

第2章 PLD/FPGA 回路の不良原因と対策の実際

デジタル回路のトラブル対策

中 幸政/大中 邦彦/阪野 孝雄
Yukimasa Naka/Kunihiko Ohnaka/Takao Sakano



トラブル原因の追及と対策の手順

最近のデジタル回路設計では、PLD(プログラマブル・ロジック・デバイス)を使うことが多くなりました。このような状況では、HDLのソース・コードの品質が重要なことはいまでもありません。

たいていの場合はPLDをプリント基板に実装し、装置に組み込んで安定に動作することが求められます。ここでは、基板に実装してからのトラブルも含めて、トラブルを未然に防ぐための留意点や、解決のヒントを紹介します。

図2-1のような検査仕様書を作るべきだと私は考えています。さもなくば、カバレッジやテストビリティを設計段階で考慮できませんし、製品設計と平行してテスト・ベンチの設計を進めることもできません。

また、検査仕様書は、製品やテスト・ベンチを作るときに必要なだけでなく、検査成績表(図2-2)を作成するときにも引用されます。

検査仕様書は、製品が設計仕様書の要求事項を漏れなく満足していることを証明するための具体的手段を明らかにしたものです。したがって、設計品質を管理する意味でも設計仕様書と同等に照査と承認を受けるのが一般的です。

設計から製造までの流れと各段階でのチェック

■ ステップ 1: 設計段階で合格基準を決める

● 検査仕様書を設計仕様書と同時に作っておこう

皆さんは設計を始める前に設計仕様書を作成すると思います。できればそれと同時に、遅くとも設計中に

● 検査仕様書の内容

内容としては、設計仕様書の仕様項目に対応して機能の確認方法や特性値の測定方法とともに、合否判定基準も記載します。合否判定基準は設計仕様書と同等であれば省略できますが、たいていの場合は別に定め

〈図2-1〉 検査仕様書

検査仕様書		文書管理番号		
		作成日		
品名: _____		承認	照査	作成
図番: _____				
項番	設計仕様項目	検査方法	引用規格	合否判定基準

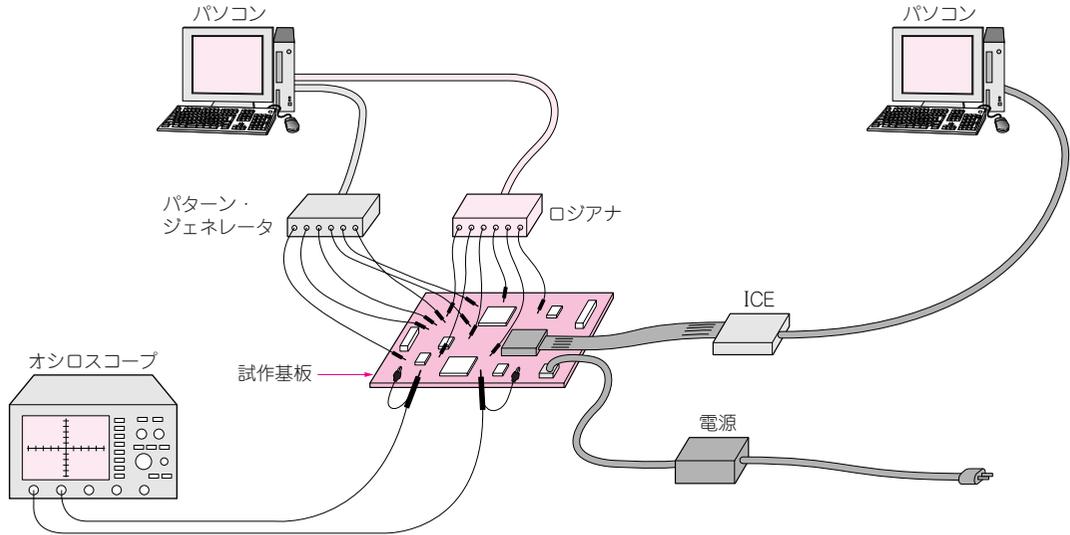
〈図2-2〉 検査成績表

検査成績表		文書管理番号		
		作成日		
品名: _____				
図番: _____				
判定: 合格/不合格				
項番	検査項目	検査結果	添付データ	合否

Keywords

カバレッジ, テスタビリティ, テスト・ベンチ, 検査仕様書, 検査成績表, コマンド・プロシージャ, 目視検査, 設計不良, 製造不良, バターン・ジェネレータ, テスト・ベクタ, クロック・スキュー, セットアップ・タイム, ホールド・タイム, イリーガル・ステート, レーシング, リンギング, チャッターング, 共通インピーダンス, グラウンド・バウンス, シンクロナイザ。

〈図2-3〉テスト・ベンチの構成例



ます。

その理由は、設計仕様書上に記載する基準値は、想定されるあらゆる使用環境において、すべての量産品が満足する必要があるのに対して、実際のテストは再現可能な特定の環境条件において限られた台数の試作品でしかテストされないからです。

このような限られた条件下でのテスト結果だけで、あらゆる使用環境において、すべての量産品が設計仕様を満足することを高い確率で推定することが求められます。そのためには、部品のばらつきや環境影響をできるだけ正確に考慮した、適切なマージンを確保する必要があります。このマージンが、設計仕様書と検査仕様の合否判定基準が異なる理由です。

■ ステップ2：シミュレーションによるチェック

ゲート規模の小さなPLDの場合を除くと、シミュレーションをせずにいきなり基板に実装してそのまま完全に動くことはまずありえません。基板に実装する前に完全にシミュレーションするのが基本です。

しかし、現実にはそれが困難な場合も少なくありません。例えば、カバレッジ(p.145のコラム参照)をとっていても設計段階でテストビリティを考慮しておかないと100%に近づけることは容易ではありません。

ですから、基板実装後の動作確認作業において論理設計上の問題と思われる現象に遭遇した場合には、ソース・コードやシミュレーション結果を見直すことも現実にはあります。しかし、このような後戻りを少しでも減らすために、シミュレーション段階でできるだけカバレッジを上げる努力をしておくことが望ましいといえます。

■ ステップ3：テスト・ベンチによるチェック

基板単体で回路の全機能をセルフ・テストできるケースは稀で、多くの場合は何らかの入力信号を与えて、出力信号を観測して設計仕様と照合する必要があります。PLDを基板上で動かす前にシミュレーションが必要なと同様に、基板を装置に組み込む前に基板単体で動作を確認すべきなのは当然です。そしてこの段階では実機環境をエミュレーションする図2-3のようなテスト・ベンチが必要となります。

このテスト・ベンチは確実に動作することが必要です。そうでなければ基板のデバッグをしているのかテスト・ベンチのデバッグをしているのかわからなくなります。現実には製品とテスト・ベンチを同時に設計して同時にデバッグするケースは少なくありません。しかし、テスト・ベンチの信頼性がテスト工程の期間だけでなく、設計品質そのものに影響を与えることはいうまでもありません。テスト・ベンチはできるだけモジュール化して流用したり、市販の測定器、例えばICE、ロジアナ、パターン・ジェネレータなどを応用して、できるだけ信頼性を上げる努力をすべきです。

準備しなければならないのはハードウェアではありません。パターン・ジェネレータから出力する波形や、ICEからCPUの内部レジスタを設定するコマンド・プロシージャなどをあらかじめ用意しておきます。

■ ステップ4：製造不良の目視検査

検査仕様書もテスト・ベンチも準備でき、待ちに待った試作基板が手元に届いたら、早速テスト・ベンチ