

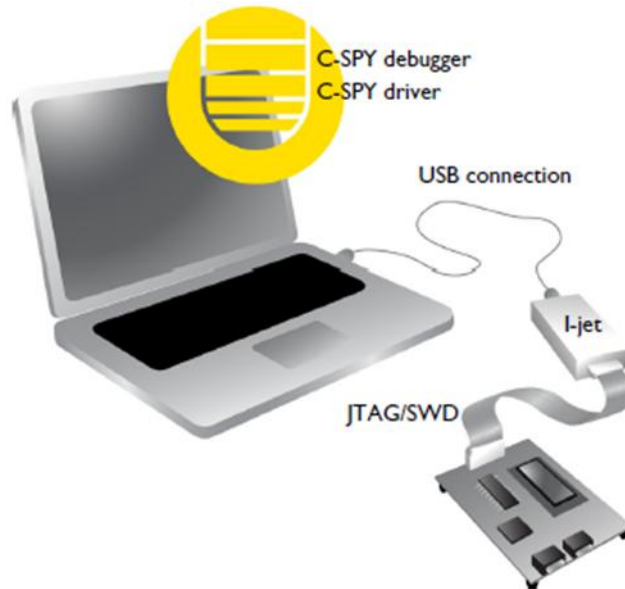
## 硬件调试接口 JTAG/SWD

IAR 公司本身提供 I-jet 在线调试仿真器和 I-jet Trace 带跟踪功能的在线调试仿真器。本文中我们将简单介绍 I-jet 在线调试仿真器及其 JTAG/SWD 的接口定义和可以使用 I-jet 和 I-jet Trace 在线调试仿真器进行的跟踪调试功能，例如：SWO Trace 跟踪功能和 ETM Trace 跟踪功能。

### I-jet 在线调试仿真器介绍

I-jet 在线调试仿真器完全支持片上跟踪模式：ETB, MTB 和 TMC（跟踪存储器控制器）。

I-jet 通过 JTAG, SWD 或 cJTAG 接口连接到目标板，通过 USB 端口连接到主机。



I-jet 使用 USB 2.0 进行通信。I-jet 也支持 USB 1.0 但不建议使用。I-jet 在线调试仿真器也被不同的工具供应商称为调试探针/头和调试适配器。



I-jet 将程序计数器，变量和功率测量数据流式传输到主计算机，实时提供程序执行的视图。除了典型的 JTAG 调试之外，I-jet 还能够为目标板提供电源，并以足够的精度进行测量，以便在程序执行期间实时

提供功率分布。此功能称为功率调试。

对于调试 Cortex 器件，I-jet 还支持 SWO（串行线输出）功能，该功能可用于跟踪程序执行和跟踪代码中预定义点的变量。

I-jet 需要由 IAR Embedded Workbench 集成开发环境附带的 IAR C-SPY®调试器控制。它支持 ARM 系列内核 ARM7/9/11, Cortex-M/R/A。

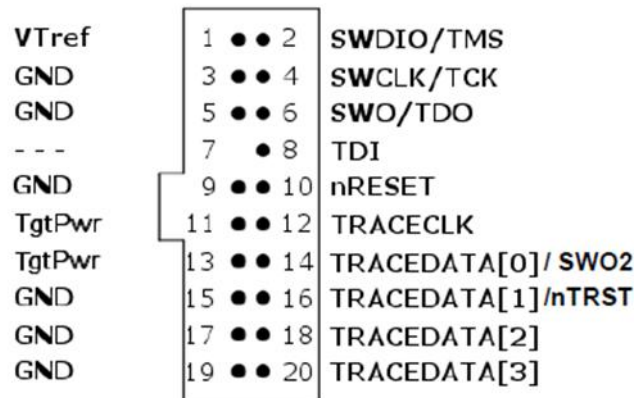
支持的目标接口

- MIPI-20（部件号 SHF-110-01-L-D）：JTAG, cJTAG, SWD, SWO, ETM
- MIPI-10（部件号 SHF-105-01-L-D）：JTAG, cJTAG, SWD, SWO
- Arm-20（部件号 HTST-110-01-L-DV）：JTAG, cJTAG, SWD, SWO

I-jet 前面板上配有 MIPI-20 连接器，配有 MIPI-20 和 MIPI-10 电缆，以及传统的 Arm-20 适配器。所有其它可用的 I-jet 适配器也与 I-jet Trace 兼容。

