

## Presentatie PA0KDF

Presentatie RF-Seminar 14 - 01 - 2024

Koos Fockens PA0KDF

Multi- mode HF exciter



Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

### 1 Inleiding

#### Inleiding

Welkom iedereen. Ik wil vandaag een en ander proberen te vertellen over mijn zelfbouw multi-mode HF exciter. Het woord "exciter", dat betekent "stuurzender", is nu vrij onbekend, maar werd in de jaren zestig met de opkomst van de enkelzijband techniek veelvuldig gebruikt. In die tijd was het nog gebruikelijk om twee afzonderlijke apparaten te hebben: een ontvanger en een zender. Maar met name om het afstemmen van de zender op de ontvangfrequentie te vereenvoudigen, en om een aantal componenten zoals de frequentie opwekking en het SSB xtal-filter gecombineerd te gebruiken, was het aantrekkelijk om zender en ontvanger te combineren tot een transceiver. Hetgeen dan ook al snel gebeurde. Sinds eind jaren zestig is de transceiver dan ook standaard geworden.

In de huidige tijd worden frequenties digitaal opgewekt of gecontroleerd via synthesizer schakelingen of DDS'sen in combinatie met een microprocessor. Ontvangers hebben een CAT uitgang gekregen, waar de frequentie informatie en andere Rx instellingen mee uitgelezen kunnen worden. Dus waarom niet die info uitgekoppeld naar een PC gestuurd waarin dan de LO frequentie voor de Tx uitgerekend kan worden, zodat je daarmee een DDS kunt aansturen om de zender op je ontvangfrequentie te tunen?

De vrijheid die je daarmee krijgt maakt dat het eenvoudig om Rx en Tx weer volledig te scheiden als twee apparaten. Het grote voordeel is dat zelfbouwen en experimenteren zo een stuk gemakkelijker wordt. En dat geldt zowel voor de ontvangzijde van je station, als voor de zenzijde.

## Zelfbouw?

In een tijd, waarin het lijkt dat iedereen met fabrieksapparaten werkt, waarom zou je dan nog zelfbouwen? Omdat zelfbouwen goedkoper is? Nee, die tijd is allang voorbij.

Ieder zal er zijn eigen ideeën over hebben. Voor mij geldt dat zelfbouw iets is waar ik mijn ideeën in kwijt kan. En hoewel ik voornamelijk technéut ben, wil toch ook QRV zijn. Met apparatuur waar iets van mijzelf in zit. Dat sluit fabrieksapparatuur niet uit, maar de kern moet toch van mijzelf zijn. Daar staat ook tegenover dat, hoewel ik altijd veel ideeën heb wat zoal zou kunnen bouwen en experimenteren, ik alleen die dingen realiseer, die ik echt ga gebruiken. Dat betekent ook dat het zodanig ge-ingeerd moet worden dat er een praktisch bruikbaar apparaat uit voort komt.

De inhoud van mijn presentatie zal bestaan uit de volgende delen.

2
Inhoud
• Het gehele radio systeem
• Blokschema's van de exciter
• De SSB opwekking met de fase methode
• De uitwerking in de exciter
<i>Pauze</i>
• Speech compressor en ALC
• De pulsshaper
<i>Gaarne directe vragen en opmerkingen</i>
Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024      Multi mode HF Exciter      Koos Fockens - PA0KDF

## 2 Inhoud

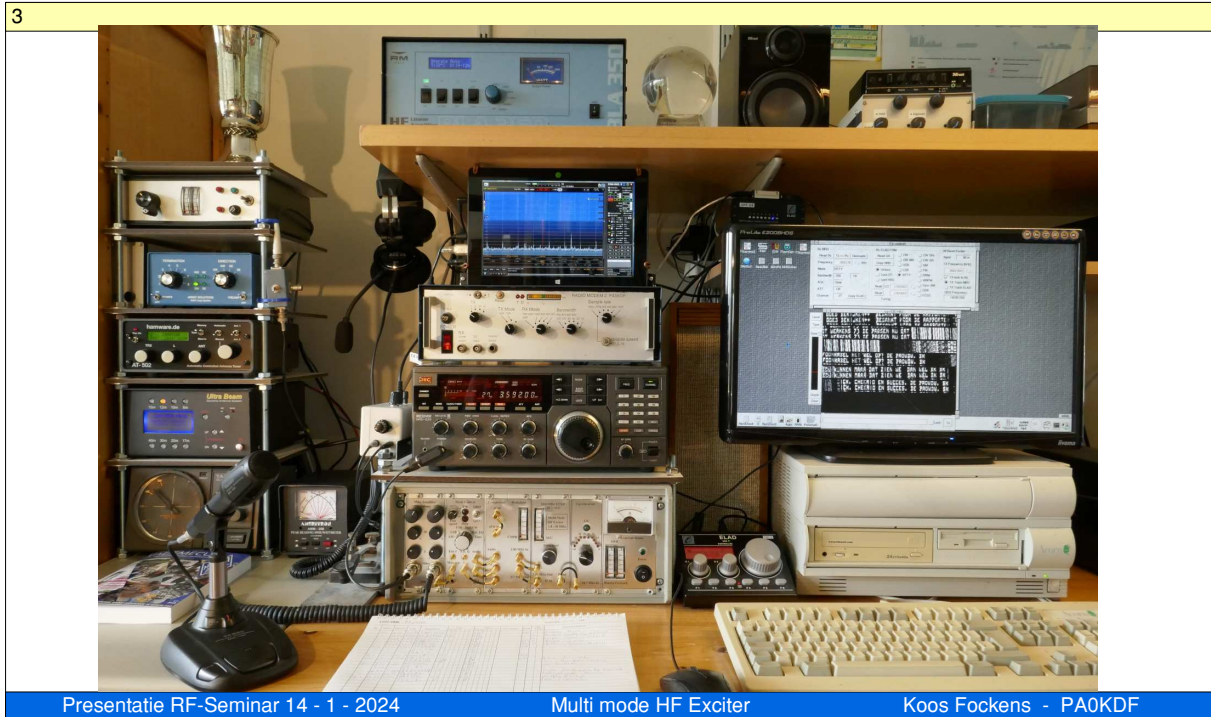
Mijn verhaal is een top-down benadering, eerst globaal, daarna in details. Ten eerste begin ik met een overzicht hoe het hele radio station bij mij is opgebouwd en functioneert. Dan richten we de aandacht op de exciter zelf, en hoe dat in blokken is opgebouwd. Het volgende onderwerp is de methode van opwekking van het SSB signaal, gebruik makend van de fase methode, en de uitwerking daarvan in een aantal detailschema's. Na afloop daarvan wordt het tijd voor pauze.

Na de pauze gaan we verder met een aantal detailzaken. Belangrijke onderwerpen bij enkelzijband zenders vormen de speech processing en de ALC schakelingen. Tenslotte wil ik het ook nog even hebben over de pulsshaper, die ik gebruik voor het opwekken van smalbandige Hellschreiber signalen.

Ik toon hier alleen voor de modulator de volledige schakeling. Voor diegenen die daarvoor interesse hebben, kan ik andere schema's opsturen.

Ik hou van interactie, dus vragen en opmerkingen graag direct.

## Het gehele radio systeem

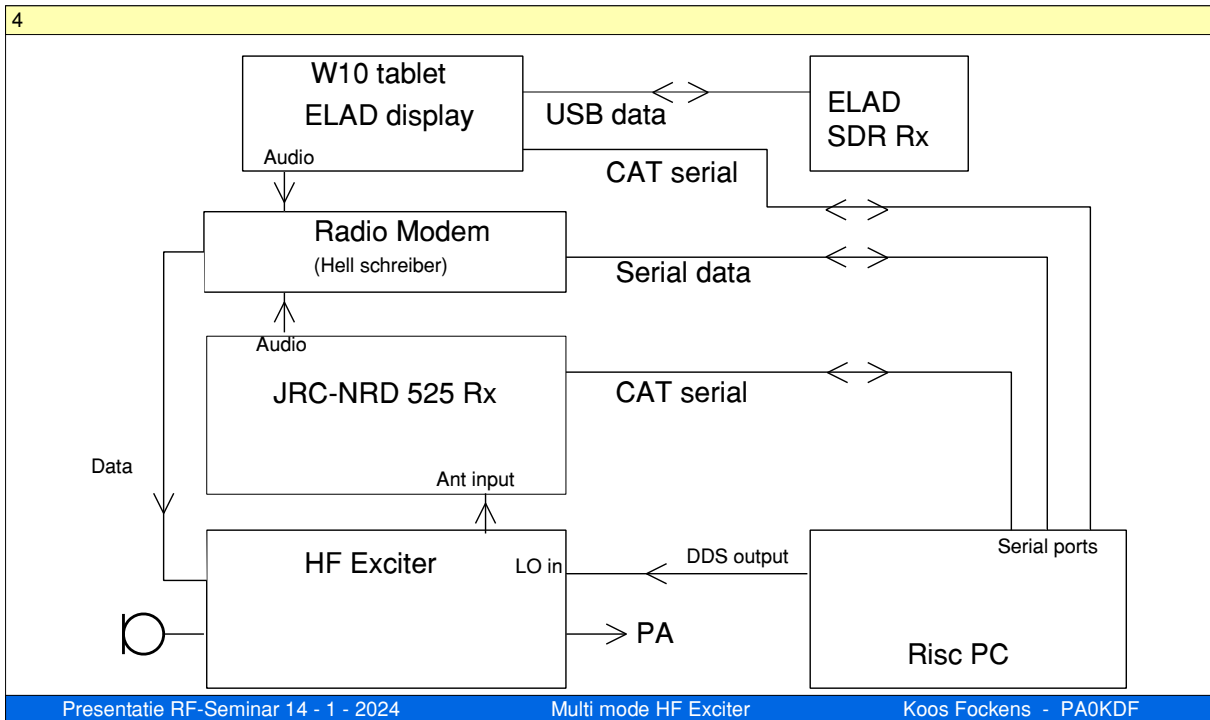


### 3 Overzicht radio systeem

Deze dia geeft een blik op het radio gedeelte van mijn shack. In de centrale kolom staat van beneden naar boven de exciter, de hoofd ontvanger, JRC NRD525 (mooie ontvanger uit de jaren 80, geeft hedentendage nog steeds een uitstekende ontvangst. Meelopende pre-selectie, uniek!). Dan de radio modem, gemaakt voor Hell-schrijven en voor RTTY, en daarboven bij wijze van 2de ontvanger een Windows 10 tablet, waarop de software van de Elad FDM-S2 SDR ontvanger loopt. Op de plank boven de RM BLA 350 eindtrap, die 300 Watt kan maken.

Rechts staat het centrale onderdeel van mijn station, de Acorn RiscPC uit 1995, met scherm. De kolom links is voor de antennes, rotor, afstemming Ultra Beam, afstemming DQ antenne, bediening K9AY loopsysteem, en boven de bediening van de liermotor van de mast.

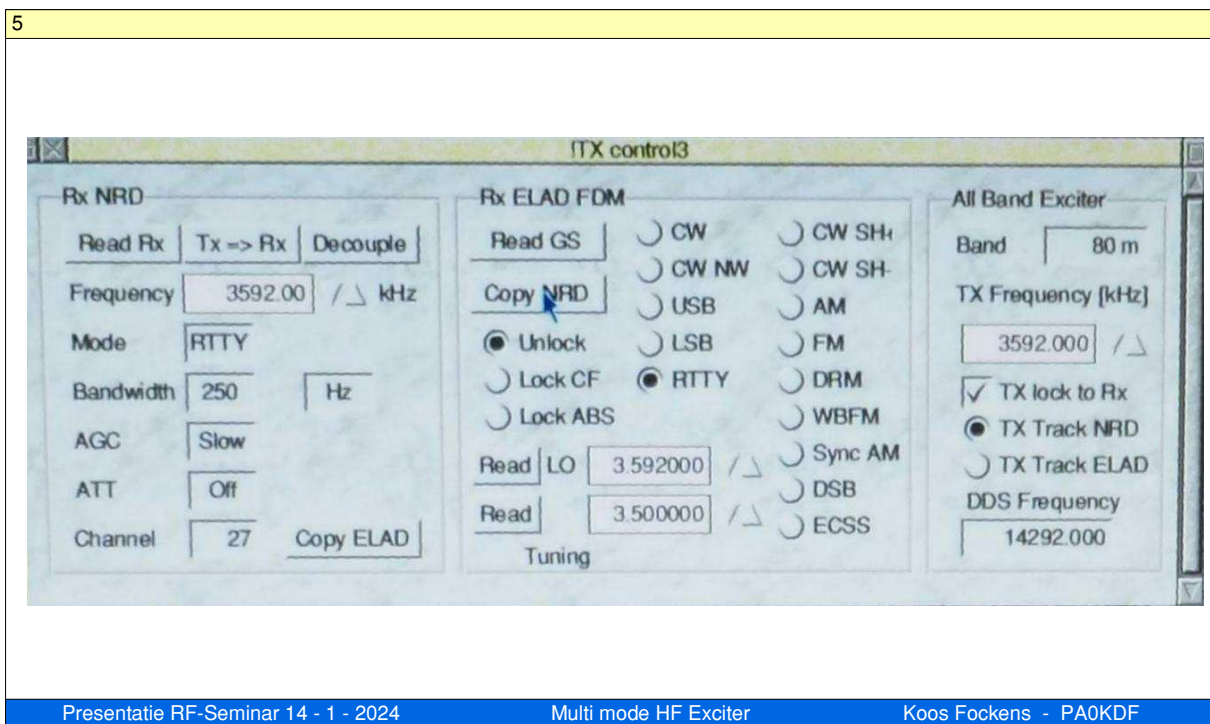
Het blokschema daarvan is als volgt:



4 blokschema radio systeem

### De software besturing

De software voor de besturing heb ik ook zelf geschreven. Ik gebruik daarvoor de taal C en maak gebruik van de tools behorende bij het operating system.

