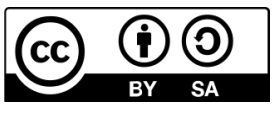
@prog2ua

Tema 4: Memòria dinàmica

Programació 2

Grau en Enginyeria Informàtica
Universitat d'Alacant
Curs 2022-2023



Índex

Organització de la memòria

Memòria estàtica

- Les *dades estàtiques* són aquelles la grandària de les quals és fixa i es coneix en escriure el programa
- Les variables que hem usat fins ara són estàtiques:

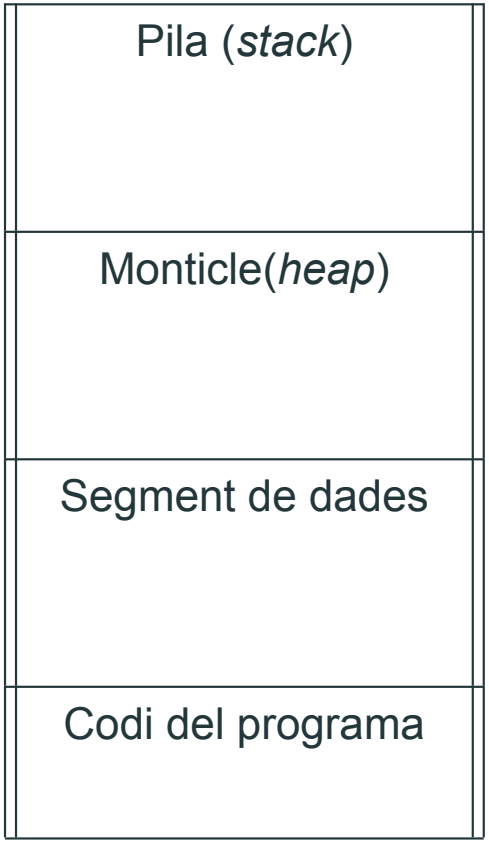
```
int i=0;
char c;
float vf[3]={1.0,2.0,3.0};
```

Memòria dinàmica

- Permet emmagatzemar grans volums de dades, la quantitat exacta de les quals es desconeix en implementar el programa
- Durant l'execució del programa s'ajusta l'ús de la memòria al que es necessita a cada moment
- En C++ es pot fer ús de la memòria dinàmica usant punters

Zones de la memòria

- Durant l'execució d'un programa, s'utilitzen zones diferenciades de la memòria:



• La *pila* emmagatzema les dades locals d'una funció: paràmetres per valor i variables locals

• El *monticle* emmagatzema les dades dinàmiques que es van reservant durant l'execució del programa

• Al *segment de dades* s'emmagatzemen les dades d'aquests tipus, la grandària dels quals es coneix en temps de compilació

• El codi mateix també s'emmagatzema en la memòria, com les dades

Punters

Definició i declaració

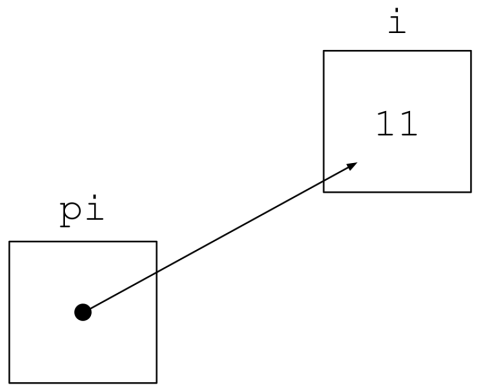
- Un *punter* emmagatzema l'adreça de memòria on es troba una altra dada
- Es diu que el punter "apunta" a aquesta dada
- Els punters es declaren usant el caràcter `*`
- La dada al qual apunta el punter serà d'un tipus concret que haurà d'indicar-se en declarar el punter:

```
int *punterEnter; // Punter a enter
char *punterChar; // Punter a caràcter
int *vecPuntersEnter[20]; // Array de punters a enter
double **doblePunterReal; // Punter a punter a real
```

Operadors de punters (1/2)

- L'operador `*` permet accedir al contingut de la variable a la qual apunta el punter
- L'operador `&` permet obtindre l'adreça de memòria en la qual està emmagatzemada una variable:

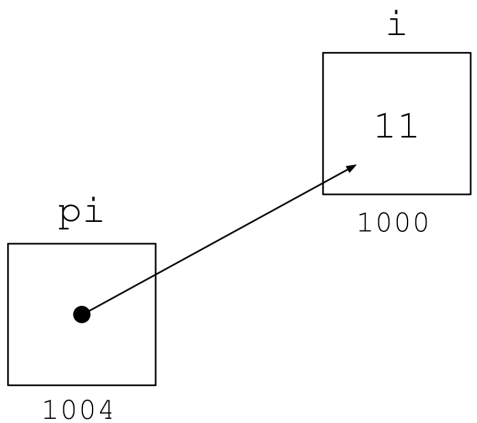
```
int i=3;
int *pi;
pi=&i; // pi conté l'adreça de memòria d'i
*pi = 11; // Contingut de pi és "11". Per tant i = 11
```



Operadors de punters (2/2)

- Suposant que `i` està en la posició de memòria `1000` i que `pi` està en la `1004`:

```
int i=11;
int *pi;
pi=&i;
cout << pi << endl; // Mostra "1000"
cout << *pi << endl; // Mostra "11"
cout << &pi << endl; // Mostra "1004"
```



Declaració amb inicialització

- Com qualsevol altra variable, podem inicialitzar un punter en el moment de la declaració:

```
int *pi=&i; // pi conté l'adreça d'i
```

- Quan volem indicar que un punter no apunta a cap dada vàlida hi assignem el valor `NULL`:

```
int *pi=NULL;
```

- `NULL` és una constant entera amb valor zero. Des de l'estàndard C++ 2011, la constant `nullptr` pot usar-se també ja que representa el zero com una adreça de memòria (tipus punter)

Exercicis

Exercici 1

Indica quina seria l'eixida per pantalla d'aquests fragments de codi:

```
int e1;
int *p1,*p2;
e1=7;
p1=&e1;
p2=p1;
e1++;
(*p2)+=e1;
cout << *p1;
```

```
int a=7;
int *p=&a;
int **pp=&p;
cout << **pp;
```

Ús de punters

Reserva i alliberament de memòria (1/2)

- L'operador `new` permet reservar memòria de manera dinàmica durant l'execució del programa
- Retorna l'adreça d'inici de la memòria reservada
- Si no hi ha suficient memòria per a la reserva, retorna `NULL`
- S'ha d'usar un punter per a emmagatzemar l'adreça que retorna `new`:

```
double *pd;
pd=new double; // Reserva memòria per a un double
if(pd!=NULL){ // Comprova que s'ha pogut reservar
  *pd=4.75;
  cout << *pd << endl; // Mostra "4.75"
}
```

Reserva i alliberament de memòria (2/2)

- L'operador `delete` permet alliberar memòria reservada amb `new`:

```
double *pd;
pd=new double; // Reserva memòria
...
delete pd; // Allibera la memòria apuntada per pd
pd=NULL; // Convenient si seguim usant pd
```

- Sempre que es reserva amb `new` cal alliberar amb `delete`
- Un punter es pot reutilitzar després d'alliberar el seu contingut i reservar memòria una altra vegada amb `new`:

```
double *pd;
pd=new double; // Reserva memòria
...
delete pd; // Allibera la memòria apuntada per pd
pd=new double; // Reservem de nou memòria
...
```

Punters i arrays (1/3)

- Existeix una estreta relació entre els punters i els arrays
- La variable de tipus array és en realitat un punter al primer element de l'array:

```
int vec[5]={4,5,2,8,12};
cout << vec << endl; // Mostra l'adreça de memòria
                     // del primer element de l'array
cout << *vec << endl; // Mostra "4"
```

- Sempre apunta al primer element de l'array i no es pot modificar

Punters i arrays (2/3)

- Els punters es poden usar com a accessos directes a components d'arrays:

```
int vec[20];
int *pVec=vec; // Tots dos són punters a enter
*pVec=58; // Equivalent a vec[0]=58;
pVec=&(vec[7]);
*pVec=117; // Equivalent a vec[7]=117;
```

Punters i arrays (3/3)

