本次作业要求如下：
1.截止日期：2025/05/14 周日晚24:00
2.**提交作业给本课程QQ群里的助教（庄养浩：QQ1473889198）**
3.**命名格式**：附件和邮件命名统一为“第一次作业+学号+姓名”，**作业为 PDF 格式**；
4.注意：

(1) 选择、判断和填空只需要写答案，大题要求有详细过程，**过程算分**。
(2) 答案请用另一种颜色的笔回答，便于批改，**否则视为无效答案。**
(3) 大题的过程最好在纸上写完拍照放word里，或者直接在word里写。
(4) 本次作业由Part1、Part2、Part3，需要全部作答

5.本次作业遇到问题请联系课程群里的助教。

Part1 信息的表示和处理+程序优化

一．选择题

1．位于存储器层次结构中的最顶部的是(**A**)。
A. 寄存器　B. 主存　C. 磁盘　D. 高速缓存

2．关于 Intel 的现代 X86-64 CPU，说法正确的是(B)。
A. 属于RISC B. 属于CISC C. 属于MISC D. 属于AVX

3．操作系统在管理硬件时使用了几个抽象概念，其中(A)是对处理器、主存和 I/O 设备的抽象表示。
A. 进程　B. 虚拟存储器 C. 文件　D. 虚拟机

4. 以下有关编程语言的叙述中，正确的是(D)。
A. 计算机能直接执行高级语言程序和汇编语言程序
B. 机器语言可以通过汇编过程变成汇编语言
C. 汇编语言比高级语言有更好的可读性
D. 汇编语言和机器语言都与计算机系统结构相关

5. 给定字长的整数 x 和 y 按补码相加，和为 s，则发生正溢出的情况是(A)
A. x>0,y>0,s≤0 B. x>0,y<0,s≤0
C. x>0,y<0,s≥0 D. x<0,y<0,s≥0

6．设机器数字长8位（含1位符号位），若机器数DAH为补码，分别对其进行算术左移一位和算术右移一位，其结果分别为（A ）
A. B4H, EDH
B. B5H, 6DH
C. B4H, 6DH
D. B5H, EDH

7．–1029的16位补码用十六进制表示为(C)。
A. 8405H
B. 0405H
C. FBFBH
D. 7BFBH

8．已知两个正浮点数，$N_1 = 2^{j1} \times S_1$，$N_2 = 2^{j2} \times S_2$，当下列（A）成立时，$N_1 < N_2$。
A. S_1和S_2均为规格化数，且$J_1 < J_2$
B. $S_1 < S_2$
C. S_1和S_2均为规格化数，且$J_1 > J_2$
D. $J_1 < J_2$

9．C程序执行到整数或浮点变量除以 0 可能发生(D)。
A. 显示除法溢出错直接退出
B. 程序不提示任何错误
C. 可由用户程序确定处理办法
D. 以上都可能

10．补码加法运算的溢出判别中，以下说法正确的是(D)
A. 符号相同的两个数相加必定不会发生溢出
B. 符号不同的两个数相加可能发生溢出
C. 符号相同的两个数相加必定发生溢出
D. 符号不同的两个数相加不可能发生溢出

11．假定变量i、f的数据类型分别是int、float。已知i=12345，f=1.2345e3，则在一个32位机器中执行下列表达式时，结果为“假”的是(C)。
A. i==(int)(float)i
B. i==(int)(double)i
C. f==(float)(int)f
D. f==(float)(double)f

12．以下关系表达式，结果为“真”的是(B)。
A. 2147483647U > –2147483648
B. (unsigned) –1 > –2
C. –1 < 0U
D. 2147483647 < (int) 2147483648U

13．假定某数采用IEEE 754单精度浮点数格式表示为00000001H，则该数的值是（ B ）。
A. NaN（非数）
B. 1.0×2^(-149)
C. 1.00…01×2^(-127)
D. 1.0×2^(-150)

14．C语言程序如下，下列说法叙述正确的是(D)。

```
#include <stdio.h>
#define DELTA sizeof(int)
int main(){
   int i;
   for (i = 40;   i - DELTA >= 0; i -= DELTA)
      printf("%d ",i);
}
```

