การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1

Computer Programming I

ตัวชี้ (Pointer)

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์

Emails : pinyotae+111 at gmail dot com, pinyo at su.ac.th

Web : http://www.cs.su.ac.th/~pinyotae/compro1/

Facebook Group : ComputerProgramming@CPSU

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

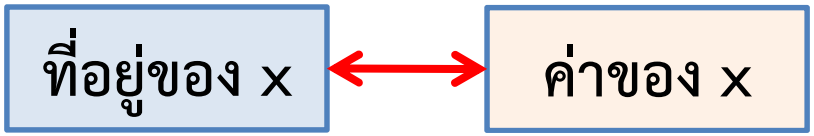
สัปดาห์ที่ 11

หัวข้อเนื้อหา

- ตัวชี้คืออะไร
- เราใช้ตัวชี้ทำอะไร
- ตัวดำเนินการ & ที่อยู่หน้าตัวแปร
- การประกาศและตัวอย่างการใช้ตัวชี้
- การประยุกต์ใช้ตัวชี้
  - เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ส่งไป โดยให้ผลที่ฟังก์ชันผู้เรียกด้วย
  - อาเรย์
  - การส่งคำตอบจากฟังก์ชันเมื่อมีคำตอบมากกว่าหนึ่ง

ตัวชี้คืออะไร

- เป็นชนิดข้อมูลประเภทหนึ่งและจัดเป็นชนิดข้อมูลขั้นสูง (เรานิยมเรียกตัวชี้แบบทับศัพท์ว่า pointer)
- ตัวชี้ไม่ได้เก็บข้อมูลโดยตรง แต่เก็บที่อยู่ของข้อมูลแทน
- โดยปรกติแล้วตัวแปรทุกตัวอยู่ในหน่วยความจำเครื่อง (RAM) และมีตำแหน่งที่อยู่กำกับไว้คล้ายเลขที่บ้าน



  - แท้จริงแล้วที่อยู่ของตัวแปร x กับค่าของ x เป็นของคู่กันตลอด
  - แต่ก่อนเราสนใจแต่ค่าของ x ไม่ได้สนใจที่อยู่ของ x
- **การรู้ที่อยู่ของ x จะทำให้เราอ่านหรือเปลี่ยนค่าของ x ได้**
  - การใช้ที่อยู่ของตัวแปรทำให้เราจัดการกับตัวแปรได้หลากหลายขึ้นมาก
  - ถ้าใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมันจะทำประโยชน์ในโปรแกรมได้มาก

เราใช้ตัวชี้หรือที่อยู่ของข้อมูลทำอะไร

- ใช้ก้าวข้ามขีดจำกัดของการรับส่งพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน
  - พารามิเตอร์ที่ส่งไปให้ฟังก์ชัน โดยปรกติแล้วจะเป็นตัวแปรทั่วไป ไม่ใช่ตัวชี้
  - เมื่อฟังก์ชันแก้ค่าพารามิเตอร์ในตัวแปรทั่วไป ค่าที่เปลี่ยนไปนั้นจะมีผลอยู่เฉพาะในฟังก์ชัน (เพราะมันเป็นแค่สำเนาของค่าที่ส่งไป)
  - <u>แล้วถ้าเราอยากให้ฟังก์ชันแก้ค่าตัวแปรต้นฉบับด้วยล่ะ จะทำอย่างไร?</u>
  - ที่จริงแล้วเราใช้ที่อยู่ของข้อมูลกับ scanf มาตลอด
- เราใช้ตัวชี้จัดการอาเรย์

  → แท้จริงแล้วอาเรย์เป็นตัวชี้แบบหนึ่ง คือมันชี้ไปที่ข้อมูลตัวแรกของอาเรย์
- เราใช้ตัวชี้จัดการข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแบบพลวัต (dynamic allocation)

