

ノート

デジタル記録方式による超音波可聴器の設計・試作

仲村 将司*¹⁾ 大原 衛*¹⁾ 坂巻 佳壽美*¹⁾ 神田 浩一*²⁾ 加藤 光吉*³⁾
 谷川 力*⁴⁾ 謝 林*⁴⁾ 春成 常仁*⁴⁾ 佐藤 正彦*⁴⁾

The design and trial production of an ultrasonic detector using a digital recording method

Masashi Nakamura*¹⁾, Mamoru Ohara*¹⁾, Kazumi Sakamaki*¹⁾, Koichi Kanda*²⁾, Kokichi Kato*³⁾
 Tsutomu Tanikawa*⁴⁾, Xie Lin*⁴⁾, Tsunehito Harunari*⁴⁾, Masahiko Sato*⁴⁾

キーワード：デジタル記録方式, 超音波, バンドパスフィルタ

Keywords: Digital recording system, Ultrasonic, Band-pass filter

1. はじめに

「超音波を利用したネズミ防除装置の開発」というテーマの共同研究の一環として本器の設計・試作を行った。この共同研究は、ネズミ同士がコミュニケーションを行う際に超音波を発していることを利用し、収録・録音したネズミの超音波を超音波発生装置より発生させ、ネズミを誘引し捕獲、または忌避させることで、ネズミの防除に寄与する装置を開発することを目的として、三年の期間で研究開発が行われた。

本器は人間の耳で確認できない超音波を可聴化し、超音波発生装置より超音波が発生されているかの確認やネズミの存在を確認することで、フィールド等で効率的に実験を行うために共同研究の二年度から三年度にかけて設計・試作を行った。

2. デジタル記録方式の原理

デジタル記録方式の原理は、超音波信号を A/D 変換し、そのデータを RAM に書き込む。読み出し時は、書き込んだデータの一部を取り出し、結合することで可聴音信号に変換する。ネズミの発する超音波が 30kHz~60kHz であるため、人間の耳で聞こえるようにするには、1/50 の周波数に落とし 600Hz~1.2kHz の周波数に変換する必要がある。それを実現するために A/D 変換器のサンプリング周波数を 200kHz、D/A 変換器のサンプリング周波数を 4kHz に設定した回路を構築した (図 1)。

取り出し、結合する有効データ数は 100 としたが、時間マスキング (ある音が鳴り止んだ直後に別の音を鳴らした場合、後の音が前の音に掻き消されて聞こえなくなる現象) 及び可聴化した音声の質を考慮し、事前に有効データ 20・40・60・80・100 のデータを結合した場合の音声をシミュレ

ートし決定した。また、有効データ以外のデータは省いて使用しないためオリジナルとは異なった音声として可聴化されるが、開発目的を達成できるだけの質は確保することができた。実際の A/D 変換、D/A 変換タイミング及び有効データ結合イメージを図 2 に示す。

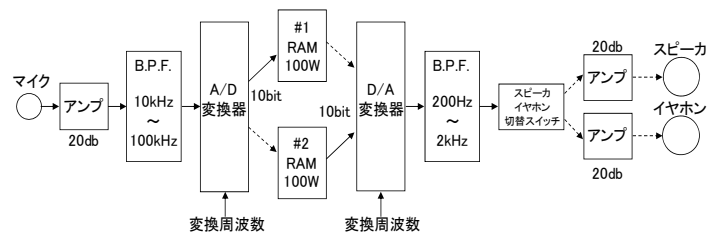


図 1. 超音波可聴器の回路図ブロック

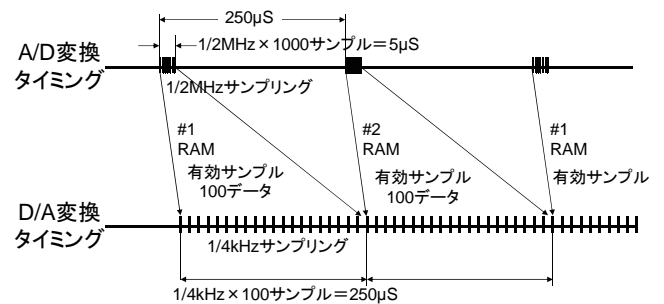


図 2. データの読み書きタイミング

3. ハードウェアの構成

今回設計・試作した超音波可聴器は図 1 のようなハードウェア構成となっている。

マイクには高帯域の超音波センサを使用し、A/D 変換器及びサンプリングデータ読み書き用 RAM は、回路の変更が柔軟に行えるように FPGA 評価ボードに搭載されたものを

