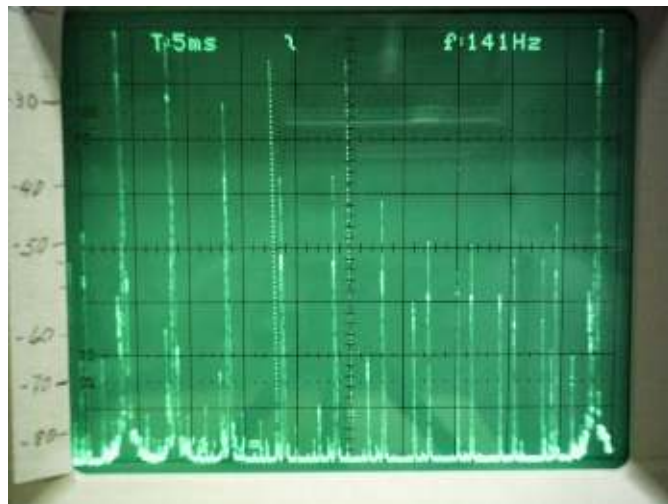




DL2JWL Wolfgang Lässig  
Sonnenstrasse 45  
09337 Hohenstein-Ernstthal  
Tel. 0179 533 77 49

# Spectrumanalyzer bis 100 MHz



# Vorwort

---

**Jeder der sich mit dem Selbstbau von Sendern und Empfängern beschäftigt, möchte dass seine Geräte oder Projekte auch den gesetzlichen Verordnungen entsprechen. Dazu sind gewisse Messmittel für die Analyse des Objekts erforderlich. Nur sind diese mehr oder weniger preisintensiv.**

**Die Suche im Internet nach Entwicklungen für den Eigenbau brachte nur wenige Beiträge und diese stammen dann auch noch aus Übersee, wie z.B.:**

- Spectrum Analyzer von W7ZOI und K7TAU**
- 1000 MHz Spectrum Analyzer W7ZOI und K7TAU**

**Deshalb habe ich mich entschlossen, selbst einen preiswerten Spektrum Analysator aufzubauen.**

**In dieser Schaltung kommen so weit nur leicht erhältliche Bauteile zum Einsatz, außer dem VCO von Mini-Circuits, der den Aufbau doch wesentlich vereinfacht.**

**Es handelt sich wohl um keine professionelle Schaltung, aber das Gerät kann für einfache Messungen gute Dienste leisten.**

## Blockschaltbild

Das Eingangssignal gelangt auf den 1. Mischer und wird dort mit der vom VCO erzeugten LO-Frequenz auf die 1. ZF von 126 MHz gemischt.

Die Impulsaufbereitung erzeugt eine Sägezahnspannung und beeinflusst so den VCO in der Frequenz.

Die Erzeugte 1.ZF wird über den MSA0886 im Pegel angehoben und vermindert die Dämpfung des Filters. Nach dem Filter folgt der 2. Mischer ebenfalls ein TUF-1 der zusammen mit der CO-Frequenz von 116 MHz die 2. ZF von 10,7 MHz erzeugt.

Der Mischerausgang wird durch einen FET-Verstärker angepasst und liefert eine zusätzliche Verstärkung. Als 10,7 MHz - Filter wird ein Piezofilter aus der Rundfunktechnik mit einer Bandbreite von 150 kHz und ein Quarzfilter mit 15 kHz benutzt.

Als Demodulator wird ein IC TDA4100 (A4100) verwendet und dient zur Erzeugung der Anzeigespannung für das Oszilloskop.

Die Anzeigespannung wird durch den Videoverstärker für das Oszilloskop und einem einfachen Videofilter bereitgestellt.

## **Der Spectrum - Analyator besteht aus folgenden Baugruppen:**

1. Impulsaufbereitung
2. 1. Mischer mit VCO
3. 1. ZF 126 MHz mit 2. Mischer und CO 116 MHz
4. 2. ZF 10,7 MHz und Erzeugung der Anzeigespannung  
mit Videofilter
5. Betriebsspannungen
6. Markenerzeugung

### **1. Impulsaufbereitung:**

Zur Gewinnung des Sägezahnsignals wird der IC1 ein NE555 benutzt.

