HW6

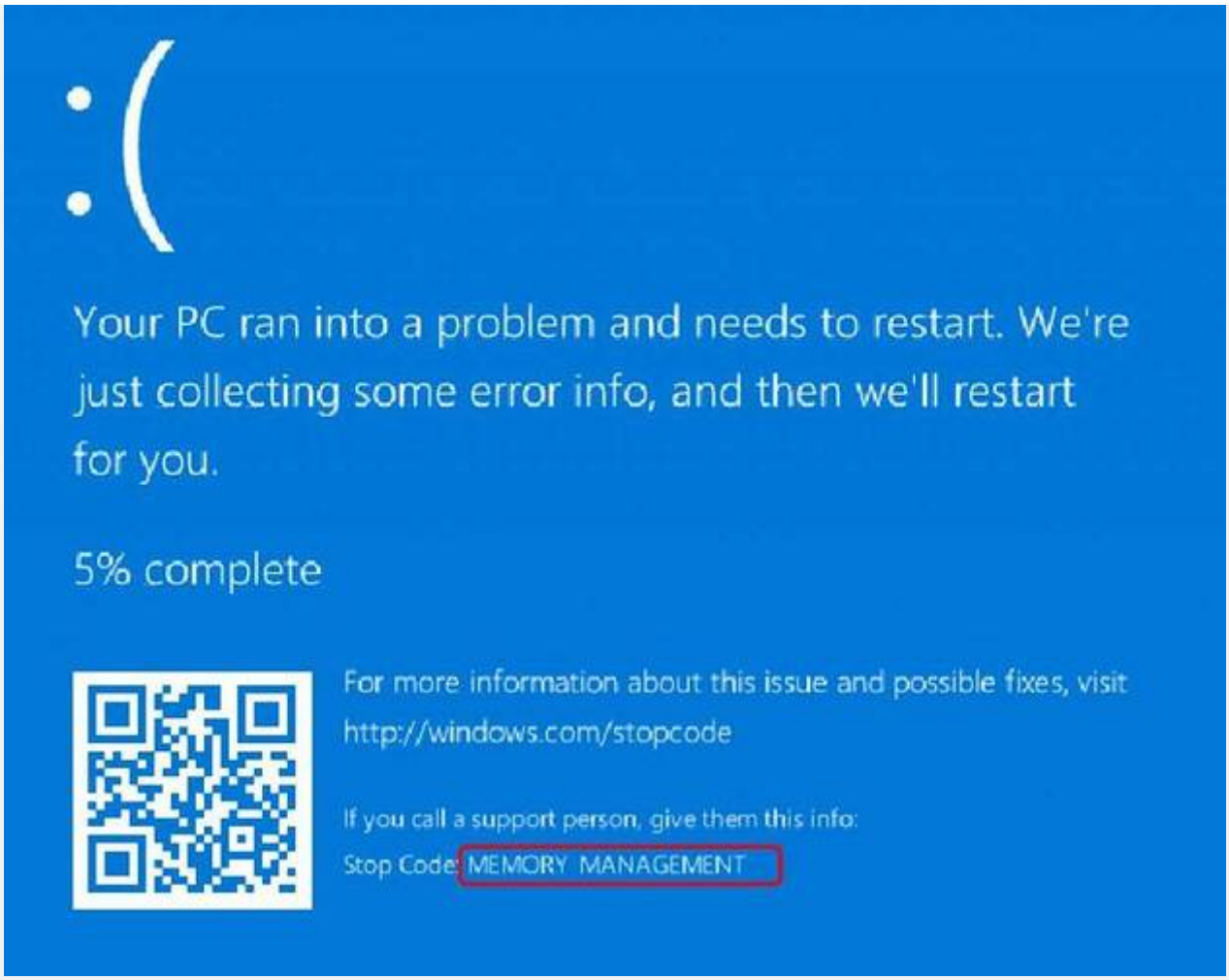
班級	姓名	學號	日期
四機械四乙	吳宇昕	B10831020	12/30/2022

