

Mini mW-Meter mit AD8307 und AD8361
Beschreibung der Hardware und der Software

(c) DL4JAL

4. Dezember 2023



Kontrolle des Pegels meines Kalibriergenerators. Es ist selten, dass die Anzeige bei 0,000 dBm ist.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	6
2	Die Hardware	7
2.1	Die Stromversorgung mit USB-Buchse	7
2.2	Die Messplatine	8
2.2.1	Die ICs der Messplatine	8
2.2.2	Buchsen und Stecker	12
2.2.3	Schaltungsbeschreibung	12
3	Die Software	14
3.1	Bedienung und Anzeige	14
3.1.1	OLED-Display	14
3.1.2	Tasten	15
3.2	Normalbetrieb	15
3.2.1	Anzeige Variante 1; AD8307 dBm, Watt, Volt	15
3.2.2	Anzeige Variante 2; AD8307 dBm, Watt, Pegelabweichung Frequenzgang	16
3.2.3	Anzeige Variante 3; AD8361 dBm, Watt, Volt	16
3.2.4	Anzeige Variante 4; AD8307 dBm, AD8361 dBm	17
3.2.5	Ablauf der Pegelmessung	18
3.3	Menü-Punkte	20
3.3.1	Ext.Attenuator	20
3.3.2	OLED dreh.180°	20
3.3.3	AD8307, Nachkalibrieren, SET - > 0,00dBm	20
3.3.4	AD8361, Nachkalibrieren, SET - > 0,00dBm	21
3.3.5	AD8307/AD8361, Offset Info, CLR	21
3.3.6	AD8307 Freq-Gang, Pegel Korrekt., automatisch	21
3.3.7	AD8307 Freq-Gang, Messfrequenz, Eingabe	22
3.4	SETUP	22
3.4.1	AD8307 kalib., mit HF-Pegel 0,0dBm -40dBm	22
3.4.2	AD8361 kalib., mit HF-Pegel 0,0dBm -6dBm	23
3.4.3	AD8307 Info, Kalib. Daten	24
3.4.4	AD8361 Info, Kalib. Daten	24
3.4.5	HW, FW Version	25
3.4.6	OLED Charset, Zeichensatz Ascii 0..127	25
3.4.7	AD8307 Freq.gang, mit HF-Pegel kalibrieren	25
3.4.8	Average, Mittelwert	25
3.4.9	Average-Timer, Auf/Ab Zeit	26

4	Schlusswort	27
4.1	PDF-Anhänge	27

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

Vorwort

Ich habe ein kleines mW-Meter konstruiert mit OLED Anzeige. Als Wandler ICs habe ich den AD8307 und parallel den AD8361 eingesetzt.



Das Display nach Power ON.



Leistungsmessung mit externer Dummy-Load.



Das mW-Meter geöffnet. Rechts der USB-Anschluss für die SV. Darüber der DC-DC Wandler. 0,0dBm am Messeingang von meinem Pegel-Frequenznormal. Die -0,07dB ist die Dämpfung des Messkabels von etwa 1m.

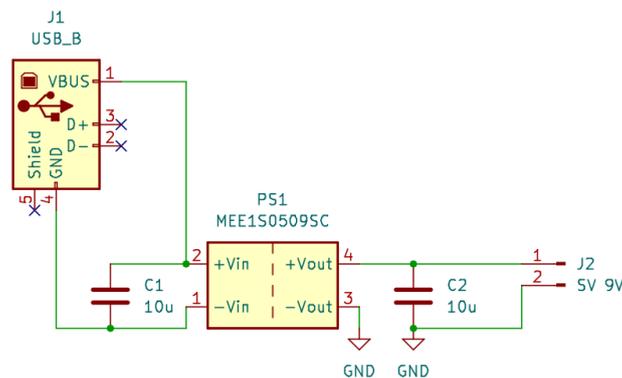
Kapitel 2

Die Hardware

Die Leiterplatte habe ich mit Kicad 7 entwickelt. Als Stromversorgung dient ein USB-Anschluss mit seiner 5V Versorgungsspannung. Die 5V vom USB gehen auf einen kleinen DC-DC-Wandler. Der Wandler transformiert die 5V auf 9V hoch. Der DC-DC-Wandler bewirkt eine galvanische Trennung zwischen Stromversorgung und Messgerät, Messobjekt. Der DC-DC-Wandler und die USB-Buchsen befinden sich auf einer kleinen extra Leiterplatte. Als Display verwende ich ein kleines OLED-Display, Größe 0,96 Zoll 128x64 Pixel. Bedient wird das kleine Messgerät mit 3 Tasten.

2.1 Die Stromversorgung mit USB-Buchse

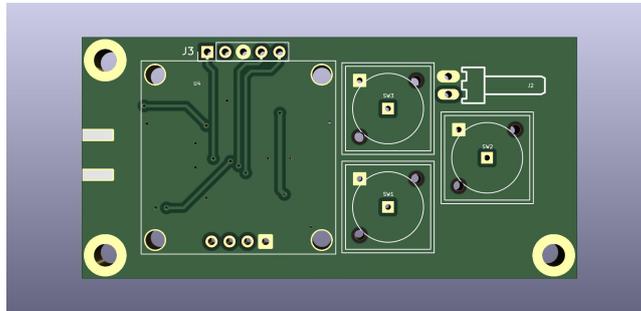
Zu dieser kleinen Platine gibt es nicht viel zu sagen.



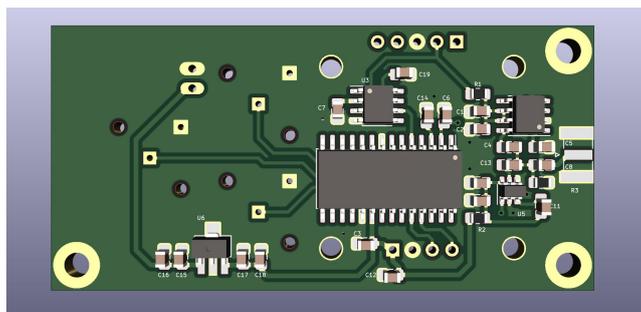
Hier das Schaltbild dazu. Der kleine DC-DC Wandler transformiert die 5V von der USB-Buchse auf 9V am Ausgang. Gleichzeitig trennt der DC-DC Wandler die Messplatine und somit auch die Messobjekte galvanisch ab. Im Datenblatt ist die Spannungsfestigkeit mit 1000V angegeben. J2 ist die Verbindung zur Messplatine.

2.2 Die Messplatine

Die Messplatine hat eine Größe von 70x34mm. Das Schaltbild habe ich am Ende des Dokumentes angehängen.



Hier die 3D Ansicht aus Kicad 7 von oben gesehen. Links der Platz für das OLED-Display und rechts die 3 Tasten für die Bedienung und der Anschluss der Stromversorgung.



Die Platinen-Unterseite. Der große IC ist der PIC18F26K80. Rechts oben der AD8307. Darunter der AD8361 im SOT23-6 Gehäuse. Links unten der Spannungsregler SOT89-3 Gehäuse und über dem PIC der ADR4533, die Referenzspannungsquelle 3,3V für den A/D Wandler im PIC.

