浙江大学

程 序 设 计 专 题

大 程 序 报 告

大程名称：Geo23d——功能强大的几何软件

姓名 ： _____ **学号：** _____ **电话：** _____

指导老师： **李际军**

2021~2022 春夏学期 2022 年 6 月 9 日

报告撰写注意事项

1） 图文并茂。文字通顺，语言流畅，无错别字。

2） 书写格式规范，排版良好，内容完整。

3） 存在拼凑、剽窃等现象一律认定为抄袭；0 分

4） 蓝色文字为说明，在最后提交的终稿版本，请删除这些文字。

目 录

1 大程序简介 4

1.1 选题背景及意义 4
1.2 目标要求 4

2 需求分析 4

2.1 业务需求 4
2.2 功能需求 4
2.3 数据需求 4
2.4 性能需求 5

3 程序开发设计 5

3.1 总体架构设计 5
3.2 功能模块设计 6
3.2.1 前端 6
3.2.2 后端 7
3.2.3Evic 模块 7
3.3 数据结构设计 8
3.3.1 前端状态机 8
3.3.2 展示界面状态机 8
3.3.3 几何对象链表 8
3.3.4 通用几何对象类及部分特定几何对象类 9
3.4 函数设计描述 9
3.5 源代码文件组织设计 13

4 部署运行和使用说明 14

4.1 编译安装 14
4.2 运行测试 14
4.3 用户使用手册 14

5 课题实施 14

5.1 开发计划 14
5.2 编码规范 14
5.3 个人遇到的难点与解决方案 14
5.3.1 展示界面控制混乱问题 14
5.3.2 数学表达式字符串计算问题 15
5.3.3 方程曲线绘制问题 15
5.4 总结 15

6 参考文献资料 16

Geo23d 大程序设计项目

1 大程序简介

1.1 选题背景及意义

本项目开发了一款几何编辑与展示软件，其名称为 Geo23d。该软件利用计算机来处理几何问题，有助于使用者对几何问题建立直观认识，培养几何直觉，有助于使用者对几何学科的学习。

1.2 目标要求

该软件类似于 GeoGebra。本软件目标达成的功能有：简捷绘制并精确显示点、中点、直线、线段、普通多边形、标准多边形、中心圆、三点圆、初等函数及部分特殊函数图像、初等函数及部分特殊函数构成的方程的图像等几何对象，拖动点、坐标平面，放缩坐标平面，几何工程文件的保存与解析等。

2 需求分析

2.1 业务需求

该软件是一款强大的数学几何软件。要求实现几何编辑与展示功能。

2.2 功能需求

要实现通用的几何对象处理功能，需要软件能够处理各种几何对象。这要求本项目能够绘制并显示点、中点、直线、线段、普通多边形、标准多边形、中心圆、三点圆等几何对象。此外，许多复杂几何对象可以用函数或方程描述，因此本项目实现了函数和方程的绘制功能。为了实现良好的人机交互，本软件提供拖动点、坐标平面，放缩坐标平面等功能。为了满足复杂的几何编辑要求，本软件允许把当前工作状态保存在一个文件中。

2.3 数据需求

软件需要把使用者的操作映射到对几何对象的操作，并把几何对象用数据的方式记录下来。

软件的输入数据用状态机的状态表示，使用者的操作改变状态机的状态。每一个状态有对应的函数来处理几何对象。所有几何对象数据用一个链表存储。每一个几何对象用两个结构体对象存储。一个结构体对象存储不同几何对象类特有的属性数据，另一个结构体对象存储几何对象的基本属性。

