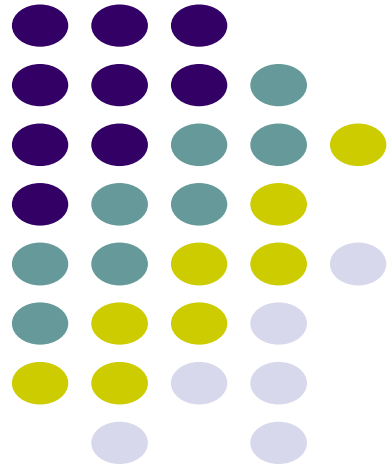
L3：栈

吉林大学计算机学院
谷方明
fmgu2002@sina.com



学习目标

- 掌握栈的定义、特性和操作；
- 掌握栈的两种存储方式及实现；
- 应用栈解题；
- 掌握算术表达式的求解；
- 理解数据结构的封装（衔接）

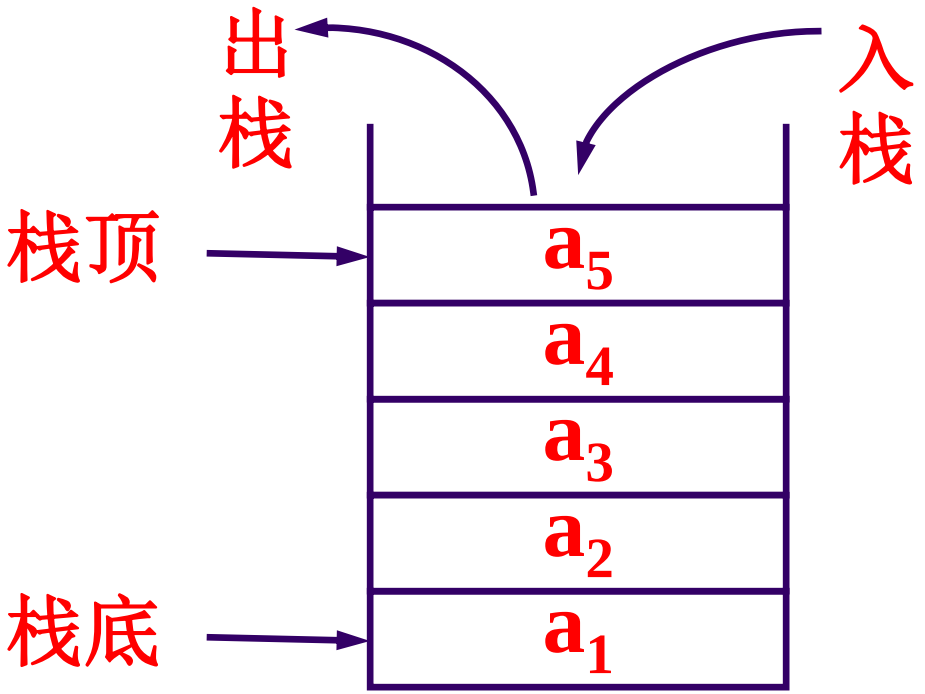
栈的定义

- 例
  - ✓ 摞盘子
  - ✓ 子弹夹

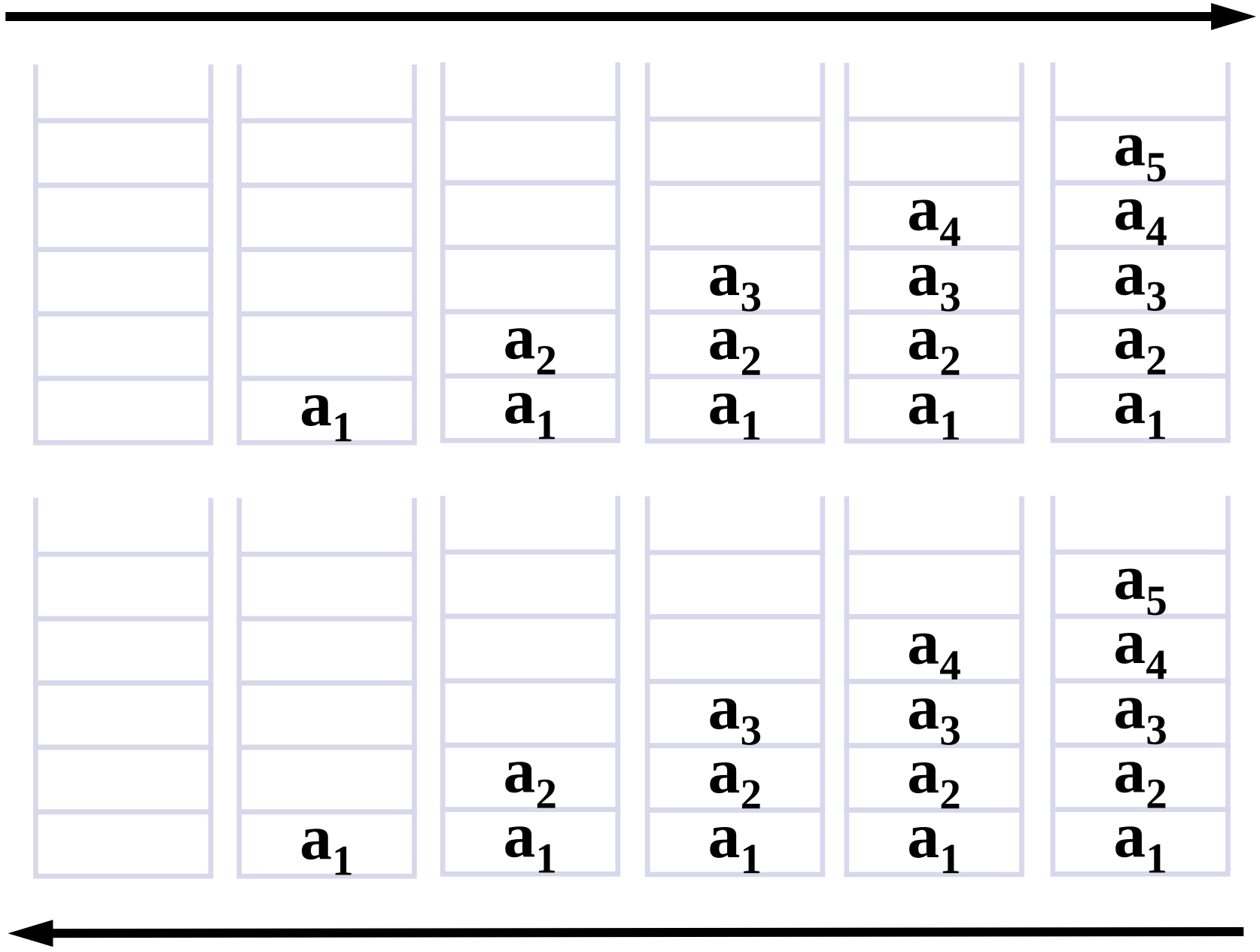
- 栈（**stack**）是一种操作受限的线性表，只允许在表的同一端进行插入和删除操作。

术语

- 栈顶：进行插入、删除的一端；
- 栈底：另一端；
- 空栈：栈中无元素时。
- 插入：入栈、进栈、压栈
- 删除：出栈、退栈、弹栈



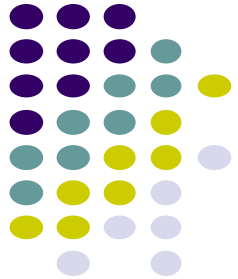
[例] 线性表 $(a_1, a_2, \cdots, a_5)$，入栈出栈情况


a_5
a_4 a_4
a_3 a_3 a_3
a_2 a_2 a_2 a_2
a_1 a_1 a_1 a_1 a_1
a_5
a_4 a_4
a_3 a_3 a_3
a_2 a_2 a_2 a_2
a_1 a_1 a_1 a_1 a_1

