

Beschreibung und Anwendung des Antennenanalyzers

Überarbeitete und ergänzte Version 4
von Reinhard Hergert, DJ1MHR

Antennenanalyser werden eingesetzt, um mit kleinster Leistung die Anpassung von Antennen zu bestimmen. Dabei wird, bei bekannter Eingangsleistung, in einer Brückenschaltung die Brückenspannung U_{BD} gemessen, die entsteht, wenn einer der Brückenwiderstände, hier die Antennenimpedanz zwischen B und C, von der Nennimpedanz Z abweicht. Die nebenstehende Abbildung zeigt das Prinzip dieser Brückenschaltung.

Sie ist für eine Nenn-Impedanz von 50 Ohm ausgelegt. Bei einer Antennenimpedanz von ebenfalls 50 Ohm, dieses entspricht einem Stehwellenverhältnis von 1, ist die Brückenspannung U_{BD} Null, bei Kurzschluss oder offenen Antennenzuleitung ist die angezeigte Spannung auf Vollauschlag, dies entspricht einem SWR von unendlich.

Der vorliegende Antennenanalyser basiert auf einer Bauanleitung von DJ1UGA in der Zeitschrift "FUNK", Ausgabe 1/2004, Seite 38. Das dort beschriebene Gerät wurde an vier Stellen modifiziert bzw. erweitert (s. Bild 1).

1. Kontinuierliche, lineare Einstellung der Frequenz in 6 Bereichen.
2. Einbau eines Frequenzzählers
3. Einbau eines Anzeigeverstärkers
4. Verbesserte Eichung

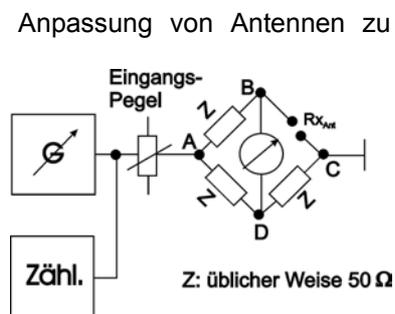
Über C18 ist ein Bausatz mit allen Teilen, einschließlich der Folien für die Frontplatte und einem Messinstrument mit einer SWR-Skala zum Preis von 75 € (*) erhältlich. Bei dem im Bausatz enthaltenen Gehäuse sind die rechteckigen Durchbrüche für Messinstrument und Display bereits ausgefräst. Außerdem ist der SMD-Baustein LTC1799, der zur Erzeugung der Messfrequenz eingesetzt wird, bereits auf der Leiterplatte eingelötet. Die modifizierte Gesamtschaltung einschließlich Zähler ist in den Stromläufen wiedergegeben. Es wurde eine Leiterplatte entwickelt, die alle Komponenten bis auf die Schalter und Buchsen aufnimmt. Der Bestückungsplan, sowie Zeichnungen zur Gehäusebearbeitung und eine Folie für die Frontplatte sind ebenfalls vorhanden. Dadurch wird der Nachbau wesentlich vereinfacht. Die erforderlichen Teile sind in einer Stückliste zusammengestellt. Das Gerät hat, je nach eingestellter Frequenz, eine Stromaufnahme von ca. 15 ... 25 mA, damit ist der Betrieb mit einem 9V Block-Akku möglich. Bei Verwendung des vorgesehenen Low-Dropout-Reglers (LP2950) und des Rail-to-Rail-Operationsverstärkers LMC6062 arbeitet das Gerät mit Eingangsspannungen herab bis ca. 5,1 Volt. (* plus ca. 7 € Versandkosten.)

1. Die kontinuierliche, lineare Frequenzeinstellung

Die in der Original-Bauanleitung vorgesehene Einstellung von 12 Festfrequenzen wurde ersetzt durch eine kontinuierliche Frequenzeinstellung in 6 Bereichen. Die Bereichsgrenzen sind durch einzelne Widerstände bzw. Trimpotis anpassbar. In der vorgesehenen Dimensionierung hat jeder Bereich eine Breite von ca. 8 MHz und überlappt mit ca. 3 MHz mit den angrenzenden Bereichen:

1. Bereich 1: 1 MHz bis 9 MHz
2. Bereich 2: 6 MHz bis 14 MHz
3. Bereich 3: 11 MHz bis 19 MHz
4. Bereich 4: 16 MHz bis 24 MHz
5. Bereich 5: 21 MHz bis 29 MHz
6. Bereich 6: 26 MHz bis 34 MHz

Die Einstellung der Frequenz des in dem Analyzer verwendeten VCO-Bausteins LTC1799 erfolgt in der Original-Bauanleitung über einen zwischen den Anschlüssen "Set" und "VCC" geschalteten veränderbaren Widerstand. Mit einer Widerstandsänderung zwischen ca. 50 ... 3 KΩ erreicht man eine Frequenzänderung von ca. 2 ... 35 MHz. Die Frequenzänderung ist proportional 1/R und daher stark nichtlinear. Um diese Nichtlinearität zu vermeiden, wurde eine im Datenblatt des LTC1799 ebenfalls



angegebene Möglichkeit der Frequenzeinstellung mit einer variablen Spannung zwischen VCC und VCC-1,13 V und einem Festwiderstand gewählt. Für jeden Frequenzbereich ist ein Spannungsteiler aus einem oberen Widerstand R1 ... R6 von VCC, dem gemeinsamen Abstimpoti P13 und einem unteren Widerstand R7 ... R12 nach GND realisiert (siehe Stromlauf). Die Bereichsumschaltung erfolgt durch Umschaltung der oberen und unteren Spannungsteilerwiderstände mit einem 6-fach Stufenschalter S1 mit 2 Ebenen. Die Ausgangsspannung des Spannungsteilers wird über einen Operationsverstärker (Spannungsfolger mit Verstärkung 1) geführt und über den Widerstand R14 auf den Set-Eingang des VCO Bausteins gelegt. Damit bleibt der Spannungsteiler unbelastet und es wird der nötige Eingangsstrom für den VCO bereitgestellt. Mit dieser Ansteuerungsart erreicht man eine lineare Abhängigkeit der Frequenz von der Eingangsspannung bzw. von der Stellung des Abstimpotis. Der Operationsverstärker wird direkt an der Batteriespannung betrieben, damit sein Ausgangspegel voll bis 5 Volt durchschalten kann. Der Einsatz eines Rail-to-Rail-Verstärkers LMC6062, wie vorgesehen, bringt außerdem den Vorteil, dass das Gerät mit einer Eingangsspannung herab bis zu 5,1 V arbeitet.

Bild 2 gibt das Schaltbild des Analyzerteils wieder.

