




Gowin 10G Ethernet MAC IP 用户指南

IPUG1084-1.0, 2024-02-02

版权所有 © 2024 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云、、Gowin、GowinSynthesis、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
2024/02/02	1.0	初始版本。

目录

目录	i
图目录	ii
表目录	iii
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 特征与性能	3
2.2 主要特征	3
2.3 工作频率	4
2.4 资源利用	4
3 功能描述	5
3.1 整体结构	5
3.2 功能及接口说明	6
3.2.1 复位	6
3.2.2 XGMII 接口	6
3.2.3 配置功能	6
3.2.4 以太网数据	7
3.2.5 推荐连接	9
4 端口列表	11
5 参数配置	15
6 界面配置	16
7 参考设计	18

图目录

图 3-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP 结构图	5
图 3-2 禁止接收 FCS Forward 功能时序图.....	7
图 3-3 使能接收 FCS Forward 功能时序图.....	8
图 3-4 禁止发送 FCS Forward 功能时序图.....	8
图 3-5 使能发送 FCS Forward 功能时序	9
图 3-6 SDR 模式连接	9
图 3-7 DDR 模式连接	10
图 4-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP 端口示意图	11
图 6-1 IP 核产生工具	16
图 6-2 Gowin 10G Ethernet MAC IP 配置界面	17

表目录

表 1-1 术语、缩略语	1
表 2-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP	3
表 2-2 资源利用	4
表 4-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP IO 端口	11
表 5-1 Gowin 10G Ethernet MAC 静态参数	15

1 关于本手册

1.1 手册内容

Gowin® 10G Ethernet MAC IP 用户指南旨在帮助用户快速掌握 Gowin 10G Ethernet MAC IP 的功能，旨在帮助用户快速了解 Gowin 10G Ethernet MAC 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 1.9.9.01 (64-bit)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.cn 可以下载、查看以下相关文档：

- [DS981, GW5AT 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1103, GW5A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1104, GW5AST 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1108, GW5AR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1104, GW5AST 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1105, GW5AS 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

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
DDR	Double Data Rate	双边沿数据传输模式
IFG	Inter-Frame Gap	帧间隔
IP	Intellectual Property	知识产权
LUT	Look-up Table	查找表
MAC	Media Access Control	介质访问控制层

术语、缩略语	全称	含义
SDR	Single Data Rate	单边沿数据传输模式

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：

网站: www.gowinsemi.com.cn

E-mail: support@gowinsemi.com

Tel: +86 755 8262 0391

2 概述

本文档描述了 10G Ethernet MAC IP，它实现了 IEEE802.3 协议中 10G 速率以太网 MAC 层的功能描述。Gowin 10G Ethernet MAC IP 为用户提供了一个通用的访问接口，可以集成到需要 10G 速率以太网 MAC 的设备中，这种连接通常用于通信应用。

表 2-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP

Gowin 10G Ethernet MAC IP	
逻辑资源	见表 2-2
交付文件	
设计文件	Verilog (加密)
参考设计	Verilog
测试平台	Verilog
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis®
应用软件	Gowin Software (V1.9.9.01 及以上)

注！

可登录[高云半导体网站](#)查看芯片支持信息。

2.1 特征与性能

2.2 主要特征

- 支持 32bit 和 64bit XGMII 接口
- 符合标准 IEEE 802.3 clause 46
- 支持 10G 速率
- 支持全双工
- 支持用户可选是否自动添加和校验 CRC
- 支持自动添加 pad 功能
- 支持以太网帧错误统计

- 支持 IFG 可配置功能
- 支持 Jumbo 模式

2.3 工作频率

Gowin 10G Ethernet MAC IP 的工作频率为 156.25MHz。

2.4 资源利用

表 2-2 给出了资源利用的概述。关于其它器件的资源利用请参阅相关的后期发布信息。

表 2-2 资源利用

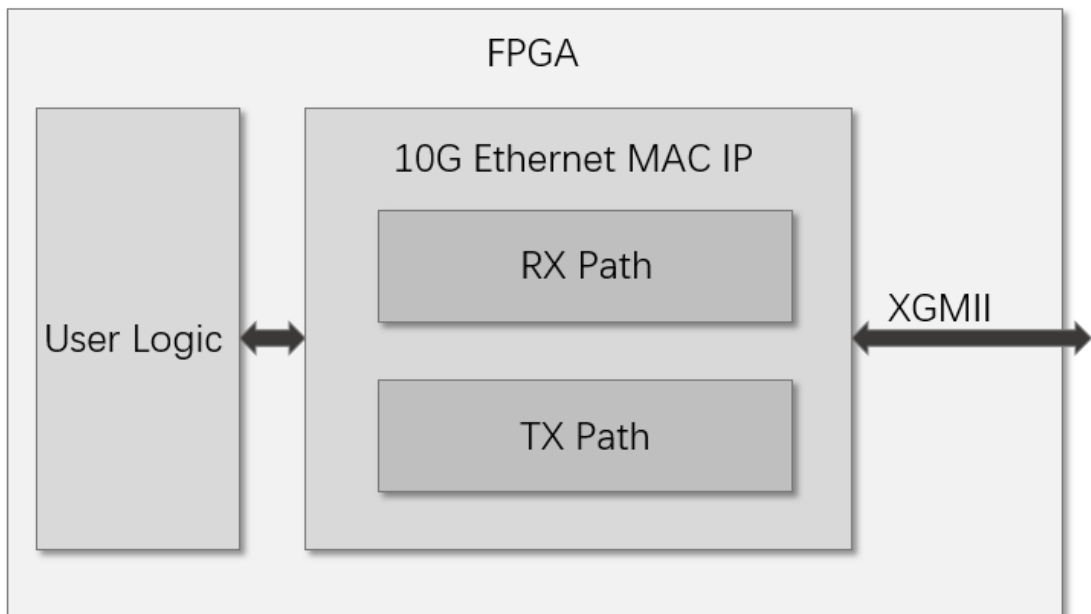
LUTs	REGs	Device Series	Speed Level
4763	1883	GW5AST-138	C2

