ICS 第五次小班课习题

【流水线的基本原理】

1. 判断下列说法的正确性

(1) ( )流水线的深度越深，总吞吐率越大，因此流水线应当越深越好。

(2) ( )流水线的吞吐率取决于最慢的流水级，因此流水线的划分应当尽量均匀。

(3) ( )假设寄存器延迟为 20ps，那么总吞吐率不可能达到或超过 50 GIPS。

(4) ( )数据冒险总是可以只通过转发来解决。

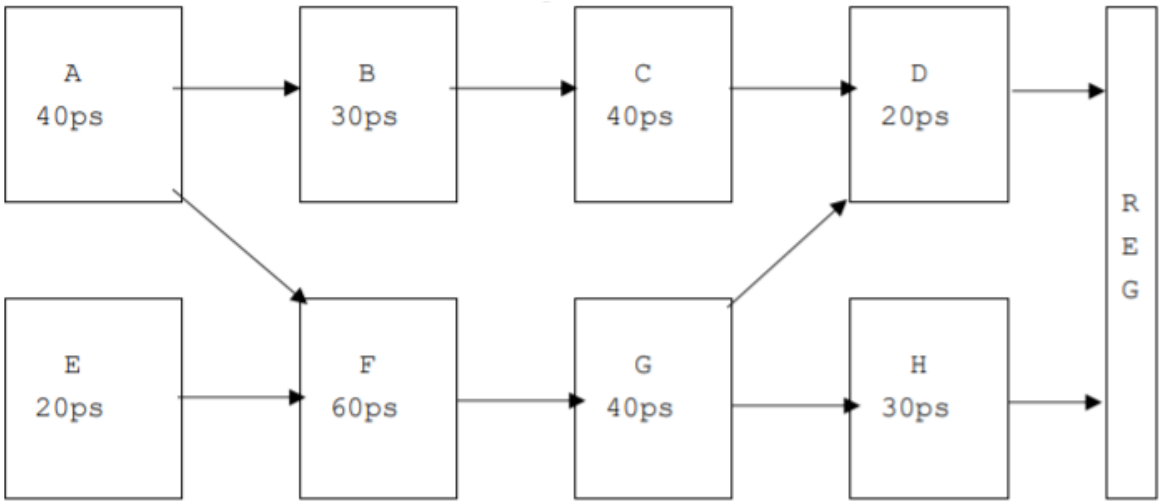
(5) ( )数据冒险总是可以只通过暂停流水线来解决。

【答】N, Y, Y, N(mrmov + add), Y

2. 一条三级流水线，包括延迟为 50ps, 100ps, 100ps 的三个流水级，每个寄存器的延迟为 10ps。那么这条流水线的总延迟是 _____ ps，吞吐率是 _____ GIPS。

【答】100+10+100+10+100+10=330ps, 1000/(100+10)=9.09 GIPS

3. A~H 为 8 个基本逻辑单元，下图中标出了每个单元的延迟，以及用箭头标出了单元之间的数据依赖关系。寄存器的延迟均为 10ps。



(1) 计算目前的电路的总延迟。

【答】40+60+40+30+10=180ps

(2) 通过插入寄存器，可以对这个电路进行流水化改造。现在想将其改造为两级流水线，为了达到尽可能高的吞吐率，问寄存器应插在何处？获得的吞吐率是多少？

【答】BC 与 FG 之间。1000/(40+60+10)=9.09GIPS

(3) 现在想将其改造为三级流水线，问最优改造所获得的吞吐率是多少？

【答】插在 AB、AF、EF、BC、FG 之间。1000/(40+30+10)=12.5GIPS

【流水线处理器】

4. 一个只使用流水线暂停、没有数据前递的 Y86 流水线处理器，为了执行以下的语句，至少需要累计停顿多少个周期?

irmovl $1, %eax
irmovl $2, %ebx
addl %eax, %ecx
addl %ebx, %edx
halt
	rrmovl %eax, %edx
	mrmovl (%ecx), %eax
	addl %edx, %eax
	halt
		irmovl $0x40, %eax
		mrmovl (%eax), %ebx
		subl %ebx, %ecx
		halt

(1)	(2)	(3)

【答】(1) 2 个。第五个时钟周期结束以后，第三行代码才能开始译码。而原来第三行在第四个时钟周期开始译码，因此需要两周期停顿。(2) 3 个。1、3 两行，2、3 两行，均有数据相关。为了解决 1、3 两行的数据相关，需要额外的 2 个停顿；为了解决 2、3 两行的数据相关，需要额外 3 个停顿，因此需要 3 个停顿。(3) 6 个。1、2 两行的数据相关，需要额外 3 个停顿才能解决。2、3 两行的数据相关，需要额外 3 个停顿才能解决。

