

一、题目

- ❖ 在基本的单周期MIPS实现中，不同的指令使用不同的硬件单元。
- ❖ 根据如下指令回答下列3个问题。

| | 指令 | 解释 |
|----|----------------|---|
| a. | add Rd,Rs,Rt | $\text{Reg}[\text{Rd}] = \text{Reg}[\text{Rs}] + \text{Reg}[\text{Rt}]$ |
| b. | lw Rt,Offs(Rs) | $\text{Reg}[\text{Rt}] = \text{Mem}[\text{Reg}[\text{Rs}] + \text{Offs}]$ |

- ① 对上述指令而言，图1中的控制单元要产生哪些控制信号？
- ② 对上述指令而言，要用到哪些功能单元？
- ③ 哪些功能单元会产生输出，但输出不会被以上指令用到？对以上指令而言，哪些功能单元不产生任何输出？

一、题目

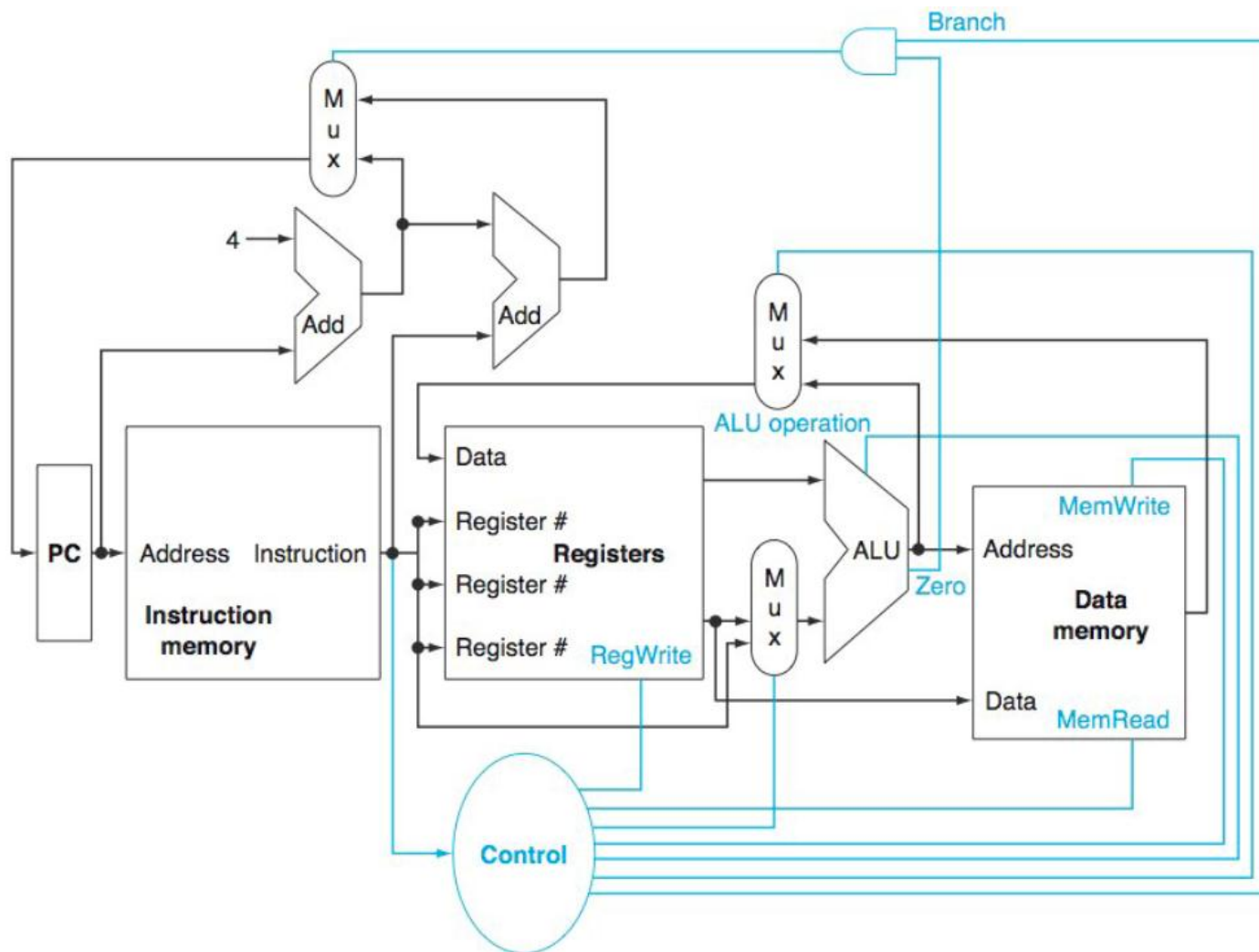
- ❖ 不同单元有不同的延迟时间。在图1中有七种主要单元。
- ❖ 对一条指令而言，关键路径(产生最长延迟的那条路径)上各个单元的延迟时间决定了该指令的最小延迟。
- ❖ 假设个单元的延迟时间如下表所示，回答下列3个问题。

| | 指令存储器 | 加法器 | 多选器 | ALU | 寄存器堆 | 数据存储器 | 控制 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| a. | 400ps | 100ps | 30ps | 120ps | 200ps | 350ps | 100ps |
| b. | 500ps | 150ps | 100ps | 180ps | 220ps | 1000ps | 65ps |

