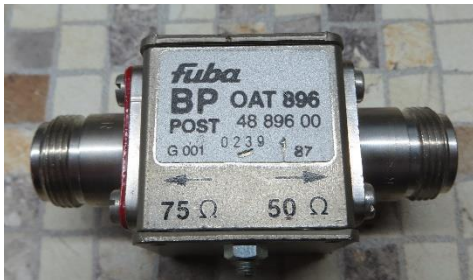


Bericht über messtechnische Untersuchung 50 Ω auf 75 Ω Anpassglieder und Selbstbau

Wilhelm, DL6DCA, 05.04.2023



Vor längerer Zeit habe ich bei meinem Händler des Vertrauens für Surplusware [1] Anpassglieder von 50 auf 75 Ω erworben. Hintergrund des Erwerbs war die Frage, ob sich durch solche Bauteile Messgeräte, wie z.B. den NanoVNA, von 50 Ω auf 75 Ω umstellen lassen, um Rundfunk- und TV-Antennen sowie entsprechendes Zubehör vermessen zu können. Konkret geht es um die Vermessung einer kommerziellen Logarithmisch-Periodischen Antenne, die angeblich von 160 MHz bis 870 MHz funktionieren soll.

Da die Anpassglieder recht preiswert waren, habe ich zwei Versionen in doppelter Stückzahl erworben. Der etwas größere stammt von der Firma Fuba und hat die Bezeichnung OAT 896 und verfügt über N-Norm Anschlüsse. Der andere stammt von der Firma Merrimac, trägt die Bezeichnung UF-100 und verfügt über BNC Anschlüsse. Leider findet man keinerlei Angaben im Internet zu diesen solide aufgebauten Einheiten. Auch konnte mir der Verkäufer keine weiteren technischen Angaben machen.

Betrachten wir zuerst einmal das Exemplar von der Firma Fuba:

Ein- und Ausgang sind mit hochwertigen N-Buchsen aus dem Hause Suhner bestückt. Die 75 Ω Seite ist extra rot gekennzeichnet, da sich die mechanischen Innenabmessungen je nach Impedanz deutlich unterscheiden. Die äußere Verschraubung ist gleich und hierin liegt die Gefahr. Eine 75 Ω Buchse ein einziges Mal mit einem 50 Ω Stecker verschraubt führt zum Totalschaden der Buchse!



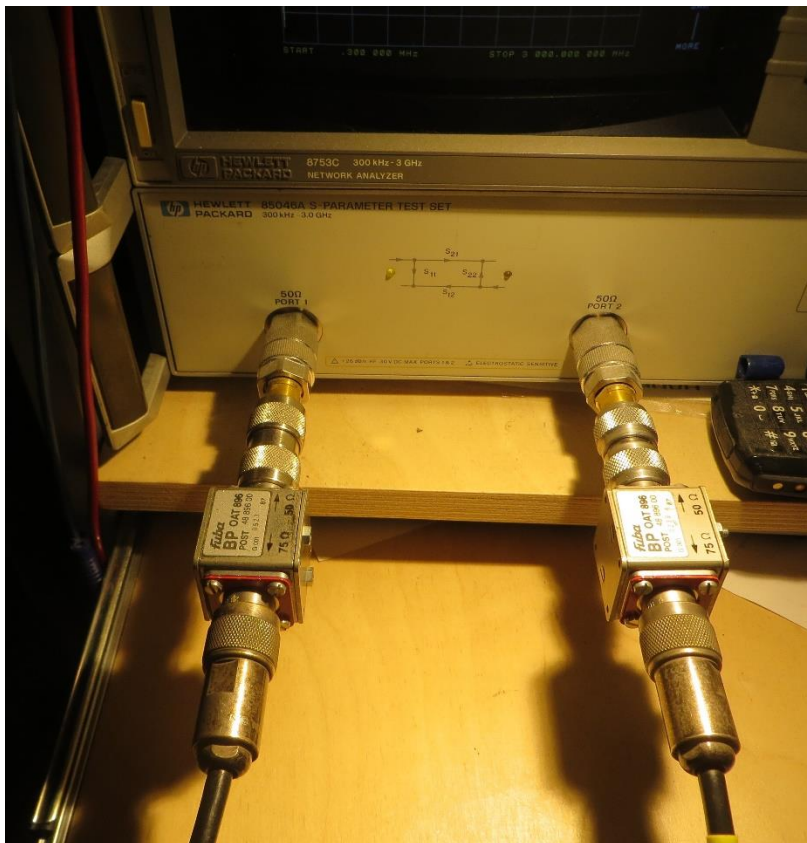
N-Buchsen li 50 Ω , re 75 Ω

Wenn man genau hinsieht stellt man fest, dass der innere Durchmesser der Innenleiterungen bei der 75 Ω Ausführung kleiner ist. Wird hier ein dicker Stift aus einem 50 Ω Stecker reingezwängt, erfahren die Federstifte eine Aufweitung die zu einem mechanischen Schaden führt. Beim ordnungsgemäßen Gebrauch mit einem 75 Ω Stecker liegt dann kein sauberer Kontakt mehr vor. Umgekehrt ergibt ein 75 Ω Stecker in einer 50 Ω Buchse auch keine saubere Verbindung. Fazit: Bei N-Norm nur Impedanz passende Koaxialarmaturen miteinander verbinden! Zu BNC-Buchsen /-Stecker kommen wir später.

Um einen Überblick über den Frequenzbereich der Einsatzmöglichkeiten zu bekommen, habe ich die S11 und S21 Parameter mittels meinem HP 8753C / HP 85046A Netzwerkanalysator ermittelt. Dazu wurde das Gerät mittels Chauvin Arnoux CC600 Kalibriersatz kalibriert. Zur eigentlichen Messung waren dann die 50 Ω Ports der beiden Anpassglieder mit dem NWA verbunden und die beiden 75 Ω Ausgänge der Anpassglieder mit einem 75 Ω Kabel mit entsprechenden 75 Ω N-Steckern verbunden. Leider habe ich derzeit keinen 75 Ω Abschlusswiderstand in N-Norm und auch keine entsprechenden anderen Adapter, lediglich das 75 Ω Kabel mit beidseitigen N-Steckern in 75 Ω .