ตัวดำเนินการ & ที่อยู่หน้าตัวแปร

- ณ จุดนี้มีแนวคิดสองอย่างที่แตกต่างกันแต่สัมพันธ์กัน คือ
  - ที่อยู่ของตัวแปร (address) ซึ่งเปรียบเหมือนเลขที่บ้านของตัวแปร
  - ตัวแปรที่ใช้บันทึกเลขที่บ้าน (ตัวชี้/pointer)
- ที่อยู่ของตัวแปรเป็นสิ่งที่มีมาตลอด และเราสามารถเรียกดูได้ผ่านการใช้เครื่องหมาย &
  - เช่น &x หมายถึงที่อยู่ของตัวแปร x
  - & เป็นสิ่งที่ใช้ได้กับตัวแปรทุกชนิด แต่ห้ามใช้กับค่าคงที่ทั่วไป เพราะค่าคงที่ทั่วไปไม่ใช่ตัวแปร
- แทนที่เราจะต้องคอยเขียนว่า &x อยู่ตลอด เราสามารถใช้ตัวชี้มาเก็บค่าที่อยู่ไว้ได้ เช่น int* ptr = &x; เป็นการเก็บที่อยู่ของตัวแปร x ไว้ที่ ptr

การประกาศตัวชี้

- การประกาศตัวชี้จะใช้ * ตามหลังชนิดข้อมูลของตัวแปรที่มันจะชี้ เช่น
  - int* เป็นตัวชี้ไปยังข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม
  - char* เป็นตัวชี้ไปยังข้อมูลชนิดอักขระ
  - double* เป็นตัวชี้ไปยังข้อมูลชนิดทศนิยมความเที่ยงทวีคูณ
- คำว่า int*, char*, และ double* ทำนองนี้เป็นชนิดข้อมูลในตัวของมันเอง
  - ย้ำว่าตัวชี้แท้จริงเป็นชนิดข้อมูล (data type) ขั้นสูงชนิดหนึ่ง
- การประกาศตัวชี้ก็คือการประกาศตัวแปร ดังนั้นจึงมีชนิดข้อมูล ตามด้วยชื่อ
  - เช่น int* px; char* pc; double* pd;
  - แม้ไม่ใช่เรื่องบังคับ แต่คนนิยมตั้งชื่อตัวชี้ให้มีตัวอักษร p หรือคำว่า ptr นำหน้า

การใช้ตัวชี้

- มีอยู่สองลักษณะ คือ
  1. ใช้บันทึกค่าที่อยู่ของตัวแปรที่เราสนใจ
  2. ใช้อ่านค่าหรือเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เราสนใจ
- การใช้งานในแต่ละลักษณะจะมีวิธีเขียนที่ไม่เหมือนกัน ดังนี้
  - ตอนบันทึกค่าที่อยู่ของตัวแปรที่เราสนใจ เราจะใช้ชื่อของตัวชี้ตรง ๆ เช่น

```
int* ptr;
int x = 5;
ptr = &x;
```

  - ตอนอ่านหรือเขียนค่าตัวแปรที่สนใจเราใส่ * ไว้หน้าชื่อตัวชี้

```
printf("%d", *ptr);
*ptr = 7;
printf("%d", x);
```

ดูตัวอย่างโปรแกรม

```
void main() {
   int* ptr;
   int x = 5;
   ptr = &x;

   printf("%d\n", *ptr);


   *ptr = 7;



   printf("%d\n", x);
}
```

เพราะ ptr เก็บที่อยู่ของ x ไว้ เมื่อเราใช้ *ptr มันจะดึงค่าของ x มาแสดง ตรงนี้จึงได้ผลเป็นเลข 5

ถ้าเราเขียน *ptr ไว้ที่ทางด้านซ้ายของเครื่องหมายเท่ากับ ตัวแปรที่มันชี้อยู่จะถูกเปลี่ยนค่าตามไปด้วย

ผลจาก *ptr = 7; ทำให้ค่า x เปลี่ยนเป็น 7 ตรงนี้ โปรแกรมจะพิมพ์เลข 7 ออกมา

การประยุกต์ใช้กับฟังก์ชัน

- จากหน้าที่แล้ว เพราะค่าตัวแปร x ถูกเปลี่ยนจากการใช้ *ptr = 7; แสดงว่าการใช้ตัวชี้หรือที่อยู่ของข้อมูลสามารถโยงไปถึงตัวแปรที่แท้จริงได้
- เพื่อสร้างความคุ้นเคย ลองมาใช้กับคำสั่ง scanf กันก่อนเลย

```
int x = 5;
int* ptr = &x;

scanf("%d", &x);
printf("%d\n", x);



scanf("%d", ptr);
printf("%d\n", x);
```

อันนี้เป็นการใช้ scanf ในรูปแบบที่เราคุ้นเคย เราใช้ &x ส่งที่อยู่ของตัวแปร x สังเกตได้ว่า scanf เปลี่ยนค่า x ได้เพราะมันแก้ค่า x ผ่านที่อยู่ของ x

