

The-Qt4-Book

Jasmin B., Mark S.^① | 德山书生^②

版本：0.01

① 作者全名：Jasmin Blanchette, Mark Summerfield。本文代码来自[这个网站](#)。原中文翻译：闫锋欣，曾泉人，张志强；原中文审校：周莉娜，赵延兵。

② 编者：德山书生，湖南常德人氏。我负责整理排版工作。本项目 [Github](#) 网站在[这里](#)。有意见请反馈。编者邮箱：a358003542@gmail.com。

前言

为什么会是 Qt? 为什么像我这样的程序员会选择 Qt? 这个问题的答案显而易见: Qt 单一源程序的兼容性、丰富的特性、C++ 方面的性能、源代码的可用性、它的文档、高质量的技术支持, 以及在奇趣科技公司那些精美的营销材料中所涉及的其他优势等。这些答案看起来确实都不错, 但是遗漏了最为重要的一点: Qt 的成功缘于程序员们对它的喜欢。

那么, 是什么让程序员喜欢某种技术而放弃另外一种呢? 就我而言, 我认为软件工程师们喜欢某种技术, 是因为他们觉得这种技术是合适的, 但是这也会让他们讨厌所有那些他们觉得不合适的其他技术。除此之外, 我们还能解释下面的这些情况吗? 例如, 一些最出众的程序员需要在帮助之下才能编写出一个录像机程序, 或者又比如, 似乎大多数工程师在操作本公司的电话系统时总会遇到麻烦。我虽然善于记住随机数字和指令的序列, 但是如果将其比作用于控制我的应答系统所需要的条件来说, 则可能一条也不具备。在奇趣科技公司, 我们的电话系统要求在拨打其他人的分机号码前, 一定要按住“*”键 2 秒后才允许开始拨号。如果忘记了这样做而是直接拨打分机号码, 那么就不得不再重新拨一遍全部的号码。为什么是“*”键而不是“#”键、“1”键或者“5”键? 或者为什么不是 20 个电话键盘中的其他任何一个呢? 又为什么是 2 秒, 而不是 1 秒、3 秒或者 1.5 秒呢? 问题到底出在哪里? 我发现电话很气人, 所以我尽可能不去使用它。没有人喜欢总是去做一些不得不做的随机事情, 特别是当这些随机事情显然只出现在同样随机的情况下的时候, 真希望自己从来都没有听到过它。

编程很像我们正在使用的电话系统, 并且要比它还糟糕。而这正是 Qt 所要解决的问题。Qt 与众不同。一方面, Qt 很有意义; 另一方面, Qt 颇具趣味性。Qt 可以让您把精力集中在您的任务上。当 Qt 的首席体系结构设计师面对一个问题的时候, 他们不是寻求一个好的、快速的或者最简便的解决方案, 而是在寻求一个恰当的解决方案, 然后将其记录在案。应当承认, 他们犯下了一些错误, 并且还要承认的是, 他们的一些设计决策没有通过时间的检验, 但是他们确实做出了很多正确的设计, 并且那些错误的设计应当而且也是能够进行改正的。看一看最初设计用于构建 Windows 95 和 UNIX Motif 之间的桥梁系统, 到后来演变为跨越 Windows Vista、Mac OS X

和 GNU/Linux 以及那些诸如移动电话等小型设备在内的统一的现代桌面系统，这些事实就足以证明这一点。

早在 Qt 大受欢迎并且被广泛使用很久以前，正是 Qt 的开发人员为寻求恰当的解决方案所做出的贡献才使 Qt 变得与众不同。其贡献之大，至今仍然影响着每一个对 Qt 进行开发和维护的人。对我们而言，研发 Qt 是一种使命和殊荣。能够使您的职业生涯和开源生活变得更为轻松和更加有趣，这让我们倍感自豪。

人们乐于使用 Qt 的诸多原因之一是它的在线帮助文档，但是该帮助文档的主要目的是集中介绍个别的类，而很少讲述应当如何构建现实世界中那些复杂的应用程序。这本好书填补了这一缺憾，它展示了 Qt 所提供的东西，如何使用“Qt 的方式”进行 Qt 编程，以及如何充分地利用 Qt。本书将指导 C++、Java 或者 C# 程序员进行 Qt 编程，并且提供了丰富详实的资料来使他们成长为老练的 Qt 程序员。这本书包含了很多很好的例子、建议和说明——并且，该书也是我们对那些新加入公司的程序员们进行培训的入门教材。

如今，已有大量的商业或者免费的 Qt 应用程序可以购买或者下载，其中的一些专门用于特殊的高端市场，其他一些则面向大众市场。看到如此多的应用程序都是基于 Qt 构建而成的，这使我们充满了自豪感，并且还激励我们要让 Qt 变得更好。相信在这本书的帮助下，将会前所未有的出现更多的、质量更高的 Qt 应用程序。

Matthias Ettrich

德国，柏林

2007 年 11 月

序言

Qt 使用“一次编写，随处编译”的方式为开发跨平台的图形用户界面应用程序提供了一个完整的 C++ 应用程序开发框架。Qt 允许程序开发人员使用应用程序的单一源码树来构建可以运行在不同平台下的应用程序的不同版本；这些平台包括从 Windows 98 到 Vista、MacOS X、Linux、Solaris、HP-UX 以及其他很多基于 X11 的 Unix。许多 Qt 库和工具也都是 Qt/Embedded Linux 的组成部分。Qt/Embedded Linux 是一个可以在嵌入式 Linux 上提供窗口系统的产品。

本书的目标就是教您如何使用 Qt4 来编写图形用户界面程序。本书从“Hello Qt”开始，然后很快地转移到更高级的话题中，如自定义窗口部件的创建和拖放功能的提

供等。通过本书的[互联网站点](#)，您可以下载到一些作为本书文字补充材料的示例程序。附录 A 说明了如何下载和安装这些软件，其中包括一个用于 Windows 的 C++ 免费编译器。

本书分为四部分。第一部分涵盖了在使用 Qt 编写图形用户界面应用程序时所必需的全部基本概念和练习。仅掌握这一部分中所蕴含的知识就足以写出实用的图形用户界面应用程序。第二部分进一步深入介绍了 Qt 的一些重要主题，第三部分则提供了更为专业和高级的材料。您可以按任意顺序阅读第二部分和第三部分中的章节，但这是建立在您对第一部分中的内容非常熟悉的基础之上的。第四部分包括数个附录，附录 B 说明了如何构建 Qt 应用程序，附录 C 则介绍了 Qt Jambi，它是 Java 版的 Qt。

本书的第一版建立在 Qt 3 版本的基础上，尽管已通过全书修订来反映那些很好的 Qt4 编程技术，但本书还是根据 Qt4 的模型，视图结构、新的插件框架、使用 Qt/Embedded Linux 进行嵌入式编程等内容而引入了一些新的章节和一个新的附录。作为第二版，本书充分利用了 Qt 4.2 和 Qt 4.3 中引入的新特性对其进行了彻底更新，并包含“自定义外观”和“应用程序脚本”两个新的章以及两个新的附录。原有的“图形”一章已经拆分为“二维”和“三维”两章，在它们中间，涵盖了新的图形视图类和 QPainter 的 OpenGL 后端实现。此外，在数据库、XML 和嵌入式编程等几章中，还添加了许多新内容。

与本书的前两版一样，这一版的重点放在如何进行 Qt 编程的说明和许多真实例子的提供上，而不是对丰富的 Qt 在线文档的简单拼凑和总结。因为本书纯粹讲授的是 Qt 4 编程中的原理和实践知识，因而读者能够轻松学会将要出现在 Qt 4.4、Qt 4.5 以及 Qt 4.x 等后续版本中的 15 个 Qt 新模块。如果您正在使用的 Qt 版本恰好是这些后续版本中的一个，那么当然要阅读一下参考文档中的“*What's New in Qt 4.x*”一章，以便可以对那些可用的新特性有一个总体把握。

在写作本书的时候，是假定您已经具备了 C++、Java 或者 C# 的基本知识。本书中的例子代码使用的是 C++ 中的一个子集，从而避免了很多在 Qt 编程中极少使用的 C++ 特性。在某些不可避免而必须使用 C++ 高级结构的地方，会在使用时对其做出必要的解释。如果您对 Java 或者 C# 已经非常熟悉但是对 C++ 还知之不多甚至一无所知，那么建议您先阅读附录 D。附录 D 提供了对 C++ 较为充分的介绍，从而能够让您具有使用本书所必备的 C++ 知识。对于 C++ 中的面向对象编程更为全面的介绍，建议您阅读由 P. J. Deitel 和 H. M. Deitel 编著的“*C++ How to Program*”(Prentice Hall , 2007)，以及由 Stanley B. Lippman , Josée Lajoie 和 Barhara E. Moo 编著的“*C++ Primer*”(Addison-Wesley , 2005) 这两本书。

Qt 简史

Qt 框架首度为公众可用是在 1995 年 5 月。它最初由 Haavard Nord（奇趣科技公司的 CEO）和 Eirik Chambe-Eng（公司总裁）开发而成。Haavard 和 Eirik 在位于挪威特隆赫姆的挪威科技学院相识，在那里，他们都获得了计算机科学的硕士学位。

Haavard 对 C++ 图形用户界面开发的兴趣始于 1988 年，当时一家瑞典公司委托他开发一套 C++ 图形用户界面框架。几年后，在 1990 年的夏天，Haavard 和 Eirik 因为一个超声波图像方面的 C++ 数据库应用程序而在一起工作。这个系统需要一个能够在 UNIX、Macintosh 和 Windows 上都能运行的图形用户界面。在那个夏天中的某天，Haavard 和 Eirik 一起出去散步，享受阳光，当他们坐在公园的一条长椅上时，Haavard 说：“我们需要一个面向对象的显示系统。”由此引发的讨论，为他们即将创建的面向对象的、跨平台的图形用户界面框架奠定了智力基础。

1991 年，Haavard 和 Eirik 开始一起合作设计、编写最终成为 Qt 的那些类。在随后的一年中，Eirik 提出了“信号和槽”的设想——一个简单并且有效的强大的图形用户界面编程规范，而现在，它已经可以被多个工具包实现。Haavard 实践了这一想法，并且据此创建了一个手写代码的实现系统。到 1993 年，Haavard 和 Eirik 已经开发出了 Qt 的第一套图形内核程序，并且能够利用它实现他们自己的一些窗口部件。同年末，为了创建“世界上最好的 C++ 图形用户界面框架”，Haavard 提议一起进军商业领域。

1994 年成为两位年轻程序员不幸的一年，他们没有客户，没有资金，只有一个未完成的产品，但是他们希望能够闯进一个稳定的市场。幸运的是，他们的妻子都有工作并且愿意为他们的丈夫提供支持。在这两年里，Haavard 和 Eirik 认为，他们需要继续开发产品并且从中赚得收益。

之所以选择字母“Q”作为类的前缀，是因为该字母在 Haavard 的 Emacs 字体中看起来非常漂亮。随后添加的字母“t”代表“工具包” (toolkit)，这是从“Xt”——一个 X 工具包的命名方式中获得的灵感。公司于 1994 年 3 月 4 日成立，最初的名字是“Quasar Technologies”，随后更名为“Troll Tech”，而公司今天的名字则是“Trolltech”。

1995 年 4 月，通过 Haavard 就读过的大学的一位教授的联系，挪威的 Metis 公司与他们签订了一份基于 Qt 进行软件开发的合同。大约在同一时间，公司雇佣了 Arnt Gulbrandsen，在公司工作的 6 年时间里，他设计并实现了一套独具特色的文

档系统，并且对 Qt 的代码也做出了不少贡献。

1995 年 5 月 20 日，Qt 0.90 被上传到 sunsite.unc.edu。6 天后，在 comp.os.linux.announce 上发布。这是 Qt 的第一个公开发布版本。Qt 既可以用于 Windows 上的程序开发，又可以用于 UNIX 上的程序开发，而且在这两种平台上，都提供了相同的应用程序编程接口。从第一天起，Qt 就提供了两个版本的软件许可协议：一个是进行商业开发所需的商业许可协议版，另一个则是适用于开源开发的自由软件许可协议版。Metis 的合同确保了公司的发展，然而，在随后长达 10 个月的时间内，再没有任何人购买 Qt 的商业许可协议。

1996 年 3 月，欧洲航天局 (European Space Agency) 购买了 10 份 Qt 的商业许可协议，它成了第二位 Qt 客户。凭着坚定的信念，Eirik 和 Haavard 又雇佣了另外一名开发人员。Qt 0.97 在同年 5 月底正式发布，随后在 1996 年 9 月 24 日，Qt1.0 正式面世。到了这一年的年底，Qt 的版本已经发展到了 1.1，共有来自 8 个不同国家的客户购买了 18 份 Qt 的商业许可协议。也就是在这一年，在 Matthias Ettrich 的带领下，创立了 KDE 项目。

Qt 1.2 于 1997 年 4 月发布。Matthias Ettrich 利用 Qt 建立 KDE 的决定，使 Qt 成为 Linux 环境下开发 C++ 图形用户界面的事实标准。Qt 1.3 于 1997 年 9 月发布。

