

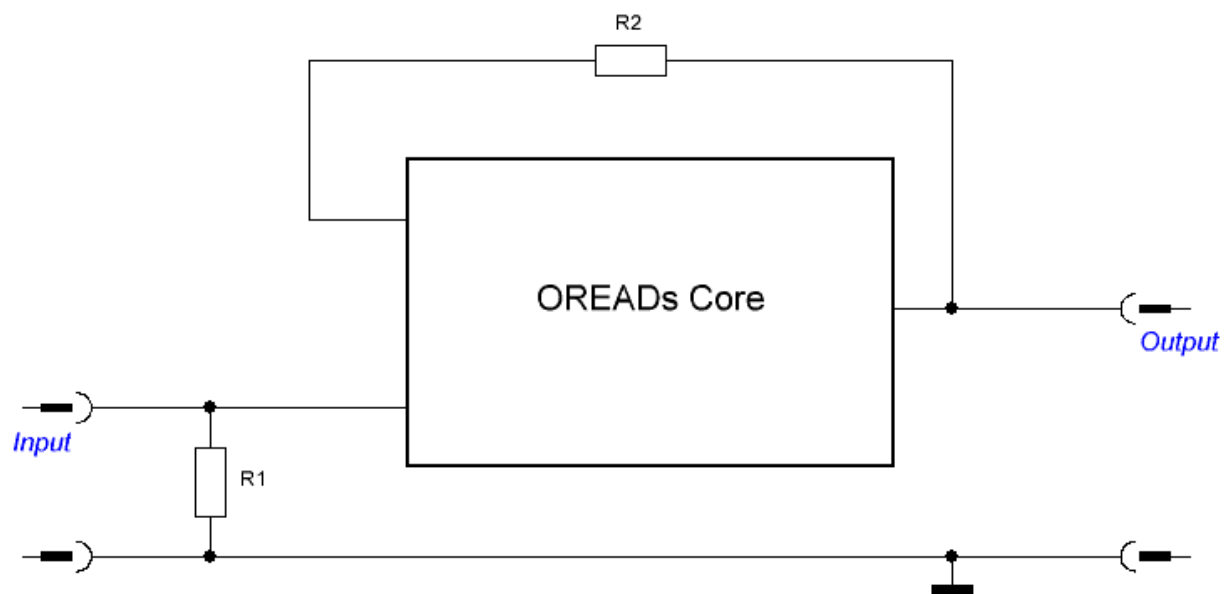
Auf dem Weg zu meinem eigenen MM-Phonoentzerrer-Vorverstärker

Ein Leitfaden

On the way to my own MM phono equalizer preamplifier

A guide

§1



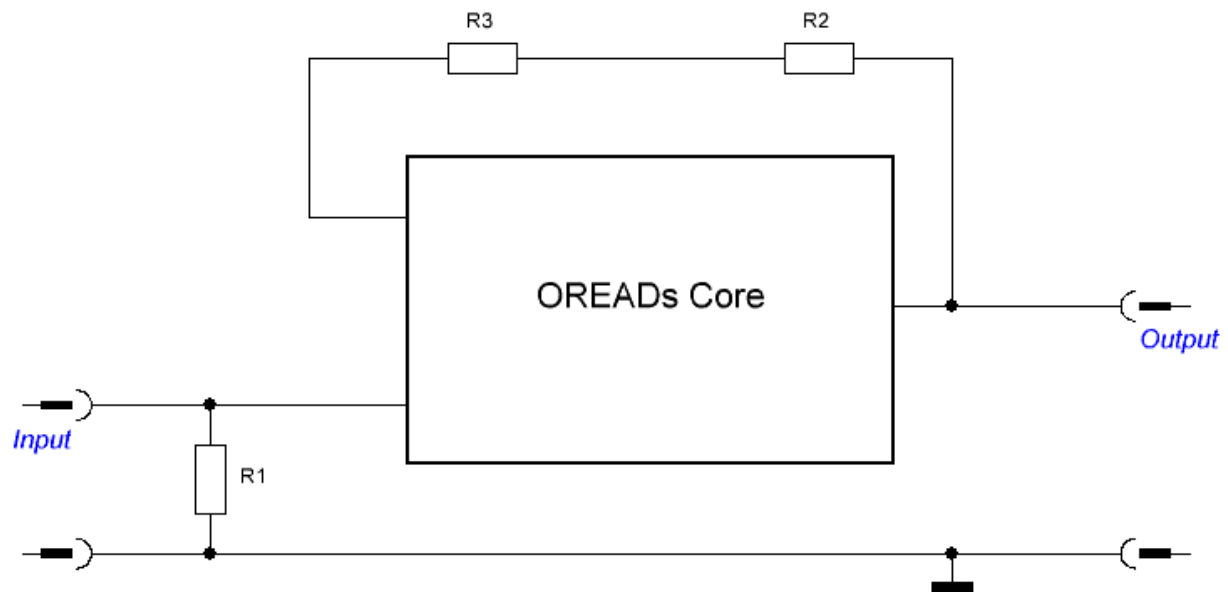
Im ersten Schritt lege ich $R1$ (gleich $R2$) fest, zum Beispiel $R1 = 150\text{k}\Omega$.

