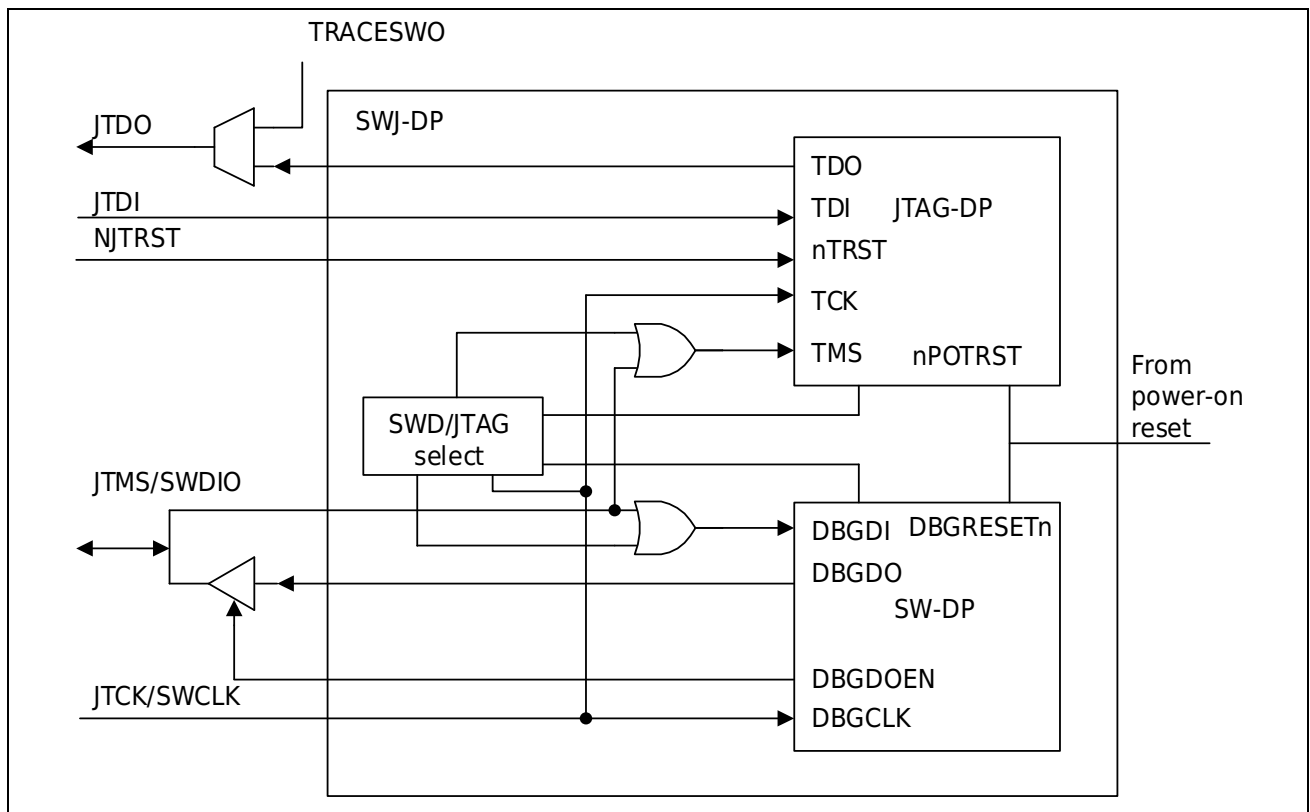


图 2-2 调试控制系统

SWO Trace 最基本和常用的应用是输出调试信息，本文将详细介绍在 IAR EWARM 和 KEIL 上使用 SWO Trace 该功能的相关配置。

3 SWO Trace 在 IAR EWARM 上的应用

使用 SWO Trace 功能，需要开启 TPIU 时钟和配置 Trace IO，参考章节【使能并配置 TPIU 时钟】和【Trace 引脚分配】的代码进行相关的配置。

3.1 IAR EWARM 基本配置

下面讲述 IAR EWARM 的配置，以 7.70.1 版本为基础做介绍。

- 在 Project -> Options -> General Options -> Library Configuration 中，在 Library 中选择 Full，在 stdout/stderr 中选择 Via SWO，如图 3-1 所示。

