

Ein komfortabler 2m-Peilempfänger

Nick Roethe, DF1FO, call@dar.c.de

Konzept-Übersicht

Der hier beschriebene Mikroprozessor-gesteuerte 2m-Peilempfänger ist deutlich aufwendiger als die meist verwendeten Einfach-Peiler, bietet dafür aber einige Besonderheiten:

Besonderheiten

- Hohe Empfindlichkeit
- Schmale Quarzfilter für gute Selektion
- Bedienung über Drehgeber und LC-Display
- Digitale Frequenzeinstellung
- Speicherung von bis zu vier Frequenzen
- Trägheitsloses Balken-S-Meter
- Akustisches S-Meter
- Einstellung des Abschwächers in geeichten 5dB-Schritten
- Automatische Abschwächung bei Übersteuerung
- Schätzung der Entfernung zum Fuchs
- Anzeige des aktuellen Fuchs und der Restlaufzeit
- Alarm kurz vor Fuchs- Sendeende
- Stoppuhr
- Batteriespannungsanzeige und Warnung bei Unterspannung



Einsatzbereiter Peilempfänger mit angebauter 3-Element-Yagi

Schaltungsbeschreibung

Siehe hierzu die beiden Schaltbilder auf den folgenden Seiten.

Der Analogteil weist wenige Besonderheiten auf:

Der Empfänger ist ein Doppelsuper mit 10,7 MHz und 455 kHz ZF und AM-Demodulator.

Das Antennensignal wird von der **Vorstufe** T1 verstärkt, und über ein 144 MHz Zweikreisfilter an den Mischer T2 weitergegeben. Die Vorstufe wird bei starken Eingangssignalen abgeschaltet, wodurch das Signal etwa 40 dB abgeschwächt wird. Der Dual-Gate-Mosfet T2 ist eine **selbstschwingende Mischstufe**, wobei Gate 1 und Source einen Colpitts-Oszillator bilden. Der Oszillator schwingt 10,7 MHz unter der Eingangsfrequenz. Das HF-Signal wird über Gate 2 zugeführt, und die Differenzfrequenz an der Drain abgenommen. Das PLL-IC **TSA6057** regelt die Frequenz des ersten Oszillators. Die Sollfrequenz wird vom Prozessor in 1,25 kHz-Schritten eingestellt.

Die beiden kaskadierten **Quarzfilter** QF1/QF2 sind für die gesamte Nah- und ein Großteil der Weitabselektion verantwortlich.

Das nun folgende AM-Empfänger-IC **TCA440** enthält den 10,7MHz ZF-Verstärker, den quartzstabilen zweiten Oszillator auf 10,245 MHz, den zweiten Mischer und den 455kHz ZF-Verstärker. Die Verstärkung des TCA440 ist über einen weiten Bereich (100 dB) regelbar. Am Ausgang der 455kHz-Demodulatoriode D2 liegt als Wechselspannungsanteil die Modulation des empfangenen Signals, und zugleich ein Gleichspannungsanteil, der zur Feldstärke proportional ist.

Es folgt noch ein NF-Verstärker-IC **LM386**, der einen mittelohmigen Kopfhörer treibt.

Die Beschaltung des Prozessors Atmel **ATmega 8-16** ist sicher nicht so leicht verständlich, und wird daher etwas ausführlicher beschrieben.

Der Systemtakt wird von Q2 auf 5 MHz festgelegt. Der vom Prozessor erzeugte Takt ist zugleich der Referenztakt für die PLL.

Über Pin PC0 wird die **Vorstufe** ein- und ausgeschaltet (Pin auf Low bzw. High).

Pins PC4 und PC5 bedienen den I2C-Bus der **PLL**. Über PC4 wird außerdem erkannt, ob der Empfänger eingeschaltet ist.

Die Pins PC1 und PC2 sind **Analogeingänge**, über die die Batteriespannung bzw. die Demodulator-Richtspannung gemessen werden.

Pin PB3 ist ein Pulsweitenmodulator-Ausgang, der über den nachgeschalteten RC-Tiefpass den **Regelspannungs-**Eingang des TCA440 steuert.

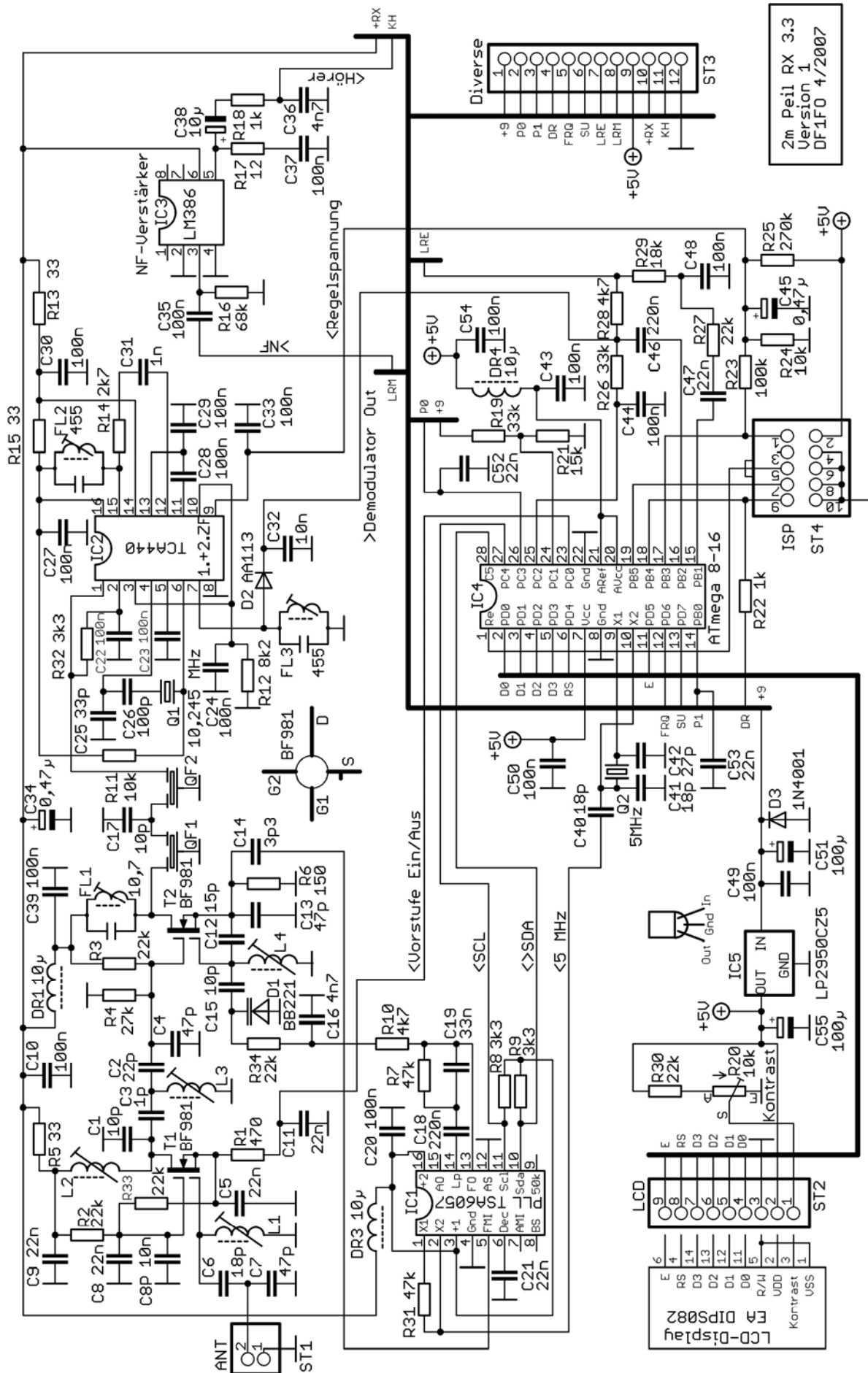
Pin PB1 ist der Ausgang eines steuerbaren Oszillators, der das frequenzvariable Signal für das akustische S-Meter und die **Signaltöne** erzeugt. Das Signal wird über ein RC-Netzwerk mit dem NF-Signal vom Demodulator zusammengeführt und auf den Lautstärkeregel gegeben.

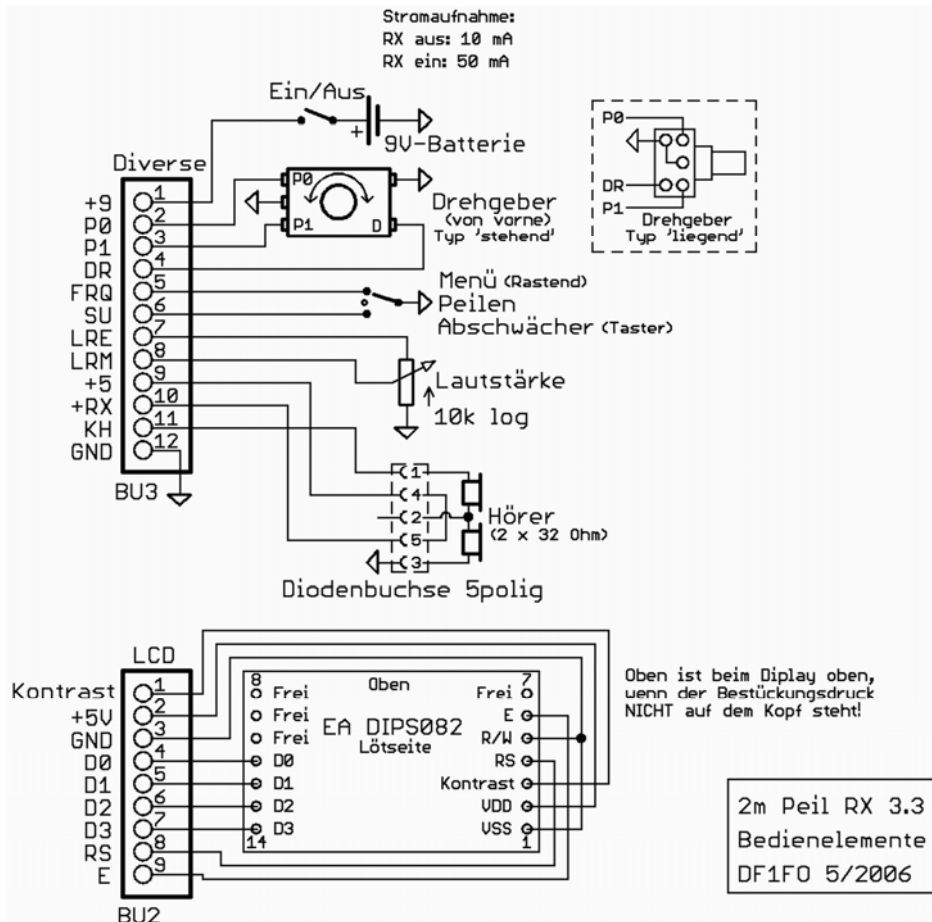
Pin PB2 ist normalerweise hochohmig. Wenn das akustische S-Meter eingeschaltet ist, wird PB2 auf Low geschaltet und senkt dann über C46 den NF-Pegel des Demodulator-Ausgangssignals ab.

