計算機程式設計
C語言 Pointer

郭忠義

jykuo@ntut.edu.tw

臺北科技大學資訊工程系

指標

- 指標變數 ptr 指向(儲存)變數 num 記憶體位址。
  - 指標變數的資料型別規定要在一般資料型別加上*
  - 才可以存變數記憶體位址
  - 變數的記憶體位址由編譯器、作業系統配置。
  - &運算子，取出變數被編譯器、作業系統所配置的記憶體位址
  - *運算子，取出指標變數所指向記憶體位址，裡面存的值
    - ptr指向 num 記憶體位址，num裡面存100。

二行可以合併寫成：

```
int *ptr=&num;
```

```
int main() {
   int num;
   num  = 100;        // int num =100;
   int *ptr;          // int *ptr = &num;
   ptr = &num;        // *ptr == num
   printf("num=%d, ptr=%p", num, ptr); //100, 1015
   return 0;
}
```

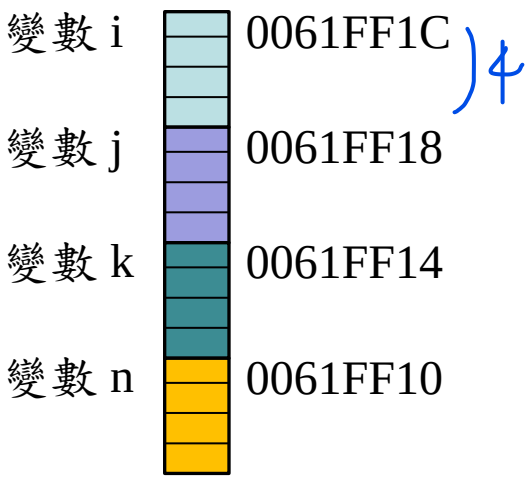
值	變數名	記憶體位址(假設)
		1001
		...
100	num	1015
1015	ptr	1019
		...

記憶體位址

- 印出變數的記憶體位址。

```
int main() {
    int i=1, j=2, k=3, n=4;
    printf("i 記憶體位置=%p\n", &i);
    printf("j 記憶體位置=%p\n", &j);
    printf("k 記憶體位置=%p\n", &k);
    printf(“n 記憶體位置=%p\n", &n);
    return 0;
}
```

```
i 記憶體位置=0061FF1C
j 記憶體位置=0061FF18
k 記憶體位置=0061FF14
n 記憶體位置=0061FF10
```



記憶體大小

- 印出變數的記憶體位址。

```
01  01  char c = '1';   int i = 1;
02  02  float f = 1.0f; double d = 1.0f;
03  03  printf("c 記憶體位大小%d\n", sizeof(c));
04  04  printf("i 記憶體位大小%d\n", sizeof(i));
05  05  printf("f 記憶體位大小%d\n", sizeof(f));
06  06  printf("c 記憶體位大小%d\n", sizeof(d));
```

```
c 記憶體位大小1
i 記憶體位大小4
f 記憶體位大小4
c 記憶體位大小8
```

```
01  char c = '1';   int i = 1;
02  float f = 1.0f; double d = 1.0f;
03  char *cPtr = &c; int *nPtr = &i;
04  float *fPtr = &f; double *dPtr = &d;
05  printf("cPtr 記憶體位大小%d\n", sizeof(cPtr));
06  printf("nPtr 記憶體位大小%d\n", sizeof(nPtr));
07  printf("fPtr 記憶體位大小%d\n", sizeof(fPtr));
08  printf("dPtr 記憶體位大小%d\n", sizeof(dPtr));
```

64bit 作業系統
(編譯器)

```
cPtr 記憶體位大小8
nPtr 記憶體位大小8
fPtr 記憶體位大小8
dPtr 記憶體位大小8
```

設定指標的值

```
01  int *ptr;
02  *ptr = 35;
```

錯誤的指標初始值(記憶體位址)設定方法。
記憶體位址由編譯器、作業系統配置。

```
01 int number = 100;
01  int *ptr;
03  ptr = &number;
04 *ptr = 35;
05  printf("*ptr = %d", *ptr);
06  printf("number = %d", number);
```

