



ICCAD Contest

2023.03.07

Problem B 3D Placement with Macros (Synopsys, Inc)

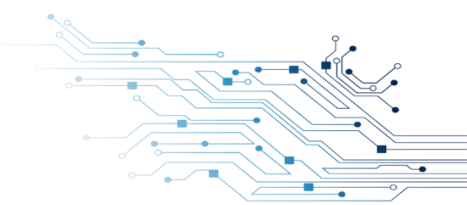
指導教授： 陳宏明 (簽章)

Team: cadb0016

workload : 洪丞玄(100%)

→programming、測試 placer、閱讀論文

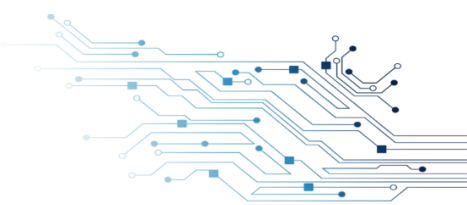
楊豐兢(0%)





目錄

參賽證明.....	3
第一章 摘要.....	4
第二章 程式流程圖.....	5
第三章 方法.....	6
3.1 partition.....	6
3.1.1 random.....	6
3.1.2 Fiduccia-Mattheyses.....	6
3.2 ntuplace3.....	8
3.3 terminal placement.....	10
第四章 競賽結果.....	11
第五章 結論.....	14
第六章 參考文獻.....	15



2023 國際積體電路電腦輔助設計軟體製作競賽

版權授權及個人資料使用授權同意書】

版權授權：

本隊參加「2023國際積體電路電腦輔助設計軟體製作競賽」參賽題目為

B. 3D Placement with Macros (Synopsys, Inc) (請填寫)

本隊成員保證本作品除此競賽外，未參與其他相關之比賽；如有上述情形即喪失參賽資格。若本作品得獎，作品版權仍歸本隊成員所有，然本隊成員同意主辦單位有公開展示、推廣及印刷重製權。

個人資料使用授權：

1. 本競賽主辦單位恪遵中華民國「個人資料保護法」暨相關法令之規定，蒐集、處理及利用您的個人資料：

授權有效期間：一年

個人資料收集項目：

a. 電子信箱 b. 連絡地址 c. 連絡電話

利用方式及對象：

a. 利用於本競賽各項業務執行，包括因業務執行所必須進行之各項聯繫及通知。

b. 利用於IC/CAD設計人才資料庫統計、辦理就業輔導講座以及校園徵才之各項聯繫。

2. 您可依中華民國「個人資料保護法」，就您的個人資料行使以下權利：請求查詢、閱覽、複製、補充、更正、刪除或停止蒐集、處理、利用您的個人資料，另有規定者不在此限。惟若因行使上述權利，導致您的權益受損時，本競賽不負賠償責任。

本競賽主辦單位若有修正本【版權授權及個人資料使用授權同意書】之內容，將於本競賽網站上以公告方式通知。參賽隊伍若未提出異議或繼續參與本競賽，表示已同意本競賽所變更之內容。如有異議，請發送電子郵件至本競賽信箱cad.contest.iccad@gmail.com。

當您簽署本同意書時，表示您已閱讀、瞭解並同意接受以上所述內容。

指導教授： 洪永玄 (簽章)

_____ (簽章)

立同意人(參賽學生)： 洪永玄 (簽章)

楊豐競 (簽章)

_____ (簽章)

_____ (簽章)

2023年5月4日

提醒：請填寫參賽題目及報名編號 並且本隊所有成員(包括指導教授及參賽同學)皆應於此同意書親筆簽名或蓋章 本同意書列印、填寫、簽章後 請掃描成pdf檔上傳至報名系統



第一章 摘要

與去年競賽的題目相似，探討關於 3D 封裝 IC 的 cell 擺放，將兩個 die 疊放在一起，把 netlist 的 cells 分到兩個 die，然後在晶片最上層使用 hybrid bonding terminal 將兩個 die 的同一 netlist 連接(Figure 1)。然而，今年 cell 不只有 standard cell，還有 Macros。