Bedient wird der Prozessor über einen **Schalter** an Pin PD6, einen Taster an PD7, und über einen **Drehgeber** mit Druckkontakt an Pins PB0, PC3 und PB4.

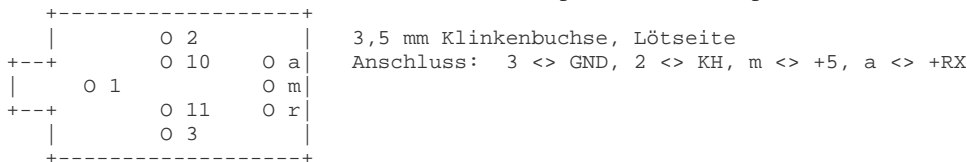
Das **LC-Display** mit 2*8 Zeichen wird über die Pins PD0-PD5 angesteuert.

Schließlich ist an den Prozessor noch der Atmel-typische 10-polige **ISP-Stecker** angeschlossen, über den der Prozessor ‚in system‘ programmiert werden kann.





Für die Freunde des 3,5mm-Klinkensteckers am Kopfhörer habe ich spezielle Klinkenbuchsen mit Schalter:



Technische Daten

Gemessen mit R+S SMS2 auf 144,525 MHz, 80% AM 1kHz

Empfangsbereich 143,9 – 146,1 MHz (optional 143,9 – 148,1 MHz)

Eingangswiderstand 52 Ohm unsymmetrisch

Empfindlichkeit für 6 dB S+N/N typisch 100 nV

Eingangssignal für 75% S-Meter-Ausschlag 300nV – 300 mV, je nach Abschwächerstellung

Abschwächereinstellbereich 120 dB in 5 dB-Stufen

Bandbreite +/- 7 kHz für -3 dB, +/-20 kHz für -40 dB

Spiegeldämpfung F_{soll} - 2 * 10,7 MHz >50 dB, F_{soll} - 2 * 455 kHz >70 dB

Zulässiger Betriebsspannungsbereich 5,5 – 10 V

Stromaufnahme 55 mA (nur Prozessor und Display 10 mA)

Gesamt-Materialkosten ohne Antenne etwa 120 €

Anmerkungen zu einigen HW-Design-Details (nur für Neugierige)

Eingangsempfindlichkeit: Nach meinen bisherigen Erfahrungen kann man bei Fuchsjagden meist von Empfänger-Eingangsspannungen von über 1 μV am Startplatz ausgehen. In Talsenken oder bei schwachen Batterien der Füchse kann es allerdings auch mal weniger werden. Es wäre daher durchaus möglich gewesen, die Vorstufe ganz wegzulassen, der Mischer alleine hätte immer noch eine Empfindlichkeit besser 1 μV . Andererseits ermöglicht die Vorstufe nicht nur eine Empfindlichkeit auf dem Stand der Technik, sondern außerdem eine einfache Abschwächung des Eingangssignals und eine ordentliche Spiegelunterdrückung durch insgesamt drei Kreise auf 144 MHz.

Vorstufenregelung: In früheren Versionen dieses Empfängers wurde die Vorstufe nicht nur ein-/ausgeschaltet, sondern über die Source-Spannung geregelt. Es hat sich aber als schwierig herausgestellt, die Regelspannung so mit der für den TCA440 zu koordinieren, dass es im Gesamt-Regelbereich zu keiner Übersteuerung der Vorstufe kommt. Die Schalt-Lösung ist dagegen sehr einfach. Der Prozessor schaltet die Vorstufe ab einer Dämpfung von 65 dB aus, gleichzeitig wird die Regelspannung für den TCA440 entsprechend angepasst.

Selbstschwingender Mischer: Der selbstschwingende Mischer spart einen separaten Oszillator-Transistor und einige weitere Bauteile. Bei sehr starken Eingangssignalen ($> 10\text{ mV}$) und eingeschalteter Vorstufe, also viel zu niedrig eingestelltem Abschwächer, wird allerdings das Signal an G2 von T2 so groß, dass es zu Rückwirkungen auf den Oszillator kommt und die PLL anfängt zu ‚sägen‘. Die Abschwächer-Automatik reduziert allerdings sofort die Verstärkung bis die Übersteuerung beseitigt ist.

PLL: Der TSA6057 ist fast ideal für die Anwendung in diesem Empfänger. Nicht ideal ist allerdings die mit 20 mA recht hohe Stromaufnahme. Außerdem erlaubt er bei der verwendeten Oszillatorfrequenz eigentlich kein feineres Frequenzraster als 10 kHz. Dies lässt sich allerdings umgehen, indem die Referenzfrequenz von den empfohlenen 4 auf 5 MHz erhöht wird. Damit reichen die internen Zähler für ein 1,25 kHz-Raster aus. Die verwendeten 5 MHz sind der Systemtakt des Prozessors, so dass die PLL keinen eigenen Quarz braucht.

Quarzfilter: Fuchsjagdempfänger sind meist sehr breitbandig – das verringert die Probleme durch freilaufende Oszillatoren und erleichtert das Finden der Fuchsfrequenzen. Große Bandbreite bedeutet verringerte Empfindlichkeit, dies ist aber, siehe oben, kein Problem. Schwierig wird es allerdings, wenn auf dem 2m-Band ausnahmsweise was los ist, z.B. bei einer Fuchsjagd während eines 2m-Contests. Ich habe entgegen der Tradition den Empfänger recht schmalbandig gemacht. Voraussetzung dafür ist natürlich der PLL-geregelte Oszillator. Um eine ausreichende Weitabselektion ($>60\text{ dB}$) zu erzielen müssen unbedingt zwei Filter kaskadiert werden.

TCA440: Dieses AM-Rundfunkempfänger-IC wird in fast allen 80m-Peilempfängern eingesetzt. Es ist aber auch als ZF-Baustein in einem 2m-Peiler ideal: hohe Verstärkung, 100 dB Regelumfang, geringe Schwingneigung durch Aufteilung der Gesamtverstärkung auf zwei Zwischenfrequenzen. Das übliche Keramikfilter nach dem Mischer habe ich durch den recht breiten Einzelkreis FL2 ersetzt, so dass die Gesamtdurchlasskurve des Empfängers nur vom Quarzfilter bestimmt wird.

Empfängerstörungen durch den Prozessor: Die enge Nachbarschaft von hochempfindlichem Empfänger und Prozessor macht sich im Empfänger in Störungen bemerkbar, die allerdings im gesamten Empfangsbereich nur bei voller Empfindlichkeit und nur schwach hörbar sind und das Peilen nicht beeinträchtigen. Ausnahme ist die Frequenz 145,0 MHz, die 29te Oberwelle des Prozessortakts. Hier erscheint im Empfänger ein etwas stärkeres Störsignal, das einem Antennenpegel von typisch 600nV entspricht. Bei einem Prototypen hatte ich den Empfänger in eine eigene Weißblechdose gesetzt und so vom Prozessor abgeschirmt. Damit wird die Störsituation besser, unterm Strich scheint mir der dafür nötige Aufwand aber nicht lohnend zu sein.

NF-Verstärker: Erwähnenswert ist nur R18, der die Stromaufnahme des Verstärkers begrenzt und den Hörer vor Überlastung schützt.

Spannungsversorgung: Der gesamte Empfänger ist auf eine Versorgungsspannung von 5V ausgelegt. Der Low-Drop Spannungsregler IC5 benötigt eine Eingangsspannung von 5,5V. Die Stromaufnahme des Digitalteils ist 10 mA, der eigentliche Empfänger benötigt weitere 45 mA. Davon entfallen etwa 20 mA auf den PLL-Baustein. Eine 9V-Alkali-Mangan-Blockbatterie (Aldi-Activ Energy, $<1\text{ €}$) ermöglicht über 6 Stunden Betrieb. Ich mache sicherheitshalber vor jedem wichtigen Wettbewerb eine neue Batterie rein.

Bedienung des Empfängers

Der **Einschalter** ist mit dem **Lautstärkeregler** gekoppelt. Der Lautstärkeregler wird normalerweise auf die gewohnte Position gestellt und erst zum Ausschalten wieder angefasst. Beim Einschalten laufen die Stoppuhr bei 0 und der Fuchstimer bei Fuchs 1 los, und die zuletzt eingestellten Frequenzen werden geladen. Der eigentliche Empfänger wird erst mit Strom versorgt, wenn der **Hörer eingesteckt** wird. Die Bedienung erfolgt über den Drehgeber und einen 3-Stellungs-**Kippschalter** mit der Schaltfolge Taster-Aus-Ein für die Funktionen **Abschwächer-Peilen-Menü**.

Kippschalter auf Peilen:

Das Display zeigt die aktuelle Fuchsnummer, die Restsendezeit, die geschätzte Entfernung zum Fuchs und ein 32-stufiges Balken-S-Meter. Ein bis vier Punkte im 2.Feld oben symbolisieren den eingestellten Kanal, ein Stern im 5. Feld wird sichtbar, wenn die Abschwächerautomatik aus ist.

- **Drehen des Drehgebers** stellt die Abschwächung in 5 dB-Schritten. Bei Annäherung an den Fuchs wird die Abschwächung automatisch (wenn nicht abgeschaltet) erhöht, eine Reduzierung muss immer von Hand eingestellt werden, oder über den Abschwächertaster ausgelöst werden.
- **Klicken des Drehgebers** schaltet zwischen normalem Hörempfang und akustischem S-Meter um.
- **Drücken + Drehen** (um min. 2 Schritte) wechselt zwischen den bis zu gespeicherten Frequenzen.
- **Klicken des Abschwächertasters** öffnet den Abschwächer auf die 40dB/10dB/0dB-Stufe.
- Längeres **Drücken des Abschwächertasters** schaltet die Abschwächer-Automatik aus bzw. wieder ein.

