

高速基板の伝送線路ノイズ自動検証システム

蘭田英明

株式会社日立製作所 大みか工場

茨城県日立市大みか町5丁目2番1号
0294-53-1111

あらまし

近年、高速基板の伝送線路上では、インピーダンスの不整合による反射や隣接線からのクロストークが問題になっている。このような状況の元、ノイズシミュレータでの解析、判定、エラーレポートを自動で行うシステムを開発し、開発期間を従来の1/4に短縮した。判定ポイント、解析結果の判定基準を予め設定する、判定ポイント10ポイントに特定した、波形の判定を電圧値と規定電圧値を越える時間にて行う、判定後のエラー箇所を詳細にレポートする、としたのが特徴である。

キーワード ノイズ、自動判定、高速基板、伝送線路、インピーダンス、シミュレータ

The transmission line noise automatic decision system of the
high speed circuit board

Hideaki Sonoda

Hitachi,Ltd. Omika Works

2-1,Omika-cho 5-chome,Hitachi-shi ibaraki-ken,319-12 Japan
0294-53-1111

Abstract

Recently, reflection due to the inconsistent impedance and crosstalk from the adjoining line are problems on the transmission line of the high speed circuit board. It was analyzed with the root of such conditions noise simulator and an automatic done system was developed and a development period was shortened in usual 1/4. The characteristic of the decision is to establish the decision standard of the analytic result in advance, addition point was selected in 10 point, do the decision of the waveform at the time when voltage value are exceed, report an error point after the decision in detail.

key words noise,automatic decision,high speed circuit board,transmission

1. まえがき

近年、エレクトロニクス製品は、プリント板に搭載する素子の高速化と論理回路で使用されるクロック周波数の高速化（数10MHz～100MHz）も一段と進み、伝送線路に発生する電氣的ノイズ等の対策工数が、製品開発の開発工程を大きく左右するようになってきた。

従来、ノイズ等の発生は、装置全体での実機動作試験の最終段階で発見され、その不具合対策等で製品の出荷を遅らせていた。

したがって、伝送線路に発生する電氣的ノイズをプリント板の設計上流段階にて解析・評価しプリント板の製作フェーズに入る前にきちんと対策してその内容を確認できる設計環境が必要になってきた。

そこで、H3年より、製品開発に先駆けてノイズ解析に関するDA環境を整備し実設計への適用拡大を鋭意推進してきた。

この中で、プリント板の電氣的なノイズに関しては図1に示すように、使用周波数が約30MHzを越えると、立ち上がり、立ち下がり時間の早い素子を使用するため配線の引き回し（配線長）によっては分布定数回路としての取扱いで回路設計をする必要があり、実装設計前に伝送線路シミュレータを利用して配線ルールを制定し、その配線ルールに則って部品配置、配線パターン設計を行わなければノイズ等の影響で製品としての正しい動作が保証できなくなってきた。

また、実装設計終了後も配線の引き回しに起因した不具合で誤動作を起こさないことを伝送線路シミュレータを利用して確認しておく必要がある。

しかし、最近の論理規模の増大に伴い解析信号数も増加し解析結果の・評価・対策等に長期間要するようになり不具合箇所の見逃し等も発生して問題になっている。

また、設計判断により伝送線路シミュレーションの対象としなかった箇所がノイズの影響で不具合を起して問題になったケースが出てきた。

これは、伝送線路シミュレーションの解析量を抑えるため解析を限定したことが原因であり、解析、判定に時間がかかるという問題がある。

上記の問題に対処するため、論理回路のすべての信

号を対象として伝送線路シミュレーションを行い、その結果を指定された判定基準にて可否を自動で判定しエラーとなる箇所をパソコン上に表示しその内容を確認できる使い勝手の良いシステムの整備を行ったので報告する。

2. ノイズ解析の課題

2.1 モデルパラメータの準備

伝送線路のノイズ解析を行うためには、部品の入出力素子のV-I特性が必要となる。最近、半導体ベンダとCADベンダとが連携し、部品の入出力素子のV-I特性記述を標準化（IBIS: I/O Buffer Information Specification）して、このV-I特性を積極的に整備して行こうとする動きが出ている。

