




Gowin 在线逻辑分析仪 用户指南

SUG114-2.6, 2023-08-18

版权所有 © 2023 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云、、Gowin、云源以及高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标，本手册中提到的其他任何商标，其所有权利属其拥有者所有。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、翻译本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

免责声明

本文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。高云半导体对文档中包含的文字、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文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文档进行适时的更新。

版本信息

| 日期 | 版本 | 说明 |
|------------|-------|---|
| 2019/11/28 | 2.0 | <ul style="list-style-type: none">● 支持 GW1NRF-4B、GW1NSER-4C，删除 GW1N-4S；● Capture Signal 支持 Bus 信号的 Rename 及 Restore 操作；● GAO 工具中 Programmer 与 Device 配置项合并；● 支持用户拖动调整波形显示窗口 Name 列和 Value 列宽度，且再次触发时保持触发前用户设置的列宽度。 |
| 2020/03/09 | 2.1 | <ul style="list-style-type: none">● 支持 GW1NS-4C、GW2A-18C、GW2AR-18C、GW2A-55C；● 单击 GAO 捕获窗口的“Start”或者“Auto”之后，GAO Programmer 置灰不能操作。 |
| 2020/05/20 | 2.2 | <ul style="list-style-type: none">● 删除器件 GW1N-2、GW1N-2B、GW1N-6；● 支持器件 GW1N-9C、GW1NR-9C、GW2ANR-18C；● 支持 GAO 抓取用户设计 RTL 综合优化前信号；● Standard Mode GAO 支持设置动态触发表达式；● 不支持捕获的信号在信号筛选时进行置灰处理；● GAO 新增导出扩展名为.prn 格式文件的功能；● 添加 csv 和 prn 文件导入 Matlab 的介绍。 |
| 2020/09/07 | 2.3 | <ul style="list-style-type: none">● GAO Programmer 新增 output 视图；● GAO 新增配置文件.gao/.rao 和码流文件更新监视功能；● GAO Bus 类捕获信号新增排序翻转功能“Reverse”；● GAO 筛选信号“Search Net”对话框高级筛选模式新增层级显示功能“Hierarchy View”。 |
| 2021/06/17 | 2.4 | 支持 Standard/Lite Mode GAO 配置窗口的 Dynamic BSRAM Usage 及 Capture Utilization 显示当前器件所支持的最大 BSRAM 数量。 |
| 2021/11/02 | 2.5 | <ul style="list-style-type: none">● 波形捕获窗口“Start”、“Auto”、“Force Trigger”、“Stop”增加快捷键操作，相应快捷键依次是“F1”、“F2”、“F3”和“F4”；● 波形捕获窗口图形缩放快捷键修改，Zoom In、Zoom Out、Zoom Fit 对应快捷键依次是“F8”、“F7”和“F6”；● 不存在于网表中的触发信号、捕获信号将会在配置窗口中标红显示；● 支持波形颜色修改；● 添加 vcd 波形文件导入 ModelSim 工具的介绍。 |
| 2022/12/16 | 2.5.1 | GAO 捕获窗口 Cable 类型添加 GWU2X 选项。 |
| 2023/05/25 | 2.5.2 | <ul style="list-style-type: none">● GAO 捕获窗口 Cable 类型 GWU2X 更新为 Gowin USB Cable (GWU2X)；● GAO 捕获窗口工具栏添加“Save As”功能。 |
| 2023/08/18 | 2.6 | <ul style="list-style-type: none">● GAO 捕获窗口默认 Cable 类型由 FT2CH 修改为 GWU2X；● Trigger Ports 和 Capture Signals 不可再重复添加相同信号；● Match Unit 的 Value 配置项支持右键菜单设置，包括值 X、0、1、R、F、B、N；● 支持波形的条形图显示和折线图显示；● 波形界面信号的右键菜单支持 ASCII、Real、Signed Magnitude 格式的显示。 |

目录

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 目录 | i |
| 图目录 | iii |
| 表目录 | vi |
| 1 关于本手册 | 1 |
| 1.1 手册内容 | 1 |
| 1.2 相关文档 | 1 |
| 1.3 术语、缩略语 | 1 |
| 1.4 技术支持与反馈 | 2 |
| 2 简介 | 3 |
| 3 GAO 配置文件 | 4 |
| 3.1 Standard Mode GAO 配置文件 | 4 |
| 3.1.1 启动 Standard Mode GAO 配置窗口 | 4 |
| 3.1.2 配置 Standard Mode GAO | 7 |
| 3.1.3 产生码流文件 | 24 |
| 3.2 Lite Mode GAO 配置文件 | 25 |
| 3.2.1 启动 Lite Mode GAO 配置窗口 | 25 |
| 3.2.2 配置 Lite Mode GAO | 28 |
| 3.2.3 产生码流文件 | 32 |
| 4 GAO 工具使用 | 33 |
| 4.1 Standard Mode GAO 工具使用 | 33 |
| 4.1.1 启动 Standard Mode GAO | 33 |
| 4.1.2 运行 GAO | 34 |
| 4.1.3 导出波形数据 | 46 |
| 4.2 Lite Mode GAO 工具使用 | 48 |
| 4.2.1 启动 Lite Mode GAO | 48 |
| 4.2.2 运行 GAO | 49 |
| 4.2.3 导出波形数据 | 49 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 5 波形文件导入 | 50 |
| 5.1 csv 文件导入 Matlab | 50 |
| 5.2 prn 文件导入 Matlab..... | 51 |
| 5.3 vcd 文件导入 ModelSim..... | 52 |

图目录

| | |
|--|----|
| 图 3-1 新建 Standard Mode GAO 文件配置窗口（Standard Mode） | 5 |
| 图 3-2 New GAO Wizard 对话框（Standard Mode） | 5 |
| 图 3-3 输入 Standard Mode GAO 配置文件名称 | 6 |
| 图 3-4 GAO 配置文件模式及存放路径（Standard Mode） | 6 |
| 图 3-5 Gowin GAO 工具配置窗口（Standard Mode） | 7 |
| 图 3-6 AO Core 视图 | 8 |
| 图 3-7 选中某个 Core 的配置窗口 | 8 |
| 图 3-8 Trigger Options 视图 | 9 |
| 图 3-9 Trigger 对话框 | 10 |
| 图 3-10 Search Nets 对话框 | 11 |
| 图 3-11 Normal 模式 | 12 |
| 图 3-12 通配符模式 | 12 |
| 图 3-13 正则表达式模式 | 12 |
| 图 3-14 高级筛选方式 | 13 |
| 图 3-15 Match Units 视图 | 14 |
| 图 3-16 Match Unit Config 对话框 | 14 |
| 图 3-17 范围内/外检测的 Minimum/Maximum 设置 | 16 |
| 图 3-18 匹配单元与触发端口不匹配提示框 | 17 |
| 图 3-19 未选择匹配单元所属的触发端口提示框 | 17 |
| 图 3-20 Expression 对话框 | 18 |
| 图 3-21 勾选 Dynamic | 19 |
| 图 3-22 触发表达式中的匹配单元未被选择提示框 | 20 |
| 图 3-23 Capture Options 配置视图 | 20 |
| 图 3-24 Select Nets 对话框（Standard Mode） | 21 |
| 图 3-25 不存在该采样时钟信号提示框 | 21 |
| 图 3-26 选择采样时钟提示框 | 22 |
| 图 3-27 Capture 配置视图 | 22 |
| 图 3-28 Capture Signals 配置视图 | 23 |
| 图 3-29 选择 Add From Trigger | 24 |

| | |
|--|----|
| 图 3-30 信号右键菜单..... | 24 |
| 图 3-31 AO Core Capture Signals 使用 BSRAM 资源数量..... | 24 |
| 图 3-32 新建 Lite Mode GAO 配置文件（Lite Mode）..... | 25 |
| 图 3-33 New GAO Wizard 对话框（Lite Mode）..... | 26 |
| 图 3-34 输入 Lite Mode GAO 配置文件名称..... | 26 |
| 图 3-35 GAO 配置文件模式及存放路径（Lite Mode）..... | 27 |
| 图 3-36 Gowin GAO 工具配置窗口（Lite Mode）..... | 28 |
| 图 3-37 Capture Options 配置视图（Lite Mode）..... | 28 |
| 图 3-38 Select Nets 对话框（Lite Mode）..... | 29 |
| 图 3-39 不存在该采样时钟信号提示框（Lite Mode）..... | 29 |
| 图 3-40 选择采样时钟提示框（Lite Mode）..... | 30 |
| 图 3-41 Capture 配置视图（Lite Mode）..... | 30 |
| 图 3-42 GW1NZ-1-ZV 器件 Lite Mode GAO 支持 SSRAM 实现数据捕获..... | 31 |
| 图 3-43 Capture Signals 配置视图..... | 31 |
| 图 3-44 信号右键菜单..... | 32 |
| 图 3-45 GAO 使用 BSRAM 资源数量..... | 32 |
| 图 4-1 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具配置窗口（Static Standard Mode）..... | 34 |
| 图 4-2 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具配置窗口（Dynamic Standard Mode）..... | 34 |
| 图 4-3 工具栏（Standard Mode）..... | 35 |
| 图 4-4 Configuration 视图..... | 36 |
| 图 4-5 Expression 对话框..... | 38 |
| 图 4-6 Match Unit Config 对话框..... | 38 |
| 图 4-7 逻辑分析仪波形显示（Standard Mode）..... | 39 |
| 图 4-8 标尺和游标显示（Standard Mode）..... | 40 |
| 图 4-9 放大缩小右键菜单栏（Standard Mode）..... | 40 |
| 图 4-10 组成 Bus 信号（Standard Mode）..... | 41 |
| 图 4-11 信号右键菜单（Standard Mode）..... | 43 |
| 图 4-12 Unsigned Bar Chart..... | 43 |
| 图 4-13 Unsigned Line Chart..... | 44 |
| 图 4-14 Fixed Point 设置..... | 44 |
| 图 4-15 Floating Point 设置..... | 44 |
| 图 4-16 GAO 配置文件更新提示..... | 45 |
| 图 4-17 Reload GAO 配置文件..... | 45 |
| 图 4-18 码流文件更新提示..... | 46 |
| 图 4-19 波形数据导出配置对话框..... | 47 |
| 图 4-20 导出 Tab_delimited Text(*.prn)文件..... | 47 |
| 图 4-21 导出 Type 为 Only Buses 的 prn 文件..... | 48 |

| | |
|---|----|
| 图 4-22 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具窗口 (Lite Mode) | 48 |
| 图 4-23 Trigger 视图 | 49 |
| 图 5-1 Matlab Import Data 菜单导入数据 | 50 |
| 图 5-2 Matlab 导入 csv 波形数据文件设置 | 51 |
| 图 5-3 csv 文件数据以矩阵形式导入 Matlab..... | 51 |
| 图 5-4 Matlab 导入 prn 波形数据文件设置 | 52 |
| 图 5-5 prn 文件数据以矩阵形式导入 Matlab..... | 52 |
| 图 5-6 vcd 文件转 wlf 文件..... | 53 |
| 图 5-7 ModelSim 打开 vcd 波形..... | 53 |

表目录

表 1-1 术语、缩略语 1

表 3-1 触发匹配单元支持的匹配类型 15

1 关于本手册

1.1 手册内容

本手册主要描述高云®半导体在线逻辑分析仪（Gowin Analyzer Oscilloscope，以下简称 GAO），介绍 GAO 的配置文件及 GAO 的配置窗口使用，旨在帮助用户快速熟悉 GAO 的使用方法，提高设计分析效率。有关本手册中的高云半导体云源®软件（以下简称云源）界面截图参考的是 1.9.9 Beta-3 版本。因软件版本更新，部分信息可能会略有差异，具体以用户软件版本信息为准。

1.2 相关文档

通过登录高云半导体网站 www.gowinsemi.com.cn 可以下载、查看相关文档，[SUG100](#)，[Gowin 云源软件用户指南](#)。

1.3 术语、缩略语

本手册中的相关术语、缩略语及相关释义请参见表 1-1。

表 1-1 术语、缩略语

| 术语、缩略语 | 全称 | 含义 |
|---------|------------------------------------|------------|
| AO Core | Analysis Oscilloscope Core | 功能内核 |
| BSRAM | Block Static Random Access Memory | 块状静态随机存储器 |
| FPGA | Field Programmable Gate Array | 现场可编程门阵列 |
| GAO | Gowin Analyzer Oscilloscope | 在线逻辑分析仪 |
| JTAG | Joint Test Action Group | 联合测试行为组织 |
| SSRAM | Shadow Static Random Access Memory | 分布式静态随机存储器 |

1.4 技术支持与反馈

高云半导体提供全方位技术支持，在使用过程中如有任何疑问或建议，可直接与公司联系：

网址：www.gowinsemi.com.cn

E-mail: support@gowinsemi.com

Tel: +86 755 8262 0391

2 简介

GAO 是高云半导体自主研发的一款数字信号分析工具，旨在帮助用户更加简便地分析设计中信号之间的时序关系，快速进行系统分析和故障定位，提高设计效率。

GAO 的工作原理：FPGA 工作时利用器件中未使用的存储器资源，根据用户设定的触发条件将信号实时地保存到存储器中，通过 **JTAG** 接口实时读取信号的状态并将其显示在云源界面上。**GAO** 包括信号配置窗口和波形显示窗口。信号配置窗口主要用于把定位信息插入到设计中，该类定位信息主要基于采样时钟、触发单元和触发表达式；波形显示窗口通过 **JTAG** 接口连接云源和目标硬件，将信号配置窗口设置的采样信号的数据直观地通过波形显示出来。

GAO 支持 RTL 级信号捕获和综合后网表级信号捕获两种捕获信号来源，并且提供 **Standard Mode GAO** 和 **Lite Mode GAO** 两种版本。**Standard Mode GAO** 最多可以支持 16 个功能内核，每个内核可配置一个或多个触发端口，支持多级静态或动态触发表达式。**Lite Mode GAO** 配置简便，无需设置触发条件，可以捕获信号的初始值，方便用户分析上电瞬间的工作状态。

GAO 具有以下特性：

- 最多支持 16 个功能内核
- 每个功能内核支持一个或多个端口触发
- 每个功能内核支持一个或多个触发等级
- 每个触发端口支持一个或多个匹配单元
- 每个匹配单元均支持 6 种触发匹配类型
- 支持设置静态或者动态触发表达式
- 支持捕获 RTL 综合优化前或者综合优化后信号
- 功能内核采用窗口采集模式，支持一个或多个窗口采集
- 支持导出 csv、vcd 和 prn 三种格式的波形数据文件
- 使用数据端口，节省器件资源

3 GAO 配置文件

GAO 的内核主要由控制内核和功能内核两部分组成：控制内核是所有功能内核与 JTAG 扫描电路的通信控制器；功能内核主要负责实现触发信号的配置、数据的采集与存储。控制内核连接上位机与功能内核，配置过程中接收上位机指令并传送给功能内核，数据读取过程中将功能内核采集的数据传送给上位机并显示在云源界面上；功能内核与控制内核直接通信，接收控制内核传输的指令，根据指令进行数据采集和传输。

GAO 配置窗口主要用于配置和更改控制内核和功能内核的参数，旨在帮助用户快速简便地分析设计文件综合、布局布线后的数据信号，有效提高时序分析效率。GAO 配置简单示例可参考 [SUG918, Gowin 云源软件快速入门指南](#) GAO 配置一节。

3.1 Standard Mode GAO 配置文件

3.1.1 启动 Standard Mode GAO 配置窗口

启动 Standard Mode GAO 配置窗口，首先需要创建或加载配置文件（.gao/.rao），Standard Mode GAO 创建类型包括“**For RTL Design**”和“**For Post-Synthesis Netlist**”。其中“**For RTL Design**”类型用于捕获综合优化前 RTL 信号，生成配置文件扩展名为.rao；“**For Post-Synthesis Netlist**”类型用于捕获综合优化后 Netlist 信号，生成配置文件扩展名为.gao。两种类型 Standard Mode GAO 配置过程相似，以下仅针对“**For Post-Synthesis Netlist**”类型 Standard Mode GAO 配置文件进行介绍。

创建 Standard Mode GAO 配置文件

操作步骤如下：

1. 在云源的“**Design**”窗口中，右击选择“**New File...**”，弹出“**New**”对话框，如图 3-1 所示；
2. 选择创建“**GAO Config File**”，单击“**OK**”按钮，弹出“**New GAO Wizard**”对话框，如图 3-2 示，Type 选择“**For Post-Synthesis Netlist**”，Mode 选择“**Standard**”，单击“**Next**”按钮；
3. 在“**Name**”编辑框中输入配置文件的名称，单击“**Next**”按钮，如图 3-3 示；

4. 查看 GAO 配置文件模式及存放路径，如图 3-4 所示，单击“Finish”按钮完成配置文件的创建，创建的 GAO 配置文件见“Design”窗口中的“GAO Config Files”栏。

