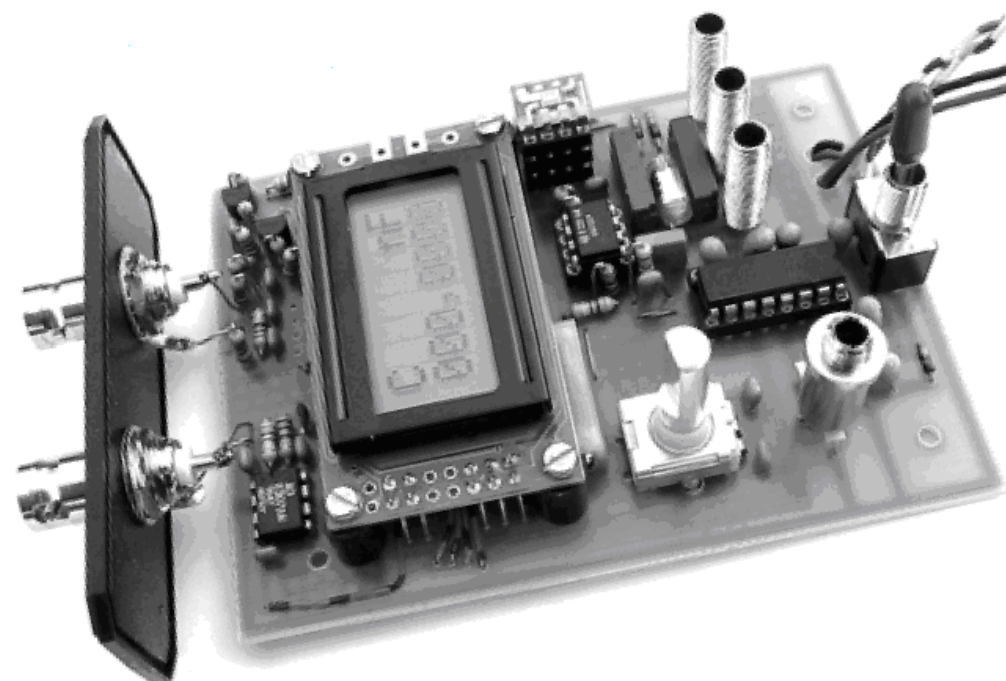


HF-Multimeter - ein Messgerät nicht nur für HF



Dieses Projekt wurde zuerst in der Verbandszeitschrift des DARC CQDL 5/2001 veröffentlicht. QRPproject dankt im Namen aller Selbstbauenden Funkamateure der Redaktion für die Erlaubnis, den Artikel als Grundlage für diese Baumappe zu übernehmen. Wir haben den Text an einigen wenigen Stellen an den aktuellen Bausatz angepasst. Die Verzögerung von fast 2 Jahren bis zum Erscheinen des Bausatzes liegt daran, dass das benutzte Display plötzlich vom Markt verschwunden war und wir erst jetzt Ersatz gefunden haben.

Wir danken dem Entwickler dieses HF-Multimeters **Günther Fromhagen, DK80H**, der uns dieses Projekt zur Verfügung gestellt hat.

Am Anfang der Entwicklung stand die Idee, ein mikrocontrollergesteuertes LC-Messgerät zu bauen. Neben der Oszillatorschaltung für die LC-Messung erhielt das Messgerät zentrale Baugruppen wie Mikrocontroller, LCD, serielle Schnittstelle, Spannungsregler, usw. Nach der Fertigstellung des Messgerätes war noch Platz auf der Leiterplatte und freier Programmspeicher im

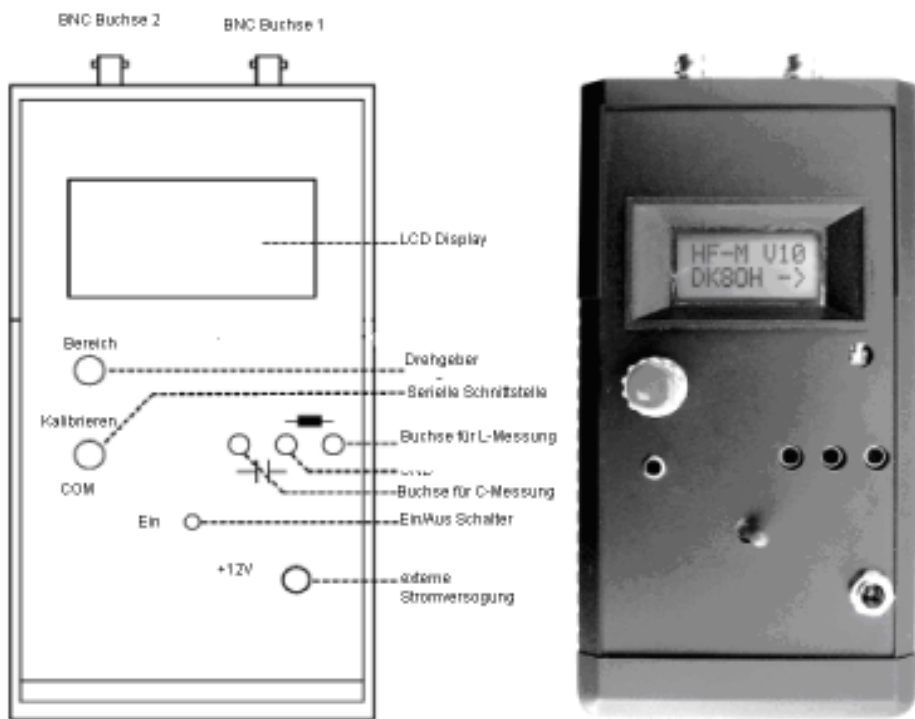


Bild 1

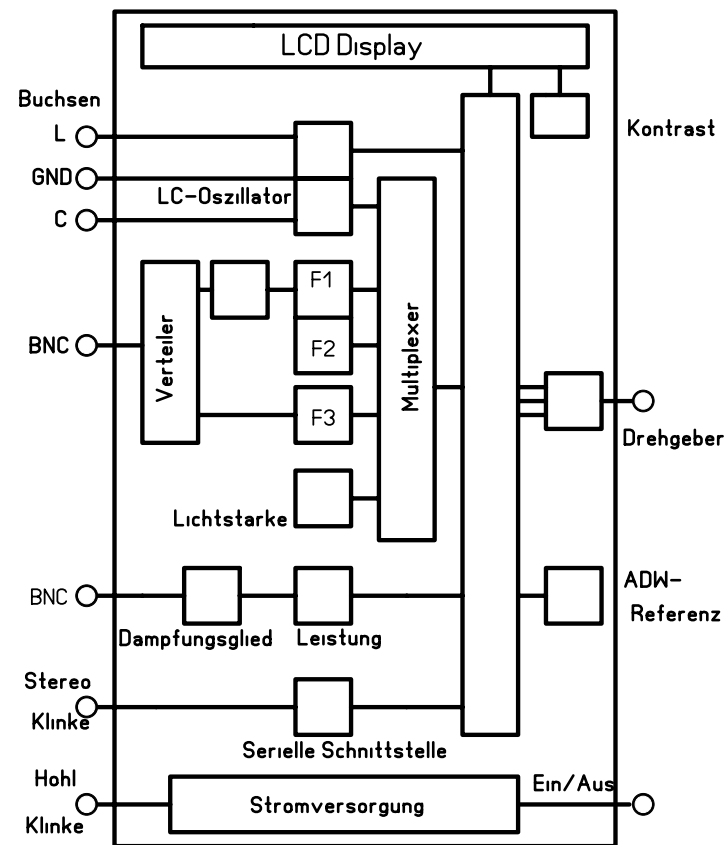
Mikrocontroller.

