

# Frequenzteiler 1:64 / 1:1000 mit dem U664

Helmut Stadelmeyer – OE5GPL

**Oft wünscht man sich, daß der Frequenzzähler auch ein wenig höhere Frequenzen noch anstandslos verarbeitet. Nachstehend eine ergänzende Beschreibung für einen 64:1 / 1000:1-Vorteiler, der mit dem bekannten IC U664 bestückt ist und der in der Zeitschrift FUNK vorgestellt wurde. Er funktioniert bis ca. 1,2 GHz und läßt sich mit dem hier verfügbaren Leiterplattenvorschlag leicht nachbauen. Als Besonderheit ist dem Teiler ein Impedanzwandler mit einem Dual-Gate-MOSFET vorgeschaltet, womit zumindest im unteren Bereich der Teiler das Meßobjekt spürbar weniger stark belastet als ein 50 Ohm-Eingang.**

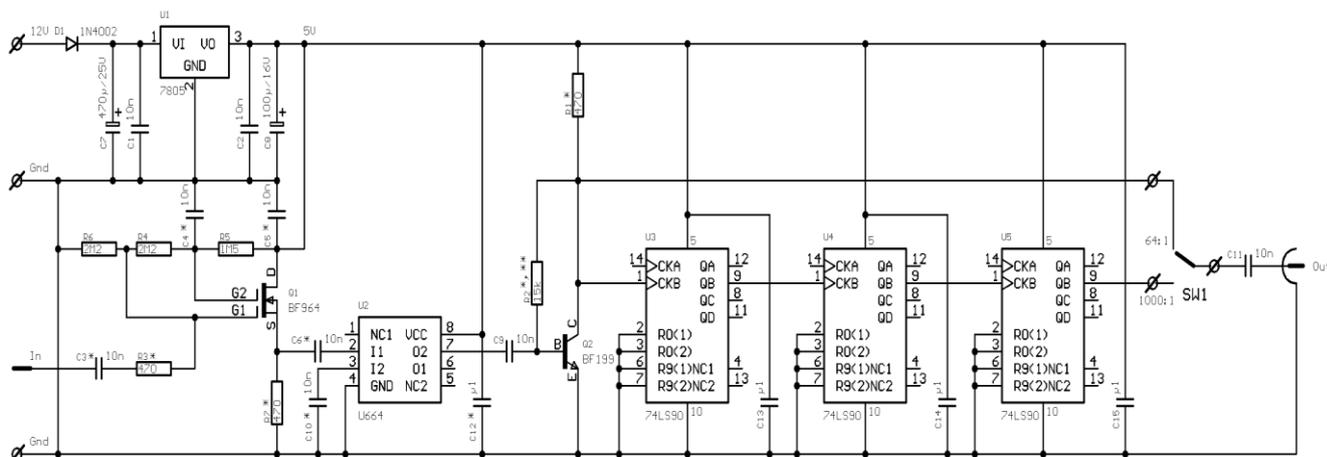
## Funktion:

Diesbezüglich wird auf den Original-Artikel in [1] verwiesen. Der Sinn dieses Beitrages soll sein, dem Interessenten einen bequemen Zugang zu einer Leiterplatten-Vorlage zu ermöglichen.

Im gegenständlichen Bauvorschlag ist deswegen kein schnellerer Vorteiler-IC eingesetzt worden, weil dann einerseits das Leiterplatten-Layout im Bereich des Einganges auf Streifenleiter-Technik geändert werden müßte und andererseits die mittlere Eingangskapazität des zur Impedanzwandler verwendeten MOSFET ca. 2,5 pF beträgt. Damit ist bei 2 GHz keine hochohmige Messung mehr möglich. Zudem würden bei Meßfrequenzen oberhalb von 1,3 GHz auch die TTL-Teiler nicht mehr zuverlässig funktionieren.

Das verwendete TELEFUNKEN-IC gibt es in unterschiedlichen Ausführungen:

- Die Version U664B ist auch ohne Eingangssignal stabil und schwingt nicht.
- Die Version U664BS schwingt auf Grund einer internen Rückkopplung, wenn kein Eingangssignal anliegt. Sobald jedoch ein solches vorhanden ist, teilt das IC ganz normal durch 64.
- Beide Typen gibt es im 8-poligen DIL-Gehäuse oder im 6-poligen SIL-Gehäuse. Die doppelt kaschierte Leiterplatte zu diesem Bauvorschlag ist für die 8-polige Bauform ausgelegt.



