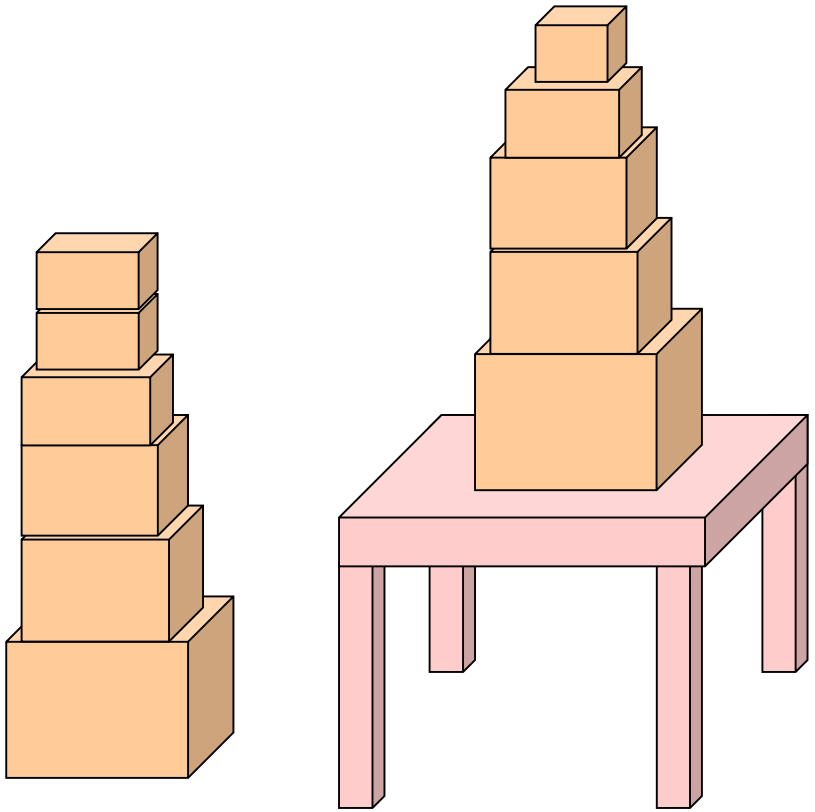
บทที่ 8

Stack

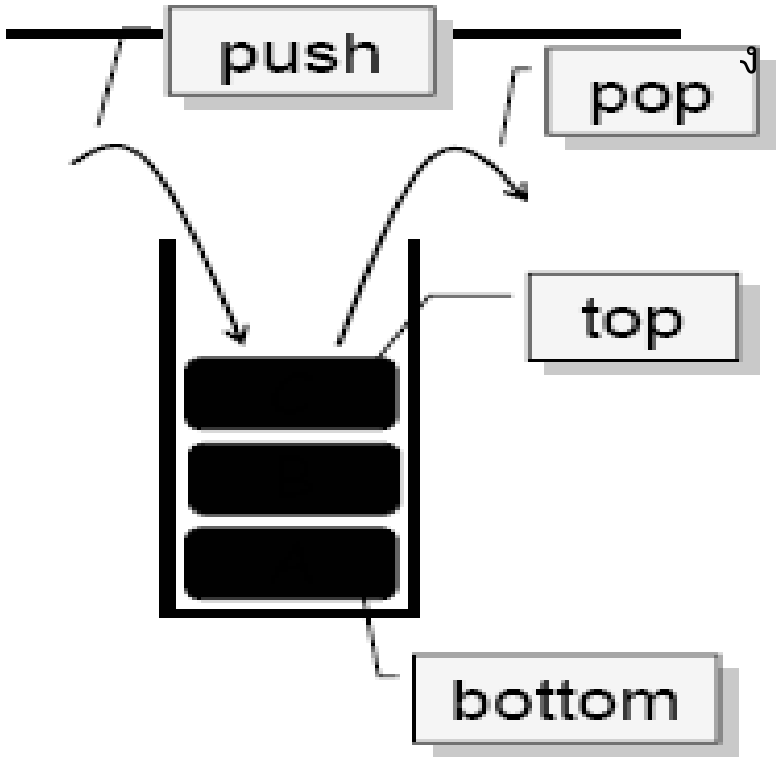
สุนทรี คุ้มไพโรจน์

โครงสร้างข้อมูลแบบกองซ้อน (Stacks)



LIFO : Last In First Out

โครงสร้างข้อมูลแบบ Stack



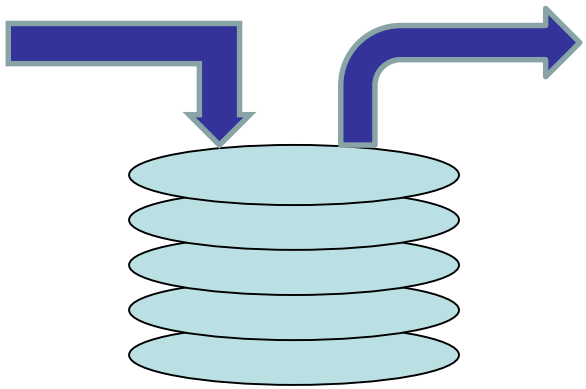
ที่มา อ.วีระ คงกระจ่าง http://www.pdp.ac.th/30220/index30220.html

ลักษณะของโครงสร้างข้อมูลแบบ Stack

- ข้อมูลที่เก็บใน Stack จะเก็บในลักษณะวางทับกัน เช่นเดียวกับการวางจานเรียงซ้อนกัน
- ข้อมูลตัวแรกจะเป็นข้อมูลที่อยู่ล่างสุดของ Stack
- ข้อมูลสุดท้ายจะเป็นข้อมูลที่อยู่บนสุดของ Stack

ลักษณะของโครงสร้างข้อมูลแบบ Stack

- เมื่อมีการนำข้อมูลออกจาก Stack ข้อมูลที่อยู่บนสุด ข้อมูลที่นำลงสู่Stack เป็นข้อมูลสุดท้าย เป็นข้อมูลที่จะต้องนำออกจาก Stack ก่อน การทำงานลักษณะนี้เรียกว่า LIFO (last-in-first-out)
- การนำข้อมูลเข้าและออกจาก stack จะกระทำที่ปลายข้างเดียวเท่านั้น



ตัวอย่างการใช้งาน stack

- เพื่อแปลงนิพจน์ทางคณิตศาสตร์
- การจัดลำดับการทำงานแบบ recursive
  หรือการเรียกใช้ฟังก์ชัน
- เป็นกลไกสำคัญในการทำงานของ compiler เช่น
  การตรวจสอบเครื่องหมาย { } ในภาษาซี
  หรือการตรวจสอบเครื่องหมายวงเล็บ

