

# 第一章 引论

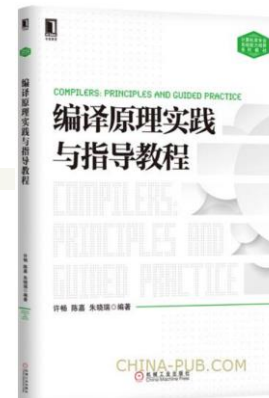
许畅

南京大学计算机学院  
2025年春季

# 课程概要 (1)

## 教材

- 理论: 《编译原理》 (也称**龙书**)
- 实验: 《**编译方法、技术与实践**》 / 《编译原理实践与指导教程》



## 安排

- 老师: 许畅 ([changxu@nju.edu.cn](mailto:changxu@nju.edu.cn))
- 网站: <http://cs.nju.edu.cn/changxu/> 主页下
- 学时: 16周 (学时64节)
- 时段: 周一3-4节、周三3-4节
- 教室: 逸B-105
- 助教: 孙伟杰 (实验)、陈泰霖 (作业)



# 课程概要 (2)

- 课程意义

- 计算机专业的方向**必修课** (4学分)、考研**复试**科目
- 研究生技能需求 (与计算机科学、软件技术、信息安全、计算机系统、计算机应用等专业方向相关)
- 学习编译器设计的原理和程序分析的技术
- 成为高手的必要一步 (编程大师、黑客等)

- 课程结构

- 理论部分：上课听讲，下课作业，交**书面作业**
- 实践部分：实现编译器的五个阶段，交**上机实验**

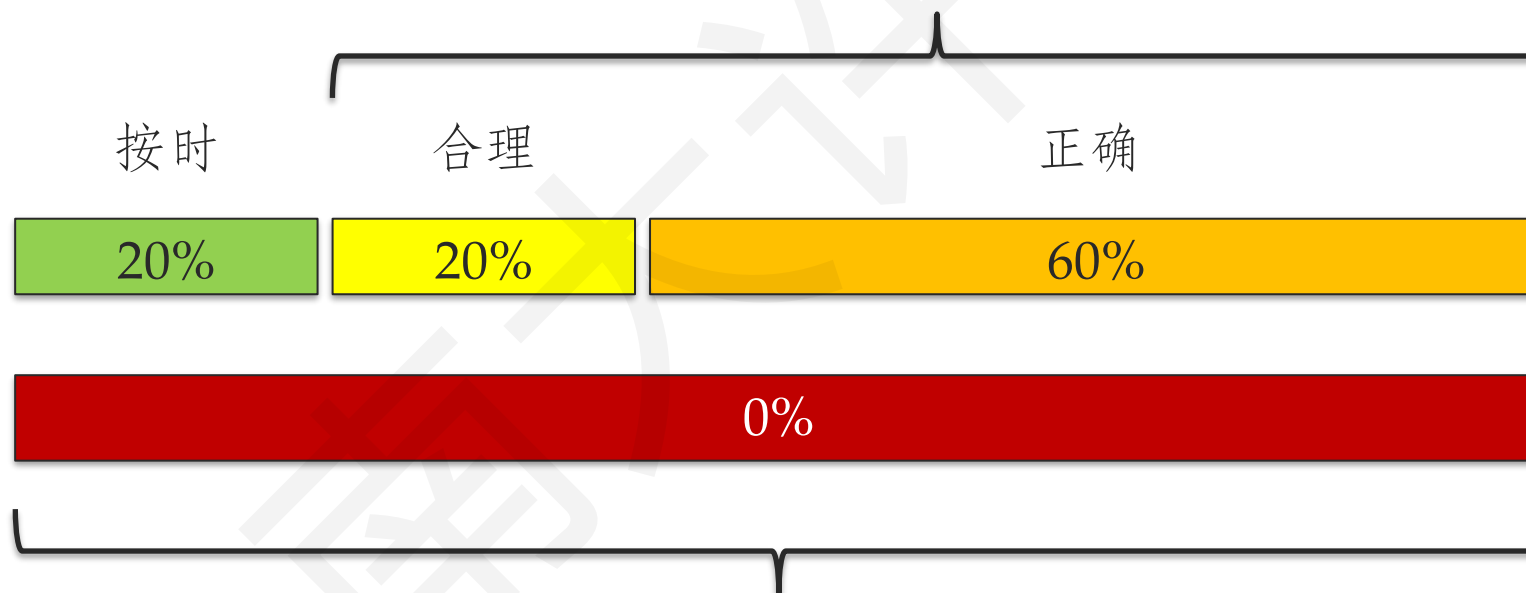
# 课程概要 (3)

