



タイミング、データ伝送、消費電流、
HDL 記述上のトラブルなど

デジタル回路の トラブル事例と対策

幾島 康夫/井原 周/小口 京吾/
Yasuo Ikushima/Amame Ihara/Keigo Oguchi/

佐藤 節夫/下間 憲行/中 幸政
Setsuo Satoh/Noriyuki Shimotsuma/Yukimasa Naka

タイミングに関するトラブル



1 バイナリ・カウンタが同期しない

バイナリ・カウンタは、外部から入力するパルスに同期したタイミングを刻むのによく使います。また、カウンタの出力を自らにロードすることで、何らかの原因により同期信号がなくなった場合でも、出力のタイミングを持続させ、同期信号が復旧したら再度同期を取れるため、雑音にも強く便利な回路ブロックです。

● 症状

失敗事例を単純化した回路が図1-1です。この回路は、0～5までをカウントする6進カウンタですが、何かの拍子に同期信号とカウンタ出力のタイミングがずれると、図1-2のように回路が停止するまでカウンタ出力がずれたままになりました。

● 原因

バイナリ・カウンタのLDにロードする信号を保持

するフリップフロップのリセット忘れです。

このような仕様を実現する場合、通常は図1-3のようにバイナリ・カウンタの出力そのものを利用して構成します。しかし、図1-1の回路では実際にロードする一つ手前のタイミングをデコードし、その出力をDフリップフロップで1ビット遅延させてロード・タイミングを作っていました。そのため、何らかの原因で同期信号と後段のフリップフロップがアサートするタイミングが1ビットずれると、永遠にタイミングがずれたままになっていました。

● 対策

回路ブロックとして動作を考えます。遅延計算をしたところ、通常に設計しても問題なかったため、私は図1-4の形で対策しました。もし、ロード信号の伝

図1-1 失敗した同期カウンタ

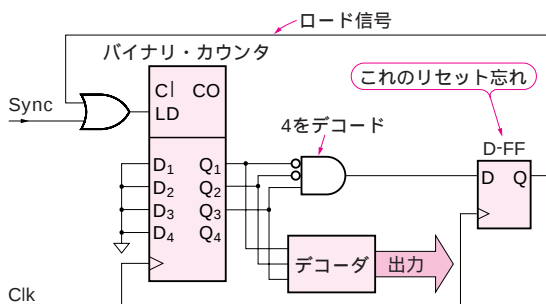
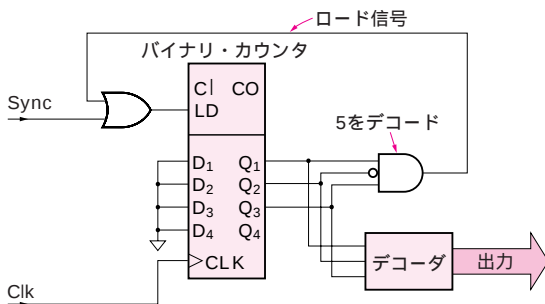


