

# De ontwikkeling van een meetplaats voor middenfrequentfilters

Walter Geeraert PE1ABR

**Dit artikel beschrijft een zeer nauwkeurige meetopstelling voor 455 kHz-middenfrequentfilters, waarmee tot wel 100 dB diep gemeten kan worden.**

**Dit naar aanleiding van de wens een extra middenfrequent buffertrap te bouwen voor een bestaande professionele ontvanger en enkele extra filters in cascade te schakelen met de bestaande. Hiermee moest de flanksteilheid sterk vergroot worden en de veraf-onderdrukking met minstens 30 tot hopelijk 40 dB verbeteren.**

## Overweging

De door fabrikanten gegeven specificaties van filters moeten soms met een korrel zout genomen worden. Daarom moet het vooraf erg duidelijk zijn wat reële filterprestaties zijn. Er staat namelijk bij sommige fabrikanten in de filterspecificaties *niet* hoe zo'n filter werkelijk presteert, maar alleen wat de grenswaarden zijn waarbinnen de filterspecificaties moeten liggen.

Voor de 4 kHz Murata-serie CFK455IT, CFM455IT en CFW455IT bijvoorbeeld wordt de bandbreedte beschreven als 'niet smaller dan  $\pm 2$  kHz'. Bedoeld is dan om te beginnen: 4 kHz totaal. In werkelijkheid zijn de filters uit de IT-serie 6,3 à 7,2 kHz breed bij -6 dB. De Murata HT-serie is een stukje breder en staat omschreven als 'niet smaller dan 6 kHz'; in werkelijkheid zijn deze 7,5 à 8,7 kHz breed, exact gemeten!

Ook zijn sommige filterseries tot wel 1 kHz scheel. Hiermee bedoel ik 'uit het midden', verschoven dus ten opzichte van 455 kHz precies. Dit is alleen een probleem in combinatie met andere (omschakelbare) filters. In een MF-strip met slechts één filter merk je dit niet.

Met het hoger worden van de prijsklasse voldoen filters overigens steeds beter aan de specificaties! Bovenstaande Murata voorbeelden zijn goedkopere consumentenversies. Dure kristal- of mechanische filters geven prachtige meetresultaten, overeenstemmend met de omschrijving. Hoewel de firma JRC er lang geleden in de omschrijving ook wel eens een potje van maakte.

In een JRC NRD-515 handboek van ruim 25 jaar geleden worden de specificaties van het duurste, 300 Hz brede, CW kristalfilterblok CFL-230 (YF455DPB) als volgt opgegeven: bij -6 dB meer dan 260 Hz breed; bij -60 dB minder dan 2 kHz. Dat staat leuk als bladvulling, maar is weinig zeggend of onthullend. Alsof een garage de maximum-

snelheid van een nieuwe auto opgeeft als: minimaal 75 km/u, maar zeker niet meer dan 300 km/u. Met andere woorden: het klopt altijd, maar liever had je het toch iets nauwkeuriger gezien.

Ik heb meerdere JRC YF455DPB exemplaren gemeten. Het resultaat was altijd ongeveer 330 Hz bij -6 dB, en 1423...1468 Hz bij -60 dB. Dit laatste is helaas gewoon slecht; minder dan 700 Hz was hier beter geweest, hoewel de resultaten wel perfect binnen de vroegere vage omschrijving vallen. De vormfactor (shape factor), dit is de 60 dB/6 dB-verhouding, is bij alle boven de vier! Voor goede, dure filters is minder dan twee sterk aanbevolen, anders klopt er iets niet.

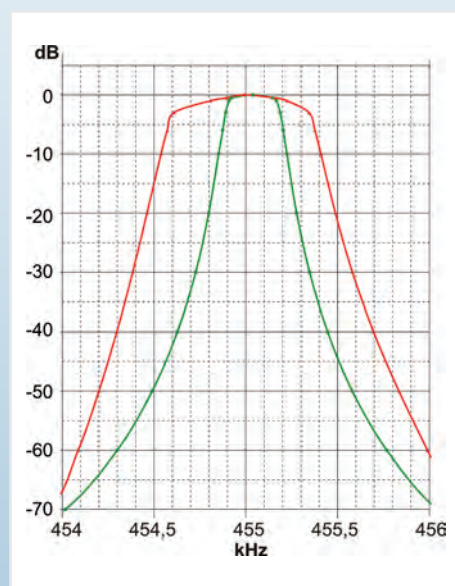


Fig. 1 Groene curve: 300 Hz bij -6dB, 1400 Hz bij -60dB; shape factor 4,6. Rode curve (Kokusai 600 Hz-filter): 800 Hz bij -6dB, 1900 Hz bij -60dB; shape factor 2,3.

In die tijd was er nog niet echt sprake van digitale 'wijdbeense' filters met een goed aangepaste groepslooptijd. Voor RTTY was toch een ander, breder filter noodzakelijk. Dit (nu pas ontdekte) tegenvallende filter CFL-230 heeft JRC indertijd snel vervangen door het type CFL-231 (YF455FM) in alle ontvangers na de NRD-515. Ik begrijp nu waarom. Zie ook [1].

Een voorbeeld van een goed gelijkwaardig 250 Hz CW kristalfilterblok (overigens uit dezelfde NDK-fabriek, met exact dezelfde maat en vormgeving) is de Kenwood YG-455CN-1 (let op: met extra N). Hierbij werd 292 Hz gemeten bij -6 dB en 471 Hz bij -60 dB. Resulterende shape factor: 1,61. Dat is wel echte klasse! Vergelijk deze gemeten 471 Hz bij -60 dB maar eens met de gegevens uit de Kenwood folder: 250 Hz bij -6 dB en 480 Hz bij -60 dB; vrij exact dus.

