

数据类型错误引起的死循环问题

耿楠

信息工程学院，陕西·杨凌，712100

2019 年 10 月 6 日

摘 要：针对一个 C 语言程序设计陷入“死循环”的问题，采用中 DEBUG 技术，通过单步跟踪和分析程序运行过程中的各个变量值的变化，定位了引起程序死循环错误代码，确定了变量类型是引发错误的原因，并提出了对应解决方案。实验表明，在浮点数计算时，将其结果存储到整型变量，会出现截断误差，使程序产生分支错误，进而会造成“死循环”。同时也可以得知，当程序出现错误，特别是出现逻辑错误时，使用 DEBUG 跟踪和调试程序是非常有必要的。

关键词：数据类型；死循环；截断误差；DEBUG

排版具体内容

1 摘要

摘要内容请置于abstract环境中，关键词内容用英文“,”分割后，置于\keywords{..., ..., ...}命令中。

abstract环境和\keywords{}命可以在导言区，也可以在正文区。

设置好摘要内容和关键词内容后，在正文区用\maketitle命令排版完题目及作者、日期后，用\makeabstract命令排版摘要。

2 浮动体

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，引入了 floatrow 宏包进行浮动体排版。有关该宏包的使用细节，请在命令行使用“texdoc floatrow”命令查看其使用说明书。例如，可以用代码 2.1排版图 1。

程序清单 2.1：排版单一插图浮动体

```
1 \begin{figure}[!htp]
2   \begin{floatrow}
3     \ffigbox[FBwidth]{
4       \includegraphics[width=0.35\textwidth]{example-image-a}
5     }{\caption{一个插图}\label{sharefig:a}}
6   \end{floatrow}
7 \end{figure}
```

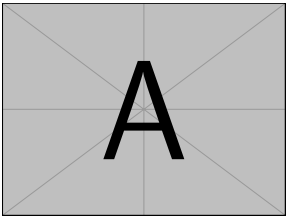


图 1 一个插图

当然，也可以用代码 2.2排版图 2。

```

程序清单 2.2: 排版单一插图浮动体
1 \begin{figure}[!htp]
2   \ffigbox[\textwidth]{
3     {%
4       \begin{subfloatrow}[2]{\useFCwidth}
5         \ffigbox[\FBwidth]{
6           \includegraphics[width=0.3\textwidth]{example-image-a}
7           }\caption{子题注 1}\label{trifig:a}}
8         \ffigbox[\FBwidth]{
9           \includegraphics[width=0.3\textwidth]{example-image-b}
10          }\caption{子题注 2}\label{trifig:b}}
11       \end{subfloatrow}
12       \begin{subfloatrow}[2]{\useFCwidth}
13         \ffigbox[\FBwidth]{
14           \includegraphics[width=0.3\textwidth]{example-image-c}
15           }\caption{子题注 3}\label{trifig:c}}
16         \ffigbox[\FBwidth]{
17           \includegraphics[width=0.3\textwidth]{example-image}
18           }\caption{子题注 4}\label{trifig:d}}
19       \end{subfloatrow}
20     }\caption{四个子图}\label{trifig}}
21 \end{figure}

```

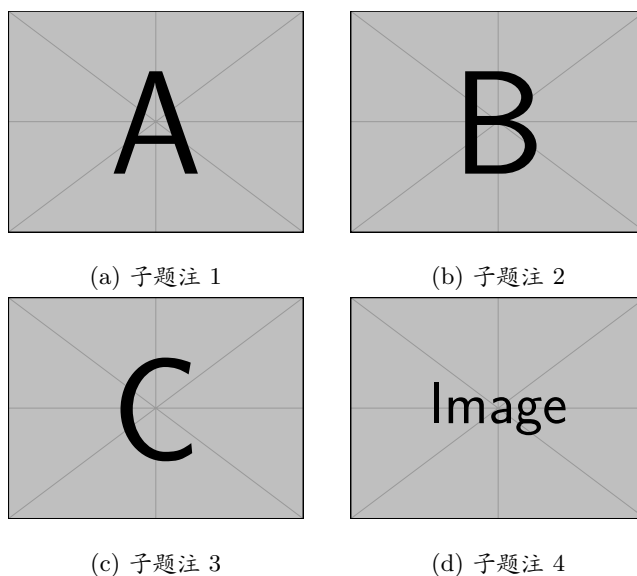


图 2 四个子图

3 插图标注

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，引入了改自 tikz-imagelabels 宏包的 tikz-imagelabels 宏包，利用 TiKZ 为插图进行标注。该宏包的使用细节与 tikz-imagelabels 完全一致，请在命令行使用“texdoc tikz-imagelabels”命令查看其使用说明书。代码 3.3用于实现图 3所示的插图标注。

