

Fast Timing Model Estimation for new PVT

I. Introduction

在 ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) 及 SoC (System on Chip) 設計流程中 standard cell library 扮演著十分重要的角色，從模擬、合成到物理實體佈局都需要透過 standard cell library 來取得 cell 相關資訊，例如：timing、power、area.....等資訊，並利用這些資訊來完成晶片設計。為了確保工程師所設計的電路與實際生產出來的晶片行為一致，因此，如何讓 standard cell library 具有高準確度是非常重要的課題。

產生 standard cell library 的流程稱為 library characterization，現行的流程需要使用 SPICE model、SPICE netlist 及 characterization tool 並利用窮舉法來產生所有結果，此過程非常耗時且耗費運算資源。在先進製程中，電晶體特性模型越來越複雜，更是加劇了這個缺點。

根據設計規格，設計過程中 standard cell library 可能需要新的 PVT (Process, Voltage, Temperature) corners，但 characterization 過程耗時以及運算資源有限，若能先 characterize 出少數 cells，經由 machine learning 方法快速得到一版 cell timing，將有助於設計時程加速以及不同 PVT 下的 design performance 快速探索與評估。

II. Problem Description

參賽者必須使用機器學習方法來訓練出準確的預測模型，例如：Tensorflow、PyTorch、MATLAB，並將模型與輸出的 library 一同上傳繳交。

本次題目使用的 library 共包含 700 個 cell。PVT condition 共 15 種(如下表)，各抽取 400 個 cell 作為 training set 供參賽者訓練模型使用，並於競賽各階段提供 inference 資訊及模板，其內容包含 training set 以外的 100 個新 cell。本次競賽提供的模板為 timing table、power table 挖空後的框架。參賽者必須利用訓練出來的模型推導出相同 100 個 cell 的其他 PVT 的 timing 及 power 資訊再填入模板。

Type	Process	Voltage (V)	Temperature (°C)
降壓	SS	0.72	-40
降壓	SS	0.72	125
標準	SS	0.81	-40
標準	SS	0.81	125
升壓	SS	0.9	-40
升壓	SS	0.9	125
降壓	TT	0.8	25
標準	TT	0.9	25
升壓	TT	1.0	25
降壓	FF	0.88	-40
降壓	FF	0.88	125
標準	FF	0.99	-40
標準	FF	0.99	125

升壓	FF	1.1	-40
升壓	FF	1.1	125

- Alpha Stage
 - Release
 1. 標準電壓 inference 資訊
 2. 升壓及降壓 library (缺少 timing、power 值)
 - 繳交
 1. 升壓及降壓 library (補齊 timing、power)
 2. 程式
 3. Model
 4. 文件
- Beta Stage
 - Release
 1. 升壓 inference 資訊
 2. 標準電壓及降壓 library (缺少 timing、power 值)
 - 繳交
 1. 標準電壓及降壓 library (補齊 timing、power)
 2. 程式
 3. Model
 4. 文件
- Final Stage
 - Release
 1. 降壓 inference 資訊
 2. 升壓及標準電壓 library (缺少 timing、power 值)
 - 繳交
 1. 升壓及標準電壓 library (補齊 timing、power)
 2. 程式
 3. Model
 4. 文件

III. Prerequisite

- 參賽者須具備操作 Synopsys Library Compiler 的能力
 - 版本：2013.12-SP5-9、2016.12、2017.12-SP3
 - 無 error 即可，warning 可忽略

