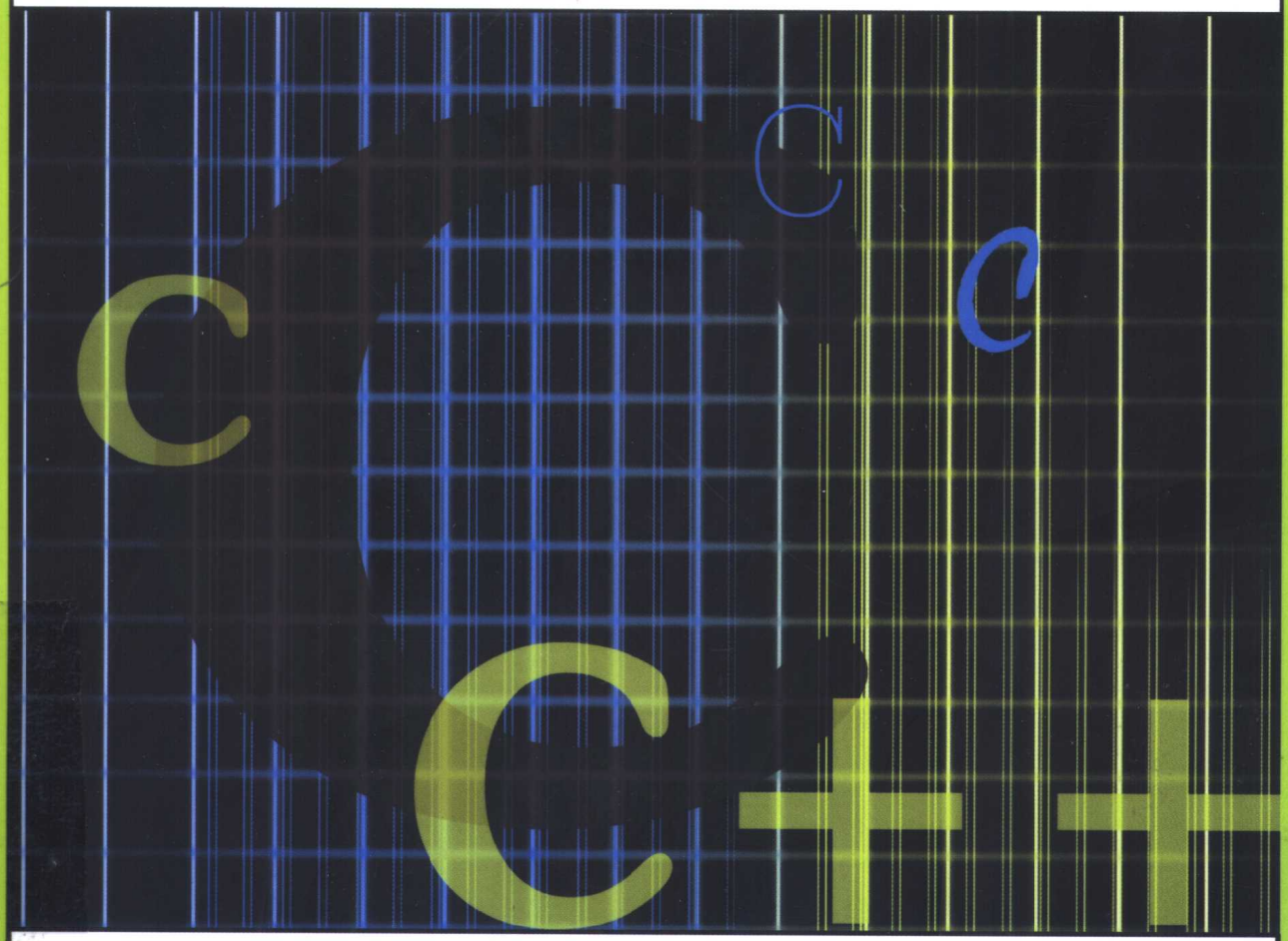
姚新颜　编著

C/C++

深层探索

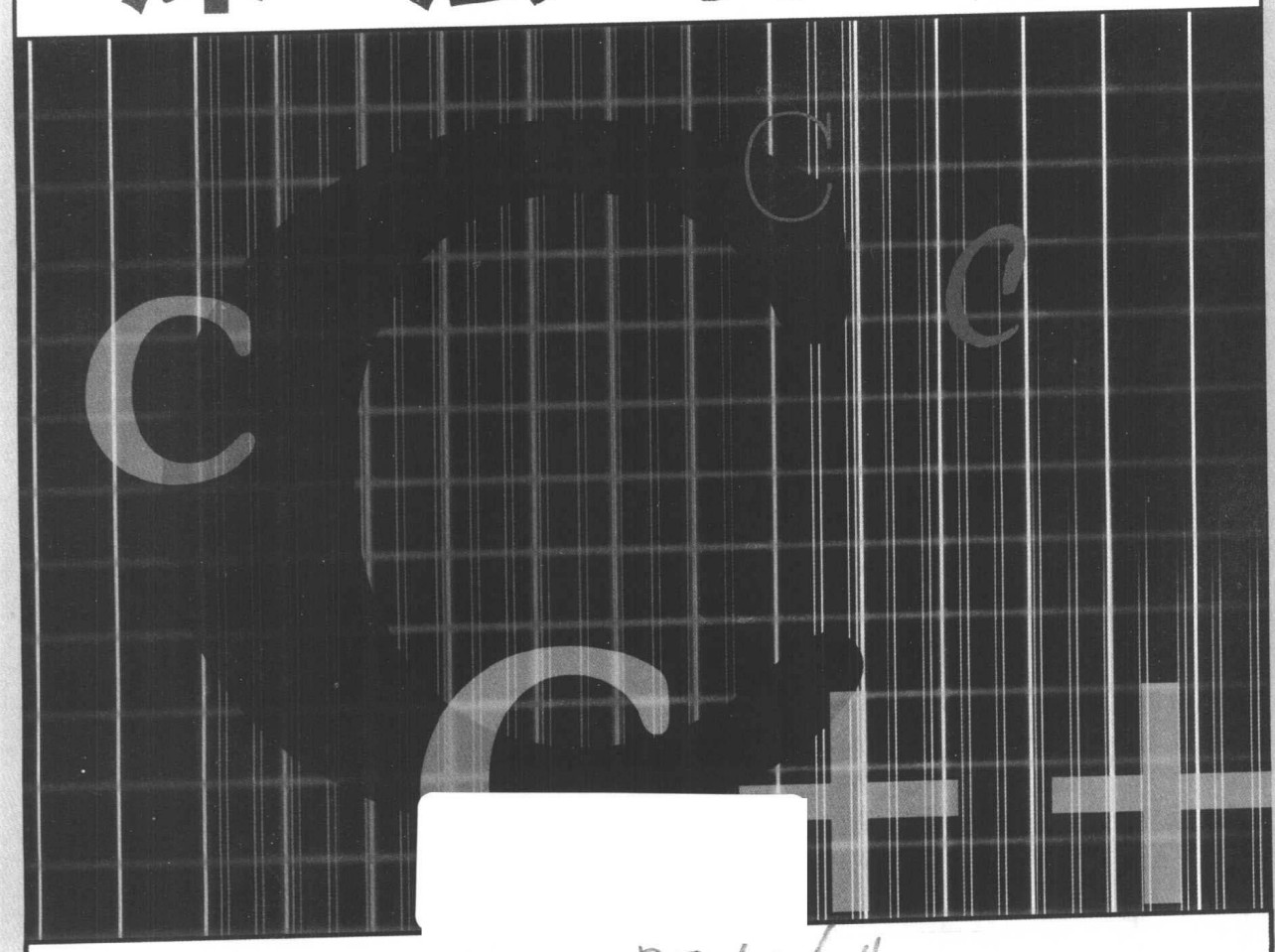


人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

姚新颜　编著

C/C++

深层探索



人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

C/C++深层探索/姚新颜编著.—北京：人民邮电出版社，2002.12
ISBN 7-115-10915-X

I. C… II. 姚… III. C 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 092498 号

内容提要

本书试图通过近 50 节的内容带领读者从各个方面去把握 C/C++的语法、语义，并通过分析 C/C++编译器生成的汇编代码，使读者明白 C/C++的某些底层实现，从而更加深入地理解 C/C++的概念、规则和不足。