\* : Use SMD Components

\*\* : Select value to get TTL signal levels at collector of Q2

Abb. 1: Schaltplan

## Aufbau:

Nach anfänglichen Versuchen mit einer einseitigen Leiterplatte, die kein zufriedenstellendes Ergebnis brachten, ist die Schaltung auf einer doppelseitigen Leiterplatte aufgebaut worden. Wegen des offenen Einganges im unbelasteten Zustand ist die Schaltung zwar noch immer nicht stabil, aber die Schwingneigung auf einer festen Frequenz ist verschwunden. Damit die Übertragung der hohen Frequenzen möglichst nicht beeinträchtigt wird, ist für alle passiven Bauteile, die der

## Frequenzteiler mit dem U66

Signalübertragung zwischen dem Eingang und dem ersten 74LS90 dienen, eine SMD-Ausführung verwendet.

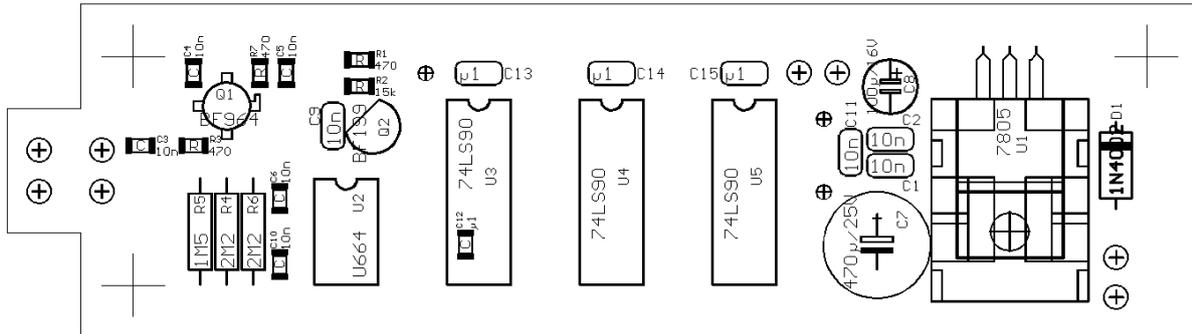


Abb. 2: Bestückungsplan (nicht maßstäblich)

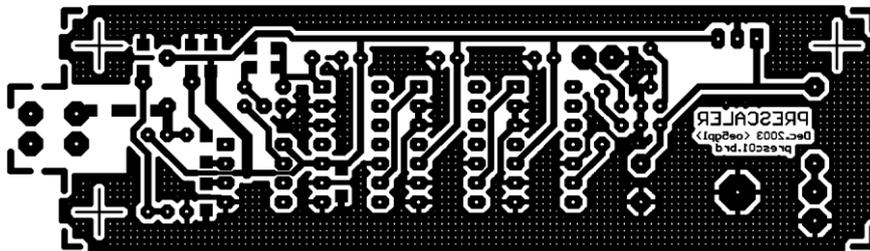


Abb. 3: Leiterplatten-Layout Unterseite (nicht maßstäblich, Originalmaß 114 \* 32 mm)

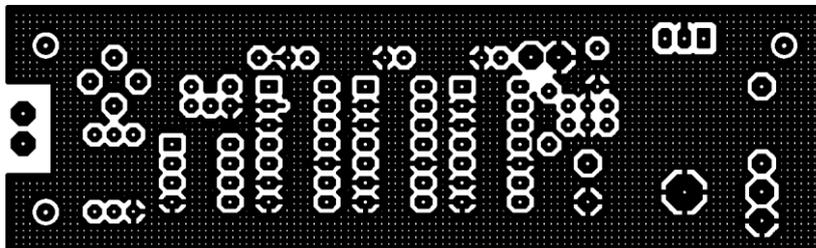


Abb. 4: Leiterplatten-Layout Oberseite

Die Abbildungen 5 bis 8 zeigen das fertige Modul, das in ein käufliches Softline-Gehäuse mit den Abmessungen 129 \* 40 \* 25 mm passt. Sämtliche ICs sind wegen der beidseitigen Masseverbindungen ohne Sockel direkt eingelötet worden.

