

6. MICROFOONS EN LUIDSPREKERS

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk behandelen we de *randapparaten*, waarmee we geluid omzetten in elektrische energie of omgekeerd.

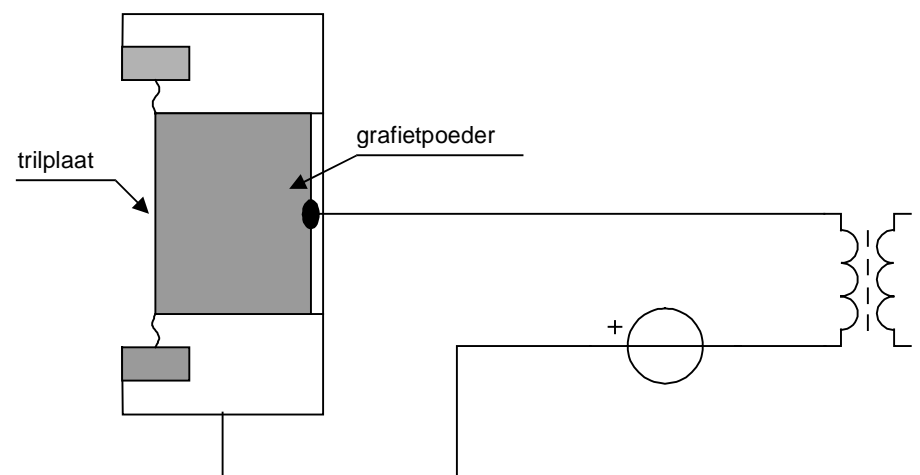
6.2 Microfoons

Met een microfoon kunnen we geluidstrillingen omzetten in elektrische signalen. Naar het werkingsprincipe gesorteerd, onderscheiden we:

- koolmicrofoon
- kristalmicrofoon
- dynamische-microfoon
- condensatormicrofoon

Koolmicrofoons

Een koolmicrofoon bestaat uit een bakje met koolgruis (een weerstand), afgesloten door een metalen plaatje. Het koolgruis heeft een weerstand van 500 tot 1000 Ω . Wanneer het metalen plaatje in trilling wordt gebracht, bijvoorbeeld door een stem, dan verandert de weerstand van het kool. Het is als het ware een variabele weerstand, gestuurd door de stem. De koolmicrofoon wordt op een batterij of een andere gelijkspanning aangesloten. De stroom welke dan gaat vloeien wordt beïnvloed door de wisselende weerstand. Bij de gelijkstroom wordt een wisselstroom opgeteld.



Figuur 6-1 Een koolmicrofoon.

Deze stroom kan van het microfooncircuit worden afgenomen met bijvoorbeeld een transformator (zie figuur 6-1). Hiermee wordt een scheiding van de gelijk- en de wisselstroom bereikt. Tevens kunnen we het kleine microfoonsignaal vergroten door een goede transformatieverhouding te kiezen, bijvoorbeeld 1 : 1000. Elke mV wordt dan vergroot tot een V, het vermogen wordt echter niet groter! De koolmicrofoon is typisch een goedkope microfoon, de kwaliteit is niet bijzonder goed, maar voor spraak is

ze goed geschikt, vergelijk maar met de oude PTT-telefoons. Een voordeel is dat er weinig versterking nodig is. Het nadeel is dat er altijd een gelijkspanning nodig is.

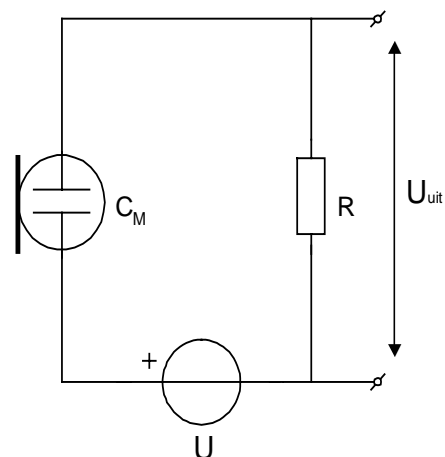
Kristalmicrofoons

De kristalmicrofoon dankt zijn bestaan aan de eigenschap dat een bepaald kristalplaatje bij buiging een spanning kan afgeven (piëzo-elektrisch effect). Door nu een trilplaatje aan de hoek van een kristalplaatje te bevestigen en dit aan de andere zijde vast te klemmen wordt het plaatje bijvoorbeeld door een stem, in trilling gebracht en levert een elektrisch signaal af. Daartoe worden de zijden van het plaatje met geleiders bedekt. Hiervan wordt de wisselspanning afgenomen. Deze microfoon werkt zonder gelijkspanningsbron en heeft een matige kwaliteit. De opgewekte spanning is groot en de inwendige weerstand is erg hoog.

