

# C++程式設計基礎

## week 6

陳毅

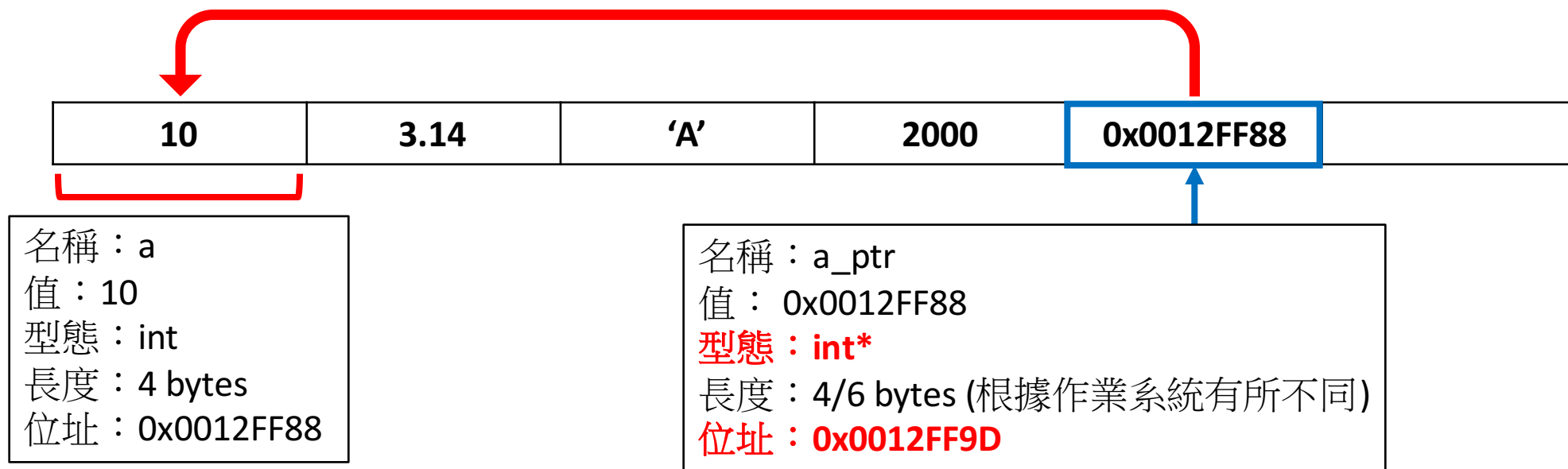
# 上週回顧

- 宣告一個用來儲存「**記憶體位址**」的變數，此變數稱作**指標**。
- 使用「位址運算符 **&**」得到一個變數的**記憶體位址**。
- 使用「間接運算符 **\***」得到一個記憶體位址所儲存的**值**。
- 陣列的指標
  - 指標運算
  - 多重指標
- 使用**指標**作為函數的引數（參數），來傳遞資料。

# 指標 (Pointer)

- 指標是一種資料型態，用來儲存記憶體位址。
- 指標本身也具有記憶體空間。
- 變數型態：int\*, float\*, int\*\*, double\*\*等。

```
int *a_ptr = &a;
```



# 宣告指標

資料型態 \*指標變數;

- 宣告指標變數與宣告一般變數的方法類似，只是在指標變數前面加上「\*」或是在資料型態後面加上「\*」。

容易在同時宣告多個變數時出現誤用

## 誤用

- 宣告兩個指標變數ptr1與ptr2。

```
int* ptr1, ptr2;
```

ptr1為指標變數  
ptr2為int變數

```
int *ptr1, *ptr2;
```

正確

# 指標與變數的參考

- 取得變數的**記憶體位址**
  - 「&」稱作位址運算符(**address-of operator**)，是用來取得變數的位址，也稱作**參考運算符號(reference operator)**。

**&變數名稱**

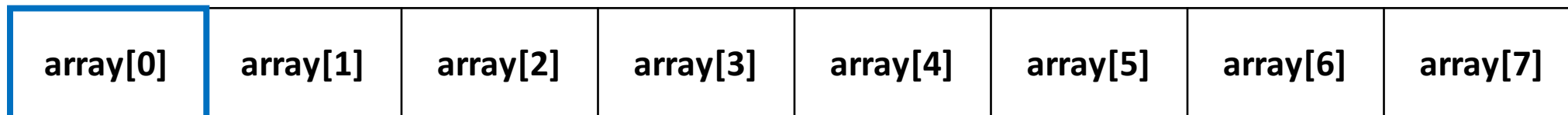
- 取得一個記憶體位址所儲存的**值**
  - 「\*」稱作間接運算符號(**indirect operator**)，是用來取得參考位址內的值，也稱作**反參考運算符號(de-reference operator)**。

