3.2 添加的stall数

```
        Loop:   LD      F2,0(RX)
4>      I0:     DIVD    F8,F2,F0
        I1:     MULTD   F2,F6,F2
4>      I2:     LD      F4,0(Ry)
        I3:     ADDD    F4,F0,F4
5>      I4:     ADDD    F10,F8,F2
        I5:     ADDI    Rx,Rx,#8
        I6:     ADDI    Ry,Ry,#8
        I7:     SD      F4,0(Ry)
        I8:     SUB     R20,R4,Rx
1>      I9:     BNZ     R20,Loop
```

共需 11+14=25 时钟周期

3.14 (a) stall数

(未调度)

```
foo:    L.D     F2,0(R1)    ; (F2) = X(i)
1>      MUL.D   F4,F2,F0    ; (F4) = a*X(i)
        L.D     F6,0(R2)    ; (F6) = Y(i)
4>      ADD.D   F6,F4,F6    ; (F6) = a*X(i) + Y(i)
3>      S.D     F6,0(R2)    ; Y(i) = a*X(i) + Y(i)
        DADDIU  R1,R1,#8    ; increment X index
        DADDIU  R2,R2,#8    ; increment Y index
        DSLTU   R3,R1,R4    ; test: continue loop?
1>      BNEZ    R3,foo      ; loop if needed
1>
```

每个元素 9+10=19 周期.

(调度后)

```
L.D     F2,0(R1)
L.D     F6,0(R2)
MUL.D   F4,F2,F0
DADDIU  R1,R1,#8
DADDIU  R2,R2,#8
DSLTU   R3,R1,R4
STALL
STALL
ADD.D   F6,F4,F6
STALL
STALL
BNEZ    R3,foo
S.D     F6,-8(R2)
```

每个元素13周期

若要加速到相同性能.
时钟频率提高 $\frac{19}{13}-1=46\%$.

(b). loop

```
1   L.D     F2,0(R1)
1   L.D     F6,0(R2)
1   MUL.D   F4,F2,F0
2   L.D     F8,8(R1)
2   L.D     F12,8(R2)
2   MUL.D   F10,F8,F0
3   L.D     F14,16(R1)
3   L.D     F18,16(R2)
3   MUL.D   F16,F14,F0
1   DADDIU  R1,R1,#24
1   DADDIU  R2,R2,#24
1   DSLTU   R3,R1,R4
1   ADD.D   F6,F4,F6
2   ADD.D   F12,F10,F12
3   ADD.D   F18,F16,F18
1   S.D     F6,-24(R2)
2   S.D     F12,-16(R2)
1   BNEZ    R3,foo
3   S.D     F18,-8(R2)
```

共19周期

每个元素 19/3 = 6.3 周期

Σ.

Reservation Stations:

Time	Name	Busy	Op	S1 Vj	S2 Vk	RS Qj	RS Qk
	Add1	Yes	ADD.D	F0	F8		
	Add2	No					
	Add3	No					
	Mult1	No					
	Mult2	No					

Register result status:

Clock		F0	F2	F4	F6	F8	F10	F12	...	F30
1	FU	ADD1								

Reservation Stations:

Time	Name	Busy	Op	S1 Vj	S2 Vk	RS Qj	RS Qk
	Add1	Yes	ADD.D	F0	F8		
	Add2	No					
	Add3	No					
	Mult1	Yes	MULT.D	F0			ADD1
	Mult2	No					

Register result status:

Clock		F0	F2	F4	F6	F8	F10	F12	...	F30
2	FU	MUL1	ADD1							

Reservation Stations:

Time	Name	Busy	Op	S1 Vj	S2 Vk	RS Qj	RS Qk
	Add1	Yes	ADD.D	F0	F8		
	Add2	Yes	ADD.D		F8	ADD1	
	Add3	No					
	Mult1	Yes	MULT.D	F0			ADD1
	Mult2	No					

Register result status:

Clock		F0	F2	F4	F6	F8	F10	F12	...	F30
3	FU	MUL1	ADD2							

Reservation Stations:

Time	Name	Busy	Op	S1 Vj	S2 Vk	RS Qj	RS Qk
	Add1	No					
	Add2	Yes	ADD.D	ADD1	F8		
	Add3	No					
	Mult1	Yes	MULT.D	F0		ADD1	
	Mult2	Yes	MULT.D			ADD2	MUL1

Register result status:

Clock		F0	F2	F4	F6	F8	F10	F12	...	F30
4,5,6	FU	MUL1	ADD2			MUL2				

Reservation Stations:

Time	Name	Busy	Op	S1 Vj	S2 Vk	RS Qj	RS Qk
	Add1	No					
	Add2	No					
	Add3	No					
	Mult1	Yes	MULT.D	F0	ADD1		
	Mult2	Yes	MULT.D	ADD2			MUL1

Register result status:

Clock		F0	F2	F4	F6	F8	F10	F12	...	F30
7	FU	MUL1	ADD2			MUL2				

3.19 a. 一周期，会将无条件分支指令替换为目标指令。

b. 原分支指令性能：$0.05 \times 0.1 \times 2 = 0.01$

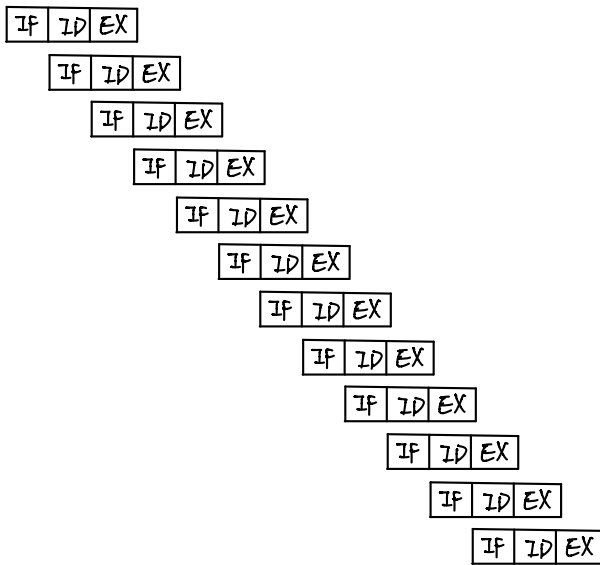新分支指令性能：$0.05 \times 0.1 \times 2 - 0.05 \times 0.9 = -0.035$

改进 $0.01 + 0.035 = 0.045$

若提供性能增益，设命中率为 x。（性能增益理解为 和原分支指令的 0.01 比较，只要新指令小，就可认为有提升）

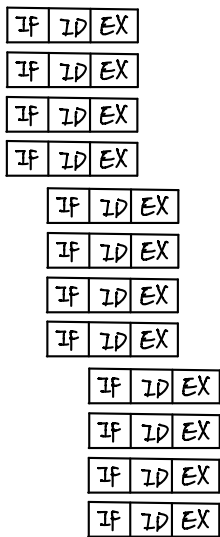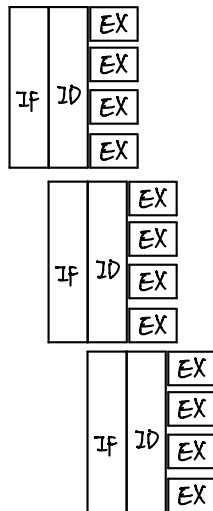即 $0.05 \times 2(1-x) - 0.05x < 0.01$ 于 0.01

$\Rightarrow x > 60\%$

五.

标量

超标量

超长

加速比 $= \dfrac{14}{5} = 2.8$

加速比 $= \dfrac{14}{5} = 2.8$