Programarea calculatoarelor

Introducere

Marius Minea

29 septembrie 2009

Despre limbajul C

– dezvoltat în 1972 la *AT&T Bell Laboratories* de Dennis Ritchie
– folosit pentru scrierea de sisteme de operare și utilitare
(C dezvoltat inițial sub UNIX, apoi UNIX a fost rescris în C)
carte: Brian Kernighan, Dennis Ritchie: The C Programming Language (1978)

Un limbaj vechi, dar în evoluție
– standardul ANSI C, 1988 (American National Standards Institute)
– versiunea curentă: C99 (standard ISO 9899)

De ce folosim C?
– foarte *versatil*: acces direct la reprezentarea binară a datelor, libertate în lucrul cu memoria, bună interfață cu hardware
– limbaj *matur*, bază mare de cod (biblioteci pentru multe scopuri)
– *eficient*: compilatoare bune, generează cod compact, rapid
– *ATENȚIE*: foarte ușor de făcut *erori*!

Calcule, funcții și programe

Ce face un program?
– *citește* niște *date de intrare*
– le *prelucrează* prin niște *calcule* (matematice)
– *produce* (scrie) niște *rezultate*

În matematică, efectuăm calcule cu ajutorul *funcțiilor*:
– *cunoaștem* diverse funcții (sin, cos, etc.)
– *definim* funcții noi (depinzând de problemă)
– *combinăm* funcțiile existente și definite de noi
– și le *folosim* într-o anumită ordine

Toate aceste aspecte le întâlnim și în programare

Funcții în matematică și în C

Exemplu: funcția de ridicare la pătrat pentru întregi

$sqr : \mathbb{Z} \to \mathbb{Z}$

$sqr(x) = x \cdot x$

```
int sqr(int x)
{
  return x * x;
}
```

Definiția unei funcții conține:
– *antetul* funcției: specifică un domeniu de valori (întregi), numele funcției și parametrii acesteia (un singur parametru, întreg)
– *corpul* funcției: aici, o singură *instrucțiune* (`return`) cu o *expresie* care dă valoarea funcției (pornind de la parametri)

Limbajul are *reguli* precise de scriere (*sintaxa*):
– diversele elemente scrise într-o anumită *ordine*;
– se folosesc *separatori* pentru a le delimita precis: `( )` `;` `{ }`

O a doua funcție

Ridicarea la pătrat pentru numere *reale*

$sqrf : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$

$sqrf(x) = x \cdot x$

```
float sqrf(float x)
{
  return x * x;
}
```

– o altă funcție decât cea dinainte: alt domeniu de definiție și de valori
– trebuie să-i dăm alt nume dacă o folosim în același program
– strict vorbind și operația `*` e alta, fiind definită pe altă mulțime

Cuvintele `int`, `float` denotă *tipuri*.

Un *tip* e o *mulțime de valori* împreună cu un *set de operații* permise pentru aceste valori.

Alt tip pentru reali: `double` (dublă precizie)
recomandabil față de `float` (și folosit de funcțiile standard).

Întregi, reali și operații matematice

Există diferențe importante între tipuri numerice în C și matematică.
– în matematică, $\mathbb{Z} \subset \mathbb{R}$, ambele sunt infinite, $\mathbb{R}$ e densă
– în C, `int` și `float` sunt tipuri finite; realii au precizie finită
Constantele numerice au tip determinat de modul de scriere:
`2` e un întreg, `2.0` e un real
putem scrie un real în notație științifică: `1.0e-3` în loc de `0.001`
sunt echivalente scrierile `1.0` și `1.` respectiv `0.1` și `.1`
– unele operații sunt diferite pentru întregi și reali:

Împărțirea întreagă e *împărțire cu rest* !!!
`7 / 2` dă valoarea 3, pe când `7.0 / 2.0` dă valoarea `3.5`
`-7 / 2` dă valoarea -3, deci la fel cu `- (7 / 2)`

Operatorul *modulo* (scris `%`) e definit doar pentru întregi.
`9 / 5` este `1` `9 % 5` este `4` `9 / -5` este `-1` `9 % -5` este `4`
`-9 / 5` este `-1` `-9 % 5` este `-4` `-9 / -5` este `1` `-9 % -5` este `-4`
semnul restului e același cu semnul deîmpărțitului

e valabilă egalitatea `a == a / b * b + a % b` (ecuația împărțirii cu rest)

Puţină terminologie

– *cuvinte cheie*: au un înţeles predefinit (nu poate fi schimbat)
Exemple: instrucţiuni (`return`), tipuri (`int`, `float`, `double`), etc.

– *identificatori* (de ex. `sqr`, `x`) aleşi de programator pentru a denumi funcţii, parametri, variabile, etc.

