



# Gowin Video Warping IP

## 用户指南

IPUG1218-1.0, 2025/05/23

版权所有 © 2025 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, 或以禁止反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    |
|------------|-----|-------|
| 2025/05/23 | 1.0 | 初始版本。 |

# 目录

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 目录 .....                              | i         |
| 图目录.....                              | ii        |
| 表目录.....                              | iii       |
| <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 性能简介 .....</b>                   | <b>3</b>  |
| 2.1 Gowin Video Warping IP 介绍 .....   | 3         |
| 2.2 IP 特性 .....                       | 4         |
| 2.3 资源占用.....                         | 4         |
| <b>3 功能描述 .....</b>                   | <b>5</b>  |
| 3.1 Gowin Video Warping IP 结构框图 ..... | 5         |
| 3.2 算法简介.....                         | 5         |
| 3.3 Gowin Video Warping IP 控制指令 ..... | 7         |
| <b>4 信号定义 .....</b>                   | <b>9</b>  |
| 4.1 信号定义.....                         | 9         |
| 4.2 信号时序.....                         | 10        |
| <b>5 界面配置 .....</b>                   | <b>12</b> |
| <b>6 参考设计 .....</b>                   | <b>15</b> |
| <b>7 附录 .....</b>                     | <b>16</b> |

# 图目录

图 3-1 结构框图 ..... 5

图 3-2 原始图像 ..... 6

图 3-3 畸变后图像 ..... 6

图 4-1 Gowin Video Warping IP 的 IO 端口图示..... 9

图 4-2 输入信号时序 ..... 10

图 4-3 输出信号时序 ..... 11

图 4-4 畸变系数写入时序..... 11

图 5-1 IP Core Generator 选项 ..... 12

图 5-2 打开 Video Warping IP 核 ..... 13

图 5-3 Video Warping 配置界面..... 14

图 7-1 参考文件 ..... 16

图 7-2 定点系数生成 ..... 17

# 表目录

表 1-1 术语、缩略语 ..... 2

表 2-1 Gowin Video Warping IP 概述 ..... 3

表 2-2 资源消耗 ..... 4

表 3-1 指令定义 ..... 7

表 4-1 Gowin Video Warping IP IO 定义 ..... 9

表 5-1 参数配置 ..... 14

# 1 关于本手册

## 1.1 手册内容

Gowin Video Warping IP 用户指南主要包括性能简介、功能描述、信号定义、使用说明、界面配置，旨在帮助用户快速了解 Gowin Video Warping IP 的产品特性、特点及使用方法。本手册中的软件界面截图参考的是 V1.9.11.02 版本，因软件版本升级，部分信息可能会略有差异，具体以用户软件版本的信息为准。

## 1.2 相关文档

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

- [DS1103, GW5A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS981, GW5AT 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)
- [SUG283, Gowin 原语用户指南](#)
- [UG290, Gowin FPGA 产品编程配置手册](#)

## 1.3 术语、缩略语

表 1-1 中列出了本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义。

**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 |
| IP     | Intellectual Property         | 知识产权     |

## 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](http://www.gowinsemi.com)

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

Tel: +86 755 8262 0391



# 2 性能简介

## 2.1 Gowin Video Warping IP 介绍

图像畸变校正是一种修复镜头引起几何变形的图像处理技术，常用于矫正桶形、枕形等畸变。该功能通过镜头模型或标定参数，还原图像中物体的真实比例和形状，提升图像的几何准确性和视觉质量。广泛应用于摄影、自动驾驶、三维重建、AR/VR 等场景。

Gowin Video Warping IP 可实现高效的图像畸变校正功能。IP 内置动态地址映射与双线性插值模块，可对桶形、枕形等常见畸变进行精准校正，适配多种分辨率与图像参数。IP 具有并行处理架构和低延迟设计，还可通过配置接口灵活加载校正参数。

表 2-1 Gowin Video Warping IP 概述

| Gowin Video Warping IP |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| 逻辑资源                   | 请参见表2-2。                      |
| 交付文件                   |                               |
| 设计文件                   | Verilog (encrypted)           |
| 参考设计                   | Verilog                       |
| TestBench              | Verilog                       |
| 测试设计流程                 |                               |
| 综合软件                   | GowinSynthesis                |
| 应用软件                   | Gowin Software（V1.9.11.02及以上） |

