

Komfortable elektronische Morsetaste „Hallberg 1“

Dipl.-Ing. HENDRIK KÖHLER – DL1NTM,
Dipl.-Ing. KARSTEN SCHULZE – DL6UWA

Bei der Verbesserung der klassischen Elbug lassen sich durch Einsatz von Microcontrollern eine Reihe nützlicher Funktionen realisieren. Damit sie jedoch leicht bedienbar werden, sollte eine Benutzerführung über LC-Display heute kein Luxus mehr sein. Daß sich dabei sowohl der Schaltungsaufwand als auch die Stromaufnahme in Grenzen halten, soll dieser Beitrag zeigen, der im FA-Konstruktionswettbewerb '95 einen Preis erhielt.

Als wir vor zehn Jahren an der Klubstation Y45ZB, jetzt DL0HGN, eine Speicherelbug aufbauten, mußten wir kurz vor Beginn des WWDX-CW-Contests zur Kühlung des Längstransistors im Netzteil noch eine Türklinke zersägen, um die auf zwei Leiterplatten untergebrachten 33 Schaltkreise ohne thermische Probleme stabil versorgen zu können. Immerhin konnte man mit dieser Schaltung zwei kurze Morsetexte abspeichern, was uns damals wie ein kleines Wunder vorkam. Die Bedienung war denkbar einfach, allerdings gingen beim Ausschalten der Station auch die Speichertexte verloren.

Mit den Jahren entstand der Wunsch nach zusätzlichen Funktionen, die schließlich nur noch mit Microcontrollern sinnvoll zu realisieren waren. Um die Anzahl der Bedienelemente auf ein sinnvolles Maß zu begrenzen, wurde die Mehrfachbelegung von Tasten notwendig. Eine zweite Belegungsebene läßt sich durch einen Aufdruck neben oder auf der Taste noch bewältigen, doch spätestens bei der Dreifachbelegung von Tasten hört der Spaß auf.

Eine gute Alternative besteht in der Funktionsauswahl mit Morsezeichen [1], was jedoch schon etwas Erfahrung mit Elbugs voraussetzt. Manchen OM wird es vielleicht auch stören, daß im Contest-Betrieb die Seriennummer nicht ablesbar ist.

Aus dieser Überlegung heraus entstand bei DK0EE die Idee, eine stromsparende komfortable Speicherelbug mit Benutzerführung über ein LC-Display mit zwei Zeilen zu je 16 Zeichen, das alle verfügbaren Funktionen anzeigt, zu entwickeln. Eine Funktionsauswahl über Cursor sowie eine Veränderung der eingestellten Parameter über ein Tastenpaar (Tasten Up und Down) erschien uns als die günstigste Variante.

Nachdem das Bedienkonzept feststand, haben wir in zahlreichen Gesprächen mit erfolgreichen CW-Operatoren die zu realisierenden Funktionen ausgewählt. Obwohl uns die in [1] beschriebene Taste bis zur Veröffentlichung nicht bekannt war, sind wir interessanterweise nahezu von den

gleichen Anforderungen an die Elbug ausgegangen.

■ Funktionsbeschreibung

Sicher ist es schwierig, bei der Auswahl der zu realisierenden Funktionen allen potentiellen Nutzern gerecht zu werden, ohne die Taste mit unnützen Features zu überladen. Nach zahlreichen Diskussionen entstand schließlich die folgende Liste, die in einem halben Jahr Entwicklungsarbeit in Hallbergmoos in ein fertiges Gerät (Bild 4) umgesetzt wurde:

Leistungsmerkmale

- einfache Tempoeinstellung über Up/Down-Tasten von 47 bis 493 BpM in 4-%-Schritten und ab 493 BpM in 100er Schritten bis zum Tempo 1000 BpM,
- Punkt/Strich-Verhältnis im Bereich von 1:3,0 bis 1:5,7 in 16 Stufen einstellbar,
- abschaltbare Punkt- und Strichspeicher,
- Verlängerung der Morsezeichen um bis zu 30 ms zum Ausgleich der Hochschaltverzögerung des Senders bei Voll-BK-Betrieb,
- acht Speichertexte mit bis zu jeweils etwa 200 Morsezeichen, die auch bei Batteriewechsel erhalten bleiben, Schleifenbetrieb möglich,
- Ausgabe 5NN 001 bis 5NN 9999 im Contestmodus, anschließend automatische Erhöhung der Seriennummer,
- Wiederholung der letzten Seriennummer mit um 8 % verringerter Geschwindigkeit,
- softwareseitige Vertauschung von Punkt- und Strich-Kontakt,
- Dauerton-Ausgabe als Hilfsmittel für die Senderabstimmung,
- abschaltbarer Tongenerator,
- Ausgabe der aktuellen Einstellungen auch als CW-Zeichen,
- geringe Stromaufnahme (typisch 2,5 mA, maximal 4 mA),
- nach 6 min Übergang auf den Sleep-Modus mit nur 3 µA (!) Stromaufnahme, daher kein Einschalter erforderlich,
- galvanische Trennung des PTT-Ausgangs über Optokoppler.