本书没有面面俱到地讲述如何使用 C/C++语言编程，而是深入剖析了 C/C++语言的历史变化、各项特性及底层实现。本书试图引领读者不仅在 C/C++语言的范围内学习，而且更侧重于从汇编语言的角度、从编译程序和链接程序的角度去了解、分析 C/C++语言。通过本书，希望读者不仅能看清 C 语言的现在，还会知道 C 语言的过去，以及把握 C 语言的未来。

本书适合已经初步掌握了 C/C++的语法，希望从一个更深的层次去了解 C/C++的读者。

C/C++深层探索

◆ 编　　著　姚新颜
责任编辑　王文娟

◆ 人民邮电出版社出版发行　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
读者热线　010-67132692
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：800×1000　1/16
印张：19.5
字数：332 千字　　2002 年 12 月第 1 版
印数：1-5 000 册　　2002 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10915-X/TP・3234

定价：32.00 元

前　言

如果你已经初步掌握了C/C++的语法，开始渴望从一个更深的层次去了解C/C++的一些底层实现，又苦于国内很少有这方面的参考资料，那么，请翻一下这本书吧，你会有所发现的。

现在国内的计算机图书市场上，讲述C语言的书籍数量很多，但其定位主要都是面向初学者，很少能够做到深入剖析语言的历史变化、各项特性及底层实现，更不用说让读者读完之后有一种豁然开朗的感觉。

本书将引领读者不仅仅在C语言的范围内学习C语言，还要从汇编语言的角度、从编译程序和链接程序的角度去了解、分析C语言。通过本书，读者不仅仅会看到C语言的现在，还会知道C语言的过去，以及把握C语言的未来。

C/C++已经有20多年的历史，在这个过程中，编程语言的设计理念有很大的发展，作为使用最广泛的系统编程语言的C，以及作为最主要的编译型面向对象编程语言C++，都在不断变化。如何抓住C/C++的内在脉络，穿过各种表象去把握住语言的真正设计思想，是每一个认真的C/C++程序员将要面对的考验。

这本书是一次尝试。

要达到这个目标，身为作者我必须严肃对待，另外读者也要在阅读过程中不断思考、提问和自己动手寻找答案。这个世界上没有一本书会告诉你所有的事情，让你不用动脑筋光看书就真正学会知识。所以，当你阅读本书碰到困难时，千万不要轻言放弃，那些内容绝对不是你想象中那么难，花时间琢磨一下或许就会柳暗花明。

另外，本书的示例平台是GNU/Linux系统，不是我们常见的Windows系统；编译器是GCC而不是Visual C++或者C++ Builder。Linux对于相当一部分读者来说可能比较陌生，但考虑到目前我们已经有很多种途径去学习、使用Linux，我还是坚持自己的这个决定。

本书分五大部分：

Part I讲述一些C语言的基本概念；

Part II 进一步讲解 C 语言的一些难点；

Part III 为大家分析一些容易被忽略的特性；

Part IV 介绍了 C 语言的最新发展；

Part V 对 C++作了某种程度的讨论。

虽然我建议大家按部就班地从头开始看，但如果读者对某些章节的内容已经相当熟悉，则可以单独挑出感兴趣的章节进行阅读。

大多数章节都会附有充足详细的注释以帮助读者更加容易地理解正文的内容，具体的格式对应关系很简单，譬如第 03 节正文第一处需要注释的地方会用“[1]”标记，读者可以在该节后面的“[FN0301]”处找到注释。至于所有建议的参阅资料都可以在附录 A 中找到对应的条目。

最后，请容许我在这里对下面的人们表示衷心的感谢：

首先是我的父母，在整个写作过程中，他们给予我最多的帮助；其次是曾燕燕女士，她无偿地为我提供了写作过程中需要参考的所有外文资料；易峰、谌贻荣、曹文花、叶红宁、肖颖琳、湛庆延、刘睿和肖涛都在我陷入困境的时候热情地伸出友谊之手。

对本书的所有建议和批评可以发到以下电子邮箱：fred@263.net

谢谢！

编者

2002 年 8 月

目　录

Part I

00 预备知识

本书的很多部分需要通过C/C++编译器输出的汇编代码来分析C/C++的内部实现，所以读者最好能够初步熟悉i386平台的汇编指令及相关知识[1]。下面是本书中经常出现的几条汇编指令[2]：

PUSH SRC [3]

例如：

```
push  eax
push  [ebx]
push  1234
```

这条指令的实际动作是：

```
esp ← esp - 4              //esp的值减4
[esp] ← SRC                //把SRC复制到esp指向的内存区域
```