เราส่งที่อยู่ของ x ผ่าน ptr แบบนี้ก็ได้ เพราะ ptr = &x

ทบทวนเรื่องการส่งค่าและเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์

```
int add_mult(int x, int y) {
    x = x + y;
    x = x * y;
    return x;
}

void main() {
    int x, y, result;
    x = 5;  y = 2;
    result = add_mult(x, y);

    printf("%d\n", x);

    printf("%d\n", result);
}
```

ได้เลข 5 เหมือนตอนต้น

ได้เลข 14

ย้อนกลับมาดูที่ scanf

- scanf ต่างกับฟังก์ชันที่แสดงมาเมื่อสักครู่ตรงชนิดของพารามิเตอร์
- พารามิเตอร์ที่ส่งไปให้ scanf ถูกเปลี่ยนค่าจริง ๆ
  แต่พารามิเตอร์ที่ส่งไปให้ add_mult ไม่ถูกเปลี่ยนค่า
- แสดงว่าในกรณีที่เราต้องการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรของคน
  เรียกใช้ฟังก์ชัน เราต้องใช้ที่อยู่ของข้อมูลหรือตัวชี้เป็นพารามิเตอร์

- แล้วเราจะประกาศฟังก์ชันที่ใช้ตัวชี้หรือที่อยู่ของข้อมูลได้อย่างไร ?

พารามิเตอร์ที่เป็นที่อยู่ของข้อมูลหรือตัวชี้

- พารามิเตอร์ที่รับที่อยู่ของตัวแปรหรือตัวชี้ได้ต้องมีชนิดข้อมูลเป็นแบบตัวชี้
- สมมติว่าเราต้องการแก้ให้ x ใน add_mult เป็นแบบตัวชี้เราก็ต้องใช้เครื่องหมาย * ตามหลังชนิดข้อมูลของ x เช่น

แบบเดิม

```
int add_mult(int x, int y) {
    x = x + y;    x = x * y;    return x;
}
```

แบบตัวชี้

```
int add_mult_ptr(int* x, int y) {
    *x = *x + y;
    *x = *x * y;
    return *x;
}
```

เปรียบเทียบผลลัพธ์

```
void main() {
  int x, y, result;
  x = 5;  y = 2;

  result = add_mult(x, y);
  printf("%d\n", x);
  printf("%d\n\n", result);

  result = add_mult_ptr(&x, y);
  printf("%d\n", x);
  printf("%d\n\n", result);
}
```

