

Teil 2 Steuerung der Matchbox

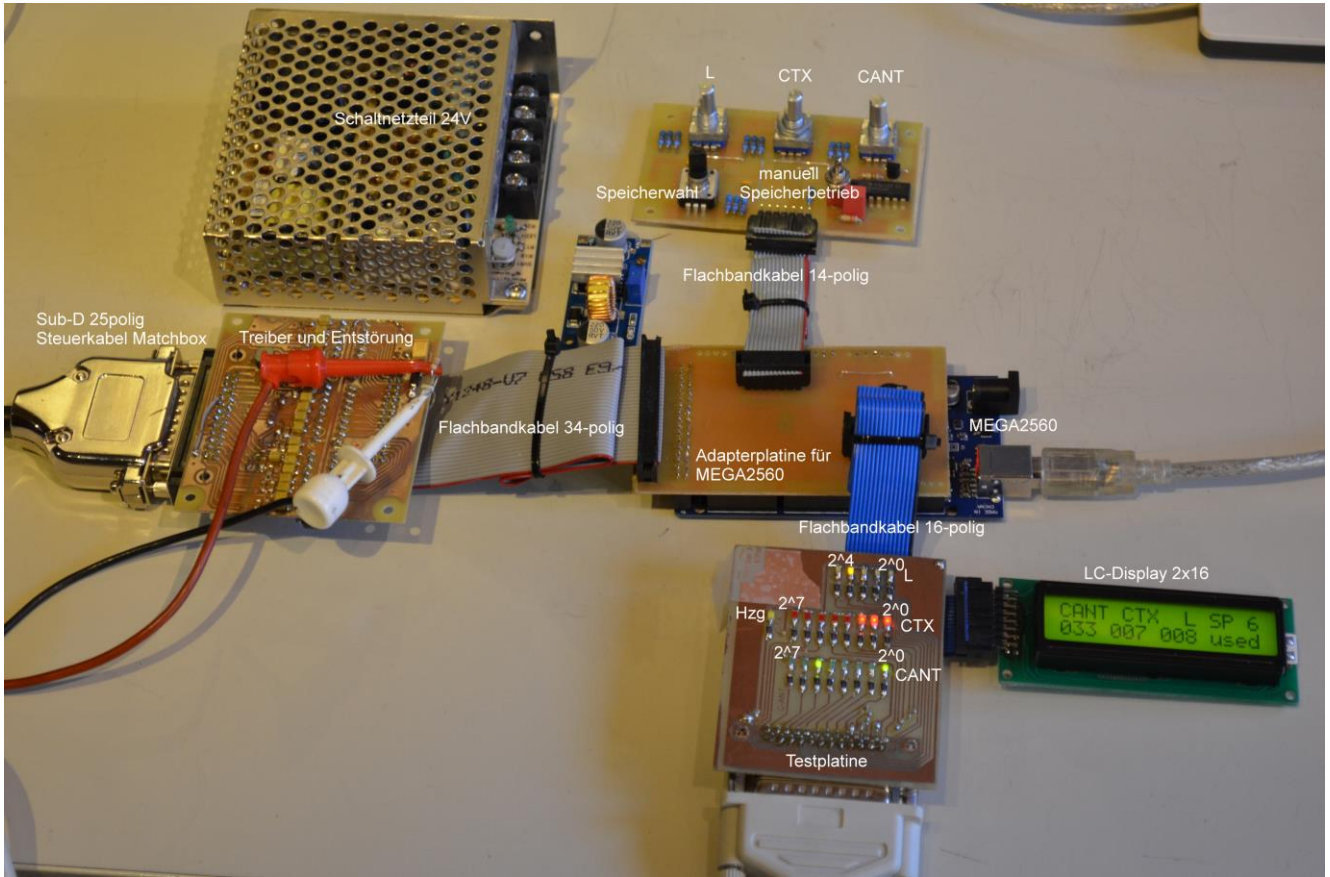


Bild 1

Die Steuerleitung

Die im ersten Teil beschriebene symmetrische Matchbox im Speisepunkt eines drehbaren Dipols verwendet zur Anpassung an die jeweiligen Bänder auf der Senderseite 7

Kondensatorwerte (CTX), auf der Antennenseite 8 Kondensatorwerte (CANT) und parallel jeweils 5 Induktivitäten (L), die aus Symmetriegründen möglichst gleich sein sollten. Insgesamt werden 25 Relais benötigt, die binär geschaltet werden. Da die Relais der symmetrisch angeordneten Platinen für die Induktivitäten gleichzeitig geschaltet werden, sind insgesamt 20 Steuerleitungen nötig, Hinzu kommen 2

