Programarea Calculatoarelor

Cursul 5: Preprocesarea în C. Programarea modulară. Tipuri de variabile

Ion Giosan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Departamentul Calculatoare

Preprocesarea în C

- Preprocesarea apare înaintea procesului de compilare
- Constă în substituirea simbolurilor din codul sursă pe baza directivelor de preprocesare

- Directivele de preprocesare sunt precedate de caracterul diez #

- Preprocesarea asigură
  - Includerea conținutului fișierelor (de obicei a fișierelor *header*)
  - Definirea de macrouri
  - Compilarea condiționată

Includerea fișierelor *header*

- Directiva de includere este specificată astfel:
  - `#include <fisier_header>` dacă este o bibliotecă standard
  - `#include "fisier_header"` dacă este o bibliotecă utilizator
- Înainte de compilare directiva este înlocuită cu conținutul fișierului respectiv
- Observații
  - Un fișier inclus poate conține alte directive `#include`
  - Directivele `#include` se plasează la începutul fișierului pentru ca vizibilitatea conținutului inclus (a definițiilor) să fie în întregul fișier
  - Directivele `#include` sunt utilizate frecvent pentru programe de dimensiuni mari
- Exemple

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

Constante simbolice și macro-uri

- Directiva utilizată este **`#define`**
- Definirea unei **constante simbolice** este un caz special al definirii unui macro

```
#define nume text
```

- În timpul preprocesării **`nume`** este înlocuit cu **`text`**
- **`text`** poate să fie mai lungă decât o linie, continuarea se poate face prin caracterul **`\`** pus la sfârșitul liniei
- **`text`** poate să lipsească, caz în care se definește o constantă vidă
- Înlocuirea se continuă până în momentul în care **`nume`** nu mai este definit sau până la sfârșitul fișierului
  - Renunțarea la definirea unei constante simbolice se poate face cu directiva **`#undef nume`**

Constante simbolice și macro-uri

- Definirea unui **macro** se aseamănă cu definirea unei funcții

```
#define nume(p1, p2, ..., pn) text
```

  - Numele macro-ului este `nume`
  - Parametrii macro-ului sunt `p1, p2, ..., pn`
  - Textul substituit este `text`
- Parametrii formali sunt substituiți de cei actuali în text
- Dacă textul se întinde pe mai multe linii se folosește același caracter `\` pentru continuarea pe mai multe linii
- Apelul macro-ului este similar apelului unei funcții

```
nume(p_actual1, p_actual2, ..., p_actualn)
```

Constante simbolice și macro-uri

```c
#include <stdio.h>

//constante simbolice
#define ALPHA 30
#define BETA ALPHA+10
#define GAMMA (ALPHA+10)

//macro-uri
#define MIN(a,b) (((a)<(b))?(a):(b))
#define ABS1(x)  (x<0)?-x:x
#define ABS2(x)  (((x)<0)?-(x):(x))
#define INTER(tip,a,b) \
        {tip c; c=a; a=b; b=c;}
```

```c
int main()
{
    int x=2*BETA;
    int y=2*GAMMA;
    printf("%d %d\n",x,y); //70 80
    int m=MIN(x,y);
    printf("%d\n",m); //70
    int a=ABS1(x-y);
    int b=ABS2(x-y);
    printf("%d %d\n",a,b); //-150 10
    INTER(int,a,b);
    printf("%d %d\n",a,b); //10 -150
    INTER(int,a,b);
    printf("%d %d\n",a,b); //-150 10
    return 0;
}
```

Funcții vs. Macro-uri

- Invocarea unei **funcții** presupune apelul și execuția instrucțiunilor din corpul funcției
  - La apel tipul parametrilor este luat în considerare
- Invocarea unui **macro** presupune înlocuirea apelului cu textul macro-ului respectiv
  - Se generează astfel instrucțiuni la fiecare invocare și care sunt ulterior compilate
  - Se recomandă astfel utilizarea doar pentru calcule simple
  - Parametrul formal este înlocuit cu textul corespunzător parametrului actual, corespondența fiind pur pozițională
- Timpul de procesare este mai scurt când se utilizează macro-uri (apelul funcției necesită timp suplimentar)
- În **C++** există **funcții *inline*** care sunt asemănătoare macro-urilor dar care verifică totodată și tipul parametrilor

Compilarea condiționată

- Facilitează dezvoltarea dar în special testarea codului
- Directivele care pot fi utilizate **`#if, #ifdef, #ifndef`**
- **#if**:

```
#if expr
     text
#endif
```

```
#if expr
     text1
#else
     text2
#endif
```

