

Mein Messplatz – Was man so braucht, um Peilempfänger und –sender zu entwickeln

Nick Roethe, DF1FO



Zum Inhalt

Peilempfänger und –sender für das 80m- und 2m-Band sind technisch recht schlichte Geräte, die Jahrzehnte von den Grenzen des heute technisch machbaren entfernt sind. Man braucht für ihre Entwicklung eine Reihe von präzisen und verlässlichen Messgeräten, aber es dürfen gerne ältere ‚Schätzchen‘ sein.

Im vorliegenden kleinen Bericht erzähle ich, welche Messgeräte bei mir stehen und sich im Laufe der letzten 20 Jahre (seit 2003) bei der Entwicklung von Fuchsjagd-Hardware bewährt haben.

Oszillograph

Einen Oszillographen braucht man immer! Für Messungen an den HF-, NF-, und Digital-Teilen von Sendern und Empfängern. 150 MHz Bandbreite sind Minimum.



Der **Tektronix 475** kam ca. 1972 auf den Markt. Er hat zwei Kanäle mit 200 MHz Bandbreite, eine Doppelzeitbasis, und alles, was damals gut und teuer war. Einst der Traum jedes Service-Technikers! In heutigem Geld hat er rund 17.000€ gekostet. Im QRL hatte ich seit 1983 einen. Meinen eigenen habe ich 2001 auf dem Flohmarkt der UKW-Tagung Weinheim für 500 DM gekauft.

Die Drehschalter der Eingangsabschwächer waren schon länger etwas kratzig, aber sonst hat er perfekt seinen Dienst getan, bis 2024 spontan die Horizontalablenkung ausfiel.

Schaltbilder und Reparaturberichte zum TEK 475 finden sich im Netz, aber mir fehlte die Begeisterung...



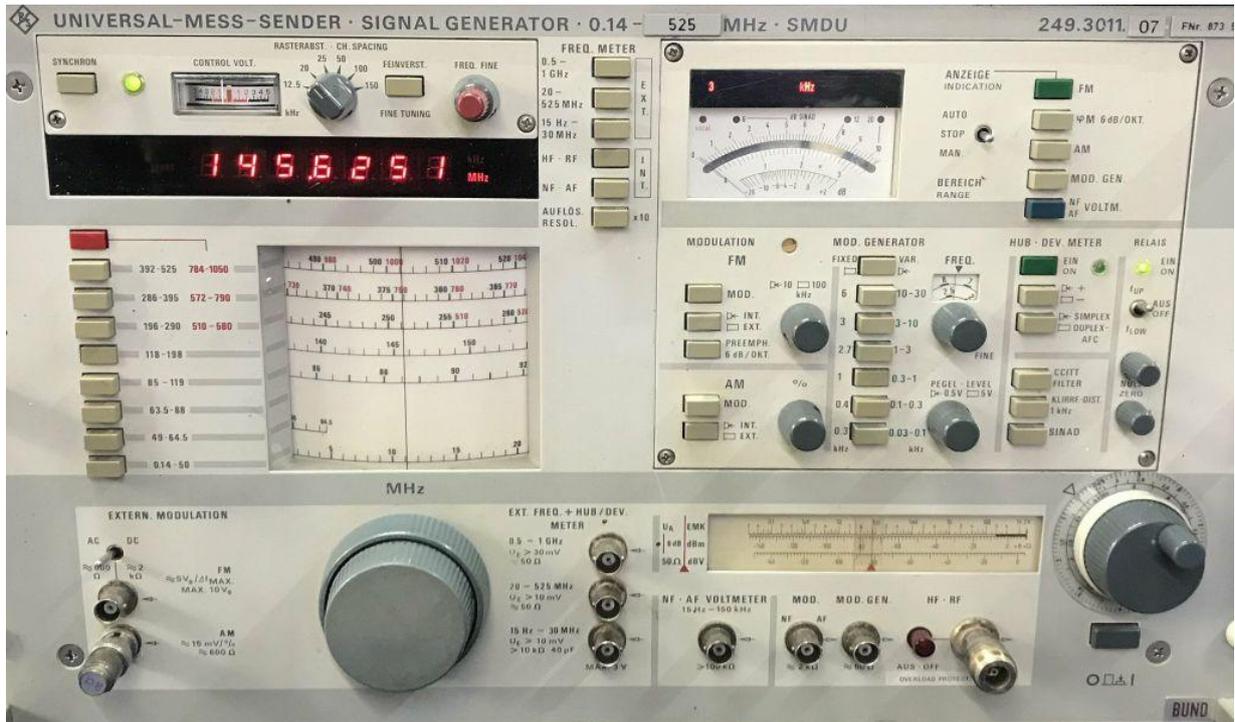
Also ab damit in die Elektronikschrottkiste auf dem Wertstoffhof, und endlich einen zeitgemäßen Digital-Oszillographen angeschafft:

