MAKRON
Books

Parte 1

A Linguagem C

A primeira parte deste livro apresenta uma discussão completa da linguagem de programação C. O Capítulo 1 fornece uma rápida exposição da linguagem C — o programador mais experiente talvez queira passar diretamente para o Capítulo 2. O Capítulo 2 examina os tipos de dados internos, variáveis, operadores e expressões. O Capítulo 3 apresenta os comandos de controle do programa. O Capítulo 4 discute matrizes e strings. O Capítulo 5 trabalha com ponteiros. O Capítulo 6 discute funções. O Capítulo 7 aborda estruturas, uniões e os tipos definidos pelo usuário. O Capítulo 8 examina as E/S pelo console. O Capítulo 9 aborda as E/S de arquivo e, finalmente, o Capítulo 10 discute o pré-processador e faz comentários.

O assunto desta parte (e a maior parte do material deste livro) reflete o padrão ANSI para C. No entanto, o padrão original de C, oriundo do UNIX versão 5, também é focalizado, e as diferenças mais importantes são salientadas. O livro aborda tanto o C ANSI quanto o original como garantia de que você encontrará informações pertinentes ao seu ambiemte de programação em C.

1

Uma Visão Geral de C

A finalidade deste capítulo é apresentar uma visão geral da linguagem de programação C, suas origens, seus usos e sua filosofia. Este capítulo destina-se principalmente aos novatos em C.

As Origens de C

A linguagem C foi inventada e implementada primeiramente por Dennis Ritchie em um DEC PDP-11 que utilizava o sistema operacional UNIX. C é o resultado de um processo de desenvolvimento que começou com uma linguagem mais antiga, chamada BCPL, que ainda está em uso, em sua forma original, na Europa. BCPL foi desenvolvida por Martin Richards e influenciou uma linguagem chamada B, inventada por Ken Thompson. Na década de 1970, B levou ao desenvolvimento de C.

Por muitos anos, de fato, o padrão para C foi a versão fornecida com o sistema operacional UNIX versão 5. Ele é descrito em *The C Programming Language*, de Brian Kernighan e Dennis Ritchie (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1978). Com a popularidade dos microcomputadores, um grande número de implementações de C foi criado. Quase que por milagre, os códigos-fontes aceitos por essas implementações eram altamente compatíveis. (Isto é, um programa escrito com um deles podia normalmente ser compilado com sucesso usando-se um outro.) Porém, por não existir nenhum padrão, havia discrepâncias. Para remediar essa situação, o ANSI (American National Standards Institute) estabeleceu, no verão de 1983, um comitê para criar um padrão que definiria de uma vez por todas a linguagem C. No momento em que esta obra foi escrita, o comitê

do padrão ANSI estava concluindo o processo formal de adoção. Todos os principais compiladores C já implementaram o padrão C ANSI. Este livro aborda totalmente o padrão ANSI e enfatiza-o. Ao mesmo tempo, ele contém informações sobre a antiga versão UNIX de C. Em outras palavras, independentemente do compilador que esteja usando, você encontrará assuntos aplicáveis aqui.

C É uma Linguagem de Médio Nível

C é freqüentemente chamada de linguagem de médio nível para computadores. Isso não significa que C seja menos poderosa, difícil de usar ou menos desenvolvida que uma linguagem de alto nível como BASIC e Pascal, tampouco implica que C seja similar à linguagem assembly e seus problemas correlatos aos usuários. C é tratada como uma linguagem de médio nível porque combina elementos de linguagens de alto nível com a funcionalidade da linguagem assembly. A Tabela 1.1 mostra como C se enquadra no espectro das linguagens de computador.

Tabela 1.1 A posição de C no mundo das linguagens.

Nível mais alto	Ada
	Modula-2
	Pascal
	COBOL
	FORTRAN
	BASIC
Médio nível	C++
	C
	FORTH
	Macro-assembler
Nível mais baixo	Assembler

Como uma linguagem de médio nível, C permite a manipulação de bits, bytes e endereços — os elementos básicos com os quais o computador funciona. Um código escrito em C é muito portável. *Portabilidade* significa que é possível adaptar um software escrito para um tipo de computador a outro. Por exemplo, se você pode facilmente converter um programa escrito para DOS de tal forma a executar sob Windows, então esse programa é portável.

Todas as linguagens de programação de alto nível suportam o conceito de tipos de dados. Um *tipo de dado* define um conjunto de valores que uma variável pode armazenar e o conjunto de operações que pode ser executado com

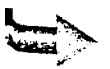
essa variável. Tipos de dados comuns são inteiro, caractere e real. Embora C tenha cinco tipos de dados internos, ela não é uma linguagem rica em tipos de dados como Pascal e Ada. C permite quase todas conversões de tipos. Por exemplo, os tipos caractere e inteiro podem ser livremente misturados na maioria das expressões. C não efetua nenhuma verificação no tempo de execução, como a validação dos limites das matrizes. Esses tipos de verificações são de responsabilidade do programador.

As versões originais de C não realizavam muitos (se é que realizavam algum) testes de compatibilidade entre um parâmetro de uma função e o argumento usado para chamar a função. Por exemplo, na versão original de C, você poderia chamar uma função, usando um ponteiro, sem gerar uma mensagem de erro, mesmo que essa função tivesse sido definida, na realidade, como recebendo um argumento em ponto flutuante. No entanto, o padrão ANSI introduziu o conceito de *protótipos de funções*, que permite que alguns desses erros em potencial sejam mostrados, conforme a intenção do programador. (Protótipos serão discutidos mais tarde no Capítulo 6.)

Outro aspecto importante de C é que ele tem apenas 32 palavras-chaves (27 do padrão de fato estabelecido por Kernighan e Ritchie, mais 5 adicionadas pelo comitê ANSI de padronização), que são os comandos que compõem a linguagem C. As linguagens de alto nível tipicamente têm várias vezes esse número de palavras reservadas. Como comparação, considere que a maioria das versões de BASIC possuem bem mais de 100 palavras reservadas!

C É uma Linguagem Estruturada

Embora o termo *linguagem estruturada em blocos* não seja rigorosamente aplicável a C, ela é normalmente referida simplesmente como linguagem estruturada. C tem muitas semelhanças com outras linguagens estruturadas, como ALGOL, Pascal e Modula-2.



NOTA: A razão pela qual C não é, tecnicamente, uma linguagem estruturada em blocos, é que as linguagens estruturadas em blocos permitem que procedimentos e funções sejam declarados dentro de procedimentos e funções. No entanto, como C não permite a criação de funções dentro de funções, não pode ser chamada formalmente de uma linguagem estruturada em blocos.

A característica especial de uma linguagem estruturada é a *compartimentalização* do código e dos dados. Trata-se da habilidade de uma linguagem seccionar e esconder do resto do programa todas as informações necessárias para se realizar uma tarefa específica. Uma das maneiras de conseguir

essa compartimentalização é pelo uso de sub-rotinas que empregam variáveis locais (temporárias). Com o uso de variáveis locais é possível escrever sub-rotinas de forma que os eventos que ocorrem dentro delas não causem nenhum efeito inesperado nas outras partes do programa. Essa capacidade permite que seus programas em C compartilhem facilmente seções de código. Se você desenvolve funções compartimentalizadas, só precisa saber o que uma função faz, não como ela faz. Lembre-se de que o uso excessivo de variáveis globais (variáveis conhecidas por todo o programa) pode trazer muitos erros, por permitir efeitos colaterais indesejados. (Qualquer um que já tenha programado em BASIC está bem ciente deste problema.)

Uma linguagem estruturada permite muitas possibilidades na programação. Ela suporta, diretamente, diversas construções de laços (loops), como **while**, **do-while** e **for**. Em uma linguagem estruturada, o uso de **goto** é proibido ou desencorajado e também a forma comum de controle do programa, (que ocorre em BASIC e FORTRAN, por exemplo). Uma linguagem estruturada permite que você insira sentenças em qualquer lugar de uma linha e não exige um conceito rigoroso de campo (como em FORTRAN).

A seguir estão alguns exemplos de linguagens estruturadas e não estruturadas.

Não estruturadas	**Estruturadas**
FORTRAN	Pascal
BASIC	Ada
COBOL	C++
	C
	Modula-2

Linguagens estruturadas tendem a ser modernas. De fato, a marca de uma linguagem antiga de computador é não ser estruturada. Hoje, a maioria dos programadores considera as linguagens estruturadas mais fáceis de programar e fazer manutenção.

O principal componente estrutural de C é a função — a sub-rotina isolada de C. Em C, funções são os blocos de construção em que toda a atividade do programa ocorre. Elas admitem que você defina e codifique separadamente as diferentes tarefas de um programa, permitindo, então, que seu programa seja modular. Após uma função ter sido criada, você pode esperar que ela trabalhe adequadamente em várias situações, sem criar efeitos inesperados em outras partes do programa. O fato de você poder criar funções isoladas é extremamente importante em projetos maiores nos quais um código de um programador não deve afetar acidentalmente o de outro.

Uma outra maneira de estruturar e compartimentalizar o código em C é pelo uso de blocos de código. Um *bloco de código* é um grupo de comandos de programa conectado logicamente que é tratado como uma unidade. Em C, um bloco de código é criado colocando-se uma seqüência de comandos entre chaves. Neste exemplo,

```
if (x < 10)  {
   printf("muito baixo, tente novamente\n");
   scanf("%d", &x);
}
```

os dois comandos após o **if** e entre chaves são executados se **x** for menor que 10. Esses dois comandos, junto com as chaves, representam um bloco de código. Eles são uma unidade lógica: um dos comandos não pode ser executado sem que o outro também seja. Atente para o fato de que todo comando em C pode ser um comando simples ou um bloco de comandos. Blocos de código permitem que muitos algoritmos sejam implementados com clareza, elegância e eficiência. Além disso, eles ajudam o programador a conceituar a verdadeira natureza da rotina.

C É uma Linguagem para Programadores

Surpreendentemente, nem todas as linguagens de computador são para programadores. Considere os exemplos clássicos de linguagens para não-programadores: COBOL e BASIC. COBOL não foi destinada para facilitar a vida do programador, aumentar a segurança do código produzido ou a velocidade em que o código pode ser escrito. Ao contrário, COBOL foi concebida, em parte, para permitir que não-programadores leiam e presumivelmente (embora isso seja improvável) entendam o programa. BASIC foi criada essencialmente para permitir que não-programadores programem um computador para resolver problemas relativamente simples.

Em contraposição, C foi criada, influenciada e testada em campo por programadores profissionais. O resultado final é que C dá ao programador o que ele quer: poucas restrições, poucas reclamações, estruturas de bloco, funções isoladas e um conjunto compacto de palavras-chave. Usando C, um programador pode conseguir aproximadamente a eficiência de código assembly combinada com a estrutura de ALGOL ou Modula-2. Não é de admirar que C seja tranqüilamente a linguagem mais popular entre excelentes programadores profissionais.

O fato de C freqüentemente ser usada em lugar da linguagem assembly é o fator mais importante para a sua popularidade entre os programadores. A linguagem assembly usa uma representação simbólica do código binário real que o computador executa diretamente. Cada operação em linguagem assembly leva a uma tarefa simples a ser executada pelo computador. Embora a linguagem assembly dê aos programadores o potencial de realizar tarefas com máxima flexibilidade e eficiência, é notoriamente difícil de trabalhar quando se está desenvolvendo ou depurando um programa. Além disso, como assembly não é uma linguagem estruturada, o programa final tende a ser um código "espaguete" — um emaranhado de jumps, calls e índices. Essa falta de estrutura torna os programas em linguagem assembly difíceis de ler, aperfeiçoar e manter. Talvez mais importante: as rotinas em linguagem assembly não são portáveis entre máquinas com unidades centrais de processamento (CPUs) diferentes.

Inicialmente, C era usada na programação de sistema. Um *programa de sistema* forma uma porção do sistema operacional do computador ou de seus utilitários de suporte. Por exemplo, os programas que seguem são freqüentemente chamados de programas de sistema:

- Sistemas operacionais
- Interpretadores
- Editores
- Programas de planilhas eletrônicas
- Compiladores
- Gerenciadores de banco de dados

Em virtude da sua portabilidade e eficiência, à medida que C cresceu em popularidade, muitos programadores começaram a usá-la para programar todas as tarefas. Por haver compiladores C para quase todos os computadores, é possível tomar um código escrito para uma máquina, compilá-lo e rodá-lo em outra com pouca ou nenhuma modificação. Esta portabilidade economiza tempo e dinheiro. Os compiladores C também tendem a produzir um código-objeto muito compacto e rápido — menor e mais rápido que aquele da maioria dos compiladores BASIC, por exemplo.

Além disso, os programadores usam C em todos os tipos de trabalho de programação porque eles gostam de C! Ela oferece a velocidade da linguagem assembly e a extensibilidade de FORTH, mas poucas das restrições de Pascal ou Modula-2. Cada programador C pode, de acordo com sua própria personalidade, criar e manter uma biblioteca única de funções customizadas, para ser usada em muitos programas diferentes. Por admitir — na verdade encorajar — a compilação separada, C permite que os programadores gerenciem facilmente grandes projetos com mínima duplicação de esforço.

Compiladores *Versus* Interpretadores

Os termos *compiladores* e *interpretadores* referem-se à maneira como um programa é executado. Existem dois métodos gerais pelos quais um programa pode ser executado. Em teoria, qualquer linguagem de programação pode ser compilada ou interpretada, mas algumas linguagens geralmente são executadas de uma maneira ou de outra. Por exemplo, BASIC é normalmente interpretada e C, compilada (especialmente no auxílio à depuração ou em plataformas experimentais como a desenvolvida na Parte 5). A maneira pela qual um programa é executado não é definida pela linguagem em que ele é escrito. Interpretadores e compiladores são simplesmente programas sofisticados que operam sobre o código-fonte do seu programa. Como a diferença entre um compilador e um interpretador pode não ser clara para todos os leitores, a breve descrição seguinte esclarecerá o assunto.

Um interpretador lê o código-fonte do seu programa uma linha por vez, executando a instrução específica contida nessa linha. Um compilador lê o programa inteiro e converte-o em um *código-objeto*, que é uma tradução do código-fonte do programa em uma forma que o computador possa executar diretamente. O código-objeto é também conhecido como código binário ou código de máquina. Uma vez que o programa tenha sido compilado, uma linha do código-fonte, mesmo alterada, não é mais importante na execução do seu programa.

Quando um interpretador é usado, deve estar presente toda vez que você executar o seu programa. Por exemplo, em BASIC você precisa primeiro executar o interpretador, carregar seu programa e digitar **RUN** cada vez que quiser usá-lo. O interpretador BASIC examina seu programa uma linha por vez para correção e então executa-o. Esse processo lento ocorre cada vez que o programa for executado. Um compilador, ao contrário, converte seu programa em um código-objeto que pode ser executado diretamente por seu computador. Como o compilador traduz seu programa de uma só vez, tudo o que você precisa fazer é executar seu programa diretamente, geralmente apenas digitando seu nome. Assim, o tempo de compilação só é gasto uma vez, enquanto o código interpretado incorre neste trabalho adicional cada vez que o programa executa.

A Forma de um Programa em C

A Tabela 1.2 lista as 32 palavras-chave (ou palavras reservadas) que, combinadas com a sintaxe formal de C, formam a linguagem de programação C. Destas, 27 foram definidas pela versão original de C. As cinco restantes foram adicionadas pelo comitê ANSI: **enum, const, signed, void** e **volatile**.

Tabela 1.2 Uma lista das palavras-chave de C ANSI

auto	double	int	struct
break	else	long	switch
case	enum	register	typedef
char	extern	return	union
const	float	short	unsigned
continue	for	signed	void
default	goto	sizeof	volatile
do	if	static	while

Além disso, muitos compiladores C acrescentaram diversas palavras-chave para explorar melhor a organização da memória da família de processadores 8088/8086, que suporta programação interlinguagens e interrupções. Aqui é mostrada uma lista das palavras-chave estendidas mais comuns:

asm	_cs	_ds	_es
_ss	cdecl	far	huge
interrupt	near	pascal	

Seu compilador pode também suportar outras extensões que ajudem a aproveitar melhor seu ambiente específico.

Todas as palavras-chave de C são minúsculas. Em C, maiúsculas e minúsculas são diferentes: **else** é uma palavra-chave, mas ELSE não. Uma palavra-chave não pode ser usada para nenhum outro propósito em um programa em C — ou seja, ela não pode servir como uma variável ou nome de uma função.

Todo programa em C consiste em uma ou mais funções. A única função que necessariamente precisa estar presente é a denominada **main()**, que é a primeira função a ser chamada quando a execução do programa começa. Em um código de C bem escrito, **main()** contém, em essência, um esboço do que o programa faz. O esboço é composto de chamadas de funções. Embora **main()** não seja tecnicamente parte da linguagem C, trate-a como se fosse. Não tente usar **main()** como nome de uma variável porque provavelmente confundirá o compilador.

A forma geral de um programa em C é ilustrada na Figura 1.1, onde **f1()** até **fN()** representam funções definidas pelo usuário.


```
declarações globais

tipo devolvido main(lista de parâmetros)
{
  seqüência de comandos
}

tipo devolvido f1(lista de parâmetros)
{
  seqüência de comandos
}

tipo devolvido f2(lista de parâmetros)
{
  seqüência de comandos
}
.
.
.
tipo devolvido fN(lista de parâmetros)
{
```

Figura 1.1 A forma geral de um programa em C

A Biblioteca e a Linkedição

Tecnicamente falando, é possível criar um programa útil e funcional que consista apenas nos comandos realmente criados pelo programador. Porém, isso é muito raro porque C, dentro da atual definição da linguagem, não oferece nenhum método de executar operações de entrada/saída (E/S). Como resultado, a maioria dos programas inclui chamadas a várias funções contidas na *biblioteca* C *padrão*.

Todo compilador C vem com uma biblioteca C padrão de funções que realizam as tarefas necessárias mais comuns. O padrão C ANSI especifica o conjunto mínimo de funções que estará contido na biblioteca. No entanto, seu compilador provavelmente conterá muitas outras funções. Por exemplo, o padrão C ANSI não define nenhuma função gráfica, mas seu compilador provavelmente inclui alguma.

Em algumas implementações de C, a biblioteca aparece em um grande arquivo; em outras, ela está contida em muitos arquivos menores, uma organização que aumenta a eficiência e a praticidade. Porém, para simplificar, este livro usa a forma singular em referênca à biblioteca.

Os implementadores do seu compilador C já escreveram a maioria das funções de propósito geral que você usará. Quando chama uma função que não faz parte do programa que você escreveu, o compilador C "memoriza" seu nome. Mais tarde, o *linkeditor* (linker) combina o código que você escreveu com o código-objeto já encontrado na biblioteca padrão. Esse processo é chamado de *linkedição*. Alguns compiladores C têm seu próprio linkeditor, enquanto outros usam o linkeditor padrão fornecido pelo seu sistema operacional.

As funções guardadas na biblioteca estão em formato *relocável*. Isso significa que os endereços de memória das várias instruções em código de máquina não estão absolutamente definidos — apenas informações relativas são guardadas. Quando seu programa é linkeditado com as funções da biblioteca padrão, esses endereços relativos são utilizados para criar os endereços realmente usados. Há diversos manuais e livros técnicos que explicam esse processo com mais detalhes. Contudo, você não precisa de nenhuma informação adicional sobre o processo real de relocação para programar em C.

Muitas das funções de que você precisará ao escrever seus programas estão na biblioteca padrão. Elas agem como blocos básicos que você combina. Se escreve uma função que usará muitas vezes, você também pode colocá-la em uma biblioteca. Alguns compiladores permitem que você coloque sua função na biblioteca padrão; outros exigem a criação de uma biblioteca adicional. De qualquer forma, o código estará lá para ser usado repetidamente.

Lembre-se de que o padrão ANSI apenas especifica uma biblioteca padrão *mínima*. A maioria dos compiladores fornece bibliotecas que contêm muito mais funções que aquelas definidas pelo ANSI. Além disso, algumas funções encontradas na versão original de C para UNIX não são definidas pelo padrão ANSI por serem redundantes. Este livro aborda todas as funções definidas pelo ANSI como também as mais importantes e largamente usadas pelo padrão C UNIX antigo. Ele também examina diversas funções muito usadas, mas que não são definidas pelo ANSI nem pelo antigo padrão UNIX. (Funções não-ANSI serão indicadas para evitar confusão.)

Compilação Separada

Muitos programas curtos de C estão completamente contidos em um arquivo-fonte. Contudo, quando o tamanho de um programa cresce, também aumenta seu tempo de compilação (e tempos de compilação longos contribuem para paciências curtas!). Logo, C permite que um programa seja contido em muitos arquivos e que cada arquivo seja compilado separadamente. Uma vez que todos os arquivos estejam compilados, eles são linkeditados com qualquer rotina de

biblioteca, para formar um código-objeto completo. A vantagem da compilação separada é que, se houver uma mudança no código de um arquivo, não será necessária a recompilação do programa todo. Em tudo, menos nos projetos mais simples, isso economiza um tempo considerável. (Estratégias de compilação separada são abordadas em detalhes na Parte 4.)

Compilando um Programa em C

Compilar um programa em C consiste nestes três passos:

1. Criar o programa
2. Compilar o programa
3. Linkeditar o programa com as funções necessárias da biblioteca

Alguns compiladores fornecem ambientes de programação integrados que incluem um editor. Com outros, é necessário usar um editor separado para criar seu programa. Os compiladores só aceitam a entrada de arquivos de texto padrão. Por exemplo, seu compilador não aceitará arquivos criados por certos processadores de textos porque eles têm códigos de controle e caracteres não-imprimíveis.

O método exato que você utiliza para compilar um programa depende do compilador que está em uso. Além disso, a linkedição varia muito entre os compiladores e os ambientes. Consulte seu manual do usuário para detalhes.

O Mapa de Memória de C

Um programa C compilado cria e usa quatro regiões, logicamente distintas na memória, que possuem funções específicas. A primeira região é a memória que contém o código do seu programa. A segunda é aquela onde as variáveis globais são armazenadas. As duas regiões restantes são a pilha e o "heap". A *pilha* tem diversos usos durante a execução de seu programa. Ela possui o endereço de retorno das chamadas de função, argumentos para funções e variáveis locais. Ela também guarda o estado atual da CPU. O *heap* é uma região de memória livre que seu programa pode usar, via funções de alocação dinâmica de C, em aplicações como listas encadeadas e árvores.

A disposição exata de seu programa pode variar de compilador para compilador e de ambiente para ambiente. Por exemplo, a maioria dos compiladores para a família de processadores 8086 tem seis maneiras diferentes de or-

ganizar a memória em razão da arquitetura segmentada de memória do 8086. Os modelos de memória da família de processadores 8086 são discutidos mais adiante neste livro.

Embora a disposição física exata de cada uma das quatro regiões possa diferir entre tipos de CPU e implementações de C, o diagrama da Figura 1.2 mostra conceitualmente como seu programa aparece na memória.

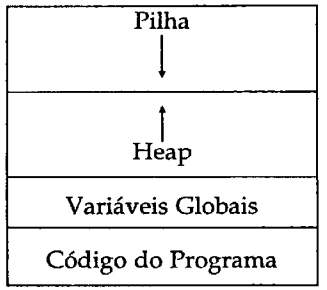


Figura 1.2 Um mapa conceitual de memória de um programa em C.

C *Versus* C++

Antes de concluir este capítulo, é necessário dizer algumas palavras sobre C++. Algumas vezes os novatos confundem o que é C++ e como difere de C. Para ser breve, C++ é uma versão estendida e melhorada de C que é projetada para suportar programação orientada a objetos (OOP, do inglês Object Oriented Programming). C++ contém e suporta toda a linguagem C e mais um conjunto de extensões orientadas a objetos. (Ou seja, C++ é um superconjunto de C.) Como C++ é construída sobre os fundamentos de C, você não pode programar em C++ se não entender C. Portanto, virtualmente todo o material apresentado neste livro aplica-se também a C++.

NOTA: Para uma descrição completa da linguagem C++ veja o livro, C++ — The Complete Reference, de Herbert Schildt.

Hoje em dia, e por muitos anos ainda, a maioria dos programadores ainda escreverá, manterá e utilizará programas C, e não C++. Como mencionado, C suporta programação estruturada. A programação estruturada tem-se mostrado eficaz ao longo dos 25 anos em que tem sido usada largamente. C++ é projetada principalmente para suportar OOP, que incorpora os princípios da programação estruturada, mas inclui objetos. Embora a OOP seja muito eficaz para uma certa classe de tarefas de programação, muitos programas não se beneficiam da sua aplicação. Por isso, "código direto em C" estará em uso por muito tempo ainda.

Um Compilador C++ Funcionará com Programas C?

Hoje em dia é difícil ver um compilador anunciado ou descrito simplesmente como um "compilador C". Em vez disso, é comum ver um compilador anunciado como "compilador C/C++", ou às vezes simplesmente como compilador C++. Esta situação faz surgir naturalmente a pergunta: "Um compilador C++ funcionará com programas C?". A resposta é: "Sim!". Qualquer um e todos os compiladores que podem compilar programas C++ também podem compilar programas C. Portanto, se seu compilador é denominado um "compilador C++", não se preocupe, também é um compilador C padrão ANSI completo.

Uma Revisão de Termos

Os termos a seguir serão usados freqüentemente durante toda essa referência. Você deve estar completamente familiarizado com eles.

- *Código-Fonte* O texto de um programa que um usuário pode ler, normalmente interpretado como o programa. O código-fonte é a entrada para o compilador C.
- *Código-Objeto* Tradução do código-fonte de um programa em código de máquina que o computador pode ler e executar diretamente. O código-objeto é a entrada para o linkeditor.
- *Linkeditor* Um programa que une funções compiladas separadamente em um programa. Ele combina as funções da biblioteca C padrões com o código que você escreveu. A saída do linkeditor é um programa executável.
- *Biblioteca* O arquivo contendo as funções padrão que seu programa pode usar. Essas funções incluem todas as operações de E/S como também outras rotinas úteis.
- *Tempo de compilação* Os eventos que ocorrem enquanto o seu programa está sendo compilado. Uma ocorrência comum em tempo de compilação é um erro de sintaxe.
- *Tempo de execução* Os eventos que ocorrem enquanto o seu programa é executado.

MAKRON Books

2

Expressões em C

Este capítulo examina o elemento mais fundamental da linguagem C: a expressão. Como você verá, as expressões em C são substancialmente mais gerais e poderosas que na maioria das outras linguagens de programação. As expressões são formadas pelos elementos mais básicos de C: dados e operadores. Os dados podem ser representados por variáveis ou constantes. C, como a maioria das outras linguagens, suporta uma certa quantidade de tipos diferentes de dados. Também provê uma ampla variedade de operadores.

Os Cinco Tipos Básicos de Dados

Há cinco tipos básicos de dados em C: caractere, inteiro, ponto flutuante, ponto flutuante de precisão dupla e sem valor (**char**, **int**, **float**, **double** e **void**, respectivamente). Como você verá, todos os outros tipos de dados em C são baseados em um desses tipos. O tamanho e a faixa desses tipos de dados variam de acordo com o tipo de processador e com a implementação do compilador C. Um caractere ocupa geralmente 1 byte e um inteiro tem normalmente 2 bytes, mas você não pode fazer esta suposição se quiser que seus programas sejam portáveis a uma gama mais ampla de computadores. O padrão ANSI estipula apenas a *faixa* mínima de cada tipo de dado, não o seu tamanho em bytes.

O formato exato de valores em ponto flutuante depende de como eles são implementados. Inteiros geralmente correspondem ao tamanho natural de uma palavra do computador host. Valores do tipo **char** são normalmente usados para conter valores definidos pelo conjunto de caracteres ASCII. Valores fora dessa faixa podem ser manipulados diferentemente entre as implementações de C.

A faixa dos tipos **float** e **double** é dada em dígitos de precisão. As grandezas dos tipos **float** e **double** dependem do método usado para representar os números em ponto flutuante. Qualquer que seja o método, o número é muito grande. O padrão ANSI especifica que a faixa mínima de um valor em ponto flutuante é de 1E-37 a 1E+37. O número mínimo de dígitos de precisão é exibido na Tabela 2.1 para cada tipo de ponto flutuante.

O tipo **void** declara explicitamente uma função que não retorna valor algum ou cria ponteiros genéricos. Ambas as utilizações são discutidas nos capítulos subseqüentes.

Tabela 2.1 Todos os tipos de dados definidos no padrão ANSI.

Tipo	Tamanho aproximado em bits	Faixa mínima
char	8	-127 a 127
unsigned char	8	0 a 255
signed char	8	-127 a 127
int	16	-32.767 a 32.767
unsigned int	16	0 a 65.535
signed int	16	O mesmo que **int**
short int	16	O mesmo que **int**
unsigned short int	16	0 a 65.535
signed short int	16	O mesmo que **short int**
long int	32	-2.147.483.647 a 2.147.483.647
signed long int	32	O mesmo que **long int.**
unsigned long int	32	0 a 4.294.967.295
float	32	Seis dígitos de precisão
double	64	Dez dígitos de precisão
long double	80	Dez dígitos de precisão

Modificando os Tipos Básicos

Exceto o **void**, os tipos de dados básicos podem ter vários modificadores precedendo-os. Um modificador é usado para alterar o significado de um tipo básico para adaptá-lo mais precisamente às necessidades de diversas situações. A lista de modificadores é mostrada aqui:

signed
unsigned
long
short

Os modificadores **signed, short, long** e **unsigned** podem ser aplicados aos tipos básicos caractere e inteiro. Contudo, **long** também pode ser aplicado a **double.** (Note que o padrão ANSI elimina o **long float** porque ele tem o mesmo significado de um **double**.)

A Tabela 2.1 mostra todas as combinações de tipos de dados que atendem ao padrão ANSI juntamente com suas faixas mínimas e larguras aproximadas em bits.

O uso de **signed** com inteiros é permitido, mas redundante porque a declaração padrão de inteiros assume um número com sinal. O uso mais importante de **signed** é modificar **char** em implementações em que esse tipo, por padrão, não tem sinal.

Algumas implementações podem permitir que **unsigned** seja aplicado aos tipos de ponto flutuante (como em **unsigned double**). Porém, isso reduz a portabilidade de seu código e geralmente não é recomendável. Qualquer tipo expandido ou adicional não definido pelo padrão proposto ANSI provavelmente não será suportado por todas as implementações de C.

A diferença entre inteiros com ou sem sinal é a maneira como o bit mais significativo do inteiro é interpretado. Se um inteiro com sinal é especificado, o compilador C gerará um código que assume que o bit de mais alta ordem de um inteiro deve ser interpretado como *indicador de sinal*. Se o indicador de sinal é 0, o número é positivo; se é 1, o número é negativo.

Em geral, os números negativos são representados usando-se o *complemento de dois*, que inverte todos os bits em um número (exceto o indicador de sinal), adiciona 1 a esse número e põe o indicador de sinal em 1.

Inteiros com sinal são importantes em muitos algoritmos, mas eles têm apenas metade da grandeza absoluta de seus irmãos sem sinal. Por exemplo, aqui está 32.767:

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Se o bit mais significativo fosse colocado em 1, o número seria interpretado como -1. Porém, se você o declarar como sendo um **unsigned int**, o número se tornará 65.535 quando o bit mais significativo for 1.

Nomes de Identificadores

Em C, os nomes de variáveis, funções, rótulos e vários outros objetos definidos pelo usuário são chamados de *identificadores*. Esses identificadores podem variar de um a diversos caracteres. O primeiro caractere deve ser uma letra ou um sublinhado e os caracteres subseqüentes devem ser letras, números ou sublinhados. Aqui estão alguns exemplos de nomes de identificadores corretos e incorretos:

Correto	**Incorreto**
count	1count
test23	hi!there
high_balance	high...balance

O padrão C ANSI determina que identificadores podem ter qualquer tamanho, mas pelo menos os primeiros 6 caracteres devem ser significativos se o identificador estiver envolvido em um processo externo de linkedição. Esses identificadores, chamados *nomes externos*, incluem nomes de funções e variáveis globais que são compartilhadas entre arquivos. Se o identificador não é usado em um processo externo de linkedição, os primeiros 31 caracteres serão significativos. Esse tipo de identificador é denominado *nome interno*. Consulte o manual do usuário para ver exatamente quantos caracteres significativos são permitidos pelo compilador que você está usando.

Um nome de identificador pode ser maior que o número de caracteres significativos reconhecidos pelo compilador. Porém, os caracteres que ultrapassarem o limite serão ignorados. Por exemplo, se seu compilador reconhece 31 caracteres significativos, os seguintes identificadores serão considerados por ele como sendo iguais:

Nomes_de_identificadores_excessivamente_longos_sao_incomodos
Nomes_de_identificadores_excessivamente_longos_sao_incomodos_para_usar

Em C, letras maiúsculas e minúsculas são tratadas diferentemente. Logo, **count, Count** e **COUNT** são três identificadores distintos. Em alguns ambientes, o tipo da letra (maiúscula ou minúscula) dos nomes de funções e de variáveis globais pode ser ignorado se o linkeditor for indiferente ao tipo (mas a maioria dos ambientes atuais suporta linkedição sensível à caixa alta ou baixa).

Um identificador não pode ser igual a uma palavra-chave de C e não deve ter o mesmo nome que as funções que você escreveu ou as que estão na biblioteca C.

Variáveis

Como você provavelmente sabe, uma *variável* é uma posição nomeada de memória, que é usada para guardar um valor que pode ser modificado pelo programa. Todas as variáveis em C devem ser declaradas antes de serem usadas. A forma geral de uma declaração é

tipo lista_de_variáveis;

Aqui, *tipo* deve ser um tipo de dado válido em C mais quaisquer modificadores; e *lista_de_variáveis* pode consistir em um ou mais nomes de identificadores separados por vírgulas. Aqui estão algumas declarações:

```
int i, j, l;
short int si;
unsigned int ui;
double balance, profit, loss;
```

Lembre-se de que, em C, o nome de uma variável não tem nenhuma relação com seu tipo.

Onde as Variáveis São Declaradas

As variáveis serão declaradas em três lugares básicos: dentro de funções, na definição dos parâmetros das funções e fora de todas as funções. Estas são variáveis locais, parâmetros formais e variáveis globais, respectivamente.

Variáveis Locais

Variáveis que são declaradas dentro de uma função são chamadas de *variáveis locais*. Em algumas literaturas de C, variáveis locais são referidas como variáveis *automáticas*, porque em C você pode usar a palavra-chave **auto** para declará-las. Este livro usa o termo variável local, que é mais comum. Variáveis locais só podem ser referenciadas por comandos que estão dentro do bloco no qual as variáveis foram declaradas. Em outras palavras, variáveis locais não são reconhecidas fora de seu próprio bloco de código. Lembre-se, um bloco de código inicia-se em abre-chaves ({) e termina em fecha-chaves (}).

Variáveis locais existem apenas enquanto o bloco de código em que foram declaradas está sendo executado. Ou seja, uma variável local é criada na entrada de seu bloco e destruída na saída.

O bloco de código mais comum em que as variáveis locais foram declaradas é a função. Por exemplo, considere as seguintes funções:


```
void func1(void)
{
   int x;

   x = 10;
}

void func2(void)
{
   int x;

   x = -199;
}
```

A variável inteira **x** é declarada duas vezes, uma vez em **func1()** e outra em **func2()**. O **x** em **func1()** não tem nenhuma relação ou correspondência com o x em **func2()**. A razão para isso é que cada **x** é reconhecido apenas pelo código que está dentro do mesmo bloco da declaração de variável.

A linguagem C contém a palavra-chave **auto**, que pode ser usada para declarar variáveis locais. Porém, já que todas as variáveis não globais são, por padrão, assumidas como sendo **auto**, esta palavra-chave quase nunca é usada. Logo, os exemplos deste livro não a usam. (Dizem que a palavra-chave **auto** foi incluída em C para fornecer compatibilidade em nível de fonte com sua predecessora B.)

A maioria dos programadores declara todas as variáveis usadas por uma função imediatamente após o abre-chaves da função e antes de qualquer outro comando. Porém, as variáveis locais podem ser declaradas dentro de qualquer bloco de código. O bloco definido por uma função é simplesmente um caso especial. Por exemplo,

```
void f(void)
{
   int t;

   scanf("%d", &t);

   if(t == 1) {
     char s[80];   /* isto é criado apenas
                      na entrada deste bloco */
     printf("entre com o nome:");
     gets(s);
     /* faz alguma coisa ...*/
   }
}
```

Aqui, a variável local **s** é criada na entrada do bloco de código **if** e destruída na saída. Além disso, **s** é reconhecida apenas dentro do bloco **if** e não pode ser referenciada em qualquer outro lugar — mesmo nas outras partes da função que a contém.

A principal vantagem em declarar uma variável local dentro de um bloco condicional é que a memória para ela só será alocada se necessário. Isso acontece porque variáveis locais não existirão até que o bloco em que elas são declaradas seja iniciado. Você deve preocupar-se com isso quando estiver produzindo código para controladores dedicados (como um controlador de porta de garagem, que responde a um código de segurança digital) em que a memória RAM é escassa, por exemplo.

Declarar variáveis dentro do bloco de código que as utiliza também ajuda a evitar efeitos colaterais indesejados. Como a variável não existe fora do bloco em que é declarada, ela não pode ser acidentalmente alterada. Porém, quando cada função realiza uma tarefa lógica bem definida, você não precisa "proteger" variáveis dentro de uma função do código que constitui a função. Isso explica por que as variáveis usadas por uma função são geralmente declaradas no início da função.

Lembre-se de que você deve declarar todas as variáveis locais no início do bloco em que elas são definidas, antes de qualquer comando do programa. Por exemplo, a função seguinte está tecnicamente incorreta e não será compilada na maioria dos compiladores.

```
/* Esta função está errada. */
void f(void)
{
  int i;

  i = 10;

  int j;  /* esta linha irá provocar um erro */

  j = 20;
}
```

Porém, se você tivesse declarado **j** dentro de seu próprio bloco de código ou antes do comando **i = 10**, a função teria sido aceita. Por exemplo, as duas versões mostradas aqui estão sintaticamente corretas:

```
/* Define j dentro de seu próprio bloco de código. */
void f(void)
{
  int i;

  i = 10;
  { /* define j em seu próprio bloco de código */
    int j;

    j = 20;
  }
}
```

```
/* Define j no início do bloco da função. */
void f(void)
{
  int i;
  int j;

  i = 10;
  j = 20;
}
```


NOTA: Como ponto interessante, a restrição que exige que todas as variáveis sejam declaradas no início do bloco foi removida em C++. Em C++, as variáveis podem ser declaradas em qualquer ponto dentro de um bloco.

Como todas as variáveis locais são criadas e destruídas a cada entrada e saída do bloco em que elas são declaradas, seu conteúdo é perdido quando o bloco deixa de ser executado. É especialmente importante lembrar disso ao chamar uma função. Quando uma função é chamada, suas variáveis locais são criadas e, ao retornar, elas são destruídas. Isso significa que as variáveis locais não podem reter seus valores entre chamadas. (No entanto, você pode ordenar ao compilador que retenha seus valores usando o modificador **static**.)

A menos que especificado de outra forma, variáveis locais são armazenadas na pilha. O fato de a pilha ser uma região de memória dinâmica e mutável explica por que variáveis locais não podem, em geral, reter seus valores entre chamadas de funções.

Você pode inicializar uma variável local com algum valor conhecido. Esse valor será atribuído à variável cada vez que o bloco de código em que ela é declarada for executado. Por exemplo, o programa seguinte imprime o número 10 dez vezes:

```
#include <stdio.h>

void f(void);

void main(void)
```

```
{
  int i;

  for(i=0; i<10; i++) f();
}

void f(void)
{
  int j = 10;

  printf("%d ", j);

  j++;  /* esta linha não tem nenhum efeito */
}
```

Parâmetros Formais

Se uma função usa argumentos, ela deve declarar variáveis que receberão os valores dos argumentos. Essas variáveis são denominadas *parâmetros formais* da função. Elas se comportam como qualquer outra variável local dentro da função. Como é mostrado no fragmento de programa seguinte, suas declarações ocorrem depois do nome da função e dentro dos parênteses:

```
/* Retorna 1 se c é parte da string s; 0 se não é o caso */
is_in(char *s, char c)
{
   while(*s)
     if(*s == c) return 1;
     else s++;

   return 0;
}
```

A função **is_in()** tem dois parâmetros: **s** e **c**. Essa função devolve 1 se o caractere especificado em **c** estiver contido na string **s**; 0 se não estiver.

Você deve informar à C que tipo de variáveis são os parâmetros formais, declarando-os como mostrado acima. Uma vez feito isso, elas podem ser usadas dentro da função como variáveis locais normais. Tenha sempre em mente que, como variáveis locais, elas também são dinâmicas e são destruídas na saída da função.

Você deve ter certeza de que os parâmetros formais que estão declarados são do mesmo tipo dos argumentos que você utiliza para chamar a função.

Se há uma discordância de tipos, resultados inesperados podem ocorrer. Ao contrário de muitas outras linguagens, C geralmente fará alguma coisa, inclusive em circunstâncias não usuais, mesmo que não seja o que você quer. Há poucos erros em tempo de execução e nenhuma verificação de limites. Como programador, você deve ter certeza de que erros de incongruência de tipo não ocorrerão.

Embora a linguagem C forneça os *protótipos de funções*, que podem ser usados para ajudar a verificar se os argumentos usados para chamar a função são compatíveis com os parâmetros, ainda podem ocorrer problemas. (Isto é, os protótipos de função não eliminam inteiramente incongruências de tipo de parâmetro). Além disso, você deve incluir explicitamente protótipos de funções em seu programa para receber esse benefício extra. (O uso de protótipos de funções é discutido em profundidade no Capítulo 6.)

Analogamente às variáveis locais, você pode fazer atribuições a parâmetros formais de uma função ou usá-los em qualquer expressão permitida em C. Embora essas variáveis recebam o valor dos argumentos passados para a função, elas podem ser usadas como qualquer outra variável local.

Variáveis Globais

Ao contrário das variáveis locais, as *variáveis globais* são reconhecidas pelo programa inteiro e podem ser usadas por qualquer pedaço de código. Além disso, elas guardam seus valores durante toda a execução do programa. Você cria variáveis globais declarando-as fora de qualquer função. Elas podem ser acessadas por qualquer expressão independentemente de qual bloco de código contém a expressão.

No programa seguinte, a variável **count** foi declarada fora de todas as funções. Embora sua declaração ocorra antes da função **main()**, ela poderia ter sido colocada em qualquer lugar anterior ao seu primeiro uso, desde que não estivesse em uma função. No entanto, é melhor declarar variáveis globais no início do programa.

```
#include <stdio.h>
int count;  /* count é global */

void func1(void);
void func2(void);

void main(void)
{
   count = 100;
   func1();
```

```
}

void func1(void)
{
   int temp;

   temp = count;
   func2();
   printf("count é %d", count); /* imprimirá 100 */
}

void func2(void)
{
   int count;
   for (count=1; count<10; count++)
     putchar('.');
}
```

Olhe atentamente para esse programa. Observe que, apesar de nem **main()** nem **func1()** terem declarado a variável **count**, ambas podem usá-la. A função **func2()**, porém, declarou uma variável local chamada **count**. Quando **func2()** referencia **count**, ela referencia apenas sua variável local, não a variável global. Se uma variável global e uma variável local possuem o mesmo nome, todas as referências ao nome da variável dentro do bloco onde a variável local foi declarada dizem respeito à variável local e não têm efeito algum sobre a variável global. Pode ser conveniente, mas esquecer-se disso poderá fazer com que seu programa seja executado estranhamente, embora pareça correto.

O armazenamento de variáveis globais encontra-se em uma região fixa da memória, separada para esse propósito pelo compilador C. Variáveis globais são úteis quando o mesmo dado é usado em muitas funções em seu programa. No entanto, você deve evitar usar variáveis globais desnecessárias. Elas ocupam memória durante todo o tempo em que seu programa está executando, não apenas quando são necessárias. Além disso, usar uma variável global onde uma variável local poderia ser usada torna uma função menos geral, porque ela conta com alguma coisa que deve ser definida fora dela. Finalmente, usar um grande número de variáveis globais pode levar a erros no programa por causa de desconhecidos — e indesejáveis — efeitos colaterais. Isso pode ser evidenciado no BASIC padrão, em que todas as variáveis são globais. Um problema maior no desenvolvimento de grandes projetos é a mudança acidental do valor de uma variável porque ela é usada em algum outro lugar do programa. Isso pode acontecer em C se você usar variáveis globais demais em seus programas.

Uma das principais razões para uma linguagem estruturada é a compartimentalização ou separação de código e dados. Em C, esse isolamento é conseguido pelo uso de variáveis locais e funções. Por exemplo, a Figura 2.1 mostra duas maneiras de escrever **mul()** — uma função simples que calcula o produto de dois inteiros.

Ambas as funções retornam o produto das variáveis **x** e **y**. Contudo, a versão generalizada, ou *parametrizada*, pode ser usada para retornar o produto de *quaisquer* dois inteiros, enquanto a versão específica só pode ser usada para encontrar o produto das variáveis globais **x** e **y**.

Geral

```
mul(int x, int y)
{
 return(x*y);
}
```

Específica

```
int x, y;
mul( void )
{
 return (x*y);
}
```

Figura 2.1 Duas formas de escrever **mul()**.

Modificadores de Tipo de Acesso

O C introduziu dois novos modificadores (também chamados *quantificadores*) que controlam a maneira como as variáveis podem ser acessadas ou modificadas. Esses modificadores são **const** e **volatile**. Devem preceder os modificadores de tipo e os nomes que eles modificam.

const

Variáveis do tipo **const** não podem ser modificadas por seu programa. (Uma variável **const** pode, entretanto, receber um valor inicial.) O compilador pode colocar variáveis desse tipo em memória de apenas leitura (ROM). Por exemplo:

```
const int a=10;
```

cria uma variável inteira chamada **a**, com um valor inicial 10, que seu programa não pode modificar. Você pode, porém, usar a variável **a** em outros tipos de expressões. Uma variável **const** recebe seu valor de uma inicialização explícita ou por algum recurso dependente do hardware.

O qualificador **const** pode ser usado para proteger os objetos apontados pelos argumentos de uma função de serem modificados por esta função. Isto é, quando um ponteiro é passado para uma função, esta função pode modificar a variável real apontada pelo ponteiro. Entretanto, se o ponteiro é especificado como **const** na declaração dos parâmetros, o código da função não será capaz de modificar o que ele aponta. Por exemplo, a função **sp_to_dash()**, no programa seguinte, imprime um traço para cada espaço do seu argumento string. Ou melhor, a string "isso é um teste" será impressa "isso-é-um-teste". O uso de **const** na declaração do parâmetro assegura que o código dentro da função não possa modificar o objeto apontado pelo parâmetro.

```
#include <stdio.h>

void sp_to_dash(const char *str);

void main(void)
{
  sp_to_dash("isso é um teste");
}

void sp_to_dash(const char *str)
{
  while(*str) {
    if(*str == ' ') printf("%c", '-');
    else printf("%c", *str);
    str++;
  }
}
```

Se você escrevesse **sp_to_dash()** de forma que a string fosse modificada, ela não seria compilada. Por exemplo, se você tivesse codificado **sp_to_dash()** como segue, obteria um erro:

```
/* isso está errado */
void sp_to_dash(const char *str)
{
  while(*str) {
    if(*str==' ' ) *str = '-'; /* não faça isto */
    printf("%c", *str);
    str++;
  }
}
```


Muitas funções da biblioteca C padrão usam **const** em suas declarações de parâmetros. Por exemplo, a função **strlen()** tem este protótipo:

```
size_t strlen(const char *str);
```

Especificar *str* como **const** assegura que **strlen()** não modificará a string apontada por *str*. Em geral, quando uma função da biblioteca padrão não tem necessidade de modificar um objeto apontado por um argumento, ele é declarado como **const**.

Você também pode usar **const** para verificar se seu programa não modifica uma variável. Lembre-se de que uma variável do tipo **const** pode ser modificada por algo externo ao seu programa. Por exemplo, um dispositivo de hardware pode ajustar seu valor. Porém, declarando uma variável como **const**, você pode provar que qualquer alteração nesta variável ocorre devido a eventos externos.

volatile

O modificador **volatile** é usado para informar ao compilador que o valor de uma variável pode ser alterado de maneira não explicitamente especificada pelo programa. Por exemplo, um endereço de uma variável global pode ser passado para a rotina de relógio do sistema operacional e usado para guardar o tempo real do sistema. Nessa situação, o conteúdo da variável é alterado sem nenhum comando de atribuição explícito no programa. Isso é importante porque muitos compiladores C automaticamente otimizam certas expressões, assumindo que o conteúdo de uma variável é imutável, se sua referência não aparecer no lado esquerdo da expressão; logo, ela pode não ser reexaminada toda vez que for referenciada. Além disso, alguns compiladores mudam a ordem de avaliação de uma expressão durante o processo de compilação. O modificador **volatile** previne a ocorrência dessas mudanças.

É possível usar **const** e **volatile** juntos. Por exemplo, se 0x30 é assumido como sendo o valor de uma porta que é mudado apenas por condições externas, a declaração seguinte é precisamente o que você quer para prevenir qualquer possibilidade de efeitos colaterais acidentais.

```
const volatile unsigned char *port = 0x30;
```

Especificadores de Tipo de Classe de Armazenamento

Há quatro especificadores de classe de armazenamento suportados por C.

extern
static
register
auto

Esses especificadores são usados para informar ao compilador como a variável deve ser armazenada. O especificador de armazenamento precede o resto da declaração da variável. Sua forma geral é:

especificador_de_armazenamento tipo nome_da_variável;

extern

Uma vez que C permite que módulos de um programa grande sejam compilados separadamente para então serem linkeditados juntos, uma forma de aumentar a velocidade de compilação e ajudar no gerenciamento de grandes projetos, deve haver alguma maneira de dizer a todos os arquivos sobre as variáveis globais solicitadas pelo programa. Lembre-se de que você pode declarar uma variável global apenas uma vez. Se você tentar declarar duas variáveis com o mesmo nome dentro do mesmo arquivo, seu compilador C poderá imprimir uma mensagem de erro como "nome de variável duplicado" ou poderá simplesmente escolher uma variável. O mesmo problema ocorre se você simplesmente declara todas as variáveis globais necessárias ao seu programa em cada arquivo. Embora o compilador não emita nenhuma mensagem de erro em tempo de compilação, você estaria realmente tentando criar duas (ou mais) cópias de cada variável. O transtorno começaria quando você tentasse linkeditar seus módulos. O linkeditor mostraria a mensagem de erro como "rótulo duplicado" porque ele não saberia que variável usar. A solução seria declarar todas as suas variáveis globais em um arquivo e usar declarações **extern** nos outros, como na Figura 2.2.