Implementation Stack

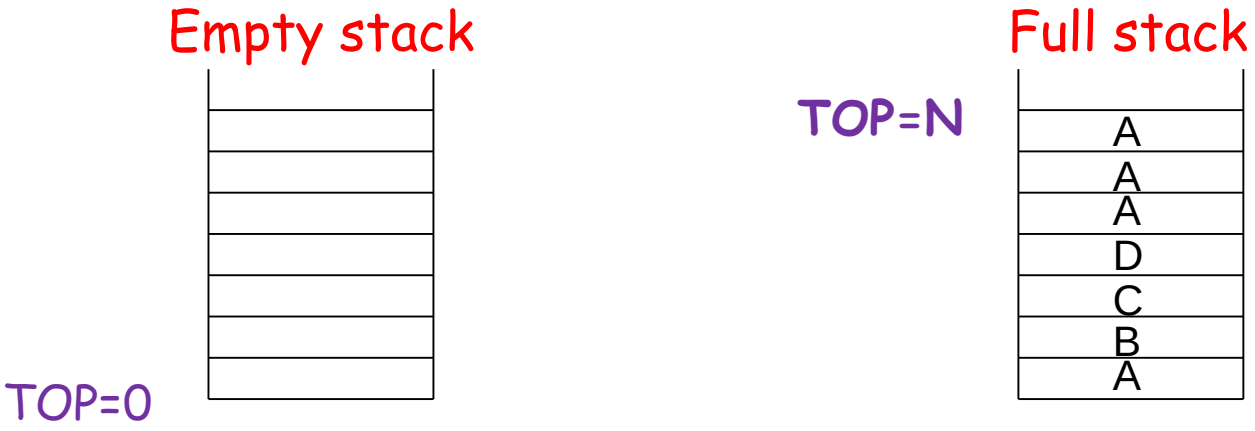
- **การ implement Stack ทำได้ 2 วิธี คือ**

  1. Array Implementation

  2. Linked List Implementation

Array representation of Stacks

- จำนวนข้อมูลสูงสุดของ stack คือ N (ขนาดของArray)
- ตัวแปร Top แทนจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ใน Stack
  - กรณีสแตกว่าง กำหนดให้ค่า TOP = 0
  - กรณี TOP=N เมื่อ N คือขนาดของสแตก แสดงว่าสแตกเต็ม



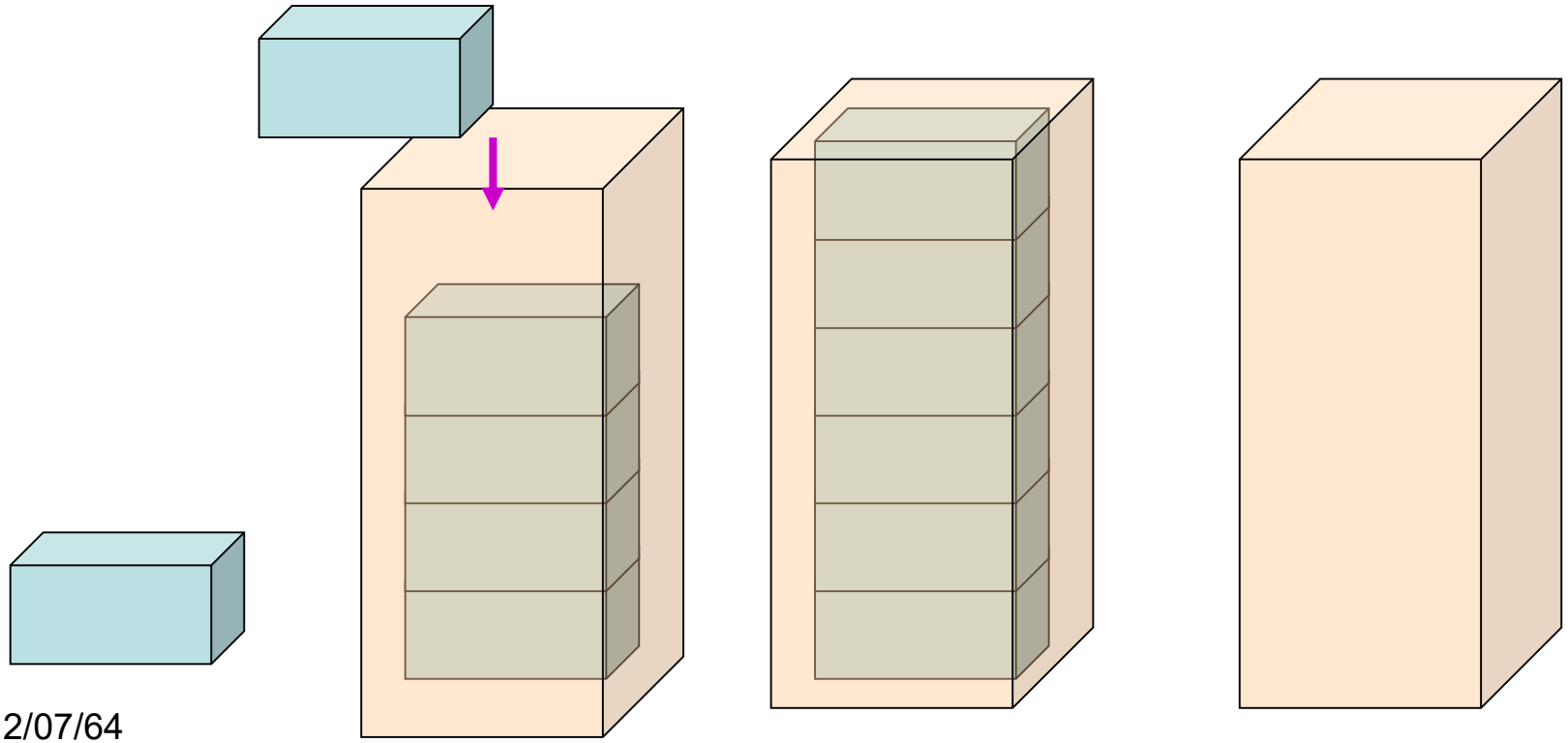
Operation ของ Stack

1. **Push Stack** เป็น operation สำหรับนำข้อมูลลงใน Stack
2. **Pop Stack** เป็น operation สำหรับนำข้อมูลออกจาก Stack