- 评分标准
  - 书面作业：10% (20% + 20% + 60%)
  - 上机实验：30% (20% + 20% + 60%)
    - 组队调整：110% (1人), 100–105% (2人), 90–95% (3人)
    - 实验内容：分配 (普通班/强基班), 所有 (拔尖班/匡院)
  - 期末考试：60%
  - 不可控因素：随机签到 (加分)、抄袭检查 (归零) 等

# 课程概要 (4)

- 特别说明

按时提交，或延缓3天并事先得到老师许可



未事先得到老师许可，或抄袭

事先：实验提交截止24小时之前

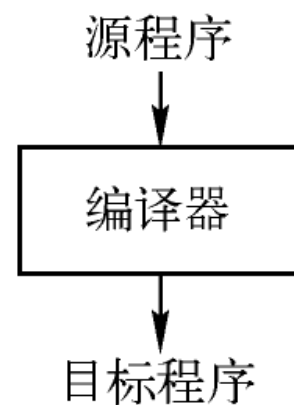
# 课程内容

- 1. 引论 (易)
  - 3. 词法分析 (难)
  - 4. 语法分析 (难)
  - 5. 语法制导的翻译技术 (中)
  - 6. 中间代码生成 (难)
  - 7. 运行时刻环境 (易)
  - 8. 代码生成 (中)
  - 9. 机器无关优化 (中)
- 安排略紧
- 安排略松

# 编译器的作用

- 编译器 (compiler)

- 读入以某种语言 (源语言) 编写的程序
- 输出等价的用另一种语言 (目标语言) 编写的程序
- 通常目标程序是可执行的



- 解释器 (interpreter)

- 直接利用用户提供的输入，执行源程序中指定的操作
- 不生成目标程序，而是根据源程序的语义直接运行
- Java语言的处理结合了编译和解释

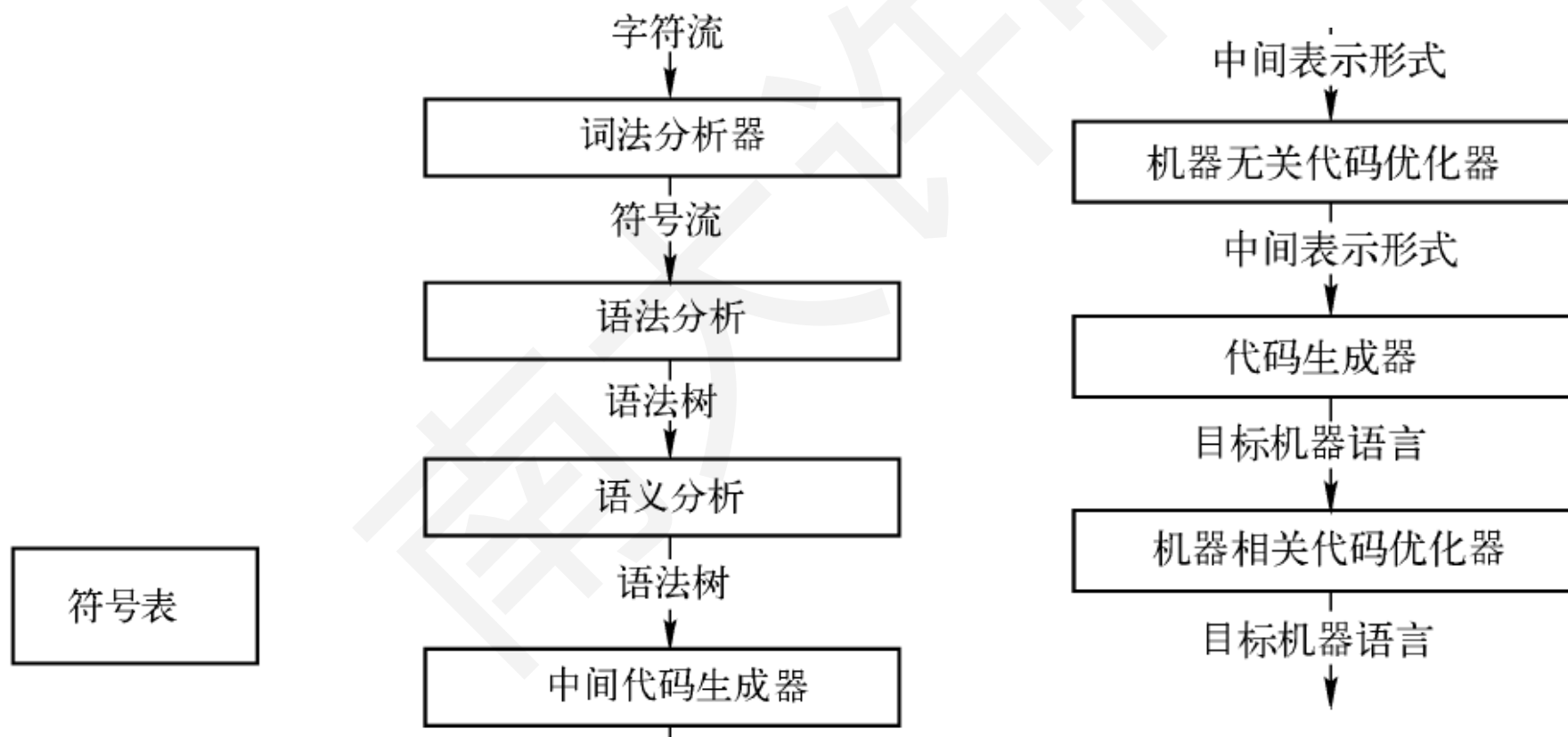
# 编译器的结构 (1)