图 3-1 新建 Standard Mode GAO 文件配置窗口（Standard Mode）

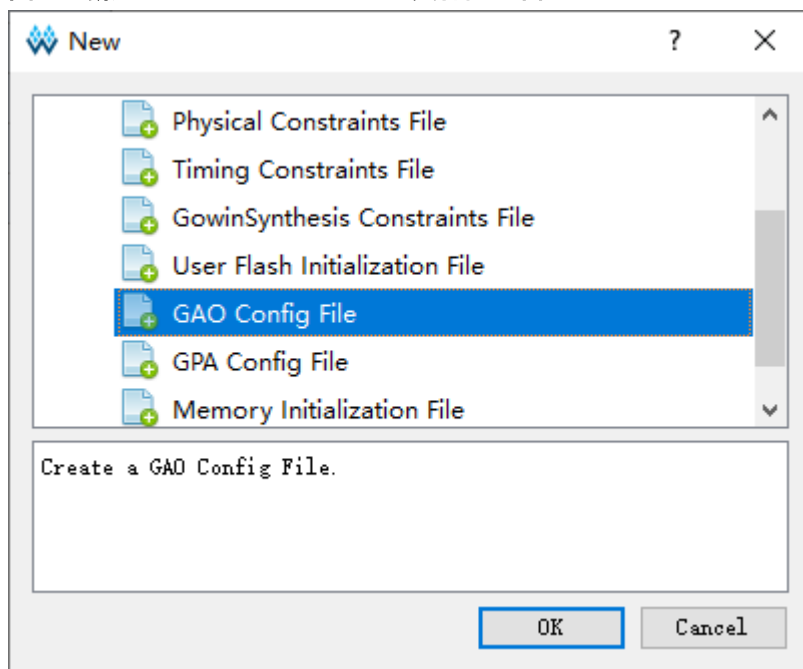


图 3-2 New GAO Wizard 对话框（Standard Mode）

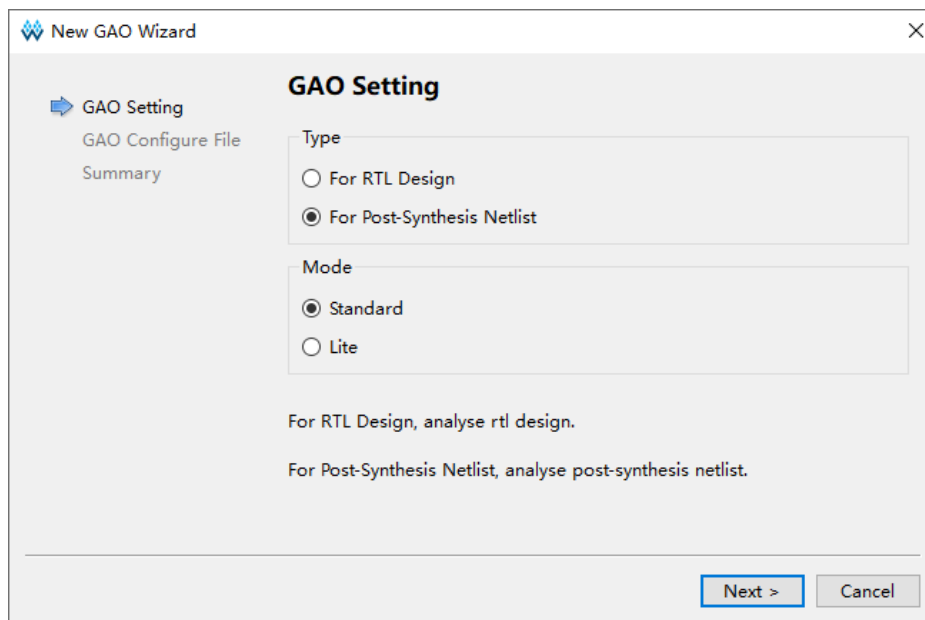


图 3-3 输入 Standard Mode GAO 配置文件名称

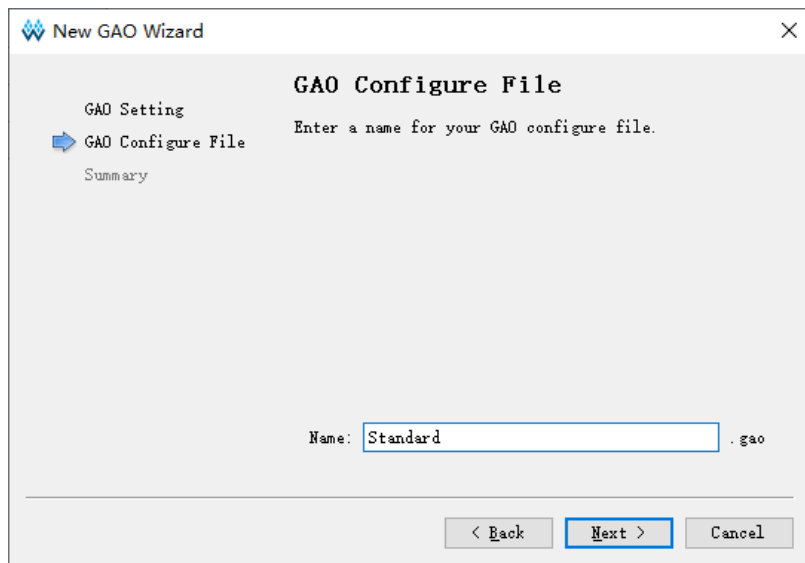
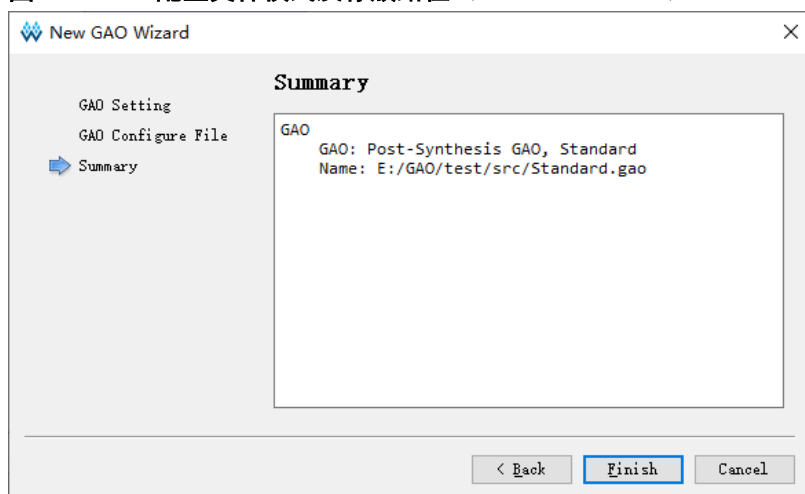


图 3-4 GAO 配置文件模式及存放路径（Standard Mode）



加载 Standard Mode GAO 配置文件

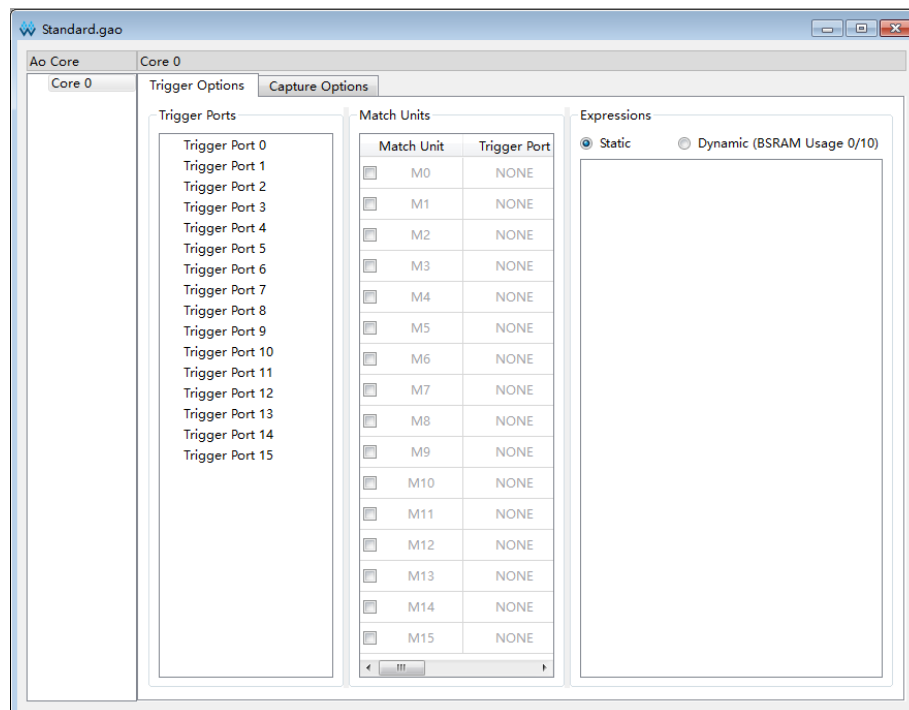
操作步骤如下：

1. 在“Design”窗口中，右击选择“Add File...”，弹出“Select Files”对话框；
2. 选择已存在的 Standard Mode 配置文件(.gao)，加载到工程的“Design”窗口。

启动 Standard Mode GAO 配置窗口

在 Design 窗口中双击配置文件 (.gao)，在云源主界面中，弹出 GAO 配置窗口，如图 3-5 所示。如果工程未通过 Synthesize，双击.gao 配置文件，会弹出警告提示框。GAO 配置窗口包括配置功能内核数量的 AO Core 视图和对应 Core 的信号配置视图，其中 Core 信号配置视图包括配置信号触发条件的 Trigger Options 视图和配置信号采样条件的 Capture Options 视图。

图 3-5 Gowin GAO 工具配置窗口（Standard Mode）



3.1.2 配置 Standard Mode GAO

Standard Mode GAO 配置窗口用于功能内核数量、信号触发条件、信号采样条件的配置。

配置功能内核数量

AO Core 视图用于显示及管理当前工程所使用的功能内核数量，如图 3-6 所示。AO Core 视图默认只含有 Core0，最多可支持 16 个 Core，按 Core0 ~ Core15 依次排序，可进行如下操作：

1. 在“AO Core”视图任意位置右击选择“Add”，添加新的 AO Core；
2. 在“AO Core”视图选中某一个 Core 后右击选择“Remove”，可删除相应 Core；
3. 删除中间编号 Core 时，之后 Core 编号依次减小，Core 编号始终连续递增；
4. 单击选中某个 Core，则右侧信号配置视图显示对应“Core”的配置视图，如图 3-7 所示，例如 AO Core 视图选中 Core2，则右侧显示 Core2 配置视图。

注！

- AO Core 视图只含有一个 Core 时禁止删除，若选中该 Core 右击选择“Remove”，则弹出禁止删除提示框；
- 最多支持 16 个 Core，当添加超过 16 个 Core 时弹出 error 提示框。

图 3-6 AO Core 视图

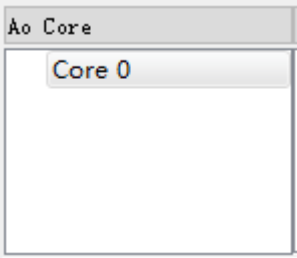
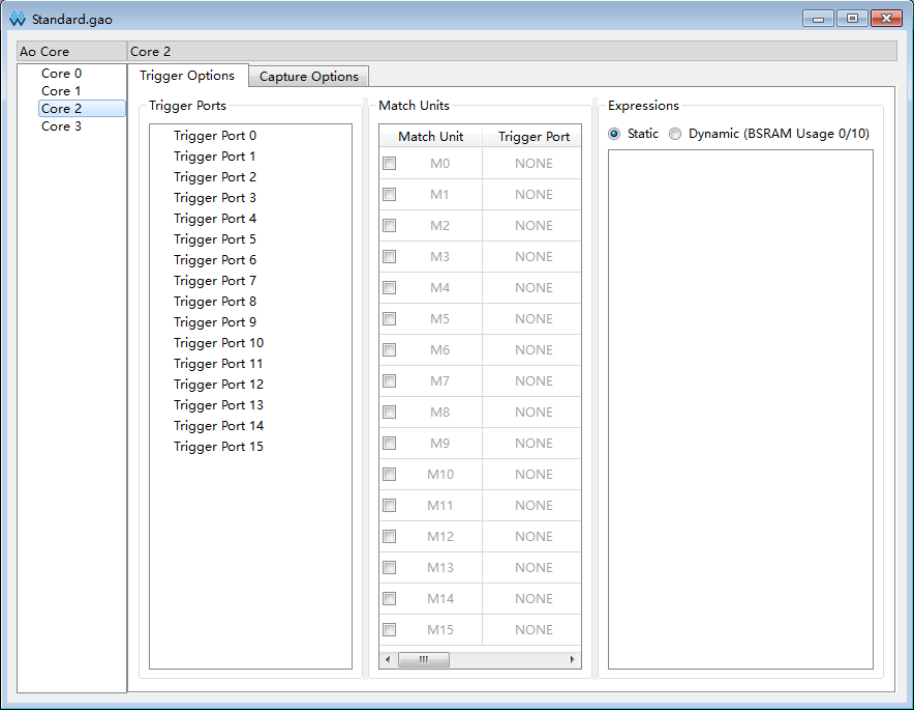


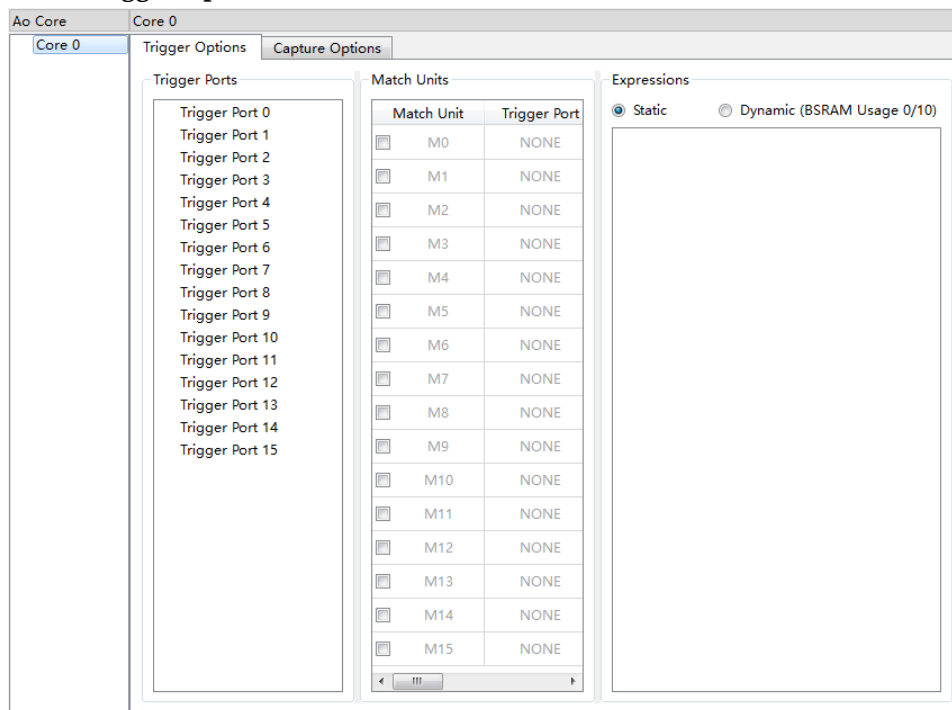
图 3-7 选中某个 Core 的配置窗口



配置触发条件


Trigger Options 视图用于配置信号触发条件，如图 3-8 所示。其中，左上角显示当前所配置的 AO Core，Trigger Ports 视图用于配置功能内核触发端口，Match Units 视图用于配置触发匹配单元，Expressions 视图用于配置触发表达式。

图 3-8 Trigger Options 视图



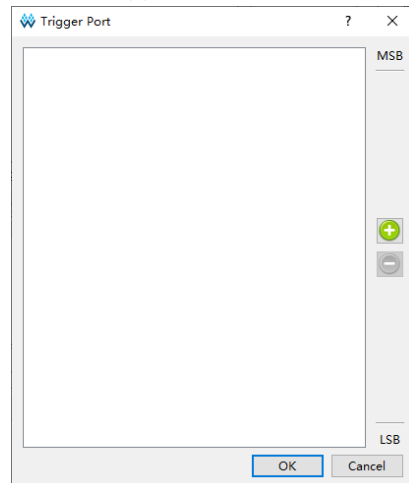
配置触发端口

Trigger Ports 视图用于配置功能内核的触发端口,共有 16 个触发端口,包括 Trigger Port 0 ~ Trigger Port 15, 每个触发端口的位宽范围为 1~64。Trigger Ports 具体操作如下:

1. 双击触发端口, 弹出对话框, 如图 3-9 所示;
2. 单击 “” 弹出对话框 “Search Nets”, 单击 “Search” 按钮完成信号匹配, 如图 3-10 所示, 其中不可捕获信号置灰处理, 不可选中;
3. 选择触发信号, 单击 “OK”, 完成触发信号的选择。

网表更新后, 若 Trigger 对话框中已选择的信号不存在于更新后的网表中, 则该触发信号标红显示, 此功能目前仅在 For Post-Synthesis Netlist 类型 GAO 中支持, 未在 For RTL Design 类型 GAO 中支持。

图 3-9 Trigger 对话框



注！

图 3-9 中 MSB、LSB 分别表示触发端口的高位与低位。

Trigger Port 对话框中的信号可进行如下操作：


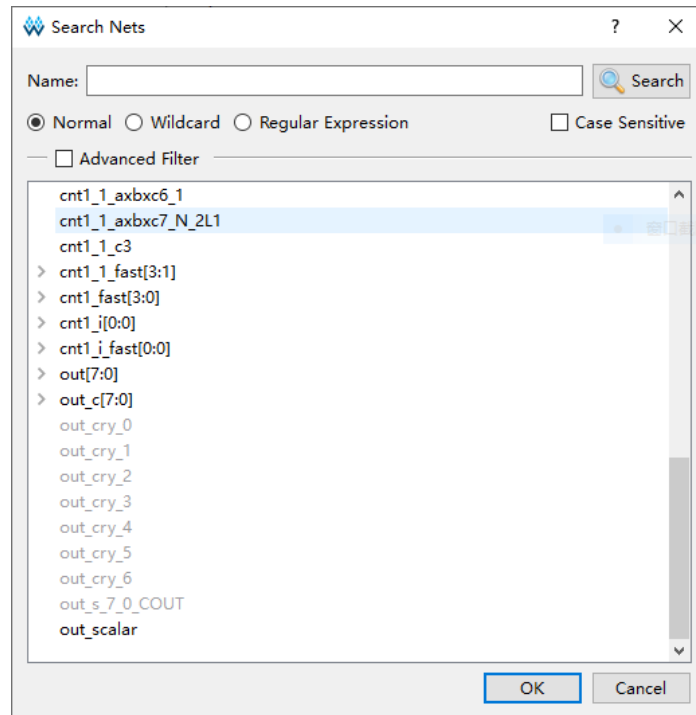
- 支持删除触发信号：左键单选、**Shift**+左键或 **Ctrl**+左键多选触发信号，单击 “”，完成删除；
- 支持信号拖拽排序，左键单选、**Shift**+左键和 **Ctrl**+左键多选触发信号，左击并拖动完成信号排序；
- 同一个 Trigger Port 中不可重复添加相同信号，规则是：
 - 若重复添加某一个单独的信号，则添加失败；
 - 若已添加了 Bus 信号的某个子信号，则再次添加此 Bus 信号时，删除已添加的子信号，保留整个 Bus 信号；
 - 若已添加了 Bus 信号，则添加其子信号时，添加失败。

图 3-10 Search Nets 对话框



Normal、Wildcard、Regular Expression 三个选项互斥。

- Normal 选项表示使用普通方式进行设置,选择该选项时,单击“Search”按钮会对“Name”文本框中的字符串进行匹配,如图 3-11 所示;
- Wildcard 选项表示使用通配符进行设置,选择该选项时,单击“Search”按钮会对“Name”文本框中的字符串进行匹配,该字符串可以使用通配符(*、?),如图 3-12 所示;
- Regular Expression 选项表示使用正则表达式进行匹配,选择该选项时,单击“Search”按钮会对“Name”文本框中的字符串进行匹配,该字符串可以使用正则表达式,如图 3-13 所示;
- 选中“Case Sensitive”复选框表示进行信号匹配时,区分大小写。Search Nets 对话框下方的 Signal 区域支持左键单选、Shift+左键和 Ctrl+左键多选等功能。

