



系统架构设计师

DESIGNER: 王川林

系统架构设计案例分析



课程内容

- ◆ 考点分析
- ◆ 如何解答试题
- ◆ 试题解答实例

系统架构设计案例分析



心态
技巧
理论

系统规划
软件架构设计
设计模式
系统设计
系统建模
分布式系统设计
嵌入式系统设计
系统的可靠性分析与设计
系统的安全性和保密性设计



- ▶ 具有一定的系统架构设计实践经验，有较好的分析问题和解决问题的能力
- ▶ 对于有关系统架构设计方面，有广泛而坚实的知识或见解
- ▶ 对应用的背景、事实和因果关系等有较强的理解能力和归纳能力
- ▶ 对于一些可以简单定量分析的问题已有类似经验并能进行估算，对于只能定性分析问题能用简练的语言抓住要点加以表达
- ▶ 善于从一段书面叙述中提取出最必要的信息，有时还需要舍弃一些无用的叙述或似是而非的内容

- ▶ 标出问题要点，以此作为主要线索进行分析和思考
- ▶ 对照问题要点仔细阅读正文
- ▶ 通过定性分析或者定量估算，构思答案的要点
- ▶ 以最简练的语言写出答案
- ➡ 列条目回答问题，把自己认为对的都写上（主观性质题，只记正分，不记负分）
- ➡ 分析问题的倾向性，顺势答题。

【题目】

某文化产业集团委托软件公司开发一套文化用品商城系统，业务涉及文化用品销售、定制、竞拍和点评等板块，以提升商城的信息化建设水平。该软件公司组织项目组完成了需求调研，现已进入到系统架构设计阶段。考虑到系统需求对架构设计决策的影响，项目组先列出了可能影响系统架构设计的部分需求如下：

- (a) 用户界面支持用户的个性化定制；
- (b) 系统需要支持当前主流的标准和服务，特别是通信协议和平台接口；
- (c) 用户操作的响应时间应不大于 3 秒，竞拍板块不大于 1 秒；
- (d) 系统具有故障诊断和快速恢复能力；
- (e) 用户密码需要加密传输；
- (f) 系统需要支持不低于 2G 的数据缓存；
- (g) 用户操作停滞时间超过一定时限需要重新登录验证；
- (h) 系统支持用户选择汉语、英语或法语三种语言之一进行操作。

项目组提出了两种系统架构设计方案：瘦客户端 C/S 架构和胖客户端 C/S 架构，经过对上述需求逐条分析和讨论，最终决定采用瘦客户端 C/S 架构进行设计。

【问题 1】(8 分)

在系统架构设计中，决定系统架构设计的非功能性需求主要有四类：操作性需求、性能需求、安全性需求和文化需求。请简要说明四类需求的含义。

解析：统性能需求(Performance Requirements)：指响应时间、吞吐量、准确性、有效性、资源利用率等与系统完成任务效率相关的指标。可靠性、可用性等指标可归为此类。

安全性需求(Security Requirements)：系统向合法用户提供服务并阻止非授权用户使用服务方面的系统需求。

操作性需求(Operational Requirements)：与用户操作使用系统相关的一些需求。

文化需求(Cultural Requirements)：带有文化背景因素的系统需求。

【问题 2】(8 分)

根据表 1-1 的分类，将题干所给出的系统需求(a)~(h)分别填入(1)~(4)。

表 1-1 需求分类

需求类别	系统需求
操作性需求	(1)
性能需求	(2)
安全性需求	(3)
文化需求	(4)

解析：

(1): (a)、(b)

(2): (c)、(d)、(f)

(3): (e)、(g)

(4): (h)

【问题 3】(9 分)

请说明瘦客户端 C/S 架构能够满足题干中给出的哪些系统需求(只需要回答出三个系统需求)。

解析:

