



Anwendungen von
AVR-Einchip-Prozessoren AT90S, ATtiny,
ATmega und ATxmega
DCF77-Uhr mit ATmega16



DCF77-Superhet-Empfänger

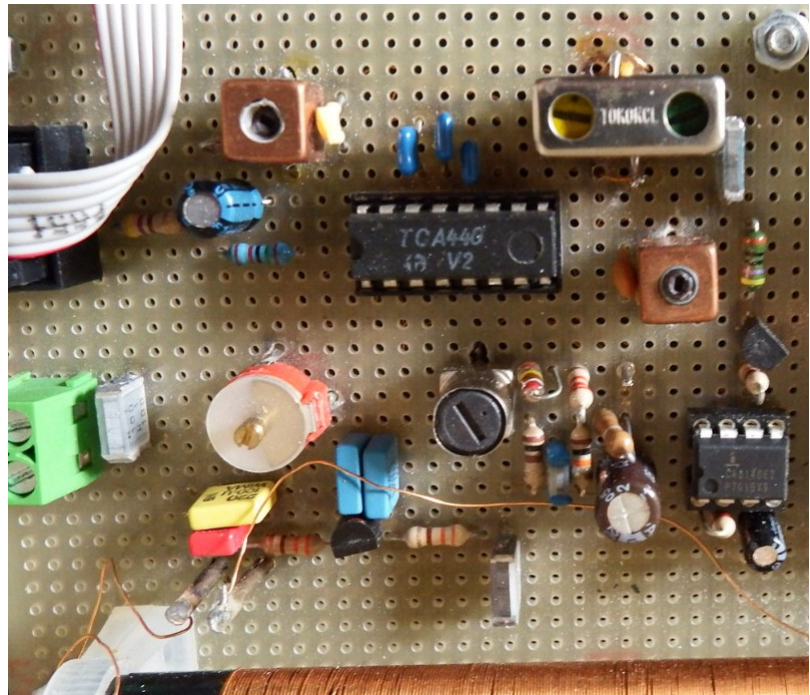
Mehr über DCF77-Empfänger gibt es hier:

1. eine richtungsunabhängige Antenne für DCF77: die [Kreuzantenne](#),
2. einen empfindlichen Geradeusempfänger mit Transistoren gibt es [hier](#),
3. einen noch empfindlicheren Geradeusempfänger mit einem TCA440 gibt es [hier](#),
4. in Arbeit und geplant sind ein Superhet-Empfänger mit dem TCA440 und einem 32,768kHz-Quarzfilter, entweder mit einer Oszillatorschleife oder einem Quarzoszillator und Teiler mit einem ATtiny25,
5. ebenfalls in Arbeit und geplant: ein Controller für die automatische Frequenz- und Verstärkungseinstellung der vier Empfängerarten sowie für das Dekodieren der DCF77-Signale und die Übermittlung von Uhrzeit und Datum an einen Anzeigecontroller,
6. noch dazu geplant und in Arbeit: eine Übersichtsseite mit Kurzbeschreibungen.

1 Warum ein Eigenbau-Empfänger für DCF77

Es gibt viele vernünftige Gründe, einen DCF77-Empfänger selbst zu bauen:

1. Im Gegensatz zu käuflichen Modulen hat der Empfänger eine sehr hohe Verstärkung und Empfindlichkeit. Er empfängt also in weiter Entfernung zu Mainflingen auch noch verwertbare Signale. In 30 km zu Mainflingen zeigt meine analoge Anzeige am Empfänger fast Vollausschlag (vier bis fünf), die Vor- und die ZF-Verstärkung des TCA440 wird also nahezu maximal abgeregelt. Eingeschlossen in eine Wellblech-Keksdose ist das Instrument immer noch bei eins, also auf geringer aber immer noch merklicher Abregelung (was auf Einstreuungen durch den Schlitz und die Leitungen in die Dose hinweist). Aber auch unter diesen erschwerten Bedingungen werden die DCF77-Signale noch einwandfrei empfangen.



