班 级______ 学 号______ 姓 名______

密封装订线 密封装订线 密封装订线

# 西南交通大学 2023－2024 学年第(一)学期期末考试

课程代码 SCAI003412 课程名称 计算机图形学 考试时间 120 **分钟**

| 题号 | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 总成绩 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 得分 | | | | | | |

评阅老师：________________________________

## 一. 简答题（共 20 分）

1. 答：（共 6 分）

（1） 图形生成算法的研究，包括基本图形的生成，比如直线，圆/圆弧，多边形，曲线/曲面，多面体，自然现象/自然景物等。（2 分）

（2） 图形变换算法的研究，包括图形在平面或者空间中的变换，各种视窗之间的转换，平面和空间裁剪，消隐等。（2 分）

（3） 图形显示技术研究，包括光照、材质、纹理、阴影、透明、光线追踪等技术的研究。（2 分）

2. 答：(共 4 分)

（1） 表示方法不同：图形是由基本几何体（直线，点，圆、曲线、三角形等）构成的实体，同时具有几何属性和视觉属性。图像是由很多像素点构成的点阵信息。（1 分）

（2） 生成方法不同：图形是通过计算机算法生成的，而图像是通过照相机，摄像机等扫描设备或图像生成软件制作而成。（1 分）

（3） 研究侧重点不同：图形学主要研究如何使用计算机表示几何体，构建几何模型、如何通过建立数学模型或者算法把真实的或者想象的物体显示出来。图像处理主要研究如何将一种图像处理成另一种图像，包括图像增强、复原、解析和理解、编码、压缩、匹配，识别等。（2 分）

3. 答：（共 10 分）

GPU 渲染流水线主要包括以下几个部分：

（1） 输入装配阶段：该阶段主要是从内存中读入相关的顶点和索引，从而生成几何图形的基本要素。（1 分）

（2） 顶点着色阶段：其主要完成顶点转换，光照等各种形式的运算。包括将顶点从局部坐标系转换到齐次裁剪坐标系中。（1 分）

（3） 外壳着色阶段：根据输入的三角形和过一系列的控制点生成新的三角形。（1 分）

（4） 曲面细分阶段：曲面细分就是将一个大的三角形分解成若干个小的三角形，这样使得显示的图形更加精细。此前需要在 CPU 中实现这样的操作，现在已可通过 GPU 来进行处理。（1 分）

（5） 域着色阶段：对输入的四边形采用横向+纵向，输入的三角形采用重心分割的方式进行分割，

形成更多的小三角形。（1 分）

（6） 几何着色阶段：几何着色并不是必须的，几何着色的好处是可以选择的对输入的点进行筛选，然后输出相应的构成几何图形的基本要素。同时几何着色可以输出一系列的点到内存空间中，以便后续进行绘制。几何着色阶段由几何着色器来完成。（1 分）

（7） 光栅化阶段：光栅化是一种将几何图元变为二维图像的过程。该过程包含了两部分的工作。第一部分工作：决定窗口坐标中的哪些整型栅格区域被基本图元占用；第二部分工作：分配一个颜色值和一个深度值到各个区域以便进行消隐操作。光栅化的目的，是找出一个几何单元（比如线段或三角形）所覆盖的像素，该部分由硬件完成。（2 分）

（8） 像素着色阶段：像素着色需要通过编写相应的 GPU 程序来完成。由于在光栅化阶段确定了相应的点及属性，通过这些点及相应的属性可以在 GPU 中计算除相应像素的颜色，光照的影响，阴影等处理效果。（2 分）

## 二． 计算题（共 30 分）

1. Y=__16 或 17__。（2 分）求解过程如下：（4 分）

计算方法如下：

d 的初值为：$2\Delta x-2\Delta y$ 其中$\Delta x$和$\Delta y$均大于 0， 由于 m>1,因此

(1) d<0 时，y=y+1, d=d+2$\Delta x$；(2) d>=0 时，y=y+1, x=x+1, d=d+$2\Delta x-2\Delta y$