3 功能描述

3.1 整体结构

Gowin 10G Ethernet MAC IP 基本结构如图 3-1 所示, 主要包含 RX Path、TX Path 等模块, 图 3-1 中的 User Logic 是 FPGA 中的用户设计。

图 3-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP 结构图



- RX Path 模块实现 XGMII 数据格式到用户数据格式的转换, 并实现 CRC、PAD、帧统计等功能。
- TX Path 模块实现用户数据格式到 XGMII 数据格式的转换, 并实现 CRC、IFG 配置、帧统计、错误指示等功能。

3.2 功能及接口说明

3.2.1 复位

IP 支持接收方向和发送方向分别进行异步复位，复位信号描述见表 4-1。

3.2.2 XGMII 接口

IP 支持两种 XGMII 接口模式，分别为 SDR 模式和 DDR 模式。

SDR 模式

当界面 Interface 选项选择 SDR 时，IP 工作在 SDR 模式下。此模式为单边沿数据格式。当 IP 需要连接 FPGA 内部 XGMII 接口（例如连接 10G Serial Ethernet IP）时，需要配置为此模式，SDR 模式信号见表 4-1。

DDR 模式

当界面 Interface 选项选择 DDR 时，IP 工作在 DDR 模式下。此模式接口为 IEEE802.3 clause 46 定义的双边沿数据格式和编码格式。当 FPGA 需要外接支持 XGMII 接口芯片时，需要配置为此模式，DDR 模式信号见表 4-1。

3.2.3 配置功能

IP 支持各种模式配置，用户可根据需求对 IP 进行配置。

接收 FCS Forward 功能

当用户禁止接收 FCS Forward 功能时，FCS 字段不会被输出到用户侧。IP 会自动校验 FCS 字段，并把校验结果输出到 rx_statistics_vector 相应字段。当用户使能接收 FCS Forward 功能时，FCS 字段会被输出到用户侧。IP 仍会自动校验 FCS 字段，并把校验结果输出到 rx_statistics_vector 相应字段。

发送 FCS Forward 功能

当用户禁止发送 FCS Forward 功能时，用户无需计算并发送 FCS 字段。IP 会自动计算 FCS 字段，并自动添加到以太网帧。当用户使能发送 FCS Forward 功能时，用户需计算 FCS 字段，并在用户侧发送给 IP。

接收 Jumbo 功能

IP 接收支持 Jumbo 功能。当用户禁止 Jumbo 功能时，IP 判断正确以太网帧长度为 64 字节~1518 字节（非 VLAN 帧）或 64 字节~1522 字节（VLAN 帧）。当收到的以太网帧不在上述范围内时，rx_mac_error 会指示此帧有错误，且 rx_statistics_vector 中 RX Length Error 为 1。当用户使能 Jumbo 功能时，只有接收到的以太网帧小于 64 字节，IP 才会判断为错误。

发送 Link Fault 配置

用户可配置当 IP 的 XGMII 接口收到 Link Fault 帧时，XGMII 是否根据协议发送相应的 Link Fault 帧。

当用户配置 IP 为使能发送 Link Fault 帧时，XGMII 发送数据遵从以下规

则:当 IP XGMII 接口收到 Local Fault 帧时,其 XGMII 接口发送 Remote Fault 帧;当 IP XGMII 接口收到 Remote Fault 帧时,其 XGMII 接口发送 Idle 帧;当 IP XGMII 接收未收到任何 Fault 帧时,其 XGMII 接口发送用户数据。