- ④ 对一条MIPS的与指令(AND)而言，关键路径是什么？
- ⑤ 对一条MIPS的装载指令(LW)而言，关键路径是什么？
- ⑥ 对一条MIPS的相等则分支指令(BEQ)而言，关键路径是什么？

一、题图

❖ 图1



二、题目

- ❖ 图1中基本的单周期MIPS实现仅能实现某些指令。
- ❖ 可以在这个指令集中加入新的指令，但决定是否加入取决于给处理器的数据通路和数据通路增加的复杂度。
- ❖ 对于下表中的新指令而言，试回答下列3个问题。

| | 指令 | 解释 |
|----|------------------|---|
| a. | add3 Rd,Rs,Rt,Rx | $\text{Reg}[\text{Rd}] = \text{Reg}[\text{Rs}] + \text{Reg}[\text{Rt}] + \text{Reg}[\text{Rx}]$ |
| b. | sll Rt,Rd,Shift | $\text{Reg}[\text{Rd}] = \text{Reg}[\text{Rt}] \ll \text{Shift}(\text{左移})$ |

- ① 对上述指令而言，哪些已有的单元还可以被使用？
- ② 对上述指令而言，还需要增加哪些功能单元？
- ③ 为了支持这些指令，需要在控制单元增加哪些信号？

二、题目

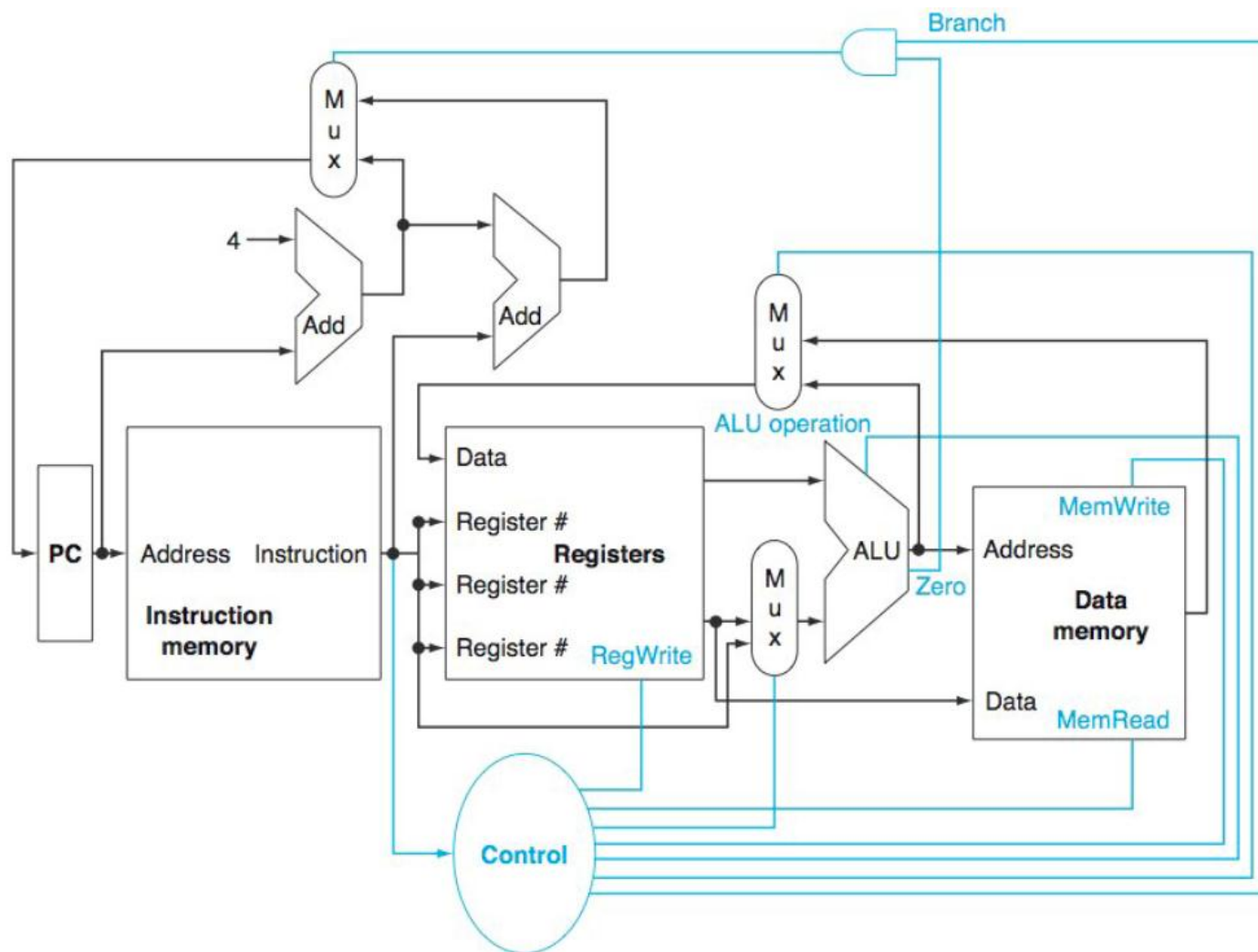
- ❖ 当设计者考虑改进处理器数据通路时，往往要考虑性能与成本的折中。假设我们从图1的数据通路出发，其中指令存储器(Instruction Memory)、加法器(Add)、多选器(Mux)、ALU、寄存器堆(Registers)、数据寄存器(Data Memory)和控制单元(Control)的延迟分别为400ps、100ps、30ps、120ps、200ps、350ps和100ps，相应的成本分别为1000、30、10、100、200、2000和500。试根据表中的改进分别回答下列问题。