Dynamische microfoons

Bij een dynamische microfoon is een klein spoeltje aan een trilplaatje bevestigd. Bij spreken beweegt dit in een magnetisch veld en daardoor wordt in de spoel een spanning opgewekt. Het werkt dan als een wisselstroomdynamo. Er bestaan twee typen, een laagohmige met weinig windingen en een hoogohmige met veel windingen zeer dun draad. Er is geen hulpspanning nodig maar het geleverde audiovermogen is laag.

De dynamische microfoon heeft een goede kwaliteit. Een luidspreker werkt in principe hetzelfde en kan eventueel als een microfoon gebruikt worden. Door de zeer lage impedantie, 3 tot 400 Ohm, moet deze impedantie met een transformator worden aangepast.



Figuur 6-2 Een condensatormicrofoon schakeling

Condensatormicrofoons

Het principe van de condensatormicrofoon is weergegeven in figuur 6-2. Eén van de condensatorplaten is uitgevoerd als een membraan dat gaat trillen wanneer de microfoon besproken wordt. Daardoor zal de capaciteit veranderen in het ritme van de spraaktrilling. Op de condensator zet men een aanzienlijke spanning (150-400 V) via een grote weerstand (enkele $M\Omega$).

In hoofdstuk 3.1. hebben we de volgende formule geleerd:

$$Q = C.U \text{ of } U = \frac{Q}{C}$$

Uit de laatste formule volgt dat de spanning over de condensator omgekeerd evenredig verandert met de capaciteit, indien de lading constant blijft. (Om dat laatste te bereiken is de grote serieweerstand nodig.) Men kan echter aantonen dat kleine veranderingen van de capaciteit een evenredige verandering van de spanning veroorzaken. Met andere woorden: de opgewekte wisselspanning is een getrouwe kopie van de spraaktrilling. Om het uiterst hoogohmige signaal hanteerbaar te maken wordt in de behuizing van de microfoon tevens een versterker met een buis- of veldeffecttransistor (FET) ondergebracht. Bij gebruik van een buis kan de anodespanning tevens dienen als hulpspanning voor de microfoon.

Bij transistorversterkers is tevens een omvormer nodig, die de lage voedingsspanning omzet in de vereiste hulpspanning. Gezien de uitgebreide hulp-elektronica komt deze microfoon in amateurkringen vrijwel niet voor. We zouden hem ook niet behandelen als er geen uitvoering bestond die tegenwoordig wel veel door amateurs wordt toegepast, namelijk de elektretmicrofoon.

Elektretmicrofoons

De elektretmicrofoon is een moderne uitvoering van de condensator-microfoon, waarbij geen hulpspanning nodig is. Men is er namelijk in geslaagd om het elektrische veld dat tussen de condensatorplaten heerst vast te leggen in een geschikte kunststof, de zogenaamde elektret. Je kunt het vergelijken met een magneet die het veld van een stroomvoerende spoel vasthoudt. (Het woord 'elektret' zou daarom beter zijn.) Om het uitgangssignaal laagohmig te maken wordt in het microfoonkapsel een minuscuul veldeffecttransistorje ondergebracht. Het resultaat: een prima microfoon met de afmetingen van een asperientje. Uiteraard heeft deze microfoon ook voeding nodig (ca 5 V). Bij inbouw in een elektronisch apparaat is dat toch al aanwezig.

Bij hand- en tafelmicrofoons sluit men de elektret via een serieweerstand (enkele k Ω) aan op de voeding. Die weerstand en de voeding bevinden zich in de zender. Op deze manier lopen de voeding voor de FET en de versterkte wisselspanning via dezelfde draadjes. Zodoende krijgen we het schema van figuur 6-2 weer terug. Aangezien de elektretmicrofoon heel klein gemaakt kan worden, door massaproductie goedkoop geproduceerd kan worden, en een goede geluidskwaliteit geeft, is deze microfoon bijzonder populair geworden. Alleen voor zeer specialistische toepassingen worden tegenwoordig nog andere microfoons gebruikt.

