

オーディオ信号処理で学ぶ DSP

第9回 (最終回)

DSPでソフトウェア無線を実現する

——複素信号処理に基づいたSDRの作成

堀江 誠一, 鈴木 伸夫, 今成 順一

今回は, CQ ham radio 誌に付属した基板を用いたソフトウェア無線機を作成する. 演算処理は Blackfin DSP で行い, これを本連載で作成したオーディオ・フレームワーク上に実装する. (編集部)

前回(2007年12月号, pp.158-165), 複素信号処理に関して基礎的な点を説明しました. 今回はその応用としてソフトウェア無線機(SDR: Software Defined Radio)を作ります. 連載の題名が「オーディオ信号処理で学ぶDSP」ですので, 前回から無線の話が出ていたことをいぶかしんでいる方もいらっしゃるかもしれません. 今回作るのは最近アマチュア無線家の間で広まっている, オーディオ帯域のソフトウェア無線機です.

利用するハードウェアは, 本連載で使用しているEZ-KIT Lite BF537と, CQ ham radio 誌2006年12月号に付属した基板です^{注1}.

1. CQ ham radio 誌 2006年12月号付属基板

写真1にCQ ham radio 誌の付属基板で7MHz帯の受信を行っている様子を示します. この基板はアンテナから

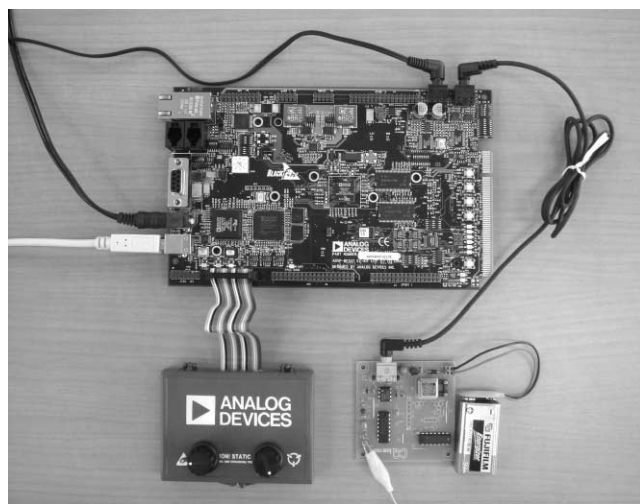


写真1 SDRの実験システム

7MHz帯の信号を受信し, 周波数変換によって帯域をオーディオ信号まで落とします. このあと, その信号をオーディオADCから受け取り, プロセッサ内部で復調して音声に変換します. この構成で10m程度のワイヤ・アンテナをつなげば交信の様子を聞くことができます. CQ ham radio 誌では, デジタル信号処理をパソコンで行いましたが, 今回はEZ-KIT Lite BF537を使って信号処理を行います.

このCQ ham radio 誌付属基板のポイントは, 内部で複素信号を作り出し, それをステレオ・オーディオ信号として出力している点です. 複素信号を使うことで, イメージ混信を避け, かつ負の周波数まで使った広い帯域がカバーできます. ステレオ・オーディオ信号を出力することで, 安価なパソコンのCODECによるA-D変換が可能となります.

図1は基板の回路図です. 中核となるのはジョンソン・カウンタとアナログ・スイッチです.

● ジョンソン・カウンタ

ジョンソン・カウンタはクロック信号を4分周すると同時に, 90°位相のずれた二つの信号を作り出します(図2). 90°位相がずれている, というのがみそです. 前回, 複素発振器について説明しましたが, そのときに90°位相のずれた余弦(Cos)波を使って複素発振器を作れたことを覚えているでしょうか. このジョンソン・カウンタは, まさにその複素発振器になっています. つまり, 無線機の局部発振器(局発)です.

カウンタが生成する信号は矩形波^{くけいは}なので, 必要な複素信号のほかに余計なスペクトラムが含まれています. しかし,

注1: 既に該当号は入手困難だが, 基板と部品の付属した書籍を参考文献(3)として購入できる.

