

HF/NF-Funktions-Generator und Rauschgenerator von DL4JAL

Andreas Lindenau DL4JAL

22. August 2025

Zusammenfassung

Ich habe einen HF-NF-Generator konstruiert, den ich euch vorstellen möchte. Der Generator beinhaltet zusätzlich noch einen Rauschgenerator im NF-Bereich.



Die Ansicht HFNF-Rausch-Generators. Einstellung: HF-Sinus 10,115006 MHz und Pegel -73 dBm. Das entspricht S9.



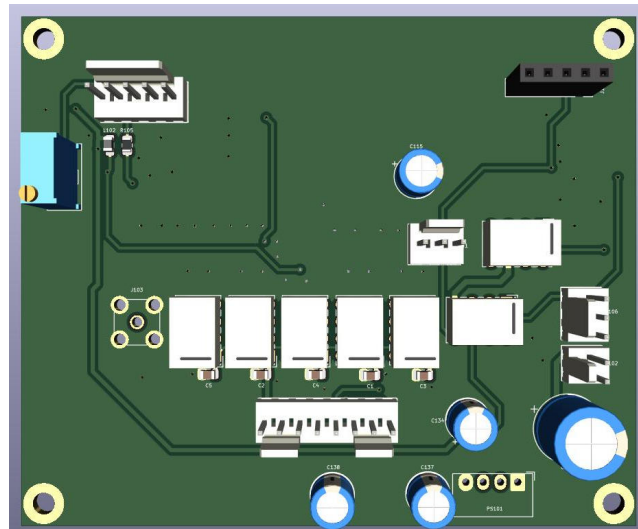
Die Pegelanzeige habe ich umgeschaltet so dass neben -73 dBm auch noch 50,059uV angezeigt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre noch die Anzeige in 50,1 pWatt.

Inhaltsverzeichnis

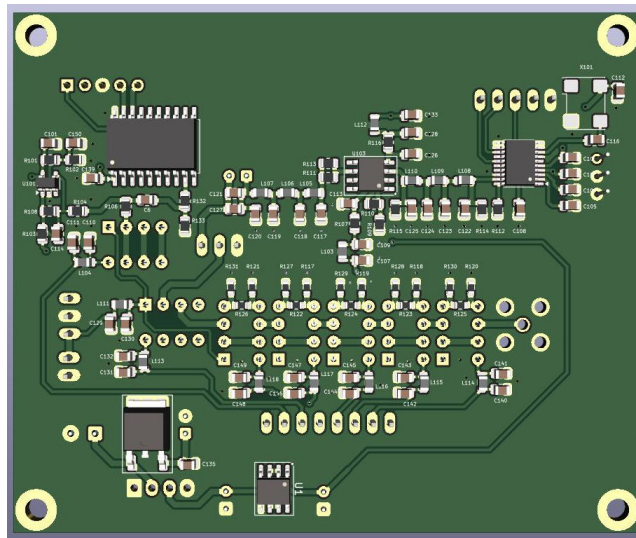
1	Generator-Platine	2
1.1	Funktionsbeschreibung der Generator-Platine	5
1.2	Stecker-Buchsen Generator-Platine, Verbindungen	7
1.2.1	Montage der Steckverbindungen	7
1.2.2	J1, Test	8
1.2.3	J101, DDS	8
1.2.4	J102, SV +12V	8
1.2.5	J103, Output	8
1.2.6	J104, Programmer	9
1.2.7	J105, Relais	9
1.2.8	J106, SVmc	9
1.3	Auflöten des DDS-AD9834	9
1.4	Kontrolle der Relais-Dämpfungsglieder	10
2	MC-Platine	11
2.1	Funktionsbeschreibung der MC-Platine	13
2.2	Stecker-Buchsen MC-Platine, Verbindungen	13
2.2.1	J101, Menutasten	13
2.2.2	J102, Drehgeber	13
2.2.3	J103, DDS	14
2.2.4	J104, SV	14
2.2.5	J105, Relais	14
2.2.6	J106, Programmer	14
3	Menütasten-Platine	15
4	Technische Daten des Generators	16
5	Schlusswort	18

Generator-Platine

Zuerst die 3D-Ansichten mit Kicad generiert.



