

Enkele Frontend Concepten

H.L. Rutgers, PAoSU, Eindhoven

1 Wat voorafging

In Electron van februari 1989 is een artikel verschenen met de titel: 'Het Kiezen van Frequenties bij de Bouw van een Transceiver'. De belangrijkste conclusies daarin waren:

- Er mag geen harmonische relatie bestaan tussen de gebruikte band en de middenfrequentie. Dat wil zeggen: De middenfrequentie mag niet $1/3$, $1/2$, $2/3$, 1 , $(3/2)$, 2 , 3 , 4 of 5 maal de werkbandfrequentie zijn. Dat geldt, wonderlijk genoeg, voor zenden en ontvangen!
- Je kunt dus geen goede general coverage ontvanger bouwen met één (eerste) middenfrequentie! Ik heb het niet over een tweede lagere middenfrequentie die de hoge middenfrequentie volgt. Ik bedoel dat je geen goede general coverage ontvanger kunt bouwen zonder minstens twee (hoge) middenfrequenties (of de eerste middenfrequentie moet minstens zes maal zo hoog zijn als de hoogste ontvangfrequentie!) De middenfrequenties gebruik je dan om en om bij het omschakelen van de ene (octaaf brede) band naar de andere.
- Met een 9 MHz middenfrequent is nog een goede 5-banden transceiver te maken. Middenfrequenties van 13, 24, 38 en 50 MHz zijn ideaal voor de combinatie 80, 40, 20, 15 en 10.

Rekening houdend met die conclusies wil ik een aantal oplossingen aanbieden voor ontvanger frontends.

2 Samenvatting

Bij een goede meelopende preselectie is het concept van de rest van de ontvanger niet zo belangrijk meer. Om de kans op intermodulatie te verkleinen is preselectie noodzakelijk. Octaaf brede filters is het minste.

Bij ontwerpen met een vaste eerste middenfrequentie wordt de frequentieopwekking voor de oscillator niet eenvoudig. Ontvangers van het convertorprincipe zijn vaak eenvoudiger, zeker voor een general coverage ontvanger. Voor een alle ama-

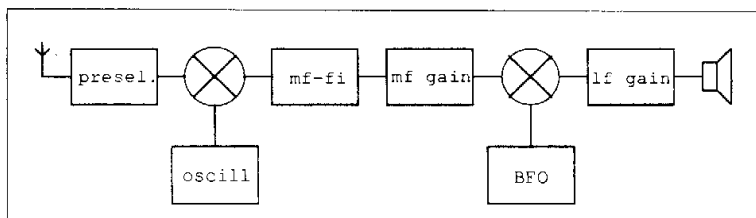


Fig. 1. Het principe van een ontvanger met een vaste middenfrequentie. De te ontvangen frequentie wordt bepaald door de oscillatorfrequentie die op verschillende manieren kan worden opgewekt. Preselectie is nodig om de spiegel te onderdrukken en om de kans op intermodulatieproducten te verkleinen.

teurbanden ontvanger met een eerste variabele middenfrequentie van 24,5-25 MHz is een mogelijke uitwerking gegeven. Bandbreedte bepalende middenfrequentiefilters op lagere frequenties hebben betere dynamische eigenschappen dan filters op hogere frequenties. Een oscillator (VCO) op lagere frequenties heeft betere ruiseigenschappen dan een op hogere frequenties. Hoeveel zijbandruis mag een oscillator eigenlijk hebben?

3 Inleiding

Bij de hier besproken concepten wordt er van uitgegaan dat *altijd enige preselectie in het frontend nodig is om (derde orde) intermodulatieproducten te lijf te gaan.* De preselectie filters zijn hooguit een octaaf breed. Als een rigoureuze preselectie wordt toegepast die samen met de oscillator wordt afgestemd, dan is het concept verder van minder belang: De keuze van de (eerste) middenfrequentie wordt zelfs arbitrair.

