

Peil- und Messempfänger mit Datenlogger für 144-146 MHz oder 430-440 MHz

Peter Baier, DJ3YB
dj3yb@darf.de

Die Idee: Ein universeller Peil- und Messempfänger mit PC-Schnittstelle

Mancher Funkamateurliebt es immer wieder mal vor der Aufgabe, Empfangspegelmessungen in den VHF-Bändern durchzuführen zu wollen, die mit handelsüblichen Geräten nicht oder nur unzureichend realisierbar sind, da deren S-Meter ungenau anzeigen oder eine zu geringe Messdynamik aufweisen. Egal, ob das Richtdiagramm einer Antenne, das SWR, die Verstärkung eines Antennenverstärkers, der Störpegel des S6-Kanals, die Sperrdämpfung eines Duplexers oder das Streckenprofil einer Relaisstelle ermittelt werden sollen, ein portabler kalibrierter Messempfänger mit dB-linearer

Skalierung und großem Pegelbereich ist immer gut zu gebrauchen. Daher entstand die Idee, für häufig anfallende Messaufgaben ein kleines tragbares akkubetriebenes Gerät zu entwickeln, das möglichst universell eingesetzt werden kann und auch als Fuchsjagdempfänger zu gebrauchen ist. Darüber hinaus war es zur besseren Auswertung der Messergebnisse wünschenswert, die Messdaten nichtflüchtig im Gerät zu speichern und dieses mit dem PC oder anderen Systemen vernetzbar zu gestalten.

Für diese Aufgabenstellung wurde ein Konzept entwickelt, welches den in Basic programmierbaren „C-Control“-Mikrocomputer der Firma Conrad-Elektronik [1] in das Gesamtsystem einbettet. Das hat auch den Vorteil, dass der Anwender die vom Autor offengelegte Betriebssoftware ohne großen Aufwand an die eigenen Wünsche anpassen kann. Die In-Circuit-Programmierung über die Interface-Buchse beschleunigt dabei das Laden von verschiedenen Programmversionen in den Flash-Speicher des Controllers.

Der kompakte modulare Aufbau im robusten HF-dichten Hammond-Gehäuse mit Steckbaugruppen erleichtert den Nachbau (Bilder 1, 10) und die Wartung ganz erheblich und ermöglicht die Integration von verschiedenen Funktionseinheiten in andere Geräte. Auch Erweiterungen, wie z.B. zu einem Empfänger-messsender, zu einem Transceiver oder zu einer Bake sind grundsätzlich möglich.

Damit der individuell gestaltbare Nachbau für den Anwender auch zu einem Erfolgserlebnis wird, ist eine umfangreiche Bauanleitung erstellt worden. Ein eigens dazu entwickeltes Windows-Programm [8, 9] „RxLab“ (Bilder 2, 3) ermöglicht die optimale Nutzung des Datenloggers einschließlich der Fernbedienung / Fernmessung über die serielle Schnittstelle und unterstützt die Baugruppenprüfung sowie die Kalibrierung.



Bild 1: Ausführung für das 2 m-Band

Anwendungen

- ✓ Wellenausbreitung: Messfahrten mit Aufzeichnung des Empfangspegels, *siehe Bild 2*
- ✓ Störungssuche (auch Breitbandstörer) mit Fingerprinting (BFO und akustisches S-Meter)
- ✓ Orientierungsmessungen zur EMVU-Erklärung
- ✓ Aufzeichnung von Antennen-Richtdiagrammen, *siehe Bilder 13, 16*
- ✓ Fuchsjagd (Fuß-, Großraum- und Mobilfuchsjagd), vernetzte Peilstationen
- ✓ Messungen an Funkgeräten (relative RF-Leistung, Hub, Ruftonfrequenz)
- ✓ Messungen an FM-Relais und Digipeatern, Abstimmung von Duplexern
- ✓ Messung der Antennenentkopplung von Relaisstellen
- ✓ Kanalbelegungsstatistik (Option bei Anschluss der DCF77-Aktivantenne), *siehe Bild 17*
- ✓ Datenlogger: Nichtflüchtiger Speicher im Peiler (4-24 kByte), Übertragung der aufgezeichneten Daten zum PC über die serielle Schnittstelle
- ✓ Fernbedienung vom PC / Messwertübertragung zum PC (Option Frequenzeinstellung, Scanner)

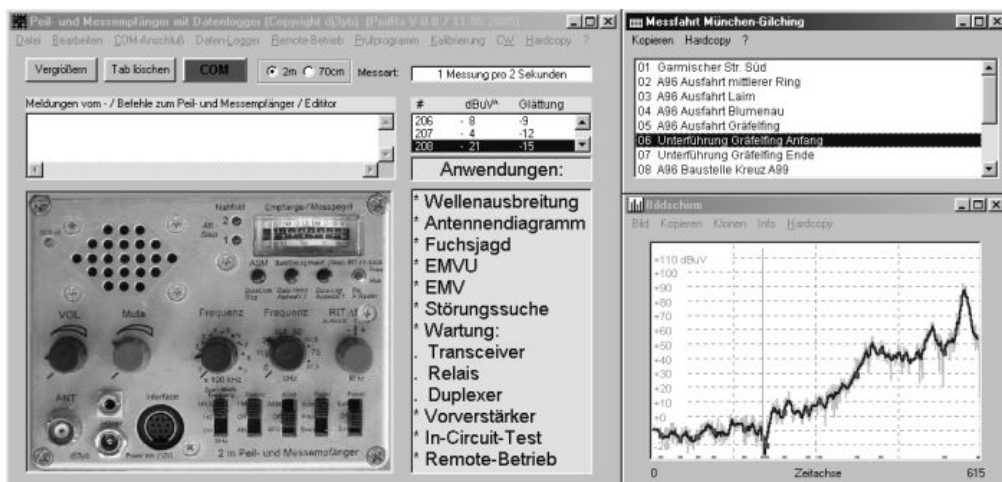


Bild 2, Windows-Programm „RxLab“: Wellenausbreitung, Streckenprofil einer Amateurfunkstelle