图 3-11 Normal 模式

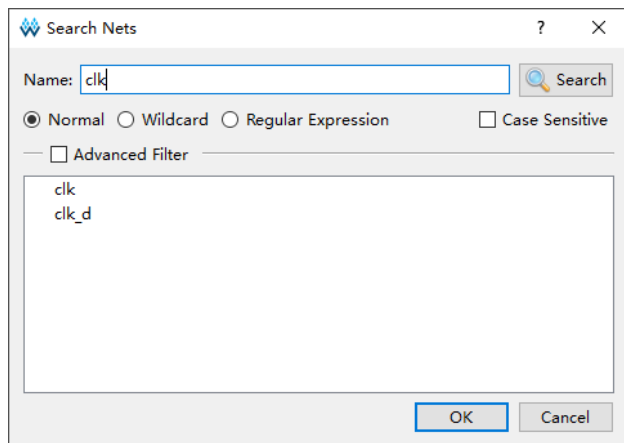


图 3-12 通配符模式

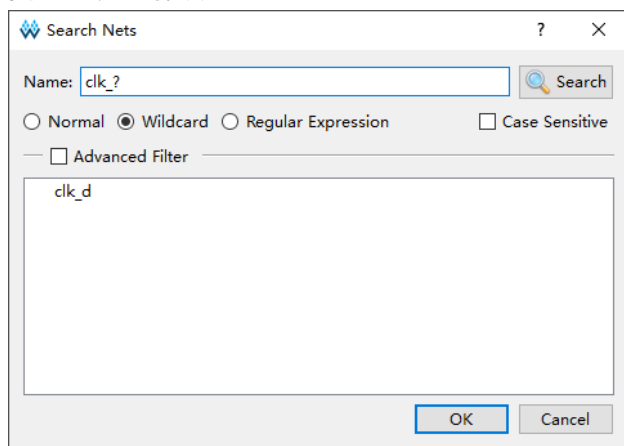
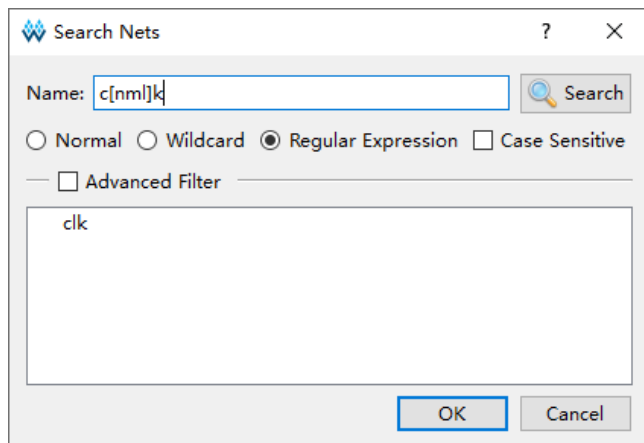


图 3-13 正则表达式模式



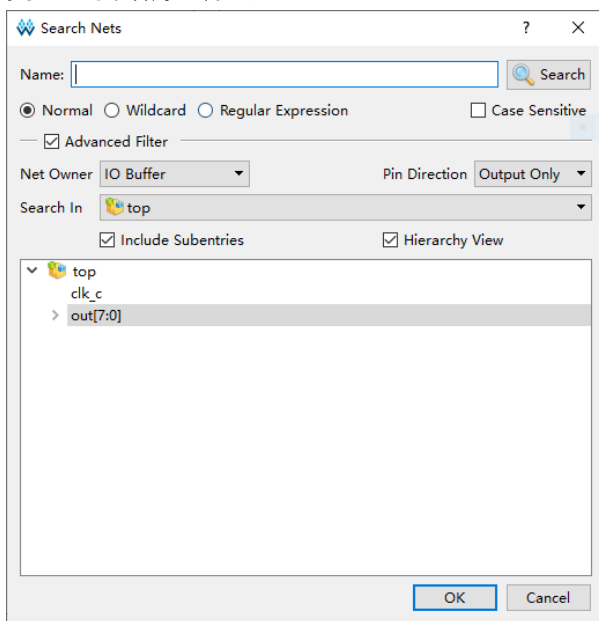
选中 **Advanced Filter** 复选框表示使用高级筛选方式，可以通过该方式进行一步设置筛选条件，更加精确查找所需的信号。其中：

- **Net Owner** 选项用于设置信号所属模块的类型，可以选择某个模块，也可以选择 **All**；

- Pin Directions 选项用于设置信号是 Output only、Input only 或 All Directions;
- Search In 选项用于设置从哪个模块筛选信号;
- Include Subentries 选项用于设置是否从子模块中筛选信号;
- Hierarchy View 选项用于将信号通过用户设计的层级结构进行显示。

如图 3-14 所示,“Net Owner”选择“IO Buffer”,“Pin Directions”选择“Output Only”,“Search In”选择“top”,同时选中“Include Subentries”和“Hierarchy View”,单击“Search”按钮,则 top 模块及其子模块中所有与 IO Buffer 有关的输出信号将以层级结构的形式显示出来。

图 3-14 高级筛选方式



配置匹配单元

Match Units 视图用于配置触发端口的匹配单元,最多可配置 16 个匹配单元,分别对应 M0 ~ M15。匹配单元是 GAO 功能内核实现触发条件的最小单元,功能内核通过匹配单元对用户设计的触发端口信号进行处理,当触发端口信号满足要求时,可实现触发。

一个触发端口可对应多个 Match Unit,但一个 Match Unit 只能选择一个触发端口。Match Unit 的可使用数量和配置触发表达式有关,Expressions 选择“Static”时,可使用 16 个 Match Unit,Expressions 选择“Dynamic”时,最多只能使用 10 个 Match Unit。

1. 在 Match Units 视图中,勾选“Match Unit”复选框,可选择触发匹配单元,如图 3-15 所示。

图 3-15 Match Units 视图

| Match Units | | | | | |
|--|--------------|------------|----------|----------|--|
| Match Unit | Trigger Port | Match Type | Function | Counter | |
| <input checked="" type="checkbox"/> M0 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M1 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M2 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M3 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M4 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M5 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M6 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M7 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M8 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M9 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M10 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M11 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M12 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M13 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M14 | NONE | Basic | == | Disabled | |
| <input type="checkbox"/> M15 | NONE | Basic | == | Disabled | |

2. 双击匹配单元行，可在弹出的“Match Unit Config”对话框中对触发条件进行配置，如图 3-16 所示。

图 3-16 Match Unit Config 对话框

Match Unit Config

Match Unit 0

On Trigger Port: Trigger Port 0

> out[7:0]

Match Type: Basic

Function: ==

Value

> out[7:0]

11111111

☐ Counter

Width: 2Count: 2

☐ Continuous

OK

Cancel

3. 单击“On Trigger Port”下拉框，在下拉列表中选择触发端口。
4. 在“Match Type”和“Function”的下拉列表中，可进行匹配类型的选择，详细信息如下：

- **Basic:** 执行 “==” 和 “!=” 操作，用于一般的信号比较，是一种比较节约资源的类型；
- **Basic w/edges:** 执行 “==”、“!=” 和跳变检测操作，用于控制信号的跳变需要考虑的情况；
- **Extended:** 执行 “==”、“!=”、“>”、“>=”、“<”、和 “<=” 操作，用于地址或数据信号的值需要考虑的情况；
- **Extended w/edges:** 执行 “==”、“!=”、“>”、“>=”、“<”、“<=” 和跳变检测操作，用于地址或数据信号的值和跳变都需要考虑的情况；
- **Range:** 执行 “==”、“!=”、“>”、“>=”、“<”、“<=”、范围内检测和范围外检测操作，用于对特定范围的地址或数据信号的值需要考虑的情况；
- **Range w/edges:** 执行 “==”、“!=”、“>”、“>=”、“<”、“<=”、范围内检测、范围外检测和跳变检测操作，用于对特定范围的地址或数据的信号的值和跳变需要考虑的情况。

Value 项用于设置 Bit Value 值，与匹配类型结合，如表 3-1 所示。目前 Bit Value 支持二进制、八进制、十进制和十六进制。

表 3-1 触发匹配单元支持的匹配类型

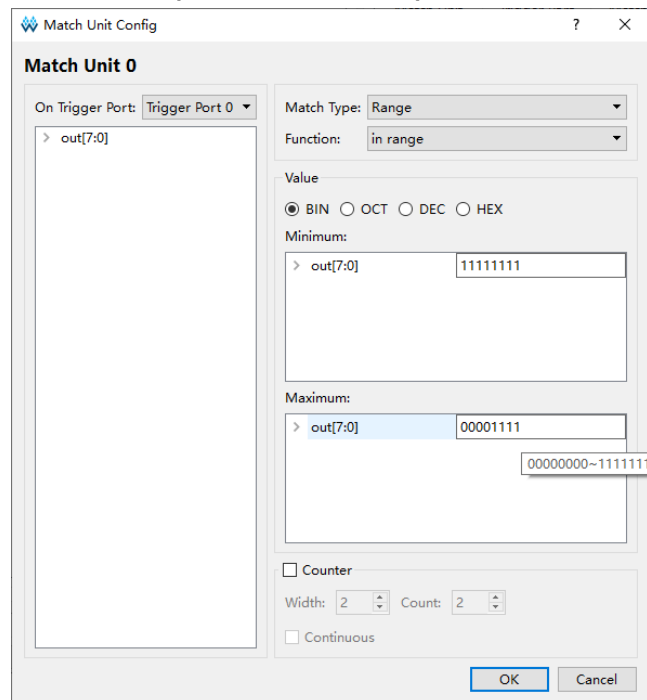
| 类型 | Bit Values | 匹配函数 | 说明 |
|------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------|
| Basic | 0、1、X | ==、!= | 用于一般的信号比较，是一种比较节约资源的类型。 |
| Basic w/edges | 0、1、X、R、F、B、N | ==、!=、跳变检测 | 用在控制信号的跳变需要考虑的情况。 |
| Extended | 0、1、X | ==、!=、>、>=、<、<= | 用在地址或数据信号的值需要考虑的情况。 |
| Extended w/edges | 0、1、X、R、F、B、N | ==、!=、>、>=、<、<=、跳变检测 | 用在地址或数据信号的值和跳变都需要考虑的情况。 |
| Range | 0、1、X | ==、!=、>、>=、<、<=、范围内检测、范围外检测 | 用在特定范围内地址或数据信号的值需要考虑的情况。 |
| Range w/edges | 0、1、X、R、F、B、N | ==、!=、>、>=、<、<=、范围内检测、范围外检测、跳变检测 | 用在特定范围内地址或数据的信号的值和跳变需要考虑的情况。 |

在 Bit values 中：

- “0” 表示低电平 0；
- “1” 表示高电平 1；
- “X” 表示均可；
- “R” 表示上升沿 0 -> 1 变化；

- “F” 表示下降沿 1 -> 0 变化；
 - “B” 表示上升沿或下降沿转换均可；
 - “N” 表示没有逻辑电平转换。
5. 当“Match Type”选择“Range”或“Range w/edges”类型，Function 选择 in range 范围内检测或 not in range 范围外检测类型时，则 Minimum 框中所设置的值为下限值，Maximum 框中所设置的值为上限值，如图 3-17 所示，如果 Minimum 大于 Maximum，会弹出数值非法提示框。
 6. 光标悬浮在“Value”输入框上时，将显示 Value 可配置范围，如图 3-17 所示。

图 3-17 范围内/外检测的 Minimum/Maximum 设置



7. 配置 Value 值的方式和规则如下：
 - 将信号分为三类，分别是 Bus、sub signal 和 single signal，Bus 为总线类信号，sub signal 为 Bus 信号的子信号，single signal 是不属于 sub signal 的单独信号；
 - Bus、sub signal、single signal 类的信号增加右键菜单，右键菜单包括 X、0、1、R、F、B、N 七个值；
 - Bus、single signal 可通过右键菜单或手动输入值，而 sub signal 只能通过右键菜单输入值；
 - Bus 类信号右键菜单选择的值对所有 sub signal 有效。
8. 每个触发匹配单元均有一个计数器，用于设置触发条件满足 N 次后开始采样数据，N 是计数器数值。
 - 勾选“Counter”复选框，可设置使用计数器，若不使用计数器，则

默认匹配 1 次后开始采集数据；

- 勾选“Counter”复选框，在“Width”框中直接输入数值，也可单击文本框右边的上下按钮或滑动鼠标中间滚轮，修改或加/减框中的数值；
- Counter Width 有效范围是[1,16]，该值决定 Counter 允许设置的最大值；
- 若 Counter Width 设置为 3，则 Count 最大值为 2^3 ；
- 在 Count 框中输入值 n，则匹配 n 次后触发，若勾选“Continuous”并在 Count 框中输入值 n，则连续匹配 n 次后触发。

注！

- GAO 配置出现 error 时，需要单击 Hide Details 才会对 error 进行详细描述；
- 保存配置文件（.gao）时，如果触发单元的信号个数发生修改，但匹配单元未进行相应的修改，会弹出匹配单元与触发端口不匹配的提示框，如图 3-18 所示；
- 如果匹配单元所属的触发端口没有进行配置，保存 gao 配置时，会弹出未选择匹配单元所属的触发端口不可用的提示框，如图 3-19 所示。

图 3-18 匹配单元与触发端口不匹配提示框

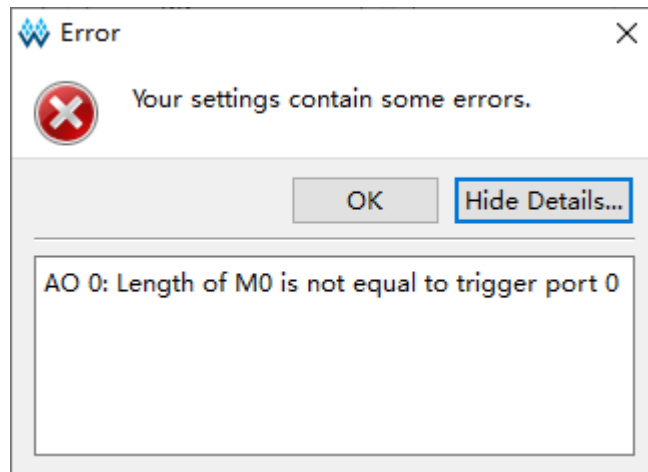
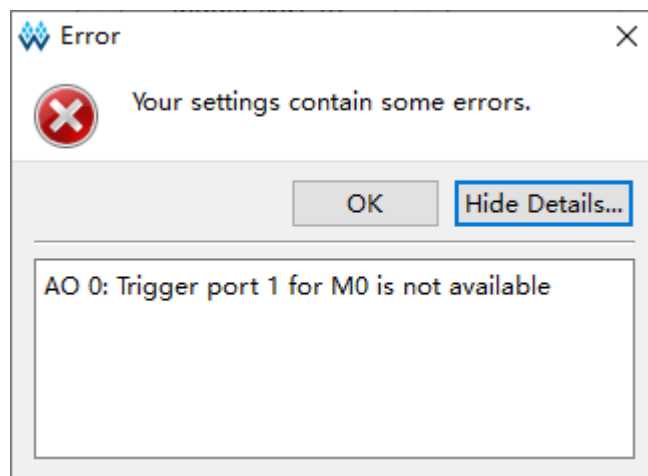


图 3-19 未选择匹配单元所属的触发端口提示框



配置触发表达式

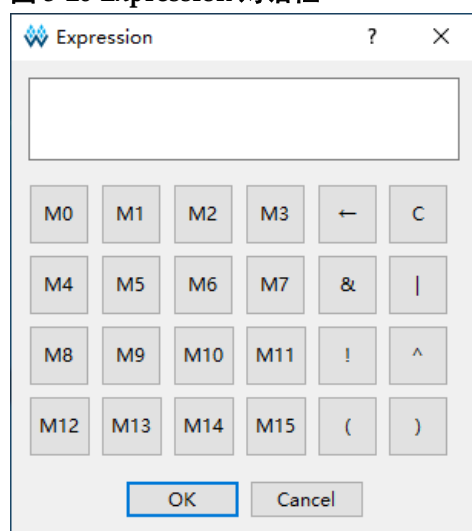
Expressions 视图用于设置触发表达式，一个功能内核最多有 16 个触发表达式。

Expressions 视图中，触发表达式按照 Expression0 ~ Expression15 依次排序。

可进行如下操作：

- 选择“Static”静态触发表达式类型，此时可使用 Match Unit 数量为 16 个，但捕获窗口不可动态修改触发表达式；
- 选择“Dynamic”动态触发表达式类型，此时可使用 Match Unit 数量为 10 个，捕获窗口可动态修改触发表达式而不需要重新进行 GAO 综合和布局布线；
- 双击 Expressions 视图中任意触发表达式，可对选中的触发表达式进行编辑；
- 右击 Expressions 视图任意处，选择“Add”，可添加触发表达式；
- 编辑或者“Add”触发表达式时，弹出 Expression 对话框，如图 3-20 所示，在弹出的对话框中进行触发表达式的配置，若触发表达式中存在错误的语法格式，单击“OK”保存时会弹出 error 提示框；
- 选中需要删除的表达式，右击选择“Remove”按钮，即可删除触发表达式。

图 3-20 Expression 对话框



当选择“Static”时，图 3-20 Expression 对话框可编辑 M0 ~ M15 共 16 个 Match Unit，当选择“Dynamic”时，图 3-20 Expression 对话框可编辑 M0 ~ M9 共 10 个 Match Unit，M10 ~ M15 置灰不可选中。

触发表达式 Expression0 ~ Expression15 对应触发等级 Level0 ~ Level15。在功能内核的触发条件设置中，Trigger Level 最少为 1 级(Level0)，最多为 16 级 (Level0 ~ Level15)，Trigger Level 的级数与触发表达式的个

数相对应；若 **Trigger Level** 为 **N** 级，则第 1 级触发条件满足后，开始判断第 2 级触发条件，依次类推，直到第 **N** 级的触发条件满足，生成最后的 **Trigger** 信号，功能内核开始采集数据。

触发表达式可对一个或多个触发匹配单元进行逻辑组合，遵循以下规则：

- 支持与（&）、或（|）和非（!）逻辑运算符，以及“（）”运算符；
- 触发表达式仅支持对已选择的触发匹配单元进行逻辑组合；
- 一个触发表达式中可一次或多次使用同一个触发匹配单元；
- 不同的触发表达式之间触发匹配单元的逻辑组合不受影响，可使用相同的触发匹配单元，相同的运算符；
- 不同的 **Expression** 可调用相同的触发匹配单元，也可调用同样数量或不同数量的触发匹配单元。

例如，用户设置了 8 个匹配单元 **M0 ~ M7**，对于每一级的触发表达式，可从这 8 个匹配单元中挑选任意数量的匹配单元进行组合逻辑，如：

M0&M1

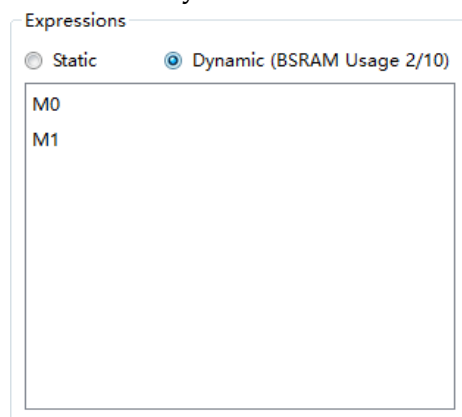
!M4&(M3|M6)

.....