当用户配置 IP 为禁止发送 Link Fault 帧时,不管 IP XGMII 接口是否收到 Link Fault 帧,其 XGMII 接口均发送用户数据。

发送帧间隔配置

用户可配置 IP 发送 XGMII 数据最小帧间隔。最小帧间隔可配置为 12 字节~60 字节,以 4 字节为步长。

配置接口

用户可通过配置接口实现以上配置功能的选择,配置接口说明见表 4-1。

3.2.4 以太网数据

接收数据

用户可通过 IP 提供的用户侧接口接收以太网数据,IP 会把 XGMII 格式数据转换为用户侧以太网数据。

图 3-2 为禁止接收 FCS Forward 功能的接收时序。当 rx_mac_valid_o 由 0 变为 1 时,表明用户需要开始接收数据。用户需要根据 rx_mac_valid_o 和 rx_mac_byte_o 判断 rx_mac_data_o 的哪些字节有效。在此模式下,转发到用户侧的只有数据字段,并不会把 FCS 字段转发到用户侧。当用户检测到 rx_mac_last_o 为 1 时,说明接收到以太网数据的最后一个时钟周期,用户需要根据 rx_mac_byte_o 来判断最后一个时钟周期的有效字节。若接收以太网数据有错误,rx_mac_error_o 会与 rx_mac_last_o 同时拉高。接收数据统计信息和错误类型,可通过 rx_statistics_vector_o 查看。

rx_statistics_vector_o 指示接收数据的状态,当 rx_statistics_valid_o 为 1 时有效。

图 3-2 禁止接收 FCS Forward 功能时序图

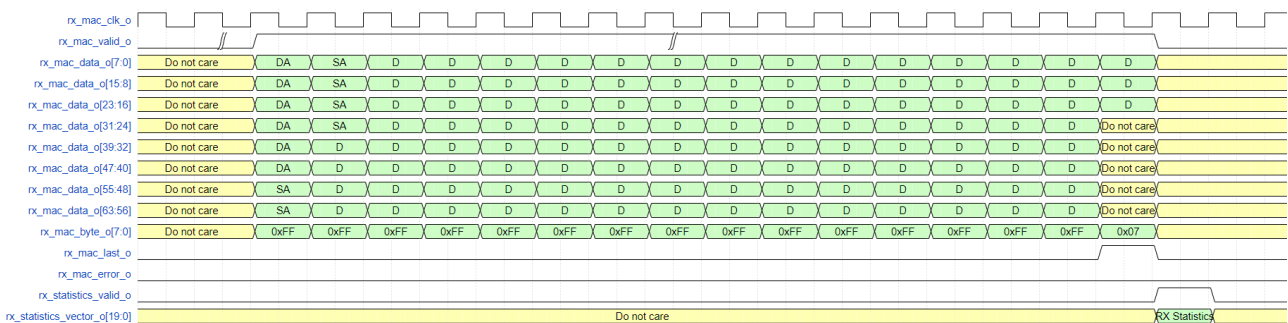
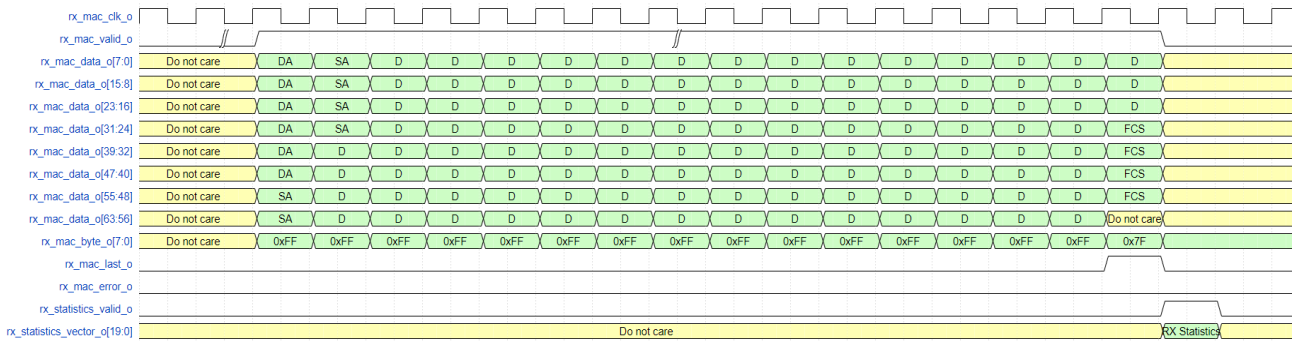


图 3-3 为使能接收 FCS Forward 功能的接收时序。注意在接收最后一个时钟周期数据时,IP 给出了 FCS 字段,同时 rx_mac_byte_o 指示了 FCS 字段的长度,接收以太网数据用户侧接口说明见表 4-1。

图 3-3 使能接收 FCS Forward 功能时序图



发送数据

用户可通过 IP 提供的用户侧接口发送以太网数据，IP 会把用户侧以太网数据转换为 XGMII 格式数据。

图 3-4 为禁止发送 FCS Forward 功能的发送时序。当用户拉高 tx_mac_valid_i 时，表明用户开始发送数据。用户需要根据 tx_mac_ready_o 持续更新发送数据 tx_mac_data_i。在此模式下，用户只需要发送数据，不需要发送 FCS 字段，IP 会自动计算 FCS，并在发送最后一个数据后自动添加 FCS 字段。当用户发送最后一个数据时，需要拉高 tx_mac_last_i 一个周期，指示此周期数据为需要发送的最后数据。在拉高 tx_mac_last_i 的同时，用户需要通过 tx_mac_byte_i 指示最后数据的哪些字节需要发送。若用户需要在发送数据的过程中发送 Transmit error propagation，则需要在数据相应位置拉高 tx_mac_error_i 一个周期，此时 IP 会在相应位置发送 Transmit error propagation。发送数据统计信息和错误类型，可通过 tx_statistics_vector_o 查看。tx_statistics_vector_o 指示发送数据的状态，当 tx_statistics_valid_o 为 1 时有效。

