

**HF/NF-Funktions-Generator und
Rauschgenerator
von DL4JAL**

Andreas Lindenau DL4JAL

15. September 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 7,029835 MHz und Pegel -73 dBm. Die Frequenzauflösung habe ich reduziert auf 1 Hz und nicht 0,1 Hz. Rein rechnerisch ist mit dem DDS AD9834 der kleinste Frequenzschritt bei 80 MHz Taktfrequenz 0,3 Hz. Ich habe mich vom DDS AD9951 bei der Entwicklung der SW leiten lassen. Angesteckt ist das externe Dämpfungsglied von 48 dB. In Zeile 2 auf der linken Seite ist das externe Dämpfungsglied in der Software mit aktiviert. Bei allen Pegelberechnungen werden die 48 dB jetzt mit berücksichtigt.

Inhaltsverzeichnis

1	Die Softwarebeschreibung	2
1.1	Die Programmierung des DDS AD9834	2
1.1.1	Programmierung der Frequenz	2
1.1.2	Pegeleinstellung an Pin „FS Adjust“	3
1.2	Die Bedienung des Generators	4
1.2.1	Funktionen der Tasten	5
1.2.2	Einstellung des Ausgangspegel	6
1.2.2.1	Pegelanzeige S-Meter	7
1.2.3	Einstellung Attenuator EXTERN	8
1.3	Die SETUP-Funktionen	8
1.3.1	Kalib. Frequenz	8
1.3.2	Kalib. DAC/dB	9
1.3.3	Kalib. Att.Step	11
1.3.3.1	Änderung der 32 dB-Glieder auf 24 dB	12
1.3.4	Kalib. DDS.dBm	12
1.3.5	Frq-Sinus max.	14
1.3.6	Frq-Dreieck max.	14
1.3.7	Frq-Audio max.	15
1.3.8	Att-Maximum	15
1.3.8.1	Änderung der 32 dB-Glieder auf 24 dB	15
1.3.9	Anz. dBV ein/aus	15
1.3.10	Drehgeber Dir	16
1.4	Der Rauschgenerator	16
2	Schlusswort	18

Kapitel 1

Die Softwarebeschreibung

Die Software im PIC18F46K22 wurde wieder in Assembler unter Linux geschrieben. Der Quelltext ist nur kompatibel mit dem Assembler „gpasm“ und Linker „gplink“ aus dem Linux-Paket „gputils“. Der Quelltext hat einen Umfang von etwa 4800 Zeilen. Dazu kommt noch die Bibliothek für die Gleitpunktberechnungen und die Bibliotheken der HF-Berechnungen. Alles selbst in Assembler geschrieben.

1.1 Die Programmierung des DDS AD9834

Der DDS AD9834 ist ein „low power DDS device“. Vom ADD9834 gibt es zwei verschiedenen Ausführungen einmal den „AD9834BURZ“ mit einer maximalen Taktfrequenz von 50 MHz und den „AD9834CURZ“ mit einer maximalen Taktfrequenz von 75 MHz. Wir verwenden den „AD9834CURZ“ in unserem Generator und übertakten ihn mit 80 MHz. Das hat bis jetzt immer gut funktioniert.

1.1.1 Programmierung der Frequenz

Das Frequenzregister hat eine Länge von 28 Bit. Als erstes möchte ich wissen was der kleinste einstellbare Frequenzschritt ist. Wir berechnen den kleinsten programmierbaren Frequenzschritt.

$$Auflösung = \frac{Taktfrequenz}{maxFrequenzregister} = \frac{80000000}{2^{28}} = 0,298Hz$$

Also muss ich die Frequenzanzeige anpassen. Die Anzeige von 0,1 Hz ist nicht realistisch. 1 Hz Auflösung reicht.

Wollen wir die Frequenzangabe für den AD9834 programmieren, muss als erstes das Frequenzregister berechnet werden und anschließend wird dieses 24 Bit-Register seriell in den AD9834 geladen. Wie das der Reihe nach gemacht wird, ist dem Datenblatt des AD9834 zu entnehmen. Es werden nur 3 Pins zum seriellen Laden des AD9834 benötigt. Als Beispiel für die Berechnung des Frequenzregisters nehmen wir 7,030 MHz.

$$Frq - Register = \frac{2^{28}}{Takt} * Frequenz = \frac{268435456}{80000000} * 7030000 = 23588765,7$$

Das Ergebnis Runden wir auf 23588766 und wandel in HEX $0x0167EF9E$. Laden wir diese HEX-Zahl in den DDS wird die Frequenz 7,030 MHz erzeugt und am Pin „IOUT“ und „IOUTB“ ausgegeben. Wir nutzen nur „IOUT“, „IOUTB“ wird mit 200 Ohm abgeschlossen.