また、ICメーカーによっては、素子の内部をトランジスタレベルで等価変換し、これを部品のモデルパラメータ（回路シミュレータSPICEのモデルパラメータ）として提供するメーカーも出てきた。

しかし、上記IBIS、及びSPICEのモデルパラメータ等を入手していない場合でも部品をモデリングする仕掛けを確立しておく必要がある。

2.2 解析精度の測定・分析とシミュレータ、及びモデルパラメータの改善

現在某社シミュレータの解析精度は、±10%以内を目標にしている。

解析精度は、シミュレータそのものの解析精度の他に、部品、及びプリント板のモデルパラメータの作り方によっても大きく影響されるため、定期的にシミュレーション結果と、実機で観測している実測データとを比較・評価し、解析精度を分析しておく必要がある。

もし、解析精度の誤差が±10%を超えるような結果が出てきた場合には、迅速にその原因を究明し、内容によっては、部品、及びプリント板のモデルパラメータを改善したり、伝送線路シミュレータそのものの改善をメーカーに要求する等、適切

な対応を行う必要がある。

2.3 全信号のノイズ解析と解析結果自動判定システムの整備

現在、伝送線路のノイズ解析は、伝送線路シミュレーション結果の信号波形をプロット出力し、設計者が目視にて確認している。したがって、結果の判定作業に時間が掛かるため、設計判断で伝送線路シミュレーションを省略する信号もあり、結果的に不具合箇所を見逃して実機動作試験の最終段階で問題となるケースが増えている。

この問題に対処するためには、論理回路のすべての信号を対象にして伝送線路シミュレーションを徹底することと、シミュレーション結果を指定された判定基準を基にして自動的に判定できる自動判定システムの整備が必要である。

3 ノイズ解析結果自動判定システムの機能

(1) 解析結果の自動判定時の判定基準（波形観測試験仕様書の上側の判定基準欄）を、パソコンにて入力できる機能。

(2) 上記の判定基準欄を、対象プリント板で使用している部品のテクノロジー毎に簡単に変更、追加、又はテンプレート化できる機能。

(3) 対象プリント板に搭載される論理回路の信号名を表示し、その中から解析対象信号を選定して信号情報ファイルを作成できる機能。

(4) 上記で選択された解析対象信号、又はすべての信号に対して、伝送線路シミュレータにてノイズ解析を実施できる機能。

(5) 判定基準は部品の使用テクノロジーによって異なるため、あらかじめ、部品ライブラリ情報ファイルに素子のテクノロジーの種別を定義しておき、必要により部品ライブラリ一覧表出力プログラムにて、部品ライブラリ情報ファイルをメンテナンスできる機能。

4 伝送線路ノイズ解析結果の判定方法

4.1 判定基準の定義方法

伝送線路シミュレーション結果の波形でノイズ判定を行う箇所は、図2に示す基本波形のV1～V10の10箇所である。

各判定ポイントには、電圧、電圧+継続時間、電圧+面積の3種類の判定条件が設定できるため、下記に述べる内容にて定義する。

(1) V1の判定基準定義方法

入力電圧印加前のLowレベル状態において、クロストークノイズ等による波形の乱れを検出するものである。

この判定ポイントには、判定基準値として、素子がLowと認識する電圧（Vt1）を入力する。

(2) V2, V3の判定基準定義方法

図2（b）に示すように、波形の立ち上がり途中における反射ノイズを検出するものである。

この判定ポイントには、判定基準値として、波形の立ち上がり途中での反射ノイズの最上位点の電圧（通常は素子がHighを保証する電圧（Vth））と最下位点の電圧（通常は素子がLowを保証する電圧（Vt1））、及び反射ノイズのオーバ部分、アンダ部分の継続時間を入力する。

