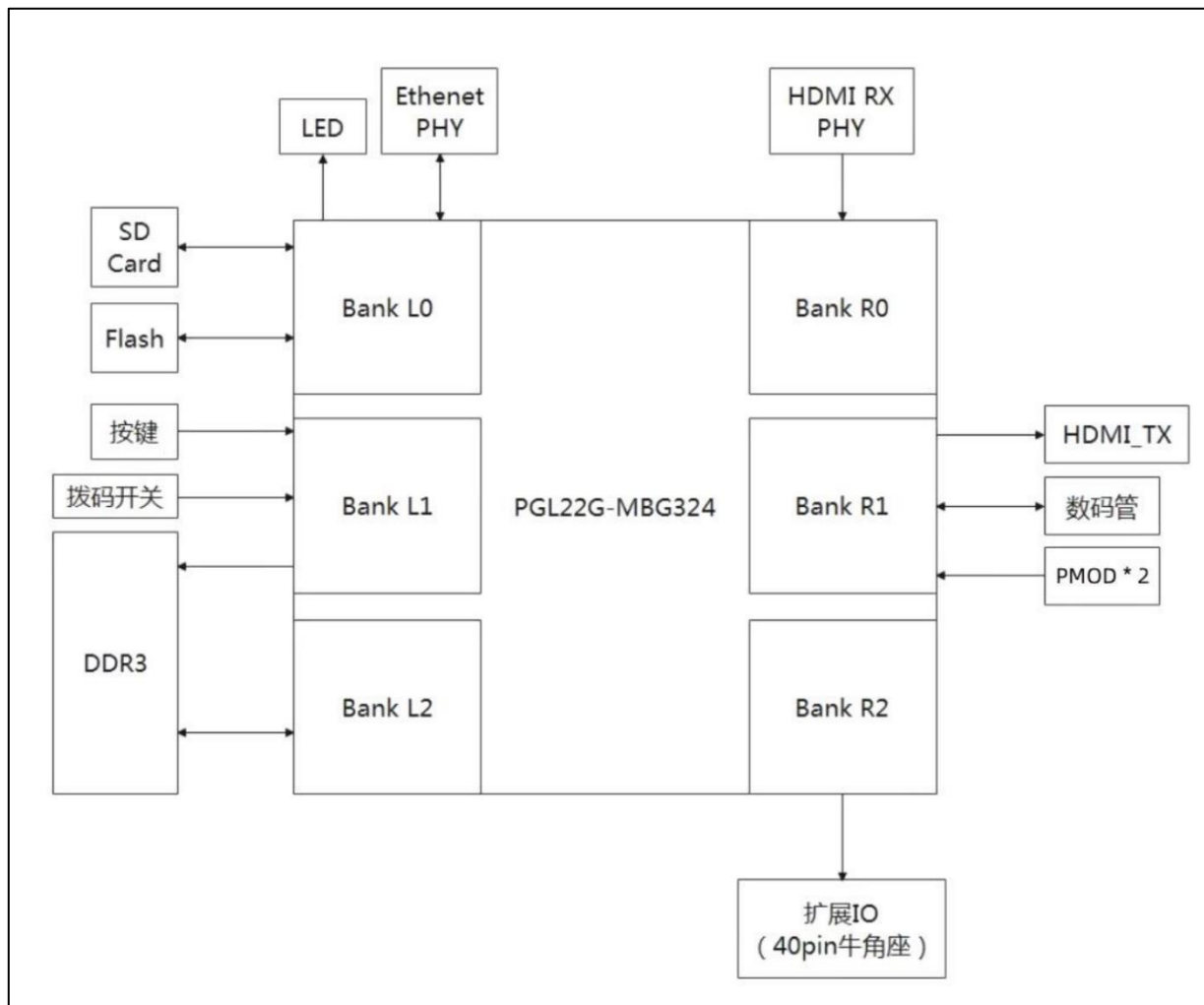


10. DDR3 读写实验例程

10.1 实验目的

MES22GP 开发板上有一片 Micron 的 DDR3 (MT41K256M16 TW107: P) 内存组件, 拥有 16bit 位宽的存储空间 (MT41J 系列是旧的产品, 目前很多型号已经停产, 后续替代就是 MT41K 系列。硬件上的差异是 MT41K 支持 1.35V 低电压, 同时也兼容 1.5V 电压, 所以可以用 MT41K 直接替换相应型号的 MT41J 芯片)。该 DDR3 存储系统直接连接到了 PGL22G 的 Bank L1 及 Bank L2 上。PGL22G 的 DDR IP 为硬核 IP, 需选择正确的 IP 添加 (详情请查看 “MES22GP 开发板硬件使用手册”)。

