

# 小型代码分析系统的实现方式

## 题目

一个程序中有 26 个对象，每个对象有 26 个成员指针变量。同时还有 26 个普通的指针变量。给定  $n$  条赋值语句，询问在以任意顺序执行每条语句无限多次的过程中，每个指针变量可能指向的对象集合。

指针分析[Pointer analysis]是静态程序分析的基本组成部分之一，它的目的是找出在程序执行过程中通过特定指针变量访问哪些对象。现在我们希望您对测试数据执行上下文无关指针分析。

一个程序包含 26 个用小写字母表示的对象，每个对象也有 26 个用小写字母表示的成员变量（又称字段，可能指向某些对象的指针）。同时，程序中有 26 个用大写字母指定的全局指针。

程序中有四种语句。我们使用 [Variable] 表示指针的名称 [Field] 表示成员变量的名称 [Object] 表示对象。

$A = x$  分配：指针  $A$  可以指向对象  $x$  即可以通过  $A$  访问  $x$

$A = B$  转让：指针  $A$  可以指向通过  $B$  访问的每个对象

$A.f = B$  贮存：对于通过  $A$  访问的每个对象  $o$  的成员变量  $f$  可以指向通过  $B$  访问的每个对象

$A = B.f$  装载：对于通过  $B$  访问的每个对象  $o$   $A$  可以指向通过  $o$  的成员变量  $f$  访问的每个对象

上下文无关指针分析假设程序的语句将以任何顺序执行足够的次数。例如，在下面两个程序中  $A$  和  $B$  都可以指向对象  $x$  和对象  $o$  原因是在现实世界中，语句的确切执行顺序和执行时间很难预测。

```
A = o
A = x
B = A

B = A
A = x
A = o
```

现在，您需要对由  $N$  个语句组成的给定程序执行上下文无关指针分析，对于每个指针，输出它可以指向的对象。

输入的第一行包含一个整数  $N$  ( $1 \leq N \leq 200$ ) 表示程序中的语句数。等号 “=” 前后只有一个空格。

以下  $N$  行中的每一行都包含一个语句。

输出应该包含 26 行。

在第  $i$  行中，输出第  $i$  个指针的名称（第  $i$  个大写字母），后跟冒号 “:” 和空格，然后按字母顺序列出可通过该指针访问的对象。

## 题解

直接暴力求解即可。本题难点可能只在于处理读入。

这里给出一个简单的暴力框架：令  $pt(x)$  为指针  $x$  可能指向的对象集合。

```
Let worklist be a set
For every allocation statement  $A = x$ :
    insert  $x$  into  $pt(A)$ 
    If  $pt(A)$  has been changed, add  $A$  into worklist
While worklist is not empty:
    While worklist is not empty:
        select one element  $X$  from worklist
        delete  $X$  from worklist
        For every assignment statement like  $Y = X$ :
            merge  $pt(X)$  into  $pt(Y)$ 
            If  $pt(Y)$  has been changed, add  $Y$  into worklist
        For every store statement  $Y.f = X$ :
            For every object  $o$  in  $pt(Y)$ :
                merge  $pt(X)$  into  $pt(o.f)$ 
        For every load statement  $Y = X.f$ :
            For every object  $o$  in  $pt(X)$ :
                merge  $pt(o.f)$  into  $pt(Y)$ 
            If  $pt(Y)$  has been changed, add  $Y$  into worklist
```

样例2是说  $B$  没法指向任何对象，是空指针。

这题的重点是，要分清对象和指针：

所有的  $a, b, c, d, e, f, \dots, z$  都是对象  $A, B, C, \dots, Z$  和  $A.a, A.b, \dots, A.z$  和  $o.a, o.b, o.c, \dots, o.z$  这些是指针。