图 3-4 禁止发送 FCS Forward 功能时序图

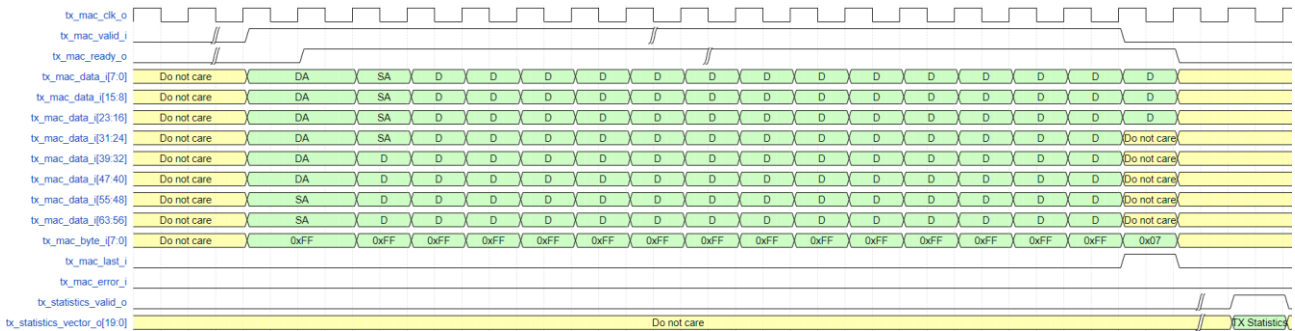
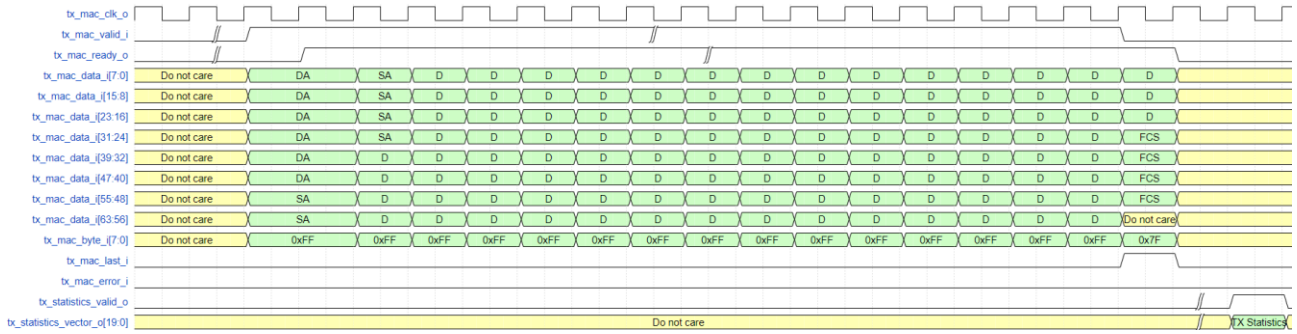


图 3-5 为使能发送 FCS Forward 功能的发送时序。注意在发送最后一个时钟周期数据时，用户需要发送 FCS 字段，同时 tx_mac_byte_i 指示 FCS 字段的位序，发送以太网数据用户侧接口说明见表 4-1。

