ELECTRON APRIL 1979

Experimenten met licht-telefonie

R. Hooijenga, PA2RHB, Beverwijk

Inleiding

In de laatste zomerse dagen van 1974 kwam voor het eerst de gedachte bij me op, licht te gebruiken voor telefonie. Ik wil hier meteen maar even de mensen te woord staan die willen zeggen dat ik daar niet origineel mee was; zij hebben helemaal gelijk. Er is nl. een patent uit 1880 of 1881, op naam van Alexander Graham Bell en Summer Tainter. Zij gebruikten zonlicht en de grootste afstand die ze hebben overbrugd was 213 m; van de Franklin-school naar Bell's laboratorium, in Washington.
Van dat alles wist ik toen nog niets, maar ik vond het een goede gedachte en ik wou het maar eens proberen!
Ik stelde me voor een lampje en een LDR te gebruiken, maar mijn natuurkundeleraar vertelde dat een gloeidraad te traag opwarmt, en dat een LDR al helemaal onbruikbaar zou zijn. Aangezien ik niets anders in huis had en de kleinste LED toen nog altijd f. 2,25 kostte, probeerde ik het, wantrouwig als ik was, tòch maar. Het ging goed!
Het systeem dat ik gebruikte was natuurlijk eerlijke AM, en dat ben ik tot nog toe trouw gebleven. De reden volgt nog.

Modulatie

In fig. 1 ziet U een gemoduleerd lampje. Het is ingesteld op zijn normale voedingsspanning, bij het eerste model was dat 6 V. Als we nu in de microfoon spreken verschijnt op de secundaire van transformator Tr 1 de audiospanning in serie met de 6 V. Het lampje krijgt dan, juist als de eindtrap van een plaatgemoduleerde AM-zender, een gemoduleerde voedingsspanning. Zie ook fig. 2. Omdat de uitgestraalde hoeveelheid licht afhangt van de temperatuur van de gloeidraad, en die weer van het toegevoerde vermogen, zal nu het uitgezonden licht ook gemoduleerd zijn, mits de gloeidraad niet te dik is. Dan verandert de temperatuur niet vlug genoeg en wat er dan gebeurt is te zien in fig. 3. Voor de bepaling van het benodigde versterkervermogen, de trafowikkelverhouding enz. gelden dezelfde berekeningen als voor een gewone zender met plaatmodulatie. Mijn lampje is 6 V -2,4 W. De versterker moet dus voor 100% modulatie 1,2 W leveren. Ik gebruik daarvoor mijn radiocassetterecorder.

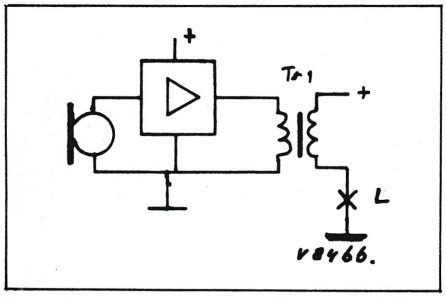

Fig. 1. *De lichtzender.*

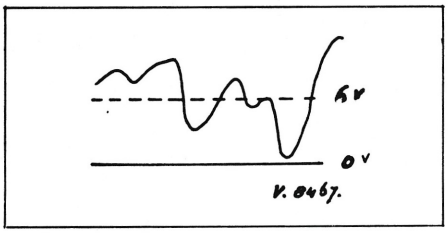

Fig. 2. *De spanning over de lamp.*

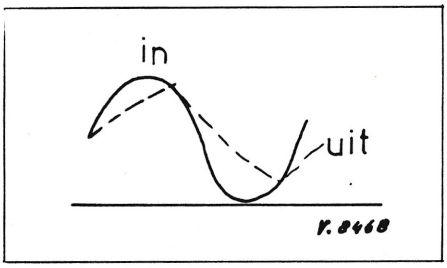

Fig. 3. *Getrokken lijn = toegevoerd vermogen. Gestreepte lijn = temperatuur van de trage gloeidraad.*

