
目录

实验五 布局	2
实验目的.....	2
实验内容.....	2
布局的基本概念	2
实验步骤.....	6
全局布局实验	6
调整全局布局参数实验	10
合法化和详细布局实验	15
实验练习	16

实验五 布局

实验目的

- 1) 理解布局基础知识，掌握布局操作
- 2) 了解全局布局过程

实验内容

布局的基本概念

布局将综合步骤逻辑转化成的单元在布局区域内进行摆放，确定每个单元的位置。在《实验四 布图规划 2》中已经介绍过宏单元的摆放，布局这一章节主要是针对标准单元进行摆放。首先需要了解标准单元的摆放规则。

布局区域中存在布局行(Row)和布局最小网格(Site)。布局行取标准单元高度的整数倍，在布局区域内的所有标准单元都要对齐在布局行上，《实验四 布图规划 2》提到的电源轨道安排在布局行上，以给标准单元供电。布局最小网格是工艺厂商的规定，规定所有的标准单元宽度都是 Site 宽度的整数倍，布局区域内的所有标准单元都需要对齐到 Site 上，便于后续生产制造中的统一性。

裸片(Die)

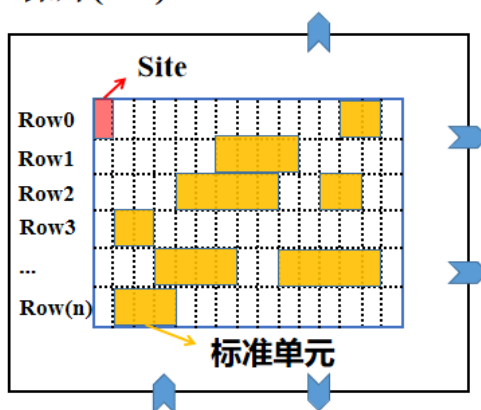


图 1 标准单元对齐 Row/Site

标准单元虽然在布局阶段的版图看起来是一个一个独立的矩形，但是标准单元间是存在连接线网(Net)的，线网连接各个标准单元上的引脚(pin)。此外标准单元与宏单元、标准单元与 IO 引脚之间均可能存在连接线网。

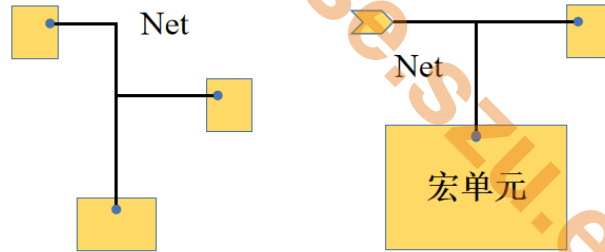


图 2 标准单元连接的线网

由图 2 可得在后端物理设计中，连接线都是走直角线，又称斯坦纳线。斯坦纳线主要是为了方便工艺厂商印刷连接线。在真实布线时是进行空间走线的，在布局阶段更关注平面上的线长。然而理论证明构建斯坦纳线是个 NP 难的问题，在布局阶段需要一个更简单有效的线长评价。

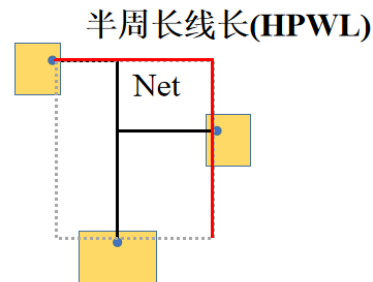


图 3 半周长线长评估

在斯坦纳线连接的标准单元引脚上作外界矩形，取矩形周长的一半作为半周长线长（HPWL）评估。HPWL 评估是真实斯坦纳线长的下界（即真实线长大于等于 HPWL）。

布局的目标是令线长尽量减小，然而若线长减小势必会使单元靠近造成区域密集。后续绕线可以走线的层数是固定的，因此一旦某区域的单元密集，该区域需要走线的数量多，线之间的相互影响会造成绕线拥塞从而无法正确的连上所有的线。总而言之，我们需要减少线长的同时保证区域的密度不会过高。

现代布局普遍采用的方法是对布局区域进行均等划分，划分的每个小区域称为网格（Bin）。

裸片(Die)

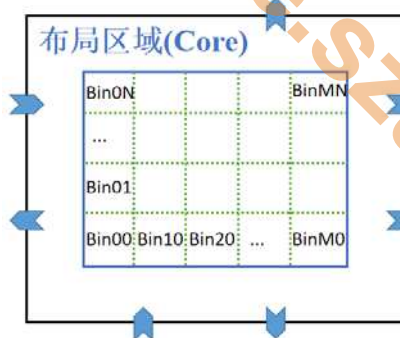


图 4 布局区域按 M*N 划分 Bin 进行密度控制

布局中衡量密度的方式是计算 Bin 内重叠的单元面积除以 Bin 的面积。Bin 中设定目标密度，控制单元不能过分靠近。Bin 中超出规定目标密度构成的区域的面积称为溢出（Overflow）。

裸片(Die)

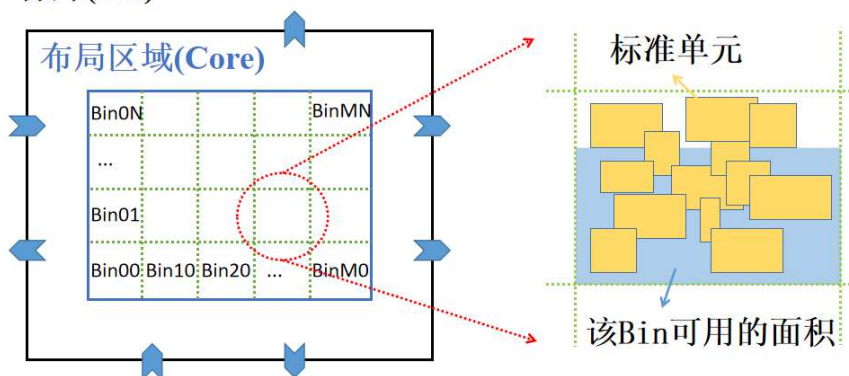


图 5 Bin 中的密度和溢出表示

在布局前，需要设定每个 Bin 的目标密度，一般的设计设置目标密度区间在 0.6~0.8 之间。Bin 中可用面积是 Bin 的面积乘以目标密度。

Bin 中可用面积 = Bin 的面积 * 目标密度

与之对应的是布局过程中的真实密度，等于标准单元与 Bin 的重叠面积除以 Bin 的面积。

$$\text{Bin 真实密度} = \frac{\text{标准单元与 Bin 重叠面积}}{\text{Bin 的面积}}$$

简单理解是目标密度是“预期”达到的密度，而真实密度反映当前的密度状态。紧接着溢出（Overflow）表达的是当前真实密度距离“预期”还有多远的程

度。

$$\text{溢出} = \frac{\text{"0" 或者 (标准单元与 Bin 重叠面积 - Bin 中可用面积)}}{\text{所有标准单元的面积总和}}$$