Q1

說明C++/C#語言異同點

1. Memory management

> C#的class object預設存在heap， C++預設存在stack
>
> | | stack | heap |
> |---|---|---|
> | 空間大小 | 小 | 大 |
> | 是否連續 | 是 | 否 |
> | 讀寫速率 | 快 | 慢 |
> | 自動管理空間 | 是 | 否 |
>
> 在C++，使用new關鍵字可以指定把物件存在heap。存在heap記憶體的物件，使用完了需要手動用`delete`關鍵字清除，像是這樣
>
> ```
> int* myInt_ptr = new int; // allocate an int on heap
> *myInt_ptr = 100;
> delete myInt_ptr // manually freeing memory on heap
> ```
>
> 或是用smart pointer讓compiler知道何時使用完畢，在哪裡可以自動call destructor。像是這樣:
>
> ```
> int* foo(){
>  std::make_shared<int> myInt_ptr = new int;
>  *myInt_ptr = 0;
>  return myInt_ptr; // return an int smart pointer
>  // if no other pointer in other scope holds reference to this int
>  // smart pointer will call automatically free the memory
> }
> ```
>
> 如果在C++沒有用這兩種方法清除heap記憶體空間，會發生memory leak。電腦的記憶體一直被佔據，所有可用空間都被占滿後很可能會當機顯示windows blue screen of death



然而，C#有garbage collector的設計。有許多runtime support機制可以隨時檢查哪個物件或記憶體區段已經失去所有reference，自動銷毀沒有reference的物件。

若有需要，C#也可以用`fixed`搭配`unsafe`關鍵字在一個scope以內宣告某個物件是神聖不可侵犯的，避免garbage collector銷毀失去reference但其實還需要用到的物件。

```
unsafe{
    fixed(int* myInt_ptr = 0b1010010) // garbage collector will not free muyInt_ptr
    {
        *myInt_ptr = 0; // write 0 to memory location 0b1010010
    }
}
```

2. Runtime support

C#程式需要大量的runtime support，連結外部的`dll`才可以正常運作。然而C++幾乎把所有運作必要的內容在compile time都囊括進exe檔了。

因此，C++比C#更適合用於單晶片控制器、嵌入式系統等效能有限，無法支援太多runtime support機制的電腦。

3. Cross Platform

> C++是單純的compiled language，而C#同時是compiled language也是interpreted language。
>
> C++的compiler會直接把sorce code轉成CPU可以讀取的machine code。C#的compiler會把sorce code先轉成intermediate representation(IR)，到了runtime才把IR用interpreter執行，或是用just-in-time compiler再次編譯成machine code。
>
> 因此，C#比C++更適合做跨平台開發。分送C#的IR給目標電腦，無論該電腦作業系統為何，只要有需要的runtime support就可以把IR轉換成最適合該電腦的machine code執行。C++卻需要在compile time決定輸出的machine code要給哪種作業系統使用。只能為每個作業系統compile出專屬該作業系統的machine code，或是直接分送sorce code到目標電腦去compile成它的machine code，變成open sorce程式。

	C++	**C#**
memory management	高自定性但手動	受限制而自動管理
runtime support	幾乎不需要	大量需要
cross platform	困難	容易

Q2 Tuple的意義

C#的value tuple有點像是Python的tuple，可以用簡單的`()`符號打包多個變數，讓函式一次回傳多個數值。一個C#的tuple例子是這樣:

```
// C# calling a function retruning 2 ints in a tuple
static void Main(string[] args){
    (int Min, int Max) = FindMinMax(); // receive and deconstruct a returned tuple
}
static (int min, int max) FindMinMax(){
    int[] arr = new int[]{ 1, 2, 4, 5, 21, 22 };
    return (arr.Min(), arr.Max()); // creating a tuple with () and return
}
```

而Python的例子是這樣:

```
# Python calling a function returning 2 ints in a tuple
def FindMinMax() -> tuple:
   my_list = [1, 2, 4, 5, 21, 22]
   return (my_list.min(), my_list.max()) # packaging a tuple

(Min, Max) = FindMinMax() # unpackaging a tuple
```

但是不一樣的地方在於，Python的Tuple可以被index索引，也可以被迴圈走訪；C#的tuple沒有這兩個功能。

```
# Python indexing into tuples and iterating with loops
my_tup = (1, 2, 3, 2, 6, 11, 92)
print(my_tup[4]) # prints 6
```

```
for val in my_tup:
    print(val) # prints everything in the tuple
```

```
// C# indexing tuple with [] does not work
static void Main(string[] args){
  var myTup = (2, 0, 4);
  Console.WriteLine(myTup[2]); // error: cannot apply indexing [] to type (int,
int, int)
}
```

```
// C# iterating tuple with foreach loop does not work
static void Main(string[] args)
{
    var myTup = (2, 0, 4);
   // error: type (int, int, int) does not contain extension definition or
instance for GetEnumerator method
    foreach(var val in myTup){
        Console.WriteLine(val);
    }
}
```

看錯誤訊息內容，似乎是可以為`(int, int, int)`定義一個`GetEnumerator` method，讓這個foreach loop可以用? 可能需要另外寫`public System.Enumerator overwrite GetEnumerator::(int, int, int)`之類的method。

