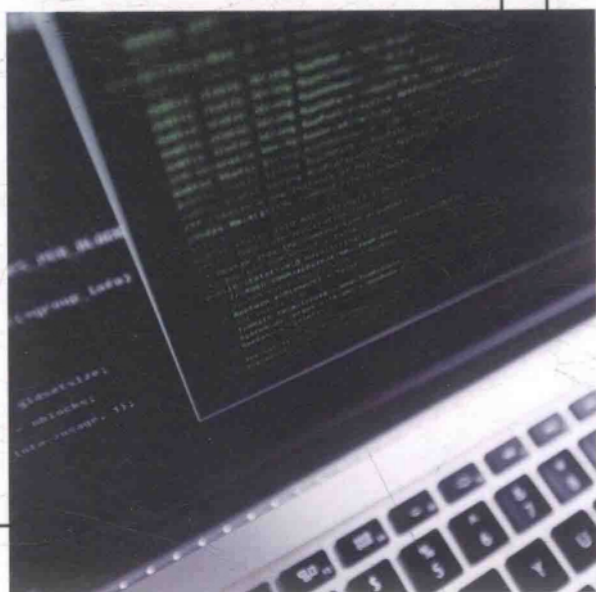




国家新闻出版改革发展项目库入库项目
高等院校计算机类规划教材
全国高等院校计算机基础教育研究会重点立项项目



C语言程序设计教程

主审 王志海
主编 李伟静 高娟



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书从初学者的认知规律出发,形成一整套知识点完备、由浅入深、由易到难的课程资料,内容包括 C 语言与程序设计、算法、数据类型、运算符、表达式、格式输入输出、程序控制结构、数组、函数、指针、结构体与共用体、文件操作等。本书注重教材的可读性,对 C 语言和程序设计的基本概念和要点讲解透彻;对经典例题分析解题思路,实现一题多解,并通过分析程序,强化知识点和编程技巧。

本书体系合理,内容充实,概念清晰,例题丰富,实用性强,可作为高等院校计算机相关专业公共课教材和全国计算机等级考试参考书,也可作为读者自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

C 语言程序设计教程 / 李伟静, 高娟主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2021. 8

ISBN 978-7-5635-6464-4

I. ①C… II. ①李…②高… III. ①C 语言—程序设计 IV. ①TP312. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 156919 号

策划编辑: 刘纳新 张珊珊 责任编辑: 廖 娟 封面设计: 七星博纳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 328 千字

版 次: 2021 年 8 月第 1 版

印 次: 2021 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-6464-4

定价: 34.00 元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

“C 语言程序设计”课程是大多数高等学校程序设计语言的入门课程,在计算机教育和计算机应用中发挥着重要作用。C 语言功能丰富、表达能力强、使用灵活方便、应用面广、目标程序效率高、可移植性好,既具有高级语言的优点,又具有低级语言的许多特点;既适合编写系统软件,又能方便地用来编写应用软件。

本书由讲授“C 语言程序设计”课程的教师根据多年教学经验编写而成,编者站在应用的角度,以编程为目的和主线,从初学者的认知规律出发,使之形成一整套知识点完善、由浅入深、由易到难的课程教学资源。本书的教学目标是培养学生的逻辑思维能力和程序设计能力,因此在内容编排上力求重点突出、难点分散,在语言描述上注重概念清晰、通俗易懂,并采用循序渐进的方式,通过大量的例题分析将理论知识与实践相结合,以期逐步提高学生编写程序的能力,引导学生通过实践活学活用、自我发展,培养创新意识。由于“C 语言程序设计”是一门理论性、实践性较强的课程,为了帮助学生掌握有关的基本概念和程序设计方法,使学生在反复实践中提高设计程序和调试程序的能力,编者在每章末尾精心设计了难易适当的编程题供学生课后练习。

学习程序设计,主要是掌握程序设计的思路和方法,要活学活用,举一反三,掌握规律。听课和看书只能掌握概念和理论,所以必须动手编程,亲自上机调试,重视实践环节,注重培养分析问题的能力,构造算法的能力,编程的能力和自主学习、创新的能力。