2. Der Frequenzzähler

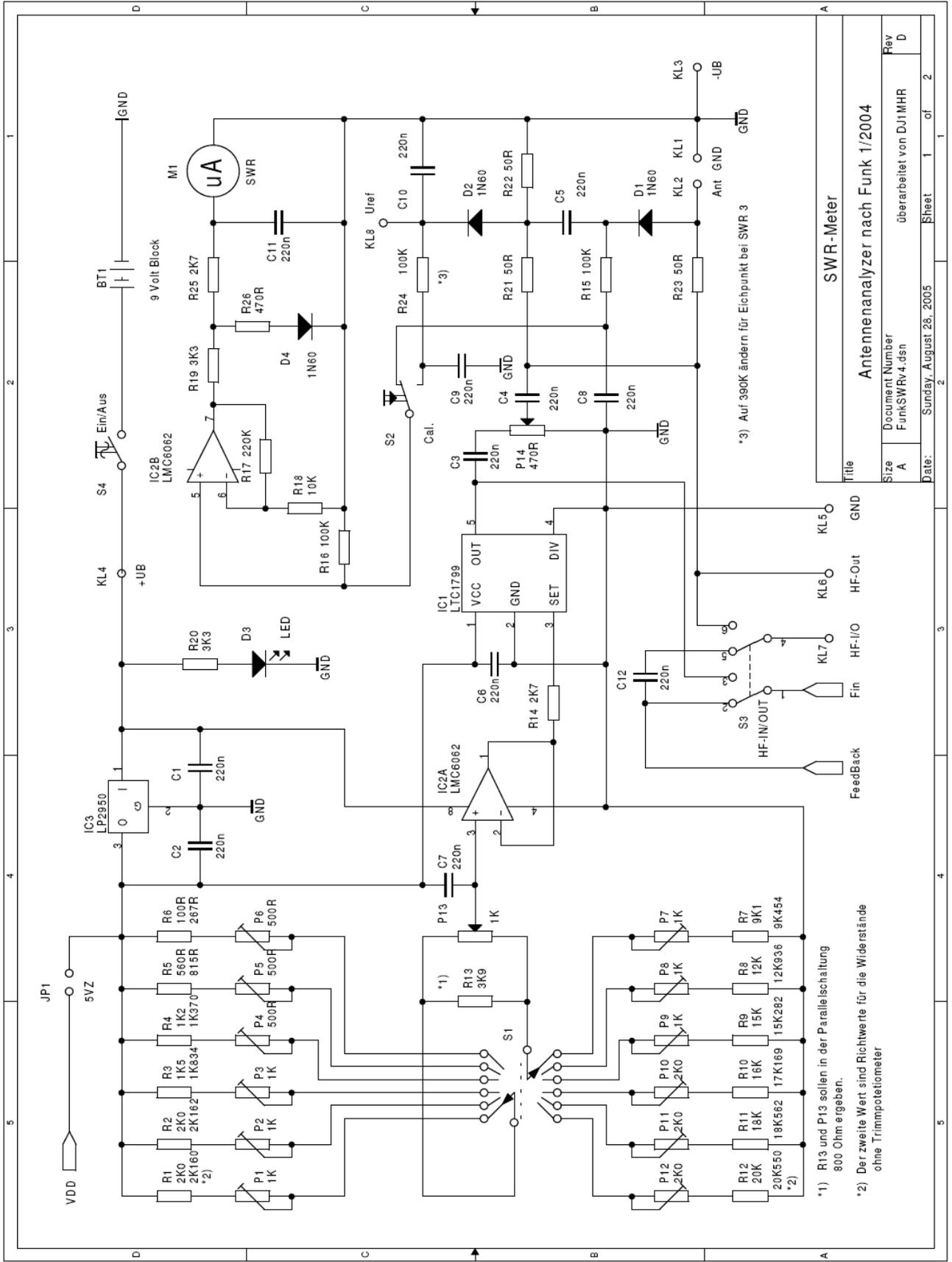
Die kontinuierliche Einstellung der Frequenz macht einen Frequenzzähler erforderlich. Dieser Frequenzzähler wurde mit dem AVR-Controller AT90S2313 von ATMEL in Verbindung mit einem 2x8stelligen LCD-Display und einem Vorteiler (32:1) realisiert. Mit dem verwendeten Vorteiler-IC (HC4060) arbeitet der Zähler von einigen kHz bis ca. 40 MHz. Der Zähler hat eine feste Gatezeit und misst mit einer Auflösung von 100 Hz. Da die letzte Stelle ohnehin nicht stabil wäre, wird sie nicht zur Anzeige gebracht, dadurch bietet sich die Möglichkeit die Stromaufnahme des Zählers zu reduzieren.

Bild 3 gibt das Schaltbild des Frequenzzählerteils wieder.

Ein Schreibvorgang auf die LCD-Anzeige benötigt zusätzlichen Strom, deshalb wird durch die Software des Zählers dafür gesorgt, dass das LCD Display nur dann neu beschrieben wird, wenn sich der Anzeigewert ändert. Mit diesem Trick kann die Stromaufnahme des Zählers, abhängig von der zu messenden Frequenz, von sonst ca. 8 bis 12 mA auf ca. 5 bis 10 mA gesenkt werden. Der Ausgang des LTC1799 ist direkt mit dem Eingang des Zählers verbunden, damit erhält der Zähler den vollen 5 Volt-Pegel zur Ansteuerung und es ist keine Eingangsverstärkung erforderlich. Der Anschluss des Zählers wurde mit Hilfe eines Umschalters so gestaltet, dass er auch separat von extern über die vorhandene HF-Buchse eingesetzt werden kann. Bei dem externen Betrieb des Zählers wird die im Teilerbaustein 74HC4060 vorhandene Oszillatorstufe als Eingangsverstärker benutzt. Zu diesem Zweck wird der Ausgang des ersten Inverters über einen 10 k Ω Widerstand auf den Eingang zurückgeführt. Dadurch stellt sich ein Arbeitspunkt bei VCC/2 ein und das Eingangssignal kann über ein C eingekoppelt werden. Die Eingangsstufe erreicht damit eine Empfindlichkeit von ca. 50 mV. In dieser Betriebsart steigt deshalb die Stromaufnahme des Vorteilers um ca. 8 mA an. In der Praxis hat sich gezeigt, dass manche Exemplare des HC4060, insbesondere von der Fa. Texas Instrument, in dieser Betriebsart zum Schwingen neigen. Abhilfe: Tauschen des Bausteins gegen ein anderes Exemplar.

