

校内讲义

《C++面向对象编程综合实验》 指导书（二）

王金芳、韦健

信息与通信工程实验中心

2019 年 12 月

目 录

第二阶段 综合实验

项目 1	图书管理系统	1
项目 2	网上超市购物管理	2
项目 3	灰度图像直方图统计	4
项目 4	语音信号时域分析	5

第二阶段 课程设计

项目 1 图书管理系统

1. 项目说明

该项目要求设计一个图书管理系统，支持系统用户的图书借阅、图书管理、用户管理等功能。图书借阅主要包括图书借阅、图书归还、借阅信息查看等功能。图书管理主要包括图书的增加、删除、修改、查看、统计等功能。用户管理主要包括用户注册、登录、修改密码、修改个人信息、设置用户类型等功能。

2. 设计要求

- (1) 显示菜单项，支持用户输入菜单项编号循环选择并执行各功能。
- (2) 系统中用户分为：读者、图书管理员、系统管理员。系统管理员可以对读者、图书管理员等系统用户进行增加、删除、权限管理；图书管理员可以对书目进行增加、修改、查询、统计等管理；读者可以实现对图书的借阅、归还。
- (3) 根据不同类型用户，登录系统显示不同的用户功能菜单，实现不同的操作处理，如学生与教师所借阅书的数量和天数均不相同。
- (4) 借阅图书时，对已到所能借阅图书的最大数量给予提示；归还图书时，图书已超期需要缴纳罚款。
- (5) 实现将馆藏图书信息、借阅记录等保存到磁盘，形成日志文件。

3. 设计提示

- (1) 定义图书管理系统中的 User 类、Book 类、Log 类。
- (2) 通过重载运算符“<<”和“>>”方便图书信息、读者信息录入等操作。

4. 准备知识

学习类的设计和使用、类间调用、运算符重载内容、二进制文件的读写操作。

项目 2 网上超市购物管理

1. 项目说明

每人独立设计能够完成小型超市购物管理功能的程序。

2. 具体信息描述及功能要求

(1) 商品基本信息

- 1) 商品代码, 商品名称, 商品价格, 商品库存。
- 2) 设计约定: 可以假定超市有 N 种商品, 在系统启动时将这些商品信息加载到商品库中。

(2) 顾客信息

- 1) 普通顾客属性: ID (顾客代码) (随机生成或流水号)
- 2) 普通会员: ID (会员代码), 会员姓名, 会员电话, 会员积分。
- 3) 高级会员: ID (会员代号), 会员姓名, 会员电话, 会员积分, 副卡 ID。

(3) 购物管理

- 1) 为每一个普通顾客生成临时顾客代码。
- 2) 普通会员购买商品时, 可享受 9.8 折, 普通顾客在单次购物满 1000 元, 添加个人基本信息后, 可成为普通会员。
- 3) 高级会员购买商品时, 可享受 9.5 折, 普通顾客在单次购物满 2000 元, 添加个人基本信息后, 或普通会员单次购物满 1000 元可成为高级会员。普通会员和高级会员可查询 1 年内的购物详单, 会员购物积分按照 1 元 1 分计。
- 4) 每次购物后, 输出购物清单。包括顾客代号 (会员代码)、商品的名称、代号、单价、折扣、数量、价格以及合计价格、购买时间。

(4) 店铺管理

- 1) 实现商品信息的添加、修改、删除、查询的功。可查询库存少于一定数量的商品。
- 2) 实现会员资料的查询、修改、删除; 实现会员整理功能, 对于 1 年内无购物会员, 进行自动删除。
- 3) 可以按照时间区间统计, 包括: 销售总额; 分类统计商品的销售情况; 统计对会员的让利情况。

