

Fernbedienbar, für stationären Betrieb oder Portabeleinsatz (1)

Stromsparender Antennenkoppler

Dr. Karsten Eppert, DK4AS

Die symmetrische Einspeisung von Antennen über eine Hühnerleiter erfreut sich steigender Beliebtheit. Wenn das Ende der Hühnerleiter nicht im Shack enden kann oder soll, wird eine fernsteuerbare Lösung benötigt. Ideal, besonders für Portabelbetrieb, ist, wenn der Stromverbrauch minimal ist und man keine Steuerleitungen verlegen muss. In diesem Beitrag wird eine nachbaubare Lösung beschrieben, die diese Anforderungen erfüllt.

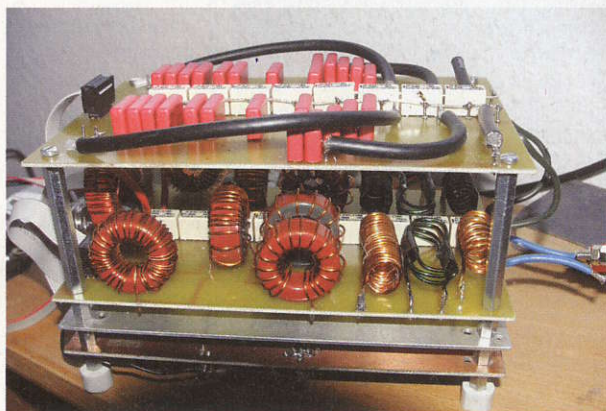


Bild 1:
Prinzipschaltbild
Steuerung bistabile
Relaisbank

Im Zuge der Veränderung von baulichen Gegebenheiten war es auch Zeit für eine Antennenrenovierung und ein Überdenken der Möglichkeiten. Mit diesen neuen Möglichkeiten kamen aber ganz neue Anforderungen. Der Einspeisepunkt der Antenne konnte nicht mehr in der Nähe des Shacks liegen, sondern am anderen Ende des Gartens und damit gut 20 m vom Shack entfernt. Dort steht nur ein Geräteschuppen ohne elektrischen Anschluss. An die Vorteile, mit Hilfe einer manuellen symmetrischen

Matchbox mit einem Stück Draht auf allen Bändern QRV zu sein und immer gute Anpassung zu haben, hatte ich mich schon lange gewöhnt. Wie also jetzt die Hühnerleiter vom neuen Einspeisepunkt führen und an den Trx anpassen?

Die bestehende manuelle Matchbox kam nicht mehr in Frage, denn damit hätte man bei jedem Frequenzwechsel zum Schuppen laufen müssen, um die Matchbox nachzustimmen. Zuerst wurde nach kommerziellen Lösungen für eine vollautomatische symmetrische Matchbox gesucht. Fehlanzeige. Gefunden wurden nur die bekannten automatischen Anpassgeräte für Langdrähte. Könnte man zwei davon parallel schalten, einen 1:1-Balun zwischen Koaxialkabel und beide Matchboxen schalten und damit die Abstimmung automatisch laufen lassen? Anfragen bei mehreren Leuten, die es wissen müssten, führten zu sehr unterschiedlichen Antworten (von „Ich hoffe, Sie wollen mich nicht auf den Arm nehmen“ bis hin zu „müsste eigentlich gehen“). Auffällig war auch der hohe Stromverbrauch der meisten käuflichen Koppler.

Die Lösung

Als symmetrische fernsteuerbare Lösungen wurden schließlich zwei gefunden: der Christian-Koppler, der in der Version als unsymmetrischer Koppler in der CQ DE beschrieben wurde [1], aber auch als symmetrische Version gebaut wird, und der AT 502 [2]. Das Arbeitsprinzip war in beiden Fällen sehr überzeugend, nicht gefallen hat mir jedoch

die 25-polige Steuerleitung, die zusätzlich zum Koaxialkabel verlegt werden muss.

Nach vielem Hin und Her entstand jetzt ein Anforderungsprofil, dass nach Selbstbau aussah:

