

第四届（2022）集成电路 EDA 设计精英挑战赛

赛题指南

- 一、 **赛题名称**：多实例化分块布图下的顶层布线
- 二、 **命题企业**：新思科技有限公司
- 三、 **赛题 Chair**：邸志雄 西南交通大学、朱自然 东南大学
- 四、 **赛题介绍**

随着芯片设计需求的不断增加，芯片的规模变得越来越大，对规模庞大的单个芯片进行整体设计的时间和人力成本变得很高。因此，将规模庞大的单个设计切分成若干较小的分块，将每个分块单独实现成为了广泛采用的解决方案。

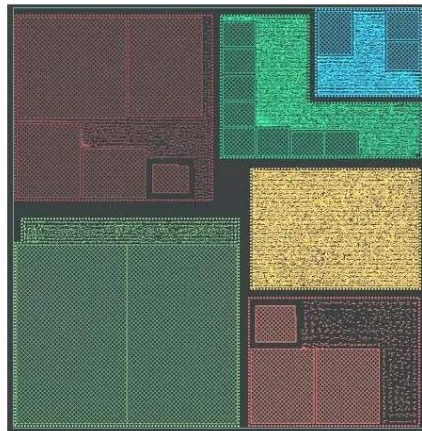


图 1. 分块设计

分块设计可以有效地降低不同部分的耦合度，控制设计过程中的风险；不同的分块可以并行实现，显著地降低了芯片开发的时间成本；同时，多实例化分块技术支持使用模板保存并同步设计多个完全相同的分块，可以有效节约开发过程中的存储和人力成本。

在分块设计中，为了保持分块的完整性和易用性，所有处于分块边界内的对象都被划分到分块内部进行独立设计，但不同分块之间仍然存在一些关键连接，需要先在顶层对其进行全局布线，再将布线结果分段划分到其穿过的各分块中。此时，多实例化分块的存在，给顶层布线带来了新的挑战。为了保持多实例化性质，布线结果中穿过多实例化分块的路径在被划分时会自动同步到其它使用相同模板的分块中，因此可能出现冗余的路径，导致布线资源的拥挤或浪费，甚至造成短路。本赛题将聚焦于顶层布线问题，探索多实例化分块布图下的最短路布线。

参考文献 <https://www.techdesignforums.com/practice/technique/floor-planning-complex-socs-with-multiple-levels-of-physical-hierarchy>

