

Steuerbaugruppe zur Zusammenschaltung von KW-Antennen

OLIVER DRÖSE – DH8BQA

Viele Contest- und Klubstationen verfügen über mehrere Antennen, oft auch für dieselben Bänder. Es bietet sich an, diese bei Bedarf zusammenzufassen, um entweder den Antennengewinn in einer Richtung zu erhöhen oder in verschiedene Richtungen gleichzeitig senden und empfangen zu können. Die Zusammenschaltung erledigt ein sogenannter Stackmatch. Mit einer Mikrocontrollersteuerung lassen sich Fernbedienung und weitere Funktionen komfortabel realisieren.

Vor einigen Monaten bauten wir für unsere Conteststation [1] eine 6-Element-Yagi-Antenne für das 10-m-Band. Diese funktioniert hervorragend, hat allerdings schon einen recht schmalen Öffnungswinkel, so dass wir speziell zum Arbeiten von Multi-

plikatorstationen relativ häufig die Antenne drehen mussten. Da wir auch einen Multiband-Beam installiert haben, kam die Idee auf, die Antennen zusammenzuschalten. So könnte die große 6-Element-Yagi in der Hauptstrahlrichtung (z. B. USA) stehen bleiben, während mit der Multiband-Antenne die Multiplikatoren aus anderen Richtungen (z. B. Afrika) gearbeitet werden. Idealerweise schaltet man nicht nur zwischen den Antennen hin und her, sondern kann beide auch parallelgeschaltet betreiben. So ist es möglich, in verschiedene

Richtungen gleichzeitig CQ zu rufen und das potenzielle Einzugsgebiet der zu arbeitenden Stationen zu vergrößern.

■ Impedanzrichtige Zusammenschaltung von Antennen

Auf der Suche nach passenden Schaltungen wurde ich im Internet schnell fündig. In [2] beschreiben Peter Pfann, DL2NBU, und Bernhard Büttner, DL6RAI, die Kombination mehrerer Antennen für den Contestbetrieb auf anschauliche Weise. Die Idee geht auf John D. Terlesky, WX0B, zurück, der die sogenannten Stackmatches auch kommerziell vertreibt [3].

In Bild 2 ist die von DL2NBU und DL6RAI beschriebene Schaltung des BCC-Stackmatch zu sehen, welche die Zusammenschaltung von bis zu drei Antennen unterstützt. Ich habe diese Schaltung zum Testen in „Freiluftverdrahtung“ nachgebaut und war mit dem Ergebnis sehr zufrieden. Das Funktionsprinzip ist recht einfach. Mithilfe der Relais Rel1 bis Rel3 können die angeschlossenen Antennen einzeln zugeschaltet werden. Das ist nichts anderes, als wenn man unterschiedliche Antennen an einen manuell betätigten Koaxialschalter anschließt.

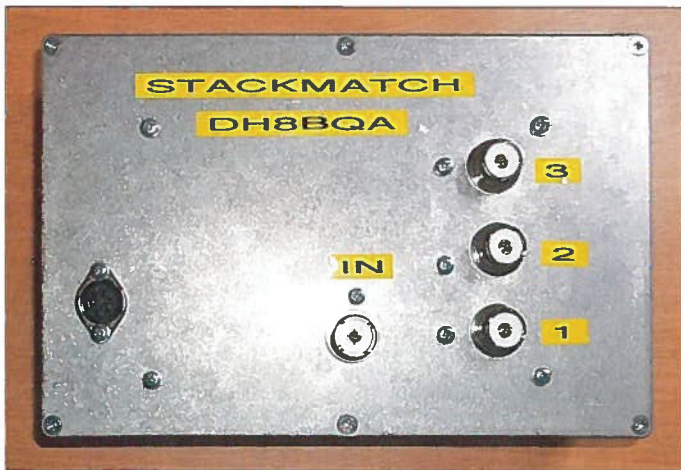


Bild 1: Antennenschalter (Stackmatch) im Aluminium-Druckgussgehäuse; über die fünfpolige DIN-Buchse werden die Steuerspannungen zugeführt.

plikatorstationen relativ häufig die Antenne drehen mussten. Da wir auch einen Multiband-Beam installiert haben, kam die Idee auf, die Antennen zusammenzuschalten. So könnte die große 6-Element-Yagi in der Hauptstrahlrichtung (z. B. USA) stehen bleiben, während mit der Multiband-Antenne

Bild 3: Stackmatch-Platine nach SM2WMV; die gestockten Ringkerne bieten auch im Dauerbetrieb mit maximaler Leistung ausreichend Reserve.

