



# Technische achtergronden voor het ontwerp van de “Temporal Coherence” pick-up voorversterker



Dr. Hans R.E. van Maanen



# Wie ben ik?

Hans van Maanen (geen familie van.....)

Achtergrond als natuurkundige

Hoofd ontwerper van Temporal Coherence

Frequent bezoeker van Concertgebouw

Streeft naar natuurgetrouwheid in weergave

Aspecten als tijdgedrag, detaillering, transparantie en het onderdrukken van gehoormatig storende vervorming zijn sturend in de ontwerpen



# Inhoud presentatie

Hoe werkt een pick-up element?

Wat zijn magneto- en elektro-dynamische elementen?

Wat zijn de verschillen en waarom?

Wat is de plaatsnijkarakteristiek?

Waarom is deze zo gekozen?

Amplitude- en fasekarakteristiek



# Inhoud presentatie

Hoe moet de plaatsnijkarakteristiek worden gecorrigeerd?

Aanpak algemeen

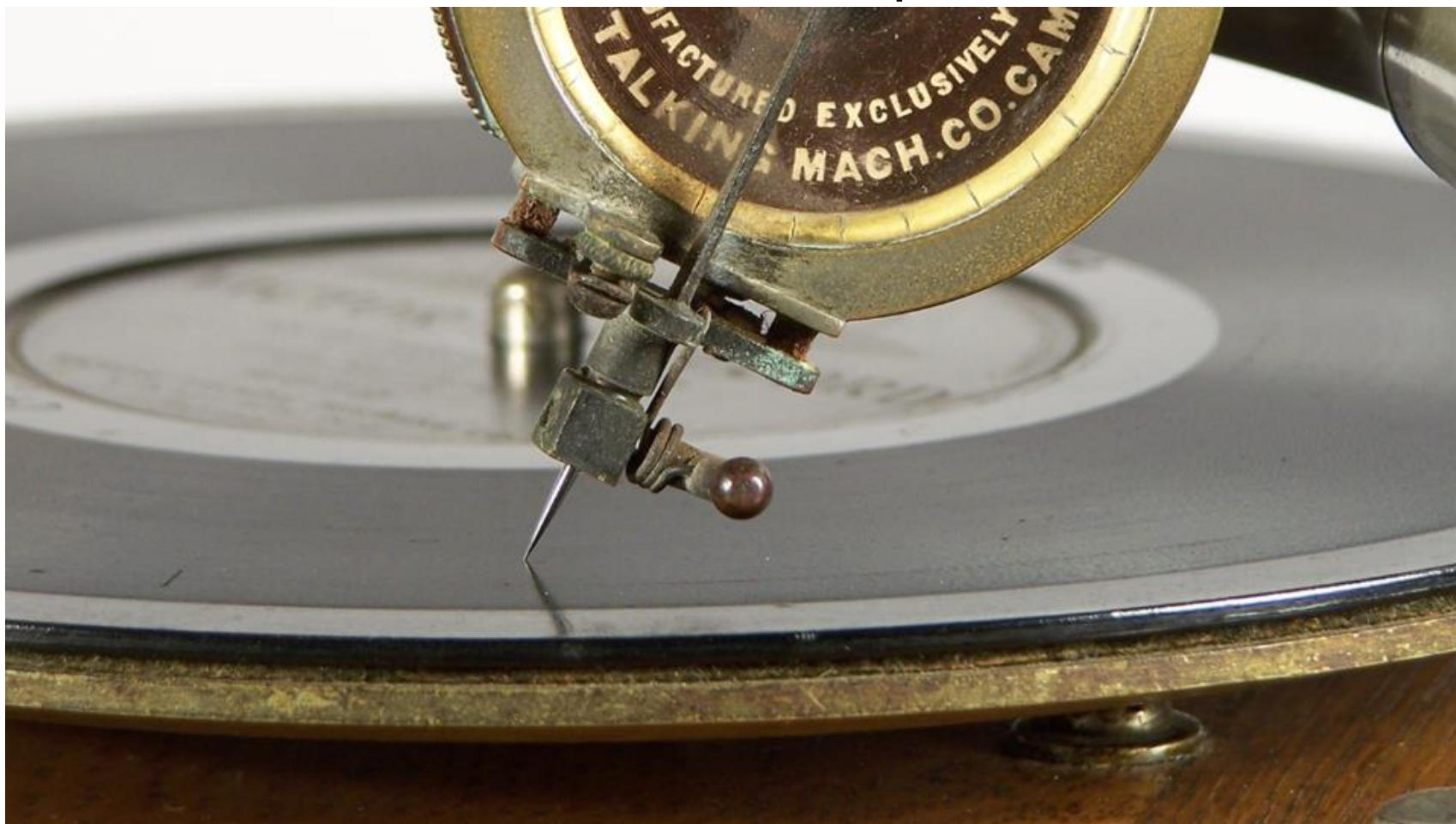
Aanpak TC pick-up voorversterker

Specifieke ontwerpeigenschappen TC

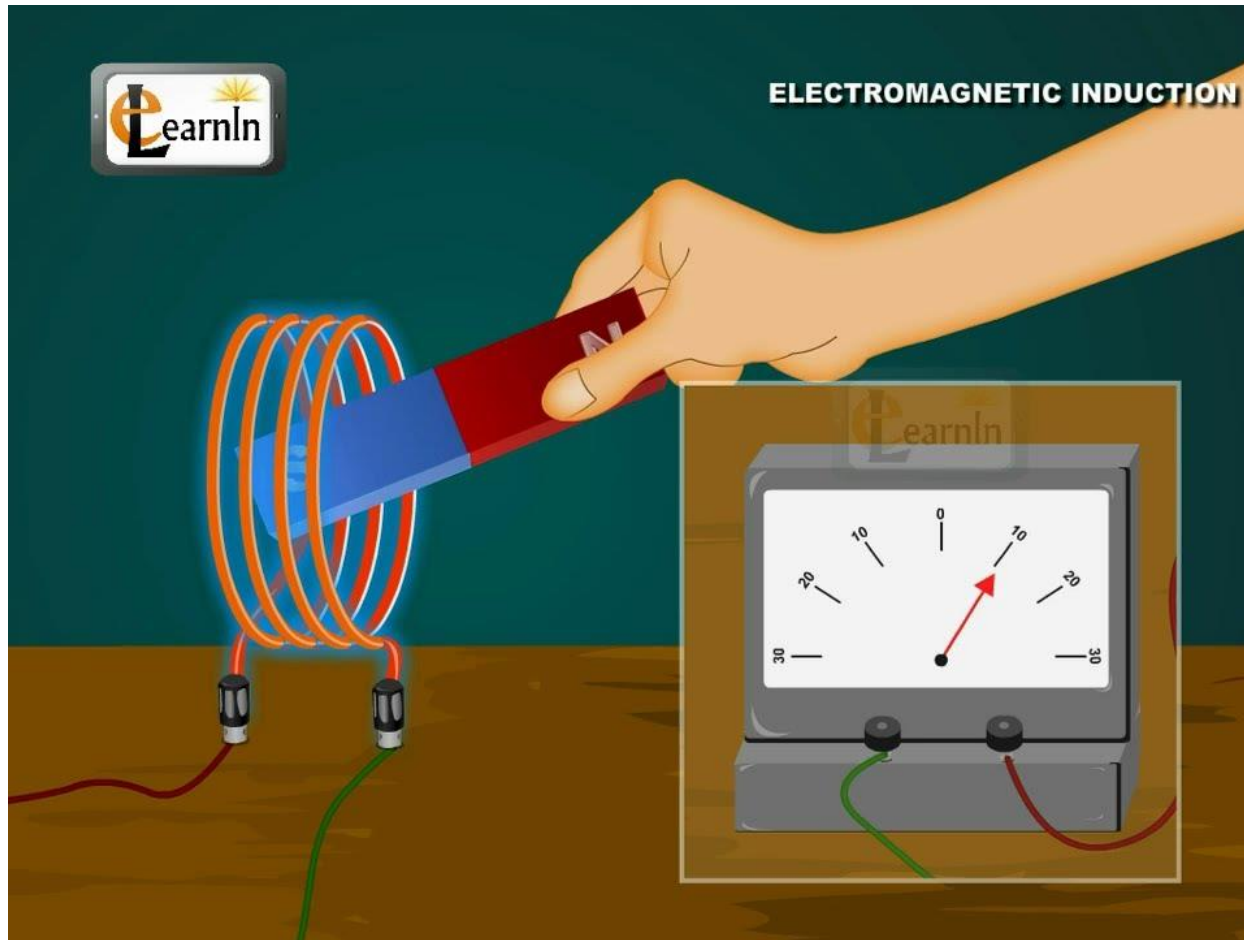
Resultaten en conclusies



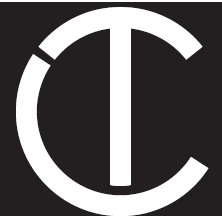
# Puur mechanische reproductie



# Magnetische inductie

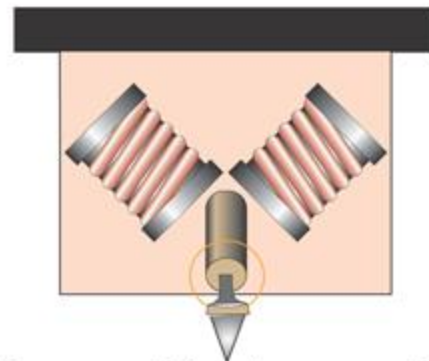
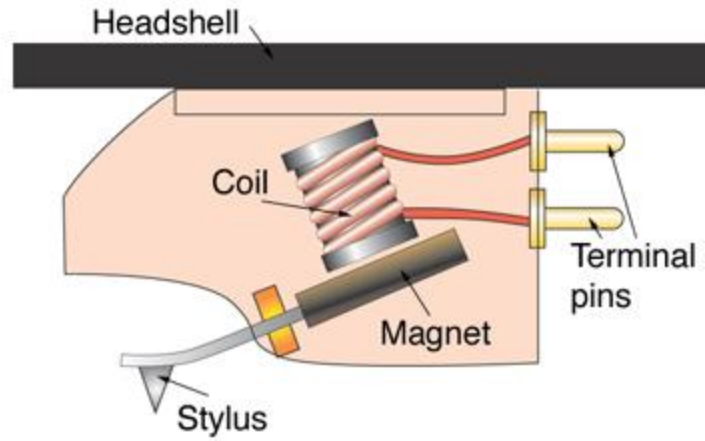