Rigol MSO2302A, 2 Kanäle, 300 MHz.

Mit integriertem 16-Kanal-Logic-Analyser. Der weckt in mir nostalgische Erinnerungen an die ‚Biomation‘, die Wunderkiste der 70er Jahre.

So ein Digital-Oszillograph (wenn man nicht zu geizig ist) macht richtig Spaß!

Mess-Sender (Neudeutsch: Signalgenerator)



Meinen ersten 2m-Peilempfänger habe ich mit Unterstützung von Heinz Hamberger, DJ1RV, 1974 aufgebaut, und 1978 wurde daraus eine Bausatzserie. Ordentliche Messmittel hatte ich damals nicht zur Verfügung. Der oben gezeigte **SMDU von Rohde&Schwarz** kam zu dieser Zeit auf den Markt, war aber für einen Studenten finanziell völlig unerschwinglich.

Nach längerer Bastelpause habe ich 2003 mit der Entwicklung meiner aktuellen Peilempfänger angefangen, und jetzt waren SMDU aus Bundeswehrbeständen günstig zu haben. Ich habe meinen auf der UKW-Tagung Weinheim beim Flugversand Büscher gekauft, inklusive dem Leistungsmesser („Amplitudencontroller“) SMDU-Z1. Mein Auto stand mehrere hundert Meter weit weg, aber zum Glück hatte ich eine Sackkarre dabei...

Der Mess-Sender-Teil des SMDU hat prima funktioniert, inklusive des Kurbel-Ausgangs-Abschwächers mit 140 dB Einstellbereich, des Frequenzzählers bis 500 MHz, und der Amplitudenmodulation. Also alles, was mir wichtig war. Als meine Empfänger in Mode kamen und ich fast jeden Tag einen oder mehrere zum Abgleich auf dem Tisch hatte, wurde deutlich, dass die Bedienung doch recht umständlich war.



Und dies war dann meine neue Liebe: **Rohde&Schwarz SMS2**, ebenfalls aus Bundeswehr-Beständen, gekauft bei Rainer Förtig in seinem Lager nahe Darmstadt. Frequenz, Amplitude, Modulation werden über Drucktasten eingestellt, und Einstellungen können gespeichert werden. Das Herz ist ein Prozessor 8085A. Der SMS2 ist nur vier Jahre nach dem SMDU (oben) erschienen – aber von der Bedienung her etwa ein Lichtjahr moderner...

Mit diesem Gerät habe ich ganze Serien von 2m-SMD-Platinen (bis zu 50 auf einen Rutsch) abgeglichen.

2024 war mein SMS2 plötzlich tot. Zum Glück hatte ich ja noch den SMDU, aber ich habe doch gleich mal nach einem Ersatzgerät für den SMS2 geschaut. Und schon hatte ich eine neue Liebe:



Auf eBay fand ich einen **Rohde&Schwarz SMG** in fragwürdigem Zustand für 450€. Die Konstruktion ist von etwa 1988, also 10 Jahre jünger als der SMS. Für mich ein wichtiger Vorteil: der Ausgangspegel kann mit einem Knopfdruck in 5 dB-Schritten variiert werden. Wer schon mal einen meiner SMD-Empfänger abgeglichen hat, weiß, warum das praktisch ist.

Der SMG kam gut verpackt und äußerlich sauber bei mir an. Innen war der Staub zentimeterdick, und die Birnchen der Displaybeleuchtung waren durchgebrannt, aber funktioniert hat er einwandfrei. Als Extra-Überraschung war sogar die Option B2 eingebaut, ein NF-Synthesizer (DDS) bis 100 kHz, 1 Hz Auflösung, 60 dB Pegel-Einstellbereich.



