同济大学
TONGJI UNIVERSITY

编译原理

编译原理课程设计

类Rust编译器实现

HUAWEI

Rust

- 性能：Rust速度极快，性能比肩C语言，内存效率极高，无需运行时或垃圾收集器，可以为性能关键型服务提供支持。
- 可靠性：Rust丰富的类型系统和所有权模型保证了内存安全和线程安全，使编程人员能够在编译时消除许多类别的错误。
- 生态性：Rust拥有出色的文档、带有有用错误消息的友好编译器、集成的包管理器和构建工具、自动格式化程序等。

Rust是一门能够安全高效地编写系统级程序的语言，在内存安全方面具有显著优势。

知名问答平台StackOverflow的调查表明，自2015年以来，Rust一直是开发者最爱的编程语言。

nature

《Nature》杂志2020年尾的文章《Why Scientists are Turning to Rust》中也强调：科学家极为推崇Rust。

华为是五位Rust基金会创始白金会员成员之一，引领了Rust语言的发展。

华为内部使用

- Rust 广泛用于嵌入式系统开发、系统驱动、云计算、虚拟存储、网络传输协议、并发编程框架基础库等产品中。
- 华为实验室正基于 Rust 探索先进的代码解析、安全分析等工具。

Rust社区贡献

- 华为深度参与了在Rust社区中，贡献了包括C到Rust转换、内联汇编、交叉编译、Parking Lot并发库、SIMD 基础库、文档导航、代码多态化、热补丁、AOP等特性。

Rust中国推广

- 华为战略支持了在中国举办的Rust China Conf大会，并推行多项社区活动。
- 华为也为为中国的开发者提供Rust教程和Rust编码规范等。

课程设计的目的

- 1. 掌握使用高级程序语言实现一个一遍完成的、简单语言的编译器的方法；
- 2. 掌握简单的词法分析器、语法分析器、符号表管理、中间代码生成以及目标代码生成的实现方法；
- 3. 掌握将生成代码写入文件的技术。

课程设计的要求

- 1. 使用高级程序语言作为实现语言，实现一个类Rust语言的编译器。编码实现编译器的组成部分。
- 2. 要求的类Rust编译器是个一遍的编译程序，词法分析程序作为子程序，需要的时候被语法分析程序调用;
- 3. 使用语法制导的翻译技术，在语法分析的同时生成中间代码，并保存到文件中。
- 4. 要求输入类Rust语言源程序，输出中间代码表示的程序;
- 5. 要求输入类Rust语言源程序，输出目标代码(可汇编执行)的程序。

提交的文档

- 1. 编译器源程序
- 2. 编译器可执行程序
- 3. 设计说明书

  ① 系统方案设计说明

  ② 程序功能描述

  ③ 程序具体实现：主要算法、基本框图、主要模块、功能函数等

  ④ 执行界面和运行结果

  ⑤ 设计中遇到的问题及解决方法或设计体会

考核

- **需求分析能力20%**
- **系统方案（算法）设计能力20%**
- **编程能力30%**
- **撰写报告能力30%**
- **实现了绿色节点，完成目标代码生成，至多是良；完成以下要求，可以申请优秀：**

以下规则任选其一：
- 2.3 变量声明赋值语句
- 4.2 增加else if

且

以下组别任选其二：
- 5.2、5.3、5.4 循环\break\continue；
- 6.1、6.2 借用与引用；
- 7.1、7.2、7.3 表达式块；
- 8.1、8,2 数组；
- 9.1、9.2 元组。

考核方法

- 设计报告+答辩
  - 提交打印的设计说明书一份
  - 相关电子文档，包括设计说明书+源程序+可执行程序等
  - 申请优秀者须参加答辩
    - 答辩时间：讲解5分钟+演示（录屏）1分钟+提问2-4分钟

