

普通高等教育“十三五”规划教材
新工科建设之路·软件工程规划教材



C++ Qt 程序设计 工程实训教程



胡 然 夏灵林 徐健锋 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十三五”规划教材

新工科建设之路·软件工程规划教材

C++ Qt程序设计与工程实训教程

胡 然 夏灵林 徐健锋 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍以 C++ 编程语言为基础的 Qt 图形界面编程, 全书以两个实际项目为背景, 共分为 10 个完整、独立的实训项目, 按照完成一个独立的实际项目需要的知识点来组织每个实训内容, 在实现功能递增的七个版本的计算器和两个版本的五子棋中不断深化, 逐步引出面向 Qt 图形界面编程实践的问题和知识点。

本书的第一个实训是实训准备, 介绍 Qt 编程环境的搭建; 第二个至第八个实训, 围绕图形界面计算器的实现, 在功能复杂度逐步提高、逐步深化中展开, 通过七个完整、独立的计算器实训, 使读者掌握 Qt 图形界面编程的窗体控件、布局、菜单、事件、信号和槽等知识; 第九、第十个实训, 通过介绍五子棋人人对战和人机对战, 使读者进一步掌握 Qt 的进阶编程。

本书适合作为高等学校计算机及相关专业程序设计工程实训课程的教材, 也可供计算机爱好者及其他自学人员参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

C++ Qt 程序设计工程实训教程/胡然, 夏灵林, 徐健锋编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.6
ISBN 978-7-121-33943-1

I. ①C… II. ①胡… ②夏… ③徐… III. ①C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 061906 号

策划编辑: 章海涛

责任编辑: 章海涛 文字编辑: 刘 瑀

印 刷: 三河市良远印务有限公司

装 订: 三河市良远印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11.5 字数: 251 千字

版 次: 2018 年 6 月第 1 版

印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: liuy01@phei.com.cn。

序

中国程序设计人才紧缺，而且缺口还在快速递增。同时，一方面企业对程序设计人才需求量旺盛；另一方面，在大量的毕业生中又找不到令用人单位满意的程序设计人才。根本原因是学生实践动手能力不足，达不到企业用人的标准。面向企业和社会需求，培养适应新形势、新需求、新变化的软件人才，逐渐成为软件工程专业教育的发展方向，当然这也对高校培养实践能力强的软件人才提出了更高的要求。

胡然、夏灵林、徐健锋编著的《C++ Qt 程序设计工程实训教程》从高等学校本科低年级学生的需求出发，在以 C++ 编程语言为基础的 Qt 图形界面编程人才培养方面进行了有益的探索，以两个实际项目应用为背景，在实现功能递增的计算器 and 五子棋的不断深化和递进中分为十个完整、独立的工程实训项目，逐步引出编程实践和问题求解能力的工程实训知识点，使学生快速、准确地掌握 C++ Qt 程序设计和图形界面编程，切实解决高等学校本科低年级学生实践动手能力不强的问题。

本书可用于高等院校程序设计实训课程的参考教材，教材内容安排结构合理、条理清晰，内容组织由浅入深、重点突出，采用图文并茂的方式解析了每个工程实训项目的知识点和详细步骤，让低年级学生可以紧密联系实践应用，循序渐进地接受 C++ Qt 程序设计工程实训的训练。书中介绍了十个项目的实践案例，案例选取贴近生活，通俗易懂，旨在激发学生学习程序设计的兴趣，并指导学生完成高质量的工程实训。

相信这本教材的出版能够起到推动计算机和软件工程等专业进行程序设计课程改革、提高程序设计培养质量的作用，希望广大教师能够在教学过程中提出宝贵的意见和建议，使本书在使用过程中不断完善。



哈尔滨工业大学教授、博士生导师
智能软件技术研究中心主任

前 言

本书具有如下特色。

- 本书适合作为高等学校低年级 Qt 程序设计工程实训课程的教材

目前,在基于 C++ 的 Qt 编程领域,还没有专门针对计算机、软件专业低年级学生的参考教材,本书对每个实训项目,循序渐进地进行讲解,知识点清晰、步骤详尽,非常适合高等院校计算机、软件专业实验实践课程的授课方式,填补了低年级 Qt 程序设计工程实训课程教材的空白。

