

# SEAL++语法手册



# 一、 简介

Seal++ (Simple Education Accompanying Language Plus Plus) 是一款用于编译原理教学的编程语言。是一种静态类型语言。

## 二、 基本语法

### 2.1 基本数据类型

Seal 的基本数据类型包括了 **Int**、**Float**、**String**、**Bool** 和 **Void**。其中，**Int** 默认为 64 位整数（同 C++ 里的 long long），**Float** 为 64 位浮点数（同 double），**String** 为字符串，**Bool** 为布尔变量；**Void** 为空类型，用于函数标识无返回值，以及无类型表达式的值，例如空表达式。其中，**Int** 类型可以写作十进制形式，15，也可以写为十六进制格式，如 0xf、0xF、0XF 等。**Bool** 有两个值，即 **false** 和 **true**。浮点数 **Float** 即按照正常的十进制表示法，即如 1.214，不允许 0.和.5 的形式，所有的浮点数必须以 x.x 的形式，例如 8 的浮点形式为 8.0，如果写作 8 则视为整型。字符串值参考 2.8 节。

除了五个基本数据类型的名称是以大写字母开头，其余所有变量、函数命名一定要以小写英文字母做开头，名字的其他部分可以用到大小写字母、数字以及下划线。

### 2.2 变量声明

Seal 可以在函数体外、函数体内声明，基本格式如

```
Float x;  
Float y;
```

赋值

```
x := 1.0;
```

其中，**Float** 为类型，放在开头。要求，每一行只能声明一个变量。但是请注意，在函数声明的范围之外仅仅可以声明变量，不可以执行赋值等任何语句。

### 2.3 函数调用和定义

Seal++ 中的函数声明如下格式

```
Float func max(Float x, Float y)  
{  
    if x > y  
    {  
        return x;  
    }  
    return y;  
}
```

可以看到函数的形参的声明部分，第一个 **Float** 表示返回类型，小括号内类型 **Float** 在前，变量名 **x** 在后。关键词 **func** 用于指示函数声明，返回值最多只能有一个。返回关键词为 **return**，后面跟要返回的值，当返回值为空时，该处填为 **void**。在调用时，可以直接如 **max(1.1,1.2)**来调用。必须有一个 **Void func main()**函数，即该函数参数为空，且返回值为空，作为整个程序的入口。

此外，为了在目标代码生成阶段的方便，限制每个函数最多有 6 个参数。

## 2.4 条件语句

基本条件语法类似 C++，如

```
if x>10
{
    x := x + 1;
}
或
if x==0
{
    x := 3;
}
else
{
    x := 2;
}
```

注意，在 Seal++中，**if** 的条件判断部分不用带小括号，所以这里直接就是 **x>10**。第一个条件用 **if** 开头，使用 **else** 作为其他条件，如果只有一个判断条件，只用 **if** 即可。

## 2.5 循环语句

Seal++的循环语法有 **while** 和 **aafor** 两种，**while** 形如

**while** <condition> Body

**condition** 为 **while** 的条件部分，不可缺失，必须由 **bool** 类型的表达式构成。**Body** 是一个表达式块，即用大括号括起来的一系列语句。具体执行时，按照<condition> Body <condition> Body 的顺序。形式上的例子如

```
while x < 10
{
    x := x+1;
    y := 3 + 2;
}
```

**aafor** 形如:

```
aafor <initexpr>;<condition>;<loopact>
{Stmts;}
```

这里的 **initexpr** 为循环执行前执行的表达式，**condition** 为执行循环体之前的条件判断语

句，loopact 为每轮循环体结束的执行动作。例如

```
aafor x := 0; x < 10; x := x + 1
{
    s := s + x;
    p := x + 3;
}
```

最开始先会执行 x=0，而后判断 x<10 是否成立，成立则进入循环体，循环体执行完毕之后，执行 loopact 语句 x:=x+1，而后再判断 x<10 是否成立，以此类推。

同样的，while 和 aafor 的条件部分都是不用加括号的。aafor 语句中，由分号隔开的 initexpr、condition、loopact 三个部分，可以缺失其中的任何或者全部，例如

```
aafor ;x<10;
{
    x := x+1;
}
```

对于两个循环语句类型，存在关键字 continue 和 break，break 能够直接中断循环体，执行后续的部分；continue 则跳出当前循环体，while 语句直接到<condition>部分，for 语句直接到 loopact 部分。

有一个特殊的函数，fprintf，与 C++中的类似，其参数第一个是输出字符串的设备，其参数第二个为 String 类型，后面可以跟若干个其他类型的参数，用于输出一个字符串。而对应参数在第一个参数字符串中必须有占位符，对应的占位符如下表