No arquivo 2, a lista de variáveis globais foi copiada do arquivo 1 e o especificador **extern** foi adicionado às declarações. O especificador **extern** diz ao compilador que os tipos e nomes de variável que o seguem foram declarados em outro lugar. Em outras palavras, **extern** deixa o compilador saber o que os tipos e nomes são para essas variáveis globais sem realmente criar armazenamento para elas novamente. Quando o linkeditor unir os dois módulos, todas as referências a variáveis externas serão resolvidas.

Quando utiliza uma variável global dentro de uma função que está no mesmo arquivo que a declaração da variável global, você pode usar **extern**, como mostrado aqui:

Arquivo 1

```
int x, y;
char ch;
main(void)
{
 .
 .
 .
}

func1()
{
  x = 123;
}
```

Arquivo 2

```
extern int x, y;
extern char ch;
func22(void)
{
  x = y/10;
}

func23()
{
  y = 10;
}
```

Figura 2.2 Uso de variáveis globais em módulos compilados separadamente.

```
int first, last;   /* declaração global de first e last */

void main(void)
{
  extern int first;  /* uso opcional da declaração extern */
  .
  .
  .
}
```

Embora as declarações de variáveis **extern** possam ocorrer dentro do mesmo arquivo da declaração global, elas não são necessárias. Se o compilador C encontra uma variável que não foi declarada, ele verifica se ela tem o mesmo nome de alguma variável global. Se tiver, o compilador assumirá que a variável global está sendo referenciada.

Variáveis static

Dentro de sua própria função ou arquivo, variáveis **static** são variáveis permanentes. Ao contrário das variáveis globais, elas não são reconhecidas fora de sua função ou arquivo, mas mantêm seus valores entre chamadas. Essa característica torna-as úteis quando você escreve funções generalizadas e funções de biblioteca que podem ser usadas por outros programadores. O especificador **static** tem efeitos diferentes em variáveis locais e em variáveis globais.

Variáveis Locais static

Quando o modificador **static** é aplicado a uma variável local, o compilador cria armazenamento permanente para ela quase da mesma forma como cria armazenamento para uma variável global. A diferença fundamental entre uma variável local **static** e uma variável global é que a variável local **static** é reconhecida apenas no bloco em que está declarada. Em termos simples, uma variável local **static** é uma variável local que retém seu valor entre chamadas de função.

Variáveis locais **static** são muito importantes na criação de funções isoladas, porque diversos tipos de rotinas devem preservar um valor entre as chamadas. Se variáveis **static** não fossem permitidas, variáveis globais teriam de ser usadas, abrindo brechas para possíveis efeitos colaterais. Um exemplo de função que requer uma variável local **static** é um gerador de série de números que produz um novo número baseado no anterior. Seria possível declarar uma variável global para reter esse valor. Porém, cada vez que a função é usada, você deve lembrar-se de declarar essa variável global e garantir que ela não conflite com nenhuma outra variável global já declarada. Além disso, usar uma variável global tornaria essa função difícil de ser colocada em uma biblioteca de funções. A melhor solução é declarar a variável que retém o número gerado como **static**, como neste fragmento de programa.

```
series(void)
{
   static int series_num;

   series_num = series_num+23;
   return (series_num);
}
```

Nesse exemplo, a variável **series_num** permanece existindo entre as chamadas da função em vez da criação e exclusão que as variáveis locais normais fariam. Isso significa que cada chamada a **series()** pode produzir um novo membro da série, baseado no número precedente, sem declarar essa variável globalmente.

Você pode dar à variável local **static** um valor de inicialização. Esse valor é atribuído apenas uma vez — e não toda vez que o bloco de código é inserido, de forma análoga às variáveis locais normais. Por exemplo, essa versão de **series()** inicializa **series_num** com 100:

```
series(void)
{
   static int series_num = 100;
   series_num = series_num+23;
   return series_num;
}
```


Da forma como a função se acha agora, a série sempre começa com o valor 123. Enquanto isso é aceitável para algumas aplicações, a maioria dos geradores de séries permite ao usuário especificar o ponto inicial. Uma maneira de dar a **series_num** um valor especificado pelo usuário é tornar **series_num** uma variável global e, em seguida, ajustar seu valor de acordo com o especificado. Porém, **series_num** foi feita **static** justamente para não ser definida como global. Isso leva ao segundo uso de **static**.

Variáveis Globais static

Aplicar o especificador **static** a uma variável global informa ao compilador para criar uma variável global que é reconhecida apenas no arquivo no qual a mesma foi declarada. Isso significa que, muito embora a variável seja global, rotinas em outros arquivos não podem reconhecê-la ou alterar seu conteúdo diretamente; assim, não está sujeita a efeitos colaterais. Entretanto, para as poucas situações onde uma variável local **static** não possa fazer o trabalho, você pode criar um pequeno arquivo que contenha apenas as funções que precisam da variável global **static** e compilar separadamente esse arquivo sem medo de efeitos colaterais.

Para ilustrar uma variável global **static**, o exemplo de gerador de série da seção anterior foi recodificado de forma que um valor somente inicialize a série por meio de uma chamada a uma segunda função denominada **series_ start()**. O arquivo inteiro, que contém **series()**, **series_start()** e **series_num** é mostrado aqui:

```
/* Isso deve estar em um único arquivo - preferencialmente
   isolado. */

static int series_num;
void series_start(int seed);
int series(void);
series(void)
{
   series_num = series_num+23;
   return series_num;
}

/* inicializa series_num */
void series_start(int seed)
{
   series_num = seed;
}
```

Para inicializar o gerador de série, deve-se chamar **series_start()** com algum valor inteiro conhecido. Depois disso, chamadas a **series()** geram os próximos elementos da série.

Revisando: Os nomes das variáveis locais **static** são reconhecidos apenas na função ou bloco de código em que elas são declaradas. Os nomes das variáveis globais **static** são reconhecidos apenas no arquivo em que elas residem. Isso significa que, se você colocar as funções **series()** e **series_start()** em uma biblioteca, poderá usar as funções, mas não poderá referenciar a variável **series_num**, que está escondida do resto do código do seu programa. De fato, você pode, inclusive, declarar e usar outra variável chamada **series_num** em seu programa (em outro arquivo, é claro). Em essência, o modificador **static** permite variáveis que são reconhecidas pelas funções que precisam delas, sem confundir outras funções.

As variáveis **static** admitem que você, o programador, esconda porções de seu programa das outras partes. Isso pode ser uma vantagem imensa quando se tenta gerenciar um programa muito grande e complexo. O especificador de classe de armazenamento **static** deixa você criar funções gerais que podem ir para bibliotecas que serão utilizadas posteriormente.

Variáveis register

O especificador de armazenamento **register** tradicionalmente era aplicado apenas a variáveis dos tipos **int** e **char**. Contudo, o padrão C ANSI ampliou sua definição de forma que ele pode ser aplicado a qualquer variável.

Originalmente, o especificador **register** solicitava ao compilador C que armazenasse o valor das variáveis declaradas com esse especificador num registrador da CPU em vez da memória, onde as variáveis normais são armazenadas. Isso significa que operações nas variáveis **register** poderiam ocorrer muito mais rapidamente que nas variáveis armazenadas na memória, pois o valor dessas variáveis era realmente conservado na CPU e não era necessário acesso à memória para determinar ou modificar seus valores.

Hoje, uma vez que agora o padrão C ANSI permite que você modifique qualquer tipo de variável com **register**, ele alterou a definição do que **register** faz. O padrão C ANSI simplesmente determina que "o acesso ao objeto é o mais rápido possível". Na prática, caracteres e inteiros são colocados nos registradores da CPU. Objetos maiores, como matrizes, obviamente não podem ser armazenados em um registrador, mas eles ainda podem receber um tratamento diferenciado. Dependendo da implementação do compilador C e de seu ambiente operacional, variáveis **register** podem ser manipuladas de quaisquer formas consideradas cabíveis pelo implementador do compilador. O padrão C ANSI também permite que o compilador ignore o especificador **register** e trate as variáveis modificadas por ele como se não fossem, mas isso raramente ocorre na prática.

Você só pode aplicar o especificador **register** a variáveis locais e a parâmetros formais em uma função. Assim, variáveis globais **register** não são permitidas. Aqui está um exemplo de como declarar uma variável **register** do tipo **int** e usá-la para controlar um laço. Essa função calcula o resultado de M^e para inteiros:

```
int_pwr(register int m, register int e)
{
   register int temp;

   temp = 1;

   for(; e; e--) temp = temp * m;
   return temp;
}
```

Neste exemplo, tanto **e** como **m** e **temp** são declaradas como variáveis **register** porque são usadas dentro do laço. O fato de variáveis **register** serem otimizadas para velocidade torna-as ideais ao controle de laço. Geralmente, variáveis **register** são usadas quando mais apropriadas, isto é, em lugares onde são feitas muitas referências a uma mesma variável. Isso é importante porque você pode declarar qualquer número de variáveis como sendo do tipo **register**, mas nem todas recebem a mesma otimização de velocidade.

O número de variáveis em registradores dentro de qualquer bloco de código é determinado pelo ambiente e pela implementação específica de C. Você não deve preocupar-se em declarar muitas variáveis **register** porque o compilador C automaticamente transforma variáveis **register** em variáveis comuns quando o limite for alcançado. (Isso é feito para assegurar a portabilidade do código em C por meio de uma ampla linha de processadores.)

Por todo este livro, muitas variáveis de controle de laço serão do tipo **register**. Normalmente, pelo menos duas variáveis **register** do tipo **char** ou **int** podem de fato ser colocadas em registradores da CPU. Como os ambientes variam enormemente, consulte o manual do usuário do seu compilador para determinar se você pode aplicar quaisquer outros tipos de opções de otimizações.

Como uma variável **register** pode ser armazenada em um registrador da CPU, variáveis **register** não podem ter endereços. Isto é, você não pode encontrar o endereço de uma variável **register** usando o operador **&** (discutido mais adiante neste capítulo).

Embora o padrão C ANSI tenha expandido a descrição de **register**, na prática ele geralmente só tem um efeito significativo com os tipos inteiro e caractere. Logo, você provavelmente não deve contar com aumentos substanciais da velocidade para os outros tipos de variáveis.

Inicialização de Variáveis

Você pode dar à maioria das variáveis em C um valor, no mesmo momento em que elas são declaradas, colocando um sinal de igual e uma constante após o nome da variável. A forma geral de uma inicialização é

tipo nome_da_variável = constante;

Alguns exemplos são

```
char ch = 'a';

int first = 0;

float balance = 123.23;
```

Variáveis globais e variáveis locais **static** são inicializadas apenas no começo do programa. Variáveis locais (incluindo variáveis locais **static**) são inicializadas cada vez que o bloco no qual estão declaradas for inserido. Variáveis locais e **register** que não são inicializadas possuem valores desconhecidos antes de ser efetuada a primeira atribuição a elas. Variáveis globais não inicializadas e variáveis locais estáticas são inicializadas com zero.

Constantes

Em C, *constantes* referem-se a valores fixos que o programa não pode alterar. Constantes em C podem ser de qualquer um dos cinco tipos de dados básicos. A maneira como cada constante é representada depende do seu tipo. Constantes de caractere são envolvidas por aspas simples ('). Por exemplo, 'a' e '%' são constantes tipo caractere. O padrão ANSI também define caracteres multi bytes (usados principalmente em ambientes de língua estrangeira).

Constantes inteiras são especificadas como números sem componentes fracionários. Por exemplo, 10 e -100 são constantes inteiras. Constantes em ponto flutuante requerem o ponto decimal seguido pela parte fracionária do número. Por exemplo, 11.123 é uma constante em ponto flutuante. C também permite que você use notação científica para números em ponto flutuante.

Existem dois tipos de ponto flutuante: **float** e **double**. Há também diversas variações dos tipos básicos que você pode gerar usando os modificadores de tipo. Por padrão, o compilador C encaixa uma constante numérica no menor tipo de dado compatível que pode contê-lo. Assim, 10 é um **int**, por padrão, mas 60.000 é **unsigned** e 100.000 é **long**. Muito embora o valor 10 possa caber em um tipo caractere, o compilador não atravessará os limites do tipo. A única exceção para a regra do menor tipo são constantes em ponto flutuante, assumidas como **doubles**.

Na maioria dos programas que você escreverá, os padrões do compilador são adequados. Porém, você pode especificar precisamente o tipo da constante numérica que deseja por meio da utilização de um sufixo. Para tipos em ponto flutuante, se você colocar um F após o número, ele será tratado como **float**. Se você colocar um L, ele se tornará um **long double**. Para tipos inteiros, o sufixo U representa **unsigned** e o L representa **long**. Aqui estão alguns exemplos:

Tipo de dado	Exemplos de constantes
int	1 123 21000 -234
long int	35000L -34L
short int	10 -12 90
unsigned int	10000U 987U 40000
float	123.23F 4.34e-3F
double	123.23 12312333 -0.9876324
long double	1001.2L

Constantes Hexadecimais e Octais

Às vezes é mais fácil usar um sistema numérico na base 8 ou 16 em lugar de 10 (nosso sistema decimal padrão). O sistema numérico na base 8 é chamado *octal* e utiliza os dígitos de 0 a 7. Em octal, o número 10 é o mesmo que 8 em decimal. O sistema numérico na base 16 é chamado *hexadecimal* e utiliza os dígitos de 0 a 9 mais as letras de A a F, que representam 10, 11, 12, 13, 14 e 15, respectivamente. Por exemplo, o número hexadecimal 10 é 16 em decimal. Em virtude de esses números serem usados freqüentemente, C permite especificar constantes inteiras em hexadecimal ou octal em lugar de decimal. Uma constante hexadecimal deve consistir em um 0x seguido por uma constante na forma hexadecimal. Uma constante octal começa com 0. Aqui estão alguns exemplos:

```
int hex = 0x80;    /* 128 em decimal */
int oct = 012;     /* 10 em decimal */
```

Constantes String

C suporta outro tipo de constante: a string. Uma *string* é um conjunto de caracteres colocado entre aspas duplas. Por exemplo, "isso é um teste" é uma string. Você viu exemplos de strings em alguns dos comandos **printf()** dos programas de exemplo. Embora C permita que você defina constantes string, ela não possui formalmente um tipo de dado string.

Você não deve confundir strings com caracteres. Uma constante de um único caractere é colocada entre aspas simples, como em "a". Contudo, "a" é uma string contendo apenas uma letra.

Constantes Caractere de Barra Invertida

Colocar entre aspas simples todas as constantes tipo caractere funciona para a maioria dos caracteres imprimíveis. Uns poucos, porém, como o retorno de carro (CR), são impossíveis de inserir pelo teclado. Por essa razão, C criou as constantes especiais de caractere de barra invertida.

C suporta diversos códigos de barra invertida (listados na Tabela 2.2) de forma que você pode facilmente entrar esses caracteres especiais como constantes. Você deve usar os códigos de barra invertida em lugar de seus ASCII equivalentes para aumentar a portabilidade.

Tabela 2.2 Códigos de barra invertida.

Código	Significado
\b	Retrocesso (BS)
\f	Alimentação de formulário (FF)
\n	Nova linha (LF)
\r	Retorno de carro (CR)
\t	Tabulação horizontal (HT)
\"	Aspas duplas
\'	Aspas simples
\0	Nulo
\\	Barra invertida
\v	Tabulação vertical
\a	Alerta (beep)
\N	Constante octal (onde N é uma constante octal)
\xN	Constante hexadecimal (onde N é uma constante hexadecimal)

Por exemplo, o programa seguinte envia à tela um caractere de nova linha e uma tabulação e, em seguida, escreve a string **isso é um teste**.


```
#include <stdio.h>
void main(void)
{
  printf("\n\tIsso é um teste");
}
```

Operadores

C é muito rica em operadores internos. (Na realidade, C dá mais ênfase aos operadores que a maioria das outras linguagens de computador.) C define quatro classes de operadores: aritméticos, relacionais, lógicos e bit a bit. Além disso, C tem alguns operadores especiais para tarefas particulares.

O Operador de Atribuição

Em C, você pode usar o operador de atribuição dentro de qualquer expressão válida de C. Isso não acontece na maioria das linguagens de computador (incluindo Pascal, BASIC e FORTRAN), que tratam os operadores de atribuição como um caso especial de comando. A forma geral do operador de atribuição é

nome_da_variável = expressão;

onde expressão pode ser tão simples como uma única constante ou tão complexa quanto você necessite. Como BASIC e FORTRAN, C usa um único sinal de igual para indicar atribuição (ao contrário de Pascal e Modula-2, que usam a construção :=). O *destino*, ou a parte esquerda, da atribuição deve ser uma variável ou um ponteiro, não uma função ou uma constante.

Freqüentemente, em literaturas de C e nas mensagens de erro dos compiladores, você verá esses dois termos: *lvalue* e *rvalue*. Exposto de forma simples, um *lvalue* é qualquer objeto que pode ocorrer no lado esquerdo de um comando de atribuição. Para todos os propósitos práticos, "lvalue" significa "variável". O termo *rvalue* refere-se às expressões do lado direito de uma atribuição e significa simplesmeste o valor da expressão.

Conversão de Tipos em Atribuições

Conversão de tipos refere-se à situação em que variáveis de um tipo são misturadas com variáveis de outro tipo. Em um comando de atribuição, a *regra de conversão de tipos* é muito simples: o valor do lado direito (o lado da expressão) de uma atribuição é convertido no tipo do lado esquerdo (a variável destino), como ilustrado por este exemplo:

```
int x;
char ch;
float f;

void func(void)
{
   ch = x;      /* linha 1 */
   x = f;       /* linha 2 */
   f = ch;      /* linha 3 */
   f = x;       /* linha 4 */
}
```

Na linha 1, os bits mais significativos da variável inteira **x** são ignorados, deixando **ch** com os 8 bits menos significativos. Se **x** está entre 256 e 0, então **ch** e **x** têm valores idênticos. De outra forma, o valor de **ch** reflete apenas os bits menos significativos de **x**. Na linha 2, **x** recebe a parte inteira de **f**. Na linha 3, **f** converte o valor inteiro de 8 bits armazenado em **ch** no mesmo valor em formato de ponto flutuante. Isso também acontece na linha 4, exceto por **f** converter um valor inteiro de 16 bits no formato de ponto flutuante.

Quando se converte de inteiros para caracteres, inteiros longos para inteiros e inteiros para inteiros curtos, a regra básica é que a quantidade apropriada de bits significativos será ignorada. Isso significa que 8 bits são perdidos quando se vai de inteiro para caractere ou inteiro curto, e 16 bits são perdidos quando se vai de um inteiro longo para um inteiro.

A Tabela 2.3 reúne essas conversões de tipos. Lembre-se de que a conversão de um **int** em um **float** ou **float** em **double** etc. não aumenta a precisão ou exatidão. Esses tipos de conversão apenas mudam a forma em que o valor é representado. Além disso, alguns compiladores C (e processadores) sempre tratam uma variável **char** como positiva, não importando que valor ela tenha quando é convertida para **int** ou **float**. Outros compiladores tratam valores de variáveis **char** maiores que 127 como números negativos. De forma geral, você deve usar variáveis **char** para caracteres e usar **ints**, **short ints** ou **signed chars** quando for necessário evitar um possível problema de portabilidade.

Para utilizar a Tabela 2.3 para fazer uma conversão não mostrada, simplesmente converta um tipo por vez até acabar. Por exemplo, para converter **double** em **int**, primeiro converta **double** em **float** e, então, **float** em **int**.

Linguagens como Pascal proíbem conversão automática de tipos. No entanto, C foi projetada para simplificar a vida do programador, permitindo que o trabalho seja feito em C em vez de assembler. Para substituir o assembler, C tem de permitir essas conversões de tipos.

Tabela 2.3 Conversões de tipos comuns (assumindo uma palavra de 16 bits).

Tipo do destino	Tipo da expressão	Possível informação perdida
signed char	char	Se valor > 127, o destino é negativo
char	short int	Os 8 bits mais significativos
char	int	Os 8 bits mais significativos
char	long int	Os 24 bits mais significativos
int	long int	Os 16 bits mais significativos
int	float	A parte fracionária e possivelmente mais
float	double	Precisão, o resultado é arredondado
double	long double	Precisão, o resultado é arredondado

Atribuições Múltiplas

C permite que você atribua o mesmo valor a muitas variáveis usando atribuições múltiplas em um único comando. Por exemplo, esse fragmento de programa atribui a **x**, **y** e **z** o valor 0:

```
x = y = z = 0;
```

Em programas profissionais, valores comuns são atribuídos a variáveis usando esse método.

Operadores Aritméticos

A Tabela 2.4 lista os operadores aritméticos de C. Os operadores -, +, * e / trabalham em C da mesma forma em que na maioria das outras linguagens. Eles podem ser aplicados em quase qualquer tipo de dado interno permitido em C. Quando / é aplicado a um inteiro ou caractere, qualquer resto é truncado. Por exemplo, 5/2 será igual a 2 em uma divisão inteira.

Tabela 2.4 Operadores aritméticos.

Operador	Ação
-	Subtração, também menos unário
+	Adição
*	Multiplicação
/	Divisão
%	Módulo da divisão (resto)
--	Decremento
++	Incremento

O operador módulo % também trabalha em C da mesma forma que em outras linguagens, devolvendo o resto de uma divisão inteira. Contudo, % não pode ser usado nos tipos em ponto flutuante. O seguinte fragmento de código ilustra %.

```
int x, y;

x = 5;
y = 2;

printf("%d", x/y);  /* mostrará 2 */
printf("%d",x%y);     /* mostrará 1, o resto da divisão inteira */

x = 1;
y = 2;

printf("%d %d", x/y, x%y);  /* mostrará 0 1 */
```

A última linha imprime 0 e 1 porque 1/2 em uma divisão inteira é 0 com resto 1.

O menos unário multiplica seu único operando por -1. Isto é, qualquer número precedido por um sinal de subtração troca de sinal.

Incremento e Decremento

C inclui dois operadores úteis geralmente não encontrados em outras linguagens. São os operadores de incremento e decremento, ++ e --. O operador ++ soma 1 ao seu operando, e -- subtrai 1. Em outras palavras:

```
x = x+1;
```

é o mesmo que

```
++x;
```

e

```
x = x-1;
```

é o mesmo que

```
x--;
```


Ambos os operadores de incremento e decremento podem ser utilizados como prefixo ou sufixo do operando. Por exemplo:

```
x = x+1;
```

pode ser escrito

```
++x;
```

ou

```
x++;
```

Há, porém, uma diferença quando esses operadores são usados em uma expressão. Quando um operador de incremento ou decremento precede seu operando, C executa a operação de incremento ou decremento antes de usar o valor do operando. Se o operador estiver após seu operando, C usará o valor do operando antes de incrementá-lo ou decrementá-lo. O exemplo a seguir:

```
x = 10;
y = ++x;
```

coloca 11 em y. Porém, se o código fosse escrito como

```
x = 10;
y = x++;
```

y receberia 10. Em ambos os casos, x recebe 11; a diferença está em quando isso acontece.

A maioria dos compiladores C produz código-objeto para as operações de incremento e decremento muito rápidas e eficientes — código esse que é melhor que aquele gerado pelo uso da sentença de atribuição equivalente. Por essa razão, você deve usar os operadores de incremento e decremento sempre que puder.

A precedência dos operadores aritméticos é a seguinte:

Mais alta	++ – –
	– (menos unário)
	* / %
Mais baixa	+ –

Operadores do mesmo nível de precedência são avaliados pelo compilador da esquerda para a direita. Obviamente, parênteses podem ser usados para alterar a ordem de avaliação. C trata parênteses da mesma forma que todas as outras

linguagens de programação. Parênteses forçam uma operação, ou um conjunto de operações, a ter um nível de precedência maior.

Operadores Relacionais e Lógicos

No termo *operador relacional*, relacional refere-se às relações que os valores podem ter uns com os outros. No termo *operador lógico*, lógico refere-se às maneiras como essas relações podem ser conectadas. Uma vez que os operadores lógicos e relacionais freqüentemente trabalham juntos, eles serão discutidos aqui em conjunto.

A idéia de verdadeiro e falso é a base dos conceitos dos operadores lógicos e relacionais. Em C, verdadeiro é qualquer valor diferente de zero. Falso é zero. As expressões que usam operadores relacionais ou lógicos devolvem zero para falso e 1 para verdadeiro.

A Tabela 2.5 mostra os operadores lógicos e relacionais. A tabela verdade dos operadores lógicos é mostrada a seguir, usando 1s e 0s.

p	q	p&&q	p||q	!p
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	1	1	1	0
1	0	0	1	0

Ambos os operadores são menores em precedência do que os operadores aritméticos. Isto é, uma expressão como 10 > 1 + 12 é avaliada como se fosse escrita 10 > (1+12). O resultado é, obviamente, **falso**.

Tabela 2.5 Operadores lógicos e relacionais

Operadores relacionais

Operador	Ação
>	Maior que
>=	Maior que ou igual
<	Menor que
<=	Menor que ou igual
==	Igual
!=	Diferente

Operadores lógicos

Operador	Ação
&&	AND
||	OR
!	NOT

É permitido combinar diversas operações em uma expressão como mostrado aqui:

```
10>5 && !(10 < 9) || 3 <= 4
```

Neste caso, o resultado é **verdadeiro**.

Embora C não tenha um operador lógico OR exclusivo (XOR), você pode facilmente criar uma função que execute essa tarefa usando os outros operadores lógicos. O resultado de uma operação XOR é verdadeiro se, e somente se, um operando (mas não os dois) for verdadeiro. O programa seguinte contém a função **xor()**, que devolve o resultado de uma operação OR exclusivo realizada nos dois argumentos:

```
#include <stdio.h>

int xor(int a, int b);

void main(void)
{
  printf("%d", xor(1, 0));
  printf("%d", xor(1, 1));
  printf("%d", xor(0, 1));
  printf("%d", xor(0, 0));
}

/* Executa uma operação lógica XOR usando os dois argumentos. */
xor(int a, int b)
{
  return(a || b) && !(a && b);
}
```

A tabela seguinte mostra a precedência relativa dos operadores relacionais e lógicos.

maior	!
	> >= < <=
	== !=
	&&
menor	||

Como no caso das expressões aritméticas, é possível usar parênteses para alterar a ordem natural de avaliação de uma expressão relacional e/ou lógica. Por exemplo,

```
!0 && 0 || 0
```

é falso. Porém, quando parênteses são adicionados à mesma expressão, como mostrado aqui, o resultado é verdadeiro:

```
!(0 && 0) || 0
```

Lembre-se de que toda expressão relacional e lógica produz como resultado 0 ou 1. Então, o seguinte fragmento de programa não apenas está correto, como imprimirá o número 1 na tela:

```
int x;

x = 100;
printf("%d", x>10);
```

Operadores Bit a Bit

Ao contrário de muitas outras linguagens, C suporta um completo conjunto de operadores bit a bit. Uma vez que C foi projetada para substituir a linguagem assembly na maioria das tarefas de programação, era importante que ela tivesse a habilidade de suportar muitas das operações que podem ser feitas em linguagem assembly. *Operação bit a bit* refere-se a testar, atribuir ou deslocar os bits efetivos em um byte ou uma palavra, que correspondem aos tipos de dados **char** e **int** e variantes do padrão C. Operações bit não podem ser usadas em **float**, **double**, **long double**, **void** ou outros tipos mais complexos. A Tabela 2.6 lista os operadores que se aplicam às operações bit a bit. Essas operações são aplicadas aos bits individuais dos operandos.

Tabela 2.6 Operadores bit a bit.

Operador	Ação
&	AND
|	OR
^	OR exclusivo (XOR)
~	Complemento de um
>>	Deslocamento à esquerda
<<	Deslocamento à direita

As operações bit a bit AND, OR e NOT (complemento de um) são governadas pela mesma tabela verdade de seus equivalentes lógicos, exceto por trabalharem bit a bit. O OR exclusivo (^) tem a tabela verdade mostrada aqui:

p	q	p ^ q
0	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

Como a tabela indica, o resultado de um XOR é verdadeiro apenas se exatamente um dos operandos for verdadeiro; caso contrário, será falso.

Operações bit a bit encontram aplicações mais freqüentemente em "drivers" de dispositivos — como em programas de modems, rotinas de arquivos em disco e rotinas de impressoras — porque as operações bit a bit mascaram certos bits, como o bit de paridade. (O bit de paridade confirma se o restante dos bits em um byte não se modificaram. É geralmente o bit mais significativo em cada byte.)

Imagine o operador AND como uma maneira de desligar bits. Isto é, qualquer bit que é zero, em qualquer operando, faz com que o bit correspondente no resultado seja desligado. Por exemplo, a seguinte função lê um caractere da porta do modem usando a função **read_modem()** e, então, zera o bit de paridade.

```
char get_char_from_modem(void)
{
  char ch;

  ch = read_modem();  /* lê um caractere do modem */
  return (ch & 127);
}
```

A paridade é indicada pelo oitavo bit, que é colocado em 0, fazendo-se um AND com um byte em que os bits de 1 a 7 são 1 e o bit 8 é 0. A expressão **ch & 127** significa fazer um AND bit a bit de **ch** com os bits que compõem o número 127. O resultado é que o oitavo bit de **ch** está zerado. No seguinte exemplo, assuma que **ch** tenha recebido o caractere "A" e que o bit de paridade tenha sido ativado.

```
          Bit de paridade
              |
          1 1 0 0 0 0 0 1    ch contém "A" com a paridade ligada
          0 1 1 1 1 1 1 1    127 em binário
      &   ---------------    faz AND bit a bit
          0 1 0 0 0 0 0 1    "A" sem paridade
```

O operador OR, ao contrário de AND, pode ser usado para ligar um bit. Qualquer bit que é 1, em qualquer operando, faz com que o bit correspondente no resultado seja ligado. Por exemplo, o seguinte mostra a operação 128 ¦ 3:

```
  1 0 0 0 0 0 0 0   128 em binário
  0 0 0 0 0 0 1 1   3 em binário
¦ ---------------   OR bit a bit
  1 0 0 0 0 0 1 1   resultado
```

Um OR exclusivo, normalmente abreviado por XOR, ativa um bit se, e somente se, os bits comparados forem diferentes. Por exemplo, 127^120 é:

```
  0 1 1 1 1 1 1 1   127 em binário
  0 1 1 1 1 0 0 0   120 em binário
^ ---------------   XOR bit a bit
  0 0 0 0 0 1 1 1   resultado
```

Lembre-se de que os operadores lógicos e relacionais sempre produzem um resultado que é 1 ou 0, enquanto as operações similares bit a bit produzem quaisquer valores arbitrários de acordo com a operação específica. Em outras palavras, operações bit a bit podem possuir valores diferentes de 0 e 1, mas os operadores lógicos sempre conduzem a 0 ou 1.

Os operadores de deslocamento, >> e <<, movem todos os bits de uma variável para a direita ou para a esquerda, como especificado. A forma geral do comando de deslocamento à direita é

variável >> *número de posições de bits*

A forma geral do comando de deslocamento à esquerda é

variável << *número de posições de bits*

Conforme os bits são deslocados para uma extremidade, zeros são colocados na outra. Lembre-se de que um deslocamento *não* é uma rotação. Ou seja, os bits que saem por uma extremidade não voltam para a outra. Os bits deslocados são perdidos e zeros são colocados.

Operações de deslocamento de bits podem ser úteis quando se decodifica a entrada de um dispositivo externo, como um conversor D/A, e quando se lêem informações de estado. Os operadores de deslocamento em nível de bits também podem multiplicar e dividir inteiros rapidamente. Um deslocamento à direita efetivamente multiplica um número por 2 e um deslocamento à esquerda divide-o por 2, como mostrado na Tabela 2.7. O programa seguinte ilustra os operadores de deslocamento.

Tabela 2.7 Multiplicação e divisão com operadores de deslocamento.

unsigned char x;	x a cada execução da sentença	Valor de x
x=7;	0 0 0 0 0 1 1 1	7
x=x<<1;	0 0 0 0 1 1 1 0	14
x=x<<3;	0 1 1 1 0 0 0 0	112
x=x<<2;	1 1 0 0 0 0 0 0	192
x=x>>1;	0 1 1 0 0 0 0 0	96
x=x>>2;	0 0 0 1 1 0 0 0	24

Cada deslocamento à esquerda multiplica por 2. Note que se perdeu informação após o x<<2 porque um bit foi deslocado para fora.

Cada deslocamento à direita divide por 2. Note que divisões subseqüentes não trazem de volta bits anteriormente perdidos.

```
/* Um exemplo de deslocamento de bits. */
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  unsigned int i;
  int j;

  i = 1;

  /* deslocamentos à esquerda */
  for(j=0; j<4; j++) {
    i = i << 1;  /*  desloca i de 1 à esquerda,
                     que é o mesmo que multiplicar por 2 */
    printf("deslocamento à esquerda %d: %d\n", j, i);
  }

  /* deslocamentos à direita */
  for(j=0; j<4; j++) {
    i = i >> 1;  /* desloca i de 1 à direita,
                    que é o mesmo que dividir por 2 */
    printf("deslocamento à direita %d:%d\n", j, i);
  }
}
```

O operador de complemento a um, ~, inverte o estado de cada bit da variável especificada. Ou seja, todos os 1s são colocados em 0 e todos os 0s são colocados em 1.

Os operadores bit a bit são usados freqüentemente em rotinas de criptografia. Se você deseja fazer um arquivo em disco parecer ilegível, realize algumas manipulações bit a bit nele. Um dos métodos mais simples é complementar cada byte usando o complemento de um para inverter cada bit no byte, como mostrado aqui:

Byte original	0 0 1 0 1 1 0 0	
Após o 1º complemento	1 1 0 1 0 0 1 1	Iguais
Após o 2º complemento	0 0 1 0 1 1 0 0	

Note que uma seqüência de dois complementos produz o número original. Logo, o primeiro complemento representa a versão codificada de cada byte. O segundo complemento decodifica-o ao seu valor original.

Você poderia usar a função **encode()**, mostrada aqui, para codificar um caractere.

```
/* Uma função simples de criptografia. */
char encode(char ch)
{
  return(~ch); /* complementa */
}
```

O Operador ?

C contém um operador muito poderoso e conveniente que substitui certas sentenças da forma if-then-else. O operador ternário **?** tem a forma geral

Exp1 ? Exp2 : Exp3;

onde *Exp1*, *Exp2* e *Exp3* são expressões. Note o uso e o posicionamento dos dois-pontos.

O operador **?** funciona desta forma: *Exp1* é avaliada. Se ela for verdadeira, então *Exp2* é avaliada e se torna o valor da expressão. Se *Exp1* é falsa, então *Exp3* é avaliada e se torna o valor da expressão. Por exemplo, em

```
x = 10;

y = x>9 ? 100 : 200;
```

a **y** é atribuído o valor 100. Se **x** fosse menor que 9, **y** teria recebido o valor 200. O mesmo código, usando o comando **if-else**, é


```
x = 10;

if (x>9) y = 100;
else y = 200;
```

O operador **?** será discutido mais completamente no Capítulo 3 com relação às outras sentenças condicionais de C.

Os Operadores de Ponteiros & e *

Um *ponteiro* é um endereço na memória de uma variável. Uma *variável de ponteiro* é uma variável especialmente declarada para guardar um ponteiro para seu tipo especificado. Saber o endereço de uma variável pode ser de grande ajuda em certos tipos de rotinas. Contudo, ponteiros têm três funções principais em C. Eles podem fornecer uma maneira rápida de referenciar elementos de uma matriz. Os ponteiros também permitem que as funções em C modifiquem seus parâmetros de chamada. Por último, eles suportam listas encadeadas e outras estruturas dinâmicas de dados. O Capítulo 5 é dirigido exclusivamente a ponteiros. Porém, esse capítulo aborda de forma breve os dois operadores que são usados para manipular ponteiros.

O primeiro operador de ponteiro é **&**. Ele é um operador unário que devolve o endereço na memória de seu operando. (Lembre-se de que um operador unário requer apenas um operando.) Por exemplo,

```
m = &count;
```

põe o endereço na memória da variável **count** em **m**. Esse endereço é a posição interna da variável no computador. Ele não tem nenhuma relação com o valor de **count**. Você pode imaginar **&** como significando "o endereço de". Desta forma, a sentença de atribuição anterior significa "**m** recebe o endereço de **count**".

Para entender melhor essa atribuição, assuma que a variável **count** usa a posição de memória 2000 para armazenar seu valor. Também assuma que **count** tem o valor 100. Então, após a atribuição anterior, **m** tem o valor 2000.

O segundo operador é *, que é o complemento de **&**. O * é um operador unário que devolve o valor da variável localizada no endereço que o segue. Por exemplo, se **m** contém o endereço da variável **count**,

```
q = *m;
```

coloca o valor de **count** em **q**. Agora **q** tem o valor 100 porque 100 está armazenado na posição 2000, o endereço na memória que está armazenado em **m**. Pense no * como significando "no endereço de". Neste caso, a sentença poderia ser lida como "**q** recebe o valor do endereço de **m**".

Infelizmente, o símbolo de multiplicação e o símbolo de "no endereço de" são iguais, e o símbolo para o AND bit a bit e o símbolo de "o endereço de" também são iguais. Esses operadores não têm nenhuma relação um com o outro. Ambos, & e *, têm uma precedência maior que todos os operadores aritméticos, exceto o menos unário, que tem a mesma precedência.

Variáveis que guardam ponteiros devem ser declaradas como tal. Variáveis que armazenam endereços da memória, ou ponteiros, como são chamados em C, devem ser declarados colocando-se * em frente ao nome da variável para indicar ao compilador que ela guardará um ponteiro para aquele tipo de variável. Por exemplo, para declarar uma variável ponteiro **ch** para **char**, escreva

```
char *ch;
```

Aqui, **ch** não é um caractere, mas um ponteiro para caractere — há uma grande diferença. O tipo de dado que o ponteiro aponta, neste caso **char**, é chamado o *tipo base* do ponteiro. De qualquer forma, a variável ponteiro é uma variável que mantém o endereço de um objeto do tipo base. Logo, um ponteiro para caractere (ou qualquer ponteiro) é de tamanho suficiente para guardar um endereço como definido pela arquitetura do computador em que está rodando. Lembre-se de que um ponteiro deve ser usado apenas para apontar para dados que são do tipo base do ponteiro.

Você pode misturar diretivas de ponteiro e de não-ponteiros na mesma declaração. Por exemplo:

```
int x, *y, count;
```

declara **x** e **count** como sendo do tipo inteiro e **y** como um ponteiro para o tipo inteiro.

Os seguintes operadores * e & põem o valor 10 na variável chamada **target**. Como esperado, esse programa mostra o valor 10 na tela.


```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int target, source;
  int *m;

  source = 10;
  m = &source;
  target = *m;

  printf("%d", target);
}
```

O Operador em Tempo de Compilação sizeof

O operador **sizeof** é um operador em tempo de compilação unário que retorna o tamanho, em bytes, da variável ou especificador de tipo, em parênteses, que ele precede. Por exemplo, assumindo que inteiros são de 2 bytes e que **floats** são de 8 bytes,

```
float f;

printf("%f", sizeof f);
printf("%d", sizeof (int));
```

irá mostrar na tela **8 2**.

Lembre-se de que para calcular o tamanho de um tipo, o nome do tipo deve ser colocado entre parênteses. Isso não é necessário para nomes de variáveis, embora não haja qualquer mal em fazê-lo.

O padrão ANSI (usando **typedef**) define um tipo especial chamado **size_t**, que corresponde de forma imprecisa a um inteiro sem sinal. Tecnicamente, o valor devolvido por **sizeof** é do tipo **size_t**. Para todos os fins práticos, porém, você pode imaginá-lo (e usá-lo) como se fosse um valor sem sinal.

sizeof ajuda basicamente a gerar códigos portáveis que dependam do tamanho dos tipos de dados internos de C. Por exemplo, imagine um programa de banco de dados que precise armazenar seis valores inteiros por registro. Se você quer transportar o programa de banco de dados para vários computadores, não deve assumir o tamanho de um inteiro, mas deve determinar o tamanho real do inteiro usando **sizeof**. Sendo esse o caso, você poderia usar a seguinte rotina para escrever um registro em um arquivo em disco:

```
/* Escreve 6 inteiros em um arquivo em disco. */
void put_rec(int rec[6], FILE *fp)
{
  int len;

  len = fwrite(rec, sizeof rec, 1, fp);
  if(len != 1) printf("erro de escrita");
}
```

Codificada como mostrado, **put_rec()** compila e roda corretamente em qualquer computador, não importando quantos bytes tenha um inteiro.

O Operador Vírgula

O operador vírgula é usado para encadear diversas expressões. O lado esquerdo de um operador vírgula é sempre avaliado como **void**. Isso significa que a expressão do lado direito torna-se o valor de toda a expressão separada por vírgulas. Por exemplo,

```
x = (y=3, y+1);
```

primeiro atribui o valor 3 a **y** e, em seguida, atribui o valor 4 a **x**. Os parênteses são necessários porque o operador vírgula tem uma precedência menor que o operador de atribuição.

Essencialmente, a vírgula provoca uma seqüência de operações. Quando ela é usada do lado direito de uma sentença de atribuição, o valor atribuído é o valor da última expressão da lista separada por vírgulas.

O operador vírgula tem, de certa forma, o mesmo significado da palavra e em português normal, como na frase "faça isso e isso e isso".

Os Operadores Ponto (.) e Seta (->)

Os operadores . (ponto) e -> (seta) referenciam elementos individuais de estruturas e uniões. *Estruturas* e *uniões* são tipos de dados compostos que podem ser referenciados segundo um único nome (veja o Capítulo 7).

O operador ponto é usado quando se está referenciando a estrutura ou união real. O operador seta é usado quando um ponteiro para uma estrutura é usado. Por exemplo, dada a estrutura global

```
struct employee
{
  char name[80];
  int age;
  float wage;
} emp;

struct employee *p = &emp; /* endereço de emp em p */
```


você escreveria o seguinte código para atribuir o valor 123.23 ao elemento **wage** da estrutura **emp**:

```
emp.wage = 123.23;
```

No entanto, a mesma atribuição, usando um ponteiro para **emp**, seria

```
p->wage = 123.23;
```

Parênteses e Colchetes Como Operadores

Em C, parênteses são operadores que aumentam a precedência das operações dentro deles.

Colchetes realizam indexação de matrizes (eles serão discutidos no Capítulo 4). Dada uma matriz, a expressão dentro de colchetes provê um índice dentro dessa matriz. Por exemplo:

```
#include <stdio.h>
char s[80];

void main(void)
{
  s[3] = 'X';
  printf("%c", s[3]);
}
```

Esse código primeiro atribui o valor **'X'** ao quarto elemento (lembre-se de que todas as matrizes em C começam em 0) da matriz **s** e imprime esse elemento.

Resumo das Precedências

A Tabela 2.8 lista a precedência de todos os operadores de C. Note que todos os operadores, exceto os operadores unários e ?, associam da esquerda para a direita. Os operadores unários (*, & e -) e ? associam da direita para a esquerda.

Tabela 2.8 A precedência dos operadores em C.

Maior	() [] ->
	! ~ ++ -- - (tipo) * & sizeof
	* / %
	+ -
	<< >>
	< <= > >=
	== !=
	&
	^
	!
	&&
	! !
	?:
	= += -= *= /= etc.
Menor	,

Expressões

Operadores, constantes e variáveis são os elementos que constituem as expressões. Uma *expressão* em C é qualquer combinação válida desses elementos. Uma vez que a maioria das expressões tende a seguir as regras gerais da álgebra, elas são freqüentemente tomadas como certas. Contudo, existem uns poucos aspectos de expressões que se referem especificamente a C.

Ordem de Avaliação

O padrão C ANSI não estipula que as subexpressões de uma expressão devam ser avaliadas em uma ordem especificada. Isso deixa o compilador livre para rearranjar uma expressão para produzir o melhor código. No entanto, isso também significa que seu código nunca deve contar com a ordem em que as subexpressões são avaliadas. Por exemplo, a expressão

```
x = f1() + f2();
```

não garante que **f1()** será chamada antes de **f2()**.

Conversão de Tipos em Expressões

Quando constantes e variáveis de tipos diferentes são misturadas em uma expressão, elas são convertidas a um mesmo tipo. O compilador C converte todos os operandos no tipo do maior operando, o que é denominado *promoção de tipo*. Isso é feito operação por operação, como descrito nas regras de conversão de tipos abaixo.

SE um operando é **long double**
ENTÃO o segundo é convertido para **long double**
SENÃO, SE um operando é **double**
ENTÃO o segundo é convertido para **double**
SENÃO, SE um operando é **float**
ENTÃO o segundo é convertido para **float**
SENÃO, SE um operando é **unsigned long**
ENTÃO o segundo é convertido para **unsigned long**
SENÃO, SE um operando é **long**
ENTÃO o segundo é convertido para **long**
SENÃO, SE um operando é **unsigned int**
ENTÃO o segundo é convertido para **unsigned int**

Há ainda um caso adicional especial: se um operando é **long** e o outro é **unsigned int**, e se o valor do **unsigned int** não pode ser representado por um **long**, os dois operandos são convertidos para **unsigned long**.

Uma vez que essas regras de conversão tenham sido aplicadas, cada par de operandos é do mesmo tipo e o resultado de cada operação é do mesmo tipo de ambos os operandos.

Por exemplo, considere as conversões de tipo que ocorrem na Figura 2.3. Primeiro, o caratere **ch** é convertido para um inteiro e **float f** é convertido para **double**. Em seguida, o resultado de **ch/i** é convertido para **double** porque **f*d** é **double**. O resultado final é **double** porque, nesse momento, os dois operandos são **double**.

Casts

Você pode forçar uma expressão a ser de um determinado tipo usando um *cast*. A forma genérica de um cast é

(tipo) expressão

onde *tipo* é qualquer tipo de dados válido em C. Por exemplo, para garantir que a expressão **x/2** resulte em um valor do tipo **float**, escreva

```
(float) x/2;
```

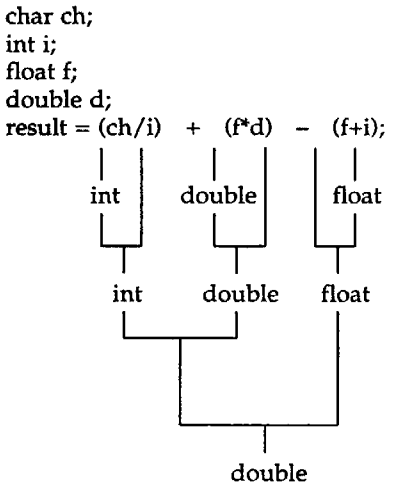


Figura 2.3 Um exemplo de conversão de tipo.

Casts são operadores tecnicamente. Como operador, um cast é unário e possui a mesma precedência que qualquer outro operador unário.

Embora os casts não sejam muito usados em programação, eles podem ser muito úteis quando necessários. Por exemplo, suponha que você deseje usar um inteiro para controlar uma repetição, no entanto as operações sobre o valor exigem uma parte fracionária, como no programa seguinte:

```
#include <stdio.h>

void main(void) /* imprime i e i/2 com frações */
{
  int i;

  for (i=1; i<=100; ++i)
    printf("%d / 2 é: %f\n", i, (float) i /2);
}
```

Sem o cast **(float)**, teria sido efetuada somente uma divisão inteira. O cast garante que a parte fracionária do resultado seja exibida.

Espaçamento e Parênteses

Você pode acrescentar tabulações e espaços a expressões em C para torná-las mais legíveis. Por exemplo, as duas próximas expressões são a mesma:

```
x=10/y ~ (127/x);

x = 10 / y ~ (127/x);
```

Parênteses redundantes ou adicionais não causam erros nem diminuem a velocidade de execução da expressão. Você deve usar parênteses para esclarecer a ordem de avaliação, tanto para você mesmo como para os demais. Por exemplo, quais das duas expressões a seguir é mais fácil de ler?

```
x=y/2-34*temp&127;

x = (y/3) - ((34*temp) &127);
```

C Reduzido

Existe uma variante do comando de atribuição, às vezes chamada de *C reduzido*, que simplifica a codificação de um certo tipo de operações de atribuição. Por exemplo,

```
x = x+10;
```

pode ser escrito

```
x += 10;
```

O par operador **+=** diz ao compilador para atribuir a **x** o valor de **x** mais 10.

Essas abreviações existem para todos os operadores binários em C (aqueles que requerem dois operandos). A forma geral de uma abreviação C como:

var = var operador expressão

é o mesmo que

var operador = expressão

Considere um outro exemplo:

```
x = x-100;
```

é o mesmo que

```
x -= 100;
```

Você verá a notação abreviada sendo utilizada largamente em programas escritos profissionalmente em C; você deve familiarizar-se com ela.

MAKRON Books

3

Comandos de Controle do Programa

Este capítulo discute os ricos e variados comandos de controle do programa em C. O padrão ANSI divide os comandos de C nestes grupos:

- Seleção
- Iteração
- Desvio
- Rótulo
- Expressão
- Bloco

Estão incluídos nos comando de seleção **if** e **switch**. (O termo "comando condicional" é freqüentemente usado em lugar de "comando de seleção". No entanto, o padrão ANSI usa "seleção", como também este livro.) Os comandos de iteração são **while, for** e **do-while**. São também normalmente chamados de comandos de laço. Os comandos de salto ou desvio são **break, continue, goto** e **return**. Os comandos de rótulo são **case** e **default** (discutidos juntamente com o comando **switch**) e o comando **label** (discutido com **goto**). Sentenças de expressão são aquelas compostas por uma expressão C válida. Sentenças de bloco são simplesmente blocos de código. (Lembre-se de que um bloco começa com um { e termina com um }.)