- 编译器可以分为分析部分和综合部分
- 分析 (analysis) 部分 / 前端 (front end)
  - 把源程序分解成组成要素，以及相应的语法结构
  - 使用这个结构创建源程序的中间表示
  - 同时收集和源程序相关的信息，存放 to 符号表
- 综合 (synthesis) 部分 / 后端 (back end)
  - 根据中间表示和符号表信息构造目标程序
- 前端部分是机器无关的，后端部分是机器相关的



## 编译器的结构 (2)

- 编译器可分成顺序执行的一组步骤 (phase)

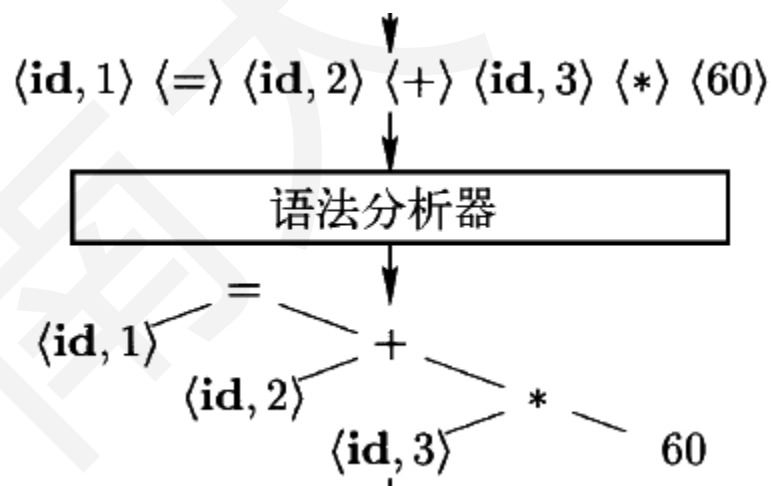


# 词法分析

- 词法分析/扫描 (lexical analysis/scanning)
  - 读入源程序的字符流，输出为有意义的词素 (lexeme)
  - `<token-name, attribute-value>`
  - token-name 由语法分析步骤使用
  - attribute-value 指向相应的符号表条目，由语义分析/代码生成步骤使用
- 例子
  - `position = initial + rate * 60`
  - `<id, 1> <=, > <id, 2> <+, > <id, 3> <*, > <number, 4>`