在 Bin 中如果标准单元重叠的面积没有超过 Bin 中可用面积，则溢出为 0；与之相反，存在溢出使用上式进行计算。

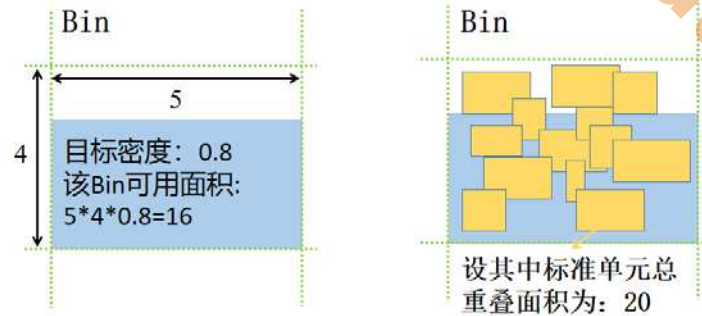


图 6 布局指标计算举例

如图 6 所示,Bin 的面积为 $4*5=20$, 设目标密度为 0.8, 可用面积为 $20*0.8=16$ 。若其中标准单元的总重叠面积为 20, 则真实密度为 $20/20=1$, 溢出 $=(20-16)/20=0.2$ 。将所有 Bin 的溢出进行加和, 得出最终的总溢出。

布局由于问题复杂, 一般划分为三个步骤, 分别是全局布局、合法化、详细布局。



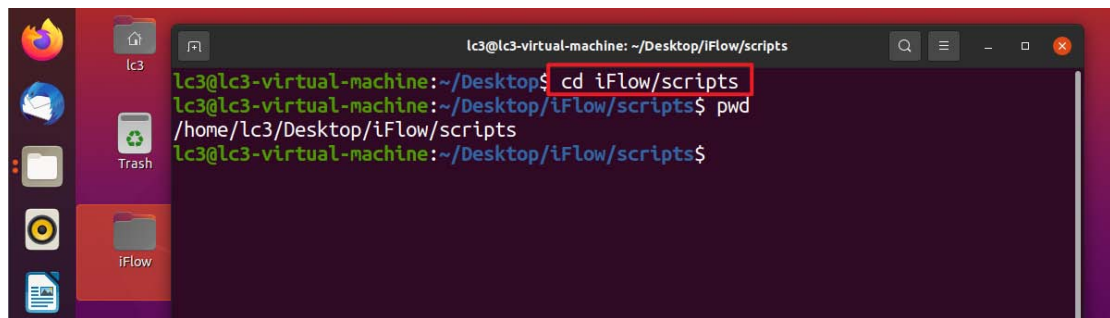
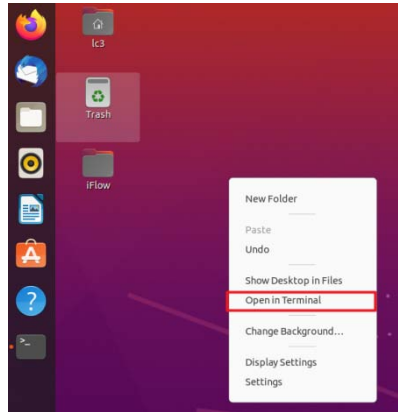
图 7 布局的步骤划分

全局布局把单元扩散到版图中合适的位置, 此时忽略单元重叠; 合法化主要将全局布局的结果进行版图中行与列位置的对齐, 消除单元之间的重叠; 详细布局则是将布局结果进行局部的修正。

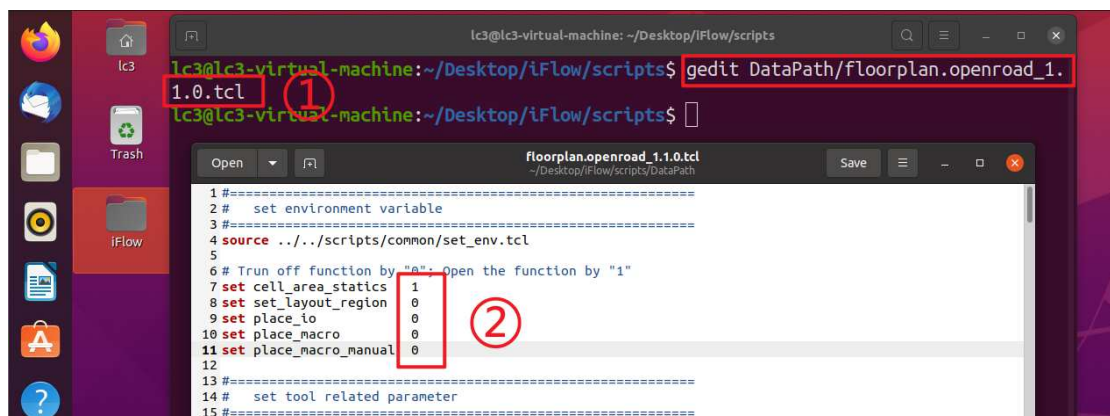
实验步骤

全局布局实验

- 1) 虚拟机开机，并打开终端



- 2) 选用 LC3 中的数据通路（DataPath）模块，执行布局前所需的操作
首先执行脚本确定数据通路模块所有标准单元的面积



保存后执行脚本


```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ ./run_flow.py -d DataPath -s floorplan -f sky130 -t HS -c TYP
Current full name : DataPath.floorplan.openroad_1.1.0.HS.TYP.default
Previous full name : DataPath.synth.yosys_0.9.HS.TYP.default

OpenROAD 1.1.0 9295a533ff
License GPLv3: GNU GPL version 3 <http://gnu.org/licenses/gpl.html>

This is free software, and you are free to change and redistribute it
under certain conditions: type 'show copying' for details.

=====
report total insts area
-----
43816.93920000076 (um^2)
=====

lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$
```