Leider hat mein SMG, anders als seine beiden Vorgänger (oben), keinen Quarz-Ofen. Aber einen 10 MHz-Referenzgang, also habe ich ihn an ein **GPS-Frequenznormal** von DX-Patrol (WiMo) angebunden. Jetzt ist er nicht nur schön, sondern auch extrem genau.

Der defekte SMS2 zeigte derweil nur ‚-LO-‘ an und war ansonsten tot. Kurze Suche zeigte: die -15 Volt fehlen, der Spannungsregler 7915 (TO5) ist defekt. Ausgetauscht, Netzteil ohne Last wieder ok, aber neuer Befund: Schluss von -15 Volt nach Masse, und zwar im Verdoppler, der aus 250-500 MHz 500-1000 MHz macht.

Spannungsversorgung vom Verdoppler getrennt, HF-Pfad vorbeigeführt, und die Kiste läuft wieder, wenn auch nur bis 500 MHz. Aber mehr brauche ich auch nicht.

Also hatte ich jetzt einen zweiten ‚modernen‘ Mess-Sender, als Reservegerät oder für 2-Sender-Messungen, z.B. Zustopfen. Damit hatte das letzte Stündlein des Monsters SMDU geschlagen: ich habe ihn ausgeschlachtet, und mich an der schönen 70er Jahre-Konstruktion erfreut.

Frequenzzähler



Einen Frequenzzähler braucht man bei der Empfängerentwicklung (wieso rastet die PLL schon wieder nicht), bei der Senderentwicklung (ist der ICS525 auf der gewünschten Frequenz?) und beim Synchronisieren der Fuchssteuerungen.

← Dieser Zähler und zugleich Funktions-generator aus dem Hause **Conrad** zählt verlässlich bis 2,7 GHz. Er ist allerdings nur so genau wie seine schlichte Zeitbasis, also etwa 10^{-5} , und das reicht mir oft nicht.

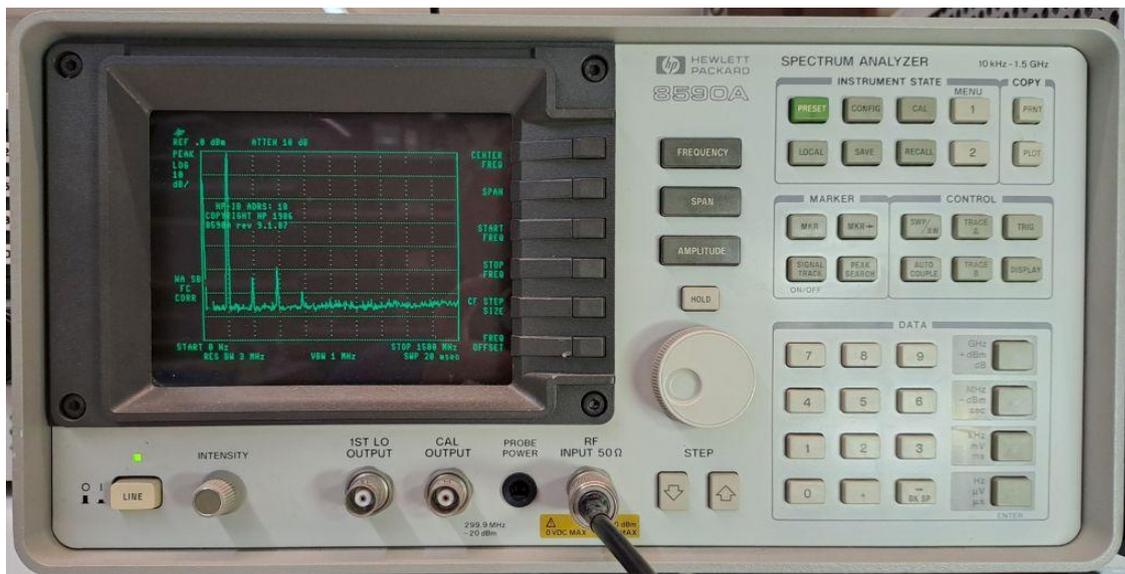
Für genauere Messungen hatte ich früher den Zähler im SMDU (jetzt zerlegt, siehe oben), an einen Quarzofen angebunden, und stabil besser 10^{-6} .