栈的特性

- 后进先出(Last In First Out，LIFO)。栈也称作后进先出表。

栈的基本操作



1. 压栈 **push**
2. 弹栈 **pop**
3. 取栈顶元素 **peek**

4. 栈初始化
5. 判栈空
6. 判栈满
7. 清空栈

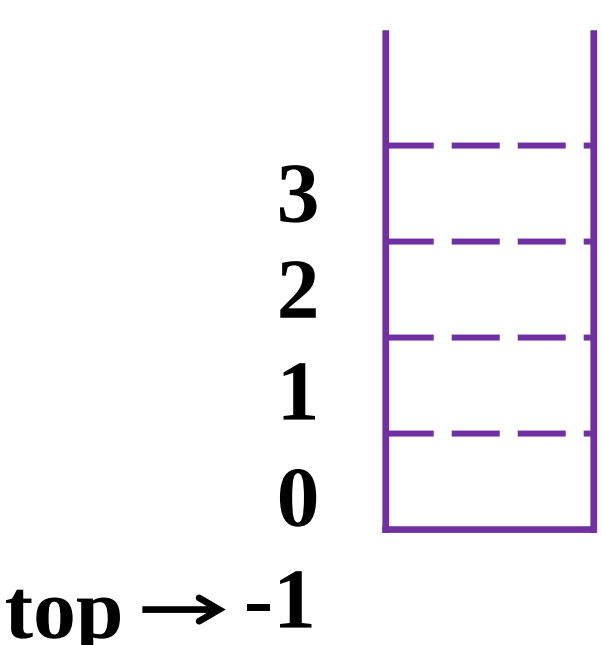
栈的顺序存储

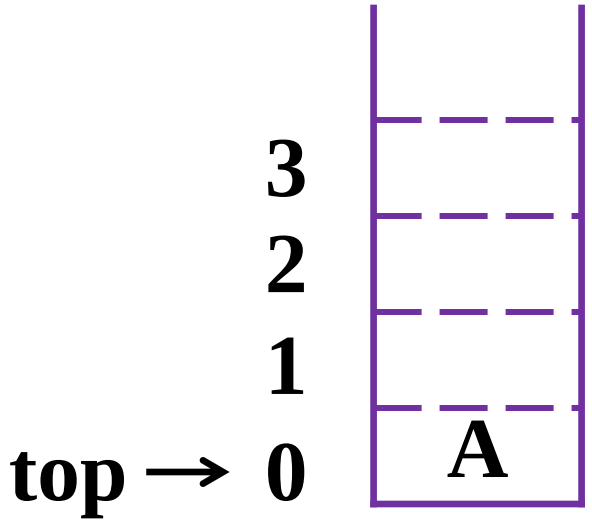
- 按顺序存储方式存放栈元素，称为顺序栈。
- 栈中的元素数（规模）必须不超过数组的规模。

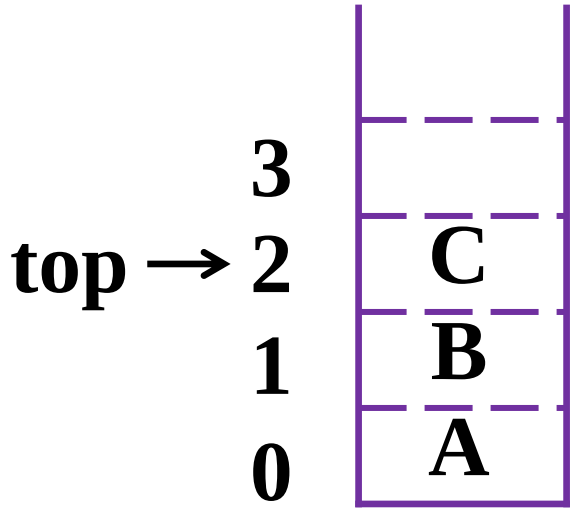
- 以整数栈为例：

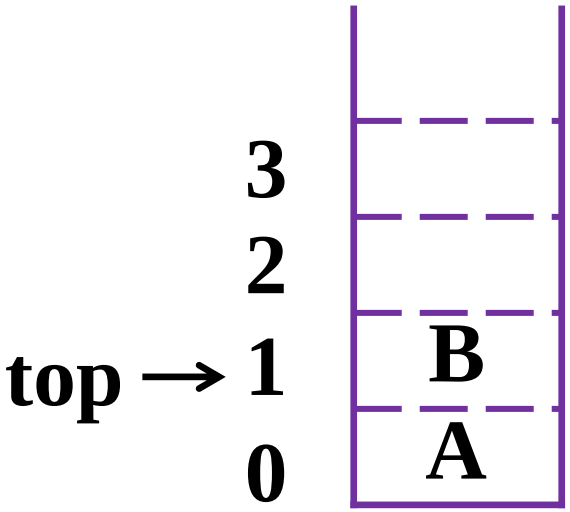
```
int  stackArray [MaxStackSize];
int  top = -1;
```

