

程序设计语言理论

课程简介

张昱

0551-63603804, yuzhang@ustc.edu.cn

中国科学技术大学
计算机科学与技术学院



计算机科学的理论

- 数理逻辑
 - 一阶逻辑、高阶逻辑、公理集合论、递归论、模型论和证明论等，它也是现代数学的基础
- 计算理论
 - 可计算性和计算复杂性、算法、形式语言理论、自动机理论等
- 程序理论
 - 形式语义、类型论、λ演算、程序验证等等
- 数值计算

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

2



关于程序设计语言的研究

- 语法
 - 形式语言和自动机理论、语法分析的实现技术
- 语义
 - 公理语义、操作语义、指称语义、属性文法
 - 形式描述技术还有：代数规范、范畴论
- 程序设计的范型
 - 命令式语言、函数式语言、逻辑程序设计语言、面向对象程序设计语言、并行程序设计语言、.....

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

3



关于程序设计语言的研究

- 类型论与类型系统
 - 多态类型、子类型、存在类型、依赖类型等
- 程序验证
 - 程序正确性证明
- 程序分析技术
 - 数据流分析、控制流分析、模型检查、抽象解释
- 程序的自动生成技术
 - 程序变换

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

4



本课程的主要内容

- 学习掌握和程序设计语言有关的理论和技术
 - 形式语义（操作语义、公理语义、.....）
类型论与类型系统
 - 以数学为工具，利用符号和公式，精确地定义和解释计算机程序设计语言的语义，使语义形式化的学科。
 - 与程序行为和程序分析有关的推理技术
 - 一些语言及特征的案例研究
 - 目标：寻找精确、抽象地描述程序行为的方法
 - 精确(precise): 用数学工具形式化和证明感兴趣的性质
 - 抽象(abstract): 清晰地讨论性质，又不陷入底层细节

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

5



本课程的主要内容

- 讨论程序理论和技术的实际应用
 - 深入理解语言的特征和它们的交互作用
 - 指导程序设计语言的设计和实现
 - 程序的自动生成
 - 程序分析
 - 程序测试
 - 软件安全
 - 程序验证

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

6



为什么学习本课程

- 软件系统：规模日趋庞大+多语言混合+异构
- 软件可靠性和安全性是当今IT业界面临的重大问题
- 异构硬件和新兴应用期待更多语言领域的解决方案
 - 降低编程难度、发挥异构硬件优势

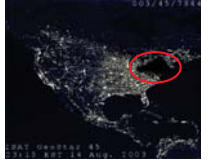
张昱：《程序设计语言理论》课程简介

7



软件可靠性和安全性问题

- 阿丽亚娜5号运载火箭1996年6月4日首次发射失败
 - 发射点火后40秒内引爆自毁
 - 控制火箭飞行的**软件故障**：数值溢出
64位浮点数变量被转换成16位整数
 - 损失：1987-1996 研制费用高达80亿美元
- 2003年8月14日美加大面积停电事故
 - 电控系统软件的**并发错误**
 - 损失：累计损失负荷6180万千瓦，5000万人用电受影响，美国估计每天损失300亿美元，加拿大安大略省损失50亿加元



张昱：《程序设计语言理论》课程简介

8



软件可靠性和安全性问题

- 中国：2007年建立**国家信息安全漏洞库**



你手机的声音信号可能会暴露解锁密码

兰卡斯特大学的研究人员首次使用有声学旁道攻击来窃取智能手机密码。8月30日，兰卡斯特大学的一组研究人员在eXo发表了一篇论文，演示了他们如何使用智能手机的麦克风和扬声器系统来窃取设备的解锁模式。

发布时间 2018-09-10 来源 腾讯



1500个亚马逊用户的钱被盗

1500个亚马逊账户被盗黑客入侵亚马逊网从外网了解到，自今年6月份以来，陆续陆续地就有不少卖家向亚马逊投诉，声称自己遭成了，但是没收到退款。

发布时间 2018-09-10 来源 黑基网



39万网站因为公共git存储库而面临风险

在扫描超过2.3亿个域名后，Lysit Services的网络安全研究员Vladimir Smits发现了超过390000个网站，其中包含源代码git存储库。

虽然公开可用的git存储库并不是前所未有的，其中许多可...