计算步骤如下：

| d | y | x | $d'$ |
|---|---|---|---|
| -10 | 11 | 10 | 0 |
| 0 | 12 | 11 | -10 |
| -10 | 13 | 11 | 0 |
| 0 | 14 | 12 | -10 |
| -10 | 15 | 12 | 0 |
| 0 | 16 | 13 | -10 |
| -10 | 17 | 13 | 0 |

2. Y=__15 或-5__。（2 分）求解过程如下：（4 分）

根据算法计算相应变量的值，如下表所示。

将圆心平移到（0,0）位置，半径为 r, d 的初值为 2*(1-r)。当 d<0 时 dk=2*(d+y)-1;当 d>0 时，dk=2*(d-x)+1。根据题目要求，计算到 x=2 为止，也就是下表的 X=3 时截止。计算过程如下：

| x | y | d | dk |
|---|---|---|---|
| 0 | 10 | −18 | −17 |
| 1 | 10 | −15 | −11 |
| 2 | 10 | −10 | −1 |
| 3 | 10 | −3 | −1 |

在圆心坐标为 xc=5, yc=5 时，考虑到圆的对称性，在 x=2 时 y=15 或−5。

3. t=0 时曲线上点的坐标为 <u>（2, 1.5）</u>。（1 分）

   t=0.5 时曲线上点的坐标为 <u>（2.938, 1.417）</u>。（1 分）

   t=0.8 时曲线上点的坐标为 <u>（3.344, 1.111）</u>。（1 分）

   计算表达式如下：（3 分）

$$P(t)=\sum_{i=0}^{3}P_i\cdot B_{i,3}(t)$$

$$=\frac{1}{6}(-t^3+3t^2-3t+1)\ \mathrm{P}_0+\frac{1}{6}(3t^3-6t^2+4)\ \ \mathrm{P}_1$$

$$+\frac{1}{6}(-3t^3+3t^2+3t+1)\ \mathrm{P}_2+\frac{1}{6}t^3\mathrm{P}_3\qquad \mathrm{t}\in[0,1]$$

4. $P_0$点在世界坐标系中的位置坐标为：<u>（1.366, 3, 4.366）</u>。（6 分）

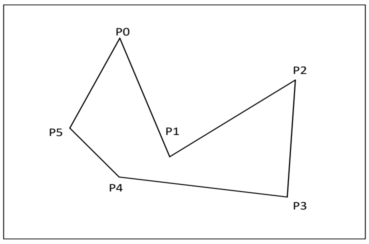
5. 交点的坐标分别为：<u>（−1.714, 0）(0, 2.667) (4.714, 10) (5, 10.44)</u>。（2 分）

   顶点$P_0$的编码为：<u>0101</u>，$P_1$的编码为：<u>1010</u>。（2 分）

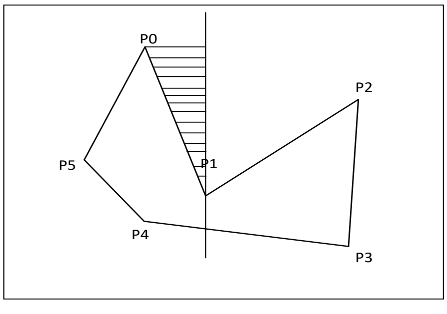
   交点的编码分别为：<u>(0100) (0000) (0000) (1000)</u>。（2 分）