Jeweils zur eingestellten Zeit vor Ende der Sendezeit der Füchse ertönt ein Warnton. Wenn die Batteriespannung kleiner als die eingestellte Schwelle ist, werden 10 Sekunden nach Sendebeginn von Fuchs 1 ein Warnton und eine Warmmeldung ausgegeben. Die verbleibende Betriebszeit ist dann höchstens noch eine Stunde.

Kippschalter auf Menü :

Nach Umlegen des Schalters auf Menü werden für einige Sekunden die aktuelle Frequenz, die Stoppuhr und die Batteriespannung angezeigt. Durch Drehen können folgende Funktionen ausgewählt werden:

- **Frequenz** ändern: Klicken schaltet auf Frequenzeingabemodus, das Display zeigt Frequenz und S-Meter. Folgende Eingaben sind möglich:
 - Drehen ändert die Empfangsfrequenz in 10 kHz-Schritten,
 - Drücken+Drehen in 1,25 kHz-Schritten.
 - Klicken schaltet zwischen den bis zu 4 Frequenzspeichern
- **Stoppuhr:** Klicken startet die Uhr bei 0 bzw. stoppt sie
- **Fuchstimer:** Klicken startet den Timer bei Fuchs 1. Bei laufendem Timer kann die Nummer des aktuellen Fuchs durch Drücken+Drehen verändert werden.
- **Einstellmenü** aufrufen durch Klicken. In diesem Untermenü sind die Funktionen zusammengefasst, die man in der Aufregung einer Fuchsjagd besser nicht anfasst.

Die **Tabelle** auf der übernächsten Seite zeigt detailliert alle Menüpunkte und die zugehörigen Funktionen.

Alle Menüs und Untermenüs werden durch Umlegen des Kippschalters auf Peilen **verlassen**. Dabei (und erst dann) werden alle geänderten Einstellungen ins EEPROM gespeichert.

Das **Abgleich-Menü** ermöglicht Anpassungen des Prozessors an den Empfänger. Zum Starten muss der Kippschalter auf Menü stehen und der Dreh-Drücker während des Einschaltens gedrückt sein. Die Funktionen sind:

- Menü-Sprache wählen Deutsch/English/Niederlands
- EEPROM auf Anfangswerte zurücksetzen. Alle Einstell- und Abgleichwerte werden zurückgesetzt.
- Batteriespannungsmessung eichen, siehe Abschnitt Abgleich.
- Frequenzfeineichung, siehe Abschnitt Abgleich.
- Abschwächereichung, siehe Abschnitt Abgleich.
- Frequenzbereich wählen 144-146 (Standard) oder 144-148 (für IARU Region 2/3)
- Batterie-Warnungsschwelle einstellen von 5,8 V bis 8,0 V
- Entfernungsschätzung korrigieren -5..+5 (*5dB)
- Geänderte Einstellungen ins EEPROM speichern. Abgleichwerte müssen hiermit abgespeichert werden, sonst sind sie nach dem Ausschalten wieder weg!

Der Abgleich kann durch Ausschalten oder Umlegen des Kippschalters auf Peilen abgebrochen werden.

Anmerkungen zum Bedienkonzept

Alle Einstellungen des Empfängers, außer der NF-Lautstärke, laufen über den Prozessor. Damit ergibt sich ein hoher Freiheitsgrad für den Design der ‚Benutzer-Oberfläche‘ – fast alles ist möglich, und vieles davon habe ich schon ausprobiert.

Bei den ersten Versionen habe ich großen Wert auf eine klare Struktur der Bedienung und einheitliche Bedienung aller Funktionen gelegt. Das hat sich im Wettkampfbetrieb nicht bewährt, weil es zu umständlich war. Die Funktionen, die man während des Laufens ständig braucht, müssen blind zu bedienen sein. Und alle wichtigen Informationen müssen zugreifbar sein, ohne sich durch Menüs hangeln zu müssen.

Daher folgt nur noch das Einstell-Menü der ursprünglichen Philosophie. In der zentralen Betriebsart Peilen hingegen sind jetzt alle Funktionen direkt im Zugriff. Die Bedienung, insbesondere in dieser Betriebsart, muss erlernt und geübt werden! Das dauert durchaus ein, zwei Wettbewerbe.

Zur Verdeutlichung soll kurz beschrieben werden, wie die Bedienung im praktischen Betrieb eines Wettbewerbs nach IARU-Regeln abläuft:

- Die Frequenzen werden eingestellt sobald bekannt, auf jeden Fall vor der Empfängerabgabe. Bei der Gelegenheit sollten auch die Einstellungen geprüft werden: 5 Fuchse, 60 s, 1 W, gewünschte Alarmzeit. Danach kann der Empfänger abgegeben werden.
- Bei Ertönen des Startsignals wird eingeschaltet und der Hörer eingesteckt. Timer und Stoppuhr laufen an. Akustisches S-Meter, wenn gewünscht, durch Klick auf Drehgeber einschalten.
- Während des Laufens bleibt der Daumen am Kippschalter: Klicken oder Doppelklicken auf Abschwächer öffnet den Empfänger, nachdem er automatisch zugeregelt hat. Ein gelegentlicher Blick aufs Display informiert über die geschätzte Entfernung. Das ist normalerweise alles!

Folgende Funktionen braucht man nur gelegentlich während eines Laufs:

- Bei Störungen, z.B. durch einen SSB-Contest, Automatik ausschalten: Abschwächer lang drücken. Regelung dann von Hand durch Drehen.
- Kontrolle von Frequenz, Batteriespannung oder Stop-Uhr: kurz auf Menü schalten.
- Umschalten auf andere gespeicherte Frequenz, z.B. Zielfuchs: Drücken und Drehen.

Bei Distrikts- oder OV-Wettbewerben ist der Startzeitpunkt oft nicht synchron zum Sendebeginn von Fuchs 1. Dann wird der Timer schon beim Vorpeilen eingestellt. Der Empfänger muss danach bis zum Start eingeschaltet bleiben. Zur Batterieschonung Kopfhörer abziehen. Stoppuhr beim oder kurz vorm Start von Hand starten.

Kurzbedienungsanleitung

Bedienung 2m-Peilempfänger DF1FO

Softwarestand 4.1

Schalter	Funktion	Anzeige
Peilen	<> Abschw. +/- 5 dB * Akust. S-Meter Ein/Aus <<*>> Freq. Nr. (*1) a Abschw öffnen 40/10/0dB A Automatik Ein/Aus	Fuchs-Timer Entfernung S-Meter 1-4 Punkte: Freq. Nr. * = Automatik Aus
Menü	<> Menüpunkt wählen	Frequenz Stop-Uhr Batteriespannung
↓ Hauptmenü (beenden mit Schalter -> Peilen)		
Menüpunkt	Funktion	
Freq. ändern	* Starten ==>	<> Freq +/- 10 kHz <*> Freq +/- 1,25 kHz (*2) * Nächste Freq. Nr
Uhr Stop/Start	* Stoppuhr anhalten bzw. Rücksetzen und Start	
Timer Start	* Fuchs-Timer neu starten (*3) <*> Aktuelle Fuchs-Nr. einstellen	
Einstellmenü	* Einstellmenü Starten ==>	<> Menüpunkt wählen
↓ Einstellmenü (beenden mit Schalter > Peilen)		
N Fuchse	<*> Zahl der Fuchse 1..10, 1 = Foxoring (*4)	
T Fuchs s	<*> Fuchs-Sendedauer 1..99 sec	
T Fuchs ms	<*> Fuchs Sendedauer +/- 20 msec	
P Fuchs	<*> Fuchs Sendeleistung 1 µW - 30 W, nur dB (*5)	
N Frequ	<*> Zahl der benutzten Frequenzen 1..4, 12<>3, 1x2<>3 (*6)	
T Alarm	<*> Alarmzeit 1 - 30 sec vor Ende, 0 = Aus	
Akust.SM über	<*> Schwelle 1/8 - 3/8, 0 = Dauernd (*7)	

Drehgeber-Funktionen	Taster Abschwächer
<> Drehen <*> Drücken + Drehen * Klicken	a Klicken A Lang drücken

- (*1): Zum Schutz vor Fehlbetätigung: Drücken und innerhalb 0,5 sec mindestens 2 Schritte drehen
 (*2): Für FM-modulierte Fuchse RX 5-6kHz über oder unter Trägerfrequenz einstellen (Flankendemodulation)
 (*3): Fuchs Timer bei Sendebeginn eines beliebigen Fuchses starten, danach mit <*> Fuchs-Nr. einstellen
 (*4): Für Foxoring N Fuchse =1 einstellen, schaltet Fuchstimer und Alarm aus, Display zeigt stattdessen Stoppuhr
 (*5): ‚nur dB‘ = keine Entfernungsschätzung, es wird nur Abschwächereinstellung in dB angezeigt
 (*6): Sondermodi für Fuchsjagen mit zwei Sätzen von Fuchsen + Rückholer:
 Modus 12<>3: <*> schaltet zwischen F1 und F2 um, *> schaltet auf F3
 Modus 1x2<>3: dto, Empfänger merkt sich für jeden Fuchs die zuletzt gewählte Frequenz F1 bzw. F2, und stellt sie bei nächstem Sendebeginn wieder ein
 (*7): Das akustische S-Meter geht aus, wenn das Balken-S-Meter für 3 Sekunden unter der Schwelle bleibt

Anmerkungen zur Implementierung der Steuerung (nur für Neugierige)

Die gesamte Empfängersteuerung ist in **Assembler** programmiert. Der Code belegt rund 3900 Worte im Prozessor-Programmspeicher (von 4096 verfügbaren).

Es wird nur ein **Interrupt** benutzt: ein 320 µsec Timer. Der Interrupt-Handler bedient die Stoppuhr und den Fuchs-Timer, und entprellt den Drehgeber und den Taster.

Alle weiteren Funktionen sind auf der **Hauptprogramm**-Ebene implementiert. Den größten Aufwand erfordert die Behandlung der Bedienelemente, abhängig vom jeweiligen Betriebszustand, und die Erzeugung der jeweils passenden Anzeige. Auf einige ‚verborgene‘ Funktionen soll etwas näher eingegangen werden:

Die Frequenz-Information für die **PLL** wird nach dem Einschalten und jeder Frequenzänderung übertragen. Ansonsten sind die I2C-Leitungen ruhig, und können daher auch nicht stören. Das Display hingegen wird alle 100 msec neu geladen. Deshalb können die Leitungen zum Display bei ungünstigem Aufbau des Empfängers in den Empfängereingang oder in die Leitungen zum Lautstärkereglereinstreuen.