Int	%lld
Float	%f
Bool	%lld
String	%s

例如可以调用写作 fprintf(stdout, "%f, %lld", 1.1, b);

或者可以写作 fprintf(stderr, "%f, %lld", 1.1, b);

这个函数不可以重新声明，在语义分析部分，要检查是否重定义、第一个参数是否为 stdout 或 stderr、第二个参数类型是否为 String；目标代码生成部分，相关的部分已经给出。

## 2.6 表达式

Seal++的运算符，将其大致上分为算术运算符和逻辑运算符。在实际操作中，我们将每一个表达式会标识为某个类型，例如 Int 类型的 a 和 b，式子 a+b 的结果类型为 Int，而(a+1)>b 的类型为 Bool。对于循环和条件语句的条件部分，必须由 Bool 类型的表达式构成。

	算数运算符	逻辑运算符
Int	+ - * / % (余) -(单目，取负) & (按位与)   (按位或) ^ (按位异或) ~ (单目、按位取反) :=	> >= == != <= <
Bool	:=	&&    != == ^ (异或)
Float	+ - * / -(单目，取负) :=	> >= == != <= <

原则上，只有相同类型的数据类型能够进行算术运算，得到的结果是相同类型的表达式。但是，对于数值比较，可以在 Int 与 Float 之间进行，+ - \* /也可以在 Int 与 Float 之间执行，

而得到的表达式类型为 `Float`。

特别要注意的是，`String` 类型并没有支持任何的运算符，意即我们不会对 `String` 类型的值做任何修改操作。

我们考虑运算符的优先级，规定：

结合律	符号
左	<code>~ &amp;   ^</code>
无	<code>-</code> （单目取负）！
左	<code>* / %</code>
左	<code>+ -</code> （双目减法）
无	<code>&lt; &lt;= &gt;= &gt;</code>
无	<code>== !=</code>
右	<code>&amp;&amp;</code>
右	<code>  </code>
无	<code>:=</code>

优先级顺序是最上面优先级最高，往下优先级依次降低。当然，小括号内的是最优先的。

## 2.7 语句块

特别需要强调一下语句块，语句块即后文语法形式定义中的 *StmtBlock*，也即利用大括号括起来的语句们。典型的如 `while` 语句的 `Body` 部分即是一个语句块。语句块内如果声明局部变量，则其所有的局部变量声明语句必须位于语句块中的开头部分，然后是正常的语句。具体的语句块如何构成，可以参考语法形式部分。

## 2.8 注释

Seal++语言的注释为单行注释。单行注释以#起始，一直持续到行末换行符结束。

# 三、 语法形式定义

Seal++所包含的语法形式定义如下（以下出现的“`:=`”表示“定义为”，与赋值运算符无关）

```
Program := [Decl]+
Decl := VariableDecl | CallDecl
Variable := TYPEID ObjectID
TYPEID := Int | Float | Bool |String|Void
CallDecl := TYPEID func object([Variable1, Variable2...]) StmtBlock
StmtBlock := {VariableDecl* Stmt*}
Stmt := ;|Expr;| IfStmt | WhileStmt | ForStmt | BreakStmt |
ContinueStmt | ReturnStmt |StmtBlock
IfStmt := if Expr StmtBlock [else StmtBlock]
WhileStmt := while Expr StmtBlock
ForStmt := [Expr] ;[Expr];[Expr] StmtBlock
ReturnStmt := return [Expr];
```

*ContinueStmt* := **continue**;

*BreakStmt* := **break**;

*Expr* := *ObjectID* = *Expr* | *Constant* | *Call* | (*Expr*) | *ObjectID* |

*Expr* + *Expr* | *Expr* − *Expr* | *Expr*

\* *Expr* | *Expr* / *Expr* | *Expr* % *Expr* |

− *Expr* | *Expr* < *Expr* | *Expr* ≤ *Expr* | *Expr* == *Expr* | *Expr*!

= *Expr* |

*Expr* >

= *Expr* | *Expr*

> *Expr* | *Expr* && *Expr* | *Expr* || *Expr* | *Expr* ^ *Expr* | ! *Expr* |

~ *Expr* | *Expr* & *Expr* | *Expr* | *Expr*

*Call* := *ObjectID* (*Actuals*)

*Actuals* := [*Expr* [, *Expr*]]\*

*Constant* := *intConstant* | *floatConstant* | *boolConstant* | *stringConstant*

其中，竖线|表示或者，[]内的内容为可选择，双方括号同样为可选择，后面跟\*号表示可以重复 0 个或者多个，需要特别强调说明的是，基本的数据类型都是大写开头的。