50 Ω Kalibriersatz Chauvin Arnoux CC600

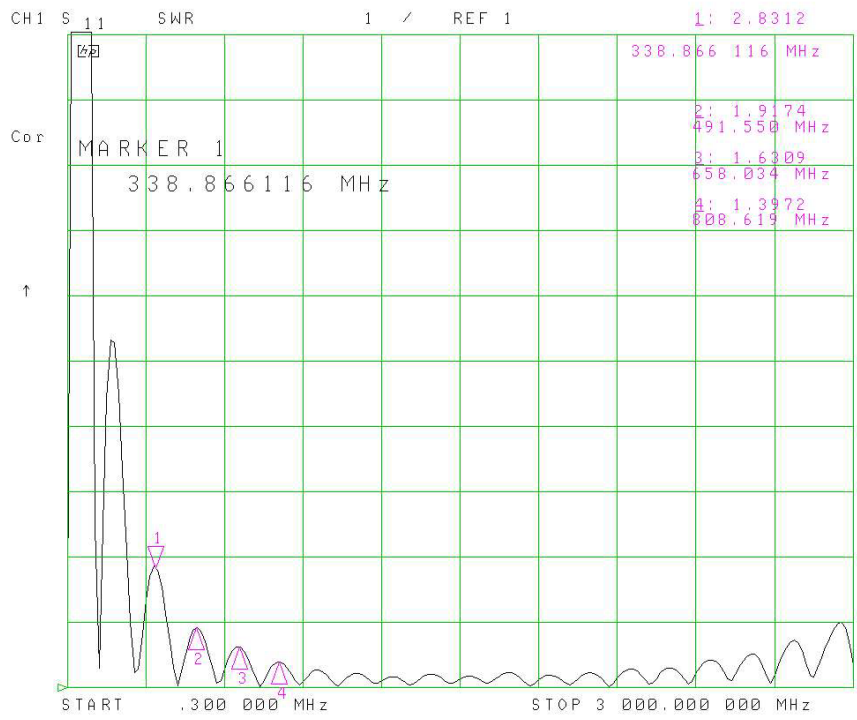


Messaufbau -Kabel und N-Stecker 75 Ω-

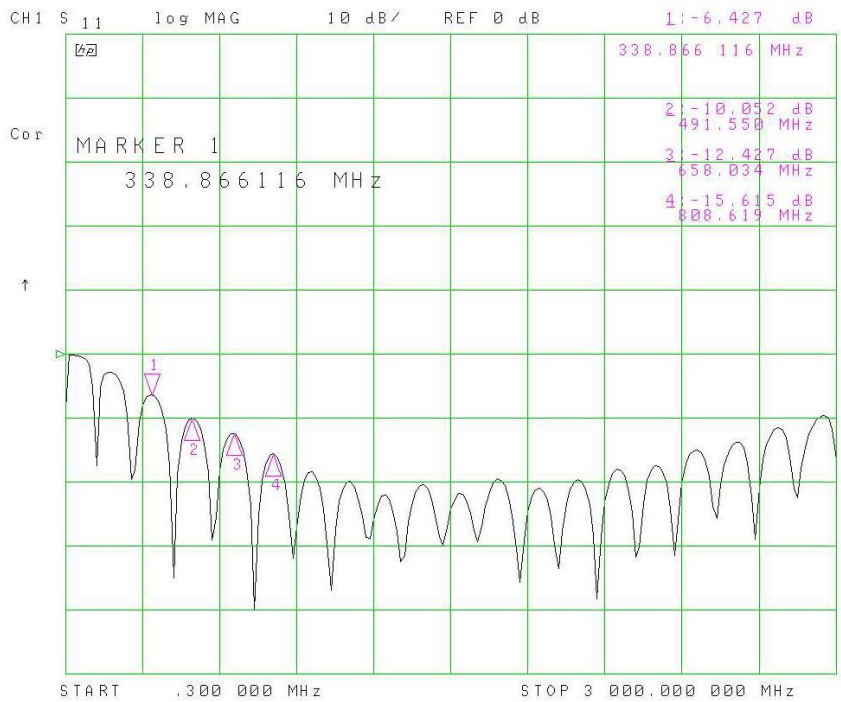


Übersicht

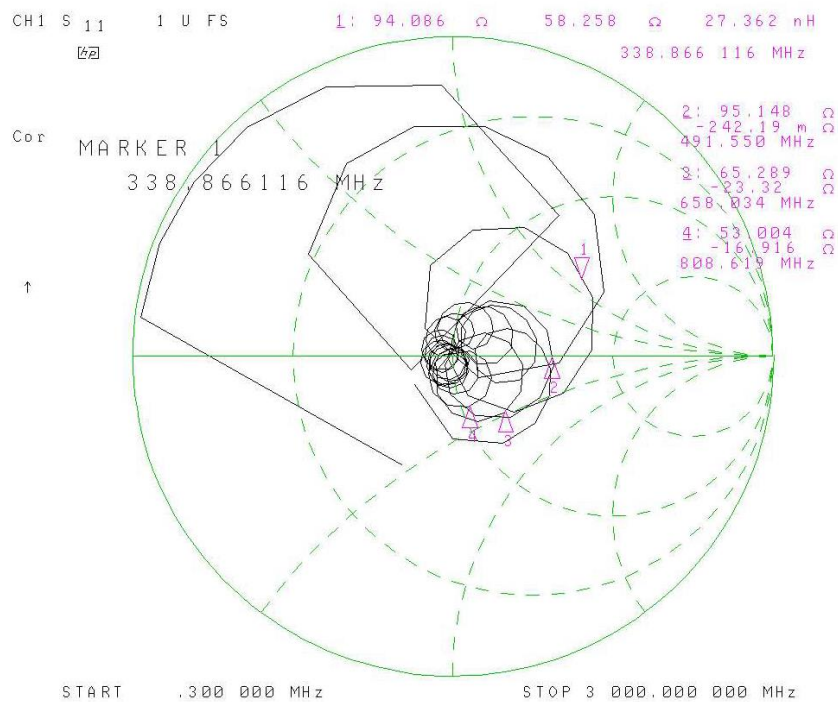
Bei den folgenden Bildern der Messwerte ist eine große Welligkeit (Ripple) zu verzeichnen. Diese kommt eindeutig von dem Kabel, welches ja nicht in die Kalibration einbezogen wurde. Bei den S11 Messungen in diesem Aufbau dient der NWA ja als Abschluss, aber mit dem zwischengeschaltete Kabel. Mit einem hochwertigen 75 Ω Abschlusswiderstand würde es glatter aussehen.