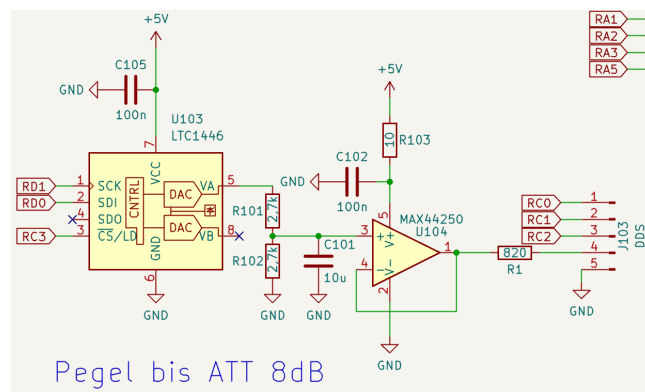
Die Kurvenform an „IOUT“ kann wahlweise in Sinus oder in Dreieck umprogrammiert werden.

1.1.2 PegelEinstellung an Pin „FS Adjust“

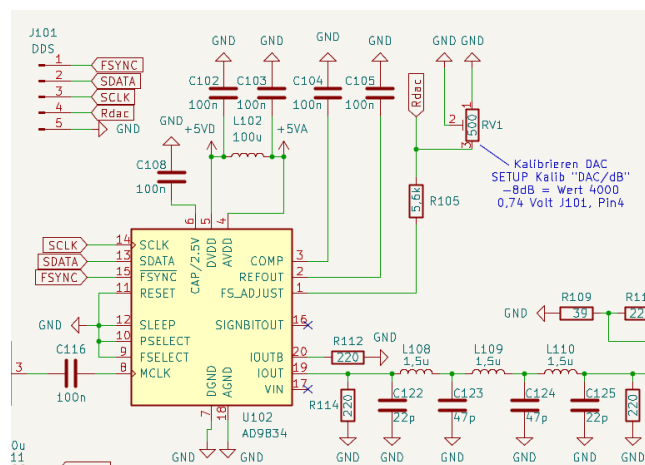
Der AD9834 hat kein Register zum Einstellen der Amplitude wie der AD9951. Um dennoch den Pegel um etwa 8dB zu verringern nutze ich einen Trick.

Normal wird das Pin „FS Adjust“ mit einem Widerstand beschaltet (default 6,8 kOhm). Mit der Größe des Widerstandes ändert sich die Amplitude des Ausgangssignales. Findige Bastler haben heraus gefunden, dass die Amplitude auch durch das Anlegen einer zusätzlichen Gleichspannung beeinflusst werden kann.

Ich nutze den DAC-Wandler LTC1446 (Wandlerbreite 12 Bit) zur PegelEinstellung am AD9834.



Der LTC1446 gibt mit hoher Auflösung (12 Bit) eine Gleichspannung aus. Die Gleichspannung geht auf einen Spannungsteiler und anschließend im OPV MAX44250 niederohmig ausgegeben, über den Widerstand in Serie von 820 Ohm.



Die Gleichspannung wird über die Steckverbindung zu Generator-Platinen weiter geleitet zum Einstellregler 500 Ohm. Die 820 Ohm und 500 Ohm ergeben wieder einen Spannungsteiler. R105 5,6 kOhm und RV1 500 Ohm ergeben zusammen 6,1 kOhm als Widerstand am Pin „FS Adjust“. Etwa die Größe wie im Datenblatt angegeben. Mit einer Gleichspannung an „Radc“ können wir zusätzlich den Pegel regeln:

0 Volt an Rdac der maximale Pegel wird an Pin „IOOUT“ ausgegeben.

0,74 Volt an Rdac der Pegel an Pin „IOOUT“ ist um 8 dB kleiner.

Mit dieser Anordnung erhalten wir eine sehr feine Pegelreglung zwischen $0dB$ und $-8dB$. Das ist genau unser Ziel. Die groben Abstufungen bis $-128dB$ werden anschließend mit schaltbaren Dämpfungsglieder in $8dB$ Schritten gemacht.

1.2 Die Bedienung des Generators



Die Beschreibung der Tasten-Funktionen erfolgt manchmal im Display Zeile 2. Deshalb ist es notwendig die drei tasten unter dem Display anzuordnen. Die Taste 4 ist dann etwas weiter rechts. Der schwarze Drehknopf rechts ist der optische Drehgeber.

Für die Bedienung habe ich 4 Tasten und einen optischen Drehgeber vorgesehen. Der Drehgeber hat 64 Impulse pro Umdrehung. In der Software verdopple ich die Impulse pro Umdrehung auf 128 Impulse, durch die Nutzung der steigende und fallenden Impulsflanke. Somit ist ein flüssiges Einstellen der Frequenz möglich. Der optische Drehgeber dürfte auch eine größere Lebensdauer haben im Vergleich zu einem billigen mechanischen Drehgeber.