Dieser stellt zusammen mit der Konstantstromquelle, bestehend aus:

R1, R2, R3 und dem Poti R4 den erforderlichen Sägezahn her. Der Einstellbereich der Frequenz beträgt 3 Hz bis 53 Hz und erfolgt mit R4.

Das Sägezahnsignal wird am Kollektor von T1 abgegriffen. Über den Widerstand R44 15k gelangt das Signal auf den IC9 einen ua741 Pin 3 und der Brücke K1. Dieser verstärkt den Sägezahn mit  $V=2,5$  auf ca. 7,8 V an Pin 6.

Der an Pin 6 anliegende Sägezahn kann mit R7 in der Amplitude verändert werden und somit der Frequenzbereich.

Am Pin 3 des IC1 steht der Triggerimpuls für das Oszilloskop zur Verfügung, welcher den Kondensator C48 mit 1uF durchläuft.

Der Kondensator C48 dient hier nur zur Entkopplung des X – Signals von der Gleichspannung, zum Schutze des IC1.

( Zerstörung bei Kurzschluss oder Brücken mit Masse)

Zur Einstellung des Signals auf Bildmitte werden die Poti, R8 ( fein ) und R45 (grob) mit 100 kOhm benutzt.

Damit wird der Sägezahn in seiner Form verändert, was somit eine Veränderung der Abstimmspannung bewirkt.

Am Pin 6 des IC10 steht das Sägezahnsignal an und gelangt dann über die Brücke K2 und dem Widerstand R35 zum VCO.

Wenn die Brücke K2 entfernt wird, kann an diesem Pin eine Spannung angelegt werden um den VCO zu überprüfen.

## **2. Mischer 1 und VCO**

Über die Buchse Bu1 gelangt das Eingangssignal auf den 1. Mischer TUF-1. zusätzlich wird die Einspeisung der Marken auf dieser Leitung vorgenommen. Auf den LO-Bord des Mixers TUF-1 wird das vom VCO erzeugte Signal eingespeist und mit dem Eingangssignal zur 1. ZF von 126 MHz gemischt.

Dieses Frequenzgemisch gelangt über ein PI-Glied bestehend aus R13, R14 und R15 das zur Anpassung des Mischerausgangs dient, auf den IC3 welcher das Signal um 20dB verstärkt.

Das verstärkte ZF-Signal durchläuft das Filter mit 126 MHz und mit einer Bandbreite von 5 MHz. Dieses Filter besteht aus 3 Helixfiltern mit Abgleichkern.

Das LO-Signal des VCO wird von einem IC8 „ROS 300“ von Minicircuits erzeugt.

Der Frequenzbereich des VCO liegt mit 126 MHz bis 303 MHz bei einer Abstimmspannung von 16 Volt. Im vorliegenden Fall wird die Abstimmspannung nur bis 9,8 Volt benutzt, welche die Frequenz auf ca. 226 MHz begrenzt.

Der Ausgangspegel des ROS300 liegt zwischen 7 dBm am Anfang bzw. Ende und 10 dBm in Bandmitte. Da der Mischer TUF-1 ein 7dBm LO-Signal braucht, liegt ein 2dB Dämpfungsglied vor dem LO-Eingang und stellt so den nötigen Pegel ein.

## **3. Mischer 2 mit 116 MHz CO**

Am Ausgang des Filters der 1. ZF folgt der 2. Mischer ebenfalls ein TUF-1.

In diesem wird die 1. ZF mit dem CO-Signal von 116 MHz auf die 2. ZF von 10,7 MHz umgesetzt.