POP DEST

例如：

```
pop  ebp
pop  [ebx]
```

这条指令的实际动作是：

```
DEST ← [esp]               //把esp指向的内存区域的内容复制到DEST
esp ← esp + 4              //esp的值加4
```

MOV DEST, SRC

例如：

```
mov  eax, ebx
mov  [ebx], 1234
```

这条指令的实际动作是：

```
DEST ← SRC                    //把 SRC 复制到 DEST
```

LEAVE

执行这条指令相当于连续执行以下两条指令：

```
mov  esp, ebp
pop  ebp
```

CALL SRC

例如：

```
call  ebx
call  [ebx]
call  1234
```

这条指令的实际动作是：

```
push  eip                     //eip 的内容入栈保存
eip ← SRC                     //把 SRC 复制到 eip
                              //然后 CPU 从 eip 指向的新区域读取、执行指令
```

RET

这条指令的实际动作是：

```
pop  eip                      //把 esp 指向的内容复制到 eip，esp 的值加 4
                              //然后 CPU 从 eip 指向的新区域读取、执行指令
```

ADD DEST, SRC

例如：

```
add  eax, 1234
```

这条指令的实际动作是：

```
DEST ← DEST + SRC             //把 DEST 加上 SRC 的结果放到 DEST
```

SUB DEST, SRC

例如：

```
sub  esp, 4
```

这条指令的实际动作是：

```
DEST ← DEST - SRC          //把 DEST 减去 SRC 的结果放到 DEST
```

AND DEST, SRC

例如：

```
and  esp, -16
```

这条指令的实际动作是：

```
DEST ← DEST and SRC        //把 DEST 和 SRC 的“与”运算结果放到 DEST
```

而本书用作示例的编译器[4]所产生的汇编代码是基于 AT&T 风格，和 Win32 平台常见编译器[5]生成的 Intel 风格的汇编代码有点不同，但其实差别很小，我们只需要注意 4 点即可：

#1 汇编指令中带有后缀，指示操作数（寄存器或内存）究竟是 8 位、16 位还是 32 位[6]。

例如：

```
movb  $90, -24(%ebp)          //操作数是 8 位的
movw  %ax, %bx                //操作数是 16 位的
movl  %ebx, %eax              //操作数是 32 位的
```

#2 源操作数和目标操作数的位置安排与 Intel 风格刚好相反。

Intel 风格的指令是目标操作数放在“前面”，源操作数放在“后面”：

```
mov  eax, ebx                 //把 ebx 的内容复制到 eax
```

而 AT&T 风格的指令是源操作数放在“前面”，目标操作数放在“后面”：

```
movl  %ebx, %eax              //把 ebx 的内容复制到 eax
```

#3 寄存器名前加上“%”， 常数、符号的地址以“$”开头。

例如：

```
movl  $1234, %eax                    //把常数 1234 放到 eax
movl  $0x64, %eax                    //把常数 0x64 放到 eax
movl  $var, %ebx [7]                 //把符号 var 的地址放到 ebx
```

#4 间接寻址用圆括号表示，偏移量写在括号外面。

例如：

```
mov  eax, [ebx+4]                    // Intel 风格
movl  4(%ebx), %eax                  // AT&T 风格
```

至于我们用作实验的软件平台 GNU/Linux 系统，读者可以从网上下载，或购买光盘，而本书所用的 GCC3.2 编译器系列也可以在很多站点下载得到[8]。由于我们仅仅使用 C/C++编译器，所以只需下载其中的两个文件即可：

```
gcc-core-3.2.tar.gz
gcc-g++-3.2.tar.gz
```

把这两个文件复制到相同的目录，例如“/tmp”下，然后解压：

```
#cd  /tmp
#tar  zxvf  gcc-core-3.2.tar.gz
#tar  zxvf  gcc-g++-3.2.tar.gz
```

进入源代码的目录，然后进行配置、编译：

```
#cd  gcc-3.2
#./configure   --prefix=/opt/gcc32 [9]
#make
#make  install
#cd  /tmp
#rm  -rf  gcc*
```

如果编译成功，则在目录“/opt/gcc32/bin”下有二进制可执行文件 gcc 和 g++，这时就可以使用 3.2 版本的 GNU C/C++编译器[10]，具体安装细节请参阅相关的文档。

