计算机科学与技术

计算机组成

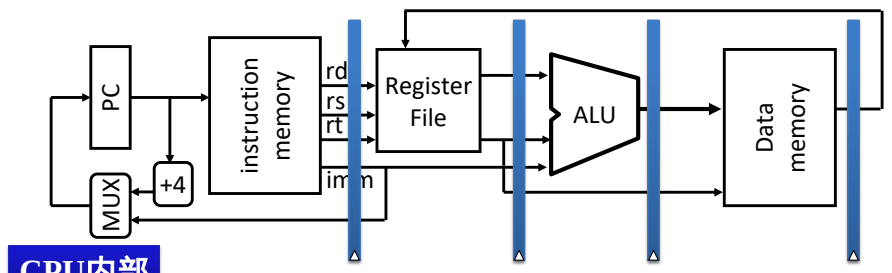
支持I/O

高小鹏

北京航空航天大学计算机学院

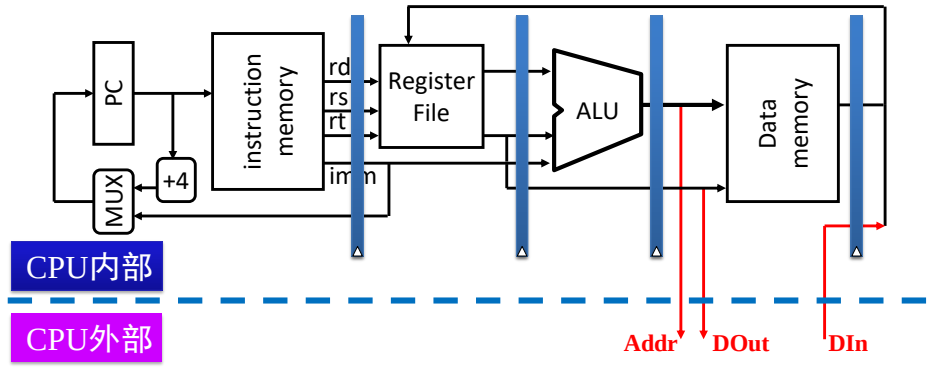
数据通路：增加信号

- 增加必要的地址、数据



数据通路：增加信号

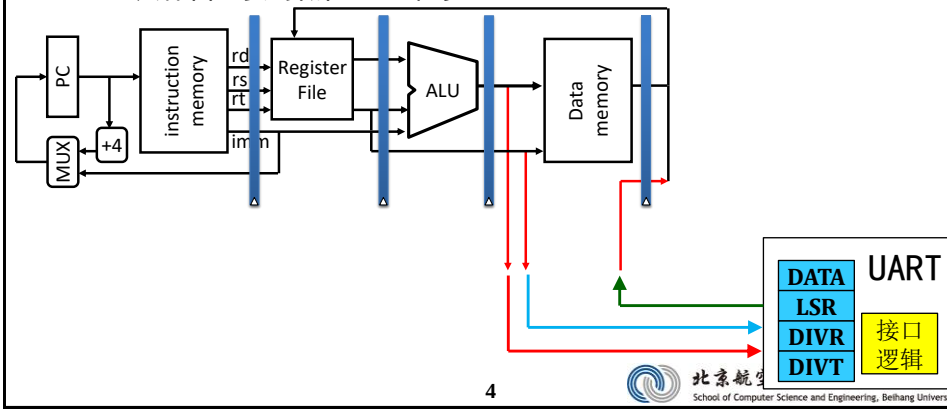
- 增加必要的地址、数据
  - Addr：ALU计算的存储器地址
  - DOut：CPU写数据
  - DIn：CPU读入的数据



