

实验 7 报告 3

第 32 小组
袁峥

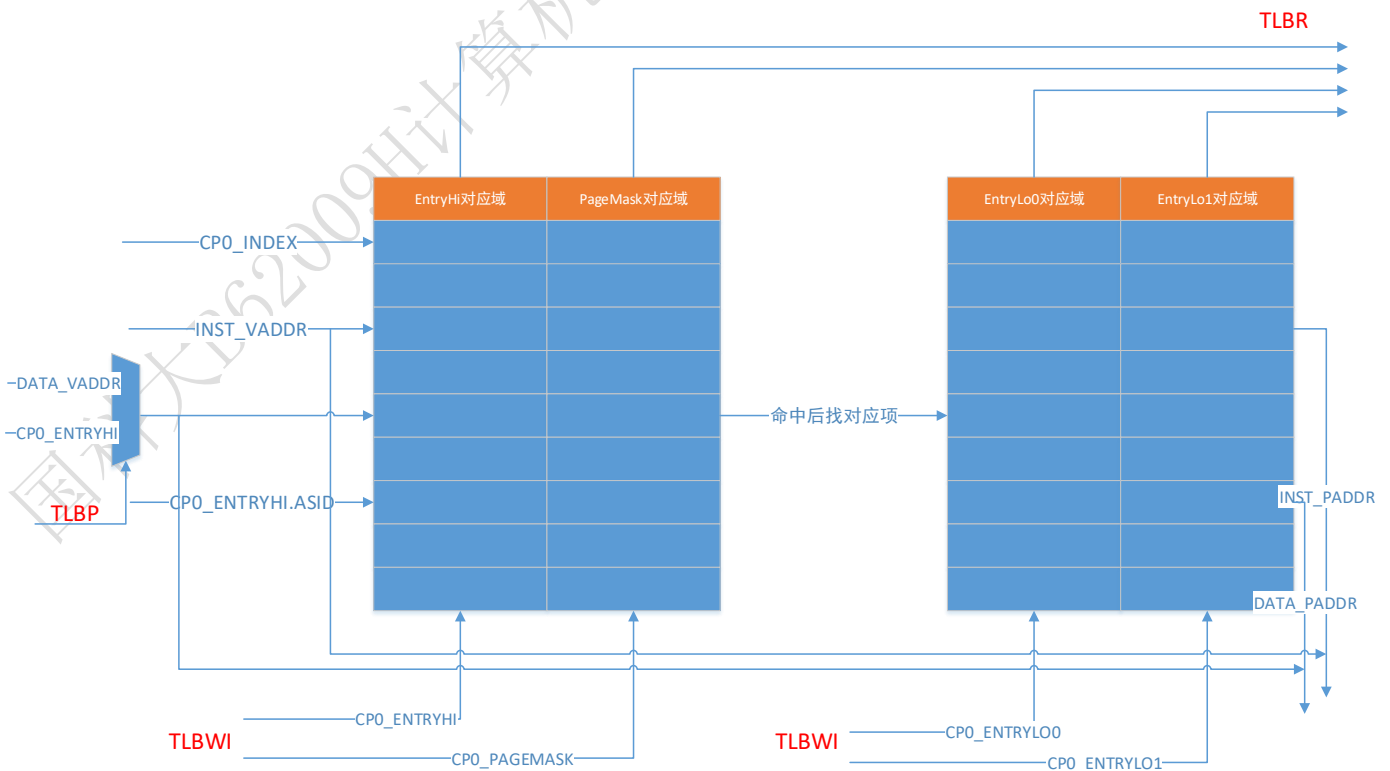
一、实验任务（10%）

- 1、CPU 增加 TLBR、 TLBWI、 TLBP 指令。
- 2、CPU 增加 Index、 EntryHi、 EntryLo0、 EntryLo1 、 PageMask CP0 寄存器。
- 3、CPU 增加 32 项 TLB 结构， 支持的页大小位 4KB。
- 4、CPU 增加 TLB 相关例外： Refill、 Invalid、 Modified。
- 5、运行专用功能测试 tlb_func， 要求全部通过， 共 10 项测试。

二、实验设计（30%）

（一）对于支持 TLB 的整体设计

本次实验需要在 CPU 的设计中增加一个 32 项的 TLB， 同时支持相关的指令和 CP0 寄存器。TLB 模块的设计图如下：



对于原来的 CPU 设计，首先需要增加一个 TLB 模块来进行取指和访存地址的虚实转换，并对 TLB 表项进行读写。

同时在 mycpu_top 中需要增加 5 个 CP0 寄存器，分别为 CP0_Index、CP0_EntryHi、CP0_EntryLo0、CP0_EntryLo1 和 CP0_PageMask。其中 CP0_Index 在 TLBP 指令时需要自动更新，CP0_EntryHi、CP0_EntryLo0、CP0_EntryLo1 和 CP0_PageMask 在 TLBR 指令时需要自动更新。所有的 CP0 寄存器的修改统一放在执行级。