**\*指標名稱**

# 陣列的指標

- 一維陣列（以int[8]為例）

`array + 2 == &array[2]`



記憶體位址：0x7ffee46cdac0

$$\text{array}[i] = \text{array}[0] + i * \text{sizeof}(\text{int})$$
  
一個int佔用4個bytes

第 0 個元素的位址：	0x7ffee46cdac0
第 1 個元素的位址：	0x7ffee46cdac4
第 2 個元素的位址：	0x7ffee46cdac8
第 3 個元素的位址：	0x7ffee46cdacc
第 4 個元素的位址：	0x7ffee46cdad0
第 5 個元素的位址：	0x7ffee46cdad4
第 6 個元素的位址：	0x7ffee46cdad8
第 7 個元素的位址：	0x7ffee46cdadc

# 陣列的指標

- 當一個陣列被宣告時，**它的名稱**可當作指標使用，指向該型態陣列的第一個元素。

```
array == &array[0]
```

# 將指標傳遞進函數

- 在定義函數雛型時，可將引數型態設定為**指標型態**。
- 在傳遞大陣列時，傳遞陣列指標比傳遞整個陣列來得快許多。
- 此種方式稱作「call-by-reference」。

## 函數雛型(Declaration)

用來告訴編譯器，這個程式會有哪些函數。

```
型態 函數名稱(引數1型態, 引數2型態, ...);
```

## 函數宣告(Definition)

用來定義一個函數實際的執行內容。

```
型態 函數名稱(引數1, 引數2, ...){  
    程式敘述;  
    ...  
}
```



# 練習

- (8-9) 寫一C++程式，將字串中的小寫轉成大寫。
  - 定義一個**toUpper**函數，接收呼叫敘述傳遞的字串指標參數，然後將字串中所有的小寫轉成大寫，其餘的字元不變，最後輸出轉換後的字串。
  - 在**main**函數中，定義一個字串指標，由鍵盤輸入一字串並存入指標位址，然後呼叫並傳遞字串給**toUpper**函數。
- (8-12) 寫一C++程式，將字串反向後回存並輸出。
  - 定義一個**reverse**函數，接收呼叫敘述傳遞的字串指標參數，然後將字串頭尾對調後返回呼叫函數。
  - 在**main**函數中，定義一個字串指標，由鍵盤輸入一字串並存入指標位址，然後呼叫並傳遞字串給**reverse**函數，最後輸出反向後的字串。

# 練習

- 變數交換程式（進階）
  - 當一個程式，時常需要交換兩個變數時，通常我們會自訂一個函數以完成這個功能，但之前所寫的函數只適用於int型態的變數。
  - 如果要交換很多種型態的變數，那就會對各種型態的變數都定義一個函數。
- 有沒有方法可以解決這個問題呢？

# 練習

- 變數交換程式（進階）

- 使用 **byte-by-byte** 的方式，將兩個變數中的值，一個個 **byte** 互相交換。
- 定義一個函數 `swap(void*, void*, int)`，輸入的三個參數分別是「第一個變數的指標」、「第二個變數的指標」、「變數的長度」。
- 特別注意事項：使用此函數時，會將指標強制轉型為 **void\***，**void** 是沒有長度的。

記憶體空間								
	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
值	00001000	10100011	01001001	10100101	11011010	01001001	01101110	00000000
	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
值	10100010	10001100	00010100	10101010	01001101	01101101	01101011	11111010
記憶體空間	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F

# 練習

- 變數交換程式（進階）
  - 使用 **byte-by-byte** 的方式，將兩個變數中的值，一個個 **byte** 互相交換。
  - 定義一個函數 `swap(void*, void*, int)`，輸入的三個參數分別是「第一個變數的指標」、「第二個變數的指標」、「變數的長度」。
  - 特別注意事項：使用此函數時，會將指標強制轉型為 **void\***，**void** 變數是沒有長度的。
- 設計概念
  1. 要一次交換一個 **byte** 的話，可以將函數吃進來的指標強制轉型為 **char\***。
  2. 因為我們不確定要交換的變數的型態的長度，因此要多一個參數來記錄型態長度。