Matthias 在 1998 年加入公司，并且在当年 9 月，发布了 Qt 1 系列的最后一个版本——V 1.40。1999 年 6 月，Qt 2.0 发布，该版本拥有一个新的开源许可协议——Q 公共许可协议 (QPL, Q Public License)，它与开源的定义一致。1999 年 8 月，Qt 赢得了 LinuxWorld 的最佳库/工具奖。大约在这个时候，Trolltech Pty Ltd (澳大利亚) 成立了。

2000 年，公司发布了 Qt/Embedded Linux，它用于 Linux 嵌入式设备。Qt/Embedded Linux 提供了自己的窗口系统，并且可以作为 X11 的轻量级替代产品。现在，Qt/X11 和 Qt/Embedded Linux 除了提供商业许可协议之外，还提供了广为使用的 GNU 通用公共许可协议 (GPL: General Public License)。2000 年底，成立了 Trolltech Inc. (美国)，并发布了 Qtopia 的第一版，它是一个用于移动电话和掌上电脑 (PDA) 的环境平台。Qt/Embedded Linux 在 2001 年和 2002 年两次获得了 LinuxWorld 的“Best Embedded Linux Solution”奖，Qtopia Phone 也在 2004 年获得了同样的荣誉。

2001 年，Qt 3.0 发布。现在，Qt 已经可用于 Windows、Mac OS X、UNIX 和 Linux (桌面和嵌入式) 平台。Qt 3 提供了 42 个新类和超过 500 000 行的代

码。Qt 3 是自 Qt 2 以来前进历程中最为重要的一步，它主要在诸多方面进行了众多改良，包括本地化和统一字符编码标准的支持、全新的文本查看和编辑窗口部件，以及一个类似于 Perl 正则表达式的类等。2002 年，Qt 3 赢得了 *Software Development Times* 的“Jolt Productivity Award”^①。

2005 年夏，Qt 4.0 发布，它大约有 500 个类和 9000 多个函数，Qt 4 比以往的任何一个版本都要全面和丰富，并且它已经裂变成多个函数库，从而使开发人员可以根据自己的需要只连接所需要的 Qt 部分。相对于以前的所有 Qt 版本，Qt 4 的进步是巨大的，它不仅彻底地对高效易用的模板容器、高级的模型/视图功能、快速而灵活的二维绘图框架和强大的统一字符编码标准的文本查看和编辑类进行了大量改进，就更不必说对那些贯穿整个 Qt 类中的成千上万个小的改良了。现如今，Qt 4 具有如此广泛的特性，以至于 Qt 已经超越了作为图形用户界面工具包的界限，逐渐成长为一个成熟的应用程序开发框架。Qt 4 也是第一个能够在其所有可支持的平台上既可用于商业开发又可用于开源开发的 Qt 版本。

同样在 2005 年，公司在北京开设了一家办事处，以便为中国及其销售区域内的用户提供服务和培训，并且为 Qt/Embedded Linux 和 Qtopia 提供技术支持。

通过获取一些非官方的语言绑定件 (language bmdings)，非 C++ 程序员也已早就开始使用 Qt，特别是用于 Python 程序员的 PyQt 语言绑定件。2007 年，公司发布了用于 C# 程序员的非官方语言绑定件 Qyoto。同一年，Qt Jambi 投放市场，它是一个官方支持的 Java 版 Qt 应用程序编程接口。附录 C 提供了对 Qt Jambi 的介绍。

自奇趣科技公司诞生以来，Qt 的声望经久不衰，而且至今依旧持续高涨。取得这样的成绩不但说明了 Qt 的质量，而且也说明了人们都喜欢使用它。在过去的 10 年中，Qt 已经从一个只被少数专业人士所熟悉的“秘密”产品，发展了到如今遍及全世界拥有数以千计的客户和数以万计的开源开发人员的产品。

^① Jolt 大奖素有“软件业界的奥斯卡”之美誉，共设通用类图书、技术类图书、语言和开发环境、框架库和组件、开发者网站等十余个分类，每个分类设有一个“震撼奖” (Jolt Award) 和三个“生产力奖” (Productivity Award)。一项技术产品只有在获得了 Jolt 奖之后才能真正成为行业的主流，一本技术书籍只有在获得了 Jolt 奖之后才能真正奠定其作为经典的地位。虽然 Jolt 奖项并不起决定作用，但它代表了某种技术趋势与潮流——译者注。

编者的话

感谢作者，感谢原中文翻译者，感谢原中文审校者。

书名修改不是想标新立异，实在是 **github** 和本地文档编译方便，不支持空格。

感谢汉王 OCR 技术支持，感谢 \LaTeX 。

目 录

前言	i
目录	viii
I Qt 基础	1
1 Qt 入门	2
1.1 Hello Qt	2
1.2 建立连接	5
1.3 窗口部件的布局	7
1.4 使用参考文档	12
2 创建对话框	14
2.1 子类化 QDialog	14
2.2 深入介绍信号和槽	24
2.3 快速设计对话框	28
2.4 改变形状的对话框	39
II 附录	42
A 面向 Java 和 C# 程序员的 C++ 简介	43
A.1 C++ 入门	44

I Qt 基础

1 Qt 入门

这一章介绍了如何把基本的 C++ 知识与 Qt 所提供的功能组合起来创建一些简单的图形用户界面（Graphical User Interface, GUI）应用程序。在这一章中，还引入了 Qt 中的两个重要概念：一个是“信号和槽”，另外一个“布局”。第 2 章还将对它们做进一步的阐述，而第 3 章将着手创建一个具有真正意义的应用程序。

如果你已经熟知 Java 或 C#，但对 C++ 的编程经验还有些欠缺的话，那么在开始阅读本书之前，可能需要先阅读附录 D，它对 C++ 做了简要介绍。

1.1 Hello Qt

我们先从一个非常简单的 Qt 程序开始。首先一行一行地研究这个程序，然后将会看到如何编译并运行它。

```
1 #include <QApplication>
2 #include <QLabel>

3 int main(int argc, char *argv[])
4 {
5     QApplication app(argc, argv);
6     QLabel *label = new QLabel("Hello Qt!");
7     label->show();
8     return app.exec();
9 }
```

第 1 行和第 2 行包含了类 QApplication 和 QLabel 的定义。对于每个 Qt 类，都有一个与该类同名（且大写）的头文件，在这个头文件中包括了对该类的定义。

第 5 行创建了一个 `QApplication` 对象，用来管理整个应用程序所用到的资源。这个 `QApplication` 构造函数需要两个参数，分别是 `argc` 和 `argv`，因为 Qt 支持它自己的一些命令行参数。

第 6 行创建了一个显示 “Hello Qt!” 的 `QLabel` 窗口部件 (widget)。在 Qt 和 UNIX 的术语 (terminology) 中，窗口部件就是用户界面中的一个可视化元素。该词起源于 “window gadget” (窗口配件) 这两个词，它相当于 Windows 系统术语中的 “控件” (control) 和 “容器” (container)。按钮、菜单、滚动条和框架都是窗口部件。窗口部件也可以包含其他窗口部件，例如，应用程序的窗口通常就是一个包含了一个 `QMenuBar`、一些 `QToolBar`、一个 `QStatusBar` 以及一些其他窗口部件的窗口部件。绝大多数应用程序都会使用一个 `QMainWindow` 或者一个 `QDialog` 来作为它的窗口，但 Qt 是如此灵活，以至于任意窗口部件都可以用作窗口。在本例中，就是用窗口部件 `QLabel` 作为应用程序的窗口的。

第 7 行使 `QLabel` 标签 (label) 可见。在创建窗口部件的时候，标签通常都是隐藏的，这就允许我们可以先对其进行设置然后再显示它们，从而避免了窗口部件的闪烁现象。

第 8 行将应用程序的控制权传递给 Qt。此时，程序会进入事件循环状态，这是一种等待模式，程序会等候用户的动作，例如鼠标单击和按键等操作。用户的动作会让可以产生响应的程序生成一些事件 (event，也称为 “消息”)，这里的响应通常就是执行一个或者多个函数。例如，当用户单击窗口部件时，就会产生一个 “鼠标按下” 事件和一个 “鼠标松开” 事件。在这方面，图形用户界面应用程序和常规的批处理程序完全不同，后者通常可以在没有人为干预的情况下自行处理输入、生成结果和终止。

为简单起见，我们没有过多关注在 `main()` 函数末尾处对 `QLabel` 对象的 `delete` 操作调用。在如此短小的程序内，这样一点内存泄漏 (memory leak) 问题无关大局，因为在程序结束时，这部分内存是可以由操作系统重新回收的。

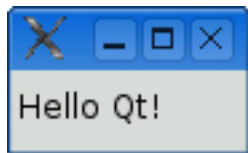


图 1.1: Linux 上的 Hello 程序

现在是在机器上测试这个程序的时候了，看起来它应该会如图 1.1 所示。首先需要安装 Qt 4.3.2 (或是其后的其他 Qt 4 新发行版)，附录 A 对这一安装过程进行

了说明。从现在开始，假定你已经正确地安装了 Qt 4 的一个副本，并且假定已经在 PATH 环境变量中对 Qt 的 bin 目录进行了设置。（在 Windows 操作系统中，这些操作会由 Qt 的安装程序自动完成。）还需要将该程序的源代码保存到 hello.cpp 文件，并把它放进一个名为 hello 的目录中。

现在在命令提示符下，进入 hello 目录，输入如下命令，生成一个与平台无关的项目文件 hello.pro：

```
qmake -project
```

然后，输入如下命令，从这个项目文件生成一个与平台相关的 makefile 文件：

```
qmake hello.pro
```

键入 make 命令就可以构建该程序。（在附录 B 中，会给出 qmake 工具更为详细的说明。）要运行该程序，在 Windows 下可以输入 hello，在 UNIX 下可以输入 ./hello，在 Mac OS X 下可以输入 open hello.app。要结束该程序，可直接单击窗口标题栏上的关闭按钮。

如果使用的是 Windows 系统，并且已经安装了 Qt 的开源版和 MinGW 编译器，那么将会看到一个指向 MS-DOS 提示符窗口的快捷键，其中已经正确地创建了使用 Qt 时所需的全部环境变量。如果启动了这个窗口，那么就可以在里面像上面所讲述的那样使用 qmake 命令和 make 命令编译 Qt 应用程序。而由此产生的可执行文件将会保存在应用程序所在目录的 debug 或 release 文件夹中。

如果使用的是 Microsoft Visual C++ 和商业版的 Qt，则需要用 nmake 命令代替 make 命令。除了这一方法外，还可以通过 hello.pro 文件创建一个 Visual Studio 的工程文件，此时需要输入命令：

```
qmake -tp vc hello.pro
```

然后就可以在 Visual Studio 中编译这个程序了。如果使用的是 Mac OS X 系统中的 Xcode，那么可以使用如下命令来生成一个 Xcode 工程文件：

```
qmake -spec macx-xcode hello.pro
```

在开始进入下一个例子之前，我们一起来做一件有意思的事情：将代码行

```
QLabel *label = new QLabel("Hello Qt!");
```

替换为

```
QLabel *label = new QLabel("<h2><i>Hello</i> "
                           "<font color=red>Qt!</font></h2>");
```

然后重新编译该程序。运行程序时，看起来应当是图 1.2 的样子。正如该例子所显示的那样，通过使用一些简单的 HTML 样式格式，就可以轻松地把 Qt 应用程序的用户接口变得更为丰富多彩。



图 1.2: 具有简单 HTML 样式的标签

1.2 建立连接

第二个例子要说明的是如何响应用户的动作。这个应用程序由一个按钮构成，用户可以单击这个按钮退出程序。除了应用程序的主窗口部件使用的是 `QPushButton` 而不是 `QLabel` 之外，这个应用程序的源代码和 `Hello` 程序的源代码非常相似。同时，我们还会将用户的一个动作（单击按钮）与一段代码连接起来。

这个应用程序的源代码位于本书的例子文件中，文件名是 `qt4-book/chap01/quit/quit.cpp`。程序的运行效果如图 1.3 所示。以下是该文件所包含的内容：

```

1  #include <QApplication>
2  #include <QPushButton>

3  int main(int argc, char *argv[])
4  {
5      QApplication app(argc, argv);
6      QPushButton *button = new QPushButton("Quit");
7      QObject::connect(button, SIGNAL(clicked()),
8                       &app, SLOT(quit()));
9      button->show();
10     return app.exec();
11 }

```

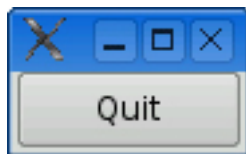


图 1.3: Quit 应用程序

Qt 的窗口部件通过发射信号 (signal) 来表明一个用户动作已经发生了或者是一个状态已经改变了^①。例如，当用户单击 `QPushButton` 时；该按钮就会发射一个 `clicked()` 信号。信号可以与函数（在这里称为槽，slot）相连接，以便在发射信号时，槽可以得到自动执行。在这个例子中，我们把这个按钮的 `clicked()` 信号与 `QApplication` 对象的 `quit()` 槽连接起来。宏 `SIGNAL()` 和 `SLOT()` 是 Qt 语法中的一部分。

