

10.1 DDR3 IP 核配置与仿真

10.1.1 DDR3 IP 核概述

本实例对 Xilinx Vivado 中提供的 DDR3 控制器 IP 核模块进行例化，实现基本的 DDR3 读写操作。通过 IP 核自动生成的测试脚本实例实现对 DDR3 IP 核的仿真。本实例对应工程文件夹 at7_ex17。

DDR3 控制器 IP 核内部模块及其与 FPGA 逻辑、DDR3 芯片的接口框图如图 10.1 所示。DDR3 控制器包括用户接口（User Interface）模块、存储器控制器（Memory Controller）模块、初始化和校准（Initialization/Calibration）模块、物理层（Physical Layer）模块。用户接口模块用于连接 FPGA 内部逻辑；存储器控制器模块实现 DDR3 的主要读写时序和数据缓存交互；初始化和校准模块实现 DDR3 芯片的上电初始化配置以及时序校准；物理层模块则实现和 DDR3 芯片的接口。

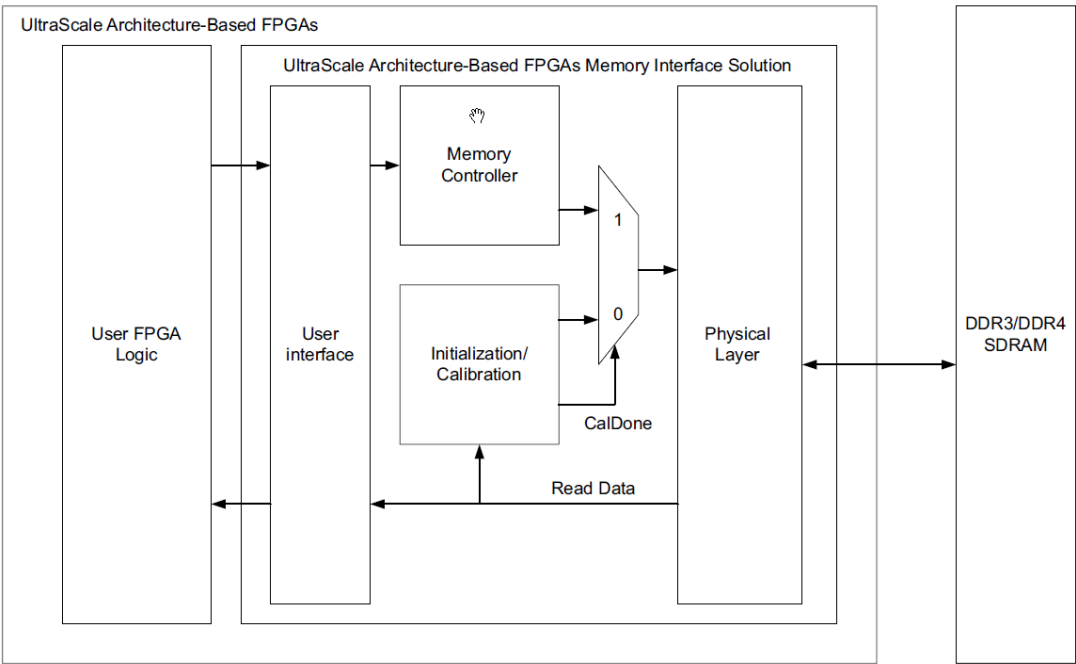


Figure 3-1: UltraScale Architecture-Based FPGAs Memory Interface Solution Core

图 10.1 DDR3 控制器 IP 核

10.1.2 DDR3 IP 核配置

如图 10.2 所示，点击 Flow Navigator 面板下的 “Project Manager → IP Catalog”。

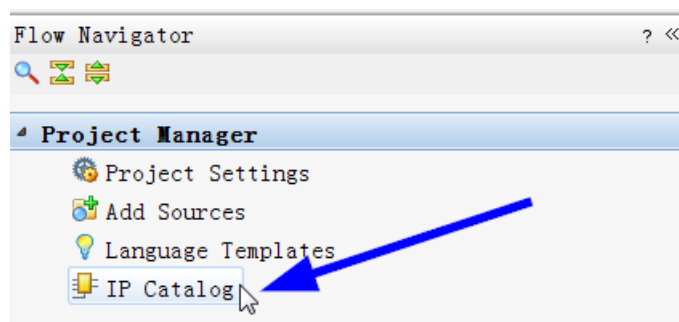


图 10.2 IP Catalog 菜单

如图 10.3 所示，在“Memories & Storage Elements → Memory Interface Generators”分类展开后，可以看到名为“Memory Interface Generator (MIG 7 Series)”的 IP 核，通过这个 IP 核，我们可以配置一个 DDR3 控制器用于衔接 FPGA 逻辑与外部 DDR3 存储器。点击后将弹出相应的配置页面。

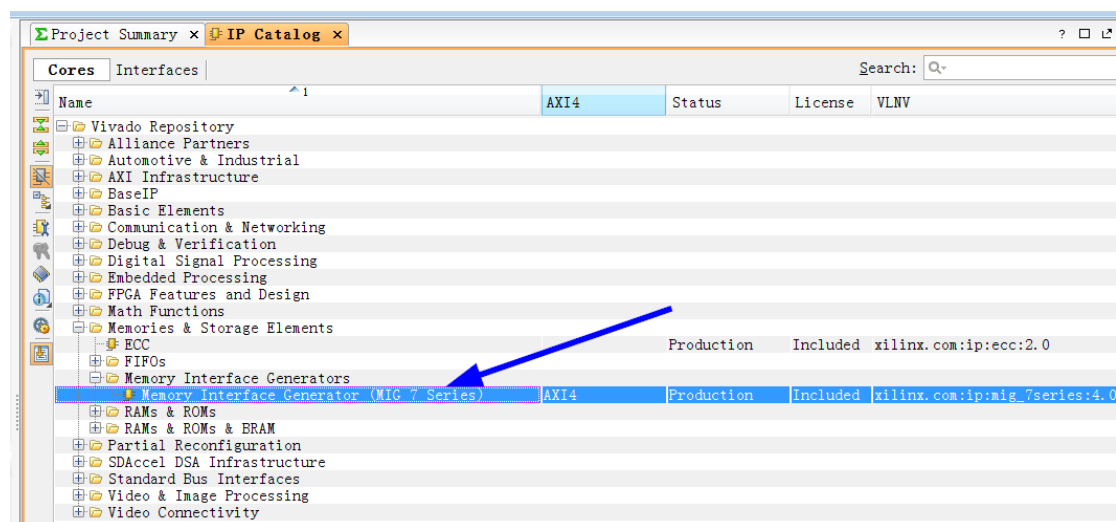


图 10.3 Memory Interface Generator IP 核

如图 10.4 所示，首先会弹出的 Memory Interface Generator 介绍页面，它默认的器件家族 (FPGA Family)、器件型号 (FPGA Part)、速度等级 (Speed Grade)、综合工具 (Synthesis Tool) 和设计输入语言 (Design Entry) 都和我们创建工程时保持一致。点击 Next 到下一个配置页面。