注！

可登录[高云半导体网站](#)查看芯片支持信息。

## 2.2 IP 特性

Gowin Video Warping IP 特性包括：

- 支持 80\*80-1600\*1440 像素
- 支持 4 阶多项式

## 2.3 资源占用

以默认配置，高云 GW5AT-138 器件为例，Gowin Video Warping IP 资源利用情况如表 2-2 所示。

表 2-2 资源消耗

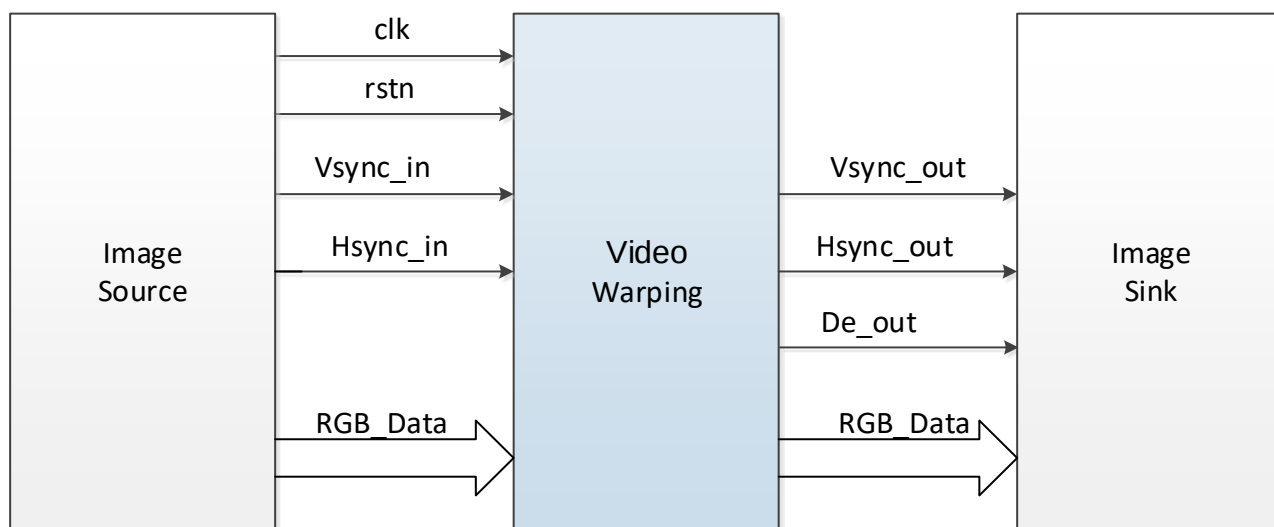
| 器件        | 编程语言    | LUT  | REG  | DSP | BSRAM |
|-----------|---------|------|------|-----|-------|
| GW5AT-138 | Verilog | 2948 | 3545 | 40  | 240   |

# 3 功能描述

## 3.1 Gowin Video Warping IP 结构框图

Gowin Video Warping IP 的输入数据来自图像源产生的 RGB 图像数据，根据给定的矩阵系数运算后输出。实现框图如图 3-1 所示，可根据实际的功能需求选择控制或使用。

图 3-1 结构框图



## 3.2 算法简介

Video Warping，即图像扭曲，是一种基础且关键的图像几何变换技术，广泛应用于图像配准、视觉特效、增强现实等场景。其本质是在像素层面对图像坐标进行重新映射，从而实现图像形状和结构的改变。