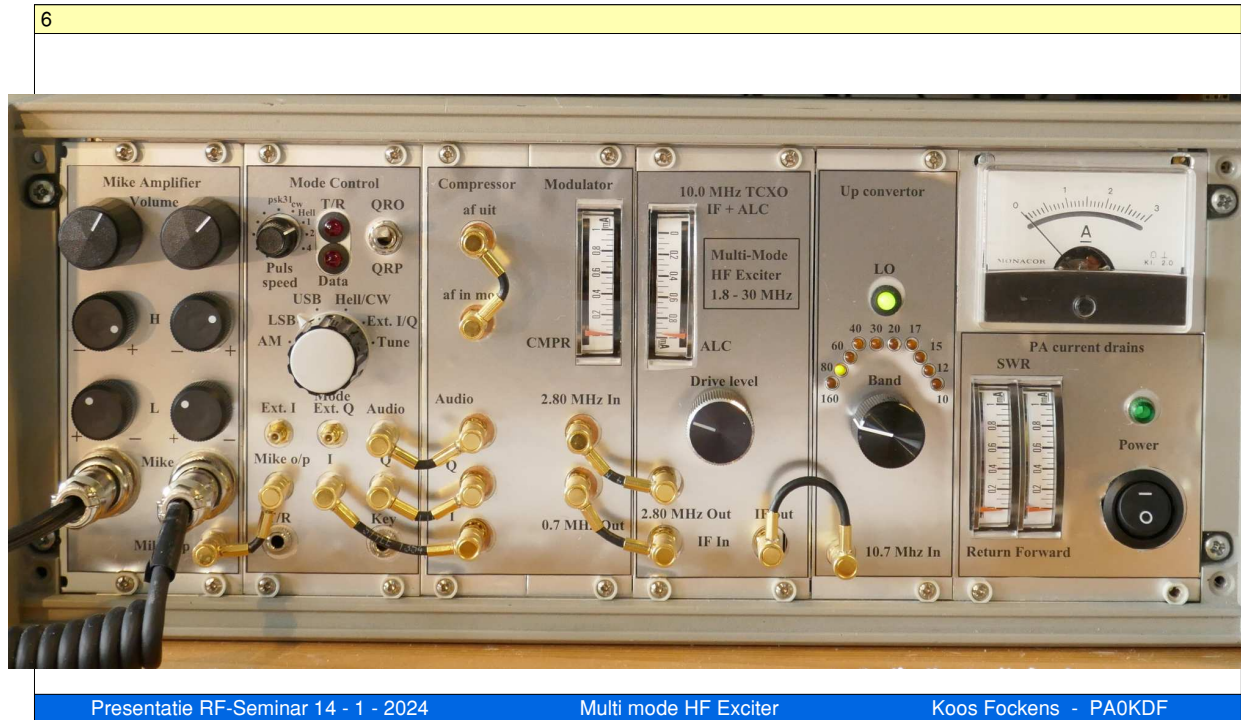


5 Bedieningsvenster

Hier hebben we het venster met de software besturing op de RiscPC. Opgedeeld in drie vakken. Links de uitlezing en besturing van de NRD Rx. Midden dat van de Elad SDR, en

rechts de frequentiebesparing van de zender. Ik hoef hier weinig te doen. De NRD wordt continu uitgelezen en elke frequentieverandering wordt direct doorgegeven naar de DDS die de exciter van Local Oscillator signaal voorziet. Ook kunnen frequentie en instellingen tussen de NRD en de Elad worden doorgegeven. De DDS zit op een uitbreidingskaart in de RiscPC. De datacommunicatie is serieel RS232, en verder de protocollen van JRC en van Elad, die het weer geleend heeft van Yeasu.

## De exciter



Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

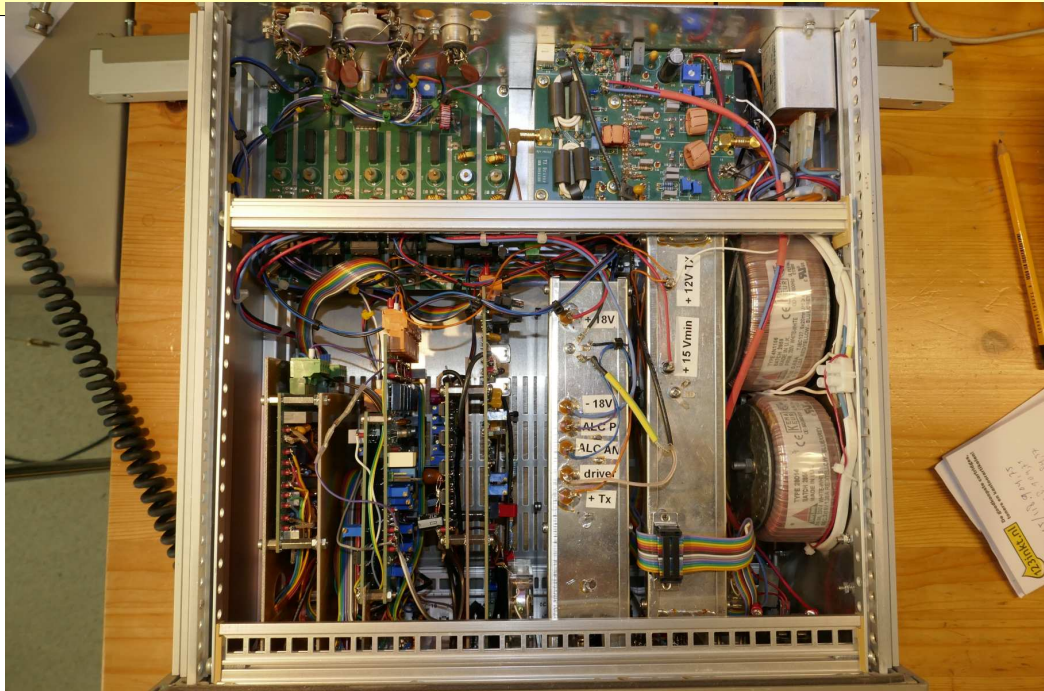
Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

6 Foto front van de exciter

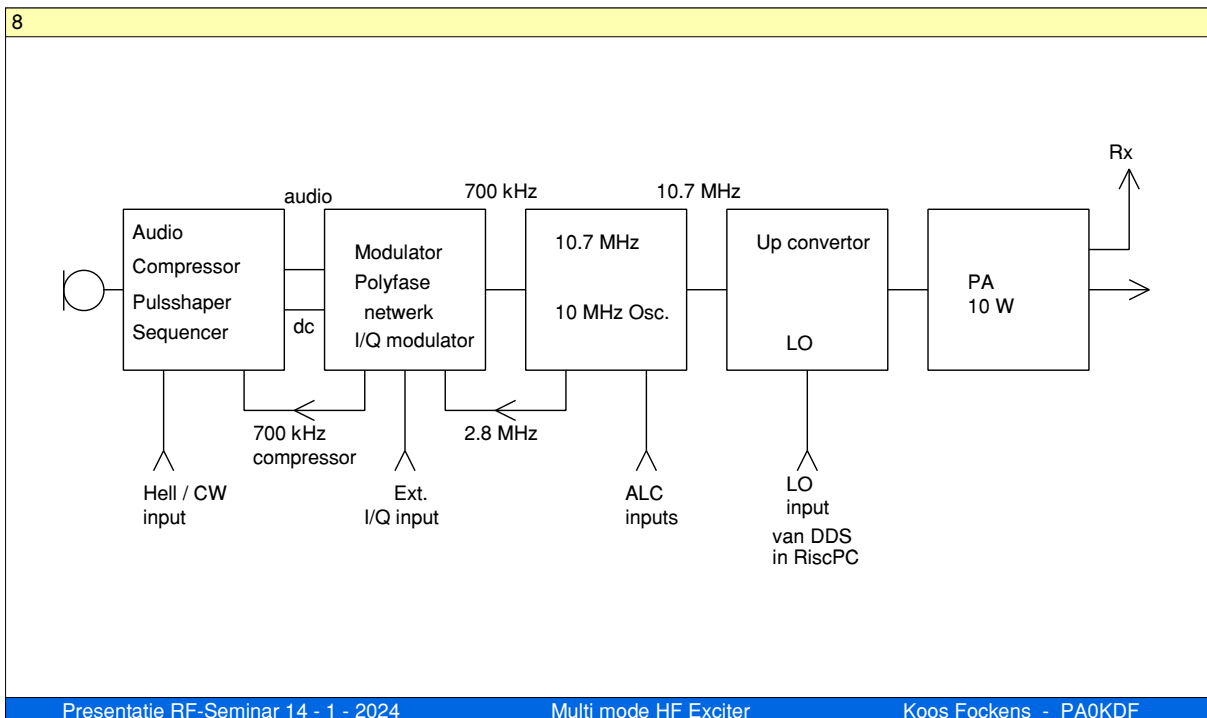
De exciter is opgebouwd uit plug-in units: Links de dubbele microfoon ingang. Naar rechts de unit met T/R besturing en mode omschakeling. Ook zitten daar audio filters plus het audio-deel van de AM-modulator. Midden-links bevat de SSB modulator met de optie van I/Q ingangen. Ook zit daar de speech-compressor waar het meterje bij hoort. Midden-rechts de frequentie opwekking voor de modulator, 10 MHz TCXO, de van 700 kHz naar 10.7 MHz upconverter, en de ALC schakeling, waar ook de meter bij hoort. Met de knop kan ik daar de drive vermogen instellen.

Daarnaast zit de up-converter naar de amateurbanden, van 1.8 tot 28 MHz, en de bandschakelaar. Helemaal rechts de voeding met SWR metertjes en een meter, die de stroom door de eindtrap (10 - 15 W) in de gaten houdt.



### 7 Binnenzijde exciter

### Blokschemas exciter



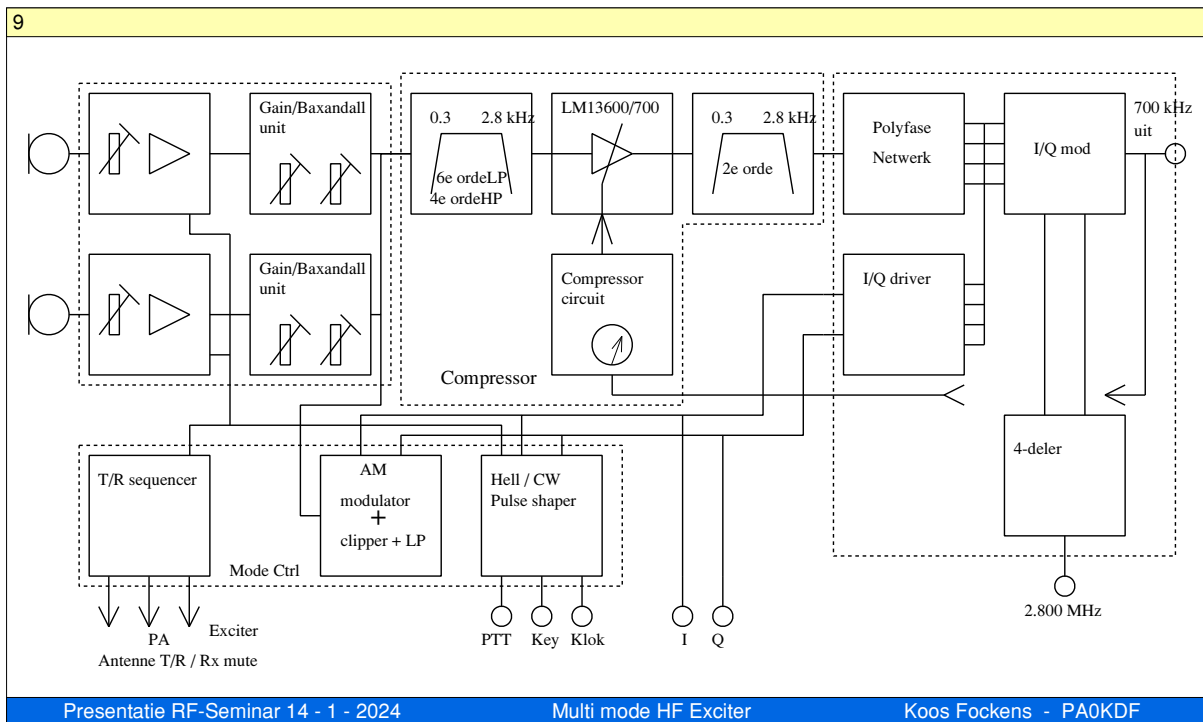
### 8 Blokscherma totaal van de exciter

Nu gaan we naar het overall blokschema van de exciter voor een totaal overzicht, waarna we verder gaan in meer gedetailleerde blokschemas.

Om te beginnen met de meeste belangrijke blok, zijnde de modulator, 2e van links. Het bevat

de I en Q modulator, bestaande uit twee balansmodulators, die met twee 700 kHz draaggolven met 90 graden faseverschil gevoed worden. Het bevat ook het polyfase netwerk dat het audio signaal opsplijst in twee componenten, die 90 graden uit fase zijn.