De microfoonversterker

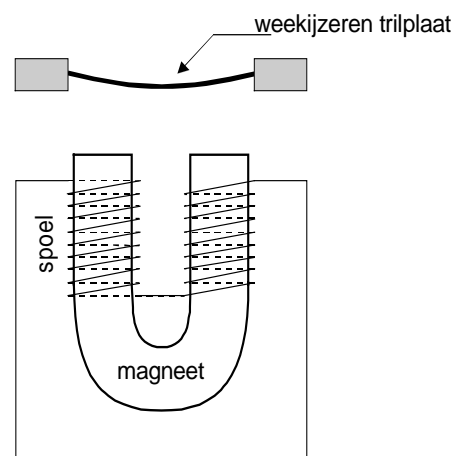
Door de versterker direct na de microfoon wordt voor een groot deel de ruis van de uitgezonden audio bepaald. Het verdient daarom aanbeveling om de eerste trap van een microfoonversterker met ruisarme elementen uit te rusten.

6.3 Luidsprekers

Een luidspreker heeft de omgekeerde taak van een microfoon. Een luidspreker moet namelijk de elektrische stroomvariaties omzetten in geluidsgolven.

Hier wordt de magneto-dynamische luidspreker beschreven. Naast dit type bestaan er ook luidsprekers gebaseerd op het piëzo-elektrische principe en het elektro-dynamische principe (figuur 6-3). Deze elementen worden voornamelijk in hoofdtelefoons en in oude telefoonhoorns gebruikt.

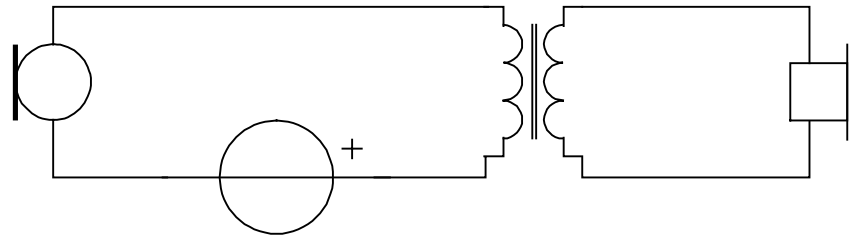
Piëzo-elektrische of kristalhoofdtelefoons worden tegenwoordig nauwelijks meer gebruikt, omdat het gebruik van een dynamische hoofdtelefoon plus versterker goedkoper is dan de aanschaf van een kristal hoofdtelefoon.



Figuur 6-3 Een elektro-dynamische luidspreker.

De luidspreker in figuur 6-3 bestaat uit een weekijzeren trilplaat, gemonteerd op geringe afstand van de polen van een hoefmagneet. Om de polen van deze magneet is een groot aantal windingen gelegd. De spoeltjes zijn tegengesteld gewikkeld, zodat de wisselende stroom door de spoelen de polen van de magneet of verzwakt of versterkt. De trilplaat wordt daardoor meer of minder aangetrokken evenredig met de stroom door de spoel. (omzetting van elektrische stroomvariaties in geluidsgolven).

Het toepassen van een permanente magneet is nodig om te voorkomen dat de trilplaat zou gaan trillen in de dubbele frequentie van de elektrische stroomvariaties. Probeer dit zelf eens te beredeneren! Dit type luidspreker is hoogohmig. 600 Ω is een indicatieve waarde.



Figuur 6-4 Een microfoon/luidspreker combinatie zoals vroeger in de telefoon werd gebruikt.

Kristalhoofdtelefoons

In een kristalhoofdtelefoon wordt het piëzo-elektrisch effect omgekeerd toegepast. Wanneer aan een kristalplaatje een spanning wordt aangelegd, dan zal het zich gaan buigen. Bij een wisselspanning gaat het trillen. Door een conus aan dit plaatje te bevestigen worden de trillingen goed hoorbaar. De kwaliteit is matig. De kristalhoofdtelefoon geeft weinig lage tonen weer, en is zeer hoogohmig.

