

Stack (Push Down Stack)

Data Structures & Algorithms

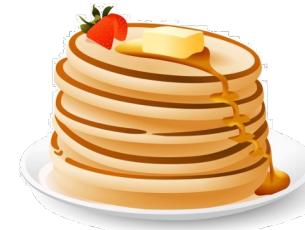
In this course, Data Structures & Algorithms :

1. **Data Structures** → abstract data types :

stack, queue, linked list, trees, heap, graph.

2. **Algorithms** : recursion, complexity (algorithm analysis) , hashing, searching, sorting.

Stack



Stacks กองของ

Stack

Stack : กองของ ของในกองมีลำดับ ordered collection of items
มีปลายด้านบนเรียก **top** ของ **stack**
เอาของเข้า (**push**) ออก (**pop**) ที่ **top** ของ **stack**

LIFO
Last in First out

อันสุดท้าย ถูกเอาออกก่อน



Queue

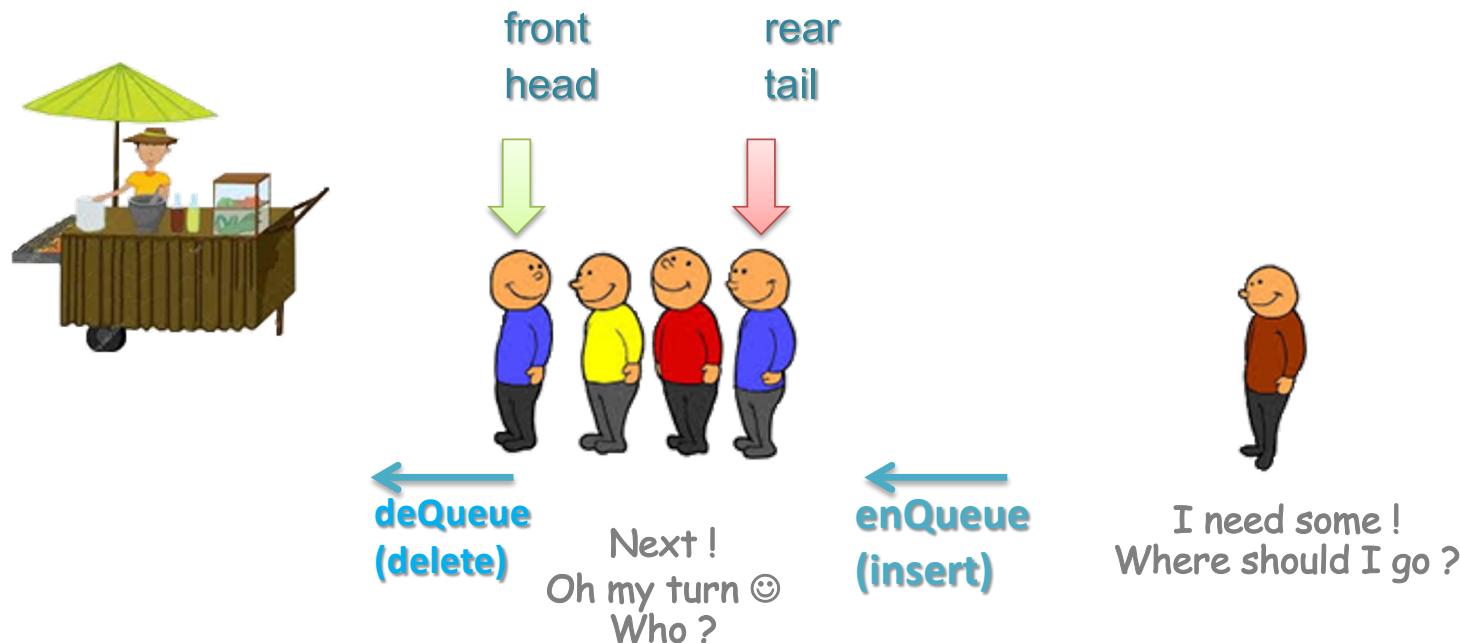


Queue ແກວຄອຍ
?

