

译

在流程图中求支配点的一种快速算法

2015年12月02日 19:51:32 wmdcstdio 阅读数 1850

0.说明

本文译自Tarjan的论文：  
<https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall03/cs528/handouts/a%20fast%20algorithm%20for%20findin>

选取了其中的一部分，有删改，以原文为准。

1.简介

在学习全局流分析和程序优化时，如下图论问题自然地浮现出来。设 $G(V,E,r)$ 是一张流程图（本文中简单地代之以‘有向图’——译者注），以 $r$ 为起点。我们称 $G$ 中的一个节点 $w$ ，如果每一条从 $r$ 到 $w$ 的路径都包含了 $v$ 。如果 $v$ 支配 $w$ ，并且 $w$ 的其他支配点均支配 $v$ ，我们就称 $v$ 是 $w$ 的最近支配点（又译最近必经点——译者注），记为 $v=idom$

**定理1.** 流程图 $G=(V,E,r)$ 中，除 $r$ 外的所有节点均有唯一的最近支配点。边集 $\{(idom(w),w)|w\in V-\{r\}\}$ 形成一棵以 $r$ 为根的有向树，我们称之为 $G$ 的支配树。 $v$ 支配 $w$ 当且仅当 $v$ 在完全祖先（非本身的祖先——译者注）。见图1、2。

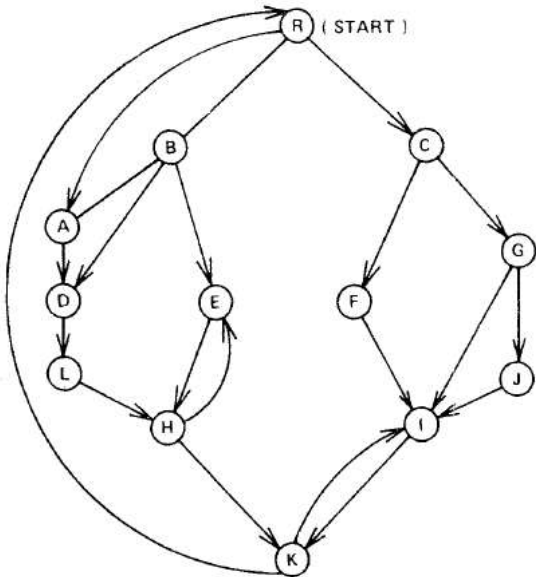


Fig. 1. A flowgraph

图1.一张流程图

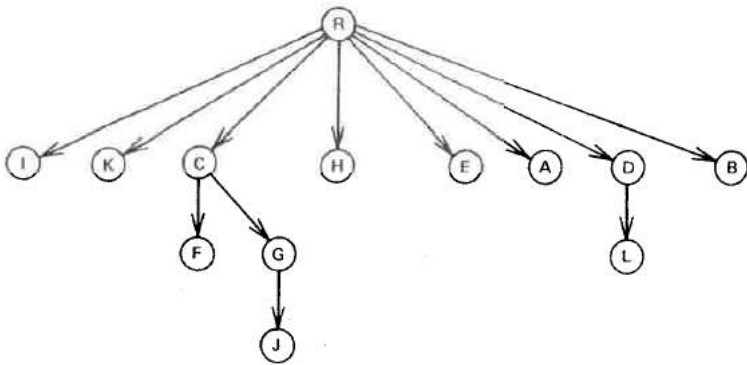


Fig. 2. Dominator tree of flowgraph in Fig. 1

图2.图1中的支配树。

我们希望为任意的流程图 $G$ 构造支配树。如果 $G$ 代表了某种控制流程或计算机程序，支配树能够帮助我们分辨关于哪些代码修改是安全的。

## 2.深度优先搜索和支配点

快速支配点算法包含三个部分。首先，对输入的流程图 $G=(V,E,r)$ 进行从 $r$ 开始的深度优先搜索，并将图 $G$ 中节点按照DFS先根顺序编号。DFS建立了一棵以 $r$ 为根的生