Dit alles is zelf vrij precies te meten zonder dure netwerkanalysers. Vanzelfsprekend wel met de juiste dumpspullen en wat hobbysoldeerwerk. Dan blijkt ook dat twee geselecteerde goedkope filters uit bovenstaande Murata-series, die volgens een meting niet al te 'krom' bleken te zijn, in cascade geschakeld een prachtig totaalresultaat opleveren voor een fractie van de prijs van een duurder filter dat dat in een keer doet, maar wel met een veel betere veraf-onderdrukking. Ook het totale signaalverlies is vergelijkbaar.

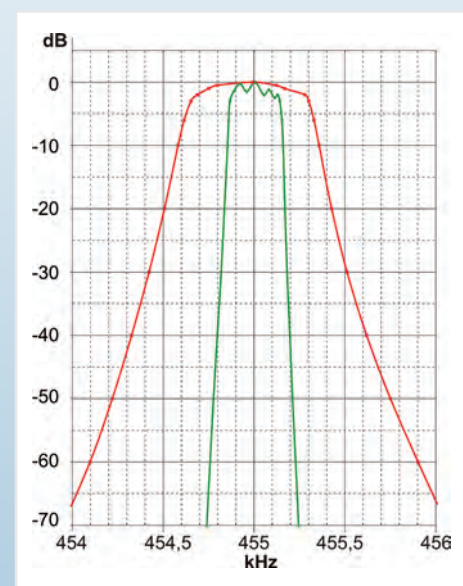


Fig. 2 Groene curve: 300 Hz bij -6dB, 500 Hz bij -60dB; shape factor 1,6. Rode curve (van een mechanisch filter): 800 Hz bij -6dB, 1800 Hz bij -60dB; shape factor 2,25.

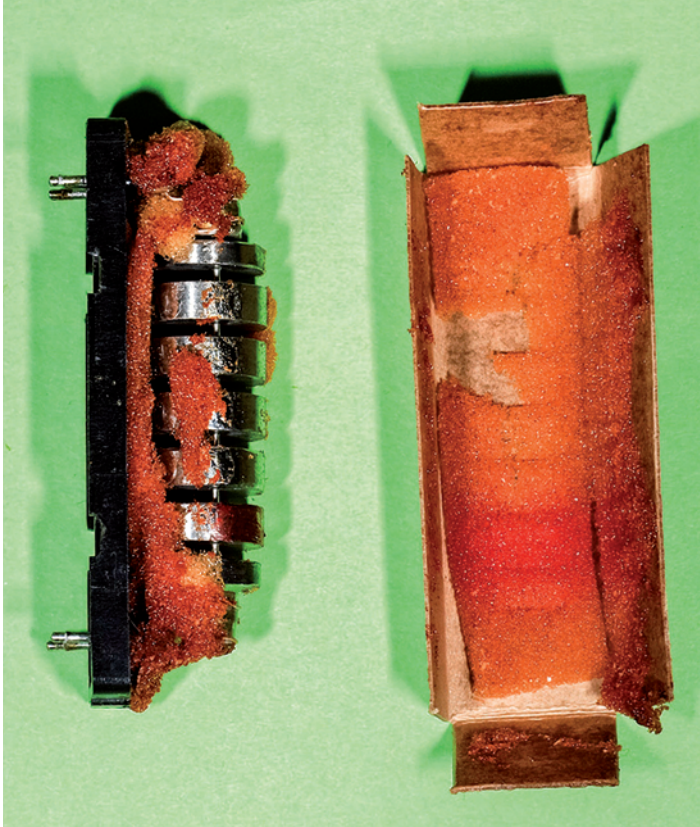


Foto 1 Een filter in het schuimplastic – althans wat daarvan over is

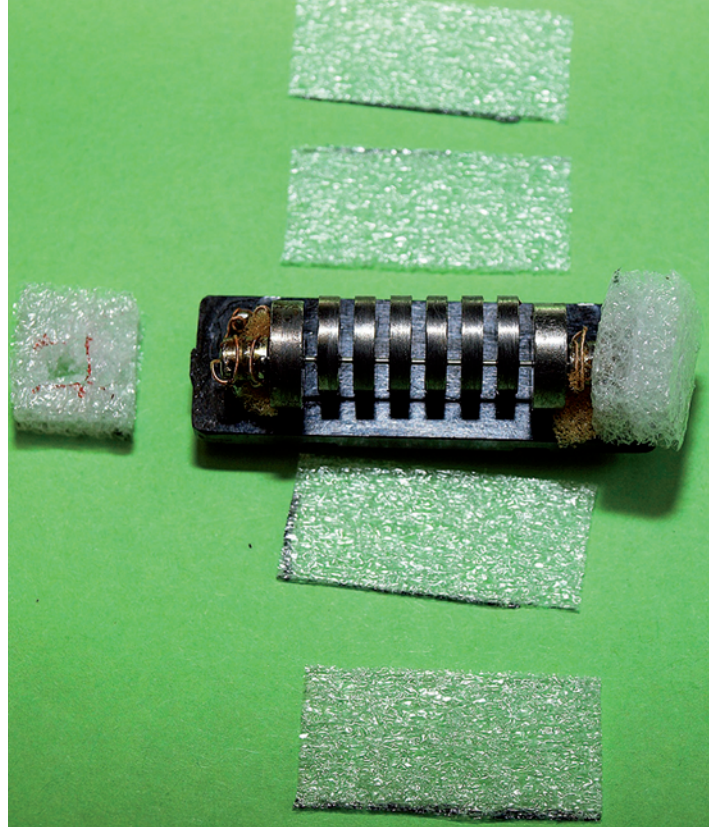


Foto 2 Duidelijk zijn de plaatjes, die in serie staan, te zien

Enkele ontvangers, waaronder vier exemplaren van de JRC NRD-515, die voorzien waren van de luxe Kokusai mechanische filters hadden last van sterk teruglopende prestaties (een extra 6 tot 15 dB verzwakking). Dit werd veroorzaakt door het verteren van de schuimfolie in de filterblokken tot een plakkerige rubberachtige massa. De vraag is: wat zijn de prestaties voor en na een (hopelijk niet destructieve) schoonmaak- en herstelbeurt? Op mijn eigen site is daarvan ook een en ander terug te vinden [2].

