



Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP

用户指南

IPUG752-1.1,2020-11-05

版权所有© 2020 广东高云半导体科技股份有限公司

未经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、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 |
|------------|-----|--|
| 2020/9/27 | 1.0 | 初始版本。 |
| 2020/11/05 | 1.1 | <ul style="list-style-type: none">● PSRAM 用户接口数据位宽参数更新；● 新增 BSRAM 资源占用表格。 |

目录

| | |
|--|-----------|
| 目录 | i |
| 图目录 | iii |
| 表目录 | iv |
| 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 概述 | 3 |
| 2.1 概述 | 3 |
| 2.2 主要特征 | 3 |
| 2.3 资源利用 | 4 |
| 3 功能描述 | 5 |
| 3.1 系统框图 | 5 |
| 3.2 实现原理 | 5 |
| 3.2.1 电路结构 | 5 |
| 3.2.2 带宽估算 | 6 |
| 3.3 端口列表 | 7 |
| 3.4 参数配置 | 8 |
| 3.5 时序说明 | 8 |
| 3.5.1 视频接口时序 | 8 |
| 3.5.2 PSRAM Memory Interface IP 用户接口时序 | 9 |
| 4 界面配置 | 10 |
| 5 参考设计 | 14 |
| 6 文件交付 | 15 |
| 6.1 文档 | 15 |
| 6.2 设计源代码（加密） | 15 |

6.3 参考设计 15

图目录

| | |
|--|----|
| 图 3-1 系统框图..... | 5 |
| 图 3-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP IO 端口示意图..... | 7 |
| 图 3-3 视频输入接口时序..... | 9 |
| 图 3-4 视频输出接口时序..... | 9 |
| 图 3-5 PSRAM Memory Interface IP 接口读操作时序..... | 9 |
| 图 3-6 PSRAM Memory Interface IP 接口写操作时序..... | 9 |
| 图 4-1 打开 IP Core Generator..... | 10 |
| 图 4-2 打开 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核..... | 11 |
| 图 4-3 IP 核接口示意图..... | 11 |
| 图 4-4 Help 文档..... | 12 |
| 图 5-1 参考设计基本结构图..... | 14 |

表目录

| | |
|---|----|
| 表 1-1 术语、缩略语 | 1 |
| 表 2-1 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 概述 | 3 |
| 表 2-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 占用资源 | 4 |
| 表 2-3 不同参数组合对应 BSRAM 资源占用数 | 4 |
| 表 3-1 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的端口列表..... | 7 |
| 表 3-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 参数 | 8 |
| 表 6-1 文档列表..... | 15 |
| 表 6-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 设计源代码列表 | 15 |
| 表 6-3 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM RefDesign 文件夹内容列表 | 15 |

1 关于本手册

1.1 手册内容

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 用户指南主要内容包括特征简介、功能描述、配置调用、参考设计和交付文档等，旨在帮助用户快速了解 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM 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 可以下载、查看以下相关文档：

- [DS100](#)，GW1N 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS117](#)，GW1NR 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS821](#)，GW1NS 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS861](#)，GW1NSR 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS881](#)，GW1NSER 系列 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
- [DS961](#)，GW2ANR 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 |
| VESA | Video Electronics Standards Association | 视频电子标准协会 |
| VS | Vertical Sync | 垂直同步 |
| HS | Horizontal Sync | 水平同步 |
| DE | Data Enable | 数据使能 |
| VFB | Video Frame Buffer | 视频帧缓存 |

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 概述

2.1 概述

Gowin Video Frame Buffer(VFB) IP 是用于接收并行视频输入数据，然后缓存至存储器，并同时输出并行视频数据，从而实现帧缓存的功能。

Gowin 设计一款基于 PSRAM 存储器的 Video Frame Buffer IP，该 IP 位于 VESA 标准的视频输入输出接口和 PSRAM 存储器接口 IP 用户接口之间，使用户能够方便地实现基于 PSRAM 存储器的视频帧缓存功能。

表 2-1 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 概述

| Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP | |
|--|--|
| 芯片支持 | GW1N 系列 GW1NR 系列 GW1NS 系列 GW1NSR 系列 GW1NSER 系列 GW2A 系列 GW2AR 系列 GW2ANR 系列 |
| 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 |

2.2 主要特征

- 支持 VESA 标准视频接口；
- 支持 16/24/32 视频数据位宽；
- 支持高云 PSRAM 存储器接口 IP；

2.3 资源利用

通过 Verilog 语言实现 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP。因使用器件的密度、速度和等级不同，其性能和资源利用情况可能不同。

以高云 GW2A-18 系列 FPGA 为例，Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 其资源利用情况如表 2-2 和表 2-3 所示。