北京航空航天大学计算机学院
School of Computer Science and Engineering, Beihang University

支持对I/O的访问：与设备对接

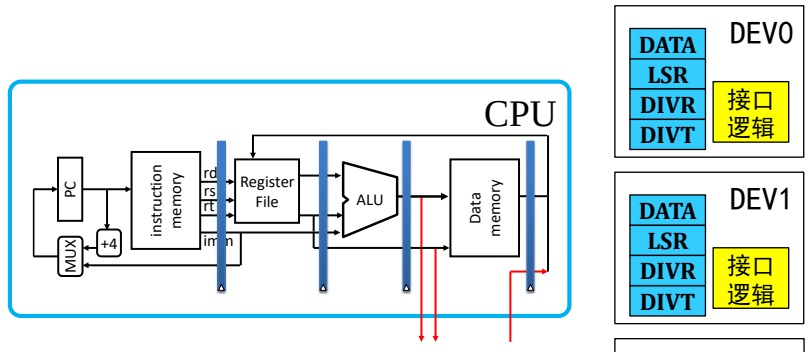
- 每个设备都有自己的$addr_{dev}$、din、dout
  - $Addr_{dev}$：选择设备内部的寄存器。其本质是offset
  - 设备内部的寄存器数量少，因此$Addr_{dev}$位数少
- Q：$Addr_{CPU}$位数多，怎么处理？
  - A：只保留必要的低位地址即可



北京航空航天大学计算机学院
School of Computer Science and Engineering, Beihang University

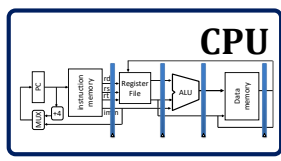
多个设备怎么办？

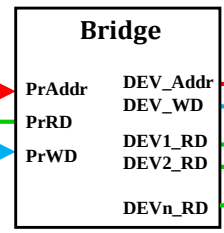
- CPU不能为每个设备都提供一套地址/数据
  - 否则会导致CPU设计变得复杂

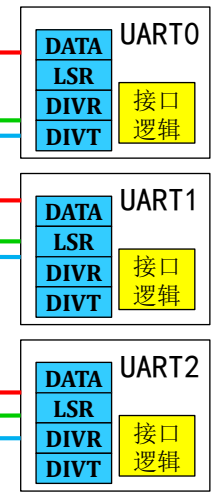


增加新模块：Bridge

- Bridge：类似与网络switch
  - CPU侧：1组接口。设备侧：N组接口
- 1组地址/写数据，N组读数据
  - CPU读：数据汇聚
  - CPU写：数据派发



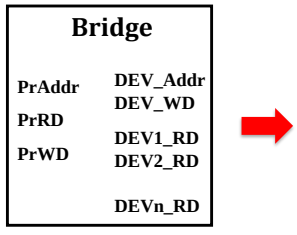


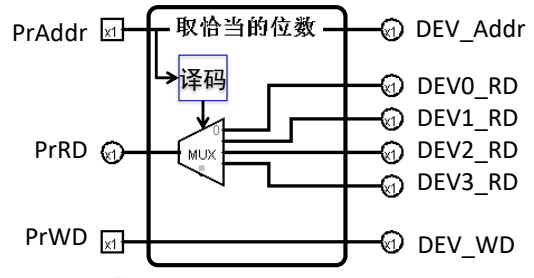


符号	含义
Addr	地址
RD	CPU读的数据
WD	CPU写的数据

Bridge功能及内部结构

- 完成地址、数据转换，控制信号的产生
  - 地址
  - 读数据
  - 写数据

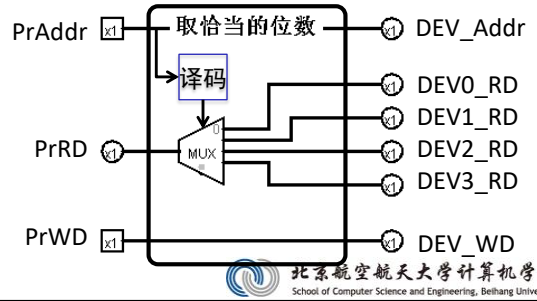




地址图

- 地址图：所有设备在地址空间的分布区域
  - CPU读写设备(其实是程序员)必须知道设备地址
  - Bridge也必须知道设备，否则无法完成译码
- 示例
  - 设备0～2均需要256B的地址空间
  - 设备3需要1MB的地址空间