(3) V4, V5, V6の判定基準定義方法

図2（c）に示すように、波形のオーバシュートとそのはね返し、及びリングングを検出するものである。

この判定ポイントには、判定基準値として、オーバシュートの最上位点（素子の最大規定電圧）とそのはね返しの最下位点の電圧（通常は素子がHighを保証する電圧（Vth））、及びリングングの最下位点の電圧（通常は素子がLowを保証する電圧（Vt1））を入力する。

(4) V7, V8の判定基準定義方法

図2（d）に示すように、波形の立ち下がり状態における反射ノイズを検出するものである。

この判定ポイントには、判定基準値として、波形の立ち下がり途中での反射ノイズの最上位点の電圧（通常は素子がHighを保証する電圧（Vth））と最下位点の電圧（通常は素子がLowを保証する電圧（Vt1））、及び反射ノイズのオーバ部分、アンダ部分の継続時間を入力する。

(5) V9, V10の判定基準定義方法

図2（e）に示すように、波形のアンダシュートとそのはね返しを検出するものである。

この判定ポイントには、判定基準値として、アンダシュートの最下位点（素子の最小規定電圧）とそのはね返りの最上位点の電圧（通常は素子が Low を保証する電圧（ V_{t1} ））、及び反射ノイズのオーバ部分、アンダ部分の継続時間を入力する。

また、 V_9 については、電圧＋継続時間の他に、基準電圧とその電圧を超過した電圧波形の面積値でも判定できるので、その場合は、面積を電圧と時間の積分値で入力する。

4.2 伝送線路ノイズ解析結果の判定方法

図3は、伝送線路ノイズ解析結果の判定方法について示したものである。

まず最初に、伝送線路ノイズ解析結果の判定を行うに当たり、伝送線路シミュレーション結果の波形から解析基準ポイントP1～P6を下記の条件にて求める。

(1) P1（判定開始点）

入力電圧が印加される前の判定を開始するポイント。

(2) P2（判定終了点）

入力電圧が抑止された後、出力電圧が Low レベルで安定し、判定を終了するポイント。

(3) P3（ T_{1h} ）

入力電圧が印加されてから、素子の伝搬ディレイ後に電圧が上昇（Low のスレッショールド電圧を超えて、電圧がさらに上昇傾向にある場合）を始めるポイント。

(4) P4（ V_4 ）

伝送線路シミュレーション結果の波形の中で、電圧値が一番高いポイント。

(5) P5（ T_{1h} ）

出力電圧が High レベルで安定した後、入力電圧が抑止され、引き続き出力電圧も下降（High のスレッショールド電圧を超えて、電圧がさらに下降傾向にある場合）を始めるポイント。

(6) P6（ V_9 ）

伝送線路シミュレーション結果の波形の中で、電圧値が一番低いポイント。

次に、部品のテクノロジー（種別）毎に設定された判定基準テンプレートから判定条件を取り出し、判定条件が電圧値の時は、規定電圧にて伝送線路シミュレーション結果の判定を行い、判定基準が電圧値＋継続時間の時は、規定電圧とその規定電圧を超過している継続時間にて判定を行い、判定基準が面積の時は、規定電圧とその規定電圧を超過している時間の電圧波形の積分値にて判定を行う。

まず、電圧値での判定では、伝送線路シミュレーション結果の波形から、図3に示す $V_1 \sim V_{10}$ の判定ポイントの電圧をチェックし、下記の条件にてエラーを検出している。

(1) V_1 の判定方法

P3以前の Low レベル状態おいての最大電圧値を検出し、その検出した最大電圧値が、Low のスレッショールドレベル（ V_{t1} ）を超えた場合にエラーとして検出する。

(2) V_2 の判定方法

P3～P4間の立ち上がり状態において、電圧が一度下降し、また途中で上昇する電圧の階段状態が発生した場合の山の最大電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、この V_2 のノイズは、複数個検出する場合もある。

(3) V_3 の判定方法

P3～P4間の立ち上がり状態において、電圧が一度下降し、また途中で上昇する電圧の階段状態が発生した場合の谷の最小電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、この V_3 のノイズも、複数個検出する場合もある。