| | 改进 | 延迟 | 成本 | 优势 |
|----|---------|----------------|-----------|-----------------------------------|
| a. | 更快的加法器 | 加法单元-20ps | 每个加法单元+20 | 把已有的加法器用更快的加法器替代 |
| b. | 更大的寄存器堆 | 寄存器堆 +100ps | 寄存器堆+200 | 需要更少的load和store指令。 这将导致指令数减少5% |

- ④ 改进前后的时钟周期分别是多少？
- ⑤ 改进后将获得多大的加速比？
- ⑥ 比较改进前后的性能/价格比，进行这样的改进是否有意义？

二、题图

❖ 图1



三、题目

❖ 下表给出了实现处理器数据通路的逻辑单元延迟。试根据下表的两种情况分别回答下列问题。

| | 指令存储器 | 加法器 | 多选器 | ALU | 寄存器堆 | 数据存储器 | 符号扩展 | 左移两位 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| a. | 400ps | 100ps | 30ps | 120ps | 200ps | 350ps | 20ps | 2ps |
| b. | 500ps | 150ps | 100ps | 180ps | 220ps | 1000ps | 90ps | 20ps |

- ① 如果处理器只需做连续取指这一件事(见图2)，那么时钟周期是多少？
 - ② 考虑一个与图3类似的数据通路，但是假设处理器只需处理无条件相对跳转指令，那么时钟周期是多少？
 - ③ 同样考虑一个与图3类似的数据通路，但这次假设只需处理有条件相对跳转指令，那么时钟周期是多少？(请注意图3中ALU的零输出端不是与数据存储器连接，该输出与选择PC值来源的多选器的控制有关)
- 提示：图3中靠右侧的加法器延迟应当按照ALU来计算

三、题目

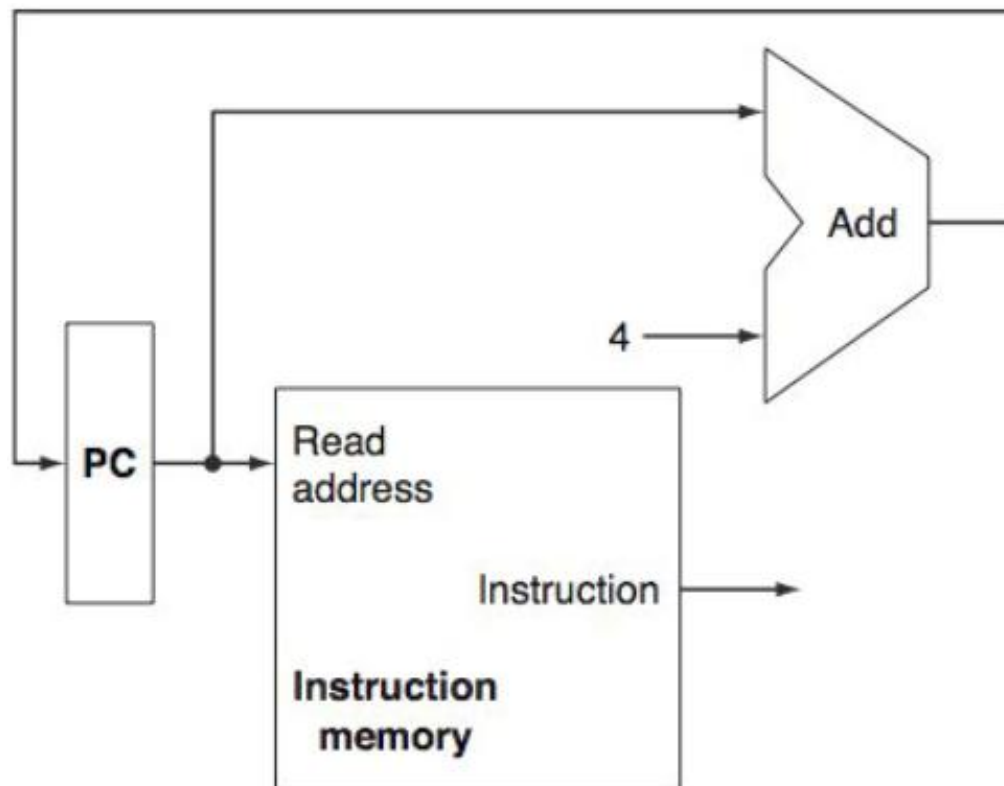
❖ 根据下表的两种数据通路的逻辑单元，分别回答下列问题。

| | 单元 |
|----|---------------|
| a. | 执行加4的加法器(对PC) |
| b. | 数据存储器 |

- ④ 哪些类型的指令需要该单元？
- ⑤ 对哪些类型的指令而言，该单元位于关键路径上？
- ⑥ 假设仅需支持beq指令和add指令，讨论该单元的延迟变化对处理器时钟周期的影响。假设其他单元的延迟不变。

