

door ON7UF Roland

par ON7UF Roland – traduit par ON3FHN Fabian

Een andere maar iets complexere methode om de impedantie van een antenne te meten, is gesteund op wat men noemt de reflectiemethode.

Om dit beter te begrijpen moeten we eerst kijken hoe een HF-sigitaal zich gedraagt in een transmissielijn. We bekijken een paar specifieke omstandigheden:

1. De transmissielijn is afgesloten met zijn karakteristieke impedantie.

We zien hier dat het volledige signaal naar de belasting gaat (in ons geval onze antenne). Er wordt niets teruggekaatst. Het is alsof het signaal verdwijnt in een oneindig lange transmissielijn.

2. De transmissielijn wordt opengelaten of kortgesloten.

We zien hier dat in beide gevallen het signaal volledig wordt teruggekaatst. Het fazerverschil tussen een open of een gesloten lijn is 180 graden.

Doordat het heengaande signaal (spanning!) zich optelt bij het terugkerend signaal even groot zijn, krijgen we knopen waar beide signalen elkaar volledig opheffen en toppen die 2 maal hoger zijn dan het oorspronkelijke signaal.

3. De transmissielijn wordt afgesloten met een weerstand van 25 Ohm.

We zien hier dat een deel van het signaal wordt teruggekaatst. Er ontstaat een staande golf waarvan de minima en de toppen nu een waarde aannemen die gelijk is aan respectievelijk het verschil en de som van de amplitudes van het heengaande – en het terugkomend signaal.

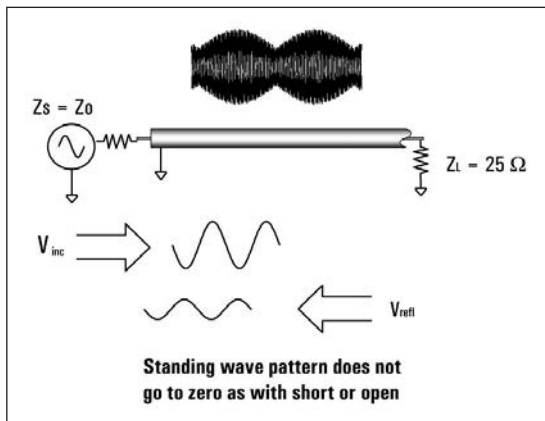
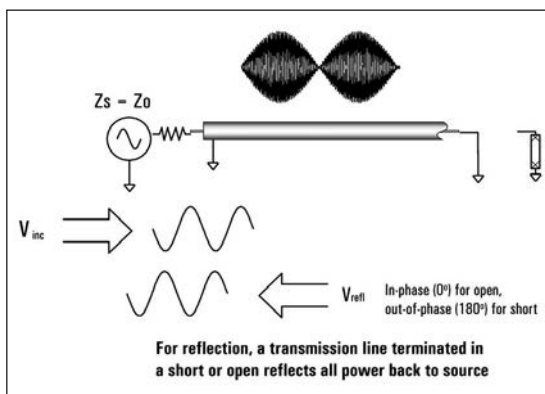
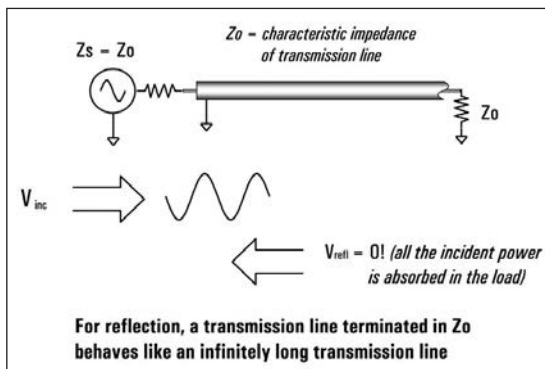
We belanden hier op het domein van de netwerkanalyse (zie volgende tekening).

Netwerkanalyse houdt zich bezig met het nauwkeurig bepalen van de verhoudingen tussen de grootte van:

1. **In reflectiemode:** het invallend (incident) signaal (R) t.o.v. het gereflecteerde signaal (A). Uit de verhouding van beide signalen A/R kan men een hele reeks waarden berekenen zoals VSWR, S parameters, reflectiecoëfficiënt, return loss en de impedantie.

Het is vooral deze mode die gebruikt wordt voor antenne-analyse. We komen daar nog uitvoerig op terug.