图 3-5 使能发送 FCS Forward 功能时序



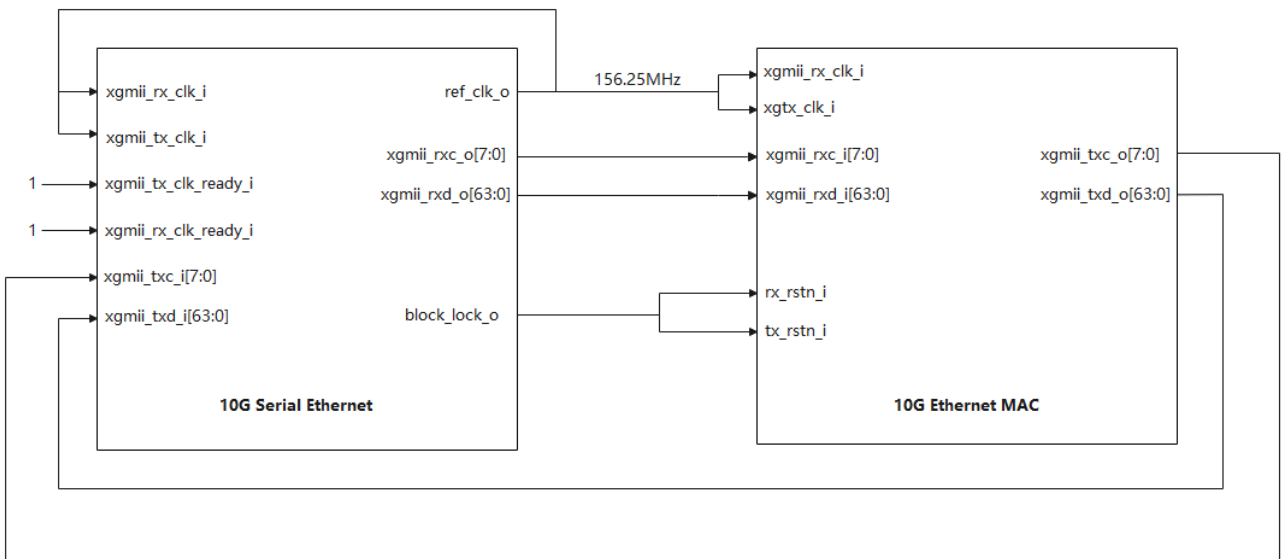
3.2.5 推荐连接

SDR 模式

以连接 Gowin 10G Serial Ethernet IP 为例。如图 3-6 所示，10G Ethernet MAC IP 配置为 SDR 模式。两个 IP 的连接方式如下：

1. 两个 IP 的 XGMII 接口相互连接。
2. 10G Serial Ethernet IP ref_clk_o 输出的 156.25MHz 时钟作为收发 XGMII 时钟，分别连接 10G Serial Ethernet IP 的 xgmii_rx_clk_i、xgmii_tx_clk_i 和 10G Ethernet MAC IP 的 xgmii_rx_clk_i、xgtx_clk_i。此连接方式保证两个 IP 的 XGMII 收发时钟同频同相。
3. 10G Serial Ethernet IP 的 block_lock_o 连接 10G Ethernet MAC IP 的 rx_rstn_i 和 tx_rstn_i。此连接保证在 10G Serial Ethernet IP block 同步后，再释放 10G Ethernet MAC IP 收发方向的复位。
4. 10G Serial Ethernet IP 时钟方案请参考 [IPUG1178, Gowin 10G Serial Ethernet IP 用户指南](#)。

图 3-6 SDR 模式连接



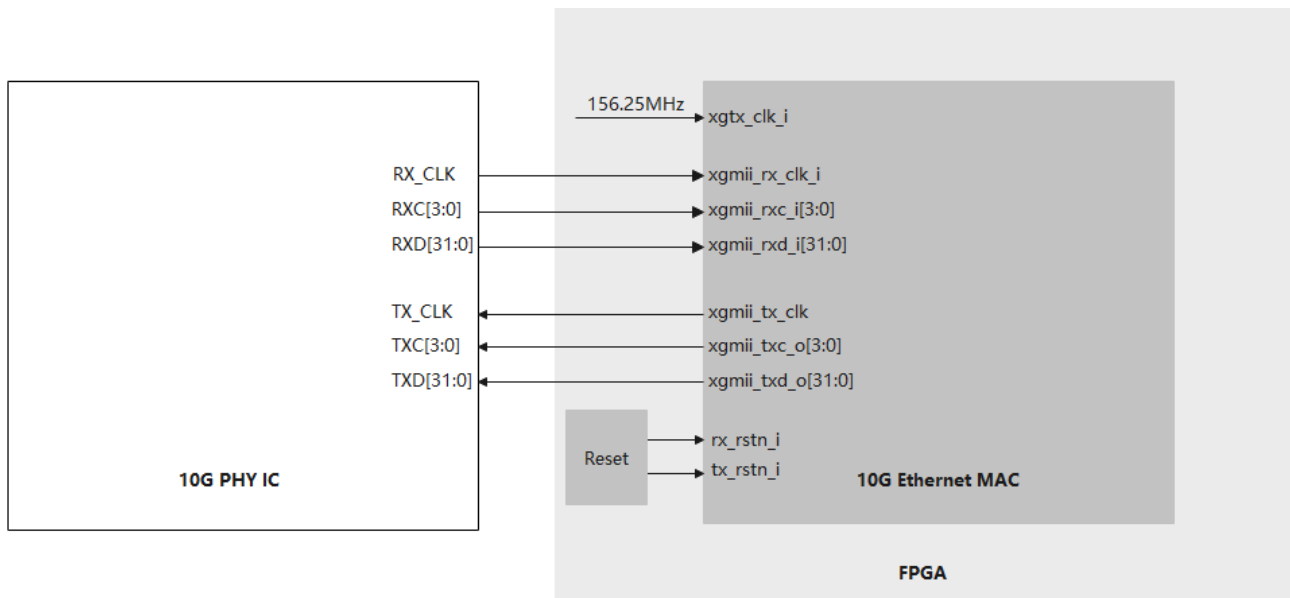
DDR 模式

以连接 PHY IC 为例。如图 3-7 所示，10G Ethernet MAC IP 配置为 DDR

模式。PHY IC 与 IP 的连接方式如下：

1. PHY IC 的 XGMII 接口与 IP 的 XGMII 接口连接。
2. IP 的 `xgtx_clk_i` 输入 156.25MHz 时钟。
3. IP 的 `rx_rstn_i` 由用户控制，当 `xgmii_rx_clk_i` 稳定后可释放。
4. IP 的 `tx_rstn_i` 由用户控制，当 `xgtx_clk_i` 稳定后可释放。