(4) V_4 の判定方法

P3～P5間（波形全体と考えて良い）においての最大電圧値を検出し、その最大電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして警告する。

(5) V_5 の判定方法

P4～P5間の電圧収束状態の中の最小電圧値（オーバシュートのはね返りの谷の部分）が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、電圧収束状態とは、谷の電圧値の上昇と、山の電圧値の降下が見られる時を意味する。いずれも上昇状態、又は下降状態の変化は対象から除外する。

(6) V6の判定方法

V5以降P5までの間で、電圧収束後のHighレベル安定状態で波形のふらつきが発生した場合、その最小電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。

(7) V7の判定方法

P5～P6間の立ち下がり状態において、電圧が一度上昇し、また途中で降下する電圧の階段状態が発生した場合の谷の最小電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、このV7のノイズは、複数個検出する場合もある。

(8) V8の判定方法

P5～P6間の立ち下がり状態において、電圧が一度上昇し、また途中で降下する電圧の階段状態が発生した場合の山の最大電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、このV8のノイズも、複数個検出する場合もある。

(9) V9の判定方法

P5～P2間においての最小電圧値を検出し、その最小電圧値が判定基準値を超えた場合にエラーとして警告する。

(10) V10の判定方法

V9～P2間の電圧収束状態の中の最大電圧値（アンダシュートのはね返りの山の部分）が判定基準値を超えた場合にエラーとして検出する。なお、電圧収束状態とは、谷の電圧値の上昇と、山の電圧値の降下が見られる時を意味する。いずれも上昇状態、又は下降状態は対象から除外する。

一方、電圧値+継続時間の判定では、伝送線路シミュレーション結果の波形から判定基準の電圧値を超過している時間の継続時間を計測し、その値が判定基準に設定された継続時間を超える場合にエラーとして検出している。

また、面積の判定では、例えばV9の判定においては、瞬間的な電圧値よりも電圧が0V、又はそれ以下の電圧で継続して与えるストレスが問題となるため、判定基準の電圧値以下の電圧波形のすべての部分を対象とし、判定基準の電圧値を超過した時間の台形の部分の面積の合計を求め、その値が判定基準に設定された面積値と比較して、判定基準を超えている場合にエ

ラーとして検出している。

なお、伝送線路シミュレーションの自動判定結果は、表1に示した判定結果まとめ表、及び詳細エラーレポートのように、解析対象信号名毎にV1～V10の判定ポイント欄に対してその判定結果（OK、NG）を編集して出力している。

5 自動判定結果の適用事例

当伝送線路ノイズ解析結果自動判定システムは、これまでに産業用コントローラ、ハイエンドグラフィックス等の製品開発で適用され多大の効果を上げている。

本節では、その適用結果の一例より、自動判定結果の有効性について評価する。

図4に示すように、シミュレーション結果の波形は、一見、特に問題がないように見えるが、表1の判定結果まとめ表を見ると、信号名称CLKSTARTLのV7、V8ポイントがNGと判定されている。

これは、詳細エラーレポートによると信号名称CLKSTARTLに接続されるレシーバのピン番号（表のデバイス欄）AE1-13のV7、V8ポイントが、判定基準に違反していることを示している。

V7、V8のノイズは、詳細エラーレポートの判定基準に示すように、スレッシュホールドの範囲外（2.0V以上、又は、0.8V以下）になければならない。

しかし、信号名称CLKSTARTLのレシーバのピン番号AE1-13で発生したV7、V8の反射ノイズは、誤動作しやすい電圧帯（スレッシュホールドの範囲内）で暴階段波形となったためにエラー指摘されたものである。

なお、エラー指摘の詳細内容は、V7のポイントは、経過時間が58.10nsで電圧値が1.23Vであり、V8のポイントは、経過時間が59.20nsで電圧値が1.26Vで、いずれもスレッシュホールドの範囲内にある。

そこで、図4の信号名称CLKSTARTLで、レシーバのピン番号AE1-13の経過時間58.10ns、及び59.20nsを拡大して見ると、確かに若干の反射ノイズが発生しており、その反射ノイズがスレッシュホールドの範囲内にあるのでエラー指摘となっている。