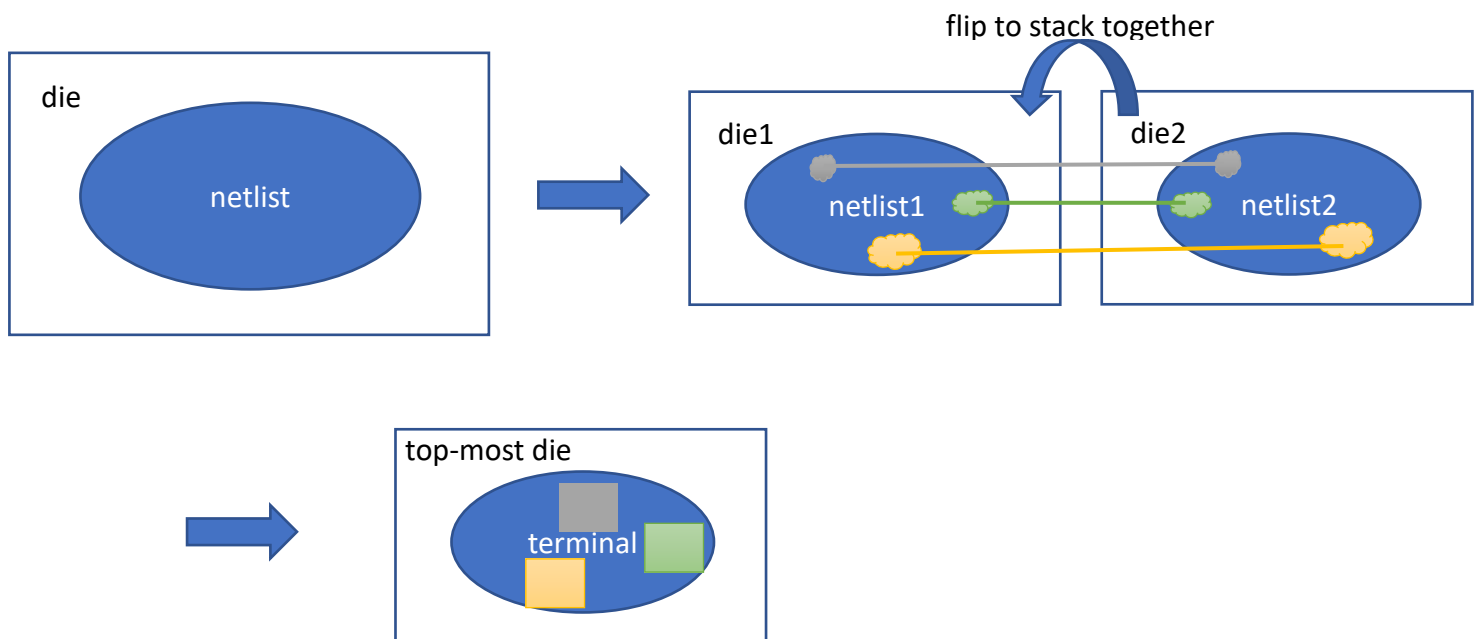


Figure 1

Macros 帶來的問題來自於它的 height 不一定是 row height，上下 die 的 cell library 不一樣，size 和 pin 可能不同，並且還可以旋轉(不能翻轉)，所以擺放的複雜度提升。