Helemaal links hebben we het blok dat dit aanstuurt, bevatten de microfooningangen, T/R circuit met sequencer, compressorschakeling, die gestuurd wordt vanuit het gemoduleerde SSB signaal op 700 kHz. Verder is er een data ingang voor ASK modulatie, die gebruikt maakt van de pulsshaper, en dat ik gebruik in combinatie in de Hell-schreiber mode. De rest van de blokken is conventioneel met een 700 kHz naar 10.7 MHz convertor en 10 MHz TCXO. Verder de upconverter naar de amateurbanden, die gestuurd wordt vanuit de DDS in de RiscPC. Tenslotte de PA met ca. 10 - 15 Watt output bedoeld om de 300 W PA aan te sturen.



9 Blokschema audio plus modulators

Deze dia laat meer details zien van de exciter t/m de 700 kHz output. De microfoon ingangen zijn dubbel uitgevoerd met elk een Baxandall toonregeling. Bekend bij de Hifi hobbyïsten in de jaren zestig, maar hier aangepast voor de spraakband. Het regelbereik is daardoor ook kleiner, plus/min 10 dB. Aparte knoppen voor lage en hoge tonen. De bedoeling is om het gehele spectrum, 300 - 3 kHz gelijkmatig te vullen. Daarvoor moet je aanpassen m.b.t. je eigen stem en de gebruikte microfoon. Bij mij zit aan de ene ingang de tafelmicrofoon, aan de andere de microfoon van de headset. De compressor behandel ik later, ik wijs nu op de uitgebreide audiofilters. In tegenstelling tot een filter SSB zender heb je bij een fase-type modulator geen scherpe begrenzing van het audiospectrum. Dat moet je dus apart verzorgen, vooral ook omdat het frequentiebereik waarin het polyfase netwerk correct werkt, beperkt is. Daarbuiten komt de verkeerde zijband weer opzetten. Rechts de modulator waar ik zo het detailschema van laat zien. Linksonder zie je hulpcircuits als de T/R sequencer, AM modulator en de pulse shaper. De laatste twee injecteren een DC-gekoppeld signaal direct in de balansmodulators.

### De SSB opwekking

Een relevante vraag is: waarom gekozen voor SSB opwekking volgens de fase methode? Zoals bekend kun je een SSB signaal op drie verschillende manieren opwekken. De meest gebruikte is de filter methode. Met, meestal, een xtal-filter wordt de gewenste zijband afgescheiden uit het

DZB signaal dat de balansmodulator opwekt, en dat wordt verder geconverteerd naar de zendfrequentie en versterkt.

Daarnaast heb je de fase methode en de Weaver methode, ook wel aangeduid met de derde methode.

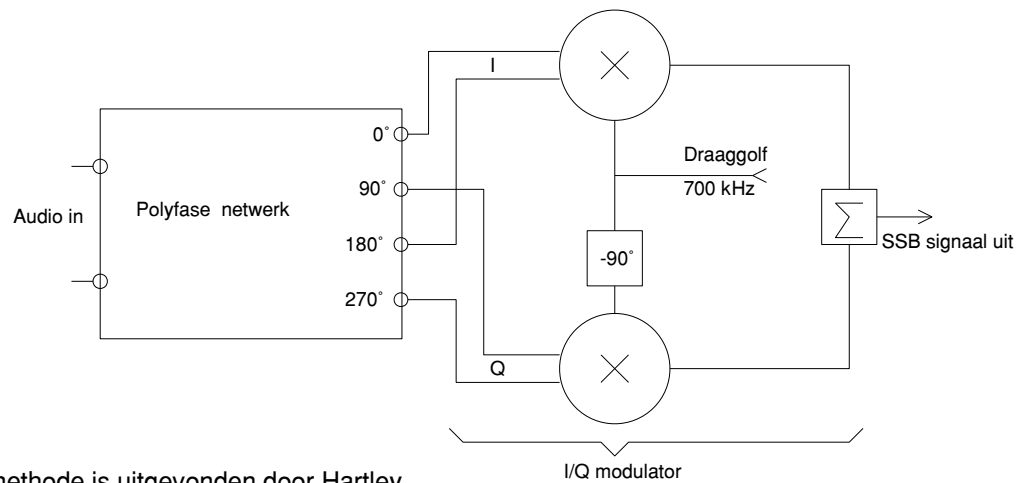
Naast de behoefte van mij om dingen anders te doen dan de meeste mensen doen, is er ook een praktische reden om niet gebruik te maken van xtal-filters. Het probleem van xtal-filters is dat ze steile flanken moeten hebben, gerealiseerd met resonators met zeer hoge Q-factoren. Het fysisch noodzakelijke gevolg is dat er op de frequenties van die flanken de signaalcomponenten sterk vertraagd worden. Dat uit zich in looptijd vervorming. Vooral de lage en de hoge frequenties van de spraakband worden dan aangetast. Toen in de jaren zestig SSB telefonie voor de scheepvaart ontwikkeld werd, werd er een CCIR standaard gemaakt, waarin o.m. werd vastgelegd dat aan die looptijdvervorming limieten worden gesteld.

Mijn JRC NRD 525 ontvanger uit de jaren 80, die voor algemeen gebruik is ontwikkeld, bevat nog steeds het originele xtal-filter die aan die eisen voldoet. Als ik daarmee op Scheveningen Radio afstemde dan hoorde je een perfect signaal waaraan niet meer te merken was dat het een SSB signaal was, maar volkomen gelijkwaardig is aan een telefoon kanaal. Dat kon je toendertijd niet zeggen van de meeste SSB signalen, die je op de amateurbanden hoorde. Hedentendage met de digitaal opgewekte SSB signalen legt heel anders. Het is een keuze van mij om niet gebruik te maken van DSP technieken, maar wel om werkwijzen die daarin gebruikt worden, in analoge vorm te realiseren. Ik maak wel gebruik van computertechnieken voor besturingen.

Wat dus over blijft zijn de fase en de Weaver methode. Die twee zijn ook aan elkaar verwant, want ze maken alle twee gebruik van twee balansmodulators, een voor het I-signaal (In fase) en voor het Q-signaal (Quadratuur oftewel 90 graden fase gedraaid) om het HF signaal op te wekken. Het verschil in de beide methoden zit in de manier waarop de 90 graden faseverdraaiing van het audio signaal wordt gerealiseerd. Bij de fase methode moet een analoog netwerk dat verzorgen, bijvoorbeeld een polyfase netwerk. Bij de Weaver methode is dat netwerk vervangen door een extra I en Q mixer dat aangestuurd wordt met een draaggolf op de helft van de spraakband, dus 1,5 kHz. Er worden daar twee DZB signalen gemaakt die gevouwen zijn om die 1.5 kHz draaggolfrequentie en 90 graden faseverschil hebben. 1,5 kHz low-pass filters verzorgen dan de onderdrukking van de verkeerde zijband.

Oorspronkelijk was de opzet om beide methoden in deze exciter te realiseren. Daarvoor had ik twee opsteek printjes gemaakt met de ene het polyfase netwerk, en de andere de schakeling voor de Weaver methode. Dat heeft ook gewerkt, maar vanwege mijn slechte ervaringen met de schakelmixers, waardoor ik ook de mixers van de Weaverschakeling zou moeten aanpassen, ben ik met die methode gestopt, en doorgegaan met de fase methode. De fase methode heeft nog een voordeel t.o.v. de Weaver methode, namelijk dat de onderdrukte HF-draaggolf van het SSB signaal dezelfde frequentie heeft als waarmee de I/Q modulator wordt aangestuurd. Ik hoef maar een DC-spanning op de ingang te zetten, en ik zend een volle draaggolf uit op de frequentie van de onderdrukte draaggolf. Dat maakt het mogelijk om te testen en te tunen, terwijl op gewoon om een QSO afgestemd sta zonder dat de anderen daar last van hebben. Bij de Weaver methode zou dat een toon van 1,5 kHz opgeleverd hebben!





- De fase methode is uitgevonden door Hartley
- Het polyfase netwerk is uitgevonden door M.J. Gingell in 1969.
- Pim Niessen, PA2PIM, heeft er in 1977 een afstudeer opdracht gewijd aan SSB opwekking met polyfase netwerk

### 10 Principe schema SSB opwekking volgens de fase-methode

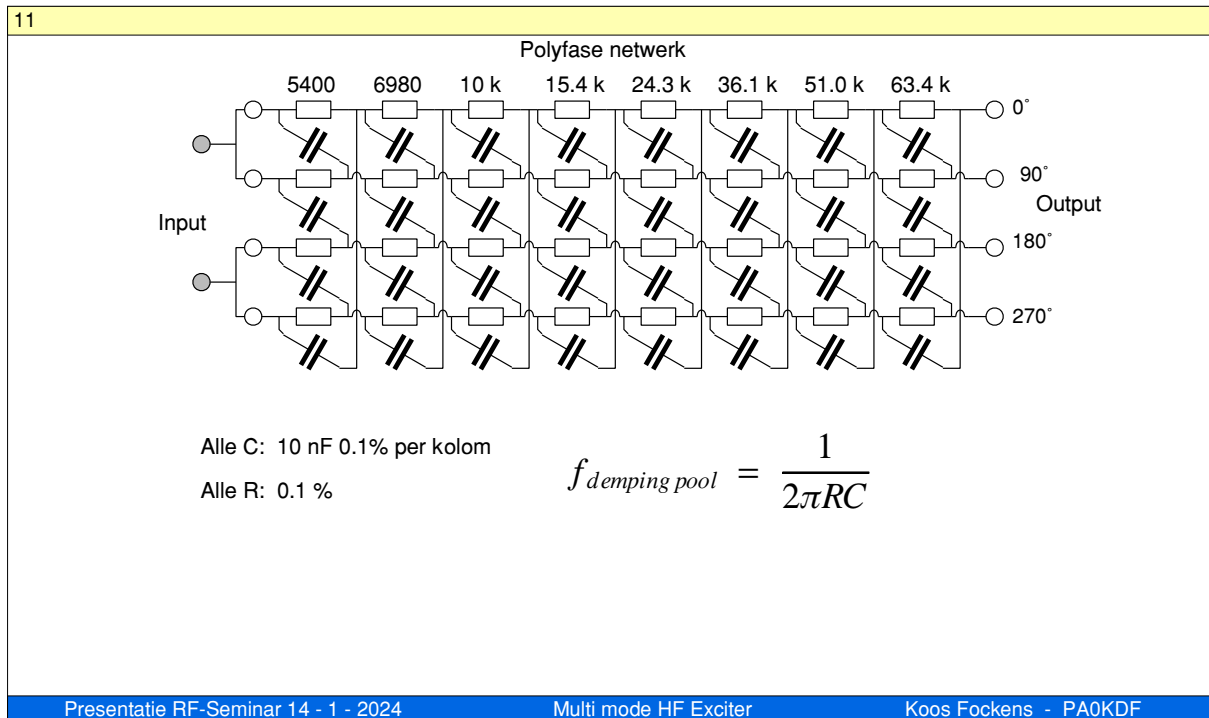
Deze dia laat het basis principe van de SSB opwekking volgens de fase methode zien. Het polyfase netwerk met de gebalanceerde ingang, en de vier fasen uitgang. Rechts de balans modulatoren, waarna de uitgangssignalen gesommeerd worden. Bij die sommatie wordt de gewenste zijband versterkt en de ongewenste uitgenuld. Voor die uitnulling is nodig dat de I en Q ingangssignalen 90 graden verschoven zijn, dat de uitgangssignalen even sterk zijn, en dat de LO signalen netjes 90 graden verschoven zijn.

De fase methode is uitgevonden door Hartley.

Het polyfase netwerk is uitgevonden door meneer Gingell in 1969.

Pim Niessen, PA2PIM, heeft er in 1977 een afstudeer opdracht geweid aan SSB opwekking met polyfase netwerk.