生成 DDR3 IP 官方例程, 实现 DDR3 的读写控制, 了解其工作原理和用户接口。

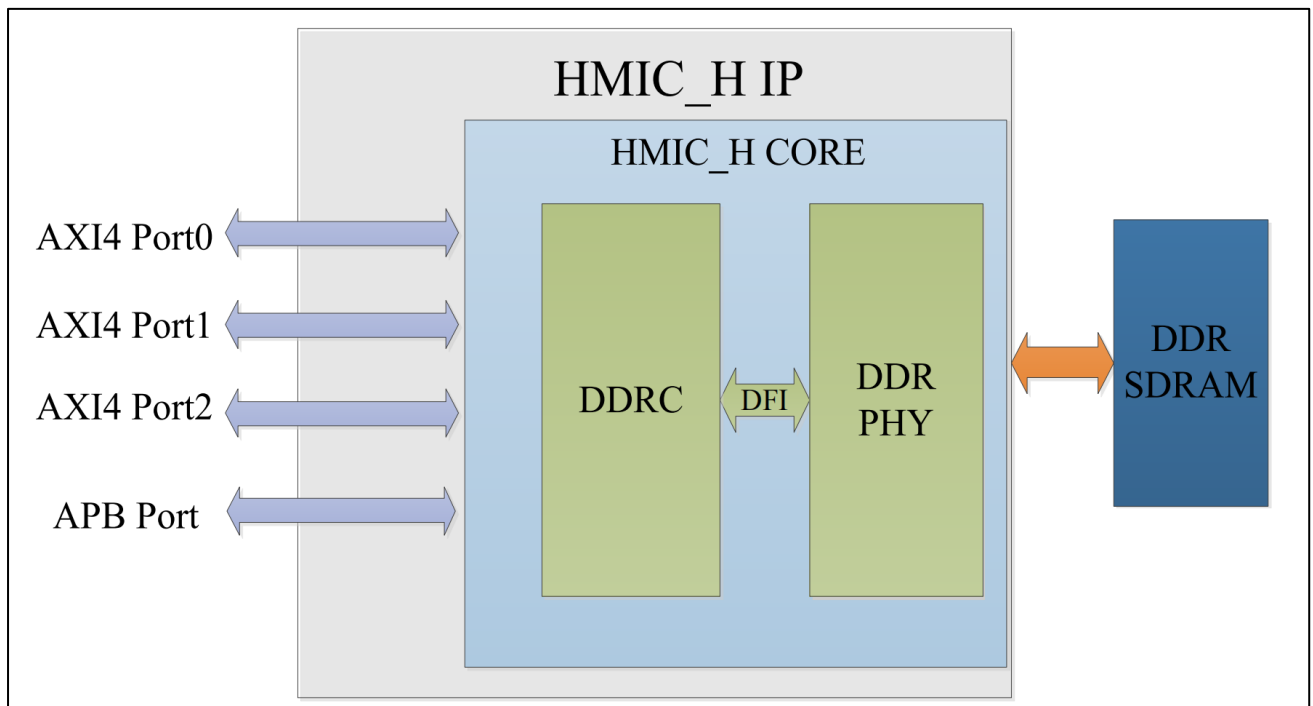


10.2 DDR3 控制器简介

HMIC_H IP 是深圳市紫光同创电子有限公司 FPGA 产品中用于实现对 SDRAM 读写而设计的 IP，通过公司 Pango Design Suite 套件（后文简称 PDS）中 IP Compiler 工具（后文简称 IPC）例化生成 IP 模块。

- 支持 LPDDR、DDR2、DDR3;
- 支持 x8 x16 Memory Device;
- 用户接口
 - 标准的 AXI4 总线接口
 - ◆ 一组 128bit 的 AXI4 Host Port
 - ◆ 两组 64bit 的 AXI4 Host Port
 - 标准的 APB 总线接口
 - ◆ DDRC 配置接口
- 支持可配低功耗模式: Self-Refresh 和 Power Down;
- 支持 DDR3 的最高数据速率达到 1066Mbps;
- 支持 DDR2 的最高数据速率达到 800Mbps;
- 支持 LPDDR 的最高数据速率达到 400Mbps;
- Burst Length 8 和单 Rank;

HMIC_H IP 系统框图如下图所示:



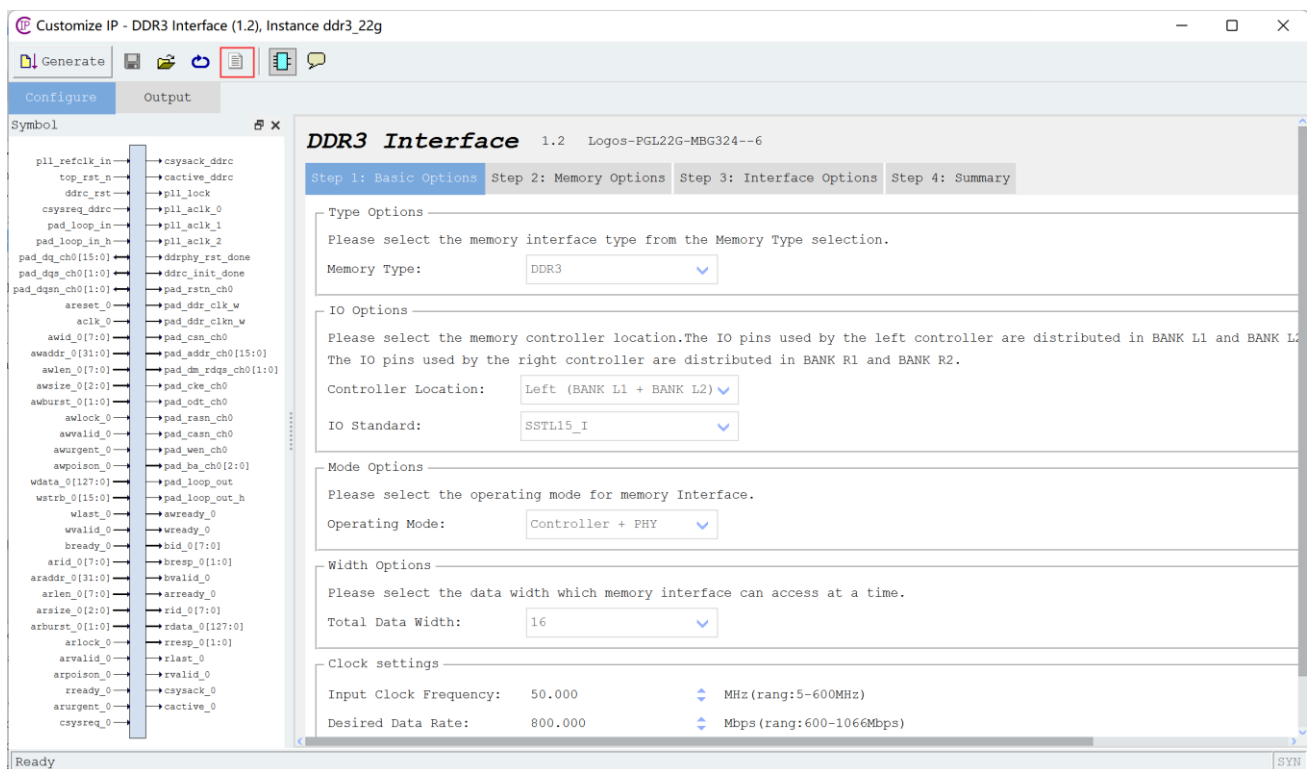
HMIC_H IP 包括了 DDR Controller、DDR PHY 和 PLL，用户通过 AXI4 接口实现数据的

读写，通过 APB 接口可配置 DDR Controller 内部寄存器，PLL 用于产生需要的各种时钟。

AXI4 接口：HMIC_H IP 提供三组 AXI4 Host Port：AXI4 Port0(128bit)、AXI4 Port1(64bit)、AXI4 Port2(64bit)。用户通过 HMIC_H IP 界面可以选择使能这三组 AXI4 Port。三组 AXI4 Host Port 均为标准 AXI4 接口。

APB 接口：HMIC_H IP 提供一个 APB 配置接口，通过该接口，可配置 DDR Controller 内部寄存器。HMIC_H IP 初始化完成后使能该接口。

