

多周期 MipsCPU 设计

一. 模块定义

1. mips

(1) 基本描述

mips 是最顶层设计，综合了 datapath 和 controller。所有的操作均在 mips 内部进行。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
clk	I	时钟信号
reset	I	复位信号 1：复位 0：无效

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	处理指令和数据	对指令和数据进行相应的处理。

2. Controller

(1) 基本描述

Controller 是控制器，综合了主控制器和 ALU 控制器，产生控制信号。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
clk	I	时钟信号
reset	I	复位信号。 1：复位 0：无效
zero	I	ALU 计算结果为 0 标志。 1：计算结果为 0 0：计算结果非 0
op[5:0]	I	32 位 MIPS 指令的[31:26]字段
func[5:0]	I	32 位 MIPS 指令的[5:0]字段
Rd[31:0]	I	[rs]的值判断，决定 blez/bgtz/bltz/bgez 的执行
F[4:0]	I	1: bgez 指令执行 0: blez 指令执行
PCWr	O	PC 写使能 1：允许 NPC 写入 PC 内部寄存器 0：禁止 NPC 写入 PC 内部寄存器

GPRSel[1:0]	O	选择 GPR 写入地址 00 : regwrite=rt 01 : regwrite=rd 10 : regwrite=1f
IRWr	O	IR 写使能信号 1 : 允许指令从 IM 写入 IR 寄存器 0 : 禁止指令从 IM 写入 IR 寄存器
GPRWr	O	写入寄存器的控制信号 1 : 写入相应的寄存器 0 : 无
DMWr	O	写入 DM 的控制信号 1 : 讲数据写入相应地址内 0 : 无
Aluctrl [2:0]	O	决定运算类型的三位控制信号 000: + 001 : - 010 : 011 : {b[15:0],16'b0} 100 : & 101 : a&~b ~a&b 110 : ~(a b) 111 : 移位运算
GPRSel[1:0]	O	GPR 写入端地址选择信号 00 : 选择 Rd 字段 01 : 选择 Rt 字段 10 : 选择寄存器\$31
WDSel[1:0]	O	GPR 写入端数据选择的信号 00 : 选择 aluout 的输出 01 : 选择 DM 的输出 10 : 选择 npc 的输出 (即 pc + 4)
EXTOp	O	扩展类型控制信号 1 : 有符号扩展 0 : 无符号扩展
BSe[1:0]	O	ALU 的 b 输入端选择信号 00 : 选择寄存器 RD2 的结果 01 : 选择零位扩展 10 : 选择符号扩展
PCSe	O	PC 输入端的选择信号 1 : 选择寄存器\$31 内的数据作为地址 0 : 选择 npc 的输出作为地址
Jump/Jal/Jr/bne/ Blez/bgtz/bltz/bgez	O	跳转控制信号
Sb/sh/sw/lb/lh/lbu/ lhu/lw	O	存储控制信号
Sll/srl/sra/sllv/srlv/ srav	O	移位功能控制信号

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	产生控制信号	控制数据通路里的单元进行行为选择

3. im

(1) 基本描述

IM 是指令储存器，主要功能是储存指令。IM 根据 pc 给出的地址决定输出的指令。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
addr[31:0]	I	pc 给出的指令地址
opcode[31:0]	O	32 位 MIPS 指令

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	产生 MIPS 指令	产生 MIPS 指令进而控制 CPU 的运行

4. dm_

(1) 基本描述

DM 是数据储存器，主要功能是储存数据。DM 根据控制信号决定写入还是输出数据。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
addr[31:0]	I	ALU 计算得到的存放数据的地址
wd[31:0]	I	数据写入端
bes[3:0]	I	字节使能信号 4'b1111: DM[addr[11:2]] <= wd; 4'b0011: DM[addr[11:2]][15:0] <= wd[15:0]; 4'b1100: DM[addr[11:2]][31:16] <= wd[15:0]; 4'b0001: DM[addr[11:2]][7:0] <= wd[7:0]; 4'b0010: DM[addr[11:2]][15:8] <= wd[7:0]; 4'b0100: DM[addr[11:2]][23:16] <= wd[7:0]; 4'b1000: DM[addr[11:2]][31:24] <= wd[7:0];
Bel[6:0]	I	控制取数指令的执行
we	I	写入 DM 的控制信号 1: 讲数据写入相应地址内 0: 无
clk	I	时钟信号
rdata[31:0]	O	数据输出端

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	写入数据	当 addr 端有指令输入且 we 信号为 1 时，根据 be 的类型从 din 端写入数据到相应的地址内
2	输出数据	当 addr 端有指令输入且 we 信号为 0 时，从 dout 端输出相应的地址内的数据

5. GPR

(1) 基本描述

GPR 是寄存器堆，由 32 个 32 位寄存器组成，主要功能是在内存与 CPU 运算部件之间暂存数据。GPR 根据指令选择相应的寄存器来完成读操作或者写操作。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
Ra1[4:0]	I	读寄存器指令输入端 1
Ra2[4:0]	I	读寄存器指令输入端 2
wa[4:0]	I	写寄存器指令输入端
wd[31:0]	I	数据写入端
we	I	写入寄存器的控制信号 1：写入相应的寄存器 0：无
clk	I	时钟信号
rst	I	复位信号。 1：复位 0：无效
Rd1[31:0]	O	数据输出端 1
Rd2[31:0]	O	数据输出端 2