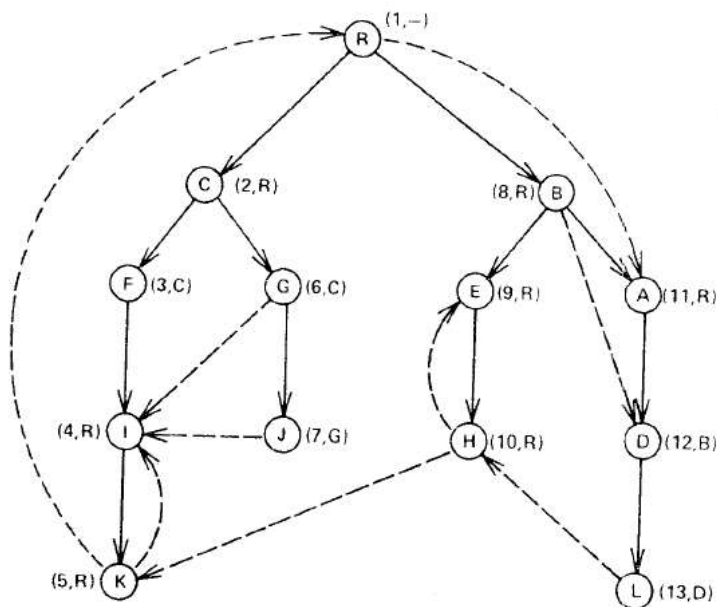


Fig. 3. Depth-first search of flowgraph in Fig. 1. Solid edges are spanning tree edges; dashed edges are nontree edges. Number in parentheses is vertex number; letter is semidominator

图3.对图1进行深度优先搜索。实线是生成树边，虚线是非树边。括号中的数字是节点编号，字母是半支配点。

为方便陈述，我们以编号代指点。

如下的“路径引理”是DFS的一个重要性质，在支配点算法的正确性证明中起决定性作用。

**引理1.** 若 $v, w$ 是 $G$ 中节点且 $v < w$ ，则任意从 $v$ 到 $w$ 的路径必然包含它们在 $T$ 中的一个公共祖先。

其次，我们对每个节点 $w \neq r$ 计算一个值，称为它的“半支配点”，记作 $\text{sdom}(w)$ ，定义如下：

$$\text{sdom}(w) = \min\{v \mid \text{有路径 } v = v_0, v_1, \dots, v_k = w \text{ 使得 } v_i > w \text{ 对 } 1 \leq i \leq k-1 \text{ 成立}\}. \quad \dots(1)$$

见图3。

然后，我们使用半支配点计算所有点的最近支配点。

半支配点的一些性质使之成为计算支配点的良好中介。若节点 $w \neq r$ ，则 $\text{sdom}(w)$ 一定是 $T$ 中 $w$ 的完全祖先，而 $\text{idom}(w)$ 是 $\text{sdom}(w)$ 的（可能不完全）祖先。如果我们将 $G$ 中非 $\{(sdom(w), w) \mid w \in V \text{ 且 } w \neq r\}$ ，则各节点支配关系不变。于是，只要知道了生成树 $T$ 和半支配点，我们就能计算支配点。

在本章节的余下部分中，我们将证明半支配点和最近支配点的一些性质，由它们可以推出算法的合法性。接下来三个引理给出了生成树、半支配点和最近支配点的一些基本

**引理2.** 对任意节点 $w \neq r$ ， $\text{idom}(w) \rightarrow w$ 。（原注：本文中，记号“ $x \rightarrow y$ ”意味着 $x$ 是 $y$ 在DFS生成树 $T$ 中的祖先，而“ $x \rightarrow y$ ”意味着 $x \rightarrow y$ 且 $x \neq y$ 。）

**证明.**  $w$ 的支配点必然在 $T$ 中从 $r$ 到 $w$ 的路径上。

**引理3.** 对任意节点 $w \neq r$ ， $\text{sdom}(w) \rightarrow w$ 。

**证明.** 设 $w$ 在 $T$ 中的父亲为 $\text{parent}(w)$ 。由于 $(\text{parent}(w), w)$ 是 $G$ 中的一条边，由(1)式， $\text{sdom}(w) \leq \text{parent}(w) < w$ 。同样根据(1)，有一条路径 $\text{sdom}(w) = v_0, v_1, \dots, v_k = w$ 使得 $v_i > v$ 成立。由引理1，路径上的某节点 $v_i$ 是 $\text{sdom}(w)$ 和 $w$ 在 $T$ 中的公共祖先。但必然有 $v_i \leq \text{sdom}(w)$ 。这意味着 $i=0$ ，即 $v_i = \text{sdom}(w)$ ，且 $\text{sdom}(w)$ 是 $w$ 的一个完全祖先。

**引理4.** 对任意节点 $w \neq r$ ， $\text{idom}(w) \rightarrow \text{sdom}(w)$ 。

**证明.** 由引理2,3， $\text{idom}(w)$ 和 $\text{sdom}(w)$ 都是 $w$ 的完全祖先。我们在从 $r$ 到 $w$ 的路径后面接上(1)式规定的路径 $\text{sdom}(w) = v_0, v_1, \dots, v_k = w$ （其中 $v_i > w$ 对 $1 \leq i \leq k-1$ 成立），这避开了 $T$ 中既是 $w$ 的完全祖先，也是 $\text{sdom}(w)$ 的完全后代（不等于它自身的后代——译者注）的那些点。因此 $\text{idom}(w) \rightarrow \text{sdom}(w)$ 。