1.2.1 Funktionen der Tasten

Taste von links nach rechts	Tastendruck kurz	Tastendruck lang 1000msec
Taste 1	Schrittweite ändern	Konfiguration save
Taste 2	Frequenz/Pegel	Attenuator extern einstellen
Taste 3	Frequenzeinstellung aktiv: Kurven-Modus ändern	Frequenz-Memory
Taste 3	Pegeleinstellung aktiv: Pegelanzeige ändern	Frequenz-Memory
Taste 4	Attenuator extern einstellen	SETUP

Schrittweite ändern [Taste 1 kurz] Um schnell die Frequenz von 1 Hz bis 30 MHz zu ändern, ist es notwendig die Schrittweite der Frequenzänderung zu wechseln. Folgende Schrittweiten sind möglich 100 kHz, 1 kHz, 10 Hz und 1 Hz. Nach 1 Hz beginnt die Schrittweite wieder mit 100 kHz. Der Cursor wandert zu entsprechenden Dezimalstelle.

Frequenz/Pegel [Taste 2 kurz] Der Drehgeber ist einmal für die Frequenzeinstellung oder für die Pegeleinstellung. Der erste Tastendruck wechselt zur Pegeleinstellung 1 dB-Schritte. Der zweite Tastendruck 0,1 dB-Schritte und ein weiterer Tastendruck wieder zu Frequenzeinstellung. Es ändert sich die Funktion der *Taste 3 kurz* je nach dem was für eine Einstellung aktiv ist, Frequenz oder Pegel.

Frequenzeinstellung aktiv: Kurven-Modus ändern [Taste 3 kurz] Folgende Einstellungen sind möglich:

Sinus Kurvenform „Sinus“. Frequenzbereich 1 Hz bis 30 MHz. Pegelanzeige in „dBm“.

Dreieck Kurvenform „Dreieck“ Frequenzbereich theoretisch auch bis 30 MHz, aber der Tiefpass verformt die Kurve bei hohen Frequenzen. Ich habe im SETUP die Grenze von 1 MHz eingestellt.

NF-Audio Kurvenform „Sinus“. Frequenzbereich 1 Hz bis 20 kHz. Pegelanzeige in „dBV“.

Noise white „Weißes Rauschen“ im NF Bereich etwa 10 Hz bis 20 kHz.

Noise pink „Rosa Rauschen“ im NF Bereich etwa 10 Hz bis 20 kHz. Die hohen NF-Frequenz sind abgesenkt.

Pegeleinstellung aktiv: Pegelanzeige ändern, Kurvenform „Sinus“ [Taste 3 kurz] 4 verschiedene Einstellungen sind möglich:

- 1 Pegelanzeige in „dBm“ und „Volt“.
- 2 Pegelanzeige in „dBm“ und „Watt“.
- 3 Pegelanzeige in „dBm“, „Volt“ und S-Meter-Wert.
- 4 Pegelanzeige in „dBm“, „Watt“ und S-Meter-Wert.

Pegeleinstellung aktiv: Pegelanzeige ändern, Kurvenform „Dreieck, Audio“ [Taste 3 kurz] Es wird immer „Vss“ angezeigt.

Konfiguration save [Taste 1 lang] Die Frequenzeinstellung, Pegelinstellung und Kurvenform wird im Eeprom des PIC gespeichert.

Attenuator extern einstellen [Taste 4 kurz oder Taste 2 lang] Wird ein externes Dämpfungsglied eingefügt ist es schön wenn im Display der entsprechend richtige Pegel angezeigt wird. Das externe Dämpfungsglied kann von 0 dB (keine Dämpfung) bis maximal 99 dB betragen.

Frequenz-Memory [Taste 3 lang] Ich habe 50 Speicherplätze für Frequenzen programmiert. Die Speicherplätze 41 bis 50 sind vorbelegt mit den QRP-Frequenzen CW im Kurzwellenbereich. Mit „Get“ wird der Speicherplatz gelesen und mit „Set“ überschrieben mit der eingestellten VFO-Frequenz.

SETUP [Taste 4 lang] Die SETUP-Funktionen werden aufgerufen.

1.2.2 Einstellung des Ausgangspegel

Ich habe einen Attenuator von 128 dB in der Hardware vorgesehen. Den Einstellbereich habe ich zu groß gewählt. Bei hohen Frequenzen ist ab etwa -60dBm ein Übersprechen messbar. Das ist ja eigentlich ganz verständlich. Es wird ja nichts abgeschirmt in den einzelnen Dämpfungsgliedern.