设备	MIPS地址范围	占用空间
DEV0	$A0000000_H$~ $A00000FF_H$	256字节
DEV1	$A0000100_H$~ $A00001FF_H$	256字节
DEV2	$A0000200_H$~ $A00002FF_H$	256字节
DEV3	$A0100000_H$~ $A01FFFFF_H$	1MB字节



Bridge如何理解CPU的32地址？

- 假设CPU要读写DEV0，则PrAddr必然为A00000XX。分析如下：
  - 1）只要$PrAddr_{31..08}$=A00000，则CPU必然读写DEV0
  - 2）只要$PrAddr_{31..08}$≠A00000，则CPU必然不读写DEV0
  - 3）显然，$PrAddr_{07..00}$只决定访问DEV0内部的哪个寄存器
- 同理对于DEV3可得如下结论
  - 1）只要$PrAddr_{31..20}$=A01，则CPU必然读写DEV3
  - 2）只要$PrAddr_{31..20}$≠A01，则CPU必然不读写DEV3
  - 3）$PrAddr_{19..00}$决定访问DEV3内部的哪个寄存器

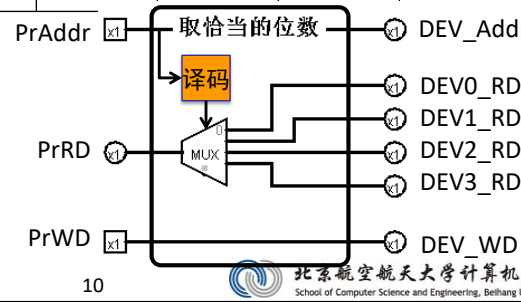
设备	MIPS地址范围	占用空间
DEV0	$A0000000_H$~ $A00000FF_H$	256字节
DEV1	$A0000100_H$~ $A00001FF_H$	256字节
DEV2	$A0000200_H$~ $A00002FF_H$	256字节
DEV3	$A0100000_H$~ $A01FFFFF_H$	1MB字节

Bridge如何理解CPU的32地址？

- 对于设备，其基地址位数/值均是固定的，偏移位数也是固定的

设备	MIPS地址范围	占用空间	基地址	偏移
DEV0	$A0000000_H$~ $A00000FF_H$	256字节	A00000	8位
DEV1	$A0000100_H$~ $A00001FF_H$	256字节	A00001	8位
DEV2	$A0000200_H$~ $A00002FF_H$	256字节	A00002	8位
DEV3	$A0100000_H$~ $A01FFFFF_H$	1MB字节	A01	20位

- 本质是设备基地址译码



Bridge如何知道CPU当前在读写哪个设备？

- 为了判断CPU地址是否读写某个设备，只需要将CPU地址的高位部分与该设备的基地址进行比较，产生一个HIT
- 例如对于DEV0，只需要判断$PrAddr_{31..08}$是否为A00000即可

```
assign HitDEV0 = (PrAddr[31:08] == 20'hA00000) ;
assign HitDEV1 = (PrAddr[31:08] == 20'hA00001) ;
assign HitDEV2 = (PrAddr[31:08] == 20'hA00002) ;
assign HitDEV3 = (PrAddr[31:20] == 12'hA01) ;
```

设备	MIPS地址范围	占用空间	基地址	偏移
DEV0	$A0000000_H$~ $A00000FF_H$	256字节	A00000	8位
DEV1	$A0000100_H$~ $A00001FF_H$	256字节	A00001	8位
DEV2	$A0000200_H$~ $A00002FF_H$	256字节	A00002	8位
DEV3	$A0100000_H$~ $A01FFFFF_H$	1MB字节	A01	20位

