

21世纪高等学校规划教材 | 软件工程



软件设计和体系结构

秦 航 主编

王同喜 主审



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 软件



软件设计和体系结构

秦 航 主编

张 健 夏浩波 邱 林 徐杏芳 胡森森 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书全面系统地讲述软件设计和体系结构的相关思想、理论和方法,并提供了来自业界的最新研究内容和进展。全书共包含14章,第1章是软件工程和软件设计概述,第2章至第14章讲述软件模型和描述、软件体系结构建模和UML、软件设计过程、软件体系结构风格、面向对象的软件设计方法、面向数据流的软件设计方法、用户界面分析与设计、设计模式、Web服务体系结构、基于分布构件的体系结构、软件体系结构评估、软件设计的进化、云计算的体系结构。

本书条理清晰、语言流畅、通俗易懂,在内容组织上力求自然、合理、循序渐进,并提供了丰富的实例和实践要点,使读者更好地把握软件工程学科的特点,更容易理解所学的理论知识,掌握软件设计和体系结构的应用。

本书可作为高等学校的软件工程专业、计算机应用专业和相关专业的教材,并可作为其他各类软件工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

软件设计和体系结构/秦航主编.--北京:清华大学出版社,2014

21世纪高等学校规划教材·软件工程

ISBN 978-7-302-34696-8

I. ①软… II. ①秦… III. ①软件设计 ②软件—计算机体系结构 IV. ①TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第290904号

责任编辑:魏江江 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:白 蕾

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:22

字 数:567千字

版 次:2014年2月第1版

印 次:2014年2月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

产品编号:056070-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社

算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括：

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

计算机语言 C++ 的发明人 Bjarne Stroustrup 这样说道：“人类的文明运行于软件之上。”在过去的半个世纪里，软件已成为构建我们这个世界的深入渗透的人工产品。以前，软件工程师致力于如何操纵计算机，使其正常工作并正确地解决问题，当时软件的核心是数据的组织和算法的实现。如今，越来越多的底层工作，像内存管理、网络通信等，都已实现自动化了，或者可以用更少的代码来重用。这样，软件工程师就无须在机器代码中埋头苦干，而是使用高级编程语言、集成开发工具把更多的问题留给软件本身。随着软件的功能越来越强，使用越来越方便，规模和复杂程度越来越高，无论是大型的电信网络管理系统，还是大规模应用的互联网架构，以及企业级的 ERP 软件，构建软件系统比起以前更加困难。

解决这些复杂、困难问题的关键，正是软件设计和体系结构。

作为软件开发的核心活动之一，软件设计对开发出满足需求的高质量软件起关键作用。软件设计需要综合考虑软件系统的各种约束条件，并给出相应方案，因此，及早发现软件设计中存在的错误将极大地减少修复成本、维护成本。程序设计方法的快速发展和应用程序的大量部署，使现有计算机系统内部的代码构成差异很大。须知，应用软件市场竞争的加剧对更快的用户需求交付、更多的系统功能、更可靠的性能要求越来越高，于是就有了复用现有的系统代码、代码外包，以及采购商品化构件进行系统集成。在这种大环境下，很多软件工程师都不能很舒服地采用一种程序设计方法，从头开始，按照详细设计书进行开发，而是从阅读、维护或迁移各种已有的系统代码、外包代码进行程序设计。各种程序设计方法隐藏在不同来源的代码中，要理解、复用、改造这些代码，软件工程师应全面了解各种方法的优点和局限，因为不存在一种放之四海而皆准的程序设计方法，各种方法都有其长处和短处。例如，更抽象和高级的方法，在带来开发效率提高的同时，往往会导致执行效率的降低；更低级和离硬件近的方法，尽管可能学习时间短，但是适应面受到了限制。适合的才是最好的，软件工程师需要根据自己的情况，分析、选择适合的程序设计方法。

软件如同建筑，它的设计不能脱离实用价值。今天，“软件架构师”这个在软件领域负责软件设计、分析、处理来自不同涉众、不同关注点和需求关系的职位，已经被普遍认为是软件开发团队的核心。在软件工程方法中，需求和设计之间存在着一条很难逾越的鸿沟，从而很难有效地将需求转换为相应的设计，软件体系结构的出现，在软件需求与软件设计之间架起了一座“桥梁”，由此实现了软件系统的结构和需求向实现的平坦过渡。软件体系结构是软件架构师洞见系统内部结构、规律、原则、逻辑的过程。作为系统整体设计的刻画，软件体系结构包括全局组织与控制结构，构件间通信、同步、数据访问的协议，设计元素间的功能分配，物理分布，设计元素集成，伸缩性和性能，设计选择等。软件项目开发首先需要—个健壮、优雅、灵活、易维护的软件体系结构。正因为如此，软件体系结构讨论如何快速、可靠地复用构件构造系统的方式，着重于软件系统自身的整体结构和构件间的互联，主要包括软件体系结构的原理和风格、软件体系结构的描述和规约、特定领域的软件体系结构、基于软件体系结构的构件组装机制等。