上交形式和时间

- 设计说明书一份
- 含源代码、可执行代码和设计说明书文档的电子文档
- 提交时间：X月XX日前
- 答辩时间：X月XX日前

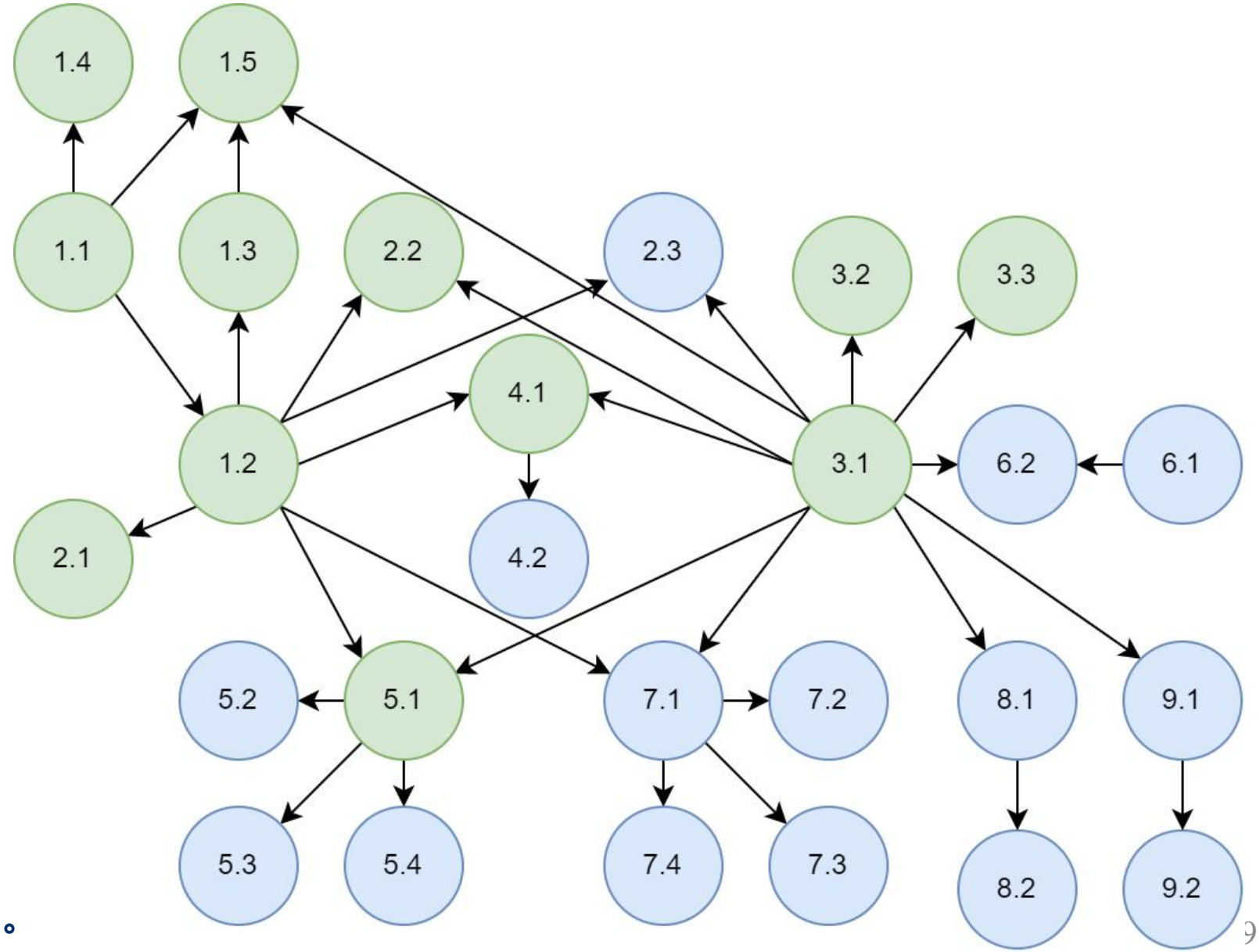
类Rust语法和语义规则

绿色节点为基础规则：

0.1、0.2、0.3、
1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、
2.1、2.2、3.1、3.2、3.3、
4.1、5.1。