## Het polyfase netwerk



### 11. Het toegepaste polyfase netwerk.

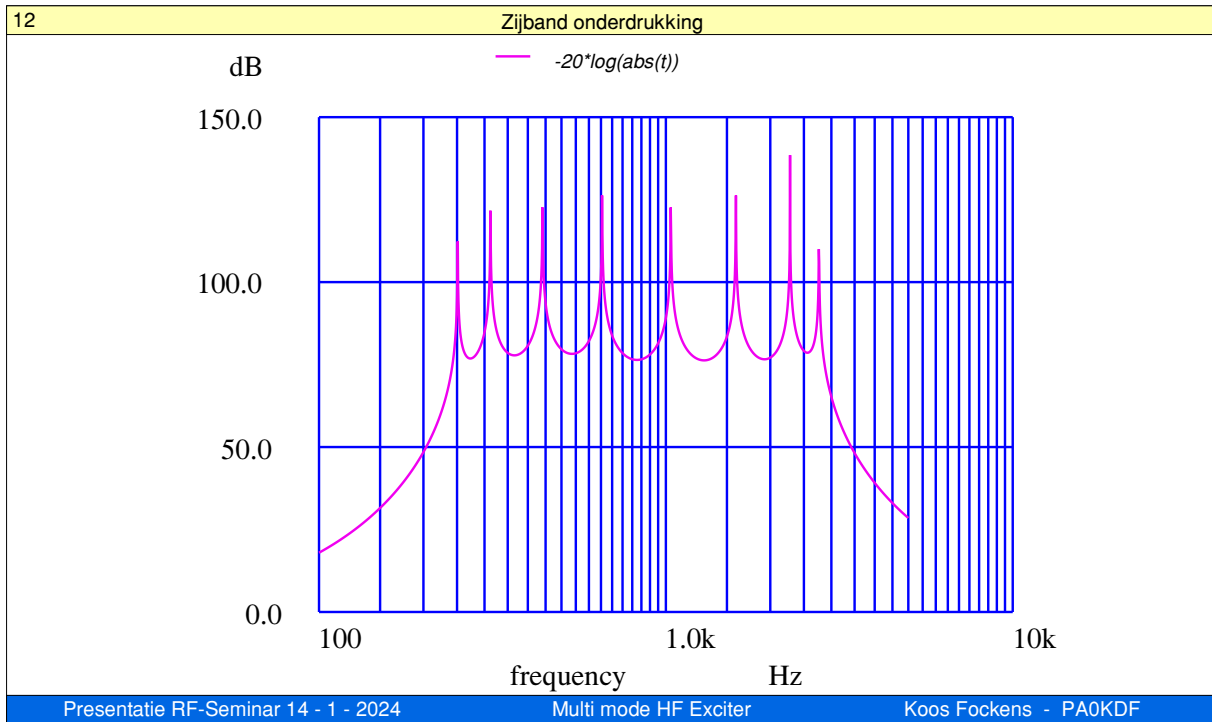
Dit is het polyfase netwerk zoals ik die zelf ontwikkeld heb voor de exciter. Je moet dit zien als een ruimtelijk, drie-dimensionaal, netwerk met een x, y, en een z-richting. In dit netwerk wordt een signaal-vector gedwongen in één richting rond te draaien in een vlak loodrecht op de voortplantingsrichting. Dus hier van links naar rechts. De nauwkeurigheid waarmee dat lukt, dus dat de verkeerde draairichting onderdrukt wordt, wordt bepaald door de gelijkheid van de componenten per kolom

Elke kolom heeft een dempingspool voor de doorlaat van de verkeerde zijband. De frequentie van die pool wordt bepaald door het RC product in de kolom:

$$f_{demping\ pool} = \frac{1}{2\pi RC}$$

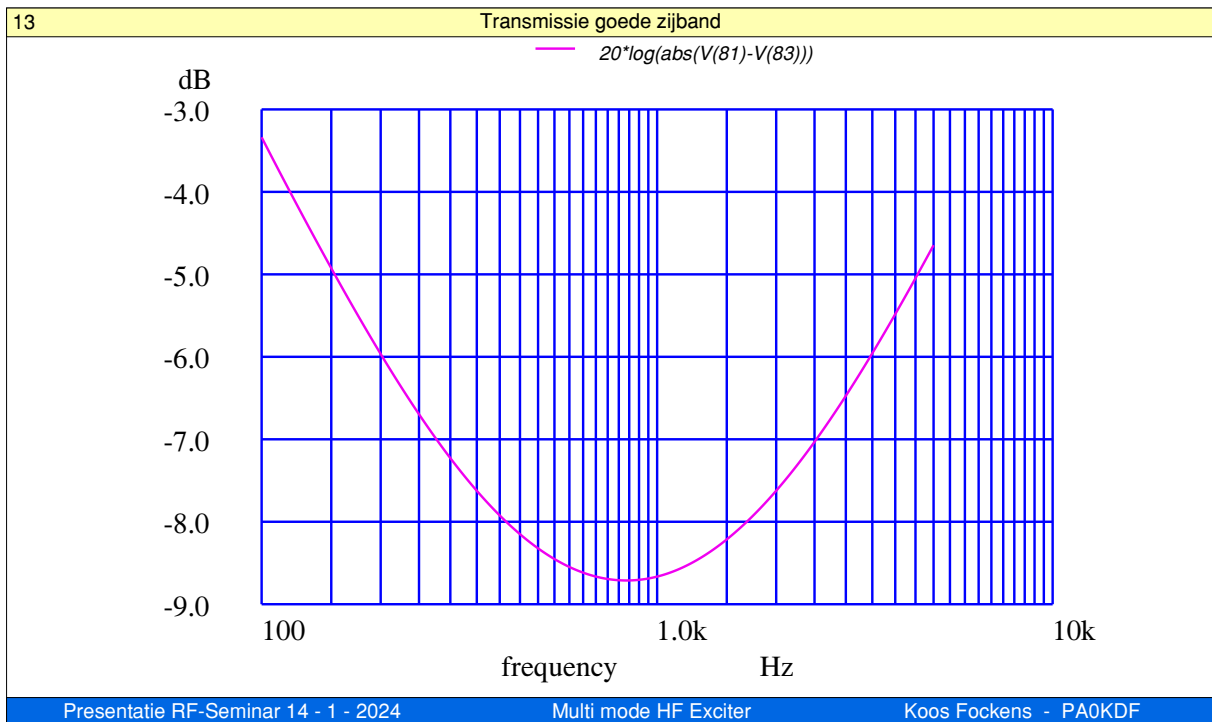
Die dempingspolen moeten evenredig verdeeld worden over het gewenste frequentiebereik. Hoe meer kolommen, hoe gemakkelijker het wordt om een groot frequentiebereik te halen met een goede zijband onderdrukking. Maar het levert ook meer demping op. Uiteindelijk ben ik uitgekomen op is 8 kolommen.

Om 60 dB zijbandonderdrukking te behalen is *per kolom* een gelijkheid nodig met een tolerantie van 0.1 %. Die nauwkeurigheid is niet nodig in de langsrichting. De weerstanden van 0.1 % tolerantie kun je bestellen; de condensatoren zijn met een tolerantie van hooguit 1 % te verkrijgen. Daarom heb ik voor een vaste waarde voor alle condensatoren gekozen, een ruime aantal C gekocht, in de SMD uitvoering (NP0) zijn die niet zo duur, en vervolgens voor elk kolom setjes bijelkaar gematched met een nauwkeurigheid van < 0.1 %.



### 12 Simulatie zijband onderdrukking

De zijbandonderdrukking van een polyfase netwerk kun je heel goed simuleren met SPICE, zoals deze plot laat zien. Met perfecte componentwaarden zie je hier een zijbandonderdrukking van bijna 80 dB. In werkelijkheid haal je dat dus niet. Ook kun je hiermee mooi de verdeling van de dempingsfrequenties optimaliseren.

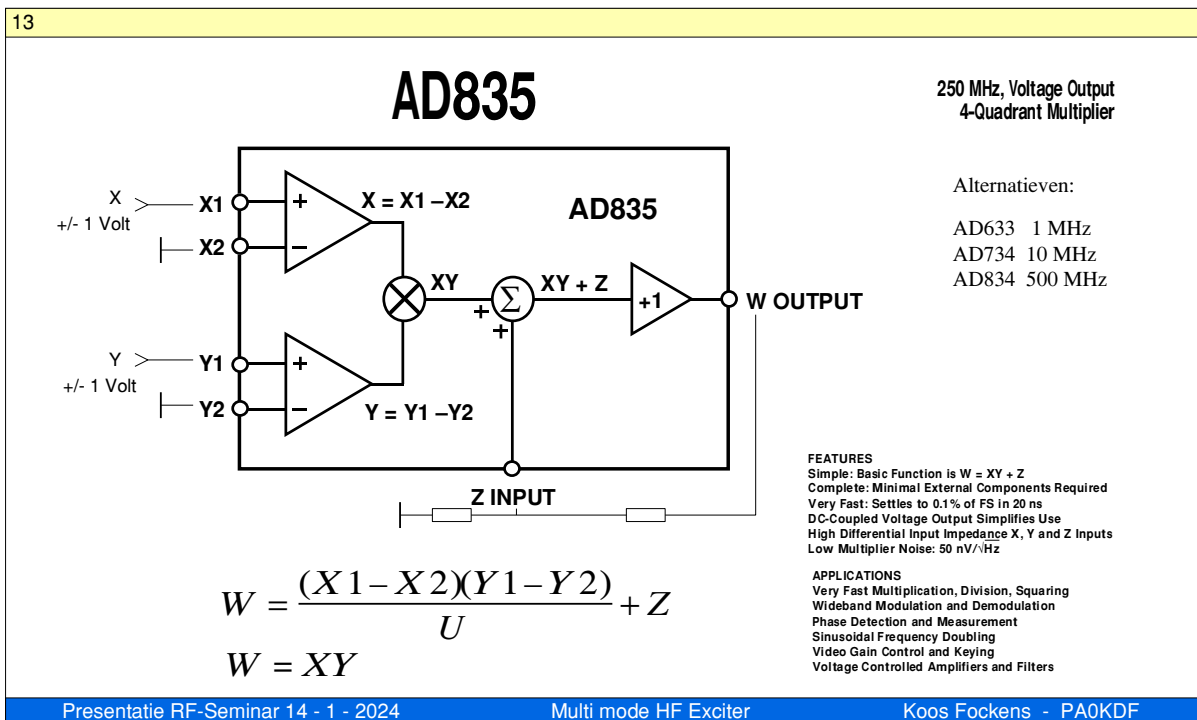


### 13 Simulatie doorgang goede zijband

Deze plot laat zien dat de doorgang van de gewenste zijband niet helemaal recht is, maar dat is extern wel te compenseren.

