

중앙 Hipex 데이터베이스와 개선된 Hipex-C 및 Hipex-R 테크놀로지 파일

1. 소개

레이아웃 파라미터 추출 (LPE)과 기생 추출은 포스트 레이아웃 검증에서 중요한 역할을 합니다. IC 기술 발전에 따라 IC 레이아웃의 크기가 계속 증가하므로, 전체 칩 레이아웃의 검증이 점점 더 문제가 되고 있습니다. IC 설계가 복잡해지면서, 기생 캐패시터와 저항으로 인한 영향을 고려해야 합니다. 기생 소자는 칩의 성능을 저하시키는 시간 지연, 전압 강하, 신호 무결성 위반 등의 영향에 책임이 있습니다. 하지만 IC 설계의 핵심 문제는 기생 소자를 정확하게 평가하는 것입니다.

Hipex는 이러한 문제들을 해결하는데 도움을 줍니다. Hipex는 딥 서브마이크론 공정 기술이 적용된 IC 설계에서 레이아웃 넷리스트, 파라미터 및 기생 소자를 추출합니다. Hipex는 전체 칩 설계를 위한 넷리스트 및 기생을 빠르고 정확하게 추출하기 위해 다음 사항을 포함합니다:

- NET - 계층적 넷리스트 추출
- C - 기생 캐패시턴스 추출
- R - 기생 저항 추출
- Netlister - RC 분산 및 넷리스트 출력

Hipex 툴은 지속적으로 개발 중입니다: 새로운 기능을 추가하고, 현재의 알고리즘을 개선합니다. Hipex 개선 사항 중 하나는 툴을 서로 연결하는 중앙 Hipex Database를 활용하여, 기생 추출 및 넷리스트 출력을 단순화하는 것입니다. 본 문서에서는 이 데이터베이스를 기반으로 하는 새로운 플로우를 포함하여, Hipex의 개선 사항에 대해 설명합니다.

2. 새로운 Hipex 플로우

새로운 Hipex 플로우는 아래에서 설명하는 여러 단계를 포함하며, 그림 1에서 이를 표현하였습니다.

계층적 넷리스트 추출 툴인 Hipex-NET은 레이아웃 추출 프로세스의 기본입니다. 넷리스트 추출에 필요한 정보를 모두 포함하는 입력 파일로 GDSII 또는 CIF 레이아웃 파일과 사용자 정의 테크놀로지 파일을 사용합니다. 소자 파라미터를 추출하는 동안 Hipex-NET은 ERC (전기적 규칙 검사)도 수행합니다. 작업이 완료되면

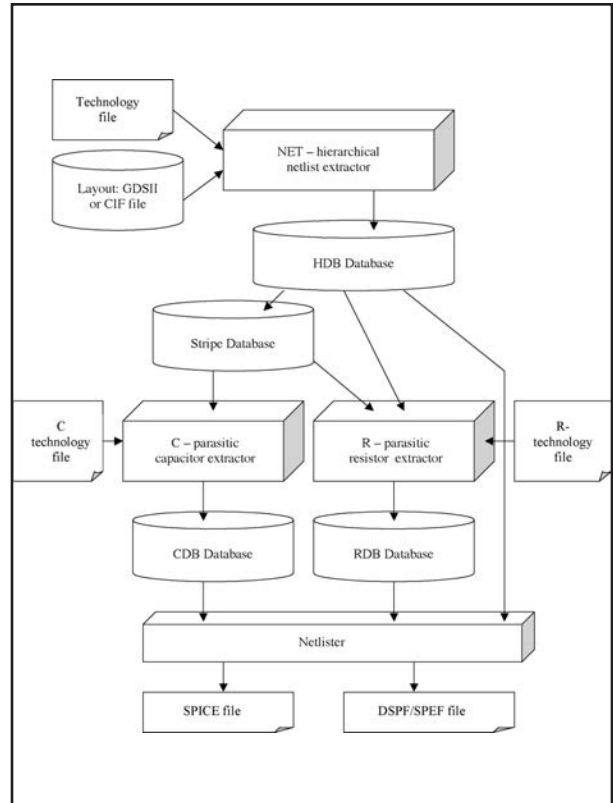


그림 1. Hipex 플로우

Hipex-NET은 추출 데이터를 Hipex Database (HDB)로 출력합니다. HDB는 기생 추출 및 넷리스트를 위한 입력으로 사용됩니다. HDB는 형상을 포함하여 추출된 넷 및 소자에 대한 모든 정보를 포함합니다.