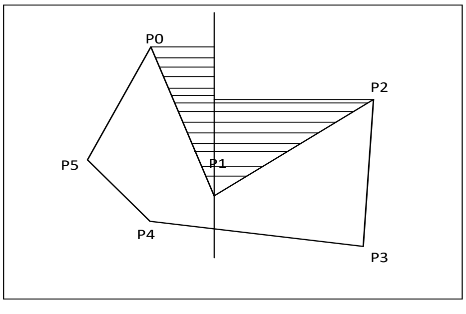
## 三． 绘图题（共 10 分）

1. 填充过程如下（给出每一步对应的填充结果）：（共 5 分）

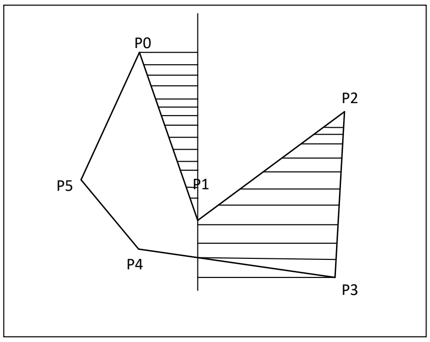


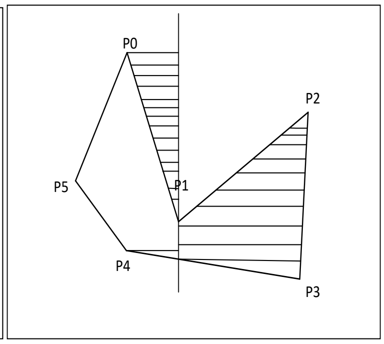

待填充多边形（原图）



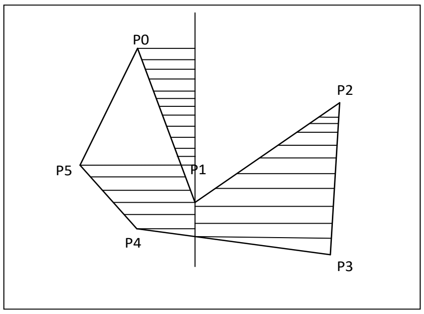



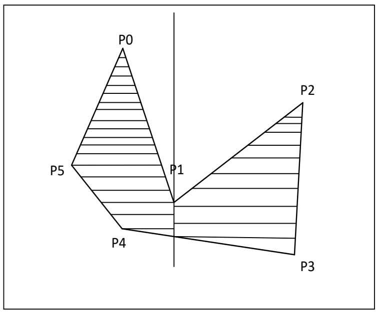

第 1 次填充后的结果（1 分）　　第 2 次填充后的结果（1 分）





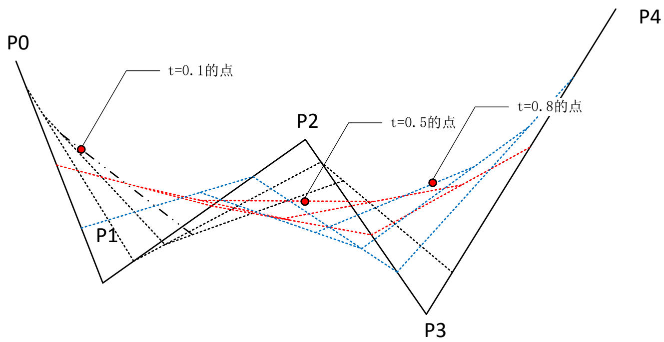

第 3 次填充后的结果（1 分）　第 4 次填充后的结果（1 分）



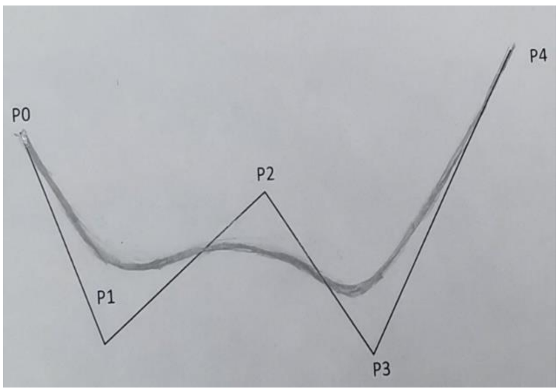



第 5 次填充后的结果（0.5 分）　第 6 次填充后的结果（0.5 分）

2. 如下图所示。（共 5 分）




t=0.1, 0.5, 0.8 时对应的曲线上的点（3 分）




采用 De Casteljau 求出的连续的 Bezier 曲线（2 分）

## 四.　分析与设计题（共 30 分）

1.　本题共 15 分。

（1）顶点的数据结构定义如下（5 分）

```
struct Vertex{
    float x,y,z;         //顶点的坐标
    float nx,ny,nz;      //顶点的法向
    float u,v;           //顶点的 u,v 坐标
};
struct Vertex V[24];
```

（2）顶点缓冲区中每个顶点的值如下：（6 分）

```
V[0]=Vertex{-1.0,1.0，-1.0,0.0,0.0,-1.0,0.0,0.0};    //A 点 前面
V[1]=Vertex{1.0,1.0,-1.0,0.0,0.0,-1.0,0.2,0.0};     //D 点 前面
V[2]=Vertex{1.0,-1.0,-1.0,0.0,0.0,-1.0,0.2,0.5};    //C 点 前面
V[3]=Vertex{-1.0,-1.0,-1.0,0.0,0.0,-1.0,0.0,0.5};   //B 点 前面
V[4]=Vertex{-1.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.5};      //E 点 后面
V[5]=Vertex{1.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.2,0.5};       //H 点 后面
V[6]=Vertex{1.0,-1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.2,1.0};      //G 点 后面