Den Zählerbaustein und Quarzofen aus dem SMDU habe ich erhalten und in ein eigenes Gehäuse eingebaut. →

Er hängt jetzt auch am GPS-Normal, und zeigt daher exakt die gleiche Frequenz an wie der SMG. Das macht Freude!



Spektrumsanalysator



Wer Sender entwickelt, sollte einen Spektrumsanalysator zur Hand haben. So schlicht die Senderschaltungen aussehen, es besteht immer die Gefahr von wilden Schwingungen des Verstärkerzugs. Gerade auch, wenn der Sender nicht an einem $50\ \Omega$ -Widerstand, sondern einer wild im Baum hängenden Antenne betrieben wird. Meinen **Hewlett Packard 8590A** habe ich etwa 2010 bei Rosenkranz in Darmstadt gekauft. Inzwischen gibt es auch Neu-Geräte zu Amateur-Preisen, aber solange der HP läuft, wechsele ich nicht.

Voltmeter / Ohmmeter



Ein Voltmeter und Ohmmeter braucht man immer. Mein **Digital-Voltmeter** (links) von Reichelt ist etwa 5 Jahre alt und tut, was es soll.

Aber gerade bei Abgleicharbeiten ist oft ein analoges Voltmeter notwendig. Mein gutes **Röhrevoltmeter** (VT 650, Baujahr 1970) habe ich aufgegeben, weil die Skala völlig verblasst war. Und irgendwie war es selbst mir zu altmodisch. Ersetzt habe ich es mit dem selbst gebauten **IC-Voltmeter** rechts, Baujahr 2022. Automatische Polaritätserkennung, DC/AC/ Ω , Durchgangs-Summer integriert. Das Gossen-Messwerk ist mit Baujahr 1955 fast so alt wie der Autor. Skala beschriftet mit IrfanView.

Netzgerät



Dies Netzgerät, auch mit schönen großen analogen Anzeigen, habe ich 1976 gebaut, in Anlehnung an einem Schaltungsvorschlag in der Funkschau Heft 12/73. Und seitdem läuft es!

Wattmeter

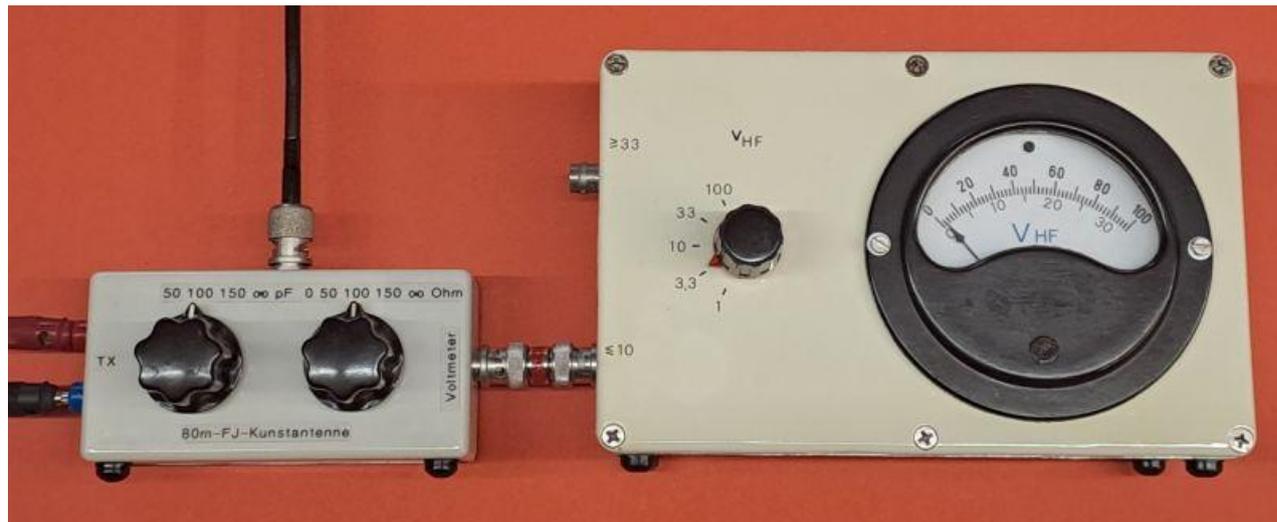
Um die Ausgangsleistung eines Senders zu messen, ist ein **Wattmeter** → nützlich. Mein Wattmeter basiert auf Komponenten aus dem SMDU Amplitudenkontroller (siehe oben). Ich benutze es für den Abgleich von 80m- und 2m-Sendern.