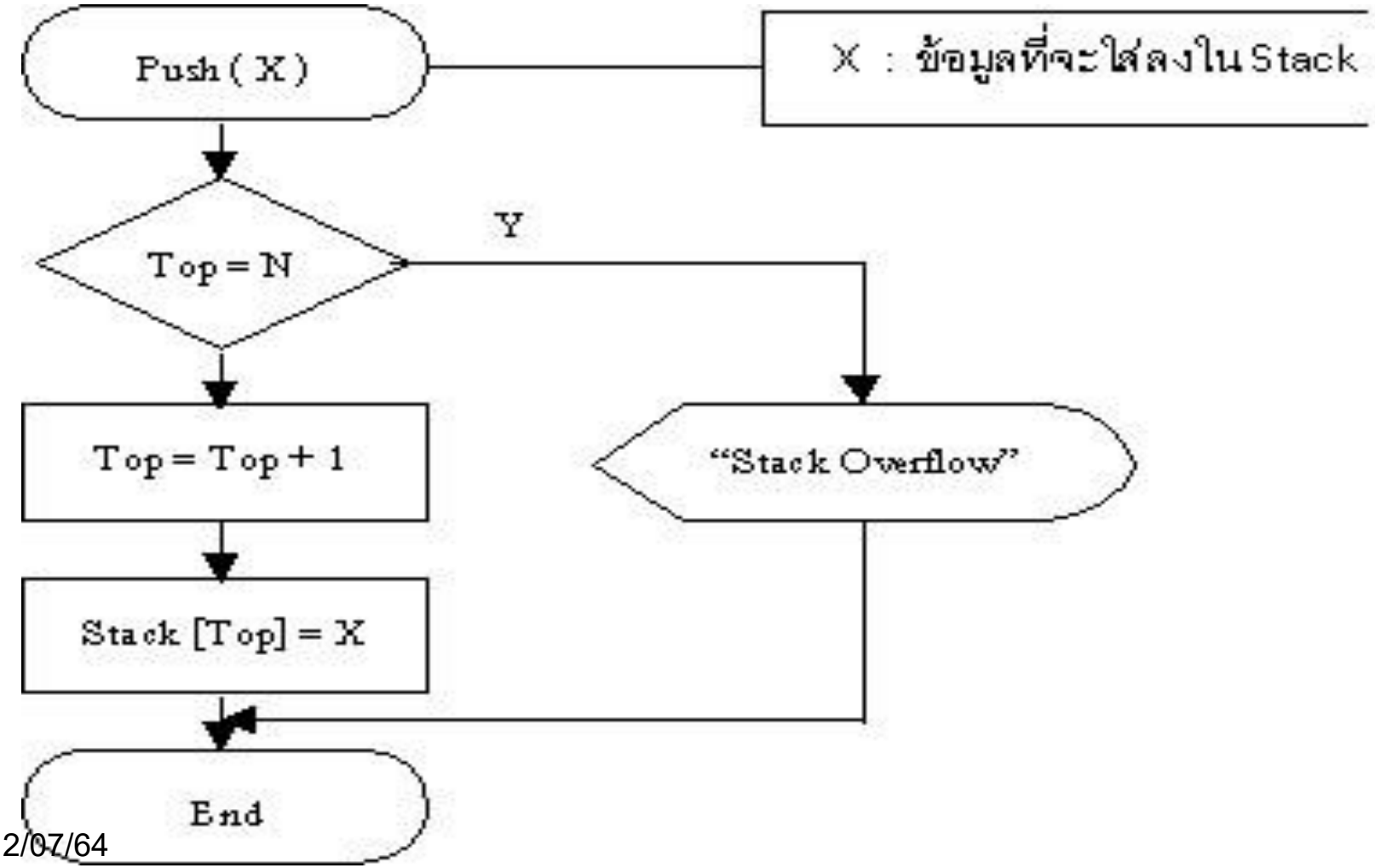
กองซ้อน เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ใช้สำหรับ

