




# Gowin FFT IP 用户指南

IPUG503-1.4,2022-05-12

版权所有 © 2022 广东高云半导体科技股份有限公司

**GOWIN高云**、、Gowin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
2018/07/26	1.0	初始版本。
2019/03/28	1.1	IP 适用产品更新。
2019/12/16	1.2	<ul style="list-style-type: none"><li>● 更新 IP 部分图例；</li><li>● 修正 IP 的最大点数支持；</li><li>● 增加资源信息相关描述。</li></ul>
2021/07/02	1.3	<ul style="list-style-type: none"><li>● 增加动态配置时，新增 I/O 说明；</li><li>● 更新 5.3.3 节描述。</li></ul>
2022/05/12	1.4	IP 配置界面更新，同步更新部分描述。

# 目录

目录 .....	i
图目录 .....	iii
表目录 .....	iv
<b>1 关于本手册 .....</b>	<b>1</b>
1.1 手册内容 .....	1
1.2 相关文档 .....	1
1.3 术语、缩略语 .....	2
1.4 技术支持与反馈 .....	2
<b>2 功能简介 .....</b>	<b>3</b>
2.1 特性 .....	3
2.2 资源信息 .....	3
<b>3 工作原理 .....</b>	<b>4</b>
3.1 整体结构 .....	4
3.2 静态配置 .....	5
3.2.1 设置点数 .....	5
3.2.2 FFT 模式 .....	5
3.2.3 输出序列顺序 .....	5
3.2.4 数据缩小方法 .....	5
3.2.5 数据宽度 .....	5
3.2.6 尾数处理方法 .....	6
3.2.7 乘法器类型 .....	6
3.2.8 数据和旋转因子存储器类型 .....	6
3.3 动态配置 .....	6
3.3.1 动态配置变换方向 .....	6
3.3.2 动态配置点数 .....	6

---

3.3.3 动态配置数据缩小比率 .....	6
3.4 握手协议 .....	7
3.4.1 动态参数的配置 .....	7
3.4.2 启动输入数据 .....	7
3.4.3 FFT 计算数据 .....	7
3.4.4 输出数据卸载 .....	7
<b>4 信号定义 .....</b>	<b>8</b>
<b>5 GUI 参数 .....</b>	<b>10</b>
<b>6 接口时序 .....</b>	<b>11</b>
6.1 数据协议 .....	11
6.2 握手协议 .....	12
<b>7 应用举例 .....</b>	<b>13</b>
7.1 打开工程 .....	13
7.2 调用 Gowin FFT IP .....	14
7.3 例化 Gowin FFT IP .....	15
7.4 生成 bitstream 文件 .....	15

# 图目录

图 3-1 Gowin FFT IP 整体结构 .....	5
图 6-1 点数据协议时序图 .....	11
图 6-2 握手协议时序图 .....	12
图 7-1 打开工程 .....	13
图 7-2 IP Core Generator 界面 .....	14
图 7-3 Gowin FFT IP 界面 .....	14
图 7-4 例化 Gowin FFT IP .....	15

# 表目录

表 1-1 术语、缩略语 .....	2
表 2-1 Gowin FFT IP 默认配置资源占用情况 .....	3
表 4-1 FFT IP 信号定义 .....	8
表 5-1 Gowin FFT 参数 .....	10

# 1 关于本手册

## 1.1 手册内容

Gowin FFT IP 用户指南主要包括功能简介、信号定义、参数介绍、工作原理、GUI 调用等，旨在帮助用户快速了解高云半导体 Gowin FFT IP 的特性及使用方法。

## 1.2 相关文档

通过登录高云半导体网站 [www.gowinsemi.com.cn](http://www.gowinsemi.com.cn) 可以下载、查看以下相关文档：

- [DS100, GW1N 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS821, GW1NS 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS117, GW1NR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS861, GW1NSR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS841, GW1NZ 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS821, GW1NS 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS871, GW1NSE 系列安全 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS881, GW1NSER 系列安全 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS891, GW1NRF 系列蓝牙 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS102, GW2A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS226, GW2AR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)



## 1.3 术语、缩略语

本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义如表 1-1 所示。

**表 1-1 术语、缩略语**

术语、缩略语	全称	含义
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
FFT	Fast Fourier Transformation	快速傅里叶变换
BSRAM	Block Static Random Access Memory	块状静态随机存储器
REG	Register	寄存器
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理