2. **In transmissiemode:** deze mode wordt gebruikt voor het bepalen van doorlaatkarakteristieken van



Un procédé différent, mais un peu plus complexe pour mesurer l'impédance d'une antenne est basé sur ce qu'on appelle la méthode de réflexion.

Pour mieux comprendre cela, nous devons d'abord voir comment un signal RF se comporte dans une ligne de transmission. Nous allons voir quelques cas spécifiques :

1. La ligne de transmission est terminée par son impédance caractéristique

Nous voyons ici que tout le signal est transmis à la charge (dans notre cas, notre antenne). Rien ne se réfléchit (vers l'émetteur). C'est comme si le signal disparaissait dans une ligne de transmission infiniment longue.

2. La ligne de transmission est laissée ouverte ou mise en court-circuit.

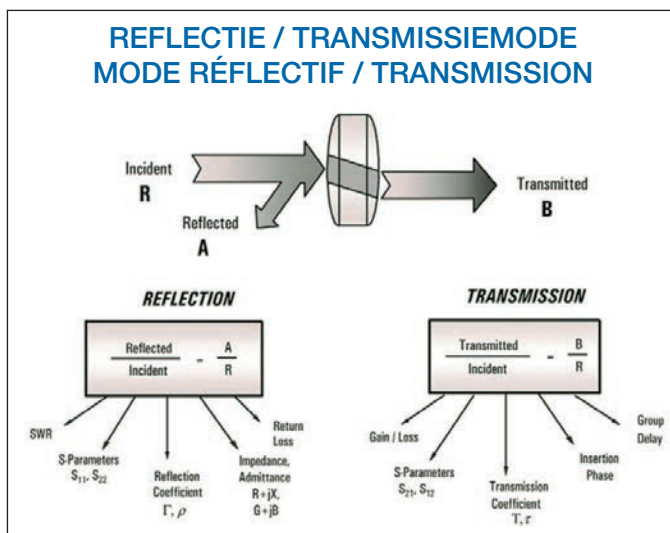
On voit ici que, dans les deux cas, le signal est réfléchi totalement. La différence de phase entre une ligne ouverte et une ligne en court-circuit est de 180 degrés.

Comme le signal émis (tension !) peut s'ajouter au signal de retour, il y a formation d'une onde stationnaire dans la ligne de transmission. Compte tenu que les signaux émis et réfléchis ont la même intensité, on obtient des nœuds, là où les deux signaux s'annulent complètement, et des ventres qui sont 2 fois plus élevée que le signal original

3. La ligne de transmission est terminée par une résistance de 25 Ohms.

Nous voyons ici qu'une partie seulement du signal est réfléchi. Cela crée une onde stationnaire dont les minima et les maxima prennent maintenant une valeur qui est égale à, respectivement, la différence et la somme des amplitudes du signal émis et du signal retour.

Nous nous retrouvons maintenant dans le domaine de l'analyseur de réseaux (voir schéma ci-dessous).



Analyser le réseau vise à déterminer avec précision le rapport entre la taille de :

1. **En mode réfléchitif :** le signal incident [R] par rapport au signal réfléchi [A]. Du rapport entre ces deux signaux A/R on peut encore déduire différentes informations comme le ROS, les paramètres S, le coefficient de réflexion, les pertes de retour et l'impédance.

C'est surtout ce mode qui est utilisé pour l'analyse des antennes et on y reviendra en détail.

2. **En mode de transmission :** ce mode est utilisé pour déterminer les caractéristiques de passage de filtres, amplis, etc.

filters, versterkers, enz. We bepalen hier de verhouding tussen het (incident) signaal (R) dat aan de ingang van een te testen schakeling (DUT: Device Under Test) wordt aangelegd en het uitgangssignaal (B) (transmitted). Uit de verhouding van beide signalen B / R kan men terug een aantal waarden berekenen zoals de versterking of verzwakking van het signaal, de transmissiecoëfficiënt, de faseverschuiving en de groepsvertraging die het signaal ondervindt bij het doorlopen van het DUT.

Bij de meeste moderne antenne-analyzers zijn deze twee modi (reflectie- en transmissiemode) beschikbaar en zij kunnen dus ook nog voor andere doeleinden dan enkel antenne-analyse gebruikt worden.

Voor onze antennemetingen gaan we in reflectiemode werken.