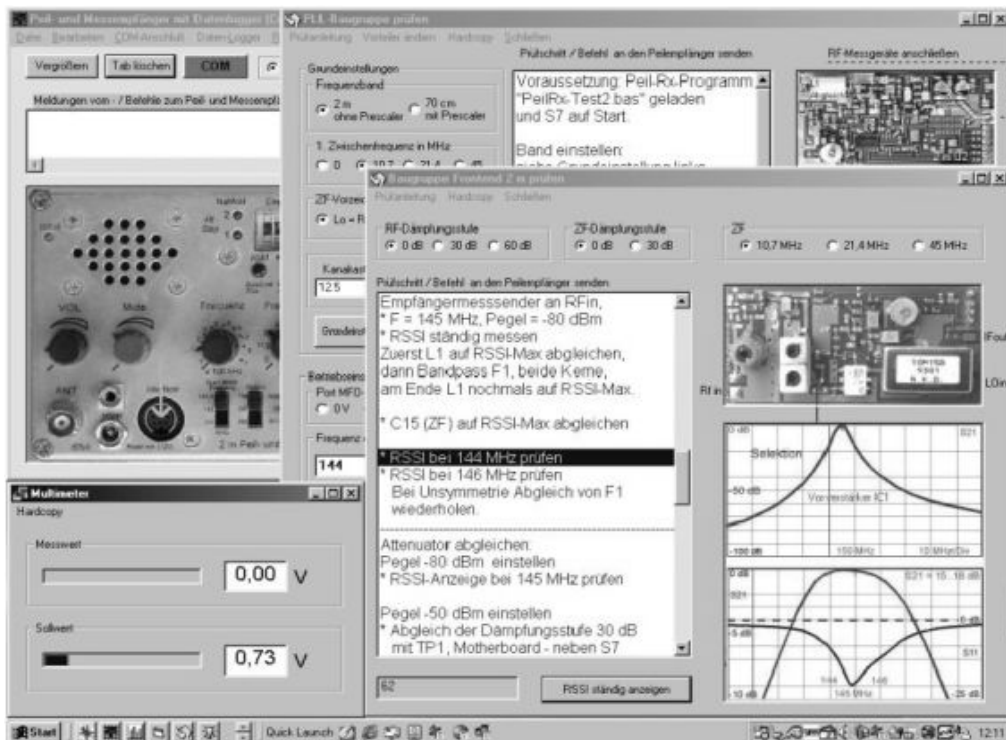


Bild 3, Windows-Programm „RxLab“: Baugruppenprüfung Frontend 2 m und PLL

Daten und Eigenschaften

- ✓ Stabiles, handliches und gut geschirmtes Metallgehäuse von Hammond 119x94x56 mm (mit Drehknöpfen 70 mm hoch), Gewicht ca. 550 Gramm mit Akku
- ✓ Modularer kompakter Aufbau mit guter Zugänglichkeit, steckbare Baugruppen
- ✓ Stromversorgung aus dem eingebauten Akku NiMH, 2x1,2V Mignon bis 2,6 AH (bis >10 h Betrieb), oder Batterie 2x1,5V, oder aus dem Steckernetzteil bzw. aus der Autobatterie
- ✓ Automatische Pegelanzeige von -30 bis >+110 dBuV bzw. -137 bis >+3 dBm, Skalierung bis +120 dBuV (Randbereiche mit eingeschränkter Genauigkeit), dB-lineare Kalibrierung mit Korrekturtabellen im Controller, zusätzlich mit Audio-S-Meter (ASM) - „der Empfangspegel beeinflusst die Tonhöhe“
- ✓ AM- und FM-Demodulator, sowie BFO (zum Fingerprinting und für CW, nicht für SSB)
- ✓ Hubmesseinrichtung (und Frequenzmesser für den Rufton 1750 Hz als Option)
- ✓ Eingebauter Lautsprecher, Höreranschluss mit Schaltbuchse
- ✓ Synthesizer mit 12,5 kHz-Kanalraster und RIT (Feinabstimmung +/- 1/2 Kanalraster)
- ✓ Frequenzbereiche: 2 m- oder 70 cm - Band, wahlweise auch andere Frequenzbereiche
- ✓ Integrierte Scannerfunktion: gesamtes Band, vom Anwender programmierbare Kanäle, Relaiskanäle
- ✓ Nutzung der integrierten DCF77-Uhr für die Kanalbelegungsstatistik als Option
- ✓ PC-Schnittstelle und Datenlogger zur Aufzeichnung/Übertragung von Messwerten zum PC
- ✓ Betriebssystem mit der C-Control Basic-M-Unit 1.1 (ab 01/2005 1.2) von Conrad-Elektronik [1]
- ✓ Bedienungskonzept mit direktablesbaren Schaltern, Tastern, Potentiometern und einem Drehspul-Messwerk
- ✓ Verwendung von Bauteilen, die bis auf wenige Ausnahmen im normalen Versandhandel erhältlich sind (Conrad, Bürklin, GigaTech, Helpert). Stücklisten mit den Bestellnummern von Conrad-Elektronik. Gemischte Verwendung von SMD- und bedrahteten Bauteilen.
- ✓ Nachbaufreundlich: kein Kabelbaum, nur geringe Freiverdrahtung
- ✓ PC-Programm für Baugruppenprüfung, Kalibrierung und Betrieb: Datenlogger einschließlich Fernbedienung / Fernmessung; grafische Darstellung, Einheiten wählbar; integriertes Terminalprogramm

Der Empfänger

Der Übersichtsstromlauf - Bild 4 auf der nächsten Seite - zeigt die Systemarchitektur und den Aufbau des Geräts, das nach dem Prinzip der Doppelüberlagerung entworfen wurde.

Frontend-Baugruppe:

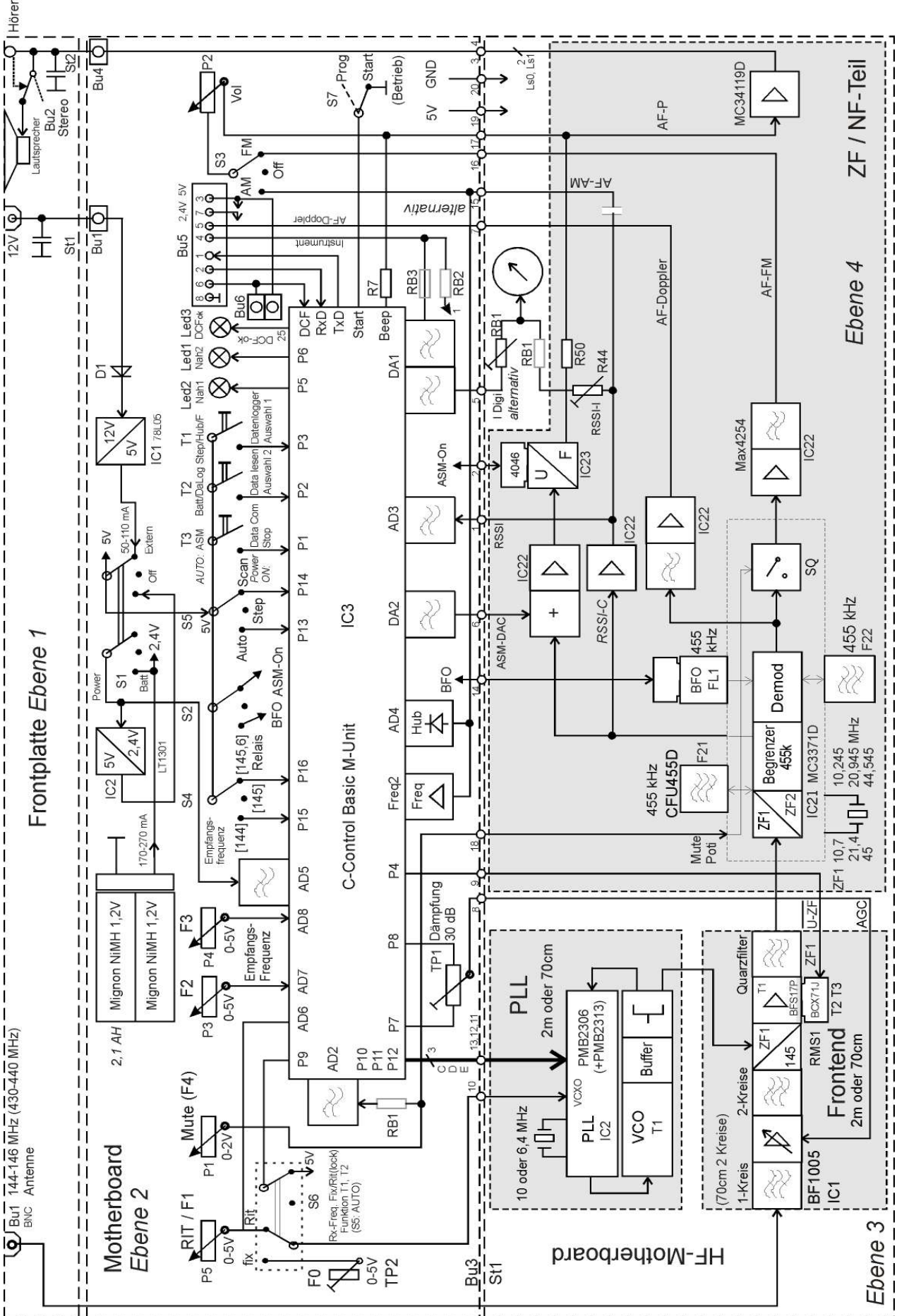
Das Empfangssignal gelangt von der Antennenbuchse (Bu1) an den Eingang des (in der Verstärkung) steuerbaren Vorverstärkers (AGC: Gain +17 / -13 / -43 dB) in der Frontend-Baugruppe [7], die auch die Bandpässe zur RF- und Spiegelselektion enthält. Auf 2 m sind drei, auf 70 cm vier Selektionskreise vorgesehen (hier kann das erste Filter entfallen).