- 本书在教材内容和结构体系上有新的突破

本书不是按照常规知识体系来组织教学内容,而是按照完成一个独立的实际项目需要的知识点来组织内容,每个工程实训均分布一些基本的知识点,使读者通过每个工程实训的学习和实践,由浅入深地掌握 C++ Qt 编程知识。

- 本书案例取材合适,内容循序渐进,富有启发性,便于自学

本书以两个实际项目为背景,在实现功能递增的七个版本的计算器和两个版本的五子棋中不断深化,逐步引出面向 Qt 图形界面编程实践的问题和知识点,富有启发性,可供计算机爱好者及各类自学人员参考。

本书总结和反映了作者长期积累的丰富经验,教学适用性较强。全书由胡然策划、组织和统稿。实训准备、实训一、实训二由徐健锋编写,实训三~实训六由胡然编写,实训七~实训九由夏灵林编写,袁坤、申昌建也为本书做了大量工作,在此一并表示感谢。本书获得南昌大学教材出版资助,江西省高等学校教学改革研究课题、南昌大学教学改革研究课题资助。本书提供配套电子课件和源代码等教学资源,读者可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册并免费下载。

由于作者水平有限,书中不当之处,请读者批评指正,作者的联系邮箱为 3179020@qq.com 或 huran@ncu.edu.cn,欢迎提出宝贵意见。

作 者

目 录

实训准备	1
(一) 实训内容	1
(二) 实训原理	1
1. Qt 简介	1
2. Qt 的下载和安装	1
3. Qt Creator 简介	2
4. Qt Assistant	5
5. 创建第一个 Qt 程序 HelloWorld	9
6. 设置环境变量	9
(三) 实训步骤	10
(四) 小结	13
实训一 计算器 V1.0: 简易计算器的实现	14
(一) 实训内容	14
(二) 实训原理	14
1. Qt 项目的结构	14
2. Qt Designer 简介	15
3. 窗口的常用属性和功能	16
4. 标签、行编辑器、按钮等常用控件的使用	17
5. 用 Qt Designer 设计一个桌面应用	22
6. 实现计算器 V1.0: 简易计算器	24
(三) 实训步骤	24
(四) 小结	26
实训二 计算器 V2.0: 基本计算器的实现	27
(一) 实训内容	27
(二) 实训原理	27
1. 布局管理器的基本概念和作用	27
2. 几种常用的布局管理器	28

3. 使用 Qt Designer 设计基本计算器界面	41
4. 使用布局管理器管理计算器界面	42
5. 实现计算器 V2.0: 基本计算器	42
(三) 实训步骤	42
1. 界面设计	42
2. 功能实现	45
3. 运行程序	49
(四) 小结	50
实训三 计算器 V3.0: 带键盘事件的计算器	51
(一) 实训内容	51
(二) 实训原理	51
1. Qt 中信号和槽的概念	51
2. Qt 中信号和槽的使用	52
3. Qt 中的鼠标事件	58
4. Qt 中的键盘事件	62
5. 为计算器增加键盘事件功能	64
(三) 实训步骤	66
(四) 小结	67
实训四 计算器 V4.0: 带括号表达式的计算器	68
(一) 实训内容	68
(二) 实训原理	68
1. qDebug()的使用	68
2. 栈	70
3. 前缀、中缀、后缀表达式	71
4. 将中缀表达式转换为后缀表达式的算法	72
5. 计算后缀表达式的算法	75
6. 实现带括号表达式的计算器	78
(三) 实训步骤	78
(四) 小结	87
实训五 计算器 V5.0: 带菜单和粘贴功能的计算器	89
(一) 实训内容	89