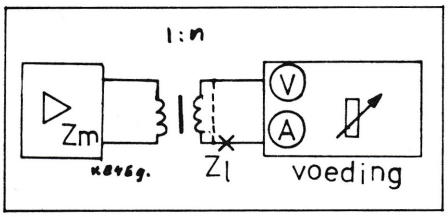

Fig. 4. $Pm = \frac{1}{2} P_l$ *en* $n = Z_l/Zm$

De trafo is de gewone luidsprekeruitgangstranformator. Dat levert wel een misaanpassing op maar daar maakte ik me toen geen zorgen over.... Latere ontwerpen zijn wel steeds met goed aangepaste uitgangen uitgerust. De wikkelverhouding is dan $n = \sqrt{Zl}/Zm$, waarin Zm de impedantie van de modulator is en Zl de impedantie van de lamp. De laatste kan eenvoudig gemeten worden door de voedingsspanning met 1 V te verhogen en dan de stroomtoename door de lamp te meten. Er geldt: Zl= 1000/dII, als dII de stroomtoename in mA is. Let wel: dat is iets anders dan de gelijkstroomweerstand, die steeds lager is! Zie ook fig. 4.
Het lampje is gemonteerd in een oude VW-reflector. Die levert een uitstekende bundeling op: als op deze straler dezelfde winst-berekening wordt toegepast als op een 'normale' antenne (licht is ook radiostraling) dan komt men op een ERP van ca 50 kW! Maar dat is ook hard nodig, de ontvangers zijn in verhouding zeer ongevoelig. Het uitrichten gebeurt het makkelijkst 's nachts, met een gevarendriehoek aan de andere kant: je ziet precies wanneer het signaal aan de overzijde maximaal binnenkomt.
Het tweede model zender maakte ik met een reflector van een vliegtuigtrekker, met in plaats van de oorspronkelijke 100 W, nu een 10 W lamp. Deze lamp draait op 24 V, het is een zgn. bootlamp en hij heeft een dunne gloeidraad. Bij 24 V is de impedantie ongeveer 50 ohm(hi). Bij deze lamp gebruik ik mijn homemade versterker en de in dezelfde kast ingebouwde regelbare gestabiliseerde voeding, zodat ik modulatie en 'draaggolf' kan regelen.
De uitgangsimpedantie van deze versterker is 3 ohm, zodat de transformatieverhouding moet zijn $n = \sqrt{50/3} = \sqrt{16,7} = 4,1$. Ik gebruik daarvoor een nettrafo waar 2x12 V en 2 x 12,6 V op zit, als autotrafo geschakeld.
Daarvoor moet het lampje aan de andere kant van de transformator worden aangesloten, nl. zoals in fig. 5. De oorspronkelijk voor het lichtnet bedoelde wikkeling is niet aangesloten. Het is me wel degelijk bekend dat een nettrafo het op de audiofrequenties niet meer behoort te doen, maar de trafo in kwestie weet daar kennelijk niets van en werkt dan ook F.B. tot minstens 6 kHz.
Mijn nieuwste model lichtzender is geheel portable uitgevoerd en is samen met een lichtontvanger in dezelfde kast ingebouwd. Alles is nu ook uitgevoerd voor 12 V voeding, zodat ik allerlei PSA's en mijn kleine (4 Ah) accu's kan gebruiken. De lamp is een 12 V - 0,3 A model en hij zit in een kleine zaklantaarnreflec-

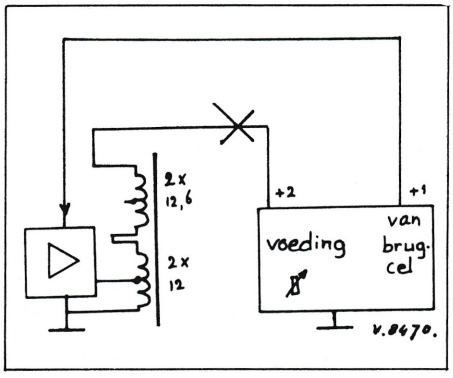

Fig. 5. *De schakeling bij gebruik van een autotrafo. De voeding en de versterker maken beide gebruik van dezelfde brugcel en net-transformator.*