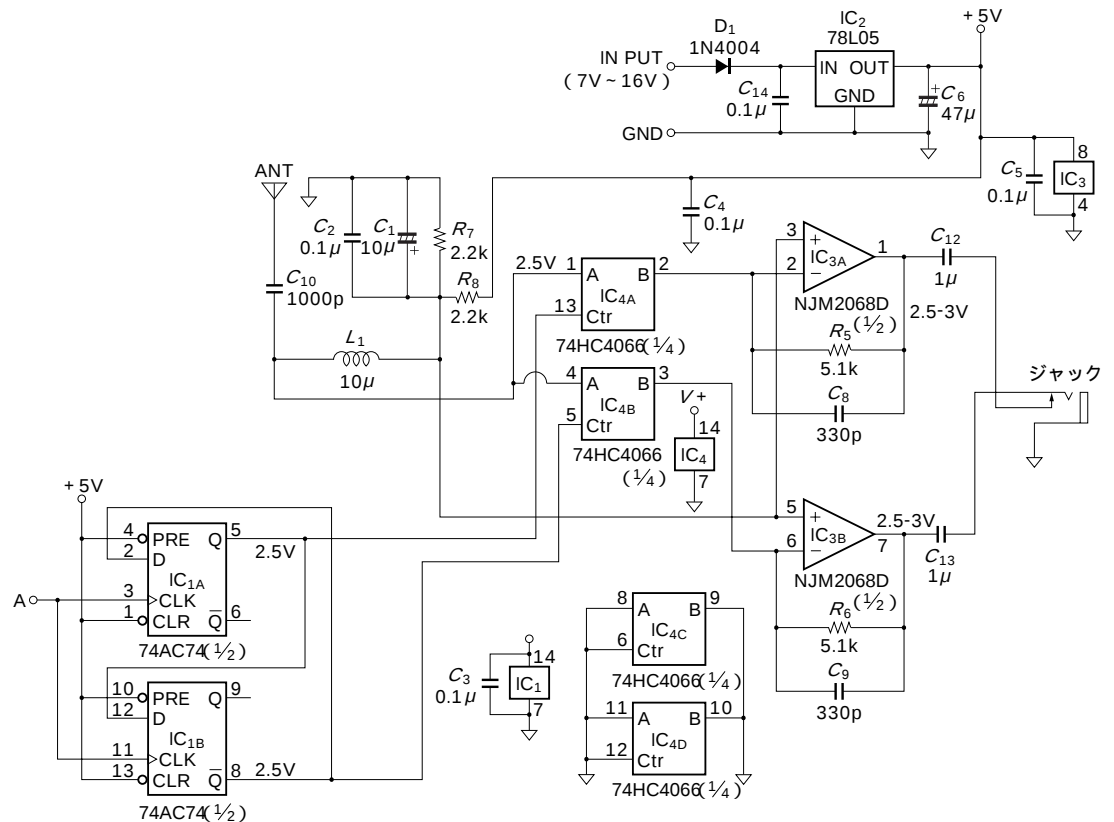


図1
SDR 基板の回路図

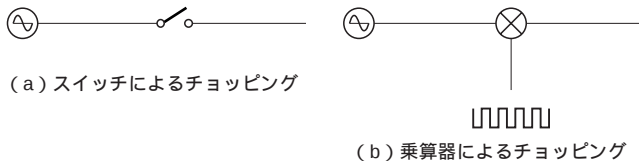


図3 スイッチは乗算器として働く

スイッチは乗算器として働く。入力信号に対する1, 0の乗算と見なせるからである。

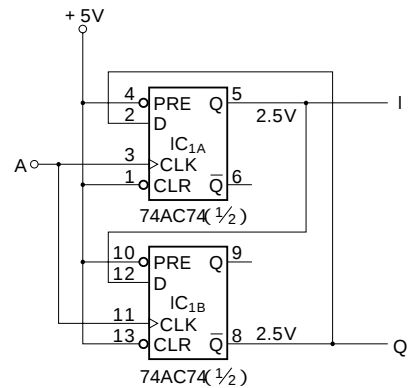
これはアナログ・スイッチと一緒に動かすことで問題ではなくなります。

ジョンソン・カウンタはクロック信号を4分周するので、入力となる発振器の周波数は希望する出力の4倍にしておきます。出力周波数は、受信したいバンドの中央の周波数にします。

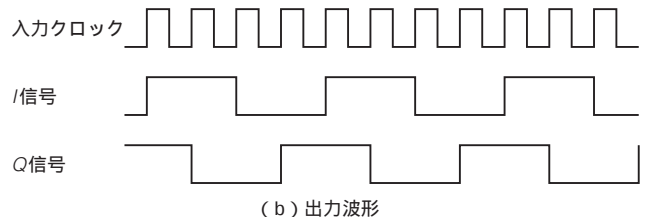
● アナログ・スイッチ

アナログ・スイッチ 74HC4066 は、ジョンソン・カウンタの出力を受け取って入力信号をチョップします。

高周波信号をチョッピングすると周波数変換が行われます。その原理を図3を使って説明します。チョッピングというのは、入力信号に繰り返し1, 0を掛けるのと同じです。ということかという、制御信号がHのときには入



(a) ジョンソン・カウンタ



(b) 出力波形

図2 ジョンソン・カウンタの出力

CQ ham radio 誌の基板は2ステージのジョンソン・カウンタを持っている。このカウンタは入力クロックの1/4の周波数で、90°位相のずれた信号を作る。図はI信号よりQ信号の方が位相が進んでいるため、負の周波数だと分かる。