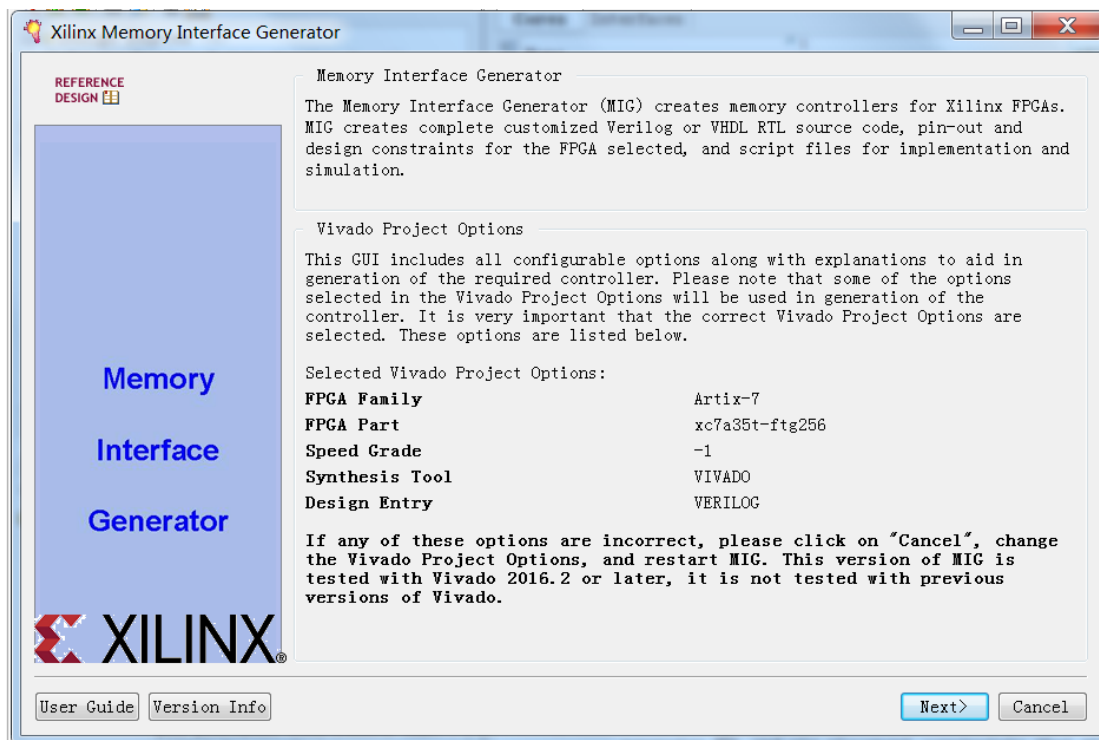


图 10.4 Memory Interface Generator 介绍页面

如图 10.5 所示，MIG Output Options 页面中，勾选“Create Design”，默认名称（Component Name）为“mig_7series_0”，选择控制器数量（Number of Controllers）为 1。点击 Next 到下一个配置页面。

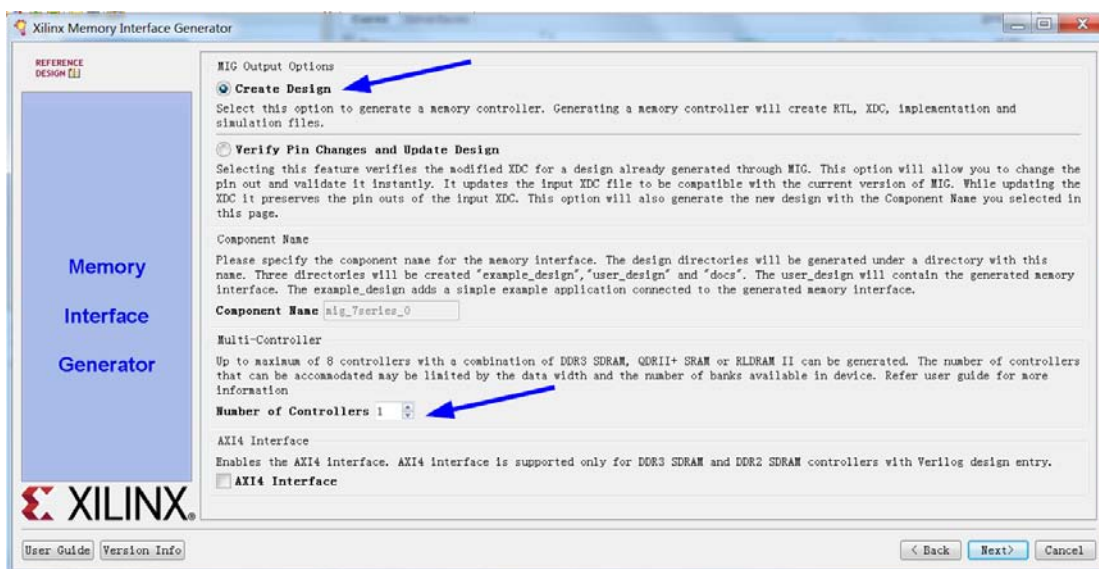


图 10.5 MIG Output Options 页面

如图 10.6 所示，Pin Compatible FPGAs 页面可用于选择和当前所设定的唯一器件型号做引脚兼容的其它 FPGA 型号。对于某些可能升级器件型号的应用而言，这个功能是很实用的。点击 Next 到下一个配置页面。