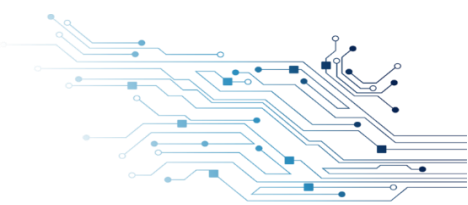
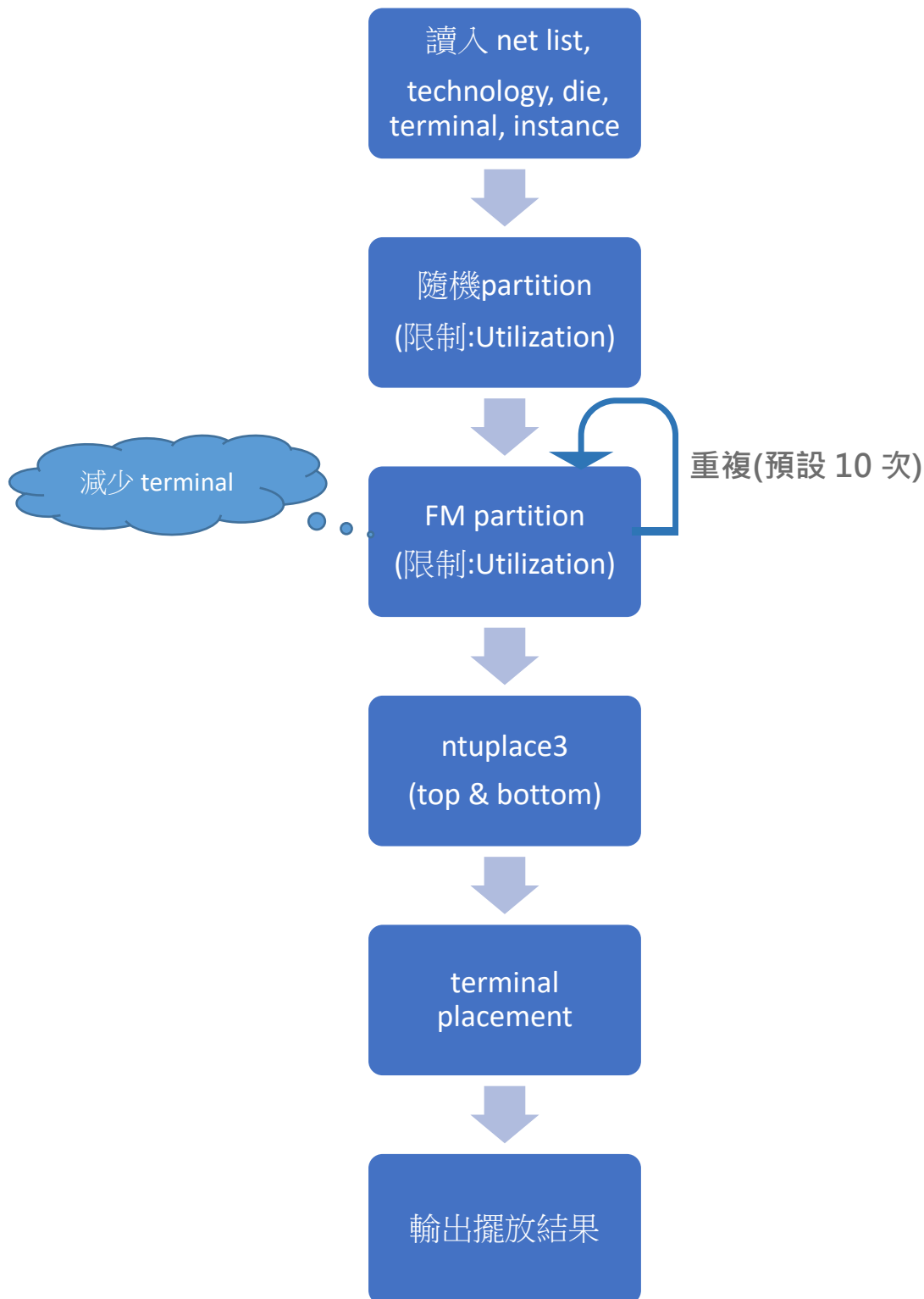
此次競賽輸出的上層 die 不需要因為實際製程而對 Y 軸鏡射擺放，擺放位置相當於俯視的結果，也就是說 die1 維持，而 die2 要對 Y 軸鏡射擺放。

輸出 top、bottom die 和 terminal 的擺放結果。





第二章 程式流程圖





第三章 方法

3.1 partition

必須符合 top 和 bottom 的 area utility，所以先 random partition

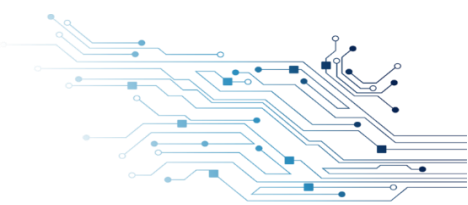
3.1.1 random partition

```
for (i from 1 to the number of nets)
  read the cell number of the net i
  for (j from 1 to the number of cells)
    if the cell j is not checked then
      if top area == bottom area
        assign j to top die or bottom die randomly
      else if top area < bottom area
        assign j to top die
      else
        assign j to bottom die
    store cell technology for the cell j
    store block for the cell j
  end for
end for
```

FM 演算法可以在較低時間複雜度下取得還不錯的結果，減少 terminal

3.1.2 Fiduccia-Mattheyses partition

```
/* gain initialization */
for each cell i
  for each net j of the cell i
    F = the block where the cell i is
    T = the complimentary block
    if F(j) == 1 then
      gain(i)++
    if T(j) == 0 then
      gain(i)--
  end for
  update the bucket according to the block where the cell i is
  and the corresponding max gain index
end for
```