设定版图大小。利用率取 50%，暂定版图大小为宽 296，高 296。

```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ gedit DataPath/floorplan.openroad_1.1.0.tcl

1.0.tcl ①

=====
1 #-----
2 # set environment variable
3 #-----
4 source ../../scripts/common/set_env.tcl
5
6 # Trun off function by "0"; Open the function by "1"
7 set cell_area_statics 0
8 set set_layout_region 1
9 set place_io 1
10 set place_macro 1
11 set place_macro_manual 0
12
13 #-----
14 # set tool related parameter
15 #-----
16 set DIE_AREA "0 0 296 296"
17 set CORE_AREA "5 5 291 291"
18 set TRACKS_INFO_FILE "$PROJ_PATH/roundry/roundry/tracks.info"
19 set PLACE_SITE "unit"
20 set IP_GLOBAL_CFG "$PROJ_PATH/scripts/$DESIGN/IP_global.cfg"
21 set PLACE_DENSITY "1"
22
23 #-----

②，一定要恢复设置 ③
```

保存后退出。

执行综合以及布图规划步骤。

```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ ./run_flow.py -d DataPath -s synth,floorplan,tapcell,pdn -f sky130 -t HS -c TYP
Current full name : DataPath.synth.yosys_0.9.HS.TYP.default
Previous full name : DataPath...HS.TYP.default

-----\
yosys -- Yosys Open SYNthesis Suite

Copyright (C) 2012 - 2019 Clifford Wolf <clifford@clifford.at>

Permission to use, copy, modify, and/or distribute this software for any
```

```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ cd iFlow/scripts/
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ pwd
/home/lc3/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ ./run_flow.py -d Memory -s synth,floorplan -f sky130 -t HS -c TYP
Current full name : Memory.synth.yosys_0.9.HS.TYP.default
Previous full name : Memory...HS.TYP.default

-----
yosys -- Yosys Open SYnthesis Suite

Copyright (C) 2012 - 2019 Clifford Wolf <clifford@clifford.at>

Permission to use, copy, modify, and/or distribute this software for any
purpose with or without fee is hereby granted, provided that the above
copyright notice and this permission notice appear in all copies.
```

3) 执行全局布局脚本

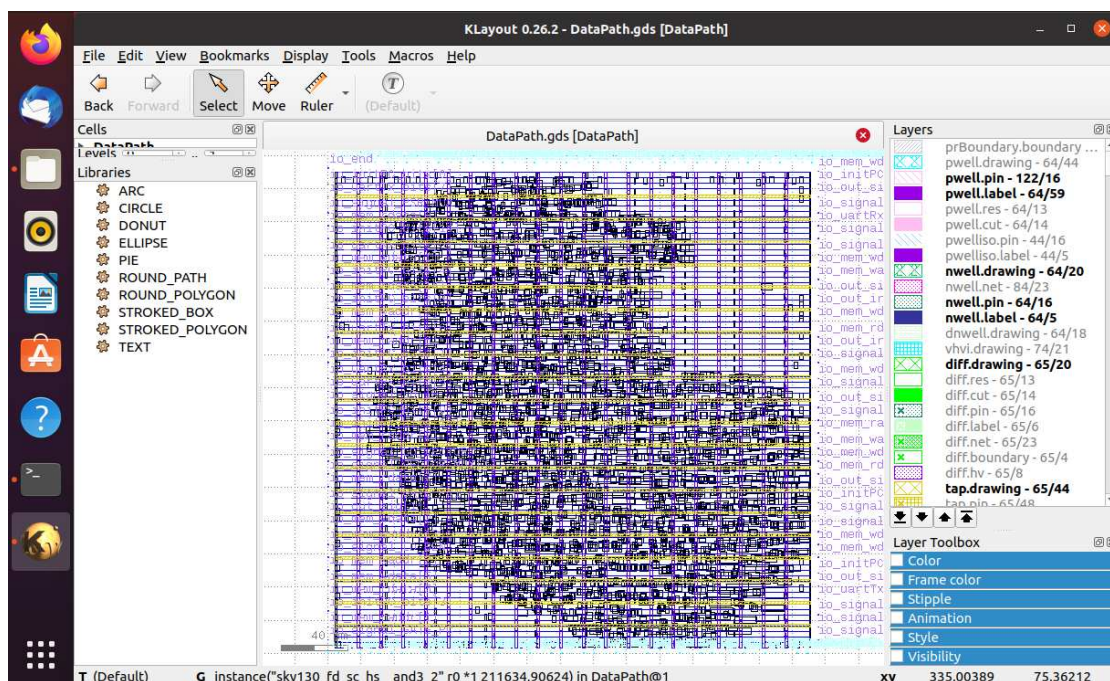
```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ ./run_flow.py -d DataPath -s gplace,layout -f sky130 -t HS -c TYP
Current full name : DataPath.gplace.openroad_1.1.0.HS.TYP.default
Previous full name : DataPath.pdn.openroad_1.1.0.HS.TYP.default

OpenROAD 1.1.0 9295a533ff
License GPLv3: GNU GPL version 3 <http://gnu.org/licenses/gpl.html>

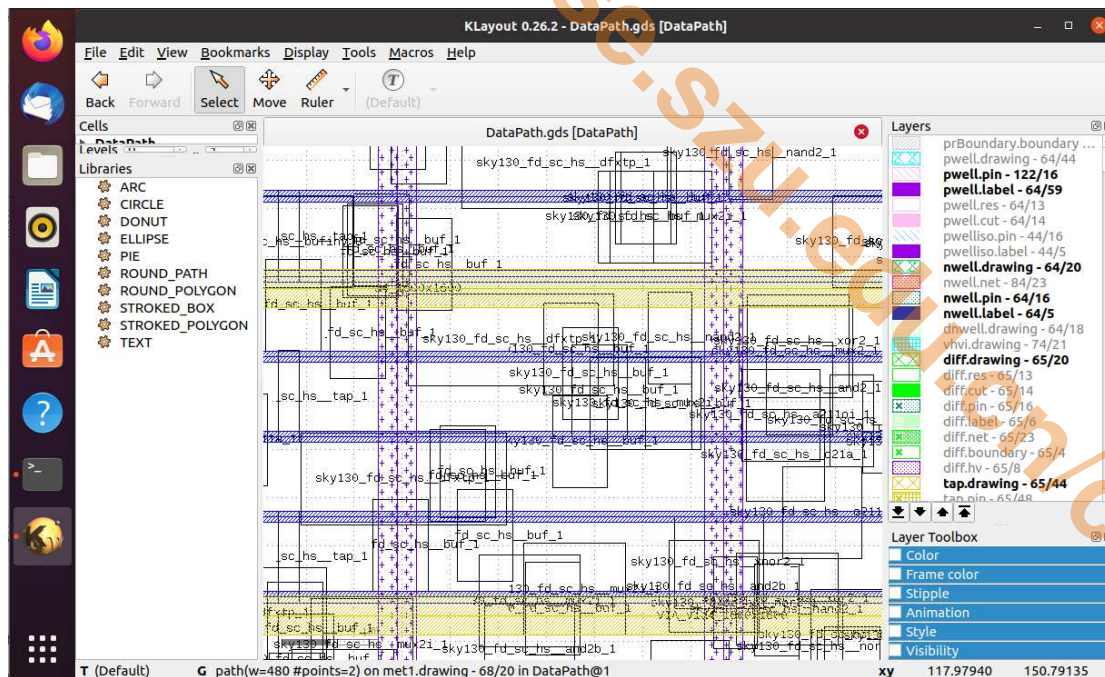
This is free software, and you are free to change and redistribute it
under certain conditions; type 'show_copying' for details.
This program comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type 'show_warranty'.
Notice 0: Reading LFF file: /home/lc3/Desktop/iFlow/foundry/sky130/lef/sky130.lef
```