Jetzt fehlten nur noch ein paar Bauteile und die Software, um mit wenig Aufwand dieses Messgerät zu erweitern. So entstanden zusätzliche Messbereiche für Frequenz, Leistung und Beleuchtungsstärke. Damit ist dieses Messgerät für alle interessant, die mit Elektronik experimentieren, selbst Geräte bauen sowie Bauteile oder Hochfrequenz messen möchten. Das Messgerät ist als Handmultimeter in einem Schalengehäuse BOPLA 752 untergebracht. Die Bedienelemente befinden sich auf der Front- und Oberseite des Gehäuses (**Bild 1**). Eine doppelseitig kaschierte Leiterplatte 75 mm x 100 mm nimmt alle Bauteile einschließlich Drehimpulsgeber, Schalter und 4-mm-Buchsen auf. Nur die Stromversorgungsbuchse und die BNC-Buchsen werden im Gehäuse eingebaut und verdrahtet. Die Leiterplatte wird mit vier Blechschrauben im Gehäuseunterteil befestigt. Das LC-Display ist über 12-mm-Abstandsbolzen mit der Platine verschraubt. Ein Blockschaltbild zeigt **Bild 2**.

Einschalten – und dann?

Die Stromversorgung des Messgerätes erfolgt aus einer 9-V-Blockbatterie oder extern über eine Hohlsteckerbuchse. Das Messgerät wird mit einem Kippschalter ein- und ausgeschaltet. Nach dem Einschalten erscheint im LCD die „SET UP“

Meldung (**Display 1**). Sie zeigt an, dass der Mikrocontroller für ca. 2-3 s mit





Display 1



Display 2



Display 3



Display 4



Display 5



Display 6



Display 7



Display 8



Display 9

internen Prozessen beschäftigt ist. In dieser Zeit ist keine Bedienung über Drehimpulsgeber oder serieller Schnittstelle möglich. Danach wird die Betriebsbereitschaft durch eine weitere Meldung angezeigt (**Display 2**). Nach der Auswahl eines Messbereiches wird in der ersten Zeile des Displays der Messbereich und die Einheit angezeigt. In der zweiten Zeile steht je nach Messbereich das Vorzeichen, der Zahlenwert und die Grafikanzeige. Fernbedienung mit PC

Das Messgerät kann von einem PC über eine serielle Schnittstelle bedient werden. Eine grafische Bedienoberfläche bildet die Funktion des Messgerätes nach. Über die serielle Schnittstelle sendet das Messgerät alle Textdaten, die auch im Display angezeigt werden, zum PC. Mit der Bedienoberfläche ist es zusätzlich möglich, Messwerte in einem Diagramm grafisch darzustellen und das Messgerät abzugleichen. Nach dem Einschalten und dem „SET UP“ des Messgerätes ist die serielle Schnittstelle sofort aktiv.

Die Intelligenz liefert der AT90S4433

Zentrales Bauteil des Messgerätes ist der Mikrocontroller AT90S4433. Er übernimmt alle Steuerungs- und Rechenaufgaben. Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über einen Drehimpulsgeber mit integriertem Taster. Er ist mit drei Portanschlüssen des Mikrocontrollers verbunden. Weiterhin ist eine Steuerung über die serielle Schnittstelle möglich. Dazu sind zwei Portleitungen mit RS-232-Funktion geschaltet. Der Mikrocontroller verarbeitet Daten der Sensoren und Messverstärker als Gleichspannung über den AD-

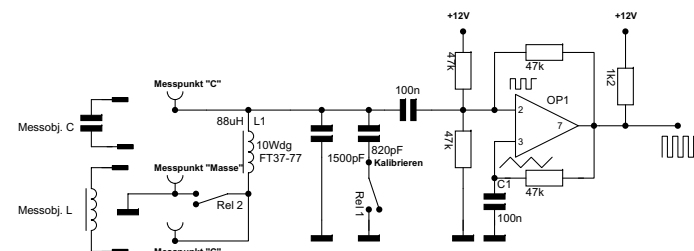
Wandler oder als Frequenzen über den Counter. Da fünf Baugruppen ihre Messwerte als Frequenz ausgeben, ist vor dem Counter 0 ein Multiplexer 74HC151 geschaltet, der über vier Portleitungen des Mikrocontrollers angesteuert wird. Der Multiplexer arbeitet zusätzlich als Tor für die Frequenzmessung. Die Gatefunktion wird von Timer 1 gesteuert. Das LC-Display ist als 4-bit-Interface geschaltet. Damit werden weitere sieben Portleitungen benötigt, um das LCD anzusteuern. Nach dem Einschalten benötigt der Mikrocontroller etwa 10 s für interne Prozesse. Nach diesem Setup erscheint die Bereitschaftsmeldung und das Messgerät ist betriebsbereit.

Wie wird Induktivität gemessen?

Grundlage der LC-Messung ist eine Oszillatorschaltung mit dem Spannungskomparator IC4. C7 und L1 bilden einen Parallelschwingkreis und bestimmen die Frequenz des Oszillators. Der Referenzkondensator C9 wird über Relais 1 beim Kalibrieren zum Schwingkreis parallelgeschaltet. Über die daraus entstehende Frequenzänderung und dem Wert des Referenzkondensators können die Komponenten des Schwingkreises berechnet werden. Somit ist es möglich, die Induktivität der Spule L1 genau zu bestimmen und als Referenz für L-Messungen zu verwenden. Der zu messende Kondensator wird über die Buchsen K1 und K2 parallel zu C7 geschaltet und die zu messende Spule über die Buchsen K1 und K6 in Reihe zu L1. Beim Messen verringert sich die Frequenz des Oszillators. Über die Frequenzabweichung wird der Wert des Bauteils bestimmt. Der Mikrocontroller steuert über zwei Portleitungen die Relais für die L-C Messbereichsumschaltung und die Nullpunkteinstellung.

Mit dem Drehimpulsgeber wird der Messbereich „I“ ausgewählt. Die Spule wird zwischen die L-Buchse und die Massebuchse angeschlossen. Die Induktivität wird in uH angezeigt. Eine Bereichsumschaltung auf nH oder mH ist nicht vorgesehen (**Display 3**). Vor der ersten Messung muss – nach längerer Betriebszeit sollte – der Nullpunkt eingestellt werden. Dazu muss eine Drahtbrücke zwischen die L-Buchse und die Massebuchse geschaltet

werden. Ein Druck auf den Knopf des Drehimpulsgebers aktiviert das Nullpunktprogramm im Messgerät.



Und wie Kapazität?

Mit dem Drehimpulsgeber wird der Messbereich „C“ ausgewählt. Der Kondensator wird zwischen die C-Buchse und die Massebuchse angeschlossen. Die Kapazität wird in nF angezeigt. Eine Bereichsumschaltung auf pF oder uF ist nicht vorgesehen (**Display 4**). Auch hier muss vor der ersten Messung – und sollte nach längerer Betriebszeit – der Nullpunkt eingestellt werden. Dazu bleiben die C-Buchse und die Massebuchse unbeschaltet. Ein Druck auf den Knopf des Drehimpulsgebers aktiviert das Nullpunktprogramm im Messgerät.