Hoe meten we nu het heengaande- en het terugkaatsende signaal?

Dit doen we aan de hand van een bi-directionele coupler. Een bi-directionele coupler is een soort transformator die een klein deeltje van het signaal aan de ingang en aan de uitgang aftapt en het met een verzwakking van ongeveer 15 dB naar buitenbrengt. Onze zender TX stuurt zijn signaal naar onze antenne via ingang 1 naar uitgang 2 van een bi-directionele coupler. Aan uitgang 3 vinden we een signaal dat evenredig is met het ingangssignaal maar 15 dB verzwakt. Aan uitgang 4 vinden we een signaal (ook 15 dB verzwakt) dat evenredig is met het gereflecteerde signaal dat van onze antenne komt indien ze niet goed is aangepast.

Hoe gaan we hiermee nu een bruikbare antenne-analyzer maken?

We maken hiervoor dankbaar gebruik van het mooie IC van Analog Devices de AD8302. Dit piepklein IC'tje geeft een uitgangssignaal dat evenredig is met de logaritme van de verhouding van beide ingangssignalen plus een signaal dat evenredig is met het faseverschil tussen beide ingangen. Ik verwijs naar de uitgebreide productbeschrijving van Analog Devices voor verdere details.

Bekijken we bovenstaande tekening dan zien we:

- De DDS is een oscillator die door de Arduino gestuurd wordt. Hij vangt onze zender in voorgaande tekeningen. Hij levert een HF-signaal (Vinc) dat via de bi-directionele coupler gaat naar onze antenne waarvan we de impedantie willen meten.
- De coupler meet het uitgestuurde signaal (Vinc) en, als onze antenne niet goed aangepast is, het terugkaatste signaal (Vrefl). Beide signalen vinden we, 15 dB verzwakt, terug aan de uitgang van de coupler.
- Met behulp van twee attenuatoren (ATT) worden deze signalen op het juiste niveau gebracht en aan de ingangen van het IC AD8302 gekoppeld. Deze ingangen hebben een bereik van -60 dB tot 0 dB. De beide attenuatoren zorgen ervoor dat de meetsignalen mooi binnen het meetbereik van het IC vallen. Aan de uitgang van het IC krijgen we een signaal dat evenredig is met $\log V_{refl}/V_{inc}$ dat eigenlijk reeds een waarde is die evenredig is met de Return Loss. We krijgen ook een uitgangsspanning die evenredig is met het faseverschil

Dans ce mode nous déterminons le rapport entre le signal incident/reentrant [R] à l'entrée du circuit sous test (DUT) et le signal sortant [B] (transmitted). Du rapport entre ces deux signaux B/R on peut dériver une série de valeurs comme une amplification, le facteur de transmission, le phase shift ou encore le délai de groupe auquel le signal est soumis en passant par le DUT.

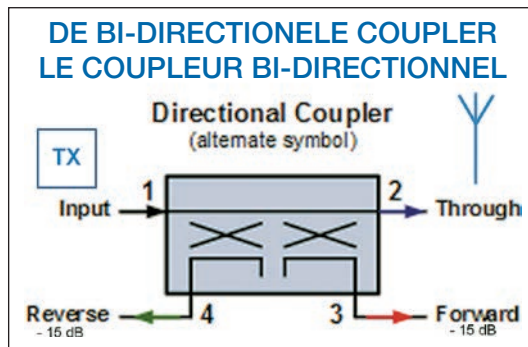
La majorité des analyseurs d'antennes modernes disposent de ces deux modes, ce qui permet de les utiliser à dans d'autres fonctions qu'un simple analyseur d'antenne.

Pour nos mesures d'antenne, nous travaillons en mode réflectif.

Comment pouvons-nous essayer de mesurer le signal incident et le signal réfléchi ?

Nous réalisons cela à l'aide d'un coupleur bi-directionnel.

Un coupleur bi-directionnel est une sorte de petit transformateur qui atténue une petite partie du signal à l'entrée et à la sortie et l'amène ainsi à une atténuation d'environ 15dB. Notre émetteur TX transmet son signal à notre antenne, via l'entrée 1, au travers de la sortie 2 d'un coupleur bidirectionnel. Sur la sortie 3, nous trouvons un signal qui est proportionnel au signal d'entrée mais atténué de 15dB. A la sortie 4, on trouve un signal (également atténué de 15dB) qui est proportionnel au signal réfléchi provenant de notre antenne si elle est mal ajustée.