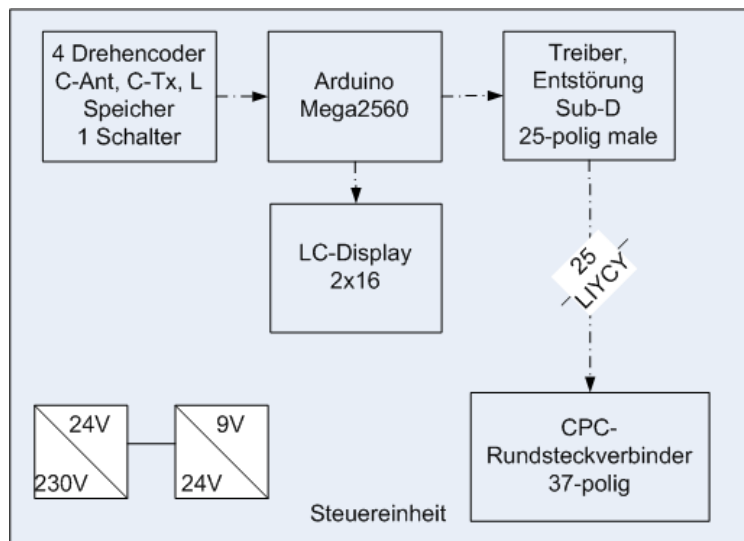


Bild 2 (Übersicht)

Leitungen +24V für alle Relais. Zwei weitere Leitungen sind für eine Heizung aus 2 in Reihe geschaltete Widerstände à 100 Ohm/ 5W vorgesehen. Die Leitung 16 ist unbenutzt und kann für Erweiterungen verwendet werden.

Eine der Zielvorgaben (s. Teil 1) „Keine Elektronik im Gehäuse der Matchbox“ macht eine 25-polige Steuerleitung vom Steuergerät zur Matchbox erforderlich. Dieser Nachteil wird durch den Wegfall EMV-gemäßer Schutzmaßnahmen für die Elektronik in der Nähe hoher HF-Spannungen (bis zu 2000V) kompensiert. Sicherlich erfordert die Fertigung der Steuerleitung mit CPC SG 37B für Buchsenkontakte CPC BK 2 – insgesamt 25 Stk. – einigen Aufwand (Bilder 3 – 6) . Im Bopla-Gehäuse der Matchbox befindet sich das Gegenstück als Flanschdurchführung CPC AGR 37S mit den 25 korrespondierenden Steckern CPC SK 2. Für die Buchse der Steuerleitung wird eine Zugentlastung mit zusätzlichem Schumpfschlauch empfohlen. Es reicht allerdings auch, wenn der Übergang der Steuerleitung z. B. LIYCY 25-25 großzügig mit Silikon abgedichtet wird. Der Autor hatte das Glück, dass Rudi, DK8QU, genügend Stecker und Flanschbuchsen aus alten industriellen Anlagen aufbewahrt hatte. Mit dem von ihm zusätzlich zur Verfügung gestellten Ausdrückwerkzeug konnten die Stift- und Buchsenkontakte restauriert und neu verlötet werden.

Im Gehäuse des Steuergeräts verbindet ein 25-poliger SUB-D Stecker die korrespondierende Buchse des Steuerkabels mit der Steuerelektronik. Alle Stecker- und Buchsenkomponenten sind bei [3] erhältlich.



Bilder 3 - 6

MEGA 2560

Die zentrale Steuereinheit verwendet einen MEGA 2560 [2], der über 54 digitale In- und Outputpins verfügt. Die Software ist mit der Arduino-Version 1.8.9 [5] erstellt und ist im Downloadbereich des FA zu finden.

Belegung der Pins (Ports)

