



# DE WAARHEID ACHTER AUDIOKABELS

**Er zijn twee soorten gebruikers van audiokabels: professionals en niet-professionals. U dacht misschien dat ik zou zeggen professionals en 'amateurs'. Maar aangezien veel van deze mensen high-end geluidstechnici van homevideo's zijn die dit bijna tot hun carrière hebben verheven, kan ik ze nauwelijks amateurs meer noemen.** Door Steve Lampen

In dit artikel hoop ik een aantal onderwerpen te verduidelijken. Anders gezegd, wil ik de vraag stellen: wat weten we zeker, wat denken we te weten en wat weten we niet? Ik richt me in dit artikel uitsluitend op audiokabels. Als ik echt recht aan dit onderwerp zou willen doen, zou daar een heel boek voor nodig zijn. Maar laten we eens zien hoe ver ik kom.

Behoort u tot die high-end liefhebbers van homevideo's, begrijp me dan niet verkeerd. Als u spreekt over iets wat wij professionals niet kunnen

meten, betekent dat niet, dat het niet bestaat. Het betekent alleen dat we niet weten hoe we het moeten meten.

Als een bedrijf, bijvoorbeeld mijn werkgever Belden, een kabel zou kunnen produceren met een altijd superieure soundstage, detailniveau of andere (nog) niet meetbare eigenschap, zouden we ons geluk niet opkunt! Dan konden we kabels produceren die consistent deze prestaties zouden leveren. En als het u lukt om te ontdekken hoe u onmeetbare eigenschappen kunt meten, zou u daar schatrijk mee worden - en er mogelijk zelfs de Nobelprijs voor de Vrede voor krijgen!

Maar wat kunnen we wel meten? In Tabel 1 zien we een lijst met eigenschappen die we standaard meten in kabels, met daarbij de meest gebruikte maateenheid. Sommige daarvan hangen onderling samen: diëlektrische constante en voortplantingsnelheid zijn twee manieren om hetzelfde te zeggen, skineffect is gerelateerd aan de weerstand, return loss is gerelateerd aan de impedantie. Met andere woorden: door wederzijdse beïnvloeding staan alle metingen op allerlei manieren met elkaar in verband.

**TABEL 1**

Meeting	Eenheid
Weerstand	Ohm ( $\Omega$ )
Capaciteit	Picofarad (pF)
Inductie	Microhenry ( $\mu$ H)
Impedantie	Ohm ( $\Omega$ )
Skineffect	mm
Diëlektrische constante	Relatief getal
Voortplantingssnelheid	Percentage van (c)
Vertraging, tijdsvertraging	Nanoseconde (ns)
Balans (CMRR)	Decibel (dB)
Puurheid koper	ASTM

**TABEL 2**

Gauge Size (AWG)	Weerstand per 300 m.	Draaddoorsnede mm <sup>2</sup>
30 AWG	112 $\Omega$	0.05
26 AWG	44 $\Omega$	0.128
24 AWG	28 $\Omega$	0.205
22 AWG	18 $\Omega$	0.324
20 AWG	11 $\Omega$	0.519
18 AWG	7 $\Omega$	0.823
16 AWG	4 $\Omega$	1.31
14 AWG	3 $\Omega$	2.08
12 AWG	2 $\Omega$	3.31
10 AWG	1 $\Omega$	5.26

**TABEL 3**

Bronimpedantie	49 pF/m	66 pF/m	98 pF/m	164 pF/m
150 $\Omega$	571m	412m	275m	165m
600 $\Omega$	138m	103m	68.6m	41.2m
10 k $\Omega$	8.2m	6.1m	4.3m	2.4m

Als u het formaat van de geleiders bijvoorbeeld wijzigt, heeft dat invloed op de weerstand, inductie, capaciteit, impedantie en het skineffect.

Als ik de ruimte tussen de geleiders aanpas, beïnvloed ik de capaciteit, impedantie en diëlektrische constante.

En dat is nu het probleem met soundstage, detailniveau en andere onmeetbare zaken: ze lijken los te staan van alle andere eigenschappen. Hangt soundstage samen met capaciteit of met impedantie? Als dat zo zou zijn, zou dat geweldig zijn, maar ik heb er nog nooit iemand over gehoord. (Mocht u hierover willen praten, dan staat mijn e-mailadres onder aan dit artikel!)

Kunnen we twee kabels maken die verschillend klinken? Uiteraard, maar er zouden enorme verschillen zijn in de basisparameters, zoals de capaciteit. Vervolgens is er de apparatuur zelf die, met name bij audio, een enorme invloed heeft op de prestaties en het 'geluid' van een kabel. Zoals we straks zullen zien, kan ik een slechte kabel goed laten klinken door de apparatuur aan te passen!