  - unde **`expr`** este o expresie constantă care poate fi evaluată de către preprocesor, **`text, text1, text2`** sunt porțiuni de cod sursă
  - Dacă **`expr`** nu este zero atunci **`text`** respectiv **`text1`** sunt compilate, altfel numai **`text2`** este compilat și procesarea continuă dupa **`#endif`**

Compilarea condiționată

- **#ifdef**:

```
#ifdef nume
      text
#endif
```

```
#ifdef nume
      text1
#else
      text2
#endif
```

  - unde **nume** este o constantă care este testată de către preprocesor dacă este definită, **text, text1, text2** sunt porțiuni de cod sursă
  - Dacă **nume** este definită atunci **text** respectiv **text1** sunt compilate, altfel numai **text2** este compilat și procesarea continuă dupa **#endif**

Compilarea condiționată

- **#ifndef**:

```
#ifndef nume
      text
#endif
```

```
#ifndef nume
      text1
#else
      text2
#endif
```

  - unde **nume** este o constantă care este testată de către preprocesor dacă nu este definită, **text, text1, text2** sunt porțiuni de cod sursă
  - Dacă **nume** nu este definită atunci **text** respectiv **text1** sunt compilate, altfel numai **text2** este compilat și procesarea continuă dupa **#endif**

Compilarea condiționată

- `#ifdef` și `#ifndef` sunt folosite de obicei pentru a evita incluziunea multiplă a modulelor în programarea modulară
  - La începutul fiecărui fișier *header* se practică de obicei o astfel de secvență

```
#ifndef _MODUL_H_
#define _MODUL_H_
... // continutul fisierului header
#endif /* _MODUL_H_ */
```

- Există o serie de nume predefinite care nu trebuie re/definite. Ex:
  - `__DATE__` data compilării
  - `__CDECL__` apelul funcției urmărește convențiile C
  - `__STDC__` definit dacă trebuie respectate strict regulile ANSI C
  - `__FILE__` numele complet al fișierului curent compilat
  - `__FUNCTION__` numele funcției curente
  - `__LINE__` numărul liniei curente

Compilarea condiționată

- Directiva `#error` cauzează o eroare de compilare cu textul specificat ca și parametru

```
#ifndef __cplusplus
#error "Acest program trebuie compilat cu \
        compilatorul de C++"
#endif
```

- Declararea constantelor

```
tip const identificator=valoare;
```

sau

```
const tip identificator=valoare;
```

Exemple:

```
int const alpha=10;
const double beta=20.5;
```

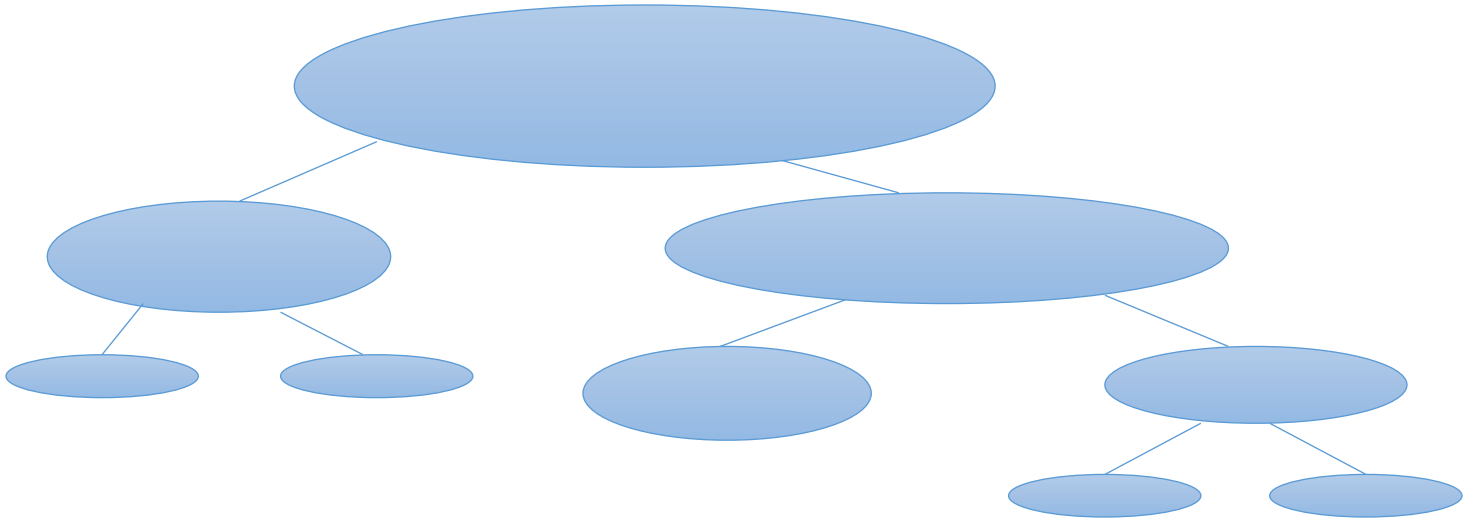
Compilarea condiționată

```c
#include <stdio.h>
//constante simbolice
#define DEBUG
#define X -3
#define Y 5

int main()
{
#ifdef DEBUG
    printf("Suntem in functia %s\n",__FUNCTION__); //main
#endif
#if X+Y
    double a=3.1;
#else
    double a=5.7;
#endif
    a*=2;
#ifdef DEBUG
    printf("La linia %d valoarea lui a este %f\n",__LINE__,a); //18 6.2
#endif
    a+=10;
    printf("a este %f",a); //16.2
    return 0;
}
```