- แทรกวัตถุลงบนกอง (ถ้าไม่ล้น) push
- ลบวัตถุออกจากกอง (ถ้าไม่ว่าง) pop

โดยจะต้องกระทำที่ด้านบนสุดของกองซ้อนเสมอ

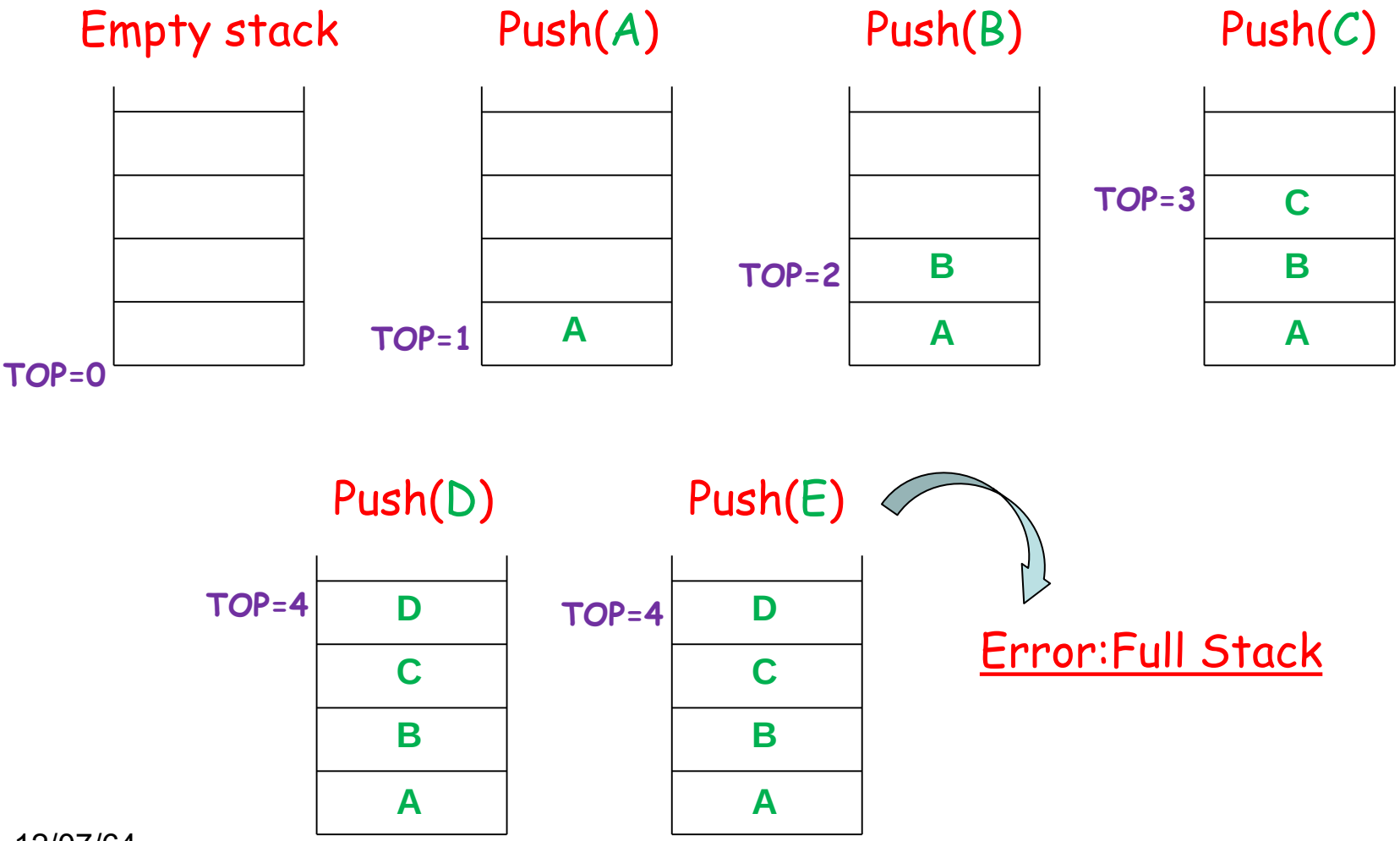


Flowchart

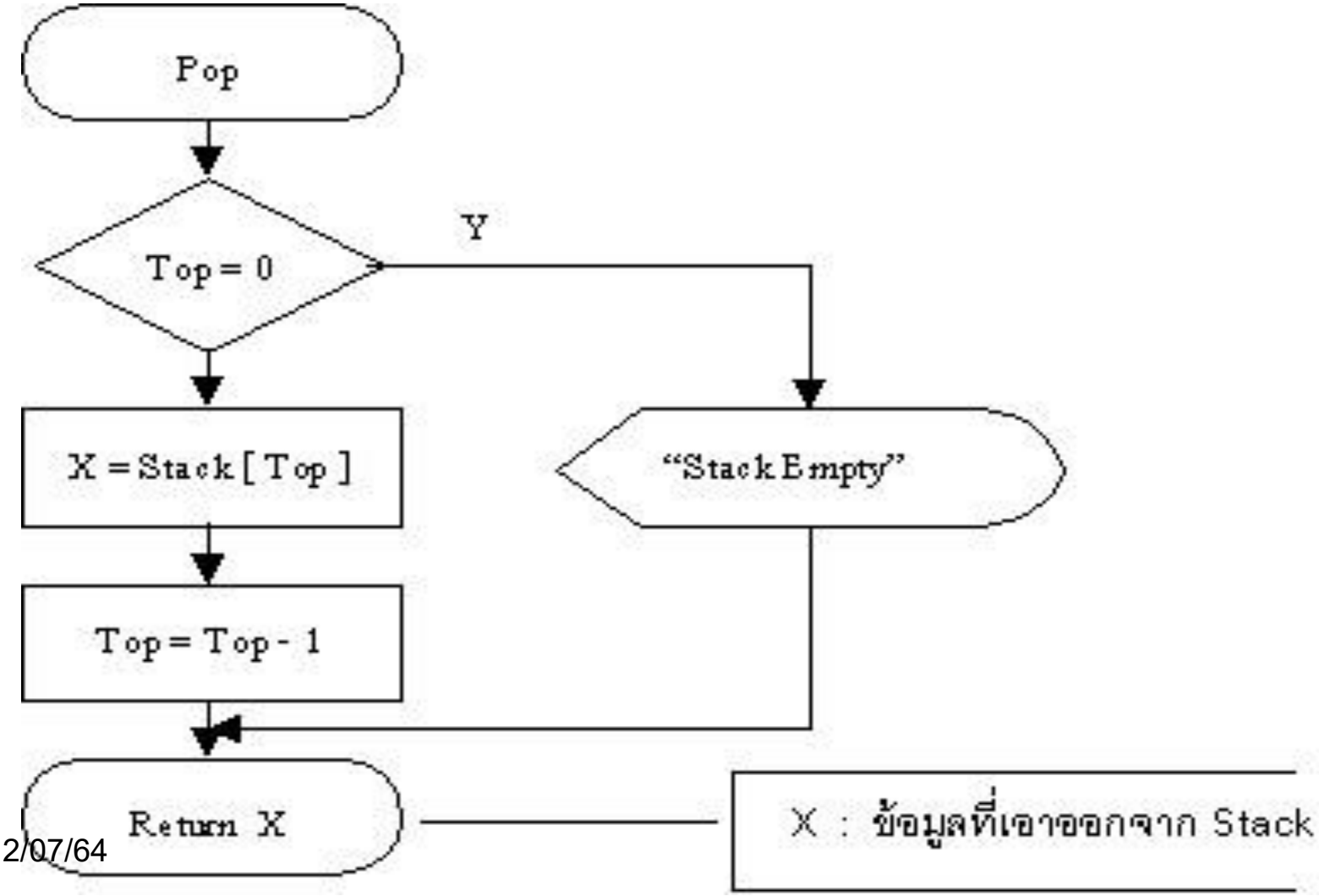

Push (X)
X : ข้อมูลที่จะใส่ลงใน Stack
Top = N
Y
Top = Top + 1
"Stack Overflow"
Stack [Top] = X
End

Stack

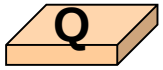
ตัวอย่าง PUSH โดยสมมติให้ ขนาดของ stack = 4



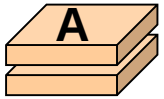
Flowchart


Pop
Top = 0
Y
X = Stack [Top]
"Stack Empty"
Top = Top - 1
Return X
X : ข้อมูลที่เอาออกจาก Stack

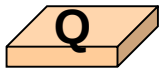
Push Q onto empty stack

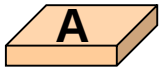


Push A onto stack



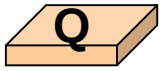
Pop a box from stack





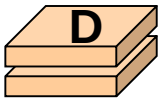
Pop a box from stack

empty

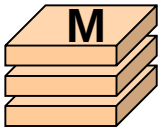


Push R onto stack

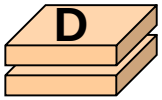
Push D onto stack



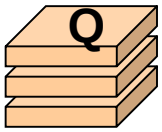
Push M onto stack



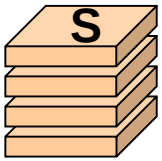
Pop a box from stack



Push Q onto stack



Push S onto stack



Push

Pop

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 1

(Stack1.c)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>

#define MAX 10

int stackdata[MAX];
int top =-1;

int Push(int what) {

    if (top<MAX-1) {
        top++;
        stackdata[top] = what;
        return 1;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)

```
int Pop() {
    int r;

    if (top>-1) {
        r=stackdata[top];
        stackdata[top]=0;
        top--;
        return r;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)

