

DS Audio

Phono-Equalizer Circuit Technical Information



光カートリッジ用
フォノイコライザー回路についての
技術情報 2022/7/5更新

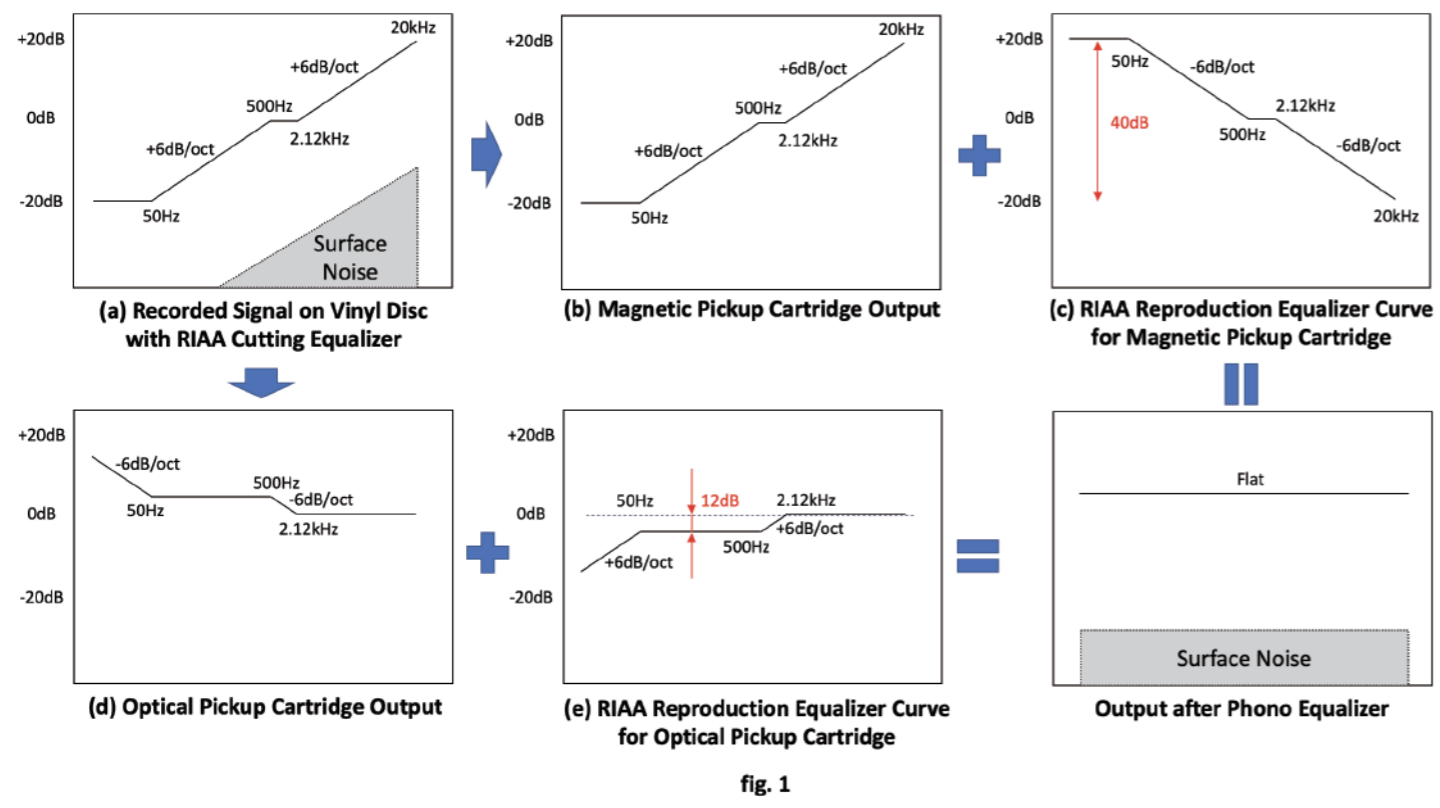


fig. 1

Q なぜ光カートリッジ用のフォノイコライザー回路は MM/MC カートリッジ用のフォノイコライザー回路と異なるのか？

A マイクやスピーカーのように音や振動を電気信号に変えたり戻したりする働きをするものをトランスデューサーと呼びますが、トランスデューサーは大きく分けて「速度比例型」と「振幅比例型」に分類されます。