Bridge如何给设备输出地址？

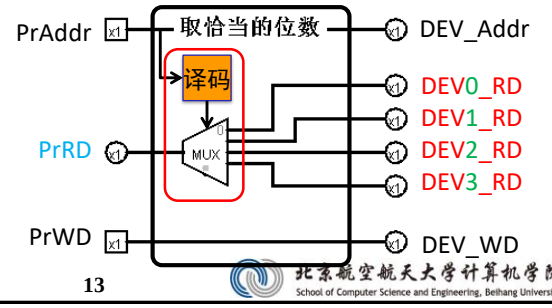
- DEV0，需要CPU地址的最低8位偏移，即$PrAddr_{07..00}$
- DEV1，需要CPU地址的最低8位偏移，即$PrAddr_{07..00}$
- DEV2，需要CPU地址的最低8位偏移，即$PrAddr_{07..00}$
- DEV3，需要CPU地址的最低20位偏移，即$PrAddr_{19..00}$
- 因此，bridge只需输出$PrAddr_{19..00}$即可，而DEV0-DEV3各取所需

设备	MIPS地址范围	占用空间	基地址	偏移
DEV0	$A0000000_H$~ $A00000FF_H$	256字节	A00000	8位
DEV1	$A0000100_H$~ $A00001FF_H$	256字节	A00001	8位
DEV2	$A0000200_H$~ $A00002FF_H$	256字节	A00002	8位
DEV3	$A0100000_H$~ $A01FFFFF_H$	1MB字节	A01	20位

Bridge如何支持CPU读设备？

- 每个设备都在向bridge输出各自的DEV?_RD
  - 无论CPU是否访问自己，每个设备都会根据输入的地址偏移“自做多情”的输出数据

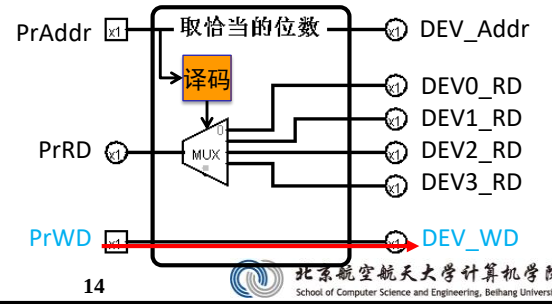
```
assign PrRD = HitDEV0 ? DEV0_RD :
              HitDEV1 ? DEV1_RD :
              。。。
                        DEV3_RD ;
```



Bridge如何支持CPU写设备？

- CPU写数据：连接至所有设备的数据输入
  - 直通输出，不需要再转换
- 每个设备都必须有一个独立的写使能We
  - 满足2个条件：①CPU写使能有效，②命中设备
- 以DEV3的WeDEV3为例

```
assign WeDEV3 = WeCPU & HitDEV3 ;
```