Queue แควค้อຍ

Queue : แควค้อຍ ของໃนແກມີລຳດັບ ordered collection of items
ມີປາຍດ້ານທີ່ເຮັດວຽກ **rear/tail** ສໍາຮັບໄສຂອງເຂົ້າ (**enQueue**)
ແລະອືກດ້ານທີ່ເຮັດວຽກ **front/head** ສໍາຮັບເອົາຂອງອອກ (**deQueue**)

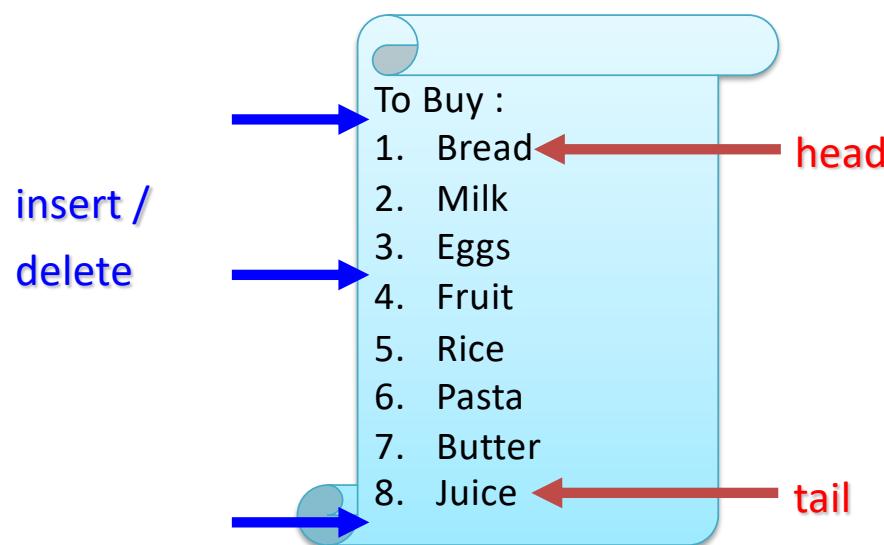
FIFO List
FirstInFirstOut



list

List : ordered collection of items ของใน list มีลำดับ
ใส่ของเข้า (insert) เอาของออก (delete) ที่ได้ก็ได้

Superset of **Stack & Queue**



Stack Applications

1. Parenthesis Matching
2. Evaluate Postfix Expression
3. Infix to Postfix Conversion (Reverse Polish Notation)
4. Function Call (clearly see in recursion)

Parenthesis Matching

✗ (a+b-c * [d+e] / { f* (g+h) })

✗ (a+b-c } * [d+e] / { f* (g+h) })

✗ (a+b-c) * [d+e] }

☺ (3 + 2) / { 4**5 }

Match ?

Algorithm ?

Parenthesis Matching

random
↓
$$[(a+b)^* \{ (d+e)^{-3} \}]$$

↑ ↑

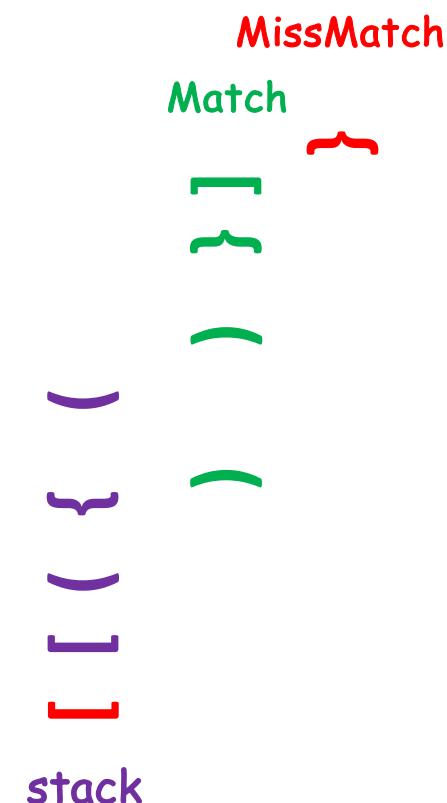
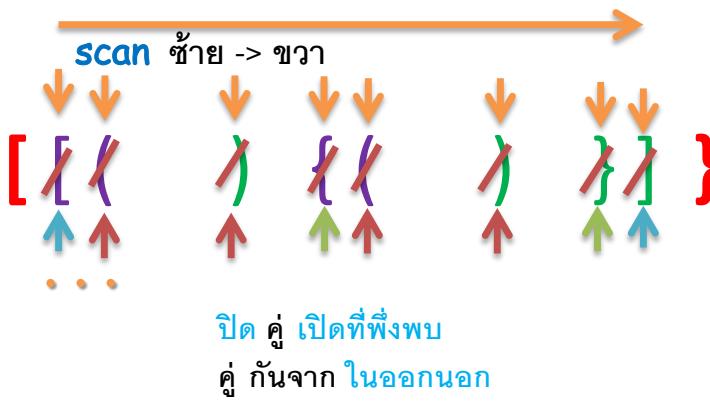
1. **Simulate** เลียนแบบ
 - Data Structure : Python List
 - Expensive
2. **Use Stack**

