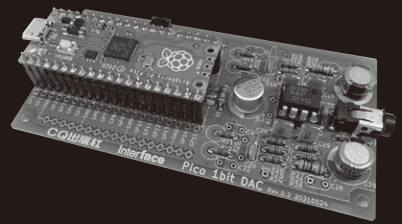


サンプリング・レートの切り替えからノイズ低減、ハイレゾ対応まで!

ラズパイPico DAC [完全版]の製作

第2回 ノイズ低減編…3次 $\Delta\Sigma$ 変調&出力4ビット化

geachlab

● ソフトウェアの改善だけでノイズ低減にトライ

本連載では、本誌2021年8月号の特集 第6部 第1章で紹介した、ラズベリー・パイPicoを使ったUSBオーディオDAC「ラズパイPico DAC」を進化させる過程を紹介します。

使用するヘッドホンやオーディオ機器によっては、「ラズパイPico DAC」の再生音に「サー」というノイズが乗っていることに気がつくかもしれません。

ノイズの主な原因は、電源由来のノイズとソフトウェア $\Delta\Sigma$ 変調由来のノイズの2つです。前者は、ハードウェア起因のため対策には限界がありますが、後者はソフトウェアの創意工夫で改善の余地があります。

今回は、ラズパイPico DACのソフトウェアを改善し、 $\Delta\Sigma$ 変調由来のノイズ低減を行います。

ラズパイPico DACの詳細は本誌特設ウェブ・ページを参照してください。

https://interface.cqpub.co.jp/pico_dac/

①ノイズの確認と分類

● 波形とスペクトラムからノイズを分類する

ラズパイPico DACで、微小振幅のテスト・トーン(sin波形)を再生したときのノイズ発生状況を確認します。表1に測定条件を示します。

図1に示すのは、測定結果(再生波形, 周波数スペクトラム)です。まず、再生波形を確認します。66LSB振幅のsin波形に、相当量のノイズが乗っています。

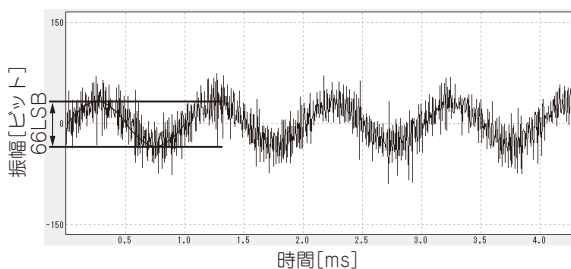
次に、スペクトラムでノイズの分布を確認・分類します。

①電源ノイズ(可聴帯域内, -112dB ノイズ・フロア)

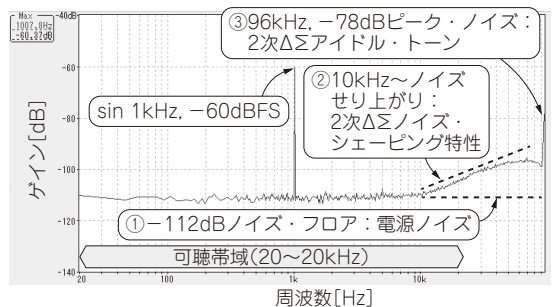
ラズベリー・パイPico本体の電源や、ラズパイPico DAC基板の構造に由来するノイズです。ノイズの発生源は、USB電源や3.3V DC-DCコンバータ、RP2040マイコンの動作電流などです。ノイズの伝搬路は、

表1
ラズパイPico DAC
のノイズ測定条件
現時点でどのくらいの
ノイズが発生している
のかを確認する

項目	設定	備考
使用プログラム	pico_1bit_dac_4844.uf2	連載第1回(2021年11月号)参照
DACのサンプリング周波数 f_s	48kHz	-
JP ₁	オープン	ラズベリー・パイPico内部3.3V電源使用
テスト・トーン	sin 1kHz -60dBFS	DACフル・スケール65536LSBの1/1000 \approx 66LSB
測定点	J ₃	ステレオ出力



(a) 再生波形



(b) スペクトラム

図1 表1の条件でラズパイPico DACのノイズを測定した結果

再生波形を見ると相当量のノイズが乗っていることが分かる。スペクトラムを見ると、大きく分けて3種類のノイズに分類できる

2021年8月号で配布したプログラムでも図1と同様のノイズが発生します。今回配布するプログラムでは10dB近くノイズが低減できるので、ぜひ試してみてください。入手方法の詳細はp.130を参照してください。