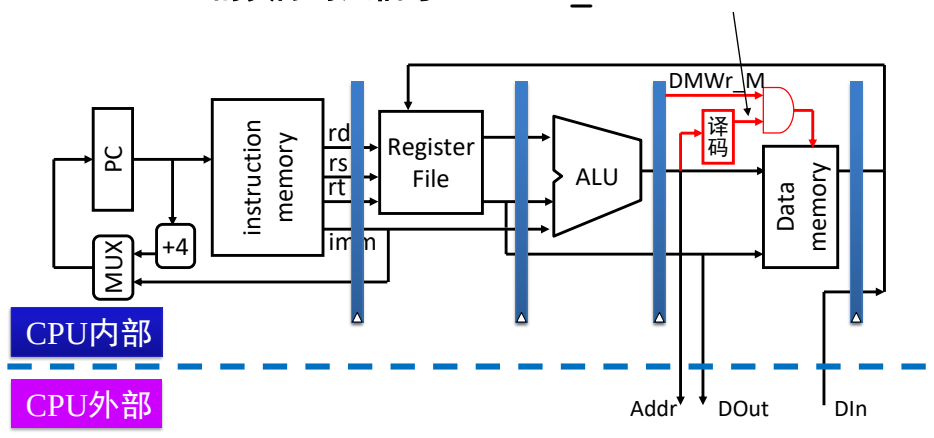


防止误写DM

Q：HitDM逻辑部署在哪里？
A：只能部署在M级

- 问题：store指令可能写DM，也可能写设备
- 方案：DM的写入信号需要增加对DM地址范围的判断信息

DM的实际写入信号 = DMWr_M & HitDM

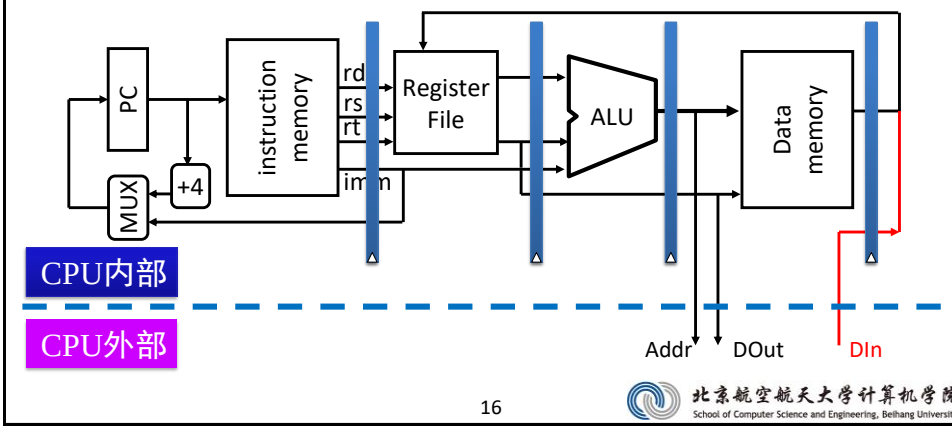


北京航空航天大学计算机学院 School of Computer Science and Engineering, Beihang University

支持读I/O寄存器1/2

- 无I/O时，RF回写数据来自{DM、ALU、PC4}，其MUX控制信号

```
MUXWD_Sel = load指令  ? DR@W  :
            cal指令   ? AO@W  :
                        PC4@W
```

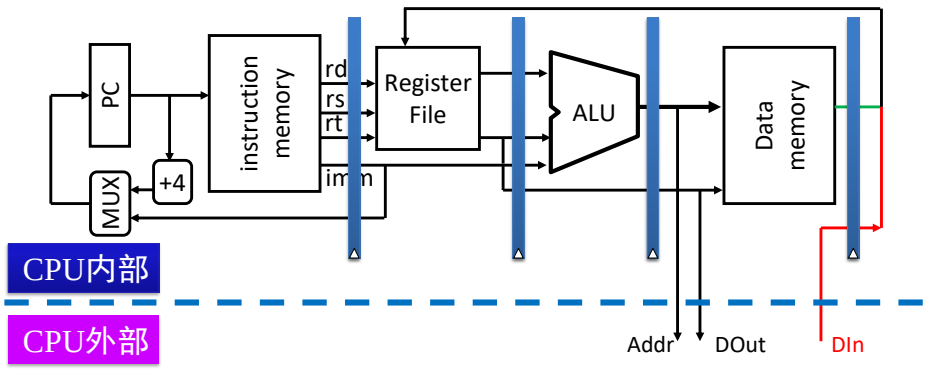


北京航空航天大学计算机学院 School of Computer Science and Engineering, Beihang University

支持读I/O寄存器2/2

- 无I/O时，RF回写数据来自{DM、ALU、PC4}，其MUX控制信号

```
MUXWD_Sel = load指令 &  HitDM  ? DR@W  :
            load指令 & !HitDM  ? DIn@W :
            cal指令            ? AO@W  :
                                 PC4@W
```



17