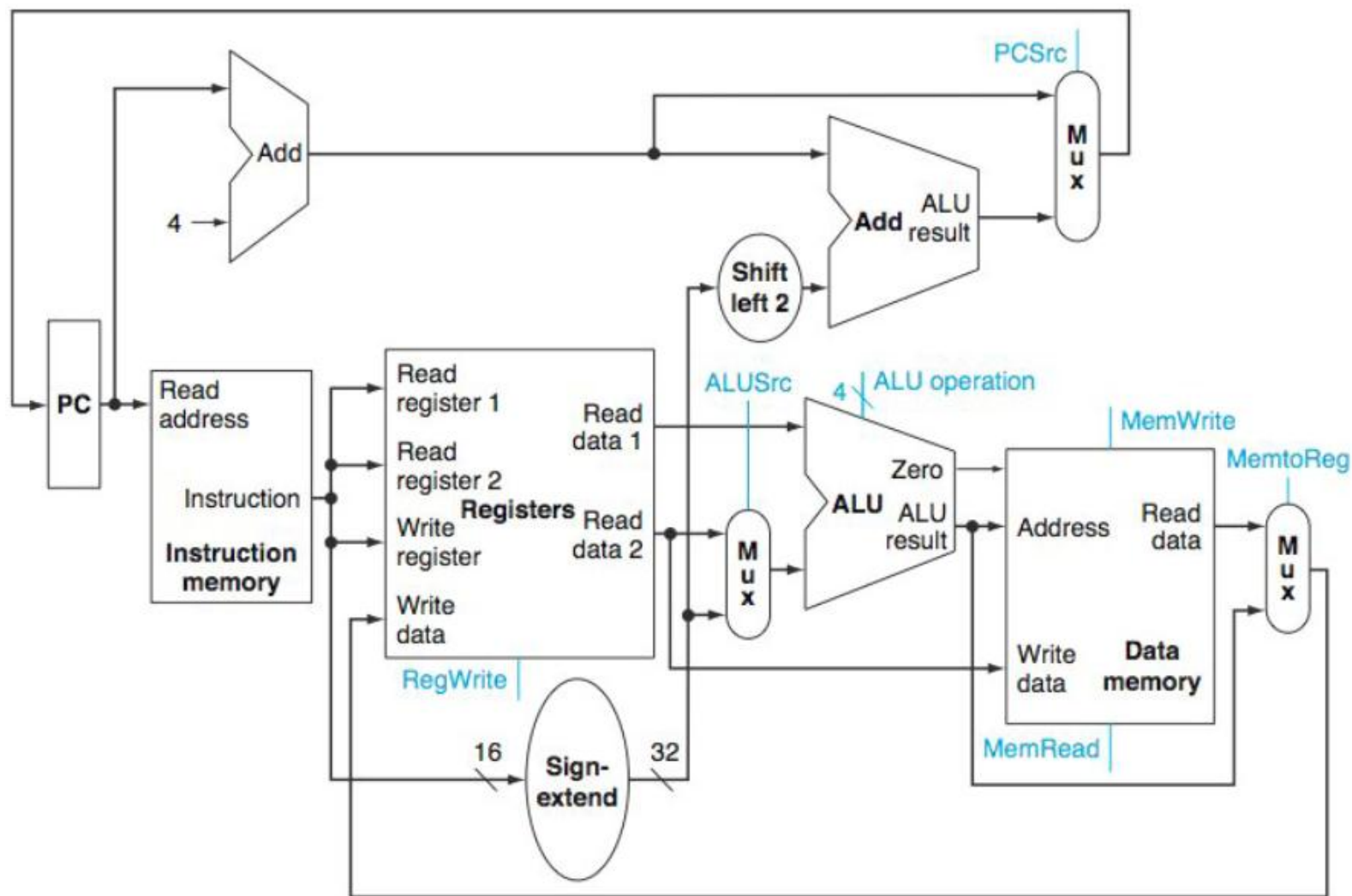
三、题图

❖图2



三、题图

❖图3



四、题目

- ❖ 本题讨论数据通路中不同的单元延迟对整个数据通路时钟周期的影响，以及指令如何利用不同的数据通路单元。根据下面的两种延迟情况，分别回答下列问题。

| | 指令存储器 | 加法器 | 多选器 | ALU | 寄存器堆 | 数据存储器 | 符号扩展 | 左移两位 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| a. | 400ps | 100ps | 30ps | 120ps | 200ps | 350ps | 20ps | 0ps |
| b. | 500ps | 150ps | 100ps | 180ps | 220ps | 1000ps | 90ps | 20ps |