```
void main() {
    Push(7);
    Push(12);
    Push(23);
    Push(2);
    Push(33);
    Push(10);
    printf("Pop1=%d\n",Pop());
    printf("Pop2=%d\n",Pop());
    printf("Pop3=%d\n",Pop());
    printf("Pop4=%d\n",Pop());
    getch();
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

(Stack2.c)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>

#define MAX 10

int stackdata[MAX];
int top =-1;

int Push(int what) {

    if (top<MAX-1) {
        top++;
        stackdata[top] = what;
        return 1;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

```
int Pop() {
    int r;

    if (top>-1) {
        r=stackdata[top];
        stackdata[top]=0;
        top--;
        return r;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

```
void main() {
    Push(7);
    Push(12);
    Push(23);
    Push(2);
    Push(33);
    Push(10);
    for (int i=0;i<8;i++) {
          printf("Pop=%d\n",Pop());
    }
    getch();
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

(Stack3.c)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>

#define MAX 10

int stackdata[MAX];
int top =-1;

int Push(int what) {

    if (top<MAX-1) {
        top++;
        stackdata[top] = what;
        return 1;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

```
int Pop() {
    int r;
    if (top>-1) {
        r=stackdata[top];
        stackdata[top]=0;
        top--;
        return r;
    }
    return -1;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงการทำงานของ Stack ตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

```
void main() {
	Push(7);
	Push(12);
	Push(23);
	Push(2);
	Push(33);
	Push(10);
	for (int i=0;i<50;i++) {
		int result=Pop();

		if (result==-1) {
			printf("Stack is empty\n");
			getch();
			break;
		}
		printf("Pop=%d\n", result);
		getch();
	}
}
```

ตัวอย่างโปรแกรม stack4.c

```c
#define  MAX_STACK_SIZE  100
#define  TRUE            1
#define  FALSE           0

typedef struct int_stack_type {
    int     item[MAX_STACK_SIZE];
    int     top;
} Stack;

void initStack(Stack *s){
    s->top = -1;
}

int pushStack(Stack *s, int x){
    if (s->top >= MAX_STACK_SIZE -1)
        return FALSE;
    else {
        s->top++;
        s->item[s->top] = x;
        return TRUE;
    }
}
int popStack(Stack *s, int *x) {
    if (s->top <0)
        return FALSE;
    else {
        *x = s->item[s->top];
        s->top--;
        return TRUE;
    }
}

void printStack(Stack s){
    int i;

    printf("Stack:");
    for (i=0; i<=s.top; i++)
        printf("%d", s.item[i]);
    printf("\n");
}
```

```c
void main(){
    Stack s;
    int choice;
    int cont = TRUE;
    int x;