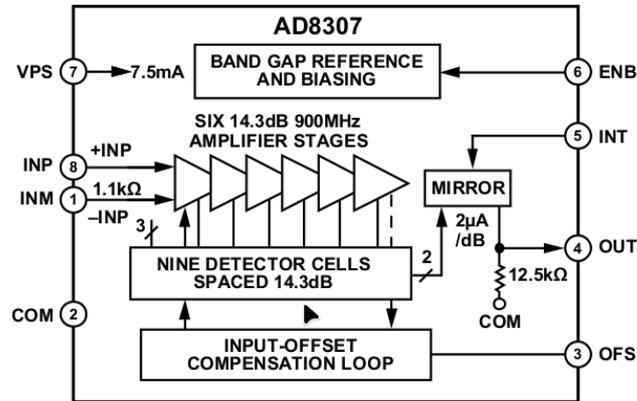
2.2.1 Die ICs der Messplatine

Es folgt eine Beschreibung der ICs auf der Messplatine.

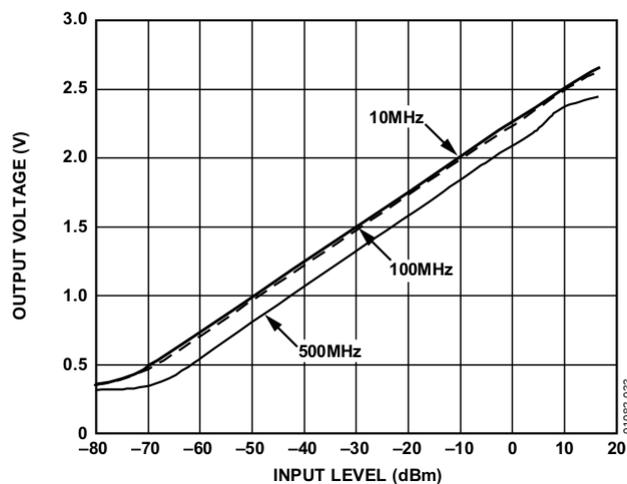
U2, PIC18F26K80-SOIC Als Mikrocontroller habe ich eine PIC18F26K80-SMD eingesetzt. Dieser PIC hat einen A/D-Wandler mit höherer Auflösung, 12 Bit. Die Taktfrequenz wird intern erzeugt und beträgt 64MHz.

U1, AD8307 Auf der Messplatine befinden sich 2 Wandler-ICs, die einen HF-Pegel in eine Gleichspannung umwandeln. Der AD8307 hat einen sehr großen dynamischen Pegelbereich. Ein HF-Pegel am Eingang wird in eine Gleichspannung am Ausgang umgewandelt. Der logarithmische Anstieg des HF-Eingangspiegel erzeugt einen lineare Anstieg der Ausgangsspannung. Dabei ist laut Datenblatt 1dB HF-Anstieg gleich 25mV Spannungsanstieg.

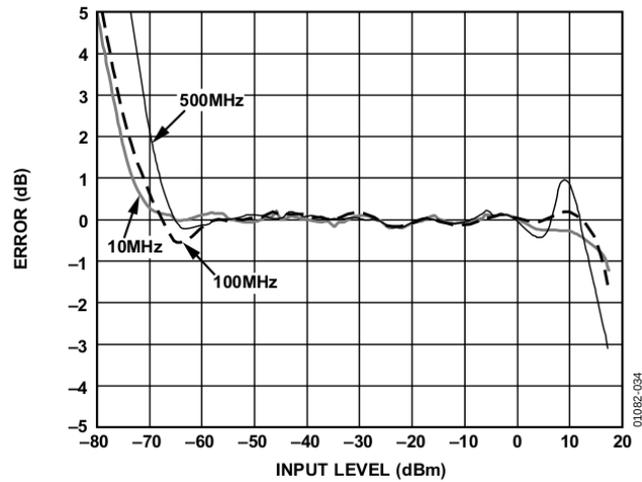
FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Im Blockschaltbild sehen wir 6 Verstärkerstufen mit je 14,3dB Verstärkung, die je nach HF-Pegel in Aktion treten. Daraus resultiert die hohe HF-Pegeldynamik des AD8307. Betrachten wir das Diagramm *HF-Pegel zur Ausgangsspannung*.

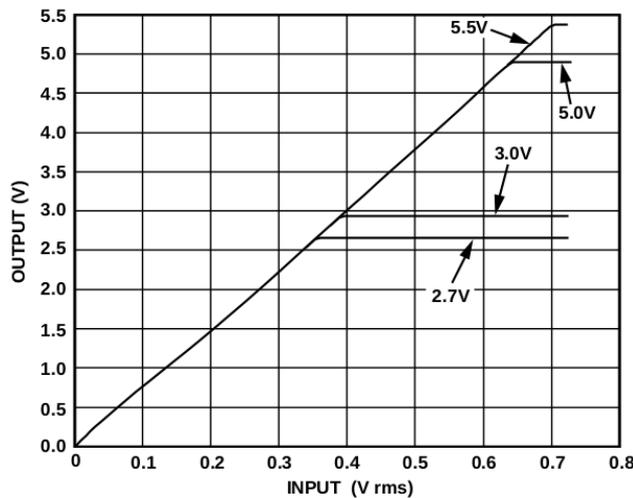


Im Diagramm sehen wir einen linearen Anstieg der Messspannung von etwa -70dBm bis etwa +10dBm. Das ist ideal für unser mW-Meter. In diesem Diagramm sehen wir auch den Messpegelabfall bei 500MHz von fast 10dB. Im mW-Meter gleiche ich das in der Software durch Eingabe der Messfrequenz wieder mathematisch aus.

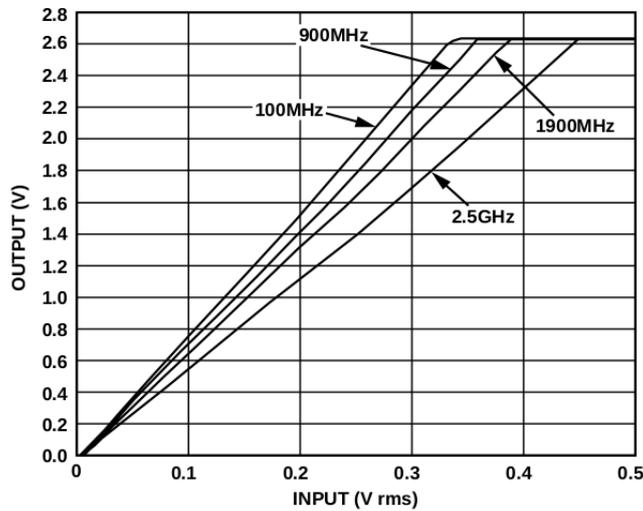


Zum Schluss betrachten wir noch den zu erwarteten Messfehler im Diagramm. Geschrieben steht der Fehler kann bis $\pm 1\text{dB}$ betragen. Nach meinen Erfahrungen ist der Fehler bedeuten geringer.