【问题 3 解析】

1、问题问的是哪些需求瘦客户端 C/S 能满足。这似乎是个伪命题, 如果要做, 这些需求都应该能满足啊。

2、那么退而求其次, 只能理解为哪些需求使用瘦客户端比胖客户端更合适(因为题目是在胖与瘦之间做的选择)。此时, 好像也很难做出准确的判断。

(a)无论胖还是瘦, 要做到用户界面的个性化应该都没有问题, 而且难说哪种更强。毕

竟瘦的只是把业务逻辑从客户端放到了服务器上。(b)胖和瘦无明显差异。(c)胖客户端, 在客户端的运算能力强一些。瘦客户端可以在服务端用集群做支持。谁更强一点? (d)瘦客户端将业务逻辑迁移到应用服务器上, 所以有故障只要修复服务器上的内容, 而胖客户端要更新所有客户端, 工作量大, 所以此情况下瘦客户端有优势。(e)胖客户端的后端是数据库, 没有业务逻辑, 此时要做加密传输没有基础, 但瘦客户端可以做到。(f)胖客户端做到 2G 数据缓存很容易, 而瘦客户端不现实。(g)瘦客户端与胖客户端均可做到。(h)瘦客户端与胖客户端均可做到。



【题目】

某软件企业受该省教育部门委托建设高校数字化教育教学资源共享平台，实现以众筹众创的方式组织省内普通高校联合开展教育教学资源内容建设，实现全省优质教学资源整合和共享。该资源共享平台的主要功能模块包括：

- (1) 统一身份认证模块，提供统一的认证入口，为平台其他核心业务模块提供用户管理、身份认证、权限分级和单点登录等功能；
- (2) 共享资源管理模块：提供教学资源申报流程服务，包括了资源申报、分类定制、资料上传、资源审核和资源发布等功能；
- (3) 共享资源展示模块：提供教育教学共享资源的展示服务，包括资源导航、视频点播、资源检索、分类展示、资源评价和推荐等功能；
- (4) 资源元模型管理模块：依据资源类型提供共享资源的描述属性、内容属性和展示属性，包括共享资源统一标准和规范、资源加工和在线编辑工具、数字水印和模板定制等功能；
- (5) 系统综合管理模块：提供系统管理和维护服务，包括系统配置、数据备份恢复、资源导入导出和统计分析等功能。

项目组经过分析和讨论，决定采用基于 JavaEE 的 MVC 模式设计资源共享平台的软件架构，

如图 2-1 所示

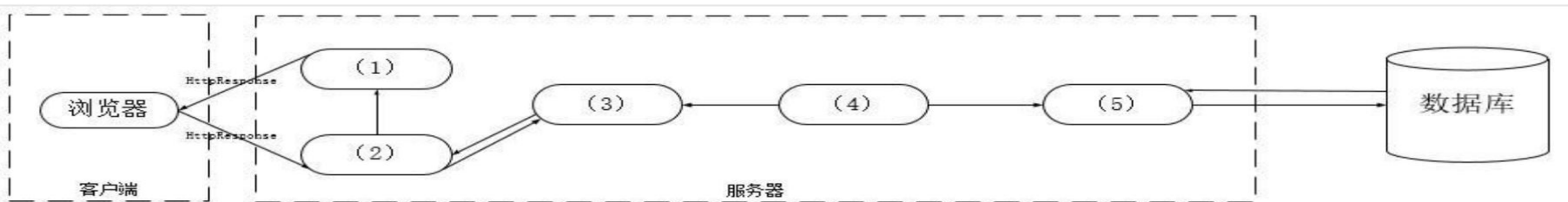


图 2-1 资源共享平台软件架构

【题目】(9 分)

MVC 架构中包含哪三种元素，它们的作用分别是什么？请根据图 2-1 所示架构将 JavaEE 中 JSP、Servlet、Service、JavaBean、DAO 五种构件分别填入空(1)~(5)所示位置。