五、 基本概念

5.1 连接与路径

- a) **端点**：平面上的一点，表示连接的起止点。
- b) **飞线连接**：端点之间通过直线实现的无向连接

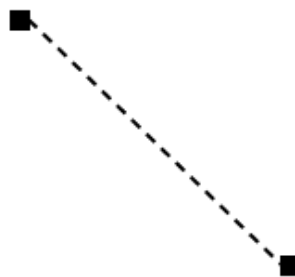


图 2. 飞线连接

c) **多点连接**: 多个端点之间的连接

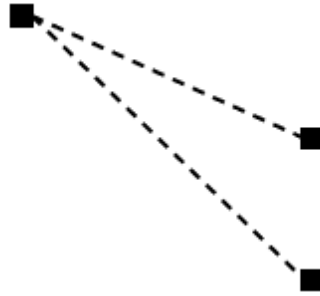


图 3. 多点连接

d) **曼哈顿路径**: 依端点之间曼哈顿距离生成的路径

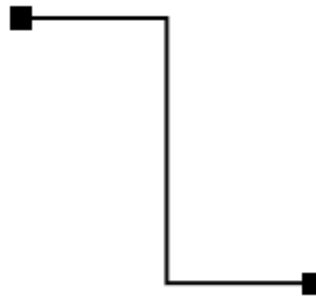


图 4. 曼哈顿路径

5.2 分块

a) **分块**: 包含端点和曼哈顿路径的容器，本赛题中的端点只会出现在分块内，不会位于顶层。分块不会出现斜边或者空洞。

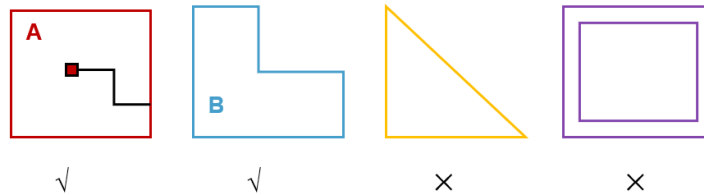


图 5. 分块

b) **多层分块**：分块中可以包含其它子分块。

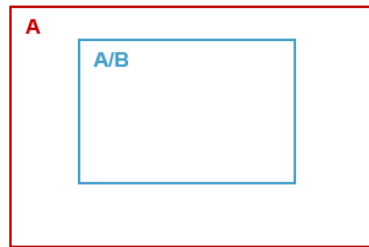


图 6. 多层分块

c) **多实例化分块**：由同一个分块模板生成的多个分块，这些分块内的所有对象（子分块、端点、曼哈顿路径）完全相同，例如下图中分块 A₁ 与 A₂ 为同一组多实例化分块，则所有在 A₁ 内的对象将被自动复制到 A₂ 中的相同位置，反之亦然。A₁/B 和 A₂/B 中的对象也保持一致。

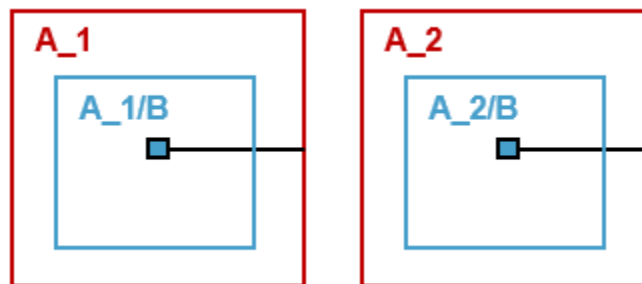


图 7. 多实例化分块

d) **分块朝向**：分块可以左右或上下翻转，不同的朝向分别命名为 R0，MX，MY 和 R180，文中若无特殊说明，默认朝向为 R0。多实例化分块在翻转后仍然保持多实例化的性质。分块的朝向由输入文件给定，在布线时不能更改。