Aan een meelopende afstemming valt tegenwoordig weer te denken omdat er gepaarde capaciteitsdiodes met grote capaciteitsvariatie op de markt zijn. Hoe het met het grootsignaalgedrag van kringen met dergelijke varactors gesteld is weet ik niet. Metingen gedaan door Klaas Spaargaren, PAOKSB, geven echter weinig hoop.

4 Vaste Middenfrequentie

In figuur 1 is het principe weergegeven van een ontvanger met een vaste eerste mid-

denfrequentie. In dit eenvoudige blok-schema is er van uitgegaan dat het filter de gewenste eigenschappen heeft zodat het niet nodig is om nog een keer te mengen naar een lagere middenfrequentie al of niet met pass band tuning. Het accent ligt hier op het frontend.

Een van de voordelen van dit type ontvangers is dat het grootsignaalgedrag achter het middenfrequentfilter nauwelijks meer van belang is. De middenfrequent versterker die het filter volgt krijgt een kleine bandbreedte aangeboden. De kans op intermodulatieproducten is dan uiterst klein. Een nadeel is dat de oscillator een ingewikkelde fabriek wordt als de ontvanger voor veel frequenties over een groot bereik geschikt moet zijn.

5 Variabele Middenfrequentie: Convertorprincipe

In figuur 2 is het principe weergegeven van een ontvanger volgens het convertorprincipe. De 'achterzetontvanger' is gebouwd voor een (klein) frequentiegebied. Om andere frequentiebanden te ontvangen worden convertors gebruikt. De oscillator van de convertor brengt vaste frequenties voort die kunnen worden opgewekt met kristallen of door een PLL-synthesiser die met een grof raster werkt. De oscillator in 'de achterzet' hoeft slechts over een beperkt gebied te werken en wordt gebruikt voor de fijnafstemming.

Een van de voordelen van dit principe is dat de ontvanger eenvoudiger is uit te breiden met nieuwe frequentiebanden: De

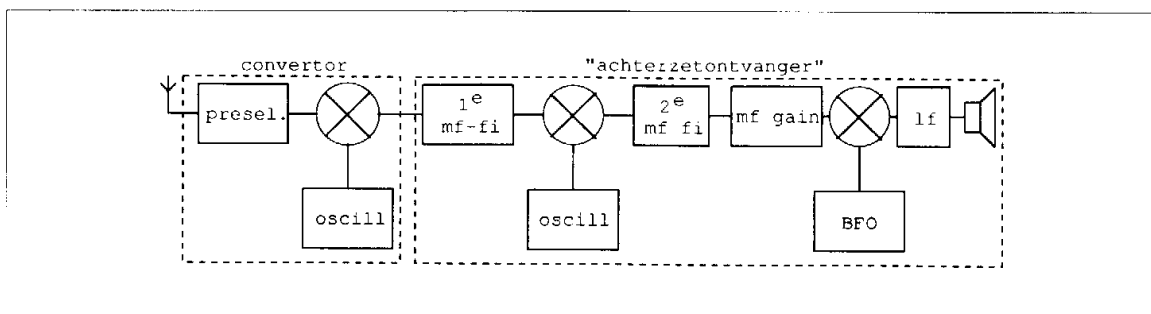


Fig. 2. Een ontvanger van het convertorprincipe. De oscillator van de convertor werkt op discrete frequenties die de banden aangeven. Met de oscillator in 'de achterzet' wordt afgestemd. Het eerste mf-filter is dus minstens even breed als de gekozen banden.

oscillator-ellende is hier gespreid over twee oscillatoren. Dit houdt ook in dat de oscillatorsignalen schoner kunnen zijn dan bij een ontvanger met vaste middenfrequentie.

Een nadeel is dat de ontvanger breed is tot aan het tweede middenfrequentiefilter zodat tot daar het grootsignaalgedrag van de gebruikte schakelingen goed moet zijn.