算法主要包含以下三个步骤：

1. 定义源图像与目标图像之间的变换模型，该模型可为线性或非线性；
2. 采用反向映射，即对于目标图像中的每一个像素，利用变换函数计算其

在源图像中的对应位置；

3. 由于映射结果往往为非整数坐标，需通过双线性插值方法计算像素值，以重建目标图像。

图 3-2 原始图像

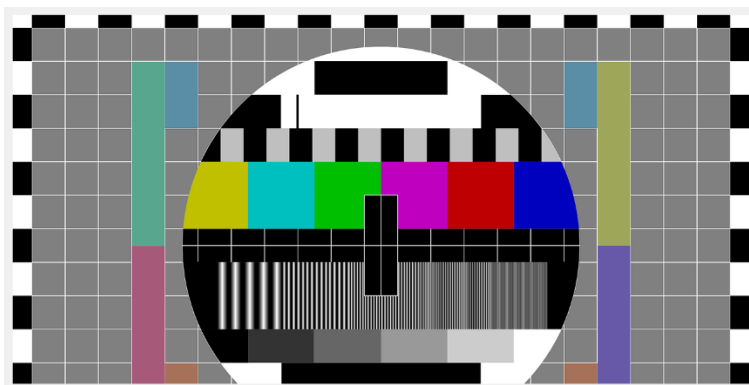
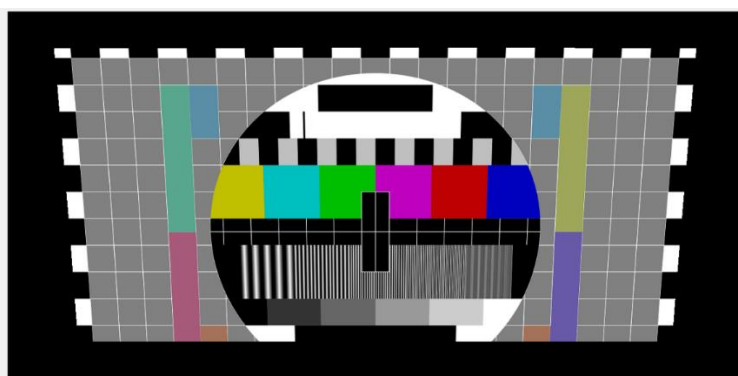


图 3-3 畸变后图像



Gowin Video Warping IP 利用了二维四次多项式变化进行地址映射，通过 15 个多项式系数分别拟合  $x'$  与  $y'$  相对于原始坐标  $x, y$  的非线性映射关系，以支持更高精度的图像空间配准与几何校正。其计算遵循：

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + a_6x^3 + a_7x^2y + a_8xy^2 + a_9y^3 + a_{10}x^4 + a_{11}x^3y + a_{12}x^2y^2 + a_{13}xy^3 + a_{14}y^4$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7x^2y + b_8xy^2 + b_9y^3 + b_{10}x^4 + b_{11}x^3y + b_{12}x^2y^2 + b_{13}xy^3 + b_{14}y^4$$

其中  $a$ 、 $b$  是用户指定的畸变系数。 $x$ 、 $y$  为遍历像素地址， $x'$ 、 $y'$  为映射源地址。

## 3.3 Gowin Video Warping IP 控制指令

Gowin Video Warping IP 支持的指令如表 3-1 所示。

表 3-1 指令定义

| 名称       | 地址       | 类型 | 默认值        | 说明                          |
|----------|----------|----|------------|-----------------------------|
| WARP_A0  | 16'h0100 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_0$ ( $x'$ 常数项)     |
| WARP_A1  | 16'h0101 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_1$ ( $x$ )         |
| WARP_A2  | 16'h0102 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_2$ ( $y$ )         |
| WARP_A3  | 16'h0103 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_3$ ( $x^2$ )       |
| WARP_A4  | 16'h0104 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_4$ ( $xy$ )        |
| WARP_A5  | 16'h0105 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_5$ ( $y^2$ )       |
| WARP_A6  | 16'h0106 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_6$ ( $x^3$ )       |
| WARP_A7  | 16'h0107 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_7$ ( $x^2y$ )      |
| WARP_A8  | 16'h0108 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_8$ ( $xy^2$ )      |
| WARP_A9  | 16'h0109 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_9$ ( $y^3$ )       |
| WARP_A10 | 16'h010A | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_{10}$ ( $x^4$ )    |
| WARP_A11 | 16'h010B | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_{11}$ ( $x^3y$ )   |
| WARP_A12 | 16'h010C | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_{12}$ ( $x^2y^2$ ) |
| WARP_A13 | 16'h010D | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_{13}$ ( $xy^3$ )   |
| WARP_A14 | 16'h010E | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $A_{14}$ ( $y^4$ )    |
| WARP_B0  | 16'h0200 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_0$ ( $y'$ 常数项)     |
| WARP_B1  | 16'h0201 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_1$ ( $x$ )         |
| WARP_B2  | 16'h0202 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_2$ ( $y$ )         |
| WARP_B3  | 16'h0203 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_3$ ( $x^2$ )       |
| WARP_B4  | 16'h0204 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_4$ ( $xy$ )        |
| WARP_B5  | 16'h0205 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_5$ ( $y^2$ )       |
| WARP_B6  | 16'h0206 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_6$ ( $x^3$ )       |
| WARP_B7  | 16'h0207 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_7$ ( $x^2y$ )      |
| WARP_B8  | 16'h0208 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_8$ ( $xy^2$ )      |
| WARP_B9  | 16'h0209 | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_9$ ( $y^3$ )       |
| WARP_B10 | 16'h020A | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_{10}$ ( $x^4$ )    |
| WARP_B11 | 16'h020B | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_{11}$ ( $x^3y$ )   |
| WARP_B12 | 16'h020C | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_{12}$ ( $x^2y^2$ ) |

