Project 2 A better calculator

Name: 郭一潼
Student id:11911702
CS205 Project2 Report The code is at https://github.com/Godblessmycode1/CS205.

1. 介绍

1.1 Project要求介绍

1. 计算器支持正确的表达式计算以及输出正确结果
2. 计算器支持括号使用来加强优先级
3. 计算器支持变量赋值及使用
4. 计算器支持函数使用
5. 计算器支持任意精度

1.2 Project完成情况介绍

本次project,我实现了一下几种功能。

1. 此计算器支持输入保护以及检验函数和变量是否存在
2. 此计算器支持表达式计算
3. 此计算器支持变量使用，但需要对变量进行赋值(变量只支持'a'到'z'开头，后续只要不是操作符便不限制)
4. 此计算器支持部分函数使用，同时支持函数的二次开发（代码逻辑是不变的，需要使用者自己把函数名加到函数list里面，同时将函数名以及函数逻辑加到solve.cpp solve()函数里），**同时函数括号内支持表达式输入。**

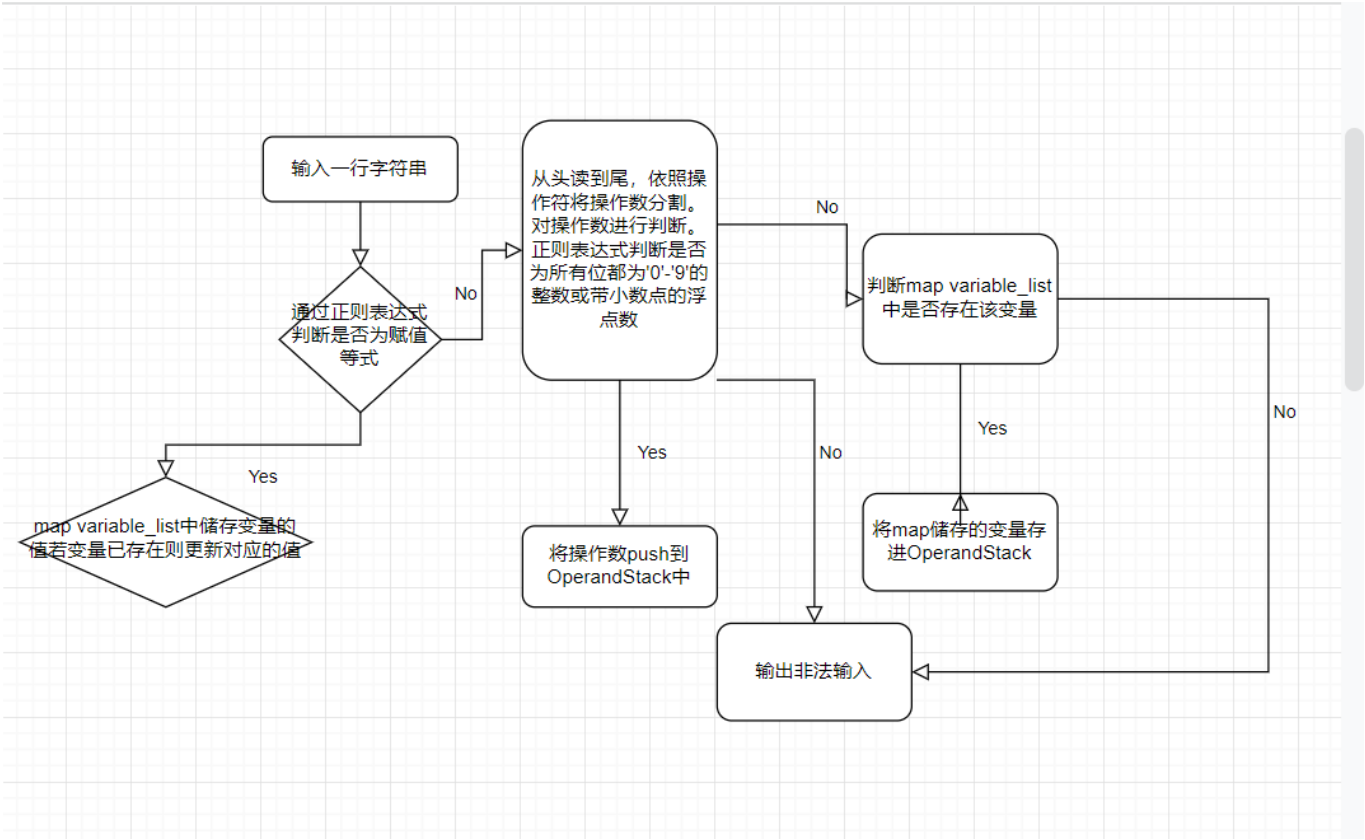
5. 此计算器支持任意精度
6. 此计算器支持括号使用来提高优先级

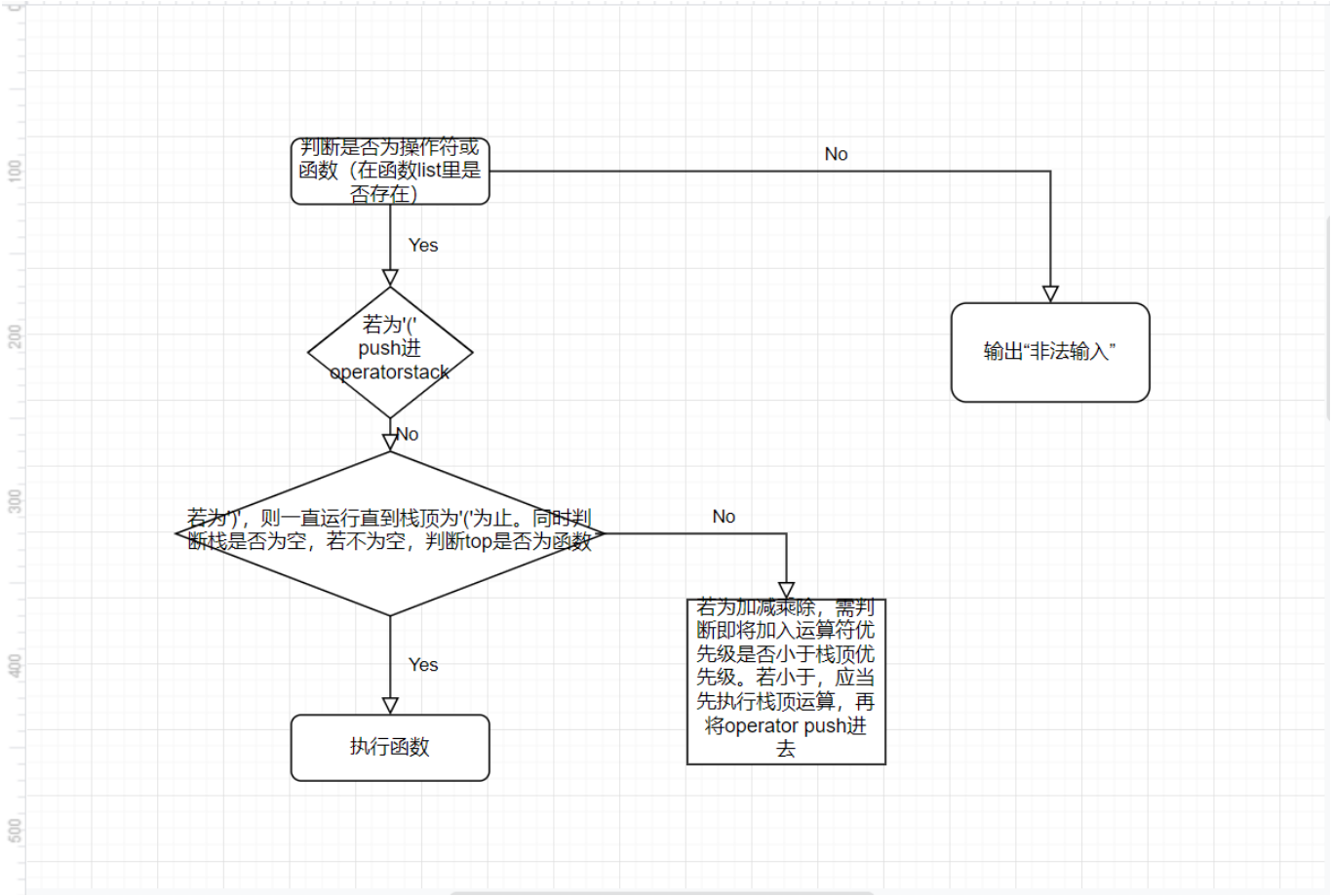
1.3 开发环境

- x86_64
    - vscode (version 1.71)
    - WSL (version 2)
    - Ubuntu(22.04)
    - g++(11.2.0)

