

第 18 章 SSO アナライザ

本章では Lattice Diamond の機能の一つである SSO (Simultaneous Switching Output: 同時スイッチング出力) アナライザの概要と使用方法に特化して記述します。

18.1 SSO アナライザについて

SSO アナライザ (SSO Analyzer) は、多数の出力ポート (ドライバ) 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。

18.1.1 “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 アナライザでは或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。アナライザに対するグループ指定はユーザが行います。

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必要があります (最悪ケースを想定する)。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。

18.1.2 サポートするデバイスとパッケージ、IO タイプ

サポートするデバイスファミリと IO タイプは以下の通りです。なお、HSTL、SSTL はシングルエンド対応のみです。

- MachXO3L (全パッケージ) : LVCMOS、LVTTL、HSTL、SSTL
- MachXO2 (全パッケージ) : LVCMOS、LVTTL、HSTL、SSTL
- LatticeECP3 (BGA パッケージ) : LVCMOS、LVTTL、HSTL、SSTL
- LatticeXP2 (BGA パッケージ) : LVCMOS、LVTTL
- LatticeECP2/M (BGA パッケージ) : LVCMOS/LVTTL、HSTL、SSTL

18.2 SSO 解析

SSO アナライザを使用した解析には以下の 2 種類があります。

© 2014 Lattice Semiconductor Corp. (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。その作成にあたっては各トピックについて、それぞれ可能な限り正確を期しておりますが、必ずしも網羅的ではなく、或いは最新でない可能性があります。また、意図せずオリジナル英語版オンラインヘルプやリリースノートなどと不一致がある場合もあり得ます。疑義が生じた場合は、ラティスセミコンダクター正規代理店の技術サポート担当にお問い合わせ頂くか、または極力最新の英語オリジナル・ソースドキュメントを併せて参照するようにお願い致します。)

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、配置配線前と配置配線後の両方で行うことができます。ただし、配置配線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。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。

18.2.1 解析手順

解析は以下の手順により行います。

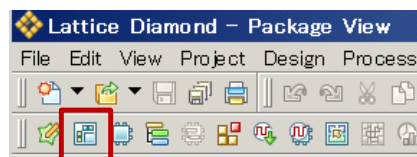
1) Tools メニューより Spreadsheet View を選択し Port Attributes タブを選択します

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)
負荷容量に加えて、ポート自身の入力容量も本来は加えるべきです
- ・ 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 ID 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。前述の通り、ワーストケースを想定して番号を付与します
- ・ SSO Allowance
VIL / VIH 公称判定値に対して、何 % 以下であれば Pass とするかの割合です。単位は % で、デフォルトは 100[%] です。例えば 80 とした場合、20% のマージンを持たせることになります。推奨はケースバイケースですが 25 ~ 40[%] です。
- ・ なお、ftBGA 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 (40 ~ 50%)。
- ・ Ground plane PCB noise / Power plane PCB noise
ボード上想定される電源・グラウンドのノイズレベルを数字で入力します。単位は mV です。最低でも電源電圧値の 5 ~ 15% 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、計算結果は "0" となります。

図 18-1. パッケージ・ビューの起動 (メニューアイコン)

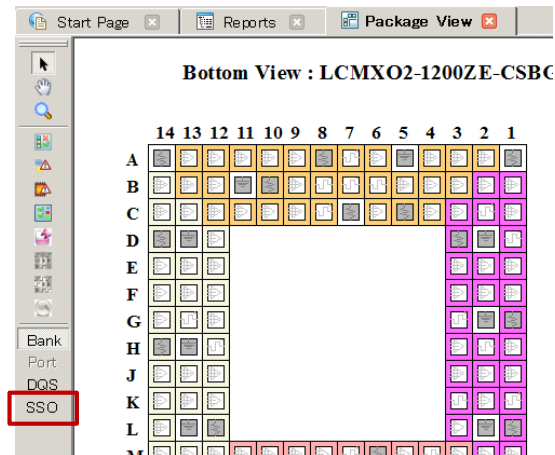


3) 配置配線を実行 (任意)

4) SSO アナライザの実行と結果表示

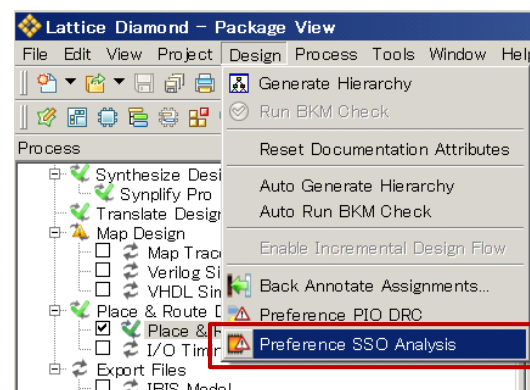
Diamond のメニューアイコンか、メニューバーから Tools => Package View と選択します。表示された GUI のウィンドウで、左下部にある "SSO" ボタンをシングルクリックします。