# De ouderwetse fietsdynamo



*Temporal Coherence*

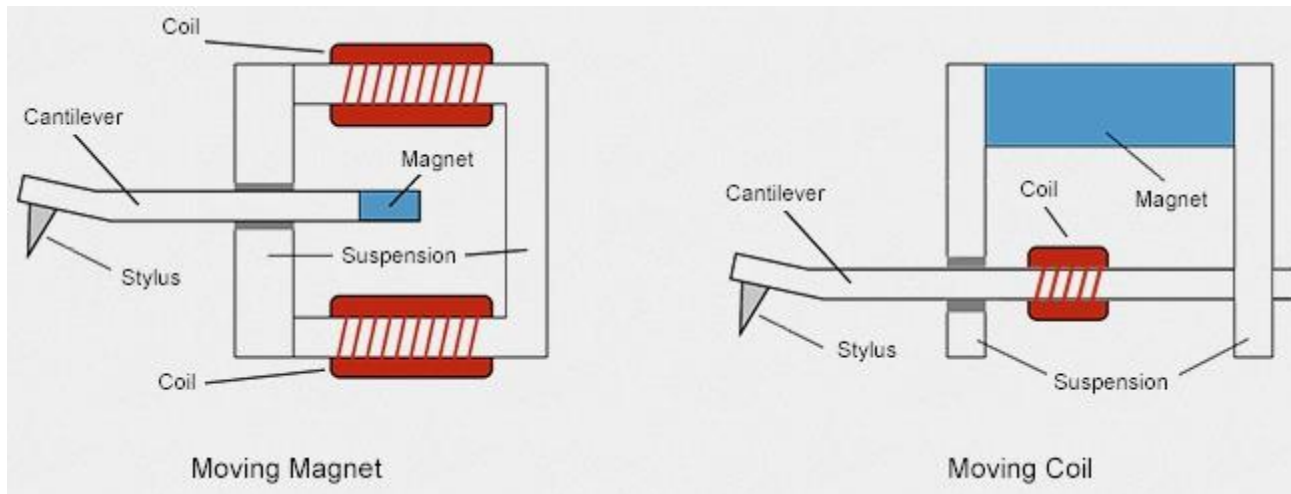
# Principe toegepast op pick-up element



Coils arranged for stereo reproduction



# Zowel magneet als spoel mag bewegen



# Waarom MC en MM elementen?

Waarom zijn er magneto-dynamische (MM) en electro-dynamische (MC) pick-up elementen?

Wat maakt het uit of de magneet of het spoeltje beweegt? Ook versnelde bewegingen zijn immers relatief (sinds 1915)

Nadeel van MC is het zwakke signaal (0,3 – 0,5 mV) omdat het spoeltje klein en licht moet blijven

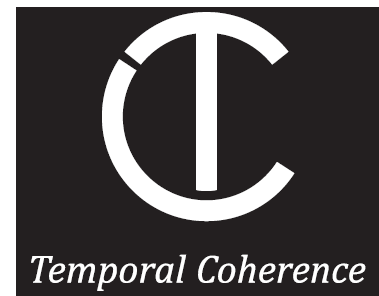


# Nadeel van MM elementen

Bij MM elementen beweegt het magneetje, dus je kunt de spoel net zo groot maken als je wilt. Meer windingen is meer signaal:

MM geeft grofweg daarom 10 – 20 maal zoveel signaal

Maar: dan slaat de wet van behoud van ellende toe



# Elektrisch gedrag van MM element

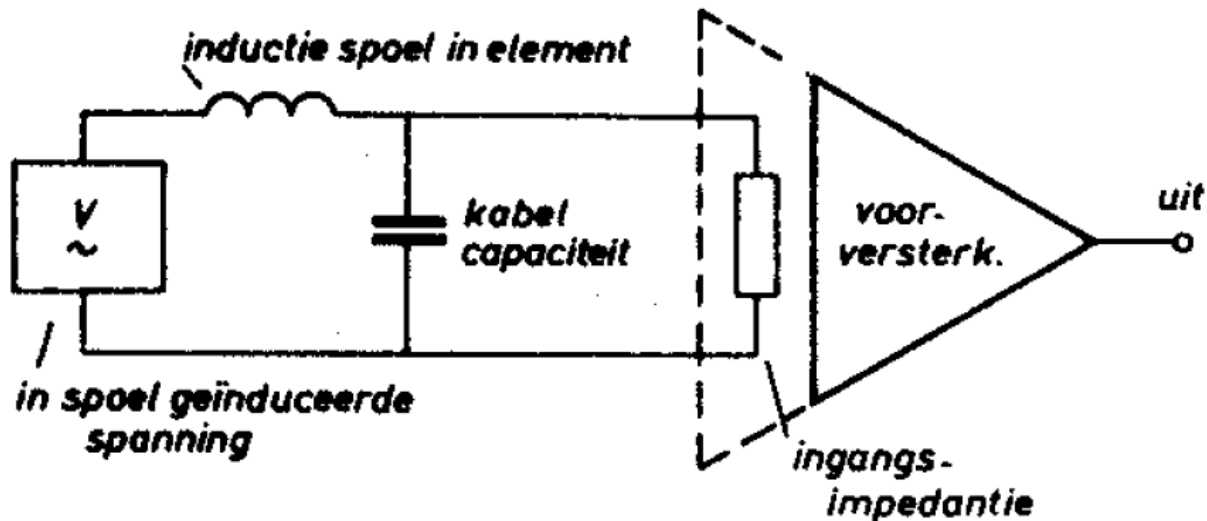
Door de spoel flink groter te maken neemt ook de zelfinductie toe. Het element moet echter met een kabel op de versterker worden aangesloten. De (afgeschermd) kabel heeft echter ook een capaciteit, deze gedraagt zich dus ook als een condensator.