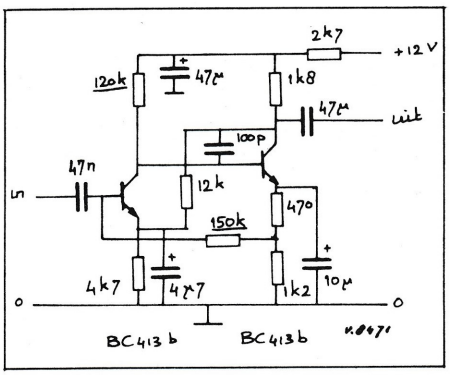

Fig. 6. *De gebruikte voorversterker.*

tor. Er wordt gemoduleerd met een helft van een dual 2 W IC, de LM377. Aangezien de uitgangsimpedantie van deze versterker 8 ohm is, en die van het lampje ongeveer 30 ohm, voldoet hier heel goed een 2x6 V of 2 x 9 V trafo, zoals die in cassetterecorders voorkomen. Als voorversterker gebruik ik de schakeling van fig. 6, maar daar is ook wel een IC voor te krijgen. De eindversterker met de LM377 is getekend in fig. 7. Merk op dat de andere helft van de IC in de ontvanger gebruikt wordt. Daarover zal ik het nu hebben.

Detectie

Zoals ik in de inleiding al liet blijken, gebruikte ik in de ontvanger een gewone huis-tuin-en-keuken LDR als het lichtgevoelige element, de detector dus. (In dit opzicht zijn mijn 'ontvangers' te vergelijken met kristalontvangers-met-AF-versterking: er is geen HF versterking. Daar zou een Laser-achtig apparaat voor nodig zijn!).
Met die LDR is het al net eender als met de lamp en de nettrafo: volgens alle opvattingen en ook volgens de specificaties kunnen die dingen helemaal niet dienen voor het doel waarvoor ik ze inzet, maar als je dat stil houdt en ze gewoon gebruikt is er niets aan de hand! Ik ben overigens niet de eerste die van dit principe gebruik maakt; wie heeft ook weer een MD108 voor 1,8 MHz? In ieder geval is het schema van de eerste ontvanger niet ingewikkelder dan fig. 8,

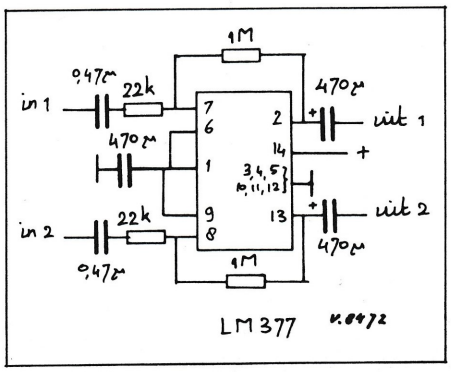

Fig. 7. *De dubbele eindversterker met LM377*

waar U een serieschakeling van een LDR en een R van 27k ziet. Die 27k was bij deze LDR (zo'n ronde van Philips) ongeveer optimaal. Het knooppunt is aangesloten op een voorversterker die zo weinig van fig. 6 afwijkt dat een schema achterwege kan blijven. Fig. 6 is bijzonder bruikbaar.

Deze ontvanger en een 2x 2000 ohm telefoon gebruikte ik bij de 10-watter van fig. 5. Hiermee kon ik (one-way) de eerste verbinding maken: 100 meter! Later benutte ik de microfoonversterker van mijn radiocassetterecorder ook als ontvanger-'front-end'; daarmee was dat een transceiver geworden. Hiermee en met fig. 5 en 6 aan de andere kant maakten Rudy Broens (als mobielstation) en ik de eerste heen en weer verbinding. Dat was 11 okt. 1975. De afstand was weer 100 m, maar daar waren we al erg blij mee!