- ① 如果仅需支持ALU类指令(如add、and等)，处理器的时钟周期是多少？
- ② 如果仅需支持lw类指令，时钟周期是多少？
- ③ 如果必须支持add、beq、lw和sw指令，时钟周期是多少？

四、题目

- ❖ 假设各类型指令所占比例如下表所示，试根据下表的两种情况分别回答下列问题。

| | add | addi | not | beq | lw | sw |
|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| a. | 30% | 15% | 5% | 20% | 20% | 10% |
| b. | 25% | 5% | 5% | 15% | 35% | 15% |

- ④ 数据存储器平均用了多少时钟周期？
- ⑤ 符号扩展电路的输入平均用了多少时钟周期？在未用到该输入的其他时间，符号扩展电路在做什么？
- ⑥ 如果可以将数据通路上某个单元的延迟减少10%，应该减少哪个单元的延迟？改进后整个处理器的加速比是多少？

五、题目

- ❖ 在制造硅芯片时，材料的缺陷和制造错误会导致电路失效。一个非常普遍的问题是一根线上的信号会对相邻线上的信号产生影响，这被称为串扰。有一类串扰问题是这样的，某些线上的信号为常值(如电源线)，该线附近的线也被固定为0(stuck-at-0)或1(stuck-at-1)。试根据下表的两种缺陷(信号来自图4)分别回答下列问题。

| | 有问题的信号 |
|----|-------------------|
| a. | 指令存储器，输出信号第7位 |
| b. | 控制单元，输出信号MemtoReg |

- ① 设这样测试处理器的缺陷：先给PC、寄存器堆、数据和指令存储器中设置一些值(可以自己选择)，执行一条指令，然后读出PC、寄存器堆和存储器中的值；最后检查这些值以判断处理器中是否存在缺陷。你能设计这样一个方案检查该信号上是否有固定为0缺陷吗？

五、题目

- ② 条件同第①问，但是这次检查固定为1缺陷。你能只设计一个测试方案同时检查固定为0缺陷和固定为1缺陷吗？如果可以，请解释如何实现；如果不能，请说明理由。
- ③ 如果我们知道一个处理器在该信号上有一个固定为1缺陷，它还能用吗？为了使这个处理器仍然可用，我们必须将原来能在正常MIPS处理器上运行的程序做一些变换，使之可以在这个处理器上运行。假设指令存储器和数据存储器都很大，足够容纳变换后的程序。提示：将因为该缺陷不能用的指令替换为一系列能用的指令，这一系列指令与原指令功能相同。