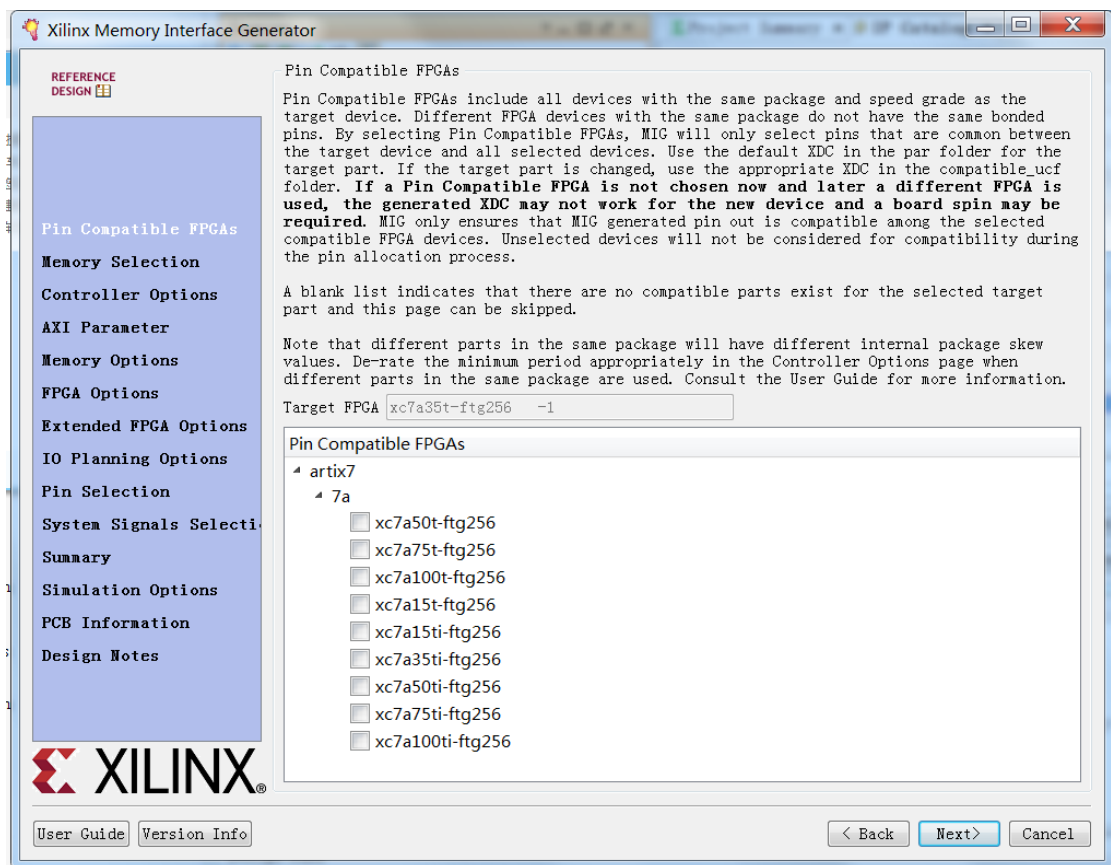


图 10.6 Pin Compatible FPGAs 页面

如图 10.7 所示，Memory Selection 页面选择“DDR3 SDRAM”。 点击 Next 到下一个配置页面。

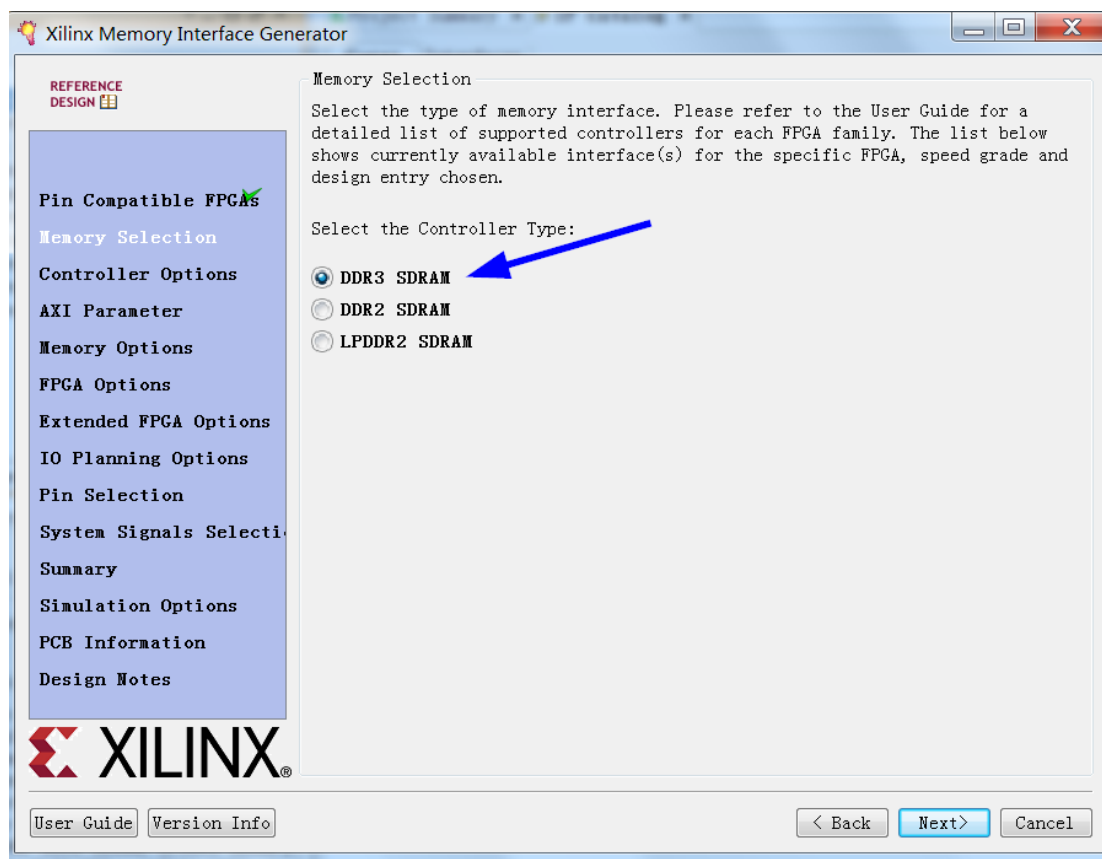


图 10.7 Memory Selection 页面

如图 10.8 所示，Options for Controller 0 页面 1 中设定如下重要的 DDR3 存储器信息：

- DDR3 存储器驱动的时钟周期 (Clock Period) 设置为 2500ps (即 400MHz)。
- DDR3 存储器型号 (Memory Part) 为 MT41K128M16XX-15E，这是 STAR 板载 DDR3 存储器的实际型号 (XX 表示任何字符均可)。此处倒三角点击后有很多备选型号，若实际使用型号不在此列表中，可以点击 “Create Custom Part” 后设置相关 DDR3 存储器的时序参数。
- DDR3 存储器接口电压 (Memory Voltage) 为 1.5V。
- DDR3 存储器位宽 (Data Width) 为 16。

完成设置后点击 Next 到下一个配置页面。

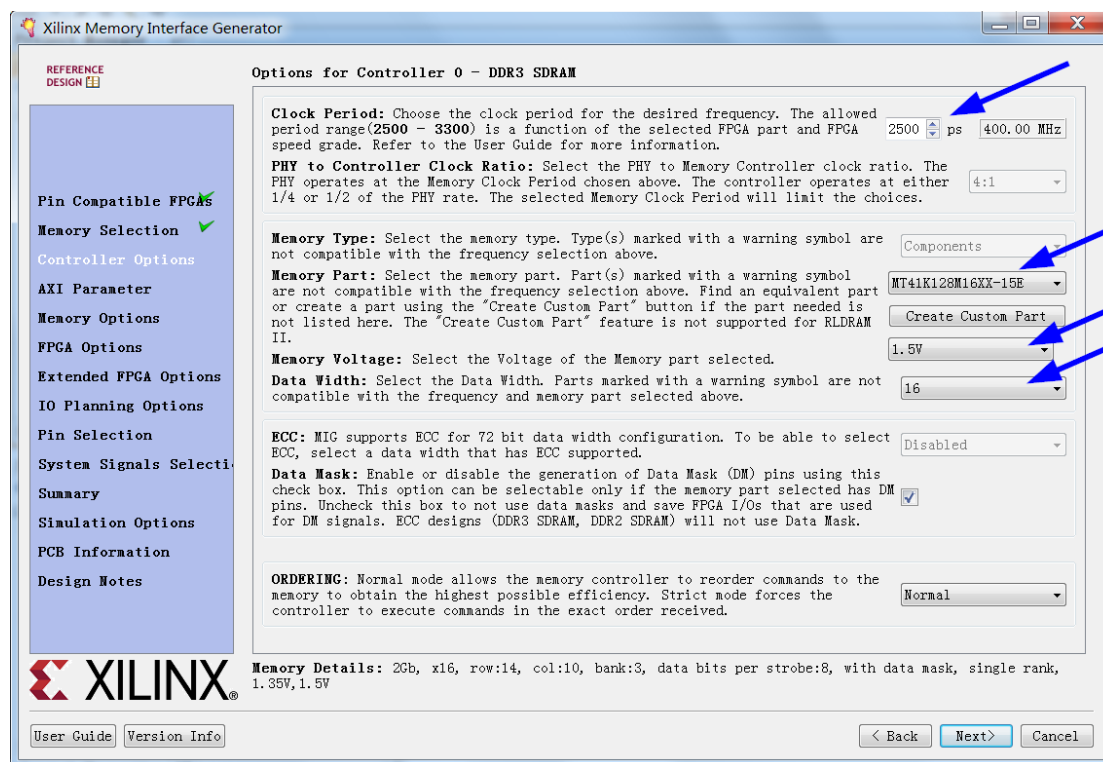


图 10.8 Options for Controller 0 页面 1

如图 10.9 所示，Options for Controller 0 页面 2 中设定如下重要的 DDR3 存储器信息：

- 该控制器的输入时钟周期（Input Clock Period）选择 5000ps(200MHz)。
- 突发读类型和长度（Read Burst Type and Length）为 Sequential。
- 输出驱动阻抗控制（Output Drive Impedance Control）选择 R ZQ/7。
- 片选信号（Controller Chip Select Pin）设置为 Disable，即不连接该引脚，一直处于有效状态。
- 片上终端（On Die Termination）设置为 R ZQ/4。
- 存储器地址映射选择（Memory Address Mapping Selection）勾选后者。