In the first step, I define $R1$ (equal to $R2$), for example $R1 = 150\text{k}\Omega$.

Im folgenden Schritt teile ich R2 in zwei Teile, die zusammen im Wert unverändert R1 entsprechen, also $R1 = R2 + R3$.

In the following step, I divide R2 into two parts, which together correspond to R1 unchanged in value, i.e. $R1 = R2 + R3$.

§2



Das ist ganz einfach:

R2 geteilt durch R3 entspricht nämlich mit ausreichender Genauigkeit 11,78.

This is quite simple:

R2 divided by R3 equals 11.78 with sufficient accuracy.

$$R2/R3 = 11,78$$

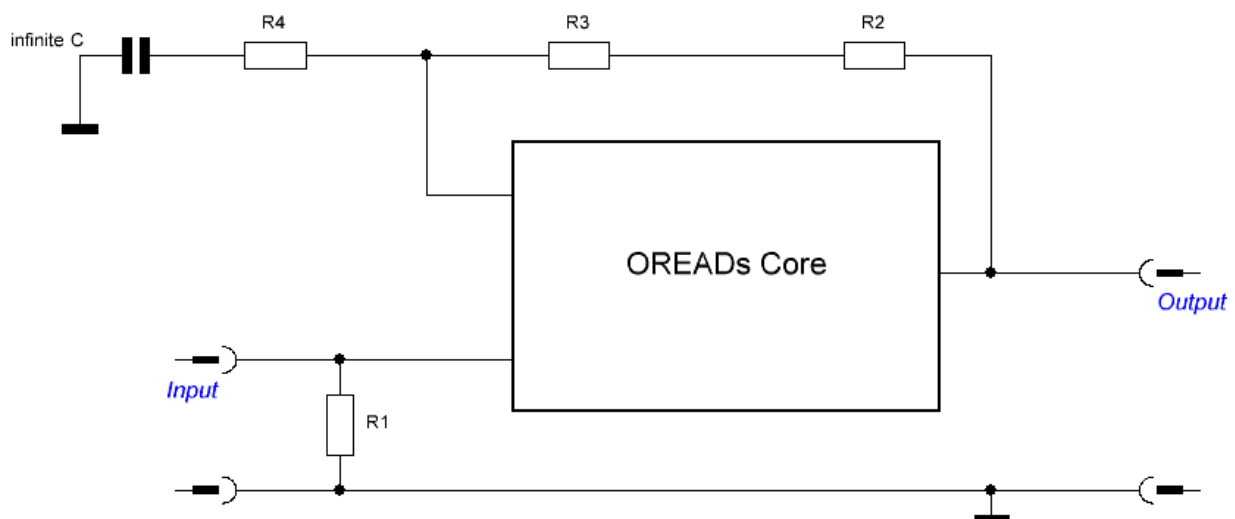
$$\begin{aligned} R3 &= R1 / (1 + 11,78) \\ &= 11,737\text{k}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R2 &= 11,78 * R3 \\ &= 138,263\text{k}\Omega \end{aligned}$$

