江南大学物联网工程学院实验报告

课程名称 《计算机图形学》 实验名称 实验 2 线段和多边形的扫描转换 实验日期 2017.11.12
班级 计科 1404 姓名 阎覃 学号 1030414414
实验报告要求 1．实验目的 2．实验内容 3．实验步骤 4．运行情况 5．实验体会

1 实验内容

- 实现直线的 DDA 算法
- 实现直线的中点算法
- 实现基于扫描线的多边形扫描转换算法

2 实验步骤及运行情况

Problem 1 实现直线的 DDA 算法

数值微分法（DDA 法）根据直线的微分方程来绘制直线，它是最简单的一种画线方法。若一条直线的起点为 (x_1, y_1), 终点为 (x_2, y_2)，令

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta y = y_2 - y_1$$
$$\Delta m = max(|\Delta x|, |\Delta y|)$$

则可以得到递推公式为

$$\Delta x_{i+1} = x_i + \frac{\Delta x}{\Delta m} \tag{1}$$
$$\Delta y_{i+1} = y_i + \frac{\Delta y}{\Delta y} \tag{2}$$

因此，直线的 DDA 算法程序为

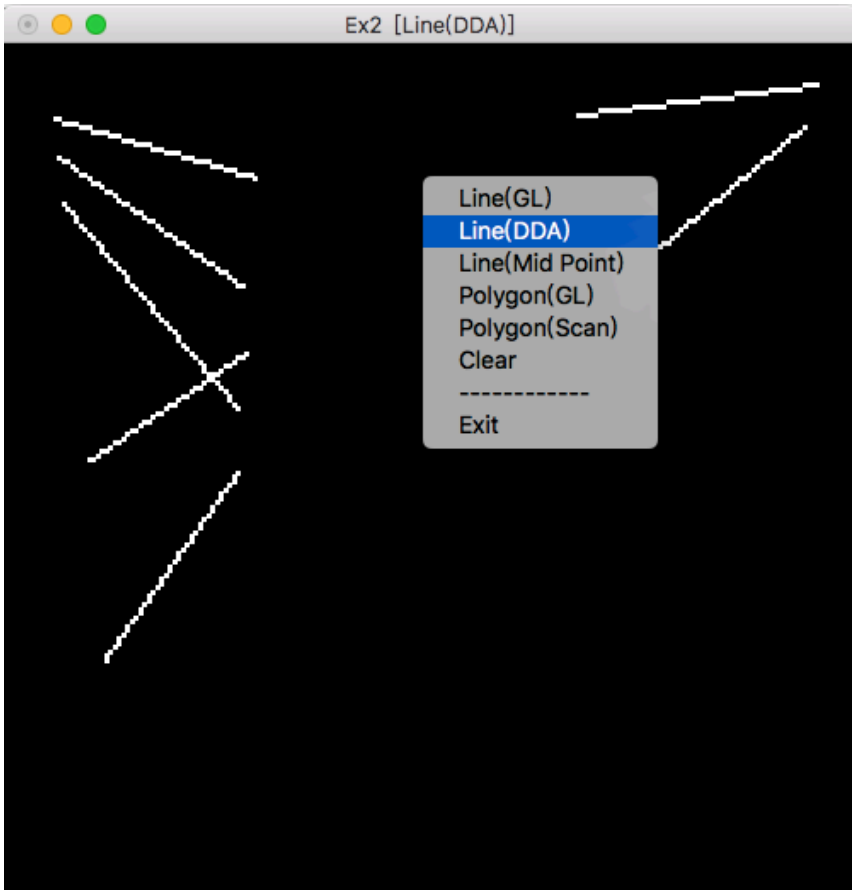
Entities/LineDDA2D.cpp

```
1  //
2  // Created by Ethan on 2017/11/16.
3  //
4
5  #include "LineDDA2D.h"
6
7  void LineDDA2D::drawMe() {
8      glBegin(GL_POINTS);
9
10     int x1 = sP.x, x2 = eP.x, y1 = sP.y, y2 = eP.y;
11
12     int dm = 0;
13     if (abs(x2 - x1) > abs(y2 - y1))
14         dm = abs(x2 - x1);            // x 为记长方向
15     else
16         dm = abs(y2 - y1);            // y 为记长方向
17
18     float dx = (float)(x2 - x1) / dm; // 当x为记长方向时，dx的值为1
19     float dy = (float)(y2 - y1) / dm; // 当y为记长方向时，dy的值为1
20     float x = x1 + 0.5f;
21     float y = y1 + 0.5f;
22     for (int i = 0; i < dm; i++) {
23         glVertex2i((int) x, (int) y);
24         x += dx;
25         y += dy;
```

```
    }

    glEnd();
}
```