### Het eerste ontwerp

Een eerste haastige test werd gedaan met een gewone signaalgenerator en een gevoelige Leader LF-millivoltmeter die nog net bruikbaar is tot 500 kHz. Een eenvoudige breedbandmeting dus, met een toegevoerde signaalspanning van slechts 10 tot maximaal 25 millivolt. De 10 millivolt wordt aanbevolen in een enkele fabrieksspecificatie; dit gegeven is echter soms ver te zoeken. Op de LF-millivoltmeter is minder dan 0,1 mV (-40 dB) op het laagste bereik (1 mV) nog prima afleesbaar, mits de invloed van de lichtnetbrom het toelaat – en dat nu valt helaas tegen. Hoewel ver naast de -6 dB doorlaat smokkelen we wat met uitschakeling van een of twee -10 dB-netwerkjes en hierdoor halen we toch gemakkelijk de -40 dB. In eerste instantie was er geen 1:10 verzwakkerprobe voor de millivoltmeter beschikbaar. Omdat de ingangsimpedantie daarvan 10 MΩ is i.p.v. de standaard 1 MΩ, is een extra 1,1 MΩ parallelweerstand nodig bij de millivoltmeter om daarbij toch gewone oscilloscoopprobes te kunnen toepassen. De probe heeft nog een extra negatief 1/10-effect op het signaalniveau. De eerste haastige test is daarom ook direct met x1-probes gedaan, maar dat is eigenlijk hartstikke fout. De totale parasitaire capaciteit

van een x1-probe en de meteringang samen is minstens 125 pF, en dat is heel erg fout! Eigenlijk is hierdoor alleen de top van de doorlaatcurve (de -6 dB schatting) meetbaar, en dan nog onbetrouwbaar; en we meten nog lang niet diep genoeg om zelfs maar -60 dB te halen. De gemeten bandbreedtes kloppen overigens wel ongeveer, maar de top is nu anders (puntiger) van vorm, en ook kleine rimpels van minder dan 2 dB komen niet uit de verf door de foute capacatieve belasting.

### Het tweede ontwerp

Een inputbuffer en voorversterker blijken nodig; geen 1:10 verzwakking dus, maar in plaats daarvan bijvoorbeeld 10x versterking, en tevens voorzien van een zeer lage uitgangsimpedantie, zodat we geen last hebben van de capaciteit van de kabel naar de meter.

Een bijkomend voordeel is dat die meter door de lage Z aan zijn ingang minder bromgevoelig wordt.

De volgende testen zijn gedaan met een FET-buffer en een emittervolger met een totale versterking van 10. De standaard belastingsweerstand moet de totale belasting van het filter bepalen, *niet* wat er extra nog aan vast zit via de meetprobes.

Ook al is de voorversterker voor HF (nou ja, 455 kHz) gemaakt, er blijken dikke elco's nodig om het aandeel LF-gestommel en de LF-ruis uit de buffer te onderdrukken. Wat wil je, met 1 millivolt volle schaal (die dan 0,1 mV aan de filteruitgang aanwijst).

Een eerste ontwerpversie van de versterker is afgekeurd vanwege teveel LF gestommel en ruis. Zonder de 1000 μF elco zelfs in extreme mate!

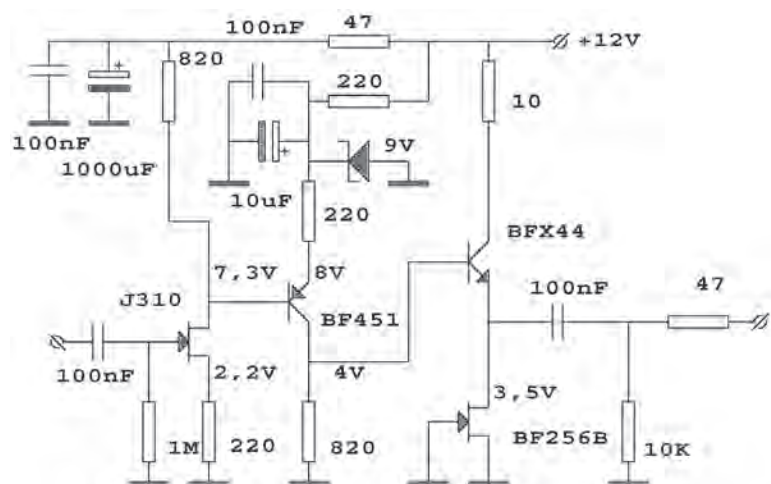


Fig. 3 De eerste versterker had last van ruis



Hier zaten gewone versterkertrappen in, met enkel lokale terugkoppeling, dus zonder sterke negatieve terugkoppeling over meerdere trappen samen. Namelijk een losse input FET-buffer met een beetje versterking, een teruggekoppelde trap aanvullend tot x10 versterking en daarna een losse trap met een gewone emittervolger en stroombron in de emitter als ballast (geeft ook al meer ruis?). Dit ontwerp is toch al jaren in gebruik als buffer tussen een oscillator en een frequentieteller in een ontvanger. Het signaalniveau is daar 200 mV. Maar hier voldoet het niet; de signaalniveaus zijn hier blijkbaar veel te laag.