详细的端口说明请点击 IP 配置界面的 View Datasheet 查看 IP 手册。



10.3 实验设计

10.3.1 安装 DDR3 IP 核

PDS 安装后，需手动添加 DDR3 IP，操作流程如下：

(1) DDR3 IP 文件：6_IP_setup_packet\DDR3\ips1_hmic_h_v1_2.iar

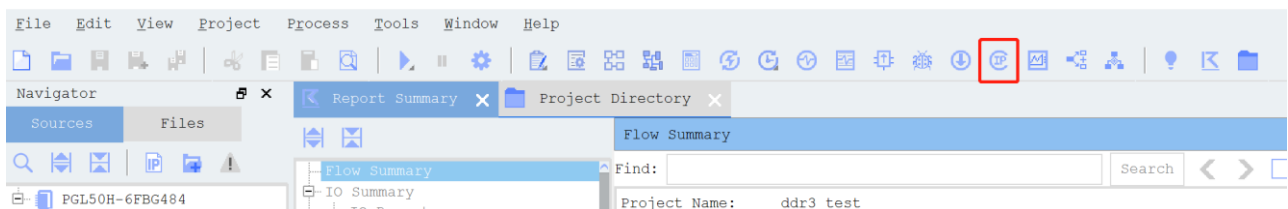


(2) IP 安装步骤: 1_Demo_document\工具使用篇\03_IP 核安装与查看用户指南

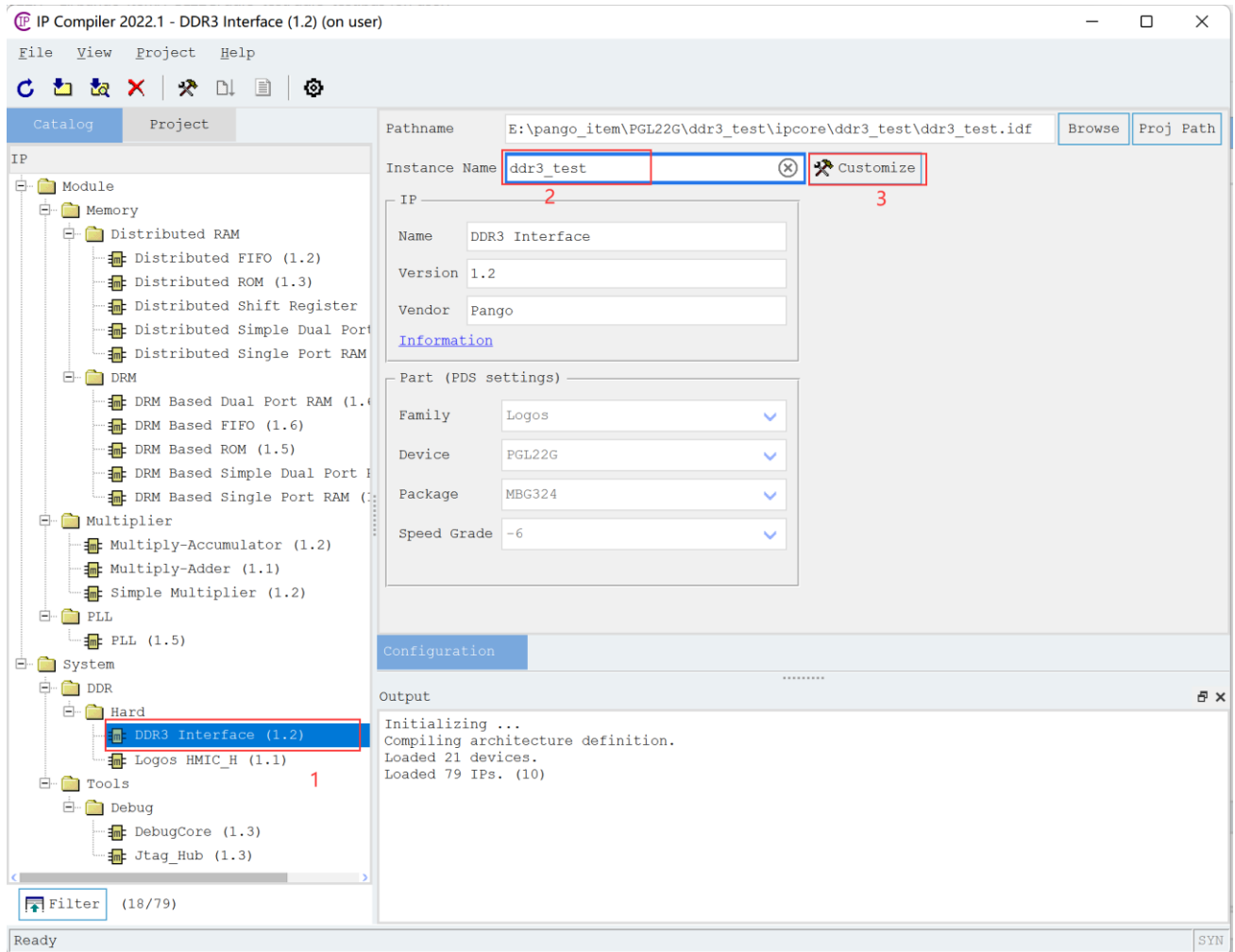


10.3.2 DDR3 读写 Example 工程

1. 打开 PDS 软件，新建工程 ddr3_test，点开如下图标，打开 IP Compiler;



2. 选择 DDR3 IP，取名，然后点击 Customize;

