

4.3

1).critical paths由最慢的指令决定, 即I类型指令, 最长的需要时间是(相同时间访问的器件选择最长的):

需要访问指令存储器(400), 访问寄存器(200), 数据多路器进ALU(30), 使用ALU(120), 访问数据存储器(350), 使用多路器写回寄存器(30)

总时间为 $400 + 200 + 30 + 120 + 350 + 30 = 1130ps$, 则一个周期为 $1130ps$

而若ALU延时增加300, 则总时间变成 $1130 + 300 = 1430ps$, 一个周期变成 $1430ps$

$$2) \text{ CPU time} = I_c \times CPI \times T_c$$

I_c 变成原来的 0.95, T_c 变成原来的 $\frac{1430}{1130}$, 则加速比是 $0.95 \times \frac{1430}{1130} = 0.83$

3) 观察图片, 发现以下需要的器件:

1个指令存储器(1000), 1个寄存器堆(200), 1个控制单元(500), 一个ALU(100), 一个数据存储器(2000), 2个加法器(30×2), 3个多选器(10×3)

花费为 $1000 + 200 + 500 + 100 + 2000 + 60 + 30 = 3890$

ALU成本增加600, 则总花费变成4490, 价格比为 $\frac{4490}{3890} = 1.15$

性价比(花费与性能之比) = $1.15/0.83 = 1.39$

所以从性价比的角度看，新的ALU在增加成本的同时，还降低了效率，性价比低

4.4

1)这一部分同时访问指令存储器($200ps$)和进行加法操作($70ps$), 由于前者所需时间更长, 所以时钟周期为 $200ps$

2)若是只有无条件跳转,首先需要访问指令寄存器(200ps)和进行加法操作(70ps),这里完成后进行符号扩展(15ps),得到的结果左移两位(10ps),与加法操作的结果相加(70ps),然后数据选择(20ps)

则时钟周期为 $200 + 15 + 10 + 70 + 20 = 315ps$

3)若是跳转指令，其最长时间为：首先需要访问指令寄存器(200ps)，读取寄存器(90ps)，然后进行数据选择(20ps)，进入ALU(90ps)，最后还有一次数据选择(20ps)

所需时间为 $200 + 90 + 20 + 90 + 20 = 420ps$

时钟周期变为 $420ps$

4.7

1)将该指令的第0位到第15位, 经过符号扩展单位变成32位:

[illegible]

左移两位单元后，右边补0：

[illegible]

2)两位 **ALUOp** 为 00(查表4-22), 6位的指令为 010100(指令5-0位)

3)前6位**opcode**为101011, 经过查找表得知这条指令是**sw**指令, 则 $PC = PC + 4$

PC 首先经过加法器加4, 然后经过 **branch Mux**和 **jump Mux**后仍然是 $PC + 4$

4)由于该指令是**SW**, 写入的寄存器是没有用的, **RegDst**为X可以任意, 则**WrReg MUX**的值可为2或0 (指令20-16位或者15-11位)

ALU MUX会将最后的16位扩展的结果输出进行地址运算, 则输出为20

由于**SW**指令的**Write Data**是无用的, 则**Mem/ALU MUX**为X(表示无关项)

SW指令只会让 $PC + 4$, **Branch Mux** 和 **Jump Mux** 都是 $PC + 4$

5) ALU进行地址运算, 一个输入为指令最后16位, 是20, 一个是寄存器 r_3 (指令25-21位), 是 -3

第一个加法器的输入是PC和固定值4, 第二个加法器是 $PC + 4$ 和 $20 * 4$ (最后16位符号扩展后左移两位得到)

6)读入寄存器1是指令25-21, 对应的值是 3(00011)

读入寄存器2是指令20-16, 对应的是 2(00010)

写寄存器的值任意, 可为指令20-16或者15-11, 对应的值为 2(00010)或者 0(00000)

写入数据为 X(表示一个无关项)

RegWrite查找表4-2可知是 0(表示不写入数据)

4.8

1) 流水线周期为最长阶段, 为 $350ps$, 非流水线为各阶段和, 为 $1250ps$

2) lw 指令在流水线必须得经过五个阶段, 延时为 $350 \times 5 = 1750ps$, 非流水线为周期 $1250ps$

3)选择最长的阶段ID进行划分, 这时候最长阶段是MEM, 周期变成 $300ps$

4)数据存储器在 lw 和 sw 指令用到, 为 $15\% + 20\% = 35\%$

5) alu 指令和 lw 指令用得到写寄存器, 为 $45\% + 20\% = 65\%$

6)由题意可知多周期设计的时钟周期和流水线设计一样, 为 $350ps$, 而单周期的时钟周期为 $1250ps$

设流水线设计的总执行时间为 a

若是不考虑阻塞和冒险, 则流水线平均完成一条指令就是 $350ps$, 非流水线为 $1250ps$, 则非流水线时间为 $1250/350a = 3.57a$

对于多周期, alu 指令需要用到4个周期(不含MEM), beq 指令要用到3个周期(没有MEM和WB), sw 指令要用到4个周期(没有WB), lw 指令全需要

则平均一条指令需要 $(45\% + 15\%) \times 4 + 20\% \times 3 + 20\% \times 5 = 4$ 个周期

则多周期设计时间为 $4a$