Zum Eichen des Wattmeters benutze ich einen thermischen Leistungsmesser (**Bolometer**), und den wiederum kann ich mit Gleichstrom eichen. Den Bolometer-Kopf und Chopper-Verstärker habe ich in den 80ern von Carsten Vieland, DJ4GC, gekauft.

Für 80m-Fuchsjagdsender ist dieses Wattmeter aufgrund der festen 50 Ω Eingangsimpedanz weniger geeignet.



80m-Kunstantenne



80m-Sender müssen mit einem weiten Bereich von Antennenimpedanzen zurechtkommen. Die typische Antennenimpedanz ist 50..100 Ω + 50..100 pF. Um zu prüfen, wie ein Sender damit zurechtkommt, benutze ich eine umschaltbare Kunstantenne ↑. Die Spannung am Widerstand wird von dem Voltmeter ↑ angezeigt, die Wirkleistung ergibt sich aus U^2/R . Über das BNC-Kabel ist der Spektrumsanalysator angeschlossen. Siehe auch die Beschreibung auf Seite 10 in <http://www.df1fo.de/DOC/80MidiTX.doc>.

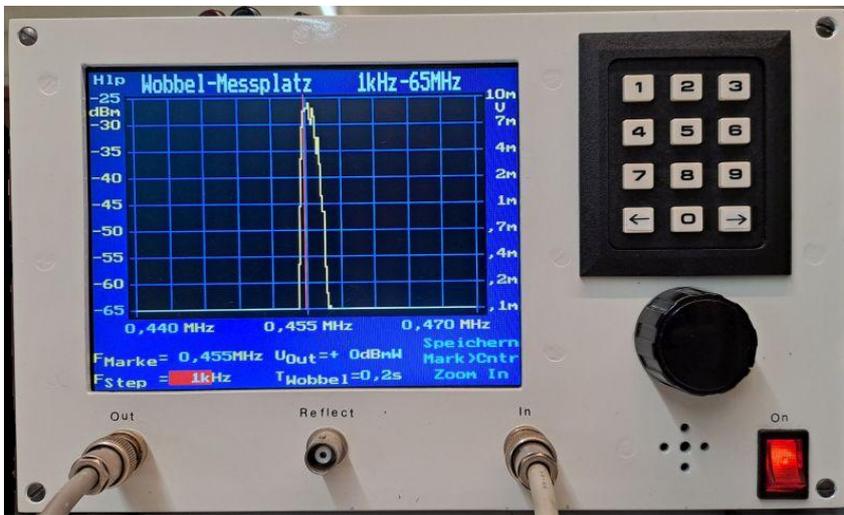


80m Wattmeter

Für einen schnellen Test von 80m-Sendern benutze ich das Wattmeter rechts unten. Es enthält einen festen Abschluss mit 100 Ω + 68 pF, und hat eine geeichte Skala von 0.4 W bis 2 W.

Oben im Bild ist ein Voltmeter, das an die FoxPro-Buchse angesteckt wird und die Batteriespannung anzeigt.

Ich mag halt Zeigerinstrumente, vor allem die guten deutschen von vor 1970...



← Wobbler

Um ZF-Durchlaßkurven aufzunehmen benutze ich einen ‚skalaren Netzwerkanalysator‘.

Ich habe ihn 2004 nach eigenen Ideen aufgebaut. Drinnen werkeln ein DDS-Generator nach Elektor, ein logarithmischer Detektor AD8307, und zwei Atmels für Ablaufsteuerung und Display-Ansteuerung.