輸出結果:
*ptr = 35
number = 35

Exercise

- 以下輸出

```
int i = 4, *p = &i, *q =&i;
printf("%d %d\n", *p, *&i);
i += (*q) *(*p);
printf("%d %d\n", i, q);
```

```
double i = 4, j = 6, *p = &j, *q = &i, *r;
printf("%f %f\n", *p, *q);
r = p; p = q; q = r;
printf("%f %f\n", *p, *q);
```

```
int i,j=21,*p=&j,*q=p;
printf("%d %d\n",*p,*q);
for (i=0;i<4; i++)
    *(p++);              // ==>p++
(*q)++;
printf("%d %d %d",*p,*q,i);
```

```
int i=4,j,number=3,*p=&number;
for (j=0;j<number;j++)
    (*p)+=i--;
printf("%d %d %d %d\n",*p,number,j,i);
```

指標的轉型

```
void test() {
    int x=1001, *p;
    p=x;
    printf("%d", *p);
}
```

錯誤結果，p指向記憶體位址為1001的地方，但位址為1001，裡面存的值未知。

值	變數名	記憶體位址
?		1001
		...
1001	x	1015
1001	p	1019

```
void test() {
    int x=1001, *p;
    *p=x;
    printf("%d", *p);
}
```

可能造成系統問題，p指向記憶體位址未知，在未知的位址內，存入1001。

值	變數名	記憶體位址
		1001
		...
1001	x	1015
?	p	1019
		...
1001		?

指標的轉型

```
01 int *ptr;
02 float f = 100.01f;
03 ptr = &f;
04 printf("=%0.2f", *(float *)ptr);
```

[Execution Error] *ptr value is unexpected.

```
void *ptr;
float f = 100.01f;
ptr = &f;
printf("=%0.2f", *(float *)ptr);
```

若想將指標指向不特定型別變數，可使用void型別宣告。可指向任何型別，編譯器不會發出警告。

字串常數

- 字串常數表示。

```
#define MAX "max"
int main() {
    const char* str = "str";
    printf("%s hello world!!", str);
    return 0;
}
```

```
str hello world!!
```

相同Global記憶體空間
輸出一樣

```
#include <stdio.h>
void f() {
    const char* str1 = "test";
    const char* str2 = "test";
    printf("%d\n%d\n", str1, str2);
}
int main() {
    const char* str = "test";
    f();
    printf("%d", str);
    return 0;
}
```

  - 編譯階段在Global區段建立資料空間，生命週期和程式共存亡。
  - 程式執行時，不論在任何地方取得字串常數都有效。
  - 字串常數一旦建立，在程式執行中只能讀，不可被修改。

- 非字串常數

```
char str[] = "hello";                    //(使用字串常數初始一個字串陣列)
char str[] = {'h', 'e', 'l', 'l', 'o','\0'};   //字串是字元陣列 + 字串結束符號
```

字串常數

- 字串常數。
  - 不可透過指標解參考(dereference *)修改某個字元。
  - 指向字串常數的指標，若被設定指向另一個字串常數或字串陣列，或任何記憶體位址後，就無法再指向本來字串常數，因已遺失字串常數的位址。

```
#include <stdio.h>
int main() {
    char *p = "lose";
    char *str = "test";
    p = str;       // "lose"字串遺失
    str++;         //指標可以移動
    (*str) = 'p';  //不可以指標解參考修改，
                   //執行會錯誤，中斷執行
    printf("%c", *str);
    return 0;
}
```

```
#include <stdio.h>
int main() {
    char *p = "lose";
    printf("%c", *p);  //印出一個字元
    printf("%s", p);  //印出一個字串
    return 0;
}
```

傳遞指標到函數

call by reference
In C++

- 可以讓函式回傳兩個值以上

* 傳值

```
01 void swap(int a, int b){
02     int temp = b;
03     b = a;
04     a = temp;
05 }
06 int main(){
07     int a = 10, b = 12;
08     swap(a, b);
09     printf("a=%d, b=%d", a, b);
10     return 0;
11 }
12
13
```

