# 计算机图形学 —— 区域扫描线Z-Buffer算法

11821095 葛林林

2018 年 12 月 24 日

## 1 预备知识

### 1.1 $obj$文件

obj文件并不考虑物体的大小，所以不同的物体读入的坐标范围可能变化很大，因此为了现实的方便需要将其转为规范化设备坐标。

**顶点的表示**：顶点以$v$开头后面跟着该顶点的$x, y, z$三轴坐标，示例如下

$$format. \quad v\ x\ y\ z$$

$$e.g. \quad v\ -57.408021\ 196.143694\ 2.816352$$

**纹理坐标的表示**：纹理坐标以$vt$开头。

$$format. \quad vt\ tu\ tv$$

**法向量的表示**：法向量的表示以$vn$开头。

$$format. \quad vn\ nx\ ny\ nz$$

$$e.g. \quad vn\ 5.9333\ -0.4798\ -1.8985$$

**面的表示**：面以$f$开头，代表”face”的意识，格式为“f 顶点索引/ 纹理坐标索引/ 顶点法向量索引”，如下所示

$$format. \quad f\ v/vt/vn\ v/vt/vn\ v/vt/vn$$

$$e.g. \quad f\ 1/1/1\ 2/2/2\ 3/3/3$$

### 1.2 OpenGL预备知识

#### 1.2.1 OpenGL的坐标系

OpenGL中常用的坐标系有局部坐标系、世界坐标系、视点坐标系、投影坐标系、规格化设备坐标系和屏幕坐标系。

**规格化设备坐标系$\boldsymbol{O_dX_dY_dZ_d}$**:其坐标范围为$\{x, y, z \in [-1, 1]\}$，它以创建的窗口的中心为原点$O_d$

$X_d$轴：从左向右为正方向

$Y_d$轴：从下往上为正方向。屏幕坐标系$O_sX_sY_s$以屏幕左上角为坐标原点，从左往右为$X_s$轴正方向，从上往下为$Y_s$轴

正方向。

#### 世界坐标系

原点$O_w$：以屏幕中心为原点，始终保持不变。

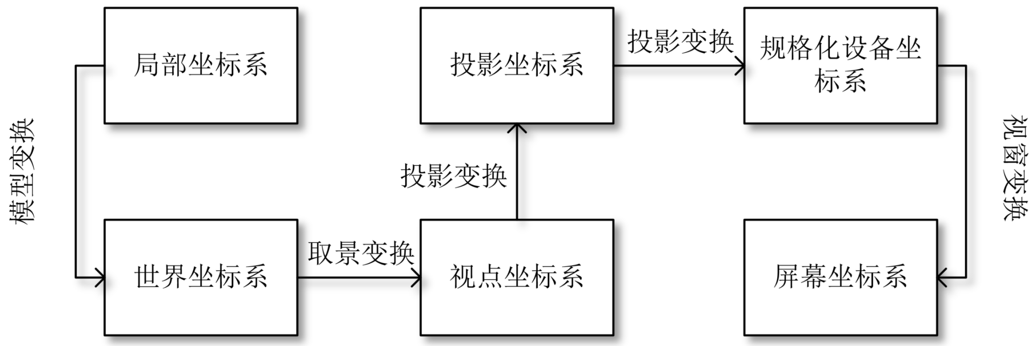



Figure 1: 常用坐标系变换

### 1.2.2 OpenGL工程的搭建

OpenGL是一种跨平台的图形渲染编程接口，下面总结了搭建OpenGL工程的过程。

```
void OpenGLFunc(int argc, char** argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH | GLUT_RGBA | GLUT_STENCIL);
    glutInitWindowSize(800, 600);          //set window size
    glutInitWindowPosition(100, 150);      //set window position
    glutCreateWindow("Display");           //window name
    glutDisplayFunc(DisplayFunc);          //call self defined display function
    glutIdleFunc(IdleFunc);            //call self-defined idle function
    glutKeyboardFunc(KeyboardFunc);    //call self-defined keyboard function
    glutSpecialFunc(SpecialFunc);          //call self-defined special function
    glutMouseFunc(MouseFunc);          //call self-defined mouse function
    glutMotionFunc(MotionFunc);        //call self-defined mouse motion function
    glutPassiveMotionFunc(PassiveMotionFunc);//call self-defined passive mouse motion function
    glutMainLoop();
}
```