2.4 性能需求

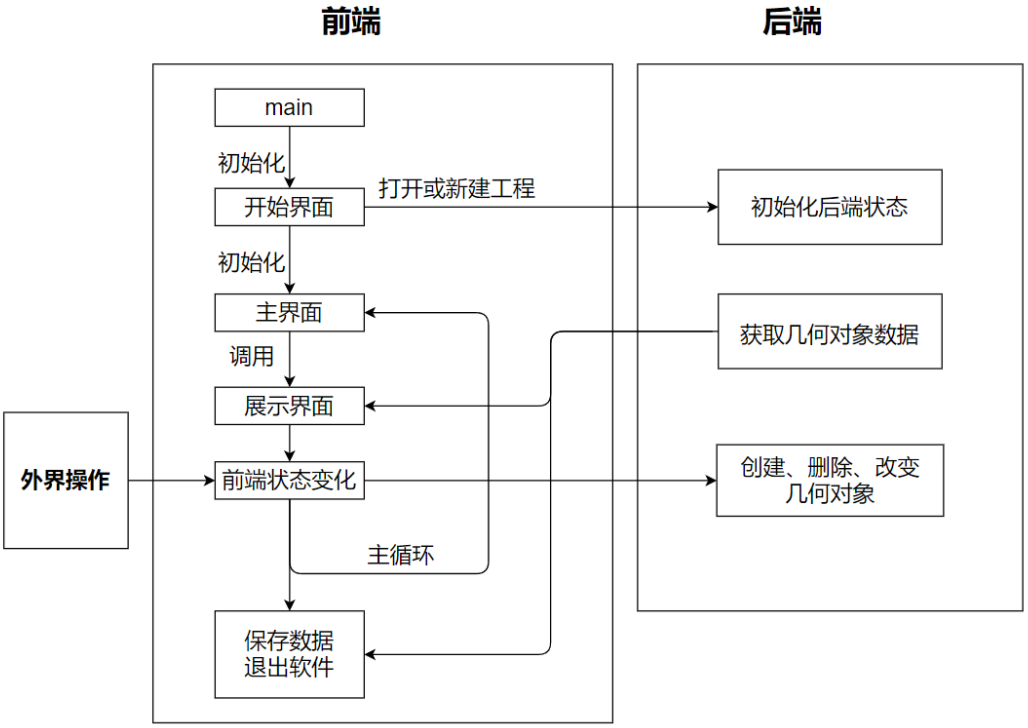
软件要求及时对使用者的操作做出反应和把几何对象及时绘制到坐标平面上。因此反应模块的帧率应不低于 60 帧，绘制模块的帧率应不低于 24 帧。

3 程序开发设计

3.1 总体架构设计

本项目总体分为前端和后端两部分，如图所示。前端负责界面的展示逻辑，后端负责对各种数据对象的处理。

除此之外还有一个名为 Evic 的模块，该模块用于把字符串形式的数学表达式转换为便于计算的逆波兰表达式链表，服务于函数和方程图像绘制功能。



3.2 功能模块设计

3.2.1 前端

界面 ID

为了辨别当前的前端界面模式，用一组枚举变量作为前端界面 ID。函数 *void FRONT_SetInterface(int interfaceId)*用于改变显示界面。

父子界面架构

为了实现模块化编程的效果，前端采用了父子界面的架构。每个界面的显示逻辑都写用一个文件中。且每个界面都可以实现 *Init*、*Display*、*MouseEventProcess*、*TimerEventProcess* 这些函数。父界面在运行这些函数的同时调用子界面的相应函数，使显示逻辑较为清晰。其中 Init 函数用于界面的初始化。Display 函数在前端的每一帧都会调用，用于绘制各种控件。MouseEventProcess、TimerEventProcess 函数用于对鼠标事件和时钟事件做出反应。

开始界面

打开软件时显示的就是开始界面，存放于 FrontStart 模块中。

主界面

新建工程成功或打开工程成功后，就进入了主界面。主界面的显示逻辑存放于 FrontMain2d 模块中。

与辨别当前的前端界面模式的方法一样，主界面也用一组枚举变量作为当前工具模式的 ID。全局变量 FRONT_Main2d_CurTool 用于存放当前工具模式的 ID。