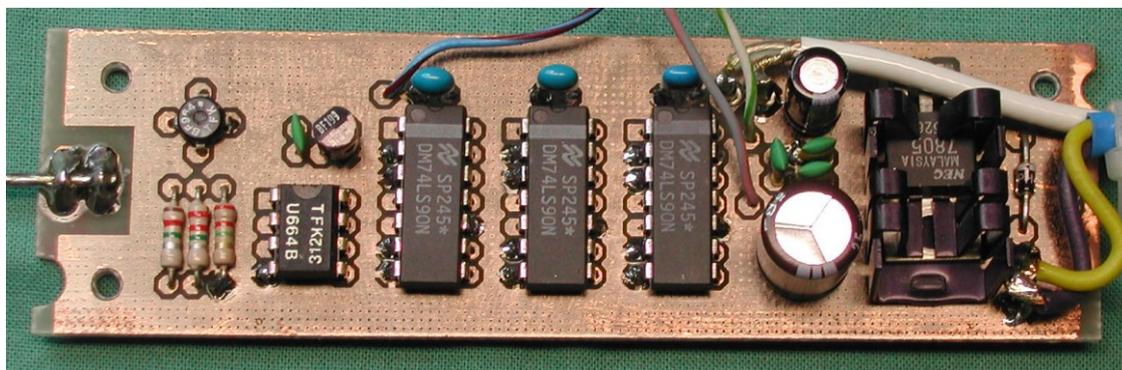


Abb. 5: Fertiger Leiterplatten-Aufbau von oben

## Frequenzteiler mit dem U66

Nicht vergessen: Alle auf Masse liegenden Anschlüsse der Bauteile sind auf Ober- und Unterseite zu verlöten, da sie zugleich als Durchkontaktierung dienen!