完成设置后点击 Next 到下一个配置页面。

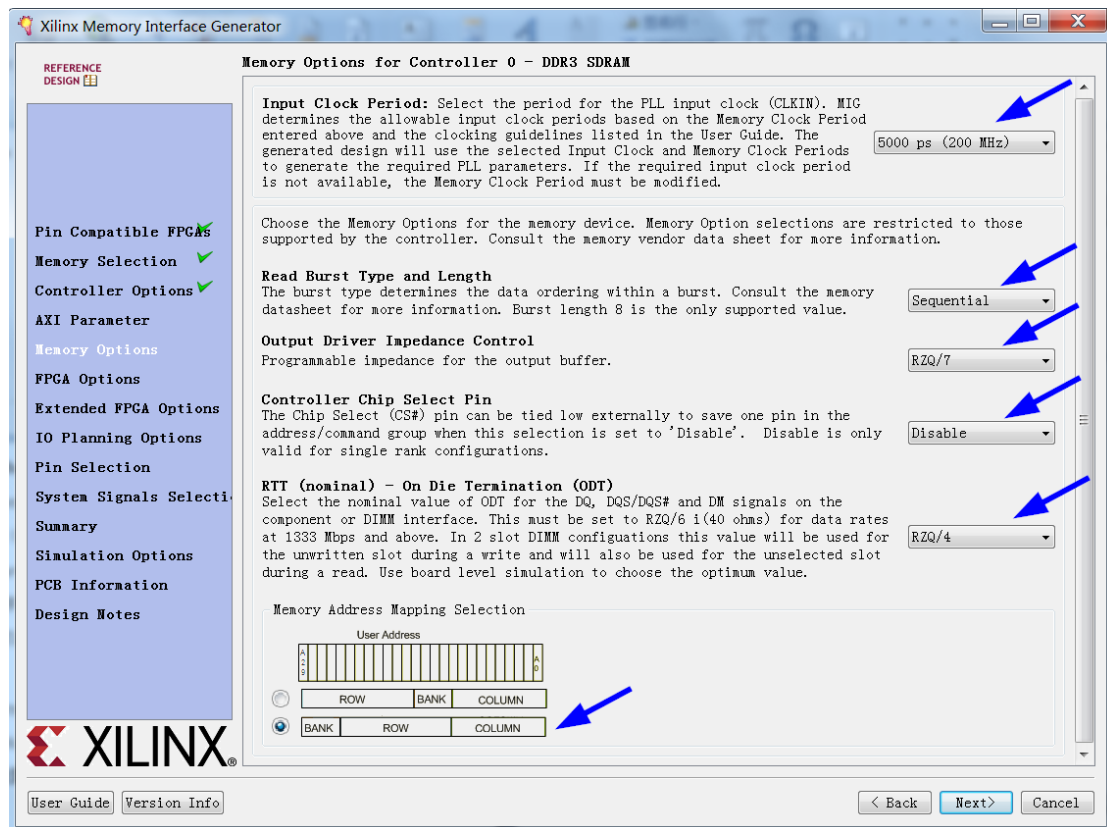


图 10.9 Options for Controller 0 页面 2

如图 10.10 所示，在 FPGA Options 配置页面中，做如下设置。

- 系统时钟 (System Clock) 选择 No Buffer。
- 参考时钟 (Reference Clock) 选择 Use System Clock。
- 系统复位极性 (System Reset Polarity) 选择 ACTIVE LOW。
- 存储器控制器的调试信号 (Debug Signal for Memory Controller) 选择 OFF。
- IO 低功耗 (IO Power Reduction) 选择 ON。

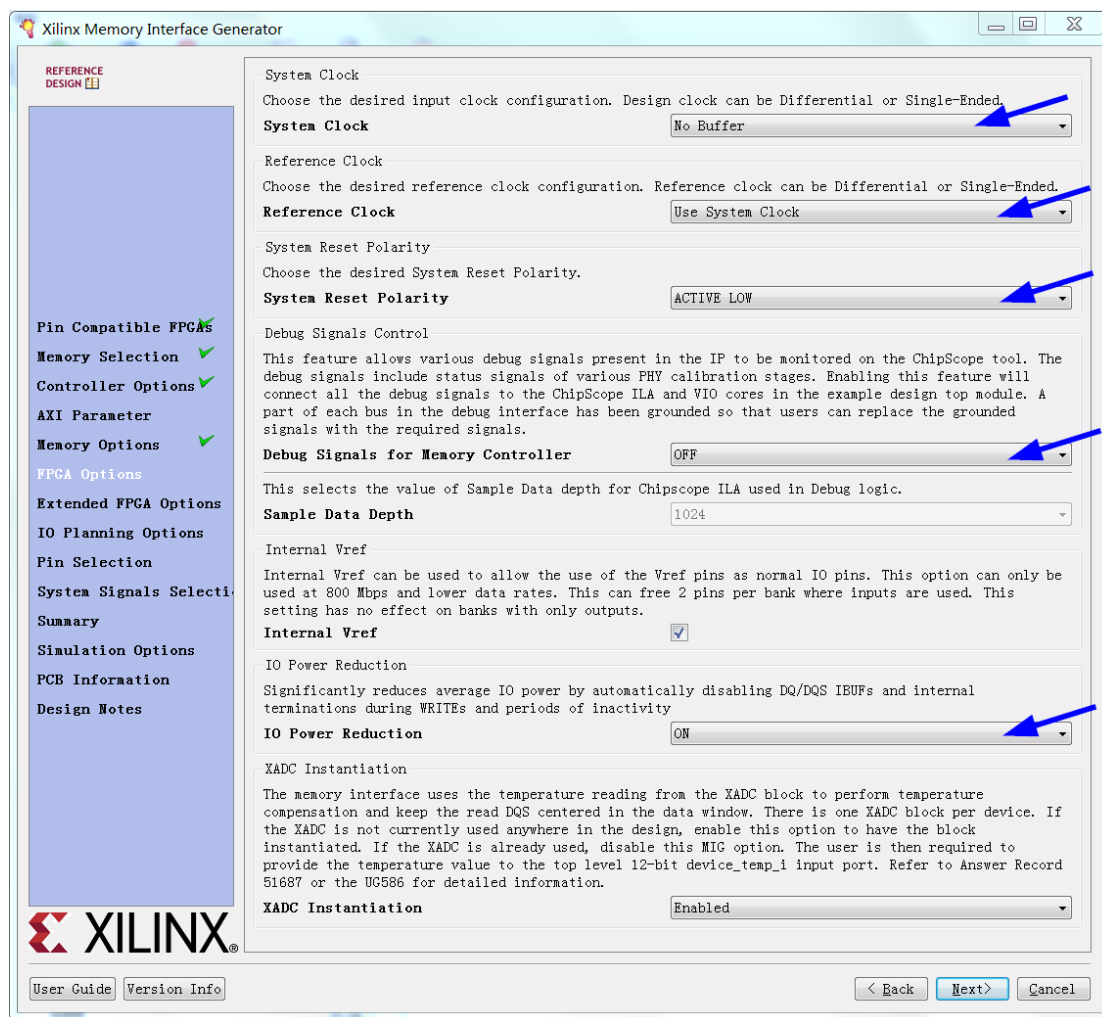


图 10.10 FPGA Options 配置页面

如图 10.11 所示, Extended FPGA Option 页面设定内部终端阻抗 (Internal Termination Impedance) 为 50 Ohm。