6 General Coverage

Als een general coverage ontvanger gebouwd wordt met een vaste middenfrequentie dan zal de middenfrequentie zes keer zo hoog (zie Tabel 1 in het artikel van februari 1989) moeten zijn als de hoogste te ontvangen frequentie of er moet gebruik gemaakt worden van twee verschillende middenfrequenties (bv. 40 en 50 MHz)¹. Afhankelijk van het te ontvangen frequentiegebied wordt in dat geval een van de middenfrequentiefilters gekozen zodat er tussen dat frequentiegebied en de middenfrequentie geen harmonische relatie bestaat. De reden is uiteengezet in het artikel van februari 1989.

Als we de eerste middenfrequentie zes keer zo hoog kiezen als de hoogste frequentie (in ons geval 180 MHz) dan is er geen enkele reden om niet over te gaan op het convertorprincipe. Kristalfilters op 180 MHz zijn er (voor ons) toch niet te koop. De ontvanger blijft breed tot een volgende lagere middenfrequentie zodat een groot deel van het frontend 'grootsignaalvast' moet zijn. Trouwens, filters met de gewenste bandbreedte en flanksteilheid voor SSB zullen op hogere middenfrequenties meer rinkelen omdat hun Q groter zal moeten zijn voor dezelfde bandbreedte en flanksteilheid. Dat is de reden dat 50 kHz-filters zo mooi kunnen klinken.

Bij twee verschillende eerste middenfrequenties moet, als er geen tweede middenfrequentie is, het BFO meegeschakeld worden. Een tweede middenfrequentie ligt voor de hand. Ook dan zal de oscillator die van die twee middenfrequenties naar de volgende middenfrequentie converteert meegeschakeld moeten worden. Bovendien moeten we in de hoofddeler van de synthesiser (een HEF4751) twee middenfrequent offsets programmeren. Voor mij zouden dit redenen zijn om voor een general coverage ontvanger van het convertorprincipe uit te gaan met een eerste middenfrequentie van 180 MHz. De ruisbandbreedte van de daarbij gebruikte VCO zal echter groter zijn dan bij lagere frequenties. Aangezien we nog niet weten hoe goed een VCO voor onze toepassingen moet zijn, is nog niet te zeggen of dit haalbaar is.

Een bijkomend voordeel is dat een VCO van 210-180 MHz, voor de ontvangst van 0-30 MHz, heel goed te maken is. De totale versterking is maar 15%. De 'gevoeligheid' van de VCO: K_V is minstens $30 \text{ MHz}/30 \text{ V} = 1 \text{ MHz/V}$, als de voedingspanning 30 V mag zijn. Beperken we die tot 12 volt dan komen we uit op een $K_V = 3 \text{ MHz/V}$. Een PLL-schakeling met een

HEF4750 en een HEF4751-met-pre-scaler als hoofddeler moet hier een oplossing kunnen bieden.

Voor 'de achterzet' is een goede tweemeter-ontvanger al heel bruikbaar. Alleen in het hoogste bereik (tien meter) zullen er dan enige concessies gedaan moeten worden op het gebied van intermodulatie. Denk er om dat daar harde signalen voorkomen: De CB-band kan uiterst vervelend zijn.

7 Amateurbandontvanger

Bij een ontvanger voor de amateurbanden ziet het er veel beter uit dan bij een general coverage ontvanger. De belangrijkste amateurbanden hebben zelf een harmonische relatie tot elkaar zodat het voor de hand ligt dat er een aantal middenfrequenties moet zijn waarvoor geen harmonische relatie met die banden bestaat. Dat zagen we reeds in het artikel van februari 1989. Interessant is natuurlijk om te kijken of 'de nieuwe banden' daar ook bij betrokken kunnen worden.