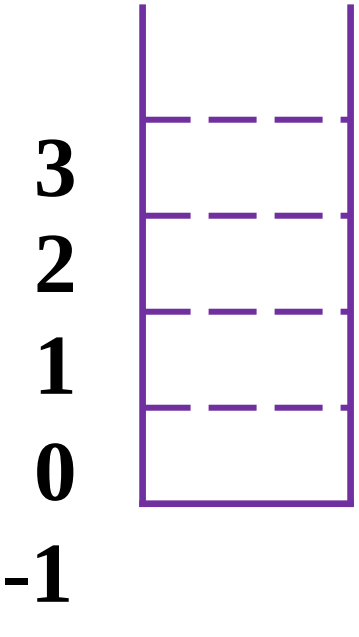
顺序栈操作情况

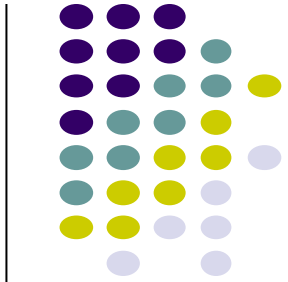












```
void push(int x){
   stackArray[++top]=x;
}

int pop(){
   return stackArray[top--];
}

int peek(){
   return stackArray[top];
}
```

```
bool empty(){
   return top==-1;
}

bool full(){
   return top==MaxStackSize-1;
}

void clear(){
   top=-1;
}
```

测试

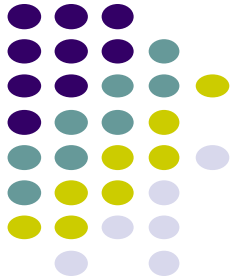
```
int main(){
    int n,i;
    scanf("%d",&n);

    for(i=1;i<=n;i++) push(i);

    for(i=1;i<=n;i++) printf("%d ",pop());
    printf("\n");
}
```

简化的风险

- **安全的做法**
  - ✓ push操作前，判断栈满
  - ✓ pop和peek操作前，判断栈空

- **简化的前提是确信栈的操作都合法**
  - ✓ 空间足够大，确保不会溢出
  - ✓ 不会发生空栈弹栈和读取

栈的链接存储



- 用链接存储实现栈，要为每个元素分配一个额外的指针空间，指向后继结点。也称为链栈。
- 以整数栈为例：

```
struct Node{
    int data;
    Node* next;
};
Node* top=NULL;
```

压栈算法ADL描述

算法 **Push (A, item)**

// 向栈顶指针为**top**的链式栈中压入一个元素**item**

P1. [创建新结点]

s ⇐ AVAIL. *//*为新结点申请空间

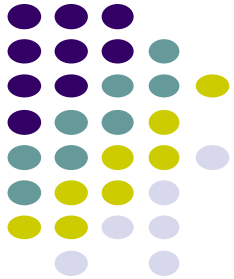
data(s) ← item. next(s) ← top.

P2. [更新栈顶指针]

top←s. ▌

```
void push( int x )
{
   Node* p = new Node;
   // Node* p = (Node *)malloc(sizeof(Node*))
   p->data = x, p->next = top;
   top = p;
}
```

弹栈算法ADL描述



算法 Pop (A. item)

//从栈顶指针为top的链式栈中弹出栈顶元素，并存放在变量item中

P1. [栈空？]

IF top = NULL

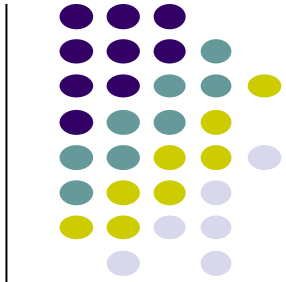
THEN (PRINT“栈空无法弹出”. RETURN.)

P2. [出栈]

item←data(top). q←next(top).