在中断和例外处理上，延续原来的想法，所有异常在执行级统一处理。inst_refill 和 inst_invalid 在取指级触发，data_refill、data_invalid 和 data_modified 在执行级触发。同时区分不同的异常处理入口地址，对于 TLB_refill 异常处理入口地址为 0xbfc00200，其余异常处理入口地址仍为 0xbfc00380。

在流水级的阻塞和清空上，如果在取指级或执行级为 TLBWI、TLBR 或者为修改 CP0_ENTRYHI 的 MTC0 指令，则此时取指级经过虚实转换后取来的指令需要重做，因为上述指令会修改 TLB 和虚实转换时需要使用到的寄存器，可能会导致后续的取指转换的地址不正确。

（二）TLB 模块

（1）基本概述

该模块主要用来存储 TLB 表的内容，同时支持取指虚地址和访存虚地址同时转换为对应物理地址。此外，需要支持 TLBWI、TLBR 和 TLBP 三条指令。

对于 TLBWI 指令，在时钟上升沿根据 Index_in 的索引将对应的 TLB 表项更新为输入值。

对于 TLBP 指令，首先在输入时对于真正要查找 TLB 的 data_vaddr 通过 TLBP 信号进行二选一，如果是 TLBP 指令，则查找 EntryHi_in 对应的虚地址，否则查到 data_vaddr_in 对应的虚地址。对于查找结果，如果找到了对应项，需要将查找信号进行编码，如果没有找到，则把 Index_out 的最高位置 1。

对于 TLBR 指令，根据 Index_in 将 TLB 表中的对应项输出。

对于虚实地址转换，首先将虚地址的高 19 位与 TLB 表中每项的 EntryHi 域的高 19 位结合 PageMask 域进行比较，同时如果 EntryHi 域的第 12 位为 0，还需将 CP0_EntryHi 寄存器的 ASID 域与 TLB 中每项的 ASID 域进行比较，如果全部满足则说明命中。如果 32 项没有一项命中，则 found 信号置 0。对于命中的情况，根据虚地址的第 12 位分别选取 EntryLo0 域或 EntryLo1 域的物理页框号，结合虚地址的低 12 位组成物理地址，同时将 V_flag 和 D_flag 置为对应 EntryLo 域中的 V 位和 D 位。

（2）接口定义

名称	方向	位宽	功能描述
clk	IN	1	时钟信号
TLBWI	IN	1	TLBWI 指令信号

名称	方向	位宽	功能描述
TLBR	IN	1	TLBR 指令信号
TLBP	IN	1	TLBP 指令信号
inst_vaddr	IN	32	取指虚地址
data_vaddr_in	IN	32	访存虚地址
EntryHi_in	IN	32	CP0_EntryHi 寄存器的输入信号
PageMask_in	IN	32	CP0_PageMask 寄存器的输入信号
EntryLo0_in	IN	32	CP0_EntryLo0 寄存器的输入信号
EntryLo1_in	IN	32	CP0_EntryLo1 寄存器的输入信号
Index_in	IN	32	CP0_Index 寄存器的输入信号
EntryHi_out	OUT	32	需要修改的 CP0_EntryHi 寄存器的值
PageMask_out	OUT	32	需要修改的 CP0_PageMask 寄存器的值
EntryLo0_out	OUT	32	需要修改的 CP0_EntryLo0 寄存器的值
EntryLo1_out	OUT	32	需要修改的 CP0_EntryLo1 寄存器的值
Index_out	OUT	32	需要修改的 CP0_Index 寄存器的值
inst_V_flag	OUT	1	取指地址虚页号在 TLB 查找到对应物理页是否有效
data_V_flag	OUT	1	访存地址虚页号在 TLB 查找到对应物理页是否有效
data_D_flag	OUT	1	访存地址虚页号在 TLB 查找到对应物理页是否可写
inst_paddr	OUT	32	取指虚地址经过 TLB 映射后的物理地址
data_paddr	OUT	32	访存虚地址经过 TLB 映射后的物理地址
inst_found	OUT	1	取指地址虚页号是否在 TLB 查找到对应物理页
data_found	OUT	1	访存地址虚页号是否在 TLB 查找到对应物理页

三、实验过程（60%）

（一）实验流水账

上周已经完成本次实验的所有内容并通过测试，本周没有进行修改。

（二）错误记录

未发现错误。