QRG auf 10 Hz genau

Drei Messbereiche stehen für die Frequenzmessung zur Verfügung. Ein Widerstandsnetzwerk verteilt das Eingangssignal von BNC-Buchse 1 auf zwei Baugruppen. Ein breitbandiger Vorverstärker sorgt im Bereich 1 und 2 für die erforderliche Empfindlichkeit. Er besteht aus zwei Transistoren in Emitterschaltung. Das Ausgangssignal des Vorverstärkers steuert den Frequenzteiler 74HCT4520 an. Er teilt die Eingangsfrequenz durch 2 bzw. 16. Über den Multiplexer werden die Signalquellen vom Mikrocontroller ausgewählt. Er gibt die Messwerte mit 10 Hz und 100 Hz Auflösung aus. Im Bereich „F1“ sind Frequenzmessungen (in kHz) zwischen 100 kHz und 5 MHz mit einer Auflösung von 10 Hz möglich (**Display 5**). Im Bereich „F2“ kann man Frequenzen zwischen 100 kHz und ca. 40 MHz (ebenfalls mit kHz-Anzeige) messen. Die Auflösung beträgt dabei 100 Hz (**Display 6**).

Im Bereich 3 verarbeitet ein ECL-Vorteiler U893 die Eingangsfrequenzen von ca. 50–1300 MHz. Er hat einen integrierten Vorverstärker und teilt das Eingangssignal durch 128. Da diese Frequenz noch nicht vom Mikrocontroller verarbeitet werden kann, teilt der 74HC4520 die Ausgangsfrequenz noch einmal durch 4. Über den Multiplexer gelangt das Signal an den Counter 0. Im Messbereich „F3“ schließlich können Frequenzen zwischen 50 MHz und 1300 MHz gemessen werden. Die Anzeige erfolgt in kHz bei einer Auflösung von 1000 Hz (**Display 7**). Der Controller schaltet die Torzeit passend zu den unterschiedlichen Vorteilern um. Die Leiterplatte ist für die DIL8-Version des U893 und der SMD-Version des PMB2312 ausgelegt, sodass bei Lieferproblemen zwischen mehreren Teilern ausgewählt werden kann. Getestet wurden U893, PMB2312 und SA703. Pinkompatibel sind:

Philips	SA701
Fujitsu	MB501

Plessey	SP8704
Motorola	MC 12022
Motorola	MC 12079
Siemens	PMB2312
Siemens	PMB2313
Siemens	PMB2314

Die Empfindlichkeit, Stromaufnahme und Frequenzgrenze verändern sich entsprechend dem Datenblatt des eingesetzten Vorteilers.

Leistung messen zwischen 100 kHz und 450 MHz

Der logarithmische Verstärker AD8307 erzeugt aus dem Hochfrequenzeingangssignal eine Gleichspannung, die vom AD-Wandler des Mikrocontrollers gemessen und in dBm umgerechnet wird. Das Eingangssignal gelangt über ein Dämpfungsglied (R23, R2, R3) und einen Koppelkondensator C3 an einen Eingang des AD8307. Der Kondensator C32 erzeugt eine Korrektur des Frequenzgangs, die genaue Messungen bis 450 MHz erlaubt. Weiterhin gehören C26, C1 und C2 zur Außenbeschaltung des AD8307.

Zur Leistungsmessung wird der Messbereich „P“ ausgewählt und das Signal an BNC-Buchse 2 angeschlossen. Im Frequenzbereich 100 kHz bis 450 MHz wird die Leistung von –40 dBm...16 dBm (100nW-40mW) als Zahlenwert angezeigt. Zusätzlich werden die Pixel von drei Zeichen als Balkenanzeige mit einer Auflösung von 120 Punkten angesteuert (**Display 8**).

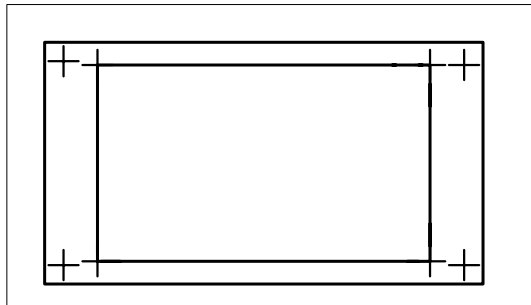
Wie hell ist es? (Diese Baugruppe ist im Bausatz von QRPproject NICHT bestückt, kann aber falls das IC auftreibbar ist leicht nachbestückt werden) Ein Lichtsensor TSL230 wandelt die Beleuchtungsstärke in eine Frequenz. Die Empfindlichkeit des Sensors ist in drei Stufen und die Ausgangsfrequenz ist in vier Stufen programmierbar. Die Anschlüsse 1, 2, 7 und 8 sind fest auf einen mittleren Messbereich eingestellt. Zusätzliche externe Bauteile sind nicht erforderlich. Die Ausgangsfrequenz gelangt ebenfalls über den Multiplexer an den Counter 0.

Um die Beleuchtungsstärke zu messen, wird mit dem Drehimpulsgeber der Messbereich „E“ ausgewählt. Der Sensor für diese Messung befindet sich unterhalb des LCD und darf nicht verdeckt sein. Die Anzeige erfolgt in Lux (**Display 9**).

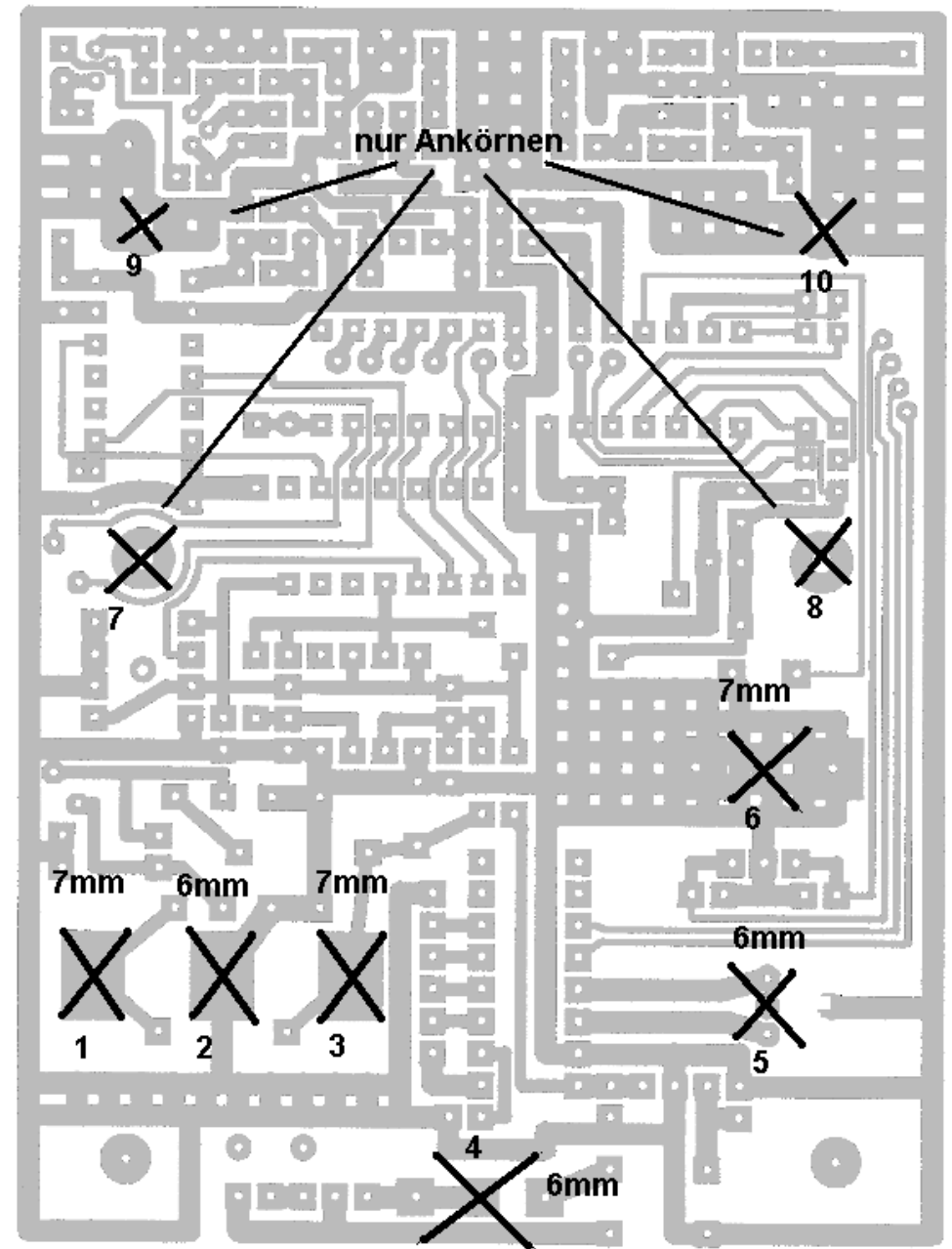
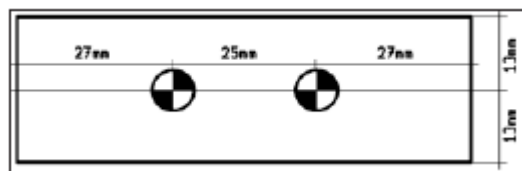
Aufbau des HF-Multimeters