# 语法分析

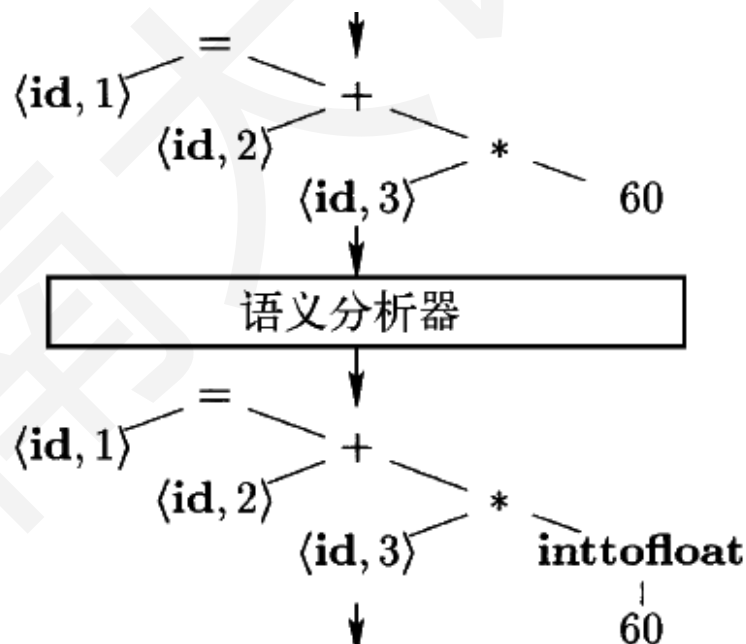
- 语法分析/解析 (syntax analysis/parsing)
  - 根据各个词法单元的第一个分量来创建树型的中间表示形式，通常是语法树 (syntax tree)
  - 中间表示形式指出了词法单元流的语法结构



# 语义分析

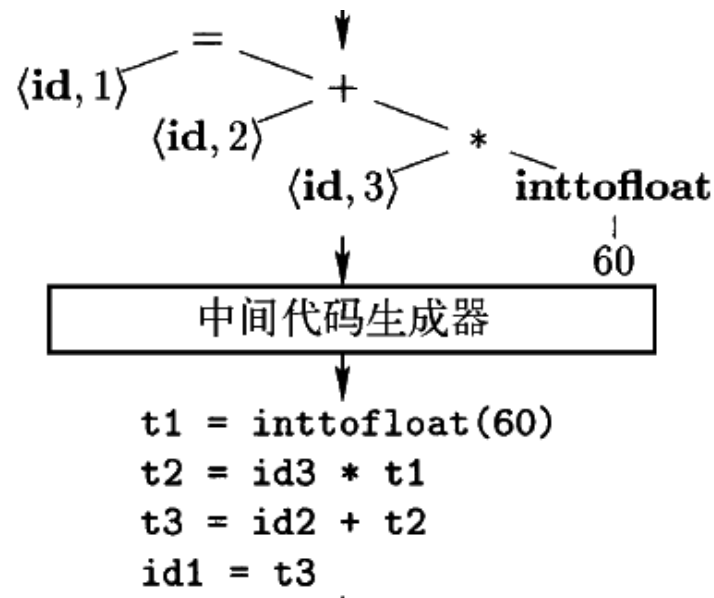
- 语义分析 (semantic analysis)

- 使用语法树和符号表中的信息，检查源程序是否满足语言定义的语义约束
- 同时收集类型信息，用于代码生成、类型检查、类型转换



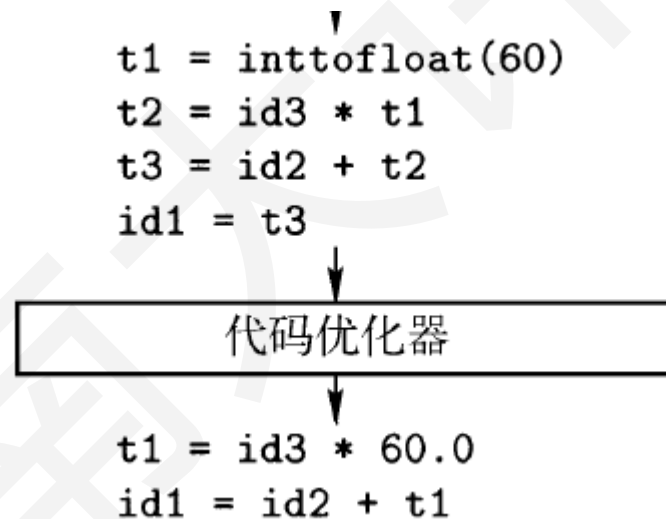
# 中间代码生成

- 根据语义分析输出，生成类机器语言的中间表示
- 三地址代码 (three-address code)
  - 每个指令最多包含三个运算分量
  - $t1 = \text{inttofloat}(60); t2 = \text{id3} * t1; t3 = \text{id2} + t2; \dots$
  - 很容易生成机器语言指令