Een tweede variant werd gemaakt met twee sterk tegengekoppelde losse trappen met elk twee transistors dan wel FETs. Er is dus heel veel versterkingsreserve weggewerkt in de tegenkoppeling. De overblijvende doorgaande versterking is 10x. Bovendien had ik een zeer oude selectieve niveaumeter gevonden van Wandel & Goltermann (W&G), type SPM-2 (met antieke AF118 en OC47 germanium transistoren). Daardoor kon ik nu met de nieuwe buffer in breedbandmode direct met een nette belasting meten tot -30 à -40 dB. Het stuursignaal kwam nog steeds uit een losse LF-generator. Ook hier beperkte de breedbandruis toch weer snel de diepte van de meting. De nu aanwezige smalbandige meetmogelijkheid (SPM-2 breedte: < 250 Hz

bij -3 dB, 360 Hz bij -6 dB) werkt echter alleen prettig als er een meelopende 'tracking generator' aanwezig is. Deze optie bestaat bij dit type niet, hoewel het wel mogelijk lijkt door de interne oscillator naar buiten uit te voeren en dan extern te mixen met 650 kHz. Niet gekoppeld, dus twee losse eenheden afstemmen, blijkt veel te lastig.

### Het derde ontwerp

Uiteindelijk heb ik een W&G SPM-3 setje opgedoken met aparte meelopende tracking

generator PS-3. Deze SPM-3 is nog smaler in de afstemming (ongeveer 100 Hz bij -3 dB, 175 Hz bij -6 dB!). Het is nog steeds een versie uit het 'geranium'-tijdperk, maar veel geavanceerder dan de SPM-2. Deze versie heeft extra versterkertrappen in de selectieve mode en kan daardoor 30 dB dieper meten. Eerst ben ik verder gegaan met dezelfde breedbandige meetschakeling als met de SPM-2; dieper meten blijkt nu mogelijk. Ook hier beperkt de ruis bij eerste toepas-