本书由王志海老师主审,其中第 4 章和第 5 章由高娟老师编写(约 85 千字),其他章节均由李伟静老师编写(约 245 千字)。本书在编写过程中受到付婷婷、王全新等多位老师的帮助和指导,在此表示衷心的感谢。本书的出版由全国高等院校计算机基础教育研究会 2019 年度

计算机基础教育教学研究项目(项目编号:2019-AFCEC-003)资助。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,真诚欢迎各位读者批评指正。

编 者

2020年1月

于北京交通大学海滨学院

目 录

第 1 章 C 语言和程序设计	1
1.1 计算机程序	1
1.2 计算机语言	1
1.3 C 语言的发展及其特点	3
1.4 开发环境	5
1.5 简单的 C 程序	10
1.6 运行 C 程序的步骤和方法	11
1.7 程序设计的步骤	15
本章小结	16
习题	16
第 2 章 算法	17
2.1 算法概述	17
2.2 算法的特性及评价	17
2.3 算法的表示方法	18
2.4 结构化程序设计方法	19
本章小结	21
习题	21
第 3 章 顺序程序设计	23
3.1 顺序程序设计举例	23
3.2 数据的表现形式	24
3.3 运算符和表达式	28
3.4 C 语句	34
3.5 数据的输入输出	35

3.6 顺序结构	41
本章小结	42
习题	42
第4章 选择结构程序设计	44
4.1 if 单分支选择语句	44
4.2 if-else 双分支选择语句	46
4.3 if 多分支选择语句	49
4.4 switch 多分支语句	55
本章小结	57
习题	57
第5章 循环结构程序设计	60
5.1 while 循环语句	60
5.2 do-while 循环语句	62
5.3 for 循环语句	64
5.4 循环的嵌套	68
5.5 break 语句	71
5.6 continue 语句	73
本章小结	75
习题	75
第6章 数组	78
6.1 一维数组的定义和引用	78
6.2 二维数组的定义和引用	84
6.3 字符数组	89
本章小结	94
习题	94
第7章 函数	97
7.1 函数的基本概念	97
7.2 函数的定义	99

7.3 函数的调用	100
7.4 函数的嵌套调用	105
7.5 函数的递归调用	106
7.6 数组作为函数参数	107
7.7 局部变量和全局变量	111
7.8 变量的存储方式和生存期	113
本章小结	117
习题	117
第 8 章 指针	120
8.1 指针的概述	120
8.2 指针和一维数组	124
8.3 指针和二维数组	129
8.4 指针和字符串	132
8.5 指针数组	134
8.6 指向函数的指针	136
8.7 返回指针值的函数	137
8.8 动态内存分配与指向它的指针变量	138
本章小结	140
习题	141
第 9 章 结构体和共用体	144
9.1 定义和使用结构体变量	144
9.2 结构体数组	149
9.3 结构体指针	152
9.4 结构体与函数	155
9.5 共用体	159
9.6 枚举类型	163
9.7 用 typedef 声明新类型名	165
本章小结	165
习题	165

第 10 章 文件	167
10.1 文件概述	167
10.2 打开与关闭文件	170
10.3 顺序读写数据文件	171
10.4 随机读写数据文件	177
本章小结	181
习题	181
参考文献	183
附录 A C 语言中的关键字	184
附录 B C 运算符的优先级和结合性	185
附录 C 常用字符与 ASCII 码对照表	186
附录 D 常用的 ANSI C 标准库函数	188

第 1 章 C 语言和程序设计

计算机的应用已渗透到社会的各行各业,正在改变着传统的工作、学习和生活方式,推动着社会的发展。而计算机程序则像一位优秀的“指挥家”,它告诉计算机要做哪些事,按什么步骤去做。

1.1 计算机程序

计算机程序是一组计算机能识别和执行的指令,运行于计算机上,使计算机成为满足人们某种需求的信息化工具。

计算机程序采用某些程序设计语言编写,运行于某种目标结构体系上。打个比方,程序就如同用英语(程序设计语言)写作的文章,要让一个懂得英语(编译器)同时也会阅读这篇文章的人(结构体系)来阅读、理解、标记这篇文章。一般来说,以英语文本为基础的计算机程序要经过编译、链接而成为人们难以解读,但又可以轻易地被计算机解读的数字格式,然后进行运行。