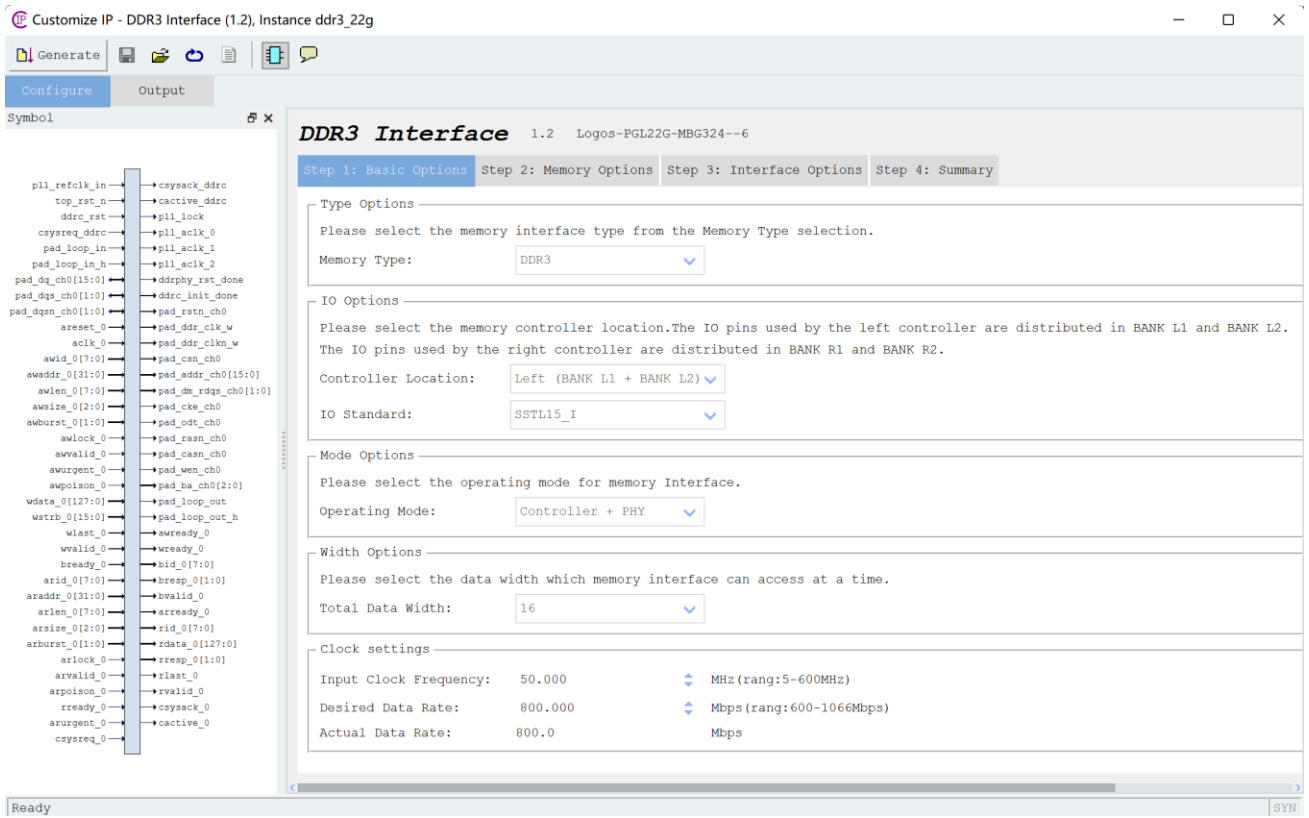


10.3.2.1 DDR3 IP 配置说明

HMIC_H IP 配置分为四个页面, 分别为 Step1: Basic Options, Step2: Memory Options, Step3: Interface Options, Step4: Summary, 请务必按照该页面顺序配置。

10.3.2.2 Step 1: Basic Options

是 IP 的基本配置页面, 页面如下图所示:



Basic Options 详细参数见下表:

表 7 Basic Options 参数说明

选项名/参数名	说明
Memory Type	使用的SDRAM类型，目前支持的类型为 1) DDR3; 2) DDR2; 3) LPDDR
Controller Location	Controller在FPGA芯片的位置，目前PGL22支持的位置为 1) Right (BANK R1 + BANK R2); 2) Left (BANK L1 + BANK L2); 注：HMIC_H为硬核，位置固定不可变动。

选项名/参数名	说明
IO Standard	接口标准选项, DDR3支持的接口标准为 1) SSTL15_I 2) SSTL15_II DDR2和LPDDR支持的接口标准为 1) SSTL18_I 2) SSTL18_II
Operating Mode	HMIC_H运行模式选择。目前只支持Controller + PHY模式
Total Data Width	与HMIC_H连接的片外SDRAM总共的DQ宽度。目前支持的总宽度为 1) 16 2) 8
Input Clock Frequency	HMIC_H的输入时钟, 单位MHz
Desired Data Rate	期望的数据速率, DDR3支持的最高速率为1066Mbps, DDR2支持的最高速率为800Mbps, LPDDR支持的最高速率为400Mbps。
Actual Data Rate	实际能达到的数据速率, 尽可能接近期望的速率。

10.3.2.3 Step 2: Memory Options

是 Memory 参数的配置页面, 页面如下图所示:

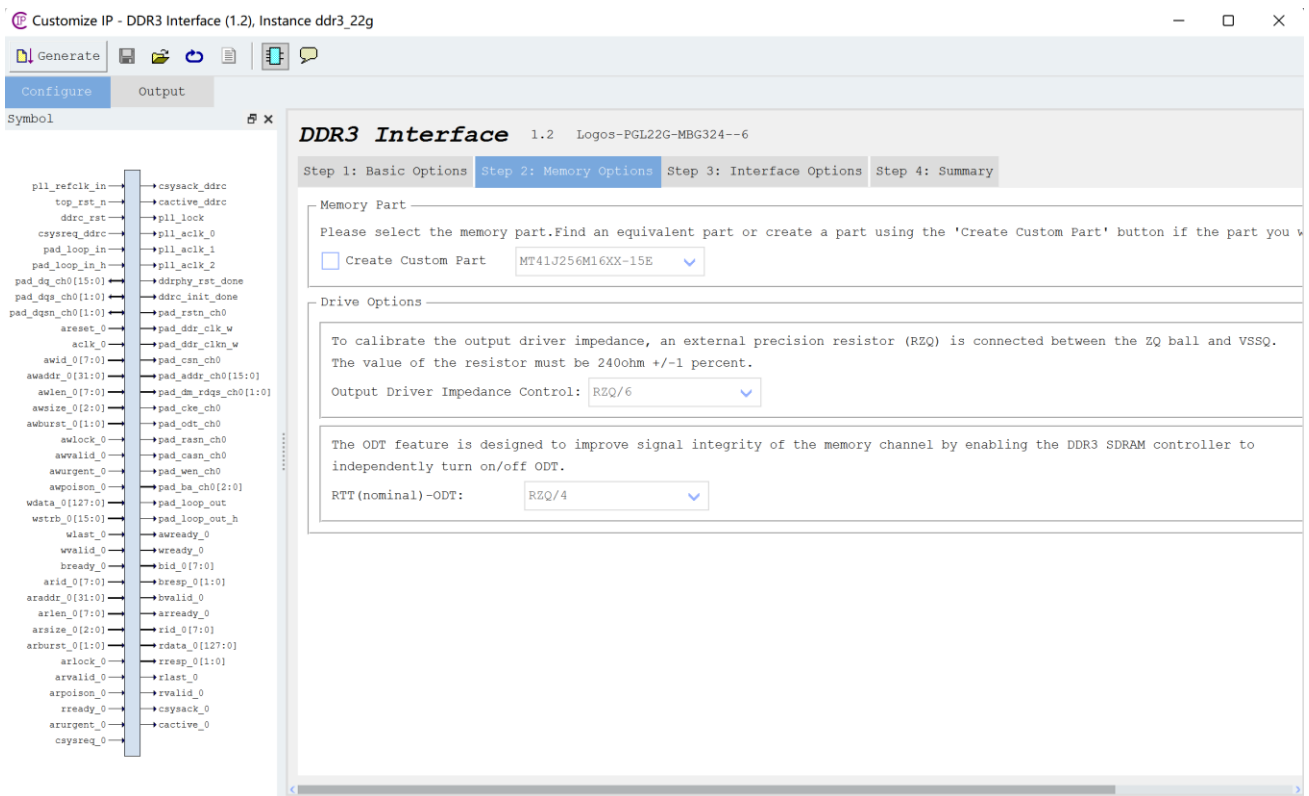
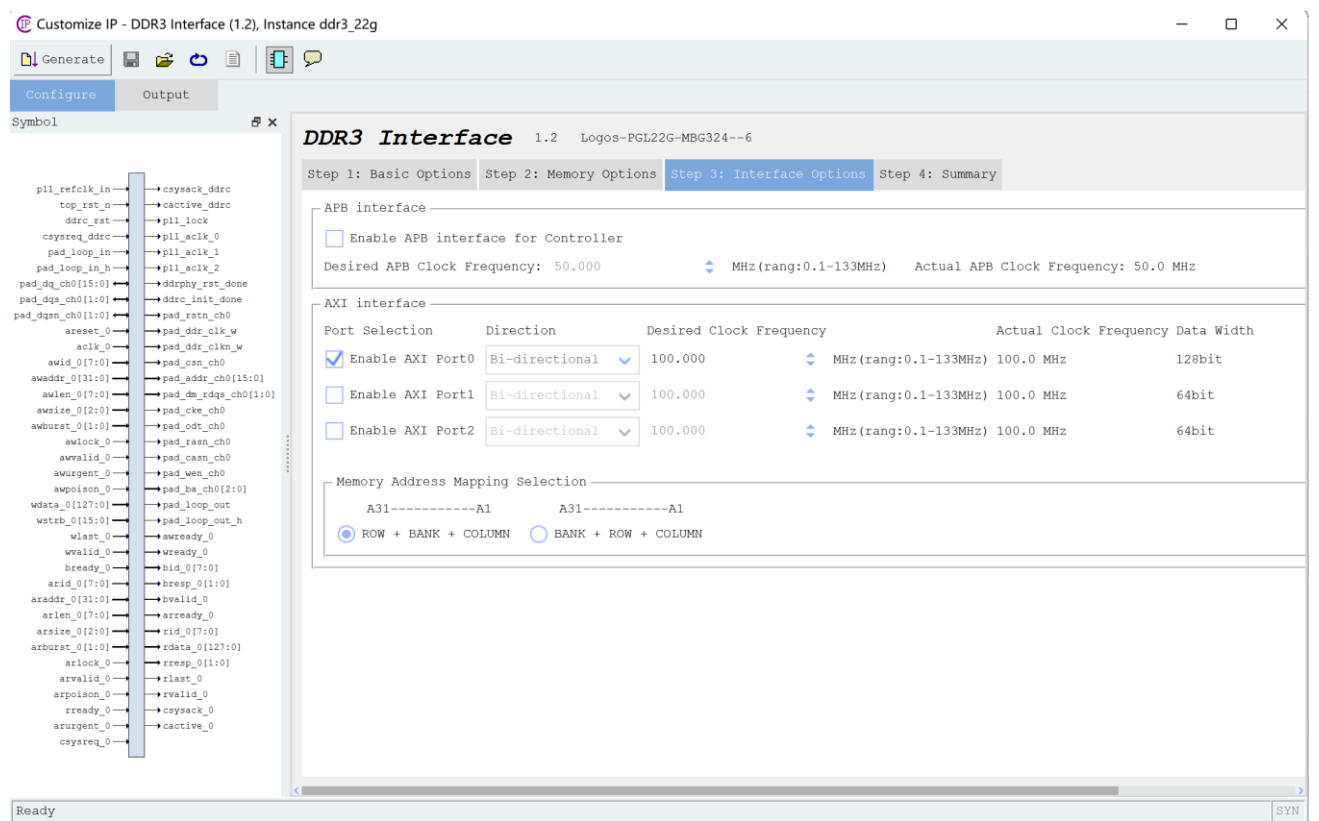