## 1.4 技术支持与反馈

高云半导体提供全方位的技术支持,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](http://www.gowinsemi.com.cn)

E-mail: [support@gowinsemi.com](mailto:support@gowinsemi.com)

Tel: +86 755 8262 039

# 2 功能简介

Gowin FFT IP 提供一种低资源实现架构。其参数配置灵活，可支持正反向变换、8-16384 点数、可选 DSP 加速、顺序/倒序输出、缩放等以满足用户需求。

## 2.1 特性

- 数据位宽支持 8-36 bits;
- 旋转因子位宽支持 8-36 bits;
- 点数支持 8-16384 点;
- 正反向 FFT 变换;
- 可选的基 2 阶后数字缩小方案，包括每阶右移指定位数(RS111)、通过端口动态配置、不移位;
- 支持顺序输出、倒序输出。

## 2.2 资源信息

通过 Verilog 语言实现 Gowin FFT IP，其资源占用因模式配置存在较大差异；具体资源占用以实际配置 IP 生成后的数据为准。以默认配置（1024 点）为例，资源使用如表 2-1 所示。

注！

BSRAM 资源随配置不同，差异较大。

表 2-1 Gowin FFT IP 默认配置资源占用情况

器件系列	速度等级	IP	LOGICS	REGS	BSRAMS	DSP
GW2A-55	C8/I7	FFT	656	210	DP: 4	MULTADDALU18X18: 2
					rROM: 2	

# 3 工作原理

## 3.1 整体结构

Gowin FFT IP 基本结构如图 5-1 所示。FFT 是离散傅里叶变换（DFT）的快速算法。DFT 由下式给出：

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk}$$

这里  $W_N$  由下式确定

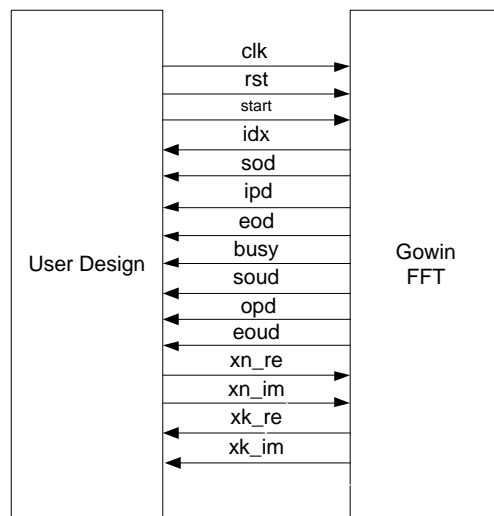
$$W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$$

傅里叶反变换则由下式给出

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W_N^{-nk}$$

因  $W_N$  具有很强的周期性，通过一定的数学变换可以得到 DFT 的快速运算形式 FFT，即所谓基 2、基 4 等快速傅里叶算法。

图 3-1 Gowin FFT IP 整体结构



## 3.2 静态配置

### 3.2.1 设置点数

FFT 点数可以通过 GUI 配置为定点的，也可以配置为运行时通过端口输入的。实际应用的时候，如果能确定 FFT 点数，则尽量将 FFT 点数的模式配置为定点的，因为动态端口输入会消耗额外的逻辑资源。动态模式下，FFT IP 占用的资源将和最大点数下占用的资源一样多。所以在设置最大点数时候应事先精确计算。目前仅支持固定点数配置模式。

### 3.2.2 FFT 模式

FFT IP 支持正向，反向，运行时通过端口信号决定的变换。动态模式下将占用更多逻辑资源，时序性能也可能会更差。

### 3.2.3 输出序列顺序

输出序列顺序均可选为自然顺序输出或倒序输出。

### 3.2.4 数据缩小方法

FFT IP 支持每个基 2 阶后右移 1bit、端口动态决定以及不进行移位的几种方案，低资源结构还支持数据块浮点模式。

### 3.2.5 数据宽度

FFT 变换器内部运算支持的位宽为 8-36bits，旋转因子宽度支持 8-36bits，当不进行数据缩小时，还可选择内部小数位宽，小数位宽支持 0-6bits。变换器支持任意设定输入位宽和小数位宽，只要二者之和落在在