A. 程序有编译错误
B. 程序输出10个数：40 36 32 28 24 20 16 12 8 4 0
C. 程序死循环，不停地输出数值
D. 以上都不对

15．若int型变量x的最高有效字节全变0，其余各位不变，则对应C语言表达式为(A)。
A. ((unsigned) x << 8) >>8
B. ((unsigned) x >> 8) << 8
C. (x << 8) >>8
D. (x >> 8) << 8

二．填空题

1．64 位系统中 short数 -2 的机器数二进制表示_____1111111111111110B_____。

2．判断整型变量n的位7为1的C语言表达式是_____if(n>>7 & 1)_____。

3. -1024采用IEEE 754单精度浮点数格式按内存地址从低到高表示的结果（十六进制表示，小端模式）是___0000084CH_____。

4．C 语言中的 double 类型浮点数用__64____位表示。

5．64 位系统中，整型变量x = -7，其在内存从低地址到高地址依次存放的数是

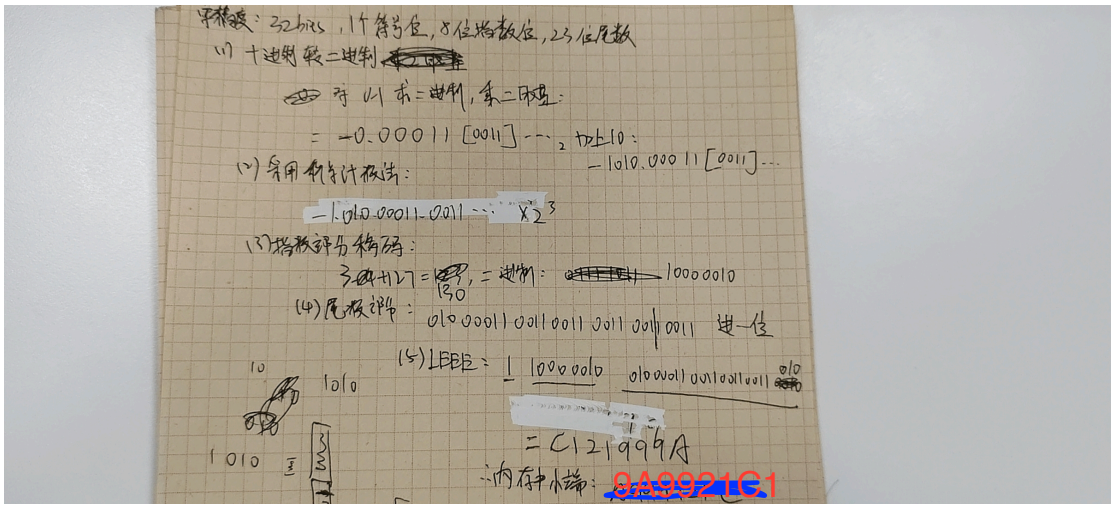
____F9FFFFFFH_____(十六进制表示，小端模式)。

三．判断题

1. (F)C浮点常数 IEEE754 编码的缺省舍入规则是四舍五入。
2. (T)浮点数 IEEE754 标准中，规格化数比非规格化数多。
3. (T)对unsigned int x，（x*x）>=0 总成立。
4. (F)CPU 无法判断加法运算的和是否溢出。
5. (T)C语言中的有符号数强制转换成无符号数时位模式不会改变。
6. (F)C语言中数值从int转换成double后，数值虽然不会溢出，但是可能是不精确的。
7. (F)C语言中从 double 转换成 float 时，值可能溢出，但不可能被舍入。

四．分析题

1. 请说明float 类型编码格式，并按步骤计算 -10.1的各部分内容，写出 -10.1在内存从低地址到高地址的存储字节内容（小端系统）。



2. 向量元素和计算的相关程序如下，请改写或重写计算函数 vector_sum，进行速度优化，并简要说明优化的依据。（如果能自己动手在电脑上测试一下，优化前后性能提升了多少会有额外加分，贴上截图，注明机器型号）

