

Komfortable Frequenzeinstellung und Anzeige für SurPlusgeräte am Beispiel eines SEG-100D

Dipl. Ing. CHRISTIAN SEIFFERTH - DL1AKE, KG8GS

Beschreiben wird eine Baugruppe zum Nachrüsten militärischer Geräte der 70'er Jahre mit LED Frequenzanzeige und Frequenzeingabe über Tastatur und Drehgeber am Beispiel des SEG-100D. Der Beitrag soll auch als Grundlage und Anregung für den Umbau von Geräten anderer Hersteller dienen.

Einführung

Jeder Funkfreund schwört auf sein Lieblingsgerät, welches neben den japanischen Speicherboliden von ICOM, Kenwood oder Vertex-Standard & Co nur zu besonderen Anlässen für QSO's genutzt wird, ansonsten bestens gehegt und gepflegt wird. In den wenigsten Fällen handelt es sich um eines der neumodischen „32-Bit floating-point DSP“ optimierten Geräte. Es gibt OM's und YL's deren Lieblinge auf Röhrentechnik basieren, mit klangvollen Namen wie Collins, Heathkit, Barlow-Wadley, Eddystone ect. Andere Funkfreunde wiederum schwören auf die Unverwüstlichkeit der ersten ausschließlich halbleiterbestückten

militärischen Geräte aus den 60'en bis 80'er Jahren von R&S, Teletron, Siemens, Racal, Telefunken, RFT, um nur einige Vertreter dieser Periode zu nennen. Zu dieser Gruppe gehöre auch ich selbst. Nach dem Studium der Schaltpläne oder dem Öffnen eines dieser SurPlusgeräte bin ich immer wieder von neuem über den immensen technischen Aufwand und die mechanischen Präzision fasziniert, mit der diese Geräte MIL-tauglich geformt wurden. Trotz der mittlerweile vierzig Jahre alten Technik sind die meisten dieser Geräte für die Ewigkeit gebaut, und einfach „unkaputtbar“. Leider gibt es bei vielen dieser Geräte ein Manko welches den Spaß am Amateurfunk etwas trübt - die Frequenzeingabe erfolgt über BCD - Kodierschalter in den mechanisch bizarrsten Ausprägungen, nicht

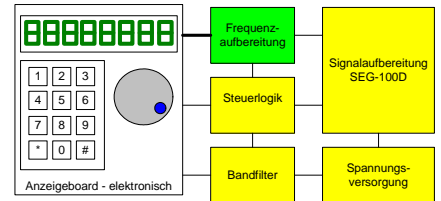
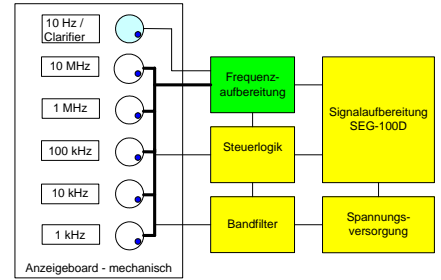


Bild 2: Blockschaltbild der alten mechanischen (oberes Bild) und neuen elektronischen (unteres Bild) Frequenzeinstellung und Anzeige am SEG-100D (ESS100)

wie heute üblich über Tastatur und durchstimmbaren Drehgeber. Gründe hierfür sind in der zu diesem Zeitraum verhältnismäßig erschwierlichen Mechanik und der bei den meisten der 70'er Jahre Geräte genutzten Art der Frequenzaufbereitung zu finden. Die Frequenzaufbereitung erfolgt über Frequenzzähler in diskret aufgebauter TTL oder CMOS Technik, welche über die im BCD Format kodierten Schalter geladen bzw. gelöscht werden. Genau hier setzt der Beitrag an, und beschreibt exemplarisch den Umbau eines SurPlusgerätes auf zeitgerechte Frequenzeingabe, -Abstimmung und Anzeige am Beispiel eines RFT SEG-100D. Die mechanischen Frequenzwahlschalter und die mechanische Frequenzanzeige werden mit einer zeitgerechten Frequenzeingabe- und Anzeigeeinheit ersetzt. Dennoch wird auf das Erscheinungsbild der Geräte geachtet und keine neumodische LCD Anzeige mit blau / grün / roter Hintergrundbeleuchtung verwendet, um den Flair der SurPlusgeräte weitestgehend zu erhalten - auch wenn im inneren der Geräte ein zusätzlicher moderner Mikroprozessor werkelt, siehe Bild 1.

Für Geräte anderer Hersteller mit ähnlicher Frequenzaufbereitung - hier war das Gerätekonzept der Staaten des Warschauer Paktes gleich dem der restlichen Welt - (Siemens, R&S, Braun, Telefunken) kann die beschriebene Schaltung und Software mit einigen Modifikationen ebenfalls als Grundlage für eine Modernisierung verwendet werden.

SurPlusgeräte dieser Generation werden mittlerweile zu amateurfunkfreundlichen Preisen auf Flohmärkten [1] oder im Internet [2],[3] gehandelt. Der Umbau eines solchen Gerätes, bietet uns verwöhnten „Fertigerät-Steckdosen-



Bild 1: komplette Funkanlage SEG-100D – umgebaut wie im Beitrag beschrieben;

oben Netzgerät NG100; darunter Gleichspannungswandler GW100; darunter Leistungsverstärker LLV100 mit S-Meter; ganz unten Steuergerät ESS100 mit internem Lautsprecher und komfortabler Frequenzanzeige – Eingabe und -Abstimmung

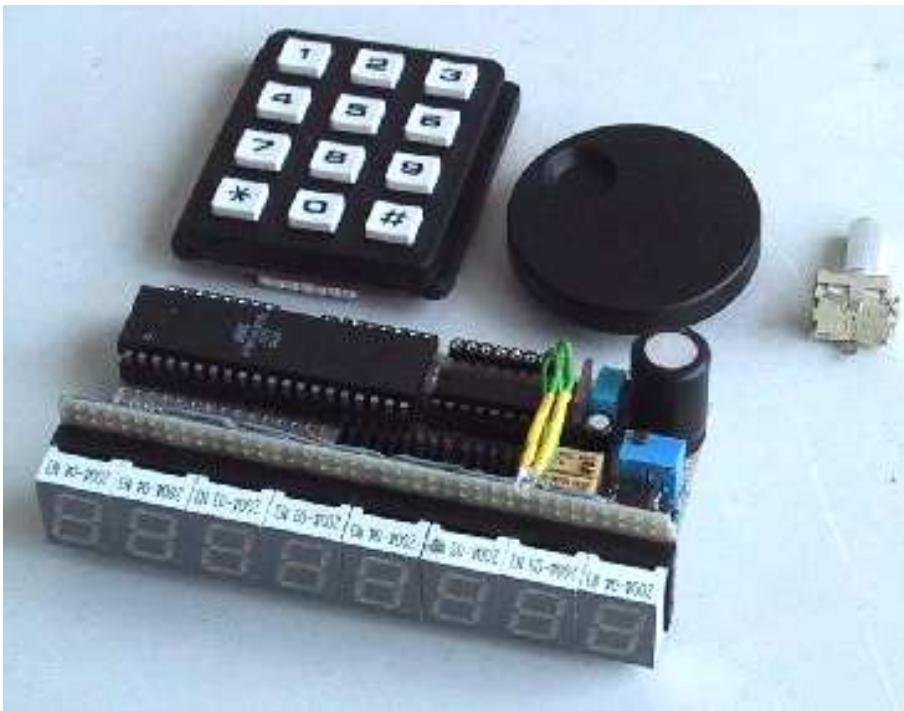


Bild 3: notwendige Baugruppen für den Umbau der Frequenzanzeige und -Einstellung: Matrixtastatur, Drehknopf, Drehgeber und Schaltung mit rechtwinklig angebaute 7-Segmentanzeigen – Aufbau auf einer Lochrasterleiterplatte

Funkamateuren“ eine gute Möglichkeit die Oxidationsschicht vom LötKolben zu kratzen, und beweisen zu können, auch einen komplexen militärischen Sendeempfänger noch veredeln zu können.

