

ONTWERP EN RESULTATEN VAN DE 'TEMPORAL COHERENCE' PICK-UP VOORVERSTERKER

Auteur: Dr. Hans R.E. van Maanen

Datum van uitgifte: 31 Januari 2020

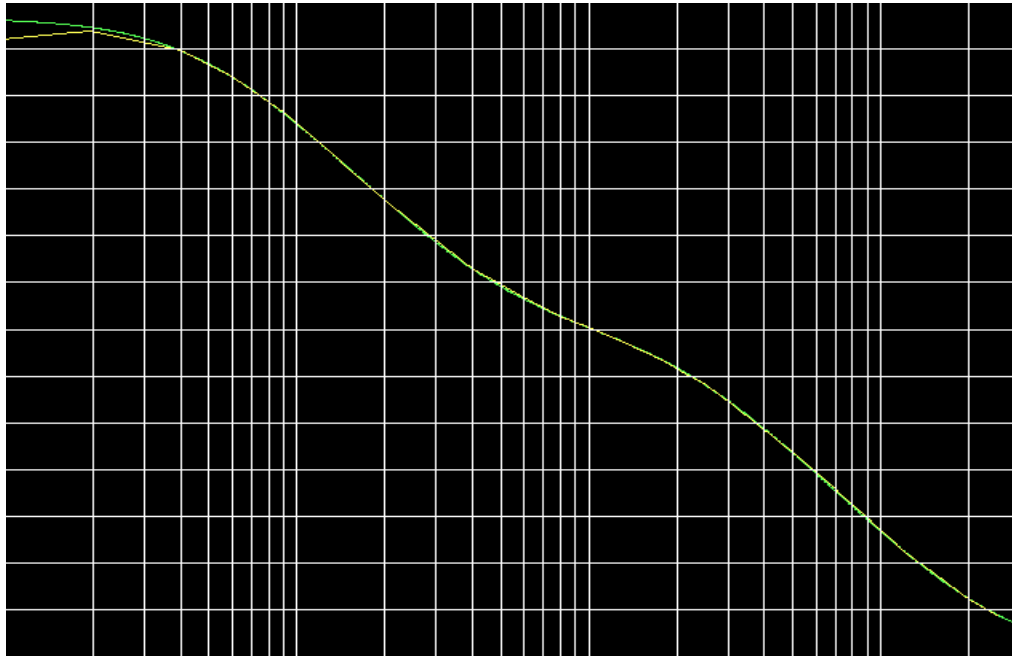
De wederopstanding van vinyl heeft ons gestimuleerd om een pick-up voorversterker te ontwikkelen omdat hier vanuit de markt belangstelling voor is. Een ketting is even sterk als de zwakste schakel, dus is de kwaliteit van de bron cruciaal voor het eindresultaat van de geluidsreproductie. Het zou geen verbazing moeten wekken dat wij, bij 'Temporal Coherence', kritisch zijn over het ontwerp van veel audiosystemen, dus daarom hebben wij een pick-up voorversterker ontworpen langs de conceptuele lijnen van onze andere apparatuur. Dit houdt in dat de *gehoormatige* kwaliteit op de eerste plaats komt en dat het *dynamisch* gedrag van de versterker voor muzieksignalen leidend is. Uitgebreidere informatie hierover is te vinden in een eerder rapport ('Is terugkoppeling de Haarlemmer olie voor High-End Audio?', 14 mei 2017, www.temporalcoherence.nl) en deze zal daarom hier niet herhaald worden. Uiteraard zijn er specifieke eigenschappen vereist voor het ontwerp van een pick-up voorversterker: de versterking van het zwakke signaal, vooral van elektro-dynamische elementen, en de correctie van de plaatsnij(frequentie)karakteristiek. Beide aspecten zullen hieronder nader worden toegelicht.

Voor de eenvoud zullen we elektrodynamische elementen aanduiden met 'MC', afkomstig van de Engelstalige naam 'moving coil' en magnetodynamische met 'MM' van 'moving magnet'.

MC elementen genereren, afhankelijk van het merk en type, 0,2 – 0,4 mV signaal. Dit is grofweg een orde van grootte kleiner dan MM elementen, maar beide zijn veel te klein om direct gebruikt te kunnen worden: de sterkte van een lijn-sigitaal ligt rond de 200 – 500 mV. Gewoonlijk wordt met een voor-voorversterker het signaal van een MC element ongeveer 10 maal versterkt om dit op het niveau van MM elementen te brengen. Het belangrijkste probleem van een voor-voorversterker is ruis. In de 'Temporal Coherence' pick-up voorversterker wordt dit aangepakt door vier 'transistoren' parallel te schakelen omdat op die manier de versterking vier maal groter wordt, maar de ruisbijdrage slechts twee maal. De signaal-ruis afstand wordt zo 6 dB groter. De verbetering is te danken aan de stochastische eigenschappen van de ruis in transistoren, waardoor deze optelt met de wortel uit het aantal parallelle transistoren. Gebleken is dat de ruis dan ver beneden de ruis van de plaat zelf is. Verdere verbetering is mogelijk ten koste van snel stijgende kosten, maar dit is dus niet nodig. De reden dat 'transistoren' tussen aanhalingstekens staat is dat in de ontwerpen van 'Temporal Coherence' transistoren niet op de gebruikelijke wijze worden bedreven, maar op een andere wijze zijn geconfigureerd om de vervormingen, die gehoormatig irritant zijn, met een factor 20 te onderdrukken.