表 2-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 占用资源

| 器件 | GW2A-18 | GW2A-18 |
|-------------|---------|---------|
| Video width | 16 | 16 |
| FIFO Depth | 1024 | 2048 |
| LUTs | 504(2%) | 583(3%) |
| Registers | 408(2%) | 430(2%) |
| B-SRAMs | 4(8%) | 8(17%) |

表 2-3 不同参数组合对应 BSRAM 资源占用数

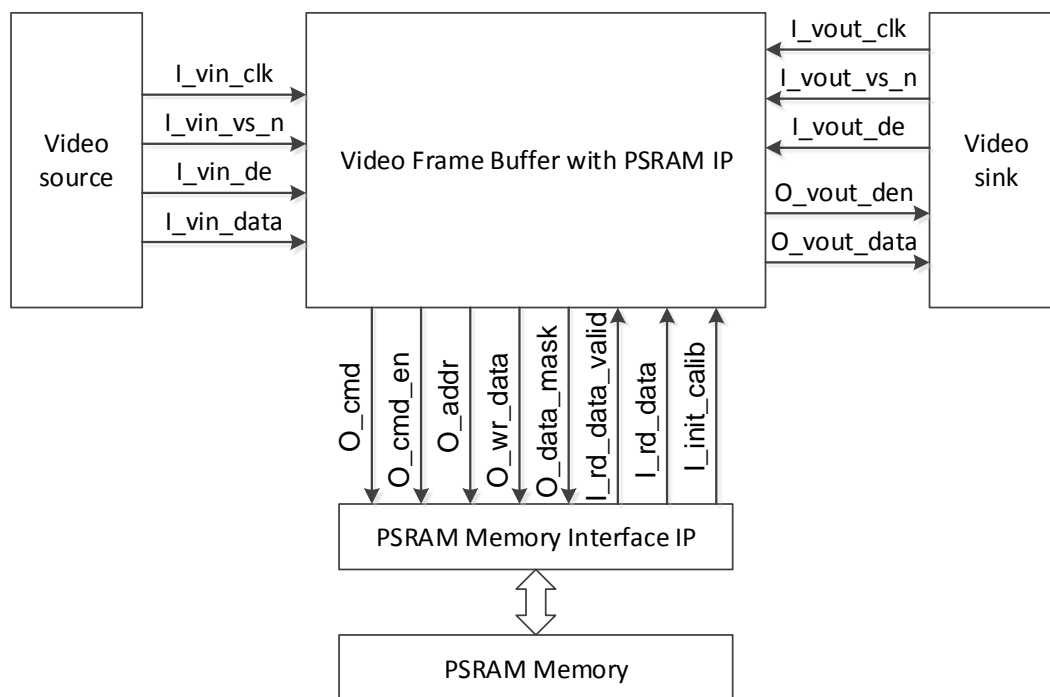
| 位宽 | 读写 FIFO 深度 BSRAM (个) | |
|-----|-------------------------|------|
| | 1024 | 2048 |
| 32 | 4 | 8 |
| 64 | 4 | 8 |
| 128 | 8 | 8 |

3 功能描述

3.1 系统框图

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 用于实现基于 PSRAM 的视频输入和输出帧缓存的功能，系统框图如图 3-1 所示。

图 3-1 系统框图



3.2 实现原理

3.2.1 电路结构

视频帧缓存应用系统包括视频信号源 video source，视频接收器 video sink，视频帧缓存 Video Frame Buffer with PSRAM，PSRAM 存储器接口 IP 和 PSRAM 存储器。

Video Frame Buffer with PSRAM 主要分为 4 个部分，输入行缓存控制电路，输出行缓存控制电路，基地址切换控制电路，仲裁器控制电路。

输入行缓存控制电路接收并行视频输入数据，然后缓存到输入 FIFO 行

缓存中。当 FIFO 中数据存储到预先设定的阈值时，就向仲裁控制器发出 PSRAM 写请求。当仲裁控制器响应请求，给与 PSRAM 控制权，则开始发送写数据，地址和命令。

输出行缓存控制电路会设定一个读取阈值，当输出 FIFO 行缓存内数据数量少于这个阈值时，就会向仲裁器发出 PSRAM 读请求，当仲裁器响应请求，给与 PSRAM 控制权，则开始发送读命令和地址，并将接收的数据存到输出 FIFO 中。当输出 FIFO 收到输出视频的 DE 信号，即作为 FIFO 读使能信号后，则从 FIFO 中输出视频数据。

为了避免出现图像撕裂现象，通常会使用 3 帧缓存方式。使用 3 帧缓存就是有 1 帧在写，1 帧在读，还有 1 帧中间过渡，可以用读指针写指针来指示，读写指针分别指向帧缓存的起始地址，即每帧的基地址。基地址切换控制电路就是负责控制读写指针的跳转。如果选择不使用 3 帧缓存方式，则读写操作都在相同地址空间。