Anforderungen an die Baugruppe

Die Betriebsfrequenz soll über eine Zahlentastatur einstellbar sein. Ein Drehgeber soll die kontinuierliche Abstimmung im gesamten Frequenzbereich in vordefinierbaren Abstimmsschritten gestatten. Die aktuelle Frequenz, sowie die eingestellte Schrittweite sollen gut sichtbar auf einem ausreichend großen LED-Display dargestellt werden. Dabei muß unbedingt der äußere „ästhetische“ Eindruck des Gerätes gewahrt werden, d.h. auch wenn LCD Anzeigen viel mehr Informationen darstellen können und billiger sind – für unsere Nostalgieliebhaber kommen, wenn überhaupt, nur zeitgerechte LED Anzeigen in Frage. Die neue Schaltung, inklusive Tastatur und Drehgeber, soll den Platzbedarf der alten BCD Kodierschalter nicht überschreiten, der Stromverbrauch soll im Vergleich zum Gerätestromverbrauch moderat sein. Auch wenn sich der Einsatz einer komplett neuen Frequenzaufbereitung (DDS) mit LCD Anzeige wesentlich einfacher gestaltet, soll so viel wie möglich an historischer Funkgerätesubstanz erhalten werden. Die entworfene Schaltung muß universell für die meisten der 70'er Jahre Geräte verwendbar sein. Der finanzielle Aufwand des Umbaus soll sich im

amateurfunkfreundlichen Rahmen von ca. 50 Euro bewegen.

Die Änderung der Abstimmsschritte soll komfortabel durch einen Druck auf den Drehgeber erfolgen. Es sollen 100 Frequenzspeicher für die permanente Ablage von Frequenzen oder Frequenzbändern vorhanden sein. Über einen zweiten, in der Software der neuen Schaltung emulierten VFO, soll Splitbetrieb ermöglicht werden. Eine Fernsteuerung des SEG-15/100D über PC oder EKD-500 soll möglich sein. Die Frequenzspeicher sollen auf einen PC ladbar und editierbar sein. Ein Softwareupdate der Firmware, und damit neue Funktionen, soll über eine Servicebuchse einfach möglich sein.

Schaltungsbeschreibung

Die ersten Schaltungskonzepte wurden auf Basis von CMOS-Logikschaltkreisen entworfen. Als Konsequenz wären ca. 25-30 einzelne Schaltkreise bei reduzierter Funktionalität notwendig gewesen. Schockiert über den immensen Löttaufwand und Platzbedarf wurde die Idee sehr bald zu Gunsten einer modernen Mikroprozessorfösung mit insgesamt nur vier Schaltkreisen verworfen, welche folgend vorgestellt wird. Alle dazu notwendigen Bauelemente sind handelsüblich, und über den Fachhandel zu beziehen (Conrad Elektronik[15], Reichelt Elektronik[6]). In Bild 3 ist der Aufbau der Schaltung, sowie die einzelnen Eingabelemente zu sehen. Im beschriebenen SEG-100D wurden insgesamt vier Schaltungen ergänzt, bzw. Umbauten durchgeführt:

- Einbau der digitalen Frequenzanzeige und Abstimmung (im ESS100)

- Einbau eines geräteinternen NF-Verstärker und Lautsprecher (im ESS100)
- Einbau von S-Meter und Leistungsanzeige (im LLV100)
- Erhöhung der Ausgangsleistung auf 400 Watt SSB/CW (im LLV100 und NT100)

Eine detaillierte Umbauanleitung für das SEG-15D/100D ist im Internet auf der SEG Homepage von DL7AWL [4] veröffentlicht, um den hier veröffentlichten Beitrag kompakt zu halten.

1. Frequenzanzeige und Abstimmung

Eine Besonderheit des SEG-15/100D liegt in der Teils digitalen, Teils analogen Frequenzabstimmung. Die Einstellung der 10 und 1MHz Stelle erfolgt digital - BCD kodiert in einer Stelle, die Einstellung der 100, 10, 1 kHz Stelle erfolgt digital - dezimal kodiert einzeln und die Einstellung der Frequenzen kleiner 1Khz erfolgt über eine Analogspannung (Clarifier), welche über Kapazitätsdioden die Frequenz nachzieht. Damit sind in unserer Schaltung alle möglichen Variationen der Frequenzeinstellung für andere SurPlusgeräte bereits vereinigt, und können einfach als Basis für die Anpassung an andere Geräte genutzt werden. Der prinzipielle Umbau ist in Bild 2 visualisiert.

Das Kernstück der neuen digitalen Frequenzanzeige und -Abstimmung ist der Mikrokontroller ATmega8515 von Atmel [5]. Dieser Mikrokontroller ist zu einem akzeptablen Preis von ca. 4 Euro im Fachhandel [6] verfügbar, und bietet ausreichend I/O-Ports zur direkten Steuerung der BCD Frequenzzähler, die Möglichkeit eines Drehgeber- und Tastaturanschlusses, eine integrierte RS232 Steuerung sowie direkten On-Chip RAM, Flashspeicher und EEPROM. Der Vorgängertyp des ATmega8515, der AT8515 ist zwar pin-kompatibel, kann aber für die Schaltung nicht benutzt werden. Im Internet sind Web-Seiten mit weiterführenden Beschreibungen zu finden [7], ebenso möchte ich auf die Beiträge im FA verweisen [8].

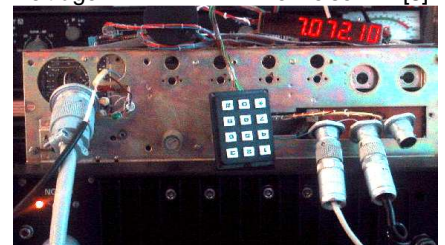


Bild 4: keine Angst vor dem Umbau - das SEG-100D ist sehr robust, Betrieb des ersten Prototyps der digitalen Frequenzeingabe und -Anzeige im ESS100

Die 16 I/O Ports PA0 bis PA7 und PC0 bis PC7 werden zur direkten Ansteuerung des ESS100 Frequenzzählers genutzt. Die 8 Ports PB0 bis PB7 werden als Inputports für eine 3x4 (oder auch 4x4) Matrixtastatur genutzt. Der Druckschalter

im Drehgeber (Conrad Elektronik) wird parallel zur Tastaturmatrix geschaltet, und emuliert eine Matrixtaste. Bei Druck auf den Drehgeber kann die Abstimmschrittweite verändert werden. Die Ports PB5 bis PB7 werden an eine Steckerleiste geführt, und zur Programmierung des Flashspeichers im Mikrokontroller über einen PC genutzt. PD2, PD3 und PE0 sind als Interrupteingänge programmiert und dienen als Schnittstelle zum Drehgeber. Der Drehgeber ist über 100nF Kondensatoren gegen Masse zu entprellen. PD0, PD1 und PD4 werden zur Ansteuerung des LED Anzeigebausteins IC2 genutzt. Die Outputports PD5, PD6, PD7 werden als Ansteuerung für den Bandfilterdecoder IC3 genutzt. Der Port PE0 wird zusätzlich benutzt um im Splitbetrieb (einstellbar entweder als RIT oder ΔTX) die TX/RX Umschaltung zu erkennen. Der Port PE1 wird als Umschalter zur Erkennung der 14 MHz Erweiterung nach DL7AWL verwendet. Der Port OC1B ist als PWM Ausgang programmiert, und ermöglicht über den OPV IC4 die analoge Frequenzeinstellung der 10Hz und 100 Hz Stelle. Der Mikrokontroller wird über einen internen Oszillator mit 8 MHz getaktet welcher für die Interruptsteuerung bzw. für die V.24 Schnittstelle des SEG-100D noch ausreichend genau ist, ein externer Quarz wird nicht benötigt. Die Anzeigesteuerung IC2, verwendet den Schaltkreis MAX7219, der bis zu 8 Stück LED 7-Segmentanzeigen ohne weitere externe Bauelemente ansteuern kann. Der PIN Iset wird zur Helligkeitsregelung der Anzeige verwendet, und gestattet ein blendfreies Ablesen der Anzeige im