Met deze spullen, echter uitgerust met afgekrabde Ge-torren als OC 3 heb ik ook het persoonlijke afstandsrecord gemaakt: iets meer dan 1 km. Een demonstratie in Beverwijk viel ook aardig uit, hoewel de tweede keer grandioos mislukte omdat mijn printjes niet PAoZEZ-vast bleken te zijn. En omdat ook het bedieningsgemak erg tegenviel werd het duidelijk dat nieuwbouw wel op zijn plaats zou zijn.

Iets daarvan heb ik al genoemd, nl. de zender. Welnu, de ontvanger is precies zo opgebouwd, dus een voorversterker als fig. 6 en de andere helft van de LM377 om een luidspreker aan te drijven. En voor het eerst een echte fototransistor aan de ingang. Tot dan toe deed ik het met een OC44, die gaf meer hoog, hi. De echte was echter vele dB's gevoeliger, en ik kan iedereen aanraden hiermee te beginnen en de LDR/OC-stap over te slaan.

Met de nieuwe set kan ik een opstelling als in fig. 9 laten werken: de reflectie van een autoachterlicht is voldoende om in de ontvanger een verstaanbaar signaal te produceren.

Een transceiver volgens deze lijnen is ook gemaakt door Henk, PE1BUF, die erg in deze materie is geïnteresseerd geraakt sinds ik de ideeën in Delft introduceerde. Met de hulp van PAoFVH (het was zijn soldeerbout en pils...) hebben we met de nieuwe spullen al duplex-verbindingen gemaakt. Helaas was de uitlijning van één van de sets niet voldoende (en het is altijd die van het tegenstation...) zodat het afstandsrecord van, zeg, 1 km nog niet is gebroken. Dat moet echter makkelijk kunnen, want ik heb samen met Peter, PE1CDJ, al duidelijk het geluid van trillende autokoplampen gehoord, op ongeveer 3 km van de afslag van de E10. Die proef is steeds reproduceerbaar, dus mocht iemand het niet geloven...

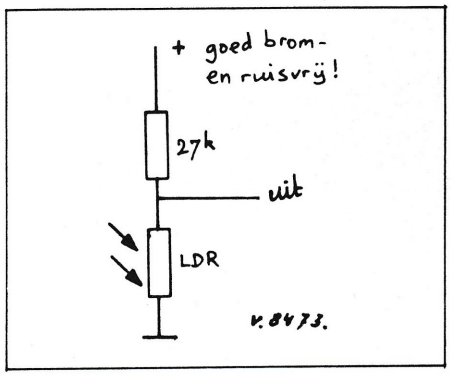

Fig. 8. *Het oer-frontend . . .!*

kom even naar Delft. Voor de situatie, zie fig. 10. Hieruit blijkt wel dat met dit 'zend'- en 'ontvang'-systeem toch heel wat te bereiken is, al moet je het niet vergelijken met gewoon hoogfrequent.

Wat ik in het bovenstaande heb beschreven geeft de huidige stand der techniek zo'n beetje aan, althans waar het onze experimenten betreft. Voor gedetailleerde uitleg hierover kan men steeds terecht bij mij, PA2RHB, of bij Henk, PE1BUF, thuis of op 145,0 MHz.

Naschrift

Over de gebruikte modulatiemethode valt nog wel het een en ander te zeggen. Het blijkt dat de antieke AM-modulatie best bruikbaar is en dat is maar goed ook, want het is bij onze apparatuur de enige mogelijkheid! Dat is als volgt in te zien: als één draagolf gemoduleerd wordt dan ontstaan twee zijbanden, bij een enkele toon twee frequenties, een hoger en een lager dan de draaggolffrequentie (fig. 11). Maar het licht dat uit de lamp komt is niet een enkele frequentie; het is ruis, met een spectrum als in fig. 12. Hierin zijn oneindig veel frequenties vertegenwoordigd, en bij modulatie raken alle zijbanden door elkaar. De omhullende echter vertoont wel weer de vorm van het modulerende signaal. Ik heb geprobeerd dit enigszins te schetsen in fig. 13.