(二) 实训原理	89
1. 桌面程序主窗口框架	89
2. 对话框的基础知识	93
3. 添加应用程序图标	102
4. 实现带菜单、可复制表达式的计算器	104
(三) 实训步骤	104
(四) 小结	106
实训六 计算器 V6.0: 能够记忆的计算器	107
(一) 实训内容	107
(二) 实训原理	107
1. Qt 中的富文本处理	107
2. Qt 中文档的基本框架	107
3. 添加历史记录功能	112
(三) 实训步骤	112
(四) 小结	117
实训七 计算器 V7.0: 可扩展的科学计算器	118
(一) 实训内容	118
(二) 实训原理	118
1. Qt 布局管理器可扩展窗口的应用	118
2. 添加科学计算可扩展功能	119
3. 切换可扩展科学计算器的实现	122
(三) 实训步骤	122
(四) 小结	132
实训八 双人对战五子棋	133
(一) 实训内容	133
(二) 实训原理	133
1. Qt 中的 2D 绘图系统	133
2. 五子棋界面的绘制	136
3. 单击鼠标下棋	139
4. 判断赢棋	140
5. 双人对战五子棋	141

(三) 实训步骤	141
(四) 小结	152
实训九 人机对战五子棋	153
(一) 实训内容	153
(二) 实训原理	153
1. 五子棋的棋局形势	153
2. 估值函数的设计	156
3. 人机对战、可悔棋的五子棋	158
(三) 实训步骤	158
(四) 小结	172

实训准备

(一) 实训内容

1. Qt 简介
2. Qt 的下载和安装
3. Qt Creator 简介
4. Qt Assistant
5. 创建第一个 Qt 程序 HelloWorld
6. 设置环境变量

(二) 实训原理

1. Qt 简介

Qt 是一个基于 C++ 语言的跨平台应用程序和 UI 开发框架，它包含一个类库和用于跨平台开发及国际化的工具，由挪威 Trolltech 公司开发，后被 Nokia 公司收购，目前属于 Digia 公司。Qt 相比于其他的 C++ UI 开发框架有许多优点，其中最吸引人的特性就是它的跨平台性。用户可以使用同一份源代码，在多个不同的平台上编译运行，包括但不限于 Windows、Linux、Mac OS X。除跨平台性之外，Qt 最令人称道的地方是它使用信号与槽的机制代替了传统的回调机制，这使其各元件之间的协同工作变得十分方便。除此之外，Qt 丰富的 API、大量的开发文档、对于国际化的支持更是其他 UI 开发框架无法相比的。可以说，Qt 是使用 C++ 进行桌面应用开发的首选。

2. Qt 的下载和安装

在使用 Qt 进行桌面应用开发之前，首先需要进行下载和安装，下面将详细介绍 Qt 和

Qt Cteator (一款专门开发 Qt 应用的 IDE) 的下载和安装过程。为了避免由于开发环境的版本差异而产生不必要的麻烦, 建议 Qt 初学者或者对 Qt 不太熟悉的读者下载、使用与本书相同的软件版本。本书使用的是 Qt 5.9.1 版本, 其中包含了 Qt Creator 4.3.1。

- 下载地址: https://download.qt.io/official_releases/qt/5.9/5.9.1/。
- 下载文件: qt-opensource-windows-x86-5.9.1.exe。

首先, 在浏览器中输入下载地址, 之后选择下载文件进行下载。下载成功后双击下载文件, 将会打开欢迎界面, 直接单击 Next 即可。接着, 界面会提示登录 Qt 账户, 这一步并不影响程序的安装, 可直接单击 Skip 跳过。

随后, 便会弹出真正的安装界面, 单击“下一步”按钮。在出现的安装文件夹界面中, 选择 Qt 的安装位置, 建议选择一个空间充足且易于找到的位置, 单击“下一步”按钮。下面, 会出现选择组件界面, 这是安装过程中的重点步骤, 应该选择我们需要使用的 Qt 组件, 单击一个组件后, 可以在窗口右侧查看该组件的详细介绍, 如图 0-1 所示。