Dunkeln, sowie ausreichende Helligkeit bei Sonneneinstrahlung. Auf IC2 ist ein Chipkühlkörper aufzubringen, da bei maximaler Helligkeit eine Verlustleistung von bis zu 1,5 W abgeführt werden muß. Es können über den Ausgang Dout bis zu 8 Stück MAX7219 kaskadiert werden (maximal 64 Stück 7-Segmentanzeigen). Bei dem Umbau eines Prototyps SEG-100D wurden zum Beispiel insgesamt 16 Stück 7-Segmentanzeigen für die simultane Darstellung von Frequenz, Betriebsart, Seitenband und Drehgeberschrittweite verwendet, ähnlich dem Anzeigemodus des KW-RX REV-251 von ML Ungarn. Applikationsbeispiele und Programmieranleitungen des MAX7219 sind auf der Webseite von Maxim zu finden[9]. Als 7-Segmentanzeigen sind Anzeigebausteine mit gemeinsamer Kathode zu verwenden, wie beispielsweise preiswerte DDR-Typen (VQE23E) oder auch handelsübliche Typen (Kingbright SC52-116WA). Es bieten sich als Kompromiß zwischen vorhandenem Einbauplatz und guter Ablesegröße Anzeigeelemente mit einer Zifferngröße von 13-14 mm an. IC3 wird als BCD zu Dezimaldecoder verwendet, und ist notwendig um zusätzliche Output Ports für die Umschaltung des Preselector zu schaffen. Am Ausgang von IC3 werden direkt die Bandfilter des ESS100 verbunden. Die 5V Schaltspannung sind zum Steuern der Bandfilter des ESS100 ausreichend, die Bandfilterwahl erfolgt über PIN-Dioden, die Relais des Preselector im LLV100 werden über die Steuerschaltung des LLV100 mit 22V angesteuert. Der Schaltkreis IC3 kann bei Umbau eines SEG-15D entfallen. Der Ausgang Q5 des IC3 wird verwendet um nach einem Frequenzwechsel von mehr als 1kHz die

automatische Antennenabstimmung des LLV100 rückzusetzen. Der Ausgang OC1B des IC1 liefert ein PWM Signal, welches über den Tiefpass R12 bis R14, C5 bis C6 an den Eingang des als Komparator genutzten Operationsverstärkers IC4 geführt wird. IC4 verstärkt den PWM Ausgangspegel und hebt die Ausgangsspannung auf 7,5 bis 13,1 V an. Mit dieser Spannung wird der „Clarifier“ des SEG-100D gesteuert, wobei eine Spannung von ca. 7,5V ein Frequenzversatz von 0Hz, eine Spannung von ca. 13,1 V einen Frequenzversatz von 990Hz emuliert. Die 10Hz Steuerung über eine Analogspannung mit IC4 ist eine Besonderheit des SEG-15/100D, und kann bei vielen anderen SurPlusgeräten entfallen.

Bauelemente Anzeigeeinheit für Umbau SEG-100D		
Dri	Drehimpulsgeber	z.B. Conrad Art.-Nr.: 705538
Ma1	Matrixtastatur 3x4	z.B. Conrad Art.-Nr.: 709840
IC1	Atmega8515	z.B. Reichelt Elektronik
IC2	Max7219	z.B. Reichelt Elektronik
IC3	CD4028	z.B. Reichelt Elektronik
IC4	TL082	z.B. Reichelt Elektronik
IC5	78LS18	z.B. Reichelt Elektronik
T4	BPW 40	z.B. Reichelt Elektronik
D1-D8	SC52-116WA	z.B. Reichelt Elektronik
R1	50 kOhm	1/16 Watt
R2	20 kOhm	Einstellregler
R3-R11	470 Ohm	1/16 Watt
R12-R14	4 kOhm	1/16 Watt
R15	25 kOhm	1/16 Watt
R16-R17	100 kOhm	Spindelleinstellregler
R18	100 kOhm	1/16 Watt
R19	47 kOhm	Spindelleinstellregler
R20	10 kOhm	1/16 Watt
C1,C2,C19	0,1 µF	25 V
C3	2200 µF	25 V
C4	10 µF	10 V
C5-C6	4,7 µF	10 V
L1	100 µH	max. 2 Ohm

Die neue Frequenzanzeigeschaltung wird direkt am 5 Volt Bus des 22V/5V Wandlers angeschlossen, und über L1 und C3 vom SEG-100D entkoppelt um die Multiplexschaltfrequenz der LED-Anzeige vom Analogteil des ESS100 zu trennen. Ebenso ist auf eine stärkere Masseverbindung zu achten, oder die Analogmasse des IC4 von der Digitalmasse des IC2 zu trennen. Für die 100 Hz Einstellung werden 22V Eingangsspannung von der 22V Seite des Spannungswandlers benötigt, welche über einen Spannungsregler auf konstant 18V geregelt werden. Der LED Anzeigebaustein ist rechtwinklig an der Mikrokontrollerleiterplatte über Steckerleisten befestigt. Die ersten Schaltungsentwürfe sind auf Lochrasterplatinen mit einem Zeitaufwand von je 6 bis 8 Stunden pro Schaltung aufgebaut wurden. Beim Aufbau auf Lochrasterleiterplatte kann mit 0,4 mm Drahtlitze zum Verbinden der Bauteile auf der Rückseite der Platine eine kompakte Verdrahtung erreicht werden, insbesondere da bei der Platzierung der meisten Buchsenleisten eine 1:1 Verdrahtung mit IC1 hergestellt werden kann. Wesentlich surplusgerechter ist der



Bild 5: Einbau der neuen Baugruppen im ESS100; in der Mitte die Anzeigeeinheit an der Stelle der drei rechten Frequenzwahlschalter, rechts daneben der Drehgeber an Stelle des 1kHz Frequenzwahlschalters, hinter dem Drehgeber der NF-Verstärker, unter dem Drehgeber der Lautsprecher

Aufbau auf professioneller Leiterplatte. Dafür existiert ein Leiterplattenentwurf von Bernd Neumann – DB5EHN, mit getrennten Leiterplatten für Anzeigebaustein mit Decoderschaltkreis und Mikroprozessorschaltung. Beide Leiterplatten werden mit einem fünfpoligen Kabel verbunden, und gestatten so einen sehr flexiblen Einbau in das vorhandene Gehäuse. Alle Schnittstellen sind auf Kontaktleisten geführt, um einen flexiblen Austausch der Peripherie, bzw. einfache Softwareupdates zu ermöglichen. Die Leiterplatte für die 7 Segmentanzeigen wurde über zwei Winkel rechtwinklig an der Hauptleiterplatte befestigt. In Bild 4 ist der Aufbau des ersten Prototyps zu sehen, Bild 5 zeigt den surPlusgerechten Einbau der neuen Baugruppe im ESS100. Tabelle 1 gibt die Übersicht über die benötigten Bauelemente.

2. NF-Verstärker und Lautsprecher

Für das SEG-15/100D wird im Original eine externe Box mit einem diskret aufgebauten NF-Verstärker und Lautsprecher verwendet. Die Lautsprechereinheit benötigt zusätzlichen Platz und wurde oft durch meinen zweijährigen Sohn attackiert und als Wurfspielzeug mißbraucht. Nach dem Ausbau des Umschalters für Telefonhörer / Lautsprecher, sowie der Buchse für den Fernschreiber ergibt sich ausreichend Platz für den Einbau eines kleinen internen Lautsprechers mit 5 bis 6 cm Durchmesser im ESS100. Der Lautsprecher und der NF-Verstärker werden direkt auf dem Chassis befestigt. Die Schaltung des NF-Verstärkers entspricht der Standardapplikation des Herstellers[11]. Für störungsfreie Wiedergabe ist der TDA2030 über ausreichende Verdrosselung an die abgesicherte Seite des 22 Volt Spannungsbus anzuschließen. Die Leistung des 14 Watt NF-Verstärkers ist auch bei hoher Umgebungslautstärke mehr als ausreichend. Die Schaltung wurde auf einer Lochrasterleiterplatte mit rückseitiger Verdrahtung aufgebaut. Die Lautstärke des internen Lautsprechers wird über das nun nicht mehr benötigte „Clarifier“ Potentiometer eingestellt. Der Ein/Ausschalter des Clarifier dient zur kompletten Abschaltung des internen NF-Verstärkers, bei Anschluß des originalen externen Lautsprechers. Die Buchse zum Anschluß eines Fernschreibers (ganz rechts im ESS100) wird ausgebaut, und alle anderen Buchsen werden eine Stelle nach rechts versetzt eingebaut, um ausreichend Platz für den neuen Lautsprecher zu schaffen. Für eine rauscharme NF Wiedergabe ist zu empfehlen den originalen NF Vorverstärker B109 durch einen rauscharmen Typ NE5534 zu ersetzen,

dieser Umbau ist auf der SEG-Homepage beschrieben[4].

