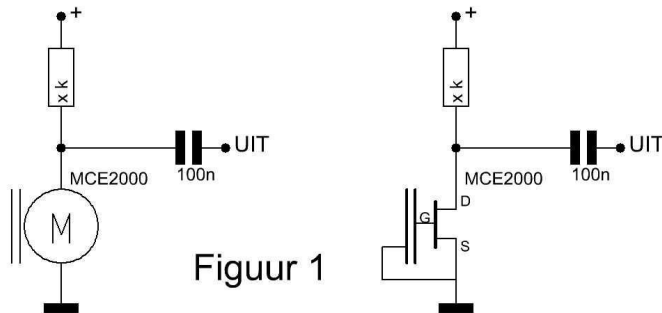


Meet-microfoon

Inleiding

In 'Condenser microphone pre-amp with bootstrapped opamp' zet ik uiteen hoe je het beste een electret microfoon kunt schakelen voor het maken van muziekopnamen. Electrets van die afmetingen - waaruit je de ingebouwde FET eenvoudig kunt verwijderen, als die er al in zit - lopen echter niet recht tot 20 kHz. Dat wil je toch van een meetmicrofoon. Daar heb je een ding met een kleiner membraan voor nodig. Nu zijn er voldoende kapseltjes in de handel van zo'n 6 mm die voldoen. Ze hebben echter een bezwaar: de ingebouwde FET waar je niet bij kunt! Zo'n ding is toch bruikbaar voor meetdoeleinden wanneer we de vervorming (bij hoge niveaus) de baas kunnen. Ik ben in zee gegaan met de MCE2000 van minder dan 5 euro. (Zie ook: 'Electret microfoons' onder [Artikelen over Radio](#)).

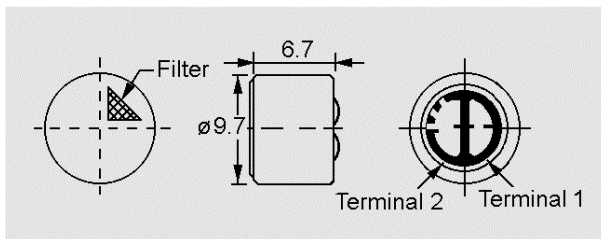


Figuur 1

De MCE2000

De MCE2000 is zo'n 6 mm-electretje dat doorloopt tot 20 kHz. Het is een twee-electroden-ding waarvan er een aan het huisje ligt. Die worden in de regel geschakeld als in figuur 1 links. De vervorming kan aanzienlijk zijn bij hoge geluidsniveaus, afhankelijk van het FETje waar een grote spreiding op zit: de stroom kan variëren van 50 tot wel 500 μA , de kniespanning van 0,2 tot 0,8 volt. Bovendien heb je last van

het Miller-effect: de parasitaire capaciteit tussen drain en gate wordt vergroot met de versterking die mede afhangt van R_D . Die capaciteit is niet groot maar bedenk dat de gate 'in de lucht hangt' (figuur 1 rechts) cq. zijn bias moet krijgen van de lekstroom.... De op die manier verkregen 'lekweerstand' is een aantal giga-ohm en bovendien alineaair.

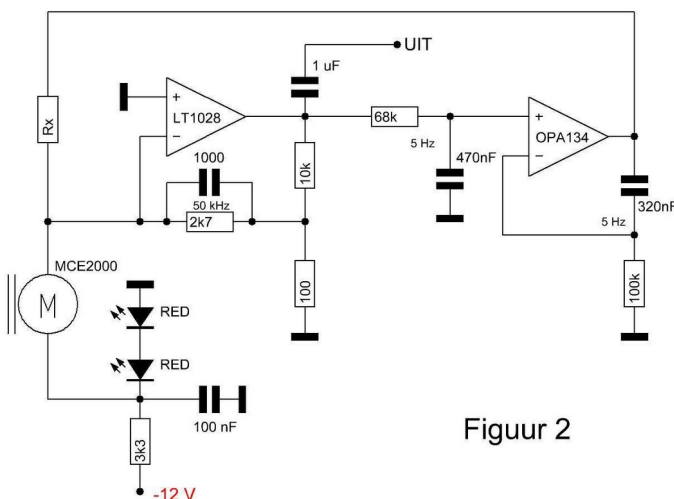


Hoe kunnen we af komen van de variërende alineaire capaciteiten tussen gate en drain (C_{GD}) en die tussen gate en source (C_{GS})? In

'Condenser microphone pre-amp with bootstrapped opamp' laat ik zien hoe het echt moet, maar daar hebben we hier niets aan. Echter als we niet kunnen bootstrappen, kunnen we op zijn minst de source en de drain 'stil zetten', ik bedoel dat er geen wisselspanning op komt te staan. De spanning over C_{GD} en C_{GS} kan dan in ieder geval niet groter worden dan de spanning op de gate

(door het membraantje). In dat geval compenseren de niet-lineariteiten van de twee para-sitaire junction capaciteiten elkaar ook nog enigszins....