4) 观察全局布局后的结果

执行完全局布局脚本后，会自动弹出全局布局后的版图

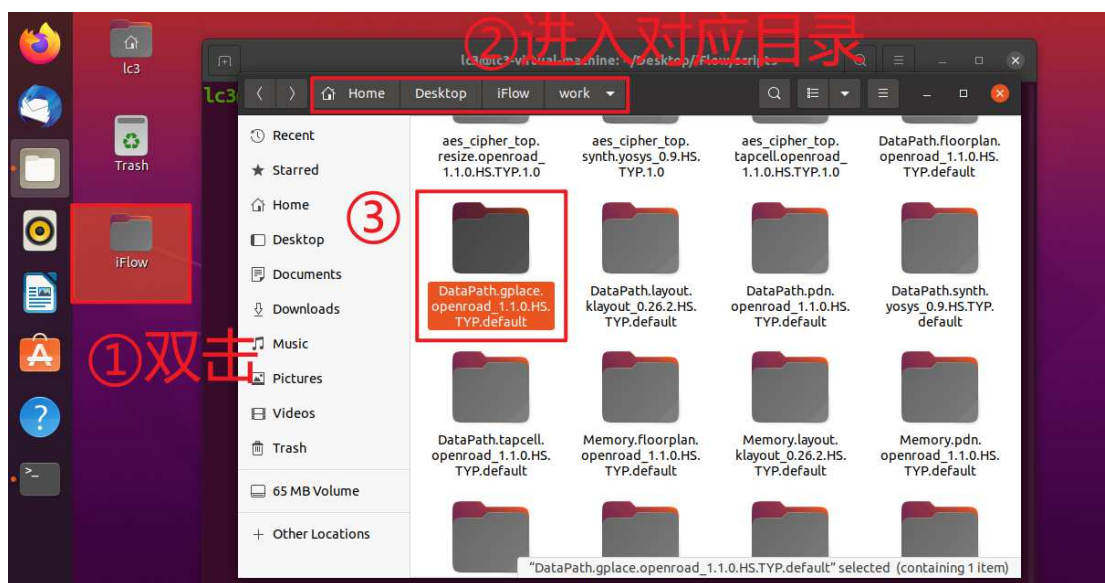


其中黑色的矩形块是标准单元，可以用鼠标滚轮对某一区域进行放大查看



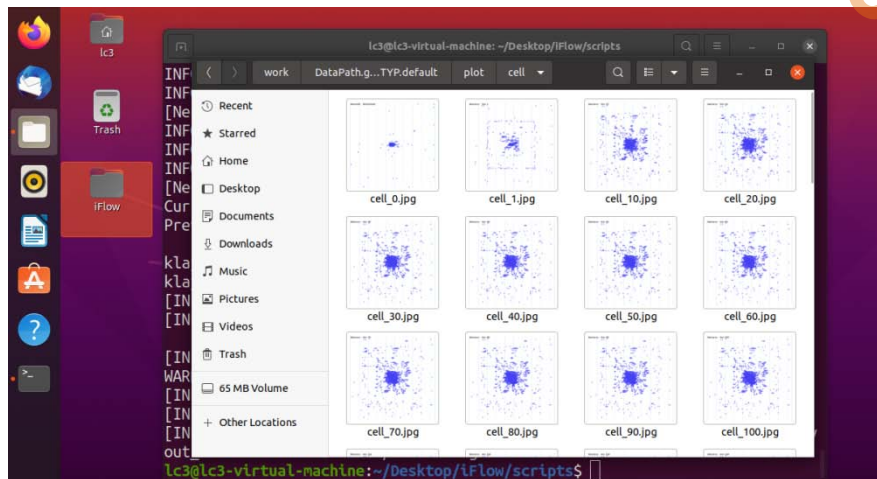
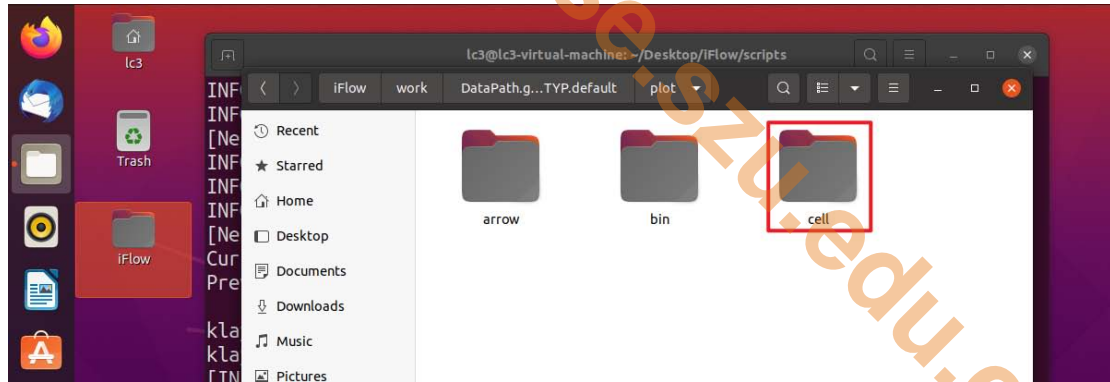
可以看到全局布局后的标准单元并没有对齐并且标准单元间会有重叠的情况。