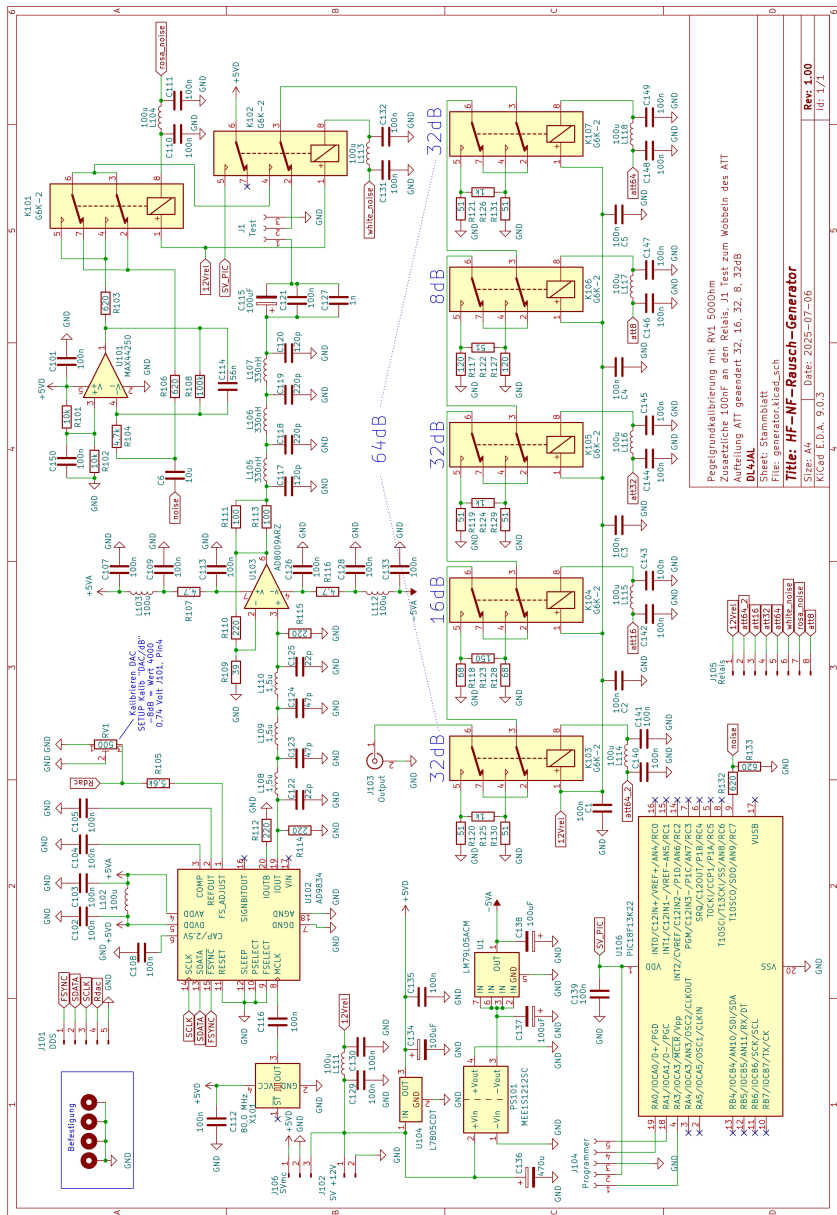
Die Ansicht der Platine von oben. Rechts die Steckerbuchsen für die Stromversorgung. Unten die 8-polige Steckerbuchse ist für die Ansteuerung der Relais von der MC-Platine. Oben links die 5-polige Steckerbuchse für die Ansteuerung des DDS-AD9834 und die Pegelreglung bis minus 8dB. Der Einstellregler links oben dient der Kalibrierung des -8dB Punktes. Rechst oben die 5-polige Buchse dient der Programmierung des Rauschgenerators (PIC18F13K22). Die 3-polige Steckerbuchse mitte rechts ist eine Trennstelle zum Wobbeln des Attenuators mit einem NWT2.0 oder anderen VNWA.

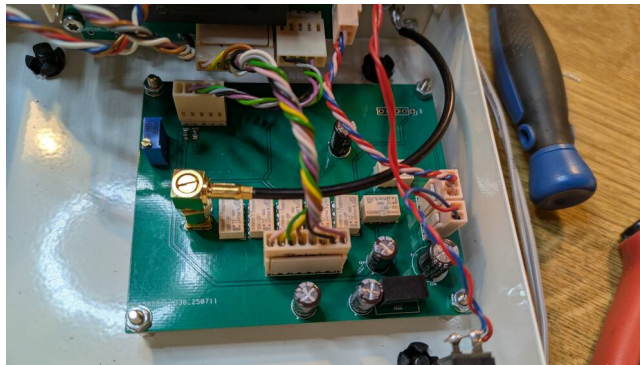


Die Ansicht der Platine von unten. Links oben der Rauschgenerator (PIC18F13K22). Rechts oben der DDS-AD9834. In der Mitte oben der OPV AD8009 zum verstärken des HF-Signales von DDS. Die zweite Funktion des AD8009 ist die Impedanzwandlung vom Ausgang des DDS (200 Ohm) zur Impedanz 50 Ohm. Unten links der Spannungsregler 5V und rechts daneben der Spannungsregler für minus 5V. Der AD8009 braucht die negative Spannung von -5V.