仲裁器控制电路负责接收输入行缓存控制电路和输出行缓存控制电路发出的 PSRAM 读写访问请求，并进行仲裁。同时将输入行缓存控制电路和输出行缓存控制电路的数据接口与 PSRAM 存储器接口 IP 用户接口的数据接口相连接。

3.2.2 带宽估算

视频帧缓存系统如需正常工作，必须保证视频输入输出带宽与存储器带宽满足一定条件。

假设输入视频水平分辨率为 H_{in} ，垂直分辨率为 V_{in} ，场频为 F_{vsin} Hz，像素位宽 N_{in} bit；输出视频水平分辨率为 H_{out} ，垂直分辨率为 V_{out} ，场频为 F_{vsout} ，像素位宽 N_{out} bit；PSRAM 时钟频率为 F_{clk} MHz，数据位宽为 D bit，数据上下沿传输，读写操作效率 $e\%$ 。

带宽估算方法如下：

- 视频输入带宽 $W_{in} = H_{in} * V_{in} * F_{vsin} * N_{in}$ (bit/s)
- 视频输出带宽 $W_{out} = H_{out} * V_{out} * F_{vsout} * N_{out}$ (bit/s)
- 存储器理论带宽 $W_{mem} = F_{clk} * D * 2$ (bit/s)
- 存储器有效带宽 $W_{meme} = F_{clk} * D * 2 * e\%$ (bit/s)

注！

只有当 $W_{meme} > (W_{in} + W_{out})$ 时，视频帧缓存系统才能正常工作。

假设输入视频格式 1280x720@60Hz，像素格式 RGB565，像素位宽 16 bits；输出视频格式 1280x720@60Hz，像素格式 RGB565，像素位宽 16 bits；PSRAM 时钟频率 166 MHz，数据位宽 16 bits，读写操作效率 60%。

注！

读写操作效率取决于 PSRAM 的带宽效率和视频带宽利用率。

- $W_{in} = 1280 * 720 * 60 * 16 = 884,736,000 \text{ bit/s} = 0.824 \text{ Gbit/s}$
- $W_{out} = 1280 * 720 * 60 * 16 = 884,736,000 \text{ bit/s} = 0.824 \text{ Gbit/s}$
- $W_{meme} = 166 \text{ MHz} * 16 * 2 * 60\% = 3187 \text{ Mbit/s} = 3.112 \text{ Gbit/s}$

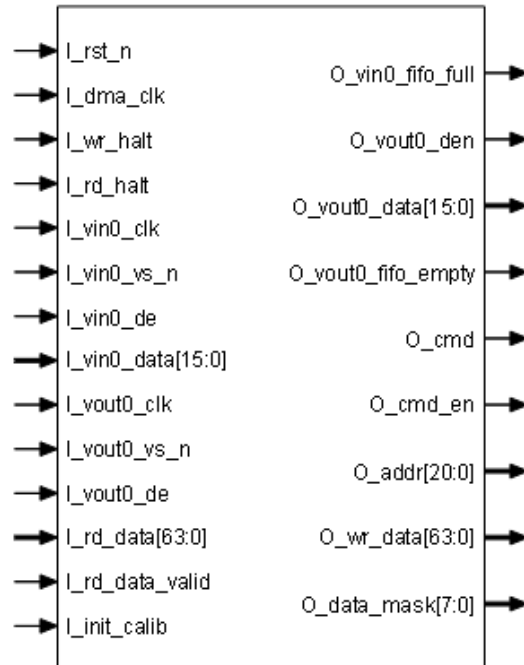
因为 $3.112 \text{ Gbit/s} > (0.824 \text{ Gbit/s} + 0.824 \text{ Gbit/s})$ ，所以视频帧缓存系统能

正常工作。

3.3 端口列表

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的 IO 端口如图 3-2 所示。

图 3-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP IO 端口示意图



根据配置参数不同，端口会略有不同。

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的 IO 端口详细描述如表 3-1 所示。

表 3-1 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的端口列表

| 序号 | 信号名称 | 方向 | 描述 | 备注 |
|----|------------------|----|---------------------------------------|--|
| 1 | l_rst_n | I | 复位信号，低有效 | 所有信号输入输出方向均以 Video Frame Buffer with PSRAM IP 为参考； |
| 2 | l_dma_clk | I | 系统工作时钟，存储器控制器输出时钟 | |
| 3 | l_wr_halt | I | 写指针暂停跳转控制，仅3帧缓存模式有效 0无暂停 1暂停写指针 | |
| 4 | l_rd_halt | I | 读指针暂停跳转控制，仅3帧缓存模式有效 0无暂停 1暂停读指针 | |
| 5 | l_vin0_clk | I | 输入视频时钟 | |
| 6 | l_vin0_vs_n | I | 输入视频场同步VS，负极性 | |
| 7 | l_vin0_de | I | 输入视频数据有效DE | |
| 8 | l_vin0_data | I | 输入视频数据 | |
| 9 | O_vin0_fifo_full | O | 输入FIFO满标志 | |
| 10 | l_vout0_clk | I | 输出视频时钟 | |

