作业二

使用如下代码：

```
Loop:   ld      x1,0(x2)      ; load x1 from address 0+x2
        addi    x1,x1,1       ; x1=x1+1
        sd      x1,0(x2)      ; store x1 at address 0+x2
        addi    x2,x2,4       ; x2=x2+4
        sub     x4,x3,x2      ; x4=x3-x2
        bnez    x4,Loop       ; branch to Loop if x4!=0
```

令 x3 的初始值是 x2+396。

1.

寄存器 x1　ld 指令　　addi 指令

寄存器 x1　addi 指令　sd 指令

寄存器 x2　addi 指令　sub 指令

寄存器 x4　sub 指令　 bnez 指令

2. 画出没有向前或旁路硬件情形下 5 段RISC 流水线中上述指令序列的定时图。假设：同一个时钟周期内的寄存器读和写通过寄存器文件实现向前路径；分支转移指令采用冻结流水线方法解决，假设在M阶段可以得到分支结果。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

答：没有向前或旁路硬件情形下 5 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图如下

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ld x1,0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB							
Addi x1,x1,1		IF	S	S	ID	EX	MEM	WB				
Sd x1,0(x2)					IF	S	S	ID	EX	MEM	WB	
addi x2,x2,4								IF	ID	EX	MEM	WB
Sub x4,x3,x2									IF	S	S	ID
Bnez x4,Loop												IF
Ld x1,0(x2)												

	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ld x1,0(x2)									
Addi x1,x1,1									
Sd x1,0(x2)									
addi x2,x2,4									
Sub x4,x3,x2	EX	MEM	WB						
Bnez x4,Loop	S	S	ID	EX	MEM	WB			
Ld x1,0(x2)					IF	ID	EX	MEM	WB

循环次数=396/4=99 次，每次bnez指令（循环最后一条指令）在16个周期结束就接上了下一个循环的ld指令，所以99次循环一共16*99周期，但最后一次循环bnez指令到18个周期结束，因为后面没有ld指令了，所以一共16*99+2=1586。

3. 画出具有完整向前或旁路硬件情形下 5 段 RISC 流水线中上述指令序列的定时图。如果访问内存需要 1 个周期，那么这段循环代码的执行需要多少个周期？

答：定时图如下

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ld x1,0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB						
Addi x1,x1,1		IF	ID	S	EX	MEM	WB				
Sd x1,0(x2)			IF	S	ID	EX	MEM	WB			
addi x2,x2,4					IF	ID	EX	MEM	WB		
Sub x4,x3,x2						IF	ID	EX	MEM	WB	
Bnez x4,Loop							IF	ID	EX	MEM	WB
Ld x1,0(x2)										IF	ID

总执行周期=9*99+2=893，因为存在bypass，addi x1, x1, 1这条指令的ID阶段就不需要等待，只要EX能够拿到正确的数据就可以了，而因为有了W->X的bypass，ld指令可以在W阶段将结果送给X，因此，addi只需要一个周期等待；因此，每次循环用9个周期（bnez在第10个周期被下一次循环的ld指令接上），所以一共用了9*99+2=893周期。

4. 如果允许调整指令顺序并允许再使用 3 个寄存器 x5, x6, x7，该段代码最短可以在多少周期内完成？给出详细分析。

可以通过寄存器重命名和指令顺序调整，将程序变为：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ld x5, 0(x2)	IF	ID	EX	MEM	WB						
addi x7, x2, 4		IF	ID	EX	MEM	WB					
addi x6, x5, 1			IF	ID	EX	MEM	WB				
sd x6, 0(x2)				IF	ID	EX	MEM	WB			
sub x4, x3, x7					IF	ID	EX	MEM	WB		
bnez x4, loop						IF	ID	EX	MEM	WB	
ld x5, 0(x2)									IF	ID	

总执行周期=8*99+5=797