資料結構

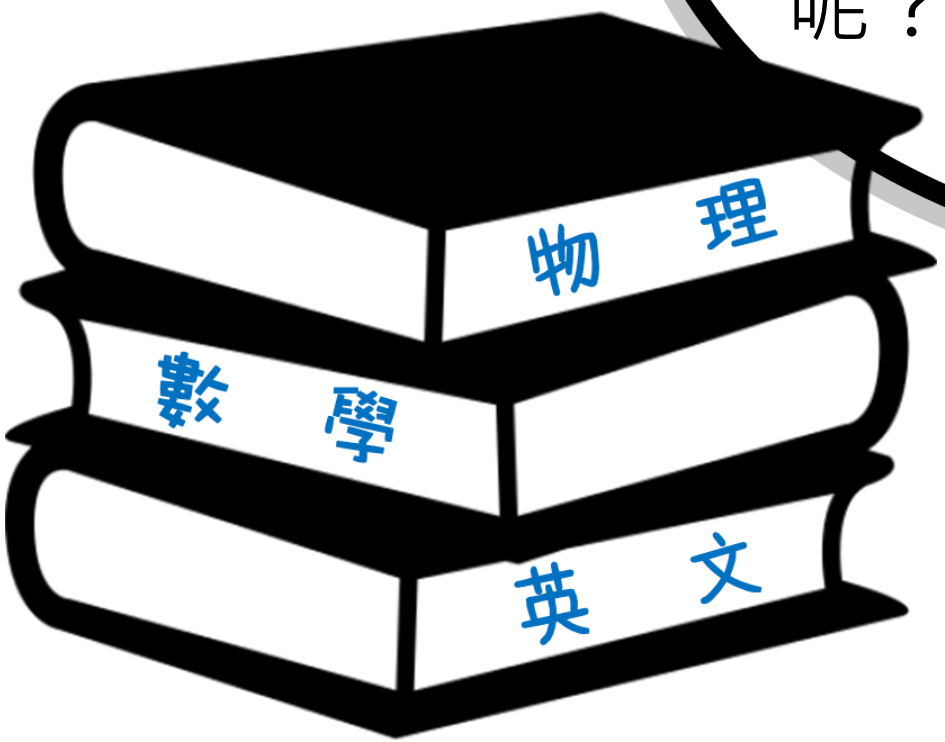
C 演算法

堆　　疊

Stack

堆疊 Stack

桌上有依序疊上去的英文、數學、物理三本書，如果想要拿英文出來看怎麼拿呢？




先把最上面的物裡拿走，再把數學移走，就可以拿到英文了！

這就是『堆疊 stack』

