

ミキサ/フィルタ/周波数コンバータ…  
RF信号処理ロジックの作り方がわかる

## ダイレクト・サンプリング FM SDRの製作

第17回 フルディジタルPLLのFPGA実装④  
サブキャリア再生用PLLの基本設計

林 輝彦 Teruhiko Hayashi

本連載 第14回～今回(第17回)の全4回を通じて、FMステレオ信号を復調するロジック回路(FM復調器とステレオ復調回路)の最適解を探求しています。

図1に示すのは、本連載で紹介しているダイレクト・サンプリングFMレシーバ「FMDDC-3」に搭載したCyclone10 FPGAの信号処理回路です。

第14回(本誌2020年2月号)では、FM復調にも、ステレオ復調用のサブキャリア信号(38 kHz)生成にも使える汎用回路「PLL(Phase-Locked Loop)」の基礎と応用を解説しました。第15回(同3月号)では、PLLの基本回路であるI/Q位相比較器とフルディジタルVCO(NCO)の作り方を説明しました。第16回(同4月号)では、PLLを利用したFM復調器を試作し、その性能をFMDDC-3で使用しているCORDIC(COordinate Rotation Digital Computer)を使ったFM復調器と詳細に比較、評価しました。

今回は、これまで検討してきたPLLを使って、ステレオ復調(左チャンネルと右チャンネルの分離)に必要なサブキャリア信号を生成します。

〈編集部〉

### FMステレオ放送信号のしくみ

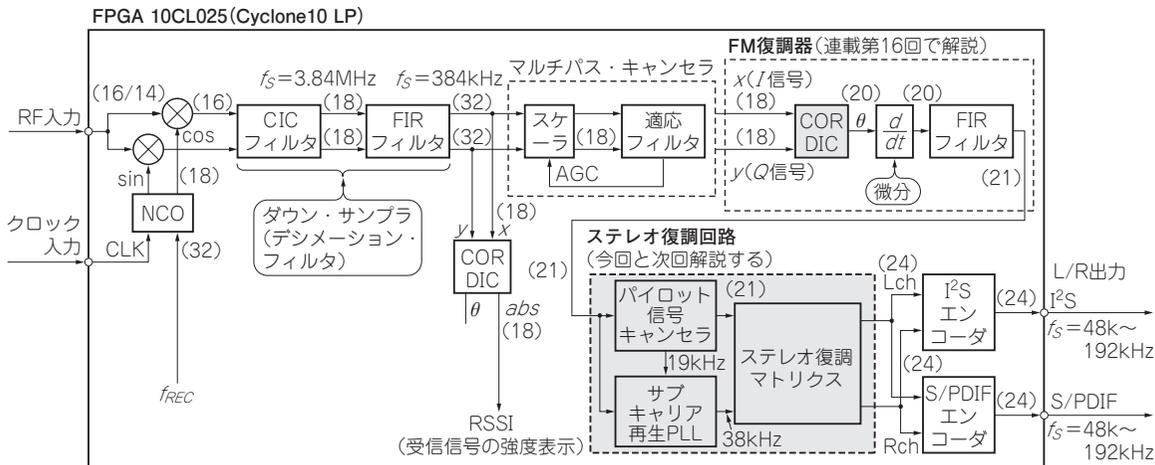
● LとRの2信号をどうやって届け再生するか

FM放送局からレシーバに届くのは、次の3つの信号を足し合わせたもの(コンポジット信号という)を周波数変調した信号です。

- (1) L + R信号(モノラル信号)
- (2) L - R信号で38 kHzの正弦波(サブキャリア)をAM変調した信号. サブキャリアが抑圧されたAM変調波(DSB, Double Side Band). L - R信号とサブキャリアを掛け合わせて生成している
- (3) 19 kHzの正弦波(パイロット信号). サブキャリアの半分の周波数

ステレオ非対応のモノラル・ラジオは、L - R信号を伝送する38 kHzのDSB信号を復調する回路を備えていないので、L + R信号(モノラル信号)だけを再生します。

ステレオ対応のラジオは、DSB信号からL - R信号を取り出して、L + R信号と足したり「 $2L = (L - R)$



括弧( )内の数字はデジタル信号のビット数

図1 ダイレクト・サンプリングFMレシーバ「FMDDC-3」に搭載したCyclone10 FPGAの信号処理回路  
今回と次回は、ステレオ復調のためのサブキャリア再生を行うPLLの作り方を解説する