

DEF 格式的解析

1. DEF 概述

DEF (Design Exchange Format) 文件是一种用于描述数字集成电路 (IC) 设计中物理布局的文件格式。它记录了电路设计在物理布局过程中的特定阶段的信息，描述的是实际的设计。DEF 文件使用特定的语法规范来描述这些信息，它在设计工具之间传递设计数据，特别是在布局布线 (place-and-route) 工具中。DEF 文件的作用包括逻辑设计数据和物理设计数据的传递，具体包括网络连接 (netlist)、分组信息 (grouping)、物理约束 (physical constraints)、器件的位置和方向 (placement locations and orientations)、布线几何数据 (routing geometry) 以及逻辑设计变化 (用于 backannotation)。

DEF 文件的格式及语法说明通常包括以下几个方面：

1. **VERSION:** 声明本 DEF 文件所使用的 DEF 语言版本，格式为“主版本号.次版本号[.子次版本号]”。例如 VERSION 5.8 ;。
2. **UNITS:** 设置 DEF 文件中所有坐标、尺寸的单位比例因子，即定义 1 微米 (μm) 对应多少 DEF 单位 (dbu)。例如 UNITS DISTANCE MICRONS 1000 ;。
3. **DESIGN:** 声明设计名称，例如 DESIGN chip_top ;。
4. **DIEAREA:** 定义芯片的边界区域，例如 DIEAREA (0 0)(10000 10000) ;。
5. **COMPONENTS:** 列出所有调用的标准单元和宏，包括它们的名称、类型、位置坐标等。
6. **NETS:** 描述元件之间的互联状况，展示每一条路径和使用的层。
7. **SPECIALNETS:** 定义特殊网络，如电源和地线网络。

DEF 文件是芯片设计过程中，用于描述和传输设计物理信息的标准化文本格式。它为工程师提供了一个详细的布局蓝图，确保在不同的 EDA 工具之间共享设计时的一致性。

2. 文件结构分析

下面以 ispd19_test1.input.def 为例来说明 DEF 文件的统一格式。

1、头部信息：

1.1 版本和名称

```
VERSION 5.8;  
DIVIDERCHAR "/";  
BUSBITCHARS "[]";  
DESIGN ispd19_test1;
```

1.2 单位长度定义 (坐标单位为微米, 精度为 1/2000 微米)

```
UNITS DISTANCE MICRONS 2000;
```

2、布局信息

2.1 芯片的物理边界

```
DIEAREA ( 0 0 ) ( 296800 292000 );
```

(0 0) 为芯片左下角坐标, (296800 292000) 为芯片右上角坐标。该句表示芯片长度为 296800 个单位, 宽度为 292000 个单位。

2.2. 定义标准单元的放置区域

```
ROW CORE_ROW_0 CoreSite 2000 2000 FS DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;  
ROW CORE_ROW_1 CoreSite 2000 4400 N DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;  
ROW CORE_ROW_2 CoreSite 2000 6800 FS DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;  
ROW CORE_ROW_3 CoreSite 2000 9200 N DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;  
ROW CORE_ROW_4 CoreSite 2000 11600 FS DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;  
ROW CORE_ROW_5 CoreSite 2000 14000 N DO 1464 BY 1 STEP 200 0  
;
```

ROW 指令创建规则排列的单元格，用于放置逻辑门（如 AND、OR、触发器等）。

Core_row_0:行的标识符

CoreSite:指定该行放置单元类型（在 LEF 文件中定义）

2000 2000: 行的起始坐标(X=2000,Y=2000,X 在前)

FS/N:行内单元方向（翻转朝南、朝北）。这决定了单元的引脚朝向和电路连接方式

DO 1464 BY 1:行内包含 1464 个单元位置，间距为 1（1 不是指物理上的间距 1，只是表示排列的方式为紧密排列）

STEP 200 0:相邻单元之间的步进值（X 方向步进 200，Y 方向步进 0）

该行宽度为： $1464 \times 200 = 292800$ 单位

该行长度为： $4400 - 2000 = 2400$ 单位

2.3 定义全局单元网格

```
GCELLGRID X 296100 DO 2 STEP 700 ;
GCELLGRID X 100 DO 149 STEP 2000 ;
GCELLGRID X 0 DO 2 STEP 100 ;
GCELLGRID Y 290200 DO 2 STEP 1800 ;
GCELLGRID Y 200 DO 146 STEP 2000 ;
GCELLGRID Y 0 DO 2 STEP 200 ;
```

GCELLGRID 指令用于定义全局单元网格, 它将芯片区域划分为规则的网格单元。

X/Y: X 代表水平方向, 从左到右 ; Y 代表垂直方向, 从下到上

296100:网格划分起始位置

DO 2 STEP 700:划分 2 个网格, 间距为 700

第一句表示: 从水平坐标 X = 296100 开始, 沿水平方向划分出 2 个网格单元, 相邻网格单元间距为 700。

2.4 单元实例信息

```
COMPONENTS 8879 ;
- inst8879 NOR4X4 + PLACED ( 38800 4400 ) N
;
- inst8878 BUFX6 + PLACED ( 289000 256400 ) FS
;
- inst8877 NOR4X4 + PLACED ( 283800 6800 ) FS
;
- inst8876 NAND4BX2 + PLACED ( 51000 285200 ) FS
;
- inst8875 NAND3X2 + PLACED ( 42200 280400 ) FS
;
```

