

## 第 13 章 SSO アナライザー

### 13.1 SSO アナライザーについて

SSO (Simultaneous Switching Output: 同時スイッチング出力) アナライザー (SSO Analyzer) は、多数の出力ポート (ドライバー) が同時にスイッチングした時に生成されるノイズ (SSN: N=Noise) として引き起こされる、グラウンドバウンス量と VCC ドロップ量の解析を行うツールです。

#### 13.1.1 “同時” の定義と解析の考え方

Lattice の定義する “同時” とは、“(複数の) 出力ピン相互が 1ns 以内にトグルする場合” です。SSO アナライザーでは着目するクロックで出力されるポートのグループを “Switching ID” と呼びます。同一クロックでドライブされる出力ピンは、ピン間スキューを考慮しても当然同じグループに属します。アナライザーに対するグループ指定はユーザーが行います。

異なるクロックでドライブされる出力信号同士の場合、異なるグループに属すると考えられるのは、これら 2 クロック間に固定の位相差があり、かつ周波数が整数倍関係にある場合のみです。これ以外の任意の 2 クロック間では、ある時間長を考慮すれば必ずエッジの重なるケースが存在しますので、同一グループに属するものとして解析する (最悪ケースを想定する) 必要があります。任意のクロック間の位相差が特定できない、非同期関係にある、などの場合もすべて該当します。また立ち上がり・立ち下がりのエッジが異なる場合でも、エッジが 1ns 以内であれば同一グループとして扱います。

たとえば 100MHz でクロッキングされる出力に ID=1、同一周波数で 90 度位相がずれたクロックの出力に ID=2、などです。或いは一方が 25MHz で、他方が 100MHz かつそのエッジが 4 周期に一度 25MHz と重なる場合、すべて同一 ID を付与します。

SSO アナライザーとしての合否判定基準は、着目するポートと対向するデバイスの入力が同一 I/O タイプと想定して、その公称  $V_{IH}$  或いは  $V_{IL}$  レベルを超えるか否かがデフォルトとなっています。後述のように、合否時にマージンを考慮したうえで判定するためのパラメータも入力できるようになっています。

#### 13.1.2 サポートするデバイスとパッケージ、IO タイプ

サポートする IO タイプは、LVCMOS / LVTTTL / HSTL / SSTL でいずれもシングルエンド対応です。

### 13.2 SSO 解析

SSO アナライザーを使用した解析には以下の 2 種類があります。

#### 1) バンクベース解析

IO バンクあたりの同時スイッチング本数を基にバンクごとに最悪ケースピン配置を想定して解析を行います。バンク指定のみは必要ですが、ピン指定や配置配線の実行は不要ですので、ピン配置検討の初期段階でのラフな見積もりを行うことができます。

#### 2) ピンベース解析

実際のピン配置に基づいて、ピンごとの解析を行います。この解析は、配置配線 (PAR) 前と後の両方で行うことができ、バンクベース解析よりも現実的な解析を行うことが可能です。ただし、PAR 前に行う場合でもピン指定と出力の属性を与えることが必要となります。

註: 本 Lattice Diamond 日本語マニュアルは、日本語による理解のため一助として提供しています。作成にあたっては各トピックについて可能な限り正確を期しておりますが、必ずしも網羅的あるいは最新でない可能性や、オリジナル英語版オンラインヘルプや各種ドキュメントと不一致がある可能性があります。疑義が生じた場合は技術サポート担当者にお問い合わせ頂くか、または最新の英語オリジナル・ソースを参照するようにお願い致します。