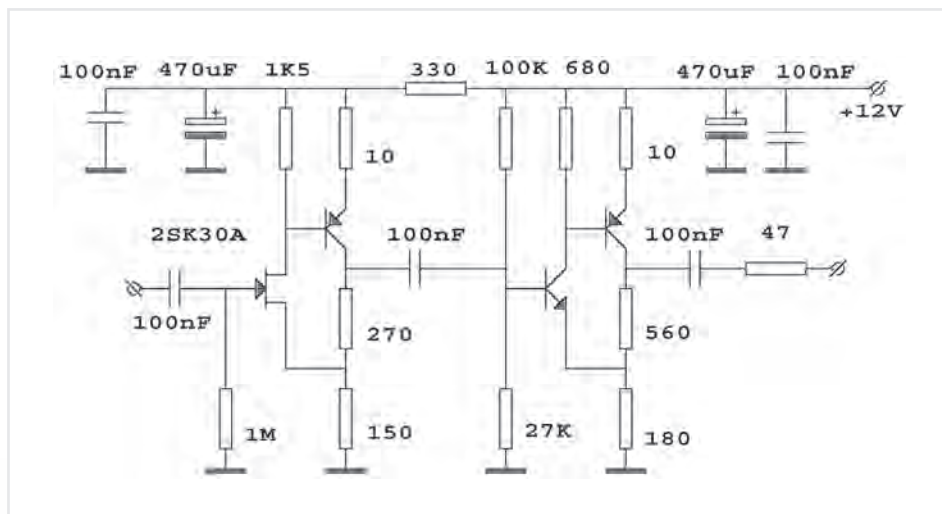


Fig. 4 Minder ruis, en een tienvoudige versterking ging al beter

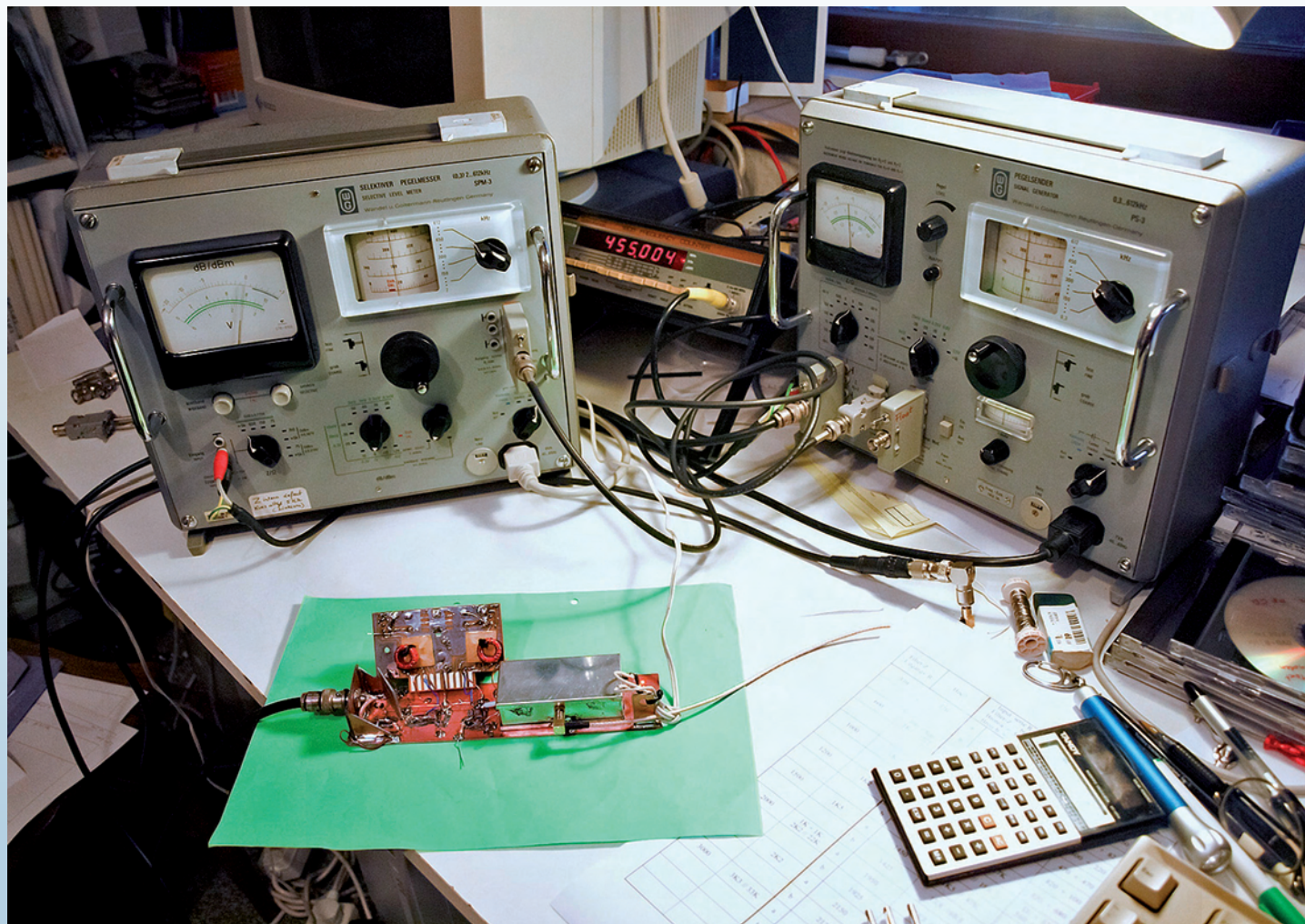


Foto 3 De meetplaats in de praktijk

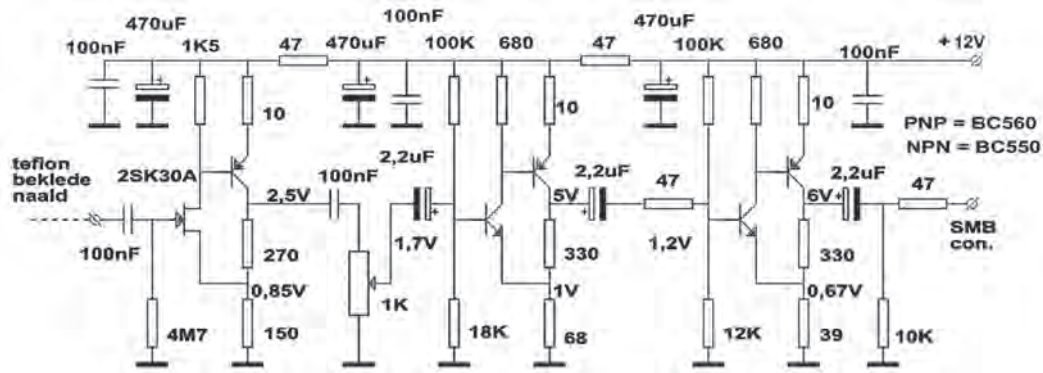


Fig. 5 Deze versterker was zeer goed te gebruiken

sing in breedbandmode de mogelijkheid dieper dan  $-50$  dB te meten. Het storniveau zit hier op  $-60$  à  $-70$  dB. Dit deed me denken aan oude cassettespeler- en bandrecorderversterkers. Ook daar was het ruis- en storniveau niet lager te krijgen. Met andere woorden: dieper gaat gewoon niet goed in breedbandmode met eenvoudige, niet zo ruisarme, voorversterkers. Zeer smalbandig meten moet dus, en dat kan nu ook gemakkelijk doordat ik er een bijbehorende meeloopende tracking generator bij gekregen heb. Helaas werkte het SPM-3 setje in eerste instantie toch niet goed. De Z/ohm schakelaar was mechanisch defect en de ingangswaerstand was opgeblazen. Bovendien was er een draadje van een potkertrafo afgebroken en was de tracking mixer in de generator foutief afgeregeld. Na twee weken prutsen waren de problemen opgelost. De SPM-3 werkt nu, maar alleen in de 5k-stand. Geen probleem. De LF-millivoltmeter wijst exact hetzelfde signaalniveau aan bij bijvoorbeeld 10 of 100 mV, dus dat geeft vertrouwen. Overigens ben ik ook lang bezig geweest met passende verloopconnectors te maken. Het diepste selectieve meetbereik is nu  $-80$  dB volle schaal; aflezen tot  $-100$  dB is mogelijk. Deze waarden zijn dan wel gerelateerd aan het ingangsbereik van  $1\text{ V} = 1000\text{ mV}$ . De meetspanning voor standaard MF-filters is echter slechts 10 millivolt uitgangsspanning maximaal, dus de 10x bufferversterker geeft slechts 100 millivolt af, nog 20 dB te weinig. Na een aantal testen en knoei-aanpassingen (in dode kevertechniek) heb ik de buffer en versterker voor de derde keer gebouwd. Nu met drie sterk tegengekoppelde trappen en ook nog wat versterkingsreserve, en een meerslagenpotmeter voor exacte instelling op 100x. Om rare terugwerking of zelfs oscillatie te voorkomen is de versterkingsinstelling *niet* via tegenkoppeling gedaan, en een beetje simpel gehouden. Montage is op een experimenteerprint. De versterking van de buffer is nu dus 100x; zijn ingangsimpedantie is 4,7 M parallel met 10 tot maximaal 12 pF. Dit is gecontroleerd met een extra serieweerstand van 4,7 M, dus gelijk aan de ingangswaerstand, met daaraan parallel een trimcondensator. Deze trimmer werd afgeregeld op 50% van de output t.o.v. de waarde bij overbrugging van

die trimmer, steeds gemeten bij 455 kHz. De capaciteit van de trimmer was nu gelijk aan de ingangscapaciteit.