| 序号 | 信号名称 | 方向 | 描述 | 备注 |
|----|--------------------|----|----------------|----|
| 11 | I_vout0_vs_n | I | 输出视频同步VS, 负极性 | |
| 12 | I_vout0_de | I | 输出视频数据读使能 | |
| 13 | O_vout0_den | O | 输出视频数据有效 | |
| 14 | O_vout0_data | O | 输出视频数据 | |
| 15 | O_vout0_fifo_empty | O | 输出FIFO空标志 | |
| 16 | O_cmd | O | PSRAM命令通道 | |
| 17 | O_cmd_en | O | PSRAM命令与地址使能信号 | |
| 18 | O_addr | O | PSRAM地址输入 | |
| 19 | O_wr_data | O | PSRAM写数据通道 | |
| 20 | O_data_mask | O | PSRAM写数据掩码信号 | |
| 21 | I_rd_data_valid | I | PSRAM读数据有效信号 | |
| 22 | I_rd_data | I | PSRAM读数据通道 | |
| 23 | I_init_calib | I | PSRAM初始化完成信号 | |

3.4 参数配置

表 3-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 参数

| 序号 | 参数名称 | 允许范围 | 默认值 | 描述 |
|----|------------------------|--------------------------------|----------------|---|
| 1 | Addr Width | 21 | 21 | PSRAM用户接口地址位宽 |
| 2 | Data Width | 32/64/128 | 64 | PSRAM用户接口数据位宽 |
| 3 | Write Burst Length | 128 | 128 | 写突发长度, 需与PSRAM Memory Interface IP中Burst Mode值相同。 |
| 4 | Read Burst Length | 128 | 128 | 读突发长度, 需与PSRAM Memory Interface IP中Burst Mode值相同。 |
| 5 | Read FIFO Burst Mult | 4/8 | 4 | 读FIFO门限值, 是读突发长度的倍数。 |
| 6 | Write FIFO Depth | 1024/2048 | 2048 | 写FIFO深度, 数据单元32bit。 |
| 7 | Read FIFO Depth | 1024/2048 | 2048 | 读FIFO深度, 数据单元32bit。 |
| 8 | Write Video Width | 16/24/32 | 16 | 写视频数据位宽 |
| 9 | Read Video Width | 16/24/32 | 16 | 读视频数据位宽 |
| 10 | Image Size | 21'h00000 1~21'h1FFF FFF | 21'h080 000 | 单帧视频地址空间 |
| 11 | Use Three Frame Buffer | Yes/No | Yes | 是否使用3帧缓存 |