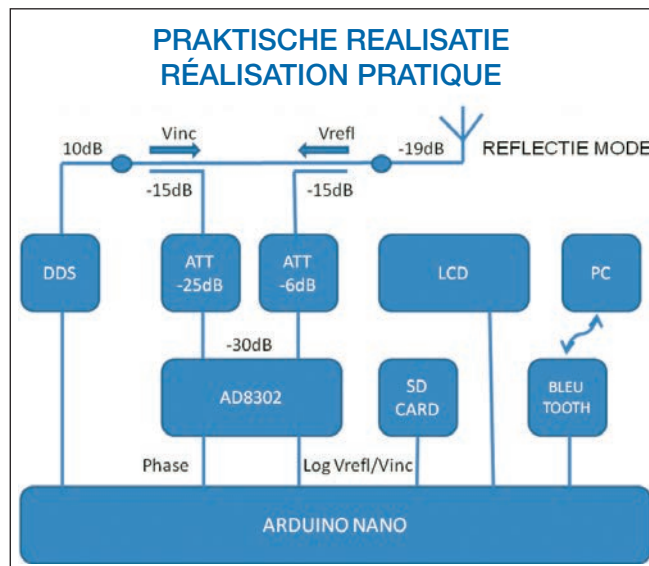
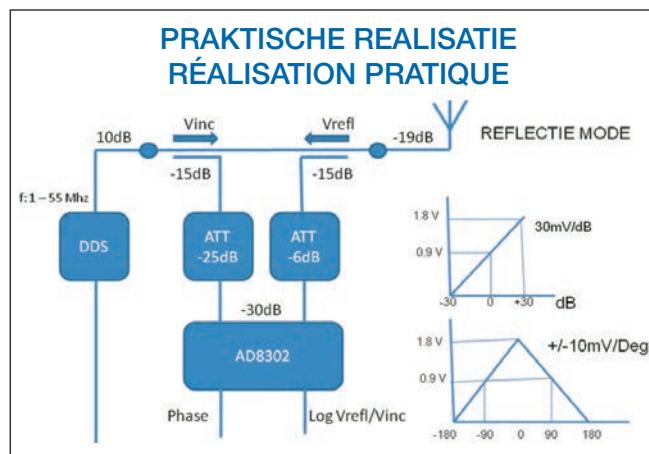
Comment pouvons-nous essayer de concevoir un analyseur d'antenne utilisable ?

Nous allons utiliser un sympathique circuit intégré de chez Analog Device : le AD8302. Ce petit IC donne un signal de sortie qui est proportionnel

au logarithme du rapport des deux signaux d'entrée, en plus d'un signal qui est proportionnel à la différence de phase entre les deux entrées. Référez vous à la description détaillée du produit de Analog Device pour plus de détails.

Observons le schéma ci-dessous, nous pouvons y voir :

- Le DDS est un oscillateur qui est commandé par l'Arduino. Il remplace notre émetteur dans les dessins précédents. Il fournit un signal RF (Vinc) qui, via le coupler bi-directionnel, est émis vers l'antenne dont nous voulons mesurer l'impédance.
- Le coupler mesure le signal transmis (Vinc) et, comme notre antenne est mal adaptée, le signal réfléchi (Vrefl). Ces deux signaux, atténués de 15dB, se trouvent à la sortie du coupler.
- Ces signaux sont ramenés au niveau approprié au moyen des deux atténuateurs (ATT) et couplés aux entrées de l'IC AD8302. Ces entrées ont une plage de -60dB à 0dB. Les deux atténuateurs veillent à ce que les signaux à mesurer se situent dans la plage de mesure du circuit intégré. A la sortie de l'IC, on obtient un signal qui est proportionnel au logarithme V_{refl} / V_{inc} qui est en fait déjà une valeur qui est proportionnelle à la



tussen de twee signalen. Hiermee hebben we genoeg informatie om de Arduino aan het rekenen te zetten.