1. Repeat สุ่มคำแห่ง (until จะ || not match)
2. Scan ออกร่องข้าง
3. if Left == open paren & Right == close paren
4. if match :
5. Check out.
6. goto 2
7. else จะ : Not match.
8. else goto 1

Parenthesis Matching

[(a+b)*{ (d+e)-3}]

เพื่อให้เห็นชัด
Clear out
ส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง
scan



Stack Implementation

Logical ADT :

Implementation ?

1. Data : ของมีลำดับ มีปลายบน Python List

2. Methods :

1. init empty stack init() $S = []$

2. insert i ที่ top push(i) $S.append(i)$ ใส่ท้าย

3. เอาของที่ top ออก $i = pop()$ $i = S.pop()$ จับท้าย

4. ดูของที่ top (ไม่เอาออก) $i = peek()$

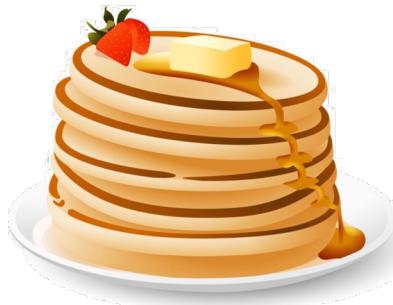
5. stack empty ? $b = isEmpty()$

6. stack full ? $b = isFull()$

7. หาจำนวนของใน stack $i = size()$ Last in First out



Stack Data Implementation



1. Data :

`__init__()` : constructor ให้ค่าตั้งต้น

↑ ↑
2 underscores 2 underscores

2 underscores 2 underscores

Data Implementation : __init__()

1. Data Implementation : Stack กองของซ้อนกัน ของมีลำดับ มีปลายด้านบน -> Python List

ทำใน constructor

`self` คือ object ที่เรียก method ในแต่ละครั้ง

เช่น `s = Stack()`

`self` หมายถึง `s` เมื่อเรียก `s = Stack(s)`

`self` จะถูก pass เป็น arg. ตัวแรก โดยอัตโนมัติ

docstring : ใน triple quote
`print(Stack.__doc__)`
→ docstring

constructor
ถูกเรียกโดยอัตโนมัติเมื่อ
instantiate instance ใหม่

items
[]
size
0

```
class Stack:  
    """ class Stack  
        create empty stack  
    """  
    total = 0      # class data  
    def __init__(self):  
        self.items = []  
        self.size = 0  
    Stack.total += 1
```

```
s = Stack()  
print(s.items)  []  
print(s.size)   0  
s2 = Stack()  
print(s.total) → 2
```

Class Data

สำหรับทุก stack

items , size:

Instance Attributes /data

สำหรับแต่ละ instance

เรียกชื่อ class :

สร้าง object ใหม่ (instantiate instance/obj)

ไปเรียก constructor พังก์ชั่น __init__()

Mutable Type Default Argument

Default argument :

ให้ = ค่านี้ เมื่อไม่มีการ pass ค่ามา

ค่า default จะถูกสร้างขึ้นครั้งเดียว

ณ function definition ใน scope ที่ define function

ต้องระวัง เมื่อเป็น mutable type

```
def f( L= [] ):  
    print(L)  
    L.append(1)
```

```
f()  
f()  
f([2])  
f()
```

ถ้า f() เป็น constructor ของ stack
จึง init empty stack เพียงครั้งแรกเท่านั้น ทางแก้ →

output
[]
[1]
[2]
[1, 1]

default L → [1, 1, 1]

L → [2, 1]

```
def f(L = None):  
    if L is None:  
        L = []  
    else :  
        pass
```

```
L.append(1)
```

```
f()  
f()
```

default L → None

L
[1]

