

オーディオデモンストレーションの説明

2018年2月27日
中田宏

目次

概要.....	2
PDMフルデジタルアンプについて.....	2
機器構成.....	2
システム構成.....	2
ノートパソコン内.....	2
フルデジタルアンプ内.....	3
電流帰還アンプについて.....	4
機器構成.....	4
システム構成.....	4
ノートパソコン内.....	4
USB DAC内.....	5
電流帰還アンプ内.....	5

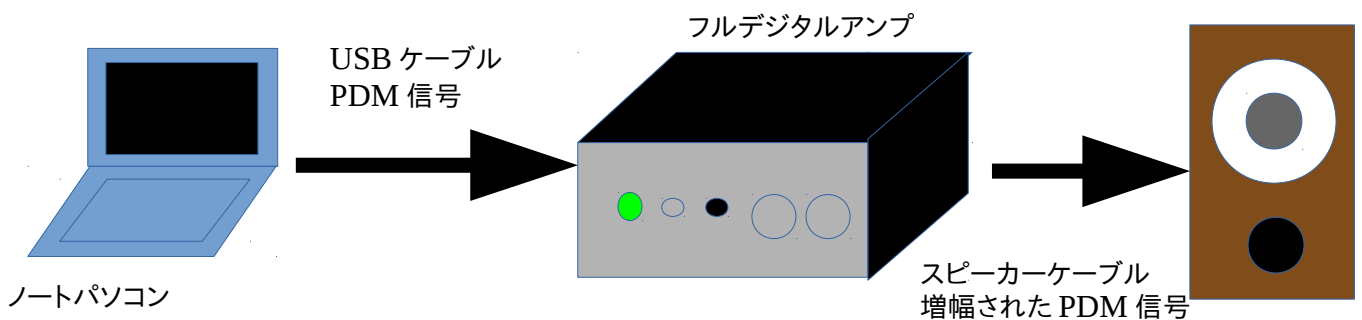
概要

本日デモンストレーションする機材は大きく2種類です。

- PDM(Pulse Density Modulation)方式でスピーカーを駆動するフルデジタルアンプ(特許2件取得済み)
- 電流帰還でスピーカーを駆動するアナログアンプ(公知の技術の応用)

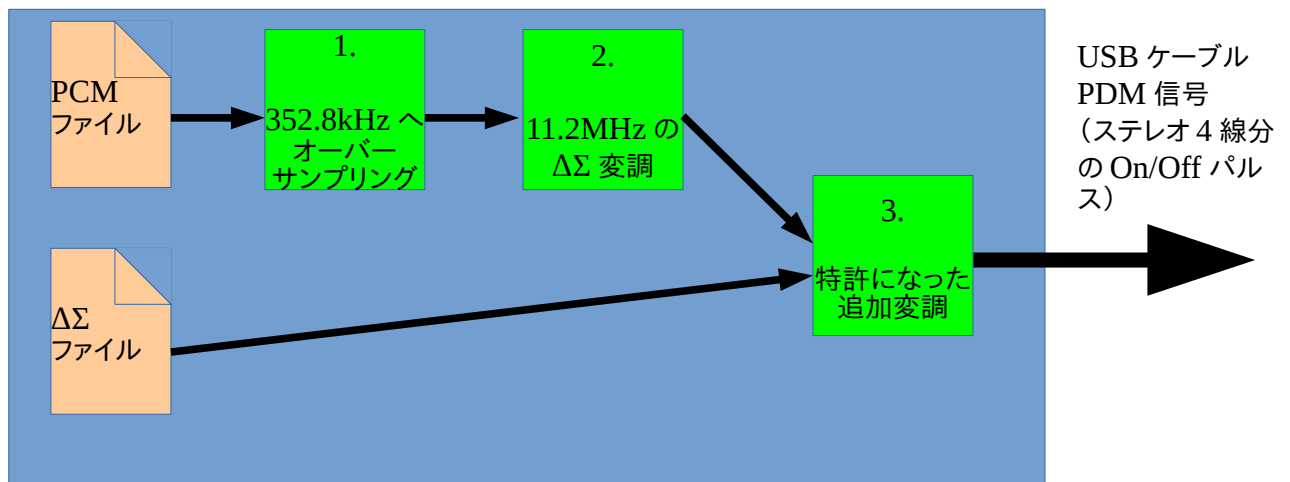
PDM フルデジタルアンプについて

機器構成



システム構成

ノートパソコン内



ノートパソコン内では、以下の変換をソフトウェアで行っています。

●ソースが PCM の場合

1. PCM をサンプリング周波数 352.8kHzfs に、オーバーサンプリング (CDDA ソースならば 8x オーバーサンプリング)
オーバーサンプリングは、階段状の波形を作った (8x オーバーサンプリングならば、同じデータを 8 個並べます)あとで、LPF 処理を FIR で行います。
FIR は、元が 44.1kHzfs の場合 8191 タップ、その他は 1023 タップです。