双击触发表达式单元格，对该触发表达式进行配置，配置完成后，单击“OK”按钮，即可完成触发表达式的设置。

勾选“**Dynamic**”使用动态触发表达式，会占用器件的 **BSRAM** 资源，**Trigger Level** 为 **N** 时，则使用 **N** 个 **BSRAM**，如图 3-21 所示，**Trigger Level** 为 2，则 **Dynamic Expression** 占用 2 个 **BSRAM** 资源。

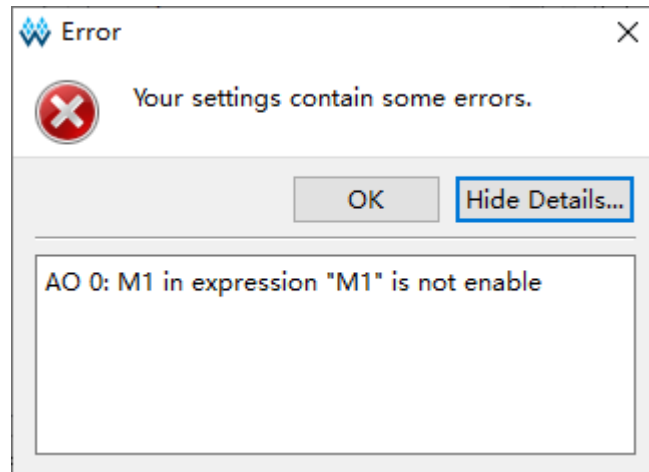
图 3-21 勾选 **Dynamic**



注！

- 保存配置文件（.gao）时，如触发表达式中使用未选择的触发匹配单元，会弹出触发表达式中的匹配单元未被选择的信息提示框，如图 3-22 所示；
- 一个功能内核最多可以添加 16 个触发表达式，当添加多于 16 个触发表达式会弹出 error 提示框。

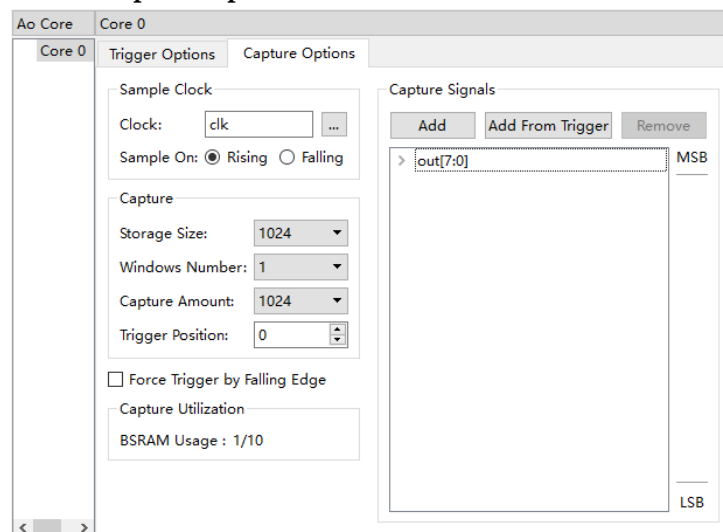
图 3-22 触发表达式中的匹配单元未被选择提示框



配置采样信号

如图 3-23 所示，Capture Options 视图主要用于配置采样时钟、存储深度、GAO IP 内部由 TCK 驱动的部分寄存器的时钟边沿选择选项 Force Trigger by Falling Edge，采样数据信号等信号采样信息，并显示当前 AO Core 的 Capture Signals 使用的 BSRAM 资源数目。

图 3-23 Capture Options 配置视图

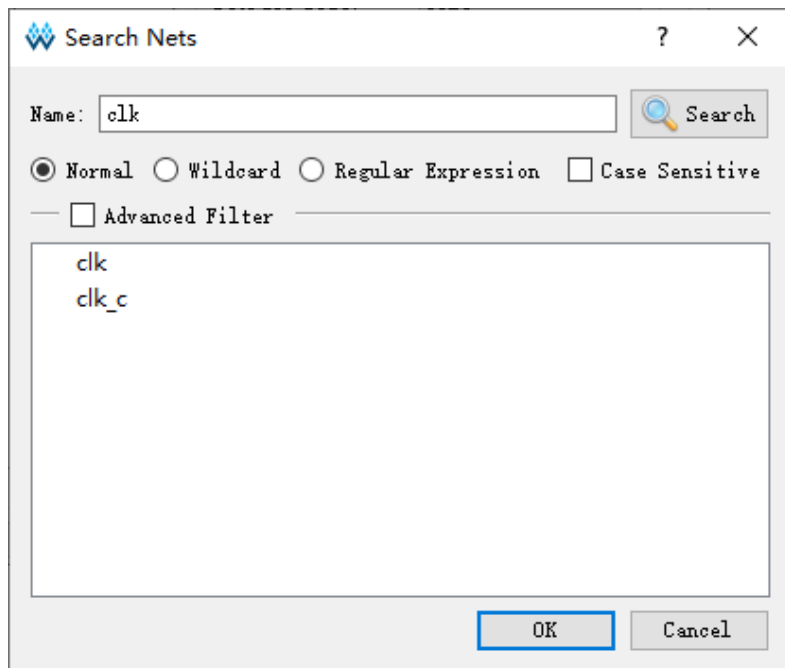


采样时钟一般选择用户设计中的时钟信号，亦可选择其它信号，采样时钟需与配置的触发信号和采样数据信号是 2 倍频及以上的倍频关系，建议二者属于同一时钟域。时钟采样方式支持上升沿采样和下降沿采样。

可通过以下两种方式添加采样时钟信号：

- 在“Sample Clock”文本框中直接输入采样时钟信号的名称；
- 单击“Sample Clock”文本框右侧的“...”按钮，弹出“Select Nets”对话框，选择采样时钟信号，如图 3-24 所示。单击“OK”，将信号添加到“Clock”文本框中。

图 3-24 Select Nets 对话框 (Standard Mode)



注！

- 保存配置文件 (.gao) 时，如配置的采样时钟信号不存在，会弹出不存在该采样时钟信号的信息提示框，如图 3-25 所示；
- 如无配置采样时钟，会弹出未选择采样时钟的信息提示框，如图 3-26 所示。

图 3-25 不存在该采样时钟信号提示框

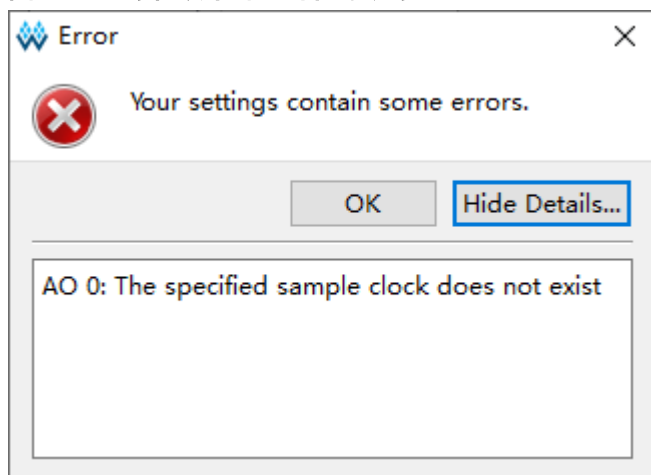
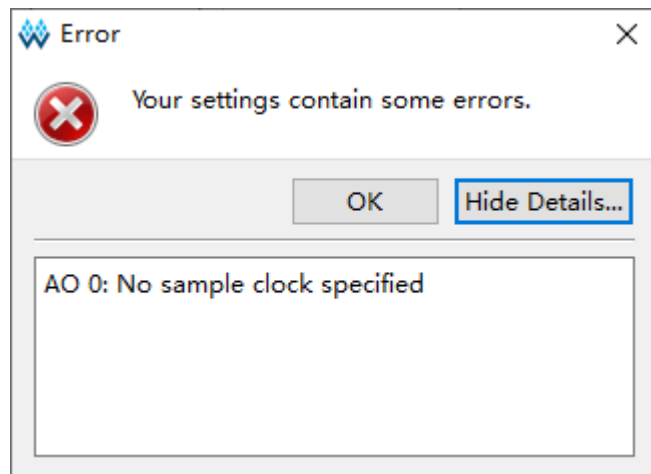


图 3-26 选择采样时钟提示框



配置存储信息

如图 3-27 所示，主要用于配置采样信号的存储深度、采集窗口数目、采样长度以及触发点位置。

图 3-27 Capture 配置视图

- **Storage Size:** 存储深度，即允许的数据采样存储器地址长度。单击 Storage Size 下拉列表框，显示列表项：256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536，从中选择所需的数据深度；
- **Windows Number:** 采集窗口数目，即采集缓冲区页面数目。功能内核采用窗口采集模式。在此模式中，采集缓冲区被划分为一个或多个容量大小的页面。每个功能内核最多支持 8 个窗口，最少 1 个窗口。可在 Windows Number 下拉列表中选择采集窗口数目；
- **Capture Amount:** 采样长度，即每个采集缓冲区页面实际使用的采样存储器的地址长度。每个采集窗口的采样长度相同，采样总长度不能超过所设置的 Storage Size。可在 Capture Amount 的下拉列表中选择采样长度；
- **Trigger Position:** 触发点位置，即触发时所采样数据在存储器地址中的位置。可在 Trigger Position 中输入或选择相应数值，存储地址从 0 开始。

配置 Force Trigger by Falling Edge

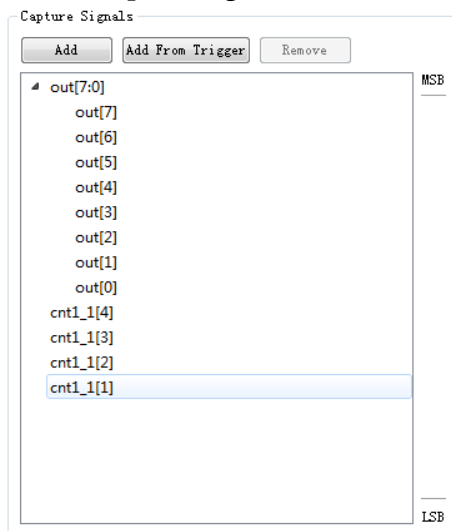
Force Trigger by Falling Edge，勾选时可将 GAO IP 中的部分由 TCK

时钟上升沿驱动的内部寄存器修改为下降沿驱动，用于改善 TCK 的时序，默认状态为不勾选。

配置采样数据信号

如图 3-28 所示，用于配置采样数据信号。数据端口信号，是指数据端口连接的输入信号，来源于用户设计。

图 3-28 Capture Signals 配置视图



- **Add** 按钮，选择需要功能内核采样存储数据的信号作为采样数据信号；单击 **Add** 按钮，弹出 **Search Nets** 对话框，选择所需的数据端口信号，单击“OK”即可完成配置；这里也可以添加 **Bus** 信号，如图 3-28 中“out[7:0]”；
- **Add From Trigger** 按钮，直接使用触发端口采样触发信号作为采样数据信号；可在 **Add From Trigger** 下方的列表选择一个或多个触发端口，使用已经选择的触发端口采集信号作为采样数据信号，如图 3-29 所示；
- **Remove** 按钮，删除选中的信号；
- 支持信号拖拽排序，左键单选、**Shift**+左键和 **Ctrl**+左键多选触发信号，左击并拖动完成信号排序；
- 选中信号右击，在弹出的右键菜单中可以进行 **Group**、**Ungroup**、**Rename**、**Restore Original Name** 和 **Reverse** 等操作，如图 3-30；
- 网表更新后，若 **Capture Signals** 视图中已选择的信号不存在于更新后的网表中，处理规则可参考[配置触发端口](#)；
- **Capture Signals** 中不可重复添加相同信号，处理规则可参考[配置触发端口](#)。

图 3-29 选择 Add From Trigger

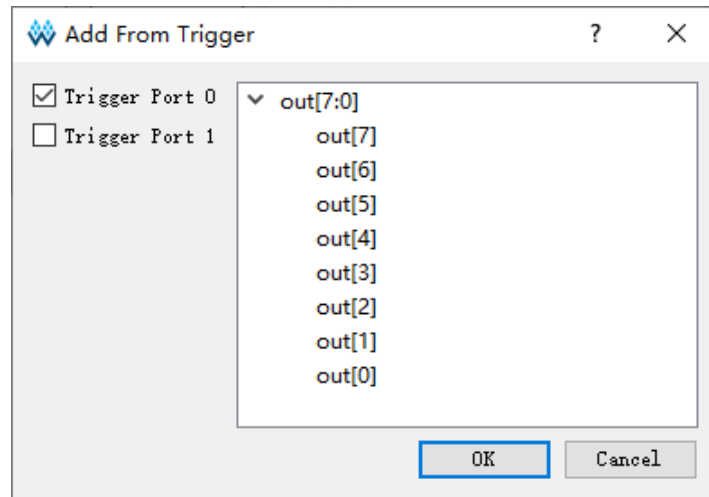
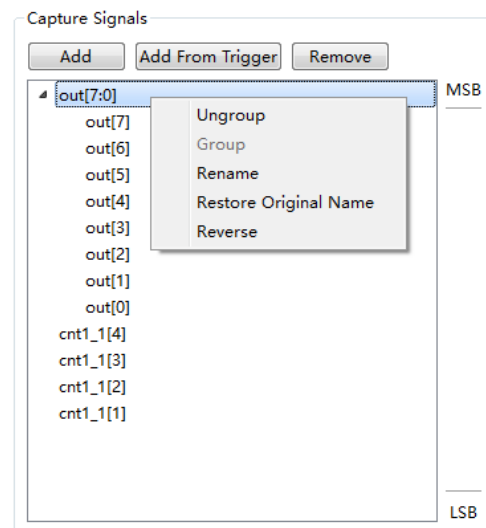


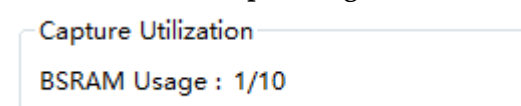
图 3-30 信号右键菜单



Capture Signals 使用 BSRAM 数量

如图 3-31 所示，用于显示当前 AO Core “Capture Signals” 使用 BSRAM 资源数量。

图 3-31 AO Core Capture Signals 使用 BSRAM 资源数量



3.1.3 产生码流文件

完成 GAO 文件的配置后，在 Process 窗口中，双击 Place & Route，进行整个用户设计的布局布线操作，生成一个包含用户设计与 GAO 配置信息的码流文件，文件名默认为“ao_0.fs”，默认放置在工程路径下的“/impl/pnr/”。

3.2 Lite Mode GAO 配置文件

3.2.1 启动 Lite Mode GAO 配置窗口

启动 Lite Mode GAO 配置窗口，首先需要创建或加载配置文件（.gao/.rao），Lite Mode GAO 创建类型包括“**For RTL Design**”和“**For Post-Synthesis Netlist**”。其中“**For RTL Design**”类型用于捕获综合优化前 RTL 信号，配置文件扩展名为.rao；“**For Post-Synthesis Netlist**”类型用于捕获综合优化后 Netlist 信号，配置文件扩展名为.gao。两种类型的 Lite Mode GAO 配置过程相似，以下仅针对“**For Post-Synthesis Netlist**”类型 Lite Mode GAO 进行介绍。

创建 Lite Mode GAO 配置文件

操作步骤如下：

1. 在云源的“**Design**”窗口中，右击选择“**New File...**”，弹出“**New**”对话框，如图 3-32 所示；
2. 选择创建“**GAO Config File**”，单击“**OK**”按钮，弹出“**New GAO Wizard**”对话框，如图 3-33 所示，Type 选择“**For Post-Synthesis Netlist**”，Mode 选择“**Lite**”，单击“**Next**”按钮；
3. 在“**Name**”编辑框中输入配置文件的名称，如图 3-34 所示，单击“**Next**”按钮；
4. 查看 GAO 配置文件模式及存放路径，如图 3-35 所示，单击“**Finish**”按钮完成配置文件的创建，创建的 GAO 配置文件见“**Design**”窗口中的“**GAO Config Files**”栏。