■ Bedienung

Bild 4 zeigt den Anzeigetext des LC-Displays während des normalen QSO-Betriebs. Der Cursor unter der Tempoanzeige zeigt, daß einer Veränderung des Tempos durch die Tasten *Up* und *Down* nichts im Wege steht. Getreu dem potentiometerbestückten Vorbildern ist das jederzeit, insbesondere auch beim Auslesen von Speichertexten, möglich. Das gewünschte Tempo ist sehr präzise einstellbar, eine Eigenschaft, die mancher High-Speed-Fan am Curtis-Keyer vermissen mag.

Der Cursor läßt sich mit der Funktionstaste F durch das Menü bewegen, was stets von einem Quittungston des Mithörgenerators begleitet wird. Nach einmaliger Betätigung kann man mit den Tasten *Up* und *Down* das Punkt/Strich-Verhältnis einstellen. Wird die Taste F statt dessen zweimal hintereinander betätigt, besteht danach die Möglichkeit, die Punkt- und Strichspeicher zu konfigurieren (Curtis-Keyer Typ A bzw. Typ B).

Der nachfolgende Menüpunkt (in dem abgebildeten Prototyp noch nicht implementiert) steuert die softwareseitige Vertauschung von Punkt- und Strich-Paddle, ein Schritt zur Gleichberechtigung von Rechts- und Linksgebern, der gegenüber dem klassischen Schalter an der Mechanik sicher einige Vorteile hat. Mit der Funktion TXD (TX-Delay) lassen sich Punkte und Striche gleichermaßen um den eingegebenen Betrag in Millisekunden verlängern, um die bei Voll-BK-Betrieb und hohem Tempo störende Hochschaltverzögerung des Senders auszugleichen. Rechts unten verrät uns der Prozessor schließlich, ob der Tongenerator generell eingeschaltet ist (T) oder nur bei der Betätigung der Funktionstasten ein Prompt liefert. Das Einschalten erfolgt mit der Taste *Up* und hat eine um etwa 500 µA höhere Stromaufnahme zur Folge.

Das Abspeichern eines Textes bewirkt die Taste *WR* in Kombination mit einer Textnummer. Gestartet wird mit der ersten Paddle-Betätigung, bis dahin bleibt der alte Text erhalten. Die anschließende Betätigung einer beliebigen Zifferntaste beendet das Einlesen des Morsetextes.

Die acht je etwa 200 Zeichen langen Speichertexte werden nach Betätigung der Tasten 1 bis 8 ausgegeben, zur Kontrolle erscheint dann auf dem Display z. B. OUTPUT 3. Daß sich beliebige Ausgaben durch Tasthebel-Betätigung abbrechen lassen, versteht sich von selbst.

Im Contest-Mode erlaubt die Taste 7 eine Wiederholung der letzten Seriennummer mit um 8 % verringertem Tempo, während der Betätigung der Taste 8 die Ausgabe von 5NN und der aktuellen Seriennummer fol-