2. 次に 11.2MHzfs の 1bit $\Delta\Sigma$ 信号に変換します。352.8kHzfs の PCM を 11.2MHzfs の階段状波形に変換し、2 段の $\Delta\Sigma$ 変調器で $\Delta\Sigma$ 信号にしています。
3. その次が、特許を取った追加変調です。追加変調は内部で 2 段階に別れます。
 まず、1bit $\Delta\Sigma$ 信号を+1,0,-1 の 3 値の信号に変調します。元の $\Delta\Sigma$ 信号で+と-(1と0)が連続しているところを 0 レベル信号に変換します。
 次に、パルスのデューティー比を 50%にします。1 周期中にパルスが出ているタイミングと必ず出力が 0 になるタイミングに分けます。 $\Delta\Sigma$ 信号で連続した+パルスが出ているところでも、複数の単発パルスに分割することによりパルス変形の歪が全てのパルスで相似形になります。その結果、アンプ最終段のトランジスタが矩形波を出力できなくて波形が歪んでしまっても、全てのパルスが相似形に歪むので、パルス数に比例した電力を送付することが可能になります。
 3 段階について詳細に説明すると長くなるので、特許説明用に記述した Kindle 書籍
<https://www.amazon.co.jp/dp/B072BGFHM2>を参照してください。

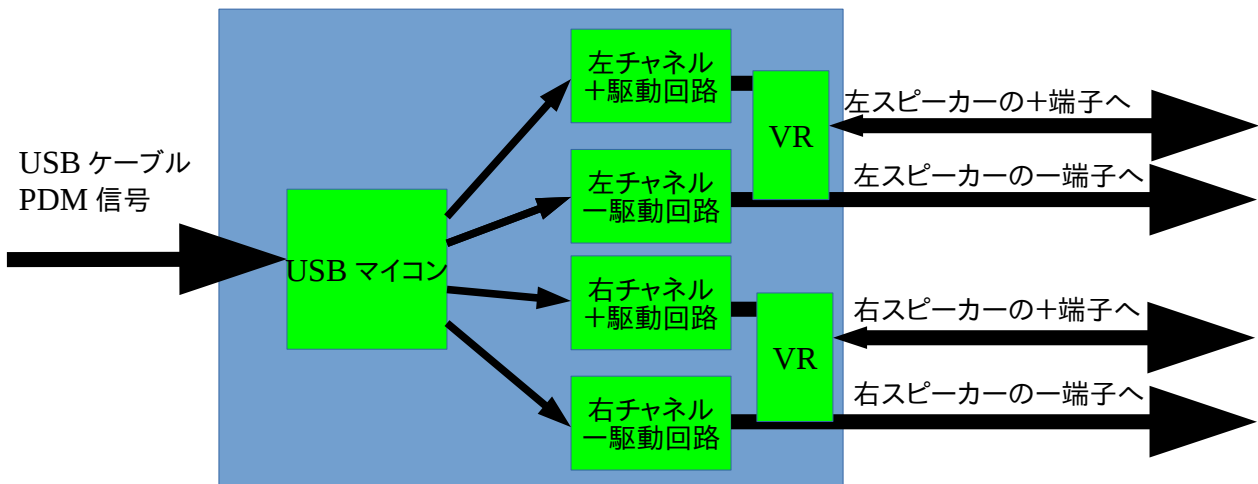
●ソースが $\Delta\Sigma$ の場合

PCM 入力時の 1,2 版を省略して 3 番めの追加変調だけを実施します。 $\Delta\Sigma$ ソースのサンプリング周波数が維持されるので、SACD をキャプチャーした信号は 2.8MHzfs で出ていきます。

●フィルタスペック

フィルタ種類	タップ数	カットオフ周波数	カットオフ条件
44.1kHzfs の 8x フィルタ	8191	20kHz	22.05kHz で-101dB
その他の PCM 用 LPF フィルタ	1023	20kHz	22.05kHz で-101dB