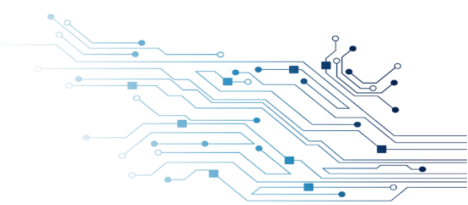


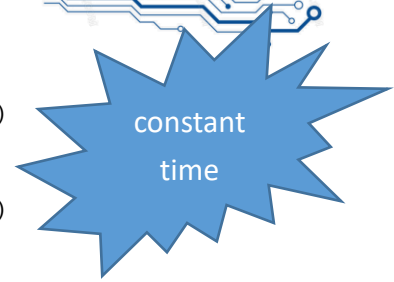


```
/* main loop and retransfer */
repeat
    if max gain at top > max gain at bottom then
        if balance criteria met then
            gain_update(top)
        else
            gain_update(bottom)
    else if max gain at top < max gain at bottom then
        if balance criteria met then
            gain_update(bottom)
        else
            gain_update(top)
    else
        if balance_distance(top) > balance_distance(bottom) then
            gain_update(top)
        else
            gain_update(bottom)
largest partial sum += free cell gain
if largest partial sum > maximum then
    maximum = largest partial sum
    clear maximum_cell_list
    push the current free cell index into the maximum_cell_list
until the two bucket are empty or largest partial sum == 0
find the cell index G in the maximum_cell_list which has minimum
balance distance
retransfer the remaining cells whose index is after G in the free
cell list
```

locked cell
不能被交換

```
/* gain update */
remove the base cell from its bucket(O(1)) //implemented by hash table
lock the base cell and put it in the free cell list
store the balance distance of the base cell
for each net i of the base cell
    F = the block where the cell i is
    T = the complimentary block
    if T is not locked then
```





```

if T(i) == 0 then
    bucket_update(the cell not locked, increase)
if T(i) == 1 then
    bucket_update(the cell not locked, decrease)

// the base cell moves
F(i)--
T(i)++
lock the T

if F is not locked then
    if F(i) == 0 then
        bucket_update(the cell not locked, decrease)
    if F(i) == 1 then
        bucket_update(the cell not locked, increase)
end for

/* bucket update*/
temp_cellgain = the cell gain
plus or minus the cell gain by one
erase the cell at its bucket[temp_cellgain]
push the cell into its bucket[the cell gain]
    
```

four updates per net (actually, three $\underbrace{T \rightarrow F}_{1^{st}} \rightarrow T$ $\xrightarrow{2^{nd}}$)
updates sufficient per net)

Only need $O(P)$ to update gain per pass, P is the total number of pins. Trivial solution need $O(P^2)$.

3.2 ntuplace3

將分配完的 top and bottom die 的擺放資料依指定格式輸入

nodes

```

NumNodes : 71
NumTerminals : 22
M001_0 341 646
M002_0 134 310
M003_0 436 201
M004_0 616 322
M005_0 106 277
M006_0 372 176
    
```

左下 X、Y 座標

nets

```

NumNets : 408
NumPins : 953
NetDegree : 2
M049_0 B : 3 -4
M047_0 B : 1 2
NetDegree : 2
M049_0 B : 2 -2
M046_0 B : 1 1
    
```

指定的 cell 的某一 pin，
位置為與中心的相對距離

placement

```

N024 0 522 : N
N023 782 0 : N
N022 1273 552 : N
N021 1273 415 : N
N020 0 1052 : N
N019 0 170 : N
N017 0 347 : N
N016 954 1273 : N
N015 1273 825 : N
N014 1273 688 : N
N013 768 1273 : N
N012 211 1273 : N
N011 0 875 : N
N010 583 1273 : N
N009 397 1273 : N
    
```

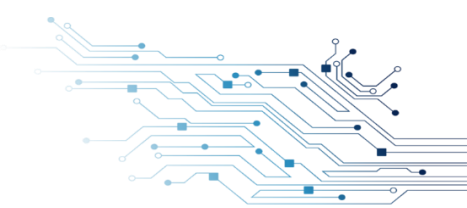
左下 X、Y 座標以及轉向

weights

```

M001_0 220286
M002_0 41540
M003_0 87636
M004_0 198352
M005_0 29362
M006_0 65472
M007_0 12110
M008_0 31872
M009_0 18032
M010_0 7134
M011_0 12375
M012_0 12879
M013_0 7102
M014_0 14904
    
```