Programarea modulară

- Ajută la rezolvarea problemelor complexe care necesită un volum mare de cod scris pentru rezolvarea lor
  - Divizarea problemei în sub-probleme și rezolvarea acestora
  - Combinarea rezultatelor sub-problemelor rezolvate



Avantajele programării modulare

- Modulele pot fi scrise și testate separat
- Modulele pot fi reutilizate
- Proiectele de dimensiuni mari pot fi dezvoltate în paralel de mai mulți programatori – lucrul în echipă
- Reduce dimensiunea programului
- Face programul mult mai ușor de citit
- Promovează conceptul de abstractizare
  - Fiecare modul ascunde detaliile despre task-urile implementate
  - Trebuie să se știe ce fac task-urile fiecărui modul
  - Nu trebuie să se știe cum sunt implementate task-urile fiecărui modul

Modulul

- O colecție de funcții care rezolvă task-uri înrudite pentru rezolvarea unei probleme

- Exemple:
  - Modul care implementează funcții pentru lucrul cu numere complexe
  - Modul care implementează funcții pentru lucrul cu matrice
  - Modul care implementează funcții pentru lucrul cu informații din fișiere
  - etc…

Modulul

- Este împărțit în două părți
  - Partea publică
  - Partea privată

- Partea publică
  - Spune utilizatorului cum să apeleze funcțiile conținute de modulul respectiv
  - Conține definiții de structuri de date și funcții care sunt utilizate în afara modulului
    - Aceste definiții sunt puse într-un fișier *header* (cu extensia .h)
    - Fișierul *header* trebuie inclus în fiecare program care depinde de modulul respectiv (folosește funcții sau structuri de date definite în modul)

Modulul

- Partea privată
  - Tot ce se află în interiorul unui modul este privat
  - Tot ce nu trebuie folosit direct din exteriorul unui modul trebuie să fie păstrat privat
- Exemplu de modul și utilizarea lui într-un program

`program.c`

Definiții importate prin directiva `#include "complex.h"`

Program care folosește numere complexe și operații cu numere complexe

`complex.h`

Definirea numerelor complexe și a operațiilor posibile (PUBLIC)

`complex.c`

Implementarea operațiilor posibile pe numere complexe (PRIVAT)

Programarea modulară în C

- Presupune divizarea codului scris
  - Într-un fișier *header* (ex. `complex.h`) și
  - Fișierul sursă C corespunzător lui (ex. `complex.c`)
- Fișierul *header* va conține doar ceea ce este permis a fi vizibil și utilizabil din programul care folosește modulul:
  - Declarații de constante, tipuri, variabile globale
  - Prototipuri de funcții
- Orice altceva ce trebuie să rămână privat modulului trebuie să fie conținut în fișierul sursă (cu extensia `.c`)
- Fișierul *header* al modulului va conține declarațiile între directive de preprocesare specifice
  - Previne ca aceleași declarații să fie încărcate de mai multe ori în procesul de compilare

Schelet de fișier *header*

```
/*
module1.h - Exemplu de fisier header pentru modulul "module1"
Informatii generale despre modul
*/

#ifndef _MODULE1_H_
#define _MODULE1_H_
/* Includerea bibliotecilor necesare pentru declaratiile ce
   urmeaza */
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include "altFisierHeader.h"
/* Declaratii de constante */
/* Declaratii de tipuri */
/* Declaratii de variabile globale */
/* Prototipuri de functii */
#endif
```