Die Umsetzung auf die 1.ZF erfolgt im +7 dBm-Ringmodulator dem sich ein breitbandiger, ebenfalls steuerbarer ZF-Verstärker (U-ZF: Gain +10 / -20 dB) und das Quarzfilter anschließt. Die 1.ZF beträgt wahlweise 10,7 MHz, 21,4 MHz oder 45 MHz. Je nach Geldbeutel und Anforderungen können 4-, 6- oder 8-polige Quarzfilter mit unterschiedlicher Bandbreite eingesetzt werden.

PLL-Baugruppe:

Der zur Generierung der 1. ZF nötige Lokaloszillator ist als Synthesizer mit dem Kanalraster 12,5 kHz aufgebaut. Zur Frequenzfeinabstimmung (RIT) wird eine Quarzzihschaltung mit Kapazitätsdiode verwendet.

Der Lo-Pegel beträgt +7 dBm und die Lo-Frequenz ist gegenüber der Empfangsfrequenz um die 1. ZF nach unten versetzt. Die Baugruppe enthält den VCO mit den zwei Bufferstufen, den PLL-Schaltkreis [3] und den Quarzoszillator. Für 70 cm und höhere Frequenzbereiche wird der Prescaler „64/65:1“ [4, 5] als Bestückungsvariante zusätzlich benötigt. Das Layout bietet die Möglichkeit, RF-Transistoren [7] mit den Gehäuseformen SOT23 (BFS17P, BFR183) oder SOT323 (BFP420 - um 45° gedreht) einzubauen. Der frequenzbestimmende Schwingkreis ist auf 2 m mit einer Spule aufgebaut. Auf 70 cm kann entweder ein Keramikresonator mit 450 MHz oder eine Semi-Rigid-Leitung (D = 3 mm) eingesetzt werden.



Die Frequenzsteuerung erfolgt über den 3-Leiter-Bus („CLK“, „DA“, „EN“) seriell. Zur Einstellung werden drei Steuerwörter vom Controller zum PLL-Schaltkreis (Status, R-Teiler, A/N-Teiler) übertragen. Sofern die Oszillatorschaltung den gewünschten Frequenzbereich abdeckt, werden Frequenz und Kanalraster durch die Softwareparameter bestimmt. Der Quarzoszillator arbeitet auf 6,4 MHz, kann aber auch mit anderen Quarzen bestückt werden (z.B. 10 MHz), wenn zwei Cs und die Steuersoftware angepasst werden („RxLab“ zeigt die Parameter an). Dabei ist auch auf die richtige Ziehkapazität des Quarzes zu achten, damit die Ziehschaltung zur Feinabstimmung (RIT) ordnungsgemäß arbeiten kann.

Der PLL-Synthesizer wurde als Universalbaugruppe entwickelt, so dass auch ein FM-Transceiver oder eine Bake mit einwandfreiem CW-Ton damit aufgebaut werden kann. Ein Pad-Feld ermöglicht die Bestückung mit einem HF-Umschalter (Rx-Lo und PA). Ferner lässt sich der Oszillator in der Frequenz modulieren. Weitergehende Informationen siehe [11].

(Die ICs PMB2306T und PMB2314T können Sie aus alten DECT-Telefonen von Siemens ausbauen)

ZF/NF-Baugruppe:

Die 2. ZF 455 kHz wird im ZF-Schaltkreis (IC21) [6] gewonnen und verbessert die Selektion sowie die Rauschbandbreite mit Hilfe des Kristallfilters (F21). Im gleichen Schaltkreis erfolgt auch die FM-Demodulation sowie die Aufbereitung des Rauschsperr- und des RSSI-Signals (*RSSI = radio signal strength indicator*).

Nach der Demodulation im Quadraturdetektor (mit dem Phasenschieberkreis F22) und der Filterung im aktiven Tiefpass gelangt die NF an den Ausgang „AF-FM“. Der weitere NF-Ausgang „AF-Doppler“ umgeht die Rauschsperr- und ist mit dem einstufigen RC-Tiefpass für die Ansteuerung eines Dopplerpeilers erheblich breitbandiger ausgeführt.

Für die Rauschsperr- (Mute) wird das FM-Rauschsignal im aktiven 5 kHz-Bandpass selektiert und gleichgerichtet. Nach Addition mit der vom Mute-Potentiometer (P1) abgegebenen Spannung wird es dem Schwellwertschalter (IC21) zugeführt, der den NF-Analogschalter ansteuert [6]. Bei starkem Rauschen schließt dieser das NF-Signal kurz.

Zum CW-Empfang wird der 455 kHz-BFO in den Quadraturdetektor eingespeist. Für den AM-Empfang genügt es, den AC-Anteil des RSSI-Signals auszukoppeln (bis $m < 80\%$ brauchbar).

Das abschaltbare Audio-S-Meter wird dem NF-Signal im Motherboard zugemischt. Es besteht aus dem NF-VCO (IC23), welcher die RSSI-Spannung in eine Tonfrequenz wandelt. Wenn die Tonfrequenz bei entsprechendem Empfangspegel einen Extremwert annimmt, der außerhalb des Hörbereiches liegt, kann sie auf Knopfdruck - Taste „ASM“ - mit dem Signal „ASM-DAC“ in die mittlere Tonlage gebracht werden.

Nach der Lautstärkeregelung, Signalauswahl und der Signalsummierung im Motherboard gelangt die NF „AFin“ an den Eingang des Lautsprecherverstärkers (IC24) der sie verstärkt (Signale „Ls0“ und „Ls1“) über die Schaltbuchse (Bu4) an den Lautsprecher (massfrei) abgibt.

Der Rail-to-Rail-Operationsverstärker (IC22) verstärkt die RSSI-Spannung auf maximal 4 V und kompensiert die Null-Spannung des Grundrauschens. Für den direkten Anschluss eines RSSI-Indikators ohne Controller ist der Ausgang RSSI-I vorgesehen.

Der große Pegelanzeigebereich von fast 150 dB resultiert aus der Kombination der steuerbaren Verstärker im Frontend und der RSSI-Schaltung im ZF/NF-Teil. Die RF-Verstärkung kann dabei um 30 dB oder 60 dB, die ZF-Verstärkung um weitere 30 dB vermindert werden. Die Pegelanzeige bedarf daher einer umfangreichen Datenverarbeitung, die im Controller auf dem Motherboard durchgeführt wird.

Das Motherboard als Schalt- und Steuerzentrale

Der Controller [1] mit seinen Ports, AD- und DA-Wandlern stellt das Bindeglied zwischen den Bedien- / Anzeigeelementen auf dem Motherboard und den HF-Baugruppen her. Er übernimmt die Verknüpfung von Schaltzuständen, die Zeitsteuerung, die Datenverarbeitung der Messwerte,

die serielle Steuerung des PLL-Schaltkreises, die Messwertspeicherung, und die COM-Verbindung zum PC.