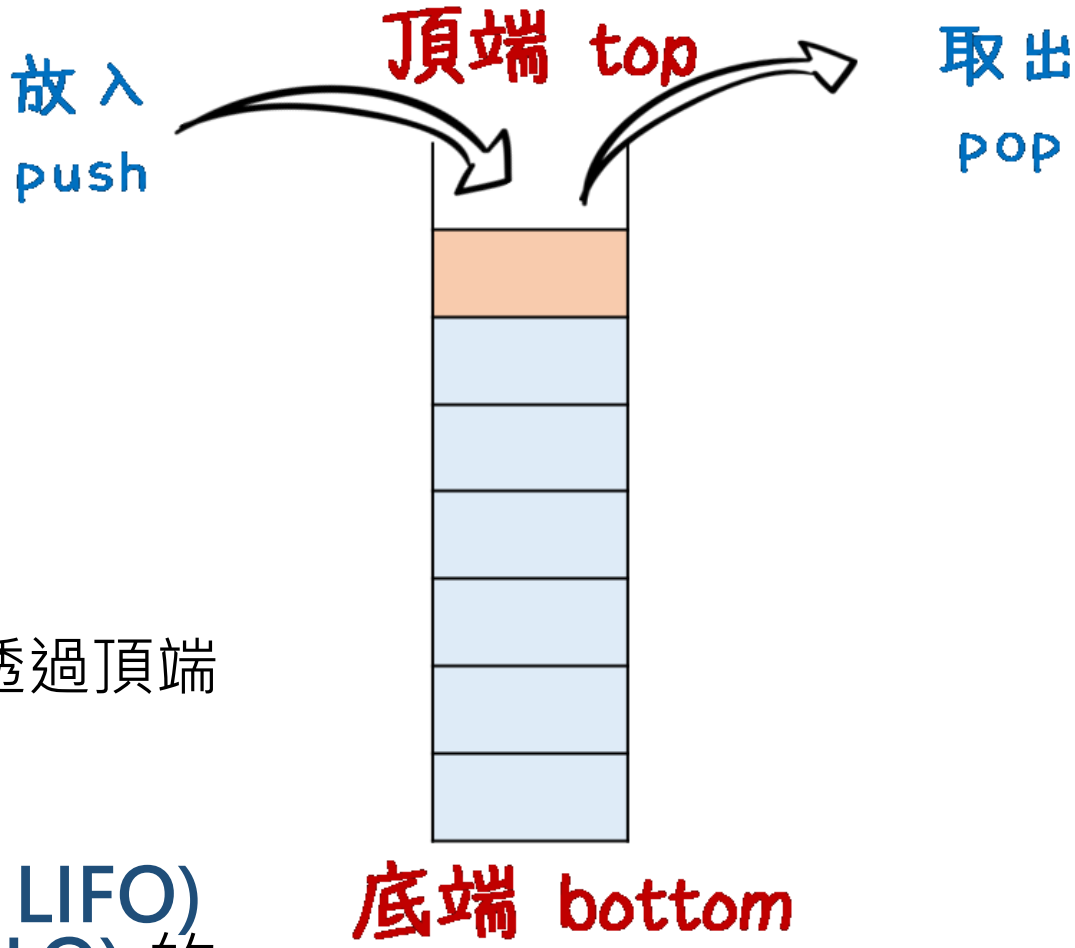
單一出入口的容器中，
後放入的要先拿出

就是『堆疊』

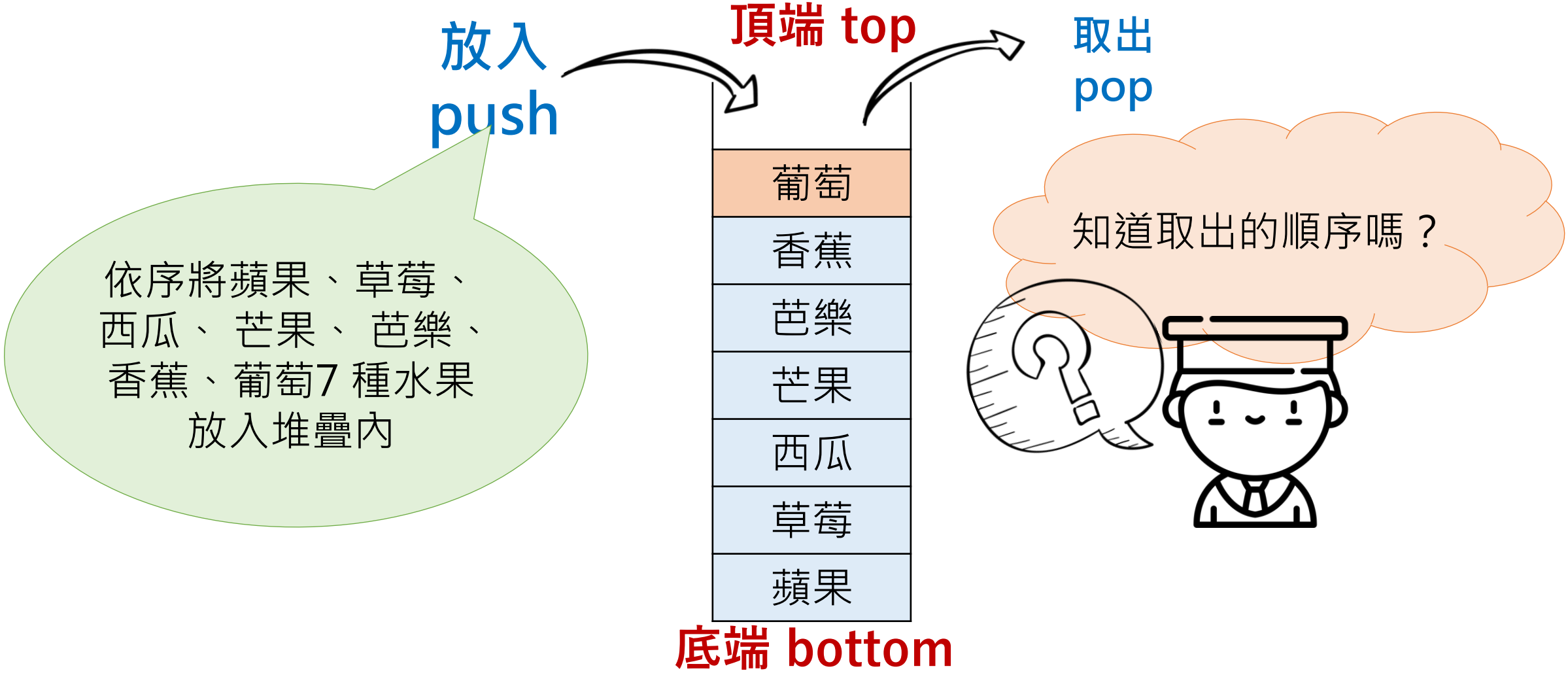

堆疊特性

堆疊結構

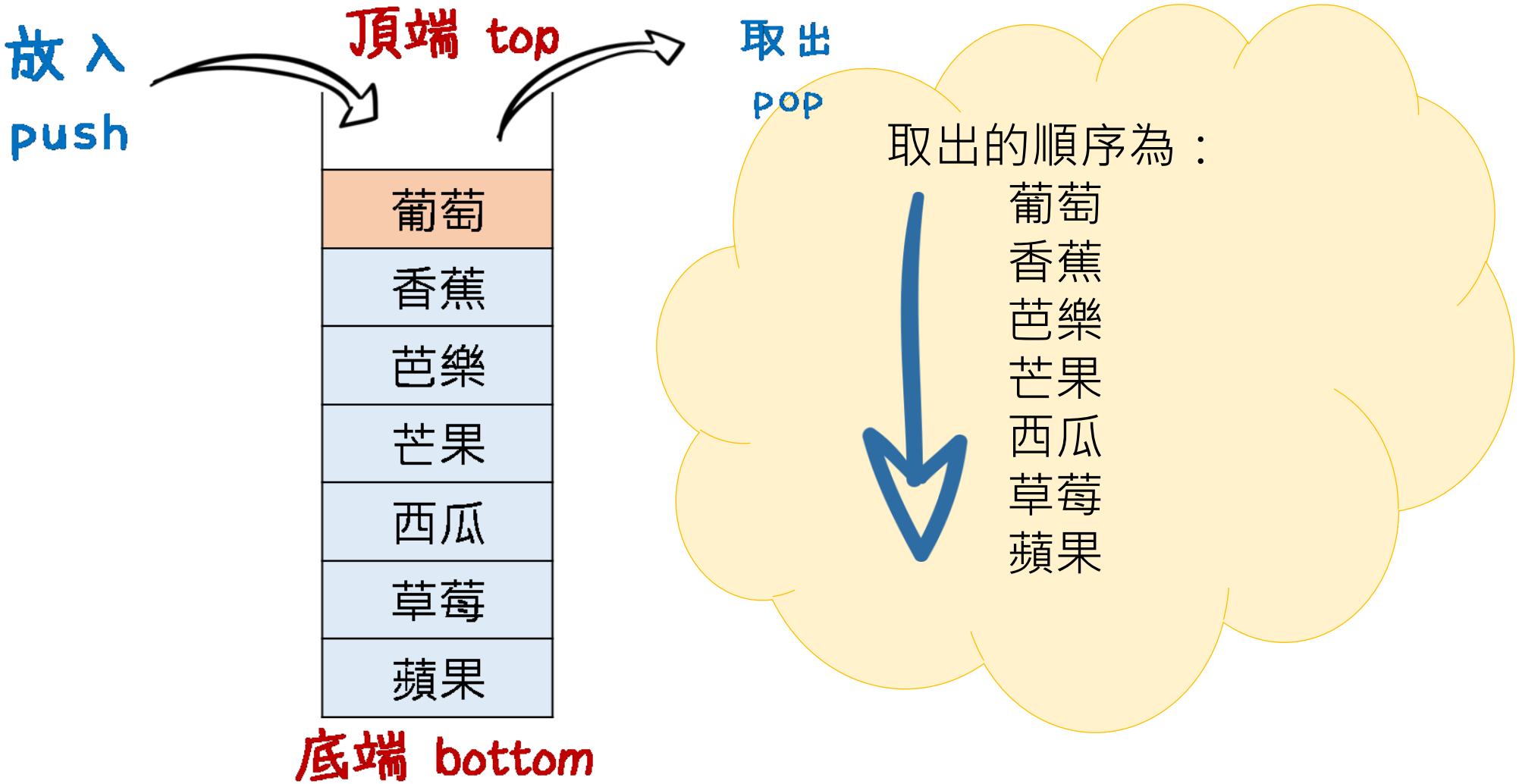
- 是一種串列
- 只有**一個出入口**的串列
- 出入口那端稱為**頂端(top)**
  - 另一端稱為**底端(bottom)**
  - 資料的新增(放入)與移除(取出)都是透過頂端(top)操作
- 具有 **後進先出(Last-In-First-Out, LIFO)** 與 **先進後出(First-In-Last-Out, FILO)** 的特性