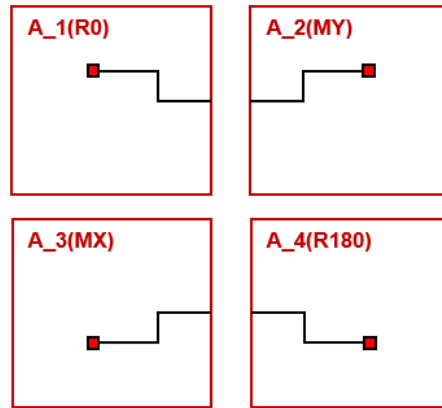


图 8. 不同朝向的分块

六、 竞赛题目

6.1 题目描述

根据给定的分块布图和端点间的飞线连接关系，规划出总长度更短的曼哈顿路径。

6.2 长度计算规则

a) 所有曼哈顿路径无论是否参与连接，均计入总长度。

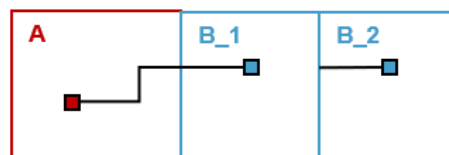


图 9. 多实例化分块

b) 每个交叉点的 (w, h) 矩形邻域内的曼哈顿路径需双倍计入总长度。

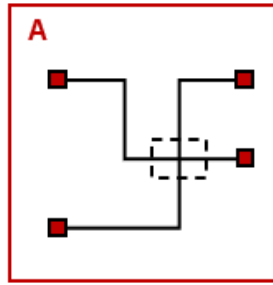


图 10. 交叉点

6.3 约束条件

a) 曼哈顿路径的连接关系应与飞线连接关系具有相同的拓扑结构。

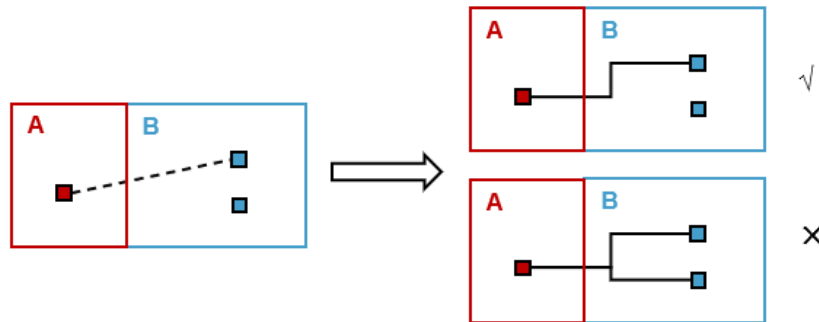


图 11. 拓扑约束

b) 布图中的多实例化分块总是保持其多实例化性质。

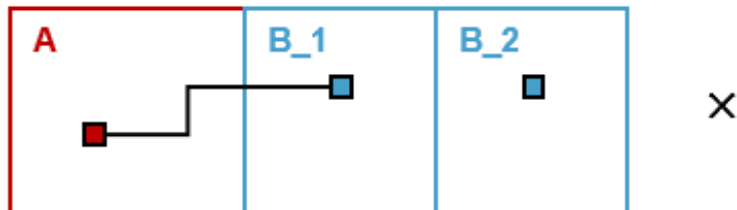


图 12. 多实例化约束