发布时间 2018-09-10 来源 Linux公社

9



软件可靠性和安全性问题

- Triontis的Software Fail Watch Q2 2018(7月9日)

- 4.8百万汽车被召回, 675 American Airlines航班因技术问题而取消, 英国450,000妇女因调度软件算法错误而错过乳腺癌筛查, 等等

- 云故障

- 2017年国外的10大云故障

- IBM Bluemix 可用性问题

- 由接口的错误更新导致

- Microsoft Azure 可用性故障

- 意外启动灭火系统, 设备升温



张昱：《程序设计语言理论》课程简介



新的挑战：异构硬件+新兴应用

软件日趋复杂

- 多核软件、CPU+GPU、.....
 - 并发、协同
- 嵌入式软件
 - 资源受限
- 分布式和云计算
 - 网络环境
- 物联网、边缘计算.....

张昱：《程序设计语言理论》课程简介

11

观点 讲授基础语言原理

[Thomas Ball, Benjamin Zorn;
CACM2015.5]

工业界期待迎来更多学习了程序设计语言原理的毕业生。

编程

程序员日益成为紧缺人才，这一问题已得到广泛关注(请查看 www.code.org 网站上的相关内容，或观看 2013 年和 2014 年 12 月计算机科学与工程同举办的“编码一小时”(Hour of Code)课程)。尽管会编程在支持人们发挥创造力方面拥有巨大潜力，但我们应记住，编程语言仍将持续发展，以解决层出不穷的新问题，而语言原语总是万变不离其宗。如本文文章所论述，语言基础在本行业所使用的复杂性系统的设计与实现中发挥日益重要的作用。工业界亟需更多语言原理方面的人才，为客户提供可靠而高效的软件解决方案。

在过去，为应对复杂系统在设计方面实现的难题，很多重要语言原理应运而生。John McCarthy 在 1959 年启动了 Lisp 语言提出了垃圾回收机制，而该机制目前广泛应用于 Java 和 C# 等现代编程语言以及

语言基础在本行业所使用的复杂软件系统的设计与实现中发挥日益重要的作用。工业界亟需更多语言原理方面的人才，为客户提供可靠而高效的软件解决方案。

被广泛使用的编程语言奉为圭臬。*类编程语言按照表达式计算出的值来对其进行分类，*让编译器可以证明某类错误不存在，更高效地优化代码。Hoare 的新方法为如何确定程序的正确性提供了框架。*我们希望构建更加复杂的系统，要想以可预见的方式实现可靠的系统，能在更高层次表达编程人员意图的全新机制必不可少。随着新类型的系统不断问世，为了让更多人能对此类系统编程，就必须设计全新的编程语言。表达编程人

业和社会团体抽象的弱类型系统(如 C 语言)则会付出惨重代价。公司都已开发编程语言。例如，(http://golang.org) 以及 Microsoft 的 Sing# 语言 (http://singularity.codeplex.com/)。这些语言通过可为程序员提供更高安全保障的全新类型系统提高了编程水平。

领域专用语言 (DSL) 进一步提高了编程水平，通过限制表达能力实现了较通用语言更高层次的行为保证。SQL 数据库查询语言是一个经典例子，该语言基于关系代数，*支持复杂的查询优化。

DSL 仍将在行业中派上用场。Google 的 Map/Reduce 数据并行执行模型*推动了基于 SQL 的 DSL 的大量出现，其中包括 Yahoo 的 Pig



课程主要目标

- 介绍现有的语言特征
 - 含义、作用、对比

- 定义程序行为和语义的方法
 - 操作语义+类型论

- 分析和推理程序性质的方法
 - 程序分析和验证



课程要求

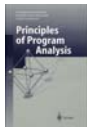
- 出勤 20%
- 小作业+大作业(团队)
- 阅读+翻译
- 笔试



参考书



- [Practical Foundations for Programming Languages \(2nd Edition\)](#) by *Robert Harper*. ([pdf](#)) Cambridge University Press, 2016.



- [Principles of Program Analysis \(2nd Edition\)](#) by *Flemming Nielson et al.* Springer, 2005.

- [Lecture notes on Static Program Analysis](#) by [Anders Møller](#) and [Michael I. Schwartzbach](#).

- 程序设计语言理论(第二版), 陈意云、张昱, 高等教育出版社, 2010.