蓝色节点为拓展规则：

2.3、 4.2、5.2、5.3、5.4、
6.1、6.2、7.1、7.2、7.3、7.4
8.1、8.2、9.1、9.2。



注：0.1、0.2、0.3未在图中画出。

类Rust语法和语义规则

1.1 基础程序

- Program -> <声明串>
- <声明串> -> 空 | <声明> <声明串>
- <声明> -> <函数声明>
- <函数声明> -> <函数头声明> <语句块>
- <函数头声明> -> fn <ID> '(' <形参列表> ')'
- <形参列表>-> 空
- <语句块> -> '{' <语句串> '}'
- <语句串> -> 空

语义说明：定义了一个最基础的程序结构，支持声明若干个函数，每个函数无参数且函数体为空。

```
fn program_1_1() {

}
```

0.1 变量声明内部

- <变量声明内部> -> mut <ID>

语义说明：声明变量为可变变量，如果变量为不可变变量，则不可以二次赋值。

0.2 类型

- <类型> -> i32

语义说明：支持基础类型i32，表示32位的整型。

0.3 可赋值元素

- <可赋值元素> -> <ID>

语义说明：标识符可以作为左值，被用于进行赋值操作。

类Rust语法和语义规则

- **1.2 语句（前置规则1.1）**
  - <语句串> -> <语句> <语句串>
  - <语句>-> ';'

  语义说明：允许函数体内放置任意数量的语句，单个分号可以作为一个语句。
- **1.3 返回语句（前置规则1.2）**
  - <语句>-> <返回语句>
  - <返回语句> -> return ';'

  语义说明：<返回语句> 用于从函数调用中退出，并将控制权交还给调用者。当前仅支持不返回任何结果的返回语句。
- **1.4 函数输入（前置规则0.1、0.2、1.1）**
  - <形参列表>-> <形参> | <形参> ',' <形参列表>
  - <形参> -> <变量声明内部> ':' <类型>

  语义说明：允许函数声明时接收参数，参数具有指定的类型信息。
- **1.5 函数输出（前置规则0.2、1.3、3.1）**
  - <函数头声明> -> fn <ID> '(' <形参列表> ')' '->' <类型>
  - <返回语句> -> return <表达式> ';'

  语义说明：<函数头声明> 中支持标注返回类型，并将 <返回语句> 增强为支持返回一个表达式的值。

```
fn program_1_2() {
    ;;;;;;
}

fn program_1_3() {
    return ;
}

fn program_1_4(mut a:i32) {

}

fn program_1_5__1() -> i32 {
    return 1;
}

fn program_1_5__2() -> i32 {
    return ;
}

fn program_1_5__3() {
    return 1;
}
```

× 返回语句的类型（空）和函数声明返回类型（i32）不一致

× 返回语句的类型（i32）和函数声明返回类型（空）不一致

类Rust语法和语义规则

➢ 2.1 变量声明语句（前置规则0.1、0.2、1.2）

- <语句> -> <变量声明语句>
- <变量声明语句> -> let <变量声明内部> ':' <类型> ';'
- <变量声明语句> -> let <变量声明内部> ';'

语义说明：允许两种变量声明语句：

- 显式声明一个具有指定类型的变量，必须与后续赋值或使用的表达式类型一致（若不一致，则报错）；
- 声明一个变量但不显式标注其类型，编译器需根据后续使用的上下文进行类型推导（若无法推导，则报错）。

变量允许二次声明，每次声明隐藏之前的绑定，称为重影。

```
fn program_2_1__1() {
    let mut a:i32;
}

fn program_2_1__2() {
    let mut b;
}
```

× 后续无语句，无法推断b的类型

```
fn program_2_1__3() {
    let mut a:i32;
    a=1;
    let mut a:i32;
    a=2;
}
```

√ 可以二次声明，称为重影

➢ 2.2 赋值语句（前置规则0.3、1.2、3.1）

- <语句>-> <赋值语句>
- <赋值语句> -> <可赋值元素> '='<表达式> ';'

语义说明：允许将一个 <表达式> 的计算结果赋值给某个左值（L-value），从而实现变量值的修改。该左值需要提前声明，若未声明，则报错。

```
fn program_2_2__1(mut a:i32) {
    a=32;
}

fn program_2_2__2() {
    a=32;
}
```