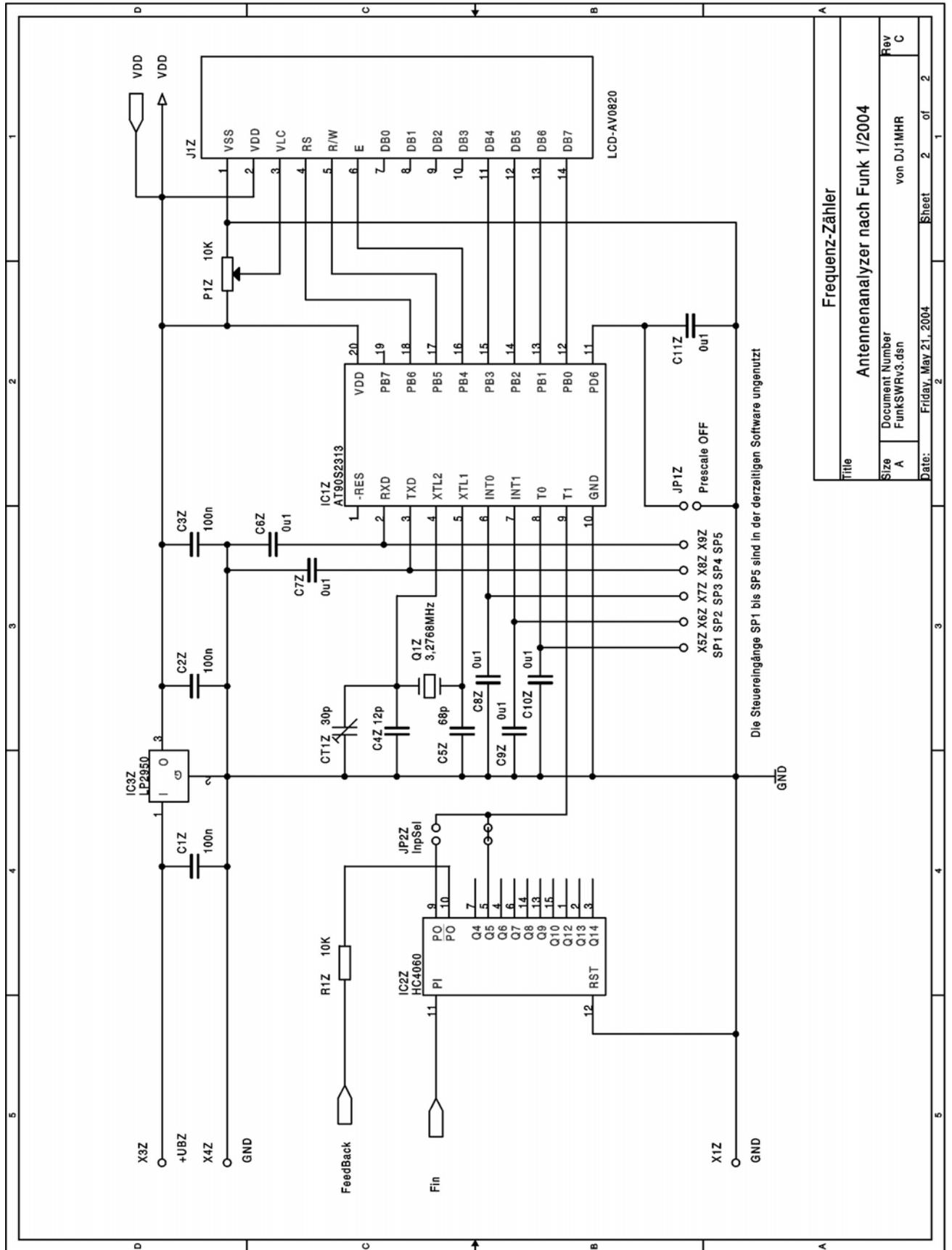
3. Der Anzeigeverstärker

In der Original Bauanleitung wird der LTC1799 mit einer Spannung von ca. 6,6 Volt betrieben. Dies ist wohl nötig, um auch bei den hohen Frequenzen die, für die Messbrücke erforderliche Ansteuerleistung bei Verwendung eines 100 μ A Messwerks im Brückenmittelpunkt, zu erreichen. Versuche haben gezeigt, dass bei den hohen Frequenzen, selbst bei voll aufgedrehtem Pegelsteller P14, der Eichpunkt kaum noch erreichbar ist. Da der Betrieb des LTC1799 laut Datenblatt nur mit 5 Volt (maximal 6 V) erlaubt ist, wurde mit dem zweiten, noch freien Operationsverstärker ein Anzeigeverstärker (Verstärkung ca. 23) realisiert. Jetzt kann die Ansteuerleistung für die Brücke soweit reduziert werden, dass auch bei den hohen Frequenzen der Pegelsteller nur bis ca. 70% aufgedreht werden muss. Damit ist auch der Betrieb des VCO Bausteins an 5 Volt ausreichend und es sind noch genügend Reserven vorhanden, um auch ein ggf. etwas unempfindlicheres Instrument einsetzen zu können. Außerdem wird die Belastung des Ausgangs des LTC1799 reduziert.



Title		SWR-Meter	
Antennenanalyzer nach Funk 1/2004			
Size	Document Number	überarbeitet von DJ1MHR	
A	FunkSWRV4.dsn	Sheet	1 of 2
Date:	Sunday, August 28, 2005	Rev	D

Bild 2: Schaltbild des Analyseteils



Title		Frequenz-Zähler	
Document Number		Antennenanalyzer nach Funk 1/2004	
Size	A	Document Number	FunkSWRFV3.dsn
Date:	Friday, May 21, 2004	Rev	C
Sheet	2	of	2

Bild 3: Schaltbild des Frequenzzählerteils

4. Die Eichung

Im Original Bauvorschlag wurde die Eichung durch Anschalten eines 150 Ohm Widerstandes, anstelle der zu messenden Antenne, vorgenommen. Durch diese Art der Eichung werden aber die Veränderungen, die durch die unterschiedliche Belastung der Messbrücke bei anderen Widerständen auftreten, nicht erfasst. Ein 150 Ohm Widerstand hat ein SWR von 3. Ein Widerstand von 16,6 Ohm sollte ebenfalls zu einem SWR von 3 führen.

Durch die höhere Belastung des Brückenweiges gegenüber dem 150 Ohm Widerstand bricht jedoch die Speisespannung für die Brücke stärker ein und es wird ein kleinerer Wert angezeigt. Besser ist es, die Eichung durch Einstellen der Brückenspeisespannung auf einen festen Wert, bei angeschlossenem Messobjekt vorzunehmen (Idee von DF1MZ). Mit der Diode D2 wird die halbe Brückenspannung gemessen. Dieses entspricht der Spannung bei einem SWR von unendlich. Mit dem Eich-Taster wird der Eingang des Anzeigeverstärkers auf diese Spannung umgeschaltet. Die Belastung der Brücke wird dadurch nicht verändert, da das Messobjekt angeschlossen bleibt. Jetzt kann man durch Einstellen des HF-Pegels mit dem Eich-Poti ein SWR von unendlich einstellen. Beim Loslassen der Eich-Taste wird jetzt das korrekte SWR angezeigt. Dadurch werden auch die Pegelunterschiede des HF-Generators bei unterschiedlichen Frequenzen ausgeglichen. Günstiger ist es, den Eichpunkt auf ein SWR von 3 zu legen, da dieser auf dem Instrument besser ablesbar ist als unendlich. Dazu muss für den Widerstand R24 ein Wert von 402 k Ω eingebaut werden (siehe Fußnote 3 in Bild 2). Dieser Widerstand wird jetzt auch im Bausatz mit geliefert.

5. Aufbauhinweise

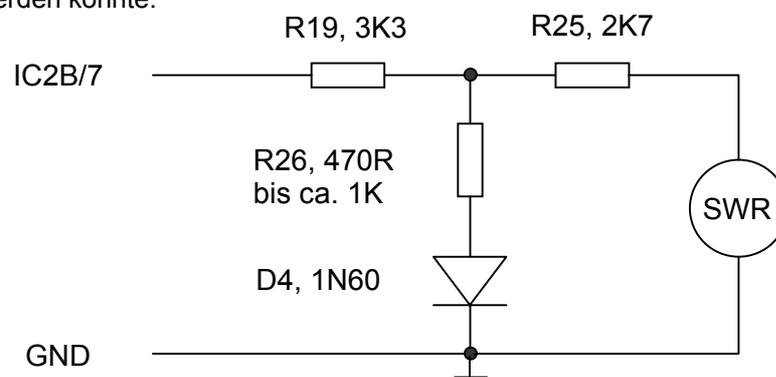
Wegen der großen Nachfrage wurde nochmals eine größere Stückzahl neuer Leiterplatten bestellt. Diese neue Version der Leiterplatte (01/05) wurde im Bereich des Antennenanschlusses leicht modifiziert, um den Widerstand R24 und den Kondensator C11 mit auf die Leiterplatte zu bringen.

Im neuen Bestückungsplan sind auch Richtwerte für die Drahtlängen zum Anschluss der externen Schalter und Buchsen enthalten. Die SMD Kondensatoren C9SMD und C10SMD brauchen nicht bestückt zu werden.