图 0-1 选择组件界面

由于本书使用 MinGw 作为编译器, 所以这里选中 MinGW 5.3.0 32bit 组件。在 Windows 系统中还可以使用 msvc 版本的 Qt, 其使用 Visual C++ 作为编译器, 过程略为复杂, 这里不再赘述。其他的部分组件按照默认选择即可。接着, 在许可协议中选择同意, 单击“下一步”按钮, 等待安装完成。

3. Qt Creator 简介

Qt Creator 是跨平台的 Qt 集成开发环境, 是 Qt 被 Nokia 收购后推出的一款新的轻量级

集成开发环境（IDE）。此 IDE 能够跨平台运行，支持的系统包括 Linux（32 位和 64 位）、Mac OS X 及 Windows。根据官方描述，Qt Creator 的设计目标是使开发人员能够利用 Qt 这个应用程序框架更加快速和轻易地完成开发任务。现在 Qt 的安装程序一般都会附带 Qt Creator 的安装，由于 Qt Creator 是专门被设计用来开发 Qt 应用的，所以在接下来的实训中，将使用 Qt Creator 作为 IDE。下面将重点介绍 Qt Creator 的界面组成，更多关于 Qt Creator 的使用将在后面的实训项目中介绍。

打开 Qt Creator，界面如图 0-2 所示。它主要由窗口区、菜单栏(①)、模式选择器(②)、构建套件选择器(③)、定位器(④)和输出窗格(⑤)等部分组成，各部分的简单介绍如下。



图 0-2 Qt Creator 界面

(1) 菜单栏

菜单栏由 8 个菜单选项组成，包含常用的功能菜单。

- 文件菜单，包括新建、打开和关闭项目和文件、打印文件和退出等基本功能。
- 编辑菜单，包括撤销、剪切、复制、查找和选择编码等常用功能，高级菜单中还有标识空白符、折叠代码、改变字体大小和使用 vim 风格编辑等功能。
- 构建菜单，包括构建和运行项目等相关功能。

- 调试菜单，包括调试程序等相关功能。
- Analyze 菜单，包括 QML 分析器、Valgrind 内存和功能分析器等相关功能。
- 工具菜单，包括快速定位菜单、外部工具菜单等，这里的“选项”菜单中包括 Qt Creator 各个方便的设置选项，如环境设置、文本编辑器设置、帮助设置、构建和运行设置、调试器设置和版本控制设置等。在环境设置的 InterFace 中，将主题 Theme 设置为 Classic，就可以使用以前的经典 Qt Creator 主题了。
- 控件菜单，包括设置窗口布局的一些功能，如全屏显示和隐藏边栏等。
- 帮助菜单，包括 Qt 帮助、Qt Creator 版本信息、报告 Bug 和插件管理等功能。

(2) 模式选择器

Qt Creator 包括 6 个模式，分别为欢迎、编辑、设计、调试 (Debug)、项目和帮助，各模式完成不同的功能，可以使用快捷键快速更换模式，它们各自对应的快捷键依次是“Ctrl+数字键 1~6”。

- 欢迎模式。图 0-2 所示即为欢迎模式，该模式主要提供一些功能的快捷入口，如打开帮助教程、打开示例程序、打开项目、新建项目、快速打开以前的项目和会话、联网查看 Qt 官方论坛和博客等。Projects 界面显示了最近打开的项目列表，在这里可以创建一个新项目或者打开一个已有项目；示例界面显示了 Qt 自带的大量示例程序，在这里可以搜索相关的示例程序进行学习。
- 编辑模式。该模式主要用来查看和编辑程序代码，以及管理项目文件。Qt Creator 中的编辑器具有关键字特殊颜色显示、代码自动补全、声明定义快速切换、函数原型提示、F1 快速打开相关帮助和全项目中进行查找等功能，也可以在“工具—选项”菜单中对编辑器进行设置。
- 设计模式。该模式主要整合了 Qt 设计师 (Qt Designer) 的功能，可以设计图形界面，进行控件属性设置、信号和槽设置、布局设置等操作。
- 调试模式。该模式支持设置断点、单步调试和远程调试等功能，包括局部变量和监视器、断点、线程及快照等查看窗口。
- 项目模式。该模式包含对特定项目的构建设置、运行设置、编辑器设置、代码风格设置和依赖关系设置。构建设置中可以对项目的版本、使用的 Qt 版本和编译步骤进行设置，由于我们已经安装了 Qt 5.9.1 及其需要的编译器，所以在创建项目时，项目的构建设置默认使用 MinGW 作为编译使用的编译器，无须再去设置。
- 帮助模式。该模式将 Qt 助手 (Qt Assistant) 整合了进来，包含目录、索引、查找和书签等几个导航模式，可以在帮助中查看 Qt 和 Qt Creator 的各方面信息。此外，也可以在“工具—选项”菜单中对帮助进行相关设置。