De Arduino is de motor van het toestel en vervult de volgende functies:

- Hij zegt aan de DDS welke frequentie die moet genereren. Hij bepaalt ook de minimum en maximum frequentie als de DDS een frequentie "sweep" moet doen.
- Hij ontvangt de signalen van de AD8302 en berekent hiermee:
 - VSWR
 - Return Loss
 - De fasehoek
 - De RS en Xs waarden
 - De totale Z waarde
- Deze berekende waarden stuurt hij naar een LCD scherm zodat we de waarden kunnen aflezen wanneer we de antenne-analyzer gebruiken zonder PC verbinding. In dit geval stuurt hij ook de berekende waarden, voor iedere ingestelde frequentie, naar een geheugenkaartje zodat de waarden achteraf kunnen bekeken worden op een PC met Excel of een gelijkaardig programma.
- Hij regelt de communicatie via Bluetooth zodat we een draadloze connectie kunnen maken met een PC, of een tablet of een smartphone die dan op Android draaien.

Links zien we het menu dat ons toelaat om de antenne-analyzer op verschillende manieren te gebruiken:

- Verbonden met een PC. Op de PC draait de vrij verkrijgbare software VNA/J van de mini-VNA (<http://vnaj.dl2sba.com/>).
- Verbonden via Bluetooth op een Android tablet of smartphone. Hier draait de vrij verkrijgbare software Blue VNA op die verkrijgbaar is via Google Play Store.
- Stand Alone: dit is een onderdeel van de software die op de Arduino draait. Dit laat toe om het toestel onafhankelijk van een PC of tablet te gebruiken.

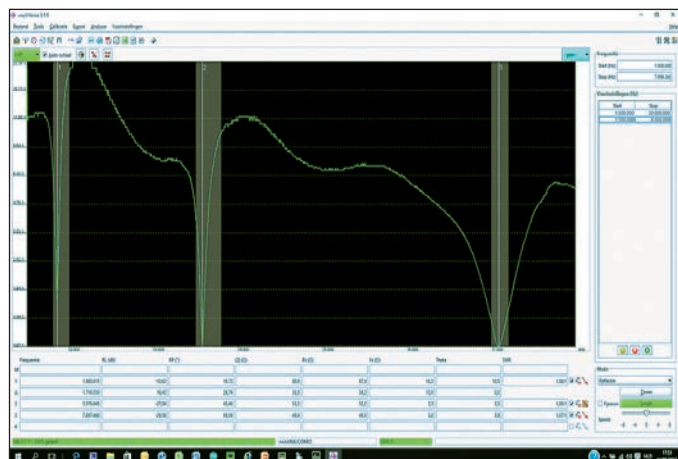
Links zien we de frequentiebanden die we kunnen kiezen en de berekende waarden weergegeven op het LCD scherm.

- Voor de Stand Alone mode is er een calibratiemode voorzien die moet uitgevoerd worden voor het gebruik.

Alle informatie over de Arduino software en details over de constructie is te vinden op de heel verzorgde web site van F4GOH <https://hamprojects.wordpress.com/2015/06/21/hf-arduino-vna/#more-180>

Enkele voorbeelden van metingen aan een verticale Butternut HF-9 antenne:

Hier zien we het resultaat van een VSWR meting in de 160, 80 en 40m band van een Butternut HF-9 verticale antenne. / Ici nous voyons le résultat d'une mesure VSWR dans les bandes 160m, 80m et 40m d'une antenne verticale Butternut HF-9.



perte de retour. Nous obtenons également une tension de sortie qui est proportionnelle à la différence de phase entre les deux signaux. Avec cela, nous avons assez d'informations pour permettre le comptage par le Arduino.

Le Arduino est le cœur de l'appareil et réalise les fonctions suivantes :

- Il indique au DDS quelle fréquence il doit générer. Il détermine également la fréquence maximale et minimale dans le cas où le DDS devrait réaliser un balayage.
- Il reçoit les signaux provenant du AD8302 et réalise le calcul des mesures :
 - VSWR
 - Perte de réflexion
 - L'angle de phase
 - Les valeurs Xs et Rs
 - La valeur totale Z
- Il affiche les valeurs calculées sur un écran LCD, ce qui permet de visualiser les valeurs lorsque l'analyseur d'antenne est utilisé sans être connecté à un PC. Dans ce cas, il enregistre également sur une carte SD les valeurs calculées pour chaque jeu de fréquence. Ainsi les valeurs peuvent être visualisées ultérieurement sur un PC en utilisant par exemple Excel ou tout autre programme similaire.
- Il gère la communication Bluetooth afin de permettre une communication sans fil avec un PC, une tablette ou un smartphone fonctionnant sous Android.