Der CO ist ein Obertonoszillator und hat sich schon mehrfach bewährt. Dieser Quarz schwingt mit dem 5. Oberton auf 116 MHz. Das erforderliche 7 dBm –Signal steht über C57 bereit. Der Abgleich des Pegels wird mit C57 vorgenommen. Dieser Wert des C57 ist ein erprobter Wert und sollte so stimmen.

## **4. 2. ZF und Demodulation**

Dem Mischerausgang folgt zur Anpassung eine FET- Stufe mit einem J310, der noch zusätzlich eine Verstärkung des Signals bewirkt. Auf diese Verstärkerstufe folgt die zweite ZF mit 10,7 MHz. Zur Auswahl stehen hier zwei Bandbreiten, ein Quarzfilter mit 15 kHz Breite und ein Piezofilter mit einer Bandbreite von 150 kHz aus der Rundfunktechnik. **Die dazu gehörenden Widerstände liegen den Filtern bei.**

Der Ausgang des Filter liegt am Eingang des Demodulator IC 5 vom Typ TDA4100 (A4100). Als Demodulatorkreis dienen hier 2 Stück 10,7 MHz Quarze. Dies hat den Vorteil das der Rauschpegel im Anzeigesignal zurück geht und so eine ruhige Grundlinie geschrieben wird. Dadurch wird der minimale Pegel von ca. -90 dBm erreicht. Am Pin 15 des IC 5 liegt ein Arbeitswiderstand von 3,9k nach Masse. Diese erzeugte Ausgangsspannung des IC5 wird mit IC12 „uA741“ verstärkt.

Den Verstärkungsgrad stellt man mit R 44 eingestellt, etwa 4,6 kOhm.

Das verstärkte Signal von IC12 wird über ein Videofilter, das aus C 49, C50 und R 32 besteht, an den Stecker K 4 weitergeleitet. Das an K 4 anliegende Signal wird mit dem Y-Eingang des Oszilloskops verbunden.

## **5. Betriebsspannung**

Als Versorgungsspannung werden +/- 12Volt benötigt, die aus einer Spannung zwischen 15 - 18 Volt gewonnen wird.

Die Spannung von +12 Volt wird mittels des IC 6 einem uA7812 erzeugt. Vom IC 7 einem 79L12 wird die Spannung -12 Volt bereitgestellt stabilisiert. Als Rohspannung dient eine Spannung von -15 Volt, die durch einen Schaltregler erzeugt wird. Dieser besteht aus den Transistoren T3,T4, T5 und den Spulen L11-13 mit den Dioden D1+2.

Die Stabilität der Spannungen ist ausreichend für diese Schaltung.

## **6. Erzeugung der Marken**

Um einen Überblick über den Frequenzbereich zu bekommen ist auch ein Markengenerator mit auf der Leiterplatte enthalten. Dieser besteht aus einem Quarzoszillator mit zwei Quarzen eigener Wahl. Diese Quarze werden elektrisch umgeschaltet. Günstige Frequenzen sind 10 MHz und 5 MHz, aber auch 4 und 12 MHz wäre denkbar. Dieser Oszillator erzeugt Oberwellen über den gesamten Bereich mit

abfallender Amplitude. Somit kann man die unterschiedlichen Pegel zur „EICHUNG“ der dBm -Skala am Oszillograf nutzen.

Der erste Pegel des 10 MHz – Signals ist mit –20 dBm auch das höchste Signal auf dem Schirm. Alle anderen Pegel trägt man an Hand der Tabelle auf.

In dieser Oszillatorschaltung können Quarze in einem Bereich von 1 MHz bis 20 MHz eingesetzt werden.

Die genaue Frequenz der Marken spielt hier eine untergeordnete Rolle und wirkt sich durch die Abweichung von der Sollfrequenz kaum aus.

Zur Einspeisung einer Fremdmarke ist die Buchse **K9** vorgesehen.

**Dabei ist zu Beachten, das diese Buchse immer mit der Eingangsbuchse über einen Kondensator von 1p verbunden ist !**

Ebenso ist bei der Einspeisung der Marken, die Belastung des Eingangs zu beachten.