C#的tuple也有點像是C++的struct，但是幫你省去了需要定義struct的困擾。C++的tuple宣告起來有點麻煩，程式碼不如C#簡潔。總之，讓函式回傳多個數值應該是C# Tuple的主要用途。可能我寫C#的時候，會選擇像C++一樣設計帶有output variable參數的函式，達到函式回傳多值的效果。

Q3A

sorce code and replit

終端機輸出

```
Student ID: B10831020
The two points fartest apart are (-9.5, -2.1) and (10.3, -2.1)
With distance 19.800
```

計算最長距離

題目給7個點的x,y座標，求最遠兩點的距離。求解過程如下：

1. 找出擁有最大與最小x,y座標值的四個點，最遠距離一定是此四點其中兩點距離
2. 設一變數紀錄最長距離
3. 計算此四點兩兩之間的距離，若當下的兩點距離大於紀錄的最長距離，就取而代之

心得

計算歐式距離需要開根號，耗費較多計算資源，應盡可能降低開根號次數。若要計算每一個點與其他6個點之間的距離，須至少開C(7,2)次根號。但是可以確定最大距離一定發生在四個邊界點之間，只需要計算四個邊界點兩兩之間的距離，開C(4,2)次根號就夠了。若題目加入更多點的座標，不會增加開根號次數。

尋找四個邊界點所需的時間會隨題目的點數增加線性上升，比起指數型上升是相當大的改善。

或許這個題目還有更好的解法，進一步減少計算成本，目前這是我想到最好的做法。

Q3B

sorce code and replit

終端機輸出

```
   Student              Grades            Stu Avg
-------------------------------------------------
         0      90      90      80      86.667
         1      80      80      70      76.667
         2      50      60      70      60.000
         3      40      80      80      66.667
         4      60      60      70      63.333
         5      70      80      70      73.333
         6      90      60      50      66.667
         7      30      80      60      56.667
         8      60      60      50      56.667
-------------------------------------------------
Avg         63.333  72.222  66.667
```

心得

C#有個很好用的關鍵字`readonly`，讓一個class attribute的值經初始化後便改為唯讀，不可變更。這比C++的`const`關鍵字好用，因為一個const member沒辦法初始化賦值。 C#好像不讓我們把的class member設為const，若要一個class member值固定不變，必須用readonly。因此這題我把學生的成績設為`readonly int[,]`，放在`class Program`裡面。

```
        private static readonly int[,] sGrades =
        {
            {90, 90, 80},
            {80, 80, 70},
            {50, 60, 70},
            {40, 80, 80},
            {60, 60, 70},
            {70, 80, 70},
            {90, 60, 50},
            {30, 80, 60},
            {60, 60, 50}
        };
```

Q3C

sorce code and replit

終端機輸出

```
Student ID: B10831020
Redoing Q3B with tuples
   Student            Grades           Stu Avg
---------------------------------------------
         0      90      90      80      86.667
         1      80      80      70      76.667
         2      50      60      70      60.000
         3      40      80      80      66.667
         4      60      60      70      63.333
         5      70      80      70      73.333
         6      90      60      50      66.667
         7      30      80      60      56.667
         8      60      60      50      56.667
---------------------------------------------
Avg         63.333  72.222  66.667
```

心得

老師有提到建議不要用tuple裝陣列，因為tuple是value type，把裝了陣列的tuple傳進傳出method時，會複製整個陣列到另一個method裡面。不過我有個疑問:

雖然tuple是value type，但是array是reference type。如果把陣列裝進tuple，應該是裝一個指往存在heap記憶體的陣列pointer，而不是陣列本身。因此，把這樣的tuple傳進傳出一個函式時，並不會複製整個陣列，只是複製它的pointer。

為測試裝array的tuple在傳進一個method時會不會發生copying，以下做個實驗:

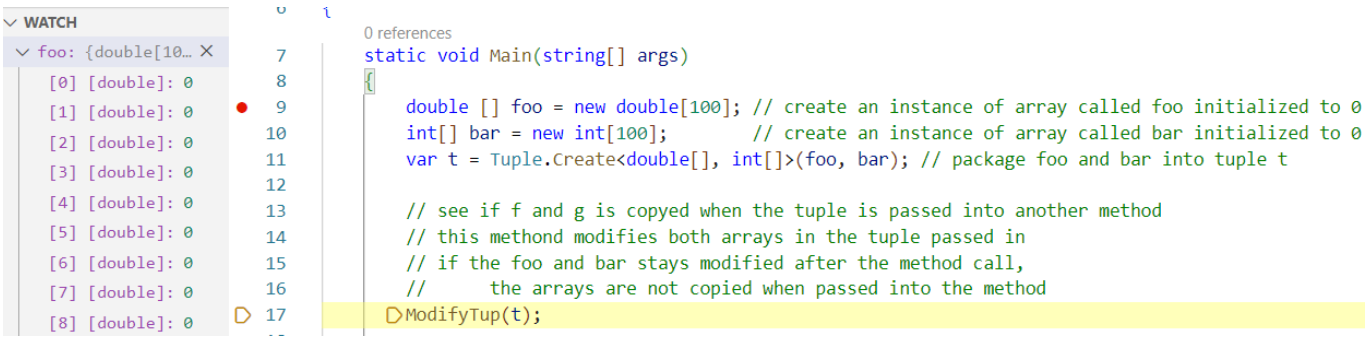
1. 在`Main`方法創建兩個array, `double[] foo`以及`int[] bar`，並裝進`Tuple<double[], int[]> t`
2. 把 `t` 傳進method `ModifyTup`，並在method裡修改陣列值
3. 檢查method call結束後回到 `Main`，兩個陣列是否保持被修改的樣子。若兩陣列保持被修改後的值，表示tuple打包array傳進method並不會複製array本身，而是複製array的reference。

測試用的程式碼

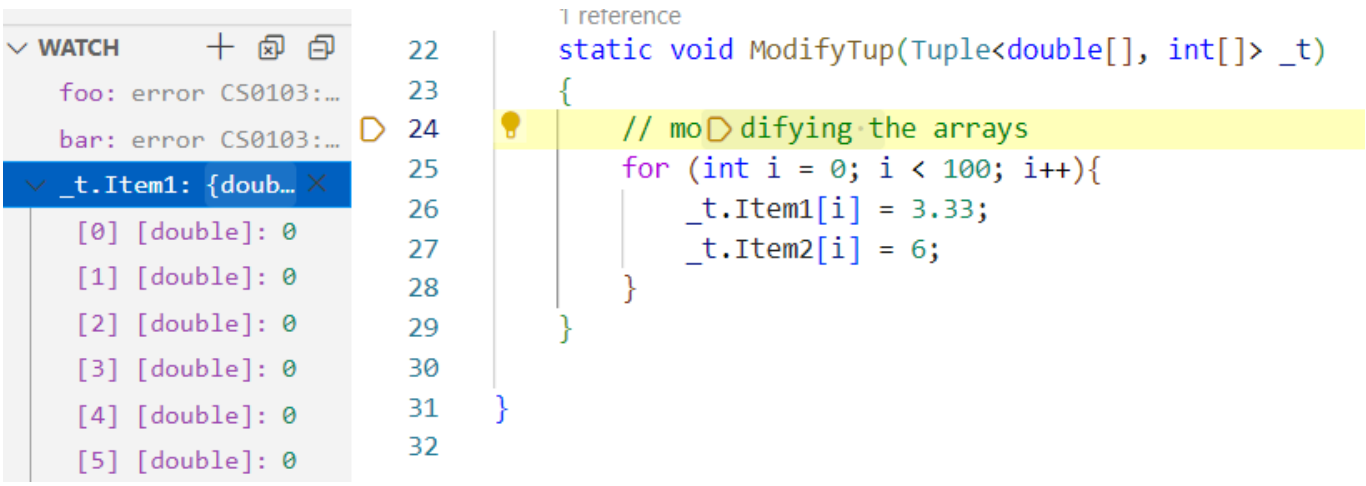
```
using System;

namespace TestCopying;

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        double [] foo = new double[100]; // create an instance of array called foo
initialized to 0
        int[] bar = new int[100];        // create an instance of array called bar
```

```
initialized to 0
        var t = Tuple.Create<double[], int[]>(foo, bar); // package foo and bar
into tuple t

        // see if f and g is copyed when the tuple is passed into another method
        // this methond modifies both arrays in the tuple passed in
        // if the foo and bar stays modified after the method call, the arrays are
not copied when passed into the method
        ModifyTup(t);

        // see if Foo instances created in a method and packaged into a tuple is
copyed when the tuple is returned
        Console.ReadKey();
    }
    static void ModifyTup(Tuple<double[], int[]> _t)
    {
        // modifying the arrays
        for (int i = 0; i < 100; i++){
            _t.Item1[i] = 3.33;
            _t.Item2[i] = 6;
        }
    }

}
```