Vor der Bestückung wird die Leiterplatte noch als Bohrschablone für das Gehäuse benötigt. Dazu wird sie mit der Unterseite nach oben in die Unterschale gelegt, das Batteriefach kommt dabei nach unten. Die Unterschale ist die mit den 3 Junststoffnippeln, im LP Bereich, die Oberschale hat dagegen 5 Nippel. Während man die Platine fest gegen die Wand zur Batterieschale drückt, wir nun mit einem 1,3mm Bohrer durch die Bohrung in der LP das Gehäuse gebohrt. Die Bohrungen 1 -6 können gleich durchgebohrt werden, 7, 10 nicht durchbohren, sondern nur vorsichtig „Ankörnen“, die Punkte werden zum Anreißen des Ausschnittes für das Display gebraucht
 Im Gegäuse selbst werden die Bohrungen entsprechend den Angaben im nebenstehenden Bohrplan aufgebohrt. Wenn alles fertig ist müssen die Bohrungen für die Displayverschraubung de LP ebenfalls vorsichtig aufgebohrt werden. Nimm dafür einen 2,5mm Bohrer.

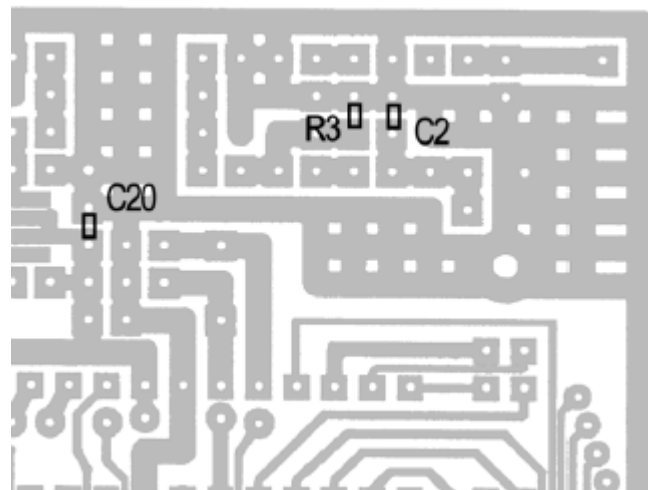
Der Ausschnitt für das Display wird wie folgt hergestellt: Im Bausatz liegt eine Klarsichtfolie. Diese wird mit den vier Eckkreuzen über die zuvor gemachten Markierungen 7,8,9,10 justiert. An der Eckpunkten des Displayausschnittes nun ankörnen, die Linien Anzeichnen und das ganze mit der Laubsäge aussägen.



Die zwei Bohrungen für die BNC-Buchsen in der Stirnseite und für die Hohlsteckerbuchse im Batteriefach müssen von Hand angezeichnet und gebohrt werden, siehe Bild unterhalb. Für die Stromversorgungsbuchse wir in einer Ecke des Batteriefachs ein Loch so gebohrt, dass die Buchse nach oben herauschaut.



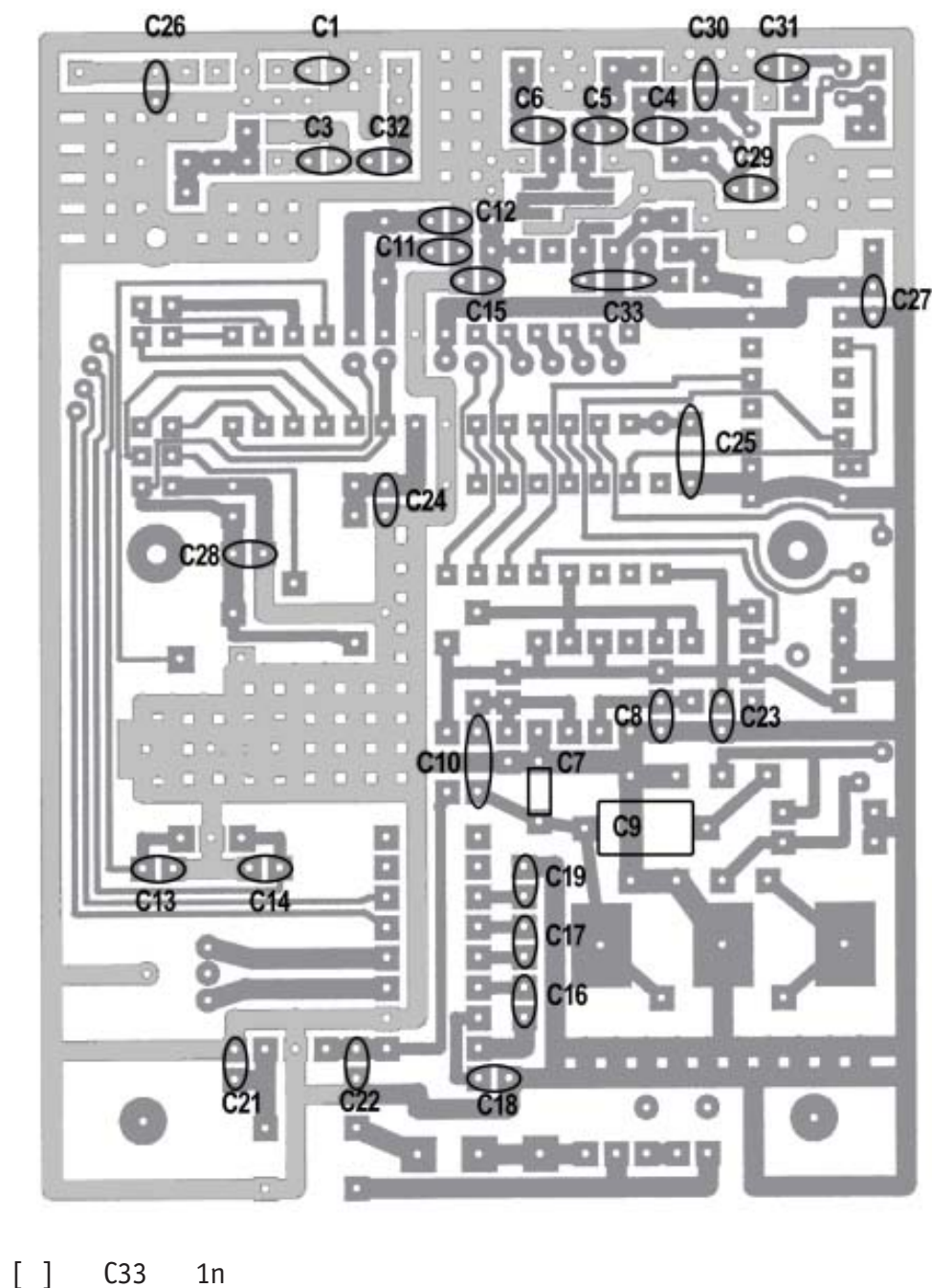
Als erstes sind drei SMD Bauteile aufzulöten. Keine Bange, das ist kein wirkliches Problem, die Bauteile sind fast soo groß wie ein kleiner Widerstand, haben nur keine Beinchen.
 Alle drei Teile kommen auf die Unterseite der Platine, das folgende Bild zeigt die Stellen, an denen die Teile einzulöten sind.