# 本週概要

- 指標
  - 動態記憶體
    - 配置與釋放
    - 動態陣列
- C++字串類別：`string`
- 挑戰：威康生命遊戲

# 動態記憶體

- 程式不會自動回收不再使用的變數或陣列記憶體。
- 若程式需要使用很多變數或陣列，佔據的記憶體就會越來越多。
- 記憶體使用過量所產生的問題
  - 程式可用空間不足（現今一台電腦最多也差不多就128GB而已）
  - 程式執行的速度（影響存取變數的速度）
- 若有些變數或陣列不再使用，想要釋放佔用的記憶體空間，則可以使用配置動態記憶體的方式。

# 動態記憶體－變數

- new 運算符

- 用來配置動態記憶體，並傳回一個起始指標。
- 配置失敗時，回傳NULL值。

```
變數指標 = new 資料型態(起始資料);
```

- delete 運算符

- 用來釋放動態記憶體指標。
- 只能用來釋放已配置的動態記憶體指標。

```
delete 變數指標;
```

# 動態記憶體－變數

```
→ int *ptr  
ptr = new int;  
*ptr = 20;  
delete ptr;  
ptr = new int(30);  
delete ptr;  
  
ptr = new int(100);  
ptr = new int(80);  
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：(未初始化)  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

0x0012FF9D	0x0012FFA1	0x0012FFA5	0x0012FFA9
0x02AD21F0	0x02AD21F4	0x02AD21F8	0x02AD21FC
0x001224FA	0x001224FE	0x00122502	0x00122506

記憶體空間

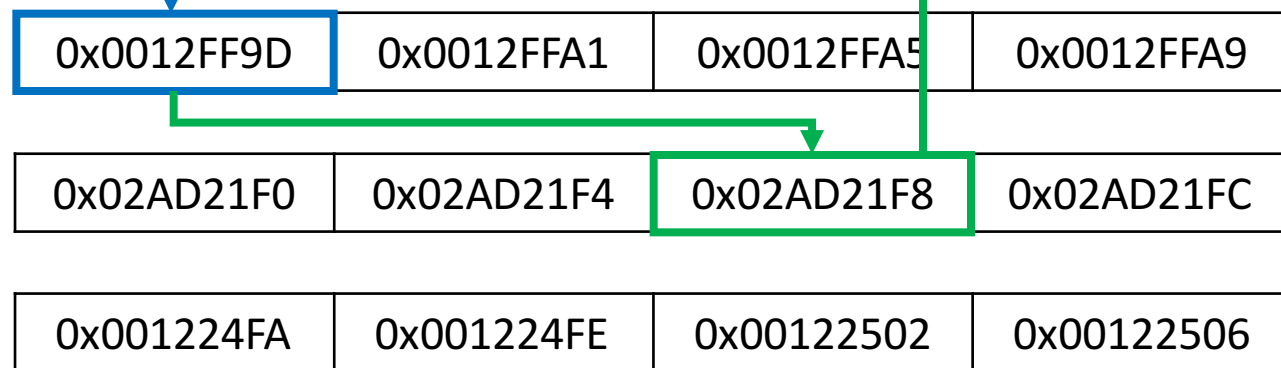


# 動態記憶體－變數

```
int *ptr  
ptr = new int;  
*ptr = 20;  
delete ptr;  
ptr = new int(30);  
delete ptr;  
  
ptr = new int(100);  
ptr = new int(80);  
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：0x02AD21F8  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