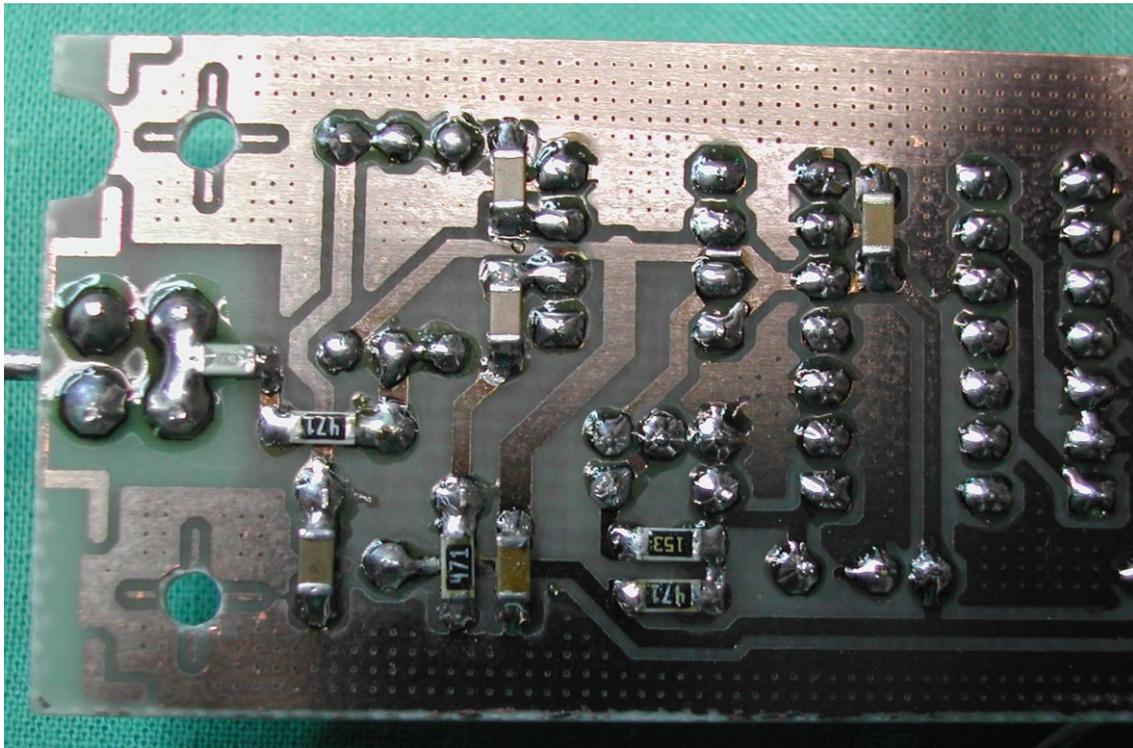


Abb. 6: Fertiger Aufbau von unten, Detail mit SMD-Bauteilen

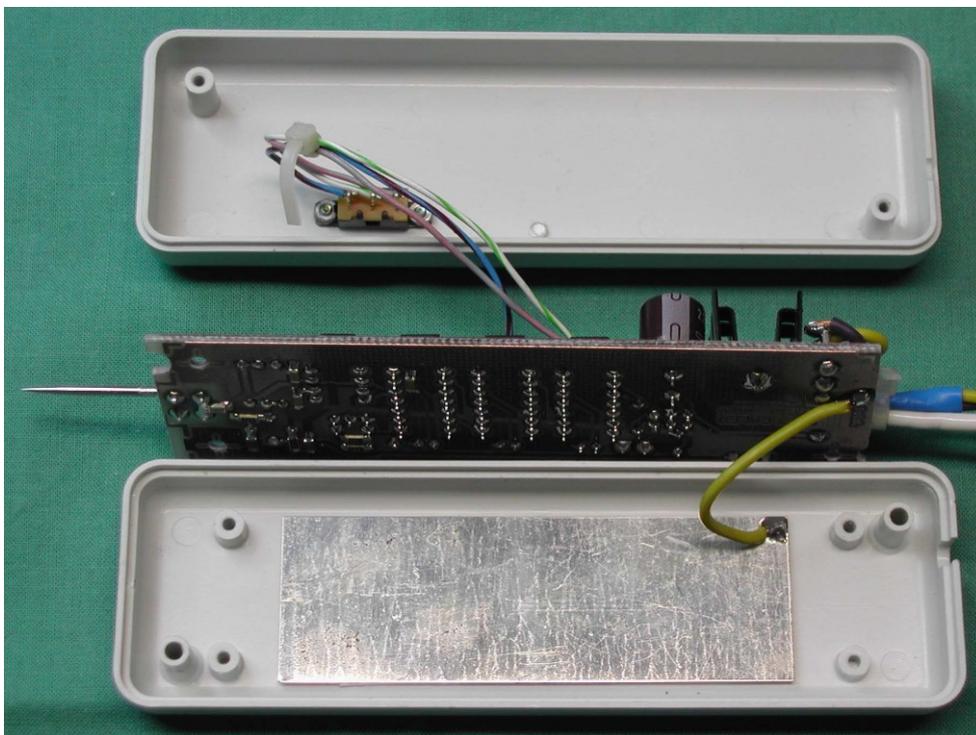


Abb. 7: Zerlegter Tastkopf; man erkennt die eingeklebte Blechplatte

Im Plastikgehäuse ist innen unter der Platine mit doppelseitigem Klebeband ein Weißblechstreifen von etwa 87 \* 32 mm angebracht, der mittels eines kurzen Drahtstückes mit der Masse der Leiterplatte verbunden wird. Die kapazitive Kopplung zur Hand ist dann ausreichend, um eine Masseverbindung

## Frequenzteiler mit dem U66

zum Meßobjekt zu simulieren und die übliche, immer schwierig anzubringende Masseverbindung vom Tastkopf zum Meßobjekt kann damit entfallen. Unter Umständen wird aber die Empfindlichkeit bei einer normalen Messung über die Tastspitze wegen der verhältnismäßig kleinen Handkapazität etwas geringer sein.