Call by value
python

不變

a=10, b=12

```
void swap(int *a, int *b){
    int temp = *b;
    *b = *a;
    *a = temp;
}
int main(){
    int a = 10, b = 12;
    swap(&a, &b);
    printf("a=%d, b=%d", a, b);
   return 0;
}
```

Call by address
in C

傳記憶體位置

變

a=12, b=10

Exercise

- 寫出以下輸出

```
void f(int a, int *b, int *c) {
    int d; a = 2;
    *b = 3; c = &a; d = 5;
}
int main() {
    int a=1,b=2,c=3,d=4;
    f(a, &b, &c);
    printf("%d %d %d %d\n", a, b, c, d);
    return 0;
}
```

```
void function(int *a,int *b,int *c){
    int *temp=a;
    *b=(*c)*(*temp);
    *c=*temp;
    *a=10;
    a=b;
    b=c;
    c=temp;
}
void main(void){
    int i=-1,j=4,k=2,*p=&i,*q=&j;
    function(p, q, &k);
    printf("%d %d %d\n",i,j,k);
}
```

動態記憶體配置

靜態: 編譯時期

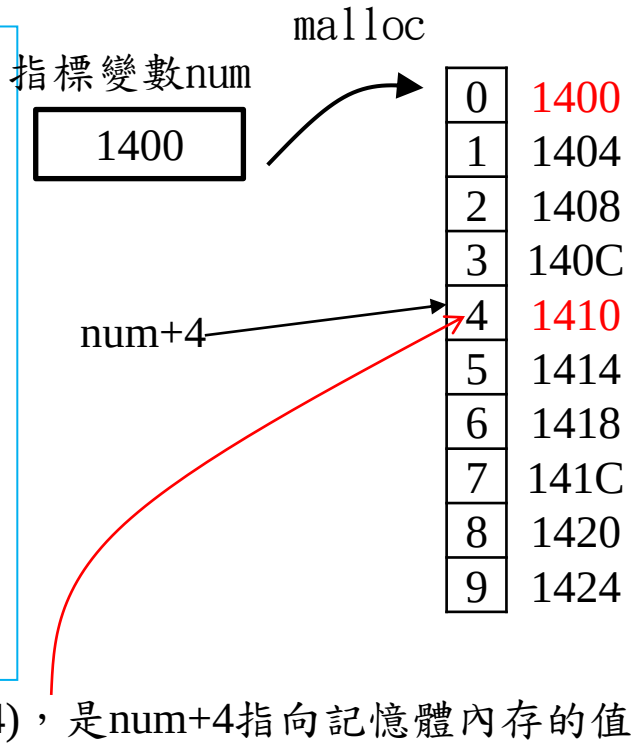
執行時期

語法:(資料型別 *)malloc(sizeof(資料型別) * 個數)

void *

```
#include <stdio.h>
int main(){
    int *num = (int *)malloc(sizeof(int)*10);
    if (num == NULL) exit(1);
    for(int i=0; i<10; i++) *(num+i) = i;
    for(int i=0; i<10; i++) printf("%d\n", *(num+i));
    free(num);
}
```