Die Demodulator-Richtspannung (Pin PC1) wird laufend eingelesen. Für das **Balken-S-Meter** wird der Spitzenwert der letzten 300 msec ermittelt und angezeigt. Für das **akustische S-Meter** hingegen wird der Momentanwert verwendet – das Ohr reagiert schneller als das Auge. Die Kennlinie des akustischen S-Meters ist so ausgelegt, dass Feldstärke-Änderungen kleiner 1 dB über einen Bereich von 20 dB deutliche Tonhöhenänderungen ergeben – dazu ist eine mehrfach geknickte exponentielle Kennlinie implementiert.

Die **automatische Abschwächung** reduziert die Verstärkung um 5 dB, sobald der Balken-S-Meter-Anzeigebereich überschritten wird. Es wird dabei ein Signaldoppelton 500Hz/1000Hz erzeugt. Damit die reduzierte Verstärkung wirken kann, wird 200 msec gewartet, bevor gegebenenfalls weiter abgeschwächt wird. Eine volle Zuregelung des Empfängers von 0 dB auf 120 dB Abschwächung dauert also mindestens $24 * 200 \text{ msec} = 4,8 \text{ sec}$. In so einem Extremfall beschleunigt Drehen des Knopfes den Vorgang.

Die **Regelspannung für den TCA440** wird mit einem Pulsweitenmodulator als D/A-Wandler erzeugt. Er erzeugt ein 19 kHz-Rechteck-Signal mit programmierbarem Tastverhältnis, aus dem über einen RC-Tiefpass eine variable Gleichspannung wird. Die richtigen Einstellungen des PWM für die verschiedenen Abschwächungen wird bei der Empfängereichung ermittelt und im EEPROM abgelegt. Um die Eichung zu beschleunigen gilt das allerdings nur für die Vielfachen von 10 dB, die Zwischenwerte x5 dB werden durch lineare Interpolation ermittelt. Die Vorstufe ist bis 60 dB Abschwächung eingeschaltet, ab 65 dB aus.

Die **Entfernungsschätzung** beruht auf der Erfahrung, dass ein 1W-Fuchsjagdsender mit Rundstrahlantenne in 100 m Entfernung ein Signal von etwa 3 mV an einer HB9CV erzeugt. Die Signalstärke erhöht bzw. verringert sich – zumindest im Freiraum – von diesem Wert ausgehend um 20 dB, wenn die Entfernung sich um einen Faktor 10 erhöht bzw. verringert. So kann aus der Abschwächer-Einstellung eine Schätzung der Entfernung erstellt werden. Dabei wird angenommen, dass der S-Meter-Balken in der rechten Hälfte des Anzeigefelds steht. Mit jeder 5 dB-Abschwächerstufe ändert sich die Entfernung um den Faktor 1,8 – der Einfachheit halber erfolgt die Anzeige in 1-2-3-5-Stufung. Bei Entfernungen über 100m, das bedeutet in der Regel keine Sicht zum Fuchs, liefert die obige Freifeldformel meist zu optimistische Werte. Über 100 m Entfernung gehe ich daher von einem Feldstärkeabfall von 30 dB pro zehnfacher Entfernung aus. Die Anzeigeabstufung ist daher über 100m 1-1,5-2-3-5-7. Wenn die so geschätzte Entfernung 1,5 km überschreitet, wird stattdessen die Abschwächereinstellung in dB angezeigt.

Wie jeder leidgeprüfte Peilamateur weiß, folgt die Feldstärke im wirklichen Leben nicht obigem ‚Normverlauf‘: freie Sicht zum Fuchs über ein Tal hinweg erhöht die Feldstärke, und Abschattungen können sie erheblich verringern. Es hat sich aber gezeigt, dass die Anzeige der geschätzten Entfernung um so genauer wird, je näher der Fuchs kommt, und das z.B. die Anzeige ‚100m‘, prägnanter ist als eine Abschwächungsanzeige, z.B. ‚80dB‘.

Über die Einstellung Fuchs-Sendeleistung im Abgleich-Menü kann die Entfernungsschätzung an die Stärke der verwendeten Füchse angepasst werden. Ich benutze meistens die 1W-Einstellung. Für die bei Foxoring verwendeten sehr schwachen Sender lässt sich die Sendeleistung bis 1µW reduzieren. Passende Einstellung ausprobieren!

Bauanleitung – was muss der Nachbauer können?

In den folgenden Abschnitten beschreibe ich, was bei einem Nachbau des Empfängers zu beachten ist. Vorweg will ich kurz ansprechen, welche Fähigkeiten für den Nachbau erforderlich sind:

- Beschaffen der Bauteile nach Stückliste
- Bestücken und Verlöten einer sehr dicht bestückten Platine
- Entwurf und Aufbau der Mechanik (Gehäuse, Griff, evtl. Antenne)
- Inbetriebnahme und Abgleich des Empfängers, evtl. Fehlersuche

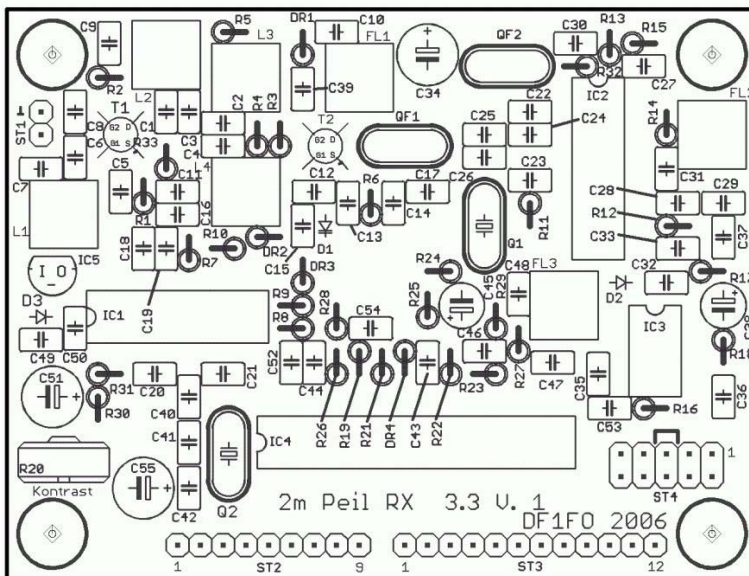
Dies ist keine Schritt-für-Schritt-Bauanleitung für den Anfänger! Etwas Selbstbau- und HF-Erfahrung ist unbedingt nötig.

Für den Abgleich sind neben einem Regelnetzteil und einem Vielfachmessgerät ein ordentlicher 144 MHz Messender oder Funkgerätemessplatz mit von 0,3µV bis 300mV einstellbarem Ausgangsspegel und AM erforderlich. Wer den nicht hat, sollte sich frühzeitig umhören, wo ein OM mit entsprechender Ausrüstung Unterstützung geben kann. Nötigenfalls kann auch ich den Abgleich der Platine übernehmen.

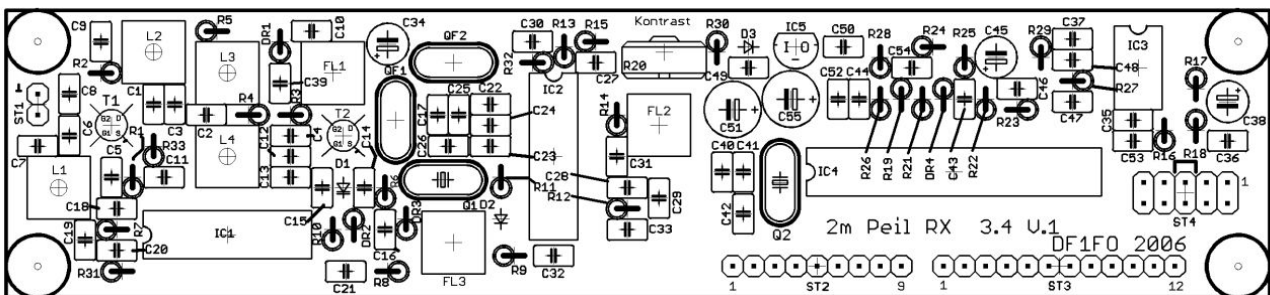
Nicht erforderlich sind Programmierkenntnisse oder Erfahrung mit den Atmel-Prozessoren.

Aufbau der Platine

Ich verwende professionell gefertigte zweiseitige und durchkontaktierte **Platinen** mit Lötstoplack und Bestückungsdruck. Es gibt zwei Ausführungen, die Kurzversion mit einer Größe von **64*84 mm**, und die Langversion mit **35*152 mm**. Je nach geplanter Gehäusebauform wird eine der beiden Versionen ausgewählt. Mehr dazu später. Beide Versionen sind elektrisch 100% identisch, d.h. gleiches Schaltbild, gleiche Stückliste.



Bestückungspläne Kurz- und Langversion



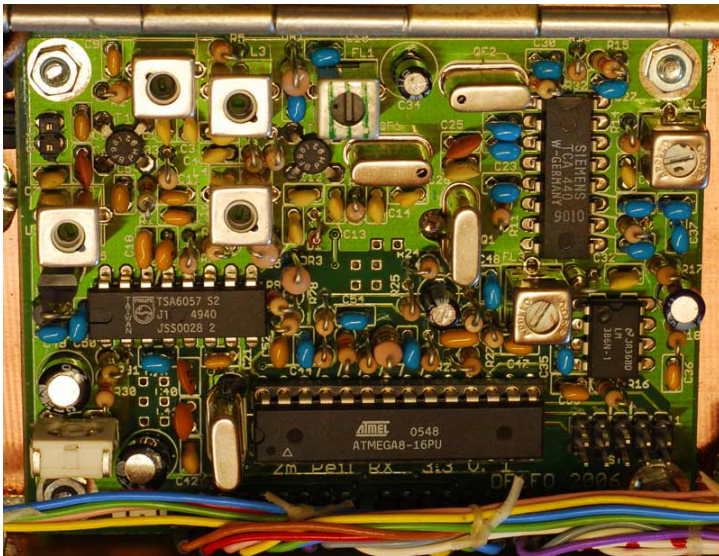
Korrektur: Die Position von R34 ist bei Platinen mit Aufdruck 2006 mit Dr2 gekennzeichnet.

Die Verbindungen zur Antenne (St1), zum Display (St2) und den Bedienelementen (St3) sind steckbar ausgeführt.

Es werden nur 1 bis 2 SMD-Bauteile verwendet. Aufgrund der hohen Dichte der Lötstellen muss eine feine Lötspitze verwendet werden.

