

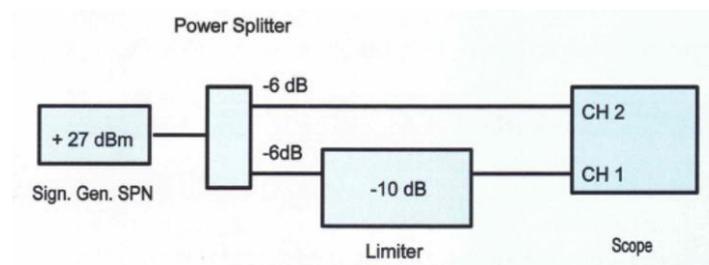
Bericht über breitbandige Splitter / Combiner

Wilhelm, DL6DCA, 15.05.2022



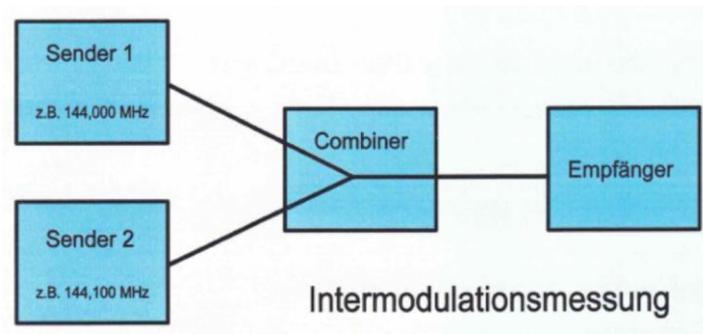
Ein Splitter teilt ein Hochfrequenzsignal auf mehrere Signalwege auf. Der Combiner addiert mehrere Signalwege zu einem.

Als Beispiel für den Einsatz eines Splitters möge die Aufteilung einer Antennenleitung auf mehrere Empfänger dienen. Auch im Bereich der Messtechnik sind solche Splitter für manche Messaufgaben gut geeignet. In meinem Bericht über den Aufbau eines Limiters, habe ich einen solchen Splitter eingesetzt, um auf dem Oszillografen das Ursprungssignal und das nach dem Limiter gekappte Signal parallel darstellen zu können.



Beispiel für Messaufbau mit Splitter

Der Combiner kann in der Messtechnik z.B. für die Ermittlung der Intermodulationsfestigkeit eines Empfängers eingesetzt werden, wo zwei Signalquellen zusammengefasst auf den Empfänger gegeben werden.



Beispiel für Messaufbau mit Combiner

Limitier / Combiner können nicht nur 2 Signalwege, wie hier untersucht, haben, sondern fast unbegrenzt auch mehr.

Es wird unterschieden zwischen Breit- und Schmalbandausführungen. Die hier untersuchten Typen sind alle den breitbandigen zuzuordnen. Schmalbandige Ausführungen werden häufig bei Endstufen eingesetzt, wo eingangsmäßig die Steuerleistung auf mehrere parallele Verstärkerzweige aufgeteilt und deren Ausgang am Ende wieder zusammengefasst werden. Sie unterscheiden sich im Aufbau aber deutlich von den hier vorgestellten breitbandigen Typen.

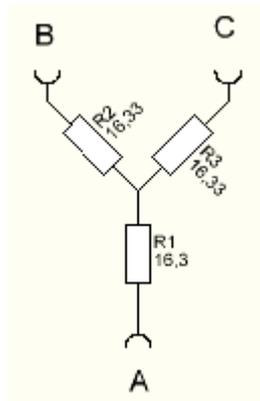
Ein einfacher Splitter wäre durchaus ein T-Stück in beliebiger Koaxialnorm. Hier würde es aber so aussehen, dass ein 50 Ω Eingang quasi in zwei 25 Ω Zweige aufgeteilt wird und somit nicht mehr der Impedanz, z.B. der Empfänger, entspricht.



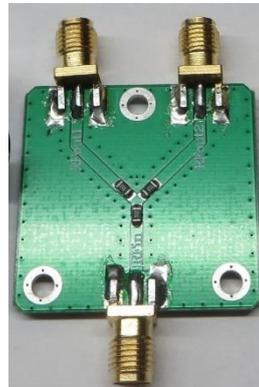
Einfachster Splitter / Combiner aber nicht Impedanzgerecht!

Aufgabe eines Splitters / Combiners ist aber die impedanzrichtige Aufteilung / Kopplung der Signale; im Regelfall 50 Ω . Die Impedanz spielt eine wesentliche Rolle bei der Anpassung der angeschlossenen Geräte hinsichtlich Rauschen, Verstärkungsgrad sowie Unterdrückung von Schwingneigung, aber auch gegenseitige Beeinflussung z.B. hinsichtlich Intermodulation.