**引理5.** 设节点 $v, w$ 满足 $v \rightarrow w$ 。则 $v \rightarrow \text{idom}(w)$ 或者 $\text{idom}(w) \rightarrow \text{idom}(v)$ 。

**证明.** 设 $x$ 是 $\text{idom}(v)$ 的任意一个完全后代，且同时是 $v$ 的完全祖先。则必然有一条从 $r$ 到 $v$ 不经过 $x$ 的路径。将这条路径和从 $x$ 到 $w$ 的路径连接起来，我们就得到了一条从 $r$ 到 $w$ 的路径。因此 $\text{idom}(w)$ 要么是 $v$ 的后代，要么是 $\text{idom}(v)$ 的祖先。

使用引理1~5，我们得到了两个有用的结论，它们提供了一种根据半支配点计算最近支配点的方法。

**定理2.** 设 $w \neq r$ 。假设所有使得 $\text{sdom}(w) \rightarrow u \rightarrow w$ 的 $u$ 都满足 $\text{sdom}(u) \geq \text{sdom}(w)$ ，那么 $\text{idom}(w) = \text{sdom}(w)$ 。

**证明.** 由引理4，只需要证明 $\text{sdom}(w)$ 支配了 $w$ 。考虑任意一条从 $r$ 到 $w$ 的路径 $p$ 。设 $x$ 为这条路径上最后一个满足 $x < \text{sdom}(w)$ 的点。若无此 $x$ ，则 $\text{sdom}(w) = r$ 一定支配 $w$ 。否则 $x$ 之后，满足 $\text{sdom}(w) \rightarrow y \rightarrow w$ 的第一个点。设路径 $q = (x = v_0, v_1, v_2, \dots, v_k = y)$ 是路径 $p$ 中从 $x$ 到 $y$ 的部分。

我们断言对于 $1 \leq i \leq k-1$ 有 $v_i > y$ 。否则如果有 $v_i < y$ ，由引理1，某个满足 $i \leq j \leq k-1$ 的 $v_j$ 是 $y$ 的祖先。由于 $x$ 的选择方式，一定有 $v_j \geq \text{sdom}(w)$ ，这意味着 $\text{sdom}(w) \rightarrow v_j \rightarrow$  的选择矛盾。这证明了上述断言。

这一断言，加上半支配点的定义，得到了 $\text{sdom}(y) \leq x \leq \text{sdom}(w)$ 。根据定理的假设， $y$ 不可能是 $\text{sdom}(w)$ 的完全后代。因此， $\text{sdom}(w)$ 支配了 $w$ 。证毕。

**定理3.** 设 $w \neq r$ ， $u$ 是所有满足 $\text{sdom}(w) \rightarrow u \rightarrow w$ 的节点中 $\text{sdom}(u)$ 最小的那个。则 $\text{sdom}(u) \leq \text{sdom}(w)$ ，而且 $\text{idom}(u) = \text{idom}(w)$ 。

**证明.** 设节点 $z$ 满足 $\text{sdom}(w) \rightarrow z \rightarrow w$ 。则 $\text{sdom}(u) \leq \text{sdom}(z) \leq \text{sdom}(w)$ 。（译者注：似误？ $\text{sdom}(u) \leq \text{sdom}(w)$ 是显然的，因为 $u$ 可以等于 $w$ 嘛！）由引理4， $\text{idom}(w)$ 是 $\text{sdom}(w)$ 的祖先，因此是 $u$ 的完全祖先。由引理5， $\text{idom}(w) \rightarrow \text{idom}(u)$ 。为了证明 $\text{idom}(u) = \text{idom}(w)$ ，考虑从 $r$ 到 $w$ 的任意路径 $p$ 。设 $x$ 是路径中最后一个满足 $x \leq \text{idom}(u)$ 的点。若没有这样的 $x$ ，那么 $\text{idom}(u) = r$ 一定支配 $w$ 。否则，设 $q = (x = v_0, v_1, v_2, \dots, v_k = y)$ 是路径 $p$ 中从 $x$ 到 $y$ 的一部分。和定理2中的证明类似， $x$ 和 $y$ 的选择意味着 $v_i > y$ 对 $1 \leq i \leq k-1$ 成立。因此 $\text{sdom}(y) \leq x$ 。由引理4， $\text{idom}(u) \leq \text{sdom}(y) \leq x \leq \text{idom}(u) \leq \text{sdom}(w)$ 。由于 $u$ 的选择， $y$ 不可能是 $\text{sdom}(w)$ 的完全后代。并且， $y$ 不可能既是 $u$ 的祖先，也是 $\text{idom}(u)$ 的完全后代，因为在此情况下 $v_k = y$ （其中 $v_i > y$ 对 $1 \leq i \leq k-1$ 成立），再接上从 $y$ 到 $u$ 的树上路径，就形成了一条从 $r$ 到 $u$ 且避开 $\text{idom}(u)$ 的路径，这和 $\text{idom}(u)$ 的定义矛盾。由于 $\text{idom}(u) \rightarrow y \rightarrow u \rightarrow w$ （译者注：原文‘ $y$ ’处为‘ $v$ ’，似误），并且 $\text{idom}(u) \rightarrow y \rightarrow w$ ，余下的唯一可能就是 $\text{idom}(u) = \text{idom}(w)$ 。因此 $\text{idom}(u)$ 位于 $r$ 到 $w$ 的路径上。由于 $p$ 是任意的， $\text{idom}(u)$ 必然支配 $w$ 。证毕。