MM/MC カートリッジやアナログレコードのカッターヘッドのような電磁誘導によって発電したり駆動力を得る方式は「速度比例型」になります。

全周波数帯域にわたって一定の電圧でカッターヘッドを駆動すると、入力周波数が高くなるに従ってヘッドの動く幅が小さくなります。これはスピーカーの振動板の動きと同じ関係です。

このようにしてカッティングした溝を MM/MC カートリッジで再生すると、出力電圧は（振幅が一定であれば）周波数が高くなるに従って増えるはずですが、溝の振幅は逆に狭くなっていきますので、結果として出力電圧は全周波数帯域にわたって一定になります。

これがアナログレコードのカッティングと再生の原理です。

一方、光カートリッジやコンデンサーカートリッジは「振幅比例型」になります。

「速度比例型」のカッターヘッドでカッティングされた溝を「振幅比例型」の光カートリッジで再生すると、周波数が高くなるに従って溝の振幅が狭くなっているため、出力電圧も減少していきます。

光カートリッジ用フォノイコライザーを設計するには、まず、この違いを理解しておく必要があります。

実際のアナログレコードのカッティングにおいては、入力信号の低域で溝が振れすぎないように減衰させつつ、高域で溝が小さくなりすぎないように強調します。

この前処理によって、溝の振幅を全周波数帯域にわたってほぼ一定に保つことができます。

その結果、レコードの材料（塩化ビニール）の表面の粗さで決まる物理的なノイズがほぼ一定となり、より長い再生時間も実現できるようになります。

再生時には、カッティング時につけた特性を補正するために、低域を強調して高域を減衰させます。

この後処理によってフラットな周波数特性と良好な S/N 比が得られます。

これがフォノイコライザーの原理で、アナログレコード（LP と EP）のためのイコライザーカーブが RIAA（全米レコード協会）によって 1954 に標準化されました。

一般には再生側のイコライザーを「RIAA イコライザー」と呼んでいますので、ここでは便宜的に録音側のイコライザーを「逆 RIAA イコライザー」と呼ぶことにします。

レコードのカッティングには、「速度比例型」のカッターヘッドに高域上がりな「逆 RIAA イコライザー」を組み合わせ使用します。 [fig. 1(a)]

このレコードの再生に「速度比例型」の MM/MC カートリッジを用いた場合、出力電圧の周波数特性は「逆 RIAA イコライザー」のカーブと全く一緒になりますから [fig. 1(b)]、フラットな周波数特性を得るために、フォノイコライザー側に「RIAA イコライザー」が必要になります。 [fig. 1(c)]

このレコードの再生に「振幅比例型」の光カートリッジを用いた場合には、出力電圧の周波数特性はかなりフラットに近い特性になります。 [fig. 1(d)]

光カートリッジでフラットな周波数特性を得るためには、緩やかな補正だけで「RIAA イコライザー」に適合することができます。 MM/MC カートリッジで必要とされる 40dB を超える増幅度も不要なため、回路設計も比較的容易と言えるでしょう。

なお、光カートリッジ用フォノイコライザーの設計を行う際には、カートリッジの出力信号の位相について注意する必要があります。 (45/45 方式の) ステレオレコードでは、モノラルレコードとの互換性維持のために、左右の信号を意図的に逆相にして、モノラル信号が横方向の溝の動きだけになるようにしています。

光カートリッジ内蔵のフォトディテクター (PD) は、溝の動きをそのまま追従して出力しますので、ステレオ出力信号も逆位相となります。ステレオ信号の位相を正しく揃えるためには、フォノイコライザー内部で右か左のチャンネルの信号を反転させる必要があります。

参考までに、DS Audio の第 3 世代カートリッジである「Grand Master」と「DS003」に適合する、最もシンプルなフォノイコライザーの回路例を fig. 2 に示します。