Noch ist zwar nicht ersichtlich, warum man ausgerechnet so vorgehen sollte, doch am Ende der Reise klärt sich der Blick auf. Etwas fehlt auf alle Fälle: nämlich die Verstärkung. Unser idealer Kern wird vollständig gegengekoppelt und stellt nichts weiter als einen sogenannten Impedanzwandler dar, er entkoppelt die linke Seite von der rechten Seite. Die zurückgeführte Spannung muss auf einen Bruchteil reduziert werden, der später automatisch unserem Eingangssignal entsprechen wird.

It is not yet clear why we should proceed in this way, but at the end of the journey the view becomes clearer. Something is definitely missing: namely the amplification. Our ideal core is fully feedbackcoupled and represents nothing more than a so-called impedance converter, it decouples the left side from the right side. The returned voltage must be reduced to a fraction that will later automatically correspond to our input signal.

§3



Welche Höhe der Signalverstärkung wünschen wir uns denn? Leider dürfen wir nur eingeschränkt einen diesbezüglichen Wunsch äußern, denn letztendlich soll ein typisch frequenzabhängiger Verlauf eben dieser Verstärkung erzielt werden. Deshalb gehen wir vorläufig von einem linearen Faktor von $10 * 100 = 1000$ aus.

*What level of signal amplification do we want? Unfortunately, we are only allowed to express a limited wish in this respect, because ultimately a typical frequency-dependent course of this amplification should be achieved. For the time being, we therefore assume a linear factor of $10 * 100 = 1000$.*