Hola! Zonder gemonteerd filter bemerk ik nu voedingsratel bij een luistertest met een LF-signaalfolger. De massa van de voedingsadapter (ongeveer 18 V ongestabiliseerd) mag blijkbaar niét direct aangesloten worden op de massa van het blikje met de buffer! Een aardlus zorgt voor een verhoogd ratelstorniveau van de adapter. En toch zaten er al HF-ontkoppelcondensatoren over de gelijkrichtdiodes. Dus op de interne voedingsaarding letten en geen aardlussen maken. Ook dat is weer aangepast: de min van de voeding gaat nu via een extra doorvoer-C'tje en de voedingsmassa wordt nu gescheiden gehouden tot bij het massapunt van de 12 V-stabilisator 7812 en de lokale ontkeppel-C's in het bufferdoosje. Resultaat: ratel opgelost!

Ook zijn er nog steeds turbo-elco's nodig op de 12 V-voeding om LF-gestommel te onderdrukken, in ieder geval om 'motorboot'-effecten tegen te gaan.

Ik heb tantaalelco's van  $2,2\ \mu\text{F}$  als koppelcondensatoren tussen de trappen toegepast om deze aan de ingang te koppelen aan een lage impedantie en voor LF rustig te houden. En hoewel het daar zinloos lijkt, werkt zelfs een grote condensator aan de FET-ingang eveneens rustgevend op het LF-gestommel en de bromgevoeligheid van die ingang! Vanzelfsprekend zit hier en daar een stopweerstandje. Ook is de uitgangskoppelcondensator naar de versterkingspotmeter

toch extra laag gehouden (kantelfrequentie ongeveer 1500 Hz) om bromspanning uit de meetresultaten weg te houden en daardoor oversturing tegen te gaan. In de versterker is het nog *niet* selectief! Ook moet de laatste trap de nodige uitstuurreserve hebben en symmetrisch kunnen vastlopen, omdat 1 V effectief al bijna 3 V top-top is. En dan liefst nog een voltje of wat meer reserve...

### Aanvullende zaken

Een filter geeft pas correcte karakteristieken als het correct wordt afgesloten en aangestuurd. Wanneer bijvoorbeeld de aanbevolen impedantie 2000 ohm is, dan moeten we die waarde exact aanhouden. Je maakt hem zelf door 2k2 parallel met 22k te schakelen. Aan de ingang moet de bronweerstand van de generator afgetrokken worden om de benodigde serieweerstand naar het filter te berekenen. Omdat het de generator niet zoveel uitmaakt - zelf is die 75 ohm - heb ik na een meter coaxkabel naar de meetmodule daar een afsluitweerstand van tweemaal 100 ohm parallel naar massa aangebracht. Bij elkaar staat hier naar massa dus 50 parallel aan 75, ofwel 30 ohm. Vanaf die 30 ohm naar massa gaan we met de rest van de vereiste impedantie naar het filter. In ons voorbeeld van 2000 ohm wordt dat dus 1970 ohm, samengesteld uit bijvoorbeeld 1k5 + 470 ohm. Nog juister zou zijn: afsluiten met 75 ohm en dan via 1962 ohm naar het filter, maar dat kleine verschil merk je in de huidige opzet niet, denk ik. In deze opzet gaat het om het verschil tussen 'alleen een draadje' tussen de in- en uit-