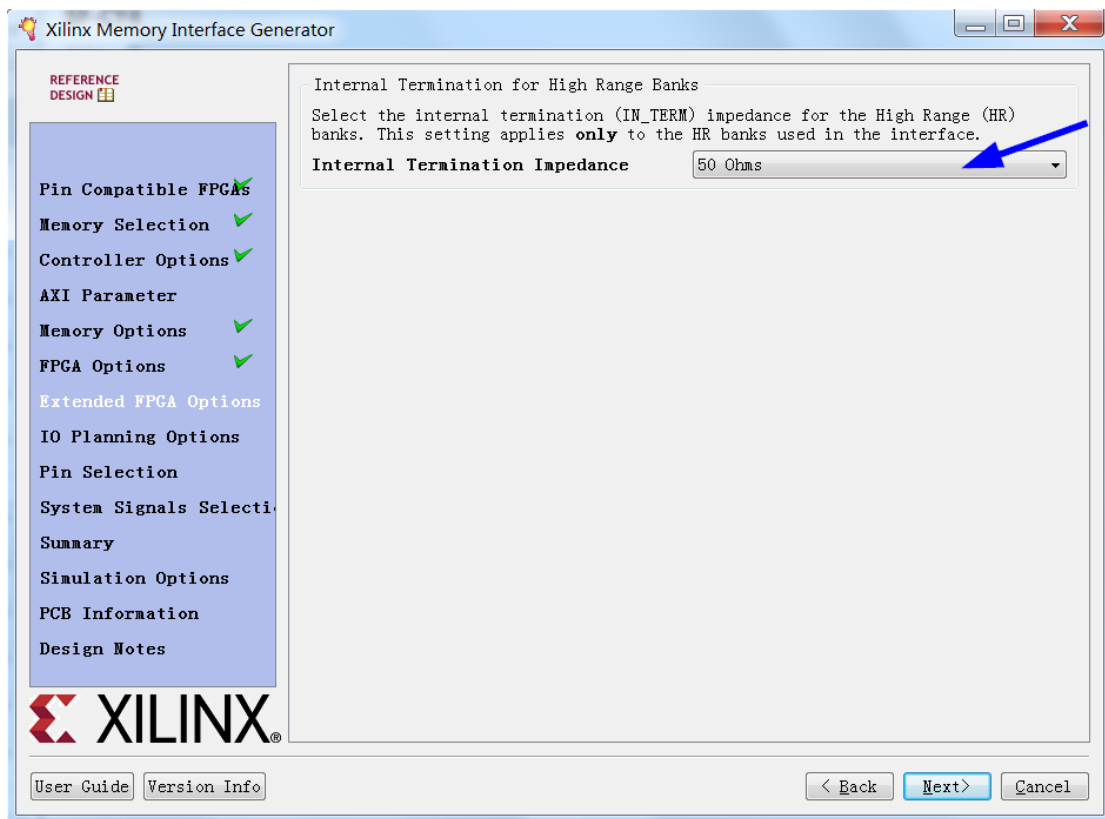


图 10.11 Extended FPGA Option 页面

如图 10.12 所示，IO Planning Options 页面选择“Fixed Pin Out: Pre-existing pin out is known and fixed”。

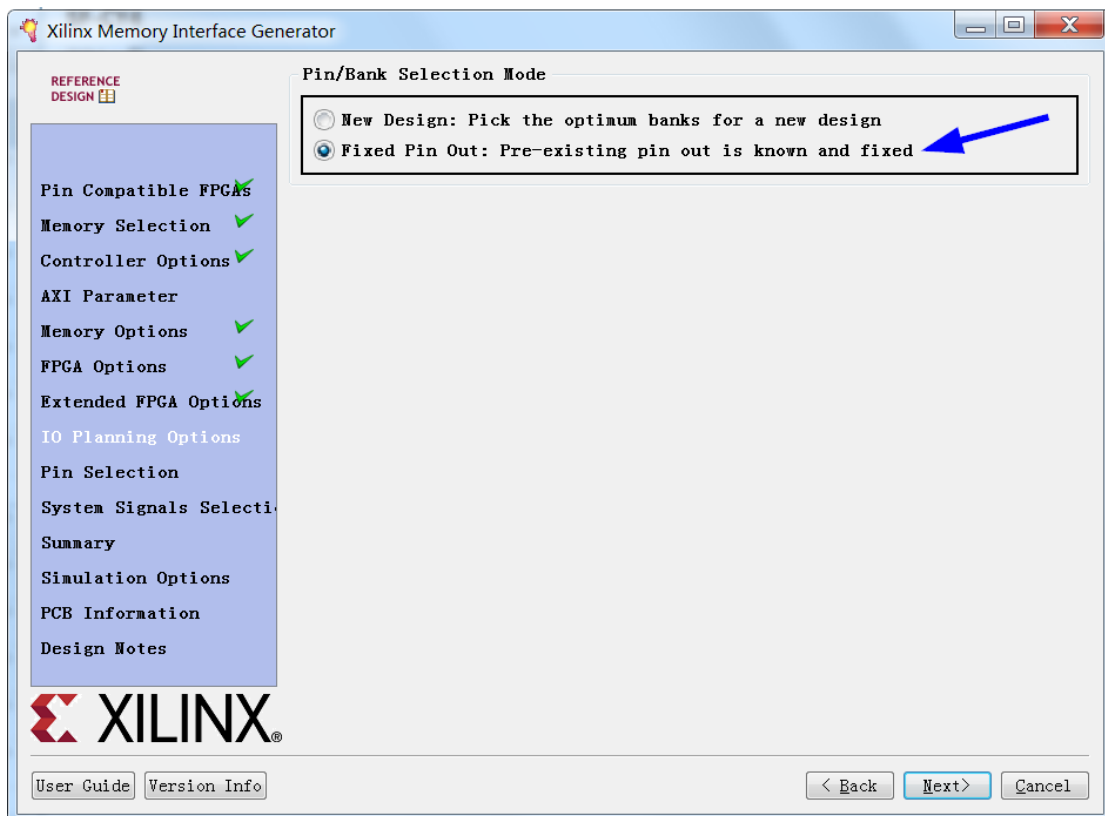


图 10.12 IO Planning Options 页面

如图 10.13 所示，Pin Selection 页面对所有 DDR3 存储器相关的引脚定义引脚号（Pin Number）以及 IO 电平标准（IO Standard），需要和原理图连接相一致。配置完成后点击按钮“Validate”做语法检查。