$$1000 = (R3+R2) + R4 / R4$$

$$= 1 + (R3+R2) / R4$$

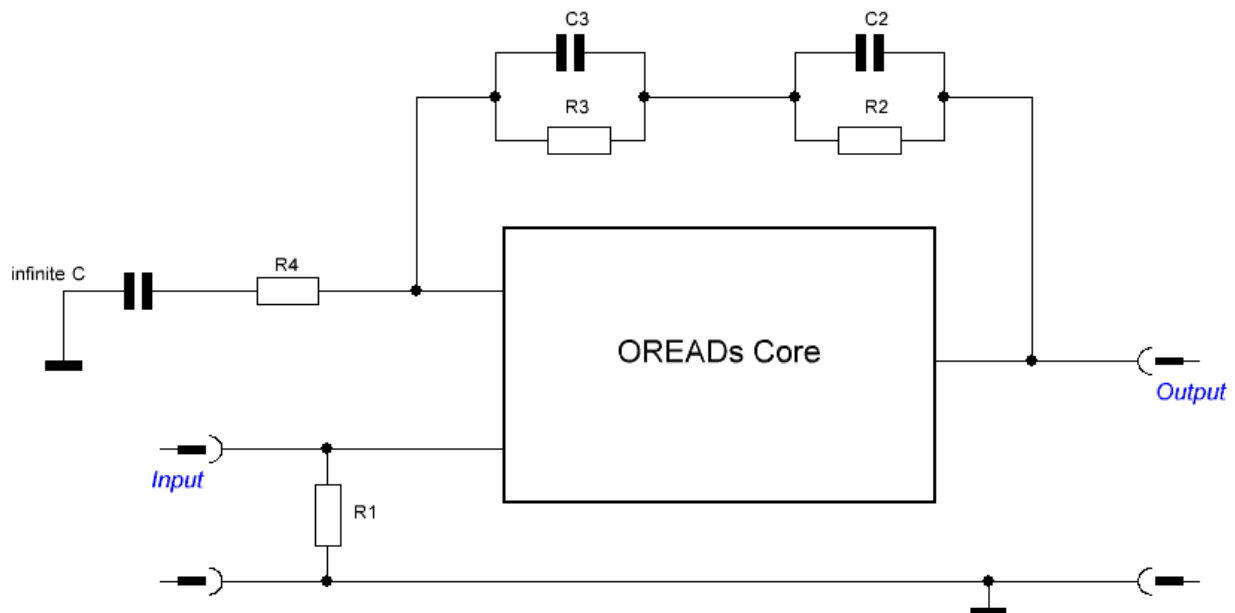
$$R4 = 150k\Omega / 999$$

$$= 150,15\Omega$$

Im folgenden Schritt unseres Leitfadens sorgen wir für die lineare Verzerrung, beziehungsweise stellen sie RIAA konform wieder zurück:

In the following step of our guide, we will take care of the linear distortion and reset it in accordance with the RIAA:

§4



Mit zunehmender Signalfrequenz wird die Verstärkung von 1000 auf 10 sinken, $1000/10 = 100$. Mit dem passenden Verhältnis von C2 zu C3 und den Produkten $C3 \cdot R3$ & $C2 \cdot R2$ stellt sich für eine Signalfrequenz von 1000Hz der Faktor 100 ein.

Eine Spannung von 5mV am Eingang des Entzerrers führt nun zu einer Ausgangsspannung von 0,5V.

$C2/C3 = 3,6$ ist der besagte Quotient. Allerdings hilft er uns aus der eingenommenen Perspektive, dem Leitfaden, noch nicht weiter. Wir benötigen die sogenannten Zeitkonstanten ... und ich kürze ab:

As the signal frequency increases, the gain decreases from 1000 to 10, $1000/10 = 100$ with the appropriate ratio of C2 to C3 and the products $C3 \cdot R3$ & $C2 \cdot R2$, the factor 100 is set for a signal frequency of 1000Hz.

A voltage of 5mV at the input of the equalizer now leads to an output voltage of 0.5V.

$C2/C3 = 3.6$ is the aforementioned quotient. However, it does not yet help us from the perspective we have adopted, the guide. We need the so-called time constants ... and I will abbreviate:

$$\begin{aligned} C3 &= 75\mu\text{sec} / R3 \\ &= 0,000075\text{sec} / 11,737\text{k}\Omega = 6,39\text{nF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C2 &= 3,183\text{msec} / R2 \\ &= 0,003183\text{sec} / 138,263\text{k}\Omega = 23,021\text{nF} \end{aligned}$$

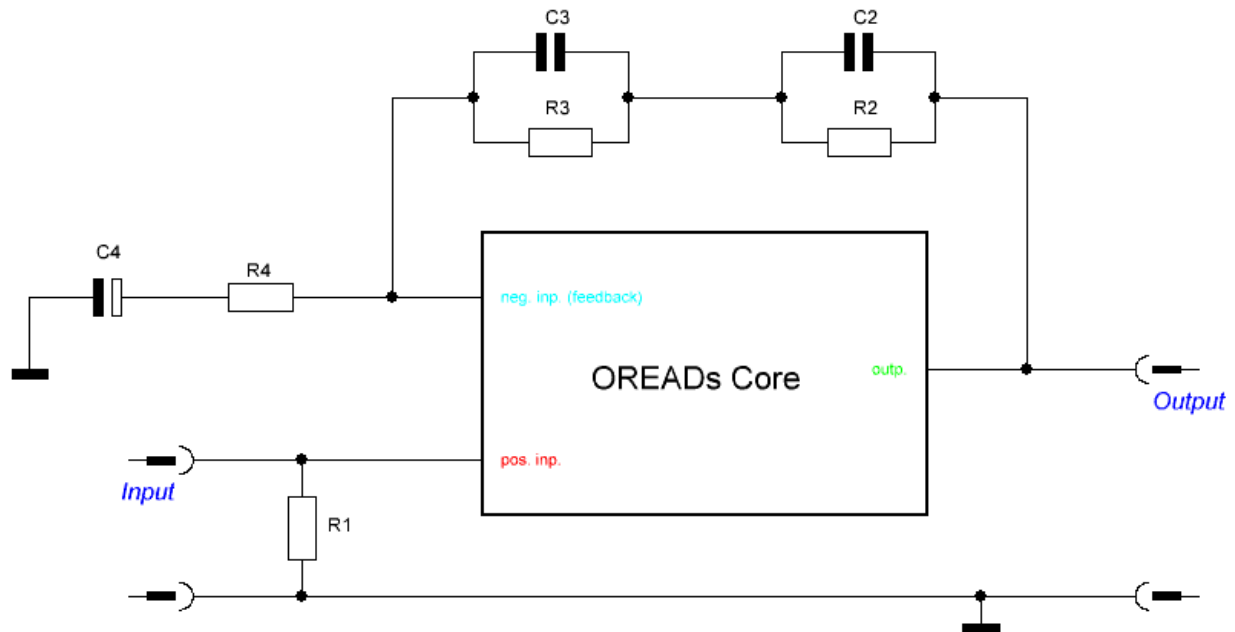
Ich berechne zur Probe $(R3||R2) * (C3+C2)$, dieses Produkt muss $318,186\mu\text{sec}$ ziemlich genau entsprechen.