Die HF-Zuleitungen zu den Antennenanschlüssen bzw. zur PL-Buchse, müssen so kurz wie möglich ausgeführt werden. Wegen des geringen Platzes eignet sich am besten eine Buchse mit einem Flansch, der nur mit zwei Schrauben befestigt wird. An der Mutter der linken Befestigungsschraube der PL-Buchse kann eine Lötflanke mit angeschraubt werden, die dann bei eingesetzter Leiterplatte direkt mit der Massebahn auf der Leiterplatte verlötet wird. Das heiße Ende muss ebenfalls auf kürzestem Wege mit der Leiterplatte verbunden werden. Dies kann über die zusätzlich angebrachte Bohrung in der Mitte der HF-führenden Leiterbahn geschehen. Zum Ausbauen der Platine muss man diese beiden Verbindungen wieder lösen. In der neuen Gehäusezeichnung wurde die Lage der PL-Buchse etwas nach oben versetzt, dadurch ist ggf. auch die Verwendung einer PL-Buchse mit Zentralbefestigung möglich.

Weitere Hinweise zum neuen Instrument

Das Interesse an den Bausätzen zum Antennenanalysator war derart groß, dass mittlerweile auch der Vorrat an den Spezial-Drehspulinstrumenten zu Ende gegangen ist. Leider können diese Instrumente nicht nachbeschafft werden und es musste ein anderes, erhältliches Messinstrument eingesetzt werden. Das ursprüngliche Instrument wies eine starke Nichtlinearität auf, wodurch die kleinen SWR-Werte stark gespreizt angezeigt wurden. Dieses ist sehr vorteilhaft, da dieser Bereich ja auch am meisten interessiert. Um diese Spreizung auch bei dem neuen Instrument zu realisieren, wurde diese Nichtlinearität durch zwei zusätzliche Widerstände und eine Ge-Diode nachgebildet, so dass die Einteilung der SWR-Skala beibehalten werden konnte.



Der Widerstand R19 wurde auf 3,3K geändert und die zusätzlichen Bauteile (R25 2K7, R26 470R und D4 1N60) müssen freitragend auf der Leiterplatte untergebracht werden. R25 wird anstelle der Verbindungsleitung zum Instrument zwischen R19 und C11 eingelötet. R26 und D4 können kurz zusammengelötet

und in einen Isolierschlauch gesteckt werden. Die Einheit kann dann von der Verbindung R19/R25 auf der Lötseite nach Masse eingelötet werden (siehe Bestückungsplan). Der Ausschnitt im Gehäuse und die Beschriftungsfolie in der Version 4 wurden dem neuen Instrument angepasst.

Die neue Leiterplatte Version 4 ist in Bild 4 wiedergegeben. Bild 5 zeigt den neuen Bestückungsplan. Die benötigten Bauelemente sind in der Stückliste auf Seite 12ff. zusammengestellt.

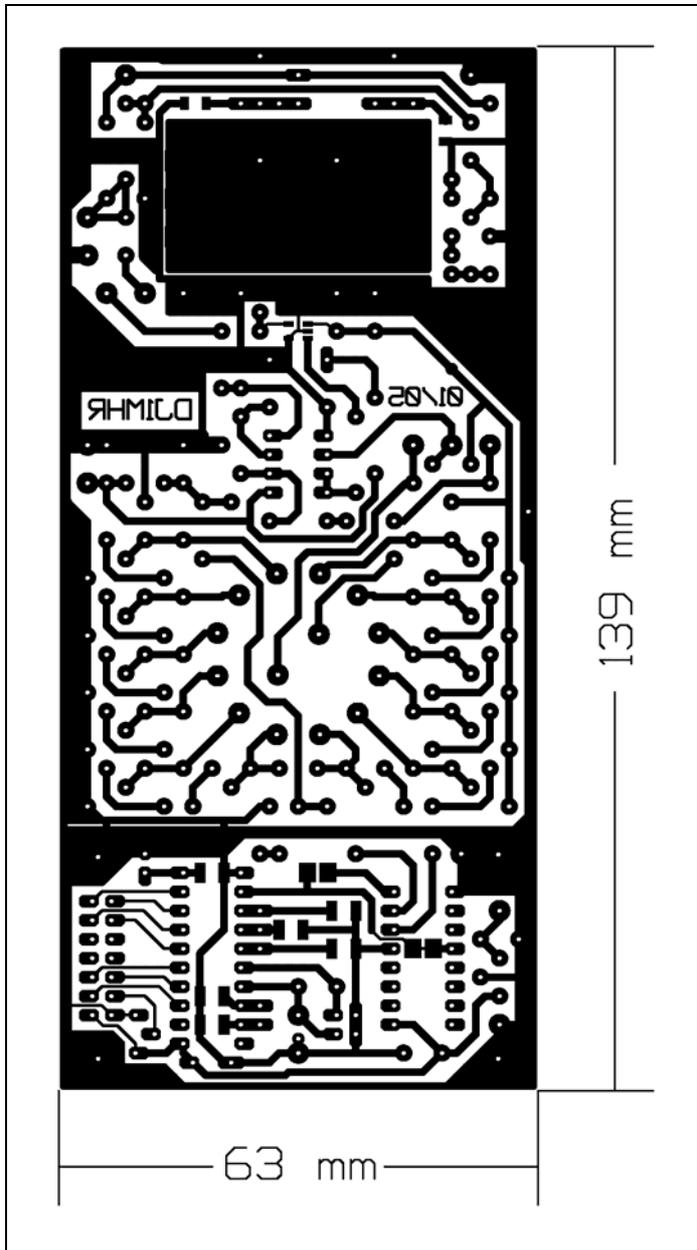


Bild 4: Leiterplatte, Lötbild

In den von C18 zusammengestellten Bausätzen ist der LTC1799 bereits auf die Leiterplatte gelötet. An den Positionen der übrigen ICs werden entsprechende IC-Sockel eingelötet. Mit den Widerständen R1 ... R6 bzw. R7 ... R12 werden die Bereichsgrenzen für die 6 Frequenzbereiche festgelegt. Um diese exakt einstellen zu können, wurde die Leiterplatte so ausgelegt, dass den Widerständen Trimpotipotis P1 ... P6 bzw. P7 ... P12 in Serie geschaltet werden können. Diese Trimpotipotis müssen allerdings vor dem Einbau in das Gehäuse abgeglichen werden, da sie nach dem Zusammenbau nicht mehr zugänglich sind. Da die Bereiche jedoch weit überlappen und ein Frequenzzähler im Gerät eingesetzt wird, kann man auch auf die exakte Einstellung der Bereichsgrenzen verzichten und diese durch ein oder zwei ausgesuchte Festwiderstände aus der E96 Reihe einstellen (s. Fußnote 2 in Bild 2). Die Trimpotipotis P5 und P8 kollidieren beim Zusammenbau mit den im Gehäuse befindlichen Schaltern. Hier also niedere Bauformen oder Festwiderstände verwenden!

Bild 6: zeigt die neuen Masse für die mechanische Bearbeitung des Gehäuses.

Bild 7 enthält die neue Beschriftungsvorlage. Diese kann für die Erstellung einer Aufklebfolie verwendet werden.

Bild 8 enthält die neue Vorlage für die Beschriftung der Skala.