5. 考虑 Y86 中的 ret 与 jXX 指令。jXX 总是预测分支跳转。

(1) 写出流水线需要处理 ret 的条件（ret 对应的常量为 IRET）：

【答】IRET in {D_icode, E_icode, M_icode}

(2) 写出发现上述条件以后，流水线寄存器应设置的状态

	Fetch	Decode	Execute	Memory	Writeback
处理 ret					

【答】(any) bubble normal normal Normal

(3) 写出流水线需要处理 jXX 分支错误的条件（jXX 对应的常量为 IJXX）：

【答】E_icode == IJXX && !e_Cnd

(4) 写出发现上述条件以后，流水线寄存器应设置的状态

	Fetch	Decode	Execute	Memory	Writeback
分支错误					

【答】(any) bubble bubble normal Normal

(5) 写出下一条指令地址 f_pc 的控制逻辑

```
int f_pc = [
    M_icode == IJXX && !M_Cnd : __________;
    W_icode == IRET : __________;
    1 : F_predPC;
];

#  已知有如下的代码，其中 valC 为指令中的常数值，valM 为访存得到的数据，valP
为 PC 自增得到的值：
int f_predPC = [
    f_icode in { IJXX, ICALL } : f_valC;
    1 : f_valP;
];
int d_valA = [
    D_icode in { ICALL, IJXX } : D_valP; # Use incremented PC
    # ...省略部分数据前递代码
    1 : d_rvalA;  # Use value read from register file
];
```

【答】M_valA, W_valM

【答】(1) 容易。(2)由于第一次发现 ret 是在 Decode 阶段，因此 Execute 阶段应当设置为 normal，否则下一周期 ret 无法执行；下一周期，ret 后的指令进入 Decode 阶段，这是一条错误指令，因此 Decode 应当设置为 bubble。Fetch 阶段无所谓。(3) 容易。(4) 由于第一次发现 jXX 是在 Execute 阶段，因此 Memory 阶段应当设置为 normal，否则下一周期 jXX 无法执行；jXX 后面的两条指令均为错误指令，下一周期它们将进入 Decode 和 Execute 阶段，因此这两个阶段均为 bubble；而 jXX 正确地址在 valP 中，因此可以使下一周期取到正确的指令。 (5)在 Decode 阶段，valP 进了 d_valA，在 Execute 结束以后就可以将正确的 PC（自增）传回去，此时它在 M_valA 里。当 Memory 阶段结束以后，ret 才能从内存中取出正确的地址，因此正确地址在 W_valM 里。

6. (2016 期中流水线)

7. (2018 期中流水线)

【程序性能优化】

1．有如下的定义：

```
// 以下都是局部变量
int i, j, temp, ians;
int *p, *q, *r;
double dans;
// 以下都是全局变量
int iMat[100][100];
double dMat[100][100];
// 以下都是函数
int foo(int x);
```

判断编译器是否会自动将下列左侧代码优化为右侧代码：

(1)

```
ians = 0;
for (j = 0; j < 100; j++)
    for (i = 0; i < 100; i++)
        ians += iMat[i][j];
```

```
ians = 0;
for (i = 0; i < 100; i++)
    for (j = 0; j < 100; j++)
    ians += iMat[i][j];
```

【答】会

(2)

```
dans = 0;
for (j = 0; j < 100; j++)
    for (i = 0; i < 100; i++)
        dans += dMat[i][j];
```

```
dans = 0;
for (i = 0; i < 100; i++)
    for (j = 0; j < 100; j++)
        dans += dMat[i][j];
```

【答】不会，因为浮点数不能结合

(3)

```
for (i = 0; i < foo(100); i++)
    ians += iMat[0][i];
```

```
temp = foo(100);
for (i = 0; i < temp; i++)
    ians += iMat[0][i];
```

【答】不会，因为 foo 可能有副作用

(4)

```
*p += *q;
*p += *r
```

```
temp = *q + *r
*p += temp;
```

【答】不会，如果 pqr 指向同一个元素那么两个运算不等价

2．阅读下列 C 代码以及它编译生成的汇编语言

```
long func() {
    long ans = 1;
    long i;
    for (i = 0; i < 1000; i += 2) {
        ans = ans ? (A[i] ? A[i+1]);
    }
    return ans;
}
```

```
func:
    movl    $0, %edx
    movl    $1, %eax
    leaq    A(%rip), %rsi
    jmp .L2
.L3:
    movq    8(%rsi,%rdx,8), %rcx        // 2 cycles
    ??      (%rsi,%rdx,8), %rcx         // k + 1 cycles
    ??      %rcx, %rax                  // k cycles
    addq    $2, %rdx                    // 1 cycles
.L2:
    cmpq    $999, %rdx                  // 1 cycles
    jle .L3
    rep ret
```

(1) 当问号处为乘法时，k = 8。此时这段程序的 CPE 为 4。
(2) 当问号处为加法时，k = 1。此时这段程序的 CPE 为 0.5。

【答】数据相关图如下