*I calculate $(R3||R2) * (C3+C2)$, this product must correspond to $318.186\mu\text{sec}$ quite exactly.*

Die einzige Aufgabe unseres unendlich großen Serienkondensators C_{∞} ist es, einen unendlich großen Blindwiderstand für Signalfrequenzen, die gegen Null streben darzustellen. $X(\omega) = 1 / (\omega * C_{\infty})$ Leider existiert dieses ideale Bauelement nicht.

*The only task of our infinitely large series capacitor C_{∞} is to represent an infinitely large reactance for signal frequencies approaching zero.
 $X(\omega) = 1 / (\omega * C_{\infty})$ Unfortunately, this ideal component does not exist.*

§5



Wir wählen einen geeigneten Elektrolytkondensator und berechnen einen Anhaltspunkt für den Wert von $C4$. Da $R3+R2$ wesentlich größer als $R4$ ist, betrachten wir nur die Serienschaltung aus $R4$ & $C4$ und legen fest $|X_{C4}| = R4$.

Doch bei welcher Frequenz sollen die Beträge gleich groß sein? bei $f < 2\text{Hz}$.

We select a suitable electrolytic capacitor and calculate a reference point for the value of $C4$. As $R3+R2$ is considerably larger than $R4$, we only consider the series connection of $R4$ & $C4$ and define $|X_{C4}| = R4$.

But at what frequency should the amounts be the same? at $f < 2\text{Hz}$.