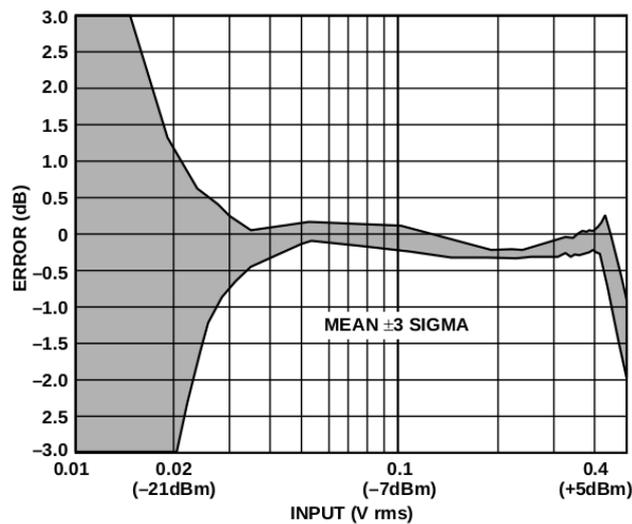
U5, AD8361_SOT23-6 Am HF-Eingang ist noch der AD8361 angeschlossen. Das ist der zweite Wandler-IC. Der AD8361 ist aber ein linearer Wandler. Der lineare Spannungsanstieg der HF-Spannung erzeugt einen linearen Anstieg der Gleichspannung am Ausgang des AD8361.



Im Diagramm sehen wir das der AD8361 mit 5V betrieben werden muss, damit man die volle Dynamik ausnutzen kann.



Interessant ist auch der Zusammenhang der Messfrequenz zum Messergebnis. Für unser mW-Meter, Messfrequenz bis 500MHz ist nur ein ganz geringer Messfehler zu erwarten.



Dieses Diagramm zeigt den Messbereich in dBm an. Von etwa -12dBm bis +5dBm können wir einen geringen Messfehler des AD8361 erwarten. Im mW-Meter werden deshalb dBm-Werte kleiner -10dBm nicht mehr angezeigt.

U3, ADR4533 Für genaue Messungen mit dem A/D-Wandler im PIC18F26K80 ist es erforderlich eine sehr genaue und Temperatur stabile Referenzspannungsquelle anzuschließen. Der ADR4533 erfüllt alle diese Anforderungen. Damit hat das mW-Meter erstens eine maximal hohe Messgenauigkeit und zweitens ist die wiederkehrende Messgenauigkeit auch besser.

U4, OLED 0,96 Zoll Für die Anzeige habe ich dieses Mal eine preiswerte OLED-Anzeige verwendet. Das OLED-Display ist grafisch und hat 128x64 Pixel.

3 verschiedene Schriftgrößen habe ich programmiert. Das Display hat nur 4 Anschlüsse und wird über 2 Datenleitung per I^2C angesteuert.

Achtung: GND und VCC ist bei manchen Displays vertauscht!

U6, MCP1754S-5002xMB Mit dem *MCP1754S-5002xMB* werden aus den 9V vom DC-DC-Wandler wieder 5V gemacht. Die Wandlung USB-5V zu 9V und wieder zu 5V war notwendig, da der AD8307 und der AD8361 sehr stabile 5V für genaue Messungen braucht.

2.2.2 Buchsen und Stecker

J1, Conn_Coaxial Für den Messeingang habe ich eine SMA-Buchse verwendet.



Bestellnummer: *WM5536-ND* bei DigiKey.

J2, SV 9V Hier werden die 9V vom DC-DC-Wandler angeschlossen. Der DC-DC-Wandler kann auch weg gelassen werden, aber dadurch entfällt auch die galvanische Trennung der Messgerätes und das mW-Meter muss mit einem Netzteil Spannung größer 6V versorgt werden.

J3, Programmer Für das Schreiben der HEX-Datei in den PIC18F26K80 habe ich diesen Steckplatz vorgesehen.



Ich habe eine kleine 5-polige Buchsenleiste eingelötet und kann den Programmer mit seinen federnden Stiften an die Buchsenleiste halten und die HEX-Datei in den PIC laden.

2.2.3 Schaltungsbeschreibung

Die Schaltbilder habe ich an diese PDF hinten angehängt. Nach der SMA-Buchse geht die HF-Spannung an den Widerstand R3, 68Ohm. R3 und die Eingangsimpedanzen von AD8307 und AD8361 bilden zusammen etwa die Impedanz von 50 Ohm. Das stimmt nicht ganz genau, ist aber ein guter Kompromiss.

Die Messausgänge vom AD8307 und AD8361 führen zu 2 getrennten A/D-Wandler-Eingängen RA0 und RA1 des PIC18F26K80. Die beiden AD-Wandler

werden per Software selektiert. Das ist eine einfache Lösung die ohne Umschalter auskommt. Im NWT2.0 vom FA wird das auch so gemacht. Der ADR4533 ist mit dem Referenzspannungsausgang an RA3 vom PIC angeschlossen.

An RB0, RB1 und RB2 sind 3 Taster angeschlossen für die Bedienung des mW-Meters. Sobald die Anzeige im OLED um 180° gedreht wird ändert sich auch die Nummerierung der Tasten mit, so das die oberste Taste immer die Taste 1 bleibt.

Über RB3 und RB4 wird per I^2C das OLED-Display angesteuert. Die Stromversorgung des OLED-Displays von 5V und GND sind die anderen beiden Pins am Display.

Achtung: GND und VCC ist bei manchen Displays vertauscht!

Kapitel 3

Die Software

Die Software wurde wieder in Assembler entwickelt. Zusätzlich ist zu beachten, dass ich nur mit BS Linux arbeite. Deshalb sind die Quellen nicht kompatibel mit der Entwicklungsumgebung von *Microchip MPLAB X IDE*. Ich verwende das Paket *gputils* für die Kompilierung.

Für die Berechnungen verwende ich eine selbst geschriebene Bibliothek mit allen mathematischen Funktionen die benötigt werden. Die mathematische Genauigkeit ist bei mir höher als in den C-Kompilern mit Float 4 Byte Länge.

3.1 Bedienung und Anzeige

Für die Bedienung des mW-Meter sind 3 Tasten vorgesehen und die Anzeige der Messwerte und den Textinformationen habe ich ein grafisches OLED-Display 0,96 Zoll 128x64 Pixel eingesetzt.

3.1.1 OLED-Display

Das *OLED-Display 0,96 Zoll 128x64 Pixel* ist sehr Preiswert und mit 128x64 Pixel ist die Auflösung der Anzeige auch gut. Ich hatte zuerst Probleme mit der Ansteuerung über die *I²C* Schnittstelle. Ich habe mir viel in den C-Quelltexten der verschiedenen Library's abgeschaut. Wie das bei einem grafischen Display ist, braucht man eine Font-Library, wenn man Text auf dem Display ausgeben will. Ein Char (Schriftzeichen) besteht aus 6 Byte. Daraus habe ich 3 verschiedenen Schriftgrößen programmiert:

Schrift klein Diese Schrift ist sehr klein. Ein Schriftzeichen hat die Dimension von 6x8 Pixel. Auf das Display kann ich damit 8 Zeilen beschreiben und auf eine Zeile passen 21 Textzeichen. 21 x 6 Pixel (Charbreite) ergeben 126 Pixel. Es bleiben also 2 Pixel auf der rechten Seite übrig. In der Höhe passt die Auflösung genau. 64 Pixel / 8 Bit (Charhöhe) ergibt 8 Zeilen.