In Tabel 1, in februari 1989 was dat Tabel 2, is te zien dat ontvangfrequenties kleiner dan 1/5 van de eerste middenfrequentie geen intermodulatieproblemen geven. Bovendien bleek voor 80, 40, 20, 15 en 10-meter 24 MHz een goede middenfrequentie. (48 MHz is dan natuurlijk ook goed.) Een der banden, de 12-meterband, loopt van 24,890-24,990 MHz. Voor een ontvanger met een vaste middenfrequentie van ongeveer 24 of 48 MHz gaat dat grandioos fout! Als we echter een convertor-ontvanger maken waarvan 'de achterzet' loopt van 24,5-25,0 MHz dan ziet het er heel anders uit. Voor de 12-meterband kan de convertor dan 'rechtuit' werken. (Een DC-spänninkje op de eerste mengtrap maakt er een rechtuit van.)

Laten we maar eens kijken:

- **160 meter**
2,8 MHz $\leq 1/5$, 24,5 MHz.
- **80-meter**
3,7 MHz $\leq 1/5$, 24,5 MHz.
- **40-meter**
Volgens Tabel 1 is 24,5 MHz goed.
- **30-meter**
10,1-10,15 MHz heeft geen harmonische relatie met 24,5 MHz.
- **17-meter**
18,068-18,168 MHz heeft geen harmonische relatie met 24,5 MHz.
- **15-meter**
Prima volgens Tabel 1.
- **12-meter**
Rechtuit.
- **10-meter**
Volgens Tabel 1 goed.
- **6-meter**
Gaat mis. De middenfrequentie is dan de helft van de ontvangfrequentie.

Als we 6-meter ook willen ontvangen is te overwegen om een achterzet voor 50-54 MHz te maken. Dan werkt de convertor voor 6-meter rechtuit. We moeten dan in dat gebied wel goed kiezen voor de lagere banden, vooral 12-meter.

7.1 Tweede Middenfrequentie

Ook bij het kiezen van de tweede middenfrequentie moeten we opletten dat er geen harmonische relatie bestaat tussen de eerste- en tweede middenfrequentie. Als

Tabel 1

Hoogste m.f.	3,5-4 z o	7-7,2 z o	14-14,4 z o	21-21,5 z o	28-30 z o
1	33	00	--	11	
2	45	00	00	--	
3	22	00	01	00	23
4	77	--	00	00	12
5	11	00	43	--	01
6	12	--	00	00	00
7	43	67	34	43	11
8	43	--	--	--	11
9	00	00	00	00	34
10	11	--	00	--	45
11	34	00	00	32	45
12	24	00	--	--	44
13	01	--	--	00	00
14	11	43	77	22	33
15	11	--	22	00	33
16	01	--	--	00	33
17	00	0-	--	00	33
18	10	0-	00	--	00
19	10	--	00	--	21
20	-0	--	--	--	21
21	00	34	12	77	22
22	00	11	00	77	22
23	00	--	00	--	00
24	00	0-	--	--	00
25	00	0-	--	--	00
26	00	--	--	--	10
27	00	--	--	00	21
28	00	11	43	00	76
29	00	10	43	00	76
30	00	--	--	--	--
31	00	--	--	--	76
32	00	--	--	00	77
33	00	--	--	00	21
34	00	--	--	00	10
35	00	11	--	--	00
36	00	10	--	--	00
37	--	--	--	--	00
38	--	--	--	--	00
39	--	--	--	--	00
40	--	--	--	--	00
41	--	--	--	--	00
42	--	00	32	43	10
43	--	00	33	43	11
44	--	--	10	10	11
45	--	--	--	--	11
46	--	--	--	--	11
47	--	--	--	--	10
48	--	--	--	--	00
49	--	--	--	--	00
50	--	--	--	--	00

Tabel 1. Deze tabel is eerder gepubliceerd in het artikel: 'Het Kiezen van Frequenties bij de Bouw van een Transceiver' in Electron van februari 1989. Daar heette hij: Tabel 2. Voor een uitgebreide verklaring wordt naar dat artikel verwezen.

