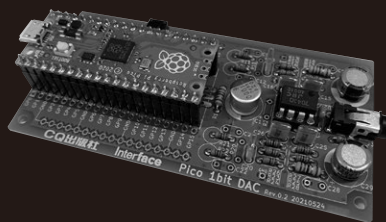


サンプリング・レートの切り替えからノイズ低減、ハイレゾ対応まで!

ラズパイPico DAC [完全版]の製作



第6回 番外編…抵抗1本でUSB電源のノイズを16dB改善!

geachlab

本誌2021年8月号の特集 第6部 第1章(以下、初出記事)で、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」の製作記事を掲載しました。

初出記事では、USBオーディオDACの原理実装に注力したので、機能や性能は限定的でした。サンプリング・レート/分解能は48kHz/16ビットの一択で、簡易な $\Delta\Sigma$ 変調による可聴帯域の残留ノイズや、電源構造由来の残留ノイズなどの課題も残っています。本連載では、これらの課題を解決してラズパイPico DACを進化させる方法を紹介し(編集部)

● きっかけ…ノートPCを変えたら不快なノイズが聞こえる

筆者は最近、ノートPCを新調しました。さっそくラズパイPico DACを接続すると、旧ノートPCでは聴いたことのない不快な低周波ノイズが聴こえます。原因を調査すると、新PCは旧PCよりもUSB電源のノイズが多く出ていることが分かりました。筆者はたまたまノイズが少ないPCを使っていたため、読者のPC環境によっては筆者の新PCと同じようにノイズが多い可能性があることを見落としていました。ノイズがあつては、今までのハイレゾ対応も生かせません。

そこで今回は、PCのUSB電源ノイズがラズパイPico DACに与える影響を調査・考察し、USB電源ノイズの対策立案と効果の確認を行います。

① USB電源ノイズの正体を突き止める

筆者が所有する新旧2台のPCと、よく電源品質が

話題となるラズベリー・パイ3B、4Bの計4台をUSBホスト環境とし、ホストの違いによるラズパイPico DACでのノイズ発生状況を確認します。以下、ホスト側ラズベリー・パイとラズパイPico DACの混同を避けるために、後者は単にPico DACと記します。

● ステップ1：USBホスト別のノイズ状況確認

▶ V_{BUS} の電圧変化を確認する

表1に示す4種類のUSBホスト環境を準備し、USBケーブル経由でPico DACを接続します。各環境で24ビット/96kHzフォーマットで無音再生状態とし、USB電源電圧の変化とPico DACのアナログ音声出力のスペクトルを観測します。

図1は、USBホスト別の V_{BUS} (5V)電圧変化です。低周波ノイズの振る舞いを確認するために、500msという長周期で観測しています。環境(a)～(d)の順に電源ノイズの頻度・振幅が増えています。(d)ラズベリー・パイ3Bでは、振幅80mV(5V電源の1.6%)もの電圧ドロップが発生しています。

▶ アナログ出力ノイズのスペクトルを確認する

図2はUSBホスト別のPico DACアナログ出力ノイズのスペクトルです。 V_{BUS} 電圧同様、環境(a)～(d)の順に低周波領域のノイズが多くなっています。(a)に比べ(b)は+10dB($10^{\frac{+10}{20}}=3.16$ 倍)、(c)は+30dB($10^{\frac{+30}{20}}=31.6$ 倍)、(d)は+40dB($10^{\frac{+40}{20}}=100$ 倍)ノイズが多い状態です。(c)、(d)のラズベリー・パイ4B/3Bのノイズは、16ビット音源のダイナミック・レンジに侵入するほどのレベルです。どの環境のノイズも、高域に向かって6dB/octの減衰特性を持っていますが、これは後述するPico DAC上の電源フィルタ

表1 今回使用したUSBホスト環境一覧

注：電圧ドロップの影響を防ぐため、ACアダプタ～ラズベリー・パイ間は低抵抗ケーブル(0.1Ω未満)を使用

USBホスト環境(製造年)	電源	OS	再生音源	USB DAC/ソフト	測定点
(a) 筆者の旧PC(2012)	PC付属品	Windows 10	24ビット /96kHz Zero Data(無音)	Pico DAC pico_1bit_dac_HR.uf2	USB電源電圧： V_{BUS} スペクトル： アナログLO
(b) 筆者の新PC(2021)					
(c) ラズベリー・パイ4B(2021)	ANKER PowerPort2 (5V, 3A)	Volumio 3.198			
(d) ラズベリー・パイ3B(2018)					

第1回 44.1kHz/48kHz両対応/サンプリング・レート切り替え機能の実装(2021年11月号)

第2回 ノイズ低減編…3次 $\Delta\Sigma$ 変調&出力4ビット化(2021年12月号)

第3回 音量を絞ったときでも高S/Nを維持! アナログ・ボリュームの追加(2022年1月号)