全书由秦航任主编,第1、14章由秦航编写,第2章由包小军编写,第3、9章由夏浩波编写,第4、6章由邱林编写,第5、7、11章由张健编写,第8、10章由徐杏芳编写,第12、13章由胡森森编写,付盈参与了第5、9、13章的编写。全书由秦航负责统稿,由王同喜主审。借此机会,作者谨向为本书付出辛勤劳动和智慧的老师 and 同仁表示诚挚的谢意。

本书可作为高等院校“软件设计与体系结构”课程的教材或教学参考书,也可供有一定实际经验的软件工程人员和需要开发应用软件的广大计算机用户阅读参考。由于作者水平有限,书中不当与错误之处在所难免,敬请读者和专家提出宝贵的意见,以帮助本书不断地改进和完善。

编 者

2013年10月

目 录

第 1 章 软件工程和软件设计概述	1
1.1 软件	1
1.1.1 软件的本质	1
1.1.2 软件神话	6
1.2 软件工程	7
1.2.1 软件工程基础知识	7
1.2.2 软件过程和软件工程实践	9
1.2.3 网络环境带来的影响	11
1.3 软件设计	14
1.3.1 软件工程中的设计	14
1.3.2 设计过程和设计质量	15
1.3.3 软件设计原则	16
1.4 软件体系结构	20
1.4.1 什么是软件体系结构	20
1.4.2 软件体系结构的内容	25
1.4.3 设计阶段的软件体系结构	29
1.5 小结	33
1.6 思考题	33
第 2 章 软件模型和描述	34
2.1 什么是软件模型	34
2.2 软件模型的发展历程	35
2.3 软件模型解析	35
2.3.1 功能模型	36
2.3.2 对象模型	40
2.3.3 组件模型	42
2.3.4 配置型组件模型	46
2.3.5 服务模型	49
2.3.6 抽象模型	51
2.4 深入认识软件模型	55
2.4.1 软件体系结构的描述	55
2.4.2 软件体系结构的设计	58
2.5 体系结构描述语言	59

2.5.1	ADL 简介	59
2.5.2	几种典型 ADL 的比较	61
2.5.3	描述体系结构行为	62
2.6	小结	63
2.7	思考题	63
第 3 章	软件体系结构建模和 UML	64
3.1	软件体系结构建模概述	64
3.2	基于软件体系结构的开发	65
3.3	UML 概述	66
3.3.1	UML 的发展历程	66
3.3.2	UML 的特点和用途	67
3.3.3	UML 2.0 的建模机制	67
3.4	面向对象方法	67
3.4.1	面向对象方法中的基本概念	68
3.4.2	面向对象方法的优势	70
3.5	UML 2.0 中的结构建模	70
3.5.1	类图	71
3.5.2	对象图	74
3.5.3	构件图	74
3.5.4	部署图	75
3.6	UML 2.0 中的行为建模	75
3.6.1	用例图	76
3.6.2	顺序图	77
3.6.3	通信图	78
3.6.4	交互概览图	78
3.6.5	时序图	79
3.6.6	状态图	79
3.6.7	活动图	80
3.7	小结	80
3.8	思考题	81
第 4 章	软件设计过程	82
4.1	软件设计基础	82
4.2	软件体系结构设计	86
4.3	高可信软件设计	90
4.3.1	可信软件的特点	90
4.3.2	容错设计	90
4.3.3	软件失效模式和影响分析	91
4.3.4	软件故障树分析	92

4.3.5	形式化方法	93
4.3.6	净室方法	93
4.4	软件设计规格说明	94
4.5	软件设计评审	94
4.6	小结	95
4.7	思考题	95
第 5 章	软件体系结构风格	96
5.1	软件体系结构风格概述	96
5.2	软件体系结构基本风格解析	97
5.2.1	管道-过滤器	97
5.2.2	数据抽象和面向对象风格	100
5.2.3	基于事件的隐式调用风格	100
5.2.4	分层系统风格	101
5.2.5	仓库风格和黑板风格	103
5.2.6	模型-视图-控制器风格	106
5.2.7	解释器风格	107
5.2.8	C2 风格	108
5.3	案例分析	109
5.3.1	案例 1: 上下文关键字	109
5.3.2	案例 2: 仪器软件	112
5.4	C/S 风格	115
5.5	三层 C/S 结构风格	117
5.5.1	三层 C/S 结构的优点	119
5.5.2	案例: 某石油管理局劳动管理信息系统	120
5.6	B/S 风格	123
5.7	C/S 与 B/S 混合结构风格	124
5.8	正交软件体系结构风格	125
5.8.1	正交软件体系结构的概念	125
5.8.2	正交软件体系结构的优点	126
5.8.3	正交软件体系结构的实例	126
5.9	异构结构风格	129
5.9.1	使用异构结构的原因	129
5.9.2	异构体系结构的实例	130
5.9.3	异构组合匹配问题	133
5.10	小结	134
5.11	思考题	134
第 6 章	面向对象的软件设计方法	135
6.1	面向对象方法概述	135