Potentiometer als Stufenschalter ?

Eine Besonderheit ist die **Frequenzeinstellung** des Synthesizers. Dazu wäre normalerweise ein Drehimpulsgeber mit Display und Tastatur nötig oder eine Gruppe von BCD-Kodierschaltern zur direkten Eingabe. Im Zusammenhang mit den übrigen Aufgaben reichen dazu die Ressourcen der C-Control Basic-M-Unit 1.1 nicht aus. Kodierschalter haben den Nachteil des hohen „Portverbrauchs“ (ohne Porterweiterung) und sie können auch nicht mit einer Individualbeschriftung versehen werden (12,5 kHz-Schritte).

Da ausreichend freie AD-Eingänge vorhanden sind, lag es nahe, kostengünstige Potentiometer zur Frequenzeingabe und zur Menüauswahl einzusetzen. Die Verwendung von Potentiometern für die eigentlich digitale Einstellung hat darüber hinaus noch den Vorteil, dass die Anzahl der Stufen und deren Funktion im Programm festgelegt werden kann und der Verdrahtungsaufwand geringer ist (siehe „Analog“-Tastatur des Application-Boards [1]). Allerdings musste noch ein Ersatz für die mechanische Rasterung des „Drehschalters“ gefunden werden.

Akustische Rasterung des „Poti-Schalters“

Die Lösung: Ein Piep-Ton kennzeichnet den Übergang zur jeweils nächsten Raststufe des „Poti-Schalters“. Der „Beep“-Ausgang des Controllers liefert dazu ein NF-Signal an den Lautsprecherverstärker. Zur Quittierung von weiteren Einstellvorgängen kann dieser „Beep“ auch zur Ausgabe von Telegrafiezeichen verwendet werden.

Auf 2 m sind nur die Potentiometer P3 (12,5 kHz-Schritte) und P4 (100 kHz-Schritte) zur Frequenzeinstellung nötig. P5 ist in der Normaleinstellung wirkungslos. Die Stufen 144 MHz sowie 145 MHz und die Umschaltung der Relaisshift (+600 kHz) werden mit dem Schiebeschalter S4 eingestellt.

Der Schalter S6 schaltet die Frequenzfeinabstimmung (RIT / VCXO) ein und blockiert dabei (Port P9, Software) die übrigen Frequenzeinstellpotentiometer. In der Normaleinstellung mit freigegebener Frequenzeinstellung wird das VCXO/RIT-Signal (Grundeinstellung der Quarzfrequenz) vom Trimpotentiometer TP2 abgegeben.

In der 70 cm-Ausführung sind dagegen drei Potentiometer zur Frequenzeinstellung erforderlich. P3 dient dann zur Einstellung der 100 kHz-Schritte, P4 zur Einstellung der 1 MHz-Schritte. Die 12,5 kHz-Rasterung wird mit dem kombinierten RIT/F-Potentiometer P5 eingestellt. Der Schiebeschalter S4 ermöglicht die Umschaltung der Relaisshift 0 und +7,6 MHz sowie der Scannerbetriebsarten (scannt den Relaisbereich oder scannt je 1 MHz oder scannt nach individueller Tabelle – im Programmcode als Tabelle abgelegt).

Für weitere softwaregesteuerte Anwendungen (z.B. 10 MHz-Schritte) kann auch das Mute-Potentiometer über RB1 mit AD2 des Controllers verbunden werden (Option für andere Anw.).

Software-Belegung der Schalter und Tasten

Die Schalter S4 und S5 sowie die Tasten T1 bis T3 sind mit den Digital-Ports des Controllers verbunden, so dass deren Funktionen durch die Betriebssoftware festgelegt werden:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| ✓ automatische | ✓ NF-Frequenzmessung, |
| Dämpfungsumschaltung, | ✓ Messwertspeicherung, |
| ✓ Handumschaltung, | ✓ Abgleich: Skalierung und |
| ✓ Scannerbetrieb, | Kalibrierung |
| ✓ Batteriespannung, | ✓ Speicherfunktionen mit |
| ✓ Hubmessung, Marker setzen | Power-On-Set |

Die digitalen Ausgabe-Ports P8 und P9 werden in Verbindung mit dem Trimpotentiometer TP1 zur Einstellung der AGC-Spannung für die Dämpfungsstufen 0 / 30 / 60 dB (Frontend)

verwendet. P4 schaltet die 30 dB-Stufe in der ZF ein (U-ZF, 0 dB=Low-Pegel). P5 und P6 steuern die LEDs, welche zur Anzeige der Dämpfungsstufen und der Betriebszustände (Mute-Zustand im Scannerbetrieb, Aufforderung zur Quittierung während der Menüabfrage) verwendet werden.

Messartumschaltung und Skalierung

Die beiden DA-Wandler sind mit dem Messinstrument (I_{Digi}) bzw. mit dem Audio-S-Meter („ASM-DAC“) verbunden. Damit lassen sich die Quellen und die Messwerte für die Anzeige durch die Betriebssoftware manipulieren bzw. die ASM-Tonhöhe in die Mittellage bringen.

Hub, NF-Frequenz und Batterie messen

Für die Hubmessung ist die Gleichrichterschaltung (D4, D5) mit Spannungsverdopplung vorgesehen, welche mit AD4 verbunden ist. AD5 wird zur Messung der Batteriespannung verwendet. Der Frequenzmesseingang „Freq2“ benötigt ein CMOS-Digitalsignal, das mit dem gegengekoppelten NAND-Gatter (IC4) aus dem Analogsignal „AF-Doppler“ erzeugt wird. Die den AD-Eingängen vorgeschalteten RC-Tiefpässe dienen als Antialiasing-Filter (nur anschließen, wenn die Funktion gebraucht wird – Verzögerungen durch den Zähler-Interrupt).

Nutzung der Funk-Uhr (DCF77)

Die DCF-Aktivantenne kann für zeitgesteuerte Anwendungen (Schaltuhr) extern an Bu5 oder intern an Bu6 angeschlossen werden. Die Synchronisationsanzeige erfolgt mit der grünen LED3. Da dieser Ausgang bei der Basic-M-Unit nicht herausgeführt ist, muss die Verbindung zu Bu7 mit einem Fädeldraht nachgerüstet werden. Neben der Uhrzeit können noch weitere Daten wie Wochentag und Datum funkuhrgenau im Programm genutzt werden. Eine erprobte Anwendung ist die Kanalbelegungsstatistik, Bild 17.

PC-Schnittstelle zum Datentransfer und zur Fernbedienung

Die C-Control-Programmierung und der Datenaustausch mit dem PC erfolgen über die an Bu5 herausgeführte COM-Schnittstelle (RxD, TxD). Zwischen dieser und dem PC muss noch ein Pegelwandler (MAX 232 oder der entsprechende Conrad-Adapter) eingefügt werden. Die dazu nötige 5V-Versorgungsspannung wird der Mini-Din-8 Buchse, Bu5 - Pin3, entnommen.

Die Datenschnittstelle ermöglicht auch eine Fernbedienung / Fernmessung und damit eine Vernetzung mit anderen Geräten oder Systemen. Die Vernetzung mit dem PC wird auch zum Prüfen und zum Abgleich des Geräts verwendet. Dazu wurde das in Bild 3 dargestellte Windows-Programm „RxLab“ entworfen. Darüber hinaus können mit ihm auch aktuelle oder gespeicherte Messwerte – siehe Bild 2 - zum PC übertragen und zu Graphiken weiterverarbeitet werden.