このように、目視による判定では微妙なノイズを見落とす危険性があるが、自動判定システムを利用することにより、判定精度の向上が期待できる。

量的効果としては、部品の搭載個数、プリント板のサイズ等伝送線路ノイズ解析に関する諸データは下記のとおりである。

- ・搭載部品数 ----- 678個
(内696ピンBGAタイプLSIが5個搭載)
 - ・基板サイズ ----- 400×180
 - ・自動判定対象信号数 ----- 約3000信号
 - ・判定基準の素子の種類数 ----- 10種類
- 上記規模のプリント板1種当りの効果をまとめると、75%の工数低減を図った。

一方、質的效果としては下記の3点が考えられる。

- (1) 電気的ノイズ不良の撲滅による開発期間の短縮
- (2) 伝送線路シミュレーション結果の自動判定による判定精度の向上
- (3) 波形観測装置のプロープ校正の難しい高速回路や、直接観測不可能なBGAパッケージ等の解析/判定が出来る

6 成果とまとめ

伝送線路ノイズ解析支援業務の改善施策の一環として、伝送線路のシミュレーション結果を指定された判定基準を基に自動的に合否を判定するシステムの整備を行った。

以下、本研究による成果をまとめて結言とする。

- ・全信号の伝送線路ノイズ解析による不良見逃し防止
- 従来、設計判断で部分的に伝送線路シミュレーションを省略し、その省略した部分で不具合が発生して問題になった製品があったが、本システムの整備により、部品のモデルパラメータが存在するネットに対しては、全信号のノイズ解析ができるようになり、不良の見逃しを「0」にすることができた。

- ・伝送線路シミュレーション結果の自動判定による解析工数の低減と判定精度の向上

従来、伝送線路のシミュレーション結果は、解析結果の信号波形をプロット出力して目視にて合否を判定していたが、本システムの整備により、ノイズ解析、及び判定に要する工数が大幅に削減すると共に、目視

による判断誤りもなくなったので判定精度の向上が図れた。

- ・ノイズ判定基準の標準化とテンプレート化による判定基準定義工数の低減

従来、各部門毎に異なっていた判定基準を標準化して共通な判定基準テンプレートを設定し、部門間で共用することができるようになった。

さらに、製品によって特有の判定条件が必要な場合は、素子の種別を変えて任意に定義できるので、判定基準定義工数の大幅な低減を図ることができた。

7 参考文献

社内文献7件

- 1) 瀧、他5名：ASCIにおけるダイナミック検証方式の検討：(半事) 研報第329号，1991-10
- 2) 石井、他2名：プリント回路板伝送線路シミュレーションシステムの整備：(HIPRO) 研報第9号，1993-10
- 3) 鷲尾、他6名：設計ルールチェックシステムの運用環境整備：(HIPRO) 研報第24号，1996-1
- 4) 照沼、他7名：伝送線路シミュレーション支援環境の整備：(HIPRO) 研報第25号，1996-4
- 5) プリント板CAD/CAM/CATの技術動向と対応(第3報)：実装技術部会第2分科会(自動化技術) 委報：(本) 生技第2321号，1992-3
- 6) 市販プリント板CAE/CADの機能調査：エレクトロニクス部会 第3.2小委員(CAE/CAD技術) 生技資料：(本) 生技第301号，1993-3
- 7) プリント板CAD/CAM/CATの技術動向と対応(第4報)：エレクトロニクス部会 第3.2小委員会(CAE/CAD技術) 委員会報告書：(本) 生技第2342号，1993-4