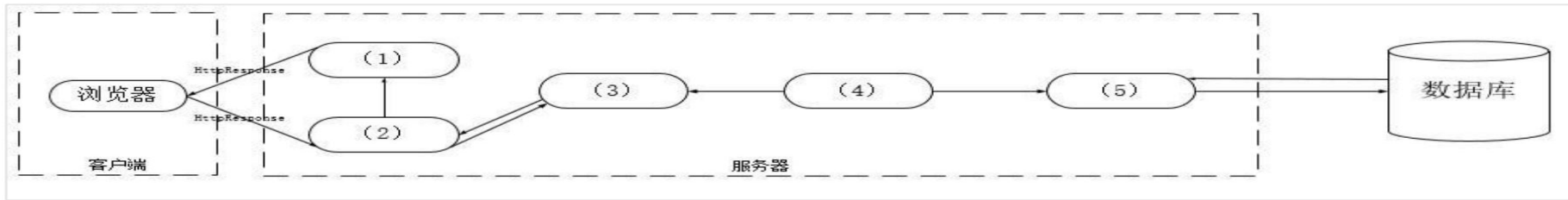


图 2-1 资源共享平台软件架构

【解析】第一小问：MVC 架构包含：视图、控制器、模型视图（View）：视图是用户看到并与之交互的界面。视图向用户显示相关的数据，并能接收用户的输入数据，但是它并不进行任何实际的业务处理。控制器（Controller）：控制器接受用户的输入并调用模型和视图去完成用户的需求。该部分是用户界面与 Model 的接口。一方面它解释来自于视图的输入，将其解释成为系统能够理解的对象，同时它也识别用户动作，并将其解释为对模型特定方法的调用；另一方面，它处理来自于模型的事件和模型逻辑执行的结果，调用适当的视图为用户提供反馈。模型（Model）：模型是应用程序的主体部分。模型表示业务数据和业务逻辑。一个模型能为多个视图提供数据。

第二小问：与浏览器紧邻的是 JSP、Servlet；Servlet 再与后台交互；Service 与 DAO 交互；DAO 与数据库紧邻。所以，(1)~(5)分别为：JSP、Servlet、Service、JavaBean、DAO。

【问题 2】(6 分)

项目组架构师王工提出在图 2-1 所示架构设计中加入 EJB 构件，采用企业级 JavaEE 架构开发资源共享平台。请说明 EJB 构件中的 Bean(构件)分为哪三种类型，每种类型 Bean 的职责是什么？

【问题 2 解析】

EJB 中的 Bean 分三种类型：Session Bean(会话 Bean)、Entity Bean(实体 Bean) 和 Message-Driven Bean(消息驱动 Bean)。

Session Bean 的职责是：维护一个短暂的会话。

Entity Bean 的职责是：维护一行持久稳固的数据。

Message-Driven Bean 的职责是：异步接受消息。



【问题 3】(10 分)

如果采用王工提出的企业级 JavaEE 架构，请说明下列(a)-(e)所给出的业务功能构件中，有状态和无状态构件分别包括哪些。

- (a) IdentificationBean(身份认证构件)
- (b) ResPublishBean(资源发布构件)
- (c) ResRetrievalBean(资源检索构件)
- (d) OnlineEditBean(在线编辑构件)
- (e) StatisticsBean(统计分析构件)

【问题 3 解析】

有状态：(a)、(b)、(d)

无状态：(c)、(e)

扩展：无状态的 Bean 适合用不变模式，技术就是单例模式，这样可以共享实例，提高性能。有状态的 Bean，多线程环境下不安全，那么适合用 Prototype 原型模式。

【题目】

某公司欲建设一个房屋租赁服务系统，统一管理房主和租赁者的信息，提供快捷的租赁服务。

本系统的主要功能描述如下：

1. 登记房主信息。记录房主的姓名、住址、身份证号和联系电话等信息，并写入房主信息文件。
2. 登记房屋信息。记录房屋的地址、房屋类型(如平房、带阳台的楼房、独立式住宅等)、楼层、租金及房屋状态(待租赁、已出租)等信息，并写入房屋信息文件。一名房主可以在系统中登记多套待租赁的房屋。
3. 登记租赁者信息。记录租赁者的个人信息，包括：姓名、性别、住址、身份证号和电话号码等，并写入租赁者信息文件。
4. 安排看房。已经登记在系统中的租赁者，可以从待租赁房屋列表中查询待租赁房屋信息。租赁者可以提出看房请求，系统安排租赁者看房。对于每次看房，系统会生成一条看房记录并将其写入看房记录文件中。
5. 收取手续费。房主登记完房屋后，系统会生成一份费用单，房主根据费用单交纳相应的费用。
6. 变更房屋状态。当租赁者与房主达成租房或退房协议后，房主向系统提交变更房屋状态的请求。系统将根据房主的请求，修改房屋信息文件。



【问题 1】(12 分)

若采用结构化方法对房屋租赁服务系统进行分析，得到如图 2-1 所示的顶层 DFD。使用题干中给出的词语，给出图 2-1 中外部实体 E1~E2、加工 P1~P6 以及数据存储 D1~D4 的名称。