← Helmholtz-Spule

Um die Empfindlichkeit von 80m-Empfängern zu vergleichen, braucht man ein definiertes HF-Feld. Dafür benutze ich eine **Helmholtz-Spule**. Siehe:

<http://www.df1fo.de/DOC/80mEmpfindlichkeit.doc>



← Testadapter

Zum Abgleich von Empfängerplatinen habe ich **Testadapter**. So ist die Platine bequem beidseitig für Abgleich und Messungen zugänglich.

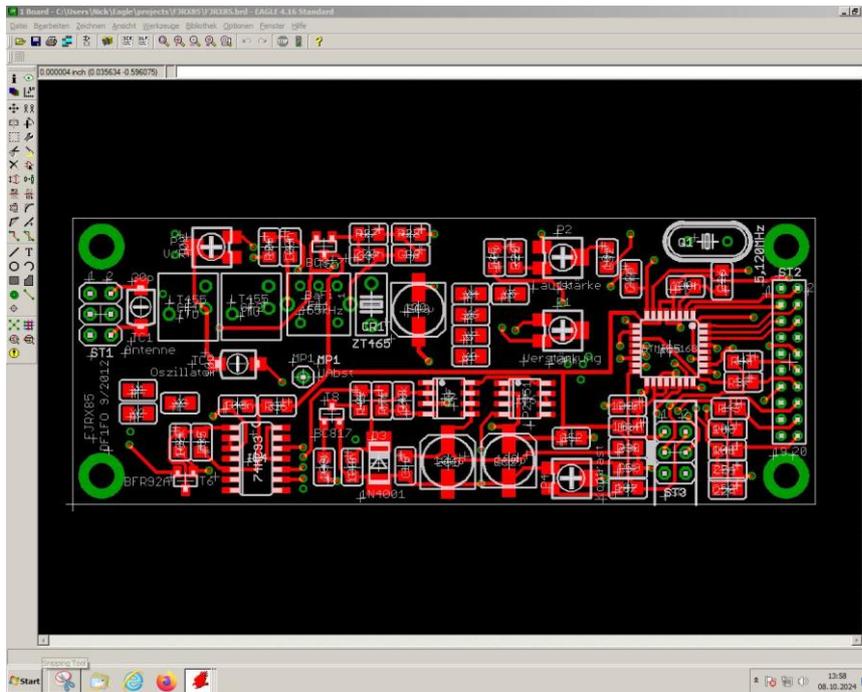


← Signalverfolger

Dies ist einfach ein empfindlicher NF-Verstärker. Ich benutze ihn vornehmlich anstelle eines Kopfhörers beim Empfängerabgleich. Er wird dazu per Klinkenkabel an den Testadapter (oben) angeschlossen.

Wenn man einen Tastkopf anschließt, kann man auch in einer Schaltung suchen, wo das NF-Signal verloren geht.

Design-Software



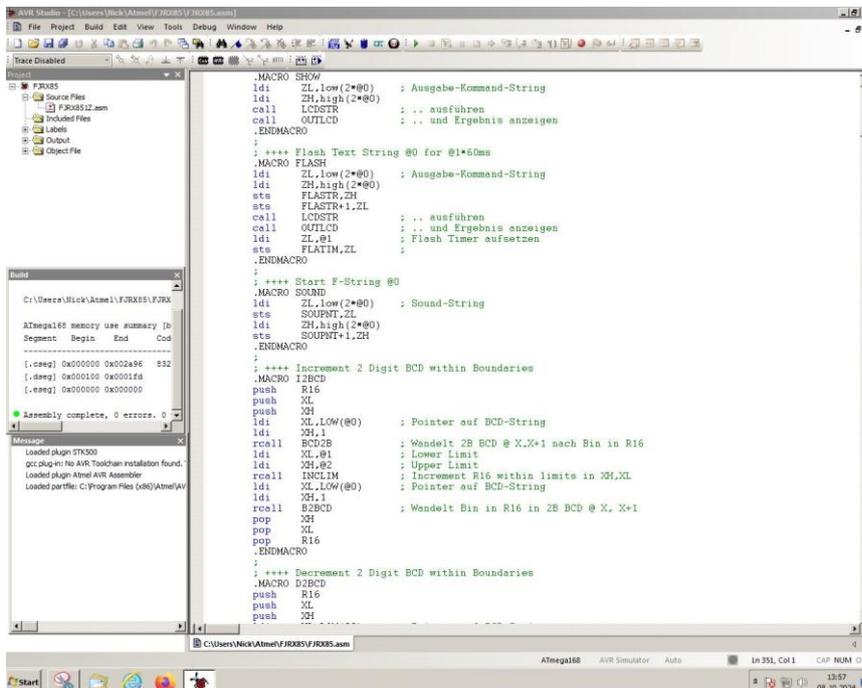
← Eagle

Meine Schaltbilder und Platinenlayouts entwerfe ich mit der nicht mehr ganz neuen Version Eagle 4.16.