cell 面積大小 8





rows

```
Numrows : 1273

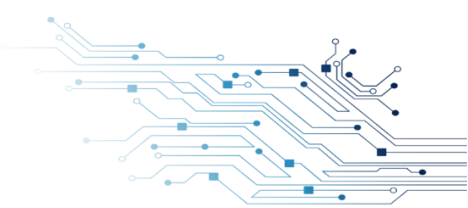
CoreRow Horizontal
Coordinate :      0
Height     :      1
Sitewidth  :      1
Sitespacing :     1
Siteorient :      N
Sitesymmetry :     Y
SubrowOrigin :    0  Numsites : 1273
End

CoreRow Horizontal
Coordinate :      1
Height     :      1
Sitewidth  :      1
Sitespacing :     1
Siteorient :      N
Sitesymmetry :     Y
SubrowOrigin :    0  Numsites : 1273
End
```

top 或 bottom die 的 area 都是以 row 的方式分割

-noglobal	Turn off the global placement.
-nolegal	Turn off the look-ahead legalization, legalization, detailed placement.
-nodetail	Turn off the detailed placement.
-loadpl filename.pl	Load the initial placement from the file.
-util utilization	Set placement utilization.
-out prefix	Output result in prefix.ntup.pl
-plt	Plot the placement only.
-MRT	Turn on macro rotation

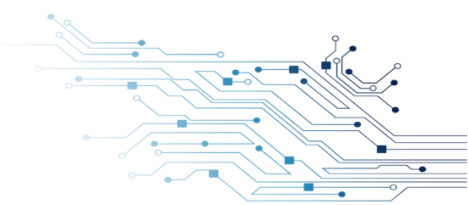
以上為 placer 提供的功能指令，可以彈性決定 placement 的過程，甚至支援 macro 的旋轉(因為旋轉可更進一步優化 HPWL)





3.3 terminal placement

```
for every crossing-die net
  for every cell
    average_X = 0
    average_Y = 0
    for every pin
      average_X += pin_X + cell_center_X
      average_Y += pin_Y + cell_center_Y
    end for
    core_X += average_X/pin_size
    core_Y += average_Y/pin_size
    terminal.score = average_X/pin_size + average_Y/pin_size*10
  end for
end for
core_X /= crossing-die net number
core_Y /= crossing-die net number
sort cell according to score from low to high
side_width = sqrt(crossing-die net number) + 1
side_height = side_width
start_X = core_X - core_X/2*terminal_space
start_Y = core_Y - core_Y/2*terminal_space
arrange the terminal on the square row by row ordered by
terminal.score
```





ntuplace3

FM

第四章 競賽結果

$$\text{score}(\text{cost}) = \text{HPWL of top die} + \text{HPWL of bottom die} + \text{number of terminals} \times \text{terminal cost}$$

$$\text{runtime factor} = 0.02 \times \log_2 \left(\frac{\text{elapsed time of test binary}}{\text{median elapsed time}} \right)$$

$$\text{runtime factor bounded} = \max(-0.1, \min(0.1, \text{runtime factor}))$$

$$\text{final score} = \text{score} \times (1.0 + \text{runtime factor bounded})$$

(Update) 【2023 CAD Contest】Alpha Test Submission of Problem B (cadb0016) 外部 收件匣 x

CAD Contest <cad.contest.iccad@gmail.com>
寄給 j109511070.ee09 - 我 - 陳宏明

英文 > 中文 (繁體) > 翻譯郵件

Dear contestants,

Topic Chairs re-checked the evaluation results and updated score as follows, thank you.

	Case1			
	score	runtime	runtime factor	finel score
cadb0016_alpha	169	1	0	169.00

Case2_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
22181710	4	-0.064189067	20,757,886.72

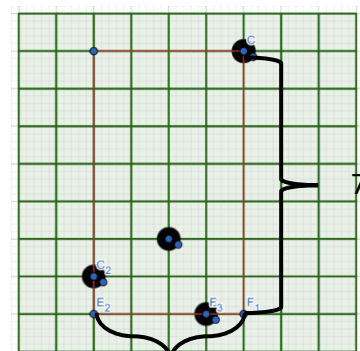
Case2			
score	runtime	runtime factor	finel score
33012939	5	-0.052645364	31,274,960.80

Case3_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00

Case3			
score	runtime	runtime factor	finel score
193342242	204	0.001749257	193,680,447.24

Case4			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00

HPWL(half-perimeter wirelength)是一種評估布局線長的一種方式。右圖為例，找出最小容納這些點的矩形，取一半周長為布局線長。





【2023 CAD Contest】Beta Test Submission of Problem B (cadb0016) 外部 收件匣 x



CAD Contest <cad.contest.iccad@gmail.com>
寄給 j109511070.ee09 · 我 · 陳宏明

英文 > 中文 (繁體) 翻譯郵件

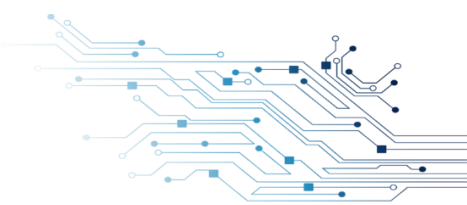
Dear contestants,

Thanks for joining the 2023 CAD contest.