本程序参考书上代码 P42。

运行截图



Problem 2 实现直线的中点算法

若一条直线的起点为 (x_0, y_0), 终点为 (x_1, y_1)，直线方程为

$$F(x, y) = ax + by + c = 0$$

其中，$a = y_0 - y_1$，$b = x_1 - y_0$，$c = x_0y_1 - x_1y_0$。
若当前的点为 (x_p, y_p)，则可以带入下一中点，构造判别式：

$$\begin{aligned} d &= F(x_p + 1, y_p + 0.5) \\ &= a(x_p + 1) + b(y_p + 0.5) + c \end{aligned} \tag{3}$$

$d < 0$ 时取右上方点，$d \geq 0$ 取右方点。
为了提高效率，可以采用增量算法。
当斜率为正：
当 $d \geq 0$ 时，$d' = d + a$
当 $d < 0$ 时，$d' = d + a + b$
当斜率为负：
当 $d \geq 0$ 时，$d' = d - a$

当 $d < 0$ 时，$d' = d - a + b$

因此，直线的中点算法程序为

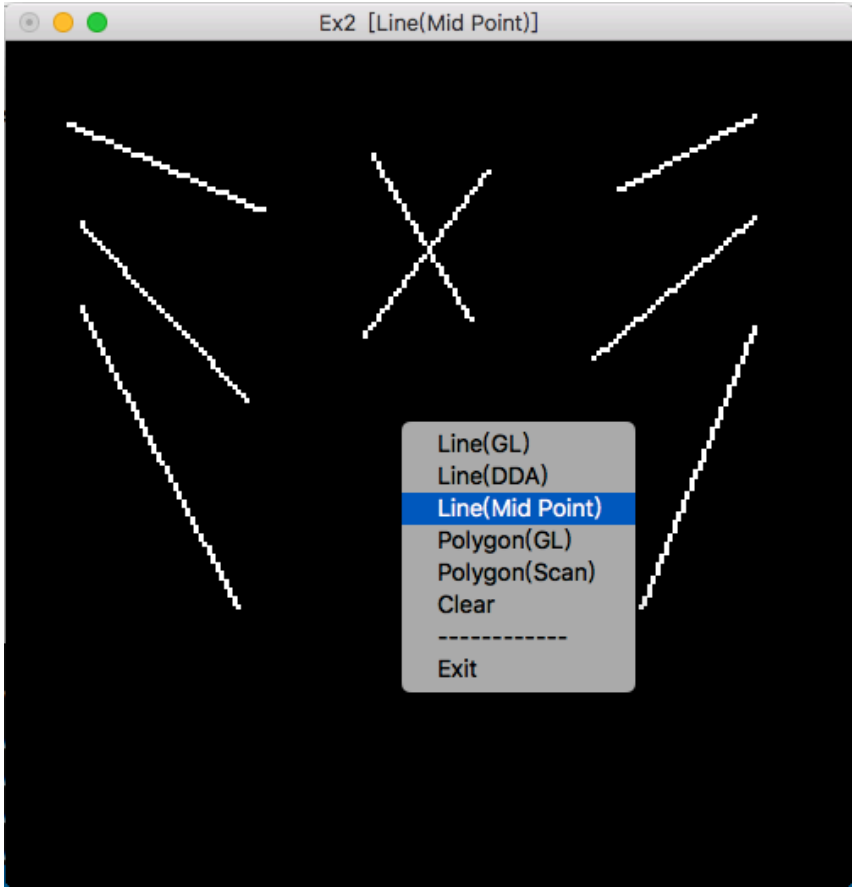
Entities/LineMidP2D.cpp

```cpp
//
// Created by Ethan on 2017/11/16.
//

#include <math.h>
#include "LineMidP2D.h"

#define swap(x, y) {int tmp; tmp = x;x = y; y = tmp;}

void LineMidP2D::drawMe() {
    glBegin(GL_POINTS);

    int x0 = sP.x, x1 = eP.x, y0 = sP.y, y1 = eP.y;
    int a, b, d, x, y, tag = 0;
    if (abs(x1 - x0) < abs(y1 - y0)) {
        swap(x0, y0);
        swap(x1, y1);
        tag = 1;
    }
    if (x0 > x1) {
        swap(x0, x1);
        swap(y0, y1);
    }

    a = y0 - y1;
    b = x1 - x0;
    d = a + b / 2;
    if (y0 < y1) {
        x = x0;
        y = y0;
        while (x < x1) {
            if (d < 0) {
                x++;
                y++;
                d = d + a + b;
            } else {
                x++;
                d += a;
            }
            if (tag) glVertex2i(y, x);
            else glVertex2i(x, y);
        }
    } else {
        x = x1;
        y = y1;
        while (x > x0) {
            if (d < 0) {
                x--;
                y++;
                d = d - a + b;
            } else {
                x--;
                d -= a;
            }
            if (tag) glVertex2i(y, x);
            else glVertex2i(x, y);
        }

    }