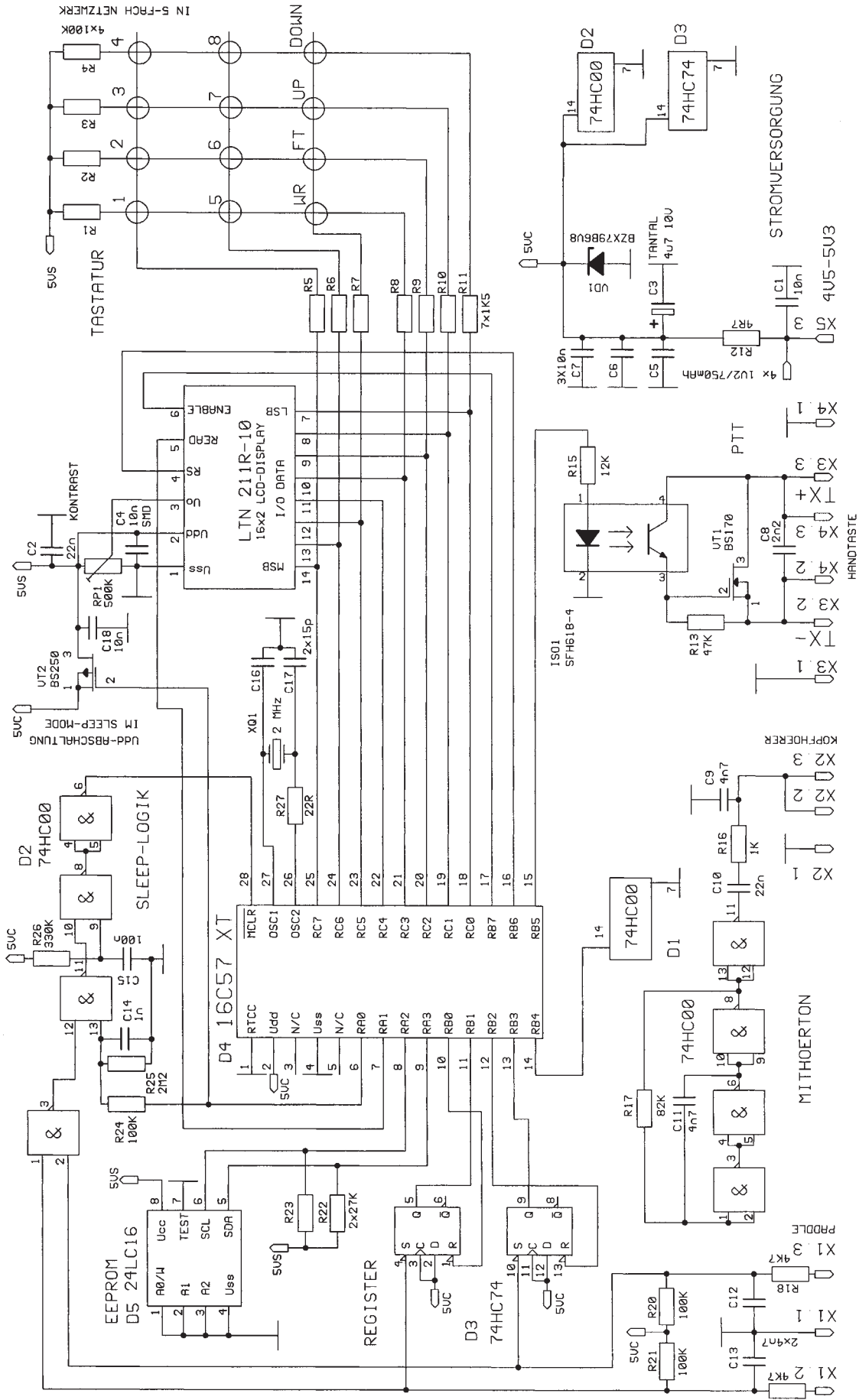


Bild 1: Stromlaufplan der elektronischen Taste mit LC-Display

C3 4,7 µF, Tantal
 R1 bis R4 Fünftfach-100-kΩ-Netzwerk, SIL 6
 X1 bis X5 3,5-mm-Print-Klinkenbuchse mit Zentralbefestigung
 XQ1 Quarz 10 MHz, HC 49/U
 D1 bis D4 alle Widerstände im Rastermaß 10 mm
 (außer R13 - 7,5 mm; R10 - 12,5 mm; R9 - 15 mm; R8 - 17,5 mm)
 alle Kondensatoren im Rastermaß 2,5 mm
 (außer C4 - SMD-Bauform 1206; C10, C15 - 5 mm)

gen. Anschließend erscheint im Display die nächste zu vergebende Nummer.

■ Funktionsweise

Herz der vorgestellten elektronischen Taste ist der Prozessor 16 C 57 der Firma Microchip [3]. Die RISC- (Reduced Instruction Set Computer) ähnliche Microcontroller-Familie 16 C xx erfreut sich wegen ihrer vergleichsweise hohen Rechenleistung und ihrer einfachen Handhabung wachsender Beliebtheit. Ausschlaggebend für die Aus-

wahl dieses 8-Bit-Prozessors war hier vor allem seine geringe Stromaufnahme von nur 1 mA bei einer Taktfrequenz von 2 MHz sowie von nur etwa 1 µA im Sleep-Modus. Er arbeitet mit Betriebsspannungen von 2,5 bis 5,5 V.

Trotz dieser geringen Eingangsleistung ist er ein wahres Kraftpaket: Nahezu alle Befehle werden bei der gewählten Taktfrequenz in 2 µs erledigt. Der Prozessor ist nach der Harvard-Architektur aufgebaut und besitzt daher getrennte Busse für den

Transport von Befehlen aus dem internen 2 K × 12 Bit EPROM-Programmspeicher zum Befehlsdekorator sowie zum Datenaustausch der insgesamt 80 Register und der ALU untereinander.