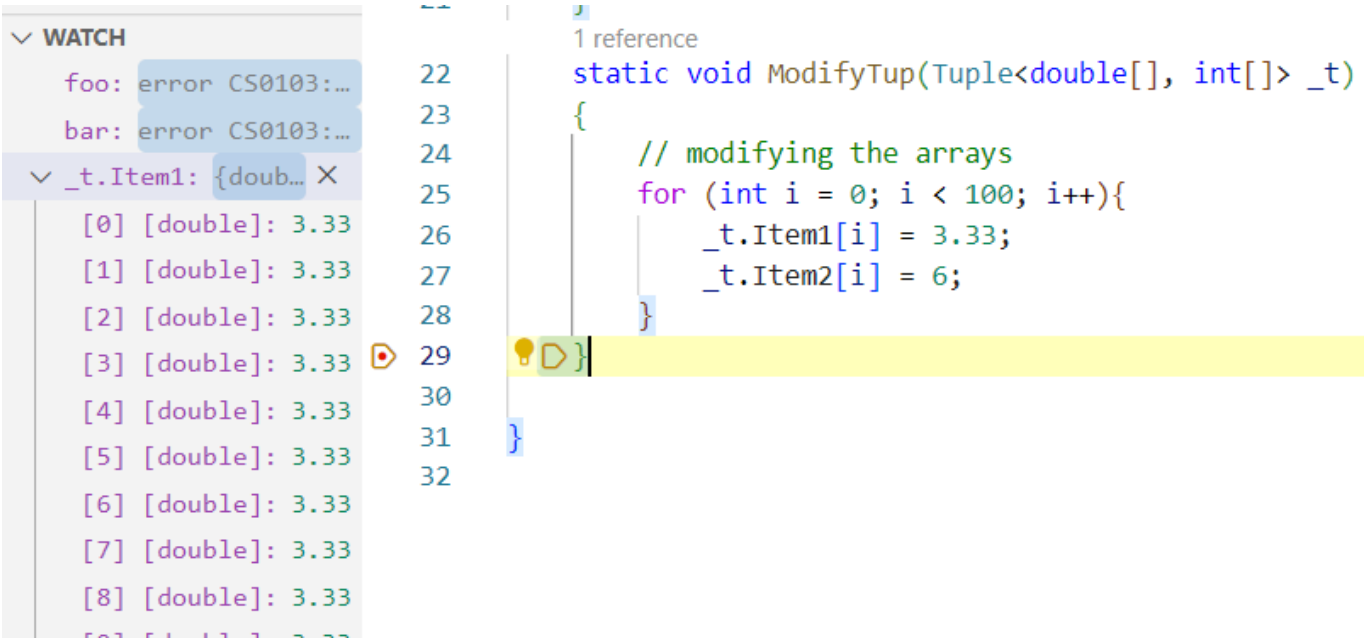
用vscode在method call前插入中斷點，看到兩個陣列的初始值都是0



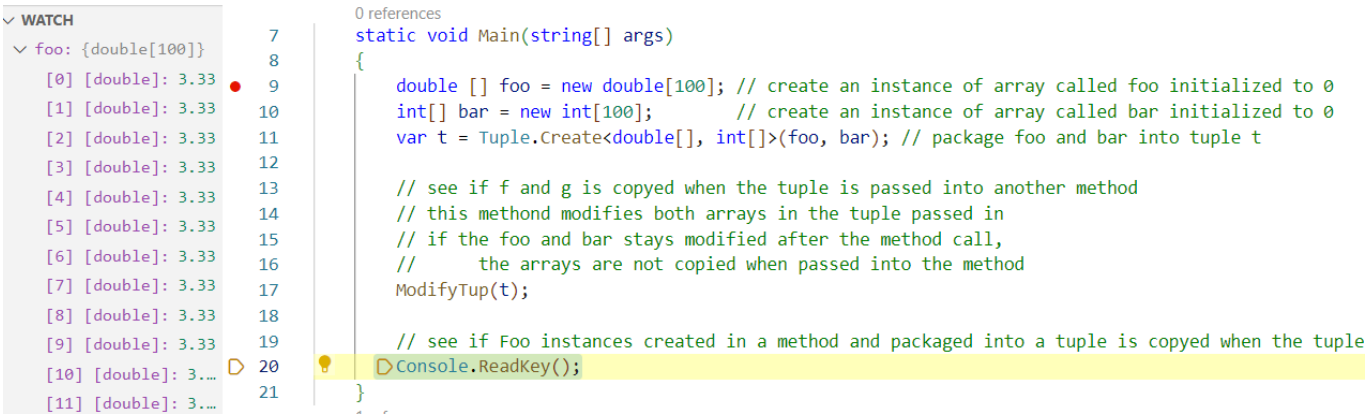
Step into method call，兩個陣列被打包進local variable `_t` 的Item1與Item2