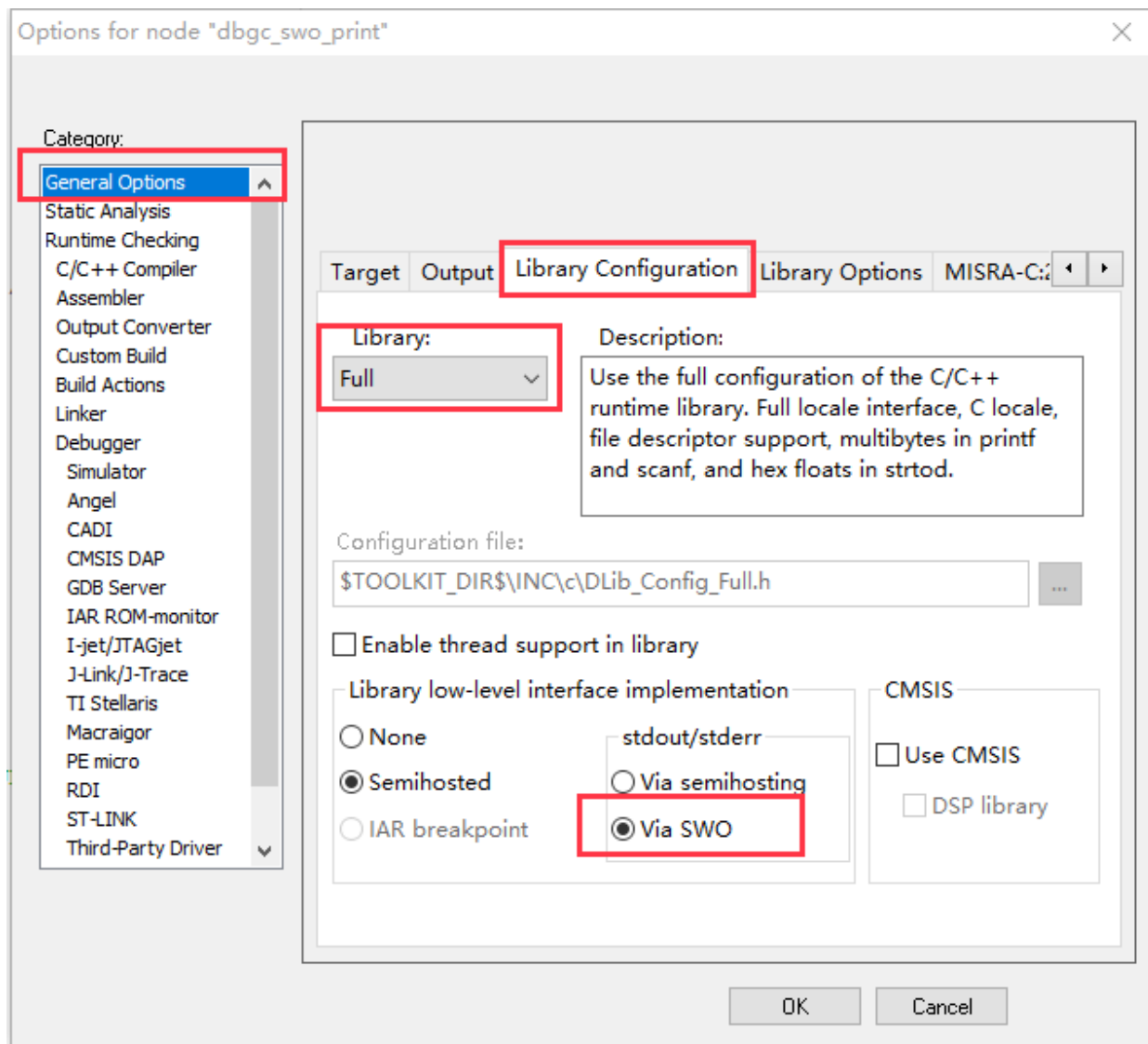


图 3-1 General Options 配置

- 在 Project -> Options -> Debugger -> Setup 选项中，在 Driver 中选择 J-Link/J-Trace，如图 3-2 所示。或其他支持 SWO 的调试接口，本文中以 J-Link/J-Trace 为例。选则其他调试接口时，确保连接方式是 SWD 模式。

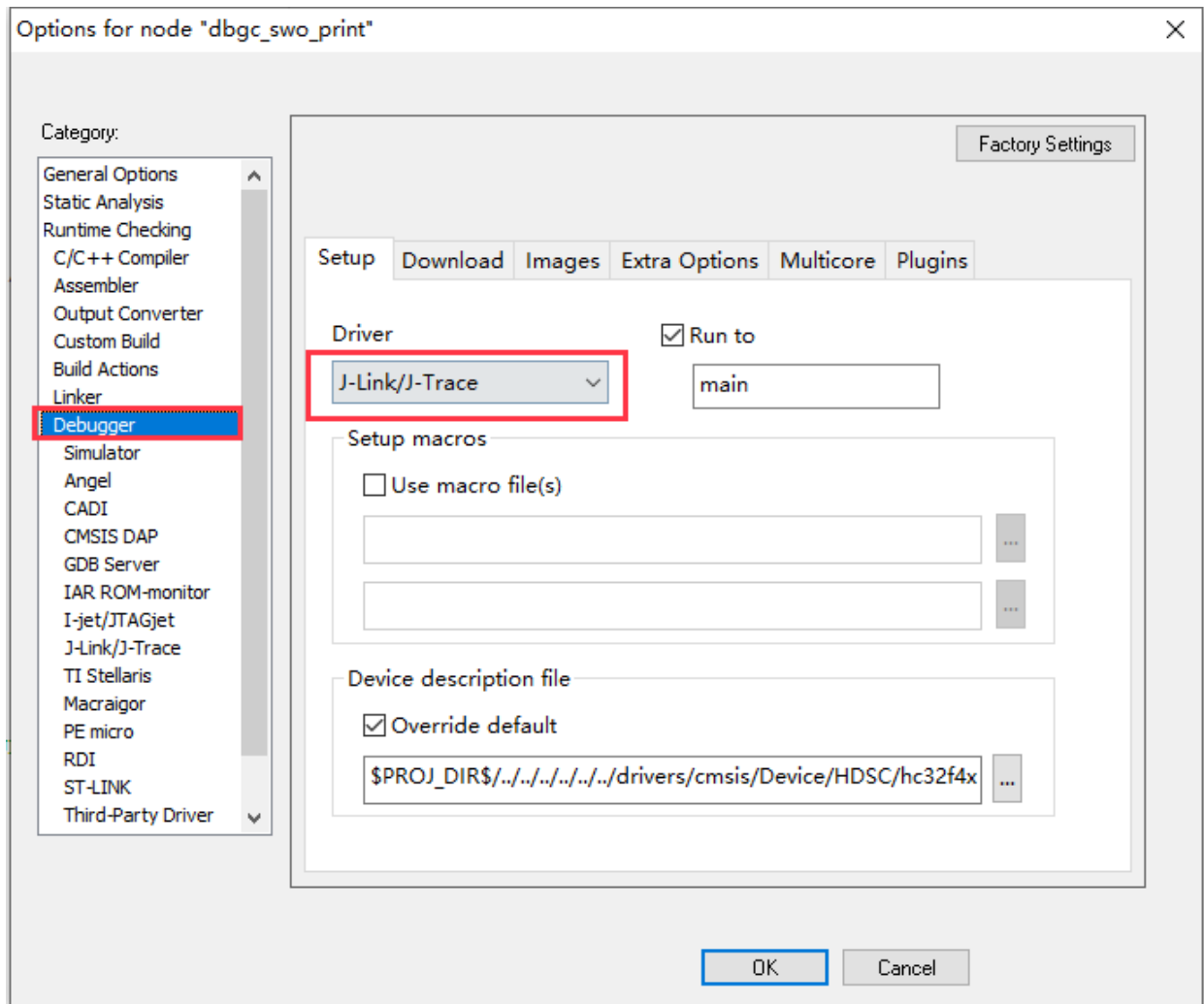


图 3-2 Debugger 配置

- 进入调试环境，从所使用的仿真器如 J-Link 调试菜单下，打开 SWO Trace Window Settings，根据需求选择跟踪方式，本文中选择 CPI，也可选择 PC Sample、Time Stamps 等，如图 3-3 所示。