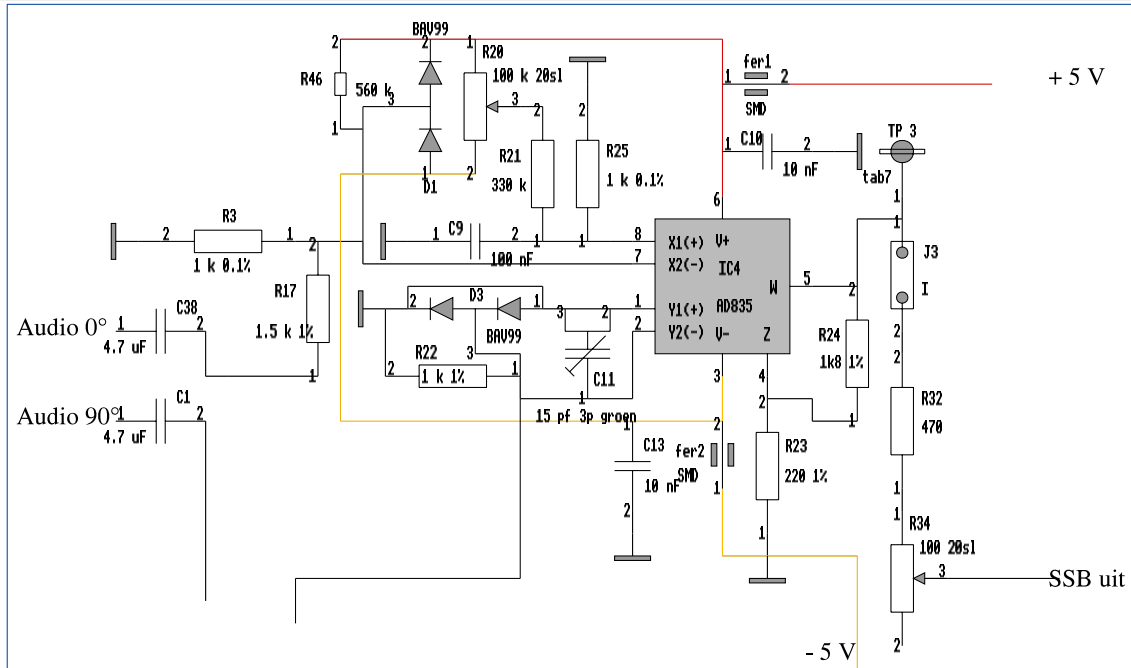
## De balansmodulator

13



### 14 Principe AD835 multiplier

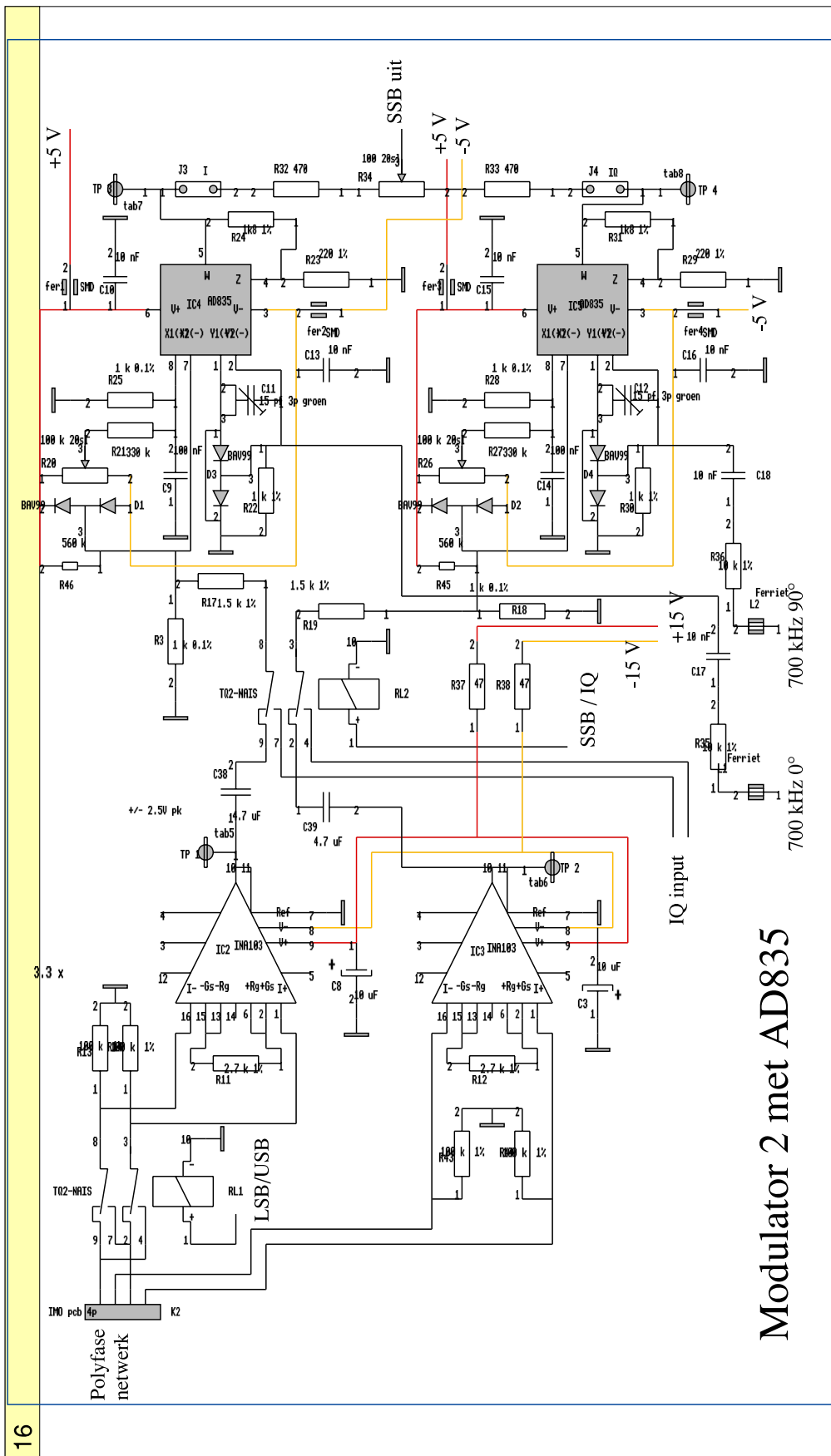
In de balansmodulators heb ik een vier-kwadranten multiplier toegepast, hier de AD835 van Analog Devices. Dit is een component met twee ingangen, die elk positieve en negatieve spanningen toelaten met een differentiaal input, en een uitgangsspanning levert dat ook zowel positief als negatief kan worden en het product is van de beide ingangsspanningen. En dat met grote lineariteit. Het perfecte component voor een balansmodulator dus. Er is een reeks met uitvoeringen met verschillende snelheden met evenredige prijskaartjes. Ik heb de AD835 gebruikt, want die kende ik al van QRL toepassingen.



### 15 Schema balansmodulator

Hier zien we de detailschakeling van een enkele balansmodulator zoals dat uiteindelijk gerealiseerd is. De audio, I of Q, komt assymetrisch binnen op pootje X2. Op pootje X1 wordt een DC-spanning gedrukt dat de balans voor de draaggolfonderdrukking instelt. Voor de temperatuurstabiliteit van de draaggolfonderdrukking is het heel belangrijk dat de DC bronweerstand laag is, hier 1 k.ohm, aan beide ingangen. Het IC bestaat namelijk uit bipolaire transistoren, die aan elke ingang een basis biasstroom vereisen. Zoals bekend is zo'n basisstroom altijd temperatuur afhankelijk.

De CO ingang is op pootje Y2. Er wordt een 15 Volt blok toegevoerd via een weerstandsdeler, zie volgende plaatje, o.a. bestaande uit R22 (1k) vanaf de CMOS 4-deler. De ingangscapaciteit van het IC met trimmer C11 rondt die blokspanning een beetje af, terwijl de dioden D3 de amplitude vastleggen op 0.7 V. Trimmer C11 maakt het mogelijk de fase scherp af te regelen, nodig voor de zijbandonderdrukking. De uitgang gaat via jumper J3 naar een optelschakeling met twee vaste weerstanden van 470 ohm en een potmeter. Deze potmeter stelt de amplitude balans in. Bij het afregelen van de draaggolfonderdrukking is het handig om dat per balansmodulator te doen, dus de output is afschakelbaar gemaakt met Jumpers 3 en 4.



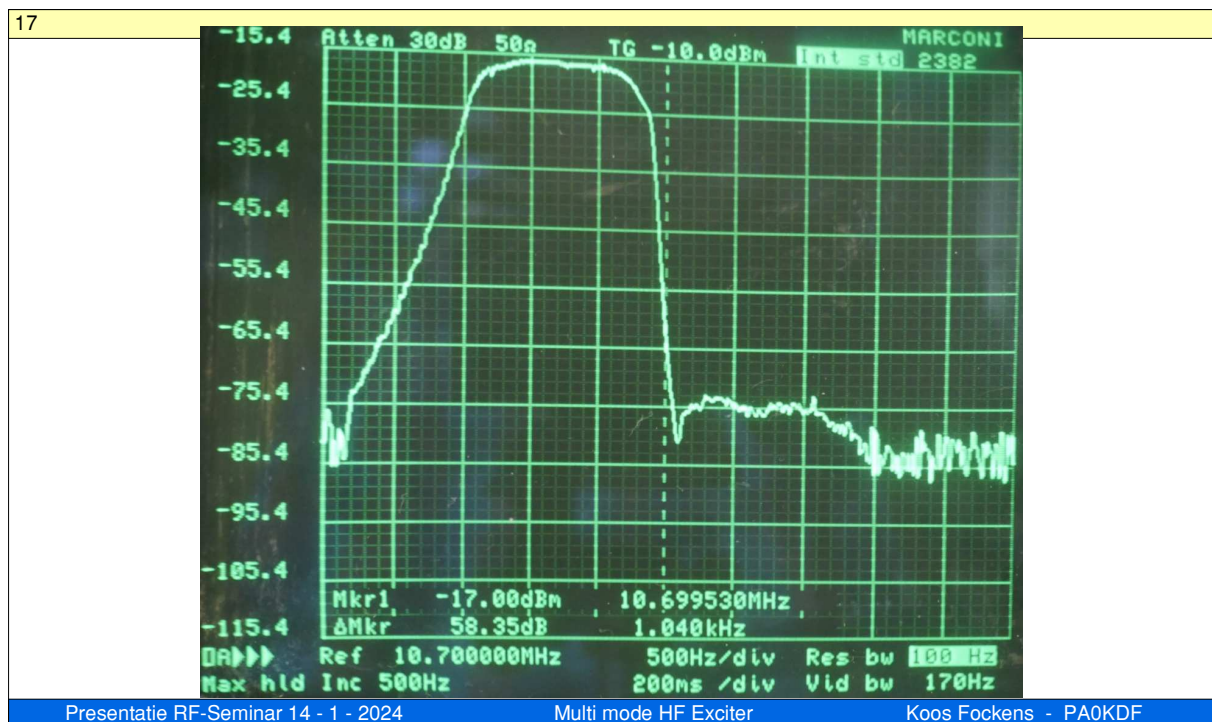
# Modulator 2 met AD835

16 Schema SSB modulator

In deze dia is de schakeling verder uitgezoomed. Linksboven de aansluiting van het polyfase netwerk, waar in kwadratuur de twee audiosignalen vandaan komen, en aan de twee echte operationele versterkers INA 103 worden toegevoerd. Zij maken van de gebalanceerde I en Q signalen assymmetrische signalen. Het relais linksboven doet de fase van één kanaal omkeren, en selecteert daarmee de zijband. Het tweede relais schakelt om van SSB naar directe I/Q modulatie. Hetzij van een externe input, of DC-gekoppeld vanuit de AM modulator en voor de ASK modes (Hell / CW) via de pulsshaper.

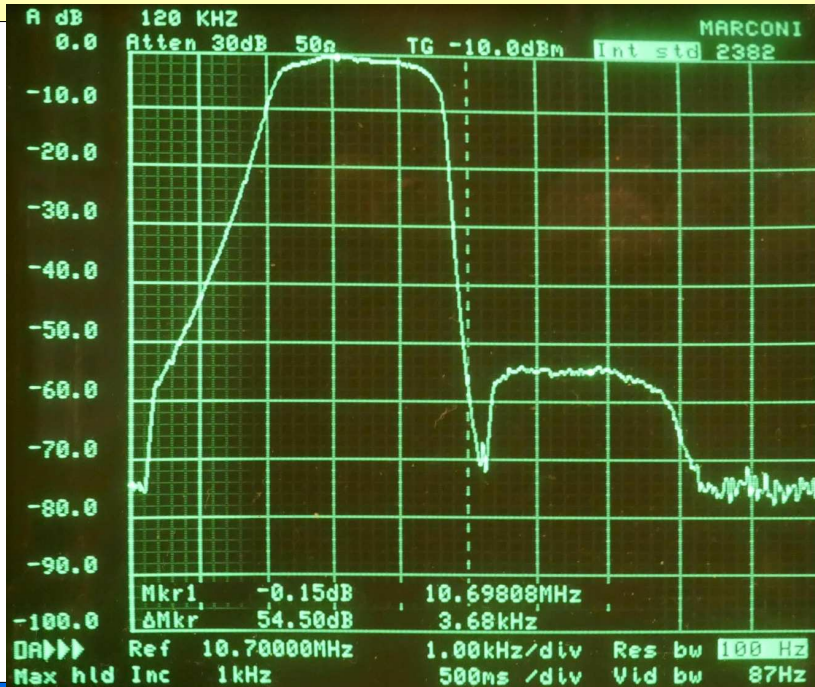
Rechts de balansmodulators in samenhang. Midden beneden de aansluiting op CMOS 4-deler. De ferrietkraaltjes doen mee om de hoge frequentiecomponenten van de blokspanningen eraf te halen.

### Meetresultaten.



17 Meting van de zijband onderdrukking een half jaar na afregeling: ca. 58 dB.

18



Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

18 Zijband onderdrukking USB na ruim 2 jaar na afregeling: ca. 54 dB.

19



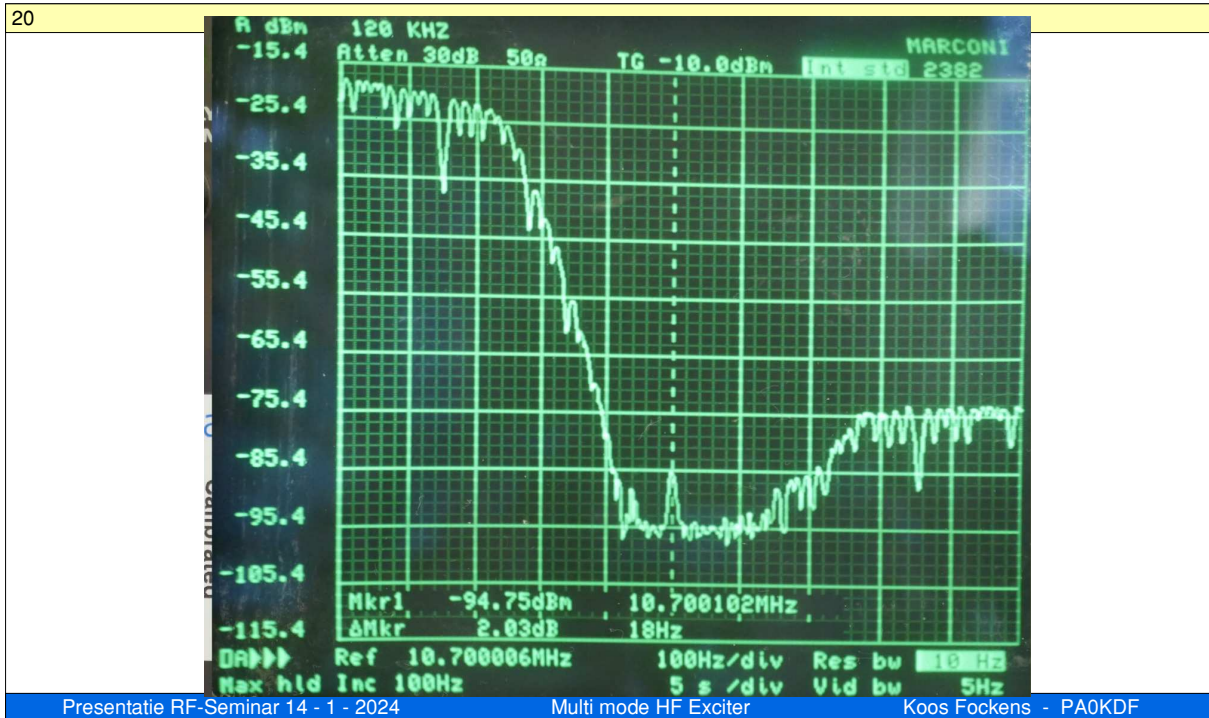
Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