Topic Chairs completed the evaluation for the Beta test submission.

	Case1			
	score	runtime	runtime factor	finel score
cadb0016_beta	169	1	0	169.00

Case2_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
21884710	6	-0.02	21447015.80
Case2			
score	runtime	runtime factor	finel score
34525277	5	-0.047570232	32882901.55
Case3_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case3			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case4_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case4			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00





【2023 CAD Contest】(Final Submission) of Problem B (cadb0016) 收件匣 x



CAD Contest

寄給 j109511070.ee09 · 洪孟玄 · 陳宏明 ▾

🌐 英文 ▾ > 中文 (繁體) ▾ [翻譯郵件](#)

Dear contestant,

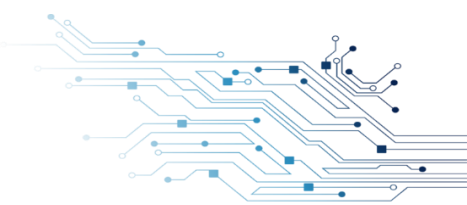
Thanks for joining the 2023 CAD contest.

Topic Chairs completed the evaluation for the Final submission.

	Case1			
	score	runtime	runtime factor	finel score
cadb0016_final	169	1	0	169.00

Case2_hidden_v1			
score	runtime	runtime factor	finel score
22181710	5	-0.05444932	20,973,930.96
Case2_hidden_v2			
score	runtime	runtime factor	finel score
22276670	5	-0.059269482	20,956,343.30
Case2			
score	runtime	runtime factor	finel score
34372315	5	-0.0633985	32,193,161.79
Case3_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case3			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case4_hidden			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00
Case4			
score	runtime	runtime factor	finel score
0	0	0	0.00

Sum
74,123,605.05



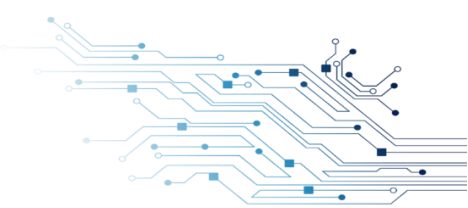


第五章 結論

random partition 的結果為 initial solution，之後藉由 FM partition 降低 crossing-die net 數量(terminal 數量)。因為 ntuplace3 無法同時對 top 和 bottom 布局，所以假如要分別對 top 和 bottom 使用 ntuplace3，那麼極大程度降低 terminal 數量可以盡可能降低兩個 die 優化的相依性，讓 ntuplace3 對 net 的 HPWL 優化效果更好。

很可惜由於第一次接觸 EDA 領域，所以很多觀念還很陌生，結果並不是很理想，期望之後修習更進階的課程後可以累積一些底蘊，挑戰明年的競賽以及挖掘自己熱愛的研究方向。

此次競賽雖然是獨立完成，但是在此我要謝謝老師的指導以及助教的提點讓我少走彎路，以及臺大 EDA LAB 提供的 placer 讓我克服非常多短時間無法解決的難題。雖然這次結果沒有盡如人意，但是努力完成一項挑戰讓我充滿信心，不論未來將迎接甚麼挑戰都不懼怕。





第六章 參考文獻

- [1] T.-C. Chen, Z.-W. Jiang, T.-C. Hsu, H.-C. Chen, and Y.-W. Chang, *NTUplace3: An Analytical Placer for Large-Scale Mixed-Size Designs With Preplaced Blocks and Density Constraints*, *IEEE Trans. Comput.-Aided Design Integr. Circuits Syst.*, 2008
- [2] S. Panth, K. Samadi, Y. Du, S.-K. Lim, *Placement-Driven Partitioning for Congestion Mitigation in Monolithic 3D IC Designs*, *IEEE Trans. Comput.-Aided Design Integr. Circuits Syst.*, 2015
- [3] C.M. Fiduccia, R.M. Mattheyses, *A Linear-Time Heuristic for Improving Network Partition*, *19th Design Automation Conference*, 1982