名稱：(無)  
值：(未初始化)  
型態：int  
長度：4 bytes  
位址：0x02AD21F8



記憶體空間

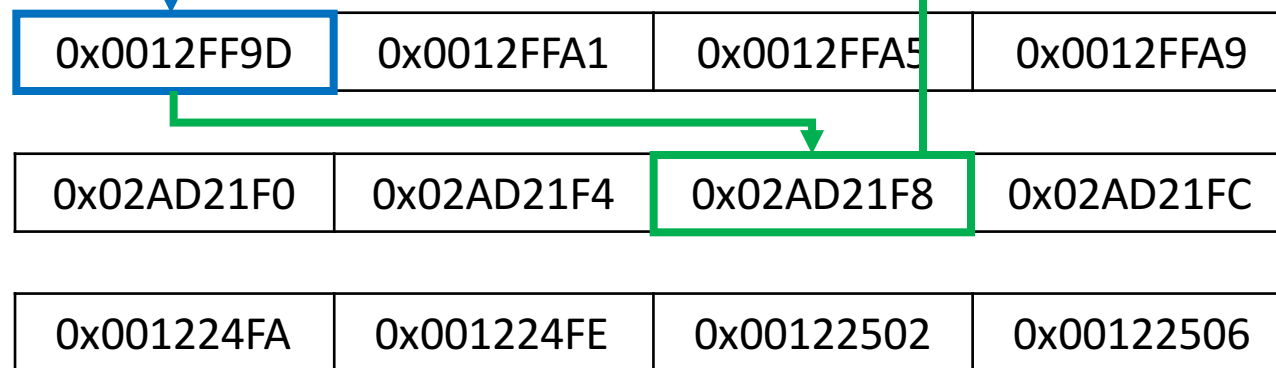
# 動態記憶體－變數

```
int *ptr
ptr = new int;
→ *ptr = 20;
delete ptr;
ptr = new int(30);
delete ptr;

ptr = new int(100);
ptr = new int(80);
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：0x02AD21F8  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

名稱：(無)  
值：20  
型態：int  
長度：4 bytes  
位址：0x02AD21F8



記憶體空間

# 動態記憶體－變數

```
int *ptr
ptr = new int;
*ptr = 20;
delete ptr;
ptr = new int(30);
delete ptr;

ptr = new int(100);
ptr = new int(80);
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：NULL  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

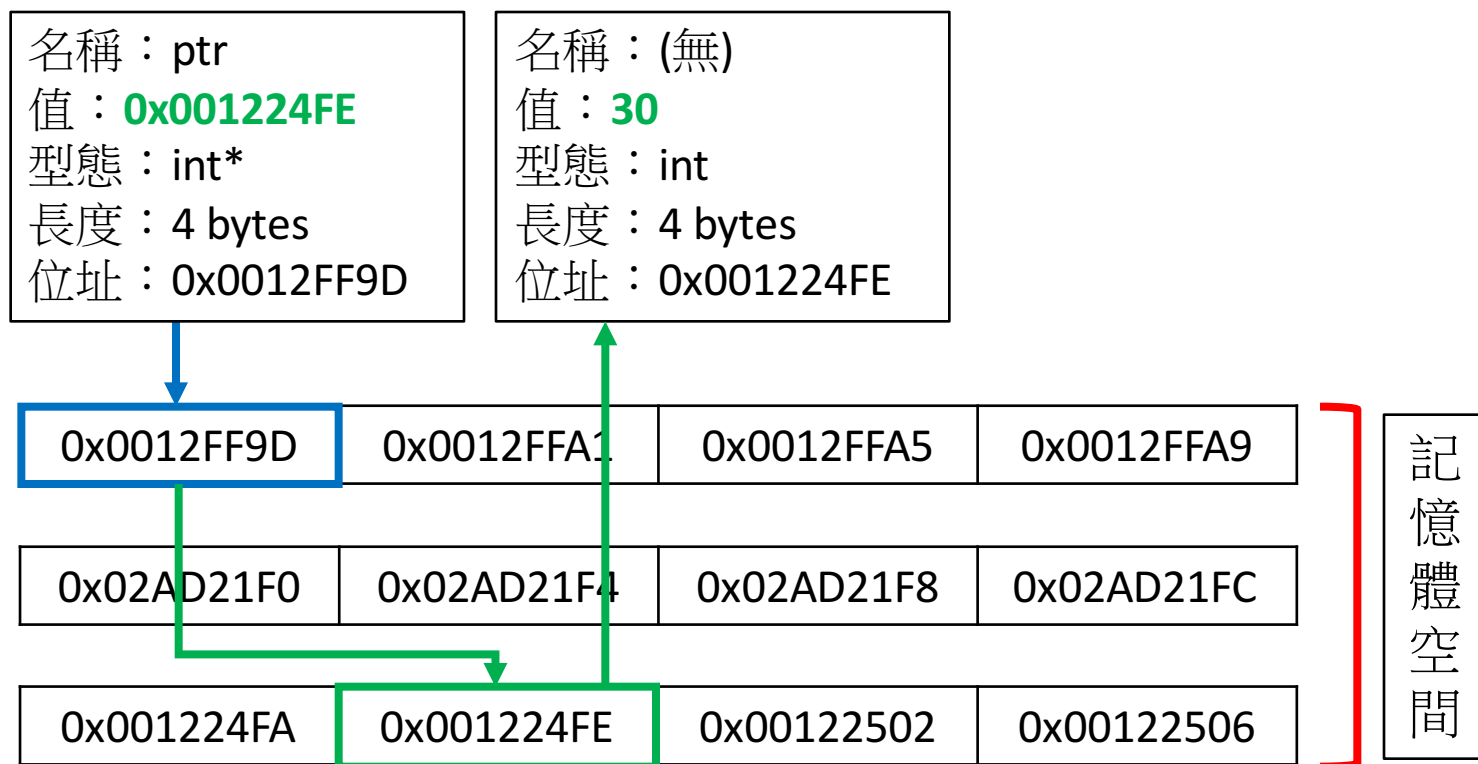
0x0012FF9D	0x0012FFA1	0x0012FFA5	0x0012FFA9
0x02AD21F0	0x02AD21F4	0x02AD21F8	0x02AD21FC
0x001224FA	0x001224FE	0x00122502	0x00122506