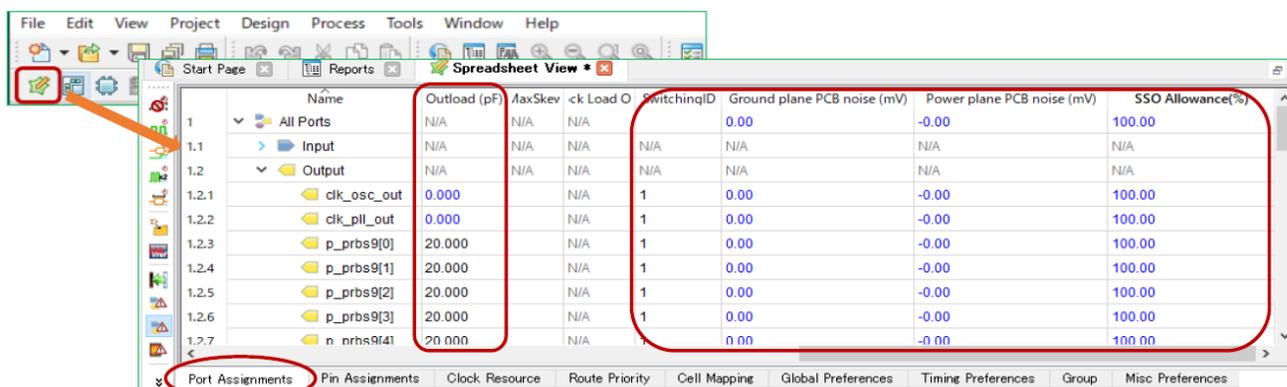
### 13.1.1 解析手順

解析は以下の手順で行います。

- 1) 論理合成プロセス (Synplify Pro の場合は Translate Design まで) を実行後、スプレッドシート・ビューを起動し、[Port Assignments] タブを選択します (図 13-1)
- 2) 解析する信号を配置する各 IO バンクの信号に以下の属性を与えます
  - ・ バッファタイプ (デフォルトは LVCMOS25)
  - ・ ドライブ電流
  - ・ スルーレート (Fast / Slow)
  - ・ 出力負荷 (pF)  
負荷容量。本来はポート自身の入力容量も本来は加えるのが望ましいです。
  - ・ Switching ID  
同時スイッチングする出力のグループそれぞれに付与する識別番号です。通常 ID としては 1 からの数字を使用します。ID 番号が指定されないピンは解析されませんので注意が必要です。ワーストケースを想定して番号を付与します。
  - ・ SSO Allowance (%)  
 $V_{IH}$  或いは  $V_{IL}$  レベル公称値に対して、何 % 以下であれば Pass とするかの判定割合です。デフォルトは 100[%] です。例えば "90" を入力した場合は、10% のマージンを持たせることになります。  
なお、ftBGA 系パッケージの場合、他の BGA 系よりもやや大きめの余裕を確保することを推奨します。
  - ・ Ground plane PCB noise / Power plane PCB noise (mV)  
ボード上で想定される電源とグラウンドのノイズレベルを数字で入力します。少なくとも電源電圧値の 5 ~ 10% に相当する値を指定することを推奨します。

上記の属性 (制約) が与えられていない場合、解析結果は "0" となりますので、ご注意ください。

図 13-1. スプレッドシート・ビューの SSO 関連設定



3) 配置配線を実行します (任意)

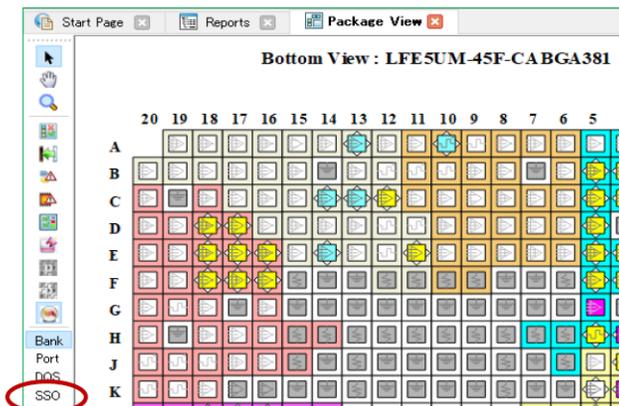
4) SSO アナライザーを実行します

Diamond のメニューアイコンか、メニューバーから Tools → Package View を選択してパッケージ・ビューを起動します (図 13-2)。表示されたウィンドウで、左下部にある "SSO" ボタンをシングルクリックします (図 13-3)。

図 13-2. パッケージ・ビューの起動 (メニューアイコン)