3. S-Meter und Leistungsanzeige

Bedauerlich ist das Fehlen eines S-Meters, bzw. einer Ausgangs-Leistungsanzeige im SEG-100D. Das SEG-15D ist hier etwas weiterentwickelt und zeigt zumindest Betriebsspannung und Antennenstrom an. Eine zusätzliche Schaltung für S-Meter bzw. Leistungsanzeige wurde von DC6AK entwickelt und in den Beitrag übernommen. Der Einbau eines ausreichend großen S-Meters ist allerdings nur im LLV100 möglich, im ESS100 ist bei Einbau der LED Anzeige und eines Lautsprechers doch zu wenig Platz.

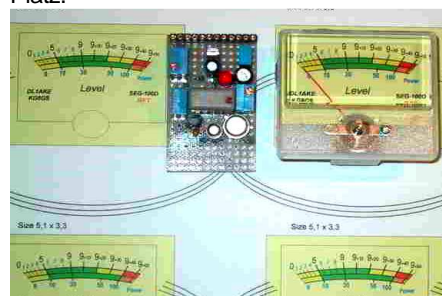


Bild 6: Platine der S-Meter- und Leistungsanzeige mit Meßwerk (Conrad Elektronik) und Skalenentwurf

Der Regelverstärker der Kassette Signalaufbereitung im ESS100 liefert eine ausreichend lineare Spannung, die durch Transistor T1 verstärkt wird und dem Anzeigeinstrument als S-Meter Wert zugeführt wird. Es kann ein beliebiger NPN Transistor mit einer Stromverstärkung von mindestens 150 verwendet werden.

Bauelemente NF-Amp & S-Meter für SEG-100D		
IC5	TDA 2030	z.B. Reichelt Elektronik
T1-T3	BC547	z.B. Reichelt Elektronik
D1	1N60	z.B. Reichelt Elektronik
D2-D3	1N4148	z.B. Reichelt Elektronik
R1	Relais	24 V: 2x Umschaltkontakte
R21-R23	100 kOhm	1/16 Watt
R24	8,2 kOhm	1/16 Watt
R25	47 kOhm	Spindeleinstellregler
R26	2,2 Ohm	1 Watt
R27	68 kOhm	1/16 Watt
R28-R29	15 kOhm	1/16 Watt
R30	82 kOhm	1/16 Watt
R31	22 kOhm	1/16 Watt
R33	2,2 kOhm	Spindeleinstellregler
R34	4,7 kOhm	1/16 Watt
R35	10 kOhm	Spindeleinstellregler
R36	1 kOhm	1/16 Watt
R37	10 kOhm	1/16 Watt
R38	220 kOhm	1/16 Watt
R39	47 kOhm	1/16 Watt
R40	25 kOhm	1/16 Watt
C7	10 µF	10 V
C8	1000 µF	25 V
C9,C10	10 µF	26 V
C11, C15,C20	0,1 µF	25 V
C12, C16	100 µF	25 V
C13-C14	10 nF	25 V
C17	15 nF	26 V
C18	1,5 pF	250 V
L2-L3	470 µF	Drossel, max. 20hm

Tabelle 2: Bauelementebedarf für S-Meter und NF-Verstärker

Mit dem Einstellregler R35 ist ohne HF - Eingangssignal das S-Meter im Empfang auf Nullpunkt abzugleichen. Folgend ist mit einem Signalgenerator 50mV HF in den Eingang des LLV100 einzuspeisen und der Maximalausschlag auf S9 +60dB

einzustellen. Alternativ kann auch ein starker Rundfunksender über ein Vergleichsgerät als Einstellreferenz genutzt werden. Die relative Ausgangsleistung wird direkt am Antennenausgang des LLV100 über eine Germaniumdiode abgegriffen, und über R38 dem Anzeigeinstrument als logarithmische Spannung für die Ausgangsleistung zugeführt. Der Abgleich erfolgt über R38 auf 30 bzw. 100 Watt Ausgangsleistung am Instrument. Die Ausgangsleistungsanzeige ist nur bei Anpassung mit einer 50 Ohm Antenne genau, damit aber auch nicht ungenauer als bei den meisten Geräten aus Fernost, welche prinzipiell eine ebensolche Schaltung verwenden. Als Anzeigeinstrument wurde ein Sonderangebot von Conrad Elektronik genutzt, für welches eine neue Skale entworfen wurde. In Bild 6 ist die Leiterplatte und die Skala vor dem Einbau dargestellt, Bild 7 zeigt das eingebaute Anzeigeinstrument an Stelle der ehemaligen Leuchtdiode. In Tabelle 2 sind die benötigten Bauelemente für Leistungsanzeige und S-Meter aufgeführt.



Bild 7: Detailansicht des eingebauten des S-Meter, die LED wurde nach oben neben den Abstimmknopf verschoben

4. Erhöhung der Ausgangsleistung

Die Sendeausgangsleistung für CW/SSB des SEG-100D kann mit Änderung eines Widerstands auf ca. 225 Watt angehoben werden, bei Austausch der Endstufentransistoren auf über 400 Watt. Über Sinn und Nutzen einer Sendeleistungserhöhung (Verdopplung von 100 auf ca. 225 Watt) kann man endlos argumentieren. Mit dieser Sendeleistungsanpassung "wird nur ja nur eine Verbesserung von ca. 0,6 S-Stufen am S-Meter des Empfängers erreicht", aber vielleicht hilft genau diese halbe S-Stufe ein nettes QSO an der Grenze zum QRM zu Ende zu führen? Als Ergebnis erhält man ein SEG-100D mit vier! einstellbaren Sendeleistungen von 30W, 90W, 120W und 225W. Die Ausgangsleistung von 225 Watt ist in SSB & CW über längere Zeit oder meßbare negative Effekte getestet wurden. Für digitale Betriebsarten ist die hohe Sendeleistung nicht zu empfehlen. Die Ausgangsleistung kann mit den Standardendstufentransistoren bis auf



Bild 8: SEG-100D: Systemkomponente ESS 100; oben jungfräuliches ESS 100 mit Frequenzwahlschaltern und ausschließlich externen Lautsprecher; unten umgebautes ESS100 mit komfortabler Frequenzeinstellung und -Anzeige sowie internen Lautsprecher; aus Platzgründen wurde das S-Meter im LLV 100 eingebaut

über 300 Watt erhöht werden, allerdings wird die Endstufe dann nicht mehr linear betrieben, die Verzerrungen und Oberwellen steigen stark an. Die an meinen Exemplaren gemessene "Vernunftgrenze" liegt bei 225 Watt.

Der Betrieb mit 225 Watt über NT100 oder GW100 ist bei exaktem Abgleich des NT100/GW100 möglich. Bei Betrieb über das GW100 ist zu beachten, daß die Stromaufnahme auf ca. 75 Ampere bei 12 Volt steigt.

Die Ausgangsleistungserhöhung auf 225 Watt kann mit einem Austausch des Widerstands R64 von 300 Ohm auf ca. 4 KOhm (Platine Abstimmereinheit 1) erreicht werden. Zusätzlich ist ein Abgleich der Einstellregler R01 (Endstufenbaugruppe) und R60 (Abstimmereinheit 1) erforderlich. Die genaue Abgleichvorschrift ist im Internet [4] zu finden.

Bei Abstimmung des LLV100 in Leistungsstufe 1P beträgt die Ausgangsleistung 120 Watt, ohne erneutes Abstimmen beträgt die Ausgangsleistung in Leistungsstufe 0,3P 30 Watt. Wird dagegen der Abstimmvorgang mit 0,3P gestartet, beträgt die Ausgangsleistung 90 Watt, bei nachfolgendem Umschalten in 1P ohne Neuabstimmung 225 Watt.

Software

Die Software wurde in Basic mit dem *Bascom-AVR* Compiler[12] entwickelt. Das kompilierte Programm kann mittels der Ports PB5 bis PB7 und /Reset über parallele oder serielle Schnittstelle direkt vom PC in die fertig eingebaute Schaltung geladen werden. Freewareprogramme und zugehörige Schaltungen für die Programmierung des Mikrocontrollers sind über Links auf der Homepage von *Bascom-AVR* zu finden. Für die Programmierung habe ich das Programm

Ponyprog[13] mit Programmierung über die serielle Schnittstelle verwendet.

Ein bereits kompiliertes Programm für SEG-15D bzw. SEG-100D steht im Downloadverzeichnis des FA bereit.