1.2 计算机语言

要想让计算机按照我们的意愿运行,就需要先告诉计算机我们要做什么,这就涉及程序设计语言。

程序设计语言在漫长的发展过程中不断根据人类的需要更迭,到现在为止已经出现第三代非过程化语言。非过程化语言仅需要向计算机描述我们需要做什么,而不需要描述具体的算法细节。

第一代:机器语言。机器语言是由 0、1 组成的二进制代码指令构成,不同的 CPU 具有不同的指令系统。机器语言程序难编写、难修改、难维护,需要用户直接对存储空间进行分配,编程效率极低。

机器语言示例:

```
0000,0000,000000000001
```

代表将 1 放入它之前的地址单元。

```
0010,0000,000000000010
```

代表将 2 与地址单元 0000 中的内容相加,并将结果保存在其中。

```
0001,0000,000000010000
```

代表将 0000 中的内容存储到其后的地址单元中。

第二代:汇编语言。汇编语言是一种用于可编程器件的低级语言,亦称为符号语言。在汇编语言中,用助记符代替机器指令的操作码,用地址符号或标号代替指令或操作数的地址。汇

编语言同样存在着难学难用、容易出错、维护困难等缺点。但是汇编语言也有其独特的优点：可直接访问系统接口，汇编程序翻译成的机器语言程序执行效率高。从软件工程角度来看，只有在高级语言不能满足设计要求，或不具备支持某种特定功能的技术性能（如特殊的输入输出）时，汇编语言才被使用。

汇编语言示例：

```
LOAD A, 1
```

代表将 1 放入地址单元 A 中。

```
ADD A, 2
```

代表将 2 与地址单元 A 中的内容相加，并将结果保存在其中。

```
STORE A, 16
```

代表 A 中的内容存储到其后的地址单元中。

第三代：高级语言。高级语言是面向用户的、基本上独立于计算机种类和结构的语言。其最大的优点在于：形式上接近于算术语言和自然语言，概念上接近于人们通常使用的概念。

高级语言示例：

```
Z = X + Y
```

代表将 X 加 Y 的值赋予 Z。

高级语言的一条命令可以代替几条、几十条甚至几百条汇编语言的指令。因此，高级语言易学易用，通用性强，应用广泛。

高级语言种类繁多，可以从应用特点和对客观系统的描述两个方面对其进一步分类。

从应用角度来看，高级语言可以分为基础语言、结构化语言和专用语言。

1. 基础语言

基础语言也称通用语言。它历史悠久，流传广泛，有大量的已开发的软件库，拥有众多的用户，为人们所熟悉和接受。例如 FORTRAN、COBOL、BASIC、ALGOL 等。FORTRAN 语言是国际上广泛流行的，也是使用得最早的一种高级语言，从 20 世纪 90 年代起，其在工程与科学计算中一直占有重要地位，备受科技人员的欢迎。BASIC 语言是在 20 世纪 60 年代初为适应分时系统而研制的一种交互式语言，可用于一般的数值计算与事务处理。BASIC 语言结构简单，易学易用，并且具有交互能力，成为许多初学者学习程序设计的入门语言。

2. 结构化语言

20 世纪 70 年代以来，结构化程序设计和软件工程的思想日益为人们所接受和欣赏。在它们的影响下，先后出现了一些很有影响的结构化语言，这些结构化语言直接支持结构化的控制结构，具有很强的过程结构和数据结构能力。PASCAL 语言、C 语言、Ada 语言就是它们的突出代表。

PASCAL 语言是第一个系统地体现结构化程序设计概念的现代高级语言，软件开发的最初目标是把它作为结构化程序设计的教学工具。由于其模块清晰，控制结构完备，有丰富的数据类型和数据结构，语言表达能力强和移植容易，不仅被国内外许多高等院校定为教学语言，

而且在科学计算、数据处理和系统软件开发中都有较广泛的应用。

C语言功能丰富,表达能力强,有丰富的运算符和数据类型,使用灵活方便,应用面广,移植能力强,编译质量高,目标程序效率高,具有高级语言的优点。同时,C语言还具有低级语言的许多特点,如允许直接访问物理地址,能进行位操作,能实现汇编语言的大部分功能,可以直接对硬件进行操作等。用C语言编译程序产生的目标程序,其质量可以与汇编语言产生的目标程序相媲美,具有“可移植的汇编语言”的美称,成为编写应用软件、操作系统和编译程序的重要语言之一。