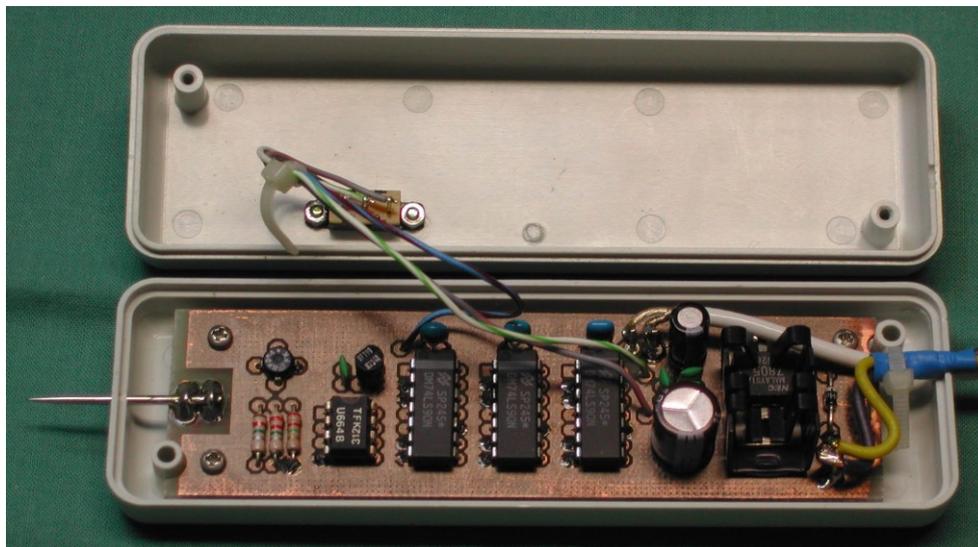


Abb. 8: Geöffnetes Gehäuse mit eingebauter Leiterplatte

Als Tastspitze ist eine auf das passende Maß gekürzte, massive Stopfnadel zweckentfremdet worden. In dem Bereich, wo sie mit den Haltebügeln, die aus abgezwickte Drähten von 0,5 W-Widerständen bestehen, verlötet ist, muß man die Nickelschicht wegschleifen; nur dann läßt sich der Stahl gut verzinnen.

### Inbetriebnahme:

Legt man Wert darauf, daß die obere Frequenzgrenze so hoch wie möglich liegt, dann ist ein Oszilloskop mit einer Bandbreite von 50 MHz zur Kontrolle der Kurvenformen und der Pegel nach dem U664, dem Transistor zur Pegelanpassung und dem ersten 74LS90 sehr hilfreich.

Der Widerstand R2 an der Basis des BF199 ist so auszuwählen, dass am Ausgang einerseits die für TTL-Bausteine vorgeschriebenen HI- und LO-Pegel erreicht werden und andererseits das Puls-Pausenverhältnis bei der höchsten Meßfrequenz möglichst 50 % beträgt. Man wird hier ein wenig probieren müssen, weil der optimale Wert von R2 vom jeweils verwendeten Transistorexemplar abhängt.

### Ergebnisse:

Die optimistischen Erwartungen, welche die Originalbeschreibung geweckt hatte, sind leider nicht erfüllt worden, denn sowohl die Empfindlichkeit im oberen Bereich läßt zu wünschen übrig, als auch die angegebene obere Frequenzgrenze von 1,3 GHz wird vom Musteraufbau nicht erreicht.

Die Erklärung hierfür ist unter anderem darin zu suchen, daß in dieser Schaltung gleich mehrere Komponenten an der Grenze oder gar außerhalb ihrer Spezifikation betrieben werden:

- Die Werte für den U664 sind nur zwischen 30 MHz und 1 GHz garantiert
- Der BF964 ist nur bis 1,3 GHz spezifiziert
- Der BF199 hat bei 20 MHz nur mehr eine Stromverstärkung von etwa 50
- Für den 74LS90 wird die Funktion des 5-er Teilers nur bis 16 MHz garantiert

Zudem ist die Anpassung des Einganges an den BF964 nicht optimal, was wahrscheinlich die Ursache der ungewöhnlichen Empfindlichkeitsschwankungen am Ende des oberen Frequenzbereiches ist.

## Frequenzteiler mit dem U66

Wird der Frequenzbereich oder der Pegel unter- oder überschritten, so sind Fehlmessungen die Folge, welche unter Umständen nicht gleich als solche zu erkennen sind. Sie äußern sich durch häufigen, unregelmäßigen Wechsel der Anzeige bei den niedrigsten 2, 3 oder gar 4 Stellen. Ändert hingegen nur die letzte Stelle den Wert, und das beständig in derselben Richtung, so kann man davon ausgehen, daß der angezeigte Wert gültig ist, aber die gemessene Frequenz nicht ganz stabil ist.