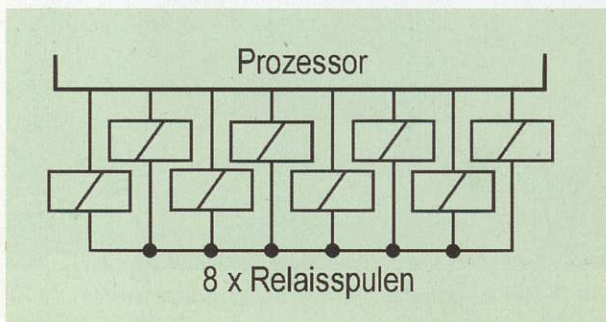
- ein echter symmetrischer Tuner
- auf Entfernung bedienbar
- Stromverbrauch im Bereich weniger mA, damit z.B. auch Portabelbetrieb mit begrenzter Stromversorgung möglich ist
- ausgelegt für die üblichen 100 W Sendeleistung
- keine Steuerleitung, nur das Koaxialkabel als Zuführung.
- Speichermöglichkeit für optimale Einstellungen
- automatisches Stellen der Matchbox durch Auswertung der Abstimmfrequenz
- Stromversorgung z.B. aus kleinem Sonnenpanel mit Pufferakku oder überhaupt aus Batterien/Akkus, alternativ mit Diplexer

Als Funktionen waren vorzusehen:

- Mikroprozessorsteuerung
- bei der ersten Inbetriebnahme Tastenabfragen für Relais-Steuer-Befehle an die L-Bänke und die C-Bänke zum manuellen Finden der besten Abstimmung
- Schreiben der gefundenen Werte für die optimalen L/C-Kombinationen pro Bandabschnitt als Presets zur Wiederverwendung in nichtflüchtigen Speichern
- Auswertung der Sendefrequenz mit abschließendem Abruf der zur Frequenz passenden Presets zum Stellen der L/C-Bänke im Echtbetrieb

Damit war als typischer Betrieb vorgesehen:

- einmalige Arbeiten: Finden der pro Bandsegment geeigneten L/C-Kombinationen und Abspeichern
- Echtbetrieb: über nichts mehr nachdenken, nur noch bei Band- oder Segmentwechsel ca. 1 s Dauersignal stellen (Tune) damit der Tuner den richtigen Wert einstellt. Funken.



Für die Stromaufnahme des Tuners wurden deshalb möglichst geringe Werte gefordert, damit das Gerät aus einfachen, kleinen Spannungsquellen betrieben werden kann und/oder die Strombilanz beim Portabel-Betrieb günstig ausfällt.

Man könnte nun fragen, warum kein Tuner mit vollautomatischer Abstimmung konzipiert wurde. Die Antwort ergibt sich aus der praktischen Erfahrung. Neben dem bisherigen mech. Tuner lag immer ein Zettel mit den gemerkten Einstellungen für das jeweilige Band. Daher war bekannt, dass man bei fest installierter Antennenanlage mit einem Minimum an Grundeinstellungen auskommt und die Variabilität des Tuners nur einmal ausgenutzt wird: am Anfang, beim ersten Versuch auf den jeweiligen Bändern Anpassung zu schaffen. Danach wurde nur noch mit wenigen, immer wiederkehrenden Grundeinstellungen gearbeitet. Dieser Gedanke floss in das neue Konzept ein.

Mit diesem Profil wurde auf die Suche nach Teil-Lösungen gegangen, die andere bereits vorgedacht und realisiert hatten, damit möglichst wenig neu zu „erfinden“ war.

Für den mechanischen Teil, also die abzustimmenden Spulen und Kondensatoren, dienten die Funktionsprinzipien des Christian-Kopplers als gedankliche Vorlage: Spulen und Kondensatoren mit abgestuften Werten werden mit Hilfe von Relais zu passenden Kombinationen aktiv geschaltet. Diese Relais sind in vielen kommerziellen automatischen Tunern die stromfressenden Bauteile, die schnell eine dauerhafte Strombelastung von 1 A und mehr verursachen können. Eine elegante Alternative, wie man Relais mit minimalem Stromverbrauch schalten kann, habe ich bei Elecraft gefunden. Im Elecraft K2-Transceiver, den ich mir seinerzeit gebaut hatte, wird auf geringsten Stromverbrauch geachtet. In dem Gerät werden bistabile Relais geschaltet, die nur im Moment des Schaltens für ca. 3 ms einen kleinen Strom ziehen und direkt durch einen Mikroprozessor angesteuert werden können. Wie die Umschaltung der Relais mit nur einem Mikroprozessor-Pin pro Relais erfolgt, zeigt **Bild 1**.

Da die Relais-Spulen an einem Ende miteinander verbunden sind, besteht erst einmal an allen Pins der Steuer-Elektronik dasselbe Potenzial. Zum Schalten eines Relais wird das Potenzial

des betreffenden Pins kurz umgeschaltet: das Relais schaltet. Soll das Relais zurück geschaltet werden, müssen vorab alle Pins im Potenzial umgeschaltet werden, d.h., das gesamte System erfährt eine Potenzial-Umkehr, dann wird das eine Relais wiederum durch kurzes Anlegen eines entgegengesetzten Potentials zurückgeschaltet. Das hört sich zwar kompliziert an, ist aber eine relativ leichte Programmieraufgabe, um einen Mikroprozessor dazu zu bewegen, das Gewünschte zu tun.