3. 专用语言

专用语言是为某种特殊应用而专门设计的语言,通常具有特殊的语法形式。一般来说,这种语言的应用范围狭窄,移植性和可维护性不如结构化程序设计语言。随着时间的推移,被使用的专业语言已有数百种,应用比较广泛的有 APL 语言、Forth 语言和 LISP 语言。

从描述客观系统来看,程序设计语言可以分为面向过程语言和面向对象语言。

(1) 面向过程语言

以“数据结构+算法”程序设计范式构成的程序设计语言,称为面向过程语言。前面介绍的程序设计语言大多为面向过程语言。

(2) 面向对象语言

以“对象+消息”程序设计范式构成的程序设计语言,称为面向对象语言。比较流行的面向对象语言有 Delphi 语言、Visual Basic 语言、Java 语言和 C++ 语言等。

Delphi 语言具有可视化开发环境,提供面向对象的编程方法,可以设计各种具有 Windows 内核的应用程序(如数据库应用系统、通信软件和三维虚拟现实等),也可以开发多媒体应用系统。

Visual Basic 语言简称 VB,是为开发应用程序而提供的开发环境与工具。它具有很好的图形用户界面,采用面向对象和事件驱动的新机制,把过程化和结构化编程集合在一起。因其它在应用程序开发中的图形化构思,所以无须编写任何程序就可以方便地创建应用程序界面,且与 Windows 界面非常相似,甚至是一致的。

Java 语言是一种面向对象的、不依赖于特定平台的程序设计语言,简单、可靠、可编译、可扩展、多线程、结构中立、类型显示说明、动态存储管理和易于理解,是一种理想的、用于开发 Internet 应用软件的程序设计语言。

1.3 C语言的发展及其特点

高级语言种类繁多,其中影响最大的是 C 语言。

1.3.1 C语言的诞生以及标准化

C语言诞生于美国的贝尔实验室,由 D. M. Ritchie 以 B 语言为基础发展而来,在 C 语言主体设计完成后,Thompson 和 Ritchie 用它完全重写了 UNIX,且随着 UNIX 的发展,C语言也得到了不断地完善。为了便于 C 语言的全面推广,许多专家学者和硬件厂商联合组成了 C 语言标准委员会,并在 1989 年,诞生了第一个完备的 C 标准,简称“C89”,也就是“ANSI C”。

C语言之所以命名为 C,是因为 C 语言源自 Ken Thompson 发明的 B 语言,而 B 语言则源自 BCPL 语言。

1967年,剑桥大学的 Martin Richards 对 CPL 语言进行了简化,于是产生了 BCPL(Basic Combined Programming Language)语言。

20世纪60年代,美国 AT&T 公司贝尔实验室(AT&T Bell Laboratory)的研究员 Ken Thompson 想玩他自己编写的模拟在太阳系航行的电子游戏——Space Travel。他找到了一台空闲的没有操作系统的机器——PDP-7,而游戏必须使用操作系统的一些功能,于是他着手为 PDP-7 开发操作系统。后来,这个操作系统被命名为 UNIX。

1970年,美国贝尔实验室的 Ken Thompson 以 BCPL 语言为基础,设计出很简单且很接近硬件的 B 语言(取 BCPL 的首字母),并且他用 B 语言编写了第一个 UNIX 操作系统。

1971年,同样酷爱 Space Travel 的 D. M. Ritchie 加入了 Thompson 的 UNIX 开发项目,他的主要工作是改造 B 语言,使其更成熟。

1972年,美国贝尔实验室的 D. M. Ritchie 在 B 语言的基础上最终设计出了一种新的语言,他取了 BCPL 的第二个字母作为这种语言的名字,这就是 C 语言。

1973年初,C 语言的主体完成。Thompson 和 Ritchie 迫不及待地开始用 C 语言完全重写了 UNIX。此时,编程的乐趣使他们完全忘记了“Space Travel”,一门心思地投入到了 UNIX 和 C 语言的开发中。随着 UNIX 的发展,C 语言自身也在不断地完善。直到 2020 年,各种版本的 UNIX 内核和周边工具仍然使用 C 语言作为最主要的开发语言,其中还有不少继承 Thompson 和 Ritchie 之手的代码。