2. Durch seine immense Trennschärfe mit fünf LC-Kreisen und einem Keramikresona-

tor können Störsignale ausgeblendet werden, so dass auch noch in HF-verseuchter Umgebung brauchbare Empfangserfolge erzielt werden. Man glaubt kaum, was im Längstwellenbereich so alles sendet: chinesische Netzteile so wie das von meinem Lenovo-Laptop (bis in 30 cm Entfernung zwei S-Stufen), Fernseher (besonders alte Röhrenfernseher), röhrenbestückte Computermonitoren, u.v.a.m., ein dichter Störnebel. Käufliche Module geben da schnell den Geist auf, weil sie schon wegen ihrer Größe keine hochwertigen Quarz- oder LC-Filter an Bord haben.

3. Weil man es kann: so ein Eigenbau ist eine gehörige Anstrengung und entsprechend befriedigt ist man, wenn es gut funktioniert. Fertige Module anschließen kann schließlich jeder, aber ein richtiger Empfänger hat seine eigenen Reize.

2 Schaltbild des Empfängers

Das ist das Schaltbild des DCF77-Superhet-Empfängers.

Die Signale werden mit einer Ferritstabantenne empfangen, die mit zwei Kondensatoren und einem Trimmer auf die Sendefrequenz von 77,5 kHz abgestimmt wird. Der FET-Transistor BF245 entkoppelt den hochohmigen Empfangskreis vom Vorverstärker im TCA440 und erzeugt ein symmetrisches Eingangssignal für diesen Verstärker. Das symmetrische Signal wird mit zwei Kondensatoren auf den Vorverstärker gekoppelt.

Das verstärkte Eingangssignal wird im Mischer des TCA440 mit dem Oszillatorsignal gemischt, das im Oszillator-Kreis erzeugt wird ($77,5 + 455 = 532,5$ kHz). Das Mischersignal von Pin 5 wird in ein zweikreisiges LC-Filter eingekoppelt und niederohmig mit einem dazwischen geschalteten 455 kHz-Keramikfilter gefiltert.

Der Mischer koppelt sein Ausgangssignal ferner an Pin 16 auf ein LC-Filter aus, das das Signal mit einer Germanium-Diode gleichrichtet und mit einem RC-Siebglied die Regelspannung für den Vorverstärker erzeugt, damit der Empfänger auch im Nahfeld von DCF77 nicht übersteuert. Der Kreiskondensator ist mit 1n8 etwas zu groß. Dieser Kreis ist aber auch entbehrlich, wenn man einige 10 km von Mainflingen entfernt wohnt: man kann ihn ohne Weiteres durch einen Widerstand von 1k gegen Plus ersetzen, das Filter, die Germaniumdiode und den Elko entfernen und die Vorverstärker-Abregelung an Pin 3 mit dem Widerstand von 15k an Minus abschalten.

Im ZF-Verstärker des TCA440 wird das ZF-Signal verstärkt und an Pin 7 auf ein 455 kHz-Filter ausgekoppelt. Das mit der Germaniumdiode AA118 gleichgerichtete ZF-Signal wird mit einem 22 nF-Kondensator geglättet. Dem ist ein Spannungsteiler mit 2k2 und 10k nachgeschaltet, dessen Teilspannung über 39k und einen 220 µF-Elko geglättet und der Verstärkungsregelung und der Anzeigentreiberstufe des TCA440 zugeführt wird. Als Anzeige habe ich ein analoges Drehspulinstrument mit 268 µA Vollausschlag angeschlossen und mit 470Ω an die Anzeigespannung angepasst.