6.2	面向对象的分析与设计	136
6.2.1	面向对象的系统开发过程概述	136
6.2.2	面向对象分析	137
6.2.3	面向对象设计	137
6.3	面向对象的分析与设计过程案例：图书管理系统	146
6.3.1	用例分析与设计	146
6.3.2	静态建模	150
6.3.3	系统设计	151
6.3.4	对象设计	152
6.3.5	部署模型设计	153
6.4	小结	153
6.5	思考题	154
第7章	面向数据流的软件设计方法	155
7.1	数据流图与数据字典	155
7.1.1	数据流图	155
7.1.2	数据字典	162
7.2	实体-关系图	163
7.3	状态迁移图	164
7.4	案例分析：教材购销系统	166
7.4.1	数据流图的建立	166
7.4.2	数据字典的建立	168
7.5	面向数据流的需求分析方法	172
7.5.1	自顶向下逐层分解	174
7.5.2	描述方式	175
7.5.3	步骤	175
7.6	面向数据流的设计方法	175
7.6.1	信息流的类型	175
7.6.2	变换分析	177
7.6.3	事务分析	181
7.6.4	启发式设计策略	182
7.6.5	设计优化	183
7.7	小结	184
7.8	思考题	184
第8章	用户界面分析与设计	186
8.1	人性因素	186
8.2	设计良好界面的主要途径	187
8.2.1	分析用户类型	187
8.2.2	运用黄金规则	188

8.3	用户界面分析	189
8.3.1	用户分析	189
8.3.2	任务分析和建模	189
8.3.3	内容展示分析	190
8.3.4	工作环境分析	190
8.4	用户界面设计	190
8.4.1	设计过程	190
8.4.2	界面对象、动作和布局的定义	192
8.4.3	设计用户界面需考虑的问题	193
8.5	用户界面原型	194
8.5.1	设计用户界面原型需考虑的问题	194
8.5.2	实施用户界面原型	196
8.5.3	获得有关用户界面原型的反馈	197
8.5.4	如何展示原型	198
8.6	界面设计的评估	198
8.7	小结	199
8.8	思考题	199
第9章	设计模式	200
9.1	设计模式与体系结构描述	200
9.2	设计模式的主要作用	202
9.3	常用设计模式解析	202
9.3.1	创建型设计模式	202
9.3.2	结构型设计模式	206
9.3.3	行为型设计模式	215
9.4	深入认识设计模式	221
9.5	小结	223
9.6	思考题	223
第10章	Web 服务体系结构	224
10.1	Web 服务概述	224
10.2	Web 服务体系结构模型	226
10.3	Web 服务的核心技术	227
10.4	面向服务软件体系结构	234
10.5	Web 服务的应用实例	237
10.5.1	Web 服务的创建	237
10.5.2	Web 服务的发布	238
10.5.3	Web 服务的调用	238
10.6	小结	238
10.7	思考题	239

第 11 章 基于分布构件的体系结构	240
11.1 EJB 分布构件框架	240
11.1.1 EJB 技术	240
11.1.2 EJB 的规范介绍	242
11.1.3 EJB 的体系结构	243
11.2 DCOM 分布构件框架	247
11.2.1 DCOM 的使用	247
11.2.2 DCOM 的特点	248
11.2.3 DCOM 的灵活配置与扩展机制	250
11.2.4 在应用间共享连接管理	252
11.2.5 DCOM 的安全性设置	254
11.3 COBRA 分布构件框架	258
11.3.1 COBRA 的基本原理	258
11.3.2 CORBA 的体系结构	261
11.3.3 CORBA 规范	265
11.3.4 CORBA 产品概述	266
11.3.5 讨论	269
11.4 小结	270
11.5 思考题	270
第 12 章 软件体系结构评估	271
12.1 软件体系结构评估的定义	271
12.1.1 质量属性	271
12.1.2 评估的必要性	274
12.1.3 基于场景的评估方法	275
12.2 SAAM 体系结构分析方法	276
12.2.1 SAAM 的一般步骤	277
12.2.2 场景的形成	278
12.2.3 描述软件体系结构	278
12.2.4 场景的分类和优先级划分	278
12.2.5 间接场景的单独评估	279
12.2.6 评估场景交互	279
12.2.7 形成总体评估	280
12.3 ATAM 体系结构权衡分析方法	280
12.3.1 ATAM 参与人员	280
12.3.2 ATAM 结果	281
12.3.3 ATAM 的一般过程	282
12.3.4 ATAM 评估阶段	284
12.4 评估方法比较	285