[]	C2	100n
[]	C20	100n
[]	R3	51R

Als nächstes werden alle Kondensatoren eingelötet. Die Kondensatoren gehören alle auf die Oberseite der Platine. Zur Orientierung dient der nebenstehende Bestückungsplan für Kondensatoren.

[]	C1	100n	[]	C3	100n
[]	C4	100n	[]	C5	1n
[]	C6	1n	[]	C7	FKS-2 1,5n
[]	C8	Z5U-2,5 100n	[]	C9	Styroflex 820p
[]	C10	100n	[]	C11	33p
[]	C12	33p	[]	C13	100n
[]	C14	100n	[]	C15	10u Tantal
[]	C16	10u Tantal	[]	C17	10u Tantal
[]	C18	10u Tantal	[]	C19	10u Tantal
[]	C21	10u Tantal	[]	C22	10u Tantal
[]	C23	10u Tantal	[]	C24	10u Tantal
[]	C25	10u Tantal	[]	C26	100n
[]	C27	100n	[]	C28	100n
[]	C29	100n	[]	C30	100n
[]	C31	100n	[]	C32	10p

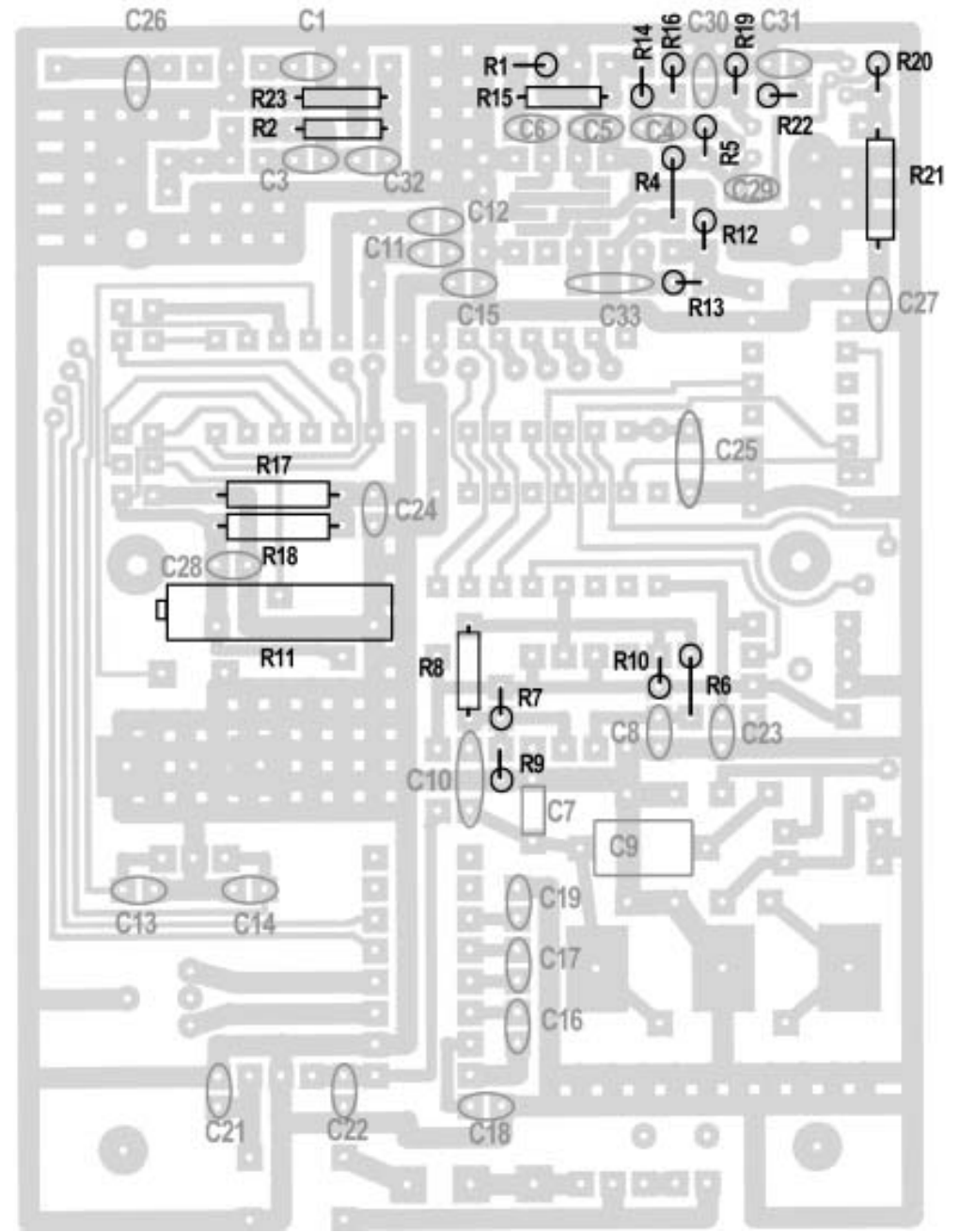


[]	C33	1n
-----	-----	----

Es folgen die Widerstände.

[]	R1	1/4W 51
[]	R4	1k
[]	R5	39k
[]	R7	47k
[]	R9	47k
[]	R11	962-20 10k
[]	R13	1/4W 47k
[]	R15	1/4W 51R
[]	R17	10k
[]	R19	220R
[]	R21	1k
[]	R23	83R

[]	R2	100R
[]	R6	47k
[]	R8	47k
[]	R10	1/4W 1k2
[]	R12	1/4W 2k2
[]	R14	1/4W 51
[]	R16	51R
[]	R18	3k9
[]	R20	12k
[]	R22	220R



Bleiben noch die Halbleiter, Schalter, Buchsen usw. Der Bestückungsplan

befindet sich wie gewohnt wieder neben der Abhakliste.

- BR1 B40C800DIP das ist der Gleichrichter unten links
- D1 1N4148 D2 1N4148
- T1 BF939, oder BF324 T2 BF496
- T3 BF496 (genau hinsehen, T3 wird leicht verdreht eingebaut)

IC 10 ist ein Dreibein im Transistorgehäuse.

- IC10 LP2950

Alle weiteren IC's werden auf Sockel gesetzt, folglich werden erst die Sockel eingelötet. Bitte darauf achten dass die Kerbe im Sockel zur richtigen Seite zeigt (siehe Bestückungsplan) Die IC noch nicht in die Sockel setzen.