Ich empfehle für alle ICs Fassungen zu verwenden, und zwar die hochwertige Ausführung mit gedrehten Kontakten. Das sind zwar insgesamt 64 Steckkontakte, die im Laufe der Jahre korrodieren könnten, aber es erleichtert eventuelle Fehlersuche und Reparaturen sehr.

Eine detaillierte Stückliste befindet sich am Ende dieses Dokuments.



Die beiden bestückten Platinen



Bei der Bestückung hat sich bei mir folgende Reihenfolge bewährt:

- **Schaltplan, Bestückungsplan** und **Stückliste** bereitlegen.
- **Alle Bauteile** nach Stückliste abgezählt bereitlegen.
- **Befestigungslöcher** in den Platinenecken aufbohren: 2,7 mm für M2,5 bzw. 3,2 mm für M3.
- **Lötzinn** prüfen: Von ROHS-konformem Lötzinn (bleifrei) rate ich dringend ab. Klassisches Elektroniklot mit 38-40% Pb und 1mm Durchmesser verwenden!
- Wenn die **SMD-Diode** BB833 verwendet wird, diese als erste auflöten: Die beiden Lötäugen in der Platine mit etwas Zinn füllen. Diode mit Pinzette auf der Bestückungsseite in Position halten: schwarzes Ende an Masse, weißes an C15. Ein Beinchen mit LötKolben anheften, anderes verlöten, erstes noch mal nachlöten.
- **Widerstände, Kondensatoren, Drosseln und Dioden** bestücken, beginnend beim Empfängereingang. Sie werden alle stehend eingebaut. Ich bestücke immer 5-10 Stück, dann verlöte ich und schneide die Drähte sehr kurz (~1mm) ab.

- **Transistoren, ICs** bzw. IC-Sockel.
- **Quarze.** Die Becher der beiden Quarze werden mit der Massefläche auf der Platinenoberseite verlötet, möglichst schnell mit einer heißen Lötspitze.
- **Filter, Quarzfilter, Trimpoti, Steckerleisten.** Die schwarzen Punkte auf den beiden Quarzfilter sollen jeweils zu der gemeinsamen Verbindung zeigen (gilt nur für 10M12B). Die Platine bekommt die Steckerleisten (Männchen), die Buchsenleisten (Weibchen) kommen an die Verdrahtung.
- Parallel zu C8 wird auf der Lötseite ein **SMD-Kondensator C8P** von 10nF von T1/Gate2 nach Masse (Massebeinchen C8) gelötet (verhindert Schwingen der Vorstufe). Dazu an den beiden Lötunkten Zinn mit Entlötlitze entfernen, und das C wie oben beschrieben (BB833) verlöten.
- Bei Verwendung eines **TCA440** vom ‚Halbleiterwerk Frankfurt/Oder‘ (rundes undeutliches Logo) hat es sich zur Beseitigung der Schwingneigung bewährt, ein **22 pF-C** (bedrahtet oder SMD) auf der Lötseite zwischen TCA440 Pin 12 und 13 zu löten.
- Die viereckigen Lötinseln bleiben frei (Reserve für Änderungen)
- **Sichtinspektion** der Lötseite – alle Drähte/Beinchen gekürzt? Irgendwo zu viel/wenig Zinn?
- Und jetzt die optionale **Luxusbehandlung:** Lötseite dünn mit Lötlack einsprühen, danach jede Lötstelle noch einmal nachlöten, so dass das Zinn sauber verläuft und schön aussieht. Das kostet höchstens eine halbe Stunde, und spart womöglich so manchen kaum zu findenden Aussetzfehler.

Mechanischer Aufbau des Peilempfängers

Vorbemerkungen

Beim Einbau der Peilempfänger-Platine in ein Gehäuse sind einige grundsätzliche Regeln zu beachten:

Das Gehäuse muss den Empfänger rundum abschirmen, da der Digitalteil einige Störstrahlung produziert, die sonst über die Antenne zum Antenneneingang gelangen würde. Als **Gehäusematerial** kommen daher vor allem Alu-Druckguss, Alu-Profile, gebogene Bleche und Leiterplattenmaterial in Frage.

Der **Abstand** Platine-Gehäuse oben und unten soll mindestens 3 mm, rundum mindestens 1 mm betragen. Die **Platinen-Masse** muss über die Befestigungsschrauben an den vier Ecken mit dem Gehäuse verbunden werden.

Die **Verdrahtung** von Display und Bedienelementen sollte vom Antenneneingang und der Platinenecke mit der Vorstufe ferngehalten werden. Die Leitungen zum Lautstärkereglern müssen einige mm Abstand zu den Leitungen zum Display haben oder abgeschirmt werden.

Der Peilempfänger soll **stabil, leicht und regensicher** sein. Die Batterie sollte sich ohne Werkzeug wechseln lassen.

Und der Empfänger sollte gut ausbalanciert sein und sich über ein bis zwei Stunden **bequem** in der Hand halten lassen.

Es gibt keine ‚optimale‘ mechanische Ausführung – jeder Nachbauer hat seine individuellen Ideen und mechanischen Möglichkeiten. Ich will deshalb hier keine nachbaufertige Lösung beschreiben, sondern nur Anregungen für eigene Konstruktionen geben. Ich stelle dazu drei von mir aufgebaute Peiler-Modelle vor, denen ich der Einfachheit halber Namen gegeben habe: **Altdeutsches, Russisches und Chinesisches Modell.**

Das Altdeutsche Modell

Dieses Modell ähnelt in der Bauform dem in DL weit verbreiteten (früheren) 2m-Peiler von Siggie Pomplun. Der Empfänger ist in ein solides Alu-Druckguss-Gehäuse eingebaut. Ein Holzgriff ermöglicht bequemes Halten. Die Kopfhörerbuchse ist unten im Griff untergebracht, die Antennenbuchse hinten, und alle anderen Bedienelemente vorne. Schalter und Drehgeber lassen sich mit dem Daumen der haltenden Hand bedienen. Der Deckel ist mit griffigen Rändelschrauben verschraubt, so dass der Batteriewechsel kein Werkzeug erfordert. Hinter das Fenster für das Display ist ein Stück klarer Kunststoff (von einer Blisterpackung) geklebt. Damit dringt auch bei heftigem Regen kein Wasser ein.



Die Antenne – eine **HB9CV** – ist direkt oben auf den Empfänger aufgesetzt.

Hier noch einige Montage-Details als Vorschlag:

Einen **Batterie**-Haltewinkel (siehe Foto) biege ich im Schraubstock aus einem 0,6 mm Weißblechstreifen 20 * 100 mm: Montagelöcher je 3 mm vom Ende, biegen 24 mm vom Ende und dann 7 mm vom Ende in Gegenrichtung.

Das **Display** setze ich auf ein passendes Stück Punktrasterplatine, das entlastet die Pins des Displays. Es wird mit einem Winkel gegen die Frontplatte gedrückt. Dazu in ein Stück Weißblech 20 * 30 mm ein Montageloch 3mm von der Kante einer Schmalseite bohren, und 7mm von dieser Kante knapp 90° abwinkeln. Den Winkel mit einer Schraube am Gehäuseboden befestigen und mit der Lochrasterplatine verlöten. Bei Verwendung des Displays LCD082DIP (mit Beleuchtung) muss der SMD-LED-Vorwiderstand R5, Aufschrift „150“, entfernt werden. Das geht mit Entlötlitze recht leicht.

Die Originalschrauben zur Montage des Gehäusedeckels ersetze ich durch Kunststoffkopf-**Rändelschrauben** M4*15 (von Pollin). Dazu müssen die Löcher im Gehäusedeckel auf 4,5 mm aufgebohrt werden. Die US-Gewindelöcher im Boden 5 mm tief auf 4,1 mm aufbohren, dann 20 mm tief auf 3,2 mm, dann ansenken und M4 Gewinde schneiden. Das erleichtert den Batteriewechsel. Alternative: In die Löcher M3-Gewindestangen-Stücke einkleben und Deckel mit Flügel- oder Rändelmuttern befestigen. Oder die Batterie in den Griff verlegen und die Original-Deckelschrauben belassen.

Hobbyschreiner können sich einen schönen **Griff** wie folgt bauen: Ich benutze ein Stück leichtes (weiches) Holz von 25 * 50 mm. Das untere Ende wird im rechten Winkel geschnitten, das obere so, dass die Vorderkante 105 mm und die Hinterkante 115 mm lang ist. Unten in die Mitte wird für die Diodenbuchse ein 15 mm Loch 20 mm tief gebohrt, und dann fürs Kabel mit 6 mm ganz durchgebohrt (erfordert überlangen Bohrer). Nun werden die langen Kanten rund geraspelt. Ich verjünge den Griff außerdem auf der Rückseite in der Mitte knapp 10 mm, nach oben und unten in elegantem Bogen auslaufend. Mit etwas Übung und guter Raspel geht das Ruckzuck. Dann schleifen, grundieren, schleifen, lackieren, schleifen, lackieren, fertig. Am Gehäuse mit zwei Spax-Schrauben 3,5 * 40 anschrauben.

Es wird die **Kurzversion** der Platine verwendet. Sie wird auf Distanzrollen mit etwa 8 mm Abstand zum Gehäuseboden montiert. Das Koaxkabelchen zur BNC-**Antennenbuchse** löte ich direkt von unten auf die Lötstellen von ST1, die Stifte oben schneide ich ab. Das verringert den Empfänger-Störpegel noch etwas.



Die **Litzen** zum Display und den Bedienelementen werden an die Buchsenleisten BU2 und BU3 angelötet. Ich schrumpfe über jede Litzenlötstelle ein Stückchen (4mm lang) Schrumpfschlauch, das verhindert Wackler durch einzelne abstehende Litzendrättchen. Die bunten Litzen zum Verdrachten gewinne ich durch Zerlegen vieladriger Computerkabel.

Der komplette Empfänger mit Batterie wiegt **460 g**, davon entfällt die Hälfte auf das Gehäuse. Eine HB9CV bringt weitere etwa 250 g auf die Waage.

Durch die Verwendung des fertigen Gehäuses und einer fertigen Antenne ist dieses Modell recht **schnell nachzubauen**, und durch den großen Deckel sind alle Bauteile servicefreundlich zugänglich. Außerdem ist sie leicht zu bedienen, weil alle Bedienelemente, das Display und die Antennenrichtung beim Peilen immer im Blick sind. Insgesamt eine gute Wahl für den Einsteiger oder Gelegenheits-Fuchsjäger.