8-36bits 之内即可。输出位宽由系统自动决定，通常输出位宽不小于输入位宽和小数位宽之和。

### 3.2.6 尾数处理方法

FFT IP 支持两种尾数处理方法，一种是截断法，另一种是取整法。截断法更节约芯片资源，取整法得到的结果将更精确。

### 3.2.7 乘法器类型

FFT IP 支持采用 DSP 加速的电路结构也支持逻辑器件构成的乘法器电路，也可以让综合器在综合时候动态决定。动态决定器件类型可能会造成综合时间过长，综合结果不理想等现象。

### 3.2.8 数据和旋转因子存储器类型

由于 FFT 算法是对大量数据进行在线处理，不可避免需要大量的存储器，IP 设计支持 BLOCK RAM 存储器，分布式存储器，Logic、REG & LUT 构成的存储器，或者是让综合器在综合时候动态决定。动态决定器件类型可行会造成综合时间过长，综合结果不理想等现象。

## 3.3 动态配置

只有静态配置启用了动态配置功能，生成的 FFT IP 才具有动态配置功能。所有动态配置项的运行时参数必须在 FFT 变换启动之前并且按照指定的信号在合适的时候完成设置。动态配置是通过端口信号完成的。

### 3.3.1 动态配置变换方向

该功能在启用了 FFT MODE 里的 Dynamic Through Port 后起作用。当可以进行 FFT MODE 设置时候，iset 将变为高电平，在接下来的时钟边沿将采集 ifft 上的数据，低电平表示进行正向变换，高电平表示进行反向变换。

### 3.3.2 动态配置点数

该功能在启用了 Variable Points 时起作用。当可以进行 FFT 点数设置时候 pset 将变为高电平，在接下来的时钟边沿将采集 point 上的数据。points 是一个无符号整数，其值为  $\text{Log}_2N$ ，且 N 必须为 Minimum Points 与 Maximum Points 之间 2 的整次幂。目前不支持该配置项。

### 3.3.3 动态配置数据缩小比率

该功能在数据缩小比率选项选为 Dynamic Through Port 时起作用。当可以进行数据缩小比率设定时，sfset 将变为高电平，在接下来的时钟周期将采样 scal 的设定值。scal 是一个无符号数。sfact 端口功能暂未支持。

## 3.4 握手协议

协议的总体分为四个步骤，第一步配置动态参数（如果有的话），第二步输入数据，第三步计算数据，第四步读出数据。

### 3.4.1 动态参数的配置

请参照动态配置一节的说明，按照时序要求进行动态参数配置。需要注意的是，动态参数配置在时域上与其他步骤可能是重叠的。

### 3.4.2 启动输入数据

一切就绪后，可以通过将 **start** 置为高电平，来启动一次 FFT 变换。数个周期后，**sod** 变为高电平，持续一个周期，同时 **ipd** 将变为高电平，并在整个数据输入阶段始终保持高电平，指示正在输入数据，另外 **idx** 输出当前时钟采样的序列标号。当一次数据输入结束以后 **eod** 变为高电平，持续一个周期，同时 **ipd** 变为低电平。至此，一次数据输入完成。

### 3.4.3 FFT 计算数据

数据输入完成后数个周期将自动开始 FFT 计算过程，同时 **busy** 将变为高电平，表示内核正在进行 FFT 数据的计算，计算完成后 **busy** 将变为低电平。

### 3.4.4 输出数据卸载

当 FFT 计算完成后数个周期，自动进入数据卸载阶段，**soud** 将在第一个卸载数据周期变为高电平，并持续一个周期，**opd** 也将变为高电平，并在整个卸载数据的过程中保持高电平。在数据卸载的最后一个周期 **eoud** 将变为高电平，并持续一个周期，**opd** 也将在下一个周期变为低电平。