Het signaal van de voor-voorversterker of een MM element wordt verder versterkt, maar frequentie-afhankelijk. Dit is om te corrigeren voor het frequentie-afhankelijk snijden van de plaat. Er zijn twee redenen om de plaat zo te snijden: de amplitude van de modulatie in de groef en de plaatruis. Als het signaal van het pick-up element frequentie-onafhankelijk zou moeten zijn, is de amplitude in de groef omgekeerd evenredig met de frequentie. Dan zouden lage frequenties aanleiding geven tot grote amplitudes en zo de hoeveelheid informatie op de plaat sterk beperken en daarmee ook de speelduur. Om dit te vermijden worden de lage frequenties

bij het snijden onderdrukt. Plaatruis is onvermijdelijk en derhalve worden de hogere frequenties sterker op de plaat gezet. Bij het afspelen moeten deze worden onderdrukt en daarmee ook de plaatruis. De vereisten zijn vastgelegd in de RIAA (Recording Industries Association of America) karakteristiek (1955) en omvat de tijdconstanten van 3180, 318 en 75 μ s, corresponderend met frequenties van 50, 500 en 2120 Hz. Bij weergave dient de correctie plaats te vinden middels het spiegelbeeld van deze karakteristiek, zoals te zien in fig. 1, groene kromme.

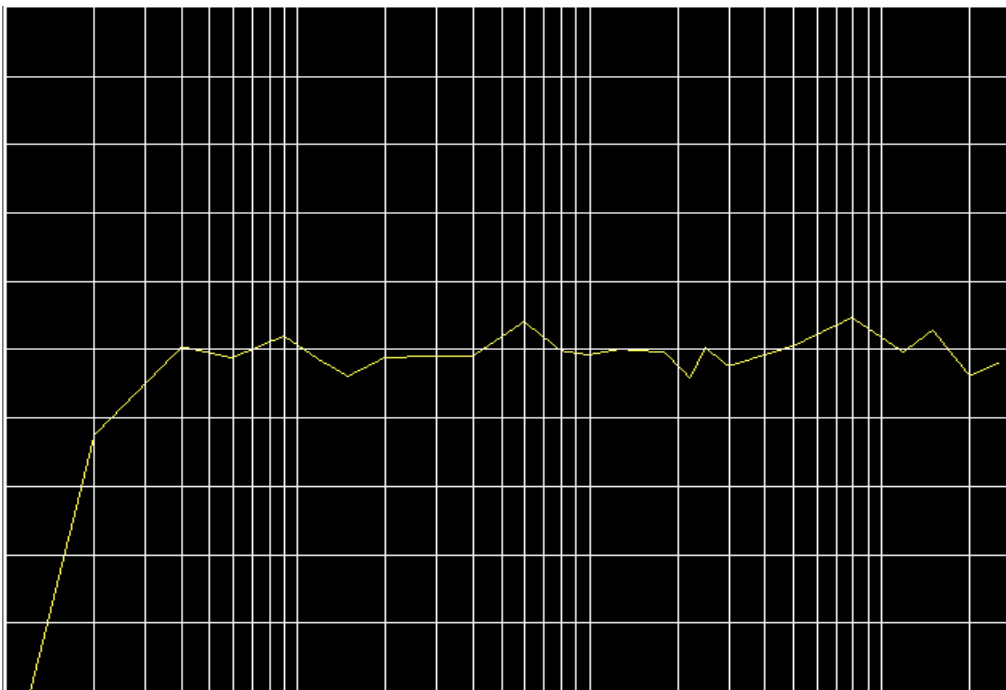


Figuur 1: *Berekende (groen) en gemeten (geel) frequentie responsie van de RIAA correctie. Verticale schaal 3 dB/div. Horizontale schaal 10 Hz – 30 kHz.*

Helaas zijn, met de huidige kennis en inzichten, de keuzes van destijds verre van ideaal: de selectie van twee tijdconstanten in het middengebied resulteert in een slingerende fasekarakteristiek rond deze frequenties, welke echter nauwkeurig dient te worden gecorrigeerd om hoorbare afwijkingen te vermijden. Dit was in 1955 nog geen punt inde overwegingen, maar er is sinds die tijd de nodige vooruitgang geboekt. Daarom dient de karakteristiek van figuur 1 met een hoge precisie te worden geïmplementeerd om hoorbare effecten te vermijden.