## **Aufbau:**

Zum Aufbau der Leiterplatte sollte zu erst mit den SMD -Bauteilen begonnen werden.

Danach erfolgt dann die Bestückung auf der Oberseite der Platine. Der VCO sollte als erstes Bauteil aufgelötet werden und dann die anderen SMD –Teile. Zu empfehlen ist der Aufbau nach Baugruppen wie:

- Betriebsspannung
- Impulsaufbereitung
- Markengenerator
- Demodulator und Videofilter
- 2. Mischer mit CO und 1. ZF-Filterbank
- 1. Mischer mit VCO

## **Abgleich und Inbetriebnahme**

Bevor man das Gerät in Betrieb setzt sollte nochmals die Platine auf Kurzschlüsse untersucht werden.

An Hand der Spannungswerte im Schaltplan sind diese nochmals zu kontrollieren.

## **Abgleich:**

Grundeinstellung des Oszillografen:

1. Ablenkung auf 5ms einstellen
2. Eingangsspannungsschalter auf 1 Volt / Div.
3. Betriebsart des Eingangs auf Gleichspannung stellen
4. Triggerung auf Extern einstellen

5. nur einen Kanal sichtbar schalten.

Abgleicheinstellungen:

1. Trimmer R44 auf 4,5 kOhm einstellen, MP ist Pin 2 des IC 12 und GND.
2. Alle Potis sind in die Stellung links auf Anschlag zu stellen. Poti „Frequenz“ auf ca. 30 Hz so einstellen, das am Bildschirm des Oszi nur zwei Nadeln sichtbar sind. Diese mit dem Frequenzregler links und rechts mit dem Bildrand, zur Deckung bringen. Damit ist der Sichtbereich zwischen 500 kHz und ca. 100 MHz eingestellt.

3. Der Sägezahngenerator sollte sich im Bereich zwischen 3 Hz und 53 Hz abstimmen lassen.

Am C 48 kann mit dem Oszillografen der Triggerimpuls kontrolliert werden. An diesen sollten schmale Nadeln zusehen sein. Zur weiteren Kontrolle sind die Kurvenformen des Impulses an den IC 9 und IC 10 zu messen. Dieser Sägezahn sollte eine fast linearen Anstieg und einen steilen Abfall haben.

4. Überprüfung des VCO

- Kontrolle auf Kurzschluss des UB-Anschluss, VCO -Ausgang und Abstimmeingang.
- Brücke K2 öffnen
- eine Spannung von 5 Volt an R 35 anlegen
- Kontrolle der Frequenz am Pin 4 des IC 2, diese sollte ca. 174 MHz betragen
- die Spannung von 5 Volt wieder entfernen und die Brücke K2 schließen.

5. Abgleich des 116 MHz CO

- der Abgleich auf 116 MHz wird mit der Spule L 16 vorgenommen
- der Ausgangspegel von 7 dBm kann mit C 57 (8,2pF) durch variieren eingestellt werden.

6. Abgleich Markengenerator

- der Abgleich kann mit den Cs C65 und C66 vorgenommen werden.

7. Abgleich des 126 MHz – Bandfilters

- Marke mit 10 MHz einschalten
- die 3 Bandfilter wechselweise auf maximalen Pegel einstellen



### Erstellung der dBm – Skala am Oszillografen:

- Oszillograf auf 5ms, 1Volt / Div. und Eingang auf Gleichspannung stellen
- Frequenzregler auf ca. 20 Hz einstellen und die beiden Nadeln links und rechts am Bildrand zu Deckung bringen.
- Markengenerator mit 10 MHz – Marke einschalten, jetzt müssen alle 10 MHz im Pegel unterschiedliche Marken zu sehen sein.
- **Beachte : die Eingangsbuche muss offen sein!!!**

Mit diesen Marken kann die Skala am Oszillografen aufgetragen werden.