De combinatie van spoel, (kabel)capaciteit eningangsimpedantie van de versterker gedraagt zich als een tweede orde laagdoorlaatfilter



# Elektrisch gedrag van MM element

*Fig. 2. Na thévenin transformatie herkent men makkelijker een 2<sup>e</sup> orde laagdoorlaatfilter, zoals bijv. ook in luidsprekerscheidingsfilters wordt toegepast.*



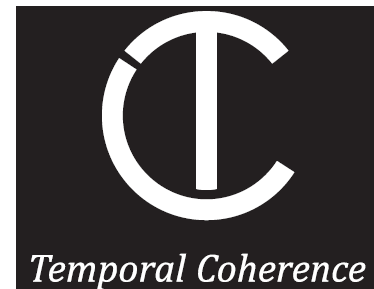
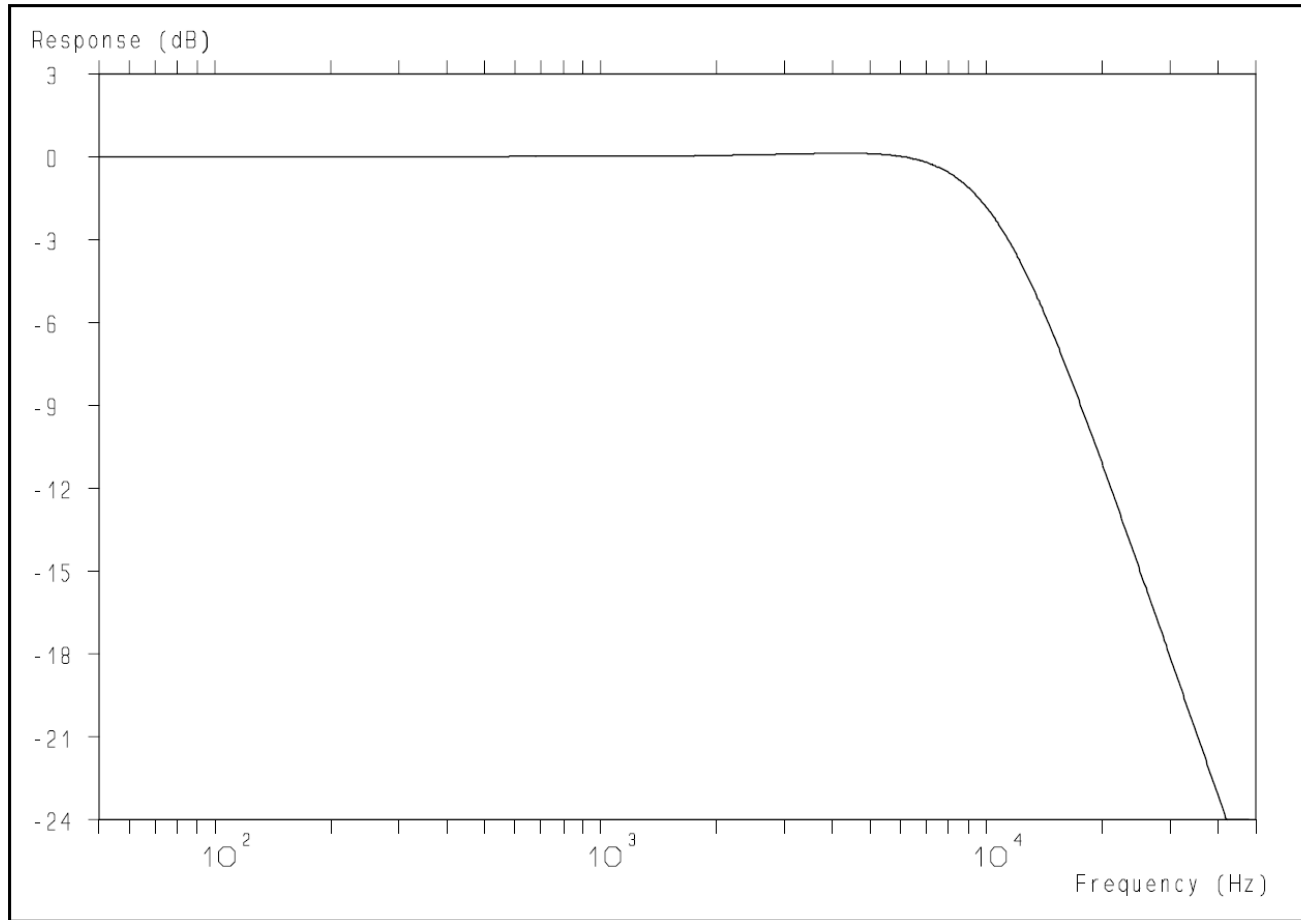
# Elektrisch gedrag van MM element

De laagdoorlaateigenschappen zouden niet zo'n probleem zijn als dit zich pas buiten de audioband zou manifesteren. Maar, helaas, uit de gegevens blijkt dat de kantelpunten tussen de 8 en 12 kHz liggen.

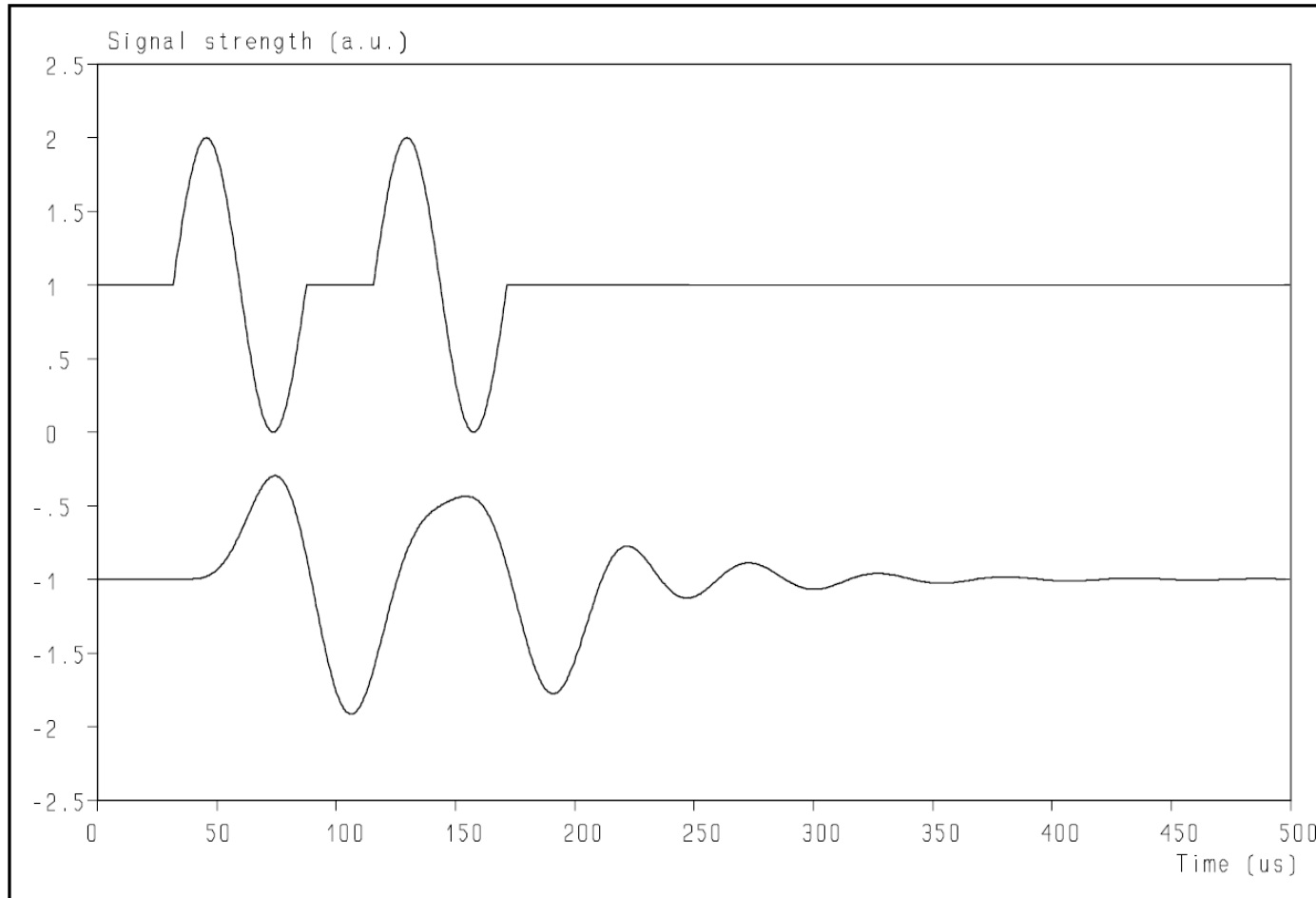
Dit hebben de ontwerpers 'opgelost' door een mechanische resonantie aan te brengen rond de 19 kHz, waardoor het element voor continue tonen wel de 20 kHz haalt, maar een slecht impulsgedrag krijgt.



