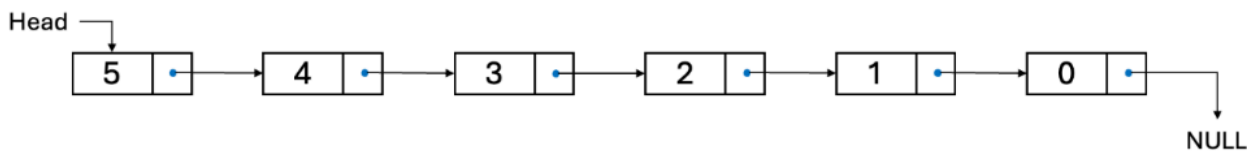


Linked List

一、核心概念

一種線性資料結構，由一系列的節點 (Node) 組成。



1. 節點結構

- 資料欄位 (Data Field)：儲存實際的數值（如整數、字串等）。
- 指標欄位 (Pointer Field)：儲存下一個節點的記憶體位址，通常稱為 next。

2. 記憶體特性

與陣列不同，鏈結串列的節點儲存在非連續的記憶體空間中。它們透過「指標」像火車車廂一樣串連起來。

- 優點：大小可動態增減，不需要預先宣告固定長度。
- 缺點：不能像陣列那樣透過索引 (Index) 直接存取，必須從頭節點 (Head) 開始逐一走訪。

二、Linked List vs. Array

1. 靜態 vs. 動態比較表

特性	Array	Linked List
記憶體分配	連續空間 (Contiguous)	非連續空間 (Non-contiguous)
大小限制	固定大小 (Static/Fixed)	動態調整 (Dynamic)
存取元素	隨機存取 $O(1)$	循序存取 $O(n)$
插入/刪除	較慢 $O(n)$ （需移動元素）	較快 $O(1)$ （若已知位置）
額外開銷	極低	較高（需儲存指標空間）

三、基本操作邏輯 (C++)

1. 節點定義

```

class Node {
public:
    int data;
    Node* next;
    Node(int val) : data(val), next(nullptr) {}
};

```

2. 插入 (Insertion)

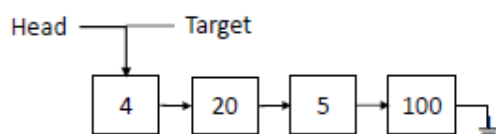
- **頭部插入**：將新節點的 next 指向目前的 head，再將 head 更新為新節點。

Operation: Insert Element (10) in the Beginning of the Linked List

1 Initialize the node

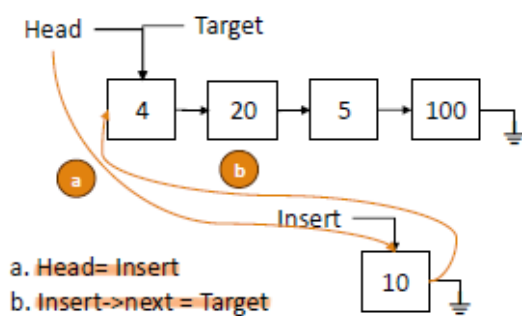


2 No need to traverse the linked list

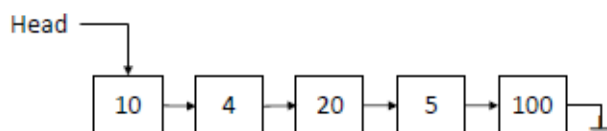


Target = Head

3 Insert the Element (10)



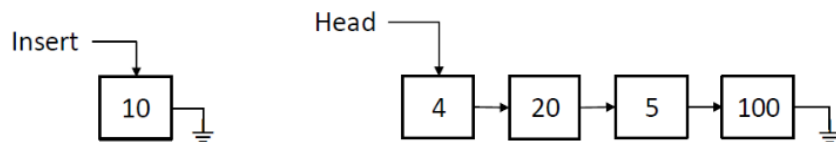
4 Final



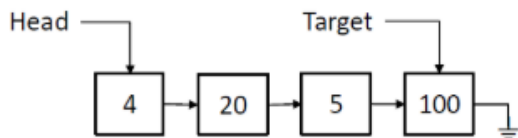
- **尾部插入**：需先走訪到最後一個節點（其 next 為 NULL），再將其 next 指向新節點。