现在来构建这个应用程序。假设已经创建了一个包含 `quit.cpp` 文件的 `quit` 目录。在 `quit` 目录中，首先运行 `qmake` 命令生成它的工程文件，然后再次运行该命令来生成一个 `makefile` 文件，这两项操作的命令如下：

```

qmake -project
qmake quit.pro

```

^① Qt 的信号和 UNIX 的信号并不相关，本书中所讨论的信号仅指 Qt 信号。

现在，就可以编译并运行这个应用程序了。如果单击 **Quit** 按钮，或者按下了空格键（这样也会按下 **Quit** 按钮），那么将会退出应用程序。

1.3 窗口部件的布局

这一节将创建一个简单的例子程序，以说明如何用布局 (**layout**) 来管理窗口中窗口部件的几何形状，还要说明如何利用信号和槽来同步窗口部件。这个应用程序的运行效果如图 1-4 所示，它可以用来询问用户的年龄，而用户可以通过操纵微调框 (**spin box**) 或者滑块 (**slider**) 来完成年龄的输入。



图 1.4: Age 应用程序

这个应用程序由三个窗口部件组成：一个 **QSpinBox**，一个 **QSlider** 和一个 **QWidget**。**QWidget** 是这个应用程序的主窗口。**QSpinBox** 和 **QSlider** 会显示在 **QWidget** 中，它们都是 **QWidget** 窗口部件的子对象。换言之，**QWidget** 窗口部件是 **QSpinBox** 和 **QSlider** 的父对象。**QWidget** 窗口部件自己则没有父对象，因为程序是把它当作顶层窗口的。**QWidget** 的构造函数以及它的所有子类都会带一个参数 **QWidget ***，以用来说明谁是它们的父窗口部件。

以下是本应用程序的源代码：

```

1  #include <QApplication>
2  #include <QHBoxLayout>
3  #include <QSlider>
4  #include <QSpinBox>

5  int main(int argc, char *argv[])
6  {

```



```
7   QApplication app(argc, argv);

8   QWidget *window = new QWidget;
9   window->setWindowTitle("Enter Your Age");

10  QSpinBox *spinBox = new QSpinBox;
11  QSlider *slider = new QSlider(Qt::Horizontal);
12  spinBox->setRange(0, 130);
13  slider->setRange(0, 130);

14  QObject::connect(spinBox, SIGNAL(valueChanged(int)),
15                  slider, SLOT(setValue(int)));
16  QObject::connect(slider, SIGNAL(valueChanged(int)),
17                  spinBox, SLOT(setValue(int)));
18  spinBox->setValue(35);

19  QHBoxLayout *layout = new QHBoxLayout;
20  layout->addWidget(spinBox);
21  layout->addWidget(slider);
22  window->setLayout(layout);

23  window->show();

24  return app.exec();
25 }
```

第 8 行和第 9 行创建了 `QWidget` 对象，并把它作为应用程序的主窗口。我们通过调用 `setWindowTitle()` 函数来设置显示在窗口标题栏上的文字。

第 10 行和第 11 行分别创建了一个 `QSpinBox` 和一个 `QSlider`，并分别在第 12 行和第 13 行设置了它们的有效范围。我们可以放心地假定用户的最大年龄不会超过 130 岁。本应把这个窗口传递给 `QSpinBox` 和 `QSlider` 的构造函数，以说明这两个窗口部件的父对象都是这个窗口，但在这里没有这个必要，因为布局系统将会自行得出这一结果并自动把该窗口设置为微调框和滑块的父对象，下面将会很快看到这一

点。

从第 14 行到第 17 行，调用了两次 `QObject::connect()`，这是为了确保能够让微调框和滑块同步，以便它们两个总是可以显示相同的数值。一旦有一个窗口部件的值发生了改变，那么就会发射它的 `valueChanged(int)` 信号，而另一个窗口部件就会用这个新值调用它的 `setValue(int)` 槽。

第 18 行将微调框的值设置为 35。当发生这种情况时，`QSpinBox` 就会发射 `valueChanged(int)` 信号，其中，`int` 参数的值是 35。这个参数会被传递给 `QSlider` 的 `setValue(int)` 槽，它会把这个滑块的值设置为 35。于是，滑块就会发射 `valueChanged(int)` 信号，因为它的值发生了变化，这样就触发了微调框的 `setValue(int)` 槽。但在这一点上，`setValue(int)` 并不会再发射任何信号，因为微调框的值已经是 35 了。这样就可以避免无限循环的发生。图 1.5 对这种情况进行了图示概述。

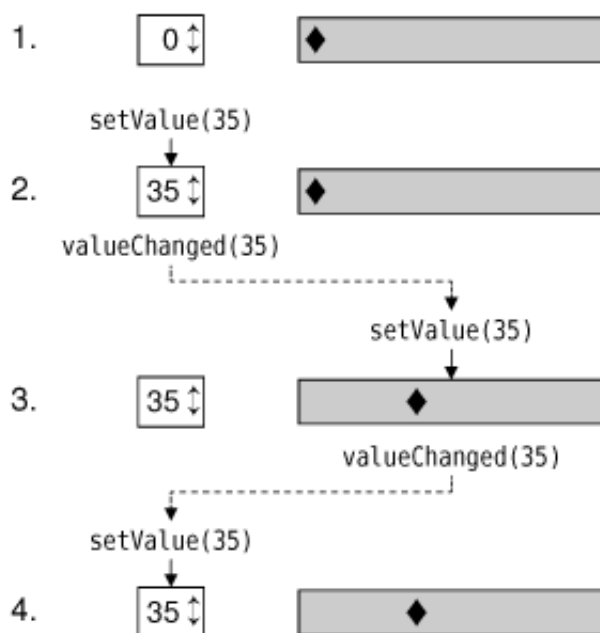


图 1.5: 改变一个窗口部件的值会使两个窗口部件都发生变化

窗口部件的风格

到目前为止，我们看到的这些屏幕截图都来自于 Linux，但是 Qt 应用程序在每一个所支持的平台上都可以看起来像本地程序一样（见图 1.6）。Qt 是通过所

模拟平台的视觉外观来实现这一点的，而不是对某个特殊平台的封装或者一个工具包中的窗口部件集。

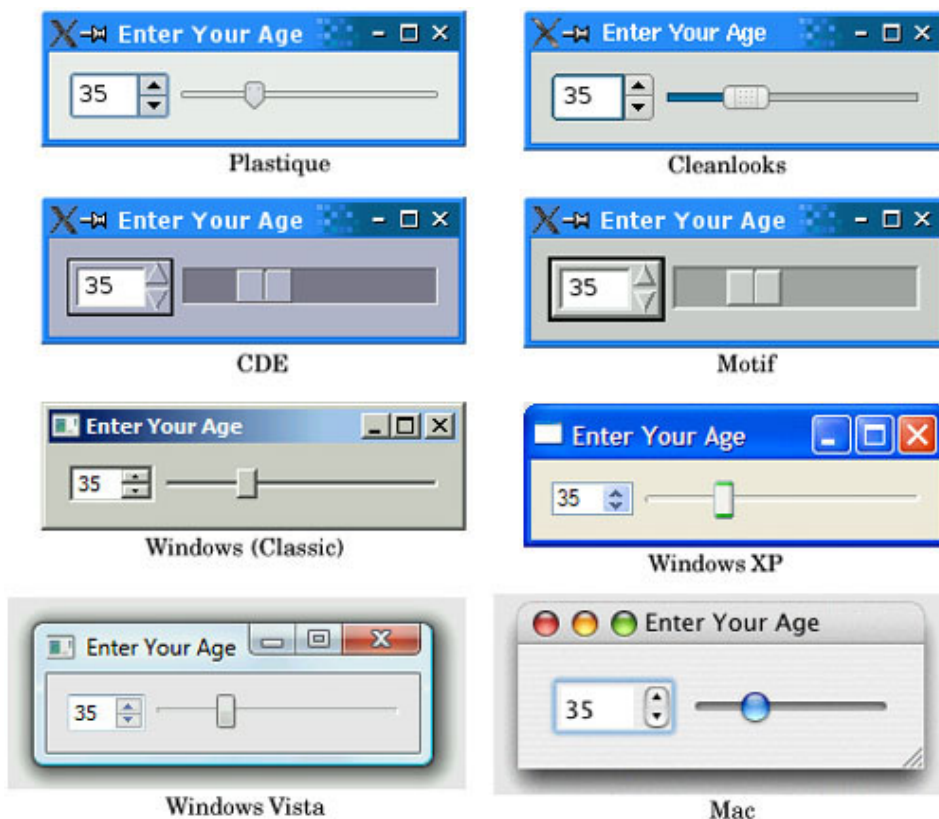


图 1.6: 一些预定义风格

运行于 KDE 下的 Qt/X11 应用程序的默认风格是 **Plastique**，而运行于 GNOME 下的应用程序的默认风格是 **Cleanlooks**。这些风格使用了渐变和抗锯齿效果，以用来提供一种时尚的外观。运行 Qt 应用程序的用户可以通过使用命令行参数 **-style** 覆盖原有的默认风格。例如，在 X11 下，要想使用 **Motif** 风格来运行 **Age** 应用程序，只需简单输入以下命令即可：

```
./age -style motif
```

与其他风格不同，**Windows XP**、**Windows Vista** 和 **Mac** 的风格只能在它们的本地平台上有效，因为它们需要依赖平台的主题引擎。

还有另外一种风格 **QtDotNet**，它来自于 **Qt Solutions** 模块。创建自定义风

格也是可能的，这会在第 19 章中加以阐述。

在源程序的第 19 行到第 22 行，使用了一个布局管理器对微调框和滑块进行布局处理。布局管理器 (**layout manager**) 就是一个能够对其所负责窗口部件的尺寸大小和位置进行设置的对象。Qt 有三个主要的布局管理器类：

- **QHBoxLayout**。在水平方向上排列窗口部件，从左到右（在某些文化中则是从右向左）。
- **QVBoxLayout**。在竖直方向上排列窗口部件，从上到下。
- **QGridLayout**。把各个窗口部件排列在一个网格中。

第 22 行的 `QWidget::setLayout()` 函数调用会在窗口上安装该布局管理器（见图 1.7）。从软件的底层实现来说，`QSpinBox` 和 `QSlider` 会自动“重定义父对象”，它们会成为这个安装了布局的窗口部件的子对象。也正是基于这个原因，当创建一个需要放进某个布局中的窗口部件时，就没有必要为其显式地指定父对象了。

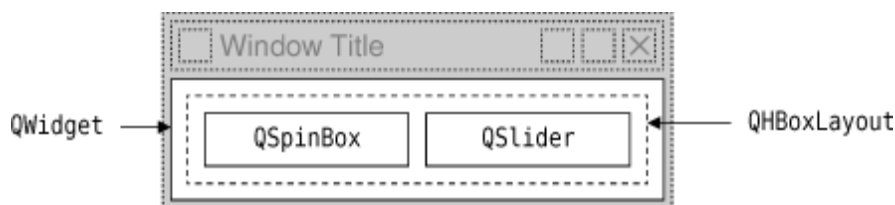


图 1.7: Age 应用程序中的窗口部件和布局

尽管没有明确地设置任何一个窗口部件的位置或大小，但 `QSpinBox` 和 `QSlider` 还是能够非常好看地一个挨着一个显示出来。这是因为 `QHBoxLayout` 可根据所负责的子对象的需要为它们分配所需的位置和大小。布局管理器使我们从应用程序的各种屏幕位置关系指定的繁杂纷扰中解脱出来，并且它还可以确保窗口尺寸大小发生改变时的平稳性。

Qt 中构建用户接口的方法很容易理解并且非常灵活。Qt 程序员最常使用的方式是先声明所需的窗口部件，然后再设置它们所应具备的属性。程序员把这些窗体部件添加到布局中，布局会自动设置它们的位置和大小。利用 Qt 的信号—槽机制，并通过窗口部件之间的连接就可以管理用户的交互行为。

1.4 使用参考文档

由于 Qt 的参考文档涉及了 Qt 中的每一个类和函数，所以对任何一名 Qt 开发人员来说，它都是一个基本工具。本书讲述了 Qt 的许多类和函数，但是也并不能完全覆盖到 Qt 中所有的类和函数，同时也无法对书中所涉及的每个类和函数都提供全部的细节。如果想尽可能多地从 Qt 获益，那么就应当尽快地达到对 Qt 参考文档了如指掌的程度。

在 Qt 的 doc/html 目录下可以找到 HTML 格式的参考文档，并且可以使用任何一种 Web 浏览器来阅读它。也可以使用 Qt 的帮助浏览器 Qt Assistant，它具有强大的查询和索引功能，使用时能够比 Web 浏览器更加快速和容易。