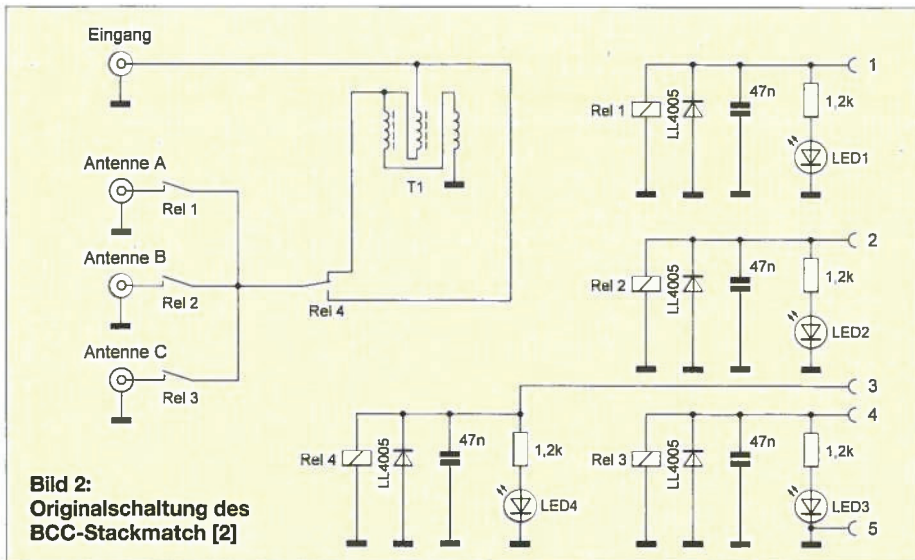
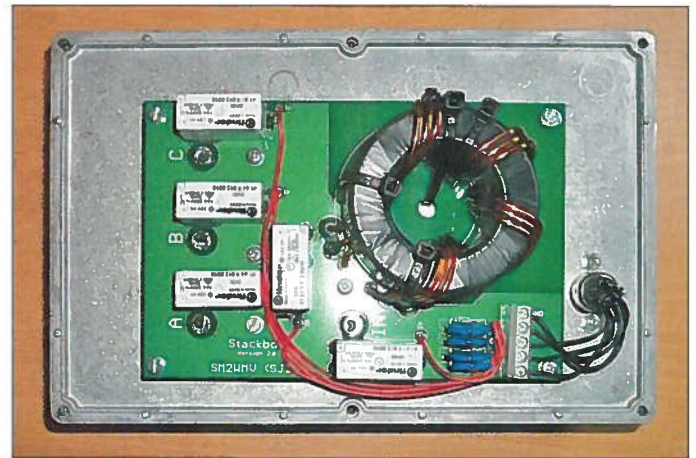


Bild 2: Originalschaltung des BCC-Stackmatch [2]

Spannender wird es, wenn man die Antennen kombiniert. Schaltet man zwei Antennen zusammen, ergibt sich durch die Parallelschaltung der beiden Antenneneingangswiderstände von 50 Ω eine neue Systemimpedanz von 25 Ω. Werden drei Antennen parallelgeschaltet, erhält man 16,7 Ω. Damit liegt eine deutliche Fehlanpassung vor, die ausgeglichen werden muss. Um nun nicht zwei verschiedene Anpasssysteme realisieren und schalten zu müssen, wurde eine Kompromisslösung gewählt. Rel4 fügt beim Zusammenschalten mehrerer Antennen einen Breitbandübertrager mit dem Übertragungsverhältnis von 1 : 2,25 in den Signalpfad ein. Dieser transformiert die Impedanz der zusammengefassten Antennen auf einen Wert von etwa 50 Ω. Das gewählte Übertra-

ungsverhältnis stellt einen guten Kompromiss zwischen den zuvor erwähnten 25 Ω und 16,7 Ω dar. Damit ergeben sich theoretisch Stehwellenverhältnisse von $s = 1,1$ bei zwei und $s = 1,3$ bei drei parallelgeschalteten 50-Ω-Antennen.