**推论1.** 设 $w \neq r$ ， $u$ 是所有满足 $\text{sdom}(w) \rightarrow u \rightarrow w$ 的节点中 $\text{sdom}(u)$ 最小者。那么， $\text{idom}(w) = \text{sdom}(w)$ （若 $\text{sdom}(w) = \text{sdom}(u)$ ），或者 $\text{idom}(u)$ （其他状况）。…(2)

**证明.** 由定理2,3，这是显然的。

下面的定理给出了一种计算半支配点的方式。

**定理4.** 对任意节点 $w \neq r$ ，
$$\text{sdom}(w) = \min(\{v \mid (v, w) \in E \text{ 且 } v < w\} \cup \{\text{sdom}(u) \mid u > w \text{ 且存在边 } (v, w) \text{ 满足 } u \rightarrow v\}) \quad \dots(3)$$

**证明.** 设 $x$ 等于(3)式右端。我们首先证明 $\text{sdom}(w) \leq x$ 。如果 $x$ 使得 $(x, w) \in E$ 且 $x < w$ ，那么根据(1)， $\text{sdom}(w) \leq x$ 。在另一种情况下， $x = \text{sdom}(u)$ ，其中 $u > w$ ，且存在边 $(v, w)$ ，存在一条路径 $x = v_0, v_1, \dots, v_j = u$ ，使得 $v_i > u > w$ 对于 $1 \leq i \leq j-1$ 成立。而树上路径 $u = v_j \rightarrow v_{j+1} \rightarrow \dots \rightarrow v_{k-1} = v$ 满足 $v_i > u > w$ 对 $j \leq i \leq k-1$ 成立。因此路径 $x = v_0, v_1, \dots, v_k = w$ 满足 $v_i > w$ 对 $1 \leq i \leq k-1$ 成立。由(1)， $\text{sdom}(w) \leq x$ 。

我们还需要证明 $\text{sdom}(w) \geq x$ 。设简单路径 $\text{sdom}(w) = v_0, v_1, \dots, v_k = w$ 满足 $v_i > w$ 对 $1 \leq i \leq k-1$ 成立。若 $k=1$ ，那么 $(\text{sdom}(w), w) \in E$ 。而根据引理3， $\text{sdom}(w) < w$ 。于是 $\text{sdom}(w) < x$ 。对 $k > 1$ 的另一种情况，设 $j$ 是使得 $j \geq 1$ 并且 $v_j \rightarrow v_{k-1}$ 的最小值。这样的 $j$ 一定存在，因为 $j$ 可以等于 $k-1$ 。

我们断言：对于 $1 \leq i \leq j-1$ ， $v_i > v_j$ 成立。否则，我们选取所有满足 $1 \leq i \leq j-1$ 且 $v_i \leq v_j$ 的 $i$ 中使得 $v_i$ 最小的那个。由引理1， $v_i \rightarrow v_j$ ，和 $j$ 的选择矛盾。这证明了断言。根据上述断言， $\text{sdom}(w) \geq \text{sdom}(v_j) \geq x$ 。因此无论 $k=1$ 还是 $k > 1$ ，都有 $\text{sdom}(w) \geq x$ ，定理得证。

ps.我的下一篇博文：<http://blog.csdn.net/wmdcstudio/article/details/50152713> 给出了一道求半支配点的题目的代码。