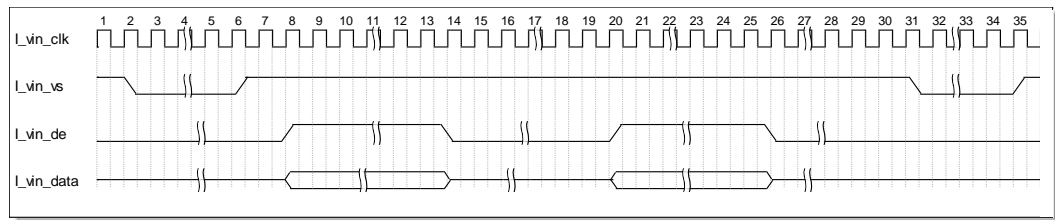
3.5 时序说明

本节介绍 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的时序情况。

3.5.1 视频接口时序

视频输入接口时序示意图如图 3-3 所示。

图 3-3 视频输入接口时序

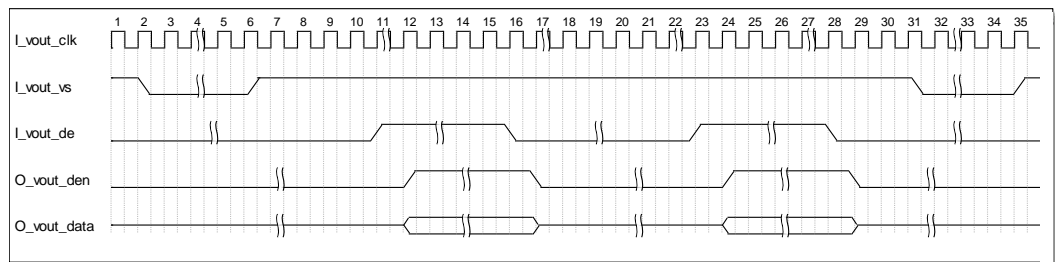


注！

L_vin_de 在一行内必须连续，不支持一行内 DE 不连续。

视频输出接口时序示意图如图 3-4 所示。

图 3-4 视频输出接口时序



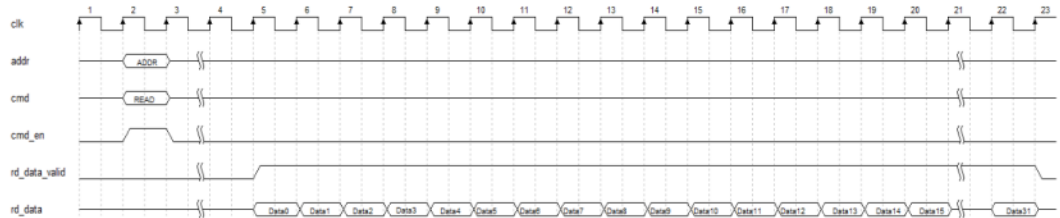
注！

L_vout_de 在一行内必须连续，不支持一行内 DE 不连续。

3.5.2 PSRAM Memory Interface IP 用户接口时序

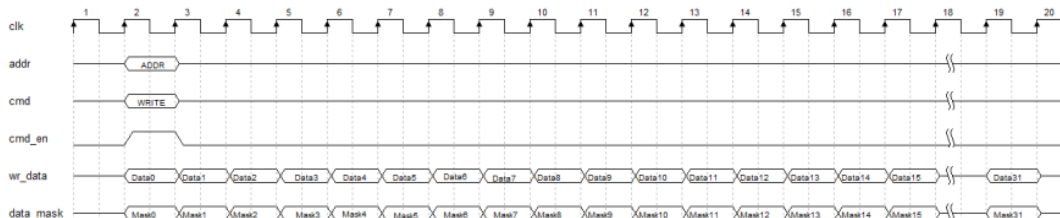
PSRAM Memory Interface IP 用户接口读操作时序图如图 3-5 所示，突发长度为 128。

图 3-5 PSRAM Memory Interface IP 接口读操作时序



PSRAM Memory Interface IP 用户接口写操作时序图如图 3-6 所示，突发长度为 128。

图 3-6 PSRAM Memory Interface IP 接口写操作时序



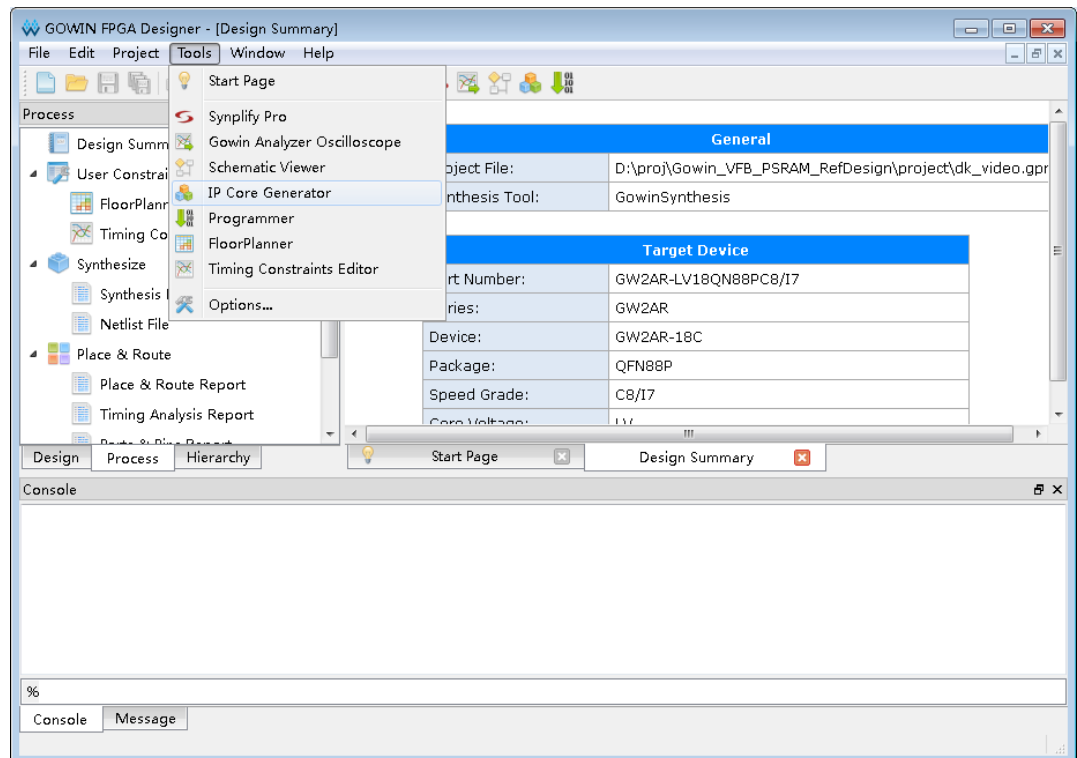
4 界面配置

用户可以使用 IDE 中的 IP 内核生成器工具调用和配置高云 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP。

