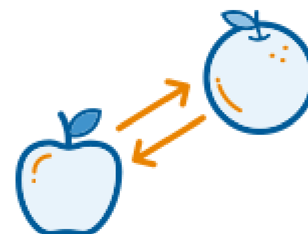
Conversão de tipos

Video desta aula



Muitas vezes, expressões lógicas/aritméticas envolvem valores de tipos distintos, como `char`, `int`, `float` e `double`, que devem ser convertidos durante o cálculo.

Algumas conversões são efetuadas implicitamente pelo compilador, sem riscos para a integridade dos dados manipulados. Todavia, certas conversões podem levar a resultados errados ou à perda de informação e precisam ser “forçadas” pelo programador, através de conversões explícitas.

Conversão implícita

Quando uma operação lógica/aritmética envolve dois operandos de tipos distintos, o compilador primeiro os converte para um único tipo, antes de avaliar a operação. Nos caso de tipos numéricos, essa conversão é denominada **promoção automática**,

Na promoção automática, o tipo de menor tamanho (com menos bytes) é automaticamente convertido (“promovido”) para o tipo de maior tamanho (com mais bytes).

A hierarquia de tipos considerada para a promoção automática é a seguinte (os tipos `unsigned` estão no mesmo nível de hierarquia que seus equivalentes `signed`):

```
char < short < int < long < long long < float < double < long double
```

A regra de promoção automática é aplicada separadamente **A CADA OPERAÇÃO** da expressão lógica/aritmética.

O código a seguir mostra alguns exemplos de promoção automática:

```
char   c = 'A' ;
int    i = 3 ;
short  s = 31 ;
float  f = 31.8 ;
double d ;

i = c + 30 ;     //  o valor de c (65) é convertido de char para int

d = i * f + s ; // ao avaliar i*x,        i é promovido de int a float
                // ao avaliar float + s, s é promovido de short a float
```

A conversão implícita (ou automática) é realizada para as operações aritméticas (`+ - * / %`), relacionais (`< <= > >= == !=`) e com bits (`& | ^`).

Os operadores de atribuição (=, +=, …) também recebem uma conversão implícita de tipo, para compatibilizar o valor calculado (lado direito da atribuição) com a variável que irá recebê-lo (lado esquerdo).

Erros de conversão

A regra de promoção automática é aplicada a cada operação da expressão lógica/aritmética. Por isso, deve ser tomado cuidado em expressões mais complexas. O código abaixo traz um exemplo dos riscos envolvidos:

erro-conversao.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  int i   = 100 ;
  int j   = 6 ;
  float x = 6 ;
  float y ;

  y = i / j * x ;               // (int / int) * float  -> int * float
  printf ("y vale %f\n", y) ;  //  ^^^^^^^^^ divisão inteira!

  y = x * i / j ;               // (float * int) / int
  printf ("y vale %f\n", y) ;  // resultado correto (vide abaixo)
}
```

Ao avaliar primeiro a operação `i/j`, ocorre um erro de arredondamento:

```
$ ./a.out
y vale 96.000000
y vale 100.000000
```

As expressões são usualmente avaliadas da esquerda para a direita, mas isso depende da precedência dos operadores, além do compilador e do nível de otimização usado. Por isso, a ordem de avaliação das operações em uma expressão envolvendo tipos distintos deve ser explicitada usando **parênteses**:

```
y = (x * i) / j ;             // (float * int) / int
printf ("y vale %f\n", y) ;  // resultado correto sempre
```

A conversão implícita na atribuição também pode provocar perda de informação. O exemplo abaixo mostra algumas dessas situações:

perdas.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  char   c ;
  int    i ;
  long   l ;
  float  f ;
  double d ;

  c = 'A' ;
  i = c ;     // ok, pois int > char
```

```
  printf ("c = %d, i = %d\n", c, i) ;

  i = 34 ;
  f = i ;     // ok, pois float > int
  printf ("i = %d, f = %f\n", i, f) ;

  l = 214748364347243 ;
  f = l ;     // perda de precisão
  printf ("l = %ld, f = %f\n", l, f) ;

  l = 214748364347243 ;
  d = l ;     // ok, precisão suficiente
  printf ("l = %ld, d = %lf\n", l, d) ;

  f = 451.28 ;
  i = f ;     // parte fracionária é truncada
  printf ("f = %f, i = %d\n", f, i) ;

  d = 3.1415926535897932 64 ;
  f = d ;     // perda de precisão
  printf ("d = %.15f, f = %.15f\n", d, f) ;

  l = 12345677890 ;
  i = l ;     // perda dos bits mais significativos
  printf ("l = %ld, i = %d\n", l, i) ;
}
```

Observe que a precisão de um `float` é menor que a de um `int` a partir de 2^{23}+1, pois a mantissa do `float` tem apenas 23 bits (padrão IEEE 754). Assim, no caso de um valor inteiro muito grande (> 2^{23}), a conversão do mesmo em `float` implica em perda de precisão.