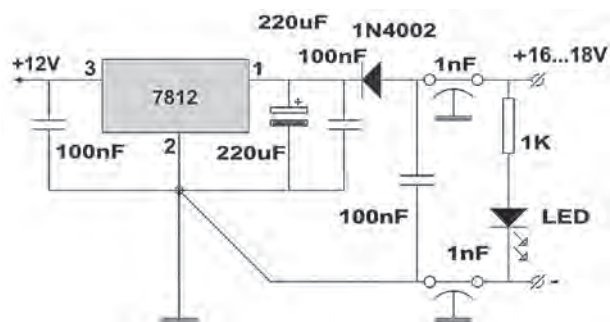


Fig. 6 De voeding voor de versterker



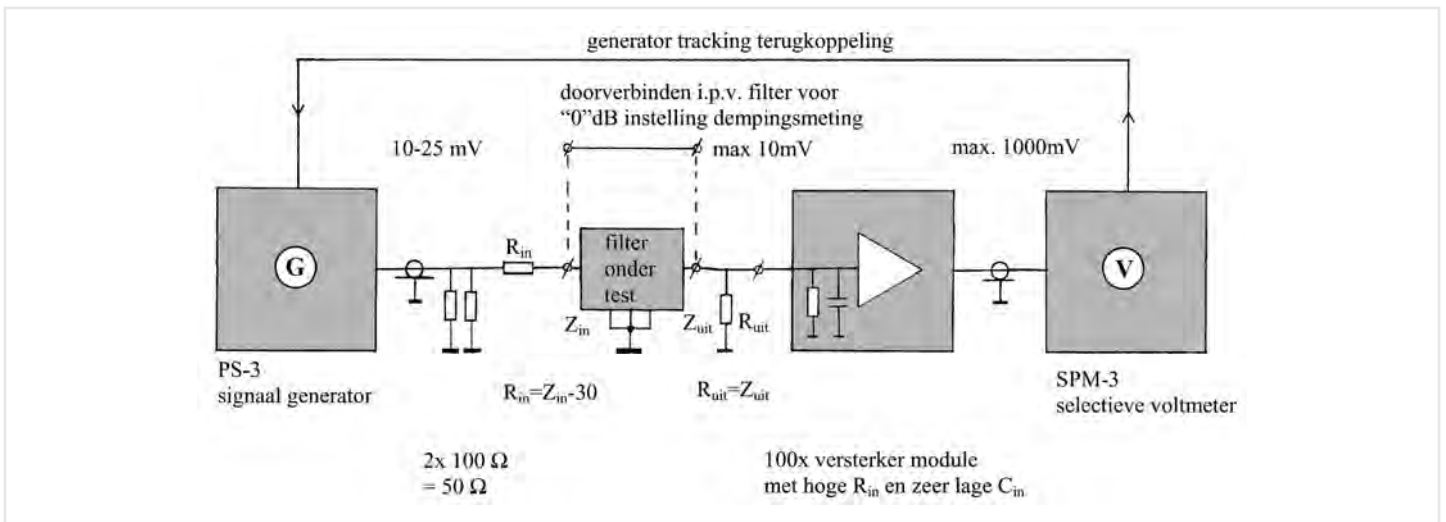


Fig. 7 Blokschema van de meetplaats

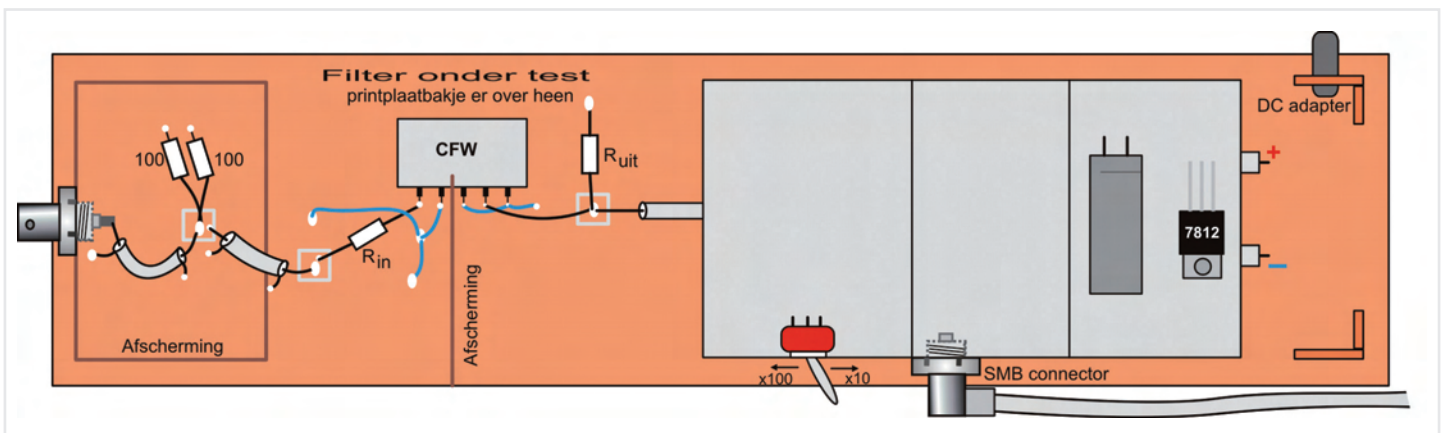


Fig. 8 Onderdelenopstelling van de meetplaats. Deze tekening is van een nieuwere versie.

gangsweerstanden, dus zònder filter erin, en het effect met het filter er wèl tussen. Het zijn relatieve metingen: hoeveel dB verschil tussen 'met filter' en 'zonder filter'. Ook heb ik zo de verliesfactor van het filter gemeten om de '0 dB' stand van de generatorspanning te bepalen. Houd de parasitaire HF-lek aan de ingang laag. Er is een afschermingschotje nodig tegen 'doortochten' van HF over het filter heen; daarom is een setje van twee weerstanden in serie hier wel handig om 'om een hoekje' te gaan. De grootste weerstand komt eerst. Zie op de foto, vlak bij de BNC ingangconnector.

Omdat het onprettig is een groot aantal mini-filterblokjes vast te braden aan een groot massavlak, zijn er 0,5 mm dikke massadraden op stukjes printplaat geplakt en op meerdere plaatsen geaard. In het midden zit een kruispunt en een 'dipje', zodat er geen probleem is met het ingangslipje en de meerdere massalipjes naast elkaar aan zo'n filterblokje uit de CFW/CFU-serie. Na zo'n 50 metingen zijn de klodders tin al wat groter.

Later is er een 'dakpan' van dun koperfolie vastgeplakt aan de meetmodule. Die wordt over het filter gebogen als dit op zijn plek zit. Hiermee worden handeffect en netstoringen onderdrukt.

Vanzelfsprekend zit de versterkermodule in een blikken doosje. De ingang komt naar buiten via een 1 cm lang stukje gepelde harde UHF tefloncoax (zonder mantel en met een harde verzilverde stalen binnenader). Alleen een stukje teflon binnenisolatie met een blank puntje steekt eruit. Aan de uitgang zit een mini coax klik-connector van het type SMB met een kort stukje mini coaxkabel naar een verloopplug van SMB naar BNC. Deze module moet redelijk mobiel blijven (dus alle aansluitingen met pluggen of connectors) vanwege het steeds verplaatsen tussen de soldeerhoek en de meethoek. Als ik bij metingen onder de -70 dB een onrustige meternaald heb, wikkel ik soms

ook nog een stukje aluminiumfolie om het filter heen. Dat scheidt iets, vooral 's avonds! Onder de -80 dB zie je zo een enkele dB's lagere uitslag. Netstoring van schakelende voedingen misschien?

Wat grappig is, is een enkele zeldzame spurious: heel smalle valse doorlaatpieken in het onderdrukkingsgebied. Het is overigens beter wanneer er geen spurious is. Heftige sterkteverschillen tussen -60 en -80 dB kunnen aanwezig zijn. Dit zijn ongewenste doorlaateffecten, die soms vrij dicht bij de wel gewenste doorlaat kunnen liggen. Ik trof ze aan tussen 430 en 436 kHz, zowel bij een mechanisch



Foto 4 'Inside information' (afscherming tegen stoorsignalen van buiten)

Kokusai filter als bij een keramisch Murata filter. Een combinatie van twee geselecteerde eenvoudige keramische filters geeft superieure resultaten.