## 【真想不到】郑州股市奇才，炒股10年自创一招选股绝技 引无数股民膜拜！

股管家 · 顶新

 想对作者说点什么

- 支配树 与 tarjan算法

简介什么是支配树？支配树是什么？XD对于一张有向图（可以有环）我们规定一个起点r（为什么是r呢？因为网上都... 博文 来自： 我数学不好

8311
- 快速构造支配树的Lengauer-Tarjan算法

本篇口胡写给我自己这样的老是证错东西的口胡选手以及那些想学支配树，又不想啃论文原文的人... 大概会讲的... 博文 来自： DZYO的博客

2467
- 支配树(Dominator tree)学习笔记 及HDU4694Important Sisters

前置技能：LCA(Tarjan)今年冬令营上讲的东西现在才学惭愧惭愧。。首先做出图G的dfs树T其中S为起点定义T中节... 博文 来自： Don't fake it till y...

1959
- Lengauer-Tarjan算法--支配树构造 (bzoj 2815: [ZJOI2012]灾难)

模型：一个有向图G，设定一个点r，要求点r能到达G中所有的点，如果这样的点不存在，新建并向所有点连边支配点... 博文 来自： 加载中...

537
-  人脸识别主要算法原理
- 支配树(Dominator Tree)学习笔记

因为是学习笔记所以是边学边写，以防自己到时候忘掉了=w=首先，支配树是一棵树（废话），用来求解必经点问题... 来自： 时光真疯狂, 我一路...

746
- 点支配、点覆盖、点独立

支配与支配集：设无向图为G(V,E)，顶点集合V\*属于V，若对于任意v∈(V-V\*)，存在一个u∈V\*，使得(u,v)∈E，则... 来自： ACMer\_AK的博客

979
- 军事理论课答案（西安交大版）

1.11【单选题】我国陆地领土面积排名世界第几？（C）A、1B、2C、3D、42【单选题】以下哪个国家不属于金砖五... 博文 来自： ling\_wang的博客

141万+

Win10自动修复无法开机【完美解决】

Windows10操作系统于2015年7月29日正式发布，此后，win10也就成了新上市的笔记本电脑或者台式机电脑的预...

阅读数 43万+

史上最简单的 SpringCloud 教程 | 终章

转载请标明出处：http://blog.csdn.net/forezp/article/details/70148833本文出自方志朋的博客错过了这一篇，你...

阅读数 157万+

Lengauer-Tarjan算法--支配树构造(bzoj 2815: [ZJOI201...\_CSDN博客

支配树(Dominator Tree)学习笔记 - 时光真疯狂, 我一路...\_CSDN博客

女孩子千万不要让男票发现这传奇！开局一条龙吸引力太大了！

贪玩游戏 · 顶新

如何在线倍速观看百度网盘学习视频并快速做笔记

问题1.在电脑上观看百度网盘里的学习视频，语速有点慢2.一边观看一边打字做笔记，速度有点跟不上视频的播放PS...

阅读数 15万+

HDU-4964 Emmet (模拟) - idealism\_xxm的专栏 - CSDN博客

CodeChef 2017 September Challenge SEACO - Sereja - ...\_CSDN博客

[FMT 莫比乌斯变换 子集和变换] BZOJ 4036 [HAOI2015]按位或

vfk的论文题看过组合数学这个习称子集和变换的东西好像叫莫比乌斯变换？那么这种变换就叫快速莫比乌斯变换FM...

阅读数 2597



a710128

10篇文章

排名:千里之外

关注



DZYO

563篇文章

排名:5000+

关注



Hillan\_

239篇文章

排名:千里之外

关注



Jaihk662

1124篇文章

排名:1000+

关注

Tonelli-Shanks算法 - uKJLThHU\$(eQ - CSDN博客

GT\_COUNT\_支配值数目 - autumn20080101的专栏 - CSDN博客

控制流分析之循环

最近做科研碰到了如何识别程序热对象的问题，解决这个问题的一般思路是做静态分析，主要是分支概率和基本块频...

阅读数 415

Codeforces 757F: Team Rocket Rises Again (支配树)

Description 2017新年到！Bash小朋友想给他的好朋友们送礼物。在他的国家里，有 n 座城市和 m 条双向道路（这...

阅读数 555

Codeforces 757F: Team Rocket Rises Again(支配树) - ...\_CSDN博客

离散变换和反演 - Yves\_\_的专栏 - CSDN博客

MOP\_2. 非支配排序遗传算法 — (NSGA、NSGA-II)

多目标优化系列：MOP\_1.多目标优化的相关基本概念MOP\_2.非支配排序遗传算法— (NSGA、NSGA-II)MOP\_3.基...