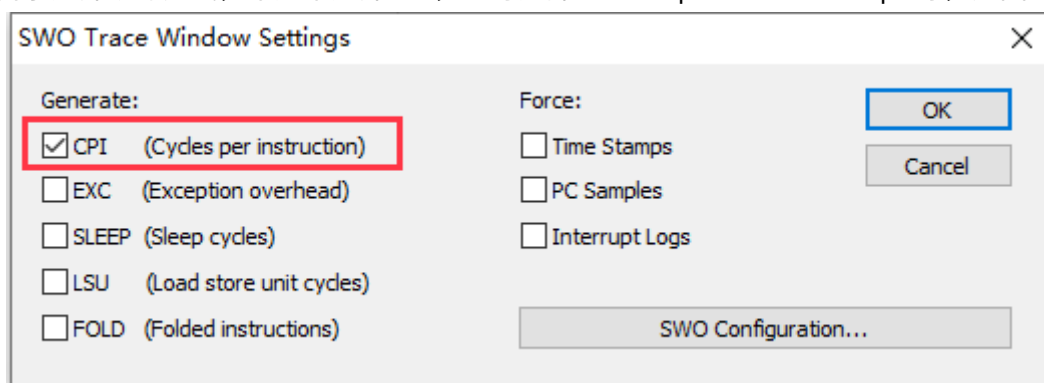


图 3-3 SWO Trace Window Settings

- 进入调试环境，从所使用的仿真器如 J-Link 调试菜单下，打开 SWO Configuration，配置时钟和 ITM Stimulus Ports。其中 CPU clock 为 TPIU 时钟频率，即 CPU 主频通过 CLK_SetTpiuClockDiv()分频后的时钟，参考样例中主频为 200 MHz，设置了 4 分频，因此 CPU clock 为 50 MHz。ITM 端口，