在开发中,他们还考虑把 UNIX 移植到其他类型的计算机上使用,C 语言强大的移植性在此显现。机器语言和汇编语言都不具有移植性,为 X86 开发的程序不可能在 Alpha、SPARC 和 ARM 等机器上运行。而 C 语言程序则可以使用在任意架构的处理器上使用,只要架构的处理器具有对应的 C 语言编译器和库,然后将 C 源代码编译、链接成目标二进制文件之后即可运行。

1977年,D. M. Ritchie 发表了不依赖于具体机器系统的 C 语言编译文本《可移植的 C 语言编译程序》。

C 语言继续发展,1982年,很多有识之士和美国国家标准协会为了使这个语言健康地发展下去,决定成立 C 标准委员会,建立 C 语言的标准。委员会由硬件厂商、编译器及其他软件工具生产商、软件设计师、顾问、学术界人士、C 语言作者和应用程序员组成。1989年,ANSI 发布了第一个完整的 C 语言标准——ANSI X3.159—1989,简称“C89”,不过人们也习惯称其为“ANSI C”。C89 在 1990 年被国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)一字不改地采纳,ISO 官方给予的名称为:ISO/IEC 9899,所以 ISO/IEC9899:1990 也通常被简称为“C90”。1999年,在做了一些必要的修正和完善后,ISO 发布了新的 C 语言标准,命名为 ISO/IEC 9899:1999,简称“C99”。2011年 12 月 8 日,ISO 又正式发布了新的标准,称为 ISO/IEC9899:2011,简称“C11”。

迄今为止,最新的 C 语言标准为 C18。

需要注意的是,计算机无论软件还是硬件在今天的发展都是十分迅速的,所以书本上的内容可能很快就会过时,这需要同学们能够自主地探索那些与时俱进的新知识、新技术。

1.3.2 C 语言的特点

C 语言是一种结构化语言,层次清晰,可按照模块的方式对程序进行编写,十分有利于程序的调试,且 C 语言的处理和表现能力都非常强大,依靠全面的运算符和多样的数据类型,可

以轻易完成各种数据结构的构建,通过指针类型更可对内存直接寻址以及对硬件进行直接操作,因此既能够用于开发系统程序,也可用于开发应用软件。通过对C语言的研究分析,总结出其以下主要特点。

1. 简洁的语言

C语言包含的控制语句仅有9种,关键字也只有32个,程序的编写要求不严格且以小写字母为主,对许多不必要的部分进行了精简。实际上,与硬件有关联的语句构成较少,且C语言本身不提供与硬件相关的输入输出、文件管理等功能,但可以通过配合编译系统所支持的各类库进行编程,故C语言拥有非常简洁的编译系统。

2. 具有结构化的控制语句

C语言是一种结构化的语言,提供的控制语句具有结构化特征,如for语句、if-else语句和switch语句等。可以用于实现函数的逻辑控制,方便面向过程的程序设计。

3. 丰富的数据类型

C语言包含的数据类型广泛,不仅包含传统的字符型、整型、浮点型、数组类型等数据类型,还具有其他编程语言所不具备的数据类型,其中以指针类型数据使用最为灵活,可以通过编程对各种数据结构进行计算。

4. 丰富的运算符

C语言包含34个运算符,它将赋值、括号等均视作运算符来操作,使C程序的表达式类型和运算符类型均非常丰富。

5. 可对物理地址进行直接操作

C语言允许对硬件内存地址进行直接读写,以此可以实现汇编语言的主要功能,并可直接操作硬件。C语言不仅具备高级语言所具有的良好特性,而且包含了许多低级语言的优势,故在系统软件编程领域有着广泛的应用。

6. 代码具有较好的可移植性

C语言是面向过程的编程语言,用户只需要关注待解决问题的本身,而不需要花费过多的精力去了解相关硬件,并且针对不同的硬件环境,在用C语言实现相同功能时的代码基本一致,不需或仅需进行少量改动便可完成移植,这就意味着,对于一台计算机编写的C程序可以在另一台计算机上轻松地运行,从而极大地减少了程序移植的工作强度。

7. 可生成高质量、目标代码执行效率高的程序

与其他高级语言相比,C语言可以生成高质量和高效率的目标代码,故通常应用于对代码质量和执行效率要求较高的嵌入式系统程序的编写。

没有一种语言是十全十美的,C语言也有一定的缺点,具体表现为:

(1) 数据的封装性。数据封装性的缺失使得C语言在数据安全性上有很大的缺陷。

(2) C语言语法上的限制并不是非常严格,对变量的类型约束同样不严格,这会影响程序的安全性。例如,不会对数组元素下标越界做检查。

1.4 开发环境

开发环境(Development Environment)是指在基本硬件和数字软件的基础上,为支持系统软件和应用软件的工程化开发和维护所使用的软件。一般的软件开发环境(Software Development Environment)简称SDE。事实上,为了代码更便于维护、迁移,现在多采用集成

开发环境(Integrated Development Environment),简称 IDE。IDE 是一种辅助程序开发人员开发软件的应用软件,在开发工具内部就可以辅助编写源代码文本,并编译打包成可用的程序,有些甚至可以设计图形接口。

下面主要介绍 Windows 操作系统下的 C 语言开发环境的搭建(默认操作系统版本为 Windows10)。

(1) 在浏览器上搜索 Code::Blocks 官网,或者直接输入 <http://www.codeblocks.org> 进入 Code::Blocks 官网,如图 1-1 所示。

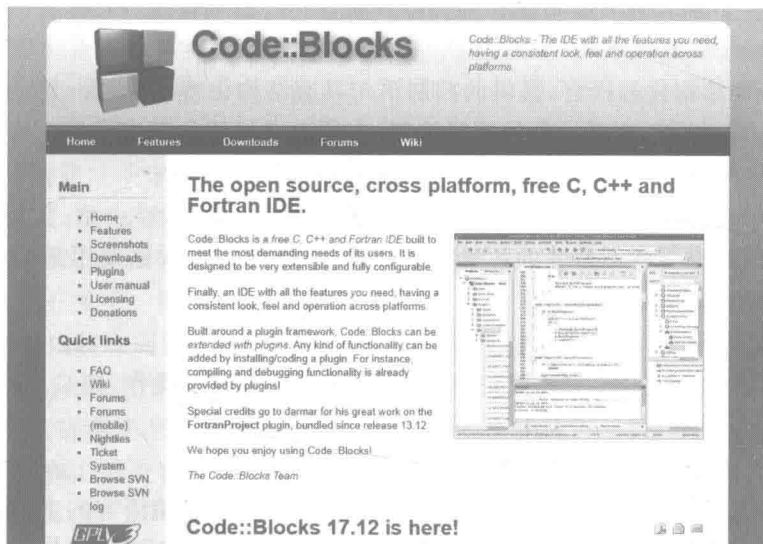


图 1-1 Code::Blocks 官网

(2) 单击 Code::Blocks 官网中的“Downloads”,选择“Download the binary release”,如图 1-2 所示。



图 1-2 下载二进制版本

(3) 进入后,就会出现很多版本,一般选择下载自带编译器的版本 codeblocks-17.12mingw-setup.exe,单击其后的链接 Sourceforge.net 开始下载,如图 1-3 所示。