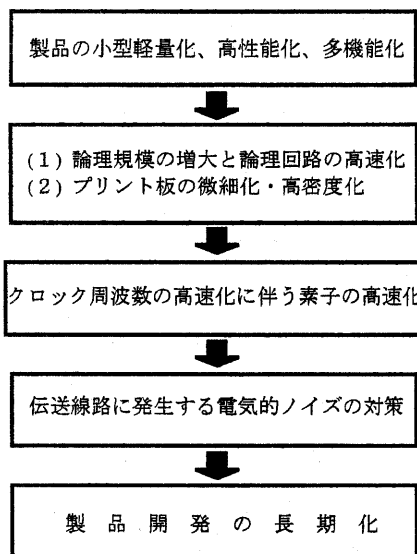
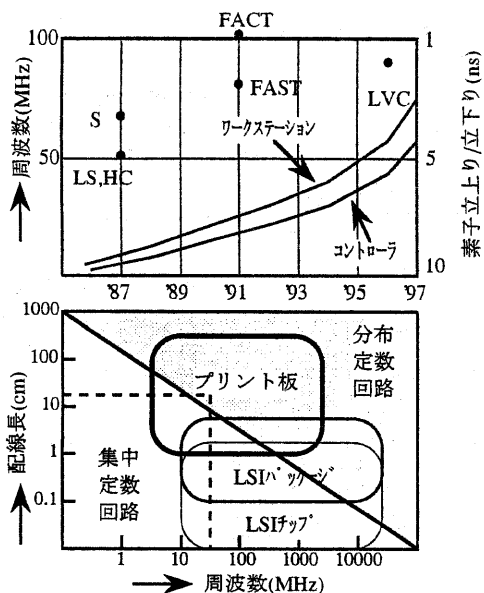
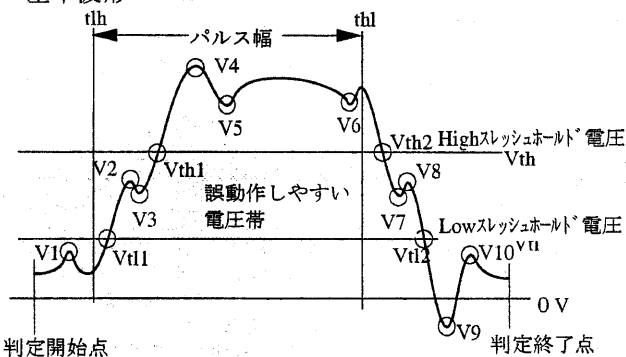


図1 プリント板の技術動向とDA上の課題

・基本波形



No.	判定箇所	電圧	時間	面積	説明図
1	V1	必須	不要	不要	図(a)
2	V2	必須	任意	〃	図(b)
3	V3	〃	〃	〃	〃
4	V4	必須	不要	任意	図(c)
5	V5	〃	〃	不要	〃
6	V6	〃	〃	〃	〃
7	V7	必須	任意	〃	図(d)
8	V8	〃	〃	〃	〃
9	V9	必須	任意	任意	図(e)
10	V10	必須	任意	不要	〃

・判定基準の定義について

判定基準は、基本的には電圧値と継続時間を定義する。ただし、電圧値のみの判定とする時は電圧値のみで良い。各々の設定基準は以下の通りである。

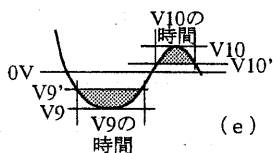
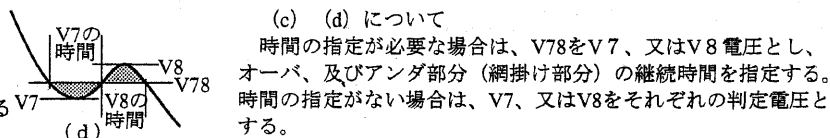
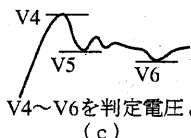
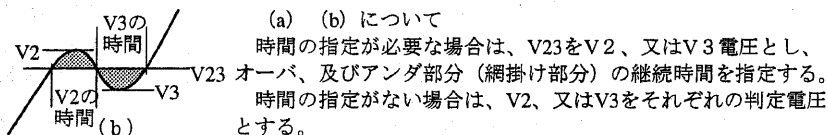
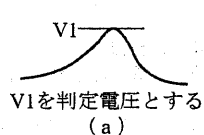
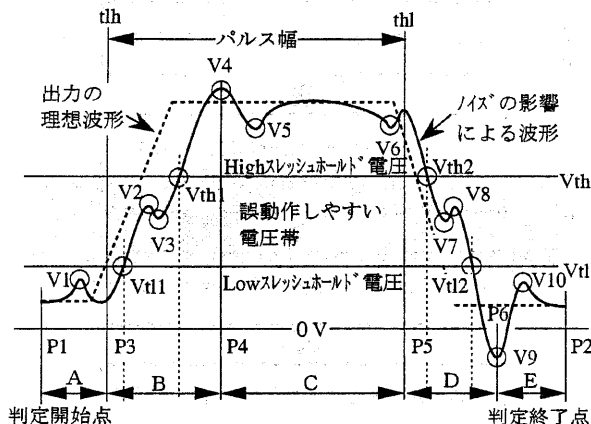