Das Erlernen der Assembler-Programmierung dieses Prozessors nimmt dank der nur 33 Befehle weniger Zeit in Anspruch als die Teilnahme an der Handtastenparty. Wo Licht ist, ist jedoch auch Schatten, und das gilt erst recht für Microcontroller. Beim 16 C 57 ist der Adreßraum in vier Seiten

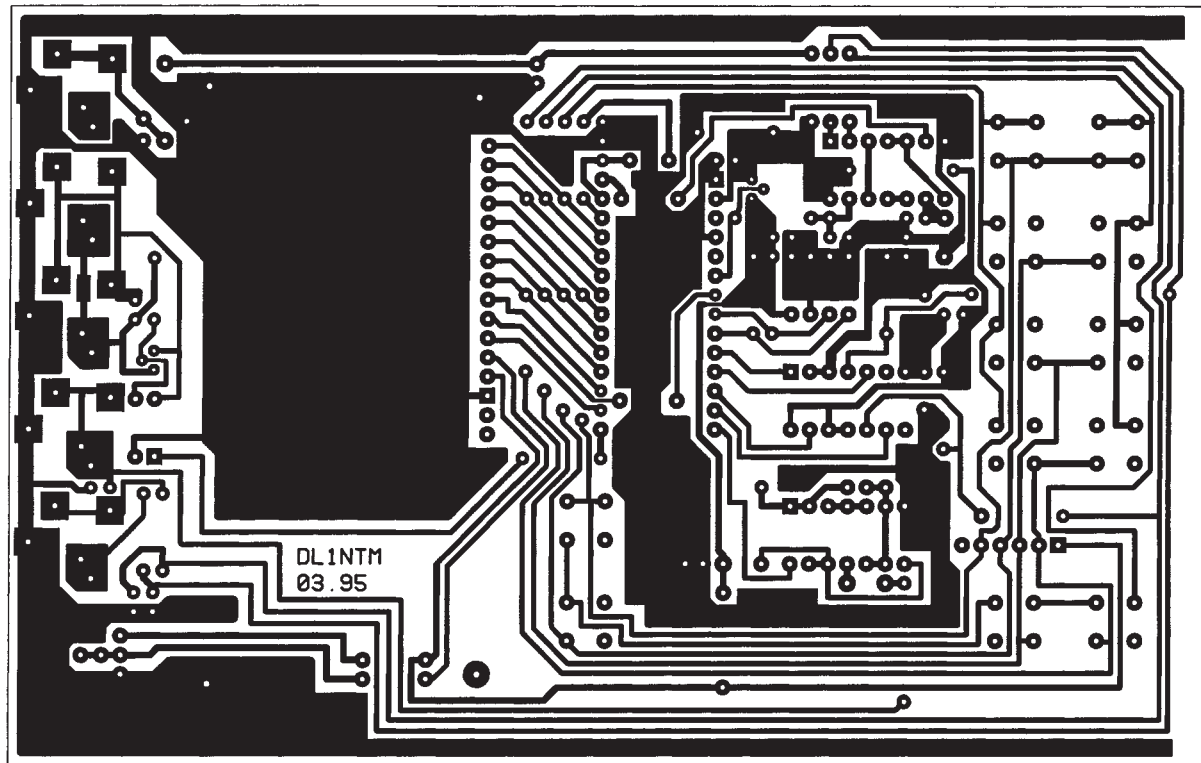


Bild 2: Leitungsführung der Platine für die Elbug

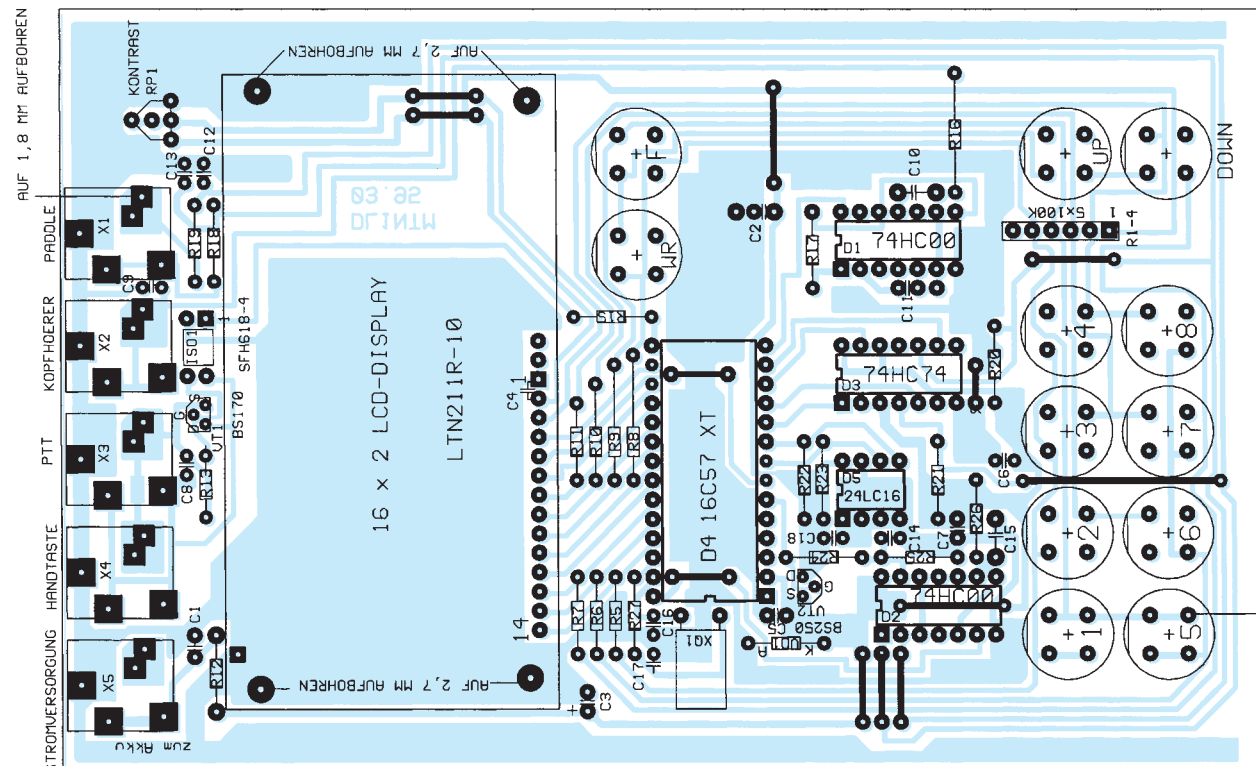


Bild 3: Bestückungsplan der Leiterplatte der Elbug

unterteilt, was schon einmal dazu führen kann, daß man wegen einer vergessenen Seitenumschaltung am Morgen danach etwas hohläugig in seinem Büro eintrifft. Zum Glück merkt der Anwender davon nichts ...

Wie bei solchen Projekten üblich, nahmen die Erstellung der Software sowie ihr Test auf dem Simulator und schließlich auf der Zielhardware den größten Teil der Entwicklungszeit in Anspruch. Was dabei herausgekommen ist, sind 2 KByte hocheffizienter Maschinenkode. Mit der Erläuterung der Programmstruktur wollen wir Sie lieber verschonen; für das Verständnis der Schaltung ist sie wohl auch nicht erforderlich.

