

实验 2 存储器原理

一、实验目的：

1. 熟悉 RAM 和 ROM 的数据读写过程；
2. 掌握存储器的容量扩展方法；
3. 掌握寄存器文件的工作原理、设计方法和控制过程；
4. 掌握数据通路建立过程中各控制信号的时序关系；
5. 掌握寄存器和存储器之间的数据传输过程；
6. 熟悉多路选择器的使用。

二、实验环境：

PC+Windows+Logisim

三、实验内容：

1. 存储器扩展模块（30 分）

请用 $4K \times 8b$ （数据接口设置为分离加载和存储）的存储芯片扩展成为

$16K \times 32b$ 的存储器，搭建外围电路，完成如下对存储器的自动读写操作：

- (1) 从存储单元 $M[10]$ 开始地址 **自动** 写入任意 n ($n > 10$) 个数据（数据值不做限定）的写入操作；
- (2) 对 (1) 写入数据读出，并验证其正确性
- (3) 存储器封装如图 2-1 所示。

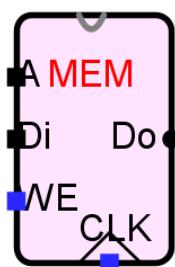


图 2-1 存储器封装

2.MIPS RegFile 模块 (30 分)

分析图 2-2 所示的寄存器堆的原理图, 构建含有 32 个 32 位寄存器堆 RegFile 的电路, 写入操作需有时钟信号控制, 读取操作是组合电路。

要求:

(1)MIPS 寄存器堆文件的端口信号如表 2-1 所示:

表 2-1 RegFile 端口信号

信号名称	位宽	方向	描述
CLK	1	I	时钟信号
RA1	5	I	读出寄存器地址 1 (图 2 中为 RA)
RA2	5	I	读出寄存器地址 2 (图 2 中为 RB)
WA	5	I	写入寄存器地址 (图 2 中为 RW)
Din	32	I	写入寄存器数据 (图 2 中为 busW)
WE	1	I	写入使能控制
RD1	32	O	寄存器地址 1 读出数据 (图 2 中为 busA)
RD2	32	O	寄存器地址 2 读出数据 (图 2 中为 busB)

(2)0 号寄存器的内容始终为 32 位全零, 即 R0 恒等于 0;

(3)有两个读端口和一个写端口;

(4)能在时钟信号有效时写入数据到指定寄存器, 能够随时读取任意一个寄存器的数据;

(5)为了能在后续实验中直接使用该寄存器堆模块, 请按照表 2-1 给出的引脚图进行设计, 不要改变灰框内的引脚、隧道的名称, 该电路已经进行了封装如图 2-3 所示。