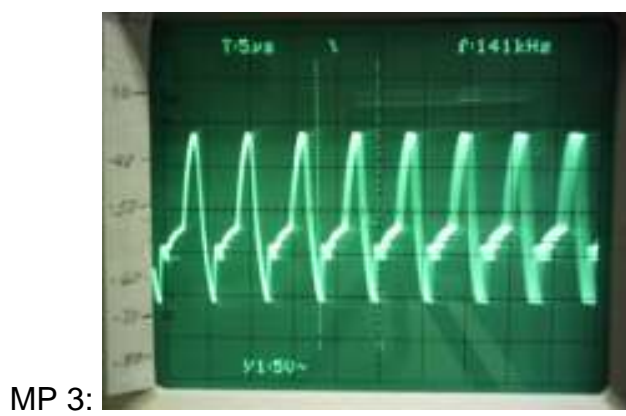
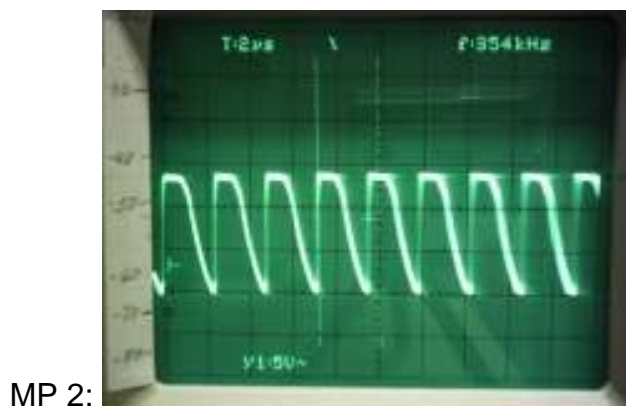
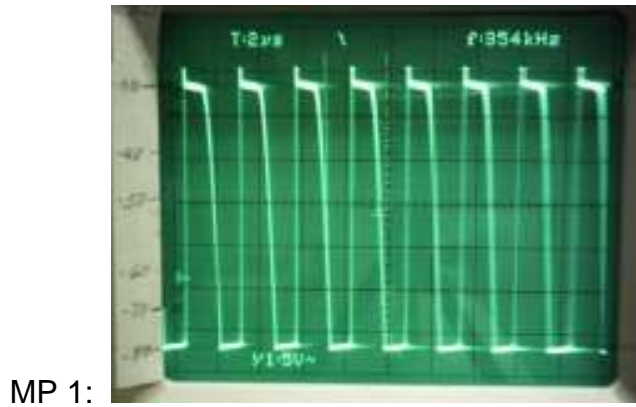
Die erste Marke 10 MHz mit C67 auf maximalen Pegel einstellen.