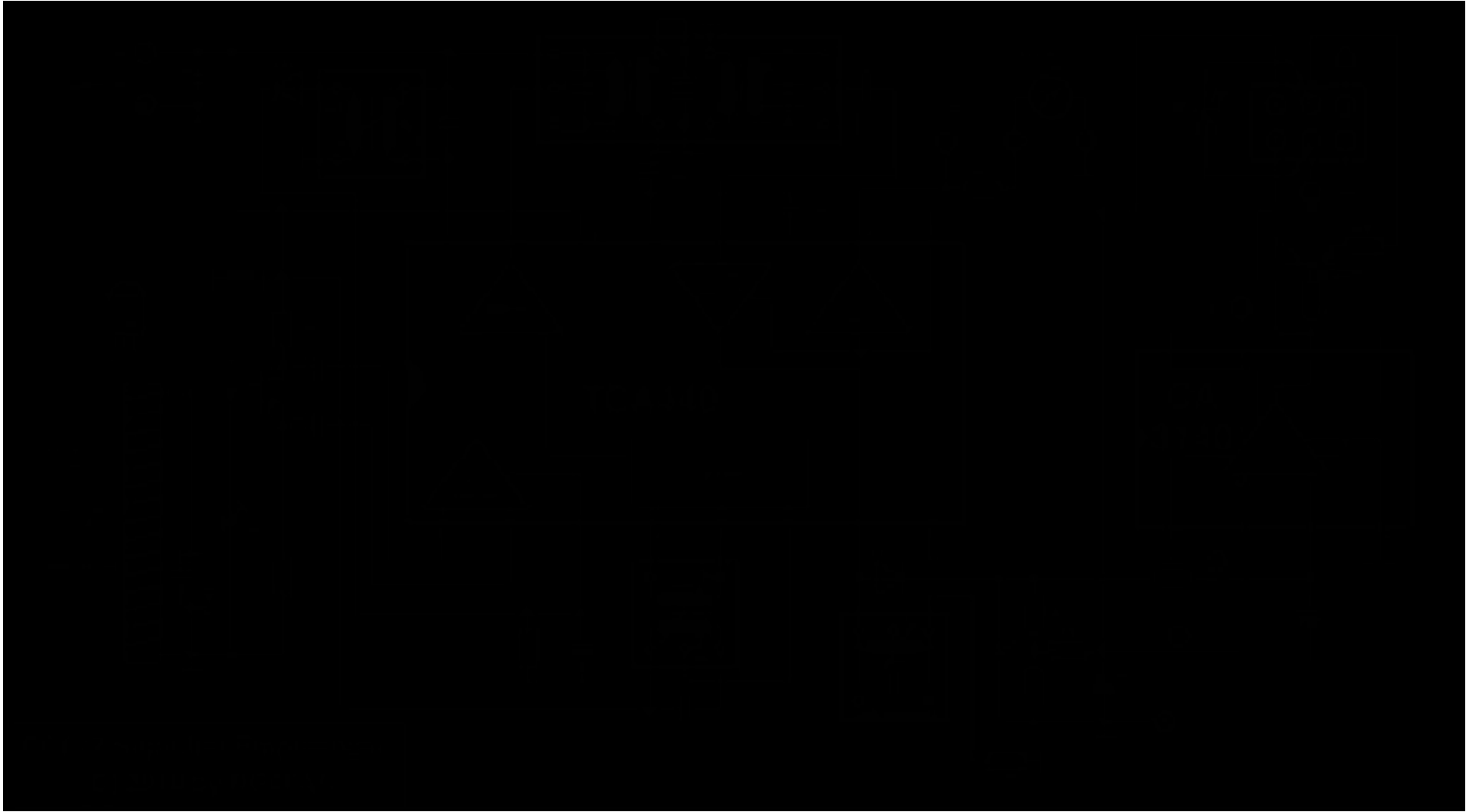
Die pulsierende gleichgerichtete ZF-Spannung wird über ein Zeitglied aus 2k2 und einen Elko mit 1 µF dem positiven Eingang eines FET-Operationsverstärkers CA3140 zugeführt. Wer möchte, kann den Ausgang des Operationsverstärkers noch mit einem Widerstand von 10M an den positiven Eingang rückkoppeln und so eine geringfügige Hysterese dazu nutzen, um kurze Spursignale zu unterdrücken. Da die Auswerte-Software solche kurzen Störsignale schon von sich aus unterdrückt, braucht man das nur, wenn die Auswerte-Software das nicht von sich aus kann.