阅读数 1626

驼奶可不敢再喝了, 长期喝驼奶的人发生了这种改变！

好伙伴 · 猎媒

NSGA-II 非支配排序算法

NSGA-II非支配排序算法:Non-dominatedAlgorithm(dominatedmatrixD,populationP)fori=1: length(P){setR(i)....

阅读数 4615

Java面试题全集 (上)

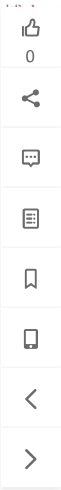
2013年年底的时候，我看到了网上流传的一个叫做《Java面试题大全》的东西，认真的阅读了以后发现里面的很多题...

阅读数 101万+

DirectX修复工具增强版

最新更新：2019-8-14DirectX修复工具最新版：DirectXRepairV3.8增强版NEW!版本号：V3.8.0.11638大小:107M...

阅读数 220万+



来自: happycell188的博客

来自: 方志朋的专栏

来自: DearMorning的博客



来自: Aaron

来自: 骆昊的技术专栏

来自: VBcom的专栏

<b>军事理论课答案（中国国防史）</b> 中国国防史——秦至两晋南北朝已完成成绩：100.0分1【单选题】中国哪个历史时期的国防是“变法图强，改革军制... <b>数据科学家之路——数据预处理技术基础</b> 现实世界中数据大多都是不完整，不一致的脏数据，无法直接进行数据挖掘，或挖掘结果差强人意。为了提高数据挖... <b>陈小龙坦言：这游戏不充钱都能当全服大哥，找到充值入口算我输！</b> 贪玩游戏 · 顶新 <b>催经的方法【吐血整理】</b> 催经的方法【吐血整理】 1、生姜红糖茶2、益母草颗粒，中成药，很有效。3、乌鸡白凤丸+逍遥丸,艾灸,至少对我... <b>离散变换和反演</b> 离散变换与反演求和式的形式不妨设 $f_n=\sum_{k=0}^n a_k g_{n-k}$ ， $g_n=\sum_{k=0}^n b_k f_{n-k}$ ... <b>关于支配点(必经过点)的人生经验</b> 大家都很强，可与之共勉。最近遇到好多必经过点的问题。现在来总结一下只是求一个点到另一个点，如起点到终点... <b>什么是微服务</b> 一、微服务介绍1.什么是微服务 在介绍微服务时，首先得先理解什么是微服务，顾名思义，微服务得从两个方面去... <b>Matlab - Matlab 2016a 安装破解教程</b> Matlab2016a安装包及破解教程百度云分享链接：链接：https://pan.baidu.com/s/1i6BgD8p 密码：17ggMatla... <b>女人减肥就用它，200斤瘦成90斤，效果比抽脂还狠！</b> 争霸 · 猎媒 <b>2017 最新java面试题（技术面试）</b> 以下面试题为个人在面试过程中所遇到的，仅供参考！如有错误，望指出。技术交流群：365814763 1、servlet执行... <b>傅里叶分析之掐死教程（完整版）</b> 原文出处：韩昊 12345678910作者：韩昊知乎：Heinrich微博：@花生油工人知乎专栏：与时间无关的故事 谨以... <b>一篇好文之Android数据库 GreenDao的使用指南(源码+案例)</b> 之前在开发过程中，数据库基本上会使用Litepal和SQLite自己写，最近换新环境，公司原先使用的数据库就是Green... <b>2018最新Web前端经典面试试题及答案</b> 本篇收录了一些面试中经常会遇到的经典面试题以及自己面试过程中遇到的一些问题，并且都给出了我在网上收集的... <b>5种方法告诉你怎么从图片中提取文字</b> 说到图片提取文字，有时候我们还真的会遇到这样的情况。今天我跟大家分享提取文字的好方法，分为手机端、PC端... <a href="#">推动全社会公益氛围形成，使公益与空气和阳光一样触手可及。</a> 公益缺你不可，众多公益项目等你PICK——百度公益 让公益像「空气和阳光」一样触手可及！ gongyi.baidu.com <b>Kafka史上最详细原理总结</b> KafkaKafka是最初由Linkedin公司开发，是一个分布式、支持分区的（partition）、多副本的（replica），基于zoo... <b>支持向量机通俗导论（理解SVM的三层境界）</b> 支持向量机通俗导论（理解SVM的三层境界）作者：July。致谢：pluskid、白石、JerryLead。说明：本文最初... <b>Bootstrap Table API 中文版（完整翻译文档）</b> /***\$('#table').bootstrapTable({});*看网上有中文版的，但有些就是字面直接译过来了，而且有的就没有翻译，那就... <b>CiteSpace介绍与使用</b> 1.WhatIsCiteSpace? CiteSpace:引文空间是一款眼着与分析科学分析中蕴含的潜在知识，是在科学计量学、数据可... <b>疑难杂症---共享打印机驱动安装失败0x00000bcb错误</b> 先描述下公司共享打印机的连接的状况：一台台式机运行XP系统，通过USB连接的惠普(HPLaserJetP2015)打印机， ...	<div>阅读量 30万+</div> <div>来自: ling_wang的博客</div> <div>阅读量 10万+</div> <div>来自: 洪远的博客</div> <div>阅读量 52万+</div> <div>来自: 夏日向日葵的专栏</div> <div>阅读量 851</div> <div>来自: Yves__的专栏</div> <div>阅读量 328</div> <div>博文 来自: Lazer2001</div> <div>阅读量 21万+</div> <div>博文 来自: wuxiaobingandbo...</div> <div>阅读量 50万+</div> <div>博文 来自: Memory</div> <div>阅读量 39万+</div> <div>博文 来自: eriz程序之路</div> <div>阅读量 2398</div> <div>博文 来自: Tody Guo的专栏</div> <div>阅读量 4万+</div> <div>博文 来自: aserbao的博客</div> <div>阅读量 51万+</div> <div>博文 来自: wdlhao的博客</div> <div>阅读量 42万+</div> <div>博文 来自: qq_40427481的博客</div> <div>阅读量 18万+</div> <div>博文 来自: 事业无穷年</div> <div>阅读量 93万+</div> <div>博文 来自: 结构之法 算法之道</div> <div>阅读量 12万+</div> <div>来自: Scifftop - The blog</div> <div>阅读量 8万+</div> <div>来自: 大志的博客</div> <div>阅读量 17万+</div> <div>博文 来自: Rgazer的博客</div>
--	--