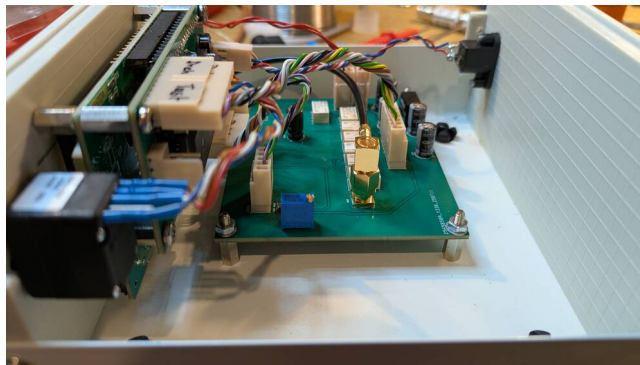
Es folgt noch das Schaltbild. Der Attenuator für die groben Stufen 8, 16, 32, und 64 dB (2x32 dB) wird mit Relais geschaltet. Die Widerstände für die Dämpfung sind kleine SMD 0603 mit 0,1% Toleranz. Die Baugröße SMD 0603 verringert das Übersprechen. Noch besser wären SMD 0402, aber die kann man kaum noch verarbeiten.

Ich habe die gesamte Schaltung auf ein Blatt gezeichnet. Das ist etwas unübersichtlich.





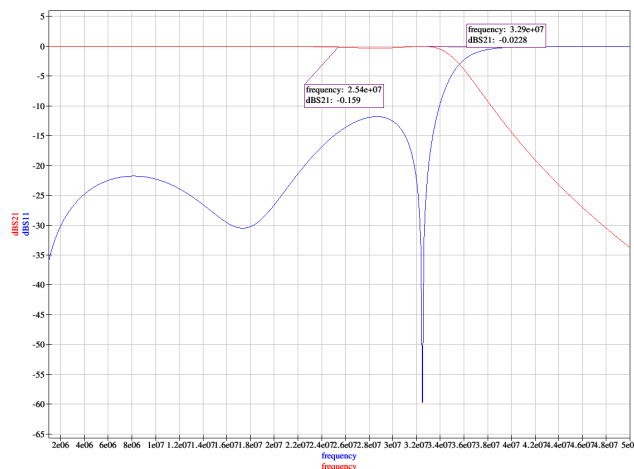
Montage der Generator-Platine im Gehäuse auf Abstandsbolzen.



In diesem Bild sehen es wir noch besser. Die Montage erfolgt auf Abstandsbolzen 100 mm. Die Halbschale ist aus Metall.

1.1 Funktionsbeschreibung der Generator-Platine

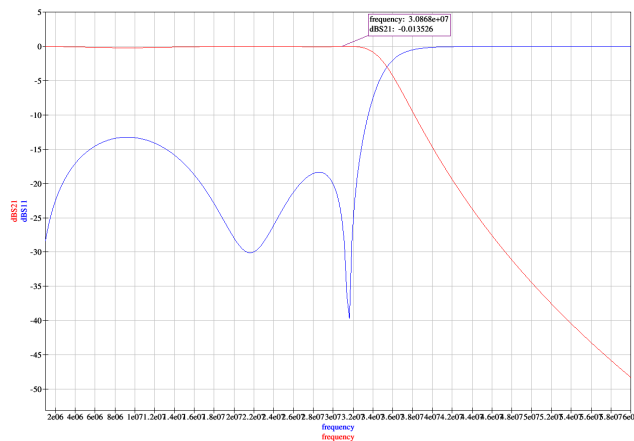
Im Schaltbild oben links ist U102, AD9834 gezeichnet. Der AD9834, Pin 14, 13 und 15, wird von der MC-Platine, dem PIC18F46K22 angesteuert und entsprechen der Ausgabefrequenz programmiert. Am AD9834, Pin 19 kommt das Sinus-Signal heraus. Die Impedanz am Ausgang beträgt 200 Ohm. Es folgt ein Tiefpass-Filter mit einer Impedanz 200 Ohm um die Oberwellen größer 30 MHz zu unterdrücken.



Ich habe die Tiefpässe mit Hilfe des PC-Programmes „Qucs“ entwickelt.

Es folgt der Verstärker U103, AD8009. Der AD8009 hat eine sehr hohe Grenzfrequenz und ist für unsere Zwecke gut geeignet. Der OPV AD8009 hat eine Versorgungsspannung von ± 5 Volt. Die negative Spannung wird mit einem DC-DC Wandler „MEE1S1212SC, PS101“ erzeugt und anschließend mit einem Spannungsregler „U1“ auf -5 Volt stabilisiert. Nach dem AD8009 haben wir am Ausgang eine Quellimpedanz von 50 Ohm ($R_{111} + R_{113}$). Ich habe die Beschaltung so gewählt das etwa eine 5 fache Verstärkung erreicht wird.