Zur Speicherplatzerweiterung, lässt sich das serielle EEROM der C-Control Basic-M-Unit 1.1 hochrüsten (EEROM mit 32 KByte statt 8 KByte, jedoch nicht bei der Basic-M-Unit 1.2).

Externe analoge Pegelanzeige

Für eine externe Analoganzeige kann I_{Digi} aus Bu5 entnommen werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass die Nichtlinearität des Messwerkes kalibriert wurde und es dadurch zu einem Linearitätsfehler beim externen Instrument kommt.

Sollen die Messwerte digital ablesbar sein, so besteht die Möglichkeit, einen PC (Notebook) oder eine weitere C-Control mit Anwendungs-Board an die COM-Schnittstelle anzuschließen.

Schalter zur „On-Board“-Programmierung

Die Umschaltung zwischen dem Betriebszustand und der Programmierung der C-Control erfolgt mit dem internen Schiebeschalter S7 (Start-Jumper auf der C-Control abgezogen).

Da kein Reset-Taster vorhanden ist, muss die Stromversorgung vor der Programmierung kurz unterbrochen werden.

Stromversorgung

Die 5V-Stromversorgung ist doppelt aufgebaut: IC1 (78L05F oder LP2950CZ) ist ein Verlustspannungsregler für den Betrieb mit einem Steckernetzteil oder am Auto-Akku.

Der Schaltregler IC2 (LT1301) ermöglicht den internen Akku-Betrieb mit zwei 1,2V-NiMH-Zellen (Mignon). Die Belastungsgrenze liegt bei 100-150 mA.

Automatische Pegelanzeige mit fast 150 dB Anzeigebereich

Der große Dynamikbereich der Pegelanzeige gelingt erst durch das Zusammenwirken der 30 dB-Dämpfungsstufen (0 / 30 / 60 dB im RF- und 0 / 30 dB im ZF-Zweig) mit der RSSI-Schaltung des ZF-Schaltkreises und der Controller-Betriebssoftware (Bild 5 unten). Dazu wird das über den AD-Eingang ankommende RSSI-Signal - abhängig von der Dämpfungsstufe und von der Schaltereinstellung „Auto“ / „Step“ - zur Ansteuerung der Messwertausgabe (DA-Wandler und PC-Schnittstelle) in der C-Control manipuliert: Die im Programm abgelegte Korrekturtabelle [2] gleicht die Nichtlinearität des RSSI-Signals aus (siehe Bild 6), während die jeweils eingestellte Dämpfungsstufe rein rechnerisch berücksichtigt wird.

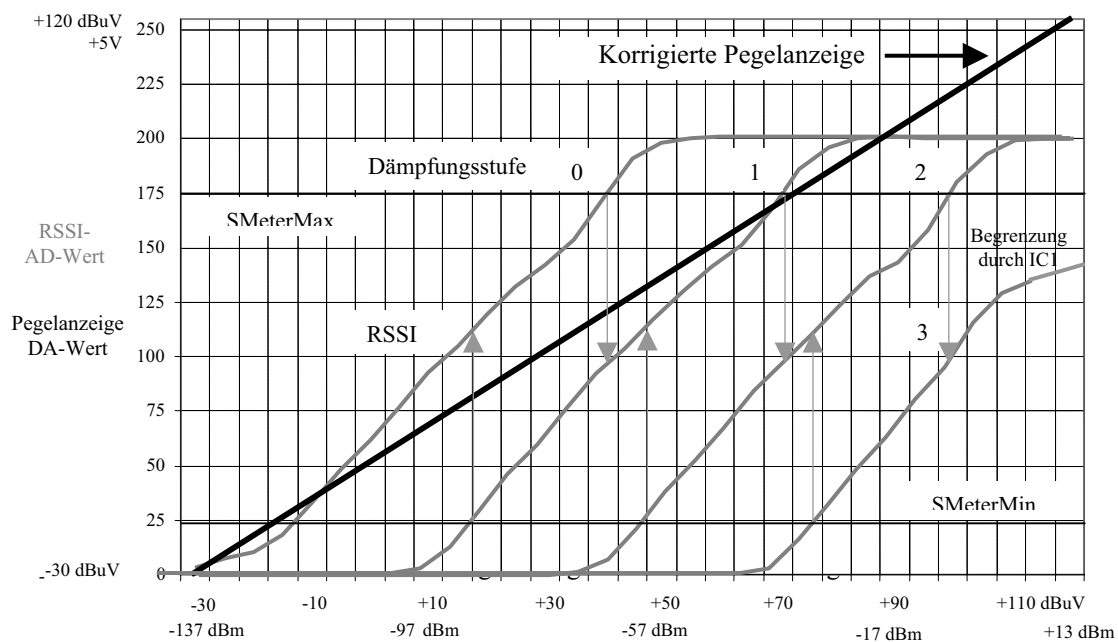


Bild 5: Korrektur der Pegelanzeige unter Berücksichtigung der Dämpfungsstufen

Automatische- oder manuelle Bereichsumschaltung

Die automatische Bereichsumschaltung ist für Fuchsjagden ungeeignet, da sie während der Bakentastung zu einer ständigen Stufenumschaltung führt. Um diese zu vermeiden kann mit S5 vom Automatikbetrieb „Auto“ auf die manuelle Stufeneinstellung „Step“ umgeschaltet werden.

Während bei „Auto“ die Stufenumschaltung automatisch erfolgt, muss diese bei „Step“ manuell mit T1 getastet werden. Eine bei „Auto“ automatisch gewählte Stufe bleibt auch nach der Umschaltung auf „Step“ erhalten.

Die Einstellung von S5 wirkt sich auch auf die Pegelanzeige aus: Bei „Auto“ wird der gesamte Pegelbereich (obere Skala), bei „Step“ nur der jeweilige Teilbereich des S-Meters mit einer Bereichsdehnung (untere Skala um den Faktor 2,2 gedehnt) angezeigt.

Die beiden Nahfeld-LEDs zeigen die aktuell eingestellte Dämpfungsstufe an:

Beide aus: 0 dB (keine Dämpfung),

LED unten: 30 dB,

LED oben 60 dB,

beide ein: 90 dB (da muss der Fuchs schon in Sichtweite sein).

Die Ansprechschwellen der automatischen Dämpfungsumschaltung werden durch zwei Konstanten in der Betriebssoftware festgelegt: SMeterMin und SMeterMax.

Scanner

Die ebenfalls mit S5 („Scan“) aufrufbare Scannerfunktion dient zum automatischen Absuchen von bestimmten Frequenzbändern oder individuell programmierten Frequenzen. Das Messwerk zeigt dabei zunächst die Lage der Frequenz innerhalb des gescannten Bereichs an. Sobald ein ankommendes Signal den per Software-Konstante (ScanStop, ScanRun) festgelegten Grenzwert überschreitet wird der Scanvorgang für 5 Sekunden (Software-Konstante) angehalten und die Led 1 blinkt. Dabei zeigt das Instrument den Pegel (untere Skala) bei der Dämpfungsstufe 0 an. Durch Drücken von T2 bleibt der Wartezustand dauerhaft bestehen.

Mit T3 wird der Suchlauf fortgesetzt. Der gescannte Bereich ist dabei auch von der Schalterstellung S4 abhängig:

- o oben: scannt den Relaisbereich in 12,5 kHz-Schritten
- o mittig: scannt die in der Betriebssoftware programmierten Kanäle
- o unten: scannt das gesamte Band (70 cm: MHz-Teilbereiche)

Die im Programm abgelegten Kanäle (Tabelle) können vom Anwender selbst verändert und erweitert werden.