LIFO 與 FILO (1)


放入
push
頂端 top
取出
pop
依序將蘋果、草莓、
西瓜、 芒果、 芭樂、
香蕉、葡萄7 種水果
放入堆疊內
葡萄
香蕉
芭樂
芒果
西瓜
草莓
蘋果
底端 bottom
知道取出的順序嗎？

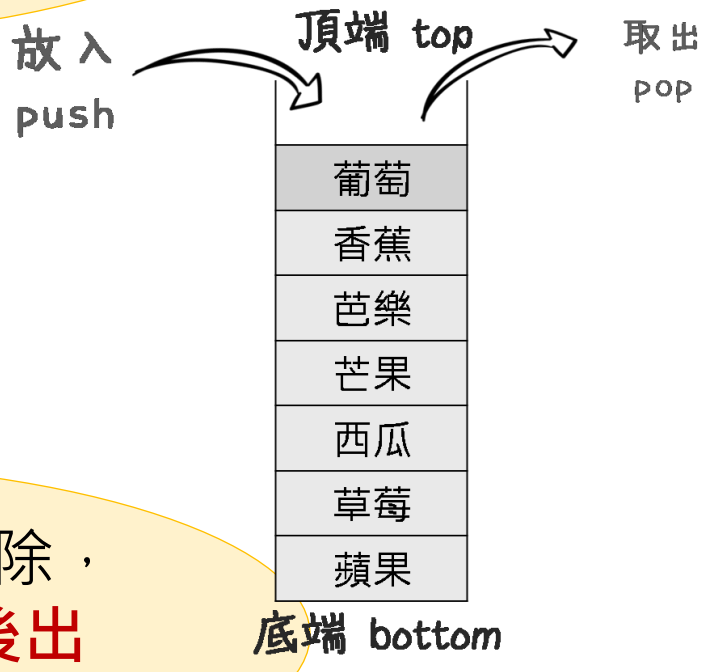
LIFO 與 FILO (2)


放入
push
頂端 top
取出
pop
葡萄
香蕉
芭樂
芒果
西瓜
草莓
蘋果
底端 bottom
取出的順序為：
葡萄
香蕉
芭樂
芒果
西瓜
草莓
蘋果

LIFO 與 FILO (3)