# 4 信号定义

Gowin FFT IP 信号定义如表 4-1 所示。

表 4-1 FFT IP 信号定义

序号	信号名称	方向	位宽	描述
1	xn_re	input	8-36	待转换序列的实部
2	xn_im	input	8-36	待转换序列的虚部
3	xk_re	output	8-36	转换后序列的实部
4	xk_im	output	8-36	转换后序列的虚部
5	clk	input	1	时钟输入
6	rst	input	1	系统复位
7	idx	output	3-16	装载数据时指示下一个触发沿要装载的数据序列位置，卸载数据时指示当前输出数据序列的位置。
8	start	input	1	同步启动信号，高电平有效，至少保持一个时钟周期，且只在内核空闲时被采样，启动一次变换。
9	sod	output	1	时域序列启动信号，高电平有效，表示下一个触发边沿开始将采样数据输入。
10	ipd	output	1	数据正在输入指示，高电平有效，表示正在采样输入数据。
11	eod	output	1	时域序列结束信号，高电平有效，表示数据输入完成。
12	busy	output	1	FFT内核变换指示，高电平有效，表示FFT内核正在进行变换计算。
13	soud	output	1	频域序列起始信号，高电平有效，表示正在卸载第一个数据。
14	opd	output	1	数据正在输出，高电平有效，表示正输出的数据有效。

序号	信号名称	方向	位宽	描述
15	eoud	output	1	频域序列结束信号，高电平有效，表示完成数据卸载。
FFT Mode选择Dynamic Through Port				
16	ifft	input	1	ifft=1时，IP完成IFFT功能。 ifft=0时，IP完成FFT功能。
Scaling Mode选择Dynamic Through Port				
17	sfset	input	1	设定数据缩小比率使能，高电平有效。
18	sfact	input	4	功能暂不支持，输入可为任意值。
19	scal	input	2	缩小比率值，无符号数。



# 5 GUI 参数

Gowin FFT 提供了相关参数，供用户根据实际需求进行配置，具体如表 5-1 所示。

**表 5-1 Gowin FFT 参数**

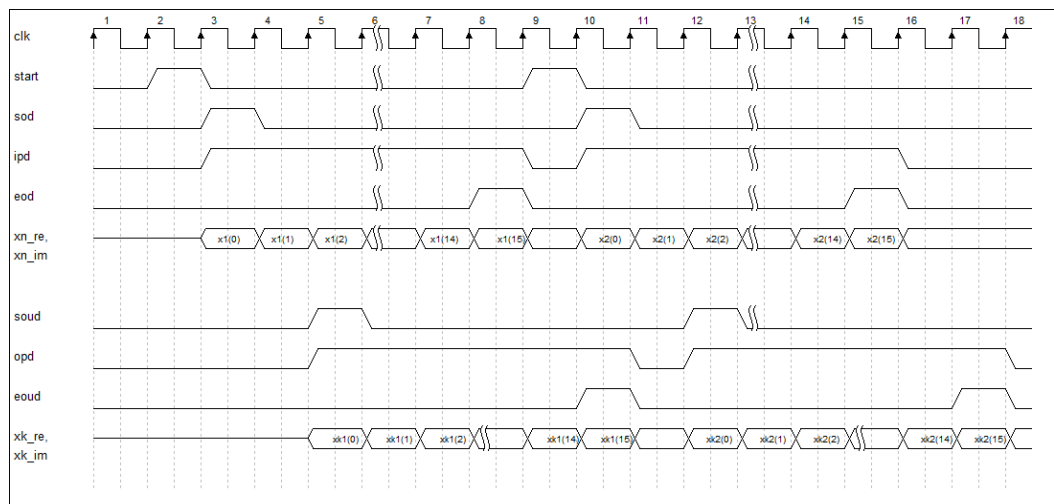
序号	参数名称	描述	选项
1	Number of Points	支持的点数	8,16,32,64,128,256,512,1024,2048,4096,8192,16384。
2	Architecture	FFT架构	目前仅支持Low Resource
3	FFT Mode	FFT变换模式	Forward, Inverse, Dynamic Through Port。
4	Output Order	输出序列顺序	Natural, Bit-Reverse。
5	Scaling Mode	缩放模式	RS111, Dynamic Through Port, None。
6	Input Data Width	输入数据位宽	8-36
7	Twiddle Factor Width	旋转因子位宽	8-36
8	Output Data Width	输出数据位宽	8-36
9	Precision Reduction Method	尾数处理模式	Truncation, Rounding。
10	Multiplier Type	乘法器实现类型	DSP Block Based, LUT Based, Automatic。
11	Data Memory Type	数据存储类型	EBR Memory, Distributed, REG&LUT, Automatic。
12	Twiddle Memory Type	旋转因子存储类型	EBR Memory, Distributed, Logic, Automatic。