c) 任意一段曼哈顿路径的宽度为 d 闭邻域内，不应存在与其平行的其它曼哈顿路径、分块边界或不直接相连的端点。

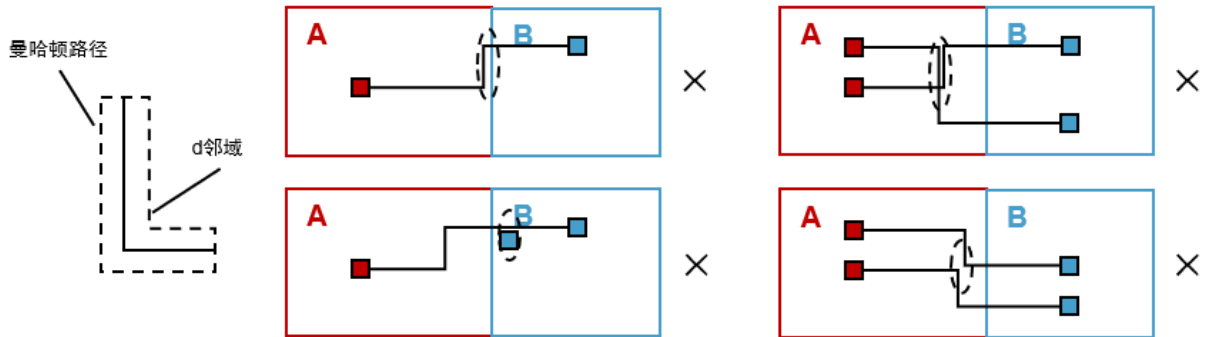


图 13. 邻域约束

d) 对相同的输入测试数据，应输出相同的规划结果。

6.4 范例

满足上述所有约束条件的解为可行解。下图左边显示了一个可能的分块布图和飞线连接关系，右边展示了三组可行解：

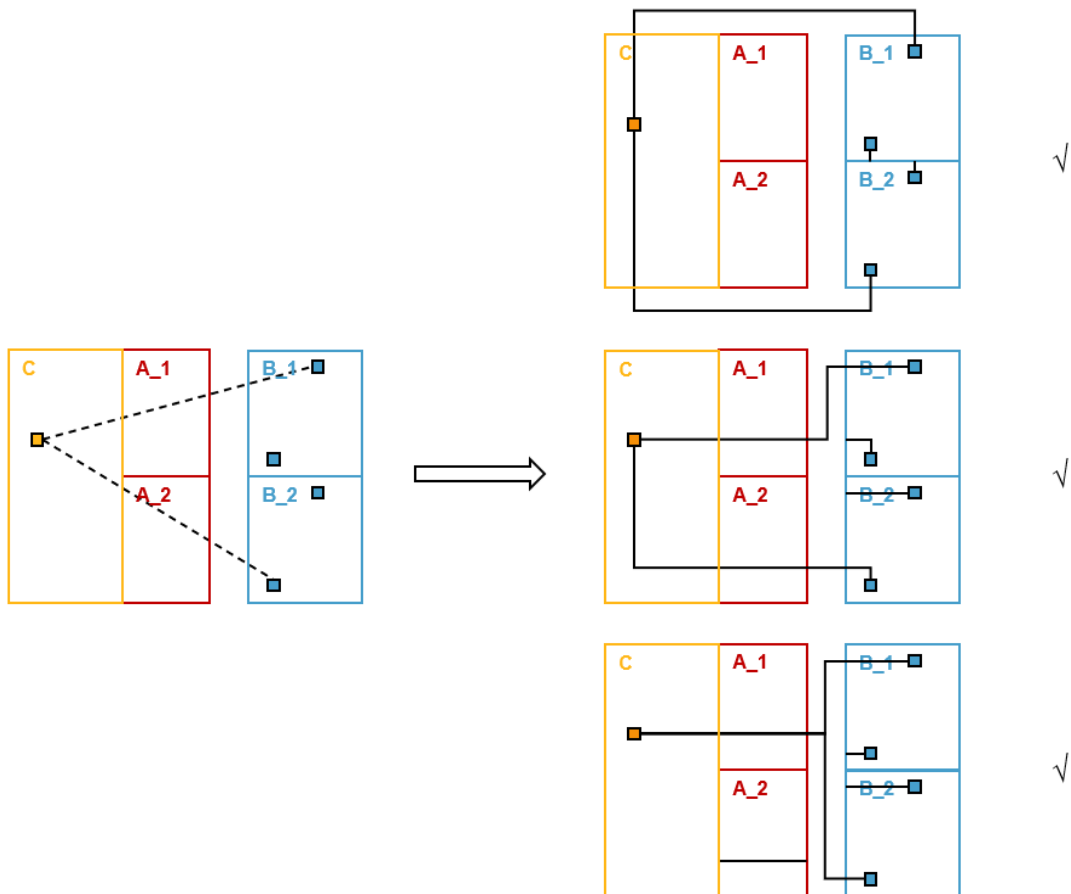


图 14. 曼哈顿规划的范例

- 第一组的两条路径没有通过多实例分块 A₁, A₂, 冗余的多实例化路径仅有 B₁ 和 B₂ 中较短的两端, 但因为两条路径为了绕过 A₁, A₂, 增加了额外的路程, 所以路径总长度并没有有效缩短;
- 第二组的两条路径虽然经过了 A₁, A₂, 但完整地复用了多实例化路径, 因此缩短了总的路程;

- 第三组解虽然在 A₂ 中产生了一条冗余的多实例化路径，但是其将两条路径的前半段合并为一条，增加了曼哈顿路径的利用率，因此在上述三组可行解中，本组解的总路径长度最短。

6.5 输入输出格式

6.5.1 输入文件(input.txt)