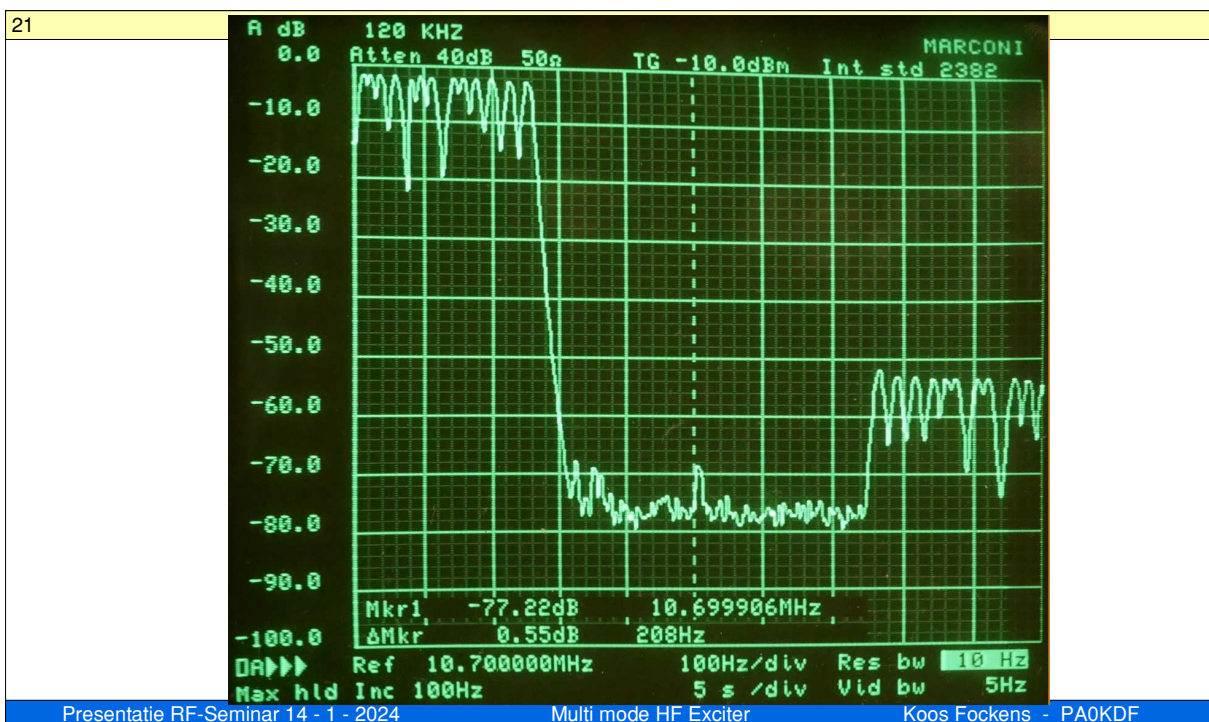
Koos Fockens - PA0KDF

19 Zijband onderdrukking LSB na ruim 2 jaar na afregeling: ca. 52 dB.





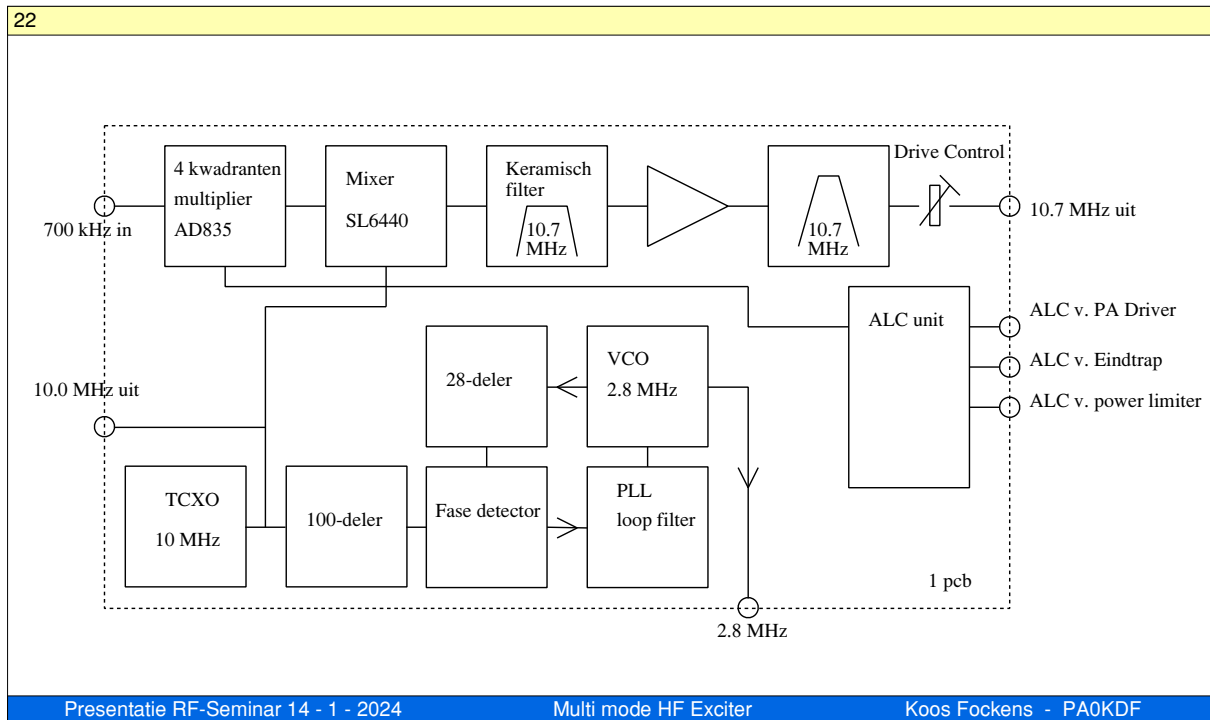
20 Draaggolf onderdrukking een half jaar na afregeling: ca. 70 dB.



21 Draaggolf onderdrukking 2 jaar na afregeling: ca. 68 dB.

*De meetresultaten laten zien dat een stabiel functionerende SSB exciter gerealiseerd is, die voldoet aan de eisen voor een amateur SSB zender. Het kan dus goed met de fase-methode!*

## De HF kant van de exciter

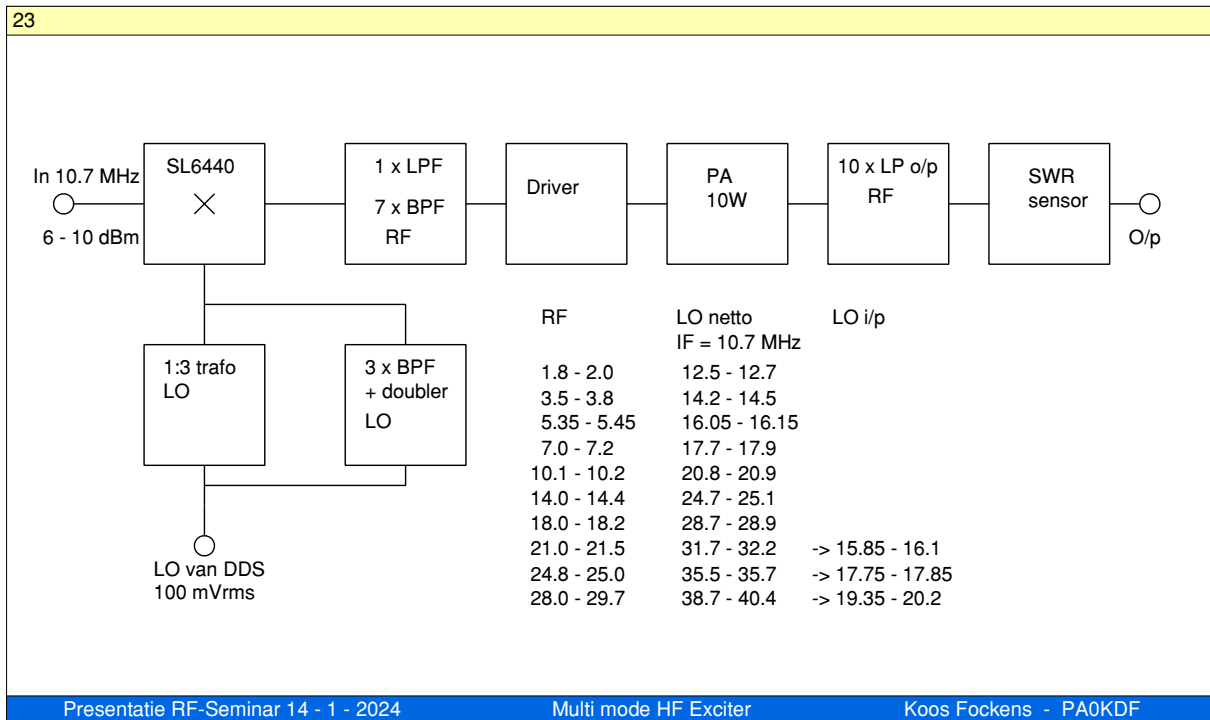


22 Blokschema 1ste mixer

Nu gaan we verder met het resterende HF deel van de exciter. Hier het 2e IF deel. Upconversie van 700 kHz naar 10.7 MHz. Aan de ingang, linksboven, zit weer een AD835 multiplier, hier om het signaalniveau terug te regelen voor de ALC. Direct daarachter de mixer met een antieke actieve high-level mixer van Plessey, de SL6440. QRL-matig veel gebruikt, had er nog een voorraad van. Daarachter ook nog iets uit de junkbox, namelijk een keramisch filter voor FM ontvangers, op 10.7 MHz, 180 kHz breed, maar met steile flanken en een goede verafonderdrukking. Mooi om je ongewenste mengproducten kwijt te raken. Had ook een 12 kHz FM xtalfilter kunnen zijn, ook die heb ik nog wel in de junkbox. Aan de uitgang de Drive Controle om de aansturing van de eindtrap te kunnen regelen.

Beneden zit de TCXO op 10.0 MHz, die direct de mixer aanstuurt, en een PLL die de 2.8 MHz opwekt om de 4-deler in de modulator aan te sturen. Voor wie geïnteresseerd is kan ik de detailschema's opsturen,

## De upconverter +

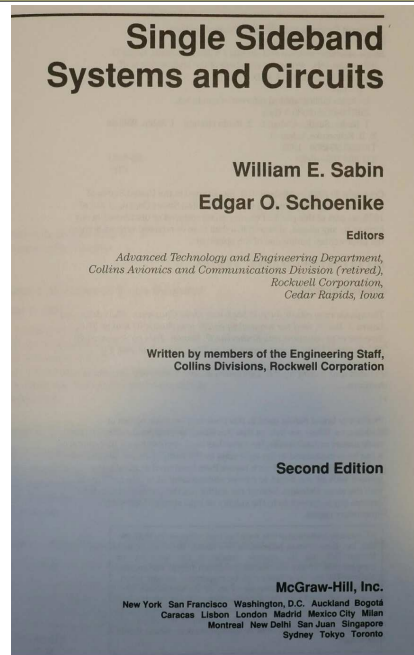
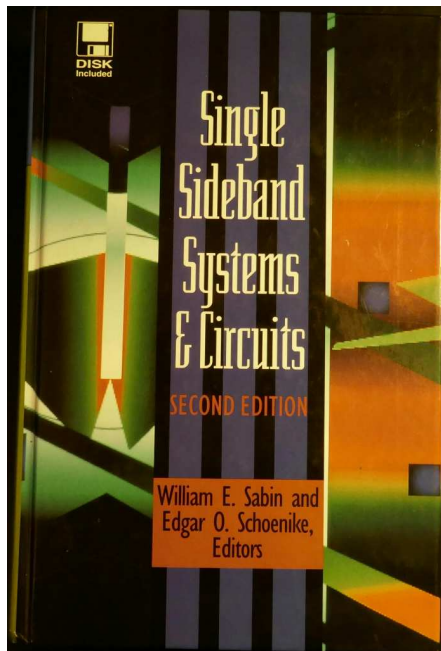


### 23 Blokschema HF deel van de exciter

De rest van de exciter, waaronder de up-converter naar de amateurbanden. Ook hier een SL6440, rechtstreeks aangestuurd vanuit de DDS, via een 1 op 3 trafo. Het grote genot van de SL6440 is dat hij maar heel weinig LO signaalvermogen nodig heeft. Kan direct gestuurd worden vanuit de DDS.

Voor de hoogste banden had ik wel een probleem: De DDS-kaart in de RiscPC had een 30 MHz LP filter ingebouwd, en kon dus niet de LO-frequenties voor de hoogste 3 banden leveren. Maar dat was te omzeilen door voor die banden een frequentieverdubbelaar in te schakelen, zodat ik met halve frequenties kon aansturen. In de software is dat ook ingebouwd. Zie tabel. Die vrijheden heb je als je de software volledig zelf schrijft.

PAUZE



Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

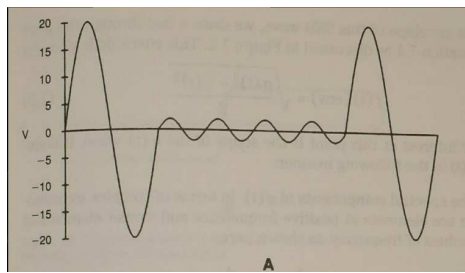
## 24 Handboek van Collins

Voordat ik verder ga met de spraak processing en ALC wil ik HET standaardwerk op gebied van de SSB techniek aan jullie laten zien. Zoals bekend was het de firma Collins die na de 2e wereldoorlog SSB radiotelefonie voor mobiele toepassingen ging ontwikkelen. Het ging toen om toepassingen in de luchtvaart en de militaire markt, maar ze wisten ook dat het goed bruikbaar zou zijn in de amateur markt. En de amateur toepassing was ook een goede showcase voor hun professionele klanten. Drie ontwikkelaars van Collins: Pappenfus, Bruene en Schoenike, hebben een standaard werk over SSB geschreven begin 1960 "Single Sideband Principles and Circuits". In 1972 opgevolgd door "Single Sideband Systems and Circuits" van Sabin en Schoenike. Dit is Edition 2 daarvan, uitgekomen in 1995. Wat ik ga vertellen over speech processing en Automatic Level Control is voornamelijk gebaseerd op dit boek. Verder bevat het boek heel veel informatie over systeemontwerp, ontvanger design, exciter en transceiver design, analoge IF filters, pre-selectors, synthesizers, frequentiestandaarden, solid state power amplifiers, ultra-low distortion PA's, high power linears, antenne matching techniques, ontvanger meetmethoden, en deze editie ook een hoofdstuk over digitale signaalbewerking. Dan is er nog een floppy bij met allerlei (DOS) programmatjes.