图 3-7 DDR 模式连接



4 端口列表

Gowin 10G Ethernet MAC IP 的 IO 端口图如图 4-1 所示，端口描述如表 4-1 所示。

图 4-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP 端口示意图

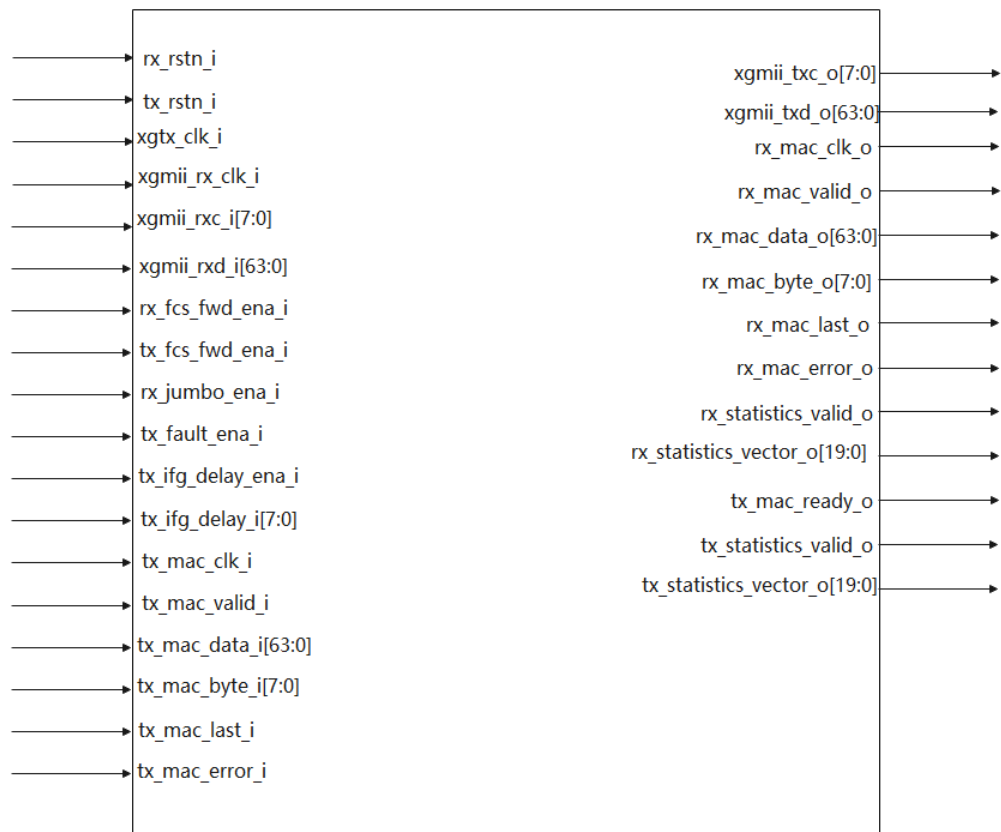


表 4-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP IO 端口

信号	方向	位宽	描述
Reset			
rx_rstn_i	input	1	接收方向异步复位输入，低有效
tx_rstn_i	input	1	发送方向异步复位输入，低有效
XGMII Interface-SDR Mode			
xgtx_clk_i	input	1	XGMII发送时钟输入，频率为156.25MHz

信号	方向	位宽	描述
xgmii_txc_o	output	8	XGMII发送TXC输出，同步于xgtx_clk_i
xgmii_txd_o	output	64	XGMII发送TXD输出，同步于xgtx_clk_i
xgmii_rx_clk_i	input	1	XGMII接收RX_CLK输入，频率为156.25MHz
xgmii_rxc_i	input	8	XGMII接收RXC输入，同步于xgmii_rx_clk_i
xgmii_rxd_i	input	64	XGMII接收RXD输入，同步于xgmii_rx_clk_i
XGMII Interface-DDR Mode			
xgtx_clk_i	input	1	XGMII发送时钟参考输入，频率为156.25MHz
xgmii_tx_clk_o	output	1	XGMII发送TX_CLK
xgmii_txc_o	output	4	XGMII发送TXC
xgmii_txd_o	output	32	XGMII发送TXD
xgmii_rx_clk_i	input	1	XGMII接收RX_CLK
xgmii_rxc_i	input	4	XGMII接收RXC
xgmii_rxd_i	input	32	XGMII接收RXD
Configure Interface			
rx_fcs_fwd_ena_i	input	1	接收FCS Forward功能： 1：使能接收FCS Forward功能 0：禁止接收FCS Forward功能
tx_fcs_fwd_ena_i	input	1	发送FCS Forward功能： 1：使能发送FCS Forward功能 0：禁止发送FCS Forward功能
rx_jumbo_ena_i	input	1	接收Jumbo功能： 1：使能接收Jumbo功能 0：禁止接收Jumbo功能
tx_fault_ena_i	input	1	发送Link Fault功能： 1：使能发送Link Fault 0：禁止发送Link Fault
tx_ifg_delay_ena_i	input	1	发送最小IFG配置使能： 1：使能最小IFG配置 0：禁止最小IFG配置，默认最小IFG为12字节
tx_ifg_delay_i	input	8	发送最小IFG： 当tx_ifg_delay_ena_i为1时，IP发送最小IFG由tx_ifg_delay_i决定。当tx_ifg_delay_i小于3时，最小IFG为12字节；当tx_ifg_delay_i大于等于3时，最小IFG为用户设置值*4字节。 当tx_ifg_delay_ena_i为0时，此设置无效
User Interface			
rx_mac_clk_o	output	1	用户侧接收时钟，频率为156.25MHz
rx_mac_valid_o	output	1	用户侧接收使能，同步于rx_mac_clk_o
rx_mac_data_o	output	64	用户侧接收数据，同步于rx_mac_clk_o
rx_mac_byte_o	output	8	用户侧接收数据有效字节指示。每一bit指示rx_mac_data_o