S11 SWR

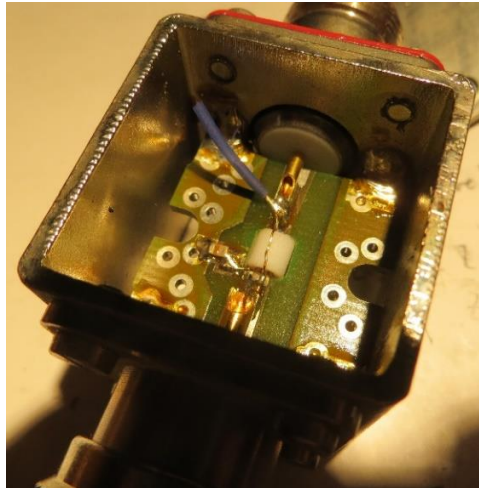


S11 LogMag

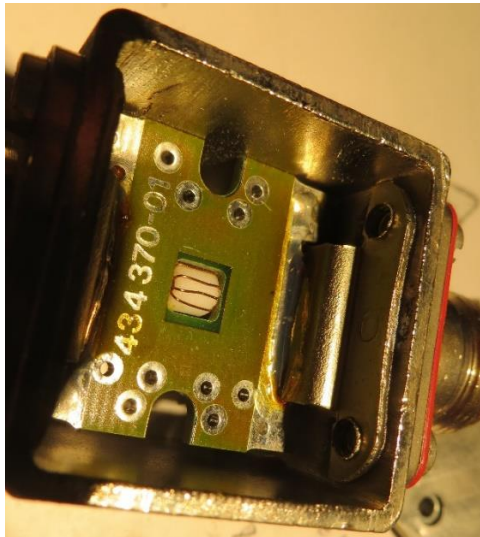


S11 Smith Diagram

Wie man den S11 Werten sehr schön entnehmen kann, liegt der eigentliche Einsatzbereich zwischen 400 MHz und 3 GHz, sofern man mit einem SWR von max. 2 zufrieden sein will. Für genauere Messungen empfiehlt mein Funkfreund Matthias, DD1US, jedoch ein max. SWR von 1,2, was den Einsatzbereich ab etwa 900 MHz bis 2 GHz zulässt. DAB+ und DVB-T Antennen sind also mit diesem Aufbau nicht sinnvoll messbar, da sie im Frequenzbereich von 174 bis 230 MHz bzw. 470 – 690 MHz liegen.



Oberseite



Unterseite

Wie man den Bildern entnehmen kann, besteht der Aufbau im Wesentlichen nur aus einer Draht Verbindung der beiden N-Buchsen. Um diese herum sind auf einer Teflonhülse 5 Windungen Kupferlackdraht angebracht. Das eine Ende des Kupferlackdrahtes ist mit dem 50 Ω Eingang verlötet, das andere Ende wird über einen kleinen SMD Kondensator gegen Masse geführt. Es sind keinerlei Ferritmaterialien verbaut. Stellt sich die Frage wie es funktioniert.

Nach längeren Überlegungen unter Mithilfe von Matthias, DD1US, und Gerfried, DH8AG, (herzlichen Dank dafür) sind wir zu dem Schluß gekommen, dass es sich um einen Spartransformator handeln muss. Der Kondensator dient dazu, den Transformator gegen Masse Gleichspannungsmäßig zu blockieren. Damit ist es möglich über das Anpassglied auch eine Spannungsversorgung für vorgeschaltete Vorverstärker etc. zu führen. Da kein Ferrit zum Einsatz kommt handelt es sich um einen „Luftransformator“, wo alleine die Magnetfelder der Spule zur Wirkung kommen.

Bei dem Spartransformator handelt es sich um 5 Wicklungen auf der Teflonhülse, plus dem Verbindungsdraht als 6. Wicklung. Somit ergibt sich folgendes Transformationsverhältnis :

$$6^2 / 5^2 = 36 / 25 = 1,44 \quad \text{entsprechend} \quad 1,44 \times 50 \Omega = 72 \Omega$$

Um auf exakt den Faktor 1,5 ($1,5 \times 50 = 75$) zu kommen, müsste man mit sehr viel mehr Windungen arbeiten. 44 plus 10 Windungen, also 54 Windungen insgesamt, würden zum Faktor 1,506 führen. Diese ließen sich aber auf einem kleinen Wickelkörper nicht unterbringen und würde auch zu negativen kapazitiven Beeinflussung der Windungen untereinander führen. Zur Erinnerung: Es gibt nur ganzzahlige Wicklungen! Insofern ist der gewählte Transformator ein guter Kompromiss und liegt mit 72Ω dicht am gewünschten Ergebnis.