根据题目要求，编写了一个测试程序

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>  // 添加时间测量头文件

/* 向量的数据结构定义 */
typedef struct {
    int len;
    float *data;   // 向量元素的存储地址
} vec;

/* 获取向量长度 */
int vec_length(vec *v) { return v->len; }  // 使用内联函数优化



/*获取向量中指定下标的元素值，保存在指针参数val中*/
int get_vec_element(vec *v,int idx,float *val){
    if(idx >=v->len)return 0;
    *val = v->data[idx];
    return 1;
}

/* 优化版本：直接访问数据 */
void vector_sum_optimized(vec *v, float *sum) {
    //todo
}

/* 原始版本 */
void vector_sum_original(vec *v, float *sum) {
    long int i;
    *sum = 0;
    for (i = 0; i < vec_length(v); i++) {
        float val;
        get_vec_element(v, i, &val);
        *sum += val;
    }
}
```

```c
int main() {
    // 初始化测试数据（增大数据量便于观察时间差）
    const int size = 10000000;  // 1000万元素
    float *a = malloc(size * sizeof(float));
    for (int i = 0; i < size; ++i) {
        a[i] = (i % 100) * 0.1f;  // 生成测试数据
    }

    // 创建向量对象
    vec *temp = malloc(sizeof(vec));
    temp->data = a;
    temp->len = size;

    // 测试优化版本
    clock_t start = clock();
    float sum = 0;
    vector_sum_optimized(temp, &sum);
    clock_t end = clock();
    double opt_time = (double)(end - start) / CLOCKS_PER_SEC;

    // 测试原始版本
    start = clock();
    vector_sum_original(temp, &sum);
    end = clock();
    double orig_time = (double)(end - start) / CLOCKS_PER_SEC;

    // 输出结果
    printf("优化版本耗时: %.6f 秒\n", opt_time);
    printf("原始版本耗时: %.6f 秒\n", orig_time);
    printf("性能提升: %.2f 倍\n", orig_time / opt_time);

    // 释放资源
    free(a);
    free(temp);
    return 0;
}
```

观察原始求和函数，我们不难发现有如下局限性：

1. 函数调用：每次判断边界条件的时候都会调用一次vec_length函数,可以拿到外面单独计算
2. 减少过程调用，每次关于get_vec_element的调用的开销都比较大，可以使用get_vec_start函数，只调用一次获取，然后每次通过数组访问

```
float *get_vec_start(vec *v)
{
    return v->data;
}
```

3. 消除不必要的内存引用：使用一个临时变量来累加每次取到的向量元素值
4. 循环展开：利用kX1循环展开提升性能

最终优化代码如下：

```
void vector_sum_optimized(vec *v, float *sum) {
    //todo
    long int i;
    *sum =0;
    int x=vec_length(v)-2;  //代码移动，防止每次都调用
    float *data=get_vec_start(v);   //减少函数调用
    float t_sum=0;   //临时变量，减少内存引用
    for (i = 0; i < x; i+=3) {
        t_sum = t_sum+data[i]+data[i+1]+data[i+2];    //3x1循环展开
    }
    for(;i<x+2;i++)
    {
        t_sum+=data[i];   //末尾数据处理
    }
    *sum = t_sum;
}
```

优化效果：


fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ gcc home_1.c
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ ./a.out
优化版本耗时: 0.100443 秒
原始版本耗时: 0.228269 秒
性能提升: 2.27 倍
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ ./a.out
优化版本耗时: 0.119145 秒
原始版本耗时: 0.237177 秒
性能提升: 1.99 倍
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ ./a.out
优化版本耗时: 0.108237 秒
原始版本耗时: 0.246727 秒
性能提升: 2.28 倍
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ ./a.out
优化版本耗时: 0.141508 秒
原始版本耗时: 0.243684 秒
性能提升: 1.72 倍
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$ ./a.out
优化版本耗时: 0.100814 秒
原始版本耗时: 0.263182 秒
性能提升: 2.61 倍
fang@ubuntu-fang:~/fangtest$

```
/*向量的数据结构定义 */
typedef struct{
        int len;      //向量长度，即元素的个数
        float *data; //向量元素的存储地址
} vec;