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	写入数据	当 wn 端有指令输入且 we 信号为 1 时，从 d 端写入数据到相应的寄存器内部
2	输出数据	当 rna 端有指令输入时，从 qa 端输出相应的寄存器内的数据； 当 rnb 端有指令输入时，从 qb 端输出相应的寄存器内的数据。

6. ALU

(1) 基本描述

ALU 是算术逻辑运算单元，主要功能是对输入的数据进行相应的运算。ALU 根据指令选择输入的数据需要进行的操作。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
a[31:0]	I	数据输入端 A
b[31:0]	I	数据输入端 B
s[4:0]	I	rt
clk,sll,srl,sra,sllv,srlv,srav	I	移位运算控制
aluctrl[2:0]	I	决定运算类型的三位控制信号 001：或运算 010：加运算 110：减运算 011：lui 运算 111：slt 运算
result[31:0]	O	运算结果输出端
Zero	O	ALU 计算结果为 0 标志。 1：计算结果为 0 0：计算结果非 0

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	完成逻辑运算	根据输入的控制信号完成相应的逻辑运算

7. be_load

(1) 基本描述

Be_load 是判断需要将数据的哪个字节或者半字或者整个字取出 DM 的扩展部件。根据 aluout 的低两位以及相应的存数指令进行相应的判断。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
addr[1:0]	I	来自 ALU 的计算结果的低两位
bel[6:0]	O	根据 CONTROLLER 和 ALUOUT 后两位生成 DM 的控制信号
lw,lh,lhu,lb,lbu	I	相应的取值操作

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	产生字节使能信号	根据 aluout 的低两位以及来自控制器的控制信号产生相应的字节使能信号

8. be_save

(1) 基本描述

Be_load(be_save 是判断需要将数据的哪个字节(或者半字或者整个字存入)DM 的扩展部件。根据 aluout 的低两位以及相应的存数指令进行相应的判断。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
sw,sb,sh	I	相应的存数操作
addr[1:0]	I	来自 ALU 的计算结果的低两位
bes[3:0]	O	根据 aluout 的低两位以及来自控制器的控制信号产生相应的字节使能信号

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	产生字节使能信号	根据 aluout 的低两位以及来自控制器的控制信号产生相应的字节使能信号

9. MUX

(1) 基本描述

MUX 是多路选择器，主要功能是根据信号选择相应的数据输出，这里总共使用了三种多路选择器，分别说明如下。

(2) 模块接口

1. mux5

信号名	方向	描述
a[4:0]	I	数据输入端 1
b[4:0]	I	数据输入端 2
c[4:0]	I	数据输入端 3
s[1:0]	I	控制信号 00：选择 a 输出 01：选择 b 输出 10：选择 c 输出
y[4:0]	O	数据输出端

3. mux32

信号名	方向	描述
a[31:0]	I	数据输入端 1
b[31:0]	I	数据输入端 2
c[31:0]	I	数据输入端 3
d[31:0]	I	数据输入端 4
s[1:0]	I	控制信号

		00：选择 a 输出 01：选择 b 输出 10：选择 c 输出 11：选择 d 输出
y[31:0]	O	数据输出端

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	选择输入的数据	根据控制信号选择相应的数据输出。

10. EXT

(1) 基本描述

EXT 是符号扩展器，主要功能是将 16 位的数据扩展成 32 位,由 EXT0p 控制扩展类型。

(2) 模块接口

1. sign_ext

信号名	方向	描述
a[15:0]	I	数据输入端
b[31:0]	O	数据输出端

2. zero_ext

信号名	方向	描述
a[15:0]	I	数据输入端
b[31:0]	O	数据输出端

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	有符号扩展	将 16 位数据按最高位是符号位扩展成 32 位数据
2	零位扩展	将 16 位数据以高位全填零的方式扩展成 32 位数据

11. NPC

(1) 基本描述

Npc 是计算下一条指令地址，并将计算结果输出给 pc 的模块，受到 npcop 的控制。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
pc_jr/rd1/opc[31:0]	I	当前不同的指令的地址
Imm[31:0]	I	立即数

branch,zero,j,jr,jal,bne,blez,bgtz,bltz,	I	相应的跳转指令控制信号
instr[31:0]	I	32 位 MIPS 信号
npcop[1:0]	I	npc 执行操作类型的控制信号 00 : npc = pc + 4 01 : beq 分支指令 10 : J 类跳转指令
npc[31:0]	O	下一条指令的地址
pcplus4[31:0]	O	pc+4 的结果

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	计算 pc	计算下一条指令的地址。

12. PC

(1) 基本描述

PC 是输出当前地址并把下一条地址保存在寄存器中，复位后指向定义的第一条指令地址 0x0000_3000。

(2) 模块接口

信号名	方向	描述
npc[31:0]	I	下条指令的地址
pcwr	I	PC 写使能 1 : 允许 NPC 写入 PC 内部寄存器 0 : 禁止 NPC 写入 PC 内部寄存器
clk	I	时钟信号
rst	I	复位信号。 1 : 复位 0 : 无效
pc_out[31:0]	O	指令储存器的指令地址

(3) 功能定义

序号	功能名称	功能描述
1	复位	当复位信号有效时，PC 被设置为 0x0000_3000。
2	保存 npc 并输出	在每个时钟上升沿保存 npc 并输出。