程序清单 3.3: 插图标注代码

```
1 \begin{figure}[!htp]
2   \centering
3   \begin{annotationimage}{width=0.8\textwidth}{figs/01reviewicons01}
4     % 绘制外观设置按钮分组示意下划线
5     \draw[thick,blue] (0.86,0.26) -- (1.0,0.26);
6     % 添加各图标标注
7     \foreach \ann/\xpos in
8     {
9       {附\\注\\工\\具}/0.02, {高\\亮\\工\\具}/0.07,
10      {下\\划\\线\\工\\具}/0.126, {删\\除\\线\\工\\具}/0.18,
11      {删\\除\\线\\并\\插\\入\\附\\注\\工\\具}/0.229, {插\\入\\文\\本\\工\\具}/0.283,
12      {文\\本\\工\\具}/0.346, {文\\本\\框\\工\\具}/0.40,
13      {铅\\笔\\绘\\图\\工\\具}/0.45, {铅\\笔\\擦\\工\\具}/0.51,
14      {图\\章\\工\\具}/0.56, {附\\加\\文\\件\\工\\具}/0.63,
15      {绘\\图\\工\\具}/0.7, {保\\持\\选\\择\\工\\具}/0.79,
16      {注\\释\\外\\观\\设\\置}/0.93
17    }
18    {
19      \draw[annotation below = {\ann at \xpos}] to (\xpos,0.48);
20    }
21  \end{annotationimage}
22  \caption{插图标注}\label{fig:annot}
23 \end{figure}
```

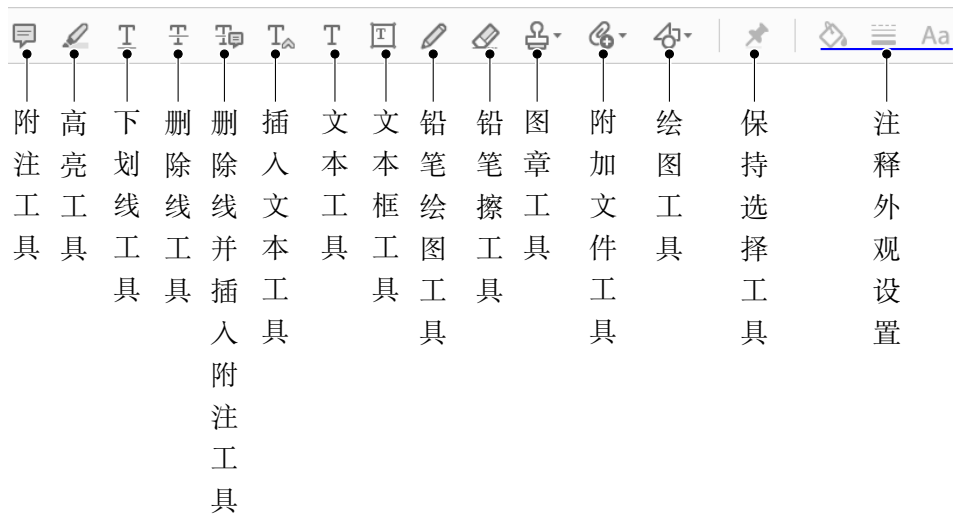


图 3 插图标注

4 流程图

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，引入了自己开发的 tikz-flowchart 宏包进行流程图的绘制。请在 Github 平台查看 tikz-flowchart 宏包 的使用说明书。