IV. Inputs

輸入格式採用業界標準 Synopsys Liberty format[1]的 standard cell library，檔案格式範例如

下：

```
library (lib1_tt0p8v25c) {  
  ...  
  cell (AN2AM12) {  
    ...  
    pin (Z) {  
      direction : "output";  
      ...  
      timing () {  
        ...  
        cell_rise (delay_template_generic_7x7) {  
          index_1 (...);  
          index_2 (...);  
          values ( \  
            ...  
          );  
        }  
        rise_transition (delay_template_generic_7x7) {  
          index_1 (...);  
          index_2 (...);  
          values ( \  
            ...  
          );  
        }  
        cell_fall (delay_template_generic_7x7) {  
          index_1 (...);  
          index_2 (...);  
          values ( \  
            ...  
          );  
        }  
        fall_transition (delay_template_generic_7x7) {  
          index_1 (...);  
          index_2 (...);  
          values ( \  
            ...  
          );  
        }  
      }  
    }  
    internal_power () {  
      rise_power (power_template_generic_7x7) {  
        index_1 (...);  
        index_2 (...);  
        values ( \  
          ...  
        );  
      }  
    }  
  }  
}
```

[illegible]

其中，cell 的命名規則為 cell_type + M + driving strength，例如：AN2AM12 表示該 cell 為 AN2A type 且 driving strength 為 12。參賽者須自行提取 standard cell library 內有效的 feature，利用已知資訊設計並訓練出預測模型。

V. Outputs

輸出格式為 Liberty，為確保產生的 library 符合規定，參賽者提交的檔案必須通過 Synopsys Library Compiler 轉換成 database 的測試。

Library table values 全為 0 的 rise power 或 fall power，請視為 invalid 的 power，都填 0。

[illegible]

VI. Grading Criteria

- 完整性

1. Library
2. 程式
3. ML Model
 5. Tensorflow
 6. PyTorch
 7. MATLAB
4. 說明文件
 - 格式 PDF
 - 內容須包含
 1. Data insight (說明使用哪些 feature 及為何使用)
 2. Model 架構及使用說明

- 正確性

1. 產生的 standard cell library 必須符合 Liberty 格式規範。
2. Timing table size 必須與 reference library 相同。
3. 如果有進行填 table 以外的修改而影響到該 library 評分，該 library 不予計分。
4. file name 和 library name 需與 release library 相同，否則不予計分。

Library name 範例：下圖紅色底線標示處



5. 格式錯誤之檔案不予採用，以 0 分計算。

- 精準度

計分公式： $100 - 100 \times \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (\min(1, \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}))^2}$

- y_i 為每一數據點實際值
- \hat{y}_i 為每一數據點預測值
- n 為數據點數量
- 若 $\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}$ 計算結果大於 1，該點視為 fail，即 $\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} = 1$
- 最高分: 100；最低分: 0

計分範例：

Real:

Index1 (1,2,3)

Index2 (1,2,3)

{

1.1, 1.2, 1.3,

1.2, 1.3, 1.4,

1.2, 1.4, 1.5

}

Predict:

Index1 (1,2,3)

Index2 (1,2,3)

{
1.21, 1.21, 1.31,
2.72, 1.2, 1.24,
1.32, 3.01, 1.52
}

Score = $100 - 100 \times$

$$\sqrt{\frac{1}{9} \times \left(\left(\frac{|1.1-1.21|}{1.1} \right)^2 + \left(\frac{|1.2-1.21|}{1.2} \right)^2 + \left(\frac{|1.3-1.31|}{1.3} \right)^2 + (1)^2 + \left(\frac{|1.3-1.2|}{1.2} \right)^2 + \left(\frac{|1.4-1.24|}{1.4} \right)^2 + \left(\frac{|1.2-1.32|}{1.2} \right)^2 + (1)^2 + \left(\frac{|1.5-1.52|}{1.5} \right)^2 \right)} =$$

52.39882

VII. Reference

- [1] Synopsys Liberty format <https://www.synopsys.com/community/interoperability-programs/tap-in.html>
- [2] W.L. Tan, "Improving Library Characterization with Machine Learning"
https://www.mentor.com/products/ic_nanometer_design/resources/overview/improving-library-characterization-with-machine-learning-df813b73-150e-4be4-8fbe-21f9e7a05044
- [3] TensorFlow
<https://www.tensorflow.org/>
- [4] PyTorch
<https://pytorch.org/>
- [5] MatLab for Machine Learning
<https://www.mathworks.com/solutions/machine-learning.html>