

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：面向 TCAD 仿真的通用器件模型算法和实现
- 二、命题企业：上海概伦电子股份有限公司
- 三、赛题 Chair：严昌浩 复旦大学、金洲 中国石油大学（北京）
- 四、赛题背景

在半导体工艺开发中，TCAD 仿真发挥着非常重要的作用。但是 TCAD 仿真的速度较慢，在优化工艺参数组合时，需要的仿真次数多，就降低了工艺开发的效率。如果能够根据 TCAD 仿真的历史数据，建立工艺参数到器件电学特性的通用模型，代替 TCAD 仿真器进行计算，就可以提高工艺参数的优化效率。

本赛题将面向 NMOS 器件。包括 planar 结构和 GAA 结构的 NMOS 器件。如下三图从左到右，分布代表了 planar 器件基本结构，转移特性曲线 (I_dV_g) 和典型的输出特性曲线 (I_dV_d)。

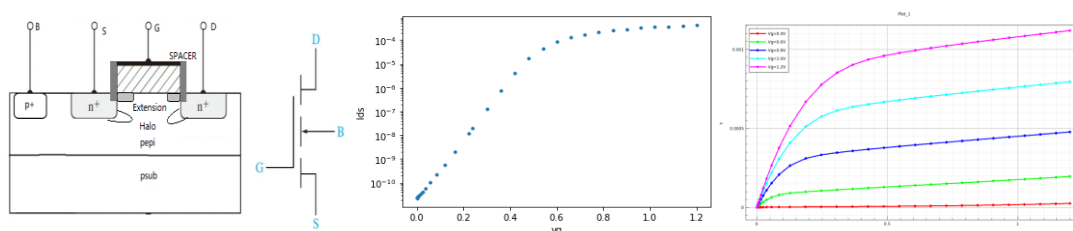


图 1：planar NMOS 器件的典型结构、转移特性曲线和输出特性曲线。

NMOS 器件的很多关键指标都可以从转移特性曲线上获得，如 V_{th} , I_{off} 和 I_{on} 。在本题中，这些指标的定义为：

V_{th}	使用 $vtgm$ 定义。在图 2 的 I_dV_g 数据上，将 I_{ds} 对 V_{gs} 求偏导，得到 G_m 曲线，然后计算最大点所对应的 V_{gs} 数值，记为 V_{g_gmmax} 。然后回到 I_dV_g
----------	---

	曲线, 在 $V_g = V_{g_gmmax}$ 点的做切线与 V_{gs} 轴相交, 交点处的 V_{gs} 再减去 0.05 就是 V_{th} 数值。本赛题将提供根据 $I_d V_g$ 数据计算 V_{th} 的 API, 基于 python3 实现。
loff	当 $V_{gs} = 0$ 时的 I_{ds}
lon	当 $V_{gs} = v_{dd}$ 时的 I_{ds} 数值。在本例中, $V_{dd} = 1.2V$ 。

赛题将提供 NMOS 器件在不同工艺和器件结构参数组合下的 TCAD 仿真转移特性曲线和输出特性曲线。希望参赛者能够基于此数据, 开发一种建模算法并实现。算法所得到的模型能够准确计算器件在各种参数组合和偏压组合下的电流, 即: $f(\text{paramset}, v_g, v_d) \rightarrow I_{ds}$ 。其中 f 是算法得到的模型, paramset 为对应的器件参数组合, v_g 和 v_d 分别为两个偏压, I_{ds} 则为器件的电流。

五、赛题描述

1.1 概伦电子将提供多组参数组合, 在参数组合下的器件 TCAD 仿真数据。数据按照一定规则划分为训练集和测试集。参赛者在此数据基础上进行分析和算法开发, 建模过程不再依赖 TCAD 仿真。

1.2 概伦电子将提供模型训练算法的数据文件, 数据格式见第五节: “赛题数据说明”。

1.3 概伦电子将提供基于 Python3.7 的模型评价框架, 用于驱动参赛者提供的模型训练算法, 并监控训练时长。并驱动参赛者提供的模型预测算法, 计算模型的各项指标。参赛者需要为其模型训练和预估算法提供 Python3.7 的 wrapper。