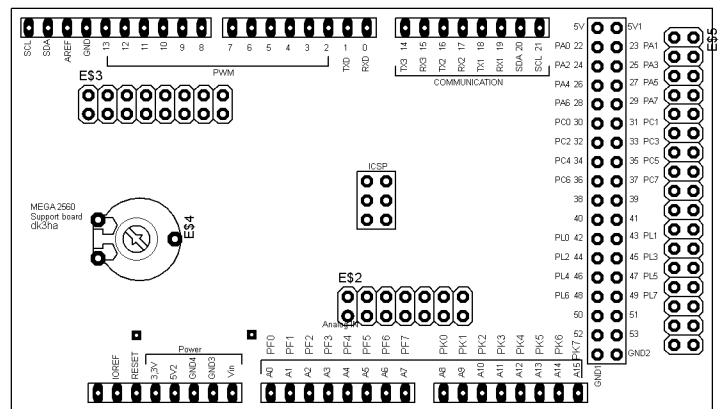
Arduino Mega - Atu

Pin	Anschluss	Beschreibung	Port	Pin	Anschluss	Beschreibung	Port
13	RS	Display		12	EN	Display	
11	D4	Display		10	D5	Display	
9	D6	Display		8	D7	Display	
22	CAnt1	Kondensator Ant	PA7	23	CAnt 2	Kondensator Ant	PA6
24	CAnt 3	Kondensator Ant	PA5	25	CAnt 4	Kondensator Ant	PA4
26	CAnt 5	Kondensator Ant	PA3	27	CAnt 6	Kondensator Ant	PA2
28	CAnt 7	Kondensator Ant	PA1	29	CAnt 8	Kondensator Ant	PA0
30	CTx1	Kondensator Tx	PC0	31	CTx2	Kondensator Tx	PC1
32	CTx3	Kondensator Tx	PC2	33	CTx4	Kondensator Tx	PC3
34	CTx5	Kondensator Tx	PC4	35	CTx6	Kondensator Tx	PC5
36	CTx7	Kondensator Tx	PC6	37	NC		
38	NC			39	NC		
40	NC			41	NC		
42	L1	Induktivitäten	PL0	43	L2	Induktivitäten	PL1
44	L3	Induktivitäten	PL2	45	L4	Induktivitäten	PL3
46	L5	Induktivitäten	PL4	47	NC		
48	NC			49	NC		

50	NC			51	NC		
52	NC			53	NC		
54	GND			GND			
A0	S1-1	Tx-Encoder 1-1					
A1	S1-3	Tx-Encoder 1-3					
A2	S1 (Schalter)	manuell/Speicherbetrieb					
A3	S2-1	Cant-Encoder 2-1					
A4	S2-3	Cant-Encoder 2-3					
A5	Sw1	Resetimpuls					
A6	S3-1	L-Encoder 3-1					
A7	S3-3	L-Encoder 3-3					
A8	Sw3	NC					
A9	S4-1	Speicherwahl 4-1					
A10	S4-3	Speicherwahl 4-3					
A11	Sw4	Ablage EEPROM					

Bild 7

Um die zahlreichen Verbindungen zwischen dem Mega 2560-Board mit der Peripherie zu vereinfachen, hat der Autor nach Maßgabe von [1] eine **zweiseitige** „Sandwich“-Platine (Bild 8) entworfen, die nach der Bestückung mit vier einreihigen Stiftleisten (1 x 8) und der zweireihigen Stiftleiste (2 x 18) auf der Unterseite auf den Mega 2560 aufgesteckt wird. Es werden nicht alle Kontakte benötigt. Die drei zweireihigen Stiftleisten werden auf der Oberseite bestückt und mittels konfektionierten Flachbandkabeln mit der Encoderplatine (Stiftleiste 2x7), Bild 8 dem Display (Stiftleiste 2 x 8) und der Platine Treiber und Entstörung (Stiftleiste 2 x 17) verbunden (Bild 1). Das Poti für den Kontrast des 2x16-Displays ist integriert.



Hinweis zur Herstellung einer zweiseitigen Platine (gilt auch für die Platine Treiber und Entstörung und die Testplatine) : Für die Unterseite (Bottom, Pads, Vias, Dimension) und die Oberseite (Top, Pads, Vias, Dimension) werden zwei getrennte Folien gedruckt, wobei die Oberseite gespiegelt wird. Beide Folien werden deckungsgleich übereinandergelegt und mit Klebeband an den Rändern fixiert. Eine Seite bleibt offen, in die die doppelseitige, fotobeschichtete und zugeschnittene Platine gesteckt und fixiert wird. Die fotobeschichtete Platine reagiert nach Entfernen der Schutzfolie kaum auf normales Tageslicht. Nach dem Belichtungs- und Ätzvorgang wird die Platine gebohrt (Imm für die Stiftleisten, 0,8mm für die Durchkontaktierungen). Alle Durchkontaktierungen (Vias) werden unten und oben mit dünnem Schaltdraht verlötet. Danach werden das Poti und die Stiftleisten gemäß Beschreibung von oben und unten verlötet. Wem die Anfertigung eigener Platinen zu schwierig erscheint, kann sich mit Hilfe der Eaglefiles privat Platinen anfertigen lassen. Eine kommerzielle Nutzung ist allerdings untersagt.

