

CDMA 電話機をつくろう！ 学生部門
Originality Design賞

回路規模最小をめざした設計

チームISE (内田好弘, 伊勢正尚, 濱中慎介)

Design Wave 設計コンテストの課題「CDMA 電話機をつくろう！」の学生部門優秀作である。ここで紹介するのは、2001年3月16日に琉球大学で開催された最終発表会でOriginality Design賞になった設計である。回路規模を小さくすることを最優先に考えて設計を行った。また、FPGAに実装して動作させた。(編集部)



はじめに

わたしたちは、大学の授業などでデジタル回路と接してきました。デジタル回路やHDLに関するカリキュラムは、学部(電子情報エネルギー工学科 情報システム工学科目)では「論理回路」, 「計算機システム」でした。大学院(情報システム工学専攻)では「アルゴリズム論」, 「計算機援用設計論」などを実験で扱います。カリキュラム上でHDLに触れるのは大学院だけで、実験では簡易電卓の設計を行い、計算機援用設計論ではマイクロプロセッサの設計を行います。

これらに加えて、わたしたちの所属する白川研究室では、学部4年生から研究を通してHDLに触れる機会があります。また大学以外でも、わたしたちはシンセシス^{編集部注}の契約社員として、デジタル回路設計を行う機会があります。これらを通してデジタル回路設計の技術を養っています。

今回のコンテストは、Design Wave Magazineの記事で知りました。これまでのコンテストには先輩が参加していた経緯もあり、研究の指導教官でもあり、シンセ

シスの上司にもあたる先生から勧められ、応募することになりました。



設計方針

●回路規模最小をめざす

まず、わたしたちは設計の方向性を議論しました。今回の課題はCDMA レシーバでしたが、各チームでくふうできるように課題自体は簡単化され、自由度の幅が広いものでした。

最初に考えたのは、

- 1) 課題を拡張して、実際の通信システムに近い高機能な設計を目指す
- 2) 課題を満たす、規模が小さいか動作が高速な設計を目指す

の大きく分けて2通りの方針でした。

課題では簡単化のため、例えば以下のような実際の無線通信システムとは異なる点がありました。

- 送信器と受信器に同一クロックが供給されている
- 通信路でのエラーが想定されていない

実際の(無線)通信システムでは、送信機と受信器に対して別々のクロックが供給されるため、周波数のずれやエッジのずれが発生します。また、通信路で発生するエラーに対する対応が必須となります。

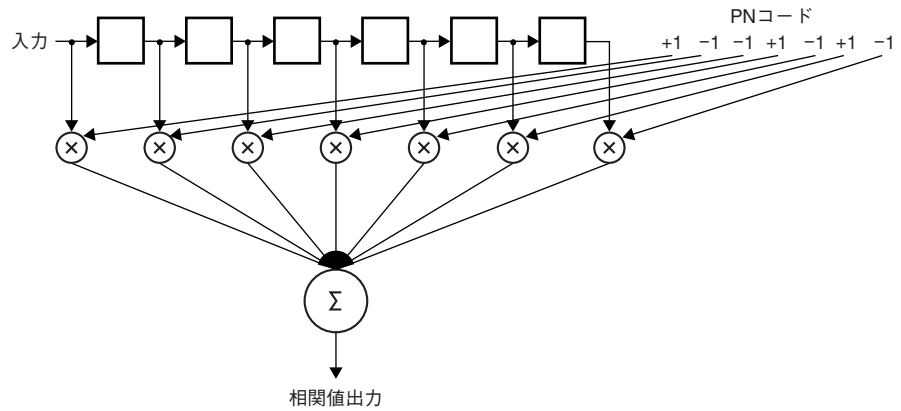
1) の考えかたは、独自に課題を拡張し、

- 受信機のクロックを送信機のクロックと分離する
- 通信路でエラーを考慮する

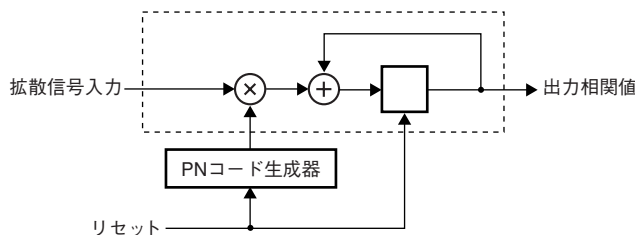
などの実際の通信システムに近づける方向です。

2) はそれとは逆で、課題を満たすという点に集中し、示されたシステムをそのまま使い、エラーのない拡散信号を復号する回路を設計する方向です。

編集部注：大阪大学や京都大学の教官が中心となって設立したベンチャーの設計会社。



〔図1〕 マッチド・フィルタの構造



〔図2〕 スライディング相関器の構造

〔表1〕 スライディング相関器とマッチド・フィルタの特徴

	スライディング相関器	マッチド・フィルタ
回路規模	小	大
同期捕捉	遅い	早い
相関値演算にかかるクロック	127	1

ここで、方向を定める材料になったのは、FPGA への実装でした。わたしたちは当初からFPGA への実装を前提にしていました。しかし1)の場合、検証するためには、レシーバのみでなくシステム全体を何らかの形で設計する必要があります。多くの時間が必要となります。一方、2)の方法であれば、課題の送信機はVHDL ソースが提供されていましたし、送信機と受信機が同一クロックならば、研究室にあるFPGA ボードに容易に実装できます。

これらの条件から、わたしたちのチームは、課題を満たす回路規模最小の設計を目標にすることにしました。

●アーキテクチャの検討

まず、一般的なCDMA レシーバの動作を考えてみます。

拡散信号を復号するには、同期を取ったうえで逆拡散を行わなければなりません。同期は同期検出、同期捕捉などからなります。同期検出は、同期が一致すると相関値が大きくなることを利用します。同期捕捉は、通信路の変化や送信機と受信機間のクロック差などで同期が外れないようにするための回路です。今回の課題では、それらは生じないので、単に127クロック間隔を示すカウンタで実現できます。逆拡散は文字通り拡散された信号に逆の処理を行い、拡散前のデータを取り出します。

具体的には、相関値を求め、その符号によって送信データが得られます。

これらの機能を実現するために、一般的にマッチド・フィルタまたはスライディング相関器が用いられます。どちらも相関値を演算する回路です。それぞれの回路の構造を図1と図2に、特徴を表1に示します。

マッチド・フィルタは一種のFIR フィルタです。今回の課題では、127タップ必要です。PNコードは固定ならば回路に作り込むことも可能ですし、可変ならば記憶素子を用いて内容を更新することも可能です。

スライディング相関器は一種の累算器です。加算器、記憶素子に加えて、PNコード生成回路が必要となります。

同期検出は、127周期で送られてくる拡散信号の同期位置を特定する処理です。具体的には、任意の連続127チップについてPNコードと相関値演算を行います。その相関値が最大となるタイミングが同期点です。復号は同期位置からの連続127チップを用いて相関値演算を行い、その符号によって送信データを復号します。

マッチド・フィルタはクロックごとに相関値を演算しますから、最大でも127クロック以内には同期を検出することが可能です。一方、スライディング相関器は相関値演算を開始してから127クロック後に相関値演算が完了します。同期検出は、相関値演算の同期をずらしなが