

基于 SS 序列集成电路不规则模块布图算法

徐 敏, 刘 陈

(南京邮电大学 电子科学与技术学院, 江苏 南京 210003)

摘 要: 针对 Single-Sequence 的集成电路布图, 在 SS 编解码应用对芯片中各单元的摆放进行优化, 从而达到芯片面积利用率最大化。重点介绍了利用 SS 序列解决不规则模块摆放问题, 使得 SS 布图功能更灵活多变。

关键词: Single-Sequence; 水平/垂直约束图; ABLR 关系

中图分类号: TP393

文献标识码: A

The irregular shape unit floorplan design based on single-sequence

XU Min, LIU Chen

(College of Electronic Science and Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Single-sequence is a technology used to design a better idea to put the module so that the chip can get a smaller area. This article focuses on the SS in the sequence generated map of the irregular shape unit.

Key words: single-sequence; level/vertical constraint graph; ABLR

SS 序列(Single-Sequence)为一串互不重复的自然数序列, 参考文献[1]中 SS 解码规则将 SS 序列解码作为相对应的单元分布图, 并利用模拟退火算法^[2]以一定的概率随机改变单元内模块摆放顺序、旋转度及 SS 序列, 通过 SS 解码规则得出各单元模块的水平/垂直约束图, 利用关键路径算法^[3]求出最终芯片的面积。但目前为止 SS 所解决的只是局限于对矩形硬模块的布图问题, 而对于非矩形模块或不规则形状模块的布图尚未有很好的解决方法。随着集成电路技术快速发展, 模块将不局限在以矩形形式出现, 而是有可能以多种多样的形状更加灵活地出现在集成电路版图上, 但若仍以矩形的模式处理, 必然会导致芯片面积的利用率不高, 出现很多空间闲置的现象, 因此寻找出一套简单易行的方法解决不规则模块摆放的问题意义重大。

1 模块的划分

对于不规则模块的先期处理是将其划分为许多小矩形, 从而避免了传统算法将整个不规则模块算为 1 个大矩形而带来的面积浪费。如图 1 所示, 由 2 个矩形合并而成, 传统分割法将其视为 1 个矩形整体, 再利用 SS 序列算法将其放入版图, 如图 1(a)所示, 造成了底面积的浪费。SS 序列无法区分模块空白区域, 而是将其视为

一整体放入版图, 导致下部空白区域永远无法被其他模块空间占用, 带来了较大浪费, 随着模块面积增大和不规则模块数量增多, 面积浪费现象将更为严重。因此在输入模块数据前就应将模块进行划分, 为了程序计算方便, 规定为对模块自上而下、以左边为基准进行划分, 如图 1(b)所示将该不规则模块划分为 A、B 两个小矩形输入数据, 在 SS 算法处理过程中将其视为两个连在一起不同的模块, 运用区域模块连接算法使其在变换的过程中始终保持紧密的连接在一起, 如此则可充分利用下部空余的面积部分。对于有弧形的不规则模块, 应以弧形最边缘切线为起点画一矩形将其包围, 如图 1(c)所示模块。首先以整体模块最左边为基准, 即起始点, 以上半部弧形右边最顶点为终点, 上弧形最顶点为上边作一矩形, 将该不规则模块分为上下两部分矩形。对于更为复杂的不规则模块也是如此划分。

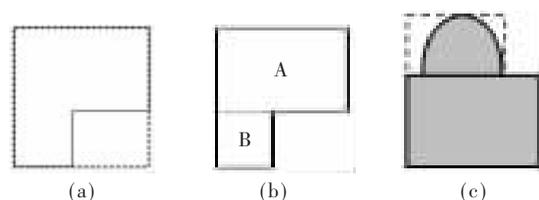


图 1 不规则模块划分

技术与方法 Technique and Method

2 模块区域连接算法

在划分模块后,存在许多相互需要连接在一起的小模块,这时必须要建立新的序列来反映这些模块间的相互关系。如图2所示,SS布图算法^[4]分别变换SS序列及模块数据序列的排列顺序,将模块数据序列一一对应放入SS序列所生成的单元图中,使得版图不断发生变化。因此加入了模块区域连接序列后,应在变换模块数据序列前先将连接在一起的模块放入SS序列所生成的单元中。算法规则如下:

(1)将划分过的小矩形根据输入的顺序编号,将同一不规则模块的小矩形归为一组,不同组间由0相隔,从而生成反映模块间相互连接关系的模块区域连接序列。

(2)变换SS序列后,由于模块是自上而下的划分,因此需要找出SS单元图中呈上下连接关系的单元号先放入不规则模块。首先随机选取1个SS序列号A,找出其相邻下方的单元且水平位置最接近A的单元号B,即满足公式 $Mbl(A)-1=Mas(B)$ 并且 $\min(|Mbs(A)-Mbs(B)|)$ 的SS序列号。