แบบเดิมไม่เปลี่ยนค่า x ดังนั้นตรงนี้แสดงค่าออกมาเป็น 5 และ 14 ตามลำดับ

แบบนี้ค่า x ที่ส่งไปจะได้รับการแก้ไขภายใน add_mult_ptr และมีผลกับ x ใน main ด้วย

พิมพ์ 14

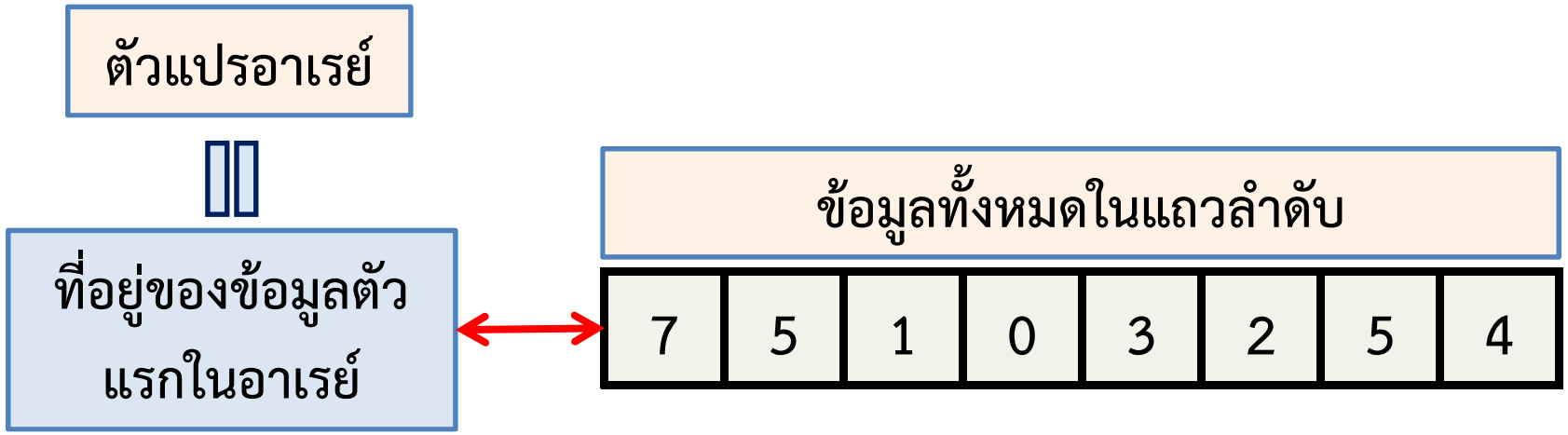
14

ขยายความเรื่องตัวชี้กับที่อยู่ของข้อมูล

- ตัวชี้ใช้เก็บที่อยู่ของข้อมูล ส่วนที่อยู่ของข้อมูลเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาคู่กับตัวแปร
- พารามิเตอร์ที่เราประกาศไว้ตรงหัวฟังก์ชัน เช่น
  int add_mult(int x, int y) และ int add_mult_ptr(int* x, int y)
  อยู่ในรูปตัวแปรตลอด เพราะเราไม่รู้ว่าคนเรียกจะใส่ค่าอะไรเข้ามา
- ตัวแปรพารามิเตอร์ทั่วไป (ตัวแปร y ในที่นี้) อาจจะรับค่าคงที่มาโดยตรง เช่น เลข 3 หรือ ตัวแปรจำนวนเต็มจาก main มาก็ได้
- ตัวแปรพารามิเตอร์แบบตัวชี้ (ตัวแปร int* x) อาจจะรับค่าคงที่ คือที่อยู่ของตัวแปรมาโดยตรง เช่น &x หรือจะรับตัวแปรชนิดตัวชี้จาก main มาก็ได้
  - นั่นคือ ถ้าหากว่าเรามี int* ptr = &x; ใน main เราเรียกฟังก์ชันโดยส่ง ptr ไปก็ได้ เช่น add_mult_ptr(ptr, y);

ตัวชี้กับแถวลำดับ

- แถวลำดับแท้จริงเป็นตัวชี้ในรูปแบบหนึ่ง การรู้จักวิธีส่งผ่านแถวลำดับไปเป็นพารามิเตอร์ของฟังก์ชันจะช่วยเราได้มาก
  → เราต้องเข้าใจพื้นฐานของตัวชี้ ที่ถูกต้องเสียก่อน
- ของสามอย่าง : ตัวแปรแถวลำดับ, ที่อยู่ของข้อมูล, และ ข้อมูลในแถวลำดับ
  - ค่าตัวแปรแถวลำดับที่จริงเก็บที่อยู่ของข้อมูลตัวแรกในแถวลำดับไว้
  - ตัวแปรแถวลำดับทำให้รูปแบบการอ้างถึงข้อมูลดูเข้าใจง่ายขึ้น



ทดลองใช้ตัวแปรแถวลำดับในฐานะตัวชี้

- จำไว้ว่าการอ่านเขียนข้อมูลที่ตัวชี้อ้างถึงอยู่ต้องใช้เครื่องหมาย * นำหน้า
- บ้านเลขที่มักเป็นเลขติดต่อกันไป ที่อยู่ของข้อมูลในแถวลำดับก็เป็นแบบนั้น

```
int A[3] = {6, 7, 8};
printf("array = %d %d %d\n",
     A[0], A[1], A[2]);


printf("array = %d %d %d\n",
     *(A+0), *(A+1), *(A+2));
```

เราไล่ตำแหน่งอาเรย์ตามลำดับ 0, 1, 2

แท้จริงมันก็คือการไล่ไปตามที่อยู่ของข้อมูลในช่องถัดไปนั่นเอง

- printf ทั้งสองให้ผลลัพธ์เหมือนกันทุกประการ เพราะแท้จริงการเขียนว่า A[0], A[1], A[2], ..., A[i] ก็คือ *(A+0), *(A+1), *(A+2), ..., *(A+i)

ส่งอาเรย์ไปเป็นพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน (1)