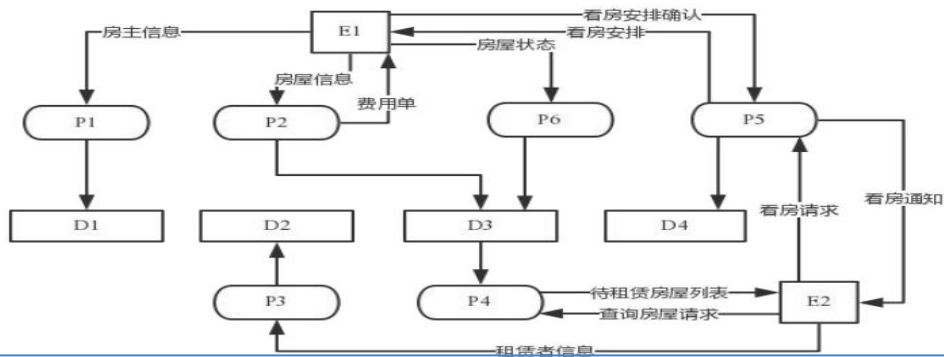


图 2-1 房屋租赁服务系统顶层 DFD

【问题 1 解析】

E1: 房主 E2: 租赁者

P1: 登记房主信息 P2: 登记房屋信息 P3: 登记租赁者信息

P4: 查询待租赁房屋信息 P5: 安排看房 P6: 变更房屋状态

D1: 房主信息文件 D2: 租赁者信息文件 D3: 房屋信息文件 D4: 看房记录文件

【问题 2】(5 分)

若采用信息工程(Information Engineering)方法对房屋租赁服务系统进行分析, 得到如图 2-2 所示的 ERD。请给出图 2-2 中实体(1)~(5)的名称。

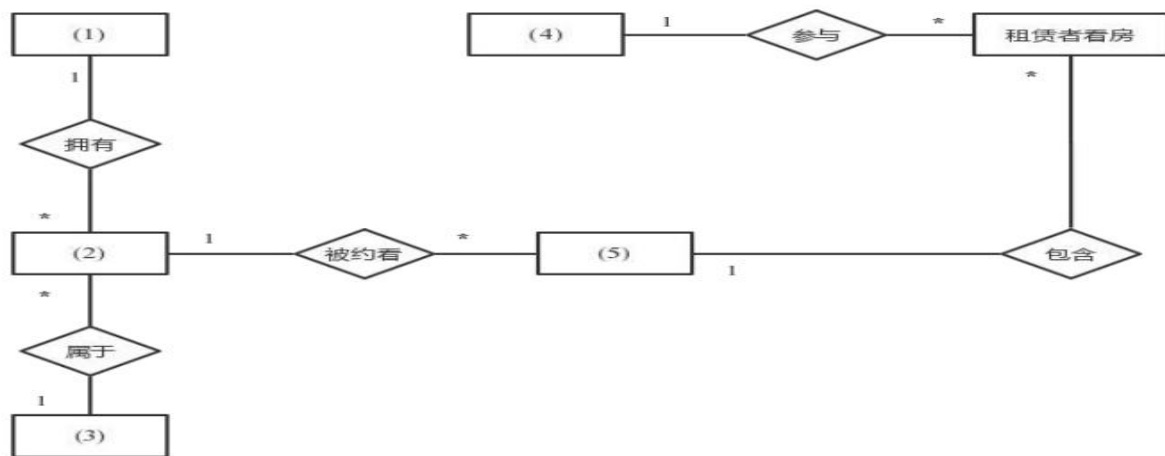


图 2-2 房屋租赁服务系统 ERD

答案:

(1): 房主 (2): 房屋 (3): 房屋信息文件 (4): 租赁者 (5): 看房记录文件

【问题 3】(8 分)

- (1)信息工程方法中的“实体(entity)”与面向对象方法中的“类(class)”之间有哪些不同之处?
- (2)在面向对象方法中通常采用用例(Use Case)来捕获系统的功能需求。用例可以按照不同的层次来进行划分, 其中的 Essential Use Cases 和 Real Use Cases 有哪些区别?