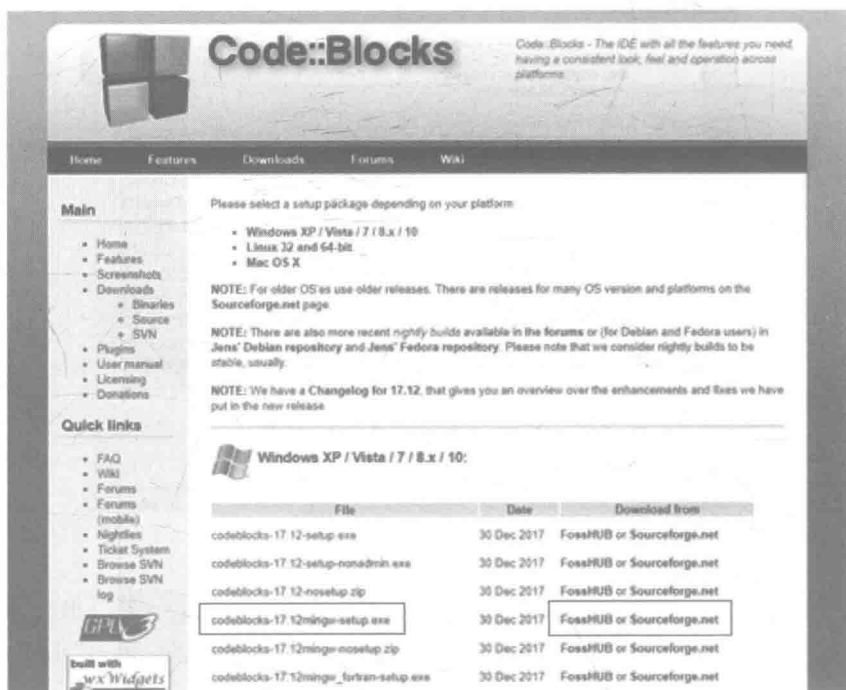


图 1-3 选择自带编译器的版本

(4) 下载完成后启动安装程序,单击图 1-4 中的“Next”按钮开始安装。



图 1-4 启动安装程序

(5) 同意安装许可协议,单击图 1-5 中的“I Agree”按钮。

(6) 选择默认的安装项目后,单击图 1-6 中的“Next”按钮。

(7) 选择安装路径后,单击图 1-7 中的“Install”按钮。

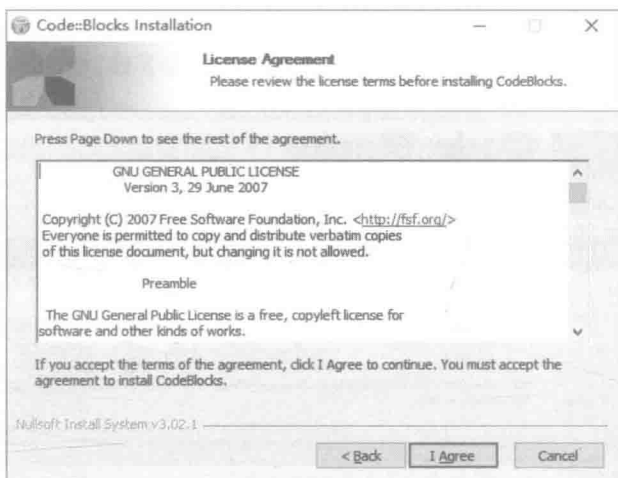


图 1-5 许可协议

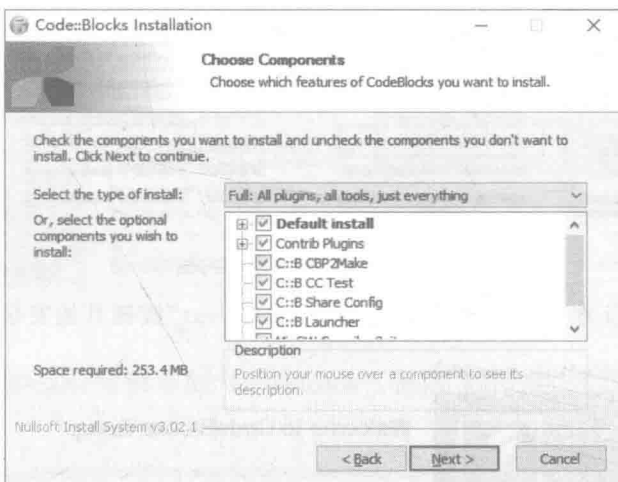


图 1-6 选择安装项目