$$C4 > 1 / (2 * \pi * f * R4)$$

$$> 530 \mu\text{F}$$

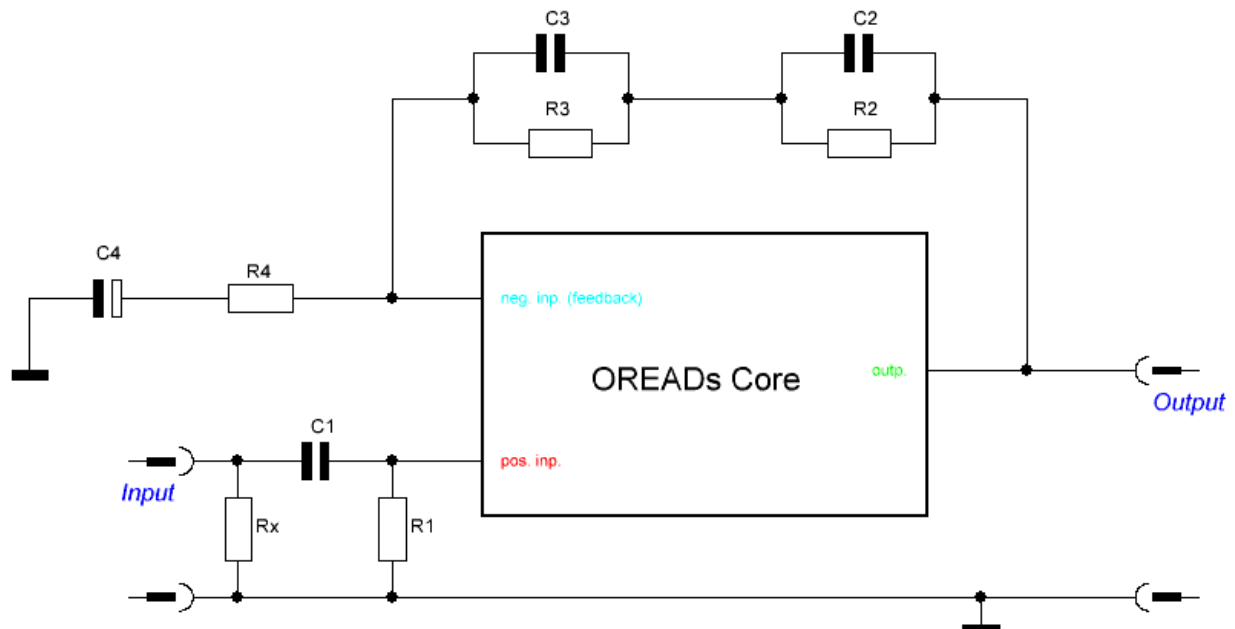
Wesentlich besser ist die theoretische Forderung $f \ll 1\text{Hz}$. Es führt hier zu weit, auf die Hintergründe einzugehen und würde den Leitfaden sprengen. Im Hinterkopf darf man sich jedoch merken, dass C4 niemals die untere Grenzfrequenz f_{ug} des Entzerrers bestimmen darf.

The theoretical requirement $f \ll 1\text{Hz}$ is much better. It would go too far to go into the background here and would go beyond the scope of this guide. However, it is important to remember that C4 must never determine the lower cut-off frequency „ f_{ug} “ of the equalizer.

Dafür ist der Hochpass 1. Ordnung am Eingang unseres Vorverstärkers nämlich prädestiniert.

The first-order high-pass filter at the input of our preamplifier is predestined for this.

§6



C1 darf jetzt kein Elektrolytkondensator sein, ein Elektrolytkondensator müsste an dieser Stelle anders dimensioniert werden als ein Folientyp.

Ich lege die Eckfrequenz mit 5Hz fest und berechne einen Anhaltspunkt:

C1 must not be an electrolytic capacitor now, an electrolytic capacitor would have to be dimensioned differently than a foil type at this point.

I set the cut-off frequency at 5Hz and calculate a reference point:

$$\begin{aligned} C1 &> 1 / (2 * \pi * 5\text{Hz} * 150\text{k}\Omega) \\ &> 212,21\text{nF} \end{aligned}$$

Rx wird bekanntlich vom bevorzugten Tonabnehmer (von den Herstellerangaben) bestimmt, mit $R_x = 68,45\text{k}\Omega$ würde das System einen Abschluss von $47\text{k}\Omega$ parallel C_x sehen, wenn es in den Eingang hineinsehen könnte.

R_x is known to be determined by the preferred pickup (from the manufacturer's specifications), with $R_x = 68.45\text{k}\Omega$ the system would see a termination of $47\text{k}\Omega$ in parallel C_x if it could see into the input.

Anmerkung:

Alle sechs Schritte oder Paragraphen gehen davon aus, dass sich der Kern wie ein idealer Operationsverstärker verhält. Gesucht wird also ein für den jeweiligen Anwendungsfall einsetzbares, praxisgerechtes Ideal - ein realer Verstärker.

Remark:

All six steps or paragraphs assume that the core behaves like an ideal operational amplifier. The search is therefore for a practical ideal that can be used for the respective application - a real amplifier.