	新增的順序	移除的順序
1	蘋果	葡萄
2	草莓	香蕉
3	西瓜	芭樂
4	芒果	芒果
5	芭樂	西瓜
6	香蕉	草莓
7	葡萄	蘋果

最後放入的會最先移除，
此種特性稱為**後進先出**
(Last-In-First-Out, LIFO)



最先放入的會最後移除，
此種特性稱為**先進後出**
(First-In-Last-Out, FILO)

堆疊的實作

- 兩種資料結構可以實作堆疊
  - 陣列
    - 優點：資料操作存取快速
    - 缺點：堆疊空間是固定的
  - 鏈結串列
    - 優點：堆疊內可存放的資料數不受限制
    - 缺點：資料操作存取較慢


用陣列
實作堆疊

用陣列實作堆疊 – 兩大元素

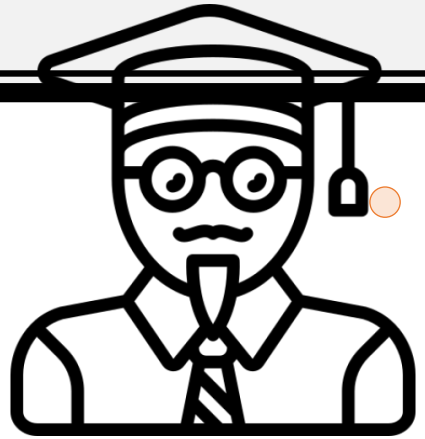
- 基本元素
  1. **堆疊陣列**

  2. **top 變數**
     - 記錄目前堆疊內的項目數
     - 預設初始值為 **-1**

- 輔助元素
  3. **陣列大小**
     - 可以直接用變數儲存陣列大小
     - 也可以透過 sizeof 計算陣列大小，所以這個變數可以宣告也可以不宣告。
       - `sizeof(stackList)/sizeof(stackList[0])`

用陣列實作堆疊 – 兩大元素

```
typedef struct stackStruct {
  int *stackList;
  int top;
  int size;
} stackType;
```



由於堆疊有兩個以上基本元素，因此建議使用 **struct (結構)** 儲存堆疊資料

用陣列實作堆疊 – 五大操作

createStack	建立新堆疊
push	新增一個項目
pop	移除一個項目
isEmpty	判斷堆疊內是否還有資料
isFull	判斷堆疊內的資料是否滿了

用陣列實作堆疊 – 建立新堆疊

```
stackType* createStack(stackType *stack, int size)
{
  stack = (stackType*)malloc(sizeof(stackType));
  newStack->stackList = (int *)malloc(sizeof(int) * size);
  newStack->top = -1;
  newStack->size = size;
  return newStack;
}
```

堆疊最重要的是用 top 變數掌握堆疊內資料存放情況，所以建立新堆疊時絕對要記得設定 top 變數

用陣列實作堆疊 – 新增項目

```
int push(stackType *stack, int value)
{
  if (isFull(stack)){
    return -1;
  }
  stack->top++;
  stack->stackList[stack->top] = value;

  printf("top:%d,value:%d",stack->top,stack->stackList[stack->top]);
  return stack->top;
}
```

1

新增項目時需要先檢查
堆疊是否已經滿了

2

將 top 值加1，就是
堆疊內要存放新資料
的索引位置。

用陣列實作堆疊 – 移除一個項目

```
int pop(stackType *stack)
{
  if (isEmpty(stack)){
    return -1;
  }

  printf("top:%d,value:%d",stack->top,stack->stackList[stack->top]);

  stack->stackList[stack->top] = 0;
  stack->top--;

  return stack->top;
}
```

1

移除項目時需要先檢查堆疊內是否有資料

2

將 top 值減1，就代表將那個位置視為無資料

用陣列實作堆疊 – 堆疊內是否還有資料

```
int isEmpty(stackType *stack)
{
  return (stack->top == -1) ? 1 : 0;
}
```

若 top 為 -1 就代表堆疊是空的

用陣列實作堆疊 – 堆疊內是否滿了

```
int isFull(stackType *stack)
{
  return (stack->top >= stack->size-1) ? 1 : 0;
}
```