# Laagdoorlaatfiltering MM element



# Aantasting tijdgedrag MM elementen





# Hoorbare effecten MM en MC elementen

Hetzelfde probleem treedt uiteraard op bij MC elementen, maar omdat het spoeltje veel kleiner is, liggen de kantelfrequenties voor MC elementen tussen de 60 en 90 kHz. Daardoor is het gedrag voor impulsmatige geluiden (bijv. metalen percussie, triangel) aanzienlijk beter dan van MM elementen.



# Achtergronden plaatsnijkarakteristiek

I.h.a. zijn lage tonen sterker dan midden- en hoge tonen. Daardoor nemen de lage tonen relatief veel ruimte in beslag en worden de hoge tonen zwak vastgelegd. Met als gevolg beperkte speelduur en een slechte signaal-ruis verhouding.



# Achtergronden plaatsnijkarakteristiek

Omdat het met dynamische elementen niet meer nodig is om alle tonen even sterk op de plaat te zetten, werden deze problemen aangepakt door de lage tonen verzwakt en de hoge tonen versterkt op de plaat vast te leggen. Aanvankelijk hadden alle merken hun eigen 'normen', maar dat was nogal lastig voor de gebruiker. Experts konden er wellicht nog wel mee omgaan (met een lijst van de kantelpunten voor elk label naast de speler), voor een modale gebruiker was dit ondoenlijk.



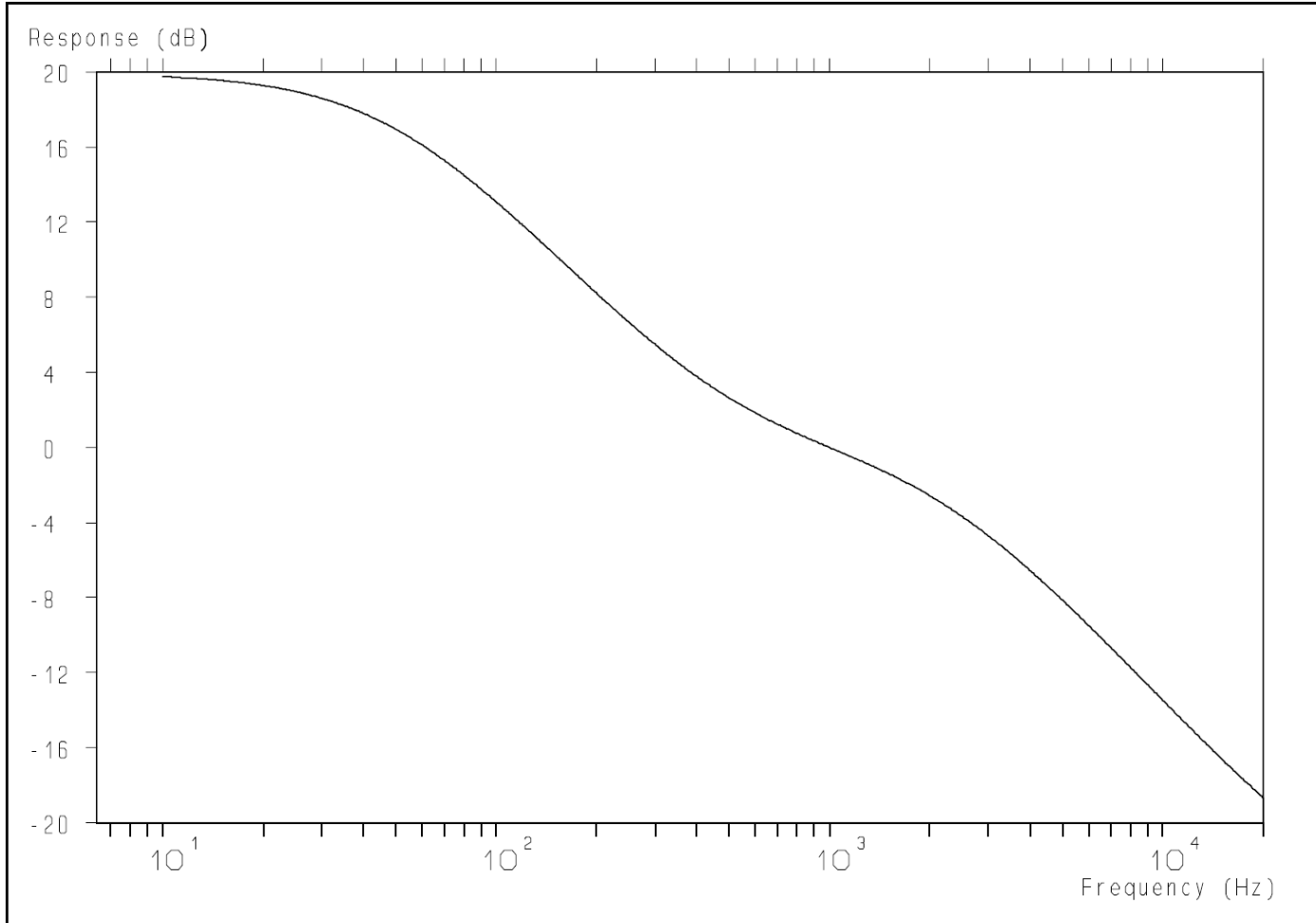
# Keuzes RIAA karakteristiek

Rond 1955 is besloten om één norm vast te stellen voor de plaatsnijkarakteristiek: de RIAA karakteristiek. (RIAA = Recording Industry Association of America)

Helaas zijn de keuzes, die destijds gemaakt zijn, naar onze huidige inzichten, niet ideaal (beleefd uitgedrukt).