Omhullende-detectie is dus mogelijk, maar elke vorm van productdetectie gaat theoretisch al de mist in, nog afgezien van de vraag hoe dat dan zou moeten. Om dezelfde reden is Ratiodetectie niet mogelijk: er is geen bepaalde frequentie in het signaal te herkennen.

Maar deze laatste methode heeft misschien toch wel toekomst, want er schijnen reeds afstembare (kleurstof) lasers te zijn, waarmee men dus FM zou kunnen maken. Aan de ontvangstzijde stel ik me dan een lokale oscillator voor in de vorm van een tweede laser, dat kan een gewone He-Ne laser zijn, het licht waarvan dan samen met het ontvangen licht op een fotodiode valt. De interfe-

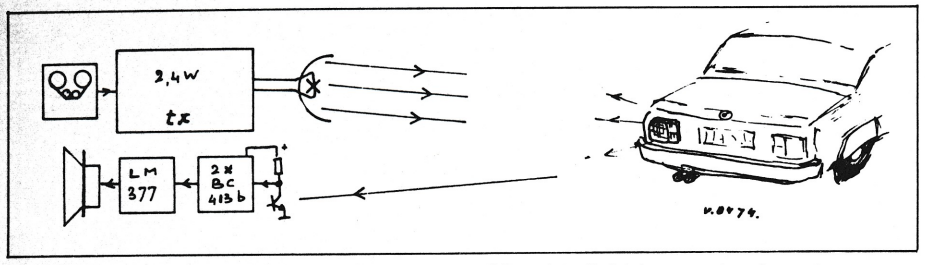

Fig. 9. *Met de nieuwste transceiver is het mogelijk achterlicht-bounce te plegen!*

● Uit Italië kwam bij Postbus 400 een brief binnen waarin een amateur verzocht zijn naam en adres te publiceren en wel omdat hij graag in contact wil komen met architecten en bouwkundigen die tevens radio-amateur zijn. Hier volgt het adres: Architetto Francesco Falanga, I7FFE, P.O.B. 58, 70100, Bari, Italië.

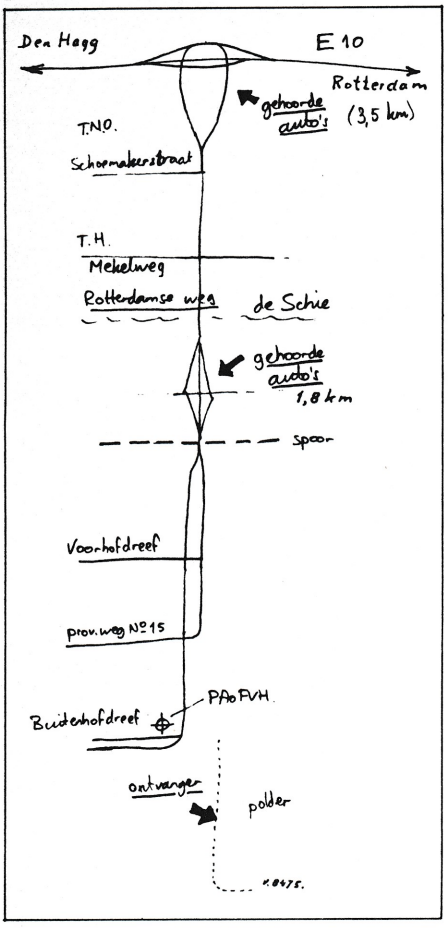

Fig. 10. *Hier worden de sets getest. Van de afslag komende auto's zijn gehoord.*