Der auf der Oberseite der Platine erkennbare blaue Draht dient der LC Kompensation und lässt einen Feinabgleich zu.

Als nächstes die Untersuchung des Merrimac Anpassgliedes:

Das Gehäuse ist ringsum verlötet und eine Öffnung nur mit der Gefahr der Zerstörung möglich. Deshalb ist das Innenleben nicht bekannt.



Messaubau S11

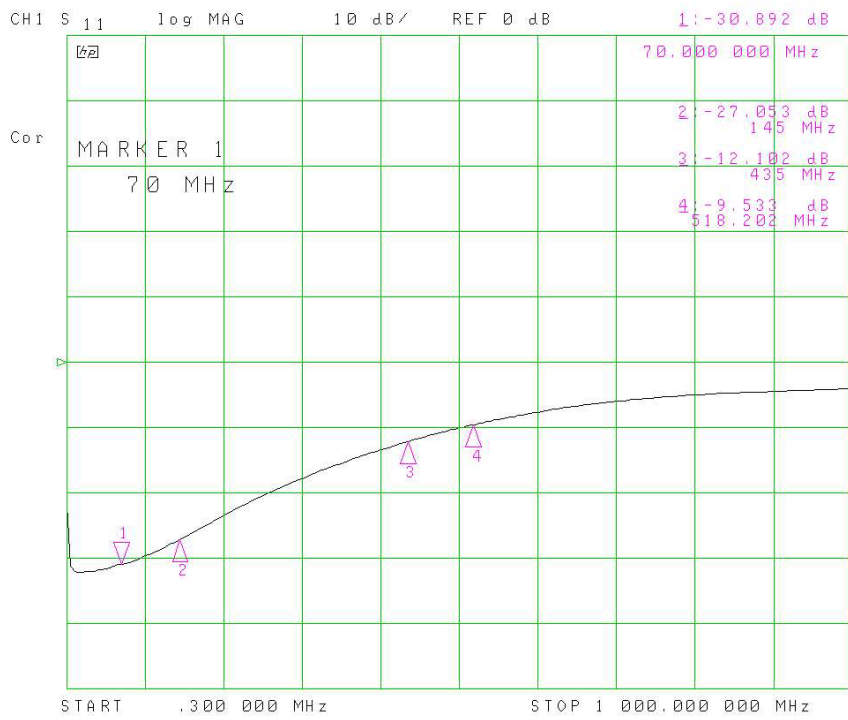
An dieser Stelle ein kurzer Hinweis zu den Unterschieden bei BNC-Buchsen / -Steckern. Die mechanischen Abmessungen des äußeren Bajonettverschlusses und des innenliegenden Steckkontaktes sind bei 50Ω und 75Ω gleich. Der Unterschied besteht darin, dass bei der 75Ω Ausführung der Innenstift nicht mit Teflon ummantelt ist und hierdurch der Kapazitätsbelag zwischen Außen- und Innenseite im Gegensatz zur 50Ω Ausführung geringer ist. Rein Gleichspannungsmäßig und bei geringen Frequenzen können somit unterschiedliche Elemente miteinander verbunden werden. Dass dieses bei Messanwendungen und höheren Frequenzen nicht sinnvoll ist, muss wohl nicht erwähnt zu werden.