    initStack(&s);
    while (cont == TRUE){
        printf("Please select [1:push 2:pop  3:print  0:exit]
        scanf("%d", &choice);
        switch(choice){
        case 1:
            printf("Please enter a number to be pushed: ");
            scanf("%d", &x);
            if (!pushStack(&s,x))
                printf(" Error pushing into the stack\n");
            break;
        case 2:
            if (popStack(&s,&x))
                printf("The number %d is poped off\n",x);
            else
                printf(" Error popping from the stack\n");
            break;
        case 3:
            printStack(s);
            break;
        case 0:
            cont = FALSE;
            break;
        }
    }
}
```

การใช้ สแตค เพื่อแปลงรูปนิพจน์ทางคณิตศาสตร์

รูปแบบนิพจน์ทางคณิตศาสตร์

- นิพจน์ Infix คือ นิพจน์ที่เครื่องหมายดำเนินการ (Operator) อยู่ระหว่างตัวดำเนินการ (Operands) เช่น **A+B-C**
- นิพจน์ Prefix คือ นิพจน์ที่เครื่องหมายดำเนินการ (Operator) อยู่หน้าตัวดำเนินการ (Operands) เช่น **-+ABC**
- นิพจน์ Postfix คือ นิพจน์ที่เครื่องหมายดำเนินการ (Operator) อยู่หลังตัวดำเนินการ (Operands) เช่น **AB+C-**

ตัวอย่างนิพจน์คณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ

นิพจน์ Infix	นิพจน์ Postfix	นิพจน์ Prefix
• A+B-C	AB+C-	- +ABC
• A+B*C-D/E	ABC*+DE/-	- +A*BC/DE
• A*B+C-D/E	AB*C+DE/-	- +*ABC/DE

การแปลงนิพจน์ Infix ให้เป็น Postfix

- ข้อเสียของนิพจน์ infix ที่ทำให้คอมไพเลอร์ยุ่งยาก
- ลำดับความสำคัญของโอเปอร์เรเตอร์ **(Precedence)** มีความต่างกัน เช่น
  - เครื่องหมายยกกำลัง มีความสำคัญมากกว่าเครื่องหมายคูณ และหาร
  - เครื่องหมายคูณและหารมีความสำคัญมากกว่าเครื่องหมายบวกและลบ

การแปลงนิพจน์ Infix ให้เป็น Postfix

- เมื่อการประมวลนิพจน์ infix เป็นไปด้วยความยากที่การคำนวณไม่เป็นไปตามลำดับของเครื่องหมายโอเปอร์เรเตอร์(operator) ที่มีก่อนหลัง คอมไพเลอร์จึงแปลงนิพจน์ infix ให้เป็น postfix เสียก่อน
- นิพจน์ Postfix ก็คือนิพจน์ที่มีโอเปอเรเตอร์อยู่หลังโอเปอร์แรนด์(operand)ทั้งสองของมัน เช่น

AB+	หมายถึง	A+B
AB-	หมายถึง	A-B
AB*	หมายถึง	A*B

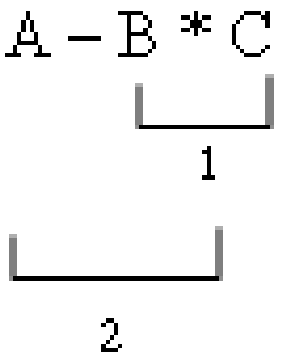
การแปลงนิพจน์ Infix ให้เป็น Postfix

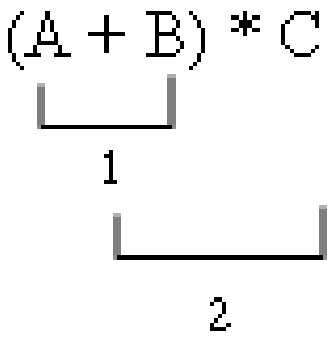
- Operator คือเครื่องหมายกระทำ + - * / ^
- Operand คือตัวแปรต่าง ๆ A,B,C,D,E เช่น A+B*C,(A*B)-C

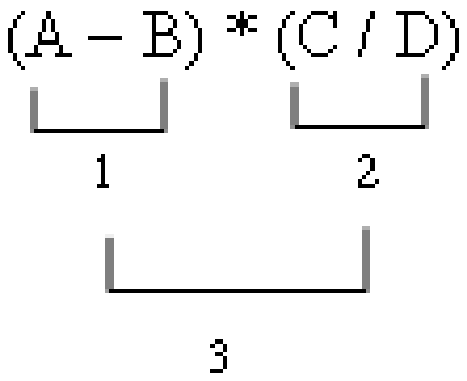
ลำดับความสำคัญ Operator

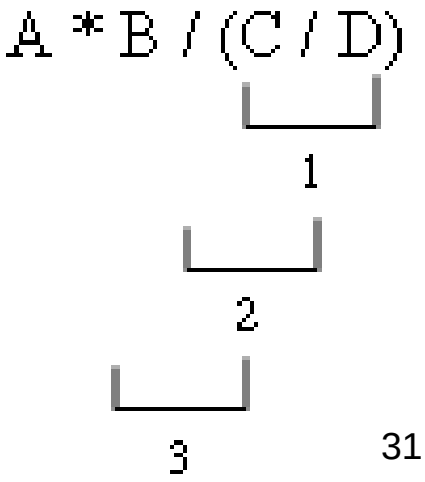
1. เครื่องหมายยกกำลัง ^
2. เครื่องหมายคูณกับหาร *,/
3. เครื่องหมายบวกกับลบ +,-
4. เครื่องหมายวงเล็บ ( ) กระทำก่อนเช่น A+(B*C)
5. เครื่องหมายระดับเดียวกันไม่มีวงเล็บให้ทำจากซ้ายไปขวา เช่น A+B+C

ตัวอย่างนิพจน์ทางคณิตศาสตร์และลำดับการคำนวณ









อัลกอริทึมการแปลงนิพจน์ Infix เป็น นิพจน์ Postfix

- เราสามารถแปลงนิพจน์ Infix ให้เป็น Postfix ได้โดยอาศัย **stack** ที่มีคุณสมบัติการเข้าหลังออกก่อนหรือ LIFO
  โดยมีอัลกอริทึมในการแปลงนิพจน์ ดังนี้

  1. ถ้าข้อมูลเข้า (input) เป็นตัวถูกดำเนินการ (operand)
     ให้นำออกไปเป็นผลลัพธ์ (output)

  2. ถ้าข้อมูลเข้าเป็นตัวดำเนินการ (operator) ให้ดำเนินการดังนี้
     2.1 ถ้า stack ว่าง

         ให้ push operator ลงใน stack

อัลกอริทึมการแปลงนิพจน์ Infix เป็น นิพจน์ Postfix

2.2 ถ้า stack ไม่ว่าง

ให้เปรียบเทียบ operator ที่เข้ามากับ operator ที่อยู่ในตำแหน่ง TOP ของ stack

2.2.1 ถ้า operator ที่เข้ามามีความสำคัญ > operator ที่ตำแหน่ง TOP ของ stack

ให้ push ลง stack

2.2.2 ถ้า operator ที่เข้ามามีความสำคัญ ≤ operator ที่ตำแหน่ง TOP ของ stack

ให้ pop stackออกไปเป็นผลลัพธ์

แล้วทำการเปรียบเทียบ operator ที่เข้ามากับ operator ที่ตำแหน่ง TOP ต่อไป

จนกว่า operator ที่เข้ามามีความสำคัญ > operator ที่ตำแหน่ง TOP ของ stack

แล้วจึง push operator ที่เข้ามานั้นลง stack

อัลกอริทึมการแปลงนิพจน์ Infix เป็น นิพจน์ Postfix

3. ถ้าข้อมูลเข้าเป็นวงเล็บเปิด

   ให้ push ลง stack

4. ถ้าข้อมูลเข้าเป็นวงเล็บปิด

   ให้ pop ข้อมูลออกจาก stack ไปเป็นผลลัพธ์

   จนกว่าจะถึงวงเล็บ เปิด

   จากนั้นตัดวงเล็บเปิดและปิดทิ้งไป

5. ถ้าข้อมูลเข้าหมด

   ให้ pop ข้อมูลออกจาก stackไปเป็นผลลัพธ์