× 变量未声明

类Rust语法和语义规则

- **2.3 变量声明赋值语句（前置规则0.1、0.2、0.3、1.2、3.1）**
  - <语句>-> <变量声明赋值语句>
  - <变量声明赋值语句> -> let <变量声明内部> ':' <类型> '='<表达式> ';'
  - <变量声明赋值语句> -> let <变量声明内部> '='<表达式> ';'

语义说明：允许两种变量声明并赋值语句：

- 显式声明一个变量，并指定其类型，立即使用右侧 <表达式> 的值对其进行初始化，右侧 <表达式> 必须能求值且与 <类型> 类型相同（若不能求值、或类型不同，则报错）；
- 声明一个变量但不显式标注其类型，类型由右侧 <表达式> 推导得出，且需与后续赋值或使用的表达式的类型一致（若不一致，则报错）。

和2.1一样，变量允许二次声明，每次声明隐藏之前的绑定，称为重影。

```
fn program_2_3__1() {
    let mut a:i32=1;
    let mut b=1;
}

fn program_2_3__2() {
    let mut b:i32=a;
}

fn program_2_3__3() {
    let mut a:i32;
    let mut b:i32=a;
}

fn program_2_3__4() {
    let mut a:i32=1;
    let mut a=2;
    let mut a:i32=3;
}
```

× 右值求值时发现变量a未声明

× 右值求值时发现变量a未赋值

√ 可以二次声明，称为重影

类Rust语法和语义规则

- **3.1 基本表达式（前置规则0.3）**
  - <语句> -> <表达式> ';'
  - <表达式> -> <加法表达式>
  - <加法表达式> -> <项>
  - <项> -> <因子>
  - <因子> -> <元素>
  - <元素> -> <NUM> | <可赋值元素> | '(' <表达式> ')'

```
fn program_3_1__1() {
    0;
    (1);
    ((2));
    (((3)));
}
```

```
fn program_3_1__2(mut a:i32) {
    a;
    (a);
    ((a));
    (((a)));
}
```

语义说明：提供表达式求值的能力，能支持常量、变量以及带括号的嵌套表达式。

- **3.2 表达式增加计算和比较（前置规则3.1）**
  - <表达式> -> <表达式> <比较运算符> <加法表达式>
  - <加法表达式> -> <加法表达式> <加减运算符> <项>
  - <项> -> <项> <乘除运算符> <因子>
  - <比较运算符> -> '<' | '<=' | '>' | '>=' | '==' | '!='
  - <加减运算符> -> '+' | '-'
  - <乘除运算符> -> '*' | '/'

语义说明：支持比较、加减、乘除三种运算，且优先级乘除>加减>比较。

```
fn program_3_2() {
    1*2/3;
    4+5/6;
    7<8;
    9>10;
    11==12;
    13!=14;
    1*2+3*4!=4/2-3/1;
}
```

类Rust语法和语义规则

- **3.3 函数调用（前置规则3.1）**
  - <元素> -> <ID> '(' <实参列表> ')'
  - <实参列表>-> 空 | <表达式> | <表达式> ',' <实参列表>

语义说明：提供函数调用表达式的能力，可以将函数作为运算的一部分参与整个程序逻辑。

- 实参数量与形参数量需一致；
- <实参列表> 中的每个 <表达式> 的类型必须与对应位置形参的类型一致；
- 若函数无返回值，则不能出现在需要右值的上下文中。

```
fn program_3_3__1__a() {

}
fn program_3_3__1__b() {
    program_3_3__1__a();
}

fn program_3_3__2__a(mut a:i32) {

}
fn program_3_3__2__b() {
    program_3_3__2__a(1+2);
}
```

```
fn program_3_3__3__a() {

}
fn program_3_3__3__b() {
    program_3_3__3__a(1);
}
```

× 实参数量与形参数量不一致

```
fn program_3_3__4__a(mut a:i32) {

}
fn program_3_3__4__b() {
    program_3_3__4__a(program_3_3__4__a);
}
```

× 实参类型与形参类型不一致

```
fn program_3_3__5__a() {

}
fn program_3_3__5__b() {
    let mut a=program_3_3__5__a();
}
```

× 无返回值函数不能作为右值

类Rust语法和语义规则

- **4.1 选择结构（前置规则1.2、3.1）**
  - <语句> -> <if语句>
  - <if语句> -> if <表达式> <语句块> <else部分>
  - <else部分> -> 空 | else <语句块>