Natürlich lässt sich diese Bauform auch noch variieren, z.B. ein leichteres Gehäuse aus Leiterplatten-Epoxy, Batterie im Handgriff, Bedienelemente an anderer Position.

Eine Beschreibung meiner Version der HB9CV gibt es auf www.mydarc.de/df1fo/HB9CV.doc .

Batterien

Ich benutze, wie schon erwähnt, **9V Alkali-Mangan-Batterien** von Aldi oder Penny. Hier der Entladespannungsverlauf der Aldi-Batterie bei 20°C und 55 mA Entnahme:

Start	1h	2h	2h	4h	5h	6h	6h40'
9,4V	8,2V	7,6V	7,4V	7,2V	7,1V	6,9V	6,0V

Der Empfänger arbeitet uneingeschränkt bis 5,5V. Bei 20°C reicht so ein Block also gut für 6h Betrieb, bei 5°C immer noch für 4.

Natürlich kann man auch einen **Akkumulator** einsetzen. Die NiCd-Akkus in der Größe eines 9V-Blocks reichen allerdings nicht aus. Bessere Alternative: 6 NiCd/NiMH-Zellen im AAA-Format, oder ein LiIon-Kamera-Akku mit zwei Zellen und 7,2V, z.B. der preiswerte NB-2L für Cannon-Kameras. Gibt es z.B. bei Reichelt, ebenso wie das passende Ladegerät.

Das Russische Modell

Der fortgeschrittene Peilamateur bevorzugt meist eine andere als die altdeutsche Bauform – nämlich die russische. Sie ist gekennzeichnet durch die Verwendung einer 3-Element-Yagi, bei der der Empfänger als Griff zwischen Reflektor und Strahler sitzt. Das Gerät wird bequem am langen Arm getragen, und bei kritischen Peilungen über den Kopf gehalten. Die Bedienung erfolgt weitgehend blind und erfordert deshalb einige Vertrautheit mit dem Gerät.



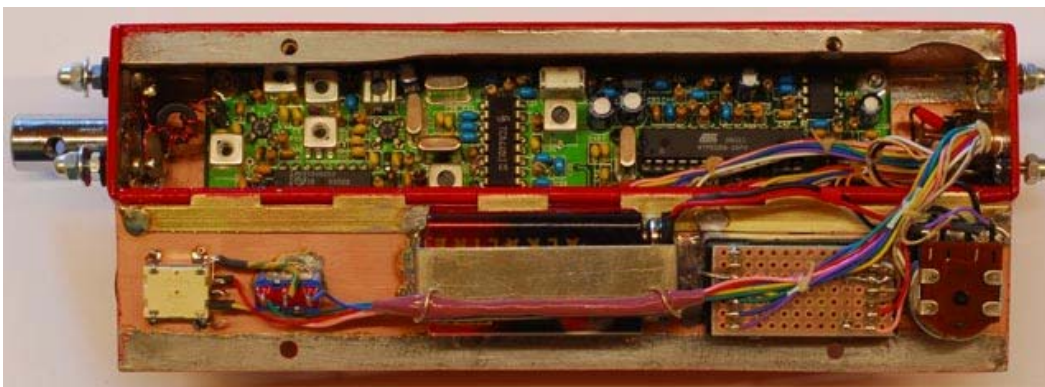
Ansicht mit Antenne



.. und ohne Antenne

Das untere Foto zeigt den Empfänger, an den die Antenne direkt angeschraubt wird: der Reflektor hinten (im Foto links), der Strahler vorne, und der Direktor über einen Hilfsboom, der auf den Stehbolzen montiert wird, ganz vorne. Die Gehäusemaße sind 195 x 41 hoch x 39 breit. Das Gehäuse ist aus 1,5 mm Epoxy zusammengelötet, alle Kanten sind handfreundlich rundgefeilt und geschliffen. Dieses Modell lässt sich mit linker oder rechter Hand halten und bedienen.

Der Deckel lässt sich über ein Klavierband aufklappen, dadurch sind Platine und Batterie gut zugänglich.



Die **Langversions**-Platine wird 4,5 mm über dem Boden montiert, der Abstand wird mit zwei M3-Muttern erreicht. Zu den Wänden rechts und links hat die Platine nur einen knappen mm Abstand.

Der **Batteriehalter** ist aus einem Streifen Weißblech gebogen und stumpf auf den Deckel aufgelötet.

Die **3-Element-Yagi** basiert auf dem von Joe Leggio beschriebenen Entwurf, siehe home.att.net/~jleggio/projects/rdf/tape_bm.htm

Die Elemente sind aus 25 mm breitem Stahlbandmaß. Die Länge des Reflektors ist 106,5cm, des Strahlers $2 \times 46,5\text{cm} + 1\text{ cm Lücke} = 94\text{ cm}$ Gesamtlänge, und des Direktors 90,5 cm. Der Abstand Reflektor-Strahler ist 20,3 cm, und Strahler-Direktor 32cm. Die Bandmass-Stücken werden an den Enden rund gefeilt und mit Sprühlack verschönt. Zur Montage klebe ich sie in der Mitte mit doppelseitigem Klebeband zwischen zwei $2 \times 8\text{ cm}$ große Stücke PVC, die ich aus 40 mm Abflussrohr schneide – das ergibt etwa die richtige Krümmung – und fixiere das ganze dann noch mit Schrumpfschlauch.



Die Fotos zeigen jeweils die Mitte mit der Halterung von Reflektor, Strahler (in der Mitte unterbrochen) und Direktor. Der Direktor wird über einen Alu-Winkel mit dem Boom verbunden. Für den Boom benutze ich 16 mm PVC-Rohr, weil zufällig vorhanden. Die zwei Befestigungsschrauben pro Element haben jeweils 20 mm Abstand. Das Bandmaß zeigt jeweils mit der Rundung nach vor, so weicht es Hindernissen besonders leicht aus.



Balun und Strahleranschluss

Die Köpfe der beiden Reflektor-Befestigungsschrauben sind innen mit dem Gehäuse verlötet und so gegen Verdrehen und Verlieren gesichert. Die Köpfe der beiden Strahler-Befestigungsschrauben sind innen auf einen Streifen einseitiges Leiterplatten-Epoxy von etwa $10 \times 28\text{mm}$ aufgelötet. Das schützt auch wieder vor Verdrehen. Die Kupfer-Fläche habe ich mit einer Feinsäge in der Mitte zwei mal unterbrochen, die so entstandenen äußeren Kupfer-Inseln sind die Antennenanschlüsse, die mittlere wird mit dickem Draht mit dem Gehäuse verlötet und hält das Ganze.. Die Schrauben werden mit Transistor-Isoliernippeln vom Gehäuse isoliert. Wenn keine gut lötbaren Ms-Schrauben zur Verfügung stehen, lassen sich auch Stahlschrauben recht gut löten, wenn man die Vernickelung bzw. Verzinkung bis aufs blanke Eisen vom Kopf herunterfeilt.

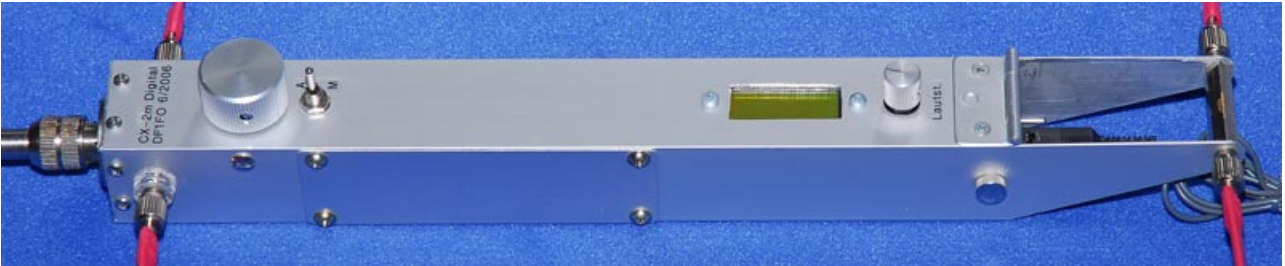
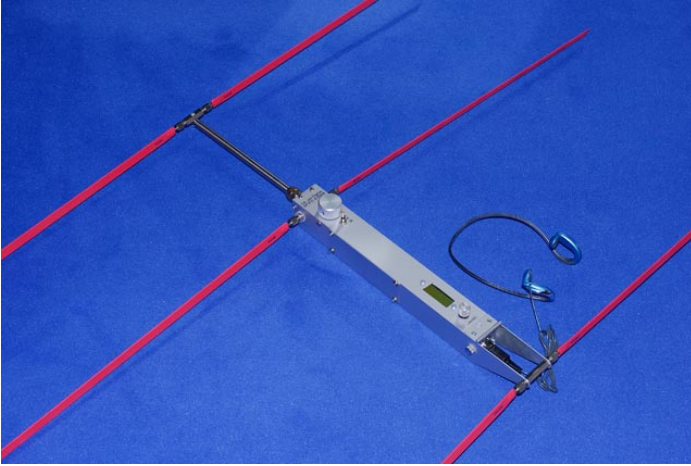
Die symmetrische Antenne (etwa 52 Ohm) wird auf den unsymmetrischen Antenneneingang über einen Guanella-**Balun** angepasst: 2 Stück Kupferlackdraht 0,4mm werden verdreht (ca. $4 \times / \text{cm}$) und fünf mal um einen Ringkern FT37-43 gewickelt. Ein Ende der Wicklung geht möglichst kurz an die Antenne, das andere über ST1 an den Empfängereingang. Die von Joe Leggio angegebene Haarnadel zur Verbesserung der Anpassung kann man getrost weglassen.

Viele der sonstigen Aufbauhinweise der altdeutschen Version gelten auch hier.

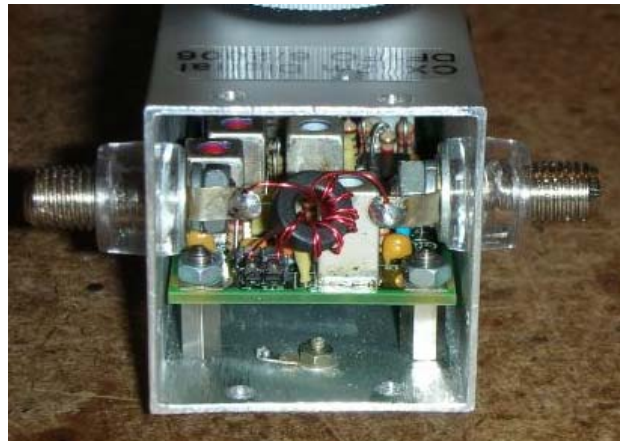
Das Gesamtgewicht mit Antenne und voller Batterie beträgt **540 g**.