5) 查看全局布局中标准单元的位置变化过程

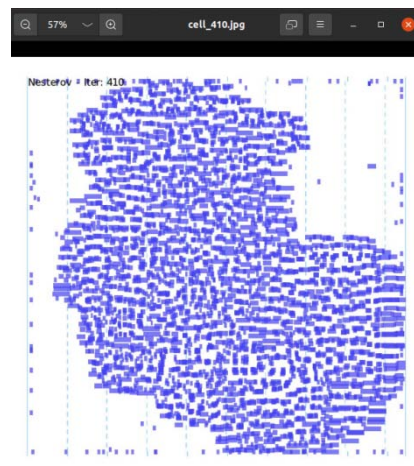


紧接着双击进入 Plot 目录



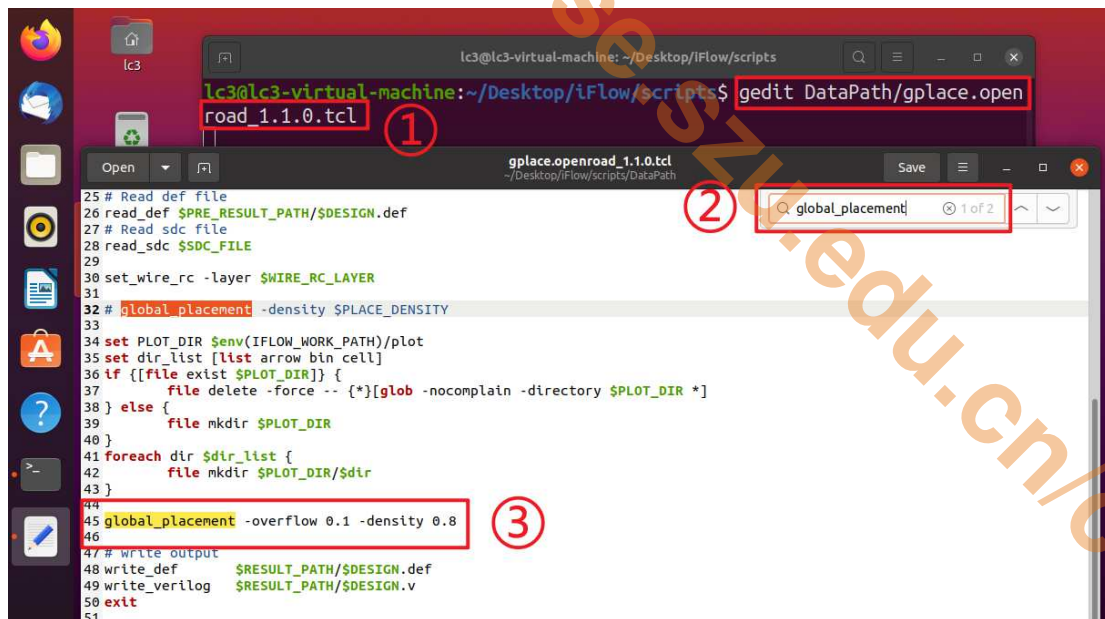


可以根据文件命名中的序号观察出全局布局过程变化,理解单元是如何一步步形成全局布局结果



调整全局布局参数实验

- 1) 了解全局布局可调整的参数



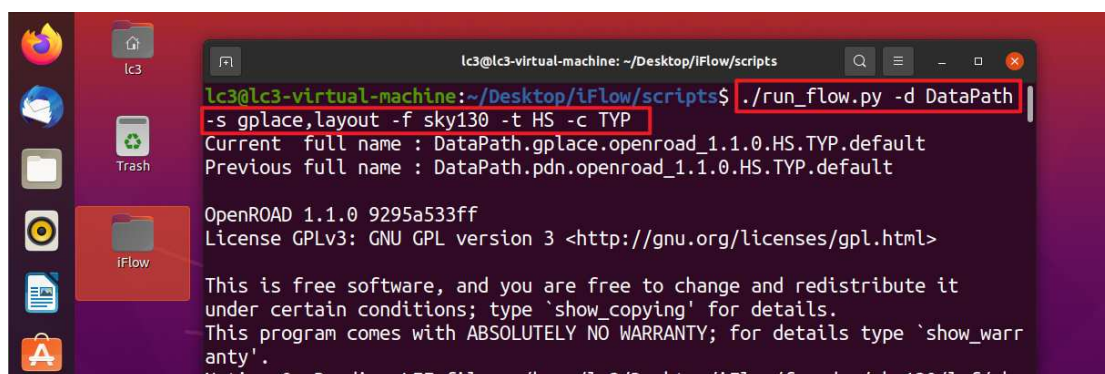
图中步骤③global_placement 是具体执行全局布局的命令，命令后面接着的是可以调节的参数。其中“-overflow”指的是基础知识中提到的溢出，设置的值越小，代表各个网格（Bin）中超出目标密度区域的情况越少发生。“-density”指的是目标密度，设置的值一般是 0.6~0.8 之间。