信号	方向	位宽	描述
			的1个字节，同步于rx_mac_clk_o。 0: 无效; 1: 有效。 [0]: 指示rx_mac_data_o[7:0] [1]: 指示rx_mac_data_o[15:8] [2]: 指示rx_mac_data_o[23:16] [3]: 指示rx_mac_data_o[31:24] [4]: 指示rx_mac_data_o[39:32] [5]: 指示rx_mac_data_o[47:40] [6]: 指示rx_mac_data_o[55:48] [7]: 指示rx_mac_data_o[63:56]
rx_mac_last_o	output	1	用户侧接收最后数据指示，同步于rx_mac_clk_o
rx_mac_error_o	output	1	用户侧接收错误帧指示，同步于rx_mac_clk_o
rx_statistics_valid_o	output	1	用户侧接收统计有效指示，同步于rx_mac_clk_o
rx_statistics_vector_o	output	20	用户侧接收统计信息，同步于rx_mac_clk_o [15:0]: 接收数据长度，含FCS字段 [16]: 接收数据长度错误 0: 正确 1: 错误 [17]: 接收数据时收到Receive error码 0: 未收到Receive error 1: 收到Receive error [18]: 接收数据CRC校验错误 0: 无CRC校验错误 1: 有CRC校验错误 [19]: 接收数据时收到control characters 0: 未收到control characters 1: 收到control characters
tx_mac_clk_i	output	1	用户侧发送时钟，频率为156.25MHz，与xgtx_clk_i一致
tx_mac_valid_i	input	1	用户侧发送使能，同步于tx_mac_clk_o
tx_mac_ready_o	output	1	用户侧发送握手信号，为1表示tx_mac_data_i被接收，同步于tx_mac_clk_o
tx_mac_data_i	input	64	用户侧发送数据，同步于tx_mac_clk_o
tx_mac_byte_i	input	8	用户侧发送数据有效字节指示。每一bit指示tx_mac_data_i的1个字节，同步于tx_mac_clk_o。 0: 无效; 1: 有效。 [0]: 指示tx_mac_data_i[7:0] [1]: 指示tx_mac_data_i[15:8] [2]: 指示tx_mac_data_i[23:16] [3]: 指示tx_mac_data_i[31:24] [4]: 指示tx_mac_data_i[39:32] [5]: 指示tx_mac_data_i[47:40] [6]: 指示tx_mac_data_i[55:48]

信号	方向	位宽	描述
			[7]: 指示tx_mac_data_i[63:56]
tx_mac_last_i	input	1	用户侧发送最后数据指示, 同步于tx_mac_clk_o
tx_mac_error_i	input	1	用户侧发送Transmit error propagation使能, 同步于tx_mac_clk_o
tx_statistics_valid_o	output	1	用户侧发送统计有效指示, 同步于tx_mac_clk_o
tx_statistics_vector_o	output	19	<p>用户侧发送统计信息, 同步于tx_mac_clk_o</p> <p>[15:0]: 发送数据长度, 含FCS字段</p> <p>[16]: 在此帧数据发送时, 发出了由于Remote Fault导致的Idle码, 表示此帧数据未发送成功</p> <p>0: 发送成功</p> <p>1: 发送失败</p> <p>[17]: 在此帧数据发送时, 发出了由于Local Fault导致的Remote Fault码, 表示此帧数据未发送成功</p> <p>0: 发送成功</p> <p>1: 发送失败</p> <p>[18]: 发送数据时发送了Transmit error propagation码</p> <p>0: 未发送Transmit error propagation</p> <p>1: 发送Transmit error propagation</p>