Um mit dem beschriebenen Vorteil Fehlmessungen zu vermeiden, hilft nur, den Pegel des zu messenden Signals abzuschätzen und ihn durch geeignete Maßnahmen in den richtigen Bereich zu bringen. Das ist keine Eigenheit des hier beschriebenen Vorteilers; ein ähnliches Verhalten zeigen in mehr oder minder ausgeprägtem Maß alle einfachen Frequenzzähler.

Interessehalber wurde der Teiler auch auf einer einseitig beschichteten Leiterplatte unter Verwendung von herkömmlichen, bedrahteten Komponenten aufgebaut. Das Ergebnis war insofern ernüchternd, als das Gerät eine ganz ausgeprägte Schwingneigung zeigte, sodaß es für Messungen nicht zu gebrauchen war.

### Durchführung der Messungen am Musteraufbau:

Als Meßgeräte standen ein Meßsender von WAVETEK mit einer oberen Frequenzgrenze von 600 MHz und ein Klystron-Meßsender von HP mit einer unteren Frequenzgrenze von 800 MHz zur Verfügung (danke OE5EBL!). Jedes der Geräte verfügt über einen kalibrierten Abschwächer.

Der dazwischenliegende Bereich konnte leider nicht vermessen werden. Das Signal am Eingang des ersten Teilers wurde während der Messung mit einem Oszilloskop überprüft. Auf diese Weise läßt sich der minimale Pegel für eine ordnungsgemäße Funktion recht gut feststellen, weil bei Unterschreitung dieses minimalen Pegels das Schirmbild kein sauberes Signal mehr darstellt.

Das Signal vom Meßsender wurde über ein an C1 angelötetes, kurzes Koaxialkabel eingespeist, das über 2 parallele 100 Ohm-SMD-Widerstände abgeschlossen war.

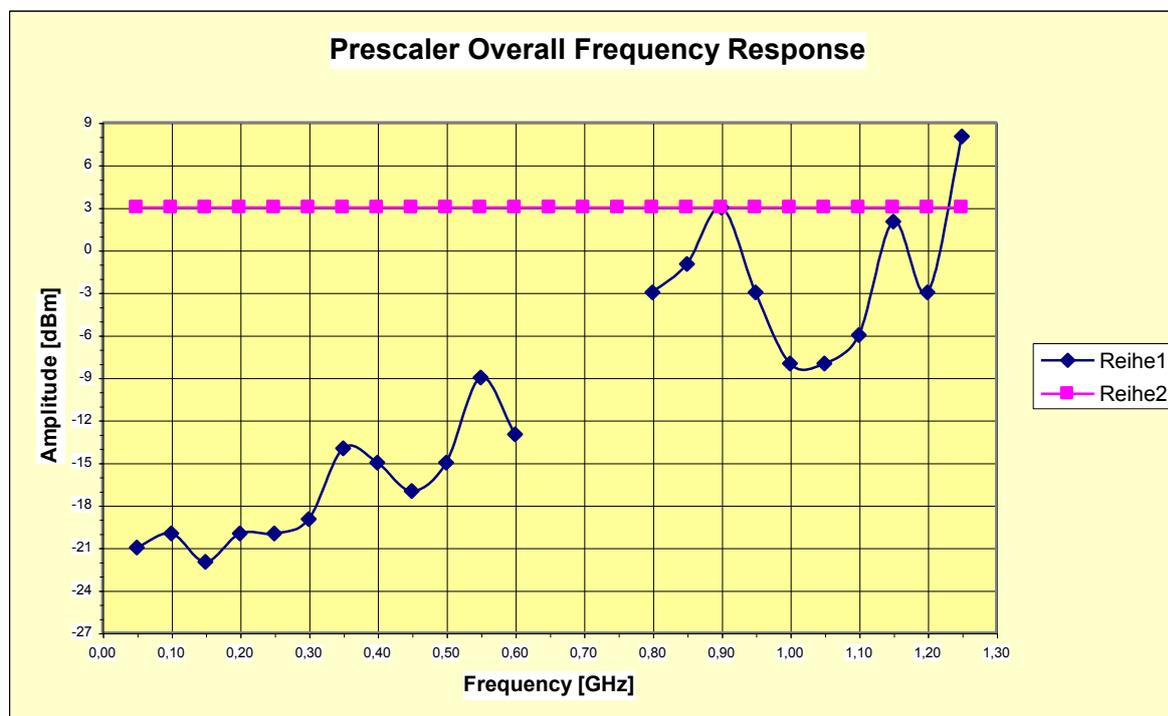


Abb. 9: Meßbarer Signalpegel im Bereich von 25 MHz bis 1,25 GHz

Die angepeilte obere Frequenzgrenze von 1,3 GHz erreicht nach meiner Erfahrung auch nicht jeder U664. Versuche mit einigen dieser Teiler-ICs haben zur Annahme geführt, daß uralte Exemplare in dieser Hinsicht besser sind als neuere, aber das kann auch reiner Zufall gewesen sein.