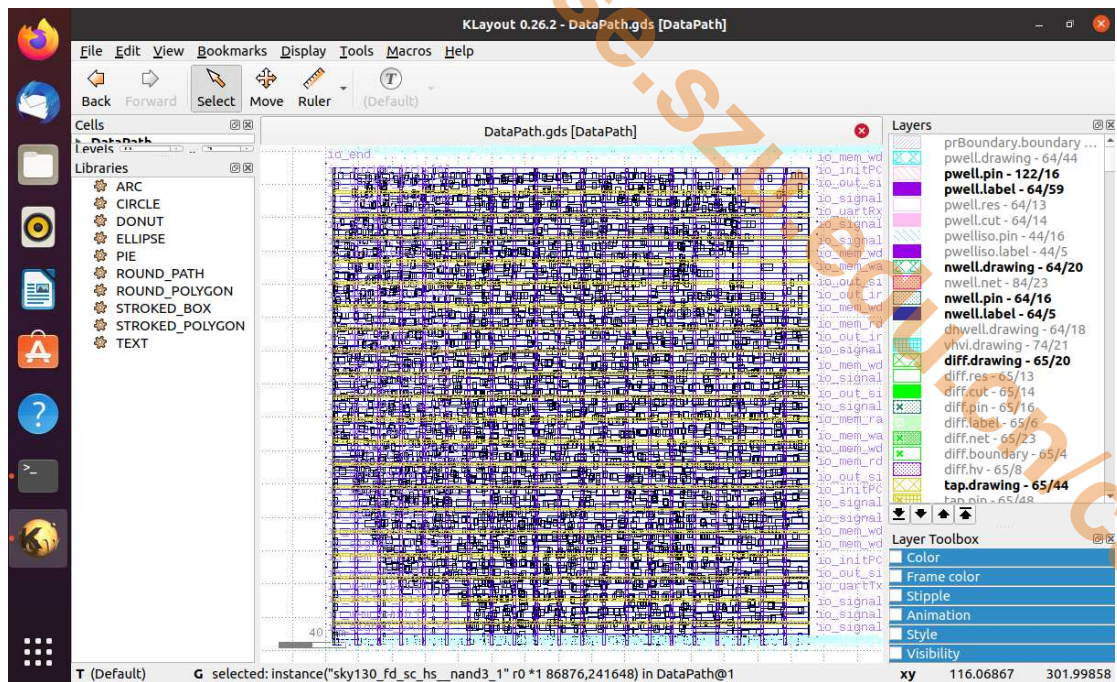
2) 改变目标密度的参数值，观察全局布局变化

将“-density”后面的参数值设为 0.6

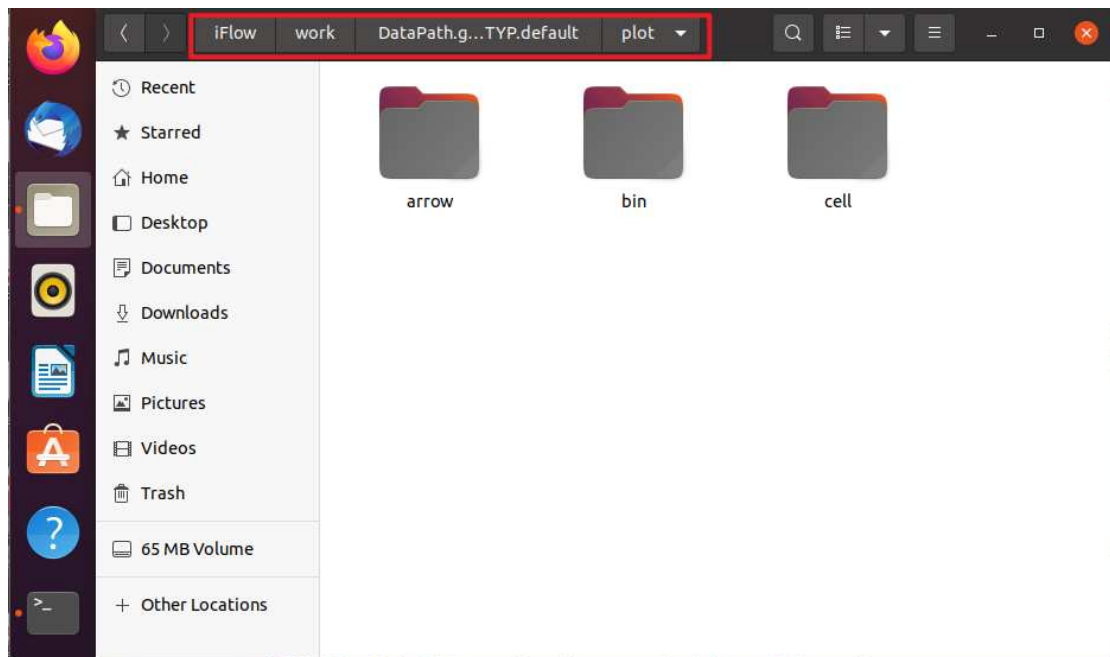
```
44
45 global_placement -overflow 0.1 -density 0.6
46
```