Schrift gross Diese Schriftzeichen haben genau die doppelte Größe. Ein Schriftzeichen hat die Dimension von 12x16 Pixel. Ein Zeile geht genau über 2 Zeilen der kleinen Schrift. Somit kann ich auf das Display 4 Zeilen mit je 10 Textzeichen ausgeben. 64 Pixel / 16 Bit sind 4 Zeilen.

Schrift mittel Das ist eine nicht ganz richtige Bezeichnung. Es sind auch nur 4 Zeilen möglich, aber pro Zeile sind 14 Textzeichen möglich. Ein Schriftzeichen hat die Dimension von 9x16 Pixel.

3.1.2 Tasten

Das mW-Meter ist mit 3 Tasten zu bedienen.

Die *Taste 1* ist immer oben und die *Taste 3* ist immer unten, auch wenn die Ansicht im OLED-Display per Software um 180° gedreht wird. Die mittlere Taste ist die immer die *Taste 2*.

3.2 Normalbetrieb

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	nächste Anzeigevariante	OLED dreh.180°
Taste 2	Menü-Punkte	SETUP
Taste 3	vorherig Anzeigevariante	noch keine Funktion

Im Normalbetrieb ist immer eine Anzeigevariante von 4 Varianten aktiv. Sobald die Variante mit Taste 1/3 geändert wird, speichert die SW die neue Einstellung im Eeprom des PIC ab. Nach PowerON wird dies Anzeigevariante wieder angezeigt.

3.2.1 Anzeige Variante 1; AD8307 dBm, Watt, Volt



Ein Beispiel der Anzeige Variante 1.

Att. extern: Kleine Schrift. Der eingestellte Wert eines eventuellen externen Dämpfungsgliedes.

AD8307 log. Kleine Schrift. Die Messwerte des AD8307 werden zur Anzeige gebracht.

- 0,66dBm Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse in dBm.

858,83uW Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse als Leistung umgerechnet.

207,22mV Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse als Spannung umgerechnet.

Als HF-Quelle habe ich das mW-Meter an den Referenzausgang, 1,00mW, des HP 437B angeschlossen. Die Frequenz der Referenz ist 50MHz. Der AD8307 hat bei 50MHz einen Messpegelabfall von etwa 0,6 dB plus das Messkabel, etwa 1m, und die Steckverbinder.

3.2.2 Anzeige Variante 2; AD8307 dBm, Watt, Pegelabweichung Frequenzgang



```
Att. extern: 0,0dB
--- AD8307 log. ---
- 0,66dBm
  859,01uW
FPoff: + 0,00dB
```

Das ist die gleiche Anzeige wie Variante 1 nur in der letzten Zeile ist an Stelle der Spannung der **F**requenz**P**egel**o**ffset zu sehen. In diesem Fall 0,00dB.



```
Att. extern: 0,0dB
--- AD8307 log. ---
- 0,10dBm
  977,41uW
FPoff: + 0,57dB
```

Hier habe ich 50MHz als Messfrequenz eingegeben. Die -0,1dBm kommen durch das Messkabel und Steckverbinder(N/BNC und BNC/SMA) zustande. Dazu kommt beim AD8307 noch eine kleine Messungenauigkeit des ICs selbst.

3.2.3 Anzeige Variante 3; AD8361 dBm, Watt, Volt



```
Att. extern: 0,0dB
-- AD8361 linear --
- 0,097dBm
  977,94uW
  221,13mV
```

Ein Beispiel der Anzeige Variante 1.

Att. extern: Kleine Schrift. Der eingestellte Wert eines eventuellen externen Dämpfungsgliedes.

AD8361 linear Kleine Schrift. Die Messwerte des AD8361 werden zur Anzeige gebracht.

- **0,097dBm** Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse in dBm.

997,94uW Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse als Leistung umgerechnet.

221,13mV Große Schrift. Der Messpegel an der SMA Buchse als Spannung umgerechnet.

Der AD8361 braucht keine Pegelkorrektur für den Frequenzgang. Bis 500MHz ist kein Messpegelabfall zu erwarten. Aber der Pegel-Messbereich des AD8361 ist eingeschränkt. Nur im Bereich $-/+ 5\text{dBm}$ ist Pegelanzeige genau.

Die $-0,096\text{dBm}$ kommen durch das Messkabel und die beiden Adapter zustande.

3.2.4 Anzeige Variante 4; AD8307 dBm, AD8361 dBm



Als 4. Variante habe ich die Anzeige beider ICs programmiert. Allerdings werden nur die dBm-Messwerte zur Anzeige gebracht.

FPegelOffset: Kleine Schrift. Die Frequenzgangkorrektur des AD8307

AD8307 linear Kleine Schrift. Die Messwerte des AD8307 folgt in der nächsten Zeile

- **0,66dBm** Große Schrift. Der Messpegel des AD8307 an der SMA Buchse in dBm.

- **0,096dBm** Große Schrift. Der Messpegel des AD8361 an der SMA Buchse in dBm.

AD8361 linear Kleine Schrift. Die Messwerte des AD8361 in der Zeile darüber.

Att. extern: Kleine Schrift. Der eingestellte Wert eines eventuellen externen Dämpfungsgliedes.

In diese Anzeige Variante können wird die Messpegel sehr gut verglichen, je nach der Frequenz des zu messenden Pegels.

3.2.5 Ablauf der Pegelmessung

Um genaue Messwerte zu bekommen muss in der Software ein bisschen Aufwand getrieben werden. Die A/D Wandlung sollte so genau wie möglich sein. Kleine Schwankungen bei der Messung werden durch ein Mittelwert-Bildung unterdrückt.

Die Funktion der Messung

Für die Verarbeitung der Messwerte habe ich eine getrennte Funktion programmiert. Wie schon erwähnt hat der PIC18F26K80 A/D Wandler mit 12Bit Auflösung. Das ist eine Verbesserung um den Faktor 4 der sonst üblichen A/D Wandler von 10Bit Wandlerbreite. Um die Messung noch einmal zu verbessern beschreibe ich meine Messfunktion:

1. Ich messe nicht nur einmal mit dem A/D Wandler sondern 64 mal hintereinander. Alle Messwerte werden addiert.
2. Anschließend wird das Messergebnis wieder durch 8 geteilt, mit 3 mal rechts verschieben der 3 Byte-Messwert-Integer. Einmal nach rechts verschieben ist Division durch 2.
3. Bleibt ein Rest von einem Bit beim Verschieben, wird der Wert des Messergebnisses um 1 erhöht. Das ist ähnlich dem Auf- oder Ab-Runden des Messergebnisses.

Durch diese Funktion werden eventuelle Digitfehler mit erfasst und eingerechnet. Die Messauflösung erhöht sich dadurch noch etwas.

Die Funktion der Mittelwertbildung (Average)

Für eine ruhige Anzeige der Messwerte ist es notwendig eine Mittelwert-Berechnung zu programmieren. Meine ausgedachte Funktion benötigt 2 Parameter für die Mittelwert-Berechnung.

mittelw 0..10 das ist der erste Parameter für Multiplikation und Division.

mittelwtimer 0..32 der zweite Parameter ist für die Zeitverzögerung der Berechnung

Kommen wir jetzt zur Formel, die ich mir ausgedacht habe:

$$ADmittelwert_{neu} = \frac{(ADmittelwert_{alt} * mittelw + ADwertneu)}{(mittelw + 1.0)}$$

Jeder neue $ADwertneu$ von der *Messfunktion* ändert den $ADmittelwert$ nur langsam. Ist $mittelw$ 10 ist die Änderung von $ADmittelwert$ am geringsten bei einem Funktionsaufruf. Wird $mittelw$ kleiner ändert sich $ADmittelwert$ schneller bei einem Funktionsaufruf.

