

# 就绪/有效握手规则

就绪/有效握手是以可组合方式连接和控制模块的一种灵活且轻量级的方式,但是当我设计更复杂的模块时,我发现一些极端情况我不太适合就绪/有效握手模型,并且一些设计开始写得不好,因为我执行握手的方式不一致。所以,我制定了一套规则。

这些规则基于 AMBA AXI4 规范第 A3 章“单接口要求”中的规则,并扩展了它们的含义和结果。在提到握手接口时,我相应地用“源/目标”替换了不适当的“主/从”术语。

## 接口

有两种互补的接口类型:源和目标。两个接口都有三个信号:有效、就绪和数据。就绪和有效是单比特信号,数据信号是任意宽度。所有信号都与时钟的上升沿同步。

- 源接口输出有效和数据,并准备好作为输入。
- 目标接口输出就绪,并接收有效和数据。

连接总是从源接口到目标接口。其他配对无法正常工作。

## 循环

在源接口(准备好到有效)和目标接口(从有效到准备好)中不能有从输入到输出信号的组合路径。否则,在连接接口时会形成组合回路。

即使只有一种接口存在环路,从而避免了组合环路,剩余的组合路径也会从一个接口到另一个接口再返回到第一个接口,这会导致很长的延迟。这种延迟既会限制您的设计时钟频率,也会使通过这些接口连接的模块的布局和布线更加困难。以牺牲设计其余部分的性能为代价来节省一个延迟周期是不值得的。正确的握手接口设计和流水线将避免这种额外的延迟周期,同时提高时钟频率和 P&R。

## 握手程序

在任何时候,源接口都会在数据可用时触发并保持稳定有效,而目标接口只有在可以接受更多数据时才会触发就绪。当valid和ready都为高时,握手完成,目的接口在同一个周期内接受数据,必要时ready和valid输出改变状态。

目标接口可以随时自由断言和解除断言就绪。但是,在源接口断言有效之前,一旦目标接口可以接受数据就准备好目标接口断言,以将握手缩短到单个周期是有益的。出于同样的原因,一旦有数据要发送,源接口就应该断言并保持稳定有效。

握手完成后,如果源接口没有更多数据,则源接口丢弃有效,否则为下一次握手保持有效高,可能在同一时钟周期内完成。类似地,如果目标接口不能接受更多数据,则它会丢弃就绪,否则它会保持就绪状态,并且如果有效也是高电平,则可以在同一时钟周期内完成下一次握手。

### 不正确的握手

虽然不正确,但有可能让目标接口在源接口断言有效的那一刻接受数据,然后发出准备完成握手的信号,在处理数据之后,将源接口移动到下一个数据项。

虽然这是合法的并且会起作用,但它会模糊逻辑的操作,并且会破坏流水线,因为源接口无法在目标接口处理当前数据项的同时开始处理和呈现下一个数据项。如果源和目标处理时间相等,这是流水线时的最佳选择,这个不正确的握手将使吞吐量减半而不是加倍!

### 采样变化的数据

通常,源接口仅在握手完成后将数据与有效的、更改的数据保持一致。握手完成时时钟周期之外的任何数据值都会丢失。

允许数据是一个连续变化的值,与时钟同步,只要握手完成,就会对其进行采样。

最好通过使源接口保持有效高电平来对更改数据进行采样,而目标接口则每隔一段时间断言准备就绪。源接口周期性断言有效的相反采样方法不能保证可预测的采样间隔,因为它依赖于已经断言就绪的目标接口。

### 避免死锁和活锁

我们必须限制有效和就绪信号的行为,以防止死锁(源接口和目标接口永远等待对方响应),以及防止活锁(两个接口都响应但握手从未完成)。

为了防止死锁,源接口在断言有效之前不能等到目标接口断言就绪,而目标接口可以在断言就绪之前等待源接口断言有效。这种等待会将握手延长到两个周期,在第二个周期内完成,但在某些应用程序中,我们希望有选择地从多个源接口(例如:仲裁器)完成握手。

为了防止活锁,当源接口断言有效时,它必须保持断言直到握手完成,否则我们最终可能会出现源接口临时断言有效而目标接口临时断言就绪,但它们从不重合完成握手的情况.

## 重启

具有源和/或目标接口的模块的复位信号可以是高电平或低电平有效,可以异步断言,但必须同步取消断言。但是,使用高电平有效复位会限制要读取的反转逻辑的数量,从而使逻辑更加清晰。此外,我强烈建议使用完全同步复位,因为异步复位会抑制寄存器重定时。必须重置源或目标接口内的任何锁存器保持状态,否则接口可能保持错误

复位后的状态（例如,当没有数据时,源接口发出数据有效的信号）。