Bild 1 zeigt den Stromlaufplan der Elbug. Der Prozessortakt wird durch den On-Chip-Oszillator in Verbindung mit den an Pin 26 und 27 angeschlossenen Komponenten erzeugt. R27 verringert die Übersteuerung von XQ1, sein Wert ist nicht kritisch.

Über einen softwaremäßig implementierten I²C-Bus greift der Prozessor auf die im EEPROM 24 LC 16 stromausfallsicher gespeicherten Morsetexte von je 256 Byte Länge zu.

Für D5 lassen sich neben dem ab 2,5 V betriebsfähigen 24 LC 16 noch eine Reihe äquivalenter Typen einsetzen, z. B. der 24 C 16 sowie der pinkompatible FRAM FM 24 C 16 der Firma Ramtron, der sich bei 10 Billionen möglichen Schreibzyklen mit 100 µA (etwa 5 % des 24 C 16) begnügt.

Sowohl Pin 5 (SDA, serieller Datenein- und -ausgang) als auch Pin 6 (SCL, I²C-Bus-Takt) von D5 liegen über die Pull-Up-Widerstände R22 bzw. R23 auf H, wenn keine Übertragung läuft. Will der Prozessor z. B. ein Byte aus dem EEPROM auslesen, taktet er nach der Übertragung einer Startbedingung über SCL und SDA drei Befehls- bzw. Adreßbytes mit 100 kHz in den EEPROM ein, worauf dieser mit dem gewünschten Byte antwortet und fleißig weiter sendet, bis der Prozessor durch eine Stop-Bedingung verkündet, daß er genug hat.