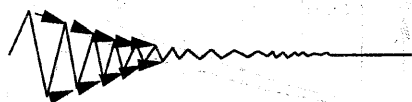
図2 判定基準の定義方法

・基本波形



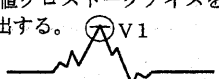
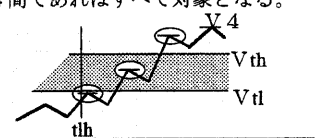
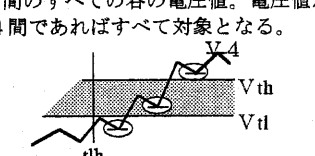
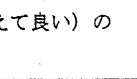
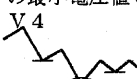
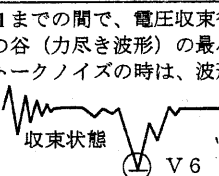
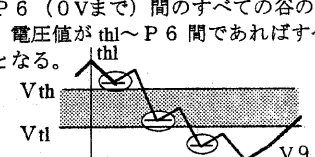
・電圧収束状態の判定について

基本的には、山が $\blacktriangledown$ 谷が $\blacktriangledown$ の様に収束方向に変化している状態を収束状態と言う。この状態が保たれている区間を '電圧収束状態' とする。



左図の様に、山、谷いずれも $\blacktriangledown$ や $\blacktriangledown$ の部分は、対象外とする。
 $\blacktriangledown$ や $\blacktriangledown$ の変化点から求まる山と谷を対象とする。その後は上記に同じである。



判定範囲	判定箇所	判定方法
A	V1	thl 以前の最大電圧値クロストークノイズを反射波解析時に検出する。 
B	V2	thl ~ P4 間のすべての山の電圧値。電圧値が thl ~ P4 間であればすべて対象となる。 
B	V3	thl ~ P4 間のすべての谷の電圧値。電圧値が thl ~ P4 間であればすべて対象となる。 
B~C	V4	thl ~ thl 間 (波形全体と考えて良い) の最大電圧値。 
C	V5	V4 以降、電圧収束状態中の最小電圧値 0 (オハ・シュート直後の谷の部分) 
C	V6	V4 ~ V5 以降 thl までの間で、電圧収束後の波形のふらつきの谷 (力尽き波形) の最小電圧値。(クロストークノイズの時は、波形全体の最小電圧値) 
D	V7	thl ~ P6 (0V まで) 間のすべての谷の電圧値。電圧値が thl ~ P6 間であればすべて対象となる。 

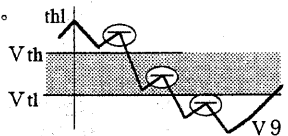
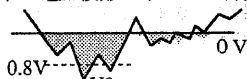
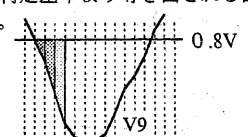
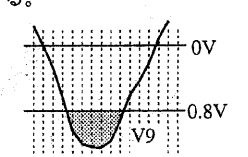
判定範囲	判定箇所	判定方法
D	V8	thl ~ P6 (0V まで) 間のすべての山の電圧値。電圧値が thl ~ P6 間であればすべて対象となる。 
D~E	V9	thl ~ P2 間の最小電圧値、又は thl 以降に於いて、電圧 0V 以下 (一電圧) の波形の部分について、電圧と時間の積分值。(下図の網掛け部分の面積) V9 の判定は、瞬間的な電圧値より、一電圧の継続時間が問題となるため、0V、又はそれ以下の電圧波形のすべての部分が対象となる。  左図の様に、台形の部分の面積の合計を求め、下記に示す判定基準より導き出される面積値と比較する。  判定基準 $-0.8 < S_{20}$ の場合の面積の求め方は、右記の通りとする。 