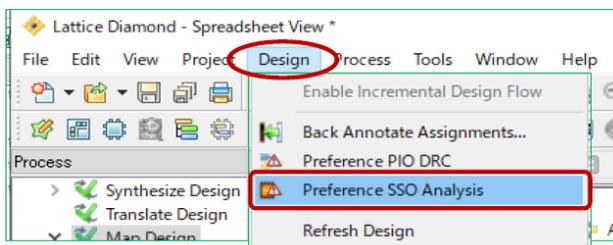


図 13-3. SSO アナライザーの実行 (1)



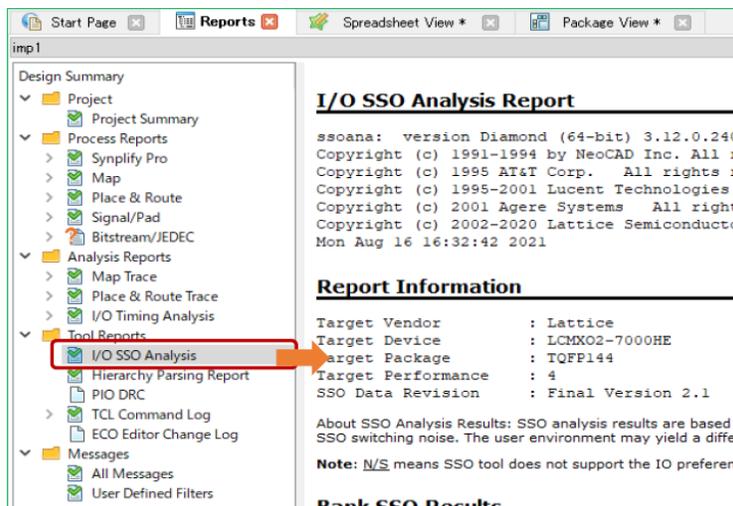
なお、パッケージ・ビューを起動すると、メニューバーで [Design] → [Preference SSO Analysis] から選択できるようになります (図 13-4)。

図 13-4. SSO アナライザーの実行 (2)



5) 結果を確認します。

図 13-5. SSO 解析結果の確認



Diamond の Reports タブで、Tool Reports セクション内 “I/O SSO Analysis” に緑のチェックマークが表示されます。これをクリックして選択すると、右側のレポート・ビューに結果が表示されます（図 13-5）。HTML レポートは配置配線後、（インプリメンテーション・フォルダーではなく）プロジェクト・フォルダー下に “sso\_rpt.htm” として出力されます。

### 13.1.2 バンクベースの解析

バンクベースの解析手順は、ピン配置をせずバンクのみを指定すること以外、ピンベース解析と全く同じです。ピンベース解析が実際のピン配置条件での見積もりであることに対して、バンクベース解析はより悲観的な（最悪ケースを想定した）見積もりです。

## 13.2 レポートについて

### 13.3.1 HTML レポート

SSO 解析結果は、いくつかの項目に分けてレポートされます。

#### 13.3.1.1 SSO Information of each Bank (Bounce)

バンク毎のグラウンドバウンスの解析結果と判定です。バンク内での最悪のピンでの値がレポートされます。

図 13-6. バンク毎の SSO 解析結果例 (グラウンドバウンス)

##### SSO Information of each Bank(Bounce)

The table lists SSO information of each bank(Bounce SSO). If any pin in the bank are not assigned, Bank SSO calculation will consider the worst pin assignments which lead to the largest device SSO noise. It may be larger than that of real pin assignments.

Bank	SID	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
0		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS
1	2	29.55	30.00	59.55	700.00	100.00%	8.51%	PASS
2	3	179.65	30.00	209.65	700.00	100.00%	29.95%	PASS
3	3	309.58	30.00	339.58	700.00	100.00%	48.51%	PASS
6	1	240.47	30.00	270.47	585.00	100.00%	46.23%	PASS
7	1	270.46	30.00	300.46	585.00	100.00%	51.36%	PASS
8		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS

- Bank :                   バンク番号
- SID :                   ユーザー設定の Switching ID
- Device SSO (mV) : SSO ノイズの解析結果
- Board SSO (mV) : ユーザー設定の Board SSO 値
- Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザー設定 Board SSO を合計した値
- Criteria (mV) : 当該 IO タイプに準じた判定基準
- Allowance :           ユーザー設定の SSO Allowance 値
- Percentage :          Criteria に対する Total SSO の比率 [%]
- Status :               判定結果です。Percentage が Allowance より小さい場合、背景が緑色で PASS と表示され、大きい場合は背景が赤色で FAIL と表示されます

#### 13.3.1.2 Device SSO Information of each Switching ID (Bounce)

Switching ID 毎のグラウンドバウンスの解析結果です。同一 Switching ID に、IO タイプやドライブ電流等が複数存在する場合はパラメータ毎に個別に表示されます。

- Switching ID :       ユーザーが設定した Switching ID。ブランクは、上セルと同じことを意味します
- Bank :               バンク番号。ブランクは、上セルと同じことを意味します

Device SSO of Group (mV) : 当該グループ内のバンクごとの SSO 結果。当該グループに複数の属性がある場合は、“Device SSO of Standard” の合算値

# Pins : グループに指定されたピン数

IO Type : IO タイプ

Drive (mA) : ドライブ電流

Slew : スルーレート

Load (pF) : 負荷容量

Device SSO of Standard (mV) : 当該グループでバンク別に同一 IO 属性ごとの SSO 結果。同一 IO 属性とは、IO タイプ/ドライブ電流/スルーレートが全て同じことを意味します

図 13-7. Switching ID 毎の SSO 解析結果例 (グラウンドバウンス)

**Device SSO Information of each SwitchingID(Drop)**

The table lists Device SSO information of each switching ID. Pins in the same standard have same attributes, such as IO type, drive, load, etc. Pins in the same group have same switching ID.

SwitchingID	Bank	Device SSO of Group(mV)	#Pins	IO Type	Drive(mA)	Slew	Load(pF)	Device SSO of Standard(mV)
1	6	-290.47	19	SSTL135_I	8	FAST	15.000	-290.47
			2	SSTL135_I	8	SLOW	15.000	-285.70
			1	SSTL135D_I	8	FAST	15.000	N/S
	7	-336.46	22	SSTL135_I	8	FAST	15.000	-336.46
			1	SSTL135D_I	8	FAST	15.000	N/S
2	1	-38.95	2	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-38.95
3	2	-192.14	8	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-192.14
	3	-279.35	14	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-279.35

**13.3.1.3 SSO Information of each Bank (Drop)**

バンク毎の VCC ドロップの解析結果と判定です。バンク内での最悪のピンでの値がレポートされます。

図 13-8. バンク毎の SSO 解析結果例 (VCC ドロップ)

**SSO Information of each Bank(Drop)**

The table lists SSO information of each bank(Drop SSO). If any pin in the bank are not assigned, Bank SSO calculation will consider the worst pin assignments which lead to the largest device SSO noise. It may be larger than that of real pin assignments.

Bank	SID	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
0		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS
1	2	-38.95	-50.00	-88.95	-800.00	100.00%	11.12%	PASS
2	3	-192.14	-50.00	-242.14	-800.00	100.00%	30.27%	PASS
3	3	-279.35	-50.00	-329.35	-800.00	100.00%	41.17%	PASS
6	1	-290.47	-50.00	-340.47	-630.00	100.00%	54.04%	PASS
7	1	-336.46	-50.00	-386.46	-630.00	100.00%	61.34%	PASS
8		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS

Bank : バンク番号

SID : ユーザー設定の Switching ID

Device SSO (mV) : SSO ノイズの解析結果

Board SSO (mV) : ユーザー設定の Board SSO 値

Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザー設定 Board SSO を合計した値

Criteria (mV) : IO タイプに準じた判定基準

Allowance : ユーザー設定の SSO Allowance 値

Percentage : Criteria に対する Total SSO の比率 [%]

Status : 判定結果です。Percentage が Allowance より小さい場合、背景が緑色で PASS と表示され、大きい場合背景が赤色で FAIL と表示されます

### 13.3.1.4 Device SSO Information of each Switching ID (Drop)

Switching ID 毎の VCC ドロップの解析結果です。同一 Switching ID に、IO タイプやドライブ電流等が複数存在する場合はパラメータ毎に分けて表示されます。

図 13-9. Switching ID 毎の SSO 解析結果例 (VCC ドロップ)

#### Device SSO Information of each SwitchingID(Drop)

The table lists Device SSO information of each switching ID. Pins in the same standard have same attributes, such as IO type, drive, load, etc. Pins in the same group have same switching ID.