不再使用的空間必須還回系統

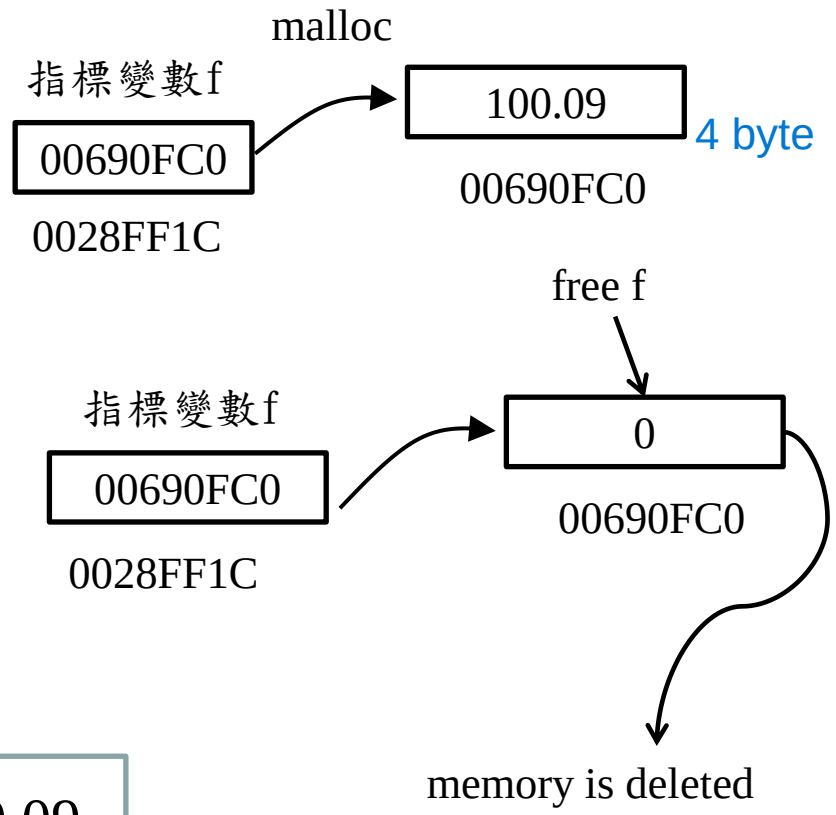


*(num+4)，是num+4指向記憶體內存的值

動態記憶體配置

- 印出變數的記憶體位址。

```
#include <stdio.h>
int main(){
   float *f = (float *)malloc(sizeof(float));
   *f = 100.09;
   printf("f=%p  &f=%p  *f=%.2f\n", f, &f, *f);
   free(f);
   printf("f=%p  &f=%p  *f=%.2f\n", f, &f, *f);
}
```




```
f=00690FC0  &f=0028FF1C  *f=100.09
f=00690FC0  &f=0028FF1C  *f=0.00
```

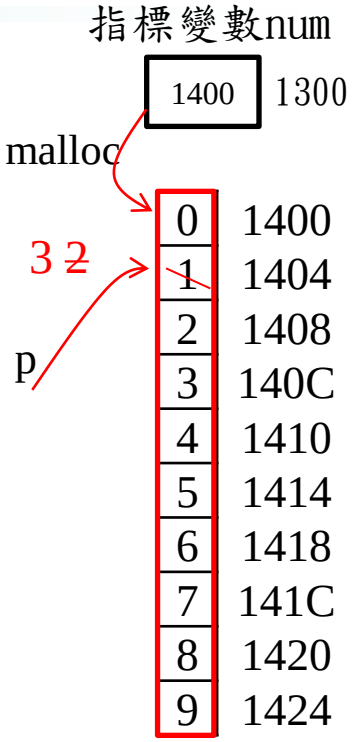
動態記憶體配置

- 指標++。

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
    int *p;
    int *num = (int *)malloc(sizeof(int)*10);
    for(int i=0; i<10; i++) *(num+i) = i;
    p = num;
    p++;
    printf("%d, ", (*p)++);  // p 值不會變，取1後變2
    printf("%d, ", ++(*p));  // p 值不會變，2變3，取3
    printf("%d, ", *(p++)); // p 值會變，取3，p指向下一個 2
    printf("%d, ", *p++);    //取2，p再 +1
    printf("\n%d, %d, %d, %d", num[0], num[1], num[2], num[3]);
    free(num);
}
```

=> num[i] = i

都一樣



1 3 3 2
0 3 2 3

Exercise

- 分數輸入
  - 輸入 3/5，輸出3, 5

```
void scan_fraction(int *nump, int *denomp) {
   char slash; /* character between numerator and denominator */
   int status; /* status code returned by scanf indicating  number of valid values obtained */
   int error; /* flag indicating presence of an error */
   char discard; /* unprocessed character from input line */
   do {  /* No errors detected yet */
      error = 0;
      /* Get a fraction from the user */
      printf("Enter a common fraction as two integers separated ");
      printf("by a slash> ");
      status = scanf("%d %c%d",_______, _______, _______);
      /* Validate the fraction */
      if (status < 3) {
         error = 1;
         printf("Invalid-please read directions carefully\n");
      }
```

Exercise

- 分數輸入
  - 輸入 3/5，輸出3, 5