【问题 3 解析】

- (1): 实体用于数据建模, 而类用于面向对象建模。实体只有属性, 而类有属性和操作。
- (2): Essential Use Cases(抽象用例), Real Use Cases(基础用例), 这两者的区别为: 基础用例是实实在在与用户需求有对应关系的用例, 是从用户需求获取的渠道得到的, 而抽象用例是从基础用例中抽取的用例的公共部分, 是为了避免重复工作, 优化结构而提出的用例。

【题目】

某软件公司计划开发一套教学管理系统，用于为高校提供教学管理服务。该教学管理系统基本的需求包括：

- (1)系统用户必须成功登录到系统后才能使用系统的各项功能服务；
- (2)管理员(Registrar)使用该系统管理学校(University)、系(Department)、教师(Lecturer)、学生(Student)和课程(Course)等教学基础信息；
- (3)学生使用系统选择并注册课程，必须通过所选课程的考试才能获得学分；如果考试不及格，必须参加补考，通过后才能获得课程学分；
- (4)教师使用该系统选择所要教的课程，并从系统获得选择该课程的学生名单；
- (5)管理员使用系统生成课程课表，维护系统所需的有关课程、学生和教师的信息；
- (6)每个月到了月底系统会通过打印机打印学生的考勤信息。

项目组经过分析和讨论，决定采用面向对象开发技术对系统各项需求建模。

【问题 1】(7 分)

用例建模用来描述待开发系统的功能需求，主要元素是用例和参与者。请根据题目所述需求，说明教学服务系统中有哪些参与者。

【问题 1 解析】

参与者是指系统以外的，需要使用系统或与系统交互的事物，包括：人或组织、设备、外部系统等。在本题中，较为容易识别的参与者包括：学生、教师、管理员，比较隐晦的参与者包括：时间、打印机。



【问题 2】(7 分)

用例是对系统行为的动态描述，用例获取是需求分析阶段的主要任务之一。请指出在面向对象系统建模中，用例之间的关系有哪几种类型？对题目所述教学服务系统的需求建模时，“登录系统”用例与“注册课程”用例之间、“参加考试”用例与“参加补考”用例之间的关系分别属于哪种类型？

【问题 2 解析】

用例之间的关系包括：包含、扩展、泛化。

“登录系统”用例与“注册课程”用例之间的关系为：包含关系。

“参加考试”用例与“参加补考”用例之间的关系为：扩展关系。

【问题 3】(11 分)

类图主要用来描述系统的静态结构，是组件图和配置图的基础。请指出在面向对象系统建模中，类之间的关系有哪几种类型？对题目所述教学服务系统的需求建模时，类 University 与类 Student 之间、类 University 和类 Department 之间、类 Student 和类 Course 之间的关系分别属于哪种类型？

答案：

类之间的关系包括：关联、聚合、组合、依赖、泛化、实现(可写可不写，因为实现是接口与类之间的关系，而接口是一种特殊的类)

类 University 与类 Student 之间的关系是：聚合关系(整体与部分的关系，整体与部分可以分开，生命周期不同，因为 Student 不仅在高校，也可以在小学等)。

类 University 与类 Department 之间的关系是：组合关系(也是整体与部分的关系，但是整体与部分不可以分开，生命周期相同，题目中的系一般只有高校才有)。

类 Student 与类 Course 之间的关系是：关联关系。



【题目】

某制造企业为拓展网上销售业务，委托某软件企业开发一套电子商务网站。初期仅解决基本的网上销售、订单等功能需求。该软件企业很快决定基于.NET 平台和 SQLServer 数据库进行开发，但在数据库访问方式上出现了争议。王工认为应该采用程序在线访问的方式访问数据库：而李工认为本企业内部程序员缺乏数据库开发经验，而且应用简单，应该采用ORM(对象关系映射)方式。最终经过综合考虑，该软件企业采用了李工的建议。随着业务的发展，该电子商务网站逐渐发展成一个通用的电子商务平台，销售多家制造企业的产品，电子商务平台的功能也日益复杂。目前急需对该电子商务网站进行改造，以支持对多种异构数据库平台的数据访问，同时满足复杂的数据管理需求。该软件企业针对上述需求，对电子商务网站的架构进行了重新设计，新增加了数据访问层，同时采用工厂设计模式解决异构数据库访问的问题。新设计的系统架构如图 4-1 所示。



图 4-1

【问题 1】(9 分)

请用 300 字以内的文字分别说明数据库程序在线访问方式和 ORM 方式的优缺点，说明该软件企业采用 ORM 的原因。

【问题 1 解析】

ORM，即 Object-Relationl Mapping，它在关系型数据库和对象之间作一个映射，这样，我们在具体的操作数据库的时候，就不需要再去和复杂的 SQL 语句打交道，只要像平时操作对象一样操作即可。