Operation: Insert Element (10) in the End of the Linked List

1 Initialize the node

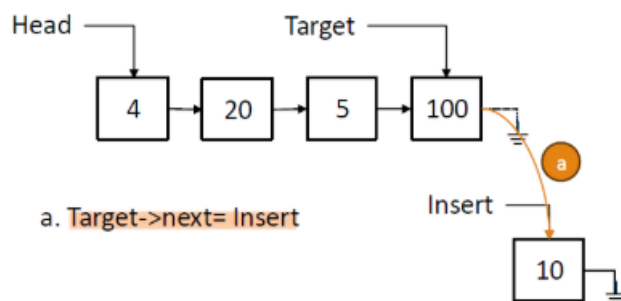


2 Traverse the linked list to find the end

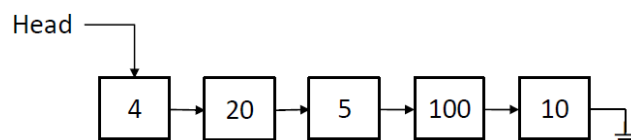


Target = Head → 從頭開始。
While (Target->next != NULL) { → Target next 為 NULL 時 break，執行下一步。
 Target = Target->next;
}

3 Insert the Element (10)



4 Final



3. 刪除 (Deletion)

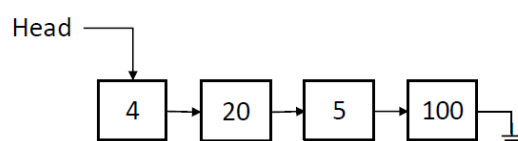
關鍵在於找到待刪除節點的前一個節點 (Prev)。

- 操作：Prev → next = Target → next; 接著釋放 (free/delete) Target 的記憶體以避免記憶體洩漏 (Memory Leak)。
- 頭部刪除:

Operation: Delete the Target (First)

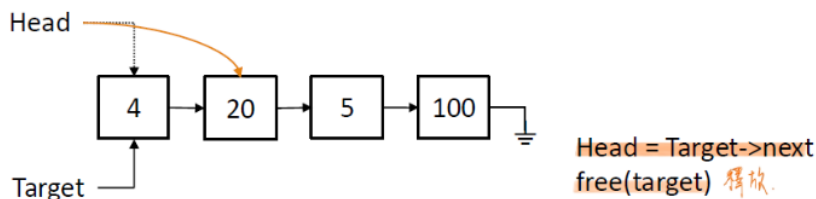


1 No need to traverse the linked list

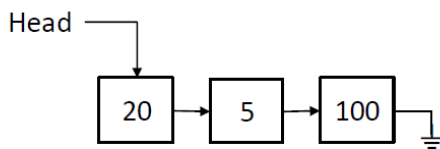


Target = Head
Prev = Head

2 Delete the first element (4)



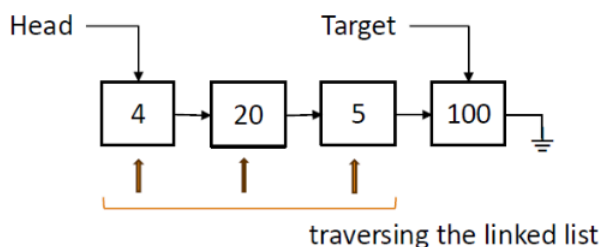
3 Final



• 尾部删除

Operation: Delete the Target (Last)

1 Traverse the linked list to find the end

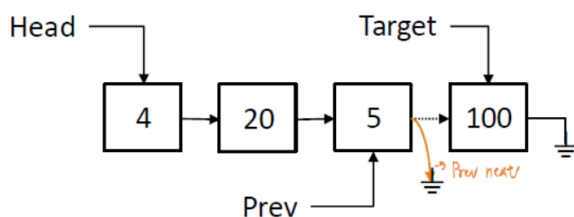


Target = Head
Prev = Head

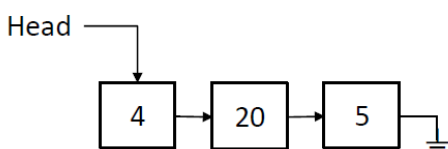
```
While (Target->next != NULL){  
    Prev = Target  
    Target = Target->next  
}
```

Target next 为 Null 时 break, 执行下一步.