表 8 Memory Options 参数说明

选项名/参数名	说明
Memory Part	<p>SDRAM的具体型号，DDR3支持的型号为</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) MT41J128M8XX-15E 2) MT41J64M16XX-15E 3) MT41J256M8XX-15E 4) MT41J128M16XX-15E 5) MT41J512M8XX-15E 6) MT41J256M16XX-15E <p>DDR2支持的型号为</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) MT47H128M8XX-25E 2) MT47H64M16XX-25E 3) MT47H128M16XX-25E 4) MT47H256M4XX-25E 5) MT47H64M8XX-25E-IT <p>LPDDR支持的型号为</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) MT46H128M16XXXX-5L-IT 2) MT46H64M16XXXX-5L-IT 3) MT46H64M16XXXX-6L-IT 4) MT46H32M16XXXX-5 5) MT46H16M16XXXX-6-IT 6) MT46H16M16XXXX-75-IT <p>若这些均不是所需要的器件型号，则可以勾选Create Custom Part选项，然后在Custom Memory Part选项框中定制新的SDRAM类型。</p>
Custom Memory Part	<p>该选项框在勾选Create Custom Part选项时显示，用于定制新的SDRAM类型。包含选项：Base Part、Timing Parameters、Row Address、Column Address、Bank Address。</p> <p>Base Part: 定制SDRAM的参考型号。</p> <p>Timing Parameters: 定制SDRAM的Timing参数。</p> <p>Row Address: 行地址。</p> <p>Column Address: 列地址。</p> <p>Bank Address: Bank地址</p>
Drive Options	<p>驱动能力选项，DDR3支持的驱动选项为（详细说明见DDR3协议）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Output Driver Impedance Control 2) RTT(nominal)-ODT <p>DDR2支持的驱动选项为（详细说明见DDR2协议）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Output Driver Strength 2) RTT(nominal)-ODT <p>LPDDR支持的驱动选项为（详细说明见LPDDR协议）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Driver Strength