Como muitos comandos em C contam com a saída de alguns testes condicionais, começaremos revendo os conceitos de verdadeiro e falso em C.

Verdadeiro e Falso em C

Muitos comandos em C contam com um teste condicional que determina o curso da ação. Uma expressão condicional chega a um valor verdadeiro ou falso. Em C, ao contrário de muitas outras linguagens, um valor verdadeiro é qualquer valor diferente de zero, incluindo números negativos. Um valor falso é 0. Esse método para verdadeiro e falso permite que uma ampla gama de rotinas sejam codificadas de forma extremamente eficiente, como você verá em breve.

Comandos de Seleção

C suporta dois tipos de comandos de seleção: **if** e **switch**. Além disso, o operador **?** é uma alternativa ao **if** em certas circunstâncias.

if

A forma geral da sentença **if** é

if (*expressão*) *comando*;
else *comando*;

onde *comando* pode ser um único comando, um bloco de comandos ou nada (no caso de comandos vazios). A cláusula **else** é opcional.

Se a *expressão* é verdadeira (algo diferente de 0), o comando ou bloco que forma o corpo do **if** é executado; caso contrário, o comando ou bloco que é o corpo do **else** (se existir) é executado. Lembre-se de que apenas o código associado ao **if** ou o código associado ao **else** será executado, nunca ambos.

O comando condicional controlando o **if** deve produzir um resultado escalar. Um *escalar* é um inteiro, um caractere ou tipo de ponto flutuante. No entanto, é raro usar um número em ponto flutuante para controlar um comando condicional, porque isso diminui consideravelmente a velocidade de execução. (A CPU executa diversas instruções para efetuar uma operação em ponto flutuante. Ela usa relativamente poucas instruções para efetuar uma operação com caractere ou inteiro.)

Por exemplo, considere o programa a seguir, que é uma versão muito simples do jogo de adivinhar o "número mágico". Ele imprime a mensagem "**** Certo ****" quando o jogador acerta o número mágico. Ele produz o número mágico usando o gerador de números randômicos de C, que devolve um número arbitrário entre 0 e **RAND-MAX** (que define um valor inteiro que é 32.767 ou maior) exige o arquivo de cabeçalho **stdlib.h**.


```
/* Programa de números mágicos #1. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  int magic;  /* número mágico */
  int guess;  /* palpite do usuário */

  magic = rand();  /* gera o número mágico */

  printf("adivinhe o número mágico: ");
  scanf("%d", &guess);

  if(guess == magic) printf("** Certo **");
}
```

Levando o programa do número mágico adiante, a próxima versão ilustra o uso da sentença **else** para imprimir outra mensagem em resposta a um número errado.

```
/* Programa de números mágicos #2. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  int magic;  /* número mágico */
  int guess;  /* palpite do usuário */

  magic = rand();  /* gera o número mágico */

  printf("adivinhe o número mágico: ");
  scanf("%d", &guess);

  if(guess == magic) printf("** Certo **");
  else printf("Errado");
}
```

ifs Aninhados

Um **if** aninhado é um comando **if** que é o objeto de outro **if** ou **else**. ifs aninhados são muito comuns em programação. Em C, um comando **else** sempre se refere

ao comando **if** mais próximo, que está dentro do mesmo bloco do **else** e não está associado a outro **if**. Por exemplo

```
if(i)
{
  if(j) comando 1;
  if(k) comando 2; /* este if */
  else  comando 3; /* está associado a este else */
}
else comando 4;  /* associado a if(i) */
```

Como observado, o último **else** não está associado a **if(j)** porque não pertence ao mesmo bloco. Em vez disso, o último **else** está associado ao **if(i)**. O **else** interno está associado ao **if(k)**, que é o **if** mais próximo.

O padrão C ANSI especifica que pelo menos 15 níveis de aninhamento devem ser suportados. Na prática, a maioria dos compiladores permite substancialmente mais.

Você pode usar um **if** aninhado para melhorar o programa do número mágico dando ao jogador uma realimentação sobre um palpite errado.

```
/* Programa de números mágicos #3. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  int magic;  /* número mágico */
  int guess;  /* palpite do usuário */

  magic = rand();  /* gera o número mágico */

  printf("Adivinhe o número mágico: ");
  scanf("%d", &guess);

  if(guess == magic) {
    printf("*** Certo ***");
    printf(" %d é o número mágico\n", magic);
  }
  else {
    printf("Errado, ");
    if(guess > magic)  printf("muito alto\n");
    else printf("muito baixo\n");
  }
}
```


A Escada if-else-if

Uma construção comum em programação é a forma *if-else-if*, algumas vezes chamada de *escada if-else-if* devido a sua aparência. A sua forma geral é

```
if(expressão)comando;
else
  if(expressão)comando;
  else
    if(expressão)comando;
.
.
.
      else comando;
```

As condições são avaliadas de cima para baixo. Assim que uma condição verdadeira é encontrada, o comando associado a ela é executado e desvia do resto da escada. Se nenhuma das condições for verdadeira, então o último **else** é executado. Isto é, se todos os outros testes condicionais falham, o último comando **else** é efetuado. Se o último **else** não está presente, nenhuma ação ocorre se todas as condições são falsas.

Embora seja tecnicamente correta, o recuo da escada if-else-if anterior pode ser excessivamente profundo. Por essa razão, a escada if-else-if é geralmente recuada desta forma:

```
if(expressão)
  comando;
else if(expressão)
  comando;
else if(expressão)
  comando;
.
.
.
else
  comando;
```

Usando uma escada if-else-if, o programa do número mágico torna-se:

```
/* Programa de números mágicos #4. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
```

```
{
  int magic;  /* número mágico */
  int guess;  /* palpite do usuário */

  magic = rand();  /* gera o número mágico */

  printf("Adivinhe o número mágico: ");
  scanf("%d", &guess);

  if(guess == magic) {
    printf("*** Certo ***");
    printf("%d é o número mágico", magic);
  }
  else if(guess > magic)
   printf("Errado, muito alto");
  else printf("Errado, muito baixo");
}
```

O ? Alternativo

Você pode usar o operador **?** para substituir comandos **if-else** na forma geral:

if(condição) expressão;
else *expressão;*

Contudo, os corpos de **if** e **else** devem ser uma expressão simples — nunca um outro comando de C.

O **?** é chamado de um *operador ternário* porque ele requer três operandos. Ele tem a seguinte forma geral

Exp1 ? *Exp2* : *Exp3*

onde *Exp1*, *Exp2* e *Exp3* são expressões. Note o uso e o posicionamento dos dois-pontos.

O valor de uma expressão **?** é determinada como segue: *Exp1* é avaliada. Se for verdadeira, *Exp2* será avaliada e se tornará o valor da expressão **?** inteira. Se *Exp1* é falsa, então *Exp3* é avaliada e se torna o valor da expressão. Por exemplo, considere

```
x = 10;
y = x>9 ? 100 : 200;
```


Nesse exemplo, o valor 100 é atribuido a **y**. Se **x** fosse menor que 9, **y** teria recebido o valor 200. O mesmo código escrito com o comando **if-else** seria

```
x = 10;
if (x>9) y = 100;
else y = 200;
```

O seguinte programa usa o operador **?** para elevar ao quadrado um valor inteiro digitado pelo usuário. Contudo, este programa preserva o sinal (10 ao quadrado é 100 e -10 ao quadrado é -100).

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int isqrd, i;

  printf("Digite um número: ");
  scanf("%d", &i);

  isqrd = i>0 ? i*i : -(i*i);

  printf("%d ao quadrado é %d", i, isqrd);
}
```

O uso do operador **?** para substituir comandos **if-else** não é restrito a atribuições apenas. Lembre-se de que todas as funções (exceto aquelas declaradas como **void**) podem retornar um valor. Logo, você pode usar uma ou mais chamadas a funções em uma expressão em C. Quando o nome da função é encontrado, a função é executada e, então, seu valor de retorno pode ser determinado. Portanto, você pode executar uma ou mais chamadas a funções usando o operador **?**, colocando as chamadas nas expressões que formam os operandos, como em

```
#include <stdio.h>

int f1(int n);
int f2(void);

void main(void)
{
  int t;

  printf("Digite um número: ");
```

```
  scanf("%d", &t);

  /* imprime a mensagem apropriada */
  t ? f1(t) +  f2() : printf("foi digitado zero");
}

f1(int n)
{
  printf("%d ", n);
  return 0;
}

f2(void)
{
  printf("foi digitado");
  return 0;
}
```

Inserir um 0 nesse exemplo faz com que a função **printf()** seja chamada, mostrando a mensagem **foi digitado zero**. Se você inseriu qualquer outro número, **f1()** e **f2()** serão executadas. Note que o valor da expressão **?** é descartado nesse exemplo. Você não precisa atribuí-lo a nada.

Um aviso: alguns compiladores C rearranjam a ordem de avaliação de uma expressão numa tentativa de otimizar o código-objeto. Isso pode fazer com que as funções que formam os operandos do operador **?** sejam executadas em uma seqüência diferente da pretendida.

Usando o operador **?**, você pode reescrever o programa do número mágico mais uma vez.

```
/* Número mágico programa #5. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  int magic;
  int guess;

  magic = rand(); /* gera o número mágico */

  printf("Adivinhe o número mágico: ");
  scanf("%d", &guess);

  if(Guess == magic) {
    printf("** Certo **");
    printf("%d é o número mágico", magic);
  }
  else
    guess > magic ? printf("Alto") : printf("Baixo");
}
```


Aqui, o operador **?** mostra a mensagem apropriada baseado no resultado do teste **guess > magic**.

A Expressão Condicional

Algumas vezes, os iniciantes em C se confundem pelo fato de que você pode usar qualquer expressão válida em C para controlar o **if** ou o operador **?**. Isto é, você não fica restrito a expressões envolvendo os operadores relacionais e lógicos (como é o caso nas linguagens como BASIC ou Pascal). O programa precisa simplesmente chegar a um valor zero ou não-zero. Por exemplo, o seguinte programa lê dois inteiros do teclado e mostra o quociente. Ele usa um comando **if**, controlado pelo segundo número, para evitar um erro de divisão por zero.

```
/* Divide o primeiro número pelo segundo. */

#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int a, b;

  printf("Digite dois números: ");
  scanf("%d%d", &a, &b);

  if(b) printf("%d\n", a/b);
  else printf("não pode dividir por zero\n");
}
```

Esse método funciona porque, se **b** é 0, a condição que controla **if** é falsa e o **else** é executado. De outra forma, a condição é verdadeira (não-zero) e a divisão é efetuada. Contudo, escrever o comando **if** desta forma:

```
if(b != 0) printf("%d\n", a/b);
```

é redundante, potencialmente ineficiente e considerado mau estilo.

switch

C tem um comando interno de seleção múltipla, **switch**, que testa sucessivamente o valor de uma expressão contra uma lista de constantes inteiras ou de caractere. Quando o valor coincide, os comandos associados àquela constante são executados. A forma geral do comando **switch** é

```
switch(expressão) {
case constante1:
        seqüência de comandos
        break;
case constante2:
        seqüência de comandos
        break;
case constante3:
        seqüência de comandos
        break;
.
.
.
default:
        seqüência de comandos
}
```

O valor da *expressão* é testado, na ordem, contra os valores das constantes especificadas nos comandos **case**. Quando uma coincidência for encontrada, a seqüência de comandos associada àquele **case** será executada até que o comando **break** ou o fim do comando **switch** seja alcançado. O comando **default** é executado se nenhuma coincidência for detectada. O **default** é opcional e, se não estiver presente, nenhuma ação será realizada se todos os testes falharem.

O padrão ANSI C especifica que um **switch** pode ter pelo menos 257 comandos **case**. Na prática, você desejará limitar o número de comandos **case** a uma quantidade menor, para obter mais eficiência. Embora **case** seja um rótulo, ele não pode existir sozinho, fora de um **switch**.

O comando **break** é um dos comandos de desvio em C. Você pode usá-lo em laços tal como no comando **switch** (veja a seção "Comandos de Iteração"). Quando um **break** é encontrado em um **switch**, a execução do programa "salta" para a linha de código seguinte ao comando **switch**.

Há três coisas importantes a saber sobre o comando **switch**:

- O comando **switch** difere do comando **if** porque **switch** só pode testar igualdade, enquanto **if** pode avaliar uma expressão lógica ou relacional.

- Duas constantes **case** no mesmo **switch** não podem ter valores idênticos. Obviamente, um comando **switch** incluído em outro switch mais externo pode ter as mesmas constantes **case**.
- Se constantes de caractere são usadas em um comando **switch**, elas são automaticamente convertidas para seus valores inteiros.

O comando **switch** é freqüentemente usado para processar uma entrada, via teclado, como em uma seleção por menu. Como mostrado aqui, a função **menu()** mostra o menu de um programa de validação da ortografia e chama os procedimentos apropriados:

```
void menu (void)
{
  char ch;

  printf("1. Checar Ortografia\n");
  printf("2. Corrigir Erros de Ortografia\n");
  printf("3. Mostrar Erros de Ortografia\n");
  printf("Pressione Qualquer Outra Tecla para Abandonar\n");
  printf("     Entre com sua escolha:   ");

  ch=getchar();  /* Lê do teclado a seleção */

  switch(ch) {
    case '1':
      check_spelling();
      break;
    case '2':
      correct_errors();
      break;
    case '3':
      display_errors();
      break;
    default :
      printf("Nenhuma opção selecionada");
    }
}
```

Tecnicamente, os comandos **break**, dentro do **switch**, são opcionais. Eles terminam a seqüência de comandos associados com cada constante. Se o comando **break** é omitido, a execução continua pelos próximos comandos **case** até que um **break**, ou o fim do **switch**, seja encontrado. Por exemplo, a seguinte função usa a natureza de "passar caindo" pelos **cases** para simplificar o código de um device-driver que manipula a entrada:

```
/* Processa um valor */
void inp_handler(int i)
{
  int flag;

  flag = -1;

  switch(i) {
    case 1:  /* Estes cases têm uma seqüência */
    case 2:  /* de comandos em comum */
    case 3:
      flag = 0;
      break;
    case 4:
      flag = 1;
    case 5:
      error(flag);
      break;
    default:
      process(i);
  }
}
```

Essa rotina ilustra dois aspectos do comando **switch**. Primeiro, você pode ter comandos case sem comandos associados. Quando isto ocorre, a execução simplesmente cai no **case** seguinte. Nesse caso, todos os três primeiros **cases** executam os mesmos comandos.

```
flag = 0;
break;
```

Segundo, a execução continua no próximo **case** se nenhum comando **break** estiver presente. Se **i** for igual a 4, **flag** receberá o valor 1 e, como não há nenhum comando **break** no fim desse **case**, a execução continuará e a função **error(flag)** será chamada. Se **i** fosse igual a 5, **error(flag)** teria sido chamada com o valor -1 em **flag**.

O fato de os **cases** poderem ser executados em conjunto quando nenhum **break** estiver presente evita a duplicação indesejável de código, resultando em um código muito eficiente.

Note que os comandos associados a cada **case** não são blocos de código mas, sim, *seqüências de comandos*. (Obviamente, o comando **switch** inteiro define um bloco.) Essa distinção técnica é importante apenas em certas situações. Por exemplo, o seguinte fragmento de código está errado e não será compilado porque você não pode declarar uma variável local em uma seqüência de comandos (você só pode declarar variáveis locais no início de um bloco.)


```
/* Isto está incorreto. */
switch(c) {
   case 1:
     int t;
     .
     .
     .
```

Embora um pouco estranho, você poderia adicionar uma variável local, como mostrado aqui. Neste caso, a declaração ocorre no início do bloco do **switch**.

```
/* Embora estranho, isto está correto. */
switch(c)
{
   int t;
   case 1:
     .
     .
     .
```

Obviamente, você pode criar um bloco de código como um dos comandos da seqüência e declarar uma variável local dentro dele, como exibido aqui:

```
/* Isto é correto. */
switch (c) {
  case 1:
    { /* Cria bloco */
       int t;
      .
      .
      .
    }
    .
    .
    .
```

Comandos switch Aninhados

Você pode ter um **switch** como parte de uma seqüência de comandos de um outro **switch**. Mesmo se as constantes dos **cases** dos **switchs** interno e externo possuírem valores comuns, não ocorrerão conflitos. Por exemplo, o seguinte fragmento de código é perfeitamente aceitável:

```
switch(x) {
   case 1:
     switch(y) {
       case 0: printf ("erro de divisão por zero");
               break;
       case 1: process(x,y);
     }
     break;
   case 2:
     .
     .
     .
```

Comandos de Iteração

Em C, e em todas as outras linguagens modernas de programação, comandos de iteração (também chamados laços) permitem que um conjunto de instruções seja executado até que ocorra uma certa condição. Essa condição pode ser predefinida (como no laço **for**) ou com o final em aberto (como nos laços **while** e **do-while**).

O Laço for

O formato geral do laço **for** de C é encontrado, de uma forma ou de outra, em todas as linguagens de programação baseadas em procedimentos. Contudo, em C, ele fornece flexibilidade e capacidade surpreendentes.

A forma geral do comando **for** é

for(*inicialização*; *condição*; *incremento*) *comando*;

O laço **for** permite muitas variações. Entretanto, a inicialização é, geralmente, um comando de atribuição que é usado para colocar um valor na variável de controle do laço. A *condição* é uma expressão relacional que determina quando o laço acaba. O *incremento* define como a variável de controle do laço varia cada

vez que o laço é repetido. Você deve separar essas três seções principais por pontos-e-vírgulas. Uma vez que a condição se torne falsa, a execução do programa continua no comando seguinte ao **for**.

Por exemplo, o seguinte programa imprime os números de 1 a 100 na tela:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
   int x;

   for(x=1; x <= 100; x++) printf("%d ",x);
}
```

No programa, **x** é inicialmente ajustado para 1. Uma vez que **x** é menor que 100, **printf()** é executado e **x** é incrementado em 1 e testado para ver se ainda é menor ou igual a 100. Esse processo se repete até que **x** fique maior que 100; nesse ponto, o laço termina. Nesse exemplo, x é a variável de controle do laço, que é alterada e testada toda vez que o laço se repete.

O seguinte exemplo é um laço **for** que contém múltiplos comandos:

```
for(x=100; x != 65; x-=5) {
   z = x*x;
   printf("O quadrado de %d, %f",x, z);
}
```

Tanto a multiplicação de **x** por si mesmo como a função **printf()** são executadas até que **x** seja igual a 65. Note que o laço *é executado de forma inversa*: **x** é inicializado com 100 e será subtraído de 5 cada vez que o laço se repetir.

Nos laços **for**, o teste condicional sempre é executado no topo do laço. Isso significa que o código dentro do laço pode não ser executado se todas as condições forem falsas logo no início. Por exemplo, em

```
x = 10;
for(y=10; y!=x; ++y) printf("%d", y);
printf("%d", y); /* este é o único comando
                    printf() que executará */
```

o laço nunca executará, pois **x** e **y** já são iguais desde a sua entrada. Já que a expressão condicional é avaliada como falsa, nem o corpo do laço nem a porção de incremento do laço são executados. Logo, y ainda tem o valor 10 e a saída é o número 10 escrito apenas uma vez na tela.

Variações do Laço for

A discussão anterior descreveu a forma mais comum do laço **for**. Porém, C oferece diversas variações que aumentam a flexibilidade e a aplicação do laço **for**.

Uma das variações mais comuns usa o operador vírgula para permitir que duas ou mais variáveis controlem o laço. (Lembre-se de que você usa o operador vírgula para encadear expressões numa configuração "faça isto e isto". Veja o Capítulo 2.) Por exemplo, as variáveis **x** e **y** controlam o seguinte laço e ambas são inicializadas dentro do comando **for**:

```
for(x=0, y=0; x+y<10; ++x) {
  y = getchar();
  y = y-'0'; /* subtrai o código ASCII do caractere 0 de y */
    .
    .
    .
}
```

Vírgulas separam os dois comandos de inicialização. Cada vez que **x** é incrementado, o laço repete e o valor de **y** é ajustado pela entrada do teclado. Tanto **x** como **y** devem ter o valor correto para que o laço termine. Embora os valores de **y** sejam definidos pela entrada do teclado, **y** deve ser inicializado com 0 de forma que seu valor seja definido antes da avaliação da expressão condicional. (Se **y** não fosse definido, ele poderia conter um 10, tornando o teste condicional falso e impedindo a execução do laço.)

A função **converge()**, mostrada a seguir, ilustra múltiplas variáveis de controle de laço. A função **converge()** expõe uma string escrevendo os caracteres vindos de ambas as extremidades, convergindo no meio da linha especificada. Isso requer um posicionamento do cursor em vários e desconexos pontos da tela. Uma vez que C roda sob uma ampla variedade de ambientes, ele não define uma função de posicionamento do cursor. Porém, virtualmente, todo compilador C fornece uma, embora seu nome possa variar. O programa a seguir usa a função **gotoxy()**, do Borland, para posicionar o cursor. (Ela exige o cabeçalho **conio.h**.)

```
/* Versão Borland. */
#include <stdio.h>
#include <conio.h> /* arquivo de cabeçalho não-padrão */
#include <string.h>

void converge(int line, char *message);
```



```
void main (void)
{
  converge(10, "Isto é um teste de converge().");
}

/* Essa função mostra uma string iniciando do lado esquerdo da
   linha especificada. Ela escreve caracteres de ambas as
   extremidades, convergindo para o centro. */
void converge(int line, char *message)
{
  int i, j;

  for(i=1, j=strlen(message); i<j; i++, j--) {
    gotoxy(i, line); printf("%c", message[i-1]);
    gotoxy(j, line); printf("%c", message[j-1]);
  }
}
```

No Microsoft C, o equivalente a **gotoxy()** é **_settextposition()**, que usa o arquivo de cabeçalho **graph.h**. O programa anterior, recodificado para o Microsoft C, é mostrado aqui:

```
/* Versão para Microsoft. C */
#include <stdio.h>
#include <graph.h> /* arquivo de cabeçalho não-padrão */
#include <string.h>

void converge(int line, char *message);

void main(void)
{
  converge(10, "Isto é um teste de converge().");
}

/* Essa função mostra uma string iniciando do lado esquerdo
   da linha especificada. Ela escreve caracteres de ambas as
   extremidades, convergindo para o centro.  */
void converge(int line, char *message)
{
  int i, j;

  for(i=1, j=strlen(message); i<j; i++, j--) {
    _settextposition(line, i);
    printf("%c", message[i-1]);
```

```
      _settextposition(line, j);
      printf("%c", message[j-1]);
    }
  }
```

Se você usa um compilador C diferente, será necessária uma verificação nos seus manuais do usuário para saber o nome da função de posicionamento do cursor.

Nas duas versões de **converge()**, o laço **for** usa duas variáveis de controle do laço, **i** e **j**, para indexar a string pelas extremidades. Quando o laço repete, **i** aumenta e **j** diminui. O laço parará quando **i** for igual a **j**, garantindo, assim, que todos os caracteres sejam escritos.

A expressão condicional não precisa envolver um teste com a variável que controla o laço e algum valor final. Na realidade, a condição pode ser qualquer sentença relacional ou lógica. Isso significa que você pode testar diversas possíveis formas de término.

Por exemplo, você poderia usar a seguinte função para conectar um usuário a um sistema remoto. O usuário tem três tentativas para entrar com a senha. O laço termina quando as três tentativas forem utilizadas ou o usuário entrar com a senha correta.

```
void sign_on(void)
{
  char str[20] ;

  int x;

  for(x=0; x<3 && strcmp(str, "senha"); ++x) {
    printf("Digite a senha por favor:");
    gets(str);
  }

  if (x==3) return;
  /* else conecte o usuário ... */
}
```

Essa função usa **strcmp()**, a função da biblioteca padrão que compara duas strings e retorna zero se forem iguais.

Lembre-se de que cada uma das três seções pode consistir em qualquer expressão válida em C. As expressões não precisam ter relação alguma com os usos mais comuns das seções. Com isso em mente, considere o seguinte exemplo:

```
#include <stdio.h>
```



```
int sqrnum(int num);
int readnum(void);
int prompt(void);

void main(void)
{
  int t;

  for(prompt(); t=readnum(); prompt())
    sqrnum(t);
}

prompt(void)
{
  printf("Digite um número: ");
  return 0;
}

readnum(void)
{
  int t;
  scanf("%d", &t);
  return t;
}

sqrnum(int num)
{
  printf("%d\n", num*num);
  return num*num;
}
```

Olhe atentamente o laço **for** em **main()**. Note que cada parte do laço **for** é composta de chamadas a funções que interagem com o usuário e lêem um número inserido pelo teclado. Se o número inserido for 0, o laço terminará, porque a expressão condicional será falsa. Caso contrário, o número é elevado ao quadrado. Assim, esse laço **for** usa as porções de inicialização e incremento de uma maneira não tradicional, mas completamente válida.

Uma outra característica interessante do laço **for** é que partes da definição do laço não precisam existir. De fato, não há necessidade de que uma expressão esteja presente em nenhuma das seções — as expressões são opcionais. Por exemplo, esse laço será executado até que o usuário insira o número **123**:

```
for(x=0; x!=123; ) scanf("%d", &x);
```

Note que a porção de incremento da definição do **for** está vazia. Isso significa que cada vez que o laço se repetir, x será testado para verificar se é igual a 123, mas nenhuma atitude adicional será tomada. Se você digitar **123** no teclado, porém, a condição do laço se tornará falsa e o laço terminará.

Freqüentemente a inicialização é feita fora do comando **for**. Isso geralmente acontece quando a condição inicial da variável de controle do laço for calculada por algum método complexo, como neste exemplo:

```
gets(s);  /* lê uma string para s */
if(*s) x = strlen(s); /* obtém o comprimento da string */
else x = 10;

for( ;x<10; ) {
  printf("%d",x);
  ++x;
}
```

A seção de inicialização foi deixada em branco e x é inicializado antes que o laço comece a ser executado.

O Laço Infinito

Embora você possa usar qualquer comando de laço para criar um laço infinito, o **for** é tradicionalmente usado para esse fim. Já que nenhuma das três expressões que formam o laço **for** é obrigatória, você pode fazer um laço sem fim deixando a expressão condicional vazia, como aqui:

```
for (;;) printf("Esse laço será executado para sempre.\n");
```

Você pode ter uma inicialização e uma expressão de incremento, mas programadores C usam mais usualmente a construção **for(;;)** para significar um laço infinito.

De fato, a construção **for(;;)** não garante um laço infinito porque o comando **break** de C, encontrado em qualquer lugar dentro do corpo de um laço, provoca um término imediato (**break** será discutido mais adiante neste capítulo). O controle do programa, então, continua no código seguinte ao laço, como mostrado aqui:

```
ch='\0';

for( ; ; ) {
  ch = getchar();  /* obtém um caractere */
  if(ch=='A') break; /* sai do laço */
}

printf("você digitou um A");
```


Esse laço será executado até que o usuário digite um A.

Laços for sem Corpos

Como definido pela sintaxe de C, um comando pode ser vazio. Isso significa que o corpo do laço **for** (ou qualquer outro laço) também pode ser vazio. Você pode usar esse fato para aumentar a eficiência de certos algoritmos e para criar laços para atraso de tempo.

Remover espaços de uma "stream" de entrada é uma tarefa comum de programação. Por exemplo, um programa de banco de dados pode permitir uma requisição do tipo "mostre todos os saldos menores que 400". O banco de dados precisa ser alimentado com cada palavra separadamente, sem espaços. Isto é, o processador de entrada do banco de dados reconhece "**show**" mas não "**show**". O seguinte laço remove os primeiros espaços da stream apontada por **str**.

```
for( ; *str == ' '; str++) ;
```

Como você pode ver, esse laço não tem corpo — e nem precisa de um.

Os laços para *atraso de tempo* são muito usados em programas. O seguinte código mostra como criar um usando **for**:

```
for(t=0; t<ALGUM_VALOR; t++) ;
```

O Laço while

O segundo laço disponível em C é o laço **while**. A sua forma geral é

while(*condição*) *comando*;

onde *comando* é um comando vazio, um comando simples ou um bloco de comandos. A *condição* pode ser qualquer expressão, e verdadeiro é qualquer valor não-zero. O laço se repete quando a condição for verdadeira. Quando a condição for falsa, o controle do programa passa para a linha após o código do laço.

O seguinte exemplo mostra uma rotina de entrada pelo teclado, que simplesmente se repete até que o usuário digite A:

```
wait_for_char(void)
```

```
{
  char ch;

  ch = '\0';  /* inicializa ch */
  while(ch != 'A')  ch = getchar();
  return ch;
}
```

Primeiro, **ch** é inicializado com nulo. Como uma variável local, seu valor não é conhecido quando **wait_for_char()** é executado. O laço **while** verifica se **ch** não é igual a **A**. Como **ch** foi inicializado com nulo, o teste é verdadeiro e o laço começa. Cada vez que o usuário pressiona uma tecla, o teste é executado novamente. Uma vez digitado **A**, a condição se torna falsa, porque **ch** fica igual a **A**, e o laço termina.

Como os laços **for**, os laços **while** verificam a condição de teste no início do laço, o que significa que o código do laço pode não ser executado. Isso elimina a necessidade de se efetuar um teste condicional antes do laço. A função **pad()** fornece uma boa ilustração disso. Ela adiciona espaços ao final de uma string até um comprimento predefinido. Se a string já é do tamanho desejado, nenhum espaço é adicionado.

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void pad(char *s, int length);
void main(void)
{
  char str[80];

  strcpy(str, "isto é um teste");
  pad(str, 40);
  printf("%d", strlen(str));
}

/* Acrescenta espaços ao final da string. */
void pad(char *s, int length)
{
  int l;

  l = strlen(s);  /* encontra o comprimento */

  while(l<length) {
    s[l] = ' ';  /* insere um espaço */
```



```
    l++;
  }
  s[l] = '\0';  /* strings precisam terminar com um nulo */
}
```

Os dois argumentos de **pad()** são **s**, um ponteiro para a string a ser ajustada, e **length**, o número de caracteres que **s** deve ter. Se a string **s** já é igual ou maior que **length**, o código dentro do laço **while** não será executado. Se **s** é menor que **length**, **pad()** adiciona o número necessário de espaços. A função **strlen()**, parte integrante da biblioteca padrão, devolve o tamanho de uma string.

Se diversas condições forem necessárias para terminar um laço **while**, normalmente uma única variável forma a expressão condicional. O valor dessa variável será alterado em vários pontos internos ao laço. Neste exemplo

```
void func1(void)
{
  int working;

  working = 1;  /* i.e., verdadeiro */

  while(working) {
    working = process1();
    if(working)
      working = process2();
    if(working)
      working = process3();
  }
}
```

qualquer uma das três rotinas pode retornar falso e fazer com que o laço termine.

Não é necessário haver nenhum comando no corpo do laço **while**. Por exemplo,

```
while((ch=getchar()) != 'A') ;
```

será simplesmente executado até que o usuário digite **A**. Se você se sente desconfortável colocando a atribuição dentro da expressão condicional do **while**, lembre-se de que o sinal de igual é apenas um operador que calcula o valor do operando do lado direito.

O Laço do-while

Ao contrário dos laços **for** e **while**, que testam a condição do laço no começo, o laço **do-while** verifica a condição ao final do laço. Isso significa que um laço **do-while** sempre será executado ao menos uma vez. A forma geral do laço **do-while** é

```
do{
    comando;
} while(condição);
```

Embora as chaves não sejam necessárias quando apenas um comando está presente, elas são geralmente usadas para evitar confusão (para você, não para o compilador) com o **while**. O laço **do-while** repete até que a *condição* se torne falsa.

O seguinte laço **do-while** lerá números do teclado até que encontre um número menor ou igual a 100.

```
do {
  scanf("%d", &num);
} while(num > 100);
```

Talvez o uso mais comum do laço **do-while** seja em uma rotina de seleção por menu. Quando o usuário entra com uma resposta válida, ela é retornada como o valor da função. Respostas inválidas provocam uma repetição do laço. O seguinte código mostra uma versão melhorada do menu do verificador de ortografia que foi desenvolvido anteriormente neste capítulo:

```
void menu(void)
{
  char ch;

  printf("1. Verificar Ortografia\n");
  printf("2. Corrigir Erros de Ortografia\n");
  printf("3. Mostrar Erros de Ortografia\n");
  printf("     Digite sua escolha:   ");

  do {
    ch = getchar();  /* lê do teclado a seleção */
    switch(ch) {
      case '1':
        check_spelling();
        break;
      case '2':
        correct_errors();
        break;
      case '3':
        display_errors();
        break;
    }
  } while(ch!='1' && ch!='2' && ch!='3');
}
```


Aqui, o laço **do-while** é uma boa escolha, porque você sempre deseja que uma função do menu execute ao menos uma vez. Depois que as opções forem mostradas, o programa será executado até que uma opção válida seja selecionada.

Comandos de Desvio

C tem quatro comandos que realizam um desvio incondicional: **return**, **goto**, **break** e **continue**. Destes, você pode usar **return** e **goto** em qualquer lugar em seu programa. Você pode usar os comandos **break** e **continue** em conjunto com qualquer dos comandos de laço. Como discutido anteriormente neste capítulo, você também pode usar o **break** com **switch**.

O Comando return

O comando **return** é usado para retornar de uma função. Ele é um comando de desvio porque faz com que a execução retorne (salte de volta) ao ponto em que a chamada à função foi feita. Se **return** tem um valor associado a ele, esse valor é o valor de retorno da função. Se nenhum valor de retorno é especificado, assume-se que apenas lixo é retornado. (Alguns compiladores C irão automaticamente retornar 0 se nenhum valor for especificado, mas não conte com isso.)

A forma geral do comando **return** é

return *expressão*;

Lembre-se de que a *expressão* é opcional. Entretanto, se estiver presente, ela se tornará o valor da função.

Você pode usar quantos comandos **return** quiser dentro de uma função. Contudo, a função parará de executar tão logo ela encontre o primeiro **return**. A } que finaliza uma função também faz com que a função retorne. É o mesmo que um **return** sem nenhum valor especificado.

Uma função declarada como **void** não pode ter um comando **return** que especifique um valor. (Como uma função void não retorna valor, não tem sentido que o comando **return** especifique um valor nas funções **void**).

Veja o Capítulo 6 para mais informações sobre **return**.

O Comando goto

Uma vez que C tem um rico conjunto de estruturas de controle e permite um controle adicional usando **break** e **continue**, há pouca necessidade do **goto**. A grande preocupação da maioria dos programadores sobre o **goto** é a sua tendência de tornar os programas ilegíveis. Entretanto, embora o **goto** tenha sido desencorajado alguns anos atrás, ele tem recentemente polido um pouco a sua imagem manchada. Não há nenhuma situação na programação que necessite do **goto**. Apesar disso, contudo, **goto** é uma conveniência que, se usada prudentemente, pode ser uma vantagem em certas situações na programação. Sendo assim, **goto** não é usado fora desta seção.

O comando **goto** requer um rótulo para sua operação. (Um rótulo é um identificador válido em C seguido por dois-pontos.) O padrão ANSI refere-se a esse tipo de construção como uma sentença de rótulo. Além disso, o rótulo tem de estar na mesma função do **goto** que o usa — você não pode efetuar desvios entre funções. A forma geral do comando **goto** é

goto *rótulo*;
.
.
.
rótulo:

onde *rótulo* é qualquer rótulo válido existente antes ou depois do **goto**. Por exemplo, você poderia criar um laço de 1 até 100 usando **goto** e um rótulo, como mostrado aqui:

```
x = 1;
loop1:
  x++;
  if(x<100) goto loop1;
```

O Comando break

O comando **break** tem dois usos. Você pode usá-lo para terminar um **case** em um comando **switch** (abordado anteriormente na seção sobre o **switch**, neste capítulo). Você também pode usá-lo para forçar uma terminação imediata de um laço, evitando o teste condicional normal do laço.

Quando o comando **break** é encontrado dentro de um laço, o laço é imediatamente terminado e o controle do programa retorna no comando seguinte ao laço. Por exemplo,

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int t;

  for(t=0; t<100; t++) {
    printf("%d ", t);
    if(t==10) break;
  }
}
```

escreve os números de 1 até 10 na tela. Então, o laço termina porque o **break** provoca uma saída imediata do laço, desrespeitando o teste condicional **t<100**.

Os programadores geralmente usam o comando **break** em laços em que uma condição especial pode provocar uma terminação imediata. Por exemplo, aqui, o pressionamento de uma tecla pode parar a execução da função **look_up()**:

```
look_up(char *name)
{
  do {
    /* procura nomes ... */
    if(kbhit()) break;
  } while(!found);
  /* processa a concordância */
}
```

A função **kbhit()** retorna 0 se você não pressionar uma tecla. Caso contrário, ela retorna um valor não-zero. Devido às grandes diferenças entre ambientes computacionais, o padrão ANSI não define **kbhit()**, mas é quase certo que você a tem (ou alguma com um nome um pouco diferente) fornecida com seu compilador.

Um comando **break** provoca uma saída apenas do laço mais interno. Por exemplo,

```
for(t=0; t<100; ++t) {
  count = 1;
  for(;;) {
    printf("%d ", count);
    count++;
    if(count==10) break;
  }
}
```

escreve os números de 1 a 10 na tela 100 vezes. Cada vez que o compilador encontra **break**, transfere o controle de volta para a repetição **for** mais externa.

Um **break** usado em um comando **switch** somente afetará esse **switch**. Ele não afeta qualquer repetição que contenha o **switch**.

A Função exit()

Da mesma forma que você pode sair de um laço, pode sair de um programa usando a função **exit()** da biblioteca padrão. Essa função provoca uma terminação imediata do programa inteiro, forçando um retorno ao sistema operacional. Com efeito, a função **exit()** age como se ela estivesse finalizando o programa inteiro.

A forma geral da função **exit()** é

void exit(int *código_de_retorno*);

O valor de *código_de_retorno* é retornado ao processo chamador, que é normalmente o sistema operacional. O zero é geralmente usado como um código de retorno que indica uma terminação normal do programa. Outros argumentos são usados para indicar algum tipo de erro.

Programadores geralmente usam **exit()** quando uma condição mandatória para a execução do programa não é satisfeita. Por exemplo, imagine um jogo para computador que queira uma placa gráfica colorida. A função **main()** desse jogo poderia se parecer com isto:

```
void main(void)
{
  if(!virtual_graphics()) exit(1);
  play();
}
```

onde **virtual_graphics()** é uma função definida pelo usuário que retorna verdadeiro se a placa colorida está presente. Se a placa não está no sistema, **virtual_graphics()** retorna falso e o programa termina.

Como um outro exemplo, essa versão de **menu()** usa **exit()** para abandonar o programa e retornar ao sistema operacional:

```
void menu(void)
{
  char ch;

  printf("1. Verificar Ortografia\n");
  printf("2. Corrigir Erros de Ortografia\n");
  printf("3. Mostrar Erros de Ortografia\n");
  printf("4. Abandonar\n");
  printf("     Digite sua escolha:   ");

  do {
    ch=getchar();  /* lê do teclado a seleção */
      switch(ch) {
         case '1':
           check_spelling();
           break;
         case '2':
           correct_errors();
           break;
         case '3':
           display_errors();
           break;
         case '4':
           exit(0);  /* retorna ao OS */
    }
  } while(ch!='1' && ch!='2' && ch!='3');
}
```

O Comando continue

O comando **continue** trabalha de uma forma um pouco parecida com a do comando **break**. Em vez de forçar a terminação, porém, **continue** força que ocorra a próxima iteração do laço, pulando qualquer código intermediário. Para o laço **for**, **continue** faz com que o teste condicional e a porção de incremento do laço sejam executados. Para os laços **while** e **do-while**, o controle do programa passa para o teste condicional. Por exemplo, o seguinte programa conta o número de espaços contidos em uma string inserida pelo usuário:

```
/* Conta espaços */
#include <stdio.h>
```

```
void main(void)
{
  char s[80], *str;
  int space;

  printf("Digite uma string: ");
  gets(s);
  str = s;

  for(space=0; *str; str++) {
    if(*str !=' ') continue;
    space++;
  }
  printf("%d espaços\n", space);
}
```

Cada caractere é testado para ver se é um espaço. Se não é, o comando **continue** força o **for** a iterar novamente. Se o caractere é um espaço, **space** é incrementada.

O seguinte exemplo mostra que você pode usar **continue** para apressar a saída de um laço, forçando o teste condicional a ser realizado mais cedo.

```
void code(void)
{
  char done, ch;

  done = 0;
  while(!done) {
    ch = getchar();
    if(ch=='$') {
      done = 1;
      continue;
    }
    putchar(ch+1);  /* desloca o alfabeto uma posição */
  }
}
```

Esta função codifica uma mensagem deslocando todos os caracteres uma letra acima. Por exemplo, um **A** se tornaria um **B**. A função terminará quando um **$** for digitado. Depois que um **$** for inserido, nenhuma saída adicional ocorrerá porque o teste condicional, trazido a efeito pelo **continue**, encontrará **done** como sendo verdadeiro e provocará a saída do laço.

Comandos de Expressões

O Capítulo 2 abrange completamente as expressões de C. Porém, alguns pontos especiais são mencionados aqui. Lembre-se de que um comando de expressão é simplesmente uma expressão válida em C seguida por um ponto-e-vírgula, como em

```
func();  /* uma chamada a uma função */
a = b+c; /* um comando de atribuição */
b+f();   /* um comando válido, que não faz nada */
;        /* um comando vazio */
```

O primeiro comando de expressão executa uma chamada a uma função. O segundo é uma atribuição. O terceiro elemento é estranho, mas é avaliado pelo compilador C, porque a função **f()** pode realizar alguma tarefa necessária. O último exemplo mostra que C permite que um comando seja vazio (algumas vezes chamado de *comando nulo*).

Blocos de Comandos

Blocos de comandos são simplesmente grupos de comandos relacionados que são tratados como uma unidade. Os comandos que constituem um bloco estão logicamente conectados. Um bloco começa com um { e termina com um } correspondente. Programadores normalmente usam blocos de comandos para criar um objeto multicomandos para algum outro comando, como o **if**. No entanto, você pode pôr um bloco de comandos em qualquer lugar onde seja possível a colocação de um outro comando qualquer. Por exemplo, este é um código em C perfeitamente válido (embora não usual):

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int i;

  {  /* um bloco de comandos */
     i = 120;
     printf("%d", i);
  }
}
```

MAKRON Books

4

Matrizes e Strings

Uma *matriz* é uma coleção de variáveis do mesmo tipo que é referenciada por um nome comum. Um elemento específico em uma matriz é acessado por meio de um índice. Em C, todas as matrizes consistem em posições contíguas na memória. O endereço mais baixo corresponde ao primeiro elemento e o mais alto, ao último elemento. Matrizes podem ter de uma a várias dimensões. A matriz mais comum em C é a de string, que é simplesmente uma matriz de caracteres terminada por um nulo. Essa abordagem a strings dá a C maior poder e eficiência que às outras linguagens.

Em C, matrizes e ponteiros estão intimamente relacionados; uma discussão sobre um deles normalmente refere-se ao outro. Este capítulo focaliza matrizes, enquanto o Capítulo 5 examina mais profundamente os ponteiros. Você deve ler ambos para entender completamente essas construções importantes de C.

Matrizes Unidimensionais

A forma geral para declarar uma matriz unidimensional é

tipo nome_var[tamanho];

Como outras variáveis, as matrizes devem ser explicitamente declaradas para que o compilador possa alocar espaço para elas na memória. Aqui, *tipo* declara o tipo de base da matriz, que é o tipo de cada elemento da matriz; *tamanho* define quantos elementos a matriz irá guardar. Por exemplo, para declarar um matriz de 100 elementos, chamada **balance**, e do tipo **double**, use este comando:


```
double balance[100];
```

Em C, toda matriz tem 0 como o índice do seu primeiro elemento. Portanto, quando você escreve

```
char p[10];
```

você está declarando uma matriz de caracteres que tem dez elementos, **p[0]** até **p[9]**. Por exemplo, o seguinte programa carrega uma matriz inteira com os números de 0 a 99:

```
void main(void)
{
  int x[100];  /* isto reserva 100 elementos inteiros */
  int t;

  for(t=0; t<100; ++t) x[t] = t;
}
```

A quantidade de armazenamento necessário para guardar uma matriz está diretamente relacionada com seu tamanho e seu tipo. Para uma matriz unidimensional, o tamanho total em bytes é calculado como mostrado aqui:

total em bytes = sizeof(tipo) * tamanho da matriz

C não tem verificação de limites em matrizes. Você poderia ultrapassar o fim de uma matriz e escrever nos dados de alguma outra variável ou mesmo no código do programa. Como programador, é seu trabalho prover verificação dos limites onde for necessário. Por exemplo, este código compilará sem erros, mas é incorreto, porque o laço **for** fará com que a matriz **count** ultrapasse seus limites.

```
int count[10], i;

/* isto faz com que count seja ultrapassada */
for(i=0; i<100; i++) count[i]= i;
```

Matrizes unidimensionais são, essencialmente, listas de informações do mesmo tipo, que são armazenadas em posições contíguas da memória em uma ordem de índice. Por exemplo, a Figura 4.1 mostra como a matriz **a** apareceria na memória se ela começasse na posição de memória 1000 e fosse declarada como mostrado aqui:

```
char a[7];
```

Elemento	a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]
Endereço	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006

Figura 4.1 Uma matriz de sete elementos começando na posição 1000.

Gerando um Ponteiro para uma Matriz

Você pode gerar um ponteiro para o primeiro elemento de uma matriz simplesmente especificando o nome da matriz, sem nenhum índice. Por exemplo, dado

```
int sample[10];
```

você pode gerar um ponteiro para o primeiro elemento simplesmente usando o nome **sample**. Por exemplo, o seguinte fragmento atribui a **p** o endereço do primeiro elemento de **sample**:

```
int *p;
int sample[10];

p = sample;
```

Você também pode especificar o endereço do primeiro elemento de uma matriz usando o operador **&**. Por exemplo, **sample** e **&sample[0]** produzem os mesmos resultados. Porém, em códigos C escritos profissionalmente, você quase nunca verá algo como **&sample[0]**.

Passando Matrizes Unidimensionais para Funções

Em C, você não pode passar uma matriz inteira como um argumento para uma função. Você pode, porém, passar um ponteiro para uma matriz para uma função, especificando o nome da matriz sem um índice. Por exemplo, o seguinte fragmento de programa passa o endereço de **i** para **func1()**:

```
void main(void)
{
  int i[10];

  func1(i);
  .
  .
  .
}
```


Se uma função recebe uma matriz unidimensional, você pode declarar o parâmetro formal em uma entre três formas: como um ponteiro, como uma matriz dimensionada ou como uma matriz não-dimensionada. Por exemplo, para receber **i**, uma função chamada **func1()** pode ser declarada como

```
void func1(int *x) /* ponteiro */

{
  .
  .
  .
}
```

ou

```
void func1(int x[10]) /* matriz dimensionada */

{
  .
  .
  .
}
```

ou finalmente como

```
void func1(int x[]) /* matriz não-dimensionada */

{
  .
  .
  .
}
```

Todos os três métodos de declaração produzem resultados idênticos, porque cada um diz ao compilador que um ponteiro inteiro vai ser recebido. A primeira declaração usa, de fato, um ponteiro. A segunda emprega a declaração de matriz padrão. Na última versão, uma versão modificada de uma declaração de matriz simplesmente especifica que uma matriz do tipo **int**, de algum tamanho, será recebida. Como você pode ver, o comprimento da matriz não importa à função, porque C não realiza verificação de limites. De fato, até onde diz respeito ao compilador,

```
void func1(int x[32])
{
     .
     .
     .
}
```

também funciona, porque o compilador C gera um código que instrui **func1()** a receber um ponteiro — ele não cria realmente uma matriz de 32 elementos.

Strings

O uso mais comum de matrizes unidimensionais é como string de caracteres. Lembre-se de que, em C, uma string é definida como uma matriz de caracteres que é terminada por um nulo. Um nulo é especificado como '\0' e geralmente é zero. Por essa razão, você precisa declarar matrizes de caracteres como sendo um caractere mais longo que a maior string que elas devem guardar. Por exemplo, para declarar uma matriz **str** que guarda uma string de 10 caracteres, você escreveria

```
char str[11];
```

Isso reserva espaço para o nulo no final da string.

Embora C não tenha o tipo de dado string, ela permite constantes string. Uma *constante string* é uma lista de caracteres entre aspas. Por exemplo,

"alo aqui"

Você não precisa adicionar o nulo no final das constantes string manualmente — o compilador C faz isso por você automaticamente.

C suporta uma ampla gama de funções de manipulação de strings. As mais comuns são:

Nome	Função
strcpy(s1, s2)	Copia s2 em s1.
strcat(s1, s2)	Concatena s2 ao final de s1.
strlen(s1)	Retorna o tamanho de s1.
strcmp(s1, s2)	Retorna 0 se s1 e s2 são iguais; menor que 0 se s1<s2; maior que 0 se s1>s2.
strchr(s1, ch)	Retorna um ponteiro para a primeira ocorrência de ch em s1.
strstr(s1, s2)	Retorna um ponteiro para a primeira ocorrência de s2 em s1.

Essas funções usam o cabeçalho padrão **STRING.H**. (Essas e outras funções de string são discutidas em detalhes na Parte 2.) O seguinte programa ilustra o uso dessas funções de string:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void main(void)
{
  char s1[80], s2[80];

  gets(s1);

  gets(s2);

  printf("comprimentos: %d %d\n", strlen(s1), strlen(s2));

  if(!strcmp(s1, s2)) printf ("As strings são iguais\n");
  strcat(s1, s2);
  printf("%s\n", s1);

  strcpy(s1, "Isso é um teste.\n");
  printf(s1);
  if(strchr("alo", 'o')) printf("o está em alo\n");
  if(strstr("ola aqui", "ola")) printf("ola encontrado");
}
```

Se você rodar esse programa e digitar as strings "**alo**" e "**alo**", a saída será

```
comprimentos: 33
As string são iguais
aloalo
Isso é um teste.
o está em alo
ola encontrado
```

Lembre-se de que **strcmp()** retorna falso se as strings são iguais. Assegure-se de usar o operador ! para reverter a condição, como mostrado, se você estiver testando igualdade.