语义说明：支持 if 条件分支语句及其可选的 else 分支，可根据 <表达式> 的真假执行不同的代码路径：若为真，则执行 if 后的 <语句块>，否则若有 else 分支则执行 else 后的 <语句块>。

- **4.2 增加else if（前置规则4.1）**
  - <else部分> -> else if <表达式> <语句块> <else部分>

语义说明：拓展 else if 分支，若前一个 if 或 else if 条件不成立，则评估此分支的 <表达式>，若为真则执行该 else if 后的 <语句块>。

```
fn program_4_1__1(mut a:i32) -> i32
{
    if a>0 {
        return 1;
    }
    return 0;
}
fn program_4_1__2(mut a:i32) -> i32
{
    if a>0 {
        return 1;
    } else {
        return 0;
    }
}
fn program_4_2(mut a:i32) -> i32 {
    if a>0 {
        return a+1;
    } else if a<0 {
        return a-1;
    } else {
        return 0;
    }
}
```

类Rust语法和语义规则

- **5.1 while循环结构（前置规则1.2、3.1）**
  - <语句> -> <循环语句>
  - <循环语句> -> <while语句>
  - <while语句> -> while <表达式> <语句块>

语义说明：拓展循环控制能力，实现基于条件的多次重复执行逻辑。每次循环开始前求表达式的值，若结果为真，则执行 <语句块>；若为假，则跳过整个循环。

```
fn program_5_1(mut n:i32) {
    while n>0 {
        n=n-1;
    }
}
```

- **5.2 for循环结构（前置规则5.1）**
  - <循环语句> -> <for语句>
  - <for语句>-> for <变量声明内部> in <可迭代结构> <语句块>
  - <可迭代结构> -> <表达式> '..' <表达式>

语义说明：拓展基于范围的迭代能力，对可迭代结构中的每一个元素进行遍历，<可迭代结构> -> <表达式> '..' <表达式> 的第一个<表达式>是闭区间，第二个<表达式>是开区间，即包含第一个<表达式>的值，不包含第二个<表达式>的值。

```
fn program_5_2(mut n:i32) {
    for mut i in 1..n+1 {
        n=n-1;
    }
}
```

类Rust语法和语义规则

- **5.3 loop循环结构（前置规则5.1）**
  - <循环语句> -> <loop语句>
  - <loop语句>->loop <语句块>

语义说明：拓展无条件无限循环的能力，定义一个无限循环，每次迭代时执行 <语句块> 中的内容，只有通过显式退出指令（如 break）才能终止循环。

- **5.4 增加break和continue（前置规则5.1）**
  - <语句> -> break ';' | continue ';'

语义说明：增强循环逻辑的灵活性和表达能力。

- break ';' 表示立即终止最内层当前所在的循环，控制流将跳转到该循环之后的第一条语句；必须出现在循环体内，否则应报错；若在嵌套循环中使用，仅跳出当前最内层循环。
- continue ';' 表示跳过当前循环体中剩余的代码，直接进入下一次循环判断；必须出现在循环体内，否则应报错；在嵌套循环中，仅影响当前所在循环。

```
fn program_5_3() {
    loop {

    }
}

fn program_5_4__1() {
    while 1==1 {
        break;
    }
}

fn program_5_4__2() {
    break;          × break; 必须出现在循环体内
}

fn program_5_4__3() {
    while 1==0 {
        continue;
    }
}

fn program_5_4__4() {
    continue;       × continue; 必须出现在循环体内
}
```

类Rust语法和语义规则

- **6.1 声明不可变变量（前置规则0.2）**
  - <变量声明内部> -> <ID>

语义说明：表示一个变量名 <ID> 被用作不可变变量的声明；该变量在赋值之后不能通过赋值语句再次修改其值；若变量是复合类型（如数组），其实体内容也不应被更改。

- **6.2 借用和引用（前置规则3.1、6.1）**
  - <因子> -> '*' <因子> | '&' mut <因子> | '&' <因子>
  - <类型>-> '&' mut <类型> | '&' <类型>