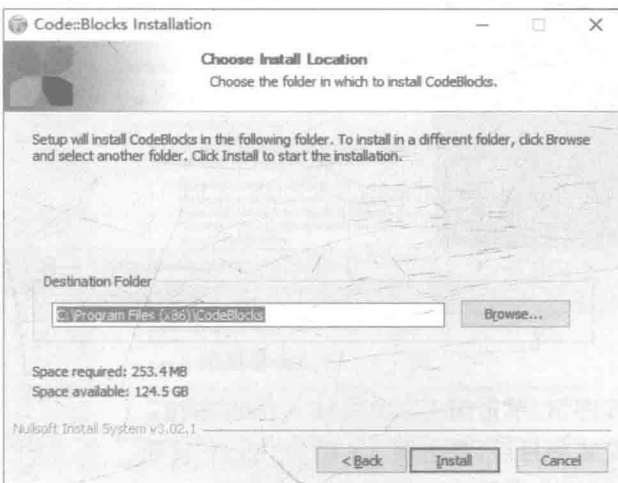


图 1-7 安装路径

(8) 等待安装完成后,单击图 1-8 中的“是”按钮开始运行 Code::Blocks。

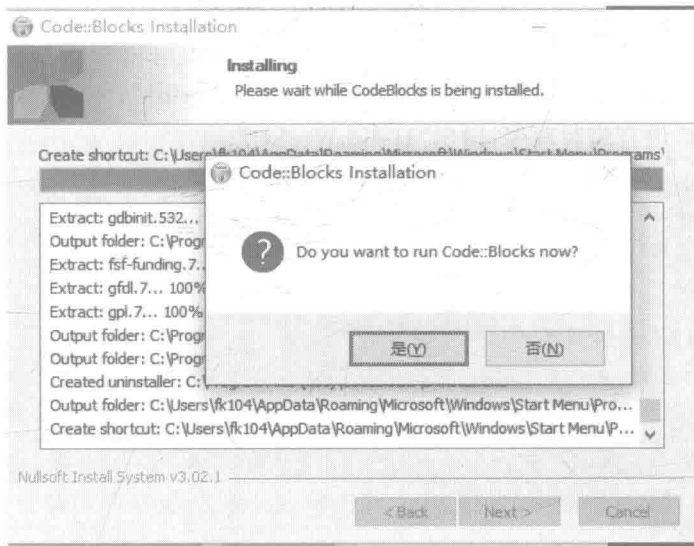


图 1-8 安装完成

(9) 初次打开 Code::Blocks 时,选择第一个“GNC GCC Compiler”为默认编译器,然后单击“Set as default”按钮,最后单击“OK”按钮,进入了我们的工作界面,如图 1-9 所示。

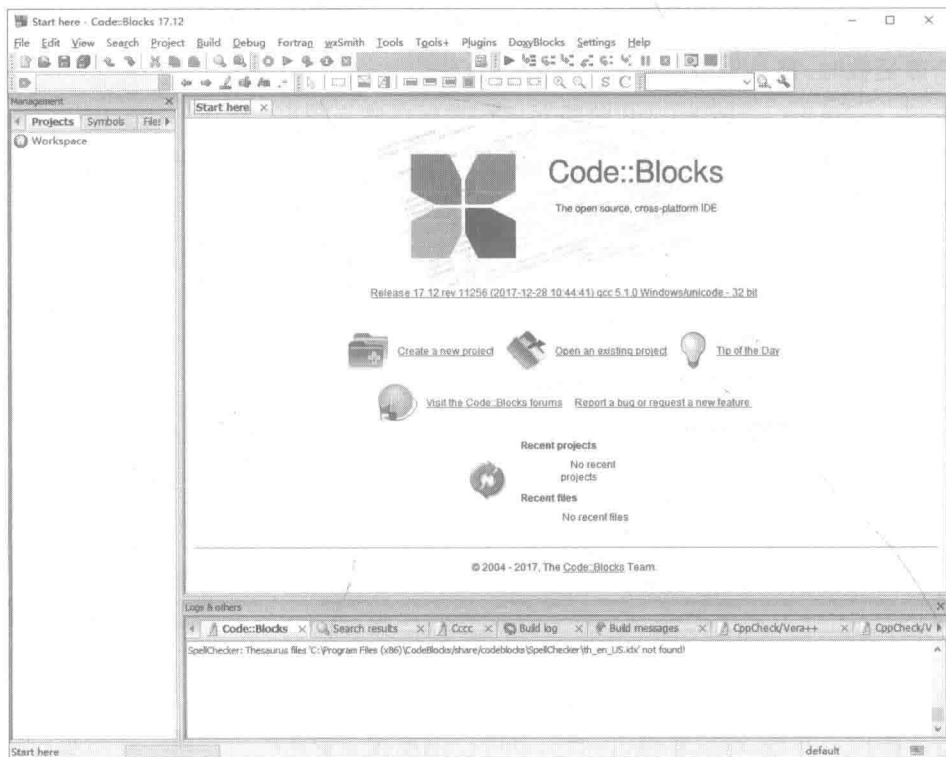


图 1-9 运行 Code::Blocks

到这里环境的基本配置就结束了。