默认使用 port0，也可更改软件实现 0~31 任意端口输出，这里不做赘述。整体配置如图 3-4 所示。

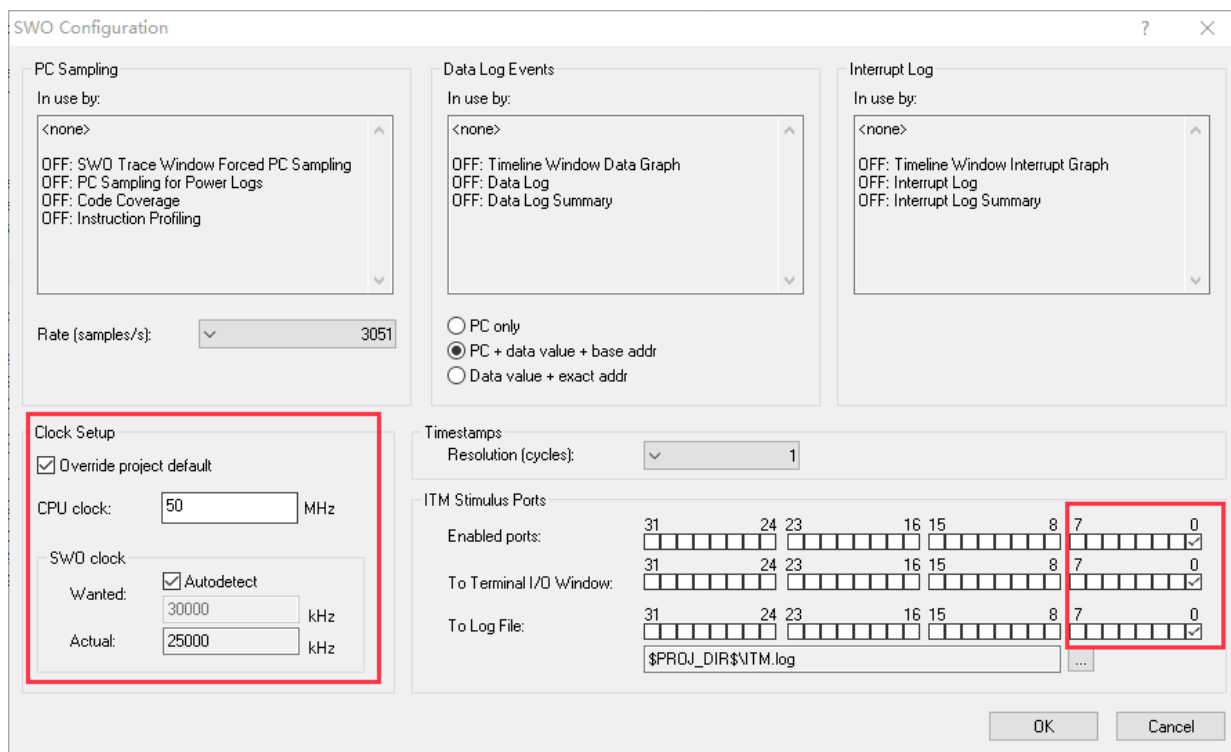


图 3-4 SWO Configuration

3.2 使用 Terminal I/O 打印调试信息

使用 terminal I/O 打印调试信息，需要重定向 fputs 函数，参考【重定向 fputs 函数】章节代码。

进入调试环境，通过 View -> Terminal I/O 打开 Terminal I/O 窗口，通过 printf 打印的调试信息会在该窗口中输出。

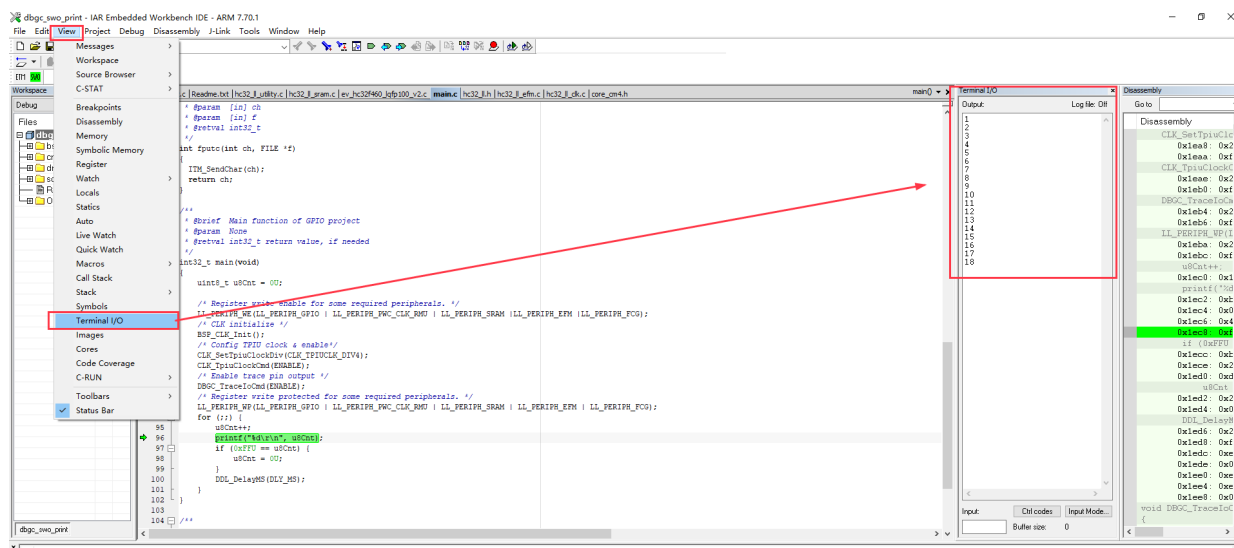


图 3-5 Terminal I/O 窗口

3.3 实时显示变量值变化

当变量为全局变量时，可通过 SWO 实时监测变量数值变化，并以图形化显示。

- 图 3-6 中 u8Cnt 为全局变量，在该变量处，右键单击，选择“Set Data Log Breakpoint for 'u8Cnt'”。

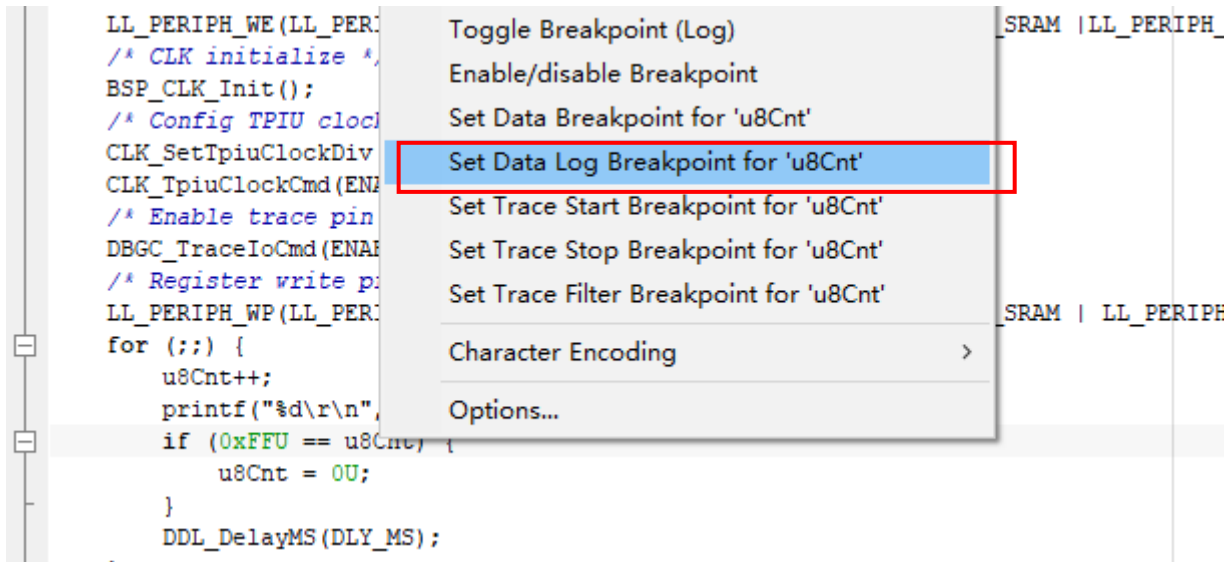


图 3-6 Data Log 设置

- 通过 View -> Breakpoints 打开 Breakpoint 窗口，在断点处右键单击 Edit 选项，进行编辑，选择该变量被 Write 改写时触发数据记录断点。如图 3-7 和图 3-8 所示。