Die einfachste und impedanzrichtige Ausführung ist die mittels eines Widerstandnetzwerkes, auch resistive Splitter / Combiner genannt.



Resistiver Splitter / Combiner

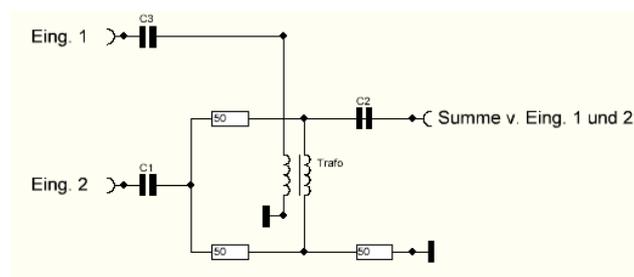


dgl.

Das Eingangssignal an Port A wird nach Port B und C impedanzgerecht mit $50\ \Omega$ aufgeteilt. Das entspricht erst einmal der Halbierung des Signals; an B und C erscheint das Signal A um $-3\ \text{dB}$ gedämpft. Die (Impedanz-) Anpass-Widerstände verbrauchen aber auch Leistung im Sinne eines Dämpfungsgliedes. Deshalb ist das Signal A an B und C nicht nur durch die Teilung um $-3\ \text{dB}$ gedämpft, sondern um weitere systembedingte $-3\ \text{dB}$. Insgesamt also $-6\ \text{dB}$ Durchgangsdämpfung.

Nachteil an diesem recht einfachen Aufbau ist allerdings, dass die einzelnen Ports untereinander lediglich eine Entkopplung von $-6\ \text{dB}$ aufweisen. Das kann dazu führen, dass es zu gegenseitigen Beeinflussungen kommen kann, die unerwünscht sind. Wenn z.B. für eine Intermodulationsmessung an Port B und Port C jeweils ein Messender angeschlossen wird, ist nicht auszuschließen, dass in den Messsendern selber sich bereits wegen fehlender Entkopplung Intermodulationssignale durch Mischprodukte bilden, die das Messergebnis eines zu testenden Empfängers an Port A erheblich verfälschen, bzw. unmöglich machen.

Abhilfe schafft hier der Aufbau einer Wheatstone Messbrücke, wie sie z.B. auch von Werner Schnorrenberg, DC4KU, beschrieben wird [1]. Hier ist ebenfalls eine Durchgangsdämpfung von $-6\ \text{dB}$ vorhanden, aber die Entkopplung der Ports B und C erreicht bei günstigen Aufbauten über $40\ \text{dB}$. Alle Ports haben $50\ \Omega$ Impedanz.



Splitter / Combiner auf Basis Wheatstone-Brücke

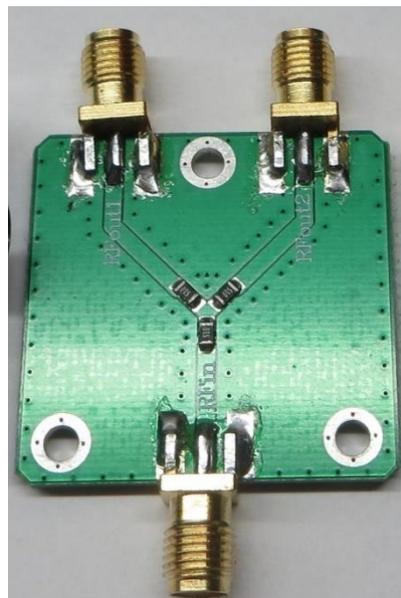
Als weitere Möglichkeit kommt noch der Aufbau als Wilkinson-Teiler infrage. Hierbei handelt es sich aber nicht um eine breitbandige Lösung. Deshalb auch keine weitere Beschreibung, sondern nur der Hinweis auf die Beschreibung von W. Schnorrenberg in [1]. Diese Teiler werden für schmalbandige Einsätze, wie bereits beschrieben, z.B. bei der Zusammenschaltung von parallelen Endstufengruppen eingesetzt. Sie basieren im Wesentlichen auf $\lambda/4$ langen Koaxialleitungen bzw. LC Kombinationen oder auch resonanten Leiterbahnen.