Es folgt ein zweiter Tiefpass 30 MHz mit einer Impedanz von 50 Ohm. Deshalb sind die Werte von L und C etwas anders. C115, C121 und C127 am Ausgang des Tiefpasses blocken die restliche Gleichspannung des AD8009 ab. Ich habe versucht die Cs wegzulassen, aber da begann der AD8009 zu schwingen.



Jetzt kommt der 3-polige Stecker „J1, Test“ mit dem wir den Signalweg für Testzwecke auftrennen können. Damit könnte man den Attenuator schön testen und die Dämpfungswerte kontrollieren. Durch eine Brücke Pin 1, 2 wird das Signal weiter zum Relais K102 geleitet.

Nach dem Relais „K102“, Auswahl AD9834 oder Noise-Generator, kommt der Attenuator mit den Relais K107 bis K103. Ich habe die Dämpfungsglieder etwas verschachtelt. So hatte ich das geringste Übersprechen.

Am letzten Relais folgt die SMA-Buchse „J103“ für die Verbindung zur Frontplatte. Ich habe in die Frontplatte eine N-Buchse eingebaut.

Wie bereits erwähnt das Relais „K102“, Auswahl AD9834 oder Noise-Generator, wird umgeschaltet wenn der Noise-Generator auf den Attenuator sein Signal ausgeben soll. Der PIC18F13K22 erhält über das Relais auch die +5 Volt und am Ausgang des PIC18F13K22, Pin 9 wird über einen Spannungsteiler R132, R133 beide 620 Ohm das Rauschsignal ausgegeben.

Mit dem Relais „K101“ wird umgeschaltet auf den Ausgang vom OPV U101, MAX44250. Der OPV ist so beschaltet, dass aus „Noise white“ ein „Noise pink“ wird. Das heißt die hohen NF-Frequenzen werden abgesenkt.

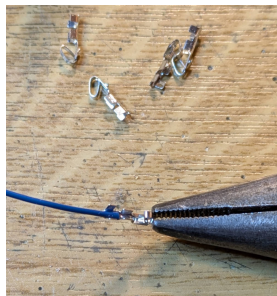
1.2 Stecker-Buchsen Generator-Platine, Verbindungen

1.2.1 Montage der Steckverbindungen

Die PSK-Kontakte sind eigentlich für das Crimpen gedacht. Mir ist die Crimpzange zu teuer. Die Kontakte lassen sich auch hervorragend löten. Die Verbindungen sind aus Litzen 0,14mm², die ich aus Kabelstücken (Reichelt „LIYCY 25-5“) habe. „LIYCY 25-5“ ist ein 5 m Stück mit 25 verschiedenen farbigen Litzen.

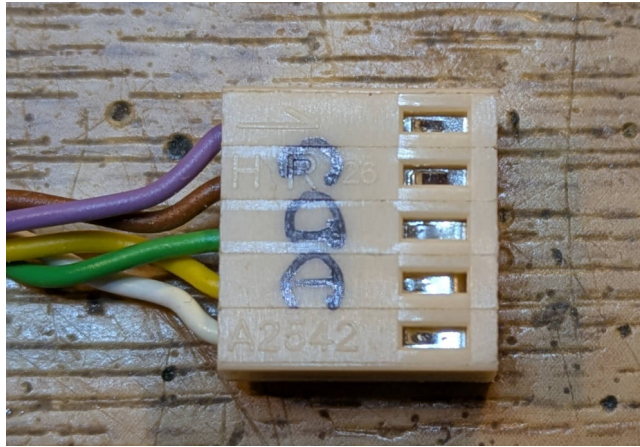


Das ist meine „dritte Hand“, wo ich die PSK-Kontakte einspanne.



Jede Litze wird angelötet. So habe ich immer eine gute Verbindung, ohne Wackelkontakt.

Die Litzen 0,14mm² habe ich an die PSK-KONTAKTE direkt angelötet und nicht gepresst! Beim einfädeln in den Stecker muss man die beiden oberen Laschen des Kontakts etwas mit einer Flachzange zusammen drücken. Der Kontakt sitzt erst richtig fest, wenn es „klick“ macht. Der kleine Widerhaken am Kontakt ist dann im Steckergehäuse eingerastet.



Am DDS-Stecker sind die kleinen Widerhaken zu sehen. Der Widerhaken verhindert ein Herausrutschen des Kontakts.

1.2.2 J1, Test

J1 ist nur eine Trennstelle zwischen HF-Pegel Ausgang TP und Attenuator. Ein Brückenstecker Pin 1 zu Pin 2 leitet den HF-Pegel weiter. Zum Wobbeln des Attenuators wird an Pin 2, 3 der Ausgang vom NWT2.0 oder VNWA angeschossen.