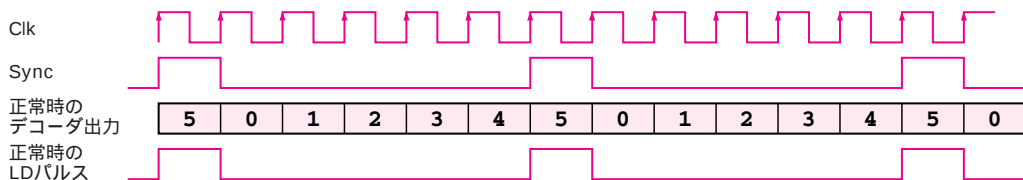
図1-3 通常の同期カウンタ



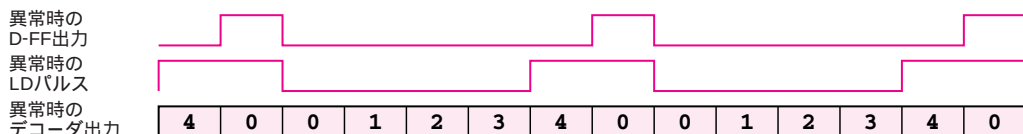
Keywords

ステート・マシン、イリーガル・ステート、同期設計、時間分析器、マルチチャネル・アナライザ、ワンショット・タイマ、伝送波形、DA112S1、ダイオード・アレイ、ダンピング抵抗、シュミット・トリガ、74HC132、74HC14、4584、std_logic_vector、レジスタ・フィードバック、算術演算パッケージ、std_logic_arith、bit_vector、コンパイル・エラー、character、string。

図1-2 正常時と異常時のタイミング

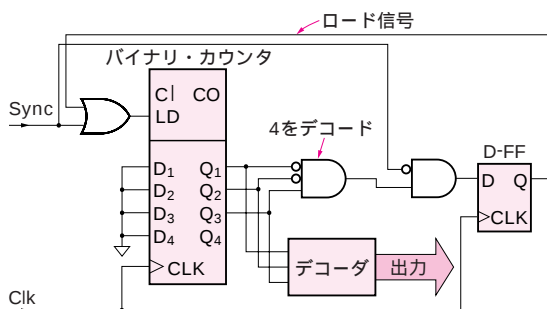


(a) 正常時のタイム・チャート



(b) 異常時のタイム・チャート

図1-4 ロード部分を改修したカウンタ



播遅延に起因するディレイの問題があったとしても図1-4のように後ろのDフリップフロップにもロードすれば、問題は発生しないことが予想されます。

図1-1の回路は当初は図1-3と同様の回路だったものをブレッド・ボード評価時にデコード・ミスを見つけたか、ロード信号が伝播するラインのディレイがセットアップやホールドなどのタイミングを満足しなくなる場合が発生したために、安易にDフリップフロップを挿入して対策したことが原因のケアレス・ミスと思われます。

この手の過去を引きずったような間違いは、回路の仕様を吟味し、ブロックとしての動作を把握したうえで回路を再利用すれば防止できると思います。

たとえそれが以前動作していた回路だとしても、違和感を覚えたときは、設計変更するだけの理論的根拠と勇気をもつ必要があると思います。

井原 周

2 遅延がかさんでクロック周波数を十分に上げられない

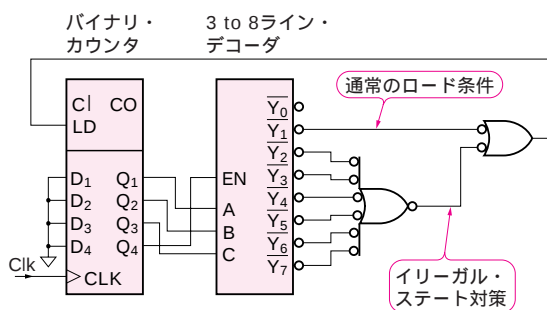


● 症状

カウンタのイリーガル・ステート対策のために入れた仕掛けが重くなりすぎ、クロック周波数を十分に上げられない事例を経験したことがあります。

論理合成の段階で論理圧縮されるPLDなどの場合は、問題にならないことが多いため、間違いとはいえないのですが紹介します。

図2-1 イリーガル・ステート対策のやりすぎ



融通の利かないEDA ツールを使用した場合を除き、こんな回路を組むことはまずないと思いますが、図2-1は誇張した10進カウンタの例です。なお、3 to 8ライン・デコーダは74137相当のTTLマクロです。

● 原因

やりすぎのイリーガル・ステート対策が原因です。

本来、イリーガル・ステート対策は何らかの原因により、必要なカウント値以外のステートに突入した場合に正常な状態にスムーズに復旧させるために用意す

図2-2 古典的なイリーガル・ステート対策の例