Stückliste

4 Stk. Stiftleiste 1x 8 gerade Stifte auf Unterseite bestücken, auf Oberseite verlöten
 1 Stk. Stiftleiste 2 x 18 gerade Stifte auf Unterseite bestücken, auf Oberseite verlöten
 1 Stk. Stiftleiste 2 x 17 gerade Stifte auf Oberseite bestücken, auf Unterseite verlöten
 1 Stk. Stiftleiste 2 x 8 gerade Stifte auf Oberseite bestücken, auf Unterseite verlöten
 1 Stk. Stiftleiste 2 x 7 gerade Stifte auf Oberseite bestücken, auf Unterseite verlöten
 1 Stk. Trimpoti 5kOhm PT 10

Display 2 x 16

Die Displays unterscheiden sich z. T. in der Baugröße (Bohrungen) und Verbindungen. Allen gemeinsam ist die Nummerierung der PADS. Das hier verwendete blaue Display ist preisgünstig bei [7] erhältlich. Das in den Bildern 14 und 15 dargestellte Display ist wegen des seitlich befindlichen Steckkontaktes zu breit und passt nicht neben die Encoder-Platine auf die Frontplatte des Schubert-Gehäuses 228 mit den Maßen 200x250x80. Bei passenden Displays aus dem Internet werden die Löt pads von 1 – 16 mit einem 16-poligen Flachbandkabel verlötet, das auf der anderen Seite mit einer 2x8 - Quetschbuchse versehen ist. Auch ohne Anschluss weiterer Steckverbindungen an die übrige Peripherie meldet sich die Software nach Justierung des Potis auf dem Display.

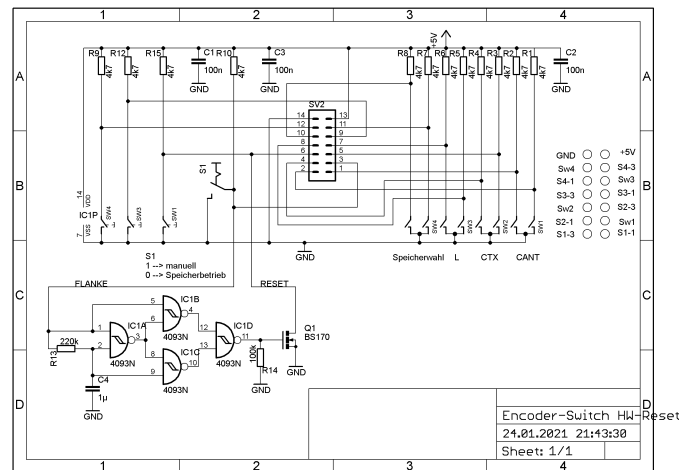
Encoder-Platine

Die Encoder-Platine (Bild 9) wird mit der Sandwichplatte mit einem 14-poligen Flachbandkabel verbunden. Mit Hilfe des Layouts können die Bohrungen für die Frontplatte des verwendeten Gehäuses leicht übertragen werden. Die Schaltung übernimmt folgende Funktionen zur Steuerung und Speicherung der Matchbox:

S1-1, S1-3 : CANT Kondensatoren antennenseitig
 SW1 : Reset
 S2-1, S2-3 : CTX Kondensatoren senderseitig
 SW2 : NC
 S3-1, S3-3 : Induktivitäten
 SW3 : NC
 S4-1, S4-3 : Speicherwahl
 SW4 : aktuelle Abstimmung ins EEPROM

Mit dem Schalter S1 auf der Platine wird zwischen den Betriebsarten manuell / Speicherbetrieb umgeschaltet. Gleichzeitig wird ein Reset ausgelöst. Bild 9

Mit SW1 kann unabhängig auch ein Reset-Impuls erzeugt werden. Die Speicherinhalte bleiben erhalten. Der Schalter S2 zum Einschaltung der Heizung ist nachträglich in die Frontplatte des Gehäuses zu integrieren und mit den Kontakten 22 und 23 der SUB-D-Buchse zu verlöten. Anmerkung zum Aufbau: **Das IC1 (4093N) wird ohne Sockel eingelötet. Der Kondensator C4 (1µF) sollte die Aufbauhöhe des Schalters S1 nicht überragen (ggf. auf der Rückseite der Platine verlöten).**



Bestückungsplan

Stückliste Encoder-Switch HW-Reset.sch

- 12 Stk. 4k7 0207/7 R1, R2 - R10, R12, R15
- 1 Stk. 100k 0207/7 R14
- 1 Stk. 220k 0207/7 R13
- 3 Stk. 100n RM 2,5 C1, C2, C3
- 1 Stk. 1µ RM.5 C4
- 1 Stk. 4093N DIL14 IC1
- 1 Stk. Stiftleiste 2 x 7 90° gewinkelt
- 1 Stk. BS170 Q1
- 1 Stk. Mini.Switch S1 1 x Ein
- 4 Stk. EC12E_SW Encoder ALPS SW1 - SW4 mit Taster