图 3-32 新建 Lite Mode GAO 配置文件（Lite Mode）

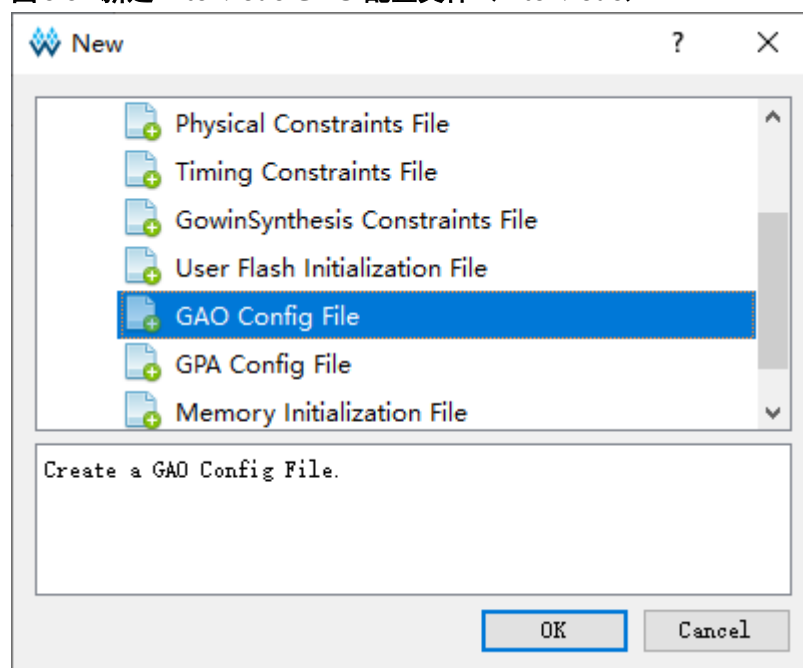


图 3-33 New GAO Wizard 对话框（Lite Mode）

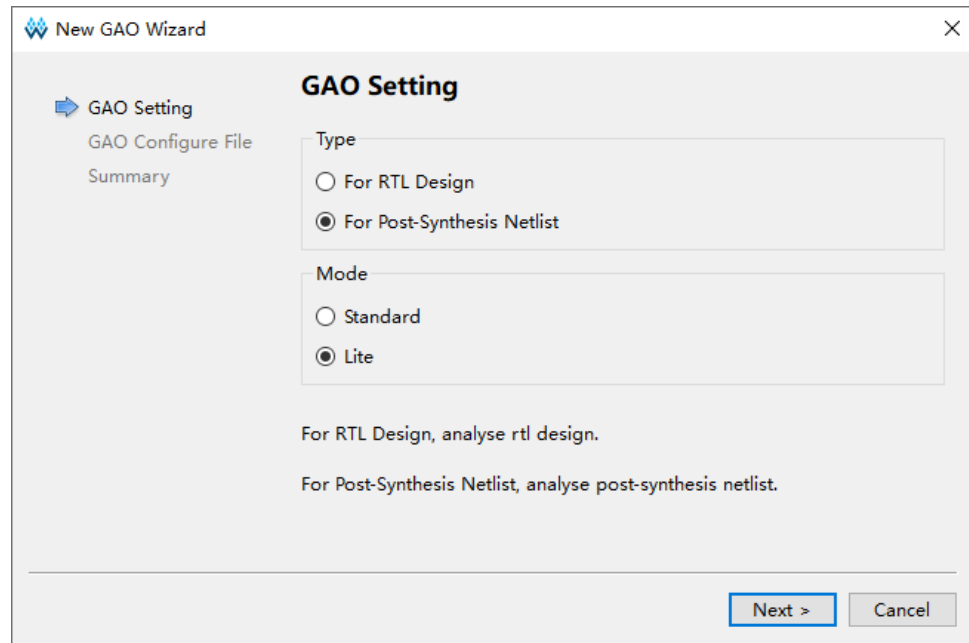


图 3-34 输入 Lite Mode GAO 配置文件名称

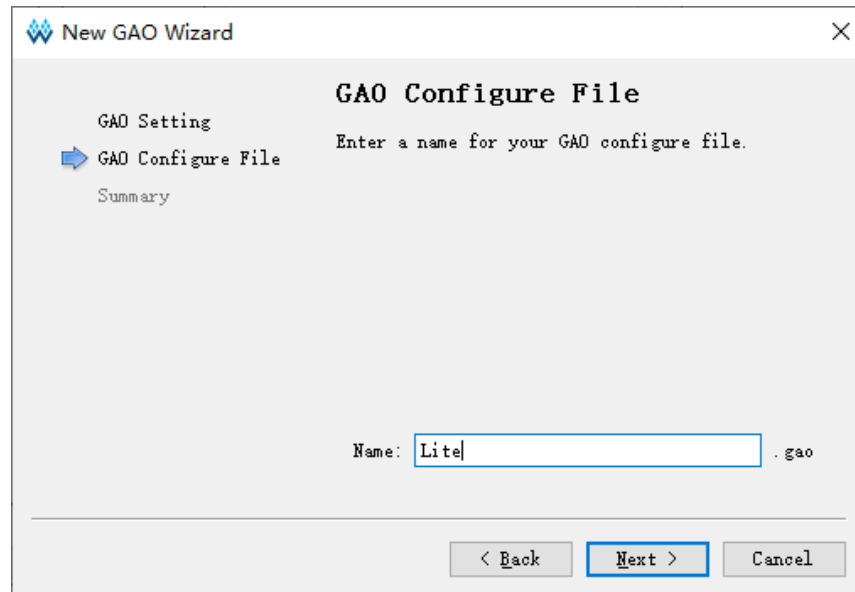


图 3-35 GAO 配置文件模式及存放路径（Lite Mode）



加载 Lite Mode GAO 配置文件

操作步骤如下：

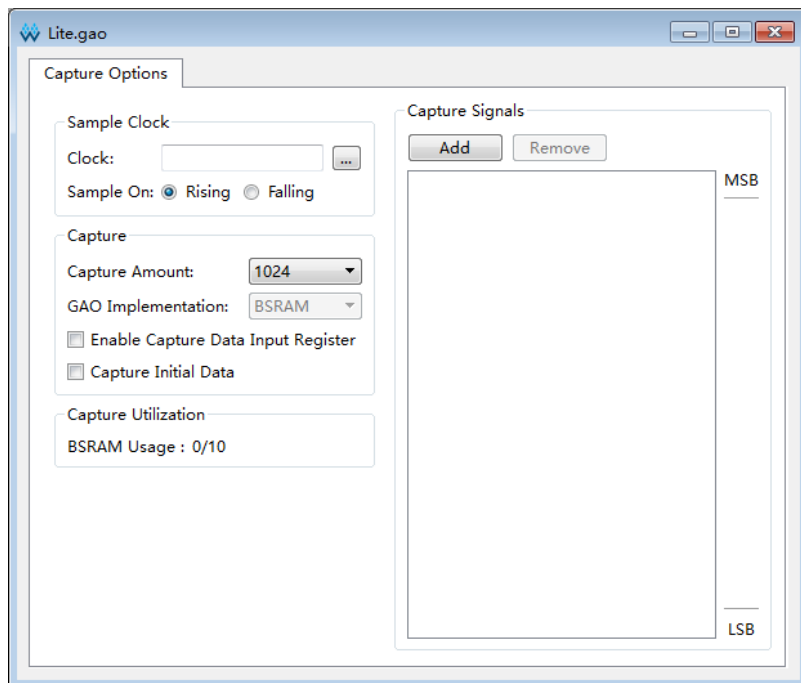
1. 在“Design”窗口中，右击选择“Add File...”，弹出“Select Files”对话框；
2. 选择已存在的“Lite” Mode 配置文件（.gao），加载到工程的“Design”窗口。

启动 Lite Mode GAO 配置窗口

在 Design 窗口中双击配置文件（.gao），在云源主界面中，弹出 GAO 配置窗口，如图 3-36 所示。如果工程未通过 Synthesize，双击.gao 配置文件，会弹出警告提示框。

GAO 配置窗口主要由配置信号采样条件的 Capture Options 视图组成。

图 3-36 Gowin GAO 工具配置窗口 (Lite Mode)



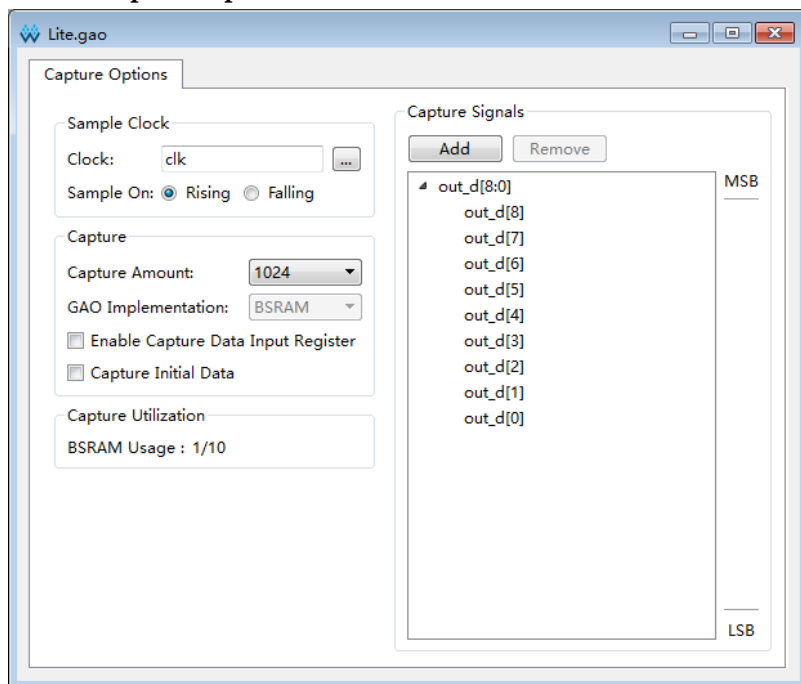
3.2.2 配置 Lite Mode GAO

Lite Mode GAO 配置窗口用于信号采样条件的配置。

配置采样信号

如图 3-37 所示，Capture Options 视图主要用于配置采样时钟，采样数据信号等信号采样信息，并显示当前 GAO 使用的 BSRAM 资源数目。

图 3-37 Capture Options 配置视图 (Lite Mode)

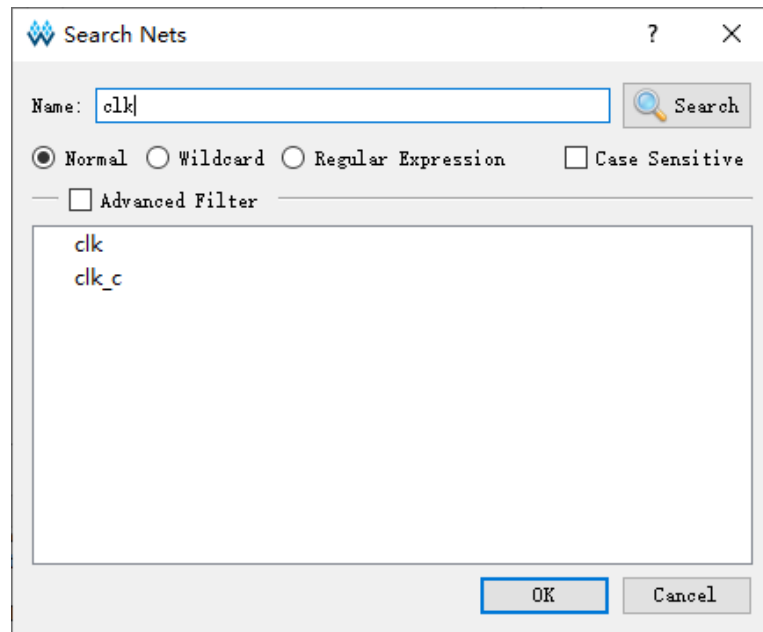


采样时钟一般选择用户设计中的时钟信号，亦可选择其它信号。时钟采样方式支持上升沿采样和下降沿采样。

可通过以下两种方式添加采样时钟信号：

- 在“Sample Clock”文本框中直接输入采样时钟信号的名称；
- 单击“Sample Clock”文本框右侧的“...”按钮，弹出“Select Nets”对话框，选择采样时钟信号，如图 3-38 所示。单击“OK”，将信号添加到“Clock”文本框中。

图 3-38 Select Nets 对话框（Lite Mode）



注！

- 保存配置文件（.gao）时，如配置的采样时钟信号不存在，会弹出不存在该采样时钟信号的信息提示框，如图 3-39 所示；
- 如无配置采样时钟，会弹出未选择采样时钟的信息提示框，如图 3-40 所示。

图 3-39 不存在该采样时钟信号提示框（Lite Mode）

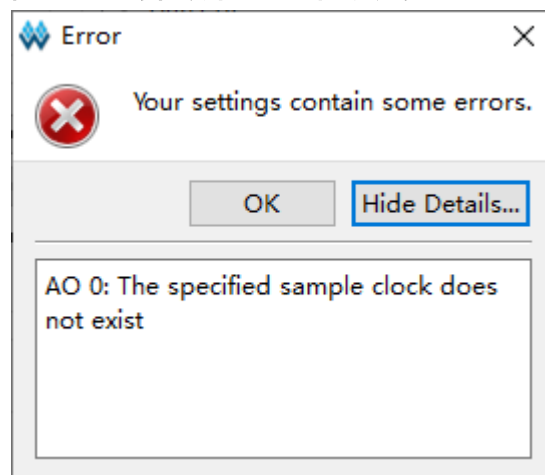
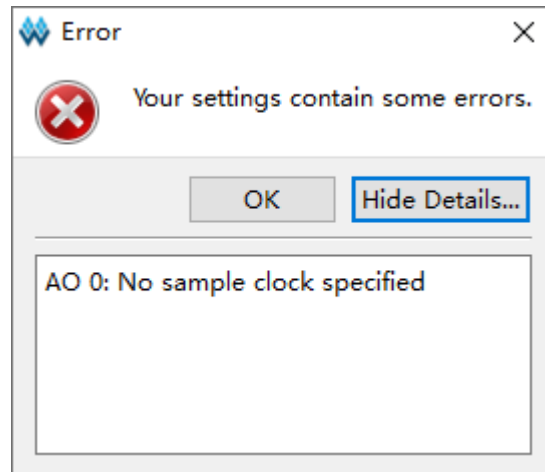


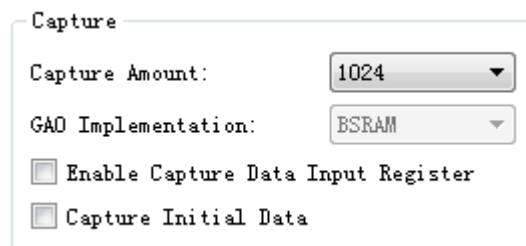
图 3-40 选择采样时钟提示框 (Lite Mode)



配置存储信息

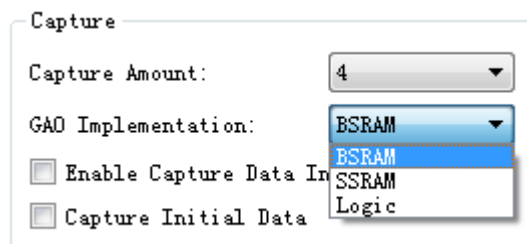
如图 3-41 所示，主要用于配置采样信号的采样长度、GAO 实现方式、调整时序以及抓取上电瞬间的数据。

图 3-41 Capture 配置视图 (Lite Mode)



- **Capture Amount:** 采样长度，即每个采集缓冲区页面实际使用的采样存储器的地址长度；
- **GAO Implementation:** GAO 实现方式，即采样的数据信号的存储方式。采样的数据信号可以占用 BSRAM 资源或 Logic 资源，可从“GAO Implementation”的下拉列表中选择；
- **Enable Capture Data Input Register:** 调整时序。如果用户设计中的时钟到 GAO 中的 BSRAM 延时较大，可以勾选该选项调整时序，给捕获信号增加一层 register；
- **Capture Initial Data:** 抓取上电瞬间的数据。如果用户需要抓取上电瞬间数据，可通过勾选该选项实现；
- 对于 GW1NZ-1-ZV 器件, GAO Implementation 除支持 BSRAM 和 Logic 实现外，还支持 SSRAM 实现，如图 3-42 所示。

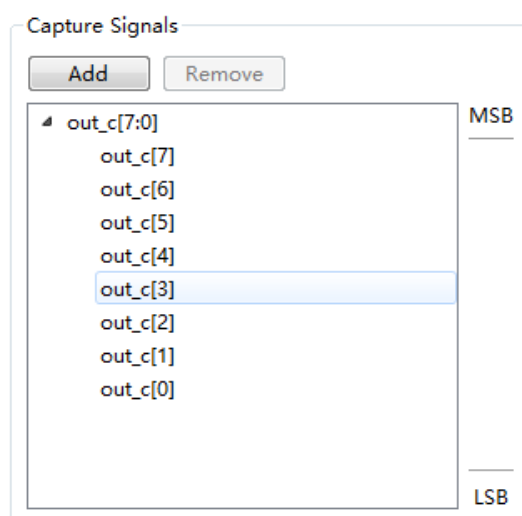
图 3-42 GW1NZ-1-ZV 器件 Lite Mode GAO 支持 SSRAM 实现数据捕获



配置采样数据信号

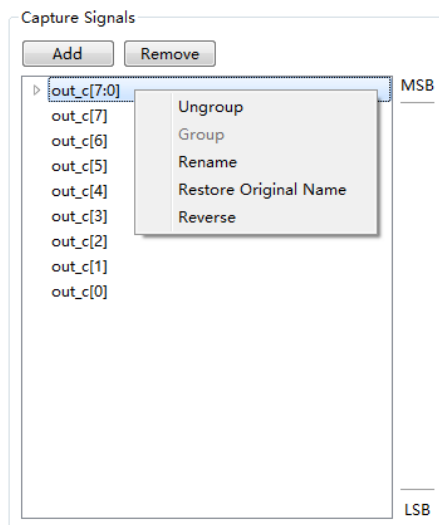
如图 3-43 所示，用于配置采样数据信号。数据端口信号，是指数据端口连接的输入信号，来源于用户设计。

图 3-43 Capture Signals 配置视图



- **Add** 按钮，选择需要功能内核采样存储数据的信号作为采样数据信号；单击 **Add** 按钮，弹出 **Select Nets** 对话框，选择所需的数据端口信号，单击 **OK** 即可完成配置；这里也可以添加 **Bus** 信号，如图 3-43 中 **out_c[7:0]**；
- **Remove** 按钮，删除选中的信号；
- 支持信号拖拽排序，左键单选、**Shift**+左键和 **Ctrl**+左键多选触发信号，左击并拖动完成信号排序；
- 选中信号右击，在弹出的右键菜单中可以进行 **Group**、**Ungroup**、**Rename**、**Restore Original Name** 和 **Reverse** 等设置，如图 3-44 所示；
- 网表更新后，若 **Capture Signals** 视图中已选择的信号不存在于更新后的网表中，则该捕获信号标红显示，此功能目前仅在 **For Post-Synthesis Netlist** 类型 GAO 中支持，未在 **For RTL Design** 类型 GAO 中支持。

图 3-44 信号右键菜单



GAO 使用 BSRAM 资源数量

如图 3-45 所示，用于显示当前 AO Core 使用 BSRAM 资源数量。

图 3-45 GAO 使用 BSRAM 资源数量



3.2.3 产生码流文件

完成 GAO 文件的配置后，在 Process 窗口中，双击 Place & Route，进行整个用户设计的布局布线操作，生成一个包含用户设计与 GAO 配置信息的码流文件，文件默认名为“ao_0.fs”，输出在工程路径下的“/impl/pnr”。

4 GAO 工具使用

GAO 工具主要用于显示采集信号的波形，同时可通过 JTAG 接口对功能内核的采集窗口数目和采样长度、匹配单元的部分匹配条件以及触发表达式等信息重新配置。旨在便于用户更加形象直观地观察数据信号。GAO 工具简单使用示例可参考 [SUG918, Gowin 云源软件快速入门指南](#) GAO 采集数据一节。

4.1 Standard Mode GAO 工具使用

4.1.1 启动 Standard Mode GAO

云源既可以创建扩展名为.rao 的“For RTL Design” Standard Mode GAO 配置文件，也可以创建扩展名为.gao 的“For Post-Synthesis Netlist” Standard Mode GAO 配置文件，两者捕获窗口相同，因此，此处介绍加载.gao 配置文件的捕获窗口。

操作步骤如下：

1. 在菜单栏中，选择“Tools”；
2. 在弹出的下拉列表中，选择“Gowin Analyzer Oscilloscope”，启动 GAO 工具，默认会加载工程中的 gao 配置文件，或者单击“Open”按钮，选择需要打开的 Standard Mode gao 配置文件（.gao）或工程文件（.analyzer_prj）；
3. 根据 [3.1.2 配置 Standard Mode GAO](#) > 配置触发表达式中 Expressions 选择“Static”或者“Dynamic”的不同，加载.gao 配置文件后的捕获窗口也不同，配置为“Static”时，捕获窗口如图 4-1 所示，配置为“Dynamic”时，捕获窗口如图 4-2 所示。两者的区别为是否能对捕获窗口的触发表达式进行动态编辑，因此，仅介绍触发表达式配置为“Dynamic”时的捕获窗口。


另外，单击 IDE 工具栏图标“”同样可以启动 GAO 工具。GAO 工具还可以加载扩展名为.rao 的 GAO 配置文件，.gao/.rao 配置文件的配置请查看 [3.1.1 启动 Standard Mode GAO 配置窗口](#)。

图 4-1 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具配置窗口（Static Standard Mode）

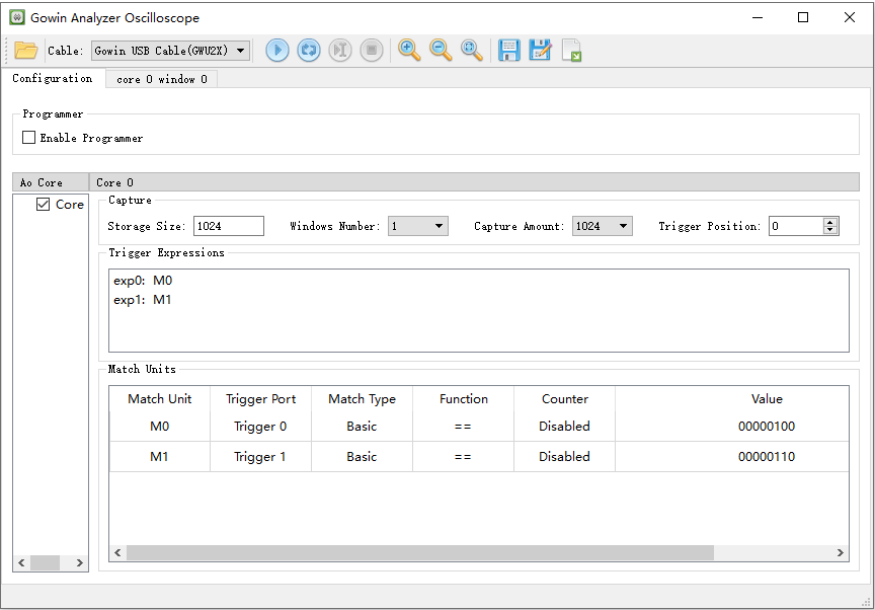
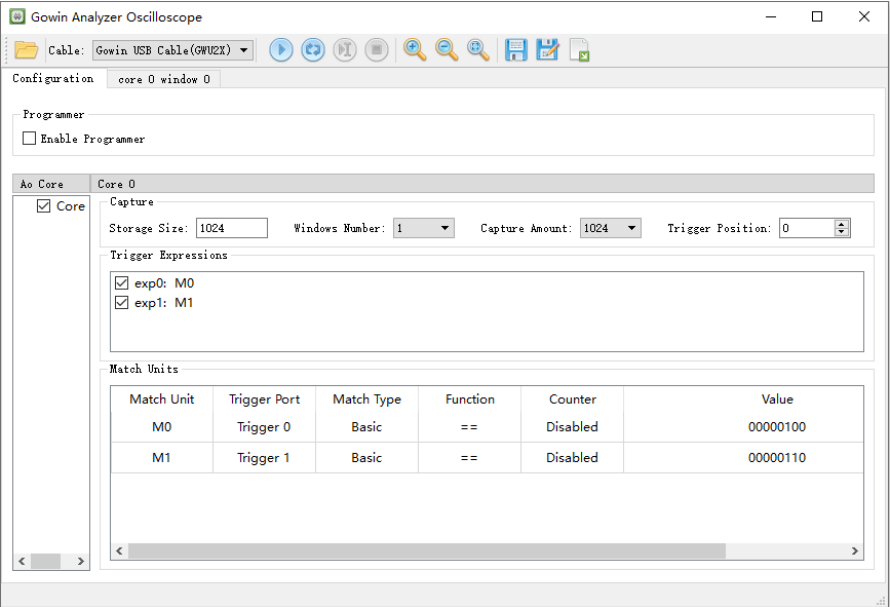