若 top 值大於等於堆疊預設空間數-1，就代表堆疊已經滿了

用陣列實作堆疊

- 兩大元素
  - 堆疊陣列
  - top 變數

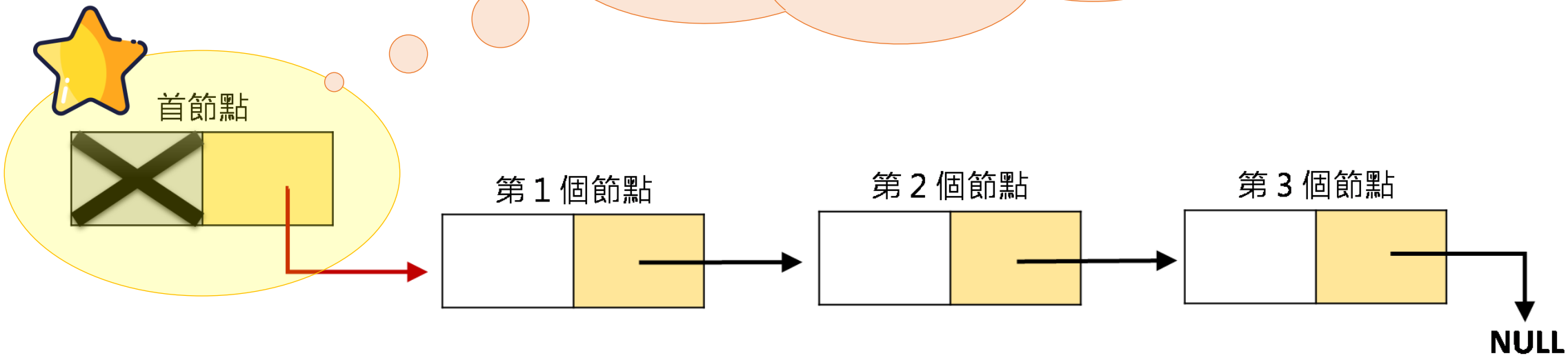
- 五大操作

createStack	建立新堆疊	**top = -1**
push	新增項目	**top++**
pop	移除項目	**top--**
isEmpty	判斷堆疊內是否還有資料	**top == -1 ?**
isFull	判斷堆疊內的資料是否滿了	**top >=stackSize -1 ?**