五、题目

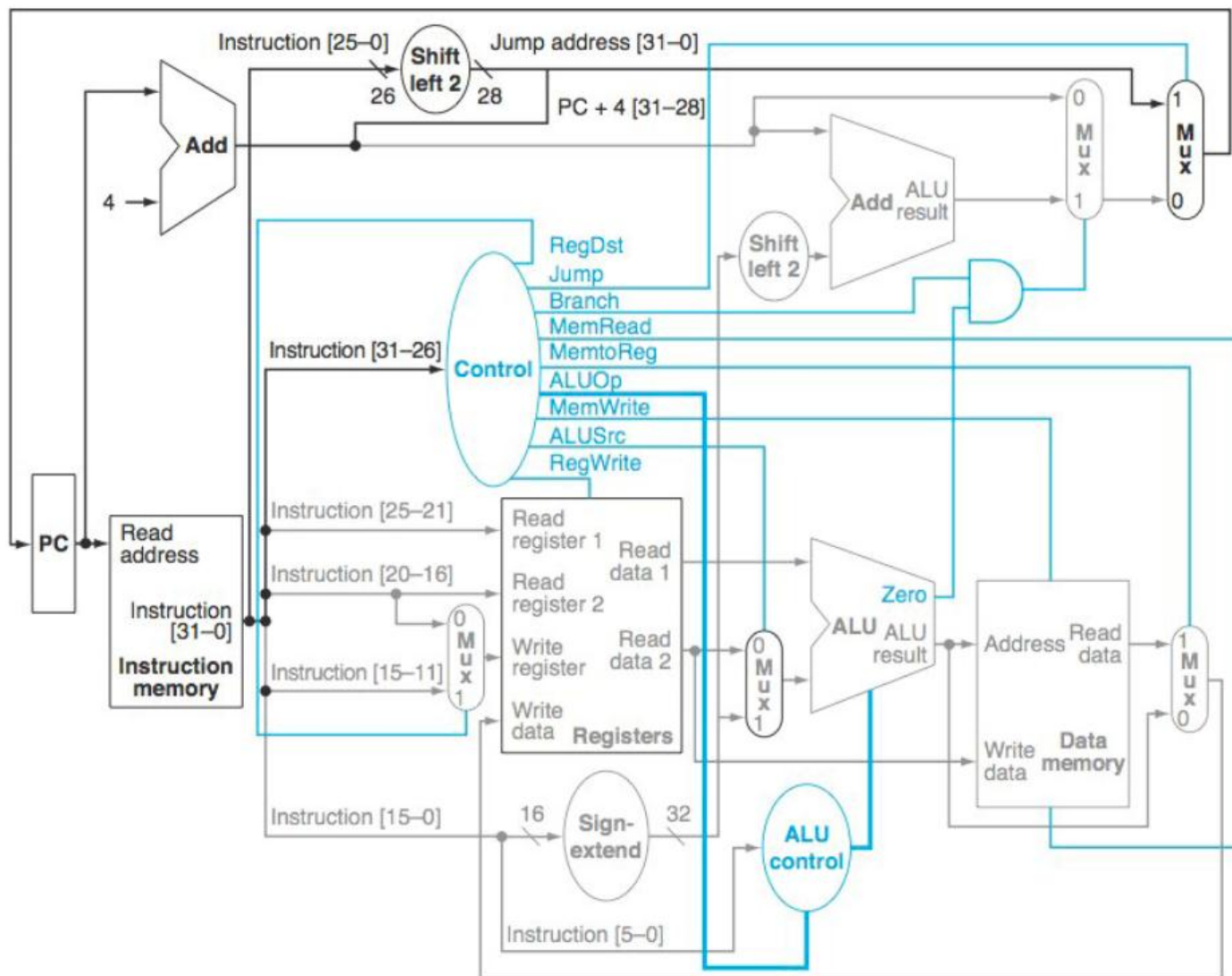
❖ 根据下表的缺陷分别回答下列问题。

| | 缺陷 |
|----|-----------------------------|
| a. | 固定为1 |
| b. | 如果指令的第31~26位全为0，则固定为0，否则无缺陷 |

- ④ 条件同第①问，这次检测控制信号MemRead是否存在上表中的缺陷？
- ⑤ 条件同第①问，这次检测控制信号Jump是否存在上表中的缺陷？
- ⑥ 使用第①问中描述的测试方案，可以一次对几个不同的信号进行测试，但一般来说不可能同时测试到所有信号。试着设计一系列方案对所有多选器输出的上表中的缺陷进行测试(五个多选器输出的每一位都要测试到)。尽量使用较少的测试方案。

五、题图

❖ 图4



六、题目

- ❖ 本题讨论特定指令在单周期数据通路中的操作。根据下表中的MIPS指令分别回答下列问题(参考MIPS汇编作业中的附录)。

| | 指令 |
|----|--------------------------|
| a. | lw \$1,40(\$6) |
| b. | Label: bne \$1,\$2,Label |

- ① 该指令字的值是多少？
- ② 提供给寄存器堆“Read register 1”端口的寄存器号是多少？该寄存器真的被读了吗？对于“Read register 2”呢？
- ③ 提供给寄存器堆“Write register”端口的寄存器号是多少？该寄存器真的被写了吗？

六、题目

- ❖ 不同的指令需要设置数据通路上不同的控制信号。根据下表的两种控制信号情况分别回答下列问题(参考图4)。

| | 控制信号1 | 控制信号2 |
|----|----------|---------|
| a. | RegDst | MemRead |
| b. | RegWrite | MemRead |