Def.: Un identificator e o secvenţă de caractere formată din litere (mari şi mici), liniuţa de subliniere _ şi cifre, care nu începe cu o cifră şi nu este un cuvânt cheie
Exemple: `x3, a12_34, _exit, main, printf, int16_t`

– *constante* (numerice: `-2`, `3.14`; mai târziu: caractere, şiruri)

– *semne de punctuaţie*, cu diverse semnificaţii:
`*` e un operator
`;` delimitează sfârşitul unei instrucţiuni
parantezele `( )` grupează parametrii unei funcţii sau o subexpresie
acoladele `{ }` grupează instrucţiuni sau declaraţii etc.

Funcţii cu mai mulţi parametri

Exemplu: discriminantul ecuaţiei de gradul II: $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$

```
float discrim(float a, float b, float c)
{
  return b * b - 4 * a * c;
}
```

Între parantezele rotunde `( )` din antetul funcţiei putem specifica oricâţi parametri, fiecare cu tipul propriu, separaţi prin virgulă.

Apelul de funcţie

Până acum, am *definit* funcţii, fără să le folosim.
Valoarea unei funcţii poate fi folosită într-o expresie cu aceeaşi sintaxă ca şi în matematică: *funcţie(parametru, parametru, ···, parametru)*
Exemplu: în discriminantul dinainte, puteam scrie:
`return sqrf(b) - 4 * a * c;`
Sau putem defini:

```
int cube(int x)
{
  return x * sqr(x);
}
```

IMPORTANT: înainte de a folosi orice identificator (nume) în C, el trebuie să fie *declarat* (trebuie să ştim ce reprezintă)
⇒ Exemplele sunt corecte dacă `sqrf` respectiv `sqr` sunt definite *înainte* de `discrim`, respectiv `cube` în program.

Un prim program C

```
int main(void)
{
  return 0;
}
```

– cel mai mic program: nu face nimic !
– orice program conţine functia *main* şi e executat prin apelarea ei (programul poate conţine şi alte funcţii)
– în acest caz: funcţia nu are parametri (`void`)
`void` e un cuvânt cheie pentru tipul vid (fără nici un element)
– cf. standard: `main` returnează un cod întreg către sistemul de operare (convenţie: 0 pt. terminare cu succes, ≠ 0 pt. cod de eroare)

Un program comentat

```
/* Acesta este un comentariu */
int main(void)  // comentariu pana la capat de linie
{
  /* Acesta e un comentariu pe mai multe linii
    obisnuit, aici vine codul programului */
  return 0;
}
```

– programele pot conţine comentarii, înscrise între `/*` şi `*/`
sau începând cu `//` şi terminându-se la capătul liniei
– orice conţinut între aceste caractere nu are nici un efect asupra generării codului şi execuţiei programului
– programele *trebuie* comentate
– pentru ca un cititor să le înţeleagă (alţii, sau noi, mai târziu)
– ca documentaţie şi specificaţie: funcţionalitate, restricţii, etc.
– ce reprezintă parametrii funcţiilor, rezultatul, variabilele, ce condiţii trebuie îndeplinite, cum se comportă la eroare

Tipărirea (scrierea)

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
  printf("hello, world!\n");    // tipareste un text
  return 0;
}
```

– `printf` (de la "print formatted"): o funcţie standard
(N.B.: `printf` nu este *instrucţiune* sau *cuvânt cheie*)
– e apelată aici cu un parametru şir de caractere
– constantele şir de caractere: incluse între ghilimele `" "`
– `\n` este notaţia pentru caracterul de linie nouă

– prima linie e o *directivă de preprocesare*, include fişierul `stdio.h` cu *declaraţiile* funcţiilor standard de intrare / ieşire
– *declaraţia* = informaţiile (nume, parametri) necesare pentru folosire
– *implementarea* (codul obiect, compilat): într-o bibliotecă din care compilatorul ia cele necesare pentru generarea programului executabil

Tipărirea unei valori numerice

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>
int main(void)
{
  printf("cos(0) = ");
  printf("%f", cos(0));
  return 0;
}
```

```
#include <stdio.h>
int sqr (int x) { return x * x; }
int main(void)
{
  printf("2 ori -3 la patrat e ");
  printf("%d", 2 * sqr(-3));
  return 0;
}
```

Pentru a tipări valoarea unei expresii, `printf` ia două argumente:
– un şir de caractere (specificator de format):
`%d` (întreg, *decimal*), `%f` (real, *floating point*)
– expresia, al cărei tip trebuie să fie compatibil cu cel indicat (verificarea cade în sarcina programatorului !!!)

Secvenţierea: instrucţiunile unei funcţii se execută *una după alta*
– excepţii: instrucţiunea `return` încheie execuţia funcţiei (după ea nu se mai execută nimic)

Funcţii definite pe cazuri

$$abs : \mathbb{Z} \to \mathbb{Z} \qquad abs(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ -x & \text{altfel} \end{cases}$$

Cu cele discutate până acum, nu putem defini această funcţie în C.