陣列修改完兩個陣列，把Item1陣列所有值從0改為3.33，並把Item2改為6



Method call結束，回到Main。foo與bar都保持method修改後的樣子



這樣看來，tuple雖然是value type，但是當它包裝array，是包裝array的reference(pointer)。因此，C#把這樣的tuple傳進一個method應該不會使CPU需要複製整個陣列值，只需要複製陣列的reference。

C#所有的自定義class跟array都是預設存在heap上的reference type，應該把class instance打包進tuple傳進method也不需要複製整個class instance，只需要複製它的reference。不過若是把struct這種value type裝進Tuple傳進method，應該就需要複製整個struct instance。

Q5

sorce code main.cs Deck.cs Card.cs Player.cs and replit

三份cs檔分別包含`class Program`、`class Deck`、`class card`及`class Player`，皆屬於`namespace Q5`

終端機輸出

```
PS D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\bin\Debug\net7.0> .\EngineeringProgramming.exe 6
Studnet ID: B10831020
6 players will join the game

The entire deck after shuffling
 5--Spade     K--Club     10--Spade     A--Heart
 8--Spade    10--Diamond   4--Diamond   A--Club
 J--Spade     J--Club      2--Spade     6--Club
 8--Heart     4--Spade     7--Club      6--Heart
 3--Diamond  10--Club      9--Club      J--Diamond
 K--Diamond   J--Heart     9--Heart     K--Heart
 7--Spade     2--Heart     A--Diamond   Q--Diamond
 Q--Heart     4--Heart     8--Diamond   5--Club
 7--Heart     2--Club      9--Diamond   A--Spade
 4--Club      3--Spade     3--Club     10--Heart
 8--Club      6--Spade     3--Heart     5--Diamond
 Q--Spade     Q--Club      9--Spade     2--Diamond
 K--Spade     5--Heart     7--Diamond   6--Diamond
Deal #1
Player 0|:  5--Spade     K--Club
Player 1|: 10--Spade     A--Heart
Player 2|:  8--Spade    10--Diamond
Player 3|:  4--Diamond   A--Club
Player 4|:  J--Spade     J--Club
Player 5|:  2--Spade     6--Club

Deal #2
Player 0|:  8--Heart     4--Spade
Player 1|:  7--Club      6--Heart
Player 2|:  3--Diamond  10--Club
Player 3|:  9--Club      J--Diamond
Player 4|:  K--Diamond   J--Heart
Player 5|:  9--Heart     K--Heart

Deal #3
Player 0|:  7--Spade     2--Heart
Player 1|:  A--Diamond   Q--Diamond
Player 2|:  Q--Heart     4--Heart
Player 3|:  8--Diamond   5--Club
Player 4|:  7--Heart     2--Club
Player 5|:  9--Diamond   A--Spade

Deal #4
Player 0|:  4--Club      3--Spade
Player 1|:  3--Club     10--Heart
Player 2|:  8--Club      6--Spade
Player 3|:  3--Heart     5--Diamond
Player 4|:  Q--Spade     Q--Club
Player 5|:  9--Spade     2--Diamond
```

自定義Card class

```
class Card
{
    private readonly static string[] sSuit = {"Spade", "Club", "Diamond",
"Heart"};
    private readonly static string[] sNumber = {"A", "2", "3", "4", "5", "6", "7",
"8", "9", "10", "J", "Q", "K"};
    private int suitIdx;
    private int numberIdx;
```

```
    public string Suit => sSuit[this.suitIdx]; // custom get accessor for suit of
a card
    public string Number => sNumber[this.numberIdx]; // custom get accessor for
Number of a card

    /// <summary>
    /// Create an instance of a card.
    /// </summary>
    /// <param name="_suitIdx">The index to retrieve the suit of this card as a
string from array Card.sSuit</param>
    /// <param name="_numberIdx">The index to retreve the number of this card as a
string Card from array Card.sNumber.</param>
    public Card(int _suitIdx, int _numberIdx)
    {
        this.suitIdx = _suitIdx;
        this.numberIdx = _numberIdx;
    }

    public override string ToString()
    {
        return string.Format("{0,2}--{1,-9}", this.Number, this.Suit);
    }
}
```

每張牌都有一個花色與一個數值，兩者都應該是string。然而，過去似乎聽說string是指向heap的char pointer, 在程式裡生成過多string容易使記憶體零散。因此，每張牌的花色與數值欄位我並沒有用string的方式儲存，而是以int儲存，作為索引另外兩個static string array `sSuit`與`sNumber`的索引值。如此一來，每個card instance只佔據記憶體連續的16個byte。也就是說，每個instance的`this.Suit`跟`this.Number`並不佔據記憶體空間，它們只是個method，被呼叫的時候去索引`Card.sSuit`跟`Card.sNumber`陣列，回傳一個字串。

