Programarea calculatoarelor

Recursivitate. Citirea caracterelor

Marius Minea

13 martie 2007

Recapitulare: folosirea funcțiilor

– pentru calcule, dar și pt. a grupa prelucrări, evitând repetarea de cod

```
int min2(int x, int y) { return x < y ? x : y; }
int min3(int a, int b, int c) {return a<b ? min2(a,c) : min2(b,c);}
```

– în `min3` am redus problema la două subprobleme mai mici
– dacă continuam direct cu testele, înlocuind `min2` cu expresia ei:

```
int min3_direct(int a, int b, int c) {
  return a < b ? (a < c ? a : c) : (b < c ? b : c);
}
```

– trebuie repetat tiparul de cod `x < y ? x : y`, efect nedorit
(cod mai mare; eventuale modificări trebuie repetate în multe locuri)
– funcția arată mai complex, poate fi mai dificil de înțeles

Recursivitate: putere cu înjumătățirea exponentului

– recursiv, rezolvăm o problemă reducând-o la o problemă mai simplă

– adesea, e eficientă împărțirea în două probleme cât mai egale
= strategie *divide et impera* (divide and conquer)

$$x^n = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ (x^{n/2})^2 & n \text{ par} \\ x \cdot (x^{n/2})^2 & n \text{ impar} \end{cases}$$

```
double sqr(double x) { return x*x; }
double pow2(double x, unsigned n) {
  return n == 0 ? 1
    : n % 2 == 0 ? sqr(pow2(x, n/2))
    : x * sqr(pow2(x, n/2));
}
```

– numărul de apeluri necesar e $1 + \lfloor \log_2 n \rfloor$
(exponentul se înjumătățește la fiecare apel recursiv)

de ex.: `pow2(5.5, 6)` → `pow2(5.5, 3)` → `pow2(5.5, 1)` → `pow2(5.5, 0)`

– evaluarea lui `pow(x, n/2)` se face *o singură dată* ca argument pt. `sqr` care lucrează cu *valoarea* obținută (nu substituie expresia de două ori)

Apeluri și calcule repetate

– dacă înlocuim direct $x^{n/2} \cdot x^{n/2}$ în locul funcției `sqr`
și tipărim exponentul pentru a urmări desfășurarea apelurilor recursive:

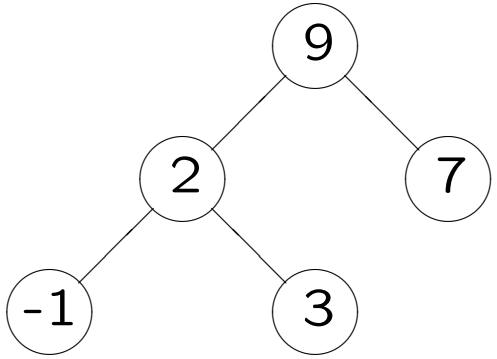
obținem pentru exponent $n = 3$:

```
double pow2(double x, unsigned n) {
  printf("exponent %u\n", n);
  return n == 0 ? 1
   : n % 2 == 0 ? pow2(x, n/2) * pow2(x, n/2)
   : x * pow2(x, n/2) * pow2(x, n/2);
}
```

```
exponent 3
exponent 1
exponent 0
exponent 0
exponent 1
exponent 0
exponent 0
```

– cele două expresii `pow(x, n/2)` se evaluează succesiv, independent!
fără optimizări, compilatorul nu caută expresii egale, și recalculează
– nr. de apeluri e mai mare decât la înmulțirea obișnuită $x \cdot ... \cdot x$

Recursivitate: arbori binari



Arborii binari: au *noduri* și *muchii*
un nod are doi *fii*, sau zero (e o *frunză*)
în fiecare nod: o valoare întreagă

Definiție recursivă: un arbore binar e:
– fie o frunză
– fie un nod (rădăcină) cu subarbore stâng
și subarbore drept

Am definit recursiv un *tip de date* (mulțimea tuturor arborilor binari)

Se dau: – un *nume* pentru acest tip: `arb_t`
– *declarații* ale unor funcții (operații) cu acest tip
– implementări ale acestor funcții (un fișier C deja compilat)
învățăm ulterior *cum să implementăm* în C tipul și funcțiile

Scriem: un program care creează/prelucrează un arbore

Necunoscând implementarea, putem folosi pt. `arb_t` doar funcțiile date

⇒ Tipul definit (`arb_t`) este un *tip de date abstract*

Fișierul antet pentru tipul de date abstract `arb_t`

Pentru a *folosi* tipul, *se dă* fișierul `arb.h` cu conținutul:

```
typedef struct arb_s *arb_t;    // declara tipul arb_t
// invatam ulterior despre aceasta declaratie; acum se da

arb_t c_arb(int val, arb_t l, arb_t r); // creeaza arbore
// cu valoarea data in radacina, si doi subarbori
arb_t c_term(int val);  // creeaza o frunza cu valoarea data
arb_t a_l(arb_t a);     // returneaza subarbore stang
arb_t a_r(arb_t a);     // returneaza subarbore drept
int a_val(arb_t a);     // returneaza valoarea din radacina
int a_term(arb_t a);    // adevarat daca arbore e frunza
// in C, valoare != 0 inseamna adevarat, valoare == 0 inseamna fals
void a_print(arb_t a);  // tipareste arborele
```