- มาดูรูปแบบที่ถูกต้องและใช้กันบ่อยสำหรับอาเรย์หนึ่งมิติ

```
double average(int A[], int n) {
    double sum = 0;
    int i;
    for(i = 0; i < n; ++i) {
        sum += A[i];
    }
    return sum / n;
}

void main() {
    int A[4] = {1, 2, 3, 4};
    double avg = average(A, 4);
    printf("%lf\n", avg);
}
```

ส่งอาเรย์ไปเป็นพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน (2)

- จะเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้กลายเป็นตัวชี้โดยชัดแจ้งก็ได้เช่นกัน

```
double average(int* A, int n) {
    double sum = 0;
    int i;
    for(i = 0; i < n; ++i) {
        sum += A[i];
    }
    return sum / n;
}

void main() {
    int A[4] = {1, 2, 3, 4};
    double avg = average(A, 4);
    printf("%lf\n", avg);
}
```

ถึงจะเขียนไว้ข้างบนว่าเป็นตัวชี้ แต่เราก็ใช้มันในรูปแบบอาเรย์ได้เหมือนกัน

ฟังก์ชันที่ต้องการให้ผลลัพธ์มากกว่าหนึ่งค่า

- โดยปรกติผลลัพธ์ของฟังก์ชันจะถูกส่งกลับไปหาผู้เรียกผ่านคำสั่ง return
- แต่คำสั่ง return คืนค่าได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น

  → มีปัญหากับฟังก์ชันที่มีผลลัพธ์มากกว่าหนึ่งค่า
- พิจารณากระบวนการรับผลลัพธ์จากฟังก์ชัน

  int result = add_mult(x, y);
  - เห็นได้ว่าเรามักมีตัวแปรมาเก็บผลลัพธ์เอาไว้
  - ตัวแปรเก็บผลลัพธ์แบบนี้มีได้แค่ตัวเดียว
  - สังเกตว่าพารามิเตอร์มีได้มากกว่าหนึ่งตัว
  - ถ้าเราส่งตัวแปรสำหรับเก็บคำตอบไปกับพารามิเตอร์

    → คำตอบจากฟังก์ชันก็จะมีได้มากกว่าหนึ่งตัว

การประยุกต์ใช้ตัวชี้เก็บผลลัพธ์จากฟังก์ชัน

เราสามารถระบุค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวชี้ได้ ซึ่งค่าที่ระบุไว้ในฟังก์ชันจะส่งผลกลับมาสู่ตัวแปรในฟังก์ชันที่เป็นผู้เรียกใช้ได้ (โดยมากผู้เรียกใช้คือ main)

ตัวอย่าง จงเขียนฟังก์ชันที่หาตัวเลขค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดในอาเรย์ขนาด n ช่องข้อมูล

วิเคราะห์

1. ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดนี้คือผลลัพธ์ซึ่งมีสองค่า
2. เราควรส่งตัวแปรเก็บผลลัพธ์ไปด้วยสองตัวคือ min และ max
3. ข้อมูลเข้าของฟังก์ชันคือ อาเรย์ A และจำนวนช่องข้อมูล n
4. แสดงว่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันจะมีทั้งหมดสี่ตัว A, n, min และ max

ฟังก์ชัน min_max

```
#include <limits.h>

void min_max(int* A, int N, int* min, int* max)
{
    *max = INT_MIN;
    *min = INT_MAX;
    int i;
    for(i = 0; i < N; ++i) {
        if(A[i] > *max) {
            *max = A[i];
        }
        if(A[i] < *min) {
            *min = A[i];
        }
    }
}
```

ทดสอบการใช้ min_max

```
void min_max(int* A, int N, int* min, int* max)
{
    …
}

int main() {
  const int N = 5;
  int Data[5] = {10, 20, 5, 8, 7};
  int min, max;
  min_max(Data, 5, &min, &max);
  printf("min and max = %d and %d.\n",
         min, max);

  return 0;
}
```

ตัวชี้กับอาเรย์พลวัต (dynamic array)

- โดยปรกติแล้วเราสร้างอาเรย์โดยกำหนดขนาดไว้ล่วงหน้า (ใช้ขนาดสูงสุดที่ต้องการใช้มาเป็นตัวกำหนดขนาด)
- แต่ในกรณีที่เราไม่ทราบขนาดล่วงหน้า เพราะมันเปลี่ยนไปตามข้อมูลที่ผู้ใช้มี เราต้องสร้างอาเรย์ขึ้นมาด้วยขนาดที่กำหนดในภายหลัง
- การสร้างอาเรย์จากขนาดที่ไม่แน่นอนทำได้ด้วยการจัดสรรหน่วยความจำแบบพลวัต (dynamic memory allocation)
- อาเรย์ที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่าอาเรย์พลวัต (dynamic array)
- เราใช้คำสั่ง malloc (Memory ALLOCation) สร้างอาเรย์พลวัตขึ้นมา เช่น int* A = (int*) malloc(1000 * sizeof(int));
  เป็นการสร้างอาเรย์พลวัตเก็บจำนวนเต็มจำนวน 1000 ตัว