Hipex-NET은 백 애노테이션을 지원합니다. 즉, 기존 넷리스트의 이름을 유지하기 위해 스키매틱의 넷 이름을 사용할 수 있습니다. 이를 위해 Guardian LVS에서 얻은 백 애노테이션 넷과 소자 이름을 사용하며, HDB에도 저장합니다. 이러한 이름은 HDB에 저장되기 때문에, 백 애노테이션 넷리스트의 출력에 사용할 수 있습니다.

새로운 Hipex Netlister는 계층적 또는 플랫폼 형태로 SPICE 형식으로 추출된 넷리스트의 출력에 HDB를 사용합니다.

Hipex 기생 추출은 HDB에서 생성된 SDB (Stripe Database)를 사용합니다. 이는 기생을 추출할 넷에 대한 정보를 포함하고 있습니다. 모든 넷 (전체 칩 추출) 또는 선택한 주요 넷 (선택한 넷 추출)이 될 수 있습니다. SDB에 데이터를 저장하면 레이아웃이 적절한 크기의 스트라이프로 나뉘고, 각 스트라이프는 별도로 처리되기 때문에 대규모 레이아웃을 처리할 수 있습니다.

Hipex C는 SDB의 데이터와 사용자 정의 테크놀로지 파일에 기초하여, 기생 캐패시턴스를 추출합니다. 테크놀로지 파일은 면, 가장자리 및 측면 캐패시턴스에 대한 규칙을 포함합니다. 이러한 규칙에 대한 캐패시턴스 계수는 EXACT 같은 3D 솔버 또는 타사 툴에서 얻을 수 있습니다. Hipex C는 가장자리 및 측면 캐패시턴스에 대한 기본적인 모델이 있지만, 사용자는 LISA 프로시저를 사용하여 정확한 기생 추출을 위해 독자적인 모델을 구현할 수 있습니다. Hipex C는 이를 위해 다양한 추출 형상 파라미터 세트를 제공합니다.

Hipex C의 실행 결과는 CDB (Capacitance Database)로서, 선택한 넷에 대한 기생 캐패시턴스를 포함합니다. CDB는 증가형 데이터베이스로서 새로 선택한 넷에 관한 데이터가 CDB에 추가되어, 동일한 넷에 대해 Hipex C를 두 번 실행할 필요가 없습니다.

Hipex R은 SDB에 포함된 넷에 대해 기생 저항을 추출합니다. Hipex R의 테크놀로지 파일은 추출 와이어 및 컨택 기생 저항에 대한 규칙을 포함합니다. 기생 저항 추출은 넷 단위로 수행합니다. 각 넷은 플랫폼 모드로 추출합니다. 즉, 넷의 기생 저항은 넷이 시작하는 최상위 셀에 할당됩니다. Hipex R의 결과는 서브넷 정보와 기생 저항 값이 있는 RDB (증가형 저항 데이터베이스)에 저장됩니다.

Hipex Netlister는 HDB, CDB 및 RDB 데이터를 사용하여 SPICE, DSPF, SPEF의 세 가지 형식으로 기생 넷리스트를 생성합니다. SPICE 넷리스트는 기생 캐패시터 또는 저항만 포함하거나 분산 RC 네트워크처럼 모두를 포함할 수 있습니다. 출력 캐패시터는 커플링 또는 접지입니다. 또한 앞서 언급한 것처럼, 넷리스트는 스키매틱 넷리스트의 이름으로 백 애노테이션할 수 있습니다.