1. 打开 IP Core Generator

用户建立工程后，单击左上角“Tools”选项卡，下拉单击“IP Core Generator”选项，即可打开 Gowin IP Core Generator，如图 4-1 所示。

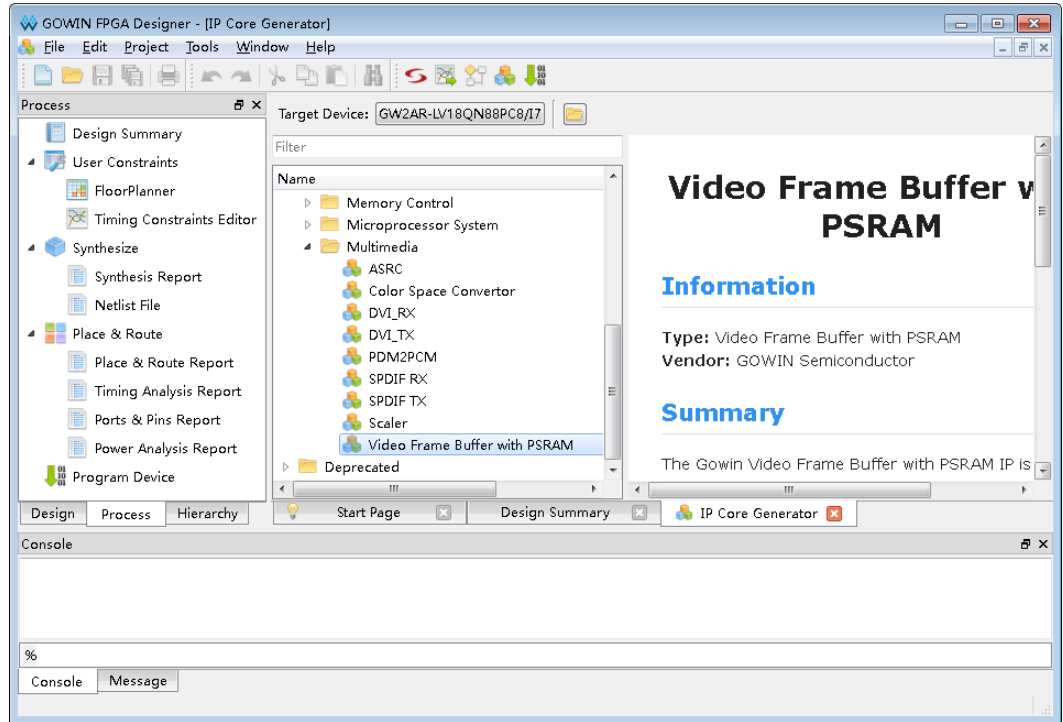
图 4-1 打开 IP Core Generator



2. 打开 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核

单击“Multimedia”选项，双击“Video Frame Buffer with PSRAM”，打开 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核的配置界面，如图 4-2 所示。