In regelmäßigen Zeitabständen bedient der Prozessor die Tastatur, wobei er über RC5 bis RC7 L-Impulse ausgibt. Wird beim Einlesen der Pegel auf den vier Spalten einer dieser Impulse wiederentdeckt, führt das zum Start einer Entprellroutine, bevor der Prozessor so richtig zur Sache kommt.

Diesen Port C muß sich die Tastatur mit dem Datenbus des LCD-Moduls teilen, dank der Widerstände R5 bis R11 ist die Tastatur jedoch nicht niederohmig genug, um einen Buskonflikt hervorrufen zu können.

■ Display

Neben dem 8 Bit breiten Datenbus besitzt das Display noch eine 3 Bit breite Steuerschnittstelle. Durch einen H-Impuls auf der Enable-Leitung (Pin 6) erfährt das Display, daß die an Port C anliegenden Daten für ihn und nicht etwa für die Tastatur bestimmt sind. Bevor der Prozessor davon ausgehen kann, daß ein an seinem Port C angelegtes ASCII-Zeichen auch wirklich auf dem Display erscheint, muß er dessen Busy-Bit auswerten, da das LCD-Modul gelegentlich Wichtigeres zu tun hat, als auf neue Zeichen zu warten. Hierzu wird das Read-Signal kurzzeitig auf H gelegt. Das dritte Signal dieses Steuerbusses dient der Registeradressierung im Display-Controller (RS, Pin 4); Genaueres ist in [2] nachzulesen.



Bild 4: Prototyp der Elbug „Hallberg 1“

Foto: Autoren

Es sind verschiedene LCD-Module einsetzbar; von uns erprobt wurden das LTN 211 R-10 sowie das LTN 214 R-10. Letzteres ist etwas moderner und flacher, bei Conrad kann man es gelegentlich über die Bestellnummer 183342 erwerben. Für das Aufstecken eines Frontrahmens ist jedoch nur das LTN 211 R-10 geeignet. Das Modul besteht aus dem eigentlichen Display sowie zwei CMOS-IS, die den Zeichengenerator und die Ansteuerlogik enthalten. Über RP1 läßt sich der Kontrast einstellen. Das Display benötigt normale TTL-Betriebsspannung und ist mit etwa 1,5 mA der größte „Stromfresser“ in der Schaltung.

■ Mithörton

Der mit D1 realisierte Tongenerator wird direkt an seinem Betriebsspannungsanschluß getastet, was zwar etwas abenteuerlich aussieht, aber auch nicht schlechter klingt und jede Menge Strom spart. R17 und C11 bestimmen die Tonhöhe des Mithörtons. C10 dient zur Gleichspannungsabtrennung; sein Wert stellt einen Kompromiß zwischen Einfügungsdämpfung und Tastgeräuschen dar. C9 verhindert, daß der Tongenerator über die Kopfhörerleitung HF abstrahlen kann.

■ PTT

Bei Paddle-Betätigung oder sonstigen Ausgaben liefert Pin 15 des Prozessors das PTT-Signal. Die zugehörige Schnittstelle zum Sender wurde lange optimiert. Grundsätzlich sollte man eine HF-mäßige Verbindung von Elbug und Transceiver vermeiden, also auch keine Masseverbindung vorsehen. Die dort fließenden HF-Ströme können die Funktion hochohmiger PTT-Eingänge beeinflussen. Der verwendete Low-Current-Optokoppler SFH 618-4 (z. B. bei Bürklin erhältlich) erlaubt eine stromsparende Potentialtrennung und wird zusammen mit VT1 selbst mit schwierigen EMV-Situationen fertig.

Der verwendete FET BS 170 vermag bis zu 60 V bei maximal 500 mA schalten; selbstverständlich eignen sich hier auch andere n-Kanal-MOSFETs im TO-92-Gehäuse. R14 zieht die Gate/Source-Spannung im stromlosen Zustand des Optokopplers auf Masse, um ein unkontrolliertes Schalten von VT1 zu verhindern. Im hochgeschalteten Zustand fließen je nach Betriebsspannung etwa 350 µA in die Leuchtdiode des Optokopplers. Aufgrund des hohen Stromübertragungsfaktors von ISO1 stehen dann an seinem Ausgang bereits über 500 µA zum Schalten von VT1 zur Verfügung.