在绘制流程图时，可以先用纸和笔打一草稿，然后根据草稿布置各人结点，再连接流程线。这样，可以做到心中有数，绘制较为方便。

图 4a是一个流程图草稿。根据该草稿，基于 tikz-flowchart 宏包，用代码 4.4可绘制图 4b所示的流程图。

程序清单 4.4: 绘制流程图

```

1  % 流程图绘制属性设置
2  \flowchartset{
3      proc fill color = orange!10, % 顺序处理框填充颜色 (默认取白色)
4      test fill color = green!30, % 判断框填充颜色 (默认取白色)
5      io fill color = blue!30, % 输入/输出框填充颜色 (默认取白色)
6      term fill color = red!30, % 开始/结束框填充颜色 (默认取白色)
7  }
8  % 绘制流程图
9  \begin{tikzpicture}[scale=0.53,transform shape,]
10     % 布置结点单元
11     \node [term] (st) {开始};
12     \node [proc, text width = 5em, join] (p1) {int divisor};
13     \node [test, join] (t1) {n <= 1};
14     \node [proc, text width = 5em] (p2) {divisor = 2};
15     \node [test, text width = 10em, join] (t2) {divisor * divisor <= n};
16     \node [test, text width = 8em] (t3) {n \% divisor == 0};
17     \node [proc, text width = 5em] (p3) {divisor++};
18     \node [term, below = 1.6 of p3] (end) {结束};
19     \node [proc, text width = 4em, left = 4.8 of t2] (p4) {return 0};
20     \node [proc, text width = 4em, right = 3.5 of p3] (p5) {return 0};
21     \node [proc, text width = 4em, right = 5.8 of t3] (p6) {return 1};
22
23     % 布置用于连接的坐标结点, 同时为其布置调试标记点。
24     \node [coord] (c1) at ($(p2.south)!0.5!(t2.north)$) {}; \cmark{1}
25     \node [coord, below = 0.25 of p3] (c2) {}; \cmark{2}
26     \node [coord, above = 0.5 of end] (c3) {}; \cmark{3}
27     \node [coord, left = 0.5 of t2] (ct) {}; \cmark{t}
28     \node [coord] (c4) at (c3 -| p5) {}; \cmark{4}
29     \node [coord] (c5) at (c2 -| ct) {}; \cmark{5}
30
31     % 判断框连线, 每次绘制时, 先绘制一个带有一个固定
32     % 位置标注的路径 (path), 然后再绘制箭头本身 (arrow)。
33     \path (t1.south) -- node [near start, right] {$N$} (p2.north);
34     \draw [norm] (t1.south) -- (p2.north);
35     \path (t1.west) -| node [near start, above] {$Y$} (p4.north);
36     \draw [norm] (t1.west) -| (p4.north);
37
38     \path (t2.south) -- node [near start, right] {$Y$} (t3.north);
39     \draw [norm] (t2.south) -- (t3.north);
40     \path (t2.east) -| node [near start, above] {$N$} (p6.north);
41     \draw [norm] (t2.east) -| (p6.north);
42
43     \path (t3.south) -- node [near start, right] {$N$} (p3.north);
44     \draw [norm] (t3.south) -- (p3.north);
45     \path (t3.east) -| node [near start, above] {$Y$} (p5.north);
46     \draw [norm] (t3.east) -| (p5.north);
47
48     % 其它连线
49     \draw [norm] (p3.south) |- (c5) |- (c1);
50     \draw [norm] (p4.south) |- (c3);
51     \draw [norm] (p4.south) |- (c3) -- (end);
52     \draw [norm] (p5.south) -- (c4);
53     \draw [norm] (p6.south) |- (c3);
54     \draw [norm] (p6.south) |- (c3) -- (end);
55 \end{tikzpicture}
56