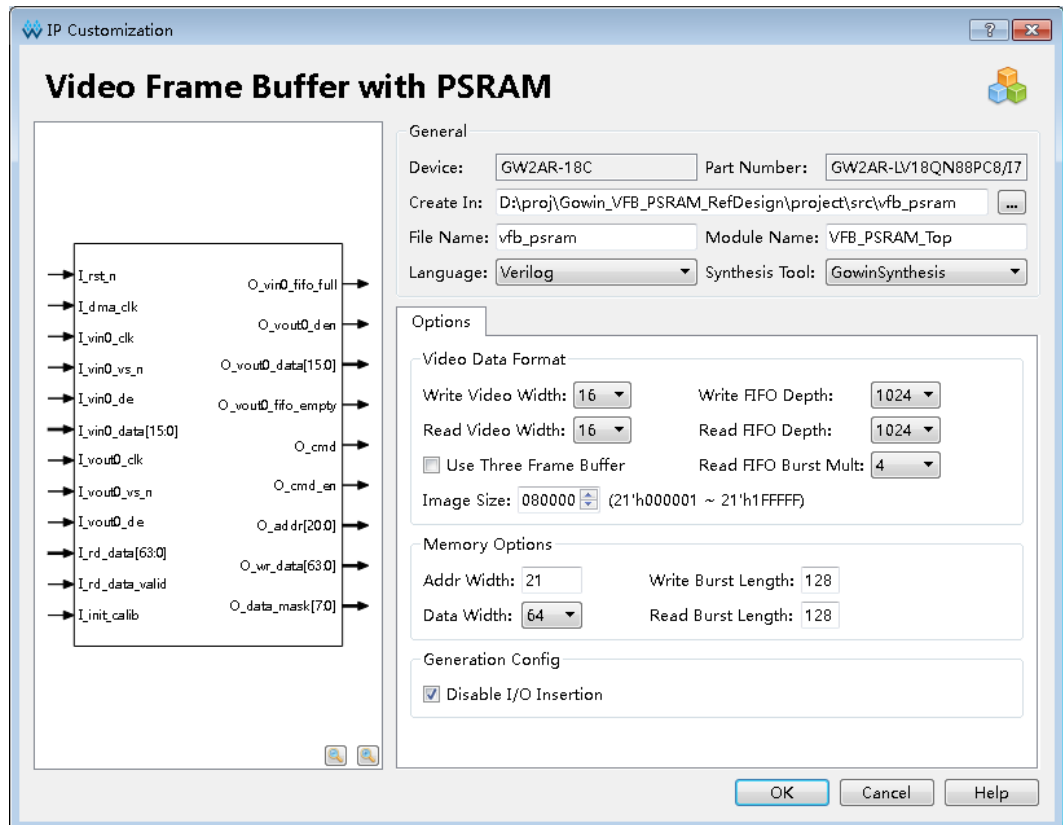
图 4-2 打开 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核



3. Video Frame Buffer with PSRAM IP 核端口界面

配置界面左侧为 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核的接口示意图如图 4-3 所示。

图 4-3 IP 核接口示意图



4. 打开 Help 文档

可以单击位于图 4-3 右下角的“Help”按钮可以查看配置界面中各个选项的简单英文介绍，方便用户快速完成对 IP 核的配置。Help 文档选项介绍顺序和界面顺序一致，如图 4-4 所示。

图 4-4 Help 文档

Video Frame Buffer with PSRAM

Information

Type: Video Frame Buffer with PSRAM

Vendor: GOWIN Semiconductor

Summary: The Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP is used to receive parallel video input data, cache it to PSRAM Memory, and output parallel video data at the same time. The IP allows designers to create custom systems in one Gowin device that connect easily to VESA standard input/output interface with the PSRAM Memory Interface IP. This IP located between PSRAM Memory Interface IP and the user's logic, reduces the user's effort to deal with the video frame buffer application interface with psram by connecting VESA and PSRAM user interface.

Options & Description

Video Data Format

Write Video Width :

- The data width of VESA write video, support 16/24/32 bits.

Read Video Width :

- The data width of VESA read video, support 16/24/32 bits.

Image Size :

- The address space of single video frame within Addr Width.

Use Three Frame Buffer :

- Whether use three frame buffer: Yes: Three frame buffer mode, No: One frame buffer mode

Write FIFO Depth :

- Write FIFO Depth, the data width is 32 bits.

Read FIFO Depth :

- Read FIFO Depth, the data width is 32 bits.

Read FIFO Burst Mult :

- The threshold of the reading FIFO, which is the integer multiple of Burst Length.

Memory Options

Addr Width :

- The address width of psram user interface.

Data Width :

- The data width of psram user interface.

Write Burst Length :

- The length of write burst, the data width is 16 bits.

Read Burst Length :

- The length of read burst, the data width is 16 bits.

5. 配置基本信息

在配置界面的上部分是工程基本信息配置界面，本文芯片型号选择 GW2AR-18C 为例，封装选择 QFN88P。Module Name 选项后面是工程产生后顶层文件的名称，默认为“VFB_PSRAM_Top”，用户可自行修改。“File Name”是 IP 核文件产生的文件夹，存放 Video Frame Buffer with PSRAM IP 核所需文件，默认为“vfb_psram”，用户可自行修改路

径。Create In 选项是 IP 核文件夹产生路径，默认为“\工程路径\src\vfb_psram”，用户可自行修改路径。

图 4-5 基本信息配置界面

General

Device: GW2AR-18C Part Number: GW2AR-LV18QN88PC8/I7

Create In: D:\proj\Gowin_VFB_PSRAM_RefDesign\project\src\vfb_psram

File Name: vfb_psram Module Name: VFB_PSRAM_Top

Language: Verilog Synthesis Tool: GowinSynthesis

6. Options 选项卡

在 Options 选项卡中，用户需要配置 Video Frame Buffer with PSRAM 所使用视频格式，存储器接口等参数信息。

图 4-6 Options 选项卡

Options

Video Data Format

Write Video Width: 16 Write FIFO Depth: 1024

Read Video Width: 16 Read FIFO Depth: 1024

Use Three Frame Buffer Read FIFO Burst Mult: 4

Image Size: 080000 (21'h000001 ~ 21'h1FFFFFF)