J1, Pin 1	zum HF Ausgang Tiefpass C115, C121 und C127
J1, Pin 2	zum Relais K102, zum Attenuator
J1, Pin 3	GND, Masse zum Wobbeln

1.2.3 J101, DDS

J101 ist die Verbindung zur MC-Platine J103 für die Ansteuerung des DDS AD9834.

J101, Pin 1	MC J103, Pin 1	FSYNC zum DDS
J101, Pin 2	MC J103, Pin 2	SDATA zum DDS
J101, Pin 3	MC J103, Pin 3	SCLK zum DDS
J101, Pin 4	MC J103, Pin 4	vom LTC1446 DAC-Wandler
J101, Pin 5	MC J103, Pin 5	GND Masse

1.2.4 J102, SV +12V

J102 Stromversorgung der Baugruppe mit +12V

J102, Pin 1	+12V von einem Netzteil
J102, Pin 2	GND Masse

1.2.5 J103, Output

SMA Buchse für den HF-Ausgang des Generators.

1.2.6 J104, Programmer

J104 ist zum Programmieren des Rauschgenerator PIC18F13K22.

J104, Pin 1	MCLR, VPP, Programmierspannung
J104, Pin 2	+5V
J104, Pin 3	GND, Masse
J104, Pin 4	RA0, PGD, Daten
J104, Pin 5	RA1, PGC, Takt

1.2.7 J105, Relais

J105 ist die Verbindung zur MC-Platine J105 für die Ansteuerung der Relais.
Die Verbindung zur MC-Platine ist nicht 1 zu 1.

J105, Pin 1	MC J105, Pin 8	12V vom ULN2003
J105, Pin 2	MC J105, Pin 7	Relais K103, ATT64dB 2
J105, Pin 3	MC J105, Pin 6	Relais K104, ATT16dB
J105, Pin 4	MC J105, Pin 5	Relais K105, ATT32dB
J105, Pin 5	MC J105, Pin 4	Relais K107, ATT64dB 1
J105, Pin 6	MC J105, Pin 3	Relais K102, noise white
J105, Pin 7	MC J105, Pin 2	Relais K101, noise pink
J105, Pin 8	MC J105, Pin 1	Relais K106, ATT8dB

1.2.8 J106, SVmc

J106 Stromversorgung für die MC-Platine J104 SV.

J106, Pin 1	MC J104, Pin1	+5V
J106, Pin 2	MC J104, Pin2	GND Masse
J106, Pin 3	MC J104, Pin3	+12V

1.3 Auflöten des DDS-AD9834

Das Auflöten des AD9834 erscheint sehr schwierig. Ich beschreibe kurz wie ich das mache. Zuerst streiche ich die Löt pads ganz dünn mit eine Kolophonium-Lösung ein. Da platziere ich den IC möglich genau und löten ein seitliches Pin an. dass der IC nur wenig verrutschen kann. Noch einmal ausrichten und ein Pin gegenüber anlöten. Stimmt jetzt die Position, können alle Pins verlötet werden, so wie im folgenden Bild. Aber trotzdem sparsam mit dem Lötzinn umgehen.



Es macht nichts wenn durch Lötzinn Brücken entstehen. Mit Entlötlitze an den Pins wird das Lötzinn abgesaugt. Alle Brücken verschwinden. Siehe folgendes Bild.



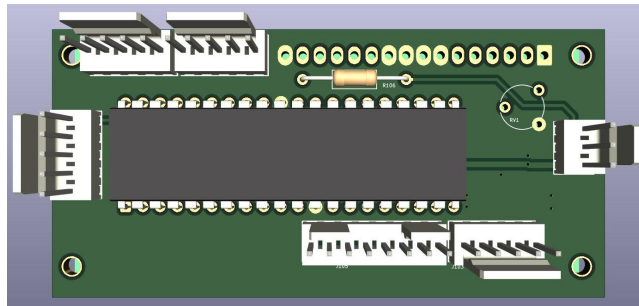
Jetzt sehen die Lötstellen perfekt aus. Der Bilder stammen vom Einlöten eines FI323RL ICs. Dieser hat einen ähnlichen Pad-Abstand.