Programarea modulară în C

- Fișierul sursă C al modulului
  - Trebuie să includă mai întâi fișierele *header* necesare
  - Trebuie să includă apoi propriul fișier *header*
- Prin includerea propriului fișier *header*
  - În fișierul cu cod al modulului sunt alocate și inițializate variabilele globale declarate în *header*
  - Prototipurile funcțiilor sunt verificate cu antetul funcțiilor actuale care sunt implementate
    - Permite compilatorului să genereze mesaje de eroare în cazul în care acestea nu coincid (ex. din cauza numărului de parametri diferit, din cauza tipului diferit al parametrilor)
- Macro-urile, constantele și tipurile de date declarate în interiorul unui fișier sursă (`.c`) nu pot fi exportate, ele sunt întotdeauna private

Schelet de fișier sursă C

```
/* module1.c - Fisierul sursa corespunzator header-ului module1.h */

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

/* Includerea propriului fisier header! */
#include "module1.h"

/* Macro-uri si constante private */
/* Tipuri private */
/* Variabile globale private */
/* Functii private */
/* Functii publice */
```

Tipuri de variabile

- Variabile globale
  - Definite la începutul unui fișier sursă
  - Vizibile din punctul definirii lor până la sfârșitul fișierului sursă respectiv

```
tip identificator {, identificator};
static tip identificator {, identificator};
```

  - Trebuie utilizate cu atenție deoarece:
    - Introduc dependențe între diferitele părți ale aceluiași program
    - Fac programul mai greu de citit
    - Fac programul mai greu de întreținut
    - Pot să genereze coliziuni de nume
  - Sunt inițializate automat
    - Numerele cu 0
    - Tablourile cu numere cu elemente de 0
    - Pointerii cu adresa NULL (0)

Tipuri de variabile

- Variabile externe
  - Vizibile din alte fișiere sursă altele decât cel care conține definiția lor
  - Acolo unde se dorește să fie vizibile se specifică cu ajutorul **`extern`**

    `extern tip identificator {, identificator};`
  - Pot fi declarate
    - După antetul unei funcții – vizibilitate doar în interiorul funcției
    - La începutul unui fișier sursă – vizibilitate în toate funcțiile din acel fișier sursă

- Variabile locale
  - Se declară în interiorul unei funcții sau în interiorul unui bloc de instrucțiuni
  - Vizibile doar în interiorul acelei funcții sau respectiv bloc de instrucțiuni
  - Sunt neinițializate după declarație (au o valoare nedeterministă)

Tipuri de variabile

- Tipuri de variabile locale
  - Automate (de stivă)
    - Alocate pe stivă în timpul execuției
    - Trăiesc până la ieșirea din funcție sau respectiv până la părăsirea din blocul de instrucțiuni
    - Sunt re-create ori de câte ori se reintră în acea funcție/bloc

```
int a, b, c;
```

  - Statice
    - Alocate de compilator într-o zonă specială
    - Persistă de-a lungul execuției programului
    - Nu pot fi declarate externe în alt modul (sunt private modulului)

```
static int x, y, z;
```

  - Registru
    - Alocate în regiștrii procesorului

```
register float f;
```

    - Compilatoarele moderne nu au nevoie de asemenea declarații – ele optimizează codul mai bine decât am putea face noi prin declararea de variabile **`register`**!

Ascunderea variabilelor

- Are loc atunci când apare o variabilă declarată într-un anumit bloc curent și care are un **nume identic** cu numele altei variabile declarată într-un bloc exterior
- Din acest moment, în blocul curent
  - Prin specificarea numelui variabilei se accesează conținutul variabilei declarată local blocului
  - Este imposibil accesul la conținutul variabilei declarată în blocul exterior (variabila locală blocului curent o ascunde pe cea din blocul exterior)
- La ieșirea din blocul curent se poate re-accesa variabila din blocul exterior
- Observație
  - Procedeul de ascundere poate fi apărea recurent în cazul blocurilor imbricate: o variabilă poate avea același nume în mod repetat în mai multe blocuri exterioare blocului curent

Exemplu: ascunderea variabilelor

```c
#include <stdio.h>
int a = 10; //variabila "a" globala
void f(){
    printf("2: a=%d\n", a); //variabila globala
    int a = 20; //variabila "a" locala functiei
    printf("3: a=%d\n", a); //variabila locala functiei
    if (a>0)  //variabila locala functiei
    {
        printf("4: a=%d\n", a); //variabila locala functiei
        int a = 30; //variabila "a" locala blocului curent
        printf("5: a=%d\n", a); //variabila locala blocului curent
        a = 40; //variabila locala blocului curent
    }
    printf("6: a=%d\n", a); //variabila locala functiei
    a = 50; //variabila locala functiei
}

int main() {
    printf("1: a=%d\n", a); //variabila globala
    f();
    printf("7: a=%d\n", a); //variabila globala
    a = 60; //variabila globala
    printf("8: a=%d\n", a); //variabila globala
    return 0;
}
```