有了這兩個accessor，即使每個card instance並沒有真正的`this.Number`跟`this.Suit`兩個attribute，也可以對一個card instance打點簡單取出它的數值跟花色。

```
Card c = new Card(2, 10);
Console.WriteLine($"{c.Number}--{c.Suit}"); // call the accessors of Number and
Suit
// Diamond--J
```

不知道這樣做是否真的可以提升程式效能，減少記憶體零散，或是只是我自找麻煩？

自定義Deck class

含有一個長度52的`Card`陣列`this.AllCards`，代表整副牌的所有卡片。

`Deal`方法

發牌的方法`this.Deal` pass by reference輸入一個玩家陣列，發兩張牌給每位玩家。每個Deck instance都會用一個int `this.lastGivenCardIdx`記錄自己`this.AllCards`陣列發到第幾張牌了，避免一張牌在不同次發牌間

重複出現。發牌時，一律從洗好的牌組抽出最上面的一張牌發給玩家，從`this.AllCards`陣列第0張牌發到最後一張。

```
public void Deal(ref Player[] _players, int nCardsEachPerson = 2)
{
    Card[] cardsGivenToAPlayer = new Card[nCardsEachPerson];
    if (!this.shuffledFlag){
        // each deck of card must be shuffled before deal
        throw new CardsNotShuffledException();
    }
    for (int i = 0; i < _players.GetLength(0); i++) {
        for (int j = 0; j < nCardsEachPerson; j++){
            cardsGivenToAPlayer[j] = AllCards[lastGivenCardIdx];
            lastGivenCardIdx++;
        }
        _players[i].ReceiveCards(cardsGivenToAPlayer);
    }
}
```

這個發牌的方法在牌發完的時候會產生index out of range exception，玩家人數或每個人拿到的牌數量太多時會出問題。

另外，自定義了`CardsNotShuffledException`。若程式還沒有call`this.Shuffle()`方法洗牌，就call `this.Deal`發牌，會丟出一個自定義的exception。

```
60      public void Deal(ref Player[] _players, int nCardsEachPerson = 2)
61      {
62          Card[] cardsGivenToAPlayer = new Card[nCardsEachPerson];
63          if (!this.shuffledFlag){
64              throw new CardsNotShuffledException();
```

Exception has occurred: CLR/Q5.CardsNotShuffledException

```
An unhandled exception of type 'Q5.CardsNotShuffledException' occurred in
EngineeringProgramming.dll: '葛格忘了洗牌喔'
   at Q5.Deck.Deal(Player[]& _players, Int32 nCardsEachPerson) in
D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\Deck.cs:line 66
   at Q5.Program.DrawAndShowCards(Player[] _allPlayers, Deck _aDeckOfCards, Int32
times) in D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\main.cs:line 32
   at Q5.Program.Main(String[] args) in
D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\main.cs:line 17
```

```
65          }
66          for (int i = 0; i < _players.GetLength(0); i++) {
67              for (int j = 0; j < nCardsEachPerson; j++){
68                  cardsGivenToAPlayer[j] = AllCards[lastGivenCardIdx];
69                  lastGivenCardIdx++;
70              }
71              _players[i].ReceiveCards(cardsGivenToAPlayer);
72          }
73      }
```

自定義Player class

每個Player instance只有一個attribute，是`List<Card>`，代表該玩家的手牌。除此之外，Player class也定義了一些method，例如`ReceiveCard`、`ShowCard`等等，代表玩家可能做的事。還有一個static method `AllPlayersShowCards`，輸入一個玩家陣列，顯示所有玩家的手牌。

心得

C#確實比C++好寫很多。有了accessor的設計跟簡易的getter, setter，讀寫class內容的程式碼變得很簡單。

唯一比較想抱怨的，是C#不太讓我們把物件存在stack上，而且所有物件都需要一個個初始化。像是我的`Player`陣列：

```
Player players = new Player[3];
```

這樣寫只有初始化陣列本身，而沒有初始化到陣列裡的player instance。要走訪這個陣列，初始化一個個player instance，甚至不能用foreach loop。這樣寫行不通

```
foreach(Player p in players){
    p = new Player();
    // p is a foreach loop variable, cannot be reassigned
    // or initialized
}
```

必須用傳統的for loop，寫成這樣:

```
for(int i = 0; i < players.Count(); i++){
    players[i] = new Player();
}
```