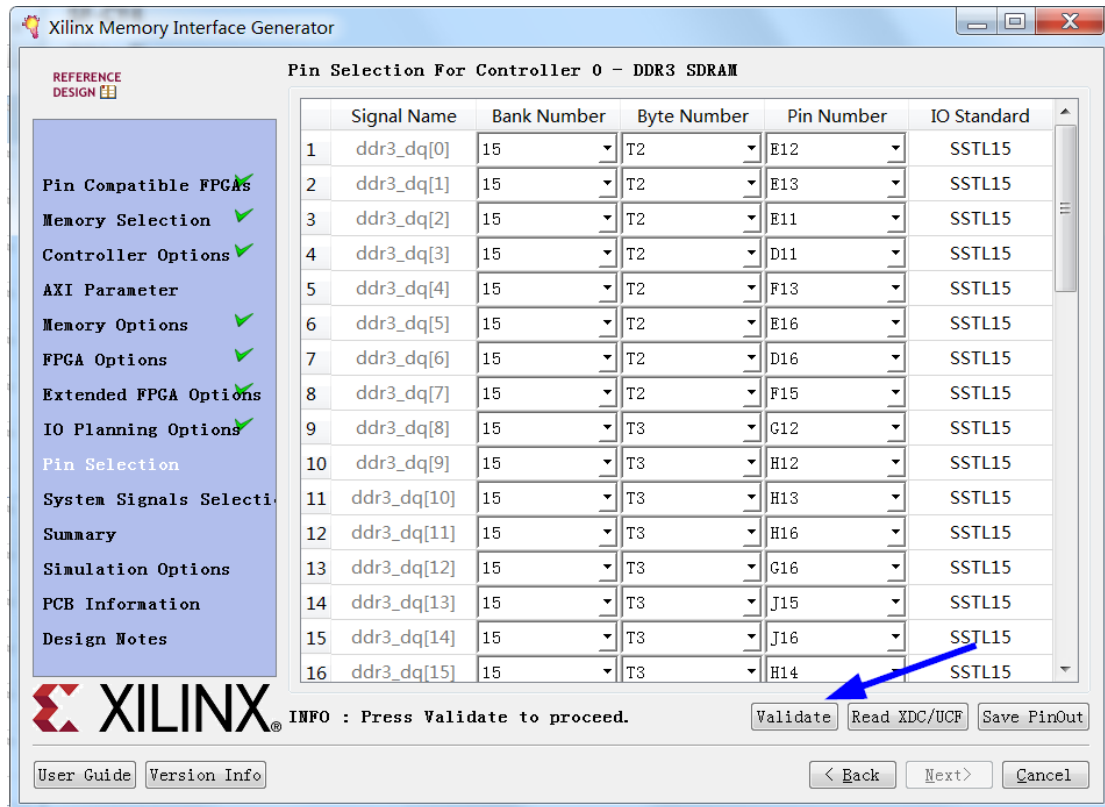


图 10.13 Pin Selection 页面

弹出如图 10.14 所示的 DRC Validation Log message 窗口，表示引脚分配通过 DRC 检查，点击 OK 关闭它即可。

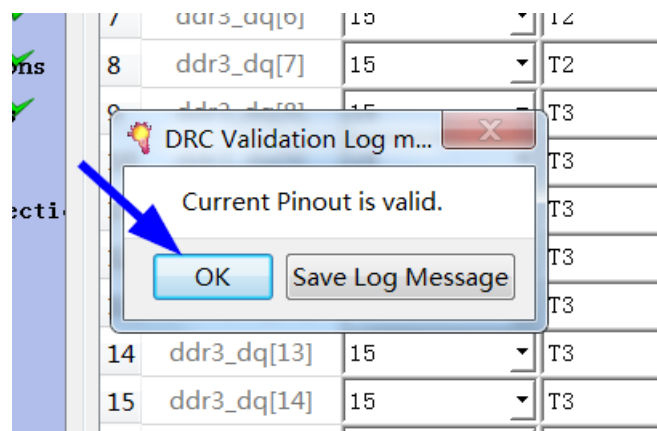


图 10.14 DRC Validation Log message 窗口

如图 10.15 所示，此时 Next 按钮已经高亮，点击它。

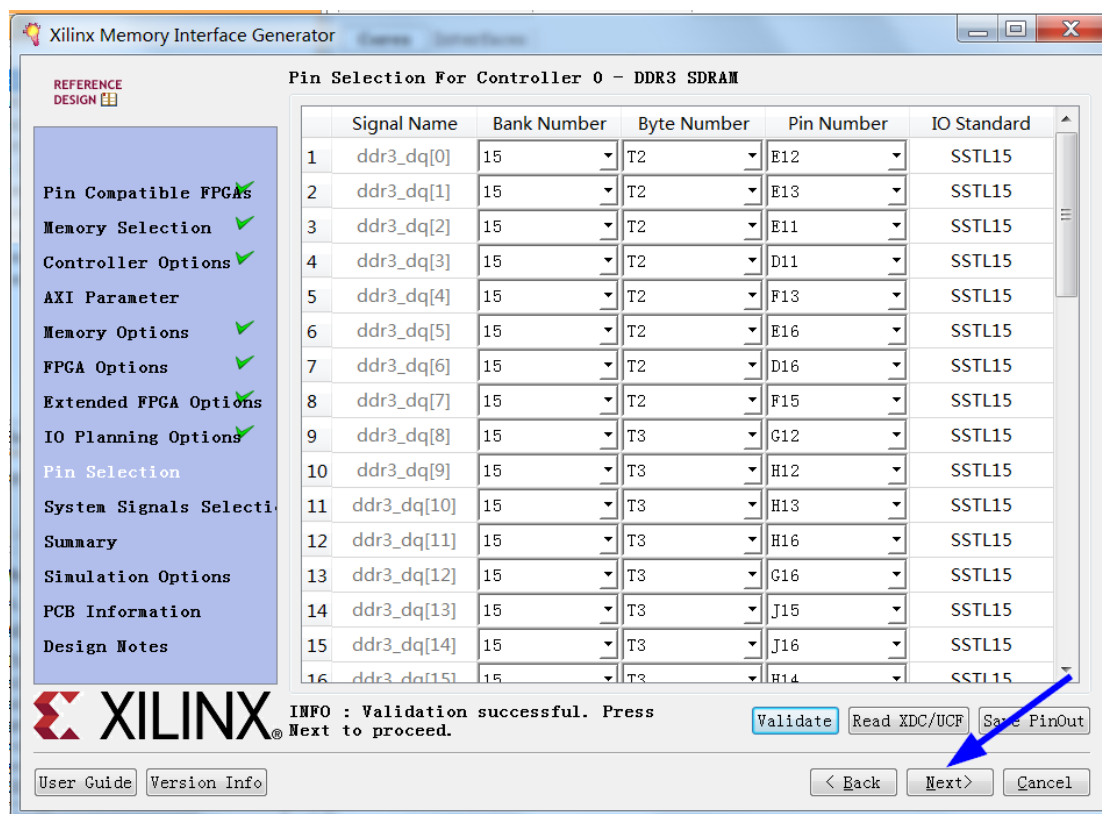


图 10.15 Pin Selection 页面

如图 10.16 所示，System Signals Selection 页面无需配置，默认即可，点击 Next 进入下一步。

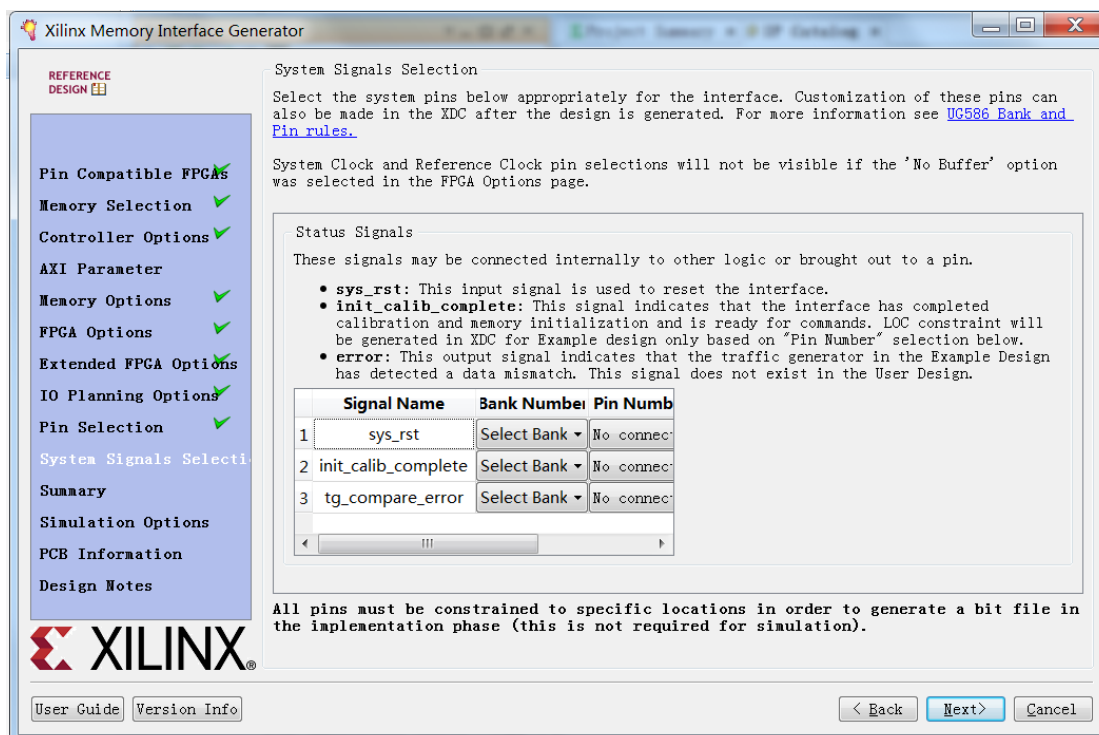