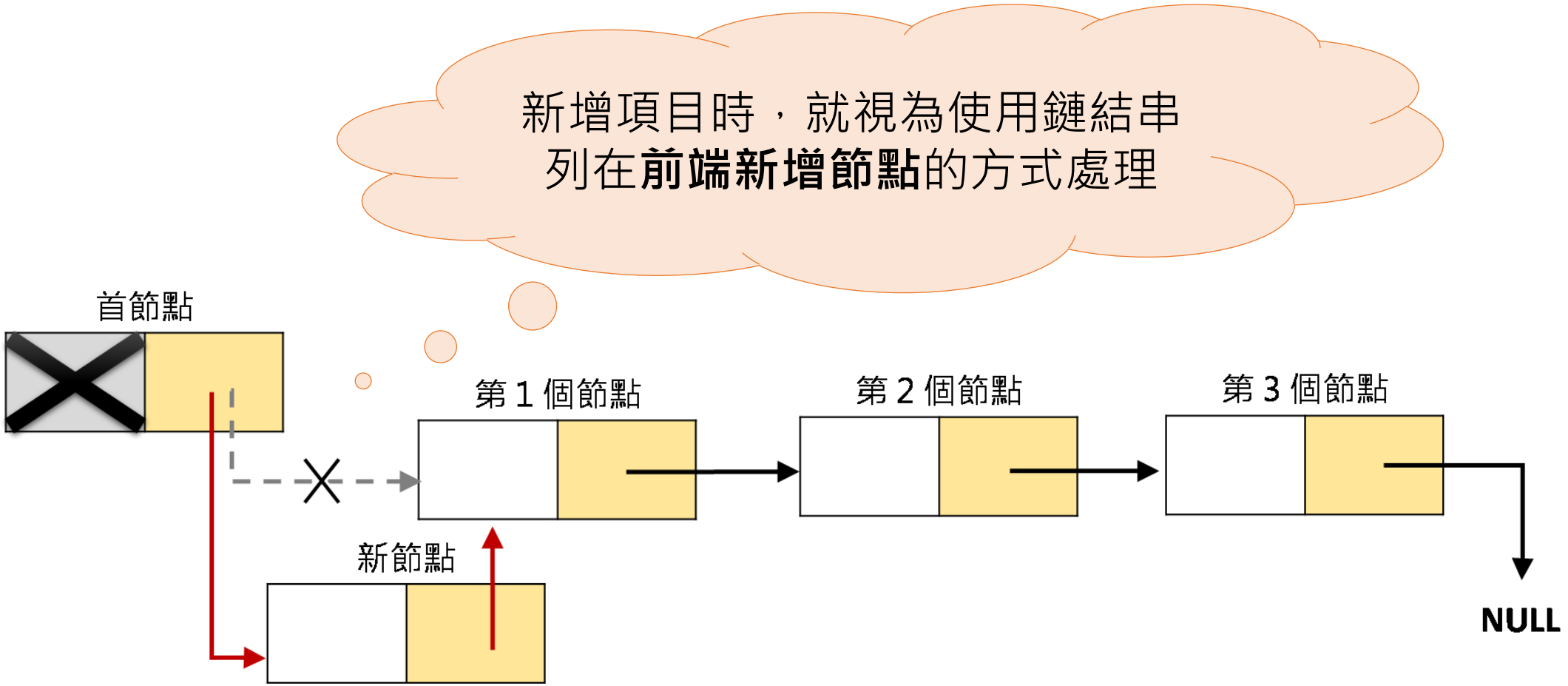

用鏈結串列
實作堆疊

用鏈結串列實作堆疊： head -> top

使用鏈結串列實作堆疊時，只要將原本鏈結串列結構中的首節點（head）視為 top，不管新增或移除節點都由 head 端處理即可。



用鏈結串列實作堆疊 – 新增項目



用鏈結串列實作堆疊 – 新增項目

```
void push(stackNode *head, int value)
{
  stackNode *node;
  node = (stackNode *) malloc(sizeof(stackNode));
  node->next = head->next;
  node->data = value;
  head->next = node;
  printf("[push] value: %d\n", node->data);
}
```

1

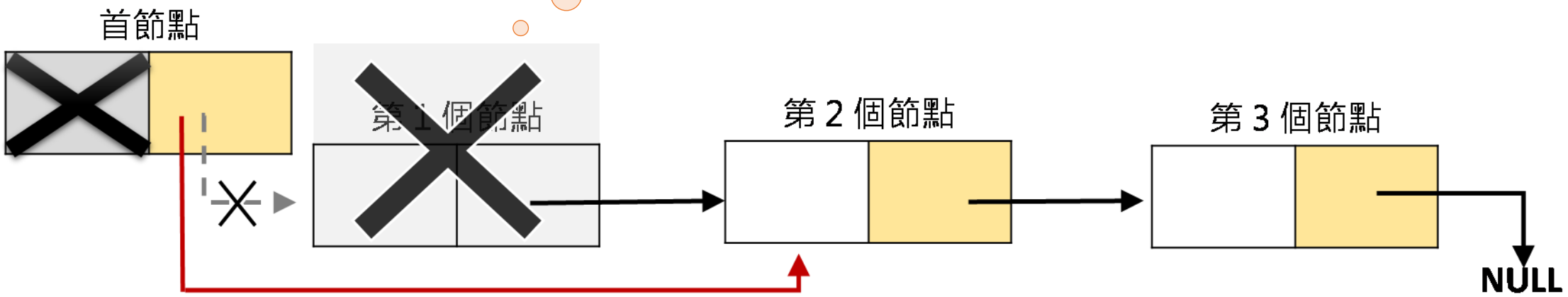
2

先動態取得新結點空間，
並設定新結點內的值與
next 應指向的節點

head (top) 節點改成
指向新產生的 node

用鏈結串列實作堆疊 – 移除一個項目

移除項目時，就視為使用鏈結串
列在**刪除前端節點**的方式處理



用鏈結串列實作堆疊 – 移除一個項目

```c
int pop(stackNode *head)
{
  stackNode *node;
  int count = 0;
  if (isEmpty(head)){
    return -1;
  }
  node = head->next;
  head->next = node->next;
  printf("[pop] value: %d\n", node->data);
  free(node);
  return 1;
}
```