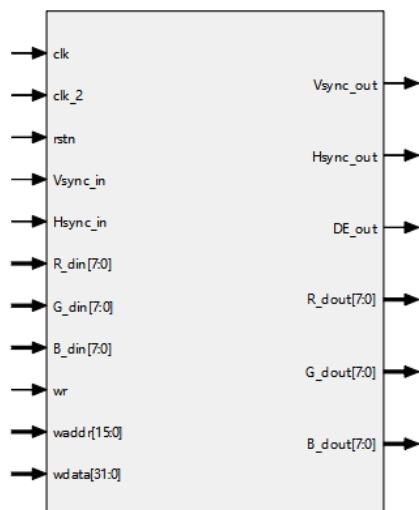
| 名称       | 地址       | 类型 | 默认值        | 说明                        |
|----------|----------|----|------------|---------------------------|
| WARP_B13 | 16'h020D | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_{13}$ ( $xy^3$ ) |
| WARP_B14 | 16'h020E | W  | 0x00000000 | 多项式系数 $B_{14}$ ( $y^4$ )  |

# 4信号定义

## 4.1 信号定义

Gowin Video Warping IP 的 IO 端口如图 4-1 所示。

图 4-1 Gowin Video Warping IP 的 IO 端口图示



Gowin Video Warping IP 的 IO 描述见表 4-1。

表 4-1 Gowin Video Warping IP IO 定义

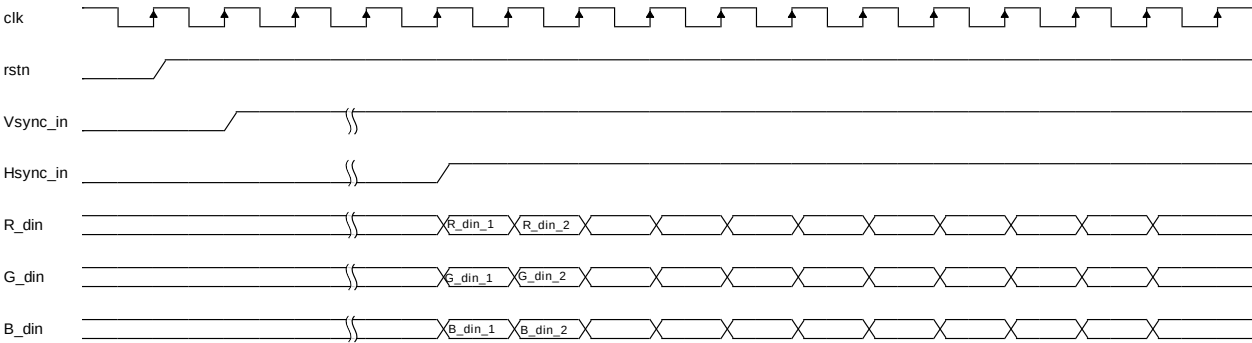
| 信号       | 方向 | 位宽 | 描述                      |
|----------|----|----|-------------------------|
| clk      | I  | 1  | 输入时钟信号,作为像素时钟           |
| clk_2    | I  | 1  | 输入时钟信号,作为计算时钟, 为像素时钟的2倍 |
| rstn     | I  | 1  | 复位信号, 低电平有效。            |
| Vsync_in | I  | 1  | 输入场同步信号                 |
| Hsync_in | I  | 1  | 输入图像数据有效信号              |
| R_din    | I  | 8  | 输入图像数据信号                |