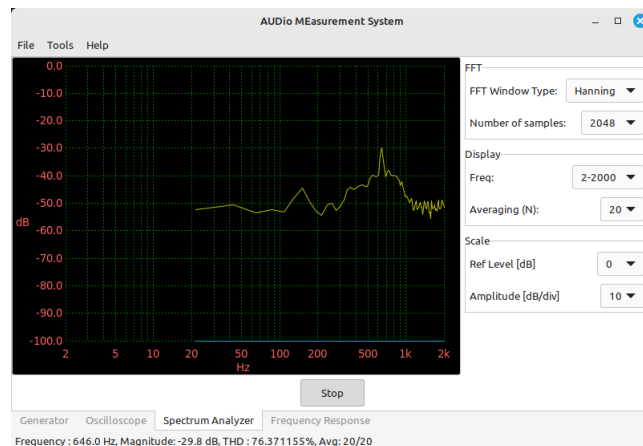
Abhilfe schaffen hier zusätzliche externe Dämpfungsglieder. Ich habe das getestet an meinem TRX „PicAStar“ und bei 28,060 MHz die Grenzemphindlichkeit gemessen. Mit zwei zusätzlichen externen Dämpfungsgliedern, eins 30 dB direkt am Ausgang des Generators und eins 20 dB am TRX-Eingang. Damit konnte ich sehr genau die Grenzemphindlichkeit ermitteln.

Es folgt noch ein zweites Beispiel mit Bildern. Messung der Empfindlichkeit meines QRP-TRX BM10 mit Steckmodul 40m.



Hier wird das externe Dämpfungsglied noch mit „A:“ dargestellt. In der aktuellen Software habe ich jetzt ein Widerstandssymbol programmiert.

Einstellung 40m-Band QRP-Frequenz zwei externe Dämpfungsglieder 30 dB + 20 dB.



Im Spektrum sehen wir die Spitze des Signales etwa 5 dB heraus ragen. Der BM10 ist sehr Empfindlich.

1.2.2.1 Pegelanzeige S-Meter

Steht der Cursor auf Pegeländerung kann mit der *Taste 3* die Pegelanzeige in Zeile 1 geändert werden. Diese 4 Möglichkeiten der Anzeige gibt es. Es muss aber vorher mit *Taste 2* auf Pegeländerung geschaltet werden, so dass die Frequenzanzeige verschwindet.

- 1 Pegelanzeige in Zeile 2 „dBm“ und in Zeile 1 „Volt“.
- 2 Pegelanzeige in Zeile 2 „dBm“ und in Zeile 1 „Watt“.
- 3 Pegelanzeige in Zeile 2 „dBm“, in Zeile 1 „Volt“ und S-Meter-Wert.
- 4 Pegelanzeige in Zeile 2 „dBm“, in Zeile 1 „Watt“ und S-Meter-Wert.



Stimmt der dBm-Pegelwert genau mit dem dafür bestimmten S-Wert überein erscheint vor dem S-Wert der Stern „*“.



Bei allen dBm-Zwischenwerten verschwindet der Stern „*“ vor dem S-Wert, wie rechts im Bild zu sehen. Noch S-Wert „9“ aber der Pegel steht nicht auf -73 dBm sondern -75 dBm.

Ich lege die genormten Werte von 6 dB pro S-Stufe zu Grunde!

1.2.3 Einstellung Attenuator EXTERN

Funktionsaufruf **Taste 4 kurz oder Taste 2 lang**. Wird ein externes Dämpfungsglied angeschlossen wäre es schön wenn im Display der entsprechend richtige HF-Pegel angezeigt wird. Eingestellt werden kann von 0 dB (kein externes Dämpfungsglied) bis maximal 99 dB. In der zweiten Zeile links wird der Wert der zusätzlichen externen Dämpfung angezeigt. Bei 0 dB (keine externes Dämpfungsglied) wird nichts angezeigt.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 „OK“ Start der Funktion

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion

Taste 3 „0dB“ kein externes Dämpfungsglied angesteckt.



Als Beispiel die Einstellung am Generator „-121 dBm“. Die 48 dB des externen Dämpfungsgliedes wird bei der Anzeige mit verrechnet. In Wirklichkeit erzeugt der Generator „-73 dBm“ das sind 48 dB mehr. Am Ausgang des externen Dämpfungsgliedes liegen aber die „-121 dBm“, wie im Display angezeigt, an.

1.3 Die SETUP-Funktionen

Drücken wir die Taste 4 eine Sekunde lang erscheint im Display

„==== SETUP ===“.

Lassen wir die Taste wieder los wird in Zeile 1 des Displays die erste Funktion angezeigt. In Zeile 2 werden 3 weiterführende Schritte angezeigt.

Taste 1 „OK“ Start der Funktion in Zeile 1.