Es können auch andere FET-Opamps verwendet werden, wenn deren Eingangsstufe bei einfacher Versorgung (ohne negative Betriebsspannung) ab 0 V korrekt arbeitet. Normale Operationsverstärker wie der 741 funktionieren deswegen nicht, weil sie unter 1 V Eingangsspannung gar nicht laufen und weil ihr Eingangswiderstand zu klein ist.

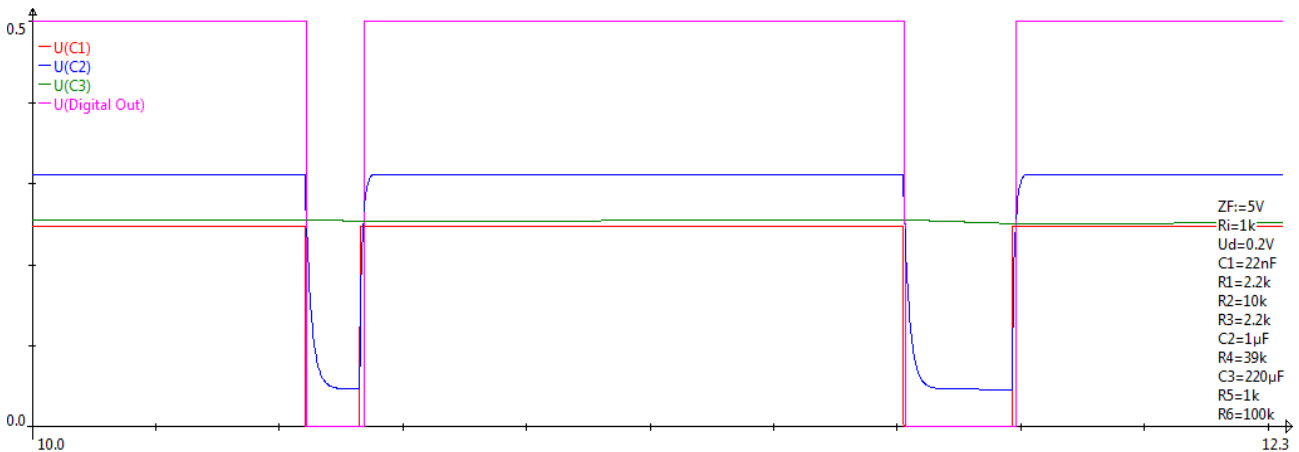
Der negative Eingang des Operationsverstärkers wird aus dem vorgeteilten und mit langer Zeitkonstante geglätteten Signal verbunden. Am Ausgang des Operationsverstärkers treibt ein PNP-Transistor eine Leuchtdiode an, die bei erfolgter Anpassung im Modulationstakt von DCF77 leuchtet.

Der Ausgang ist Low-Aktiv, d.h. er folgt der Amplitude von DCF77 (Absenkung beim Übertragen von Nullen und Einsen, hohe Spannung in inaktiven Pausen und bei fehlender 59ter Sekunde. Die Polarität des Signals ist aber für die Auswertung im ATmega16 nicht entscheidend: sie funktioniert bei beiden Polaritäten korrekt.

Alle externen Komponenten sind über eine 6-polige Steckverbindung herausgeführt.



Simulation des Spannungsverlaufs



Dies ist der Spannungsverlauf an den Kondensatoren im RC-Netzwerk beim Eintreffen einer Null oder einer Eins im DCF-Signal (Absenkung der Amplitude auf ca. 15%).

Die Spannung am ersten Kondensator (nach dem Gleichrichter) folgt der Amplitude des ZF-Signals sehr rasch und geht nach Absenkung sehr rasch auf nahezu Null. Er hat wegen seiner geringen Kapazität nur bescheidenen Einfluss und verringert die 455kHz-Spitzen, die auf den 1µ-Elko gelangen.