AVAIL⇐top.　　// 释放栈顶结点的空间

top←q.



```
int pop(){
   int x = top->data;
   Node* p = top;top = top->next; delete p;
   return x;
}

int peek(){
   return top->data;
}
```

```
bool empty(){
   return top==NULL;
}

void clear(){
   Node * p = top;
   while(p){
        top = p->next;
        delete p;
        p = top;
   }
}
```

顺序栈与链式栈的比较

- 空间复杂度
  - ✓ 顺序栈初始必须申请固定的空间，当栈不满时，必然造成空间的浪费；
  - ✓ 链式栈所需空间是根据需要随时申请的，其代价是为每个元素提供空间以存储next指针域。
- **在时间复杂性上，对于针对栈顶的基本操作（压入、弹出和栈顶元素存取），顺序栈和链式栈的渐进时间复杂度均为*O*(1) .**

设计决策

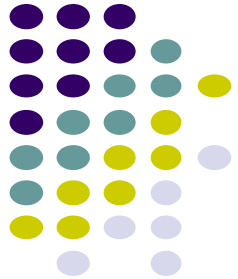
- **一般来讲**
  - ✓ 顺序栈易于实现
  - ✓ 链式栈能更合理的利用空间

- **设计决策：**
  - ✓ 空间是否够用
  - ✓ 使用方式（）
    - 解题 =〉顺序栈
    - 写成容器 =〉链式栈

应用1：括号匹配

- 输入一字符串，判断括号是否匹配：“(”与“)”.
- 匹配输出“yes”，否则输出“no”.

括号匹配增强版(bracket.cpp)



- 高级语言程序设计中的各种括号应该匹配，例如：“(”与 “)”匹配、“[”与 “]”匹配、“{”与 “}”匹配等。

- 输入一字符串，判断括号是否匹配；匹配输出“yes”，否则输出“no”.

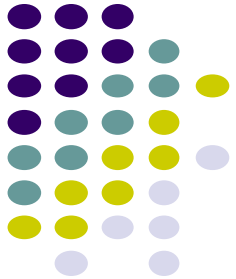
测试样例

输入	输出
}	no
[( ])	no
{()	no
{a=(b*c}+free( )]	no
({ })	yes

栈的引入

- 遇到闭括号时，应考察其与最近未匹配的开括号是否匹配；用来进行匹配的开括号是最后输入的，符合栈的后进先出特性，因此用栈来存放开括号，模拟匹配过程。
  - ✓ 若匹配，则将匹配的开括号从栈顶删除，继续考察下一闭括号；若不匹配，说明输入的括号不配对。
  - ✓ 注意：输入结束后，栈中还有多余的开括号，匹配失败。