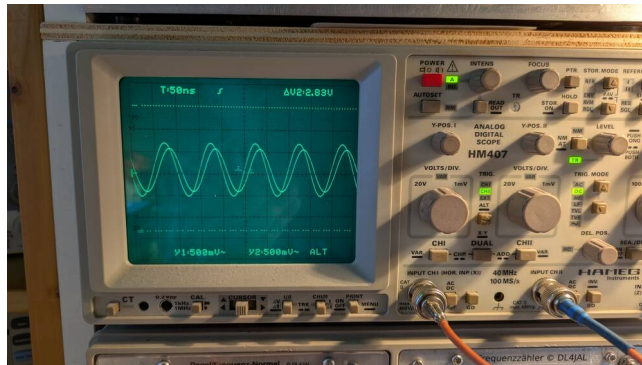
Taste 2 „Abbruch“ des SETUP

Taste 3 „next“ zur nächsten Funktion. Das geht aber auch mit dem Drehgeber.

1.3.1 Kalib. Frequenz

Mit der Funktion „Kalib. Frequenz“ wird die Frequenzgenauigkeit kalibriert (eingestellt). Der Oszillator für die Taktfrequenz 80 MHz des DDS, AD9834 erzeugt nicht genau die Frequenz 80,000000 MHz sondern liegt immer etwas daneben. Für die Berechnung des 28 Bit Frequenzregister legen wir aber 80,000000 MHz zugrunde. Also stimmt auch unsere Berechnung nicht genau und die im DDS erzeugte Frequenz liegt auch etwas daneben.

Deshalb ist es erforderlich die genaue Frequenz des Taktes zu ermitteln. In dieser Funktion wird die Ausgabefrequenz des DDS auf genau 10,000000 MHz programmiert. Das Frequenzregister wird mit der im Display angezeigten Taktfrequenz berechnet. Verändern wir die Taktfrequenz mit dem Drehgeber ändert sich auch die Ausgabefrequenz 10 MHz leicht.



Zum Vergleich der 10 MHz mit einer genauen 10 MHz Quelle (z.B. GPS Frequenznormal 10 MHz) nutze ich einen alten analogen 2 Kanal Oszillograph. Erst wenn beide Kanäle genau 10 MHz darstellen bleiben die Schwingungen stehen und wandern nur ganz langsam hin und her.



Ist das der Fall haben wir die tatsächliche Taktfrequenz eingestellt und gefunden. Jetzt brauchen wir sie nur noch abspeichern und am besten gleich die neue Taktfrequenz notieren.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „Step“ Schrittweite ändern (1Hz, 1kHz und 1MHz)

Taste 4 keine Funktion.

1.3.2 Kalib. DAC/dB

Alle Dämpfungswerte von -1 dB bis -8 dB müssen einem DAC-Wert zugeordnet werden.

Wer kein Pegel-Messgerät besitzt sollte folgendermaßen vorgehen:

Taste 1 drücken nach „0dB“ kommt als nächstes „-8dB“. Bei „-8dB“ beträgt der DAC-Wert 4000. Mit einem Spannungsmessgerät messen wir auf der Generator-Platine an J101, DDS Pin 4 die Spannung. Dort sollten 0,739 Volt anliegen. Mit

dem Einstellregler RV1 500 Ohm können wir nachjustieren bis genau 0,739 Volt anliegen. Die DAC-Werte für die Dämpfung -7 dB bis -1 dB sind voreingestellt. Mit Taste 3 „OK“ speichern wir alles ab.

Wer ein genaues Messgerät für den Pegel besitzt kann ja jeden einzelnen dB-Punkt kontrollieren und eventuell korrigieren. Abschließend das Speichern mit Taste 3 „OK“ nicht vergessen.

Bei der Benutzung des Generators werden alle Pegelzwischenwerte durch interpolieren der DAC-Werte ermittelt.

Folgende DAC-Zahlenwerte habe ich bei meinem Mustergerät ermittelt:

0 dB DAC = 0.

-8 dB DAC = 4000.

-7 dB DAC = 3710.

-6 dB DAC = 3378.

-5 dB DAC = 2998.

-4 dB DAC = 2550.

-3 dB DAC = 2040.

-2 dB DAC = 1443.

-1 dB DAC = 777.

Es folgen noch Bilder als Beispiel zur Messung von „0 dB“ und „-8 dB“. Die Voreinstellung der Frequenz ist genau 10 MHz.



Beide Messergebnisse ergeben Subtrahiert -8,01 dB. Fast genau wie es sein sollte, mit 0,01 dB Abweichung.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 -- > nächste dB-Zahl

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 4 keine Funktion.

1.3.3 Kalib. Att.Step

Hier werden die Dämpfungen der 5 Relais im Attenuator eingestellt. **Da wir Widerstände mit 0,1% Abweichung eingebaut haben, ist eine Korrektur der vorgegeben Werte nicht notwendig, aber möglich.**

Die Dämpfungsglieder sind als PI-Glied angeordnet und Widerstände aus der E24-Reihe 0,1% Tolleranz eingesetzt:

Relais K103, K105, K107 (32 dB) Widerstände 51 Ohm0,1%, 1 kOhm0,1%, 51 Ohm0,1%. Berechnete Dämpfung = 32,298 dB.