1.4 Kontrolle der Relais-Dämpfungsglieder

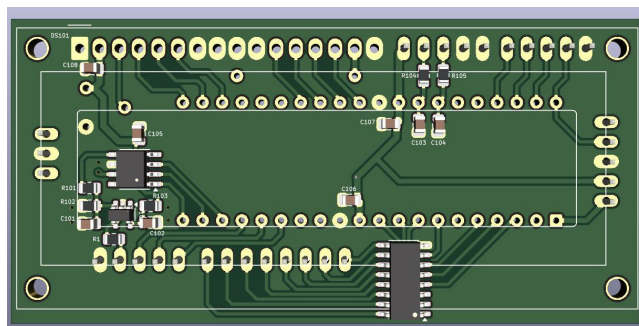
Es hat sich gezeigt, dass eine einfache Kontrollmessung mit dem Ohmmeter an den ATT-Relais Pin 4 und Pin 5 gegen Masse/GND sinnvoll ist. Der Widerstand Pin 4 und GND hat immer die gleiche Größe wie an Pin 5 und GND. Ist das nicht der Fall stimmt etwas nicht. Entweder eine kalte Lötstelle oder ein Widerstand defekt. Das war bei mir der Fall, am 8 dB-Glied war ein Widerstand 120 Ohm defekt. Optisch war nichts zu erkennen.

MC-Platine

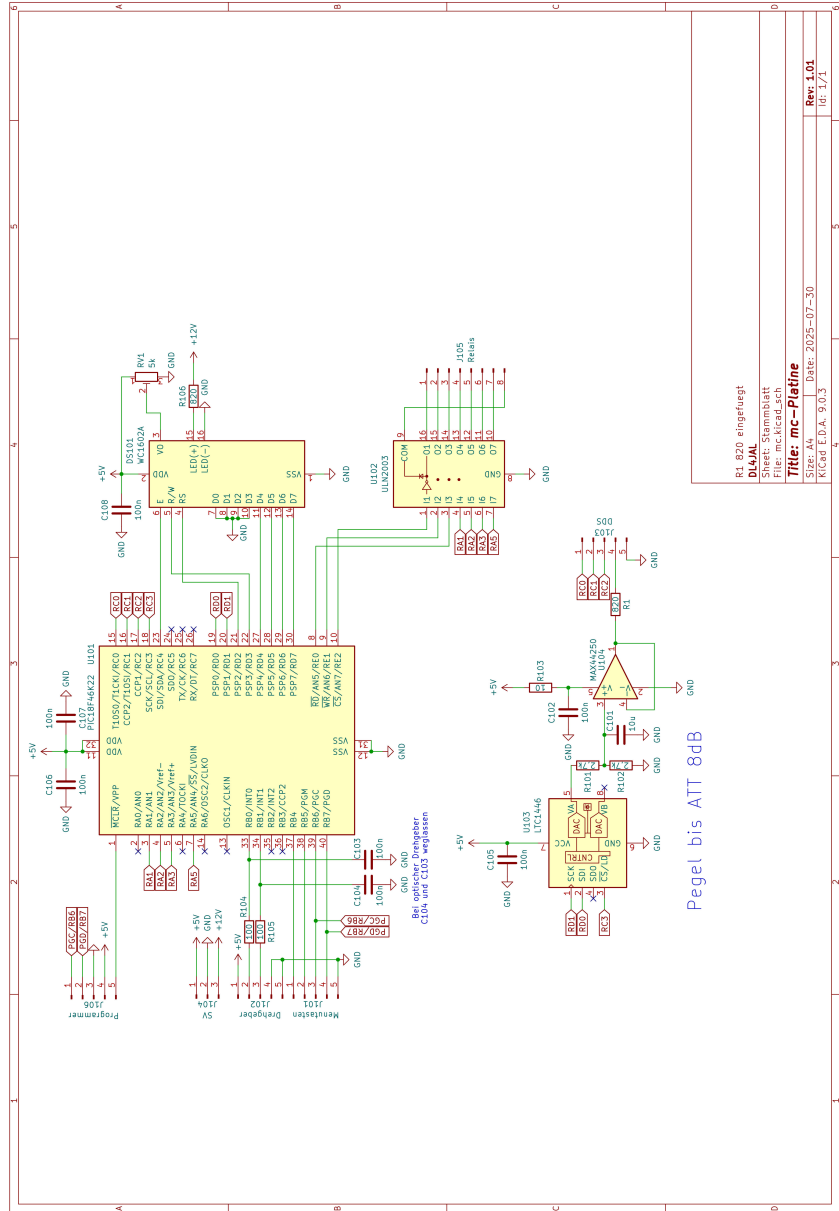
Die 3D-Ansicht der MC-Platine. Die MC-Platine steuert die Generator-Platine und hat auch alle Bedienelement und die Displayanzeige.