3. 새로운 레이어 매핑

Hipex-NET 매핑

대부분의 레이아웃 파일은 GDSII 형식입니다. 이 형식의 한 가지 단점은 레이아웃 레이어에 식별 번호만 있고 레이어의 이름이 없다는 것입니다. 이것이 바로 GDSII 툴을 통해 레이어의 GDS 번호와 레이어 이름 (레이어 맵) 간의 관계를 설정할 수 있는 이유입니다. 기존 Hipex는 2단계로 이루어진 매핑 절차가 있었습니다. 첫 번째 단계에서 GDS 번호를 SLF 이름에 매핑하고, SLF 이름을 Hipex 레이어 이름에 매핑했습니다. 보통 두 개의 상이한 파일이 있었습니다. SLF 형식이 널리 사용되지 않기 때문에 새로이 1단계 매핑 방식이 구현되었습니다. 새로운 매핑 명령어의 구문은 다음과 같습니다:

Hipex layer

```
/gds_layer=<integer>
/gds_type=<integer[,integer, ...] >
/geom_layer=<string>
/text_layer=<string>;
```

이 명령어는 /gds_layer 옵션에서 지정한 숫자와 /gds_type의 유형을 갖는 GDS 레이어를 /geom_layer 및 /text_layer에서 지정한 Hipex 레이어에 매핑합니다. Hipex는 분리된 도형 및 문자 레이어를 함께 사용하므로, /geom_layer 옵션의 레이어는 형상 데이터를, /text_layer의 레이어는 문자 데이터를 포함합니다. /geom_layer 또는 /text_layer 옵션은 생략할 수 있으며, 이 경우 해당 데이터는 GDS 파일에서 Hipex로 전달되지 않습니다. 다음 예는 명령어 사용의 예를 나타냅니다.

Hipex layer

```
/gds_layer= 9
/geom_layer="FMET"
/text_layer="FMET_HPX_TEXT";
```

이 명령어는 번호가 9인 모든 유형의 GDS 레이어에서 형상 객체를 Hipex 형상 레이어 "FMET"에 병합하고, 텍스트 객체를 Hipex 텍스트 레이어 "FMET_HPX_TEXT"에 넣습니다.

명령어:

Hipex layer

```
/gds_layer= 31
/gds_type=1
/text_layer="Text_31";
```

번호가 31이고 유형이 1인 GDS 레이어에서 텍스트만 Hipex 텍스트 레이어 "Text_31"에 넣습니다.

Hipex C 매핑

매핑 절차를 간소화하도록 HPEX-C에 대한 매핑 명령어도 수정되었습니다. Hipex-NET에서 Hipex C 레이어 매핑에 대한 새로운 구문 형식은 다음과 같습니다:

```
cup layer <string> [/Hipex_layer=
<string>[,<string>,...];
```

첫 번째 <string> 파라미터는 Hipex C 레이어 이름이며, Hipex-NET 레이어 이름은 /Hipex_layer 옵션에 지정합니다. /Hipex_layer 옵션을 생략하면, <string> 파라미터는 Hipex C와 Hipex-NET 모두에 대해 동일한 레이어 이름이 됩니다. 하나의 명령어로 여러 Hipex-NET 레이어를 하나의 Hipex C 레이어에 매핑할 수 있습니다. 모든 Hipex-NET 레이어는 /Hipex_layer 옵션에 나열해야 합니다. 예를 들어, 다음 명령어는 Hipex-NET 레이어 "PSUB" 및 "NWELL"을 하나의 Hipex C 레이어 "SUB"로 결합합니다.

```
cup layer SUBS /Hipex_layer= PSUB,NWELL;
```

4. 기생 추출 개선

기생 추출 부분에 대해서도 새로운 개선과 수정이 이루어졌습니다.

Hipex C

새로운 명령어는 수직 차폐 및 전하 공유 효과를 모델링하기 위한 효과적인 수단을 제공합니다.

Hipex C는 기생 캐패시터에 대해 모든 정보를 포함하는 CDB를 생성합니다. Hipex Netlister는 이를 활용하여, 기생 캐패시터를 SPICE, DSPF 또는 SPEF 파일로 출력합니다.

Hipex R

새로운 Hipex R 명령의 구문도 단순화되었습니다. Hipex R의 이전 버전처럼 두 가지 종류의 명령어가 있습니다. 첫 번째 명령어는 와이어 기생 저항을, 두 번째 명령어는 컨택 기생 저항을 정의합니다. 개선된 점은 기생 저항 본체와 터미널 레이어의 이름이 자동으로 생성된다는 것입니다. 새로운 기생 명령어 구문은 다음과 같습니다:

```
rpx de ine_parasitic wire

    /layer=<string>

    /contact_cluster = <double>

    /contact_oversize = <double>

    /pres_sheet_resistivity_value=<double>;
```

```
rpx define_parasitic contact

    /layer=<string>

    /top=<string>

    /bottom=<string>

    /pres_area_resistivity_value = <double>;
```

하나의 컨택 레이어가 상이한 레이어 쌍을 연결할 수 있으므로, 기생 컨택 명령어는 연결된 레이어를 정의하는 두 개의 추가적인 파라미터를 포함합니다: 최상단 및 최하단 파라미터.