Vor dem eigentlichen „Download“ des kompilierten Programms vom PC in IC1 sind die Statusbits des Mikrocontrollers auf interne Taktung mit 8 MHz zu programmieren, im Lieferzustand sind die Statusbits auf interne Taktung mit 1 MHz gesetzt. Die Statusbits können über die verschiedenen Programmierertools wie *Ponyprog* im *Commandmenu* gesetzt werden. Die Tastaturabfrageroutine und die PWM Ausgaberroutine sind im *BASCOM-AVR* bereits vorprogrammiert. Die Interruptroutine basiert auf eine Graycode Dekodierung nach einem Entwurf von Ger Langezaal. Die Displaysteuerung für IC2 ist ein eigener Entwurf. Die Kodierung der Frequenz in Dezimal bzw. BCD Code für die Anzeige, bzw. Steuerung der Frequenzaufbereitung ist in einer Tabelle im EEPROM abgelegt, und kann je nach SurPlusgerät angepaßt werden. Der Mikrocontroller ATmega8515 beinhaltet 8kByte Flashspeicher, der mit dem im Beitrag beschriebenen Features zu ca. 75% gefüllt ist. Da ich nur sehr sporadisch mit Softwareentwicklung im privaten Umfeld beschäftigt bin (und Softwareentwicklung auch nicht besonders mag), ist der kompilierte Basicquelltext funktionstüchtig, bietet aber für Programmierfreaks einiges an Optimierungspotential.

Umbau und Abgleich

Der Umbau des SEG-100D ist in detaillierten Arbeitsschritten auf der Homepage für SEG-15/100D von DL7AWL[4] beschrieben, deshalb werden in diesem Beitrag nur grobe Schritte, bzw. einige Besonderheiten beschrieben. Für den Umbau sind als Referenz die Serviceunterlagen und Schaltpläne des ESS100 notwendig. Bild 8

zeigt ein ESS100 vor, bzw. nach dem Umbau.

Der Zeitaufwand für den gesamten Umbau eines SEG-100D ist ca. 30-50 Stunden, insbesondere wenn man den Umbau in „surplusgerechter“ Qualität durchführt.

Bei Testaufbauten bitte darauf achten, daß am LLV100 beim Anschluß von ESS100 und NG/GW100 nicht die Stecker vertauscht werden, ein Steckervertauschen führt meistens zur Zerstörung der Steuerplatine des LLV100.

1. mechanische Bearbeitung

Der aufwendigste Teil ist die Bearbeitung der drei ! Frontplatten des ESS100. Zu Beginn sind zunächst alle drei Frontplatten zu entfernen. Die Frontplatten erhalten einen passenden Ausschnitt für die LED Anzeige und den Lautsprecher. Die vorderste Frontblende erhält zusätzlich den Ausschnitt für die Matrixtastatur. Die vier

Frequenzwahlschalter, der Telefonwahlschalter, die Lautsprecherbuchse werden entfernt. Die neue Platine für Frequenzanzeige, -Einstellung und Abstimmung wird über der bestehenden Platine Verdrosselung mit Abstandhaltern befestigt. Der Drehgeber wird an der Stelle des ehemaligen 1 KHz Frequenzwahlschalters eingebaut. Der neue NF-Verstärker findet über dem Drehgeber Platz, die Kühlfahne des TDA2030 ist mit dem Chassis zu verbinden. Der Lautsprecher wird an der Stelle der Telefonbuchse eingebaut. Die Matrixtastatur liegt am Platz des ehemaligen Telefonwahlschalters.

Für eine professionelle Frontplattengestaltung ist zu empfehlen alle Frontplatten in Handarbeit mit einer Laubsäge mit Metallsägeblatt zuzuschneiden. Die Schnittflächen sind zu entgraten und mit schwarzer Hammerschlagfarbe zu verdunkeln. In dem Zusammenhang kann man auch das Gehäuse mit passender mattschwarzer Alkydharzfarbe oder Hammerschlagfarbe aus dem Baumarkt verschönern.

Der Ausschnitt der LED – Anzeige wird mit einer passend zugeschnittenen 2mm Plexiglasscheibe abgedeckt, damit wird das ESS auch wieder spritzwassergeschützt. Hinter der Plexiglasscheibe auf der Innenseite der vordersten ESS Frontplatte ist grüne Abdeckfolie (Folie zur Abdeckung von Halogenscheinwerfern – Conrad Elektronik) außerhalb der Plexiglasscheibe aufzukleben, um den Ablesekontrast der Anzeige zu verbessern.

2. elektrischer Umbau

An die Stecker der Kassette Frequenzaufbereitung werden die Kabel der neuen Frequenzeinstellung angeschlossen. Die Kabel des Clarifier werden vom Potentiometer entfernt und kurzgeschlossen (damit wird der Clarifier permanent eingeschaltet), das Potentiometer für den Clarifier wird der zukünftige Lautstärkereglern. Der Analogausgang für die 10Hz und 100Hz Einstellung der neuen Schaltung wird direkt mit dem Clarifiereingang der Kassette Frequenzaufbereitung verbunden. An der Kassette Signalaufbereitung ist die TX-Clarifier-Modifikation nach DL7AWL durchzuführen [4]. Die originale Bandfilterverkabelung wird von der Kassette Ablaufsteuerung getrennt und mit der neuen Schaltung verbunden. Auf der Kassette Ablaufsteuerung sind die Frequenzeingänge nach Masse kurzzuschließen, sowie die Trägersperre für Frequenzen < 1,6 MHz zu deaktivieren. Der Port „Trägersperre bei Frequenzwechsel“ ist mit der Kassette Ablaufsteuerung zu verbinden. Die neuen Kabel lassen sich mit Zwirn und etwas Kleber zu Kabelbäumen fixieren, die in bestehenden Kabelbaumhaltern fixiert werden, wie in Bild 9 zu sehen. Für die Abstimmung der Frequenzen bis 14,999 MHz, anstatt wie im Original bis 11,999 MHz, ist eine weitere Modifikation der Kassette Frequenzaufbereitung notwendig, Details dazu sind auf der Webpage von DL7AWL [4] zu finden. Abzugleichen ist mit R2 der maximale Stromverbrauch der Anzeige auf ca. 350mA, bei maximaler Beleuchtungsstärke des Fototransistors. Mit R16, R17 und R19 ist durch wechselseitigen Abgleich die Analogspannung der Clarifiersteuerung

auf 0Hz bzw. 990Hz, je nach eingestellter Frequenz, einzustellen. Bei allen bisher umgebauten SEG war diese Spannung zwischen 7,5 (±0,4V) bis 13,1V (±0,6V) einzustellen. Diese Einstellung kann mit dem im SEG-100D eingebauten Eichgeber und Umschaltung zwischen den Seitenbändern feinjustiert werden, zu bevorzugen ist eine Einstellung mit einem Frequenzzähler. Die Platine der S-Meter Schaltung, und das S-Meter wird im LLV100 eingebaut. Dazu ist es notwendig einen unbelegten PIN (z.B. PIN N bis O sind frei) des Verbindungskabels zwischen ESS100 und LLV100 mit der Regelspannung der Kassette Signalaufbereitung zu verbinden.

Bedienung

Nach Zuschalten der Betriebsspannung werden die Softwareversion, sowie der Softwaretyp („SEG-15d“ oder „SEG-100d“) im LED Display angezeigt, siehe Bild 10. Die Eingabe einer neuen Frequenz ist mit „#“ zu beginnen, folgend wird die neue Frequenz ohne Eingabe eines Punktes eingegeben und mit „#“ abgeschlossen. Bei Eingabe von „#-1-4-2-#“ werden die fehlenden Stellen mit Nullen aufgefüllt, d.h. in dem Beispiel 14.200.00 MHz. Die aktuelle VFO Frequenz kann mit der Sequenz „*-n-n“ in einen der 100 Speicher übernommen werden, wobei „nn“ die Speichernummer angibt. Mit der Kombination „*-n-n“ werden die Speicher in den VFO übertragen, „nn“ gibt auch hier die Speichernummer an. In den Speicherplatz 0 wird die Startfrequenz geladen, welche direkt nach dem Einschalten des ESS100 in den VFO übernommen werden soll. Mit der Kombination „*-*-n-n“ können individuelle Speicherplätze gelöscht werden. Die Kombination „*-*-*“ mit Bestätigung durch „*“ löscht alle 99 Speicher, der Speicher 0 für die Startfrequenz des SEG kann nur mit der

mit der Kombination „*-*-0-0“ gelöscht werden. Alle Speicheroperationen können mit der Taste „#“ abgebrochen werden. Bei Druck auf den Drehgeber werden die Abstimmsschritte in den Schritten 10Hz -> 100Hz -> 1kHz -> 5 kHz geändert, angezeigt wird im Display „dF 0.01“ für beispielsweise 10 Hz Abstimmsschritt. Das Menu Abstimmsschritte wird verlassen indem man mit dem Drehgeber die Frequenz nach oben oder unten ändert.