Recursivitate: arbore binar

Programul trebuie compilat împreună cu codul pentru funcțiile folosite, dat într-un fișier C `arb.c` sau fișier obiect (compilat) `arb.o`
`#include` cu ghilimele caută uzual și în directorul curent

```
#include "arb.h"
#include <stdio.h>
int a_cnt(arb_t a) {    // numara nodurile din arbore
  return a_term(a) ? 1 : 1 + a_cnt(a_l(a)) + a_cnt(a_r(a));
}
int a_sum(arbore a) {   // suma numerelor din arbore
  return a_term(a) ? a_val(a)
                   : a_val(a) + a_sum(a_l(a)) + a_sum(a_r(a));
}
int main(void) {
  printf("%d\n", a_sum(c_arb(5,
                             c_arb(3, c_frunza(2), c_frunza(7)),
                             c_frunza(-4))));
  return 0;
}
```

Caractere. Codul ASCII

ASCII = American Standard Code for Information Interchange
Caracterele sunt memorate ca și cod numeric = indicele în acest tabel
ex. '0' == 48, 'A' = 65, 'a' = 97, etc.

```
       0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  A  B  C  D  E  F
-----------------------------------------------------
0x0   \0                        \a \b \t \n \v \f \r
0x10:
0x20:     !  "  #  $  %  &  '  (  )  *  +  ,  -  .  /
0x30:  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  :  ;  <  =  >  ?
0x40:  @  A  B  C  D  E  F  G  H  I  J  K  L  M  N  O
0x50:  P  Q  R  S  T  U  V  W  X  Y  Z  [  \  ]  ^  _
0x60:  `  a  b  c  d  e  f  g  h  i  j  k  l  m  n  o
0x70:  p  q  r  s  t  u  v  w  x  y  z  {  |  }  ~
```

Am scris cu prefixul `0x` constante hexazecimale (în baza 16)
– caracterele $<$ `0x20` (spațiu): caractere de control
– cifrele; literele mari; literele mici: în secvențe contigue
– caracterele cu cod $>$ `0x7f` (127): nu fac parte din setul ASCII (diacritice, etc. – diverse variante standardizate de ISO)

Tipul caracter în C

Tipul standard `char` reprezintă caractere (codul lor ASCII – un întreg) ⇒ în C, tipul `char` e un *tip întreg*, dar cu domeniu de valori mai restrâns decât `int` sau `unsigned` ⇒ poate fi memorat pe *un octet* (8 *biți*)

Cf. standardului, `char` poate fi `signed char`, cu valori de la `-128` la `127`, sau `unsigned char`, cu valori de la `0` la `255`. Ambele sunt incluse în `int`.

În program, *constantele caracter* se scriu între apostroafe (simple) `' '`
Au valori întregi (codul ASCII). În calcule se convertesc automat la `int`.
Cifrele, literele mici și literele mari sunt dispuse consecutiv ⇒ avem:

```
'7' == '0' + 7   '5' - '0' == 5   'E' - 'A' == 4   'f' == 'a' + 5
```

Reprezentări pentru caractere speciale:

`'\0'`	null	`'\n'`	linie nouă
`'\a'`	alarm	`'\r'`	carriage return
`'\b'`	backspace	`'\f'`	form feed
`'\t'`	tab	`'\''`	apostrof
`'\v'`	vertical tab	`'\\'`	backslash

Citirea și scrierea unui caracter

`int getchar(void)` declarată în `stdio.h`
– funcție fără parametri, returnează valoarea caracterului (codul ASCII) ca și `unsigned char` convertit la `int`
– sau returnează valoarea specială `EOF` (end-of-file) (-1, diferită de orice `unsigned char` dacă nu s-a putut citi un caracter (la sfârșit de fișier)
La tastatură, caracterele sunt introduse *cu ecou*, și devin disponibile pentru citire din program doar după ce se tastează *Enter*.

ATENȚIE! Programul nu are control asupra datelor introduse la citire
⇒ trebuie verificat întotdeauna ce s-a citit / testate erorile

`int putchar(int c)`
– scrie un `unsigned char` dat ca și `int`; returnează valoarea scrisă

```
#include <stdio.h>
int main(void) {
  putchar(':');          // scrie caracterul :
  putchar(getchar());    // citeste si scrie un caracter
  return 0;
}
```

Exemplu: Citirea unui număr întreg

```
#include <ctype.h>      // pt. functia isdigit (caract. e cifra ?)
#include <stdio.h>
// citeşte nr. natural, până la primul caracter diferit de cifră
unsigned read_nat(unsigned rez, int c) // c: următorul caracter
{                       // rez: rezultatul parţial acumulat;
  return isdigit(c) ? read_nat(10*rez + (c-'0'), getchar()) : rez;
}
int readint1(int c) {   // tine cont de semn; c: primul caracter
  return c == '-' ? - read_nat(0, getchar()) :
         c == '+' ? read_nat(0, getchar()) : read_nat(0, c);
}
int readint(void) { return readint1(getchar()); } // fara parametri
int main(void) {
  printf("numarul citit este: %d\n", readint());
  return 0;
}
```

Noțiunea de efect lateral

Apelul repetat al unei funcții (în matematică, sau din cele scrise până acum: `sqr`, `fact`, etc.) cu aceiași parametri produce același rezultat.
Un *calcul* pur nu are alte efecte: următorul program nu *scrie* nimic!

```
int sqr(int x) { return x * x; }
int main(void) { sqr(2); }
```

În contrast, tipărirea (`printf`) produce un efect vizibil (și ireversibil).
Citirea cu `getchar()` returnează *alt* caracter din intrare la fiecare apel; caracterul e consumat.

O modificare în starea mediului de execuție a programului se numește *efect lateral* (ex. citire, scriere, atribuire – v. ulterior).
Uneori e necesar să *memorăm* o valoare (caracter citit de la intrare, pentru a nu se pierde sau rezultat de funcție, pentru a nu recalcula).

Vom discuta cum se face aceasta prin *atribuire* la o *variabilă*.