# Correctie voor RIAA karakteristiek (amplitude)



# Keuzes RIAA karakteristiek

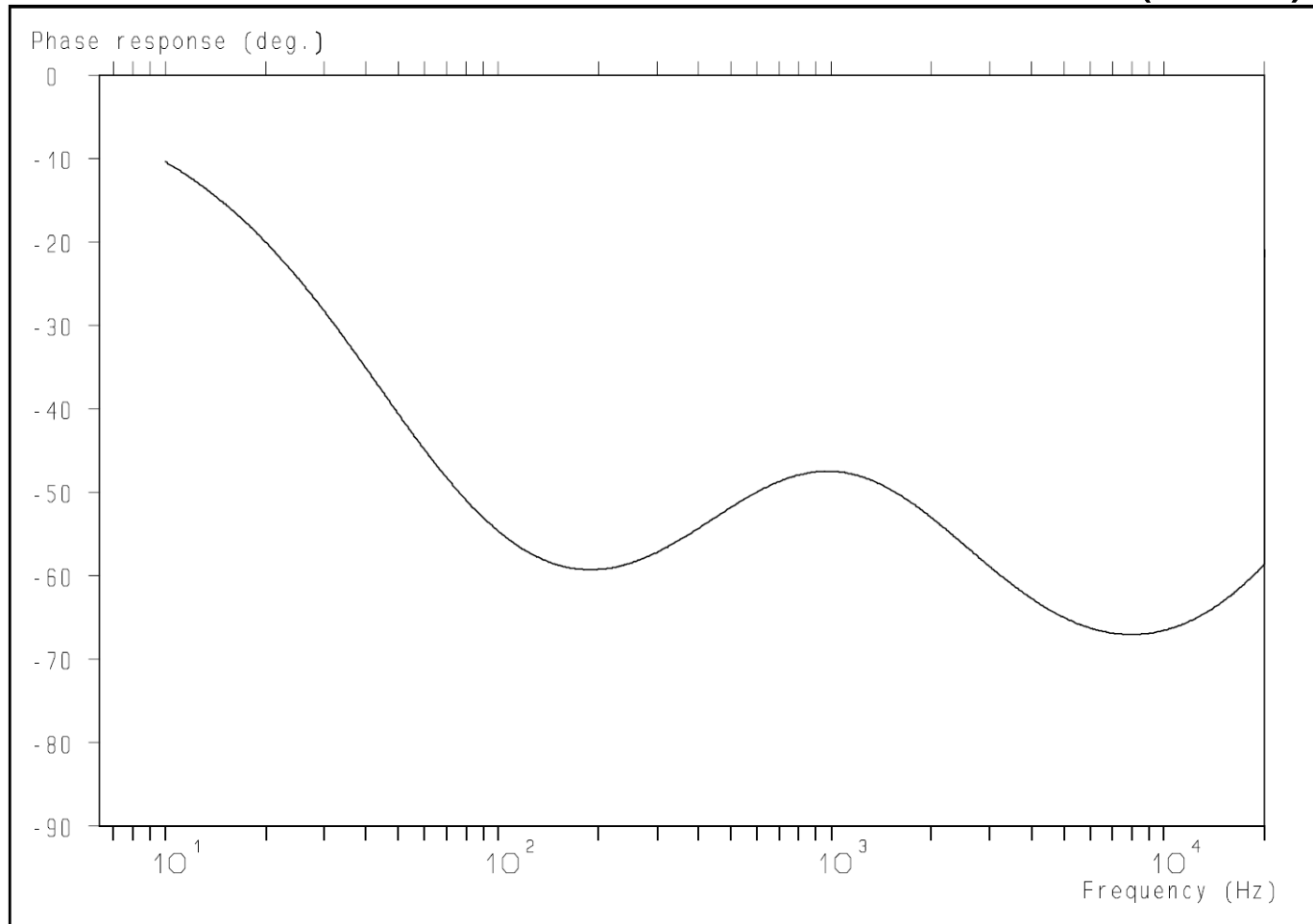
Bij weergave moet het laag worden opgehaald, 1<sup>e</sup> orde systeem met kantelpunten van 50 en 500 Hz. Het hoog moet worden onderdrukt, 1<sup>e</sup> orde systeem met kantelpunten van 2120 en 32 000 Hz.

Doordat twee kantelpunten in het middengebied liggen (waar ons gehoor het meest gevoelig is!) krijg je daar een onwenselijke fasekarakteristiek.

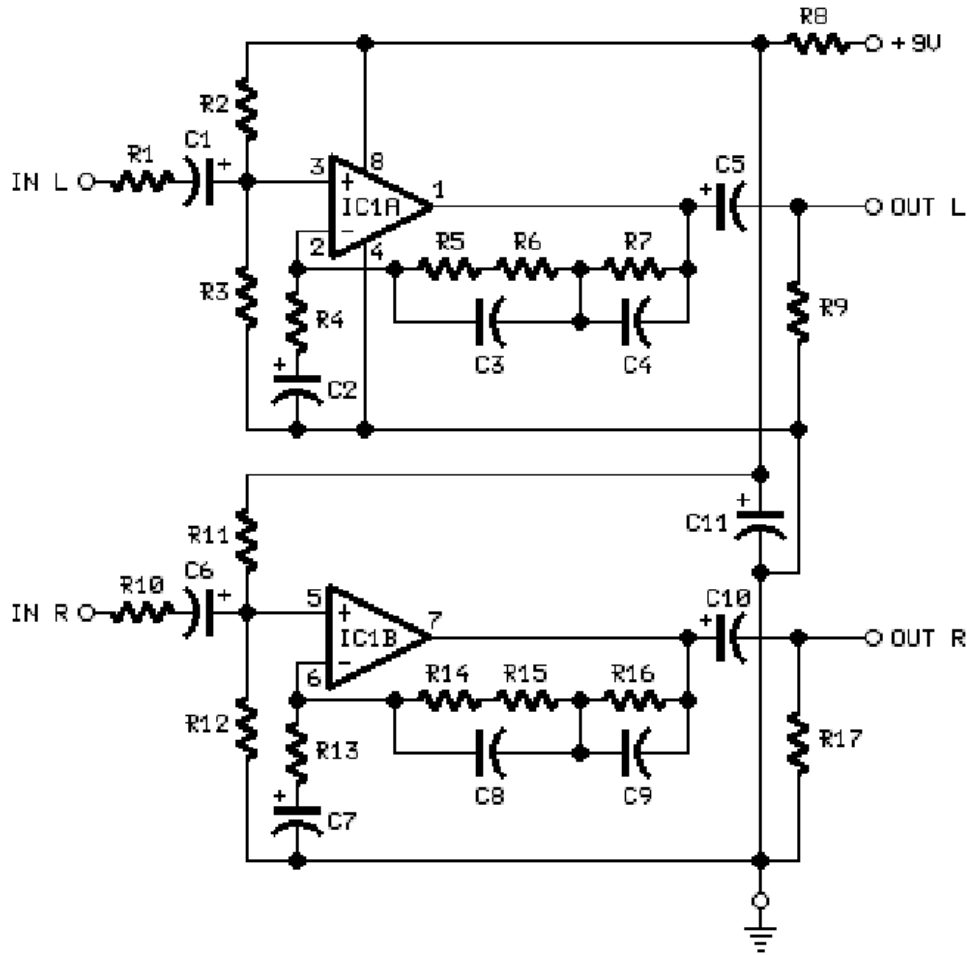
Om de fase correct te houden moet de amplitudekarakteristiek zeer nauwkeurig gevolgd worden.