*1) 情報技術グループ
 *2) 光音グループ
 *3) エンジニアリングアドバイザー
 *4) イカリ消毒株式会社

利用した。バンドパスフィルタは、コストを安く抑え、かつ容易に製作するために3次のCRフィルタをA/D変換前とD/A変換後に構成した。バンドパスフィルタの抵抗及びコンデンサの値は、基板実装前に回路シミュレータによりシミュレートし、その結果を基に設計した(図3)。これにより、直接基板上に実装し抵抗・コンデンサの値を決めるよりも効率的かつ効果的に設計することができた。

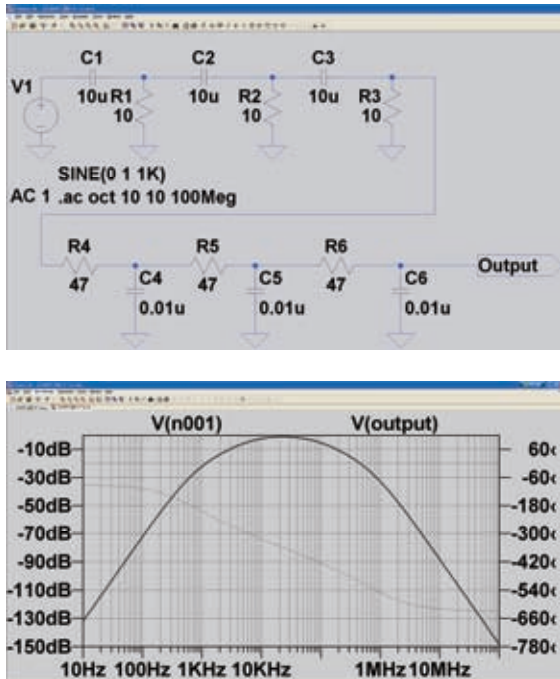


図3. シミュレーション回路及び結果

4. FPGA 評価ボード

今回は、Actel社製のFusion M1AFSというFPGA評価ボードを使用した。このボードは、低消費電力で5Vのバッテリー電源でも駆動できること、FPGAには珍しくFPGAのチップ自体に最大12ビット分解能、サンプル・レートが最大600kspsのA/Dコンバータを搭載しているという特徴があり、本器を柔軟に設計・試作が行えると考えたためこのボードを採用した(図4)。



図4. FPGA 評価ボード

5. 試作器の評価

試作器の評価は、ファンクションジェネレータより任意の周波数信号を入力し、出力信号の周波数が希望通りに落ちるかをオシロスコープにより確認した。また、実際に収録・録音したネズミの超音波を入力し音声が開こえるか確認を行った。

ファンクションジェネレータから10kHzの信号を入力したところ入力信号の1/50の周波数である200Hzの信号が出力されることが確認できた(図5)。

また、ネズミの超音波を入力したところ抑揚のあるネズミの声に近い音声が開こえることも確認できた。

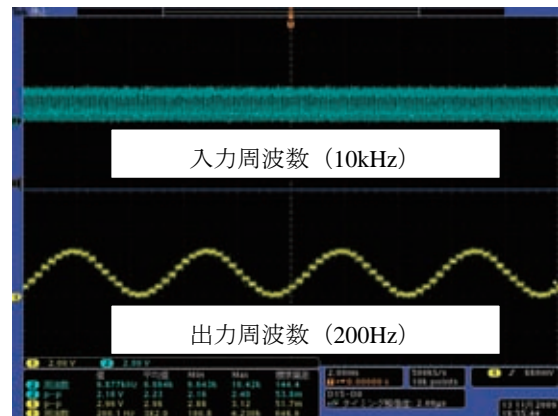


図5. 入力信号に対する出力結果



図6. 試作した超音波可聴器

6. まとめ

図6のような超音波可聴器を試作した。デジタル記録方式を採用したことにより、チューニングする必要がなく、ネズミの超音波を抑揚のある音声に可聴音化することができた。また、今回設計を行う上で事前にシミュレーションを行ったことで効率的に設計が行えた。これにより、当初の目的通り、超音波が発生されていることが簡易的に確認できた。これにより、ネズミの存在を明らかにすることができる有効的な装置を開発することができた。

(平成22年6月30日受付, 平成22年9月9日再受付)