重新执行全局布局脚本

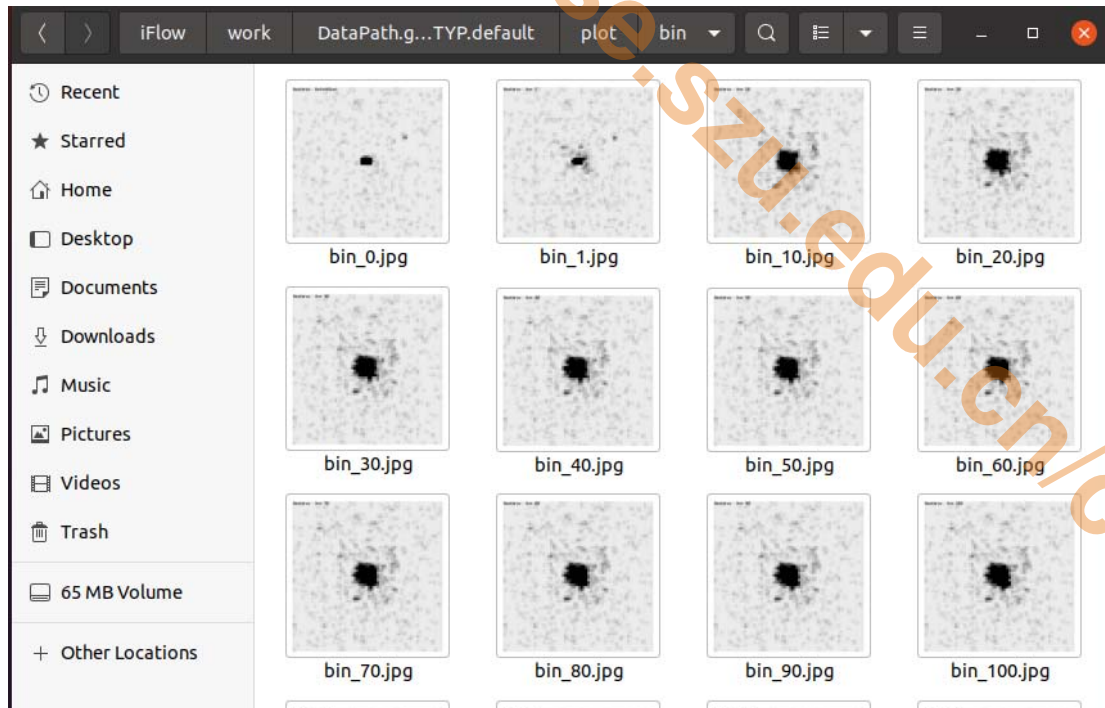




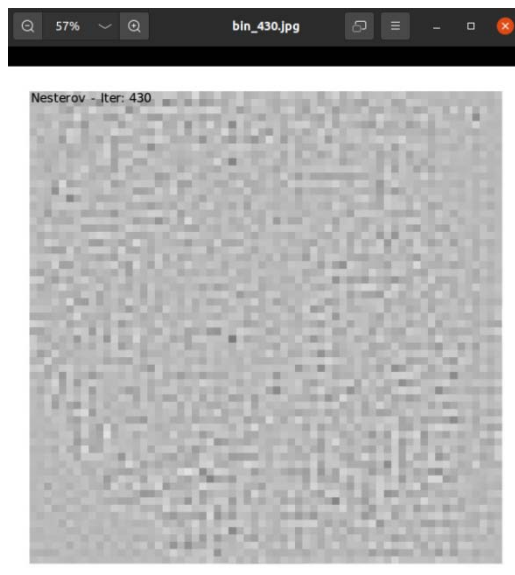
标准单元的分布明显出现了变化,可按本章第一个实验步骤 5 查看全局布局过程的变化情况。



回到该界面, **cell** 文件夹内存放的是全局布局过程中标准单元的位置变化,现在要介绍另一个文件夹 **bin** 下的内容,它代表着网格 (**Bin**) 中标准单元真实密度分布的情况。



图中若某个网格 Bin 中与之重叠的标准单元个数越多，颜色越突出。从 cell 文件夹下单元位置的变化过程可以看到，全局布局最初是将所有单元都集中在版图的中心，然后向四周散开。最后，标准单元散开后，图中的颜色越“平均”。



3) 改变规定的“溢出”值，观察全局布局变化

将“-overflow”后面的参数值设为 0.4

```

44
45 global_placement -overflow 0.4 -density 0.8
46

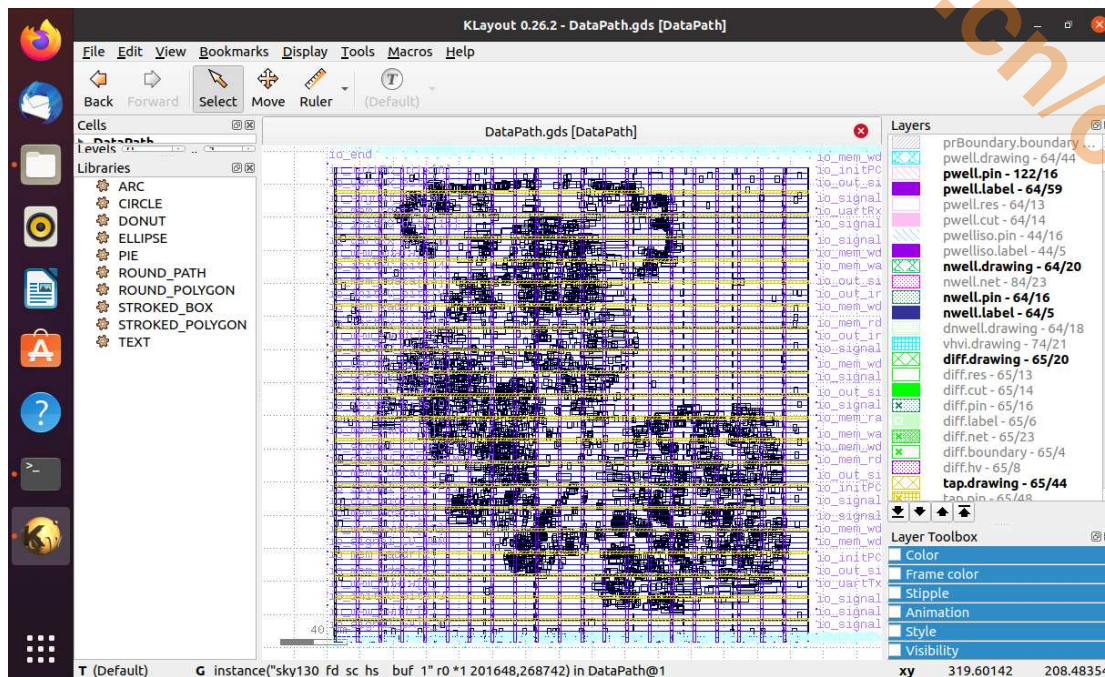
```

重新执行全局布局脚本


```
lc3@lc3-virtual-machine: ~/Desktop/iFlow/scripts
lc3@lc3-virtual-machine:~/Desktop/iFlow/scripts$ ./run_flow.py -d DataPath
-s gplace,layout -f sky130 -t HS -c TYP
Current full name : DataPath.gplace.openroad_1.1.0.HS.TYP.default
Previous full name : DataPath.pdn.openroad_1.1.0.HS.TYP.default

OpenROAD 1.1.0 9295a533ff
License GPLv3: GNU GPL version 3 <http://gnu.org/licenses/gpl.html>

This is free software, and you are free to change and redistribute it
under certain conditions; type 'show_copying' for details.
This program comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type 'show_warr
anty'.
Notice: 0: Reading L55 file: /home/lc3/Desktop/iFlow/foundation/sky130/lef/sky
```