Zusammenfassung der Bedienung

Anzeige	Tastatureingabe	
Start, direkt nach Einschalten		
S-Ver 2.0	Softwareversion	ca. 1 Sekunde
SEG-100d	Gerätetyp	ca. 2 Sekunden
7.040.00	Startfrequenz (frei wählbar - Speicher 00)	
Frequenzeinstellung		
14.237.00	#14237#	Frequenzeingabe
7.000.00	#7#	Frequenzeingabe
Speicherbetrieb		
CALL 23	*23*	Speicher 23 in VFO-A
SAVE 05	**05*	VFO-A in Speicher 05
CLEA 76	***76*	Speicher 76 löschen
CLEA ALL	*****	alle Speicher löschen
7.000.00	#	Abbruch mit #
Abstimmtrieb		
dF 0.01	drück Drehgeber	Abstimmsschritt 10Hz
dF 0.10	drück Drehgeber	Abstimmsschritt 100Hz
dF 1.00	drück Drehgeber	Abstimmsschritt 1kHz
dF 5.00	drück Drehgeber	Abstimmsschritt 5kHz
Splittrieb		
S 7.040.00	*#	Splittrieb einschalten
S 7.041.35	Drehgeber #	Splitfrequenz einstellen
S 7.040.00		RX Anzeige
P 7.041.35		TX Anzeige
7.040.00	#	Splittrieb ausschalten
Fernsteuerbetrieb		
F E-500	*#*	EKD 500 Fernsteuerung
F PC	*#*	PC Fernsteuerung
7.000.00	#	Abbruch mit #

Tabelle 3: Bedienung der Software

Nach dem Einschalten der Anzeige ist nur VFO-a (für Senden und Empfang) aktiviert. Um Splitbetrieb (ΔTX) über VFO-b (nur Senden) zu ermöglichen, wird mit der Tastenkombination „*-*#“ der VFO b aktiviert. Im VFO b wird mit dem Drehimpulsgeber eine neue Frequenz eingestellt, und mit „#“ bestätigt. Auf dem linken, normalerweise unbenutzten Anzeigeelement der Anzeige, erscheint ein „S“ für Splitbetrieb sowie im Empfangsfall die RX und Sendefall die TX Frequenz auf der Anzeige. Der Splitbetrieb kann mit „#“ wieder verlassen werden. Die Tastenkombination „*-*#*“ und „*-*#*“ ist für den Fernsteuermodus bzw. Up/Down-Loadmodus der Speicher über PC bzw. EKD-500 reserviert, auf dem linken Anzeigeelement der Anzeige erscheint in dem Fall ein „F“. Eine Zusammenfassung der Bedienung ist in Tabelle 3 zu finden.

Zukünftige Weiterentwicklung

Die Schaltung und die Software bieten noch einige Reserven für weitere Entwicklungen:

- drehbergeschwindigkeitsabhängige Abstimmsschrittweite – bei langsamen Drehen Abstimmung in 1 Hz Schritten, bei schnellen Drehen in 10 Hz bis 100 Hz Schritten (nur SW Erweiterung)



Bild 9: Verlegung der Kabelbäume; ein Abbinden der Kabelbäume mit Zwirn ist zu empfehlen, rechts oben am Display der Fototransistor der Helligkeitsregelung, neben dem Display der Drehgeber, hinter dem Drehgeber der NF-Verstärker



Bild 10 Detailansichten der umgestalteten Frontplatten, neben der Tastatur befindet sich die Öffnung für den internen Lautsprecher, Zustand des ESS100 nach dem Einschalten mit Anzeige von Softwareversion und Gerätetyp

- Frei wählbare Abstimmsschritte zwischen 1 Hz bis 9999 KHz (nur SW Erweiterung)
- Wahl der Betriebsarten und des Seitenbandes über Keyboard anstatt Originalen Betriebsartenwahlschalter (Anschluß eines 4x4 Keyboards notwendig, SW Modifikation notwendig)

Über die Weiterentwicklung von Schaltung und Software kann man sich auf der Webpage von DL7AWL informieren. [4] Weitere Anregungen für Entwicklungen sind auf der Forumseite der SEG-Homepage willkommen [16].

Umbau anderer Geräte

Ein Umbau des SEG-15D oder des EGD-01 ist ohne Änderung von Schaltung oder Software möglich, IC4 und dessen Verkabelung im SEG-15D kann entfallen. Ebenso wurden der Umbau des Rohde und Schwarz[14] EK-47 mit Erweiterung eines Drehgebers untersucht, bei diesem Gerät kann die Anzeigeplatine entfallen,

da das Gerät bereits Nixie Röhren zur Frequenzanzeige beinhaltet. Der Umbau von Geräten anderer Hersteller wird in den meisten Fällen eine Modifikation von Hardware und Software erforderlich machen. Die 16 Schnittstellenports von IC1 zum TRX können über BCD zu Dezimaldekoder (CD4028) für TRX mit dezimaler Frequenzeinstellung modifiziert und erweitert werden. Sollten mehr als 16 BCD Ports für die Frequenzeinstellung benötigt werden, ist über zusätzliche Schieberegister eine Erweiterung auf bis zu 64 BCD Ports möglich. Die Dekodierung der Frequenzeinstellung ist über eine Tabelle im EEPROM von IC1 einfach modifizierbar.

Die Grundbausteine der Schaltung, wie Anzeigemodul, Eingabetastatur, Drehgeber oder BCD Frequenzausgabe können als Basis für eine einfache Anpassung der Schaltung an andere Geräte genutzt werden. Ebenso bietet die entwickelte Software die grundlegenden Routinen für Frequenzeingabe, -Einstellung, -Anzeige

und Speicherverwaltung. Eine Unterstützung für Schaltungs- oder Softwaremodifikation für andere Geräte kann über das Forum der SEG-Homepage angeboten werden [16].

Danksagung

Auf dem Weg möchte ich mich bei den vielen OM's bedanken, die mich mit neuen Ideen für dieses Projekt versorgt haben, bzw. mich bei der Korrektur des Beitrags unterstützt haben, insbesondere DL3BLA und DB5EHN. Einen rechtherzlichen Dank auch an DL7AWL für die Möglichkeit seine Webpage als Ergänzung für diesen Beitrags zu nutzen. Der größte Dank gebührt meiner YL Nuwala, die in den Monaten der Entwicklung viel Verständnis für mein Hobby aufbringen mußte.

Zusammenfassung

Über Sinn, Unsinn oder Nutzen einer solchen Modernisierung läßt sich sehr kontrovers diskutieren, wer aber in seinem Lieblingsgerät Nostalgie mit einer zeitgerechten Bedienung kombinieren will, und für den Umbau ein wenig Zeit aufbringen kann, sollte eine Renovierung schon erwägen. Mit dem Umbau wird die Funktionalität des Nostalgiegeliebten dem des japanischen „32 bit floating-point DSP-Boliden“ schon ebenbürtiger, und das Lieblingsgerät manifestiert sich noch tiefer im Herzen eines jeden OM's & YL's. Auch alte Funkgeräte funken gut. Viel Spaß beim Umbau.

christian.seifferth@genion.de

SEG-15D / SEG-100D

- Frequenzangabe über Tastatur: 1,000 -> 14,999 MHz
- Frequenzabstimmung kontinuierlich über Drehgeber
- Abstimmsschritte wählbar zwischen 10Hz bis 5KHz
- Anzeige über 8 x 7-Segmentanzeige