另外，本书一般在专业术语的第一次出现时给出它的英文原词，以提供给读者参考对照。

[FN0001]：如果你对“mov ebp, esp”之类的语句不知其意的话，最好先参考一下相关书籍再来阅读本书。

[FN0002]：这里对这些指令的描述是非常粗略的，仅仅是为了帮助读者理解其中的大概，如果需要最详细、最权威的阐述，请参阅[Intel, 2001]。

[FN0003]：SRC 是 source 的缩写，代表源操作数；DEST 是 destination 的缩写，代表目标操作数。除了个别地方，这些操作数一般都是 32 位（4 个字节）的。

[FN0004]：本书使用 GCC3.2 的 i386 版本，它使用 AT&T 风格的汇编代码。AT&T 风格在 UNIX 世界的汇编语言中被广泛使用，请参阅[Konstantin, 2001]。

[FN0005]：例如 Win32 平台上的 Visual C++。

[FN0006]：如果对操作数的确定不会产生歧义，则后缀其实也可以省略掉，例如：

```
movl  %eax, %ebx
```

可以写成：

```
mov  %eax, %ebx
```

不过，GCC 为了统一起见，所有汇编指令都加上相应的后缀。

[FN0007]：作为对比，请读者注意：

```
movl  $var, %ebx          //把 var 的地址放到 ebx
movl  var, %ebx           //把 var 的值放到 ebx
```

[FN0008]：请参阅附录 B。

[FN0009]：假设要把 GCC 3.2 安装在目录“/opt/gcc32”，以此类推。

[FN0010]：由于系统仍然按照旧的 PATH 环境变量搜索可执行文件，所以，必须先把旧的编译器文件改名，然后建立符号连接：

```
#cd   /usr/bin
#mv   gcc   gcc.old
#mv   g++   g++.old
#ln  -s   /opt/gcc32/bin/gcc   gcc
#ln  -s   /opt/gcc32/bin/g++   g++
```

01 C/C++语言的发展简史

C 语言最初是由 AT&T 贝尔实验室（Bell Labs）的 Dennis Ritchie 在 BCPL 和 B 语言的基础上设计，并在一台 DEC PDP-11 上首次实现的。简洁、高效和可移植性强使其迅速展现出作为系统级编程语言的强大生命力，随后不久，UNIX 的内核（kernel）及应用程序全部用 C 语言改写，从此，C 成为语言 UNIX 环境下使用得最广泛的主流编程语言。

1978 年，Dennis Ritchie 和 Brian Kernighan 合作推出 The C Programming Language 的第一版[1]，书末的“参考指南（Reference Manual）”一节给出当时 C 语言的完整定义，成为那个时候 C 语言事实上的标准，人们称之为“K&R C”。

随着 C 语言在多个领域的推广、应用，一些新的特性不断被各种编译器实现并添加进来，于是，建立一个新的“无歧义、与具体平台无关的 C 语言定义”成为越来越重要的事情。1983 年 ASC X3[2]成立了一个专门的技术委员会 J11[3]，负责起草关于 C 语言的标准草案。1989 年草案被 ANSI 正式通过成为美国国家标准[4]。为了区别于 K&R C，人们称之为“C89”。

这时，The C Programming Language（ 2nd Ed）[5]也开始出版发行，书中的内容根据当时最新的 ANSI C 进行了更新。随后，ISO 在 1990 年批准 ANSI C 成为国际标准[6]，于是“ISO C”（或称为“C90”）诞生了[7]。除了标准文档在印刷编排上的某些细节不同外，ANSI C（C89）和 ISO C（C90）在技术上是完全一样的。

然后，ISO 分别在 1994、1996 年出版了 C90 的技术勘误文档，更正一些正式标准中的印刷错误，并且还在 1995 年通过了一份 C90 的技术补充，对 C90 作了极微小的扩充，经过这次扩充后的 ISO C 称为 C95。

最近，ANSI 和 ISO 又于 1999 年通过并印刷了新版本的 C 语言标准（C99）[8]和对应的技术勘误文档。自然，这是目前关于 C 语言最新、最权威的定义。

现在，各种 C 编译器均能提供 C89（C90）的完整支持，对 C99 则提供部分支持，相信很快 C99 便会成为所有 C 编译器的标准。同时，为了兼容一些“很古老”的代码，