10.3.2.4 Step 3: Interface Options

是接口参数的配置页面，页面如下图所示：



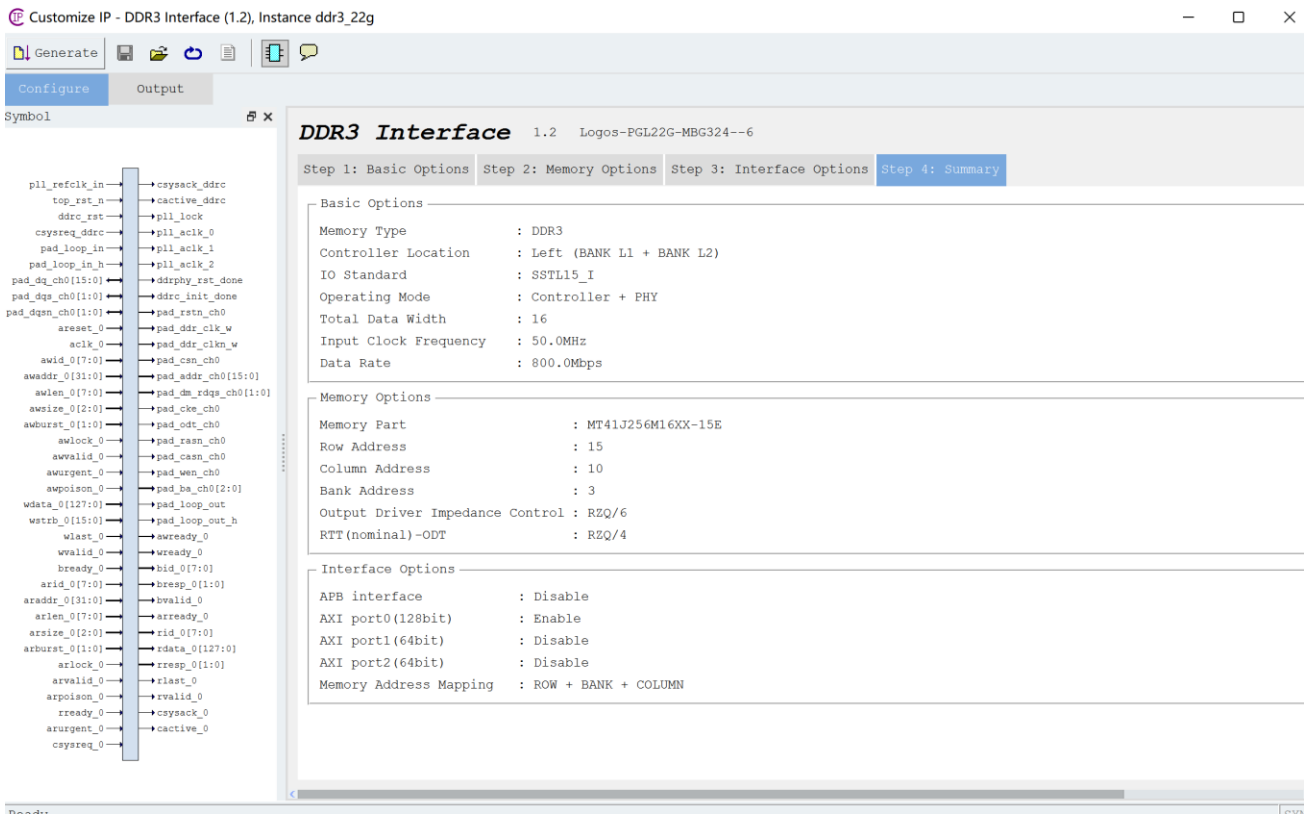
Interface Options 详细参数见下表:

表 9 Interface Options 参数说明

选项名/参数名	说明
APB interface	APB接口配置，包括使能和APB接口的时钟频率。
AXI interface	三组AXI4接口的配置，包括使能、读写方向、时钟频率。 读写方向配置如下 1) Bi-directional 可读可写 2) Read 只读 3) Write 只写
Memory Address Mapping Selection	SDRAM的地址与AXI4地址映射选项 1) ROW + BANK + COLUMN 2) BANK + ROW + COLUMN AXI4的读写地址为32位，但是只有A1-A31有效，A0为无效位。例如，选择ROW+BANK+COLUMN时，SDRAM列地址c0对应AXI地址A1，c1对应A2，其他地址以此类推。

10.3.2.5 Step 4: Summary

用于打印当前的配置信息，不需要配置参数，点击 Generate 可生成 DDR3 IP；页面如下图所示：



关闭本工程，在本工程文件内按此路径打开 Example 工程（也可以打开示例工程）：

ddr_test\ipcore\ddr_test\pnr\trl_phy_22\ddr_test.pds

注:如果使用自己的工程，那么需要打开 example 工程中的引脚约束文件对以下信号修改其引脚配置，方能在烧录程序后看到正确的 LED 灯亮灭情况：

42	clk_led	OUTPUT	E8	BANKL0	3.3	LVC MOS33	4	NONE	FAST
43	ddr_init_done	OUTPUT	F7	BANKL0	3.3	LVC MOS33	4	NONE	FAST
44	ddrphy_rst_done	OUTPUT	F8	BANKL0	3.3	LVC MOS33	4	NONE	FAST
45	err_flag	OUTPUT	E5	BANKL0	3.3	LVC MOS33	4	NONE	FAST
57	pll_lock	OUTPUT	E6	BANKL0	3.3	LVC MOS33	4	NONE	FAST
60	pll_refclk_in	INPUT	H18	BANKR1	3.3	LVC MOS33		NONE	
61	top_rst_n	INPUT	H1	BANKL1	1.5	SSTL15_I		NONE	

10.4实验现象

下载程序，可以看到 LED1 常灭；LED2，LED3,LED4 常亮；LED5 闪烁。

信号名称	参考说明	LED 编号	引脚
err_flag	数据检测错误信号，高电平表示数据错误	1	E5
pll_lock	P11 锁定指示，高电平有效	2	E6
ddr_init_done	初始化完成标志，高电平有效	3	F7
ddrphy_rst_done	DDRPHY 复位完成标志，高电平有效	4	F8
heart_beat_led	心跳信号，闪烁	5	E8

上板效果：

