

# Ontwikkelpad gebootstrapte electret microfoons

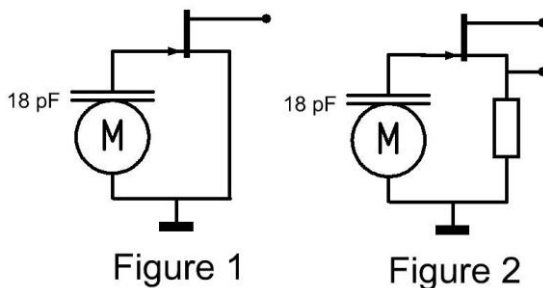
## Inleiding

Voordat ik vergeet hoe, en vooral wanneer, nieuwe ontwikkelingen in gebruik werden genomen bij het maken van opnamen, zal ik proberen te herleiden hoe het een en ander gegaan is.

Vanaf 1970 maakte Philips (ELA in Breda) electret microfoontjes ter vervanging van dynamische microfoons voor simpele toepassingen in K7-recorders bv. Het was trouwens geen Philips-vinding. In de loop van de 70-er jaren werd de markt overspoeld met goedkope electrets zoals de MCE2000 (6 mm diameter bij Display voor 10 gulden). Die dingen hadden een veel betere frequentiearakteristiek dan de veel grotere dynamische mics.

De electret was een condensator-microfoon met aanvankelijk een teflon metaal-opgedampt membraantje waar lading 'ingeschoten' was. Die lading bleef door de goede isolatie zitten. De uitgangsspanning werd van de enkelzijdige stator afgenomen door een FETje. De gate zit domweg aan de stator vast zonder lekweerstand. Kennelijk is de lek van de gate-junction toerijkend.

Even later kwamen de zg. back-electrets op de markt: Daarbij was de elektrische lading in de teflon oppervlakte van de stator geschoten zodat het membraan dunner kon worden waardoor de kwaliteit toenam.



Inmiddels zijn er back-electrets (andere zijn er niet meer) op de markt voor professionele toepassingen. Ondanks dat, wordt niet door iedereen begrepen wat de nadelen van een electret-met-ingebouwde-FET zijn. Een van de ergste dingen is dat de gate van een FET een nogal grote capaciteit heeft die bovendien sterk afhankelijk is van deingangsspanning, hoe klein je de FET ook kiest. Die capaciteit is in de orde van de eigen-capaciteit van de microfoon! Bij lage geluidsniveaus is de uitgangsspanning klein en valt de vervorming

nog wel mee doch bij muziekopnamen of het van dichtbij bespreken komt er toch gauw 100 mV uit! We moeten dus schakelingen bedenken om die variabele gate-capaciteit te minimaliseren of zelfs te elimineren.

## Het Miller-effect

In de schema's hierboven zijn twee electret-microfoons met ingebouwde FET getekend zoals die vaak gebruikt worden. De zg. tweepuntsaansluiting in Figuur 1 en een driepuntsaansluiting in Figuur 2. Het is dan de bedoeling dat bij de tweepunts de drain aangesloten wordt op een paar volt via een drainweerstand van enkele k $\Omega$ . Bij de driepuntsaansluiting wordt de voedingsspanning op de drain aangesloten en de uitgangsspanning van de source afgenomen. De laatste is natuurlijk veel kleiner. De FET werkt dan als source-volger.

Het hoeft geen betoog welke schakeling te prefereren is. Met een drain-weerstand wordt de parasitaire niet-lineaire drain-gate-capaciteit nog eens vergroot door het zg. Miller-effect.

Nu kan het zijn dat het FETje nauwelijks stroom meer trekt met een source-weerstand. Dan moet je wat. Henk ten Pierick bedacht zo rond 1998 de schakeling zoals in "Meet-microfoon" (op deze site) uit de doeken gedaan wordt. De drain wordt daar als het ware aan aarde gelegd, er staat in ieder geval geen audio-spanning meer op. De source lag al aan aarde (Figuur 1) zodat er geen vergroting van de parasitaire capaciteiten meer optreedt. De MCE2000 is zo'n tweepunts microfoon. Dat ding loopt door zijn kleine membraan akelig ver door, dus is het de moeite waard om het te proberen. Er zijn in mijn verzameling aardig wat opnamen te vinden met de MCE2000-aangesloten-op-een-virtuele-aarde. In Adobe Audition is goed te zien (!) dat er de nodige even harmonische vervorming optreedt maar het klinkt zeker niet slecht voor kleine ensembles.