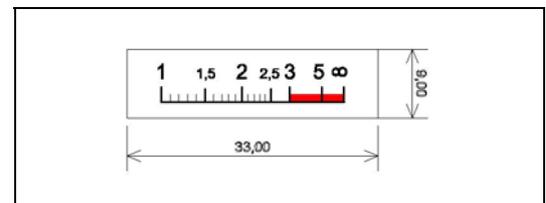
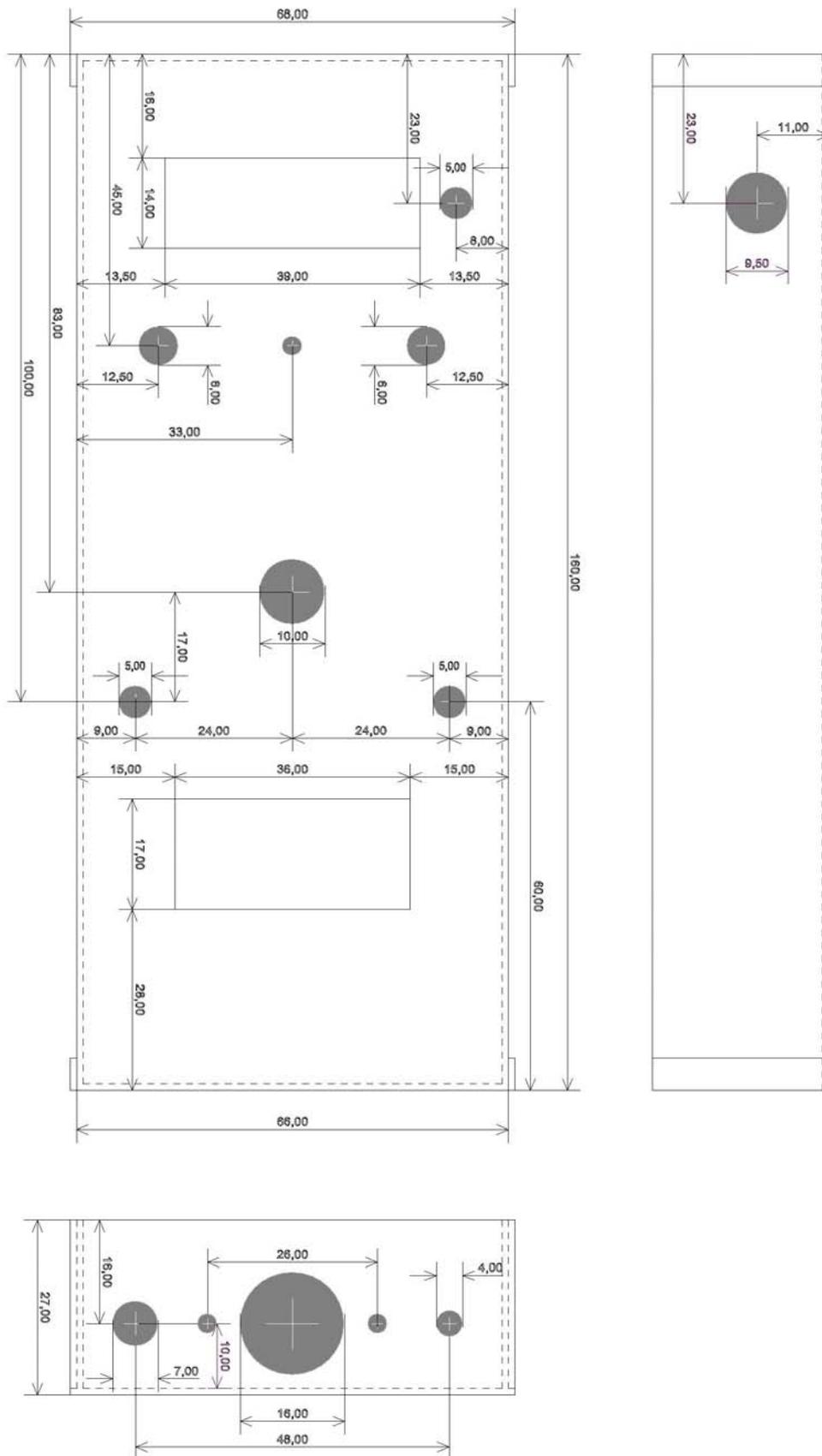


Bild 8: Skalenbeschriftung

Das für die Frequenzzählung im Mikrocontrollerbaustein AT90S2313 benötigte Programm kann in verschiedenen Dateiformaten von der C18-Homepage heruntergeladen werden.

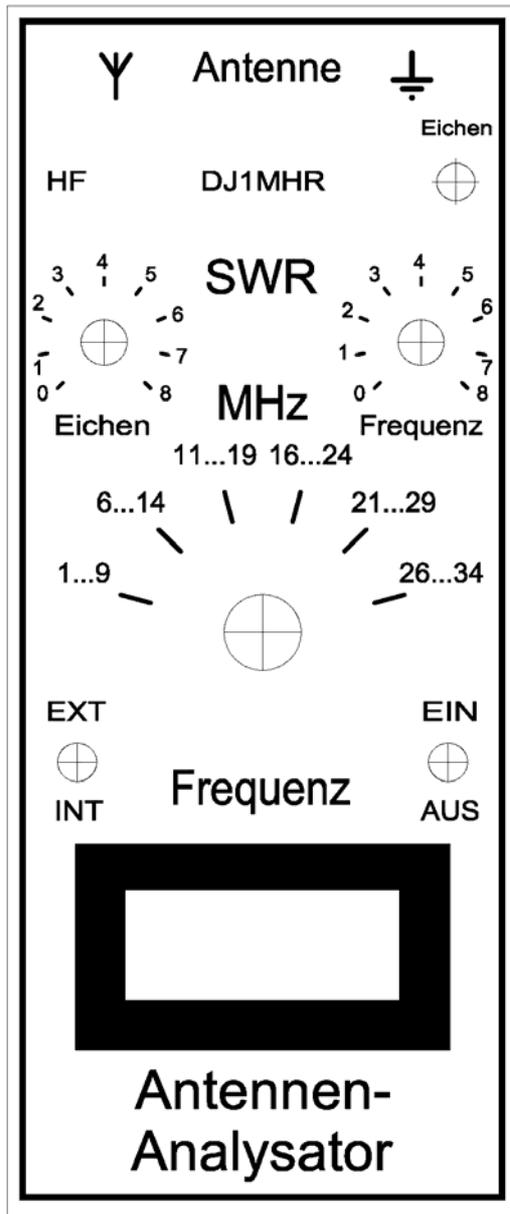
<i>Intel-Hex-Format:</i>	<i>zaehl.hex</i>
<i>Binär-Format:</i>	<i>zaehl.bin</i>
<i>Objekt-Format:</i>	<i>zaehl.obj</i>

Sofern jemand die Leiterplatte selbst herstellt, ist das im oberen Bereich vorhandene Rechteck auszuschneiden, durch diese Öffnung wird später das Messinstrument eingesetzt. Besondere Sorgfalt ist beim Einlöten des VCO-Bausteins (IC1 = LTC1799) aufzuwenden. Da es sich hier um ein SMD-Bauteil im SOT-23 Gehäuse mit einem Pinabstand von ca. 1 mm handelt, ist ein SMD-LötKolben mit feiner Spitze unbedingt erforderlich.