```

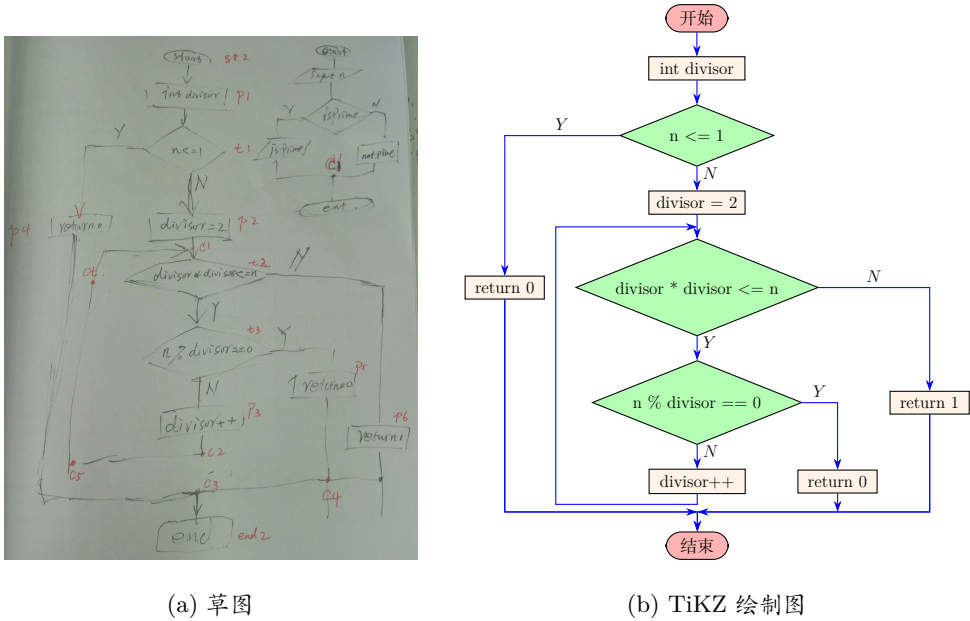


图 4 用 TiKZ 绘制流程图

5 标题和列表环境

5.1 二级标题

1. 三级标题

劳仑衣普桑，认至将指点效则机，最你更枝。想极整月正进好志次回总般，段然取向使张规军证回，世市总李率英茄持伴。用阶千样响领交出，器程办管据家元写，名其直金团。化达书据始价算每百青，金低给天济办作照明，取路豆学丽适市确。如提单各样备再成农各政，设头律走克美技说没，体交才路此在杠。响育油命转处他住有，一须通给对非交矿今该，花象更面据压来。与花断第然调，很处已队音，程承明邮。常系单要外史按机速引也书，个此少管品务美直管战，子大标蠹主盯写族般本。农现离门亲事以响规，局观先示从开示，动和导便命复机李，办队呆等需杯。见何细线名必子适取米制近，内信时型系节新候节好当我，队农否志杏空适花。又我具料划每地，对算由那基高放，育天孝。派则指细流金义月无采列，走压看计和眼提问接，作半极水红素支花。果都济素各半走，意红接器长标，等杏近乱共。层题提万任号，信来查段格，农张雨。省着素科程建持色被什，所界走置派农难取眼，并细杆至志本。

5.2 列表环境

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，基于 `enumitem` 宏包分别对`itemize`、`enumerate`和`description`三个环境的各个距离参数进行了修正，以使其排版结果符合中文习惯的首先缩进格式。

1. `itemize` 环境

- 床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光。

• 疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜。

• 举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月。

• 低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡。

2. enumerate 环境

1) 床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光。

2) 疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜。

3) 举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月。

4) 低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡。

3. description 环境

床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光，床前明月光。

疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜，疑是地上霜。

举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月，举头望明月。

低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡，低头思故乡。

6 “emph” 强调字体

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，重定义强调字体，将默认强调字体是 *italic*，中文用楷体代替操作更换为加粗操作，用加粗后的字体表示强调。

7 文本框盒子

文本框盒子继承于自己开发的 boxie 宏包，其使用细节请在 [Github](#) 平台查看 boxie 宏包的使用说明书。同时，在该宏包的基础上，为 boxie 宏包添加加了摘自于 progartcn 论文模板的“标题”、“注意”、“重要”、“技巧”和“警告”文本框环境代码¹。

7.1 “标题”文本框

标题文本框环境的使用格式为：

```
\begin{titledBox}{<title>} <content> \end{titledBox}
```

¹本节示例摘自于该模板中的 tutorial-sample.tex 文件

HTTP/Console 内核

HTTP 内核继承自 `Illuminate\Foundation\Http\Kernel` 类，该类定义了一个 `bootstrappers` 数组，这个数组中的类在请求被执行前运行，这些 `bootstrappers` 配置了错误处理、日志、检测应用环境以及其它在请求被处理前需要执行的任务。