# Correctie voor RIAA karakteristiek (fase)

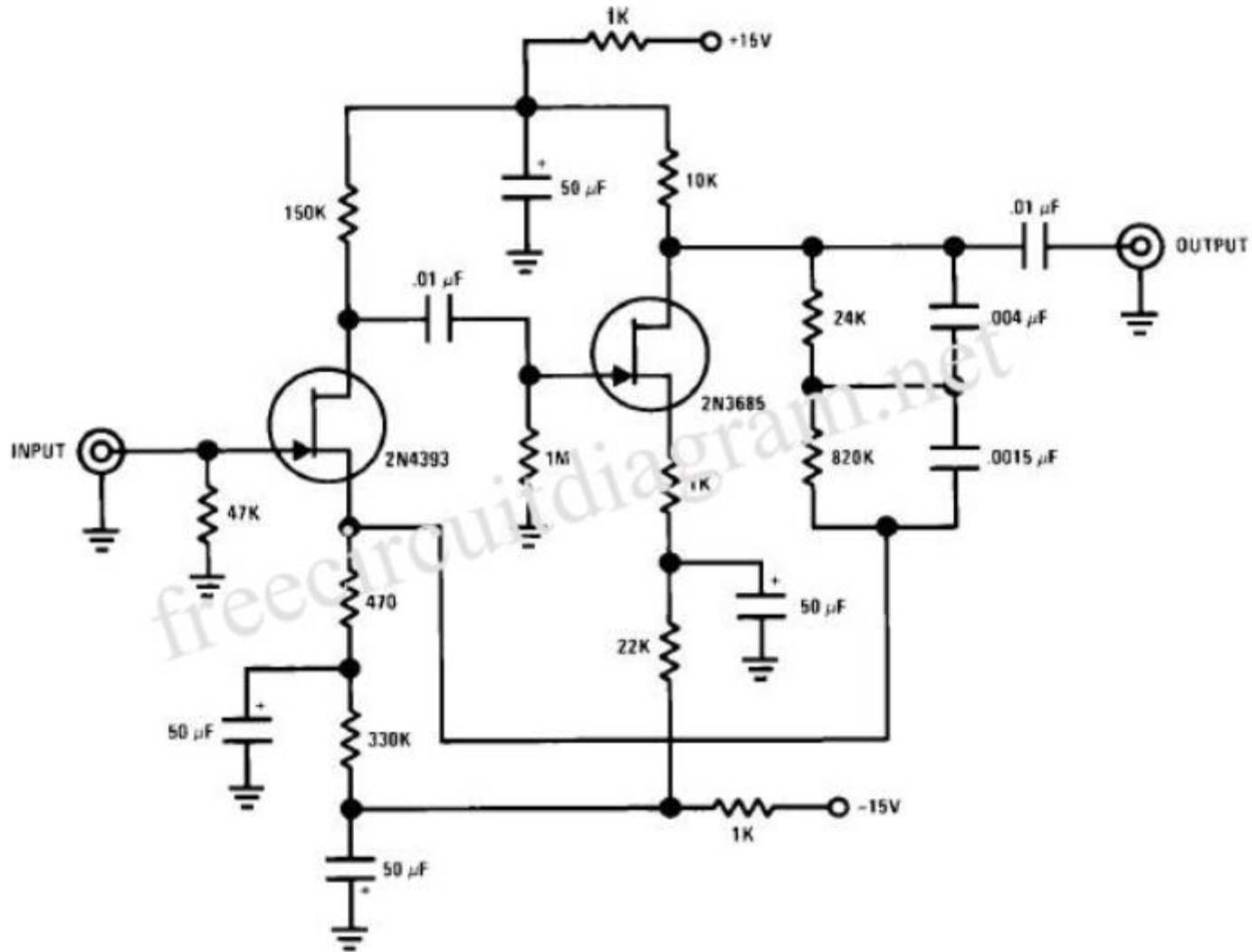


# Ontwerp met IC





# Ontwerp met discrete componenten



# Nadelen terugkoppelnetswerk

Het nadeel van deze aanpak is dat dit erg hoge eisen stelt aan de versterker omdat het uitgangssignaal 40 dB (factor 100!) grotere dynamiek heeft dan het ingangssignaal. Dat vertaalt zich gemakkelijk in afwijkingen in de gerealiseerde karakteristiek, zeker in de fase in het middengebied.



# Voordelen passieve netwerken

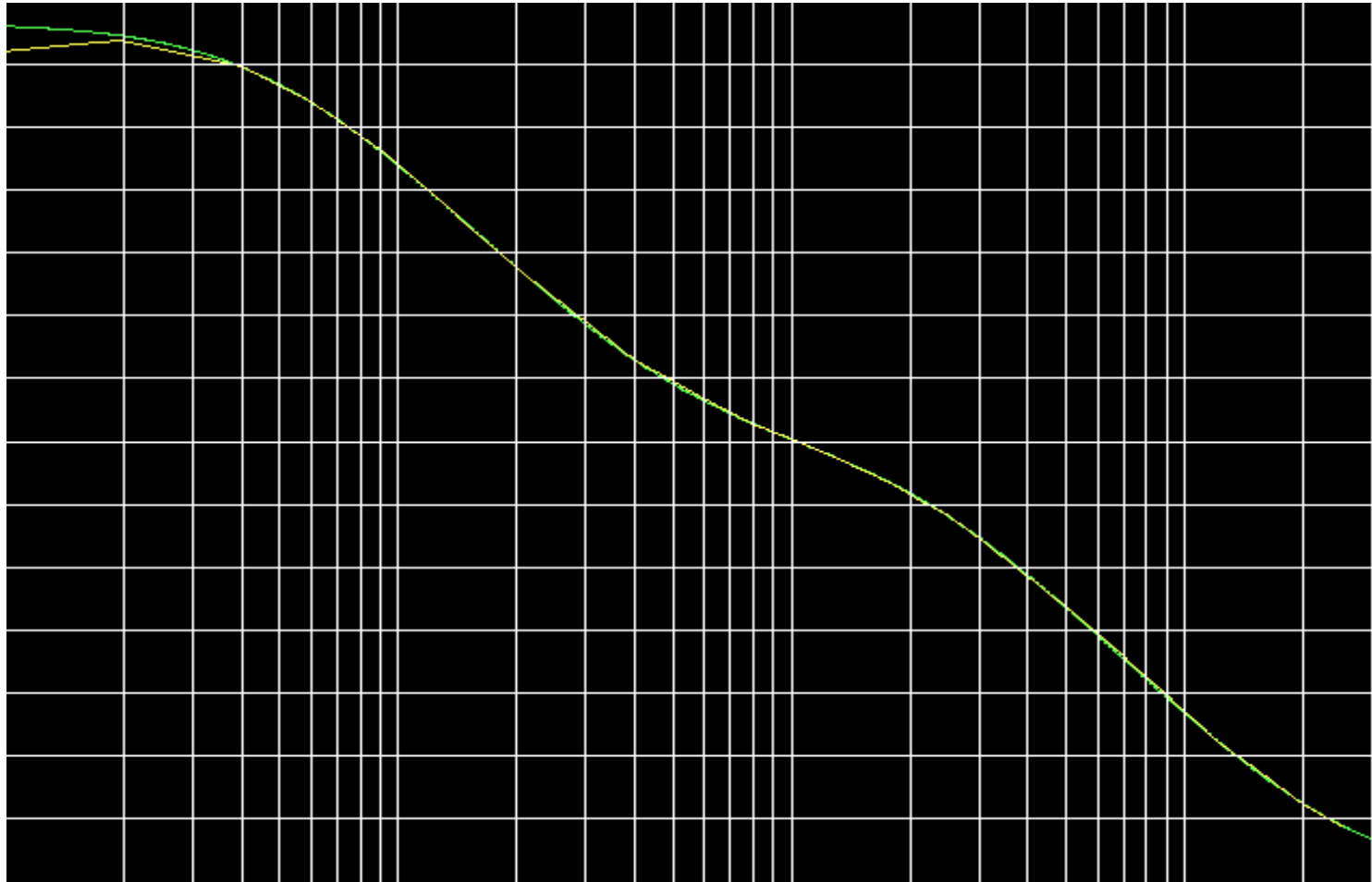
Alternatief is de karakteristiek in een of meerdere passieve netwerken onderbrengen.

De TC pick-up voorversterker is op die manier opgebouwd, waarbij de netwerken voor laag-ophaal en hoog-afval gescheiden blijven dank zij bufferversterkerblokken, die frequentieonafhankelijk opereren.