5 参数配置

用户需根据设计要求配置 Gowin 10G Ethernet MAC IP 的各个静态参数与时序参数，可参考表 5-1。

表 5-1 Gowin 10G Ethernet MAC IP 静态参数

名称	描述	选项
Interface	接口模式	SDR/DDR SDR: XGMII 数据为单边沿模式; DDR: XGMII 数据为双边沿模式

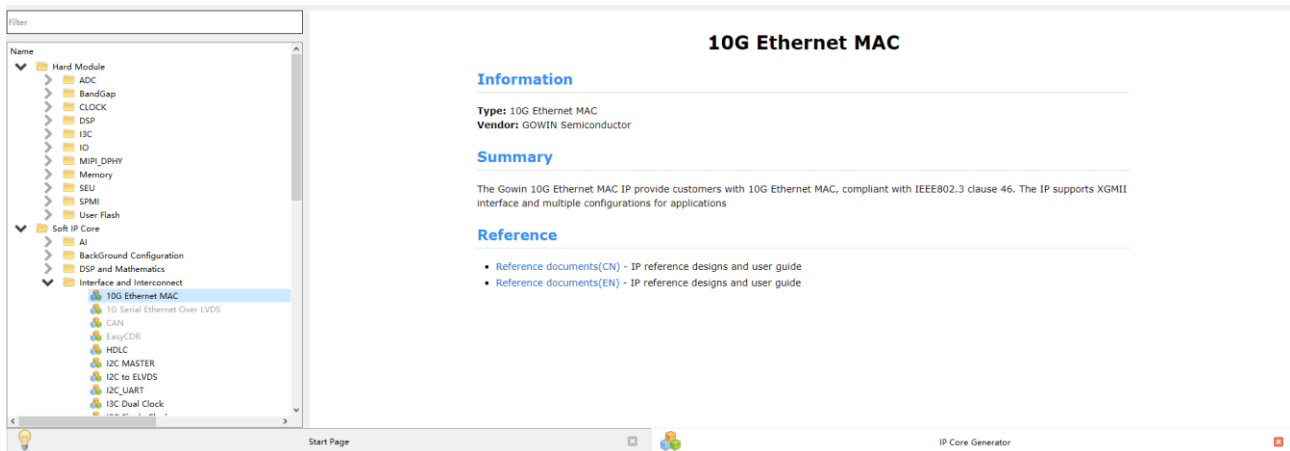
6 界面配置

用户可在 IDE 中通过 IP Core Generator 工具调用并配置 Gowin 10G Ethernet MAC IP。本章节以选择使用 SDR 接口模式为例，介绍了主要配置界面、配置流程以及各配置选项含义。

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，就可打开 GOWIN 的 IP 核产生工具，选择 10G Ethernet MAC，如图 6-1 所示。

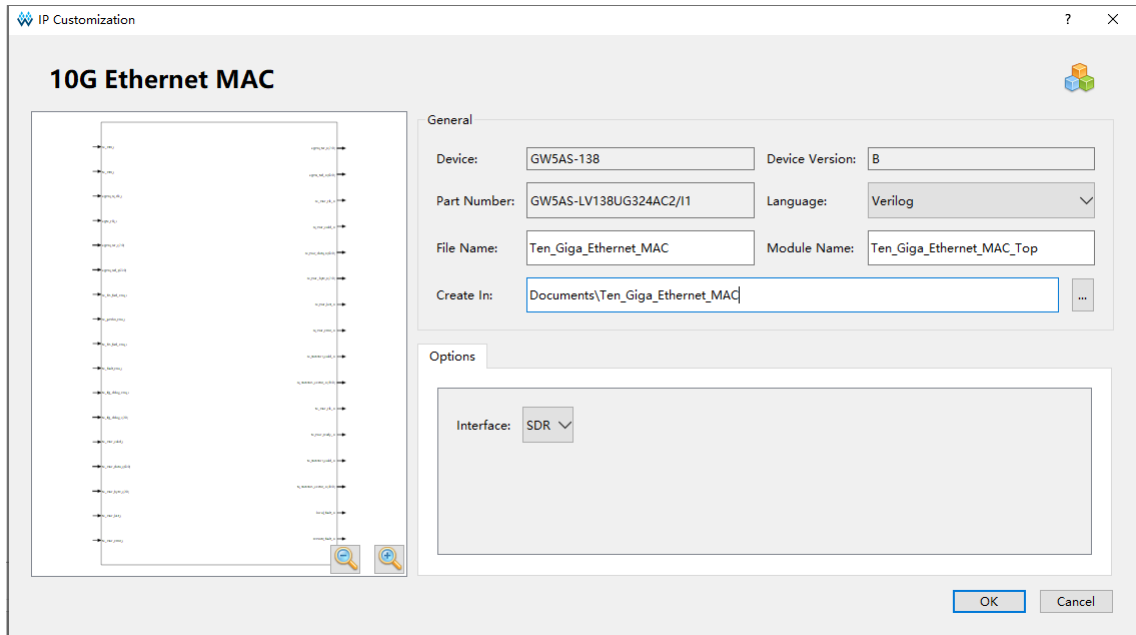
图 6-1 IP 核产生工具



2. 10G Ethernet MAC 端口界面

配置界面左端是 10G Ethernet MAC IP 的接口示意图，右端是 IP 选项如图 6-2 所示。

图 6-2 Gowin 10G Ethernet MAC IP 配置界面



7 参考设计

详细信息请参见高云半导体官网 10G Ethernet MAC 参考设计。