Gehäusebearbeitung Antennenanalyzer
Gehäuse: Teko 394, Instrument 2

Die dazu erforderlichen Werte sind in der Stückliste bzw. im Stromlauf angegeben. Die Werte wurden empirisch am ersten Musteraufbau ermittelt. Beim Aufbau von weiteren Geräten wurde jedoch festgestellt, dass diese Werte wegen anderer Bauteiltoleranzen ggf. noch korrigiert werden müssen. Ein wesentlicher Anteil der Streuung der Frequenzen an den Bereichsgrenzen kommt durch die große Toleranz des Potis P13. Um diesen Einfluss zu reduzieren, kann man mit dem Widerstand R13 den Widerstandswert z.B. auf 800 Ω einstellen (siehe Fußnote 1 in Bild 2).



Der Trimmer CT1Z ist für die Eichung des Frequenzzählers vorgesehen, es wird ein Typ verwendet, der auch von der Rückseite her, durch ein kleines Loch in der Leiterplatte, einstellbar ist. Der beim Frequenzzähler vorgesehene Spannungsregler IC3Z (LP2950) braucht nicht bestückt zu werden. Der Zähler wird von dem Regler des Analyzers versorgt, es ist jedoch eine entsprechende Drahtverbindung herzustellen. Ebenso brauchen die SMD-Kondensatoren C1Z und C6Z bis C11Z sowie die Anschlusspins X5Z bis X9Z sowie der Jumper JP1Z nicht bestückt zu werden, da diese in der derzeitigen Software für den Zähler nicht benutzt werden. Sie sind für eventuelle Erweiterungen der Software (z.B. Offset- Einstellungen, andere Gatezeiten usw.) insbesondere beim Einsatz des Zählers in anderen Anwendungen vorgesehen.

Für das LCD Display ist auf der Leiterplatte die 14 pol. Buchsenleiste (2x7) und auf dem Display die Steckerleiste einzulöten. Nach der vollständigen Bestückung und dem Einsetzen der ICs IC1Z und IC2Z kann dann das LCD Display mit 8 M2,5x6 Schrauben und 4 Gewindehülsen 2,5x12 am unteren Ende der Leiterplatte befestigt werden. Wegen des zusätzlichen Platzbedarfs für den Frequenzzähler wurde gegenüber der Original-Bauanleitung das nächst größere Gehäuse TEKO 394 mit den Abmessungen 162x28x68 verwendet. Die Bohrungen und Durchbrüche in dem Gehäuse sind entsprechend Gehäusezeichnung, Bild 6, anzubringen. Bitte darauf achten, dass die Bohrungen für die PL-Buchse bzw. die Klemmbuchsen nur gebohrt werden, wenn diese auch gewünscht sind. Die Gehäusezeichnung sieht jetzt eine PL-Buchse mit Flansch und zwei Befestigungsschrauben vor. Beim Einsatz einer PL-Buchse für den Antennenanschluss kann auf den Einbau der Bananenstecker-/Klemmbuchsen auch ganz verzichtet werden. Die PL-Buchse weist ohnehin bessere HF-Eigenschaften auf. Für die Frontplatte steht eine bedruckte Folie zur Verfügung, diese ist vor der Befestigung der Schaltelemente an der Frontplatte aufzukleben und mit einem Skalpell entsprechend auszuschneiden.

Bild7: Beschriftungsvorlage

Vorsicht, den Bereich des LC-Displays **nicht** ausschneiden! Damit die im Gehäuse vorhandenen Schlitze die Frontplatte nicht verunzieren kann man vorher noch die beiliegende Silberfolie aufkleben.

Jetzt können der EIN/AUS Schalter S4, der Eich-Taster S2 und der Schalter S3 für den unabhängigen Betrieb des Zählers sowie die HF-Buchsen im Gehäuse montiert werden. Diese Bauteile und der Batterieanschluss müssen, da sie nicht auf der Leiterplatte angeordnet sind, entsprechend dem Stromlauf untereinander bzw. mit der Leiterplatte im Gehäuse frei verdrahtet werden. Für das Instrument M1 ist ein Durchbruch auf der Leiterplatte vorgesehen, da dieses die gesamte Innenhöhe des vorgesehenen Gehäuses beansprucht. Es kann dann nach der Montage und Verdrahtung der Leiterplatte in das Gehäuse, durch die Öffnung in der Leiterplatte eingesetzt werden. Die Anschlüsse des Instrumentes sind seitlich umzubiegen und mit Hilfe eines Schaumstoffpolsters (drückt gleichzeitig das Instrument gegen die Frontplatte, wenn die Rückwand aufgesetzt wird) gegen Kurzschluss mit der später aufzusetzenden Rückwand zu sichern. Die Leiterplatte wird nur mit der Zentralbefestigungsschraube des Stufenschalters im Gehäuse befestigt.

6. Inbetriebnahme

Die bestückte Leiterplatte sollte grundsätzlich vor dem Einbau in das Gehäuse in Betrieb genommen werden. Dazu müssen die später im Gehäuse noch zu verdrahtenden Schalter und Buchsen nicht angeschlossen werden. Damit der Frequenzzähler grundsätzlich überprüft werden kann, ist jedoch anstelle des HF-IN/OUT-Schalters eine provisorische Verbindung zwischen dem HF-Ausgang des LTC1799 und dem Zählereingang (Anschluss 3 und 1 des HF-IN/OUT-Schalters) herzustellen. Die weiteren Schritte sind wie folgt:

1. Anschluss eines Netzgerätes, 9 Volt mit Strombegrenzung (max. 50 mA) anstelle der Batterie.
2. Kontrolle der Stromaufnahme, sie sollte ca. 15 bis 25 mA betragen.
3. Einstellung des Kontrastes des LCD Displays. Das Spindelpotentiometer P1Z auf besten Kontrast einstellen. Dies ist bei einer Spannung von ca. 0,1 bis 0,5 Volt am Schleifer des Potis (nahe am Linksanschlag) gegeben.
4. Überprüfung der 6 Frequenzbereiche und deren Bereichsgrenzen. Bei Verwendung von Potis sind diese paarweise einzustellen. Muss mehrfach wiederholt werden, da Ober- und Untergrenze nicht unabhängig voneinander einstellbar sind. Wenn bei der Verwendung von Festwiderständen die Bereichsgrenzen geändert werden sollen, sind die entsprechenden Widerstände (R1 bis R12) paarweise anzupassen (ggf. Widerstandsdekade oder Potis, die anschließend ausgemessen werden, verwenden). Die im Stromlauf und in der Stückliste angegebenen Werte für R1 bis R12 dienen nur als Richtwerte.

Damit ist ein wesentlicher Teil der Funktionalität des Gerätes bereits überprüft und der Einbau in das Gehäuse kann vorgenommen werden. Wenn an dieser Stelle bereits Probleme erkennbar sind, sollte die Bestückung der Leiterplatte (richtige Lage und Vollständigkeit der Drahtbrücken) sowie die Lötstellen nochmals kontrolliert werden.

Am fertigen Gerät ist dann die SWR-Anzeige durch Messung bekannter, ohmscher und induktionsarmer Widerstände zu kontrollieren. Das SWR ist das Verhältnis des angeschlossenen Widerstandes zu 50Ω . $SWR = R_x/Z$ wenn $R_x > Z$ oder Z/R_x wenn $R_x < Z$, damit immer ein Wert größer 1 erreicht wird. Durch Verändern des Widerstandes R26 (470 Ohm bis 1K Ohm) kann ggf. eine Korrektur der Anzeige, am besten bei $SWR=1,5$ (mit $R_x=75\Omega$) vorgenommen werden.