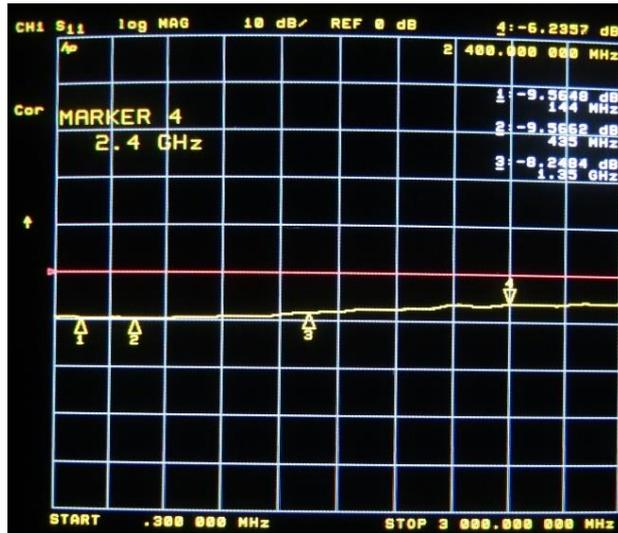
Eine spezielle Form ist der Aufbau von Ringkern Hybridkopplern. Hier kommen Ferrite in Form von Transformatoren zum Einsatz. Diese Ausführung wird auch Magic-Tee genannt, ist aber amateurmäßig kaum sinnvoll aufzubauen. Auch hier sei auf die Ausarbeitung von W. Schnorrenberg [1] verwiesen.

Ich habe einmal interessehalber die in meinem Fundus vorhandenen Splitter / Combiner vermessen. Insbesondere bei den kommerziell gefertigten Exemplaren handelt es sich um Wheatstone Lösungen, ggfs. auch Mischkonstruktionen. Ein Öffnen der Gehäuse ist recht schwierig und birgt die Gefahr der Zerstörung bzw. Verstimmung und war mir zu risikoreich.

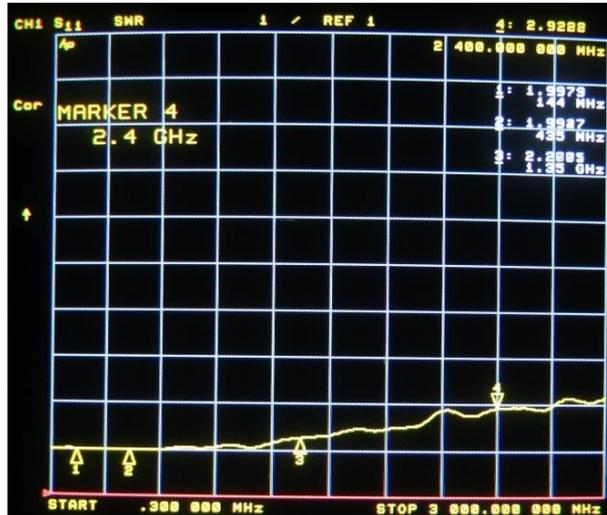
Als erstes Exemplar ein resistiver Teiler aus Fernost, der vor längerer Zeit noch unter 5,-€ gekostet hat. Also ein Preis, zu dem man kaum die Teile im hiesigen Handel erstehen kann. Was mich direkt gewundert hat, war die Tatsache, dass 50 Ω Widerstände eingelötet sind, obwohl ich in allen anderen Publikationen rechnerisch nachvollziehbare 16,33 Ω im Gedächtnis hatte.

Trotzdem den hp Network-Analyser 8753C / 85046A kalibriert und einfach mal gemessen:





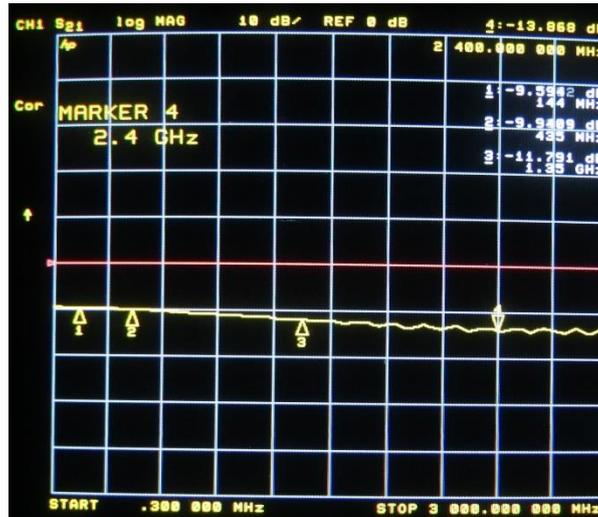
S11 logMAG



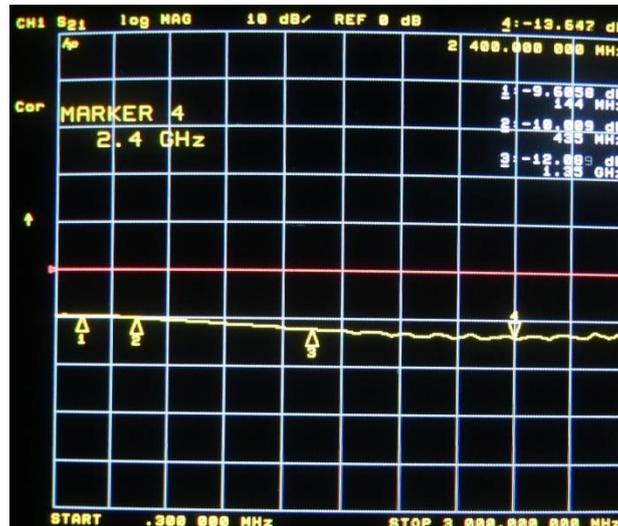
S11 SWR



S11 Smith



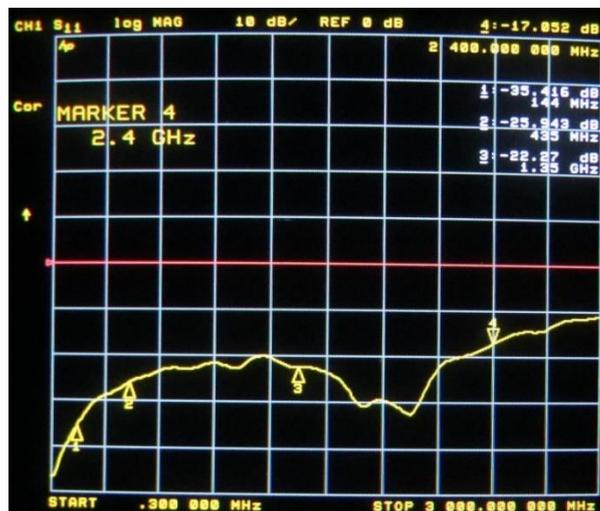
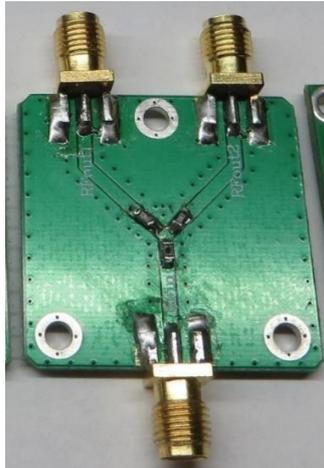
S21 Durchgangsdämpfung zwischen Port A und B/C



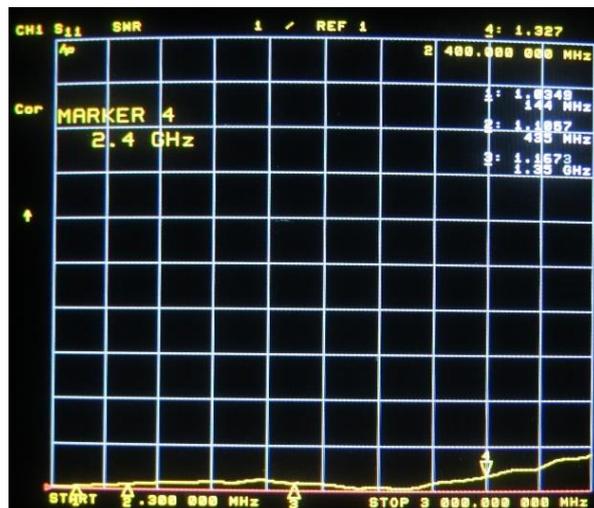
S21 Entkopplung zwischen Port B und C

Man sieht sehr deutlich das schlechte SWR und auch im Smith Diagramm, dass die Schaltung nicht die gewünschte 50 Ω Impedanz besitzt. Also ein Fehlkauf auf den nicht nur ich hereingefallen bin? Ja ein ist die Antwort, da man relativ einfach den Fehler durch Austausch der Widerstände beheben kann. Um auf 16,3 Ω zu kommen, wurden zwei 33 Ω Widerstände quasi huckepack anstelle der 50 Ω Widerstände aufgelötet. Und siehe da es funktioniert trotz der kleinen Abweichung von 0,2 Ω . Warum immer noch diese falschen Bestückungen im Angebot sind entzieht sich meiner Kenntnis.