Das Chinesische Modell

Dieses Modell ähnelt dem russischen, basiert aber auf der Mechanik des preiswert (rund 70€) fertig erhältlichen chinesischen Peilempfängers **CX2m**. Der benutzt ein Alu-Kastenprofil mit 36 mm Innenmaß und etwa 29 cm Länge von Ende zu Ende - jede Menge Platz. Die Original-Leiterplatte wird entfernt, und die Mechanik ein wenig angepasst.



Oben habe ich in das Gehäuse die Bedienelemente eingebaut - von vorne nach hinten den Drehgeber, den Kippschalter, dann kommt etwas freier Platz zum Festhalten, und am hinteren Ende das Display und den Lautstärkereger. Der Empfänger kann so rechts oder links gehalten werden, Schalter und Drehgeber sind mit dem Daumen erreichbar. Die Platine ist vorne unter dem Drehgeber eingebaut, und hinten unter dem Display sind zwei 9V- Batterien untergebracht.



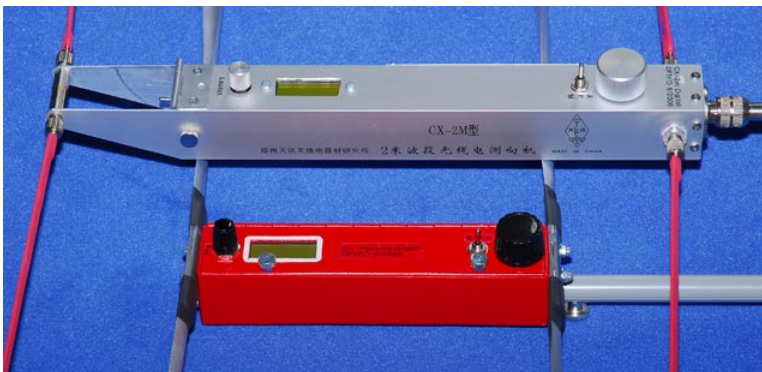
Kopfhöreranschluss und Einschalter sind gut geschützt auf der Rückwand, der ich sogar ein Scharnier spendiert habe. Wenn man sie hochklappt, kommt man an die beiden Batterien. Zugehalten wird die Rückwand mit zwei Rändelschrauben in den Originallöchern rechts und links.

Der Blick von vorne zeigt, dass die Platine schön in das Alu-Profil passt. Sie ist auf 5 mm lange Distanzbolzen montiert. Zur Anpassung des Strahlers an den unsymmetrischen Empfängereingang habe ich den gleichen Guanella-Balun wie beim russischen Modell verwendet, er ist im rechten Foto gut zu sehen. (Das ist die gleiche Lösung wie im Original-CX2m).



Da, wo das Gehäuse eh schon schwer durchlöchert war (linke Seite vorne), habe ich ein Montageloch reingeschnitten, durch das ich die beiden Vielfachstecker abziehen kann um die Platine auszubauen. Ein Deckel aus 1 mm Alu verdeckt alle Löcher und alten Beschriftungen. Die Kabel habe ich so lang gemacht, dass ich die Platine auch neben dem Gehäuse betreiben kann - für Fehlersuche und Abgleich. Das Gewicht ist mit Antenne und zwei Batterien **760g**.

Alles in allem ist die mechanische Lösung nicht wirklich befriedigend: die Platine ist einfach zu schlecht zugänglich. Jeder Aus- oder Einbau der Platine ist eine Operation von mindestens fünf Minuten - und ich habe sie schon etliche Male ein- und ausgebaut. Im einzelnen umfasst der Ausbau: Seitlichen Deckel entfernen, Kabel abziehen, vorderen Deckel mit Boom-Träger abbauen, Balun vom Strahler ablöten, rechten Strahlerhalter ausbauen, Platinen-Befestigungsschrauben entfernen, Platine herausziehen. Günstiger wäre es wohl, die seitliche ‚Serviceöffnung‘ so weit zu vergrößern, das sich die Platine seitlich herausnehmen lässt.



Russisch-Chinesischer Größenvergleich

Etwas Information zum CX2m im Originalzustand gibt es auf www.mydarc.de/df1fo/cx2m.html .

Weitere Aufbauvarianten

Weitere Vorschläge finden sich in der ‚Galerie‘ auf meiner Homepage: www.mydarc.de/df1fo/Galerie.html . Dort gibt es unter anderem Anregungen zur Verwendung von Wasserwaagen oder Alu-Profilen aus dem Baumarkt als Gehäuse. Reinschauen lohnt!

Inbetriebnahme und Abgleich

Im folgenden werden die Erstinbetriebnahme und der Abgleich des Empfängers beschrieben.

Der Empfänger mit eingestecktem Hörer wird an ein Regelnetzteil angeschlossen, ein Voltmeter an ST4/2 misst die 5V-Spannung. Das Netzteil wird langsam von 0 auf 9 Volt hochgeregelt, dabei die 5 Volt (Abweichung < 0,25V) und die Stromaufnahme (50 bis 60 mA) überwachen.

Falls der Prozessor noch nicht programmiert ist: ISP-Kabel auf ST2 aufstecken. Folgende **Fuses** programmieren: EESAVE=0, CKSEL=1111, SUT=11, BODEN=0, BODLEVEL=0. Der AVR-Programmer zeigt dann im Messagefeld das Hex-Fuse-Pattern D13F. Software (FJRX2**.*ASM) assemblieren und ins Flash-Memory laden. Damit ist der Prozessor betriebsbereit. Er lädt beim ersten Programmstart Anfangswerte für die Benutzereinstellungen und Abgleichwerte ins EEPROM.

Kontrastregler R20 auf beste Lesbarkeit des Displays einstellen. Funktion von Kipp- und Dreh-/Drückschalter prüfen.

Zum Einstellen der **PLL** Voltmeter an IC1/13. Kern in L4 langsam eindrehen bis Abstimmspannung etwa 1,5 V beträgt, dann ist die PLL eingerastet. L4 so einstellen, dass für den Gesamt-Frequenzbereich 143,9 – 146,1 MHz die Abstimmspannung im Bereich 1,0 – 3,5 V liegt, dann ist in jeder Richtung noch etwas Luft für Drift-Ausgleich.

Achtung beim Abgleich der Induktivitäten: für L1-L4 benutze ich einen kleinen Uhrmacher-Schraubenzieher, der gut in den Schlitz passt. Ein zu kleiner oder zu großer Schraubenzieher kann den Kern sprengen, was meist einen Austausch des Filters erzwingt. Alternativ kann zur Einstellung auch ein angespitztes Streichholz verwendet werden. Für die ZF-Filter passt ein kleiner Schraubendreher – hier auf keinen Fall mit Gewalt bis zum Anschlag drehen – die richtige Einstellung ist eh in der Mitte.

Empfänger auf 144,525 MHz und 10 dB Abschwächung stellen. Es sollte ein leises Rauschen hörbar sein.

Messender an den Antenneneingang anschließen: 144,525 MHz, 30 µV, 80 % AM 1kHz.

Jetzt sollte ein Signal hörbar sein, evtl. Messenderpegel und -frequenz anpassen, oder Abschwächereinstellung ändern. Wenn das S-Meter auch ohne Eingangssignal am Rechtsanschlag steht, schwingt der TCA440 aufgrund zu hoch eingestellter Verstärkung.. Dann Abschwächer nach rechts drehen bis S-Meter auf kleiner ¼ Vollausschlag zurückgeht. Alle Kreise außer L4 auf maximale Empfindlichkeit einstellen. Die 144 MHz-Kreise müssen einen deutlichen Peak zeigen, die ZF-Kreise hingegen sind breit und zeigen nur ein schwaches Maximum. Damit ist der Empfängerabgleich weitgehend fertig. Die Empfindlichkeit kann erst beurteilt werden, nachdem der Abschwächer kalibriert wurde.

Die Einstellung von FL1 hat einen erheblichen Einfluss auf die **Welligkeit** im Durchlassbereich des Quarzfilters. Am besten lässt es sich mit einem Wobbler oder Netzwerkanalysator einstellen: 10,675 – 10,725 MHz, -60 dBm/50 Ohm in T2/Gate2 einspeisen, damit ist zugleich der VCO stillgelegt. Messen an IC2/7 und auf minimale Welligkeit einstellen. Wenn kein Wobbler vorhanden ist: unmodulierten Träger an Empfängereingang anlegen und den gut 10 kHz breiten Empfangsbereich mehrfach in 1,25 kHz-Schritten durchdrehen. FL1 auf möglichst gleichmäßigen S-Meter-Ausschlag im Durchlassbereich einstellen.

Meist lässt sich die Welligkeit der Durchlasskurve verbessern, indem parallel zu FL1 ein Widerstand geschaltet wird. Ich konnte bei verschiedenen Exemplaren mit einem Widerstand von 22, 15 oder 10 kOhm die Welligkeit halbieren (auf typisch < +/-1 dB).. Den Widerstand halte ich zum Ausprobieren von Hand zwischen T2-Drain und Masse, dann wird jeweils FL1 auf geringste Welligkeit nachgestellt. Den so gefundenen Wert löte ich auf der Lötseite direkt auf die Filterbeinchen.

Für die weiteren Arbeiten muss das **„Abgleich“-Menü** gestartet werden. Dazu Schalter auf Menü und Empfänger mit gedrücktem Drehgeber einschalten.

Im Abgleich-Menü **„Abg Ubat“** auswählen. Betriebsspannung am Einschalter mit DVM messen. Durch Drücken+Drehen die angezeigte Spannung auf den gemessenen Wert einstellen. Damit sind für die Batteriespannungsanzeige die Ungenauigkeit der Referenzspannung und des Spannungsteilers R19/R21 kompensiert.

Messender und Empfänger auf 144,525 MHz einstellen. Im Abgleich-Menü **„Abg F“** auswählen. Das Display zeigt unten das Balken-S-Meter. Drücken+Drehen variiert die Empfangsfrequenz in 1,25 kHz Schritten. So einstellen, dass sich nach oben und unten ein gleich großer Abstand (je etwa 7 kHz) zur Filterflanke ergibt. Dazu Messender-Pegel so wählen, dass der S-Meter-Balken in der rechten Hälfte ist. Damit ist die Ungenauigkeit des 5 MHz-Quarzes und der Quarzfilter-Mittenfrequenz kompensiert.