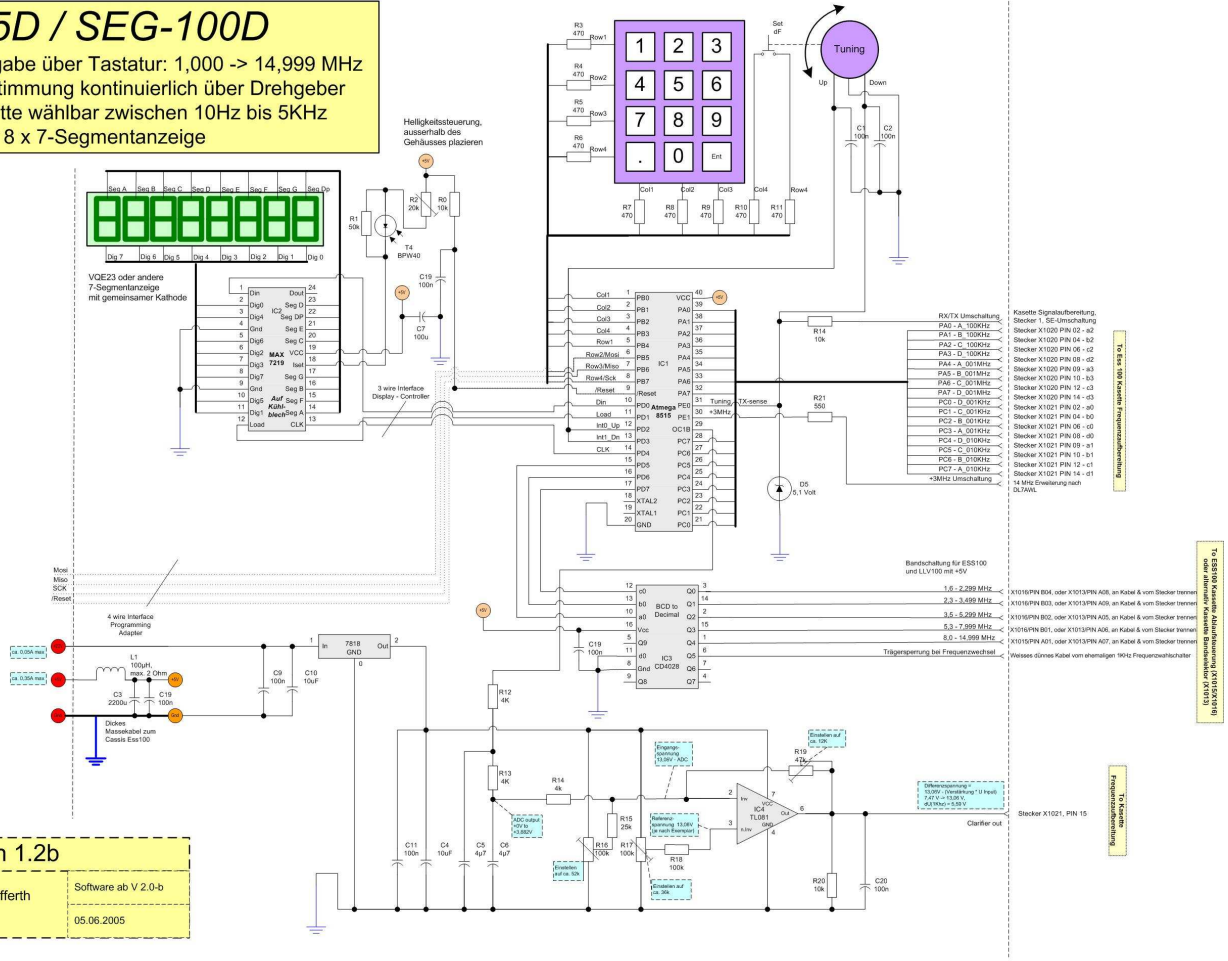
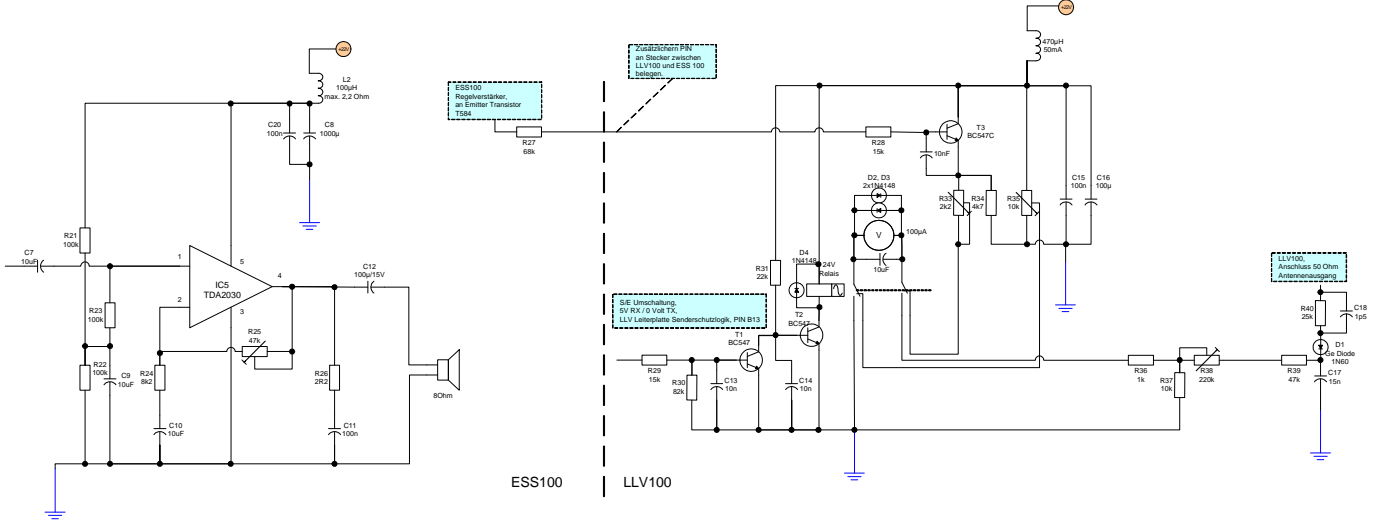


Bild 11: Schaltung der elektronischen Frequenzanzeige, -Eingabe, und -Abstimmung.

SEG-15D / SEG-100D

- NF Verstärker für Einbaulautsprecher
- S-Meter und PA Anzeige



HW - Version 1.0-d

Dipl. Ing. Christian Seifferth
DL1AKE, KG8GS

Schaltung S-Meter
nach DC6AK, H.Reiter
03.12.2004

Bild 12: Schaltung der Frequenzanzeige, -Eingabe, und -Abstimmung.

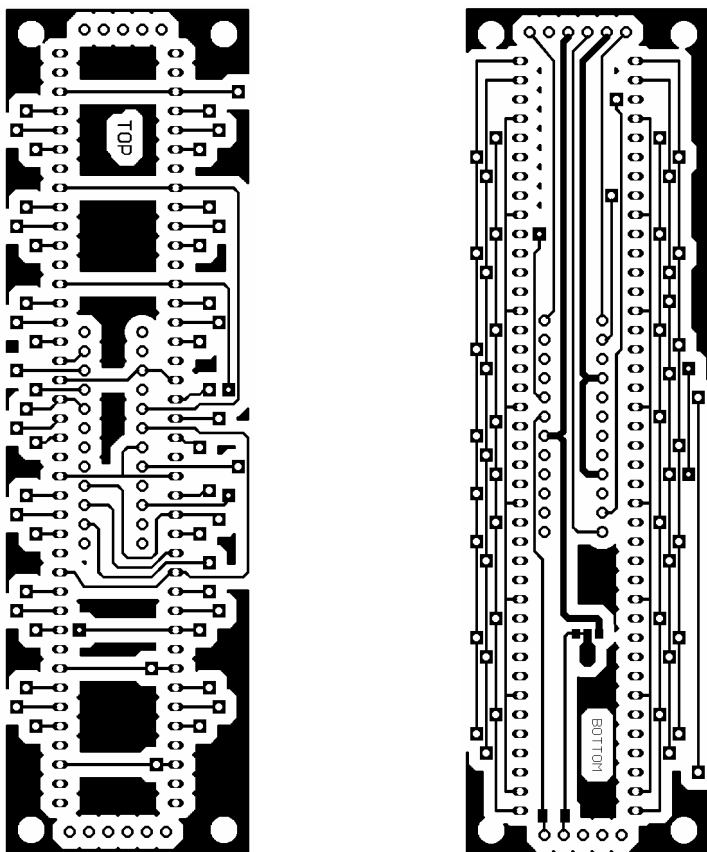


Bild 13: Leiterplattenentwurf Anzeigeplatine.