Relais K104 (16 dB) Widerstände 68 Ohm0,1%, 150 Ohm0,1%, 68 Ohm0,1%. Berechnete Dämpfung = 15,921 dB.

Relais K106 (8 dB) Widerstände 120 Ohm0,1%, 51 Ohm0,1%, 120 Ohm0,1%. Berechnete Dämpfung = 7,749 dB.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 - > nächste ATT Relais

Taste 2 „Abbr.“ Abbruch der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 4 „Rel.“ Relais EIN/AUS für die Kontrollmessung der Pegeländerung.

K106: - 7,78dB --> Abbr. OK Rel	K104: -15,80dB --> Abbr. OK Rel
---------------------------------------	---------------------------------------

Linkes Bild das „8 dB-Glied“ in Zeile 1 das entsprechende Relais und sein tatsächlicher Dämpfungswert dazu und rechts das Bild vom „16 dB-Glied“ in Zeile 1 wieder das entsprechende Relais und die dazu gehörige Dämpfung in dB.

K105: -24,13dB --> Abbr. OK Rel	K107: -24,13dB --> Abbr. OK Rel
K103: -24,15dB --> Abbr. OK Rel	

Es folgen noch die 3 Dämpfungsglieder mit **neu** 24 dB. Mit der *Taste 4* kann das Relais, zum nachmessen der Dämpfung, EIN bzw. AUS geschaltet werden. Wer die Möglichkeit hat die Dämpfungswerte zu messen sollte die Messwerte im SETUP korrigieren.

Ich habe alle Glieder nachgemessen und entsprechend im SETUP eingetragen.

Die Zuordnung Dämpfungswerte zu den Relais-Nummern im Schaltplan:

Relais K103 32 dB oder neu 24 dB.

Relais K104 16 dB.

Relais K105 32 dB oder neu 24 dB.

Relais K106 8 dB.

Relais K107 32 dB oder neu 24 dB.

Die Software benutzt die im SETUP eingestellten Dämpfungswerte für die genaue Einstellung des Pegels.

1.3.3.1 Änderung der 32 dB-Glieder auf 24 dB

Ich habe den Attenuator etwas zu groß dimensioniert. Ich habe deshalb die 3x 32 dB-Glieder abgeändert auf geringere 24 dB. In dieser SETUP-Funktion kann das entsprechend angepasst werden.

Relais K103, K105, K107 (24 dB) Widerstände 56 Ohm1%, 390 Ohm0,1%, 56 Ohm1%. Berechnete Dämpfung = 24,009 dB. **Neue Einstellung mit dem Drehgeber 24,01 dB.**

Das betrifft die Glieder „K103, K105 und K107“ wo jeweils der neue tatsächliche Dämpfungswert mit dem Drehgeber eingestellt wird.

Die Widerstände *56 Ohm SMD 0603* habe ich bei „Reichelt“ nur in der Toleranz von 1% erhalten.

1.3.4 Kalib. DDS.dBm

Die Amplitude des DDS-Output ist je nach Frequenz unterschiedlich. Zu hohen Frequenzen hin fällt der Pegel etwas ab. Der maximale Ausgangs-Pegel des DDS wird an den Frequenzen 1kHz, 100kHz, 1MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz, 25MHz und 30MHz gemessen. Dabei wird alles berücksichtigt, die zwei Tiefpässe der OPV AD8009 usw.

Es gibt jetzt zwei Möglichkeiten der Messung zum Kalibrieren des Frequenzganges des Generators. Am Beginn der Funktion wird abgefragt wie der Pegel ausgegeben werden soll.



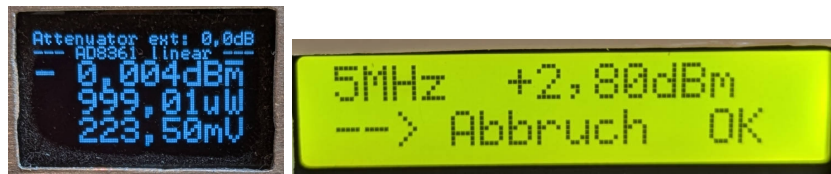
Tastenfunktionen beim Beginn der Funktion:

Taste 1 „0,0“ Vom maximale DDS-Pegel wird die Display-Einstellung subtrahiert. Mit dem Drehgeber den Pegel im Display verändern bis das Messgerät 0,00 dBm anzeigt. Dabei wird der Display-Wert vom max. Pegel mit dem DAC-Wandler um den Display-Wert reduziert so das echt 0,00 dBm ausgegeben werden.

Taste 2 „X“ Funktion wird abgebrochen. Keine Speicherung.

Taste 3 „max(dBm)“ Es wird der maximale Pegel am Generator ausgegeben. Die Einstellung im Display sollte diesem Wert entsprechen.

Die Variante „0,0 dBm“ ist meiner Ansicht nach die bessere. Man kann bei 0,0 dBm besser vergleichen.