(3) 构建套件选择器

构建套件选择器包括目标选择器 (Target Selector)、运行按钮 (Run)、调试按钮 (Debug)

和构建按钮（Building）4 个图标。目标选择器用来选择要构建哪个项目、使用哪个 Qt 库，这对于多个 Qt 库的项目很有用，还可以选择编译项目的 Debug 版本或 Release 版本；运行按钮用来实现项目的构建和运行；调试按钮用来进入调试模式，开始调试程序；构建按钮用来完成项目的构建。

（4）定位器

Qt Creator 中可以使用定位器快速定位项目、文件、类、方法、帮助文档及文件系统，可以使用过滤器更加准确地定位要查找的结果。此外，也可以在“工具—选项”菜单中设置定位器的相关选项。

（5）输出窗格

输出窗格包括 7 个选项，分别为问题、Search Results、应用程序输出、编译输出、Debugger Console、概要信息、Test Results，它们分别对应一个输出窗口，相应的快捷键依次是“Alt + 数字键（1~7）”。问题窗口显示程序编译时的错误和警告信息，搜索结果窗口显示执行搜索操作后的结果信息，应用程序输出窗口显示应用程序运行过程中输出的所有信息，编译输出窗口显示程序编译过程中输出的相关信息，版本控制窗口显示版本控制的相关信息。

4. Qt Assistant

Qt Assistant 也就是常说的 Qt 助手，它已经被整合到了 Qt Creator 的帮助模式中，在 Qt Creator 中切换到帮助模式后就可以使用了，它也可以作为一个独立的软件来使用。下面主要介绍 Qt Assistant 的独立使用，帮助模式中 Qt Assistant 的使用与之大同小异。

Qt 安装完成后，开始菜单中默认会有一个 Qt 的文件夹，其中包括 Qt Assistant 的快捷启动方式，单击 Assistant，打开后的界面如图 0-3 所示。



图 0-3 Qt 助手

Qt Assistant 的工作原理类似于一个 Web 浏览器，如果单击一个超链接（交叉引用），文档窗口将显示相应的界面。可以通过单击工具栏中的 Back 和 Forward 按钮来切换访问过的页面。除此以外，Qt Assistant 还拥有 Web 浏览器不具备的强大的全文搜索能力，用户可以使用 Qt Assistant 快速地在大量的帮助文件中索引出需要的部分，这是 Web 浏览器无法相比的。Qt Assistant 不仅能用来查看 Qt 的帮助文档，还可以对它进行定制，然后随着应用程序一起发布，就像 Qt Creator 那样。默认情况下，启动 Qt Assistant 时会自动加载 Qt 的帮助文档，下面介绍 Qt 助手主窗口界面的各个部分。

（1）菜单栏

菜单栏中有 6 个菜单选项，如图 0-4 所示，包含了常用的功能菜单。

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 前往(G) 书签(B) 帮助(H)

图 0-4 Qt 助手菜单栏

① 文件

- 新建标签页：在文档窗口新建一个空标签页。
- 关闭标签页：关闭当前标签页。
- 页面设置：调用一个对话框，允许定义纸张、方向、页边距。
- 打印预览：提供打印页面的预览。
- 打印：打开打印对话框。
- 退出：关闭 Qt Assistant 应用程序。