数据库程序在线访问方式优点：1、性能比 ORM 好2、可以处理复杂查询语句

数据库程序在线访问方式缺点：1、要求程序员懂 SQL 语句2、修改与维护相对困难

ORM 优点：1、使用 ORM 可以大大降低学习和开发成本。2、程序员不用再写 SQL 来进行数据库操作。3、减少程序的代码量。4、降低由于 SQL 代码质量差而带来的影响。

ORM 缺点：1、不太容易处理复杂查询语句。2、性能较直接用 SQL 差。

本题中的场景之所以选择 ORM，主要考虑的是程序缺数据库开发经验，这样 SQL 语句质量有很大风险。同时学习成本很高。此外应用简单，不也担心 ORM 对性能的影响。



【问题 2】(9 分)

请用 100 字以内的文字说明新体系架构中增加数据访问层的原因。请根据图 4-1 所示，填写图中空白处(1)-(3)。

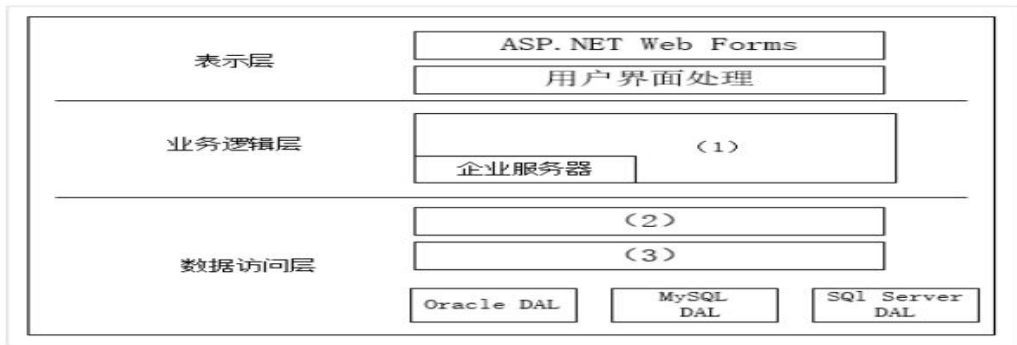


图 4-1

【问题 2 解析】

增加数据访问层的原因：

由于涉及到多种异构数据库平台，数据访问复杂性增加，不宜与业务逻辑混合在一起（题目中粗体标出）。

数据管理变复杂之后，需要使用的代码量增加，分单独层次有利于让逻辑更清晰。

业务逻辑应以相同的方式应对异构的数据库，此时需要单独的数据访问层屏蔽差异性。

(1)-(3)空白处分别问：(1)执行业务逻辑、(2)工厂层、(3)数据访问接口层。

【问题 3】(7 分)

应用程序设计中，数据库访问需要良好的封装性和可维护性，因此经常使用工厂设计模式来实现对数据库访问的封装。请解释工厂设计模式，并说明其优点和应用场景：请解释说明工厂模式在数据访问层中的应用。

答案：工厂模式分抽象工厂与工厂方法，题目中的场景适合采用抽象工厂设计模式。抽象工厂设计模式提供一个接口，可以创建一系列相关或相互依赖的对象，而无需指定它们具体的类。其优点是可以非常方便的创建一系列的对象，其使用场景也是创建系列对象的情况。在本题中，可以针对 Oracle、MySQL、SQLServer 分别建立抽象工厂，若指定当前工厂为 Oracle 工厂，则创建出来的数据库连接，数据集等一系列的对象都是符合 Oracle 操作要求的。这样便于数据库之间的切换。