# 6 接口时序

## 6.1 数据协议

连续数据模式（16 点）下的时序图如图 6-1 所示。

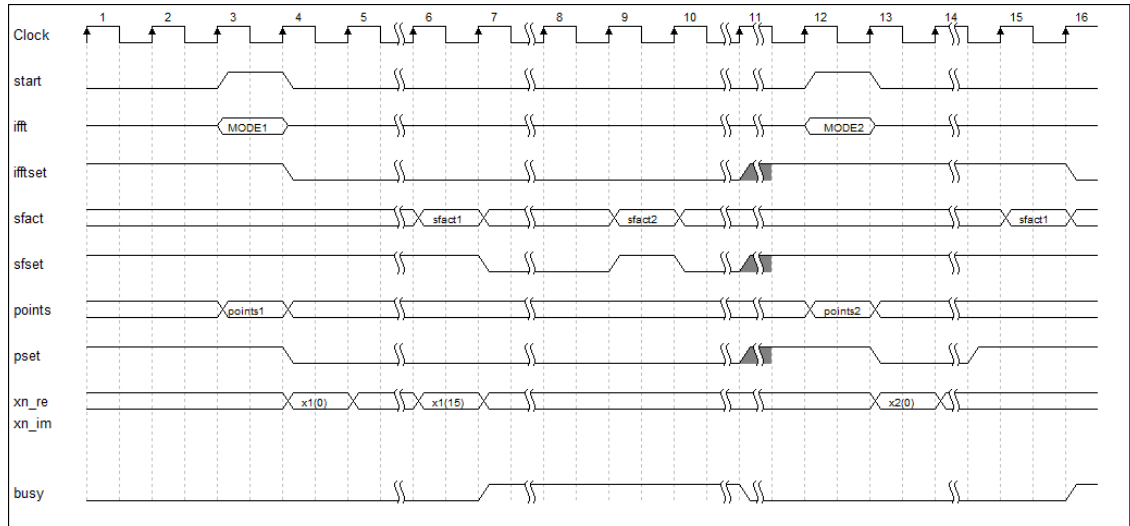
图 6-1 点数据协议时序图



## 6.2 握手协议

低资源的控制信号握手协议时序如图 6-2 所示。

图 6-2 握手协议时序图



# 7 应用举例

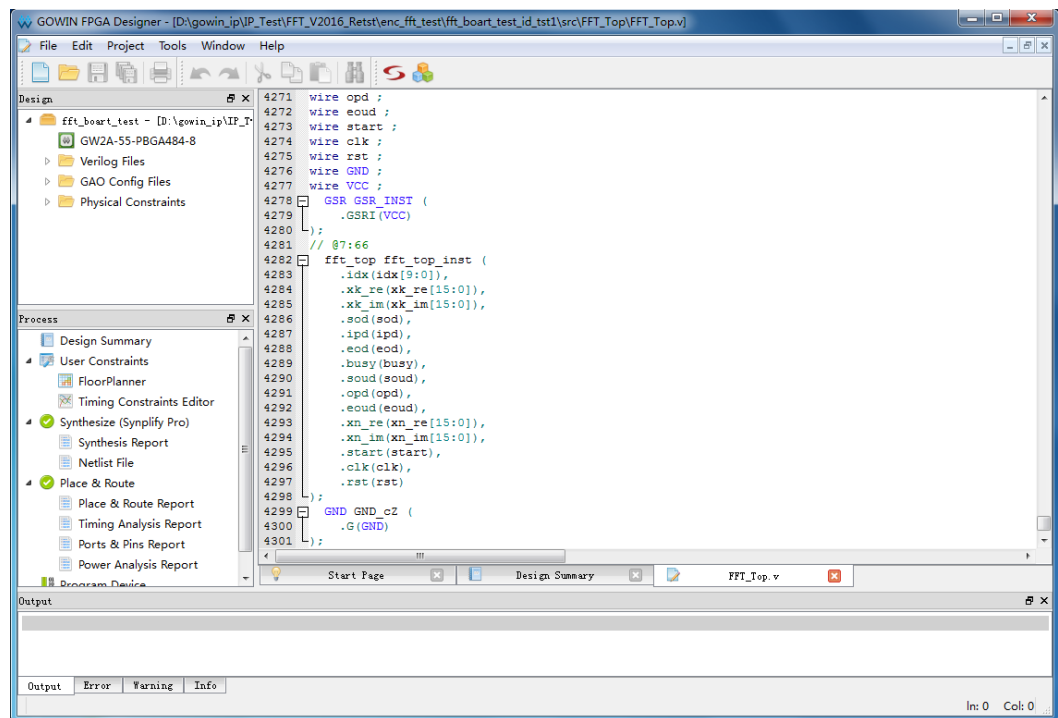
## 7.1 打开工程

启动高云半导体云源软件后，单击“File> Open ...”，打开“Open File”对话框，选择所需工程文件 (\*.gprj)，打开工程，如图 7-1 所示。