Im Abgleich-Menü ‚**Abg Absw.**‘ wählen und Klicken. Messender auf 0.3 μV einstellen. Drehen bis S-Meter-Balken $\frac{3}{4}$ des Anzeigefelds ausfüllt. Klicken, Senderpegel 10 dB erhöhen, Balken wieder auf $\frac{3}{4}$ stellen, und so weiter bis 300 mV Eingangsspegel und 120 dB Abschwächung eingestellt sind. Ein letzter Klick beendet den Abschwächer-Einstellvorgang. Empfängereingang mit 50 Ohm abschließen.

Jetzt sollte in der 0dB-Abschwächerstellung ein deutliches Rauschen zu hören sein, so dass das S-Meter auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ des Anzeigefelds ausschlägt. Ein 0,1 μV -Eingangssignal sollte jetzt deutlich hörbar sein. Mit diesem Eingangssignal sollten die beiden 455 kHz-Filter FL2 und FL3 noch einmal auf beste Audio-Qualität optimiert werden, d.h. auf bestes Signal/Rausch-Verhältnis und geringste Verzerrungen.

Im Abgleichmenü ‚**FBereich**‘ wählen. Hier kann der Abstimmbereich von 144-146 MHz auf 144-148 MHz umgeschaltet werden. *Der erweiterte Bereich funktioniert nicht mit jeder Kapazitätsdiode. Bewährt hat sich dafür die BB833. Wenn der Gesamtbereich genutzt werden soll, sollten die 2m-Kreise auf 146,0 MHz abgeglichen werden.*

Im Abgleichmenü ‚**BatWarng**‘ wählen. Hier kann die Schwelle für die ‚Niedrige-Batteriespannungs-Warnung‘ von 5,8V bis 8,0V eingestellt werden. *Empfehlung: für 9V-Alkali-Mangan-Batterie 7,0V, für 7,4V Lithium-Akku oder 7,2V-NiCd/NiMH-Akku 6,0V.*

Schließlich müssen die Abgleichwerte noch im Menüpunkt ‚**Abgleich sichern**‘ mit Klick ins EEPROM geschrieben werden.

Wenn der Empfänger fertig ist, empfiehlt es sich, noch einmal durch die Abgleichmenü-Punkte zu gehen und die eingestellten Werte zu notieren. So kann man sie leicht wieder herstellen, sollten sie beim Experimentieren mal verloren gehen.

Wenn der verwendete Kopfhörer zu unempfindlich und dadurch die Lautstärke auch nach dem Abschwächerabgleich noch zu gering ist, kann R18 bis auf 330 Ohm verkleinert werden.

Wenn sich im praktischen Einsatz herausstellt, dass die geschätzten Entfernungen trotz richtig eingestellter Sendeleistung überwiegend zu weit bzw. nah sind, kann dies im Menüpunkt ‚**Abg.Entf**‘ korrigiert werden. Verstellen um eine Stufe ändert die Entfernungsschätzung um eine Stufe.

Damit ist der Spaß (das Basteln) vorbei, und der Ernst (das bei Regen durch den Wald irren) beginnt! Informationen dazu gibt es unter www.darc.de/ardf. Dort finden sich Informationen zum Ablauf von Peilwettbewerben, zum Peilen auf 2m, Ansprechpartner in den Distrikten, Peiltermine und noch Einiges mehr.

Ich wünsche viel Erfolg und vor allem viel Spaß!

Weitere Informationen und Dokumente

Der jeweils aktuellste Stand dieses Dokuments und der Software findet sich auf www.mydarc.de/DF1FO.

Dort gibt es noch weitere Informationen in den Rubriken **Galerie** und **Fragen&Antworten**.

Für den Entwurf von Schaltbild und Platine habe ich Eagle 4.15 verwendet www.cadsoft.de.

Für die AVR-Software-Entwicklung benutze ich AVR-Studio 4.

Im AVR Studio 4, folgende Einstellungen vornehmen:

- ➔ Project -> Assembler Options: Assembler auf „Version 1“, „Wrap Relative Jumps“ Ein
- ➔ Tools -> Options -> Editor -> „Tabwidth“ 8

Mein AVR-Programmierer ist der AT AVR ISP (von Reichelt).

Datenblätter aller ICs findet man mit Google im Internet, zum Teil auch auf www.mydarc.de/DF1FO

ATMega8 Info auf www.Atmel.com -> Products ->Microcontrollers ->AVR 8-Bit RISC

Datenblatt unter -> Datasheets -> Atmega8

AVR Studio 4 unter -> Tools&Software -> AVR Studio 4

Danksagung

Herzlichen Dank meinen Beta-Testern: meiner XYL Brigitte, OM Harald Gosch, OE6GC, und Wolfgang Böhringer, DL9TE. Sie haben mit milder Kritik und vielen Anregungen entscheidend zur Entwicklung beigetragen. Und Dieter Schwider, DF7XU, hat die Verbreitung des Empfängers im Ruhrgebiet und PA0 sehr befördert.

Stücklisten

Alle Bauteile sind bei Reichelt erhältlich, soweit nicht andere Lieferanten angegeben sind.

Bauteile auf der Platine

-- Leiterplatte FJRX233 (64x84 mm) oder FJRX234 (35x153 mm)(vom Autor)
 D1 VariCap BB221 (FA-Lesers.) oder BB833 (Reichelt, SMD!)
 D2 AA113 Ge-Demodulator o.ä., z.B. AA112 (Reichelt)
 D3 1N4001
 DR1,3,4 10µH Drossel (Conrad 535729)
 FL1 Fertigfilter 10,7MHz, 7.5 mm, grün (Helpert)
 FL2,FL3 Fertigfilter 455kHz, 7.5 mm, schwarz oder weiß(Helpert)
 IC1 TSA6057 (FA-Lesers.)
 IC2 TCA440 oder A244D
 IC3 LM386
 IC4 ATmega 8-16 DIP (selber programmieren oder programmiert vom Autor)
 -- IC-Fassungen dazu 1 * 8polig, 2 * 16polig, 1* 28polig schmal
 IC5 LP2950CZ5
 L1-L4 Filterspule 53 nH Neosid BV5118.30 (FA-Lesers.)
 Q1 Quarz 10,245 MHz oder 10,240 MHz HC18U
 Q2 Quarz 5MHz HC18U
 QF1,QF2 Quarzfilter 10M12B (FA-Lesers.) oder 10M15A (Helpert)
 ST1 Pfostenstecker ANT 1*2 (alle Rastermaß 2,54 mm)
 ST2 Pfostenstecker LCD 1*9
 ST3 Pfostenstecker Diverse 1*12
 ST4 Pfostenstecker ISP 2*5
 T1,T2 BF981 DualGate-Mosfet (FA-Lesers.)

Kondensatoren RM 2,5mm	C31	1n	R7	47k
Bis 220nF keramisch,	C32	10n	R8	3k3
darüber Elko	C33	100n	R9	3k3
C1 10p	C34	0,47µ/16V	R10	4k7
C2 22p	C35	100n	R11	10k
C3 1p	C36	4n7	R12	8k2
C4 47p	C37	100n	R13	33
C5 22n	C38	10µ/16V	R14	2k7
C6 18p	C39	100n	R15	33
C7 47p	C40	18p	R16	68k
C8 22n	C41	18p	R17	12
C8P 10n SMD 0805	C42	27p	R18	1k
C9 22n	C43	100n	R19	33k
C10 100n	C44	100n	R20	10k Trimpot.
C11 22n	C45	0,47µ/16V		RT-10S o. PT-10S
C12 15p	C46	220n	R21	15k
C13 47p	C47	22n	R22	1k
C14 3p3	C48	100n	R23	100k
C15 10p	C49	100n	R24	10k
C16 4n7	C50	100n	R25	270k
C17 10p	C51	100µ/16V	R26	33k
C18 220n	C52	22n	R27	22k
C19 33n	C53	22n	R28	4k7
C20 100n	C54	100n	R29	18k
C21 22n	C55	100µ/16V	R30	22k
C22 100n			R31	47k
C23 100n			R32	3k3
C24 100n	Widerstände 1/4W:		R33	22k
C25 33p	R1	470	R34	22k
C26 100p	R2	22k		
C27 100n	R3	22k		
C28 100n	R4	27k		
C29 100n	R5	33		
C30 100n	R6	150		

Sonstige Bauteile, nicht auf der Platine:

Drehimpulsgeber (Reichelt STEC11B01, Conrad 700695)
Drehknopf 25-30 mm dazu
LCD-Display 2*8 Zeichen (Reichelt LCD M082 DIP oder LCD 082 DIP)
Kippschalter Tast-Aus-Ein (Reichelt MS 500D)
Poti 10 kOhm log. mit Schalter
Drehknopf 10-15 mm dazu
Diodenbuchse 5-polig 180° oder 3,5mm Klinkenbuchse
9V-Blockbatterie mit Anschlusskabel
Buchsenleisten 2-, 9- + 12-polig, Rastermaß 2,54 mm (BU1, BU2, BU3)

Montagematerial, Litze, Schrumpfschlauch

Hörer, mittelohmig (min. 2 x 32 Ohm), mit Diodenstecker

Zusätzliche Teile für die ‚Altdeutsche Bauform‘:

Alu-Druckgussgehäuse 119*94*34mm (Conrad 541630)
Griff (selber machen)
BNC-Buchse
5 cm dünnes Teflon-Koax
Weissblech 0,6mm (Haltewinkel Batterie und Display)
Antenne (Fertige HB9CV z.B. bei www.wimo.de)

Zusätzliche Teile für die ‚Russische Bauform‘:

Leiterplattenmaterial Epoxy für Gehäuse
Ringkern FT37-43 für Guanella-Balun Antenneneingang
12 cm 2xCuL 0.4mm verdrillt für dto.
Material für Antenne

Zusätzliche Teile für die ‚Chinesische Bauform‘:

Ringkern FT37-43 für Guanella-Balun Antenneneingang
12 cm 2xCuL 0.4mm verdrillt für dto.
Mechanik vom China-Peiler CX2m

Lieferanten:

Reichelt: www.reichelt.de
Conrad: www.conrad.de
FA-Lesers.: www.funkamateurl.de -> Online-Shop -> Spezialteile
Helpert: www.helpert.de

Vom Autor zu beziehende Teile:

Aktuelle Verfügbarkeit und Preise der von mir zu beziehenden Teile unter www.mydarc.de/df1fo/teile.html
Bitte alle Anfragen und Bestellungen per Email an call@darc.de (mein Call ist DF1FO).