要运行 Qt Assistant，在 Windows 下，可单击“开始”菜单中的“Qt by Trolltech v4.x.y | Assistant”(见图 1.8)；在 UNIX 下，可在命令行终端中输入 assistant 命令；在 Mac OS X Finder 中，只需双击 assistant 即可，在主页的“API Reference”小节中的链接提供了浏览 Qt 类的几种不同方式，“All Classes”页面列表会列出 Qt API 中的每一个类，而“Main Classes”页面列表只会列出 Qt 中那些最为常用的类。作为练习，你或许可以去试着查询一下这一章中所使用过的那些类和函数。

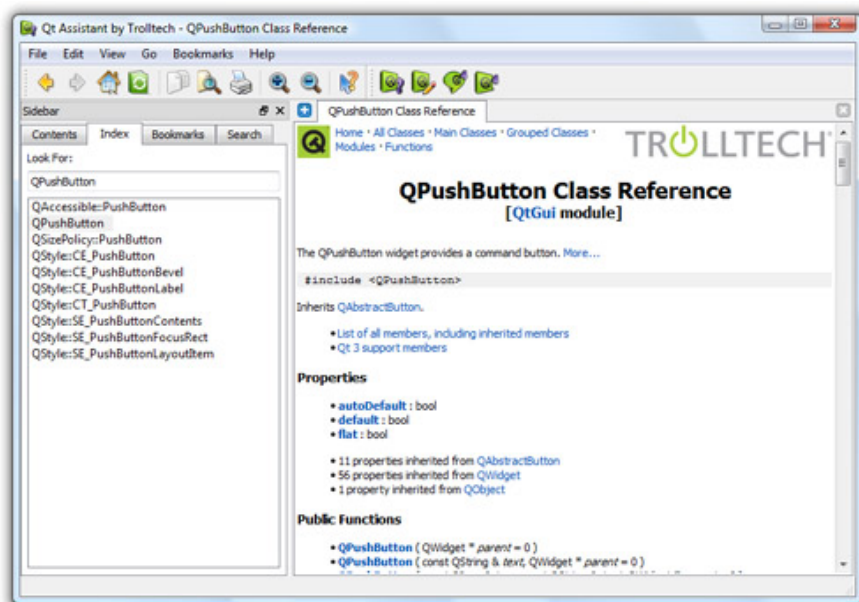


图 1.8: Windows Vista 下 Qt Assistant 中的 Qt 参考文档

需要注意的是，通过继承而得到的函数的文档会显示在它的基类中，例如，QPushButton 就没有它自己的 show() 函数，因为它是从 QWidget 那里继承的函

数。图 1.9 给出了到目前为止我们所见过的各个类之间的关系。

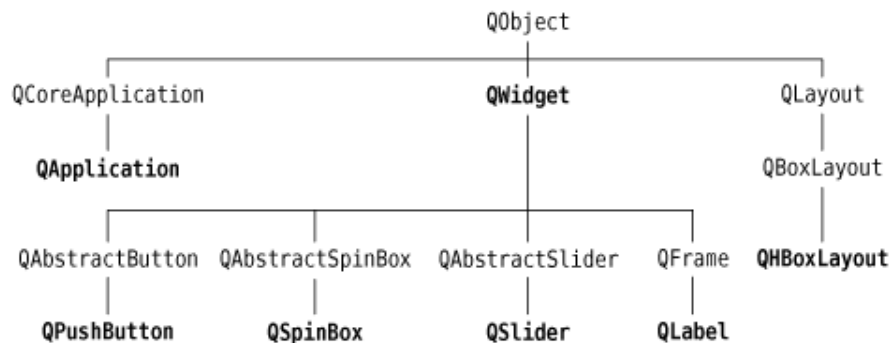


图 1.9: 目前为止我们所见过的那些 Qt 类的继承树

可以从<http://doc.trolltech.com>中获取 Qt 的当前版和一些早期版本的在线参考文档。这个网站也选摘了 Qt 季刊 (Qt Quarterly) 中的一些文章。Qt 季刊是 Qt 程序员的时事通讯，会发送给所有获得 Qt 商业许可协议的人员。

本章介绍了一些重要概念：信号—槽连接和布局，也逐步展示了 Qt 的兼容性和 Qt 完全面向对象的构建方法和窗口部件的使用。如果你浏览了一遍 Qt 的参考文档，那么将会发现一种如何学习使用新窗口部件的统一方法，并且也将发现 Qt 对函数、参数、枚举等变量选名的严谨性，以及在使用 Qt 编程时令人叹服的愉悦感和舒适性。

本书第一部分的随后几章，都建立在本章的基础之上，它们演示了如何创建一个完整的 GUI 应用程序——拥有菜单、工具栏、文档窗口、状态条和对话框，还有与之相应的用于阅读、处理和输出文件的底层功能函数。

2 创建对话框

这一章讲解如何使用 Qt 创建对话框。对话框为用户提供了许多选项和多种选择，允许用户把选项设置为他们喜欢的变量值并从中做出选择。之所以把它们称为对话框，或者简称为“对话”，是因为它们为用户和应用程序之间提供了一种可以相互“交谈”的交互方式。

绝大多数图形用户界面应用程序都带有一个由菜单栏、工具栏构成的主窗口以及几十个对主窗口进行补充的对话框。当然，也可以创建对话框应用程序，它可以通过执行合适的动作来直接响应用户的选择（例如，一个计算器应用程序）。

本章将首先完全用手写代码的方式创建第一个对话框，以便能够说明是如何完成这项工程的。然后将使用 Qt 的可视化界面设计工具 Qt 设计师 (Qt Designer)。使用 Qt 设计师比手写代码要快得多，并且可以使不同的设计测试工作以及稍后对设计的修改工作变得异常轻松。

2.1 子类化 QDialog

第一个例子是完全使用 C++ 编写的一个 Find(查找) 对话框，它的运行效果如图 2.1 所示，这将实现一个拥有自主权的对话框。通过这一过程，就可以让对话框拥有自己的信号和槽，成为一个独立的、完备的控件。

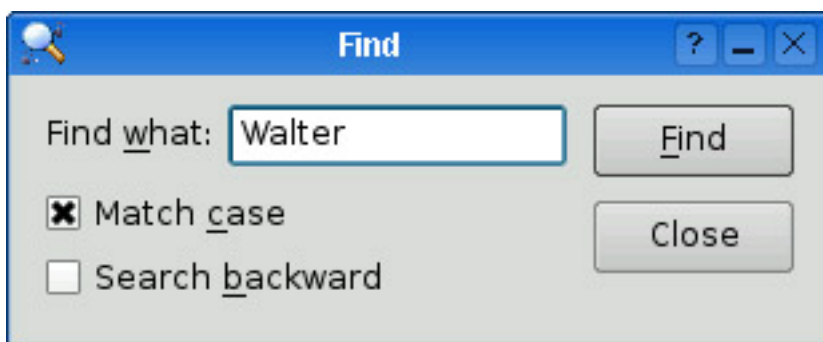


图 2.1: Find 对话框

源代码分别保存在 `finddialog.h` 和 `finddialog.cpp` 文件中。首先从 `finddialog.h` 文件说起：

```

1  #ifndef FINDDIALOG_H
2  #define FINDDIALOG_H

3  #include <QDialog>

4  class QCheckBox;
5  class QLabel;
6  class QLineEdit;
7  class QPushButton;

```

第 1、2 行（以及后面的第 27 行，见下页）能够防止对这个头文件的多重包含。第 3 行包含了 `QDialog` 的定义，它是 Qt 中对话框的基类。`QDialog` 从 `QWidget` 类中派生出来。第 4 行到第 7 行前置声明了一些用于这个对话框实现中的 Qt 类。前置声明 (forward declaration) 会告诉 C++ 编译程序类的存在，而不用提供类定义中的所有细节 (通常放在它自己的头文件中)。关于这一点，将会再简单地多讲一些。

接下来定义 `FindDialog`，并让它成为 `QDialog` 的子类：

```

8  class FindDialog : public QDialog
9  {

```



```

10     Q_OBJECT

11 public:

12     FindDialog(QWidget *parent = 0);

```

对于所有定义了信号和槽的类，在类定义开始处的 `Q_OBJECT` 宏都是必需的。

`FindDialog` 的构造函数就是一个典型的 Qt 窗口部件类的定义方式。`parent` 参数指定了它的父窗口部件。该参数的默认值是一个空指针，意味着该对话框没有父对象。

```

13 signals:

14     void findNext(const QString &str, Qt::CaseSensitivity cs);

15     void findPrevious(const QString &str, Qt::CaseSensitivity cs);

```

`signals` 部分声明了当用户单击 **Find** 按钮时对话框所发射的两个信号。如果向前查询 (**search backward**) 选项生效，对话框就发射 `findPrevious()` 信号，否则它就发射 `findNext()` 信号。

`signals` 关键字实际上是一个宏。C++ 预处理器会在编译程序找到它之前把它转换成标准 C++ 代码。`Qt::CaseSensitivity` 是一个枚举类型，它有 `Qt::CaseSensitive` 和 `Qt::CaseInsensitive` 两个取值。

```

16 private slots:

17     void findClicked();

18     void enableFindButton(const QString &text);

19 private:

20     QLabel *label;

21     QLineEdit *lineEdit;

22     QCheckBox *caseCheckBox;

23     QCheckBox *backwardCheckBox;

24     QPushButton *findButton;

```

```

25     QPushButton *closeButton;
26 };
27 #endif

```

在这个类的 `private` 段声明了两个槽。为了实现这两个槽，几乎需要访问这个对话框的所有子窗口部件，所以也保留了指向它们的指针。关键字 `slots` 就像 `signals` 一样也是一个宏，也可以扩展成 C++ 编译程序可以处理的一种结构形式。

对于这些私有变量，我们使用了它们的类前置声明。这是可行的，因为它们都是指针，而且没有必要在头文件中就去访问它们，因而编译程序就无须这些类的完整定义。我们没有包含与这几个类相关的头文件（`<QCheckBox>`、`<QLabel>`，等等），而是使用了一些前置声明。这可以使编译过程更快一些。

现在看一下 `finddialog.cpp`，其中包含了对 `FindDialog` 类的实现：

```

1 #include <QtGui>
2 #include "finddialog.h"

```

首先，需要包含 `<QtGui>`，该头文件包含了 Qt Gui 类的定义。Qt 由数个模块构成，每个模块都有自己的类库。最为重要的模块有 `QtCore`、`QtGui`、`QtNetwork`、`QtOpenGL`、`QtScript`、`QtSql`、`QtSvg` 和 `QtXml`。其中，在 `<QtGui>` 头文件中为构成 `QtCore` 和 `QtGui` 组成部分的所有类进行了定义。在程序中包含这个头文件，就能够使我们省去在每个类中分别包含的麻烦。

在 `finddialog.h` 文件中，本可以仅简单地添加一个 `<QtGui>` 包含即可，而不用包含 `<QDialog>` 和使用 `QCheckBox`、`QLabel`、`QLineEdit` 和 `QPushButton` 的前置声明。然而，在一个头文件中再包含一个那么大的头文件着实不是一种好的编程风格，尤其对于比较大的工程项目更是如此。

```

3 FindDialog::FindDialog(QWidget *parent)
4     : QDialog(parent)
5 {

```

```

6    label = new QLabel(tr("Find &what:"));
7    lineEdit = new QLineEdit;
8    label->setBuddy(lineEdit);

9    caseCheckBox = new QCheckBox(tr("Match &case"));
10   backwardCheckBox = new QCheckBox(tr("Search &backward"));

11   findButton = new QPushButton(tr("&Find"));
12   findButton->setDefault(true);
13   findButton->setEnabled(false);

14   closeButton = new QPushButton(tr("Close"));

```

在第 4 行，把 `parent` 参数传递给了基类的构造函数。然后，创建了子窗口部件。在字符串周围的 `tr()` 函数调用是把它们翻译成其他语言的标记。在每个 `QObject` 对象以及包含有 `Q_OBJECT` 宏的子类中都有这个函数的声明。尽管也许并没有将你的应用程序立刻翻译成其他语言的打算，但是在每一个用户可见的字符串周围使用 `tr()` 函数还是一个很不错的习惯。在第 18 章中将对翻译 Qt 应用程序进行详细讲述。

在这些字符串中，使用了表示“与”操作的符号“&”来表示快捷键。例如，第 11 行创建了一个 Find 按钮，用户可在那些支持快捷键的平台下通过按下 `Alt+F` 快捷键来激活它。符号“&”可以用来控制焦点：在第 6 行创建了一个带有快捷键 (`Alt+W`) 的标签，而在第 8 行设置了行编辑器作为标签的伙伴。所谓“伙伴” (**buddy**) 就是一个窗口部件，它可以在按下标签的快捷键时接收焦点 (**focus**)。所以当用户按下 `Alt+W` (该标签的快捷键) 时，焦点就会移动到这个行编辑器 (该标签的伙伴) 上。

在第 12 行，通过调用 `setDefault(true)` 让 Find 按钮成为对话框的默认按钮。默认按钮 (**default button**) 就是当用户按下 `Enter` 键时能够按下对应的按钮。在第 13 行，禁用了 Find 按钮。当禁用一个窗口部件时，它通常会显示为灰色，并且不能和用户发生交互操作。

```

15    connect(lineEdit, SIGNAL(textChanged(const QString &)),
16            this, SLOT(enableFindButton(const QString &)));