Mit diesem Kompromiss kann man sehr gut leben. In der Regel haben auch Transceiver und Endstufen damit kein Problem, ein Nachstimmen beim Wechsel zwischen den Antennenkombinationen ist normalerweise nicht notwendig. Weitere Hinweise lassen sich der Beschreibung in [2] entnehmen.

Neben dem BCC-Stackmatch gibt es eine weitere, für Eigenbau interessante Lösung. Mikael Larsson, SM2WMV/SJ2W, bereits bekannt aus [4], hat ebenfalls eine Stackmatch-Lösung entwickelt, für die es auch fertige Platinen gibt [5].

In Bild 1 ist das von mir verwendete Gehäuse, in Bild 3 die fertig bestückte Platine zu sehen.

Da unser Contest-Team es bereits geschafft hat, mit einer Dauerstrichleistung von 700 W (Sendart RITTY) angeblich für 2 kW ausgelegte Baluns zu zerstören, verwende ich für den Breitbandübertrager sicherheitshalber zwei gestockte Ringkerne. Hier bieten sich fünf trifilare Windungen an, um das Übertragungsverhältnis von 1:2,25 zu realisieren. Wie man in Bild 3 erkennt, habe ich jedoch eine Windung wieder abgewickelt. Mit vier Windungen ergibt sich auf den oberen Kurzwellenbändern ein etwas besseres Stehwellenverhältnis. Die entsprechenden Messwerte für

den Stackmatch nach SM2WMV habe ich mit dem Netzwerktester FA-NWT01 ermittelt (Bild 5).

Da die verwendeten Lastwiderstände von Haus aus schon ein Stehwellenverhältnis von $s = 1,1$ aufweisen, ergibt sich eine leichte Messabweichung nach oben.

SM2WMV hat bei seinem Stackmatch-Design noch ein fünftes Relais hinzugefügt. Damit werden die gerade nicht benutzten Antennen geerdet, was die Port-zu-Port-Isolation erhöht. Dadurch ändert sich aber die Schaltlogik der Relais.

Steuerung für unterschiedliche Antennenkombinationen

Für beide oben beschriebenen Lösungen genügt es theoretisch, die Relaisspannungen für die verschiedenen Schaltkombinationen per Drehschalter und Diodenmatrix zuzuführen.

Mir war das jedoch nicht komfortabel genug. Ich wollte die Möglichkeit haben, zum Senden und Empfangen unterschiedliche Richtungskombinationen auswählen zu können. So sollte man auf zwei oder drei QRM-Situation aber nur auf einer oder zwei Antennen selektiv hören können oder umgekehrt. Ein anderes Ziel war, eine ausschließlich zum Empfang bestimmte Antenne in das System zu integrieren. Infrage kamen z. B. eine Beverage- oder eine Aktivantenne.

Mein Elecraft K3 verfügt über einen separaten Empfangsantenneneingang, viele Transceiver bieten diesen Komfort jedoch

nicht. Diesen Nachteil kann der Stackmatch ausgleichen. Viele Empfangsantennensysteme arbeiten mit Empfangsvorverstärkern und sind nicht für den Sendetrieb geeignet. Daher muss schaltungstechnisch verhindert werden, dass diese Empfangsantenne beim Senden zugeschaltet wird, der zugehörige Eingang darf nur im Empfangsfall aktiv sein.

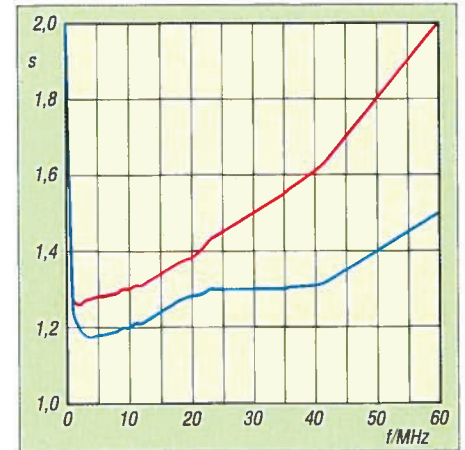


Bild 5: SWV bei unterschiedlichen Antennenkombinationen am Stackmatch; die blaue Kurve ergibt sich bei der Kombination von zwei, die rote bei der Zusammenschaltung von drei Antennen.