記憶體空間

# 動態記憶體－變數

```
int *ptr
ptr = new int;
*ptr = 20;
delete ptr;
ptr = new int(30);
delete ptr;

ptr = new int(100);
ptr = new int(80);
delete ptr;
```



# 動態記憶體－變數

```
int *ptr  
ptr = new int;  
*ptr = 20;  
delete ptr;  
ptr = new int(30);  
delete ptr;
```

```
ptr = new int(100);  
ptr = new int(80);  
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：NULL  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

0x0012FF9D	0x0012FFA1	0x0012FFA5	0x0012FFA9
0x02AD21F0	0x02AD21F4	0x02AD21F8	0x02AD21FC
0x001224FA	0x001224FE	0x00122502	0x00122506

記憶體空間

# 動態記憶體－變數

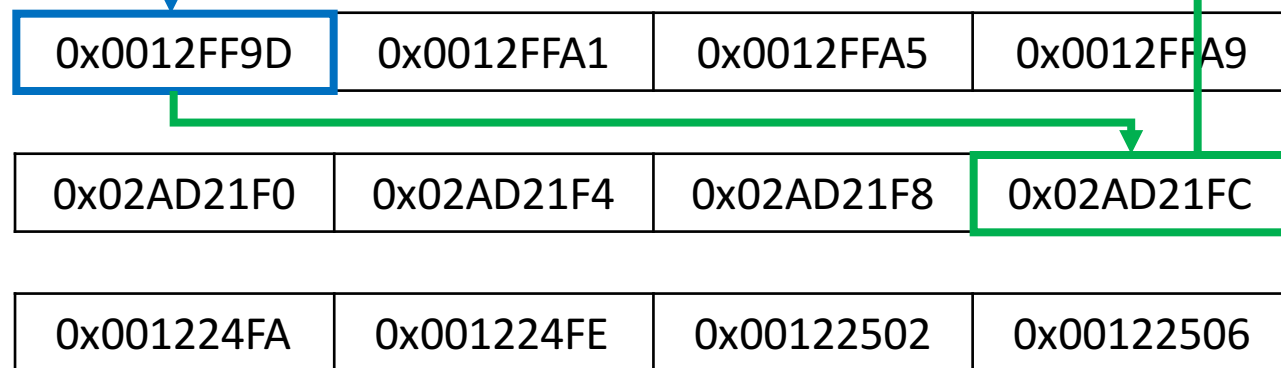
```
int *ptr  
ptr = new int;  
*ptr = 20;  
delete ptr;  
ptr = new int(30);  
delete ptr;
```

→ 

```
ptr = new int(100);  
ptr = new int(80);  
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：0x02AD21FC  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