图 4-2 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具配置窗口（Dynamic Standard Mode）



4.1.2 运行 GAO

如上图 4-2 所示，GAO 工具窗口包括工具栏、Configuration 视图和 Window 视图。工具栏可加载配置文件(.gao/.rao)或工程文件(.analyzer_prj)，设备初始化等操作；Configuration 视图可对功能内核的动态参数进行配置；window 视图用于波形显示。


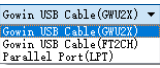










工具栏操作

GAO 工具的工具栏包括 Open...、Cable、启/停控制、Auto Run、强制触发、放大/缩小/全屏显示、保存、另存为、导出等工具按钮，如图 4-3 所示。

图 4-3 工具栏 (Standard Mode)



各类工具的具体功能介绍如下：

- “”：Open，加载配置文件（.gao/.rao/.analyzer_prj）；
- “”：捕获窗口支持串口下载 Gowin USB Cable（GWU2X）和 Gowin USB Cable（FT2CH）以及并口下载 Parallel Port（LPT），可以通过下拉箭头进行选择。默认选择选项 Gowin USB Cable(GWU2X)，使用 GAO Programmer 下载 Bitstream 或者使用 GAO 捕获数据时，需选择正确的 Cable 类型，否则会出现 Bitstream 下载失败或 GAO 无法触发的问题；
- “”、“”、“”、“”：Start、Auto Run、Force Trigger、Stop，对应的快捷键依次是“F1”、“F2”、“F3”和“F4”，其中：
 - Start 表示 Analyzer 将进行一次数据捕获
 - Auto Run 表示 Analyzer 将循环执行并将捕获的信号状态实时显示在 window 中，直至用户单击 stop，该功能目前仅支持当 window 数量为 1 时使用
 - Force Trigger 表示在未达到触发条件的情况下，强制 Analyzer 完成数据捕获
 - Stop 用于停止数据捕获操作
- “”、“”、“”：放大、缩小、全屏显示波形图，对应的快捷键依次是“F8”、“F7”和“F6”；
- “”：导出波形数据；
- “”、“”：保存、另存为波形及其配置到工程文件*.analyzer_prj，使用步骤如下：
 - 允许用户将当前捕获窗口波形数据及其对应.gao/.rao 文件保存至工程文件*.analyzer_prj, 保存信息包括用户设置的 group 信息、rename 信息及数据进制信息等；
 - 打开 GAO 捕获窗口时，用户可手动加载*.analyzer_prj 工程；
 - 加载完成*.analyzer_prj 工程文件后，捕获窗口将显示用户保存的波形及配置信息。

配置功能内核

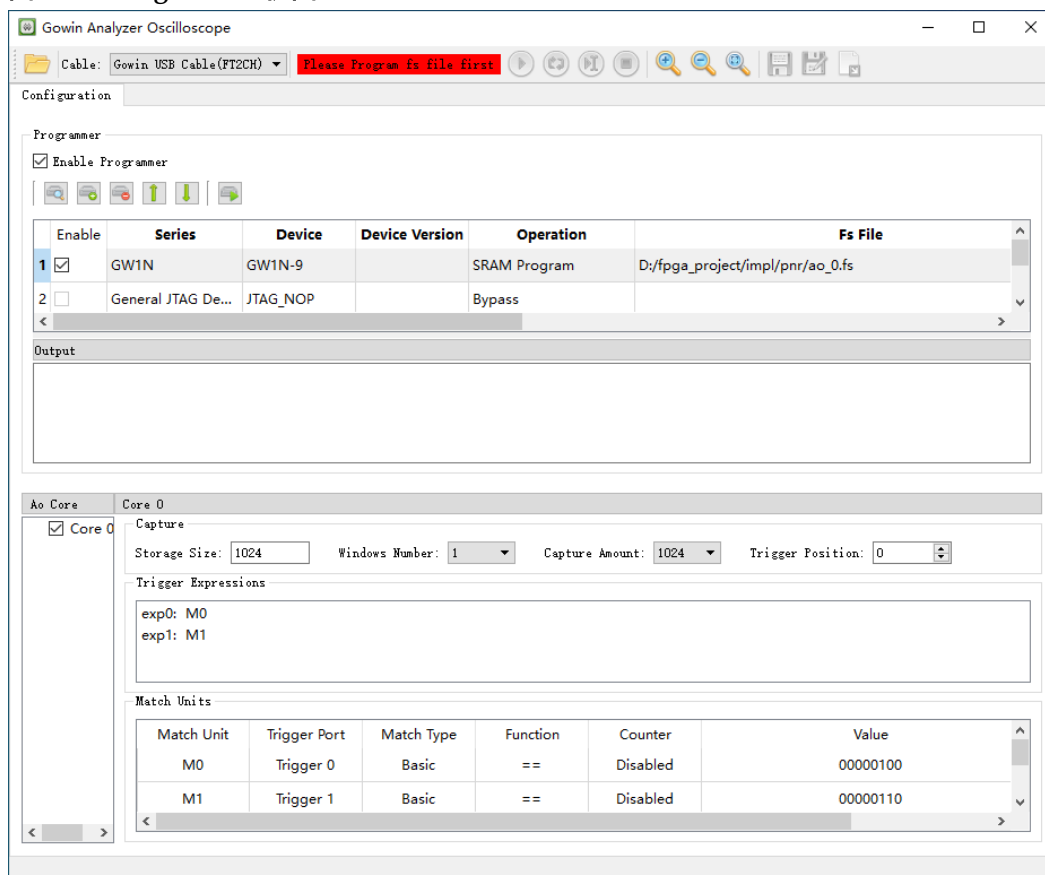
Configuration 视图主要功能如下：

- 对是否使用 Programmer 进行设置，集成了 Programmer 下载功能；



- 对是否使用 device chain 进行设置，可以选择 General JTAG Device 或 Gowin Device；
- 显示功能内核的采样数据以及触发表达式和匹配单元等信息；
- 对部分采样数据信息、匹配单元的部分匹配条件以及触发表达式等动态参数进行更改。

Configuration 视图包括 Programmer 视图、AO Core 视图(包括 Capture 视图、Trigger Expressions 视图和 Match Unit 视图)，如图 4-4 所示。





图 4-4 Configuration 视图



Programmer 视图功能如下：

- 勾选 Enable Programmer 之后，支持 Programmer 下载功能，根据 GAO programmer 下载需求，目前只支持 IDE programmer 部分 Access Mode 及 Operation，支持的部分 Mode 及 Operation 使用方法请参考 [SUG502, Programmer 用户指南](#)；
- 单击 “” 可以搜索器件并显示当前器件的详细信息（包括 Series、Device、Device Version、Operation、ID Code 和 IRCode），若当前扫描器件的 ID Code 与其他器件相同，则弹窗显示所有具有相同 ID Code 的器件信息供用户选择；
- 可实现 device chain 功能，通过单击“”可以增加器件，器件的 Series

类型默认为 **General JTAG Device**（非 **Gowin Device**），**Device** 类型默认为 **JTAG_NOP**。选择器件的 **Series** 及 **Device** 列双击，弹出下拉框，可根据需要选择 **Series** 类型及相应 **Device**。另外，**General JTAG Device** 的 **IRCode** 可配置，范围为 1-16，**Gowin Device** 的 **IRCode** 默认为 8 且不可修改；

- 单击 “” 可以删除用户选中的器件；
- 单击 “” 可以向上移动用户选中的器件；
- 单击 “” 可以向下移动用户选中的器件；
- 单击 “” 可以下载码流文件；
- GAO 只能抓取 **Gowin Device** 的信号数据，不能抓取 **General JTAG Device** 的信号数据，所以 **Enable** 列只能对 **Gowin Device** 进行勾选；
- **Output** 视图显示下载状态和下载结果等信息。

AO Core 视图包括 **Capture** 视图、**Trigger Expressions** 视图和 **Match Unit** 视图。

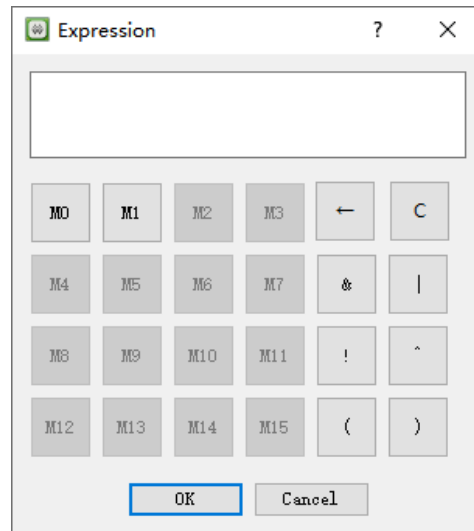
Capture 视图功能如下：

- 显示采样的存储深度、采集窗口数目、采样长度，以及触发点位置信息；
- 对采集窗口数目、采样长度和触发点位置信息进行更改，参数遵循规则详见配置采样信号、配置存储信息。

Trigger Expressions 视图功能如下：

- 加载.gao 文件后，捕获窗口默认勾选所有触发表达式；
- 双击任意触发表达式将弹出 **Expression** 对话框，可对该触发表达式进行编辑，GAO 配置窗口未勾选的 **Match Unit** 选项将置灰，如图 4-5 所示；
- 不可添加触发表达式；
- 所有触发表达式都不勾选时将实现任意条件触发。

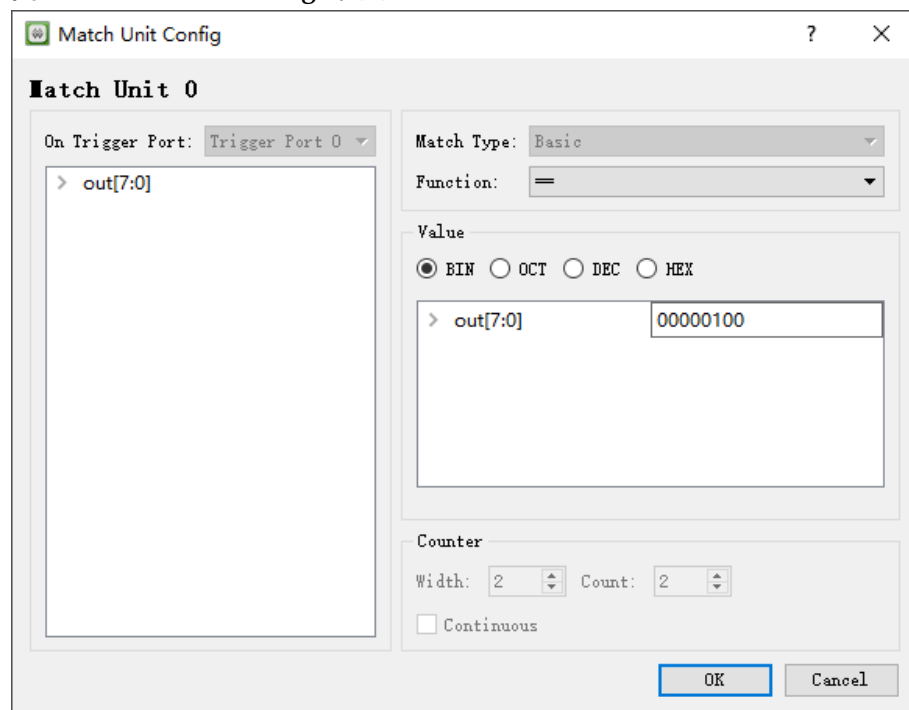
图 4-5 Expression 对话框



Match Unit 视图功能如下：

- 显示当前功能内核所含触发匹配单元的名称、触发端口以及匹配类型等信息；
- 双击触发匹配单元，可在弹出的“Match Unit Config”对话框中，对匹配函数和 Bit Value 进行更改，如功能内核使用计数器，还可对 Counter 的匹配次数进行更改，如图 4-6 所示，参数遵循规则详见 3.1.2 配置 Standard Mode GAO。


图 4-6 Match Unit Config 对话框







显示波形

Windows 视图用于显示捕获的采样信号波形，且支持以下功能：

- 游标标记位置信息；
- 波形的放大、缩小和全屏显示；
- 改变信号排列顺序；
- 信号的 Group、Ungroup、Rename、Restore Original Name、Reverse 操作、Format 进制转换和 Color 波形颜色修改。

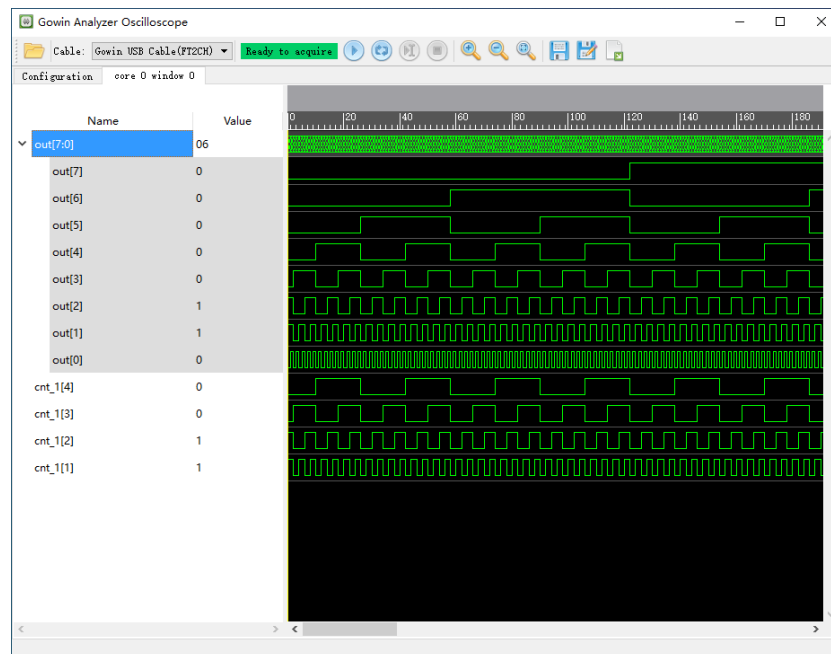
单击“”图标或使用快捷键“F1”，启动运行 GAO 工具。当触发条件满足时，GAO 工具窗口显示 Windows 视图，其视图数目等于设定的采集窗口的数目，视图中显示捕获的采样的信号名称、Value 值和波形图，如图 4-7 所示。

若单击“”图标后，触发条件不满足而导致未能触发，可单击“”图标或使用快捷键“F3”，强制触发，也可单击“”图标或使用快捷键“F4”停止数据捕获。

另外，单击“”图标或使用快捷键“F2”启动 GAO 自动运行功能，目前仅在 AO Core 数量为 1 且 window 数量为 1 时支持该功能，Analyzer 将循环执行并将捕获的信号状态实时显示在 window 中，直至用户单击 stop。

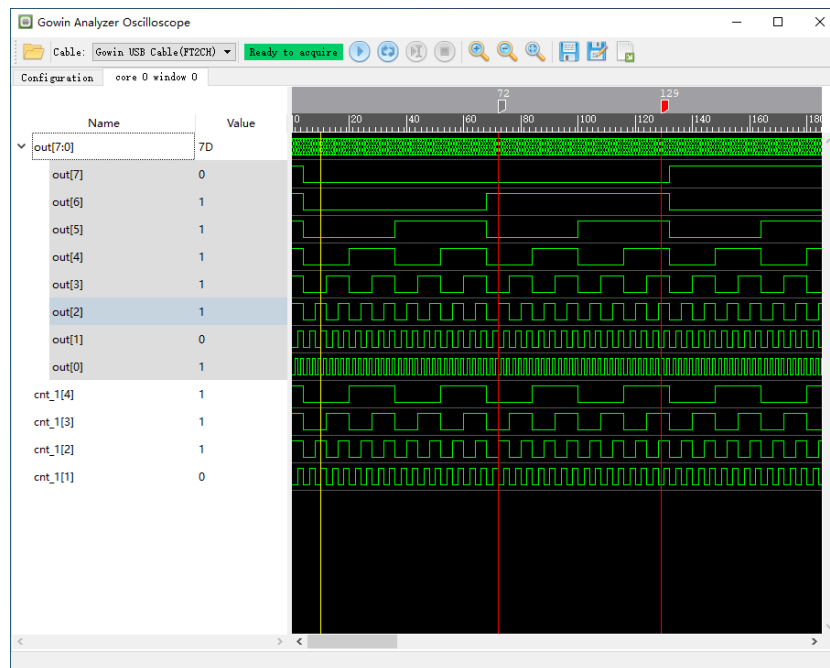
单击“”或者“”启动 GAO 捕获功能后，GAO programmer 模块置灰，用户不可操作。

图 4-7 逻辑分析仪波形显示（Standard Mode）



如图 4-8 所示，游标初始位置默认在触发点位置，触发点位置采用黄色竖线标记。在标尺上方空白处右击，新增游标，将鼠标移至游标处，左击拖动游标。另外，在游标处右击选择“Remove Marker”可将游标删除。

图 4-8 标尺和游标显示 (Standard Mode)



在波形显示区域右击，弹出右键菜单，如图 4-9 所示。




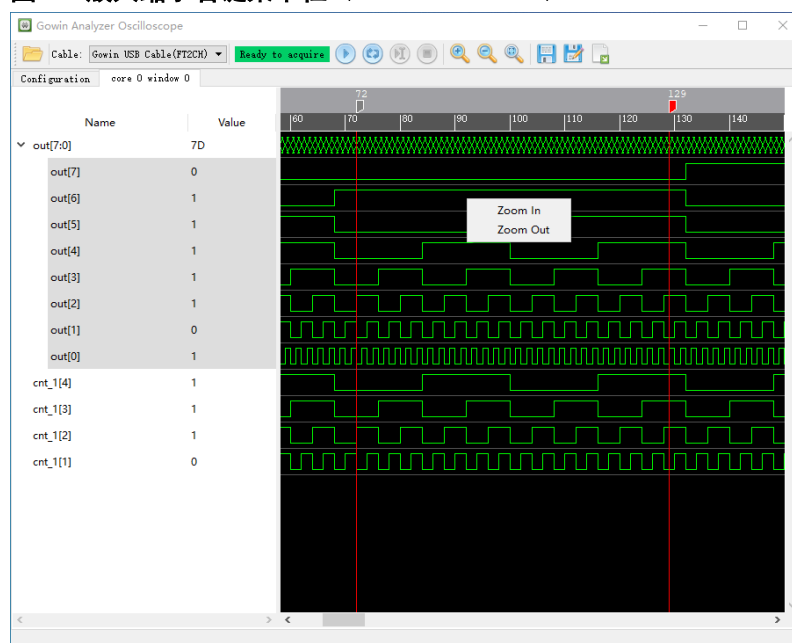
单击“Zoom In”、“Zoom Out”或单击图标“”、图标“”，或使用快捷键“F8”、“F7”，或 Ctrl+鼠标滚轮对波形进行缩小，放大显示；单击图标“”，或使用快捷键“F6”对波形进行全屏显示。