图 10.16 System Signals Selection 页面

如图 10.17 所示，Summary 页面列出前面所有相关配置信息，点击 Next 进入下一配置页面。

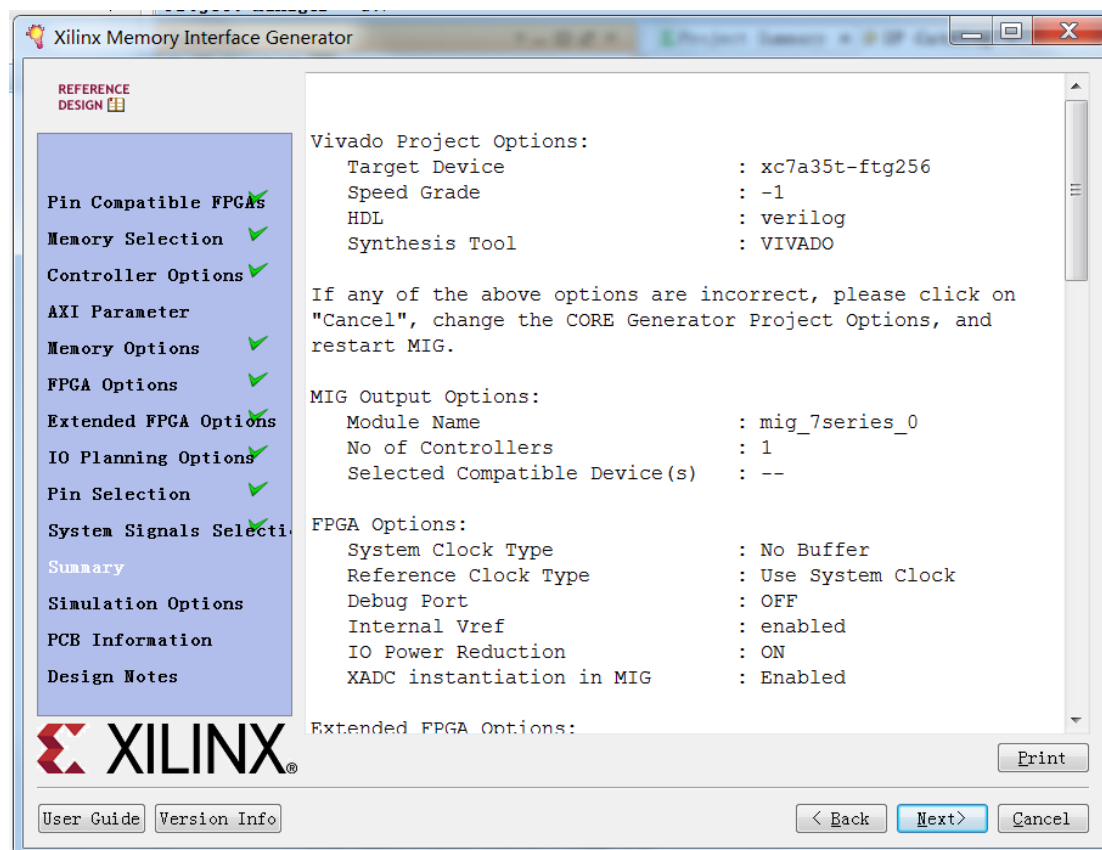


图 10.17 Summary 页面

如图 10.18 所示，Simulation Options 页面中勾选“Accept”，然后点击 Next 进入下一配置页面。

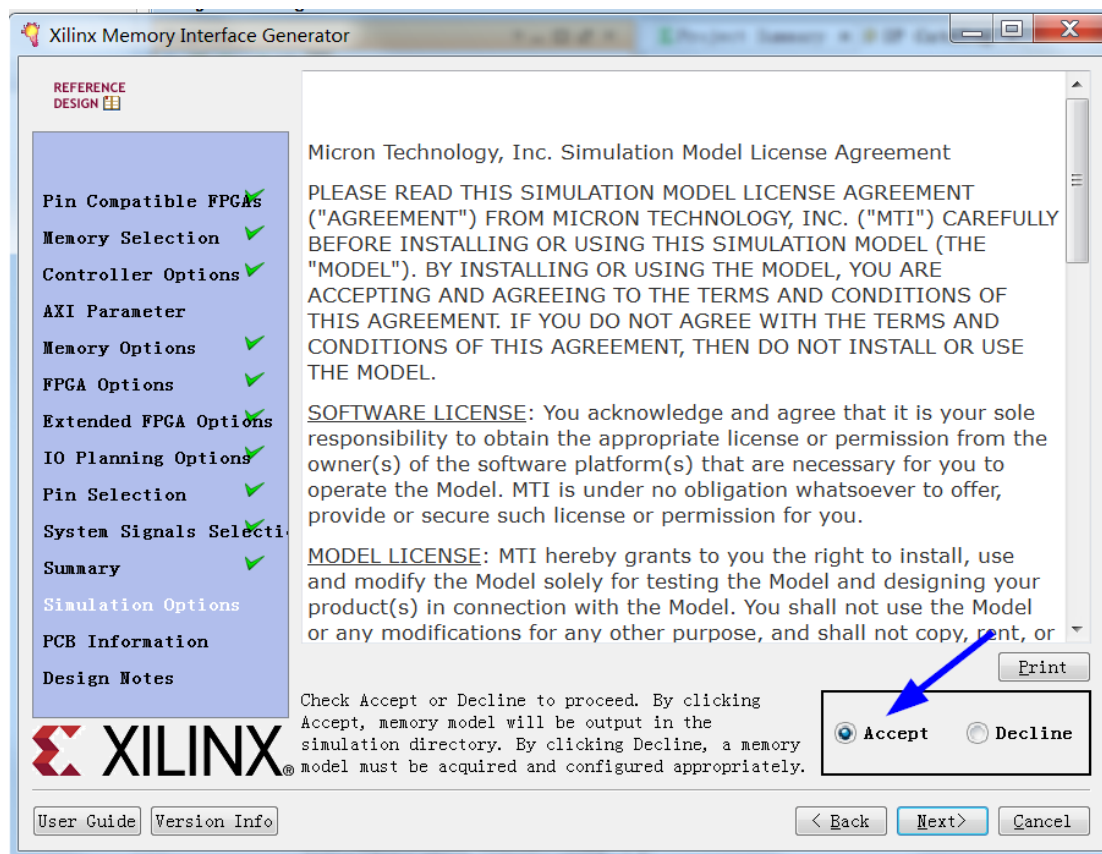


图 10.18 Simulation Options 页面

如图 10.19 所示，PCB Information 页面无需设置，直接点击 Next 进入下一配置页面。

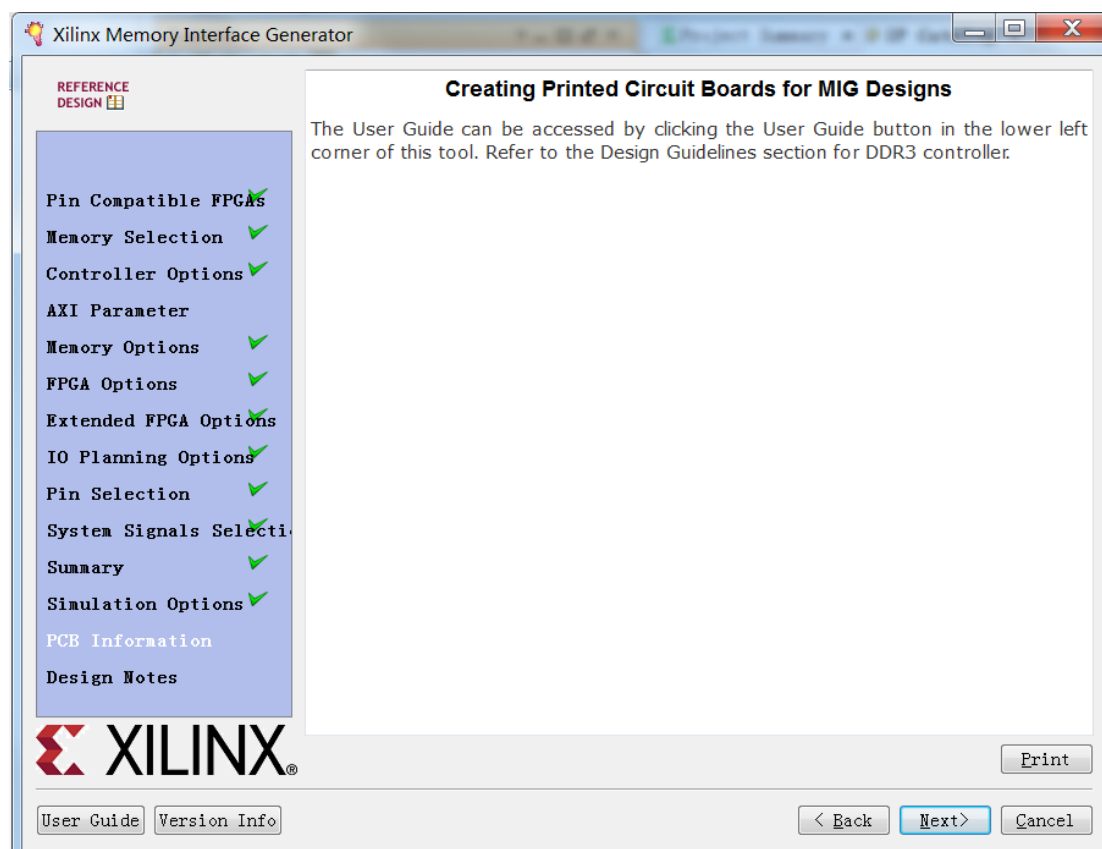


图 10.19 PCB Information 页面