应用2: 算术表达式求值



- 表达式求值是程序设计语言编译中的一个基本问题。其实现方法是栈的一个典型应用实例。

- 表达式是由操作数 **(operand)**、运算符 **(operator)**和界限符 **(delimiter)** 组成的。

- 其中操作数可以是常数，也可以是变量或常量的标识符；运算符是算术运算符（**+, -, *, /**）；界限符为左右括号和标识表达式结束的结束符。

例：算术表达式

- 1×（2 / 3 + 4 - 5）

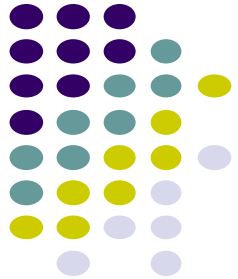
- 运算规则：

  (1) 先计算括号内，后计算括号外；

  (2) 无括号或同层括号内，先进行乘除运算，后进行加减运算，即乘除运算的优先级高于加减运算的优先级；

  (3) 同一优先级运算，从左向右依次进行。

模拟法



- 用计算机模拟人工计算比较复杂。一个算术表达式中,有多少个运算符，原则上就需对表达式进行多少遍扫描，才能完成计算。

- 时间复杂性：**O(n*L)**

  L是算术表达式的长度，**n**是操作符的个数

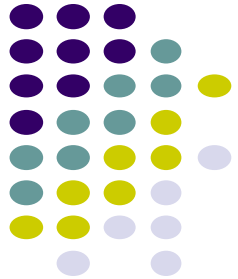
后缀表达式

- 运算符紧跟在两个操作数之后的表达式称作后缀表达式。波兰逻辑学家**Lukasiewicz**提出，也称逆波兰式。（前缀表达式称为波兰式）

- 例：后缀表达式　**A B × C /**

  中缀表达式　**A × B / C**

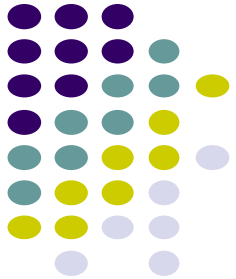
后缀表达式的特点



- 后缀表达式没有括号
- 不存在优先级的差别，计算过程完全按照运算符出现的先后次序进行

- 演示
  - ✓ 1 2 3 4 + - *
  - ✓ (100) (20) 3 4 * - /

后缀表达式的计算



1. 左起依次读取后缀表达式的一个符号；
2. 若读入的是操作数，则将其压入栈；
3. 若读入的是运算符，则从栈中连续弹出两个元素，进行相应的运算，并将结果压入栈中。
4. 若读入的是结束符，则栈顶元素是计算结果。

中缀表达式转后缀表达式

中缀表达式	后缀表达式
a+b	ab+
a+b×c	abc×+
a×b×c+c×d	ab×c×cd×+
(a+b)×((c–d)×e+f)	ab+cd–e×f+×

- 操作数出现的顺序一样
- 区别在于操作符的顺序，后缀表达式中操作符按计算顺序出现

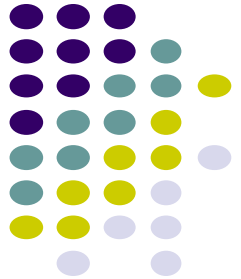
引入操作符栈，确定出栈顺序

- 规则1：运算符优先级
  当前操作符 > 栈顶操作符，压栈；否则，弹栈

- 规则2：括号
  左括号压栈，右括号弹栈至左括号

- 规则3：结束符 弹栈至空栈

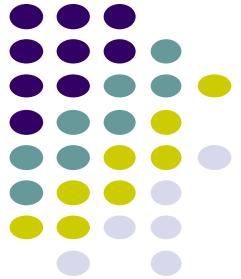
算术表达式的计算

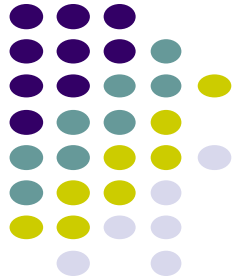


- 方法一
  - ✓ 中缀转后缀　　扫描一遍
  - ✓ 计算后缀表达式　扫描一遍
  - ✓ T(L) = 2L
- 方法二
  - ✓ 边转换、边计算　只需扫描一遍
  - ✓ T(L) = L

演示（方法二）

- 1 ×（2 / 3 + 4 - 5）





S1. READ(*x*). // 左起依次读取中缀表达式的 1 个符号

S2. IF *x* 是操作数 THEN Q ⇐ *x*.

S3. IF *x* 是运算符 THEN // 运算符包括括号

IF S 为空 THEN S ⇐ *x* .

ELSE // S 非空. top(S) :栈顶元素. '('优先级最高.

IF *x*是'(' OR 优先级*x* > *top*(S) THEN S ⇐ *x*

ELSE IF *x* 是')' THEN (

WHILE *top*(S)≠ '(' DO

(*d2* ⇐ Q. *d1* ⇐ Q. *t*⇐ S Q ⇐ *d1 t d2* .).

t⇐ S.） //弹出'('

ELSE (WHILE (S非空 AND 优先级 *top*(S) ≥ *x*) DO

(*d2* ⇐ Q. *d1* ⇐ Q. *t*⇐ S Q ⇐ *d1 t d2* .)

S⇐ *x* .)

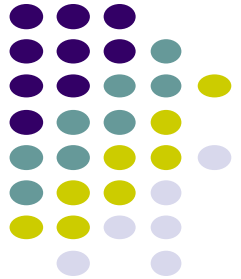
S4. IF *x* 是 '#' THEN(// '#': 中缀表达式的结束符

WHILE S非空 DO (*d2* ⇐ Q. *d1* ⇐ Q. *t*⇐S.Q⇐*d1 t d2* .)