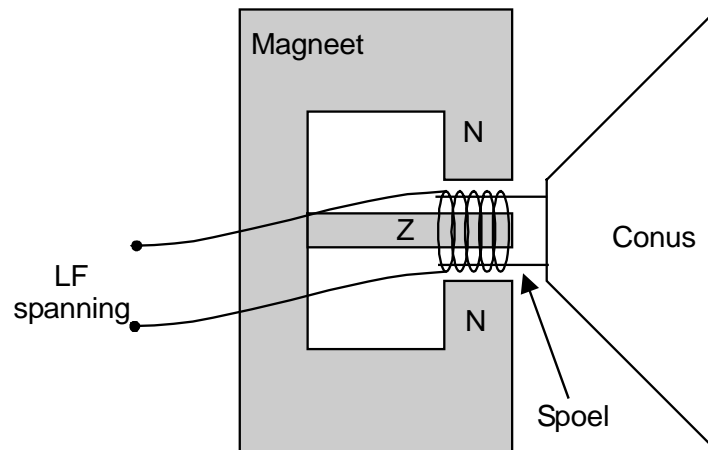
Dynamische luidsprekers

Bij de dynamische luidsprekers is het spoeltje welke wordt doorlopen door elektrische stroomvariaties gemonteerd aan de trilplaat, zodanig dat het spoeltje zich beweegt in een constant magnetisch veld. (Zie het systeem van de dynamische luidspreker.) Deze luidsprekers zijn laagohmig. 8Ω is hier een normale waarde. Tegenwoordig is dit het meest voorkomende type.

In de bekende hoofdtelefoons treffen we de hiervoor beschreven typen luidsprekers aan. Meestal zijn de twee luidsprekers van een elk van een aansluiting voorzien, zodat ze geschikt zijn voor stereo weergave. Sommige oude hoofdtelefoons hebben nog wel twee luidsprekers van 600 ohm in serie geschakeld zodat de totale impedantie boven de 1000 ohm ligt.

Luidsprekerboxen

Wanneer een luidspreker groot genoeg wordt gemaakt, kun je met velen luisteren naar wat deze weergeeft. Door de luidspreker in een kast te monteren ontstaat de luidsprekerbox (kortweg *box*). De kast om de luidspreker voorkomt dat lucht om de rand van de luidspreker heen vloeit. Hierdoor neemt het rendement aanzienlijk toe. Met name voor de lage tonen is dit goed hoorbaar. In de grotere luidsprekers wordt veelal gebruik gemaakt van een membraan, een trilplaat maar dan van kunststof of papier. Bij de gebruikelijke typen is aan dat membraan een spoeltje bevestigd dat beweegbaar geplaatst is in de spleet van een sterke magneet (zie figuur 6-5).



Figuur 6-5 Een luidspreker voor hoog vermogen

Wanneer, zoals gebruikelijk, een permanente magneet wordt toegepast, dan spreken we van een permanent-dynamische luidspreker. Het principe van de luidspreker komt overeen met dat van de motor. Wanneer door het spoeltje een stroom wordt gestuurd ontstaat daarop een kracht, afhankelijk van de stroomrichting. Bij de luidspreker wordt hierdoor de conus bewogen in het ritme van de trilling van de elektrische stroom en zie daar, de stroomtrilling is hoorbaar geworden. Omdat een klein spoeltje in de luidspreker weinig weerstand (3 - 400 Ω) heeft is voor de aanpassing aan een versterker een laagohmige eindtrap nodig in de versterker. Met de hedendaagse transistoren en IC's is dit eenvoudig te realiseren.

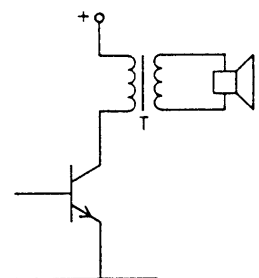
6.4 Vragen

Vraag 1

Een luidspreker van 8 Ohm moet worden gekoppeld aan een transistoreindtrap, die maximaal vermogen levert bij een belasting met 5k Ω

De benodigde transformatieverhouding T is:

- A. 1 : 625
- B. 1 : 1250
- C. 1 : 20
- D. 1 : 40



Vraag 2

Een luidspreker met een impedantie van 8 ohm moet worden aangepast op een versterker met een afsluit-impedantie van 800 ohm.

Welke transformator geeft de beste aanpassing?

- A. een verhuistransformator 220 / 127V
- B. een laagspanning voedingstransformator 220 / 24V
- C. een beltransformator 220V / 3V – 5V – 8V
- D. een gloeistroom transformator 220 / 2,5V