2. 基本数据结构及代码思路

本次Project使用将中缀表达式变为后缀表达式的计算方式。其中使用了两个栈，一个为操作数栈，用于储存操作数。另一个为操作符栈，用于储存操作符函数名等。 代码思路下图：





2.1 数据结构介绍

本Project使用了五种数据结构:

- Num 用于计算的基本单元
- OperandStack 用于储存操作的栈

- OperatorStack 用于储存操作符的栈
- set 用于储存和符合定义的操作符以及函数名
- map 用于储存变量名以及其对应的Num 方便后续遇到时 push到OperandStack里

2.2. Num内部结构

本次计算的基本结构为Num

```
struct Num
{
   char input_num [200]={0};
   int scale=0;
};
```

其中char数组储存 输入的数的值，scale储存小数点位数。
Eg: 2.0=20*10^-1 在 Num 的储存形式中 input_num []储存 20, scale 为-1。
通过这种方式，可以将数组右移方式不断调整精度，从而达到实现任意精度的目的。

2.3 OperandStack内部结构

操作数栈用于储存操作数也就是Num

```
struct OperandStack
{
    Num operand_stack[200];
    int top=-1;
};
```

2.4 OperatorStack内部结构

```
struct OperatorStack
{
   char operator_stack[200];
   int top=-1;
};
```

2.5 Set结构

```
const set<string>functions{"sqr"}; //函数表，储存函数名字
set<char>operaters {'+','-','*','/','(',')'};//operator集合
```

2.6 Map结构

```
map<string,Num> variable_list;//used to stored the variable already input
map<string,char> function_in_stack={{"sqr",'s'}};//因为operator_stack 里只能存char,
那么应该有个对应表
```

3 文件结构以及核心代码

main函数负责判断是赋值等式还是计算表达式，若为赋值等式则创建变量并储存在variable_list中，若为等式则分解，并将operator存到operator_stack中，将operand存到operand_stack中。
solve.cpp主要储存的是根据operand_stack以及operator_stack的内容进行抽象操作的方法。
structure.cpp主要储存的是本次project中使用的structure以及Num 类型的具体加减乘除操作。
其中调用关系为, solve.cpp需要用到structure.cpp
main.cpp需要调用solve.cpp和structure.cpp

3.1 Num类型加法

为了支持无限精度,需要比较num1.scale以及num2.scale然后将较大scale的Num的input_num右移他们scale的差值位，再相加。Eg: 3.1415+2 =5.1415 Num1指前者，它的input_num为51413初始化已反转,它的scale为-4,num2的input_num位2，它的scale为0，则此时为了保证Num2的scale为-4维持精度不变，需要将Num2的input_num右移四位补零，即00002，再相加，结果为51415，scale为-4。
Code part

```
int compareArrayByteByByte(char input1[],char  input2[]){//默认都是非负数。因为负数
之间比较都可以转为整数取负。
    int len1=strlen(input1);
    int len2=strlen(input2);
    int len=max(len1,len2);
    int first=len-1;
    while(first>=0){
      if(input1[first]<input2[first]){
         return -1;
      }
      else if(input1[first]==input2[first]){
         first--;
      }
      else{
         break;
      }
    }
   if(first<0){
      return 0;
   }
   return 1;
}
int compareArray(char input1[],char input2[]){ //用于比较两数大小。1代表
input1>=input2,-1则相反。此时已经根据scale差值，完成移位。
     int len1=strlen(input1);
     int len2=strlen(input2);
     //只考虑input1>input2的情况。
     if(input1[len1-1]!='-'&&input2[len2-1]=='-'){//一正一负
```

```
        return 1;
      }
      else if(input1[len1-1]!='-'&&input2[len2-1]!='-'){ //同为正。
         return compareArrayByteByByte(input1,input2);
      }
      else if(input1[len1-1]=='-'&&input2[len2-1]=='-'){
       char temp1[200];
       char temp2[200];
       strncpy(temp1,input1+0,len1);
       strncpy(temp2,input2+0,len2);
       temp1[len1-1]=0;
       temp2[len2-1]=0;
       return -compareArrayByteByByte(temp1,temp2);
      }
      return -1;
}
void addArray(char res[],char input1[],char input2[]){//数组已经反转并且移动完。默认
都是正数。
      int len1=strlen(input1);
      int len2=strlen(input2);
      int len=max(len1,len2);
      for(int i=0;i<len;i++){
       if(input1[i]!=0&&input2[i]!=0){
          res[i]=input1[i]-'0'+input2[i]-'0';
       }
       else if(input1[i]!=0){
          res[i]=input1[i]-'0';
       }
       else{
          res[i]=input2[i]-'0';
       }
      }
      for(int i=0;i<len;i++){
       if(res[i]>=10){
         res[i+1]+=res[i]/10;
         res[i]=res[i]%10;
       }
      }
      for(int i=0;i<=len;i++){
       res[i]=res[i]+'0';
      }
      int first=len;
      while(first>0){
       if(res[first]=='0'){
          res[first]=0;
          first--;
       }
       else{
          break;
       }
      }
}
void addNum(Num* res,Num* num1,Num* num2){ //用于两数字相加
  moveArrayRightBeforeCal(res,num1,num2);
```

```
  int len1=strlen((*num1).input_num);
  int len2=strlen((*num2).input_num);
  if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
    (*num1).input_num[len1-1]=0;
    (*num2).input_num[len2-1]=0;
    addArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
    int len=strlen((*res).input_num);
    (*res).input_num[len]='-';
  }
  else if((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
    addArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
  }
  else if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
      (*num1).input_num[len1-1]=0;
      if(compareArray((*num1).input_num,(*num2).input_num)>=0){
         minusArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
         int len=strlen((*res).input_num);
         (*res).input_num[len]='-';
      }
      else{
         minusArray((*res).input_num,(*num2).input_num,(*num1).input_num);
      }
  }
  else{
      (*num2).input_num[len2-1]=0;
      if(compareArray((*num1).input_num,(*num2).input_num)>=0){
         minusArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
      }
      else{
         minusArray((*res).input_num,(*num2).input_num,(*num1).input_num);
         int len=strlen((*res).input_num);
         (*res).input_num[len]='-';
      }
  }
}
```