สังเกตรูปแบบการเขียนโค้ดสำหรับอาเรย์พลวัต

1. เราปฏิบัติกับอาเรย์พลวัตในรูปของตัวชี้
2. คำสั่ง malloc จัดสรรพื้นที่เก็บข้อมูลเป็นจำนวนไบต์ให้เราตามต้องการ
   - เนื่องจากพื้นที่สำหรับเก็บจำนวนเต็มหนึ่งตัวคือ 4 ไบต์ ซึ่งหาได้อัตโนมัติจากคำสั่ง sizeof(int)
   - จำนวนเต็มพันจำนวนจึงต้องใช้พื้นที่ 1000 * sizeof(int)
3. คำสั่ง malloc ไม่ระบุชนิดข้อมูลที่อาเรย์จะเก็บ เราจึงต้องระบุไปโดยตรงว่าชนิดข้อมูลที่ต้องการเป็นแบบไหน จึงมีการทำ casting ระบุชนิดข้อมูลว่าเป็น (int*) คือตัวชี้ไปข้อมูลแบบจำนวนเต็มซึ่งก็คืออาเรย์เก็บจำนวนเต็มนั่นเอง

* เมื่อได้อาเรย์พลวัตมาแล้ว เราสามารถใช้ตัวชี้ดังกล่าวเหมือนอาเรย์ทั่วไปได้เลย

เรื่องควรใส่ใจเกี่ยวกับตัวชี้

- ตัวชี้เป็นแนวคิดที่คนจำนวนมากสับสน เพราะแยกไม่ออกระหว่างตัวแปรทั่วไปกับตัวแปรที่เป็นตัวชี้
- รูปแบบการเขียนของตัวชี้หรือที่อยู่ของข้อมูลค่อนข้างจะซับซ้อน
  → ต้องใส่ใจว่าควรจะใช้ * และ & หรือไม่ และใช้เมื่อใด
- ถ้าทำเรื่องนี้ผิด โปรแกรมเรามักจะแครช
  ความผิดพลาดทั่วไปจะให้แค่ผลลัพธ์ที่ผิด แต่ความผิดพลาดเกี่ยวกับตัวชี้อาจทำให้โปรแกรมหยุดทำงานไปเลย
- เราใช้ตัวชี้กับฟังก์ชันบ่อย ๆ เพื่อทำให้การส่งข้อมูลเป็นไปโดยสะดวกมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อคำตอบที่ต้องการจากฟังก์ชันมีมากกว่าหนึ่งตัว

แบบฝึกหัด 1: โปรแกรมจะพิมพ์อะไรออกมา

```
void change(int* px, int* py) {
   *px = 5;
   px = py;
}
int main() {
   int x = 0;
   int y = 1;
   int* px = &x;
   int* py = &y;
   change(px, py);

   *px = 2;
   printf("(x, y) = (%d, %d)\n", x, y);
}
```

เรามีคำสั่งเปลี่ยนค่า px ตรงนี้ให้เท่ากับ py คำถามมีอยู่ว่า จบฟังก์ชันไปแล้ว px ของ main จะชี้ไปที่ใคร

ภายใน change มีการเปลี่ยนค่าทั้ง *px และ px โดยมีการเขียนว่า *px = 5; และ px = py; แต่ว่าคำสั่งไหนบ้างที่มีผลหลังจากที่ฟังก์ชันจบการทำงานแล้ว

ตกลงคำสั่งนี้เปลี่ยนค่า x หรือเปลี่ยนค่า y กันแน่

แบบฝึกหัด 2: โปรแกรมนี้จะพิมพ์อะไรออกมา

```
void change(int* px, int* py) {
  px = py;
  *px = 5;
}

int main() {
  int x = 0;
  int y = 1;
  int* px = &x;
  int* py = &y;
  change(px, py);
  *px = 2;
  printf("(x, y) = (%d, %d)\n", x, y);
}
```