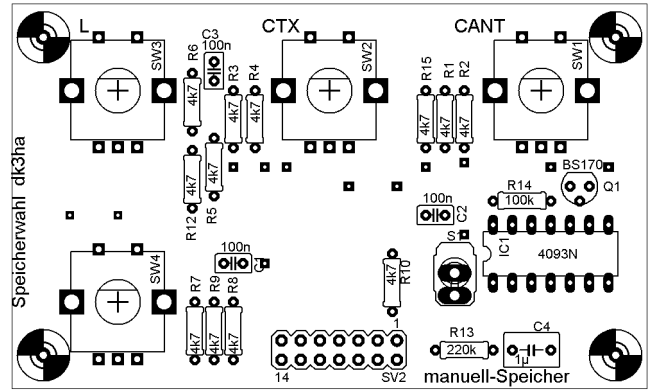


Bild 10

Platine Treiber und Entstörung

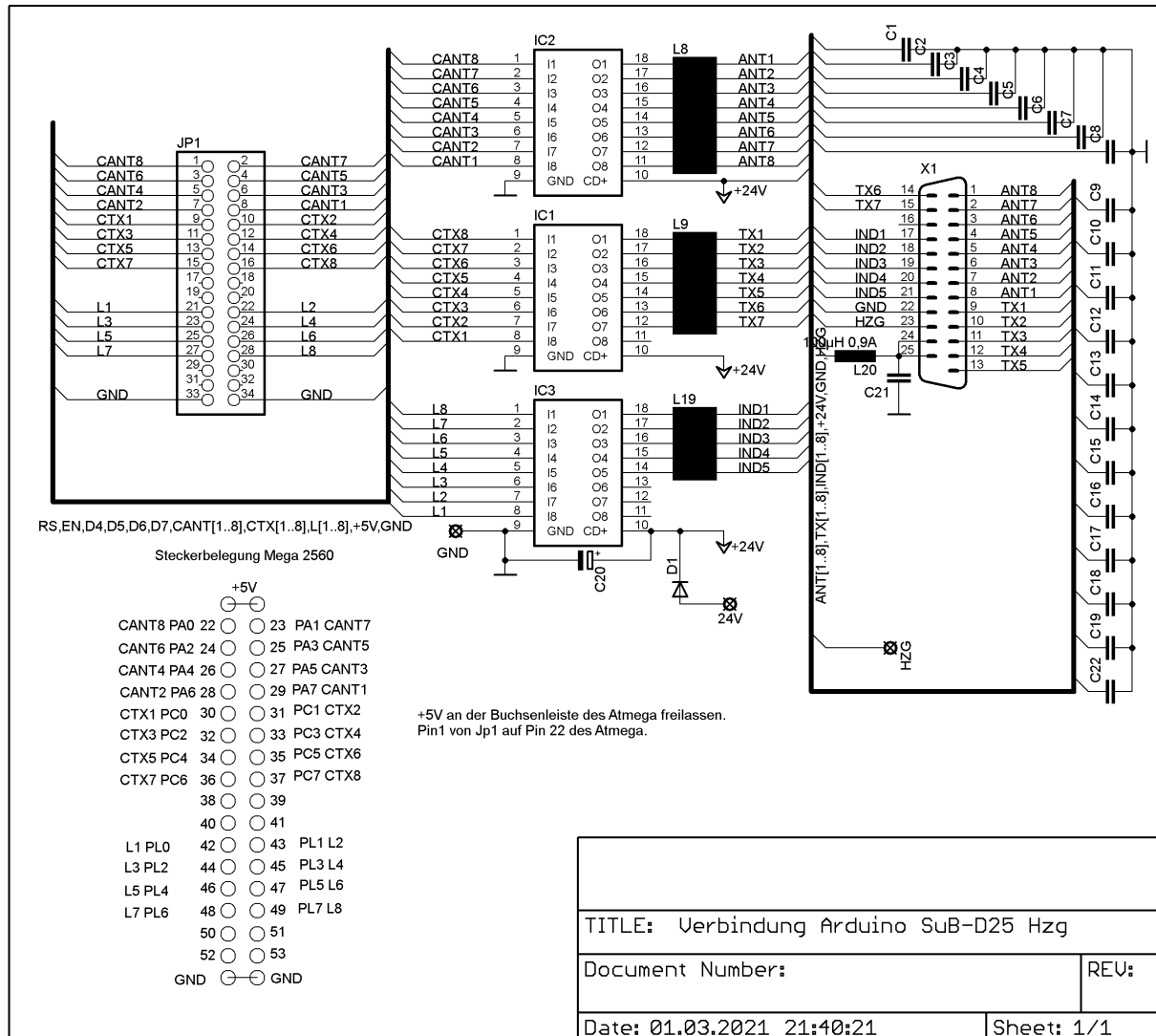


Bild 11

Die Verbindung Arduino zwischen der 34-poligen Stiftleiste des MEGA 2560 und dem Steuerkabel zur Matchbox wird mit der doppelseitigen Platine Treiber und Entstörung verwirklicht. (Bild

11). Da in der Matchbox 24-V-Relais Verwendung finden, werden die Pegel der Prozessorplatine mit 3 ULN 2803A angehoben. Jeder Ausgang verfügt über einen Tiefpass $10\mu\text{H} / 100\text{nF}$. Die 24V-Spannungsversorgung wird über eine Diode (Verpolungsschutz) und einem Tiefpass $100\mu\text{H} / 100\text{nF}$ den Pins 24 und 25 dem 25-poligen SUB-D-Stecker zugeführt. Die weitere Pinbelegung ist dem Schaltplan zu entnehmen. Auf der Oberseite der Platine befinden sich 8 Brücken. Die Induktivitäten und Kondensatoren für die Tiefpässe sind SMDs der Bauform 1206.