SwitchingID	Bank	Device SSO of Group(mV)	#Pins	IO Type	Drive(mA)	Slew	Load(pF)	Device SSO of Standard(mV)
1	6	-290.47	19	SSTL135_I	8	FAST	15.000	-290.47
			2	SSTL135_I	8	SLOW	15.000	-285.70
			1	SSTL135D_I	8	FAST	15.000	N/S
7	-336.46	22	SSTL135_I	8	FAST	15.000	-336.46	
			1	SSTL135D_I	8	FAST	15.000	N/S
2	1	-38.95	2	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-38.95
3	2	-192.14	8	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-192.14
3	3	-279.35	14	LVC MOS25	8	SLOW	5.000	-279.35

- Switching ID : ユーザーが設定した Switching ID。ブランクは、上セルと同じことを意味します
- Bank : バンク番号。ブランクは、上セルと同じことを意味します
- Device SSO of Group (mV) : 当該グループ内のバンクごとの SSO 結果。当該グループに複数の属性がある場合は、“Device SSO of Standard” の合算値
- # Pins : グループに指定されたピン数
- IO Type : IO タイプ
- Drive (mA) : ドライブ電流
- Slew : スルーレート
- Load (pF) : 負荷容量
- Device SSO of Standard (mV) : 当該グループでバンク別に同一 IO 属性ごとの SSO 結果。同一 IO 属性とは、IO タイプ/ドライブ電流/スルーレートが全て同じことを意味します

### 13.3.1.5 Worst Bounce SSO of each Bank

第 13.3.1.1 項 SSO Information of each Bank (Bounce) と同一の内容が表示されます。

### 13.3.1.6 Worst Drop SSO of each Bank

第 13.3.1.2 項 Device SSO Information of each Switching ID (Bounce) と同一の内容が表示されます。

### 13.3.1.7 Bounce SSO Information of Pins of each Bank

すべてのピンに関するグラウンドバウンスの解析結果と判定です。これはピンベース解析時のみで、表はバンク毎に分かれて表示されます。

- Port Name : 信号名
- Site : デバスのパッド番号
- Device SSO (mV) : SSO ノイズの解析結果
- Board SSO (mV) : ユーザー設定の Board SSO 値
- Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザー設定 Board SSO を合計した値
- Criteria (mV) : IO タイプに準じた判定基準
- Allowance : ユーザー設定の SSO Allowance 値
- Percentage : Criteria に対する Total SSO の比率 [%]

Status : 判定結果です。Percentage が Allowance より小さい場合、背景が緑色で PASS と表示され、大きい場合背景が赤色で FAIL と表示されます

図 13-10. ピン毎の SSO 解析結果例 (グラウンドバウンス)

Bank 6

Port Name	Site	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
emddr_dq[6]	PL35A	96.36	30.00	126.36	585.00	100.00%	21.60%	PASS
emddr_dq[1]	PL35B	118.08	30.00	148.08	585.00	100.00%	25.31%	PASS
emddr_dq[3]	PL35D	150.44	30.00	180.44	585.00	100.00%	30.84%	PASS
emddr_dm[0]	PL38A	158.09	30.00	188.09	585.00	100.00%	32.15%	PASS
emddr_dq[7]	PL38C	164.29	30.00	194.29	585.00	100.00%	33.21%	PASS
emddr_dq[5]	PL41C	171.56	30.00	201.56	585.00	100.00%	34.45%	PASS
emddr_csn[0]	PL41D	157.05	30.00	187.05	585.00	100.00%	31.97%	PASS
emddr_dq[2]	PL44A	201.32	30.00	231.32	585.00	100.00%	39.54%	PASS
emddr_dnf41	PL44C	177.06	30.00	207.06	585.00	100.00%	35.39%	PASS