Der Parameter $mittelwtimer$ bestimmt den Zeitabstand von Funktionsaufruf zu Funktionsaufruf der Mittelwertbildung. Beide Parameter können im SETUP eingestellt werden.

mittelwtimer = 0 Bei jedem Task-Schleifendurchlauf wird der Mittelwert berechnet. Ein Task dauert etwa 6 mSek. Also alle 6 mSek wird die Funktion Mittelwertberechnung durchlaufen.

mittelwtimer = 10 Alle 60 mSek wird die Funktion Mittelwertberechnung durchlaufen.

mittelwtimer = 32 Das ist die maximale Einstellung. Etwa aller 200 mSek wird die Funktion Mittelwertberechnung durchlaufen.

Wird der *mittelwtimer* auf 32 gesetzt ändert sich die Displayanzeige langsam.

AD8307, Berechnung dBm aus ADmittelwert

Bis jetzt habe wir nur die Zahlenwerte aus dem AD-Wandler behandelt. Damit kann aber keiner etwas anfangen. Der Zahlenwert des AD-Wandler muss in dBm umgerechnet werden. Zur Berechnung der linearen Funktion benötigen wir 2 Parameter.

Anstieg der linearen Funktion Für den Anstieg der linearen Funktion habe ich den Parameter *mkx* erfunden.

Verschiebung der Line auf der Y-Achse Die Verschiebung der linearen Funktion auf der Y-Achse bezeichne ich als *mk_y*.

Wie die Berechnung der beiden Parameter erfolgt beschreibe ich später in den SETUP-Funktionen.

Beim AD8307 ist die Funktion für die Berechnung des dBm-Pegels sehr einfach. Die Formel lautet:

$$Pegel(dBm) = mkx * ADmittelwert + mk_y$$

Als Ergebnis erhalten wir direkt den Pegel in dBm. Wie die Variablen *mkx* und *mk_y* zustande kommen erläutere ich im *SETUP* bei der Kalibrierung von AD8307 und AD8361.

AD8361, Berechnungen

Auch hier werden die beiden Parameter *mkx* und *mk_y* benötigt. Die Formel ist ähnlich. Beim AD8361 erfolgt die Berechnung des Pegels in dBm in zwei Schritten. Aus dem *ADmittelwert* können wir nicht direkt den Pegel in dBm berechnen, da der AD8361 ein linearer Wandler ist. Zuerst müssen wir den *ADmittelwert* in einen Spannungswert umrechnen:

$$Spannung(V) = mkx * ADmittelwert + mk_y$$

Die Formel ist ähnlich der Formel vom AD8307. Wie die Variablen *mkx* und *mk_y* zustande kommen erläutere ich auch im *SETUP* bei der Kalibrierung von AD8307 und AD8361.

Die virtuelle Spannung kann ich jetzt direkt in dBm umrechnen, mit der Formel:

$$Pegel(dBm) = \log(Spannung) * 20,0$$

Normalerweise müsste ich die *Spannung* erst in *Leistung(mW)* umrechnen und anschließend in *dBm*. Das ist aber zu umständlich. Ich habe diesen kurzen Umrechnungsweg gefunden.

Weitere Berechnungen, der Leistung und der Spannung

Hat man einmal den dBm-Pegel ist es kein Problem daraus die Leistung und die Spannung zu berechnen.

$$Leistung(W) = \frac{10^{dBm/10.0}}{1000}$$

Division durch 1000, weil $10^{dBm/10.0}$ die Leistung in mW ergibt. 0dBm entspricht 1mW an 50 Ohm. 10^0 ist 1. Das nur zur näheren Erklärung.

Und jetzt noch die effektive HF-Spannung aus der Leistung berechnen.

$$Spannung(V) = \sqrt{Leistung * 50.0}$$

Jetzt sind alle Berechnungen vollständig und können zur Anzeige gebracht werden.

3.3 Menü-Punkte

Ein kurzer Tastendruck von *Taste 2* öffnet die Menü-Funktionen. Möchte man das **Menü Abbrechen** so wird die **Taste 2 lange** gedrückt.

3.3.1 Ext.Attenuator

Das mW-Meter kann Pegel bis maximal +10dBm messen. Pegel darüber hinaus sind nicht erlaubt. Besitzt man einen Abschlusswiderstand für größere Leistung mit einem Messausgang, kann das mW-Meter hier angeschlossen werden. Die Dämpfung des Messausganges wird in dieser Funktion eingetragen. Dieser dB-Wert wird bei der Berechnung des dBm-Pegels hinzu addiert. Somit ist es möglich Messungen bis in den kW-Bereich durchzuführen.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	Step + (10dB oder 1dB)	Abbruch
Taste 2	Step 10dB - > Step 1dB - > Speichern-Ende	Abbruch
Taste 3	Step - (10dB oder 1dB)	Abbruch

3.3.2 OLED dreh.180°

Das OLED-Display kann durch eine andere Initialisierung per Software um 180° gedreht werden. Die Tasten-Nummerierung ändert sich ebenfalls, so dass die oberste Taste immer die *Taste 1* bleibt. Auch wenn die Tasten sich jetzt links neben dem Display befinden.

3.3.3 AD8307, Nachkalibrieren, SET - > 0,00dBm

Dieser Menü-Punkt soll das Nachkalibrieren des AD8307 etwas vereinfachen. Wir haben ja mit einem Referenzgenerator der 0,00dBm HF-Pegel liefert unsere beiden ICs AD8307 und AD8361 im SETUP kalibriert. Durch Temperatureinflüsse und auch andere Einflüsse bleibt die Pegelanzeige im mW-Meter nicht genau bei 0,00dBm in der Anzeige.

Manchmal ist es notwendig bei Pegelvergleichsmessungen, Messung von Kabeldämpfung oder Ähnliches, die Anzeige im mW-Meter genau auf 0,00dBm zu stellen. Dazu ist dieser Menüpunkt gedacht.

Wir schließen unseren Referenzgenerator 0,00dBm an. Die Anzeige im mW-Meter zeigt aber nicht genau 0,00dBm an. Mit dieser Funktion können wir das korrigieren.

Mit Taste 2 starten wir das Nachkalibrieren.

Die Pegelkorrektur ist nur möglich wenn beim AD8361 die Pegel-Abweichung von 0,00dBm kleiner +/- 1dB ist. Ist das nicht der Fall wird der Offset-Pegel auf 0,00dBm zurück gesetzt.

3.3.4 AD8361, Nachkalibrieren, SET – > 0,00dBm

Dieser Menü-Punkt soll das Nachkalibrieren des AD8361 etwas vereinfachen. Wir haben ja mit einem Referenzgenerator der 0,00dBm HF-Pegel liefert unsere beiden ICs AD8307 und AD8361 im SETUP kalibriert. Durch Temperatureinflüsse und auch andere Einflüsse bleibt die Pegelanzeige im mW-Meter nicht genau bei 0,00dBm in der Anzeige.