`__init__()` with Default Argument

```
class Stack:  
    """ class Stack  
        default : empty stack /  
        Stack([list])  
    """  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list
```

default argument
ถ้าไม่มีการ pass arg. มา
list = None
ถ้า pass arg. มา
list = ตัวที่ pass มา

```
s = Stack()  
s1 = Stack(['A', 'B', 'C'])
```

ไม่เหมือนกับ C++ & Java ใน Python มี constructor ได้ตัวเดียว

Stack Operation Implementation



1. Data :

`__init__()` : constructor ให้ค่าตั้งต้น

2. Methods (Operations) :

2. `push()` : ใส่ ด้านบน **top**

3. `pop()` : เอาออก ด้านบน **top**

4. `peek()` : ดู **top** ไม่เอาออก

5. `isEmpty()` : stack ว่าง ?

6. `size()` : มีของกี่อัน

push()

```
class Stack:  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list  
        self.size = len(self.items)  
  
    def push(self, i):  
        self.items.append(i)  
        self.size += 1
```

Check Stack Overflow ?

-> No

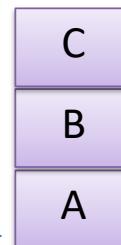
Python list automatically expanding size

list.append (i): insert i ที่ท้าย list

s.items

```
s = Stack()  
s.push('A')  
s.push('B')  
s.push('C')
```

[]
['A']
['A', 'B']
['A', 'B', 'C'] →



pop()

```
class Stack:  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list
```

```
def pop(self):    # remove & return อันบนสุด  
    return self.items.pop()
```

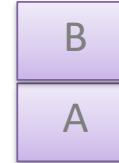
อย่าลืม return !!!

list.pop() : delete ตัวสุดท้ายของ list

list.pop(i) : delete ตัวที่ index i ของ list

```
print(s.items)  
print(s.pop())  
print(s.pop())  
s.pop()
```

['A' , 'B']
B
A
error Stack Underflow



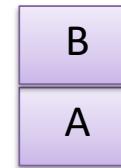
peek()

```
class Stack:  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list  
  
    def peek(self):      # return อันบนสุด  
        return self.items[ -1 ]
```

-1 : last index

```
print(s.items)  
print(s.peek())  
print(s.items)
```

['A' , 'B']
B
['A' , 'B']

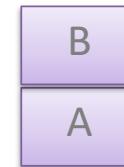


isEmpty()

```
class Stack:  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list  
  
    def isEmpty(self):  
        return self.items == []    return len(self.items) == 0
```

```
print(s.items)  
print(s.isEmpty())
```

['A', 'B']
false



size()

```
class Stack:  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list
```

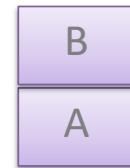
```
def size(self):  
    return len(self.items)
```

```
print(s.items)
```

['A' , 'B']

```
print(s.size())
```

2



Stack Implementation

```
class Stack:  
    """ class Stack  
        default : empty stack / Stack([...])  
    """  
  
    def __init__(self, list = None):  
        if list == None:  
            self.items = []  
        else:  
            self.items = list
```

```
def __str__(self):  
    s = 'stack of '+ str(self.size())+' items : '  
    for ele in self.items:  
        s += str(ele) +' '  
    return s
```

__str__() ต้อง return string

```
def push(self, i):  
    self.items.append(i)  
  
def pop(self):  
    return self.items.pop()  
  
def peek(self):  
    return self.items[-1]  
  
def isEmpty(self):  
    return self.items == []  
  
def size(self):  
    return len(self.items)
```

s1 = Stack([1,2,3])

print(s1.items) [1, 2, 3]

print(s1) stack of 3 items : 1 2 3

Writing Code

```
Def parenMatch(s) :  
    # code? គីទ?
```



Design

Code : difficult

```
if openParen(c) :  
    s.push(c)  
elif closeParen(c) :  
    ch = s.pop()  
    match = isMatch(c, ch)
```



Pseudocode : easier

```
if (c is an open parenthesis)  
    push c to stack s  
else if (c is an close parenthesis)  
    pop ch from stack s  
    if (ch matches c)  
        match = true  
    else match = false
```