Matrizes Bidimensionais

C suporta matrizes multidimensionais. A forma mais simples de matriz multidimensional é a matriz bidimensional — uma matriz de matrizes unidimensionais. Para declarar uma matriz bidimensional de inteiros **d** de tamanho 10,20, você escreveria

```
int d[10][20];
```

Preste bastante atenção à declaração. Muitas linguagens de computador usam vírgulas para separar as dimensões da matriz; C, em contraste, coloca cada dimensão no seu próprio conjunto de colchetes.

Similarmente, para acessar o ponto 1,2 da matriz **d**, você usaria

```
d[1][2];
```

O seguinte exemplo carrega uma matriz bidimensional com os números de 1 a 12 e escreve-os linha por linha.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int t, i, num[3][4];

  for(t=0; t<3; ++t)
    for(i=0; i<4; ++i)
      num[t][i] = (t*4)+i+1;

/* agora escreva-os */
  for(t=0; t<3; ++t) {
    for(i=0; i<4; ++i)
      printf("%3d ", num[t][i]);
    printf("\n");
  }
}
```


Neste exemplo, **num[0][0]** tem o valor 1, **num[0][1]**, o valor 2, **num[0][2]**, o valor 3 e assim por diante. O valor de **num[2][3]** será 12. Você pode visualizar a matriz **num** como mostrada aqui:

num [t] [i]

	0	1	2	3
0	1	2	3	4
1	5	6	7	8
2	9	10	11	12

Matrizes bidimensionais são armazenadas em uma matriz linha-coluna, onde o primeiro índice indica a linha e o segundo, a coluna. Isso significa que o índice mais à direita varia mais rapidamente do que o mais à esquerda quando acessamos os elementos da matriz na ordem em que eles estão realmente armazenados na memória. Veja a Figura 4.2 para uma representação gráfica de uma matriz bidimensional na memória. Você pode pensar no primeiro índice como um "ponteiro" para a linha correta.

No caso de uma matriz bidimensional, a seguinte fórmula fornece o número de bytes de memória necessários para armazená-la:

bytes = tamanho do 1º índice * tamanho do 2º índice * sizeof(tipo base)

Portanto, assumindo inteiros de dois bytes, uma matriz de inteiros com dimensões 10,5 teria

10 * 5 * 2

ou 100 bytes alocados.

Quando uma matriz bidimensional é usada como um argumento para uma função, apenas um ponteiro para o primeiro elemento é realmente passado. Porém, uma função que recebe uma matriz bidimensional como um parâmetro deve definir pelo menos o comprimento da segunda dimensão. Isso ocorre porque o compilador C precisa saber o comprimento de cada linha para indexar a matriz corretamente. Por exemplo, uma função que recebe uma matriz bidimensional de inteiros com dimensões 10,10 é declarada desta forma:

```
void func1(int x[][10])
{
     .
     .
     .
}
```

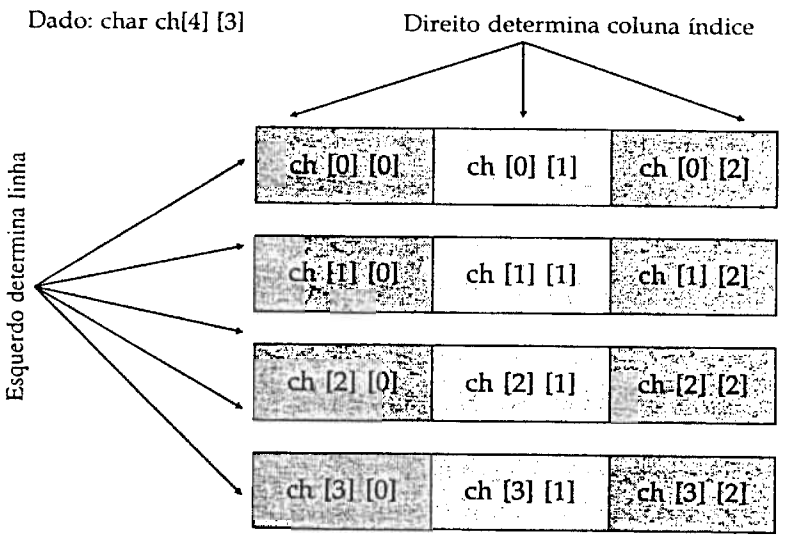


Figura 4.2 Uma matriz bidimensional na memória.

Você pode especificar a primeira dimensão, se quiser, mas não é necessário. O compilador C precisa saber a segunda dimensão para trabalhar em sentenças como

```
x[2][4]
```

dentro da função. Se o comprimento das linhas não é conhecido, o compilador não pode determinar onde a terceira linha começa.

O seguinte programa usa uma matriz bidimensional para armazenar as notas numéricas de cada aluno de uma sala de aula. O programa assume que o professor tem três turmas e um máximo de 30 alunos por turma. Note a maneira como a matriz **grade** é acessada em cada uma das funções.

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>

/* Um banco de dados simples para notas de alunos. */

#define CLASSES  3
```



```
#define GRADES  30

int grade[CLASSES][GRADES];

void enter_grades(void);
int get_grade(int num);
void disp_grades(int g[][GRADES]);

void main(void)
{
  char ch, str[80];

  for(;;) {
    do {
      printf("(D)igitar notas\n");
      printf("(M)ostrar notas\n");
      printf("(S)air\n");
      gets(str);
      ch = toupper(*str);
    } while(ch!='D' && ch!='M' && ch!='S');

    switch(ch) {
      case 'D':
        enter_grades();
        break;
      case 'M':
        disp_grades(grade);
        break;
      case 'S':
        exit(0);
    }
  }
}

/* Digita a nota dos alunos. */
void enter_grades(void)
{
  int t, i;

  for(t=0; t<CLASSES; t++) {
    printf("Turma # %d:\n", t+1);
    for(i=0; i<GRADES; ++i)
      grade [t][i]= get_grade(i);
  }
}
```

```
/* Lê uma nota. */
get_grade(int num)
{
  char s[80];

  printf("Digite a nota do aluno # %d:\n",num+1);
  gets(s);
  return(atoi(s));
}

/* Mostra as notas. */
void disp_grades(int g[][GRADES])
{
  int t, i;

  for(t=0; t<CLASSES; ++t) {
    printf("Turma # %d:\n", t+1);
    for(i=0; i<GRADES; ++i)
      printf("Aluno #%d é %d\n", i+1, g[t][i]);
  }
}
```

Matrizes de Strings

Não é incomum, em programação, usar uma matriz de strings. Por exemplo, o processador de entrada de um banco de dados pode verificar os comandos do usuário com base em uma matriz de comandos válidos. Para criar uma matriz de strings, use uma matriz bidimensional de caracteres. O tamanho do índice esquerdo indica o número de strings e o tamanho do índice do lado direito especifica o comprimento máximo de cada string. O código seguinte declara uma matriz de 30 strings, cada qual com um comprimento máximo de 79 caracteres:

```
char str_array[30][80];
```

É fácil acessar uma string individual: você simplesmente especifica apenas o índice esquerdo. Por exemplo, o seguinte comando chama **gets()** com a terceira string em **str_array**.

```
gets(str_array[2]);
```

O comando anterior é funcionalmente equivalente a


```
gets(&str_array[2][0]);
```

mas a primeira das duas formas é muito mais comum em códigos C escritos profissionalmente.

Para entender melhor como matrizes de string funcionam, estude o programa seguinte, que usa uma matriz de string como base para um editor de texto muito simples:

```
#include <stdio.h>

#define MAX 100
#define LEN 80

char text[MAX][LEN];

/* Um editor de texto muito simples. */
void main(void)


{
  register int t, i, j;

  printf("Digite uma linha vazia para sair.\n");

  for(t=0; t<MAX; t++) {
    printf("%d: ", t);
    gets(text[t]);
    if(!*text[t]) break; /* sai com linha em branco */


}


  for(i=0; i<t; i++) {
   for(j=0; text[i][j]; j++) putchar(text[i][j]);
   putchar('\n');
  }
}
```

Este programa recebe linhas de texto até que uma linha em branco seja inserida. Então, ele mostra novamente cada linha, um caractere por vez.

Matrizes Multidimensionais

C permite matrizes com mais de duas dimensões. O limite exato, se existe, é determinado por seu compilador. A forma geral da declaração de uma matriz multidimensional é

tipo nome[*Tamanho1*][*Tamanho2*][*Tamanho3*]...[*TamanhoN*];

Matrizes de três ou mais dimensões não são freqüentemente usadas devido à quantidade de memória de que elas necessitam. Por exemplo, uma matriz de quatro dimensões do tipo caractere e com tamanhos 10,6,9,4 requer

10 * 6 * 9 * 4

ou 2.160 bytes. Se a matriz guardasse inteiros de 2 bytes, 4.320 bytes seriam necessários. Se a matriz guardasse **double** (assumindo 8 bytes por **double**), 17.280 bytes seriam necessários. O armazenamento necessário cresce exponencialmente com o número de dimensões. Grandes matrizes multidimensionais são geralmente alocadas dinamicamente, uma parte por vez, com as funções de alocação dinâmica de C e ponteiros. Essa abordagem é chamada de *matriz esparsa* e é discutida no Capítulo 21.

Em matrizes multidimensionais, toma-se tempo do computador para calcular cada índice. Isso significa que acessar um elemento em uma matriz multidimensional é mais lento do que acessar um elemento em uma matriz unidimensional.

Quando passar matrizes multidimensionais para funções, você deve declarar todas menos a primeira dimensão. Por exemplo, se você declarar a matriz **m** como

```
int m[4][3][6][5];
```

uma função, **func1()**, que recebe **m**, se pareceria com isto:

```
void func1(int d[][3][6][5])
{
  .
  .
  .
}
```

Obviamente, você pode incluir a primeira dimensão, se quiser.

Indexando Ponteiros

Em C, ponteiros e matrizes estão intimamente relacionados. Como você sabe, um nome de matriz sem um índice é um ponteiro para o primeiro elemento da matriz. Por exemplo, considere a seguinte matriz.

```
char p[10];
```

As seguintes sentenças são iguais:

```
p
&p[0]
```

Colocando de outra forma,

```
p == &p[0]
```

é avaliado como verdadeiro, porque o endereço do primeiro elemento de uma matriz é o mesmo que o da matriz.

Reciprocamente, qualquer ponteiro pode ser indexado como se uma matriz fosse declarada. Por exemplo, considere este fragmento de programa:

```
int *p, i[10];
p = i;
p[5] = 100; /* atribui usando o índice */
*(p+5) = 100; /*atribui usando aritmética de ponteiros */
```

Os dois comandos de atribuição colocam o valor 100 no sexto elemento de **i**. O primeiro elemento indexa **p**; o segundo usa aritmética de ponteiro. De qualquer forma, o resultado é o mesmo. (O Capítulo 5 discute ponteiros e aritmética de ponteiros.)

Esse processo também pode ser aplicado a matrizes de duas ou mais dimensões. Por exemplo, assumindo que **a** é uma matriz de inteiros 10 por 10, estas duas sentenças são equivalentes:

```
a
&a[0][0]
```

Além disso, o elemento 0,4 de **a** pode ser referenciado de duas formas: por indexação de matriz, **a[0][4]**, ou por ponteiro, ***(a+4)**. Similarmente, o elemento 1,2 é **a[1][2]** ou ***(a+12)**. Em geral, para qualquer matriz bidimensional

a[j][k] é equivalente a *(a+(j*comprimento das linhas)+k)

Às vezes, ponteiros são usados para acessar matrizes porque a aritmética de ponteiros é geralmente mais rápida que a indexação de matrizes.

De certa forma, uma matriz bidimensional é semelhante a uma matriz de ponteiros que apontam para matrizes de linhas. Por isso, usar uma variável de ponteiro separada torna-se uma maneira fácil de utilizar ponteiros para acessar os elementos de uma matriz bidimensional. A função seguinte imprimirá o conteúdo da linha especificada da matriz global inteira **num**:

```
int num[10][10];
  .
  .
  .
void pr_row(int j)
{
  int *p, t;

  p = &num[j][0]; /* obtém o endereço do primeiro
                     elemento na linha j */

  for(t=0; t<10; ++t) printf("%d ", *(p+t));
}
```

Você pode generalizar essa rotina usando como argumentos de chamada a linha, o comprimento das linhas e um ponteiro para o primeiro elemento da matriz, como mostrado aqui:

```
void pr_row(int j, int row_dimension, int *p)
{
  int t;

  p = p + (j * row_dimension);

  for(t=0; t<row_dimension; ++t)
    printf("%d ", *(p+t));
}
```

Matrizes de dimensões maiores que dois podem ser reduzidas de forma semelhante. Por exemplo, uma matriz tridimensional pode ser reduzida a um ponteiro para uma matriz bidimensional, que pode ser reduzida a um ponteiro para uma matriz unidimensional. Genericamente, um matriz *n*-dimensional pode ser reduzida a um ponteiro para uma matriz (*n*-1)-dimensional. Essa nova matriz pode ser reduzida novamente com o mesmo método. O processo termina quando uma matriz unidimensional é produzida.

Inicialização de Matriz

C permite a inicialização de matrizes no momento da declaração. A forma geral de uma inicialização de matriz é semelhante à de outras variáveis, como mostrado aqui:

especificador_de_tipo nome_da_matriz[tamanho1]...[tamanhoN] = {lista_valores};

A *lista_valores* é uma lista separada por vírgulas de constantes cujo tipo é compatível com *especificador_de_tipo*. A primeira constante é colocada na primeira posição, da matriz, a segunda, na segunda posição e assim por diante. Observe o ponto-e-vírgula que segue o }.

No exemplo seguinte, uma matriz inteira de dez elementos é inicializada com os números de 1 a 10:

```
int i[10] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
```

Isso significa que **i[0]** terá o valor 1 e **i[9]** terá o valor 10.

Matrizes de caracteres que contêm strings permitem uma inicialização abreviada que toma a forma:

char *nome_da_matriz[tamanho] = "string";*

Por exemplo, este fragmento de código inicializa **str** com a frase "Eu gosto de C".

```
char str[14] = "Eu gosto de C";
```

Isso é o mesmo que escrever

```
char str[14]= {'E','u',' ','g','o','s','t','o',' ','d','e',' '
               ,'C','\0'};
```

Como todas as strings em C terminam com um nulo, você deve ter certeza de que a matriz a ser declarada é longa o bastante para incluir o nulo. Isso explica porque **str** tem comprimento de 14 caracteres, muito embora "Eu gosto de C" tenha apenas 13. Quando você usa uma constante string, o compilador automaticamente fornece o terminador nulo.

Matrizes multidimensionais são inicializadas da mesma forma que matrizes unidimensionais. Por exemplo, o código seguinte inicializa **sqrs** com os números de 1 a 10 e seus quadrados.

```
int sqrs[10][2] = {
  1,1,
  2,4,
  3,9,
  4,16,
  5,25,
  6,36,
  7,49,
  8,64,
  9,81,
  10,100
};
```

Inicialização de Matrizes Não-Dimensionadas

Imagine que você esteja usando inicialização de matrizes para construir uma tabela de mensagens de erro, como mostrado aqui:

```
char e1[17] = "erro de leitura\n";
char e2[17] = "erro de escrita\n";
char e3[29] = "arquivo não pode ser aberto\n";
```

Como você poderia supor, é tedioso contar os caracteres em cada mensagem, manualmente, para determinar a dimensão correta da matriz. Você pode deixar C calcular automaticamente as dimensões da matriz, usando matrizes não dimensionadas. Se, em um comando de inicialização de matriz, o tamanho da matriz não é especificado, o compilador C cria uma matriz grande o bastante para conter todos os inicializadores presentes. Isso é chamado de *matriz não-dimensionada*. Usando essa abordagem, a tabela de mensagens torna-se

```
char e1[] = "Erro de leitura\n";
char e2[] = "Erro de escrita\n";
char e3[] = "Arquivo não pode ser aberto\n";
```

Dadas essas inicializações, este comando

```
printf("%s tem comprimento %d\n", e2, sizeof e2);
```

mostrará

erro de escrita tem comprimento 17

Além de ser menos tediosa, a inicialização de matrizes *não-dimensionadas* permite a você alterar qualquer mensagem sem se preocupar em usar uma matriz de dimensões incorretas.

Inicializações de matrizes não-dimensionadas não estão restritas a matrizes unidimensionais. Para matrizes multidimensionais, você deve especificar todas, exceto a dimensão mais à esquerda, para que o compilador possa indexar a matriz de forma apropriada. Desta forma, você pode construir tabelas de comprimentos variáveis e o compilador aloca automaticamente armazenamento suficiente para guardá-las. Por exemplo, a declaração de **sqrs** como uma matriz não-dimensionada é mostrada aqui:

```
int sqrs[][2] = {
  1,1,
  2,4,
  3,9,
  4,16,
  5,25,
  6,36,
  7,49,
  8,64,
  9,81,
  10,100
};
```

A vantagem dessa declaração sobre a versão que especifica o tamanho é que você pode aumentar ou diminuir a tabela sem alterar as dimensões da matriz.

Um Exemplo com o Jogo-da-Velha

O exemplo que segue ilustra muitas das maneiras pelas quais você pode manipular matrizes em C. Matrizes multidimensionais são comumente usadas para simular as matrizes de jogos de tabuleiro. Essa seção desenvolve um programa simples de jogo da velha.

O computador joga de forma simples. Quando é a vez do computador, ela usa **get_computer_move()** para varrer a matriz, procurando por uma célula desocupada. Quando encontra uma, ele põe um O nesta posição. Se ele não pode encontrar uma célula vazia, ele indica um jogo empatado e termina. A função **get_player_move()** pergunta-lhe onde você quer colocar um X. O canto esquerdo superior é a posição 1,1; o canto direito inferior é a posição 3,3.

A matriz do tabuleiro é inicializada para conter espaços. Isso torna mais fácil apresentar a matriz na tela.

Toda vez que é feito um movimento, o programa chama a função **check()**. Essa função devolve um espaço se ainda não há vencedor, um X se você ganhou ou um O se o computador ganhou. Ela varre as linhas, as colunas e, em seguida, as diagonais, procurando uma que contenha tudo X's ou tudo O's.

A função **disp_matrix()** apresenta o estado atual do jogo. Observe como a inicialização com espaços simplifica essa função.

Todas as rotinas, neste exemplo, acessam a matriz **matrix** de forma diferente. Estude-as para ter certeza de que você compreendeu cada operação com matriz.

```
/* Um exemplo de jogo-da-velha simples. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

char matrix[3][3]; /* a matriz do jogo */

char check(void);
void init_matrix(void);
void get_player_move(void);
void get_computer_move(void);
void disp_matrix(void));

void main(void)
{
  char done;

  printf("Este é o jogo-da-velha.\n");
  printf("Você estará jogando contra o computador.\n");

  done = ' ';
  init_matrix();
  do{
    disp_matrix();
    get_player_move();
    done = check();  /* verifica se há vencedor */
    if(done!=' ') break;  /* vencedor! */
    get_computer_move();
    done = check();  /* verifica se há vencedor */
  } while(done== ' ');
  if(done=='X') printf("Você ganhou!\n");
  else printf("Eu ganhei!!!!\n");
  disp_matrix();  /* mostra as posições finais */
}

/* Inicializa a matriz. */
void init_matrix(void)
{
  int i, j;

  for(i=0; i<3; i++)
   for(j=0; j<3; j++) matrix[i][j] = ' ';
}

/* Obtém a sua jogada. */
void get_player_move(void)
{
  int x, y;

  printf("Digite as coordenadas para o X: ");
  scanf("%d%d", &x, &y);

  x--; y--;

  if(matrix[x][y]!=' ') {
    printf("Posição inválida, tente novamente. \n");
    get_player_move();
  }
  else matrix[x][y] = 'X';
}

/* Obtém uma jogada do computador. */
void get_computer_move(void)
{
  int i, j;
  for(i=0; i<3; i++) {
    for(j=0; j<3; j++)
      if(matrix[i][j]==' ') break;
    if(matrix[i][j]==' ') break;
  }

  if(i*j==9) {
    printf("empate\n");
    exit(0);
  }
  else
    matrix[i][j] = 'O';
```

```
}

/* Mostra a matriz na tela. */
void disp_matrix(void)
{
  int t;

  for(t=0; t<3; t++) {
    printf(" %c ¦ %c ¦ %c ", matrix[t][0], matrix[t][1],
         matrix[t][2]);
    if(t!=2) printf("\n---¦---¦---\n");
  }
  printf("\n");
}

/* Verifica se há um vencedor. */
char check(void)
{
  int i;

  for(i=0; i<3; i++) /* verifica as linhas */
    if(matrix[i][0]==matrix[i][1] &&
       matrix[i][0]==matriz[i][2]) return matrix[i][0];

  for(i=0; i<3; i++) /* verifica as colunas */
    if(matrix[0][i]==matrix[1][i] &&
       matrix[0][i]==matrix[2][i]) return matrix[0][i];

  /* testa as diagonais */
  if(matrix[0][0]==matrix[1][1] &&
     matrix[1][1]==matriz[2][2])
        return matrix[0][0];
  if(matrix[0][2]==matrix[1][1] &&
     matrix[1][1]==matriz[2][0])
        return matrix[0][2];

  return ' ';
}
```

MAKRON Books

5

Ponteiros

O correto entendimento e uso de ponteiros é crítico para uma programação bem-sucedida em C. Há três razões para isso: primeiro, ponteiros fornecem os meios pelos quais as funções podem modificar seus argumentos; segundo, eles são usados para suportar as rotinas de alocação dinâmica de C, e terceiro, o uso de ponteiros pode aumentar a eficiência de certas rotinas.

Ponteiros são um dos aspectos mais fortes e mais perigosos de C. Por exemplo, ponteiros não-inicializados, ou *ponteiros selvagens*, podem provocar uma quebra do sistema. Talvez pior, é fácil usar ponteiros incorretamente, ocasionando erros que são muito difíceis de encontrar.

O Que São Ponteiros?

Um *ponteiro* é uma variável que contém um endereço de memória. Esse endereço é normalmente a posição de uma outra variável na memória. Se uma variável contém o endereço de uma outra, então a primeira variável é dita para *apontar* para a segunda. A Figura 5.1 ilustra essa situação.

Variáveis Ponteiros

Se uma variável irá conter um ponteiro, ela deve ser declarada como tal. Uma declaração de ponteiro consiste no tipo de base, um * e o nome da variável. A forma geral para declarar uma variável ponteiro é

*tipo *nome;*

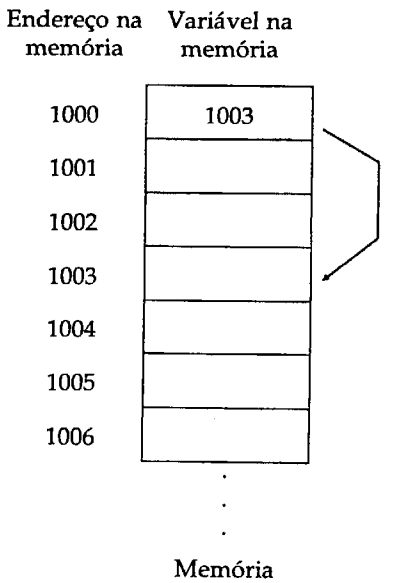


Figura 5.1 Uma variável aponta para outra.

onde *tipo* é qualquer tipo válido em C e *nome* é o nome da variável ponteiro.

O tipo base do ponteiro define que tipo de variáveis o ponteiro pode apontar. Tecnicamente, qualquer tipo de ponteiro pode apontar para qualquer lugar na memória. No entanto, toda a aritmética de ponteiros é feita por meio do tipo base, assim, é importante declarar o ponteiro corretamente. (A aritmética de ponteiros é discutida mais adiante neste capítulo.)

Os Operadores de Ponteiros

Existem dois operadores especiais para ponteiros: * e &. O & é um operador unário que devolve o endereço na memória do seu operando. (Um operador unário requer apenas um operando.) Por exemplo,

```
m = &count;
```

coloca em **m** o endereço da memória que contém a variável **count**. Esse endereço é a posição interna ao computador da variável. O endereço não tem relação alguma com o valor de **count**. O operador **&** pode ser imaginado como retornando

"o endereço de". Assim, o comando de atribuição anterior significa "**m** recebe o endereço de **count**".

Para entender melhor a atribuição anterior, assuma que a variável **count** usa a posição de memória 2000 para armazenar seu valor. Assuma também que **count** tem o valor 100. Então, após a atribuição anterior, **m** terá o valor 2000.

O segundo operador de ponteiro, *, é o complemento de &. É um operador unário que devolve o valor da variável localizada no endereço que o segue. Por exemplo, se **m** contém o endereço da variável **count**,

```
q = *m;
```

coloca o valor de **count** em **q**. Portanto, **q** terá o valor 100 porque 100 estava armazenado na posição 2000, que é o endereço que estava armazenado em **m**. O operador * pode ser imaginado como "no endereço". Nesse caso, o comando anterior significa "**q** recebe o valor que está no endereço **m**".

Alguns iniciantes em C podem confundir-se porque o sinal de multiplicação e o símbolo de "no endereço" são idênticos, como também o AND bit a bit é igual ao símbolo de "endereço de". Esses operadores não têm nenhuma relação um com o outro. Tanto & como * têm uma precedência maior do que todos os operadores aritméticos, exceto o menos unário, com o qual eles se parecem.

As variáveis ponteiros sempre devem apontar para o tipo de dado correto. Por exemplo, quando um ponteiro é declarado como sendo do tipo **int**, o ponteiro assume que qualquer endereço que ele contenha aponta para uma variável inteira. Como C permite a atribuição de qualquer endereço a uma variável ponteiro, o fragmento de código seguinte compila sem nenhuma mensagem de erro (ou apenas uma advertência, dependendo do seu compilador), mas não produz o resultado desejado:

```
void main(void)
{
  float x, y;
  int  *p;

  /* O próximo comando faz com que p (que é ponteiro
     para inteiro) aponte para um float. */
  p = &x;

   /* O próximo comando não funciona como esperado. */
  y = *p;
}
```

Isso não irá atribuir o valor de x a y. Já que p é declarado como um ponteiro para inteiros, apenas dois bytes de informação são transferidos para y, não os 8 bytes que normalmente formam um número em ponto flutuante.

Expressões com Ponteiros

Em geral, expressões envolvendo ponteiros concordam com as mesmas regras de qualquer outra expressão de C. Nesta seção uns poucos aspectos especiais de expressões com ponteiros serão examinados.

Atribuição de Ponteiros

Como é o caso com qualquer variável, um ponteiro pode ser usado no lado direito de um comando de atribuição para passar seu valor para um outro ponteiro. Por exemplo,

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int x;
  int *p1, *p2;

  p1 = &x;
  p2 = p1;

  printf("%p", p2); /* escreve o endereço de x, não seu
                       valor! */
}
```

Agora, tanto **p1** quanto **p2** apontam para **x**. O endereço de **x** é mostrado, usando o modificador de formato de **printf()** **%p**, que faz com que **printf()** apresente um endereço no formato usado pelo computador host.

Aritmética de Ponteiros

Existem apenas duas operações aritméticas que podem ser usadas com ponteiros: adição e subtração. Para entender o que ocorre na aritmética de ponteiros, consideremos **p1** um ponteiro para um inteiro com o valor atual 2000. Assuma, também, que os inteiros são de 2 bytes. Após a expressão


```
p1++;
```

p1 contém 2002, não 2001. Cada vez que **p1** é incrementado, ele aponta para o próximo inteiro. O mesmo é verdade nos decrementos. Por exemplo, assumindo que **p1** tem o valor 2000, a expressão

```
p1--;
```

faz com que **p1** receba o valor 1998.

Generalizando a partir do exemplo anterior, as regras a seguir governam a aritmética de ponteiros. Cada vez que um ponteiro é incrementado, ele aponta para a posição de memória do próximo elemento do seu tipo base. Cada vez que é decrementado, ele aponta para a posição do elemento anterior. Com ponteiros para caracteres, isso freqüentemente se parece com a aritmética "normal". Contudo, todos os outros ponteiros incrementam ou decrementam pelo tamanho do tipo de dado que eles apontam. Por exemplo, assumindo caracteres de 1 byte e inteiros de 2 bytes, quando um ponteiro para caracteres é incrementado, seu valor aumenta em um. Porém, quando um ponteiro inteiro é incrementado, seu valor aumenta em dois. Isso ocorre porque os ponteiros são incrementados e decrementados relativamente ao tamanho do tipo base de forma que ele sempre aponta para o próximo elemento. De maneira mais geral, toda a aritmética de ponteiros é feita relativamente ao tipo base do ponteiro, para que ele sempre aponte para o elemento do tipo base apropriado. A Figura 5.2 ilustra esse conceito.

Você não está limitado a apenas incremento e decremento. Você pode somar ou subtrair inteiros de ponteiros. A expressão

```
p1 = p1 + 12;
```

faz **p1** apontar para o décimo segundo elemento do tipo **p1** adiante do elemento que ele está atualmente apontando.

Além de adição e subtração entre um ponteiro e um inteiro, nenhuma outra operação aritmética pode ser efetuada com ponteiros. Especificamente, você não pode multiplicar ou dividir ponteiros; não pode aplicar os operadores de deslocamento e de mascaramento bit a bit com ponteiros; e não pode adicionar ou subtrair o tipo **float** ou o tipo **double** a ponteiros.

```
char *ch=3000;
int *i=3000;
```

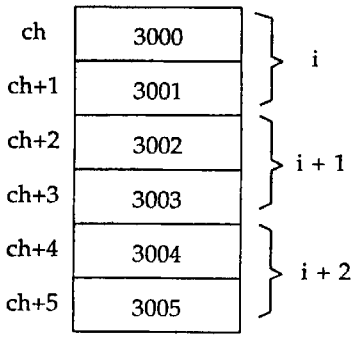


Figura 5.2 Toda aritmética de ponteiros é relativa a seu tipo base.

Comparação de Ponteiros

É possível comparar dois ponteiros em uma expressão relacional. Por exemplo, dados dois ponteiros **p** e **q**, o fragmento de código seguinte é perfeitamente válido.

```
if(p<q) printf("p aponta para uma memória mais baixa que q\n");
```

Geralmente, comparações de ponteiros são usadas quando dois ou mais ponteiros apontam para um objeto comum. Como exemplo, um par de rotinas de pilha são desenvolvidas de forma a guardar valores inteiros. Uma pilha é uma lista em que o primeiro acesso a entrar é o último a sair. É freqüentemente comparada a uma pilha de pratos em uma mesa — o primeiro prato colocado é o último a ser usado. Pilhas são freqüentemente usadas em compiladores, interpretadores, planilhas e outros softwares relacionados com o sistema. Para criar uma pilha, são necessárias duas funções: **push()** e **pop()**. A função **push()** coloca os valores na pilha e **pop()** retira-os. Essas rotinas são mostradas aqui com uma função **main()** bem simples para utilizá-las. Se você digitar **0**, um valor será retirado da pilha. Para encerrar o programa, digite **-1**.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

# define SIZE 50
```



```
void push(int i);
int pop(void);

int *tos, *p1, stack[SIZE];

void main(void)
{
  int value;

  tos = stack; /* faz tos conter o topo da pilha */
  p1 = stack; /* inicializa p1 */

  do {
    printf("Digite o valor: ");
    scanf("%d", &value);
    if(value!=0) push(value);
    else printf("valor do topo é %d\n", pop());
  } while(value!=-1);
}

void push(int i)
{
  p1++;
  if(p1==(tos+SIZE)) {
    printf("Estouro da pilha");
    exit(1);
  }
  *p1 = i;
}

pop(void)
{
  if(p1==tos) {
    printf("Estouro da pilha");
    exit(1);
  }
  p1--;
  return *(p1+1);
}
```

Você pode ver que a memória para a pilha é fornecida pela matriz **stack**. O ponteiro **p1** é ajustado para apontar para o primeiro byte em **stack**. A pilha é realmente acessada pela variável **p1**. A variável **tos** contém o endereço do topo da pilha. O valor de **tos** evita que se retirem elementos da pilha vazia. Uma vez

que a pilha tenha sido inicializada, **push()** e **pop()** podem ser usadas como uma pilha de inteiros. Tanto **push()** como **pop()** realizam um teste relacional com o ponteiro **p1** para detectar erros de limite. Em **push()**, **p1** é testado junto ao final da pilha adicionando-se **SIZE** (o tamanho da pilha) a **tos**. Em **pop()**, **p1** é verificado junto a **tos** para assegurar que não se retirem elementos da pilha vazia.

Em **pop()**, os parênteses são necessários no comando **return**. Sem eles, o comando seria

```
return *p1 +1;
```

que retornaria o valor da posição **p1** mais um, não o valor da posição **p1+1**. Você deve usar parênteses para garantir a ordem correta de avaliação quando usar ponteiros.

Ponteiros e Matrizes

Há uma estreita relação entre ponteiros e matrizes. Considere este fragmento de programa:

```
char str[80], *p1;
p1 = str;
```

Aqui, **p1** foi inicializado com o endereço do primeiro elemento da matriz **str**. Para acessar o quinto elemento em **str**, teria de ser escrito

```
str[4]
```

ou

```
*(p1+4)
```

Os dois comandos devolvem o quinto elemento. Lembre-se de que matrizes começam em 0, assim, deve-se usar 4 para indexar **str**. Também deve-se adicionar 4 ao ponteiro **p1** para acessar o quinto elemento porque **p1** aponta atualmente para o primeiro elemento de **str**. (Recorde-se que um nome de uma matriz sem um índice retorna o endereço inicial da matriz, que é o primeiro elemento.)

C fornece dois métodos para acessar elementos de matrizes: aritmética de ponteiros e indexação de matrizes. Aritmética de ponteiros pode ser mais rápida que indexação de matrizes. Já que velocidade é geralmente uma consideração em programação, programadores em C normalmente usam ponteiros para acessar elementos de matrizes.

Essas duas versões de **putstr()** — uma com indexação de matrizes e uma com ponteiros — ilustram como você pode usar ponteiros em lugar de indexação de matrizes. A função **putstr()** escreve uma string no dispositivo de saída padrão.

```
/* Indexa s como uma matriz. */
void puts(char *s)
{
  register int t;
  for(t=0; s[t]; ++t) putchar(s[t]);
}

/* Acessa s como um ponteiro. */
void putstr(char *s)
{
  while(*s) putchar(*s++);
}
```

A maioria dos programadores profissionais em C acharia a segunda versão mais fácil de ler e entender. Na realidade, a versão com ponteiros é a forma pela qual rotinas desse tipo são normalmente escritas em C.

Matrizes de Ponteiros

Ponteiros podem ser organizados em matrizes como qualquer outro tipo de dado. A declaração de uma matriz de ponteiros **int**, de tamanho 10, é

```
int *x[10];
```

Para atribuir o endereço de uma variável inteira, chamada **var**, ao terceiro elemento da matriz de ponteiros, deve-se escrever

```
x[2] = &var;
```

Para encontrar o valor de **var**, escreve-se

```
*x[2]
```

Se for necessário passar uma matriz de ponteiros para uma função, pode ser usado o mesmo método que é utilizado para passar outras matrizes — simplesmente chame a função com o nome da matriz sem qualquer índice. Por exemplo, uma função que recebe a matriz **x** se parece com isto:

```
void display_array(int *q[])
{
  int t;

  for(t=0; t<10; t++)
    printf("%d ", *q[t]);
}
```

Lembre-se de que **q** não é um ponteiro para inteiros; **q** é um ponteiro para uma matriz de ponteiros para inteiros. Portanto, é necessário declarar o parâmetro **q** como uma matriz de ponteiros para inteiros, como mostrado no código anterior. Ela não pode ser simplesmente declarada como um ponteiro para inteiros, porque não é isso o que ela é.

Matrizes de ponteiros são usadas normalmente como ponteiros para strings. Você pode criar uma função que exiba uma mensagem de erro, quando é dado seu número de código, como mostrado aqui:

```
void syntax_error(int num)
{
 static char *err[] = {
    "Arquivo não pode ser aberto\n",
    "Erro de leitura\n",
    "Erro de escrita\n",
    "Falha da mídia\n"
  };

  printf("%s", err[num]);
}
```

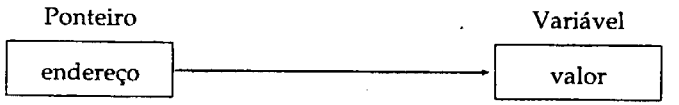
A matriz **err** contém ponteiros para cada string. Como você pode ver, **printf()** dentro de **syntax_error()** é chamada com um ponteiro de caracteres que aponta para uma das várias mensagens de erro indexadas pelo número de erro passado para a função. Por exemplo, se for passado o valor 2, a mensagem **Erro de escrita** é apresentada.

Observe que o argumento da linha de comandos **argv** é uma matriz de ponteiros a caracteres. (Veja o Capítulo 6.)

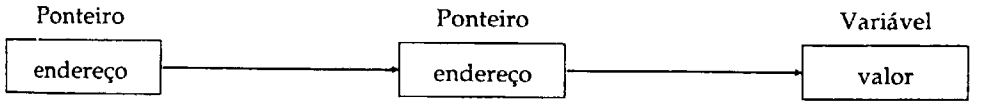
Indireção Múltipla

Você pode ter um ponteiro apontando para outro ponteiro que aponta para o valor final. Essa situação é chamada *indireção múltipla*, ou *ponteiros para ponteiros*.

Ponteiros para ponteiros podem causar confusão. A Figura 5.3 ajuda a esclarecer o conceito de indireção múltipla. Como você pode ver, o valor de um ponteiro normal é o endereço de uma variável que contém o valor desejado. No caso de um ponteiro para um ponteiro, o primeiro ponteiro contém o endereço do segundo, que aponta para a variável que contém o valor desejado.



Indireção Simples



Indireção Múltipla

Figura 5.3 Indireção simples e múltipla.

A indireção múltipla pode ser levada a qualquer dimensão desejada, mas raramente é necessário mais de um ponteiro para um ponteiro. De fato, indireção excessiva é difícil de seguir e propensa a erros conceituais. (Não confunda indireção múltipla com listas encadeadas.)

NOTA: Não confunda a múltipla indireção com estruturas de dados de alto nível, tais como listas ligadas, que utilizam ponteiros. Estes são dois conceitos fundamentalmente diferentes.

Uma variável que é um ponteiro para um ponteiro deve ser declarada como tal. Isso é feito colocando-se um * adicional na frente do nome da variável. Por exemplo, a seguinte declaração informa ao compilador que **newbalance** é um ponteiro para um ponteiro do tipo **float**:

```
float **newbalance;
```

É importante entender que **newbalance** não é um ponteiro para um número em ponto flutuante, mas um ponteiro para um ponteiro **float**.

Para acessar o valor final apontado indiretamente por um ponteiro a um ponteiro, você deve utilizar o operador asterisco duas vezes, como neste exemplo:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int x, *p, **q;

  x = 10;
  p = &x;
  q = &p;

  printf("%d", **q); /* imprime o valor de x */
}
```

Aqui, **p** é declarado como um ponteiro para um inteiro e **q**, como um ponteiro para um ponteiro para um inteiro. A chamada a **printf()** imprime **10** na tela.

Inicialização de Ponteiros

Após um ponteiro ser declarado, mas antes que lhe seja atribuído um valor, ele contém um valor desconhecido. Se você tentar usar um ponteiro antes de lhe dar um valor, provavelmente quebrará não apenas seu programa como também o sistema operacional de seu computador — um tipo de erro muito desagradável!

Há uma importante convenção que a maioria dos programadores de C segue quando trabalha com ponteiros: um ponteiro que atualmente não aponta para um local de memória válido recebe o valor nulo (que é zero). Por convenção, qualquer ponteiro que é nulo implica que ele não aponta para nada e não deve ser usado. Porém, apenas o fato de um ponteiro ter um valor nulo não o torna "seguro". Se você usar um ponteiro nulo no lado esquerdo de um comando de atribuição, ainda correrá o risco de quebrar seu programa ou o sistema operacional.

Como um ponteiro nulo é assumido como sendo não usado, você pode utilizar o ponteiro nulo para tornar fáceis de codificar e mais eficientes muitas rotinas. Por exemplo, você poderia usar um ponteiro nulo para marcar o final de uma matriz de ponteiros. Uma rotina que acessa essa matriz sabe que chegará ao final ao encontrar o valor nulo. A função **search()**, mostrada aqui, ilustra esse tipo de abordagem.


```
/* procura um nome */
search(char *p[], char *name)
{
  register int t;

  for(t=0; p[t]; ++t)
    if(!strcmp(p[t], name)) return t;

    return -1; /* não encontrado */
}
```

O laço **for** dentro de **search()** é executado até que seja encontrada uma coincidência ou um ponteiro nulo. Como o final da matriz é marcado com um ponteiro nulo, a condição de controle do laço falha quando ele é atingido.

É uma prática comum entre programadores em C inicializar strings. Você viu um exemplo disso na função **syntax_error()**, na seção "Matrizes de Ponteiros". Uma outra variação no tema de inicialização é o seguinte tipo de declaração de string:

```
char *p = "alo mundo";
```

Como você pode observar, o ponteiro **p** não é uma matriz. A razão pela qual esse tipo de inicialização funciona deve-se à maneira como o compilador opera. Todo compilador C cria o que é chamada de *tabela de string*, que é usada internamente pelo compilador para armazenar as constantes string usadas pelo programa. Assim, o comando de declaração anterior coloca o endereço de **"alo mundo"**, armazenado na tabela de strings no ponteiro **p**. **p** pode ser usado por todo o programa como qualquer outra string. Por exemplo, o programa que segue é perfeitamente válido:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

char *p = "alo mundo";

void main(void)
{
  register int t;

  /* imprime o conteúdo da string de trás para frente */
  printf(p);
  for(t=strlen(p)-1; t>-1; t--) printf("%c", p[t]);
}
```

Ponteiros para Funções

Um recurso confuso, mas poderoso de C, é o *ponteiro para função*. Muito embora uma função não seja uma variável, ela tem uma posição física na memória que pode ser atribuída a um ponteiro. O endereço de uma função é o ponto de entrada da função. Portanto, um ponteiro de função pode ser usado para chamar uma função.

Para entender como funcionam os ponteiros de funções, você deve conhecer um pouco como uma função é compilada e chamada em C. Primeiro, quando cada função é compilada, o código-fonte é transformado em código-objeto e um ponto de entrada é estabelecido. Quando é feita uma chamada à função, enquanto seu programa está sendo executado, é efetuada uma chamada em linguagem de máquina para esse ponto de entrada. Portanto, se um ponteiro contém o endereço do ponto de entrada de uma função, ele pode ser usado para chamar essa função.

O endereço de uma função é obtido usando o nome da função sem parênteses ou argumentos. (Isso é semelhante à maneira como o endereço de uma matriz é obtido quando apenas o nome da matriz, sem índices, é usado.) Para ver como isso é feito, estude o programa seguinte, prestando bastante atenção às declarações:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void check(char *a, char *b,
           int (*cmp) (const char *, const char *));

void main(void)
{
  char s1[80], s2[80];
  int (*p)();

  p = strcmp;

  gets(s1);
  gets(s2);

  check(s1, s2, p);
}

void check(char *a, char *b,
           int (*cmp) (const char *, const char *))
{
```



```
  printf("testando igualdade\n");
  if(!(*cmp)(a, b)) printf("igual");
  else printf("diferente");
}
```

Quando a função **check()** é chamada, dois ponteiros de caractere e um ponteiro para função são passados como parâmetros. Dentro da função **check()**, os argumentos são declarados como ponteiros de caractere e um ponteiro para função. Note como o ponteiro para função é declarado. Você deve usar uma forma semelhante para declarar outros ponteiros para funções, embora o tipo de retorno possa ser diferente. Os parênteses ao redor de ***cmp** são necessários para que o compilador interprete o comando corretamente.

Dentro de **check()**, o comando

```
(*cmp)(a, b)
```

chama **strcmp()**, que é apontado por **cmp** com os argumentos **a** e **b**. Novamente, os parênteses ao redor de ***cmp** são necessários. Esse exemplo também ilustra o método geral a se usar com um ponteiro para função para chamar a função que ele aponta.

Observe que você pode chamar **check()** usando **strcmp()** diretamente, como mostrado aqui:

```
check(s1, s2, strcmp);
```

Isso elimina a necessidade de um ponteiro adicional.

Você pode estar-se perguntando por que alguém escreveria um programa dessa forma. Obviamente, nesse exemplo, nada é obtido e bastante confusão é introduzida. Porém, há momentos em que é vantajoso passar funções arbitrárias para procedimentos ou manter uma matriz de funções. Por exemplo, quando um compilador é escrito, o analisador (*parser*, a parte que avalia expressões) geralmente faz chamadas a funções para várias rotinas de suporte — por exemplo, as funções seno, co-seno e tangente. Em vez de ter um grande comando **switch** com todas essas funções listadas, uma matriz de ponteiros para funções pode ser usada com a função apropriada sendo selecionada pelo seu índice. Você pode sentir a essência desse tipo de uso estudando uma versão expandida do exemplo anterior. Nesse programa, **check()** pode testar igualdade numérica ou alfabética simplesmente chamando-a com uma função de comparação diferente.

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include "string.h"

void check(char *a, char *b,
           int (*cmp)  (const char *, const char*));
int numcmp(const char *a, const char *b);

void main(void)
{
  char s1[80], s2[80];

  gets(s1);
  gets(s2);

  if(isalpha(*s1))
        check(s1, s2, strcmp);
  else
        check(s1, s2, numcmp);
}

void check(char *a, char *b,
           int (*cmp)  (const char *, const char*))
{
  printf("testando igualdade\n");
  if(!(*cmp)(a, b)) printf("igual");
  else printf("diferente");
}

numcmp(const char *a, const char *b)
{
  if(atoi(a)==atoi(b)) return 0;
  else return 1;
}
```

As Funções de Alocação Dinâmica em C

Ponteiros fornecem o suporte necessário para o poderoso sistema de alocação dinâmica de C. *Alocação dinâmica* é o meio pelo qual um programa pode obter memória enquanto está em execução. Como você sabe, variáveis globais têm o armazenamento alocado em tempo de compilação. Variáveis locais usam a pilha.

No entanto, nem variáveis globais nem locais podem ser acrescentadas durante o tempo de execução. Porém, haverá momentos em que um programa precisará usar quantidades de armazenamento variáveis. Por exemplo, um processador de texto ou um banco de dados aproveita toda a RAM de um sistema. Porém, como a quantidade de RAM varia entre computadores esses programas não poderão usar variáveis normais. Em vez disso, esses e outros programas alocam memória, conforme necessário, usando as funções do sistema de alocação dinâmica de C.

A memória alocada pelas funções de alocação dinâmica de C é obtida do *heap* — a região de memória livre que está entre seu programa e a área de armazenamento permanente e a pilha. Embora o tamanho do heap seja desconhecido, ele geralmente contém uma quantidade razoavelmente grande de memória livre.

O coração do sistema de alocação dinâmica de C consiste nas funções **malloc()** e **free()**. (Na verdade, C tem diversas outras funções de alocação dinâmica, mas essas duas são as mais importantes.) Essas funções operam em conjunto, usando a região de memória livre para estabelecer e manter uma lista de armazenamento disponível. A função **malloc()** aloca memória e **free()** a libera. Isto é, cada vez que é feita uma solicitação de memória por **malloc()**, uma porção da memória livre restante é alocada. Cada vez que é efetuada uma chamada a **free()** para liberação de memória, a memória é devolvida ao sistema. Qualquer programa que use essas funções deve incluir o cabeçalho **STDLIB.H**.

A função **malloc()** tem este protótipo:

void *malloc(size_t *número_de_bytes*);

Aqui, *número_de_bytes* é o número de bytes de memória que você quer alocar. (O tipo size_t é definido em **STDLIB.H** como — mais ou menos — um inteiro sem sinal.) A função **malloc()** devolve um ponteiro do tipo **void**, o que significa que você pode atribuí-lo a qualquer tipo de ponteiro. Após uma chamada bem-sucedida, **malloc()** devolve um ponteiro para o primeiro byte da região de memória alocada do heap. Se não há memória disponível para satisfazer a requisição de **malloc()**, ocorre uma falha de alocação e **malloc()** devolve um nulo.

O fragmento de código mostrado aqui aloca 1000 bytes de memória.

```
char *p;
p = malloc(1000); /* obtém 1000 bytes */
```

Após a atribuição, p aponta para o primeiro dos 1000 bytes de memória livre.

O próximo exemplo aloca espaço para 50 inteiros. Observe o uso de **sizeof** para assegurar portabilidade.

```
int *p;
p = malloc(50*sizeof(int));
```

Como o heap não é infinito, sempre que alocar memória, você deve testar o valor devolvido por **malloc()**, antes de usar o ponteiro, para estar certo de que não é nulo. Usar um ponteiro nulo quase certamente travará o computador. A maneira adequada de alocar memória é ilustrada neste fragmento de código:

```
if(!(p=malloc(100)) {
  printf("sem memória.\n");
  exit(1);
}
```

Obviamente, você pode substituir algum outro tipo de manipulador de erro em lugar do **exit()**. Apenas tenha certeza de não usar o ponteiro **p** se ele for nulo.

A função **free()** é o oposto de **malloc()**, visto que ela devolve memória previamente alocada ao sistema. Uma vez que a memória tenha sido liberada, ela pode ser reutilizada por uma chamada subseqüente a **malloc()**. A função **free()** tem este protótipo:

void free(void *p);

Aqui, *p* é um ponteiro para memória alocada anteriormente por **malloc()**. É muito importante que você *nunca* use **free()** com um argumento inválido; isso destruiria a lista de memória livre.