フルデジタルアンプ内



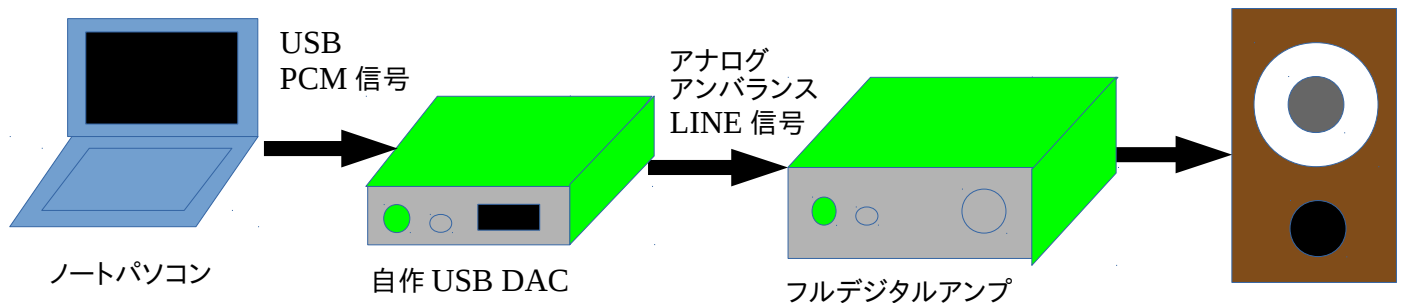
フルデジタルアンプ内部では、2 チャンネルのスピーカーケーブル 4 本を駆動するため、4 個の電流増幅モジュールが並んでいます。各電流増幅モジュールは、スピーカーケーブルに+6V を供給するか、0V で電流を吸い込むかの動作をします。

USB マイコンは、パソコンから送られてきたタイミング信号にしたがって、4 個の電流増幅モジュールに信号パルスを送ります。

$\Delta\Sigma$ 信号は、常に+か-の信号を出力していましたが、本方式では+線も-線も 0V になるタイミングが存在します。

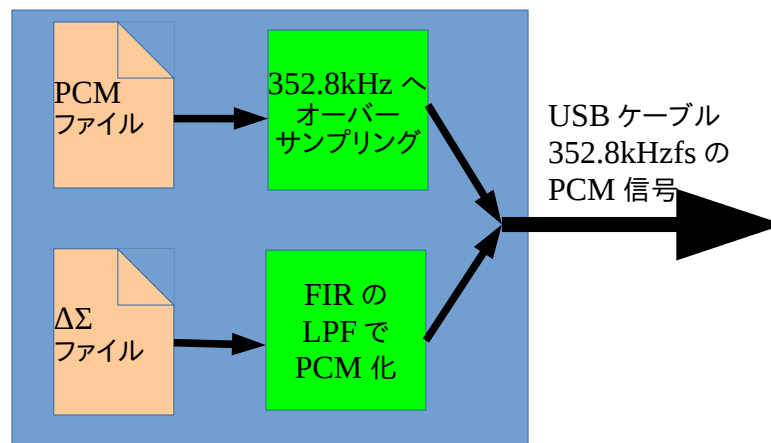
電流帰還アンプについて

機器構成



システム構成

ノートパソコン内



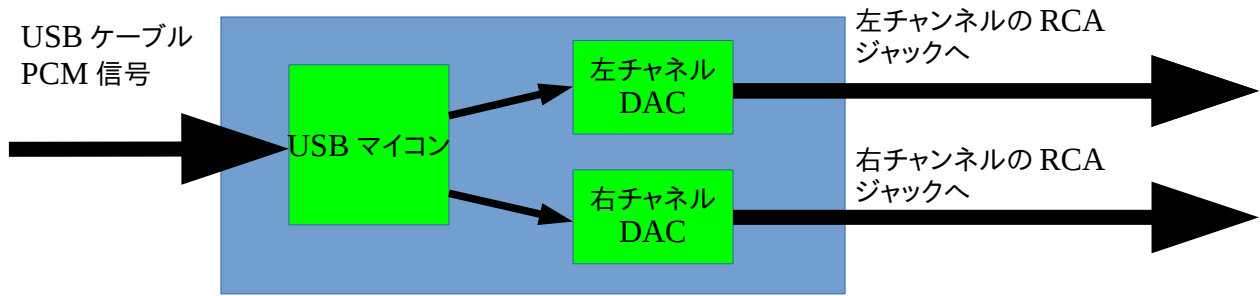
USB DAC は、44.1kHz、48kHz などのサンプリング周波数を受け付けられますが、あえてパソコンの内部でソフトウェアによるオーバーサンプリングを実施し、352.8kHzfs の PCM 信号にして DAC に送っています。