Deze tabel is ontstaan met behulp van een computerprogramma dat de intermodulatieproducten berekent voor een zend/ontvanger van het convertorprincipe. In de tabel is in de linker kolom steeds de hoogste middenfrequentie genoemd. De laagste middenfrequentie hangt dus af van de breedte van de band zoals die bovenaan de kolommen is weergegeven.

De 'z' en de 'o' boven de kolommen 2 t/m 6 slaan op zenden en ontvangen. In de kolommen 2 t/m 6 staat steeds het aantal intermodulatieproducten dat kwaad kan. Merk op dat de resultaten voor zenden en ontvangen steeds gelijk zijn!

Uit deze tabel is af te leiden welke middenfrequentie bruikbaar is voor de banden 80, 40, 20, 15 en 10. Deze tabel leidde ook tot de conclusie dat er geen harmonische relatie tussen de werkband en de eerst volgende middenfrequentie mag bestaan.

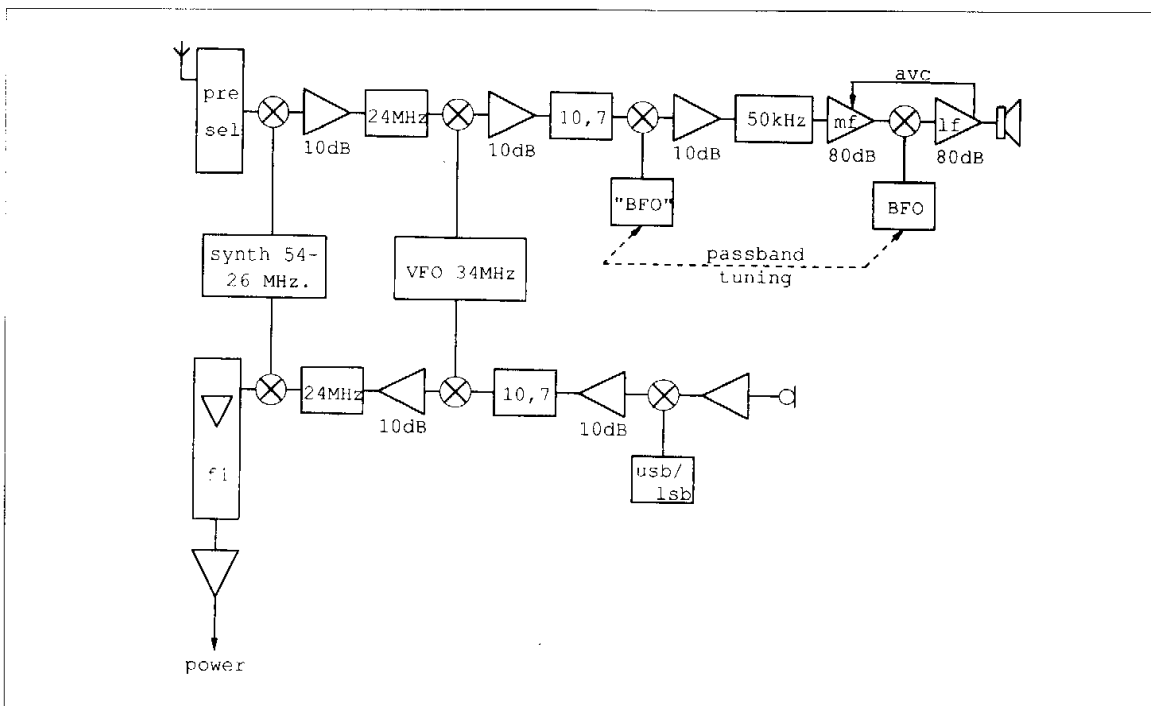


Fig. 3. Een mogelijk concept voor een all-band-transceiver. Het ontvang- en zendgedeelte is gescheiden gehouden op de frequentie-opwekking na om de omschakeling van zenden naar ontvangen niet te ingewikkeld te maken. Beide delen kunnen bovendien geoptimaliseerd worden voor hun doel.

we het voorgaande voorbeeld volgen (eerste middenfrequentie 24,5-25 MHz) dan blijkt een tweede middenfrequentie van 9 MHz bijvoorbeeld niet gunstig. 8,25 MHz en ruim 12 MHz zijn 'verboden'. 10,7 MHz ziet er wel goed uit. Nu weet ik niet zo direct of er op die frequentie goede SSB-filters (of CW-filters) te koop zijn.