- Els punters també poden usar-se per a crear *arrays dinàmics*
- Per a reservar memòria per a un array dinàmic cal usar claudàtors i especificar-ne la grandària
- Per a alliberar tota la memòria reservada és necessari també usar claudàtors (buits):

```
int *pv;
pv=new int[10]; // Reserva memòria per a 10 enters
pv[0]=585; // Accedim com en un array estàtic
...
delete [] pv; // Alliberem tota la memòria reservada
```

Punters definits amb `typedef`

- Com vam veure en el *Tema 1*, es poden definir nous tipus de dades amb `typedef`:

```
typedef int enter;
enter a,b; // Equivalent a int a,b;
```

- Per a facilitar la claredat en el codi poden definir-se els punters amb `typedef`:

```
typedef int *tPunterEnter;
tPunterEnter pi; // Variable de tipus punter a enter
                 // No cal posar * en declarar-la
```

Punters a registres

- Quan un punter referencia un registre, es pot usar l'operador `->` per a accedir-ne als camps:

```
struct TRegistre{
  char c;
  int i;
};
typedef TRegistre *TPunterRegistre;

TPunterRegistre pr;
pr=new TRegistre;
pr->c='a'; // Equivalent a (*pr).c='a';
pr->i=88; // Equivalent a (*pr).i=88;
```

Punters com a paràmetres de funcions (1/2)

- Un punter, com qualsevol altra variable, es pot passar com a paràmetre per valor o per referència a una funció:

```
void funcValor(int *p){ // Pas per valor
  ...
  p=NULL;
}
void funcReferencia(int *&p){ // Pas per referència
  ...
  p=NULL;
}
int main(){
  int i=0;
  int p=&i;
  funcValor(p);
  // p continua apuntant a i
  funcReferencia(p);
  // p val NULL
}
```

Punters com a paràmetres de funcions (2/2)

- El mateix exemple d'abans usant `typedef`:

```
typedef int* tPunterEnter;
void funcValor(tPunterEnter p){
  ...
  p=NULL;
}
void funcReferencia(tPunterEnter &p){
  ...
  p=NULL;
}
int main(){
  int i=0;
  tPunterEnter p=&i;
  funcValor(p);
  funcReferencia(p);
}
```

Errors comuns (1/2)

- No alliberar la memòria reservada dinàmicament:

```
void func(){
  int *pEnter=new int;
  *pEnter=8;
  return; // Error! Falta delete pEnter;
}
```

- Utilitzar un punter que no apunta a cap lloc:

```
int *pEnter;
*pEnter=7; // Error! pEnter sense inicialitzar
```

Errors comuns (2/2)

- Usar un punter després d'haver-ho alliberat:

```
int *p,*q;
p=new int;
...
q=p;
delete p;
*q=7; // Error! La memòria ja s'havia alliberat
```

- Alliberar memòria no reservada amb `new`:

```
int *pEnter=&i;
delete pEnter; // Error! Apunta a memòria estàtica
```

Exercicis

Exercici 2

Donat el següent registre:

```
struct tClient{
  char nom[32];
  int edat;
}tClient;
```

Realitzeu un programa que llija un client (només un) d'un fitxer binari, l'emmagatzeme en memòria dinàmica usant un punter, imprimisca el contingut i finalment allibere la memòria reservada.

Referències

Referències (1/4)

- Les referències de C++ són com a punters però amb una sintaxi menys carregada (*sucre sintàctica*)
- No hi ha res que pugueu fer amb referències que no pugueu fer amb punters

```
int a=10;
int *b=&a; // Variable punter
*b=20;
cout << a << " " << *b; // Mostra "20 20"
int &c=a; // Variable referència
c=30;
cout << a << " " << c; // Mostra "30 30"
```

- En el codi anterior, `c` pot considerar-se com a un segon nom per a la variable `a`

Referències (2/4)

- Les referències no poden ser `NULL`, sempre estan connectades a una dada
- Una vegada s'ha inicialitzat una referència, no es pot fer que es referisca a una posició de memòria diferent, la qual cosa si que és possible amb punters
- En crear una referència cal inicialitzar-la, però els punters es poden inicialitzar en qualsevol moment després de la declaració

Referències (3/4)

- Les referències simplifiquen el codi de les funcions que tenen paràmetres passats per referència
- La següent funció usa punters per a passar dos paràmetres per referència:

```
void swap(int *x,int *y){
  int temp=*x;
  *x=*y;
  *y=temp;
}

int main(){
  int a=10,b=20;
  swap(&a,&b);
  cout << a << " " << b; // Mostra "20 10"
}
```