3.2 Num类型减法

减法本质也是加法。思路是类似的。

Code part

```
void  minusNum(Num* res,Num* num1,Num* num2){//两数相减
moveArrayRightBeforeCal(res,num1,num2);
int len1=strlen((*num1).input_num);
int len2=strlen((*num2).input_num);
 if((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
      if(compareArray((*num1).input_num,(*num2).input_num)>=0){
         minusArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
      }
      else{
         minusArray((*res).input_num,(*num2).input_num,(*num1).input_num);
```

```
            int len=strlen((*res).input_num);
            (*res).input_num[len]='-';
        }
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
        (*num2).input_num[len2-1]=0;
        addArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
        (*num1).input_num[len1-1]=0;
        addArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
        int len=strlen((*res).input_num);
        (*res).input_num[len]='-';
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
              (*num2).input_num[len2-1]=0;
              (*num1).input_num[len1-1]=0;
           if(compareArray((*num1).input_num,(*num2).input_num)>0){
              minusArray((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
              int len=strlen((*res).input_num);
              (*res).input_num[len]='-';
           }
           else{
              minusArray((*res).input_num,(*num2).input_num,(*num1).input_num);
           }
    }
}
```

3.3 Num类型乘法

Num1和Num2的乘法储存到Num res中那么Num res.scale=num1.scale+num2.scale,Num res.input_num可以将上次乘法器的核心代码复用。

Code part

```
void mulArrays(char res[],char input1[],char input2[]){//默认都为正数。
   int len1=strlen(input1);
   int len2=strlen(input2);
   int len=len1+len2;
   for(int i=0;i<len1;i++){
            for(int j=0;j<len2;j++){
                res[i+j]+=(input1[i]-'0')*(input2[j]-'0');
                if(res[i+j]>9){
                    res[i+j+1]+=res[i+j]/10;
                    res[i+j]=res[i+j]%10;
                }
            }
    }
    for(int i=0;i<len;i++){
        res[i]+='0';
    }
    int first=strlen(res)-1;
```

```
    while(first>0){
      if (res[first]=='0')
      {
          res[first]=0;
          first--;
      }
      else{
         break;
      }
    }

}
void mulNum(Num* res,Num* num1,Num* num2){
    int len1=strlen((*num1).input_num);
    int len2=strlen((*num2).input_num);
    (*res).scale=(*num1).scale+(*num2).scale;
    if((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
      mulArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
    }
    else if ((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
      (*num2).input_num[len2-1]=0;
      mulArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
      int len=strlen((*res).input_num);
      (*res).input_num[len]='-';
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
      (*num1).input_num[len1-1]=0;
      mulArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
      int len=strlen((*res).input_num);
      (*res).input_num[len]='-';
    }
    else{
      (*num1).input_num[len1-1]=0;
      (*num2).input_num[len2-1]=0;
      mulArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num);
    }
}
```