V[7]=Vertex{-1.0,-1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.0,1.0};     //F 点 后面
V[8]=Vertex{-1.0,1.0,1.0,0.0,1.0,0.0,0.2,0.0};      //E 点 上面
V[9]=Vertex{1.0,1.0,1.0,0.0,1.0,0.0,0.4,0.0};       //H 点 上面
V[10]=Vertex{1.0,1.0,-1.0,0.0,1.0,0.0,0.4,0.5};     //D 点 上面
V[11]=Vertex{-1.0,1.0,-1.0,0.0,1.0,0.0,0.2,0.5};    //A 点 上面
V[12]=Vertex{-1.0,-1.0,1.0,0.0,-1.0,0.0,0.4,0.0};   //F 点 下面
V[13]=Vertex{1.0,-1.0,1.0,0.0,-1.0,0.0,0.6,0.0};    //G 点 下面
V[14]=Vertex{1.0,-1.0,-1.0,0.0,-1.0,0.0,0.6,0.5};    //C 点 下面
V[15]=Vertex{-1.0,-1.0,-1.0,0.0,-1.0,0.0,0.4,0.5};  //B 点 下面
V[16]=Vertex{-1.0,1.0,1.0,-1.0,0.0,0.0,0.6,0.0};     //E 点 左边
V[17]=Vertex{-1.0,1.0,-1.0,-1.0,0.0,0.0,0.8,0.0};    //A 点 左边
V[18]=Vertex{-1.0,-1.0,-1.0,-1.0,0.0,0.0,0.8,0.5};  //B 点 左边
```

V[19]=Vertex{-1.0,-1.0,1.0,-1.0,0.0,0.0,0.6,0.5}; //F 点 左边

V[20]=Vertex{1.0,1.0,-1.0,1.0,0.0,0.0,0.8,0.0}; //D 点 右面

V[21]=Vertex{1.0,1.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.0}; //H 点 右面

V[22]=Vertex{1.0,-1.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.5}; //G 点 右面

V[23]=Vertex{1.0,-1.0,-1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,0.5}; //C 点 右面

索引缓冲区中的索引值如下：（4 分）

{0,1,3,3,1,2,//前面 4,5,7,7,5,6,//后面 8,9,11,11,9,12,//上面 12,13,15,15,13,14,//下面 16,17,19,19,17,18 //左面 20,21,23,23,21,22 //右面}