Um die 4-lagigen Multilayer-Platinen für die SMD-Empfänger zu entwerfen habe ich seinerzeit eine non-Profit-Lizenz (auch Studentenversion genannt) gekauft.

Die erzeugten Platinendaten im .brd-Format werden von allen Leiterplattenherstellern problemlos akzeptiert.

Und das Schaltbild kommt einfach als .jpg raus.



← AVR-Tools

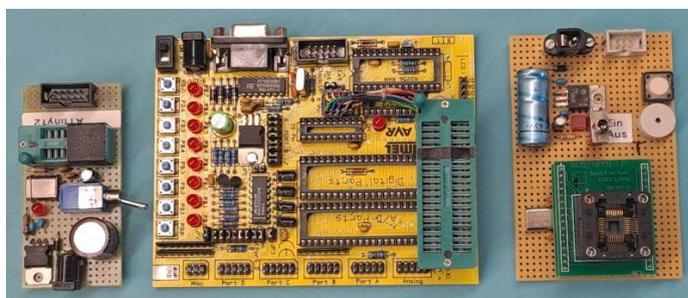
Die meisten meiner Projekte enthalten einen Atmel-Prozessor (neudeutsch ‚embedded controller‘).

Ich programmiere sie ausschließlich in Assembler - weil ich es kann und es mir Spaß macht.

Dafür benutze ich das auch schon historische ‚AVR Studio 4‘, Version 4.19, Build 730.

Ich benutze den integrierten ‚Assembler V2‘ und erzeuge damit .hex-Files im Intel-Format.

Auf meiner Website veröffentliche ich nur den Quelltext (.asm), aber auf Wunsch schicke ich gerne ein .hex.



← Programmieradapter

Für alle von mir verwendeten Atmel-Typen habe ich Adapter, um sie außerhalb der Schaltung (vor-)programmieren zu können. Ganz rechts einer für Atmels im TQFP Gehäuse (SMD-Empfänger).



Um die Daten aus der .hex-File in den Atmel zu übertragen braucht es AVR Studio und einen ‚In System Programmer‘. Bei mir ist es ein ‚Atmel AVRISP Mk 2‘ →, der über USB an den Computer angeschlossen ist. Für die Programmier-Schnittstelle auf der Platine gibt es zwei Standards: 6-pin und 10-pin. Beides kommt bei mir vor. Siehe der Adapter im Foto. Den AVRISP2 gibt es nicht mehr, aber andere ebenso gut geeignete Programmer z.B. bei Reichelt.

Wahnsinn! Ich will doch gar nichts entwickeln, ich will nur die Empfänger nachbauen!

Beim Nachbau meiner Schaltungen kommt man natürlich mit viel weniger aus!

Die **Leiterplatte** gibt es fertig bei der bekannten Quelle (<http://www.dl8uwe.de/ardf>).

Dort gibt es auch den passenden fertig **programmierten Atmel**, und etliche sonst schwer beschaffbare Spezialteile.

Die Platine bestücken und ein Gehäuse und Antenne dazu bauen muss man allerdings selber.

Weil es ja Selbstbauprojekte sind.



Und um meine **Empfänger abzugleichen** braucht man eigentlich nur die oben gezeigten Messmittel: den Testgenerator nach <http://www.df1fo.de/DOC/Testgenerator.doc>, ein zusätzliches 5 dB Dämpfungsglied, und ein analoges oder digitales Vielfachmessgerät.

Und wenn es doch mal Probleme gibt: Email an df1fo@t-online.de

Und bevor wir das ganz aus dem Blick verlieren: der ganze Aufwand ist ja nur Mittel zum Zweck, um im Wald Spaß und Erfolg zu haben!