| 信号        | 方向 | 位宽 | 描述                       |
|-----------|----|----|--------------------------|
| G_din     | I  | 8  | 输入图像数据信号                 |
| B_din     | I  | 8  | 输入图像数据信号                 |
| wr        | I  | 1  | 写信号                      |
| waddr     | I  | 16 | 写地址信号                    |
| wdata     | I  | 32 | 写数据信号                    |
| Vsync_out | O  | 1  | 输出场同步信号                  |
| Hsync_out | O  | 1  | 输出行同步信号                  |
| DE_out    | O  | 1  | 输出有效信号，高电平时表示此时输出信号为有效值。 |
| R_dout    | O  | 可变 | 输出图像数据信号                 |
| G_dout    | O  | 可变 | 输出图像数据信号                 |
| B_dout    | O  | 可变 | 输出图像数据信号                 |

4.2 信号时序

输入信号时序如图 4-2 所示。

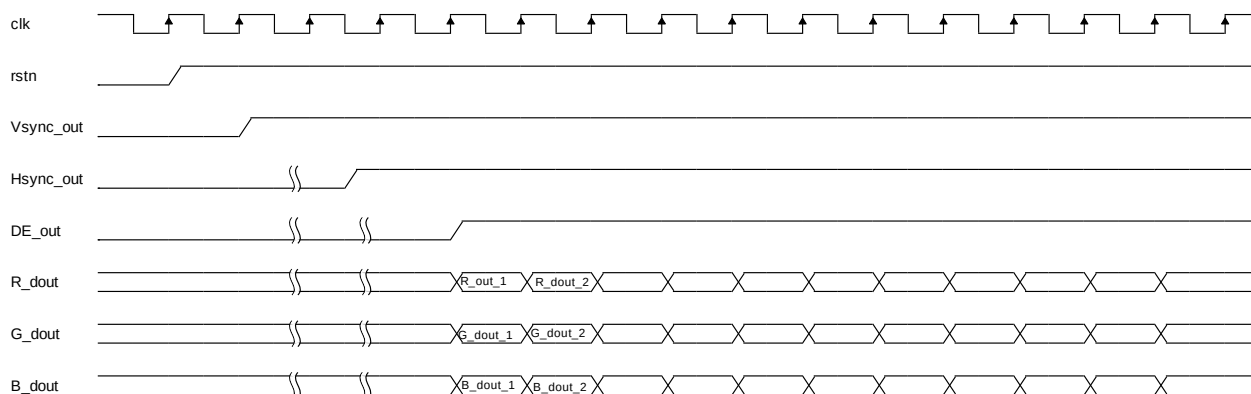
图 4-2 输入信号时序



输出信号时序如图 4-3 所示。

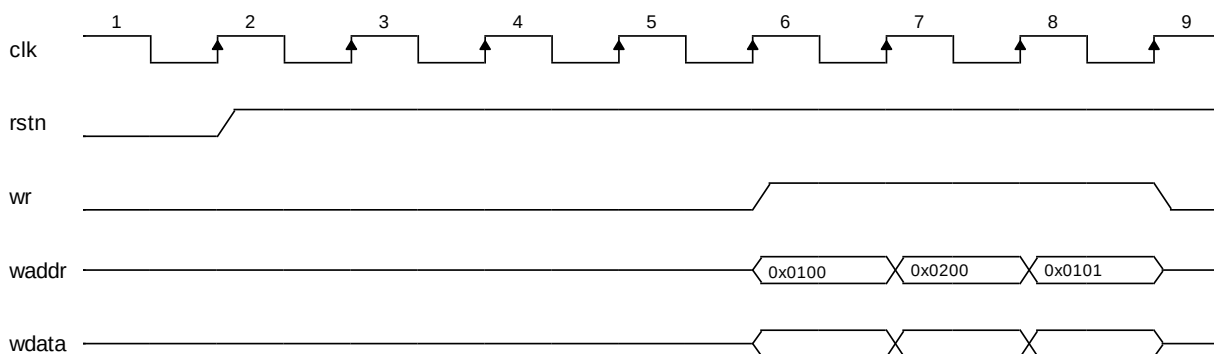


图 4-3 输出信号时序



畸变系数写入时序如图 4-4 所示，畸变系数的更新在每帧场信号开始时统一进行，当前帧的畸变效果完全基于前一时刻已提交的系数值。新输入的畸变参数将在下一帧生效。

图 4-4 畸变系数写入时序



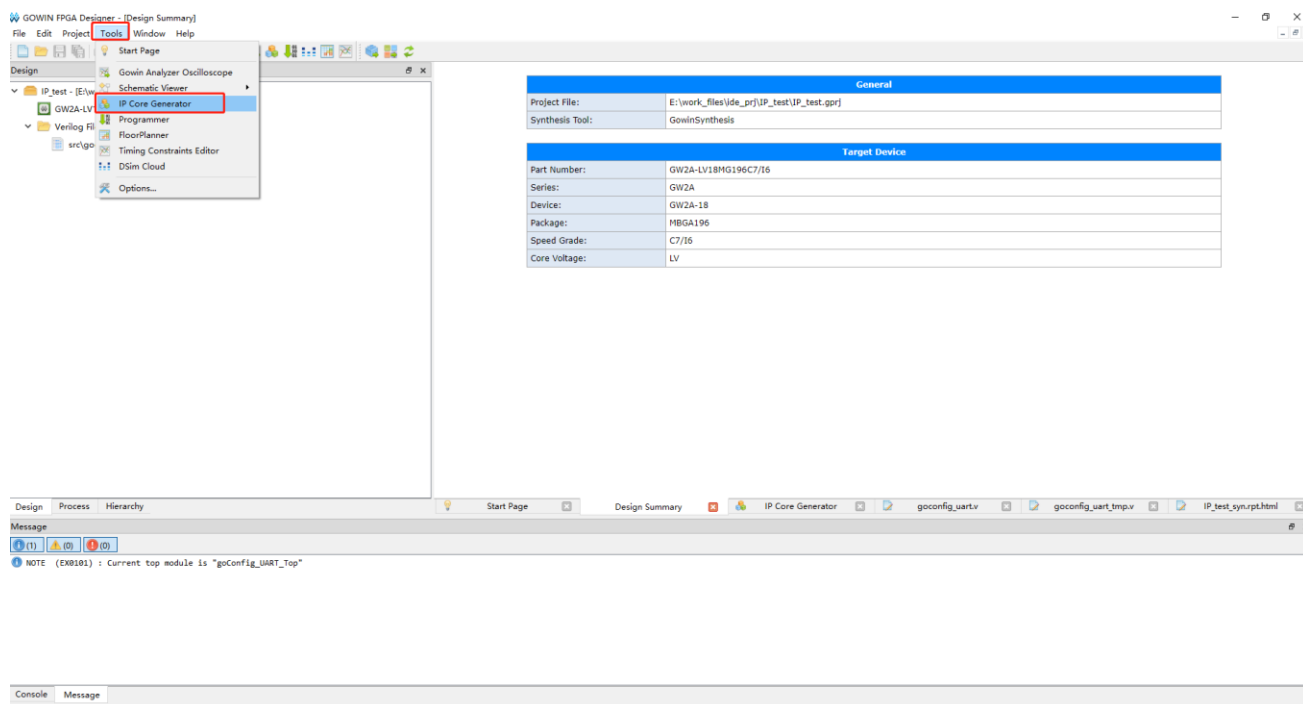
# 5 界面配置

在高云半导体云源软件界面菜单栏 **Tools** 下，可启动 IP Core Generator 工具，完成调用并配置 Gowin Video Warping IP。