```

```

17     connect(findButton, SIGNAL(clicked()),
18             this, SLOT(findClicked()));
19     connect(closeButton, SIGNAL(clicked()),
20             this, SLOT(close()));

```

只要行编辑器中的文本发生变化，就会调用私有槽 `enableFindButton(const QString &)`。当用户单击 **Find** 按钮时，会调用 `findClicked()` 私有槽。而当用户单击 **Close** 时，对话框会关闭。`close()` 槽是从 `QWidget` 中继承而来的，并且它的默认行为就是把窗口部件从用户的视野中、隐藏起来（而无须将其删除）。稍后将会看到 `enableFindButton()` 槽和 `findClicked()` 槽的代码。

由于 `QObject` 是 `FindDialog` 的父对象之一，所以可以省略 `connect()` 函数前面的 `QObject::` 前缀。

```

21     QHBoxLayout *topLeftLayout = new QHBoxLayout;
22     topLeftLayout->addWidget(label);
23     topLeftLayout->addWidget(lineEdit);

24     QVBoxLayout *leftLayout = new QVBoxLayout;
25     leftLayout->addLayout(topLeftLayout);
26     leftLayout->addWidget(caseCheckBox);
27     leftLayout->addWidget(backwardCheckBox);

28     QVBoxLayout *rightLayout = new QVBoxLayout;
29     rightLayout->addWidget(findButton);
30     rightLayout->addWidget(closeButton);
31     rightLayout->addStretch();

32     QHBoxLayout *mainLayout = new QHBoxLayout;
33     mainLayout->addLayout(leftLayout);
34     mainLayout->addLayout(rightLayout);
35     setLayout(mainLayout);

```

接下来，使用布局管理器摆放这些子窗口部件。布局中既可以包含多个窗口部

件，也可以包含其他子布局。通过 `QHBoxLayout`、`QVBoxLayout` 和 `QGridLayout` 这三个布局的不同嵌套组合，就可能构建出相当复杂的对话框。

如图 2.2 所示，对于 **Find** 对话框，使用了两个 `QHBoxLayout` 布局 and 两个 `QVBoxLayout` 布局。外面的布局是主布局，通过第 35 行代码将其安装在 `FindDialog` 中，并且由其负责对话框的整个区域。其他三个布局则作为子布局。图 2.2 中右下角的小“弹簧”是一个分隔符（或者称为“伸展器”）。用它来占据 **Find** 按钮和 **Close** 按钮所余下的空白区域，这样可以确保这些按钮完全占用它们所在布局的上部空间。

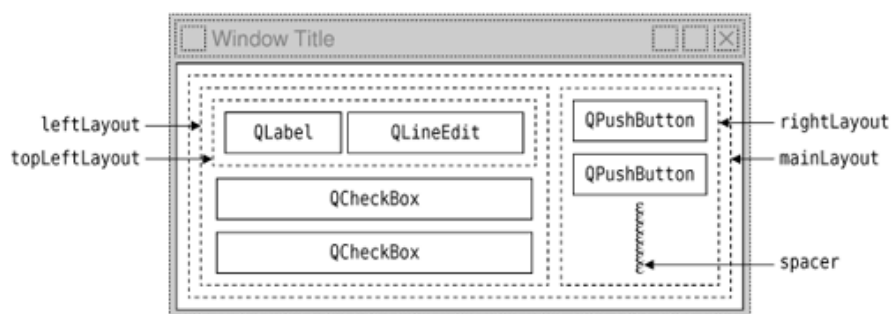


图 2.2: Find 对话框的布局

布局管理器类的一个精妙之处在于它们不是窗口部件。相反，它们派生自 `QLayout`，因而也就是进一步派生自 `QObject`，在图 2.2 中，窗口部件用实线轮廓来表示，布局用点线来表示，这样就能够很好地区分窗口部件和布局。在一个运行的应用程序中，布局是不可见的。

当将子布局对象添加到父布局对象中时（第 25、33 和 34 行），子布局对象就会自动重定义自己的父对象。也就是说，当将主布局装到对话框中去时（第 35 行），它就会成为对话框的子对象了，于是它的所有子窗口部件都会重定义自己的父对象，从而变成对话框中的子对象。图 2.3 给出了父子层次关系的最终结果。

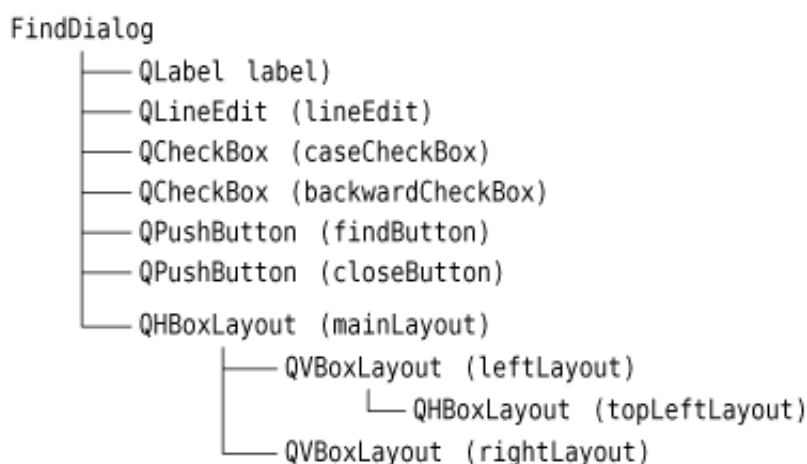


图 2.3: Find 对话框中的父子关系

```

36     setWindowTitle(tr("Find"));
37     setFixedHeight(sizeHint().height());
38 }

```

最后，设置了显示在对话框标题栏上的标题的内容，并让窗口具有一个固定的高度，这是因为在对话框的垂直方向上再没有其他窗口部件可以去占用所多出的空间了。`QWidget::sizeHint()` 函数可以返回一个窗口部件所“理想”的尺寸大小。

这样，就完成了对 `FindDialog` 对话框构造函数的分析。由于在创建这个对话框中的窗口部件和布局时使用的是 `new`，所以需要写一个能够调用 `delete` 的析构函数，以便可以删除所创建的每一个窗口部件和布局。但是这样做并不是必需的，因为 `Qt` 会在删除父对象的时候自动删除其所属的所有子对象，也就会删除 `FindDialog` 中作为其子孙的所有子窗口部件和子布局。

现在来看一下这个对话框中所用到的槽：

```

39 void FindDialog::findClicked()
40 {
41     QString text = lineEdit->text();
42     Qt::CaseSensitivity cs =
43         caseCheckBox->isChecked() ? Qt::CaseSensitive

```

```

44         : Qt::CaseInsensitive;
45     if (backwardCheckBox->isChecked()) {
46         emit findPrevious(text, cs);
47     } else {
48         emit findNext(text, cs);
49     }
50 }

51 void FindDialog::enableFindButton(const QString &text)
52 {
53     findButton->setEnabled(!text.isEmpty());
54 }

```

当用户单击 Find 按钮时，就会调用 `findClicked()` 槽。而该槽将会发射 `findPrevious()` 或 `findNext()` 信号，这取决于 Search backward 选项的取值。`emit` 是 Qt 中的关键字，像其他 Qt 扩展一样，它也会被 C++ 预处理器转换成标准的 C++ 代码。

只要用户改变了行编辑器中的文本，就会调用 `enableFindButton()` 槽。如果在行编辑器中有文本，该槽就会启用 Find 按钮，否则它就会禁用 Find 按钮。

利用这两个槽就完成了这个对话框的功能。现在，可以创建一个 `main.cpp` 文件来测试一下这个 FindDialog 窗口部件。

```

1  #include <QApplication>

2  #include "finddialog.h"

3  int main(int argc, char *argv[])
4  {
5      QApplication app(argc, argv);
6      FindDialog *dialog = new FindDialog;
7      dialog->show();

```

```

8     return app.exec();
9 }

```

为了编译这个程序，还像以前一样运行 **qmake**。由于 **FindDialog** 类的定义包含 **Q_OBJECT** 宏，因而由 **qmake** 生成的 **makefile** 将会自动包含一些运行 **moc** 的规则，**moc** 就是指 Qt 的元对象编译器，即 **meta-object compiler**。（会在下一节介绍 Qt 的元对象系统。）

为了使 **moc** 能够正常运行，必须把类定义从实现文件中分离出来并放到头文件中。由 **moc** 生成的代码会包含这个头文件，并且会添加一些特殊的 C++ 代码。

必须对使用了 **Q_OBJECT** 宏的类运行 **moc**。因为 **qmake** 会自动在 **makefile** 中添加这些必要的规则，所以这并不成问题。但是如果忘记了使用 **qmake** 重新生成 **makefile** 文件，并且也没有重新运行 **moc**，那么连接程序就会报错，指出你声明了一些函数但是没有实现它们。这些信息可能是相当不明确的。GCC 会生成像这样的出错信息：

```

finddialog.o: In function 'FindDialog::tr(char const*, char const*)':
/usr/lib/qt/src/corelib/global/qglobal.h:1430: undefined reference to
'FindDialog::staticMetaObject'

```

Visual C++ 输出的出错信息可能是这样的：

```

finddialog.obj : error LNK2001: unresolved external symbol
"public:~virtual int __thiscall MyClass::qt_metacall(enum QMetaObject
::Call,int,void * *)"

```

如果曾经遇到过这种情况，那么请重新运行 **qmake** 以生成新的 **makefile** 文件，然后再重新构建该应用程序。

现在来运行该程序。如果在你的系统上能够显示快捷键，那么可以检验一下快捷键 **Alt+W**、**Alt+C**、**Alt+B** 和 **Alt+F** 是不是触发了正确的行为。可以通过敲击键盘上的 **Tab** 键来遍历这些窗口部件。默认的 **Tab** 键顺序就是创建窗口部件时的顺序。要改变这个键顺序，可以使用 **QWidget::setTabOrder()** 函数。

提供一种合理的 **Tab** 键顺序和键盘快捷键可以确保不愿（或者不能）使用鼠标的用户能够充分享受应用程序所提供的全部功能。完全通过键盘控制应用程序也深受快速输入人员的赞赏。

在第 3 章，将在一个真实的应用程序中使用 **Find** 对话框，并且将会把 `findPrevious()` 信号和 `findNext()` 信号与一些槽连接到一起。

2.2 深入介绍信号和槽

信号和槽机制是 Qt 编程的基础。它可以让应用程序编程人员把这些互不了解的对象绑定在一起。前面，已经把一些信号和槽连接在了一起，也声明了自己的信号和槽，还实现了自己的槽，并且还发射了自己的信号。让我们再花一点时间，来进一步深入地了解这个机制。

槽和普通的 C++ 成员函数几乎是一样的——可以是虚函数；可以被重载；可以是公有的、保护的或者私有的，并且也可以被其他 C++ 成员函数直接调用；还有，它们的参数可以是任意类型。唯一的不同是：槽还可以和信号连接在一起，在这种情况下，每当发射这个信号的时候，就会自动调用这个槽。

`connect()` 语句看起来会是如下的样子：

```
connect(sender, SIGNAL(signal), receiver, SLOT(slot));
```

这里的 *sender* 和 *receiver* 是指向 `QObject` 的指针，*signal* 和 *slot* 是不带参数的函数名。实际上，`SIGNAL()` 宏和 `SLOT()` 宏会把它们的参数转换成相应的字符串。

到目前为止，在已经看到的实例中，我们已经把不同的信号和不同的槽连接在了一起。但这里还需要考虑一些其他的可能性。

- 一个信号可以连接多个槽：

```
connect(slider, SIGNAL(valueChanged(int)),
       spinBox, SLOT(setValue(int)));
```

```
connect(slider, SIGNAL(valueChanged(int)),
        this, SLOT(updateStatusBarIndicator(int)));
```

在发射这个信号的时候，会以不确定的顺序一个接一个地调用这些槽。

- 多个信号可以连接同一个槽：

```
connect(lcd, SIGNAL(overflow()),
        this, SLOT(handleMathError()));
connect(calculator, SIGNAL(divisionByZero()),
        this, SLOT(handleMathError()));
```

无论发射的是哪一个信号，都会调用这个槽。

- 一个信号可以与另外一个信号相连接：

```
connect(lineEdit, SIGNAL(textChanged(const QString &)),
        this, SIGNAL(updateRecord(const QString &)));
```

当发射个信号时，也会发射第二个信号。除此之外，信号与信号之间的连接和信号与槽之间的连接是难以区分的。

- 连接可以被移除：

```
disconnect(lcd, SIGNAL(overflow()),
           this, SLOT(handleMathError()));
```

这种情况较少用到，因为当删除对象时，Qt 会自动移除和这个对象相关的所有连接。

要把信号成功连接到槽（或者连接到另外一个信号），它们的参数必须具有相同的顺序和相同的类型：

```
connect(ftp, SIGNAL(rawCommandReply(int, const QString &)),
        this, SLOT(processReply(int, const QString &)));
```