Om recht te doen aan de lijst in Tabel 1 zou ik veel meer ruimte nodig hebben dan dat ik hier heb. Daarom begin ik met de eerste drie eigenschappen - weerstand, capaciteit en inductie. (Misschien nodigt de redacteur me uit om op een later tijdstip de overige eigenschappen te bespreken).

**Weerstand**

Elke geleider heeft weerstand. Weerstand zet elektriciteit om in warmte. Dat is niet voelbaar in een audio- of videokabel, maar vaak wel in een verlengkabel - vooral bij een dun snoer met een grote lading. Bij een hoge weerstand in een te kleine draad kun je de warmte voelen.

De formule luidt  $P = I^2R$  (de wet van Watt). Het vermogen (in Watt) is gelijk aan de stroomsterkte (I), de stroom die door het apparaat aan het uiteinde van de kabel wordt getrokken, gekwadeerd (vermenigvuldigen van de stroomsterkte met zichzelf) en vervolgens vermenigvuldigd met weerstand van de belasting. Die weerstand van de belasting is het totaal van de lading van de box aan het eind en de weerstand van

de kabel die de stroom aanlevert. Dus een dikkere draad, met lagere weerstand, levert meer stroom aan de box aan het uiteinde en leidt tot minder verlies in de draad zelf.

De wet van Ohm luidt deels  $U = IR$ . De spanning die verloren gaat in de draad (U) is gelijk aan de stroomsterkte in de draad (I) maal de weerstand (R) van de draad. Bedenk dat een circuit altijd bestaat uit twee draden en dat iedere speakerkabel daarom twee draden bevat. Op elke draad zit weerstand, dus het effect wordt verdubbeld. Zo kunt u de 'spanningsdaling' berekenen die door de kabel zelf wordt veroorzaakt. Waar sprake is van een signaal plus stroomkabels, zoals de combinatie beveiligingscoax en een dubbele stroomdraad, weet u nu waarom de stroomdraad vaak het onderdeel is dat de maximale afstand bepaalt. Als er te veel spanning verloren gaat door de weerstand op de draden, is het goed mogelijk dat de camera (of een ander apparaat) niet werkt.

Weerstand is belangrijk wanneer er stroom wordt aangeleverd, zoals in speakerkabels. In Tabel 2 zien we een aantal veelgebruikte standaardmaten van samengeslagen draad, de weerstand bij benadering in Ohm ( $\Omega$ ) en de circular mil area. Zoals u ziet, daalt met grootte ook de weerstand. Massieve draad heeft een andere weerstand dan samengeslagen draad, maar aangezien vrijwel alle speakerkabels samengeslagen draad bevatten, heb ik u die laten zien. (Voor de cijfers voor massieve draad kunt u op Google kijken, mij e-mailen of gewoon mijn boek kopen!)

Ik kan rekenkundig aantonen dat door de zeer lage uitvoerimpedantie van een power amp (een fractie van een ohm) inductie en capaciteit vrijwel onbelangrijk zijn en dat alleen weerstand nog een rol speelt. Zoals we hieronder zien, betekent een dikkere draad minder weerstand. En minder weerstand betekent minder stroomverlies in de draad en dus meer afgeleverde stroom bij de speaker.

Tenzij u voor een kabelfabrikant werkt, heeft u waarschijnlijk nog nooit van 'draaddoorsnede' gehoord. Deze wordt soms in een catalogus of op een informatieblad vermeld en kan belangrijk zijn wanneer u draden combineert. Stel dat u alle acht draden van een Cat. 5-kabel in één geleider combineert om als speakerdraad te gebruiken - een veelgebruikte maar compleet verkwistende manier om speakerkabels te



maken! Dan neemt u de draaddoorsnede van de 24 AWG-draden (0.205 mm<sup>2</sup>) en vermenigvuldigt deze met acht. Dit levert een draaddoorsnede op van 1.64 mm<sup>2</sup>, of zo'n 15 AWG.

### Capaciteit

Wanneer u twee metaalplaten heeft die zijn gescheiden door een niet-geleider, heeft u een condensator: een apparaat waarin u elektrische lading kunt opslaan. Eigenlijk beschrijft dit iedere kabel, getwiste paren kabel, coaxkabel en speakerkabel: dit zijn namelijk allemaal twee geleiders gescheiden door kunststof. Wanneer u een hoge bronimpedantie heeft (hoger dan de minuscule bronimpedantie van een power amp), begint de capaciteit invloed uit te oefenen op de hoge frequenties die over de kabel lopen.