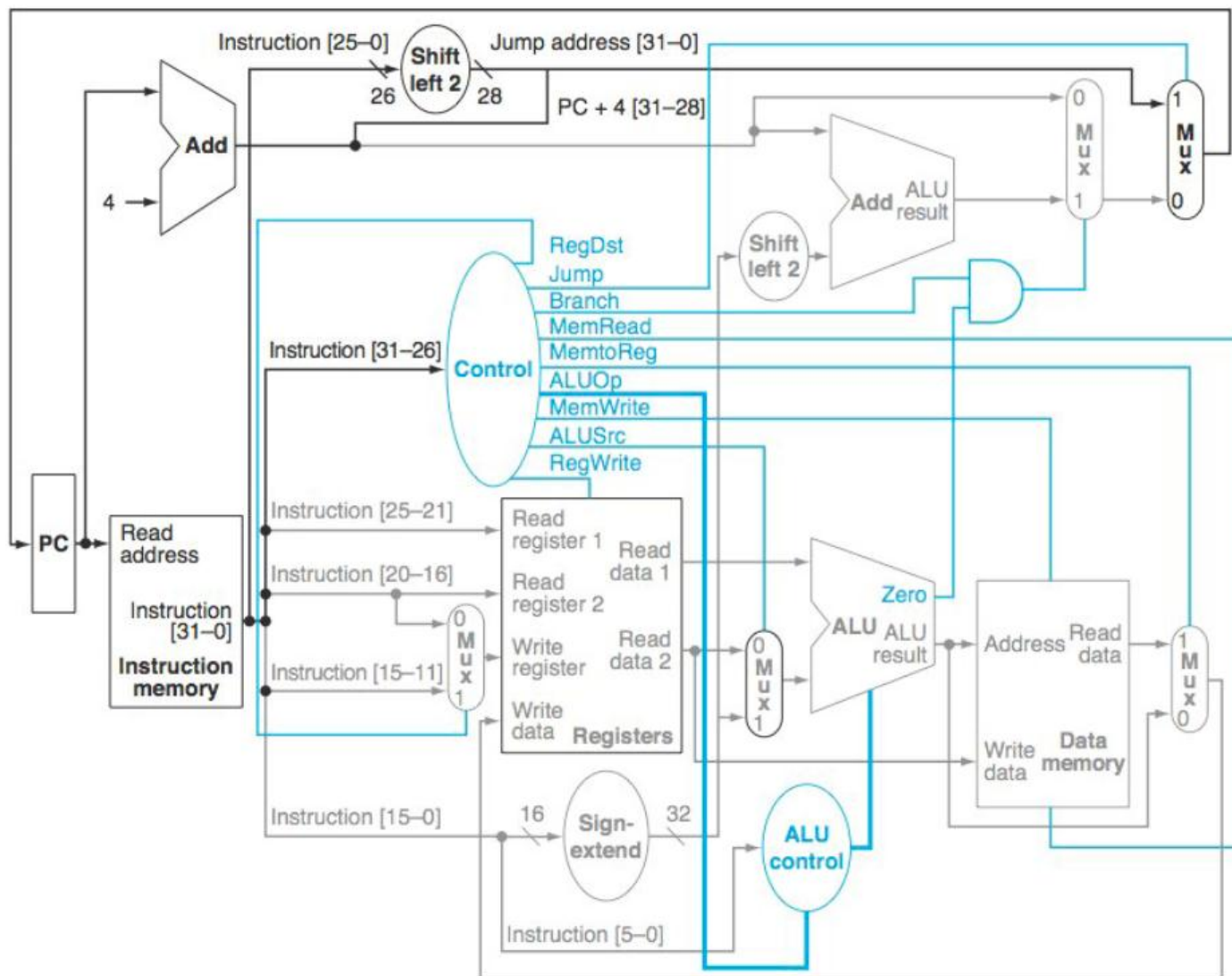
- ④ 对于前面的指令而言，这两个控制信号的值应该是多少？

| | 指令 |
|----|--------------------------|
| a. | lw \$1,40(\$6) |
| b. | Label: bne \$1,\$2,Label |

- ⑤ 对图4中的数据通路而言，写出控制单元中实现这两个信号的逻辑表达式。假设我们仅需支持lw、sw、beq、add和j(jump)指令。

六、题图

❖ 图4



七、题目

- ❖ 本题讨论处理器时钟周期与控制单元设计之间的相互影响。根据下表的两种数据通路单元延迟情况分别回答下列问题。

| | 指令存储器 | 加法器 | 多选器 | ALU | 寄存器堆 | 数据存储器 | 符号扩展 | 左移两位 | ALU控制 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|-------|
| a. | 400ps | 100ps | 30ps | 120ps | 200ps | 350ps | 20ps | 0ps | 50ps |
| b. | 500ps | 150ps | 100ps | 180ps | 220ps | 1000ps | 90ps | 20ps | 55ps |

- ① 为了避免增加图4中数据通路的关键路径长度，留给控制单元产生MemWrite信号的时间有多少？
- ② 图4中哪个控制信号最**不**关键，控制单元需要在多长时间内产生该信号以避免其成为关键路径？
- ③ 图4中哪个控制信号最关键，控制单元需要在多长时间内产生该信号以避免其成为关键路径？