Manchmal ist es notwendig bei Pegelvergleichsmessungen, Messung von Kabeldämpfung oder Ähnliches, die Anzeige im mW-Meter genau auf 0,00dBm zu stellen. Dazu ist dieser Menüpunkt gedacht.

Wir schließen unseren Referenzgenerator 0,00dBm an. Die Anzeige im mW-Meter zeigt aber nicht genau 0,00dBm an. Mit dieser Funktion können wir das korrigieren.

Mit Taste 2 starten wir das Nachkalibrieren.

Die Pegelkorrektur ist nur möglich wenn beim AD8361 die Pegel-Abweichung von 0,00dBm kleiner +/- 1dB ist. Ist das nicht der Fall wird der Offset-Pegel auf 0,00dBm zurück gesetzt.

3.3.5 AD8307/AD8361, Offset Info, CLR

In dieser Funktion werden die Offset-Werte von beiden ICs für 5 Sekunden angezeigt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit beide Offset-Werte wieder auf 0,00 zu setzen.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	CLR Offset	Abbruch
Taste 2	Info Offset	Abbruch
Taste 3	Info Offset	Abbruch

Ein kurzer Tastendruck Taste 1, 2 oder 3 beendet die Ansicht.

3.3.6 AD8307 Freq-Gang, Pegel Korrekt., automatisch

Wie schon mehrfach erwähnt ist der Frequenzgang des AD8307 nicht linear. Je höher die Messfrequenz ist je höher ist auch der Messfehler des HF-Pegels. Es werden zu wenig dBm angezeigt. Beim AD8361 ist das nicht der Fall. Laut Datenblatt ist der Frequenzgang linear.

In dieser Funktion nutze ich den dBm-Wert des AD8361 für die Pegelkorrektur des AD8307. Die Differenz beider Messwerte wird beim AD8307 dazu addiert. Im Display wird diese dB-Korrektur angezeigt (in Anzeige Variante 2 und

4). Die automatische Pegelkorrektur funktioniert aber nur, wenn ausreichend HF-Pegel anliegt. Die Pegel-Anzeige des AD8361 muss zwischen +/- 5dB von 0,0dBm liegen.

3.3.7 AD8307 Freq-Gang, Messfrequenz, Eingabe

Die zweite Möglichkeit der Frequenzgang-Korrektur ist die Eingabe der Messfrequenz. Ich habe aller 50MHz Korrekturpegel für den AD8307 im Eeprom abgespeichert. Durch Interpolieren werden passende Zwischenwerte berechnet und zum Messpegel des AD8307 dazu addiert. Das funktioniert auch sehr gut.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	+ 100MHz/10MHz	Abbruch
Taste 2	100MHz - > 10MHz - > speichern	Abbruch
Taste 3	- 100MHz/10MHz	Abbruch

3.4 SETUP

Ein langer Tastendruck der Taste 2 führt in das SETUP.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1
Taste 2	..	SETUP
Taste 3

Sind im Menü des SETUP gilt folgende Tastenbelegung.

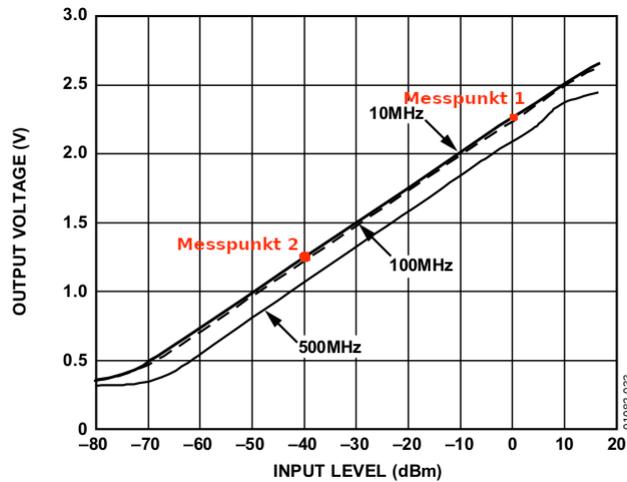
Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	Nächster SETUP-Punkt	Abbruch
Taste 2	SETUP-Funktion starten	Abbruch
Taste 3	Vorheriger SETUP-Punkt	Abbruch

3.4.1 AD8307 kalib., mit HF-Pegel 0,0dBm -40dBm

Die elektrischen Eigenschaften des AD8307 streuen etwas. Deshalb ist es notwendig mit einer Kalibrierung die beiden Parameter *mkx* und *mky* genau zu berechnen. Ich habe 2 genaue HF-Pegel zu Berechnung fest gelegt. Der erste Messpunkt sind die 0,0dBm meines Kalibriergenerators. Der zweite Messpunkt sollte möglichst weit weg liegen. Erfahrungsgemäß sind -40,0dBm ein guter Wert. Dazu benötigt man 2 Dämpfungsglieder 30dB und 10dB, die genau sind.

Kalibriergenerator 0,0 dBm Entweder Eigenbau oder der Bausatz *AS600 0-dBm-Generator von AATiS*

SMA Dämpfungsglieder von Mini-Circuits. Ich habe einen ganzen Satz bei BOX73 FA gekauft.



Ich habe mal in das Diagramm des Datenblattes die 2 Messpunkte eingezeichnet. Diese beiden Messungen ergeben jeweils eine Zahl des AD-Wandlers.

0,0 dBm HF Pegel ergibt einen AD-Messwert1 = 22126.

-40,0 dBm HF Pegel ergibt einen AD-Messwert2 = 12240.

Als erstes müssen wir den Anstieg der linearen Funktion berechnen. Die Formel dazu lautet:

$$mkx = \frac{HF\text{Pegel}0,0dBm - HF\text{Pegel}-40dBm}{AD\text{-Messwert}1 - AD\text{-Messwert}2}$$

$$mkx = \frac{0,0dBm - (-40dBm)}{22126 - 12240} = 4,046125835 * 10^{-03}$$

Jetzt benötigen wir noch die Verschiebung der linearen Funktion auf der Y-Achse. Die Formel dazu lautet:

$$mky = (AD - \text{Messwert}1 * mkx * -1) + HF\text{Pegel}0,0dBm$$

$$mky = (22126 * 4,046125835 * 10^{-03} * -1) + 0,0dBm = -89,5245802$$

Mit den beiden Parametern mkx und mky können wir aus dem Messwert des AD-Wandlers direkt den HF-Pegel in dBm berechnen.

Nach dem Kalibrieren führt der Mikrocontroller die Berechnungen durch und speichert beide Werte im Eeprom ab.