12.4.1	场景的生成方式不同	285
12.4.2	风险承担者商业动机的表述方式不同	285
12.4.3	软件体系结构的描述方式不同	286
12.5	小结	286
12.6	思考题	287
第 13 章	软件设计的进化	288
13.1	软件演化概述	288
13.2	软件需求演化	290
13.3	软件演化的分类	291
13.4	软件的进化策略	292
13.4.1	函数层次	292
13.4.2	类层次	292
13.4.3	构件层次	292
13.4.4	体系结构层次	293
13.5	软件再工程	293
13.5.1	业务过程重构	294
13.5.2	软件再工程的过程模型	296
13.5.3	软件再工程中的经济因素	297
13.6	软件体系结构的演化	298
13.6.1	软件体系结构模型	298
13.6.2	动态软件体系结构	298
13.6.3	软件体系结构的重建	299
13.7	重构	300
13.7.1	重构的目标	300
13.7.2	如何重构	301
13.8	软件移植	302
13.8.1	源代码移植	303
13.8.2	二进制移植方法	303
13.9	小结	304
13.10	思考题	305
第 14 章	云计算的体系结构	306
14.1	云计算	306
14.1.1	云计算的定义和技术特点	307
14.1.2	云计算的分类	311
14.1.3	云计算与网格计算	313
14.2	云计算服务模型	314
14.2.1	云设计目标	314
14.2.2	基础设施层 IaaS	315

14.2.3	平台层 PaaS 和应用程序层 SaaS	319
14.3	云计算主要平台	323
14.3.1	谷歌应用引擎	323
14.3.2	亚马逊的弹性计算云	328
14.3.3	IBM 的蓝云系统	329
14.3.4	微软的 Azure	330
14.3.5	我国云计算产业的发展	331
14.4	新兴云软件环境	332
14.4.1	开源云计算基础设施	332
14.4.2	Eucalyptus	332
14.4.3	Nimbus	333
14.4.4	RESERVOIR	334
14.5	云计算的机遇与挑战	335
14.6	小结	336
14.7	思考题	336
	参考文献	337

第1章

软件工程和软件设计概述

三十辐共一毂，当其无，有车之用。埴埴以为器，当其无，有器之用。凿户牖以为室，当其无，有室之用。故有之以为利，无之以为用。

——老子《道德经》

现在，软件已经成为计算机系统、产品中的关键部分，并且成为世界舞台上最重要的技术之一。

在过去的半个世纪里，软件已经从解决问题、分析信息的专用工具，发展成为独立的产业。但是，随着软件的功能越强、使用越方便、规模和复杂程度越高，如何在有限的时间内以有限的资金开发高质量的软件，成为我们面临的难题。软件系统的发展，关键在于软件设计和体系结构的发展，它们是软件工程、软件开发过程的重要组成部分。软件工程强调用工程化的方法开发软件，软件设计对开发高质量的软件起到关键作用。作为软件工程的一个蓬勃发展的领域，作为在软件设计过程中控制软件的复杂性，支持软件开发、复用的重要手段，软件体系结构自提出以来就不断受到软件工程师的普遍关注。

本章共分4个部分，1.1节介绍软件，1.2节介绍软件工程，1.3节介绍软件设计，1.4节介绍软件体系结构。

1.1 软件

1.1.1 软件的本质

计算机软件是由专业人员开发并长期维护的软件产品。

完整的软件产品包括可以在不同规模和体系结构的计算机上运行的程序，在程序运行过程中产生的各种结果、各种描述信息，这些信息能以硬拷贝或者电子媒介的形式存在。作为产品生产的载体，软件提供了计算机控制(操作系统)、信息通信(网络)、应用程序开发和控制(软件工具和环境)的基础平台。

软件科学成为今天商业、科学、工程必需的技术，促进了新科技的创新和发展。软件技术已经成为个人计算机革命的推动力量，消费者能够很容易地购买、下载、安装合适的软件产品。随着产品逐渐演化为服务，软件公司按需应变，可以比传统工业时代的公司更大、更有影响力。在大量应用软件的驱动下，互联网迅速发展，并将对人们生活的诸多方面(从图书文献搜索、消费购物到政治演说，甚至年轻人的交友习惯)引起革命性的变化。

现在，一个庞大的软件产业已经成为工业经济中的主导因素。作为新兴产业，软件从无到