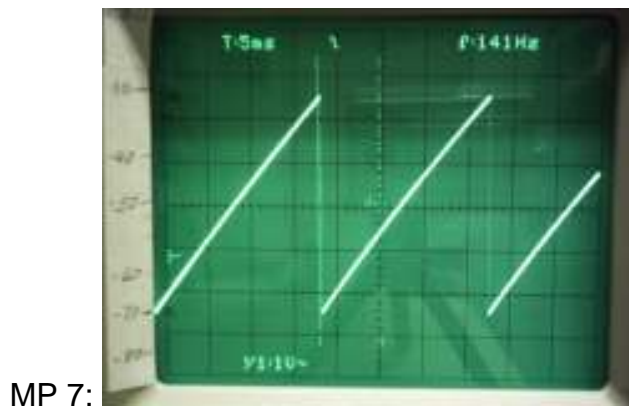
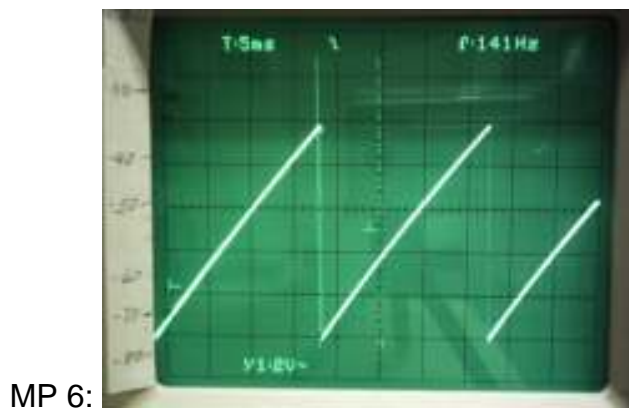
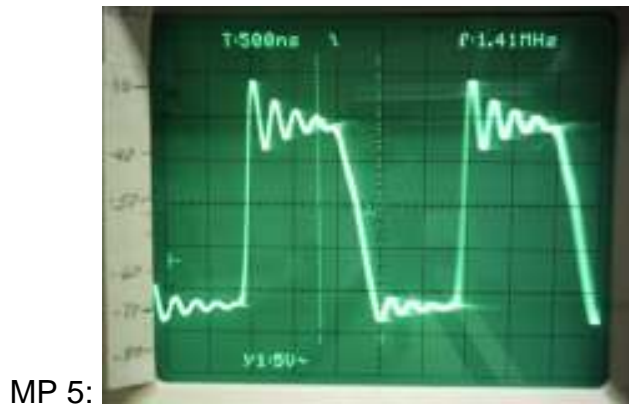
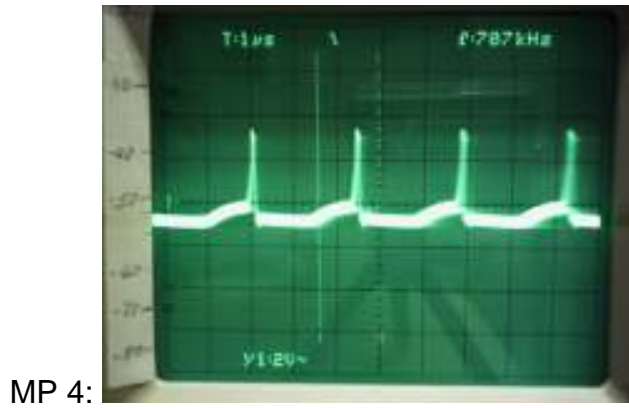
Dieser Pegel entspricht –20 dBm

### Wertetabelle für den Auftrag der dBm - Skala

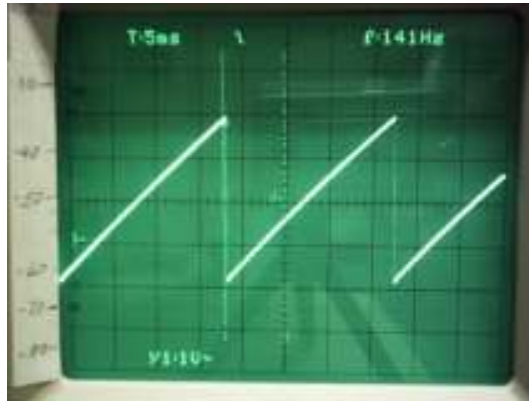
Eingangsregler	Marke	Frequenz	dBm - Wert
1V / Div. 5ms	1	10 MHz	-20
1V / Div. 5ms	3	30 MHz	-30
1V / Div. 5ms	5	50 MHz	-40
1V / Div. 5ms	9	90 MHz	-50
2V / Div. 5ms	2	20 MHz	-55
2V / Div. 5ms	5	50 MHz	-60
5V / Div. 5ms	1	10 MHz	-70
10V / Div. 5ms	3	30 MHz	-80

## Oszillogramme mit Messpunkten





MP 8:



Quellennachweis:

- Mini - Circuits VCO Designer`s Handbuch 2001
- Mini – Circuits RF/IF Designer`s Guide
- A Spectrum Analyzer von W7zoi und K7TAU
- 1000 MHz Spectrum Analyzer von W7ZOI und K7TAU
- Panorama-Empfänger 144-146 MHz von DH7GL