网民注意:驼奶可不敢再喝了,长期喝驼奶的孩子发生了这种改变!

世百泽·猎媒

抖音短视频去水印解析下载教程

前言抖音短视频APP里虽然有保存视频的按钮,但这种方式保存的视频右下角有抖音的水印,并且这种方式不适用于...

C语言:冒泡排序法(升序排序法)

任务代码:执行情况:知识总结:冒泡排序法:也叫升序排序法,但是相比起二分法查找只能应用于有序数列,二如...

一分钟实现内网穿透(ngrok服务器搭建)

简单来说内网穿透的目的是:让外网能访问你本地的应用,例如在外网打开你本地http://127.0.0.1指向的Web站点...

教你如何在手机上下载微博和秒拍视频

虽然新浪微博APP自己没有提供下载微博视频的功能,但我们可以借助第三方工具来下载微博视频。网上很多是要安...

一个奇鸽 - 免费的软件小工具合集,绝对值得你收藏!

一个奇鸽船新版本是一套小奇鸽提供的系统工具集,其中包含了大量超级实的优秀小功能,譬如文字处理、重复名字(...

陈小春哭诉:郑州土豪怒砸2亿请他代言这款0充值传奇!真经典!

贪玩游戏·顶新

电脑显示已连接网络但是无internet访问

电脑显示已连接网络但是无internet访问自己电脑不知道出什么问题了,连接到无限网络但是无法访问,一开始以为...

火山小视频去水印解析下载工具

上篇文章,我们分享了手机上下载微博和秒拍视频的方法。最近,因为今日头条对火山小视频大额补贴,越来越火了...

Windows未能启动,原因可能是最近更改了硬件或软件,解决此问题的步骤...

今天电脑开机出现一个问题,上面显示这样一段文字"Windows未能启动,原因可能是最近更改了硬件或软件,解决此...

2016 matlab 中文版软件和安装教程

百度网盘的下载链接(永久有效) 链接:https://pan.baidu.com/s/1dGZB4q9密码:pfl3Matlab用途:点击打开链接...

100个小学生猜字谜大全及答案

100个小学生猜字谜大全及答案1.字谜:山上还有山。猜一字,答案是:出2.字谜:十张口,一颗心。猜一字,答案是:...



打瘦腿针大概要多少钱

打瘦腿针大概要多少钱

2371阅读

LaTeX 各种命令,符号

函数、符号及特殊字符声调语法效果语法效果语法效果\bar{x}|latex数学符号表(2)"style="border:none;max-width:...

DeepLearning | Batch Generator: Tensorflow的大规模数据集导入

Tensorflow作为主流的深度学习框架,初学者们根据教程一步一步的敲代码是十分方便,封装的非常好。但是说实话...

彻底理解样本方差为何除以n-1

设样本均值为,样本方差为,总体均值为,总体方差为,那么样本方差有如下公式: 很多人可能都会有疑问,为什...