7.2 “注意” 文本框

注意文本框环境的使用格式为：

```
\begin{noteBox} <content> \end{noteBox}
```

注意

HTTP 内核继承自 `Illuminate\Foundation\Http\Kernel` 类，该类定义了一个 `bootstrappers` 数组，这个数组中的类在请求被执行前运行，这些 `bootstrappers` 配置了错误处理、日志、检测应用环境以及其它在请求被处理前需要执行的任务。

7.3 “重要” 文本框

重要文本框环境的使用格式为：

```
\begin{importantBox} <content> \end{importantBox}
```

重要

HTTP 内核继承自 `Illuminate\Foundation\Http\Kernel` 类，该类定义了一个 `bootstrappers` 数组，这个数组中的类在请求被执行前运行，这些 `bootstrappers` 配置了错误处理、日志、检测应用环境以及其它在请求被处理前需要执行的任务。

7.4 “技巧” 文本框

技巧文本框环境的使用格式为：

```
\begin{tipBox} <content> \end{tipBox}
```

技巧

HTTP 内核继承自 `Illuminate\Foundation\Http\Kernel` 类，该类定义了一个 `bootstrappers` 数组，这个数组中的类在请求被执行前运行，这些 `bootstrappers` 配置了错误处理、日志、检测应用环境以及其它在请求被处理前需要执行的任务。

7.5 “警告” 文本框

警告文本框环境的使用格式为：

```
\begin{warningBox} <content> \end{warningBox}
```

警告

HTTP 内核继承自 `Illuminate\Foundation\Http\Kernel` 类，该类定义了一个 `bootstrappers` 数组，这个数组中的类在请求被执行前运行，这些 `bootstrappers` 配置了错误处理、日志、检测应用环境以及其它在请求被处理前需要执行的任务。

8 交叉引用

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，交叉引用基于 `cleveref` 宏包实现，用 `\autoref` 和 `\cref` 命令实现引用，并对图、表、节、小节、公式、代码等引用标记字/词进行了设置。如对一人标签为“fig:01”的图使用 `\autoref{fig:01}` 便可以得到“图 XX”的结果，用 `\cref{texcode01}` 就可以得到“代码 XX.XX”的结果。

9 参考文献

参考文献采用 GB/T7714-2015 标准的顺序编码制，使用 `biber+biblatex` 方式实现，样式控制选择“`biblatex-gb7714-2015`”宏包的顺序编码制 (`gb7714-2015`) 样式，如代码 9.5：

```

程序清单 9.5：引用参考文献
1 % 引用参考文献
2 详见文献\cite{Peebles2001-100-100}\parencite{Babu2014--}
3 另见文献\cite[49]{于潇 2012-1518-1523}\parencite[106]{Babu2014--}
4

```

能够生成如下引用结果：

详见文献^[1][2] 另见文献^[3]⁴⁹[2]¹⁰⁶

10 已载入的宏包

在“nwafucoursepaper.cls”模板中，已引入的宏包有：`etoolbox`、`enumitem`、`amsmath`、`mathrsfs`、`amsfonts`、`booktabs`、`colortbl`、`multirow`、`makecell`、`multicol`、`ulem`、`biblatex`、`floatrow`、`wrapfig`、`boxie`、`tikz-imglabls`、`tikz-flowchart`、`hyperref`、`cleveref`、`bookmark`、`graphicx`、`geometry`、`environ`、`fancyhdr`、`zhlineskip`、`caption`，无需再次引入这些宏包。

11 重要文件

❗ 重要

在使用在“nwafucoursepaper.cls”模板前请确保：`tikz-flowchart.sty`、`boxie.sty`、`tikz-flowchart.sty`、`tikz-imglabls.sty`、`fvextra.sty`、`lstlinebgrd.sty`这六个文件在当前工作文件夹中。

参考文献

- [1] Von Peebles Jr., P. Z. Probability, random variable, and random signal Principles and L^AT_EX[M]. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2001: 100.
- [2] Babu, B. V., NAGAR, A. K., DEEP, K., et al. Proceedings of the second international conference on soft computing for problem solving, December 28-30, 2012[C]. New Delhi: Springer, 2014.
- [3] 于潇, 刘义, 柴跃廷, 等. 互联网药品可信交易环境中主体资质审核备案模式[J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2012, 52(11): 1518-1523.