Components 8879: 表示芯片中共有 8879 个单元实例。

Inst8879: 单元实例标识符, 进行唯一标识。

NOR4X4/BUFX6/NAND4BX2: 单元类型, 其中 NOR4X4 表明该单元是一个 4 输入或非门; BUFX6 表示这是一个缓冲器, “X6” 可能表示其驱动强度等相关参数;

NAND4BX2 4 是输入与非门，“BX2”可能代表特定的驱动强度等属性。单元具体信息在工艺库 LEF 文件中。

PLACED (42200 280400)： PLACED 表示该单元实例在芯片上放置的位置

N/FS：表示单元的放置方向

3、布线信息

3.1 特定金属层的布线轨道

TRACKS 指令格式：

```
TRACKS <方向> <起始位置> DO <数量> STEP <间距> LAYER <金属层>
```

```
TRACKS Y 200 DO 730 STEP 400 LAYER Metal9 ;  
TRACKS X 500 DO 741 STEP 400 LAYER Metal9 ;  
TRACKS X 500 DO 741 STEP 400 LAYER Metal8 ;  
TRACKS Y 200 DO 730 STEP 400 LAYER Metal8 ;  
TRACKS Y 200 DO 973 STEP 300 LAYER Metal7 ;
```

具体实例指令解释：

TRACKS 指令用于定义芯片中特定金属层的布线轨道，这些轨道是信号和电源网络布线的物理路径。

X/Y:表示信号走向, X 表示水平走向, 用于垂直信号走线(如连接上下层的过孔);

Y 用于水平信号走线 (如连接左右单元的导线)。

200: 轨道起始位置

DO 730 STEP 400:向上延伸 730 条轨道, 间距为 400

LAYER Metal9:Metal9 通常是顶层金属, 用于长距离全局布线 (如时钟网络)

3.2 引脚相关信息

```
PINS 0 ;  
END PINS
```

在当前实例中，没有需要特别定义或描述的引脚。

3.3 特殊网格布线信息（电源、接地网络）

```
SPECIALNETS 2 ;  
- VSS (* VSS )  
+ ROUTED Metal7 800 + SHAPE RING ( 500 100 ) (* 291900 )  
  NEW Metal7 800 + SHAPE RING ( 296300 100 ) (* 291900 )  
  NEW Metal8 800 + SHAPE RING ( 100 500 ) ( 296700 * )  
  NEW Metal8 800 + SHAPE RING ( 100 291500 ) ( 296700 * )  
  NEW Metal7 800 + SHAPE STRIPE ( 31500 0 ) (* 292000 )  
  NEW Metal7 800 + SHAPE STRIPE ( 71500 0 ) (* 292000 )  
  
- VDD (* VDD )  
+ ROUTED Metal7 800 + SHAPE RING ( 1600 1200 ) (* 290800 )  
  NEW Metal7 800 + SHAPE RING ( 295200 1200 ) (* 290800 )  
  NEW Metal8 800 + SHAPE RING ( 1200 1600 ) ( 295600 * )  
  NEW Metal8 800 + SHAPE RING ( 1200 290400 ) ( 295600 * )
```

SPECIALNET 2: 表示有两个特殊网格,一个是 VSS (接地网络), 一个是 VDD (电源)

ROUTED Metal7 800: 表示该网格在 Metal7 金属层上布线, 布线宽度为 800。

SHAPE RING(500 100)(*291900): SHAPE 用于定义布线的几何形状, 这里表示环形 (RING)。(500 100) 表示环形的起始坐标, (* 291900) 表示在 X 方向上需要延伸, 291900 是 Y 方向上的坐标值, 即环形 Y 坐标结束位置。

NEW Metal7 800: 表示新的布线段, 也在 Metal7 金属层上布线, 布线宽度为 800。

3.4 网络与单元连线

```
NETS 3153 ;
- net3153
( inst5747 SI )
;
- net3152
( inst3044 Y ) ( inst3045 A )
;
- net3151
( inst3855 Y ) ( inst3856 A )
;
- net3150
( inst3436 Y ) ( inst3437 A )
;
- net3149
( inst5512 Y ) ( inst5513 A )
```

NETS 3153:定义网络数量为 3153 个

net3153:网络名

(inst5747 SI): 表示该网络连接到单元实例 inst5747 的 SI 引脚。

Net 3152 (inst 3044 Y)(inst 3045 A): net3152 连接到实例名为 inst3044 的单元的 Y 引脚以及实例名为 inst3045 的单元的 A 引脚。说明这两个单元的对应引脚通过 net3152 网络实现电气连接。 inst3044 和 inst3045 组成了这个网络。