RETURN).

S5. GOTO S1 .

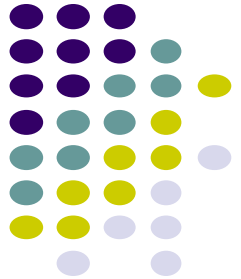
栈的应用小结



- 函数调用和返回（1946图灵）
- 递归
- undo功能
- ……

- 凡数据符合后进先出性的问题，可考虑应用栈

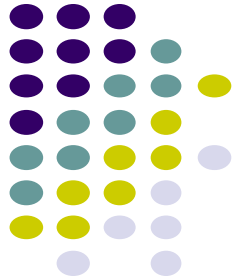
数据结构的封装



- **数据结构通常使用不需要自行封装**
  - ✓ 语言提供了数据结构：STL，Java、Python等自带
  - ✓ 追求高效时，**如ACM、CSP认证等，可以纯手写(全局)**或优化现有结构(如STL的allocator)

- **掌握数据结构的封装是必要的**
  - ✓ 现有的数据结构不存在 或 达不到要求（如图等）
  - ✓ 高阶技能和专业课程要求（数据结构及后续课）

STL中关于栈的实现

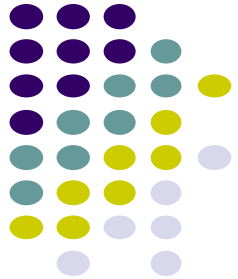


- #include <stack>

  …

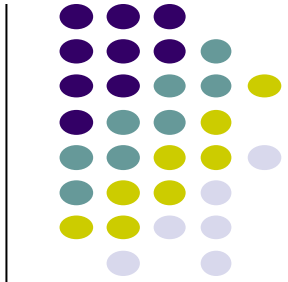
  using namespace std;
- stack<int > s; //不用声明大小
- s.push(x);
- s.top(); //相当于peek
- s.pop(); //只弹出栈顶，不取值，与top合用
- s.empty(); //判空
- s.size(); //栈的长度

栈数据类型



- 场景：需要多个相同类型的栈：
- C-Style（C++99 和非纯c环境）

```
struct AStack{
    int stackArray[MaxStackSize];
    int top;
};
void init(AStack& s){
    s.top = -1;
}
```



```
void push(AStack& s,int x){
   s.stackArray[++s.top]=x;
}

int pop(AStack& s){
   return s.stackArray[s.top--];
}
```

测试

```
int main(){
    int n,i;
    AStack s;
    init(s);

    scanf("%d",&n);
    for(i=1;i<=n;i++) push(s,i);

    for(i=1;i<=n;i++) printf("%d ",pop(s));
    printf("\n");
}
```

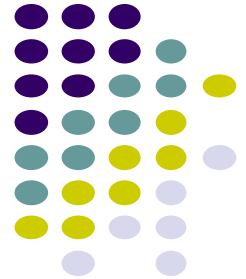
栈泛型

- 场景2：需要多个不同类型的栈
- C-Style（C++99 和非纯c环境）

```
template<class T>
struct AStack{
        T stackArray[MaxStackSize];
        int top;
};
template<class T>
void init(AStack<T>& s){
        s.top = -1;
```

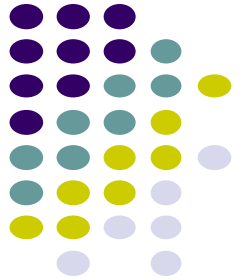
```
template<class T>
void push(AStack<T>& s,T x){
        s.stackArray[++s.top]=x;
}

template<class T>
T pop(AStack<T>& s){
        return s.stackArray[s.top--];
}
```

测试



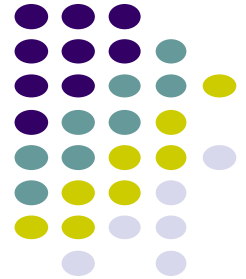
```
int main(){
    int n,i;
    AStack<int> s;
    init(s);

    scanf("%d",&n);
    for(i=1;i<=n;i++) push(s,i);

    for(i=1;i<=n;i++) printf("%d ",pop(s));
    printf("\n");
}
```