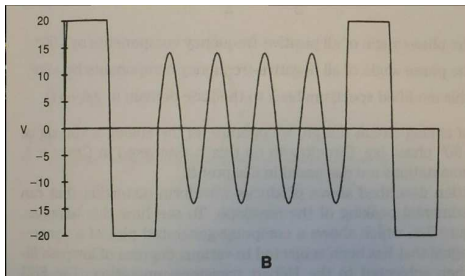
### Speechprocessing

In het spraaksignaal, zoals dat van de microfoon komt, zitten sterke amplitude verschillen, vooral in de tijd maar ook in frequentie. Dat maakt dat het gemiddelde van het uitgezonden vermogen in relatie tot het piekvermogen erg laag is. Een simpele oplossing is de pieken in het signaal af te snijden in een clipperschakeling. Dit werkt goed in AM en FM zenders. Het voorkomt ook dat er overmodulatie optreedt.

De linker kant van het volgende plaatje laat het effect zien van clipping.

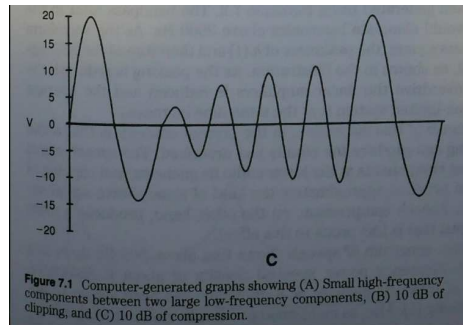


A



B

Limiter



C

Figure 7.1 Computer-generated graphs showing (A) Small high-frequency components between two large low-frequency components, (B) 10 dB of clipping, and (C) 10 dB of compression.

Compressor

Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

## 25 Effect van clipping en van compressing op signaal.

Linksboven A is het microfoonsignaal. Als je clipping toepast is plaatje B linksonder het resultaat. De zachte passages komen mooi naar voren, maar de piek is geclipped, en resulteert in sterke harmonischen en intermodulatie. Er is een laagdoorlaatfilter nodig om te voorkomen dat de hogere harmonischen buiten de spraakband (= splatter) uitgezonden worden.

Een alternatieve manier is het gebruik van een compressor. Dit is een schakeling met een variabele versterking, die in een terugkoppeling met een regellus tracht het output signaal min of meer constant te houden. Het vermindert daardoor de dynamiek in het microfoon signaal.

Het effect van een compressor is zichtbaar rechtsonder in C. Bij het stijgen van de eerste piek wordt de versterking teruggeregeld. Direct na de piek is de versterking nog laag vanwege de tijdconstante in de regellus, maar later komt de versterking weer omhoog. Het gevolg is dat het zwakke tussensignaal in amplitude opkomt.

Hier zit een belangrijk ontwerpaspect. We willen dat de omhullende van de syllaben (lettergrepen) goed gevolgd wordt. Daarvoor moet de stijgtijd van de regellus kort zijn (~ 3 ms), en de afval tijd iets langer maar niet te lang, ~100 ms.

Je ziet hier al een ander probleem aankomen: Dat regelsignaal moet afgeleid worden door dubbelzijdige gelijkrichting van het audio signaal, zodanig dat met een RC-filter er niet teveel ripple op het regelsignaal terechtkomt. Dat is hier problematisch. De grootste pieken hebben vaak lage frequenties, de rimpel daarvan is moeilijk uit te filteren. Het wordt veel simpeler als we voor het maken van de regelspanning gebruik zouden kunnen maken van een HF signaal.

### Relatie amplitude Audio en HF bij SSB modulatie

Hetvolgende aspect waar we naar moeten kijken is de relatie tussen de amplitude van het audio signaal en de omhullende van het gemoduleerde HF signaal. Bij een AM signaal is dat eenvoudig: De omhullende volgt keurig de vorm van het audio signaal. Bij een SSB signaal is dat niet zo. Een SSB signaal kun je schrijven als een som van de DZB-gemoduleerd draaggolf met het audio signaal  $g(t)$  en van de DZB-gemoduleerd en 90 graden gedraaide draaggolf met de Hilbert getransformeerde ( $90^\circ$  fase verschoven) van het audio signaal. Voor diegenen die van

formules houden het volgende plaatje:

26

Audio signaal  $g(t)$   
 Hilbert getransformeerde van  $g(t)$ :  $h(t)$   
 USB signaal:  $usb(t)$   
 Omhullende SSB signaal  $usb(t)$  (omh)

$$usb(t) = g(t) \cos \omega_c t - h(t) \sin \omega_c t$$

$$usb(t) \text{ (omh)} = \sqrt{\frac{g(t)^2 + h(t)^2}{2}}$$

Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024      Multi mode HF Exciter      Koos Fockens - PA0KDF

26 Relatie omhullende van audio en dat van het SSB signaal

Hoe die omhullende van een SSB signaal ontstaat voor bijvoorbeeld een afgeschuinde blokvormig audio signaal zie je nu:

27

Audio signaal  $g(t)$       Hilbert getransformeerde van  $g(t)$ :  $h(t)$       Omhullende SSB signaal

Figure 7.2 Computer-generated graphs showing (A) a square wave that is slightly lowpass filtered.      Figure 7.2 (B) its Hilbert transform.      Figure 7.2 (C) the positive side of the SSB envelope, using Equation 7.2.

Figure 7.2 (D), (E) and (F) repeat (A), (B), and (C) when the square wave is subjected to additional filtering. The SSB envelope in (F) shows much less peaking effect.

Presentatie RF-Seminar 10 - 12 - 2023      Multi mode HF Exciter      Koos Fockens - PA0KDF

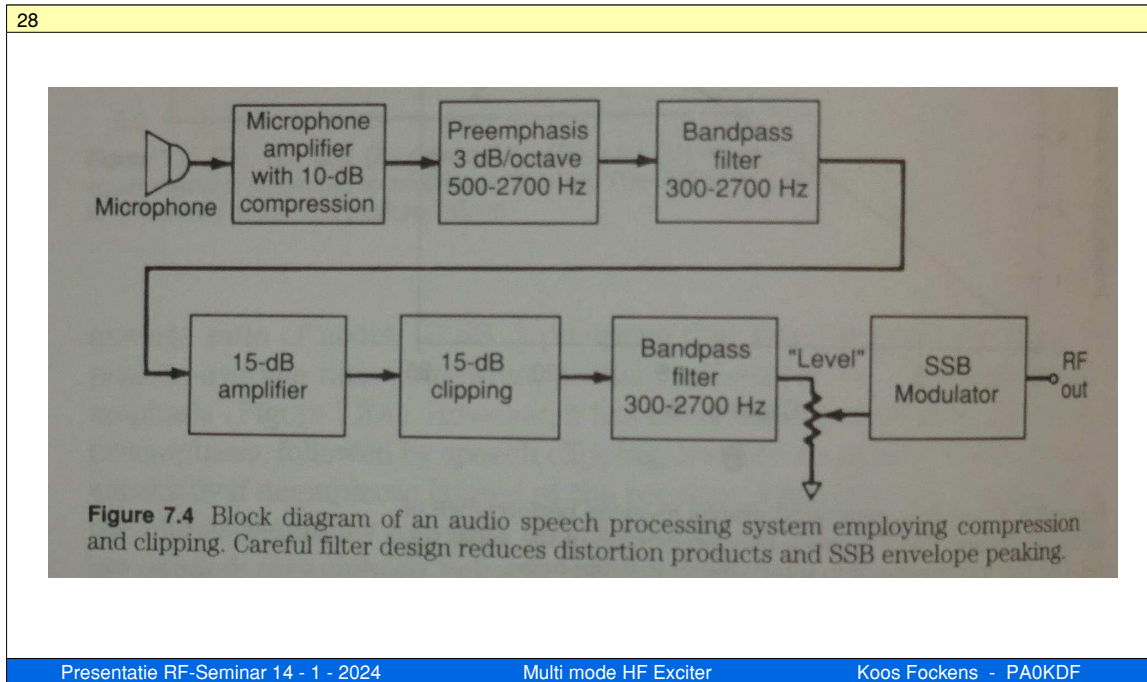
27 Relatie vorm audio met omhullende SSB signaal.

De Hilbert-getransformeerde, dus de 90 graden gedraaide component, geeft een piek op het

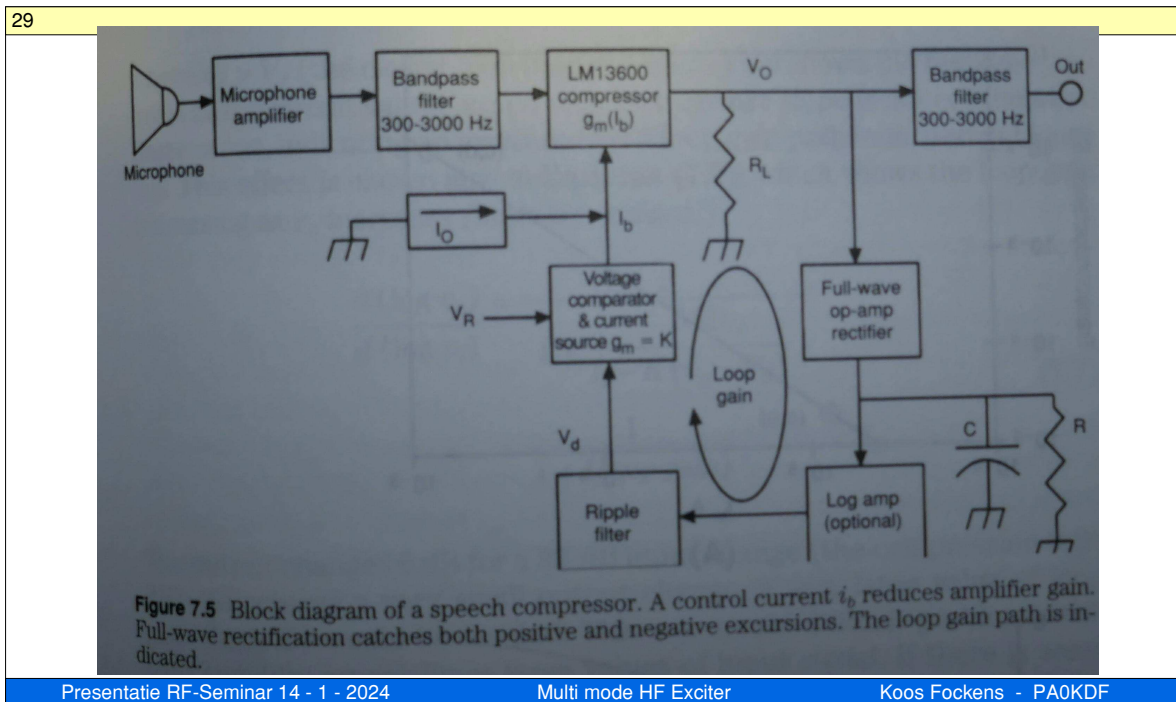
tijdstip waar het originele audio van waarde veranderde. De amplitude daarvan is afhankelijk van de frequentie inhoud.

Conclusie: De omhullende van het originele audio signaal heeft geen vaste verhouding met de omhullende van een SSB signaal.

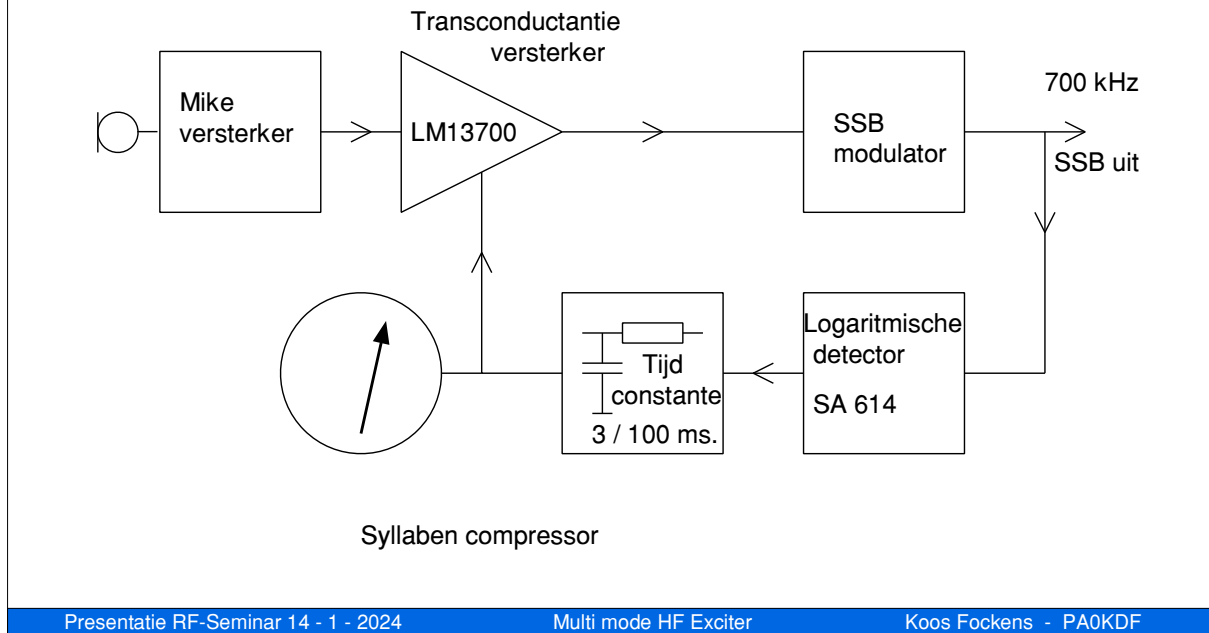
Dat maakt het gebruik van een audio clipper zinloos, en ook een compressor die volledig in het audio kanaal werkt, is niet optimaal. Voor een compressor moet de feedback dus eigenlijk komen van het gegenereerde SSB signaal



28 Speech processing door clipping volgens Collins.



29 Speech processing door compressie met audio feedback.



### 30 Speech processing door compressie met IF feedback.

Dit is de schakeling die ik toegepast heb. De gelijkrichter en logaritmische versterker heb ik gecombineerd door de RSSI uitgang te nemen van één van de bekende MF -IC's voor FM ontvangers, hier de SA 614. De LM13700 is een transconductantie versterker, die vaker in de audio wereld gebruikt wordt voor versterkingsregeling.