(3)将模块区域连接序列中对应的模块(划分后的小矩形)放入规则(2)所找出的单元中。

(4)根据模块区域连接序列,交换与规则(2)所得的单元号相对应的模块数据序列。

(5)生成版图。



图2 SS解码算法对应关系

3 不规则模块的翻转算法

在SS解码算法中还需将模块翻转以获得更好地摆放位置。由于不规则模块被划分成许多小矩形,翻转时不能简单改变矩形的长宽顺序,而应结合模块区域连接序列进行整体翻转。不同于简单矩形模块只有 0° 和 90° 2种状态,而不规则模块要复杂得多,其中包括 0° 、 90° 、 180° 和 270° 4种翻转状态,如图3所示。

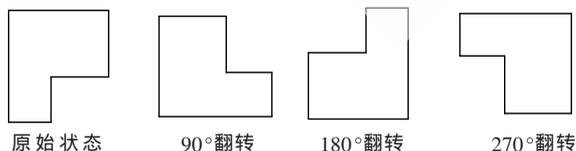


图3 不规则模块的翻转

3.1 180° 翻转算法

180° 翻转情况相对较为简单,从图3中可看出 180° 翻转仅仅是在原始状态的基础上改变了划分的小矩形

的上下位置关系,并没有改变这些小矩形的长宽数据,因此只需改变模块区域连接序列中对应组的顺序。设有模块区域连接序列:XXXX0ABCD0XXX0XXX0XXX,要使矩形组ABCD组成的模块进行 180° 翻转,只需将序列改变为XXXX0DCBA0XXX0XXX0XXX即可,如图4所示。



图4 模块 180° 翻转

3.2 90° 翻转算法

90° 翻转的情况较为复杂,不仅涉及到模块区域连接序列,而且由于其改变了小矩形的长宽数据,同时要改变模块数据序列。首先要对模块重新进行划分:

(1)在原有模块数据序列中找出长度最小的模块,将其宽加上改组中所有模块宽度,作为一个新的小矩形。

(2)找出原有模块数据序列中长度第2小的模块,将其长减去(1)中矩形的长作为其新的长度,其宽改为原来宽度加上改组中所有模块宽度再减去(1)中长度最小的模块的宽度。

(3)重复以上步骤直至所有矩形被处理。

(4)将修改过的模块数据序列中长宽数据对换。

(5)修改模块区域连接序列使其与现在的模块数据序列相对应。

模块 90° 翻转如图5所示。

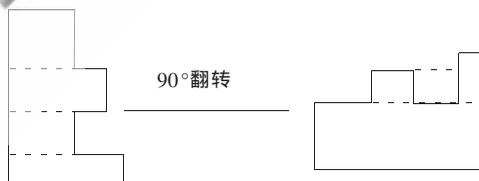


图5 模块 90° 翻转

3.3 270° 翻转算法

270° 相当于在 90° 翻转的基础上再次 180° 翻转,因此只需在3.2节的基础运用3.1节的算法进行翻转即可。

本文在SS序列算法的基础上进行了改进,使原有算法在只能进行简单矩形模块布图的基础上,可以对一些复杂的不规则模块进行布图,大大增加了SS算法的实用能力和处理复杂模块的能力,为将来集成电路布图的灵活多变打下了基础。本文提出了新的模块划分概念,并提出了模块区域连接算法、不规则模块翻转算法、模块区域连接序列等新的算法和概念。充实了SS序列算法,增加了SS序列算法的功能,大大改进了SS算法的实用性和处理复杂情况的应变能力。

参考文献

- [1] KAJITANI Y. The Single-Sequence that unifies placement and floorplanning [M]. Presented at the Pre-session Meeting of ASP-DAC. Asian Semiconductor University Cooperations, 2003.
- [2] KIRKPATRICK S. Optimization by simulated annealing[J]. Science, 1984,34(5):975-986.
- [3] 严蔚敏,吴伟民.数据结构[M].北京:清华大学出版社, 1992.
- [4] ZHANG X, KAJITANI Y. Theory of T-junction floorplan in terms of single-sequence [J]. IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, 2004:341-344.

(收稿日期:2009-09-04)

作者简介:

徐敏,女,1984年生,在读硕士研究生,主要研究方向:超大规模集成电路布图设计自动化。