语义说明：支持引用语义与解引用访问能力。

- '*' <因子> 表示对一个引用类型的值进行解引用操作，访问其指向的数据；不允许对非引用类型进行解引用；
- '&' mut <因子> 表示创建一个指向某个变量的可变引用；允许通过该引用修改原始数据；当前不允许存在其他的不可变或可变引用；仅允许从可变变量创建可变引用；
- '&' <因子> 表示创建一个指向某个变量的不可变引用；允许读取但不允许修改原始数据；可以同时存在多个不可变引用；
- '&' mut <类型> 表示一个指向特定数据类型的可变引用类型；
- '&' <类型> 表示一个指向特定数据类型的不可变引用类型。

```
fn program_6_1__1() {
    let a:i32=1;
    let b=2;
}

fn program_6_1__2() {
    let c:i32=1;
    c=2;
}
```

× 不可变变量不可二次赋值

```
fn program_6_2__1() {
    let mut a:i32=1;
    let mut b:&mut i32=&mut a;
    let mut c:i32=*b;
}

fn program_6_2__2() {
    let a:i32=1;
    let b:& i32=&a;
    let c:i32=*b;
}
```

类Rust语法和语义规则

- **6.1 声明不可变变量（前置规则0.2）**
  - <变量声明内部> -> <ID>

语义说明：表示一个变量名 <ID> 被用作不可变变量的声明；该变量在赋值之后不能通过赋值语句再次修改其值；若变量是复合类型（如数组），其实体内容也不应被更改。

- **6.2 借用和引用（前置规则3.1、6.1）**
  - <因子> -> '*' <因子> | '&' mut <因子> | '&' <因子>
  - <类型>-> '&' mut <类型> | '&' <类型>

语义说明：支持引用语义与解引用访问能力。

- '*' <因子> 表示对一个引用类型的值进行解引用操作，访问其指向的数据；不允许对非引用类型进行解引用；
- '&' mut <因子> 表示创建一个指向某个变量的可变引用；允许通过该引用修改原始数据；当前不允许存在其他的不可变或可变引用；仅允许从可变变量创建可变引用；
- '&' <因子> 表示创建一个指向某个变量的不可变引用；允许读取但不允许修改原始数据；可以同时存在多个不可变引用；
- '&' mut <类型> 表示一个指向特定数据类型的可变引用类型；
- '&' <类型> 表示一个指向特定数据类型的不可变引用类型。

```
fn program_6_2__3() {
    let mut a:i32=1;
    let mut b=*a;
}
```
× 不允许对非引用类型进行解引用

```
fn program_6_2__4() {
    let mut a:i32=1;
    let b=&a;
    let mut c=&mut a;
}
```
× 可变引用不能和其他的引用共存

```
fn program_6_2__5() {
    let a:i32=1;
    let mut b=&mut a;
}
```
× 仅支持从可变变量创建可变引用

```
fn program_6_2__6() {
    let mut a:i32=1;
    let b=&a;
    let c=&a;
}
```
✓ 可以存在多个不可变引用

类Rust语法和语义规则

- **7.1 函数表达式块（前置规则1.2、3.1）**
  - <表达式> -> <函数表达式语句块>
  - <函数表达式语句块>->'{' <函数表达式语句串> '}'
  - <函数表达式语句串>-> <表达式> | <语句> <函数表达式语句串>

语义说明：提供在表达式中嵌入代码块的能力，一个合法的 <表达式> 可以是一个包含一系列 <语句> 和一个末尾的 <表达式> 的代码块，末尾的 <表达式> 的值作为返回值。

- **7.2 函数表达式块作为函数体（前置规则7.1）**
  - <函数声明> -> <函数头声明> <函数表达式语句块>

语义说明：提供使用结构化表达式块作为函数执行内容的能力，一个完整的函数可由 <函数头> 和 <函数表达式语句块> 组成，<函数表达式代码块> 的最后一个 <表达式> 的值作为返回值。

```
fn program_7_1(mut x:i32,mut y:i32) {
    let mut z={
        let mut t=x*x+x;
        t=t+x*y;
        t
    };
}
```

```
fn program_7_2(mut x:i32,mut y:i32) -> i32 {
    let mut t=x*x+x;
    t=t+x*y;
    t
}
```