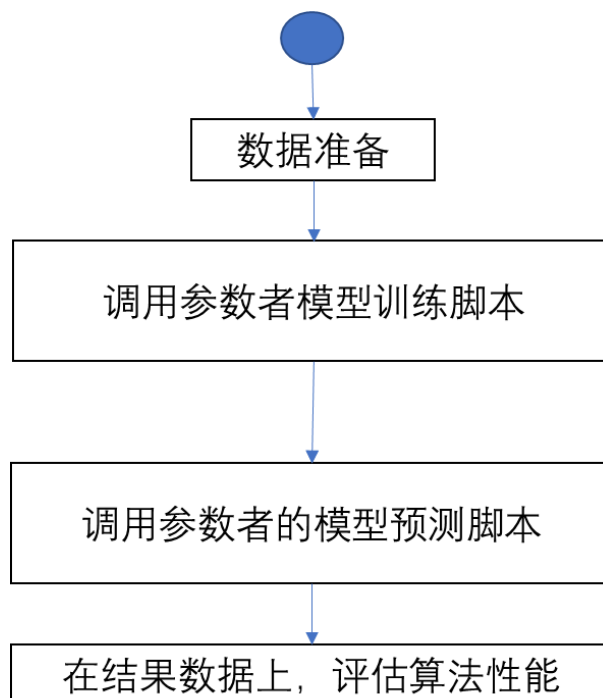
1.4 参赛者需要为其模型训练算法提供 train.py。大赛使用如下命令训练模型:

```
python train.py -data= "train_data" -output="model.pt"
```

1.5 参赛者需要为其模型推理算法提供 pred.py。大赛使用如下命令进行模型推理：

```
python    pred.py    -data=    "pred_data"    -model="model.pt"  
  
-output="pred_result"
```

1.6 竞赛基本流程如下图：



六、赛题数据说明

1 Planar 结构器件

Planar 结构器件的参数包括：Pwell 掺杂 pdep, 栅氧化层厚度 tox, 表面缺陷浓度 cit, 栅长 Lg, 电子迁移率 u0, LDD 掺杂浓度 ldd。

a. 训练数据文件为多行文本，格式为：

pdep,tox,cit,lg,u0,idd,datafile

1e18,5e-10,1e9,5e-8,200,1e18

1e19,1e-9,1e10,20e-8,800,1e19

1e18,1e-9,1e9,5e-8,200,1e18,EDA_IdVg_Vd0.1_1.csv,EDA_IdVd_1.csv

1e18,5e-10,1e9,5e-8,200,1e18,EDA_IdVg_Vd0.1_2.csv,EDA_IdVd_2.csv

文件的第一行为 header 行，将解释数据文件中每一列的含义。

文件的第二行为各列参数的下界。

文件的第三行为各列参数的上界。

文件的其余各行，为对应参数的样本。其中最后两列，代表记录当前参数所对应的 TCAD 仿真结果文件，分别为转移特性曲线和输出特性曲线数据。其他列，则代表各个参数的具体数值。

存储 TCAD 仿真结果的数据格式将另行给出。需要注意的是，由于 TCAD 仿真的收敛问题，数据文件中可能有偏执电压重复的数据，在这种情况下，以最后一次出现的数据为准。

b. 推理所用的数据为多行文本，文件格式为：

pdep,tox,cit,lg,u0,idd

1e18,1e-9,1e9,5e-8,200,1e18,0

vgs,vds

0, 0.1

0.1, 0.1

c. 参赛者的模型推理算法输出文件格式为如下。数据行顺序需要和推理文件的输入顺序完全一致。

pdep,tox,cit,lg,u0,idd

1e18,1e-9,1e9,5e-8,200,1e18,0

vgs,vds,ldrain

0,0.1,1e-10

0.1,0.1,1e-8

2. GAA 结构器件

GAA 结构器件的参数包括：半径 r ，沟道长度 L ，栅氧化层厚度 tox 。数据文件格式将在数据中给出。

七、评分标准

评价指标	评分权重
曲线整体均方误差	40
模型训练时长	30
Vth 误差	10
Ioff 误差	10
Ion 误差	10

各项技术指标将按照从小到大的顺序进行排序，然后按照排名计算得分。若总参赛队伍为 M ，则第 N 名的参赛者得分为：权重 $\times(1-(N-1)/M)$ ，向上取整。如有多个测试 case，则以所有 case 上的得分平均值为准。

同时，赛题还将对一些关键的物理性质进行检查，检查未通过的 case，将直

接记为0分，其中包括：

1. IdVg 曲线的单调性：在任意一组参数下，IdVg 曲线必须单调递增
2. Ids 的方向性：在任意一组参数下，Ids 必须大于等于 0
3. Ioff 的相对误差小于最大限制
4. Ion 的相对误差小于最大限制

八、附加说明

建模算法的对器件物理性质也是本赛题一个重要考察部分，需要参赛者在技术报告中给出，主要包含以下内容：

1. 光滑：IdVg 曲线二阶连续可导。IdVd 曲线在 Vd=0 处可导。
2. 对称性： $I_d(-v_d) = -I_d(v_d)$
3. 正确的趋势曲线：在其他参数固定的情况下，器件 Ion 随 Lg 单调递减
4. 正确的趋势曲线：在其他参数固定的情况下，器件 Ion 随 tox 单调递减

模型复杂度也是一个考察部分，参数数量较少，可在获得额外的加分。