Fig. 11. *Een spectrum en een tijdgrafiek van een 100% gemoduleerde draaggolf.*

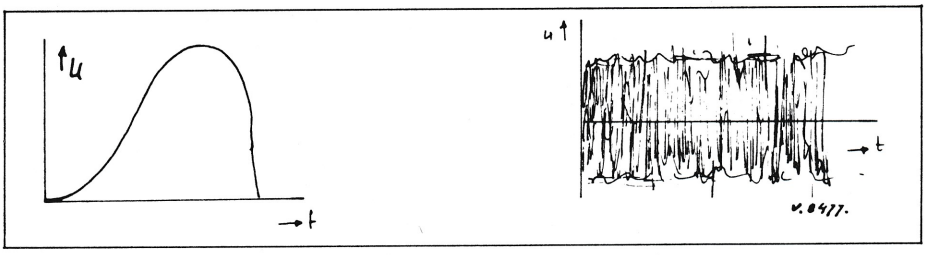

Fig. 12. *Een spectrum en een tijdgrafiek van het gebruikte lamplicht.*

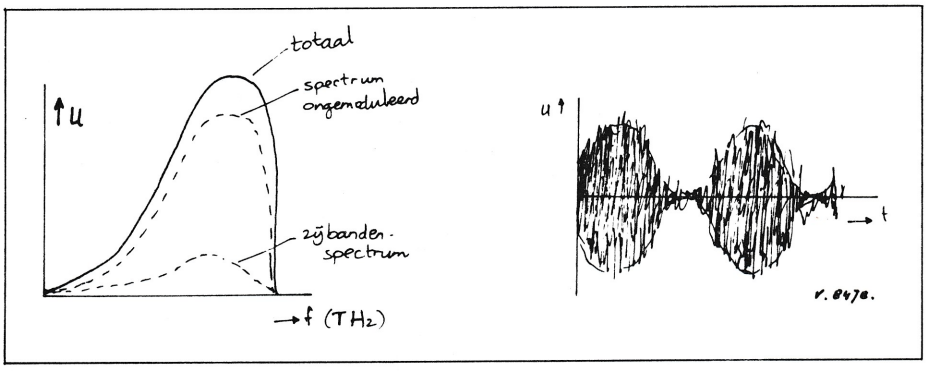

Fig. 13. *Een spectrum en een tijdgrafiek van het gebruikte lamplicht bij 100% modulatie. De zijbanden vormen zelf weer een continu spectrum, zodat het gemoduleerde lamplicht door het spectrum niet te onderscheiden is van ongemoduleerd licht. Wel door de tijdgrafiek!!*

rentie tussen de twee lichtbronnen van, zeg, 100 MHz is dan in de diodestroom aanwezig en kan met een afgestemde kring uitgekoppeld worden voor verdere verwerking.

Eenvoudiger lijkt het me een laserdiode zoals die al voor een f. 30,- te koop is met een gepulste stroom te voeden en dan de puls te moduleren in breedte of frequentie. Dat is dan AM hoofdmodulatie met een met FM of PM gemoduleerde hulpdraaggolf. Dit zal mijn volgende proeven wel beheersen. Ik verwacht er veel goeds van, maar ook meer last van atmosferische omstandigheden, vanwege de smalle bundel. De lamp heeft wat dat betreft als het ware een diversity-effect, we hebben dan ook nooit last van wind, regen of nevel. Van daglicht trouwens ook niet; wel van héél dikke mist, hi.

We zullen zien, ik soldeer wel en U probeert toch ook even iets?

(Tekeningen van de schrijver)

Ruud Hooijenga, PA2RHB,
Tel. (2510) - 27426.

● Bij het ter perse gaan van dit nummer vernamen we dat de Dag voor de Amateur 1979 alsmede de amateur radiotentoonstelling AMRATO dit jaar zullen worden gehouden in Amsterdam en wel op 27 oktober a.s., in het RAI-Congrescentrum.

● In augustus van dit jaar begint ook de Australische PTT zeer waarschijnlijk met zendexamens volgens het multiple-choice systeem. De Wireless Institute of Australia examencommissie gebruikt de Nederlandse examenvragen als leiddraad in haar advies aan de Australische PTT. Aldus berichtte ons OM John Aarsse, VK4QA. Dat geeft de burgers in Groningen weer moed.

● Zo ongemerkt is er een nieuwe VERON-afdeling (in-oprichting nog) bijgekomen, de afdeling Eemsmond. En als u niet weet waar dat is: in de provincie Groningen! Nadere info bij OM G.J.C.M. Kuypers, Hoofdstraat 49, 't Zandt (Gron.).