上述代码是使得OpenGL程序能够正常运行的一个模板，该段程序为OpenGL产生的窗口设置回调函数：显示回调函数、空闲回调函数、键盘回调函数、特殊键回调函数，鼠标回调函数、鼠标按下移动回调函数和鼠标移动回调函数，他们分别定义在如下所示的函数中：

```
    void DisplayFunc(...){...}
    void IdelFunc(...){...}
    void KeyboardFunc(...){...}
    void SpecialFunc(...){...}
    void MouseFunc(...){...}
    void MotionFunc(...){...}
    void PassiveMotionFunc(...){...}
```

# 2 算法

加载文件→获取深度值→消隐算法

## 2.1 数据结构

**活化边表** 活化边表主要存储了当前扫描线中接触到了那些边，分为两部分：（1）未画完的边；（2）顶点在该扫描线上的新加入的边。根据$y_{max}$将边进行分类：

- $x_l$ :左交点的$x$坐标。
- $dx_l$ :左交点边上两相邻两条扫描线交点的$x$坐标差。
- $dy_l$ :以和左交点所在边相交的扫描线数为初值，以后向下没处理一条扫描线减一。
- $x_r, dx_r, dy_r$ :右边的交点的三个对应分量。
- $id$ :边所属多边形的编号。
- $dz_x$ :沿扫描线向右一个像素，多边形所在平面的深度增量。$dz_x = -\frac{a}{c}(c \neq 0)$
- $dz_y$ :沿$y$方向向下移动一根扫描线时，多边形所在平面的深度增量$dz_y = \frac{b}{c}(c \neq 0)$。
- $id$ :交点所在多边形的编号。

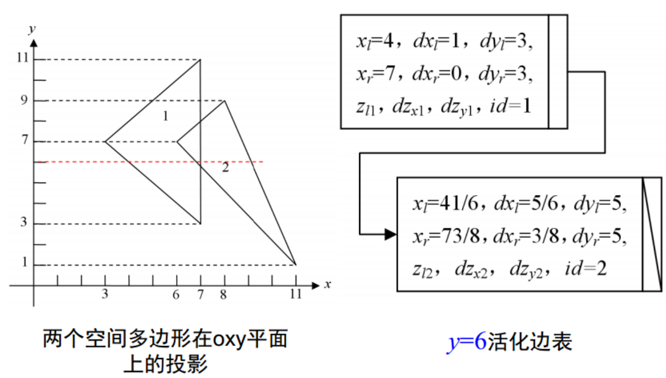



Figure 2: 分类边表

**活化多边形表** 根据$y_{max}$的值对多边形进行分类：

- $a, b, c, d$ :多边形所在平面的方程系数
- $id$ :多边形的编号
- $dy$ :多边形跨越的剩余扫描线数目
- $color$ :多边形的颜色

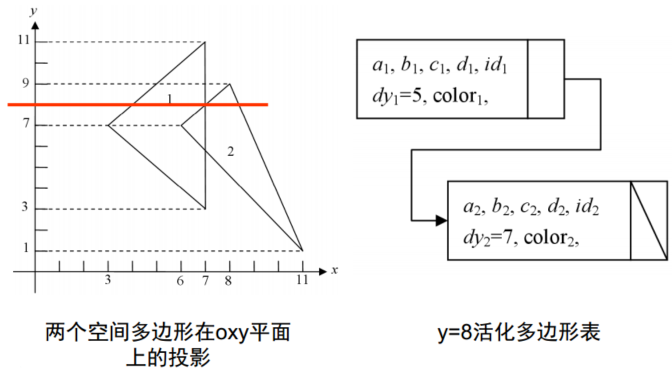



Figure 3: 分类多边形表

## 2.2 算法的加速

### 2.2.1 存储器的优化

### 2.2.2 取整的优化

在扫描线算法中，需要进行大量的取整运算，c++中可以利用round函数来实现。宏相比于函数而言能够减少函数带来的开销，因此我们可以定义如下宏来代替该函数：

```
#define ROUND(DAT) ((int)(DAT+0.5))
```