2 Delete the first element (4)



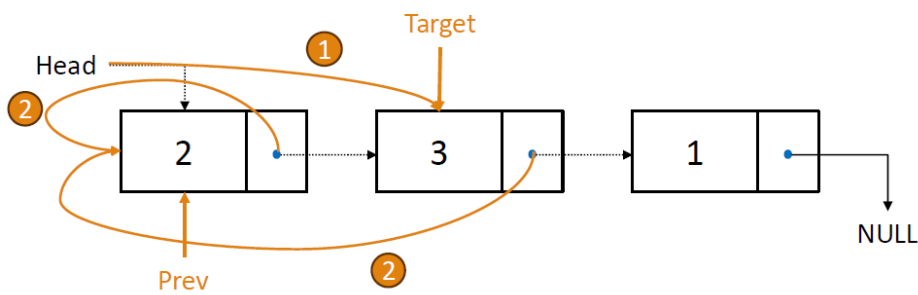
3 Final



4. Move To

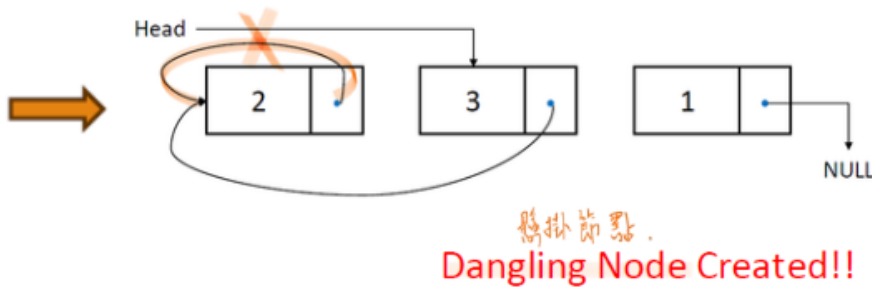
在調整指標順序時，若順序錯誤可能會產生 **懸掛節點 (Dangling Node)**，導致後續節點無法存取。

• Wrong Case

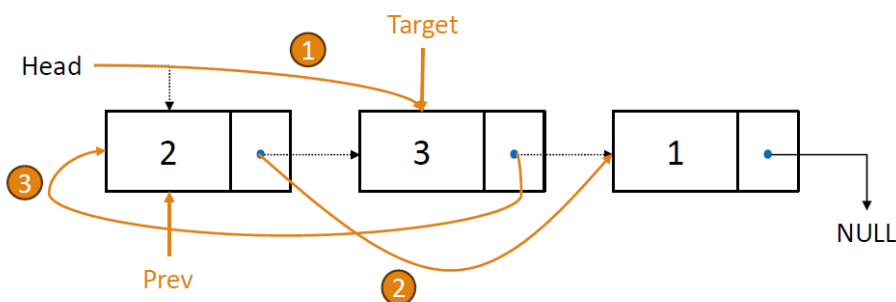


Prev: Prev
Prev->next
Target: Target
Target->next

Steps
1. Head = Prev → Head = Target
2. Target->next = Prev
3. Prev->next = Target->next (Prev)

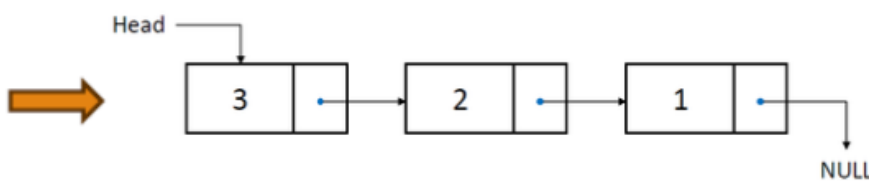


• Correct Case



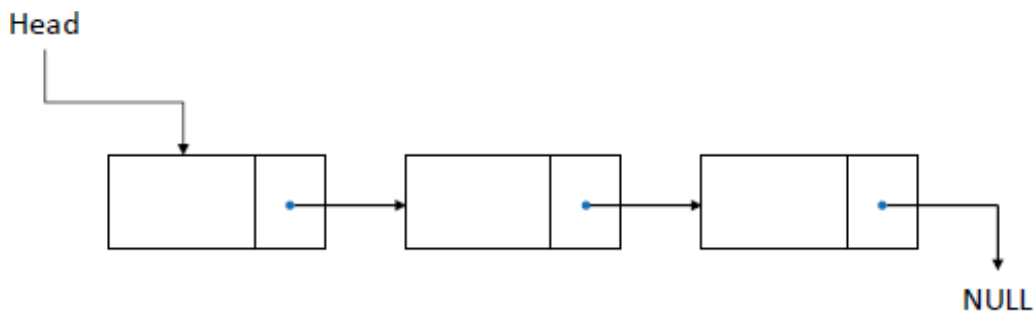
Prev: Prev
Prev->next
Target: Target
Target->next