## JTAG/SWD - MIPI-20 电缆

I-jet 配有一根 6 英寸电缆，两端带有 20 针 MIPI 连接器，用于带有 20 针 MIPI 接头的 Cortex-M 设备。每端的第 7 针用白色堵头塞入：



目标板上配合连接器的间距尺寸为 1.27mm。例如：部件号 SHF-110-01-L-D。

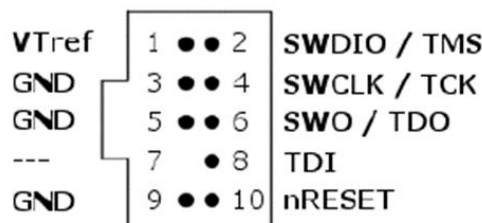
这些是 MIPI-20 引脚定义：

引脚	信号	类型	说明
1	VTref	输入	目标参考电压。由 I-jet 用于检查目标是否有电源，为输入比较器创建逻辑电平参考，以及控制输出逻辑电平到目标。它通常由 JTAG I/O 电压供电。
2	SWDIO/TMS	I/O 输出	JTAG 模式设置目标 CPU 的输入。在目标上应将此引脚上拉。通常连接到目标 CPU 的 TMS。
3	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
4	SWCLK/TCK	输出	JTAG 到目标 CPU 的时钟信号。建议将此引脚拉至目标板的已定义状态。通常连接到目标 CPU 的 TCK。
5	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的

			GND。
6	SWO/TDO	输入	目标 CPU 输出 JTAG 数据。通常连接到目标 CPU 的 TDO。使用 SWD 时，此引脚用作串行线输出跟踪端口。（可选）
7	-	-	该引脚不存在。
8	TDI	输出	目标 CPU 输入的 JTAG 数据。建议将此引脚拉至目标板上的已定义状态。通常连接到目标 CPU 的 TDI。对于不提供 TDI 的 CPU（仅限 SWD 器件），此引脚未使用（三态）。
9	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
10	nRESET	输入 输出	目标 CPU 复位信号。通常连接到目标 CPU 的 RESET 引脚，通常称为 nRST，nRESET 或 RESET。
11	TgtPwr	输出	该引脚可用于从 I-jet 向目标硬件提供 5 V 电源。
12	未使用 TRACECLK	输入	跟踪时钟输入。
13	TgtPwr	输出	该引脚可用于从 I-jet 向目标硬件提供 5 V 电源。
14	未使用 TRACEDATA[0]/SWO2	输入	输入跟踪数据引脚 0。该引脚可用作辅助 SWO。
15	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
16	未使用 TRACEDATA[1]/nTRST	输入	输入跟踪数据引脚 1.，该引脚可用作 nTRST。
17	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
18	未使用 TRACEDATA [2]	输入	输入跟踪数据引脚 2。
19	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
20	未使用 TRACEDATA [3]	输入	输入跟踪数据引脚 3。

## JTAG/SWD - MIPI-10 电缆

I-jet 还配有一根 6 英寸电缆，一侧带有 20 针 MIPI 连接器（用于连接 I-jet），另一侧带有一个 10 针 MIPI 连接器，用于连接带有 10 针接头的 Cortex 器件。每端的第 7 针用白色堵头塞入：