- Sockel für IC1 Sockel für IC3 entfällt
- Sockel für IC 4 Sockel für IC5
- Sockel für IC 6 Sockel für IC7
- Sockel für IC9 Sockel für IC12

Damit die Relais nicht durch Löthitze beschädigt werden, bauen wir erst die drei 4mm Buchsen ein. Die Buchsen haben am unteren Ende eine Aufnahme für einen Draht. Schneide vom beiliegenden 1mm Silberdraht etwa 20mm ab. Spanne die Buchse vorsichtig mit der Drahtaufnahme nach oben in einen Schraubstock und löte das 20mm Silberdrahtstück in die Aufnahme. Bitte den Draht mit einer Zange halten und gut durchlöten!! Nun wird die Platine mit den Bauteilen nach unten so auf den Draht gesteckt, dass man den Draht auf der Lötfläche der Platinenunterseite löten kann. Während des Lötens die Platine gegen die Buchse drücken, damit die Buchsen dicht aufsitzen. Schneide den überschüssigen Draht über der Lötstelle ab und bau auf die gleiche weise die anderen beiden Buchsen ein. Richte die Buchsen so aus, dass sie senkrecht zur Platine stehen.

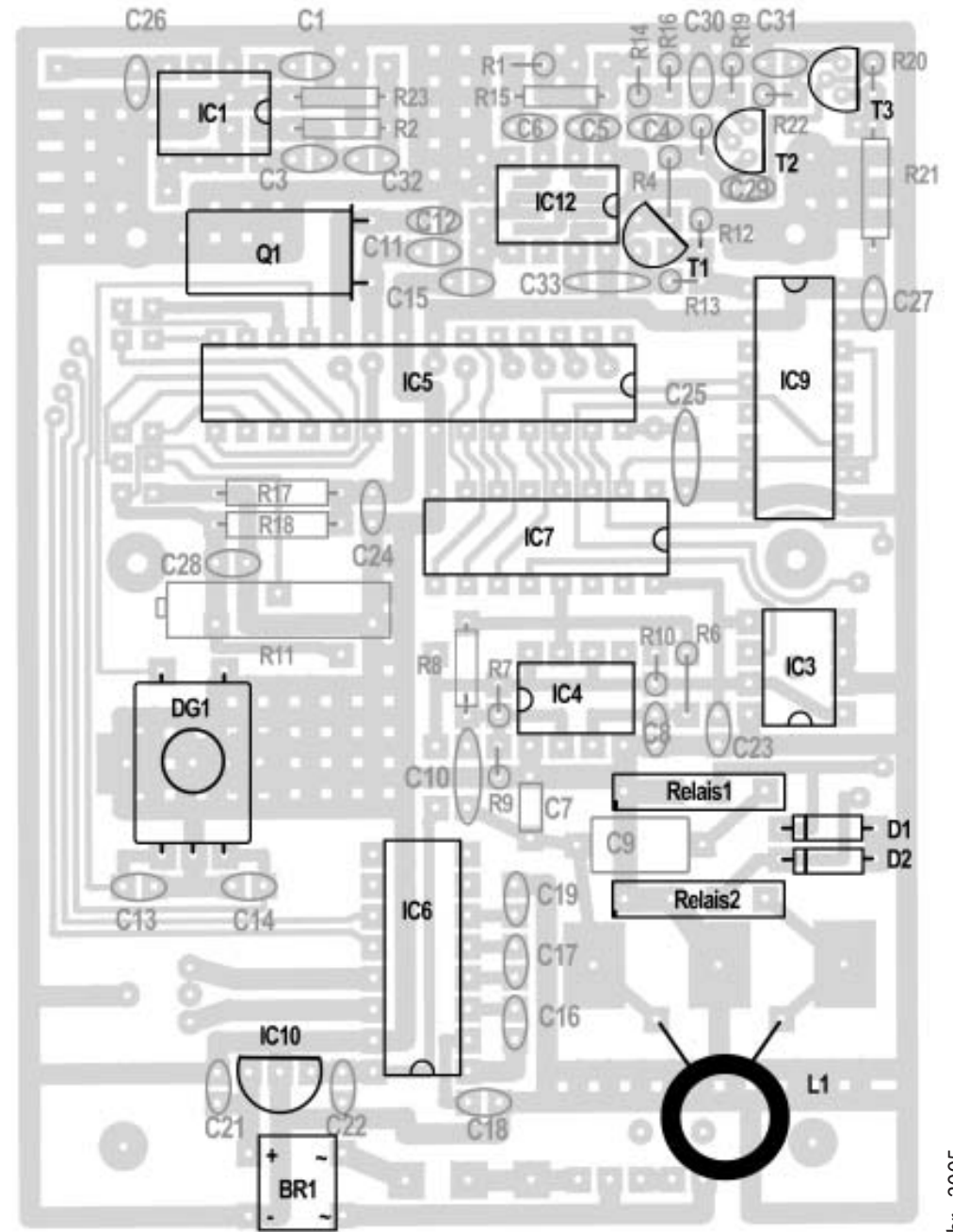
- K6 Bu 4mm
- K1 Bu 4mm K2 Bu 4mm

Nun die Relais. Durch die Buchsen sind sie etwas fummelig einzubauen, aber andererseits wäre die Gefahr einer Beschädigung zu groß gewesen. Die Relais werden so eingebaut, dass die Schrift zu den Buchsen zeigt.

- RelaisMS7175-L5V RelaisMS7175-L5V
- DG1 DREHGEBER

Nun wird die Spule L1 gewickelt. Dazu werden 10 Windung (innen im Ring zählen) 0,4mm Kupferlackdraht CuL straff über 2/3 des Umfang verteilt. Die Enden des Drahtes müssen sorgfältig vom Lack befreit und verzinnt werden.

- L1 FT37-77 10Wdg 0,4mm CuL



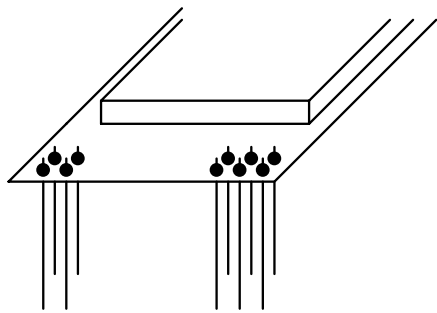
der Quarz Q1 wird liegend eingebaut. Dazu müssen die Beinchen vorsichtig kurz vor dem Gehäuse rechtwinklig abgebogen werden.

- Q1 6,4-HC18

Nun können die IC eingesteckt werden.

- | | |
|-------------------|----------------|
| [] IC1 AD8307 | [] IC12 U893 |
| [] IC3 TSL230 | [] IC4 LM311 |
| [] IC5 AT90S4433 | [] IC6 Max232 |
| [] IC7 74HC151 | [] IC8 LCD2X8 |
| [] IC9 74HC4520 | |

Nun das Display. Als erstes müssen die 10 Drähtchen für die elektrische Verbindung zur Leiterplatte vorbereitet werden. Schneide 10 Drahtstücke von je 18mm Länge zurecht und entferne von der Isolierung an beiden Seiten je 4mm. Diese Drahtstücke werden so in die Displayplatine gelötet



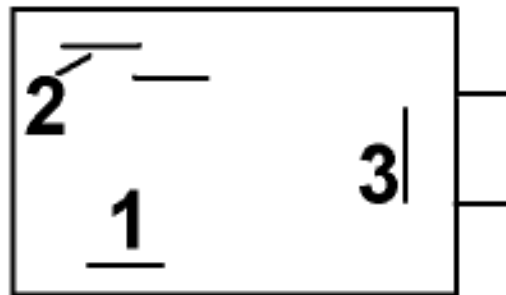
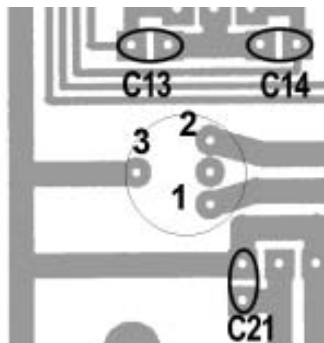
dass sie von der Displayseite nach hinten weg stehen. Gelötet wird auf der Displayseite.