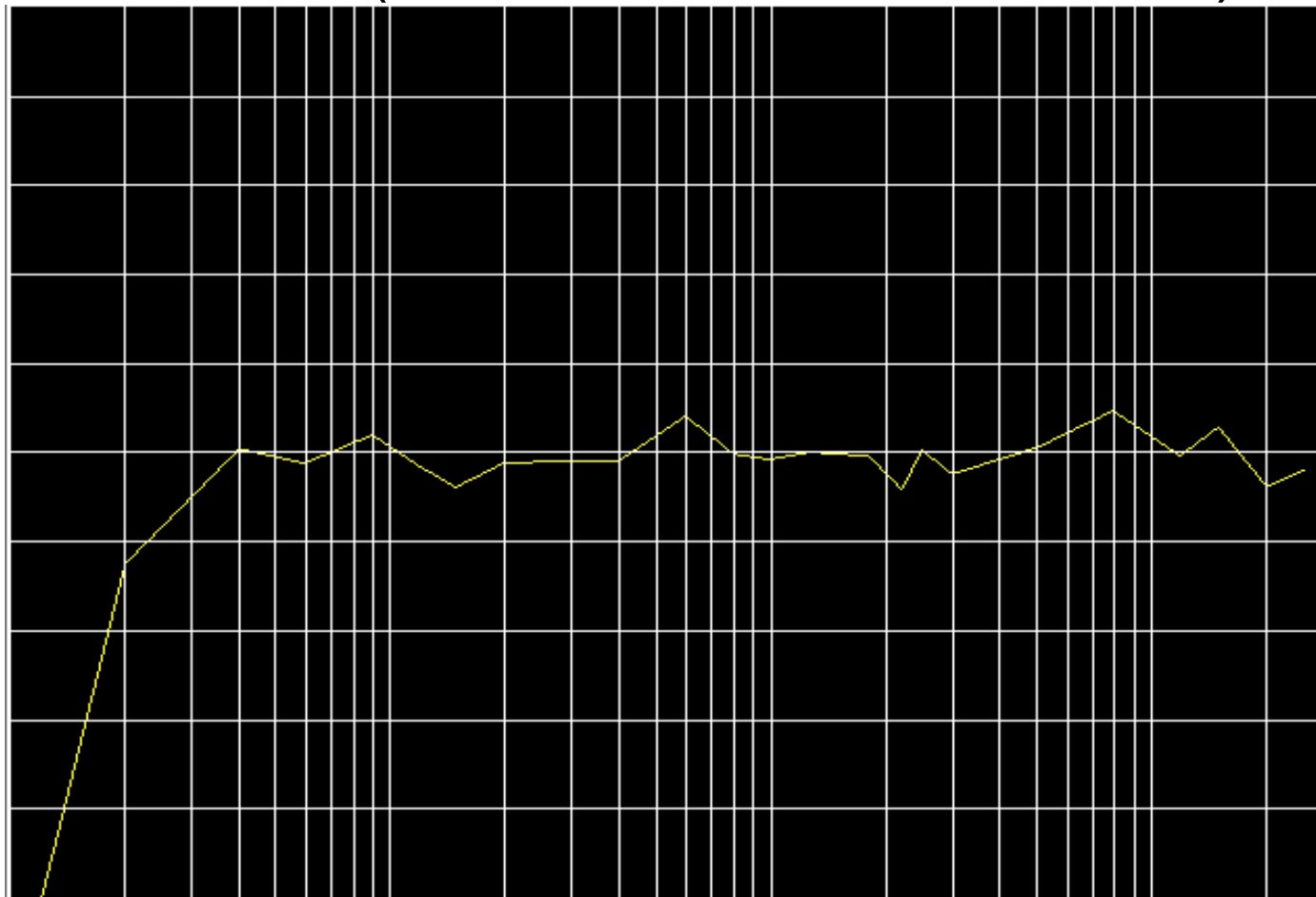
Daardoor beste realisatie van de frequentie- en fasekarakteristiek zonder nadelen van terugkoppeling



# Berekende en gemeten karakteristiek



# Verschil (verticale schaal 0,2 dB/div)



**N.B.** Fluctuaties ontstaan door meetonzekerheid.  
Laag-afval is bewust gedaan: anti-rumble filter



# Extra versterken MC elementen

De RIAA karakteristiek is uiteraard hetzelfde voor alle elementen, dus ook voor MM als MC elementen worden gebruikt. Maar MC geeft 10 – 20 keer minder signaal dan MM. Hoe lossen we dat op?

Optie 1: step-up transformator

Optie 2: extra versterkertrap met 10 – 20 keer versterking



# Step-up transformator

Optie 1: step-up transformator wordt veelvuldig toegepast.

Voordeel: geen additionele ruis / brom wordt toegevoegd, zeker voor buizenversterkers een voordeel (gloeidraad voeden met 6 VAC, 50 Hz), geen stroomverbruik



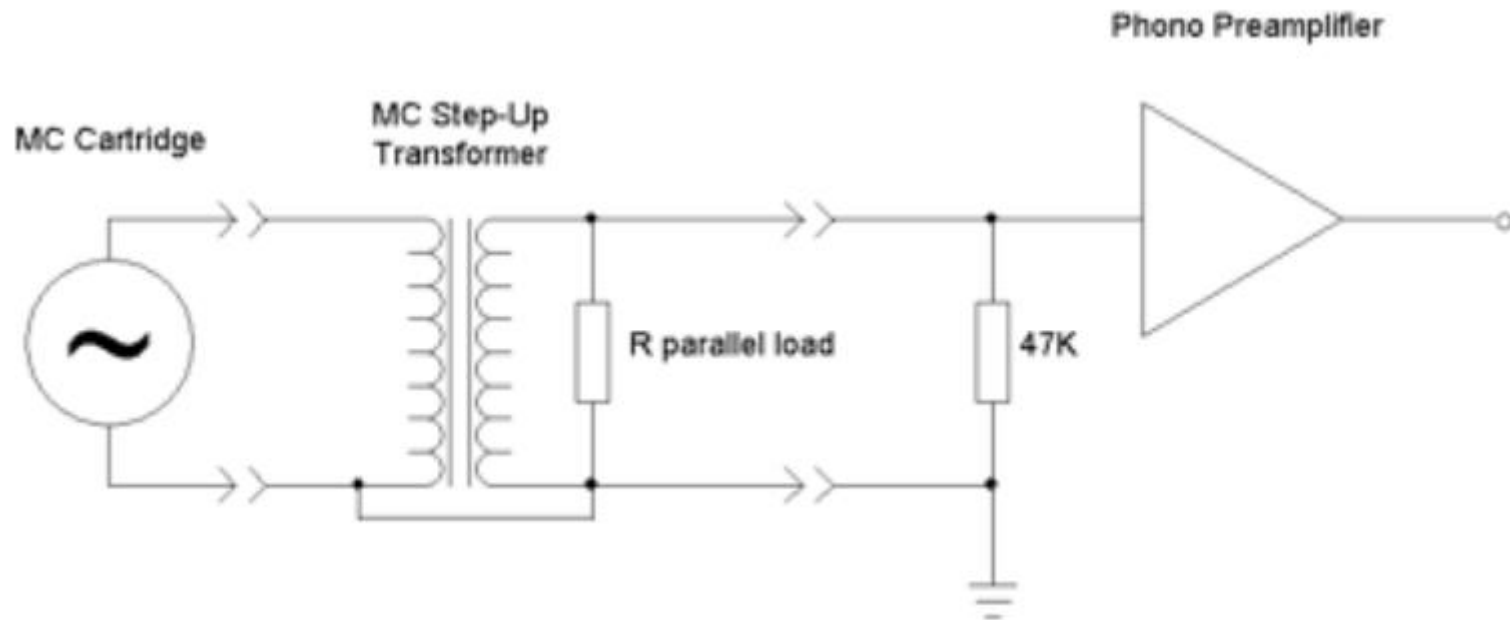
# Step-up transformer

Nadeel: transformatoren zijn niet echt ideale componenten (slechtere koppeling bij lage tonen, capacatieve verliezen bij hoge tonen) en kunnen gevoelig zijn voor magnetische strooivelden, faseafwijkingen bij hoge en lage frequenties