例外地，如果信号的参数比它所连接的槽的参数多，那么多余的参数将会被简单地忽略掉：

```
connect(ftp, SIGNAL(rawCommandReply(int, const QString &)),
        this, SLOT(checkErrorCode(int)));
```

如果参数类型不匹配，或者如果信号或槽不存在，则当应用程序使用调试模式构建后，Qt 会在运行时发出警告。与之相类似的是，如果在信号和槽的名字中包含了参数名，Qt 也会发出警告。

到现在为止，我们仅仅在窗口部件之间使用了信号和槽。但是这种机制本身是在 **QObject** 中实现的，并不只局限于图形用户界面编程中。这种机制可以用于任何 **QObject** 的子类中：

```
class Employee : public QObject
{
    Q_OBJECT
public:
    Employee() { mySalary = 0; }
    int salary() const { return mySalary; }
public slots:
    void setSalary(int newSalary);
signals:
    void salaryChanged(int newSalary);
private:
    int mySalary;
};

void Employee::setSalary(int newSalary)
{
    if (newSalary != mySalary) {
        mySalary = newSalary;
        emit salaryChanged(mySalary);
    }
}
```

注意一下 `setSalary()` 槽是如何工作的。只有在 `newSalary != mySalary` 的时候，才发射 `salaryChanged()` 信号。这样可以确保循环连接不会导致无限循环。

Qt 的元对象系统

Qt 的主要成就之一就是使用了一种机制对 C++ 进行了扩展，并且使用这种机制创建了独立的软件组件。这些组件可以绑定在一起，但任何一个组件对于它所连接的组件的情况事先都一无所知。

这种机制称为元对象系统 (meta-object system)，它提供了关键的两项技术：信号—槽以及内省 (introspection)。内省功能对于实现信号和槽是必需的，并且允许应用程序的开发人员在运行时获得有关 `QObject` 子类的“元信息” (meta-information)，包括一个含有对象的类名以及它所支持的信号和槽的列表。这一机制也支持属性（广泛用于 Qt 设计师中）和文本翻译（用于国际化），并且它也为 `QtScript` 模块奠定了基础。从 Qt 4.2 开始，可以动态添加属性，这一特性将会在第 19 章和第 22 章中付诸实施。

标准 C++ 没有对 Qt 的元对象系统所需要的动态元信息提供支持。Qt 通过提供一个独立的 `moc` 工具解决了这个问题，`moc` 解析 `Q_OBJECT` 类的定义并且通过 C++ 函数来提供可供使用的信息。由于 `moc` 使用纯 C++ 来实现它的所有功能，所以 Qt 的元对象系统可以在任意 C++ 编译器上工作。

这一机制是这样工作的：

- `Q_OBJECT` 宏声明了在每一个 `QObject` 子类中必须实现的一些内省函数：`metaObject()`、`tr()`、`qt_metacall()`，以及其他一些函数。
- Qt 的 `moc` 工具生成了用于由 `Q_OBJECT` 声明的所有函数和所有信号的实现。
- 像 `connect()` 和 `disconnect()` 这样的 `QObject` 的成员函数使用这些内省函数来完成它们的工作。

由于所有这些工作都是由 `qmake`、`moc` 和 `QObject` 自动处理的，所以很少需要再去考虑这些事情。但是如果你对此充满好奇心的话，那么也可以阅读一下有

关 `QMetaObject` 类的文档和由 `moc` 生成的 C++ 源代码文件，可以从中看出这些实现工作是如何进行的。

2.3 快速设计对话框

Qt 的设计初衷就是为了能够直观并且友好地进行手工编码，并且对于程序员来说，纯粹通过编写 C++ 源代码来开发整个 Qt 应用程序并不稀奇。尽管如此，许多程序员还是喜欢使用可视化的方法来设计窗体，因为他们发现使用可视化方式会比手工编码显得更自然、更快速，并且也希望能够通过可视化方法，对那些手工编码所设计的窗体，进行更快速、更容易的测试和修改。

Qt 设计师 (Qt Designer) 为程序员们提供了可供使用的新选择，它提供一种可视化的设计能力。Qt 设计师可用于开发应用程序中的所有或部分窗体。使用 Qt 设计师所创建的窗体最终仍旧是 C++ 代码，因此，可把 Qt 设计师看作是一个传统的工具集，并且不会对编译器强加其他特殊要求。

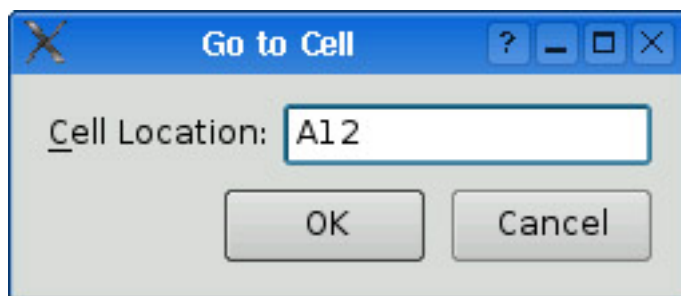


图 2.4: Go to Cell 对话框

在这一节，将使用 Qt 设计师来创建如图 2.4 所示的 Go to Cell 对话框。并且无论是使用手工编码还是使用 Qt 设计师，在创建对话框时总是要包含以下这几个相同的步骤：

1. 创建并初始化子窗口部件。
2. 把子窗口部件放到布局中。
3. 设置 Tab 键顺序。
4. 建立信号—槽之间的连接。

5. 实现对话框中的自定义槽。

要启动 Qt 设计师，在 Windows 下，可单击“开始”菜单中的 Qt by Trolltech v4.x.y→Designer；在 UNIX 下，在命令行中输入“designer”；在 Mac OS X Finder 中，直接双击 designer。当 Qt 设计师开始运行后，它会弹出一个多种模板的列表。单击 Widget 模板，然后再单击 Create。（“Dialog with Buttons Bottom”模板看起来可能更具诱惑力，但是对于这个例子来说，为了能够看到是如何完成 OK 和 Cancel 按钮的，所以需要采用手工方式来创建它们。）现在应该会看到一个名为“Untitled”的窗口。

默认情况下，Qt 设计师的用户界面由多个顶级窗口构成。如果你更喜欢像图 2.5 所示的那种多文档 (MDI) 界面风格，即只有一个顶级窗口和多个子窗口构成的界面，则可以单击 Edit→Preferences，然后将用户界面模式设置为 Docked Window（停靠窗口）即可。

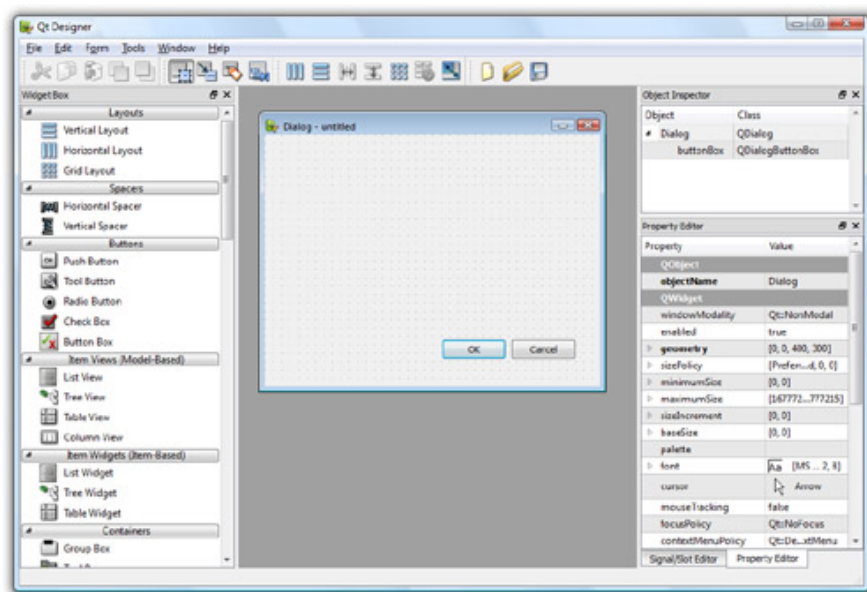


图 2.5: Windows Vista 中显示为停靠窗口模式的 Qt 设计师

第一步是创建子窗口部件并且把它们放置到窗体中。创建一个标签、一个行编辑器、一个水平分隔符和两个按钮。对于这里的每一项，可先从 Qt 设计师的窗口部件工具箱中拖拽其名字或者图标并将其放到窗体中的大概位置。在 Qt 设计师中，分隔符会显示为一个蓝色的弹簧，但在最终结果的窗体中它是不可见的。

现在，向上拖动窗体的底部使它变短一些，这样将会产生一个类似于图 2.6 的窗体。不要在窗体上为确定这些项的位置而花费太多的时间，会在稍后使用 Qt 的布局管

理器，它可以把这些项摆放得恰到好处。

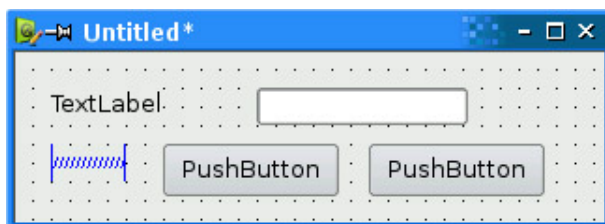


图 2.6: 带一些窗口部件的窗体

使用 Qt 设计师的属性编辑器可以设置每一个窗口部件中的属性：

1. 单击文本标签。确保此时 **objectName** 的属性是“label”，那么就可以将它的 **text** 属性设置成“&Cell Location:”。
2. 单击行编辑器。确保 **objectName** 属性是“lineEdit”。
3. 单击第一个按钮。将它的 **objectName** 属性设置成“okButton”，将它的 **enabled** 属性设置成“false”，将它的 **text** 属性设置成“OK”，并且把它的 **default** 属性设置成“true”。
4. 单击第二个按钮。将它的 **objectName** 属性设置成“cancelButton”，并且将它的 **text** 属性设置成“Cancel”。
5. 单击这个窗体中空白的地方，选中窗体本身。将 **objectName** 属性设置成“GoToCellDialog”，并且将它的 **windowTitle** 属性设置成“Go to Cell”。

现在，除了文本标签，所有的窗口部件看起来都很不错，文本标签仍显示为“&Cell Location:”。单击 **Edit→Edit Buddies** 进入一种允许设置窗口部件伙伴 (buddy) 的特殊模式。然后，单击这个标签并把红色箭头拖到行编辑器上，释放鼠标按钮。现在标签看起来应该显示为“Cell Location:”，如图 2.7 所示，同时，它还会把行编辑器看成是自己的伙伴。单击 **Edit→Edit Widgets** 离开伙伴设置模式。



图 2.7: 带属性设置的窗体

下一步是在窗体中摆放这些窗口部件，步骤如下：

1. 单击“Cell Location:” 标签并且当单击与之相邻的行编辑器时按下 **Shift** 键，这样就可以同时选择它们。单击 **Form→Lay Out Horizontally**。
2. 单击分隔符，然后在单击窗体的 **OK** 按钮和 **Cancel** 按钮时一直按下 **Shift** 键。单击 **Form→Lay Out Horizontally**。
3. 单击窗体中的空白，取消对所有已选中项的选择，然后单击 **Form→Lay Out Vertically**。
4. 单击 **Form→Adjust Size**，重新把窗体的大小定义为最佳形式。

在窗体上出现的红线就是已经创建的布局，如图 2.8 所示。但是在窗体运行的时候，它们是绝不会出现的。

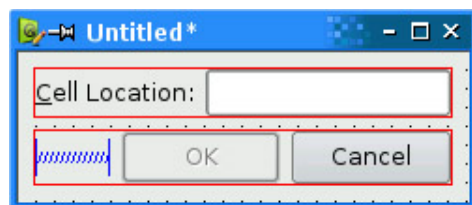


图 2.8: 带布局的窗体

现在，单击 **Edit→Edit Tab Order**。在每一个可以接受焦点的窗口部件上，都会出现一个带蓝色矩形的数字，如图 2.9 所示。按照你所希望的接受焦点的顺序单击每一个窗口部件，然后单击 **Edit→Edit Widget**，离开 **Tab** 键顺序设置模式。

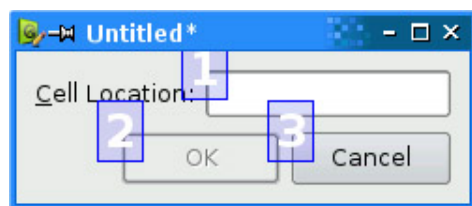


图 2.9: 设置窗体的 **Tab** 键顺序

要预览这个对话框，可单击 **Form→Preview** 菜单选项。通过重复按下 **Tab** 键来检查对话框 **Tab** 键的顺序。使用窗体标题栏上的 **Close** 按钮，可以关闭对话框。