We kunnen nog wel verder prutsen met de driepuntsschakeling, maar veel soelaas biedt die niet.

## Bootstrappen

Je kunt de parasitaire capaciteiten alleen elimineren door de source en de drain van de (ingebouwde) FET te bootstrappen. D.w.z., dat daar dezelfde audiospanning op komt te staan als op de gate. De niet lineaire source-gate capaciteit en de gate-drain capaciteit doet er dan niet meer toe. Bij B&K

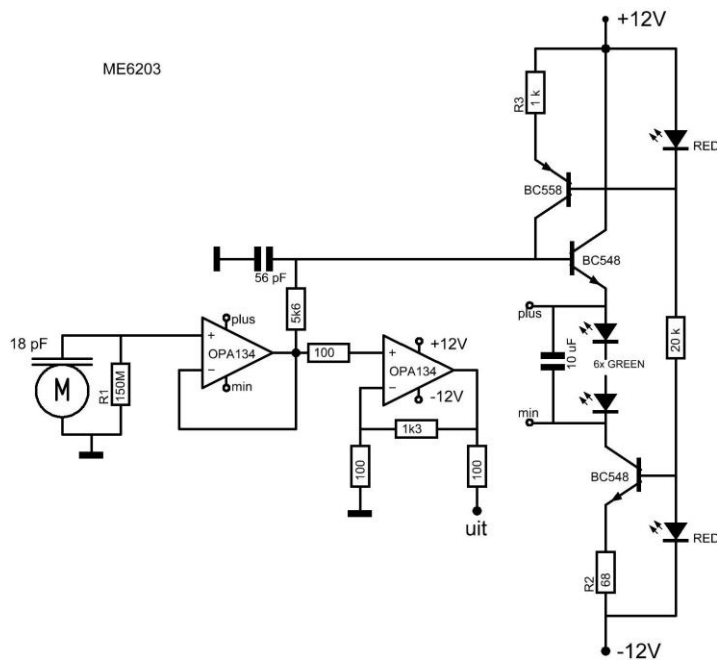
hebben ze een methode bedacht die ik beschrijf in 'Bootstrapped Electret' op deze website. De emittervolger geeft toch enige vervorming. Het kan beter.

### FET er uit!

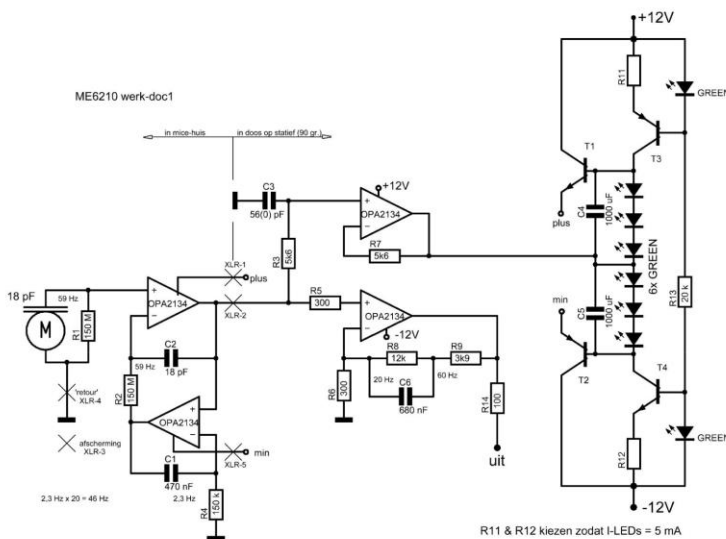
Er zit niet veel anders op dan de FET uit het microfoontje te halen en de electret rechtstreeks op een ordentelijk ingestelde FET aan te sluiten. Nu valt dat bij een MCE2000 en aanverwanten niet mee, maar de rondom gevoelige capsels uit de ME62 van Sennheiser (spare parts besteld!) en de cardioïde capsels uit de PRO 37R van Audio-technica laten dat eenvoudig toe. Die zijn ook wat groter.

Er zijn ook capsels te koop van bv. JLI-Electronics: de 15 mm grote TSB-165A (cardioïde) en de TSB-160AO (rondom). Daarzitten niet eens FETs in/aan!

Henk ten Pierick kwam in 2003 met ongeveer de volgende schakeling: de electret wordt aangesloten op de (eerste) FET in de OPA134. De voedingsspanningen van die 134 worden geboots-trapped met diens uitgangsspanning zodat over de  $C_{DG}$  van de FET geen spanning staat!