Das Display wird mit vier Schrauben und 4 12mm Abstandshaltern in den 4 Ecken verschraubt. Etwas fummelig ist bei dieser Arbeit, die 10 Drähte in die zugehörigen Löcher der Platine zu bekommen, es geht aber. Wenn das Display verschraubt ist, dann ziehe die 10

Drähte von der Unterseite der Hauptplatine her mit einer Zange halbwegs straff und verlöte sie

Fehlt noch die Peripherie:

Schneide von der flexiblen Litze je 4 Drahtstücke von ca 2cm Länge ab. Entferne von den 4 Stücken am Ende je 5mm der Isolierung und löte sie in die Bohrungen von BU1 und BU2 (obere Kante der Platine) Das andere Ende



bleibt zur Zeit noch frei.

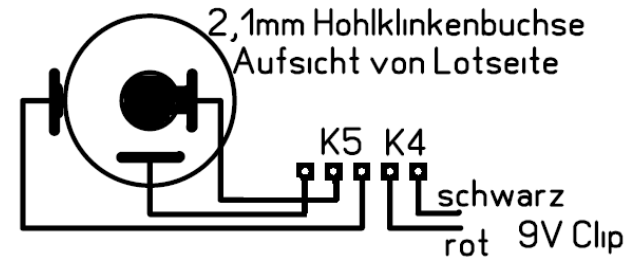
Fertige genau so 3 weitere Stücke und verbinde damit die Lötunkte 1, 2 und 3 auf der Leiterplatte unterhalb des Drehgebers mit den aus der Zeichnung ersichtlichen entsprechenden Punkten der Klinkenbuchse. (1-1, 2-2, 3-3) Die Klinkenbuchse wird noch nicht ins Gehäuse eingebaut.

- [] K5 Klinkenbuchse

Schneide 2 Stücke flexible Litze zurecht und verbinde die beiden linken Lötunkte von S1 mit dem mittleren und einem der äusseren Anschlüsse des Schalters.

- [] S1

Schneide 3 etwa 10 cm lange Drahtstücke ab, präpariere sie wie zuvor und verbinde die Pins 1,2 und drei mit den entsprechenden Pins der Hohlklinkensteckerbuchse wie in der Zeichnung gezeigt.



- [] K3 Hohlkl.
[] K4 Clip 9V-T

Nun kann die Platine in die Unterschale eingelegt werden. Anschließend wird die präparierte Kopfwanne des Gehäuses eingesteckt und die beiden BNC Buchsen mit den vorher eingelöteten Drähten BU1 und BU2 angeschlossen. (jeweils der linke Draht von BU1, BU2 kommt an den Masseanschluss der BNC Buchse, jeweils der rechte Draht an den Innen-PIN.)

- [] BU2 BNC [] BU1 BNC

Das HF Multimeter ist jetzt bereit für die erste Inbetriebnahme. Nach dem

ersten Einschalten des Gerätes darf die Stromaufnahme ca. 80 mA betragen. Der Mikrocontroller meldet sich mit der Bereitschaftsmeldung. Zeigt das Display nichts an ist trotzdem keine panik angesagt. Der Kontrastregler des Display (das Spindelpoti wird auf die beste Ablesbarkeit eingestellt. Eine falsche Einstellung des Kontrastes kann dazu führen, dass keine Anzeige im LCD sichtbar ist. Beim ersten mal muss man unter Umständen ziemlich lange kurbeln, bis etwas zu sehen ist. Grundsätzlich kann man jetzt schon erste Messungen durchführen, allerdings sind genaue Messungen erst zu erwarten, wenn die Kalibrier-Routinen durchgeführt worden sind.

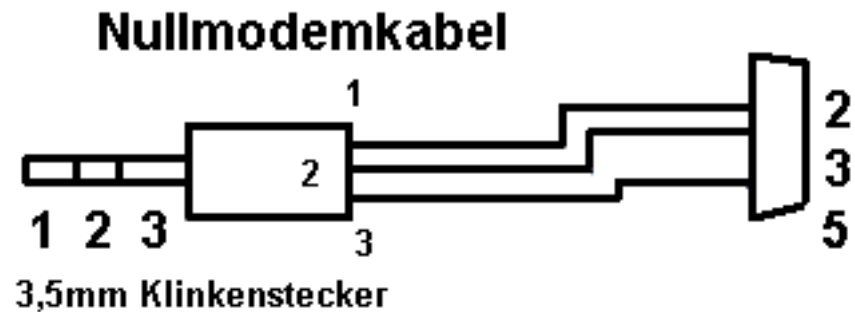
Abgleich ist wichtig

Die Transistoren T1 und T3 nehmen eine Pegelanpassungen auf TTL-Pegel vor. Die Arbeitspunkte der Transistoren sind fest eingestellt durch die Basis Vorwiderstände R20 und R13. Durch Exemplarstreuungen kann eine Verschiebung des Arbeitspunktes auftreten. Für die beste Empfindlichkeit des Frequenzzählers sollten die Kollektorspannungen 2,5 V betragen. Weicht diese Spannung erheblich vom Sollwert ab, kann durch Änderung der Vorwiderstände der Arbeitspunkt korrigiert werden.

Im Messgerät ist nur ein Trimmwiderstand für die Kontrasteinstellung des Displays vorhanden. Ein Abgleich im herkömmlichen Sinn ist bei diesem Messgerät nicht vorgesehen. Das heißt aber nicht, dass es ohne Abgleich auskommt.

Häufig werden Trimmwiderstände und Trimmkondensatoren benutzt, um Spannungen und Kapazitäten auf Sollwerte einzustellen. Im Messgerät arbeiten die Bauteile nur mit der werksseitigen Genauigkeit, ohne das Trimmbauteile verwendet werden. Darum kann es vorkommen, dass der Quarzoszillator des Mikrocontrollers mit einigen hundert Hertz Abweichung schwingt. Für eine genaue Frequenzmessung ist diese Abweichung aber viel zu hoch. Wie kann man trotzdem Messwerte genau ermitteln?

Die Antwort steckt in der Software des Mikrocontrollers. Das Betriebssystem enthält Routinen, die mit Hilfe von Korrekturwerten den exakten Messwert berechnen. Insgesamt fünf Korrekturwerte ersetzen alle Trimmbauteile. Die Korrekturwerte werden am PC eingegeben und über die serielle Schnittstelle zum Mikrocontroller übertragen. Hier werden sie im EEPROM dauerhaft gespeichert. Die Größe der Korrekturfaktoren kann näherungsweise berechnet oder durch schrittweise Annäherung ermittelt werden. Die Zahlen in Klammern hinter den Korrekturwerten stellen die Herstellerangaben bzw. die



Ausgangspunkte für den Abgleich dar.

Zur Verbindung mit dem PC wird ein Nullmodem Kabel mit gekreuzten Datenleitungen benötigt

TXD -----RXD

RXD -----TXD

GND-----GND

Die RS232 Schnittstelle im PC wird mit 4800 Baud, 8 BIT ohne handshake betrieben.

Für den Abgleich werden ein Messsender mit genauer Pegel- und Frequenzeinstellung und ein PC mit serieller Schnittstelle benötigt.