Bestückungsplan

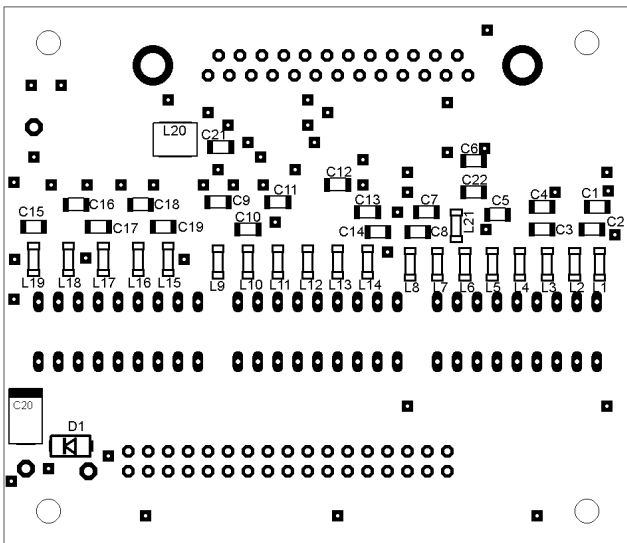


Bild 12 Unterseite

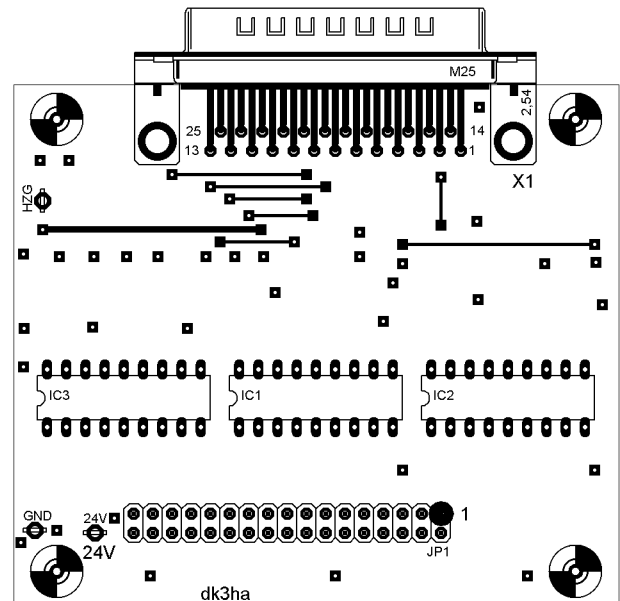


Bild 13 Oberseite

Stückliste

- 1 Stk. Stiftleiste 2 x 17 gerade Stifte auf Oberseite bestücken
- 1 Stk. Sub-D 25-polig male gewinkelt, auf Oberseite bestücken
- 21 Stk. 100nF 1206 C1 – C19, C21, C22
- 1 Stk. $10\mu\text{F} / 35\text{V}$ SMC_E Tantal
- 1 Stk. DIODE SMD 1A
- 20 Stk. $10\mu\text{H}$ SMD-1206 C1-C19, C20
- 1 Stk. $100\mu\text{H}$ 0,9A Bauform 242418FPS L20
- 3 Stk. ULN2803A DIL18 IC1, IC2, IC3 incl. Sockel

24V-Versorgung, 9V-Wandler

Die Spannungsversorgung 24V / 1A wird mit einem gängigen Schaltnetzteil (ebay) erzeugt. Ein Linearregler 7809 ist nachgeschaltet und versorgt den MEGA 2560 R3 mit ca. 9V. Der 7809 kann auf der Grundplatte ohne Isolation verschraubt werden. Die Stromaufnahme ist so gering, dass ein zusätzliches Kühlblech nicht erforderlich ist. Alternativ kann zur Erzeugung der ~9V für den MEGA 2560 ein Step-Down-Modul verwendet werden (ebay).

Die Heizung – 2 in Reihe geschaltete $100\text{-}\Omega / 5\text{W}$ Widerstände- wird mit 24 V betrieben. Das Modul wird mit einem Kippschalter an der Frontseite eingeschaltet.