図3 伝送線路ノイズ解析結果の判定方法

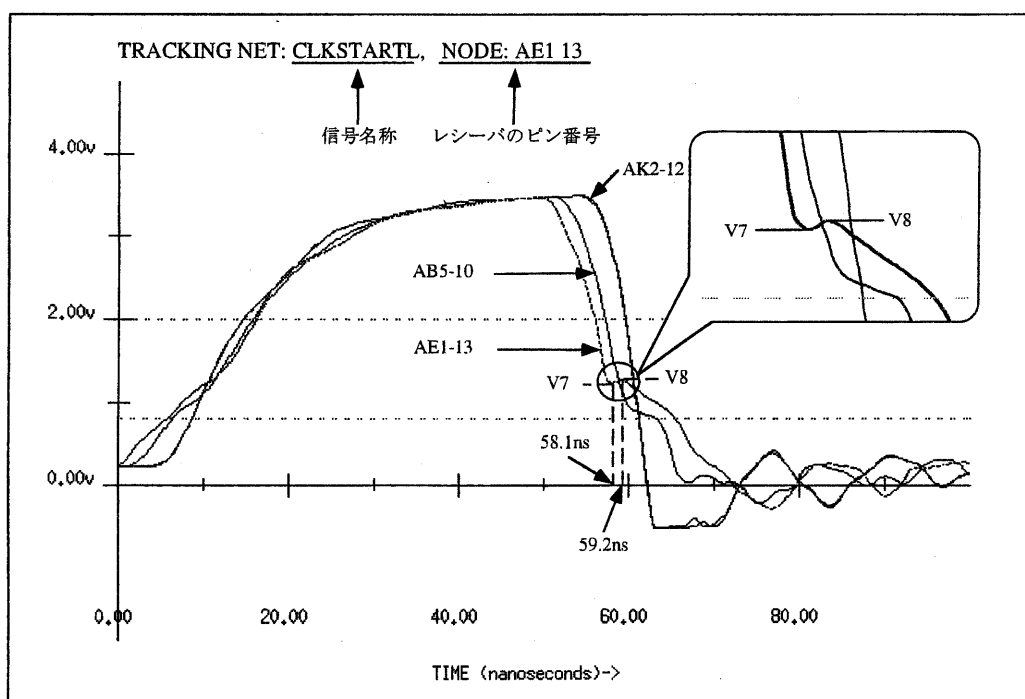


図 4 伝送線路シミュレーション結果の波形の事例

表 1 判定結果まとめ表の事例

(a) 判定結果まとめ表

信号名	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
CLKSTART	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CLKSTART1L	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CLKSTART2L	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CLKSTARTL	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK
DBCVSYNCL	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DHSYNCL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DISPSEL0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DISPSEL1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DOTCLK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL00	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL01	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL02	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL04	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DOVL05	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

(b) 詳細エラーレポート

信号名	デバイス	エラー箇所	判定基準	電圧値	経過時間	tpw	面積
CLKSTARTL	AE1-5	V7	2.0< 0.8>	1.23	58.10		
CLKSTARTL	AE1-5	V8	2.0< 0.8>	1.26	59.20		
CLKSTARTL	AE1-13	V7	2.0< 0.8>	1.23	58.10		
CLKSTARTL	AE1-13	V8	2.0< 0.8>	1.26	59.20		
FALCONFAIL	AA1-13	V5	2.0<	1.88	16.80		
FALCONFAIL	AB1-3	V5	2.0<	1.93	16.90		