Als nächstes das wie zuvor beschriebene umgebaute Fernost Exemplar:



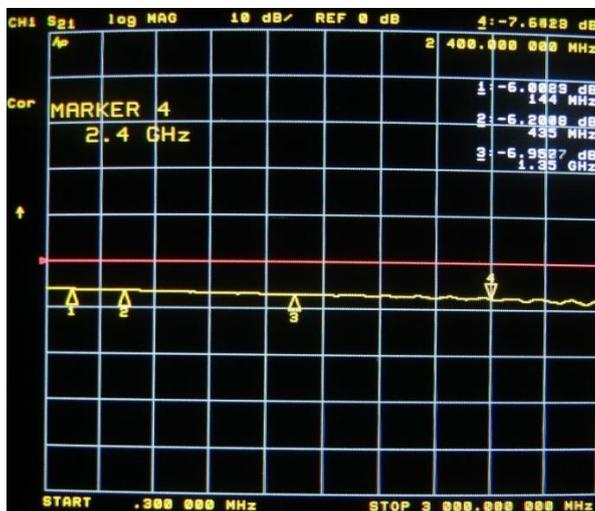
S11 logMAG



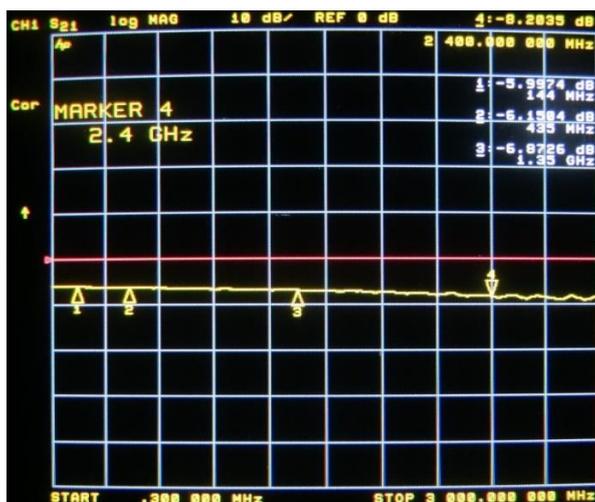
S11 SWR



S11 Smith



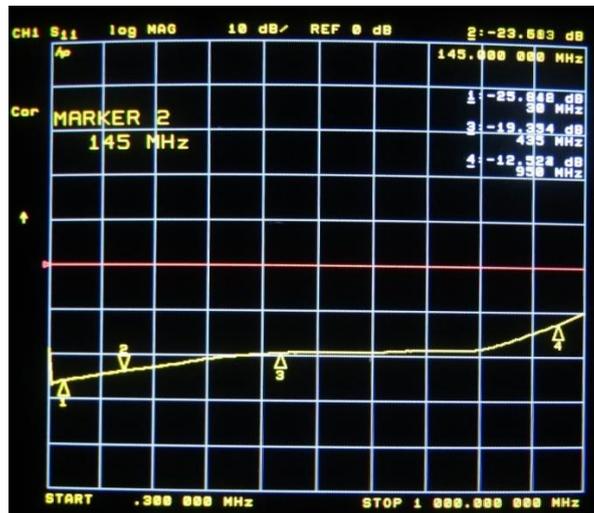
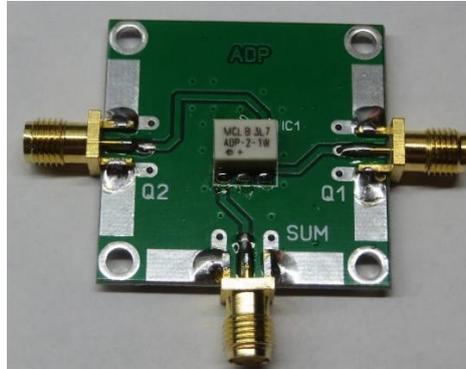
S21 Durchgangsdämpfung zwischen Port A und B/C



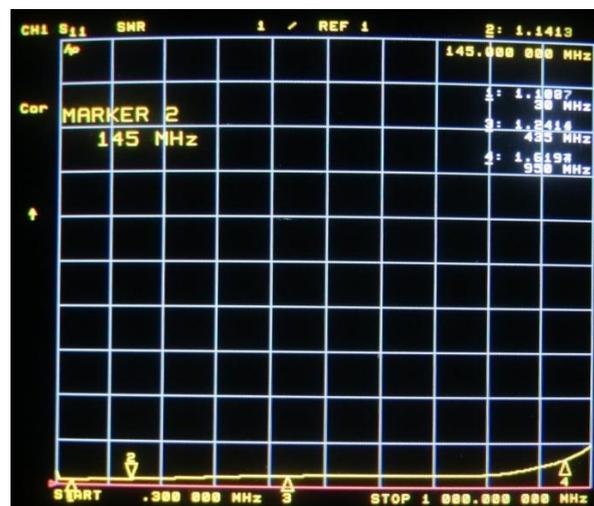
S21 Entkopplung zwischen Port B und C

Man sieht, dass nach dem Umbau ein recht gutes SWR erreicht wird. Die Durchgangsdämpfung entspricht dem theoretischen Wert von -6 dB ebenso wie die Entkopplung der einzelnen Ports um 6 dB. Dieser Splitter / Combiner ist durchaus bis in das 23 cm Band brauchbar einzusetzen.