Meet-microfoon



Figuur 2

Virtuele aarde

Als je een opamp tegenkoppelt, wordt de ingangsimpedantie van die opamp op zijn negatieve ingang heel erg klein. Dat kan een paar milli-ohm zijn. Met een LT1028 lukt dat zeker. Bovendien zijn zijn ruis eigenschappen in die situatie onovertroffen. We spreken dan van een

virtuele aarde. Op de min-ingang staat dus geen spanning. Er loopt wel (een kleine) stroom naar de electret. Die stroom wordt door de terugkoppelweerstand ($2k7$) omgezet in een spanning die uiteindelijk 100 keer ($10\text{ k}\Omega/100\ \Omega$) versterkt wordt. De min-ingang van de LT1028 staat voor DC dus op nul volt! De drain van het FETje in de MCE2000 staat op nul volt, de source (en het huisje) zetten we (gestabiliseerd met twee rode LEDs) op ongeveer -3 volt. De drain en de source zitten zodoende voor wisselspanning 'muurvast'.

Stroom door de FET

De DC-stroom door het FETje van de MCE2000 kan enkele honderden micro-ampère zijn bij 3 volt. Die stroom zou geleverd moeten worden door de $2k7$ -terugkoppelweerstand. Bij bv. $500\ \mu\text{A}$ moet daar dus 13,5 volt over staan! Bij een voedingsspanning van plus en min 12 volt gaat dat niet lukken. Als het wel zou gaan, verspeel je 'headroom', en dat willen we in geen geval. We vullen de stroom derhalve aan via R_x (zie figuur 2). Omdat we de FET in kwestie niet kennen en zijn stabiliteit al helemaal niet, 'meten' we de drain-stroom en bieden die aan aan R_x door er de juiste spanning op te zetten aan de bovenkant.

De OPA134

Dat 'meten van de drainstroom' doen we in feite met de OPA134. We zorgen er voor dat de uitgang van de LT1028 minimaal blijft. De OPA134 versterkt boven de 5 Hz één keer zodat hij 'niets' doet aan de wisselspanningen en stromen: de 320 nF 'sluit de uitgang naar de min-ingang kort'. Bij DC staat de volle lusversterking ($>100\text{ dB}$) ter beschikking. In dat geval hoeft er maar een fractie van een millivolt op de positieve ingang (en dus de uitgang van de LT1028) te komen om de uitgang een hoge spanning te laten afgeven. Nu is het zaak om R_x zo te kiezen dat de uitgangsspanning van de OPA134 niet te groot hoeft te worden om de FET-stroom te verzorgen. Als we $R_x = 10\text{ k}\Omega$ kiezen, zal de uitgangsspanning van de OPA134 niet groter worden dan 5 volt bij een FET-stroom van $500\ \mu\text{A}$. In de regel is $18\text{ k}\Omega$ al klein genoeg.

Stabiliteit

In feite zijn er dus twee tegenkoppel-lussen: een om de virtuele aarde (en de versterking) te verzorgen en een om de I_D van het FETje te leveren.

Om de stabiliteit van de eerste tegenkopeling zeker te stellen, maken we de loop gain boven de 50 kHz klein door parallel aan de $2k7$, 1000 pF te zetten.

De stabiliteit van de 'DC-lus' loopt enig gevaar omdat er twee kantelpunten op 5 Hz in zitten. De rondgaande versterking zal door de verhouding ($R_x/\text{virtuele aard-weerstand}$) niet zo groot zijn. In geval kan er parallel aan de 320 nF iets van $10\text{ M}\Omega$ gezet worden.

Tot slot

Voordat ik in de weer was met de gebootstrapte opamp aan de grotere electrets, heb ik met deze



schakeling opnamen gemaakt. Die waren niet slecht en zeker ruim voldoende om metingen mee te doen. De opnamen werden zelfs door de ConcertZender als goed bestempeld!

De ware schoonheid kwam pas aan het licht met de bootstraps en, niet te vergeten, de verbetering van de clock-oscillatoren, zowel voor de AD- als de DA-converters. Met deze meetmicrofoon kunnen zeker frequentiekaracteristieken gemeten worden. Aan een TrueRTA- of ARTA-softwarestelsel voldoet het prima. Voor serieuze vervormingsmetingen moet toch een gebootstrapte voorversterker gebruikt worden aan een electret zonder ingebouwde FET.

11-6-2012