注！

有三种方式打开工程，其它打开工程方式请参考 [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)

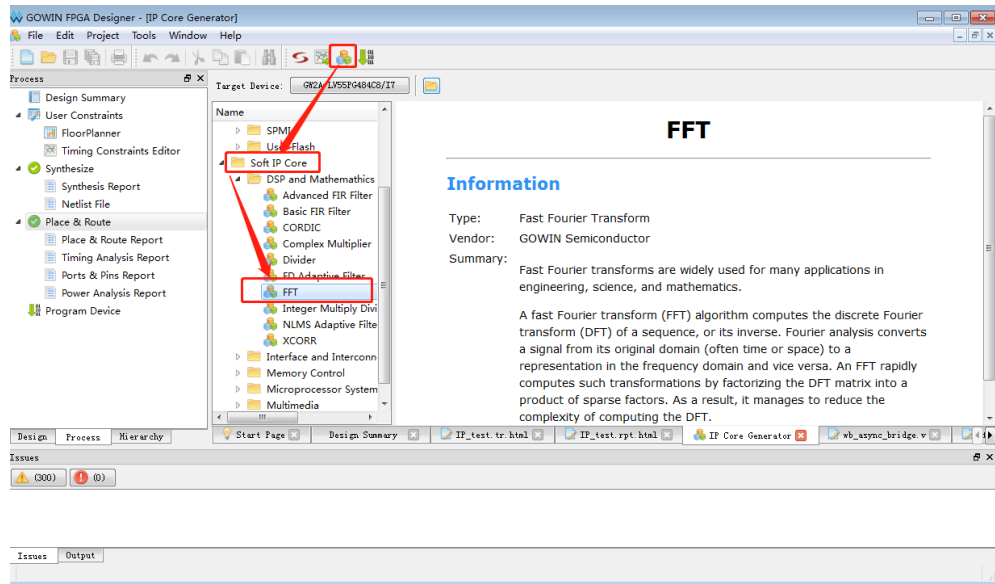
图 7-1 打开工程



## 7.2 调用 Gowin FFT IP

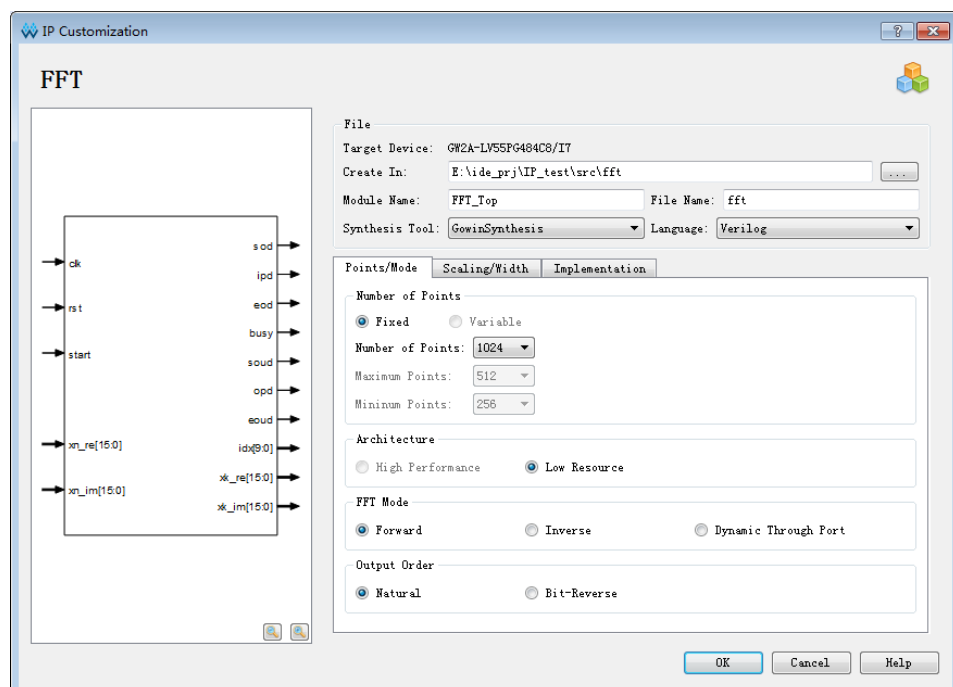
在高云半导体云源软件菜单栏中，按照顺序依次单击“Tool > IP Core Generator > Soft IP Core > DSP and Mathematics”；弹出如图 7-2 所示界面；也可按图示方法打开界面。