Auf dem PC wird die Grafische Bedienoberfläche gestartet und die Seite „Eichen“ sowie die passende serielle Schnittstelle ausgewählt. *(Anmerkung DL2FI: Bitte keine emails zum Thema Eichen / kalibrieren schicken!! Ich weiss, dass es sich um eine Kalibrierung handelt und nicht um eine Eichung. Aber in der Software wird nun mal das Wort Eichen benutzt, da muss ich es in der Anleitung auch so stehen lassen.)*

Hat ein Nachbauer des bausatzes keine Kalibriermöglichkeit, kann die Kalibrierung gegen eine Gebühr von 10,00 EURO plus 4 EURO Versand bei QRPproject durchgeführt werden.

Dann wird die serielle Verbindung zwischen Messgerät und PC hergestellt und das Messgerät eingeschaltet. Nach dem Setup wird die laufende Datenübertragung in der Fußzeile der grafischen Bedienoberfläche angezeigt. Sieht man an dieser Stelle nichts, ist möglicherweise die falsche COM Schnittstelle ausgewählt. Unten links in der Anzeiger der

Bedienoberfläche kann zwischen COM 1 und COM 4 gewählt werden. Die Eingabefelder sind eventuell schon mit Werten aus der *.ini-Datei vorbelegt. Nach Eingabe der Werte mit den führenden Nullen können die Korrekturwerte mit Return oder durch Klicken auf die „Senden“ Schaltfläche zum Messgerät übertragen werden. Die neuen Werte werden im EEPROM gespeichert, vom Messgerät zurückgesendet und sofort im Feld rechts neben den Schaltflächen angezeigt.

Abgleich des Quarzoszillators

Aus der Frequenz des Quarzoszillators wird die Torzeit für die Frequenzmessung abgeleitet. Für die L-, C- und Lux-Messung reicht die werksseitige Genauigkeit aus, für die Frequenzmessung aber nicht. Die Frequenz des Quarzoszillators sollte auf einige Hertz genau angegeben werden. Der Korrekturfaktor wird durch Eingabe der Istfrequenz vom Quarzoszillator berechnet. Die Anzeige vom Messgerät ergibt sich aus:

Anzeige = $K/6400000 \times$ Messwert mit K = tatsächliche Quarzfrequenz (z. B. 6400123)

Für diesen Abgleich wird an das Messgerät ein Hochfrequenzsignal mit exakt bekannter Frequenz (Messsender) angelegt. Das Messgerät wird auf einen passenden Frequenzmessbereich gestellt. Die Anzeige des Messgerätes wird vermutlich eine Abweichung nach oben oder unten aufweisen. Die Anzeige einer zu hohen Frequenz muss durch eine Eingabe einer tieferen Quarzfrequenz korrigiert werden. Die Quarzfrequenz wird solange geändert, bis die Anzeigen vom Messsender und Messgerät übereinstimmen.

Abgleich der Referenzspannung für Leistungsmessung

Um aus der AD-Wandlung der Eingangsspannung einen Messwert zu bilden, muss der Wert der Referenzspannung bekannt sein. Der Mikrocontroller misst die Referenzspannung durch Vergleich mit der internen Bandgap-Referenz. Diese Messung erfolgt im „SET UP“ bei jedem Einschalten des Messgerätes. Der logarithmische Verstärker AD8307 erzeugt aus einer HF-Wechselspannung eine Gleichspannung im Bereich von ca. 0,5...2,5 V. Diese Ausgangsspannung und die Steilheit der Logarithmierkennlinie sind werksseitig eingestellt. Für die Festlegung des 0-dBm-Punktes wird dem Mikrocontroller die 0-dBm-Ausgangsspannung des AD8307 als Konstante eingegeben. Mit einem weiteren Wert, der Steilheit der Kennlinie, kann der Mikrocontroller zu jeder Eingangsspannung die Anzeige in dBm berechnen:

Anzeige = $(K0dBm - UADW)/Klog$
mit $K0dBm$ = Spannung (ca. 650) und $Klog$ = Steilheit (2300-2700)
Zuerst wird die Steilheit der Logarithmierkennlinie abgeglichen. Die werksseitige Genauigkeit liegt zwischen 23 μ V/dB und 27 μ V/dB. Der Korrekturwert ist solange zu ändern, bis eine Pegeländerung am Messsender von 10 dB eine Änderung der Anzeige am Messgerät von 10 dB hervorruft. Anschließend kann die Anzeige auf den 0-dBm-Punkt abgeglichen werden. Dazu muss der Messsender einen Ausgangspegel von 0 dBm erzeugen. Der Korrekturwert wird wie bereits beschrieben

Abgleich der Kapazitätsmessung

Der Abgleich findet bei geschlossenem Gehäuse statt. Somit werden Beeinflussungen des Schwingkreises und damit der Oszillatorfrequenz durch das Entfernen des Gehäusedeckels vermieden. Die Kapazität und Induktivität werden mit Hilfe des eingebauten Präzisionskondensators C9 von 820 pF (2%) berechnet. Steht ein noch genauere Kondensator zur Verfügung, können die Ungenauigkeiten durch die Toleranz des Präzisionskondensators und Kontaktkapazitäten des Relais durch einen Korrekturwert beseitigt werden:

Anzeige = $K/8200 \times$ Messwert
mit K = Kapazität \times 10 (8200)

Dieser externe Kalibrier-Kondensator wird an die 4-mm-Buchsen angeschlossen und der Korrekturwert solange verändert, bis die Anzeige mit dem Bauteilwert übereinstimmt. Am Messgerät wird dazu der Kapazitäts-Messbereich gewählt und nach jeder Übertragung des neuen Korrekturwertes ein Nullpunktgleich durchgeführt.

Abgleich der Beleuchtungsstärke (entfällt bei dem QRPprojekt Bausatz)
Der Sensor TSL-230 hat eine werksseitige Genauigkeit von 20 %. Die Frequenz des Sensors wird vom Mikrocontroller in Lux umgerechnet. Ein Abgleich am Sensor ist nicht möglich:

Anzeige = $K/1000 \times$ Messwert mit K = Promille (1000)

Das Messgerät kann an einer Lichtquelle mit bekannter Beleuchtungsstärke durch Eingabe eines Korrekturwertes abgeglichen werden.

Bezug und Hinweis:

Der Bausatz ist erhältlich bei www.QRPproject.de
Das Messgerät ist nicht für die Verwendung im Freien, insbesondere bei Regen, extremer Kälte oder Hitze geeignet. Das Kunststoffgehäuse bietet

keine Schirmung gegen elektromagnetische Felder, deshalb können die Messwerte in der Nähe von Sendeanlagen ungenau sein.

Befehlssatz PC >> Microcontroller:

Messbereich aufwärts	#10,"D",#13
Messbereich abwärts	#10,"U",#13
Nullpunkt einstellen	#10,"E",#13
AD8307 Slope einstellen	#10,"S2500",#13
AD8307 0 dBm einstellen	#10,"Z0745",#13
Quarzfrequenz einstellen	#10,"Q6400000",#13
Referenzkapazität einstellen	#10,"R8200",#13
Luxkorrektur einstellen	#10,"L1000",#13
Alle EEP-Daten abrufen	#10,"K",#13

Befehlssatz Microcontroller >> PC:

AD8307 Slope	#10,"S2500",#13
AD8307 0dBm	#10,"Z0745",#13
Quarzfrequenz	#10,"Q6400000",#13
Referenzkapazität	#10,"R8200",#13
Luxkorrektur	#10,"L1000",#13
Bandgapwert	#10,"B0507",#13
Text Zeile 1	#10,"THF-M V10",#13
Text Zeile 2	#10,"U DK80H-> ",#13
Messwert (Zeile 2)	#10,"V0145,325",#13