名稱：(無)  
值：100  
型態：int  
長度：4 bytes  
位址：0x02AD21FC

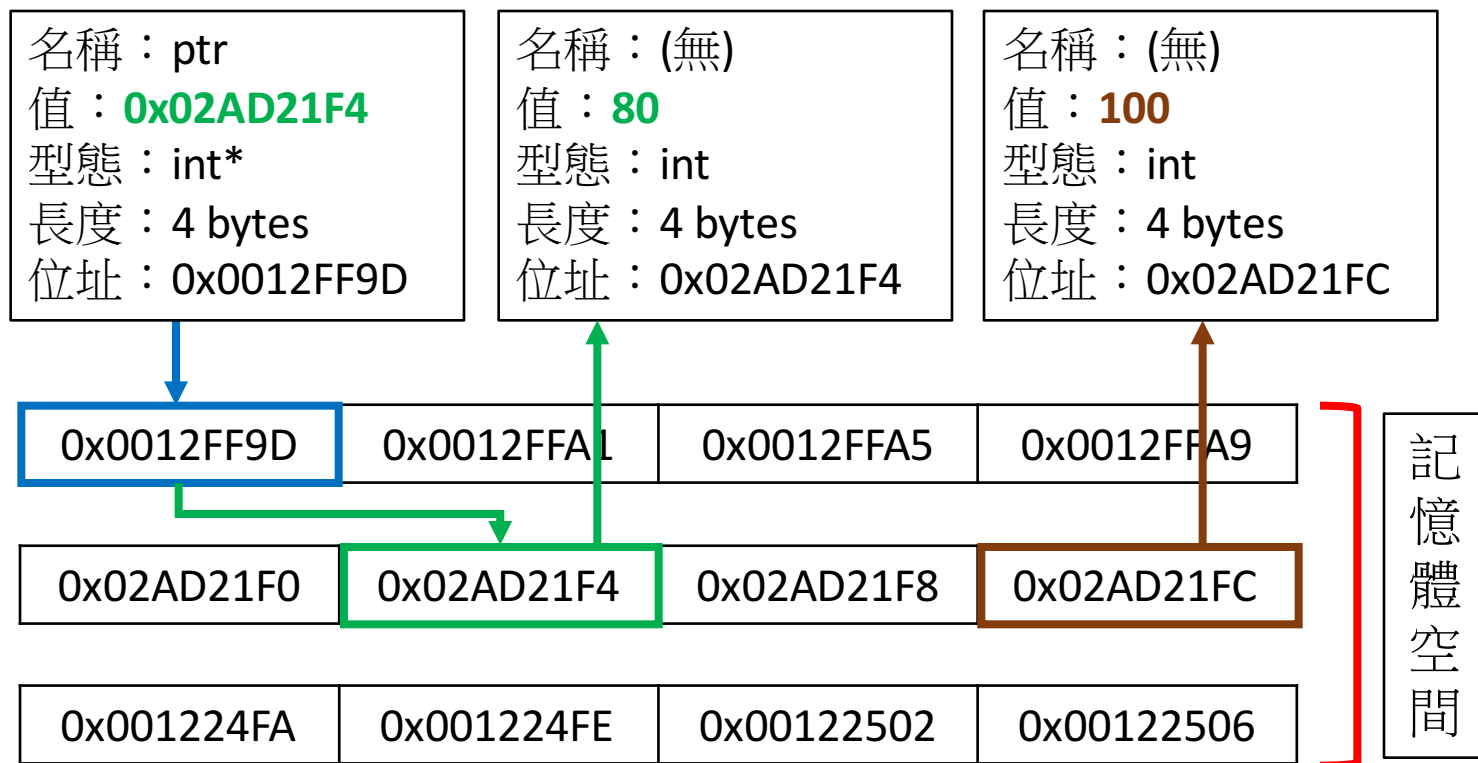


記憶體空間

# 動態記憶體－變數

```
int *ptr
ptr = new int;
*ptr = 20;
delete ptr;
ptr = new int(30);
delete ptr;

ptr = new int(100);
ptr = new int(80);
delete ptr;
```