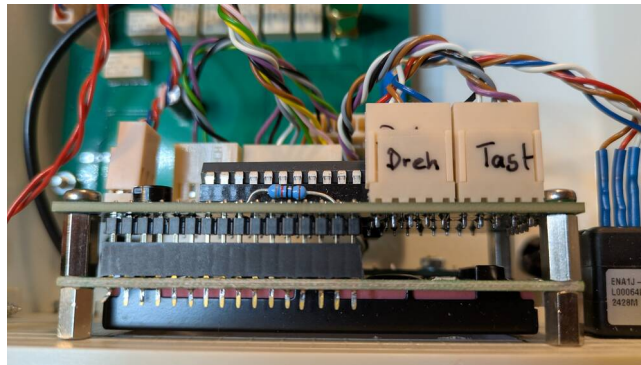


Oben links die Steckerbuchsen für die Bedientasten daneben die Steckerbuchse für den Drehgeber. Links in der Mitte die 5-polige Steckerbuchse ist für die Programmierung des PIC18F46K22. Rechts die 3-polige Steckerbuchse ist für die Stromversorgung 5V und 12V. Unten rechts die beiden Steckerbuchsen sind für die Relaisansteuerung und die DDS-Ansteuerung. In der Mitte der PIC18F46K22 als DIL. Das Display wird von unten aufgesteckt.



In der 3D-Darstellung habe ich das Display weggelassen, damit wir die ICs sehen können. Links mitte der DAC-Wandler 12 Bit-LTC1446 für die Pegelreglung 0dB bis -8dB des DDS. Darunter ein OPV MAX44250 zur Entlastung des Ausgangs des DAC-Wandlers. Unten mitte der ULN2003 für die Ansteuerung der Relais.





Die MC-Platine wird im Abstand von etwa 8 mm an die Front des Gehäuses geschraubt. Zwischen Display und MC-Platine habe ich Bolzen mit 10 mm Länge verwendet.

2.1 Funktionsbeschreibung der MC-Platine

Die MC-Platine steuert alles auf der Grundplatten. Die Relais für die Signalauswahl und die Relais des Attenuators werden geschaltet. Das IC ULN2003 U102 ist ein Treiber-ICs für das Schalten der Relais.

Der DDS AD9834 wird eingestellt und mit dem DA-Wandler U103, LTC1446 wird am Pin 1 des DDS AD9834 der Pegel des DDS-Ausgangssignales im Bereich von 0dB bis 8dB Dämpfung eingestellt.

Weiterhin wird mit dem PIC18F46K22 die Tastenabfrage, die Abfrage des Drehgebers und die Anzeige des LCD Displays 16x2 durchgeführt.

Im PIC18F46K22 befindet sich die umfangreiche Software zur Steuerung des Generators. Die Beschreibung dazu erfolgt in einer weiteren PDF.

2.2 Stecker-Buchsen MC-Platine, Verbindungen

Die Montage der Steckverbindungen habe ich im Kapitel [1.2.1](#) auf Seite [7](#) beschrieben.

2.2.1 J101, Menutasten

5 Litzen werden direkt an die Tasten-Platine angelötet und an J101 angesteckt.

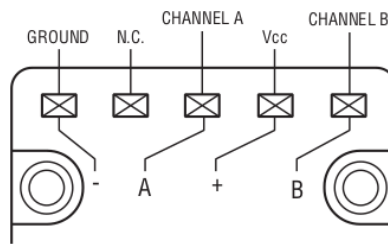
J101, Pin 1	Taste 1
J101, Pin 2	Taste 2
J101, Pin 3	Taste 3
J101, Pin 4	Taste 4
J101, Pin 5	GND, Masse

2.2.2 J102, Drehgeber

4 Litzen werden direkt an den Drehgeber angelötet und an J102 angesteckt.

J101, Pin 1	Drehgeber VCC	+5V
J101, Pin 2	Drehgeber Channel A	Impulse
J101, Pin 3	Drehgeber Channel B	Drehrichtung
J101, Pin 4	Drehgeber Ground	GND, Masse
J101, Pin 5	frei	GND, Masse

TERMINATION DIAGRAM



2.2.3 J103, DDS

Belegung und Verbindungen, siehe J101, Generator-Platine [1.2.3](#) auf Seite [8](#).

2.2.4 J104, SV

Belegung und Verbindungen, siehe J106, Generator-Platine [1.2.8](#) auf Seite [9](#).

2.2.5 J105, Relais

Belegung und Verbindungen, siehe J105, Generator-Platine [1.2.7](#) auf Seite [9](#).

2.2.6 J106, Programmer

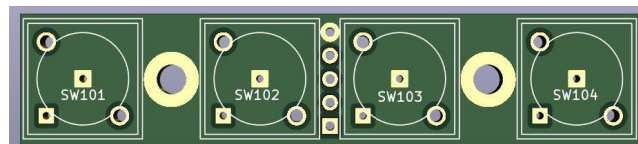
J106 ist zum Programmieren des PIC18F46K22. Diese Stecker-Buchse wird benötigt, wenn der PIC zum Programmieren in der Fassung bleibt.