Programmgesteuerte Kalibrierung

Der große Dynamikbereich der Pegelanzeige mit dB-linearer Skalierung erfordert die individuelle Kalibrierung mit einem Empfänger-messsender.

Die Kalibrierung selbst erfolgt mit dem Windows-Programm (Bild 2, 3) und einem „Power-Sweep“ des Messsenders in 5 dB-Schritten zwischen -30 dBuV und +60 dBuV (Bild 6) bei der Dämpfungsstufe 0 dB. Die Messwerte werden per Mausklick zum PC übertragen und dort

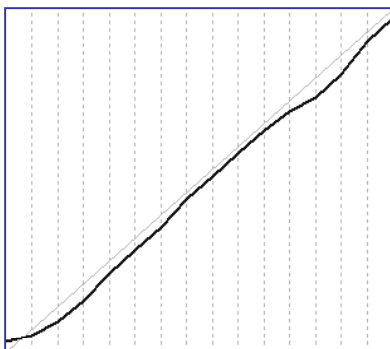


Bild 6:

RSSI-Kennlinie -30 ... 45 dBuV

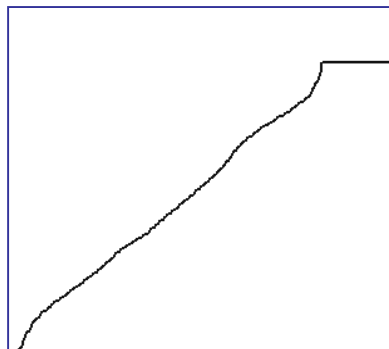


Bild :7

Pegelkorrektur (Grafik der Tabelle)

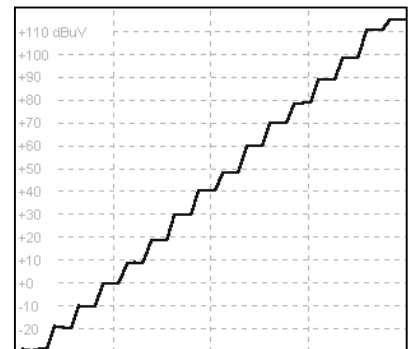


Bild 8:

Genauigkeit der Pegelanzeige

gemittelt. Die Weiterverarbeitung zur Korrekturtabelle [2] „Table Pegelkalibrierung“ übernimmt das Windows-Programm „RxLab“. Die als Text-Datei generierte Tabelle (Bild 7 als Grafik) braucht dann nur noch in das Rx-Betriebsprogramm kopiert zu werden. Im Anschluss sind noch die exakten dB-Werte der Dämpfungs-Stufen zu messen und in die Konstantenliste einzutragen. Die größeren Ressourcen der M-Unit 1.2 ermöglichen jetzt sogar die frequenzabhängige Eintragung der Dämpfungsstufen als zusätzliche Tabelle.

Nach einer sorgfältigen Kalibrierung hängt die Genauigkeit von den Abweichungen gegenüber den Betriebsbedingungen während der Kalibrierung ab: Frequenz, Temperatur und 5V-Spannung (+ Alterung). Für eine möglichst hohe Genauigkeit sollte die Kalibrierung auf der jeweiligen

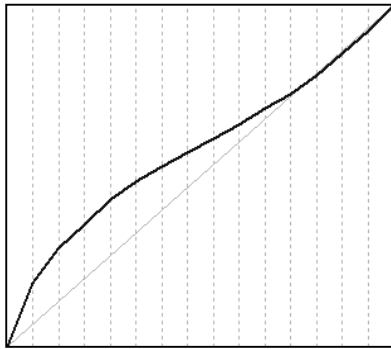


Bild 9:

Messwerkskorrektur (Grafik der Tabelle)

Betriebsfrequenz erfolgen (Betriebsprogrammvarianten). Die beste Genauigkeit (+- einige dB) lässt sich dabei nur durch Ablesung am PC erzielen (Bild 8, vorhergehende Seite).

Leider hat auch das Drehspul-Messwerk einen erheblichen exemplarabhängigen Linearitätsfehler, der eine weitere Korrekturtabelle (Bild 9) erforderlich macht. Sie lässt sich aber mit „Bordmitteln“ ohne externe Messgeräte mit dem Windows-Programm „RxLab“ generieren, wobei diese Tabelle mit der vorher beschriebenen Prozedur in das Betriebsprogramm übertragen wird: Nach dem Austausch der Messwerkskala wird der Zeiger mit dem jeweils nächsten 10 dB-Strich der Skala durch drehen des RIT-Potentiometers zur Deckung gebracht und der Messwert mit einem Mausklick in die gewünschte Tabellenzeile übertragen. Für den Fall, dass keine

Messwerkskorrekturtabelle erwünscht ist, kann mit der Windows-Software auch die individuelle Skalierung des Messwerks berechnet werden.

Durch die getrennte Korrektur der beiden Fehlerquellen ist eine optimale Funktion sowohl bei der Instrumentenablesung als auch im Fernsteuerbetrieb (PC) sichergestellt.

Nachbaufreundlicher kompakter Aufbau

Den grundsätzlichen Aufbau finden Sie bereits in der Anordnung des Übersichtsstromlaufs, Bild 4. Die gestrichelten Linien grenzen die jeweiligen Ebenen ein (mit der Frontplatte oben beginnend). Weitere Details sind den Fotos von Bild 10 auf der nächsten Seite zu entnehmen.

Die **Frontplatte** enthält zunächst nur die drei Buchsen und den Lautsprecher, die mit Ausnahme der Koaxleitung über steckbare Bandleitungen mit dem Motherboard verbunden sind. Das mit vier Schrauben darunter montierte **Motherboard** nimmt alle Bedienelemente, Anzeigen samt Umweltbeschaltung sowie die Interface-Buchse auf und verbindet sie mit der C-Control und dem HF-Motherboard: Schalter, Tasten, Potentiometer, Leuchtdioden, sowie die Stromversorgungsregler. Durch die Anordnung der Bedien- und Anzeigeelemente auf dem Motherboard entfällt die sonst notwendige Freiverdrahtung bis auf wenige Ausnahmen.

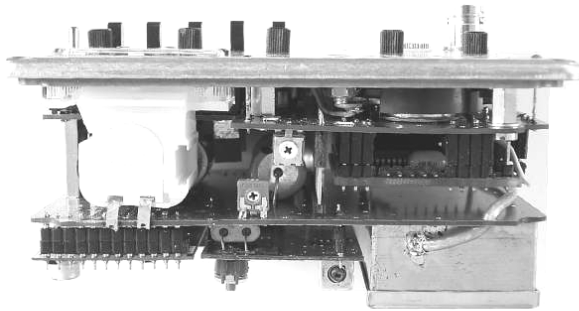
Zur Fixierung des Batteriehalters sind zwei Epoxy-Plättchen vorgesehen, die ebenso wie der Batterieclip auf das Motherboard gelötet werden.

Das Motherboard und das darunter liegende HF-Motherboard werden mit Hilfe eines lösbaren Pfostensteckverbinders mit 20 langen Stiften miteinander zusammengesteckt und mit zwei Schraubbolzen befestigt.