So entstand die Schaltung in Bild 4. Sie basiert auf einem Mikrocontroller PIC 16F886. Um bei unterschiedlichen Sender-/Empfänger-Kombinationen die Relais lastfrei schalten zu lassen, ist es zwingend notwendig, den Sender während der Umschaltung zu verriegeln. Dafür habe ich

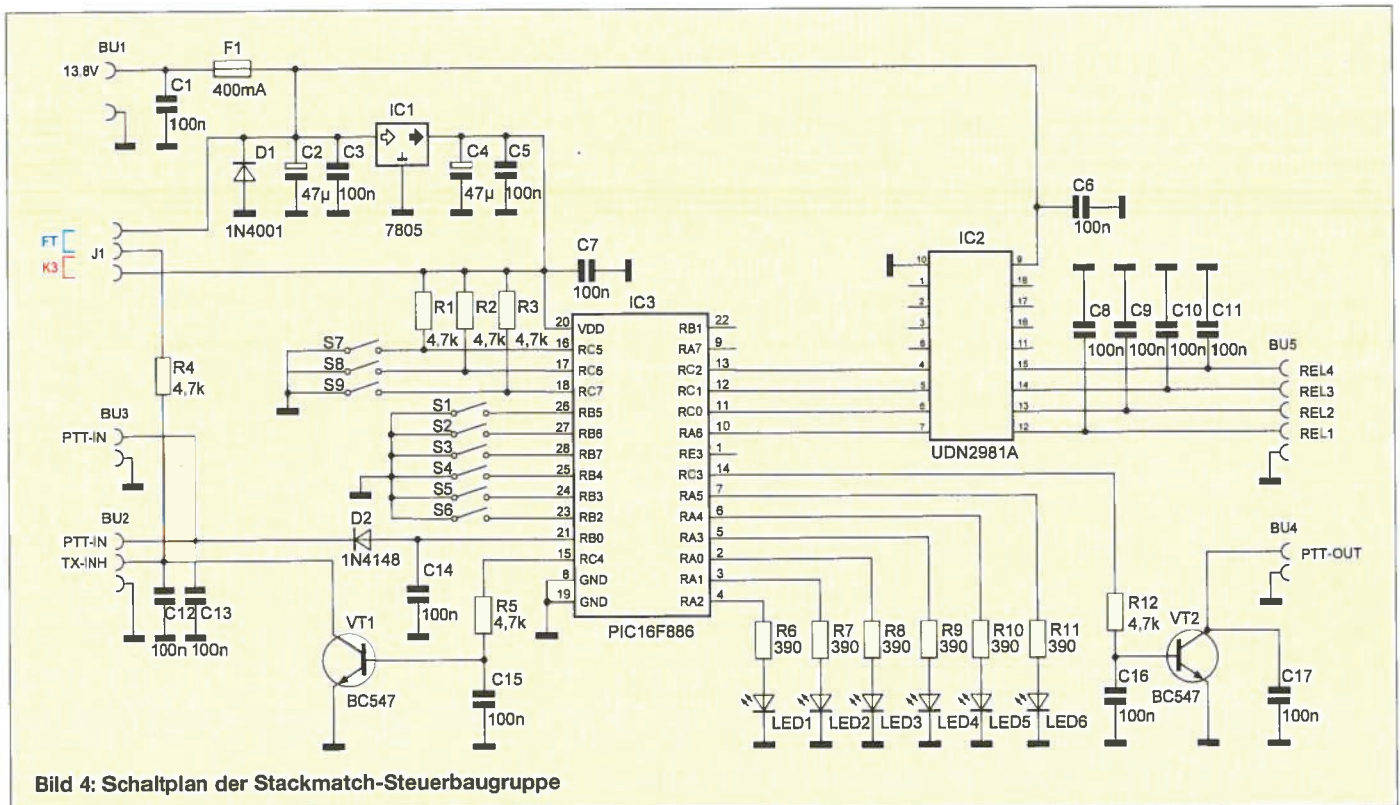


Bild 4: Schaltplan der Stackmatch-Steuerbaugruppe

auch einen zweistufigen Sequenzer in die Firmware integriert. Er wertet das PTT-Eingangssignal (z. B. vom Fußschalter) aus, schaltet die Relais entsprechend um und generiert dann ein PTT-Ausgangssignal, das den Transceiver steuert. Für Funkgeräte, die über eine *TX-Inhibit*-Funktion verfügen (*Elecraft K3* und die meisten *Yaesu*-Transceiver), erfolgt die Verriegelung über diesen Weg. Das entsprechende Funktionsprinzip habe ich bereits in [6] beschrieben. Jumper J1 bestimmt, ob für

die *TX-Inhibit*-Verriegelung eine Spannung von 5 V (*Elecraft*) oder 12 V (*Yaesu*) verwendet wird.

Über die Schiebeschalter S7 bis S9 erfolgt die Grundkonfiguration der Steuerbaugruppe. Mit S7 wird konfiguriert, ob ein BCC- oder ein SM2WMV-Stackmatch angesteuert wird (Stellung *Off* bzw. *On*), der Mikrocontroller unterstützt beide Varianten. S8 steuert die Verzögerung im Sequenzer, Stellung *Off* bedeutet 10 ms, Stellung *On* 20 ms. Werden Relais mit kürze-

ren Umschaltzeiten verwendet (die von mir verwendeten *Finder*-Relais benötigen je nach Schaltrichtung nur maximal 7 ms), kann ich die Firmware entsprechend anpassen.

Mit S9 lässt sich die Verwendung einer Empfangsantenne konfigurieren. S9 in Stellung *Off* bedeutet, dass alle Antennenanschlüsse für die Verwendung im Sende- und Empfangsfall zugelassen sind. Stellt man S9 auf *On*, werden nur die Antennenanschlüsse 1 und 2 zum Sendebetrie-