展示界面

展示界面是主界面的一部分，用于显示坐标平面，是显示逻辑最复杂的界面。展示界面的显示逻辑存放于 FrontMain2dShow 模块中。

由于展示界面用于显示坐标平面，而坐标平面的坐标与界面坐标并不一一对应，所以展示界面模块提供了虚拟坐标和窗口坐标相互映射的函数，以及直接在虚拟坐标上绘制图形的函数。而且几何对象的数据也用虚拟坐标表示。

为了更好得表示展示界面的状态，如处于拖动坐标平面的状态还是处于拖动

点的状态，展示界面用一组枚举变量表示各状态的 ID，同时用一个有限状态机来描述各状态的变化。

每次调用展示界面的 Display 函数时，展示界面会从后端获得当前的几何对象链表，然后把各几何对象绘制出来。各几何对象的绘制方法由后端的函数提供。

文件对话框及提示对话框

Geo23d 软件要实现文件操作功能。由于 WindowsAPI 已经提供了文件对话框的 api，再编写文件对话框功能不合理，于是文件对话框功能由 WindowsAPI 实现。FrontFile 模块内存放着对这些 API 的进一步封装。

同理，提示对话框也由 WindowsAPI 实现。依靠函数 *void FRONT_Alart(char *text)*调用。

文本对话框

由于 libgraphics 库功能过于简单，文本对话框功能由 windowsAPI 实现。FrontInput 模块内存放着文本对话框的实现。

3.2.2 后端

面向对象思想

后端主要是各种几何对象数据的处理。首先各种几何对象都有一个父类 BackGeobj，父类存放了几何对象类别、ID、名称、指向子类实例的指针。各种几何类存放各自独有的属性。且各子类的逻辑存放于 BackGeobj 文件夹中与该类名相同的模块中，各模块内也存放相应类的 Creat、Info、Draw、Seed、Relife 函数实现。Creat 函数创建几何类的实例，Info 函数返回几何对象信息，Draw 函数调用 FrontMain2dShow 模块的函数绘制几何对象，Seed 函数会把几何对象编码到一个字符串中，Relife 函数会从一定格式的字符串中提取出几何对象。
几何对象链表

几何对象链表

后端用一个几何对象链表存放各种几何对象。几何对象链表类基于 libgraphics 库中的 linkedlist 模块实现。

3.2.3Evic 模块

该模块能够计算数学表达式字符串。首先进行切词，把数学表达式切分为一

个个字符。然后，利用栈把数学表达式转化为逆波兰表达式，即把中缀表达式转化为后缀表达式。最后，利用栈对逆波兰表达式进行计算。

3.3 数据结构设计

3.3.1 前端状态机

```
enum
{
    DEFAULT_INTERFACE,
    START_INTERFACE,
    MAIN_INTERFACE_2D,
    INPUT_INTERFACE
};
```

3.3.2 展示界面状态机

```
/* showInterface 状态分类 */
enum
{
    DEFAULT_STATE,              // 0
    LOSE_FOCUS_STATE,           //失去焦点，失去关注
    MOUSE_DISENGAGEMENT_STATE, //鼠标脱离
    NO_ACTION_STATE,            //鼠标无动作
    CLICK_STATE,                //单击状态
    DRAG_SHOW_INTERFACE_STATE, //鼠标移动，按键处于按下状态且为左键，且那一帧没有选中任何几何对象；此时认为是拖动 showInterface
    DRAG_GEOBJ_STATE            //鼠标移动，按键处于按下状态且为左键，且那一帧选中了几何对象；此时认为是拖动几何对象
};
```

3.3.3 几何对象链表

```
/* 几何对象链表 */
typedef struct
{
    /* 用通用链表存储几何对象 */
    linkedlistADT list;
} BACK_GeobjList;
```