Das **HF-Motherboard** ist eine Verdrahtungsplatine zur Verbindung der HF-Platinen untereinander und mit dem Motherboard. Es enthält die Buchsen zur ebenfalls steckbaren Aufnahme der drei HF-Baugruppen, das Messinstrument, die Feinsiebschaltung der Stromversorgung sowie das Potentiometer zum Abgleich des Instrumenten-Endausschlages. Anzulöten sind lediglich die drei Koax-Leitungen, die aus EMV-Gründen separat verdrahtet werden und das Messinstrument.

Alle HF-Platinen haben die Normgröße 72x34 mm für HF-Weißblechgehäuse der Firma Schubert. Der Aufbau mit Schirmrahmen ist jedoch nur beim **Frontend** (Höhe 18 mm) erforderlich. Dessen Seitenbleche werden EMV-gerecht mit mindestens zwei „Lötklecks“ an der Massefläche des HF-Motherboards befestigt.

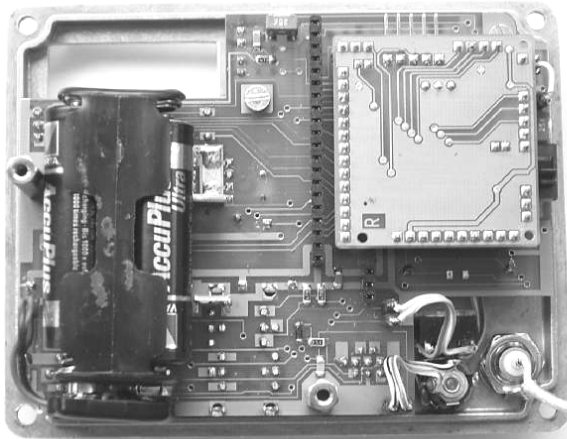
Wegen des kompakten Gehäuseabmessungen erfolgt der Aufbau in vier übereinanderliegenden Ebenen (siehe Übersichtstromlauf Bild 4):



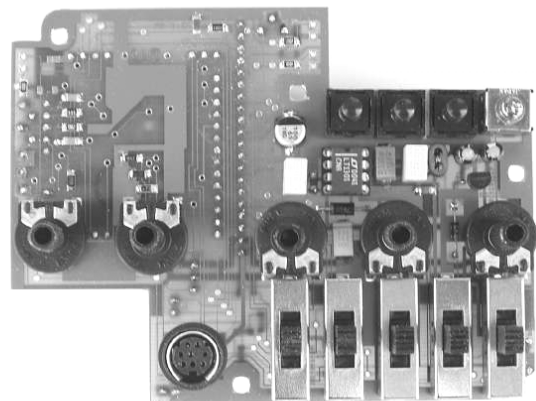
Motherboard-Unterseite mit Frontplatte



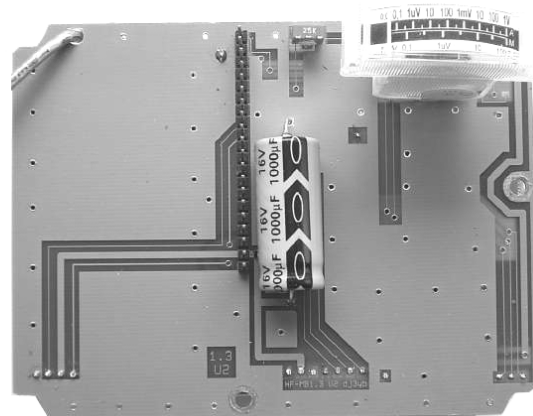
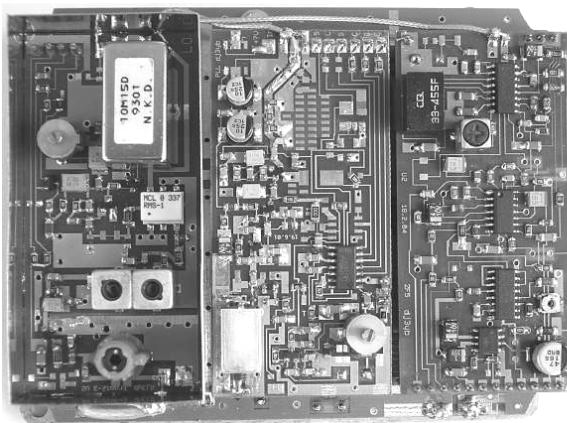
Motherboard-Oberseite



HF-Motherboard U1 mit HF-Baugruppen



HF-Motherboard-Oberseite U2



- Ebene 1: Frontplatte mit Lautsprecher und Buchsen
- Ebene 2: Motherboard mit Controller und Bedienelementen sowie Stromversorgung und Batterie
- Ebene 3: HF-Motherboard zur Verdrahtung der HF-Baugruppen
- Ebene 4: HF-Baugruppen Frontend, PLL und ZF/NF-Teil.

Bild 10: Aufbau

Der **Nachbau** erfordert viel Geschick bei der Bestückung von SMD-Bauteilen und die Ausrüstung mit den passenden Werkzeugen (Bauformen ab 0805, SO8, SO14, SO16). Die Bestückungspläne sind zur besseren Orientierung auf das Platinenlayout gezeichnet und enthalten auch die Bauteilewerte.

Für die Bearbeitung und die Beschriftung der Frontplatte werden CAD-Zeichnungen bereitgestellt, die als Bohrschablonen bzw. als Druckvorlage für selbstklebende Folien verwendet werden können. Ebenso wird die Messwerks-Skala bereitgestellt. Der im Peiler eingesetzte Controller „C-Control-Basic-M-Unit 1.1 / 1.2“ macht die Installation der Conrad-Programmierungsumgebung [1] auf dem eigenen PC notwendig. Der Anwender kann dann die Prüf- und die Betriebssoftware selbst in den Controller laden und - eigene Programmierkenntnisse vorausgesetzt - an seine eigenen Wünsche anpassen. Die Firma JFE [12] bietet einen Platiniensatz für 2 m oder 70 cm (5 Stück, mit Durchkontaktierung, Lötstoplack) an. Die Platinen können aber auch einzeln bezogen werden. Darüber hinaus sind dort mehrere Spezialbauteile, die Instrumentenskala und die Frontplattenfolien zu beziehen. Der Großteil der Bauelemente ist jedoch bei der Fa. Conrad-Elektronik erhältlich, wobei die in den Einkaufslisten angegebenen Bestellnummern die Bestellarbeit erheblich erleichtern. Weitere Lieferanten sind Bürklin, GigaTech und Helpert. Selbstverständlich kann der Anwender auch Bauteile aus dem eigenen Lager einsetzen.

Die folgenden Bauunterlagen wurden im PDF-Format erstellt und sind bei JFE [12] auf CD erhältlich:

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. Inhaltsverzeichnis | 5. Bauanleitung, gesamt |
| 2. Beschreibung | 6. Bauanleitungen, Baugruppen |
| 3. Interface | 7. Einkaufslisten |
| 4. Bedienungsanleitung | 8. Frontplatte und Konstruktion |

außerhalb der PDF-Dateien:

- ✓ Einkaufslisten in Excel
- ✓ Programmcode für die Betriebs- und Testsoftware (*.bas) für die Basic-M-Unit 1.1 und die Basic-M-Unit 1.2 [1]
- ✓ PC-Anwendersoftware-Paket (mit Installationsassistent) „RxLab 1.0“ [8, 9]
- ✓ CAD-Zeichnungen [10]

Die gesamten Bauteilekosten einschließlich Platinen (Bauteile Staffel 1 Stück) und Akku belaufen sich auf ca. 274,00 €, wenn die Bestellung bei den angegebenen Bezugsquellen erfolgt (Mengenstaffel 1, Stand 01/2005).