输入文件首行的数值，依次为表示路径交叉点矩形邻域长宽的w,h和表示约束条件 c 中邻域宽度的d。其后表述分块模板的形状和各分块的原点与朝向，以及各端点的位置与连接关系。其中，分块模板的形状由一组以模板原点(0, 0)开始的坐标序列构成，依次表示分块边界的顶点；各分块的表述中三项依次为分块模板、分块原点和分块朝向，分块的实际边界由分块模板平移至分块原点，并按朝向翻转后得到。坐标精确到小数点后 4 位。输入文件确保满足约束条件且可行解存在，无需对输入文件进行合法性检查。

```

<CONSTRAINTS> 5 5 3 <CONSTRAINTS>
<BLOCK>
  <block_A> {{0 0} {0 100} {100 100} {100 0}} <block_A>
  <block_B> {{0 0} {0 50} {200 50} {200 0}} <block_B>
  <block_C> {{0 0} {0 25} {120 25} {120 0}} <block_C>
<BLOCK>
<INSTANCE>
  <A_1> block_A {10 10} R0 <A_1>
  <A_2> block_A {210 10} MY <A_2>
  <B> block_B {10 110} R0 <B>
  <B/C> block_C {80 125} R0 <B/C>
<INSTANCE>
<NODE>
  <A_1/N1> {60 60} <A_1/N1>
  <A_2/N1> {160 60} <A_2/N1>
  <B/N1> {60 135} <B/N1>
  <B/C/N1> {180 135} <B/C/N1>
<NODE>
<FLY_LINE>
  <A_1/N1 B/N1>
  <A_1/N1 B/C/N1>
  <A_2/N1 B/C/N1>
<FLY_LINE>
  
```

6.5.2 输出文件(output.txt)

输出文件逐条表述曼哈顿路径，使用坐标序列表示每组路径的端点和转折点。只需要表述每条飞线连接对应的曼哈顿路径，评分系统将自动补全与连接无关的多实例化路径。

```

<A_1/N1> {{60 60} {60 135}} <B/N1>
<A_1/N1> {{60 60} {60 120} {180 120} {180 135}} <B/C/N1>
<A_2/N1> {{160 60} {180 60} {180 135}} <B/C/N1>
  
```

6.5.3 示例

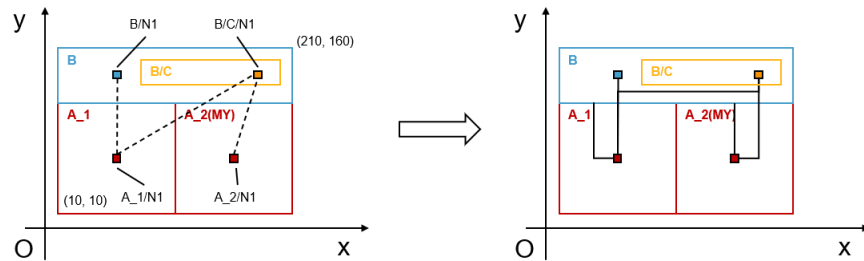


图 15. 由上述输入输出文件生成的示例

6.6 评分规则

本题共有 10 组测试数据，前 5 组将作为公开题目提供给参赛队做测试，参赛队可以通过组委会提供的公共平台验证本队程序，包括运行结果和运行时间等。

- 各组测试数据满分 S 如下表：

组号	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组	8 组	9 组	10 组
S	5	5	5	10	10	5	10	10	10	30

表 1. 各组测试数据分值

- 每组测试数据根据如下规则评分：
 - 如果输出不是可行解或运行时间超过 30 分钟，则该组数据得 0 分。
 - 同为可行解时，总曼哈顿长度更短的参赛队排名靠前。

- 总曼哈顿长度相同时，算法运行时间较短的参赛队排名靠前。
- 根据排名，各队在本组测试数据中的得分为： $S \times \frac{\text{参赛队数}-\text{排名}}{\text{参赛队数}-1}$
- 表 2 为一个评分的例子，假设有 5 队参加，题目满分为 10 分。

参赛队	A 队	B 队	C 队	D 队	E 队
总路径长度	100	150	不可行	100	不可行
运行时间	1 分钟	30 秒	20 秒	2 分钟	50 秒
得分	10	5	0	7.5	0

表 2. 5 支队伍评分的例子

- 参赛队总得分为 10 组得分相加之和。
- 新思科技会根据比赛的实际情况对评分标准中的不合理部分进行改进。