Ici, nous voyons le menu qui nous permet d'utiliser l'analyseur d'antenne de plusieurs façons :

- Connecté à un pc. Sur le PC est exécuté le logiciel libre vna/J de miniVNA (<http://vnaj.dl2sba.com/>)
- Connecté via Bluetooth sur une tablette ou un smartphone Android. Ici c'est le logiciel libre Blue VNA, que l'on trouve sur le Play store de Google, qui est exécuté.
- Stand Alone (mode autonome) : Cela fait partie du logiciel exécuté directement sur l'Arduino. Ceci permet d'utiliser le dispositif indépendamment d'un PC ou d'une tablette. Sur la gauche,

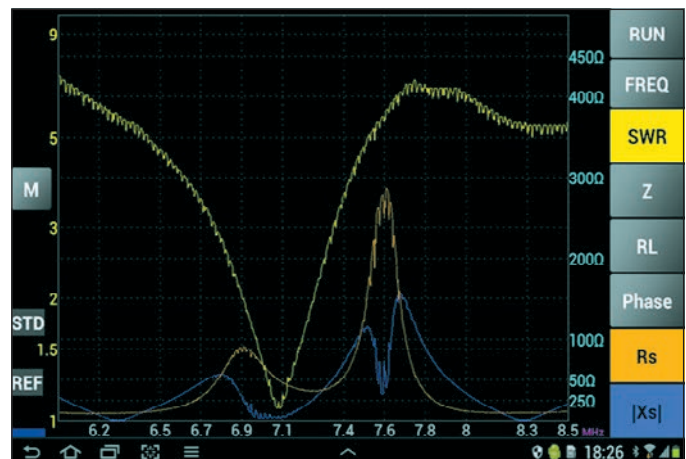
nous voyons les bandes que nous pouvons sélectionner ; les valeurs calculées sont affichées sur l'écran LCD.

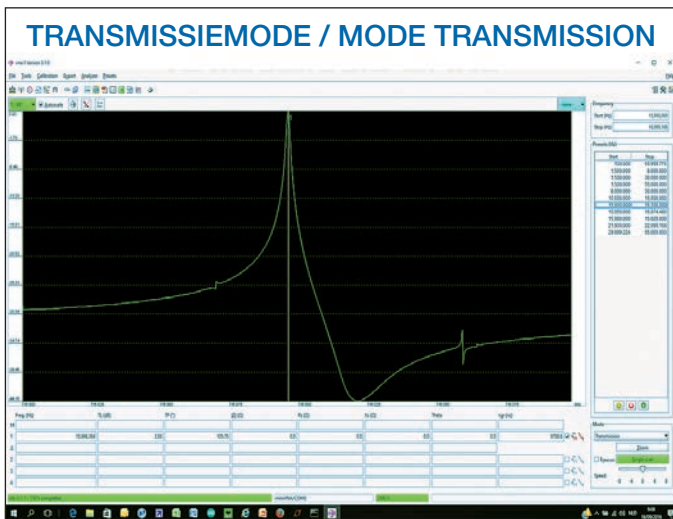
- En mode Stand Alone, il existe un mode calibration qui doit être exécuté avant l'utilisation autonome.

Toutes les informations sur le logiciel du Arduino et les détails de construction peuvent être trouvés sur le très complet site de F4GOH <https://hamprojects.wordpress.com/2015/06/21/hf-arduino-vna/#more-180>

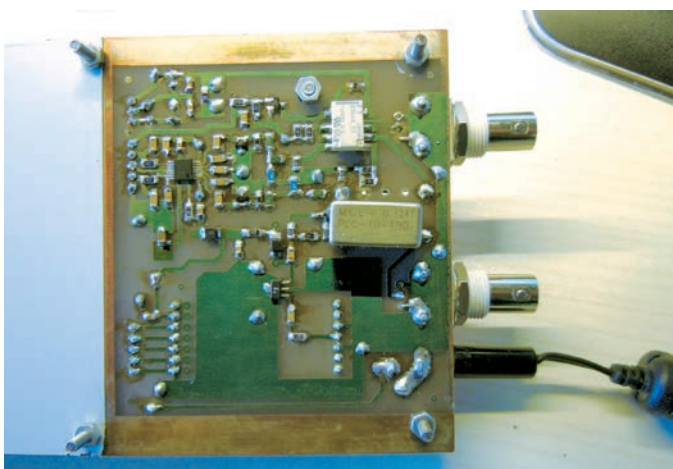
Quelques exemples de mesures sur une antenne verticale Butternut HF-9 :

En hier een VSWR meting van dezelfde antenne op 40m op een Android tablet. Et ici une mesure VSWR de la même antenne sur 40m à l'aide d'une tablette Android.