Bei einem deutschen Händler habe ich mir einen Splitter / Combiner nach dem Wheatstone Prinzip besorgt. Hier ist ein ADP-2-1W+ Modul der Firma Mini Circuits verbaut. Es ist laut Datenblatt im Frequenzbereich von 1 bis 650 MHz bei einer max. Leistung von 2 W einsetzbar [2]



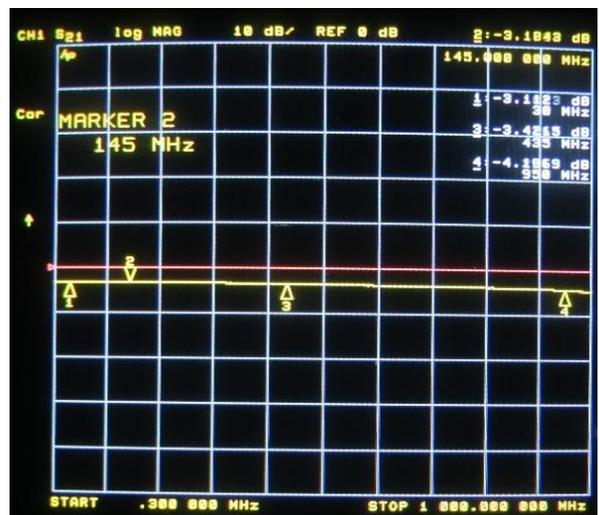
S11 logMAG



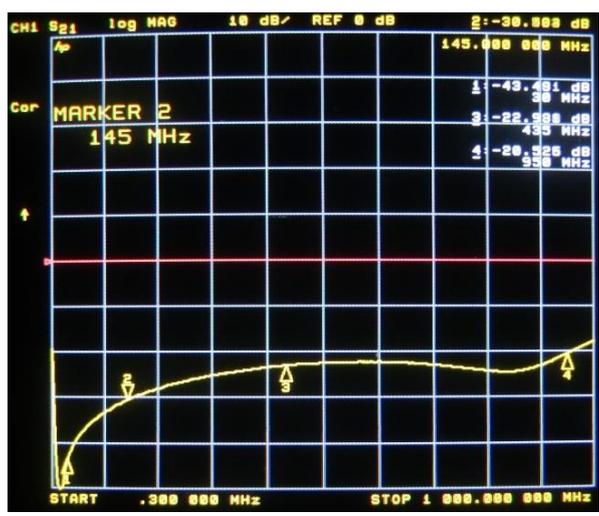
S11 SWR



S11 Smith



S21 Durchgangsdämpfung zwischen Port A und B/C

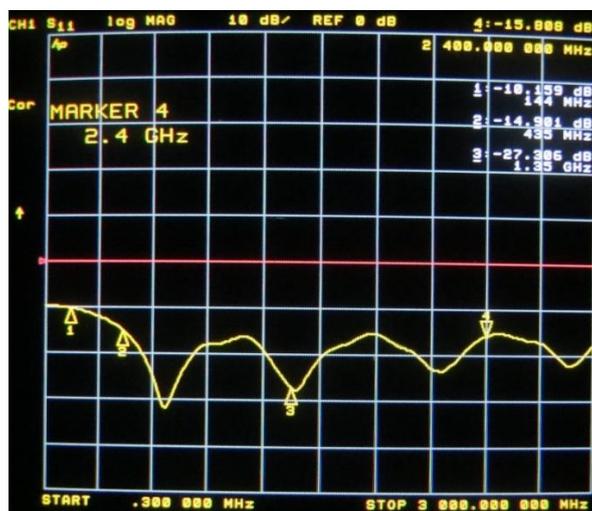


S21 Entkopplung zwischen Port B und C

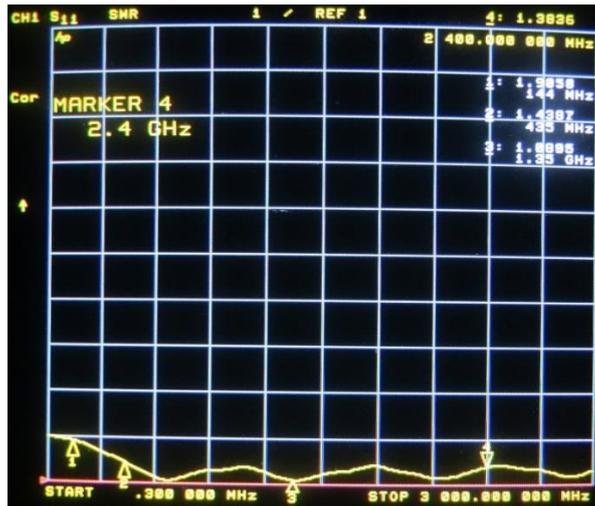
Wie man den Messdaten entnehmen kann, ist der Einsatzbereich lt. Datenblatt gegeben. Die Durchgangsdämpfung beträgt, anders als beim resistiven Splitter / Combiner, 3,2 dB. Die Entkopplung der beiden Ports B und C liegt im Kurzwellenbereich über 40 dB um danach bis auf ca. 23 dB zu sinken.