(6)验证 RegFile 电路的正确性。

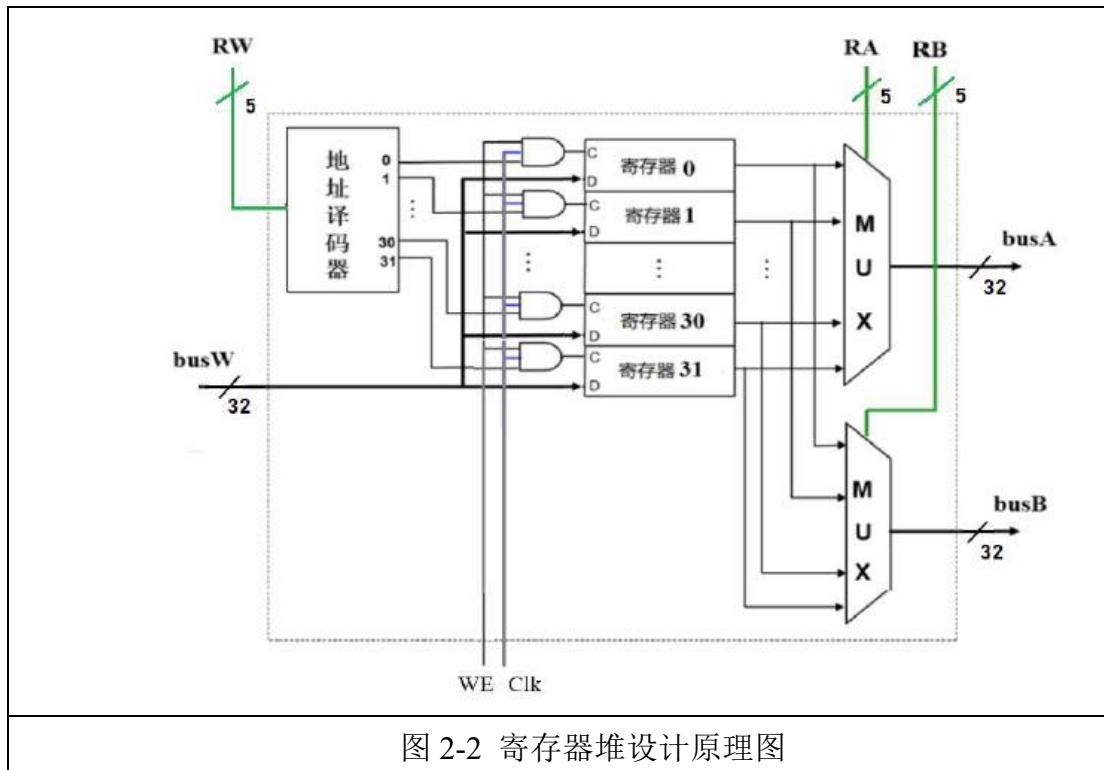


图 2-2 寄存器堆设计原理图

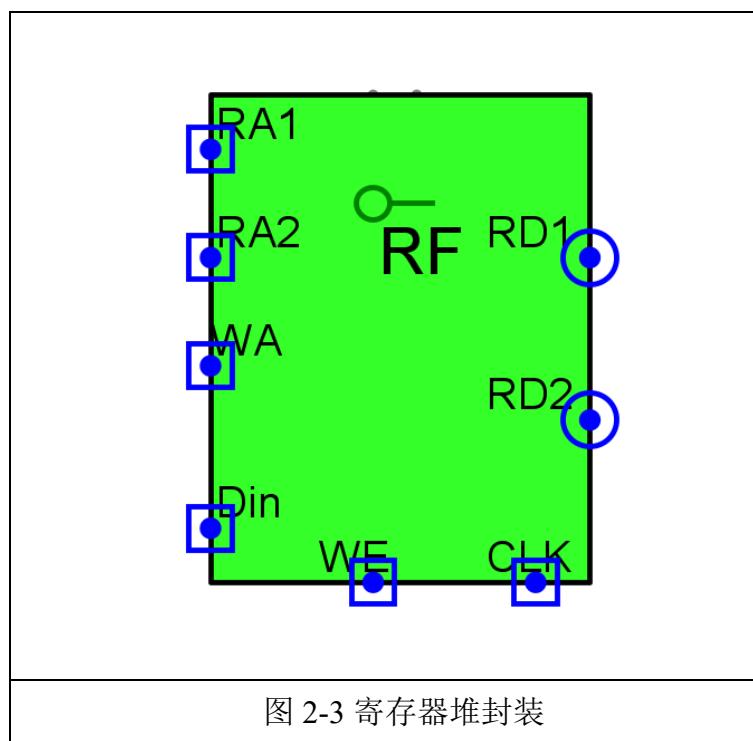


图 2-3 寄存器堆封装

3. 存储器之间的数据互传 (40 分)

分析图 2-4 所示的数据通路图中三个数据选择器的功能，利用本实验内容 1 (存储器扩展模块)和实验内容 2(MIPS RF 模块)以及实验 1 的运算器在 Logisim 下 **绘制并完善**该电路 (可以增加输入控制信号)，然后利用控制信号完成以下各