面向对象方式



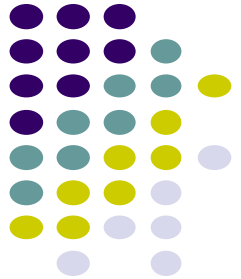
```
class AStack{
        int stackArray[MaxStackSize];
        int top;
public:
        AStack(){top=-1;}
        void push(int x){stackArray[++top]=x;}
        int pop(){return stackArray[top--];}
        void clear(){top = -1;}
};
```

struct扩充方式（C++99）



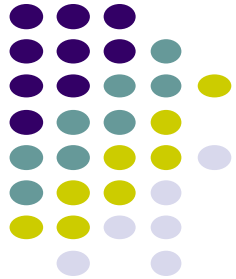
```
struct AStack{
    int stackArray[MaxStackSize];
    int top;

    AStack(){top=-1;}
    void push(int x){stackArray[++top]=x;}
    int pop(){return stackArray[top--];}
    int peek(){return stackArray[top];}
};
```

struct VS class



- **C++对C中的struct进行了扩充（C++99）**
  - ✓ 可包含成员函数
  - ✓ 可继承
  - ✓ 可多态
- **struct 与 class语法类似，意义不同**
  - ✓ 默认权限：struct默认public，class 默认private
  - ✓ 传递方式：传值 VS 传址

封装注意事项：模板类

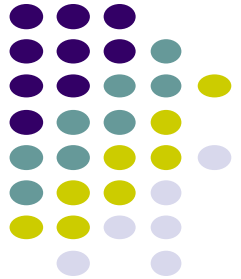


- 封装鼓励声明和实现分离
  - ✓ 声明放在.h文件中
  - ✓ 实现放在.cpp文件中

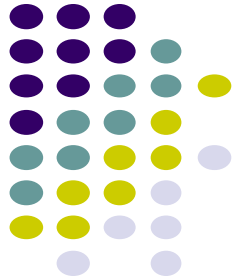
- 模板类（template）的声明和实现都放在头文件中，不能分开成.h 和 .cpp

封装注意事项：重复include

- 防止重复include同一个头文件
  - //astack.h
  - #ifndef _A_STACK
  - #define _A_STACK
  - ……
  - #endif



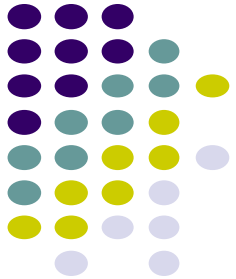
数据结构封装小结



- 建议：C++方式 或 struct扩充方式

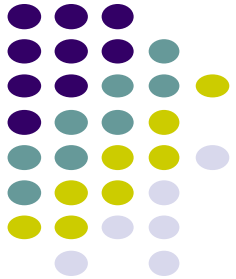
- 可以使用STL解题，除非题目明确说明不允许 或 题目本身要求实现对应数据结构

总结



- 栈的定义、特性和基本操作；
- 栈的顺序存储方式及实现（顺序栈）；
- 栈的链式存储方式及实现（链栈）；
- 栈的应用
  - ✓ 数据容器满足LIFO
  - ✓ 经典示例：表达式计算
- 数据结构的封装（衔接）
  - ✓ OO、struct

现在开始编程



- **做中学**
  - ✓ 理论源于实践；用数据结构求解问题
  - ✓ 做什么（实现每种数据结构、在线练习、作业）
  - ✓ 心理准备（基础、修炼）
- **尝试好的编程习惯**
  - ✓ 想好了再写（建立计算模型）
  - ✓ 写好后读一遍（检查小错误和逻辑）
  - ✓ 学会调试（输出中间结果，写调试函数）
  - ✓ 记下犯过的错误
  - ✓ 有一点代码风格（空行、缩进、变量、必要注释）
  - ✓ 建立自己的代码

第3-4章 任务

- 在线测试平台注册
  - ✓ pintia.cn/学习通
- 慕课
  - ✓ 在线学习/预习 第 3 章 视频
  - ✓ 自学第4章的视频: 4.1 和 4.2（考、不讲）
- 作业
  - ✓ P72：3-2，3-6，3-8，
    3-11，3-17，3-25
  - ✓ 本章结束后一周在线提交