3.3.4 通用几何对象类及部分特定几何对象类

```
/* 几何对象通用类 */
typedef struct
{
    /* 几何对象类别 */
    int en_class;
    /* 几何对象 ID */
    long id;
    /* name */
    char *name;
    /* 指向的几何对象 */
    void *p_geobj;
} BACK_Geobj;

/* 几何对象 OrdinaryPoint */
typedef struct
{
    double x, y;
} BACK_OrdinaryPoint;

/* 几何对象 OrdinaryPolygon */
typedef struct
{
    long *anBaseId[ORDINARY_POLYGON_MAX_LEN];
    int len;
} BACK_OrdinaryPolygon;

/* 几何对象 EquationCurve */
typedef struct
{
    char strExpr[MAX_EXPR_LEN];
    double x, y;
    EVIC_expr *ec_expr;
} BACK_EquationCurve;

……
……
……
```

3.4 函数设计描述

前端初始化

```
void FRONT_Init();
void FRONT_Input_Init();
void FRONT_Main2d_Init();
void FRONT_Main2dShow_Init();
/*
对应前端、文本对话框、主窗口、展示窗口的初始化
 */
```

前端展示

```
void FRONT_Display();
void FRONT_Main2d_Display();
void FRONT_Main2dShow_Display();
/*
对应前端、主窗口、展示窗口的绘制
 */
```

设置前端界面

```
void FRONT_SetInterface(int interfaceId);
/*
设置前端界面
interfaceId 为界面 ID
 */
```

前端事件处理

```
void FRONT_Main2d_MouseEventProcess(int button, int event);
void FRONT_Main2d_TimerEventProcess();
void FRONT_Main2dShow_MouseEventProcess(int button, int event);
void FRONT_Main2dShow_TimerEventProcess();
/*
鼠标、定时器事件处理
 */
```

对话框

```
char *FRONT_Input(char *text);
void FRONT_Alart(char *text);
int FRONT_OpenFileDialog(char *path);
int FRONT_OpenFileFolderDialog(char *path);
int FRONT_SaveFileDialog(char *path);
/*
对话框函数
text 是显示内容
path 是文件路径
 */
```

虚拟坐标

```
/* 利用虚拟坐标系画一个点 */
void FRONT_Main2dShow_DrawPoint(double x_im, double y_im, int size);


/* 利用虚拟坐标系画一条线 */
```

```
4.  void FRONT_Main2dShow_DrawLine(double x1_im, double y1_im, double x2_
    im, double y2_im);
5.  /* 利用虚拟坐标系画文字 */
6.  void FRONT_Main2dShow_DrawText(double x_im, double y_im, char *text);

7.  /* 利用虚拟坐标系画圆弧
8.  x_im,y_im 圆心位置
9.  startAngle 起始角度
10. sweep 弧度 */
11. void FRONT_Main2dShow_DrawArc(double x_im, double y_im, double r, dou
    ble startAngle, double sweep);
12.
13. /* 获得鼠标虚拟坐标，非窗口坐标 */
14. void FRONT_Main2dShow_GetMouseIm(double *mouseImX, double *mouseImY);

15. /* 获得鼠标真实坐标，非窗口坐标 */
16. void FRONT_GetMouseReVal(double *mx_re, double *my_re);
17. /* 获得可视坐标范围,注意是虚拟坐标 */
18. void FRONT_Main2dShow_GetVisualRange(double *vx, double *vy);
19.
20. /* showInterface 伸缩系数 */
21. void FRONT_Main2dShow_GetCooedExpansion(double *cex, double *cey);
```

后端几何对象

```
1.  /* 创建几何对象通用类，存在块中 */
2.  BACK_Geobj *BACK_Geobj_Creat();
3.  /* 返回几何对象信息,info 存在块中，记得 free */
4.  char *BACK_Geobj_Info(BACK_Geobj *p_gb);
5.  /* 判断鼠标是否选中几何对象
6.  - x,y 是虚拟坐标轴值
7.  - 选中 1,没选中 0 */
8.  int BACK_Geobj_Selected(BACK_Geobj *p_gb, double mx, double my);
9.  /* draw 几何对象 */
10. void BACK_Geobj_Draw(BACK_Geobj *p_gb);
11. /* 把几何对象保存在 str 中，str 存储在块中 */
12. char *BACK_Geobj_Seed(BACK_Geobj *p_gb);
13. /* 从 str_seed 中提取几何对象并返回，几何对象存储在块中
14. 失败返回 NULL */
15. BACK_Geobj *BACK_Geobj_Relife(char *str_seed);
```