把对话框保存到 **gotocell** 目录下，另存为 **gotocelldialog.ui**，然后使用一个纯文本编辑器在同一目录下创建一个 **main.cpp** 文件，内容如下：


```

1  #include <QApplication>
2  #include <QDialog>
3  #include "ui_gotocelldialog.h"
4  int main(int argc, char *argv[])
5  {
6      QApplication app(argc, argv);
7
8      Ui::GoToCellDialog ui;
9      QDialog *dialog = new QDialog;
10     ui.setupUi(dialog);
11     dialog->show();
12
13     return app.exec();
14 }

```

现在运行 `qmake`，生成一个 `.pro` 文件和一个 `makefile` 文件（命令分别是：`qmake-project`; `qmake gotocell.pro`）。`qmake` 工具非常智能，它可以自动检测到用户界面文件 `gotocelldialog.ui` 并且可以生成适当的 `makefile` 规则来调用 Qt 的用户界面编译器 (user interface compiler, `uic`)。`uic` 工具会将 `gotocelldialog.ui` 文件转换成 C++ 并且将转换结果存储在 `ui_gotocelldialog.h` 文件中。

所生成的 `ui_gotocelldialog.h` 文件中包含了类 `Ui::GoToCellDialog` 的定义，该类是一个与 `gotocelldialog.ui` 文件等价的 C++ 文件。这个类声明了一些成员变量，它们存储着窗体中的子窗口部件和子布局，以及用于初始化窗体的 `setupUi()` 函数。生成的类看起来如下所示：

```

class Ui::GoToCellDialog
{
public:
    QLabel *label;
    QLineEdit *lineEdit;

```

```

    QSpacerItem *spacerItem;
    QPushButton *okButton;
    QPushButton *cancelButton;

    ...
    void setupUi(QWidget *widget) {
        ...
    }
};

```

生成的类没有任何基类。当在 `main.cpp` 文件中使用该窗体时，可以创建一个 `QDialog` 对象，然后把它传递给 `setupUi()` 函数。

如果现在运行该程序，对话框也可以工作，但它并没有正确地实现所想要的那些功能：

- OK 按钮总是失效的。
- Cancel 按钮什么也做不了。
- 行编辑器可以接受任何文本，而不是只能接受有效的单元格位置坐标。

通过写一些代码，就可以让对话框具有适当的功能。最为简捷的做法是创建一个新类，让该类同时从 `QDialog` 和 `Ui::GoToCellDialog` 中继承出来，并且由它来实现那些缺失的功能（从而也证明了这句话：通过简单地增加另外一个间接层就可以解决软件的任何问题）。命名惯例是：将该类与 `uic` 所生成的类具有相同的名字，只是没有 `Ui::` 前缀而已。

使用文本编辑器，创建一个名为 `gotocelldialog.h` 的文件，其中所包含的代码如下所示：

```

1  #ifndef GOTOCELLDIALOG_H
2  #define GOTOCELLDIALOG_H

3  #include <QDialog>

```

```

4  #include "ui_gotocelldialog.h"

5  class GoToCellDialog : public QDialog, public Ui::GoToCellDialog
6  {
7      Q_OBJECT

8  public:
9      GoToCellDialog(QWidget *parent = 0);

10 private slots:
11     void on_lineEdit_textChanged();
12 };

13 #endif

```

在这里，使用了 `public` 继承，这是因为我们想在该对话框的外面访问该对话框的窗口部件。包含在 `gotocelldialog.cpp` 文件中的实现代码如下所示：

```

1  #include <QtGui>

2  #include "gotocelldialog.h"

3  GoToCellDialog::GoToCellDialog(QWidget *parent)
4      : QDialog(parent)
5  {
6      setupUi(this);

7      QRegExp regExp("[A-Za-z][1-9][0-9]{0,2}");
8      lineEdit->setValidator(new QRegExpValidator(regExp, this));

9      connect(okButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(accept()));

```

```

10     connect(cancelButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(reject()));
11 }

12 void GoToCellDialog::on_lineEdit_textChanged()
13 {
14     okButton->setEnabled(lineEdit->hasAcceptableInput());
15 }

```

在构造函数中，调用 `setupUi()` 函数来初始化窗体。正是由于使用了多重继承关系，可以直接访问 `Ui::GoToCellDialog` 中的成员。创建了用户接口后，`setupUi()` 函数还会自动将那些符合 `on_objectName_signalName()` 命名惯例的任意槽与相应的 `objectName` 的 `signalName()` 信号连接到一起。在这个例子中，这就意味着 `setupUi` 函数将建立如下所示的信号—槽连接关系：

```
connect(lineEdit, SIGNAL(textChanged(const QString &)),
        this, SLOT(on_lineEdit_textChanged()));
```

同样还是在构造函数中，设置了一个检验器来限制输入的范围。Qt 提供了三个内置检验器类：`QIntValidator`、`QDoubleValidator` 和 `QRegExpValidator`。在这里使用检验器类 `QRegExpValidator`，让它带一个正则表达式 `"[A-Za-z][1-9][0-9]{0,2}"`，它的意思是：允许一个大写或者小写的字母，后面跟着一个范围为 1 ~ 9 的数字，后面再跟 0 个、1 个或 2 个 0 ~ 9 的数字。（对于正则表达式的介绍，请查看参考文档中的 `QRegExp` 类。）

通过把 `this` 传递给 `QRegExpValidator` 的构造函数，使它成为 `GoToCellDialog` 对象的一个子对象。这样，以后就不用担心有关删除 `QRegExpValidator` 的事情了：当删除它的父对象时，它也会被自动删除。

Qt 的父—子对象机制是在 `QObject` 中实现的。当利用一个父对象创建一个子对象（一个窗口部件，一个检验器，或是任意的其他类型）时，父对象会把这个子对象添加到自己的子对象列表中。当删除这个父对象时，它会遍历子对象列表并且删除每一个子对象。然后，这些子对象再去删除它们自己所包含的每个子对象。如此反复递归调用，直至清空所有子对象为止。这种父—子对象机制可在很大程度上简化内存管理工作，降低内存泄漏的风险。需要明确删除的对象是那些使用 `new` 创建的并且没有父

对象的对象。并且，如果在删除一个父对象之前先删除了它的子对象，Qt 会自动地从它的父对象的子对象列表中将其移除。

对于窗口部件，父对象还有另外一层含义：子窗口部件会显示在它的父对象所在的区域中。当删除这个父窗口部件时，不仅子对象会从内存中消失，而且它也会在屏幕上消失。

在构造函数的最后部分，我们将 OK 按钮连接到 QDialog 的 `accept()` 槽，将 Cancel 按钮连接到 `reject()` 槽。这两个槽都可以关闭对话框，但 `accept()` 槽可以将对话框返回的结果变量设置为 `QDialog::Accepted`（其值等于 1），而 `reject()` 槽会把对话框的值设置为 `QDialog::Rejected`（其值等于 0）。当使用这个对话框的时候，可以利用这个结果变量判断用户是否单击了 OK 按钮，从而执行相应的动作。

根据行编辑器中是否包含了有效的单元格位置坐标，`on_lineEdit_textChanged()` 槽可以启用或者禁用 OK 按钮。`QLineEdit::hasAcceptableInput()` 会使用在构造函数中设置的检验器来判断行编辑器中内容的有效性。

这样，就完成了这个对话框。现在可以通过重写 `main.cpp` 文件来使用这个对话框：

```
1  #include <QApplication>
2
3  #include "gotocelldialog.h"
4
5  int main(int argc, char *argv[])
6  {
7      QApplication app(argc, argv);
8      GoToCellDialog *dialog = new GoToCellDialog;
9      dialog->show();
10     return app.exec();
11 }
```

使用 `qmake -project` 命令重新生成 `gotocell.pro` 文件（因为已经在工程中添加了源文件），使用 `qmake gotocell.pro` 命令更新 `makefile` 文件，然后再次构建并运行应用程序。在行编辑器中输入“A12”，这时可以注意到 OK 按钮已经变为启用了。尝试输入一些随机文本来看看检验器是如何完成它的工作的。单击 Cancel 按钮关闭对话框。

这个对话框工作得很好，但对于 **Mac OS X** 用户，这些按钮却显得不够圆润。在前面采用了单独添加每个按钮的方法，这是为了可以让我们看出是如何完成这些步骤的，但我们本来的确是应当使用 **QDialogButtonBox** 的，它是一个可以容纳给定的按钮的窗口部件，可以让那些按钮以正确方式呈现在应用程序所运行的平台上，如图 2.10 所示。

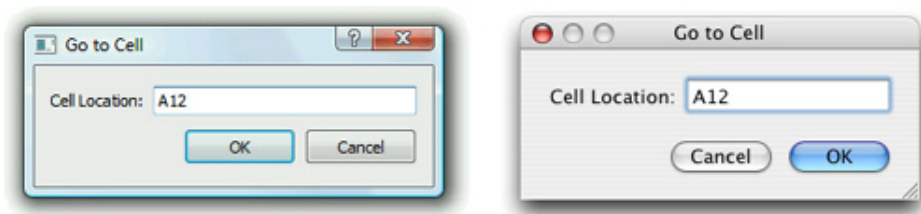


图 2.10: Windows Vista 和 Mac OS X 上的 Go to Cell 对话框

要使用 **QDialogButtonBox** 来制作这个对话框，必须同时修改设计过程和上述代码。在 **Qt** 设计师中，一共需要 4 步：

1. 单击窗体（不是任何窗口部件或者布局），然后单击 **Form→Break Layout**。
2. 单击并删除 **OK** 按钮、**Cancel** 按钮、水平分隔符以及（现在为空的）水平布局。
3. 在窗体上拖放一个“按钮盒” (**Button Box**)，放在标签和行编辑器单元的下方。
4. 单击窗体，然后单击 **Form → Lay Out Vertically**。

如果只打算修改设计，比如修改对话框的布局和窗口部件的属性等，那么只要重新构建应用程序即可。但在这里是移除了一些窗口部件并且添加了一个新的窗口部件，所以在这种情况下，通常还必须对代码进行修改。

我们所必须做的修改都在 **gotocelldialog.cpp** 文件中。这里给出的是其构造函数的新版本：

```

3 GoToCellDialog::GoToCellDialog(QWidget *parent)
4     : QDialog(parent)
5 {
6     setupUi(this);
7     buttonBox->button(QDialogButtonBox::Ok)->setEnabled(false);

8     QRegExp regExp("[A-Za-z][1-9][0-9]{0,2}");
9     lineEdit->setValidator(new QRegExpValidator(regExp, this));

10    connect(buttonBox, SIGNAL(accepted()), this, SLOT(accept()));
11    connect(buttonBox, SIGNAL(rejected()), this, SLOT(reject()));
12 }

```

在前一版本中，一开始在 Qt 设计师中禁用了 OK 按钮。但是在使用 QDialogButtonBox 之后就不能那样做了，因而可以在代码中调用 setupUi() 之后，再立即禁用 OK 按钮，这样也可以达到同样的效果。类 QDialogButtonBox 有一组标准按钮的枚举值，并且可以利用这一点来访问这些特殊的按钮，本例就是访问 OK 按钮。

非常方便的是 Qt 设计师对于 QDialogButtonBox 的默认名称就是 buttonBox。双方的连接会从按钮盒而不是从按钮自己创建出来。在单击一个带 AcceptRole 的按钮时，就会发射 accepted() 信号，这一点与单击一个带 RejectRole 的按钮会发射 rejected() 信号的情况相似。默认情况下，标准的 QDialogButtonBox::Ok 按钮具有 AcceptRole 属性，而标准的 QDialogButtonBox::Cancel 按钮具有 RejectRole 属性。

还需要在 on_lineEdit_textChanged 槽中做一处修改：

```

13 void GoToCellDialog::on_lineEdit_textChanged()
14 {
15     buttonBox->button(QDialogButtonBox::Ok)->setEnabled(
16         lineEdit->hasAcceptableInput());
17 }

```

与之前的唯一不同之处在于不是对存储为成员变量的特殊按钮进行引用，而是直接去访问按钮盒中的 OK 按钮。

使用 Qt 设计师的一个好处就在于它为程序员在修改自己设计的窗体时提供了很大的自由，并且不必再强迫自己去修改源代码。当完全通过手写 C++ 代码开发窗体时，对窗体设计的修改将会相当耗时。利用 Qt 设计师，由于 uic 会自动为那些发生了改变的窗体重新生成源代码，所以就不会再浪费时间了。对话框的用户交互界面会被保存为 .ui 文件（一种基于 XML 的文件格式），而通过对 uic 所生成的类进行子类化，就可以实现自定义的函数功能。

2.4 改变形状的对话框

我们已经看到了如何创建对话框，无论何时使用它们，这些对话框永远只会显示出一些相同的窗口部件。在某些情况下，人们非常希望能够提供一些可以改变形状的对话框。最常见的可改变形状的对话框有两种：扩展对话框 (**extension dialog**) 和多页对话框 (**multi-page dialog**)。在 Qt 中，不论是纯粹使用代码还是使用 Qt 设计师，都可以实现这两种对话框。