② 编辑

- 复制：复制任何选定的文本到剪贴板。
- 查找文本：在文档窗口查找匹配文本。
- 查找下一个：在文档窗口查找下一个匹配文本。
- 查找上一个：在文档窗口查找上一个匹配文本。
- 首选项：设置字体、文档、过滤器、选项。

③ 查看

- 放大：放大当前标签的字体大小。
- 缩小：缩小当前标签的字体大小。
- 正常大小：恢复当前标签的字体大小。
- 内容：切换内容工具窗口的显示。
- 索引：切换索引工具窗口的显示。
- 书签：切换书签工具窗口的显示。
- 搜索：切换搜索工具窗口的显示。

- Open Pages: 切换 Open Pages 工具窗口的显示。
- 工具栏: 切换过滤器工具栏、地址工具栏的显示。

④ 前往

- Home: 跳转至主页。
- Back: 跳转至所选的上一页。
- Forward: 跳转至所选的下一页。
- 同步目录: 同步内容窗口与当前文档窗口。
- 下一页: 跳转至下一页。
- 上一页: 跳转至上一页。

⑤ 书签

- 管理书签: 可以进行书签搜索、显示、删除、重命名、导入/导出等。
- 添加书签: 添加当前界面至书签列表。
- 书签工具栏: 显示已经添加的书签项。

⑥ 帮助

- 关于: 显示 Qt 版本、浏览器、版权等信息。

(2) 工具栏



图 0-5 工具栏

工具栏提供快速访问最常用的操作，如图 0-5 所示，其中各个动作的详细介绍如表 0-1 所示。

表 0-1 工具栏动作说明

动 作	描 述	菜 单 项	快 捷 键
Back	返回至上一页	前往 Back	Alt + Left
Forward	前进至下一页	前往 Forward	Alt + Right
Home	跳至首页	前往 Home	Ctrl + Home
同步目录	同步内容窗口与当前文档窗口	前往 同步目录	
Copy	把选中的文本复制到剪贴板	编辑 Copy Selected Text	Ctrl + C
Print	打开打印对话框	文件 Print	Ctrl + P
Find in Text	打开查找文本对话框	编辑 Find in Text	Ctrl + F
Zoom in	放大当前页签文本的字体大小	查看 Zoom in	Ctrl + +
Zoom out	缩小当前页签文本的字体大小	查看 Zoom out	Ctrl + -
正常大小	重置当前页签文本的字体大小为正常大小	查看 正常大小	Ctrl + 0

(3) 工具窗口

工具窗口提供了以下 5 种方式来浏览文档。

- 内容窗口. 提供了一个树状结构的可用文件目录，如图 0-6 所示。单击一个选项，对应的文档将会出现在右侧的文档窗口。双击一个选项（或单击控制它的左侧小

三角), 选项的子项将会展开/折叠。选择一个子项, 也可以在文档窗口中查看。

- 索引窗口。用于查找关键词或短语, 如图 0-7 所示。在上方的输入框中输入查找内容, 搜索结果会在下方呈现。如果出现了需要的内容, 双击即可将其在文档窗口中打开。



图 0-6 内容窗口



图 0-7 索引窗口

- 书签窗口: 列出添加的所有书签, 如图 0-8 所示。选择一个书签, 其页面会出现在右侧文档窗口中。书签窗口提供了显示项目的上下文菜单、删除项目、重命名项目等功能。选择“书签—添加书签”(或“Ctrl+D”快捷键)可将当前界面加入到书签中, 右击选择书签, 可以对书签进行显示、重命名、删除等操作。
- 查找窗口。在所有已安装的文档中进行查找, 支持全文搜索, 可查找文档中的特定词语, 如图 0-9 所示。查找窗口和前文的索引窗口不同, 索引是从所有的文档中搜索文档的一个页面, 而查找是从当前页面中搜索相关信息的位置。



图 0-8 书签窗口



图 0-9 查找窗口

- Open Pages 窗口。用于显示标签页, 并可以对标签页进行管理, 如图 0-10 所示。在打开多个标签页的情况下, 可以在这里进行切换。