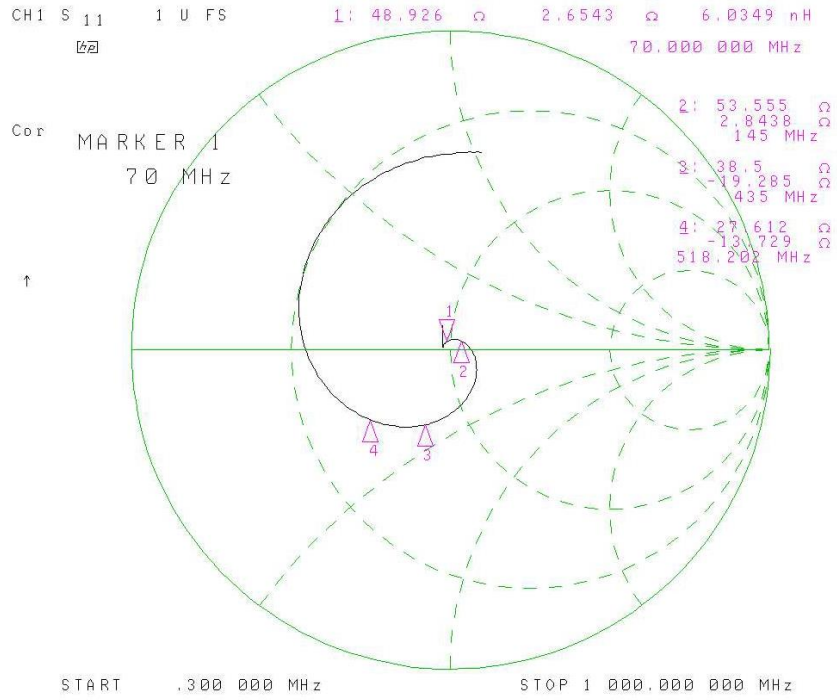
BNC Buchsen li 50 Ω, re 75 Ω



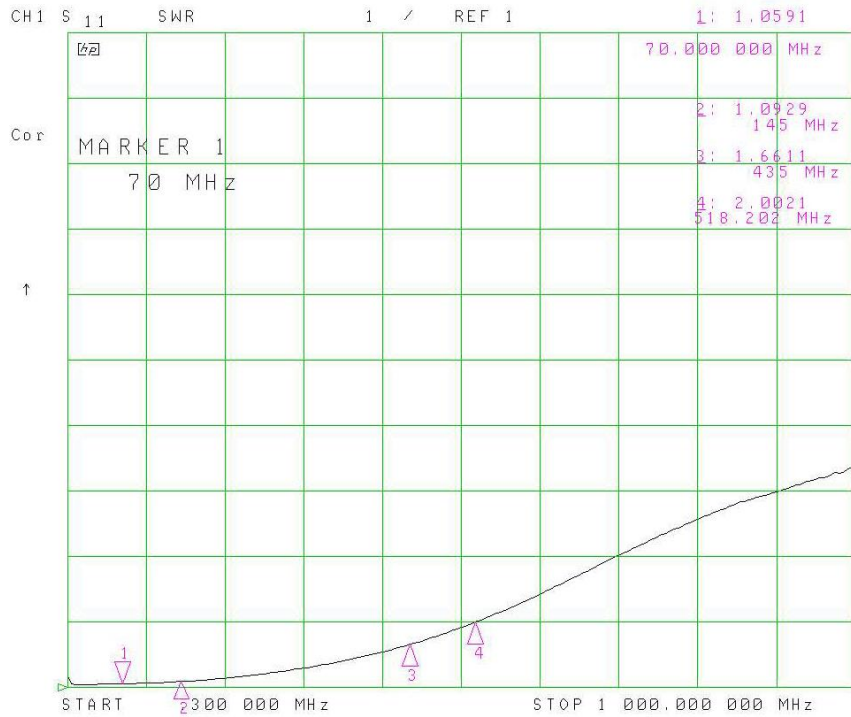
BNC Stecker li 50 Ω, re 75 Ω



S11 LogMag



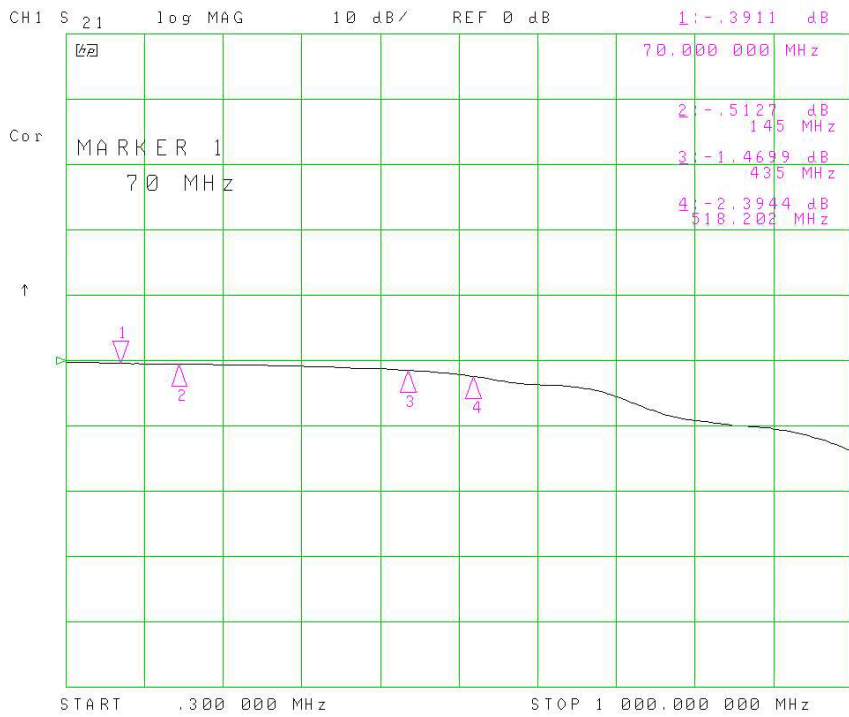
S11 Smith Diagram



S11 SWR

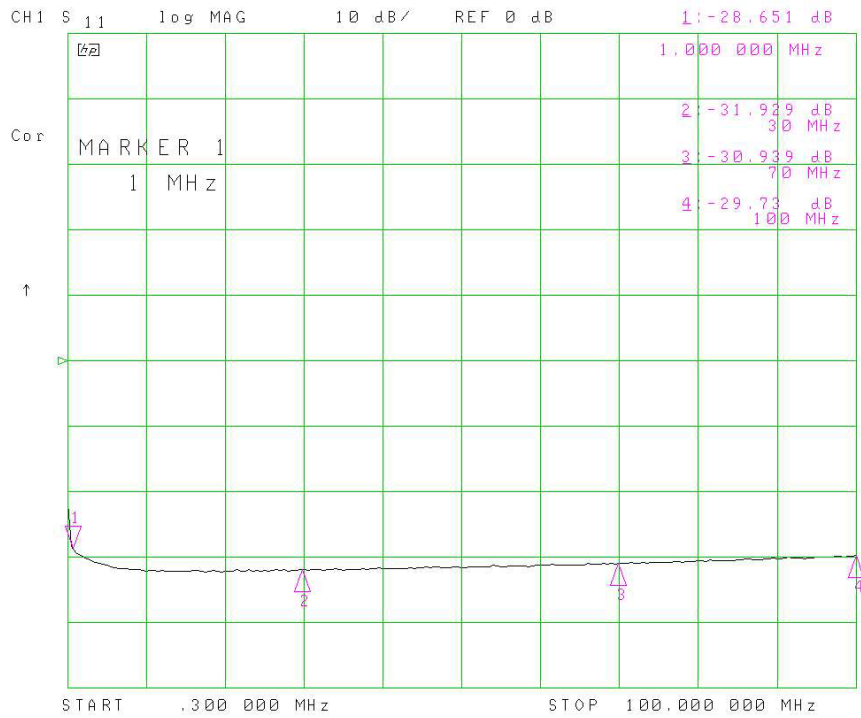


Messaufbau S21

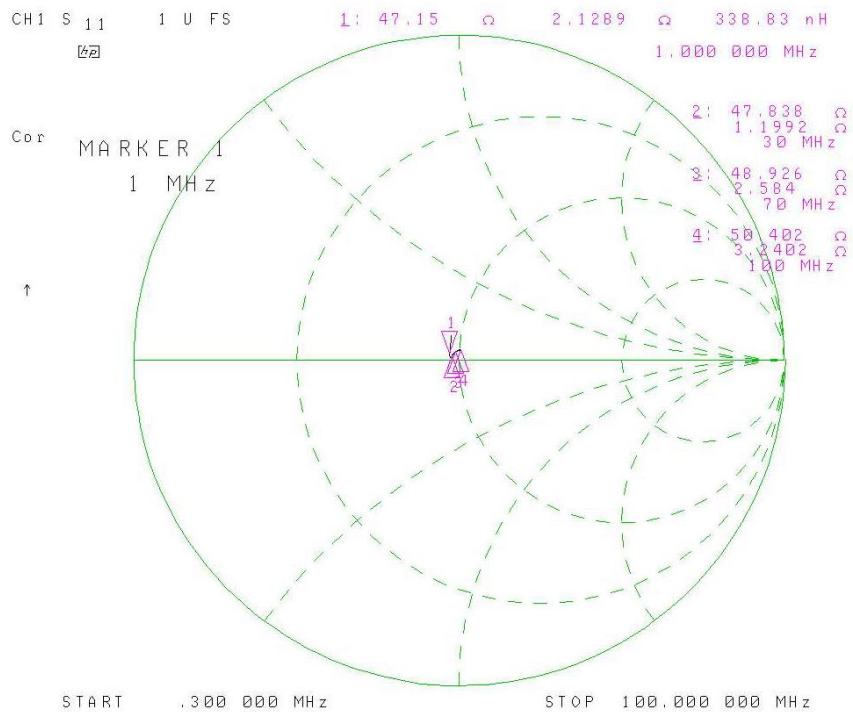


S21 LogMag

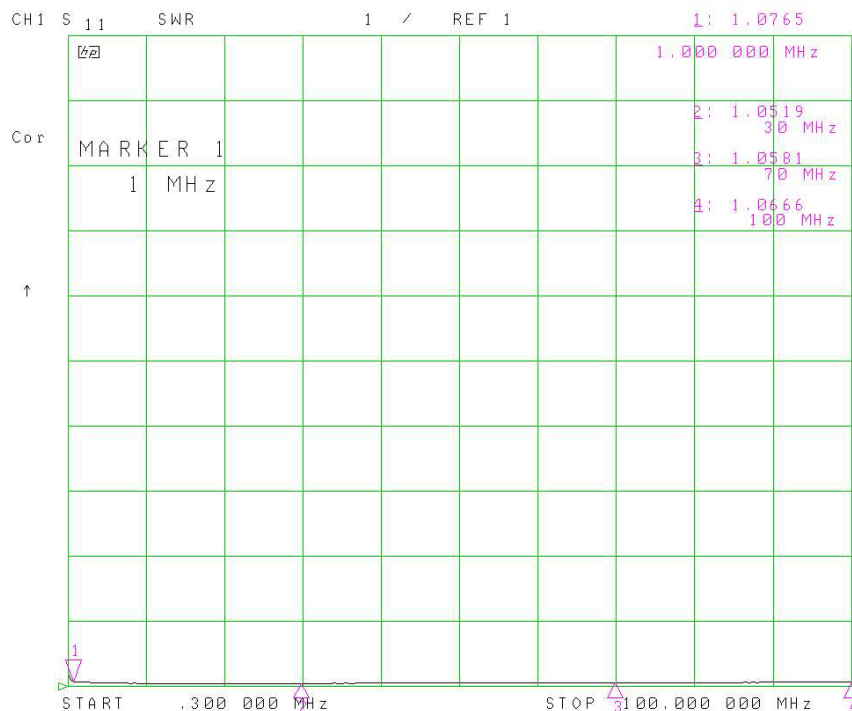
Um den unteren Frequenzbereich genauer zu untersuchen, wurde der Sweep auf 100MHz begrenzt:



S11 LogMag



S11 Smith Diagram



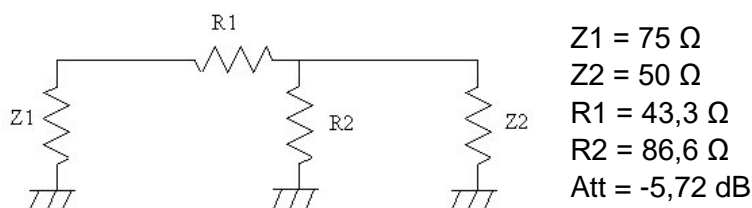
S11 SWR