后端几何对象链表

```
1.  /* 创建空几何对象链表,返回其指针 */
2.  BACK_GeobjList *BACK_GeobjList_Creat();
3.  /* 拷贝几何对象链表,返回其指针 */
4.  BACK_GeobjList *BACK_GeobjList_Copy(BACK_GeobjList *p_geobjl);
5.  /* 返回几何对象链表的长度 */
```

```
int BACK_GeobjList_Len(BACK_GeobjList *p_geobjl);
/* 返回几何对象链表信息 */
char *BACK_GeobjList_Info(BACK_GeobjList *p_geobjl);

/* 往几何对象链表加入新成员的指针 */
void BACK_GeobjList_Append(BACK_GeobjList *p_geobjl, BACK_Geobj *p_new_geobj);
/* 扩展 p_geobjl */
void BACK_GeobjList_Extend(BACK_GeobjList *p_geobjl, BACK_GeobjList *p_new_geobjl);

/* 根据 id 获取几何对象链表成员 */
BACK_Geobj *BACK_GeobjList_Visit(BACK_GeobjList *p_geobjl, long id);

/* 获取第一个几何对象链表成员 */
BACK_Geobj *BACK_GeobjList_First(BACK_GeobjList *p_geobjl);
/* 利用静态变量迭代获取几何对象
- first==1，重置；否则下一位。
- 不能嵌套使用 */
BACK_Geobj *BACK_GeobjList_Iterate(int first);
/* 用 traversefunptr 指向的函数遍历几何对象链表 */
void BACK_GeobjList_Traverse(BACK_GeobjList *p_geobjl, void (*traversefunptr)(BACK_GeobjList *p_gb));
```

后端

```
/* 设置程序运行基于的文件路径 */
void BACK_SetFilePath(char *path);
/* 把后端状态保存在字符串中，存在块中，返回字符串指针，记得 free */
char *BACK_Seed();
/* 从路径为 path 的文件中提取后端状态并初始化后端
失败返回 0 */
int BACK_Relife(char *file_path);
/* 把后端状态保存在字符串中，再把该字符串保存到 FilePath 文件中
失败返回 0 */
int BACK_Save();

/* 后端初始化
- file_path:程序运行时基于的文件
- is_new:是否创建新的文件
失败返回 0 */
int BACK_Init(char *file_path, int is_new);

/* 获取当前 GeobjList */
BACK_GeobjList *BACK_GetGeobjList();
```

Evic 模块

```
/* 类似于 eval 对表达式求值
expr 是表达式字符串，reBuf 存放结果
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_Eval(char *expr, double *rtBuf);

/* 创建并初始化表达式对象
将中缀表达式切割成一个个字符或数字对象，存放在表达式对象中
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_Cut(char *expr, EVIC_expr **ec_expr);

/* 打印表达式，存在块中，记得 free
失败反 NULL */
char *EVIC_Print(EVIC_expr *ec_expr);

/* 将表达式的字符与变量联系
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_ValueLink(EVIC_expr *ec_expr, char *tk, double *val);

/* 将表达式的字符与变量联系
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_ConstLink(EVIC_expr *ec_expr, char *tk, double ct);

/* 将表达式的字符与函数联系
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_FuncLink(EVIC_expr *ec_expr, char *tk, double (*pfunc)(doubl
e x));

/* 完成字符的联系，转换为后缀表达式
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_Compile(EVIC_expr **ec_expr);

/* 对表达式计算
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_Calculate(EVIC_expr *ec_expr, double *rt);

/* 释放表达式空间
成功反 1，失败反 0 */
int EVIC_Free(EVIC_expr *ec_expr);
```