Conversão explícita

Em alguns casos, é necessário forçar a conversão de tipos de dados, para que uma expressão seja avaliada da forma correta.

Por exemplo:

media-erro.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  int soma, num ;
  float media ;

  soma = 10 ;
  num  = 4 ;

  media = soma / num ;
```

```
  printf ("media = %f\n", media) ;
}
```

No caso acima, a expressão `soma / num` será avaliada como `int / int`, resultando em uma divisão inteira e consequente perda de precisão. Para gerar o resultado correto, a expressão deve ser avaliada como `float`. Isso pode ser obtido de duas formas:

- adicionando um elemento neutro de tipo `float` à expressão;
- forçando a avaliação de `soma` ou `num` como float (*type casting*).

media.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  int soma, num ;
  float media ;

  soma = 10 ;
  num  = 4 ;

  media = soma / num ;           // errado, perda de precisão
  printf ("media = %f\n", media) ;

  media = 1.0 * soma / num ;      // soma é "promovida" a float
  printf ("media = %f\n", media) ;

  media = (float) soma / num ;        // soma é avaliada como float (casting)
  printf ("media = %f\n", media) ;

  media = soma / (float) num ;        // num é avaliado como float (casting)
  printf ("media = %f\n", media) ;
}
```

A avaliação forçada de um valor ou variável para um tipo específico usando o prefixo `(type)`, como no exemplo acima, é chamada *type casting*. Essa operação é muito usada, sobretudo na avaliação de ponteiros.

Conversão de ponteiros

Uma operação frequente em C é a conversão de tipos de ponteiros. Muitas funções importantes, como `qsort` e `bsearch`, usam ponteiros genéricos `void*` como parâmetros de entrada, para poder receber dados de diversos tipos.

Como ponteiros para `void` não apontam para nenhum tipo válido de dado, eles não podem ser desreferenciados (ou seja, não é possível acessar diretamente os dados que eles apontam). Por isso, ponteiros para `void` precisam ser convertidos em ponteiros para algum tipo válido antes de serem desreferenciados.

O exemplo a seguir mostra como ponteiros `void*` são convertidos em `int*`, dentro da função `compara_int(a,b)`:

qsort.c

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

#define VETSIZE 10

int vetor[VETSIZE] ;

// compara dois inteiros apontados por "a" e "b"
int compara_int (const void* a, const void* b)
{
  int *pa, *pb ;

  pa = (int*) a ;  // "vê" a como int*
  pb = (int*) b ;  // idem, b

  if (*pa > *pb) return  1 ;
  if (*pa < *pb) return -1 ;
  return 0 ;
}

int main ()
{
  int i ;

  // preenche o vetor de inteiros com aleatórios
  for (i = 0; i < VETSIZE; i++)
    vetor[i] = random() % 1000 ;

  // escreve o vetor
  for (i = 0; i < VETSIZE; i++)
    printf ("%d ", vetor[i]) ;
  printf ("\n") ;

  // ordena o vetor (man qsort)
  // Protótipo: int (*compara_int) (const void *, const void *)
  qsort (vetor, VETSIZE, sizeof (int), compara_int) ;

  // escreve o vetor
  for (i = 0; i < VETSIZE; i++)
    printf ("%d ", vetor[i]) ;
  printf ("\n") ;
}
```

Conversão de/para strings

No caso específico de strings, a conversão destas para outros tipos é efetuada através de funções específicas:

```
#include <stdlib.h>

// string to float, int, long, long long
double    atof  (const char *str) ;
```

```
int       atoi  (const char *str) ;
long      atol  (const char *str) ;
long long atoll (const char *str) ;

// string to double, float, long double, com teste de erro
double strtod (const char *nptr, char **endptr) ;
float  strtof (const char *nptr, char **endptr) ;
long   double strtold (const char *nptr, char **endptr) ;
```

No sentido *número* → *string*, a forma mais simples de converter um dado de qualquer tipo para *string* é usando a função `sprintf`, que formata e "imprime" o dado em uma *string*, de forma similar ao que a função `printf` realiza na saída padrão:

float2string.c

```
#include <stdio.h>

int main ()
{
  char buffer[256] ;
  float x ;

  x = 32.4 / 7 ;

  sprintf (buffer, "%5.4f", x) ; // "imprime" x na string buffer

  printf ("%s\n", buffer) ;

  return 0 ;
}
```

Leitura complementar

- Type Conversions, C in a Nutshell.

From:
https://wiki.inf.ufpr.br/maziero/ - **Prof. Carlos Maziero**

Permanent link:
https://wiki.inf.ufpr.br/maziero/doku.php?id=c:conversao_de_tipos

Last update: **2023/08/01 20:16**