Valoarea funcţiei nu e dată de o singură expresie, ci de una din două expresii diferite (x sau -x), în funcţie de o condiţie ($x \geq 0$ sau nu)

⇒ e necesară o facilitate de limbaj pentru a *decide* valoarea pe care o ia o expresie în funcţie de valoarea unei condiţii (adevărat/fals)

Operatorul condiţional ? : în C

O *expresie conditională* în C are sintaxa: *condiţie* ? *expr1* : *expr2*
– dacă condiţia e adevărată, se evaluează doar *expr1*, şi întreaga expresie ia valoarea acesteia
– dacă e falsă, se evaluează doar *expr2* şi întreaga expresie ia valoarea acesteia

```
int abs(int x)
{
  return x >= 0 ? x : -x;       // operator minus unar
}
```

Operatori de comparaţie în C: `==` (egalitate), `!=` (diferit), `<`, `<=`, `>`, `>=`

IMPORTANT! Testul de egalitate în C e `==` şi nu `=` simplu !!!

Obs.: Funcţia `abs` exist ca funcţie standard, declarată în `stdlib.h`

Funcţii definite pe mai mult de două cazuri

$$sgn : \mathbb{Z} \to \{-1, 0, 1\} \qquad sgn(x) = \begin{cases} -1 & x < 0 \\ 0 & x = 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$$

Chiar cu operatorul condiţional nu putem transcrie funcţia direct în C (el permite doar decizia cu două ramuri (adevărat/fals), nu cu un număr mai mare de condiţii / ramuri)
⇒ trebuie să descompunem calculul funcţiei sgn (de fapt decizia asupra valorii parametrului x)
– *descompunerea în subprobleme* mai mici: principiu *foarte important* în rezolvarea de probleme
Rescriem funcţia cu o singură decizie în fiecare punct:

$$sgn(x) = \begin{cases} \text{dacă } x < 0 & -1 \\ \text{altfel } (x \geq 0) & \begin{cases} \text{dacă } x = 0 & 0 \\ \text{altfel } (x > 0) & 1 \end{cases} \end{cases}$$

Scrierea unei funcţii pe mai multe cazuri în C

$$sgn(x) = \begin{cases} \text{dacă } x < 0 & -1 \\ \text{altfel } (x \geq 0) & \begin{cases} \text{dacă } x = 0 & 0 \\ \text{altfel } (x > 0) & 1 \end{cases} \end{cases}$$

```
int sgn (int x)
{
  return x < 0 ? -1
               : x == 0 ? 0 : 1;
}
```

– putem grupa arbitrar de mulţi operatori ? :
– *expr1* şi *expr2* pot fi la rândul lor expresii condiţionale
– într-o expresie scrisă corect, un : corespunde univoc unui ?

Să înţelegem: apelul de funcţie

```
#include <stdio.h>
int sqr(int x) {
  printf("Patratul lui %d e %d\n", x, x*x);
  return x * x;
}
int main(void) {
  printf("2 la a 6-a e %d\n",
                    sqr(2 * sqr(2)));
  return 0;
}
```

$x^6 = (x \cdot x^2)^2$

În ce ordine se scrie pe ecran ?

```
Patratul lui 2 e 4
Patratul lui 8 e 64
2 la a 6-a e 64
```

În C, transmiterea parametrilor la funcţii se face *prin valoare*
– se *evaluează* (calculează valoarea) toate argumentele funcţiei
– valorile se atribuie la *parametrii formali* (numele din def. fct.)
– apoi se începe execuţia funcţiei cu aceste valori

Să înțelegem: apelul de funcție

În exemplu: programul începe cu execuția lui `main`, deci tipărirea `printf`
– `printf` are nevoie de valoarea argumentelor sale. Prima se știe
(o *constantă șir*), a doua trebuie *calculată*: `sqr(2 * sqr(2))`
– pentru a efectua apelul *exterior* al lui `sqr` trebuie știut argumentul,
adică `2 * sqr(2)`. Deci se efectuează întâi apelul *interior*, `sqr(2)`
⇒ ordinea: `sqr(2)`, apoi `sqr(8)`, apoi `printf` din `main`

Cum s-ar mai putea altfel, dar NU se face în C:
NU: funcția începe execuția și își calculează argumentele la nevoie
- `printf` ar tipări întâi `2 la puterea 6 e`, apoi îi trebuie valoarea
- ar apela `sqr` exterior care scrie `Patratul lui`, apoi îi trebuie `x`
- ar apela `sqr(2)` care scrie `Patratul lui 2 e 4`, returnează `4`, etc.

NU: se substituie *expresiile* argument pentru parametrii funcției
- din `printf` s-ar apela `sqr` exterior cu *expresia* `2 * sqr(2)`
- pt. a calcula `(2*sqr(2))*(2*sqr(2))` s-ar apela `sqr(2)` de două ori

⇒ În C, o funcție calculează numai cu *valori*, niciodată cu *expresii*