# 3 实验结果

## 3.1 实验环境

本次实验的环境如下：

Table 1: 环境参数

| | 参数 |
|---|---|
| System | Windows 10 64bit |
| CPU | Intel(R) Core(TM) i5-4590 CPU @3.30GHz 3.3GHz（4核） |
| RAM | 16GB |
| GPU | GeForce GTX 960 (2GB显存) |

## 3.2 简单案例的设计

在实际调试过程中会出现很多问题，为了方便调试，设计了如下所示的一些简单实例帮助调试：

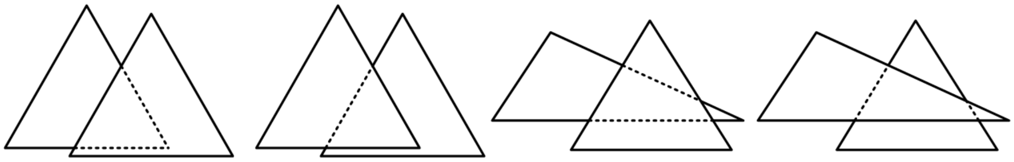


Figure 4: 简单案例示意图

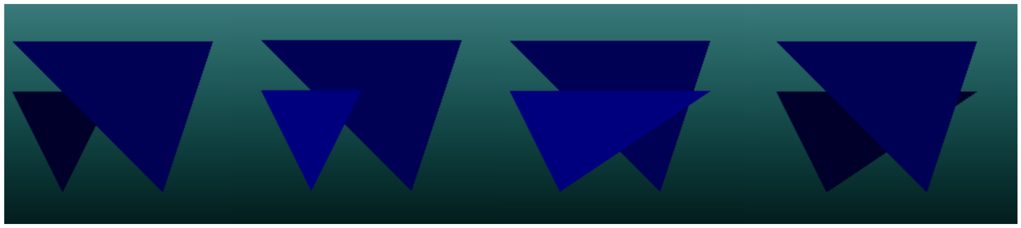


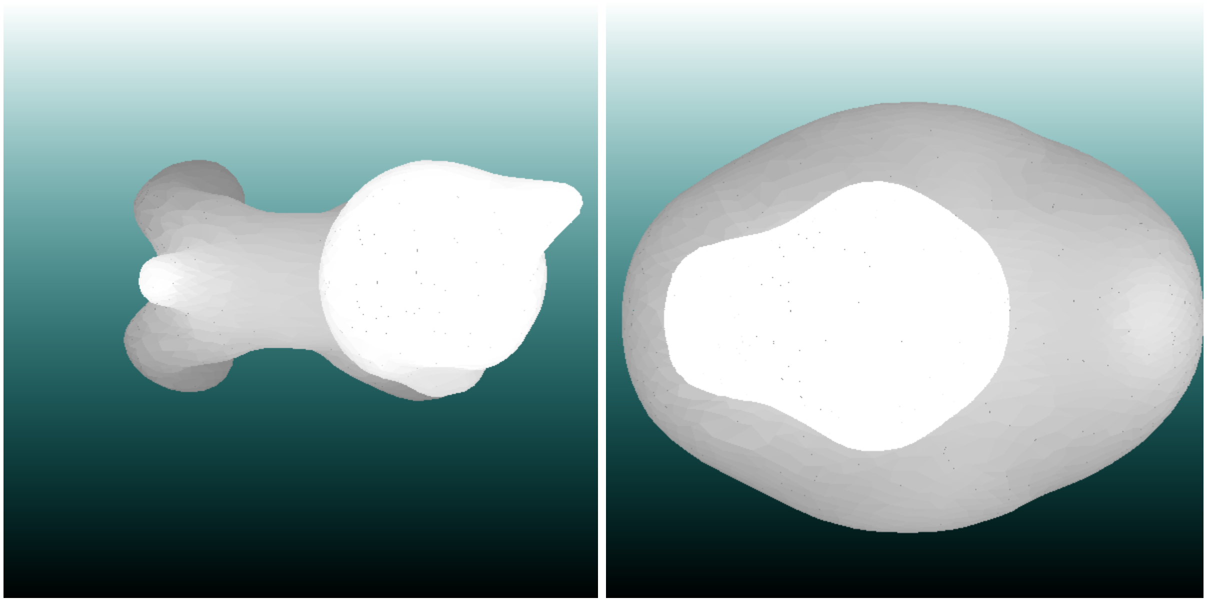
Figure 5: 简单案例测试效果图

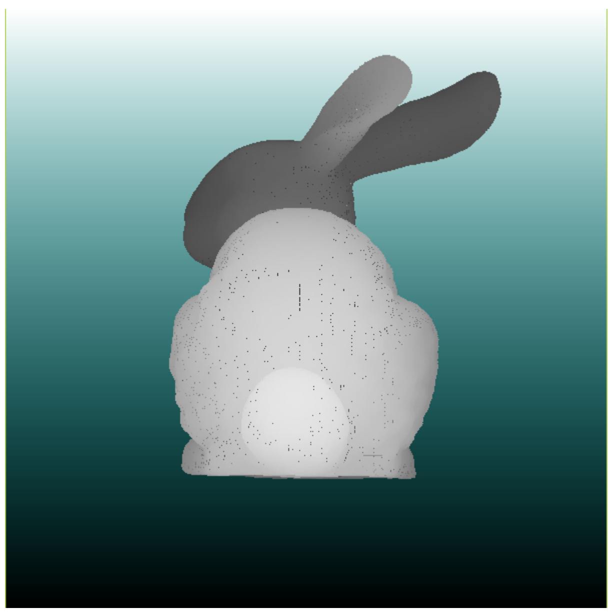
### 3.3 数据集的测试

测试部分显示的窗口大小为600 $\times$ 600，得到的结果如下表所示：

Table 2: 案例测试

| 文件 | 三角片数 | 顶点数 | 优化前帧速(fps) | 优化后帧速(fps) |
|---|---|---|---|---|
| cat.obj | 2755 | 5506 | 11.7883 | |
| duck.obj | 791 | 3957 | 6.0306 | |
| bunny.obj | 69451 | 208353 | 1.9299 | |





### 3.4 程序分析

本次使用的是称为$bunny.obj$的文件，该文件中包含了$v$和$f$开头的数据，代码中$load_obj.h$和$load_obj.cpp$两个文件定义了加载$obj$文件的方法。

## 4 关于一些问题的讨论

### 4.1 边状态的判定

**方案一：** 该方案是利用边状态的一些性质进行判断，如下所示总结出边状态的两大性质：

- 边的in和out状态的个数必须对应
- 对于扫描线扫到的同一个三角片中的边状态必定in在out之前

**方案二：** 如下图所示是线段$P_1P_2$为in状态的情况，假设$P_1, P_2, P_3$点对应的坐标分别为$(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$。则线段$P_1P_2$的斜率为

$$k = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \tag{1}$$

而线段$P_1P_2$对应的直线方程为：

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \tag{2}$$

令

$$f(x, y) = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} - \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \tag{3}$$

则当满足如下公式时则为in状态

$$sign(y_2 - y_1)kf(x_3, y_3) < 0 \tag{4}$$

既

$$(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) + (y_1 - y_2)(x_3 - x_1) < 0 \tag{5}$$

Figure 6: $f(x_3, y_3) > 0, k < 0$

Figure 7: $f(x_3, y_3) < 0, k > 0$

**总结：** 对比方案一和方案二不能看出方案一的思路更为简单计算量较小，因此算法中采用了方案一进行边状态的判断。

### 4.2 结果中出现空白点

## 5 经验总结

- 用特殊的案例对结果进行测试