### 13.3.1.8 Drop SSO Information of Pins of each Bank

すべてのピンに関する VCC ドロップの解析結果と判定です。これはピンベース解析時のみで、表はバンク毎に分かれて表示されます。

図 13-11. ピン毎の SSO 解析結果例 (VCC ドロップ)

Bank 6

Port Name	Site	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
emddr_dq[6]	PL35A	-101.90	-50.00	-151.90	-630.00	100.00%	24.11%	PASS
emddr_dq[1]	PL35B	-143.44	-50.00	-193.44	-630.00	100.00%	30.70%	PASS
emddr_dq[3]	PL35D	-204.98	-50.00	-254.98	-630.00	100.00%	40.47%	PASS
emddr_dm[0]	PL38A	-218.12	-50.00	-268.12	-630.00	100.00%	42.56%	PASS
emddr_dq[7]	PL38C	-200.73	-50.00	-250.73	-630.00	100.00%	39.80%	PASS
emddr_dq[5]	PL41C	-187.55	-50.00	-237.55	-630.00	100.00%	37.71%	PASS
emddr_csn[0]	PL41D	-191.89	-50.00	-241.89	-630.00	100.00%	38.40%	PASS
emddr_dq[2]	PL44A	-262.27	-50.00	-312.27	-630.00	100.00%	49.57%	PASS
emddr_dq[4]	PL44C	-217.89	-50.00	-267.89	-630.00	100.00%	42.52%	PASS
emddr_dq[0]	PL44D	-182.71	-50.00	-232.71	-630.00	100.00%	36.94%	PASS

- Port Name : 信号名
- Site : デバイスのパッド番号
- Device SSO (mV) : SSO ノイズの解析結果
- Board SSO (mV) : ユーザー設定の Board SSO 値
- Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザー設定 Board SSO を合計した値
- Criteria (mV) : IO タイプに準じた判定基準
- Allowance : ユーザー設定の SSO Allowance 値
- Percentage : Criteria に対する Total SSO の比率 [%]
- Status : 判定結果です。Percentage が Allowance より小さい場合、背景が緑色で PASS と表示され、大きい場合背景が赤色で FAIL と表示されます

### 13.3.1.9 Detailed SSO Report of Pins

さらにより詳細な解析結果で、着目するピン (“Victim”) 毎に、同一バンク内のどのピンが影響を与えているか (“Aggressor”) を個別にレポートします。このレポートは全出力ピンに対して、グラウンドバウンスと VCC ドロップを個別にレポートします。

図 13-12. 出力ピンごとの Aggressor 影響値

Detailed SSO Report of Pins

Following tables list where each pin's noise originates

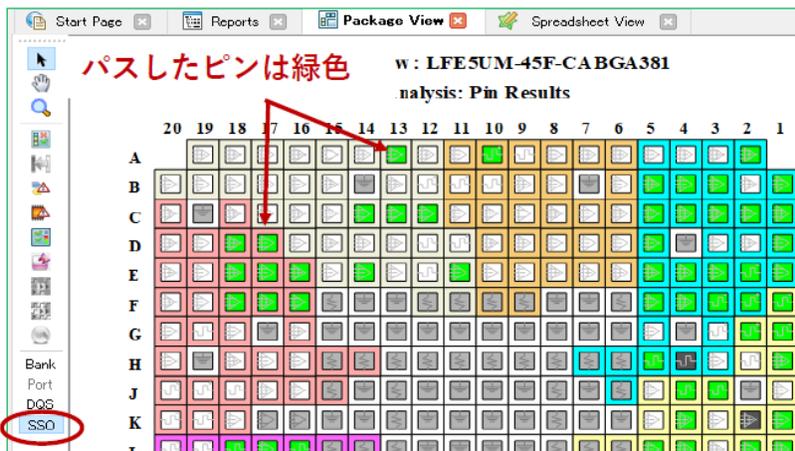
Pin emddr\_addr[0] in bank 6(Bounce)