Das sind schon recht gute Werte, wenngleich der Einsatz bei Intermodulationsmessungen jenseits der 144 MHz nicht unproblematisch sein dürften. Für die meisten Zwecke dürfte dieser Baustein aber ausreichend sein.

Bei dem nächsten Exemplar handelt es sich um einen Ausbau aus einem Messgerät, was bei einem Surplus Händler günstig erworben werden konnte. Interessant und Kaufentscheidend war der angegebene Einsatzbereich von 500 MHz bis 18 GHz. Wie der Hersteller es aufgebaut hat, ist nicht direkt nachzuvollziehen. Eine Demontage zur Innenansicht verbietet sich aufgrund des Aufbaus aber. Da der Networkanalyser nur bis 3 GHz misst, sind auch nur diese Daten zu erheben.



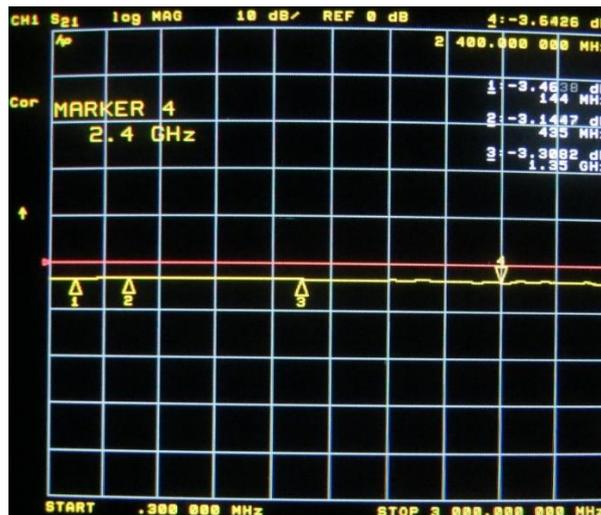
S11 logMAG



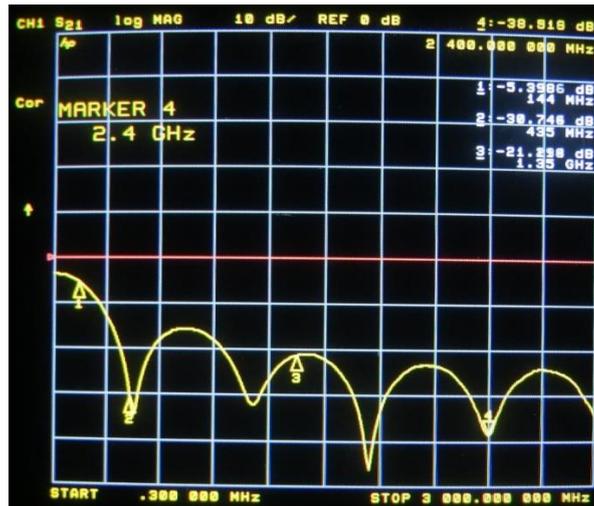
S11 SWR



S11 Smith



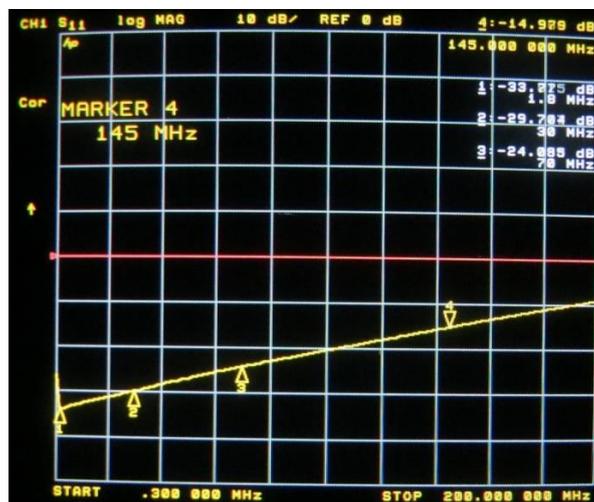
S21 Durchgangsdämpfung zwischen Port A und B/C