【题目】

某单位为了建设健全的公路桥梁养护管理档案，拟开发一套公路桥梁在线管理系统。在系统的需求分析与架构设计阶段，用户提出的需求、质量属性描述和架构特性如下：

- (a)系统用户分为高级管理员、数据管理员和数据维护员等三类；
- (b)系统应该具备完善的安全防护措施，能够对黑客的攻击行为进行检测与防御；
- (c)正常负载情况下，系统必须在 0.5 秒内对用户的查询请求进行响应；
- (d)对查询请求处理时间的要求将影响系统的数据传输协议和处理过程的设计；
- (e)系统的用户名不能为中文，要求必须以字母开头，长度不少于 5 个字符；
- (f)更改系统加密的级别将对安全性和性能产生影响；
- (g)网络失效后，系统需要在 10 秒内发现错误并启用备用系统；
- (h)查询过程中涉及到的桥梁与公路的实时状态视频传输必须保证画面具有 1024*768 的分辨率，40 帧/秒的速率；
- (i)在系统升级时，必须保证在 10 人月内可添加一个新的消息处理中间件；
- (j)系统主站点断电后，必须在 3 秒内将请求重定向到备用站点；
- (k)如果每秒钟用户查询请求的数量是 10 个，处理单个请求的时间为 30 毫秒，则系统应保证在 1 秒内完成用户的查询请求；
- (l)对桥梁信息数据库的所有操作都必须进行完整记录；
- (m)更改系统的 Web 界面接口必须在 4 人周内完成；
- (n)如果“养护报告生成”业务逻辑的描述尚未达成共识，可能导致部分业务功能模块规则的矛盾，影响系统的可修改性；
- (o)系统必须提供远程调试接口，并支持系统的远程调试。

在对系统需求，质量属性描述和架构特性进行分析的基础上，系统的架构师给出了三个候选的架构设计方案，公司目前正在组织系统开发的相关人员对系统架构进行评估。



【问题 1】(12 分)

在架构评估过程中，质量属性效用树(utilitytree)是对系统质量属性进行识别和优先级排序的重要工具。请给出合适的质量属性，填入图 1-1 中(1)、(2)空白处；并选择题干描述的(a)~(o)，填入(3)~(6)空白处，完成该系统的效用树。

【问题 1 解析】质量属性效用包括：性能、安全性、可用性、可修改性。

(1)~(2)空白处分别为安全性、可修改性。

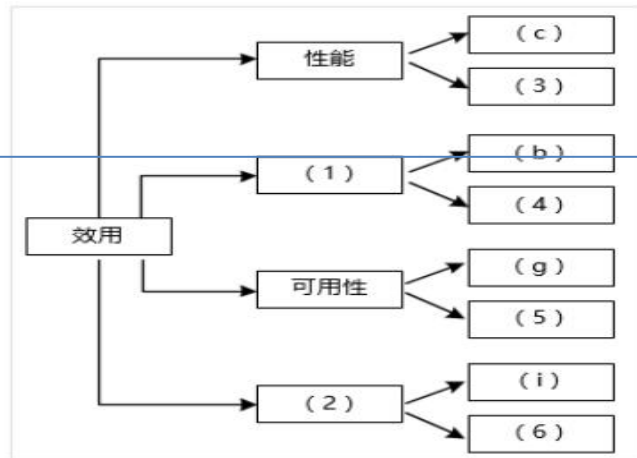
(3)~(6)空白处分别为：

(3)—(h)—性能：查询过程中涉及到的桥梁与公路的实时状态视频传输必须保证画面具有 1024*768 的分辨率，40 帧/秒的速率。

(4)—(l)—安全性：对桥梁信息数据库的所有操作都必须进行完整记录。

(5)—(j)—可用性：系统主站点断电后，必须在 3 秒内将请求重定向到备用站点。

(6)—(m)—可修改性：更改系统的 Web 界面接口必须在 4 人周内完成。



【问题 2】(13 分)

在架构评估过程中，需要正确识别系统的架构风险、敏感点和权衡点，并进行合理的架构决策。请用 300 字以内的文字给出系统架构风险、敏感点和权衡点的定义，并从题干(a)~(o)中分别选出 1 个对系统架构风险、敏感点和权衡点最为恰当的描述。

【问题 2 解析】

系统架构风险：架构设计中潜在的、存在问题的架构决策所带来的隐患(n)。

系统架构敏感点：为了实现某种特定的质量属性，一个或多个构件所具有的特性(d)。

系统架构权衡点：影响多个质量属性的特性，是多个质量属性的敏感点(f：安全性和性能)。

【题目】

某宇航公司长期从事宇航装备的研制工作，嵌入式系统的可靠性分析与设计已成为该公司产品研制中的核心工作，随着宇航装备的综合化技术发展，嵌入式软件规模发生了巨大变化，代码规模已从原来的几十万扩展到上百万，从而带来了由于软件失效而引起系统可靠性降低的隐患。公司领导非常重视软件可靠性工作，决定抽调王工程师等 5 人组建可靠性研究团队，专门研究提高本公司宇航装备的系统可靠性和软件可靠性问题，并要求在三个月内，给出本公司在系统和软件设计方面如何考虑可靠性设计的方法和规范。可靠性研究团队很快拿出了系统及硬件的可靠性提高方案，但对于软件可靠性问题始终没有研究出一种普遍认同的方法。