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass das Merrimac Exemplar durchaus für den Bereich von 1 MHz bis ca. 330 MHz bevorzugt einzusetzen ist; darüber hinaus mit Einschränkungen. Die geringe Durchgangsdämpfung lässt vermuten, dass ähnlich wie bei dem Fuba Baustein auch hier mit einem entsprechenden Spartransformator gearbeitet wird.

Und nun zum Selbstbau:

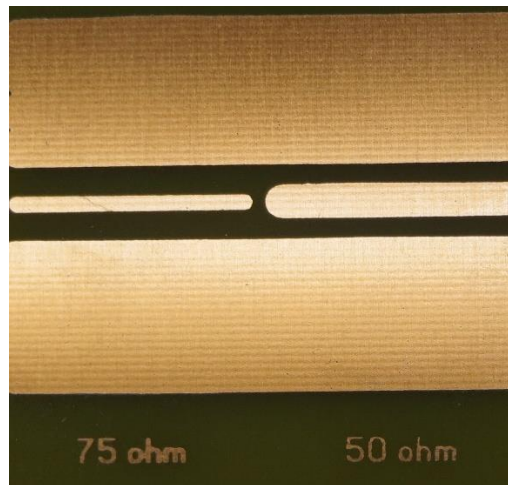
Mein ursprünglicher Anlass war ja Antennen und Zubehör u.a. für den Frequenzbereich von DAB+ - 174 – 230 MHz - sowie DVB-T - 470 – 690 MHz – vermessen zu können. Das macht mit den beiden kommerziellen Anpassgliedern wegen der Frequenzbeschränkungen keinen großen Sinn.