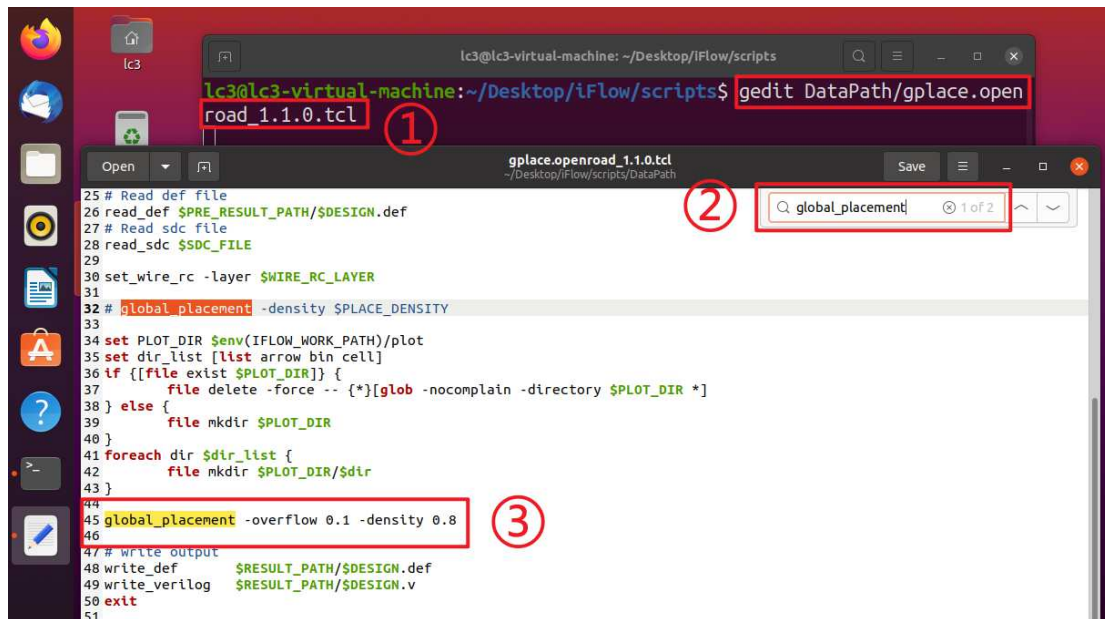
图中可以看出，标准单元都比较聚集，也代表着在许多网格 Bin 中单元重叠的面积超过了规定的目标密度面积。

观察 bin 文件夹中最终密度分布情况

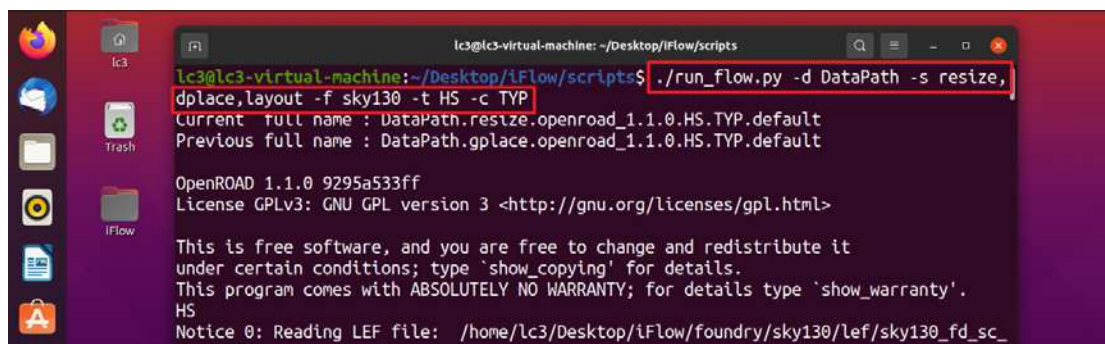


合法化和详细布局实验

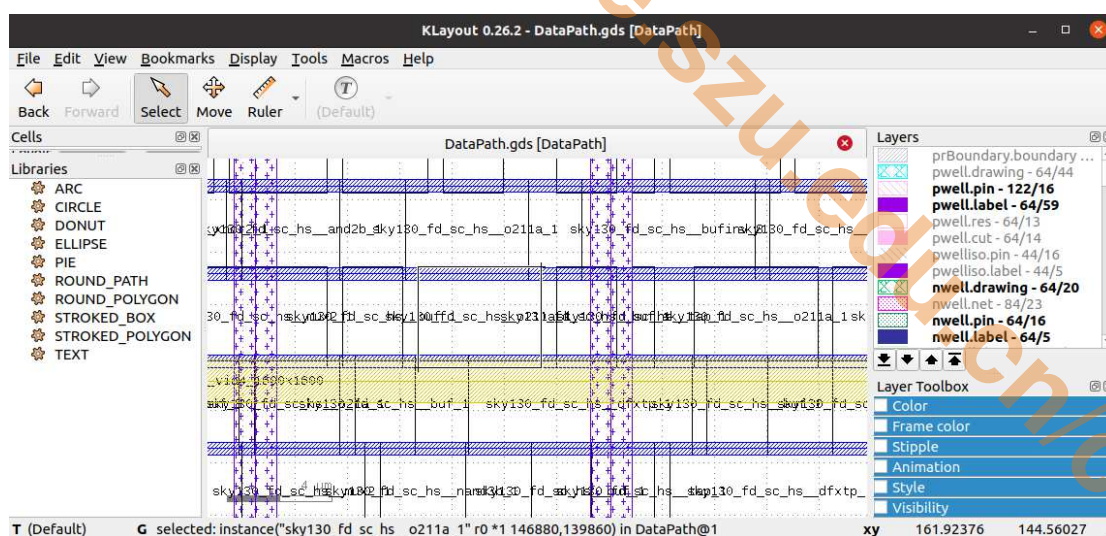
1) 恢复全局布局的参数设置



2) 执行合法化和详细布局脚本，观察标准单元位置的变化



在自动弹出的版图中，用鼠标滚轮放大对标准单元进行观察



所有的标准单元都已对齐到行列（Row/Site）

实验练习

- 1) 自主改变全局布局“-density”参数，总结对全局布局的影响
- 2) 自主改变全局布局“-overflow”参数，总结对全局布局的影响