MM/MC カートリッジと絶対位相を揃えるために、この回路例では左チャンネルの信号を反転させています。

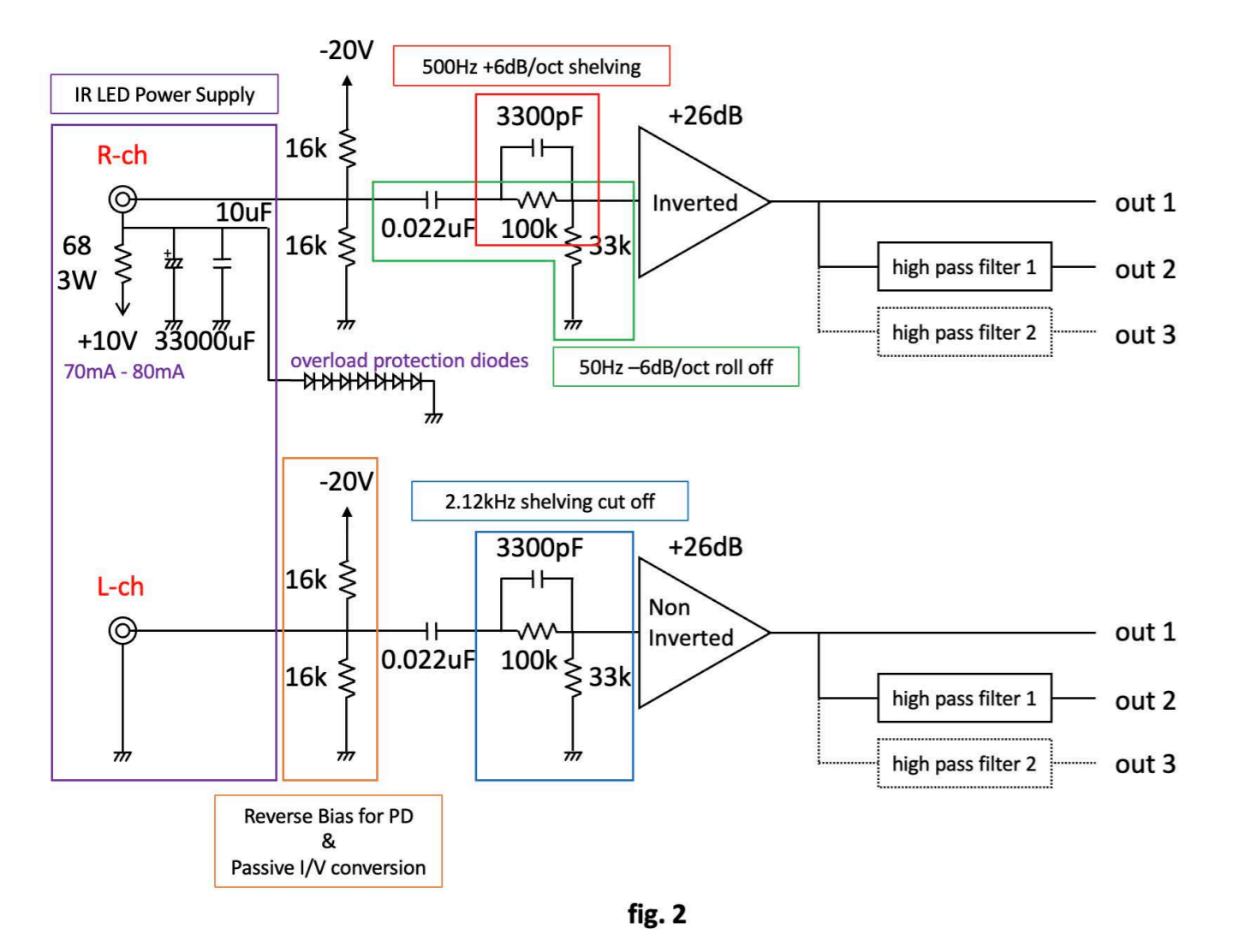


fig. 2

Q DS Audio の光カートリッジ電源の供給方法について

A DS Audio の光カートリッジへの電源供給、はヘッドシェルのリード線の 2 つの GND ライン（青色と緑色の線）を用いて行っています。

光カートリッジでは、トーンアームの右チャンネル GND に接続されている緑色のリード線が正の直流電源になっており、トーンアームの左チャンネル GND に接続されている青色のリード線が共通 GND となります。

もし何らかの原因で GND ラインが短絡すると、電源が供給されずカートリッジが動作しなくなります。

ヘッドシェルの赤色と白色のリード線は信号ラインですが、負の DC バイアス電圧がフォノイコライザーから印加されていますのでご注意ください。

光カートリッジは比較的大きな電流（70 ~ 80mA）を消費しますので、接点抵抗を低く保つために、常にトーンアームの端子をきれいな状態にするよう心掛けて下さい。

Q 超低域のローカット・フィルター（サブソニック・フィルター）は必要ですか？

A レコードの反り（数 Hz）やトーンアームの低域共振（10Hz 前後）によって発生する超低域成分の信号は、場合によってはアンプに混変調歪を誘発したり、スピーカーのウーハーを損傷することがあります。