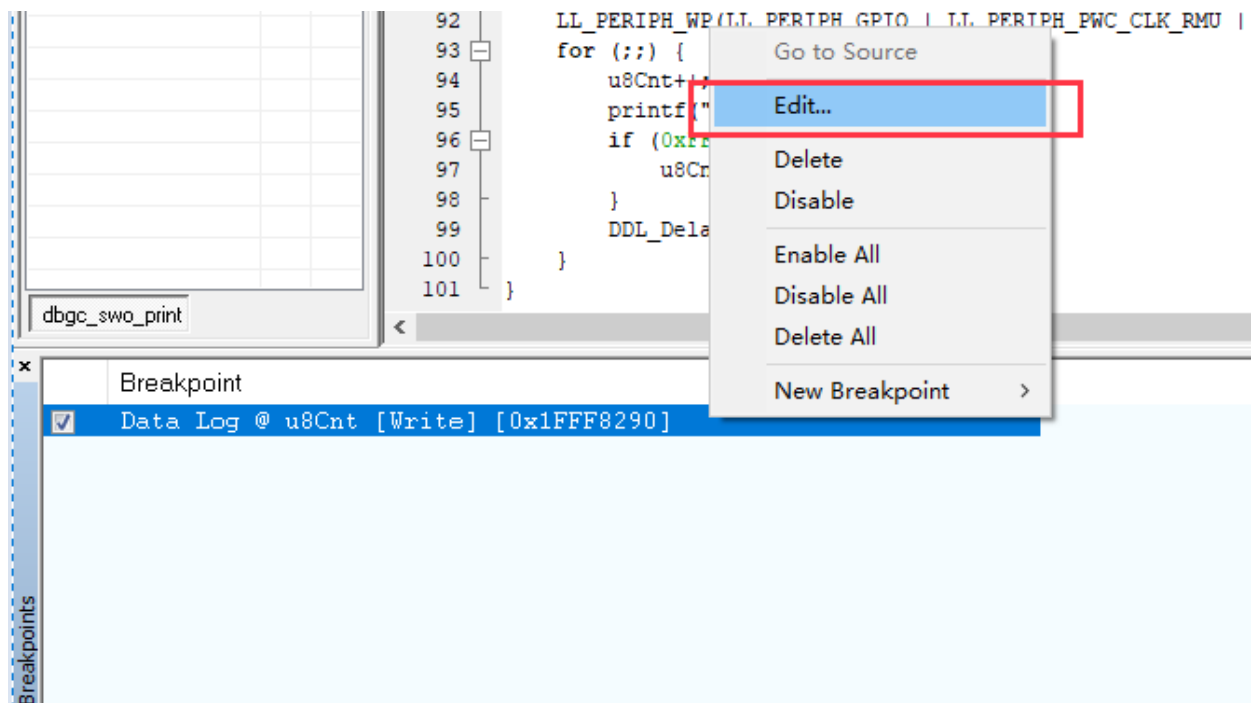


图 3-7 breakpoint 窗口

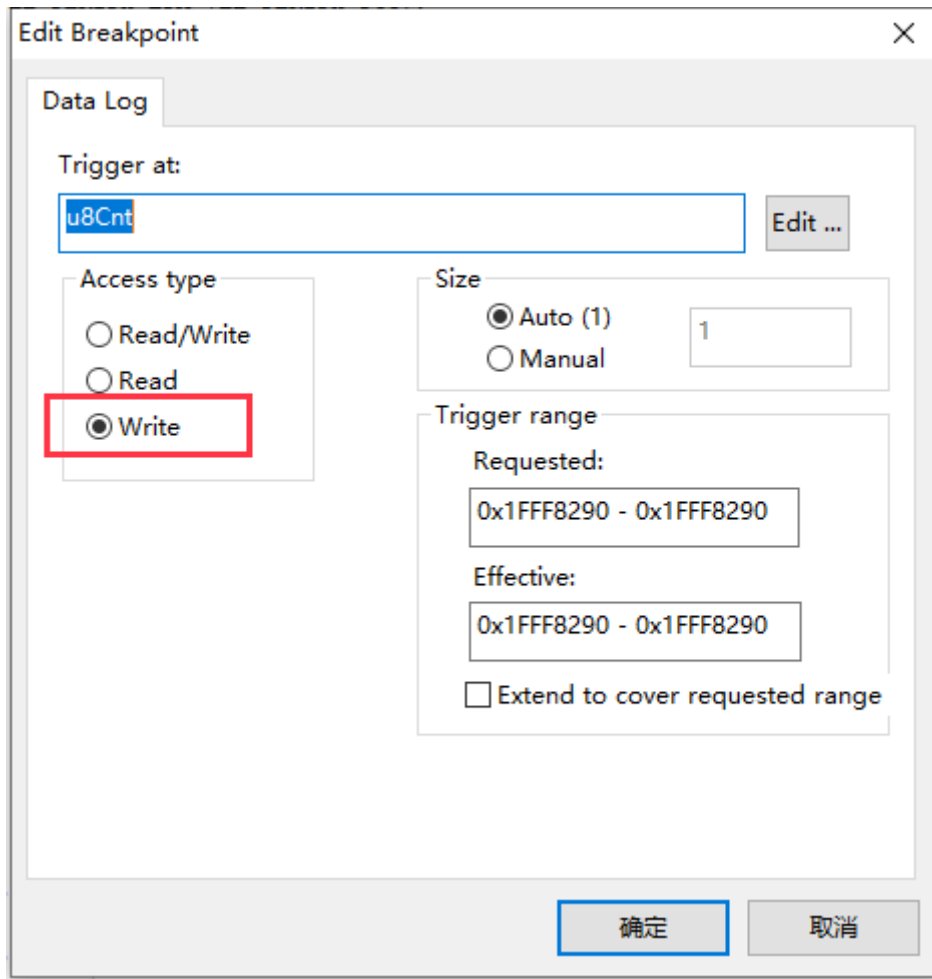


图 3-8 Edit Breakpoint

- 从所使用的仿真器如 J-Link 调试菜单下，打开 Data Log 和 Timeline 窗口，在 Data Log 窗口处右键选择“Enable”后，全速运行代码，在 Data Log 窗口中将会实时显示全局变量“u8Cnt”的跟踪记录，包括时间戳、变量值，变量地址等信息，如图 3-9 所示。

	Time	Program Counter	u8Cnt	Address
	600108.24 us	0x00001EC6	W 0x02	@ 0x1FFF8290+?
1s	200192.46 us	0x00001EC6	W 0x03	@ 0x1FFF8290+?
1s	800276.68 us	0x00001EC6	W 0x04	@ 0x1FFF8290+?
2s	400360.90 us	0x00001EC6	W 0x05	@ 0x1FFF8290+?
3s	445.12 us	0x00001EC6	W 0x06	@ 0x1FFF8290+?
3s	600529.34 us	0x00001EC6	W 0x07	@ 0x1FFF8290+?
4s	200613.56 us	0x00001EC6	W 0x08	@ 0x1FFF8290+?
4s	800697.82 us	0x00001EC6	W 0x09	@ 0x1FFF8290+?
5s	400782.08 us	0x00001EC6	W 0x0A	@ 0x1FFF8290+?
6s	820.24 us	0x00001EC6	W 0x0B	@ 0x1FFF8290+?

图 3-9 Data Log 窗口

- 在 Timeline 窗口 Data Log 一栏，再次点击右键选择“Enable”使能图像化显示，可获得变量值的实时变化图像，如图 3-10 所示。

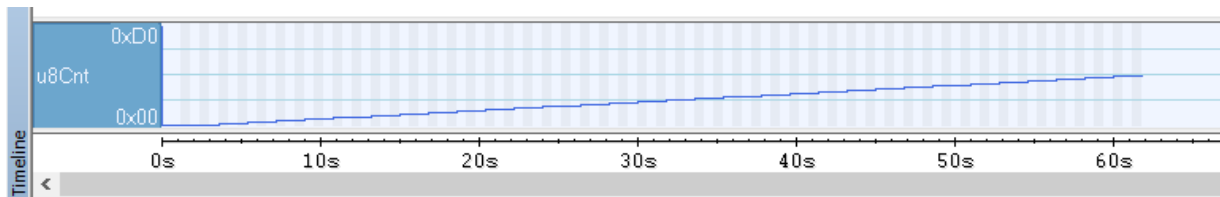


图 3-10 Timeline 窗口

3.4 测量代码执行时间

因为 Data Log 窗口中显示的信息包含了变量值变化时的时间戳，所以通过 Data Log 还可以测量代码执行的时间，在被测代码前后添加一个全局变量作为测量运行时间的监控变量。图 3-11 中通过变量 u8TimeStamp 测量函数 BSP_XTAL32_Init() 的执行时间。

```
u8TimeStamp = 1U;  
BSP_XTAL32_Init();  
u8TimeStamp = 2U;
```

图 3-11 测量代码运行时间

从图 3-12 中可以看出，u8TimeStamp 变化前后的时间为 $t = 9944.6 \mu\text{s} - 609.44 \mu\text{s} = 9335.16 \mu\text{s}$ 。由此可知 BSP_XTAL32_Init() 函数的执行时间为 $9335.16 \mu\text{s}$ 。

	Time	Program Counter	u8TimeStamp	Address
	609.44 us	0x000023B4	W 0x01	@ 0x1FFF8291+?
	9944.60 us	0x000023BE	W 0x02	@ 0x1FFF8291+?