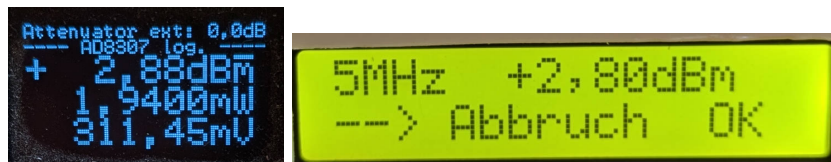


Im Beispiel 5 MHz. Mit dem Drehgeber habe ich $+2,80\text{dBm}$ eingestellt. Am Output des Generators liegen genau $0,00\text{ dBm}$ an. Gemessen mit dem AD8361. Das ist ein linearer Mess-IC mit sehr hoher Auflösung. Vorher habe ich den AD8361 am HP437B Referenzausgang kalibriert.



Ein Ausnahme ist der Frequenzpunkt „30MHz“. Mit meinem Muster-aufbau werden bei 30 MHz die $0,0\text{ dBm}$ nicht erreicht. Da stellen wir den Wert vom Messgerät ein. In diesem Fall weicht die Messung um $0,026\text{ dB}$ ab. Mit dem Drehgeber kann im Display rechts nachjustiert werden. Die richtige Einstellung im Display wäre: „ $-1,47\text{dBm}$ “.

Die Variante „max dBm“ kann nur mit einem genauen Pegel-Messgerät durchgeführt werden. Es wird der maximale Pegel von jedem Frequenz-Punkt ausgegeben.



In dieser Variante wird der Pegel am Ausgang des Generators gemessen. In unserem Beispiel wieder der Frequenzpunkt 5 MHz. Gemessen mit dem AD8307 in meinem Pegel-Messgerät. Der AD8307 geht nicht ganz so genau und hat keinen linearen Frequenzgang so wie der AD8361. Die Abweichung ist aber noch kleiner $0,1\text{ dB}$.

Das soll nur als Beispiel dienen wie das Kalibrieren des DDS-Frequenzganges durchgeführt wird.

Zum Abschluss werden alle neuen Einstellungen mit „OK“ im Eeprom abgespeichert.

Hier die Werte meines ersten Mustergerätes:

- 1 kHz $+3,00\text{ dBm}$
- 100 kHz $+4,65\text{ dBm}$
- 1 MHz $+3,25\text{ dBm}$
- 5 MHz $+2,80\text{ dBm}$

10 MHz +2,27 dBm

15 MHz +1,94 dBm

20 MHz +1,23 dBm

25 MHz +0,30 dBm

30 MHz -1,51 dBm

Ich denke die Pegel der Frequenzpunkte sind bei jedem Gerät etwas anders. Es geht vieles mit in die Messung ein, der Pegel am DDS-Ausgang, der erste Tiefpass, der AD8009 und der zweite Tiefpass. Die Zukunft wird es zeigen ob jeder die Kalibrierung hin bekommt.

Auch hier werden alle Pegel zwischen den Frequenzpunkten durch Interpolieren berechnet.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 -- > nächster Frequenz-Punkt

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 4 keine Funktion.

1.3.5 Frq-Sinus max.

Die maximale Frequenz der Sinus-Kurve wird hier eingestellt. Die Hardware ist maximal auf 30 MHz ausgelegt. Die Einstellung sollte also bleiben.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „Step“ Schrittweite ändern (1Hz, 1kHz und 1MHz)

Taste 4 keine Funktion.

1.3.6 Frq-Dreieck max.

Die maximale Frequenz der Dreieck-Kurve wird hier festgelegt. Default habe ich 1 MHz eingestellt, aber auch höhere Frequenzen sehen noch gut aus. Die Tiefpässe habe hier aber einen negativen Einfluss. Kontrollieren kann man das mit einem guten Oszilloskop. Eventuell funktionieren auch höhere Frequenzen noch gut.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „Step“ Schrittweite ändern (1Hz, 1kHz und 1MHz)

Taste 4 keine Funktion.

1.3.7 Frq-Audio max.

Audio-Frequenz Maximum habe ich 20 kHz gedacht. Wer etwas anderes will kann das hier ändern.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 „OK“ Speichern aller Werte

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „Step“ Schrittweite ändern (1Hz, 1kHz und 1MHz)

Taste 4 keine Funktion.

1.3.8 Att-Maximum

Der Attenuator ist überdimensioniert hier kann man den Dämpfungswert einschränken.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 keine Funktion

Taste 2 „Abbruch“ der Funktion ohne Speichern.

Taste 3 „OK“ Speichern

Taste 4 keine Funktion.