Memory Options

Addr Width: 21 Write Burst Length: 128

Data Width: 64 Read Burst Length: 128

Generation Config

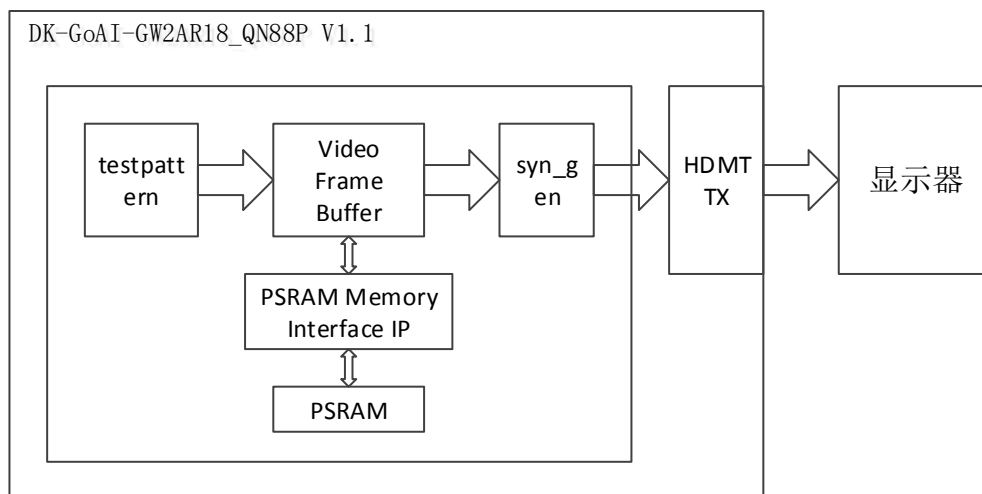
Disable I/O Insertion

5 参考设计

本节主要介绍 Video Frame Buffer with PSRAM IP 的参考设计实例的使用方法。详细信息请参见高云半导体官网给出的 [Video Frame Buffer with PSRAM 相关参考设计](#)。

本参考设计以 DK-GoAI-GW2AR18_QN88P V1.1 开发板为例，参考设计基本框图如图 5-1 所示。详细信息请参见高云半导体官网 [DK-GoAI-GW2AR18_QN88P V1.1 开发板](#)。

图 5-1 参考设计基本结构图



在参考设计中,通过 testpattern 模块产生测试图视频信号,输入到 Video Frame Buffer 进行视频数据缓存, Video Frame Buffer 与 PSRAM 控制器 IP 相连, syn_gen 模块产生输出视频时序,从 Video Frame Buffer 中读取视频数据,然后输出到 HDMI(J4)端口,通过 HDMI 线缆和显示器相连,即可以看到内部产生的测试图。测试图包括彩条图,网格图,灰阶图,纯色图。

6 文件交付

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 交付文件主要包含三个部分，分别为：文档、设计源代码和参考设计。

6.1 文档

文件夹主要包含用户指南 PDF 文档。

表 6-1 文档列表

| 名称 | 描述 |
|--|--|
| IPUG752, Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 用户指南 | 高云 SPI Video Frame Buffer with PSRAM IP 用户手册，即本手册。 |
| RN752, Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 发布说明 | - |

6.2 设计源代码（加密）

加密代码文件夹包含 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的 RTL 加密代码，以配合高云云源软件产生用户所需的 IP 核。

表 6-2 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 设计源代码列表

| 名称 | 描述 |
|-------------|----------------------|
| vfb_psram.v | IP 核顶层文件，给用户接口信息，加密。 |

6.3 参考设计

Gowin Video Frame Buffer with PSRAM RefDesign 文件夹主要包含 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM IP 的网表文件，用户参考设计，约束文件、顶层文件及工程文件夹等。

表 6-3 Gowin Video Frame Buffer with PSRAM RefDesign 文件夹内容列表

| 名称 | 描述 |
|---------------------------|-------------------------------------|
| video_top.v | 参考设计的顶层module |
| testpattern.v | 测试图产生模块 |
| dk_video.cst | 工程物理约束文件 |
| dk_video.sdc | 工程时序约束文件 |
| vfb_psram | Video Frame Buffer with PSRAM IP文件夹 |
| psram_memory_interface_hs | PSRAM Memory Interface IP文件夹 |
| dvi_tx_top | DVI TX IP文件夹 |
| gowin_rpll | rPLL IP文件夹 |

| 名称 | 描述 |
|----------|-------------|
| syn_code | 同步时序产生模块文件夹 |