Ook heb ik gemerkt dat filters helaas behoorlijk temperatuurgevoelig kunnen zijn! Tijdens het meten kort na het insolderen in de meetstrip merkte ik een verloop van zeker 50 tot 200 Hz. Blijkbaar nog te warm, zelfs na tien tot vijftien minuten! Ik heb daarom de volgende proef genomen: ik ging zo'n ding eens pesten met slechts één spuitje vries-spray. Ik mat meteen 1000 tot 1500 Hz verloop van het nulpunt en 1 à 2 dB meer verzwakking. Met een föhn erop floepte dat gelijk weer naar de andere kant. Het duurde een hele tijd voordat de niveau-indicatie weer op het oude punt terug was.

### Verwerking gevens

Het lijkt allemaal simpel, maar het kostte toch nog wat moeite mooie plaatjes uit Excel te krijgen. Omdat in sommige combinatiespread-sheets wel eens een aantal vakjes in een kolom met metingen werd overgeslagen, maakte het programma daar meteen een onderbreking in de curve van. Opties om dat aan te passen zitten tamelijk verstopt en niet in de grafiekinstellingen zelf. Dit geldt ook voor de verschillende as-aanpassingen die nodig waren om van een bestaand plaatje een in- of uitgezoomde versie te maken.

Het zijn meestal opties die pas tevoorschijn komen als je op het juiste punt klikt. Je kunt ze helaas niet bereiken in bijvoorbeeld een groot verzamel-instellingenmenu. Ik vind dat als incidentele Excelgebruiker erg versnipperd.

Ook blijkt het standaard grafiektitelveld van Excel helemaal niet zoveel uitlegtekst te kunnen bevatten als ik zou willen, namelijk slechts 255 tekens. Ik wilde een echt tekstveld bovenin. Alleen door de te krappe titelinhoud te kopiëren en te plakken naar een nog niet bestaand nieuw veld, werd er uiteindelijk een standaard tekstveld op dezelfde plek aangemaakt dat wel meer inhoud aan kan. Ook dat werd dus weer opgelost.

### Conclusie en vragen

Deze meetmethode blijkt prima resultaten op te leveren met hobbymid-delen. Je moet helaas wel de beschikking hebben over een selectieve (dump-) voltmeter met bijbehorende tracking generator. Het oudste (niet handige) setje SPM-2 dat ik in handen kreeg is, gezien de gebruikte nostalgische germaniumhalfgeleiders uit begin jaren zestig van de vorige eeuw, verouderd. Bij de SPM-2 zit geen tracking mogelijkheid. De gebruikte SPM-3 is een vroege versie en bevat ook veel AF126 germaniumtransistoren en nog vrijwel geen siliciumtransistoren. Ik schat dit apparaat van rond 1965 of wat later. Een derde set (ook SPM-3), die ik open gezien heb, bevatte vrijwel geen germaniumtransistors meer maar veel BCY siliciumtypes. Ik schat dat apparaat van rond 1970. Een gewone analoge ontvanger in plaats van een selectieve voltmeter op 455 kHz heeft een niveau-indicatie (de S-meter) die niet direct geschikt is voor deze toepassing. Misschien is die wel geschikt te maken? Mogelijk is een moderne DSP ontvanger wel heel geschikt als meet-ontvanger te gebruiken.

Het meten en naderhand inkloppen van de resultaten in Excel is een vrij arbeidsintensieve bezigheid gebleken. Maar de resultaten zijn ronduit prachtig. Het heeft mij in ieder geval veel meer inzicht gegeven in hoe je de specificaties van o.a. Murata keramische filters moet interpreteren! Zie ook [1] en [2].

### Naschrift

Sinds dit artikel naar de redactie van *Electron* werd gestuurd heeft de auteur niet stilgezeten. Er worden voortdurend verbeteringen aan de meetopstelling aangebracht. Zo is de afscherming verder verbeterd om 'overwaaien' van HF tegen te gaan, en is de versterking van de meetversterker nu schakelbaar. Er kan nu nog dieper gemeten worden. De laatste ontwikkelingen vindt u steeds op de website van de auteur [3].

### Referenties

- [1] <http://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/index515.htm#cwfilter>  
 [2] <http://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/index515.htm#kokusai>  
 [3] [http://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/IF455index\\_UK.htm](http://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/IF455index_UK.htm)



GreenPeak is a leading fabless semiconductor company offering innovative ultra-low power wireless RF chips for Smart Home applications. GreenPeak's award-winning, innovative technology is based on the IEEE 802.15.4/ ZigBee wireless networking standard.

We currently have a vacancy in the Applications Team for:

## RF APPLICATION ENGINEER

GreenPeak's Applications Team guides and assists corporate OEMs to implement the GreenPeak silicon into their applications - from prototyping to mass production.

### Job description

- As a team, you develop reference designs, evaluation kits and demos with best in class performance at lowest cost
- You provide integration and development support to customers on our products
- As RF Application Engineer your in-depth expertise will be required to support customers in a professional, effective and timely manner, from project start to finish, enabling customers to get the designs first time right

### Your Profile

- BSc EE level and 3-5 years of experience in RF/Antenna design and measurement techniques
- Result-driven, with a strong technical intuition and a commercial flavor - "customer-first" mentality
- Willing to travel worldwide
- Self-starter and true team player
- You are adaptable, and can work in a dynamic environment, where the work is driven by requests from multiple active customers
- Understand design for manufacturing (design rules for PCB's & PCB assembly)
- You are hands-on and are able to perform detailed rework on PCBs with small pitch components
- A background in working with complex mixed signal semiconductor products is an advantage, as is an understanding of relevant regional standards governing radio emissions (FCC, ARIB, ETSI)

### Our Offering

- Innovative no-nonsense company and great team of enthusiastic co-workers
- Challenging job in growing high-tech company: You really make the difference!
- A highly visible internationally oriented position
- Competitive salary package, in line with your expertise

Interested? More info on [www.greenpeak.com/jobs](http://www.greenpeak.com/jobs)



[www.greenpeak.com](http://www.greenpeak.com)

Building the Smart Home