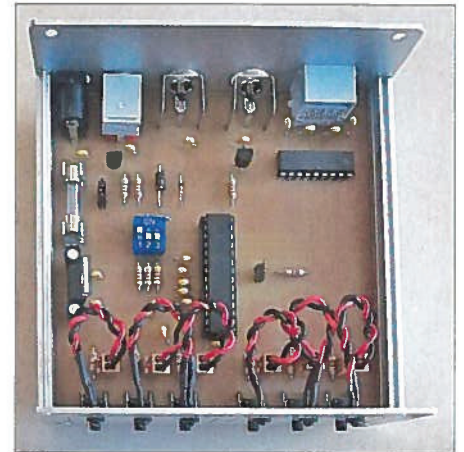
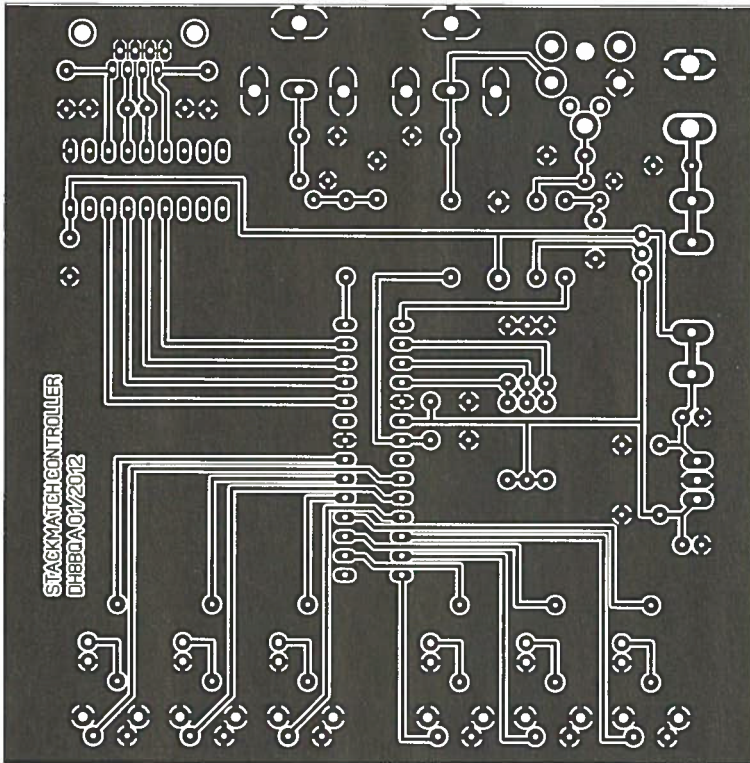
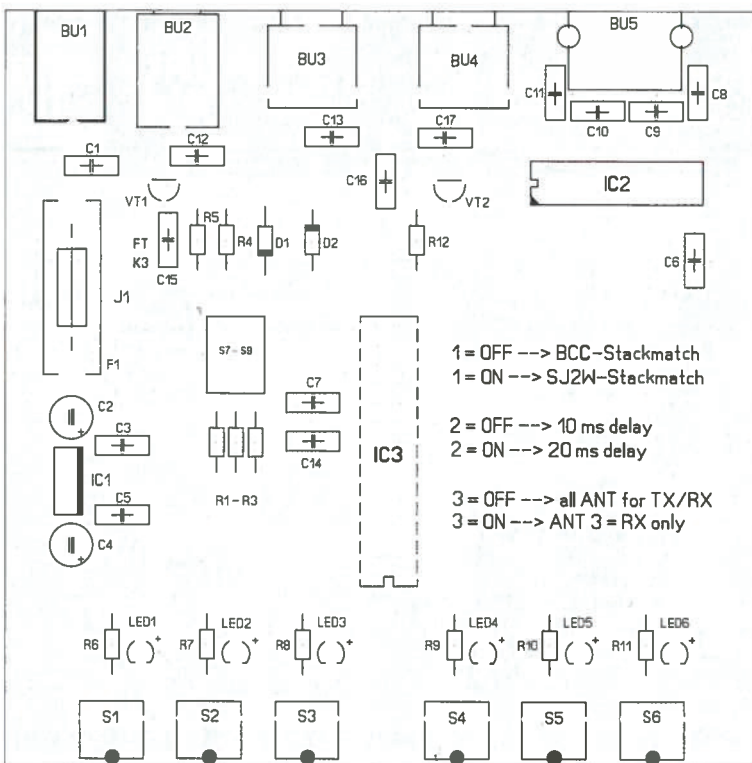


Bild 8: Prototyp der Stackmatch-Steuerung im geöffneten Gehäuse; die LEDs sind hier mittels Stifteleisten und -buchsen angeschlossen.

Bild 6: Layout der Steuerplatine mit den Abmessungen 100 mm x 100 mm, M 1:1



nutzt, beim Empfang sind alle drei zulässig. Anschluss 3 ist dann für eine Empfangsantenne vorgesehen.

Die Isolation von Anschluss 3 beträgt je nach verwendeten Relais und Stackmatch-Variante zwischen 35 dB und 50 dB. Gegebenenfalls sind also noch weitere Schutzmaßnahmen, wie z. B. ein zusätzliches Isolationsrelais, erforderlich, wenn ein empfindliches Vorverstärkersystem eingesetzt wird. Das hängt jedoch wesentlich von der jeweiligen individuellen Lösung des Anwenders ab.

Selbstverständlich kann man den Steuerausgang für Anschluss 3 auch anderweitig verwenden. Denkbar wäre z. B. das Einschleifen eines Empfangsfilters in den Signalweg zwischen Transceiver und Stackmatch bzw. Antenne(n). Anschluss 3 am Stackmatch bleibt dann unbeschaltet und die Steuerspannung wird zum Schalten der entsprechenden Relais verwendet. Der Kreativität des Anwenders sind hier kaum Grenzen gesetzt.

Über die Taster S1 bis S3 werden die Antennen für den Sendebetrie selektiert, mittels S4 bis S6 die für den Empfang. Die LEDs signalisieren die Schaltzustände.