图 4-9 放大缩小右键菜单栏 (Standard Mode)



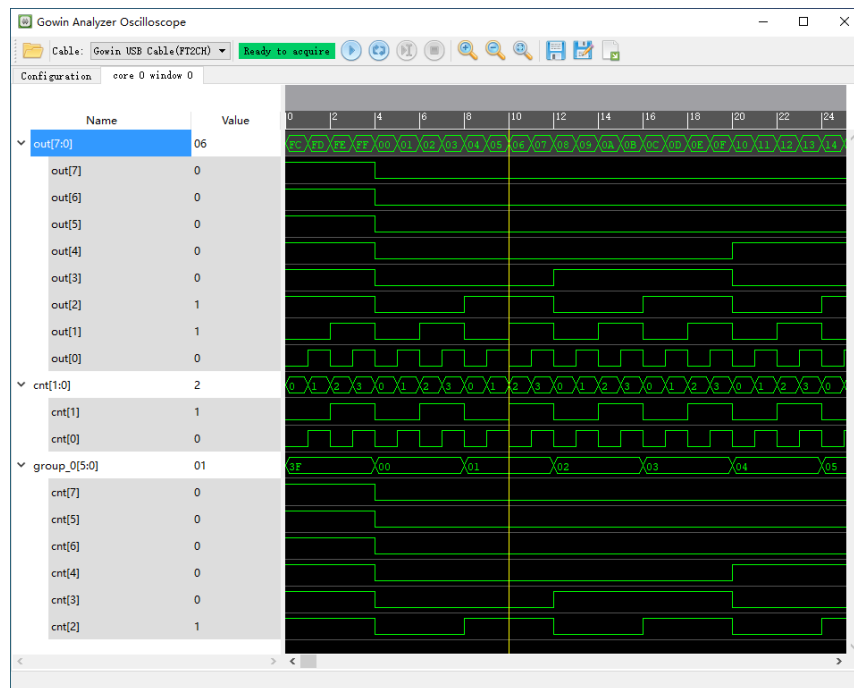
单击 **Name** 列中信号的名称，选择信号，左击或滚轮进行上/下拖拽，改变信号排列顺序。

Name 列及 **Value** 列宽度可根据具体显示需要拖动调节，再次触发时将


保持触发前用户做的调整。

使用 **Shift+左键**或 **Ctrl+左键**，在 **Name** 列单击信号名称，实现信号的多选，右击菜单选择 **Group**，进行 **Bus** 信号组合。对于名称相同且下标连续的信号，例如 **cnt[1]**，**cnt[0]**，组合后的 **Bus** 信号名称为 **cnt[1:0]**；对于名称不同或者名称相同但下标不连续的信号，组合后的 **Bus** 信号名称默认为 **group_index[n:0]**，**index**、**n** 为大于等于 0 的整数，如图 4-10 所示。

图 4-10 组成 Bus 信号 (Standard Mode)



Window 视图具有如下特点：

- 再次单击 “” 图标重复触发，捕捉采样信号波形时，通过 “Group” 产生的 Bus 信号依然存在；
- 不关闭 GAO 捕获窗口进行重复触发，波形显示视图大小与上一次维持相同；
- 右击“Name”一栏中 Bus 信号的名称，弹出右键菜单，选择 “Ungroup”，拆分 Bus 信号；
- 通过 “Group” 产生的 Bus 信号，不保存为 .analyzer_prj 工程文件，使用 GAO 再次打开时，需要重新组合，保存到 .analyzer_prj 工程文件且使用 GAO 加载此 .analyzer_prj 文件，则保留手动建立的 Bus 信号；
- Bus 信号可以在 GAO 配置页面的 Capture Signals 处一起添加或者单独添加，一起添加时，波形视图直接显示为 Bus 信号，如图 4-10 所示 “out[7:0]”；
- 不可选择 Bus 信号中的部分子信号重组为新的 Bus。

在 Value 显示区域，选中某个信号右击，弹出右键菜单，如图 4-11 所示，其中：

- **Rename** 可以重新命名选中信号；
- **Restore Original Name** 可以恢复信号为网表名；
- **Reverse** 对选中的 **Bus** 信号的子信号顺序进行翻转；
- **Format** 包括两部分，如图 4-11 所示。其中 **Binary**、**Octal**、**Signed Decimal**、**Unsigned Decimal**、**Signed Magnitude**、**Hexadecimal**、**ASCII**、**Real** 用于设置采样信号 **Value** 值的显示方式，默认状态下，**Value** 值显示为十六进制；**Unsigned Bar Chart**、**Unsigned Line Chart**、**Signed Bar Chart**、**Signed Line Chart** 和 **Row Height Setting** 可设置以条形图或折线图显示波形，并可设置条形图和折线图的像素高度，**Unsigned Bar Chart** 示例如图 4-12 所示，**Unsigned Line Chart** 示例如图 4-13 所示；
 - **Signed Decimal** 和 **Signed Magnitude** 的区别是：**Signed Decimal** 是补码的有符号十进制表示，而 **Signed Magnitude** 是原码的有符号十进制表示；
 - **ASCII**：每 8 bits 数据转换为一个 **ASCII** 码，8'h00~8'h20h 范围内的数据及 8'h7F 数据对应的 **ASCII** 码转换为空格，而其他数据则转换为对应的 **ASCII** 码值；
 - **Real**：可通过 **Type** 下拉框设置为定点数或浮点数显示，浮点数包括单精度和双精度浮点数；
 - 对于 **Real** 定点数的设置，如图 4-14 所示，其精度范围 **Binary Point** 可设置为 0-80，而当 **Binary Point** 的值超过 **Bus** 的位宽时，对应的值转换为“NA”表示。
 - 对于 **Real** 浮点数的设置，如图 4-15 所示，可设置 **Single Precision** 和 **Double Precision** 两种类型，但是要求 **Single Precision** 对应的 **Bus** 位宽为 32 位，**Double Precision** 对应的 **Bus** 位宽为 64 位，否则对应的值转换为“NA”；对于转换后的无穷大浮点数，表示为“INF”。
- **Color** 对选中的信号修改颜色，共包括十种颜色，分别是：**Green**、**Light Green**、**Dark Red**、**Red**、**Orange**、**Yellow**、**Blue**、**Light Blue**、**Dark Blue**、**Purple**，波形颜色默认为 **Green**。

图 4-11 信号右键菜单（Standard Mode）

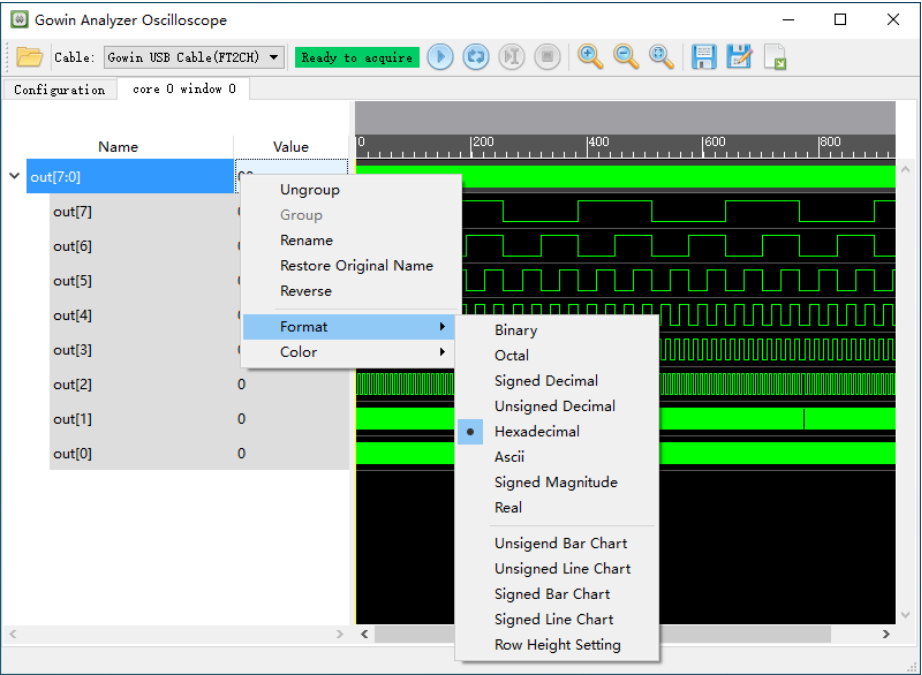


图 4-12 Unsigned Bar Chart

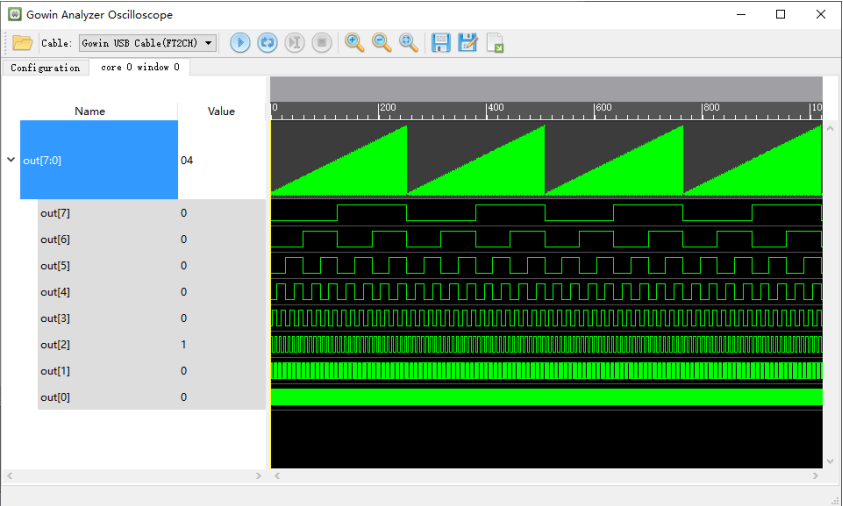


图 4-13 Unsigned Line Chart

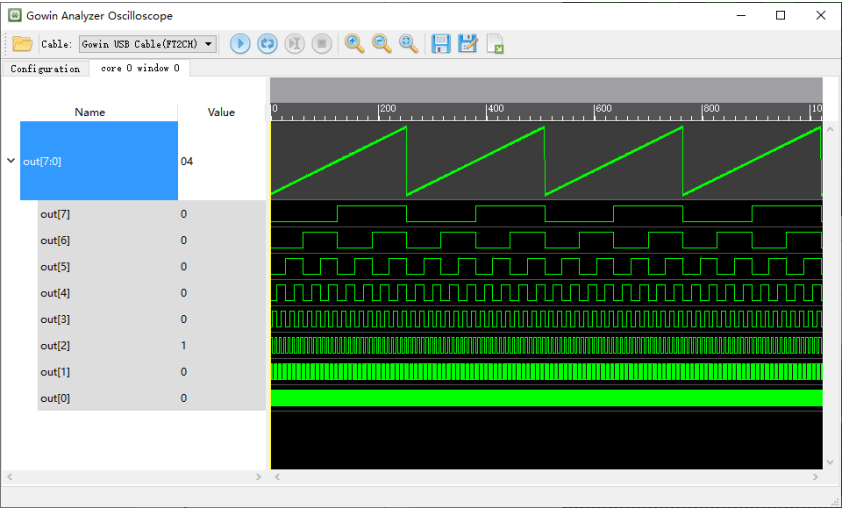


图 4-14 Fixed Point 设置

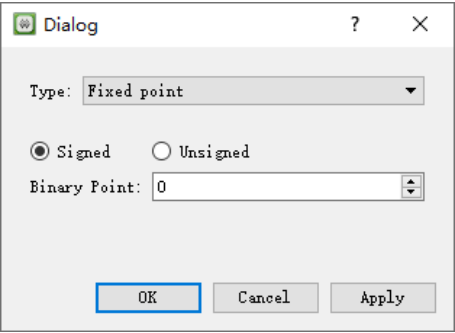
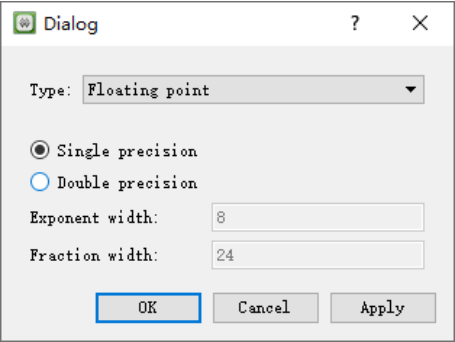


图 4-15 Floating Point 设置



文件监视功能

GAO 工具可对加载的 GAO 配置文件.gao/.rao 或者 GAO Programmer 加载的码流文件是否更新进行监视，若监视到文件更新将给出相应的提示信息。

1. GAO 配置文件更新

GAO 配置文件更新后，若 GAO 此时未捕获数据，则立即弹出配置文件更新提示信息，否则将在捕获数据结束后弹出提示信息，如图 4-16 所示。

根据提示信息单击“Reload”按钮即可加载更新后的 GAO 配置文件，同时 GAO Programmer 更新为 Disable 状态，并关闭 windows 波形视图，如图 4-17 所示，为单击“Reload”之后 GAO 窗口。

图 4-16 GAO 配置文件更新提示

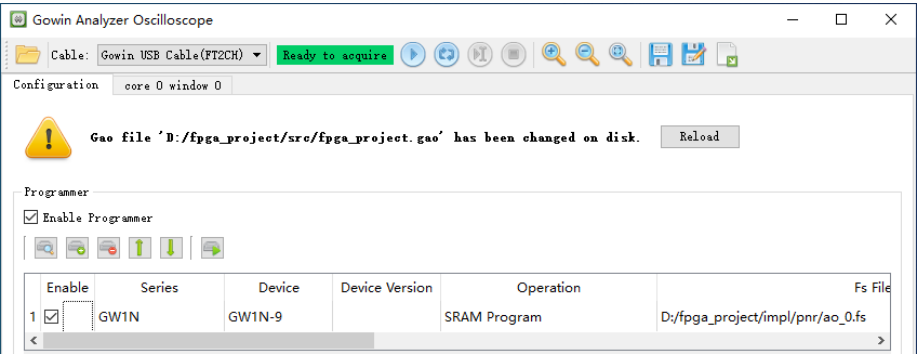
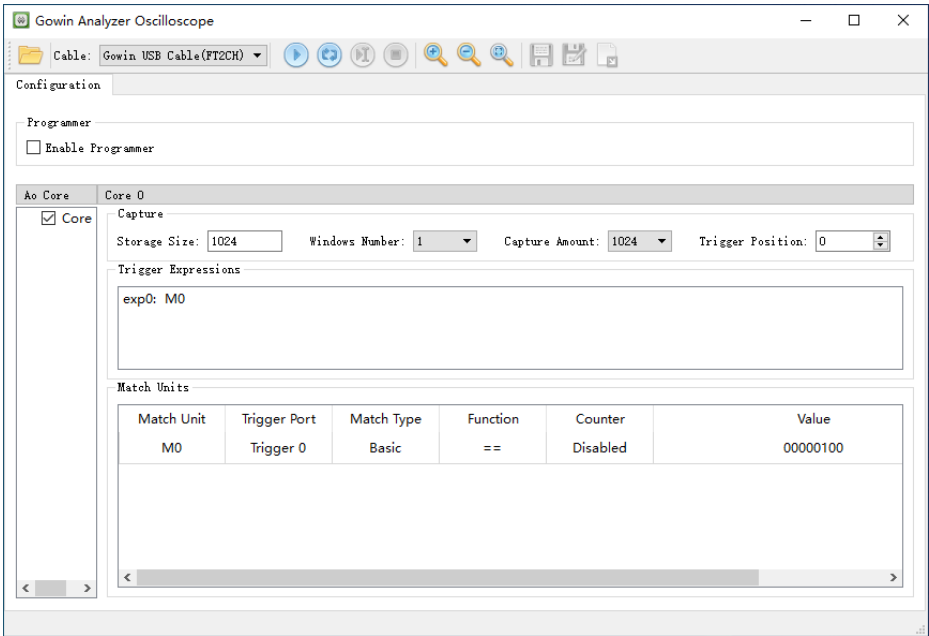


图 4-17 Reload GAO 配置文件

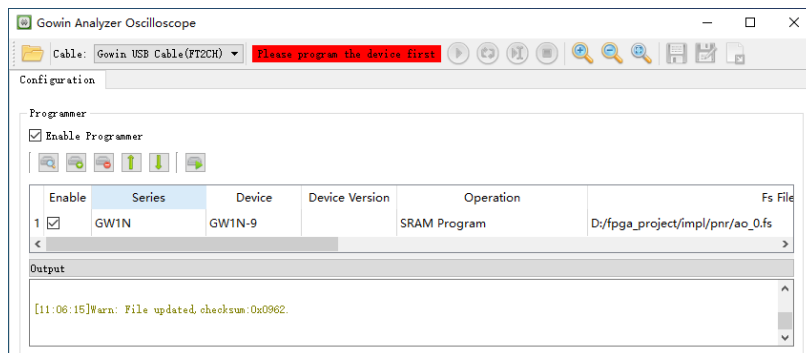


2. 码流文件更新

码流文件更新后，根据以下两个状态进行更新提示：


- 若 GAO 状态提示框提示“Please program the device first”，则不再提示码流文件更新；
- 若 GAO 状态提示框提示“Ready to acquire”，则需要对码流文件更新进行提示。若 GAO 此时未捕获数据，则在 GAO Programmer Output 视图立即提示码流文件更新，否则将在捕获数据结束后在 Output 视图提示码流文件更新，同时将状态提示框的状态更新为“Please program the device first”，如图 4-18 所示。

图 4-18 码流文件更新提示



4.1.3 导出波形数据

操作步骤如下：

1. 在工具栏中，单击波形导出按钮 “”；
2. 弹出波形导出对话框，指定波形文件信息，其中时钟信号（Clock Signal）是在 GAO 中指定的采样时钟信号，不可更改，如图 4-19 所示。

GAO 导出波形数据文件支持以下设置：

- 支持指定需要导出波形数据的 AO core（Export Core）；
- 支持指定文件导出路径（Export to）；
- 支持指定文件导出格式（Format），包括*.csv，*.vcd，*.prn 三种格式；
- 导出波形数据文件支持二进制、八进制、十进制、十六进制；
- Tab_delimited Text-(*.prn) 文件包括三种形式，分别是 “All Signals/Buses”、“Waveform Signals/Buses”、“Only Buses”，如图 4-20 所示，其中：
 - All Signals/Buses: 导出 prn 文件将显示所有 signals 和 buses 信号数据，且包括组成 buses 的子信号数据；
 - Waveform Signals/Buses: 导出 prn 文件将显示所有 signals 和 buses 信号数据，但不包括组成 buses 的子信号数据；
 - Only Buses: 导出 prn 文件将仅显示用户勾选的 bus 信号，如图 4-21 所示。
- 时钟周期（Clock period）支持 us、ns、ps。