創建instance的程式碼比C++ stack-allocate物件複雜，但這恐怕是在C#或Java都無法避免的。

Q6

使用Q5的程式碼測試vscode intellisense跟debugging功能。使用dotnet sdk 7.0，建置vscode開發環境。

Compile time error

C#每個物件都需要用`new`關鍵字初始化。下圖是我創建了一個Player陣列，稱為`player`，卻沒有使用`new`初始化陣列本身。當我試圖把這個陣列拿來用，傳進別的method時，vscode intellicense在compile time就劃紅線顯示錯誤訊息，告訴我這個陣列尚未初始化。

雖然不太清楚為甚麼錯誤訊息是說*Use of unassigned local variable*而不是*uninitialized local variable*。

```
10      Player[] players;
11      Deck aDeckOfCards
12      aDeckOfCards.Shuf
13      Console.WriteLine
14      Console.WriteLine
15      aDeckOfCards.Show
16      DrawAndShowCards(players, aDeckOfCards);
17      Console.ReadKey();
```

```
(local variable) Player[] players

Use of unassigned local variable 'players'
[EngineeringProgramming] csharp(CS0165)

View Problem (Alt+F8)    No quick fixes available
```

第10行加上new關鍵字後，紅線就消失，可以編譯了。

```
Player[] players = new Player[3];
```

Run time error

剛才的player陣列本身加上new關鍵字以後成功初始化了，但是裡面的元素，一個個Player instance沒有初始化，造成*NullReference Exception*

```
29          Console.WriteLine($"Deal #{i}");
30          foreach(Player p in _allPlayers){
31              p.clearCards();
```

```
Exception has occurred: CLR/System.NullReferenceException ×
An unhandled exception of type 'System.NullReferenceException' occurred in
EngineeringProgramming.dll: 'Object reference not set to an instance of an
object.'
   at Q5.Program.DrawAndShowCards(Player[] _allPlayers, Deck _aDeckOfCards,
Int32 times) in
D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\main.cs:line 31
   at Q5.Program.Main(String[] args) in
D:\NTUST_Not_Sync\EngineeringProgramming\code\HW6\Q5\main.cs:line 18
```

查看vscode debug工具列裡面的local variable watch視窗，可以看到陣列本身存在，但是裡面的三個元素還是null

```
WATCH
_allPlayers: {Q5.Play…
[0] [Player]: null
[1] [Player]: null
[2] [Player]: null
```

```
26      static void DrawAndShowCards(Player[] _allPlayers, D
27      {
28          for (int i = 0; i < times; i++){
29              Console.WriteLine($"Deal #{i}");
30              foreach(Player p in _allPlayers){
31                  p.clearCards();
```

```
Exception has occurred: CLR/System.NullReferenceException ×
An unhandled exception of type 'System.NullReferenceException' occu
EngineeringProgramming.dll: 'Object reference not set to an instance
object.'
```

在別處用for loop走訪這個陣列，初始化每個元素後就解決了這個run time error。

```
for(int i = 0; i < 3; i++){
    players[i] = new Player();
}
```

Xml-style comments

書裡有提到C# xml-style comment的功能，試著幫Q5的程式碼加上一些註解。

```
52      /// <summary>
53      /// Prints all the cards each player has into console
54      /// </summary>
55      /// <param name="_allPlayers">Array of players in the game</param>
        1 reference
56      public static void AllPlayersShowCards(Player[] _allPlayers)
57      {
58          int nPlayers = _allPlayers.GetLength(0);
59          for (int i = 0; i < nPlayers; i++){
60              Console.Write("Player {0:d}|: {1:S}", i, _allPlayers[i].ShowCards());
61          }
62          Console.WriteLine("");
63      }
64  }
```

同一個C# project使用到這個method的地方，只要把游標移到函式名稱上方，就會依summery, output, parameter自動顯示xml comment的內容。

```
    p.C
}
_aDeckO
Player.AllPlayersShowCards(_allPlayers);
}
```

void Player.AllPlayersShowCards(Player[] _allPlayers)

Prints all the cards each player has into console

但是有點疑惑的是，它只有顯示出`<summery></summery>`的內容，其他像`<para name></para name>`裡的，都沒有顯示出來。不知道我是哪裡做錯了，還是有什麼vscode套件的問題。

Break point

過去只知道break point可以讓程式執行到那裏就停下來，不知道還有conditional breakpoint這種東西。過去曾經遇到一個問題，走訪陣列的迴圈走到1000次的第894次時，總是發生runtime error。有conditional breakpoint，就可以在第893次的時候停下來，開始用step into功能單步執行，這樣更方便。

心得

vscode的intellisense非常人性化，可以自己用xml語法控制註解內容真是一大福音。加上精心設計`task.json`跟`launch.json`的內容，f5一按下去就自動編譯並開始偵錯程式，一切流程自動化太方便了。

更棒的是，vscode免費。