Durch verschiedene Toleranzen ist das angezeigte SWR mit einem Fehler von ca. $\pm 0,1$ behaftet. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme sollte der Zähler mit Hilfe eines geeigneten Frequenznormals oder durch Messen der Quarzfrequenz (lose Ankopplung) mit dem Trimmer CT1Z kalibriert werden.

7. Anwendung des Gerätes

Bei dem vorliegenden Gerät handelt es sich um ein aktives Stehwellen-Messgerät für 50 Ohm Antennen im Frequenzbereich von ca. 1 MHz bis 33 MHz. Meist ist bei einer Antenne das SWR bei einer bestimmten Arbeitsfrequenz und die genaue Frequenz bei der die Antenne das beste SWR aufweist von Interesse. Zur Feststellung des aktuellen SWR einer Antenne bei einer bestimmten Arbeitsfrequenz geht man wie folgt vor:

1. Anschluss des Messobjektes (zu messende Antenne) an die PL-Buchse oder die Bananenstecker-/Klemmbuchsen.
2. Einstellung des Arbeitsfrequenz bei der die Antenne vermessen werden soll.
3. Drücken der Eichtaste und Einstellung des HF-Pegels mit dem Eich-Knopf auf ein SWR von 3.
4. Loslassen der Eichtaste und Ablesen des aktuellen SWR am Messinstrument.

Die Frequenz, bei der eine Antenne das beste SWR aufweist, ermittelt man auf folgende Weise:

1. Anschluss des Messobjektes (zu messende Antenne) an die PL-Buchse oder an die Bananenstecker-/Klemmbuchsen.
2. Einstellen des Frequenzbereiches in dem der Resonanzpunkt der Antenne gesucht werden soll.
3. Drücken der Eichtaste und Einstellung des HF-Pegels mit dem Eich-Knopf auf ein SWR von 3.
4. Loslassen der Eichtaste und Veränderung der Frequenz mit dem Frequenz-Feineinsteller bis ein minimales SWR erreicht wird.
5. Bei größeren Frequenzänderungen ggf. Eichung (Schritt 3) wiederholen.
6. Ablesen der genauen Resonanzfrequenz der Antenne am Frequenzzähler und des SWR am Messinstrument.

8. Messung von Wirk- und Blindwiderständen mit dem aktiven Stehwellen-Messgerät

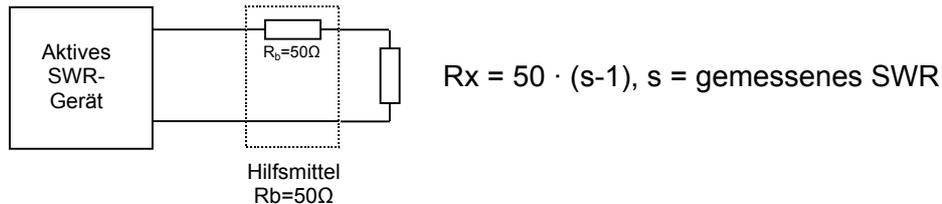
Mit dem aktiven Stehwellen-Messgerät kann man nicht nur das SWR von Antennen bestimmen, sondern es lassen sich noch eine ganze Reihe anderer interessanter HF-Messungen durchführen. Mit einfachen Hilfsmitteln, die man leicht selbst herstellen kann, können ohmsche, sowie induktive oder kapazitive Blindwiderstände ermittelt werden.

Im folgenden ist eine kurze Anleitung gegeben wie man solche Messungen durchführen kann.

Bei allen Messungen ist darauf zu achten, dass das SWR-Meter bei angeschlossenem Messobjekt und bei der jeweiligen Messfrequenz durch Drücken der Eich Taste und Einstellen auf ein SWR von 3, kalibriert wird.

a) Messung von ohmschen Widerständen bei Frequenzen bis 30 MHz

Als Hilfsmittel wird ein bekannter Widerstand von 50 Ohm benötigt.

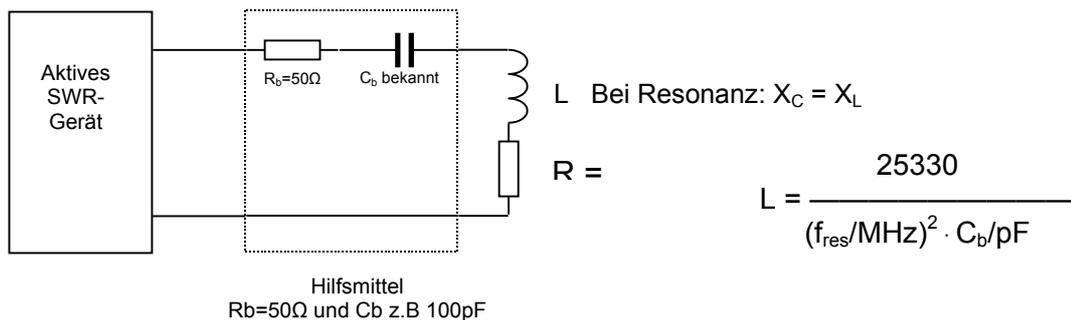


Die Messung kann bei verschiedenen Frequenzen durchgeführt werden.

b) Messung induktiver Blindwiderstände

Als Hilfsmittel wird ein bekannter Widerstand von 50 Ohm und ein genau bekannter Kondensator z.B. 100pF benötigt.

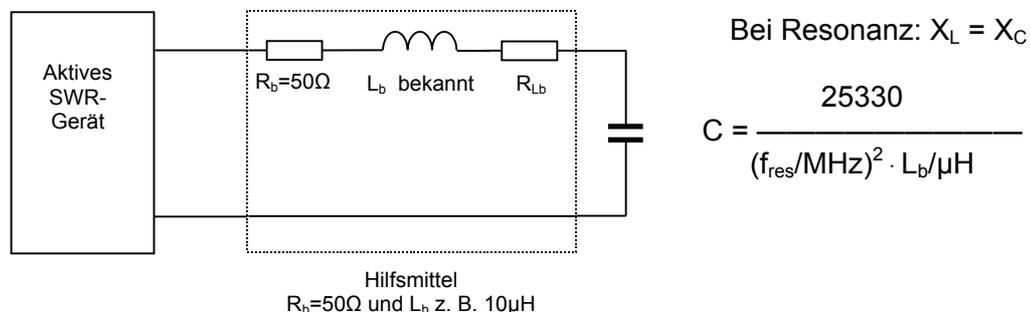
Die Resonanzfrequenz wird durch Einstellung der Frequenz auf das beste SWR ermittelt.



c) Messung kapazitiver Blindwiderstände

Als Hilfsmittel wird ein bekannter Widerstand von 50 Ohm und eine geeichte Festinduktivität benötigt, diese kann wie unter 2 beschrieben ausgemessen werden.

Die Resonanzfrequenz wird durch Einstellung der Frequenz auf das beste SWR ermittelt.



Hinweis: Diese Messschaltungen sind aus dem Buch „HF-Messungen mit einem aktiven Stehwellen-Messgerät“ von Gerd Janzen entnommen. Dort findet man auch noch viele weitere sehr detaillierte Anleitungen und Hinweise, wie man z.B. die Resonanzfrequenz von Reihen- oder Parallelschwingkreisen und deren Güte mit Hilfe eines aktiven SWR-Messgerätes ermitteln kann.