図 18-2. SSO アナライザの実行



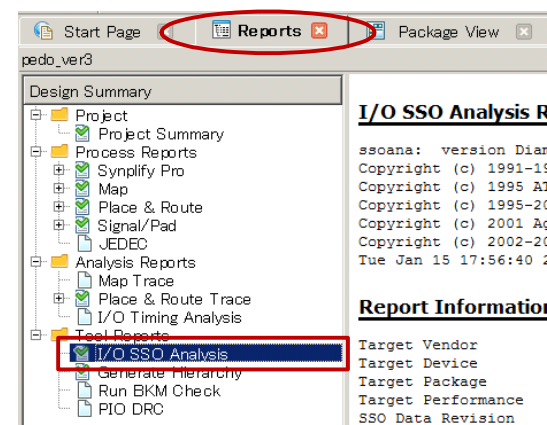
なお、パッケージ・ビューを起動すると、Diamond のメニューバーで、Design => Preference SSO Analysis からも選択できるようになります。

図 18-3. SSO アナライザの実行



また、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ので、これをクリックすると Output ウィンドウに結果が表示されます。

図 18-4. SSO Analysis HTML レポートの閲覧



HTML レポートは配置配線後、Diamond の作業フォルダ下に "sso_rpt.htm" として出力されます。

18.2.2 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指定すること以外はピンベース解析と同じです。

18.3 レポートについて

18.3.1 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。ここでは、それぞれについて説明します。

18.3.1.1 SSO Information of each Bank (Bounce)

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

図 18-5. バンク毎の SSO 解析結果 (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 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	1	405.92	10.00	415.92	800.00	75.00%	69.32%	PASS
2		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS
3		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS

- Bank : バンク番号
- SID : ユーザ設定の Switching ID
- Device SSO (mV) : SSO ノイズの計算結果
- Board SSO (mV) : ユーザ設定の Board SSO 値
- Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザ設定 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

18.3.1.2 Device SSO Information of each Switching ID (Bounce)

Switching ID 毎のグラウンドバウンスの計算結果です。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 18-6. Switching ID 毎の SSO 解析結果 (グラウンドバウンス)

Device SSO Information of each SwitchingID(Bounce)

The table lists Device SSO information of each switching ID. Pins in the same standard have same attributes, such as IO type, drive, load, e 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	0	493.05	5	LVC MOS25	12	FAST	20.000	151.78
			16	LVC MOS25	12	FAST	10.000	341.27
2	1	520.79	24	LVC MOS25	12	FAST	10.000	520.79
	2	619.90	32	LVC MOS25	12	FAST	10.000	619.90
	3	92.53	3	LVC MOS25	12	FAST	10.000	92.53
3	3	619.90	43	LVC MOS25	12	FAST	10.000	619.90
	7	619.90	36	LVC MOS25	12	FAST	10.000	619.90
3	3	72.08	2	LVC MOS25	12	FAST	10.000	72.08
	6	619.90	48	LVC MOS25	12	FAST	10.000	619.90

18.3.1.3 SSO Information of each Bank (Drop)

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

図 18-7. バンク毎の SSO 解析結果 (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 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	1	-588.88	0.00	-588.88	-1300.00	75.00%	60.40%	PASS
2		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS
3		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00%	0.00%	PASS

Bank : バンク番号

SID : ユーザ設定の Switching ID

Device SSO (mV) : SSO ノイズの計算結果

Board SSO (mV) : ユーザ設定の Board SSO 値

Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザ設定 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

18.3.1.4 Device SSO Information of each Switching ID (Drop)

Switching ID 毎の VCC ドロップの計算結果がです。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 18-8. Switching ID 毎の SSO 解析結果 (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, 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	0	-817.05	5	LVC MOS25	12	FAST	20.000	-302.51
			16	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-514.55
2	1	-849.42	24	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-849.42
	2	-994.56	32	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-994.56
	3	-186.66	3	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-186.66
3	3	-994.56	43	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-994.56
	7	-994.56	36	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-994.56
3	3	-137.20	2	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-137.20
	6	-994.56	48	LVC MOS25	12	FAST	10.000	-994.56

Switching ID : ユーザが設定した 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

18.3.1.5 Worst Bounce SSO of each Bank

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

18.3.1.6 Worst Drop SSO of each Bank

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

18.3.1.7 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計算結果と判定です。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 ノイズの計算結果

Board SSO (mV) : ユーザ設定の Board SSO 値

Total SSO (mV) : Device SSO 値とユーザ設定 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 18-9. ピン毎の SSO 解析結果 (グラウンドバウンス)

Bounce SSO Information of Pins of each Bank

Following tables list bounce SSO information of pins bank by bank. Please click pin names to view where the noise originates.