光カートリッジは「振幅比例型」カートリッジであるため、原理的に DC（0Hz）までの再生能力を持っており、従ってこの問題にやや敏感なところがあります。

MM/MC カートリッジは超低域で発電効率が低下するため、この問題にはそれほど敏感ではありません。

この問題を避けるためには、超低域のローカット・フィルター（サブソニック・フィルター）が有効です。

フィルターの時定数や次数は、レコードの反り具合やトーンアームの低域共振周波数に左右されますので、最適な値をお選び下さい。

Q カートリッジ保護回路について（必須項目）

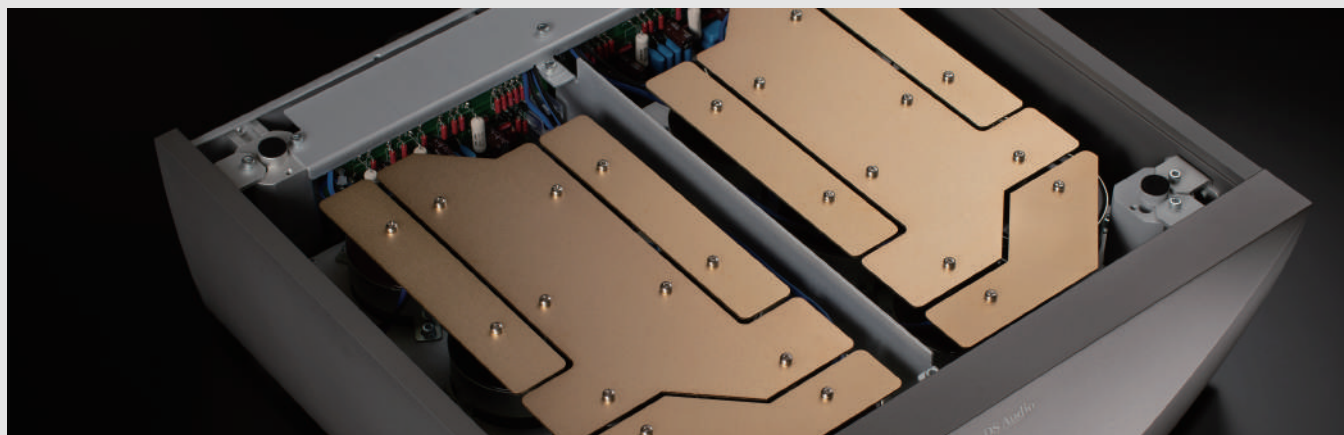
A DS Audio の光カートリッジ内部では、光源の赤外線 LED とフォトダイオード PD が、fig 3 のように繋がっています。

PD を過負荷による損傷から守るためには、赤外線 LED への供給電圧を常に +5V 以下に保つ必要があります。

このために、7 個直列接続されたダイオードを赤外線 LED に並列に接続して +5V を超えないようにしています。

この保護ダイオードがないと、電源を入れたままトーンアームに光カートリッジを接続した時にラッシュカレントが流れ、PD が過負荷となって損傷します。

DS Audio の光カートリッジ用に独自の保護回路を設計する場合は、この点に特にご注意ください。



Q DS Audio の光カートリッジ内の回路について

A DS Audio の光カートリッジ内の素子の接続は、下記の図のようになっております。

第 2 世代カートリッジ（DS Master1, DS-W2, DS002, DS-E1）では、1 つの赤外線 LED を両チャンネルの PD の光源として使用しています。

第 3 世代カートリッジ（Grand Master, DS003）では、左右独立の 2 つの赤外線 LED を用意し、左右それぞれの PD の光源として使用しています。

これによって、第 3 世代カートリッジの出力は第 2 世代カートリッジより増強されています。

もし第 2 世代カートリッジ用にフォノイコライザーを最適化したい時は、ゲインを増強されることをお勧めします。

（例えば、fig. 2 の回路図中の 16kΩ のバイアス抵抗を 20kΩ に置き換えることでゲインを増やすことが可能です。）