Als er behoefte is aan een derde middenfrequentie, voor passband tuning bijvoorbeeld, dan kan daar elke frequentie onder 1,5 MHz voor gekozen worden. 50 kHz is natuurlijk uitstekend.

In figuur 3 is een blokschema voor een transceiver-mogelijkheid gegeven.

8 Ruisgetal

Bij gebruik van een goede antenne hoeft het ruisgetal op 160-meter niet beter dan 30 dB te zijn en voldoet op 10-meter 10 dB nog. Willen we bij een convertor-ontvangst het ruisgetal 10 dB maken en gebruiken we een passieve mengtrap in de convertor (DBM, conversieverlies 6 dB) dan moet 'de achterzet' een ruisgetal van 4 dB hebben. Geven de preselektiefilters een doorlaatlamping van 2 dB dan zal het ruisgetal 2 dB moeten zijn. Zelfs voor een general coverage concept met een eerste middenfrequentie van 180 MHz is dat geen onoverkomelijk bezwaar.

Om op de lage banden gebruik te kunnen maken van het volle dynamische bereik zal er een verzwakker aan de ingang geschakeld moeten worden. Op 80-meter mag dat 18 dB zijn, op 160-meter 20 dB om er een paar te noemen. Als we de S-meter gelijk

willen houden zal diens gevoeligheid meegeschakeld moeten worden.

9 Conclusies

- Om de kans op intermodulatie te verkleinen moet een vorm van preselectie worden toegepast. De ingangsfilters mogen hoogstens een octaaf breed zijn. Hoe smaller de ingangsfilters, des te eenvoudiger de rest van de ontvanger kan zijn. Een goede meelopende preselectie maakt zelfs het concept van de ontvanger arbitrair!
- Het ruisgetal van een kortegolfontvanger mag dermate groot zijn dat het concept niet daardoor bepaald wordt.
- Middenfrequent filters, met gelijke eigenschappen wat bandbreedte en flanksteilheid betreft, hebben op hogere frequenties slechtere dynamische eigenschappen: Omdat de Q bij hogere frequenties groter moet zijn, 'rinkelen' ze meer. De hoogst bruikbare filterfrequentie ligt voor SSB in de buurt van 10 MHz.
- Voor oscillatoren (ook voor VCO's) geldt, dat elke verdubbeling van de frequentie de zijbandruis met een factor twee verhoogt (6 dB). Op ongeveer 10 MHz is gebleken dat 100 dBc $\sqrt{\text{Hz}}$ op 500 Hz afstand van de draaggolf, met een VCO haalbaar is. Een VCO op 200 MHz zal dus hooguit 75 dBc $\sqrt{\text{Hz}}$ op 500 Hz afstand halen, als niet van andere uitrustingsprincipes uitgegaan wordt. De vraag is of dat goed genoeg is.
- Er moeten proeven gedaan worden om na te gaan hoeveel oscillatorzijband-

ruis toelaatbaar is voordat je op de korte golf last van reciproke menging hebt.

Ik neem mij voor om eind 1989 een uitgebreide proef op te zetten om na te gaan hoeveel oscillatorzijbandruis voor kortegolftoepassingen nog toelaatbaar is. Je hoort nog van me.

73 de PAoSU,
Herbert

¹ Als de ontvanger voor alle frequentiegebieden echt goed moet zijn. We kunnen natuurlijk een middenfrequentie kiezen die voor de amateurbanden optimaal is en voor de rest van het ontvangstgebied minder eisen stellen.