Referències (4/4)

- La següent funció és equivalent a la anterior, però usa referències en lloc de punters:

```
void swap(int &x,int &y){
  int temp=x;
  x=y;
  y=temp;
}

int main(){
  int a=10,b=20;
  swap(a,b);
  cout << a << " " << b; // Mostra "20 10"
}
```

- Aquesta és la sintaxi que hem estat usant en l'asignatura
- És més senzilla i còmoda que la de l'exemple anterior

Implementació d’una pila

Implementació d'una pila (1/6)

- Una *pila* és una estructura de dades molt usada en programaciò
- Consisteix en una llista d'elements
- Es pot afegir o eliminar elements a una pila amb una restricció: l'últim element afegit (*push*) serà el primer element a ser eliminat (*pop*)
- Exemples de pila en el món real:
  - En una pila de plast, el plat que està damunt i que acaba de ser empilat sempre serà el primer a ser desempilat
  - Els carrets de la compra en el supermercat, on sempre es trau l'últim que s'ha deixat

Implementació d'una pila (2/6)

- Una pila pot implementar-se usant vectors de grandària fixa, però això limita el nombre d'elements que poden empilar-s'hi
- Podemo solucionar-lo (parcialment) si usem un vector molt gran, però si empilem pocs elements estarem malgastant la memòria
- Usar punters per a implementar la pila permet usar només la memòria que necesiten cada volta
- Es pot implementar usant la idea de *llista enllaçada*
  - En empilar un nou element es reserva dinàmicament espai en memòria per a un registre
  - Aquest registre conté les dades a guardar i un punter a l'últim element de la pila
  - Tindrem un punter (anomenat `head`) que sempre apuntarà al cim de la pila

Implementació d'una pila (3/6)

- En la següent implementació el punter `head` es passa com a paràmetre a les diferents funcions
- Es passa per referència quan alguna d'aquestes funcions pot canviar el punter perquè apunte a un altre registre
- Estructura d'un element de la pila:

```
struct Node{
  int data; // Informació que volem guardar
  struct Node *next; // Punter al següent element
};
```

Implementació d'una pila (4/6)

- Funcions per empilar (`push`) i desempilar (`pop`) elements:

```
void push(Node *&head,int newData){
  Node *newNode=new Node; // Reservem memòria
  newNode->data=newData; // Guardem les dades
  newNode->next=head; // Apuntem a l'últim node
  head=newNode; // head apunta al nou node
}

void pop(Node *&head){
  Node *ptr;
  if(head!=NULL){ // Ens assegurem que hi ha elements
    ptr=head->next; // Segon element de la pila
    delete head; // Esborrem el cim
    head=ptr; // head apunta ara al segon element
  }
}
```

Implementació d'una pila (5/6)

- Funcions per mostrar (`display`) i buidar (`destroy`) la pila:

```
void display(Node *head){
  Node *ptr;
  ptr=head;
  while(ptr!=NULL){ // Fins recòrrer tota la pila
    cout << ptr->data << " "; // Mostrem les dades
    ptr=ptr->next; // Passem al següent element
  }
}
void destroy(Node *&head){
  Node *ptr,*ptr2;
  ptr=head;
  while(ptr!=NULL){ // Fins recòrrer tota la pila
    ptr2=ptr; // Eliminem el node actual
    ptr=ptr->next; // Apuntem al següent element
    delete ptr2; // Esborrem el node actual
  }
  head=NULL; // La pila ja està buida
}
```

Implementació d'una pila (6/6)

- Exemple de funció principal usant dues piles:

```
int main(){
  // Declarem i inicialitzem les dues piles
  Node *head1=NULL;
  Node *head2=NULL;
  // Afegim tres elements a la primera pila
  push(head1,3);
  push(head1,1);
  push(head1,7);
  display(head1); // Mostra "7"
  pop(head1); // Eliminem el cim
  display(head1); // Mostra "1"
  destroy(head1); // Buida la primera pila
  // Afegim un element a la segona pila
  push(head2,9);
  display(head2); // Mostra "9"
  destroy(head2); // Buidem la segona pila
}
```