图 7-2 IP Core Generator 界面



选择所需器件，如 GOWIN2A-55-PBGA484；在界面左侧“Name”窗口中双击“FFT”，弹出如图 7-3 所示界面；默认选项即可，单击“OK”，生成 FFT\_Top Module。

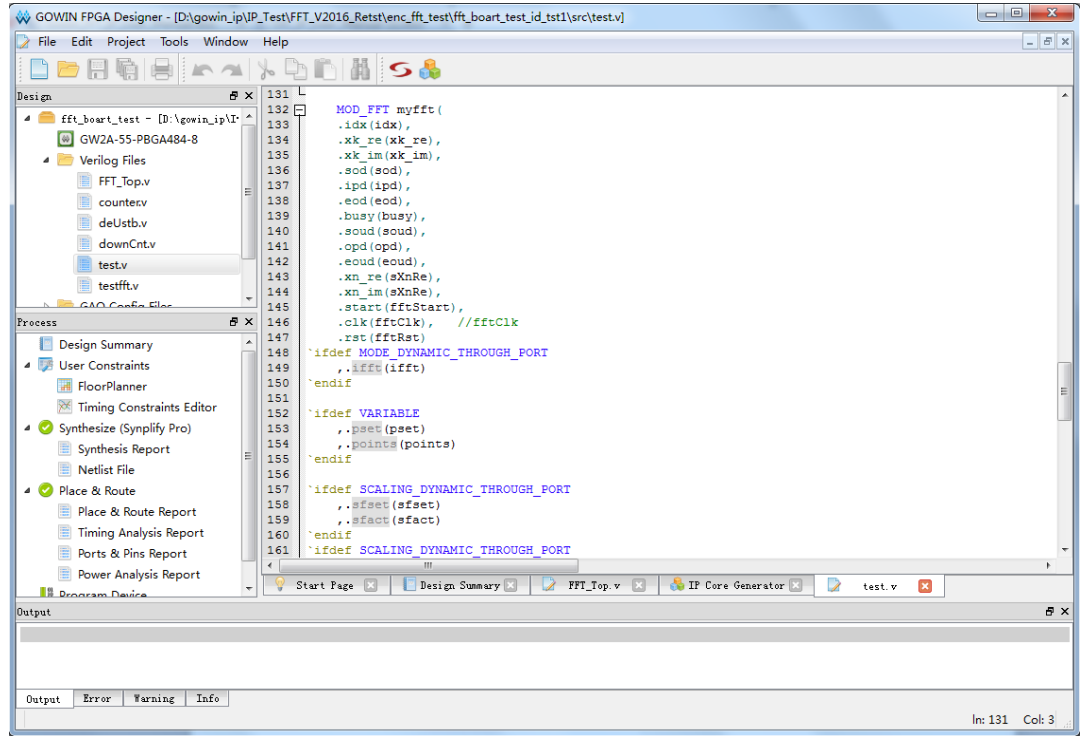
图 7-3 Gowin FFT IP 界面



## 7.3 例化 Gowin FFT IP

在工程中例化 FFT\_Top，如图 7-4 所示。

图 7-4 例化 Gowin FFT IP



## 7.4 生成 bitstream 文件

进行必要的约束后，通过综合、布局布线、产生 bitstream 文件。通过 Gowin 下载线把 bitstream 文件下载到开发板或测试版，可通过测试接口观察 FFT 变换结果。