3.4Num类型除法

除法类型我的想法是为了确保精度，首先应当找到num1.scale和num2.scale中较小的部分。将num res的scale设为其较小，并移动位置。除法本质根据被除数的长度来截取除数的一部分（可能需要借位）然后不断进行相减。**本计算器计算小数除法时结果为四舍五入，整数为向下取整。**
Eg:0.2/0.5 =20/5*10^(-1)=0.4 首先num1.input_num为2,num2.input_num为5，num1.scale=-1,num2.scale=-1，所以需要将num1.input_num右移一位，浮点数除法，为了支持四舍五入，需要再移动一位，将num1.scale右移一位。num1.input_num为002,再与num2.input_num不断相减。num2.input_num长度为1,首先取num1.input_num最高位，为2小于五，无法相见，所以res.input_num[2]为0，然后看num1.input_num的左数第一位，为0，但前一位不为0，因此需要借位，结果是20，循环相减知道不能减了为止。res.input_num[1]为4，同理res.input_num[0]为0，四舍五入后结果为 res.input_num={'4','0'} res.scale=-1，因此输出0.4
Code part

```
void divideArrays(char res[],char input1[], char input2[],int scale){//scale用于储存目标小数精度,input1是被除数, input2是除数,temp储存目前的小数位数。
      if(scale!=0){
         moveArrayRight(input1,1);
      }
      int len1=strlen(input1);
      int len2=strlen(input2);
      char temp[len2]={0};//用于截取这段区间来和被除数比较大小。
      for(int i=len1-len2;i>=0;i--){
              memset(temp,0,sizeof(temp)); //清零
              if(i!=len1-len2&&input1[i+len2]>'0'){
               input1[i+len2-1]+=(input1[i+len2]-'0')*10;
               input1[i+len2]='0';
              }
              strncpy(temp,input1+i,len2);
              temp[len2]=0;
              while(compareArray(temp,input2)>=0){
               minusArray(temp,temp,input2);
               for(int j=0;j<len2;j++){
                  input1[j+i]=temp[j];
               }
               res[i]++;
               memset(temp,0,sizeof(temp));
               strncpy(temp,input1+i,len2);
               temp[len2]=0;
             }
          }
          if(scale!=0){
            int temp1=res[0];
            if(res[0]>=5){
             res[1]++;
            }
            for(int i=1;i<max(len1-len2,0);i++){
              if(res[i]>=10){
               res[i+1]=res[i+1]+res[i]/10;
               res[i]=res[i]%10;
              }
            }
          for(int i=0;i<max(len1-len2+1,0);i++){
            res[i]=res[i]+'0';
          }
          moveArrayLeftOneBit(res);
          }
          else{
            for(int i=max(len1-len2,0);i>=0;i--){
             res[i]=res[i]+'0';
            }
          }
          int first=strlen(res)-1;
          while(first>0){
            if(res[first]=='0'){
               res[first]=0;
```

```
                first--;
            }
            else{
                break;
            }
          }
}
void divNum(Num* res,Num* num1,Num* num2){
    int scale=min((*num1).scale,(*num2).scale);
    (*res).scale=scale;
    moveArrayRight((*num1).input_num,(*num1).scale-(*num2).scale-scale);
    int len1=strlen((*num1).input_num);
    int len2=strlen((*num2).input_num);
    if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
      (*num1).input_num[len1-1]=0;
      (*num2).input_num[len2-1]=0;
      divideArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num,scale);
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]!='-'&&(*num2).input_num[len2-1]=='-'){
      (*num2).input_num[len2-1]=0;
      divideArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num,scale);
      int len=strlen((*res).input_num);
      (*res).input_num[len]='-';
    }
    else if((*num1).input_num[len1-1]=='-'&&(*num2).input_num[len2-1]!='-'){
      (*num1).input_num[len1-1]=0;
       divideArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num,scale);
       int len=strlen((*res).input_num);
       (*res).input_num[len]='-';
    }
    else{
       divideArrays((*res).input_num,(*num1).input_num,(*num2).input_num,scale);
    }

}
```