目标板配合的连接器的间距尺寸为 1.27 毫米。例如：部件号 SHF-105-01-L-D。

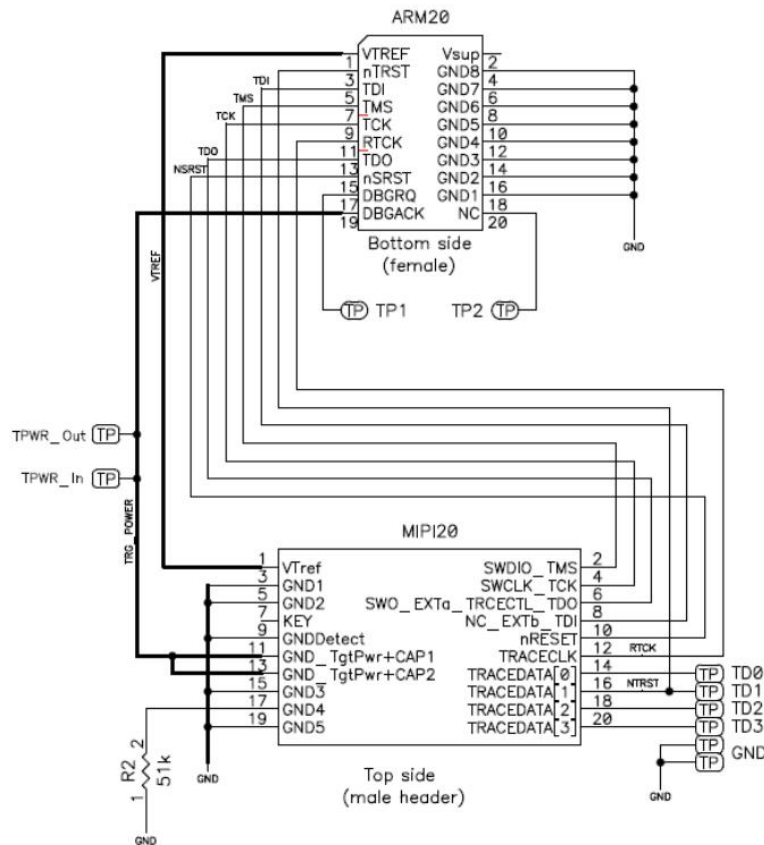
MIPI-10 引脚定义：

引脚	信号	类型	说明
1	VTref	输入	目标参考电压。由 I-jet 用于检查目标是否有电源，为输入比较器创建逻辑电平参考，

			以及控制输出逻辑电平到目标。它通常由 JTAG I/O 电压供电。
2	SWDIO/TMS	I/O 输出	JTAG 模式设置目标 CPU 的输入。应将目标此引脚上拉。通常连接到目标 CPU 的 TMS。当使用 SWD 时，该引脚用作串行线输出跟踪端口。(可选，SWD 通信不需要)。
3	GND	接地	连接到 I-jet 的逻辑 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
4	SWCLK/TCK	输出	JTAG 到目标 CPU 的时钟信号。建议将此引脚拉至目标板的已定义状态。通常连接到目标 CPU 的 TCK。
5	GND	接地	该引脚是一个接地引脚，连接到 I-jet 的 GND。它也应该连接到目标系统中的 GND。
6	SWO/TDO	输入	从目标 CPU 输出 JTAG 数据。通常连接到目标 CPU 的 TDO。使用 SWD 时，此引脚用作串行线输出跟踪端口。(可选)
7	-	KEY 或 GND。	
8	TDI/NC	输出	目标 CPU 输入的 JTAG 数据。建议将此引脚拉至目标板上的已定义状态。通常连接到目标 CPU 的 TDI。对于不提供 TDI 的 CPU (仅限 SWD 器件)，此引脚未使用 (三态)。
9	GND	接地	GND 和检测目标的存在。
10	nRESET	输入输出	目标 CPU 复位信号。通常连接到目标 CPU 的 RESET 引脚，通常称为 nRST，nRESET 或 RESET。

## MIPI-20 转 ARM-20 适配器

I-jet 附带 MIPI-20 转 ARM-20 适配器。它将 MIPI-20 I-jet 电缆转换为传统的 ARM-20 (2.54mm × 2.54mm 间距) JTAG 接头。部件号 HTST-110-01-L-DV，适配器的连线图如下：