## 1. 打开 IP Core Generator

建立工程后，点击左上角“**Tools**”选项卡，下拉单击“IP Core Generator”选项，就可打开 IP 核产生工具，如图 5-1 所示。

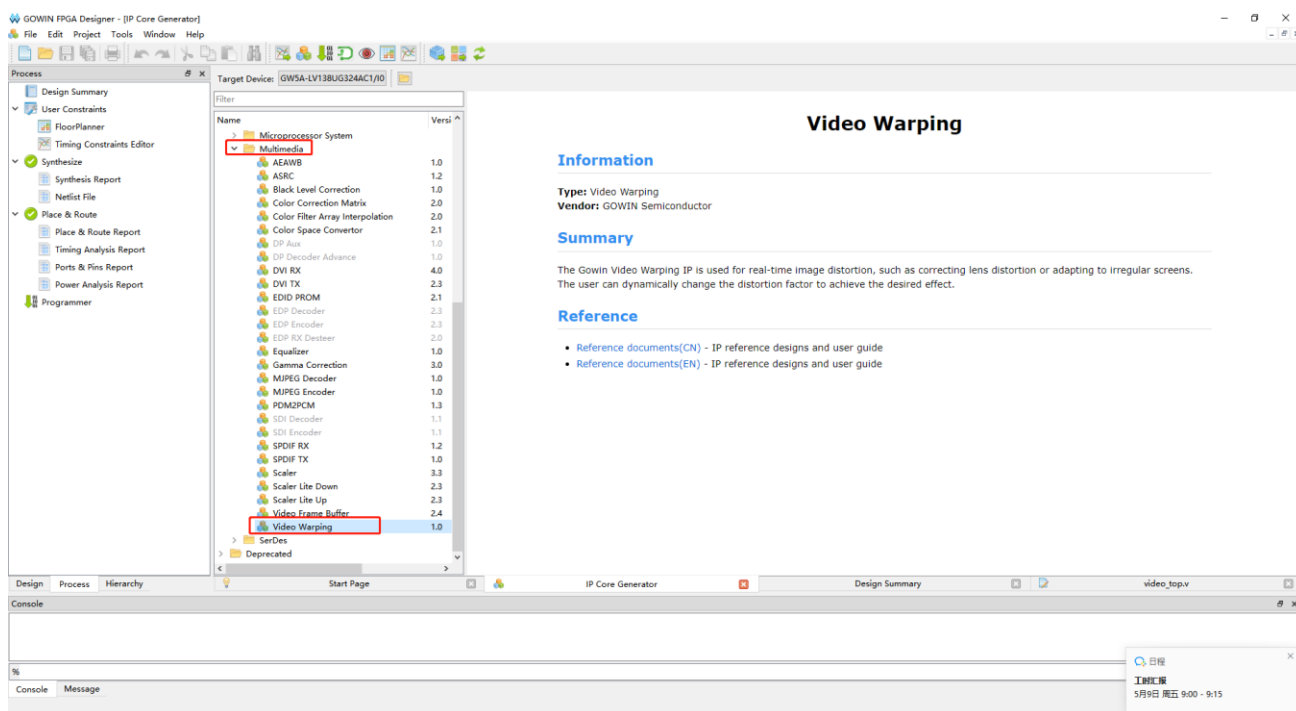
图 5-1 IP Core Generator 选项



## 2. 打开 Gowin Video Warping IP 核

选择“**Soft IP Core > Multimedia > Video Warping**”，如图 5-2 所示，双击即可打开配置界面。

图 5-2 打开 Video Warping IP 核



3. Gowin Video Warping IP 核配置界面如图 5-3 所示。配置界面左侧是 Gowin Video Warping IP 核的接口示意图，右侧为配置选项。

- 用户可通过修改“File Name”，配置产生文件名称；
- 用户可通过修改“Module Name”，配置产生的顶层模块名称；
- 用户可通过修改“Frame Dimension”，配置图像尺寸。
- 用户可通过修改“Warping Matrix”，配置畸变参数。

图 5-3 Video Warping 配置界面

**Video Warping**

**General**

Device: GW5A-138 Device Version: C

Part Number: GW5A-LV138UG324AC1/I0 Language: Verilog

File Name: video\_warping Module Name: Video\_Warping\_Top

Create In: File\ISP\_V3\video\_warp\Sowin\_Warping\_RefDesign\project\src\video\_warping

**Options**

**Frame Dimension**

Maximum Columns: 1280 (80-1600)

Maximum Rows: 640 (80-1440)

Data Width: 8

**Warping Matrix**

|      | Zoom Length | Warping Martix A | Warping Martix B |
|------|-------------|------------------|------------------|
| [1]  | 4           | 2b3              | 3fe92            |
| [2]  | 15          | 3f7a4            | 7cf8             |
| [3]  | 15          | 77d4             | 9d7              |
| [4]  | 25          | 3fc6b            | b36              |
| [5]  | 25          | 3ffc1            | 169d             |
| [6]  | 25          | 3fd              | 3f25e            |
| [7]  | 36          | 3f997            | 3cf27            |
| [8]  | 36          | 3fd45            | 9ed              |
| [9]  | 36          | 31d2             | 33dfd            |
| [10] | 36          | cd5              | b98              |
| [11] | 46          | 2e45             | f43              |
| [12] | 46          | 3ec14            | 2902             |
| [13] | 46          | 1d6              | 3f7a6            |
| [14] | 46          | 3bf37            | d3a4             |
| [15] | 46          | 3fc66            | 3f82b            |