3. 技术层次要求及说明

(1) 基本层次

完成上述功能要求, 所采用技术不限, 比如采用纯面向过程思想实现。

(2) 支持对象层次

正确完成类的切割, 利用对象技术实现。

- 1) 容器类主要包括: 普通会员、高级会员;
- 2) 其它主要类包括: 商品信息、购物信息。

(3) 抽象、封装层次

采用继承或者组合实现复用, 对数据成员提供必要的接口保护。

- 1) 抽象出顾客类, 并被普通会员和高级会员复用;
- 2) 如商品信息、购物信息等操作均应该提供接口形式。

(4) 面向对象层次

支持多态功能。三类顾客的价格折扣不同, 购物时价格不同。要求以多态方法实现。

(5) 优化提高层次

- 1) 提供简便菜单, 以 1、2 等数字区分几类功能, 并允许返回菜单;
- 2) I/O 操作支持。基本功能中, 已有顾客和商品信息, 在初始化时候可以固化在程序代码中, 也可以存放在文件中, 每次容器实例化时读入, 析构时再写回文件, 以实现断电保存。
- 3) 为追求规范, 容器类可以增加单例限制;

- 4) 泛型支持。容器也可以采用模板实现;
- 5) 程序有必要的注释;
- 6) 可以采用 UML 工具画出简单类图;
- 7) 为防止不诚信行为, 要求类的设计均以独立文件存在, 且所有的类名称后面应有自己的姓名缩写, 如张三设计的商品信息类名称: ProductZhS。

4. 设计步骤 (参考)

在理解上述系统功能具体内容基础上, 考虑用如下方式来设计:

- (1) 确定所需的类及其相互间关系。
 - 1) 要从问题中归纳出一个概念或实体, 从这些概念或实体出发建立相应的类。
 - 2) 尽量使类小而简单, 以使其看起来容易理解。
 - 3) 充分利用封装以增加类的可靠性, 以便使用时保证更加可靠。
 - 4) 通过继承建立类族, 以方便使用多态性。
- (2) 确定每个类的实现。
 - 1) 考虑类的对象应该如何构造和析构。
 - 2) 考虑类的成员函数的建立。
 - 3) 综合考虑各个类在命名和功能方面有哪些共性。
- (3) 细化有关的类, 描述他们之间的依赖关系, 即继承和使用关系。
- (4) 描述本系统的界面, 通过分别定义公有函数和私有函数, 为继承和普通客户提供分离的接口。

5. 准备知识

学习类的设计和使用、类间调用、抽象和封装等内容。

项目 3 灰度图像直方图统计

1. 项目说明

该项目要求统计灰度图像的直方图。

2. 设计要求

(1) 以二进制方式读取一幅 bmp、jpeg 或 png 格式图像的数据，并判断其是否为灰度图像，如果不是，则将其转换为灰度图像数据。

(2) 提示输入一个灰度值区间数（在 1~256 之间的整数）。然后遍历整幅图像，根据区间数，统计每个区间内灰度值的总个数，并将所有统计结果归一化后乘以 100。

(3) 画出图像的直方图：用行表示灰度值所在区间，在列上用“*”表示直方图数据，“*”的个数即为对应区间内的像素值统计结果，数据为 0 的不显示。

3. 设计提示

(1) 定义图像类，成员变量包含图像的分辨率、像素值、直方图。

(2) 定义直方图类，成员函数包含直方图的计算与绘制。

4. 准备知识

学习类的设计和使用、类间调用，以及图像文件的读取、灰度直方图的概念^[1]。

5. 参考文献

[1] Rafael C. Gonzalez. 数字图像处理（第 3 版）[M]. 北京：电子工业出版社出版, 2017.5, p31, p72.