Die Spannung am schnellen Integrator mit R3 (2k2) und C2 (1µF) geht mit der Amplitudenabsenkung zunächst sehr rasch abwärts, und stabilisiert sich dann auf niedrigem Niveau. In Zeiten ohne durchgeschalteter Gleichrichterdiode wirkt der langsame Integrator abpuffernd.

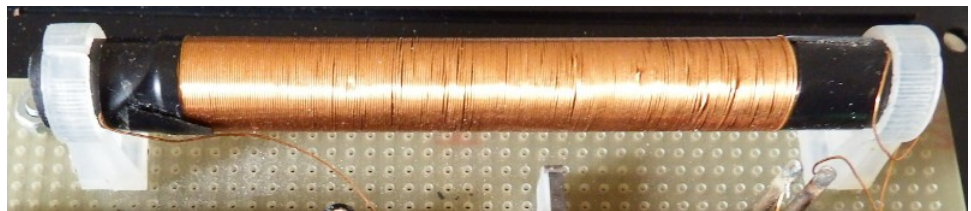
Die Spannung am langsamen Integrator mit R4 (39k) und C3 (220µF) bleibt von der Amplitudenabsenkung im Wesentlichen unbeeindruckt (sehr geringer Abfall). Er braucht sehr viele Sekunden um dieser zu folgen.

Das digitale Ausgangssignal ist sehr stabil, es können aber kurze Spikes vom gleichgerichteten ZF-Signal vorhanden sein. Diese sind von der Software auszufiltern.

3 Aufbau

3.1 Aufbau der Antenne

Die Empfangsantenne wird auf einem Ferritstab aufgebaut, indem diese möglichst dicht mit Kupferlackdraht bewickelt wird. Wer genügend HF-Litze hat, kann auch diese nehmen, wegen der niedrigen Frequenz ist das aber nicht unbedingt nötig.



An beiden Enden wird die Wicklung mit Isolierband befestigt. Der Stab wird mit entsprechenden Halterungen auf der Platine befestigt.

Um die Induktivität der Antennenspule zu bestimmen, wird dieser ein Kondensator von 10 nF parallelgeschaltet und das Signal aus einem Signalgenerator (z. B. [aus diesem hier](#)) über eine kleine Kapazität, z. B. von 10 pF eingekoppelt. Die Amplitude am Schwingkreis wird mit einem Oszilloskop oder einem Gleichrichter wie im Schaltbild zu sehen beobachtet. Durch Variation der Frequenz des Signalgenerators wird die Resonanzfrequenz des Kreises ausgemessen.

Aus der Resonanzfrequenz f_{Res} ergibt sich die Induktivität der Antennenspule zu

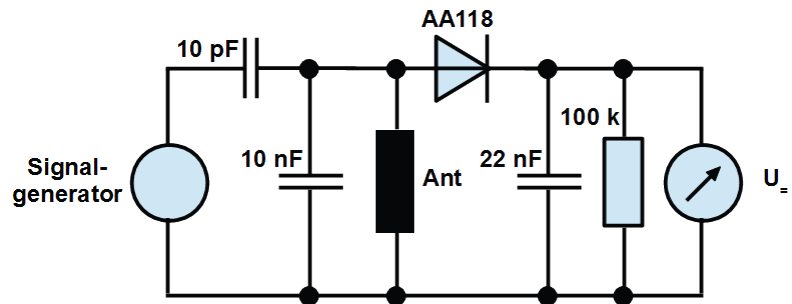
$$L(\text{H}) = 1 / 4 / \pi^2 / f^2 / C.$$

Die Induktivität sollte bei ca. 3,5 mH liegen.

Aus der Induktivität kann der Kondensator C , der für die Frequenz von 77,5 kHz erforderlich ist, aus der Formel

$$C(\text{F}) = 1 / 4 / \pi^2 / f^2 / L$$

errechnet werden.



3.2 Aufbau der LC-Filter

Die LC-Filter werden folgendermaßen aufgebaut.

3.2.1 Vorverstärkerkreis

Primärwicklung 91 Windungen, sekundär 45 Windungen 0,1 mm Kupferlackdraht auf einem Neosid-Spulenkörper.