/*获取向量长度*/
int vec_length(vec *v){return v->len;}

/* 获取向量中指定下标的元素值，保存在指针参数 val 中*/
int get_vec_element(*vec v, size_t idx, float *val){
      if (idx >= v->len)
        return 0;
      *val = v->data[idx];
      return 1;
}

/*计算向量元素的和*/
void vector_sum(vec *v, float *sum){
      long int i;
      *sum = 0;//初始化为 0
      for (i = 0; i < vec_length(v); i++) {
          float val;
          get_vec_element(v, i, &val);//获取向量 v 中第 i 个元素的值，存入 val 中
          *sum = *sum + val;      //将 val 累加到 sum 中
      }
}
```

Part2 X64汇编

1.C语言程序中的整数常量、整数常量表达式是在（ A ）阶段初始化和计算的。
（A）预处理　（B）执行　（C）链接　（D）编译
2.关于Intel 的现代X86-64 CPU正确的是（ C ）
A. 属于RISC　B. 属于MISC　C. 属于CISC　D. 属于NISC
3.下列叙述正确的是（ D ）
A.X86-64指令"mov $-1,%eax"会使%rax的值变成0xffffffffffffffff
B.在一条指令执行期间，CPU不会两次访问内存
C.CPU不总是执行CS::RIP所指向的指令，例如遇到call、ret指令时
D.一条mov指令不可以使用两个内存地址操作数
4.在 x86-64 系统中，调用函数 int gt (long x, long y)时，保存参数 y 的寄存器是(B)
A. %rdi B.%rsi C.%rax D.%rdx
5.在 x86-64 系统中，调用函数 long gt (long x, long y)时，保存返回值的寄存器是(C)
A. %rdi B.%rsi C.%rax D.%rbx
6.下列传送指令中，哪一条是正确的（ D ）
A.movb $0x105,(%ebx)

B. movl %rdi,%rax
C. movq %rdi,$105
D. movl 4(%rsp),%eax

7. C语言程序定义了结构体struct noname{char c; long n; int k; float *p; short a;};若该程序编译成64位可执行程序，则sizeof(noname)的值是32B。

8. 在X86-64中，程序的栈存放在内存中，栈顶元素的地址使所有栈中元素中最___小___的，栈指针寄存器___%rsp_____保存着栈顶元素的地址。

9. While 循环的两种展开方法分别是什么：（跳到中间）（guarded-do）
下面代码是哪种？（跳到中间）

```
long fact_while_jm_goto(long n)
{
    long result = 1;
    goto test;
 loop:
    result *= n;
    n = n-1;
 test:
    if (n > 1)
        goto loop;
    return result;
}
```

10. 已知内存和寄存器中的数值情况如下：

内存地址	值
0x100	0xff
0x104	0xAB
0x108	0x13
0x10c	0x11

寄存器	值
%rax	0x100
%rcx	0x1
%rdx	0x3

请填写下表，给出对应操作数的值：

操作数	值
%rax	0x100
(%rax)	0xff
9(%rax,%rdx)	0x11
0xfc(,%rcx,4)	0xff
(%rax,%rdx,4)	0x11

11. 有下列C函数：

```
long max(long x, long y)
{
    long result;
    if(x >= y){
        result = x;
    }else{
```

```
            result = y;
        }
        return result;
    }
```

请写出红色部分代码使用条件数据传输来实现条件分支的等价形式，并给出对应的条件传送指令(初始执行指令 movq %rdi, %rax）。