Dass die Relais durch einen Mikroprozessor gesteuert werden sollen, hat sich angeboten. In der TIG (Technik-Interessierten-Gruppe) des Ortsverbands R09 hatten wir uns schon einige Monate mit den Funktionen von AVR-Prozessoren beschäftigt und Programmierübungen zum Kennenlernen der vielen Funktionen veranstaltet. So ein vielbeiniger Maikäfer würde die anstehenden Aufgaben gut lösen können, wenn die Software dazu entwickelt wäre. Diese Software war zu Beginn des Projektes noch die große Unbekannte.

Wie man Sendefrequenzen mit einem Mikroprozessor auswertet und zu Schaltvorgängen gelangt, wurde von Peter Rhodes in der CQ DL beschrieben [3]. Leider für einen PIC-Prozessor, nicht für einen AVR, aber man muss ja im Wesentlichen nur das Prinzip verstehen, um daraus einen Softwareabschnitt für den Wunschprozessor zu generieren.

Zur Stromversorgung

Als Lösungen für die Stromversorgung wurden angedacht:

- kleiner Akku im Geräteschuppen, gespeist durch ein Solarpanel. Mit So-



Zur Person

Dr. Karsten Eppert, DK4AS

Jahrgang 1947, Chemiestudium an der Carolo Wilhelmina Universität Braunschweig.

Berufliche Tätigkeit im Vertrieb in unterschiedlichen Branchen. DARC-Mitglied seit 1969, Amateurfunkgenehmigung ab 1970. Gelegenheitsbastler.

Anschrift:
Mühlenweg 1
42781 Haan
dk4as@darcd.de

Tabelle 1

Balun:	11 Wdg. trifilar, nach Schaltung (nach DGØSK [6])
16 µH:	33 Wdg. auf T106-2 (ca. 1,20 m)
8 µH:	21 Wdg. auf T106-2 (ca. 80 cm)
4 µH:	16 Wdg. auf T106-2 (ca. 65 cm)
2 µH:	11 Wdg. auf T106-2 (45 cm)
1 µH:	Luftspule 19 Wdg. auf 10 mm Dorn, 1,2 mm CuL, Länge 40mm, liegend
0,5 µH:	Luftspule 4 Wdg. auf Wickelform 35 mm x 10 mm, CuL 1,2 mm, stehend
0,25 µH:	Luftspule 8 Wdg. auf 10 mm Dorn, 1,2 mm CuL, Länge 25 mm, liegend

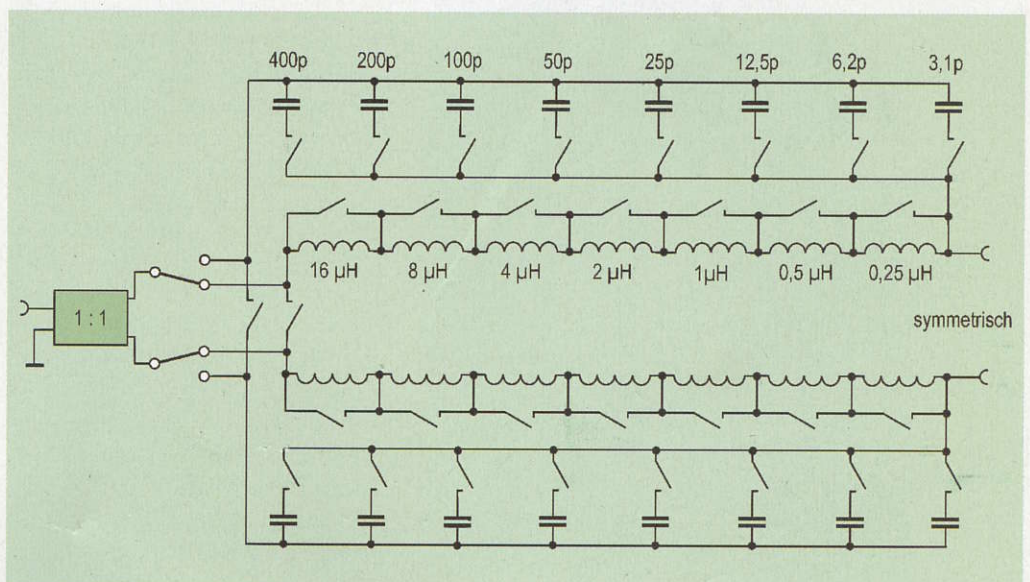
Tabelle 2

1810/1830/1850/1870/1890/1910/1930/1950/1970/1990 kHz
3550/3650/3750 kHz
7050/7150 kHz
10 175 kHz
14 050/14 150/14 275 kHz
18 100 kHz
21 075/21 225/21 375 kHz
24 940 kHz
28 150/28 450/28 750/29 050/29 350/29 600 kHz