Daarom is capaciteit voor microfoonkabels of interconnectkabels de wijze om de kabelkwaliteit te bepalen. Hoe lager, hoe beter, en dit effect is in Tabel 3 weergegeven. Wanneer u de bronimpedantie van de gebruikte box weet en de capaciteit van de kabel, meestal gemeten in picofarad per meter (pF/m), kunt u berekenen hoe ver u kunt gaan. Tabel 3 laat zien dat er 1 dB verlies optreedt bij 20 kHz. Met andere woorden, geven de getoonde afstanden aan waar de capaciteit de kwaliteit van het kabelsignaal begint te beïnvloeden.

De bronimpedantie van de meest gebruikte versterkers, ontvangers en geluids aansluitingen voor videoapparatuur voor consumenten is 10 kilohm (10 kΩ). U zult zien dat u zelfs met een kabel met een zeer lage capaciteit bij 10 kΩ slechts 28,2m kunt gaan voordat het signaal wordt beïnvloed. Sommige high-end apparaten onderkennen dit probleem nu en ontwikkelen boxen met een lagere uitvoerimpedantie. De oplossing: kijk in uw gebruikershandleiding of neem contact op met de fabrikant!

Daarom klinkt een RCA verlengkabel van 15m gedempt en onbruikbaar. Dat is niet de schuld van de kabel, maar van de boxen aan beide uiteinden. Ik moet hierbij vermelden dat deze cijfers pas kloppen als de ladingsimpedantie aan het andere uiteinde minstens tienmaal groter is dan de bronimpedantie, maar dat is bij de meeste apparatuur al heel snel het geval.

Als u op zoek gaat naar een kabel met lage capaciteit, zult u al snel merken dat er gemeenschappelijke waarden zijn. Deze zijn gebaseerd op het soort kunststof dat in de kabel is gebruikt: hoe beter de kunststof, hoe lager de capaciteit.

Veel fabrikanten van high-end kabels vermelden de capaciteit niet eens.

Als de langste kant-en-klare kabel korter is dan 2,4 meter hoort u het verschil namelijk niet eens. Uit Tabel 3 blijkt dat ze de meest belabberde kunststof kunnen gebruiken en u hoort het niet eens. Dus vraag eens om een kabel van 30 meter en kijk dan eens wat ze zeggen!

### Inductie

Wanneer elektriciteit door een draad loopt, ontstaat er een 'elektromagnetisch veld' rondom de draad. Dit effect heet 'inductie'. Hoe groter de stroom elektriciteit, hoe krachtiger het veld. Rondom één draad is dit effect zo klein dat het vrijwel onmeetbaar is. Om het effect te versterken, worden de draden in spoelen gedraaid. Spoelen draad, ofwel 'geleiders', worden in elektronische apparatuur veel gebruikt. Er zijn apparaten met meervoudige spoelen, 'transformators' genaamd, zonder welke onze elektronische wereld niet zou werken. Desalniettemin is het effect op één enkele draad zo minuscule dat het in de meeste gevallen wordt genegeerd.

Een andere reden waarom dit ook wordt genegeerd, is dat het effect van capaciteit op een kabel gewoon het tegenovergestelde is van inductie. Aangezien het effect van capaciteit ('capacitieve reactantie') zo veel groter is dan 'inductieve reactantie' domineert de capaciteit en wordt de inductie vrijwel nooit vermeld in kabelcatalogi.

De eenheid voor inductie is de 'Henry'. De gemiddelde draad die audio- of videosignalen transporteert, heeft een inductie van een klein percentage van een microhenry (μH). Het effect treedt op bij lage frequenties - in tegenstelling tot capaciteit, dat de hogere frequenties beïnvloedt. Met zelfs een matige inductie (1μH) is het effect zo'n 1/2000e van het effect van de weerstand van zelfs een enorme 10 AWG-draad.

Sommige fabrikanten van speakerkabels maken kabels met uiterst dunne, afzonderlijk geïsoleerde draden die tot één geleider worden gecombineerd. Dit noemen we een 'litze-draad', en uitspreiding van de geleiders verlaagt de inductie naar zeer, zeer lage waarden. Hoort u het effect van iets wat duizenden malen kleiner is dan andere meetbare effecten? Net als alle conclusies bij luistertesten is dit volledig subjectief!

Steve Lampen is zestien jaar werkzaam bij Belden en is momenteel Multimedia Technology Manager. Zijn meest recente boek, 'The Audio-Video Kabel Installer's Pocket Guide', is te koop bij McGraw-Hill. Hij is bereikbaar via [shlampen@aol.com](mailto:shlampen@aol.com).