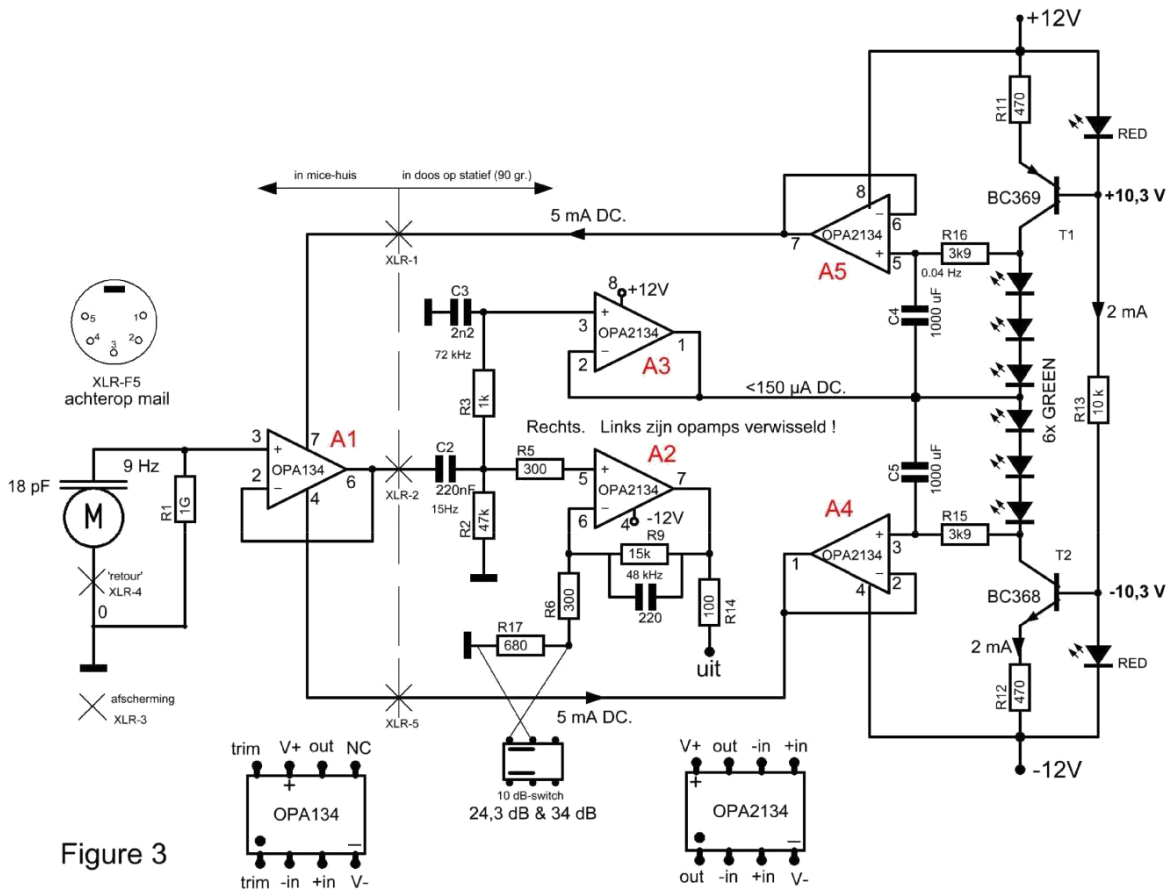
De lekweerstand R1 is wel erg klein. Er is in die tijd (2002 – 2003) geëxperimenteerd met het tevens bootstrappen van R1, maar dat laat ik maar even voor wat het is. Bovendien zit er in de ME6203 (waarbij 'alles' in een pijp zit) nog de bekende vlieg-wielschakeling die ik uiteenzet in de I/V-converters achter DAC's om de DC-off set kwijt te raken, die hieronder ook nog getoond wordt.



Het is natuurlijk veel eenvoudiger om R1 te vergroten naar 1 GΩ en simpelweg de eerste OPA134 te bootstrappen. In de ME6203 zit nog een emittervolger (BC548) in het terugkoppel circuit en hier-naast (bij de ME6210) zitten nog emittervolgers in de voeding van de (eerste) OPA2134.

R11 & R12 kiezen zodat I-LEDs = 5 mA

Als we al de gein nu eens vervangen door op amps dan krijgen we:



Dit schema komen we dan uiteindelijk tegen in: 'Condenser microphone pre-amp with bootstrapped op amp', wat tot nog toe (febr. 2015) de beste resultaten geeft.