Software

Das Programm für die Steuerung der Matchbox ist mit der Entwicklungsumgebung von Arduino [5] Version 1.8.9 geschrieben worden. Der Sketch im Downloadbereich verfügbar. Die Verwendung der Software geschieht auf eigene Gefahr. Die Software unterstützt zwei Programmteile, die mit dem Schalter S1 umgeschaltet werden.

Stellung 1 des Schalters S1 → manuelle Bedienung

- SW1 (Kondensatoren antennenseitig, CANT) 0 .. 255
- SW2 (Kondensatoren senderseitig, CTX) 0 .. 127
- SW3 (Induktivitäten, 0..31)

Ist eine Abstimmung für eine Frequenz gefunden, kann mit dem Druck auf SW4 das Ergebnis im EEPROM des MEGA2560 abgespeichert werden. Im Display (Bild 14) wird dieser Speicherplatz als belegt (used) angezeigt. Es stehen insgesamt 31 Speicherplätze zur Verfügung.



Bild 14

Stellung 2 des Schalters S1 → Speicherbetrieb

Mit SW4 können die Speicherplätze abgerufen werden und lassen sich ohne neue Abstimmuche schnell einstellen. Da die Software frei ist, kann sie leicht editiert werden. Der Autor hat in der Software einen Bereich markiert, in dem die Frequenz eines Speicherplatzes eingetragen werden kann. Im Display (Bild 15) wird die zum Speicherplatz zugehörige Frequenz angezeigt. Gleichzeitig werden die Abstimmwerte für die CANT, CTX und L angezeigt. Da die Abstimmwerte sich kaum ändern, wird eine erneute Kompilierung nur selten nötig sein.



Bild 15

Programmausschnitt

```
////////////////////////////////////  
// Nach gefundener Abstimmung hier die Frequenz im Format "xx,xxx" eintragen  
// und den Sketch neu kompilieren.
```

```
// Die Anführungsstriche müssen erhalten bleiben.
// Die Position 31 bleibt unverändert.
// f0 --> Frequenz für Speicherplatz 0 usw.
```

```
#define f0 "10,100" // Zeile 0 Position 0
#define f1 "10,150"
#define f2 "14,000"
#define f3 "14,100"
.....
#define f30 " "
#define f31 "used "
```

```
// Ende der Frequenzliste je Speicherplatz
////////////////////////////////////
```

Testergebnisse der Versionen 1 und 4

Der Autor hat zwei komplette Antennen mit Matchbox und Steuerung aufgebaut, um einerseits die Reproduzierbarkeit und zweitens auch die Erweiterung der Kondensatorbank auf der Sendeseite zu überprüfen. In der Version 4 war wie erwartet eine Verbesserung der Abstimmung auf 30m festzustellen (SWR 1,0). Die Länge des Dipols der Version 4 ist identisch (8,42m) mit der der Version 1. Die Werte der Einstellungen beider Versionen unterscheiden sich minimal –siehe Tabelle-. Dies ist der Toleranz der Bauteile und der manuellen Fertigung der Kondensatoren und Induktivitäten und dem geänderten Aufbau der Matchbox (Sandwichbauweise) geschuldet.

Vergleichsmessungen Version 1 mit Version 4 (Endversion)

In der ersten Version war auf 10,1 MHz mit dem eingestellten Wert (063 = 2^6-1) für C-Tx die maximale Kapazität erreicht. Mit dem zusätzlichen Relais der Version 4 wird der Einstellbereich der senderseitigen Kondensatoren verdoppelt (127 = 2^7-1). Dies führte zu der verbesserten Anpassung auf 30m.

SWR-Messungen sind mit einem Analyser MFJ-269 durchgeführt.

f/ MHz	C-Ant Ver 1	C-Ant Ver 4	C- Tx Ver 1	C- Tx Ver 4	L Ver 1	L Ver 4	SWR Ver 1	SWR Ver 4
10,110	003	001	063	077	022	028	2,0	1,0
14,0	032	043	055	054	007	007	1,1	1,0
14,1	031	041	054	054	007	007	1,1	1,0
14,2	031	036	054	051	007	007	1,0	1,0
14,3	028	035	049	049	007	007	1,0	1,0
14,35	026	035	049	049	007	007	1,1	1,0
18,068	037	037	006	006	001	001	1,0	1,0
18,168	052	037	006	006	001	001	1,0	1,0
21,0	063	063	008	005	004	004	1,0	1,0
21,1	063	063	008	005	004	004	1,0	1,0
21,2	060	061	008	005	004	004	1,0	1,0
21,3	060	061	008	005	004	004	1,0	1,0
21,4	056	057	008	005	004	004	1,0	1,0
21,45	056	057	008	005	004	004	1,0	1,1
24,89	020	023	011	011	006	006	1,0	1,0