```
movq %rdi,%rax
cmpq %rsi,%rax
jae .L1
movq %rsi,%rax
.L1:
ret
```

12.假设变量sp和dp被声明为类型:
Src_t *sp;
Dest_t *dp;
这里的Src_t和Dest_t是用typedef声明的数据类型，我们想使用适当的数据传送指令来实现下面的操作:
*dp = (Dest_t) *sp;
sp和dp的值分别存储在%rdi和%rsi中，对下表的每个表项，请写出合适的两条传送指令（如需用到其他寄存器，使用%rax）。注意：规定如果强制类型转换既涉及大小变化又涉及符号变化时，操作应先改变大小。

Src_t	Dest_t	指令
char	int	①movsbl (%rdi),%eax Movl %eax,(%rsi)
char	unsigned	②movsbl (%rdi),%eax Movl %eax,(%rsi)
unsigned char	long	③movzbq (%rdi),%rax Movq %rax,(%rsi)
int	char	④movl (%rdi),%eax Movb %al,(%rsi)
unsigned	unsigned char	⑤ movl (%rdi),%eax Movb %al,(%rsi)

13.简述缓冲区溢出攻击的原理以及防范方法（2种）

原理：当程序向固定长度的缓冲区（如数组）写入数据时，若未检查输入数据的长度，攻击者可输入超长数据覆盖相邻内存区域，例如：1.覆盖函数返回地址，劫持程序执行流程（如跳转到攻击代码）。2,.修改关键变量或函数指针，引发非预期行为。

防范方法：1.栈保护：在函数栈帧的返回地址前插入一个随机值（Canary），函数返回前验证该值是否被篡改。若检测到修改，立即终止程序。

2.将内存页标记为不可执行（No-eXecute），即使攻击者注入恶意代码，CPU也会拒绝执行该区域指令。

Part3 Y86处理器体系结构

1.Y86-64的指令ret编码长度为（ A ）。
A.1字节 B.2字节 C.9字节 D.10字节

2. Y86-64的CPU顺序结构设计与实现中，分成（ B ）个阶段
A.5 B.6 C.7 D.8

3. Y86-64的CPU流水线结构设计与实现中，分成（ A ）个阶段
A.5 B.6 C.7 D.8

判断题：

4.Y86-64的顺序结构实现中，寄存器文件读时是作为时序逻辑器件看待 （F ）

5.现代超标量 CPU 指令的平均周期接近于 1 个但大于 1 个时钟周期（ F ）

6.下表是CPU的某个场景，解释：加载指令（mrmovq和popq）占所有执行指令的20%，其中15%会导致 加载/使用 冒险。条件分支指令占所有执行指令的25%，其中40%不选择分支。返回指令占所有执行指令的3%。完成下表：

原因	名称	指令频率	条件频率	气泡数	总处罚	CPI
加载使用	lp	0.20	0.15	0.03	0.32	1.32
预测错误	mp	0.25	0.40	0.2		
返回	rp	0.03	1.00	0.09		

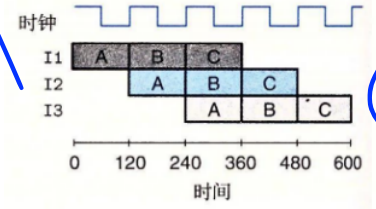
7.在Y86-64架构的机器上，有下列汇编代码，请指出jne t指令之后执行的那条指令的地址为 0x00B （顺序执行，不考虑流水线）。

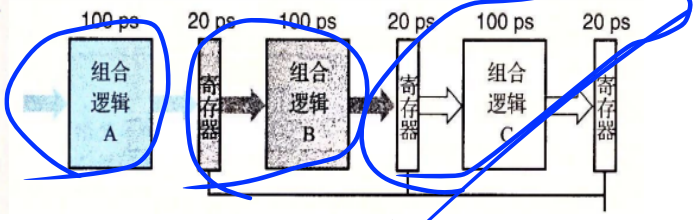
```
0x000:     xorq %rax,%rax
0x002:     jne  t
…
0x019: t: irmovq $3, %rdx
0x023:     irmovq $4, %rcx
0x02d:     irmovq $5, %rdx
```

8. 请写出Y86-64的CPU流水线结构设计与实现中各流水线阶段的名称（注意顺序不要错位）。
取指
译码
执行
访存
写回

9. Y86-64流水线CPU中的冒险的种类与处理方法。
1. 数据冒险：指令使用寄存器R为目的，之后又使用R寄存器为源，处理方法有：暂停：在执行阶段插入气泡，使得当前指令暂停在译码阶段。数据转发：增加valM/valE的旁路路径，直接送到译码阶段