Tabelle 1:
Spulendaten
(alle Ringkerne mit 0,8 mm CuL bewickelt)

Tabelle 2:
Zielfrequenzen,
bei denen die L/C-Kombinationen ermittelt und abgelegt wurden

Bild 2:
Schaltbild der Tunermechanik



larstromversorgung wurde schon woanders beste Erfahrungen gemacht. Da die Nutzungszeit meistens viel geringer ist als die Ladezeiten, ist der Akku normalerweise immer randvoll.

- kleiner Akku (z.B. 4 AA-Akkuzellen), der seine Ladung aus ausgekoppelter HF-Energie des Senders bezieht. Selbst wenn man einen Ladestrom von 50 mA vorsieht, vermindert das die Sendeleistung nur geringfügig.
- die von Peter Rhodes in der CQ DL [3] beschriebene Diplexer-Lösung, die Gleichspannung in das Koaxialkabel einzuspeisen, zum Tuner zu führen und dort wieder auszukoppeln

Die Schaltung

Die Schaltung und die Werte für die Induktivitäten und Kapazitäten wurden der Beschreibung von OM Krebs [1] nachempfunden, da sie sich offensichtlich bewährt hatten. Allerdings wurden die Luftspulen zum Teil durch Ringkernspulen ersetzt (**Bild 2**).

Bei der Schaltung handelt es sich um einen L-Glied-Tuner, der als Hochpass und als Tiefpass geschaltet werden kann. Der Grund für die Umschaltung ergibt sich aus der Physik für diese Art der Anpass-Schaltungen. L-Glieder werden nach den Gleichungen (s. links) berechnet. Daraus ergibt sich, dass die Eingangsimpedanz immer größer als die Ausgangsimpedanz sein muss. Des weiteren ergeben sich rein rechnerisch Kombinationen für die L/C-Glieder, die real kaum darstellbar sind, wenn man den Tuner entweder nur als Hochpass oder nur als Tiefpass auslegt und trotzdem alle KW-Bänder für Impedanzen zwischen 100 Ω und 2 kΩ an 50 Ω

Senderausgang anpassen will. Die Rechenbeispiele kann man unter [8] nachlesen.

Die Steuerung der Relais erfolgt mit einem Mikroprozessor AVR Mega 16. Dieser Prozessor wurde deshalb gewählt, weil er 4 × 8-Bit-Ports bedient, die in der Experimentalphase auch alle benötigt wurden: 1 Port für die Steuerung der L-Bank, 1 Port für die Steuerung der C-Bank, 1 Port für die Tastatursteuerung und ein Port für die LCD-Anzeige. Letztere diente in der Startphase dazu, die Schaltvorgänge zu visualisieren und sich ein Bild über die Einstellungen des Tuners im Betrieb zu verschaffen. Nachdem sich Konzept, Hardware und Software bewährt hatten, wurde das L/C-Display als Stromfresser aus der Schaltung wieder herausgenommen.