七、题目

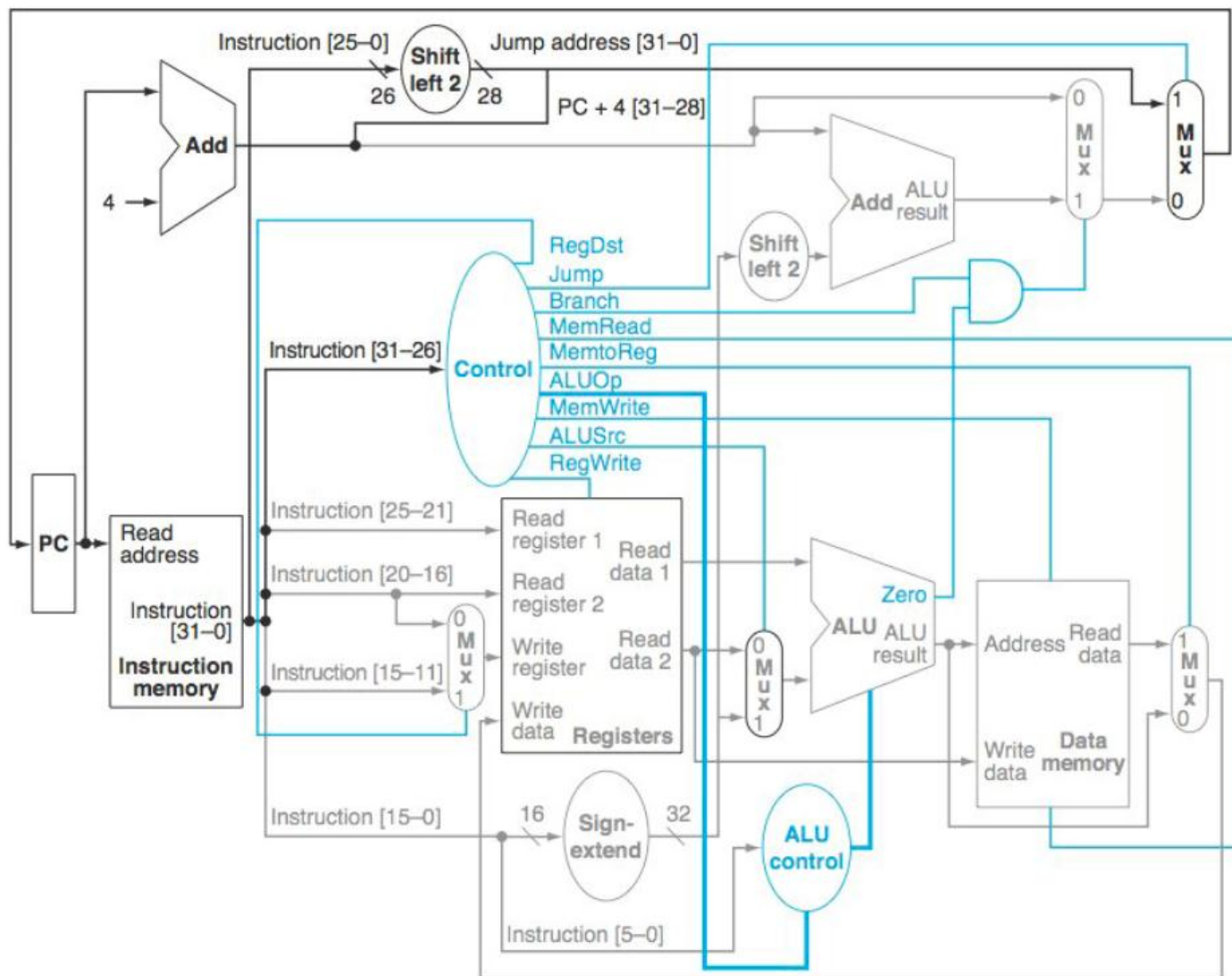
- ❖ 假设控制单元产生控制信号的时间如下表所示，试根据表中的两种情况回答下列问题(各部件的延迟与前面相同)。

| | RegDst | Jump | Branch | MemRead | MemtoReg | ALUOp | MemWrite | ALUSrc | RegWrite |
|----|--------|--------|--------|---------|----------|-------|----------|--------|----------|
| a. | 720ps | 730ps | 600ps | 400ps | 700ps | 200ps | 710ps | 200ps | 800ps |
| b. | 1600ps | 1600ps | 1400ps | 500ps | 1400ps | 400ps | 1500ps | 400ps | 1700ps |

- ④ 处理器的时钟周期为多少？
- ⑤ 如果你可以加速控制信号的产生，但加快一个控制信号5ps的代价是处理器成本增加1元。那么为了最大化性能你会加速哪些控制信号？这种性能改进的最小代价是多少？
- ⑥ 如果一个处理器的成本已经很高，那么我们需要在维持处理器性能的同时降低其成本，而不是像第⑤问中所作的那样为提高它的性能而买单。如果你可以使用更慢的逻辑来实现对信号的控制，并且单个控制信号每减慢5ps，处理其成本就可以节省1元，那么在保持处理器性能的同时，你会减慢哪些控制信号，并且减慢多少来降低成本？

七、题图

❖ 图4



八、题目

- ❖ 本题讨论单周期数据通路中指令的执行细节。根据表中的两种指令字情况回答下列问题(参考MIPS汇编作业中的附录)。

| | 指令字 |
|----|-------------------------------------|
| a. | 10001100 01000011 00000000 00010000 |
| b. | 00010000 00100011 00000000 00001100 |

- ① 对该指令字而言，符号扩展单元和图4左上角的左移两位单元的输出是什么？
- ② 对该指令字而言，ALU控制单元的输入是什么？
- ③ 该指令执行后的新PC值是什么？在图4中决定该新PC值的数据通路是什么？

八、题目

- ❖ 下列问题假设数据存储器中的值是全零并且寄存器堆中的初值如下表所示，根据表中的两种情况回答下列问题(指令字与前面相同)。

| | \$0 | \$1 | \$2 | \$3 | \$4 | \$5 | \$6 | \$8 | \$12 | \$31 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| a. | 0 | 1 | 2 | 3 | -4 | 5 | 6 | 8 | 1 | -32 |
| b. | 0 | -16 | -2 | -3 | 4 | -10 | -6 | -1 | 8 | -4 |

- ④ 对给定的指令字和寄存器堆初值，给出每个多选器数据输出的值。
- ⑤ 对给定的指令字和寄存器堆初值，给出ALU和两个加法器输入数据的值。
- ⑥ 对给定的指令字和寄存器堆初值，给出寄存器堆所有输入信号的值。

| | 指令字 |
|----|-------------------------------------|
| a. | 10001100 01000011 00000000 00010000 |
| b. | 00010000 00100011 00000000 00001100 |

八、题图

❖ 图4

