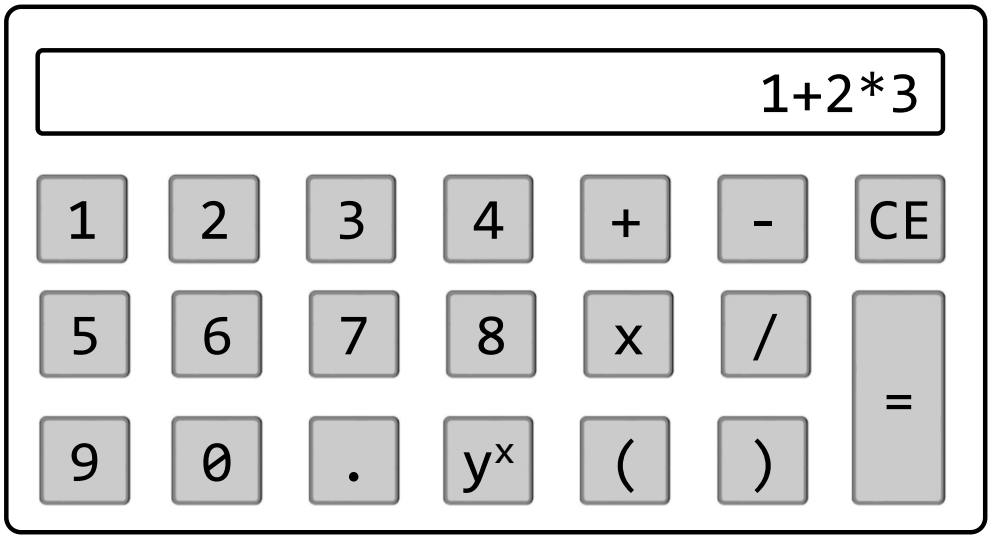
Lecture 2.1

计算器实现分析

徐 辉

xuh@fudan.edu.cn

如何实现一个计算器？



- 功能需求：
  - 操作数支持整数和浮点数，如 0.1、123
  - 运算符支持加、减、乘、除四则运算和指数运算
  - 支持括号

基本思路

- 词法解析：扫描用户输入字符流中的操作数和运算符，将其转化为相应的标签流。
- 句法解析：将标签流按照结合律、分配律、以及括号等四则运算规则进行组织，形成语法解析树。
- 语法制导：将语法解析树翻译成实际的计算代码。

正则表达式声明词法

- 操作数支持整数和浮点数，如 0.1、123
  - 正整数：[0-9][0-9]*
  - 无符号浮点数：[0-9][0-9]*(ϵ|.[0-9][0-9]*)
  - 浮点数：（-|ϵ）[0-9][0-9]*(.[0-9][0-9]*|ϵ)
    - 实际情况中，负号（一元运算符）一般不在词法分析环节确定。
    - 需要考虑上下文信息。
- 运算符支持加、减、乘、除四则运算和指数运算
  - +、-、*、/、^
- 支持括号：（、）

优先级和结合性

- 优先级（precedence）
  - 指数运算优先级 > 乘除运算 > 加减运算
- 结合性（associativity）
  - 加减乘除运算为左结合
  - 指数运算为右结合
    - `2^3^2 = 2^(3^2) != (2^3)^2`

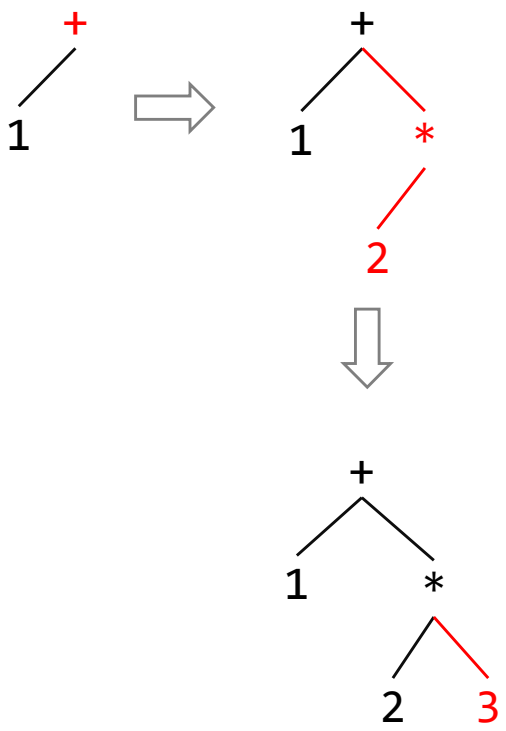
运算符优先级解析思路

- 优先级爬升算法，按照从左至右的顺序解析并使用栈记录遇到的运算符
  - 如果当前遇到的运算符为左结合，并且栈顶运算符的优先级大于或等于当前运算符，则基于左结合特性应当将当前运算符作为解析树的父节点，原树根作为其左孩子节点；
  - 如果当前遇到的运算符为左结合，且栈顶运算符的优先级低于当前运算符，则当前运算符应作为栈顶运算符的右孩子节点；
  - 如果当前遇到的运算符为右结合，无论其优先级高低，应将其作为栈顶运算符的右孩子节点。