表白密码:I Love you的42种密码表白方式

字母表白数字密码:9121522521表白解密:从1开始到26,分别表示从A到Z,即:A (1) B (2) C (3) D (4) E...

史上最全设计模式导学目录(完整版)

圣诞献礼! 2012年-2013年,Sunny在CSDN技术博客中陆续发表了100多篇与设计模式相关的文章,涵盖了七...

【速看】27岁美女揭开驼奶市场秘密,亲赴大漠,发现惊人真相

好伙伴·猎媒

	0	
	阅读数 50万+	
	来自: Spring的博客	
	阅读数 13万+	
	来自: Geek宝宝的努力!	
	阅读数 33万+	
	来自: 学习笔记	
	阅读数 6万+	
	来自: Spring的博客	
	阅读数 26万+	
博文	来自: 一个奇鸽最新版的...	

	阅读数 32万+	
博文	来自: 灰羽	

	阅读数 21万+	
博文	来自: Spring的博客	

	阅读数 28万+	
博文	来自: K2514091675的博客	

	阅读数 14万+	
博文	来自: Keep trying, keep ...	

	阅读数 35万+	
博文	来自: 欢迎光临 包国工作室	

	阅读数 40万+	
博文	来自: GarfieldEr007的专栏	

	阅读数 4583	
博文	来自: 冯良骏 的博客	

	阅读数 11万+	
博文	来自: Abner	

	阅读数 17万+	
	来自: qq_32047637的博客	

	阅读数 27万+	
	来自: 刘伟技术博客	



VS2015安装教程（带图解+下载地址+超详细）

为了更好地支持Win10程序的开发，微软发布了VS2015。VS2015支持开发人员编写跨平台的应用程序，从Window...

阅读数 15万+

来自： [严长生的博客](#)



wmdcstdio

TA的个人主页 >

关注

原创53

粉丝51

喜欢15

评论29

等级： 博客 4

访问： 11万+

积分： 1763

排名： 4万+

勋章： 恒



九龙香格里拉大酒店

毗邻尖沙咀区，提前预订享受更多

立即预订 >

最新文章

搬家声明

ACM/ICPC乌鲁木齐2017解题报告

空战的趋势：空中优势的未來含义

武器与战术：对聚变时代太空舰队的构想

核计划：对2025-2050年美国核战略和态势的竞争性定义

归档

2017年10月

1篇

2017年9月

1篇

2017年7月

1篇

2017年2月

1篇

2017年1月

1篇

2016年11月

2篇

2016年10月

4篇

2016年9月

3篇

展开

热门文章

空战的趋势：空中优势的未來含义

阅读数 9847

后缀自动机：O(N)的构建及应用

阅读数 9042

反介入/区域拒止：现代战争的演变

阅读数 8880

[USACO Nov08]玩具toys解题报告

阅读数 5926

ACM/ICPC2016沈阳网络赛（不完全）解題报告

0

分享

评论

目录

书签

手机

<

>

皇冠

二维码

铃铛

盾牌

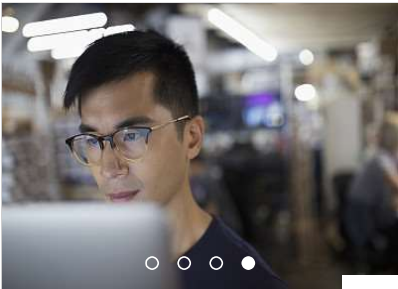
https://blog.csdn.net/wmdcstdio/article/details/49868575

7/8

阅读数 5361

最新评论

[CF 325E]The Red ...  
qq\_43508023: tq!  
Farewell, OI!  
Cold\_Chair: Orz  
几道pb\_ds模板题  
axuhongbo: <http://cogs.pro/cogs/problem/problem.php?pid=197> 网站上不去了啊  
ACM/ICPC乌鲁木齐2017解...  
Samaritan\_infi: skiing那题不是没说起点终点么, 不应该用dp么....  
Farewell, OI!  
FSAHFGSADHS AKNDAS: orz



黑马程序员学费



程序人生



CSDN资讯

👤 QQ客服      ✉ kefu@csdn.net  
🗣 客服论坛      ☎ 400-660-0108  
                    🕒 工作时间 8:30-22:00

**关于我们    招聘    广告服务    网站地图**  
🔍 百度提供站内搜索 京ICP备19004658号  
©1999-2019 北京创新乐知网络技术有限公司  
网络110报警服务    经营性网站备案信息  
北京互联网违法和不良信息举报中心  
中国互联网举报中心    家长监护    版权申诉

👍  
0

🔗

💬

📄

🔖

📱

<

>

👑

🔍

👤

🛡