种部件之间的数据传输，并针对每一种情况填写完整的控制流程。

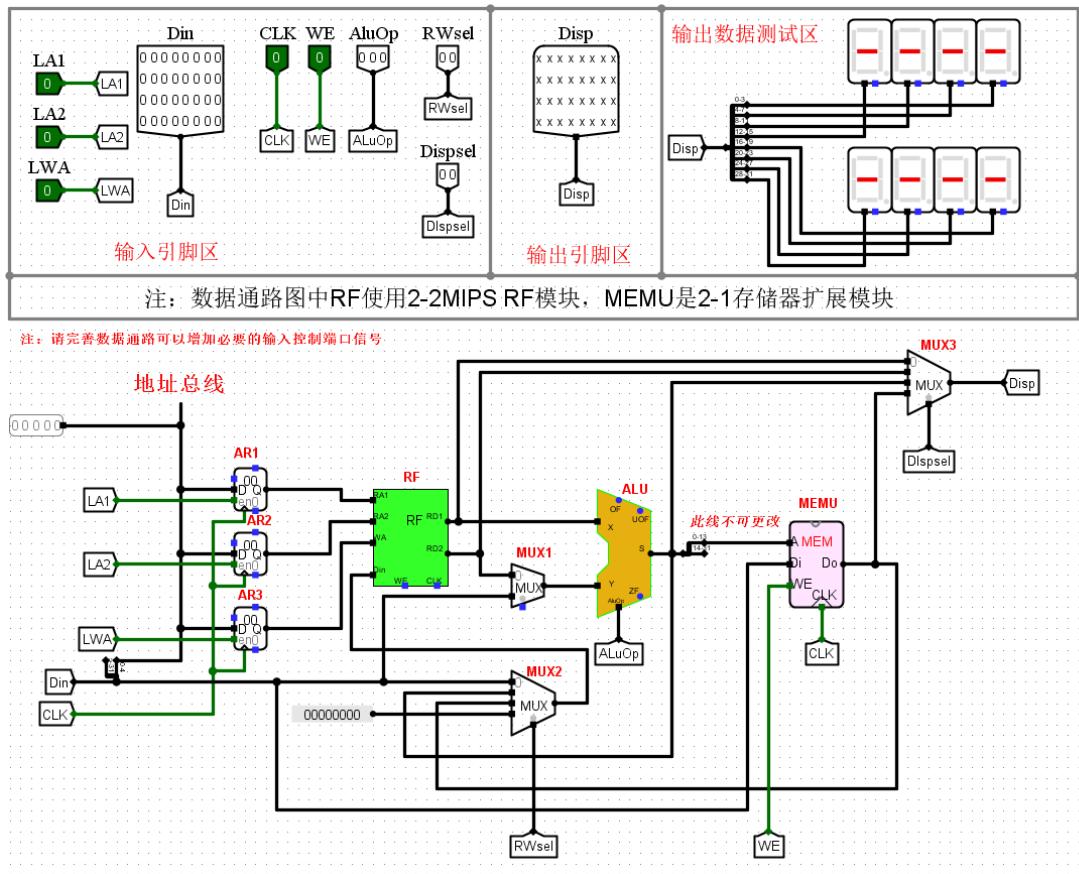


图 2-4 连接多个设备的数据通路图

(1) 将寄存器初始化为常数

即 $R[i] \leftarrow \#data$, ($i=1 \sim 15$), 完成表 2-2 操作。

表 2-2 寄存器初始化操作

序号	数据传输操作	数据传输目的	数据源
1	$R[2] \leftarrow 4$	$R[2]$	#4
2	$R[3] \leftarrow 5$	$R[3]$	#5
3	$R[4] \leftarrow 6$	$R[4]$	#6

$R[i] \leftarrow \#data$ 数据传输过程中的完整控制过程 (可增删行):

步骤	部件名称	输入信号	输出信号	控制信号	功能描述	是否 CLK 相关

(2) 将寄存器的内容存入存储单元中

即 $M[x] \leq R[i]$ ($i=0 \sim 15$), 完成表 2-3 操作。

表 2-3 存储单元存数传输操作。

序号	数据传输操作	数据传输目的	数据源
1	$M[2] \leq R[3]$	$M[2]$	$R[3]$
2	$M[10] \leq R[4]$	$M[10]$	$R[4]$

$M[x] \leq R[i]$ 数据传输过程中的完整控制过程 (可增删行):

步骤	部件名称	输入信号	输出信号	控制信号	功能描述	是否 CLK 相关

(3) 将存储器的内容存入寄存器中

即 $R[i] \leq M[x]$ ($i=1 \sim 15$), 完成表 2-4 操作。

表 2-4 存储单元取数传输操作

序号	数据传输操作	数据传输目的	数据源
1	$R[1] \leq M[10]$	$R[1]$	$M[10]$
2	$R[31] \leq M[2]$	$R[31]$	$M[2]$

$R[i] \leq M[x]$ 数据传输过程中的完整控制过程 (可增删行):

步骤	部件名称	输入信号	输出信号	控制信号	功能描述	是否 CLK 相关

(4) 实现寄存器之间的数据传输

即 $R[i] \leq R[j]$, ($i=1 \sim 15$, $j=0 \sim 15$, 且 $i \neq j$), 完成表 2-5 操作。

表 2-5 寄存器间数据传输操作

序号	数据传输操作	数据传输目的	数据源
1	$R[10] \leq R[2]$	$R[10]$	$R[2]$
2	$R[11] \leq R[3]$	$R[11]$	$R[3]$
3	$R[12] \leq R[4]$	$R[12]$	$R[4]$

$R[i] \leq R[j]$ 数据传输过程中的完整控制过程 (可增删行):

步骤	部件名称	输入信号	输出信号	控制信号	功能描述	是否 CLK 相关

(5) 将两个寄存器进行运算后再存入寄存器

即 $R[s] \leftarrow R[i] \text{ OP } R[j]$, ($s=1 \sim 15$, $i,j=0 \sim 15$), 完成表 2-6 操作。

表 2-6 寄存器运算操作

序号	数据传输操作	数据传输目的	数据源
1	$R[5] \leftarrow R[2]+R[12]$	$R[5]$	$R[2], R[12]$
2	$R[6] \leftarrow R[3]-R[11]$	$R[6]$	$R[3], R[11]$
3	$R[7] \leftarrow R[4] R[5]$	$R[7]$	$R[4], R[5]$

$R[s] \leftarrow R[i] \text{ OP } R[j]$ 数据传输过程中的完整控制过程 (可增删行):

步骤	部件名称	输入信号	输出信号	控制信号	功能描述	是否 CLK 相关

四、思考题

请分析在图2-4的数据通路中，如何实现MEMU中M[X]和M[Y]之间的数据传输？

五、实验报告

1. 报告要求

根据本次实验内容的要求，写出实验操作步骤，包括：

- (1) 电路设计思路及过程；
- (2) 完整的Logisim截图；
- (3) 实验数据记录表，以及数据通路建立过程中控制信号的变化过程；

(4) 错误现象及原因分析;

(5) 回答思考题。

2.提交要求

提交纸质实验报告，并将电路图.circ 文件打包以班级为单位统一提交电子稿。