Een meting in transmissiemode van de doorlaatcurve van een 16 MHz kristal.
Une mesure, en mode de transmission, de la courbe de distribution fréquentielle d'un cristal 16 MHz.

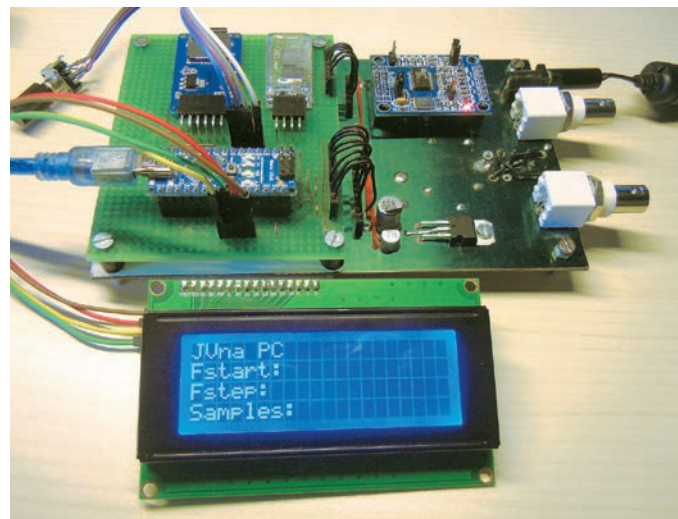


Hier zien we, aan de onderkant van de print, het meetcircuit. Links boven het IC AD8302. Het zilveren blokje is de bi-directionele coupler. Het witte blokje is het relais dat de analyzer overschakelt van reflectiemode naar transmissiemode.
Ici, nous pouvons voir, sur la face inférieure de la platine, le circuit de mesure. En haut à gauche le circuit intégré AD8302. Le boîtier argenté est le coupléur bi-directionnel. Le cube blanc est le relais qui permet à l'analyser de passer du mode réfléchitif au mode de transmission.

Dit was ook mijn eerste ervaring met SMD-componenten. Ondanks het feit dat vele amateurs een beetje angstig staan t.o.v. het gebruik van SMD-componenten valt dit allemaal heel goed mee. Veel geduld en een vaste soldeerhand zijn wel vereist.

Dit project heb ik met veel plezier gerealiseerd. Ik heb er veel mee bijgeleerd en een leuke bouwervaring gehad met de Arduino en de SMD-componenten.

73 de ON7UF – Roland
UBA-sectie TLS



Zo zag het prototype eruit. We herkennen links de Arduino Nano, een SD geheugenkaartje en een Bluetooth interface. Rechts zien we de DDS. Alle digitale modules werden aan de bovenkant van de print gemonteerd.
Voici à quoi ressemblait le prototype. A gauche, nous reconnaissons l'Arduino Nano, une carte mémoire SD et une interface Bluetooth. Sur la droite, nous voyons le DDS. Tous les modules numériques sont montés sur la face supérieure du PCB.



En zo ziet het uiteindelijke resultaat eruit.
Et ici nous voyons le résultat final.

Ce fut aussi ma première expérience avec des composants SMD. Malgré le fait que de nombreux amateurs sont un peu inquiets sur l'utilisation de composants SMD cela est vraiment super. Patience et une main ferme sont nécessaires.

Ce projet, je l'ai réalisé avec beaucoup de plaisir. J'ai beaucoup appris avec celui-ci et acquis une bonne expérience de la construction avec Arduino et les composants CMS.

73 de ON7UF – Roland
Section UBA TLS

Deze advertentie kost € 54 per editie of € 307 per jaar.

Heeft u interesse om ook uw bedrijf te laten vermelden, stuur een mail naar sales@uba.be

VDV Communicatie
 Wingenastraat 36
 8020 HERTSBERGE
 Tel: 050.28 00 15
 www.vdvcom.be frank@vdvcom.be

Open: woe, vrij en zat. telkens van 14h-18h
 Officiële KENWOOD dealer HAM - PMR - Licentievrij
 DAIWA - DIAMOND - FRITZEL - TONNA - PROCOM - PILOT