3.2.2 Oszillatorkreis

Primär 30 plus 76 Windungen, sekundär 13 Windungen 0,1 mm Kupferlackdraht auf einem Neosid-Spulenkörper.

3.2.3 ZF-Filter

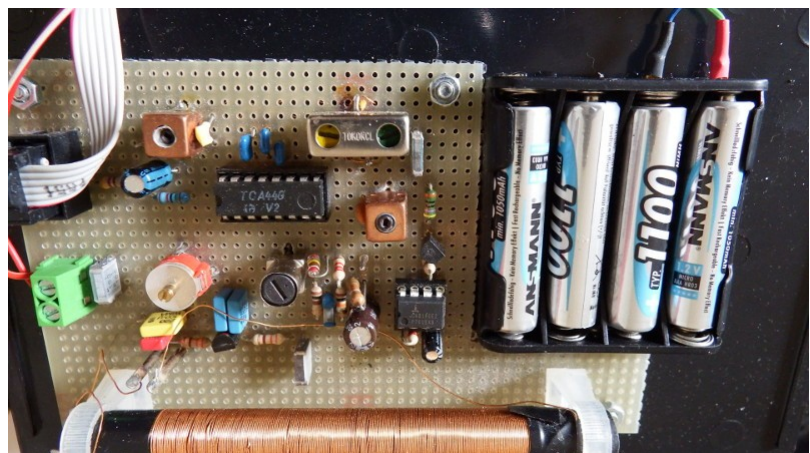
Das ZF-Filter ist ein fertig aufgebautes TOKO SFT006H.

3.2.4 ZF-Ausgangsstufe

Die ZF-Ausgangsstufe ist ein fertig aufgebautes Filter 7MC-A2549HM.

3.3 Aufbau der Schaltung

Die Schaltung lässt sich auf einer Lochrasterplatine aufbauen und mit lackisoliertem Kupferdraht verdrahten. Das TOKO-Filter passt nicht in das 2,54 mm-Raster und die Platine muss entsprechend aufgebohrt werden bis es passt.



3.4 Justierung

Bei der Justierung sollte die Ferritantenne auf Mainflingen ausgerichtet sein und während der Justierung nicht verändert werden.

Falls man ein Oszilloskop hat, wird zuerst die Antennenstufe auf maximale DCF77-Signalamplitude abgeglichen (Anschluss des Oszilloskops vorzugsweise am Source-Anschluss

des BF245). Falls nicht, wird am Pin 5 des 6-poligen Steckers (Ausgang A) ein Gleichspannungsmessgerät angeschlossen und der Antennenkreis auf Maximalspannung justiert. Ist eine S-Meter-Anzeige angeschlossen, kann auch diese zur Justierung herangezogen werden.

Falls man einen Frequenzzähler mit analoger Eingangsstufe hat, kann man zuerst den Oszillator auf die Sollfrequenz einstellen (an Pin 6 des TCA440).

Die Einstellung aller anderen Kreise erfolgt reihum in immer gleicher Reihenfolge jeweils in Richtung auf das Maximum. Beobachtet und gemessen wird die Signalstärke am Pin 5 des Steckers oder die S-Meter-Anzeige.

Die Einstellung ist etwas von der Umgebungstemperatur abhängig. Es kann daher bei schwächerer Signalstärke bei optimaler Ausrichtung auf Mainflingen eine Neujustierung angezeigt sein.

4 Betrieb

Die Signalstärke ist wegen der Richtungssensitivität der Ferritantenne sehr stark von der Aufstellungsrichtung abhängig. Bei Lageänderungen kann es etwas dauern, bis sich der mittlere Signalpegel korrekt einstellt und die DCF77-Signale korrekt erkannt werden.

Lob, Tadel, Fehlermeldungen, Genöle und Geschimpfe oder Spam bitte über das [Kommentarformular](#) an mich.

©2018 by <http://www.avr-asm-tutorial.net>