Er zijn in principe twee manieren om deze karakteristiek te implementeren: de eerste, en de meest gebruikelijke, is om een frequentie-afhankelijk terugkoppelnetwerk te gebruiken met een geïntegreerd circuit (IC), een operationele versterker (OpAmp) of een met discrete componenten opgebouwde versterker. De tweede benadering is het gebruik van passieve netwerken tussen (lineaire) versterkerblokken. De pick-up voorversterker van 'Temporal Coherence' maakt gebruik van de tweede werkwijze. De belangrijkste redenen zijn te vinden in het bovengenoemde web-artikel, waarbij opgemerkt kan worden dat het frequentie-afhankelijke netwerk deze problemen benadrukt omdat het dynamische bereik van de versterker met tenminste 40 dB wordt vergroot. Bij het gebruik van passieve netwerken wordt dit voorkomen ten koste van meer benodigde versterking daar passieve netwerken het signaal verzwakken. Omdat de gehoormatige kwaliteit op de eerste plaats komt, wordt dit nadeel voor lief genomen.

De resulterende karakteristiek is gemeten teneinde te controleren of de actuele implementatie aan de bovengestelde eisen voldoet. In de gele curve in fig. 1 staan de meetresultaten en deze volgen zeer nauwkeurig de theoretische (groene) curve, zij het dat bij zeer lage frequenties een klein verschil is waar te nemen. Dit verschil is doelbewust aangebracht om 'rumble' van de plaat te onderdrukken. 'Rumble' wordt veroorzaakt door het niet perfect vlak zijn van de plaat, waardoor zeer lage frequenties in het uitgangssignaal worden opgewekt, die aanleiding kunnen geven tot problemen met de vermogensversterker en / of de luidsprekers. Daarom worden de laagste frequenties met een mild hoogdoorlaat filter onderdrukt, zoals in de gele curve te zien is. De verschillen tussen de theoretische en de gemeten curve worden in fig. 2 getoond. Het onregelmatige karakter wordt veroorzaakt door de onzekerheid in de individuele metingen en is niet gerelateerd aan de eigenlijke gedragingen van de pick-up voorversterker. Desondanks kan uit deze meetresultaten worden geconcludeerd dat de individuele afwijkingen van de theoretische curve minder dan 0,1 dB zijn tussen 30 Hz en 25 kHz met een gemiddelde afwijking van 0,0465 dB. Het is maar zeer de vraag of deze verschillen toegeschreven moeten worden aan de voorversterker of aan de meetonzekerheid.



Figuur 2: *Verskil tussen de berekende en de gemeten frequentiekarakteristiek van de RIAA correctie. Verticale schaal 0,2 dB/div. Horizontale schaal 10 Hz – 30 kHz. De verschillen bij lage frequenties worden veroorzaakt door rumble filtering.*

De versterker is in staat om signalen van zowel MC als MM elementen te verwerken. Om een optimaal resultaat te bereiken worden twee aparte ingangen gebruikt. Het schakelen tussen deze twee zou gemakkelijk tot problemen kunnen leiden als 'gewone' schakelaars gebruikt zouden worden. Daarom worden alle schakelfuncties verzorgd door gasgevulde microrelais op de printen. De schakelaars op de voor- en achterzijde schakelen alleen de stroom die het relais bekrachtigt. De andere schakelfuncties die beschikbaar zijn controleren de ingangsimpedantie van de MC ingang en de signaalsterkte aan de uitgang. De ingangsimpedantie voor MC elementen is niet gestandaardiseerd en het geluidsbeeld kan worden geoptimaliseerd door 50,

100 of 200 Ω te selecteren. Deingangsimpedantie van de MM ingang is vast ingesteld op de standaardwaarde van 47 k Ω . De sterkte van het signaal, opgewekt door zowel MC als MM elementen, hangt af van het merk en het type. Hierdoor zouden hinderlijke verschillen met de sterkte van andere signaalbronnen, zoals een CD-speler, kunnen ontstaan. Daarom kan de sterkte van het uitgangssignaal van de 'Temporal Coherence' pick-up voorversterker in stappen van 6 dB (-6, 0 of +6 dB) worden aangepast.

De pick-up voorversterker is opgebouwd met discrete componenten omdat alleen dan de optimale gehoormatige kwaliteit kan worden bereikt. Als onderdelen als OpAmps worden gebruikt is de ontwerper geheel afhankelijk van de interne eigenschappen van de OpAmps, die niet noodzakelijkerwijze optimaal zijn voor de eisen, die door de ontwerpers van 'Temporal Coherence' gesteld worden.

'Geen apparaat kan beter zijn dan zijn voeding' is het standpunt van het 'Temporal Coherence' ontwerp team, daarom wordt alle voedingsspanningen geregeld door discreet opgebouwde serieregelaars zodat deze noch van de netspanning, noch van het signaal dat de voorversterker moet verwerken, afhangen. Het basis-ontwerp van deze regelaars is in de laatste 50 jaar niet noemenswaardig gewijzigd, dus het heeft zijn sporen wel verdiend.

De pick-up voorversterker van 'Temporal Coherence' is gerecenseerd door Ruud Jonker van het Nederlandstalige HiFi blad 'Music Emotion'. Deze recensie is ook op de website www.temporalcoherence.nl beschikbaar.