3.5 操作符计算

若operator是函数名则只需要操作栈顶一个元素，若为操作符+-*/等则需要两个栈顶元素进行操作。
Code part

```
void solve(char operator_input,OperandStack* operand_stack,OperatorStack*
operator_stack){
    if(!isEmptyOperatorStack(operator_stack)&&function_char_in_stack-
>count(operator_input)!=0){ //调用函数的话只需要一个操作数。
        Num* operand;
        Num res;
        if(operator_input=='s'){ //这里代表平方函数 just a example
            operand=topOperandStack(operand_stack);
            popOperandStack(operand_stack);
            mulNum(&res,operand,operand);
```

```
            pushOperandStack(operand_stack,&res);
            popOperatorStack(operator_stack);
        }
        return;
    }
    if ((*operand_stack).top<1) //加减乘除必须至少两位操作数。
    {
       return;
    }
    Num* operand1;
    Num* operand2;
    Num res;
    operand2=topOperandStack(operand_stack); //后一操作数
    popOperandStack(operand_stack);
    operand1=topOperandStack(operand_stack);//前一操作数
    popOperandStack(operand_stack);
    if(operator_input=='+'){  //开始运算。
     addNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='-'){
    minusNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='*'){
        mulNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='/'){
        divNum(&res,operand1,operand2);
    }
    pushOperandStack(operand_stack,&res); //push结果
    popOperatorStack(operator_stack); //把操作符pop掉，已经计算完了。
}
```

3.6 遇到右括号的操作

遇到)的情况下，需要不断执行operator直到(为止，如果operator_stack非空情况下还需要top是否为函数，若是函数的话需要执行函数。
Eg:sqr(2+3) (sqr是平方函数，本计算器支持) 当读到)时，执行2+3，此时operand_stack的栈顶为5,同时发现operator_stack栈顶是sqr,因此执行函数，将5 pop出，再将25push进operand_stack.**本计算器通过这种方式来运行函数，因此函数支持表达式。**
Code part

```
void solveRightBra(OperatorStack* operator_stack,OperandStack* operand_stack){ //
遇到右括号是需要计算。到左括号之后还要检验是否为函数。

while(!isEmptyOperatorStack(operator_stack)&&topOperatorStack(operator_stack)!='('
){
        solve(topOperatorStack(operator_stack),operand_stack,operator_stack);
    }
    popOperatorStack(operator_stack); //把左括号pop掉.
    if(!isEmptyOperatorStack(operator_stack)&&function_char_in_stack-
>count(topOperatorStack(operator_stack))!=0){//判断是否为函数调用。
```

```
            solve(topOperatorStack(operator_stack),operand_stack,operator_stack);
        }
    }
```

4.如何自定义拓展函数

本项目支持二次开发首先在main.cpp中找到 **const setfunctions{"sqr"}**，将函数名加入其中，然后在main.cpp中找到**const map<string,char> function_in_stack={{"sqr",'s'}}**，(operator_stack里是char数组，因此在map中要加入function名字对应的char),最后在solve.cpp中找到solve函数，并拓展代码。 Code part

```
void solve(char operator_input,OperandStack* operand_stack,OperatorStack*
operator_stack){
    if(!isEmptyOperatorStack(operator_stack)&&function_char_in_stack-
>count(operator_input)!=0){ //证明是函数同时，调用函数的话只需要一个操作数。
        Num* operand;
        Num res;
        if(operator_input=='s'){
            operand=topOperandStack(operand_stack);
            popOperandStack(operand_stack);
            mulNum(&res,operand,operand);
            pushOperandStack(operand_stack,&res);
            popOperatorStack(operator_stack);
        }
        ////在这里进行函数自定义！！！！！
        //begin
        //here is your function code
        //end
        return;
    }
    if ((*operand_stack).top<1) //加减乘除必须至少两位操作数。
    {
       return;
    }
    Num* operand1;
    Num* operand2;
    Num res;
    operand2=topOperandStack(operand_stack); //后一操作数
    popOperandStack(operand_stack);
    operand1=topOperandStack(operand_stack);//前一操作数
    popOperandStack(operand_stack);
    if(operator_input=='+'){  //开始运算。
     addNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='-'){
    minusNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='*'){
        mulNum(&res,operand1,operand2);
    }
    else if(operator_input=='/'){
        divNum(&res,operand1,operand2);
```

```
        }
        pushOperandStack(operand_stack,&res); //push结果
        popOperatorStack(operator_stack); //把操作符pop掉，已经计算完了。
    }
```

5.结果

```
2+3
5
Solve complete!
5+2*3
11
Solve complete!
x=3
y=6
x+2*y
15
Solve complete!
(5+2)*3
21
Solve complete!
sqr(sqr(1)+sqr(2))
25
Solve complete!
99999999999999.2222+1.0
100000000000000.2222
Solve complete!
```