これは、BurrBrown に代表される DAC では、LSI 内部のオーバーサンプリング演算精度が低くて音質に悪影響を与えていると考えられるからです。この理論の詳細は第 13 回 1bit 研究会で発表済みです。

●フィルタスペック

フィルタ種類	タップ数	カットオフ周波数	カットオフ条件
44.1kHzfs の 8x フィルタ	8191	20kHz	22.05kHz で-101dB
その他の PCM 用 LPF フィルタ	1023	20kHz	22.05kHz で-101dB
2.8MHzΔΣ を 352.8kHzfs の PCM に変換するフィルタ	2047	20kHz	40kHz で-105dB
5.6MHzΔΣ を 352.8kHzfs の PCM に変換するフィルタ	4095	20kHz	40kHz で-109dB
11.2MHzΔΣ を 352.8kHzfs の PCM に変換するフィルタ	8191	20kHz	40kHz で-107dB

USB DAC 内

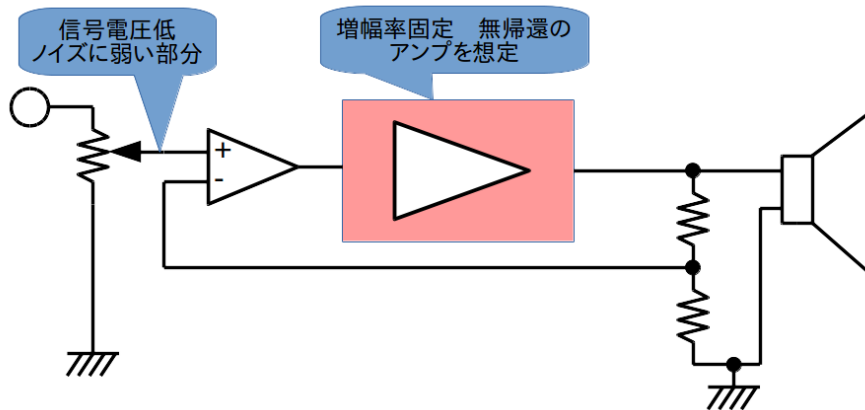


この DAC は、ソフトウェアオーバーサンプリングに合わせて設計した DAC です。NOS(Non Over Sampling) のマルチビット DAC(型番 AD1856)を 2 チャンネル分搭載しています。出力は 16bit 精度ですが、352.8kHzfs でノイズシェーピングした CDDA を送り込むことにより、高精度のアナログ信号を出力します。

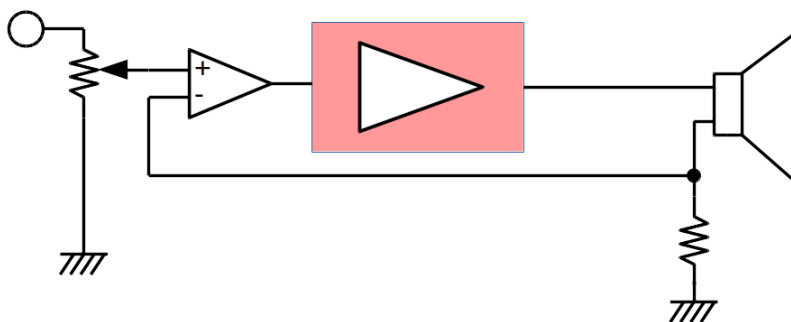
電流帰還アンプ内

このアンプは山本式電流帰還アンプを応用して、秋月電子通商で売っている AB 級 BTL アンプを駆動してみたものです。

●アナログアンプで一般的な電圧帰還ブロック図



●山本式電流帰還アンプのブロック図



スピーカーに流れる電流が、入力電圧に比例するように制御しています。
このブロック図は、±電源の回路を示していますが、今回は BTL アンプなのでコモングラウンドが存在しません。
電流測定抵抗の一端は 0V ではなくともあります。そのため、OP アンプを用いた電圧演算回路で抵抗での電圧降下を測定しています。