Steps
1. Head = Prev → Head = Target
2. Prev->next = Target->next
3. Target->next = Prev



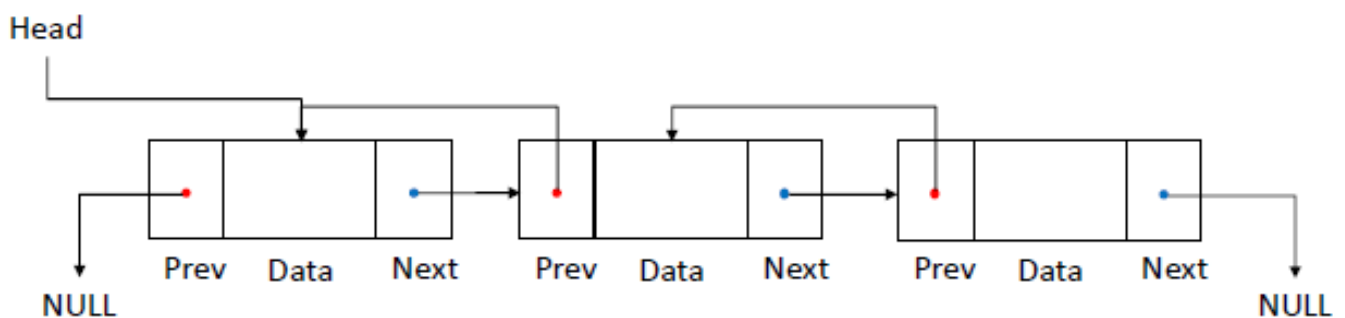
四、進階變體

1.單向鏈結串列 (Singly Linked List)：基礎形式，只能向後走訪。



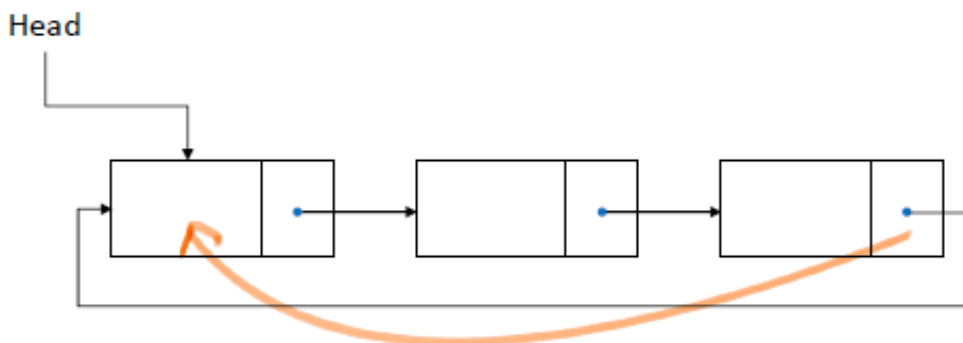
2.雙向鏈結串列 (Doubly Linked List)：每個節點多了一個 prev 指標指向前一個節點。

- 優點：可以雙向導覽，在已知節點的情況下，刪除操作更有效率。



3.環狀鏈結串列 (Circular Linked List)：最後一個節點的 next 指回 head。

- 應用：多人遊戲輪流機制、作業系統排程。



五、選擇排序法 (Selection Sort)

在鏈結串列上執行選擇排序有兩種方式：

1. 交換數值 (Swap Value)

- 邏輯：找到未排序部分的最小值，將其與當前節點的 data 交換。
- 優點：實作簡單，指標不動。

- 缺點：可能是不穩定排序 (Unstable) 。

2. 交換指標 (Swap Pointer/Node)

- 邏輯：重新調整節點間的鏈結關係，將節點「移動」到正確位置 。
- 優點：真正發揮鏈結串列「移動節點不需搬移資料」的優勢 。
- 常用技巧：使用 虛擬頭節點 (Dummy Node) 來簡化頭部變動的邊界處理 。