扩展对话框通常只显示简单的外观，但是它还有一个切换按钮 (**toggle button**)，可以让用户在对话框的简单外观和扩展外观之间来回切换。扩展对话框通常用于试图同时满足普通用户和高级用户需要的应用程序中，这种应用程序通常会隐藏那些高级选项，除非用户明确要求看到它们。在这一节中，将使用 Qt 设计师来创建如图 2.11 所示的扩展对话框。

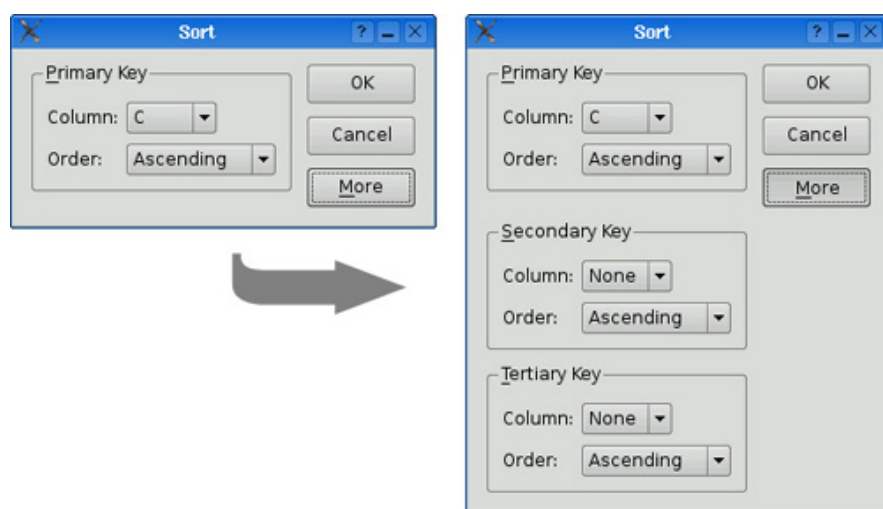


图 2.11: 具有简单外观和扩展外观的 Sort 对话框

这个对话框是一个用于电子制表软件应用程序的排序对话框 (**Sort 对话框**)，在这个对话框中，用户可以选择一列或多列进行排序。在这个简单外观中，允许用户输

入一个单一的排序键，而在扩展外观下，还额外提供了两个排序键。**More** 按钮允许用户在简单外观和扩展外观之间切换。

我们将在 Qt 设计师中创建这个对话框的扩展外观，并且在运行时根据需要隐藏排序的第二键和第三键。这个窗口部件看起来有些复杂，但在 Qt 设计师中可以轻而易举地完成它。简单的诀窍是首先完成主键部分，然后再复制并且粘贴两次就可以获得第二键和第三键所需的内容。

1. 单击 **File→New Form**，并选择“**Dialog without Buttons**”模板。
2. 创建 **OK** 按钮并把它拖放到窗体的右上角。将它的 **objectName** 修改为“**ok-Button**”，并将它的 **default** 属性设置为“**true**”。
3. 创建 **Cancel** 按钮并把它拖放到 **OK** 按钮的下方。将它的 **objectName** 修改为“**cancelButton**”。
4. 创建一个垂直分隔符并把它拖放到 **Cancel** 按钮的下方，然后再创建一个 **More** 按钮。将它放在垂直分隔符的下方。将 **More** 按钮的 **objectName** 修改为“**moreButton**”，**text** 属性设置成“**&More**”，**checkable** 属性设置为“**true**”。
5. 单击 **OK** 按钮，按下 **Shift** 键后再单击 **Cancel** 按钮、垂直分隔符和 **More** 按钮，然后单击 **Form→Lay Out Vertically**。
6. 创建一个群组框、两个标签、两个组合框以及一个水平分隔符，然后把它们放到窗体上的任意位置。
7. 拖动群组框的右下角使它变大一些。然后，把其他窗口部件移到群组框中，并且按照如图 2.12(a) 所示的那样把它们放置到适当位置。
8. 拖动第二个组合框的右边缘，使它的宽度大约为第一个组合框的两倍。
9. 将群组框的 **title** 属性设置为“**&Primary Key**”，第一个标签的 **text** 属性设置为“**Column:**”，第二个标签的 **text** 属性设置为“**Order:**”。
10. 右键单击第一个组合框。从 Qt 设计师弹出的上下文菜单的组合框编辑器中选择 **EditItems**。用文本“**None**”创建一个项。
11. 右键单击第二个组合框并且同样选择 **Edit Items**。创建一个“**Ascending**”项和一个“**Descending**”项。

12. 单击群组框，然后单击 **Form-Lay Out in a Grid**。再次单击群组框，并且单击 **Form→Adjust Size**。此时将会产生一个如图 2.12(b) 所示的布局。

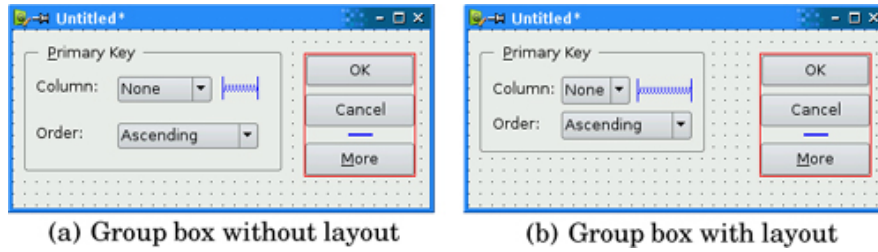


图 2.12: 将群组框的子对象摆放到网格中

如果没能生成你所希望的那种布局效果，或者是不小心做错了，那么总是可以随时先通过单击 **Edit→Undo** 或 **Form→Break Layout**，然后再重新放置这些要摆放的窗口部件，最后再试着对它们重新布局，直到满意为止。

II 附录

A 面向 Java 和 C# 程序员的 C++ 简介

这个附录为已经熟知 Java 或者 C# 的开发人员提供一个关于 C++ 的简短介绍。这里假定你已经熟悉了面向对象中的那些概念，如继承和多态，并且认为你也是想学习 C++。为了不让本书变成一部厚达 1500 页的涵盖全部 C++ 入门知识的不实用的“大部头”，所以要把这个附录仅仅限定在基本知识范围内：只给出用来理解本书其他部分所示例子的基本知识和方法，但这些知识也足以使用 Qt 开发跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序。

在编写这本书的时候，C++ 是开发跨平台、高性能、面向对象的图形用户界面应用程序的唯一现实选择。而一些别有用心的批评者也可能会指出，Java 或者 C# 具有更好的可用性，而 C++ 则降低了 C 的兼容性。实际上，作为 C++ 发明人的 Bjarne Stroustrup，他在“The Design and Evolution of C++”(Addison-Wesley, 1994) 一书中早就指出：“即使有 C++，还可以找出更小、更简洁的语言”。

幸运的是，在使用 Qt 进行编程的时候，我们通常只关注于 C++ 的子类，这非常接近于 Stroustrup 所设想的“乌托邦”式的编程语言，从而能够让我们集中精力去解决手头的问题。此外，通过 Qt 独创性的“信号和槽”机制、对统一字符编码标准的支持以及 foreach 关键字，Qt 也在多个方面扩展了 C++。

在这个附录的第一节中，将会看到如何使用 C++ 的源文件产生一个可执行程序。这将可以引导我们探索 C++ 的一些核心概念，如编译单元、头文件、目标文件、库等，并且也可以让我们逐步熟悉 C++ 的预处理器、编译器和连接器。

然后，会转到对 C++、Java 和 C# 这些主要语言不同点的说明上：如何定义类，如何使用指针和引用，如何重载运算符，如何使用预处理器，等等。尽管 C++ 语法从表面上看与 Java 或者 C# 的语法很相似，但从深层意义上来讲，这些概念却稍微显得不尽相同。同时，作为 Java 和 C# 的创意之源，C++ 语言也与这两种语言有着诸多相同之处，包括相似的数据类型，同样的数学运算符，以及同样的基本控制流语句等。

最后一节专门用于说明标准 C++ 库，该库提供了可用于任意 C++ 程序中的完善功能。这个库是 30 多年来演化的结果，并且因此提供了涵盖程序、面向对象、函数编程风格以及宏和模板等方面的诸多方法。与 Java 和 C# 提供的库相比，标准 C++ 库的范围显得有些窄。比如，标准 C++ 库不支持图形用户界面程序设计、多线程、数据库、国际化、网络、XML 或者统一字符编码标准。要在这些领域进行开发，C++ 程序员则可能要使用各种各样（通常是与平台相关的）的库。

这就是为什么说 Qt 可以节约时间的原因。Qt 首先作为跨平台的图形用户界面工具包（一个让编写可移植图形用户界面应用程序成为可能的类的集合）而起步，但很快发展成为一个成熟的程序开发框架，它对标准 C++ 库进行了部分扩展和部分替换。尽管本书使用的是 Qt，但是如果能够知道标准 C++ 库到底提供了哪些功能也是很有用的，因为你有可能需要去处理一些使用了那些功能的代码。

A.1 C++ 入门

一个 C++ 程序由一个或者多个编译单元 (compilation unit) 构成。每个编译单元都是一个独立的源代码文件，通常是一个带 .cpp 扩展名（其他常用的扩展名还有 .cc 和 .cxx）的文件，编译器每次可以处理一个这样的文件。对于每一个编译单元，编译器都会产生一个目标文件，它的扩展名是 .obj（在 Windows 中）或者 .o（在 UNIX 和 Mac OS X 中）。这个目标文件是一个二进制文件，其中包含了系统架构方面的机器代码，而程序则要运行在此基础之上。

一旦所有的 .cpp 文件都已编译完成，那么我们就可以使用一个称为连接器的特殊程序，把这些目标文件连接在一起，生成一个可执行程序。连接器会连接这些目标文件，并且会解析函数和编译单元中引用到的其他符号的内存地址。

在构建一个程序时，必须确保其中的某个编译单元包含一个 main() 函数，它是程序入口的标志。这个函数不属于任何类，它是一个全局函数 (global function)。图 D.1 给出了这一过程的原理图。

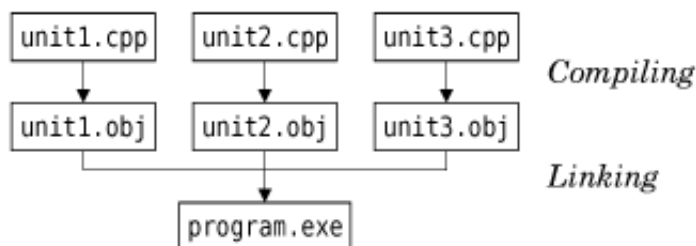


图 A.1: C++ 的编译过程（在 Windows 中）

不像 Java 的每一个源文件都必须严格包含一个类那样，C++ 可以按我们想要的形式组织各个编译单元。我们可以在同一个 `.cpp` 文件中实现多个类，或者也可以把一个类的实现分散到多个 `.cpp` 文件中，并且还可以把这些源文件命名为我们所喜欢的任意名字。当在某一个特殊的 `.cpp` 文件中进行修改时，只需要重新编译那个文件，然后再重新连接这个应用程序就可以生成一个新的可执行程序。

在进一步深入学习之前，让我们快速看一个 C++ 小程序的源代码，该程序可以计算一个整数的平方。这个程序由两个编译单元构成：`main.cpp` 和 `square.cpp`。

这是 `square.cpp` 文件中的内容：

```
1 double square(double n)
2 {
3     return n * n;
4 }
```

这个文件只简单包含了一个称为 `square()` 的全局函数，它可以返回所带参数的平方值。

这里是 `main.cpp` 文件中的内容：

```
1 #include <cstdlib>
2 #include <iostream>
3
4 double square(double);
5
6 int main(int argc, char *argv[])
7 {
8     if (argc != 2) {
9         std::cerr << "Usage: square <number>" << std::endl;
10        return 1;
11    }
12
13    double n = std::strtod(argv[1], 0);
14
15    std::cout << "The square of " << argv[1] << " is "
```

```
12     << square(n) << std::endl;  
13     return 0;  
14 }
```

源文件 `main.cpp` 包含了 `main()` 函数的定义。在 C++ 中，这个函数的参数是一个 `int` 和一个 `char *` 数组（一个字符串数组）。可以从 `argv[0]` 中获取程序的名字，命令行参数则分别放在 `argv[1]`、`argv[2]`、...、`argv[argc-1]` 中。把参数命名为 `argc`（argument count，参数个数）和 `argv`（argument values，参数值）是一种习惯性的做法。如果这个程序不能使用命令行参数，那么可以把 `main()` 定义成不带参数的形式。

这个 `main()` 函数使用标准 C++ 库中的 `strtod()`（即“string 转换到 double”）、`cout`（c++ 的标准输出流），和 `cerr`（c++ 的标准错误信息输出流），把命令行参数转换成 `double`，并且以文本的形式打印到终端控制台。字符串、数字和行尾标记符（`endl`）都是使用 `<<` 操作符的输出流，该操作符也用于移位操作（bit-shifting）中。为了可以使用这一标准功能，我们需要在第 1 行和第 2 行中加入 `#include` 指示符。