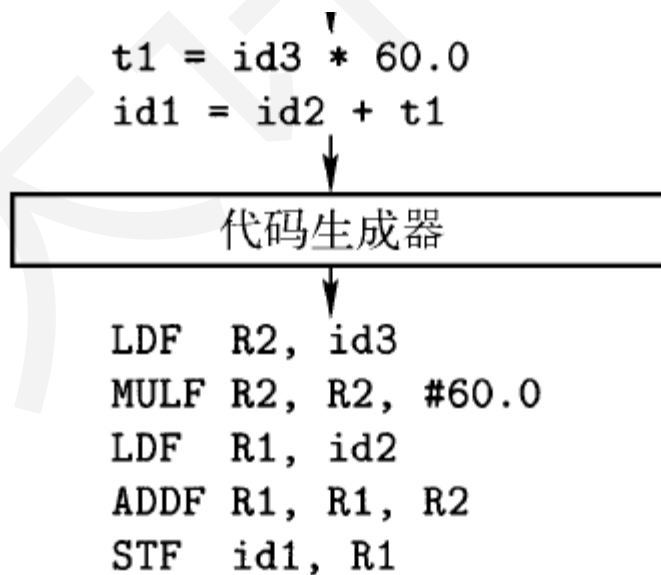
# 中间代码优化

- 通过对中间代码的分析，改进中间代码的质量
  - 更快、更短、能耗更低



# 代码生成

- 把中间表示形式映射到目标语言
  - 寄存器的分配
  - 指令选择



# 其它概念

- 符号表管理
  - 记录源程序中使用的变量的名字，收集各种属性
- 趟 (pass)
  - 每趟读入一个输入文件，产生一个输出文件
  - “步骤” (phase) 是逻辑组织方式
  - “趟”和具体的实现相关
- 编译器构造工具
  - 扫描器 (Lex)、语法分析器 (Yacc)、语法制导的翻译引擎...



# 程序设计语言的发展历程

- 历程
  - 第一代：机器语言
  - 第二代：汇编语言 (宏命令)
  - 第三代：Fortran、Cobol、Lisp、C、C++...
  - 第四代：特定应用语言NOMAD、SQL、Postscript...
  - 第五代：基于逻辑和约束的语言Prolog、OPS5...
- 强制式语言/声明式语言
  - 前者指明如何完成，后者指明要完成哪些计算

# 语言和编译器之间的关系

- 程序设计语言的新发展向编译器设计者提出新的要求
  - 设计相应的算法和表示方法来翻译和支持新的语言特征，如多态、动态绑定、类、类属(模板)、...
- 通过降低高级语言的执行开销，推动这些高级语言的使用
- 编译器设计者还需要更好地利用新硬件的能力
  - RISC技术、多核技术、大规模并行技术

# 编译技术的应用 (2)

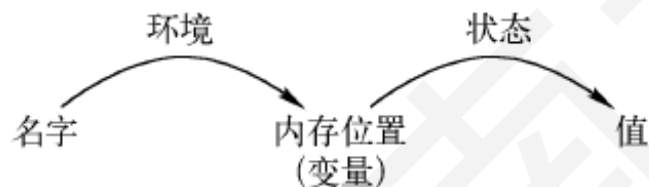
- 程序翻译
  - 二进制翻译/硬件合成/数据查询解释器/编译后模拟
- 软件质量与生产率工具
  - 类型检查
  - 边界检查 (软件测试)
  - 内存管理工具 (内存泄漏)
  - 电子设计自动化 (EDA) 静态分析

# 程序设计语言的基础概念 (1)

- 静态/动态
  - 静态: 支持编译器静态决定某个问题
  - 动态: 只允许在程序运行时刻作出决定
- 作用域
  - $x$ 的作用域指程序文本的一个区域, 其中对 $x$ 的使用都指向这个声明
  - 静态作用域 (static scope): 通过静态阅读程序可决定
  - 动态作用域 (dynamic scope): 运行时确定 $x$ 的指向

# 程序设计语言的基础概念 (2)

- 环境与状态
  - 环境 (environment): 是从名字到存储位置的映射
  - 状态 (state): 从存储位置到它们值的映射



```
...  
int i;                /* 全局 i      */  
...  
void f(...) {  
    int i;            /* 局部 i      */  
    ...  
    i = 3;            /* 对局部 i 的使用 */  
    ...  
}  
...  
x = i + 1;            /* 对全局 i 的使用 */
```

图 1-9 名字 *i* 的两个声明

# 程序设计语言的基础概念 (3)

- 静态作用域和块结构
  - C语言使用静态作用域
    - C语言程序由顶层的变量、函数声明组成
    - 函数内部可以声明变量(局部变量/参数), 这些声明的作用域在它出现的函数内
    - 一个顶层声明的作用域包括其后的所有程序
  - 作用域规则基于程序结构, 声明的作用域由它在程序中的位置决定
  - 也通过public、private、protected进行明确控制