■ Taktgenerator

Die beiden D-Flip-Flops (D3, 74 HC 74) erinnern an die gute alte Gatter-Elbug und mögen denjenigen beruhigen, der von seiner neuen Elbug kein verändertes Gebeverhalten erwartet. Wird ein Paddle betätigt, gelangt ein L-Signal zum Setzeingang des entsprechenden Flip-Flop. Da bereits ein kurzer Impuls ausreicht, um den Ausgang Q bis zu seinem nächsten Reset (L-Impuls) durch den Prozessor auf H zu halten, ist eine perfekte Entprellung gewährleistet. Die Reset-Zeitpunkte der Flip-Flops bestimmen wesentlich das Gebeverhalten (Punkt- bzw. Strichspeicher) und werden je nach angeähltem Tastentyp konfiguriert. R18 und R19 begrenzen den Eingangsstrom, falls an X1 einmal versehentlich eine zu hohe Gleichspannung angelegt wird. Zu-

sammen mit C12/13 bilden sie einen Tiefpaß, der ein Setzen der Flip-Flops durch HF-Impulse verhindert. Da parasitäre HF-Ströme zwischen Sender und der Elbug bereits durch ISO1 gut unterdrückt werden, darf man die Gebemechanik problemlos über X1.1 mit dem Elbug-Gehäuse verbinden.

■ Schlafmodus

Wenn der Prozessor 6 min erfolglos auf Eingaben des Operators gewartet hat, gibt er an Pin 6 H aus. Damit sperrt der p-Kanal-MOSFET VT2 und die Spannung 5VS wird abgeschaltet, während an 5VC weiterhin die volle Betriebsspannung liegt. Anschließend fällt der Prozessor in den „Winterschlaf“, seine Stromaufnahme beträgt dann nur noch 3 μ A.

In diesem Zustand kann D2 bei Paddle-Betätigung einen Reset-Impuls am Pin MCLR von D4 erzeugen, worauf der wieder aus dem Sleep-Mode erwacht. Mit Beginn des Reset-Impulses geht Pin 6 des Prozessors gemeinsam mit allen anderen I/O-Ports in den hochohmigen Zustand, so daß sich C14 über R25 langsam entladen kann.

Damit liegt an Pin 13 von D2 wieder L-Potential, was im Normalfall das Ende des Reset-Impulses bedeutet. Wurde jedoch gerade die Betriebsspannung angeschlossen, so muß sich C15 erst über R26 aufladen, was zu einem verlängerten Power-On-Reset an Pin 28 führt.

■ Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt über vier Stück 1,2-V-Akkumulatoren. VD1 bietet zusammen mit dem Strombegrenzungswiderstand R12 einen gewissen Schutz gegen Verpolung. Leider ließen sich die ursprünglich vorgesehenen 6,2-V-Z-Dioden dafür nicht einsetzen, da einige Exemplare die Stromaufnahme im Sleep-Mode verdoppelten oder sogar verdreifachten. Die nun verwendete BZX 79 B6V8 (oder auch BZX 79 C6V8) zeigte bei 20 Exemplaren Leckströme unter 0,2 μ A (laut Datenblatt < 2 μ A) und dient bei anliegender Überspannung als letzter Rettungsanker. Nach derartigen Unfällen steigen die Leckströme der Z-Dioden allerdings stark an; vorsichtshalber sollte man VD1 dann erneuern.

■ Aufbau

Der Aufbau dieser Taste läßt sich problemlos an nur einem Tag bewerkstelligen. Um auch dem weniger geübten Amateur eine Chance zu geben, wurde bewußt auf die ausschließliche Verwendung von SMD-Bauelementen verzichtet. Eine SMD-Variante mit zusätzlichen Funktionen befindet sich jedoch in Entwicklung.

Bei der Übertragung des einseitigen Layouts (Bild 2) auf die Europakarte ist auf eine genaue Positionierung zu den Außenkanten der Platine zu achten. Die aus der Zeichnung ersichtliche Platinenbreite darf nicht wesentlich unterschritten werden, wenn man später ein Euro-Flachgehäuse (Bezugsquelle: Conrad) verwenden will. Nach dem Bohren ist die Leiterplatte an der Seite der Printbuchsen so weit zu kürzen, bis das Plastikgehäuse der Buchsen mit der Leiterplatte abschließt. Nur dann lassen sie sich später problemlos mit der Gehäuserückwand verschrauben.

Nun sollten die im Bestückungsplan (Bild 3) ersichtlichen Drahtbrücken eingelötet werden, bevor es sich die Taster neben bzw. die Schaltkreise über ihnen bequem machen. Wichtig ist die Orientierung der Taster; man darf sie gegenüber dem Bestückungsplan nicht verdrehen! Es können sowohl runde als auch rechteckige Taster eingesetzt werden. Die Kreuze im Bestückungsplan sind als Bohrhilfe für das Gehäuse gedacht.