3.4.2 AD8361 kalib., mit HF-Pegel 0,0dBm –6dBm

Der AD8361 wird mit einem anderen HF-Pegel2 kalibriert. Der erste HF-Pegel1 mit 0,0dBm bleibt. Beim AD8361 wird mit HF-Spannung gerechnet. Wir nehmen an, dass 0,0dBm 1 Volt entsprechen. Mit diesem Wert können wir besser rechnen. Mit eine Dämpfungsglied von 6dB würde sich die HF-Spannung am Eingang und am Ausgang etwa halbieren. Diesen Messpunkt nehmen wir als AD-Messwert2. Die Formel für mkx ist ähnlich nur die HF-Pegel werden durch

HF-Spannung ersetzt.

$$mkx = \frac{1Volt - 0,501187233Volt}{ADMesswert1 - ADMesswert2}$$
$$mkx = \frac{1 - 0,501187233}{17135 - 8985} = 6,120402049 * 10^{-05}$$

Jetzt benötigen wir noch die Verschiebung der linearen Funktion auf der Y-Achse. Die Formel dazu lautet:

$$mky = (ADMesswert1 * mkx * -1) + 1Volt$$
$$mky = (17135 * 6,120402049 * 10^{-05} * -1) + 1 = -0,048730891$$

Mit den beiden Parametern *mkx* und *mky* können wir aus dem Messwert des AD-Wandlers die virtuelle HF-Spannung berechnen. Aus der virtuellen HF-Spannung anschließend ganz einfach den HF-Pegel in dBm. Das hatte ich schon weiter vorn im Dokument beschrieben.

Nach dem Kalibrieren führt der Mikrocontroller die Berechnungen durch und speichert beide Werte im Eeprom ab.

3.4.3 AD8307 Info, Kalib. Daten

Anzeige aller Werte die beim Kalibrieren vorkommen oder entstanden sind.

ADC 0dBm Der Wert des AD-Wandler bei 0dBm.

ADC -40dBm Der Wert des AD-Wandler bei -40dBm.

mkx mkx als Float

mky mky als Float

mkxHEX mkx als HEX mit 5 Byte. 1 Byte Exponent und 4 Byte Mantisse.

mkyHEX mky als HEX mit 5 Byte. 1 Byte Exponent und 4 Byte Mantisse.

Nach 15 Sekunden wird die Funktion beendet oder vorzeitig mit Taste 2 kurz.

3.4.4 AD8361 Info, Kalib. Daten

Anzeige aller Werte die beim Kalibrieren vorkommen oder entstanden sind.

ADC 0dBm Der Wert des AD-Wandler bei 0dBm.

ADC -6dBm Der Wert des AD-Wandler bei -6dBm.

mkx mkx als Float

mky mky als Float

mkxHEX mkx als HEX mit 5 Byte. 1 Byte Exponent und 4 Byte Mantisse.

mkyHEX mky als HEX mit 5 Byte. 1 Byte Exponent und 4 Byte Mantisse.

Nach 15 Sekunden wird die Funktion beendet oder vorzeitig mit Taste 2 kurz.

3.4.5 HW, FW Version

Informations-Texte wie nach PowerON Nach 15 Sekunden wird die Funktion beendet oder vorzeitig mit Taste 2 kurz.

3.4.6 OLED Charset, Zeichensatz Ascii 0..127

Der Zeichensatz von 0..127 Ascii wird angezeigt. In kleiner Schrift. Pro Zeile 21 Zeichen mit Ascii 0 beginnend. Nach 15 Sekunden wird die Funktion beendet oder vorzeitig mit Taste 2 kurz.

3.4.7 AD8307 Freq.gang, mit HF-Pegel kalibrieren

Der Frequenzgang des AD8307 wird gemessen. Ausgangspunkt ist die Frequenz 10MHz. Angenommen wird, bei 10MHz ist die Pegelabweichung 0,00dB. Die Stütz-Frequenzen, für die Pegelkorrektur, sind 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 und 500MHz. Es wird eine HF-Generator benötigt, der diesen Frequenzbereich überstreicht. Der HF-Pegel sollte bei etwa 0 dBm liegen. Eine Abweichung von maximal +/- 5dB ist erlaubt.

Bei jeder Stütz-Frequenz wird der HF-Pegel des AD8361 und des AD8307 gemessen. Die Differenz entspricht dem Messpegel-Abfall am AD8307 in dB. Bei 500 MHz beträgt der Pegelabfall etwa 9dB. Das ist ziemlich viel. Die Tabelle der Stütz-Frequenzen wird im Menü-Punkt „AD8307 Freq-Gang, Messfrequenz, Eingabe“ zur Berechnung des richtigen HF-Pegels des AD8307 benutzt.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	Index++ (+50MHz)	Die Tabelle der Stütz-Frequenzen löschen
Taste 2	Korrektur in dB für diesen Index Speichern	Funktion beenden
Taste 3	Index-- (-50MHz)	Funktion beenden

Jede Stütz-Frequenz, mit der Pegelabweichung, wird mit Taste 2 getrennt abgespeichert. Das ermöglicht auch eine gezieltes Nachkalibrieren einer einzelnen Stütz-Frequenz.

Sind alle Stütz-Frequenzen abgearbeitet, wird mit einem langen Tastendruck Taste 2 oder 3 die Funktion beendet. Taste 1 lange gedrückt löscht die ganze Tabelle komplett. Vorher ist aber noch eine Sicherheitsabfrage programmiert.

Sind alle Messwerte gespeichert kann die Tabelle in der Menü-Funktion AD8307 „Freq-Gang, Messfrequenz, Eingabe“ angewendet werden.

3.4.8 Avergage, Mittelwert

In dieser Funktion kann der Grad der Mittelwert-Berechnung eingestellt werden. Einstellwert 0 (keine AVG) bis 10 (maximale AVG). Man kann das mit einem Kondensator vergleichen, der aufgeladen oder wieder entladen wird. Der AVG-Wert ist die veränderliche Kapazität.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	AVG++	Abbruch
Taste 2	AVG Speichern->Funktion-Ende	Abbruch
Taste 3	AVG--	Abbruch

3.4.9 Avergage-Timer, Auf/Ab Zeit

Der AVG-Timer darf von 0 bis 32 eingestellt werden. Der AVG-Timer bestimmt die Geschwindigkeit der Pegeländerung. Beim Wert 32 sind Veränderungen des HF-Pegels in der OLED-Anzeige am langsamsten. Die Anzeige ist ganz ruhig und springt nicht hin und her.

Wenn wir wieder den Vergleich mit einem Lade-Kondensator machen, so ist der Wert des AVG-Timers der Vorwiderstand am Lade-Kondensator. Je größer der Wert vom *Avergage-Timer*, je größer ist auch der Vorwiderstand. Die Spannung am Lade-Kondensator ändert sich langsam oder schnell, wird *Avergage-Timer* verkleinert.

Tasten-Nummer	Taste kurz	Taste lang
Taste 1	AVG-Timer++	Abbruch
Taste 2	AVG-Timer Speichern->Funktion-Ende	Abbruch
Taste 3	AVG-Timer--	Abbruch

Kapitel 4

Schlusswort

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

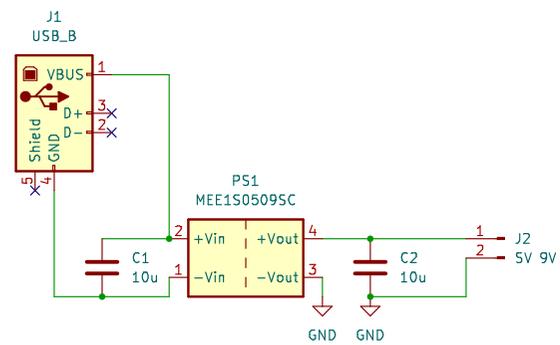
Ich wünsche viel Spaß beim Basteln.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de

4.1 PDF-Anhänge

Anschließend zu diesem Dokument habe ich noch zusätzliche PDFs angehängt.