2. 加载使用冒险，指令暂停在取指和译码阶段，在执行阶段插入气泡，同时valM旁路转发
3. 控制冒险：分支预测错误，在条件为真的地址处的两条指令为bubble，ret：在ret后插入三个bubble

10. 假设有一个理想的三阶段流水线，执行指令为 I1（Instruction1），I2，I3，其时序图与电路示意图如图所示：（P321）





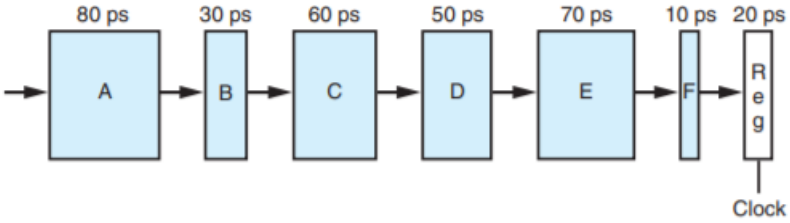
请分析不同时间点各寄存器中保存值所属指令，并完成下表（填入 I1，I2，I3，None。寄存器1 表示左数第一个寄存器）

	寄存器1	寄存器2	寄存器3
239	I1	None	None
241	I2	I1	None
300	I2	I1	None
361	I3	I2	I1

11. 请根据描述在Y86-64顺序实现的条件下完成下面表格。
(1)请写出Y86-64顺序实现的push rA指令在各阶段的微操作。
(2)请写出Y86-64顺序实现的pop rA指令在各阶段的微操作。

指令	push rA	pop rA
取指	Icode:ifunc<-M[PC]	Icode:ifunc<-M[PC]
	Ra:rb<=M[PC+1]	Ra:rb<-M[PC+1]
	valP<-PC+2	valP<-PC+2
译码	valA<-R[rA]	valA<-R[%rsp]
	valB<-R[%rsp]	valB<-R[%rsp]
执行	valE<-valB-8	valE<-valB+8
访存	M[valE]<-valA	valM<-M[valA]
写回	R[%rsp]<-val[E]	R[ra]<-valM R[%rsp]<-valE
更新PC	PC<-valP	PC<-valP

12. 假设我们分析图中的组合逻辑，认为它可以分为6个块，以此命名为A、B、C、D、E、F，延迟分别为80，30，60，50，70，10（单位ps），如下图所示。



在这些块之间插入流水线寄存器，就得到这一设计的流水线化的版本。根据在哪里插入流水线寄存器，会出现不同的流水线深度(有多少个阶段)和最大吞吐量的组合。假设每个流水线寄存器的延迟为20ps。
请根据以上描述，回答下列问题：
(1)只插入一个寄存器，得到一个两阶段的流水线。要使吞吐量最大化，该在哪里插入寄存器呢?吞吐量和延迟是多少?
在CD之间插入
吞吐量5.3GIPS
延迟：340ps

(2)要使一个三阶段的流水线的吞吐量最大化，该将两个寄存器插在哪里呢?吞吐量和延迟是多少?

在BC,DE之间各插入一个寄存器
吞吐量：7.7GIPS
延迟：360ps

(3)要使一个四阶段的流水线的吞吐量最大化，该将三个寄存器插在哪里呢?吞吐量和延迟是多少?

AB,CD,DE之间各插入一个
吞吐量：9.1GIPS
延迟：380ps

(4)要得到一个吞吐量最大的设计，至少要有几个阶段?描述这个设计及其吞吐量和延迟。
至少5个阶段，只有EF阶段合并在一起，在每个组合逻辑后面都插入一个寄存器
吞吐量：10GIPS
延迟：400ps

至少，这样不改变最终吞吐量

13.下面是一个程序段，请根据Y86-64的微指令和流水线数据相关的知识，试解释为什么在call指令之前要插入3个nop指令。

```
0x000:     irmovq Stack,%rsp     # Intialize stack pointer
0x00a:     nop
0x00b:     nop
0x00c:     nop
0x00d:     call p                # Procedure call
0x016:     irmovq $5,%rsi        # Return point
0x020:     halt
```

Irmovq的结果在写回阶段才能写回%rsp，但是call指令译码阶段需要取%rsp的数据，所以为了避免更改错误的值，需要插入3个nop，等上一条指令的写回阶段执行完再执行call的译码阶段