图 3-12 u8TimeStamp 的 Data Log 窗口

本文中对 SWO Trace 在 IAR EWARM 上的应用就介绍到这里。

4 SWO Trace 在 KEIL 上的应用

使用 SWO Trace 功能，需要开启 TPIU 时钟和配置 Trace IO，参考章节【使能并配置 TPIU 时钟】和【Trace 引脚分配】的代码进行相关的配置。

4.1 KEIL 基本配置

下面讲述 KEIL 的配置，以 5.36.0 版本为基础做介绍。

- Options -> Debug 选项中选择 J-Link/J-Trace，然后点击“Settings”，如图 4-1 所示，或其他支持 SWO 的调试接口，本文中以 J-Link/J-Trace 为例。

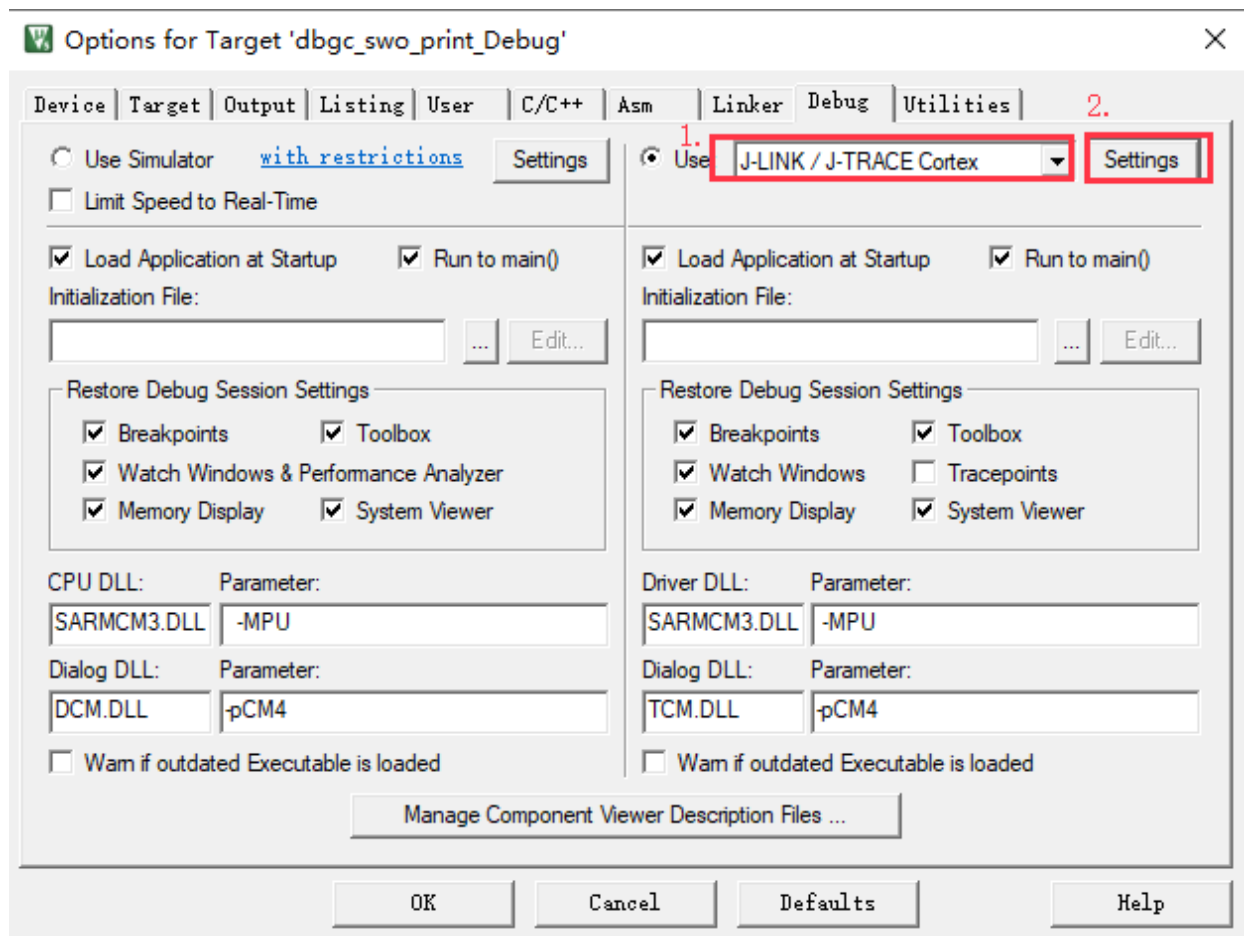


图 4-1 Options 窗口

- 点击 Settings 后，出现 “Cortex JLink/JTrace Target Driver Setup” 窗口，Debug 界面中 Port 选项，选择 SW 接口，如图 4-2 所示。