J104, Pin 1	RB6, PGC
J104, Pin 2	RB7, PGD
J104, Pin 3	GND, Masse
J104, Pin 4	+5V
J104, Pin 5	MCLR, VPP

Kapitel 3

Menütasten-Platine

Es folgt noch die kleine Platine für die 4 Bedientasten.



Für die Bedienung sind diese 4 Tasten vorgesehen und ein optischer Drehgeber mit 64 Schritte pro Umdrehung. Die Montage der Tasten sollte so angeordnet werden, dass die linken 3 Tasten unterhalb des Display symmetrisch angeordnet werden. Das ist notwendig, da im Display in Zeile 2 die Funktionsbeschreibung der Tasten erfolgt.



Zuordnung der Tastenfunktionen mit Hilfe des Displays. Linke Taste „OK“, zweite Taste „Abbruch“ und dritte Taste „next“, weiter zum nächsten Punkt. „next“ geht auch mit dem Drehgeber.

Kapitel 4

Technische Daten des Generators

Frequenzen, Pegel:

HF-Sinus (1 Hz) bis 30 MHz. Unterhalb von 100 Hz fällt der Pegel ab. Der Ausgang des Verstärkers AD8009 ist mit einem Kondensator 100uF abgeschlossen. Die kleinsten Frequenzschritte sind 1 Hz.

HF-Sinus-Pegel Bei einer Impedanz von 50 Ohm ist der Pegel von Maximal (etwas $> 0\text{dBm}$) bis -128 dBm in $0,1\text{ dB}$ Schritten einstellbar. Bei 30 MHz fällt der maximale Pegel etwas ab, auf etwa -2 dBm . Bei hohen Frequenzen und kleinem Pegel ($< -60\text{ dBm}$) beträgt der Einstellfehler etwa $+3\text{ dB}$. Das kommt vom Übersprechen im Attenuator. Abhilfe schafft hier ein zusätzliches externes Dämpfungsglied

HF-Dreieck (1 Hz) bis 1 MHz. Bei höhere Frequenzen würde das Dreiecksignal durch die Tiefpässe verformt.

HF-Dreieck-Pegel Bei einer Impedanz von 50 Ohm ist der Pegel von Maximal (etwas $> 0\text{dBm}$) bis -128 dBm in $0,1\text{ dB}$ Schritten einstellbar.

NF-Sinus-Audio (1 Hz) bis 20 kHz. Unterhalb von 100 Hz fällt der Pegel ab, durch den Kondensator 100 uF am Ausgang des letzten Tiefpasses. Eine Gleichstromkopplung war in der Schaltung nicht möglich.

NF-Audio-Pegel Die Impedanz bleibt 50 Ohm. Das ist ein Kompromiss. Der einstellbare Pegel wird in dBV angezeigt und ist einstellbar von etwa (-10 dBV) bis -141 dBV in $0,1\text{ dB}$ Schritten.

Noise white „Weißes Rauschen“ wird mit einem PIC18F13K22 digital mit einem SW-Zufallsgenerator erzeugt. Bandbreite von 10 Hz bis etwa 20 kHz.

Noise pink „Rosa Rauschen“ entsteht aus dem „Rauschen weiß“. Die höheren Frequenz im NF-Spektrum werden abgeschwächt.

Beide Noise Pegel Der Pegel des Rauschsignales kann über den Attenuator abgesenkt werden. Es funktionieren nur die 8 dB Stufen der Relais im Attenuator. Der Pegel wird nicht im Display angezeigt nur die Attenuator-Werte in dB.

Nebenwellen Die Nebenwellen im HF-Spektrum sind kleiner -40 dB. Beim DDS AD9834 sind im Datenblatt angegeben -50 dB Nebenwellenfreiheit. Es kommt aber noch das IM3 des Verstärkers AD8009 hinzu. Deshalb sind die -50 dB nicht erreichbar. Im NF-Bereich sind die Nebenwellen kleiner -50 dB.

Frequenzgenauigkeit Die Frequenzgenauigkeit hängt vom Taktquarz (80 MHz) des DDS ab. Mit dem einfachen Quarz und genauer Kalibrierung kommen wir aber bei 30 MHz auf ± 15 Hz. Bei kleiner Frequenz ist die Genauigkeit entsprechend besser.

Pegelgenauigkeit Die Genauigkeit des Pegels hängt von der Kalibrierung ab. Der Pegel-Frequenzgang des DDS wird mit Frequenzstützpunkten mathematisch korrigiert. Die Pegel der Frequenz-Stützpunkte werden bei der Kalibrierung eingestellt. Schätzungsweise beträgt die Abweichung der Pegel-einstellung nach einer genauen Kalibrierung ± 1 dB (Im Bereich > 0 dBm bis etwa -60dBm).

Kapitel 5

Schlusswort

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau).

Ich wünsche viel Spaß beim Basteln.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de

🌐 www.dl4jal.de