   จนกว่า stack จะว่าง

ตัวอย่างการแปลงนิพจน์ Infix เป็นนิพจน์ Postfix

- **นิพจน์ A + B * C**

นิพจน์ Infix ข้อมูลเข้า (Input)	Stack เก็บตัวดำเนินการ	นิพจน์ Postfix ข้อมูลออก (Output)
A		A
+	+	A
B	+	AB
*	+*	AB
C	+*	ABC
		ABC*+

นิพจน์ (A * B) + (C / D)

นิพจน์ Infix ข้อมูลเข้า (Input)	Stack เก็บตัวดำเนินการ	นิพจน์ Postfix ข้อมูลออก (Output)
(	(	
A	(	A
*	(*	A
B	(*	AB
)		AB*
+	+	AB*
(	+(	AB*
C	+(	AB*C
/	+(/	AB*C
D	+(/	AB*CD
)	+	AB*CD/
		AB*CD/+

นิพจน์ A / B + (C – D)

นิพจน์ Infix ข้อมูลเข้า (Input)	Stack เก็บตัวดำเนินการ	นิพจน์ Postfix ข้อมูลออก (Output)
A		A
/	/	A
B	/	AB
+	+	AB/
(	+(	AB/
C	+(	AB/C
-	+(-	AB/C
D	+(-	AB/CD
)	+	AB/CD-
		AB/CD-+

นิพจน์ (A + B) * (C ^ D – E) * F

นิพจน์ Infix ข้อมูลเข้า (Input)	Stack เก็บตัวดำเนินการ	นิพจน์ Postfix ข้อมูลออก (Output)
(	(	
A	(	A
+	(+	A
B	(+	AB
)		AB+
*	*	AB+
(	*(	AB+
C	*(	AB+C
^	*(^	AB+C
D	*(^	AB+CD
-	*(-	AB+CD^
E	*(-	AB+CD^E
)	*	AB+CD^E-
*	*	AB+CD^E-*
F	*	AB+CD^E-*F
		AB+CD^E-*F*

ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

ในการคำนวณค่า Postfix ที่แปลงมาแล้ว

Compiler จะทำการคำนวณโดยใช้โครงสร้าง **stack** ช่วยอีกเช่นกัน

ขั้นตอนในการคำนวณ

1. อ่านตัวอักษรในนิพจน์ Postfix จากซ้ายไปขวาทีละตัวอักษร
2. ถ้าเป็นตัวถูกดำเนินการ(ตัวเลข)
   ให้ทำการ push ตัวถูกดำเนินการ(Operand)นั้นลงใน stack
   แล้วกลับไปอ่านอักษรตัวใหม่เข้ามา
3. ถ้าเป็นตัวดำเนินการ(Operator/เครื่องหมาย)
   ให้ทำการ pop ค่าจาก stack 2 ค่า
   โดยตัวแรกเป็นตัวถูกดำเนินการตัวที่ 2 และตัวที่ 1 ตามลำดับ

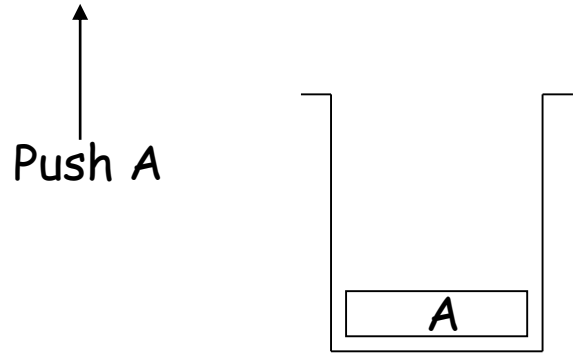
ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

4. ทำการคำนวณ ตัวถูกดำเนินการ(Operand)ตัวที่ 1
   ด้วยตัวถูกดำเนินการ(Operand)ตัวที่ 2
   โดยใช้ตัวดำเนินการ(Operator)ในข้อ 3
5. ทำการ push ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในข้อ 4 ลง stack
6. ถ้าตัวอักษรในนิพจน์ Postfix ยังอ่านไม่หมด
   ให้กลับไปทำข้อ 1 ใหม่

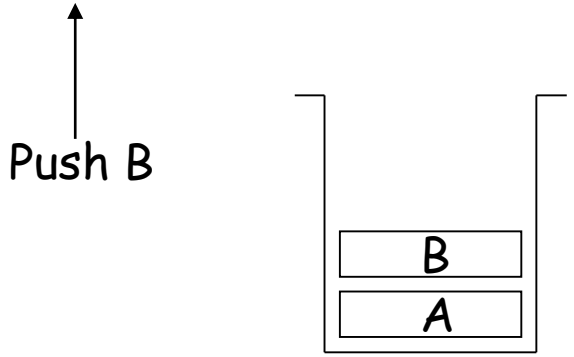
ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

ตัวอย่าง ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix ABC+D-*E/

1. ABC+D-*E/

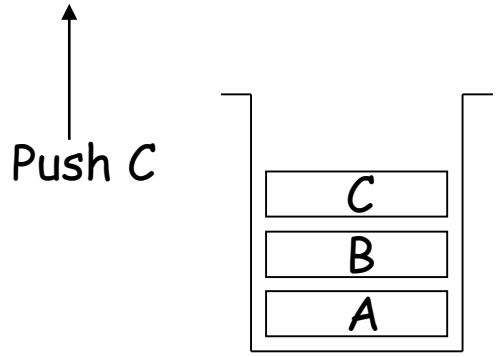


2. ABC+D-*E/

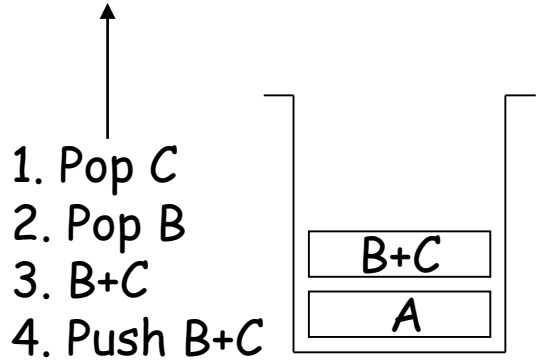


ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

3. ABC+D-*E/

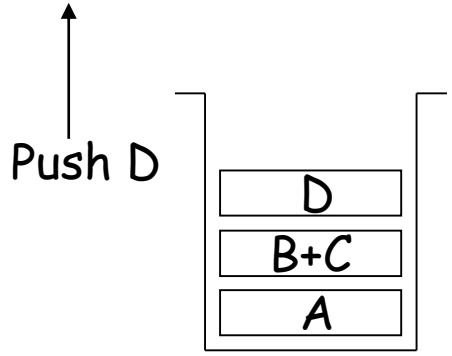


4. ABC+D-*E/

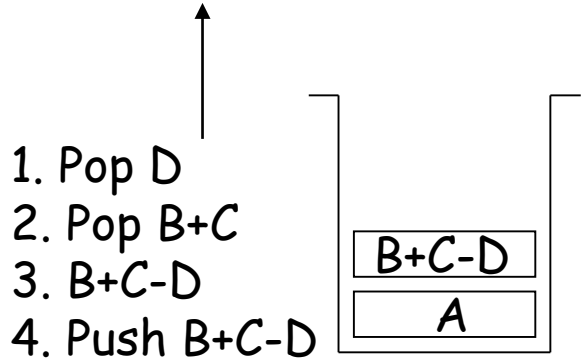


ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

5. ABC+D-*E/

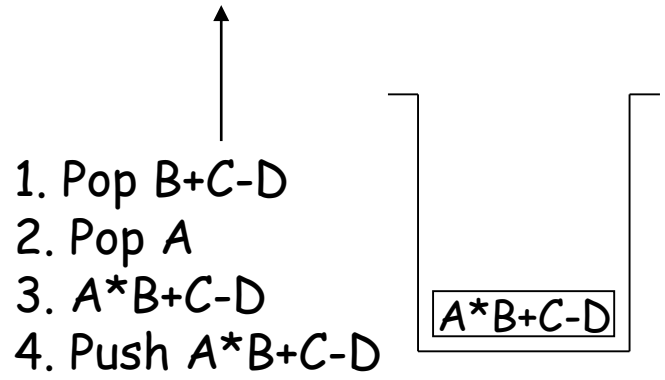


6. ABC+D-*E/

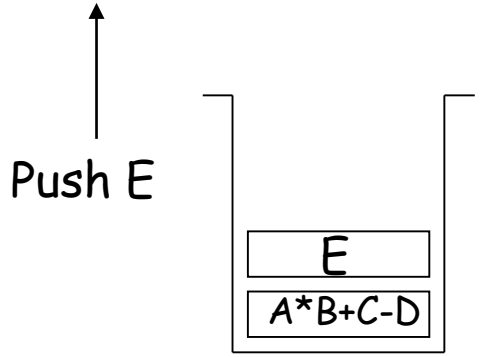


ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

7. ABC+D-*E/

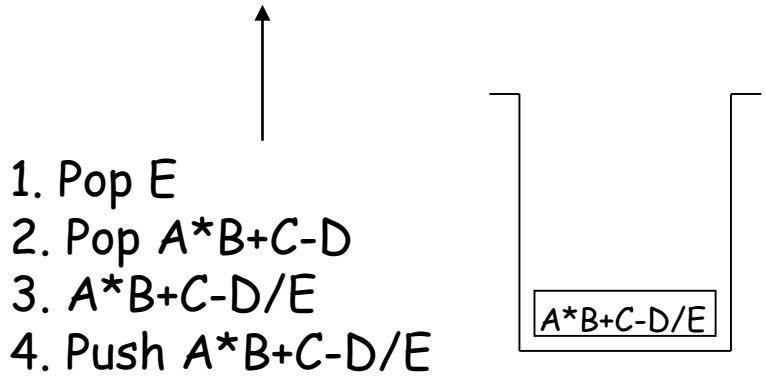


8. ABC+D-*E/



ขั้นตอนการคำนวณจากนิพจน์ Postfix

9. ABC+D-*E/



10. ค่าสุดท้ายที่อยู่ในสแตกคือคำตอบที่ต้องการ

Postfix Expression

ใช้เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์จาก postfix

1. ถ้าเป็น Operand ให้ push ลง stack
2. ถ้าเป็น Operator ให้ pop operand มา 2 ตัว โดยให้ตัวที่ pop มาทีหลังเป็นตัวตั้ง คำนวณแล้ว push ลง stack
3. ตัวที่อยู่ใน stack จะเป็นผลลัพธ์

Postfix :12 7 3 - / 2 1 5 + * *

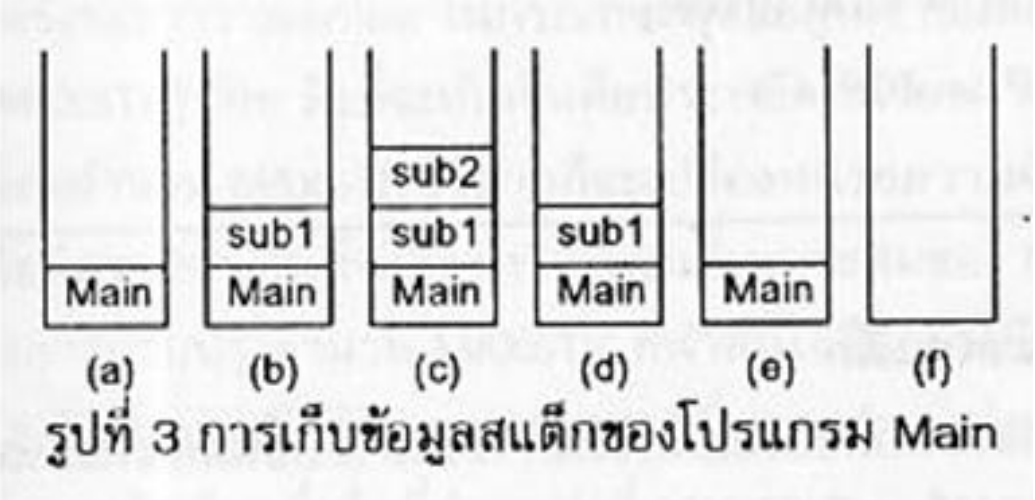
12	NON	12
7	NON	12 7
3	NON	12 7 3
-	7-3 = 4	12 4
/	12/4 = 3	3
2	NON	3 2
1	NON	3 2 1
5	NON	3 2 1 5
+	1+5 = 6	3 2 6
*	2*6 = 12	3 12
*	3 * 12 = 36	36

Function Call

- การเรียกใช้ Function หรือ Procedure หรือโปรแกรมย่อยในภาษาที่ไม่มีการ Recursive
- เมื่อมีการเรียกใช้ Function จะทำการ Push Function ไปยัง **Stack**
- เมื่อมีการ Return หรือจบการทำงานของ Function จะต้อง Pop Function ออกจาก Stack

การเรียกใช้โปรแกรมย่อย

- การเรียกโปรแกรมย่อยมีความแตกต่างกับการกระโดดทั่วไป
- ภายหลังที่โปรแกรมย่อยทำงานเสร็จ หน่วยประมวลผลจะต้องสามารถกระโดดกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไปได้
- **ดังนั้นการเรียกใช้โปรแกรมย่อยนั้น ต้องเก็บตำแหน่งของคำสั่งที่ทำงานอยู่**เดิมด้วย และ**เมื่อจบโปรแกรมย่อยโปรแกรมจะต้องกระโดดกลับมาทำงานที่เดิม** โดยใช้ข้อมูลที่เก็บไว้



รูปที่ 3 การเก็บข้อมูลสแต็กของโปรแกรม Main