1.3.8.1 Änderung der 32 dB-Glieder auf 24 dB

Wurden die 32 dB-Dämpfungsglieder auf 24 dB reduziert muss auch das Att-Maximum reduziert werden. **Neue Einstellung 100 dB.**

1.3.9 Anz. dBV ein/aus

Im Audio-Modus wird der Pegel in „dBV“ angezeigt. Möchte man auch in einem anderen Kurven-Modus bei Frequenzen kleiner 20 KHz die Pegelanzeige in „dB“, so kann man das hier aktivieren.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 keine Funktion

Taste 2 „EIN“ Anzeige ein.

Taste 3 „AUS“ Anzeige aus.

Taste 4 keine Funktion.

1.3.10 Drehgeber Dir

Ich habe noch eine Einstellung für die Drehrichtung programmiert. Falls ein Drehgeber eingesetzt wird der eine andere Drehrichtung besitzt, kann das hier eingestellt werden. Man kann ja nie wissen.

Die Tastenfunktionen (in der Funktion):

Taste 1 keine Funktion

Taste 2 „norm.“ Drehrichtung normal.

Taste 3 „revers“ Drehrichtung anders herum.

Taste 4 keine Funktion.

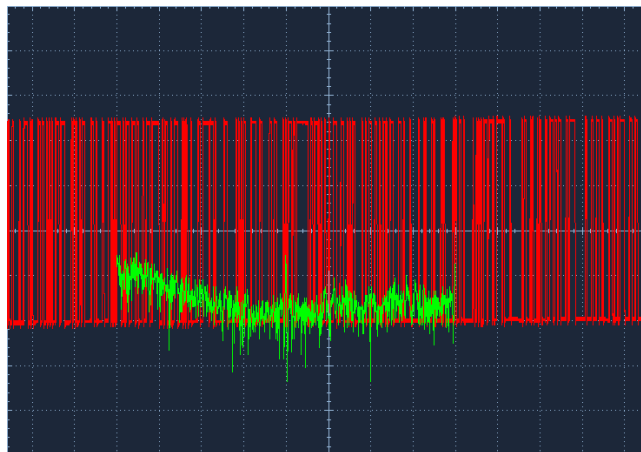
1.4 Der Rauschgenerator

Für das NF-Rauschen „Noise white“ und Noise pink“ wird ein separater PIC18F13K22 oder PIC18F14K22 verwendet. Der Assembler-Quelltext ist nicht von mir entwickelt. Den habe ich im Internet gefunden. Ursprünglich für einen PIC12F657 gedacht. Ich habe die Quellen für den PIC18F13K22 umgeschrieben und etwas angepasst.

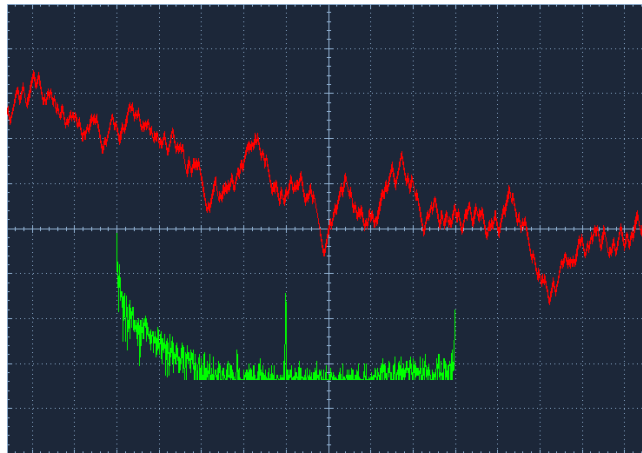
Der Quelltext ist ganz simpel. Es sind 2 Schieberegister eines mit 32 Bit und eines mit 24 Bit. Die einzelnen Bytes sind mit einem Grundmuster vorbelegt. Am Ausgangs-Pin des PIC entsteht ein Zufalls-Muster von Rechteckschwingungen die das NF-Rauschen darstellen. Die Verteilung ist so ausgelegt, dass im Rauschmuster die Frequenzen von etwa 10 Hz bis 20 kHz enthalten sind. Dabei läuft der Takt im PIC nicht einmal auf „Hochturen“ sondern nur mit 4 MHz.

Den Quelltext stelle ich auf meine Seite. Das ist kein Geheimnis.

Sobald der PIC18F14K22 seine +5 Volt bekommt beginnt das „Weiße Rauschen“ am Ausgangs-Pin.



Hier eine Oszi-Aufnahme vom „Noise white“. Das grüne ist die FFT-Umrechnung des Oszi's.



Hier eine Aufnahme vom „Noise pink“. Das grüne ist die FFT-Umrechnung des Oszi's. Die tiefen Frequenzen werden angehoben und die hohen Frequenzen abgesenkt.

Beide Rauschsignale laufen über den Attenuator mit Relais. Die kleinst Abstufung ist somit 8dB. Da aber die Rauschquelle ein größere Impedanz als 50 Ohm hat, ist der angezeigte Dämpfungswert im Display nur eine Orientierung der Signalreduzierung.

Kapitel 2

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