如图 10.20 所示，Design Notes 页面直接点击 Generate 按钮生成 IP 文件。

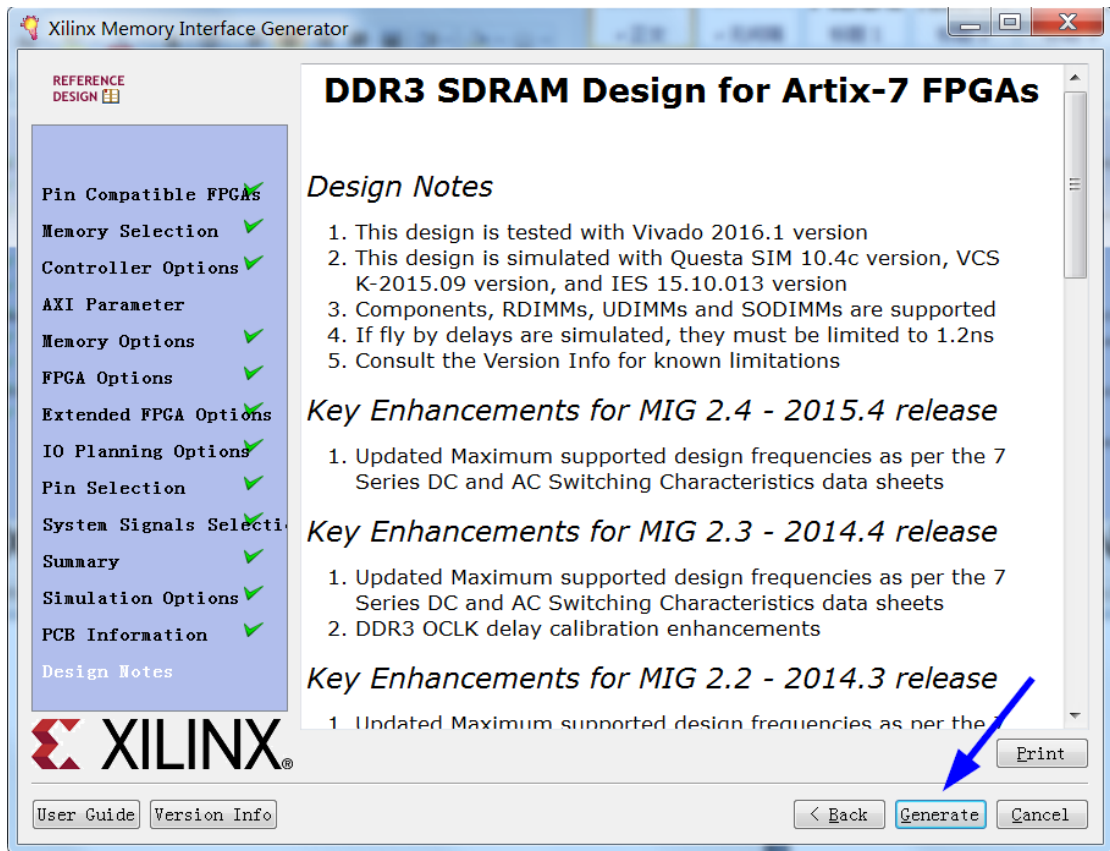


图 10.20 Design Notes 页面

如图 10.21 所示，弹出 Generate Output Products 页面，点击 Generate。

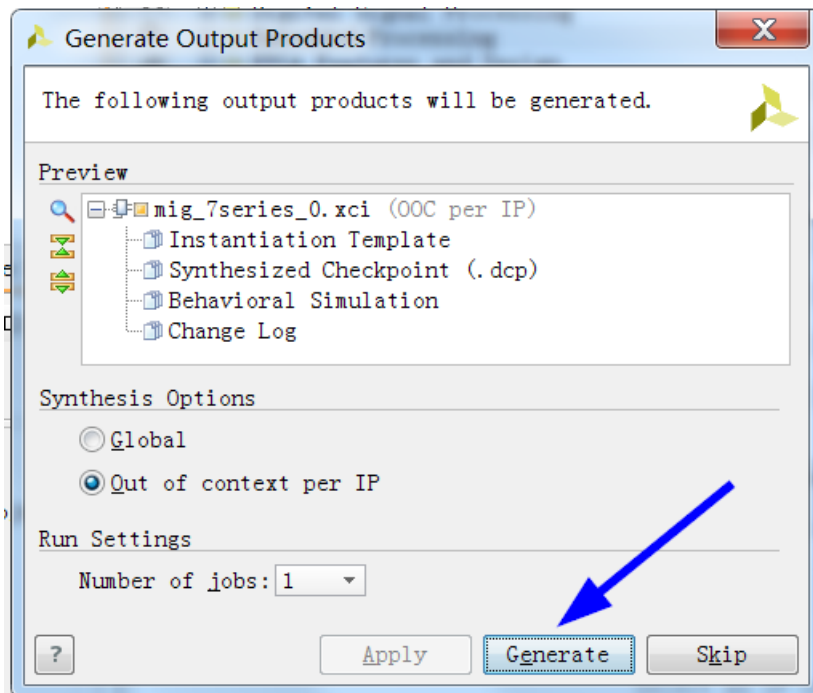


图 10.21 Generate Output Products 页面

几十秒后，如图 10.22 所示，在 Vivado 的 Project Manager 面板中，出现了新配置生成的 IP 核文件 mig_7series_0。

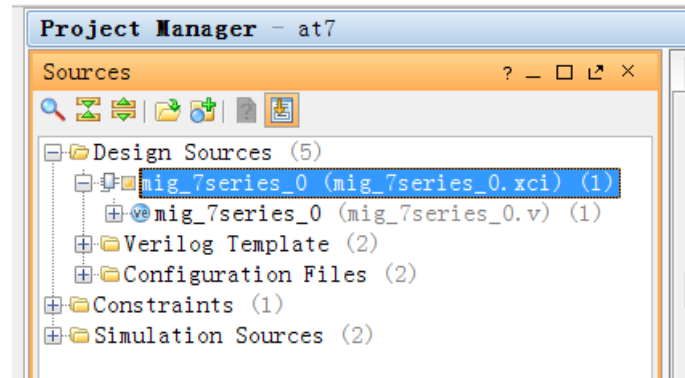


图 10.22 IP 核 mig_7series_0