H1
MountingHole_Pad

H2
MountingHole_Pad

DL4JAL

Sheet:

File: usb_dc_dc.kicad_sch

Title: SV mit USB DC-DC Wandler 5V zu 9V

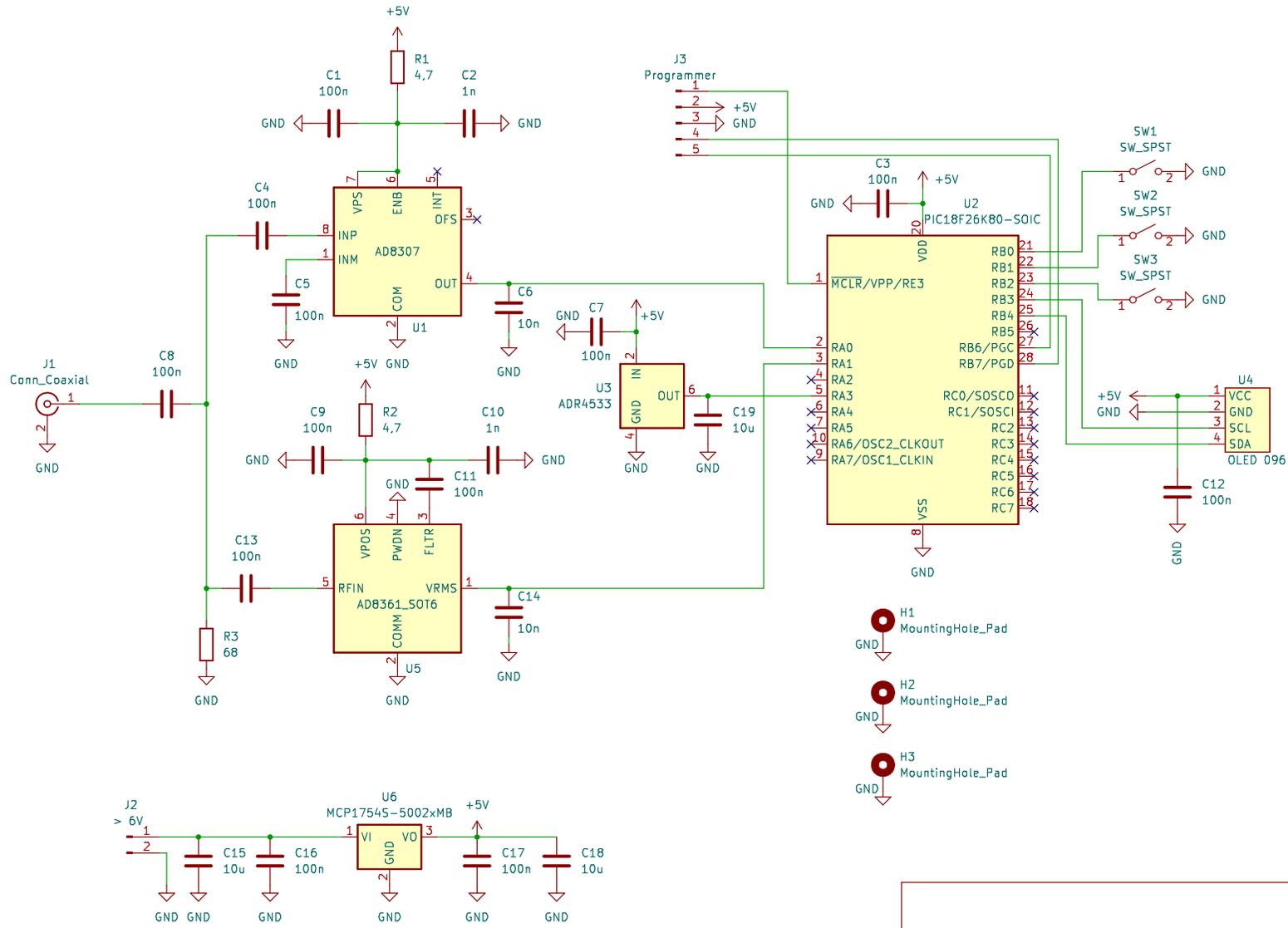
Size: A4

Date: 2023-11-11

Rev: 1.00

KiCad E.D.A. kicad 7.0.9-7.0.9-ubuntu22.04.1

Id: 1/1



- H1 MountingHole_Pad
- H2 MountingHole_Pad
- H3 MountingHole_Pad

DL4JAL	
Sheet:	
File: HF_Messkopf.kicad_sch	
Title: HF-Messkopf AD8307+ AD8361 mit OLED	
Size: A4	Date: 2023-10-25
KiCad E.D.A. kicad 7.0.8-7.0.8-ubuntu22.04.1	Rev: 1.00
	Id: 1/1

Mini mW-Meter Stückliste

References	Value	Footprint	Quantity	Provider	Bestellnr.
C1, C3, C4, C5, C7, C8, C9, C11, C12, C13, C16, C17	100n	C_0805_2012Metric_Pad1.18x1.45mm_HandSolder	12	R	
C15, C18, C19	10u	C_0805_2012Metric_Pad1.18x1.45mm_HandSolder	5	R	
C2, C10	1n	C_0805_2012Metric_Pad1.18x1.45mm_HandSolder	2	R	
C6, C14	10n	C_0805_2012Metric_Pad1.18x1.45mm_HandSolder	2	R	
R1, R2	4,7	R_0805_2012Metric_Pad1.20x1.40mm_HandSolder	2	R	
R3	68	R_0805_2012Metric_Pad1.20x1.40mm_HandSolder	1	R	
U1	AD8307	SOIC-8_3.9x4.9mm_P1.27mm	1	D	AD8307ARZ
U2	PIC18F26K80-SOIC	SOIC-28W_7.5x17.9mm_P1.27mm	1	D	PIC18F26K80T-E/SO
U3	ADR4533	SOIC-8_3.9x4.9mm_P1.27mm	1	D	ADR4533ARZ
U4	OLED 096	OLED096	1	A	0,96 Zoll OLED SSD1306
U5	AD8361_SOT6	SOT-23-6	1	D	AD8361ARTZ-RL7
U6	MCP1754S-5002xMB	SOT-89-3_Handsoldering	1	D	MCP1754ST- 5002E/MB
SW1, SW2, SW3	SW_SPST	Taste-MTG	3	R	TASTER 1082.7
J1	Conn_Coaxial	SMA_Samtec_SMA-J-P-X-ST-EM1_EdgeMount	1	D	WM5536-ND
J2	SV 9V	PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical	1		SV direkt anlöten
J3	Programmer	PinHeader_1x05_P2.54mm_Vertical	1		bleibt frei
		USB-Buchse	1	R	USB BW
			1	D	102-3999-ND
		DC/DC-Wandler	1	R	SIM1-0509 SIL4
			1	D	1S4E_0509S1U

Berschreibung Provider	D	Digi-Key
	R	Reichelt
	A	AZ-Delivery
eventuell bei DL4JAL erhältlich		