3.5 源代码文件组织设计

前端模块名称为Front，包括SoueceFiles文件夹内和Headers文件夹内Front、FrontFile、FrontInput、FrontMain2d、FrontMain2dShow、FrontStart文件。后端模块名称为Back，包括SoueceFiles文件夹内和Headers文件夹内Back文件以及

BackGeobj 文件夹内所有文件。

4 部署运行和使用说明

4.1 编译安装

本项目编译需要 TDM-GCC-64 和 Cmake 环境,因此必须下载并设置环境变量。编译脚本为 buildProject.cmd 文件。具体编译过程见附录一。

4.2 运行测试

无

4.3 用户使用手册

见附录二

5 课题实施

5.1 开发计划

无

5.2 编码规范

- 公有变量、函数名前接模块名
- 变量用“_”间隔

5.3 个人遇到的难点与解决方案

5.3.1 展示界面控制混乱问题

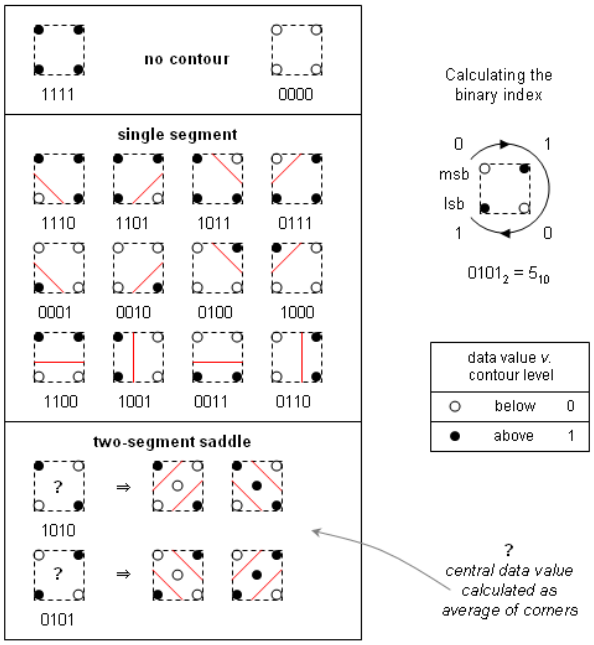
展示界面接受的事件有鼠标事件，行为有放缩、拖动坐标平面，拖动点等。其控制逻辑非常复杂。因此采用状态机解决。

5.3.2 数学表达式字符串计算问题

软件要求对数学表达式字符串进行计算。首先进行切词，把数学表达式切分为一个个字符。然后，利用栈把数学表达式转化为逆波兰表达式。最后，利用栈对逆波兰表达式进行计算。

5.3.3 方程曲线绘制问题

相比于绘制函数图像，绘制方程图像即为困难，因为难以找到所有满足方程的零点。而 Marching Cube 算法只需通过小正方形采样来近似绘制方程图像，如图所示。



5.4 总结

2022 年 4 月 4 日：项目开始

2021 年 4 月 30 日：完成项目框架

2022 年 5 月 12 日：实现所有功能，项目代码部分完成

本项目前期使用伪代码搭建架构，详见附录三。开发过程中利用 Git 进行版本控制，日志见附录四。期间经历一次项目完全重构和数次模块重构。最终代码量为 6000 行左右。感觉最大的挑战就是随着代码量的增大，项目架构发生变形甚至崩塌。而这就要求前期对项目深刻的把握和中期不断的重构。

此外，本项目参考了许多资料。不管是 WindowsAPI 还是计算机图形学方面知识，都依靠自学来掌握。本次项目开发提升了我的自学水平，升华了我的编程水平。

6 参考文献资料

https://docs.microsoft.com/zh-cn/windows/win32/apiindex/windows-api-list
https://www.zhihu.com/question/35479417/answer/136403021
https://zhuanlan.zhihu.com/p/65110137