O subsistema de alocação dinâmica de C é usado em conjunção com ponteiros para suportar uma variedade de construções de programação importantes, como listas encadeadas e árvores binárias. Você verá diversos exemplos disso na Parte 3. Um outro uso importante de alocação dinâmica é a matriz dinâmica, discutida a seguir.

Matrizes Dinamicamente Alocadas

Algumas vezes você terá de alocar memória, usando **malloc()**, mas operar na memória como se ela fosse uma matriz, usando indexação de matrizes. Em essência, você pode querer criar uma *matriz dinamicamente alocada*. Como qualquer ponteiro pode ser indexado como se fosse uma matriz unidimensional, isso não representa nenhum problema. Por exemplo, o programa seguinte mostra como você pode usar uma matriz alocada dinamicamente:

```
/* Aloca espaço para uma string dinamicamente, solicita
   a entrada do usuário e, em seguida, imprime a string de
   trás para frente. */

#include <stdlib.h>
```



```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void main(void)
{
  char *s;
  register int t;

  s = malloc(80);

  if(!s) {
    printf("Falha na solicitação de memória.\n");
    exit(1);
  }

  gets(s);
  for(t=strlen(s)-1; t>=0; t--) putchar(s[t]);
  free(s);
}
```

Como o programa mostra, antes de seu primeiro uso, **s** é testado para assegurar que a solicitação de alocação foi bem-sucedida e um ponteiro válido foi devolvido por **malloc()**. Isso é absolutamente necessário para evitar o uso acidental de um ponteiro nulo, que, como exposto anteriormente, quase certamente provocaria um problema. Observe como o ponteiro **s** é usado na chamada a **gets()** e, em seguida, indexado como uma matriz para imprimir a string de trás para frente.

Acessar memória alocada como se fosse uma matriz unidimensional é simples. No entanto, matrizes dinâmicas multidimensionais levantam alguns problemas. Como as dimensões da matriz não foram definidas no programa, você não pode indexar diretamente um ponteiro como se ele fosse uma matriz multidimensional. Para conseguir uma matriz alocada dinamicamente, você deve usar este truque: passar o ponteiro como um parâmetro a uma função. Dessa forma, a função pode definir as dimensões do parâmetro que recebe o ponteiro, permitindo, assim, a indexação normal de matriz. Para ver como isso funciona, estude o exemplo seguinte, que constrói uma tabela dos números de 1 a 10 elevados a primeira, à segunda, à terceira e à quarta potências:

```
/* Apresenta as potências dos números de 1 a 10.
   Nota: muito embora esse programa esteja correto,
   alguns compiladores apresentarão uma mensagem de
   advertência com relação aos argumentos para as funções
   table() e show(). Se isso acontecer, ignore. */
```

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int pwr(int a, int b);
void table(int p[4][10]);
void show(int p[4][10]);

void main(void)
{
  int *p;

  p = malloc(40*sizeof(int));

  if(!p) {
    printf("Falha na solicitação de memória.\n");
    exit(1);
  }

  /* aqui, p é simplesmente um ponteiro */
  table(p);
  show(p);
}

/* Constrói a tabela de potências. */
void table(int p[4][10]) /* Agora o compilador tem uma matriz
                            para trabalhar. */
{
  register int i, j;

  for(j=1; j<11; j++)
    for(i=1; i<5; i++) p[i-1][j-1] = pwr(j, i);
}

/* Exibe a tabela de potências inteiras. */
void show(int p[4][10]) /* Agora o compilador tem uma matriz
                           para trabalhar. */
{
  register int i, j;

  printf("%10s %10s %10s %10s\n",
         "N", "N^2", "N^3", "N^4");
  for(j=1; j<11; j++) {
    for(i=1; i<5; i++) printf("%10d ", p[i-1][j-1]);
    printf("\n");
  }
```



```
}

/* Eleva um inteiro a uma potência especificada. */
pwr(int a, int b)
{
  register int t=1;

  for(; b: b--) t = t*a;
  return t;
}
```

A saída produzida por esse programa é mostrada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 A saída do programa de potências.

N	N^2	N^3	N^4
1	1	1	1
2	4	8	16
3	9	27	81
4	16	64	256
5	25	125	625
6	36	216	1296
7	49	343	2401
8	64	512	4096
9	81	729	6561
10	100	1000	10000

Como o programa anterior ilustra, ao definir um parâmetro de função com as dimensões da matriz desejada, você pode enganar o compilador C para manipular matrizes dinâmicas multidimensionais. De fato, no que diz respeito ao compilador C, você tem uma matriz 4,10 dentro das funções **show()** e **table()**. A diferença é que o armazenamento para a matriz é alocado manualmente usando o comando **malloc()**, em lugar de usar o comando normal de declaração de matriz. Além disso, note o uso de **sizeof** para calcular o número de bytes necessários a uma matriz inteira de 4,10. Isso garante a portabilidade desse programa para computadores com inteiros de tamanhos diferentes.

Problemas com Ponteiros

Nada pode trazer mais problemas do que um ponteiro selvagem! Ponteiros são uma bênção que pode trazer problemas. Eles lhe dão uma capacidade formidável

e são necessários em muitos programas. Ao mesmo tempo, quando um ponteiro acidentalmente contém um valor errado, ele pode ser o erro mais difícil de descobrir.

Um erro com um ponteiro irregular é difícil de encontrar, porque o ponteiro não é realmente o problema. O problema é que, toda vez que você realiza uma operação usando o ponteiro, está lendo ou escrevendo em alguma parte desconhecida da memória. Se você ler essa porção, o pior que pode acontecer será obter lixo. Contudo, se você escrever nela, estará escrevendo sobre outras partes do seu código ou dados. Isso pode não aparecer até mais adiante na execução do seu programa e levá-lo a procurar o erro no lugar errado. Pode haver pouca ou nenhuma evidência a sugerir que o ponteiro seja o problema. Esse tipo de erro leva programadores a perder horas de sono. Como os erros de ponteiros são verdadeiros pesadelos, faça o possível para nunca gerar um. Para ajudar você a evitá-los, alguns dos erros mais comuns são discutidos aqui. O exemplo clássico de um erro com ponteiro é o *ponteiro não inicializado*. Considere este programa.

```
/*Este programa está errado. */
void main(void)
{
  int x, *p;

  x = 10;
  *p = x;
}
```

Ele atribui o valor 10 a alguma posição de memória desconhecida. O ponteiro **p** nunca recebeu um valor; portanto, ele contém lixo. Esse tipo de problema sempre passa despercebido, quando seu programa é pequeno, porque as probabilidades estão a favor de que **p** contenha um endereço "seguro" — um endereço que não esteja em seu código, área de dados ou sistema operacional. Contudo, quando seu programa cresce, a probabilidade de **p** apontar para algo vital aumenta. Por fim, seu programa pára de funcionar. A solução é sempre ter certeza de que um ponteiro está apontando para algo válido antes de usá-lo.

Um segundo erro comum é provocado por um simples equívoco sobre como usar um ponteiro. Considere o seguinte:

```
/* Este programa está errado. */
#include <stdio.h>

void main(void) /*
{
  int x, *p;
```



```
  x = 10;
  p = x;

  printf("%d", *p);
}
```

A chamada a **printf()** não imprime o valor de **x**, que é 10, na tela. Imprime algum valor desconhecido porque a atribuição

```
p = x;
```

está errada. Esse comando atribui o valor 10 ao ponteiro **p**, que se supõe conter um endereço, não um valor. Para corrigir o programá, escreva

```
p = &x;
```

Um outro erro, que às vezes ocorre, é provocado pela suposição incorreta sobre a localização das variáveis na memória. Você nunca pode saber onde seus dados serão colocados na memória, se eles serão colocados da mesma forma novamente ou se cada compilador irá tratá-los da mesma forma. Por essas razões, fazer comparação entre ponteiros que não apontam para um objeto comum produz resultados inesperados. Por exemplo,

```
char s[80], y[80];
char *p1, *p2;

p1 = s;
p2 = y;
if(p1 < p2) . . .
```

é geralmente um conceito inválido. (Em situações muito raras, você poderia usar algo semelhante para determinar a posição relativa de duas variáveis.)

Um erro semelhante resulta da suposição de que duas matrizes adjacentes podem ser indexadas como uma única simplesmente incrementando um ponteiro através dos limites da matriz. Por exemplo,

```
int first[10], second[10];
int *p, t;

p = first;
for(t=0; t<20; ++t) *p++ = t;
```

Essa não é uma boa forma de inicializar as matrizes **first** e **second** com os números de 0 a 19. Embora possa funcionar em alguns compiladores, sob certas circunstâncias, está-se assumindo que as duas matrizes serão colocadas uma após a outra com **first** primeiro. Isso pode não ser sempre o caso.

O próximo programa ilustra um tipo de erro muito perigoso. Veja se você é capaz de encontrá-lo.

```
/* Esse programa tem um erro. */
#include <string.h>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  char *p1;
  char s[80];

  p1 = s;
  do {
    gets(s); /* lê uma string */

    /* imprime o equivalente decimal de cada caractere */
    while(*p1) printf(" %d", *p1++);

  } while (strcmp(s, "done"));
}
```

Esse programa usa **p1** para imprimir os valores ASCII associados a cada caractere contido em **s**. O problema é que o endereço de **s** é atribuído a **p1** apenas uma vez. Na primeira iteração do laço, **p1** aponta para o primeiro caractere em **s**. Porém, na segunda iteração, ele continua de onde foi deixado, porque ele não é reinicializado para o começo de **s**. O próximo caractere pode ser parte de uma outra string, uma outra variável ou um pedaço do programa. A maneira apropriada de escrever esse programa é

```
/* Esse programa está correto. */
#include <string.h>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  char *p1;
  char s[80];
```



```
  do {
    p1 = s;
    gets(s); /* lê uma string */
    /* imprime o equivalente decimal de cada caractere */
    while(*p1) printf(" %d", *p1++);

  } while (strcmp(s, "done"));
}
```

Aqui, cada vez que o laço repete, **p1** é ajustado para o início da string. Em geral, você deve lembrar-se de reinicializar um ponteiro se ele for reutilizado.

O fato de manipular ponteiros incorretamente e poder provocar erros traiçoeiros não é razão para não usá-los. Apenas seja cuidadoso e assegure-se de que você sabe para onde cada ponteiro está apontando antes de usá-lo.

MAKRON Books

6

Funções

Funções são os blocos de construção de C e o local onde toda a atividade do programa ocorre. Elas são uma das características mais importantes de C.

A Forma Geral de uma Função

A forma geral de uma função é

especificador_de_tipo nome_da_função(lista de parâmetros)
{
corpo da função
}

O *especificador_de_tipo* especifica o tipo de valor que o comando **return** da função devolve, podendo ser qualquer tipo válido. Se nenhum tipo é especificado, o compilador assume que a função devolve um resultado inteiro. A *lista de parâmetros* é uma lista de nomes de variáveis separados por vírgulas e seus tipos associados que recebem os valores dos argumentos quando a função é chamada. Uma função pode não ter parâmetros, neste caso a lista de parâmetros é vazia. No entanto, mesmo que não existam parâmetros, os parênteses ainda são necessários.

Nas declarações de variáveis, você pode declarar muitas variáveis como sendo de um tipo comum, usando uma lista de nomes de variáveis separados por vírgulas. Em contraposição, todos os parâmetros de função devem incluir o tipo e o nome da variável. Isto é, a lista de declaração de parâmetros para uma função tem esta forma geral:

f(tipo nomevar1, tipo nomevar2, ..., tipo nomevarN)

Regras de Escopo de Funções

As *regras de escopo* de uma linguagem são as regras que governam se uma porção de código conhece ou tem acesso a outra porção de código ou dados.

Em C, cada função é um bloco discreto de código. Um código de uma função é privativo àquela função e não pode ser acessado por nenhum comando em uma outra função, exceto por meio de uma chamada à função. (Por exemplo, você não pode usar **goto** para saltar para o meio de outra função.) O código que constitui o corpo de uma função é escondido do resto do programa e, a menos que use variáveis ou dados globais, não pode afetar ou ser afetado por outras partes do programa. Colocado de outra maneira, o código e os dados que são definidos internamente a uma função não podem interagir com o código ou dados definidos em outra função porque as duas funções têm escopos diferentes.

Variáveis que são definidas internamente a uma função são chamadas variáveis locais. Uma variável local vem a existir quando ocorre a entrada da função e ela é destruída ao sair. Ou seja, variáveis locais não podem manter seus valores entre chamadas a funções. A única exceção ocorre quando a variável é declarada com o especificador de tipo de armazenamento **static**. Isso faz com que o compilador trate a variável como se ela fosse uma variável global para fins de armazenamento, mas ainda limita seu escopo para dentro da função. (O Capítulo 2 aborda variáveis globais e locais em profundidade.)

Em C, todas as funções estão no mesmo nível de escopo. Isto é, não é possível definir uma função internamente a uma função. Esta é a razão de C não ser tecnicamente uma linguagem estruturada em blocos.

Argumentos de Funções

Se uma função usa argumentos, ela deve declarar variáveis que aceitem os valores dos argumentos. Essas variáveis são chamadas de *parâmetros formais* da função. Elas se comportam como quaisquer outras variáveis locais dentro da função e são criadas na entrada e destruídas na saída. Como mostra a função seguinte, a declaração de parâmetros ocorre após o nome da função:

```
/* Devolve 1 se c é parte da string s; 0 caso contrário. */
is_in(char *s, char c)
{
  while(*s)
    if(*s==c) return 1;
```

```
    else s++;
  return 0;
}
```

A função **is_in()** tem dois parâmetros: **s** e **c**. Essa função devolve 1 se o caractere **c** faz parte da string **s**; caso contrário, ela devolve 0.

Você deve assegurar-se de que os argumentos usados para chamar a função sejam compatíveis com o tipo de seus parâmetros. Se os tipos são incompatíveis, o compilador não gera uma mensagem de erro, mas ocorrem resultados inesperados. Ao contrário de muitas outras linguagens, C é robusta e geralmente faz alguma coisa com qualquer programa sintaticamente correto, mesmo que o programa contenha incompatibilidades de tipos questionáveis. Por exemplo, se uma função espera um ponteiro mas é chamada com um valor, podem ocorrer resultados inesperados. O uso de protótipos de funções (discutidos em breve) pode ajudar a achar esses tipos de erro.

Como no caso com variáveis locais, você pode fazer atribuições a parâmetros formais ou usá-los em qualquer expressão C permitida. Embora essas variáveis realizem a tarefa especial de receber o valor dos argumentos passados para a função, você pode usá-las como qualquer outra variável local.

Chamada por Valor, Chamada por Referência

Em geral, podem ser passados argumentos para sub-rotinas de duas maneiras. A primeira é *chamada por valor*. Esse método copia o valor de um argumento no parâmetro formal da sub-rotina. Assim, alterações feitas nos parâmetros da sub-rotina não têm nenhum efeito nas variáveis usadas para chamá-la.

Chamada por referência é a segunda maneira de passar argumentos para uma sub-rotina. Nesse método, o endereço de um argumento é copiado no parâmetro. Dentro da sub-rotina, o endereço é usado para acessar o argumento real utilizado na chamada. Isso significa que alterações feitas no parâmetro afetam a variável usada para chamar a rotina.

Com poucas exceções, C usa chamada por valor para passar argumentos. Em geral, isso significa que você não pode alterar as variáveis usadas para chamar a função. (Você aprenderá, mais tarde, neste capítulo, como forçar uma chamada por referência, utilizando um ponteiro para permitir alterações na variável usada na chamada.) Considere o programa seguinte:

```
#include <stdio.h>

int sqr(int x);
```



```
void main(void)
{
  int t=10;

  printf("%d %d", sqr(t), t);
}

sqr(int x)
{
  x = x*x;
  return(x);
}
```

Neste exemplo, o valor do argumento para **sqr()**, 10, é copiado no parâmetro **x**. Quando a atribuição **x = x*x** ocorre, apenas a variável local **x** é modificada. A variável **t**, usada para chamar **sqr()**, ainda tem o valor 10. Assim, a saída é **100 10**.

Lembre-se de que é uma cópia do valor do argumento que é passada para a função. O que ocorre dentro da função não tem efeito algum sobre a variável usada na chamada.

Criando uma Chamada por Referência

Muito embora a convenção de C de passagem de parâmetros seja por valor, você pode criar uma chamada por referência passando um ponteiro para o argumento. Como isso faz com que o endereço do argumento seja passado para a função, você pode, então, alterar o valor do argumento fora da função.

Ponteiros são passados para as funções como qualquer outra variável. Obviamente, é necessário declarar os parâmetros como do tipo ponteiro. Por exemplo, a função **swap()**, que troca os valores dos seus dois argumentos inteiros, mostra como.

```
void swap(int *x, int *y)
{
  int temp;

  temp = *x; /* salva o valor no endereço x */
  *x = *y; /* põe y em x */
  *y = temp; /* põe x em y */
}
```

swap() é capaz de trocar os valores das duas variáveis apontadas por x e y porque são passados seus endereços (e não seus valores). Daí que, dentro da função, o conteúdo das variáveis pode ser acessado usando as operações padrão de ponteiro. Portanto, o conteúdo das variáveis usadas para chamar a função é trocado.

Lembre-se de que **swap()** (ou qualquer outra função que usa parâmetros de ponteiros) deve ser chamada com o endereço dos argumentos. O programa seguinte mostra a maneira correta de chamar **swap()**:

```
void swap(int *x, int *y);

void main(void)
{
  int i, j;

  i = 10;
  j = 20;

  swap(&i, &j); /* passa os endereços de i e j */
}
```

Neste exemplo, é atribuído 10 à variável **i** e 20 à variável **j**. Em seguida, **swap()** é chamada com os endereços de **i** e **j**. (O operador unário & é usado para produzir o endereço das variáveis.) Assim, os endereços de **i** e **j**, não seus valores, são passados para a função **swap()**.

Chamando Funções com Matrizes

Matrizes são examinadas em detalhes no Capítulo 4. No entanto, esta seção discute a operação de passagem de matrizes, como argumentos, para funções, porque é uma exceção à convenção de passagem de parâmetros com chamada por valor.

Quando uma matriz é usada como um argumento para uma função, apenas o endereço da matriz é passado, não uma cópia da matriz inteira. Quando você chama uma função com um nome de matriz, um ponteiro para o primeiro elemento na matriz é passado para a função. (Não se esqueça: em C, um nome de matriz sem qualquer índice é um ponteiro para o primeiro elemento na matriz.) Isso significa que a declaração de parâmetros deve ser de um tipo de ponteiro compatível. Existem três maneiras de declarar um parâmetro que receberá um ponteiro para matriz. Primeiro, ele pode ser declarado como uma matriz, conforme mostrado aqui:


```
/* Imprime alguns números. */
#include <stdio.h>

void display(int num[10]);

void main(void)
{
  int t[10], i;

  for(i=0; i<10; ++i) t[i]=i;
  display(t);
}

void display(int num[10])
{
  int i;

  for(i=0; i<10; i++) printf("%d ", num[i]);
}
```

Muito embora o parâmetro **num** seja declarado como uma matriz de inteiros com dez elementos, o compilador C converte-o automaticamente para um ponteiro de inteiros. Isso é necessário porque nenhum parâmetro pode realmente receber uma matriz inteira. Assim, como apenas um ponteiro para matriz é passado, um parâmetro de ponteiro deve estar lá para recebê-lo.

A segunda forma de declarar um parâmetro de matriz é especificá-lo como uma matriz sem dimensão, conforme mostrado aqui:

```
void display(int num[])
{
  int i;

  for(i=0; i<10; i++) printf("%d ", num[i]);
}
```

Neste caso, **num** é declarado como uma matriz de inteiros de tamanho desconhecido. Como C não fornece nenhuma verificação de limites em matrizes, o tamanho real da matriz é irrelevante para o parâmetro (mas não para o programa, é claro). Esse método de declaração realmente define **num** como um ponteiro de inteiros.

A última forma em que **num** pode ser declarado — a mais comum em programas escritos profissionalmente em C — é como um ponteiro, conforme mostrado a seguir:

```
void display(int *num)
{
  int i;

  for(i=0; i<10; i++) printf("%d ", num[i]);
}
```

Isso é permitido porque qualquer ponteiro pode ser indexado usando [], como se fosse uma matriz. (Na verdade, matrizes e ponteiros estão intimamente ligados.)

Por outro lado, um elemento de uma matriz pode ser usado como um argumento igual a qualquer outra variável simples. Por exemplo, o programa anterior poderia ser escrito sem passar toda a matriz:

```
/* Imprime alguns números. */
#include <stdio.h>

void display(int num);

void main(void)
{
  int t[10], i;

  for(i=0; i<10; ++i) t[i]=i;
  for(i=0; i<10; i++) display(t[i]);
}

void display(int num)
{
  printf("%d", num);
}
```

Como você pode ver, o parâmetro para **display()** é do tipo **int**. Não é relevante que **display()** seja chamada usando um elemento de matriz, pois apenas um valor da matriz é usado.

É importante entender que, quando uma matriz é usada como um argumento para uma função, seu endereço é passado para a função. Isso é uma exceção à convenção de C no que diz respeito a passar parâmetros. Nesse caso,

o código dentro da função está operando com, e potencialmente alterando, o conteúdo real da matriz usada para chamar a função. Por exemplo, considere a função **print_upper()**, que imprime seu argumento string em maiúsculas:

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

void print_upper(char *string);

void main(void)
{
  char s[80];

  gets(s);
  print_upper(s);
}

/* Imprime uma string em maiúsculas. */
void print_upper(char *string)
{
  register int t;

  for(t=0; string[t]; ++t) {
    string[t] = toupper(string[t]);
    putchar(string[t]);
  }
}
```

Após a chamada a **print_upper()**, o conteúdo da matriz **s** em **main()** estará alterado para maiúsculas. Se não é isso o que você quer, o programa poderia ser escrito dessa forma:

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

void print_upper(char *string);

void main(void)
{
  char s[80];

  gets(s);
  print_upper(s);
}
```

```
void print_upper(char *string)
{
  register int t;

  for(t=0; string[t]; ++t)
    putchar(toupper(string[t]));
}
```

Nesta versão, o conteúdo da matriz **s** permanece inalterado, porque seus valores não são modificados.

A função **gets()** da biblioteca padrão é um exemplo clássico de passagem de matrizes para funções. A função **gets()** da biblioteca padrão é mais sofisticada e complexa. Porém, a função mais simples **xgets()**, dada a seguir, dá uma idéia de como ela funciona.

```
/* Uma versão muito simples da função gets()
   da biblioteca padrão */
char *xgets(char *s)
{
  char ch, *p;
  int t;

  p = s; /* gets () devolve um ponteiro para s */
  for(t=0; t<80; ++t) {
    ch = getchar();

    switch(ch) {
      case '\n':
        s[t] = '\0'; /* termina a string */

        return p;
      case '\b':
        if(t>0) t--;
        break;
      default:
        s[t] = ch;
    }
  }
  s[80] = '\0';
  return p;
}
```


A função **xgets()** deve ser chamada com um ponteiro para caractere, que pode ser uma variável declarada como um ponteiro para caractere ou o nome de uma matriz de caracteres, que, por definição, é um ponteiro de caractere. Na entrada, **xgets()** estabelece um laço **for** de 0 a 80. Isso evita que strings maiores sejam inseridas pelo teclado. Se mais de 80 caracteres forem inseridos, a função retorna. (A função **gets()** real não tem essa restrição.) Como C não tem verificação interna de limites, você deve assegurar-se de que qualquer variável utilizada para chamar **xgets()** pode aceitar pelo menos 80 caracteres. Ao digitar caracteres no teclado, eles são colocados na string. Se você pressionar a tecla de retrocesso, o contador **t** é reduzido em 1. Quando você pressiona **ENTER**, um caractere nulo é colocado no final da string, sinalizando sua terminação. Como a matriz usada para chamar **xgets()** é modificada, ao retornar ela contém os caracteres digitados.

argc e argv — Argumentos para main()

Algumas vezes é útil passar informações para um programa quando o executamos. Geralmente, você passa informações para a função **main()** via argumentos da linha de comando. Um *argumento da linha de comando* é a informação que segue o nome do programa na linha de comando do sistema operacional. Por exemplo, quando compila programas em C, você digita algo após aviso de comando na tela semelhante a:

cc *nome_programa*

onde *nome_programa* é o programa que você deseja compilar. O nome do programa é passado para o compilador C como um argumento.

Há dois argumentos internos especiais, **argc** e **argv**, que são usados para receber os argumentos da linha de comando. O parâmetro **argc** contém o número de argumentos da linha de comando e é um inteiro. Ele é sempre pelo menos 1 porque o nome do programa é qualificado como primeiro argumento. O parâmetro **argv** é um ponteiro para uma matriz de ponteiros para caractere. Cada elemento nessa matriz aponta para um argumento da linha de comando. Todos os argumentos da linha de comando são strings — quaisquer números terão de ser convertidos pelo programa no formato interno apropriado. Por exemplo, esse programa simples imprime **Ola** e seu nome na tela se você o digitar imediatamente após o nome do programa.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(int argc, char *argv[])
```

```
{
  if(argc!=2) {
    printf("Você esqueceu de digitar seu nome.\n");
    exit(1);
  }
  printf("Ola %s", argv[1]);
}
```

Se esse programa chamasse **nome** e seu nome fosse Tom, então, para rodar o programa, você deveria digitar **nome Tom**. A resposta do programa seria **Ola Tom**.

Em muitos ambientes, cada argumento da linha de comando deve ser separado por um espaço ou um caractere de tabulação. Vírgulas, pontos-e-vírgulas etc. não são considerados separadores. Por exemplo,

```
run Spot, run
```

é constituído de três strings, enquanto

```
Herb,Rick,Fred
```

é uma única string, uma vez que vírgulas não são separadores legais.

Alguns ambientes permitem que se coloque entre aspas uma string contendo espaços. Isso faz com que a string inteira seja tratada como um único argumento. Verifique o manual do seu sistema operacional para mais detalhes sobre a definição dos parâmetros na linha de comando do seu sistema.

É importante declarar **argv** adequadamente. O método de declaração mais comum é

```
char *argv[];
```

Os colchetes vazios indicam que a matriz é de tamanho indeterminado. Você pode, agora, acessar os argumentos individuais indexando **argv**. Por exemplo, **argv[0]** aponta para a primeira string, que é sempre o nome do programa; **argv[1]** aponta para o primeiro argumento e assim por diante.

Um outro exemplo usando argumentos da linha de comando é o programa chamado **countdown**, mostrado aqui. Ele conta regressivamente a partir do valor especificado na linha de comando e avisa quando chega a 0. Observe que o primeiro argumento contendo o número é convertido em um inteiro pela função padrão **atoi()**. Se a string "display" é o segundo argumento da linha de comando, a contagem regressiva também será mostrada na tela.


```
/* Programa de contagem regressiva. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include <string.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  int disp, count;

  if(argc<2) {
    printf("Você deve digitar o valor a contar\n");
    printf("na linha de comando. Tente novamente.\n");
    exit(1);
  }

  if(argc==3 && !strcmp(argv[2], "display")) disp = 1;
  else disp = 0;

  for(count=atoi(argv[1]); count; --count)
    if(disp) printf("%d\n", count);

  putchar('\a'); /* isso irá tocar a campainha na maioria
                    dos computadores */
  printf("Terminou");
}
```

Observe que, se nenhum argumento for especificado, é mostrada uma mensagem de erro. Um programa com argumentos na linha de comando geralmente apresenta instruções se o usuário executou o programa sem inserir a informação apropriada.

Para acessar um caractere individual em uma das strings de comando, acrescente um segundo índice a **argv**. Por exemplo, o próximo programa mostra todos os argumentos com os quais foi chamado, um caractere por vez:

```
#include <stdio.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  int t, i;

  for(t=0; t<argc; ++t) {
    i = 0;
```

```
  for(t=0; s1[t]; t++) {
    p = &s1[t];
    p2 = s2;

    while(*p2 && *p2==*p) {
      p++;
      p2++;
    }
    if(!*p2) return t; /* 1º retorno */
  }
  return -1; /* 2º retorno */
}
```

Retornando Valores

Todas as funções, exceto as do tipo **void**, devolvem um valor. Esse valor é especificado explicitamente pelo comando **return**. Se nenhum comando **return** estiver presente, então o valor de retorno da função será tecnicamente indefinido. (Geralmente, os compiladores C devolvem 0 quando nenhum valor de retorno for especificado explicitamente, mas você não deve contar com isso se há interesse em portabilidade.) Em outras palavras, a partir do momento que uma função não é declarada como **void**, ela pode ser usada como operando em qualquer expressão válida de C. Assim, cada uma das seguintes expressões é válida em C:

```
x = power(y);
if(max(x,y) > 100) printf("maior");
for(ch=getchar(); isdigit(ch); ) ...;
```

Porém, uma função não pode ser o destino de uma atribuição. Um comando tal como

```
swap(x,y) = 100;  /* comando incorreto */
```

está errado. O compilador C indicará isso como um erro e não compilará programas que contenham um comando como esse.

Quando você escreve programas, suas funções geralmente serão de três tipos. O primeiro tipo é simplesmente computacional. Essas funções são projetadas especificamente para executar operações em seus argumentos e devolver um valor. Uma função computacional é uma função "pura". Exemplos são as funções da biblioteca padrão **sqrt()** e **sin()**, que calculam a raiz quadrada e o seno de seus argumentos.

O segundo tipo de função manipula informações e devolve um valor que simplesmente indica o sucesso ou a falha dessa manipulação. Um exemplo é a função da biblioteca padrão **fclose()**, que é usada para fechar um arquivo. Se a operação de fechamento for bem-sucedida, a função devolverá 0; se a operação não for bem-sucedida, ela devolverá um código de erro.

O último tipo não tem nenhum valor de retorno explícito. Em essência, a função é estritamente de procedimento e não produz nenhum valor. Um exemplo é **exit()**, que termina um programa. Todas as funções que não devolvem valores devem ser declaradas como retornando o tipo **void**. Ao declarar uma função como **void**, você a protege de ser usada em uma expressão, evitando uma utilização errada acidental.

Algumas vezes, funções que, na realidade, não produzem um resultado relevante de qualquer forma devolvem um valor. Por exemplo, **printf()** devolve o número de caracteres escritos. Entretanto, é muito incomum encontrar um programa que realmente verifique isso. Em outras palavras, embora todas as funções, exceto aquelas do tipo **void**, devolvam valores, você não tem necessariamente de usar o valor de retorno. Uma questão envolvendo valores de retorno de funções é: "Eu não tenho de atribuir esse valor a alguma variável já que um valor está sendo devolvido?". A resposta é não. Se não há nenhuma atribuição especificada, o valor de retorno é simplesmente descartado. Considere o programa seguinte, que utiliza a função **mul()**:

```
#include <stdio.h>

int mul(int a, int b);

void main(void)
{
  int x, y, z;

  x = 10; y = 20;
  z = mul(x, y);              /* 1 */
  printf("%d", mul(x,y));     /* 2 */
  mul(x, y);                  /* 3 */
}

mul(int a, int b)
{
  return a*b;
}
```

Na linha 1, o valor de retorno de **mul()** é atribuído a **z**. Na linha 2, o valor de retorno não é realmente atribuído, mas é usado pela função **printf()**. Finalmente, na linha 3, o valor de retorno é perdido porque não é atribuído a outra variável nem usado como parte de uma expressão.

Funções Que Devolvem Valores Não-Inteiros

Quando o tipo da função não é explicitamente declarado, o compilador C atribui automaticamente a ela o tipo padrão, que é **int**. Para muitas funções em C, esse tipo padrão é aplicável. No entanto, quando é necessário um tipo de dado diferente, o processo envolve dois passos. Primeiro, deve ser dada à função um especificador de tipo explícito. Segundo, o tipo da função deve ser identificado antes da primeira chamada feita a ela. Apenas assim C pode gerar um código correto para funções que não devolvem valores inteiros.

As funções podem ser declaradas como retornando qualquer tipo de dado válido em C. O método da declaração é semelhante à declaração de variáveis: o especificador de tipo precede o nome da função. O especificador de tipo informa ao compilador que tipo de dado a função devolverá. Essa informação é crítica para o programa rodar corretamente, porque tipos de dados diferentes têm tamanhos e representações internas diferentes.

Antes que uma função que não retorne um valor inteiro possa ser usada, seu tipo deve ser declarado ao programa. Isso porque, a menos que informado em contrário, o compilador C assume que uma função devolve um valor inteiro. Se seu programa usa uma função que devolve um tipo diferente antes da sua declaração, o compilador gera erroneamente o código para a chamada. Para evitar isso, você deve usar uma forma especial de declaração, perto do início do seu programa, informando ao compilador o tipo de dado que sua função realmente devolverá.

Existem duas maneiras de declarar uma função antes de ela ser usada: a forma tradicional e o moderno método de protótipos. A abordagem tradicional era o único método disponível quando C foi inventada, mas agora está obsoleto. Os protótipos foram acrescentados pelo padrão C ANSI. A abordagem tradicional é permitida pelo padrão ANSI para assegurar compatibilidade com códigos mais antigos, mas novos usos são desencorajados. Muito embora seja antiquado, muitos milhares de programas ainda o usam, de forma que você deve familiarizar-se com ele. Além disso, o método com protótipos é basicamente uma extensão do conceito tradicional.

Nesta seção, examinaremos a abordagem tradicional. Embora desatualizada, muitos dos programas existentes ainda a utilizam. Além disso, um método do protótipo é basicamente uma extensão do conceito tradicional. (Os protótipos de função são discutidos na próxima seção.)

Com a abordagem tradicional, você especifica o tipo e o nome da função próximos ao início do programa para informar ao compilador que uma função devolverá algum tipo de valor diferente de um inteiro, como ilustrado aqui:

```
#include <stdio.h>

float sum(); /* identifica a função */
float first, second;

void main(void)
{
  first = 123.23;
  second = 99.09;

  printf("%f", sum());
}

float sum()
{
  return first + second;
}
```

A primeira declaração da função informa ao compilador que **sum()** devolve um tipo de dado em ponto flutuante. Isso permite que o compilador gere corretamente o código para a chamada a **sum()**. Sem a declaração, o compilador indicaria um erro de incompatibilidade de tipos.

O comando tradicional de declaração de tipos tem a forma geral

especificador_de_tipo nome_da_função();

Mesmo que a função tenha argumentos, eles não constam na declaração de tipo.

Sem o comando de declaração de tipo, ocorreria um erro de incompatibilidade entre o tipo de dado que a função devolve e o tipo de dado que a rotina chamadora espera. Os resultados serão bizarros e imprevisíveis. Se ambas as funções estão no mesmo arquivo, o compilador descobre a incompatibilidade de tipos e não compila o programa. Contudo, se as funções estão em arquivos diferentes, o compilador não detecta o erro. Nenhuma verificação de tipos é feita durante o tempo de linkedição ou tempo de execução, apenas em tempo de compilação. Por essa razão, você deve assegurar-se de que ambos os tipos são compatíveis.

NOTA: Quando um caractere é devolvido por uma função declarada como sendo do tipo **int**, *o valor caractere é convertido em um inteiro. Visto que C faz a conversão de caractere para inteiro, e vice-versa, uma função que devolve um caractere geralmente não é declarada como devolvendo um valor caractere. O programador confia na conversão padrão de caractere em inteiro e vice-versa. Esse tipo de coisa é freqüentemente encontrado em códigos em C mais antigos e tecnicamente não é considerado um erro.*

Protótipos de Funções

O padrão C ANSI expandiu a declaração tradicional de função, permitindo que a quantidade e os tipos dos argumentos das funções sejam declarados. A definição expandida é chamada *protótipo de função*. Protótipos de funções não faziam parte da linguagem C original. Eles são, porém, um dos acréscimos mais importantes do ANSI à C. Neste livro, todos os exemplos incluem protótipos completos das funções. Protótipos permitem que C forneça uma verificação mais forte de tipos, algo como aquela fornecida por linguagens como Pascal. Quando você usa protótipos, C pode encontrar e apresentar quaisquer conversões de tipos ilegais entre o argumento usado para chamar uma função e a definição de seus parâmetros. C também encontra diferenças entre o número de argumentos usados para chamar a função e o número de parâmetros da função.

A forma geral de uma definição de protótipo de função é

tipo nome_func(tipo nome_param1, tipo nome_param2,...,
tipo nome_paramN);

O uso dos nomes dos parâmetros é opcional. Porém, eles habilitam o compilador a identificar qualquer incompatibilidade de tipos por meio do nome quando ocorre um erro, de forma que é uma boa idéia incluí-los.

Por exemplo, o programa seguinte produz uma mensagem de erro porque ele tenta chamar **sqr_it()** com um argumento inteiro em vez do exigido ponteiro para inteiro. (Você não pode transformar um inteiro em um ponteiro.)

```
/* Esse programa usa um protótipo de função para forçar uma
   verificação forte de tipos. */

void sqr_it(int *i); /* protótipo */

void main(void)
{
  int x;
  x = 10;
  sqr_it(x);  /* incompatibilidade de tipos */
}

void sqr_it(int *i)
{
  *i = *i * *i;
}
```


Devido à necessidade de compatibilidade com a versão original de C, algumas regras especiais são aplicadas aos protótipos de funções. Primeiro, quando o tipo de retorno de uma função é declarado sem nenhuma informação de protótipo, o compilador simplesmemte assume que nenhuma informação sobre os parâmetros é dada. No que se refere ao compilador, a função pode ter diversos ou nenhum parâmetro. Assim, como pode ser dado um protótipo a uma função que não tem nenhum parâmetro? A resposta é: quando uma função não tem parâmetros, seu protótipo usa **void** dentro dos parênteses. Por exemplo, se uma função chamada **f()** devolve um **float** e não tem parâmetros, seu protótipo será:

```
float f(void);
```

Isso informa ao compilador que a função não tem parâmetros e qualquer chamada à função com parâmetros é um erro.

O uso de protótipos afeta a promoção automática de tipos de C. Quando uma função sem protótipo é chamada, todos os caracteres são convertidos em inteiros e todos os **floats** em **doubles**. Essas promoções um tanto estranhas estão relacionadas com as características do ambiente original em que C foi desenvolvida. No entanto, se a função tem protótipo, os tipos especificados no protótipo são mantidos e não ocorrem promoções de tipo.

Protótipos de funções ajudam a detectar erros antes que eles ocorram. Além disso, eles auxiliam a verificar se seu programa está funcionando corretamente, não permitindo que funções sejam chamadas com argumentos inconsistentes.

Tenha um fato em mente: embora o uso de protótipos de função seja bastante recomendado, tecnicamente não é errado que uma função não tenha protótipos. Isso é necessário para suportar códigos C sem protótipos. Todavia, seu código deve, em geral, incluir total informação de protótipos.

NOTA: Embora os protótipos sejam opcionais em C, eles são exigidos pela sucessora de C: C++.

Retornando Ponteiros

Embora funções que devolvem ponteiros sejam manipuladas da mesma forma que qualquer outro tipo de função, alguns conceitos importantes precisam ser discutidos.

Ponteiros para variáveis não são variáveis e tampouco inteiros sem sinal. Eles são o endereço na memória de um certo tipo de dado. A razão para a distinção deve-se ao fato de a aritmética de ponteiros ser feita relativa ao tipo de base. Por exemplo, se um ponteiro inteiro é incrementado, ele conterá um valor que é maior que o seu anterior em 2 (assumindo inteiros de 2 bytes). Em geral, cada vez que um ponteiro é incrementado, ele aponta para o próximo item de dado do tipo correspondente. Desde que cada tipo de dado pode ter um comprimento diferente, o compilador deve saber para que tipo de dados o ponteiro está apontando. Por esta razão, uma função que retorna um ponteiro deve declarar explicitamente qual tipo de ponteiro ela está retornando.

Para retornar um ponteiro, deve-se declarar uma função como tendo tipo de retorno ponteiro. Por exemplo, esta função devolve um ponteiro para a primeira ocorrência do caractere **c** na string **s**:

```
/* Devolve um ponteiro para a primeira ocorrência de c em s. */
char *match(char c, char *s)
{
  while(c!=*s && *s) s++;
  return(s);
}
```

Se nenhuma coincidência for encontrada, é devolvido um ponteiro para o terminador nulo. Aqui está um programa pequeno que usa **match()**:

```
#include <stdio.h>

char *match(char c, char *s); /* protótipo */

void main(void)
{
  char s[80], *p, ch;
  gets(s);
  ch = getchar();
  p = match(ch, s);

  if(*p) /* encontrou */
    printf("%s ", p);
  else
    printf("Não encontrei.");
}
```


Esse programa lê uma string e, em seguida, um caractere. Se o caractere está na string, o programa imprime a string do ponto em que há a coincidência. Caso contrário, ele imprime **Não encontrei**.

Funções do Tipo void

Um dos usos de **void** é declarar explicitamente funções que não devolvem valores. Isso evita seu uso em expressões e ajuda a afastar um mau uso acidental. Por exemplo, a função **print_vertical()** imprime seu argumento string verticalmente para baixo, do lado da tela. Visto que não devolve nenhum valor, ela é declarada como **void**.

```
void print_vertical(char *str)
{
  while(*str)
    printf(%c\n", *str++);
}
```

Antes de poder usar qualquer função **void**, você deve declarar seu protótipo. Se isso não for feito, C assumirá que ela devolve um inteiro e, quando o compilador encontrar de fato a função, ele declarará um erro de incompatibilidade. O programa seguinte mostra um exemplo apropriado que imprime verticalmente na tela um único argumento da linha de comando:

```
#include <stdio.h>

void print_vertical(char *str); /* protótipo */

void main(int argc, char *argv[])
{
  if(argc) print_vertical(argv[1]);
}

void print_vertical(char *str)
{
  while(*str)
    printf("%c\n", *str++);
}
```

Antes que o padrão C ANSI definisse **void**, funções que não devolviam valores simplesmente eram assumidas como do tipo **int** por padrão. Portanto, não fique surpreso ao ver muitos exemplos disto em códigos mais antigos.

O Que main() Devolve?

De acordo com o padrão ANSI, a função **main()** devolve um inteiro para o processo chamador, que é, geralmente, o sistema operacional. Devolver um valor em **main()** é equivalente a chamar **exit()** com o mesmo valor. Se **main()** não devolve explicitamente um valor, o valor passado para o processo chamador é tecnicamente indefinido. Na prática, a maioria dos compiladores C devolve 0, mas não conte com isso se há interesse em portabilidade.

Você também pode declarar **main()** como **void** se ela não devolve um valor. Alguns compiladores geram uma mensagem de advertência, se a função não é declarada como **void** e também não devolve um valor.

Recursão

Em C, funções podem chamar a si mesmas. A função é *recursiva* se um comando no corpo da função a chama. Recursão é o processo de definir algo em termos de si mesmo e é, algumas vezes, chamado de *definição circular*.

Um exemplo simples de função recursiva é **factr()**, que calcula o fatorial de um inteiro. O fatorial de um número **n** é o produto de todos os números inteiros entre 1 e **n**. Por exemplo, fatorial de 3 é 1 x 2 x 3, ou seja, 6. Tanto **factr()** como sua equivalente iterativa são mostradas aqui:

```
factr(int n)   /* recursiva */
{
  int answer;

  if (n==1) return (1);
  answer = factr(n-1)*n; /* chamada recursiva */
  return(answer);
}

fact(int n)  /* não-recursiva */
{
  int t, answer;

  answer = 1;

  for(t=1; t<=n; t++)
    answer=answer*(t);

    return(answer);
}
```


A versão não-recursiva de **fact()** deve ser clara. Ela usa um laço que é executado de 1 a **n** e multiplica progressivamente cada número pelo produto móvel.

A operação de **factr()** recursiva é um pouco mais complexa. Quando **factr()** é chamada com um argumento de 1, a função devolve 1. Caso contrário, ela devolve o produto de **factr(n-1)*n**. Para avaliar essa expressão, **factr()** é chamada com **n-1**. Isso acontece até que **n** se iguale a 1 e as chamadas à função começem a retornar.

Calculando o fatorial de 2, a primeira chamada a **factr()** provoca uma segunda chamada com o argumento 1. Essa chamada retorna 1, que é, então, multiplicado por 2 (o valor original de **n**). A resposta, então, é 2. (Você pode achar interessante inserir comandos **printf()** em **factr()** para ver o nível de cada chamada e quais são as respostas intermediárias.)

Quando uma função chama a si mesma, novos parâmetros e variáveis locais são alocados na pilha e o código da função é executado com essas novas variáveis. Uma chamada recursiva não faz uma nova cópia da função; apenas os argumentos são novos. Quando cada função recursiva retorna, as variáveis locais e os parâmetros são removidos da pilha e a execução recomeça do ponto da chamada à função dentro da função.

A maioria das funções recursivas não minimiza significativamente o tamanho do código nem melhora a utilização da memória. Além disso, as versões recursivas da maioria das rotinas podem ser executadas um pouco mais lentamente que suas equivalentes iterativas devido às repetidas chamadas à função. De fato, muitas chamadas recursivas a uma função podem provocar um estouro da pilha. Como o armazenamento para os parâmetros da função e variáveis locais está na pilha e cada nova chamada cria uma nova cópia dessas variáveis, a pilha pode provavelmente escrever sobre outra memória de dados ou de programa. Contudo, você possivelmente nunca terá de se preocupar com isso, a menos que uma função recursiva seja executada de forma desenfreada.

A principal vantagem das funções recursivas é que você pode usá-las para criar versões mais claras e simples de vários algoritmos. Por exemplo, o QuickSort, na Parte 3, é muito difícil de implementar numa forma iterativa. Além disso, alguns problemas, especialmente aqueles relacionados com inteligência ar-

tificial, resultaram em soluções recursivas. Finalmente, algumas pessoas parecem pensar recursivamente com mais facilidade que iterativamente.

Ao escrever funções recursivas, você deve ter um comando **if** em algum lugar para forçar a função a retornar sem que a chamada recursiva seja executada. Se você não o fizer, a função nunca retornará quando chamada. Omitir o **if** é um erro comum quando se escrevem funções recursivas. Use **printf()** e **getchar()** deliberadamente durante o desenvolvimento do programa de forma que você possa ver o que está acontecendo e encerrar a execução se localizar um erro.

Declarando uma Lista de Parâmetros de Extensão Variável

Em C, você pode especificar uma função que possui a quantidade e os tipos de parâmetros variáveis. O exemplo mais comum é **printf()**. Para informar ao compilador que um número desconhecido de parâmetros será passado para uma função, você deve terminar a declaração dos seus parâmetros usando três pontos. Por exemplo, esta declaração especifica que **func()** terá pelo menos dois parâmetros inteiros e um número desconhecido (incluindo 0) de parâmetros após eles.

```
func(int a, int b, ...);
```

Essa forma de declaração também é usada por um protótipo de função.

Qualquer função que use um número variável de argumentos deve ter pelo menos um argumento verdadeiro. Por exemplo, isto está incorreto:

```
func(...);
```

Para mais informações sobre número e tipos variáveis, veja a Parte 2, sobre a função **va_arg()** da biblioteca C padrão.

Declaração de Parâmetros de Funções Moderna *Versus* Clássica

C originalmente usava um método de declaração de parâmetros diferente, algumas vezes chamado de forma *clássica*. Este livro usa a abordagem de declaração chamada de forma *moderna*. O padrão ANSI para C suporta as duas formas, mas

recomenda fortemente a forma moderna. Porém, você deve saber a forma clássica porque, literalmente, milhões de linhas de código já existentes a usam! (Além disso, muitos programas usam essa forma porque ela funciona com todos os compiladores — mesmo os antigos.)

A declaração clássica de parâmetros de funções consiste em duas partes: uma lista de parâmetros, que ficam dentro dos parênteses que seguem o nome da função, e as declarações reais dos parâmetros, que ficam entre o fecha-parênteses e o abre-chaves da função. A forma geral da declaração clássica é

```
tipo nome_func(param1, param2,...paramN)
tipo param1;
tipo param2;
  .
  .
  .
tipo paramN;
{
código da função
}
```

Por exemplo, esta declaração moderna:

```
float f(int a, int b, char ch)
{
  /*...*/
}
```

irá se parecer com isto na sua forma clássica:

```
float f(a, b, ch)
int a, b;
char ch;
{
  /*...*/
}
```

Observe que a forma clássica pode suportar mais de um parâmetro em uma lista após o nome do tipo.

Lembre-se de que a forma clássica de declaração de parâmetro está obsoleta. Contudo, seu compilador ainda pode compilar programas mais antigos que usam a forma clássica sem qualquer problema. Isso permite a manutenção de códigos mais antigos.

Questões sobre a Implementação

Há uns poucos pontos a lembrar, quando se criam funções em C, que afetam sua eficiência e usabilidade. Essas questões são o tópico desta seção.

Parâmetros e Funções de Propósito Geral

Uma função de propósito geral é aquela que será usada, em uma variedade de situações, talvez por muitos outros programadores. Tipicamente, você não deve basear funções de propósito geral em dados globais. Todas as informações de que uma função precisa devem ser passadas para ela por meio de seus parâmetros. Quando isso não é possível, você deve usar variáveis estáticas.

Além de tornar suas funções de propósito geral, os parâmetros deixam seu código legível e menos suscetível a erros resultantes de efeitos colaterais.

Eficiência

Funções são os blocos de construção de C e são cruciais para todos os programas, exceto os mais simples. Entretanto, em certas aplicações especializadas, você talvez precise eliminar uma função e substituí-la por código *em linha* (*in-line*). Código em linha é o equivalente aos comandos da função usados sem uma chamada à função. Deve-se usar código em linha em lugar de chamadas a funções apenas quando o tempo de execução é crítico.