```

```
    glEnd();
}
```

本程序参考书上代码 P49，P50。

运行截图



Problem 3 实现基于扫描线的多边形扫描转换算法

定义边节点：

```
class Edge {
public:
    int ymax;
    float x;
    float dx;
    Edge *next;
};
```

其中，ymax 为该边最大的 y 坐标，x 为 y 值最小的端点的 x 坐标，dx 为斜率。
定义一个边表数组 ET，存放所有的边。数组大小为扫描线的数目。定义一个链表 AET，即活动边表，表示正在处理的扫描线。
具体的算法如下：

1. 初始化 ET，将各边按照该边最小的 y 坐标存放至数组内对应位置。
2. 初始化 AET 为空链表。
3. 扫描线从下向上扫描，y 从 0 增加至最大值，每次加 1。
   (a) 取出 ET 中当前扫描线的所有边并按 x 递增的顺序加入 AET。

(b) AET 中的边两两配对并填色。

(c) 删除 AET 中满足 y=ymax 的边。

(d) 更新 AET 中边的 x 值，进入下一循环

对于本程序坐标系的范围是-100 至 100，所以要对所有的 y 值进行偏移以便消去负数放入数组中。

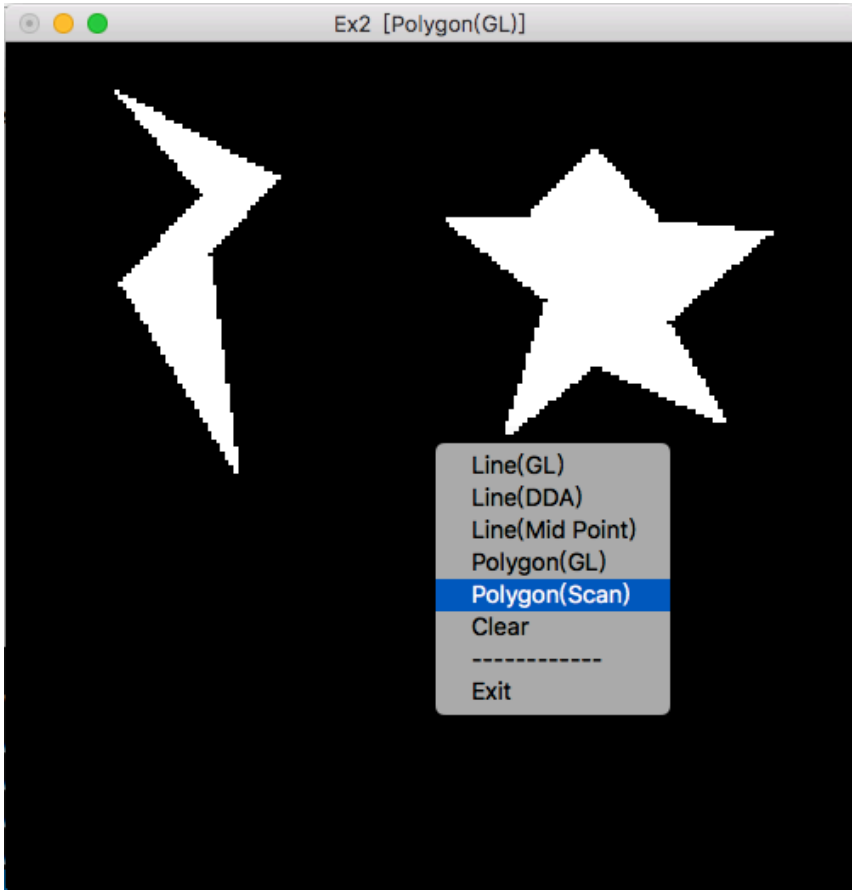
Entities/PolygonScan2D.cpp

```
//
// Created by Ethan on 2017/11/16.
//

#include <queue>
#include <App.h>
#include "PolygonScan2D.h"

//定义用于边表ET和活动边表AET的通用类Edge
class Edge {
public:
    int ymax;
    float x;
    float dx;
    Edge *next;
};


void PolygonScan2D::drawMe() {

    // 计算最高点的y坐标
    int maxY = 0, minY = 1000000;
    for (auto &point : points) {
        if (point.y > maxY) {
            maxY = point.y;
        }
        if (point.y < minY) {
            minY = point.y;
        }
    }
    // 初始化ET和AET

    int h = maxY - minY;

    Edge **ET = new Edge *[h + 1];

    for (int i = 0; i < h + 1; i++) {
        ET[i] = new Edge();
        ET[i]->next = nullptr;
    }
    //活动边表
    Edge *AET = new Edge();
    AET->next = nullptr;

    glBegin(GL_POINTS);

    //建立边表ET
    for (int i = 0; i < points.size(); i++) {
        //取出当前点1前后相邻的共4个点，点1与点2的连线作为本次循环处理的
            边，另外两个点点0和点3用于计算奇点
        Point2D p0 = points[(i - 1 + points.size()) % points.size()];
        Point2D p1 = points[i];
        Point2D p2 = points[(i + 1) % points.size()];
        Point2D p3 = points[(i + 2) % points.size()];

        int x0 = (int) p0.x, x1 = (int) p1.x, x2 = (int) p2.x, x3 = (int)
             p3.x;
```

```
56          int y0 = (int) p0.y, y1 = (int) p1.y, y2 = (int) p2.y, y3 = (int)
                p3.y;
57
58          y0 += -minY;
59          y1 += -minY;
60          y2 += -minY;
61          y3 += -minY;
62
63          //水平线直接舍弃
64          if (p1.y == p2.y)
65              continue;
66          //分别计算下端点y坐标、上端点y坐标、下端点x坐标和斜率倒数
67          int ymin = y1 > y2 ? y2 : y1;
68          int ymax = y1 > y2 ? y1 : y2;
69          float x = y1 > y2 ? x2 : x1;  // y值最小的端点的x坐标
70          float dx = (float) (x1 - x2) / (y1 - y2); //斜率1/m
71          //奇点特殊处理，若点2->1->0的y坐标单调递减则y1为奇点，若点1->2->3
                的y坐标单调递减则y2为奇点
72          if (((y1 < y2) && (y1 > y0)) || ((y2 < y1) && (y2 > y3))) {