```
PROGRAM MAIN
.....
CALL Sub1
PRINT Q
....
END MAIN
PROCEDURE Sub1
....
CALL Sub2
A:=A+B
...
END Sub1
PROCEDURE Sub2
...
END Sub2
```

Balancing Symbols

Example :

{x+(y-[a+b])*c-[(d+e)]}/(h-(j-(k-[l-n])))

การตรวจสอบอักขระสมดุล(Balancing Symbol)

- คอมไพเลอร์ได้นำแนวคิด Stack มาประยุกต์ โดยมีวิธีการดังนี้
- 1. ให้อ่านอักขระทีละตัว
- - ถ้าอักขระเป็นอักขระเปิด เช่น {,(,[เป็นต้น ให้ PUSH ลง stack
- - ถ้าอักขระเป็นอักขระปิด เช่น },),] เป็นต้น ให้ตรวจสอบว่าอักขระบน TOP ของ stack เป็นอักขระเปิดที่คู่กันหรือไม่
- - ถ้าใช่ ให้ POP อักขระนั้นออกจาก stack
- - ถ้าไม่ใช่ ให้แสดงผล error
- 2. เมื่ออ่านอักขระหมดแล้ว แต่ stack ไม่เป็น stack ว่าง ให้แสดงผล error

การใช้ สแตก เพื่อแปลงเลขฐาน10 เป็นเลขฐาน 2

Algorithm

1. loop (number > 0)
   1.1 b = number modulo 2
   1.2 push (stack,b)
   1.3 number = number / 2
2. loop (not empty(stack))
   2.1 pop(stack)

ตัวอย่าง: 11 ---> 1011