项目 4 语音信号时域分析

1. 项目说明

该项目要求学生完成自定义语音类，实现读取语音信号并做简单时域分析，初步掌握语音信号处理前端的基本流程。

2. 相关基础

(1) WAVE 文件格式

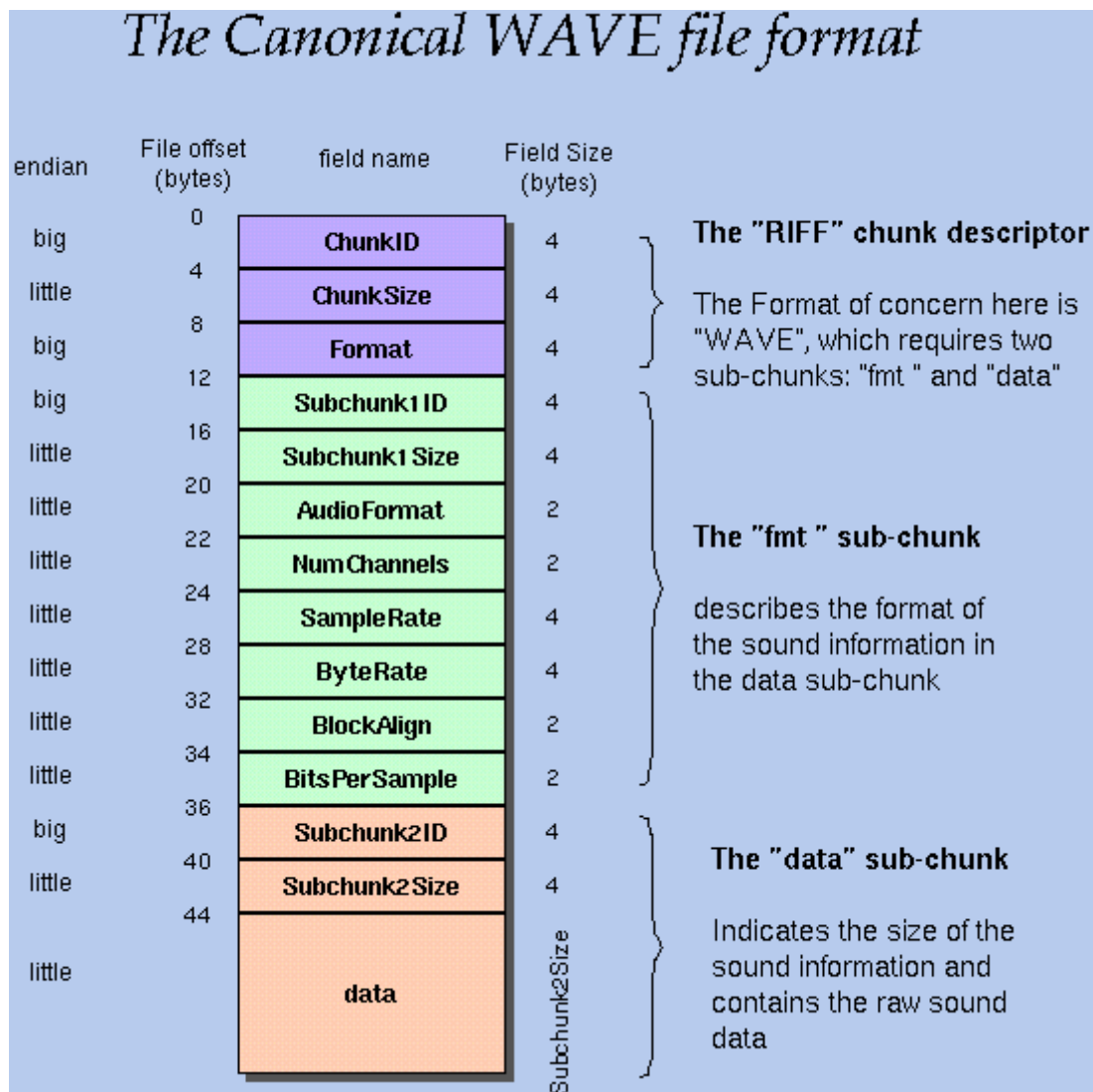


图 4-1 标准 WAVE 文件格式^[1]

(2) 分帧与加窗^[2]

设离散时间语音信号 $x(m)$ 经分帧、加窗得到第 n 帧语音 $x_n(m)$ ，则有下列式

$$x_n(m) = w(m) x(n+m) \quad 0 \leq m \leq N-1 \quad (4-1)$$

其中 N 指帧长。语音处理常用窗函数 $w(m)$ 有矩形窗、Hanning 窗、Hamming 窗等。

1) 矩形窗

$$w(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & n = \text{其它} \end{cases} \quad (4-2)$$