Bank 1

Port Name	Site	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
fit_dout[13]	PR10D	221.61	10.00	221.61	800.00	75.00%	36.93%	PASS
fit_dout[12]	PR10C	272.94	10.00	272.94	800.00	75.00%	45.49%	PASS
fit_dout[10]	PR10B	301.10	10.00	301.10	800.00	75.00%	50.18%	PASS
fit_dout[11]	PR10A	310.30	10.00	310.30	800.00	75.00%	51.72%	PASS
fit_dout[8]	PR9D	307.32	10.00	307.32	800.00	75.00%	51.22%	PASS
fit_dout[15]	PR9C	296.51	10.00	296.51	800.00	75.00%	49.42%	PASS
fit_dout[14]	PR9A	312.86	10.00	312.86	800.00	75.00%	52.14%	PASS
rdy	PR8D	319.30	10.00	319.30	800.00	75.00%	53.22%	PASS
fit_dout[9]	PR8C	285.18	10.00	285.18	800.00	75.00%	47.53%	PASS
fit_dout[7]	PR8B	340.46	10.00	340.46	800.00	75.00%	56.74%	PASS
fit_dout[16]	PR8A	345.61	10.00	345.61	800.00	75.00%	57.60%	PASS
fit_dout[18]	PR5D	321.60	10.00	321.60	800.00	75.00%	53.60%	PASS
fit_dout[1]	PR5C	334.17	10.00	334.17	800.00	75.00%	55.69%	PASS
fit_dout[23]	PR5B	349.30	10.00	349.30	800.00	75.00%	58.72%	PASS

18.3.1.8 Drop SSO Information of Pins of each Bank

すべてのピンに関する VCC ドロップの計算結果と判定です。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 18-10. ピン毎の SSO 解析結果 (VCC ドロップ)

Drop SSO Information of Pins of each Bank

Following tables list drop SSO information of pins bank by bank. Please click pin names to view where the noise originates.

Bank 1

Port Name	Site	Device SSO(mV)	Board SSO(mV)	Total SSO(mV)	Criteria(mV)	Allowance	Percentage	Status
fit_dout[13]	PR10D	-321.78	0.00	-321.78	-1300.00	75.00%	-33.00%	PASS
fit_dout[12]	PR10C	-357.96	0.00	-357.96	-1300.00	75.00%	-36.71%	PASS
fit_dout[10]	PR10B	-406.73	0.00	-406.73	-1300.00	75.00%	-41.72%	PASS
fit_dout[11]	PR10A	-440.55	0.00	-440.55	-1300.00	75.00%	-45.19%	PASS
fit_dout[8]	PR9D	-446.20	0.00	-446.20	-1300.00	75.00%	-45.76%	PASS
fit_dout[15]	PR9C	-452.78	0.00	-452.78	-1300.00	75.00%	-46.44%	PASS
fit_dout[14]	PR9A	-500.13	0.00	-500.13	-1300.00	75.00%	-51.30%	PASS
rdy	PR8D	-505.44	0.00	-505.44	-1300.00	75.00%	-51.84%	PASS
fit_dout[9]	PR8C	-491.10	0.00	-491.10	-1300.00	75.00%	-50.37%	PASS
fit_dout[7]	PR8B	-534.48	0.00	-534.48	-1300.00	75.00%	-54.82%	PASS
fit_dout[16]	PR8A	-531.44	0.00	-531.44	-1300.00	75.00%	-54.51%	PASS
fit_dout[18]	PR5D	-535.55	0.00	-535.55	-1300.00	75.00%	-54.93%	PASS
fit_dout[1]	PR5C	-555.02	0.00	-555.02	-1300.00	75.00%	-56.93%	PASS
fit_dout[23]	PR5B	-568.78	0.00	-568.78	-1300.00	75.00%	-58.34%	PASS