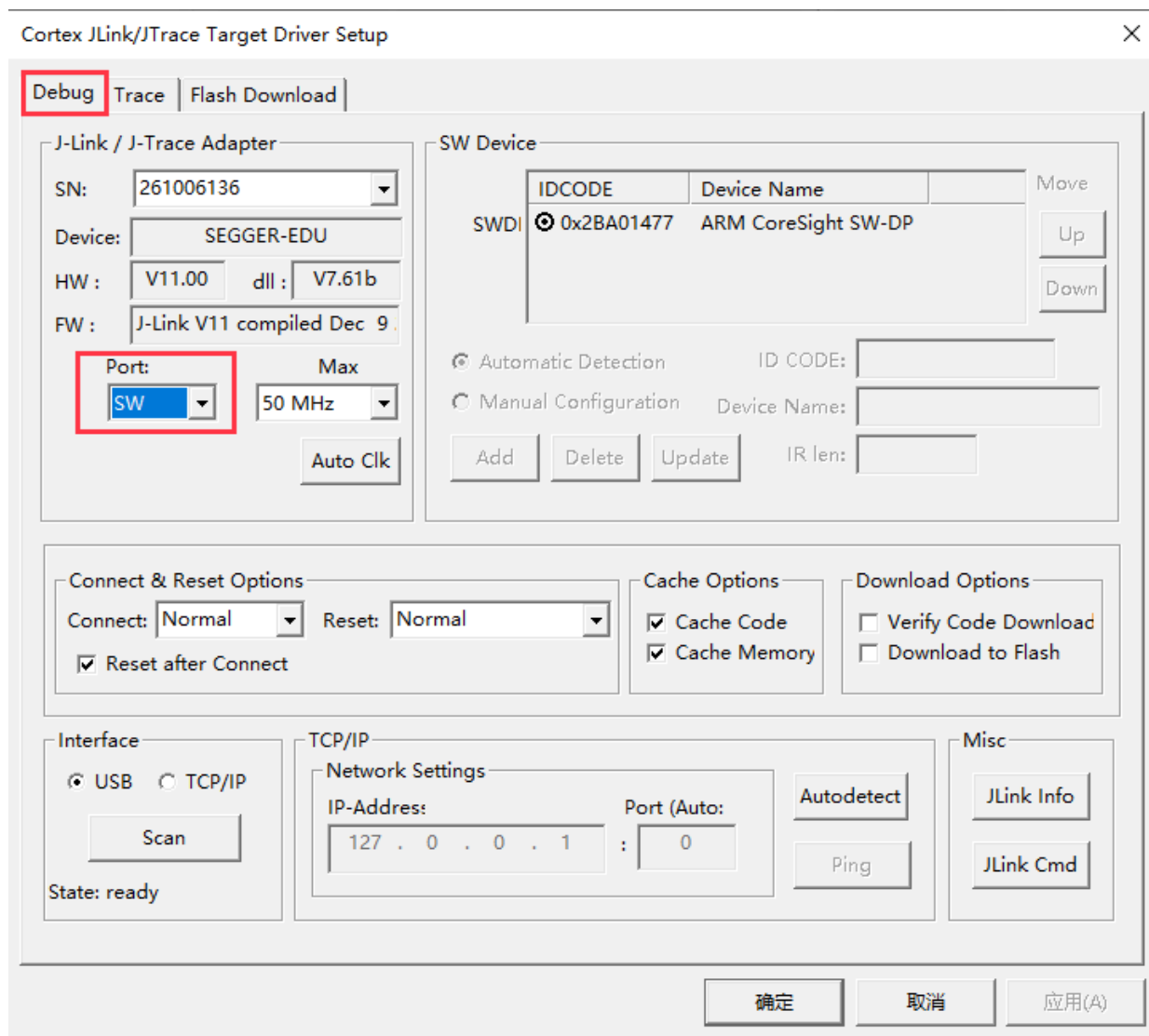


图 4-2 调试接口配置

- 在“Cortex JLink/JTrace Target Driver Setup”窗口的 Trace 页面，配置 Trace 相关信息，如图 4-3 所示。其中 Core Clock 为 TPIU 时钟频率，即 CPU 主频通过 CLK_SetTpiuClockDiv()分频后的时钟，参考样例中主频为 200 MHz，设置了 4 分频，因此 Core Clock 为 50 MHz。Trace Port 需选择 SWO 输出 (Serial Wire Output - UART/NRZ)；SWO Settings 框中，SWO 支持的最大时钟为 30MHz，因此，此处设置 2 分频；Trace Events 可根据需求自行配置。ITM Stimulus Ports 默认使用 port0，也可更改软件实现 0~31 任意端口输出，这里不做赘述。