2. 本题共 15 分。

（1）算法描述如下：（共 6 分）

输入：（1 分）

待裁剪线段 P1P2,其中 P1（x1,y1），P2(x2,y2),裁剪多边形 ABCD，其中 A(XL,YT), B(XR,YT), C(XR,YB), D(XL,YB)。

输出：（1 分）

裁剪后的线段 P3P4。

算法：（4 分）

设 d1=-(x2-x1),d2=x2-x1,d3=-(y2-y1),d4=y2-y1,q1=x1-XL,q2=XR-x1,q3=y1-YB,q4=YT-y1, t1=q1/d1,t2=q2/d2,t3=q3/d3,t4=q4/d4,算法步骤如下：

1. 如果 XL<=x1,x2<=XR 且 YB<=y1,y2<=YT,则线段在区域内，直接输出线段 P1P2，退出
2. 如果 XL<=x1<=XR,YB<=y1<=YT,则输出左端点；如果 XL<=x2<=XR,YB<=y2<=YT,则输出右端点。
3. 如果 di=0, qi<0,其中 i∈[1,4], 则说明该线段完全在边界之外，线段将舍去，退出；否则执行（2）;
4. 如果 d1<0，rn1=t1,rn2=t2；反之,rn1=t2,rn2=t1;
5. 计算左端点:xa = x1 + d2 * rn1,ya=y1+d4*rn1;计算右端点：xb = x1 + d2 * rn2，yb=y1+d4*rn2;
6. 如果 d3<0，rn1=t3,rn2=t4；反之,rn1=t4,rn2=t3;
7. 计算左端点:xc = x1 + d2 * rn1,yc=y1+d4*rn1;计算右端点：xd = x1 + d2 * rn2，yd=y1+d4*rn2;
8. 根据 x1,xa,xb,xc,xd,x2 将线段分割成若干段，判断每段线段是否在完全在区域内，即可得到区域内的线段。

(2)求解过程如下：（9 分）

先计算 d1=−14, d2=14, d3=4, d4=−4, q1=−2, q2=12, q3=2, q4=3, t1=$\frac{1}{7}$, t2=$\frac{6}{7}$, t3=$\frac{1}{2}$, t4=−$\frac{3}{4}$。

| 第几步 | rn1 | rn2 | xa | ya | xb | yb | xc | yc | xd | yd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{6}{7}$ | 0 | $\frac{10}{7}$ | 10 | $-\frac{10}{7}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | $-\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{10}{7}$ | 10 | $-\frac{10}{7}$ | $-\frac{25}{2}$ | 5 | 5 | 0 |

排序结果：($-\frac{25}{2}$, 5)（−2，2）（0，$\frac{10}{7}$）（5, 0）（10, $-\frac{10}{7}$)

结合对应的矩形区域，得到区域内的线段的坐标为：（0，$\frac{10}{7}$）（5, 0）

## 五． 程序实现题（共 10 分）

1. 程序如下：（10 分）

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define NUM 1000
int main()
{
    double k[4];
    int p[4][2];
    int cnt = 0;
    double t = 0;
    double t30,t20,t31,t21;
    int pt[NUM][2] = {0,0};
    cin >> p[0][0] >> p[0][1]>> p[1][0] >> p[1][1]>> p[2][0] >> p[2][1]>> p[3][0] >> p[3][1];
    while (cnt<NUM) {
        t20 = t * t;
        t30 = t * t20;
        t21 = (1 - t) * (1 - t);
        t31 = t21 * (1 - t);
        k[0] = t31;
        k[1] = 3*t*t21;
        k[2] = 3*t20*(1-t);
        k[3] = t30;
        for (int i = 0; i < 4; i++) {
            pt[cnt][0] += k[i] * p[i][0];
            pt[cnt][1] += k[i] * p[i][1];
        }
        t += 1.0 / NUM;
        cnt++;
    }
    return 0;
}
```