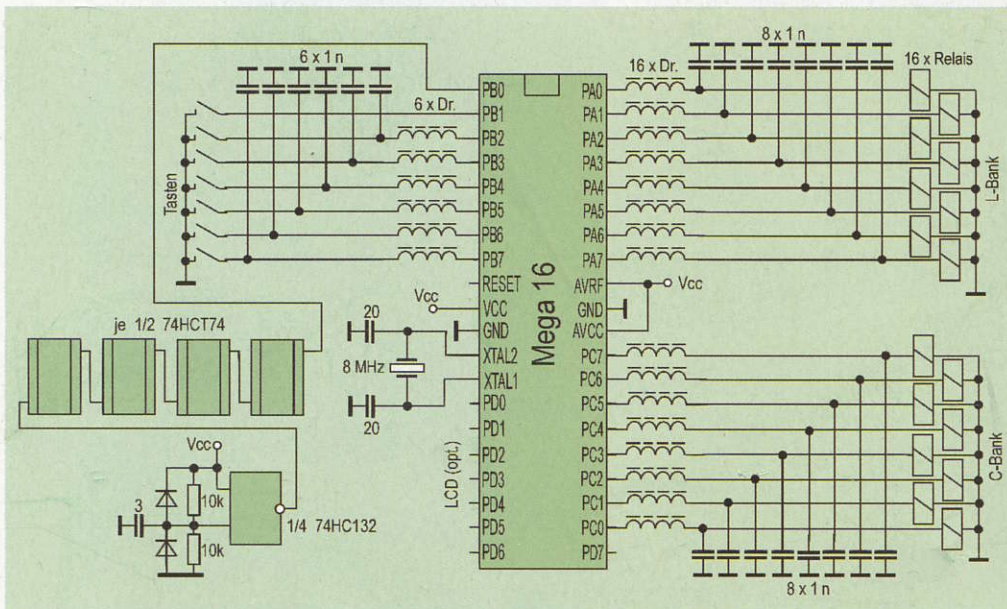
Bild 3 zeigt die Schaltung in der Arbeitsversion nach Abschluss der Experimente. Die Relaisbänke werden direkt vom Prozessor angesteuert. Die Leitungen sind verblockt. Die Zählereinheit für die Auswertung des Sendesignals besteht aus einem Schmitt-Trigger mit vier nachgeschalteten Flip-Flops als Teiler. Die geteilte Frequenz taktet den Timer 1 des Mega16. Die HF wird über einen Koppelkondensator von 3 pF an den Schmitt-Trigger geleitet, der zusammen mit der Eingangskapazität des Triggers einen 10 : 1-Teiler bildet. Dieser Koppelkondensator wird in der praktischen Schaltung mit einem 3,5-cm-Stück RG-58U realisiert. Die Dioden begrenzen die Eingangsspannung, mit den beiden 10-kΩ-Widerständen wird am Trigger-Eingang mittleres Potenzial eingestellt. Tx-Leistung-

Berechnungen von L- und C-Gliedern:

$$X_L = \frac{R_F}{\sqrt{\frac{R_F}{R_A} - 1}}$$

$$X_C = \frac{R_A}{2\sqrt{\frac{R_F}{R_A} - 1}}$$

Bild 3:
Stromlaufplan
der Steuerplatine



Literatur und Bezugsquellen

- [1] Michael Fleischmann, DL10BU: „Christian-Antennentuner für Langdrähte, CQ DL 8/06, S. 550 ff.
- [2] www.hamware.de
- [3] Peter Rhodes, G3XJP: „Einstieg in die PIC-Programmierung“ (2)“ CQ DL 10/05, S. 690 ff.
- [4] www.bkainka.de
- [5] www.abacom-online.de
- [6] www.wolfgang-wippermann.de
- [7] z. B. Manual MFJ 274
- [8] www.antennaware.de

gen von 2 W reichen bereits aus, ein Zählsignal zu erzeugen. Sollte eine Ansteuerung mit noch kleineren Leistungen gewünscht sein, wird einfach der Koppelkondensator etwas vergrößert.

Vorarbeiten und erster Versuchsaufbau

Der gesamte Versuchsaufbau erfolgte auf Lochraster-Platinen. Die Mikroprozessor-Platine wurde vorerst ohne jegliche Abblockmaßnahmen zusammengelötet, anschließend auf einer zweiten Platine die Relaisbatterie installiert und die grundsätzliche Relaissteuerung erprobt. Nachdem die Relais-Steuerung funktioniert wurde die gesamte Anpass-Schaltung auf zwei Platinen verteilt: eine Platine mit Induktivitäten und Relais, eine zweite Platine mit Kapazitäten und Relais.

Aufbau der L-Bank

Ein Teil der Spulen wurde mit 0,8-mm-CuL-Draht auf Ringkerne T106-2 gewickelt, die anderen als Luftspulen aus 1,2 mm CuL montiert. Die Spulendaten befinden sich in **Tabelle 1**. Durch versetzte Anordnung der Spulen wird die gegenseitige Beeinflussung vermindert. Die Ringkernspulen wurden ursprünglich nach Auswertung der Herstellerangaben bewickelt, um die gewünschten Induktivitätswerte zu erzielen, die Luftspulen wurden nach Angaben von B. Kainka [4] hergestellt. Alle Spulen wurden mit Hilfe eines L/C-Messgerätes nachgemessen. Dabei zeigte sich, dass die Ringkernspulen beim ersten Versuch, bei dem nach Nommogrammen gewickelt worden war, zu wenig Induktivität hatten. Nachdem ein Muster mit der Wunsch-Induktivität gefertigt war, konnten die anderen Wickeldaten rechnerisch ermittelt und in der Praxis bestätigt werden. Die Werte für die Luftspulen entsprachen sofort den erwarteten Werten.

(wird fortgesetzt)