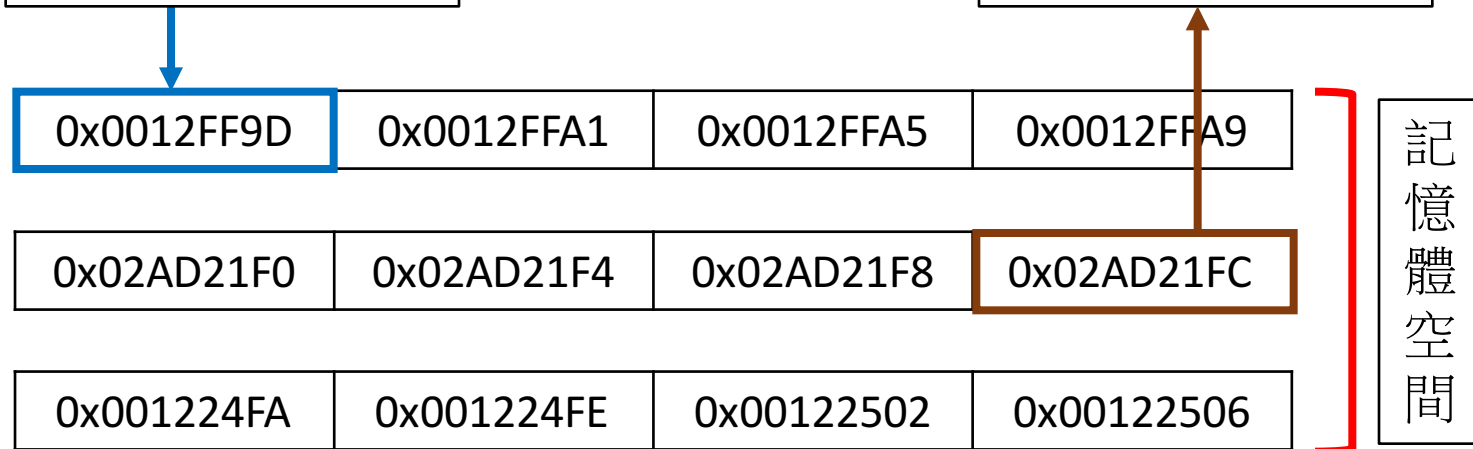
# 動態記憶體－變數

```
int *ptr
ptr = new int;
*ptr = 20;
delete ptr;
ptr = new int(30);
delete ptr;

ptr = new int(100);
ptr = new int(80);
delete ptr;
```

名稱：ptr  
值：NULL  
型態：int\*  
長度：4 bytes  
位址：0x0012FF9D

名稱：(無)  
值：**100**  
型態：int  
長度：4 bytes  
位址：0x02AD21FC





# Memory leak (記憶體流失)

- 若在用**delete**釋放記憶體前，就將指標指向其它地方，會發生什麼問題？
- 記憶體流失
  - 可以使用的記憶體越來越少。
  - 若記憶體用光，會導致程式無法運作。
- 參考說明：  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%86%85%E5%AD%98%E6%B3%84%E6%BC%8F>

# 練習

- 寫一個C++程式，練習動態記憶體配置與釋放。
  1. 宣告3個int指標，並動態配置記憶體，初始值分別為400, 200, 100。
  2. 印出3個int指標指向的記憶體位址與值。
  3. 宣告2個float指標，並動態配置記憶體，初始值分別為3.14, 6.28。
  4. 印出2個float指標指向的記憶體位址與值。
  5. 釋放3個int指標。
  6. 重新配置動態記憶體給3個int指標，初始值分別為10, 50, 100。
  7. 印出3個int指標指向的記憶體位址與值。
  8. 釋放2個float指標。
  9. 釋放3個int指標。

# 動態記憶體－陣列

- new 運算符

- 與配置動態變數指標類似。
- 「new 資料型態」後面，要加上「[長度]」，用來配置陣列長度。

陣列指標 = new 資料型態[長度]

- delete 運算符

- 與釋放動態變數指標類似。
- delete 運算符之後，必須加上中括號，表示被釋放的指標是陣列指標。
- 只能用來釋放已配置的動態記憶體指標。

delete[] 陣列指標;

C++字串類別：string

# 簡介

- C++字串類別是一個抽象的資料型態，它並**不是C++原本內建的資料型態**。
- C++字串類別及其相關函數式定義於C++的新型標題檔(header)中，因此使用這些函數前，必須將其引入。
- 要引入標頭檔：**#include <string>**
- 被定義在std下，因此要輸入**using namespace std;**

# C型態字串 v.s. C++字串類別

- **C型態字串**：使用字元陣列或指標來定義字串。

```
char *name = "JOHN";  
char name[20] = "JOHN";
```