【问题 1】(共 9 分)

请用 200 字以内文字说明系统可靠性的定义及包含的 4 个子特性，并简要指出提高系统可靠性一般采用哪些技术？

【问题 1 解析】

可靠性(Reliability)是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。

子特性：成熟性，容错性，易恢复性，可靠性的依从性。

提高可靠性的技术：

- (1) N 版本程序设计
- (2) 恢复块方法
- (3) 防卫式程序设计
- (4) 双机热备或集群系统
- (5) 冗余设计

【问题 2】(共 8 分)

王工带领的可靠性研究团队之所以没能快速取得软件可靠性问题的技术突破，其核心原因是他们没有搞懂高可靠性软件应具备的特点。软件可靠性一般致力于系统性地减少和消除对软件程序性能有不利影响的系统故障。除非被修改，否则软件系统不会随着时间的推移而发生退化。请根据你对软件可靠性的理解，给出表 3-1 所列出的硬件可靠性特征对应的软件可靠性特征之间的差异或相似之处，将答案写在答题纸上。

表3-1 硬件和软件可靠性对比

序号	硬件可靠性	软件可靠性
1	失效率服从浴缸曲线。老化状态类似于软件调试状态	(1)
2	即使不适用，材料劣化也会导致失效	(2)
3	硬件维修会恢复原始状态	(3)
4	硬件失效之前会有报警	(4)

【问题 2 解析】

- (1) 不考虑软件演化的情况下，失效率在统计上是非增的
- (2) 如果不使用该软件，永远不会发生失效
- (3) 软件维护会创建新的软件代码
- (4) 软件失效之前很少会有报警

【问题 3】(共 8 分)

王工带领的可靠性研究团队在分析了大量相关资料基础上，提出软件的质量和可靠性必须在开发过程构建到软件中，也就是说，为了提高软件的可靠性，必须在需求分析、设计阶段开展软件可靠性筹划和设计。研究团队针对本公司承担的飞行控制系统制定出了一套飞控软件的可靠性设计要求。飞行控制系统是一种双余度同构型系统，输入采用了独立的两路数据通道，在系统内完成输入数据的交叉对比、表决、制导率计算，输出数据的交叉对比、表决、输出等功能，系统的监控模块实现对系统失效或失控的检测与复位。其软件的可靠性设计包括恢复块方法和 N 版本程序设计方法。请根据恢复块方法工作原理完成图 3-1，在 (1) ~ (4) 中填入恰当的内容。并比较恢复块方法与 N 版本程序设计方法，将比较结果(5) ~ (8)填入表3-2 中。

- (1)主块
(2)验证测试
(3)输出正确结果
(4)异常处理

	恢复块方法	N 版本程序设计
硬件运行环境	单机	多机
错误检测方法	验证测试程序	表决
恢复策略	后向恢复	前向恢复
实时性	差	好

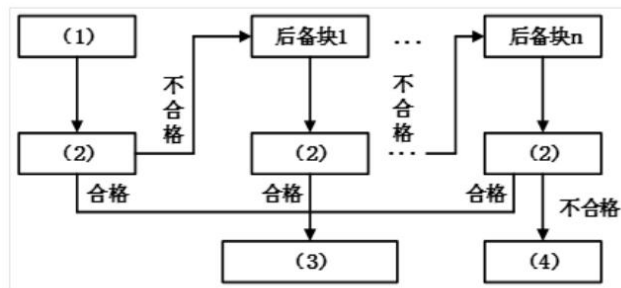


图 3-1 恢复块方法

表 3-2 恢复块方法与 N 版本程序设计的比较

	恢复块方法	N 版本程序设计
硬件运行环境	单机	多机
错误检测方法	验证测试程序	(5)
恢复策略	(6)	向前恢复
实时性	(7)	(8)

- (5)表决
(6)后向恢复
(7)差
(8)好