Hipex R은 내부 알고리즘을 단순화하고 정확성을 높이며 기생 추출 절차를 빠르게 하기 위해 플랫폼 넷으로 동작합니다. Hipex R 결과는 증가형 데이터베이스인 RDB에 저장됩니다.

RDB는 모든 서브넷 정보와 기생 저항 값을 포함합니다. Netlister는 RDB를 사용하여 기생 저항을 넷리스트로 출력합니다.

5. Hipex Netlister

Hipex 플로우의 새로운 부분은 Netlister입니다. Hipex Netlister는 SPICE, DSPF, SPEF 파일을 포함하여, 모든 넷리스트를 출력합니다. HDB, CDB, RDB의 데이터를 사용합니다. 따라서 HDB, CDB, RDB를 사용할 수 있는 경우, 언제든지 넷리스트를 출력할 수 있습니다.

기생 넷리스트에 대해, Netlister는 CDB와 RDB가 모두 있는 경우 RC 분산을 수행합니다.

SPICE 또는 DSPF/SPEF 형식으로 넷리스트를 출력하는 두 가지 Netlister 명령어가 있습니다.

SPICE 출력을 위한 명령어 형식은 다음과 같습니다:

```
netlist spice

    [/hier | /flat]

    [/norc | /c | /r | /rc | /rcc [/nets=...]]

    [/noba | /ba]

    <file_name>;
```

기본 옵션은 /hier, /norc, /noba입니다.

/hier, /flat 옵션은 계층적 또는 플랫폼 넷리스트 출력을 정의합니다.

/norc 옵션은 기생 요소의 출력을 억제합니다.

/c, /r, /rc, /rcc, /nets=... 옵션을 선택하여, 기생 요소 출력을 정의합니다. CDB가 있는 경우 기생 캐패시턴스를 출력할 수 있으며, RDB가 있는 경우 기생 저항을 출력할 수 있습니다.

/c 옵션은 기생 캐패시터 출력만 정의합니다.

/r 옵션은 기생 저항 출력만 정의합니다.

/rc 옵션은 접지된 캐패시터 출력이 있는 분산 RC 네트워크를 정의합니다.

/rcc 옵션은 커플링 캐패시터 출력이 있는 분산 RC 네트워크를 정의합니다.

/nets= 옵션은 커플링 캐패시터가 출력될 기생 넷의 목록을 정의합니다. 다른 기생 넷의 캐패시터는 접지됩니다. 본 옵션을 생략하면 모든 기생 넷에 대해 커플링 캐패시터가 출력됩니다.

/noba 또는 /ba 옵션은 넷리스트 출력의 백 애노테이션 모드를 정의합니다.

DSPF, SPEF 파일은 다음 명령어로 출력합니다:

```
netlist parasitic

    [/file_path=<directory_name>]

    [/dspf | /spef]

    [/cc [/nets=...]]

    [/noba | ba]

    [/cell=<cell_name>]
```

/file_path 옵션은 DSPF 또는 SPEF 파일의 출력 경로를 정의합니다.

/dspf, /spef 옵션은 파일 형식을 정의합니다.

/cc 옵션은 /nets 옵션에 있는 넷에 대해 커플링 캐패시터 모드를 정의합니다.

/nets 옵션을 생략하면, 모든 캐패시터는 커플링으로 간주됩니다.

/noba 또는 /ba 옵션은 넷리스트 출력의 백 애노테이션 모드를 정의합니다.

/cell 옵션은 최상위 셀로 인식하는 셀의 이름을 정의합니다. 최상위 셀의 기본값은 HDB에서 얻습니다. 출력 파일 이름은 고정된 이름 <top_cell_name>.dspf 또는 <top_cell_name>spef 입니다.

6. 결론

최근에 Hipex는 더욱 강력하고 유연하게 개선되었습니다. 새로운 Hipex 실행 플로우는 사용하기 쉬우며, 보다 정확하고 빠른 기생 추출을 위한 새로운 가능성을 제시합니다.