73              ymin++;
74              x += dx;
75          }
76          //创建新边，插入边表ET
77          Edge *p = new Edge();
78          p->ymax = ymax;
79          p->x = x;
80          p->dx = dx;
81          p->next = ET[ymin]->next;
82          ET[ymin]->next = p;
83      }
84
85      //扫描线从下往上扫描，y坐标每次加1
86      for (int i = 0; i < h; i++) {
87          //取出ET中当前扫描行的所有边并按x的递增顺序（若x相等则按dx的递增
                顺序）插入AET
88          while (ET[i]->next) {
89              //取出ET中当前扫描行表头位置的边
90              Edge *pInsert = ET[i]->next;
91              Edge *p = AET;
92              //在AET中搜索合适的插入位置
93              while (p->next) {
94                  if (pInsert->x > p->next->x) {
95                      p = p->next;
96                      continue;
97                  }
98                  if (pInsert->x == p->next->x && pInsert->dx > p->next->dx
                        ) {
99                      p = p->next;
100                     continue;
101                 }
102                 //找到位置
103                 break;
104             }
105             //将pInsert从ET中删除，并插入AET的当前位置
106             ET[i]->next = pInsert->next;
107             pInsert->next = p->next;
108             p->next = pInsert;
109         }
110
111         //AET中的边两两配对并填色
112         Edge *p = AET;
113         while (p->next && p->next->next) {
114             for (int x = p->next->x; x < p->next->next->x; x++) {
115                 glVertex2i(x, i + minY);
116             }
117             p = p->next->next;
```

```
118         }
119
120         //删除AET中满足y=ymax的边
121         p = AET;
122         while (p->next) {
123             if (p->next->ymax == i) {
124                 Edge *pDelete = p->next;
125                 p->next = pDelete->next;
126                 pDelete->next = nullptr;
127                 delete pDelete;
128             } else {
129                 p = p->next;
130             }
131         }
132
133         //更新AET中边的x值，进入下一循环
134         p = AET;
135         while (p->next) {
136             p->next->x += p->next->dx;
137             p = p->next;
138         }
139
140     }
141     delete AET;
142     delete ET;
143     glEnd();
144 }
```

运行截图



3 实验体会

前两个直线的算法非常简单，并且书上提供了代码，很快就可以做出来。然而第三个书并没有提供代码，只有文字说明算法的步骤。但是由于本人理解能力有限，还是没能看懂。所以我在网上搜索了一下，发现 http://www.twinklingstar.cn/2013/325/region-polygon-fill-scan-line/ 这篇文章讲的比较详细清楚。之后又参照了相关代码，完成了本次作业。

实验报告采用 LaTeX 排版，完整代码托管至 GitHub：
https://github.com/Ethan-yt/JNU-CG-exp

教师评价	优		良		中		及格		不及格		教师签名		日期	