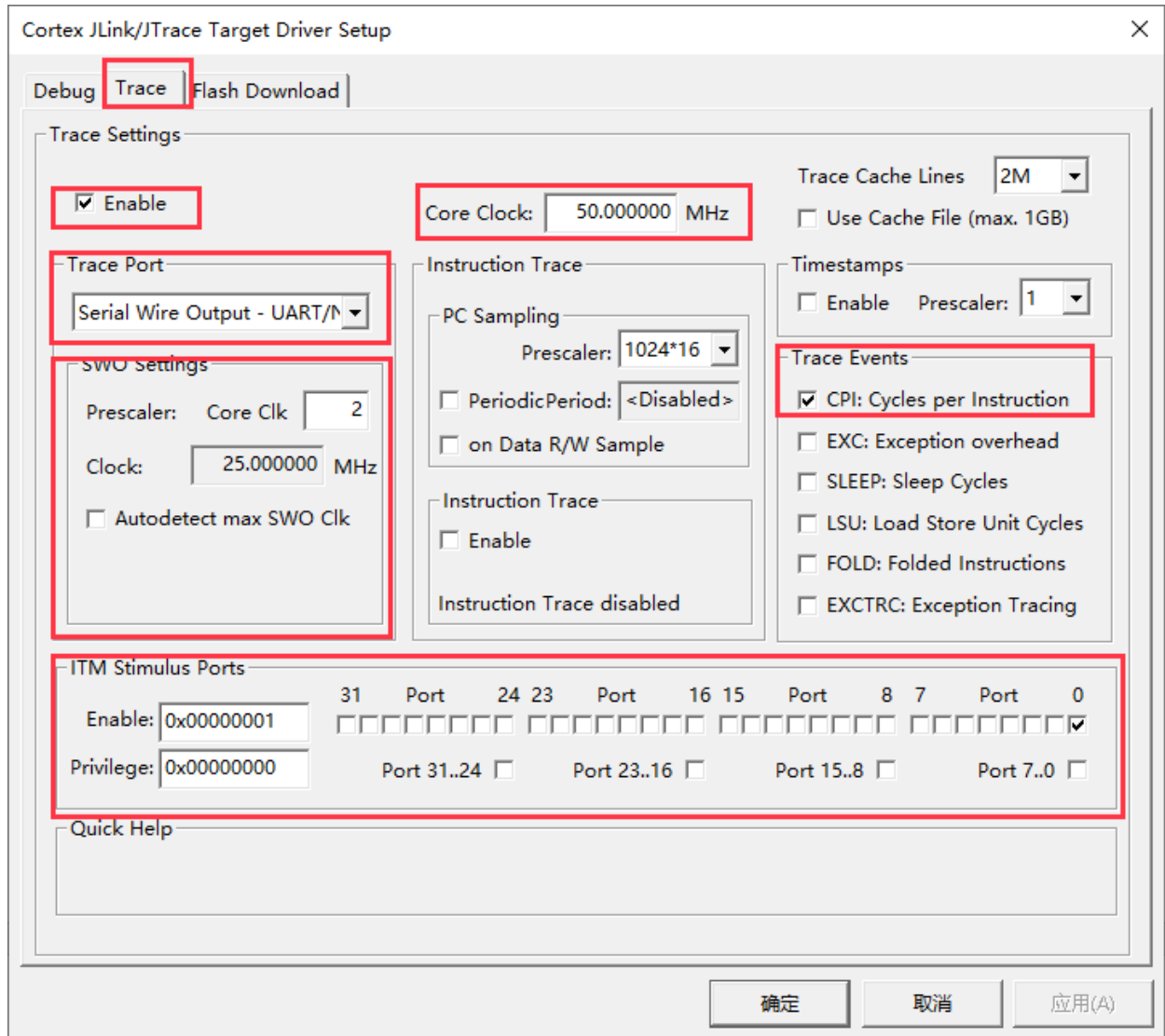


图 4-3 Trace 配置

4.2 使用 Debug (printf) Viewer 打印调试信息

使用 Debug (printf) Viewer 打印调试信息，需要重定向 fputc 函数，参考【重定向 fputc 函数】章节代码。

进入调试环境，通过 View -> Serial Windows -> Debug (printf) Viewer 打开 Debug (printf) Viewer 窗口，通过 printf 打印的调试信息会在该窗口中输出。如图 4-4 所示。

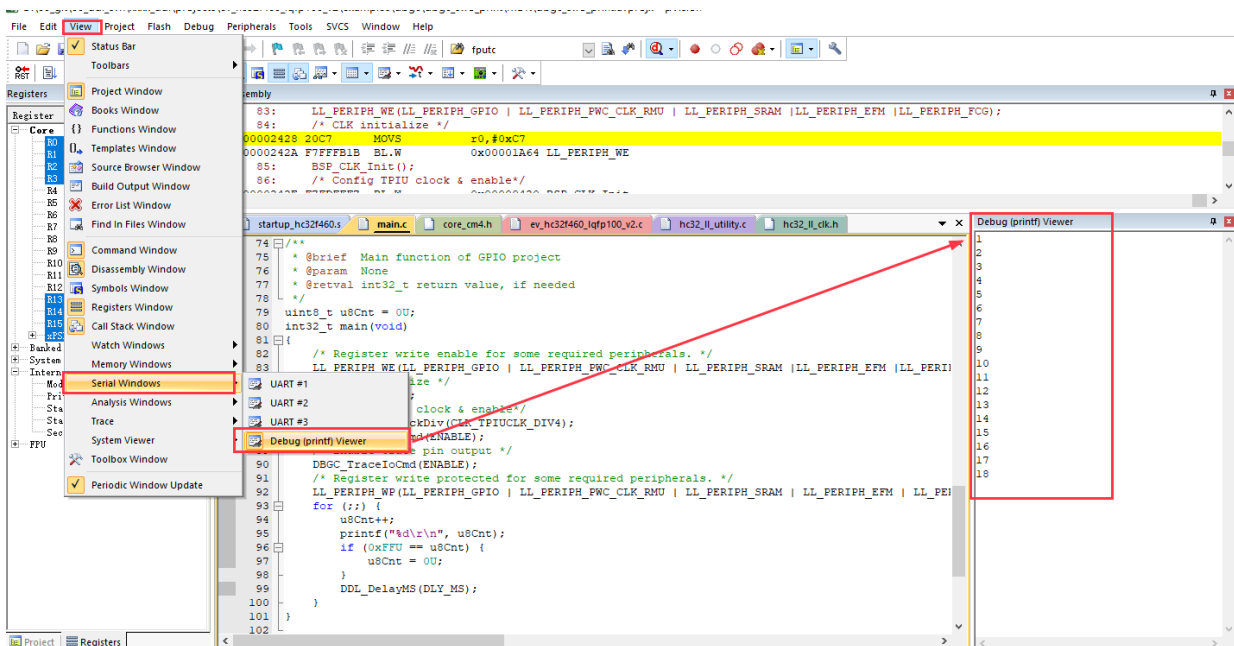


图 4-4 Debug (printf) Viewer 窗口

5 参考样例及驱动

5.1 参考代码介绍

5.1.1 重定向 fputc 函数

使用 SWO Trace 实现串口输出的功能，头文件中需要包含“stdio.h”，且重定向 fputc 函数，通过 ITM 函数实现输出功能。

```
#include "stdio.h"

int fputc(int ch, FILE *f)
{
    ITM_SendChar(ch);
    return ch;
}
```

5.1.2 使能并配置 TPIU 时钟

参考代码设置的是 4 分频，可根据实际使用情况进行配置。

```
/* Config TPIU clock & enable*/
CLK_SetTpiuClockDiv(CLK_TPIUCLK_DIV4);
CLK_TpiuClockCmd(ENABLE);
```

5.1.3 Trace 引脚分配

要分配 TRACE 引脚，调试主机必须对 MCU 调试配置寄存器（MCUTRACECTL）的位 TRACE_IOEN 和 TRACE_MODE[1:0]进行编程。默认情况下不分配 TRACE 引脚。TRACE_IOEN 位控制 SWO 引脚的输出，TRACE_MODE[1:0]位控制 traceD0~traceD3 的输出，本文中描述的使用，仅需使能 SWO 引脚的输出。

```
/* Enable trace pin output */
DBGCMC_TraceIoCmd(ENABLE);
```

6 总结

本文介绍了小华半导体 HC32F460、HC32F4A0、HC32F451、HC32F452、HC32F448、HC32M441、HC32F4A8、HC32F4A2、HC32F467、HC32F334、HC32A4A8 系列芯片的 SWO Trace 功能，及其在 IAR EWARM 和 KEIL 上的使用，给客户实际使用提供了参考。

版本修订记录

版本号	修订日期	修订内容
Rev1.00	2023/11/08	初版发布。
Rev1.01	2025/04/11	适用对象添加 HC32M441、HC32F4A8、HC32F4A2、HC32F467、HC32F334 系列，修改文件名称。
Rev1.02	2025/06/26	新增 HC32A4A8 系列型号，适用对象描述优化。