- **C++字串類別**：宣告**string**類別的字串物件來處理字串。

```
string s1;  
string s2("JOHN ARCHER");  
string s3 = "MARY ARCHER";  
string s4("A", 4);  
string s5(s2);  
string s6(s2, 0, 4);
```

# C++字串類別

- 宣告及初始化方式
  - C++ reference: <http://www.cplusplus.com/reference/string/string/string/>
- 輸入C++字串
  - cin >> 字串物件;
  - getline(cin, 字串物件);

```
string s1, s2;

cout << "請輸入 s1 字串: ";
getline(cin, s1);
cout << "請輸入 s2 字串: ";
cin >> s2;
cout << "s1 = " << s1 << endl;
cout << "s2 = " << s2 << endl;
```

# C++字串類別

- 常用運算符號

運算符號	功能說明
=	指定資料
+	串接字串
+=	連接並指定字串
==	相等
!=	不相等
<, >, <=, >=	逐一比較字元大小
[ ]	存取字元
<<	輸出
>>	輸入



# C++字串類別

- 字串物件陣列：與宣告一般陣列無異。

```
string array[10];
```

```
string s1[] {"Java", "Assembly", "Delphi", "Basic", "Fortran", "Cobol"};
```

# C++字串類別

- C++字串類別成員函數（參見課本表**9.2**）
  - C++ reference: <http://www.cplusplus.com/reference/string/string/>

成員函數	功能
s1.append(s2)	連接字串
s1.at(位置)	存取指定位置
s1.clear()	清除字串全部內容
s1.length()	取得字串長度
s1.swap(s2)	對調字串
s1.replace(起始位置, 字串長度, s2)	取代部分字串
s1.insert(起始位置, s2)	插入字串
s1.find(s2)    s1.find(s2, 起始位置)	找尋字串
s1.copy(s2, 起始位置, 字串長度)	複製字串

# 練習

- (9-13) 寫一C++英打練習程式。
  - 在main函數中，定義一個字串陣列，起始資料為英文單字（最少30個單字），再定義一個字串變數用來存放串接後的字串。
  - 利用亂數取得陣列中的5個單字，將5個單字串接在一起，單字間以空白隔開。再將此字串存入字串變數後，呼叫並傳遞字串參數給englishTyping函數。
  - 定義一個englishTyping函數，接收呼叫敘述傳遞的字串參數，然後接收鍵盤輸入，按Enter鍵後輸出正確字數、錯誤字數、與正確率。

挑戰：威康生命遊戲

# 說明

- 在二維空間中的每個點，都代表一個細胞，細胞會根據特定規則進行演化。
- 細胞演化規則，請參考wiki的說明。
  - <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BA%B7%E5%A8%81%E7%94%9F%E5%91%BD%E6%B8%B8%E6%88%8F>
- 規格
  - 輸出
    - 每1秒演化一次，並輸出在螢幕上。
      - 死亡輸出空格，存活輸出O。
      - 有可能會用到<time.h>的函數。
  - 輸入
    - 讀取一個文字檔進行初始化。



# 說明

- 文字檔格式
  - $30 > n, m > 2$
  - $a_{ij} = \{0, 1\}$  (0代表死亡，1代表存活)

```
n m
a00 a01 a02 ... a0(m-1)
a10 a11 a12 ... a1(m-1)
...
a(n-1)0 ... a(n-1)(m-1)
```

例1：

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

例2：

```
2 4
0 0 0 1
0 1 1 1
```

# 下週預計課程內容

- STL container
  - vector
  - map

# 延伸閱讀

- C/C++ - 常見 C 語言觀念題目總整理（適合考試和面試）
  - <http://mropengate.blogspot.com/2017/08/cc-c.html>



# 作業

- 從以下題目任選兩題完成，下次上課時找助教檢查。
  - d881：作業苦多
  - d122：Oh! My Zero!!
  - d086：態度之重要的證明
  - d566：秒殺率
  - b701：我的領土有多大
  - b523：先別管這個了，你聽過安麗嗎？
  - d527：程式設計師的面試問題(三)
- Reading: 課本Ch8.4, 9.4
- 若遇到作業問題，歡迎隨時寄信至：[r07922059@ntu.edu.tw](mailto:r07922059@ntu.edu.tw)