Je nach gewählter Kombination werden die zugehörigen Relaissteuerspannungen über den Treiber-IC vom Typ UDN 2981A (analog der Ausgangsbeschaltung in [4]) an der RJ-45-Buchse zur Verfügung ge-

Bild 7: Bestückungsplan der Steuerplatine



Bild 9: Stackmatch-Steuerung im Gehäuse mit industriell gefertigter Frontplatte; die verschiedenfarbige Beschriftung hilft bei der schnellen Unterscheidung zwischen TX- und RX-Bedienelementen. Fotos: DH8BQA



Bild 10: Zum Anschluss von Funkgerät und Stackmatch dienen Standardbuchsen. Das erleichtert die Herstellung der Verbindungskabel, es können bereits konfektionierte Ausführungen verwendet werden.

stellt. So lassen sich Standard-Netzwerk-kabel für die Verbindung von Steuerbaugruppe und Stackmatch verwenden.

■ Platine und Gehäuse

Die komplette elektronische Steuerung ist auf einer 100 mm × 100 mm großen, einseitig kupferkaschierten Leiterplatte untergebracht (Bilder 6 und 7). Alle Taster und Buchsen werden direkt auf die Platine gelötet, sodass zusätzlicher Verdrahtungsaufwand entfällt. Das erleichtert auch den Nachbau, da Verkabelungsfehler auf diese Weise ausgeschlossen sind.

Die LEDs sind an der Frontplatte oberhalb der zugehörigen Taster montiert. Die Verbindung zur Platine erfolgt über kurze Drahtstücke, optional kann man natürlich auch Stiftleisten mit passenden Buchsen verwenden (Bild 8).

Da nur bedrahtete Bauteile verwendet werden, sollte der Aufbau auch Lötanfängern

keine Schwierigkeiten bereiten. In der Stückliste sind alle benötigten Bauelemente einschließlich ihrer Bezugsquellen und Bestellnummern aufgelistet. Damit sollte die Beschaffung der Teile problemlos möglich sein.

Das Muster der Steuerbaugruppe *Stackmatch-Controller* ist in einem Aluminium-Profileschienengehäuse des Herstellers *Fischer Elektronik* untergebracht. Die Bilder 9 und 10 vermitteln einen Eindruck vom fertigen Gerät und der Qualität industriell bearbeiteter Front- und Rückplatten.

Wer nicht die Möglichkeit hat, das Gehäuse selbst zu bearbeiten, kann die passenden Layout-Dateien für den *Schaeffer Frontpanel-Designer* [7] aus dem Download-Bereich unter www.funkamateur.de herunterladen. Dort stehen auch Platinenlayout und PIC-Firmware zur Verfügung. Interessenten für Platinen und programmierte Mikrocontroller können sich auch bei mir melden.

■ Zusammenfassung

Ein Stackmatch wird für die impedanzrichtige Zusammenschaltung von bis zu drei Antennen verwendet. Er ermöglicht damit eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Antennenanlage und erschließt so unter Umständen sogar neue Möglichkeiten beim Senden und beim Empfang. Wer über entsprechende antennenseitige Voraussetzungen verfügt, sollte aus diesem Grund die beschriebene Stackmatch-Schaltung unbedingt ausprobieren.

Die vorgestellte Steuerbaugruppe ist relativ einfach nachzubauen. Sie ermöglicht neben der komfortablen und zuverlässigen

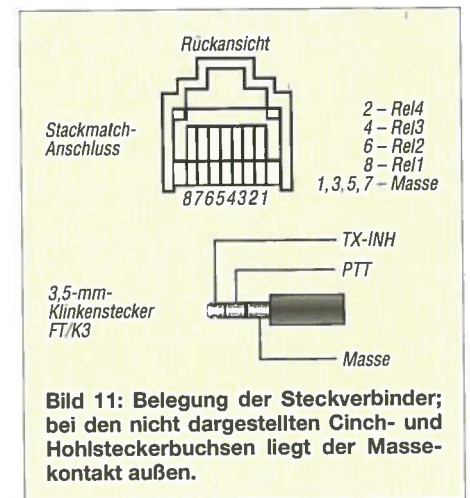


Bild 11: Belegung der Steckverbinder; bei den nicht dargestellten Cinch- und Hohlsteckerbuchsen liegt der Massekontakt außen.