Also wurde nach einer anderen und vor allen Dingen breitbandigen Lösung gesucht. Es gibt eine bekannte und weit verbreitete Schaltung mit lediglich zwei Widerständen. Diese resistiv aufgebauten Schaltungen nennt man auch L-Pad oder minimum loss matching pad; s.a. [2]. Sie hat allerdings den Nachteil einer Durchgangsdämpfung von 5,7 dB.



Schaltung / Bemessung L-Pad

Für den Nachbau wurde eine kleine Platine berechnet und mittels Sprint-Layout für 1,6mm FR4 Basismaterial mit beidseitiger Kaschierung umgesetzt.



Platine

Die bestückten Platinen wurden in ein handelsübliches kleines Weißblechgehäuse mit den Maßen 20 x 20 x 37 mm eingebaut, welches bei einem deutschen Hersteller erworben werden kann [3]. In die Stirnseiten des Gehäuses sind bereits Löcher für BNC Buchsen gestanzt. Als Anschlüsse wurden für die 50 Ω Seite eine N-Buchse und für die 75 Ω Seite eine 75 Ω BNC-Buchse aus dem Fundus genommen.



Gehäuse mit eingebauter Platine

Da die notwendigen Widerstandswerte keiner E-Reihe entsprechen, wurden jeweils drei Widerstände parallel geschaltet, um den errechneten Wert zu kommen:

$$43,3 \Omega = 51 \Omega + 330 \Omega + 2200 \Omega$$

$$86,6 \Omega = 100 \Omega + 680 \Omega + 12 \text{ k}\Omega$$

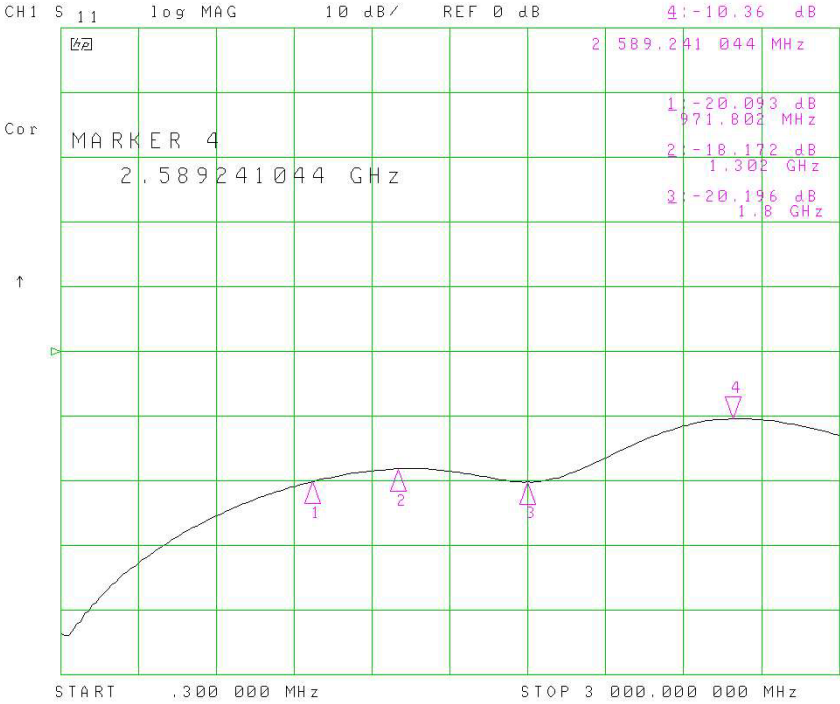


Fertige und beschriftete Gehäuse

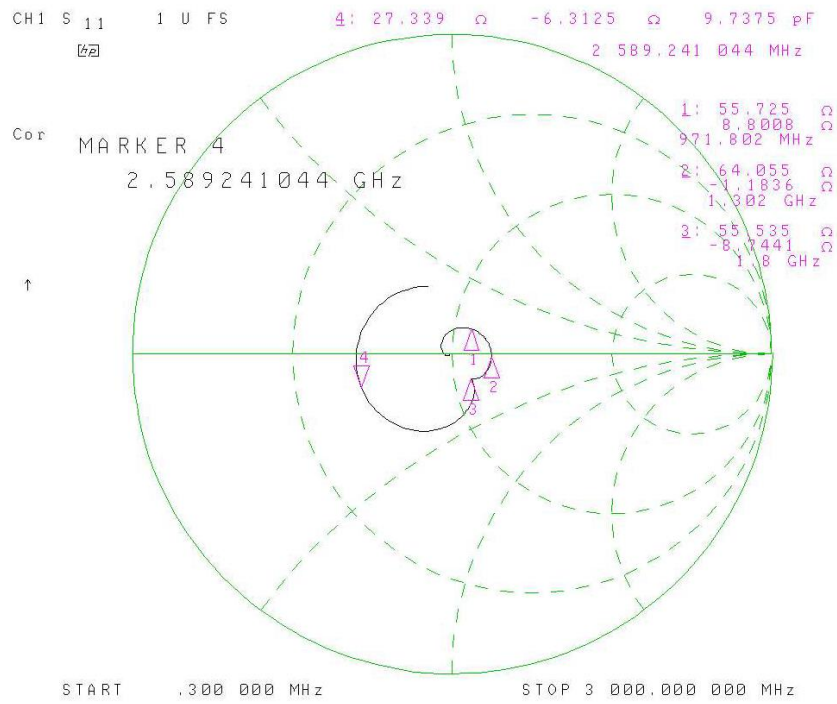
Die Vermessung ergab folgende Ergebnisse:



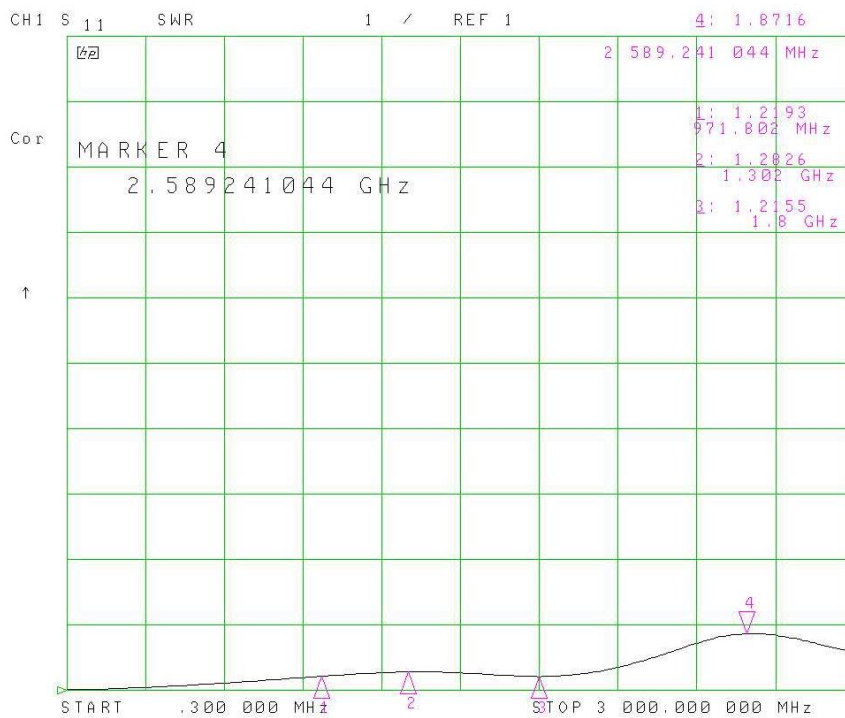
Messaufbau li S11, re S21



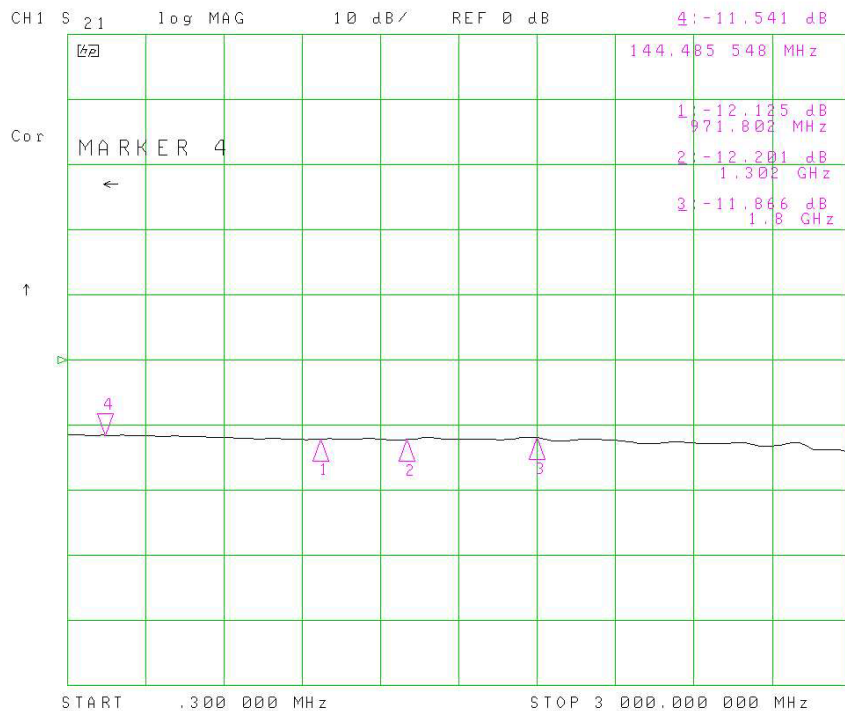
S11 LogMag



S11 Smith Diagramm



S11 SWR



S21 LogMag

Bis ca. 950 MHz liegt das SWR unter 1,2 um dann bis 2 GHz moderat anzusteigen. Die Dämpfung liegt bei rund 6 dB, was sich durch den resistiven Aufbau und die eingesetzten Koaxialadapter ergibt. Insgesamt doch ein recht brauchbares Ergebnis. Von den vier aufgebauten Exemplaren habe ich zwei einem Freund überlassen, die im SWR-Verlauf noch etwas besser ausgefallen sind. Es kann durchaus sein, dass bei den verbauten 75 Ω Buchsen Streuungen vorliegen, da sie nicht aus derselben Herstellung sind. Meine Erfahrung ist die, dass ab etwa 1 GHz schon Kleinigkeiten im Aufbau zu deutlichen Abweichungen führen können.

Die angedachte Antennenmessung werde ich in einem separaten Bericht vorstellen, da die Antenne schon eine Besonderheit aufweist die erklärt werden muss.

Für mich war die Beschäftigung mit dieser Thematik sehr interessant und konnte hinsichtlich der Transformation durch die Hilfe von zwei Funkfreunden geklärt werden. Wieder etwas dazu gelernt.

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

73 de Wilhelm DL6DCA

[1] Surplus Artikel Kariofillis, DK3JJ, <https://www.ebay.de/str/physikalischesstechnik>

[2] L-Pad <https://www.microwaves101.com/encyclopedias/l-pads>

[3] Schubert Gehäuse <http://www.schubert-gehaeuse.de/>