Port Name : 信号名

Site : デバイスのパッド番号

Device SSO (mV) : SSO ノイズの計算結果

Board SSO (mV) : ユーザ設定の Board SSO 値

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

Lattice Diamond 日本語ユーザガイド

- Criteria (mV) : IO タイプに準じた判定基準
Allowance : ユーザ設定の 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

18.3.1.9 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、グランドバウンスと VCC ドロップを個別にレポートします。

図 18-11. 出力ピンごとの Aggressor 影響値

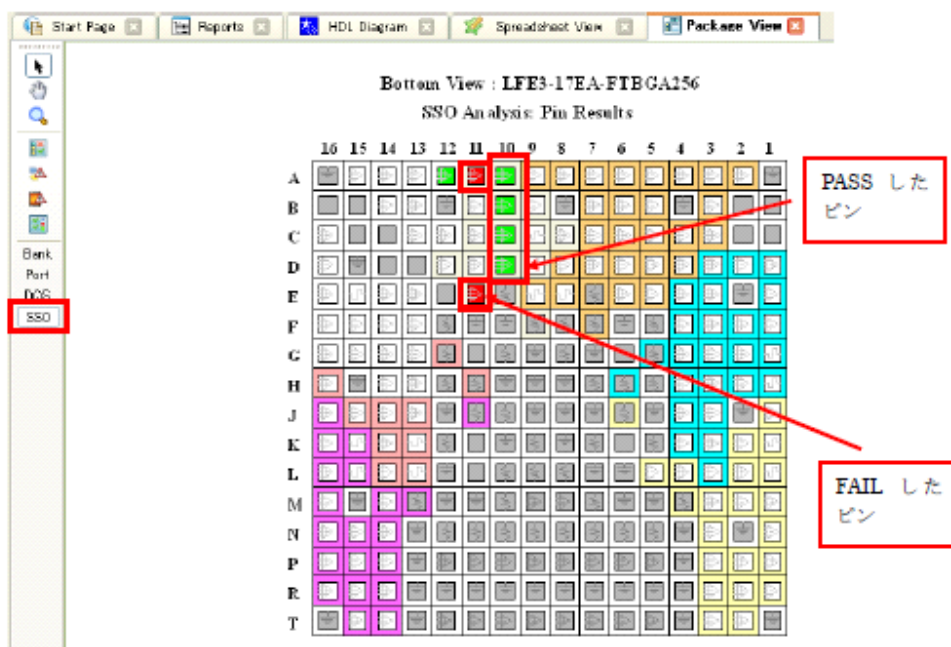
Port Name	Site	SID	Total Device SSO(mV)	SID 1(mV)
fit_dout[13]	PR10D	1	221.61	221.61
fit_dout[12]	PR10C	1		77.26
fit_dout[10]	PR10B	1		41.06
fit_dout[11]	PR10A	1		55.28
fit_dout[8]	PR9D	1		24.22
fit_dout[15]	PR9C	1		6.07
NA	PR9B			
fit_dout[14]	PR9A	1		11.71
rdy	PR8D	1		1.04
fit_dout[9]	PR8C	1		-0.10
fit_dout[7]	PR8B	1		-0.10
fit_dout[16]	PR8A	1		1.04
fit_dout[18]	PR5D	1		1.04
fit_dout[1]	PR5C	1		-0.10
fit_dout[23]	PR5B	1		1.04

- Port Name : 信号名
Site : デバイスのパッド番号
SID : ユーザ設定の 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)

18.3.2 パッケージ・ビュー上での解析結果表示

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。

図 18-12. パッケージ・ビューでの SSO 解析結果表示例



18.4 補足

18.4.1 SSO 改善策

SSO アナライザでの解析結果が FAIL となった場合の対策としては、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、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。**18.3.1.9 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ことが、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 トレースの長さや信号の周波数に依存）
2. ドライブ電流を許容できる限り小さくする（PCB トレースの長さや信号の周波数に依存）
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 Ω の直列ダンピング抵抗を挿入する
6. Aggressor ピンを遠ざけて、グラウンドや電源ピン（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

18.4.2 制約ファイルに直接 SSO 関連の制約を与える方法

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= スイッチング ID 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= スイッチング ID 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= スイッチング ID 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= スイッチング ID SSO_Noise= ボード上の最大ノイズ量;
```

Example

全ポートに対して、スイッチング ID=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、スイッチング ID=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、スイッチング ID=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;
```

※ ポート名にワイルドカードを使用することができます。

18.5 変更履歴

Ver.	Date	page	内容
3.3	Mar. 2015	--	18 章に変更 (3.1 から内容の変更はなし)

--- *** ---