图 4-19 波形数据导出配置对话框

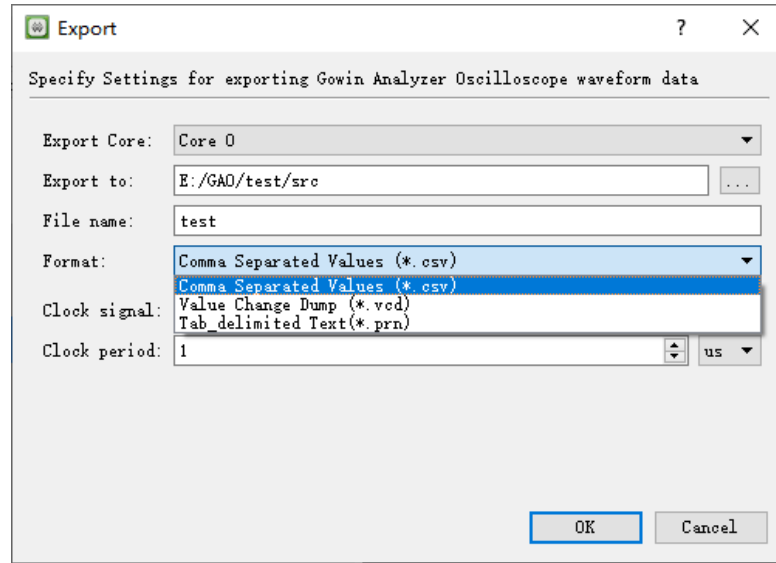


图 4-20 导出 Tab_delimited Text(*.prn)文件

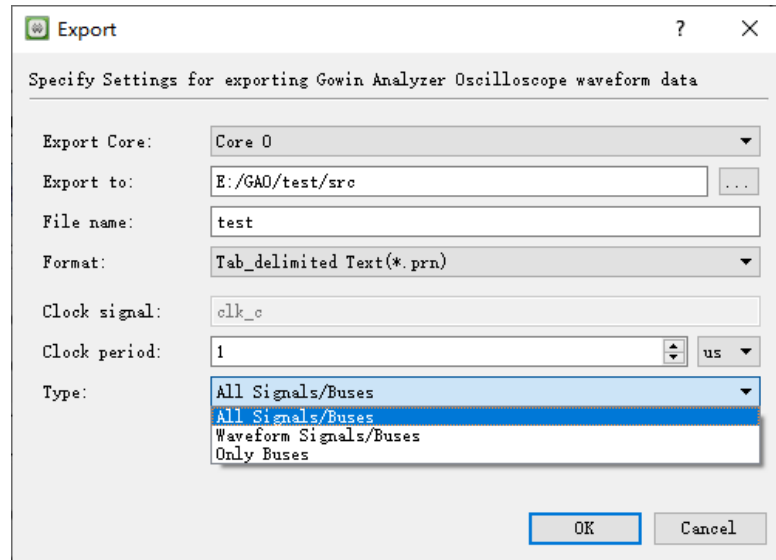
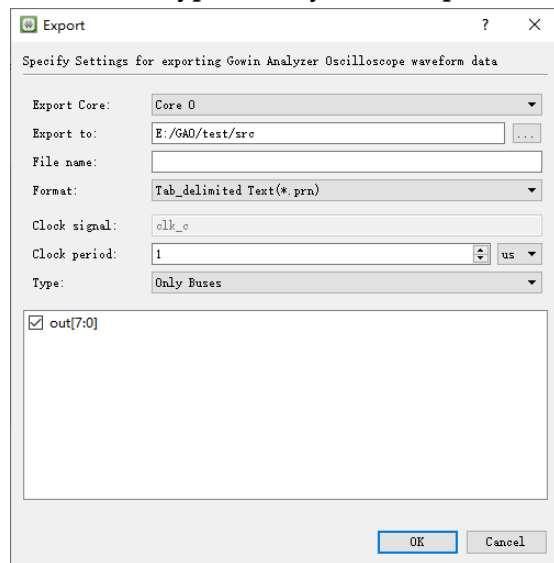


图 4-21 导出 Type 为 Only Buses 的 prn 文件



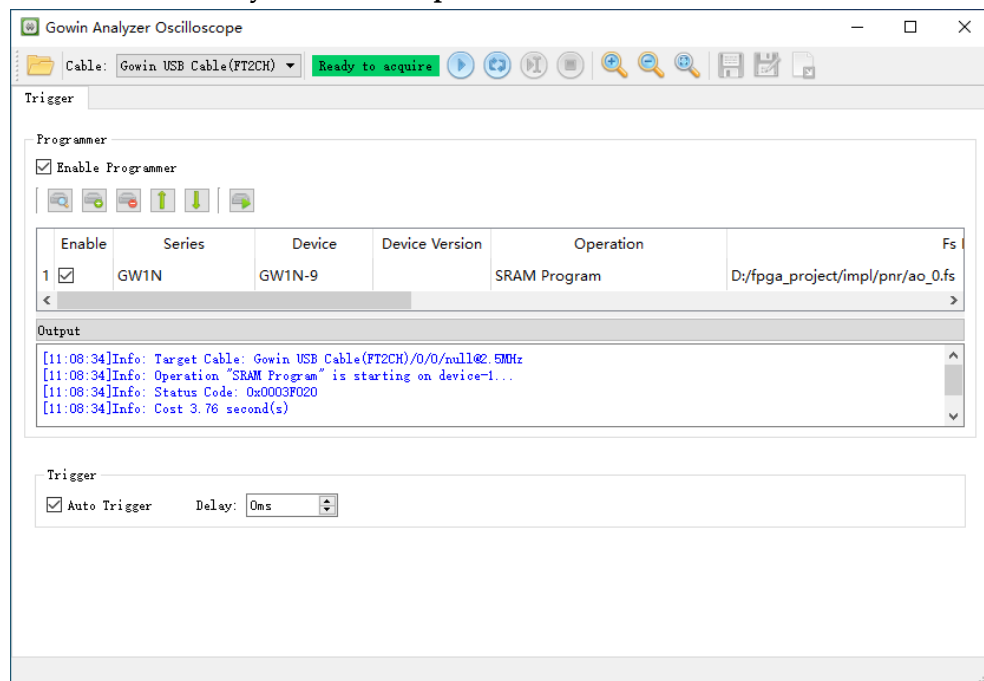
4.2 Lite Mode GAO 工具使用

4.2.1 启动 Lite Mode GAO

操作步骤如下：

1. 在菜单栏中，选择“Tools”；
2. 在弹出的下拉列表中，选择“Gowin Analyzer Oscilloscope”，启动 GAO 工具，默认会加载工程中的 gao 配置文件，或者单击“Open”按钮，选择需要打开的 Lite Mode gao 配置文件（.gao/.rao）或工程文件（.analyzer_prj），如图 4-22 所示。

图 4-22 Gowin Analyzer Oscilloscope 工具窗口（Lite Mode）



4.2.2 运行 GAO

工具栏操作

详细操作请参考 [4.1.2 运行 GAO >工具栏操作](#) 部分。

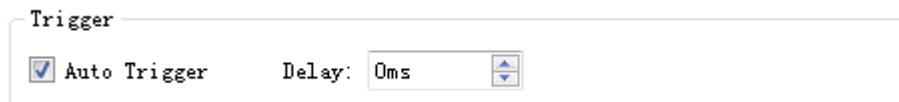
Trigger

此部分内容与 [4.1.2 运行 GAO >配置功能内核](#) 部分略有不同，此处仅介绍不同部分，其他内容请参考 [4.1.2 运行 GAO >配置功能内核](#) 部分。

Lite Mode GAO 与 Standard GAO 的 Trigger 部分不同。Lite Mode GAO Trigger 视图，如图 4-23 所示，主要功能如下：

- Atuo Trigger: 勾选该选项时，单击“Start”按钮可进行自动触发；
- Delay: 设置触发的延迟时间。

图 4-23 Trigger 视图



显示波形

详细信息请参考 [4.1.2 运行 GAO >显示波形](#) 部分。

文件监视功能

详细信息请参考 [4.1.2 运行 GAO >文件监视功能](#) 部分。

4.2.3 导出波形数据

详细信息请参考 [4.1.3 导出波形数据](#) 部分。

5 波形文件导入

GAO 提供导出的波形数据文件包括 csv、vcd、prn 三种类型，其中 csv 和 prn 两种波形数据文件可导入 Matlab 工具，vcd 波形数据文件可导入 ModelSim 工具，Matlab、ModelSim 工具的使用需要取得第三方授权。

5.1 csv 文件导入 Matlab

为方便数据分析，通常情况下将数据以 Bus 形式导出到 csv 文件，以下以十进制形式的 csv 波形数据文件导入 Matlab 为例介绍。

操作步骤如下：

1. 如图 5-1 所示，单击 Matlab 工具“Import Data”菜单选择需要导入的数据文件；
2. 设置分隔符选项“Delimited”。csv 文件内容是以逗号作为分隔符，因此，利用 Matlab Import 功能导入 csv 文件时，需要设置分隔符为逗号，如图 5-2 所示，“Delimited”下拉框选择为“Comma”；
3. 仅保留 csv 中变量名及波形数据，删除头部注释信息，或者将数据导入 Matlab 时，通过菜单“Range”选择需要导入的数据范围，如图 5-2 所示，“Range”选择范围是 A6: N1023，即导入 14 列 1024 行数据；
4. 菜单“Variable Names Row”可指定变量名称所在行数，以便将变量名称导入，如图 5-2 所示，变量名称行指定为第四行；
5. 单击“Import Selection”即可以矩阵形式导入选中的变量名称和数据，如图 5-3 所示。

图 5-1 Matlab Import Data 菜单导入数据

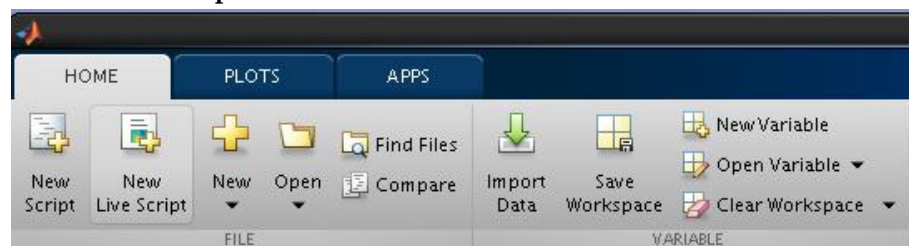


图 5-2 Matlab 导入 csv 波形数据文件设置

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | timeunitus | out70 | out7 | out6 | out5 | out4 | out3 | out2 | out1 | out0 | cnt1_14 | cnt1_13 | cnt1_12 | cnt1_11 |
| 1 | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number | Number |
| 2 | Groups: | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | out[7_0] = | out[7] | out[6] | out[5] | out[4] | out[3] | out[2] | out[1] | out[0] | | | | | |
| 4 | Data: | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | time unit: ... | out[7_0] | out[7] | out[6] | out[5] | out[4] | out[3] | out[2] | out[1] | out[0] | cnt1_1[4] | cnt1_1[3] | cnt1_1[2] | cnt1_1[1] |
| 6 | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 7 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 3 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 4 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 5 | 16 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 12 | 6 | 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 13 | 7 | 20 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 8 | 22 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 9 | 24 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 10 | 26 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 11 | 28 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 18 | 12 | 30 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 19 | 13 | 32 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 20 | 14 | 34 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 21 | 15 | 36 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 22 | 16 | 38 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

图 5-3 csv 文件数据以矩阵形式导入 Matlab

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | timeunitus | out70 | out7 | out6 | out5 | out4 | out3 | out2 | out1 | out0 | cnt1_1 |
| 1 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 16 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 6 | 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 7 | 20 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 8 | 22 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 9 | 24 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 10 | 26 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 11 | 28 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 12 | 30 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 13 | 32 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 14 | 34 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 15 | 15 | 36 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 16 | 38 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 17 | 40 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5.2 prn 文件导入 Matlab

为方便数据分析，通常情况下将数据以 Bus 形式导出到 prn 文件，此处介绍“Only Buses”方式导出的十进制形式 prn 数据文件用于导入到 Matlab 工具，prn 文件中只含有 Bus 数据。

与 Matlab 导入 csv 文件步骤类似，因 prn 文件无头部注释信息，且变量名称默认为第一行，因此，无需手动选择导入数据部分的范围，且不需要指定变量名称所在行，使用默认值设置即可。另外，prn 文件是以 Tab 作为分隔符的文件，因此，通过 Matlab “Import Data” 菜单导入 prn 文件时，无需选择分隔符，只需选择默认分隔符即可将数据导入，如图 5-4 所示。

导入后的数据为矩阵形式，如图 5-5 所示。

图 5-4 Matlab 导入 prn 波形数据文件设置

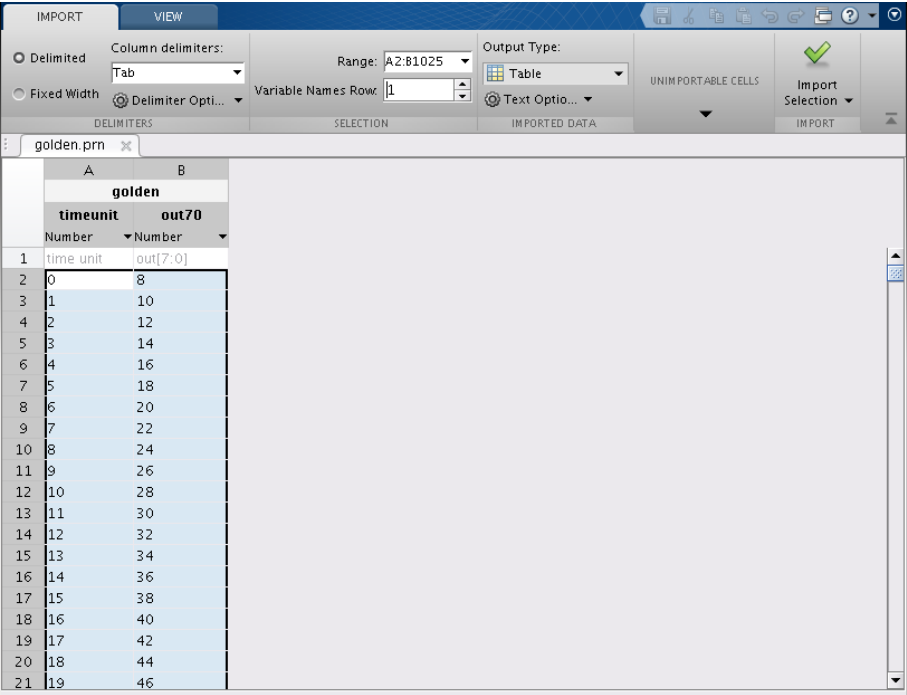
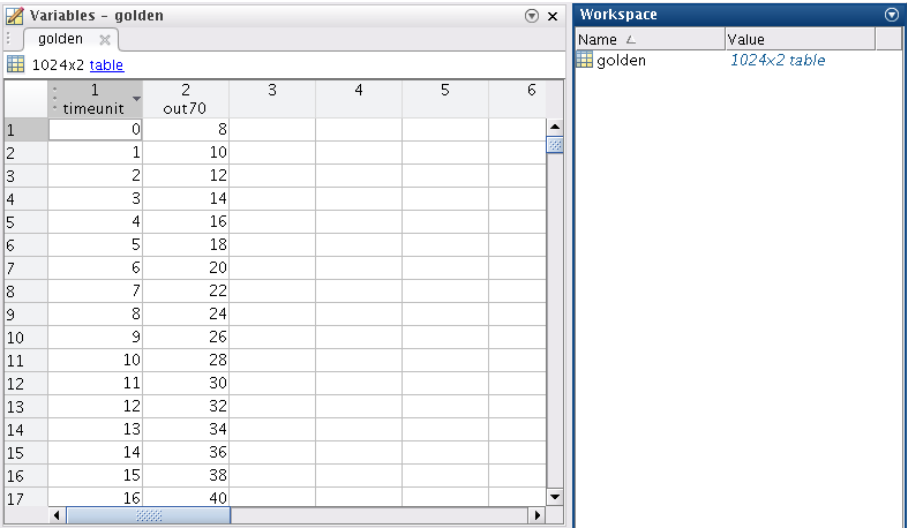


图 5-5 prn 文件数据以矩阵形式导入 Matlab



5.3 vcd 文件导入 ModelSim

使用 ModelSim 打开 vcd 波形文件操作步骤如下：

1. 在 ModelSim 中，使用转换命令 “vcd2wlf test.vcd test.wlf” 将 vcd 格式文件转换为 wlf 格式文件，如图 5-6 所示；
2. 使用命令 vsim -view test.wlf 或者通过菜单栏 File > Open 即可将 wlf 文件打开，并通过右键菜单 “Add Wave” 将波形显示在 ModelSim 中，如图 5-7 所示。

图 5-6 vcd 文件转 wlf 文件

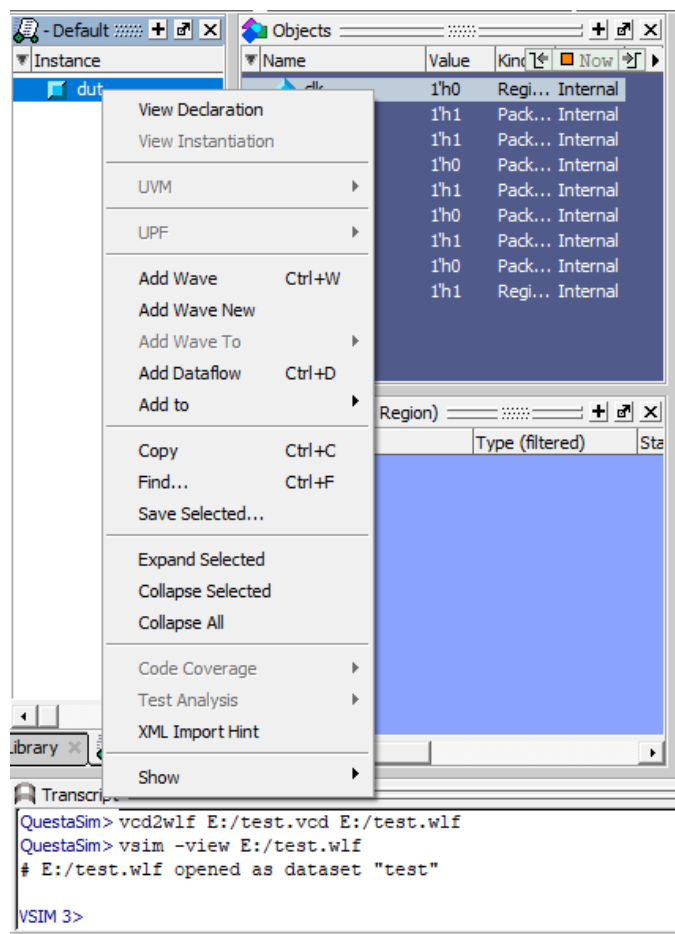


图 5-7 ModelSim 打开 vcd 波形