Literaturhinweise, Internet-Links, Software

- [1] Conrad Elektronik GMBH www.conrad.de www.c-control.de
- [2] Franzis-Verlag, Burkhard Kainka „Messen-Steuern-Regeln mit dem C-Control Basic-System“
- [3] Infineon PLL-Frequency Synthesizer PMB2306T Data Sheet
- [4] Infineon Prescaler Circuit 1.1 GHz PMB2313T / PMB2314T Data Sheet
- [5] Motorola Hypercomm Prescaler MC12022B
- [6] Motorola Analog/Interface ICs Device Data Vol. II, MC3371D
- [7] www.infineon.com Einzelhalbleiter BF1005, BFS17P, BFR183, BFP420, BB833, BB639
- [8] Microsoft Visual Basic 6
- [9] Addison-Wesley, Michael Kofler “Visual Basic 6”
- [10] bhv Technobox “Direct CAD 6.5”
- [11] DARC-Distrikt Oberbayern, VHF-UHF 2002 München 9.3.-10.3.2002, Tagungsheft
Peter Baier „Aufbau von individuell gestalteten Amateurfunksystemen mit PLL-Synthesizer und C-Control-Steuerung“.
- [12] JFE-Elektronik München, www.jfe-elektronik.de, info@jfe-elektronik.de

Anhang: Anwendungsbeispiele für den Datenlogger

Die folgenden Grafiken können mit dem Windows-Programm „RxLab“ mit wenigen Mausklicks erstellt werden. Die nachträgliche Beschriftung erfolgt mit Hilfe eines beliebigen Zeichenprogramms oder mit Powerpoint. Direkte Ableseung am PC siehe Bild 2.

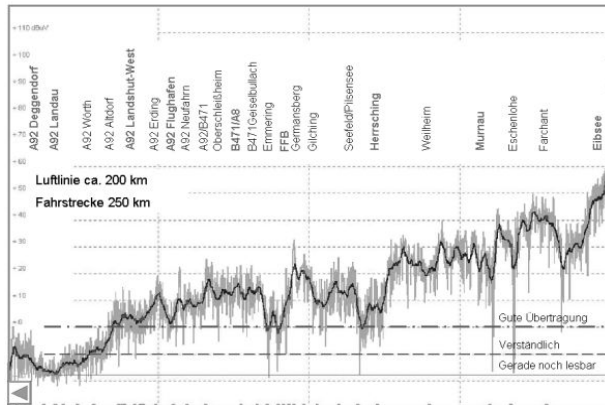


Bild 11
Streckenprofil von DB0ZU Bayerischer Wald - Eibsee am Fuß der Zugspitze, aus 2 Fahrten zusammengestellt

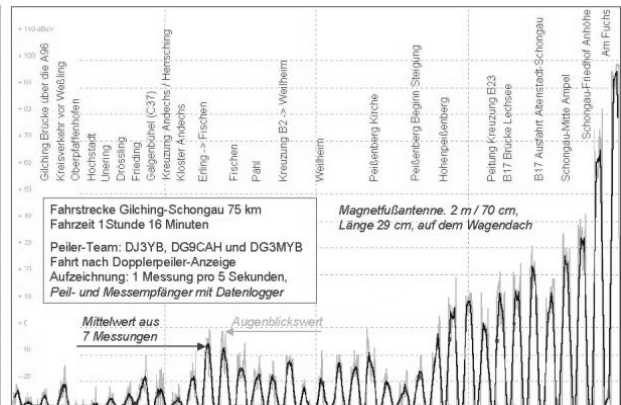


Bild 12
Streckenprofil der Fuchsanfahrt Gilching-Schongau Fuchs 30W, 1 Minute Sendung / 1 Minute Funkstille

Mit „Kopieren“ ohne Nachbearbeitung dokumentiert, die X- und Y-Einheiten lassen sich im „RxLab“ verändern und numerisch ablesen:

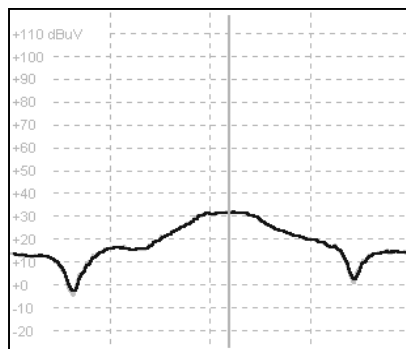


Bild 13
Antennenrichtdiagramm, 8-Element-Yagi-H, mit Rotor aufgenommen, Empfang von DB0ZU, Cursor 196°

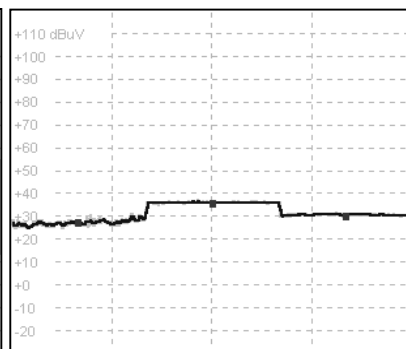


Bild 14
Antennenvergleich bei Sturm: Links X7000, 8-El-V, 8-El-H Empfang von DB0ZU

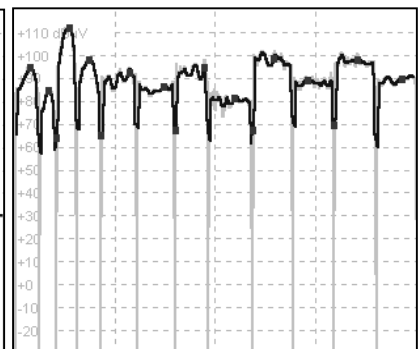


Bild 15
Antennenvergleich bei ca. 1 V/m ohne und mit 10 dB Dämpfung, Gumiw.-Peil-Ant, HB9CV, Omni-Ant

Bei diesen Grafiken wurde der Rx-Datensatz über die Zwischenablage nach Excel exportiert und dort ausgewertet:

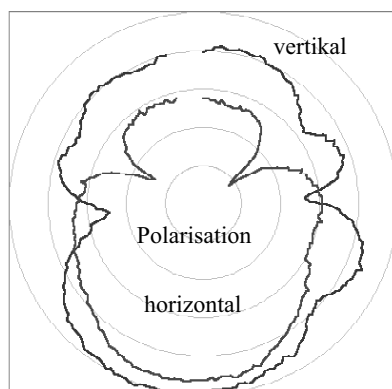


Bild 16
Horizontaldiagramm einer 8-El-Yagi-H und einer 8-El-Yagi-V, siehe Bild 13

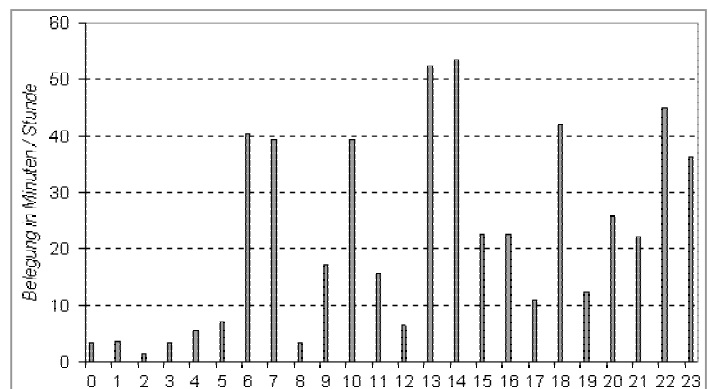


Bild 17
Kanalbelegungsstatistik am Beispiel von DB0ZU in Minuten / Stunde, X-Achse 0 – 23 Uhr