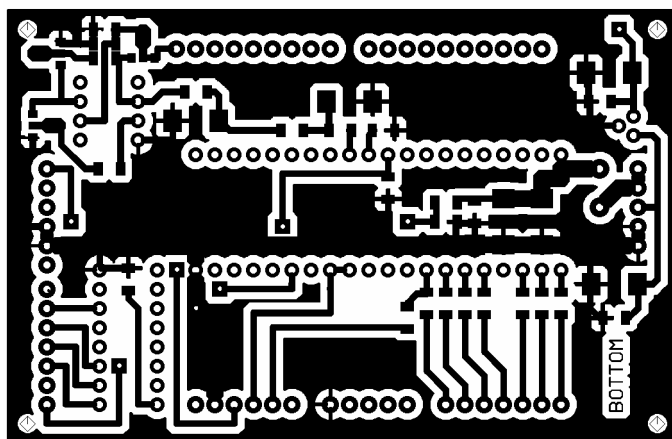
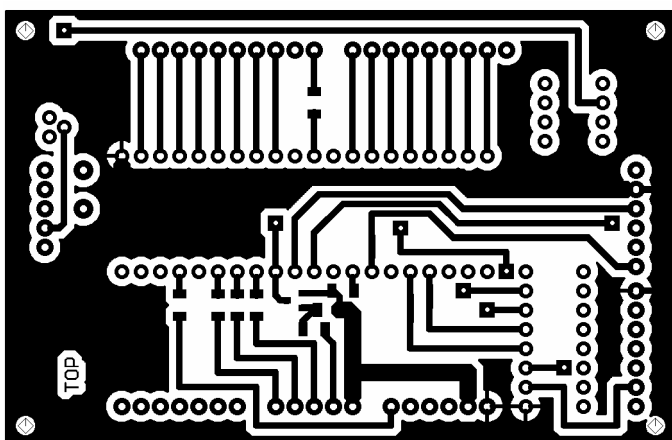


Bild 14: Leiterplattenentwurf Prozessorplatine.

Literatur und URL:

- [1] Hamradio Friedrichshafen: Geräteflohmart, Surplushändler
- [2] Auktionsbörse Ebay: Rubrik TV, Video und Elektronik/Funktechnik/Amateurfunk www.ebay.de
- [3] Geräteflohmart Funkbörse, Rubrik Surplus oder KW-Geräte: www.funkboerse.de
- [4] SEG Homepage von DL7AWL, DL1AKE: Internetumbaubeschreibung SEG-100D: www.dl7awl.de/nuwala
- [5] Atmel Corporation: Rubrik Microcontrollers, AVR 8-Bit RISC: www.atmel.com/products/avr
- [6] Reichelt Elektronik GmbH: www.reichelt.de
- [7] AVR Homepage DG4FAC; Erlernen der AVR-Assemblersprache mit praktischen Beispielen: www.avr-asm-tutorial.net
- [8] Der einfache Einstieg in die Welt der AVR's: Keine Angst vor Mikrocontrollern! Zeitschrift Funkamateur: 04/2002 bis 11/2003
- [9] Maxim integrated Products; MAX7219, MAX7221 Serially Interfaced, 8-Digit, LED Display Drivers: www.maxim-ic.com
- [10] Eagle Light Version; CadSoft Online; EAGLE Layout Editor: www.cadsoft.de
- [11] SGS Thomson Microelectronics; STMicroelectronics 14W HI-FI AUDIO AMPLIFIER: www.st.com
- [12] MCS Electronics; BASCOM AVR: www.mcselec.com/products.htm
- [13] Ponyprog by Claudio Lanconelli; Ponyprog: www.LancOS.com/prog.html
- [14] Rohde und Schwarz GmbH: www.rohde-schwarz.de
- [15] Conrad Elektronik GmbH: www.conrad.de
- [16] Forum der SEG-Homepage: www.dl7awl.de/forum

Bildverzeichnis:

- [Bild 1]: komplette Funkanlage SEG-100D – umgebaut wie im Beitrag beschrieben; oben Netzgerät NG100; darunter Gleichspannungswandler GW100; darunter Leistungsverstärker LLV100 mit S-Meter; ganz unten Steuergerät ESS100 mit internem Lautsprecher und komfortabler Frequenzanzeige –Eingabe und -Abstimmung (Datei 2-1.jpg)
 - [Bild 2]: Blockschaltbild der alten mechanischen (oberes Bild) und neuen elektronischen (unteres Bild) Frequenzeinstellung und Anzeige am SEG-100D (ESS100) (Datei 1-5.jpg)
 - [Bild 3]: notwendige Baugruppen für den Umbau der Frequenzanzeige und –Einstellung: Matrixtastatur, Drehknopf, Drehgeber und Schaltung mit rechtwinklig angebauten 7-Segmentanzeigen – Aufbau auf einer Lochrasterleiterplatte (Datei 1-2.jpg)
 - [Bild 4]: keine Angst vor dem Umbau - das SEG-100D ist sehr robust, Betrieb des ersten Prototyps der digitalen Frequenzangabe und –Anzeige im ESS100 (Datei 1-3.jpg)
 - [Bild 5]: Einbau der neuen Baugruppen im ESS100; in der Mitte die Anzeigeplatine an der Stelle der drei rechten Frequenzwahlschalter, rechts daneben der Drehgeber an Stelle des 1kHz Frequenzwahlschalters, hinter dem Drehgeber der NF-Verstärker, unter dem Drehgeber der Lautsprecher (Datei 1-4.jpg)
 - [Bild 6]: Platine der S-Meter- und Leistungsanzeige mit Meßwerk (Conrad Elektronik) und Skalenentwurf (Datei 2-2.jpg)
 - [Bild 7]: Detailansicht des eingebauten des S-Meter, die LED wurde nach oben neben den Abstimmknopf verschoben (Datei 2-4.jpg)
 - [Bild 8]: SEG-100D: Systemkomponente ESS 100; oben jungfräuliches ESS 100 mit Frequenzwahlschaltern und ausschließlich externen Lautsprecher; unten umgebautes ESS100 mit komfortabler Frequenzeinstellung und -Anzeige sowie internen Lautsprecher; aus Platzgründen wurde das S-Meter im LLV 100 eingebaut (Datei 1-1.jpg)
 - [Bild 9]: Verlegung der Kabelbäume; ein Abbinden der Kabelbäume mit Zwirn ist zu empfehlen, rechts oben am Display der Fototransistor der Helligkeitsregelung, neben dem Display der Drehgeber, hinter dem Drehgeber der NF-Verstärker (Datei 2-3.jpg)
 - [Bild 10]: Detailansichten der umgestalteten Frontplatten, neben der Tastatur befindet sich die Öffnung für den internen Lautsprecher, Zustand des ESS100 nach dem Einschalten mit Anzeige von Softwareversion und Gerätetyp (Datei 2-5.jpg)
 - [Bild 11]: Schaltung der elektronischen Frequenzanzeige, -Eingabe, und –Abstimmung. (Datei schaltplan_main.jpg)
 - [Bild 12]: Schaltung der Frequenzanzeige, -Eingabe, und –Abstimmung. (Datei NF_SEG15_100.jpg)
 - [Bild 13]: Leiterplattenentwurf; Anzeigeplatine (Datei pcb_anzeige_top.tif und pcb_anzeige_bottom.tif)
 - [Bild 14]: Leiterplattenentwurf; Prozessorplatine (Datei pcb_main_top.tif und pcb_main_bottom.tif)
- zusätzlich für FA Downloadservice [Bild 15]: Bestückungsvorlage mit Kommentaren; Anzeigeplatine (Datei Anzeige_Top.pdf und Anzeige_Bottom.pdf)
 zusätzlich für FA Downloadservice [Bild 16]: Bestückungsvorlage mit Kommentaren; Prozessorplatine (Datei Main_T+B_1.pdf)
 zusätzlich für FA Downloadservice [Datei 1]: Mikroprozessorprogramm im HEX Format für SEG-100D (Datei SEG-100_20B.HEX)
 zusätzlich für FA Downloadservice [Datei 2]: Mikroprozessorprogramm im HEX Format für SEG-15D (Datei SEG-15_21B.HEX)

Tabellenverzeichnis:

- [Tabelle 1]: Bauelementebedarf für Anzeigeeinheit (Datei seg-100e.xls)
- [Tabelle 2]: Bauelementebedarf für NF-Verstärker und S-Meter (Datei seg-100e.xls)
- [Tabelle 3]: Bedienung der Software (Datei seg-100e.xls)