Python : Parenthesis Matching

```
def parenMatching(str):
    s = Stack()
    i = 0                      # index : str[i]
    error = 0

    while i < len(str) and error == 0:
        c = str[i]
        if c in '{[(':
            s.push(c)
        else:
            if c in '}]':
                if s.size() > 0:
                    if not match(s.pop(),c):
                        error = 1      # open & close not match
                    else:           # empty stack
                        error = 2      # no open paren
        i += 1

        if s.size() > 0:          # stack not empty
            error = 3             # open paren(s) excesses
    return error,c,i,s
```

```
str = '[{a+b-c'
err,c,i,s = parenMatching(str)
if err == 1:
    print(str , 'unmatch open-close ')
elif err == 2:
    print(str , 'close paren excess')
elif err == 3:
    print(str , 'open paren(s) excess ', s.size(),'')
for ele in s.item:
    print(ele,sep=' ',end = " ")
print()
else:
    print(str, 'MATCH')
```

```
def match(open, close):
    return (open == '(' and close == ')') or \
           (open == '{' and close == '}') or \
           (open == '[' and close == ']')
```

```
def match2(op,cl):
    opens = "{[("
    closes = "])}"
    return opens.index(op) == closes.index(cl)
```

Stack Application

1. **Parenthesis Matching**
2. **Evaluate Postfix Expression**
3. **Infix to Postfix Conversion (Reverse Polish Notation)**
4. **Function Call (clearly see in recursion)**

Postfix Notation (Polish Notation)

Infix Form

a + b

Prefix Form

+ a b

Postfix Form

a b +

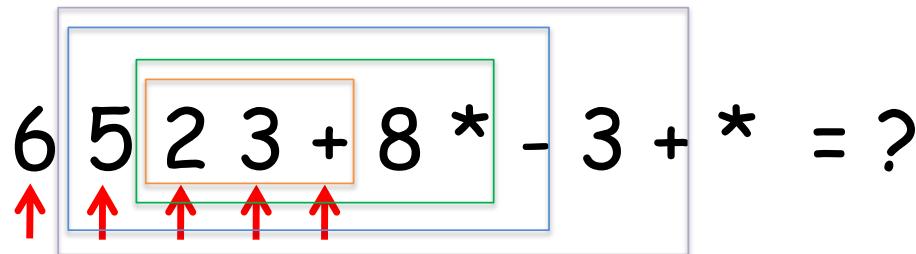
a + b * c

+ a * b c

a b c * +

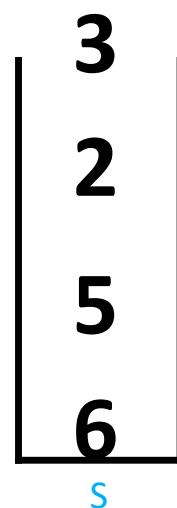
Evaluate Postfix Notation

Postfix Notation มีชื่อรวมชาติเป็น **stack**: **operator** เป็นของ **operands 2** ตัวก่อนหน้ามัน



input: 6523

Push : 6, 5, 2, 3



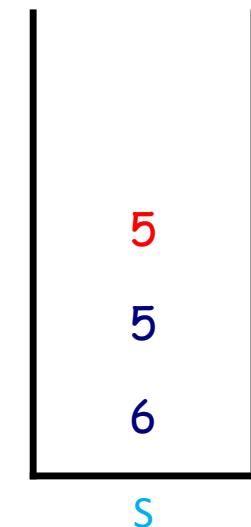
input: +

o₂ <- pop#1

o₁ <- pop#2

push

+
5



What 's next ?

6 5 2 3 + 8 * - 3 + * = ?