Código em linha é mais rápido que a chamada a uma função por duas razões. Primeiro, uma instrução CALL leva tempo para ser executada. Segundo, se há argumentos para passar, eles devem ser colocados na pilha, o que também toma tempo. Para a maioria das aplicações, esse aumento muito pequeno no tempo de execução não é significativo. Mas, se for, lembre-se de que cada chamada à função usa um tempo que poderia ser economizado se o código da função fosse colocado em linha. Por exemplo, seguem duas versões de um programa que imprime o quadrado dos números de 1 a 10. A versão em linha é executada mais rapidamente que a outra porque a chamada à função toma tempo.

em linha

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
   int x;
   for(x=1; x<11; ++x)
   printf("%d", x*x);
}
```

chamada à função

```
#include <stdio.h>
int sqr(int a);
void main(void)
{
   int x;
   for(x=1; x<11; ++x)
     printf("%d", sqr(x));
}

sqr(int a)
{
  return a*a;
}
```


Bibliotecas e Arquivos

Uma vez que tenha escrito uma função, pode fazer três coisas com ela: você pode deixá-la no mesmo arquivo da função main(); pode colocá-la em um arquivo separado com outras funções que você escreveu; ou pode colocá-la em uma biblioteca. Nesta seção, discutimos alguns tópicos relacionados com essas opções.

Arquivos Separados

Ao se trabalhar em um grande programa, uma das tarefas mais frustrantes porém comuns é procurar em cada arquivo para encontrar onde determinada função foi colocada. Uma organização preliminar ajudará a evitar esse tipo de problema.

Primeiro, agrupe *todas* as funções que estão conceitualmente relacionadas em um arquivo. Por exemplo, se você está escrevendo um editor de texto, pode colocar todas as funções para exclusão de texto em um arquivo, todas para procura de texto em outro e assim por diante.

Segundo, ponha todas as funções de uso geral juntas. Por exemplo, em um programa de banco de dados, as funções de formatação de entrada/saída são usadas por diversas outras funções e devem estar em um arquivo separado.

Terceiro, agrupe todas as funções de nível mais alto em um arquivo separado ou, se houver espaço, no arquivo **main()**. As funções de nível superior são usadas para iniciar a atividade geral do programa, essencialmente definindo a operação do programa.

Bibliotecas

Tecnicamente, uma biblioteca de funções é diferente de um arquivo de funções compilado separadamente. Quando as rotinas em uma biblioteca são linkeditadas com o restante do seu programa, apenas as funções que seu programa realmente

usa são carregadas e linkeditadas. Em um arquivo compilado separadamente, todas as funções são carregadas e linkeditadas com seu programa. Para a maioria dos arquivos que cria, você provavelmente estará interessado em ter todas as funções no arquivo. No caso de uma biblioteca C padrão, você nunca iria querer todas as funções linkeditadas com seu programa, porque o código-objeto seria enorme!

Há momentos em que você pode desejar a criação de uma biblioteca. Por exemplo, suponha que você tenha escrito um conjunto especializado de funções estatísticas. Você não gostaria de carregar todas essas funções se seu programa precisasse apenas encontrar a média de um conjunto de valores. Nesse caso, uma biblioteca seria útil.

A maioria dos compiladores C inclui instruções para criar uma biblioteca. Uma vez que esse processo varia de compilador para compilador, estude seu manual do usuário para determinar que procedimento você deve seguir.

De Que Tamanho Deve Ser um Arquivo de Programa?

Em virtude de C permitir compilação separada, a questão do tamanho ótimo para um arquivo naturalmente cresce. Isso é importante porque o tempo de compilação está diretamente relacionado com o tamanho do arquivo que está sendo compilado. Geralmente, o processo de linkedição é muito menor que a compilação e elimina a necessidade de constantemente recompilar o código em que se está trabalhando. Por outro lado, manter uma organização de múltiplos arquivos pode ser trabalhoso.

O tamanho que um arquivo deve ter é diferente para todo usuário, todo compilador e todo ambiente operacional. Porém, como regra geral, nenhum arquivo-fonte deve ser maior que 10.000 ou 15.000 bytes. Além desse tamanho, deve-se dividir o arquivo em um ou mais arquivos.

MAKRON Books

7

Estruturas, Uniões, Enumerações e Tipos Definidos pelo Usuário

A linguagem C permite criar tipos de dados definíveis pelo usuário de cinco formas diferentes. O primeiro é a *estrutura*, que é um agrupamento de variáveis sob um nome e é chamado tipo de dado *agregado* (ou, às vezes, *conglomerado*). O segundo tipo definido pelo usuário é o *campo de bit*, que é uma variação da estrutura que permite o fácil acesso aos bits dentro de uma palavra. O terceiro é a *união*, que permite que a mesma porção da memória seja definida por dois ou mais tipos diferentes de variáveis. Um quarto tipo de dado definível pelo usuário é a *enumeração*, que é uma lista de símbolos. O último tipo definido pelo usuário é criado através do uso de **typedef** e define um novo nome para um tipo existente.

Estruturas

Em C, uma estrutura é uma coleção de variáveis referenciadas por um nome, fornecendo uma maneira conveniente de se ter informações relacionadas agrupadas. Uma *definição de estrutura* forma um modelo que pode ser usado para criar variáveis de estruturas. As variáveis que compreendem a estrutura são chamadas membros da estrutura. (Os membros da estrutura são comumente chamados *elementos* ou *campos*.)

Geralmente, todos os elementos na estrutura são logicamente relacionados. Por exemplo, a informação de nome e endereço em uma lista postal seria normalmente representada em uma estrutura. O fragmento de código seguinte mostra como criar um modelo de estrutura que define os campos de nome e

endereço. A palavra-chave **struct** informa ao compilador que um modelo de estrutura está sendo definido.

```
struct addr
{
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
};
```

Observe que a definição termina com um ponto-e-vírgula. Isso ocorre porque uma definição de estrutura é um comando. Além disso, o identificador (tag) da estrutura **addr** indica essa estrutura de dados particular e é o seu especificador de tipo.

Nesse ponto do código, *nenhuma variável foi de fato declarada*. Apenas a forma dos dados foi definida. Para declarar uma variável de tipo **addr**, escreva

```
struct addr addr_info;
```

Isso declara uma variável do tipo **struct addr** chamada **addr_info**. Quando você define uma estrutura, está essencialmente definindo um tipo complexo de variável, não uma variável. Não existe uma variável desse tipo até que ela seja realmente declarada.

Quando uma variável de estrutura (como **addr_info** é declarada, o compilador C aloca automaticamente memória suficiente para acomodar todos os seus membros. A Figura 7.1 mostra como **addr_info** aparece na memória, assumindo caracteres de 1 byte e inteiros longos de 4 bytes.

Você também pode declarar uma ou mais variáveis ao definir a estrutura. Por exemplo,

```
struct addr {
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
} addr_info, binfo, cinfo;
```

define uma estrutura chamada **addr** e declara as variáveis **addr_info**, **binfo** e **cinfo** desse tipo.

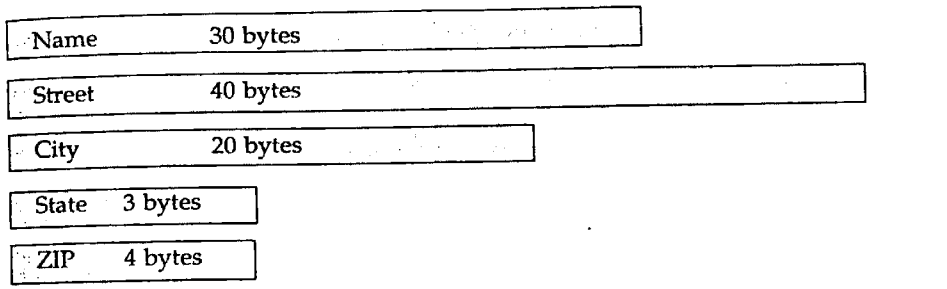


Figura 7.1 A estrutura **addr_info** na memória.

Se você precisa de apenas uma variável estrutura, o nome da estrutura não é necessário. Isso significa que

```
struct {
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
} addr_info;
```

declara uma variável chamada **addr_info** como definido pela estrutura que a precede.

A forma geral de uma definição de estrutura é

struct *identificador* {
  tipo nome_da_variável;
  tipo nome_da_variável;
  tipo nome_da_variável;
  .
  .
  .
} *variáveis_estrutura;*

onde *identificador* ou *variáveis_estrutura* podem ser omitidos, mas não ambos.

Referenciando Elementos de Estruturas

Elementos individuais de estruturas são referenciados por meio do operador (algumas vezes chamado de *operador ponto*). Por exemplo, o código seguinte atribui o CEP 12345 ao campo **zip** da variável estrutura **addr_info** declarada anteriormente:

```
addr_info.zip = 12345;
```

O nome da variável estrutura seguido por um ponto e pelo nome do elemento referencia esse elemento individual da estrutura. A forma geral para acessar um elemento de estrutura é

nome_da_estrutura.nome_do_elemento

Assim, para imprimir o CEP na tela, escreva

```
printf("%d", addr_info.zip);
```

Isso imprime o código do CEP contido na variável **zip** da variável estrutura **addr_info**.

Do mesmo modo, a matriz de caracteres **addr_info.name** pode ser usada para chamar **gets()**, como mostrado aqui:

```
gets(addr_info.name);
```

Isso passa um ponteiro de caracteres para o início do elemento **name**.

Para acessar os elementos individuais de **addr_info.name**, você pode indexar **name**. Por exemplo, você pode imprimir o conteúdo de **addr_info.name**, um caractere por vez, usando o seguinte código:

```
register int t;

for(t=0; addr_info.name[t]; ++t)

   putchar(addr_info.name[t]);
```

Atribuição de Estruturas

Se seu compilador C é compatível com o padrão C ANSI, a informação contida em uma estrutura pode ser atribuída a outra estrutura do mesmo tipo. Isto é, em lugar de ter de atribuir os valores de todos os elementos separadamente, você pode empregar um único comando de atribuição. O programa seguinte ilustra atribuições de estruturas:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  struct {
    int a;
    int b;
  } x, y;

  x.a = 10;

  y = x; /* atribui uma estrutura a outra */

  printf("%d", y.a);
}
```


Após a atribuição, **y.a** conterá o valor 10.

Matrizes de Estruturas

Talvez o uso mais comum de estruturas seja em matriz de estruturas. Para declarar uma matriz de estruturas, você deve primeiro definir uma estrutura e, então, declarar uma variável matriz desse tipo. Por exemplo, para declarar uma matriz de estruturas com 100 elementos do tipo **addr**, que foi definido anteriormente, deve-se escrever

```
struct addr addr_info[100];
```

Isso cria 100 conjuntos de variáveis que estão organizados como definido na estrutura **addr**.

Para acessar uma estrutura específica, deve-se indexar o nome da estrutura. Por exemplo, para imprimir o código do CEP da estrutura 3, escreva

```
printf("%d", addr_info[2].zip);
```

Como todas as outras matrizes, matrizes de estruturas começam a indexação em 0.

Um Exemplo de Lista Postal

Para ilustrar como estruturas e matrizes de estruturas são usadas, esta seção desenvolve um programa simples de lista postal que usa uma estrutura para guardar as informações de endereço. Nesse exemplo, a informação armazenada inclui nome, rua, cidade, estado e CEP.

Para definir a estrutura básica de dados, **addr**, que contém essa informação, escreva

```
struct addr {
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
} addr_info[MAX];
```

Observe que o campo de CEP é um inteiro longo sem sinal. Isso ocorre porque os CEPs maiores que 64000 — como 94564 — não podem ser representados em um inteiro de 2 bytes. Nesse exemplo, um inteiro possui o código do CEP para ilustrar um elemento de estrutura numérico. Porém, a prática mais comum é usar uma string de caracteres para acomodar códigos postais com letras além de números (como usado no Canadá e em outros países). O valor de MAX pode ser definido para satisfazer necessidades específicas.

A primeira função necessária para o programa é **main()**.

```
/* Um exemplo simples de lista postal usando uma
   matriz de estruturas. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define MAX 100

struct addr {
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
} addr_info[MAX];

void init_list(void), enter(void);
void delete(void), list(void);
int menu_select(void), find_free(void);

void main(void)
{
  char choice;

  init_list(); /* inicializa a matriz de estruturas */

  for(;;) {
```



```
    choice=menu_select();
    switch(choice) {
      case 1: enter();
        break;
      case 2: delete();
        break;
      case 3: list();
        break;
      case 4: exit(0);
    }
  }
}
```

Primeiro, a função **init_list()** prepara a matriz de estruturas para ser usada, colocando um caractere nulo no primeiro byte do campo **nome**. O programa assume que uma variável estrutura não está sendo usada se **nome** estiver vazio. A função **init_list()** é mostrada aqui:

```
/* Inicializa a lista. */
void init_list(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<MAX; ++t) addr_info[t].name[0] = '\0';
}
```

A função **menu_select()** apresenta as mensagens de opção e devolve a seleção do usuário.

```
/* Obtém a seleção. */
menu_select(void)
{
  char s[80];
  int c;

  printf("1. Inserir um nome\n");
  printf("2. Excluir um nome\n");
  printf("3. Listar o arquivo\n");
  printf("4. Sair\n");

  do {
    printf("\nDigite sua escolha: ");
    gets(s);
    c = atoi(s);
```

```
  } while(c<0 || c>4);
  return c;
}
```

A função **enter()** espera pela entrada do usuário e coloca a informação recebida na próxima estrutura livre. Se a matriz estiver cheia, então a mensagem **lista cheia** será escrita na tela. A função **find_free()** procura um elemento não usado na matriz de estruturas.

```
/* Insere os endereços na lista. */
void enter(void)
{
  int slot;
  char s[80];

  slot = find_free();
  if(slot==-1) {
    printf("\nLista cheia");
    return;
  }

  printf("Digite o nome: ");
  gets(addr_info[slot].name);

  printf("Digite a rua: ");
  gets(addr_info[slot].street);

  printf("Digite a cidade: ");
  gets(addr_info[slot].city);

  printf("Digite o estado: ");
  gets(addr_info[slot].state);

  printf("Digite o cep: ");
  gets(s);
  addr_info[slot].zip = strtoul(s, '\0', 10);
}

/* Encontra uma estrutura não usada. */
find_free(void)
{
  register int t;
  for(t=0; addr_info[t].name[0] && t<MAX; ++t);

  if(t==MAX) return -1; /* nenhum elemento livre */
```



```
  return t;
}
```

Observe que **find_free()** devolve -1 se toda a matriz de estruturas está sendo usada. Esse é um número seguro porque não pode haver um elemento -1 em uma matriz.

A função **delete()** simplesmente pede ao usuário para especificar o número do endereço que precisa ser excluído. A função, então, põe um caractere nulo no primeiro caractere do campo **name**.

```
/* Apaga um endereço. */
void delete(void)
{
  register int slot;
  char s[80];

  printf("Digite o registro #: ");
  gets(s);
  slot = atoi(s);
  if(slot>=0 && slot < MAX)
       addr_info[slot].name[0] = '\0';
}
```

A última função de que o programa precisa é **list()**, que escreve a lista postal inteira na tela. O padrão C não define uma função que envie a saída para a impressora, em virtude da grande variação entre ambientes. Porém, todos os compiladores C fornecem alguns significados para executar isto. No entanto, você pode querer acrescentar essa capacidade ao programa de lista postal por sua conta.

```
/* Mostra a lista na tela. */
void list(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<MAX; ++t) {
    if(addr_info[t].name[0]) {
      printf("%s\n", addr_info[t].name);
      printf("%s\n", addr_info[t].street);
      printf("%s\n", addr_info[t].city);
      printf("%s\n", addr_info[t].state);
      printf("%lu\n", addr_info[t].zip);
    }
  }
```

```
  printf("\n\n");
}
```

O programa completo de lista postal é mostrado aqui. Se você ainda tem qualquer dúvida sobre estruturas, digite esse programa em seu computador e estude a sua execução, fazendo alterações e observando seus efeitos.

```
/* Um exemplo simples de lista postal usando uma
   matriz de estruturas. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define MAX 100

struct addr {
  char name[30];
  char street[40];
  char city[20];
  char state[3];
  unsigned long int zip;
} addr_info[MAX];

void init_list(void), enter(void);
void delete(void), list(void);
int menu_select(void), find_free(void);

void main(void)
{
  char choice;

  init_list(); /* inicializa a matriz de estruturas */
  for(;;) {
    choice=menu_select();
    switch(choice) {
      case 1: enter();
        break;
      case 2: delete();
        break;
      case 3: list();
        break;
      case 4: exit(0);
    }
  }
}
```



```
/* Inicializa a lista. */
void init_list(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<MAX; ++t) addr_info[t].name[0] = '\0';
}

/* Obtém a seleção. */
menu_select(void)
{
  char s[80];
  int c;

  printf("1. Inserir um nome\n");
  printf("2. Excluir um nome\n");
  printf("3. Listar o arquivo\n");
  printf("4. Sair\n");
  do {
    printf("\nDigite sua escolha: ");
    gets(s);
    c = atoi(s);
  } while(c<0 || c>4);
  return c;
}

/* Insere os endereços na lista. */
void enter(void)
{
  int slot;
  char s[80];

  slot = find_free();
  if(slot==-1) {
    printf("\nlista cheia");
    return;
  }

  printf("Digite o nome: ");
  gets(addr_info[slot].name);

  printf("Digite a rua: ");
  gets(addr_info[slot].street);
```

```
  printf("Digite a cidade: ");
  gets(addr_info[slot].city);

  printf("Digite o estado: ");
  gets(addr_info[slot].state);

  printf("Digite o cep: ");
  gets(s);
  addr_info[slot].zip = strtoul(s, '\0', 10);
}

/* Encontra uma estrutura não usada. */
find_free(void)
{
  register int t;

  for(t=0; addr_info[t].name[0] && t<MAX; ++t);

  if(t==MAX) return -1; /* nenhum elemento livre */
  return t;
}

/* Apaga um endereço */
void delete(void)
{
  register int slot;
  char s[80];

  printf("Digite o registro #: ");
  gets(s);
  slot = atoi(s);
  if(slot>=0 && slot < MAX)
    addr_info[slot].name[0] = '\0';
}

/* Mostra a lista na tela. */
void list(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<MAX; ++t) {
    if(addr_info[t].name[0]) {
      printf("%s\n", addr_info[t].name);
      printf("%s\n", addr_info[t].street);
      printf("%s\n", addr_info[t].city);
```



```
      printf("%s\n", addr_info[t].state);
      printf("%lu\n", addr_info[t].zip);
    }
  }
  printf("\n\n");
}
```

Passando Estruturas para Funções

Esta seção discute a passagem de estruturas e seus elementos para funções.

Passando Elementos de Estrutura para Funções

Quando você passa um elemento de uma variável estrutura para uma função, está, de fato, passando o valor desse elemento para a função. Assim, você está passando uma variável simples (a menos, é claro, que o elemento seja complexo, como uma matriz de caracteres). Por exemplo, considere esta estrutura:

```
struct fred
{
  char x;
  int y;
  float z;
  char s[10];
} mike;
```

A seguir são mostrados exemplos de cada elemento sendo passado para uma função:

```
func(mike.x);  /* passa o valor do caractere de x */
func2(mike.y); /* passa o valor inteiro de y */
func3(mike.z); /* passa o valor float de z */
func4(mike.s); /* passa o endereço da string s */
func(mike.s[2]); /* passa o valor do caractere de s[2] */
```

Porém, se você quiser passar o endereço de um elemento individual da estrutura, ponha o operador **&** antes do nome da estrutura. Por exemplo, para passar o endereço dos elementos da estrutura **mike**, escreva

```
func(&mike.x);  /* passa o endereço do caractere x */
```

```
func2(&mike.y); /* passa o endereço do inteiro y */
func3(&mike.z); /* passa o endereço do float z */
func4(mike.s); /* passa o endereço da string s */
func(&mike.s[2]); /* passa o endereço do caractere s[2] */
```

Lembre-se de que o operador **&** precede o nome da estrutura, não o nome do elemento individual. Note também que o elemento string s já significa um endereço, de forma que o **&** não é necessário.

Passando Estruturas Inteiras para Funções

Quando uma estrutura é usada como um argumento para uma função, a estrutura inteira é passada usando o método padrão de chamada por valor. Obviamente, isso significa que quaisquer alterações podem ser feitas no conteúdo da estrutura dentro da função para a qual ela é passada sem afetar a estrutura usada como argumento.

NOTA: Em algumas versões antigas de C, estruturas não podiam ser passadas para funções. Em vez disso, elas eram tratadas como matrizes, e apenas um ponteiro para a estrutura era passado. Tenha isso em mente se você alguma vez usar um compilador C antigo.

Quando usar uma estrutura como um parâmetro, lembre-se de que o tipo de argumento deve coincidir com o tipo de parâmetro. Por exemplo, neste programa, tanto o argumento **arg** como o parâmetro **parm** são declarados como o mesmo tipo de estrutura.

```
#include <stdio.h>

/* Define um tipo de estrutura. */
struct struct_type {
  int a, b;
  char ch;
} ;
void f1(struct struct_type parm);

void main(void)
{
  struct struct_type arg;

  arg.a = 1000;

  f1(arg);
```



```
}

void f1(struct struct_type parm)
{
  printf("%d", parm.a);
}
```

Como este programa ilustra, se você declarar parâmetros que são estruturas, deverá tornar a declaração do tipo de estrutura global, para que todas as partes do seu programa possam usá-la. Por exemplo, se **struct_type** tivesse sido declarada dentro de **main()** (por exemplo), então não seria visível a **f1()**.

Como acabamos de enunciar, ao passar estruturas, o tipo do argumento deve coincidir com o tipo do parâmetro. Não é suficiente que eles sejam fisicamente semelhantes; os nomes dos seus tipos devem coincidir. Por exemplo, a versão seguinte do programa anterior é incorreta e não compilará porque o nome do tipo do argumento usado para chamar **f1()** difere do nome do tipo de seu parâmetro.

```
/* Este programa está errado e não poderá ser compilado. */
#include <stdio.h>

/* Define um tipo de estrutura. */
struct struct_type {
  int a, b;
  char ch;
} ;

/* Define uma estrutura similar a struct_type,
   mas com outro nome. */
struct struct_type2 {
  int a, b;
  char ch;
} ;

void f1(struct struct_type2 parm);

void main(void)
{
  struct struct_type arg;

  arg.a = 1000;

  f1(arg); /* erro de tipos */
```

```
}

void f1(struct struct_type2 parm)
{
  printf("%d", parm.a);
}
```

Ponteiros para Estruturas

C permite ponteiros para estruturas exatamente como permite ponteiros para outros tipos de variáveis. No entanto, há alguns aspectos especiais de ponteiros de estruturas que você deve conhecer.

Declarando um Ponteiro para Estrutura

Como outros ponteiros, você declara ponteiros para estrutura colocando * na frente do nome da estrutura. Por exemplo, assumindo a estrutura previamente definida **addr**, o código seguinte declara **addr_pointer** como um ponteiro para dados daquele tipo.

```
struct addr *addr_pointer;
```

Usando Ponteiros para Estruturas

Há dois usos primários para ponteiros de estrutura: gerar uma chamada por referência para uma função e criar listas encadeadas e outras estruturas de dados dinâmicas usando o sistema de alocação de C. Este capítulo cobre o primeiro uso. O segundo uso é coberto detalhadamente na Parte 3.

Há um prejuízo maior em passar todas as estruturas, exceto as mais simples, para funções: o tempo extra necessário para colocar (e tirar) todos os elementos da estrutura na pilha. Em estruturas simples, com poucos elementos, esse tempo extra não é tão grande. Se vários elementos são usados, porém, ou se alguns dos elementos são matrizes, a performance pode ser reduzida a níveis inaceitáveis. A solução para esse problema é passar apenas um ponteiro para uma função.

Quando um ponteiro para uma estrutura é passado para uma função, apenas o endereço da estrutura é colocado (e tirado) da pilha. Isso contribui para chamadas muito rápidas a funções. Uma segunda vantagem, em alguns casos, é

quando a função precisa referenciar o argumento real em lugar de uma cópia. Passando um ponteiro, é possível alterar o conteúdo dos elementos reais da estrutura usada na chamada.

Para encontrar o endereço da variável estrutura, deve-se colocar o operador & antes do nome da estrutura. Por exemplo, dado o seguinte fragmento:

```
struct bal {
  float balance;
  char name[80];
} person;

struct bal *p; /* declara um ponteiro para estrutura */
```

então

```
p = &person;
```

põe o endereço da estrutura **person** no ponteiro **p**.

Para acessar os elementos de uma estrutura usando um ponteiro para a estrutura, você deve usar o operador ->. Por exemplo, isso referencia o campo **balance**:

```
p->balance
```

O -> é normalmente chamado de *operador seta*, e consiste no sinal de subtração seguido pelo sinal de maior. A seta é usada no lugar do operador ponto quando se está acessando um elemento de estrutura por meio de um ponteiro para a estrutura.

Para ver como um ponteiro para estrutura pode ser usado, examine este programa simples, que escreve as horas, minutos e segundos na tela usando um relógio (*timer*) por software.

```
/* Mostra um relógio por software. */
#include <stdio.h>

#define DELAY 128000

struct my_time {
  int hours;
  int minutes;
  int seconds;
} ;
```

```
void display(struct my_time *t);
void update(struct my_time *t);
void delay(void);

void main(void)
{
  struct my_time systime;

  systime.hours = 0;
  systime.minutes = 0;
  systime.seconds = 0;

  for(;;) {
    update(&systime);
    display(&systime);
  }
}

void update(struct my_time *t)
{
  t->seconds++;
  if(t->seconds==60) {
    t->seconds = 0;
    t->minutes++;
  }

  if(t->minutes==60) {
    t->minutes = 0;
    t->hours++;
  }

  if(t->hours==24) t->hours = 0;
  delay();
}

void display(struct my_time *t)
{
  printf("%02d:", t->hours);
  printf("%02d:", t->minutes);
  printf("%02d\n", t->seconds);
}

void delay(void)
{
```



```
  long int t;

  /* mude isto como necessário */
  for(t=1; t<DELAY; ++t) ;
}
```

A temporização desse programa é ajustada alterando-se o **DELAY**.

Como você pode ver, uma estrutura global chamada **my_time** foi definida, mas nenhuma variável foi declarada. Dentro de **main()**, a estrutura **systime** foi declarada e inicializada em 00:00:00. Isso significa que **systime** é conhecido diretamente apenas na função **main()**.

O endereço de **systime** é passado às duas funções **update()** (que modifica o tempo) e **display()** (que imprime a hora). Nas duas funções, o argumento é declarado como um ponteiro para a estrutura **my_time**.

Dentro de **update()** e **display()**, cada elemento de **systime** é acessado via um ponteiro. Como **update()** recebe um ponteiro para a estrutura **systime**, ele pode atualizar seu valor. Por exemplo, para ajustar a hora de volta a 0, quando se atinge 24:00:00, **update()** contém esta linha de código:

```
if(t->hours==24) t->hours = 0;
```

Essa linha de código informa ao compilador para tomar o endereço de **t** (que aponta para **systime** em **main()**) e atribuir zero a seu elemento **hours**.

Lembre-se de usar o operador ponto para acessar elementos de estruturas quando estiver operando na própria estrutura. Quando você tem um ponteiro para a estrutura, use o operador seta.

Matrizes e Estruturas Dentro de Estruturas

Um elemento de estrutura pode ser simples ou complexo. Um elemento simples é qualquer dos tipos de dados intrínsecos, como um caractere ou inteiro. Você já viu um elemento complexo: a matriz de caracteres usada em **addr**. Outros tipos de dados complexos são matrizes unidimensionais e multidimensionais e outros tipos de dados e estruturas.

Um elemento de estrutura que é uma matriz é tratada como você poderia esperar a partir dos exemplos anteriores. Por exemplo, considere esta estrutura:

```
struct x {
```

```
  int a[10][10]; /* matriz de 10 x 10 itens */
  float b;
} y;
```

Para referenciar o inteiro 3,7 em **a** da estrutura **y**, escreva

```
y.a[3][7]
```

Quando um elemento de uma estrutura é um elemento de outra estrutura, ela é chamada estrutura *aninhada*. Por exemplo, a estrutura **address** é aninhada em **emp** neste exemplo:

```
struct emp {
  struct addr address; /* estrutura aninhada */
  float wage;
} worker;
```

Aqui, a estrutura **emp** foi definida como tendo dois elementos. O primeiro elemento é a estrutura do tipo **addr**, que contém o endereço de um empregado. O outro é **wage**, que contém o salário do empregado. O seguinte fragmento de código atribui 93456 ao elemento **zip** de **address**.

```
worker.address.zip = 93456;
```

Como você pode ver, os elementos de cada estrutura são referenciados do mais externo ao mais interno. O padrão ANSI C especifica que as estruturas podem ser aninhadas até 15 níveis. A maioria dos compiladores permite mais.

Campos de Bits

Ao contrário da maioria das linguagens de computador, C tem um método intrínseco para acessar um único bit dentro de um byte. Isso pode ser útil por um certo número de razões:

- Se o armazenamento é limitado, você pode armazenar diversas variáveis *booleanas* (verdadeiro/falso) em um byte.
- Certos dispositivos transmitem informações codificadas nos bits.
- Certas rotinas de criptografia precisam acessar os bits dentro de um byte.

Embora essas tarefas possam ser realizadas usando os operadores bit a bit, um campo de bit pode acrescentar mais estrutura (e possivelmente eficiência) ao seu código.

Para acessar os bits, C usa um método baseado na estrutura. Um campo de bits é, na verdade, apenas um tipo de elemento de estrutura que define o comprimento, em bits, do campo. A forma geral de uma definição de campo de bit é

```
struct identificador{
  tipo nome1 : comprimento;
  tipo nome2 : comprimento;
   .
   .
   .
  tipo nomeN : comprimento;
} lista_de_variáveis;
```

Um campo de bits deve ser declarado como **int**, **unsigned** ou **signed**. Campos de bits de comprimento 1 devem ser declarados como **unsigned**, porque um único bit não pode ter um sinal. (Alguns compiladores só permitem campos de bit **unsigned**.) O número de bits no campo de bits é especificado por *comprimento*.

Campos de bits são freqüentemente usados quando se analisa a entrada de um dispositivo de hardware. Por exemplo, o estado da porta do adaptador de comunicações seriais poderia retornar um byte de estado organizado desta forma:

Bit	Significado quando ligado
0	Alteração na linha clear-to-send
1	Alteração em data-set-ready
2	Borda de subida da portadora detectada
3	Alteração na linha de recepção
4	Clear-to-send
5	Data-set-ready
6	Chamada do telefone
7	Sinal recebido

Você pode representar a informação em um byte de estado usando o seguinte campo de bits:

```
struct status_type {
  unsigned delta_cts:      1;
  unsigned delta_dsr:      1;
  unsigned tr_edge:  1;
```

```
  unsigned delta_rec:     1;
  unsigned cts:           1;
  unsigned dsr:           1;
  unsigned ring:          1;
  unsigned rec_line:      1;
} status;
```

Você pode usar uma rotina semelhante a esta, mostrada aqui, para permitir que um programa determine quando pode enviar ou receber dados.

```
status = get_port_status();
if(status.cts) printf("livre para enviar");
if(status.dsr) printf("dados prontos");
```

Para atribuir um valor a um campo de bits, simplesmente use a forma que você usaria para qualquer outro tipo de elemento de estrutura. Por exemplo, este fragmento de código limpa o campo **ring**:

```
status.ring = 0;
```

Como você pode ver, a partir destes exemplos, cada campo de bits é acessado com o operador ponto. Porém, se a estrutura é referenciada por meio de um ponteiro, você deve usar o operador ->.

Não é necessário dar um nome a todo campo de bits. Isso torna fácil alcançar o bit que você quer, contornando os não usados. Por exemplo, se apenas **cts** e **dsr** importam, você poderia declarar a estrutura **status_type** desta forma:

```
struct status_type {
  unsigned :          4;
  unsigned cts:       1;
  unsigned dsr:       1;
} status;
```

Além disso, note que os bits após **dsr** não precisam ser especificados se não são usados.

É válido misturar elementos normais de estrutura com elementos de campos de bit. Por exemplo,

```
struct emp {
  struct addr address;
  float pay;
  unsigned lay_off:  1; /* ocioso ou ativo */
```



```
  unsigned hourly:   1; /* pagamento por horas ou salário */
  unsigned deduction:3; /* deduções de imposto */
};
```

define um registro de empregado que utiliza apenas 1 byte para segurar três pedaços de informação: o estado do empregado se contratado ou assalariado, e o número de deduções. Sem o campo de bit, essa informação usaria 3 bytes.

Variáveis de campo de bits têm certas restrições. Você não pode obter o endereço de uma variável de campo de bits. Variáveis de campo de bits não podem ser organizadas em matrizes. Você não pode ultrapassar os limites de um inteiro. Não pode saber, de máquina para máquina, se os campos estarão dispostos da esquerda para direita ou da direita para a esquerda. Em outras palavras, qualquer código que use campos de bits pode ter algumas dependências da máquina.

Uniões

Em C, uma *union* é uma posição de memória que é compartilhada por duas ou mais variáveis diferentes, geralmente de tipos diferentes, em momentos diferentes. A definição de uma **union** é semelhante à definição de estrutura. Sua forma geral é

union *identificador* {
  tipo nome_da_variável;
  tipo nome_da_variável;
  tipo nome_da_variável;
  .
  .
  .
} *variáveis_união;*

Por exemplo,

```
union u_type {
  int i;
  char ch;
};
```

Essa definição não declara quaisquer variáveis. Você pode declarar uma variável colocando seu nome no final da definição ou usando um comando de declaração separado. Para declarar um variável **union cnvt** do tipo **u_type**, usando a definição dada há pouco, escreva

```
union u_type cnvt;
```

Na **union cnvt**, tanto o inteiro **i** como o caractere **ch** compartilham a mesma posição de memória. (Obviamente, **i** ocupa 2 bytes e **ch** usa apenas 1.) A Figura 7.2 mostra como **i** e **ch** compartilham o mesmo endereço. A qualquer momento, você pode referir-se ao dado armazenado em **cnvt** como um inteiro ou um caractere.

Quando uma **union** é declarada, o compilador cria automaticamente uma variável grande o bastante para conter o maior tipo de variável da **union**. Por exemplo (supondo inteiros de 2 bytes), **cnvt** tém dois bytes de comprimento para poder armazenar **i**, embora **ch** exija somente um byte.

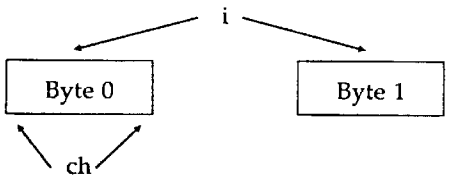


Figura 7.2 Como **i** e **ch** utilizam a **union cnvt** (supondo um inteiro de 2 bytes).

Para acessar um elemento da **union**, deve-se usar a mesma sintaxe que seria usada para estruturas: os operadores ponto e seta. Se você está operando na **union** diretamente, use o operador ponto. Se a variável **union** é acessada por meio de um ponteiro, use o operador seta. Por exemplo, para atribuir o inteiro 10 ao elemento **i** de **cnvt**, escreva

```
cnvt.i = 10;
```

No próximo exemplo, um ponteiro para **cnvt** é passado para uma função:

```
void func1(union u_type *un)
{
  un->i = 10; /* atribui 10 a cnvt usando uma função */
}
```

Usar uma **union** pode ajudar na produção de código independente da máquina (portável). Como o compilador não perde o tamanho real das variáveis que perfazem a união, nenhuma dependência da máquina é produzida. Você não precisa preocupar-se com o tamanho de **int**, **long**, **float** ou o que quer que seja.

Unions são usadas freqüentemente quando conversões de tipo são necessárias, porque você pode referenciar os dados contidos na union de maneiras diferentes. Por exemplo, você pode usar uma **union** para manipular os bytes que constituem um **double**, a fim de alterar sua precisão ou para realizar um tipo de arredondamento incomum.

Para ter uma idéia da utilidade de uma **union** quando conversões não padrão de tipos são necessárias, considere o problema de escrever um inteiro em um arquivo de disco. A biblioteca padrão de C não contém funções projetadas para especificamente escrever um inteiro em um arquivo. Embora você possa escrever qualquer tipo de dado (incluindo um inteiro) em um arquivo, usar **fwrite()** é muito para uma operação tão simples.

Contudo, usando uma **union**, você pode criar facilmente uma função chamada **putw()**, a qual escreve a representação binária de um inteiro em um arquivo um byte por vez. Para ver como, primeiro crie uma **union** consistindo de um inteiro e uma matriz de caractere de 2 bytes:

```
union pw {
  int i;
  char ch[2];
};
```

Agora, **putw()** pode ser escrita desta forma:

```
putw(union pw word, FILE *fp)
{
  putc(word->ch[0], fp); /* escreve a primeira metade */
  putc(word->ch[1], fp); /* escreve a segunda metade */
}
```

Embora possa ser chamada com um inteiro, **putw()** ainda pode usar a função **putc()** para escrever um inteiro em um arquivo em disco um byte por vez.

Enumerações

Uma enumeração é uma extensão da linguagem C acrescentada pelo padrão ANSI. Uma *enumeração* é um conjunto de constantes inteiras que especifica todos os valores legais que uma variável desse tipo pode ter. Enumerações são comuns na vida cotidiana. Por exemplo, uma enumeração das moedas usadas nos Estados Unidos é

penny, nickel, dime, quarter, half-dollar, dollar

Enumerações são definidas de forma semelhante a estruturas; a palavra-chave **enum** assinala o início de um tipo de enumeração. A forma geral para enumeração é

enum *identificador* { *lista de enumeração* } *lista_de_variáveis*;

Aqui, tanto o identificador da enumeração quanto a lista de variáveis são opcionais. Análogo às estruturas, o identificador da enumeração é usado para declarar variáveis daquele tipo. O fragmento de código seguinte define uma enumeração chamada **coin** e declara **money** como sendo desse tipo:

```
enum coin {penny, nickel, dime, quarter,
           half_dollar, dollar};
enum coin money;
```

Dada essa definição e declaração, os tipos de comandos seguintes são perfeitamente válidos:

```
money = dime;
if(money==quarter) printf("Money é um quarto\n");
```

O ponto-chave para o entendimento de uma enumeração é que cada símbolo representa um valor inteiro. Dessa forma, eles podem ser usados em qualquer lugar em que um inteiro pode ser usado. A cada símbolo é dado um valor maior em uma unidade do precedente. O valor do primeiro símbolo da enumeração é 0. Assim,

```
printf("%d %d", penny, dime);
```

mostra **0 2** na tela.

Você pode especificar o valor de um ou mais dos símbolos usando um inicializador. Isso é feito colocando-se um sinal de igual e um valor inteiro após o símbolo. Os símbolos que aparecem após os inicializadores recebem valores maiores que o da inicialização precedente. Por exemplo, o código seguinte atribui o valor 100 a **quarter**:

```
enum coin {penny, nickel, dime, quarter=100,
           half_dollar, dollar};
```

Agora, os valores destes símbolos são

penny	0
nickel	1
dime	2
quarter	100
half_dollar	101
dollar	102

Uma suposição comum porém errônea sobre enumerações é que os símbolos podem ser enviados para a saída e recebidos da entrada diretamente. Isso não acontece. Por exemplo, o fragmento de código seguinte não executa como desejado:

```
/* isso não funcionará */
money = dollar;
printf("%s", money);
```

Lembre-se de que **dollar** é simplesmente um nome para um inteiro, não é uma string. Pela mesma razão, você não pode usar esse código para alcançar os resultados desejados:

```
/* esse código está errado */
strcpy(money, "dime");
```

Isto é, uma string que contém o nome de um símbolo não é automaticamente convertida naquele símbolo.

De fato, criar um código para inserir e retirar símbolos de uma enumeração é um tanto tedioso (a menos que você esteja querendo determinar seus valores inteiros). Por exemplo, você precisa do seguinte código para mostrar em palavras o tipo de moeda que **money** contém:

```
switch(money) {
  case penny:  printf("penny");
    break;
  case nickel:  printf("nickel");
    break;
  case dime:  printf("dime");
    break;
  case quarter: printf("quarter");
    break;
  case half_dollar:  printf("half_dollar");
    break;
  case dollar:  printf("dollar");
}
```

Algumas vezes, você pode declarar uma matriz de strings e usar o valor da enumeração como um índice para traduzir um valor da enumeração na sua string correspondente. Por exemplo, este código também mostra a string apropriada:

```
char name[] [12] = {
  "penny",
  "nickel",
  "dime",
  "quarter",
  "half_dollar",
  "dollar"
};
printf("%s", name[money]);
```

Logicamente, isso funcionará apenas quando nenhum símbolo for inicializado, porque a matriz de strings deve ser indexada começando por 0.

Uma vez que os valores de uma enumeração têm de ser convertidos manualmente em suas strings legíveis para nós, uma E/S do console, eles são mais úteis em rotinas que não fazem essas conversões. Uma enumeração é freqüentemente usada para definir uma tabela de símbolos de um compilador, por exemplo. As enumerações também são usadas para ajudar a provar a validade de um programa, produzindo uma verificação redundante em tempo de compilação, confirmando que apenas valores válidos sejam atribuídos a uma variável.

Usando sizeof para Assegurar Portabilidade

Você viu que estruturas, uniões e enumerações podem ser usadas para criar variáveis de diferentes tamanhos e que o tamanho real dessas variáveis pode mudar de máquina para máquina. O operador unário **sizeof** calcula o tamanho de qualquer variável ou tipo e pode ajudar a eliminar códigos dependendes da máquina de seus programas. Este operador é especialmente útil onde as estruturas ou uniões dizem respeito.

Por exemplo, assuma uma implementação de C, comum a muitos compiladores C para microcomputadores, que tem os tamanhos dos tipos de dados mostrados aqui:

Tipo	Tamanho em bytes
char	1
int	2
float	4

Portanto, o seguinte código escreverá os números 1, 2 e 4 na tela:

```
char ch;
int i;
float f;

printf("%d", sizeof(ch));

printf("%d", sizeof(i));

printf("%d", sizeof(f));
```

O tamanho de uma estrutura é igual a *ou maior que* a soma dos tamanhos dos seus componentes. Por exemplo,

```
struct s {
  char ch;
  int i;
  float f;
} s_var;
```

Aqui, **sizeof(s_var)** vale pelo menos 7 (4 + 2 + 1). No entanto, o tamanho de **s_var** pode ser maior porque é permitido ao compilador "preencher" uma estrutura para obter alinhamento de palavras ou parágrafos. (Um parágrafo são 16 bytes.) Como o tamanho de uma estrutura pode ser maior que a soma dos tamanhos dos seus componentes, você deve usar **sizeof** sempre que precisar saber o tamanho de uma estrutura.

Como **sizeof** é um operador avaliado durante a compilação, toda a informação necessária para determinar o tamanho de qualquer variável é conhecida em tempo de compilação. Isto é especialmente importante para as **unions**, já que o tamanho de uma **union** é sempre igual ao tamanho do seu maior componente. Por exemplo, considere

```
union u {
  char ch;
  int i;
  float f;
} u_var;
```

Aqui, o **sizeof(u_var)** é 4. No tempo de execução, não importa o que a união **u_var** está realmente guardando. Tudo o que importa é o tamanho da maior variável que pode ser armazenada porque a **union** tem de ser do tamanho do seu maior elemento.

typedef

C permite que você defina explicitamente novos nomes aos tipos de dados, utilizando a palavra-chave **typedef**. Você não está realmente *criando* uma nova classe de dados, mas, ao contrário, definindo um novo nome para um tipo já existente. Esse processo pode ajudar a tornar programas dependentes da máquina um pouco mais portáveis. Se você definir seu próprio nome de tipo para cada tipo de dados dependente de máquina usado pelo seu programa, apenas os comandos **typedef** teriam de ser mudados quando você compilar em um novo ambiente. Também pode auxiliar numa autodocumentação do seu código, permitindo nomes mais descritivos aos tipos de dados padrões. A forma geral de um comando **typedef** é

typedef *tipo novonome;*

onde *tipo* é qualquer tipo de dados permitido e *novonome* é o novo nome para esse tipo. O novo nome que você define é uma opção, não uma substituição, ao nome do tipo existente.

Por exemplo, você poderia criar um novo nome para **float** usando

```
typedef float balance;
```

Esse comando diz ao compilador para reconhecer **balance** como outro nome para **float**. A seguir, você poderia criar uma variável **float**, usando **balance**:

```
balance over_due;
```

Aqui, **over_due** é uma variável de ponto flutuante do tipo **balance**, que é uma outra palavra para **float**.

Agora que **balance** foi definido, ele pode ser usado no lado direito de um outro **typedef**. Por exemplo,

```
typedef balance overdraft;
```


diz ao compilador para reconhecer **overdraft** como um outro nome para **balance**, que é um outro nome para **float**.

Existe uma aplicação de **typedef** que você pode achar especialmente útil: **typedef** pode ser usada para simplificar a declaração de variáveis estrutura, **union** ou de enumeração. Por exemplo, considere a seguinte declaração:

```
struct mystruct {
  unsigned x;
  float f;
};
```

Para declarar uma variável do tipo **mystruct**, você deve usar uma declaração como esta:

```
struct mystruct s;
```

Embora certamente não haja nada de errado com esta declaração, ela exige o uso de dois identificadores: **struct** e **mystruct**. No entanto, se você aplicar **typedef** à declaração de **mystruct**, como exibido aqui,

```
typedef struct_mystruct {
  unsigned x;
  float f;
} mystruct;
```

então você pode declarar variáveis deste tipo de estrutura usando a seguinte declaração:

```
mystruct s;
```

O ponto é que através do uso de **typedef** na declaração de **mystruct**, você cria um novo identificador de tipo composto de um único nome. Embora isto seja tecnicamente apenas uma questão de conveniência, certamente vale a pena se você for declarar uma quantidade razoável de variáveis estrutura. Esta mesma técnica pode ser aplicada a **unions** e enumerações.

O uso de **typedef** pode tornar seu código mais fácil de ler e mais fácil de portar para um novo equipamento. Mas lembre-se, você não está criando qualquer tipo de dados novo.

MAKRON Books

8

E/S pelo Console

C é praticamente única no seu enfoque das operações de entrada/saída. A razão disso é que a linguagem não define nenhuma palavra-chave que realize E/S. Ao contrário, entrada e saída são efetuadas pelas funções da biblioteca. O sistema de E/S de C é uma parcela elegante da engenharia que oferece um flexível, porém coeso mecanismo para transferir dados entre dispositivos. No entanto, o sistema de E/S de C é muito grande e envolve diversas funções diferentes.

Em C, existe E/S pelo console e por meio de arquivo. Tecnicamente, C faz pouca distinção entre a E/S pelo console e a E/S de arquivo. Contudo, conceitualmente elas são mundos diferentes. Esse capítulo examina em detalhes as funções de E/S pelo console. O próximo capítulo apresenta o sistema de E/S de arquivo e descreve como os dois sistemas se relacionam.

Com uma exceção, esse capítulo cobre apenas as funções de E/S pelo console definidas pelo padrão C ANSI. Nem o padrão C ANSI nem o C tradicional definem qualquer função que realize o controle de uma tela "imaginária" ou gráficos porque essas operações variam enormemente entre máquinas. Ao contrário, as funções de E/S pelo console do padrão C realizam apenas saídas do tipo TTY. No entanto, a maioria dos compiladores inclui nas suas bibliotecas funções de controle de tela e gráficos que se aplicam ao ambiente específico para o qual o compilador foi projetado. A Parte 2 cobre uma amostra representativa dessas funções.

Este capítulo refere-se às funções de E/S através do console, como aquelas que realizam a entrada pelo teclado e a saída pela tela. Entretanto, essas funções têm, na realidade, a entrada e a saída padrões como o destino e/ou a origem de suas operações de E/S. Além disso, a entrada e a saída padrões podem ser redirecionadas a outros dispositivos. Esses conceitos são abordados no Capítulo 9.

Lendo e Escrevendo Caracteres

A mais simples das funções de E/S pelo console são **getchar()**, que lê um caractere do teclado, e **putchar()**, que escreve um caractere na tela. A função **getchar()** espera até que uma tecla seja pressionada e devolve o seu valor. A tecla pressionada é também automaticamente mostrada na tela. A função **putchar()** escreve seu argumento caractere na tela a partir da posição atual do cursor. Os protótipos para **getchar()** e **putchar()** são mostrados aqui:

```
int getchar(void);
int putchar(int c);
```

O arquivo de cabeçalho dessas funções é STDIO.H. Como mostra seu protótipo, a função **getchar()** é declarada como retornando um inteiro. Contudo, você pode atribuir esse valor a uma variável **char**, como usualmente se faz, porque o caractere está contido no byte de baixa ordem. (Em geral, o byte de ordem mais alta é zero.) **getchar()** retorna **EOF** se ocorre um erro.

No caso de **putchar()**, apesar de ser declarada como pegando um parâmetro inteiro, você geralmente o chamará usando um argumento caractere. Apenas o byte de baixa ordem desse parâmetro é realmente passado para a tela. A função **putchar()** retorna o caractere escrito, ou **EOF** se ocorre um erro. (A macro **EOF** é definida em STDIO.H e é geralmente igual a -1.)

O programa seguinte lê caracteres do teclado e inverte a caixa deles. Isto é, escreve maiúsculas como minúsculas e minúsculas como maiúsculas. Para parar o programa, digite um ponto.