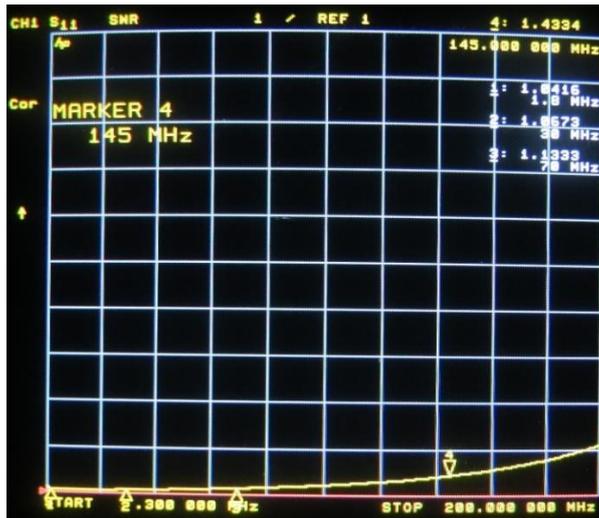
S21 Entkopplung zwischen Port B und C

Auffallend ist die frequenzabhängige Welligkeit hinsichtlich der Eingangsanpassung und auch der Entkopplung. Trotzdem ist zu erkennen, dass dieses Exemplar hauptsächlich für den Einsatz im höheren GHz Bereich gedacht ist. Die Einsatzfähigkeit bei 23 cm und erst recht bei 13 cm ist gegeben.

Bei dem nächsten Exemplar handelt es sich ebenfalls um einen Messgeräteausbau der bei einem Surplus Händler erworben wurde. Der Frequenzbereich von 100 kHz bis 100 MHz interessierte mich insbesondere zum Einsatz im Kurwellenbereich bis 70 MHz.



S11 logMAG



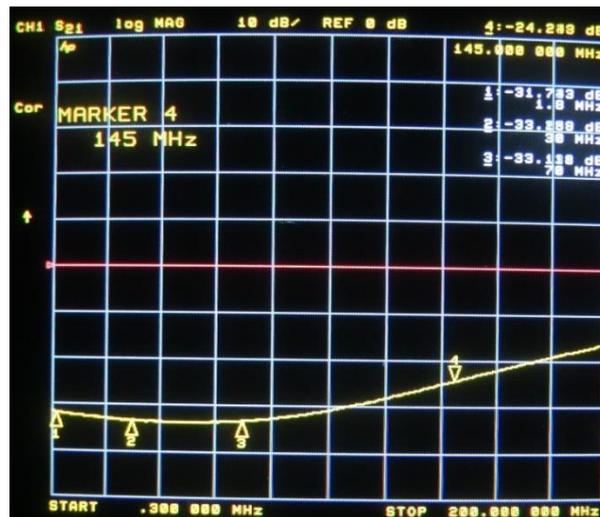
S11 SWR



S11 Smith



S21 Durchgangsdämpfung zwischen Port A und B/C



S21 Entkopplung zwischen Port B und C

Wie man den Daten entnehmen kann, ist auch ein Einsatz über 100 MHz durchaus denkbar. Durchgangsdämpfung und auch Entkopplung liegen in einem brauchbaren Bereich.

Mir ging es in erster Linie einmal darum, die Messdaten der bei mir zur Verfügung stehenden Exemplare zu ermitteln um sie dann sinnvoll z.B. bei Messprojekten einsetzen zu können.

Wer sich tiefer mit der Materie beschäftigen möchte, dem sei die Ausarbeitung von Werner Schnorrenberg, DC4KU, empfohlen [1]. Sie ist sehr ausführlich und gut verständlich ausgearbeitet. Auf seiner Homepage findet man noch viele andere fundierte Ausarbeitungen. Insgesamt findet man im Internet nur sehr wenig Informationen, deshalb Dank an DC4KU.

Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge würde ich mich freuen. Kontakt bitte per Mail dl6dca@darc.de oder Ortsfrequenz 144,575 MHz.

73 de Wilhelm DL6DCA

Literaturverzeichnis / Fundstellen:

[1] Werner Schnorrenberg, DC4KU, https://dc4ku.darc.de/Power_Splitter.pdf

[2] Datenblatt ADP-2-1W https://www.box73.de/file_dl/bauelemente/ADP-2-1W+.pdf