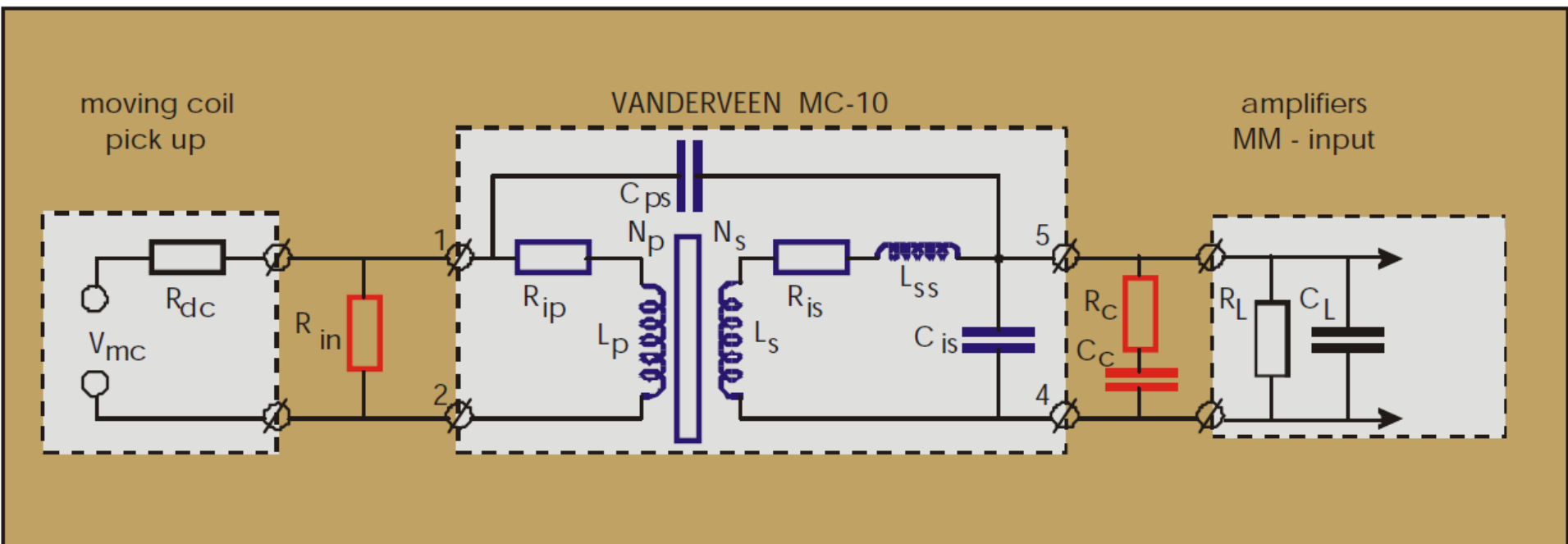
# Implementatie step-up transformator



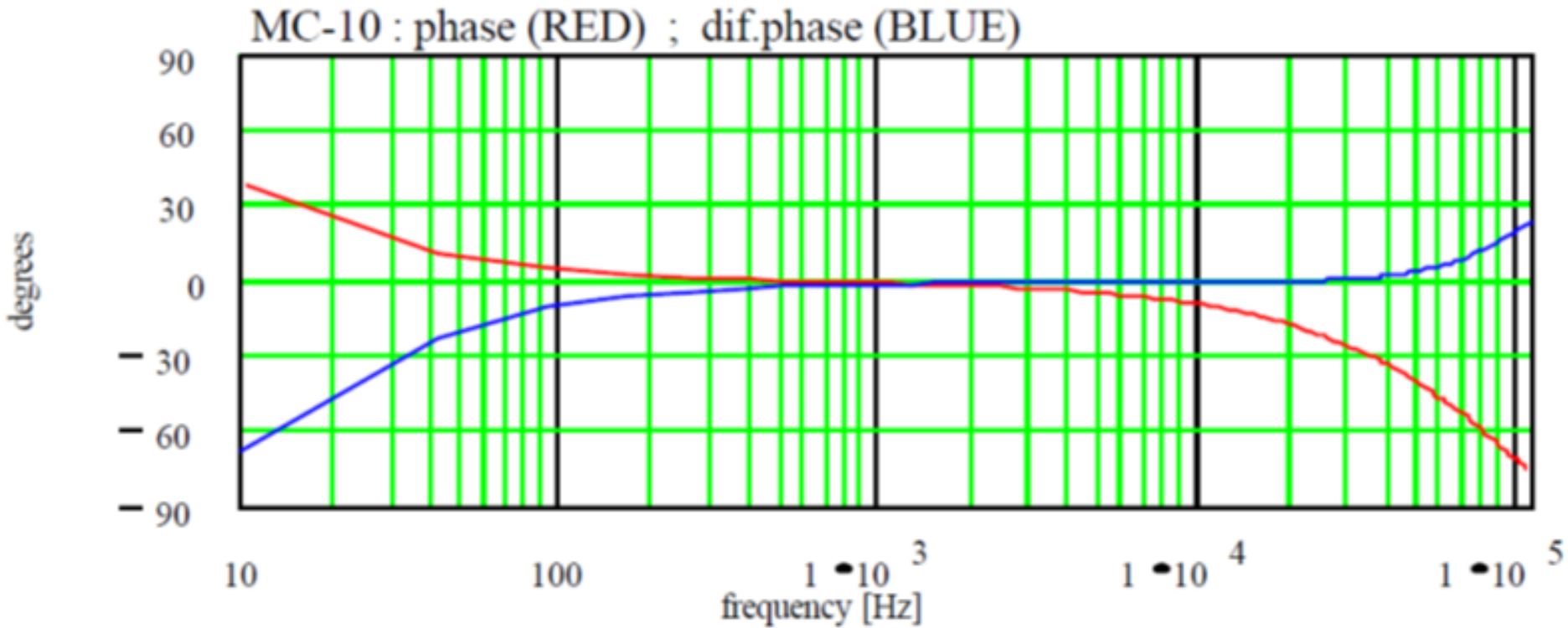
# Commercieel product



# Vervangingschema step-up transformator



# Fase-afwijkingen step-up transformator (ir. bureau Van der Veen)



# 'Gewone' versterker (concept)

Optie 2: ligt voor de hand, maar bij dit soort signaalsterktes liggen ruis en brom op de loer

Alle componenten ruisen

Maar ruis is 'stochastisch', d.w.z. dat de ruis van iedere component is geheel verschillend van dat van een andere (ongecorreleerd)



# Realisatie in TC pick-up voorversterker

Door parallelschakelen kan een signaal sterker worden, maar de ruis wordt met de wortel van het aantal sterker (willekeurig, stochastisch proces)

Als bijv. vier transistoren parallel worden geschakeld wordt het signaal 4x zo sterk, maar de ruis maar 2x. Signaal / Ruis verhouding dus 6 dB beter!

De TC pick-up voorversterker past dit toe.

Brom wordt vermeden door voedingstransformator in aparte behuizing onder te brengen.



# Schakelen zwakke signalen

Schakelen van zwakke signalen geeft grote kans op degradatie van de kwaliteit

De TC pick-up voorversterker lost dit op door alle schakelfuncties door gasgevulde relais te verzorgen

De schakelaars schakelen alleen de stroom van de relais



# Ingangsimpedanties

Om toch zo min mogelijk te hoeven schakelen gebruikt de TC pick-up voorversterker aparte ingangen voor MC en MM elementen

Hierdoor kunnen de waarden van de ingangsimpedanties optimaal blijven

Voor MM is deingangsimpedantie 47 k $\Omega$

Voor MC kan gekozen worden uit 50, 100 of 200  $\Omega$





# Aanpassen gevoeligheid

Omdat pick-up elementen nogal verschillend zijn wat betreft de sterkte van het signaal kan met de TC pick-up voorversterker de gevoeligheid worden aangepast. Dit geeft de mogelijkheid om het uitgangssignaal 6 dB te verzwakken of extra te versterken (-6, 0 of +6 dB).



# Waarom versterker discreet opbouwen?

De gehele versterker is geheel discreet opgebouwd omdat alleen op die manier gegarandeerd kan worden dat de schakeling zich gedraagt zoals wij dat vereisen.



# Voeding TC pick-up voorversterker

‘Geen apparaat is beter dan zijn voeding’

De voeding bestaat uit 4 analoge serieregelaars, elke MC pre-pre en elke RIAA sectie heeft zijn eigen regelaar, dus perfecte kanaalscheiding. Ook deze regelaars zijn geheel discreet opgebouwd.



# Beoordeling

Uiteraard hebben wij de frequentiekaracteristiek gemeten, juist i.v.m. de faseafwijkingen in het middengebied

Het ontwerp is er op gericht om *gehoormatig* storende vervormingen zoveel mogelijk te onderdrukken en daarnaast een hoge detaillering, transparantie en een goed tijd- en dynamisch gedrag te realiseren



# Beoordeling

De TC pick-up voorversterker is beoordeeld door Ruud Jonker (redacteur Music Emotion, zie ME dec. 2019)

Beoordeling was erg positief: “uitmuntende stage-weergave”, “fraai gedetailleerd geluidsbeeld”, “de aanwezigheid van een zeker gemak in de weergave”  
“prijs/kwaliteitsverhouding prima”

Blog Mark van Braam (Audio 21) : “dat ik er melding van maak omdat ik enthousiast ben is niet ‘zomaar’”



# Conclusies

De TC pick-up voorversterker is ontworpen om optimale aanpassing aan verschillende elementen te geven, zowel MC als MM elementen

Uitgangspunt is zo nauwkeurig mogelijk volgen van de RIAA karakteristiek, zowel in amplitude als fase

Gehoormatige eigenschappen het belangrijkste

Bevindingen van recensenten en dealers laten zien dat het bovenstaande goed gelukt is



# VRAGEN ????

Demonstraties:

Audio 21

Heerde

Hepta Design Audio

Westzaan

Temporal Coherence

Huizen

Afspraak is wenselijk / aanbevelenswaardig