1

移除項目時需要先檢查
堆疊內是否有資料

2

head (top) 結點改成
指向原本的第二個節
點

用鏈結串列實作堆疊 – 堆疊是否還有資料

```
int isEmpty(stackNode *head)
{
  return (head->next == NULL) ? 1 : 0;
}
```

若 head(top) 已經指向
NULL 就代表堆疊已經空了

用鏈結串列實作堆疊 – 移除堆疊

```
void freeStack(stackNode *head)
{
  stackNode *node = head, *tmp;
  int count = 0;
  while (node != NULL) {
    tmp = node;
    node = node->next;
    free(tmp);
  }
}
```

使用 malloc 配置的節點資料，在資料不使用時，記得呼叫 free() 釋放記憶體

用鏈結串列實作堆疊 – 取得項目數量

```
int getSize(stackNode *head)
{
  stackNode *node = head->next;
  int count = 0;
  while (node != NULL) {
    node = node->next;
    count++;
  }
  return count;
}
```

直到 next 指向 NULL 前，逐一檢視所有結點，便可取得堆疊內的項目數量

延伸的概念

堆疊的應用

- 日常生活：
  - 書本裝箱
  - 疊盤子

- 軟體程式：
  - 副程式的呼叫執行
  - 運算式的轉換及求值

堆疊的應用 - 副程式的呼叫執行

```c
#include<stdio.h>
void function3()
{
  printf("function 3\n");
}
void function2()
{
  function3();
  printf("function 2\n");
}
void function1()
{
  function2();
  printf("function 1\n");
}
int main()
{
  function1();
  printf("main\n");
  return 0;
}
```

堆 疊
printf("function 3\n");
printf("function 2\n");
printf("function 1\n");
printf("main\n");

堆疊的應用 - 副程式的呼叫執行

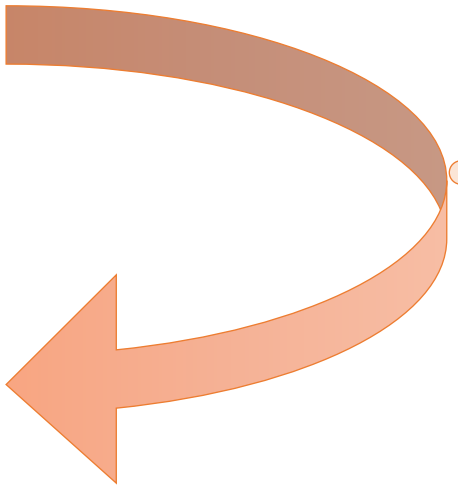
```c
#include<stdio.h>
void function3()
{
  printf("function 3\n");
}
void function2()
{
  function3();
  printf("function 2\n");
}
void function1()
{
  function2();
  printf("function 1\n");
}
int main()
{
  function1();
  printf("main\n");
  return 0;
}
```

執行結果

```
dice - stack $ ./call.exe
function 3
function 2
function 1
main
```

堆疊的應用 - 運算式的轉換及求值

- 前序法(Prefix)
  - 運算子在運算元的前面
  - 例: +34.*84, -AB
- 中序法(Infix) 人類使用
  - 運算子在兩個運算元中間
  - 例: 3+4 , 8*4, A-B
- 後序法(Postfix) 電腦使用
  - 運算子在運算元的後面
  - 例: 34+ , 84* , AB-



電腦是使用後序法進行運算，因此就需要透過**堆疊**將一般人類使用的**中序法**轉為**後序法**再進行運算。

運算式的轉換可參考
中序式轉後序式（前序式）