Voor het gebruik van een log-detector zijn er meerdere redenen:

1. De regelspanning heeft een minder wild gedrag, en de lus is daardoor stabiel.
2. De regelspanning geeft een verhouding weer, en is niet gekoppeld aan een absolute drempelwaarde. Dit is gunstig omdat we juist de verhouding tussen sterke en zachte passages willen verminderen. Met een IF chip met een RSSI uitgang is dat simpel uit te voeren.



## Verschillen tussen Speech processor en Automatic Level Control

31 Verschillen tussen Speech compressor en ALC circuit.

31

### Speech compressor en ALC

	Speech compressor	Automatic Level Control (ALC)
Taak:	<ul style="list-style-type: none"><li>Gemiddelde output tijdens spraak optimaliseren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Voorkomen dat de PA, of voorgaande trappen, overstuurd worden</li><li>Variaties in de versterking bij verschillende banden compenseren</li></ul>
Stijgtijd: Daaltijd:	~ 3 ms Lettergrepen volgend ~ 100 ms (syllabe)	~ 2 ms Piekdetectie ~ 10 s Verder weinig variatie
Detector:	<ul style="list-style-type: none"><li>Logaritmische detector gewenst</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Lineaire detector nodig (drempel detectie)</li></ul>

Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

### Realisatie van de ALC

32

ALC

- ALC moet voorkomen dat nergens in het zendercircuit een trap in de verzadiging komt
- Er zijn meerdere plaatsen waar het zinvol is om om te sensen:
  - De input van de 300 W eindtrap
  - De 10 W outputtrap.  
De drains mogen niet vastlopen tegen het verzadigingspunt.  
Is niet alleen afhankelijk van de uitsturing maar ook van de SWR
  - De output van de 700 kHz naar 10.7 MHz mixer
  - De externe power sensor voor de Duitse Quad antenne.  
Het vermogen daar naar toe moet begrensd worden omdat de tuner maar voor 200 Watt is gespecificeerd  
Bovendien kan de hoogspanningsreedrelais in de loop ook doorslaan.
- Elke sensor heeft zijn eigen drempelinstelling.

Presentatie RF-Seminar 14 - 1 - 2024

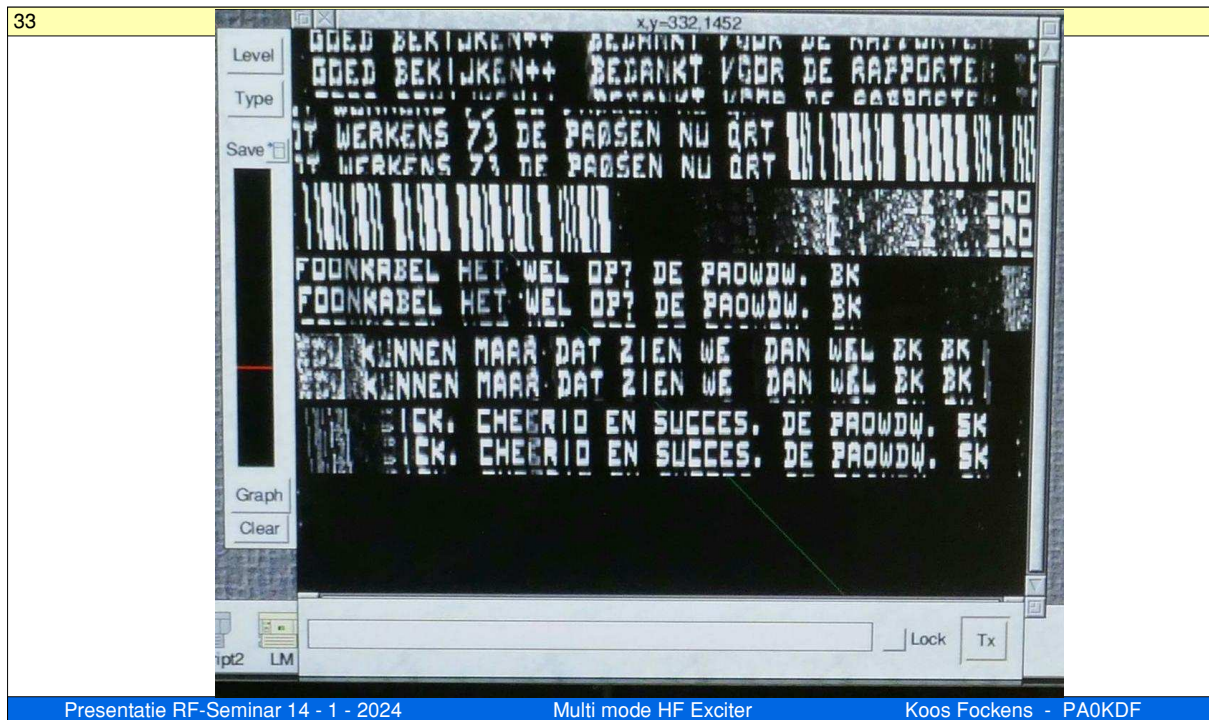
Multi mode HF Exciter

Koos Fockens - PA0KDF

32 ALC

## De Pulsshaper

Het laatste onderwerp. Het pulsshaper circuit gebruik ik in de Hell-Schreiber mode. Voor diegenen die hier niet mee bekend zijn even een korte uitleg.



### 33 Feld Hell-Schreiber

De Hell-schreiber is een uitvinding van meneer Rudolf Hell uit de tijd voor de 2e wereldoorlog. Je kunt het beschouwen als een ontwikkeling voorafgaand aan de Baudot RTTY. Met name de Feld-Hellschreiber, die wij op HF gebruiken, is bijzonder geschikt werken op HF.

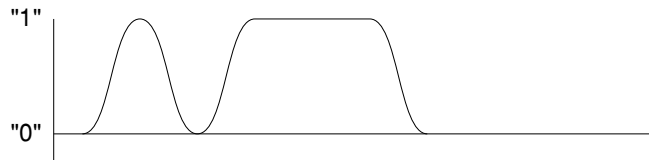
Letters worden in de Hellschreiber vertikaal gescanned, 14 pixels boven elkaar waarvan er altijd minimaal 2 aan elkaar gelijk zijn, en bevat 5 kolommen. De pixels hebben de waarde "0", dan is de zender uit, en "1", dan is zender aan. De bitrate is 122.5 b/s bestaande uit 2 pixels/bit.

Een bit = 2 pixels duurt dus 8.16 ms. De theoretische bandbreedte is dan ca. 122.5 Hz.

Echter de data vanaf de software heeft een blokvorm, wat een heel breed spectrum zou opleveren. Dus er moet gefilterd worden. Het mooist is om de flanken de vorm van een "Raised Cosine" te geven. Zo scherp filteren met gebruik van analoge filters zonder na te slingeren is echter nog niet zo eenvoudig. Maar synthetiseren met een combinatie van analoge en digitale middelen geeft praktisch ideale resultaten.

## Pulsshaper

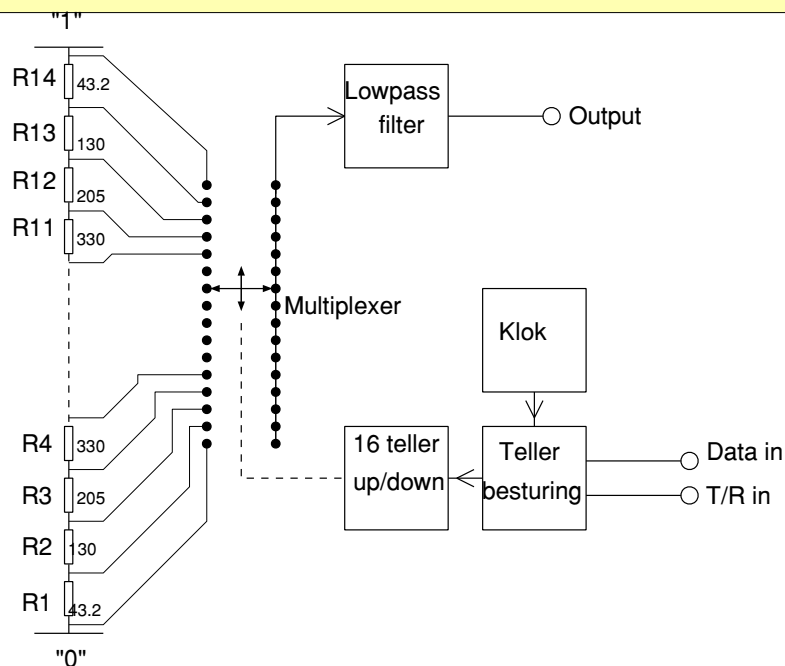
- Doel: • Voor Hell schreiber en andere aan/uit modes de pulsen een zodanige flank geven, dat de bandbreedte minimaal is.
- De ideale pulsform is de "raised cosine".



- Met analoge filtering is deze vorm niet zo gemakkelijk te maken
- Maar met digitale synthese wel

## 34 Pulsshaper

Met een serieschakeling van weerstanden kunnen de waarden van de cosinus opgebouwd worden in spanningen, die dan worden afgetast met een CMOS multiplexer, met vier adreslijnen gestuurd vanuit een teller. Dit vereenvoudigd schema is het resultaat. Met een lowpass filter moeten nog even de stapjes glad gestreken worden. De aftastsnelheid is bij mij omschakelbaar, zo kan ik voor minimale bandbreedte kiezen, of de flanken wat steiler maken. In de praktijk blijkt dat voor de leesbaarheid niets uit te maken.



## 35 Golfvorm synthese voor pulsshaper

## Afsluiting

Dit is het einde van mijn presentatie. Het was gericht op ideeën achter mijn multi-mode SSB exciter. Detailschema's heb ik alleen laten zijn van de SSB modulator zelf. Diegenen die geïnteresseerd mochten zijn in meer informatie en meer details zouden mij kunnen mailen.

Dank voor jullie aandacht.

Koos Fockens. PA0KDF.

36

*Dank voor de aandacht!*

*Koos Fockens PA0KDF*

*koos@pa0kdf.nl*

## Samenvatting

### **Ontwerp en bouw van een multi-purpose HF exciter met SSB opwekking via de fase-methode, met gebruikmaking van een polyfase netwerk.**

De opzet van dit project was om niet gebruik te maken van bestaande ontwerpen, maar om met moderne kennis en toepassing van analoge technieken tot een nieuw ontwerp te komen dat naadloos aansluit bij de mogelijkheden en behoeften bij mijn station. De basale specificaties van de exciter zijn: 10 amateurbanden van 1.8 tot 30 MHz, modulatie ingebouwd: AM, LSB, USB, shaped On/Off keying (CW, Hellschreiber). Vanuit externe bronnen is I/Q modulatie mogelijk. Output ca. 10 Watt pep. Geïntegreerde spraakcompressor en ALC.

De presentatie begint dan ook met een beschrijving van mijn station en hoe de exciter daarin is geïntegreerd. Vervolgens komen er de blokschema's met de basale opzet van de exciter, en verdere beschrijvingen van de onderdelen. Volledige schema zullen maar beperkt worden getoond, maar zijn voor geïnteresseerden wel beschikbaar.

Het ontwerp van het polyfase netwerk wordt behandeld, zo ook de modulatorschakeling met analoge multipliers. Meetresultaten van zijband- en draaggolfonderdrukking.

In de tweede helft van de presentatie wordt ingegaan op basale aspecten betreffende spraakprocessing voor een SSB zender. Zaken als speech clipping en compressie worden behandeld en hoe een goed werkende compressie schakeling kan worden opgezet. Ook de ontwerp eisen voor ALC circuits worden besproken.

Tenslotte wordt een pulsshaping circuit behandeld dat zorgt voor minimale bandbreedte bij aan/uit schakelende modes als CW en Hell-schreiber, en simpele sequencer, een circuit om zend/ontvangomschakeling in de diverse delen van het station in de juiste volgorde te laten verlopen.