Rezultate afișate:

1: a=10
2: a=10
3: a=20
4: a=20
5: a=30
6: a=20
7: a=10
8: a=60

Cuvântul rezervat *static*

- Scris **înaintea antetului unei funcții** specifică faptul că acea funcție nu poate fi vizibilă din alt modul, fiind privată modulului respectiv
  - Toate funcțiile la care nu trebuie să se permită acces din exterior trebuie să fie declarate static
- Scris **înaintea unei variabile globale** specifică faptul că acea variabilă globală nu poate fi vizibilă din alt modul (declarată externă), fiind privată modulului respectiv
  - Toate variabilele globale la care nu trebuie să se permită acces din exterior trebuie să fie declarate static
- Scris **înaintea unei variabile locale** specifică faptul că acea variabilă este asemenea unei variabile globale doar pentru funcția respectivă
  - Acea variabilă poate fi inițializată în momentul declarării, linia de cod respectivă executându-se o singură dată la primul apel al funcției

Exemplu: module și variabile

intregi.h

```
#ifndef INTREGI_H_INCLUDED
#define INTREGI_H_INCLUDED

int prim(int x);

#endif
//INTREGI_H_INCLUDED
```

intregi.c

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include "intregi.h"
//functie care nu poate fi vizibila din
exteriorul modulului
static int divizibil(int x, int d) {
    return (x%d==0);
}

int prim(int x){
    static int nr_apeluri=0; //variabila
                              locala statica
    nr_apeluri++;
    printf("Apelul numarul %d al functiei
            prim pentru numarul %d!\n",
            nr_apeluri,x);
    if (x<2) return 0;
    int limita; //variabila locala
                 automata, neinitializata
    limita=sqrt(x)+0.001;
    for (int i=2; i<=limita; i++)
        if (divizibil(x,i)) return 0;
    return 1;
}
```

Exemplu: module și variabile

sir_intregi.h

```
#ifndef SIR_INTREGI_H_INCLUDED
#define SIR_INTREGI_H_INCLUDED

#define CAPACITATE 100
void adauga_prim_in_sir(int x);
void afiseaza_sir();

#endif
// SIR_INTREGI_H_INCLUDED
```

sir_intregi.c

```
#include <stdio.h>
#include "intregi.h"
#include "sir_intregi.h"
static int v[CAPACITATE]; //variabila
globala statica, sir initializat cu
'CAPACITATE' elemente de 0, nu poate
fi accesat din alte module
static int nr_elemente; //variabila
globala statica, initializata cu 0, nu
poate fi accesata din alte module
int nr; //variabila globala,
initializata cu 0, poate fi accesata
din alte module
void adauga_prim_in_sir(int x) {
    if (prim(x)) {
        v[nr_elemente++]=x;
        nr=nr_elemente;
    }
}
void afiseaza_sir() {
    printf("Sirul este: ");
    for (int i=0; i<nr_elemente; i++)
        printf("%d ",v[i]);
    printf("\n");
}
```

Exemplu: module și variabile

main.c

```
#include <stdio.h>
#include "intregi.h"
#include "sir_intregi.h"
int main()
{
    // divizibil(10,2); -- eroare de compilare, functia divizibil nu este poate fi accesata, fiind statica
    /* extern int nr_elemente;
       nr_elemente=15; -- eroare de compilare, nu se poate accesa variabila, aceasta fiind statica
    */
    prim(3);
    adauga_prim_in_sir(40);
    adauga_prim_in_sir(43);
    adauga_prim_in_sir(19);
    extern int nr;
    printf("Exista %d numere in sir!\n",nr);
    nr=15;
    adauga_prim_in_sir(2);
    printf("Exista %d numere in sir!\n",nr);
    afiseaza_sir();
    return 0;
}
```

Rezultate afișate

```
Apelul numarul 1 al functiei prim pentru numarul 3 !
Apelul numarul 2 al functiei prim pentru numarul 40 !
Apelul numarul 3 al functiei prim pentru numarul 43 !
Apelul numarul 4 al functiei prim pentru numarul 19 !
Exista 2 numere in sir!
Apelul numarul 5 al functiei prim pentru numarul 2 !
Exista 3 numere in sir!
Sirul este: 43 19 2
```