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

void main(void)
{
  char ch;

  printf("Entre com algum texto (digite um ponto para sair).\n");
  do {
    ch = getchar();

    if(islower(ch)) ch = toupper(ch);
    else ch = tolower(ch);

    putchar(ch);
  } while (ch!='.');
}
```

Um Problema com getchar()

Existem alguns problemas potenciais com **getchar()**. O C ANSI definiu **getchar()** como sendo compatível com a versão original de C para o UNIX. Infelizmente, na sua forma original, **getchar()** armazena em um buffer a entrada até que seja pressionado ENTER. Isso porque os sistemas UNIX originais tinham um buffer de linha para os terminais de entrada — isto é, você tinha de pressionar ENTER para que a entrada fosse enviada ao computador. Isso deixa um ou mais caracteres esperando na fila depois que **getchar()** retorna, o que é incômodo em ambientes interativos. Embora o padrão ANSI especifique que **getchar()** pode ser implementada como uma função interativa, isso raramente ocorre. Portanto, se o programa anterior não se comportou como o esperado, você agora sabe por quê.

Alternativas para getchar()

getchar() pode não ser implementada pelo seu compilador de modo a fazê-la útil em um ambiente interativo. Se esse for o caso, talvez você queira utilizar uma função diferente para ler caracteres do teclado. O padrão C ANSI não define nenhuma função que garanta uma entrada interativa, mas muitos compiladores C incluem funções alternativas de entrada pelo teclado. Embora essas funções não sejam definidas pelo ANSI, elas são recomendadas, já que **getchar()** não satisfaz às necessidades da maioria dos programadores.

As duas funções mais comuns, **getch()** e **getche()**, possuem os seguintes protótipos:

```
int getch(void);
int getche(void);
```

Para a maioria dos compiladores, os protótipos para essas funções são encontrados em CONIO.H. A função **getch()** espera até que uma tecla seja pressionada e, então, retorna imediatamente. Ela não mostra o caractere na tela. A função **getche()** é igual a **getch()**, mas a tecla é mostrada. Este livro geralmente utiliza **getch()** ou **getche()** no lugar de **getchar()** quando um caractere precisa ser lido do teclado em um programa interativo. Contudo, se seu compilador não suporta essas funções alternativas, ou se **getchar()** for implementada como uma função interativa pelo seu compilador, você deverá substituir **getchar()** quando necessário.

Por exemplo, o programa anterior é mostrado aqui utilizando **getch()** em lugar de **getchar()**.

```
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <ctype.h>

void main(void)
{
  char ch;

  printf("Entre com algum texto (digite um ponto para
          sair).\n");
  do {
    ch = getch();

    if(islower(ch)) ch = toupper(ch);
    else ch = tolower(ch);

    putchar(ch);
  } while (ch!='.');
}
```


Lendo e Escrevendo Strings

O próximo passo em E/S por meio do console, em termos de complexidade e capacidade, são as funções **gets()** e **puts()**. Elas lhe permitem ler e escrever strings de caracteres no console.

A função **gets()** lê uma string de caracteres inserida pelo teclado e coloca-a no endereço apontado por seu argumento ponteiro de caracteres. Você pode digitar caracteres no teclado até que o retorno de carro (CR) seja pressionado. O retorno de carro não se torna parte da string; em seu lugar é colocado um terminador nulo e **gets()** retorna. Não se pode devolver um retorno de carro utilizando **gets()** (embora **getchar()** possa). Você pode corrigir erros de digitação usando a tecla BACKSPACE antes de pressionar ENTER. O protótipo para **gets()** é

```
char *gets(char *str);
```

onde *str* é uma matriz de caracteres que recebe os caracteres enviados pelo usuário. **gets()** também retorna um ponteiro para **str**. O protótipo da função é encontrado em STDIO.H. O programa seguinte lê uma string para a matriz **str** e escreve seu comprimento.

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void main(void)
{
  char str[80];

  gets(str);
  printf("o comprimento é %d", strlen(str));
}
```

A função **puts()** escreve seu argumento string na tela seguido por uma nova linha. Seu protótipo é

int puts(const char *str);

puts() reconhece os mesmos códigos de barra invertida de **printf()**, como '\t' para uma tabulação. Uma chamada a **puts()** requer bem menos tempo do que a mesma chamada a **printf()** porque **puts()** pode escrever apenas strings de caractere — não pode escrever números ou fazer conversões de formato. Portanto, **puts()** ocupa menos espaço e é executada mais rapidamente que **printf()**. Por essa razão, a função **puts()** é freqüentemente utilizada quando é importante ter um código altamente otimizado. A função **puts()** devolve EOF se ocorre um erro. Caso contrário, ela devolve um valor diferente de zero. No entanto, quando a escrita é feita no console, pode-se normalmente assumir que não ocorrerá nenhum erro, então o valor de **puts()** raramente é monitorado. O comando seguinte mostra **alo**:

```
puts("alo");
```

A Tabela 8.1 resume as funções mais simples que realizam operações de E/S por meio do console.

Tabela 8.1 Funções de E/S simples.

Função	Operação
getchar()	Lê um caractere do teclado; espera o retorno de carro.
getche()	Lê um caractere com eco; não espera o retorno de carro; não definida pelo ANSI, mas é uma extensão comum.
getch()	Lê um caractere sem eco; não espera o retorno de carro; não definida pelo ANSI, mas é uma extensão comum.
putchar()	Escreve um caractere na tela.
gets()	Lê uma string do teclado.
puts()	Escreve uma string na tela.

O programa seguinte, um dicionário computadorizado simples, demonstra várias funções básicas de E/S pelo console. Primeiro, é pedido ao usuário que introduza uma palavra e, então, o programa verifica se a palavra coincide com alguma pertencente ao seu banco de dados interno. Se existe alguma palavra igual, o programa escreve o significado da palavra. Preste especial atenção na utilização do operador de indireção utilizada neste programa. Caso você tenha problema em entendê-lo, lembre-se de que a matriz **dic** contém ponteiros para strings. Observe que a lista deve ser terminada por dois nulos.


```
/* Um dicionário simples. */
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

/* lista de palavras e significados */
char *dic[][40] = {
  "atlas", "um livro de mapas",
  "carro", "um veículo motorizado",
  "telefone", "um dispositivo de comunicação",
  "avião", "uma máquina voadora",
  "","" /* nulo termina a lista */
};

void main(void)
{
  char word[80], ch;
  char **p;
  do {
    puts("\nEntre a palavra: ");
    gets(word);

    p = (char **)dic;

    /* encontra a palavra e imprime seu significado */
    do {
      if(!strcmp(*p, word)) {
        puts("significado:");
        puts(*(p+1));
        break;
      }
      if(!strcmp(*p, word)) break;
      p = p + 2;  /* avança na lista */
    } while(*p);
    if(!*p) puts("a palavra não está no dicionário");
    printf("outra? (y/n): ");
    ch = getche();
  } while(toupper(ch) != 'N');
}
```

E/S Formatada pelo Console

As funções **printf()** e **scanf()** realizam entrada e saída formatada — isto é, elas podem ler e escrever dados em vários formatos que estão sob seu controle.

A função **printf()** escreve dados no vídeo. A função **scanf()**, seu complemento, lê dados do teclado. As duas funções podem operar em qualquer dos tipos de dados intrínsecos, incluindo caracteres, strings e números.

printf()

O protótipo para **printf()** é

int printf(const char **string_de_controle*, ...);

O protótipo para **printf()** está em STDIO.H. A função **printf()** devolverá o número de caracteres escritos ou um valor negativo, se ocorrer um erro.

A *string_de_controle* consiste em dois tipos de itens. O primeiro tipo é formado por caracteres que serão impressos na tela. O segundo contém comandos de formato que definem a maneira pela qual os argumentos subseqüentes serão mostrados. Um comando de formato começa com um símbolo percentual (%) e é seguido pelo código do formato. Deve haver o mesmo número de argumentos e de comandos de formato e estes dois são combinados na ordem, da esquerda para a direita. Por exemplo, a seguinte chamada a **printf()**.

Tabela 8.2 Comandos de formato de printf().

Código	Formato
%c	Caractere
%d	Inteiros decimais com sinal
%i	Inteiros decimais com sinal
%e	Notação científica (e minúsculo)
%E	Notação científica (E maiúsculo)
%f	Ponto flutuante decimal
%g	Usa %e ou %f, o que for mais curto
%G	Usa %E ou %F, o que for mais curto
%o	Octal sem sinal
%s	String de caracteres
%u	Inteiros decimais sem sinal
%x	Hexadecimal sem sinal (letras minúsculas)
%X	Hexadecimal sem sinal (letras maiúsculas)
%p	Apresenta um ponteiro
%n	O argumento associado é um ponteiro para inteiro no qual o número de caracteres escritos até esse ponto é colocado
%%	Escreve o símbolo %


```
printf("Eu gosto de %s e de %c","muito!");
```

mostra

```
Eu gosto muito de C!
```

A função **printf()** aceita uma ampla variedade de comandos de formato, como mostrado na Tabela 8.2.

Escrevendo Caracteres

Para escrever um caractere individual, deve-se utilizar **%c**. Isso faz com que o seu argumento associado seja escrito sem modificações na tela. Para escrever uma string, deve-se utilizar **%s**.

Escrevendo Números

Pode-se utilizar tanto **%d** quanto **%i** para indicar um número decimal com sinal. Esses comandos de formato são equivalentes; ambos são suportados por razões históricas.

Para escrever um valor sem sinal, deve-se utilizar **%u**.

O especificador de formato **%f** apresenta os números em ponto flutuante.

Os comandos **%e** e **%E** instruem **printf()** a mostrar um argumento **double** em notação científica. Os números representados em notação científica tomam esta forma geral:

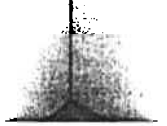
x.dddddE+/-yy

A letra "E" maiúscula pode ser mostrada pelo uso do especificador de formato **%e**; para a letra "e" minúscula, utilize **%e**.

Pode-se fazer com que **printf()** decida utilizar **%f** ou **%e** usando os comandos de formato **%g** ou **%G**. Isso faz com que **printf()** selecione o especificador de formato que produz a saída mais curta. Onde aplicável, deve-se utilizar **%G** para "E" mostrado em maiúscula e **%g** para "e" em minúscula. O programa seguinte demonstra o efeito do especificador de formato **%g**.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  double f;
```



```
  for(f=1.0; f<1.0e+10; f=f*10)
    printf("%g ", f);
}
```

A seguinte saída é produzida:

```
1 10 100 1000 10000 100000 1e+06 1e+07 1e+08 1e+09
```

Podem-se apresentar inteiros sem sinal no formato octal ou hexadecimal utilizando **%o** ou **%x**, respectivamente. Como o sistema de número hexadecimal utiliza as letras de "A" a "E" para representar os números de 10 a 15, essas letras podem ser mostradas em maiúsculas ou em minúsculas. Para maiúsculas, utilize o especificador de formato **%X** e, para minúsculas, utilize **%x**, como mostrado aqui:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  unsigned num;

  for(num=0; num<255; num++) {
    printf("%o ", num);
    printf("%x ", num);
    printf("%X\n", num);
  }
}
```

Mostrando um Endereço

Para mostrar um endereço, deve-se utilizar **%p**. Esse especificador de formato faz com que **printf()** mostre um endereço de máquina em um formato compatível com o tipo de endereçamento utilizado pelo computador. O próximo programa mostra o endereço de **sample**:

```
#include <stdio.h>

int sample;

void main(void)
{
  printf("%p", &sample);
}
```


O Especificador %n

O especificador de formato **%n** é diferente de todos os outros. Em lugar de dizer a **printf()** para mostrar alguma coisa, ele faz com que **printf()** carregue a variável apontada por seu argumento correspondente com um valor igual ao número de caracteres que já foram escritos. Em outras palavras, o valor que corresponde ao especificador de formato deve ser um ponteiro para uma variável. Depois da chamada a **printf()**, essa variável contém o número de caracteres escritos até o ponto em que o **%n** foi encontrado. Examine esse programa para entender esse código de formato um tanto incomum.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int count;

  printf("isso%n é um teste\n", &count);
  printf("%d", count);
}
```

Esse programa mostra **isso é um teste** seguido pelo número 4. O especificador de formato **%n** é utilizado fundamentalmente em formatação dinâmica.

Modificadores de Formato

Muitos comandos de formatos podem ter modificadores que alteram ligeiramente seus significados. Por exemplo, pode-se especificar uma largura mínima de campo, o número de casas decimais e justificação à esquerda. O modificador de formato fica entre o sinal de percentagem e o código propriamente dito.

O Especificador de Largura Mínima de Campo

Um número colocado entre o símbolo **%** e o código de formato age como um *especificador de largura mínima de campo*. Isso preenche a saída com espaços, para assegurar que ela atinja um certo comprimento mínimo. Se a string, ou o número, for maior do que o mínimo, ela será escrita por inteiro. O preenchimento padrão é feito com espaços. Para preencher com 0s, deve-se colocar um 0 antes do especificador de largura mínima de campo. Por exemplo, **%05d** preencherá um número de menos de cinco dígitos com 0s de forma que seu comprimento total seja cinco. O programa seguinte demonstra o especificador de largura mínima de campo.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  double item;

  item = 10.12304;

  printf("%f\n", item);
  printf("%10f\n", item);
  printf("%012f\n", item);
}
```

Esse programa produz a seguinte saída:

```
10.123040
10.123040
00010.123040
```

O modificador de largura mínima de campo é normalmente utilizado para produzir tabelas em que as colunas são alinhadas. Por exemplo, o próximo programa produz uma tabela com os quadrados e os cubos dos números de 1 a 19.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int i;

  /* mostra uma tabela de quadrados e cubos */
  for(i=1; i<20; i++)
    printf("%8d %8d %8d\n", i, i*i, i*i*i);
}
```

Uma amostra de sua saída é vista a seguir:

```
 1      1       1
 2      4       8
 3      9      27
 4     16      64
 5     25     125
 6     36     216
 7     49     343
 8     64     512
 9     81     729
10    100    1000
```



```
11    121    1331
12    144    1728
13    169    2197
14    196    2744
15    225    3375
16    256    4096
17    289    4913
18    324    5832
19    361    6859
```

O Especificador de Precisão

O *especificador de precisão* segue o especificador de largura mínima de campo (se houver algum), consistindo em um ponto seguido de um número inteiro. O seu significado exato depende do tipo de dado a que está sendo aplicado.

Quando se aplica o especificador de precisão a dados em ponto flutuante, ele determina o número de casas decimais mostrado. Por exemplo, **%10.4f** mostra um número com pelo menos dez caracteres com quatro casas decimais.

Quando o especificador de precisão é aplicado a **%g** ou **%G**, ele determina a quantidade de dígitos significativos.

Aplicado a strings, o especificador de precisão determina o comprimento máximo do campo. Por exemplo, **%5.7s** mostra uma string de pelo menos cinco e não excedendo sete caracteres. Se a string for maior que a largura máxima do campo, os caracteres finais são truncados.

Quando aplicado a tipos inteiros, o especificador de precisão determina o número mínimo de dígitos que aparecerão para cada número. Zeros iniciais serão adicionados para completar o número solicitado de dígitos.

O programa seguinte ilustra o especificador de precisão:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  printf("%.4f\n", 123.1234567);
  printf("%3.8d\n", 1000);
  printf("%10.15s\n", "Esse é um teste simples.");
}
```

Ele produz a seguinte saída:

```
123.1235
00001000
Esse é um teste
```

Justificando a Saída

Por padrão, toda saída é justificada à direita. Isso é, se a largura do campo for maior que os dados escritos, os dados serão colocados na extremidade direita do campo. A saída pode ser justificada à esquerda colocando-se um sinal de subtração imediatamente após o %. Por exemplo, **%-10.2f** justifica à esquerda um número em ponto flutuante com duas casas decimais em um campo de 10 caracteres.

O programa seguinte ilustra a justificação à esquerda:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  printf("justificado à direita:%8d\n", 100);
  printf("justificado à esquerda:%-8d\n",100);
}
```

Manipulando Outros Tipos de Dados

Existem dois modificadores dos comandos de formato que permitem que **printf()** mostre inteiros curtos e longos. Esses modificadores podem ser aplicados aos comandos de tipo **d**, **i**, **o**, **u** e **x**. O modificador **l** diz a **printf()** que segue um tipo de dado **long**. Por exemplo, **%ld** significa que um **long int** será mostrado. O modificador **h** instrui **printf()** a mostrar um **short int**. Por exemplo, **%hu** indica que o dado é do tipo **short unsigned int**.

O modificador **L** também pode anteceder o especificador de ponto flutuante **e**, **f**, e **g**, e indica que segue um **long double**.

Os Modificadores * e

A função **printf()** suporta dois modificadores adicionais para alguns dos seus comandos de formato: * e #.

Preceder os comandos **g**, **G**, **f**, **E** ou **e** com # garante que haverá um ponto decimal, mesmo que não haja dígitos decimais. Se o especificador de formato **x** ou **X** é precedido por um #, o número hexadecimal será escrito com um prefixo **0x**. Se o especificador **o** é precedido de #, o número será exibido com um zero à esquerda. O # não pode ser aplicado a nenhum outro especificador de formato.

Os comandos de largura mínima de campo e precisão podem ser fornecidos como argumentos de **printf()**, em lugar de constantes. Para que isso seja realizado, deve-se utilizar o * como marcador. Quando a string de formato for examinada, **printf()** fará o * combinar com um argumento na ordem em que ele ocorre. Por exemplo, na Figura 8.1, a largura mínima do campo é 10, a precisão é 4 e o valor a ser mostrado é **123,3**.

```
printf("%*.*f",10,4,123.3);
```

Figura 8.1 Como o * combina seus valores.

O programa seguinte ilustra # e *:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  printf("%x  %#x\n", 10, 10);
  printf("%*.*f", 10, 4, 1234.34);
}
```

scanf()

scanf() é a rotina de entrada pelo console de uso geral. Ela pode ler todos os tipos de dados intrínsecos e converte automaticamente números ao formato interno apropriado. Ela é muito parecida com o inverso de **printf()**. O protótipo para **scanf()** é

int scanf(const char **string_de_controle, ...*;

O protótipo para **scanf()** está em STDIO.H. A função **scanf()** devolve o número de itens de dados que foi atribuído, com êxito, a um valor. Se ocorre um erro, **scanf()** devolve **EOF**. A *string_de_controle* determina como os valores são lidos para as variáveis apontadas na lista de argumentos.

A string de controle consiste em três classificações de caracteres.

- Especificadores de formato
- Caracteres de espaço em branco
- Caracteres de espaço não-branco

Vamos olhar cada um deles agora.

Especificadores de Formato

Os especificadores de formato de entrada são precedidos por um sinal % e informam a **scanf()** que tipo de dado deve ser lido imediatamente após. Esses códigos estão listados na Tabela 8.3. Os especificadores de formato coincidem, na ordem da esquerda para a direita, com os argumentos na lista de argumentos. Vejamos alguns exemplos.

Tabela 8.3 Especificadores de formato de **scanf()**.

Código	Significado
%c	Lê um único caractere
%d	Lê um inteiro decimal
%i	Lê um inteiro decimal
%e	Lê um número em ponto flutuante
%f	Lê um número em ponto flutuante
%g	Lê um número em ponto flutuante
%o	Lê um número octal
%s	Lê uma string
%x	Lê um número hexadecimal
%p	Lê um ponteiro
%n	Recebe um valor inteiro igual ao número de caracteres lidos até então
%u	Lê um inteiro sem sinal
%[]	Busca por um conjunto de caracteres.

Inserindo Números

Para ler um número decimal, deve-se utilizar os especificadores **%d** ou **%i**. (Esses especificadores, que fazem exatamente a mesma coisa, são incluídos para compatibilidade com versões mais antigas de C.)

Para ler um número em ponto flutuante, representado em notação científica ou padrão, deve-se utilizar **%e**, **%f** ou **%g**. (Novamente, esses especificadores, que fazem exatamente a mesma coisa, são incluídos para compatiblidade com versões mais antigas de C.)

scanf() pode ser utilizada para ler inteiros na forma octal ou hexadecimal usando os comandos de formato **%o** e **%x**, respectivamente. O **%x** pode estar em maiúscula ou minúscula. De qualquer forma, pode-se inserir letra de "A" a "F", em maiúsculas ou minúsculas, quando se estiver digitando números hexadecimais. O programa seguinte lê um número octal e um hexadecimal:


```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int i, j;

  scanf("%o%x", &i, &j);
  printf("%o %x", i, j);
}
```

A função **scanf()** termina a leitura de um número quando o primeiro caractere não numérico é encontrado.

Inserindo Inteiros sem Sinal

Para inserir um inteiro sem sinal, deve-se utilizar o especificador de formato **%u**. Por exemplo,

```
unsigned num;
scanf("%u",&num);
```

lê um número sem sinal e coloca-o em **num**.

Lendo Caracteres Individuais com scanf()

Como você aprendeu anteriormente neste capítulo, é possível ler caracteres individuais utililizando **getchar()** ou uma função derivada. **scanf()** também pode ser utilizada para ler um caractere, usando-se o especificador de formato **%c**. No entanto, como muitas implementações de **getchar()**, **scanf()** guarda a entrada em um buffer quando **%c** é usado. Isto torna-a imprópria para um ambiente interativo.

Embora espaços, tabulações e novas linhas sejam utilizados como separadores de campos quando se lê outros tipos de dados, na leitura de um único caractere, caracteres de espaço em branco são lidos como qualquer outro caractere. Por exemplo, com "x y" como entrada, esse fragmento de código

```
scanf("%c%c%c", &a, &b, &c);
```

retorna com o caractere **x** em **a**, um espaço em **b** e o caractere **y** em **c**.

Lendo Strings

A função **scanf()** pode ser utilizada para ler uma string da stream de entrada, usando o especificador de formato **%s**. **%s** faz com que **scanf()** leia caracteres

até que seja encontrado um caractere de espaço em branco. Os caracteres lidos são colocados em uma matriz de caracteres apontada pelo argumento correspondente e o resultado tem terminação nula. Para **scanf()**, um caractere de espaço em branco é um espaço, um retorno de carro ou uma tabulação. Ao contrário de **gets()**, que lê uma string até que seja digitado um retorno de carro, **scanf()** lê a string até o primeiro espaço em branco. Isso significa que **scanf()** não pode ser utilizada para ler uma string como "isto é um teste" porque o primeiro espaço termina o processo de leitura. Para ver o efeito do especificador **%s**, tente esse programa, usando a string "alo aqui".

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  char str[80];

  printf("entre com uma string: ");
  scanf("%s", str);
  printf("eis sua string: %s", str);
}
```

O programa responde com apenas a porção "alo" da string.

Inserindo um Endereço

Para inserir um endereço de memória (ponteiro), deve-se utilizar o especificador de formato **%p**. Não tente usar um inteiro sem sinal ou qualquer outro especificador de formato para inserir um endereço porque **%p** faz com que **scanf()** leia um endereço no formato usado pela CPU. Por exemplo, esse programa lê um ponteiro e, então, mostra o que há neste endereço de memória.

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  char *p;

  printf("entre com um endereço: ");
  scanf("%p", &p);
  printf("na posição %p há %c\n", p, *p);
}
```


O Especificador %n

O especificador **%n** instrui **scanf()** a atribuir o número de caracteres lidos da stream de entrada, no ponto em que o **%n** foi encontrado, à variável apontada pelo argumento correspondente.

Utilizando um Scanset

O padrão C ANSI acrescentou a **scanf()** uma nova característica chamada scanset. Um *scanset* define um conjunto de caracteres que pode ser lido por **scanf()** e atribuído à matriz de caracteres correspondente. Um scanset é definido colocando-se uma string dos caracteres a serem procurados entre colchetes. O colchete deve ser precedido por um sinal percentual. Por exemplo, o seguinte scanset informa a **scanf()** para ler apenas os caracteres X, Y e Z.

```
%[XYZ]
```

Quando um scanset é utilizado, **scanf()** continua a ler caracteres e coloca-os na matriz de caracteres correspondente até que encontre um caractere que não pertença ao scanset. A variável correspondente deve ser um ponteiro para uma matriz de caracteres. Ao retornar, essa matriz conterá uma string terminada com um nulo que consiste nos caracteres que foram lidos. Para entender como isso funciona, tente este programa:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  int i;
  char str[80], str2[80];

  scanf(%d%[abcdefg]%s", &i, str, str2);
  printf("%d %s %s", i, str, str2);
}
```

Digite **123abcdtye** seguido de um ENTER. O programa mostrará, então, **123 abcd tye**. **scanf()** finaliza a leitura de caracteres para **str** quando encontra o "t" porque ele não faz parte do scanset. Os caracteres restantes são colocados em **str2**.

Pode ser especificado um conjunto invertido se o primeiro caractere do conjunto for um ^. O ^ instrui **scanf()** a aceitar qualquer caractere que *não* está definido pelo scanset.

Também pode ser especificada uma faixa de caracteres, usando-se um hífen entre o caractere inicial e o final. Por exemplo, isso informa a **scanf()** para aceitar os caracteres de A a Z:

```
%[A-Z]
```

Um ponto importante que deve ser lembrado é que um scanset diferencia maiúsculas de minúsculas. Para fazer uma busca tanto entre maiúsculas quanto minúsculas, você deve especificá-las individualmente.

Descartando Espaços em Branco Indesejados

Um caractere de espaço em branco na string de controle faz com que **scanf()** salte um ou mais caracteres de espaço em branco da stream de entrada. Um caractere de espaço em branco é um espaço, uma tabulação ou uma nova linha. Em essência, um caractere de espaço em branco, na string de controle, faz com que **scanf()** leia, mas não armazene, qualquer número (incluindo zero) de caracteres de espaço em branco até que seja encontrado o primeiro caractere de espaço não-branco.

Caracteres de Espaço Não-Branco na String de Controle

Um caractere de espaço não-branco na string de controle faz com que **scanf()** leia e ignore caracteres iguais na stream de entrada. Por exemplo, **"%d,%d"** faz com que **scanf()** leia um inteiro, leia e descarte uma vírgula e, então, leia outro inteiro. Se o caractere especificado não for encontrado, **scanf()** termina. Para descartar um sinal percentual, é usado **%%** na string de controle.

Deve-se Passar Endereços para scanf()

Todas as variáveis utilizadas para receber valores por meio de **scanf()** devem ser passadas pelos seus endereços. Isso significa que todos os argumentos devem ser ponteiros para as variáveis usadas como argumentos. Recorde que essa é a maneira de C criar uma chamada por referência, o que permite a uma função alterar o conteúdo de um argumento. Por exemplo, para ler um inteiro para a variável **count**, seria usada a seguinte chamada a **scanf()**:

```
scanf("%d",&count);
```


As strings são lidas para matrizes de caracteres e o nome da matriz, sem qualquer índice, é o endereço do primeiro elemento da matriz. Logo, para ler uma string para a matriz de caracteres **str**, seria usado

```
scanf("%s",str);
```

Nesse caso, **str** já é um ponteiro e não precisa ser precedido pelo operador **&**.

Modificadores de Formato

Tal como ocorre com **printf()**, **scanf()** permite que alguns dos seus especificadores de formato sejam modificados.

Os especificadores de fomato podem determinar um modificador de largura máxima de campo. Isto é, um inteiro, colocado entre o **%** e o formato, limita o número de caracteres lido para aquele campo. Por exemplo, para ler até 20 caracteres para **str**, escreva

```
scanf("%20s",str);
```

Se a stream de entrada for maior do que 20 caracteres, uma chamada subseqüente a qualquer função de entrada de caracteres começará onde essa chamada termina. Por exemplo, se for entrado

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

como resposta à chamada a **scanf()** nesse exemplo, apenas os 20 primeiros caracteres, ou até o T, serão colocados em **str**, devido ao especificador de máximo tamanho. Isso significa que os caracteres restantes, UVWXYZ, ainda não foram usados. Se alguma outra chamada a **scanf()** for feita, como em

```
scanf("%s",str);
```

as letras UVWXYZ serão colocadas em **str**. A entrada para um campo pode terminar antes que o comprimento máximo seja atingido se for encontrado um espaço em branco. Nesse caso, **scanf()** avança para o próximo campo.

Para ler um inteiro longo, um **l** (letra ele) deve ser colocado antes do especificador de formato. Para ler um inteiro curto, um **h** deve ser colocado antes do especificador de formato. Esses modificadores podem ser usados com os formatos **d**, **i**, **o**, **u** e **x**.

Por padrão, os especificadores **f**, **e** e **g** instruem **scanf()** a atribuir dados a um **float**. Com um l antes de um desses especificadores, **scanf()** atribui o dado a um **double**. Para que **scanf()** receba um **long double**, utiliza-se um L.

Suprimindo a Entrada

Pode-se informar a **scanf()** para ler um campo, mas não atribuí-lo a nenhuma variável, através da colocação de um * precedendo o código do formato do campo. Por exemplo, dado

```
scanf("%d%*c%d", &x, &y);
```

você pode inserir **10,10**. A vírgula seria lida corretamente, mas não seria atribuída a nada. A supressão de atribuição é útil especialmente quando só é necessário processar uma parte do que está sendo digitado.

MAKRON Books

9

E/S com Arquivo

Como você provavelmente sabe, a linguagem C não contém nenhum comando de E/S. Ao contrário, todas as operações de E/S ocorrem mediante chamadas a funções da biblioteca C padrão. Essa abordagem faz o sistema de arquivos de C extremamente poderoso e flexível. O sistema de E/S de C é único, porque dados podem ser transferidos na sua representação binária interna ou em um formato de texto legível por humanos. Isso torna fácil criar arquivos que satisfaçam qualquer necessidade.

E/S ANSI *Versus* E/S UNIX

O padrão C ANSI define um conjunto completo de funções de E/S que pode ser utilizado para ler e escrever qualquer tipo de dado. Em contraste, o antigo padrão C UNIX contém dois sistemas distintos de rotinas que realizam operações de E/S. O primeiro método assemelha-se vagamente ao definido pelo padrão C ANSI e é denominado de *sistema de arquivo com buffer* (algumas vezes os termos *formatado* ou *alto nível* são utilizados para referenciá-lo). O segundo é o sistema de arquivo tipo UNIX (algumas vezes chamado de *não formatado* ou *sem buffer*) definido apenas sob o antigo padrão UNIX. O padrão ANSI não define o sistema sem buffer porque, entre outras coisas, os dois sistemas são amplamente redundantes e o sistema de arquivo tipo UNIX pode não ser relevante a certos ambientes que poderiam, de outro modo, suportar C. Este capítulo dá ênfase ao sistema de arquivo C ANSI. O fato de o ANSI não ter definido o sistema de E/S tipo UNIX sugere que seu uso irá declinar. De fato, seria muito difícil justificar

seu uso em qualquer projeto atual. Porém, como as rotinas tipo UNIX foram utilizadas em milhares de programas em C existentes, elas são discutidas brevemente no final deste capítulo.

E/S em C *Versus* E/S em C++

Como C forma o embasamento de C++ (C melhorada através da orientação a objetos), às vezes surge a pergunta sobre como se relaciona o sistema de E/S de C com C++. A breve digressão a seguir esclarece este ponto.

C++ suporta todo o sistema de arquivos definido pelo C ANSI. Assim, se você portar algum código para C++ em algum momento no futuro, não precisará modificar todas as suas rotinas de E/S. No entanto, C++ também define seu próprio sistema de E/S, orientado a objetos, que inclui tanto funções quanto operadores de E/S. O sistema de E/S C++ duplica por completo a funcionalidade do sistema de E/S C ANSI. Em geral, se usar C++ para escrever programas orientados a objetos, você vai querer usar o sistema de E/S orientado a objetos. Em outros casos, você é livre para escolher usar o sistema de arquivos orientado a objetos ou o sistema de arquivos C ANSI. Uma vantagem de usar este último é que atualmente ele está padronizado e é reconhecido por todos os compiladores C e C++ atuais.

NOTA: Para uma análise completa de C++, incluindo seu sistema de E/S orientado a objetos, consulte C++ — The Complete Reference, de Herbert Schildt (Berkeley, CA: Osborne McGraw-Hill).

Streams e Arquivos

Antes de começar nossa discussão do sistema de arquivo C ANSI, é importante entender a diferença entre os termos *streams* e *arquivos*. O sistema de E/S de C fornece uma interface consistente ao programador C, independentemente do dispositivo real que é acessado. Isto é, o sistema de E/S de C provê um nível de abstração entre o programador e o dispositivo utilizado. Essa abstração é chamada de *stream* e o dispositivo real é chamado de *arquivo*. É importante entender como streams e arquivos se integram.

Streams

O sistema de arquivos de C é projetado para trabalhar com uma ampla variedade de dispositivos, incluindo terminais, acionadores de disco e acionadores de fita.

Embora cada um dos dispositivos seja muito diferente, o sistema de arquivo com buffer transforma-os em um dispositivo lógico chamado de stream. Todas as streams comportam-se de forma semelhante. Pelo fato de as streams serem amplamente independentes do dispositivo, a mesma função pode escrever em um arquivo em disco ou em algum outro dispositivo, como o console. Existem dois tipos de streams: texto e binária.

Streams de Texto

Uma *stream de texto* é uma seqüência de caracteres. O padrão C ANSI permite (mas não exige) que uma stream de texto seja organizada em linhas terminadas por um caractere de nova linha. Porém, o caractere de nova linha é opcional na última linha e é determinado pela implementação (a maioria dos compiladores C não termina streams de texto com caracteres de nova linha). Em uma stream de texto, certas traduções podem ocorrer conforme exigido pelo sistema host. Por exemplo, uma nova linha pode ser convertida em um par retorno de carro/alimentação de linha. Portanto, poderá não haver uma relação de um para um entre os caracteres que são escritos (ou lidos) e aqueles nos dispositivos externos. Além disso, devido a possíveis traduções, o número de caracteres escritos (ou lidos) pode não ser o mesmo que aquele encontrado no dispositivo externo.

Streams Binárias

Uma *stream binária* é uma seqüência de bytes com uma correspondência de um para um com aqueles encontrados no dispositivo externo — isto é, não ocorre nenhuma tradução de caracteres. Além disso, o número de bytes escritos (ou lidos) é o mesmo que o encontrado no dispositivo externo. Porém, um número definido pela implementação de bytes nulos pode ser acrescentado a uma stream binária. Esses bytes nulos poderiam ser usados para aumentar a informação para que ela preenchesse um setor de um disco, por exemplo.

Arquivos

Em C, um *arquivo* pode ser qualquer coisa, desde um arquivo em disco até um terminal ou uma impressora. Você associa uma stream com um arquivo específico realizando uma operação de abertura. Uma vez o arquivo aberto, informações podem ser trocadas entre ele e o seu programa.

Nem todos os arquivos apresentam os mesmos recursos. Por exemplo, um arquivo em disco pode suportar acesso aleatório enquanto um teclado não pode. Isso revela um ponto importante sobre o sistema de E/S de C: todas as streams são iguais, mas não todos os arquivos.

Se o arquivo pode suportar acesso aleatório (algumas vezes referido como *solicitação de posição*), abrir esse arquivo também inicializa o *indicador de posição no arquivo* para o começo do arquivo. Quando cada caractere é lido ou escrito no arquivo, o indicador de posição é incrementado, garantindo progressão através do arquivo.

Um arquivo é desassociado de uma stream específica por meio de uma operação de fechamento. Se um arquivo aberto para saída for fechado, o conteúdo, se houver algum, de sua stream associada será escrito no dispositivo externo. Esse processo é geralmente referido como *descarga* (*flushing*) da stream e garante que nenhuma informação seja acidentalmente deixada no buffer de disco. Todos os arquivos são fechados automaticamente quando o programa termina normalmente, com **main()** retornando ao sistema operacional ou uma chamada a **exit()**. Os arquivos não são fechados quando um programa quebra (*crash*) ou quando ele chama **abort ()**.

Cada stream associada a um arquivo tem uma estrutura de controle de arquivo do tipo **FILE**. Essa estrutura é definida no cabeçalho STDIO.H. Nunca modifique esse bloco de controle de arquivo.

A separação que C faz entre streams e arquivos pode parecer desnecessária ou estranha, mas a sua principal finalidade é a consistência da interface. Em C, você só precisa pensar em termos de stream e usar apenas um sistema de arquivos para realizar todas as operações de E/S. O compilador C converte a entrada ou saída em linha em uma stream facilmente gerenciada.

Fundamentos do Sistema de Arquivos

O sistema de arquivos C ANSI é composto de diversas funções inter-relacionadas. As mais comuns são mostradas na Tabela 9.1. Essas funções exigem que o cabeçalho STDIO.H seja incluído em qualquer programa em que são utilizadas. Note que a maioria das funções começa com a letra "f". Isso é uma convenção do padrão C UNIX, que definiu dois sistemas de arquivos. As funções de E/S do UNIX não começavam com um prefixo e a maioria das funções do sistema de E/S formatado tinha o prefixo "f". O comitê do ANSI escolheu manter essa convenção de nomes para manter uma continuidade.

Tabela 9.1 As funções mais comuns do sistema de arquivo com buffer.

Nome	Função
fopen()	Abre um arquivo
fclose()	Fecha um arquivo
putc()	Escreve um caractere em um arquivo
fputc()	O mesmo que putc()
getc()	Lê um caractere de um arquivo
fgetc()	O mesmo que getc()
fseek()	Posiciona o arquivo em um byte específico
fprintf()	É para um arquivo o que **printf()** é para o console
fscanf()	É para um arquivo o que **scanf()** é para o console
feof()	Devolve **verdadeiro** se o fim de arquivo for atingido
ferror()	Devolve **verdadeiro** se ocorreu um erro
rewind()	Recoloca o indicador de posição de arquivo no início do arquivo
remove()	Apaga um arquivo
fflush()	Descarrega um arquivo

O arquivo de cabeçalho STDIO.H fornece os protótipos para as funções de E/S e define estes três tipos: **size_t**, **fpos_t** e **FILE**. O tipo **size_t** é essencialmente o mesmo que um unsigned, assim como o **fpos_t**. O tipo **FILE** é discutido na próxima seção.

STDIO.H também define várias macros. As relevantes a este capítulo são: **NULL**, **EOF**, **FOPEN_MAX**, **SEEK_SET**, **SEEK_CUR** e **SEEK_END**. A macro **NULL** define um ponteiro nulo. A macro **EOF** é geralmente definida como -1 e é o valor devolvido quando uma função de entrada tenta ler além do final do arquivo. **FOPEN_MAX** define um valor inteiro que determina o número de arquivos que podem estar abertos ao mesmo tempo. As outras macros são usadas com **fseek()**, que é uma função que executa acesso aleatório em um arquivo.

O Ponteiro de Arquivo

O ponteiro é o meio comum que une o sistema C ANSI de E/S. *Um ponteiro de arquivo* é um ponteiro para informações que definem várias coisas sobre o arquivo, incluindo seu nome, status e a posição atual do arquivo. Basicamente, o ponteiro de arquivo identifica um arquivo específico em disco e é usado pela stream associada para direcionar as operações das funções de E/S. Um ponteiro de arquivo é uma variável ponteiro do tipo **FILE**. Para ler ou escrever arquivos, seu programa precisa usar ponteiros de arquivo. Para obter uma variável ponteiro de arquivo, use um comando como este:

```
FILE *fp;
```

Abrindo um Arquivo

A função **fopen()** abre uma stream para uso e associa um arquivo a ela. Ela retorna o ponteiro de arquivo associado a esse arquivo. Mais freqüentemente (e para o resto desta discussão) o arquivo é um arquivo em disco. A função **fopen()** tem este protótipo:

FILE *fopen(const char* *nomearq*, const char* *modo*);

onde *nomearq* é um ponteiro para uma cadeia de caracteres que forma um nome válido de arquivo e pode incluir uma especificação de caminho de pesquisa (*path*). A string apontada por *modo* determina como o arquivo será aberto. A Tabela 9.2 mostra os valores legais para *modo*. Strings como "r+b" também podem ser representadas como "rb+".

Como exposto, a função **fopen()** devolve um ponteiro de arquivo. Seu programa nunca deve alterar o valor desse ponteiro. Se ocorrer um erro quando estiver tentando abrir um arquivo, **fopen()** devolve um ponteiro nulo.

Como mostra a Tabela 9.2, um arquivo pode ser aberto no modo texto ou binário. Em muitas implementações, no modo texto, seqüências de retorno de carro/alimentação de linha são traduzidas para caracteres de nova linha na entrada. Na saída, ocorre o inverso: novas linhas são traduzidas para retornos de carro/alimentações de linha. Nenhuma tradução desse tipo ocorre em arquivos binários.

Tabela 9.2 Os valores legais para modo.

Modo	Significado
r	Abre um arquivo-texto para leitura
w	Cria um arquivo-texto para escrita
a	Anexa a um arquivo-texto
rb	Abre um arquivo binário para leitura
wb	Cria um arquivo binário para escrita
ab	Anexa a um arquivo binário
r+	Abre um arquivo-texto para leitura/escrita
w+	Cria um arquivo-texto para leitura/escrita
a+	Anexa ou cria um arquivo-texto para leitura/escrita
r+b	Abre um arquivo binário para leitura/escrita
w+b	Cria um arquivo binário para leitura/escrita
a+b	Anexa a um arquivo binário para leitura/escrita

Para abrir um arquivo chamado TEST, permitindo escrita, pode-se digitar:


```
FILE *fp;

fp = fopen("test","w");
```

Embora tecnicamente correto, você geralmente verá o código anterior escrito desta forma:

```
FILE *fp;

if((fp = fopen("test", "w"))==NULL) {
  printf("arquivo não pode ser aberto\n");
  exit(1);
}
```

Este método detectará qualquer erro na abertura de um arquivo, tal como um disco cheio ou protegido contra gravação, antes de que seu programa tente gravar nele. Em geral, você sempre deve confirmar o sucesso de **fopen** antes de tentar qualquer outra operação sobre o arquivo.

Se você usar **fopen()** para abrir um arquivo com permissão para escrita, qualquer arquivo já existente com esse nome será apagado e um novo arquivo será iniciado. Se nenhum arquivo com esse nome existe, um será criado. Se você deseja adicionar ao final do arquivo, deve usar o modo "a". Arquivos já existentes só podem ser abertos para operações de leitura. Se o arquivo não existe, um erro é devolvido. Finalmente, se um arquivo é aberto para operações de leitura/escrita, ele não será apagado se já existe e, se não existe, ele será criado.

O número de arquivos que pode ser aberto em um determinado momento é especificado por **FOPEN_MAX**. Este número geralmente é superior a 8, mas você deve verificar no manual do seu compilador qual é o seu valor exato.

Fechando um Arquivo

A função **fclose()** fecha uma stream que foi aberta por meio de uma chamada a **fopen()**. Ela escreve qualquer dado que ainda permanece no buffer de disco no arquivo e, então, fecha normalmente o arquivo em nível de sistema operacional. Uma falha ao fechar uma stream atrai todo tipo de problema, incluindo perda de dados, arquivos destruídos e possíveis erros intermitentes em seu programa. Uma **fclose()** também libera o bloco de controle de arquivo associado à stream, deixando-o disponível para reutilização. Em muitos casos, há um limite do sistema operacional para o número de arquivos abertos simultaneamente, assim, você deve fechar um arquivo antes de abrir outro.

A função **fclose()** tem este protótipo:

int fclose(FILE *fp);

onde *fp* é o ponteiro de arquivo devolvido pela chamada a **fopen()**. Um valor de retorno zero significa uma operação de fechamento bem-sucedida. Qualquer outro valor indica um erro. A função padrão **ferror()** (discutida em breve) pode ser utilizada para determinar e informar qualquer problema. Geralmente, **fclose()** falhará quando um disco tiver sido retirado prematuramente do acionador ou não houver mais espaço no disco.

Escrevendo um Caractere

O padrão C ANSI define duas funções equivalentes para escrever caracteres: **putc()** e **fputc()**. (Tecnicamente, **putc()** é implementada como macro.) Há duas funções idênticas simplesmente para preservar a compatibilidade com versões mais antigas de C. Este livro usa **putc()**, mas você pode usar **fputc()**, se desejar.

A função **putc()** escreve caracteres em um arquivo que foi previamente aberto para escrita por meio da função **fopen()**. O protótipo para essa função é

int putc(int *ch*, FILE *fp);

onde *fp* é um ponteiro de arquivo devolvido por **fopen()** e *ch* é o caractere a ser escrito. O ponteiro de arquivo informa a **putc()** em que arquivo em disco escrever. Por razões históricas, *ch* é definido como um **int**, mas apenas o byte menos significativo é utilizado.

Se a operação **putc()** foi bem-sucedida, ela devolverá o caractere escrito. Caso contrário, ela devolve **EOF**.

Lendo um Caractere

O padrão ANSI define duas funções para ler um caractere — **getc()** e **fgetc()** — para preservar a compatibilidade com versões anteriores de C. Este livro usa **getc()** (que é implementada como uma macro), mas você pode usar **fgetc()** se desejar.

A função **getc()** lê caracteres de um arquivo aberto no modo leitura por **fopen()**. O protótipo de **getc()** é

int getc(FILE *fp);

onde *fp* é um ponteiro de arquivo do tipo **FILE** devolvido por **fopen()**. Por razões históricas, **getc()** devolve um inteiro, mas o byte mais significativo é zero.

A função **getc()** devolve **EOF** quando o final do arquivo for alcançado. O código seguinte poderia ser utilizado para ler um arquivo-texto até que a marca de final de arquivo seja lida.


```
do {
  ch = getc(fp);
} while(ch!=EOF);
```

No entanto, **getc()** também retorna **EOF** quando ocorre um erro. Você pode usar **ferror()** para determinar precisamente o que ocorreu.

Usando fopen(), getc(), putc() e fclose()

As funções **fopen()**, **getc()**, **putc()** e **fclose()** constituem o conjunto mínimo de rotinas de arquivo. O programa seguinte, KTOD, é um exemplo simples da utilização de **putc()**, **fopen()** e **fclose()**. Ele simplesmente lê caracteres do teclado e os escreve em um arquivo em disco até que o usuário digite um cifrão (**$**). O nome do arquivo é especificado na linha de comando. Por exemplo, se você chamar esse programa KTOD, digitando **KTOD TEST**, você poderá escrever linhas de texto no arquivo TEST.

```
/* KTOD: Do teclado para o disco. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  FILE *fp;
  char ch;

  if(argc!=2) {
    printf("Você esqueceu de digitar o nome do arquivo.\n");
    exit(1);
  }

  if((fp=fopen(argv[1], "w"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  do {
    ch = getchar();
    putc(ch, fp);
  } while(ch!='$');

  fclose(fp);
}
```

O programa complementar DTOS lê qualquer arquivo ASCII e mostra o conteúdo na tela.

```
/* DTOS: Um programa que lê arquivos e mostra-os na tela. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  FILE *fp;
  char ch;

  if(argc!=2) {
    printf("Você esqueceu de digitar o nome do arquivo.\n");
    exit(1);
  }

  if((fp=fopen(argv[1], "r"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  ch = getc(fp);  /* lê um caractere */

  while (ch!=EOF) {
    putchar(ch);  /* imprime na tela */
    ch = getc(fp);
  }

  fclose(fp);
}
```

Tente esses dois programas. Primeiro use KTOD para criar um arquivo-texto. Então, leia seu conteúdo usando DTOS.

Usando feof()

Como exposto anteriormente, o sistema de arquivo com buffer também pode operar com dados binários. Quando um arquivo é aberto para entrada binária, um valor inteiro igual à marca de **EOF** pode ser lido. Isso poderia fazer com que a rotina de entrada indicasse uma condição de fim de arquivo apesar de o final físico do arquivo não ter sido alcançado. Para resolver esse problema, C inclui a função **feof()**, que determina quando o final de arquivo foi atingido na leitura de dados binários. A função **feof()** tem este protótipo:


```
int feof(FILE *fp);
```

Assim como as outras funções de arquivo, seu protótipo está em STDIO.H. Ela devolve verdadeiro se o final do arquivo foi atingido; caso contrário, devolve 0. Assim, a rotina seguinte lê um arquivo binário até que o final do arquivo seja encontrado:

```
while(!feof(fp)) ch = getc(fp);
```

Obviamente, você pode aplicar esse método tanto para arquivo-texto como para arquivos binários.

O programa seguinte, que copia arquivos-textos ou binários, contém um exemplo de **feof()**. Os arquivos são abertos no modo binário e **feof()** verifica o final de arquivo.

```
/* Copia um arquivo. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  FILE *in, *out;
  char ch;

  if(argc!=3) {
    printf("Você esqueceu de informar o nome do arquivo.\n");
    exit(1);
  }

  if((in=fopen(argv[1], "rb"))==NULL) {
    printf("O arquivo-fonte não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }
  if((out=fopen(argv[2], "wb"))==NULL) {
    printf("O arquivo-destino não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  /* Esse código copia de fato o arquivo */
  while(!feof(in)) {
    ch = getc(in);
    if(!feof(in)) putc(ch, out);
  }
```

```
  fclose(in);
  fclose(out);
}
```

Trabalhando com Strings: fputs() e fgets()

Além de **getc()** e **putc()**, C suporta as funções relacionadas **fputs()** e **fgets()**, que efetuam as operações de leitura e gravação de strings de caractere de e para um arquivo em disco. Essas funções operam de forma muito semelhante a **putc()** e **getc()**, mas, em lugar de ler ou escrever um único caractere, elas operam com strings. São os seguintes os seus protótipos:

int fputs(const char **str*, FILE **fp*);
char *fgets(char **str*, int *length*, FILE **fp*);

Os protótipos para **fgets()** e **fputs()** estão em STDIO.H.

A função **fputs()** opera como **puts()**, mas escreve a string na stream especificada. **EOF** será devolvido se ocorrer um erro.

A função **fgets()** lê uma string da stream especificada até que um caractere de nova linha seja lido ou que *length-1* caracteres tenham sido lidos. Se uma nova linha é lida, ela será parte da string (diferente de **gets()**). A string resultante será terminada por um nulo. A função devolverá um ponteiro para **str** se bem-sucedida ou um ponteiro nulo se ocorrer um erro.

No programa seguinte, a função **fputs()** lê strings do teclado e escreve-as no arquivo chamado TEST. Para terminar o programa, insira uma linha em branco. Como **gets()** não armazena o caractere de nova linha, é adicionado um antes que a string seja escrita no arquivo para que o arquivo possa ser lido mais facilmente.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.>
#include <string.h>

void main(void)
{
  char str[80];
  FILE *fp;

  if((fp = fopen("TEST", "w"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }
```



```
  do {
    printf("Digite uma string (CR para sair):\n");
    gets(str);
    strcat(str, "\n");  /* acrescenta uma nova linha */
    fputs(str, fp);
  } while(*str!='\n');
}
```

rewind()

A função **rewind()** reposiciona o indicador de posição de arquivo no início do arquivo especificado como seu argumento. Isto é, ela "rebobina" o arquivo. Seu protótipo é

void rewind(FILE **fp*);

onde *fp* é um ponteiro válido de arquivo. O protótipo para **rewind()** está em STDIO.H.