OK Cancel

表 5-1 参数配置

| 选项              | 描述          | 备注                            |
|-----------------|-------------|-------------------------------|
| Maximum Columns | 最大图像宽度      | -                             |
| Maximum Rows    | 最大图像高度      | -                             |
| Data Width      | 像素位宽（单色彩通道） | -                             |
| Warping Matrix  | 畸变参数        | 18 bits有符号数Zoom Length代表其放大倍数 |

# 6参考设计

可参考 [RefDesign](#) 内相关测试案例。

# 7 附录

## 畸变系数生成

畸变系数的生成的主要依据是定位点位移量，可以参考以下文件。

图 7-1 浮点系数生成

```

1 % Project : Video Warp IP
2 % File : warp_coeff_est.m
3 % Description : Estimation of warping coefficients
4 % Version : 1.0
5 % Date : 15 May, 2025
6 % Author : Thomas Cheng
7
8 clear all
9 name = ['grid_data'];
10 load([name, '.mat'])
11
12 % Control points, each row is a point: [x y]
13 src_points = [reshape(originalPos(:,1),[],1) 721-reshape(originalPos(:,2),[],1)
14 % Example: [x1, y1;
15 %           x2, y2;
16 %           ...
17 %           xn, yn]
18
19 dst_points = [reshape(newPos(:,1),[],1) 721-reshape(newPos(:,2),[],1)];
20 % Example: [x1', y1';
21 %           x2', y2';
22 %           ...
23 %           xn', yn']
24
25 % Check if the number of points is correct
26 assert(size(src_points, 1) >= 15, 'At least 15 control points are required');
27 assert(size(src_points, 1) == size(dst_points, 1), 'The number of control points
28
29 N = size(src_points, 1); % Number of points
30
31 % Construct matrix A, each row corresponds to polynomial
32 % features of a control point
33 A = zeros(N, 15);
34 for i = 1:N
35     x = src_points(i, 1);
36     y = src_points(i, 2);
37
38     A(i, :) = [...
39         1, y, x, ...
40         x*y, y^2, x^2, ...
41         x*y^2, x^2*y, y^3, x^3, ...
42         x^2*y^2, x^3*y, y^4, x^4];
43 end
44
45 % Coordinate vectors of the target image
46 x_prime = dst_points(:, 1); % All x'
47 y_prime = dst_points(:, 2); % All y'
48
49 % Solve the least squares solution to obtain the coefficient vectors
50 a = A \ x_prime; % Coefficients for x-direction mapping (a0 ~ a14)
51 b = A \ y_prime; % Coefficients for y-direction mapping (b0 ~ b14)
52
53 % Display the results
54 disp('Polynomial coefficients for x'' mapping (a):');
55 disp(a);
56
57 disp('Polynomial coefficients for y'' mapping (b):');
58 disp(b);
59

```

生成浮点系数 **a**、**b** 后，还需要进一步将其转化为定点数供 IP 加载，具体放大倍数参见界面配置中 **Zoom Length** 选项。

图 7-2 定点系数生成

```
1  coe =load('main_coef.mat').m2;
2
3
4  for i=1:15
5      if(i==1)
6          coe_s(i,1:2)=coe(i,1:2)*2^4;
7      elseif(1<i)&&(i<=3)
8          coe_s(i,1:2)=coe(i,1:2)*2^15;
9      elseif(3<i)&&(i<=6)
10         coe_s(i,1:2)=coe(i,1:2)*2^25;
11     elseif(6<i)&&(i<=10)
12         coe_s(i,1:2)=coe(i,1:2)*2^36;
13     elseif(10<i)&&(i<=15)
14         coe_s(i,1:2)=coe(i,1:2)*2^46;
15     end
16 end
17 coe_f=round(coe_s);
18 coeA=coe_f(:,1);
19 coeB=coe_f(:,2);
20 for i=1:15
21     if(coeA(i)>=0)
22         coeA(i)=coeA(i);
23     else
24         coeA(i)=2^(18)+coeA(i);
25     end
26     if(coeB(i)>=0)
27         coeB(i)=coeB(i);
28     else
29         coeB(i)=2^(18)+coeB(i);
30     end
31 end
32 |
```