ARM-20 适配器的引脚定义：

引脚	名称	类型	说明
1	VTref	输入	这是目标参考电压。它指示目标有电。VTref 通常由目标硬件上的 Vdd 供电，并且可能具有串联电阻（尽管不建议这样做）。I-jet 使用 VTref 来检测目标电源是否有效，并为电平转换器设置 JTAG 信号电压参考。
2	Vsupply	输出	I-jet 未连接此引脚
3	nTRST	输出	测试复位，低电平信号有效，用于复位 TAP 控制器状态机。
4	GND	接地	
5	TDI	输出	TDI 是发送到扫描链中第一设备 TDI 输入的测试数据输入信号。
6	GND	接地	
7	TMS	输出	TMS 控制 TAP 控制器状态机中的转换。当信号沿模块堆栈向下流动时，TMS 连接到扫描链中的所有 JTAG 设备。
8	GND	接地	
9	TCK	输出	TCK 同步所有 JTAG 事务。TCK 连接到扫描链中的所有 JTAG 器件。TCK 沿着模块堆栈向下流动并连接到每个 JTAG 设备。但是，如果扫描链中有一个设备将 TCK 与其它时钟同步，则所有下游设备都连接到该处理器上的 RTCK 信号。
10	GND	接地	
11	RTCK	输入	RTCK 是一种将采样时钟返回 JTAG 设备的机制，直到同步设备捕获数据时钟才会到达。在自适应时钟模式下，I-jet 需要在更改 TCK 之前检测 RTCK 的边沿。在多器件 JTAG 链中，器件的 RTCK 输出连接到下游器件的 TCK 输入。如果扫描链中没有同步设备，则无需使用 RTCK 信号，并且它在目标板上接地。
12	GND	接地	
13	TDO	输入	TDO 是 TDI 测试数据输入信号的返回路径。在多器件 JTAG 链中，第一个器件的 TDO 连接到下一个器件的 TDI 等等。最后一个器件 TDO 连接到 JTAG 接头上的 TDO。
14	GND	接地	
15	nSRST	I/O	由 I-jet 驱动的低电平有效开路集电极信号，用于复位器件和/或目标板。I-jet 感应此线以确定何时复位设备。
16	GND	接地	
17	DBGREQ	输出	I-jet 未连接此引脚。
18	GND	接地	
19	DBGACK	输出	I-jet 未连接此引脚。
20	未使用		

I-jet MIPI20 连接器的引脚 17 上的下拉电阻 R2 是 I-jet 的一个信号，它表示正在使用传统的 ARM-20 适配器。为了 I-jet 可以在需要进行识别，其它适配器将使用不同阻值的电阻器。此引脚上接地表示没有使用适配器，MIPI 电缆直接连接在 I-jet 和目标板之间。

## 仿真器的跟踪功能介绍

### 1. SWO 跟踪

SWO 跟踪是由片上调试硬件生成的一系列事件的序列。事件是通过 SWO 通信通道从目标系统实时传输的。这意味着在执行目标系统时，会不断更新 C-SPY 窗口。最重要的事件是：

#### ● PC 采样

硬件可以定期采样并传输程序计数器的值。这不是已执行指令的连续序列（如 ETM 跟踪），而是 PC 的稀疏常规采样。现代 Arm CPU 通常每秒执行数百万条指令，而 PC 采样率通常每秒数以千计。

#### ● 中断日志

硬件可以生成和传输与中断执行相关的数据，在进入和离开中断处理程序例程时会生成事件。

#### ● 数据日志

使用数据日志断点，可以将硬件配置为在 CPU 访问某个变量或仅地址范围时生成并传输事件。

SWO 信道的吞吐量有限，因此通常不可能同时使用上述所有特性，至少在 PC 采样、中断或对指定变量的访问频率较高的情况下是不可能的。

如果在跟踪仿真器上使用 SWO 通信通道，则数据将收集在跟踪缓冲区中，并在执行停止后显示。

I-jet, J-link, ST-Link 等仿真器都可以实现这一功能。

## 2. ETM 跟踪

ETM（嵌入式跟踪宏单元）实时跟踪是针对执行选定部分的每个已执行指令的连续收集序列。只能收集跟踪缓冲区可以容纳的尽可能多的数据。跟踪缓冲区可以位于调试仿真器或片上（ETB）中。跟踪缓冲区实时收集跟踪数据，但是直到执行停止后，数据才显示在 C-SPY 窗口中。

需要 I-jet Trace，有的还需要板子上有跟踪接口才能实现功能。

## 3. PTM 跟踪

PTM（程序跟踪宏单元）是在某些 Arm Cortex 内核中使用的跟踪逻辑的替代实现。功能与 ETM 跟踪相同。

## 4. ETB 跟踪

ETB（嵌入式跟踪缓冲区）跟踪是一个片上跟踪缓冲区。跟踪缓冲区具有带预定义大小的指定存储区域。

## 5. MTB 跟踪

MTB 跟踪（微跟踪缓冲区）是使用片上跟踪缓冲区的简化跟踪变量。对于 MTB 跟踪，跟踪缓冲区与您的应用程序代码共享 RAM 内存。MTB 跟踪可对基于 Cortex-M0+ 内核设备上的指令进行跟踪。