Die maximale Bestückungshöhe beträgt bei Verwendung eines Euro-Flachgehäuses 8,5 mm, natürlich mit Ausnahme der Taster und des Display-Rahmens, für die im Gehäuse Aussparungen vorzusehen sind. Der Kontrast des Displays sollte sich durch RP1 auch von außen einstellen lassen. Für den Fall, daß VT1 ein Relais schalten soll, ist unterhalb von X3 die Bestückung einer SMD-Z-Diode möglich.

Zuletzt dient eine 14polige Stiftreihe (für das LTN 214 R-10 ist im Layout auch ein 16poliger Steckverbinder einsetzbar) zur Verbindung des LC-Display mit der Hauptleiterplatte. Man sollte sie jedoch erst nach dem Anschrauben des Displays (Abstandsbolzen verwenden!) mit dem Display verlöten. C4 soll vom LC-Display ausgehende Störungen der Betriebsspannung unterdrücken und wird auf dessen Oberseite direkt zwischen die Anschlüsse gelötet. X5 kann zum Laden der vier R6-Akkumulatoren dienen, die unterhalb der Leiterplatte noch Platz im Gehäuse finden.

■ Inbetriebnahme

Nachdem die Platine auf mögliche Kurzschlüsse und falsche Bestückung überprüft worden ist, kann man die Betriebsspannung von 4,5 bis maximal 5,3 V anlegen. Die Stromaufnahme darf bei korrekter Bestückung 4 mA nicht wesentlich überschreiten. Liegt sie jedoch unter 2 mA, werden möglicherweise nicht alle Schaltkreise mit Betriebsspannung versorgt.

Anschließend sollte auf dem Display bereits etwas ablesbar sein. Erscheint trotz geeigneter Kontrasteinstellung statt dessen nur die obere Zeile etwas dunkler, so bringt

eine einmalige Überbrückung von C15 (Power-On-Reset) den Prozessor in den richtigen Betriebszustand.

Mit einem Empfänger oder Frequenzzähler kann bei Bedarf das 2-MHz-Signal des On-Chip-Oszillators an Pin 26 und 27 des Prozessors überprüft werden, gegebenenfalls muß man die Beschaltung dieser Pins nochmal unter die Lupe nehmen.

Für den Anschluß der Handtaste sowie des Senders sind 3,5-mm-Stereo-Klinkenstecker vorgesehen. Nur die inneren Kontakte X3/4.2 und X3/4.3 dürfen beschaltet werden, da sonst die Potentialtrennung verlorengeht. Die Masseanschlüsse X3.1 sowie X4.1 bleiben offen. Der Mittelkontakt X3.2 ist mit dem Außenleiter (Masse) der PTT-Buchse des Transceivers zu verbinden, X3.3 dementsprechend mit dem zu schaltenden positiven Potential.

■ Bausätze

Um den Nachbau möglichst einfach zu machen, haben wir uns entschlossen, zwei verschiedene Bausätze anzubieten. Bausatz 1 enthält alle benötigten Bauteile und wird mit runden weißen Tasten für etwa 128 DM plus Porto und Verpackung zu haben sein. Falls bei Conrad wieder erhältlich, liefern wir diesen Bausatz alternativ auch mit schwarzen Zifferntasten (Tastenfeld 12,5 mm \times 12 mm) aus; er kostet dann etwa 135 DM.

Für diejenigen, die lieber die Bauelemente einzeln beschaffen wollen, ist der Bausatz 3 gedacht; für ungefähr 32 DM wechseln hierbei der programmierte Prozessor und der EEPROM den Besitzer. Ein Frontrahmen für das LC-Display (16 DM), ein passendes Euro-Flachgehäuse (ungebohrt, 18 DM) sowie eine passende Akku-Halterung (2 DM) sind ebenfalls lieferbar.

Bestellungen sind nur schriftlich (bitte für jede bestellte Elbug das gewünschte Rufzeichen angeben) an folgende Adresse zu richten: Karsten Schulze, Eichenerweg 12, 85399 Hallbergmoos.

Für die vielen nützlichen Tips und den Aufbau von Mustern bedanken wir uns besonders bei Alexander, DL9RCD; Joe, DL2HYF; Thomas, DL1SWT; Henrik, DL6MUG, und Andy, DL2DVE. Ein Dankeschön geht auch an unsere XYLS. Positive und negative Kritiken an DLINTM @ DB0AAB sind willkommen und werden auch gern beantwortet, da wir weiterhin Tag und Nacht an einer Verbesserung der Elbug arbeiten.

Literatur

- [1] Lass, M., DJ3VY: Mein bester Bug bisher, FUNK-AMATEUR 44 (1995), H. 4, S. 408
- [2] Philips: Data Handbook Liquid Crystal Displays LCD, 1991, S. 219
- [3] Microchip: Databook, 1994, S. 2 bis 181