Port Name	Site	SID	Total Device SSO(mV)	SID 1(mV)	SID 2(mV)	SID 3(mV)
emddr_dq[6]	PL35A	1		-0.01		
NA	PL35C					
emddr_dq[1]	PL35B	1		-0.01		
emddr_dq[3]	PL35D	1		-0.01		
emddr_dm[0]	PL38A	1		-0.01		
emddr_dq[7]	PL38C	1		-0.01		
NA	PL38B					

- Port Name : 信号名
- Site : デバイスのパッド番号
- SID : ユーザー設定の Switching ID
- Total Device SSO (mV) : SSO の合計値
- SID <ID #> (mV) : Switching ID ごとに 1 列で表示されます (複数 ID 或る場合は複数列レポート)

### 13.3.2 パッケージ・ビュー上での解析結果表示

図 13-13. パッケージ・ビューでの SSO 解析結果表示例



前述のパッケージ・ビューで SSO ボタンをクリックすると、解析結果が表示されます。レポートファイルと同様に PASS したピンは緑色で、FAIL したピンは赤色で表示されます。ピンアサインがされていない場合は、色は付きません。

## 13.4 補足

### 13.4.1 SSO 改善策

SSO アナライザーでの解析結果が FAIL となった場合の対策例としては、以下が挙げられます。尚、文中の "Aggressor" とはノイズ源のことを意味し、ドライブ電流が大きいほど、またスルーレートが Slow より Fast の方が条件的には悪くなります。第 13.3.1.9 項に記載した "Detailed SSO Report of Pins" で、FAIL したピンに対して大きい値のノイズ源を特定する参考になります。

1. スルーレートが Fast の場合、許容できる限り Slow にする (PCB 配線の長さや信号周波数に依存)

2. ドライブ電流を許容できる限り小さくする (PCB 配線の長さや信号周波数に依存)
3. 同一 SSO グループの信号を集中配置しないで、バンク内でも分散させる。複数バンクに分割して配置する
4. 同時関係にあるクロック間の位相やタイミングをずらす
5. Aggressor ポートの直近に  $10\ \Omega$  ~ 数十  $\Omega$  の直列ダンピング抵抗を挿入する
6. Aggressor ピンを遠ざけて、グランドや電源ピン (VCCAUX, VCCPLL, SERDES 用各電源ピンを除く) の近傍に配置する
7. 出力ポートの出力負荷容量を減らす

### 13.4.2 制約ファイルに直接 SSO 関連の制約を与える方法

LPF 制約ファイルを直接編集して、SSO に関連する設定を行う場合は、以下のように記述します。

#### Syntax

# ポート個別に指定 (出力/双方向)

```
SSO PORT "ピン名" SwitchingID=ID 番号 SSO_Noise= ボード上の最大ノイズ量 SSO_Allowance= 判定基準;
```

# ポート個別に指定 (入力)

```
SSO PORT "ピン名" SwitchingID=ID 番号 SSO_Noise= ボード上の最大ノイズ量;
```

# 全ポートに対して指定 (出力/双方向)

```
SSO ALLPORTS SwitchingID=ID 番号 SSO_Noise=ボード上の最大ノイズ量 SSO_Allowance=判定基準;
```

# 全ポートに対して指定 (入力)

```
SSO ALLPORTS SwitchingID=ID 番号 SSO_Noise= ボード上の最大ノイズ量;
```

#### Example

# 全ポートに対して、SwitchingID=0、ボード上のノイズ量 =0, 判定基準 70% を指定する場合

```
SSO ALLPORTS SwitchingID=0, SSO_Noise=0, SSO_Allowance=70;
```

# 出力ポート "port1" に対して、SwitchingID=1、ボード上のノイズ量 =20mV, 判定基準 80% を指定する場合

```
SSO PORT "port1" SwitchingID=1, SSO_Noise=20, SSO_Allowance=80;
```

# 入力ポート "port2" に対して、SwitchingID=1、ボード上のノイズ量 =20mV を指定する場合

```
SSO PORT "port2" SwitchingID=1, SSO_Noise=20;
```

※ ポート名にはワイルドカードが使用できます。