München, den 31.01.2006

Stückliste

Referenz	Menge	Bezeichnung	Wert	Lief.	Best-Nr.	Bemerkungen
Analyzerteil						
C1 - C12	12	Keramik-Kondensator	220 nf	R.	Z5U-5 220n	RM:= 2R, C11 an Schalter S3 angelötet-
D1, D2	2	Germanium-Diode	1N60	C.	1N60	1N60 oder AA118, RM = 5R
D3	1	LED	3 mm, 2mA, rt	R.	LED 3mm, 2mA, rt	RM = 3R
IC1	1	VCO-Baustein	LTC 1799	R.	LTC 1799 CS5	SMD, auf der Platine bereits eingelötet
IC2	1	Operationsverstärker	LMC 6062	N	LMC 6062 N..	Rail-to-Rail-OP
C3	1	Low-Power- Spannungsregler, 5 V	LP2950	R.	LP 2960 AC5.0	5 V
M1	1	Profil- Einbauinstrument	100 uA	B	16K210	SWR-Instrument
P4 - P6	3	Cermet- Trimpotentiometer	500R	B.	74 E 8090	siehe Anmerkung 2
P1 - P3, P7- P9	6	Cermet- Trimpotentiometer	1k0	B	74 E 8092	siehe Anmerkung 2
P10 - P12	3	Cermet- Trimpotentiometer	2k0	B.	74 E 8094	siehe Anmerkung 2
P13	1	Schicht- Potentiometer	1k0	B.	68 E 306	für Leiterplatten- anschluss
P14	1	Schicht- Potentiometer	470R	B.	68 E 304	für Leiterplatten- anschluss
IC2 Sockel	1	IC-Sockel	8 pol.	R.	GS 8P DIL-08	
S1	1	Drehschalter	2 x 6	R.	DS2PC	Bereichumschaltung
Frequenzzählerteil						
CT1Z	1	Trimmer	30 pf	R.	Trimmer 23279	RM = 2R
C1Z-C3Z	3	Keramik-Kondensator	100 nf	R.	Z5U-5 100n	RM = 2R
C4Z	1	Keramik-Kondensator	10 pf	R.	Kerko 10p	RM = 1R
C5Z	1	Keramik-Kondensator	68pf	R.	Kerko 68p	RM = 1R
C6Z - C11Z	6	Keramik-Kondensator	100nf	R.	SMD	RM=C1210, nur erforderlich, wenn Eingänge SP1.. SP5 beschaltet werden
IC1Z	1	Mikrocontroller	AT90 S2313	R.	AT90S2313	–
IC2Z	1	Binärzähler, 14-stufig, mit int. Oszillator	74 HC4060	R.	74HC4060	–
IC1Z-Sockel	1	IC-Sockel	20 pol.	R.	GS 20P	DIL-20
IC3Z	1	Low-Power- Spannungsregler, 5 V	LP2950	R.	LP 2950 AC5.0	wird nur benötigt ,wenn Zähler alleine betrie- ben wird, dann auch Brücke JP1 weglassen

Referenz	Menge	Bezeichnung	Wert	Lief.	Best-Nr.	Bemerkungen
Frequenzzählerteil (Fortsetzung)						
IC2Z-Sockel	1	IC-Sockel	16 pol.	R.	GS 16P	DIL-16
J1Z-F	1	Buchsenleiste	14 pol.	R.	BUCHSENL.2 x17G	auf Leiterplatte montieren
J1Z-M	1	Steckerleiste	14 pol.	R.	STIFTL. 2x17G	auf dem Display montieren
LCD	1	LCD-Display	AV- 0820	D.	LCD-AV-0820	2*8 Zeichen
P1Z	1	Cermet- Trimpotentiometer	10k0	B.	64 E 8094	LCD-Kontrast
Q1Z	1	Quarz	3,2768 MHz	R.	3,2768-HC18	Bauform HC18
Gehäuse und am Gehäuse montierten Teile						
KL1	1	Klemme	1 pol. sw.	B.	25 F 540	"Antennen-GND"
KL2	1	Klemme	1 pol., rt.	B.	25F 510	Antennenanschluss
KL3, KL 4	2	Batterie-Clip	-	R.	Clip 9V	für 9V-Batterie
HF-OUT 1	1	Einbau-Buchse,	BNC UG 1094U	R.	UG 1094 U	f. BNC-Anschluss
Ant	1	Einbau-Buchse, UHF	SO 239SH	P.	SO 239SH	f. PL259- Anschluss
S2	1	Taster	1+ um	M.	-	Eichen
S3	1	Kippschalter, Miniatur	2 x um	R.	MS 245	HF IN/OUT
S4	1	Kippschalter, Miniatur	1x ein	R.	MS 243	Ein/Aus
LP	1	Leiterplatte	-	X	FunkSWR3	s. Bild 4, verzinnt und gebohrt
--	2	Drehknopf	6/14 mm	R.	Knopf 14M- 6sw	für "Frequenz", und "Eichen"
--	2	Deckel f. Drehknopf	14 mm	R.	Deckel 14M gr	-
--	1	Drehknopf	6/28 mm	R.	Knopf 28M- 6sw	für "Bereich"
--	1	Deckel f. Drehknopf	28 mm	R.	Deckel 28M gr	
--	1	Gehäuse	162 x 68 x 28 mm	R.	Teko 394	Bohrungen und Durchbrüche gem. Bild 6
--	1	Beschriftungsfolie	156x64 mm	X	-	gem. Bild 7
--	1	Schaumstoffkissen	ca, 35x35x 10 mm	-	-	zur Isolierung und Anpressen des Instrumentes, s. Text
-	1	Abdeckfolie	ca, 35x35x 10 mm	X		Zuerst aufkleben, zur Abdeckung der Schltze zwischen Gehäuse und Beschriftungsfolie

Anmerkung 1: Lieferanten-Code (Spalte 5):

B.: Bürklin
C.: Conrad
M.: Monacor
P.: Pollin
X.: DJ1MHR

RM = Rastermaß

Anmerkung 2: können entfallen wenn ausgesuchte Festwiderstände eingesetzt werden

Anmerkung 3: Bitte darauf achten, dass die Bohrung für die PL-Buchse nur gebohrt wird, wenn diese auch gewünscht wird. Das gleiche gilt für die Bohrungen der Antennen-Anschlussklemmen.

Folgende Schichtwiderstände (Metallfilm, 0,3 W, 1%) der eigenen Bastelkiste entnehmen:

Werte R1 bis R12 gelten bei Einsatz der Trimpotis P1 bis P12.

Trimpotis sind im Bausatz nicht enthalten!

Referenz	Menge	Wert	R _{ges}
R1	1	2k0	2,160 K Ω
R2	1	2k0	2,162 K Ω
R3	1	1k5	1,834 K Ω
R4	1	1k2	1,370 K Ω
R5	1	560R	815 Ω
R6	1	100R	267 Ω
R7	1	9k1	9,454 K Ω
R8	1	12k	12,936 K Ω
R9	1	15k	15,282 K Ω
R10	1	16k	17,169 K Ω
R11	1	18k	18,562 K Ω
R12	1	20k	20,550 K Ω
R13	1	ca. 3k9	
R14	1	2k7	
R15, R16	2	100k	
R17	1	220k	
R1Z, R18	2	10k	
R19, R20	2	3k3	
R21 - R23	3	49R9, 1%	
R24	1	402	
R25	3	2k7	
R26	1	470R1K	Zum Abgleich der Spreizung im unteren SWR-Bereich ggf. verändern