2) Hanning 窗

$$w(n) = \begin{cases} 0.5\{1 - \cos[2\pi n/(N-1)]\}, & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & n = \text{其它} \end{cases} \quad (4-3)$$

3) Hamming 窗

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos[2\pi n/(N-1)], & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & n = \text{其它} \end{cases} \quad (4-4)$$

(3) 语音信号时域分析^[3-6]

语音信号时域分析是分析和提取语音信号时域参数。从整体看，语音信号是非平稳过程。语音虽有时变性，但在短时间内（10~40 ms）可视为准稳态过程，即短时平稳性。“短时分析技术”贯穿语音分析的整个过程。

1) 短时能量和短时平均幅度

定义第 n 帧语音信号 $x_n(m)$ 的短时能量 E_n 为

$$E_n = \sum_{m=0}^{N-1} x_n^2(m) \quad (4-5)$$

定义第 n 帧语音信号 $x_n(m)$ 的短时平均幅度 M_n 为

$$M_n = \sum_{m=0}^{N-1} |x_n(m)| / N \quad (4-6)$$

2) 短时过零率

定义第 n 帧语音信号 $x_n(m)$ 的短时过零率 Z_n 为

$$Z_n = \sum_{m=0}^{N-1} |\text{sgn}[x_n(m)] - \text{sgn}[x_n(m-1)]| \quad (4-7)$$

式中 $\text{sgn}[\cdot]$ 为符号函数

$$\text{sgn}[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (4-8)$$

3. 功能要求和设计步骤（参考）

(1) 给定 WAVE 格式音频数据文件（以采样频率 8000Hz，采样精度 16 bits 为例），读取数据。实现 Matlab 函数 `wavread` 载入数字化音频信号的功能。数据信息包括

- 1) 原始采样数据
- 2) 采样频率
- 3) 每个样点编码位数

(2) 获得指定的窗函数。

- 1) 窗长（即帧长，如 20 ms）
- 2) 窗函数类型，如矩形窗、Hanning 窗、Hamming 窗等

(3) 对原始采样数据分帧、加窗得到短时语音帧。

① 必要参数

- 1) 窗函数
- 2) 帧长
- 3) 帧移（如 10 ms）

② 设计提示

将用时间（ms）表示的帧长、帧移参数转换成采样点数。

(4) 计算短时语音帧时域参数。

- 1) 短时能量
- 2) 短时平均幅度
- 3) 短时过零率

(5) 编程实现输出(以 2 s 为例)语音波形、短时能量、短时平均幅度、短时过零率结果图。同时,实验报告要求,

- 1) 以表格形式分别给出典型浊音段、清音段 15 帧语音短时能量、短时平均幅度、短时过零率数值。
- 2) 讨论短时能量、短时平均幅度、短时过零率等时域参数的用途。

4. 技术层次要求及说明

(1) 基本层次

完成上述功能要求,所采用技术不限,比如采用纯面向过程思想实现。

(2) 支持对象层次

正确完成类的切割,利用对象技术实现。

(3) 抽象、封装层次

采用继承或者组合实现复用,对数据成员提供必要的接口保护。

5. 准备知识

学习类的设计、使用,音频文件的读取以及语音信号时域分析方法,包括计算短时能量、短时平均幅度、短时过零率^[1-6]。

6. 参考文献

- [1] CRAIG STUART SAPP. WAVE PCM soundfile format [EB/OL]. (2004-08-29) [2019-12-16]. <http://soundfile.sapp.org/doc/WaveFormat/>.
- [2] 赵力. 语音信号处理(第 3 版)[M]. 北京:机械工业出版社,2016.5.
- [3] 梁瑞宇等. 语音信号处理实验教程[M]. 北京:机械工业出版社,2016.2.
- [4] 梁瑞宇等. 语音信号处理(C++版)[M]. 北京:机械工业出版社,2018.1.
- [5] Thomas F.Quatieri. 离散时间语音信号处理[M]. 北京:电子工业出版社,2004.8.
- [6] 韩纪庆等. 语音信号处理[M]. 北京:清华大学出版社,2019.5.