24,99	020	023	011	011	006	006	1.0	1.0
28,0	007	011	009	009	006	006	1.0	1.0
28,1	007	011	009	009	006	006	1.0	1.0
28,2	006	011	009	009	006	006	1.0	1.0
28,3	006	011	009	009	006	006	1.0	1.0
28,4	006	011	009	009	006	006	1.0	1.0
28,5	005	010	010	009	006	006	1.0	1.0
28,6	005	010	010	009	006	006	1.0	1.0
28,7	005	010	010	009	006	006	1.0	1.0
28,8	005	009	010	009	006	006	1.0	1.0
28,9	004	009	010	009	006	006	1.0	1.0
29,0	004	008	010	009	006	006	1.0	1.0
50,0	023	016	011	007	000	000	1,0	1,0
50,5	020	016	010	007	000	000	1,0	1,2
51,0	019	016	009	006	000	000	1,0	1,3
51,5	018	013	008	006	000	000	1,0	1,1
52,0	018	012	008	005	000	000	1,4	1,4

Gehäuse

Alle Komponenten der Steuerung passen in das Gehäuse 228 der Fa. Schubert. [6] Die 25-polige SUB-D-Buchse der Platine Treiber und Entstörung wird direkt auf der Rückwand befestigt. Um ggf. den MEGA 2560 neu zu programmieren, kann eine USB-Einbaubuchse vorne bzw. auf der Rückseite vorgesehen werden. Beim Betrieb des Controllers per USB-Buchse, ist es sinnvoll, die externe Stromversorgung vorsichtshalber abzuschalten.



Bild 16



Bild 17

Testmodul zur Kontrolle der Steuerung

In Bild 1 ist die Platine Treiber und Entstörung mit einem Testmodul verbunden. Die Leuchtdioden simulieren die Ansteuerung der Relais in der Matchbox. Diese Testmöglichkeit ist insbesondere bei der Erstellung eigener Platinen zur Fehlersuche von großem Vorteil. Auch diese Platine verwendet SMD-LEDs und Widerstände der Größe 1206. Die 25-polige SUB-D-Buchse wie auch alle SMD-Bauteile sind auf der Oberseite zu verlöten. Auf der Unterseite befinden sich 7 Drahtbrücken.

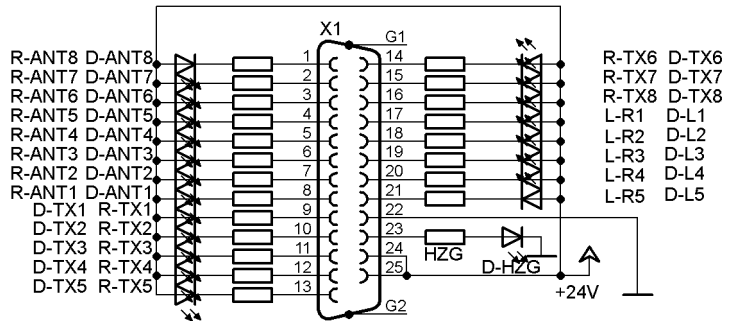


Bild 18 (geändert !24V HZG.)

Stückliste

- 22 Widerstände 2,2kOhm SMD-1206
- 22 LEDs SMD-1206
- 1 SUB-D-Buchse 25-polig gewinkelt

Die Bestückung der Testplatine ist dem Bild 1 zu entnehmen. Die Farbe der LEDs ist natürlich frei wählbar. Für CANT und CTX sind 8 LEDs, für L sind 5 LEDs und für die Heizung ist eine LED vorgesehen.

Anmerkung:

Dies ist ein Selbstbauprojekt.

Die Bestückung der Sandwich-Platine, der Treibereinheit und der Testplatine mit den SMD-Bausteinen (überwiegend Baugröße 1206) sollte kein „Erstlingsprojekt“ sein. Der Autor kann keine Garantie für die Funktion selbst erstellter Platinen übernehmen. **Der Einsatz der Matchbox an einem Transceiver erfolgt auf eigene Gefahr. Die maximale Leistung sollte 100W nicht überschreiten.** Anfragen zur Lieferung fertiger Platinen bzw. Reparatur sind zwecklos. Viel Erfolg und Spaß beim Nachbau!

- [1] https://martin-prochnow.de/electronics/arduino_dimensions
- [2] <https://www.makershop.de/plattformen/arduino/mega-2560/>
- [3] <https://www.reichelt.de>
- [4] <https://www.bungard.de>
- [5] <https://www.arduino.cc/en/software>
- [6] <http://www.schubert-gehaeuse.de/geraetegehaeuse.html>
- [7] <https://www.ebay.de> (Eckstein-Komponente)

Hinweis: Der Artikel ist in Heft 2/22 im Funkamateure erschienen.