## Frequenzteiler mit dem U66

Macht man sich die Mühe des Ausschens nicht, wird der Vorteiler einigermaßen sicher bis 1 GHz funktionieren. Der laut Datenblatt höchstzulässige Eingangspegel beträgt 3 dBm; versuchsweise wurden im Zuge der Messungen auch einmal 8 dBm angelegt, was keine unmittelbaren negativen Folgen zeitigte. Der Grund dafür könnte sein, daß der vorgeschaltete BF964 in diesem Fall als Schutz für den U664 wirkt.

Eine Tabelle, die den Zusammenhang zwischen der Leistung in [dBm] und der Spannung in [V] zeigt, ist in der „Bauelemente-Information“ des FUNKAMATEUR FA 1/05 zu finden oder auch auf dieser Internetseite unter TECHNIK / TABELLEN. Zu beachten ist, daß es sich bei den in den Tabellen angeführten Spannungswerten um den Effektivwert handelt, die Spitze-Spitze-Spannung also um den Faktor  $2,8$  größer ist ( $2 * \sqrt{2}$ ).

### Mögliche Änderungen:

Bezüglich der Anschlussbelegung lassen sich die 8-poligen Vorteilerschaltkreise mit wenigen Ausnahmen 2 großen Gruppen zuordnen:

Der hier verwendete U664 von TELEFUNKEN ist ein typischer Vertreter der einen Gruppe, der MC12022 von MOTOROLA gehört zur anderen Gruppe. Innerhalb dieser Gruppen gibt es geringfügige Unterschiede, weil sich bei vielen Typen das Teilverhältnis durch Anlegen eines Logik-Pegels umschalten läßt.

Teiler-ICs dieser und ähnlicher Art hat fast jeder große Halbleiterhersteller gefertigt; sie waren bis etwa 2,5 GHz Massenartikel und demzufolge preisgünstig, weil sie in so gut wie jedem Tuner verbaut worden sind (TV, VIDEO, SAT). Diese alten, ausgemusterten Tuner sind eine gute Quelle, wenn man die Absicht hat, mit solchen Teilern ein wenig zu experimentieren. Datenblätter erhält man in der Regel problemlos im Internet [2].



Abb. 11: Der fertige Vorteiler

### Dateien:

Die zum Nachbau erforderlichen Unterlagen (Schaltplan, Bestückungsplan, Leiterplatten-Layout, Aufkleber) sind in der gepackten Datei ‚vorteiler01.zip‘ enthalten. Wie man mit der \*.ps-Datei verfährt, ist im Verzeichnis „Tipps“ unter „Platinenentwurf“ nachzulesen. Die Leiterplatte ist, wie bei den hier vorgestellten Projekten üblich, selbst anzufertigen.

### Zusammenfassung:

Die beschriebene Baugruppe ist zur Erweiterung des Meßbereiches von älteren Zählern als externer Vorteiler einsetzbar. Auch wenn die gewünschte obere Frequenzgrenze von 1,3 GHz nicht erreicht

## Frequenzteiler mit dem U66

wird, lassen sich damit im VHF- und UHF-Bereich viele Messungen durchführen, die sonst nur mit einem besseren Zähler möglich wären.

Anstatt des U664 sind auch andere Typen verwendbar, falls Anschlussbelegung und Teilerfaktor übereinstimmen.

Eventuell folgt zu einem späteren Zeitpunkt einmal ein Bauvorschlag für einen Vorteiler mit höherer Empfindlichkeit und erweitertem Frequenzbereich.

73!

Helmut, OE5GPL

Literatur und Verweise:

[1] FUNK 2003, Heft 12, Seiten 27 bis 29: 1,3-GHz-Teilertastkopf mit Vorstufe

[2] <http://www.alldatasheet.co.kr/>