Para ver um exemplo de **rewind()**, você pode modificar o programa da seção anterior para que ele mostre o conteúdo do arquivo recém-criado. Para fazer isso, o programa rebobina o arquivo depois de completada a entrada e, então, usa **fgets()** para ler de volta o arquivo. Note que o arquivo precisa ser aberto no modo leitura/escrita usando "w+" como parâmetro de modo.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.>
#include <string.h>

void main(void)
{
  char str[80];
  FILE *fp;

  if((fp = fopen("TEST", "w+"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  do {
    printf("Digite uma string (CR para sair):\n");
    gets(str);
    strcat(str, "\n");  /* acrescenta uma nova linha */
```

```
    fputs(str, fp);
  } while(*str!='\n');

  /* agora, lê e mostra o arquivo */
  rewind(fp); /* reinicializa o indicador de posição de arquivo
                 para o começo do arquivo. */
  while(!feof(fp)) {
    fgets(str, 79, fp);
    printf(str);
  }
}
```

ferror()

A função **ferror()** determina se uma operação com arquivo produziu um erro. A função **ferror()** tem este protótipo:

int ferror(FILE *fp);

onde *fp* é um ponteiro válido de arquivo. Ela retorna verdadeiro se ocorreu um erro durante a última operação no arquivo; caso contrário, retorna falso. Como toda operação modifica a condição de erro, **ferror()** deve ser chamada imediatamente após cada operação com arquivo; caso contrário, um erro pode ser perdido. O protótipo para **ferror()** está em STDIO.H.

O programa seguinte ilustra **ferror()** removendo tabulações de um arquivo-texto e substituindo pelo número apropriado de espaços. O tamanho da tabulação é definido por **TAB_SIZE**. Observe como **ferror()** é chamada após cada operação no disco. Para utilizar o programa, execute-o após especificar os nomes dos arquivos de entrada e saída na linha de comando.

```
/* O programa substitui espaços por tabulações em um arquivo-
   texto e fornece verificação de erros. */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define TAB_SIZE 8
#define IN 0
#define OUT 1

void err(int e);

void main(int argc, char *argv[])
```



```
{
  FILE *in, *out;
  int tab, i;
  char ch;

  if(argc!=3) {
    printf("uso: detab <entrada> <saída>\n");
    exit(1);
  }

  if((in = fopen(argv[1], "rb"))==NULL) {
    printf("O arquivo %s não pode ser aberto.\n", argv[1]);
    exit(1);
  }

  if((out = fopen(argv[2], "wb"))==NULL) {
    printf("O arquivo %s não pode ser aberto.\n", argv[2]);
    exit(1);
  }

  tab = 0;
  do {
    ch = getc(in);
    if(ferror(in)) err(IN);

    /* se encontrou um tab, então */
      envia o número apropriado de espaços */
    if(ch=='\t') {
      for(i=tab; i<8; i++) {
        putc(' ', out);
        if(ferror(out)) err(OUT);
      }
      tab = 0;
    }
    else {
      putc(ch, out);
      if(ferror(out)) err(OUT);
      tab++;
      if(tab==TAB_SIZE) tab = 0;
      if(ch=='\n' || ch=='\r') tab = 0;
    }
  } while(!feof(in));
  fclose(in);
  fclose(out);
}
```

```
void err(int e)
{
  if(e==IN) printf("Erro na entrada.\n");
  else printf("Erro na saída.\n");
  exit(1);
}
```

Apagando Arquivos

A função **remove()** apaga o arquivo especificado. Seu protótipo é

int remove(const char **filename*);

Ela devolve zero, caso seja bem-sucedida, e um valor diferente de zero, caso contrário.

O programa seguinte apaga um arquivo especificado na linha de comando. Porém, ele primeiro lhe dá uma chance de mudar de idéia. Um utilitário como esse poderia ser útil a novos usuários de computador.

```
/* Verificação dupla antes de apagar. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>

main(int argc, char *argv[])
{
  char str[80];
  if(argc!=2) {
    printf("uso: xerase <nomearq>\n");
    exit(1);
  }

  printf("apaga %s? (S/N): ", argv[1]);
  gets(str);

  if(toupper(*str)=='S')
    if(remove(argv[1])) {
      printf("O arquivo não pode ser apagado.\n");
      exit(1);
    }
  return 0; /* retorna sucesso ao SO */
}
```


Esvaziando uma Stream

Para esvaziar o conteúdo de uma stream de saída, deve-se utilizar a função **fflush()**, cujo protótipo é mostrado aqui:

int fflush(FILE **fp*);

Essa função escreve o conteúdo de qualquer dado existente no buffer para o arquivo associado a *fp*. Se **fflush()** for chamada com um valor nulo, todos os arquivos abertos para saída serão descarregados.

A função **fflush()** devolve 0 para indicar sucesso; caso contrário, devolve EOF.

fread() e fwrite()

Para ler e escrever tipos de dados maiores que um byte, o sistema de arquivo C ANSI fornece duas funções: **fread()** e **fwrite()**. Essas funções permitem a leitura e a escrita de blocos de qualquer tipo de dado. Seus protótipos são

size_t fread(void ***buffer*, size_t *num_bytes*,
size_t *count*, FILE ***fp*);
size_t fwrite(const void ***buffer*, size_t *num_bytes*,
size_t *count*, FILE ***fp*);

Para **fread()**, *buffer* é um ponteiro para uma região de memória que receberá os dados do arquivo. Para **fwrite()**, *buffer* é um ponteiro para as informações que serão escritas no arquivo. O número de bytes a ler ou escrever é especificado por *num_bytes*. O argumento *count* determina quantos itens (cada um de comprimento *num_byte*) serão lidos ou escritos. (Lembre-se de que o tipo **size_t** é definido em STDIO.H e é aproximadamente o mesmo que unsigned.) Finalmente, *fp* é um ponteiro para uma stream aberta anteriormente. Os protótipos das duas funções estão definidos em STDIO.H.

A função **fread()** devolve o número de itens lidos. Esse valor poderá ser menor que *count* se o final do arquivo for atingido ou ocorrer um erro. A função **fwrite()** devolve o número de itens escritos. Esse valor será igual a *count* a menos que ocorra um erro.

Usando fread() e fwrite()

Quando o arquivo for aberto para dados binários, **fread()** e **fwrite()** podem ler e escrever qualquer tipo de informação. Por exemplo, o programa seguinte escreve e em seguida lê de volta um **double**, um **int** e um **long** em um arquivo em disco. Observe como **sizeof** é utilizado para determinar o comprimento de cada tipo de dado.

```
/* Escreve alguns dados não-caracteres em um arquivo em disco
   e lê de volta. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  FILE *fp;
  double d = 12.23;
  int i = 101;
  long l = 123023L;

  if((fp=fopen("test", "wb+"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  fwrite(&d, sizeof(double), 1, fp);
  fwrite(&i, sizeof(int), 1, fp);
  fwrite(&l, sizeof(long), 1, fp);

  rewind(fp);

  fread(&d, sizeof(double), 1, fp);
  fread(&i, sizeof(int), 1, fp);
  fread(&l, sizeof(long), 1, fp);

  printf("%f %d %ld", d, i, l);

  fclose(fp);

}
```

Como esse programa ilustra, o buffer pode ser (e geralmente é) simplesmente a memória usada para guardar uma variável. Nesse programa, os valores de retorno de **fread()** e **fwrite()** são ignorados. Em um contexto real, porém, seus valores de retorno deveriam ser verificados à procura de erros.

Uma das mais úteis aplicações de **fread()** e **fwrite()** envolve ler e escrever tipos de dados definidos pelo usuário, especialmente estruturas. Por exemplo, dada esta estrutura:

```
struct struct_type {
     float balance;
     char name[80];
} cust;
```

a sentença seguinte escreve o conteúdo de **cust** no arquivo apontado por **fp**.

```
fwrite (&cust, sizeof(struct struc_type), 1, fp);
```


Exatamente para ilustrar como é fácil escrever grandes quantidades de dados usando **fread()** e **fwrite()**, um programa simples de lista postal foi desenvolvido. A lista será armazenada em uma matriz de estruturas deste tipo:

```
struct list_type {
  char name[40];
  char street[40];
  char city[30];
  char state[3];
  char zip[10];
} list[SIZE];
```

O valor de **SIZE** determina quantos endereços podem ser armazenados na lista.

Quando o programa é executado, o campo **nome** de cada estrutura é inicializado com um nulo na primeira posição. Por convenção, o programa assume que a estrutura não é usada se o nome tem comprimento 0.

As rotinas **save()** e **load()**, mostradas em breve, são utilizadas para salvar e carregar o banco de dados da lista postal. Observe como pouco código está contido em cada rotina devido à força de **fread()** e **fwrite()**. Observe, também, como essas funções verificam os valores de retorno de **fread()** e **fwrite()** devido aos erros.

```
/* Salva a lista. */
void save(void)
{
  FILE *fp;
  register int i;

  if((fp=fopen("maillist", "wb"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    return;
  }


  for(i=0; i<SIZE; i++)
    if(*list[i].name)
      if(fwrite(&list[i],
        sizeof(struct list_type), 1, fp)!=1)
```

```
        printf("Erro de escrita no arquivo.\n");

  fclose (fp);
}

/* Carrega o arquivo.*/
void load(void)
{
  FILE *fp;
  register int i;
  if((fp=fopen("maillist", "rb"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    return;
  }

  init_list();
  for(i=0; i<SIZE; i++)
    if(fread(&list[i],
      sizeof(struct list_type), 1, fp)!=1) {
        if(feof(fp)) break;
        printf("Erro de leitura no arquivo.\n");

    }

  fclose (fp);
}
```

As duas rotinas confirmam uma operação com arquivo bem-sucedida verificando o valor de retorno de **fread()** ou **fwrite()**. Além disso, **load()** deve verificar explicitamente o final de arquivo via **feof()**, porque **fread()** retorna o mesmo valor caso o fim de arquivo seja atingido ou ocorra um erro.

O programa de lista postal completo é mostrado em breve. Você pode querer utilizá-lo como um núcleo para melhorias adicionais, incluindo a capacidade de apagar nomes e fazer buscas por endereços.

```
/* Um programa de lista postal muito simples. */

#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

#define SIZE 100

struct list_type {
```



```
  char name[40];
  char street[40];
  char city[30];
  char state[3];
  char zip[10];
} list[SIZE];
int menu(void);
void init_list(void), enter(void);
void display(void), save(void);
void load(void);

void main(void)
{
  char choice;

  init_list();

  for(;;) {
    choice = menu();
    switch(choice) {
      case 'e': enter();
        break;
      case 'd': display();
        break;
      case 's': save();
        break;
      case 'l': load();
        break;
      case 'q': exit(0);
    }
  }
}

/* Inicializa a lista. */
void init_list(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<SIZE; t++) *list[t].name = '\0';
  /* um nome de comprimento zero significa vazio */
}

/* Põe os nomes na lista. */
void enter(void)
{
```

```
  register int i;

  for(i=0; i<SIZE; i++)
    if(!*list[i].name) break;

  if(i==SIZE) {
    printf("lista cheia\n");
    return;
  }

  printf("nome: ");
  gets(list[i].name);

  printf("rua: ");
  gets(list[i].street);

  printf("cidade: ");
  gets(list[i].city);

  printf("estado: ");
  gets(list[i].state);

  printf("CEP: ");
  gets(list[i].zip);
}

/* Mostra a lista. */
void display(void)
{
  register int t;

  for(t=0; t<SIZE; t++) {
    if(*list[t].name) {
      printf("%s\n", list[t].name);
      printf("%s\n", list[t].street);
      printf("%s\n", list[t].city);
      printf("%s\n", list[t].state);
      printf("%s\n\n", list[t].zip);
    }
  }
}

/* Salva a lista. */
void save(void)
{
```



```
  FILE *fp;
  register int i;

  if((fp=fopen("maillist", "wb"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    return;
  }

  for(i=0; i<SIZE; i++)
    if(*list[i].name)

      if(fwrite(&list[i],
        sizeof(struct list_type), 1, fp)!=1)
          printf("Erro de escrita no arquivo.\n");
 fclose (fp);
}

/* Carrega o arquivo. */
void load(void)
{
  FILE *fp;
  register int i;

  if((fp=fopen("maillist", "rb"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    return;
  }

  init_list();
  for(i=0; i<SIZE; i++)
    if(fread(&list[i],
      sizeof(struct list_type), 1, fp)!=1) {
        if(feof(fp)) break;
        printf("Erro de leitura no arquivo.\n");
    }

  fclose (fp);
}

/* Obtém uma seleção do menu. */
menu(void)
{
  char s[80];
```

```
  do {
    printf("(I)nserir\n");
    printf("(V)isualizar\n");
    printf("(C)arregar\n");
    printf("(S)alvar\n");
    printf("(T)erminar\n");
    printf("escolha: ");
    gets(s);
  } while(!strchr("ivcst", tolower(*s)));
  return tolower(*s);
}
```

fseek() e E/S com Acesso Aleatório

Operações de leitura e escrita aleatórias (ou randômicas) podem ser executadas utilizando o sistema de E/S bufferizado com a ajuda de **fseek()**, que modifica o indicador de posição de arquivo. Seu protótipo é mostrado aqui:

int fseek(FILE *fp, long *numbytes*, int *origin*);

Aqui, *fp* é um ponteiro de arquivo devolvido por uma chamada a **fopen()**. *numbytes*, um inteiro longo, é o número de bytes a partir de *origin*, que se tornará a nova posição corrente, e *origin* é uma das seguintes macros definidas em STDIO.H.

Origin	Nome da Macro
Início do arquivo	SEEK_SET
Posição atual	SEEK_CUR
Final do arquivo	SEEK_END

Portanto, para mover *numbytes* a partir do início do arquivo, *origin* deve ser **SEEK_SET**. Para mover da posição atual, deve-se utilizar **SEEK_CUR** e para mover a partir do final do arquivo, deve-se utilizar **SEEK_END**. A função **fseek()** devolve 0 quando bem-sucedida e um valor diferente de zero se ocorre um erro.

O fragmento seguinte ilustra **fseek()**. Ele procura e mostra um byte específico em um arquivo especificado. O nome do arquivo e o byte a ser buscado devem ser especificados na linha de comando.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
  FILE *fp;
```



```
  if(argc!=3) {
    printf("Uso: SEEK nomearq byte\n");
    exit(1);
  }

  if((fp=fopen(argv[1], "r"))==NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  if(fseek(fp, atol(argv[2]), SEEK_SET)) {
    printf("Erro na busca.\n");
    exit(1);
  }

  printf("O byte em %ld é %c.\n", atol(argv[2]), getc(fp));
  fclose(fp);
}
```

fseek() pode ser utilizada para efetuar movimentações em múltiplos de qualquer tipo de dado simplesmente multiplicando o tamanho dos dados pelo número do item que se deseja alcançar. Por exemplo, se você tiver um arquivo de lista postal produzido pelo exemplo da seção anterior, o fragmento de código seguinte move-se para o décimo endereço.

```
fseek(fp, 9*sizeof(struct list_type), SEEK_SET);
```

fprintf() e fscanf()

Como extensão das funções básicas de E/S já discutidas, o sistema de E/S com buffer inclui **fprintf()** e **fscanf()**. Essas funções comportam-se exatamente como **printf()** e **scanf()** exceto por operarem com arquivos. Os protótipos de **fprintf()** e **fscanf()** são

int fprintf(FILE *fp, const char *control_string,...);
int fscanf(FILE *fp, const char *control_string,...);

onde *fp* é um ponteiro de arquivo devolvido por uma chamada a **fopen()**. **fprintf()** e **fscanf()** direcionam suas operações de E/S para o arquivo apontado por *fp*.

Como exemplo, o programa seguinte lê uma string e um inteiro do teclado e os grava em um arquivo em disco chamado TEST. O programa então lê o arquivo e exibe a informação na tela. Após executar este programa, examine o arquivo TEST. Você verá que ele contém texto legível.

```
/* Exemplo de fscanf() - fprintf() */
#include <stdio.h>
#include <io.h>
#include <stdlib.h>

void main(void)
{
  FILE *fp;
  char s[80];
  int t;

  if((fp=fopen("test", "w")) == NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  printf("Digite uma string e um número: ");
  fscanf(stdin, "%s%d", s, &t); /* lê do teclado */

  fprintf(fp, "%s %d", s, t); /* escreve no arquivo */
  fclose(fp);

  if((fp=fopen("test", "r")) == NULL) {
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  fscanf(fp, "%s%d", s, &t); /* lê do arquivo */
  fprintf(stdout, "%s %d", s, t); /*  imprime na tela */
}
```

Um aviso: embora **fprintf()** e **fscanf()** geralmente sejam a maneira mais fácil de escrever e ler dados diversos em arquivos em disco, elas não são sempre a escolha mais apropriada. Como os dados são escritos em ASCII e formatados como apareceriam na tela (e não em binário), um tempo extra é perdido a cada chamada. Assim, se há preocupação com velocidade ou tamanho do arquivo, deve-se utilizar **fread()** e **fwrite()**.

As Streams Padrão

Sempre que um programa em C começa a execução, três streams são abertas automaticamente. Elas são a entrada padrão (**stdin**), a saída padrão (**stdout**) e a saída de erro padrão (**stderr**). Normalmente, essas streams referem-se ao console, mas podem ser redirecionadas pelo sistema operacional para algum outro dispositivo em ambientes que suportam redirecionamento de E/S. (E/S redirecionadas são suportadas pelo UNIX, OS/2 e DOS, por exemplo.)

Como as streams padrões são ponteiros de arquivos, elas podem ser utilizadas pelo sistema de E/S bufferizado para executar operações de E/S no console. Por exemplo, **putchar()** poderia ser definida desta forma:

```
putchar (char c)
{
   return putc(c,stdout);
}
```

Em geral, **stdin** é utilizada para ler do console e **stdout** e **stderr**, para escrever no console. **stdin**, **stdout** e **stderr** podem ser utilizadas como ponteiros de arquivo em qualquer função que use uma variável do tipo **FILE ***. Por exemplo, você pode usar **fputs()** para escrever uma string no console usando uma chamada como esta:

```
fputs ("ola aqui", stdout);
```

Tenha em mente que **stdin**, **stdout** e **stderr** não são variáveis no sentido normal e não podem receber nenhum valor usando **fopen()**. Além disso, da mesma maneira que são criados automaticamente no início do seu progama, os ponteiros são fechados automaticamente no final; você não deve tentar fechá-los.

A Conexão de E/S pelo Console

Recorde, conforme o Capítulo 8, que C faz uma pequena distinção entre E/S pelo console e E/S com arquivo. As funções de E/S pelo console, descritas no Capítulo 8, na realidade direcionam suas operações de E/S para **stdin** ou **stdout**. Essencialmente, as funções de E/S pelo console são simplesmente versões especiais de suas funções semelhantes para arquivos. Elas existem apenas como conveniência para o programador.

Como descrito na seção anterior, você pode realizar E/S pelo console usando qualquer uma das funções do sistema de arquivos de C. Contudo, o que

pode surpreendê-lo é ser possível efetuar E/S de arquivo em disco, usando funções de E/S pelo console, como **printf()**. Isso ocorre porque todas as funções de E/S pelo console, descritas no Capítulo 8, operam em **stdin** e **stdout**. Em ambientes que permitem redirecionamento de E/S, isso significa que **stdin** e **stdout** poderiam referir-se a um dispositivo diferente do teclado e da tela. Por exemplo, considere este programa:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  char str[80];

  printf("Digite uma string: ");
  gets(str);
  printf(str);
}
```

Assuma que esse programa é chamado de TEST. Se você executa TEST normalmente, ele mostra sua mensagem na tela, lê uma string do teclado e mostra essa string no vídeo. Porém, em um ambiente que suporta redirecionamento de E/S, **stdin, stdout** ou ambas podem ser redirecionadas para um arquivo. Por exemplo, em ambiente DOS ou OS/2, executar TEST desta forma:

```
TEST > OUTPUT
```

faz com que a saída de TEST seja escrita em um arquivo chamado OUTPUT. Executar TEST desta forma:

TEST <INPUT > OUTPUT

direciona **stdin** para o arquivo chamado INPUT e envia a saída para o arquivo chamado OUTPUT.

Quando um programa em C termina, qualquer stream redirecionada é reposta no seu estado padrão.

Usando freopen() para Redirecionar as Streams Padrão

As streams padrão podem ser redirecionadas utilizando-se a função **freopen()**. Essa função associa uma stream existente a um novo arquivo. Assim, você pode usá-la para associar uma stream padrão com um novo arquivo. Seu protótipo é

FILE *freopen (const char *nomearq,
const char *modo, FILE *stream);

onde *nomearq* é um ponteiro para o nome do arquivo que se deseja associar à stream apontada por *stream*. O arquivo é aberto usando o valor de *modo*, que pode ter os mesmos valores usados em **fopen()**. **Freopen()** retorna *stream* no caso de sucesso, NULL se falhar.

O programa seguinte usa **freopen()** para redirecionar **stdout** para um arquivo chamado OUTPUT:

```
#include stdio,h>

void main(void)
{
  char str[80];

  freopen("OUTPUT", "w", stdout);

  printf("Digite uma string: ");
  gets(str);
  printf(str);
}
```

Em geral, redirecionar as streams padrão usando **freopen()** é útil em situações especiais, como em depuração. Porém, efetuar operações de E/S em disco utilizando **stdin** e **stdout** redirecionados não é tão eficiente quanto utilizar funções como **fread()** e **fwrite()**.

O Sistema de Arquivo Tipo UNIX

Como C foi originalmente desenvolvida sobre o sistema operacional UNIX, ela inclui um segundo sistema de E/S com arquivos em disco que reflete basicamente as rotinas de arquivo em disco de baixo nível do UNIX. O sistema de arquivo tipo UNIX usa funções que são separadas das funções do sistema de arquivo com buffer. Elas são mostradas na Tabela 9.3.

Lembre-se de que o sistema de arquivo tipo UNIX é, algumas vezes, chamado de sistema de arquivo sem buffer. Isso porque deve-se fornecer e gerenciar todos os buffers de disco — as rotinas não farão isso por você. Portanto, um sistema tipo UNIX não contém funções como **getc()** e **putc()** (que lêem e escrevem caracteres de ou para uma stream de dados). Em vez disso, ele contém as funções **read()** e **write()**, que lêem ou escrevem um buffer completo de informação a cada chamada.

Tabela 9.3 As funções de E/S tipo UNIX sem buffer.

Nome	Função
read()	Lê um buffer de dados
write()	Escreve um buffer de dados
open()	Abre um arquivo em disco
creat()	Cria um arquivo em disco
close()	Fecha um arquivo em disco
lseek()	Move ao byte especificado em um arquivo
unlink()	Remove um arquivo do diretório

Recorde que o sistema de arquivo sem buffer não é definido pelo padrão C ANSI e seu uso provavelmente diminuirá nos próximos anos. Por essa razão, não é recomendado para novos projetos. No entanto, muitos programas em C existentes usam-no e ele é suportado por virtualmente todo compilador C.

O arquivo de cabeçalho usado pelo sistema de arquivo tipo UNIX é chamado IO.H em muitas implementações. Para algumas funções, será necessário incluir também o arquivo de cabeçalho FNCTL.H .

NOTA: Muitas implementações de C não permitem que você use as funções de arquivo do ANSI e as funções de arquivo tipo UNIX no mesmo programa. Apenas por segurança, use um sistema ou outro.

open()

Ao contrário do sistema de E/S de alto nível, o sistema de baixo nível não utiliza ponteiros de arquivo do tipo **FILE**, mas descritores de arquivo do tipo **int**. O protótipo para **open()** é

int open(const char **nomearq*, int *modo*);

onde *nomearq* é qualquer nome de arquivo válido e *modo* é uma das seguintes macros que são definidas no arquivo de cabeçalho FNCTL.H.

Modo	Efeito
O_RDONLY	Lê
O_WRONLY	Escreve
O_RDWR	Lê/Escreve

Muitos compiladores possuem modos adicionais — como texto, binário etc. —, verifique, portanto, o seu manual do usuário. Uma chamada bem-sucedida a **open()** devolve um inteiro positivo. Um valor de retorno -1 significa que o arquivo não pode ser aberto.

A chamada a **open()** é geralmente escrita desta forma:


```
int fd;
if((fd = open (filename, mode))== -1) {
  printf("Não pode abrir arquivo.\n");
  exit(1);
}
```

Na maioria das implementações, a operação falha se o arquivo especificado no comando **open()** não está no disco. (Isto é, ela não cria um novo arquivo.) Para criar um novo arquivo, você normalmente chama **creat()**, que será descrito a seguir. Porém, dependendo da implementação exata do seu compilador C, você pode ser capaz de usar **open()** para criar um arquivo que ainda não existe. Verifique seu manual do usuário.

creat()

Se seu compilador não lhe permite criar um novo arquivo usando **open()**, ou se você quer garantir a portabilidade, você deve usar **creat()** para criar um novo arquivo para ser gravado. O protótipo de **creat()** é

int creat(const char **filename*, int *mode*);

onde *filename* é qualquer nome válido de arquivo. O argumento *mode* especifica um código de acesso para o arquivo. Consulte o manual de usuário de seu compilador para detalhes específicos. **creat()** retorna um descritor de arquivo válido se for bem-sucedida, ou -1 no caso de erro.

close()

O protótipo para **close()** é

int close(int *fd*);

Aqui, *fd* deve ser um descritor de arquivo válido, previamente obtido por meio de uma chamada a **open()** ou **create()**. **close()** devolve -1 se for incapaz de fechar o arquivo. Ela devolve 0 caso seja bem-sucedida.

A função **close()** libera o descritor de arquivo para que ele possa ser reutilizado com outro arquivo. Há sempre algum limite no número de arquivos que pode existir simultaneamente, assim, você deve fechar um arquivo quando ele não for mais necessário. Uma operação de fechamento faz com que qualquer informação nos buffers internos do disco do sistema seja escrita no disco. Uma falha no fechamento de um arquivo geralmente leva à perda de dados.

read() e write()

Uma vez que o arquivo tenha sido aberto para escrita, ele pode ser acessado por **write()**. O protótipo para a função **write()** é

int write(int *fd*, const void **buf*, unsigned *size*);

Toda vez que uma chamada a **write()** é executada, são escritos *size* caracteres no arquivo em disco especificado por *fd* do buffer apontado por *buf*. O buffer pode ser uma região alocada na memória ou uma variável.

A função **write()** devolve o número de bytes escritos após uma operação de escrita bem-sucedida. Se ocorre alguma falha, muitas implementações devolvem um **EOF**, mas verifique o seu manual do usuário.

A função **read()** é o complemento de **write()**. Seu protótipo é

int read(int *fd*, void **buf*, unsigned *size*);

onde *fd*, *buf* e *size* são os mesmos de **write()**, exceto por **read()** colocar os dados lidos no buffer apontado por *buf*. Caso **read()** seja bem-sucedida, ela devolve o número de caracteres realmente lido. Ela devolve 0 se o final físico do arquivo for ultrapassado e -1 se ocorrerem erros.

O programa seguinte ilustra alguns aspectos do sistema de E/S estilo UNIX. Ele lê linhas de texto do teclado e escreve-as em um arquivo em disco. Depois que elas são escritas, o programa as lê de volta.

```
/* Lê e escreve usando E/S sem buffer */
#include <stdio.h>
#include <io.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <fnctl.h>

#define BUF_SIZE 128

void input(char *buf, int fd1);
void display(char *buf, int fd2);

void main(void)
{
  char buf[BUF_SIZE];
  int fd1, fd2;

  if((fd1=open("test", O_WRONLY))==-1) { /*abre para escrita */
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  input(buf, fd1);
  /* agora fecha o arquivo e lê de volta */
  close(fd1);

  if((fd2=open("test", O_RDONLY))==-1) { /*abre para leitura */
    printf("O arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  display(buf, fd2);
  close(fd2);
}

/* Insere texto. */
void input(char *buf, int fd1)
{
  register int t;
  do {
    for(t=0; t<BUF_SIZE; t++) buf[t] = '\0';
    gets(buf); /* lê caracteres do teclado */
    if(write(fd1, buf, BUF_SIZE)!= BUF_SIZE) {
      printf("Erro de escrita.\n");
      exit(1);
    }
  } while(strcmp(buf, "quit"));
}

/* Mostra o arquivo. */
void display(char *buf, int fd2)
{
  for(;;) {
    if(read(fd2, buf, BUF_SIZE)==0) return;
    printf("%s\n", buf);
  }
}
```


unlink()

Se você deseja excluir um arquivo, use **unlink()**. Seu protótipo é

int unlink(const char **nomearq*);

onde *nomearq* é um ponteiro de caracteres para algum nome válido de arquivo. **unlink()** devolve zero se for bem-sucedida e -1 caso seja incapaz de excluir o arquivo. Isso pode acontecer se o arquivo não se encontra no disco ou se o disco está protegido para escrita.

Acesso Aleatório Usando lseek()

O sistema de arquivos tipo UNIX suporta acesso aleatório (ou randômico) via chamadas a **lseek()**. O protótipo para **lseek()** é

long lseek(int *fd*, long *offset*, int *origin*);

onde *fd* é um descritor de arquivo devolvido por uma chamada a **creat()** ou **open()**. O *offset* é geralmente um long, mas verifique o manual do usuário do seu compilador C. *origin* pode ser uma destas macros (definidas em IO.H): **SEEK_SET, SEEK_CUR** ou **SEEK_END**. Esses são os efeitos de cada valor para *origin*:

SEEK_SET:	Move-se *offset* bytes a partir do início do arquivo.
SEEK_CUR:	Move-se *offset* bytes a partir da posição atual.
SEEK_END:	Move-se *offset* bytes a partir do final do arquivo.

A função **lseek()** devolve a posição atual do arquivo medida a partir do início do arquivo. Em caso de falha, é devolvido -1.

O programa mostrado aqui utiliza **lseek()**. Para executá-lo, especifique um arquivo na linha de comando. Será solicitado a você o buffer que deseja ler. Digite um número negativo para sair. Você pode desejar uma modificação no tamanho do buffer para coincidir com o tamanho do setor do seu sistema, embora isso não seja necessário. Aqui, o tamanho do buffer é 128:

```
/* Demonstra lseek(). */
#include <stdio.h>
#include <io.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>

#define BUF_SIZE 128

void main(int argc, char *argv[])
{
  char buf[BUF_SIZE+1], s[10];
  int fd, sector;

  if(argc!=2) {
    printf("uso: dump <sector>\n");
    exit(1);
  }

  buf[BUF_SIZE] = '\0'; /* o buffer termina com um nulo */

  if((fd=open(argv[1], O_RDONLY))==-1) {
    printf("Arquivo não pode ser aberto.\n");
    exit(1);
  }

  do {
    printf("\nBuffer: ");
    gets(s);

    sector = atoi(s); /* obtém o setor a ler */

    if(lseek(fd, (long)sector*BUF_SIZE, 0)==-1L)
      printf("Erro na busca\n");

    if(read(fd, buf, BUF_SIZE)==0) {
      printf("Setor fora da faixa\n");
    }
    else
      printf(buf);
  } while(sector>=0);
  close(fd);
}
```

MAKRON Books

10

O Pré-processador de C e Comentários

Você pode incluir diversas instruções do compilador no código-fonte de um programa em C. Elas são chamadas de *diretivas do pré-processador* e, embora não sejam realmente parte da linguagem de programação C, expandem o escopo do ambiente de programação em C. Este capítulo também examina os comentários.

O Pré-processador de C

Como definido pelo padrão C ANSI, o pré-processador de C contém as seguintes diretivas:

#if
#ifdef
#ifndef
#else
#elif
#endif
#include
#define
#undef
#line
#error
#pragma

Como você pode observar, todas as diretivas do pré-processador começam com um símbolo #. Além disso, cada diretiva do pré-processador deve estar na sua própria linha. Por exemplo,

```
#include <stdio.h>  #include <stdlib.h>
```

não funcionará.

#define

A diretiva **#define** define um identificador e uma string que o substituirá toda vez que for encontrado no arquivo-fonte. O padrão C ANSI refere-se ao identificador como um *nome de macro* e ao processo de substituição como *substituição de macro*. A forma geral da diretiva é

#define *nome_macro string*

Observe que não há nenhum ponto-e-vírgula nesse comando. Pode haver qualquer número de espaços entre o identificador e a string, mas, assim que a string começar, será terminada apenas por uma nova linha.

Por exemplo, se deseja usar a palavra **VERDADEIRO** para o valor 1 e a palavra **FALSO** para o valor 0, você declarará duas macros **#define**

```
#define VERDADEIRO 1
#define FALSO 0
```

Isso faz com que o compilador substitua por 1 ou 0 toda vez que encontrar **VERDADEIRO** ou **FALSO** no seu arquivo-fonte. Por exemplo, o fragmento seguinte escreve 0 1 2 na tela:

```
printf("%d %d %d", FALSE, TRUE, TRUE+1);
```

Uma vez que um nome de macro tenha sido definido, ele pode ser usado como parte da definição de outros nomes de macro. Por exemplo, este código define os valores **UM**, **DOIS** e **TRÊS**:

```
#define UM      1
#define DOIS    UM+UM
#define TRES    UM+DOIS
```

Substituição de macro é simplesmente a transposição de sua string associada. Portanto, se você quisesse definir uma mensagem de erro padrão, poderia escrever algo como isto:

```
#define E_MS "erro padrão na entrada\n"

printf(E_MS);
```

O compilador substituirá a string "erro padrão na entrada\n" quando o identificador **E_MS** for encontrado. Para o compilador, o comando com o **printf()** aparecerá, na realidade, como

```
printf("erro padrão na entrada\n");
```

Nenhuma substituição de texto ocorre se o identificador está dentro de uma string entre aspas. Por exemplo,

```
#define XYZ isso é um teste

printf("XYZ");
```

não escreve **isso é um teste**, mas **XYZ**.

Se a string for maior que uma linha, você pode continuá-la na próxima colocando uma barra invertida no final da linha, como mostrado aqui:

```
#define STRING_LONGA "isso é uma string muito longa\
que é usada como um exemplo"
```

Os programadores C geralmente usam letras maiúsculas para identificadores definidos. Essa convenção ajuda qualquer um que esteja lendo o programa a saber de relance que uma substituição de macro irá ocorrer. Além disso, é melhor colocar todos os **#defines** no início do arquivo ou em um arquivo de cabeçalho separado em lugar de espalhá-los pelo programa.

Substituição de macro é usada mais freqüentemente para definir nomes para "números mágicos" que aparecem em um programa. Por exemplo, você pode ter um programa que defina uma matriz e tenha diversas rotinas que acessam essa matriz. Em lugar de fixar o tamanho da matriz com uma constante, você poderia definir um tamanho e usar esse nome sempre que o tamanho da matriz for necessário. Dessa forma, você só precisa fazer uma alteração e recompilar para alterar o tamanho da matriz. Por exemplo,

```
#define TAMANHO_MAX 100

/* ... */

float balance[TAMANHO_MAX];
```



```
/* ... */

for (i=0; i<TAMANHO_MAX; i++) printf("%f", balance[i]);
```

Como **TAMANHO_MAX** define o tamanho da matriz **balance**, se o tamanho desta precisar ser modificado no futuro, você só precisa modificar a definição de **TAMANHO_MAX**. Todas as referências subseqüentes a ela serão automaticamente atualizadas quando você recompilar seu programa.

Definindo Macros Semelhantes a Funções

A diretiva **#define** possui outro recurso poderoso: o nome da macro pode ter argumentos. Cada vez que o nome da macro é encontrado, os argumentos usados na sua definição são substituídos pelos argumentos reais encontrados no programa. Esta forma de macro é chamada de *macro semelhante a função*. Por exemplo,

```
#include <stdio.h>

#define ABS(a)   (a)<0 ? -(a) : (a)

void main(void)
{
  printf("abs de -1 e 1: %d %d", ABS(-1), ABS(1));
}
```

Quando este programa é compilado, o **a** na definição da macro será substituído pelos valores -1 e 1. Os parênteses ao redor de **a** garantem a substituição correta em todos os casos. Por exemplo, se os parênteses ao redor de **a** fossem removidos, esta expressão

```
ABS(10-20)
```

seria convertida em

```
10-20<0 ? -10-20 : 10-20
```

e geraria o valor errado.

O uso de macros semelhantes a funções no lugar de funções reais possui uma grande vantagem: ele incrementa a velocidade de execução do código porque não há a necessidade de executar código para gerenciar a chamada de uma função. No entanto, se o tamanho da macro semelhante à função for muito grande, este aumento de velocidade pode ser pago com um aumento no tamanho do programa em função do código duplicado.

#error

A diretiva **#error** força o compilador a parar a compilação. Ela é utilizada principalmente para depuração. A forma geral da diretiva **#error** é

#error *mensagem_de_erro*

A *mensagem_de_erro* não está entre aspas. Quando a diretiva **#error** é encontrada, a mensagem de erro é mostrada, possivelmente junto a outras informações definidas pelo criador do compilador.

#include

A diretiva **#include** instrui o compilador a ler outro arquivo-fonte adicionado àquele que contém a diretiva **#include**. O nome do arquivo adicional deve estar entre aspas ou símbolos de maior e menor. Por exemplo,

```
#include "stdio.h"
#include <stdio.h>
```

Ambas instruem o compilador a ler e compilar o arquivo de cabeçalho para as rotinas de arquivos em disco da biblioteca.

Arquivos de inclusão podem ter diretivas **#include** neles. Isso é denominado *includes aninhados*. O número de níveis de aninhamento varia entre compiladores. Porém, o padrão C ANSI estipula que pelo menos oito níveis de inclusões aninhadas estão disponíveis.

Se o nome do arquivo está envolvido por chaves angulares (sinais de maior e menor), o arquivo será procurado de forma definida pelo criador do compilador. Freqüentemente, isso significa procurar em algum diretório especialmente criado para arquivos de inclusão. Se o nome do arquivo está entre aspas, o arquivo é procurado de uma maneira definida pela implementação. Para muitas implementações, isso significa uma busca no diretório de trabalho atual. Se o arquivo não for encontrado, a busca será repetida como se o nome do arquivo estivesse envolvido por chaves angulares.

A maioria dos programadores tipicamente usa chaves angulares para incluir os arquivos de cabeçalho padrão. O uso de aspas é reservado geralmente para a inclusão de arquivos do projeto. No entanto, não existe nenhuma regra que exija este uso.

Diretivas de Compilação Condicional

Há diversas diretivas que permitem que você compile seletivamente porções de código-fonte do seu programa. Esse processo é chamado de *compilação condicional* e é utilizado amplamente em *software houses* comerciais que fornecem e mantêm muitas versões de um programa.

#if, #else, #elif e #endif

Talvez as diretivas de compilação condicional mais comumente usadas sejam **#if**, **#else**, **#elif** e **#endif**. Estas diretivas permitem que você inclua condicionalmente partes do código baseado no resultado de uma expressão constante.

A forma geral do **#if** é

#if *expressão_constante*
    seqüência de comandos
#endif

Se a expressão constante que segue o **#if** for verdadeira, o código que está entre ele e o **#endif** é compilado. Caso contrário, o código intermediário será saltado. A diretiva **#endif** marca o final de um bloco **#if**.

```
/* Exemplo simples de #if. */
#include <stdio.h>

#define MAX 100

void main(void)
{
#if MAX>99
  printf("compilado para matriz maior que 99\n");
#endif
}
```

Este programa mostra a mensagem na tela porque **MAX** é maior que 99. Esse exemplo ilustra um ponto importante. A expressão que segue o **#if** é avaliada em tempo de compilação. Portanto, ela deve conter apenas identificadores previamente definidos e constantes — nenhuma variável pode ser usada.

A diretiva **#else** opera de forma semelhante ao **else** que é parte da linguagem C: estabelece uma alternativa se **#if** for falso. O exemplo anterior pode ser expandido, como mostrado aqui:

```
/* Exemplo simples de #if/#else. */
#include <stdio.h>

#define MAX 10

void main(void)
{
#if MAX>99
  printf("compilado para uma matriz maior que 99\n");
#else
  printf("compilado para uma matriz pequena\n");
#endif
}
```

Nesse caso, **MAX** é definido como sendo menor que 99. Assim, a parte do **#if** do código não é compilada. Porém, a alternativa **#else** é compilada e a mensagem **compilado para a matriz pequena** é mostrada.

Note que o **#else** é usado para marcar o final do bloco **#if** e o início do bloco **#else**. Isso é necessário porque só pode haver um **#endif** associado a um **#if**.

A diretiva **#elif** significa "else if" e estabelece uma seqüência if-else-if para múltiplas opções de compilação. **#elif** é seguido por uma expressão constante. Se a expressão é verdadeira, esse bloco de código é compilado e nenhuma outra expressão **#elif** é testada. Caso contrário, o próximo bloco na série é verificado. A forma geral para **#elif** é

#if *expressão*
  seqüência de comandos
#elif *expressão* 1
  seqüência de comandos
#elif *expressão 2*
  seqüência de comandos
#elif *expressão 3*
  seqüência de comandos
#elif *expressão 4*
.
.
.
#elif *expressão N*
  seqüência de comandos
#endif

Por exemplo, o seguinte fragmento usa o valor de **PAIS_ATIVO** para definir a moeda em circulação:


```
#define EUA 0
#define INGLATERRA 1
#define FRANCA 2

#define PAIS_ATIVO EUA

#if PAIS_ATIVO==EUA
  char circulante[]="dollar";
#elif PAIS_ATIVO==INGLATERRA
  char circulante[]="pound";
#else
  char circulante[]="franc";
#endif
```

O padrão C ANSI define que **#if** e **#elifs** podem ser aninhados até pelo menos oito níveis. (Seu compilador provavelmente permite mais.) Quando aninhado cada **#endif**, **#else** ou **#elif** associa-se com **#if** ou **#elif**. Por exemplo, o seguinte é perfeitamente válido

```
#if MAX>100
  #if SERIAL_VERSION
    int port=198;
  #elif
    int port=200;
  #endif
#else
  char out_buffer[100];
#endif
```

#ifdef e #ifndef

Um outro método de compilação condicional usa as diretivas **#ifdef** e **#ifndef**, que significam "se definido" e "se não definido", respectivamente. A forma geral de **#ifdef** é

#ifdef *nome_da_macro*
  seqüência de comandos
#endif

Se o *nome_da_macro* tiver sido definido anteriormente em um bloco de código **#define**, o bloco de código será compilado.

A forma geral de **#ifndef** é

```
#ifndef nome_da_macro
    seqüência de comandos
#endif
```

Se o *nome_da_macro* estiver atualmente indefinido, o bloco de código será compilado.

#ifdef e **#ifndef** podem usar um comando **#else**, mas não **#elif**.

Por exemplo,

```
#include <stdio.h>

#define TED 10
void main(void)
{
#ifdef TED
  printf("Oi Ted\n");
#else
  printf("Oi qualquer um\n");
#endif
#ifndef RALPH
  printf("RALPH não está definido\n");
#endif
}
```

escreverá **Oi Ted** e **RALPH não está definido**. Porém, se **TED** não fosse definido, **Oi qualquer um** seria mostrado, seguido por **RALPH não está definido**.

Você pode aninhar **#ifdefs** e **#ifndefs**.

#undef

A diretiva **#undef** remove a definição anterior do nome de macro que a segue. A forma geral de **#undef** é

```
#undef nome_da_macro
```

Por exemplo,

```
#define LEN 100
#define WIDTH 100

char array [LEN][WIDTH];

#undef LEN
#undef WIDTH
/* nesse ponto LEN e WIDTH não estão definidos */
```


LEN e **WIDTH** estão definidos até que os comandos **#undef** sejam encontrados.

#undef é usado principalmente para permitir que nomes de macros sejam localizados apenas naquelas seções de código que precisam deles.

Usando defined

Em adição a **#ifdef**, existe uma segunda maneira de determinar se um nome de macro está definido. Você pode usar a diretiva **#if** conjuntamente com o operador **defined** de tempo de compilação. O operador **defined** possui esta forma geral

```
defined nome_de_macro
```

Se *nome_de_macro* estiver definida no momento, então a expressão é verdadeira. Caso contrário, ela é falsa. Por exemplo, para determinar se a macro **MYFILE** está definida, você pode usar qualquer um destes dois comandos de pré-processamento:

```
#if defined MYFILE
```

ou

```
#ifdef MYFILE
```

Você também pode preceder **defined** com **!** para inverter a condição. Por exemplo, o trecho seguinte é compilado somente se **DEBUG** não está definida.

```
#if !defined DEBUG
  printf("Versão final!\n");
#endif
```

Uma razão para o uso de **defined** é que ela permite que a existência de um nome de macro seja determinada por um comando **#elif**.

#line

A diretiva **#line** muda o conteúdo de _ _LINE_ _ e _ _FILE_ _ que são identificadores predefinidos do compilador. O identificador _ _LINE_ _ contém o número da linha atualmente sendo compilada. O identificador _ _FILE_ _ é uma string que contém o nome do arquivo-fonte sendo compilado. A forma geral de **#line** é

#line *número "nomearq"*

onde *número* é qualquer inteiro positivo que se torna o novo valor de _ _LINE_ _ e o *nomearq* opcional é qualquer identificador válido de arquivo que se torna o novo valor de _ _FILE_ _. **#line** é utilizada principalmente para depuração e aplicações especiais.

Por exemplo, o código seguinte especifica que a contagem de linha começa com 100 e o comando **printf()** mostra o número 102 porque é a terceira linha do programa após o comando **#line 100**.

```
#include <stdio.h>

#line 100                       /* inicializa o contador de linhas */
void main(void)                 /* linha 100 */
{                               /* linha 101 */
  printf("%d\n",_ _LINE_ _); /* linha 102 */
}
```

#pragma

A diretiva **#pragma** é definida pela implementação e permite que várias instruções sejam dadas ao compilador. Por exemplo, um compilador pode ter uma opção que suporte uma execução passo a passo (*tracing*) do programa. Uma opção de "trace" seria, então, especificada por um comando **#pragma**. Você deve consultar o manual do usuário do seu compilador para obter detalhes e opções.

Os Operadores # e ## do Pré-processador

O C ANSI fornece dois operadores do pré-processador: # e ##. Esses operadores são usados com uma declaração **#define**.

O operador # transforma o argumento que ele precede em uma string entre aspas. Por exemplo, considere este programa.

```
#include <stdio.h>

#define mkstr(s) # s

void main(void)
{
  printf(mkstr(Eu gosto de C));
}
```

O pré-processador C transforma a linha

```
printf(mkstr(Eu gosto de C));
```

em

```
printf("Eu gosto de C");
```

O operador ## concatena duas palavras. Por exemplo,

```
#include <stdio.h>

#define concat(a, b) a ## b

void main(void)
{
  int xy = 10;
  printf("%d", concat(x, y));
}
```

O pré-processador transforma

```
printf("%d", concat(x,y));
```

em

```
printf("%d",xy);
```

Se esses operadores lhe parecem estranhos, tenha em mente que eles não são necessários na maioria dos programas em C. Eles existem fundamentalmente para permitir que o pré-processador manipule alguns casos especiais.

Nomes de Macros Predefinidas

O padrão C ANSI especifica cinco nomes intrínsecos de macros predefinidas. São eles

_ _LINE_ _
_ _FILE_ _
_ _DATE_ _
_ _TIME_ _
_ _STDC_ _

Se o seu compilador não é padrão, algumas ou mesmo todas essas macros podem estar faltando. Seu compilador pode fornecer, também, mais macros predefinidas. As macros **_ _LINE_ _** e **_ _FILE_ _** foram discutidas na seção sobre **#line**.

A macro **_ _DATE_ _** contém uma string na forma *mês/dia/ano*. Essa string representa a data da tradução do arquivo-fonte em código-objeto.

A hora da tradução do código-fonte em código-objeto está contida em uma string em **_ _TIME_ _**. A forma da string é *hora:minuto:segundo*.

A macro **_ _STDC_ _** contém a constante decimal 1. Isso significa que a implementação segue o padrão C ANSI. Se a macro contém qualquer outro número, a implementação diverge do padrão.

Comentários

Em C, todo comentário começa com o par de caracteres /* e termina com */. Não deve haver nenhum espaço entre o asterisco e a barra. O compilador ignora qualquer texto entre os símbolos de comentário. Por exemplo, esse programa escreve apenas **alo** na tela:

```
#include <stdio.h>

void main(void)
{
  printf("alo");
  /* printf("aqui"); */
}
```


Os comentários podem ser colocados em qualquer lugar em um programa desde que não apareçam no meio de uma palavra-chave ou identificador. Isto é, este comentário é válido:

```
x = 10 + /*soma os números */ 5;
```

enquanto

```
swi/* isso não funciona*/tch(c) { ...
```

é incorreto, porque uma palavra-chave de C não pode conter um comentário. No entanto, você não deve colocar comentários no interior de expressões porque isso torna seu significado mais difícil de ser entendido.

Comentários não podem ser aninhados. Isso é, um comentário não pode conter outro comentário. Por exemplo, este fragmento de código provoca um erro durante a compilação:

```
/* esse é um comentário externo
  x = y/a;
  /* isso é um comentário interno - e provoca um erro */
*/
```

Você deve incluir comentários sempre que forem necessários para explicar a operação do código. Todas, exceto as funções mais óbvias, precisam de um comentário no início que explique o que a função faz, como é chamada e o que retorna.

NOTA: Em C++ (a versão melhorada e orientada a objetos de C), você pode definir um comentário de uma única linha. Comentários de uma única linha começam em // e terminam no fim da linha. Como o comentário de uma única linha é bastante popular e implementado com facilidade, a maioria dos compiladores C atuais permitem que você use comentários de uma única linha em programas C. No entanto, agindo desta maneira seu programa se torna não-padrão. Por causa disto é melhor usar somente comentários no estilo de C em programas C.