Fernbedienung des Stackmatch auch die getrennte Auswahl unterschiedlicher Antennenkombinationen für Sende- und Empfangsbetrieb. Sie integriert darüber hinaus eine spezielle, nur für den Empfang vorgesehene Antenne, die bei Bedarf zuschaltbar ist. Weiterhin schützt die Steuerbaugruppe mithilfe eines Sequenzers über eine automatische Verriegelungsfunktion die angeschlossene Technik vor Beschädigung.

dh8bqa@dar.de

Literatur

- [1] Dröse, O., DH8BQA: Stationsautomatisierung für Mehr-Transceiver-Betrieb. FUNKAMATEUR 62 (2013) H. 3, S. 285–286
- [2] Pfann, P., DL2NBU, Büttner, B., DL6RAI: Kombination von mehreren Antennen für den Contestbetrieb. www.bavarian-contest-club.de → Projekte → Hardware → BCC Stackmatch – Kombination mehrerer Antennen für den Contestbetrieb
- [3] Array Solutions: Stackmatch. www.arrayolutions.com/Products/stackmatch.htm
- [4] Dröse, O., DH8BQA: 6 × 2-Antennenschalter mit Automatiksteuerung. FUNKAMATEUR 62 (2013) H. 5, S. 516–520
- [5] Larsmark, M., SM2WMV: Stacker PCB. www.sj2w.se/contest/ → Buy PCBs → Stacker PCB
- [6] Dröse, O., DH8BQA: Komfort-Sequenzler für Elecraft- und Yaesu-Transceiver. FUNKAMATEUR 61 (2012) H. 10, S. 1052–1055
- [7] Schaeffer AG: www.schaeffer-ag.de
- [8] Reichelt Elektronik GmbH & Co KG, Sande, Tel. (0 44 22) 955-333; www.reichelt.de
- [9] Pollin Electronic GmbH, Pförring, Tel. (0 84 03) 92 09 20; www.pollin.de

Stückliste der Baugruppe zur Stackmatch-Steuerung

Bauteil	Menge	Art	Wert/Bemerkung	Bestell-Nr.
BU1	1	Einbaubuchse	Hohlstecker	HEBW 21
BU2	1	Klinkenbuchse	3,5 mm, stereo	450 823
BU3, BU4	2	Cinchbuchse	5 mm	CBP
BU5	1	Westernbuchse	RJ-45	MEBP 8-8
C1, C3, C5...C17	15	Keramikkondensator	100 nF	X7R-5 100N
C2, C4	2	Elektrolytkondensator	47 µF	RAD 47/35
D1	1	Diode	1N4001	1N4001
D2	1	Diode	1N4148	1N4148
F1	1	Feinsicherung	400 mA	MTR. 0.4A
F1a (Alternative 1)	1	Sicherungshalter	5 mm × 20 mm	PL 112000
F1a (Alternative 2)	2	Sicherungshalter	5 mm × 20 mm	PL 120000
IC1	1	Spannungsregler	5 V	µA 7805
IC2	1	Treiber-IC	positiv	UDN 2981 A
IC3	1	Mikrocontroller	PIC 16F886	PIC 16F886-I/P
IC3a	1	IC-Fassung	28-polig, schmal	GS 28-S
J1	1	Stiftleiste	3-polig (36-polig)	SL 1X36G 2,54
J1a	1	Kurzschlussbrücke	schwarz	Jumper 2,54 SW
LED1...LED3	3	LED, Standard, hell	3 mm, rot	SLK 3MM RT
LED4...LED6	3	LED, Standard, hell	3 mm, grün	SLK 3MM GN
LED1a...LED6a	6	Montageclip für LED	3 mm	Montagering 3MM
R1...R5, R12	6	Widerstand	4,7 kΩ	1/4W 4,7K
R6...R11	6	Widerstand	390 Ω	1/4W 390
S1...S6	6	Drucktaster	gewinkelt	Taster 3305B
S7...S9	1	DIP-Schalter	3-polig, stehend	NT 03
VT1, VT2	2	NPN-Transistor	BC 547	BC 547C
GEH1a	2	Gehäuseschale	Fischer Elektronik	KOH-2100
GEH1b	1	Gehäusedeckel-Set	Fischer Elektronik	DPL 2-2

Lieferant: BU2 [9], alle anderen Bauteile [8]