类Rust语法和语义规则

- **7.3 选择表达式（前置规则7.1）**
  - <表达式> -> <选择表达式>
  - <选择表达式>-> if <表达式> <函数表达式语句块> else <函数表达式语句块>

语义说明：提供将 if-else 结构用作表达式并返回值的能力，一个 <表达式> 可以是 if-else 结构和 <函数表达式语句块> 的组合，根据 if 后的 <表达式> 的真假，决定执行哪一个 <函数表达式语句块>，该语句块的返回值作为该 <选择表达式> 的返回值。

- **7.4 循环表达式（前置规则7.1）**
  - <表达式> -> <loop语句>
  - <语句> -> break <表达式> ';'

语义说明：提供将循环结构作表达式并返回值的能力，一个 <表达式> 可以是一个 <loop语句>，其最终返回值由某个分支中的 break <表达式> 决定。break 必须出现在循环体内，否则应报错；break 后的表达式必须能求值；若多个 break 存在于同一循环体中，它们必须返回相同类型。

```
fn program_7_3(mut a:i32) {
    let mut b=if a>0 {
        1
    } else {
        0
    };
}
```

```
fn program_7_4__1() {
    let mut a=loop {
        break 1;
    };
}
```

```
fn program_7_4__2() {
    break 2;
}
```

× break <表达式>;
必须出现在循环体内

类Rust语法和语义规则

- **8.1 数组（前置规则0.2、3.1）**
  - <类型>-> '[' <类型> ';' <NUM>']'
  - <因子> -> '[' <数组元素列表> ']'
  - <数组元素列表>-> 空 | <表达式> | <表达式> ',' <数组元素列表>

```
fn program_8_1__1() {
    let mut a:[i32;3];
    a=[1,2,3];
}
```

语义说明：提供静态大小数组的声明与初始化能力。定义数组类型时，<类型> 是数组中每个元素的类型，<NUM> 是数组的长度，必须是一个正整数常量。创建并初始化一个数组时，<表达式> 的数量必须与数组的长度一致，每个 <表达式> 的类型要与数组元素类型一致。

```
fn program_8_1__2(mut a:i32) {
    let mut a:[i32;2];
    a=1;
}
```

× 变量赋值的类型与声明的类型不一致

```
fn program_8_1__3(mut a:i32) {
    let mut a:[i32;2];
    a=[1,2,3];
}
```

× 初始化时的元素数量与数组长度不一致

```
fn program_8_1__4() {
    let mut a:[[i32;1];1];
    a=[1];
}
```

× 初始化时元素的类型与数组元素类型不一致

类Rust语法和语义规则

- **8.2 数组元素（前置规则8.1）**
  - <可赋值元素> -> <元素> '[' <表达式> ']'
  - <可迭代结构> -> <元素>

```
fn program_8_2__1(mut a:[i32;3]) {
    let mut b:i32=a[0];
    a[0]=1;
}
```

语义说明：提供随机访问数组元素的能力，支持在赋值语句左侧使用以修改指定位置的值。作为索引的 <表达式> 的类型必须是整数类型；索引值必须在运行时位于合法范围内 [0, len)，否则应视为越界；若数组本身不可变，则不能出现在赋值语句左侧。

```
fn program_8_2__2(mut a:i32) {
    let mut a=[1,2,3];
    let mut b=a[a];
}
```

× 数组的索引的类型必须是整数类型

```
fn program_8_2__3() {
    let mut a=[1,2,3];
    let mut b=a[3];
}
```

× 数组索引越界

```
fn program_8_2__4() {
    let a:[i32;3]=[1,2,3];
    a[0]=4;
}
```

× 不可变数组的元素也不可变，不能作为左值

类Rust语法和语义规则

9.1 元组（前置规则0.2、3.1）

- <类型> -> '(' <元组类型内部> ')'
- <元组类型内部> -> 空 | <类型> ',' <类型列表>
- <类型列表> ->空 | <类型> | <类型> ',' <类型列表>
- <因子> -> '(' <元组赋值内部> ')'
- <元组赋值内部> -> 空 | <表达式> ',' <元组元素列表>
- <元组元素列表>->空 | <表达式> | <表达式> ',' <元组元素列表>

```
fn program_9_1__1() {
    let a:(i32,i32,i32);
    a=(1,2,3);
}
```