input: 6523

Push : 6 5 2 3

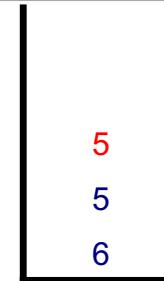


input: +

pop#1 → 3

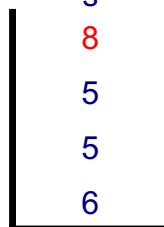
pop#2 → 2

push 2+3



input: 8

push 8

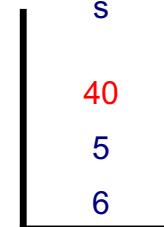


input: *

pop#1 → 8

pop#2 → 5

push 5*8

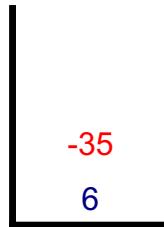


input: -

pop#1 → 40

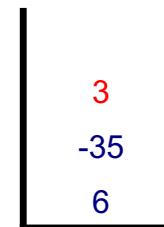
pop#2 → 5

push 5-40



input: 3

push 3

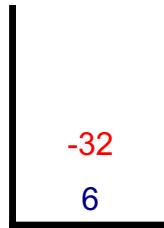


input: +

pop#1 → 3

pop#2 → -35

push -35+3



input: *

pop#1 → -32

pop#2 → 6

push 6 * -32



Stack Application

1. Parenthesis Matching
2. Evaluate Postfix Expression
3. Infix to Postfix Conversion (Reverse Polish Notation)
4. Function Call (clearly see in recursion)

Infix to Postfix Conversion

a*b+c

==>

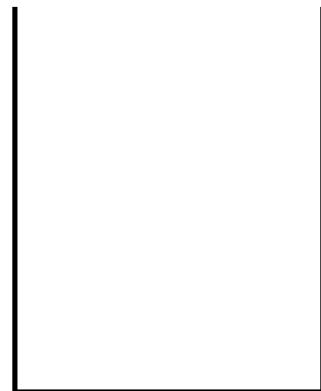
ab*c+



Notice :

output: operands' order is the same as input's.

output



stack

Infix to Postfix Conversion a^*b+c ---- >

ab^*c^+

input:

a^*b+c

a^*b+c

a^*b+c

a^*b+c

a^*b+c

a^*b+c



stack:

*

*

+

+

output:

a

a

ab

ab*

ab*c

ab*c+

Infix to Postfix Conversion $a+b*c$ ---- >

abc^*+

| input: | stack: | output: |
|---------|--------|----------|
| $a+b*c$ | | a |
| $a+b*c$ | | a |
| $a+b*c$ | | ab |
| | * | |
| $a+b*c$ | | ab |
| | * | |
| $a+b*c$ | | abc |
| $a+b*c$ | | abc^*+ |

Infix to Postfix Conversion

input:

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

$a+b*c-d$

stack:

$[]$

$[+]$

$[+]$

$[*]$

$[+]$

$[*]$

$[+]$

$[-]$

$[-]$

$[]$



$a+b*c-d \Rightarrow abc*+d-$

output:

a

a

ab

ab

abc

$abc*+$

$abc*+d$

$abc*+d-$

Infix to Postfix Conversion

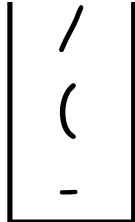
$$a+b*c-(d/e+f)*g \Rightarrow abc^*+de/f+g^*.-$$

| | | |
|-------------------|-------------|------------|
| $a+b*c-(d/e+f)*g$ | $\boxed{+}$ | ab |
| | $\boxed{*}$ | |
| $a+b*c-(d/e+f)*g$ | $\boxed{+}$ | abc |
| $a+b*c-(d/e+f)*g$ | $\boxed{-}$ | abc^*+ |
| | $\boxed{(}$ | |
| $a+b*c-(d/e+f)*g$ | $\boxed{-}$ | abc^*+d |
| | $\boxed{/}$ | |
| $a+b*c-(d/e+f)*g$ | $\boxed{-}$ | abc^*+de |

Infix to Postfix Conversion (cont.)

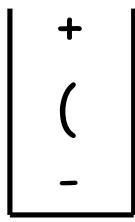
$a+b*c-(d/e+f)*g \Rightarrow$

abc*+de/f+g*-



$a+b*c-(d/e+f)*g$

abc*+de



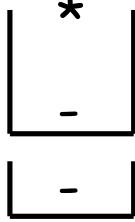
$a+b*c-(d/e+f)*g$

abc*+de/f



$a+b*c-(d/e+f)*g$

abc*+de/f+



$a+b*c-(d/e+f)*g$

abc*+de/f+g

$a+b*c-(d/e+f)*g$

abc*+de/f+g*-



Stack Application

1. Parenthesis Matching
2. Evaluate Postfix Expression
3. Infix to Postfix Conversion (Reverse Polish Notation)
4. Function Call (clearly see in recursion)