```
        else if (slash != '/') {
            error = 1;
            printf("Invalid-separate numerator and denominator");
            printf(" by a slash (/)\n");
         } else if (*denomp <= 0) {
            error = 1;
            printf("Invalid—denominator must be positive\n");
         }
         /* Discard extra input characters */
         do {
           scanf("%c", &discard);
         } while (discard != '\n');
    } while (error);
}
```

Homework I

- 分數運算
  - 輸入1
    - int n1, d1 /* 第一個分數的分子與分母*/
    - int n2, d2 /*第二個分數的分子與分母*/
    - char op /* 數學運算 + - * or / */
    - char again /* y or n 是否繼續 */
  - 輸出1
    - int n_ans /* 答案分子 */
    - int d_ans /* 答案分母 */
  - 輸入2
    - I(n/d)opI(n/d)，例如 -2(2/3)*3(1/4)
  - 輸出2
    - I(n/d)，-6(1/6)

Homework II

- 輸入平面上兩個點，求直線方程式
  - 輸入兩個點，整數，(x1, y1), (x2, y2)
  - 輸出 y = mx + b
    - m=(y1-y2)/(x1-x2)
    - b = (x2y1-x1y2)/(x2-x1)

```
int main() {
    equation(1,0,0,-1);
    equation(1,0,0,1);
    equation(1,1,2,2);
    equation(1,1,2,4);
    equation(2,3,4,5);
    equation(0,1,3,3);
    return 0;
}
```

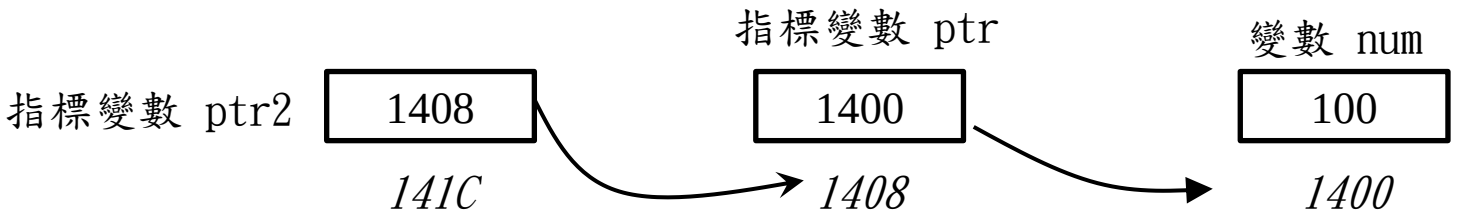
```
y =  x -1
y = - x  + 1
y =  x
y =  3  x -2
y =  x  + 1
y =  2/3  x  + 1
```

指標的指標

```
01  int num = 100;
02  int *ptr;
03 int **ptr2
04  ptr = &num;
05  ptr2 = &ptr;
06  printf("num=%d &num=%p\n", num, &num);
07  printf("*ptr=%d ptr=%p\n", *ptr, ptr);
08  printf("**ptr2=%d *ptr2=%p ptr2=%p\n", **ptr2, *ptr2, ptr2);
```

輸出結果:

```
 num=100 &num=0028FF18
*ptr=100 ptr=0028FF18
**ptr2=100 *ptr2=0028FF18 ptr2=0028FF14
```



Exercise

- 寫出以下輸出

```
void f(int **a,int **b, int **c,int *d){
    *a=d;
    **b=(**a)/(**c);
    *d=(**b)*(**a);
 }
void g(int **a, int **b, int **c, int *d){
    int **temp=a;
    a = b;      b = temp;
    *a = d;
    (**a) = (**b)+(**c);
}
void testF(){
    int i=5,j=-2,k=9,*p=&i,*q=&j,*x=&k;
    f(&p,&q,&x,&k);
    printf("%d %d %d",i,j,k);
}
```

```
void testG(){
    int i=5,j=-2,k=9,*p=&i,*q=&j,*x=&k;
    g(&p,&q,&x,&k);
    printf("%d %d %d",i,j,k);
}
```