语义说明：提供静态大小元组的声明与初始化能力。定义数组类型时，支持空元组 () 和任意数量字段的元组。创建并初始化一个数组时，支持空元组和带元素的元组表达式， <表达式> 的数量必须与元组的长度一致，每个 <表达式> 的类型要与元组对应位置元素类型一致。

```
fn program_9_1__2(mut a:i32) {
    let mut a:(i32,i32);
    a=1;
}
```

× 变量赋值的类型与声明的类型不一致

```
fn program_9_1__3(mut a:i32) {
    let mut a:(i32,i32);
    a=(1,2,3);
}
```

× 初始化时的元素数量与元组长度不一致

```
fn program_9_1__4() {
    let mut a:((i32,i32),);
    a=(1,);
}
```

× 初始化时元素的类型与元组元素类型不一致

*注：仅有一个元素的元组的第一个元素后一定要加 ','，从而与加括号的表达式区分开

类Rust语法和语义规则

- **9.2 元组元素（前置规则9.1）**
  - <可赋值元素>-><元素> '.' <NUM>

语义说明：提供按索引访问元组字段的能力，支持在赋值语句左侧使用以修改指定位置的值。作为索引的 <表达式> 的类型必须是整数类型；索引值必须在运行时位于合法范围内 [0, len)，否则应视为越界；若元组本身不可变，则不能出现在赋值语句左侧。

```
fn program_9_2__1(mut a:(i32,i32)) {
    let mut b:i32=a.0;
    a.0=1;
}
```

```
fn program_9_2__2(mut a:i32) {
    let mut a=(1,2,3);
    let mut b=a.a;
}
```

× 元组的索引的类型必须是整数类型

```
fn program_9_2__3() {
    let mut a=(1,2,3);
    let mut b=a.3;
}
```

× 元组索引越界

```
fn program_9_2__4() {
    let a:(i32,i32,i32)=(1,2,3);
    a.0=4;
}
```

× 不可变元组的元素也不可变，不能作为左值

评分标准

实验评价内容	所占比重	要求
需求分析能力	20%	A（90 分以上）：对系统的可行性、用户需求和功能需求进行了准确完整的分析与总结； B（80-89）：对系统的可行性、用户需求和功能需求进行了较为完整的分析与总结； C（70-79）： 对系统的可行性与基本功能需求进行了分析与总结； D（60-69）：对系统的基本功能需求进行了简单的分析与总结； E（60 分以下）：无需求分析内容

评分标准

实验评价内容	所占比重	要求
系统方案（算法）设计能力	20%	A（90 分以上）：系统设计与实现非常完善，概要设计和详细设计完整； B（80-89）：系统设计与实现较完善，概要设计和详细设计较完整； C（70-79）：设计并实现了系统的基本功能，概要设计和详细设计基本完整； D（60-69）：仅设计并实现较简单的系统； E（60 分以下）：无系统设计与实现。

评分标准

实验评价内容	所占比重	要求
编程能力	30%	A（90 分以上）：独立编程实现要求的全部功能，实现输出目标代码（可汇编执行）的程序，正确无误、界面友好； B（80-89）：独立编程实现要求的全部功能，实现输出中间代码表示的程序，正确无误、界面友好； C（70-79）：独立编程实现要求的全部功能，实现输出中间代码表示的程序，程序较正确、界面较友好； D（60-69）：独立编程基本实现要求功能，实现输出中间代码表示的程序，程序基本正确、提供交互界面； E（60 分以下）：未能编程实现要求的基本功能。

评分标准

实验评价内容	所占比重	要求
撰写报告能力	30%	A（90 分以上）： 表达通顺，逻辑清晰，内容完整，实验充分，提出个人想法，不存在抄袭； B（80-89）：表达通顺，逻辑清晰，内容较为完整，实验较充分，不存在抄袭； C（70-79）：表达通顺，内容基本完整，不存在抄袭； D（60-69）：报告内容不完整，不存在抄袭 ； E（60 分以下）：存在大篇幅抄袭