示例

初始化优先级　　1 2 3 4

算式　　1 + 2 * 3



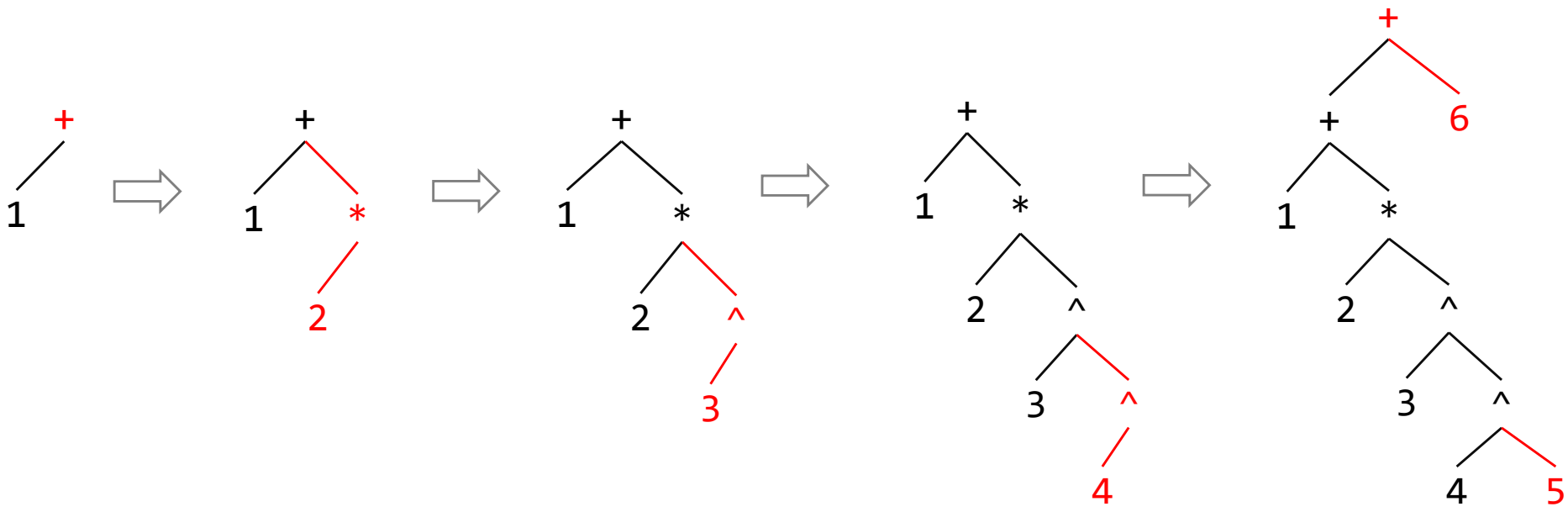

```
Pred[ADD] = 1,2
Pred[SUB] = 1,2
Pred[MUL] = 3,4
Pred[DIV] = 3,4

Parse(token, precedence) {
  left = token.next();
  if left.type != tok::num
    return -1;
  while true:
    op = token.peek();
    if op.tokentype != tok::binop
      return -1;
    lp, rp = Pred[op];
    if lp < precedence
      break;
    token.next();
    right = Parse(token, rp)
    left = (op, left, right)
  return left
}
```

如何支持右结合运算符？

初始化优先级　1 2 3 4 6 5 6 5 1 2

算式　1 + 2 * 3 ^ 4 ^ 5 + 6



制导目标举例：逆波兰表达式

- 波兰表达式：对语法解析树进行先序遍历得到的符号序列
  - +(+(1 *(2 ^(3 ^(4 5))))) 6
  - 去掉括号无歧义：+ + 1 * 2 ^ 3 ^ 4 5 6
- 逆波兰表达式
  - 对语法解析树进行后序遍历得到的符号序列
  - 1 2 3 4 5 ^ ^ * + 6 +

逆波兰表达式求值

- 按照顺序读取字符串，如果遇到操作数则入栈；
- 如果遇到操作符，则弹出栈顶的两个操作数，求值后将结果如栈；
- 字符串扫描一遍后，栈顶就是表达式的值。